

보건분야-연구자료

연구원 2010-2-12

여수·광양 산단 역학조사

- 대정비 작업의 노출평가를 중심으로



한국산업안전공단
산업안전보건연구원

보건분야-연구자료

연구원 2010-2-12

여수·광양 산단 역학조사

- 대정비 작업의 노출평가를 중심으로



한국산업안전공단
산업안전보건연구원

<제목 차례>

요 약 문	1
제 1편 개 요	10
I. 개 요	10
1. 조사 배경	10
2. 조사 목적	11
3. 역학조사팀 구성	12
4. 조사 경과	13
1) '06 진행사항	13
2) '07 진행사항	13
3) '08 진행사항	15
4) '09 진행사항	15
5) 조사분야별 진행사항	18
5. 석유화학산업 및 제철산업 개요	28
1) 석유 및 석탄 화학산업	28
2) 제철산업	43
6. 플랜트 건설근로자의 직종 및 작업특성	64
1) 기계직	65
2) 배관직	65
3) 비계직	66
4) 제관직	67
5) 탱크직	68

6) 용접직	69
7) 보온직	69
8) 계전직	70
9) 도장직	70
10) 공무원직	71

제 2편 분야별 조사 결과 73

I. 작업 환경 평가	73
1. 조사 목적	73
2. 조사 대상 및 방법	73
1) 석유 및 석탄화학산업	73
2) 제철산업	96
3. 조사결과	115
1) 석유(석탄)화학산업	115
2) 사업장별 측정평가 결과	140
3) 벤젠에 대한 직종별 측정평가 결과	152
4) 대정비의 단계별 측정평가 결과	158
5) 기타 물질에 대한 조사 결과	163
6) 제철산업	167
4. 고 찰	202
1) 석유(석탄)화학산업	202
2) 제철산업	235
5. 결 론	239
1) 물질별 평가	239
2) 사업장별 평가	242
3) 직종별 평가	244
4) 대정비 단계별 평가	245

5) 기타 물질	246
6) 제철산업	247
6. 참 고 문 헌	251

II. 생물학적 모니터링 : 벤젠 대사산물 뮤콘산 256

1. 목 적	256
2. 조사대상 및 방법	256
1) 조사대상	256
2) 시료 채취 방법	256
3) 요중 뮤콘산 분석 방법	256
3. 결 과	257
1) 직종별 사업장별 측정 근로자 수	258
2) 사업장 직무에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차 ...	258
3) 직무에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차	260
4) 직무에 따른 백분위수 분포	260
5) 대정비 단계에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차 ...	262
6) 대정비 단계에 따른 백분위수 분포	262
7) 생물학적 모니터링 초과율	264
4. 고 찰	265
1) 뮤콘산 농도와 기중 노출 농도와의 연관성	266
2) 작업 전후의 뮤콘산 농도 비교	268
5. 결 론	269
6. 참고문헌	270

III. 건강설문조사 286

1. 설문조사의 목적 및 필요성	286
2. 조사 대상	287
3. 조사 방법	288

4. 조사 결과	289
1) 지역 및 근로자 구분	289
2) 직업력에 대한 설문	297
3) 건강행동에 관한 설문	311
4) 질병이환에 관한 설문	315
5) 호흡기 증상 설문 분석 결과	327
6) 피부증상 설문 분석 결과	335
7) 사고 및 중독에 대한 설문조사 결과	340
8) 건설직 근로자의 근골격계 증상	344
9) 건설직 근로자의 직무스트레스	347
5. 고 찰	352
6. 결 론	354
IV. 건강영향평가: 발암위험도 평가	355
1. 목 적	355
2. 조사 대상	356
1) 여수 산단 발주처	356
2) 광양 산단 발주처	357
3) 플랜트 건설 근로자	357
3. 조사 방법	358
1) 암 표준화사망비 (SMR, Standardized Mortality Ratio), 암사망 표 준화비율비(SRR, Standardized Rate Ratio) 조사	358
4. 결 과	369
1) 여수산단 발주처의 근로자의 표준화사망비(SMR) 및 암 사망 표준 화비율비(SRR)	369
2) 광양산단 발주처의 근로자의 표준화사망비(SMR) 및 암 사망 표준 화비율비(SRR)	384
3) 여수·광양산단 건설 근로자의 표준화사망비(SMR) 및 암 사망 표	

준화비율비(SRR)	388
4) 여수산단 발주처의 근로자의 암발생 표준화발생비(SIR) 및 암발생 표준화비율비(SRR)	398
5) 광양산단 발주처의 근로자의 암발생 표준화발생비(SIR) 및 암발생 표준화비율비(SRR)	413
6) 여수·광양산단 건설 근로자의 암발생 표준화발생비(SIR) 및 암발생 표준화비율비(SRR)	416
5. 고 찰	427
1) 연구 방법	427
2) 연구 결과	431
6. 결 론	434
7. 참고문헌	438

**V. 직무별·연도별 정기작업환경측정자료 정리 : 직무노출매트릭스
440**

1. 목 적	440
2. 조사대상 및 방법	440
1) 직무노출매트릭스의 대상	440
2) 직무의 분류	440
3) 직무노출매트릭스 구축 연도	443
4) 직무노출매트릭스 구축 방법	444
3. 결 과	444
1) 벤젠 노출 사업장	444
2) 1,3-부타디엔 노출사업장	470
3) VCM 노출 사업장	477
4. 고 찰	486
5. 결 론	488

제 3편 제한점 및 제언	510
I. 역학조사 제한점과 의의	510
II. 제 언	514
2. 작업환경 관리실태	516
3. 작업관리 실태	517

국회제출(10.2.8)외 사용금지

<표 차례>

<표 1> '06~'07 역학조사 주요 추진일정	17
<표 2> '08~'09 역학조사 주요 추진일정	18
<표 3> 노출평가 참여자-공단직원	20
<표 4> 노출평가 참여자-외부 전문가	21
<표 5> 생물학적모니터링 수행 경과	23
<표 6> 건강설문 전체 추진 일정	24
<표 7> 건강영향평가 추진 경과	26
<표 8> 직무노출매트릭스 구축을 위한 사업장 방문 조사일정	27
<표 9> 국내 석유화학 산업의 발전과정	33
<표 10> 국내 석유화학산업의 단지별 생산능력	34
<표 11> 여수국가산업단지의 현황	37
<표 12> 철강의 분류	53
<표 13> 고로 부위별 내화재의 특성과 재질	60
<표 14> 격자적 연와의 예	63
<표 15> 여수·광양 산단 건설노조의 직종별 분회 조직 현황	72
<표 16> 여수·광양산단 역학조사 노출평가 대상 사업장	75
<표 17> 대상 물질별 시료채취 매체	78
<표 18> 대상물질별 분석기기의 운전조건	84
<표 19> 조사 대상물질의 물리화학적 특성	85
<표 20> 주요 국가별 벤젠의 노출기준	86
<표 21> 주요 국가별 1,3-부타디엔의 노출기준	87
<표 22> 주요 국가별 염화비닐의 노출기준	89
<표 23> 국내 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐 생산능력(2008년 현재)	89
<표 24> 유해물질별 노출기준	102

<표 25> 열풍로 개수공사 노출평가 기간 및 공사내역	104
<표 26> 고로 개수공사 노출평가 기간 및 공사내역	105
<표 27> 직종별 작업구분	105
<표 28> 유해물질별 시료포집방법	107
<표 29> 유해물질별 시료분석방법	111
<표 30> 적외선분광광도계 분석조건	112
<표 31> 엑스선회절분석기 분석조건	112
<표 32> 이온크로마토그래피 분석조건	112
<표 33> 유도결합플라즈마 분광광도계 분석조건	113
<표 34> 측정·평가 대상물질별 농도계산식	114
<표 35> 노출평가 결과의 시료수	116
<표 36> 벤젠 개인시료 (TWA-P) 노출평가 결과 (단위 : ppm)	117
<표 37> 벤젠 개인시료 (TWA-P) 자료의 분포현황	118
<표 38> 벤젠 단시간개인시료 (STEL) 노출평가 결과 (단위 : ppm)	120
<표 39> 벤젠 단시간개인시료 (STEL) 자료의 분포현황	120
<표 40> 벤젠 지역시료 (AREA) 노출평가 결과 (단위 : ppm)	122
<표 41> 벤젠 지역시료 (AREA) 자료의 분포현황	122
<표 42> 1,3-부타디엔 개인시료 (TWA-P) 노출평가 결과 (단위 : ppm)	125
<표 43> 1,3-부타디엔 개인시료 (TWA-P) 자료의 분포현황	126
<표 44> 1,3-부타디엔 단시간개인시료 (STEL) 노출평가 결과 (단위 : ppm)	127
<표 45> 1,3-부타디엔 단시간개인시료 (STEL) 자료의 분포현황	128
<표 46> 1,3-BD 지역시료 (AREA) 노출평가 결과 (단위 : ppm)	130
<표 47> 1,3-BD 지역시료 (AREA) 자료의 분포현황	130
<표 48> 염화비닐 개인시료 (TWA-P) 노출평가 결과 (단위 : ppm)	133
<표 49> 염화비닐 개인시료 (TWA-P) 자료의 분포현황	134
<표 50> 염화비닐 단시간개인시료 (STEL) 노출평가 결과 (단위 :	

ppm)	136
<표 51> 염화비닐 단시간개인시료 (STEL) 자료의 분포현황	136
<표 52> 염화비닐 지역시료 (AREA) 노출평가 결과 (단위 : ppm) ·	138
<표 53> 염화비닐 지역시료 (AREA) 자료의 분포현황	138
<표 54> 벤젠 개인시료(TWA-P)에 대한 사업장별 노출평가 결과 ·	142
<표 55> 벤젠 단시간시료(STEL)에 대한 사업장별 노출평가 결과 ·	145
<표 56> 벤젠 지역시료(AREA)에 대한 사업장별 노출평가 결과 ····	147
<표 57> 1,3-BD 개인시료(TWA-P)에 대한 사업장별 노출평가 결과	149
<표 58> 1,3-BD 단시간시료(STEL)에 대한 사업장별 노출평가 결과	151
<표 59> 1,3-BD 지역시료(AREA)에 대한 사업장별 노출평가 결과	152
<표 60> 벤젠 개인시료(TWA-P)에 대한 직종별 노출평가 결과 ····	154
<표 61> 벤젠 단시간시료(STEL)에 대한 직종별 노출평가 결과 ····	156
<표 62> 벤젠 개인시료(TWA-P)의 대정비 단계별 노출평가 결과 ·	158
<표 63> 벤젠 단시간개인시료(STEL)의 대정비 단계별 노출평가 결과	160
<표 64> 벤젠 지역시료(AREA)의 대정비 단계별 노출평가 결과 ····	162
<표 65> 일부 공정의 중금속에 대한 측정평가 결과 (단위 : mg/m ³)	163
<표 66> 일부 공정의 석면의심시료 분석 결과	165
<표 67> 열풍로 개수공사 공정별 시료포집현황	169
<표 68> 고로 개수공사 공정별 시료포집현황	170
<표 69> 제철업 사업장 개수설비별 호흡성분진 측정근로자수	171
<표 70> 제철업사업장 개수설비별 호흡성분진 노출평가결과(단위 : mg/ m ³)	172
<표 71> 제철업사업장 개수설비별 호흡성분진농도의 자료분포현황	172
<표 72> 제철업사업장 개수설비별 호흡성분진 기하평균 비교	173
<표 73> 제철업사업장 직종별 호흡성분진 노출평가결과(단위 : mg/m ³)	

.....	176
<표 74> 제철업사업장 직종별 호흡성분진농도의 자료분포현황	176
<표 75> 제철업사업장 직종별 호흡성분진 농도평균 비교	178
<표 76> 제철업사업장 개수설비별 결정형유리규산 노출평가결과(단위 : mg/m ³)	178
<표 77> 제철업사업장 개수설비별 결정형유리규산의 자료분포현황	179
<표 78> 제철업사업장 직종별 결정형유리규산 노출평가결과(단위 : mg/m ³)	181
<표 79> 제철업사업장 직종별 결정형유리규산의 자료분포현황	181
<표 80> 제철업사업장 6가크롬화합물 측정근로자수	182
<표 81> 제철업사업장 개수설비별 6가크롬화합물 노출평가결과(단위 : mg/m ³)	183
<표 82> 제철업사업장 개수설비별 6가크롬화합물 자료분포현황	183
<표 83> 제철업사업장 개수설비별 6가크롬화합물 농도평균 비교	185
<표 84> 제철업 사업장 직종별 6가크롬화합물 노출평가결과(단위 : mg/m ³)	186
<표 85> 제철업사업장 직종별 6가크롬화합물 자료분포현황	187
<표 86> 제철업사업장 직종별 6가크롬화합물 농도평균 비교	188
<표 87> 제철업사업장 금속 측정근로자수	189
<표 88> 제철업사업장 금속 노출평가결과(단위 : mg/m ³)	189
<표 89> 제철업사업장 금속 노출평가 자료분포현황	190
<표 90> 제철업사업장 직종별 산화철 노출평가결과(단위 : mg/m ³)	191
<표 91> 제철업사업장 직종별 산화철 노출평가 자료분포현황	191
<표 92> 제철업사업장 직종별 망간 노출평가결과(단위 : mg/m ³)	191
<표 93> 제철업사업장 직종별 망간 노출평가 자료분포현황	192
<표 94> 제철업사업장 공기중 석면 측정장소수	195
<표 95> 제철업사업장 개수설비별 공기중석면 노출평가결과(단위 : 개/cm ³)	195

<표 96> 제철업사업장 개수설비별 공기중석면 자료분포현황	196
<표 97> 제철업 사업장 고형시료 채취현황	197
<표 98> 제철업사업장 고형시료 분석결과	201
<표 99> 벤젠 제조 및 사용사업장의 작업환경측정결과	204
<표 100> '02~'05년까지 벤젠취급근로자의 작업환경 중 벤젠 농도 ·	204
<표 101> 표준작업환경측정 지침에 의한 벤젠의 작업환경측정결과('07)	207
.....	
<표 102> 표준작업환경측정 지침에 의한 벤젠의 작업환경측정결과('08)	208
.....	
<표 103> 울산지역 1,3-부타디엔 제조 및 취급사업장의 공기 중 1,3-	
부타디엔 농도	210
<표 104> 표준작업환경측정 지침에 의한 1,3 부타디엔의 작업환경측정	
결과('08)	213
<표 105> 표준작업환경측정 지침에 의한 1,3 부타디엔의 작업환경측정	
결과('07)	214
<표 106> 표준작업환경측정 지침에 의한 염화비닐의 작업환경측정결과	
('07)	216
<표 107> 표준작업환경측정 지침에 의한 염화비닐의 작업환경측정결과	
('08)	216
<표 108> 작업단계별 벤젠의 노출초과 작업 및 내용	218
<표 109> 작업단계별 1,3-부타디엔의 노출초과 작업 및 내용	219
<표 110> 작업단계별 VCM의 노출초과 작업 및 내용	219
<표 111> 대정비작업중 퍼지기간과 전체 노출농도	221
<표 112> 대정비작업에 참여하는 작업근로자의 개인보호구 착용 현황	
.....	223
<표 113> 벤젠취급사업장의 노출기준 초과작업에 대한 방독마스크 착	
용실태	224
<표 114> 1,3-부타디엔의 노출기준 초과작업에 대한 방독마스크 착용	

실태	231
<표 115> 작업장별 직종별 무콘산 측정 근로자 수	258
<표 116> 사업장별 요중 무콘산의 직종별 산술평균, 기하평균, 최대·최소값	258
<표 117> 직무에 따른 요중 무콘산의 산술평균, 기하평균, 최대·최소값	260
<표 118> 직무에 따른 무콘산 농도의 퍼센타일 분포	261
<표 119> 대정비 단계에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차	262
<표 120> 대정비 단계에 따른 무콘산 농도의 퍼센타일 분포	263
<표 121> 미국산업위생전문가협회 기준 및 한국기준에 따른 직무별 무콘산 초과율	264
<표 122> 미국산업위생전문가협회 기준 및 한국기준에 따른 대정비 단계별 무콘산 초과율	265
<표 123> 8시간 노출 기준과 무콘산 농도와의 연관성	266
<표 124> 이상치를 제거한 8시간 노출 기준과 무콘산 농도와의 연관성	267
<표 125> 작업 전후 무콘산 농도 비교	269
<표 126> 설문 응답자의 구분	290
<표 127> 설문응답자의 성별 구분	290
<표 128> 설문 응답자의 연령 구분	291
<표 129> 광양지역 설문응답자의 소속 사업장	292
<표 130> 여수지역 설문응답자의 소속 사업장	293
<표 131> 여수지역 협력업체 설문응답자의 소속 사업장 (비건설직)	294
<표 132> 여수지역 건설근로자의 직종 분포	296
<표 133> 광양지역 건설근로자의 직종 분포	297
<표 134> 발주처 및 비건설 직종 협력업체 근로자의 근무기간	298
<표 135> 건설근로자의 건설직으로 일한 근무기간	298

<표 136> 건설근로자의 여수/광양지역 근무기간	299
<표 137> 주관적인 작업환경 - 불쾌한 냄새	300
<표 138> 주관적인 작업환경 - 먼지	301
<표 139> 주관적인 작업환경 - 소음	302
<표 140> 주관적인 작업환경 - 유해가스 노출	302
<표 141> 유기용제 노출	303
<표 142> 주관적인 작업환경 - 무거운 물체 취급	304
<표 143> 주관적인 작업환경 - 산소결핍(질식) 위험	305
<표 144> 주관적인 작업환경 - 고온 노출	306
<표 145> 주관적인 작업환경 - 저온 노출	306
<표 146> 조사대상자의 하루 근로시간	308
<표 147> 조사 대상자의 주당 근로시간	308
<표 148> 건설직과 비건설직 근로자의 주당 근로시간	308
<표 149> 건설근로자의 섯다운 작업시 근로시간	309
<표 150> 건설근로자의 연간임금 (세금 포함)	309
<표 151> 건설 근로자의 지난 한달의 임금	310
<표 152> 발주처 근로자의 연간임금 (세금 포함)	310
<표 153> 비건설직 협력업체 근로자의 연간 임금	311
<표 154> 조사 대상자의 흡연 여부	311
<표 155> 흡연자들의 현재 흡연 상태	312
<표 156> 조사대상자들의 흡연 갑년	313
<표 157> 조사대상자들의 음주 횟수	313
<표 158> 조사 대상자 중 음주자에서의 음주량	314
<표 159> 조사대상자들의 운동 횟수	315
<표 160> 조사 대상자의 암의 질병이환 현황 (명(%))	317
<표 161> 조사대상자의 조혈기계 질환의 이환 현황	318
<표 162> 조사대상자의 근골격계 질환 이환 현황	319
<표 163> 조사대상자의 내분비대사성 질환의 이환 현황	320

<표 164> 조사대상자의 소화기계 질병의 이환 현황	321
<표 165> 조사대상자의 순환기계 질환의 이환 현황	322
<표 166> 조사대상자의 호흡기계 질환의 이환 현황	323
<표 167> 조사대상자의 눈, 귀 질환의 이환 현황	324
<표 168> 조사대상자의 기타 질병 이환 현황	325
<표 169> 여수산단 근로자의 사회인구학적 요인 및 작업관련 요인에 따른 호흡기증상율(1)	329
<표 170> 여수산단 근로자의 사회인구학적 요인 및 작업관련 요인에 따른 호흡기증상율(2)	330
<표 171> 사회인구학적 요인과 건강행태 요인이 보정된 건설/비건설 구분에 따른 호흡기증상율	331
<표 172> 건설근로자의 호흡기 증상율에 영향을 미치는 직업환경적 요인(1)	333
<표 173> 건설근로자의 호흡기 증상율에 영향을 미치는 직업환경적 요인(2)	334
<표 174> 여수산단 근로자의 사회인구학적 요인 및 작업관련 요인에 따른 피부증상율 (증상기준 1)	336
<표 175> 건설/비건설 근로자 구분에 따른 피부증상율(증상기준 1, 2)	336
<표 176> 건설/비건설 근로자 구분에 따른 피부증상의 근무 중 악화여부	337
<표 177> 건설근로자의 따른 피부증상율(증상기준 1)에 영향을 미치는 직업환경적 요인	339
<표 178> 조사대상의 지난 1년간 작업장의 사고경험응답	340
<표 179> 조사대상자의 사고의 종류	341
<표 180> 조사대상자의 손상의 종류	342
<표 181> 사고 경험자의 치료비 원천	343
<표 182> 조사대상자가 지급받는 안전보호 장비	343

<표 183> 조사 대상자의 신체부위별 근골격계 증상 호소	344
<표 184> 조사 대상자의 신체부위별 근골격계 증상 호소(계속)	344
<표 185> 건설 근로자의 근골격계 증상에 영향을 미치는 요인	345
<표 186> 건설 근로자의 근골격계 증상에 영향을 미치는 요인(계속)	346
<표 187> 조사 대상자의 직무 스트레스 하부영역 점수와 평가기준	347
<표 188> 조사 대상자의 직무 스트레스 하부영역 점수와 평가기준(계속)	348
<표 189> 직무스트레스 항목별 영향을 미치는 요인	349
<표 190> 연구대상 사업장	356
<표 191> 여수산단 발주처 근로자들의 연령 분포(사망 코호트)	370
<표 192> 여수산단 발주처 근로자의 직무 분포(사망 코호트)	371
<표 193> 여수산단 발주처 근로자 전체의 표준화사망비	372
<표 194> 여수산단 발주처 근로자의 표준화사망비 : 생산직/사무직 구분	374
<표 195> 여수산단 발주처 근로자의 표준화사망비: 생산/공무/실험/사무 구분	376
<표 196> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자의 표준화사망비	377
<표 197> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자의 표준화사망비: 생 산직/사무직 구분	378
<표 198> 여수산단 벤젠노출 사업장 발주처 근로자의 표준화사망비: 생산/공무/실험/사무	380
<표 199> 여수산단 발주처 근로자의 암사망 표준화비율비(SRR): 생산 직 vs. 사무직 비교	381
<표 200> 여수산단 발주처 근로자의 암사망 표준화비율비(SRR): 생산/ 공무/실험 vs. 사무 비교	383
<표 201> 제철소 근로자의 연령 분포(암사망코호트)	384
<표 202> 제철소 근로자의 직무 분포	385

<표 203> 제철소 전체 근로자의 표준화 사망비	386
<표 204> 제철소 근로자의 표준화 사망비 : 생산직/사무직 구분	387
<표 205> 제철소 근로자의 사망 표준화비율비 : 생산직 vs. 사무직 비 교	388
<표 206> 건설 근로자의 지역별, 성별 분포	389
<표 207> 건설 근로자의 연령 분포	389
<표 208> 여수산단 건설근로자의 표준화 사망비	390
<표 209> 광양산단 건설 근로자의 표준화사망비	391
<표 210> 여성 건설 근로자의 표준화사망비	392
<표 211> 여수산단 건설 근로자의 암 사망 표준화비율비(SRR) : 여수 산단 발주처와 비교	393
<표 212> 여수 건설 근로자의 사망 표준화비율비 : 여수산단 발주처 사무직 근로자와 비교	394
<표 213> 여수 건설 근로자의 사망 표준화비율비:광양산단 발주처 근 로자와 비교	395
<표 214> 광양 건설근로자의 암사망 표준화비율비 : 여수산단 발주처 사무직과 비교	396
<표 215> 광양 건설 근로자의 사망 표준화비율비:광양산단 발주처 근 로자와 비교	397
<표 216> 여수산단 발주처 근로자 전체의 암 표준화발생비 (1997-2005)	398
<표 217> 여수산단 발주처 근로자 전체의 암 표준화발생비(1988-2005)	399
<표 218> 여수산단 발주처 근로자의 암 표준화발생비 : 생산직/사무직	400
<표 219> 여수산단 발주처 근로자의 암 표준화발생비 : 생산/공무/실험 /사무 구분	402
<표 220> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처의 암 표준화발생비	

(1997-2005)	403
<표 221> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처의 암 표준화발생비 (1988-2005)	404
<표 222> 여수산단 벤젠노출 사업장 발주처 근로자의 표준화암발생비: 생산직/사무직 구분	405
<표 223> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자의 암 표준화발생비 (SIR): 생산/공무/실험/사무 구분	407
<표 224> 여수산단 발주처 근로자의 암발생 표준화비율비 : 생산직 vs. 사무직 비교	408
<표 225> 여수산단 발주처 근로자의 암발생 표준화비율비: 생산/공무/ 실험 vs. 사무	409
<표 226> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자의 암발생 표준화비 율비: 생산직 vs. 사무직	410
<표 227> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자 암발생 표준화비율 비 : 생산/공무/실험 vs. 사무	412
<표 228> 광양제철소 근로자의 표준화암 발생비 (1997-2005)	413
<표 229> 광양제철소 근로자의 암 표준화발생비 (1998-2005)	414
<표 230> 광양제철소 근로자의 표준화암 발생비 : 생산직/사무직 구분	415
<표 231> 광양제철소 근로자의 암발생 표준화비율비(SRR): 생산직 vs. 사무직	416
<표 232> 여수 건설근로자의 표준화암발생비	417
<표 233> 광양 건설근로자의 표준화암 발생비	418
<표 234> 여성 건설일용직 근로자의 암 표준화발생비	419
<표 235> 여수 건설근로자의 암발생 표준화비율비 : 여수산단 발주처 와 비교	420
<표 236> 여수 건설근로자의 암발생 표준화비율비: 여수 사무직과 비 교	421

<표 237> 여수 건설근로자의 암발생 표준화비율비: 광양 발주처와 비교	423
<표 238> 광양 건설근로자의 암발생 표준화비율비 : 여수 발주처와 비교	424
<표 239> 광양 건설근로자의 암발생 표준화비율비 : 여수산단 사무직과 비교	425
<표 240> 광양 건설근로자의 암발생 표준화비율비 : 광양산단 발주처와 비교	426
<표 241> 여수·광양 건설 근로자의 표준화사망비 및 표준화발생비 정리	435
<표 242> 여수·광양 건설 근로자의 암 사망 및 발생 표준화비율비 정리	436
<표 243> 벤젠노출 사업장의 노출관련 직무 분류	441
<표 244> 1,3-부타디엔 노출 사업장의 노출관련 직무 분류	442
<표 245> VCM 노출 사업장의 노출관련 직무 분류	443
<표 246> 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 노출 기준 변화	443
<표 247> 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 의 ND 값	444
<표 248> 직무별 연도별 벤젠 노출량 퍼센타일 분포 (1998상-2007하)	446
<표 249> 직무별 연도별 벤젠 노출기준 초과율	458
<표 250> 직무별 연도별 1,3-부타디엔 노출량 퍼센타일 분포 (1998상-2007하)	471
<표 251> 직무별 연도별 1,3-부타디엔 노출기준 초과율	474
<표 252> 직무별 연도별 VCM 퍼센타일 분포	478
<표 253> 직무별 연도별 VCM 노출 초과율	482

<그림 차례>

[그림 1] 역학조사팀의 구성	12
[그림 2] 노출평가팀 구성	19
[그림 3] 석유화학산업의 범위	31
[그림 4] 석유화학산업과 타 산업의 연관성	32
[그림 5] 석유화학산업과 타 산업의 연관성	35
[그림 6] 국가별 에틸렌 생산능력	36
[그림 7] 여수국가산업단지의 주요 석유화학제품 생산계통도	38
[그림 8] 여수국가산업단지의 사업장배치도	39
[그림 9] BTX의 제조 공정도	40
[그림 10] 스티렌모너머 (SM)의 제조 공정도	41
[그림 11] 1,3-부타디엔 제조 공정도	41
[그림 12] ABS수지의 생산 공정도	42
[그림 13] 염화비닐(VCM) 제조 공정	43
[그림 14] 광양국가산업단지	46
[그림 15] 연주공정	54
[그림 16] 철강제품 생산공정	55
[그림 17] 고로의 구조와 각부 명칭	56
[그림 18] 내연식(좌)과 외연식(우) 열풍로	58
[그림 19] 실리카의 온도에 따른 변태간 전이	60
[그림 20] 실리카의 결정구조	61
[그림 21] 열풍로에 사용되는 내화물	62
[그림 22] 시료채취 적용 장비와 채취매체 (좌로부터, 활성탄관 장착 개인시료채취기, 활성탄관 (100/50 mg), 4-TBC 코팅 활성탄관 (100/50 mg), OVM 3500, OVM 3520)	79
[그림 23] 고농도 벤젠에 적용한 검량선의 예	80

[그림 24] 저농도 벤젠에 적용한 검량선의 예	81
[그림 25] 1,3-부타디엔에 적용한 검량선의 예	82
[그림 26] 염화비닐에 적용한 검량선의 예	83
[그림 27] 산업위생분야 노출기준의 종류와 관계	91
[그림 28] 능동식 및 수동식 시료채취기의 동시설치 가동모습	93
[그림 29] 벤젠에 대한 능동식 및 수동식 시료채취 결과의 상관성	94
[그림 30] 1,3-BD에 대한 능동식 및 수동식 시료채취 결과의 상관성	95
[그림 31] 염화비닐에 대한 능동식 및 수동식 시료채취 결과의 상관성	96
[그림 32] 축열실(좌측)과 연소실(우측)로 이루어진 열풍로의 상부(본 사진은 인터넷에서 수집한 해외사업장임)	97
[그림 33] 고로 외부	99
[그림 34] 제철업 사업장 개수공사 도급관계도	103
[그림 35] 호흡성분진의 입경별 포집율	108
[그림 36] 시료포집기에 연결한 사이클론(좌)과 석면카울	108
[그림 37] 벤젠 개인시료 자료의 누적도수분포도	119
[그림 38] 벤젠 단시간개인시료 자료의 누적도수분포도	121
[그림 39] 벤젠 지역자료의 누적도수분포도	123
[그림 40] 채취시료의 형태별 벤젠의 농도분포	124
[그림 41] 1,3-부타디엔 개인시료 자료의 누적도수분포도	126
[그림 42] 1,3-BD 단시간개인시료 자료의 누적도수분포도	129
[그림 43] 1,3-부타디엔 지역자료의 누적도수분포도	131
[그림 44] 채취시료의 형태별 벤젠의 농도분포	132
[그림 45] 염화비닐 개인시료 자료의 누적도수분포도	135
[그림 46] 염화비닐 단시간개인시료 자료의 누적도수분포도	137
[그림 47] 염화비닐 지역자료의 누적도수분포도	139
[그림 48] 채취시료의 형태별 염화비닐의 농도분포	140
[그림 49] 벤젠 개인시료(TWA-P)의 사업장별 농도분포	143

[그림 50] 벤젠 단시간시료(STEL)의 사업장별 농도분포	146
[그림 51] 벤젠 지역시료(AREA)의 사업장별 농도분포	148
[그림 52] 1,3-BD 개인시료(TWA-P)의 사업장별 농도분포	150
[그림 53] 1,3-BD 단시간시료의 사업장별 농도분포	151
[그림 54] 1,3-부타디엔 지역시료의 사업장별 농도분포	152
[그림 55] 벤젠 개인시료의 직종별 농도분포	155
[그림 56] 벤젠 단시간시료의 직종별 농도분포	157
[그림 57] 벤젠 개인시료의 대정비 단계별 농도분포	159
[그림 58] 벤젠 단시간시료의 대정비 단계별 농도분포	161
[그림 59] 벤젠 지역시료의 대정비 단계별 농도분포	162
[그림 60] 석면함유시료 (시계방향 방염포/보온포/가스킷/밸브보온재)	167
[그림 61] 기존 열풍로(좌)와 신형 열풍로(우)	168
[그림 62] 고로 외피와 냉각관	170
[그림 63] 제철업사업장 호흡성분진 누적도수분포도	174
[그림 64] 제철업사업장 개수설비별 호흡성분진 농도 분포	175
[그림 65] 제철업사업장 직종별 호흡성분진 농도 분포	177
[그림 66] 제철업사업장 결정형유리규산 누적도수분포	180
[그림 67] 제철업사업장 6가크롬화합물 농도 누적도수분포	184
[그림 68] 제철업사업장 개수설비별 6가크롬화합물 농도 분포	185
[그림 69] 제철업사업장 직종별 6가크롬화합물 농도분포	188
[그림 70] 제철업사업장 직종별 산화철 농도분포	193
[그림 71] 제철업사업장 직종별 망간 농도분포	194
[그림 72] 제철업사업장 개수설비별 공기중석면 농도분포	196
[그림 73] 열풍로 개수공사 고행시료	198
[그림 74] 고로 개수공사 고행시료(1)	199
[그림 75] 고로 개수공사 고행시료(2)	200
[그림 76] 년도별 여수산업단지 작업환경 노출실태 조사현황	206

[그림 77] 대정비작업중 퍼지기간과 전체 노출농도와의 관계	221
[그림 78] 퍼지기간과 노출기준 초과 개인시료수와의 관계	222
[그림 79] 요중 뮤콘산과 기중 벤젠 농도의 분포	267
[그림 80] 이상치를 제거한 요중 뮤콘산과 기중 벤젠의 농도 분포 ...	268
[그림 81] 계전 근로자의 뮤콘산 분포	271
[그림 82] 계전 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	271
[그림 83] 계전 근로자의 로그변환한 뮤콘산 분포	271
[그림 84] 계전 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	271
[그림 85] 공무 근로자의 뮤콘산 분포	272
[그림 86] 공무 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	272
[그림 87] 공무 근로자의 로그변환한 뮤콘산 분포	272
[그림 88] 공무 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	272
[그림 89] 기계 근로자의 뮤콘산 농도 분포	273
[그림 90] 기계 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	273
[그림 91] 기계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	273
[그림 92] 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	273
[그림 93] 도장 근로자의 뮤콘산 분포	274
[그림 94] 도장 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	274
[그림 95] 도장 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	274
[그림 96] 도장 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	274
[그림 97] 배관 근로자의 뮤콘산 농도 분포	275
[그림 98] 배관 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	275
[그림 99] 배관 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	275
[그림 100] 배관 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	275
[그림 101] 보드 근로자의 뮤콘산 농도 분포	276
[그림 102] 보드 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	276
[그림 103] 보드 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	276
[그림 104] 보드 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	276

[그림 105] 보온 근로자의 뮤콘산 농도 분포	277
[그림 106] 보온 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	277
[그림 107] 보온 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	277
[그림 108] 보온 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	277
[그림 109] 비계 근로자의 뮤콘산 농도 분포	278
[그림 110] 비계 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	278
[그림 111] 비계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	278
[그림 112] 비계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	278
[그림 113] 용접 근로자의 뮤콘산 농도 분포	279
[그림 114] 용접 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	279
[그림 115] 용접 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	279
[그림 116] 용접 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	279
[그림 117] 제관 근로자의 뮤콘산 농도 분포	280
[그림 118] 제관 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	280
[그림 119] 제관 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	280
[그림 120] 제관 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	280
[그림 121] 탱크 근로자의 뮤콘산 농도 분포	281
[그림 122] 탱크 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	281
[그림 123] 탱크 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	281
[그림 124] 탱크 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	281
[그림 125] 필드 근로자의 뮤콘산 농도 분포	282
[그림 126] 필드 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	282
[그림 127] 필드 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	282
[그림 128] 필드 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	282
[그림 129] Shut down 단계 근로자의 뮤콘산 농도 분포	283
[그림 130] Shut down 단계 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	283
[그림 131] Shut down 단계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	283

[그림 132] Shut down 단계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	283
[그림 133] Maintenance 단계 근로자의 뮤콘산 농도 분포	284
[그림 134] Maintenance 단계 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	284
[그림 135] Maintenance 단계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	284
[그림 136] Maintenance 단계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	284
[그림 137] Start up 단계 근로자의 뮤콘산 농도 분포	285
[그림 138] Start up 단계 근로자의 뮤콘산 농도 QQ plot	285
[그림 139] Start up 단계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 분포	285
[그림 140] Start up 단계 근로자의 로그변환한 뮤콘산 농도 QQ plot	285
[그림 141] 불쾌한 냄새가 많이 난다'에 대한 응답	300
[그림 142] '먼지가 많이 날린다'에 대한 응답	301
[그림 143] '유해가스에 노출된다'에 대한 응답	303
[그림 144] '무거운 물체를 자주 취급한다'에 대한 응답	304
[그림 145] '산소결핍(질식)의 위험을 느낀다'에 대한 응답	305
[그림 146] 표준화사망비 분석 모식도	362
[그림 147] 암 사망 표준화비율비 분석 모식도	363
[그림 148] 암 표준화발생비 분석 모식도	367
[그림 149] 암 발생 표준화비율비 분석 모식도	368
[그림 150] 연도별 NCC 벤젠 퍼센타일 분포	489
[그림 151] 연도별 NCC 벤젠 퍼센타일 Box plot	489
[그림 152] 연도별 BTX 벤젠 퍼센타일 분포	490
[그림 153] 연도별 BTX 벤젠 퍼센타일 Box plot	490
[그림 154] 연도별 SM 벤젠 퍼센타일 분포	491
[그림 155] 연도별 SM 벤젠 퍼센타일 Box plot	491

[그림 156]	연도별 BPA 벤젠 퍼센타일 분포	492
[그림 157]	연도별 BPA 벤젠 퍼센타일 Box plot	492
[그림 158]	연도별 MDI 벤젠 퍼센타일 분포	493
[그림 159]	연도별 MDI 벤젠 퍼센타일 Box plot	493
[그림 160]	연도별 유지보수 벤젠 퍼센타일 분포	494
[그림 161]	연도별 유지보수 벤젠 퍼센타일 Box plot	494
[그림 162]	연도별 유틸리티 벤젠 퍼센타일 분포	495
[그림 163]	연도별 유틸리티 벤젠 퍼센타일 Box plot	495
[그림 164]	연도별 실험 벤젠 퍼센타일 분포	496
[그림 165]	연도별 실험 벤젠 퍼센타일 Box plot	496
[그림 166]	연도별 정유 벤젠 퍼센타일 분포	497
[그림 167]	연도별 실험 벤젠 퍼센타일 Box plot	497
[그림 168]	연도별 출하 벤젠 퍼센타일 분포	498
[그림 169]	연도별 출하 벤젠 퍼센타일 Box plot	498
[그림 170]	연도별 기타 벤젠 퍼센타일 분포	499
[그림 171]	연도별 기타 벤젠 퍼센타일 Box plot	499
[그림 172]	연도별 탱크 벤젠 퍼센타일 분포	500
[그림 173]	연도별 탱크 벤젠 퍼센타일 Box plot	500
[그림 174]	연도별 1-3부타디엔 생산 벤젠 퍼센타일 분포	501
[그림 175]	연도별 1-3부타디엔 생산 벤젠 퍼센타일 Box plot	501
[그림 176]	연도별 제품생산 벤젠 퍼센타일 분포	502
[그림 177]	연도별 제품생산 벤젠 퍼센타일 Box plot	502
[그림 178]	연도별 실험 벤젠 퍼센타일 분포	503
[그림 179]	연도별 실험 벤젠 퍼센타일 Box plot	503
[그림 180]	연도별 유지보수 벤젠 퍼센타일 분포	504
[그림 181]	연도별 유지보수 벤젠 퍼센타일 Box plot	504
[그림 182]	연도별 유틸리티 벤젠 퍼센타일 분포	505
[그림 183]	연도별 유틸리티 벤젠 퍼센타일 Box plot	505

[그림 184] 연도별 출하/탱크 벤젠 퍼센타일 분포	506
[그림 185] 연도별 출하/탱크 벤젠 퍼센타일 Box plot	506
[그림 186] 연도별 VCM생산 벤젠 퍼센타일 분포	507
[그림 187] 연도별 VCM생산 벤젠 퍼센타일 Box plot	507
[그림 188] 연도별 유지보수 벤젠 퍼센타일 분포	508
[그림 189] 연도별 기타 벤젠 퍼센타일 Box plot	508
[그림 190] 연도별 유지보수 벤젠 퍼센타일 분포	509
[그림 191] 연도별 기타 벤젠 퍼센타일 Box plot	509

국회제철(10.2.8)외 사용금지

요 약 문

1. 배경 및 목적

- 여수·광양 국가산단의 주요 장치산업이 설립된 후 20년이 경과함에 따라 장기 근무한 근로자가 증가하였고, 플랜트 건설 근로자들의 직업병 발생 위험에 대한 언론 등의 우려가 증가하였다.
 - 노동부 여수지청은 여수·광양 국가산단 발주처 및 협력업체 소속 근로자, 동 사업장 건설 근로자들을 대상으로 작업환경과 근로자의 직업성 질환과의 상관관계 규명을 위해 산업안전보건연구원에 역학조사를 요청하였다('06.6.12).
 - 산업안전보건연구원은 '06년 이후 수차례에 걸쳐 석유화학공단의 작업환경 실태조사와 암질환 발생 위험에 대한 역학조사를 실시한바 있으며, 일상적 작업환경 하에서는 벤젠 등 화학물질의 노출수준이 노출기준 이하로 관리되고 있는 것을 확인한 바 있다.
 - 그러나 일부 대정비 작업, 시료채취 작업 등 일부 비정기적 작업에서 벤젠 등의 발암물질 노출수준에 대한 전반적인 평가는 실시된 바 없으므로, 플랜트 건설 근로자와 비정기작업의 직업병발생 위험에 대한 평가의 필요성이 제기되었다.
- ※ 대정비 작업 : 석유화학공장은 설비를 24시간 연속적으로 가동시켜야 하기 때문에, 정비를 위해서 수년에 한번 씩 생산 라인 전체를 정지시키고 대대적으로 시설의 보수, 교체, 증설 등 정비 작업을 하는데 이를 대정비 (Turnaround, Shut Down)라고 한다.

- 이번 역학조사는 여수·광양 산단의 대정비 작업의 벤젠 등 발암물질 노출수준 평가와 해당 작업 종사자들의 암 발생위험 평가를 목적으로 하였다.

2. 대상 및 경과

- 조사기간 : 2006.6 - 2009.12
- 조사항목 : 작업환경중 벤젠 등 노출수준평가, 생물학적 모니터링(벤젠 대사산물 요중 류콘산 측정), 건강설문조사, 건강영향평가(암발생 위험도 평가), 직무별·연도별 정기작업환경측정자료 정리(직무노출매트릭스) 등 5개 항목
- 조사대상 : 여수·광양 산단에 소재하고 있는 벤젠 노출 사업장 8개소, 1,3-부타디엔 노출 사업장 2개소, 염화비닐(VCM) 노출 사업장 1개소 등 석유화학산업 사업장 11개소의 대정비 작업에 종사한 전·현직 근로자 약 10,000 여명, 제철산업 사업장 1개소에 종사한 전·현직 근로자 약 11,000 여명, 여수·광양 산단 플랜트 건설근로자 22,000여명, 총 44,000명을 조사 대상으로 하였다.

3. 연구내용 및 방법

1) 작업환경노출평가

- 대상 : 여수·광양 산단에 소재하고 있는 벤젠 노출 사업장 8개소, 1,3-부타디엔 노출 사업장 2개소, 염화비닐 노출 사업장 1개소 등 석유화학산업 사업장 11개소와 제철산업 사업장 1개소 등 총 12개 사업장의 대정비 작업에 참여한 발주처 근

로자 및 플랜트 건설근로자

- 기간 : 2007~2009년 대상사업장별 해당설비 대정비 작업 기간
- 내용 : 8시간 시간가중평균(TWA) 개인시료, 지역시료 및 단시간 노출(STEL) 개인시료의 농도측정을 통한 노출평가

2) 생물학적모니터링 : 벤젠대사산물 뮤콘산

- 대상 : 작업환경노출평가를 실시한 벤젠노출 7개 사업장에서 대정비 작업에 참여한 발주처 근로자 및 플랜트 건설근로자 중 8시간가중평균(TWA) 노출평가를 실시한 근로자
- 기간 : 2007-2009년 대정비 작업 기간
- 내용 : 작업 후 소변 중 벤젠대사산물 뮤콘산 분석

3) 건강설문조사

- 대상 : 여수·광양산단 발주처 근로자 및 대정비 작업기간 플랜트 건설 근로자
- 기간 : 2007년
- 내용 : 여수·광양산단 발주처 근로자 및 대정비 작업기간 종사 근로자를 대상으로 작업양태, 건강상태, 생활습관에 관한 설문조사

4) 건강영향평가: 발암 위험도 평가

- 대상 : 여수·광양산단 발주처 중 벤젠, 1,3-부타디엔 노출 사업장 근로자, 제철소 근로자, 여수·광양산단 플랜트 건설근로자
- 기간 : 2008-2009년
- 내용 : 여수·광양산단 벤젠, 1,3-부타디엔 노출 사업장의 근로자 및

플랜트 건설 근로자의 암 사망 및 발생위험도를 평가

5) 직무별·연도별 정기작업환경측정자료 정리: 직무노출매트릭스

- 대상 : 여수·광양산단 발주처 중 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐 노출 11개 사업장
- 기간 : 2008-2009년
- 내용 : 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐 등의 노출이 발생하는 11개 사업장에 대하여 1998년부터 2007년까지 정기 작업환경측정 자료를 정리하여 데이터베이스를 만들고 직무별, 연도별 노출량의 분포를 구함

4. 결과

1) 작업환경 노출평가 :

- 벤젠(석유화학산업)
 - 벤젠의 개인시료(TWA-P)는 931개 측정하였으며, 이중 벤젠이 나타나지 않거나 8 시간 노출기준 1 ppm 미만은 860개의 시료로서 전체의 92.6%이며, 노출기준을 초과하는 경우는 71개 시료로서 전체의 7.6%로 나타났다.
 - 단시간노출 개인시료(STEL)는 459개 측정하였으며, 이중 벤젠이 검출되지 않은 시료와 단시간 노출기준 5 ppm 미만은 401개 시료로서 전체의 87.6%로 나타났으며, 노출기준을 초과하는 경우는 57개 시료로서 전체의 12.4% 이다.
 - 노출기준을 초과하는 작업은 퍼지(Purge)를 완전하게 실시하지 않은 배관에서 유체의 흐름을 차단하기 위하여 맹판(Blind plate)을 삽입하는 작업,

반응기를 개방하는 작업 등에서 발생하였다.

※단시간노출 개인시료(STEL): 벤젠 등의 고농도 노출은 특정 작업, 예를 들어 반응기 등의 맨홀 개방작업 등 짧은 시간에 고농도로 발생할 수 있으므로 이러한 작업에서 노출을 평가하기 위하여 해당 작업시에는 15분간 단시간 측정을 실시

○ 1,3-부타디엔(석유화학산업)

- 1,3-부타디엔의 개인시료(TWA-P)는 272개 측정하였으며, 1,3-부타디엔이 검출되지 않은 시료와 노출기준(2 ppm)미만의 시료는 250개의 시료로서 전체의 약 91.9 %를 차지하고 있으며, 노출기준을 초과하는 경우는 22 개의 시료로서 전체의 8.1 %로 나타났다.
- 단시간노출 개인시료(STEL)는 146개 측정하였으며, 1,3-부타디엔이 검출되지 않은 시료와 노출기준 10 ppm 미만의 시료는 122개로서 전체의 약 83.65%를 차지하고 있으며, 노출기준을 초과하는 경우는 24 개의 시료로서 전체의 16.4 %로 나타났다.
- 노출기준을 초과하는 작업은 펌프를 수리하면서 용제로 세정하는 작업, 반응탑 등의 맨홀뚜껑을 여는 작업 및 콘트롤 밸브(Control valve)의 교체 작업에서 발생하였다.

○ 염화비닐(석유화학산업)

- 염화비닐 개인시료(TWA-P)는 총 85개 측정하였으며, 염화비닐이 검출되지 않은 시료와 노출기준 1 ppm미만의 시료는 80개로서 전체의 95.1%를 차지하고 있으며, 노출기준을 초과하는 경우는 5 개의 시료로서 전체의 5.9 %로 나타났다.

- 단시간노출 개인시료(STEL)는 총 36개를 측정하였으나, 미국 OSHA노출기준 5 ppm(국내 노출기준은 설정되어 있지 않음)을 초과하는 경우는 없었다.
- 노출기준을 초과하는 작업은 열교환기 맨홀오픈, 현장순시 및 조치 작업에서 발생하였다.

○ 제철산업

- 제철산업 사업장 1개소의 고로개수공사에 대하여 호흡성분진, 결정형유리규산, 6가 크롬 화합물, 공기중 석면 등을 평가하였으며, 노출기준을 초과하는 근로자 또는 작업장소는 없었다.

2) 생물학적모니터링 : 벤젠대사산물 뮤콘산

- 벤젠이 신체에 흡수되어 소변으로 배출되는 양인 소변 중 뮤콘산을 조사한 결과, 우리나라 참고치(1 mg/g cr)를 초과하는 경우는 전체 711개 시료 중 13.36%였다.

※ 생물학적모니터링은 유해물질에 초과 노출 가능성을 평가하기 위한 것으로, 이 값은 현재 질병이 있는지 여부를 판단하기 위한 것은 아니다.

3) 건강설문조사

- 대정비 작업 기간 종사 근로자들은 주관적으로 느끼는 작업환경이 유해하다고 느끼는 경우가 많았으며 호흡기 증상 및 피부증상의 호소가 비건설 발주처근로자에 비해 높았다. 건설근로자들은 흡연률이 높아 이에 대한 관리방안 마련 또한 필요하다. 직무스트레스에 대한 설문 결과 직무불안정 및 물리적 작업환경에 대하여 높은 수

준을 보였다.

4) 건강영향평가 : 발암 위험도 평가

- 여수산단 발주처근로자 약 10,000명, 광양산단 발주처근로자 약 11,000명, 플랜트건설근로자 약 22,000명의 전체암 발생률 및 사망률을 1988~2007년 기간 동안 추적관찰하였고, 관찰인년은 각각 여수산단 발주처근로자 129,756년, 광양산단 발주처근로자 163,952년, 플랜트건설근로자 100,300년이였다.
- 여수·광양산단 발주처근로자, 건설플랜트근로자의 전체암 발생률 및 사망률은 일반인구와 비교하여 통계적으로 유의하지 않거나 유의하게 낮았다.
 - 여수산단 발주처 근로자 전체의 표준화 총사망비는 0.42, 암사망은 0.49로서 일반인구와 비교하여 유의하게 낮았다. 위암(0.27), 간암(0.50), 폐암(0.33)도 유의하게 낮았다.
 - 광양산단의 경우 일반인구와 비교한 표준화총사망비(0.40), 표준화총암사망비(0.48)로서 통계적으로 유의하게 낮았다. 위암(0.41), 간암(0.43)도 유의하게 낮았다. 표준화 전체암발생비는 0.72로 일반인구와 비교하여 유의하게 낮았으며, 간암도 0.56으로 유의하게 낮았다.
- 백혈병 및 비호지킨 림프종 등 림프조혈기계암의 표준화사망률과 표준화발생률은 일반인구와 비교하여 증가되는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다.
 - 건설근로자에서 백혈병 암 표준화발생비(SIR) 2.71~4.50, 비호지킨 림프종 1.54~1.83으로 일반인구에 비하여 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다.

- 여수 산단 플랜트 건설근로자에서 입술, 구강, 인두암의 위험이 표준화사망비(SMR) 4.21 (95%CI:1.39-7.17), 표준화발생비(SIR) 3.18 (95%CI:1.03-7.42)로 일반인구에 비해 통계적으로 유의하게 높았다.
 - 이 암종의 경우 현재까지 직업적 또는 비직업적 요인에 연구가 적어 정확한 원인규명을 위해서는 추적관찰 및 상세한 문헌검토가 필요하다.
 - 플랜트 건설근로자에서 간암(사망 4.01, 95%CI:1.09-10.25), 폐암(사망 4.70, 95%CI:1.46-11.24), 위암(발생 1.46, 95%CI:1.02-2.01) 등이 발주처 근로자보다 높은 소견을 보였는데, 이는 음주나 흡연 등 생활습관의 영향이 클 수 있기 때문에 업무관련성 평가를 위해서는 추가적인 검토가 필요하다.

5) 직무별·연도별 정기작업환경측정자료 정리: 직무노출매트릭스

- 1998년부터 2007년까지 여수·광양산단 11개 사업장에서 실시한 정기작업환경측정자료 중 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐의 노출수준을 노출작업(또는 공정)에 따라 정리하여 향후 연구 및 조사를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

5. 결론

- 대정비 작업에 종사하는 근로자의 일부작업에서 벤젠, 1,3-부타디엔에 노출기준이상으로 노출되고 있는 것으로 나타났으나, 현재까지는 벤젠 등에 의해서 관련 질병의 위험도가 일반국민에 비하여 유의하게 높은 결과는 없었다.
- 다만, 이들 근로자는 조혈기계 발암물질에 노출되고 있기 때문에 비

록 통계적으로 유의하지 않았다고는 하더라도 향후 림프조혈계암 발생 위험이 높아질 가능성이 있으므로 작업환경관리의 강화와 주의 깊은 추적관찰이 필요하다.

국외제철(10.2.8)외 사용금지

제 1편 개 요

I. 개 요

1. 조사 배경

2005년 플랜트 건설일용직 근로자에서 발생한 백혈병이 직업병으로 처음 인정이 되었다. 또한 여수·광양 국가산단의 주요 장치산업이 설립된 후 20년이 경과함에 따라 장기근속자 증가와 플랜트 건설일용직의 보건관리 미흡 등에 의한 직업병 발생 가능성이 현지에서 제기되자 노동부 여수지청에서 연구원에 역학조사를 요청('06.6.12)하였다.

석유화학산업에서의 노출이 건강에 미치는 영향이 지속적으로 제기되면서 산업안전보건공단에서는 여천공단 작업환경 실태조사(1996-1997), 여수지역 벤젠노출 사업장 역학조사(2002), 울산 OO정유 역학조사(2002), 화학공장의 정상·보수 작업시 벤젠 노출실태 및 저감방안(2005), 플랜트 건설근로자의 건강보호를 위한 방안 연구-여수국가산업단지를 중심으로(2008) 등의 연구 및 조사를 실시하여 왔지만 일용직 플랜트건설 근로자의 노출평가 및 건강영향평가는 아직까지 이루어지지 않았다.

따라서 본 조사에서는 여수·광양산단의 건설일용직 근로자를 중심으로 대정비 기간 동안 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐(VCM) 등 발암물질에 대한 노출평가를 실시하고, 건설 근로자의 코호트를 구축하여 암 발생 위험도를 평가하고자 하였다.

2. 조사 목적

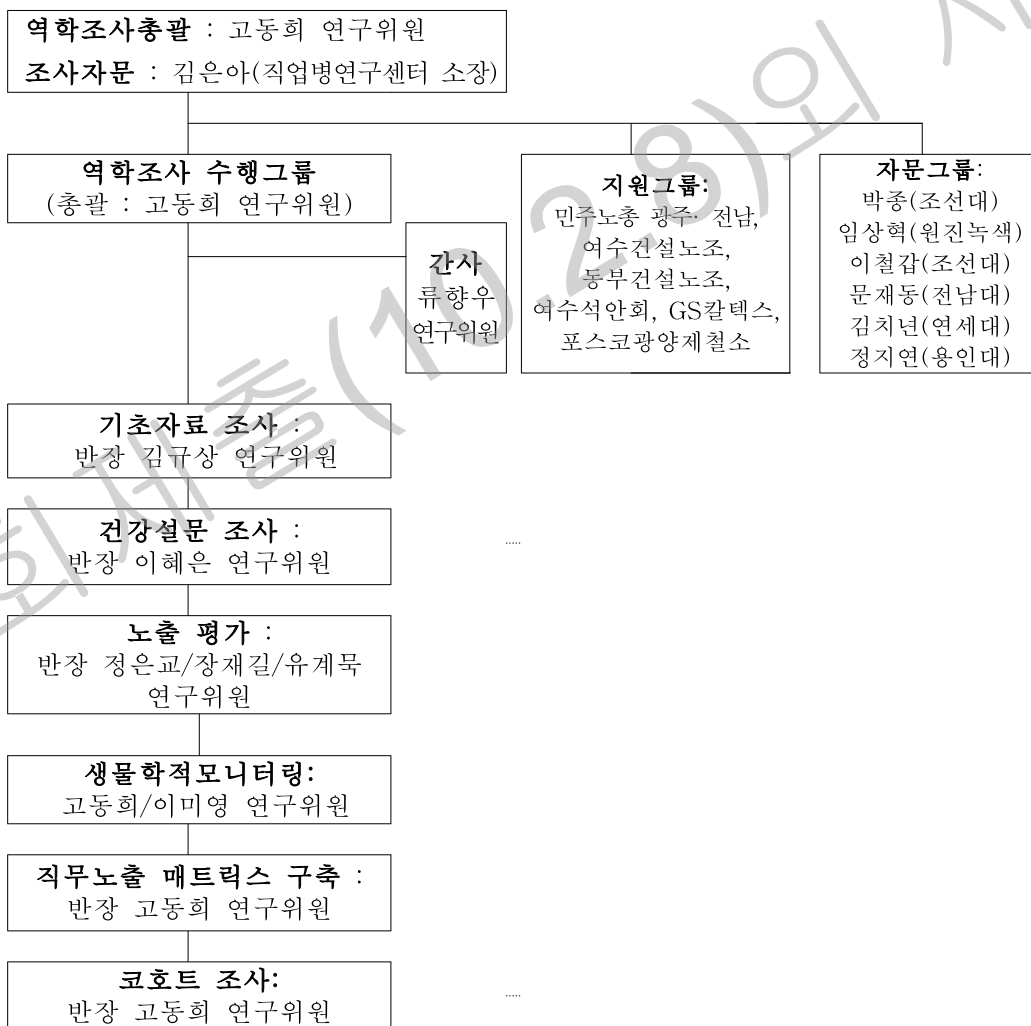
본 조사에서는 여수·광양 산단의 플랜트 건설근로자 및 발주처 근로자를 대상으로 석유화학산업의 대정비에서 발생하는 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐 등의 발암물질과 제철산업의 개수공사에서 발생하는 호흡성분진, 결정형유리규산, 6가크롬화합물, 석면 등의 물질에 대한 노출실태 및 건강상태를 파악, 평가하여 보건관리대책 수립을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

여수·광양 산단에 소재한 11개 석유화학산업 사업장 및 1개 제철산업 사업장에 대하여 작업환경노출평가, 생물학적 모니터링, 건강설문조사, 건강영향평가, 작업별·연도별 정기작업환경측정자료 정리(직무노출매트릭스) 등 5개 항목에 대하여 평가를 실시하고자 하였다.

3. 역학조사팀 구성

1) 조사책임자 : 고동희 (산업안전보건연구원 직업병연구센터 연구위원)

2) 조사팀 세부 구성



[그림 1] 역학조사팀의 구성

4. 조사 경과

광주지방노동청 여수지청에서 2006. 6월 산업안전보건연구원으로 역학조사가 의뢰되었다. 여수지청 관할지역의 건설노동조합은 여수건설노조와 전국플랜트 건설노동조합 전남동부·경남서부지부가 있으며, 건설근로자들은 여수와 광양의 석유화학 및 제철업 사업장에 들어가 일하기 때문에 산단 발주처기업이 역학조사 대상사업장에 포함되었다.

산업안전보건연구원은 여수·광양산단 비발주처 건설 근로자에 대해 대정비 기간 중 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐(VCM) 등 발암물질에 대한 노출평가를 시행하였으며, 동시에 벤젠 대사산물인 뮤콘산의 생물학적모니터링을 수행하였다.

여수 및 광양산단 발주처·비발주처 근로자를 대상으로 건강설문을 실시하여 건강관련 특성을 살펴보고, 과거 작업환경측정자료를 이용하여 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM에 대한 직무노출매트릭스를 구축하였다. 이와 동시에 발주처·플랜트 건설 근로자코호트 구축을 통해 림프조혈계암 등 암 위험도를 종합적으로 평가하였다.

1) '06 진행사항

'06년 6월에 역학조사가 의뢰된 후 산업안전보건연구원은 '06년 9월과 '07년 1월 등 2차례의 관계자 간담회를 개최하였는데, 노동부 여수지청, 여수 및 전남 지역 근로자단체, 여수·광양지역 사업장의 산업안전보건부서 등의 관계자들이 참석하여 역학조사 방법론에 대해 토의하였다.

2) '07 진행사항

'07년 4월에는 노동부 여수지청, 공단 연구원, 근로자단체, 사업장 안전보건 담당부서장 등이 참여한 역학조사 시작회의를 개최하였다. 이 회의에서는 역학조사에 참여하는 플랜트 근로자의 신분보장에 최대한 노력하기로 하였으며, 플랜트 근로자에 대한 작업환경측정은 연구원에서 주관하되 정기 작업환경측정은 별도의 기준에 의하여 사업장 및 기존 작업환경측정기관에서 실시하고, 노동조합의 상급단체 구성원이 역학조사에 참여하기로 하였다.

'07년 5월에는 여수산단의 안전보건부서장 협의체인 여수석유화학안전관리위원회와 근로자단체인 민주노총 광주지역본부로부터 역학조사 자문위원을 추천 받았으며, '07년 6월에 연구원 2층 회의실에서 자문위원회회의를 개최하였다.

'07년 7월에는 전남동부지도원 회의실에서 역학조사 지원그룹회의를 개최하였는데 공단 연구원, 전남동부지도원, 근로자단체, 사업장 등의 관계자가 참석하였다. 지원그룹 회의결과에 따라 7월 26일에 여수 LG화학 연수원 및 광양 커뮤니티센터에서 여수·광양 지역 발주처, 협력업체, 근로자단체 등이 참석한 역학조사 설명회를 각각 개최하였다.

'07년 9월에는 여수석유화학안전관리위원회 및 민주노총 광주지역본부로부터 노출평가에 참여할 작업환경측정기관을 추천받았다. 또한 동년 동월에 지원그룹회의를 개최하여 연구원에서 수립한 여수·광양 산단 근로자 유해요인 노출평가계획을 설명하고 노사측 참석자와 토의하였다. '07년 10월에는 작업환경노출평가에 참여하는 공단직원, 노사추천 외부 산업위생 전문가 등을 대상으로 비일상작업 작업환경측정 설명회를 개최하였다.

'07년 9월부터 여수 석유화학산업 5개소 및 광양 제철산업 1개소에 대해 노출평가 예비조사 및 본조사가 시작되었다. 석유화학산업의 대정비에 대한 작업환경측정은 Shut down, Maintenance, Start up 등 3단계로 구분하여 실시하였으며 단계별 3일 이상 연속측정하였다.

제철산업 사업장의 대정비공사에 대해 노출평가를 위한 예비조사를 '07.10.11에 노출평가반원 및 근로자단체가 참여한 가운데 수행하였으며 대보수 상세일

정, 일정 및 공정별 인력현황 등을 파악하였다.

'07년 10월에 민주노총 광주지역본부에서는 제철산업 사업장에 대한 작업환경측정이 이루어지기전에 열연합리화 및 고로 개보수 공사 등이 진행되고 있음을 이유로 공단 연구원에 광양산단 역학조사에 노동계의 참여를 전면 중단하다는 공문을 보내왔다.

산업안전보건연구원은 동년 동월에 전남동부지도원에서 노동부 여수지청, 공단 연구원, 근로자단체, 사업장 등의 관계자가 참여한 지원그룹회의를 2차례 개최하여 광양산단 노출평가 대책을 토의하였다. '07년 12월에는 노동부 여수지청 주관으로 역학조사 간담회를 개최하여 향후 추진방향 등을 토의하였으며, 그후 동월에 여수지청에서는 당초 '08년까지인 역학조사기간을 연장하기로 하였다.

3) '08 진행사항

여수산단 석유화학산업 5개소에 대하여 '08년5월부터 11월까지 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐 등을 대상을 작업환경노출평가를 실시하였다.

'08년 4월에 제철산업 노출평가를 위한 관계전문가회의 및 예비조사를 통하여 '08년에는 고로부속설비인 ○○번 열풍로 개수공사에 대해 노출평가를 실시하고 '09년에 ○번 고로 개수공사에 대한 노출평가를 실시하기로 하였다. '08년 8월에 ○○번 열풍로 개수공사 기간에 작업환경측정을 실시하였으며 호흡성분진, 결정형 유리규산, 6가크롬화합물, 석면 등을 측정하였다.

'08년 11월~12월에는 광양산단에 소재한 석유화학산업에 대하여 노출평가를 실시하였다. 본 사업장의 평가대상물질은 벤젠이었다.

4) '09 진행사항

'09년 3월~4월에는 제철산업의 ○번 고로 개수공사에 대한 노출평가를 실시

하였다. 고로주변의 배관해체공정과 고로철피절단공정에 대하여 수행하였으며 평가대상물질은 '08년 열풍로 개수공사의 대상물질과 유사하였다.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

<표 1> '06~'07 역학조사 주요 추진일정

일 정	추진내용	비 고
'06. 6	공단 연구원에 역학조사 실시 요청	노동부 여수지청
'06. 9(1차) '07. 1(2차)	관계자 간담회(노동부, 공단, 근로자단체, 사업장)	역학조사팀
'07. 4	역학조사 시작회의(노동부, 공단, 근로자단체, 사업장)	역학조사팀
'07. 5	역학조사 자문위원 추천	여수석안회 민주노총
'07. 7	역학조사 지원그룹회의(공단, 근로자단체, 사업장)	역학조사팀
'07. 7	역학조사 설명회(여수 및 광양 각 1회)	“
'07. 8	역학조사 관련 '표준작업환경측정지침' 제작	“
'07. 8~12	표준작업환경측정지침'에 따른 정기 작업환경측정	사업장
'07. 9	노사측 작업환경측정기관 추천	여수석안회 민주노총
'07.10	작업환경측정 설명회	노출평가팀
'07. 9~11	작업환경측정 예비조사 및 본조사(여수 석유화학 5개소) 생물학적모니터링 발주처, 비발주처 건강 설문조사	노출평가팀 역학조사팀 역학조사팀
'07. 10	제철산업 노출평가 예비조사	노출평가팀
'07. 10	광양산단 역학조사 참여중단 선언	민주노총
'07. 12	역학조사 기간 연장	노동부 여수지청

<표 2> '08~'09 역학조사 주요 추진일정

일 정	추진내용	비 고
'08. 4~12	여수 석유화학산업 5개소 노출평가 생물학적모니터링	노출평가팀 역학조사팀
'08. 1~9	직무노출매트릭스 구축 : 총11개 사업장 방문	역학조사팀
'08. 5~9	근로자 인사자료 수거 및 정리	역학조사팀
'08. 8	제철산업 열풍로 개수공사 노출평가	노출평가팀
'08. 9	노출평가 중간 회의 : 경과보고 및 계획 발표	노출평가팀
'08.12	'표준작업환경측정지침'에 따른 정기 작업환경측정	사업장
'08.10~12	광양 석유화학산업 노출평가 생물학적모니터링	노출평가팀 역학조사팀
'08.10~12	발주처, 플랜트건설 근로자 코호트 구축	역학조사팀
'09. 1~2	여수 석유화학산업 노출평가 생물학적모니터링	노출평가팀 역학조사팀
'09. 3~4	제철산업 고로개수공사 노출평가	노출평가팀
'09. 5~9	코호트 연구, 생물학적 모니터링, 직무노출매트릭스 분석	역학조사팀
'09. 11	역학조사평가위원회에 최종 보고서 제출	역학조사팀

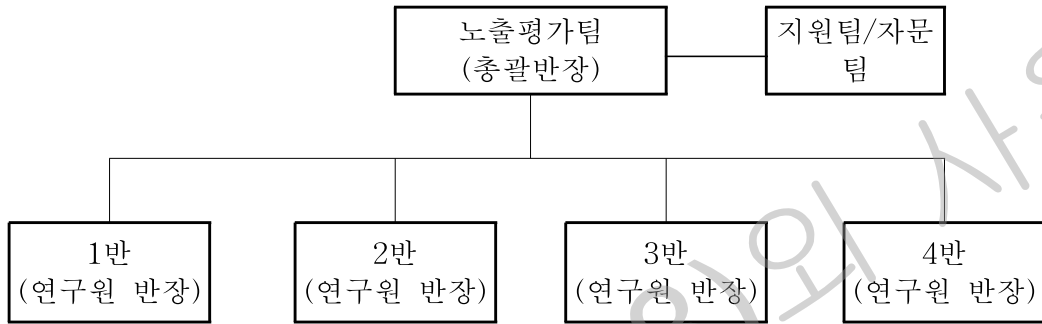
5) 조사분야별 진행사항

(1) 작업환경 노출평가

가) 노출평가팀 구성

대상사업장에 대한 작업환경노출평가는 산업안전보건연구원 직업환경연구실에서 주관하여 노출평가계획 수립, 현장 예비조사 및 작업환경측정 관리, 시료 분석, 평가보고서 작성 등의 업무를 담당하였다. 대정비현장에 대한 작업환경측정시에는 노출평가의 공정성을 기하기 위하여 사용자단체 및 근로자단체에서 추천한 작업환경측정 전문가가 참여하였으며, 그 외 부족한 인력은공단 산하 기관 및 외부 작업환경측정기관으로부터 지원을 받았다. 또한 대상사업장의 소

재지역을 관할하는 노동관서의 근로감독관이 사전회의 등에 참석하였고, 근로자단체의 담당부서장은 사전회의, 현장 예비조사 및 본조사 등에 참여하였다.



[그림 2] 노출평가팀 구성

(가) 노출평가 조사자

<표 3> 노출평가 참여자-공단직원

소속기관 및 부서	성 명	직 위	비 고
산업안전보건연구원 직업환경연구실	이인섭	실 장	
	정은교	연구위원	
	유계목	"	
	이나루	"	
	이광용	연구원	
	박현희	"	
	김갑배	"	
	권지운	"	
	박해동	"	
	정광재	"	
	신정아	"	
산업안전보건교육원 교수실	장재길	부 교 수	전 산업안전보건연구원
산업안전보건연구원 직업병연구센터	류향우	연구위원	
산업안전보건연구원 화학물질안전보건센터	이종한	연구위원	전 안전위생연구센터
산업안전보건연구원 재해통계분석팀	정시정	대 리	전 직업환경연구실
한국산업안전보건공단 서울지역본부	김선도	과 장	
한국산업안전보건공단 부산지역본부	주귀돈	차 장	
	김성철	차 장	전 전남동부지도원
	이병규	과 장	전 산업안전보건연구원
한국산업안전보건공단 경기북부지도원	신용남	차 장	전 산업보건국
한국산업안전보건공단 전남동부지도원	이희재	팀 장	
	이영호	차 장	

<표 4> 노출평가 참여자-외부 전문가

소속기관	성명	소속기관	성명
가천의대 남동길병원	서승덕	원진재단 노동환경건강연구소	이윤근
	오수호		곽현석
	고영국		김원
강화병원산업보건센터	노동균		우지훈
	이희명		이성민
다니엘병원	남지희		인하대병원 산업의학과
	김기태	조경업	
	김대열	고광봉	
대구가톨릭대 (전 노동환경건강연구소)	김중민	천안산업환경	정윤환
	최상준		최주섭
대한산업보건협회 광주지부	주운화	포스코 광양제철소	한상홍
아주산업의학연구소	배야성	하나로산업보건연구소	김주선
연세대 산업보건연구소	이현진	한강성심병원	유춘재
연세모두병원	이재익		

(나) 지원 및 자문

- 광주지방노동청 여수지청 산업안전과 임학근 감독관
- 여수지역건설노동조합 김행곤 안전보건국장(현 수석부위원장)
- 전국플랜트건설노동조합 전남동부·경남서부지부 노동안전보건국장 선진래
- 전국플랜트건설노동조합 전남동부·경남서부지부 조직국장 강동철
- 민주노총 전남지역본부 노동안전보건국장 장종익
- 민주노총 광주지역본부 노동안전보건국장 문길주

나) 작업환경 노출평가 경과

(가) '07년 노출평가 진행경과

- 여수산단 석유화학산업 및 광양산단 제철산업예비조사 : '07. 10~10
- 여수산단 석유화학산업 작업환경측정 : '07. 8~12

(나) '08년 노출평가 진행경과

- 여수산단 석유화학산업 작업환경측정 예비 및 본조사 : '08.3~'09.2
- 제철산업업 사업장 예비조사 : '08.4~8
- 제철산업 열풍로 노출평가 본조사 : '08. 8
- 여수·광양산단 역학조사 작업환경 노출평가 중간회의 : '08. 9

(다) '09년 노출평가 진행경과

- 제철산업 배관해체공정 예비조사 및 본조사 : '09. 3.
- 제철산업 철판절단공정 예비조사 및 본조사 : '09. 4

(2) 생물학적모니터링

가) 조사팀 구성

- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 고동희 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 이미영 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 김태균 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 원용림 연구원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 조민희 전공의
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 김태우 전공의
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 유승원 전공의

나) 생물학적모니터링 경과

생물학적 모니터링은 작업환경측정 때 8시간 시간가중평균(TWA)를 측정할 근로자를 대상으로 수행되었으며, 그 일정은 다음과 같다.

<표 5> 생물학적모니터링 수행 경과

사업장	생물학적 모니터링 수행 일		
	1	2008.10.31-11.11	2009.1. 30
2	2008.11.9-11.13	2008.12.7-12.9	
3	2008.4.11-4.19	2008.5.7-5.9	
4	2007.10.12-10.18		
5	2008.5.4-5.8	2008.5.13-14	2008.1.19
6	2008.5.4-5.8	2008.5.20	
7	2007.10.21-10.22		

(3) 건강설문조사

가) 조사팀 구성

- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 이혜은 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 김규상 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 김건형 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 류향우 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 김태우 전공의

나) 건강설문조사 추진 경과

(가) 전체 일정

건강설문조사의 추진 일정을 다음 표와 같이 정리하였다.

<표 6> 건강설문 전체 추진 일정

일 시	추진경과
2007. 5 - 6	관련 연구 및 문헌 조사
2007. 6	예비조사 - 현지 방문 및 건설근로자 면접
2007. 7	설문조사 대상 및 조사방법 확정, 설문지 초안 작성
2007. 8	파일럿 조사 및 설문지 수정 보완
2007. 9 - 10	설문지 배포
2007. 11 - 12	설문지 회수 및 결과 코딩
2008. 1 - 8	설문결과 분석 및 보고서 작성

(나) 설문지 배포 세부 일정

① 발주처 근로자 및 협력업체 근로자

- 조사 방법 : 2007. 9. 13 대상 사업장(발주처) 담당자에 대한 설문 조사 설명회에서 각 사별로 설문지 전달 후 회사 및 노조 주관 하 자체 실시하여 연구원으로 송부
- 일시 : 07. 9/13 - 10/31

② 광양지역 건설 근로자

- 조사방법 : 안전보건교육시간을 활용하여 연구원 인력의 진행에 따라 배포, 작성 및 수거
- 일시: 9/28, 10/8-9, 10/23 (총 10회) 각 1시간 내외
- 장소: 광양 포스코 건설현장 내 교육장 또는 조회장

③ 여수지역 건설 근로자

- 조사방법 : 안전보건교육시간 또는 휴식시간을 활용하여 연구원 인력의 진행에 따라 배포, 작성 및 수거
- 일시 및 장소 (총39회)
 - 10/17-19 : 호남석유화학 내 각 현장 휴게공간
 - 10/24 : GS 건설 B2현장, 삼성건설 제일모직 현장
 - 10/25-26 : GS칼텍스 협력업체 교육장, GS건설 B2현장 숲 및 탱크작업장
 - 10/29 : 대림건설 호남석유화학 현장 교육장
 - 10/30 : 호남석유화학 내 롯데건설 현장 교육장
 - 10/31-11/1 : GS칼텍스 협력업체 교육장
 - 11/2 : 호남석유화학 내 가야건설 현장 교육장, GS칼텍스 협력업체 교육장

(4) 건강영향평가 : 발암위험도 평가

가) 건강영향평가팀 구성

- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 고동희 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 김태우 전공의
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 유승원 전공의
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 윤용훈 전공의
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 신경석 전공의

나) 건강영향평가 추진 경과

건강영향평가를 위해 여수산단 발주처, 광양산단 발주처, 여수 건설근로자, 광양 건설근로자에 대해 코호트를 구축하였다.

구축된 코호트를 이용하여 암 사망과 암 발생의 위험도를 평가하였다.

<표 7> 건강영향평가 추진 경과

날짜	건강영향평가 추진 경과
2008.4	여수·광양산단 사업장 인사자료 요청
2008.4 -12	인사자료 수거
2008.1-2008.6	코호트 구축 및 암 사망, 암 발생자료 매칭
2009.1 - 9	표준화사망비(SMR), 표준화발생비(SIR), 표준화비율비(SRR) 분석

(5) 직무별·연도별 정기작업환경측정자료 정리: 직무노출매트릭스

가) 조사팀 구성

- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 고동희 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 류향우 연구위원
- 산업안전보건연구원 직업병연구센터 유승원 전공의

나) 직무노출매트릭스 경과

여수·광양산단 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 노출 사업장의 과거 작업환경측정 자료를 이용하여 직무별, 연도별 노출량 데이터베이스를 구축하였다.

직무노출매트릭스 구축을 위하여 사업장을 방문하여 노출공정을 파악하고 해당공정 근로자와 면담을 실시하였다.

<표 8> 직무노출매트릭스 구축을 위한
사업장 방문 조사일정

사업장 번호	방문 날짜
1	2008.7.24
2	2008.2.24, 8.29
3	2008.7.9
4	2008.3.6
5	2008.7.30
6	2008.7.15
7	2008.2.21
8	2008.2.23
9	2008.1.24
10	2008.7.17
11	2008.1.18, 7.22
12	2008.7.20

5. 석유화학산업 및 제철산업 개요

1) 석유 및 석탄 화학산업

일반적으로 석유화학공장은 고도의 기술 및 자본집약형 장치산업으로 대형, 옥외방식의 연속공정(Process)이 대부분이며, 중간원료 및 제품을 생산하는 단위공장들이 유기적으로 접속되어 있다. 또한 설비의 장치들 간에는 파이프라인(Pipe Line)으로 교차(Cross) 결합되어 있고, 공장운전은 중앙조정실(Control Room)에서 기계와 컴퓨터(Computer)에 의해 감시, 이동, 조작, 제어한다. 또한 생산원가에서 원료비가 차지하는 비중이 높다.

석유화학공장은 납사(Naphtha)를 원료로 다종 다품의 화학제품을 제조·사용하고 있고 특히, 많은 화학물질을 취급하고 있다. 또한 여러 종류의 화학물질을 원료·중간체·첨가제·용제 및 제품의 형태로 사용·취급 및 저장하고 있으며 이들 물질의 보유량이 많고 시스템이 복잡하여 위험물질의 누출 등과 같은 사고가 발생할 경우에는 공장 내의 근로자뿐만 아니라 공장 인근의 주민 및 환경에까지 막대한 영향을 끼치게 된다. 반면에, 우리나라의 석유화학공업의 발전과 더불어 방향족화합물의 공급은 보다 값싼 석유에 의존하게 되어 석탄화학공업은 침체된 상태이다. 이것은 석탄을 고온에서 건류하여 얻는 가스·가스액·타르 및 코크스 중에서 타르를 원료로 하여 발전한 공업이다. 즉 석탄을 코크스로(cokes oven)에 넣은 후, 공기가 차단된 상태에서 1,000~1,200℃의 고온 하에서 가열하게 되면, 석탄 내에 존재하는 유기화합물들은 코크스로 상부로 유출되고 단단한 카본 덩어리만 남게 되는데 이것이 코크스이다. 한편 코크스로 상부로 유출된 유기화합물을 콜타르라고 부르며 석탄화학 공업의 원료로 사용된다. 콜타르는 주로 방향족으로 구성된 유기화합물들의 혼합물들이다. 그런 다음, 화성공장에서 가연휘발성가스(COG: Coke Oven Gas)를 정제해 타르(TAR), 조경유(粗輕油), 유황, 유안 등의 부산물을 생산한다. 원유는 벤젠고리를 가진 탄화수소(C₆) 함유량이 약 1

0~15% 정도이지만, 조경유는 벤젠이 70% 이상 함유한 정류하기 이전 단계의 경유를 말한다.

여수·광양 산업단지는 정부의 중화학공업 육성계획에 의거 1967년 공단이 조성된 이래 현재 정유, 비료, 석유화학계열 업종이 입주하고 있는 국내최대규모의 중화학공업기지로서 에너지, 비료, 석유화학 등 산업용 원료소재의 안정적인 공급과 첨단기술을 통한 미래 신제품개발에 주력함으로써 고도의 산업사회를 이룩하는데 중추적인 역할을 담당하고 있다. 그러나 이러한 국가 중화학산업의 중추적인 역할 이면에는 많은 유해화학물질의 제조, 취급으로 인한 인체의 건강에 이상을 가져올 수 있는 위험에 항상 노출되어 있다. 옥외작업장이 대부분인 석유화학공장의 경우 그 특성상 평상시 유해화학물질 노출농도도 낮은 편이나 매년 실시되고 있는 대정비작업에서는 그 동안 연구사례를 살펴보면 노출농도가 상당히 높은 것으로 보고하고 있다.

또한, 최근 보고에 따르면 석유화학공장에서 벤젠에 의한 조혈기계 암 등 직업성질환이 다시 발생되고 있다(산업안전보건연구원, 2007~2008). 2003년 「옥외작업장」 까지 측정대상을 확대함으로써 발주처근로자의 경우 측정대상에 포함되어 작업환경관리가 이루어지고 있으나 플랜트 건설근로자는 건설직근로자의 특성상 관리가 어려운 실정이며 특히 대정비작업중 플랜트 건설근로자에 대한 작업환경 및 건강관리가 소홀한 것으로 보고하고 있다. 2009. 1. 1일 부터 벤젠에 대한 허용기준을 설정하여 관리를 엄격히 하도록 산업안전보건법이 개정되었고 1,3-부타디엔의 노출기준도 '08. 7. 1일부터 10 ppm에서 1 ppm으로 강화되는 등 석유화학공장에서의 대정비작업중 벤젠 등 발암성물질 노출에 대한 관심이 증대되고 있다.

벤젠은 무색의 가연성 액체로서 방향족 탄화수소류의 전형적인 냄새를 내는 비극성 물질이다. 과거에는 중요한 용제로서 잉크, 고무, 락커 및 페인트 제거제 등의 원료로 사용되었으나 최근에는 그러한 사용은 매우 감소되었다. 대부분의 벤젠은 다양한 유기화학물질들의 원료로서 화학공장에서 사용되고 있고 또한 프라스틱 제조업체에서 주로 사용되고 있다(미국산업위생전문가협회, 2001).

1,3-부타디엔은 상온에서 무색의 기체상태로 존재하며, 특징적인 탄화수소류의 냄새를 갖고 있으며 합성고무, SBR latex 제조 및 ABS 수지제조에 원료로 사용되고 있다. 미국에서는 7,600 명 정도의 근로자가 직업적으로 1,3-부타디엔에 노출될 가능성이 있는 것으로 파악되고 있으며, 기존 10 ppm의 허용 기준하에서 약 76명이 암으로 인한 사망가능성이 있었던 것으로 조사되었다. (OSHA, 1997)

염화비닐은 상온에서 무색의 에테르 냄새를 가지는 기체로 가연성을 가지고 있다. 미국국립산업안전보건연구원 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 조사에 따르면 1990년을 기준으로 약 3,711개 공장에 근무하는 81,314명의 근로자가 염화비닐에 노출되고 있다. 이 물질은 통상적으로 가압 하에서 액체로 취급되며 염화비닐수지의 원료로 사용되고 있다. 염화비닐을 에어로졸 분무제, 냉매 및 의약품과 화장품으로의 사용은 1974년에 미국 내에서 금지된 바 있다. (미국산업위생전문가협회, 2001)

여수광양산업단지내 대정비작업이 있는 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐 취급 사업장을 중심으로 그 노출실태를 알아보고 집중 분석하여 주요 발생원인과 이에 대한 대책을 살펴보기로 한다.

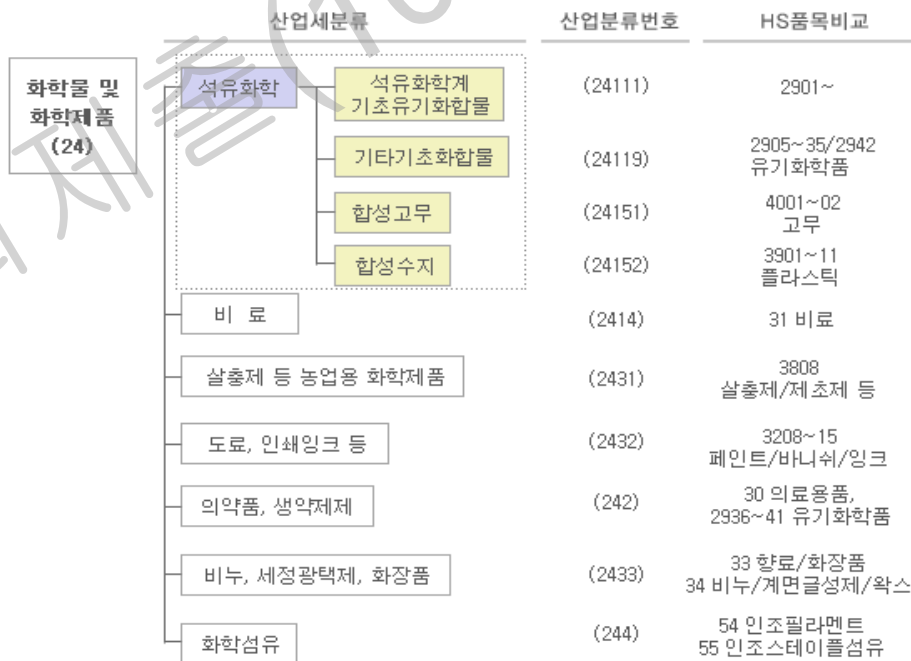
(1) 석유화학산업의 범위와 특성

석유화학공업협회의 홈페이지에 게시된 자료를 중심으로 살펴 보면 석유화학 산업이란 석유(나프타 등) 또는 천연가스 등을 원료로 하여 합성수지, 합성섬유 원료, 합성고무 등 화학제품을 제조하는 산업을 칭하며 그 범위는 한국표준산업 분류상 석유화학계 기초유기화합물 제조업(24111), 기타기초화합물제조업(24119), 합성고무제조업(24151), 합성수지제조업(24152)을 말하게 된다 ([그림 3] 참조). 이 산업은 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

- 자동차, 전자, 건설 등 주력산업에 원자재를 공급하는 주요 핵심기간산업
 - 천연소재(철, 알루미늄, 목재, 종이, 면, 양모 등)의 대체산업
- 대규모 설비투자가 소요되는 자본 및 기술집약적인 장치산업

- 1개단지(Complex) 건설에 20억\$ 전후 소요
- 규모의 경제(Scale Merit)가 있는 산업
- 모체인 나프타분해공장에서 생산되는 기초유분의 수급균형 유지를 위해 계열화, 단지화를 이루어야 하는 산업
 - 원자재의 대량이동이 용이
 - 유틸리티, 항만 등 공동 이용

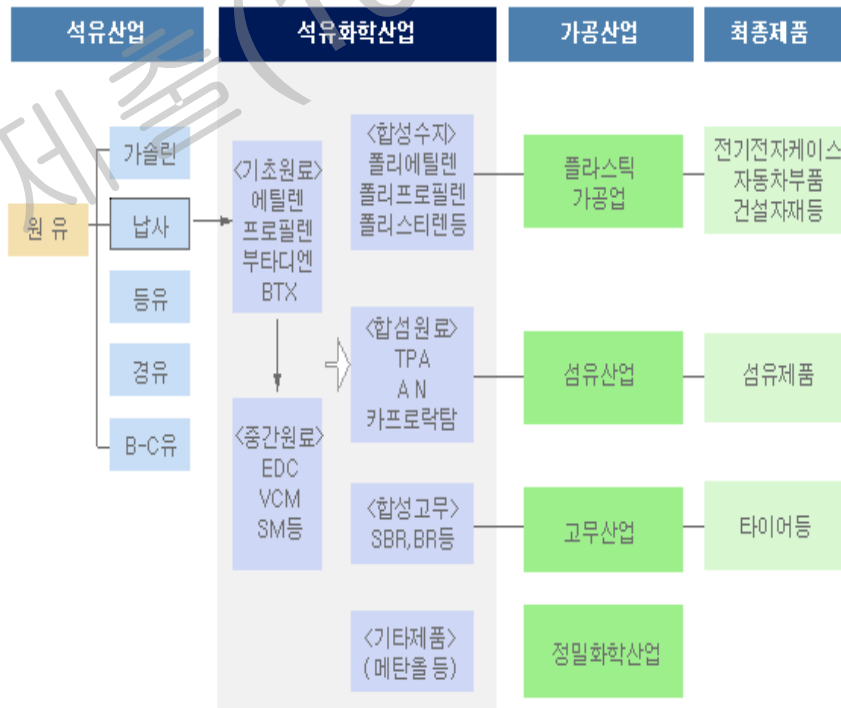
석유화학산업은 석유 중 나프타나 Gas Oil(디젤유)를 기초원료로 하여 출발하는데, 나프타를 나프타분해설비(Naphtha Cracking Center ; NCC)에 투입하여 에틸렌, 프로필렌 등 기초유분을 생산한다. NCC에서 생산되는 제품들의 구성비는 보통 에틸렌 31%, 프로필렌 16%, C4유분 10%(부타디엔 원료), RPG(벤젠/톨루엔/크실렌 원료) 14%, 메탄·수소·LPG 등 기타제품이 29% 생산된다.



[그림 3] 석유화학산업의 범위

이때 에틸렌과 프로필렌은 바로 유도품 생산공정으로 가고, C4유분과 RPG는 추가로 추출·정제하는 공정을 거쳐 부타디엔과 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등 유용한 석유화학 기초유분을 생산하게 된다.

이러한 기초유분을 가지고 석유화학 최종제품을 만드는데, 폴리에틸렌과 폴리프로필렌과 같이 기초유분 하나만을 가지고 중합반응을 통해 만들어지기도 하고, 스티렌모노머와 같이 기초유분 두개(에틸렌과 벤젠)를 반응시켜 만들기도 하며, 아크릴로니트릴이나 PVC 처럼 다른 화학제품과의 반응을 통해 만들기도 한다. 석유화학제품은 천연소재의 대체품으로서 각종 생활용품에서부터 전기전자, 컴퓨터, 자동차, 건설 등에 이르기까지 사용되지 않는 곳이 없을 정도로 용도가 다양한 기초원자재이므로 일부에서는 석유화학제품을 “산업의 쌀”이라고 부른다. [그림 4]에서는 석유화학산업과 타 산업의 연관성을 그림으로 나타내었다.



[그림 4] 석유화학산업과 타 산업의 연관성

(2) 우리나라 석유화학산업의 현황

우리나라 석유화학산업은 정부 주도로 1970년대에 울산에 관련 시설이 들어선 이래 1980년대 여수단지의 가동으로 석유화학의 기반을 구축하는 단계를 거쳐 1990년대 중반까지 대규모 증설이 활발하게 이루어졌다. 또한 1990년대 말에는 충남 대산에 유사한 산업단지가 들어섬으로써 성숙기를 맞게 되었다. 초창기의 산업은 경공업 중심의 성장의 기초가 이루어졌으나 중화학공업을 거쳐 최근에는 IT, BT, NT 등 첨단산업과 연계성을 강화해 나가고 있다. (<표 9> 참조)

<표 9> 국내 석유화학 산업의 발전과정

구분	70년대 (개발기)	80년대 (성장기)	80년대말~ 90년대중반 (도약기)	90년대후반 이후 (구조조정기)
주도주체	정부 주도		민간 주도	
	정부주도 (울산단지가동)	기반구축 (여수단지가동)	대규모증설 (대산단지가동)	업계재편 활발한 M&A
에틸렌 생산능력 (기업수)	155천톤/년 (1개사)	505천/톤 (2개사)	4,330천톤/년 (8개사)	5,700천톤/년 (7개사)
GDP 탄성치 (수요성장률)	2.9 (28.0%)	1.4 (12.0%)	1.3 (10.0%)	1.0 (3.0%)
수출입 균형	순수입	순수입 균형	균형 순수출	순수출
성장주도부문	경공업	경공업, 중화학공업	중화학공업	첨단산업 (IT, BT, NT)
주요 정부정책	석유화학공업육성법 제정, 전략개발산업으로 육성 국영기업의 주도, 정부 원료제품가 조정	정부 사업지원, 국영기업 민영화, 산업발전법 발효 (석화법 폐지)	투자 자유화, 가격 자유화	산업정책 자율화, 기업구조조정 유도 (재무구조 개선 등 경쟁력 유도)
세계적 동향	선진국중심 석유화학산업의 전세계적 확대	사업다각화, 고부가가치화	M&A, 아시아 성장 (중국 동남아)	경쟁심화, 초대형기업탄생, 중동석유산업 급성장

국내 석유화학산업의 규모는 에틸렌 생산능력을 기준으로 연산 592만톤의 나프타분해공장과 관련 계열공장을 보유하고 있다. 국내 3개 주요 단지별 생산능력을 <표 10>에 정리하였으며 발전 단계별 합성수지 등의 생산능력은 [그림 5]에 도시하였다.

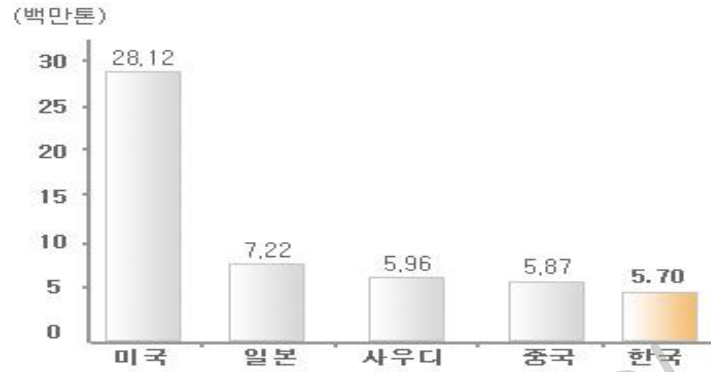
<표 10> 국내 석유화학산업의 단지별 생산능력

단지명	회사명	에틸렌생산능력 (만톤)
합계		592
울산석유화학단지	소계	120
	SK	73
	대한유화	47
여수석유화학단지	소계	294
	여천 NCC	146
	LG석유화학	76
	호남석유화학	72
대산석유화학단지	소계	178
	삼성토탈	65
	LG대산유화	48
	롯데대산유화	65



[그림 5] 석유화학산업과 타 산업의 연관성

우리나라 석유화학산업의 국제적 위상은 세계 5위 생산규모(에틸렌 기준)로 2003년을 기준으로 할 때 596만톤이며 제조업 중에서 석유화학이 차지하는 비중은 4.6%이고 생산액은 30조원에 이르고 있다. 이는 국내 4위의 수출품목에 해당하는 것으로 '03년 수출액은 119.2억불로 수출비중의 6.2%를 차지하여 무역수지로는 '90년 21억불 적자에서 '03년에는 61억불의 흑자를 이룩하였다. [그림 6]에는 주요 국가의 에틸렌 생산능력을 도시하였다.



[그림 6] 국가별 에틸렌 생산능력

(3) 여수 석유화학산업단지의 현황

여수 국가산업단지는 1967년에 여천공단으로 기공되었으며 1967~2004년 사이에 조성된 면적은 약 926만평 (조성 697, 조성 중 229)이다. 임해공단의 양호한 입지여건을 이용한 종합 석유화학산업단지로 여수 북쪽 9km 지점의 전라남도 여수시 중흥동, 삼일동 일원에 조성되어 있다. 단지의 연혁은 다음과 같으며 개괄적 현황은 <표 11>에 요약하였다.

- 1967. 2. 20 : 여천공업단지 기공
- 1969. 6. 3 : 호남정유공장 준공
- 1973. 10 .13 : 제7비료(남해화학)공장 및 대성메탄올 공장 기공
- 1975. 11. 10 : 여천석유화학단지 합동기공
- 1980. 1 .29 : 여천석유화학단지 합동준공
- 2001. 4. 12 : 여수국가산업단지로 명칭 변경(건교부고시제 2001-8호)

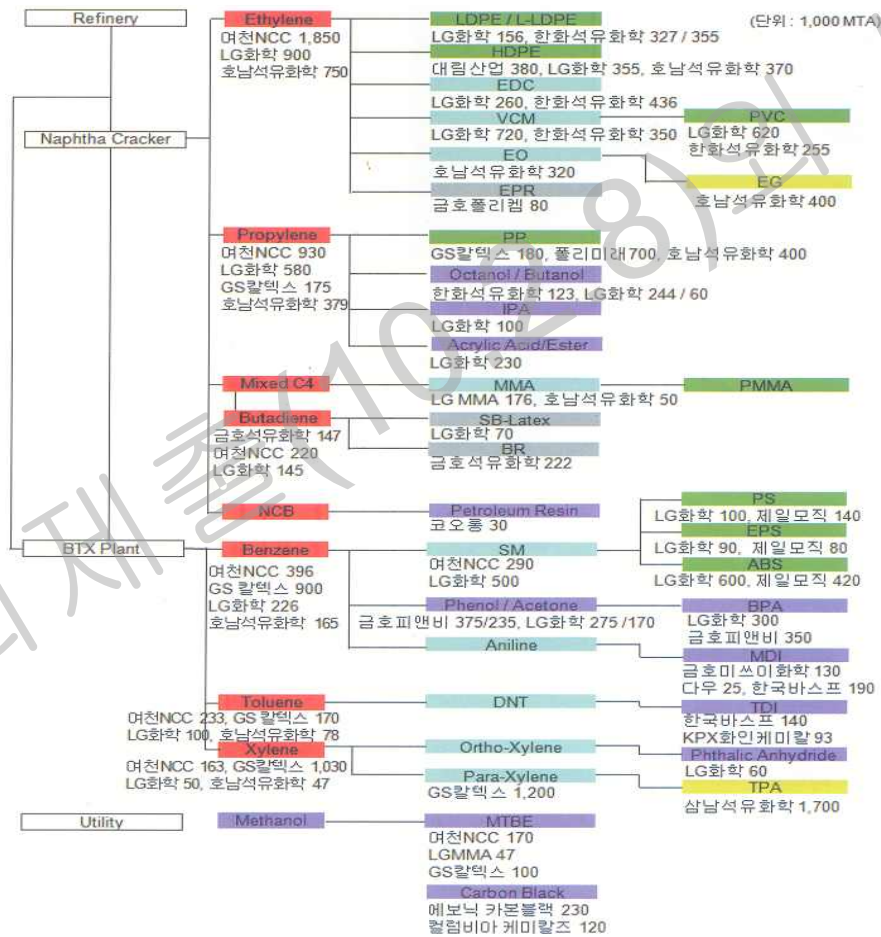
<표 11> 여수국가산업단지의 현황

구분	현황	비고
업체수 및 입주업체	- 216개사 - 가동업체: 162개사	
고용인원	- 고용인원 12,640명 (남 11,992명, 여 648명)	
연간 생산 및 수출	- 생산: 316,459억원, - 수출: 12,449백만불	
관련 업체 및 근로자수	- 제조업체수 1,305개사, - 근로자수 17,304명	

여수국가산업단지 내에 입주한 주요 석유화학기업은 다음과 같고 2009년도 5월을 기준으로 한 동 단지의 석유화학제품 생산계통도는 [그림 7]와 같으며 이 단지의 사업장배치도는 [그림 8]과 같다.

- 금호미쓰이화학(주)
- 금호석유화학(주)
- 금호폴리켄(주)
- 금호P&B(주)
- 대림산업(주)
- 삼남석유화학(주)
- LG화학(주)
- LGMMA(주)
- 여천NCC(주)
- 제일모직(주)
- GS칼텍스(주)
- 코오롱(주)
- 폴리미래(주)
- 한국바스프(주)

- KPX화인케미칼(주)
- 한화석유화학(주)
- 호남석유화학(주)
- 휴켄스(주)



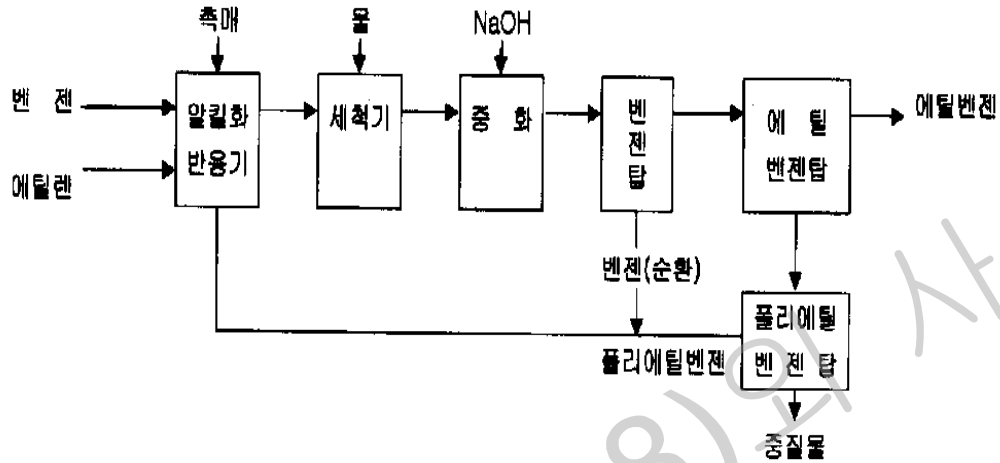
[그림 7] 여수국가산업단지의 주요 석유화학제품 생산계통도



[그림 8] 여수국가산업단지의 사업장배치도

(4) 벤젠 관련 공정

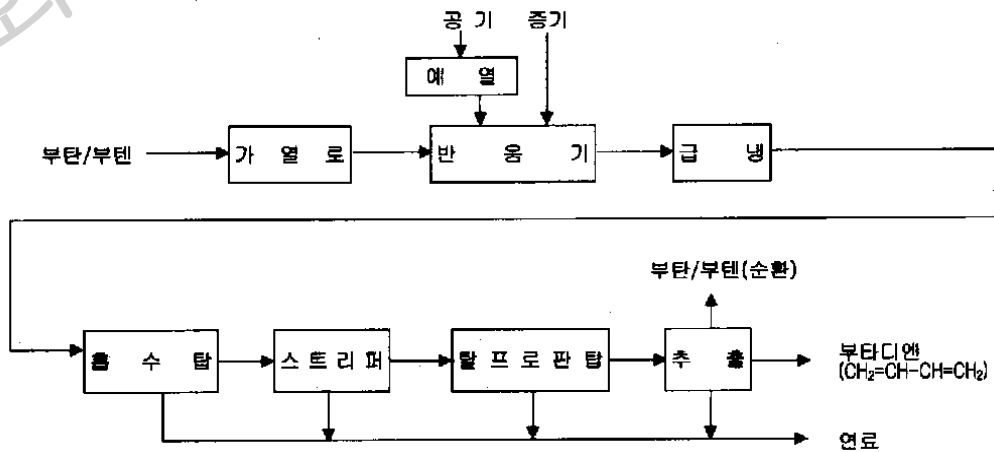
이번 역학조사에서는 8개의 사업장에 대해 벤젠의 측정평가가 이루어졌으며 대상이 된 공정은 스티렌모너머 (SM), 큐멘(Cumene), BTX (Benzene-Xylene-Toluene, Naph-based), MBN (Mono-nitro Benzene), BTX(Benzene-Xylene-Toluene, Coal tar-based)등 총 5개였다. [그림 9]에는 BTX 생산공정도를 [그림 10]에는 스티렌모너머 제조공정도를 대표적으로 도시하였다.



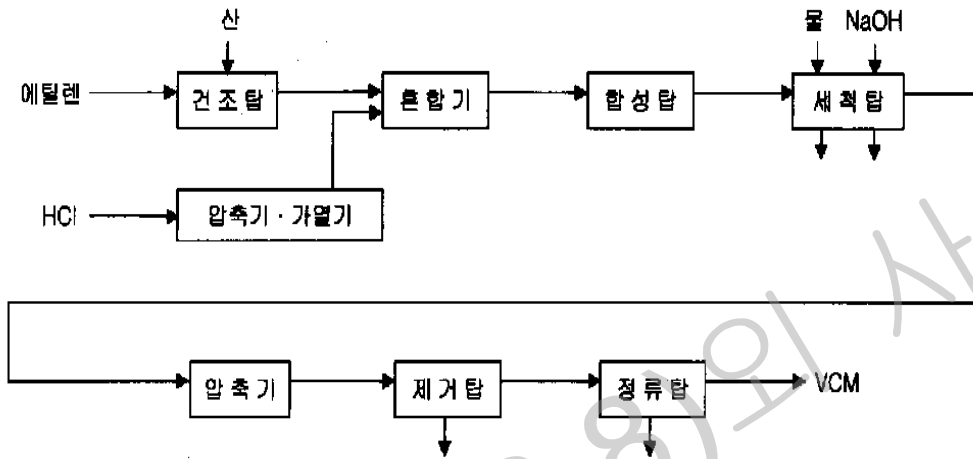
[그림 10] 스티렌모너머 (SM)의 제조 공정도

(5) 1,3-부타디엔 관련 공정

1,3-부타디엔의 조사대상 사업장은 2개였으며 공정은 1,3-부타디엔 생산공정과 ABS 및 SBS수지 생산 등 3개소였다. [그림 11]과 [그림 12]에는 1,3-부타디엔의 제조 공정도와 ABS수지 생산 공정도를 대표적으로 도시하였다.



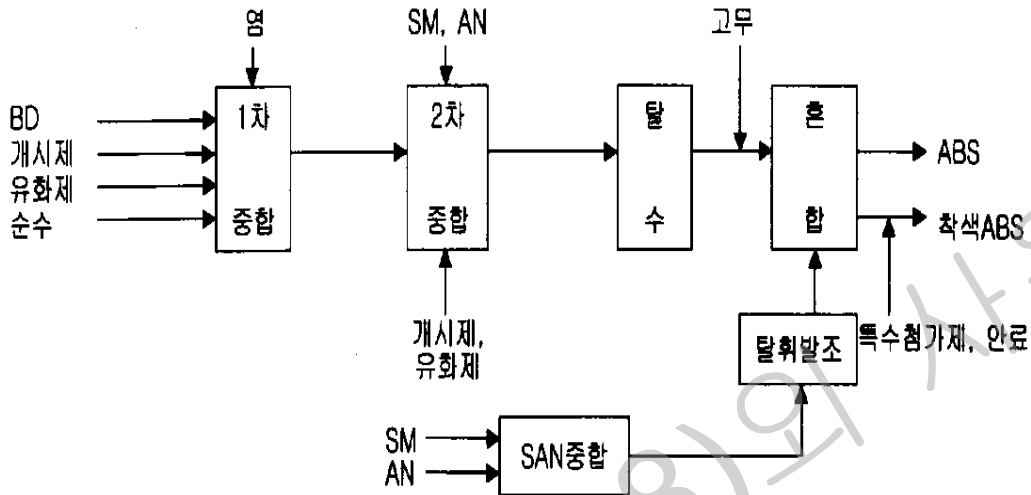
[그림 11] 1,3-부타디엔 제조 공정도



[그림 12] ABS수지의 생산 공정도

(6) 염화비닐 관련 공정

이번 조사는 1개의 염화비닐 (Vinyl Chloride Monomer)를 제조공정에 대한 조사가 이루어졌다. 이 공정에 대한 개략적인 제조 공정도를 [그림 12]에 도시하였다.



[그림 13] 염화비닐(VCM) 제조 공정

2) 제철산업

19세기 말부터 철광석을 환원 용해하여 탄소함유량이 높은 선철을 제조하는 고로, 이것을 원료로 하여 탄소 함유량이 낮은 강을 제조하는 제강로, 이 강의 덩어리를 붐, 조강 및 판 등의 제품의 형태로 가공하는 압연공장의 3요소로부터 오늘날의 기본적인 제철소의 패턴이 완성되었다. 지각을 구성하는 많은 원소 중 철은 4.1%를 차지하고 있으며 4번째로 많다. 규소(27.72%), 알루미늄(8.13%) 등은 철보다 많으나 대부분이 지각중에 넓고 균일하게 분산되어 있는 반면, 철을 함유하고 있는 철광맥은 제한된 위치에 집중적으로 존재하고 있으므로 경제적으로 유효하게 이용할 수 있다.

공업용 철강은 그 성분의 대부분을 철 원소가 차지하고 있으나 그 밖에 탄소, 규소, 망간, 인, 황 등의 다른 원소를 포함하고 있으며, 때로는 크롬, 니켈 및 텅스텐 등의 원소를 포함하기도 한다.

탄소의 함유량은 철강의 성질인 가공성, 경화성, 용융성, 취성 등에 가장 큰 영향을 미치는데, 탄소함유량이 2.11% 이상인 철을 선철 또는 주철이라 하고

탄소함유량이 그 이상인 철을 강이라고 부른다.

우리나라의 근대 제철업은 민족의 수난기였던 일제시대 때 시작되었다. 1918년 일제는 미쓰비시 재벌을 앞세워 황해도 송림시에 겸이포제철소를 건설하였으며 1942년에는 청진제철소를 건설하였다.

식민지 시대가 끝나고 해방이 되자, 우리나라는 종합적인 경제개발계획(1962년)을 내놓으면서 경제발전에 박차를 가하였다. 이때부터 불붙기 시작한 경제 성장과 산업 구조의 고도화는 우리나라의 철강 수요를 급증시켰다. 이에 힘입어, 외국산의 수입에만 의존하지 않고 철강을 자급하겠다는 목표 아래 현대적인 설비의 종합 제철소인 P종합제철이 탄생하였다. 1973년 6월 9일 상오 7시 25분 P제철소에서는 국내 최초로 연산 103만톤 규모의 1고로 첫출선이 있었다. 이후 P사는 G제철소를 건설하여 1987년 4월 24일 내용적 3,800 m³, 연산 270만톤의 G 1고로를 가동하는 등 P제철소와 G제철소의 총 11기의 고로에서 연간 3,400백만톤 이상의 선철을 생산할 수 있는 능력을 갖추었다.

P사 외에 고로조업이 예정중인 사업장은 현대제철로서 충남 당진에 2기의 고로를 건설 중에 있으며 2010년과 2011년에 각각 1,2단계의 고로를 준공할 예정으로 있다. 한편 국내 철강업종 사업장의 해외 고로공장 건설도 활발한데, 포스코는 인도에 고로공장의 건설을 추진 중에 있고 베트남에는 고로공장 건설타당성을 검토하고 있으며 동국제강은 브라질에 공장설립을 계획하고 있다.

제철소의 고로는 장기간 조업으로 노체 내부 벽돌의 손상이 심해지면 조업을 중지하고 고로내부에 사용되고 있는 내화벽돌을 교체하는데 이것을 고로개수라 하고 보통 개수할 때 내화벽돌 뿐 만 아니라 철피 장식이나 기타 부속 설비 등의 노후한 것도 교체한다.

1973년에 준공된 P제철소의 1고로는 1979년 7월에 1차 개수하였고 그 후 또한 차례의 개수를 통하여 현재의 P제철소 1고로는 3대기째이다. P제철소의 1~3고로는 모두 2차의 개수를 실시하여 고로 내부의 내화벽돌을 교체하고 고로의 용량을 확대하였으며, P제철소 4고로와 G제철소의 1~3고로는 1차 개수를 실시한 상태이다. 고로의 개수작업은 종합건설업체에서 개수공사 전체를 수주받

아 공사를 수행하며, 세부적인 공사는 다시 전문건설업체에서 수급받아 실제 공사를 담당한다. 전문건설업체는 종합건설업체로부터 공사를 수급하였을 경우 개별공사에 필요한 숙련근로자를 모집하여 작업을 수행한다. 건설현장은 단기간에 옥외에서 작업이 이루어지고 수시로 작업장소를 이동하면서 작업을 실시하기 때문에 작업환경측정이나 특수건강진단이 거의 실시되지 않고 있는 등 비발주처 건설근로자에 대한 작업환경 및 건강관리가 소홀한 것으로 보고되고 있다(산업안전보건연구원, 2007~2008). 제철업 사업장의 고로개수공사 시에 발생할 수 있는 유해물질로는 고로의 철판내면에 조적되어 있는 내화벽돌에 함유되어 있을 수 있는 결정형유리규산과 냉각배관 등 각종 배관의 플랜지 및 내화벽돌에 함유가능성이 있는 석면, 용접봉을 사용하는 용접작업 수행에 따른 6가크롬화합물, 설비해체 및 그라인딩 작업에서 발생할 수 있는 호흡성분진 등이 있다.

산업안전보건연구원에서는 주로 화학제품제조업 사업장에 대하여 역학조사를 실시하였는데, 1997년에는 ○○공단 지역주민의 환경오염으로 인한 집단이주문제에 사회적으로 쟁점화되자 일반주민보다 유해물질로 인한 오염의 영향을 받을 가능성이 높은 공단 근로자의 건강에 대한 우려가 함께 부각되어 ○○지방노동청 ○○지청의 요청으로 공단 소재 사업장에 대한 역학조사를 실시하였다. 작업환경측정 30개 사업장을 포함하여 총 82개의 사업장에 대한 역학조사 실시 결과 ○○공단 근로자의 작업환경으로 인한 뚜렷한 건강장해는 없는 것으로 판단되었다. 그러나 '97년도의 역학조사는 정상작업환경 및 발주처 근로자에 대하여 실시되었으며, 대정비작업 등의 비정기 작업과 비발주처 근로자에 대해서는 조사를 실시하지 않았다. 또한 석유화학공장의 주요 발암성물질인 벤젠에 대한 노출기준이 '03.7.1 부터 10 ppm에서 1 ppm으로 10배 강화되었으므로 노출평가결과의 재해석이 필요할 수도 있다.

이후 ○○산단 근로자의 백혈병, 폐암 등 직업병이 지속적으로 발생되어 ○○산단 주요 사업장에 대하여 비발주처 건설근로자에 의한 대정비작업을 수행하는 주요 사업장에 대하여 역학조사를 실시하게 되었다.

이번 조사의 목적은 여수·광양 산단 근로자의 대정비작업이나 고로해체작업 중 공정별 유해물질 노출양상 및 수준 평가, 특히 조혈계 발암물질인 벤젠등의 고위험물질에 대한 노출수준을 평가하여 향후 석유화학산업 및 제철산업의 비정상적인 작업에 대한 작업환경 유해요인 개선 및 관리방안 수립을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

(1) 광양 국가산업단지 현황

광양 국가산업단지는 대형 제철소를 중심으로 태인동 일대에 조성된 연관단지로 구성된다.



[그림 14] 광양국가산업단지

1960년대 말 창립된 P사는 우리나라 최초로 제철소를 건립, 철강을 소재로 한 산업을 바탕으로 경제를 비약적으로 발전시켰으며 80년대 들어 경제규모가 커지면서 철강에 대한 수요가 늘어나자, 1985년 3월 광양지역에 제철소 1기설

비를 착공 87년 5월에 준공하였다. 계속 늘어나는 국내 철강수요를 충족시키기 위해 88년 7월에 2기설비를, 90년 12월에 3기설비를, 92년 10월 4기 설비를 준공함으로써 조강생산능력 년산 1,140만톤 체제를 갖추었다.

1992년 종합준공된 K사는 세계 최고 수준의 기술력과 첨단 설비를 갖춘 단위제철소로는 세계1위인 최대규모의 제철소가 되었으며, 이후 조강증산 활동을 통해 연간 1,400만톤 이상의 강철을 생산, 우리나라 경제성장의 견인차 역할을 하고 있다.

가) P 제철소

○ 사업장 개요

- 위 치 : 광양시 금호동
- 면 적 : 720만평(조성 518만평, 조성중 202만평)
- 조성기간 : 1985 ~ 1992년

○ 연혁

- 1981. 11. 04 : 제철소 입지확정
- 1982. 09. 28 : 제철소 1기 설비종합 준공(조강연간 1,450만톤)
- 1990. 12. 04 : 제철소 3기 설비종합 준공(조강연간 1,750만톤)
- 1995. 01. 24 : 박슬라브 열연공장 착공
- 1996. 10. 15 : 박슬라브 열연공장 준공 및 5고로 착공(연간 291만톤)
- 1997. 08. 28 : 4냉연 공장 준공(연간180만톤)
- 1999. 03. 31 : 제철소 5고로 준공(연간 2,800만톤)
- 2002. 02. 01 : 제철소 강재연구센터 준공

○ 입주업체 현황

구분	계	비금속(26)	1차금속(27)	기타
가동업체(개사)	7	3	1	3
근로자수(명)	7,042	250	6,362	430

나) 연관단지

○ 사업개요

- 위 치 : 광양시 태인동
- 면 적 : 42만평
- 조성기간 : 1984 ~ 1988년

○ 연혁

- 1982. 04. 02 : 산업기지개발구역 지정고시(건설교통부)
- 1982. 07. 24 : 산업기지개발실시계획 승인(건설교통부)
- 1984. 08. 29 : 단지조성공사 착공(한국토지공사)
- 1989. 02. 27 : 단지조성사업 준공인가(건설교통부)
- 1991. 10. 30 : 지방공업단지 관리기본계획 고시(건설교통부)
- 1997. 07. 16 : (사)광양산업단지입주기업협의회 설립
- 1997. 08. 26 : 광양(연관)국가산업단지관리기본계획수립
(산업자원부고시 제146호)
- 1999. 08. 09 : 한국산업단지공단 관리기관으로 지정

○ 입주업체 현황

구분	계	비금속 (26)	조립금속 (26)	1차금속 (27)	화합물 및 기타(24)
가동업체(개사)	40	12	12	9	7
근로자수(명)	3,427	801	1,821	473	332

(2) 철강산업의 특성

일반적으로 경제학적 관점에서의 철강산업 특성은 기간산업, 규모집약산업, 운송비 부담이 큰 산업, 장치산업, 에너지 다(多)소비산업, 연속공정산업 등으로 거론된다.

철강산업 및 연관 산업 분야 종사 근로자들의 유해요인에 대한 노출 특성에 영향을 주는 몇 가지 특성을 정리하면 다음과 같다. 개별 철강공장의 생산특성에 따라 특정 공정이 없거나 생략될 수도 있다.

첫째, 철강산업은 규모의 경제 효과가 큰 산업이다. 즉, 철강산업의 생산규모가 증가함에 따라 생산원가가 급격히 하락하는 특성을 가지고 있다. 철강산업에서 규모의 경제가 발생하는 이유로는 어느 정도의 규모에 이르기까지는 생산량에 비례하여 생산요소를 분할하기 어려운 점, 기계설비의 대형화에 의해 생산비용을 절감시킬 수 있는 여지가 많다는 점, 제선·제강·압연 각 공정을 한 곳에 설치할 경우 운반비용 및 조업시간의 절감을 가져올 수 있다는 점 등을 들 수 있다.

둘째, 철강산업은 생산을 탄력적으로 조절하기 힘든 특성을 가지고 있다. 철강산업의 경우에 한번 화입(火入)한 용광로의 가동을 중지하게 되면 엄청난 손실이 따르기 때문에 수요의 변동과 상대적으로 무관하게 계속 조업을 해야 하는 특성을 가지고 있다. 따라서 대규모의 대보수 작업 때는 그만큼 보수해야 할 작업내용이 많으며, 각종 유해인자에 노출될 위험도 크다고 할 수 있다.

셋째, 철강산업은 연속공정산업으로서 다른 산업에 비해 자동화기술을 적극적으로 활용하고 있으며, 에너지 다소비산업으로서 에너지 절약 및 환경오염

방지 기술의 발전을 추구할 유인을 가지고 있다.

넷째, 철강산업의 경우에는 생산의 거의 모든 과정이 연속된 공정으로 이루어져 있으며 각 공정을 거치면서 중간생산물의 형태가 계속 변화하게 된다.

다섯째, 철강산업은 수많은 공정이 고온 및 고압 작업이 주종을 이루고 있는 에너지 다소비형 산업에 해당한다. 철강을 제조하는 모든 공정이 고온과정에서 진행될 뿐만 아니라 최종 제품을 생산하는 압연과정에서는 매우 강력한 동력을 필요로 한다. 또한, 철강산업은 국내 전체의 13%, 제조업 전체의 25%에 달하는 이산화탄소를 배출하고 있으며 원료의 사전처리과정에서는 각종 유해성 가스 및 분진이 발생하기 때문에 환경문제를 유발할 수 있는 많은 여지를 가지고 있다.

(3) 제철공정의 개요

현재 가장 경제적이고 대량생산이 가능한 철강제조법은 고로에서 철광석을 제련(Smelting)하여 선철(Pig iron)을 만들고 이것을 제강로에서 정련(Refining)하여 강을 만든 다음 강괴(Steel ingot)로 하여 이것을 압연가공해서 강재를 얻는 방법이다. 이와 같이 한 제철소 내에서 제선, 제강, 압연의 3개 공정을 통하여 철강을 생산하는 조업형태를 선강일관공정이라 한다.

우리나라는 1973년에 P제철소 포항공장에서 국내 최초로 고로조업을 시작한 이래 1987년부터는 광양에도 제철소를 건설하여 고로를 가동하고 있으며, H제철에서는 충남 당진에 2기의 고로를 건설 중에 있다.

가) 제선공정

철광석(Iron ore)과 원료탄(Coking coal), 석회석 등을 높이 약 100 m의 고로 상부에 넣고 노저부의 풍구에 1,200 °C 정도의 뜨거운 바람을 불어 넣으면 원료탄이 타면서 나오는 열에 의해 철광석이 녹아 쇳물이 된다. 다시 말해 원료탄이 연소되면서 발생하는 일산화탄소(CO)가 철광석과 환원반응을 일으키면서 쇳물이 생산되는 것이다.

즉, 원료탄은 철광석을 녹이는 열원으로서의 역할과 동시에 산화철 상태인 철광석에서 산소와 수분을 분리시키는 역할을 한다. 이 수분에는 철 성분 외에도 탄소나 유황 등 불순물이 함유돼 있다. 이 수분을 용선이라고 하며 비중이 낮은 슬래그는 선철위에 뜨게 된다(비중 : 용선 6.5~6.8, 슬래그 2.0~2.5). 1톤의 선철을 얻기 위해서는 철광석 1.6~1.7톤, 코크스 약 0.5톤, 석회석 0.1~0.2톤, 공기량 1,500~2,000 m³ 등이 필요하다.

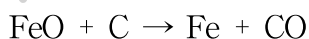
나) 원료탄(Coking coal)

일관제철공정의 원료탄은 크게 환원제, 열원, 통기성 및 통액성 등의 세가지 역할을 한다.

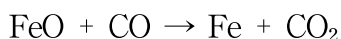
(가) 환원제 역할

철광석내 철성분은 산소와 결합된 산화물 형태이므로 철을 만들기 위해서는 반드시 고로에서 환원과정을 거쳐야 하며 이때 코크스의 탄소가 그 자체로 환원제 역할을 하거나 산소와 반응해서 일산화탄소로서 산화물형태의 철광석을 환원시키는 작용을 한다.

- 직접환원반응: 철광석이 코크스중의 탄소와 직접접촉

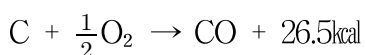


- 간접환원반응: 일산화탄소에 의해 환원되는 경우



(나) 열원 역할

고로 내부에 투입된 코크스가 송풍구로 공급된 공기중의 산소와 발열반응을 일으켜 장입물의 용융 및 환원에 필요한 열량을 공급한다.



(다) 통기성 및 통액성 확보

통기성 : 철광석이 용융되기전 고로 상부의 덩어리 상태에서 코크스의 크기는 철광석보다 크므로 고로 내부 가스흐름의 균일함과 원활함을 좌우하는 중요한 인자이며, 이 코크스의 입도와 강도에 의해 고로의 안정조업, 생산성 등에 영향을 미친다.

통액성 : 고로 하부에서 장입물은 용융되어 액체상태로 존재하게 되며 코크스만이 고체상태로 존재하므로 쇳물과 슬래그가 원활하게 노상으로 떨어질 수 있는 공간을 확보하는 역할을 한다.

다) 소결공장(Sintering)

철광석(iron ore)은 보통 30~70%의 철분(Fe)을 함유한 광석을 의미한다. 좋은 철광석이란 철분이 풍부하고 황, 인, 동과 같은 유해성분이 적으며 크기가 일정한 것을 들 수 있는데 이와 같은 이상적인 철광석은 그리 흔하지 않고 원산지에 따라 품질, 성분, 형상이 각기 다르므로 그대로 고로에 투입할 수는 없다. 따라서 고로 조업에 투입하기 전에 품질을 고르게 하고 철광석 가루를 일정한 크기로 만들어내는 공정이 필요하다. 이를 소결공정이라 한다.

라) 코크스 공정(Coke oven)

코크스는 원료탄을 로에 넣어 1,000~1,300°C의 고온으로 구운 것이다. 이것은 철과 산소의 화합물인 철광석을 고로 내에서 녹이는 열원인 동시에 철분을 철광석에서 분리시키는 환원제의 역할을 한다.

마) 제강공정

고로에서 생산된 선철은 Fe 성분(93~94%) 이외에도 탄소(C), 규소(Si), 망간(Mn), 인(P), 황(S) 등의 5대 원소를 6~7% 함유하고 있다. (<표 12>)

선철은 용점이 낮고, 유동성이 좋으며, 응고후의 수축이 적고, 가스흡수나 용

해산화손실 및 용해열량이 적은 등의 주조성(Castability)은 좋으나 전성(Malleability or workability)이 없고 인성(Toughness)이 부족하여 주조 외에는 용도가 제한된다.

<표 12> 철강의 분류

구 분	Fe 외의 성분 함유량	성 질
선 철 (주철)	C : 2.0~4.5%, Si : 0.5~2.0% Mn: 0.5~2.0%, P : 0.01~0.1% S : 0.02~0.5%	- 인성이 낮아 단조가 곤란함 - 용융점이 낮고 유동성이 좋음
강	C : 0.02~2.0%, Si : 0.01~0.3% Mn: 0.3~0.8%, P : 0.01~0.05% S : 0.01~0.05%	- 강도 및 인성이 높음 - 가공성이 양호함
선 철	C : 0.02% 이하	- 기계적 성질이 낮음 - 용접, 단접성 우수함

선철을 전로 속에서 고온용해하여 산화제(산소, 공기, 산화철, 광석 등)를 첨가하여 산화정련하면 불순원소들은 산소와의 친화력이 Fe 보다 크므로 CO, SiO₂, MnO, P₂O₅ 등으로 산화제거되고 S는 CaS로 제거되어 전성과 인성이 있는 강(Steel)이 되는 것이다. 따라서 고로에서의 광석제련공정은 환원제련인데 반하여 제강공정은 산화정련이다. 강은 선철에 비하여 용도가 훨씬 넓다. 철강을 구성하는 성분에 따라 크게 분류하면 다음과 같다.

바) 연주공정(Continuous casting)

아직 액체상태의 용강은 주형에 주입되고 연속주조기를 통과하면서 냉각, 응고돼 연속적으로 슬래브(Slab)나 블룸(Bloom, 대강편), 빌릿(Billet, 소강편) 등의 중간소재를 만든다([그림 15]) 이 과정에서 블룸은 다시 강편 압연기를 거쳐 빌릿으로 변하며 선재 압연기를 통해 선재로 가공된다. 또한 슬래브는 후판압연기를 거쳐 후판으로 생산되거나 열간압연기로 들어가 열연코일이나 열연강판

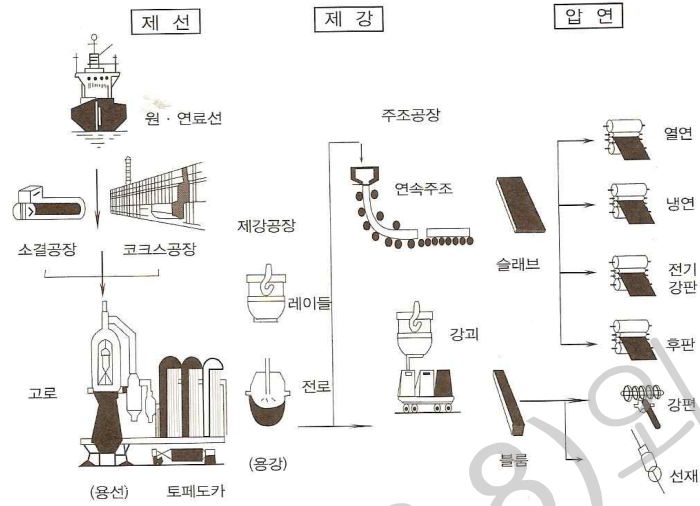
등으로 만들어지게 된다.



[그림 15] 연주공정

사) 압연공정

압연이란 연속주조 공정에서 생산된 슬래브, 블룸, 빌릿 등을 회전하는 여러 개의 롤 사이를 통과시켜 연속적인 힘을 가함으로써 늘리거나 얇게 만드는 과정을 말한다([그림 16]). 이 압연공정은 크게 열간압연과 냉간압연의 두가지 방법으로 나뉜다. 철광석에서 여러 가지 강재를 만들기까지의 공정을 그림으로 나타내면 다음과 같다.



[그림 16] 철강제품 생산공정

(4) 고로

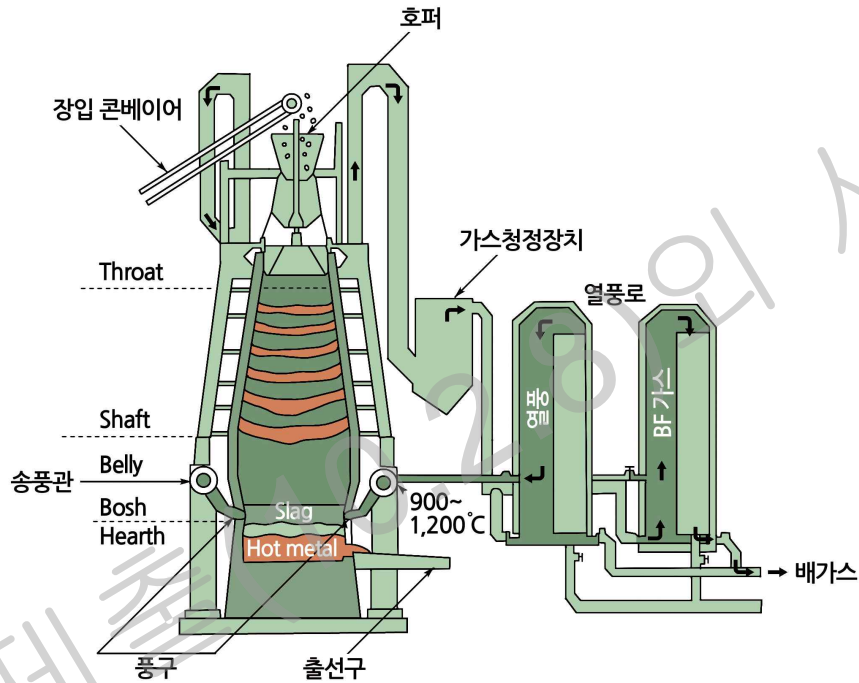
고로(高爐, Blast furnace)는 문자 그대로 높이 우뚝 솟은 노(爐)는 말하는데, 본체는 길쭉한 원통형으로 바깥쪽은 두터운 철판으로 되어있고 안쪽은 내화벽돌(연와, 煉瓦瑯瑯)로 두껍게 쌓여 있다([그림 17]).

노의 높이는 40~50 m 정도이며 부속설비까지 포함하면 100 m가 넘는다. 노의 정상에서 지면을 향하여 경사진 원료장입용 콘베이어벨트가 설치되어 있으며, 노의 상부에는 원료를 균등히 배분하여 노안으로 넣기 위한 장입장치와 노정(爐頂)가스의 압력, 온도, 성분을 측정하는 계기류 및 장입원료의 하강도를 측정하는 장치 등 여러 가지 장치가 부착되어 있다. 고로 옆에는 열풍로가 있어 예열된 공기는 고로 하부의 풍구(風口)에서 노안으로 불어 넣는다.

공기가 코크스를 태우면서 일산화탄소가 발생하여 철광석이 환원되고 코크스로 직접 철광석중의 산소를 빼앗아 환원작용을 한다. 환원된 철은 탄소를 흡수하여 선철이 되어 노바닥에 고인다.

광석이나 코크스 중의 불순물은 따로 장입된 석회석과 결합되어 유동의 광재(Slag)가 되어 선철 위에 뜨고 일부는 환원되어 선철 속으로 녹아 들어간다.

이러한 용선을 하루 10~15회 뽑아낸다.



[그림 17] 고로의 구조와 각부 명칭

고로의 하부인 노상(Hearth)은 용선과 용융 슬래그가 고이는 곳이며 직경이 9~14 m 정도이다. 노상의 하부에서 약 1.5~3.0 m의 위치에 출선구(Tap hole)들이 있으며, 이를 통하여 간헐적으로 또는 대형 고로인 경우 연속하여 출선을 한다. 출선구를 통해서 용선과 슬래그가 함께 배출되며 배출 후 비중 차에 의하여 용선과 슬래그가 분리된다.

노상의 상부에는 풍구대(Tuyere zone)가 있다. 노의 둘레에는 12~40개의 풍구가 등간격으로 설치되어 있다. 이를 통하여 6,000~8,000 m³/min의 유량으로 예열된 공기가 노 내에 투입된다. 풍구대 상부는 Bosh인데 이 부분에서는 화학반응이 격렬하여 광석에 의한 노벽의 마모가 심한 곳이다. 때문에 고급의 내화

재를 사용하며, 장입물이 일부 용융하여 부피가 감소하는 것을 감안하여 밑으로 좁아지는 구조를 가지고 있다. 수평선에 대한 이 각도를 Bosh 각(β)이라고 하며 $\beta=82^\circ$ 전후이다.

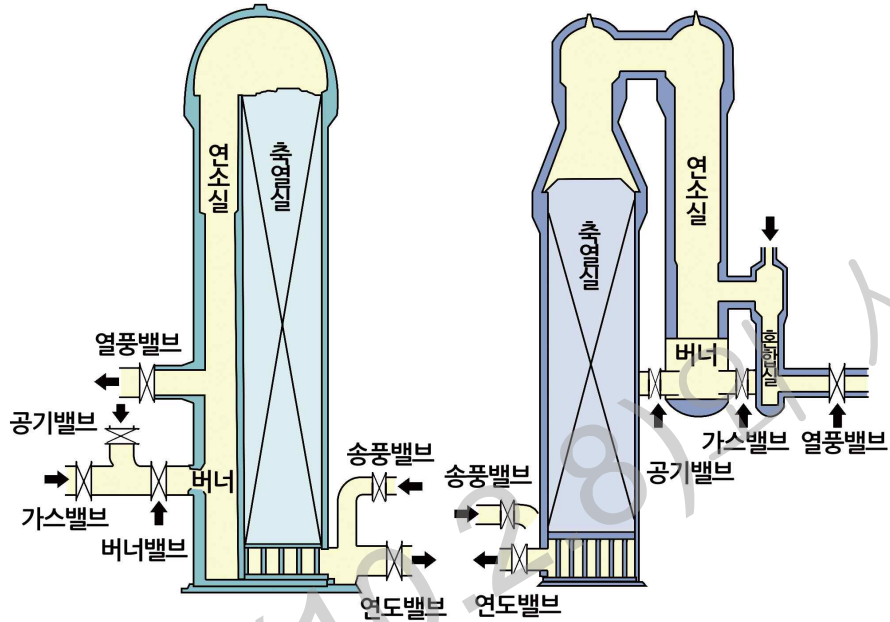
Bosh의 상부에는 복부에 해당하는 Belly 부, 그 다음으로는 가슴에 해당하는 Shaft 부가 있는데, 여기서는 장입물의 가열팽창과 함께 철광석이 해면철(Sponge iron)됨으로써 환원되는 곳이기 때문에 하광상협(下光相峽)의 모양을 가지며, 수평선에 대하여 Shaft 각 $\alpha=80^\circ$ 전후이다.

다음은 목에 해당하는 Throat 부가 있다. 용광로의 높이는 보통 노저(Bottom)로부터 장입기준선(Stock line)까지를 말하나 때로는 풍구 중앙선에서 장입기준선까지를 말하기도 한다.

(5) 열풍로

열풍로(Hot stove)는 고로에 불어넣을 바람의 온도를 약 $1,100\sim 1,300^\circ\text{C}$ 까지 높일 수 있는 설비로써, 고온의 바람을 미분탄과 함께 풍구를 통해 고로 안으로 불어 넣어 고로의 생산성을 높이고 연료 사용량을 줄이는 효과가 있다. 고로 상부로 장입된 코크스는 열풍에 의해 연소되고, 철광석은 환원과 용융과정을 거쳐 출선구를 통해 고로 밖으로 배출된다. 또한 고로에서 발생된 가스는 다시 열풍로의 연료로 사용된다. 고로용 열풍로에는 축열식 열교환로가 사용되며, 보통 고로 1기에 3~4기의 열풍로가 설치된다.

열풍로는 연소실(Combustion chamber)과 축열실(Checker chamber)로 되어 있고, 그 구성에 따라 내연식(內燃式)과 외연식(外燃式)이 있다([그림 18]).



[그림 18] 내연식(좌)과 외연식(우) 열풍로

내연식에는 McClure 식과 Cowper 식이 있으나 전자는 연화적(燃瓦積)이 복잡하고 고로 송풍용에는 부적당하므로 요즈음 신설되는 열풍로에는 채용되지 않는다. 외연식은 독일에서 열풍로의 능력을 최대한 확대할 목적으로 개발한 것으로서 Koppers 식, Martin and Pagenstecher 식, Didier 식이 있다.

내연식인 Cowper 식 열풍로는 연소실과 축열실이 동일한 원형관 철회내에 들어 있으며, 능력으로는 현재 철회의 직경 12m, 높이 45 m, 격자적 가열면적 80,000 m² 정도의 것까지 있고, 돔의 온도 1,300 ℃, 송풍온도 1,150 ℃ 정도로 사용되고 있다. 내연식은 외연식에 비하여 건설비는 싸나 보다 고온송풍의 경우 연소실과 축열실의 온도차에 의한 격벽 균열이 문제가 된다. 이 결점에 대한 대책으로 개발된 것이 외연식 열풍로이다.

최근에 주로 사용되는 열풍로는 외연식의 Koppers 식으로서, 그 특징은 연소로와 축열로의 각 돔을 연락관으로 결합한 것이다. 규석연화를 고온부에 사용한

외연식 열풍로에서는 돔 온도 1,500 °C, 송풍온도 1,300 °C 이상이 얻어진다.

열풍로는 1기 또는 2기가 고로에의 송풍에 쓰이고 다른 열풍로는 가스를 연소하여 축열한다. 통풍중의 열풍로의 열이 부족하게 되면 다른 축열을 끝낸 열풍로와 교체한다.

(6) 내화물

고로에 쓰이는 내화재는 노내반응에 대하여 물리적, 화학적으로 안정하여야 하므로 다음과 같은 품질이 요구된다.

- ① 고온에서 용융, 연화(軟化), 휘발하지 않을 것
- ② 고온, 고압하에서 상당한 강도를 가질 것
- ③ 열충격이나 마모에 강할 것
- ④ 용선, 용재 및 가스에 대하여 화학적으로 안정할 것
- ⑤ 적당한 열전도도를 가지고 냉각효과가 있을 것

이러한 성질은 고로에서 쓰이는 위치에 따라 그 특성과 사용재질이 다음의 <표 13>과 같이 달라진다.

고로의 Shaft 상부는 비교적 저온이고 기체와 고체만이 존재하므로 내마모성이 중요하며, 저기공율, 고강도의 점토질 내화재가 쓰인다. Shaft 하부에서 Belly, Bosh 부분은 내용선성, 내용재성, 내알칼리성이 중요하므로 점토질연와 외의 고알루미나벽돌, 탄화규소벽돌, 흑연질벽돌 등이 쓰이고 있다.

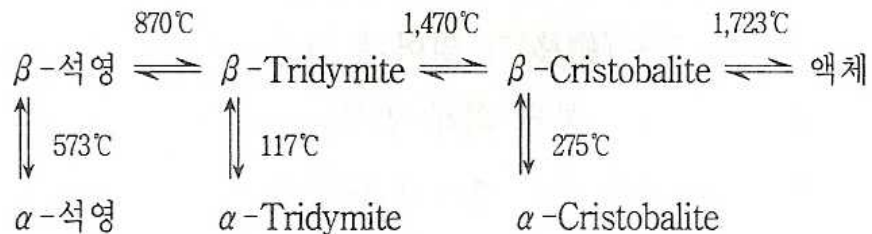
고알루미나질 벽돌은 $Al_2 O_3$ 함량이 높고 내화성, 내식성이 우수하다. 탄소계의 벽돌은 내용재성이 좋아서 CO_2 에 의한 산화의 위험성이 적은 Belly, Bosh 에 쓰이고 있다.

<표 13> 고로 부위별 내화재의 특성과 재질

부 위	요구특성	사용재질
샤프트 상중부	내마모성 저기공율	점토질
샤프트 하부 벨리부 보시부	내취성 저기공율 내마모성 내용재성	고알루미나질 흑연탄화규소질 탄소질
노상부 노저부	고내화성 내용재성	미세탄소질

노저내화물로는 탄소벽돌이 주로 쓰이고 있다. 탄소벽돌의 원료는 인상흑연(鱗狀黑鉛), 배소(焙燒)무연탄, 코크스 등이며, 노저부에는 내용선성이 좋은 무연탄질이 쓰이고 주변부에는 냉각효과를 높이기 위하여 열전도율이 좋은 흑연질이 쓰인다. 출선구, 출재구(出滓口), 풍구부에는 샤모트질(C연질motte, 점토질) 또는 고알루미나질의 이형벽돌로 축조한다.

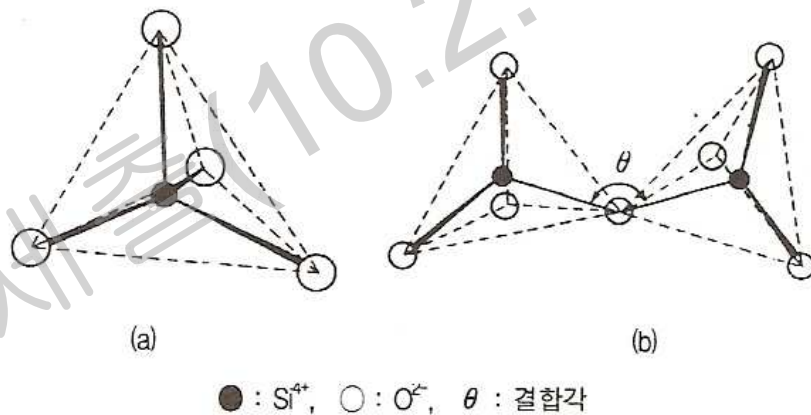
일부 내화벽돌에는 실리카(SiO_2 , 산화규소)가 포함되어 있는데 실리카의 대표적인 형태는 석영(Quartz), Tridymite, Cristobalite 의 3종이다. 각각 저온형(α)과 고온형(β)이 있으며 아래 [그림 19]와 같이 온도에 의해 결정형이 서로 다르다.



[그림 19] 실리카의 온도에 따른 변태간 전이

실리카에서 Si^{4+} 와 O^{2-} 의 이온반경은 각각 0.41\AA , 1.4\AA 이며 다음의 그림에 보인 것처럼 Si^{4+} 를 중심으로 각 정점에 O^{2-} 가 위치한 사면체구조(A)를 최소구조단위로 하고 있으며 사면체가 (b)에 보인 것처럼 정점을 공유하면서 연속적인 구조를 취하고 있다([그림 20]).

각각의 형태에 대응하는 구조의 차이는 O^{2-} 와 두 개의 Si^{4+} 사이에서 생기는 결합각 θ 가 다르기 때문에 일어난다. 예를 들면 고온형 β -석영의 θ 는 150° 로 사면체의 배열모양은 사선상이며 트리디마이트의 θ 는 180° 에서 육각형의 환상 배열을 가지고 있다.



[그림 20] 실리카의 결정구조

크리스토틀라이트도 트리디마이트와 거의 유사한 구조를 가지고 있으나 보다 개방적이다. 그러므로 세종류 중에서 석영은 가장 치밀하게 충전된 구조로서 비중이나 굴절률도 세 가지 중에서 가장 크다.

열풍로에는 점토질, 고 알루미나질 연화가 온도조건에 따라 사용되어 왔으나 고온송풍화에 따라 더욱 내화도와 열간용적 안정성이 좋은 연화가 요구되고 건설비면에서도 경제적인 규석연화가 사용되어 가고 있다. 그러나 600°C 이하에

서의 용적변화가 현저하므로 사용범위는 한정되며 구조설계, 건조, 노의 조업에 신중한 배려가 필요하고 건조기간도 50~60일로서 종래의 2~3배가 필요하다. 내화물은 특히 고온하중에서의 체적안정성, 송풍기, 연소기의 온도변화나 연소가스, 공기 중에 함유된 먼지에 대한 내구성이 중시되고 있다. 열풍로에는 이러한 내화연와 외에 단열연와 등 단열재도 함께 사용되고 있다([그림 21]).



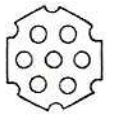
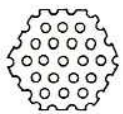
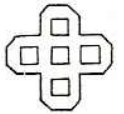
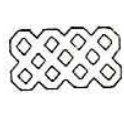


[그림 21] 열풍로에 사용되는 내화물

축열실에는 격자적연와(格子積煉瓦, Checker brick)가 쌓여 있으며, 표준형과 고능률형이 있다(<표 14>)

고능률형은 단위 체적당 전열면적이 크고 동일직경의 열풍로에서도 큰 전열면적을 얻을 수 있고 축열효율도 높다.

그러나 이들은 5-10 mg/Nm³ 이하의 고청정도의 연소가스를 써야 하고, 공경축소에 의한 압손증대에 대하여 강제통풍연소를 필요로 한다.

<표 14> 격자적 연와의 예

종 류	Freyne 형		Mckee 형		Harima 형	
	표준형	고효율형	표준형	고효율형	표준형	고효율형
checker 용적당 전열면적 (m ² /m ³)	26.1	38.4	29.3	42.4	28.2	35.7
모 양						

국회제출(10.2.8)외사용금

6. 플랜트 건설근로자의 직종 및 작업특성

앞에서 언급된바와 같이 대규모 화학플랜트 산업단지의 대정비 작업은 비발주처 건설근로자가 대부분의 업무를 담당하게 된다. 우리나라에는 여수 뿐 만 아니라 울산과 대산 산업단지 내에도 유사한 석유화학 플랜트설비가 존재하므로 그 곳에도 플랜트 건설근로자가 대정비업무를 수행하고 있다.

플랜트 건설근로자로서 신설, 증설에 참여하는 인력을 보면, 여수국가산업단지의 경우 석유화학공장을 가지고 있는 사업장이 발주처이고 발주처로부터 수주를 받은 중대형 건설회사(발주처의 자회사가 많음)가 원청이 되며 원청회사는 작업내용에 따라 전문건설업체에 도급을 준다. 하청업체는 다시 분회사 반장들을 통해 인력을 충원한다. 발주처에서 원청으로 도급을 주고, 원청에서 하청으로, 하청은 반장을 통해 공사인력을 모집한다. 이러한 특성은 울산이나 대산에서도 유사한 것으로 추정되며 수행하는 아래에서 설명할 직종에 따라 작업의 내용이 유사하므로 여수, 울산 및 대산을 넘나들며 대정비 업무를 행하는 근로자나 전문건설업체도 있다. 광양제철소의 고로 개보수 공사의 경우도 마찬가지로 고용 형태를 띄고 있다.

반면 여수국가산업단지의 대정비 작업의 경우 석유화학공장이 발주처이자 원청이 되어 각 작업내용에 따라 직접 전문건설업체에 도급을 주어 대정비 작업을 수행케하고 있다.

여수산단에서 일하는 일용직 건설근로자 수는 변동성이 크지만 약 5000명, 광양산단에서 일하는 일용직 건설근로자수는 약 1500명선이다.

여수 및 광양지역의 플랜트 건설근로자의 직종별 업무 및 작업특성을 알아보면 다음과 같다.

1) 기계직

정밀을 요하는 플랜트 기계설비의 조립, 설치, 조정, 검사 및 보수를 하는 근로자로서, 작업내용은 베셀(Vessel), 컬럼(Column), 펌프 등을 조립, 설치 및 정비하는 업무를 맡아서 한다. 신설공장인 경우는 기계직이 화학설비의 중심을 잡아서 설치하는 그룹과 4년 뒤 대보수때 들어와서 정비하는 기계직으로 나누는데 기계정비직은 대정비시에는 타워(Tower)나 컬럼의 문을 개방하고 안에 들어가 작업한다. 평상시에도 긴급히 설비를 분해(Overhaul)하고자 할때 공정내에 들어간다. 처음에는 기계직과 정비직으로 분리되어 있었는데 지금은 합쳐서 기계직으로만 불린다. 엄격히 말하면, 신설은 기계, 대보수는 정비로 나눌수 있다. 작업은 공장 또는 공정 신설과 정비를 나누어 볼수 있고, 보수작업은 대정비때 작업이 평상시보다 많다. 작업기간은 1년 중 보수하는 근로자는 많이 하면 8개월 일하고, 공장을 새로 건축시 경력자인 경우 10개월 정도 일하고 대부분 6개월 정도 일한다. 여수지역이 가장 일이 많지만, 화학공장이 있는 울산, 대산 등에 파견되기도 한다. 작업은 계절로 보면 주로 봄에 가장 많고, 그 다음으로 가을에 많다. 기계직은 대정비기간 동안 반응기 등 용기를 개방할 때, 용기내 잔류된 유해물질에 노출될수 있다. 용기 안에 들어갈 때 산소마스크를 착용하지만 퍼지가 잘 되면 그냥 들어가기도 한다. 보호구를 착용하지 않고 들어갈 때 가끔 어지러움도 느끼고 고온에 접촉되거나 용기 내부에서 일할 때에는 질식위험도 있다.

2) 배관직

배관직은 유해가스 및 설계압력 5 kg/cm² 이상의 기계설배관 및 플랜트배관 시공과 보수를 하는 특수 배관직과 설계압력 5 kg/cm² 미만의 기계설배관 및 플랜트배관 등의 시공 및 보수를 하는 일반 배관직이 있다. 대정비작업때에는 화학설비의 파이프를 절단하고 이어나가는 작업을 실시하며, 작업조는 배관사

와 용접사, 그리고 조공으로 이루어진다. 파이프의 재질은 카본이 많고 다음은 일반 철이 많으며 최근에는 화학단지 특성상 서스(Sus)로 많이 교체되고 있다. 조공은 대부분 그라인더로 파이프의 용접할 부위를 부드럽게 갈아내는 일을 한다. 배관사는 도면을 보면서 도면 규격에 맞게끔 산소로 절단을 하거나 도면하고 맞는지 체크하면서 작업하며, 용접사는 주로 배관용접을 한다. 주로 작업은 Maintenance 단계일 때 보다는 대정비기간중 Shut down(이하 S/D) 단계일때 제일 일이 많다. Maintenance 단계에 참여하는 작업자들은 거의 배관사, 용접사, 조공으로 이루어져 있는데, 파이프 일을 주작업으로 하되, 독극물 및 화공약품 등과 관련된 필터 교체작업도 실시한다. 평상시에도 파이프가 노후되었거나 오래되어 파이프를 교체해야 한다거나 샌다거나 할때, 기계작동을 전부 정지시키고 밸브를 다 막은 상태에서 유해물질을 다 공기나 물 배관사서 다 비워내고 절단을 한다. 배관사들은 S/D 때 블라인드치고 밸브를 막는다 . 어떤 경우에는 배관을 제거하다가 압력이 안빠져서 튀어나와 다치는 경우도 있다. 또한, S/D 때 스팀로 절클리닝 기계로 세척(cleaning)한 후 배관을 교체하기 위하는분해할 때 슬러지 절불순물 등이 완전히 제거되지않아 남아있는 유독성물질에 노출될 수 있다. 여수산업단지에서 일이 많은 경우는 80% 이상 작업하고 일이 없으면 여수에서 50 % 정도 일하고 대신, 울산 등 타지역으로 가서 일한다. 대략 1년에 8개월 정도 일하며 대정비기간중 S/D 때나 공장신설시 작업이 많은 편이다. 배관직이라도 탱크에 파이프가 연결되어 있어 탱크에 들어가서 작업을 할 때도 있고 공정이 가동되는 중에도 일부 배관에 문제가 발생하면 분해(O/H, overhaul) 하기위해 들어간다.

3) 비계직

비계직은 통상 15 m 미만의 곳에서 비계, 운반대, 작업대, 보호망 등의 설치 및 해체작업에 종사하는 근로자를 말하며 15 m 이상인 경우는 특수비계직공이라 한다. 비계직은 대정비기간중 주로 비계를 설치 및 해체하고, 또 기계를 설

치 및 해체하고, 배관을 인서트하고 철골을 설치하는 작업을 실시한다. 업무비율을 보면 비계설치와 해체가 30% 정도, 기계설치와 해체가 5%, 배관 인서트가 30%, 철골설치가 25% 정도 차지한다. 기계설치는 크레인을 이용해서 타워 같은 화학설비를 설치하는 것을 말하며 배관 인서트는 파이프를 파이프랙에 넣어주는 작업을 말한다. 배관을 용접하는 것은 배관직이 하지만, 넣어주는 작업은 비계직이 한다.

비계직은 주로 공장신설(50~60%)이나 정비작업이 있는 S/D때나 간단한 O/H 같은 작업에 투입되어 일한다. 보통 비계설치 같은 경우에는 1개조에 3명 정도가 조를 이루어 일한다.

비계는 보통 배관을 분리하기 전이나 끝난 후 작업을 하므로 유해물질 노출은 적은 편이다. 비계직은 기능이 있는 경우에는 1년 내내 일하고 1년에 평균 8개월 정도 일한다.

4) 제관직

제관직은 정밀을 요하는 플랜트의 강제구조물과 압력용기의 가공, 제작 시공 및 보수를 하는 근로자를 말하며 철골작업, 파이프 서포트 작업, 덕트, 보일러 작업, 열관리작업 등 굉장히 다양하다. 간단히 말하면 배관외의 모든 철로 된 설비작업은 제관이라고 보면 된다. 열교환기에서 열이 새어나가지 않도록 열 보호를 위한 외부작업도 이에 해당된다. 열교환기는 기계직의 일이고 열교환기가 들어갈 수 있는 그릇을 만들어주는 작업은 제관직이 한다. 제관직의 업무를 다음과 같이 분류할 이고 는데, 즉 철골작업, 지지(Support)작업, 보일러작업 등 세 가지로 나누어 불리고 열교환철골작업이 가장 많고 나머지는 비슷하다. 작업순서는 먼저환철골이 들어가고 다음에 배관이 들어서고 지지대가 따라간다. 공장신설이나 대정비작업때 철골도 증축하고 보수도 한다. 철골, 서포트, 보일러 세 작업 동일하게, 제관사는 도면을 보고 철관을 재단 또는 절단하고 조공은 이것을 용접하기 좋게 그라인딩하고 용접사는 용접을 한다. 조공은 기공이

일하는데 보조역할을 한다. 제관사, 용접사, 조공이 3인 1조로 일한다. 1년에 평균 8개월 정도 일하며 작업 중 파이프나 용기등에 보면 비웠다고 하더라도 잔유물이 남아 있어 용접시 잘못하여 폭발하는 경우도 있으며 또 용기 등 안에 들어 있는 유해물질들이 충분히 제거되지 않은 채 들어가 작업하는 경우 유해물질에 노출될 수 있다. 제관직중 용접사는 파이프를 제외한 나머지 전부를 용접하는 근로자를 말하며 통상 파이프 용접만을 하는 경우를 말한다. 제관직이 대정비기간의 S/D 때인 스팀아웃(steam out)이나 케미컬클리닝(chemical cleaning) 작업할 때 공정에 들어가는 경우는 거의 없다. 작업기간은 80%가 여수산단에서 일하고 그 다음으로는 신설이 많은 대산산단에서도 일하며 일이 없으면 울산에도 가서 일한다. 통상 배관직이 들어가면 제관직도 들어가는 것이 일반적이다.

5) 탱크직

탱크직은 하부에 8개 직종으로 다시 구분된다. 즉, 제관, 제관용접, 용접, 비계, 사상, 절단, 취부, 조공으로 나누어진다. 작업은 기존에 설치한 탱크를 교체하는 보수작업과 새로운 탱크를 만드는 신설작업으로 구분되며 작업순서로 보면 제관, 절단, 조공이 제일 먼저 투입되고, 세우는 작업(erection) 때에는 취부공, 비계공, 사상공이 같이 들어가며 다음에 용접공들이 투입된다. 즉 취부공은 망치를 가지고 두드려서 맞춰주는 작업을 실시하며, 비계는 도비, 신호수, 및 크레인 운전자로 나누어 작업하고 제관절단은 주로 철판을 규격에 맞게 마킹을 하고 절단공이 절단한 후 용접공이 용접하고 나면 거의 일이 마무리 된다. 그러나 대정비나 보수작업시에는 제관공과 취부공이 먼저 들어가서 해당 부위를 절단해서 취부해 놓으면 용접사들이 들어와서 용접을 하게 된다. 작업은 신설작업이 많고, 정비작업은 탱크 개방검사를 실시한 후 주로 바닥쪽 철판에 부식이 많아 바닥을 많이 보수한다. 여수가 50% 정도이고 나머지는 울산, 대산, 인천 쪽에서 일한다. 작업기간은 작업이 많은 경우 1년에 11개월정도 일하고 통

상 3~4개월 정도이다. 탱크작업 규모에 따라 한 번 작업에 15명까지 투입된다. 대정기간중 S/D 때에는 제관직중 용접사들만 일반 고압용기, 열교환기를 교체할 때 취부공과 같이 한조를 이룬다.

6) 용접직

용접직은 유해가스 및 설계압력 5 kg/cm² 이상의 기계실배관, 플랜트기기 및 배관의 용접을 하는 근로자를 말하며 사용압력 100 kg/cm² 이상인 배관, 압력용기 또는 합금강의 용접작업을 하거나 TIG, MIG 등 불활성 가스 및 아크 용접작업을 하는 근로자를 특수용접공이라고 한다. 비발주처 건설근로자의 용접직은 배관용접을 하는 직공을 말하며 탱크 및 제관직에도 용접사가 따로 구성되어 있다. 배관작업은 주로 배관공, 용접공, 조공이 한 조로 이루어져 작업하며 주로 공장신설이 많고 대정비기간 중 S/D때에 많은 편이다. 주요 작업은 탱크 주변의 배관이 대부분이고 작업 순서는 선가공을 먼저 실시하고 용접공들이 용접을 한다. 작업량은 여수산단이 가장 많고, 다음이 대산산업단지이다. 작업기간은 신설공장 설립인 경우 1년 중 6개월정도 일하며, 대정비기간 중 S/D은 1개월정도 작업한다. 보통 6개월 정도 일한다.

7) 보온직

화학플랜트 건설 및 보수시 보온의 안정성 등을 확보하기 위하여 관련 제규정, 규격 및 품질보증 요구조건에 따라 배관, 히터 등 보온의 제작 및 설치 작업을 하는 근로자로서, 주로 보온 작업은 배관, 덕트 등 라인작업이 대부분이다. 신설의 경우에는 폴라이트나 실리케이트 같은 보온재를 싸고, 그 다음 함석으로 덮는다. 작업 순서는 보온공이 보온재를 먼저 덮고, 다음 함석공이 함석을 씌우고, 조공이 마무리를 한다. 정기적인 대정비작업 때에는 기공, 조공 관계없이 일하며 정비물량이 적을 경우에는 대부분 함석공이 해체하고 다시 보온재

싸는 일까지 전부 한다. 보온공들은 보온밖에 못하는 반면, 함석공은 보온공이 하는 일까지 할 줄 안다. S/D 때도 일을 많이 하지만 정상 가동 중에도 부분적으로 정비하는 일이 많다. 대부분 1차 해체작업이 끝난 다음 보온작업이 많아 유해물질 노출은 적은 편이다. 작업물량은 여수산단에서 가장 많고 대산산단 등에서 일이 많으면 파견가서 일한다. 작업이 많은 경우에는 보통 1년에 8개월 정도 일한다.

8) 계전직

기계, 급배수, 전기, 가스, 위생, 냉난방 및 기타공사에 있어서 계기(플랜트 프로세스의 자동제어장치, 공업제어장치, 계측기 등)를 전문으로 설치 부착 및 점검하거나 전선설치, 실내배관, 배선 및 보수공사에 종사하는 근로자로서, 작업 내용은 석유화학시설의 전기와 관련된 설비에 대해서 해체, 부착, 교체, 정비 등을 실시한다. 즉, 압력계 등 계측기와 전기시설 교체, 수리 및 정비를 실시한다. 정비는 대정비작업할 때가 평상시보다 작업물량이 많다. 평상시에도 정비 작업을 하며 긴급 보수작업을 할 때도 종종 있다. 작업기간은 경력 및 전문성에 따라 다르지만 대략 6개월 정도 일하고 경력이 많으면 8개월 정도 작업한다. 작업지역은 여수산단이 가장 많지만, 화학공장이 있는 울산, 대산 등에서도 일한다.

9) 도장직

도장을 위한 바탕처리작업, 페인트류 및 기타 도료를 구조물 등에 칠하는 근로자로서 작업내용은 작업장에 들어가서 제일 먼저 하는 작업은 이물질 제거작업으로 설비의 녹난 부분을 그라인더로 제거하고 그 다음에 페인트로 녹 방지용 하도도장을 한다. 현장에 투입되면 일주일 정도는 이물질 제거를 하게 되며 주로 파이프 및 탱크 등을 도장한다. 공장 가동 중이나 신규공장 건설시 많이

작업한다. 도장공도 기공과 조공이 있는데 특별한 차이는 없지만 로프를 타야 하는 등 경력의 차이로 구분된다. 기공이라고 해서 조공이 하는 일을 전혀 안 하는 것은 아니고, 조공이라고 해서 기공을 보조만하고 청소만 하는 것은 아니다. 예를 들어 공사기간이 20일 작업이라면 조공 3명, 기공 7명이 한조로 현장에 들어가서 10일 동안은 다같이 녹 제거를 하고, 그 다음 10일 동안에는 인원을 나누어서 기공들은 상도작업을 하고 조공은 그 위에 다시 중도 및 하도도장을 실시한다. 도장작업은 크게 녹을 제거하는 방법으로 핸드그라인더로 연마하는 작업과 모래로 하는 샌드 블라스팅 작업으로 구분할 수 있다. 탱크와 같이 규모가 시설물은 전체에 천막을 쳐서 블라스팅한다. 페인트는 주로 수성 에폭시를 많이 사용하며 여수산단은 대부분 에폭시이며 가끔 에나멜페인트를 사용하는 경우도 있다. 도장직은 회사 고정직을 제외하면 대략 1년에 4~5개월 정도 일한다. 도장공은 도장작업시 페인트, 신나에서 발생하는 유기용제 뿐 만아니라 시운전단계에서 다른 유해물질에 노출될 수 있다.

10) 공무직

공무직은 금번 대정비작업중 협력업체 안전관리자, 토목직(콘크리트타설을 위하여 형틀 및 동바리를 제작, 조립 및 해체작업을 하는 근로자), 건축직(건축물의 축조 및 실내 목구조물의 제작, 설치 또는 해체작업에 종사하는 근로자) 및 연구직 등과 같이 대정비작업때 직접 해당 고유작업을 실행하기 보다는 간접적으로 참여하는 기타인력을 말한다.

<표 15>에는 여수광양건설노조에 등록된 직종별 분회와 그 인력규모를 제시하였다. 건설일용직의 경우 모든 인력이 건설노조에 가입되어 있지는 않으므로 여수광양산단에서 대정비작업을 수행하는 전 근로자수를 정확하게 알 수는 없으나 개략적인 규모는 이 표로부터 짐작이 가능하다. 여수건설노동조합에서는 여수 광양지역에서 석유화학플랜트의 대정비작업에 종사하고 있는 인력이 약 2만여명

정도 있는 것으로 추정하고 있으며 전국적으로는 그 규모가 약 7만여명 정도에 이르고 있는 것으로 어렵하고 있다. 전국적 규모에는 여수, 울산, 대산 지역 이외의 지역에서 업무를 행하고 있는 인원을 포함한 수치이다.

<표 15> 여수·광양 산단 건설노조의 직종별 분회 조직 현황

분회명	직종 설명	조합원수(명)	
		여수지역	광양지역
계		12,344	6,973
계전	계기, 전기 관련 업무. 신규현장부터 오버홀, Shut down까지 모든 계전 담당	1,652	1,362
기계	기계장치 설치 및 교체, 기계장치 내부 청소 및 정비 등	1,082	447
도장	페인트칠 작업	346	122
배관	배관파이프 설치 및 교체, 보수 등	3,069	1,201
보온	보온재 설치 및 교체 등	1,122	209
비계	비계설치와 해체 등	1,534	980
여성	모든 직종이 포괄	712	212
용접	용접작업	988	929
제관	철구조물 제작, 배관파이프 지지대 설치 등	1,365	1,511
탱크	탱크제작, 보수, 청소 등	474	-

(출처 : 여수건설노동조합 · 전국플랜트건설노동조합, 2008)

제 2편 분야별 조사 결과

I. 작업 환경 평가

1. 조사 목적

여수·광양산단의 건설일용직 근로자를 중심으로 대정비 기간 동안 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐(VCM) 등 발암물질에 대한 노출평가를 실시하고자 하였다.

2. 조사 대상 및 방법

1) 석유 및 석탄화학산업

(1) 조사대상

본 역학조사의 대상은 여수와 광양산업단지에 소재하고 있는 화학공장으로 2007~2008년도에 대정비작업이 실시된 단위공장으로 하였다. 주 측정대상물질은 해당 석유화학공장에서 제조·사용·취급되는 물질 중 발암성 물질로 알려진 벤젠, 1, 3-부타디엔 및 염화비닐이었다. 벤젠 사업장이 8개소, 1,3-부타디엔 사업장 2개소, 염화비닐 사용사업장 1개소이다.

정기 대정비작업 (Turn-around : TA) 기간을 3단계, 즉 용기 내부 정비를 위해 비워내는 Shut-down 단계, Maintenance 단계 및 재가동을 위한 Start-up 단계 등으로 구분하여 비발주처 건설근로자와 발주처 근로자 중 해당 공정 근무 근로자를 대상으로 시료채취를 실시하였다. 대상 사업장의 특성은 <표 16>과 같다.

이번 역학조사는 특정 사업장을 선정하여 시행된 것이 아니라 조사 대상 년도

에 대정비작업을 수행한 업체를 대상으로 하였으므로 본 보고서에서 각 사업장 명칭은 특정 업체를 지칭하는 것이 아니며 각 표와 그림에서 상호 무작위로 혼용하였다.

측정평가의 범위는 가용한 조사인력과 일정 등을 고려하여 해당 대정비 사업장에서 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐을 제조 또는 사용하는 대정비공정만으로 제한하였다.

조사대상 근로자에 대한 개인시료 채취와 더불어 공정 내에서 배출되는 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐의 노출을 평가하기 위해 지역시료를 채취하였고 정기 대보수기간중 고농도 노출이 예상되는 반응기 등의 맨홀 오픈작업이나 펌프 오버홀 작업 등에 대해서는 해당 작업시간동안 해당 근로자를 대상으로 단시간 노출농도(STEL) 측정을 병행하였다. 일부 공정에서는 석면으로 의심되는 고형시료와 중금속 시료도 채취하였다.

대정비는 짧게는 2주 정도, 긴 경우 수개월이 소요되므로 전작업 기간 동안의 측정은 사실상 불가능하여 Shut-down, Maintenance 및 Start-up 일정을 고려하여 각 단계별로 수일간 시료를 채취하였다. 일정의 선정은 고노출이 발생할 가능성이 있는 Shut-down과 Maintenance의 초기 일정을 가능한 한 포함시켰다.

대상 사업장에 따라서는 조사 개시일정에 이미 대정비를 수행하고 있는 사업장이 있었기 때문에 각 단계에서 일부만이 시료채취 대상에 포함된 경우도 있었다.

<표 16> 여수·광양산단 역학조사 노출평가 대상 사업장

사업장	조사 년도	근로자 수 ¹⁾	조사평가기간 ²⁾	주생산품	대상공정	대상 물질
A	2007	854	07.10.20~10.21	Ethylene, Propylene, BTX, SM, 1,3-BD	SM	벤젠
B		267	07.10.10~10.22	Phenol, Acetone, BPA, Epoxy	Cumene	벤젠
C		650	07.10.1~10.22	Ethylene, PE, PP, EG	BTX	벤젠
D		752	07.11.19~12.11	PE, VCM, PVC, NaOH, Cl ₂	VCM	VCM
E		1,194	07.11.16~11.28	PBL, SBL, ABS, SBS, MBS, PE, AA	ABS, SBS	1,3-BD
F	2008	1,455	08.4.11~5.10	Poly propylene, BTX, 정유제품	Aromatic 2, BT	벤젠
G		145	08.5.4~5.21	MDI, Aniline	MBN	벤젠
H		536	08.5.4~5.21	Ethylene, BTX, PE Propylene, 1,3-BD	Cumene	벤젠
I		299	08.10.31~09.1.31	TDI, MDI	MBN	벤젠
J		204	08.4.14~5.2	1,3-BD, BR SBS	BD	1,3-BD
K	2009	210	08.11.8~12.9	카본블랙, 나프탈렌, BTX, 타르산	BTX	벤젠

주 : ¹⁾ 발주처 사업장 상시근로자수 (해당 년도 기준)

²⁾ 노출평가는 조사대상 기간 중 일부 일자에서만 시행됨

(2) 현장 조사방법

먼저 실태조사는 예비조사와 본조사로 나누어 실시하였고 예비조사시에는 대 정비작업때 고노출이 우려되는 용기내부의 출입작업 등이 있는 날을 평가일로 선정하고 또한 장치산업에서 실질적인 노출위험은 어떠한 단위작업을 하느냐에 따라 결정되므로 각 장치별 스트림(stream)에 대한 이해가 필수적이어서 세부적인 단위작업의 종류와 작업 특성 등을 파악하는데 주력하였다. 본조사시 정확한 노출평가를 수행하기 위해서 다음과 같은 내용의 정보를 수집하였다.

- 조사대상 대정비 작업공정의 선정
- 조사대상 사업장의 공정별 대정비작업의 구체적 일정 파악
- 선정된 대정비작업의 세부내용 파악
 - 공정 스트림(stream)의 이해
 - 대상 공정별 P&ID와 PFD 입수
 - 대정비작업 중 정밀측정 일정의 협의 및 조정
 - 대상인원 선정에 필요한 작업단계별 작업근로자수 파악(발주처, 하청 등)
 - 해당 부서별 업무 협조자 선정
 - 노출평가 시행계획 설명

본 조사는 대정비보수작업을 용기 내부 정비를 위해 비워내는 Shut-down 단계, 정비(Maintenance) 단계, 그리고 재가동을 위한 Start-up 단계 등 3 단계로 구분하여 작업근로자를 선정하였다.

개인시료채취의 경우 작업의 복잡성과 다수 정비업체의 참여 및 인원 이동을 고려할 때 작업에 참여하는 전 근로자를 무작위로 추출하는 것은 사실상 불가능하였으며 시료채취가 이루어지는 전일에 다음 날의 작업상황을 파악하고 작업 당일 아침에 확정된 일정을 기준으로 시료채취 근로자를 선정하였다. 가능한 한 단시간 시료채취 대상이 되는 근로자에게서 장시간 시료채취도 실시하려고 노력하였으나 워낙 작업의 수와 종류가 많고 다수근로자가 작업에 참여하는 관계로 이 원칙을 시종일관 준수되기는 어려웠다.

개인노출평가가 이루어지는 날 해당 공정에서의 측정대상물질의 변동을 확인하기 위해 고정 내에서 4내지 6개 지점을 선정하여 지역시료를 채취하였다. 지역시료는 농도의 추이 및 수준을 확인하기 위한 것이므로 대상공정의 동일한 지점에서 일자에 따라 반복적으로 측정하는 것을 원칙으로 하였다.

각 공정의 근로자에 대한 개인시료 채취는 단계별로 비발주처 건설근로자와 해당 공정의 부서에서 근무하고 있는 동일노출군에 있는 발주처근로자를 대상으로 결정하였다. 따라서 발주처 근로자는 현장에서 주로 계기조작업무를 추진하는 Operator와 Control room (C/R) 근무와 현장순찰을 병행하여 실시하는 Fieldman

으로 구분될 수 있다. 측정은 전 근무시간동안 연속하여 측정하는 것을 원칙으로 하였다. 향후 역학조사 결과를 활용할 목적으로 비발주처 건설근로자는 직공별로 ①기계, ②배관, ③계전, ④비계, ⑤용접, ⑥제관, ⑦보온, ⑧탱크 및 ⑨도장 직공의 9개 군으로 분류하였고 발주처의 근로자는 보드맨 및 필드맨으로 구분하였다. 발주처의 경우 공무부서 근로자가 해당 기간 동안 공정에서 작업에 참여한 경우 이들도 작업 중에 대상물질에 노출될 수 있을 것으로 판단하여 포함시켰다. 측정 결과에 대한 평가는 개인 및 지역시료채취 모두 비발주처 건설근로자 및 발주처 근로자의 작업시간동안 가능한 한 연속하여 6시간이상 시료채취를 하였으므로 8시간보다 적은 시간동안 채취한 시료의 경우 잔여시간도 측정기간의 노출농도와 같다는 전제하에 측정시간 동안의 농도를 8시간 시간가중평균노출기준 (TWA-TLV)과 비교하였다.

또한, 단시간 노출농도(STEL) 평가는 노동부 고시에 따라 가능한 한 15분으로 제한하여 시료채취를 실시하였으나 작업의 성질상 15분 미만동안 측정된 경우 나머지 시간에는 노출이 없다는 가정 하에 15분간 가중 평균하여 결과를 산출하였다. 현장작업의 특성상 15분간의 분리가 어려워 일부 시료에서 15분을 초과하여 30분 내에 측정된 경우가 있었는데 이때는 해당 결과를 그대로 단시간 노출농도로 가정하고 평가를 실시하였다.

(3) 시료채취 방법

측정의 대상이 된 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐에 대한 시료채취 매체를 <표 17>에 요약하였다. 본 역학조사는 정비작업을 수행하는 건설근로자를 대상으로 실시되었으므로 작업 상 몸의 움직임이 많고 무거운 수공구 등을 사용하며 고소작업의 실시에 따라 안전대 등 보호구의 착용이 수반되어 능동식시료채취기를 장착시키기에는 근본적으로 어려움이 있었다. 따라서 8시간 시간가중평균농도를 평가하기 위한 개인시료채취에서는 유기용제용 확산시료채취기 (Organic Vapour Monitor, OVM)를 적용한 수동식시료채취 방법을 사용하였다. 작업자의

방해가 전혀 없는 지역시료의 경우 능동식시료채취 방법을 적용하였고 시료채취 시간이 짧아 결과에 오류가 발생할 가능성이 있는 단시간시료채취의 경우에도 능동식 방법을 적용하였다.

수동식 시료채취기는 벤젠의 경우 3M사의 OVM 3500을 사용하였다. 상온상압에서 가스상 물질로 시료포집이 용이하지 않은 1,3-부타디엔과 염화비닐의 수동식 채취에는 이중 활성탄층을 가진 OVM 3520을 적용하고 오전과 오후를 구분하여 채취매체를 바꾸어 과과방지에 노력하였다.

시료채취 펌프를 적용하는 능동식의 경우에도 NIOSH의 방법을 고려하여 유량을 분당 0.1 L로 최소화하였으며 특히 염화비닐의 경우에는 활성탄관을 이중으로 연결하고 오전과 오후로 구분하여 매체를 바꾸어 시료를 채취함으로써 과과를 방지하였다. 1,3-부타디엔의 경우에는 NIOSH 방법에 따라 400 mg의 활성탄관과 200 mg의 활성탄관은 연결하여 사용하는 방법을 원칙적으로 적용하였다. 각 대상 물질에 대한 단시간시료의 경우에는 과소포집을 방지하기 위하여 조사자의 판단에 따라 유량을 적절히 증가시켜 적용하였다.

<표 17> 대상 물질별 시료채취 매체

대상물질	시료 구분	적용방법	채취매체	비고
벤젠	TWA-P	수동식	OVM 3500	
	STEL	능동식	활성탄관 (100/50 mg)	
	Area	능동식	활성탄관 (100/50 mg)	
1,3-부타디엔	TWA-P	수동식	OVM 3520	
	STEL	능동식	4-TBC 코팅 활성탄관 (100, 50 mg)	연결 사용
	Area	능동식	4-TBC 코팅 활성탄관 (100, 50 mg)	연결 사용
염화비닐	TWA-P	수동식	OVM 3520	
	STEL	능동식	활성탄관 (100/50 mg)	이중 사용
	Area	능동식	활성탄관 (100/50 mg)	이중 사용

분석시료에는 채취된 매체의 최소 10%에 해당하거나 2개 이상의 공시료를 포함시켰다. 현장에서 채취된 시료는 조사대상물질의 손실을 방지하기 위해 사업장의 협조를 얻어 냉동고에 보관하고 실험실로의 운반은 냉매를 채운 아이스박스를 이용하였다. 분석 전까지 시료는 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이하로 냉동 보관하였다. [그림 22]에는 조사에 사용된, 시료채취펌프, 활성탄관 및 OVM을 도시하였다.



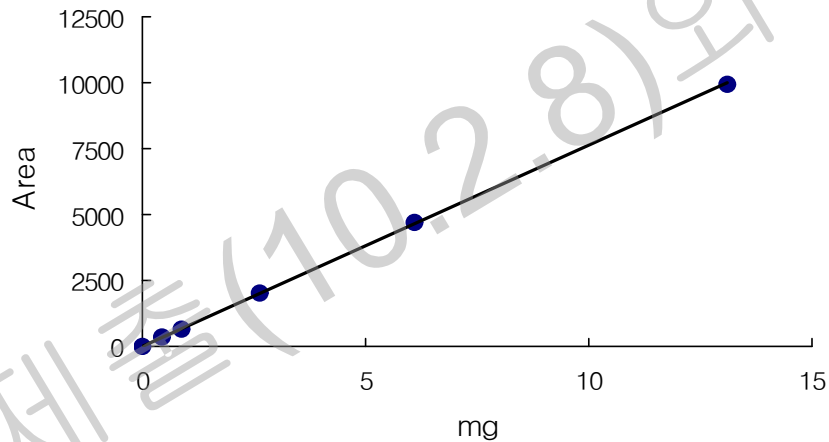
[그림 22] 시료채취 적용 장비와 채취매체 (좌로부터, 활성탄관 장착 개인시료채취기, 활성탄관 (100/50 mg), 4-TBC 코팅 활성탄관 (100/50 mg), OVM 3500, OVM 3520)

(4) 분석방법

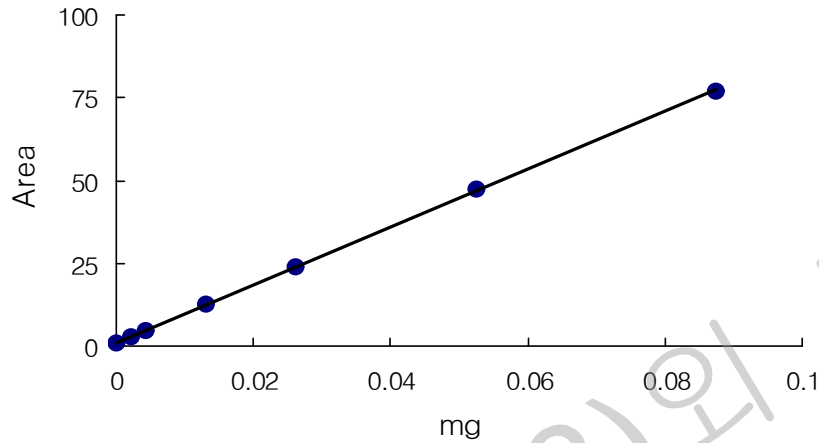
가) 벤젠의 분석방법

벤젠 등 지방족 및 방향족 탄화수소류의 측정과 분석은 미국 NIOSH의 공정 시험법인 NMAM (NIOSH Manual of Analytical Methods) 1500과 1501에 따라 실시하였다. 활성탄관 등으로 채취된 시료를 용매(이황화탄소)로 탈착시킨 후 GC/FID(가스크로마토그래프/불꽃이온화검출기)로 정량분석 하였고 성분 확인을

위해 GC/MSD(가스크로마토그래프/질량분석기)를 이용하였다. [그림 23]에는 고농도 벤젠의 분석에 적용된 검량선의 예를 도시하였다. 검량선은 분석되는 벤젠의 농도에 따라 저농도의 경우와 고농도의 경우를 달리 적용하여 검량선에 의한 분석오차를 최소화하였다. 검량선의 상관성 계수 ($R^2=0.99995$)는 아주 우수하였다. 저농도에 적용된 검량선은 [그림 24]에 제시하였다. 이 검량선의 상관성 계수 R^2 는 0.99994였다.



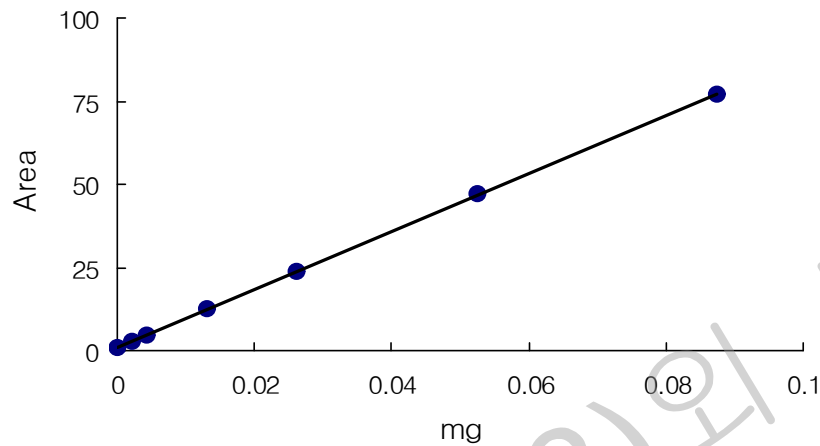
[그림 23] 고농도 벤젠에 적용한 검량선의 예



[그림 24] 저농도 벤젠에 적용한 검량선의 예

나) 1,3-부타디엔의 분석방법

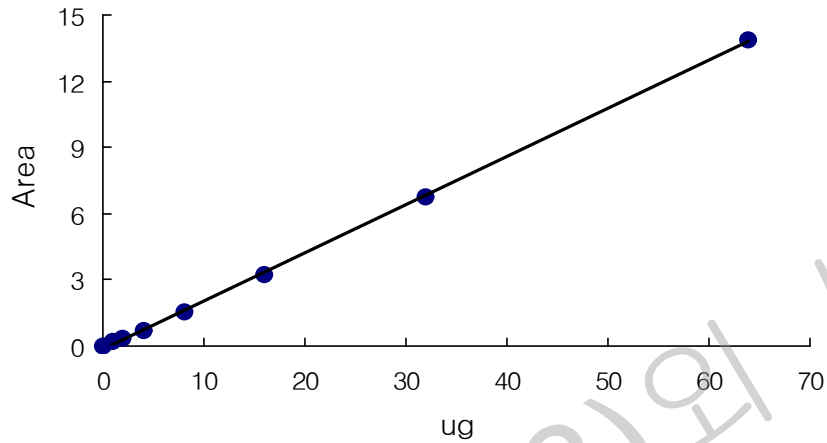
1,3-부타디엔의 측정·분석은 NIOSH에서는 용량이 큰 400 mg과 200 mg 활성탄관을 이용하여 시료를 채취한 후 dichloromethane을 이용하여 탈착하도록 권고하고 있고 OSHA에서는 4-tert-butylcatechol이 코팅된 활성탄관을 이용 포집하고 이황화탄소로 탈착하도록 하고 있다. 분석에 이용되는 기기는 GC/FID이다. 반면 영국의 HSE에서는 MDHS에서 합성 흡착제를 이용하여 열탈착법으로 GC/FID를 이용하여 분석하도록 권고하고 있다. 본 조사의 1,3-부타디엔에 대한 작업환경측정 및 분석은 OSHA 56방법과 NMAM #1024를 참고하였다. 시료분석을 위한 표준용액의 조제는 수상치환법을 이용하였으며 탈착은 1% 2-butanol이 포함된 이황화탄소 (CS_2)를 적용하였으며 시료는 GC/FID를 사용하여 분석하였다. [그림 25]에는 1,3-부타디엔의 분석에 적용된 검량선의 예를 도시하였다. 상관성 계수 R^2 는 0.99994로 아주 우수한 결과를 나타내었다.



[그림 25] 1,3-부타디엔에 적용한 검량선의 예

다) 염화비닐의 분석방법

측정과 분석은 미국국립산업안전보건연구원의 공정 시험법인 NMAM(NIOSH Manual of Analytical Methods) 1007에 따라 실시하였다. 활성탄관을 용매(이황화탄소) 1ml로 탈착시킨 후 GC/FID로 정량분석 하였다. 염화비닐의 표준용액은 가스상태의 표준물질(99.5%, Aldrich)을 사용하였으며, 이황화탄소 5ml가 들어있는 10ml 용량 플라스크에 gas tight syringe로 염화비닐 1ml를 취하여 이황화탄소에 완전히 녹인 후 용매로 플라스크의 표선을 맞추어 표준용액을 제조하였다. 용매에 염화비닐을 녹일 때는, syringe needle을 용매에 완전히 담그고 syringe로 이황화탄소를 당겨서 진공 상태에서 염화비닐이 녹아들어가도록 해야 하며, 염화비닐이 다 녹은 후에는 syringe를 용매로 2번 정도 세척하여 잔존하는 염화비닐이 없도록 해야 한다. [그림 26]에는 염화비닐의 분석에 적용된 검량선의 예를 도시하였다. 상관성 계수 R^2 는=0.9996으로 우수하였다.



[그림 26] 염화비닐에 적용한 검량선의 예

이번 역학조사의 노출평가에서 측정 대상물질인 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐의 실험실 분석에 적용된 가스크로마토그래프와 물질별 운전에 따른 조건은 <표 18>에 요약하여 정리하였다. 각 실험 방법은 예비실험을 통해 충분히 검증하였다. 또한 석유화학산업에서 나타날 수 있는 다양한 탄화수소계 물질을 종류별로 상호 구분하여 정량하기 위해 50 m 길이의 모세컬럼을 원칙적으로 사용하였다. 주입부와 검출기의 온도와 컬럼의 승온 온도 등도 예비실험을 통해 적용성을 검토한 후 분석을 실시하였다. 분석자에 의한 오차를 줄이기 위해 가능한 동일한 분석자가 모든 시료에 대해 분석을 실시할 수 있도록 배려하였다.

<표 18> 대상물질별 분석기기의 운전조건

대상물질		벤젠	1,3-부타디엔	염화비닐
기기 및 모델명		GC, HP-7890A	GC, HP-6890N	GC, HP-6890N
검출기		FID	FID	FID
컬럼		DB-Petro (50m×200 μ m×0.5 μ m)	HP-Al/KCl (50m×320 μ m×8 μ m)	DB-Petro (50m×200 μ m×0.5 μ m)
운반 가스	종류	N ₂	He	N ₂
	유량	0.8ml/min	1.8ml/min	0.8ml/min
온도 조건	주입부	250℃	250℃	230℃
	컬럼	40℃ (10min)→ 10℃/min→ 150℃ (5min)→ 10℃/min→ 220℃ (2min)	60℃ (5min)→ 10℃/min→ 180℃ (9min)	35℃ (5min)→ 10℃/min→ 150℃ (3min)
	검출기	250℃	250℃	250℃

(5) 물질별 물리화학적 특성

벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐의 주요한 물리화학적 특성을 <표 19>에 요약하여 정리하였다. 벤젠은 상온상압에서 방향족 향을 가지는 약한 황색의 액체로 휘발성이 강하여 가연성을 지지고 있다. 1,3-부타디엔은 -4.5℃ 이상에서 기체로 존재하며 방향족 내지는 휘발유의 냄새를 가지고 있고 가연성이 있다. 염화비닐은 -13.37℃ 이상에서 기체상태로 존재하고 가연성을 지지며 고농도에서 달콤한 향기를 지니고 있다.

<표 19> 조사 대상물질의 물리화학적 특성

구분	벤젠	1,3-부타디엔	염화비닐
분자식	C ₆ H ₆	CH ₂ CHCHCH ₂	CH ₂ CHCl
분자량	78.1	54.09	62.5
외관	담황색 액체	무색 가스	무색가스/액체
냄새	약한 석유 향	방향족 향	달콤한 향
비중 (4°C 물 = 1.0)	0.88	0.65	0.91
끓는점 (°C)	80.1	-4.5	-13.37
어는점 (°C)	-5.6	-108.9	-153.8
인화점 (°C)	-11	-106.9	-78
물 용해도 (%)	0.07	없음	0.1 (25°C)
증기압 (mmHg)	75	1,824	2,530
폭발 상한값 (%)	7.8	12.0	33.0
폭발 하한값 (%)	1.2	2.0	3.6

(6) 물질별 노출기준

가) 벤젠

벤젠을 비롯한 대부분의 유해물질의 노출기준 및 설정기준과 질차는 비슷하나 국가 간의 약간의 차이는 있다. 그러나 물질 선정기준 및 우선순위는 대부분 선진국에서 위원회를 중심으로 과학적 증거에 의해 선택되며 작업장 경험이 중요한 역할을 한다. 각 나라에서는 유해물질의 노출기준을 제정할 때 물질의 유해성은 물론 경제성, 적용가능성, 과학적 근거, 행정능력 등을 고려한다. 각 국가별 유해물질의 노출기준 및 설정기준의 참고자료를 요약하면 다음 표와 같다. 대개 선진국에서는 시간가중평균치, 단시간 노출기준치, 천정치를 제시하고 있으며 독일, 일본, 미국 ACGIH (미국산업위생전문가협회), 미국 NIOSH, 미국 OSHA는 생물학적 노출지표도 제시하고 있다. 우리나라는 2009년부터 벤젠에 대해 허용기준

을 도입하여 1 ppm을 초과하는 경우 과태료를 부과하도록 되어있다. 노출기준은 그대로 TLV-TWA (8시간 시간가중 평균노출농도)로 1 ppm, STEL (단시간노출농도) 5 ppm으로 고시하고 있다 (노동부, 2008).

<표 20> 주요 국가별 벤젠의 노출기준

국가	기관	구분	노출기준		발암부호
			ppm	mg/m ³	
한국	노동부	TWA	1	3.2	A2
		STEL	5		
미국	노동부	TWA	1	3.2	Ca
	OSHA(PEL)				
	미국산업위생전문가협회	TWA	0.5	-	A1
		STEL	2.5	8	
	NIOSH (REL)	TWA	0.1	0.32	Ca
		STEL	1	3.2	
일본	노동후생성	관리농도	10	32	
	위생학회	TWA	1	3.2	
영국	노동부 (HSE)	TWA	5	16	
		STEL	-	-	
독일		TWA	2.5	8	3A
스웨덴		TWA	1	3	
		STEL	5	16	
프랑스		TWA	5	16	

나) 1,3-부타디엔

1,3-부타디엔은 산업보건측면과 환경보호측면에서 사람에게 모두 유해한 화학물질로서 이에 대한 중요성은 국내·외적으로 점점 커지고 있다.

직업적으로 1,3-부타디엔에 노출되고 있는 근로자에 대한 노출기준이 우리나라

라의 경우 2 ppm으로 고시하고 있다(노동부, 2008). 그러나 미국 ACGIH(2005)에서는 TLV-TWA(8 시간가중평균노출농도)로 2 ppm을 권고하였고, 미국 OSHA에서는 1996년 PEL-TWA로 1 ppm, PEL-STEL(단시간노출농도) 5 ppm, 감시농도(AL) 0.5 ppm으로 개정하였다.

<표 21> 주요 국가별 1,3-부타디엔의 노출기준

국가	기관	구분	노출기준		발암부호
			ppm	mg/m ³	
한국	노동부	TWA	2	4.4	A2
		STEL	10	22	
미국	노동부 OSHA(PEL)	TWA	1	2.2	
		STEL	5	11	
	미국산업위생전문가협회(TLV)	TWA	2	-	A2
		STEL	-	-	
	NIOSH(REL)	TWA	Lowest feasible concentration		Ca
STEL		-	-		
일본	노동후생성	관리농도	-	-	
	위생학회	TWA	G1	-	
영국	노동부	TWA	10 ppm	-	
		STEL	-	-	
독일	노동부	TWA	-		
스웨덴		TWA	0.5 ppm		
		STEL	5 ppm		
프랑스		TWA	-		

다) 염화비닐

염화비닐은 거의 대부분이 염화비닐수지 (Poly Vinyl Chloride, PVC)를 제조하는 원료로 사용되고 있다. 따라서 직업적으로 염화비닐 단량체 (Vinyl Chloride Monomer, VCM)에 노출될 가능성이 있는 근로자는 VCM을 제조하는 공정과

VCM을 원료로 PVC를 제조하는 공정의 근로자들이라고 할 수 있다. 우리나라 노동부의 VCM 노출기준은 TWA를 1 ppm으로 고시하고 있으나 STEL은 특별히 규정되어 있지 않다(노동부, 2008). 미국 노동부(OSHA)와 미국산업위생전문가협회의 TLV-TWA도 1 ppm으로 우리나라와 동일하다. 다만 미국 OSHA의 경우에서만 단시간노출기준 (STEL)을 5 ppm으로 정하고 있다.

<표 23>에 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐의 국내 생산량과 수입량을 석유화학공업협회가 최근에 발간한 자료를 기준으로 요약하여 정리하였다 (석유화학공업협회, 2009). 벤젠의 경우 2007년에 비해 생산량이 약 2.5% 감소한 수치이나 전년도까지는 증가 추세에 있었다.

1,3-부타디엔은 전년도에 비해 10% 정도 생산이 증가하였다. 염화비닐의 경우에 있어서는 2005년도 이후 생산량의 변화가 적은 편으로 나타났다. 2008년 기준 수입은 벤젠의 경우 생산량의 5% 내외, 1,3-부타디엔은 20% 내외, 그리고 염화비닐은 생산량에 비해 미미하였다.

<표 22> 주요 국가별 염화비닐의 노출기준

국가	기관	구분	노출기준		발암부호
			ppm	mg/m ³	
한국	노동부	TWA	1	-	A1
		STEL	-	-	
미국	노동부 OHSA(PEL)	TWA	1	-	Ca
		STEL	5	-	
	미국산업위생 전문가협의회(TLV)	TWA	1	-	A1
		STEL	-	-	
	NIOSH(REL)	TWA	Lowest feasible concentration		Ca
		STEL	-	-	
일본	노동후생성	관리농도	-	-	
	위생학회	TWA	G1	-	
영국	노동부	TWA	10 ppm	-	
		STEL	-	-	
독일	노동부	TWA	-	-	
스웨덴		TWA	0.5 ppm		
		STEL	5 ppm		
프랑스		TWA	-		

<표 23> 국내 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐 생산능력(2008년 현재)

구분	생산/수입량 (단위:톤)		
	벤젠	1,3-부타디엔	염화비닐
생산	4,132,149	1,062,939	1,517,750
수출	1,257,852	191,166	100,535
수입	260,436	212,529	221

(7) 노출평가의 기준

노출기준은 노동부 고시에 근로자가 유해인자에 노출되는 경우 노출기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준을 말하며, 1일 작업시간동안의 시간가중평균노출기준(Time Weighted Average, TWA), 단시간노출기준(Short Term Exposure Limit, STEL), 또는 최고노출기준(Ceiling, C)으로 표시한다. 즉 노출기준은 공기 중에 분포하고 있는 유해물질의 노출을 건강상 영향이 없는 수준으로 관리하고자 만든 것이기 때문에 유해물질이 인체에 미치는 독성영향을 고려하여 다음과 같이 세 가지로 분류하고 있다.

가) 8시간가중평균기준 (TWA)

우리나라의 경우 법정 근로시간은 1일 8시간 주 44시간으로 되어 있으며, 선진국의 경우 보통 1일 8시간, 주 40시간을 근로시간으로 정하고 있다. 따라서, 매일 유해인자에 노출될 수 있는 최대 시간은 초과업무를 하지 않는 한 8시간이라고 할 수 있다. 그렇다면, 매일 8시간씩 일을 하며 어떤 유해물질에 지속적으로 노출된다고 할 때 거의 모든 작업자들이 질병에 걸리지 않도록 관리할 수 있는 기준이 필요하며, 이러한 목적으로 설정된 기준이 8시간가중평균기준(TWA)이다. 즉 “시간가중평균노출기준(TWA)”이라 함은 1일 8시간작업을 기준으로 하여 유해인자의 측정치에 발생시간을 곱하여 8시간으로 나눈 값을 말하며 산출공식은 다음과 같다

$$TWA \text{ 환산 값} = \frac{C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + \dots + C_n \cdot T_n}{8}$$

C: 유해인자의 측정치 (단위: ppm 또는 mg/m³)

T: 유해인자의 발생시간 (단위: 시간)

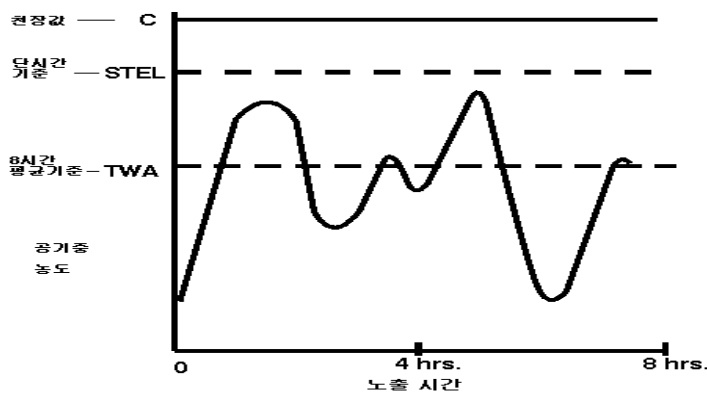
나) 단시간 노출기준 (STEL)

단시간 노출기준이란, 유해물질의 특성상 짧은 시간에 고농도로 노출될 경우

심한 인체에 자극을 주거나, 피부나 조직에 손상을 줄 수 있는 경우 8시간 평균적인 노출수준이 준수되더라도 전체 근무시간 중에 약 15분 동안 넘어서는 안 된다고 설정된 기준이다. 따라서 대개 급성독성을 갖는 유해물질에 대해 설정되어 있으며 8시간가중평균기준과 함께 보조적으로 관리하는데 활용되고 있다. 예를 들어, 벤젠의 경우 노동부 8시간 평균기준은 1 ppm 이며, 단시간 노출기준은 5 ppm 으로 설정하고 있다. 이는 벤젠에 대해 8시간 작업하는 평균농도가 1 ppm을 초과해서는 안되며, 전체 작업시간 중에 어느 때라도 15분 이상 5 ppm에 노출되어서는 안 된다는 것을 의미한다. 즉 “단시간노출기준(STEL)”이라 함은 근로자가 1회에 15분간 유해인자에 노출되는 경우의 기준으로 이 기준 이하에서는 1회 노출간격이 1시간 이상인 경우 1일 작업시간 동안 4회까지 노출이 허용될 수 있는 기준을 말한다.

다) 최고노출기준(C)

노동부 고시에 “최고노출기준(C)”이라 함은 근로자가 1일 작업시간동안 잠시라도 노출되어서는 아니되는 기준을 말하며, 노출기준 앞에 “C”를 붙여 표시한다. 이는 하루 중 잠시라도 노출되어서는 안 되는 기준을 의미하며, 순간적인 노출에도 매우 큰 인체영향이 있는 물질의 경우에 설정된 기준이다.



[그림 27] 산업위생분야 노출기준의 종류와 관계

(8) 능동식시료와 수동식시료의 상관성

앞에서 시료채취 방법을 설명한 부분에서 이미 언급된 바와 같이 이번 조사에서는 능동식시료채취와 수동식시료채취 방법을 병행하였다. 개인시료의 경우 장시간 시료는 근로자의 작업특성과 보호장구의 착용상태를 고려하여 수동식 시료채취기를 사용하였고 단시간 시료에 대해서는 능동식 방법을 적용하였다. 근로자에 의한 작업방해가 없는 지역시료에 대해서는 능동식 시료를 적용하였다.

통상적으로 산업위생분야에서는 능동식 시료채취 방법을 표준으로 적용하고 있으며 최근 들어서는 수동식 시료채취 방법도 적용도 증가하고 있는 추세이다. 수동식 시료채취방법은 확산에 의해 물질의 매체 내 포집이 이루어지므로 시료채취 펌프와 같은 부가적인 장비의 사용이 불필요한 대신 적용대상 물질에 한계가 있고 단시간 동안에는 적용이 쉽지 않으며 채취매체가 매우 고가라는 한계점을 내포하고 있다. 매체내 포집능동식 방법의 경우 반대로 신뢰성이 높게 저가이나 근로자가 펌프를 착용해야 하는 불편을 감수해야만 적용이 가능하다.

이번 조사에서는 능동식 및 수동식 시료채취를 동시에 적용하였으므로 각 방법 간에 어느 정도 신뢰성에 가지고 있는지를 검증할 필요성이 있었다. 기본적으로 근로자의 움직임에 영향을 받지 않으며 현장 농도의 변화도 비교적 심하지 않을 것으로 판단된 지역시료의 일부에 대하여 수동식 시료채취기와 능동식 시료채취기를 동시에 설치하여 시료를 채취하는 방법을 적용하였다. 국내에 시판되고 있는 수동식시료채취기는 미국 NIOSH에 의해 검증된 매체이므로 별도의 검증이 반드시 필요하다고 판단되지는 않았으나 노사간에 발생할 수 있는 불필요한 오해를 최소화하기 위해 취해진 조치이다.

벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐 3개의 조사대상 물질 모두에 대해 시료채취 방법간의 상관성 검증을 실시하였다. [그림 28]에 수동식 시료채취기와 능동식 시료채취기를 같은 장소에 동시에 설치하여 작동시키는 모습의 사진을 제시하였다.



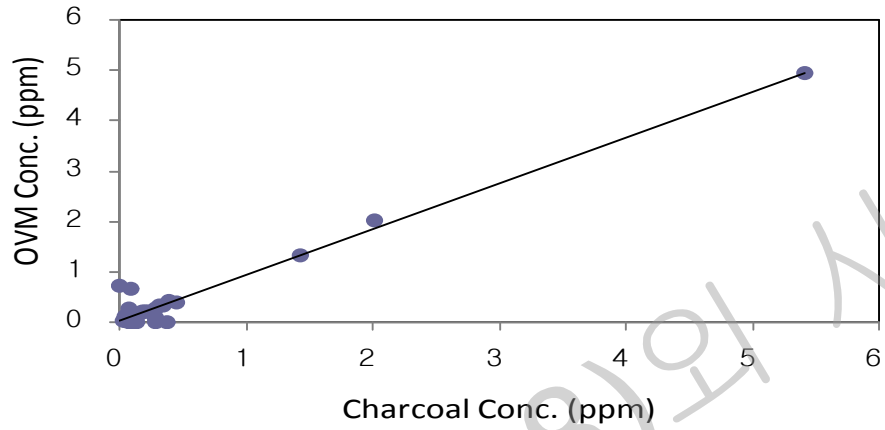
[그림 28] 능동식 및 수동식 시료채취기의 동시설치 가동모습

가) 벤젠

벤젠에 대해 동일한 일자에 40개의 동일한 장소에서 동일한 시간동안 능동 및 수동식으로 채취한 시료에 대한 평가 결과를 [그림 29]에 나타내었다. 결정계수 R^2 는 0.954(상관계수, $r=0.98$)로 아주 우수한 상관성이 있는 결과를 나타내어 각 채취방법 간에 상호 신뢰성이 입증되었다.

전반적으로 저농도에서는 수동식 채취법이 불검출로 나타난 경우가 일부 있었으며 고농도에서도 다소 저평가되는 결과를 보여주었으나 오차의 범위는 10%를 초과하지 않았다.

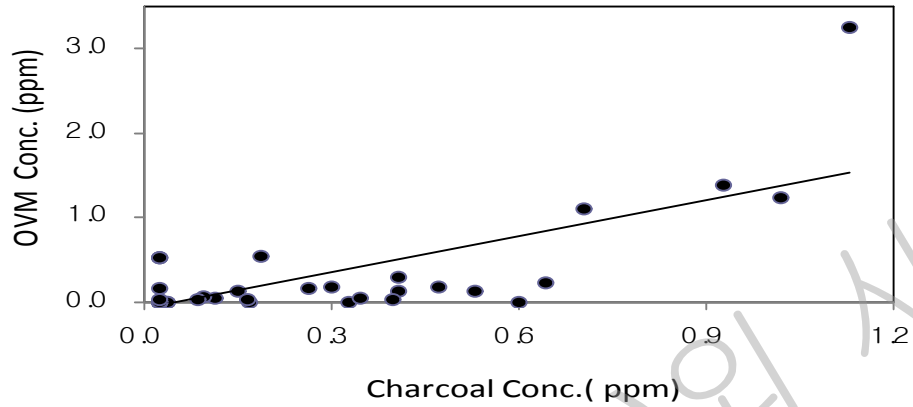
국내외적으로 실시된 여러 연구에 따르며 벤젠 등 유기용제를 대상으로 하는 경우 수동식 시료채취기가 능동식 시료채취기와 유사한 성능이 있음이 이미 검증된바 있다. 이번 조사에서 벤젠의 측정에 사용된 3M사의 OVM 3500 수동식 시료채취기는 산업위생분야에서 작업환경 측정용도의 유기용제의 시료채취를 위해 전세계적으로 가장 널리 사용되는 수동식 채취기의 하나로 알려져 있으며 신뢰성도 높은 것으로 간주되고 있다.



[그림 29] 벤젠에 대한 능동식 및 수동식 시료채취 결과의 상관성

나) 1,3-부타디엔

1,3-부타디엔에 적용된 수동식 시료채취기는 3M사의 OVM 3520이었다. 1,3-부타디엔은 상온상압에서 가스 상태로 존재하므로 액체에서 휘발하여 증기상태로 존재하는 타 유기용제에 비해 포집과 분석이 쉽지 않을 것으로 알려져 있다. OVM 3520은 시료포집의 신뢰성을 높이기 위해 이중으로 흡착층을 구성하고 있다.



[그림 30] 1,3-BD에 대한 능동식 및 수동식 시료채취 결과의 상관성

[그림 30]에서 도시된 바와 같이 두 시료채취방법 간의 결정계수 R^2 는 0.540(상관계수, $r=0.74$)로 비교적 높은 수치를 나타내고 있으며 벤젠에서의 경우보다는 상관계수가 다소 낮은 편이다.

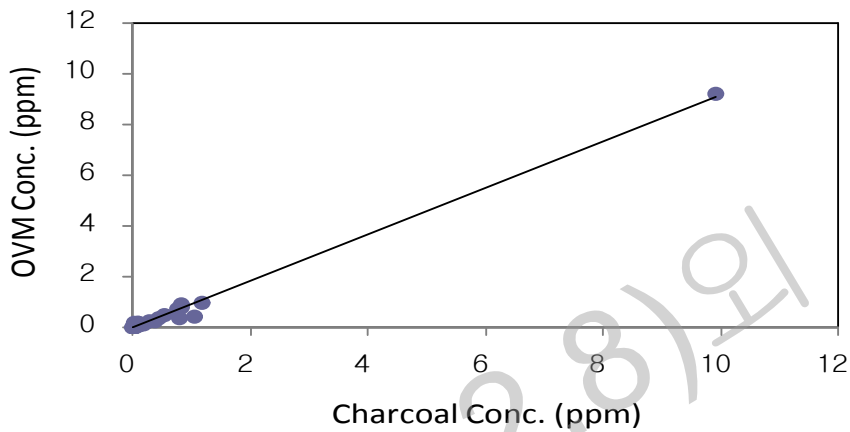
그 원인은 저농도에서 수동식 시료채취는 불검출 시료가 다수 존재하였으며 최고농도 1개를 제외하고는 전반적으로 수동식 방법이 능동식 방법에 비해 시료채취 효율이 낮았기 때문으로 판단된다. 상온상압에서 기체상태인 1,3-부타디엔은 알려진 바와 같이 타 유기용제에 비해 시료채취가 용이하지 않은 것으로 나타났다.

다) 염화비닐

염화비닐의 수동식 채취에 적용되는 매체도 1,3-부타디엔에 사용된 것과 같은 3M사의 OVM 3520으로 이중 흡착층으로 구성되어 있다.

역시 상온상압에서 가스상태로 존재하는 이 물질도 시료의 채취가 용이하지 않은 물질 중 하나로 알려져 있다. [그림 31]에서 도시된 바와 같이 능동과 수동식 시료채취방법 간에는 결정계수가 R^2 는 0.993(상관계수, $r=0.996$)으로 아주 높

은 상관성이 있는 것으로 이번 조사에서 입증되었다.



[그림 31] 염화비닐에 대한 능동식 및 수동식 시료채취 결과의 상관성

두 방법으로 동시에 채취된 각각 48건의 염화비닐 시료의 경우 불검출된 시료가 거의 없었으며 10 ppm에 육박하는 최고농도의 시료도 존재한 것이 상호 신뢰성을 증가시키는 원인으로 파악되었다. 세부적으로 검토한 결과 노동부의 노출기준 1 ppm 근처나 이상에서는 [그림 31]에서 나타낸 수준의 상관성을 보였으나 노출기준의 1/4 이하에서는 상관성이 저하되었으며 이 수준에서는 펌프를 사용하는 능동식 방법이 오히려 시료채취에 불리한 것으로 조사되었다.

2) 제철산업

(1) 조사대상 공정

제철업 사업장에 대한 노출평가는 2008년부터 2009년까지 수행되었다. 조사대상 제철업 사업장은 5개의 고로를 보유하고 있고 고로 1기당 4기씩의 열풍로가 설치되어있는데 2개의 열풍로는 고로에 열을 공급하고 나머지 2개의 열풍로

는 가스를 연소시켜 발생한 열을 축열하는데 사용된다.



[그림 32] 축열실(좌측)과 연소실(우측)로 이루어진 열풍로의 상부(본 사진은 인터넷에서 수집한 해외사업장임)

열풍로는 각각 연소실과 축열실로 구성되어 있다. 고로 중 ○번 고로 및 ○번 열풍로의 개수작업에 대하여 노출평가를 실시하였는데, 열풍로 개수작업에 대한 노출평가는 2008년에 수행하였고, ○번 고로본체의 개수작업에 대한 노출평가는 2009년에 실시하였다.

고로 및 열풍로 철판내면의 내화벽돌의 수명이 다하고 새로운 제선공법이 개발됨에 따라 고로 및 열풍로를 개수하고 고로의 개수작업을 통해 고로의 용량을 3,800m³에서 5,500m³로 확대하고자 하였으며, 연소실과 축열실로 이루어진 열풍로 상부의 연결방법을 연락관 연결형에서 1돔 방식으로 개선하고자 하였다.

기존의 열풍로는 각각 원형 수직관 형태의 연소실과 축열실의 상부에 개별 돔이 설치되어 있고 돔을 연결하는 연락관이 설치되어 있는데, 각각의 돔과 연

락관을 해체·철거한 후 연소실과 축열실 원형수직관 상부를 일체로 덮어씌우는 단일 돔을 설치하는 것이 개보수 공사의 주요 내용이었다.

열풍로의 개수작업 중 철거작업은 연소실 및 축열실의 상부 돔 철거, 연락관 철단 및 철거, 돔 절단면에 대한 사상작업 등으로 공정이 이루어지며, 설치작업은 돔 하부 구조물인 박스거더의 설치, 연소실 및 축열실 일체형 돔 설치 등의 순으로 공정이 이루어진다.

열풍로 돔의 철거작업 시 발주처 근로자에 의해 선행된 내화벽돌 해체 및 설치작업 시에 발생된 호흡성분진과 내화벽돌에 함유가능성이 있는 결정형유리 규산에 비발주처 근로자들이 노출될 수 있어 이들의 유해인자에 대한 노출평가를 실시하였다.

또한 절단 및 용접작업의 수행에 따라 용접분진에도 근로자가 노출되고 있어 노출평가대상물질에 포함시켰으며, 이산화탄소 용접시에 사용되는 용접봉에 대한 물질안전보건자료 검토결과 크롬이 0.04% 함유하고 있는 것으로 나타나 6가크롬 화합물에 대한 평가도 실시하였다. 또한 연구대상 열풍로가 신설된지 십수년이 경과된 점을 감안하면 내화벽돌에 석면의 함유가능성을 배제할 수 없고 일부 배관의 가스켓에 석면재질이 사용되었을 가능성을 염두에 두어 석면에 대한 평가도 실시하였다.

연구대상 사업장의 ○번 고로본체의 개수작업은 당초 '09년 5월부터 8월까지 예정되어 있었으나 세계적인 경기불황으로 인하여 사업장에서는 철강생산을 감산결정하였으며 ○번 고로에 대하여 '09년 2월에 종풍(終風) 및 자연냉각에 돌입함으로써 조기에 고로조업을 중단하였다.

따라서 고로본체 해체작업에 대한 역학조사도 '09년 4월로 앞당겨 실시하였는데, 고로본체 외부 배관해체, 본체철피절단, 소절단 및 연와분리, 돔 분리 등의 공정을 대상으로 선정하였다.



[그림 33] 고로 외부

고로본체의 해체작업시 발생하는 유해물질은 열풍로의 해체작업시 발생하는 물질과 상당히 유사한데 연구대상으로 선정한 전 공정에 대하여 호흡성분진, 결정형유리규산, 석면, 금속 등의 유해물질을 측정하고 평가하였으며 배관해체 공정에 대해서는 6가크롬화합물의 평가도 실시하였다.

고로외부에는 냉각배관을 비롯한 수많은 배관들이 설치되어 있는데 고로본체를 해체하기 위한 선행작업으로 배관해체가 수행되며 가스불꽃을 이용하여 배관을 해체하고 있었다.

배관해체작업이 가장 집중되는 2일을 선택하여 노출평가를 실시하였다. 예년의 경우 배관구조물의 절단시 제트랑스(상표명)라는 고성능 절단기를 사용하였으나 이번 조사시에는 공정진행의 여유가 있는 관계로 흠이 많이 발생하는 제트랑스 대신 가스절단을 사용하였다.

고로본체는 수평 침수 블록으로 절단하여 대형크레인(1,000 톤)을 이용하여 하강시키는데 내면에 연화가 붙어있는 고로의 수직 중앙부위 절단하는 작업에

대하여 노출평가를 실시하였는데 이는 연와분진의 발생이 많을 것으로 예상되는 공정을 평가대상으로 삼기 위해서이다.

수평절단 되어 작업장 바닥(철피분리장)에 하강된 고로본체 블록은 원형 고리 모양인데 트럭에 적재하여 타 장소로 이동하기 위하여 가스절단기로 블록을 소절단하였다. 또한 철피분리장에서는 철피내면에 붙어있는 연와를 분리하는 작업도 실시하였다.

소절단되고 내면의 연와가 분리된 철피조각은 동 분리장으로 이동되어 철피에 부착되어 있는 동을 분리하였다.

이상의 고로외피절단 공정에서 호흡성분진, 결정형유리규산, 석면, 금속 등의 유해물질을 포집하였으며 석면 또는 유리규산의 함유가 의심되는 물질에 대해서는 고형시료를 채취하였다.

(2) 평가대상 물질

가) 결정형 유리규산

열풍로를 구성하는 연소실, 축열실, 혼냉실 등의 내부에는 내화성능 및 축열을 위하여 연와가 조적되어 있는데 기존 돔의 해체전에 발주처 근로자에 의해 돔 내부 연와를 철거한 상태였고 원형 수직관 내부에 설치되어 있는 연와는 작업자들에게 노출되어 있는 상태였다.

기존 열풍로 및 고로는 십수년전에 시공하였기에 연와의 물성표가 남아있지 않아 결정형 유리규산이 함유되지 않았다는 확실한 증거가 없으므로 열풍로 및 고로의 해체작업시 결정형 유리규산을 평가하기로 하였다.

원형수직관 내부 연와 상부에서의 작업은 주로 제관반 근로자에 의해서 수행되었으며 4개 반 근로자의 작업구분이 뚜렷하지는 않았다.

나) 호흡성분진

결정형 유리규산은 우리나라 및 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)의 규정에 의해 그 크기가 호흡성 분진 이하인 입자에 대해서만 평가하므로 유리규산

을 평가시 호흡성분진에 대해서도 동시에 평가하였다. 연와분진의 비산에 의한 호흡성분진 포집 외에 동일 장소에서 철틀 그라인딩, 용접 등이 동시에 수행되어 이들 작업에 의한 분진도 포집하였다.

다) 6가크롬화합물

열풍로 돛의 해체 및 설치작업시 부분적으로 교류아크용접이 수행되는데 일부 용접봉에 크롬이 0.04% 함유되어 있어 용접시 크롬금속이 6가크롬 형태로 발생할 수 있으므로, 우리나라의 노출기준에서 발암성물질로 규정하고 있는 불용성 6가크롬화합물을 평가하였다.

용접작업은 산소아크절단, 교류아크용접, 이산화탄소 용접 등 3종류의 형태가 수행되었으며, 주로 용접반 근로자에 의해 수행되었으나 제관반 근로자도 부분적으로 용접을 수행하였다. 3종의 용접방법 중 크롬이 발생가능한 용접은 이산화탄소용접이었다.

라) 석면

열풍로 및 고로 주변의 배관보온재와 내부의 연와에 석면이 함유되어 있을 수 있다는 가정하여 공기중 석면과 고형석면을 평가하였다.

대상 사업장에서 배관보온재를 일부 수거하여 분석한 결과 석면이 함유되지 않음을 통지받은 상태였으나 배관보온재 일부에 대해서만 분석을 실시하였고 기존 설치된 연와의 물성표가 남아있지 않기에 작업시 석면에 대한 평가를 실시하였다.

측정대상물질별 노출기준은 다음과 같다(<표 24>).

<표 24> 유해물질별 노출기준

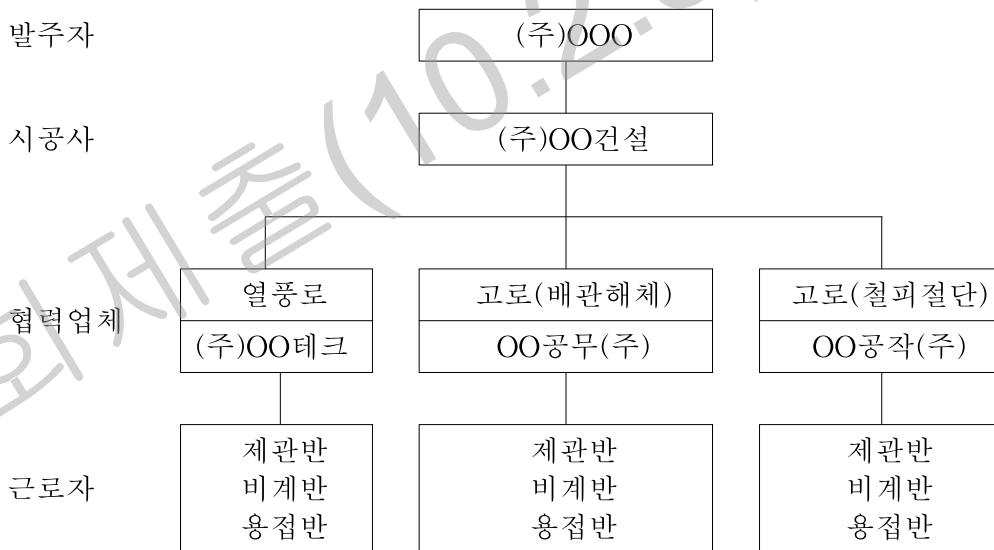
물 질 명	화학식	CAS 번호	발암성	단위	노출기준	
					TWA ¹⁾	STEL ²⁾
결정형 유리규산						
석영	SiO ₂	14808-60-7	A2 ³⁾	mg/m ³	0.05	-
크리스토바라이트	SiO ₂	14464-46-1	A2 ³⁾	mg/m ³	0.05	-
트리디마이트	SiO ₂	15468-32-3		mg/m ³	0.05	-
트리폴리	SiO ₂	1317-95-9		mg/m ³	0.10	-
호흡성분진	-	-	-	mg/m ³	3.00 ⁴⁾	
6가크롬화합물 (불용성무기화합물)	Cr	7440-47-3	A1 ⁵⁾	mg/m ³	0.01	-
금 속	산화철	Fe ₂ O ₃	-	mg/m ³	5	-
	망간(흙)	Mn	-	mg/m ³	1	3
공기중 석면 (모든 형태)	-	1332-21-4	A1	개/cm ³	0.1	-

- ※ 1. TWA : Time Weighted Average, 1일 작업시간 동안의 시간가중평균 노출기준
- 2. STEL : Short Term Exposure Limit, 단시간노출기준. 근로자가 1회에 15분간 유해인자에 노출되는 경우의 기준으로 이 기준 이하에서는 1회 노출 간격이 1시간 이상인 경우 1일 작업시간 동안 4회까지 노출이 허용될 수 있음
- 3. 결정형 석영 및 결정형 크리스토바라이트는 노동부 노출기준에서는 발암성물질로 규정하지 않으나 미국산업위생전문가협회에서 발암성물질(A2: 사람에게 발암성이 있는 것으로 의심되는 물질)로 규정하고 있음
- 4. 호흡성분진 총량에 대한 노출기준은 미국산업위생전문가협회 권장기준에 따름
- 5. A1 : 발암성물질로 확인된 물질(노동부 기준)

(3) 근로자 작업형태

조사대상인 제철소의 열풍로 및 고로 개수공사는 발주처 (주)OO에서 시공사인 (주)OO건설에 설계와 시공 등 개수공사와 관련된 대부분의 업무를 위임하는 턴키방식으로 진행되었다.

시공사는 다시 개수공사의 영역별로 전문 협력업체에 공사업무를 도급을 주어 현장에서의 실제공사는 협력업체에서 고용한 근로자들에 의해 수행되었다. 또한 협력업체에서 임명된 공사 현장소장이 제관, 비계, 용접 등의 직종별로 반장을 고용하면 각 반장들이 작업일의 필요인원만큼 비발주처 근로자들을 수배하여 작업현장에 투입하였다. 개수공사의 도급관계를 그림으로 나타내면 다음과 같다([그림 34]).



[그림 34] 제철업 사업장 개수공사 도급관계도

근로자들의 1일 작업시간은 8시간인데 오전 작업시간은 08시부터 12시까지이고, 1시간의 중식시간을 가진 후 13시부터 17시까지는 오후 작업시간이다. 오전 및 오후에 각 1회씩 휴식시간이 있는데 10시부터 10시 30분까지와 15시부터 15시 30분까지이다.

오전 및 오후의 작업을 시작하기 전에 협력업체 현장 사무실 앞 공터에서 집단 스트레칭과 반별 간이회의를 거친 후에 근로자들은 작업장 현장으로 투입되었다.

(4) 조사방법

노출평가는 '08년도에 ○○번 열풍로의 개수공정에 대하여 실시하였고, '09년도에 ○번 고로본체의 개수공정에 대하여 실시하였다.

'08년도에 진행된 열풍로 개수공사에 대한 노출평가연구와 관련하여 수차례의 실무전문가회의 및 예비조사를 통하여 다음의 기간 동안 개수공사에서 발생할 수 있는 주요 유해물질에 대하여 노출평가를 실시하였다(<표 25>).

<표 25> 열풍로 개수공사 노출평가 기간 및 공사내역

일 자	공사내역(작업내용)	유해물질
8.16(토)	○ 지상작업	○ (필터칭량 등 작업환경측정준비)
8.17(일)	○ 돔 및 연락관 절단·철거(산소절단, CO ₂ 용접)	○ 호흡성분진, 결정형유리규산, 6가크롬화합물, 석면 등
8.18(월)	○ 사상(절단면 그라인딩, CO ₂ 용접)	“
8.19(화)	○ 박스 거더(돔 하부 구조물) 설치(그라인딩, CO ₂ 용접)	“
8.20(수)	○ 일체형 돔 설치(그라인딩, CO ₂ 용접)	“
8.21(목)	○ 기타 작업	○ (필터칭량 등 마무리)

또한 '09년도에 실시된 ○번 고로본체의 개수공사에 대한 노출평가 일정 및 유해물질은 다음과 같다(<표 26>)

<표 26> 고로 개수공사 노출평가 기간 및 공사내역

기 간	공정 (세부공정)	유해물질
3.13(금)~ 3.16(월)	○ 배관해체공정	○ 호흡성분진, 결정형유리규산, 6가 크롬화합물, 금속, 석면 등
4.17(금)~ 4.21(화)	○ 철틀절단공정 - 철틀절단 - 소절단 및 연와분리 - 동 분리	○ 호흡성분진, 결정형유리규산, 금속, 석면 등

제철업 사업장내에서 수행되는 건설공사를 수행하는 비발주처 근로자의 직종은 제관반, 비계반, 용접반 등으로 구성되어 있으나 각 직종별 업무구분이 혼동되는 경우도 있으며 서로 다른 직종이라 하더라도 대개 동일장소 또는 인접한 장소에서 작업하였다. 협력업체별 및 공사종류별 직종업무 및 작업 구분은 다음과 같다(<표 27>)

<표 27> 직종별 작업구분

직종 \ 공정	열풍로 개수 (○○테크)	배관해체 (○○공무)	철틀절단 (○○공작)
제관반	설비조립(볼트결합 등) 산소절단 그라인딩 용접	배관해체	산소절단 운반
비계반	비계 조립 및 해체 구조물 해체	보온재 철거	비계설치 장비신호 고로 덮개 설치
용접반	교류아크용접 이산화탄소 용접	산소절단 주변부 해체	산소절단

시공협력회사에서 주관하는 오전 및 오후의 작업전 회의 직후 근로자에게

시료포집기를 착용하였고, 오전작업이 종료된 시점에서 근로자로부터 시료포집기를 회수하여 시료포집기의 동작을 일시멈춤상태로 전환하여 중식시간에는 공기를 포집하지 않도록 하였으며, 오후 회의후 작업현장으로 이동할 때 다시 근로자에게 시료포집기를 착용시켰다. 작업환경측정중 필터상태를 관찰하여 오염농도가 높을 것으로 예상되는 경우 필터를 교체하였다.

호흡성분진, 결정형유리규산, 6가크롬화합물, 금속 등의 유해물질 포집은 시료포집기를 근로자에게 착용시키는 개인시료방법을 사용하였다. 그러나 석면의 경우, 개인시료포집방법을 사용할 경우 용접분진 등 석면 이외의 입자상 물질이 필터에 포집되어 석면분석을 어렵게 할 수 있기 때문에, 시료포집기를 작업장내 일정한 장소에 고정하여 시료를 포집하는 지역시료포집방법으로 시료를 포집하였다. 한편 가스켓, 내화벽돌 등에서 평가대상 유해물질인 석면 및 결정형유리규산 함유가 의심되는 물질은 고형시료를 비닐백에 채취하였다.

호흡성분진은 용접작업과 내화벽돌 노출장소에서 작업하는 근로자에서 포집하였으며, 결정형유리규산은 내화벽돌 해체장소에서 작업하는 근로자에게서 포집하였다. 금속은 배관 등의 소재를 절단하는 작업에서 포집하였고, 6가크롬화합물은 크롬이 함유된 용접봉을 사용하는 작업인 이산화탄소 용접작업자에게서 포집하였는데, 고로본체의 철판절단공정에서는 해당작업이 수행되지 않아 6가크롬화합물은 포집하지 않았다. 설비의 본체 재료에는 크롬이 함유되어 있지 않았다.

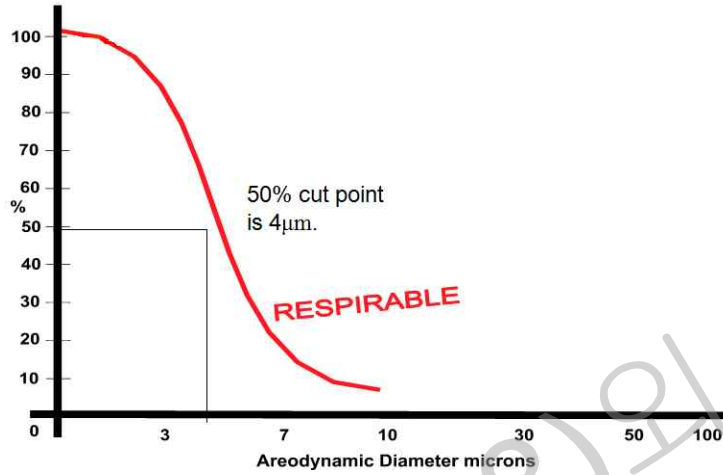
한편 호흡성분진과 결정형 유리규산은 37 mm 알루미늄 사이클론에 Pore Size 5.0 μm 인 PVC 필터를 장착하여 동일한 필터에 동시에 포집하였다. 유해물질별 시료포집방법은 다음의 표와 같다(<표 28>).

<표 28> 유해물질별 시료포집방법

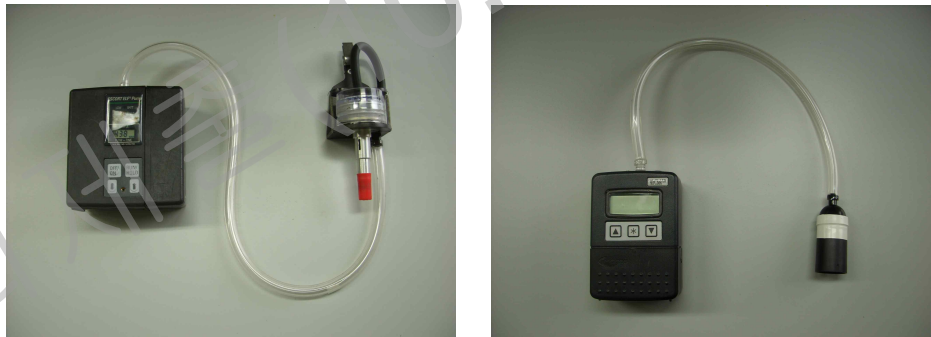
물 질 명	포 집 기 구	포집필터	유 량 (ℓ /min)
호흡성분진 /유리규산	37 mm 알루미늄 사이클론 (SKC 225-01-02) 37 mm 카세트 홀더 (SKC 225-01) 37 mm 카세트 (SKC 225-3050)	37 mm PVC 필터 (Pore Size: $5.0 \mu\text{m}$) (SKC 225-8-01-1)	2.5
6가크롬 화합물	37 mm 카세트 (SKC 225-3050)	37 mm PVC 필터 (SKC 225-8-01-1)	2.0
금 속	37 mm 카세트 (SKC 225-3050)	37 mm MCE 필터 (Pore Size: $0.8 \mu\text{m}$) (SKC 225-5)	2.0
공기중 석면	25 mm 필터 포함 카울 (SKC 225-321)	25 mm MCE 필터 (Pore Size: $0.8 \mu\text{m}$)	1.0

(5) 시료 포집 및 분석 방법

사이클론은 작업장내에서 발생하는 분진 중 호흡성분진을 선택적으로 포집하기 위한 기구로서, 공기중의 분진이 사이클론내로 흡입되면 입자는 사이클론 내부에서 빠르게 회전하면서 작은 크기의 호흡성분진은 사이클론 내부에서 위쪽으로 올라가 필터에 포집되며, 큰 크기의 입자는 중력에 의하여 사이클론 내부 바닥으로 떨어져서 필터에 포집되지 않게 된다. 사이클론의 50% Cut point는 $4 \mu\text{m}$ 인데 공기역학적 직경이 $4 \mu\text{m}$ 보다 작은 입자는 50% 이상의 효율로 포집되며 공기역학적 직경이 $4 \mu\text{m}$ 보다 큰 입자는 50% 이하의 효율로 포집된다. 개인시료포집기에 연결한 사이클론의 모양 및 입경별 포집효율은 다음의 그림과 같다.



[그림 35] 호흡성분진의 입경별 포집율



[그림 36] 시료포집기에 연결한 사이클론(좌)과 석면카울

호흡성분진과 결정형유리규산을 포집하기 위한 PVC 필터는 사전에 전기건조기를 이용하여 건조시킨 후 분진을 포집하지 아니한 공필터의 중량을 측정하여 카세트에 조립하였으며, 시료를 포집한 후에 다시 전기건조기에 넣어 건조시킨 후 분진이 포집된 필터의 중량을 측정하였다.

호흡성분진의 측정이 끝난 PVC 필터는 결정형유리규산을 분석하기 위하여 시료를 도가니에 넣은 후 느슨하게 덮개를 하고 600 °C에서 2시간 동안 회화하

여 KBr로 균일하게 한 후 적외선분광광도계(Infrared Spectroscopy)에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

내화용으로 사용되는 일부의 벽돌에는 유리규산(SiO_2)이 함유되어 있는데 유리규산의 결정구조가 결정형일 경우 미국산업위생전문가협회에서는 발암성 물질로 규정하고 있다. 유리규산은 온도에 따라 그 결정구조가 변하여 발암성 결정형일 가능성이 있으므로 노출평가 전 공정에 대하여 결정형 유리규산을 측정하였다.

결정형 유리규산은 알루미늄 사이클론 및 37 mm PVC 필터를 이용하여 시료를 포집하였으며, 시료포집된 필터를 먼저 중량법으로 호흡성분진을 측정 한 후 적외선분광광도계를 이용하여 결정형 유리규산을 분석하였다. 호흡성분진의 측정과 동일한 필터를 이용하였으므로 제관반, 용접반, 비계반등의 근로자에 대하여 측정하였다.

우리나라의 노동부고시에는 결정형 유리규산을 결정체 석영, 결정체 크리스토파라이트, 결정체 트리디마이트 결정체 트리폴리 등으로 구분하고 있으며, 결정체 트리폴리의 경우는 노출기준을 0.1 mg/m^3 로 규정하고 있고 그 외 3종류의 결정형 유리규산은 노출기준을 0.05 mg/m^3 로 규정하고 있다. 또한 미국산업위생전문가협회에서는 결정형 유리규산을 α -석영과 크리스토파라이트로 구분하고 있으며 노출기준은 모두 0.025 mg/m^3 로 규정하고 있다.

열풍로 및 고로의 개수 기간에 교류아크용접 및 이산화탄소용접이 이루어지고 금속의 절단작업이 이루어졌다. 교류아크용접에 사용되는 용접봉에 대한 물질안전보건자료(MSDS)를 검토결과 크롬이 함유되어 있지 않았으며, 이산화탄소 용접봉에는 0.04%의 크롬이 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 따라서 용접반 근로자를 위주로 6가크롬화합물에 대한 측정을 실시하였다. 우리나라의 노동부 고시에는 크롬(6가)화합물이 불용성무기화합물인 경우 발암성물질(A1¹⁾)로 규정하고 있고 노출기준은 0.01 mg/m^3 이다. 크롬(6가)화합물이 수용성인 경우에

1) A1(국내 노동부) : 발암성물질로 확인된 물질. 한편 A2는 발암성물질로 추정되는 물질. 우리나라는 발암성물질을 A1, A2로 구분하고 있음

는 발암성물질로 규정되지 않으며 노출기준은 0.05 mg/m^3 이고, 크롬(2가)화합물 및 크롬(3가)화합물 역시 발암성물질로 규정되어 있지 않으며 노출기준은 둘 다 0.5 mg/m^3 으로 규정되어 있다. 또한 미국산업위생전문가협회에서는 불용성 6가크롬화합물을 A1²⁾으로 규정하고 TLV-TWA는 0.01 mg/m^3 이며, 수용성 6가크롬화합물의 발암성에 대해서는 불용성 6가크롬화합물과 같은 A1으로 규정하고 TLV-TWA는 0.05 mg/m^3 로 정해놓고 있다. 크롬금속 및 3가크롬화합물의 발암성에 대해서는 A4³⁾로 규정하고 노출기준은 0.5 mg/m^3 이다.

고로 개수공사 기간의 용접작업 및 산소절단 작업시 발생하는 금속흡에 함유되어 있을 가능성이 있는 유해물질을 평가하기 위하여 Pore size가 $0.8 \mu\text{m}$ 인 MCE(Mixed cellulose ester) 필터를 이용하여 금속입자를 포집한 후 유도결합 플라즈마(Inductively coupled plasma, ICP)를 이용하여 분석하였다.

금속시료를 포집한 필터는 ICP를 이용하여 산화철, 망간 등의 금속을 분석하였는데 산화철의 국내 노출기준은 철 성분으로서 5 mg/m^3 이고 망간은 1 mg/m^3 이다. 미국 ACGIH에서는 산화철(iron oxide, Fe_2O_3)의 TWA를 5 mg/m^3 , 망간(Manganese)의 TWA를 0.2 mg/m^3 으로 규정하고 있다.

열풍로 및 고로의 내면에 조적되어 있는 내화벽돌과 주변 배관플랜지의 가스켓 등에 석면이 함유되어 있을 가능성을 염두에 두어 열풍로 개수공사 노출 평가시에 공기 중 석면을 측정하였다. 열풍로 개수공사 작업 중에는 거의 용접이나 산소절단이 이루어지므로 금속흡 등 타 입자상물질에 의한 방해를 방지하기 위하여 석면의 측정은 지역시료측정방식으로 이루어졌다.

평가대상 측정유해물질에 공통적으로 시료채취펌프는 High flow air sampler (MSA Escort Elf Pump 및 SKC IrCheck XR 5000)를 사용하였으며, 측정결과 의 정확도를 높이고 오차를 최소화하기 위해 측정 전후에 유량보정을 실시하였고 현장 공시료를 시료세트당 1개 이상 포함시켰다.

2) A1(미국산업위생전문가협회) : 인간에게 발암성물질로 확인된 물질

3) A4(미국산업위생전문가협회) : 인간에게 발암성물질로 분류되지 않는 물질. 인간에게 발암성 유발과 관련이 있으나 자료의 부족으로 단정적으로 평가할 수 없는 물질

시료채취 및 분석은 KOSHA Code A-01-2006 작업환경측정·분석지침 및 NIOSH의 분석방법에 근거하여 실시하였으며, 측정대상 물질별 분석방법은 다음의 표와 같다(<표 29>).

<표 29> 유해물질별 시료분석방법

물 질 명	분석방법(KOSHA & NIOSH Method No.)	분석기기 (모델명, 제조사)
호흡성분진	A-1-111 (NMAM 0600)	전자저울
결정형 유리규산	A-1-085 (NMAM 7602)	적외선분광광도계 (DA8, ABB)
	- (NMAM 7500)	엑스선회절분석기 (XRD-6000, SHIMADZU)
6가크롬화합물	A-1-086 (NMAM 7600)	이온크로마토그래피 (ICS-1500, DIONEX)
금 속	A-1-001 (NMAM 7300)	유도결합플라즈마분광광도계 (VISTA PRO, VARIAN)
공기중 석면	노동부고시 제2009-3호 (NMAM 7400)	위상차현미경 (ECLIPSE 80i, Nikon)
고형 유리규산	A-1-085 (NMAM 7602)	적외선분광광도계 (DA8, ABB)
	- (NMAM 7500)	엑스선회절분석기 (XRD-6000, SHIMADZU)
고형 석면	노동부고시 제2009-3호 (NMAM 9002)	편광현미경 (ECLIPSE LV100POL, Nikon)

적외선분광광도계, 엑스선회절분석기, 이온크로마토그래피, 유도결합플라즈마 분광광도계 등 주요 분석기기별 분석조건은 다음과 같다.

<표 30> 적외선분광광도계 분석조건

항 목	분 석 조 건
전처리	전기로(Muffle furnace) 600℃ 2h 회화 후 KBr 13 mm 디스크 제작
측정범위(cm ⁻¹)	600~1,000(유리규산 피크는 약 800 cm ⁻¹)

<표 31> 엑스선회절분석기 분석조건

항 목	분 석 조 건
측정각(2θ)	20.5~22.5°, 25.5~28°
관전압/전류	40 kV / 30 mA
대음극	Cu
단색화	Ni 필터
슬릿	수광슬릿 0.3 mm, 발산슬릿 1 mm, 산란슬릿 1 mm
주사방법	단속주사 10s/0.02°

<표 32> 이온크로마토그래피 분석조건

항 목	분 석 조 건
보호관(Guard column)	Dionex IonPac NG1
분리관(Separator column)	Dionex IonPac AS7
용리제(Eluent)	250 mM(NH ₄) ₂ SO ₄ /100 mM NH ₄ OH
유량(Flow rate)	1.0 ml/min
시료주입량 (Sample injection volume)	100 μl
발색시약 (Postcolumn reagent)	250 mM 1,5-diphenyl carbohydrazide/ 10% Methanol + 1N H ₂ SO ₄
발색제유량 (Postcolumn flow rate)	0.5 ml/min
혼합장치(Mixing device)	Membrane reactor and reaction coil
검출파장 (Detector wavelength)	540 nm

<표 33> 유도결합플라즈마 분광광도계 분석조건

항 목	분 석 조 건
플라즈마전력(Power)	1.2 kW
플라즈마유량(Plasma flow)	15 ℓ/min
보조유량(Auxiliary flow)	1.5 ℓ/min
분사유량(Nebulizer flow)	0.7 ℓ/min
플라즈마형태(Plasma type)	Axial plasma

포집시료에 대한 분석결과는 노동부에서 고시한 화학물질 및 물리적인자의 노출기준의 시간가중노출평균(TWA)과 비교하였으며, 우리나라에서 노출기준이 제정되어 있지 아니한 호흡성분진 총량은 미국산업위생전문가협회의 권고기준과 비교하였다. 평가대상물질별 농도계산식은 다음과 같다(<표 34>).

<표 34> 측정·평가 대상물질별 농도계산식

물 질 명	농도계산식	비 고
호흡성 분진	$C = \frac{\{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)\} \times 1,000}{V}$	C : 호흡성분진 농도(mg/m ³) W ₁ : 시료채취전 필터 무게(mg) W ₂ : 시료채취전 필터 무게(mg) B ₁ : 시료채취전 공시료 평균 무게(mg) B ₂ : 시료채취후 공시료 평균 무게(mg) V : 채취공기량(ℓ)
결정형 유리규산	$C = \frac{(W_q \times B_q) \times 1,000}{V}$	C : 유리규산 농도(mg/m ³) W _q : 시료중의 유리규산 무게(mg) B _q : 공시료중 유리규산 무게(mg) V : 채취공기량(ℓ)
6가크롬 화합물	$C = \frac{W - B}{V}$	C : 6가크롬 농도(mg/m ³) W : 시료의 양(μg) B : 평균 공시료의 양(μg) V : 채취공기량(ℓ)
금 속	$C = \frac{C_s V_s - C_b V_b}{V \times RE}$	C : 금속 농도(mg/m ³) C _s : 시료에서 분석물질의 농도(ppm, μg/ml) V _s : 시료에서 회석한 최종용량(ml) C _b : 공시료에서 분석물질의 농도(ppm, μg/ml) V _b : 공시료에서 회석한 최종용량(ml) V : 채취공기량(ℓ), RE : 회수율
공기중 석면	<공기중석면 농도> $C = \frac{E \times A_c}{V \times 1,000}$ <섬유밀도> $E = \frac{\frac{F}{n_f} - \frac{B}{n_b}}{A_f}$	C : 공기중 석면의 농도(개/cc) E : 단위면적당 섬유밀도(개/mm ²) A _c : 여과지의 유효면적(25 mm 여과지인 경우 385 mm ²) V : 채취공기량(ℓ) F : 시료의 계수 섬유수(개) n _f : 시료의 계수 시야수 B : 공시료 평균 계수 섬유수(개) n _b : 공시료의 평균 계수 시야수 A _f : 석면 계수자 시야면적(0.00785 mm ²)

3. 조사결과

1) 석유(석탄)화학산업

이번 역학조사의 결과는 여수와 광양지역에서 실시되는 대정비작업에 종사하는 플랜트 건설근로자의 일부 유해물질에 대한 노출실태를 파악하기 위해 추진된 것이므로 개별 사업장별 측정평가 결과를 제시하지는 않는다.

플랜트 건설근로자가 업무를 추진하면서 노출될 수 있는 상황이나 조건은 워낙 다종다양하므로 몇 개의 사업장에서 추진되는 이번 조사를 통해 완벽한 결과를 도출할 수는 없으며 이번에 조사대상이 된 유해물질만에 이 직종에 근무하는 근로자가 노출되고 있다고 확신하기도 어렵다.

또한 대정비사업의 주체가 되는 발주처사가 어느 규모와 기간으로 예산 등을 배정하고 작업을 요구하며 초기에 Shut-down과 purge를 무슨 방법으로 어느 정도 행하는가에 따라라도 건설근로자가 노출되는 실태가 극명하게 차이가 날 수도 있다.

근로자 개인에 대한 유해물질의 노출평가는 작업의 시작 및 끝과 휴식시간을 비롯하여 하루 중의 작업활동을 세밀하게 관찰하여야만 가능하다. 하지만 소수의 평가작업반이 광범위한 지역에서 작업하고 있는 건설근로자의 이러한 상황을 종합하여 살피고 판단하기는 일부 무리가 따를 수 밖에 없다.

따라서 조사의 결과는 3개의 측정평가 대상물질을 중심으로 개인의 일일노출(TWA-P로 나타냄), 단시간노출(STEL로 나타냄), 그리고 지역시료(AREA로 나타냄)에 대한 측정평가 결과를 종합하여 제시하였다. 노출수준의 구분은 미국산업위생전문가협회에서 권고하고 있는 방법에 준하여 ① 불검출, ② 노출기준의 10% 미만, ③ 노출기준의 10~50%, ④ 노출기준의 100~50%, ⑤ 노출기준의 1배~2배, ⑥ 노출기준의 2배 초과로 구분하여 요약하였다. 미국산업위생전문가협회의 예에는 “불검출”과 “노출기준의 2배 초과”를 별도의 평가군으로 제시하고 있지는

않으나 이번 조사에서는 다수의 시료에서 불검출이 있었을 뿐만 아니라 노출기준을 초과한 경우도 상당히 있었으므로 “노출기준의 2배 초과”를 별도로 추가하여 평가를 실시하였다. 산업안전보건법에 따르며 노출기준을 2배 초과하는 경우 작업환경측정의 주기를 절반으로 줄이도록 강제화하고 있다.

<표 35>에는 이번 조사에서 추진된 사업장별 측정시료수를 정리하였다. 시료수란 단순히 조사에 사용된 활성탄관이나 OVM의 수를 말하며 오전과 오후로 나누어 측정이 이루어져 8hr-TWA를 산출한 경우 등이 있어 측정시료수가 평가대상 결과값 수와 일치하지 않는 점에 유의할 필요가 있다. 다만 공시료는 각 사업장별 시료수에 포함시키지 않았다.

<표 35> 노출평가 결과의 시료수

번호	주 대상	총 시료수	개인시료		AREA	기타 시료수	비고
			TWA-P	STEL			
총 계		3,031	1,364	640	1,027	20	
1	벤젠	246	82	98	66	10	
2	벤젠	148	44	48	56	10	
3	벤젠	26	15	3	8		
4	벤젠	702	354	142	206		
5	벤젠	203	103	40	60		
6	벤젠	117	43	39	35		
7	벤젠	130	52	16	62		
8	벤젠	382	238	72	72	10	
9	1,3-BD	314	107	80	127		
10	1,3-BD	386	165	66	155		
11	VCM	377	161	36	180		

조사 대상 사업장의 일부에서는 석면을 함유하고 있는 것으로 의심되는 고형시료와 중금속에 대한 시료포집도 실시하였다. 그 수치는 <표 35>의 “기타 시료

수” 난에 제시하였다.

(1) 물질별 측정평가 결과

가) 벤젠에 대한 측정평가 결과

(가) 개인시료 (TWA-P)

총 8개사업장에서 931개의 현장시료가 채취되었으며 평가에 사용된 평가시료 수도 오전/오후를 구분하여 측정하지 않았으므로 총 931개이다. 결과의 기술통계는 <표 36>에 정리하였다. 기하평균값은 0.0466으로 한국 노동부의 벤젠에 대한 8hr-TWA 노출기준의 5% 미만으로 나타났으나 산술평균이 0.574로 노동부 노출기준의 57.4%가 검출되었다. 일반적으로 작업환경 중 시료의 분석결과는 대부분 대수정규분포 (log-normal distribution)를 하고 있어 기하평균이 대표값으로 사용되고 있지만 산술평균값이 오히려 근로자의 노출상황을 나타내는 위해도평가 (risk assessment)에 적합하다는 지적도 있다.

특히 산술평균과 기하평균의 차가 큰 경우에는 자료의 분포가 왼쪽으로 크게 치우쳐 있는 것을 의미하므로 기하평균에 일방적으로 의존하는 것은 양을 노출량을 고려한 바람직한 근로자 노출평가의 방법이라고 할 수 없다고 알려져 있다. (AIHA, 1998)

<표 36> 벤젠 개인시료 (TWA-P) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	931	0.5747	4.93	0.0466	7.69	0.0445	137.03	137.03	ND

※ 총 시료 중 불검출(Non-detection, ND)의 경우에 통계분석을 위해 해당물질 분석시 LOD의 1/2값(μg)을 시료채취 시의 최대유량(ℓ)으로 나누어 농도를 계산함. (이하 모든 ND 시료에 대해서는 동일한 기준을 적용함)

<표 36>의 자료에서 특히 주목할 사항은 이 자료의 분포가 상당히 넓은 범위를 차지하고 있으며 산술평균과 기하평균의 차가 크고 기하표준편차도 7.69로 매우 큰 편에 속한다는 점이다.

이는 뒤에서 설명되겠지만 불검출 자료의 수가 많은 대신 노출기준을 훨씬 초과하는 고농도의 자료도 다수 존재함을 의미하여 근로자가 다양한 노출환경에 처할 수 있음을 시사하고 있다.

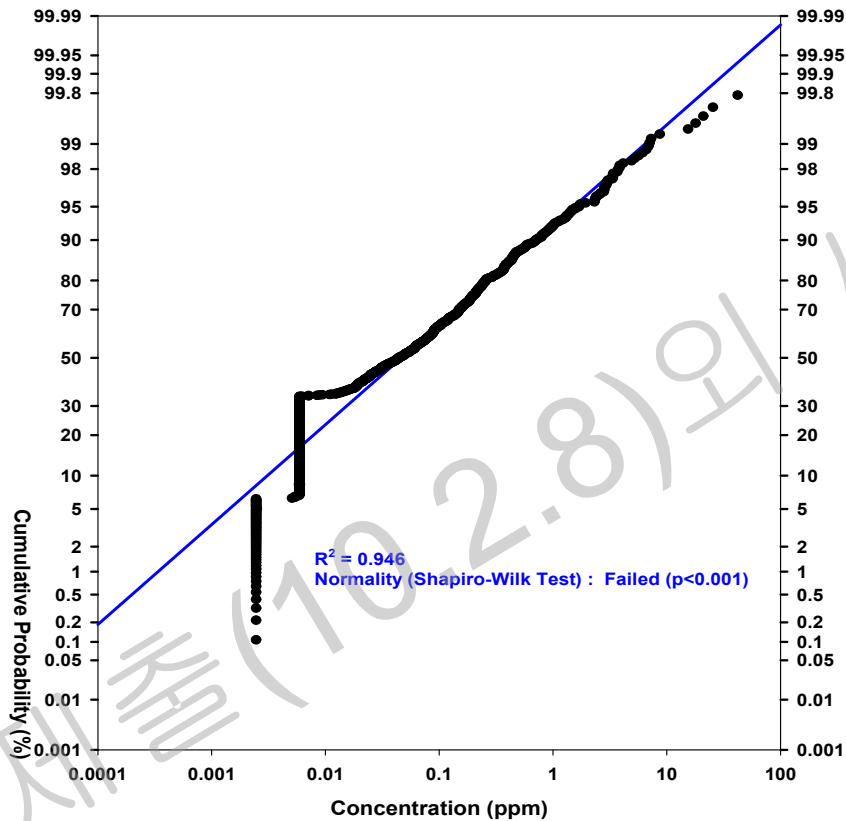
노출수준별 현황은 <표 37>에 요약하였다. 불검출자료가 전체의 약 32%를 차지하고 있는 반면 노출기준을 초과하는 경우는 2배초과 42건을 포함하여 71건으로 전체의 7.62%이었다. <표 36>에서 나타낸 바와 같이 최대값은 137.03 ppm으로 근로자가 작업여건에 따라 상당히 고농도의 조건에 노출될 수 있음을 시사하고 있다.

<표 37> 벤젠 개인시료 (TWA-P) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	노출기준 10% 미만	노출기준 10~50%	노출기준 50~100%	노출기준 1배~2배	노출기준 2배초과
n	931	294	298	224	44	29	42
%	100.0	31.58	32.01	24.06	4.73	3.11	4.51

[그림 37]에는 벤젠 개인시료 자료의 누적도수분포 형태이다. 다수의 불검출자료가 존재함을 눈으로 재확인할 수 있으며 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.946$)을 나타내고 있으나 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P < 0.001$ 로 대수정규분포와 일치하지는 않는 것으로 밝혀졌다. 대수변환되지 않은 자료의 직선성과 정규분포성은 검토할 여지가 없을 정도로 불량하여 그림 등의 결과를 제시하지 않았다. 이는 불검출자료와 함께 높은 농도의 이상값이 존재함을 확인하는 것이다.

Cumulative Distribution Function for Benzene TWA-P Data



[그림 37] 벤젠 개인시료 자료의 누적도수분포도

(나) 단시간개인시료 (STEL)

이번 조사에서는 8개 사업장에서 벤젠에 대하여 총 458개의 단시간시료가 채취되었다. 결과는 기술통계로 <표 38>에 요약하여 정리하였다. 앞에서 설명된 8시간 시간가중 개인시료와 비교하여 산술평균과 기하평균의 차가 훨씬 크고 기하표준편차가 30.59로 매우 커서 자료가 극단적으로 광범위한 분포를 가지고 있음을 나타내고 있다. 고농도 시료가 다수 검출된 관계로 산술평균값이 단시간노출기준 5 ppm을 약 4배 초과하였다.

<표 38> 벤젠 단시간개인시료 (STEL) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	458	20.41	140.5	0.0642	30.59	0.0461	2,289.3	2,289.3	ND

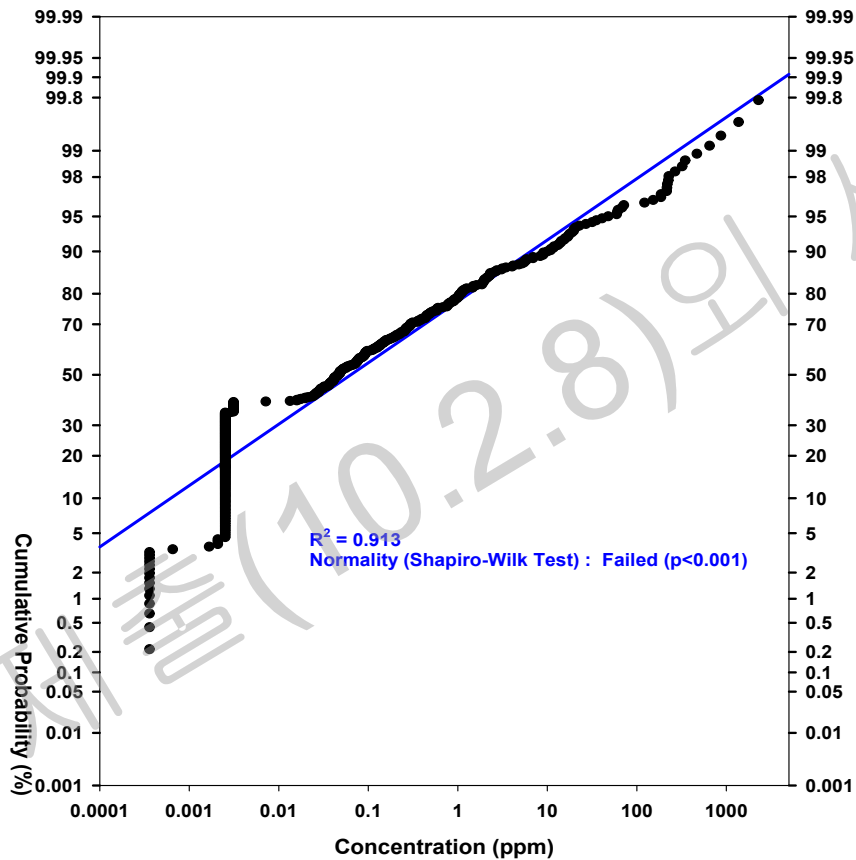
<표 39>에서 노출기준을 중심으로 재정리된 자료의 분포를 살펴보면 불검출 시료의 점유율은 개인시료와 유사한 34.5%(n = 158)를 나타내었으나 노출기준 초과비율은 12.44%(n = 57)로 높았다. 노출기준을 초과하는 경우는 2배초과 46건을 포함하여 57건이며 최고노출농도는 2,289.3였다. 이는 유해물질을 함유하고 있는 반응탑 등이 충분히 비워지지 않고 질소와 수증기 등으로 치환되지 못한 상태에서 맨홀 뚜껑을 여는 작업을 수행하거나 Shut-down 초기에 용기를 비우기 위해 배관라인에 블라인드를 삽입하거나 제거하는 작업을 수행할 때 주로 발생하는 것으로 파악되었다.

<표 39> 벤젠 단시간개인시료 (STEL) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	노출기준 10% 미만	노출기준 10~50%	노출기준 50~100%	노출기준 1배~2배	노출기준 2배초과
n	458	158	181	53	9	11	46
%	100.0	34.50	39.52	11.57	1.97	2.40	10.04

[그림 38]에는 벤젠에 대한 단시간개인노출 자료의 누적도수분포도를 제시하였다. 개인시료에서와 마찬가지로 다수의 불검출자료가 존재함을 알 수 있으며 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.913$)을 나타내고 있으나 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P < 0.001$ 로 대수정규분포와 일치하지는 않았다. 대수변환되지 않은 자료의 직선성과 정규분포 결과도 제시가 불필

요하여 생략하였다.



[그림 38] 벤젠 단시간개인시료 자료의 누적도수분포도

(다) 지역시료 (AREA)

<표 40>에는 벤젠에 대한 8개 사업장의 지역시료 측정평가결과를 요약하였다. 기하표준편차의 경우 앞의 8시간시간가중 개인시료 자료와 유사한 값인 7.62를 나타내고 있으나 여전히 큰 편에 속하며 산술평균값이 기하평균값의 10배정도에 이르고 있어 차이도 매우 크다고 할 수 있다. 이번 조사에서 검출된 지역시료의 최대값은 31.47 ppm이며 산술평균은 노출기준의 약 26%에 해당하고 있어 지역

시료에서도 대정비작업의 수행내용에 따라 유해물질의 공기 중 농도가 상당한 정도에 이를 가능성이 있음을 시사하고 있다. 산업위생분야에서 지역시료 노출기준의 개념은 전세계적으로 일본에서만 유일하게 사용하고 있으나 역시 미국산업위생전문가협회 등의 개인노출기준과 유사한 값이 적용되고 있으므로 지역시료 농도를 개인노출기준과 비교하였다.

<표 40> 벤젠 지역시료 (AREA) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	565	0.2679	1.60	0.0214	7.62	0.0236	31.47	31.47	ND

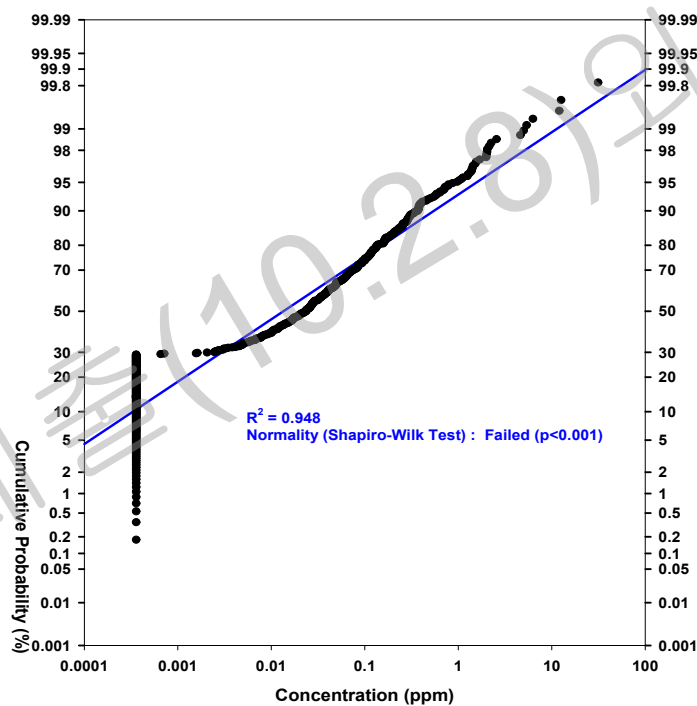
벤젠 지역시료에 대한 농도 분포현황은 <표 41>에서 정리된 바와 같이 노출기준을 초과하는 경우가 전체의 약 4.8%(n = 27)로 전체적으로 개인시료에 대한 평가결과보다는 낮은 분율을 점하고 있다. 반면에 불검출 시료는 전체의 약 29%(n = 164)로 개인시료의 경우보다는 적다.

특별한 경우를 제외하고 일반적으로 산업위생분야에서는 지역시료의 농도가 개인시료의 농도보다 낮은 것으로 알려져 있으며, 이는 근로자가 발생원에 접근하는 경우가 있는 등의 원인에 의해 보다 높은 농도에 노출될 수 있는 것이 원인으로 파악되고 있다. 벤젠에 대한 개인시료와 지역시료를 비교하면 개인시료가 지역시료의 약 2.1배에 해당하고 있다.

<표 41> 벤젠 지역시료 (AREA) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	노출기준 10% 미만	노출기준 10~50%	노출기준 50~100%	노출기준 1배~2배	노출기준 2배초과
n	565	164	254	105	15	14	13
%	100.0	29.03	44.96	18.58	2.65	2.48	2.30

[그림 39]에 지역시료 자료의 누적도수분포도를 제시하였다. 개인시료에서와 같이 다수의 불검출자료가 존재함을 알 수 있으며 자료의 직선성은 높은 상관성 ($R^2 = 0.948$)을 나타내고 있으나 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P < 0.001$ 로 대수정규분포와 일치하지는 않았으며 대수변환되지 않은 자료에 대한 결과는 생략하였다.

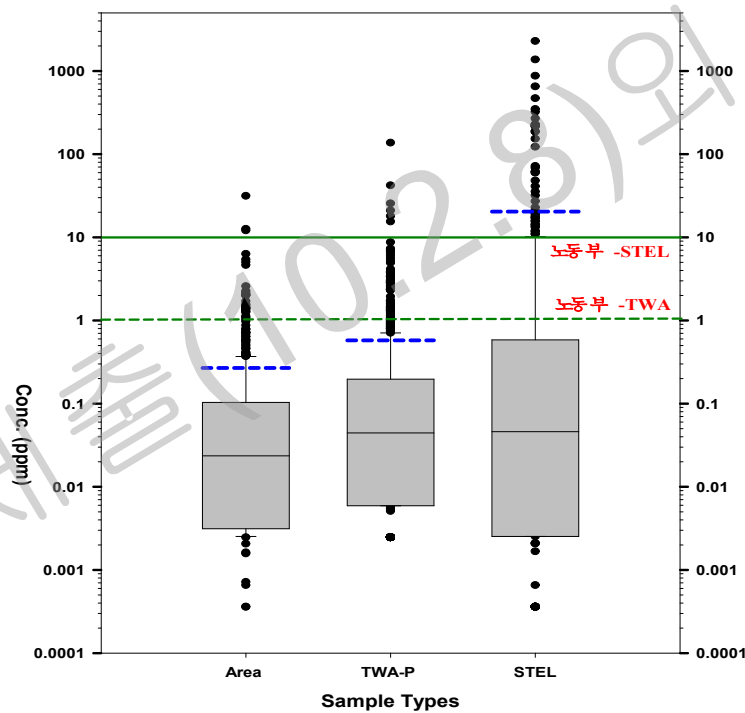


[그림 39] 벤젠 지역자료의 누적도수분포도

(라) 시료 형태별 농도분포

시료 형태별 개인시료(TWA-P와 STEL)와 지역시료의 농도분포현황은 과학 분야 그래프 작성에 널리 사용되고 있는 Sigma Plot 프로그램을 사용하여 [그림 40] Box-plot으로 도시하였다. 각 박스의 상단과 하단은 각각 75% 분위와 25% 분위값을 나타내며 박스 내의 선은 중위수(median)를 가르키고 있다. 각 박스의

상하단 직선의 끝부분은 90%와 10% 분위값을 나타내며 박스 밖에 등근원으로 나타난 값들은 90%를 초과하는 경우에 해당하는 개별 이상 결과값 등이다. 박스의 최하단 이상값(outlier)은 대부분 불검출값을 나타내고 있다. 박스의 상단이나 내부에 굵은 실선으로 산술평균값을 별도로 도시하였으며 노동부의 개인노출기준과 단시간노출기준도 가로선으로 나타내었다.



[그림 40] 채취시료의 형태별 벤젠의 농도분포

결과는 산업위생분야에서 일반적으로 알려진 바와 같이 지역시료의 농도분포가 가장 낮고 개인의 단시간노출 분포가 가장 높은 형태를 나타내고 있다.

(2) 1,3-부타디엔에 대한 측정평가 결과

가) 개인시료 (TWA-P)

1,3-부타디엔에 대해서는 2개 사업장에서 272개의 현장 개인시료가 채취되었

으며 평가에 사용된 시료수는 오전/오후를 구분하여 측정하지 않았으므로 역시 272개이다. 이들 자료에 대한 분석결과는 <표 42>에 기술통계로 정리하였다. 기하평균값은 0.1900으로 한국 노동부의 8hr-TWA 노출기준 2 ppm의 9.5%로 나타났으나 산술평균이 1.689로 노동부 노출기준의 약 84.5%에 이르고 있다.

앞의 벤젠에서와 마찬가지로 1,3-부타디엔의 경우도 자료의 분포가 상당히 넓은 범위를 차지하고 있다. 산술평균과 기하평균의 차가 크고 기하표준편차도 9.42로 벤젠의 7.69보다 더 크다. 이는 역시 저농도에서 고농도에 이르기까지 근로자가 다양한 유해물질 노출수준에 놓일 수 있음을 암시하고 있다.

<표 42> 1,3-부타디엔 개인시료 (TWA-P) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	272	1.689	6.76	0.1900	9.42	0.3829	66.88	66.88	ND

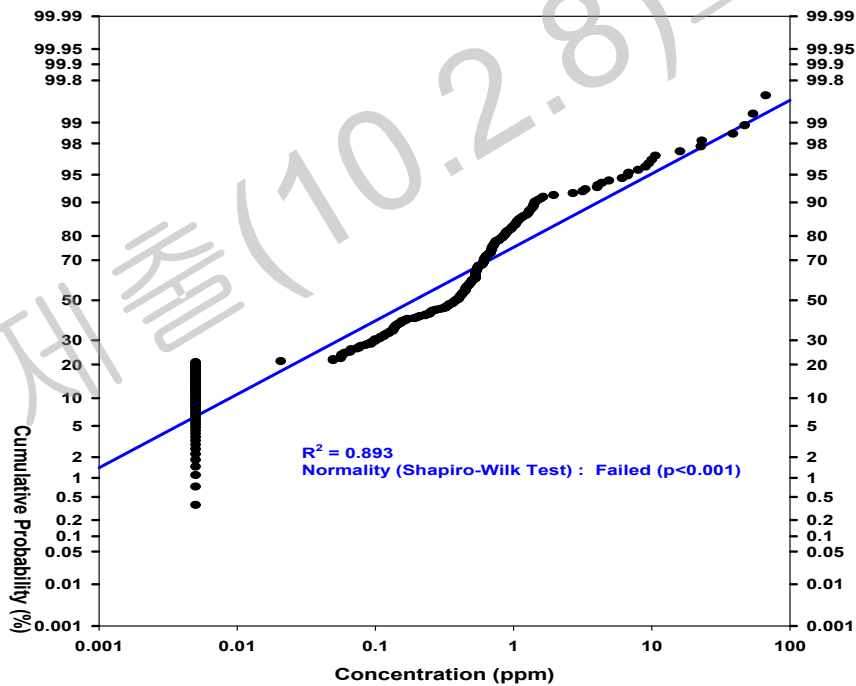
<표 43>에서는 노출수준별 현황을 정리하였다. 불검출자료가 전체의 약 6%를 차지하고 있고 노출기준미만은 전체의 91.9%이었으며, 노동부의 노출기준을 초과하는 경우는 22건으로 전체의 8.1%를 점하고 있다.

<표 42>에서 나타낸 바와 같이 최대값은 66.88 ppm이었다. 벤젠의 경우에 비해 최대농도의 수준은 상대적으로 낮은 편이었지만 근로자가 역시 고농도의 작업조건에 노출될 수 있음을 확인해 주고 있다.

<표 43> 1,3-부타디엔 개인시료 (TWA-P) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	노출기준 10% 미만	노출기준 10~50%	노출기준 50~100%	노출기준 1배~2배	노출기준 2배초과
n	272	16	96	115	23	3	19
%	100.0	5.88	35.29	42.28	8.46	1.10	6.99

[그림 41]은 1,3-부타디엔 개인시료 자료의 누적도수분포를 나타낸 것이다.



[그림 41] 1,3-부타디엔 개인시료 자료의 누적도수분포도

불검출자료가 존재함을 눈으로 확인할 수 있으며 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.983$)을 나타내고 있으나 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P < 0.001$ 로 대수정규분포와 일치하지 않았다. 불검출자료와

고농도의 이상값의 존재도 재확인되었다.

나) 단시간개인시료 (STEL)

1,3-부타디엔 총 146개의 단시간시료가 이번 조사에서 채취되었다. 결과는 기술통계로 <표 44>에 정리하였다.

벤젠에서와 같이 8시간 시간가중 개인시료와 비교하여 산술평균과 기하평균의 차가 훨씬 크고 기하표준편차가 59.34로 매우 커서 자료가 극단적으로 광범위한 분포를 가지고 있음을 나타내고 있다. 고농도 시료가 다수 검출된 관계로 산술평균값이 단시간노출기준 10 ppm을 약 2.5배 초과하였다.

<표 44> 1,3-부타디엔 단시간개인시료 (STEL) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

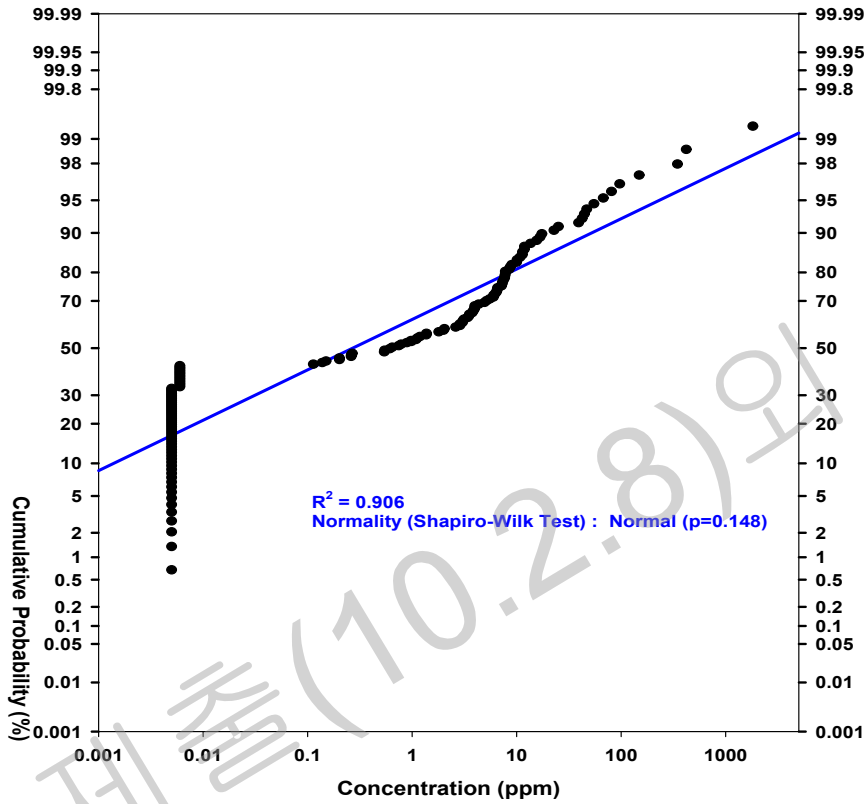
구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	146	24.73	157.3	0.1751	59.34	0.5791	1,822.7	1,822.7	ND

노출기준을 중심으로 재정리된 자료의 분포는 <표 45>에 정리하였다. 결과를 살펴보면 불검출시료의 점유율은 개인시료보다 많은 42.47%(n = 62)를 나타내었으나 노출기준 초과는 24건으로 그 비율은 16.44%였다. 노출기준의 2배를 초과하는 시료의 수는 14건으로 약 9.5%이며 최고노출농도는 1,822.7 ppm이었다. 이는 특히 펌프를 수리하면서 용제로 세정을 실시하는 작업, 반응탑 등의 맨홀 뚜껑을 여는 작업 및 콘트롤 밸브의 교체작업 등에서 주로 발생하였다.

<표 45> 1,3-부타디엔 단시간개인시료 (STEL) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	노출기준 10% 미만	노출기준 10~50%	노출기준 50~100%	노출기준 1배~2배	노출기준 2배초과
n	146	62	16	24	20	10	14
%	100.0	42.47	10.96	16.44	13.70	6.85	9.59

1,3-부타디엔에 대한 단시간개인노출 자료의 누적도수분포도를 [그림 42]에 도시하였다. 다수의 불검출자료가 존재함을 알 수 있으며 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.9060$)을 나타내고 있으며 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P=0.148$ 로 대수정규분포를 하는 것으로 나타났다. 대수변환되지 않은 자료의 직선성과 정규분포성은 역시 없는 것으로 나타났다.



[그림 42] 1,3-BD 단시간개인시료 자료의 누적도수분포도

다) 지역시료 (AREA)

<표 46>에는 1,3-부타디엔에 대한 지역시료 측정평가결과를 요약하여 정리하였다. 기하표준편차의 경우 10.25로 나타내고 있어 개인시료와 유사한 아주 높은 수준을 보이고 있다. 산술평균값이 기하평균값의 5.5배 정도로 개인시료에서 보다는 적은 편으로 나타났다. 1,3-부타디엔 지역시료의 최대값은 26.60 ppm으로 개인에 대한 노출기준 2 ppm을 적용할 경우 약 13배이며 산술평균값은 노출기준의 약 40%에 해당하고 있다.

<표 46> 1,3-BD 지역시료 (AREA) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	151	0.8110	2.48	0.1481	10.25	0.2648	26.06	26.06	ND

1,3-부타디엔 지역시료에 대한 농도 분포현황을 노출기준과 비교하여 <표 47>에서 정리하였다.

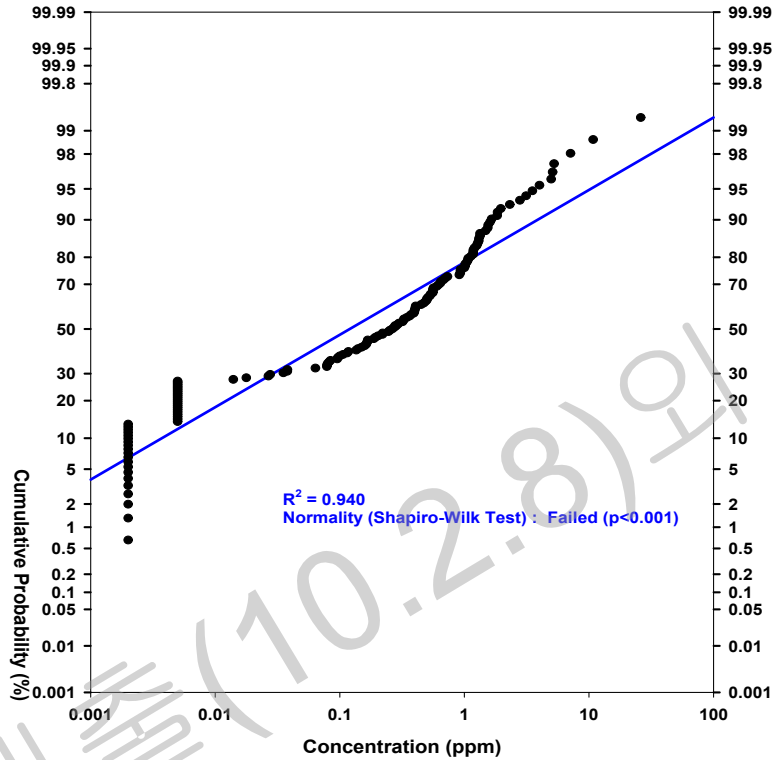
개인시료 기준으로 한 노출기준 2 ppm을 초과하는 경우가 전체의 약 7.3%(n = 11)로 전체적으로 개인시료에 대한 평가결과 보다는 낮은 분율을 점하고 있다.

반면에 불검출 시료는 전체의 26.5%(n = 40)로 개인시료의 단시간농도보다는 적지만 8hr-시간가중평균농도 보다는 많다. 1,3-부타디엔의 개인시료와 지역시료 평가결과를 비교하면 산술평균값으로 개인시료가 지역시료의 약 2.1배에 해당하고 있다.

<표 47> 1,3-BD 지역시료 (AREA) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	노출기준 10% 미만	노출기준 10~50%	노출기준 50~100%	노출기준 1배~2배	노출기준 2배초과
n	151	40	30	45	25	4	7
%	100.0	26.49	19.87	29.80	16.56	2.65	4.64

1,3-부타디엔에 대한 지역시료 자료의 누적도수분포도를 [그림 43]에 제시하였다. 다수의 불검출자료가 존재함을 알 수 있으며 자료의 직선성은 높은 상관성 ($R^2 = 0.940$)을 나타내고 있으나 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P < 0.001$ 로 대수정규분포와 일치하지는 않았다.



[그림 43] 1,3-부타디엔 지역자료의 누적도수분포도

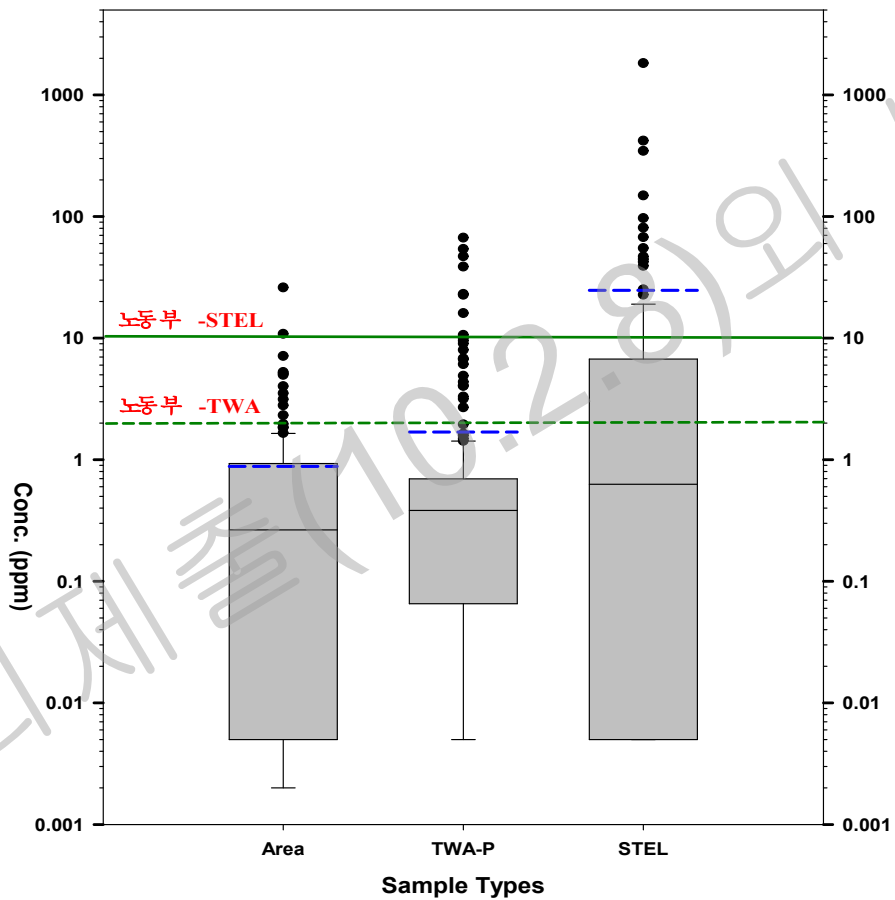
라) 시료 형태별 농도분포

1,3-부타디엔에 대한 시료 형태별 개인시료 (TWA-P와 STEL)와 지역시료의 농도분포현황을 Sigma Plot 프로그램을 이용하여 [그림 44]에 작성 종합적으로 제시하였다.

박스의 최하단 이상값(outlier)은 대부분 불검출값을 나타내고 있다. 박스의 상단이나 내부에 굵은 실선으로 산술평균값을 별도로 도시하였으며 노동부의 개인 노출기준과 단시간노출기준도 가로선으로 나타내었다. 결과는 벤젠에서와 같이 지역시료의 농도분포가 가장 낮고 개인의 단시간노출 분포가 가장 높은 형태를 나타내고 있다.

단시간노출 농도의 경우 기하평균값은 약 0.18 ppm 이지만 산술평균값은 노동

부의 노출기준인 10 ppm을 넘어서고 있음을 이 그림을 통해 뚜렷하게 알 수 있다.



[그림 44] 채취시료의 형태별 벤젠의 농도분포

(3) 염화비닐에 대한 측정평가 결과

가) 개인시료 (TWA-P)

염화비닐의 경우에는 161개의 시료가 현장에서 채취되었으나 거의 대부분을 오전/오후를 구분하여 측정한 관계로 평가대상 시료는 총 85개이다. 결과에 대한

기술통계는 <표 48>에 요약하여 정리하였다. 기하평균값은 0.1028로 한국 노동부의 벤젠에 대한 8hr-TWA 노출기준의 약 10%로 나타났으나 산술평균이 0.214로 노동부 노출기준의 21.43%를 접하였다.

앞의 벤젠이나 1,3-부타디엔의 경우와 상이하게 염화비닐의 경우 자료의 분포가 비교적 좁은 편이다.

산술평균과 기하평균의 차가 작고 기하표준편차도 3.05로로 벤젠의 7.69나 1,3-부타디엔의 9.42보다 매우 작다.

근로자의 현장 노출범위가 벤젠이나 1,3-부타디엔보다 작을 수 있음을 나타내고 있다.

<표 48> 염화비닐 개인시료 (TWA-P) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	85	0.2141	0.36	0.1028	3.05	0.1048	1.92	1.92	ND

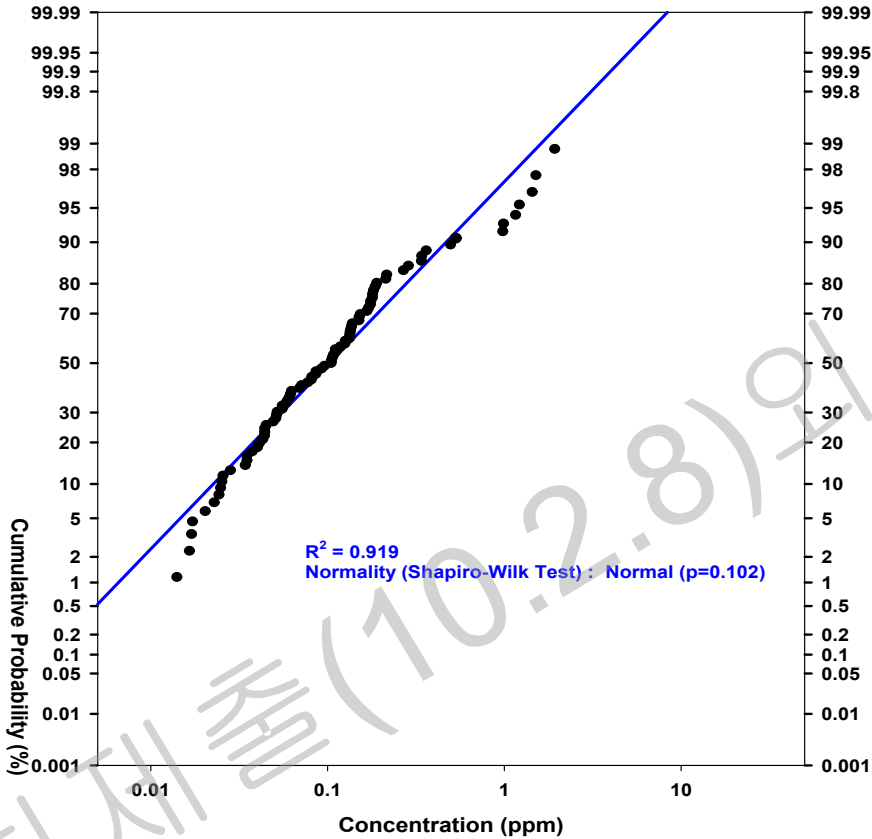
노출수준별 현황은 <표 49>에 요약하였다. 염화비닐이 검출되지 않은 시료와 노출기준 1 ppm 미만의 시료는 80개의 시료로서 전체의 약 94.1 %를 차지하고 있으며, 노출기준을 초과하는 경우는 5개의 시료로서 전체의 5.9 %로 나타났다.

노출기준의 2배를 초과하는 경우는 없었다. <표 48>에서 나타낸 바와 같이 평가된 최대값은 1.92 ppm이었다. 근로자가 현장에서의 작업여건에 따라 노출기준을 초과하는 농도조건에 노출될 가능성이 있다.

<표 49> 염화비닐 개인시료 (TWA-P) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	노출기준 10% 미만	노출기준 10~50%	노출기준 50~100%	노출기준 1배~2배	노출기준 2배초과
n	85	1	41	35	3	5	0
%	100.0	1.18	48.24	41.18	3.53	5.88	0.00

염화비닐 개인시료 자료의 누적도수분포도를 [그림 45]에 도시하였으며 불검출자료가 눈에 띄지 않음을 확인할 수 있다. 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.919$)을 나타내고 있으며 대수변환된 자료의 Shapiro-Wilk Test 결과 $P=0.102$ 로 대수정규분포에 적합하였다.



[그림 45] 염화비닐 개인시료 자료의 누적도수분포도

나) 단시간개인시료 (STEL)

염화비닐에 대한 36개의 단시간시료에 대한 결과는 기술통계로 <표 50>에 요약하여 정리하였다. 앞에서 설명된 8시간시간가중 개인시료와 비교하여 산술평균과 기하평균의 차가 다소 크고 기하표준편차도 6.52로 비교적 커서 자료가 어느 정도 광범위한 분포를 가지고 있음을 나타내었다. 고농도 시료가 일부 검출된 관계로 산술평균값이 미국 산업안전보건청 단시간노출기준 5 ppm의 8.87%이었다.

<표 50> 염화비닐 단시간개인시료 (STEL) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	36	0.4434	1.03	0.0734	6.52	0.0648	4.40	4.40	ND

노출기준을 중심으로 재정리된 자료의 분포를 <표 51>에 정리된 바에 따라 살펴보면 불검출시료의 점유율이 전체 자료의 절반에 가까운 47.22%(n = 17)로 나타났다. 미국 OSHA의 단시간노출기준을 초과하는 자료는 없었으나 2건의 4.40 ppm이 검출되었다.

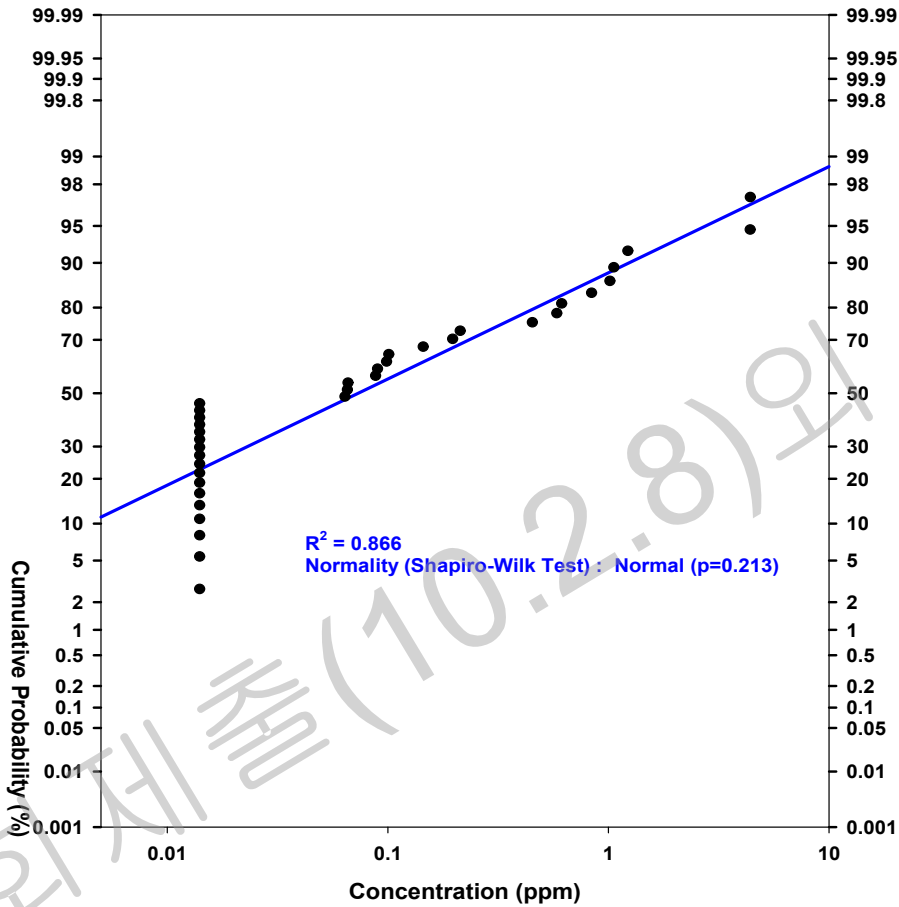
전반적으로 벤젠이나 1,3-부타디엔에 비해 고농도 단시간노출은 발생하지 않은 것으로 파악되었으나 작업상황에 따라 근로자가 높은 농도에 단시간에 노출된 가능성을 완전히 배제하기는 어려웠다.

<표 51> 염화비닐 단시간개인시료 (STEL) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	노출기준 10% 미만	노출기준 10~50%	노출기준 50~100%	노출기준 1배~2배	노출기준 2배초과
n	36	17	11	6	2	0	0
%	100.0	47.22	30.56	16.67	5.56	0.00	0.00

[그림 46]에는 염화비닐에 대한 단시간개인노출 자료의 누적도수분포도를 제시하였다. 개인시료에서와는 달리 불검출자료가 상당히 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

$R^2 = 0.866$ 으로 자료는 높은 직선성을 나타내고 있었으며 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P=0.213$ 으로 대수정규분포와도 일치하였다.



[그림 46] 염화비닐 단시간개인시료 자료의 누적도수분포도

다) 지역시료 (AREA)

염화비닐 지역시료 측정평가결과를 <표 52>에 정리하였다. 기하표준편차의 경우 3.75를 나타내고 있어 비교적 안정된 수준을 보이고 있지만 여전히 높은 변이에 속하고 있다.

산술평균값이 기하평균값의 4.2배정도로 단시간개인시료 6.04배보다는 적으나 8-hr 시간가중 개인시료의 2.08배보다는 큰 편으로 나타났다. 염화비닐 지역시료의 최대값은 9.93 ppm으로 개인에 대한 노출기준 1 ppm을 적용할 경우 약 10배

이며 산술평균은 노출기준의 40%에 해당하고 있다.

<표 52> 염화비닐 지역시료 (AREA) 노출평가 결과 (단위 : ppm)

구분	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
결과	48	0.4000	1.45	0.0956	3.75	0.0597	9.92	9.93	0.123

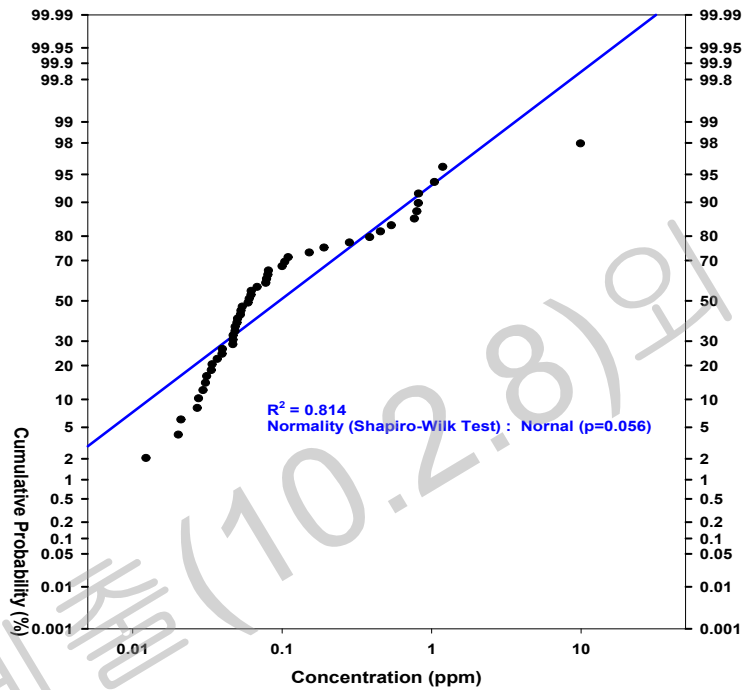
염화비닐 지역시료에 대한 농도 분포현황은 <표 53>에서 정리된 바와 같이 8-hr시간가중 개인시료를 기준으로 한 노출기준을 초과하는 경우가 전체의 6.25%(n = 3)로 개인시료에 대한 평가결과와 비슷한 결과를 보여주고 있으며 불검출된 시료도 0건으로 유사하였다. 염화비닐에 대한 개인시료와 지역시료를 비교하면 기하평균값으로 개인시료가 지역시료의 약 1.1배로 거의 유사한 값을 나타내주고 있는 것으로 평가되었다. 그러나 지역시료에서는 개인시료와 달리 개인시료를 기준으로 한 노출기준 1 ppm을 2배 이상 초과하는 1건이 관찰되었으며 최대농도는 <표 52>에서 제시된 바와 같이 9.93 ppm에 이르러 지역에 따라 다소 높은 농도가 나타날 가능성도 있음을 제시하고 있다.

<표 53> 염화비닐 지역시료 (AREA) 자료의 분포현황

구분	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
n	48	0	32	8	5	2	1
%	100.0	0.00	66.67	16.67	10.42	4.17	2.08

[그림 47]에 지역시료 자료의 누적도수분포도를 제시하였다. 장시간 개인시료에서와 유사하게 불검출자료가 없는 것을 알 수 있다. 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.814$)을 나타내고 있으며 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk

Test를 실시한 결과 $P=0.056$ 으로 대수정규분포를 보이는 것으로 평가되었다.

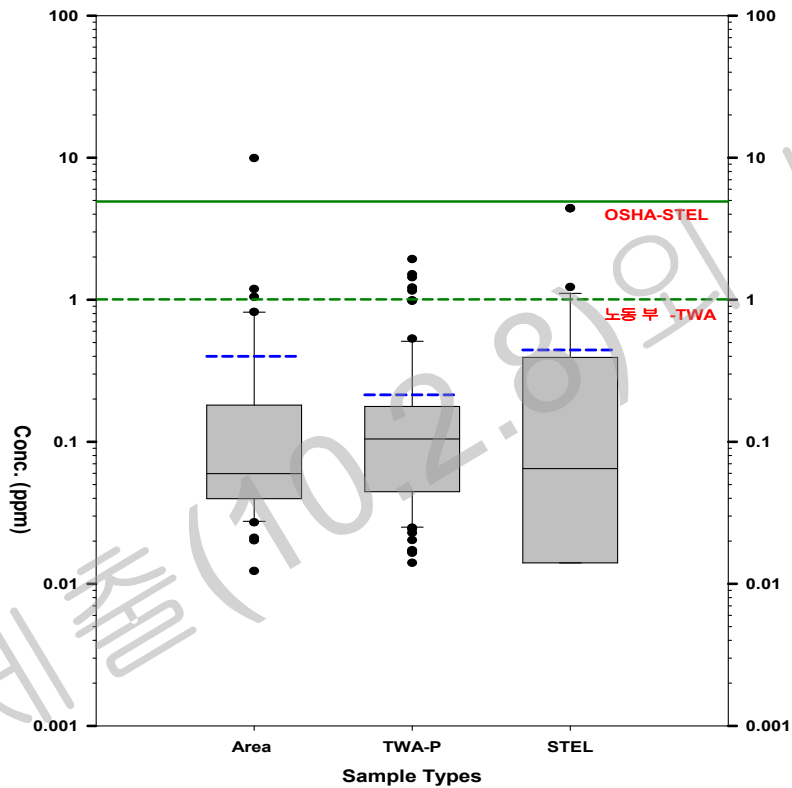


[그림 47] 염화비닐 지역자료의 누적도수분포도

라) 시료 형태별 농도분포

염화비닐에 대한 시료 형태별 개인시료 (TWA-P와 STEL)와 지역시료의 농도분포현황은 Sigma Plot 프로그램을 사용하여 작성한 결과는 [그림 48]에 도시하였다. 결과는 단시간개인시료와 지역시료의 결과가 비슷한 양상을 보이고 있으며 장시간 개인시료가 가장 낮은 농도분포를 나타내는 것으로 평가되었다. 이는 산업위생분야에서 매우 특이한 결과로 염화비닐이 영하 13도 이상의 상온에서는 가스상태로 존재함에 따라 쉽게 휘발되는 특성과 연관이 있을 수 있으나 작업공정의 특성이나 관리상태와도 관련이 있을 수 있다. 본 조사에서는 노출기준 초과 결과가 일부 나타나기는 했으나 전반적으로 염화비닐을 제조하는 공정의 대정비

작업환경이 벤젠이나 1,3-부타디엔 보다는 나은 것으로 평가되었다.



[그림 48] 채취시료의 형태별 염화비닐의 농도분포

2) 사업장별 측정평가 결과

석유화학공장의 특성상 2~4년을 주기로 정기적으로 이루어지는 중규모 내지 대규모 정비작업은 대상 공정의 특성에 따라 수많은 작업이 이루어지며, 발주처사의 생산제품 및 생산일정과 정비계획에 따라 비발주처 건설근로자가 다양한 유해물질 작업환경에 노출될 수 있다. 대개의 대정비작업은 정비를 위해 ① 공정의 원료와 생산제품의 용량을 조절하면서 shut-down하는 단계, ② 배관과 용기

내의 물질을 비워내는 draining 단계, ③ 배관과 용기 내의 잔류물질을 제거하기 위한 purge 단계, ④ 본 정비인 maintenance 단계, ⑤ 시설의 예비가동 및 이상유무 확인을 위한 Start-up 단계, 그리고 ⑥ 정상가동의 단계를 순차적으로 거치게 된다. 경우에 따라서는 일부 단계가 극히 단기간 동안만 이루어지거나 각 단계가 중복 또는 혼용되어 실시되는 경우도 있어 전체적으로 명확한 구분이 어려운 경우도 있다.

Maintenance 이전 단계에서는 필요에 따라 배관에 맹판을 삽입하거나 제거하는 blinding 작업이 수시로 이루어지고 draining 및 purge 단계에서는 배관의 막힘이나 이상에 따른 비상조치가 수시로 실시되기도 한다. 본격적으로 실시되는 maintenance 단계에서는 용기 내부의 촉매 등을 교환하거나 보수하기 위해 맨홀을 여는 작업이 반드시 이루어져야 한다. 또한 펌프나 압력계기 등을 교체하거나 수리하기 위해 배관을 분리하고 교체하는 작업도 빈번하게 이루어진다.

따라서 대정비작업을 수행하는 비발주처 건설근로자들은 shut-down 단계에서부터 발주처사가 제공하는 작업의 조건이나 자신에게 해당 일에 부여된 직무나 업무에 따라 광범위한 작업환경에 처하게 된다. 앞에서 물질별로 정리된 결과에서 나타난 바와 같이 대정비작업 중 근로자의 유해물질에 대한 고농도 노출은 이러한 다양한 작업조건을 간접적으로 설명해주고 있다. 그러므로 다양한 노출의 원인을 추적하기 위해서는 대정비의 발주처 사업장별로 노출실태를 확인하는 작업이 필요하다고 판단되므로 이 절에서는 사업장별 노출실태를 정리하기로 한다. 벤젠, 1,3-부타디엔 및 염화비닐을 대상으로 실시된 결과는 염화비닐의 경우 1개 사업장만이 조사대상이었으므로 사업장별 비교가 불필요하였다. 염화비닐 사업장에 대한 조사결과는 앞의 물질별 조사결과 절에서 충분히 논한바 있다.

(1)벤젠에 대한 측정평가 결과

가) 개인시료 (TWA-P)

벤젠에 대한 장시간개인시료 측정평가 결과에 대한 각 사업장별 기술통계자료

는 <표 54>와 [그림 49]에 요약하여 정리 및 도시하였다. 각 사업장의 번호는 표 16 >에서의 번호와 다르게 나타내었다.

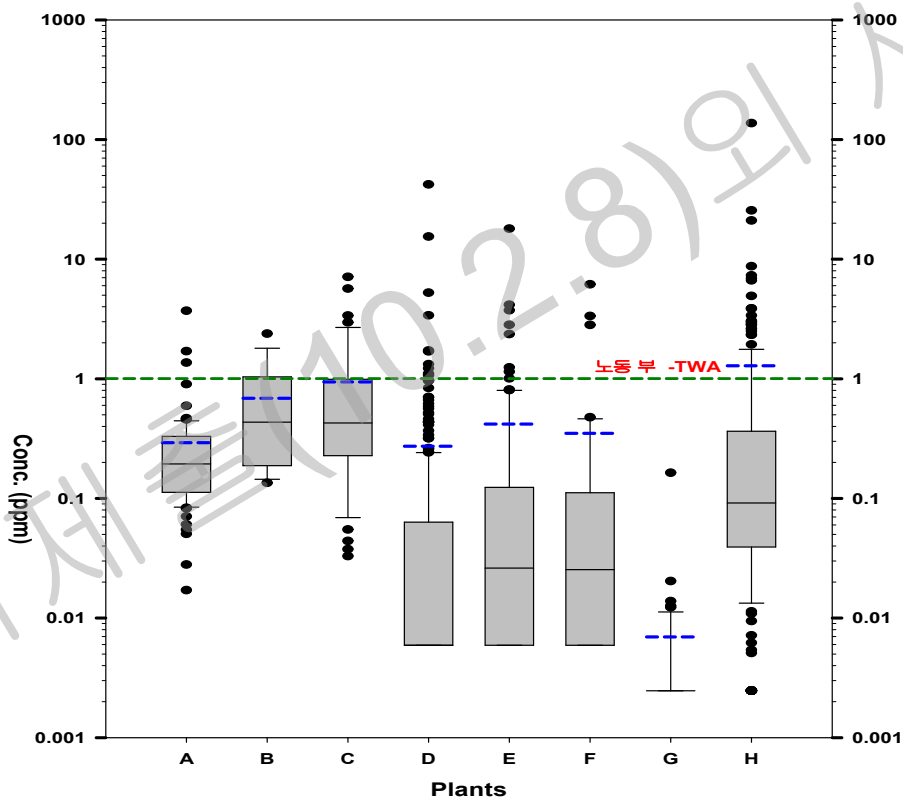
<표 54> 벤젠 개인시료(TWA-P)에 대한 사업장별 노출평가 결과

사업장	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	931	0.5747	4.93	0.0466	7.69	0.0445	137.03	137.03	ND
A	82	0.2923	0.46	0.1929	2.28	0.1943	3.68	3.70	0.0171
B	15	0.6661	0.64	0.4602	2.56	0.4337	2.25	2.38	0.1348
C	44	0.9420	1.43	0.4444	3.50	0.4274	7.07	7.11	0.0392
D	354	0.2733	2.41	0.0200	5.41	ND	42.12	42.12	ND
E	103	0.4183	1.87	0.0365	7.01	0.0262	17.97	17.97	ND
F	43	0.3501	1.12	0.0402	6.05	0.0254	6.15	6.15	ND
G	52	0.0070	0.022	0.0034	2.17	ND	0.1636	0.1636	ND
H	238	1.28	9.16	0.1167	6.94	0.0917	137.03	137.03	ND

전체 8개 사업장 별 노출농도의 분포는 사업장마다 상당히 차이가 있음을 직관적으로 알 수 있다. 각 박스의 상단이나 내부에 3단의 긴 점선으로 나타낸 산술평균을 기준으로 정리해 보면 H 사업장의 경우 노출기준 1 ppm을 초과하고 있다. B와 C 사업장은 산술평균이 노출기준에 근접하고 있고 75% 분위가 노출기준과 유사한 결과를 보여 근로자 노출수준이 높음을 알 수 있다. 반면에 G 사업장의 경우 거의 대부분의 시료가 불검출로 나타났으며 산술평균이나 중위수는 물론 최고농도의 이상값조차도 노출기준을 하회하고 있다.

나머지 A, D, E, F 4개 사업장은 산술평균이 노출기준의 25~45%에 달하고 있으며 일부 이상값 시료가 노출기준을 초과하고 있음을 알 수 있다. D, E, F 사업장의 경우는 다수의 불검출 시료가 있어 기하평균값과 중위수는 노출기준에 훨씬

씬 미달하고 있다. A, B, G 사업장의 경우 노출농도의 분포가 비교적 좁은 편이나 나머지 사업장의 경우는 대부분 불검출인 최소값과 최대값의 노출범위가 수 천배 내지 수만배에 달하고 있다. 특히 H 사업장은 평균값과 같은 대표값도 높고 농도의 전체 범위도 아주 넓은 형태를 보이고 있다.



[그림 49] 벤젠 개인시료(TWA-P)의 사업장별 농도분포

이러한 사업장별 농도의 분포 차이는 앞에서 언급된 바와 같이 각 대정비의 단계별로 사업장에서 다양한 작업이 이루어지고 또한 발주처 사업장에서 정비작업을 위한 조건을 어떻게 사전에 만들어 주는냐에 따라 좌우될 수 있음을 단적으로 보여주는 예라고 할 수 있다. 구체적으로는 내부물질의 draining을 어떠한 방법으

로 실시하고 질소나 수증기를 사용한 purge 단계를 얼마만한 기간동안 어떻게 실행하는가하는 조건이 비발주처 근로자의 노출조건에 매우 중요하다는 점을 암시하고 있다.

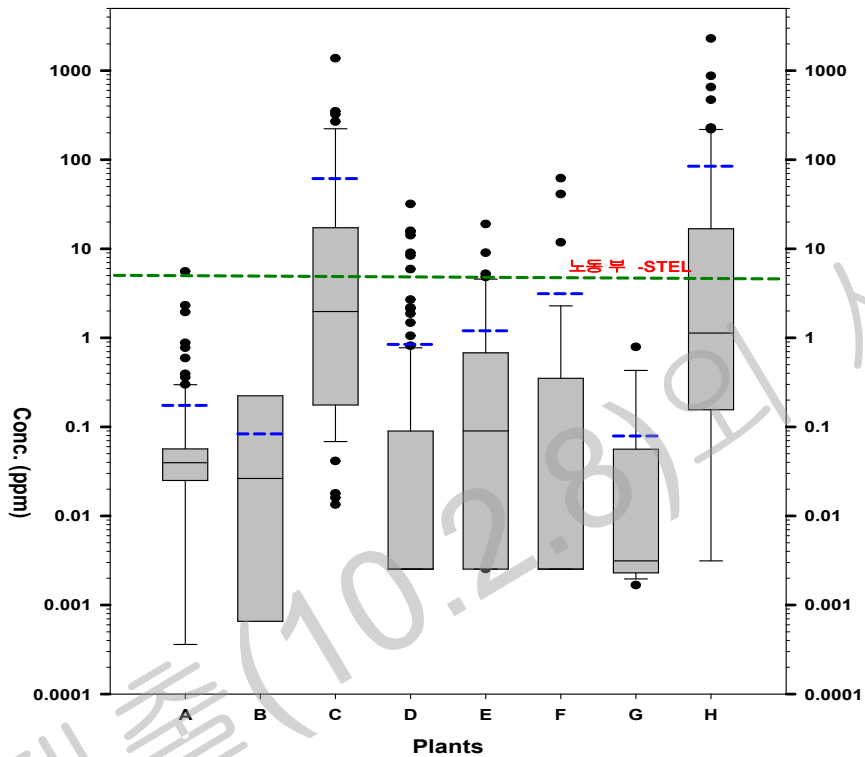
나) 단시간개인시료 (STEL)

<표 55>와 [그림 50]에 벤젠에 대한 단시간개인시료 측정평가 결과를 사업장별로 정리하여 제시하였다. C와 H 사업자의 경우 산술평균이 노동부의 단시간노출기준 5 ppm을 초과하고 있으며 F사업장도 노출기준의 약 66%에 달하고 있다. 장시간 개인시료에서 양호한 결과를 보인 G 사업장에서는 단시간 농도도 노출기준을 초과하는 경우가 한건도 나타나지 않았으며 최고농도도 0.79 ppm 정도였다. B 사업장은 대정비의 일부 단계에서만 시료채취가 이루어져 적절하게 평가된 경우는 아니다. A 사업장도 전체적으로 자료의 산술평균값이 단시간노출기준의 5% 미만이고 중위수도 노출기준의 1% 미만이며 단 1건의 시료에서만 노출기준을 약간 초과하는 양호한 결과를 보이고 있다.

<표 55> 벤젠 단시간시료(STEL)에 대한 사업장별 노출평가 결과

사업장	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	458	20.41	14.05	0.0642	30.59	0.0461	2,289.3	2,289.3	ND
A	98	0.1745	0.63	0.0275	8.46	0.0396	5.55	5.55	ND
B	3	0.0835	0.13	0.0157	19.10	0.0264	0.22	0.22	ND
C	48	61.43	209.7	2.260	18.72	1.975	1,373.1	1,373.2	0.0132
D	142	0.8442	3.58	0.0127	13.98	0	31.78	31.78	ND
E	40	1.199	3.37	0.0522	20.13	0.0901	18.92	18.92	ND
F	39	3.133	11.78	0.0304	23.19	0	61.86	61.86	ND
G	16	0.0791	0.20	0.0078	7.34	0.0031	0.79	0.79	ND
H	72	84.57	301.3	1.262	37.01	1.132	2,289.3	2,289.3	ND

단시간개인노출 자료의 분포형태를 종합하여 보면 장시간 개인시료에서보다 사업장별 노출수준의 비교가 뚜렷해짐을 알 수 있다. 장시간 개인시료의 평균값이 높았던 C와 H 사업장에서 역시 단시간 개인시료의 산술평균이 높음을 알 수 있으며 타 사업장과의 차이 정도가 오히려 심하다. 단시간개인노출에서 발생하는 이러한 현상은 장시간 개인시료에서와 같이 비발주처 건설근로자가 수행하는 작업의 특성과 발주처 사업장이 shut-down 단계에서 어느 정도 철저히 draining과 purge를 수행하였는가에 좌우됨을 다시 한번 확인하는 결과라고 할 수 있다. 특히 원료나 제품 혹은 중간생성물을 함유한 반응탑 등 용기의 맨홀 개방, shut-down 단계에서 배관 내 맹판의 삽입 또는 제거, 유기화합물의 운반에 사용되는 펌프나 압력장치 등 계기의 수리·교환을 위한 해체, draining 단계에서 근로자가 직접 용기나 배관 내 내용물의 배출을 실시하는 경우, 펌프 등을 유기화합물 용매를 사용하여 세척하는 작업 등에서 고농도에 노출될 가능성이 높다.



[그림 50] 벤젠 단시간시료(STEL)의 사업장별 농도분포

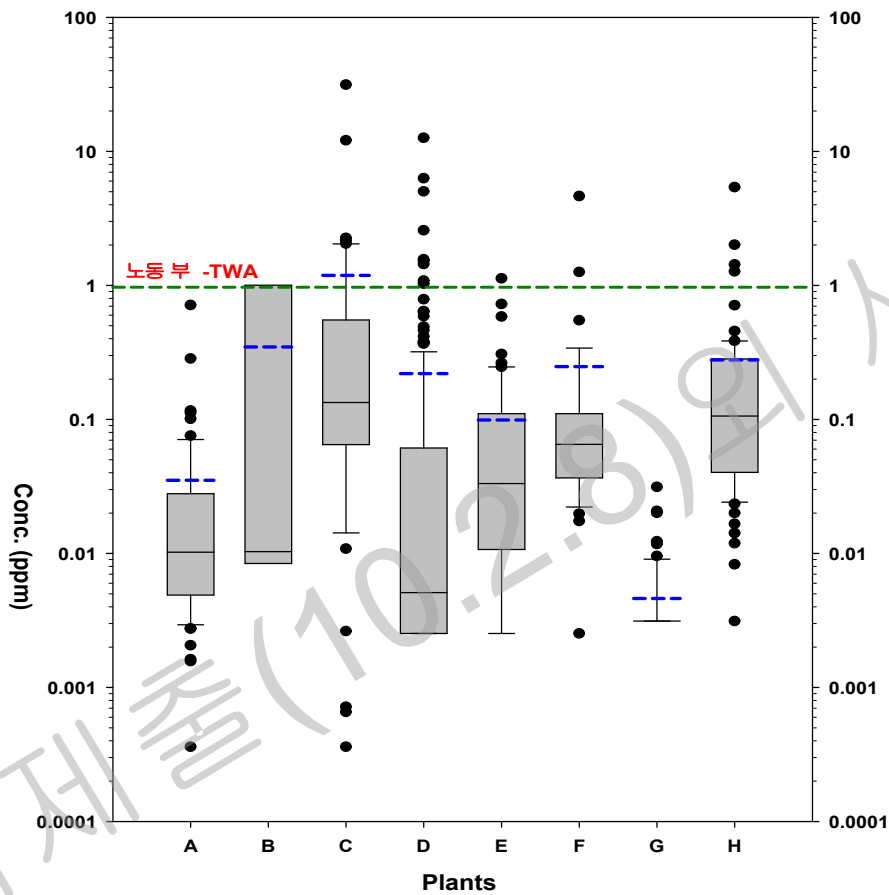
다) 지역시료 (AREA)

벤젠에 대한 지역시료의 측정평가 자료를 8개의 사업장별로 종합하여 정리한 결과를 <표 56>에 기술통계를 이용하여 정리하였으며 [그림 51]에서는 사업장별 결과의 상호비교가 육안으로 가능하도록 하였다.

<표 56> 벤젠 지역시료(AREA)에 대한 사업장별 노출평가 결과

사업장	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	565	0.2679	1.60	0.0214	7.62	0.0236	31.47	31.47	ND
A	66	0.0351	0.0943	0.0123	3.72	0.0102	0.7132	0.7132	ND
B	8	0.3475	0.6250	0.0303	11.21	0.0103	1.387	1.387	ND
C	56	1.189	4.449	0.1520	8.55	0.1338	31.47	31.47	ND
D	206	0.2197	1.068	0.0144	7.97	0.0051	12.61	12.61	ND
E	60	0.0990	0.1877	0.0320	4.89	0.0332	1.127	1.127	ND
F	35	0.2477	0.7943	0.0719	3.52	0.0651	4.636	4.636	ND
G	62	0.0461	0.0049	0.0037	1.67	0.0031	0.0314	0.0314	ND
H	72	0.2778	0.6932	0.1046	3.71	0.1060	5.404	5.407	0.0031

지역시료에 대한 사업장별 측정평가 결과를 살펴보면 개인시료에서 고농도 노출이 나타난 C 사업장에서 산술평균값이 개인노출기준인 1 ppm을 상회하였다. H 사업장의 경우에는 산술평균값이 1 ppm을 초과하지는 않았으나 27.8%에 육박하였다. 이 사업장의 경우 지역시료의 채취지점이 비발주처 건설근로자가 작업을 수행하면서 고농도에 노출되는 장소와 다소 떨어져 있는 것에 그 원인이 있는 것으로 판단된다. 개인시료에서 문제가 없었던 G 사업장의 경우 지역시료도 대부분이 불검출을 나타내 산술평균값도 노출기준의 5% 미만으로 평가되었다. 전반적으로 지역시료의 수준이 장시간 개인시료와 유사한 패턴을 나타내어 사업장의 현장조건이 근로자의 노출에 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다.



[그림 51] 벤젠 지역시료(AREA)의 사업장별 농도분포

벤젠에 대한 시료형태별 상관성을 각 사업장에 대한 대표값을 적용하여 통계적으로 분석한 결과 산술평균값을 적용한 때에는 장시간 개인시료와 단시간 개인시료, 장시간 개인시료와 지역시료 및 단시간 개인시료와 지역시료의 상관성 R^2 가 0.8367, 0.3149 및 0.3304로 나타내었다. 기하평균값을 적용한 경우의 상관성은 각각 0.2566, 0.2036 및 0.8489를 나타내었으며 중위수를 적용하여 계산한 상관성은 역시 각각 0.2502, 0.1024, 0.8209를 보여 상호 연관성이 있음을 알 수 있다.

(2) 1,3-부타디엔에 대한 측정평가 결과

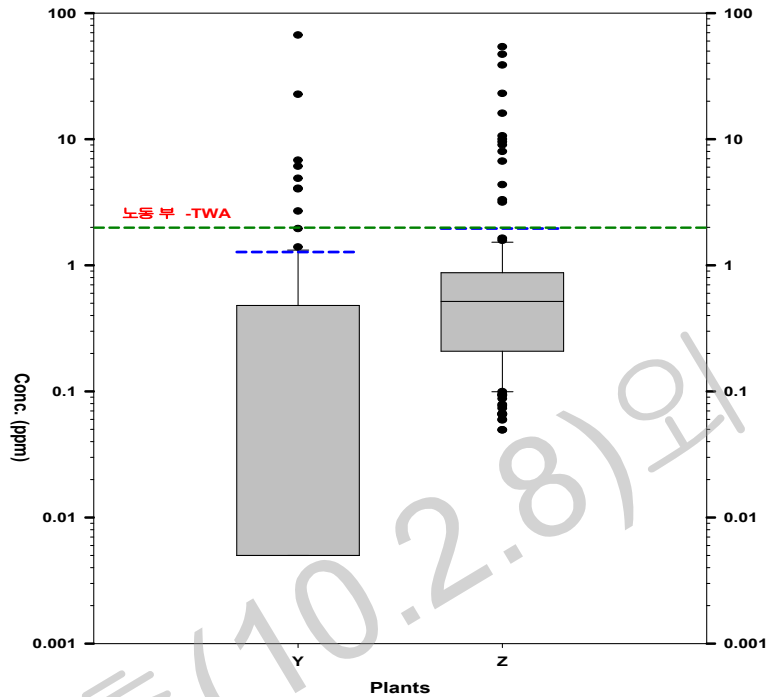
가) 개인시료 (TWA-P)

<표 57>과 [그림 52]에는 1,3-부타디엔에 대한 장시간개인시료 측정평가 결과를 사업장별로 정리하여 제시하였다. 2개의 사업장에서만 조사되어 결과가 명확하지는 않지만 기하평균값이 사업장별로 10배 이상의 뚜렷한 차이를 보이고 있다. Y 사업장의 경우 많은 시료가 불검출로 평가되었으나 최대값만이 Z 사업장보다 높아서 전체적으로는 유사한 산술평균값을 가지게 되었다.

<표 57> 1,3-BD 개인시료(TWA-P)에 대한 사업장별 노출평가 결과

사업장	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	272	1.698	6.76	0.1900	9.42	0.3829	66.88	66.88	ND
Y	107	1.28	6.85	0.0419	12.53	ND	66.88	66.88	ND
Z	165	1.96	6.79	0.5066	3.72	0.5409	53.98	54.03	0.0495

Z 사업장의 경우에는 Y 사업장 보다 농도의 범위는 좁으나 불검출시료가 없으며 노동부의 노출기준 2 ppm을 초과하는 시료도 다수 존재함을 알 수 있다. Z 사업장은 최소값과 최대값의 비율이 만배정도이지만 Y 사업장은 천배정도이다. 앞의 벤젠에 대한 개인시료 경우에서와 같이 사업장의 작업조건에 따라 비발주처 건설 근로자가 다양한 노출환경에 처할 수 있음을 나타내어 주고 있다. 특히 Y 사업장의 경우 불검출 시료가 많고 농도의 범위가 넓다는 것은 발주처 사업장에서 나름대로 근로자 보호차원의 준비는 갖추었으나 지역별로 용기나 배관에 존재하는 1,3-부타디엔에 근로자가 작업 중 노출될 가능성을 보여주고 있다.



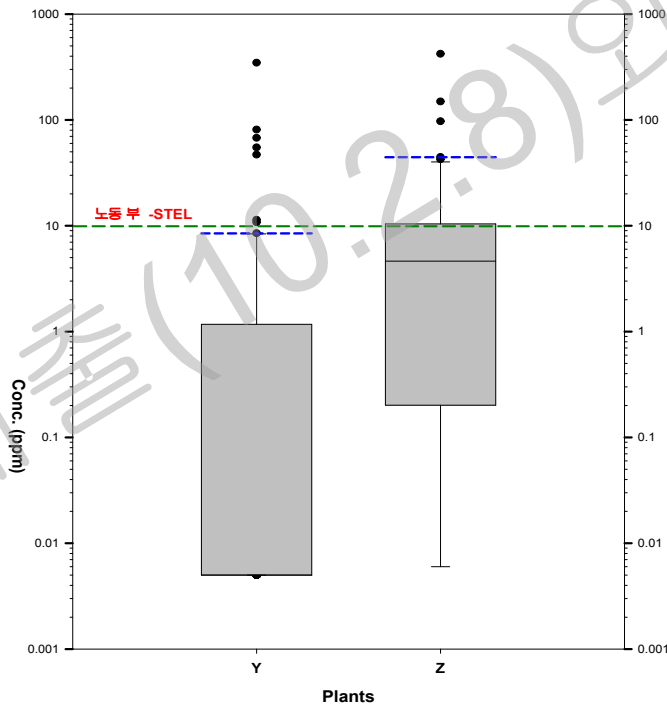
[그림 52] 1,3-BD 개인시료(TWA-P)의 사업장별 농도분포

나) 단시간개인시료 (STEL)

단시간개인시료 측정평가 결과를 사업장별로 정리한 결과를 <표 58>와 [그림 53]에 도시하였다. 장시간 개인시료에 대한 결과와 유사한 농도분포 형태를 보이고 있지만 산술평균의 차도 아주 뚜렷하게 나타나고 있다. Z 사업장은 산술평균 값이 노동부의 노출기준을 초과하고 있으며 Y 사업장은 근접하는 수치를 보이고 있다. Y, Z 사업장 모두 고농도의 노출환경이 존재함을 나타내고 있으며, Z 사업장에서는 보다 철저히 대정비를 위한 shut-down이나 purge 작업을 취함으로써 비발주처 건설근로자를 보호할 수 있는 작업조건을 마련해줄 필요가 있다.

<표 58> 1,3-BD 단시간시료(STEL)에 대한 사업장별 노출평가 결과

사업장	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	146	24.73	157.3	0.1751	59.34	0.5791	1,822.8	1,822.7	ND
Y	80	8.47	40.73	0.0640	28.71	ND	346.4	346.4	ND
Z	66	44.45	229.0	1.55	26.85	4.63	1,822.7	1,822.7	ND



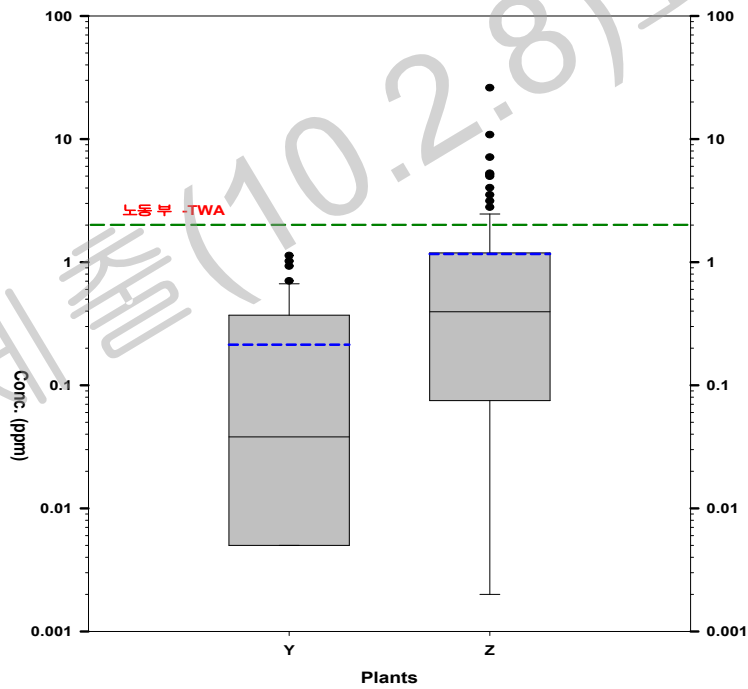
[그림 53] 1,3-BD 단시간시료의 사업장별 농도분포

다) 지역시료 (AREA)

1,3-부타디엔에 대한 지역시료 측정평가 결과를 사업장별로 정리한 결과를 <표 59>에 기술통계지료를 이용하여 정리하고 [그림 54]에 도시하였다. 개인시료의 경우에서와 유사한 결과를 보여주고 있다.

<표 59> 1,3-BD 지역시료(AREA)에 대한 사업장별 노출평가 결과

사업장	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	151	0.8110	2.48	0.1481	10.25	0.2648	26.06	26.06	ND
Y	45	0.2136	0.2980	0.1202	8.50	0.0318	1.13	1.13	ND
Z	106	1.166	2.905	0.1867	12.86	0.3952	26.06	26.06	ND



[그림 54] 1,3-부타디엔 지역시료의 사업장별 농도분포

3) 벤젠에 대한 직종별 측정평가 결과

사업장별 노출실태와 함께 비발주처 건설근로자와 발주처의 직종별 노출실태

를 파악하였다. 이는 근로자가 종사하는 특정 작업에서 유해물질에 노출될 가능성이 있는지와 노출되는 정도를 파악하기 위한 절차이며 노출 근로자 보호를 위해 어떠한 대책을 세워야하는가에 대한 실마리를 제공하는 수단으로서도 활용될 수도 있다.

직종별 구분은 앞에서 언급한 바와 같이 비발주처 건설근로자는 기계, 배관, 기계, 제관, 탱크, 용접, 보온, 계전, 도장 및 공무의 10개 직종으로 하였으며 발주처사의 발주처는 대정비작업이 실시되는 단위공정에 근무하는 직원을 보드맨과 필드맨으로 구분하였으며 해당 지역에서 작업을 실시한 일부 공무직 부서 직원도 포함시켜 분석하였다.

1,3-부타디엔과 염화비닐의 경우에는 12개 직종으로 구분하여 분석하기에는 전체적으로 시료의 수가 충분하지 못하였다. 또한 일부직종의 경우 시료의 수가 극히 적거나 없는 경우도 있어 분석에 의미를 부여하기 어려웠다.

(1) 개인시료 (TWA-P)

벤젠에 대한 장시간개인시료 측정평가 결과를 비발주처 건설근로자와 대정비를 실시하는 발주처 사업장 공정에 근무하는 발주처의 직종별로 종합하여 정리한 결과를 <표 60>과 [그림 55]에 도시하였다.

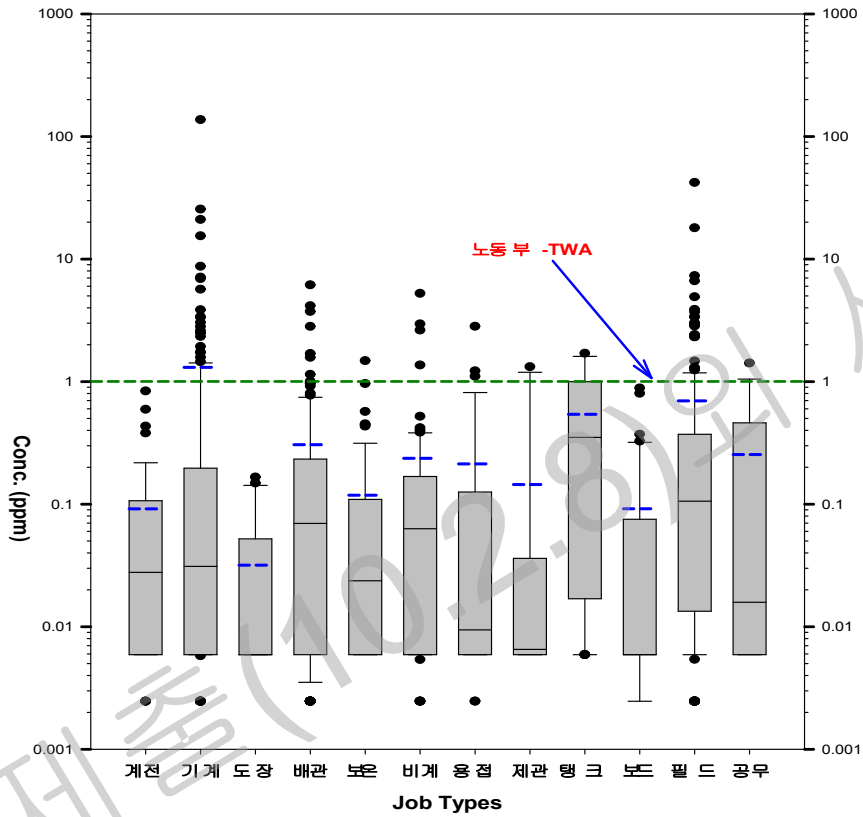
[그림 55]에서 각 박스의 하단값들은 대부분 불검출을 나타내어 큰 의미를 부여할 수 없는 수치들이다. 따라서 박스들의 하단부 모습은 유사한 위치를 점하고 있다.

발주처의 보드맨이나 비발주처 건설근로자 도장공의 경우 산술평균값이 노동부의 노출기준 1 ppm의 10% 미만을 나타내고 있으며 일부 자료에서 노출기준에 근접하고 있었으나 타 직종에 비해 상당히 양호한 것으로 평가되었다.

<표 60> 벤젠 개인시료(TWA-P)에 대한 직종별 노출평가 결과

직종	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	931	0.5747	4.93	0.0466	7.69	0.0445	137.03	137.03	ND
계전	49	0.0916	0.1596	0.0309	4.69	0.0278	0.8379	0.8379	ND
기계	230	1.23	9.36	0.0417	9.14	0.0299	137.03	137.03	ND
도장	20	0.0318	0.0495	0.0127	3.52	ND	1.17	1.17	ND
배관	133	0.3056	0.7806	0.0597	7.09	0.0697	6.15	6.15	ND
보온	69	0.1183	0.2325	0.0310	5.40	0.0237	1.48	1.48	ND
비계	87	0.2367	0.6994	0.0508	5.75	0.0631	5.25	5.25	ND
용접	33	0.2132	0.5485	0.0269	7.26	0.0094	2.82	2.82	ND
제관	10	0.1447	0.4133	0.0165	5.55	0.0065	1.32	1.32	ND
탱크	12	0.5411	0.5794	0.1613	9.02	0.3507	1.70	1.70	ND
보드	48	0.0918	0.1865	0.0181	6.11	0.0059	0.8850	0.8850	ND
필드	226	0.6969	3.16	0.0808	8.30	0.1057	42.12	42.12	ND
공무	14	0.2543	0.4101	0.0402	8.93	0.0158	1.42	1.42	ND

이번 조사에서 벤젠에 대해 높게 노출될 가능성이 높은 직종으로는 비발주처 건설근로자의 기계직, 비계직 및 배관직을 꼽을 수 있으며 발주처 필드맨의 경우에도 상당한 수준의 고농도에 노출될 가능성이 있는 것으로 나타났다. 특히 비발주처 기계직의 산술평균값은 노출기준을 상회하였으며 발주처 필드맨의 경우도 노출기준에 근접하였을 뿐만 아니라 비발주처 기계직에 버금가는 노출양상을 나타내는 것으로 평가되었다. 137.03 ppm의 장시간 개인시료 최대농도는 비발주처 기계직에서 나타난 것으로 평가되었다. 석유화학공장에서 일반적으로 발주처는 유해물질 노출이 거의 없는 것으로 알려졌으나 대정비작업 중에는 전혀 다른 노출양상에 처할 수 있음이 이번 조사에서 밝혀졌다.



[그림 55] 벤젠 개인시료의 직종별 농도분포

(2) 단시간개인시료 (STEL)

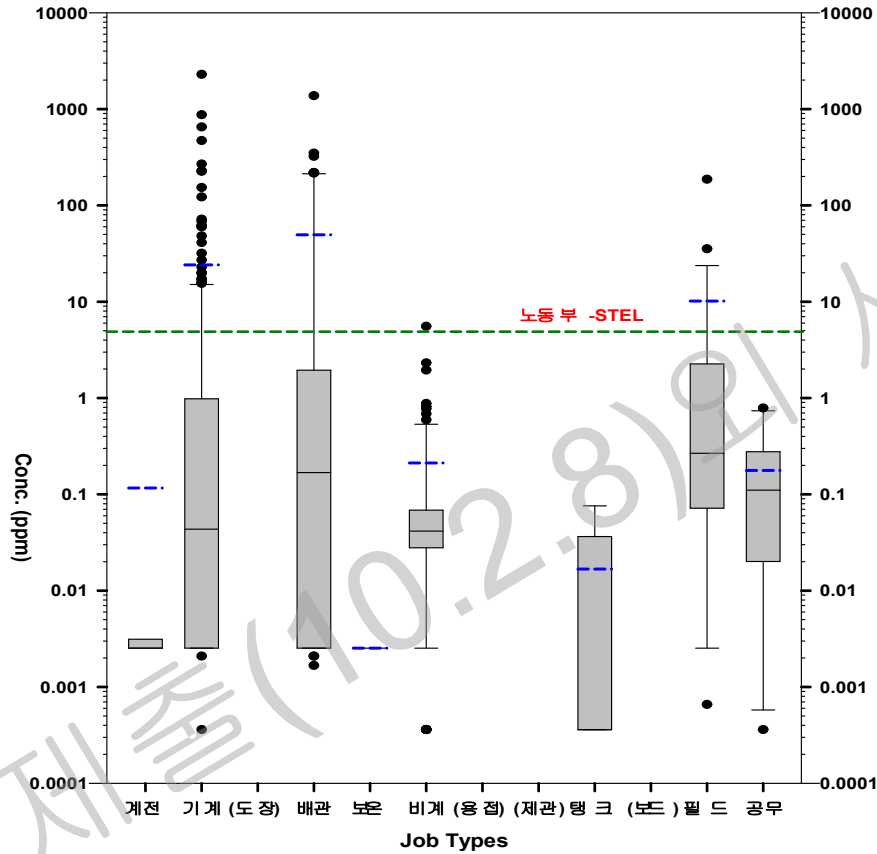
<표 61>와 [그림 56]에 벤젠에 대한 단시간개인시료 측정평가 결과를 직종별로 정리한 결과를 도시하였다.

장시간 개인시료와 다르게 일부 직종의 경우 노출평가가 이루어지지 못하였으나 대부분이 장시간 시료에서 노출수준이 낮은 것으로 판명된 직종에 해당하고 있다.

<표 61> 벤젠 단시간시료(STEL)에 대한 직종별 노출평가 결과

직종	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	458	20.41	140.5	0.0642	30.59	0.0461	2,289.3	2,289.3	ND
계전	8	0.1163	0.3214	0.0056	7.86	ND	0.9118	0.9118	ND
기계	253	24.03	163.6	0.0636	38.44	0.0413	2,289.3	2,289.3	ND
도장	-	-	-	-	-	-	-	-	-
배관	60	49.53	190.5	0.1817	52.84	0.1685	1,373.2	1,373.2	ND
보온	4	ND	0	ND	0	ND	0	ND	ND
비계	87	0.2120	0.6795	0.0405	6.72	0.0416	5.55	5.55	ND
용접	-	-	-	-	-	-	-	-	-
제관	-	-	-	-	-	-	-	-	-
탱크	9	0.0168	0.0274	0.0018	11.41	ND	0.0759	0.0759	ND
보드	-	-	-	-	-	-	-	-	-
필드	27	10.16	36.03	0.3287	24.20	0.2674	186.2	186.2	ND
공부	10	0.1772	0.2389	0.0484	10.52	0.1115	0.7848	0.7848	ND

단시간 자료의 경우 장시간 자료와 비교하여 비발주처의 기계와 배관직 및 발주처의 필드맨의 경우 산술평균값이 노동부 노출기준인 5 ppm을 초과하는 양상을 보였다. 특히 비발주처 기계직의 경우 상당수의 시료가 10 ppm을 초과하였을 뿐만 아니라 벤젠에 대한 최대 단시간 노출농도인 2,289.3 ppm도 장시간 개인시료에서와 마찬가지로 이 직종에서 나타났다. 이는 기계직에 종사하는 비발주처 근로자가 유기화합물이 잔류해 있는 반응기 등의 맨홀을 여는 작업을 수행하는 것과 관련이 있는 것으로 조사되었다.



[그림 56] 벤젠 단시간시료의 직종별 농도분포

직종에 따른 노출수준 차이의 양상은 배관이나 반응용기 등에 잔류한 유기화합물을 충분히 배출시키거나 purge 작업을 통해 제거해야할 필요성을 또 다시 제시하고 있다.

이번 조사의 개인시료에 대한 노출평가에서 특히 단기간 고농도에 노출될 가능성이 있는 비발주처 기계, 배관 및 비계직 등은 작업조건에 따라 노출을 줄이기 위해 송기마스크 등의 보호구 착용이 요구되는 것으로 나타났다. 미국 OSHA의 경우 벤젠의 농도에 100 ppm을 초과하는 경우 근로자가 송기 마스크를 착용하도록 규정하고 있다 (NIOSH, 2005).

4) 대정비의 단계별 측정평가 결과

(1) 개인시료 (TWA-P)

벤젠에 대한 장시간개인시료 측정평가 결과를 Shut-down(S/D), Maintenance (M/T) 및 Start-up(S/U)의 대정비 단계별로 종합하여 정리한 결과를 <표 62>에 기술통계자료로 정리하고 도표로는 [그림 57]에 도시하였다.

<표 62> 벤젠 개인시료(TWA-P)의 대정비 단계별 노출평가 결과

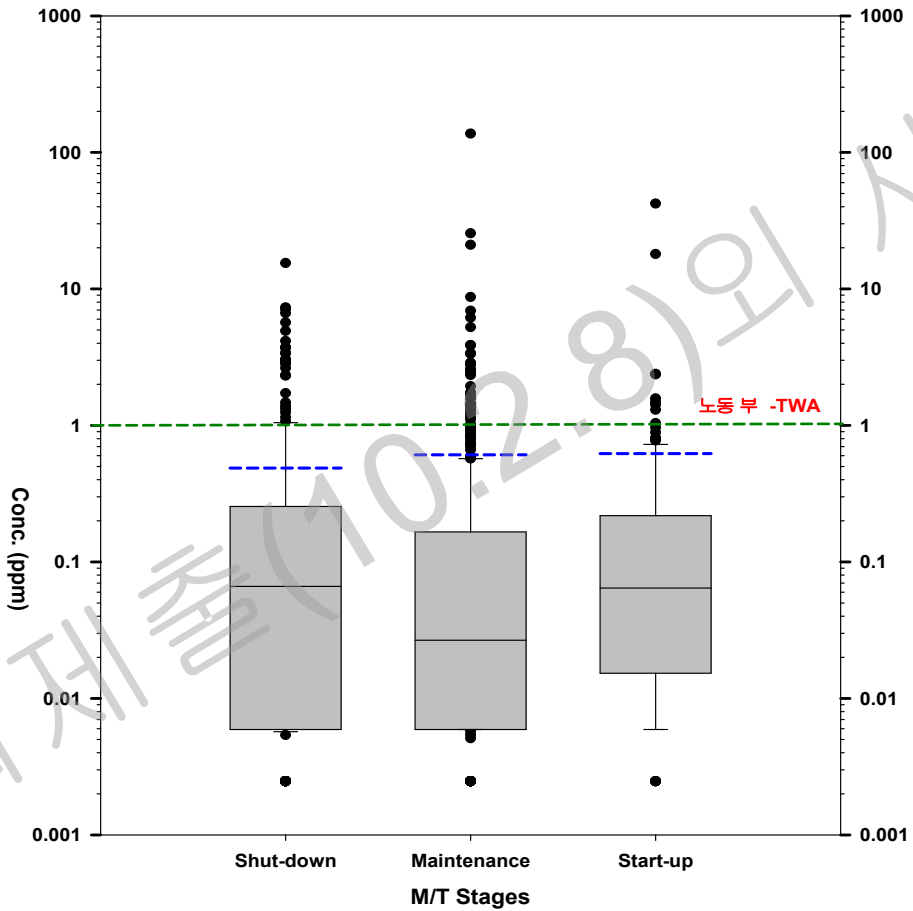
단계	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	931	0.5747	4.93	0.0466	7.69	0.0445	137.03	137.03	ND
S/D	265	0.4874	1.42	0.0613	8.33	0.0662	15.44	15.44	ND
M/T	522	0.6091	6.20	0.0376	7.55	0.0267	137.0	137.0	ND
S/U	144	0.6217	3.80	0.0614	6.48	0.0644	42.12	42.12	ND

전체적으로 자료의 분포는 산술평균값이나 중위수에서는 대정비의 단계별로 커다란 차이를 보이지 않고 있으며 산술평균값은 노동부의 노출기준인 1 ppm의 49내지 62%에 달하고 있다.

Start-up 단계의 농도가 높은 것은 시료의 수가 다른 단계보다 적음에도 17.97 및 42.12 ppm 이상값 2개가 미치는 영향이 큰 것에 기인한 것으로 판단된다. 이 두 수치가 낮았다면 start-up 단계의 산술평균값은 약 1/3로 낮아지게 된다. 뒤집어서 설명하게 되면 start-up 단계에서도 작업조건이나 공정의 상황에 따라 근로자가 높은 농도에 노출될 가능성이 있음을 설명해주고 있다.

Maintenance 단계의 농도와 shut-down 단계의 농도 차이는 기하평균에서 shut-down 단계가 약 1.6배에 이르고 있으나 최고농도는 오히려 maintenance 단

계에서 검출되었다.



[그림 57] 벤젠 개인시료의 대정비 단계별 농도분포

(2) 단시간개인시료 (STEL)

벤젠의 단시간 개인시료에 대한 Shut-down, maintenance 및 start-up 대정비 단계별 측정평가 결과를 기술통계 자료로 요약하여 <표 63>에 정리하였다. [그림 58]에서는 동일한 자료를 육안으로 재확인하기 위해 그림으로 도시하였다.

Strat-up 단계에서는 소수인 5개의 시료만이 채취되어 박스 바깥의 10%와

90% 값이 나타나지 않고 있다.

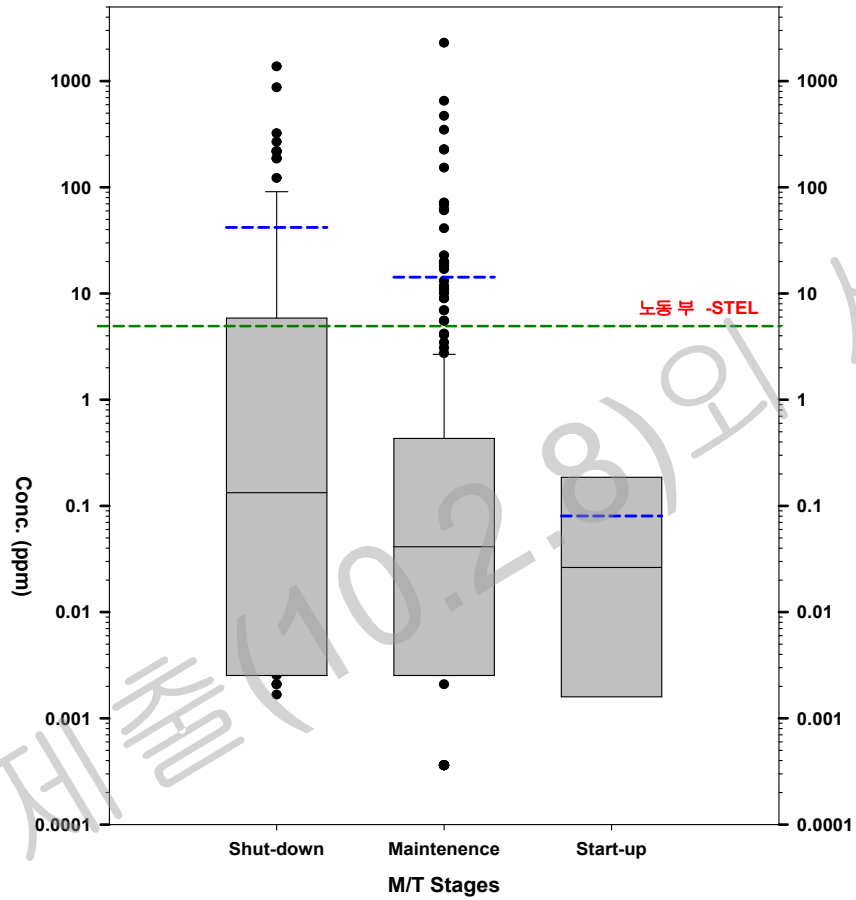
<표 63> 벤젠 단시간개인시료(STEL)의 대정비 단계별 노출평가 결과

단계	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	458	20.41	140.5	0.0642	30.59	0.0461	2,289.3	2,289.3	ND
S/D	104	41.99	167.1	0.1685	60.77	0.1334	1,373.2	1,373.2	ND
M/T	349	14.27	132.2	0.0486	23.32	0.0413	2,289.3	2,289.3	ND
S/U	5	0.0804	0.1007	0.0171	12.65	0.0264	0.2235	0.2235	ND

장시간 개인시료에서와 다르게 shut-down 단계에서 높은 농도를 나타내어 산술평균값이 노동부 노출기준 5 ppm을 훨씬 초과한 약 42 ppm으로 나타내었으며 maintenance 단계에서도 노출기준을 초과한 14.27 ppm으로 평가되었다. 최고농도는 maintenance 단계에서 2,289.3 ppm에 달하였으며 shut-down 단계에서도 고농도인 1,373.2 ppm이 검출되었다.

전체적으로 단시간 시료에서는 shut-down과 maintenance 단계에서 비발주처 근로자가 고농도의 유해물질에 노출될 가능성이 상대적으로 높음을 설명하고 있다.

이는 앞에서 여러번 언급된 바와 같이 반응기 등의 맨홀을 열거나 배관에 맹판을 삽입하는 작업 등에서 나타난 것이므로 이러한 작업의 시작 전에 충분히 내부 화학물질을 제거하려는 노력을 발주처사가 기울일 필요가 있으며 근로자에 대해서도 보다 세심한 보호 수단을 강구해야 함을 제시하고 있다.



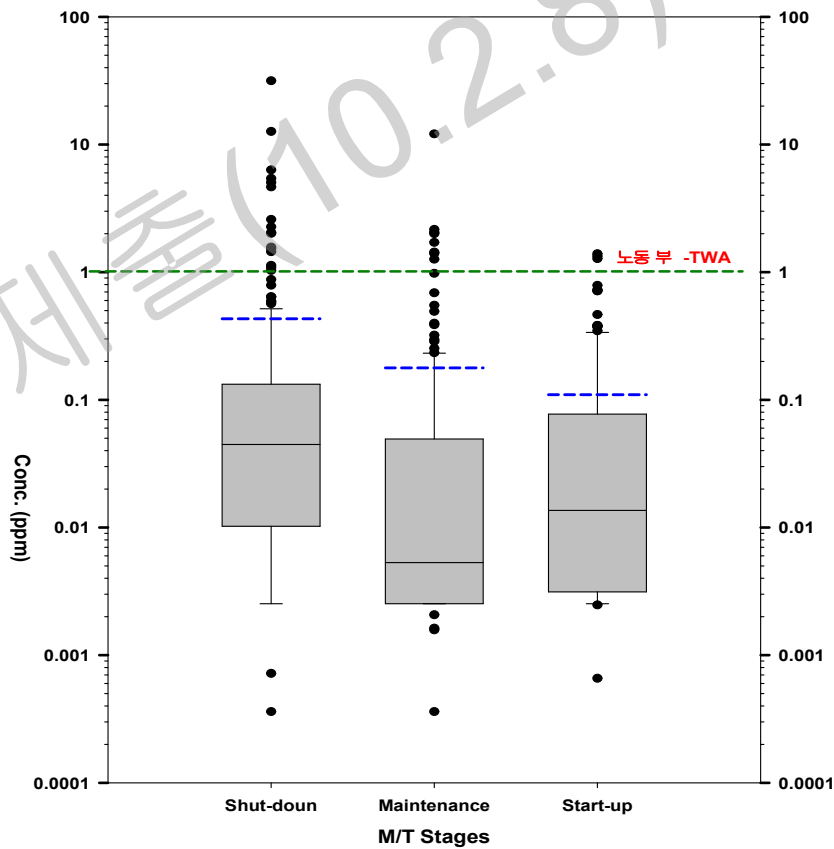
[그림 58] 벤젠 단시간시료의 대정비 단계별 농도분포

(3) 지역시료 (AREA)

벤젠에 대한 지역시료 측정평가 결과를 대정비의 3단계별로 정리하여 <표 6 4>에 기술통계 자료를 제시하였다. [그림 59]에서는 동일한 자료를 사용하여 평가한 결과의 Box-plot을 도시하였다.

<표 64> 벤젠 지역시료(AREA)의 대정비 단계별 노출평가 결과

단계	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
전체	565	0.2679	1.60	0.0214	7.62	0.0236	31.47	31.47	ND
S/D	239	0.4315	2.30	0.0416	7.54	0.0447	31.47	31.47	ND
M/T	190	0.1779	0.93	0.0136	7.31	0.0053	12.08	12.08	ND
S/U	136	0.1096	0.24	0.0205	6.44	0.0136	1.39	1.39	ND



[그림 59] 벤젠 지역시료의 대정비 단계별 농도분포

지역시료에 대한 평가결과를 살펴보면 개인시료에서와 유사하게 shut-down 단계에서 가장 높고 start-up 단계에서 가장 낮은 산술평균값을 보여주고 있다. 이는 근로자의 작업일정이나 조건을 추적하여 시료채취가 이루어진 개인시료와 달리 각 단계별로 동일한 장소에서 3~5일간 측정이 이루어진 결과이므로 작업장의 대정비 단계별 조건을 비교적 가장 유사하게 나타내고 있다고 판단된다. 최고농도는 shut-down 단계에서 추적하여 31.47 ppm이 검출되었으며 maintenance 단계에서는 12.08 ppm, start-up 단계에서는 1.39 ppm이 최고농도였다.

5) 기타 물질에 대한 조사 결과

(1) 중금속

조사 사업장의 일부 공정에서 중금속 측정·평가가 이루어 졌다. 대상은 나프타 크래킹 공정으로 열분해 코일 (Ni 45%, Cr 35%, Fe 20%)을 해체하고 설치하는 작업 중에 시료채취가 이루어졌다. 해체와 설치는 고온 용융과 용접작업이 이루어진다.

<표 65> 일부 공정의 중금속에 대한 측정평가 결과 (단위 : mg/m³)

번호	크롬(6+)	크롬(3+)	카드뮴	망간	니켈	납	철
노동부 노출기준	0.01	0.5	0.03	1	1	0.05	5
시료수	5	5	5	5	5	5	5
산술평균	0.0064	0.0173	N.D.	0.0643	0.0346	0.0033	0.4262
표준편차	0.0036	0.0239	-	0.0798	0.0655	0.0024	0.4957
최대값	0.0108	0.0878	-	0.0024	0.0032	0.0003	0.0266
최소값	0.0024	0.0004	-	0.2822	0.2280	0.0077	1.7900

<표 65>의 결과를 살펴보면 전체적으로 노동부의 노출기준을 하회하고 있으나 크롬(6+)의 경우 5개 시료중 1개 시료가 노출기준을 초과하였다. 결과적으로 노출기준이 낮은 중금속의 경우 열분해 코일 해체·제거 작업 중에 비발주처 근로자가 기준을 초과하여 노출될 가능성도 있음을 보여주고 있다.

(2) 석면

역학조사 대상 사업장의 일부에서 석면으로 의심되는 물질에 대한 고형시료채취 및 분석이 이루어졌다.

3개 사업장에서 총 15개의 시료가 채취되었다. 석면 시료의 분석은 편광현미경법(Polarized Light Microscopy, PLM)으로 실시되었다. 해당 물질은 대개 고온의 배관이나 계기를 보온하거나 보호하기 위해 설치된 것이었다. 결과는 <표 66>에 정리하였다.

<표 66> 일부 공정의 석면의심시료 분석 결과

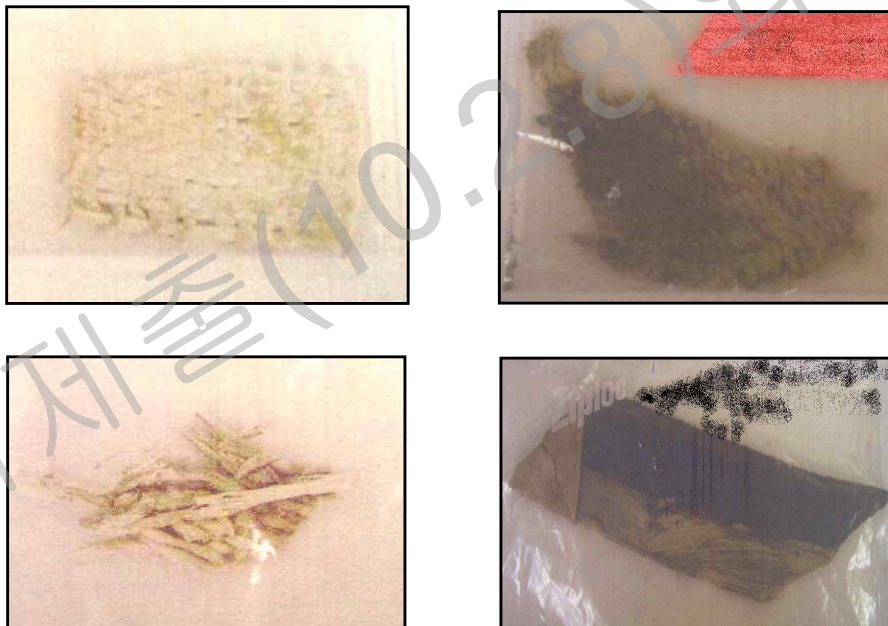
사업장	시료 번호	시료 종류	석면 함유여부	섬유상물질 함유율 및 종류
A	1	본온재	미함유	합성섬유(3~5%)
	2	보온솜	미함유	미네랄울(>95%)
B	3	방염포	함유	백석면(>95%)
	4	보온포	함유	백석면(50%), 합성섬유(40~50%)
	5	패킹재	미함유	섬유상 물질 미함유
	6	단열재	미함유	합성섬유(5~10%)
	7	보온솜(황색)	미함유	미네랄울(>95%)
	8	보온솜(백색)	미함유	유리섬유(>95%)
	9	패킹재	미함유	섬유상 물질 미함유
C	10	가스킷	함유	백석면(>70%)
	11	밸브보온재	함유	백석면(>95%)
	12	방염포	미함유	유리섬유(>95%)
	13	보온솜	미함유	유리섬유(>95%)
	14	보온재	미함유	합성섬유(3~5%)
	15	보온포	함유	백석면(>95%)
D	16	보온재	미함유	합성섬유(3~5%)
	17	방염포	함유	백석면(>95%)
	18	보온재	미함유	합성섬유(3~5%)
	19	단열재	미함유	유리섬유(>95%)
	20	보온솜(갈색)	미함유	미네랄울(>95%)
	21	보온솜(백색)	미함유	미네랄울(>95%)
	22	보온솜(황색)	미함유	미네랄울(>95%)
	23	메스틱	함유	트레몰라이트석면(2%)
E	24	보온재	미함유	셀룰로오즈(2~5%)
	25	보온재	미함유	합성섬유(3~5%)
	26	보온재	미함유	셀룰로오즈(1~3%), 합성섬유(1~3%)
	27	보온재	미함유	미네랄울(40~60%)
	28	보온솜(황색)	미함유	미네랄울(>95%)
	29	보온솜(백색)	미함유	미네랄울(>95%)
	30	단열재	미함유	셀룰로오즈(5~10%), 유리섬유(30~50%)
	31	보온솜(백색)	미함유	미네랄울(>95%)
	32	단열재	미함유	유리섬유(>95%)

사업장	시료 번호	시료 종류	석면 함유여부	섬유상물질 함유율 및 종류
E	33	보온솜(백색)	미함유	미네랄울(>95%)
	34	보온솜(갈색)	미함유	유리섬유(>95%)
	35	방염포	함유	백석면(80%), 유리섬유(10~20%)
	36	보온솜	미함유	유리섬유(>95%)
	37	단열재	미함유	미네랄울(>95%)
	38	단열재	미함유	셀룰로오즈(>95%)
F	39	방염포	함유	백석면(>95%)
	40	보온솜	미함유	유리섬유(>95%)
	41	보온솜	미함유	유리섬유(>95%)
	42	보온재	미함유	유리섬유(>95%)
	43	보온재	미함유	유리섬유(>95%)
	44	보온솜	미함유	유리섬유(80~90%), 합성섬유(5~10%)
	45	보온솜	미함유	유리섬유(>95%)
G	46	보온재	함유	백석면(30%)
	47	배관테이프	함유	백석면(40%)
	48	테이프	미함유	유리섬유
	49	배관테이프	함유	백석면(30%)
H	50	보온재	함유	트레몰라이트 석면(2%)
	51	보온재	미함유	유리섬유
	52	보온재	미함유	유리섬유
	53	보온재	함유	백석면(35%)
	54	보온재	함유	백석면(40%)
	55	보온재	미함유	유리섬유

<표 66>에서 정리된 바와 같이 전체 55개 시료 중에서 14개의 시료에서 석면이 검출되었으며 검출된 석면은 대부분 백석면이었다. 함유율은 백석면은 30%

이상을 기록하였으며 트레몰라이트는 2% 함유된 것이 있었다. 거의 전부가 석면으로 판단되는 시료도 4건이 있었다.

석유화학공장에서는 고열을 필요로 하는 공정의 특성상 과거에 다수의 석면이 사용되었으나 90년대 말 이후 사회 문제화되면서 많은 부분을 합성섬유나 유리섬유로 교체하였으나 완전히 교체되지 못하고 일부가 공정 중에 잔류하고 있는 것으로 보인다. 이번 역학조사에서 석면을 함유한 것으로 평가된 일부 시료의 사진을 [그림 60]에 제시하였다.

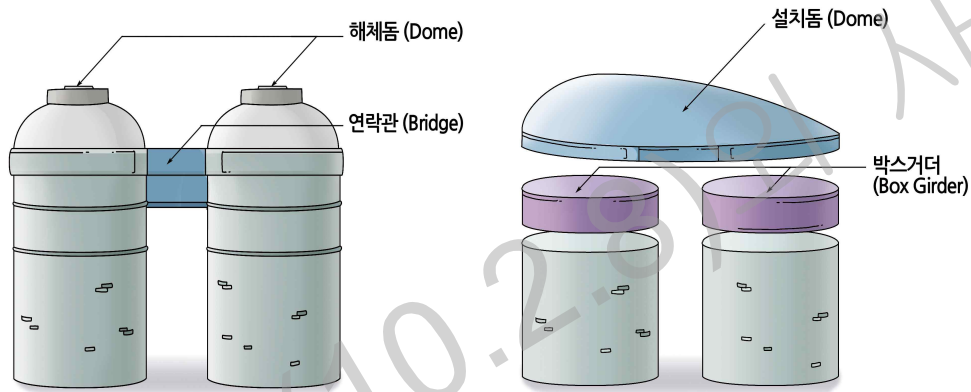


[그림 60] 석면함유시료 (시계방향 방염포/보온포/가스킷/밸브보온재)

6) 제철산업

'08년도에 실시된 열풍로 개보수공사는, 열풍로를 구성하는 연소실과 축열실 원형수직관 상부에 각각 설치되어 있는 기존 돔의 철판을 산소아크를 이용해 절단한 다음 크레인으로 하강시키는 작업으로부터 시작된다. 다음에는 원형수

직관 절단면에 대한 사상(그라인딩) 작업을 실시한 후 신규 돔 하부구조물인 일체형 박스거더를 2개의 원형수직관 상부에 설치하고, 박스거더 상부에 일체형 신규 돔을 설치하는 순서로 공사가 진행된다([그림 61]).



[그림 61] 기존 열풍로(좌)와 신형 열풍로(우)

열풍로 개보수공사시 열풍로 내부의 내화벽돌에서 분진이 비산할 수 있는데 과거에 제조된 내화벽돌에서 결정형 유리규산이 함유되어 있을 수 있어 동 물질질을 측정하였으며, 시료필터에서 유리규산을 분석하기 전에 호흡성분진 총량을 중량분석법으로 측정하였다.

또한 과거 제조·시공된 내화벽돌에 석면이 함유되어 있을 수도 있다는 가능성을 노출평가팀에서 제기함에 따라 공기 중 석면을 측정하였다. 협력회사의 용접반에서는 크롬이 함유된 용접봉을 이용한 용접을 일부 실시함에 따라 6가 크롬화합물을 측정하였다.

또한 석면이나 결정형 유리규산이 함유되어 있을 것으로 의심되는 내화벽돌(해체벽돌 및 설치벽돌), 섬유 등의 재료에 대해서는 고형시료를 채취하였다. 열풍로 개수공사에 대한 노출평가 기간 중 작업현장시료의 일자별 포집현황은

다음과 같다.

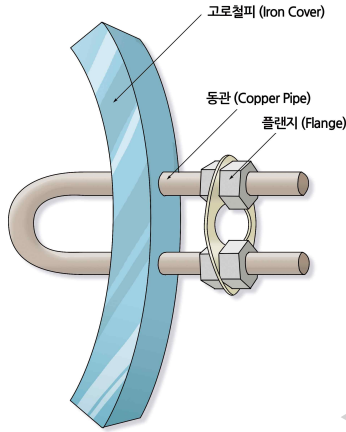
<표 67> 열풍로 개수공사 공정별 시료포집현황

일 자	공정 내용	시료포집 근로자수 ⁴⁾				
		계	호흡성분진/ 결정형유리규산	6가크롬 화합물	석면	고형시료 (석면, 규산)
계	-	65	21	16	20	8
8.17(일)	돔 절단 및 하강	16	5	5	5	1
8.18(월)	사 상	18	6	3	5	4
8.19(화)	박스 거더 설치	17	5	4	5	3
8.20(수)	돔 설치	14	5	4	5	-

열풍로와 고로는 개수공사의 작업내용면에서 유사성이 많으므로 고로 개수공사에 대한 노출평가 대상물질은 열풍로 개수공사의 대상물질과 마찬가지로 호흡성분진, 결정형유리규산, 석면, 6가크롬 화합물 등의 물질에다 금속에 대한 평가를 추가하였다.

철피절단공정은 다시 세부공정으로 분류할 수 있는데, 고로외피를 수평으로 여러 블록으로 절단한 후 크레인으로 바닥에 하강시키는 철피절단 및 하강 공정과, 수평절단된 고로외피블럭을 트럭에 상차할 수 있는 크기로 절단하고 외피내면에 부착된 연외를 탈락시키는 소절단 및 연외분리 공정, 고로외피에 설치된 동 재질의 냉각관을 분리하는 동분리 공정 등이다.

4) 지역시료인 공기중 석면의 경우 시료포집 장소수를 의미하며 고형시료의 경우 시료의 수를 의미함



[그림 62] 고로 외피와 냉각관

고로 개수공사 시 공시료를 제외한 공정별 물질별 시료포집현황은 다음의 표와 같다.

<표 68> 고로 개수공사 공정별 시료포집현황

공정	세부공정	시료포집 근로자수					
		계	호흡성분진/ 결정형유리규산	6가크롬 화합물	금속	석면	고형시료 (석면, 규산)
계	-	97	28	5	25	26	13
배관해체	-	38	9	5	7	8	9
철피절단	소계	59	19	-	18	18	4
	철피절단	33	11	-	11	9	2
	소절단 및 연와분리	17	5	-	4	6	2
	동 분리	9	3	-	3	3	-

(1) 호흡성분진

노출평가대상 2개 설비의 개수공사에 대한 호흡성분진의 측정 근로자수 현황은 다음과 같다.

<표 69> 제철업 사업장 개수설비별 호흡성분진 측정근로자수

설비	직종	작업내용	측정 근로자수
계	-	-	49
열풍로	소 계	-	21
	제관반	그라인딩, 산소절단, 용접, 조립	14
	비계반	비계 조립 및 해체, 용접	4
	용접반	용접, 산소절단, 조립	3
고로	소 계	-	28
	제관반	산소절단, 운반, 기타작업	11
	비계반	운반, 가설설치, 고로덮개설치, 장비신호	15
	용접반	산소절단	2

표에서 보다시피 제철업 사업장의 열풍로 및 고로에 대한 역학조사 노출평가시 호흡성분진은 49명의 근로자에 대해 측정하였는데 열풍로 21명, 고로 28명이다. 열풍로 개수공사는 그 공정이 돔 및 연락관 절단·철거, 사상, 박스거더 설치, 돔 설치 등으로 구분되며, 고로 개수공사는 배관해체, 철판절단, 소절단 및 연와분리, 동 분리 등의 공정으로 구성되어 있다.

근로자의 직종은 제관반, 비계반, 용접반 등으로 구성되어 있으며, 제관반은 그라인딩, 산소절단, 용접, 조립, 운반 등의 작업을 수행하며, 비계반은 비계조립 및 해체, 용접, 운전, 고로덮개 설치, 장비신호 등의 업무를 수행하며, 용접반은 용접, 산소절단, 용접 등의 업무를 수행한다. 직종별로 근로자의 역할이

구분되기는 하지만 용접이나 산소절단 업무를 모든 직종에서 수행하는 등 직종 간 업무구분이 아주 단절적이지는 않다.

제철업 사업장 개수공사의 평가대상 설비별 호흡성분진의 노출농도는 다음의 표 및 그림과 같다.

<표 70> 제철업사업장 개수설비별 호흡성분진 노출평가결과(단위 : mg/m³)

개수 설비	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	49	1.324	1.945	0.510	4.308	0.417	8.648	8.665	0.017
열풍로	21	0.953	1.288	0.402	4.378	0.569	5.221	5.238	0.017
고로	28	1.602	2.304	0.610	4.261	0.414	8.636	8.665	0.029

<표 71> 제철업사업장 개수설비별 호흡성분진농도의 자료분포현황

개수설비	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계	49	0	20	18	5	3	3
(%)	(100.0)	(0.0)	(40.8)	(36.7)	(10.2)	(6.1)	(6.1)
열풍로	21	0	8	9	3	1	0
(%)	(100.0)	(0.0)	(38.1)	(42.9)	(14.3)	(4.8)	(0.0)
고로	28	0	12	9	2	2	3
(%)	(100.0)	(0.0)	(42.9)	(32.1)	(7.1)	(7.1)	(10.7)

제철업 사업장 개수공사의 전 설비에 대한 노출평가결과 산술평균 농도는 1.324 mg/m³로서 미국산업위생전문가협회의 권장기준의 44%에 해당하는 수준이고, 농도범위는 0.017~8.665 mg/m³이며 권장기준 초과 근로자수는 6명으로서 평가대상 근로자수의 12.2%이다. 열풍로 개수공사시의 산술평균농도는 0.953 mg/m³이고 고로 개수공사시의 산술평균농도는 1.602 mg/m³이다. 농도의 산술평

균, 최대값, 자료범위 등의 수치 모두가 고로 개수공사에서의 농도가 열풍로 개수공사에서의 농도보다 높은 편이다. 노출농도가 미국산업위생전문가협회 권장기준을 초과하는 근로자의 작업을 검토결과 열풍로 개수공사의 경우 그라인딩작업, 고로 개수공사의 경우 용접작업이 많았다.

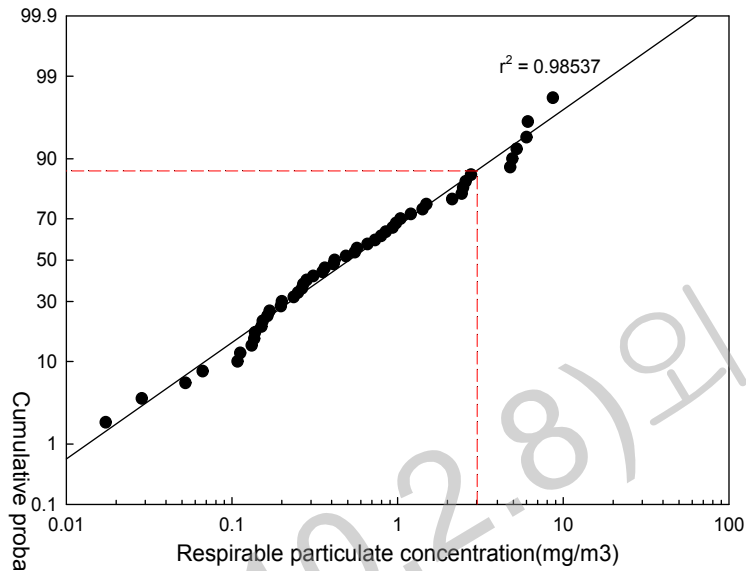
<표 72>와 [그림 63]을 보면 열풍로의 기하평균농도와 농도범위는 고로의 그것에 비하여 낮으나 중앙값은 오히려 열풍로의 농도가 높음을 알 수 있다. SPSS를 이용하여 농도값의 대수변환수치를 통계분석한 결과 유의확률이 0.329로서 열풍로와 고로의 호흡성분진 농도의 기하평균값은 유의수준 0.05에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 대수변환하지 아니한 자료는 정규성 검정을 만족하지 않아 평균비교를 실시하지 않았다.

<표 72> 제철업사업장 개수설비별 호흡성분진 기하평균 비교

개수설비	근로자수	Shapiro-Wilk 정규성검정 유의확률	Levene 등분산성 검정 유의확률	t 값	t-검정 유의확률
열풍로	21	0.805	0.985	-0.986	0.329
고로	28	0.157			

설비별 권장기준 초과현황은 열풍로에서 호흡성분진의 권장기준 초과 근로자가 1명으로 4.8%이고, 고로에서는 초과 근로자가 5명으로서 초과율이 17.9%로서 고로의 개수공사 시에는 열풍로 개수공사보다 권장기준 초과율이 높은 편이다.

[그림 63]은 대수변환된 호흡성분진 농도의 누적분포를 보여주고 있는데 높은 직선성을 보여주고 있음을 알 수 있다($R^2=0.985$).



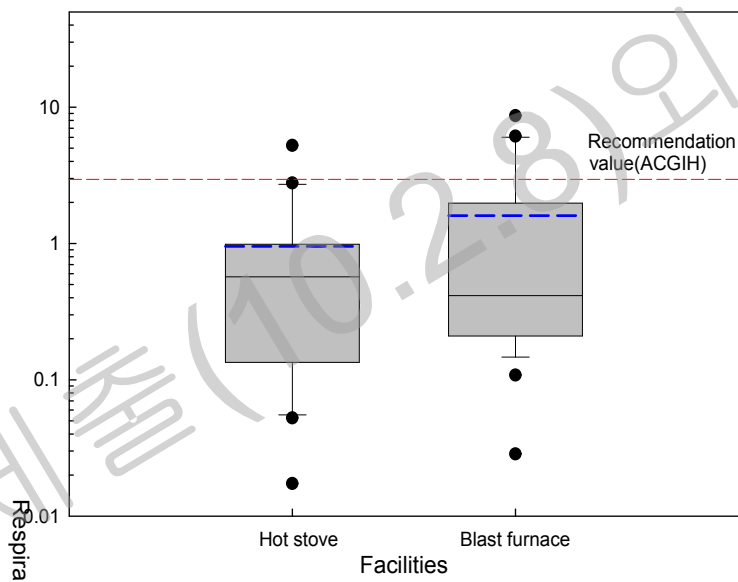
[그림 63] 제철업사업장 호흡성분진 누적도수분포도

또 [그림 64]의 박스그래프는 열풍로와 고로 등 개수설비별 농도분포현황을 박스모형으로 나타낸 것이다. 그래프에서 각 박스의 상단과 하단은 각각 75% 분위와 25% 분위값을 나타내며, 박스내의 실선은 중위수(median)를 표시한다. 각 박스의 외부 상하단 직선의 끝부분은 90%와 10% 분위값을 나타내며 박스 밖에 등근점으로 나타난 값들은 90%를 초과하는 경우에 해당하는 개별 이상결과값 등이다.

또한 박스의 내부 또는 외부의 수평과선은 산술평균을 나타낸다. 박스그래프에서 보듯이 전체적인 자료의 범위와 산술평균값은 고로 개수공사에서 더 높지만 중간값은 열풍로에서 더 높으며, 75% 분위기를 벗어나는 범위에서 미국산업위생전문가협회의 권고기준을 초과하는 농도치가 있음을 알 수 있다.

조사대상 제철업 사업장 개수공사의 근로자 직종별 노출평가결과를 정리하면 다음의 표 및 그림과 같다. 제관반의 산술평균농도는 1.594 mg/m³이고 비계반은

0.371 mg/m³, 용접반은 3.595 mg/m³로서 용접반의 산술평균농도가 가장 높다. 뿐만 아니라 기하평균, 중위수, 최대값 등의 수치도 용접반에서 가장 높다. 비계반의 경우 19명 근로자 전원의 노출농도가 미국산업위생전문가협회의 권고기준의 50% 미만이었다.



[그림 64] 제철업사업장 개수설비별 호흡성분진 농도 분포

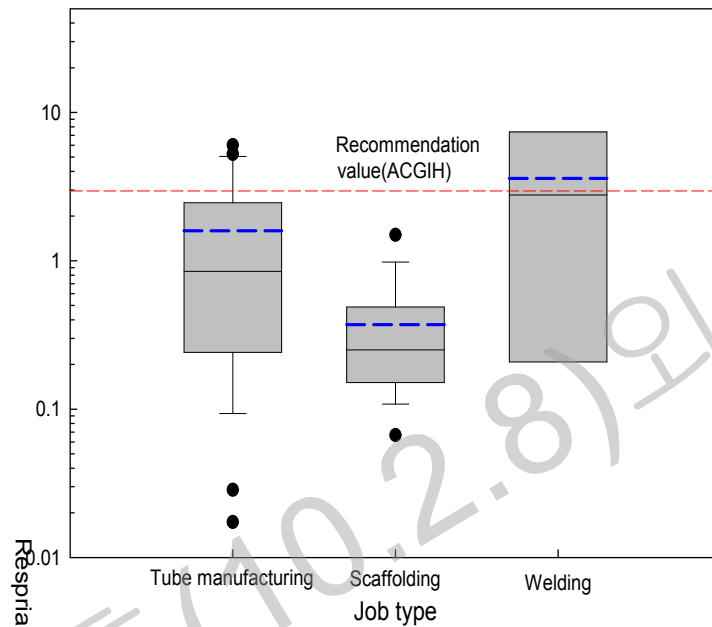
<표 73> 제철업사업장 직종별 호흡성분진 노출평가결과(단위 : mg/m³)

직종	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	49	1.324	1.945	0.510	4.308	0.417	8.648	8.665	0.017
제관반	25	1.594	1.811	0.699	4.739	0.849	5.988	6.005	0.017
비계반	19	0.371	0.355	0.268	2.230	0.251	1.426	1.493	0.067
용접반	5	3.595	3.732	1.229	8.582	2.777	8.613	8.665	0.052

<표 74> 제철업사업장 직종별 호흡성분진농도의 자료분포현황

개수설비	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계	49	-	20	18	5	3	3
(%)	(100.0)	-	(40.8)	(36.7)	(10.2)	(6.1)	(6.1)
제관반	25	-	7	10	4	3	1
(%)	(100.0)	-	(28.0)	(40.0)	(16.0)	(12.0)	(4.0)
비계반	19	-	12	7	-	-	-
(%)	(100.0)	-	(63.2)	(36.8)	-	-	-
용접반	5	-	1	1	1	-	2
(%)	(100.0)	-	(20.0)	(20.0)	(20.0)	-	(40.0)

<표 73>과 [그림 65]를 보면 직종별 기하평균농도값이 용접반, 제관반, 비계반의 순으로 높음을 알 수 있고 특히 용접반의 경우 호흡성분진의 농도중앙값이 미국산업위생전문가협회의 권장기준에 근접하고 산술평균농도는 권장기준을 초과함을 알 수 있다. 직종별 호흡성분진 농도의 미국산업위생전문가협회의 권장기준 초과율을 보면 용접반이 40%로서 상대적으로 가장 높고 제관반의 초과율은 16%이며 비계반은 권장기준 초과근로자가 발생하지 않았다.



[그림 65] 제철업사업장 직종별 호흡성분진 농도 분포

직종별 호흡성분진 농도의 기하평균값의 차이를 알기 위하여 농도값을 대수 변환한 자료를 유의수준 0.05에서 통계분석한 결과, 제관반의 기하평균농도는 비계반의 평균농도에 비하여 유의하게 높았으며($p=0.012$), 용접반의 기하평균농도 역시 비계반에 비하여 유의하게 높았다($p=0.017$). 그러나 호흡성분진에 대한 미국산업위생전문가협회의 권장기준 초과율이 16%인 제관반과 권장기준 초과율이 40%인 용접반은 기하평균농도의 차이에 있어서는 유의하지 않았다($p=0.491$).

<표 75> 제철업사업장 직종별 호흡성분진 농도평균 비교

직종	근로자수	Shapiro-Wilk 정규성검정 유의확률	Levene 등분산성 검정 유의확률	t 값	t-검정 유의확률
제관-비계	25	0.210	0.014	2.654	0.012
	19	0.922			
제관-용접	25	0.210	0.255	-0.697	0.491
	5	0.402			
비계-용접	19	0.922	0.001	-2.594	0.017
	5	0.402			

(2) 결정형 유리규산

제철업 사업장 노출평가를 위한 결정형 유리규산에 대한 시료포집 근로자 현황은 호흡성분진에 대한 사항과 동일하다. 제철업 사업장 개수공사의 평가대상 설비별 결정형 유리규산 노출농도는 다음의 표와 같다.

<표 76> 제철업사업장 개수설비별 결정형유리규산 노출평가결과(단위 : mg/m³)

개수 설비	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	49	0.00034	0.0011	0.00085	1.524	0.0000	0.0051	0.0051	ND
열풍로	21	0.00056	0.0013	0.00104	1.652	0.0000	0.0050	0.0050	ND
고로	28	0.00018	0.0010	0.00089	1.408	0.0000	0.0051	0.0051	ND

<표 77> 제철업사업장 개수설비별 결정형유리규산의 자료분포현황

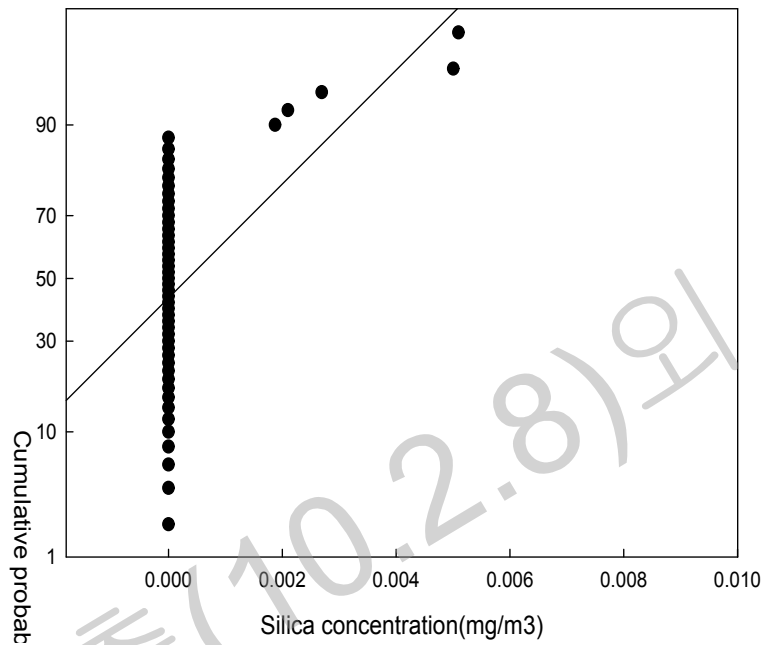
개수설비	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계 (%)	49 (100.0)	44 (89.8)	3 (6.1)	2 (4.1)	-	-	-
열풍로 (%)	21 (100.0)	17 (81.0)	3 (14.3)	1 (4.8)	-	-	-
고로 (%)	28 (100.0)	27 (96.4)	-	1 (3.6)	-	-	-

결정형 유리규산은 열풍로 개수공사시에 21명, 고로 개수공사시에 28명 등 49명의 근로자에 대하여 측정하였는데 그 중 44명의 근로자에게서는 유리규산이 미검출되어 측정 근로자에 대한 미검출율이 89.8%이었다. 열풍로 개수공사에서는 17명이 미검출되어 미검출율이 81.0%이었으며, 고로 개수공사에서는 27명에서 유리규산이 미검출되어 미검출율이 96.4%이었다.

또한 결정형유리규산의 모든 시료가 노출기준의 50% 미만이었다. 열풍로 개수공사 기간에 채취한 1개 고형시료에서는 결정형 유리규산이 19.1% 함유된 것으로 분석한 바 있으므로 작업환경중의 유해물질 존재여부가 설비간의 유리규산 검출율의 차이를 유발한 것으로 보인다. 고로 개수공사에서 유리규산이 검출된 근로자는 배관해체작업에서 발생하였으며 그는 비계반에 소속되어 보온재 철거작업을 수행하였다.

열풍로 개수공사시의 산술평균농도는 0.00056 mg/m³로서 고로개수공사시의 농도인 0.00018 mg/m³에 비하여 약간 높았으며 2개 설비 모두에 대한 산술평균농도는 0.00034 mg/m³인데 이는 노출기준의 0.7% 수준이다.

[그림 66]을 보면 결정형유리규산의 농도분포가 미검출수준에 집중되어 있음을 알 수 있다.



[그림 66] 제철업사업장 결정형유리규산 누적도수분포

결정형 유리규산의 근로자 직종별 노출농도는 다음과 같다. 제관반의 경우 측정근로자 25명중 23명에게서 결정형 유리규산이 검출되지 않아 미검출율이 92.0%에 달하였으며, 비계반과 용접반의 유리규산 검출율은 각각 89.5%와 80.0%였다. 제관반과 비계반의 최고노출 근로자의 유리규산 농도는 노출기준인 0.05 mg/m³에 비하여 10~11% 수준이었다. 용접반은 유리규산 검출율에 있어서는 제관반과 비계반에 비하여 높았지만 최고노출농도는 노출기준의 4.2%로서 타 직종에 비하여 상대적으로 낮았다.

<표 78> 제철업사업장 직종별 결정형유리규산 노출평가결과(단위 : mg/m³)

직종	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	49	0.00034	0.0011	0.00085	1.524	0.0000	0.0051	0.0051	ND
체관반	25	0.00031	0.0011	0.00094	1.522	0.0000	0.0050	0.0050	ND
비계반	19	0.00037	0.0012	0.00096	1.561	0.0000	0.0051	0.0051	ND
용접반	5	0.00042	0.0009	0.00100	1.511	0.0000	0.0021	0.0021	ND

<표 79> 제철업사업장 직종별 결정형유리규산의 자료분포현황

직종	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계	49	44	3	2	-	-	-
(%)	(100.0)	(89.8)	(6.1)	(4.1)	-	-	-
체관반	25	23	1	1	-	-	-
(%)	(100.0)	(92.0)	(4.0)	(4.0)	-	-	-
비계반	19	17	1	1	-	-	-
(%)	(100.0)	(89.5)	(5.2)	(5.2)	-	-	-
용접반	5	4	1	-	-	-	-
(%)	(100.0)	(80.0)	(20.0)	-	-	-	-

(3) 6가크롬 화합물

평가대상 2개 설비의 개수공사에 대한 6가크롬 화합물의 측정 근로자수 현황은 다음의 <표 80>과 같이 열풍로 개수공사 시 16명, 고로 개수공사 시 5명 등 총 21명이다. 열풍로 개수공사의 노출평가기간은 돔 및 연락관 절단·철거, 사상, 박스거더 설치, 돔 설치 등 전 공정이 포함되어 있으며, 고로 개수공사에 대한 6가크롬 화합물 노출평가는 배관해체 공정에 실시하였고 철피절단 공정은 제외하였다.

<표 80> 제철업사업장 6가크롬화합물 측정근로자수

설비	직종	작업내용	측정 근로자수
계	-	-	21
열풍로	소 계	-	16
	제관반	산소절단, 용접, 그라인딩, 조립	4
	비계반	구조물 해체	2
	용접반	이산화탄소 용접, 운반	10
고로	소 계	-	5
	제관반	배관해체	3
	비계반	배관해체	1
	용접반	산소절단	1

본 제철업 사업장 개수공사의 평가대상 설비별 6가크롬 화합물 노출농도는 다음의 표 및 그림과 같다. 열풍로 개수공사 및 고로 개수공사 전 시설에 대한 6가크롬화합물의 산술평균농도는 0.00044 mg/m³로서 국내 노출기준의 4.4% 수준이고, 열풍로 및 고로 개수공사에 대한 산술평균 농도는 노출기준 대비 각각 2.1% 및 11.6% 수준으로서 매우 낮은 농도였으며 고로 개수공사 시의 산술평균농도가 열풍로 개수공사 시의 산술평균농도보다 높았다. 또한 전 시설 측정 근로자 21명 중 6가크롬 화합물이 검출되지 아니한 근로자가 10명으로서 측정 근로자의 47.6%에 해당하였다. 열풍로와 고로 개수공사시의 6가크롬 미검출율은 각각 56.3%와 20%였다. 열풍로 개수공사의 경우 용접반에서만 6가크롬화합물이 검출되었고 제관반과 비계반에서는 검출되지 않았는데 이는 용접반 근로자들이 크롬이 함유된 이산화탄소용접을 수행한 것과 관련있어 보인다.

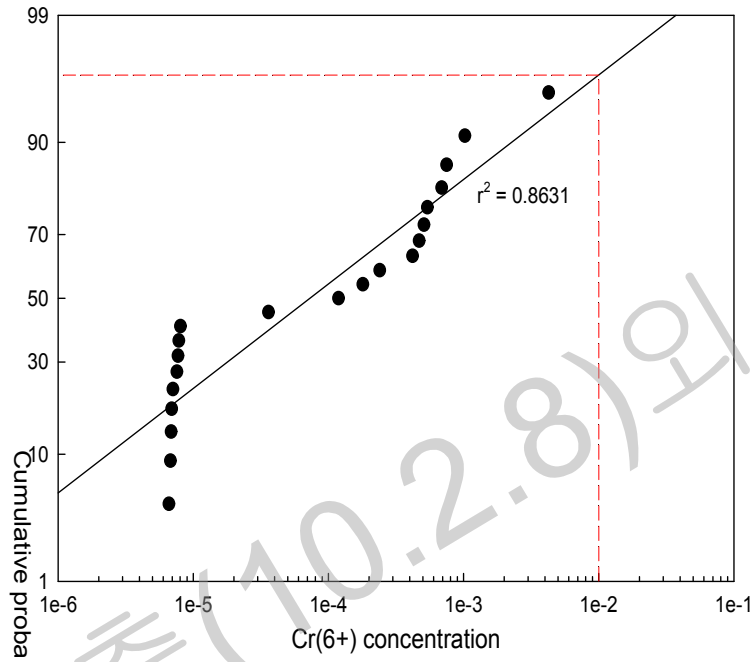
<표 81> 제철업사업장 개수설비별 6가크롬화합물 노출평가결과(단위 : mg/m³)

개수 설비	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	21	0.00044	0.0009	0.00007	9.281	0.0001	0.0043	0.0043	ND
열풍로	16	0.00021	0.0003	0.00004	8.364	0.0000	0.0008	0.0008	ND
고로	5	0.00116	0.0018	0.00038	6.374	0.0004	0.0043	0.0043	ND

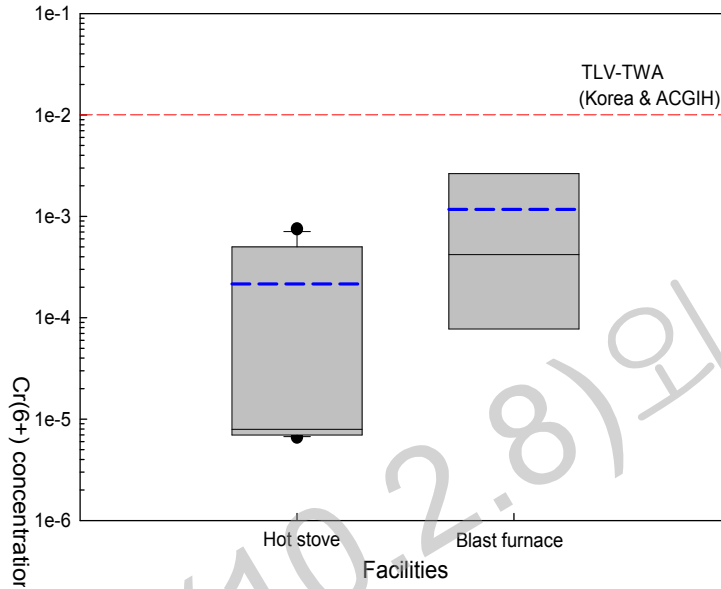
<표 82> 제철업사업장 개수설비별 6가크롬화합물 자료분포현황

개수설비	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계	21	10	9	2	-	-	-
(%)	(100.0)	(47.6)	(42.9)	(9.5)	-	-	-
열풍로	16	9	7	-	-	-	-
(%)	(100.0)	(56.3)	(43.7)	-	-	-	-
고로	5	1	2	2	-	-	-
(%)	(100.0)	(20.0)	(40.0)	(40.0)	-	-	-

[그림 67]과 [그림 68]은 미검출값에 대해 검출한계값을 적용하여 6가크롬화합물의 누적도수분포 및 개수설비별 박스그래프를 표현한 것이다. 고로 개수공사에 비해 열풍로 개수공사시에는 자료의 중간값과 산술평균값이 상당히 이격되어 있음을 알 수 있다. 이는 열풍로 개수공사시의 미검출율이 56.3%로서 고로 개수공사의 미검출율 20.0%보다 상당히 높아 열풍로 개수공사시의 6가크롬화합물 농도 중위수가 낮아졌기 때문이다.



[그림 67] 제철업사업장 6가크롬화합물 농도 누적도수분포



[그림 68] 제철업사업장 개수설비별 6가크롬화합물 농도 분포

열풍로 개수공사와 고로 개수공사에 대한 6가크롬 화합물의 기하평균농도 평균의 차이를 알기 위하여 SPSS를 이용하여 통계분석하였는데 열풍로의 대수변환 농도자료가 정규성을 만족하지 않아 독립 2표본 비모수검정을 실시한 결과 Mann-whitney 유의확률이 0.083으로서 열풍로 개수공사의 6가크롬 화합물 기하평균 농도와 고로 개수공사의 기하평균농도는 평균의 차이가 유의하지 않았다.

<표 83> 제철업사업장 개수설비별 6가크롬화합물 농도평균 비교

설비	근로자수	Shapiro-Wilk 정규성검정 유의확률	Mann-whitney Z	Mann-whitney 유의확률
열풍로	16	0.000	-1.734	0.083
고로	5	0.987		

조사대상 제철업 사업장 개수공사의 근로자 직종별 6가크롬 화합물 노출농도는 다음의 <표 84>와 같다.

제관반의 평가대상 근로자는 7명이었으며 그 중 4명은 시료분석결과 6가크롬 화합물이 검출되지 않았다. 산술평균농도는 0.00069 mg/m³으로서 노출기준의 6.9% 수준이었고 농도범위는 ND~0.0043 mg/m³으로서 최고노출농도는 노출기준의 43%였다.

비계반은 평가대상 근로자 3명 모두 6가크롬 화합물이 미검출되었는데 이는 동 직종의 근로자들이 용접이나 절단작업을 수행하지 않았기 때문인 것으로 분석된다. 용접반은 산술평균농도가 0.00040 mg/m³으로서 최고노출농도는 노출기준의 1.5%로 낮은 수준이었다. 용접반의 6가크롬 화합물 미검출율은 27.3%이었다.

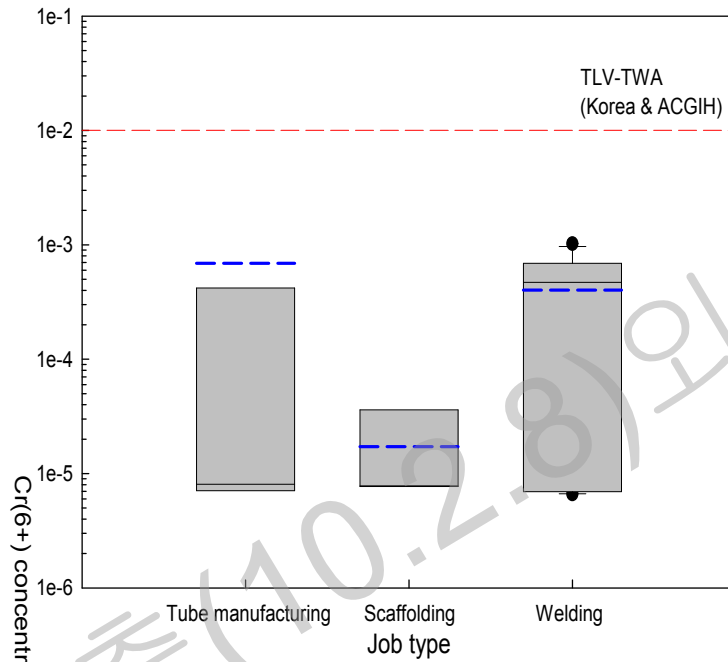
<표 84> 제철업 사업장 직종별 6가크롬화합물 노출평가결과(단위 : mg/m³)

직 종	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	21	0.00044	0.0009	0.00007	9.281	0.0001	0.0043	0.0043	ND
제관반	7	0.00069	0.0016	0.00005	13.112	0.0000	0.0043	0.0043	ND
비계반	3	-	-	-	-	-	-	ND	ND
용접반	11	0.00040	0.0003	0.00015	7.763	0.0005	0.0010	0.0010	ND

<표 85> 제철업사업장 직종별 6가크롬화합물 자료분포현황

개수설비	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계 (%)	21 (100.0)	10 (47.6)	9 (42.9)	2 (9.5)	-	-	-
제관반 (%)	7 (100.0)	4 (57.1)	2 (28.6)	1 (14.3)	-	-	-
비계반 (%)	3 (100.0)	3 (100.0)	-	-	-	-	-
용접반 (%)	11 (100.0)	3 (27.3)	7 (63.6)	1 (9.1)	-	-	-

[그림 69]의 박스그래프를 보면 제관반과 용접반의 6가크롬화합물 산술평균 농도는 차이가 별로 없으나 중간값은 제관반에서 매우 낮음을 볼 수 있다. 이는 제관반의 미검출율이 57.1%로서 용접반의 미검출율 27.3%보다 높은 관계로 자료값들이 저농도에 많이 분포되어 있기 때문이다.



[그림 69] 제철업사업장 직종별 6가크롬화합물 농도분포

6가크롬 화합물이 검출된 제관반과 용접반의 기하평균농도를 통계분석한 결과 유의수준 0.05에서 Mann-whitney 유의확률이 0.390으로서 두 집단의 기하평균은 유의한 차이가 나타나지 않았다.

<표 86> 제철업사업장 직종별 6가크롬화합물 농도평균 비교

직종	근로자수	Shapiro-Wilk 정규성검정 유의확률	Mann-whitney Z	Mann-whitney 유의확률
제관반	7	0.042	-0.860	0.390
용접반	11	0.002		

(4) 금속

제철업 사업장에 대한 노출평가 시 금속에 대한 평가는 열풍로 개수공사에 대하여는 실시하지 않았고 고로 개수공사에만 적용하였고 직종별 측정근로자수는 다음과 같다.

<표 87> 제철업사업장 금속 측정근로자수

설비	직종	작업내용	측정 근로자수
고로	소계	-	25
	제관반	산소절단, 운반, 기타작업	11
	비계반	배관해체, 주변부해체, 가설축장설치, 고로덮개설치, 장비신호	12
	용접반	산소절단	1

고로 개수공사의 공정은 크게 배관해체공정과 철판절단공정으로 구분되며 철판절단공정은 다시 철판절단, 소절단 및 연와분리, 동 분리 등의 소공정으로 세분할 수 있는데 배관해체공정 기간에는 비계반 근로자만 작업하였고 철판절단공정에서 3개 직종 모두 작업에 투입되었다. 고로 개수공사 기간의 산화철 및 망간에 대한 노출평가결과는 다음의 표와 같다.

<표 88> 제철업사업장 금속 노출평가결과(단위 : mg/m³)

인 자	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
산화철	25	1.291	1.398	0.616	4.223	0.969	4.826	4.857	0.031
망간	25	0.027	0.070	0.007	5.377	0.009	0.356	0.356	0.0003

<표 89> 제철업사업장 금속 노출평가 자료분포현황

인 자	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
산화철 (%)	25 (100.0)	-	9 (36.0)	12 (48.0)	4 (16.0)	-	-
망간 (%)	25 (100.0)	-	24 (96.0)	1 (4.0)	-	-	-

산화철은 철 농도의 산술평균이 1.291 mg/m³로서 노출기준인 5 mg/m³의 25.8% 수준이며 범위는 0.031~4.857 mg/m³로서 모든 근로자의 노출수준이 노출기준 미만이었다. 산화철의 노출기준은 국내 및 미국산업위생전문가협회의 모두 5 mg/m³이다.

망간은 산술평균이 0.027 mg/m³로서 국내 노출기준의 2.7%수준이며 노출범위는 0.0003~0.356 mg/m³이었는데 본 노출범위는 국내 노출기준에 비하면 모두 노출기준 미만이지만 미국산업위생전문가협회의 TLV-TWA와 비교하면 1명의 근로자는 미국산업위생전문가협회의 TLV를 초과하였다. 망간 농도가 미국산업위생전문가협회의 노출기준을 초과한 근로자는 용접반 근로자로서 철피절단 공정 중에서 동 분리 작업장에서 산소절단작업을 수행한 근로자였다. 산화철 및 망간 모두 미검출 근로자는 발생하지 않았다.

고로 개수공사시 직종별 금속입자의 노출농도는 다음의 표와 같다. 노출농도의 산술평균을 직종별로 비교하면 산화철 및 망간 모두 용접반 근로자들이 가장 높은 농도에 노출되고 다음으로 제관반, 비계반의 순이다. 이는 용접반 근로자들은 전원이 금속흡이 발생하는 산소절단작업을 수행하고, 제관반 근로자들은 일부만 산소절단작업을 수행하며 비계반 근로자들은 산소절단작업을 전혀 수행하지 않는 것과 관련이 있는 것으로 보인다.

<표 90> 제철업사업장 직종별 산화철 노출평가결과(단위 : mg/m³)

직종	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	25	1.291	1.398	0.616	4.223	0.969	4.826	4.857	0.031
제관반	12	1.235	1.040	0.622	4.973	1.214	3.470	3.501	0.031
비계반	6	0.229	0.146	0.199	1.765	0.192	0.416	0.509	0.093
용접반	7	2.299	1.870	1.599	2.681	1.113	4.519	4.857	0.338

<표 91> 제철업사업장 직종별 산화철 노출평가 자료분포현황

직종	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계	25	-	9	12	4	-	-
(%)	(100.0)	-	(36.0)	(48.0)	(16.0)	-	-
제관반	12	-	3	8	1	-	-
(%)	(100.0)	-	(25.0)	(66.7)	(8.3)	-	-
비계반	6	-	5	1	-	-	-
(%)	(100.0)	-	(83.3)	(16.7)	-	-	-
용접반	7	-	1	3	3	-	-
(%)	(100.0)	-	(14.3)	(42.9)	(42.9)	-	-

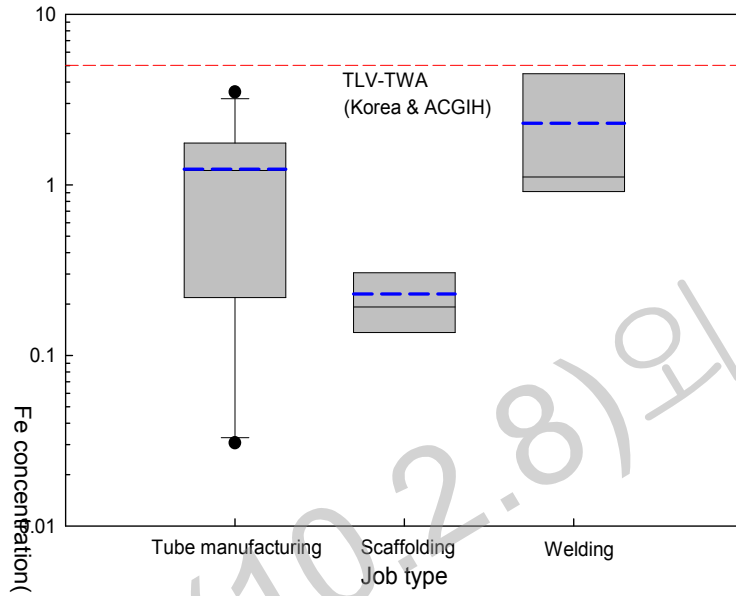
<표 92> 제철업사업장 직종별 망간 노출평가결과(단위 : mg/m³)

직종	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	25	0.027	0.070	0.007	5.377	0.009	0.356	0.356	0.0003
제관반	12	0.012	0.012	0.006	4.953	0.009	0.041	0.041	0.0003
비계반	6	0.002	0.001	0.002	1.840	0.002	0.003	0.004	0.001
용접반	7	0.074	0.125	0.029	4.578	0.037	0.353	0.356	0.003

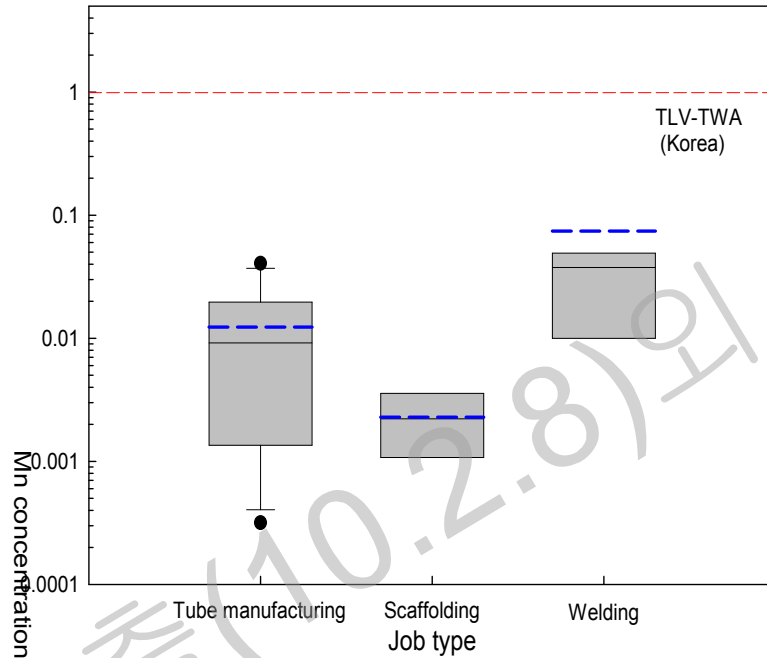
<표 93> 제철업사업장 직종별 망간 노출평가 자료분포현황

직종	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계 (%)	25 (100.0)	-	24 (96.0)	1 (4.0)		-	-
제관반 (%)	12 (100.0)	-	12 (100.0)	-		-	-
비계반 (%)	6 (100.0)	-	6 (100.0)	-		-	-
용접반 (%)	7 (100.0)	-	6 (85.7)	1 (14.3)		-	-

근로자 직종별 산화철과 망간의 농도분포를 박스그래프로 나타내면 다음과 같다. 산화철에 대한 박스그래프인 [그림 70]에서보면 비계반의 경우 농도분포의 범위가 좁은 것을 알 수 있는데 실제로 비계반의 자료범위는 0.416으로서 제관반의 자료범위 3.501 및 용접반의 자료범위 4.857에 비하여 매우 좁은 편이다. 또한 산술평균농도 역시 비계반은 0.229 mg/m³로서 제관반의 산술평균 1.235 및 용접반 2.299 mg/m³에 비하여 상당히 낮다.



[그림 70] 제철업사업장 직종별 산화철 농도분포



[그림 71] 제철업사업장 직종별 망간 농도분포

위의 [그림 71]은 직종별 망간의 농도를 박스로 표시하였는데 산화철 농도와 마찬가지로 용접반의 농도가 가장 높다.

(5) 석면

공기중 석면의 측정은 열풍로 개수공사 평가시에 20개 장소, 고로 개수공사 평가시에 26개 장소 등 46개 장소에 대하여 실시하였다.

산소절단이나 용접작업 등에서 발생하는 석면 외의 일반분진에 의한 분석방해를 방지하기 위하여 지역시료방식으로 측정하였는데 열풍로 개수공사시에는 연소실 및 축열실의 30 m 및 35 m 높이에서 시료를 포집하였고, 고로 개수공사시에는 고로의 1~3상 위치 및 연와분리장, 동분리장 등에서 지역시료를 포

집하였다.

평가대상 설비별 시료포집현황은 다음과 같다.

<표 94> 제철업사업장 공기중 석면 측정장소수

설비	주요 측정장소	측정 장소수
계	-	46
열풍로	연소실 및 축열실 30~35 m 높이	20
고로	고로 1상, 2상, 3상, 연화분리장, 동분리장	26

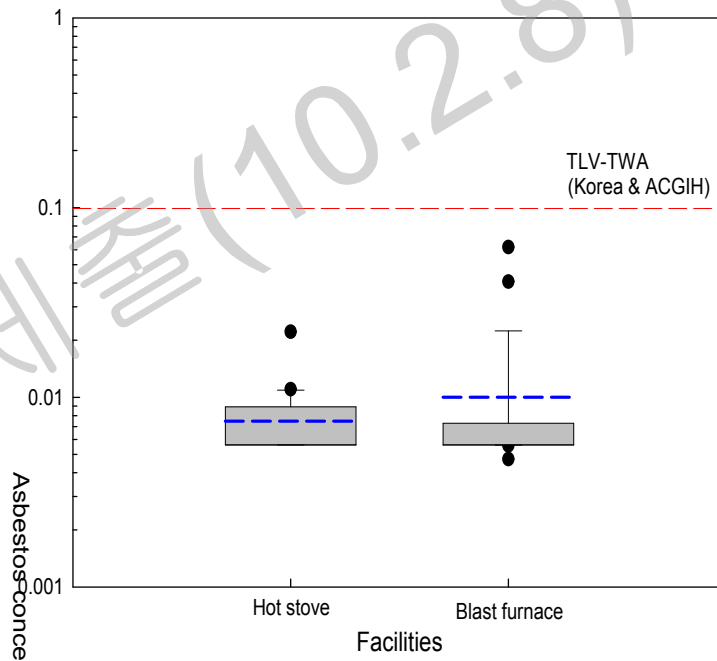
공기중석면 측정 46개 장소중 19개 장소에서 섬유상물질이 검출되었고 측정 장소의 58.7%에 해당하는 27개 장소에서는 섬유상물질이 검출되지 않았다. 열풍로 개수공사에서는 20개 장소중 7개 장소에서 석면이 섬유상물질이 검출되어 검출율이 35.0%였으며 고로 개수공사시에는 검출율이 46.2%이었다.

<표 95> 제철업사업장 개수설비별 공기중석면 노출평가결과(단위 : 개/cm³)

개수 설비	n	산술평균 (AM)	표준편차 (SD)	기하평균 (GM)	기하 표준편차 (GSD)	중위수 (Median)	범위 (Range)	최대값 (Max.)	최소값 (Min.)
계	46	0.0056	0.0113	0.0072	1.6867	0.0000	0.0618	0.0618	ND
열풍로	20	0.0038	0.0061	0.0069	1.4347	0.0000	0.0221	0.0221	ND
고로	26	0.0070	0.0141	0.0074	1.8690	0.0000	0.0618	0.0618	ND

<표 96> 제철업사업장 개수설비별 공기중석면 자료분포현황

개수설비	합계	불검출	10% 미만	10~50%	50~100%	1배~2배	2배초과
계 (%)	46 (100.0)	27 (58.7)	12 (26.1)	6 (13.0)	1 (2.2)	-	-
열풍로 (%)	20 (100.0)	13 (65.0)	4 (20.0)	3 (15.0)	-	-	-
고로 (%)	26 (100.0)	14 (53.8)	8 (30.8)	3 (11.5)	1 (3.8)	-	-



[그림 72] 제철업사업장 개수설비별 공기중석면 농도분포

공기중 섬유상물질의 최고노출농도는 고로 개수공사시의 철판절단공정에서 발생하였는데 농도가 0.0618 개/cm³로서 노출기준인 0.1 개/cm³의 61.8%에 해당하였다. 열풍로 개수공사 기간의 최고노출농도는 0.0221 개/cm³로서 노출기준의

22.1%에 해당하였는데 세부공정이 그라인딩작업이었다.

공기중 석면의 분석은 위상차현미경으로 실시하였고, 고로 및 열풍로 주변에서 채취한 고형시료에서 석면이 함유되지 않은 것으로 분석되었으므로 열풍로 및 고로 개수공사에서 검출된 섬유상물질을 석면이라고 단정할 수는 없다.

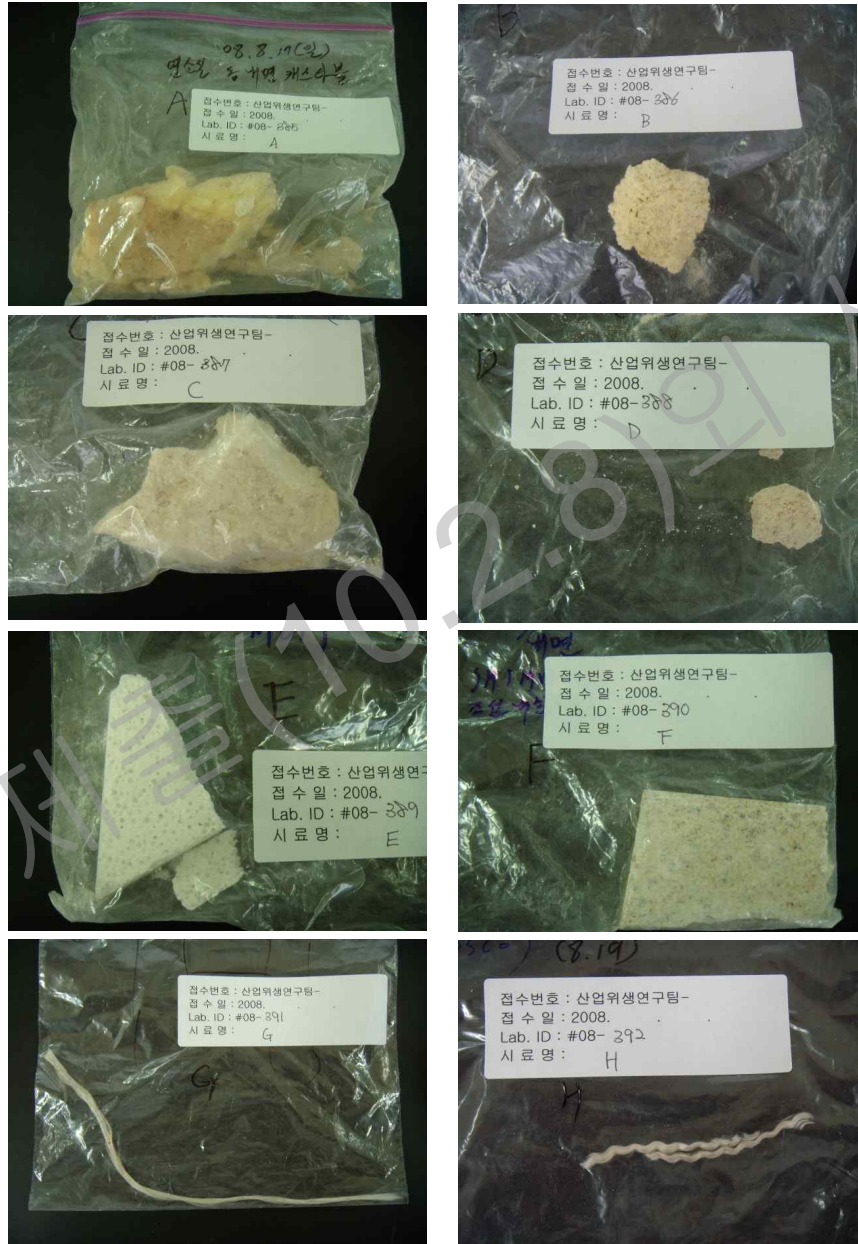
(6) 고형시료

개수공사 현장에서 석면 또는 결정형 유리규산이 함유되어있을 것으로 의심되는 고형시료는 열풍로 개수공사에서 8개, 고로 개수공사에서 13개 등 21개를 채취하여 분석하였다. 채취한 고형시료는 기존 열풍로 및 고로에서 철거되는 내화 벽돌 및 캐스터블, 새로운 설비에 설치되는 내화벽돌 및 캐스터블, 배관 보온재, 배관 플랜지에 사용되는 가스켓 등이었다.

<표 97> 제철업 사업장 고형시료 채취현황

설 비	공정	채취장소	채취시료	채취수량
계	-	-	-	21
열풍로	-	연소실·혼냉실 내면, 배관외부	소 계	8
			내화벽돌(해체)	3
			내화벽돌(설치)	2
			캐스터블(해체)	1
			보온재	2
고로	소 계	-	-	13
	배관해체	고로주변, 담수펌프실	가스켓	2
			보온재	6
			용접포	1
	철피절단	고로주변, 연와분리장	내화벽돌(해체)	2
			캐스터블(해체)	2

열풍로 및 고로의 개수공사시에 채취한 고형시료의 성상은 다음 그림과 같다.



[그림 73] 열풍로 개수공사 고형시료



[그림 74] 고로 개수공사 고형시료(1)



[그림 75] 고로 개수공사 고형시료(2)

고형석면의 분석에는 편광현미경을 이용하였고, 고형유리규산 분석은 열풍로 시료는 적외선분광광도계, 고로시료는 엑스선회절분석기를 이용하였다. 고형시료에 대한 분석결과 해체된 내화벽돌 1개에서 결정형 유리규산이 19.1% 함유되어 있는 것으로 나타났고, 담수펌프실의 배관플랜지 해체부위에서 채취한 가스켓 시료에서는 백석면이 40% 함유되어 있는 것으로 나타났다.

그 두 개의 고형시료에서는 석면 및 결정형 유리규산이 검출되지 않았다.

<표 98> 제철업사업장 고형시료 분석결과

설 비	채취장소	채취시료	시료번호	함유량(%)	
				석면	결정형 유리규산
열풍로	연소실 내면	내화벽돌(해체)	B	-	19.1
고로	담수펌프실	가스켓	Bulk-1	40	-

국회제철(10.2.8)외 사용금지

4. 고 찰

1) 석유(석탄)화학산업

정유 및 석유화학공장의 작업공정은 원료에서 제품까지 거의 모든 스트림(stream) 속에 벤젠 등 발암성물질을 비롯한 다양한 유기용제 등이 들어 있으며, 이들 유기용제는 작게는 단순 자극에서부터 크게는 신경계 및 혈액계통에 발암을 일으킬수 있는 유해성을 갖고 있어 작업자는 항상 노출의 위험성을 갖고 있다. 그러나, 거의 모든 공정이 연속적이고 유기적으로 연결되어 있고 폐쇄적인 시스템을 갖고 있기 때문에 평상시에는 노출이 적은 편이다. 석유화학산업의 단위 공장마다 대략 4년에 한번씩 대정비작업(Turnaround, 이하 TA)이 수행되지만 사업장으로 보면 매년 대정비작업이 실시된다고 본다. 또한 부분정비는 화학설비에 문제가 있으면 수시로 수행되는 것으로 파악되었다. 대정비작업은 일정 기간 동안 공장가동이 멈추고 공정 내 설비가 개방되고 정비작업이 이루어지기 때문에 평상시 작업환경에 비해 보다 열악하고 유기용제를 비롯한 여러 유해인자에 노출될 위험성이 크다.

(1) 벤젠

벤젠은 원유 1리터에 약 4 g까지 함유되어 있다. 사람은 주변 환경으로부터 벤젠에 노출될 수 있다. 벤젠은 담배연기에도 포함되어 있으며, 무연 가솔린의 무게 5 ~ 10%를 구성하고 있다. 휘발성이 강하기 때문에 수중이나 토양 중에는 소량으로 존재하며 일반적으로 공기 중에 많이 분포하고 있다. 단시간 평균노출이 높은 사람은 대부분이 보수작업을 담당하는 사람이다(Verma 등, 2000).

정제 유지보수작업자도 배수 작업, 뚜껑 열기, 세척 작업, 밀폐장치 작업 등 다양한 작업을 담당하므로 벤젠에 노출될 수 있다(Concawe, 1994). 문헌에 따르면 정시 교대근무자의 벤젠 노출농도는 그다지 높지 않다. 그러나, 다양한 작업이 관

련되어 있어서 누출이 일어나는 경우에는 고농도로 벤젠에 노출될 수 있다. 예를 들어, 1986~1992년의 노출조사자료에 의하면 67~265 분의 단시간 노출농도는 그 평균이 48.0 ppm(범위: 7.0~205.2 ppm)로 높았다. 일반적으로 벤젠 노출위험이 있는 경우는 드물고, 기간도 짧다(Concawe, 1997).

1980년대 초기에는 정시 교대근무자의 평균노출농도가 현장조작자 0.24 ppm(범위: 0.009~12.4 ppm), 현장부근조작자 0.53 ppm(범위: 0.009~13.24 ppm)이었다(Concawe, 1986). 그 이후 조작방법이 많이 개선이 되어 노출형태도 정제 현장 작업자와 현장부근작업자의 평균 노출농도는 각각 0.069 ppm(농도범위: 0.002~2.463 ppm)와 0.10 ppm(범위: 0.003~7.28 ppm)로 감소되었다(Concawe, 2000).

석유화학산업에 대한 123개소의 지역 및 특정업무를 대상으로 한 조사결과에서 대부분의 벤젠농도(8시간 시간가중평균치)는 1 ppm 이하로 나타났으며 전체의 10% 이상이 1 ppm을 초과하였다(Spear et al, 1987).

1994년도에 유럽 석유화학공장 환경 및 보건안전기구는 1986년부터 1992년까지의 유럽 석유화학공장에서의 벤젠노출수준에 대한 보고를 하였는데, 벤젠 노출 작업자는 정제 운전자, 정제 지역 인근 근로자, 정제 유지보수 작업자, 탱크로리 운전자, 운반용 화차 운전자, 화차 출하작업자, 선박 간판선원, 선박출하 작업자, 서비스 스테이션 근무자, 출납계원, 통 세척자, 실험실 및 기관실 근로자 등으로 나타났다.

김 등이 2000년 벤젠에 대해 노출평가 결과를 보면, 니트로벤젠 제조공정이 벤젠의 TWA 농도가 0.92 ppm으로 노출기준 1.0 ppm에 육박하고 있는 것으로 나타났다고 측정시료 18개중 2개가 노출기준을 초과하는 것으로(<표 99>) 보고한 반면, BTX공정은 낮은 수준인 것으로 보고하고 있다.

<표 99> 벤젠 제조 및 사용사업장의 작업환경측정결과

구분	직종	사업장	시료수	기중농도		기준초과 (1 ppm)	
				기하평균 (ppm)	기하표준 편차		
총계	-	13	61	0.597	1.762	7	
벤젠	사용	MDA 제조	3	9	0.010	0.004	0
		MNB 제조	4	18	0.919	2.876	2
		카보머제조	5	17	1.079	1.417	5
	제조	BTX	1	6	0.135	0.152	0

(출처: 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 2000)

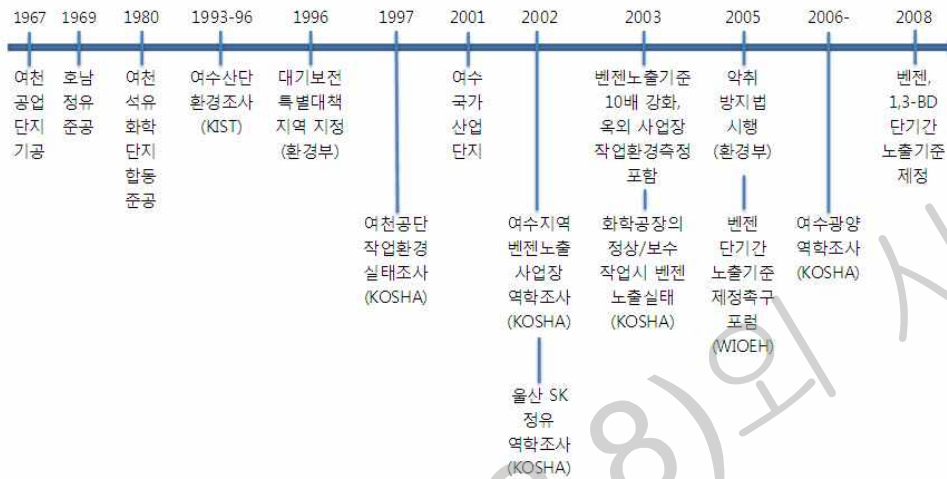
2002년부터 2005년까지의 벤젠취급 근로자의 작업환경측정 자료에 따르면, 2002년~ 2005년 사이에 총 174회 벤젠 측정을 시행하였으며, 그중 9개 시료에서 벤젠의 TWA 농도가 0.5 ppm보다 높은 것으로 나타났고, 그 가운데 5개 시료에서는 우리나라 TLV-TWA인 1 ppm보다도 높았다(<표 100>). 특히 기계제조, 화학, 정유 공장 등에서 1 ppm 이상의 농도를 나타냈다.

<표 100> '02~'05년까지 벤젠취급근로자의 작업환경 중 벤젠 농도

벤젠 농도	시료수	점유율
합 계	174	100 %
< 0.5 ppm	165	94.8 %
0.5 - 1.0 ppm	4	2.9 %
> 1.0 ppm	5	2.3 %
평균	0.229 ppm	
표준편차	0.471 ppm	
최고치	1.924 ppm	

화학공장의 벤젠노출실태를 조사한 한국산업안전공단 산업안전보건연구원의 연구(2003b)에 따르면, 납사원유를 사용하여 벤젠을 직접 제조하는 사업장에서 보수작업에 종사하는 근로자 78명의 정상보수기간 중의 벤젠 노출농도는 그 기하평균이 0.145 ppm(기하평균의 범위: 0.086~0.280 ppm)이며 기하표준편차가 3.88이었다. 최대값은 2.150 ppm으로 TLV-TWA인 1 ppm을 넘고 있었다. 특히 교대기사와 필드맨의 노출농도가 높았으며, BTX-Purge 단계와 BTX-Open 단계에서 상대적으로 높은 농도로 노출되었다. 개인 시료 가운데, 1 ppm을 초과하는 시료는 모두 8개(10.3%)였는데, 주간보다는 야간에 측정된 자료에서 1 ppm을 넘는 시료가 많았다. 지역시료의 벤젠농도는 0.131 ppm이 기하평균이며 5.32가 기하표준편차로 나타났다. 최대값은 4.360 ppm이었다. 개인시료와는 달리 SM-Purge 단계에서 가장 높고, 그 다음이 BTX-Purge, BTX-Open 순이었다. 특히 purge 작업이 진행될수록 TWA인 1는 상승하였다. 정기보수작업이 종료된 후 정상 조업기간중에는 벤젠노출인 1가 상대적으로 낮았으나, SM 공정에서 1 ppm을 넘는 경우가 있었고, 실험실에서도 1.610 ppm에 노출되고 있었다. 그러나 정기보수작업이 종료된 후 정상 조업기간 V-T 측정된 지역시료인 1는 모두 0.5 ppm 이하로 인유지되고 있었다. 울산지역의 벤젠 제조 및 사용 사업장 m으로 TLV-TWA 1를 측정된 한국산업안전공단 산업안전보건연구원의 연구보고서(2004a)에서 2001년도 전체 측정건수 298건의 기하평균은 0.0645 ppm, 최대값은 2.08 ppm이었으며, WA인 1가 1 ppm 이상인 것은 3건이었다. 2002년에는 전체 401건 V-에 10건이 1 ppm을 넘었는데, 기하평균은 0.0662, 최대값은 6.1702 ppm이었다. 2003년에는 466 건 중 1 ppm 이상이 한 건도 없었으며, 기하평균은 0.0409 ppm, 최대값은 0.4421 ppm이었다. 전체적으로 1165 건 가운데 13 건(1.1%)이 1 ppm을 초과하였고, 그 최대값은 6.1702 ppm이었다.

지금까지 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 등에서 여수산업단지를 대상으로 실시한 연구 및 조사결과를 년도별로 요약하여 나타내었다.([그림 76])



[그림 76] 년도별 여수산업단지 작업환경 노출실태 조사현황

금번 조사연구에서 비발주처들의 대정비작업과 발주처 근로자들의 정상작업에서 노출을 비교하기 위해 ‘표준작업환경측정지침’을 제작하여 이 지침에 의거 작업환경측정을 실시하도록 하였다. 이 지침에 따라 벤젠을 측정된 2007년 9개사, 2008년 7개사의 작업환경측정결과를 살펴보면, 1개 사업장에서 단기간노출기준 (STEL)을 초과하는 시료는 2건이었고, 나머지 사업장에서는 초과한 사례가 없었다.

<표 101> 표준작업환경측정 지침에 의한 벤젠의 작업환경측정결과('07)

Company name	N	8hr-TWA						STEL						> TLV	
		n1	AM	SD	GM	GSD	Range (ppm)	n2	AM	SD	GM	GSD	Range (ppm)	TWA	STEL
Total	312	284	0.068	0.171	0.014	4.425	N.D.~0.958	28	0.081	0.155	0.014	5.260	N.D.~0.553	0	0
a	14	32	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-
g	178	178	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-
m	20	9	0.01	0.01	0.01	1.88	N.D.~0.040	11	N.D.	-	-	-	N.D.	0	0
y	71	54	0.07	0.18	0.01	4.68	N.D.~0.958	17	0.13	0.20	0.02	7.13	N.D.~0.553	0	0
s	11	11	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-
b	7	7	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-
p	7	7	0.11	0.23	0.02	5.40	N.D.~0.627	0	-	-	-	-	-	0	-
h	2	2	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-
k	2	2	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-

<표 102> 표준작업환경측정 지침에 의한 벤젠의 작업환경측정결과('08)

Company name	N	8hr-TWA						STEL						> TLV	
		n1	AM	SD	GM	GSD	Range (ppm)	n2	AM	SD	GM	GSD	Range (ppm)	TWA	STEL
Total	428	371	0.010	2.203	0.015	0.015	N.D.~0.702	57	0.020	8.683	0.020	5.963	N.D.~16.54	0	2
a	32	32	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	0
b	216	206	N.D.	-	-	-	N.D.	10	0.13	0.20	0.02	7.13	N.D.~0.553	0	0
c	159	119	0.03	0.07	0.01	2.84	N.D.~0.702	40	0.89	2.90	0.03	12.35	N.D~16.54	0	2
d	11	7	N.D.	-	-	-	N.D.	4	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-
e	7	4	0.11	0.23	0.02	5.40	N.D.~0.627	3	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-
f	2	2	N.D.	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-
g	1	1	0.11	0.23	0.02	5.40	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-

(2) 1,3-부타디엔

미국 NIOSH에서 조사된 결과에 따르면 미국에서 1,3-부타디엔에 직접적으로 노출될 가능성이 있는 잠재적인 근로자는 7,600 여명으로 추산하고 있다(OSHA, 1996).

국내 근로자중 1,3-부타디엔의 잠재적 노출근로자는 정확히 추산하기 어려우나 실제 노출될 가능성이 있는 근로자 수는 총 1,450 명 정도가 될 것으로 추산하고 있다. (최등, 2005) 그러나 1,3-부타디엔을 포함한 석유화학산업의 대정비작업 때에 참여하는 도급(하청)업체 근로자들을 포함한다면 잠재적인 노출근로자는 상당히 많을 것으로 추정된다.

Katzenmeyer(1989) 연구에서 1,3-부타디엔의 8시간 노출농도는 <0.005~43.2 ppm으로 검출한계이하의 농도수준에서부터 10 ppm이상의 고농도까지 매우 다양한 농도수준을 보였다.

미국 Fajen et al.(1993)의 연구에서는 0.02 ppm 이하~374 ppm까지 농도범위가 넓게 분포되어 있었으며, 평균농도역시 7 ppm으로 매우 높게 나타났으나 Sorsa et al(1994, 1996a, 1996b)의 연구에서 나타난 1,3-부타디엔의 노출농도는 70 % 이상이 0.2 ppm이하로 나타났으며, Anttinen-Klemetti et al.(2004)는 1,3-부타디엔 노출 평균농도가 0.169 ppm으로 나타났다고 보고하였으며, 3 %정도만이 1 ppm 이상인 것으로 나타났다.

1987년 NIOSH에서 조사한 결과에서도 Unloading area, Tank farm, Purification 공정에서의 1,3-부타디엔 농도는 다른 공정보다 높게 나타났으며, 각각의 농도범위는 0.770~28.5 ppm, <0.006(검출한계이하)~23.7 ppm, 1.3~24.1 ppm이었다. 그 외 Polymerization or reaction 공정 <0.006(검출한계이하)~11.3 ppm, Solution & coagulation 공정 <0.005(검출한계이하)~0.169 ppm, Crumbing & drying 공정 0.005(검출한계이하)~0.116 ppm, Packaging 공정 <0.005(검출한계이하)~0.154 ppm, Warehouse 공정 0.005(검출한계수준)~0.067 ppm, Control room 공정 <0.012(검출한계이하)~0.070 ppm였다.

Katzenmeyer (1989)은 석유화학 장치산업에서 1,3-부타디엔의 단시간노출수준이 <math><0.137\sim 210.0\text{ ppm}</math>으로 최고 210 ppm까지 노출되는 결과를 보고하였고, 핀란드에서 조사된 Sorsa et al.(1994) 연구에서는 시료가 거의 0.2 ppm이하로 나타났다. 또한 포르투갈에서 조사된 Sorsa et al.(1996a) 연구에서는 약 60 %가 2 ppm 이하라고 하였고, 체코공화국에서의 1,3-부타디엔 농도는 약 45%가 10 ppm 이상으로 나타나 다른 나라보다 크게 농도가 높게 나타났다.

산업안전보건연구원의 보고서에 의하면 울산지역 1,3-부타디엔 제조 및 취급사업장의 현장 근로자 노출수준은 기하평균 0.032 ppm (불검출~2.042 ppm)으로 1,3-부타디엔에 직접적으로 노출되지 않는 보드맨 근로자의 기하평균 0.006 ppm (불검출~0.4296 ppm)보다 통계적으로 유의하게 높았다고 보고하였다. <표 103> 또한 국내 노출기준인 10 ppm보다 낮은 농도를 보였다.

<표 103> 울산지역 1,3-부타디엔 제조 및 취급사업장의 공기 중 1,3-부타디엔 농도

TA단계	시료수	기중농도		범위 (ppm)	비 고 p-value
		기하평균 (ppm)	기하표준 편차		
TOTAL	37	0.017	17.114	N.D.~2.042	0.065
노출군	23	0.032	20.831	N.D.~2.042	
대조군	14	0.006	8.618	N.D.~0.430	

(출처 : 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 2004)

국내 근로자의 1,3-부타디엔 노출실태를 보면, 대부분 석유화학 장치산업과 관련되어 있고, 1,3-부타디엔의 기하평균농도는 정유업과 타이어 제조공정은 농도가 매우 낮아 모두 검출한계이하로 나타났으며, 1,3-부타디엔 모노머를 제조하는 공정에서는 기하평균농도가 0.044 ppm(<math><0.007\text{ ppm}\sim 0.808\text{ ppm}</math>)이었고, 합성고무 및 합성수지 제조공정에서는 기하평균농도가 0.40 ppm(<math><0.006\text{ ppm}\sim 33.087\text{ ppm}</math>)이었다. 1,3-부타디엔 농도는 공정별로 합성고무 및 합성수지 제조공정과 타

이어 제조공정 간에 통계적인 유의한 차를 보였다($p < 0.05$).

1,3-부타디엔의 단시간노출농도는 시료채취작업과 수리작업 및 투입작업 등으로 나누어 측정된 결과, 대부분 샘플링 작업에서는 1,3-부타디엔에 대한 노출이 심각하지 않아 발견출되었으나, 4개의 시료에서 6.794 ppm~469.577 ppm을 나타냈다. 샘플링 작업의 경우 대부분 샘플링이 이루어지는 시간이 짧고(보통 2~5분), 1,3-부타디엔 모노머의 경우 밀폐된 상태에서 가스관에 포집이 되므로 노출될 수 있는 시간이 30초~1분 정도로 짧고, 1,3-부타디엔 폴리머의 경우 대부분 폴리머가 형성된 상태이고, 폴리머가 형성되지 못한 모노머 형태의 1,3-부타디엔에 노출되는 것이므로, 극히 저농도에 노출될 수 있다. 샘플링작업과 함께 1,3-부타디엔 라인내 존재하는 산소농도를 측정하는 과정에서 1,3-부타디엔 라인 밸브를 열고 측정하게 되므로 이때 고농도의 1,3-부타디엔에 노출되고 있는 것으로 나타났다.

대부분 합성고무 및 합성수지 중합공정에서의 수리작업, 특히 제트크리닝 작업에서 1,3-부타디엔에 노출되는 경우가 많았으며, 다른 필터교체작업 등에서는 1,3-부타디엔에 검출되지 않았다. 제트크리닝 작업시 제트크리닝을 위해 맨홀 뚜껑을 여는 단시간 노출이 심각했으며(28.699~39.675 ppm), 하부 청소작업에서는 최고 410.208 ppm에 노출된 경우도 있었다.

1,3-부타디엔의 기하평균농도는 정유업에서 0.138 ppm(0.046 ppm~0.405 ppm), 1,3-부타디엔 모노머 제조공정에서 0.347 ppm(0.279 ppm~0.424 ppm), 합성고무 및 합성수지 제조공정에서 7.865 ppm(0.048 ppm~469.577 ppm)으로 합성고무 및 합성수지 제조공정에서 다른 공정보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.($p < 0.05$).

시료채취작업에서의 단시간 노출에 대한 1,3-부타디엔의 기하평균 농도는 1.39 ppm(0.046 ppm~469.577 ppm)이었고, 수리작업에서는 7.85 ppm(0.048 ppm~410.208 ppm)이었다. 그 외 기타작업에서는 0.38 ppm(0.357 ppm~0.405 ppm)이었다. (최 등, 2005)

금번 조사연구에서 비발주처들의 대정비작업과 발주처 근로자들의 정상작업에서 노출을 비교하기 위해 ‘표준작업환경측정지침’을 제작하여 이 지침에 의거 작업환경측정을 실시하도록 하였다. 이 지침에 따라 벤젠과 1,3-부타디엔을 측정한 2007년 3개사, 2008년 4개사의 작업환경측정결과를 살펴보면, 1,3-부타디엔이 1개 사업장에서 단기간노출기준(STEL)을 초과하는 시료는 3건과 2건이었고, 나머지 사업장에서는 초과한 사례가 없었다.

국회제출(10.2.8)외 사용금지

<표 104> 표준작업환경측정 지침에 의한 1,3 부타디엔의 작업환경측정결과('08)

사업장	총 시료수	8hr-TWA						STEL						기준초과 시료수	
		시료수	AM	SD	GM	GSD	범위 (ppm)	시료수	AM	SD	GM	GSD	범위 (ppm)	TWA	STEL
Total	60	76	0.069	0.193	0.009	6.358	N.D.~0.702	31	4.444	9.551	0.101	44.21	N.D.~16.54	0	3
a	23	11	0.09	0.08	0.031	7.4	N.D~0.20.	10	0.59	0.81	0.03	26.521	ND~1.50	0	0
b	17	53	0.07	0.21	0.007	5.60	N.D~1.13	13	7.41	12.03	0.25	56.44	N.D.~35.52	0	3
c	11	3	-	-	-	-	N.D	8	-	-	-	-	.ND	0	0
d	9	9	-	-	-	-	N.D	0	-	-	-	-	ND	0	-

<표 105> 표준작업환경측정 지침에 의한 1,3 부타디엔의 작업환경측정결과('07)

사업장	총 시료수	8hr-TWA						STEL						기준초과 시료수	
		시료수	AM	SD	GM	GSD	범위 (ppm)	시료수	AM	SD	GM	GSD	범위 (ppm)	TWA	STEL
Total	51	29	0.152	0.29	0.026	8.69	N.D.~2.460	22	5.164	16.68	0.106	39.13	N.D.~78.82	0	2
a	23	12	0.18	0.18	0.06	7.18	N.D~0.500	11	1.02	1.50	0.11	21.21	ND~4.920	0	0
b	17	14	0.13	0.38	0.01	7.99	N.D~1.542	3	31.26	41.41	14.39	4.99	N.D.~78.82	0	2
c	11	3	0.13	0.16	0.303	11.69	N.D~2.460	8	1.08	2.02	0.02		ND~4.920	0	0

(3) 염화비닐

국내에서 염화비닐과 관련한 연구는 압출공정의 근로자에 대한 염화비닐 노출 평가에서 국소배기장치 설치전 후의 효율을 비교한 결과, 3.15ppm에서 0.46ppm으로 감소한 것으로 나타났고 t검정 결과 85.3%의 개선효과를 나타냈다고 보고하였다(박 등, 1993). PVC수지가공 근로자의 염화비닐농도가 가장 높은 공정은 중합공정(1.23 ppm~ 1.46 ppm)으로 노출기준을 초과하였고 증류 및 건조공정이 0.67ppm 이었다. 그리고 근로자가 가장 많이 일하는 조정실에서도 0.91 ppm, 0.65ppm이나 분석되었다고 보고하였다(박 등, 1994). 약 40년간 염화비닐에 노출된 근로자 1,536명을 대상으로 한 역학조사에서 간혈관육종과 간암(SMR=641)이 통계적으로 유의하였다(Otto, 1991).

금번 조사연구에서 비발주처들의 대정비작업과 발주처 근로자들의 정상작업에서 노출을 비교하기 위해 '표준작업환경측정지침'을 제작하여 이 지침에 의거 작업환경을 실시하도록 하였다. 이 지침에 따라 염화비닐을 측정된 2007년 1개사, 2008년 1개사의 작업환경측정결과에서 노출기준을 초과한 사례가 없었다.

<표 106> 표준작업환경측정 지침에 의한 염화비닐의 작업환경측정결과('07)

사업장	총 시료수	8hr-TWA						STEL						기준초과 시료수	
		시료수	AM	SD	GM	GSD	범위 (ppm)	시료수	AM	SD	GM	GSD	범위 (ppm)	TWA	STEL
Total	18	18	-	-	-	-	N.D	0	-	-	-	-	-	0	-
D	18	18	-	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-

<표 107> 표준작업환경측정 지침에 의한 염화비닐의 작업환경측정결과('08)

사업장	총 시료수	8hr-TWA						STEL						기준초과 시료수	
		시료수	AM	SD	GM	GSD	범위 (ppm)	시료수	AM	SD	GM	GSD	범위 (ppm)	TWA	STEL
Total	21	21	-	-	-	-	N.D	0	-	-	-	-	-	0	-
D	21	21	-	-	-	-	N.D.	0	-	-	-	-	-	0	-

(4) 노출기준 초과 작업

금번 연구에서 조사대상 사업장의 대정비작업에 참여하는 작업근로자들에 대한 작업환경측정에서 벤젠의 노출기준을 초과하는 경우는 총 125건(8hr-TWA 69건, STEL 56건) 이었고 1,3-부타디엔의 노출기준을 초과하는 경우는 총 67건(8hr-TWA 22건, STEL 45건) 이었다.

순간적으로 고농도에 노출될 것으로 예측되는 입조작업, 즉 맨홀오픈 작업에서 석탄화학산업에서는 노출농도가 높게 나타났고 석유화학산업에서는 전체적으로 낮게 나타났다. 이는 원료에 벤젠의 함유량이 얼마나 되는지에 따라 차이가 났기 때문으로 볼수 있고 석유화학에서는 시스템내 화학물질의 공기 또는 스팀 퍼지 (air or steam purge) 작업을 충분한 기간동안 실시하여 각종 화학설비의 개방시 노출이 적은 것으로 판단되었고 그 보다는 열교환기(Exchanger) 교체나 Shut Down 후 공기 또는 스팀퍼지중 비계작업 및 블라인드 작업이나 밸브 및 밸브 가스켓 교환작업에서 노출기준을 초과하였다.

그리고 벤젠 및 1,3-부타디엔의 노출기준을 초과하는 작업을 열거하여 분석한 결과, 벤젠인 경우 S/D 단계에서는 ① 블라인드 인(Blind in), ② 밸브조작 및 잠금작업, ③ 볼트해체 및 드레인밸브 교체, ④ 벤젠컬럼 비계 및 안전망 설치, ⑤ 플랜지 교체 등으로 나타났고, Maintenance 단계에서는 ① 밸브 및 가스켓 교환, ② 밸브 및 배관 조인트 해체 및 조립, ③ 반응기 등 탑내부 불 제거 및 세척작업, ④ 맨홀 오픈작업, ⑤ 벤젠탑 배관 철거 및 비계 해체, ⑥ 회전기계 수리 등으로 나타났으며 S/U단계에서는 ① 펌프 및 유압 체크, ② 블라인드 아웃(Blind out) 등으로 조사되었다(<표 108>). 보통 여러 문헌에서 벤젠 노출농도가 높다고 보고하고 있는 맨홀오픈(Manhole open) 작업에서는 초과되지 않은 것으로 나타났다. 반면에 비록 1개 사업장이지만 석탄화학산업에서는 맨홀오픈작업에서 높게 나타났다.

<표 108> 작업단계별 벤젠의 노출초과 작업 및 내용

노출기준	작업단계	초과 시료수	범위 (ppm)	작업내용
8hr-TWA	S/D	27	1.001~7.304	○ 블라인드 인 ○ 밸브조작 및 잠금작업 ○ 드레인밸브 교체 ○ 벤젠컬럼 비계 및 안전망 설치 ○ 플랜지 교체
	M-T	33	1.006~137.027	○ 밸브 및 가스켓 교환 ○ 스팀호스라인 누수부분 교체 및 보수 ○ 반응기내 불 제거작업 ○ 맨홀 오픈 ○ 벤젠탑 배관 철거 및 비계 해체 ○ 회전기계 수리
	S/U	9	1.039~42.120	○ 펌프 및 유압 체크 ○ 블라인드 아웃
STEL	S/D	28	5.224~1373.253	○ 블라인드 인 ○ 볼트해체 ○ 드레인밸브 교체 ○ 플랜지 교체
	M-T	28	5.512~2289.334	○ 밸브 및 배관 조인트 해체 및 조립 ○ 컬럼내부 트레이 제거 ○ 탑내부 제거 및 세척작업 ○ 가스켓 제거 및 교환 ○ 맨홀 오픈
	S/U	-	-	-

그리고 1,3-부타디엔인 경우에는 S/D 단계에서 ① 블라인드 인(Blind in), ② 밸브조작 및 개방(Open) 등이 노출기준을 초과하는 작업으로 나타났고, Maintenance 단계에서는 ① 안전밸브교체, ② 맨홀오픈(Manhole open), ③ 밸브해체 및 설치 등으로 나타났으며 S/U단계에서는 ① NMP주입, ② 교체

된 펌프설비 이상 등으로 조사되었다(<표 109>). 벤젠의 경우와는 다르게 1,3-부타디엔에서는 맨홀오픈(Manhole open) 작업에서 노출기준을 초과하는 사례가 나타났다. 아마도 이것은 맨홀 오픈이 되기전 퍼지를 충분히 했느냐 안했느냐에 따라 결정되는 문제이다.

<표 109> 작업단계별 1,3-부타디엔의 노출초과 작업 및 내용

노출기준	작업단계	초과 시료수	농도범위 (ppm)	작업내용 및 초과원인
8hr-TWA	S/D	7	3.164~54.026	○ 블라인드인 ○ 밸브조작 및 오픈
	M-T	6	2.690~9.008	○ 안전밸브 교체
	S/U	9	4.892~66.882	○ NMP주입
STEL	S/D	11	11.898~148.972	○ 블라인드인
	M-T	27	11.371~13.615	○ 맨홀오픈 ○ 밸브해체 및 설치
	S/U	7	10.102~1822.71	○ 교체된 펌프설비 이상

또, 염화비닐의 경우에는 개인시료의 경우 8시간 시간가중평균농도에서 노출기준을 초과한 시료가 5건 발견되었으나 단시간시료에서 노출기준을 초과한 경우는 나타나지 않았다. 8시간 시간가중평균농도 S/D단계에서는 노출기준 초과가 없었으나 Maintenance 단계에서는 열교환기 맨홀오픈작업이 해당되었다. S/U 단계에서는 해당기간동안 현장을 순회·점검하며 필요한 조치를 취하는 발주처 근로자에게서 노출초과가 나타났다. 플랜트건설 근로자의 경우 S/U단계에서는 현장에서 이미 철수하여 노출여부가 파악되지 못하였다.

<표 110> 작업단계별 VCM의 노출초과 작업 및 내용

노출기준	작업단계	초과 시료수	농도범위 (ppm)	작업내용 및 초과원인
	S/D	0	-	-
8hr-TWA	M-T	3	1.151~1.930	○ 열교환기 맨홀오픈
	S/U	2	1.216~1.438	○ 현장순시 및 조치 (원청 근로자)

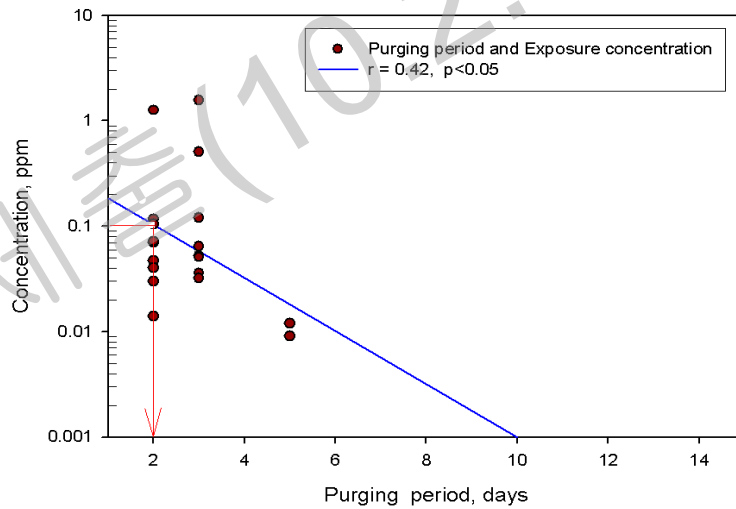
(5) 퍼지기간

대정비작업중에 실시하는 퍼지(Purge)는 작업장내의 노출농도를 줄이는 가장 좋은 방법중의 하나이다. 화학장치내 및 배관을 깨끗이 비워내는 퍼지 방법은 N₂ 또는 스팀퍼지를 주로 사용하게 된다. 퍼지기간을 얼마동안 실시 하느냐 또는 퍼지량을 얼마만큼 하느냐에 따라 공정내의 또는 배관내의 벤젠 또는 1,3-부타디엔 농도는 차이가 나게 된다. 조사대상 사업장중 6개소(7개 공정)를 대상으로 분석한 결과를 보면, 사업장의 퍼지량은 정확히 알수 없으나 퍼지기간은 대정비 스케줄에 있는 일정을 감안해 보면 대략 <표 111>과 같다. 그리고 퍼지기간과 작업환경 노출농도(개인농도, 지역농도, 단시간 농도)와의 관계를 비교하였을때, 약한 역상관의 관계를 갖는 것으로 나타났다 ($r=0.42$, $p<0.05$).

<표 111> 대정비작업중 퍼지기간과 전체 노출농도

공정명	화학물질	퍼지기간 (day)	기하평균농도(ppm)*			초과시료수**		
			TWA-P	STEL	TWA-A	TWA-P	STEL	TWA-A
P1	벤젠	5	0.012	0.0120	0.009	1	3	5
P2	벤젠	2	0.047	0.014	0.070	8	4	4
P3	벤젠	3	0.036	0.052	0.032	8	3	1
P4	벤젠	2	0.040	0.030	0.072	3	3	2
P5	1,3-부타디엔	3	0.507	1.561	0.121	14	17	11
P6	1,3-부타디엔	3	0.036	0.064	0.105	8	7	1
P7	벤젠	2	0.117	1.262	0.051	32	24	4

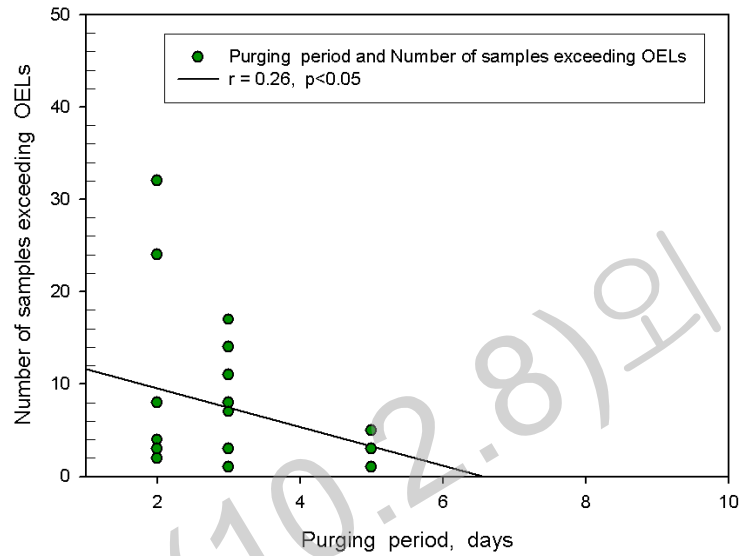
* p<0.05, ** p<0.05.



[그림 77] 대정비작업중 퍼지기간과 전체 노출농도와의 관계

퍼지기간과 노출기준 초과 시료수와의 관계에서는 퍼지기간이 길면 길수록 초과시료수는 감소하는 특성을 가지고 있는 것으로 분석되었고, [그림 78]에서와 같이 퍼지기간이 6.5일 정도에서 초과시료수가 거의 발생되지 않는

것으로 나타났지만, 상관성은 낮았다($r=0.26$, $p<0.05$).



[그림 78] 퍼지기간과 노출기준 초과 개인시료수와의 관계

석유화학공장에서 대정비작업중에 대략 몇 일을 퍼지해야 적정인가 하는 의문이 생긴다. 아마도 너무 많은 인자가 관여하기 때문에 정확히 산출한다는 것은 불가능 할지도 모른다. 그러나, 자료가 제한적이지만 본 조사를 통해 노출농도와 초과시료수 등의 관계로 판단해 볼 때 퍼지를 많이 하면 할수록 노출농도는 낮아진다는 것은 확인할 수 있었다. 대정비작업에 들어가기전 퍼지를 오래하면 오래할수록 노출농도는 낮아지므로 좋겠지만 퍼지에 소요되는 비용이 증가하여 공사단가를 올리는 원인이 되므로 화학설비 개방시 노출될 수 있는 포인트를 정해 퍼지하면서 그때의 농도수준에 따라 퍼지시간을 길게 할 것인지 줄일 것인지를 결정하는 것이 바람직하다. 이때 우선 해야할 것은 벤젠 등 발암성 물질의 농도수준을 기준으로 퍼지기간을 정하는 것이다.

(6) 개인보호구

석유화학사업장 1개소를 대상으로 대정비작업에 참여한 494명의 근로자에 대해 개인용보호구(방독마스크, 방진마스크, 장갑, 작업복, 보안경, 귀마개, 안전화 등)의 착용실태를 조사한 결과, 방독마스크는 168명(34.0%), 방진마스크는 182명(36.8%) 등 보건장구 착용률은 저조한 반면 보안경(98.0%), 안전화(100%) 등 안전장구 착용률은 높았다(<표 112>). 석유화학공장으로 유해 화학물질에 대한 영향을 감안하면, 방독마스크를 착용하는 것이 적절하다고 생각되나 화학물질 취급과 직접적인 관련이 없는 비계, 전기, 보온작업 등은 방진마스크를 착용해도 된다는 인식이 많았다.

<표 112> 대정비작업에 참여하는 작업근로자의 개인보호구 착용 현황

구분	근로자수	방독 마스크	방진 마스크	보안경	장갑	방진복	귀마개	안전화
협력사	436	142 (32.6)	179 (41.1)	427 (97.9)	431 (98.9)	51 (11.7)	341 (78.2)	436 (100)
발주처 사	58	26 (44.8)	3 (5.2)	57 (98.3)	51 (87.9)	19 (32.8)	48 (82.8)	58 (100)
총계	494	168 (34.0)	182 (36.8)	484 (98.0)	482 (97.6)	70 (14.2)	389 (78.7)	494 (100)

대정비작업에 참여하는 작업근로자들중 노출기준을 초과한 경우만을 대상으로 보호구 착용률을 조사해 보면, 벤젠취급사업장은 8개소로 노출기준을 초과하는 125건에 대해 방독마스크 착용률은 77.3 %(8hr-TWA 78.3 %, STEL 75.0 %) 이었고(<표 113>) 1,3-부타디엔 취급사업장은 2개소로 노출 기준을 초과하는 67건에 대해 방독마스크 착용률은 62.7 %(8hr-TWA 59.1 %, STEL 64.4 %) 이었다(<표 114>). 여기에 반영된 결과는 방진마스크를 착용한 경우는 미착용한 것으로 간주하여 산출하였다. 그래도 전체 방독마스크 착용률 보다는 높은편이다.

<표 113> 벤젠취급사업장의 노출기준 초과작업에 대한 방독마스크 착용실태

연번	사업장명	시료번호	TA 단계	직종	임무	벤젠	보호구
1	E	S1	S/D-Drain	배관	Trans alkylation Rx. Blind In	5.22	○
2	C	S2	Maintenance	기계	하단배관 BUNDLE 제거	5.51	X
3	H	S3	S/D-Drain	Field	E-5101A Pre-vaporator blind 제거작업	5.82	○
4	D	S4	S/D-Purge	기계	BLIND IN	5.90	○
5	H	S5	Maintenance	기계	아래서 3번째 맨홀 완전 개방	6.93	○
6	H	S6	Maintenance	기계	아래서 4번째 맨홀 완전 개방	6.95	○
7	D	S7	S/D-STM	기계	203E-102 TO INLET 203E-103 FLANGE	8.36	○
8	D	S8	Maintenance	기계	밸브교체	8.99	○
9	E	S9	Maintenance	기계	Bz col. 내부 중간부위 tray 제거	9.00	○
10	C	S10	S/D-STM	기계	M/W OPEN, 최상부	9.10	○
11	C	S11	Maintenance	기계	GASKETT PACKING 보수작업	10.07	X
12	C	S12	Maintenance	기계	내부통로 해체작업(중간)	10.92	X
13	C	S13	Maintenance	Field-OP	STM후 DRAIN 작업 실시	10.99	X
14	F	S14	Maintenance	기계	GA-651B 밸브 배관 조인트 볼트 해체작업	11.79	○
15	H	S15	S/D-Drain	기계	P-509 펌프교체	11.90	○

16	H	S16	Maintenance	배관	상부커버 오픈	13.16	○
17	H	S17	S/D-Drain	배관	블라인드 제거작업	13.60	○
18	D	S18	S/D-Purge	기계	DRAIN 밸브 교체작업	14.16	○
19	C	S19	S/D-STM	기계	최상부 맨홀 볼트가 잘 풀리지 않아 쇠톱으로 절단작업	14.32	X
20	D	S20	SD-STM	기계	BLIND IN	15.44	○
21	D	S21	SD-Purge	기계	BLIND IN	15.84	○
22	C	S22	Maintenance	기계	REBOILER 해체, HOT OIL 누출	16.92	○
23	C	S23	S/D-STM	기계	최상부 맨홀 볼트가 잘 풀리지 않아 쇠톱으로 절단	17.34	X
24	H	S24	Maintenance	배관	하부 믹싱노즐 취외작업	17.85	○
25	E	S25	Maintenance	배관	Trans alkylation column내에서 알루미늄 불 제거하는 작업. 탑 내부 들어가	18.92	○
26	H	S26	Maintenance	기계	최상부 맨홀 완전개방	19.80	○
27	H	S27	Maintenance	기계	아래서 5번째(맨위) 맨홀 완전개방	19.90	○
28	H	S28	S/D-Drain	Field	브라인드 제거작업	20.85	○
29	C	S29	Maintenance	기계	핸들 밸브 패킹 교환, 벤젠 컬럼에 연결된 REBOILER	22.84	X
30	C	S30	S/D-STM	기계	중간 BUNDLE 제거작업, 스팀 많이 발생	27.09	○
31	D	S31	SD-STM	기계	BLIND IN(볼트해체)	31.78	○
32	H	S32	S/D-Drain	Field	E-5101D Pre-vaporator blind 제거작업	35.38	○
33	F	S33	Maintenance	기계	GA-651B 밸브 배관 조인트 해체 및 가스켓	41.04	○

					제거		
34	C	S34	S/D-STM	기계	M/W OPEN, 중간	48.04	○
35	C	S35	S/D-STM	기계	M/W OPEN, 최상부	59.73	○
36	H	S36	Maintenance	기계	아래 세번째 맨홀 일부 개방	60.58	○
37	F	S37	Maintenance	기계	GA-651B 밸브 배관 조인트 신폼 조립 및 가스켓 교환	61.86	○
38	C	S38	Maintenance	기계	장치에 연결된 Blind 설치작업, Stream-페놀&물	68.34	○
39	C	S39	Maintenance	기계	밸브교체,STEAM과액체가 많이 쏟아짐.밸브가 열려 있어서 OVER FLOW 됨.	71.83	○
40	H	S40	S/D-Drain	기계	V-5212 드레인 블라인드 제거작업	122.25	○
41	H	S41	Maintenance	기계	하부개방	152.89	○
42	H	S42	S/D-STM	Field	가스켓교체	186.22	○
43	H	S43	S/D-Drain	배관	블라인드 제거작업	187.11	○
44	H	S44	S/D-Drain	배관	브라인드 제거작업	216.00	○
45	C	S45	S/D-drain	기계	M/W open 전체	217.72	○
46	H	S46	S/D-Drain	배관	브라인드 제거작업	219.24	○
47	H	S47	Maintenance	도목	펌프 취외	225.49	○
48	H	S48	Maintenance	기계	아래 6번째 맨홀 완전개방	228.22	○
49	C	S49	S/D-STM	기계	M/W OPEN, 최상부, BENZENE 100%	267.97	○
50	C	S50	S/D-drain	기계	M/W open 상부	322.21	○
51	C	S51	Maintenance	배관	SAFTY VALVE 교체작업	347.75	○
52	H	S52	Maintenance	기계	아래 5번째 맨홀 완전개방	470.13	○

53	H	S53	Maintenance	기계	아래 세번째 맨홀 완전 개방	651.47	○
54	H	S54	S/D-Drain	기계	V-5205 stripper flux drum 중앙 드레인밸브 블라인드제거작업	872.78	○
55	C	S55	S/D-drain	기계	M/W open 중간	1373.15	○
56	H	S56	Maintenance	기계	하부 맨홀 완전개방	2289.33	○
57	F	P1	Maintenance	배관	밸브 및 밸브 가스켓 교환	2.82	○
58	H	P2	S/D-STM	Field	작업지시 및 감독	1.00	○
59	E	P3	Maintenance	배관	R-1101,1102 반응기내 alumina ball 제거 및 촉매충진작업(체를 이용한 촉매와 ball분리작업)	1.01	X
60	C	P4	Maintenance	Field-OP	작업현장 감독 및 설비 점검	1.01	X
61	C	P5	S/D-drain	탱크	PROPYLENE FEED GUARD BED 교체	1.03	X
62	B	P6	Start up	필드	작업현장 감독 및 설비 점검	1.04	○
63	D	P7	S/D-STM	기계	BLIND IN	1.07	○
64	D	P8	Maintenance	용접	107E-104,E203A~H, C-201 상부 및 중간지점 (철거,비계설치 및 해체, 배관철거)	1.10	X
65	E	P9	S/D-STM	배관	Bz,cumene tower 상부 vapor valve 잠그는 작업(1분이내의 작업,AM 8:30)	1.14	○
66	C	P10	Maintenance	Field-OP	작업현장 감독 및 설비 점검	1.15	X
67	D	P11	Maintenance	용접	107E-104,E203A~H, C-201 상부 및 중간지점 (철거,비계설치 및 해체, 배관철거)	1.22	X

68	E	P12	S/D-STM	Field	작업지시 및 감독, 설비 체크	1.24	○
69	H	P13	Maintenance	Field	작업지시 및 감독	1.29	○
70	B	P14	Start up	필드	작업현장 감독 및 설비 점검	1.30	○
71	C	P15	Maintenance	기계	장치볼트 부분해체작업	1.32	X
72	D	P16	S/D-drain	채관	비계설치 안전망설치	1.32	X
73	C	P17	S/D-drain	탱크	PROPYLENE FEED GUARD BED 교체	1.38	X
74	H	P18	Maintenance	기계	맨홀 완전개방	1.40	○
75	B	P19	Start up	필드	IP STM201 스팀밸브 정비	1.42	○
76	H	P20	Maintenance	토목	현장내 건설공사	1.45	○
77	H	P21	S/D-N2	Field	장치점검 및 밸브조작	1.47	○
78	H	P22	Start up	보온	보온재 설치	1.48	○
79	H	P23	Start up	배관	브라인드 제거작업	1.57	○
80	H	P24	Maintenance	토목	현장내 건축토목공사	1.57	○
81	D	P25	Maintenance	배관	107E-104,E203A~H, C-201 상부 및 중간지점 (철거,비계설치 및 해체, 배관철거)	1.69	○
82	A	P26	Maintenance	배관	C/V 및 S/V, 가스켓 교 환 및 수리	1.70	○
83	D	P27	S/D-AIR	기계	밸브, 배관 해체 및 설치	1.72	○
84	H	P28	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	1.74	○
85	H	P29	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	1.93	○
86	C	P30	S/D-STM	Field -OP	작업감독 및 지시, 검사	2.31	X
87	H	P31	S/D-Drain	Field	작업감독 및 지시	2.33	○

88	H	P32	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	2.33	○
89	E	P33	Start up	Field	펌프 및 유압 체크	2.36	X
90	B	P34	Start up	필드	작업현장 감독 및 설비 점검	2.38	○
91	C	P35	Maintenance	Field-OP	작업현장 감독 및 설비 점검	2.41	X
92	H	P36	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	2.49	○
93	H	P37	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	2.60	○
94	H	P38	S/D-STM	비계	비계설치	2.63	○
95	H	P39	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	2.81	○
96	E	P40	S/D-STM	용접	설비 용접	2.82	X
97	H	P41	Maintenance	Field	작업지시 및 감독	2.84	○
98	H	P42	Maintenance	Field	작업지시 및 감독	2.88	○
99	H	P43	S/D-STM	비계	비계설치	2.95	○
100	C	P44	S/D-STM	Field-OP	작업지시 및 감독, 설비 점검	2.96	X
101	H	P45	S/D-STM	Field	작업지시 및 감독	3.03	○
102	H	P46	S/D-STM	기계	장치볼트 부분해체작업	3.04	○
103	F	P47	Maintenance	기계	회전기계 수리	3.34	○
104	C	P48	Maintenance	Field-사무	작업현장 감독 및 설비 점검	3.37	○
105	H	P49	S/D-N2	Field	장치점검 및 밸브조작	3.38	○
106	D	P50	S/D-AIR	기계	밸브, 배관 해체 및 설치	3.38	○
107	A	P51	S/D-AIR	Field	작업지시 및 감독, 설비	3.70	○

					체크		
108	E	P52	S/D-STM	배관	Steam호스라인 새는부 분 교체 및 보수	3.73	○
109	H	P53	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	3.85	○
110	H	P54	Maintenance	Field	작업지시 및 감독	3.87	○
111	E	P55	S/D-STM	배관	Steam호스라인 새는부 분 교체 및 보수	4.15	○
112	H	P56	S/D-Drain	Field	E-5101A~E blind 제거작 업, 밸브조작	4.92	○
113	D	P57	Maintenance	비계	비계설치 안전망설치	5.24	X
114	C	P58	S/D-STM	기계	M/W OPEN	5.67	○
115	F	P59	Maintenance	배관	밸브 및 밸브 가스켓 교 환	6.15	○
116	H	P60	S/D-Drain	Field	E-5101A~E blind 제거작 업, 밸브조작	6.63	○
117	H	P61	Maintenance	기계	설비 커버 오픈	6.91	○
118	C	P62	S/D-STM	기계	M/W OPEN	7.11	○
119	H	P63	S/D-STM	Field	작업지시 및 감독	7.30	○
120	H	P64	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	8.71	○
121	E	P65	Start up	Field	펌프 및 유압 체크	17.97	○
122	H	P66	Maintenance	기계	화학설비, 배관 해체 및 설치	21.02	○
123	H	P67	Maintenance	기계	설비 커버 오픈	25.52	○
124	D	P68	Start up	Field	작업현장 감독 및 설비 점검	42.12	○
125	H	P69	Maintenance	기계	맨홀 완전개방	137.03	○

<표 114> 1,3-부타디엔의 노출기준 초과작업에 대한 방독마스크 착용실태

연번	사업 장명	시료 번호	TA 단계	직종	임무	1,3-BD	보 호 구
1	Z	P1	S/D	Field	NMP 주입	3.16	○
2	Z	P2	S/U	Field	NMP 주입	3.30	○
3	Z	P3	S/D	기계	밸브조작 및 개방	4.36	X
4	Z	P4	M/T	기계	S/V 취외 DC102	6.69	X
5	Z	P5	S/U	Field	NMP 주입	7.98	○
6	Z	P6	M/T	기계	밸브교체	9.01	X
7	Z	P7	S/D	기계	밸브조작 및 점검	9.52	X
8	Z	P8	S/U	Field	NMP 주입	10.00	X
9	Z	P9	S/D	Field	NMP 주입	10.62	X
10	Z	P10	S/D	기계	밸브조작 및 개방	16.03	X
11	Z	P11	S/U	Field	NMP 주입/중간 하단밸브 를 열어 막힌부분 청소 및 확인작업	23.03	○
12	Z	P12	S/D	기계	밸브조작 및 개방	38.70	X
13	Z	P13	S/U	Field	NMP 주입	47.06	○
14	Z	P14	S/D	Field	협력업체 직원이 밸브 오픈 시 가스가 새어나와 OO 직원 직접 밸브를 열어 BD 가스 인 지 확인하는 작업이 있었음	54.03	○
15	Y	P15	M/T	Field	현장감독 및 점검	2.69	X
16	Y	P16	M/T	Field	HE5203/HE5219 제트클리 닝	4.03	○

17	Y	P17	M/T	Field	클리닝	4.08	○
18	Y	P18	S/U	Field	현장패트롤	4.89	○
19	Y	P19	M/T	기계	밸브교체 및 작동상태 점검작업	6.10	○
20	Y	P20	S/U	Field	현장패트롤	6.80	○
21	Y	P21	S/U	Field	현장패트롤	22.69	○
22	Y	P22	S/U	Field	현장패트롤	66.88	○
23	Z	S1	M/T	기계	5층 맨홀 오픈	5.17	○
24	Z	S2	M/T	배관	패킹작업	5.43	X
25	Z	S3	M/T	기계	Safety valve 취외	6.02	X
26	Z	S4	M/T	기계	5번 Tower	6.26	○
27	Z	S5	S/D	기계	D line Blind 작업	6.45	X
28	Z	S6	M/T	기계	S/V 취외	6.58	X
29	Z	S7	S/D	기계	D line Blind 작업	7.17	X
30	Z	S8	M/T	기계	컨트롤밸브 교체	7.26	X
31	Z	S9	M/T	기계	밸브교체	7.32	X
32	Z	S10	S/D	기계	D line Blind 작업	7.69	X
33	Z	S11	M/T	기계	입조작업	7.71	○
34	Z	S12	M/T	기계	열교환기 셀커버 오픈	7.79	○
35	Z	S13	M/T	기계	DE-006/DF-006 오픈작업	7.80	X
36	Z	S14	S/D	배관	DP-007 펌프교체	8.70	X
37	Z	S15	S/D	기계	DP-017B 펌프 D line Blind 작업	8.99	X

38	Z	S16	S/D	기계	DC-009 D line Blind 작업	9.99	X
39	Z	S17	Startup	Field	BD DP-014 C-up solvent circulation	10.10	X
40	Z	S18	M/T	기계	4번 Tower 8층 맨홀 오픈	11.37	○
41	Z	S19	M/T	기계	4번 Tower 7층 맨홀 오픈	11.86	○
42	Z	S20	S/D	기계	DV-011 D line Blind 작업	11.90	X
43	Z	S21	M/T	기계	4번 Tower 3층 맨홀 오픈	13.62	○
44	Z	S22	Startup	Field	DP-006B(after wash bottom)	15.55	○
45	Z	S23	M/T	기계	4번 Tower 6층 맨홀 오픈	16.73	○
46	Z	S24	S/D	기계	DE-001/DV-001 D line Blind 작업	17.43	○
47	Z	S25	Startup	Field	BD DP-005STR cover open solvent circulation	22.74	○
48	Z	S26	Startup	Field	BD라인 DP-007A/B dischang T-solution	25.14	○
49	Z	S27	S/D	기계	DP-015A D line Blind 작업	39.19	○
50	Z	S28	M/T	기계	DHC-401 밸브 취외	42.38	○
51	Z	S29	Startup	Field	BD DP-005STR C-up solvent circulation	44.50	○
52	Z	S30	M/T	기계	DE-010B 밸브 해체 (Blind 재설치)	96.88	○

53	Z	S31	S/D	기계	SV-404A/B D line Blind 작업	148.97	○
54	Z	S32	Startup	Field	BD라인 DC004-STR 개 방후(교체된펌프)	420.17	○
55	Z	S33	Startup	Field	BD라인 DP-005STR C-up solvent circulation	1822.71	○
56	Y	S34	M/T	Field	RE-5311A 최상부 XV-5333 해체	5.55	○
57	Y	S35	M/T	Field	TK-7301 상부 M/H jet cleaning & 순회	6.00	X
58	Y	S36	M/T	Field	실험실 BD 샘플링	6.53	○
59	Y	S37	S/D	Field	BD 블라인드 설치작업	7.50	○
60	Y	S38	M/T	Field	IV-5302 C/V 해체	8.48	X
61	Y	S39	M/T	Field	실험실 O2 체크	10.76	○
62	Y	S40	M/T	Field	RE-5311A 블라인드	11.34	○
63	Y	S41	M/T	Field	RE-5311A 최상부 XV-5333 해체	46.86	○
64	Y	S42	M/T	Field	XV-5373 C/V 해체	54.86	○
65	Y	S43	M/T	Field	IV-5302 C/V 해체	67.52	○
66	Y	S44	M/T	Field	XV-5373 C/V 해체	80.85	○
67	Y	S45	M/T	Field	TW-7401 4층 M/H 개방	346.38	○

2) 제철산업

제철업 사업장의 고로와 그 부속설비인 열풍로의 개수공사에 대하여 작업환경중 유해물질 노출수준을 평가하기 위하여 사업장으로부터 '08~'09년도에 예정된 공정시설 대정비계획을 접수받아 발암성물질의 노출가능성이 있는 공정에 대한 대정비공사에 대하여 노출평가를 수행하였다. 평가 대상물질은 결정형 유리규산, 6가크롬화합물, 석면 등이다. 이를 위해 '09년에 예정되어 있는 OO번 고로 개수공사 및 '08년도에 예정되어 있는 OO번 고로의 부속설비인 OO번 열풍로의 개수공사를 평가작업으로 선정하였다.

열풍로와 고로 개수공사는 각각 '08년도와 '09년도에 진행되었는데, 개수공사 기간중 노출평가 대상공정은 열풍로의 경우 근로자의 유해물질 노출이 가장 많을 것으로 판단되는 기존 돔의 해체 및 신형 돔의 설치작업을 위주로 선정하였다. 이 기간에는 용접, 산소절단, 그라인딩 등의 작업이 가장 많이 수행되는 기간이었다. 고로개수 기간중 노출평가를 실시한 공정은 배관해체와 철판절단 공정이었다. 배관해체공정 기간에는 배관에 부착된 보온재의 해체작업이 진행되었으며, 철판절단공정 기간에는 고로외피의 수평절단 및 하강 작업과 하강된 원형철판블럭을 트럭에 실을 수 있는 크기로 소절단하는 작업, 철판내면에 부착된 연화를 탈거시키는 작업, 소절단된 철판에서 동관을 분리하는 작업 등이 진행되었다.

평가대상인 고로는 과거 17년간 조업하였으며, 장기간 가동에 따른 설비의 노후화로 인한 교체와 용량확대, 생산공정개선 등을 목적으로 고로를 해체후 재설치하는 개수공사를 실시하였다. 노출평가 대상기간에 고로 및 열풍로의 개수공사에 참여하고 대상작업을 수행하는 협력업체는 3개소였다.

열풍로와 고로의 개수기간 동안 공기중 시료는 141명의 근로자(또는 장소)에게서 포집하였으며 고품시료는 21개를 채취하였다. 공기중 시료를 설비별로 구분하면 열풍로 시료가 57개소이며 고로 시료가 84개소이었다. 두 설비를 통틀어 호흡성분진/유리규산 시료가 49개소, 6가크롬 화합물이 21개소, 금속이 25개

소, 공기중 석면이 46개소이었다.

(1) 호흡성분진

호흡성분진은 49명의 근로자에 대해 측정한 결과 공기중 농도의 산술평균이 1.324 mg/m³이고 표준편차가 1.945이었다. 호흡성분진에 대한 미국산업위생전문가협회의 권고기준 3 mg/m³을 초과하는 근로자는 6명이었다. 열풍로 측정근로자의 산술평균은 0.953 mg/m³이고, 고로 측정근로자의 산술평균은 1.602 mg/m³이었는데 대수변환자료에 대한 분석결과 유의확률이 0.329로서 두 설비에 대한 호흡성분진의 기하평균값은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 직종별로 산술평균 농도를 보면 제관반 1.594 mg/m³, 비계반 0.371 mg/m³, 용접반 3.595 mg/m³이었는데, 제관반과 용접반은 비계반에 비해 대수변환자료에 대한 평균값이 통계적으로 유의하게 높았으나, 제관반과 용접반간에는 평균의 차이가 유의하지 않았다. 용접이나 절단작업을 거의 수행하지 않는 비계반 근로자의 노출농도가 타 직종에 비하여 유의하게 낮은 것으로 보아 개수공사에서 발생하는 호흡성분진은 용접작업 및 절단작업, 그리고 그라인딩 작업에서 발생하는 산화철분진 및 철분진일 가능성이 높다.

(2) 결정형 유리규산

결정형 유리규산은 49명의 근로자에 대해 측정하였으나 그중 5명의 근로자에 대해서만 검출한계 이상으로 검출되었으며 나머지 근로자에게서는 결정형 유리규산이 검출되지 않았다. 또한 유리규산이 검출된 최고농도는 0.0051 mg/m³로서 노출기준인 0.05 mg/m³에 비하면 10% 수준의 저농도였다. 열풍로 개수공사에서는 21명의 측정 근로자중 4명에서 유리규산이 검출되었고, 고로 개수공사에서는 28명의 측정 근로자중 1명에게서만 유리규산이 검출되었다. 이는 열풍로 개수공사에서 채취한 내화벽돌 고품시료 1개에서 결정형 유리규산이 19.1% 함유되어 있었던 반면 고로 개수공사에서 채취한 고품시료에서는 유리규산이 전혀 검출되지 않았던 점과도 관련이 있어 보인다. 근로자 직종별 결정

형 유리규산의 검출현황을 보면 제관반 25명중 2명, 비계반 19명중 2명, 용접반 5명중 1명 등으로 용접반의 검출율이 가장 높으나 최고노출농도는 용접반이 0.0021 mg/m^3 로서 제관반 0.0050 mg/m^3 , 비계반 0.0051 mg/m^3 에 비하여 낮은 편이었다.

(3) 6가크롬 화합물

불용성 6가크롬 화합물의 산술평균 농도는 0.00044 mg/m^3 로서 노출기준 0.01 mg/m^3 의 4.4% 수준인 매우 낮은 농도였다. 열풍로의 산술평균농도는 0.00021 mg/m^3 , 고로의 산술평균 농도는 0.00166 mg/m^3 이었는데 두 설비의 대수변환한 자료에 대한 평균의 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다. 비계반에서는 6가크롬 화합물이 검출되지 않았고 제관반의 산술평균농도는 0.00069 mg/m^3 , 용접반의 산술평균농도는 0.00040 mg/m^3 이었는데 대수변환자료에 대한 통계분석결과 평균의 차이는 유의하지 않았다.

(4) 금속

금속은 고로 개수공사에서만 측정하였는데 산화철은 산술평균농도가 1.291 mg/m^3 로서 노출기준 5 mg/m^3 의 25.8% 수준이었으며 전 근로자가 노출기준 미만이었다. 망간 역시 산술평균농도가 0.027 mg/m^3 로서 국내 노출기준인 1 mg/m^3 의 2.7% 수준이었고 국내기준 초과 근로자는 없었다. 산화철의 직종별 산술평균농도는 제관반 1.235 mg/m^3 , 비계반 0.229 mg/m^3 , 용접반 2.299 mg/m^3 이며, 망간은 제관반 0.012 mg/m^3 , 비계반 0.002 mg/m^3 , 용접반 0.074 mg/m^3 등으로서 산화철과 망간 모두 용접반에서 평균농도가 가장 높았다.

(5) 공기중석면 및 고형석면

공기중 석면은 열풍로에서 20개소, 고로 개수공사에서 26개소 등 46개 지역에서 측정하였는데 19개 장소에서 섬유상물질이 검출되었고 27개 장소에서는 섬유상물질이 검출되지 않았다. 고형시료는 열풍로 개수공사 기간에 8개, 고로

개수기간에 13개 등 21개 시료를 채취하여 분석한 결과 열풍로 개수공사시 연소실 내면에서 채취한 1개의 내화벽돌에서 결정형 유리규산이 19.1% 함유되어 있었으며, 고로 개수공사시 담수펌프실에서 채취한 1개의 가스켓 시료에서 백석면이 40% 함유되어 있었다. 개정 산업안전보건법에서는 해체하려는 설비에 보온재 또는 가스켓 등의 면적의 합이 15 m² 이상 또는 그 부피의 합이 1 m³ 이상인 경우에는 설비의 해체전에 석면조사를 실시하도록 하고 있다. 석면조사기관에 의한 석면조사결과 석면이 1%(무게비)를 초과하여 함유된 보온재, 가스켓 등 자재의 면적의 합이 15 m² 이상 또는 부피의 합이 1 m³ 이상인 경우에는 석면해체·제거업자로 하여금 석면을 해체·제거하도록 하여야 한다.

5. 결론

여수·광양 산단 석유화학공장의 대정비 작업기간 중, 특히 조혈계 발암물질인 벤젠 및 1,3-BD, 그리고 간혈관육종을 일으키는 염화비닐을 취급하는 사업장과 제철소의 고로해체 작업을 대상으로 플랜트 근로자의 작업단계별 유해물질 노출 양상 및 수준을 평가하였다.

본 조사에서 노출기준 초과 여부를 판단할 때는 우리나라 노동부 기준과 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)의 기준을 주로 참고하였다. 하지만 일본, 독일, 영국 등 각국의 노출 기준이 차이가 있기 때문에 이러한 기준을 적용했을 때는 초과율이 달라질 수 있다.

1) 물질별 평가

(1) 벤젠

- 개인시료(TWA-P)는 총 8개사업장에서 931개를 채취하였으며 벤젠의 기하 평균값은 0.047으로 한국 노동부의 벤젠에 대한 8hr-TWA 노출기준(1 ppm)의 5% 미만으로 나타났으나 산술평균은 0.574로 노동부 노출기준의 57.4%를 차지하였다. 이중 벤젠이 나타나지 않거나 8 시간 노출기준 1 ppm 미만은 860개의 시료로서 전체의 92.6%이며, 노동부의 노출기준을 초과하는 경우는 71건으로 전체의 7.6%를 점유하였다. 일본·독일·영국의 기준을 사용할 경우 노출초과율은 더 낮아질 수 있다. 최대값은 137.03 ppm으로 근로자가 작업여건에 따라 고농도로 노출될 수 있음을 의미하고 있다. 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.946$)이 있는 것으로 나타났으나 대수 변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P < 0.001$ 로 대수정규분포하지 않는 것으로 나타났다.
- 단시간시료(STEL)는 총 8개 사업장에서 458개를 채취하였다. 산술평균

20.41 ± 140.5 ppm 과 기하평균 0.064 ± 30.59 ppm의 차가 시간가중 개인시료보다 훨씬 크고 기하표준편차가 매우 커서 자료가 극단적인 분포를 가지고 있음을 보였으며 고농도 시료가 다수 검출된 관계로 산술평균값이 단시간노출기준(5 ppm)을 약 4배 초과하였다. 벤젠이 검출되지 않은 시료와 단시간 노출기준 5 ppm 미만은 401개 시료로서 전체의 87.6%로 나타났으며, 노출기준을 초과하는 경우는 57개 시료로서 전체의 12.4% 이다. 일본·독일·영국은 단기간 노출기준이 설정되어 있지 않다. 개인시료에서와 마찬가지로 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.913$)을 나타내고 있으나 대수 변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P < 0.001$ 로 대수 정규분포와 일치하지는 않았다.

- 시료 형태별 농도분포는 지역시료의 농도분포가 가장 낮고 그다음 개인노출시료이며 단시간시료의 농도 분포가 가장 높은 형태를 나타내었다.

(2) 1,3-부타디엔

- 개인시료(TWA-P)는 2개 사업장에서 272개를 채취하였으며 기하평균값은 0.190으로 한국 노동부의 8hr-TWA 노출기준(2 ppm)의 9.5%로 나타났으나 산술평균이 1.689로 노동부 노출기준의 약 84.5%에 이르고 있다. 산술평균과 기하평균의 차가 크고 기하표준편차도 9.42로 크기 때문에 저농도에서 고농도에 이르기까지 광범위하였다. 근로자가 다양한 유해물질 노출수준에 놓일 수 있음을 암시하고 있다. 1,3-부타디엔이 검출되지 않은 시료와 노출기준 2 ppm 미만의 시료는 250개의 시료로서 전체의 약 91.9 %를 차지하고 있으며, 노출기준을 초과하는 경우는 22 개의 시료로서 전체의 8.1 %로 나타났다. 영국의 기준(10ppm)을 사용할 경우 노출초과율은 더 낮아질 수 있다. 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.983$)을 나타내고 있으나 대수 변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P < 0.001$ 로 대수 정규분포와 일치하지 않았다.
- 단시간 개인시료(STEL)는 2개 사업장에서 146개를 채취하였으며 벤젠에서

와 마찬가지로 산술평균(24.73 ppm)과 기하평균(0.175 ppm)의 차가 시간가중 개인시료보다 훨씬 크고 기하표준편차가 59.34로 매우 커서 자료가 극단적으로 광범위한 분포를 가지고 있었다. 고농도 시료가 다수 검출된 관계로 산술평균값이 단시간노출기준(10 ppm)을 약 2.5배 초과하였다. 1,3-부타디엔이 검출되지 않은 시료와 노출기준 10 ppm 미만의 시료는 122개로서 전체의 약 83.65%를 차지하고 있으며, 노출기준을 초과하는 경우는 24 개의 시료로서 전체의 16.4 %로 나타났다. 영국·일본·독일 등은 단시간 노출기준이 설정되어 있지 않다. 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.906$)을 나타내고 있으며 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P=0.148$ 로 대수정규분포를 하는 것으로 나타났다.

- 시료 형태별 농도분포는 벤젠에서와 같이 지역시료의 농도분포가 가장 낮고 개인의 단시간노출 농도분포가 가장 높은 형태를 나타내고 있다.

(3) 염화비닐

- 개인시료(TWA-P)는 1개사업장에서 85개를 채취하였으며 기하평균값은 0.1028로 한국 노동부의 벤젠에 대한 8hr-TWA 노출기준(1 ppm)의 약 10%로 나타났으나 산술평균이 0.214로 노동부 노출기준의 21.4 %를 점유하였다. 벤젠이나 1,3-부타디엔의 경우와 상이하게 염화비닐 농도의 경우 자료의 분포가 비교적 좁은 편이다.
- 산술평균과 기하평균의 차가 작고 기하표준편차도 3.05로 벤젠의 7.69나 1,3-부타디엔의 9.42보다 매우 작아 노출범위가 벤젠이나 1,3-부타디엔보다 작음을 나타내고 있다. 염화비닐이 검출되지 않은 시료와 노출기준 1 ppm 미만의 시료는 80개의 시료로서 전체의 약 94.1 %를 차지하고 있으며, 노출기준을 초과하는 경우는 5개의 시료로서 전체의 5.9 %로 나타났다. 영국기준(10ppm)을 사용할 경우 노출초과율은 더 낮아질 수 있다. 노출기준의 2배를 초과하는 경우는 없었다. 자료의 직선성은 높은 상관성($R^2 = 0.919$)을 나타내고 있으며 대수변환된 자료의 Shapiro- Wilk Test 결과 $P=0.102$ 로 대

수정규분포하였다.

- 단시간 개인시료는 1개사업장에서 36개를 채취하였으며 산술평균(0.443 ppm)과 기하평균(0.073 ppm)의 차가 다소 크고 기하표준편차도 6.52로 비교적 커서 자료가 어느정도 광범위한 분포를 가지고 있음을 나타내었다. 불검출시료의 점유율이 47.2 % (n = 17)로 나타났으며 벤젠이나 1,3-부타디엔에 비해 고농도 단시간노출은 발생하지 않았다. 자료는 높은 직선성($R^2 = 0.866$)을 나타내고 있었으며 대수변환된 자료를 이용하여 Shapiro-Wilk Test를 실시한 결과 $P=0.213$ 으로 대수정규분포 하였다.
- 시료 형태별 농도분포는 벤젠 및 1,3-부타디엔과는 다르게 단시간 개인시료와 지역시료의 결과가 비슷한 양상을 보이고 있고 장시간 개인시료가 가장 낮은 농도분포를 나타내는 것으로 평가되었다.

2) 사업장별 평가

(1) 벤젠

- 각 사업장별 개인시료 노출농도는 산술평균을 기준으로 H 사업장의 경우 노출기준인 1 ppm을 초과하고 B와 C 사업장은 산술평균이 노출기준에 근접하고 있고 75%분위가 노출기준과 유사한 결과를 보여 근로자 노출수준이 높음을 알 수 있었다.

반면에 G 사업장의 경우 거의 대부분의 시료가 불검출로 나타났으며 나머지 A, D, E, F 4개 사업장은 산술평균이 노출기준의 25~45%에 달하고 있으며 일부 이상값 시료가 노출기준을 초과하고 있음을 알 수 있다. D, E, F 사업장의 경우는 다수의 불검출 시료가 있어 기하평균값과 중위수는 노출기준에 훨씬 미달하고 있다.

A, B, G 사업장의 경우 노출농도의 분포가 비교적 좁은 편이나 나머지 사업장의 경우는 대부분 불검출인 최소값과 최대값의 노출범위가 수천배내지 수만배에 달하고 있다. 이러한 사업장별 농도의 분포 차이는 각 대정비의

단계별로 사업장에서 다양한 작업이 이루어지고 또한 발주처 사업장에서 정비작업을 위한 조건을 어떻게 사전에 만들어 주는냐에 따라 좌우될 수 있다. 즉 내부물질의 draining을 어떠한 방법으로 실시하고 질소나 수증기를 사용한 purge 단계를 얼마만한 기간동안 실행하는가에 따라 근로자의 노출농도에 큰 영향을 미친다는 것을 암시하고 있다.

- 각 사업장별 단시간개인시료(STEL)는 C와 H 사업장의 경우 산술평균이 노동부의 단시간노출기준 5 ppm을 초과하고 있으며 F사업장도 노출기준의 약 66%에 달하고 있다. 장시간 개인시료에서 양호한 결과를 보인 G 사업장에서는 단시간 농도도 노출기준을 초과하는 경우가 한건도 나타나지 않았다. A 사업장은 자료의 산술평균값이 노출기준의 5% 미만이고 중위수도 노출기준의 1% 미만이며 단 1건의 시료에서만 노출기준을 약간 초과하였다. 장시간 개인시료의 평균값이 높았던 C와 H 사업장에서 단시간 개인시료도 산술평균이 높음을 알 수 있었다.
- 시료형태별 상관성을 각 사업장에 대한 대표값을 적용하여 통계적으로 분석한 결과 산술평균값을 적용한 때에는 장시간 개인시료와 단시간 개인시료, 장시간 개인시료와 지역시료 및 단시간 개인시료와 지역시료의 상관성 R^2 가 0.8367, 0.3149 및 0.3304로 나타내었다. 기하평균값을 적용한 경우의 상관성 R^2 는 각각 0.2566, 0.2036 및 0.8489를 나타내었다.

(2) 1,3-부타디엔

- 각 사업장별 개인시료노출농도는 기하평균값이 10배 이상의 뚜렷한 차이를 보이고 있고 Y 사업장의 경우 많은 시료가 불검출로 개인되었으나 최대값만이 Z 사업장 보다 높아서 전체적으로는 유사한 산술평균값을 가지고 있었다. Z 사업장의 경우에는 Y 사업장 보다 농도의 범위는 좁으나 불검출시료가 없으며 노동부의 노출기준 2 ppm을 초과하는 시료도 다수 존재함을 알 수 있다. Z 사업장은 최소값과 최대값의 비율이 만배정도이지만 Y 사업장은 천배정도이다. 시료에서와 같이 사업장의 작업조건에 따라 비발주처

건설근로자가 다양한 노출환경에 처할 수 있음을 나타내어 주고 있다.

- 각 사업장별 단시간개인시료(STEL)는 장시간 개인시료와 유사한 농도분포 형태를 보이고 있지만 산술평균의 차는 아주 뚜렷한 편이다. Z 사업장은 산술평균값이 노동부의 노출기준을 초과하고 있으며 Y 사업장은 근접하는 수치를 보이고 있다. Y, Z 사업장 모두 고농도의 노출환경이 존재함을 나타내고 있으며, Z 사업장에서는 보다 철저히 대정비를 위한 shut-down이나 purge를 준비하여 근로자를 보호할 수 있는 작업조건을 마련할 필요가 있다.

3) 직종별 평가

직종별 구분은 앞에서 언급한 바와 같이 비발주처 건설근로자는 기계, 배관, 비계, 제관, 탱크, 용접, 보온, 계전, 도장 및 공무의 10개 직종으로 하였으며 발주처는 대정비작업이 실시되는 단위공정에 근무하는 직원을 보드맨과 필드맨으로 구분하였으며 해당 지역에서 작업을 실시한 일부 공무원 부서 직원도 포함시켜 분석하였다.

- 벤젠에 대한 장시간개인시료는 발주처사 보드맨이나 비발주처 건설근로자 도장공의 경우 산술평균값이 노동부의 노출기준 1 ppm의 10% 미만을 나타내고 있으며 일부 자료에서 노출기준에 근접하고 있었으나 타 직종에 비해 상당히 양호한 것으로 평가되었다. 벤젠에 대해 높게 노출될 가능성이 높은 직종으로는 비발주처 건설근로자의 기계직과 비계 및 배관직을 꼽을 수 있으며 발주처의 필드맨의 경우에도 상당한 수준의 고농도에 노출될 가능성이 있는 것으로 나타났다. 특히 비발주처 기계직의 산술평균값은 노출기준을 상회하였으며 발주처 필드맨의 경우도 노출기준에 근접하였다. 137.03 ppm의 장시간 개인시료 최대농도는 비발주처 기계직에서 나타난 것으로 평가되었다. 석유화학공장에서 일반적으로 발주처는 유해물질 노출이 거의 없는 것으로 알려졌으나 대정비작업 중에는 전혀 다른 노출양상에 처할 수

있음이 이번 조사에서 밝혀졌다.

- 벤젠에 대한 단시간개인시료는 장시간 개인시료와 다르게 일부직종의 경우 노출평가가 이루어지지 못하였으나 대부분이 장시간 시료에서 노출수준이 낮은 것으로 판명된 직종이 포함되어 있다.

단시간 자료의 경우 장시간 자료와 비교하여 비발주처의 기계와 배관직 및 발주처의 필드맨의 경우 산술평균값이 노동부 노출기준인 5 ppm을 초과하는 양상을 보였다.

특히 비발주처 기계직의 경우 상당수의 시료가 10 ppm을 초과하였을 뿐만 아니라 벤젠에 대한 최대 단시간 노출농도인 2,289.3 ppm도 장시간 개인시료에서와 마찬가지로 이 직종에서 나타났다. 이는 기계직에 종사하는 비발주처 근로자가 유기화합물이 잔류해 있는 반응기 등의 맨홀을 여는 작업을 수행하는 것과 관련이 있는 것으로 조사되었다.

4) 대정비 단계별 평가

- 벤젠에 대한 장시간 개인시료의 분포는 산술평균값이나 중위수에서는 대정비의 단계별로 커다란 차이를 보이지 않고 있으며 산술평균값은 노동부의 노출기준인 1 ppm의 49% 내지 62%에 달하고 있다. Start-up 단계의 농도가 높은 것은 시료의 수가 다른 단계보다 적음에도 17.97 및 42.12 ppm 이상값 2개가 미치는 영향이 큰 것에 기인한 것으로 판단된다. Maintenance 단계의 농도와 shut-down 단계의 농도 차이는 기하평균에서 shut-down 단계가 약 1.6배에 이르고 있으나 최고농도는 오히려 maintenance 단계에서 검출되었다.
- 벤젠의 단시간노출시료에 대한 Shut-down, maintenance 및 start-up 대정비 단계별 측정농도는 장시간 개인시료에서와 다르게 shut-down 단계에서 높은 농도를 나타내어 산술평균값이 노동부 노출기준 5 ppm을 훨씬 초과한 약 42 ppm으로 나타내었으며 maintenance 단계에서도 노출기준을 초과

한 14.27 ppm으로 평가되었다. 최고농도는 maintenance 단계에서 2,289.3 ppm에 달하였으며 shut-down 단계에서도 고농도인 1,373.2 ppm이 검출되었다.

전체적으로 단시간 시료에서는 shut-down과 maintenance 단계에서 비발주처 근로자가 고농도의 유해물질에 노출될 가능성이 상대적으로 높았다.

- 벤젠의 지역시료농도는 개인시료에서와 유사하게 shut-down 단계에서 가장 높고 start-up 단계에서 가장 낮은 산술평균값을 보여주고 있다. 이는 각 단계별로 동일한 장소에서 3~5일간 측정이 이루어진 결과이므로 작업장의 대정비 단계별 작업환경조건을 대변해주는 판단자료라 할수 있다. 최고농도는 shut-down 단계에서 31.47 ppm이 검출되었으며 maintenance 단계에서는 12.08 ppm, start-up 단계에서는 1.39 ppm이 최고농도였다.

5) 기타 물질

(1) 중금속

나프타 크래킹 공정으로 열분해 코일 (Ni 45%, Cr 35%, Fe 20%)을 해체하고 설치하는 작업 중 중금속 노출농도는 대부분 노동부의 노출기준 미만이었으나 크롬(6+)의 경우 5개 시료중 1개 시료가 노출기준을 초과하였다. 결과적으로 노출기준이 낮은 중금속의 경우 열분해 코일 해체·제거 작업 중에 비발주처 근로자가 기준을 초과하여 노출될 가능성도 있음을 보여주고 있다.

(2) 석면

석면으로 의심되는 고형시료는 8개 사업장에서 총 55개를 채취하였다. 이중 14개의 시료에서 석면이 검출되었으며 검출된 석면은 대부분 백석면이었다. 함유율은 백석면은 30% 이상을 기록하였으며 트레몰라이트석면은 2% 함유된 것이 있었다.

거의 전부가 석면으로 판단되는 시료도 4건이 있었다. 석유화학공장에서는 고

열을 필요로하는 공정의 특성상 과거에 다수의 석면이 사용되었으나 90년대 말 이후 사회 문제화되면서 많은 부분을 합성섬유나 유리섬유로 교체하였으나 완전히 교체되지 못하고 일부가 공정 중에 잔류하는 것으로 나타났다.

6) 제철산업

(1) 호흡성분진

노출평가대상 2개 설비의 개수공사에 대한 호흡성분진 농도는 산술평균 1.324 mg/m³로서 미국산업위생전문가협회의 권장기준의 44%에 해당하는 수준이고, 농도범위는 0.017~8.665 mg/m³이며 권장기준 초과 근로자수는 6명으로서 평가대상 근로자수의 12.2%이다. 열풍로 개수공사시의 산술평균농도는 0.953 mg/m³이고 고로 개수공사시의 산술평균농도는 1.602 mg/m³이다. 농도의 산술평균, 최대값, 자료범위 등의 수치 모두가 고로 개수공사에서의 농도가 열풍로 개수공사에서의 농도보다 높은 편이다. 노출농도가 미국산업위생전문가협회의 권장기준을 초과하는 근로자의 작업을 검토결과 열풍로 개수공사의 경우 그라인딩 작업, 고로 개수공사의 경우 용접작업이 많았다.

설비별 권장기준 초과현황은 열풍로에서 호흡성분진의 권장기준 초과 근로자가 1명으로 4.8%이고, 고로에서는 초과 근로자가 5명으로서 초과율이 17.9%로서 고로의 개수공사 시에는 열풍로 개수공사보다 권장기준 초과율이 높은 편이다. 직종별로는 제관공의 산술평균농도는 1.594 mg/m³이고 비계공은 0.371 mg/m³, 용접공은 3.595 mg/m³로서 가장 높다.

직종별 호흡성분진 농도의 미국산업위생전문가협회의 권장기준 초과율을 보면 용접공이 40%로서 상대적으로 가장 높고 제관공의 초과율은 16%이며 비계공은 권장기준 초과근로자가 발생하지 않았다.

(2) 결정형 유리규산

결정형 유리규산은 열풍로 개수공사시에 21명, 고로 개수공사시에 28명 등

총 49명을 측정하였는데 그 중 44명의 근로자에게서는 유리규산이 미검출되어 측정 근로자에 대한 미검출율이 89.8%이었다. 고로 개수공사에서 유리규산이 검출된 근로자는 배관해체작업에서 발생하였으며 그는 비계공에 소속되어 보온재 철거작업을 수행하였다.

열풍로 개수공사시의 산술평균농도는 0.00056 mg/m^3 로서 고로개수공사시의 농도인 0.00018 mg/m^3 에 비하여 약간 높았으며 2개 설비 모두에 대한 산술평균 농도는 0.00034 mg/m^3 인데 이는 노출기준의 0.7 % 수준이다.

결정형 유리규산의 근로자 직종별 노출농도는 제관공의 경우 측정근로자 25명중 23명에게서 결정형 유리규산이 검출되지 않아 미검출율이 92.0%에 달하였으며, 비계공과 용접공의 유리규산 검출율은 각각 89.5%와 80.0%였다. 제관 및 비계공의 최고노출 근로자의 유리규산 농도는 노출기준인 0.05 mg/m^3 에 비하여 10~11% 수준이었다. 용접공은 유리규산 검출율에 있어서는 제관공과 비계공에 비하여 높았지만 최고노출농도는 노출기준의 4.2%로서 타 직종에 비하여 상대적으로 낮았다.

(3) 6가크롬 화합물

평가대상 2개 설비의 개수공사에 대한 6가 크롬 화합물의 측정 근로자수는 총 21명으로 열풍로 개수공사 시 16명, 고로 개수공사 시 5명 등이다.

열풍로 개수공사 및 고로 개수공사 전 시설에 대한 6가크롬 화합물의 산술 평균농도는 0.00044 mg/m^3 로서 국내 노출기준의 4.4% 수준이고, 열풍로 및 고로 개수공사에 대한 산술평균농도는 노출기준 대비 각각 2.1% 및 11.6% 수준으로서 매우 낮은 농도였으며 고로 개수공사 시의 산술평균농도가 열풍로 개수공사 시의 산술평균농도보다 높았다. 또한 전 시설 측정근로자 21명 중 6가크롬 화합물이 검출되지 아니한 근로자가 10명으로서 측정 근로자의 47.6%에 해당하였다. 열풍로와 고로 개수공사시의 6가 크롬 미검출율은 각각 56.3%와 20%였다.

대수변환 농도자료가 정규성을 만족하지 않아 독립 2표본 비모수검정을 실시한 결과 Mann-whitney 유의확률이 0.083으로서 열풍로 개수공사의 6가크롬 화합물 기하평균 농도와 고로 개수공사의 기하평균농도는 평균의 차이가 유의하지 않았다.

근로자 직종별 6가크롬 화합물 노출농도는 제관공 7명중 4명은 검출되지 않았으며 산술평균농도는 0.00069 mg/m^3 으로서 노출기준의 6.9% 수준이었고 농도 범위는 $ND \sim 0.0043 \text{ mg/m}^3$ 으로서 최고노출농도는 노출기준의 43%였다. 비계공은 평가대상 근로자 3명 모두 6가크롬 화합물이 미검출되었는데 이는 동 직종의 근로자들이 용접이나 절단작업을 수행하지 않았기 때문인 것으로 분석된다. 용접공은 산술평균농도가 0.00040 mg/m^3 으로서 최고노출농도는 노출기준의 1.5%로 낮은 수준이었다. 용접공의 6가크롬 화합물 미검출율은 27.3%로서 3개 직종 중에서 가장 낮았다.

(4) 금속

산화철은 철 농도의 산술평균이 1.291 mg/m^3 로서 노출기준인 5 mg/m^3 의 25.8% 수준이며 범위는 $0.031 \sim 4.857 \text{ mg/m}^3$ 로서 모든 근로자의 노출수준이 노출기준 미만이었다.

망간은 산술평균이 0.027 mg/m^3 로서 국내 노출기준의 2.7%수준이며 노출범위는 $0.0003 \sim 0.049 \text{ mg/m}^3$ 이었는데 본 노출범위는 국내 노출기준에 비하면 모두 노출기준 미만이지만 미국산업위생전문가협회의 TLV-TWA와 비교하면 1명의 근로자는 미국산업위생전문가협회의 TLV를 초과하였다. 노출농도의 산술평균을 직종별로 비교하면 용접반 근로자들이 가장 높은 농도에 노출되고 다음으로 제관공, 비계공의 순이다.

(5) 석면

공기중 석면측정 46개 장소중 19개 장소에서 섬유상물질이 검출되었고 측정장소의 58.7 %에 해당하는 27개 장소에서는 섬유상물질이 검출되지 않았다. 공

기중 섬유상물질의 최고노출농도는 고로 개수공사시의 철판절단공정에서 발생하였는데 농도가 0.0618 개/cm³로서 노출기준인 0.1 개/cm³의 61.8%에 해당하였다. 열풍로 개수공사 기간의 최고노출농도는 0.0221 개/cm³로서 노출기준의 22.1%에 해당하였는데 세부공정이 그라인딩작업이었다.

고형시료에 대한 분석결과 해체된 내화벽돌 1개에서 결정형 유리규산이 19.1% 함유되어 있는 것으로 나타났고, 담수펌프실의 배관플랜지 해체부위에서 채취한 가스켓 시료에서는 백석면이 40% 함유되어 있는 것으로 나타났다. 고로 및 열풍로 주변에서 채취한 고형시료에서 석면이 함유되지 않은 것으로 나타나 열풍로 및 고로 개수공사에서 검출된 것은 유리섬유 등과 같은 섬유상물질로 판단되었다.

6. 참고 문헌

1. 강종원 등, 화학물질 노출기준 개정 연구(벤젠), 노동부, 2005.
2. 김수근 등, 유해인자에 의한 건강영향과 관리(벤젠), 산업안전보건연구원 연구보고서, 한국산업안전공단, 2003.
3. 노동부. 건설업 산업안전보건관리비 계상 및 사용기준. 노동부고시 제 2002-15호. 2002. 7.
4. 노동부, 전국제조업체작업환경실태조사(2004). 노동부, 2005.
5. 노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준, 노동부 고시 제 2008-26호, 2008.
6. 대한석유화학공업협회, 제품별·업체별 시장규모 총람, 2004.
7. 문교부. 제철일반, 문교부, 1979.
8. 문재동, 석유화학공단지역, 직업병 감시체계구축 연구, 전남대 의과대학, 1998~2000.
9. 박동욱 등, 일부 PVC 수지 제조 및 가공 근로자의 염화비닐 폭로 평가와 대책에 관한 조사 연구, 한국산업위생학회지 4(1): 33-42, 1994.
10. 박동욱, PVC압출공정의 염화비닐 발생특성과 작업환경개선에 관한 사례 연구, 한국산업위생학회지 3(1): 91-98, 1993.
11. 설수덕, 김학준, 박대원, 김병관 공역, 무기공업화학, 대영사, 2004
12. 안연순 등, 여천지역 벤젠노출사업장 역학조사 보고서, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 2002.
13. 양훈영 : 제철제강공학, 문운당, 2008.
14. 여수상공회의소, 2008~2009 여수상공현황, 2008.
15. 영광기업, 물질안전보건자료 : Z-LANCE, 영광기업, 2008
16. 유장진, 정지연 등, 화학공장의 정상 및 보수 작업시 벤젠 노출실태 및

- 노출저감방안, HHE 보고서, 2003
17. 이상호, 유재근, 손진균, 백영현, 금속생산의 원리, 청문각, 2008
 18. 조선내화(주) 홈페이지. <http://www.chosunref.co.kr>, 2008.
 19. 조성기 역, 무기공업화학, 내하출판사, 2000
 20. (주)포스코 홈페이지. <http://www.posco.co.kr/homepage/docs/kor/html/product/exper/s91c5000090c.html>, 2008.
 21. 정기현, 석유화학공업, (주)보진제, 1992.
 22. 지식경제부 기술표준원, KS D 3517 기계구조용 탄소강관, 지식경제부 기술표준원, 2002
 23. 지식경제부 기술표준원, KS D 3554 연강 선재, 지식경제부 기술표준원, 2008
 24. 최병순 등, K정유 역학조사 결과보고서, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 2003.
 25. 최상준 등, 비발주처 건설근로자의 건강보호를 위한 제도적 연구, 산업안전보건연구원 연구보고서, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 2008.
 26. 최상준 등, 여수국가산업단지 석유화학산업근로자들의 벤젠 노출실태와 관리대책, 한국산업위생학회지 제17권 제4호, 2007.
 27. 최상준, “여수산단 석유화학산업의 정상·보수작업시 벤젠 노출에 관한 연구”, 서울대 보건대학원 박사학위논문, 2005.
 28. 최호춘 등, 화학물질 노출기준 개정 연구(1,3-부타디엔), 노동부, 2005.
 29. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원(문영한 등), 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사, 산업보건연구원 연구보고서, 한국산업안전공단, 1997.
 30. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 (2000) 유해물질 노출근로자의 건강장해에 관한 연구 (III) -벤젠 노출 근로자에 대하여.
 31. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 (2003a) 유해인자에 의한 건강영

향과 관리 -벤젠.

32. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원. (2004a) 석유화학제조공정에서 발생하는 유해화학물질 노출실태 평가 - 벤젠 및 1,3-부타디엔 중심으로-.
33. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 유해물질별 작업환경측정방법, KOSHA Code A-1-2004, 한국산업안전공단, 2004.
34. 한국산업안전공단, 석유화학공장 기술편람, 한국산업안전공단 전문기술실, 2007.
35. 한국석유화학공업협회, 석유화학현황통계, www.kpia.or.kr, 2008.
36. 한국철강신문편찬위원회, 기초철강지식, 한국철강신문, 2008.
37. 홍순의, “일개 석유공장의 정상·보수작업시 벤젠 노출에 관한 연구”, 고대 보건대학원 석사학위논문, 2005.
38. ACGIH. Industrial Ventilation- A Manual of Recommended Practice, 25th ed. Ohio:ACGIH.; 2002
39. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) .Threshold Limit Values(TLVs) for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices(BEIs). 2009.
40. Capleton AC, Levy LS(2005), An overview of occupational benzene exposures and occupational exposure limits in Europe and North America. Chemico-Biol Interactions. 153-154: 43-53. 2005.
41. Concauwe, Exposure Profile: Gasoline, Concauwe, Brussels, Belgium. 1997.
42. Concauwe, Review of European Oil Industry Benzene Exposure Data 1986 - 1992, Oil Companies' European Organization for Environment, Health and Safety, Brussels, Belgium. 1994.
43. Concauwe, Review of European Oil Industry Exposure Data 1986 - 1992, Concauwe, Brussels, Belgium. 1994.

44. Concauwe, Review of the European Oil Industry Benzene Exposure Data, Concauwe, Den Haag, The Netherlands. 1986.
45. G Margaret Wells BSc, Handbook of Petrochemicals and Process, Second Edition, Ashgate, 1999.
46. <http://www.ita.doc.gov/td/industry/otea/Trade-Detail/>.
47. ITA. Subheading 2901.24.1000: Buta-1,3-diene. International Trade Administration. U.S. Department of Commerce. 2003.
48. Kalf GF (1987) Recent advances in the metabolism and toxicity of benzene. CRC Crit Rev Toxicol, 18: 141-159.
49. Kang S-K, Lee M-Y, Kim T-K, Lee J-O, Ahn YS. (2005) Occupational exposure to benzene in South Korea. Chem Biol Interact. 153-154:65-74.
50. K. Bates et al., Review of european oil industry benzene exposure data (1986~1992), CONCAWE's Health Management, CONCAWE Brussels, 1994.
51. M. Molyneu et al., Management of occupational health risks during refinery turnarounds, CONCAWE's Health Management, CONCAWE Brussels, 2000.
52. National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH Manual of Analytical Method. 4th ed., NIOSH, Cincinnati, Ohio, 1994.
53. National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH). A NIOSH Technical Report - Guidelines for Air Sampling and Analytical Method Development and Evaluation. DHHS Publication. Cincinnati. Ohio NIOSH, 1995.
54. Report on Carcinogens, 11th edition,1,3-Butadiene, Fifth Annual Report on Carcinogens as (1989).

55. Yasushi Shinohara, Norihiko Kohuama : Quantitative Analysis of Tridymite and Cristobalite Crystallized in Rice Husk Ash by Heating. *Industrial Health* 2004, 42, 277-285
56. You-Xin Liang et al., An overview of published benzene exposure data by industry in China, 1960-2003, *Chemico-Biological Interactions* 153.154. 55.64., 2005.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

II. 생물학적 모니터링 : 벤젠 대사산물 뮤콘산

1. 목 적

벤젠 대사산물인 소변 중 뮤콘산(t,t-muconic acid)을 분석함으로써 대보수 기간에 참여하는 건설 근로자, 발주처 근로자의 노출 정도를 파악하고자 하였다.

2. 조사대상 및 방법

1) 조사대상

확산포집기를 착용한 건설근로자 및 발주처 근로자

2) 시료 채취 방법

작업 후(end shift) 소변 채취 시행
일개 사업장 작업 전후 소변 채취 분석

3) 요중 뮤콘산 분석 방법

요중 벤젠 대사 산물인 뮤콘산의 분석 방법은 다음과 같다.

(1) 소변중 뮤콘산 분석

가) 시약 및 장비

뮤콘산 표준시약과 H₃PO₄, NaOH는 Sigma사(미국), NaH₂PO₄는 Fluka사(미국), 초산은 Aldrich사(미국) 제품을 사용하였으며, 메탄올은 J.T.Baker사

(미국)의 HPLC용을 사용하였다. 탈이온수는 Millipore사(미국)의 Milli-RO와 Milli-Q water system으로 실험실에서 제조하여 사용하였다. SPE 고정상은 Varian사(미국)의 SAX 500mg 제품을 사용하였다.

분석에 사용한 장비는 Shiseido사(일본)의 Nanospace SI-1이며, 시료의 분석을 위해 Shiseido사(일본)의 Capcell Pak MF Ph-1 SG80 칼럼(4.6x150mm)을 사용하였다.

나) 표준용액 제조

- 뮈콘산 10 mg을 100 mL용량플라스크에 옮기고 이동상을 용매로 하여 표선을 채워 뮈콘산 10 mg/L 표준용액을 만들었다. 이것을 표준용액 원액으로 하였다.

- 표준용액 원액을 희석하여 각각 0.1, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0 mg/L표준용액을 사용하여 검량선용 표준용액으로 사용하였다.

다) 시료 전처리

- SPE 고정상에 메탄올을 2 mL 씩 3회, 탈이온수를 2ml씩으로 3회 세척하였다. 시료 및 표준용액 1ml에 10 mM NaOH 5ul를 가하여 시료를 염기성으로 만든 후 고정상에 가하였다.

- 1% 초산 2ml로 3회 씻어내고 10% 초산 3ml를 가하여 용리액을 모은 후 최종 부피를 5ml로 맞추었다.

라)분석 조건

크로마토그래피 이동상으로 10mM NaH₂PO₄ 1L에 H₃PO₄ 850 μ l 를 첨가하여 0.2 μ m의 나일론막으로 여과하고 탈기하여 사용하였다.

시료의 검출은 UV 259 nm에서 수행하였고, 컬럼의 온도는 40도였다. 유속은 0.5 mL/min로 하였다. 시료 주입량은 80uL였고 뮈콘산은 9.2분에 검출되었다.

3. 결 과

1) 직종별 사업장별 측정 근로자 수

각 직종별 사업장별 측정 근로자 수는 다음과 같다.

<표 115> 작업장별 직종별 유콘산 측정 근로자 수

사업장	계전	공무	기계	도장	배관	보드	보온	비계	용접	제관	탱크	토목	필드	총합
1	3	0	11	0	6	9	0	0	1	0	0	0	16	46
2	5	1	36	0	44	10	31	26	4	4	0	12	60	233
3	25	16	88	13	34	8	21	15	15	4	4	0	31	274
4	0	0	8	0	2	0	0	1	0	0	3	0	20	34
5	4	1	6	0	16	3	9	4	5	2	0	0	18	68
6	3	4	9	0	4	3	0	0	0	0	0	0	18	41
7	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	8	15
총합	40	25	158	13	106	37	61	46	25	10	7	12	171	711

2) 사업장 직무에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차

작업장별 직종별 산술평균, 기하평균 값은 다음과 같다.

<표 116> 사업장별 요중 유콘산의 직종별 산술평균, 기하평균, 최대·최소값

사업장	직무	산술평균	표준편차	기하평균	기하표준편차	최소	최대
1	계전	0.427	0.185	0.403	1.502	0.293	0.637
	기계	0.324	0.240	0.228	2.899	0.017	0.884
	배관	0.282	0.147	0.256	1.589	0.151	0.554
	보드	0.324	0.154	0.267	2.233	0.040	0.534
	용접	0.213	.	0.213	.	0.213	0.213
	필드	0.419	0.321	0.289	2.995	0.017	1.297

2	계전	0.465	0.215	0.433	1.486	0.305	0.835
	공무	0.223	.	0.223	.	0.223	0.223
	기계	0.991	1.775	0.472	3.415	0.020	9.727
	배관	0.277	0.223	0.177	3.008	0.021	0.962
	보드	0.363	0.174	0.314	1.905	0.068	0.654
	보온	0.361	0.270	0.229	3.302	0.015	1.169
	비계	0.147	0.131	0.085	3.271	0.012	0.483
	용접	0.256	0.217	0.165	3.503	0.030	0.529
	채관	0.188	0.116	0.160	1.993	0.066	0.341
	토목	0.832	0.700	0.627	2.180	0.183	2.450
	필드	1.023	1.224	0.587	3.329	0.019	7.910
3	계전	0.410	0.328	0.274	2.963	0.019	1.291
	공무	0.472	0.516	0.195	6.509	0.002	2.117
	기계	0.659	0.937	0.338	3.827	0.003	7.689
	도장	0.239	0.129	0.207	1.780	0.071	0.515
	배관	0.444	0.304	0.282	3.295	0.024	1.101
	보드	0.529	0.358	0.371	3.134	0.028	1.200
	보온	0.368	0.245	0.274	2.514	0.030	0.926
	비계	0.793	0.697	0.426	4.623	0.008	2.146
	용접	0.329	0.253	0.208	3.102	0.030	0.699
	채관	0.422	0.125	0.405	1.415	0.244	0.533
	탱크	0.423	0.456	0.156	6.732	0.030	0.874
필드	0.434	0.412	0.291	2.740	0.030	2.157	
4	기계	0.583	0.729	0.204	7.373	0.010	2.230
	배관	0.132	0.173	0.050	9.855	0.010	0.254
	비계	0.010	.	0.010	.	0.010	0.010
	탱크	0.033	0.039	0.020	3.264	0.010	0.078
	필드	1.132	1.215	0.489	5.591	0.010	4.667
5	계전	0.091	0.123	0.049	3.369	0.016	0.274
	공무	0.232	.	0.232	.	0.232	0.232
	기계	0.347	0.254	0.268	2.284	0.096	0.770
	배관	0.787	1.281	0.325	4.009	0.027	4.377
	보드	1.314	2.026	0.416	6.665	0.110	3.654
	보온	0.305	0.360	0.208	2.386	0.047	1.243
	비계	0.171	0.113	0.145	1.967	0.063	0.330
	용접	0.242	0.275	0.118	4.174	0.030	0.654
채관	0.132	0.015	0.132	1.117	0.122	0.142	
필드	1.763	3.570	0.668	4.685	0.023	15.821	
6	계전	0.146	0.079	0.128	1.979	0.059	0.211
	공무	1.817	2.714	0.800	4.111	0.257	5.873
	기계	0.598	0.685	0.249	5.025	0.017	1.836

7	배관	0.283	0.312	0.104	9.320	0.004	0.727
	보드	0.129	0.131	0.087	3.050	0.030	0.278
	필드	0.293	0.368	0.157	3.285	0.030	1.526
	공무	1.765	1.579	1.348	2.443	0.617	3.567
	보드	0.868	0.911	0.301	10.639	0.010	2.112
	필드	1.427	1.051	0.933	3.255	0.115	3.165

3) 직무에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차

직무에 따른 산술평균, 기하평균은 다음 표와 같다.

<표 117> 직무에 따른 요증 뮌콘산의 산술평균, 기하평균, 최대·최소값

직무	산술평균	표준편차	기하평균	기하표준 편차	최소	최대
계전	0.367	0.297	0.237	3.066	0.016	1.291
공무	0.822	1.297	0.312	5.783	0.002	5.873
기계	0.692	1.131	0.337	3.819	0.003	9.727
도장	0.239	0.129	0.207	1.780	0.071	0.515
배관	0.405	0.566	0.220	3.470	0.004	4.377
보드	0.502	0.656	0.287	3.243	0.010	3.654
보온	0.355	0.273	0.240	2.865	0.015	1.243
비계	0.357	0.506	0.144	4.484	0.008	2.146
용접	0.295	0.241	0.179	3.177	0.030	0.699
제관	0.271	0.165	0.223	1.985	0.066	0.533
탱크	0.256	0.385	0.064	6.501	0.010	0.874
토목	0.832	0.700	0.627	2.180	0.183	2.450
필드	0.892	1.504	0.427	3.813	0.010	15.821

4) 직무에 따른 백분위수 분포

직무에 따른 뮌콘산 농도의 퍼센타일 분포는 다음과 같다.

<표 118> 직무에 따른 유콘산 농도의 퍼센타일 분포

직무	p1	p5	p10	p15	p20	p25	p30	p35	p40	p45	p50	p55	p60	p65	p70	p75	p80	p85	p90	p95	p100
계전	0.016	0.024	0.030	0.051	0.107	0.181	0.214	0.242	0.265	0.299	0.335	0.348	0.358	0.393	0.421	0.458	0.506	0.614	0.769	1.063	1.291
공무	0.002	0.009	0.030	0.030	0.204	0.232	0.246	0.257	0.327	0.351	0.389	0.495	0.558	0.617	0.625	0.797	0.818	1.113	2.117	3.566	5.872
기계	0.007	0.026	0.030	0.094	0.152	0.186	0.258	0.289	0.319	0.349	0.395	0.453	0.515	0.568	0.626	0.848	0.922	1.076	1.378	2.096	9.727
도장	0.071	0.071	0.086	0.086	0.148	0.157	0.157	0.168	0.180	0.180	0.207	0.259	0.259	0.259	0.271	0.271	0.380	0.405	0.405	0.515	0.515
배관	0.010	0.023	0.030	0.037	0.089	0.122	0.151	0.186	0.214	0.238	0.312	0.380	0.405	0.425	0.451	0.554	0.583	0.628	0.726	0.908	4.377
보드	0.010	0.028	0.040	0.080	0.148	0.200	0.261	0.278	0.290	0.306	0.368	0.404	0.418	0.429	0.455	0.533	0.566	0.654	0.932	2.112	3.654
보온	0.015	0.030	0.036	0.107	0.120	0.155	0.198	0.205	0.241	0.264	0.289	0.313	0.373	0.390	0.421	0.542	0.561	0.588	0.718	0.781	1.243
비계	0.008	0.012	0.019	0.024	0.028	0.030	0.054	0.080	0.137	0.189	0.231	0.243	0.253	0.276	0.330	0.355	0.417	0.779	0.874	1.885	2.146
용접	0.030	0.030	0.030	0.030	0.041	0.097	0.100	0.119	0.129	0.145	0.213	0.298	0.357	0.512	0.522	0.529	0.548	0.611	0.615	0.654	0.699
제관	0.066	0.066	0.094	0.122	0.132	0.142	0.143	0.143	0.173	0.203	0.223	0.244	0.292	0.341	0.393	0.445	0.456	0.467	0.500	0.533	0.533
탱크	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.078	0.078	0.078	0.759	0.759	0.759	0.874	0.874	0.874
필드	0.017	0.030	0.052	0.115	0.175	0.243	0.295	0.338	0.396	0.425	0.479	0.532	0.620	0.767	0.882	1.071	1.247	1.599	1.983	2.306	15.821

5) 대정비 단계에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차

대정비 단계에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차는 다음표와 같다.

<표 119> 대정비 단계에 따른 평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차

직무	산술평균	표준편차	기하평균	기하표준 편차	최소	최대
Shut Down	0.660	1.159	0.275	4.153	0.012	9.727
maintenance	0.450	0.425	0.267	3.534	0.002	3.223
Start Up	0.606	0.574	0.430	2.448	0.010	3.566

6) 대정비 단계에 따른 백분위수 분포

대정비 단계에 따른 뮈콘산 농도의 퍼센타일 분포는 다음과 같다.

<표 120> 대정비 단계에 따른 무콘산 농도의 퍼센타일 분포

작무	p1	p5	p10	p15	p20	p25	p30	p35	p40	p45	p50	p55	p60	p65	p70	p75	p80	p85	p90	p95	p100
s h u t d o w n	0.010	0.020	0.027	0.037	0.078	0.127	0.163	0.220	0.263	0.293	0.380	0.412	0.468	0.554	0.620	0.766	0.951	1.148	1.592	2.293	15.821
m a i n t e n a n c e	0.007	0.030	0.030	0.063	0.097	0.140	0.183	0.212	0.254	0.284	0.327	0.357	0.395	0.442	0.499	0.556	0.625	0.746	0.926	1.518	5.872
s t a r t u p	0.022	0.139	0.185	0.209	0.243	0.290	0.313	0.346	0.380	0.414	0.430	0.466	0.514	0.557	0.602	0.719	0.833	0.882	1.113	1.991	3.566

7) 생물학적 모니터링 초과율

ACGIH(미국산업위생전문가협회)의 생물학적노출지표(BEI) 가 0.5 mg/g cr, 우리나라의 노동부 참고치가 1 mg/g cr 인데, 미국산업위생전문가협회 기준을 적용할 경우 공무, 기계, 배관, 보온, 비계, 보드맨, 필드맨에서 이 기준을 초과하고 있었다.

<표 121> 미국산업위생전문가협회 기준 및 한국기준에 따른 직무별 유콘산 초과율

직무	미국산업위생전문가협회 참고치			노동부 참고치		
	초과	전체	%	초과	전체	%
계전	8	40	20	3	40	7.5
공무	11	25	44	4	25	16
기계	68	158	43.04	28	158	17.72
도장	1	13	7.69	0	13	0
배관	29	106	27.36	3	106	2.83
보드	10	37	27.03	3	37	8.11
보온	17	61	27.87	2	61	3.28
비계	8	46	17.39	4	46	8.7
용접	9	25	36	0	25	0
제관	1	10	10	0	10	0
탱크	2	7	28.57	0	7	0
토목	7	12	58.33	2	12	16.67
필드	81	171	47.37	46	171	26.9
총합	252	711	35.44	95	711	13.36

대정비 단계 별로 나누어 초과율을 알아보았을 때, Shut down,

Maintenance, Start up 단계 전부에서 비교적 높은 초과율 보였다.

<표 122> 미국산업위생전문가협회의 기준 및 한국기준에 따른
대정비 단계별 뮌콘산 초과율

직무	미국산업위생전문가협회의 참고치			노동부 참고치		
	초과	전체	%	초과	전체	%
Shut down	94	317	29.65	31	317	9.78
Maintenance	110	278	39.57	50	278	17.99
Start up	48	116	41.38	14	116	12.07
총합	252	711	35.44	95	711	13.36

4. 고 찰

생물학적노출지표(BEI, Biologic Monitoring Index)는 사업장에서 노출될 수 있는 잠재적 위험성을 평가하기 위한 것으로, 위험이 존재하는지 여부를 나누는 명확한 기준이 아니다. 따라서 생물학적 노출기준을 초과했다고 해서 위험에 노출됐다고 말하기는 어렵다.

뮌콘산은 벤젠의 대사산물로 개인의 체질, 건강상태, 흡연 등 생활습관에 영향을 받기 때문에 동일한 농도의 벤젠에 노출된 사람일지라도 소변에서 뮌콘산 배출량이 사람마다 달라질 수 있다. 하지만 동일인에 대해 반복측정 하는 경우나 동일 공정에서 여러 사람을 측정하는 경우는 뮌콘산 수치가 통계적인 의의를 가질 수 있다. 본 연구에서도 직무별로 다수의 근로자를 묶어 분석하였기 때문에 비교 결과에 통계적 의의가 있다고 할 것이다.

뮤콘산을 측정에 참여한 근로자는 대정비기간 동안 수일에 걸쳐 반복적으로 측정하였다. 반감기가 5시간을 초과하는 경우에는 측정치간에 자기상관성이 존재한다고 보고되고 있다. 뮤콘산의 반감기는 5시간 이상으로 보고되고 있는데, 본 연구에서는 자기상관성이 없이 독립적이라고 가정하고 분석을 시행하였다. 근무시간이 긴 경우는 그 만큼 배출량이 적어지기 때문에 자기상관성이 커질 수 있지만, 여러 직무들 사이에 동일한 영향을 주었을 것으로 추정되기 때문에 직무간 비교에서 이 부분은 고려하지 않았다.

뮤콘산 농도를 노출의 지표로 활용할 수 있는지를 검증하기 위해 기중 벤젠 노출량과 비교하였고, 작업 전후를 비교하여 뮤콘산 농도의 변화가 있는지를 알아보았다. 뮤콘산 농도는 벤젠 노출을 비교적 잘 반영하는 것으로 나타났으며 결과는 아래와 같다.

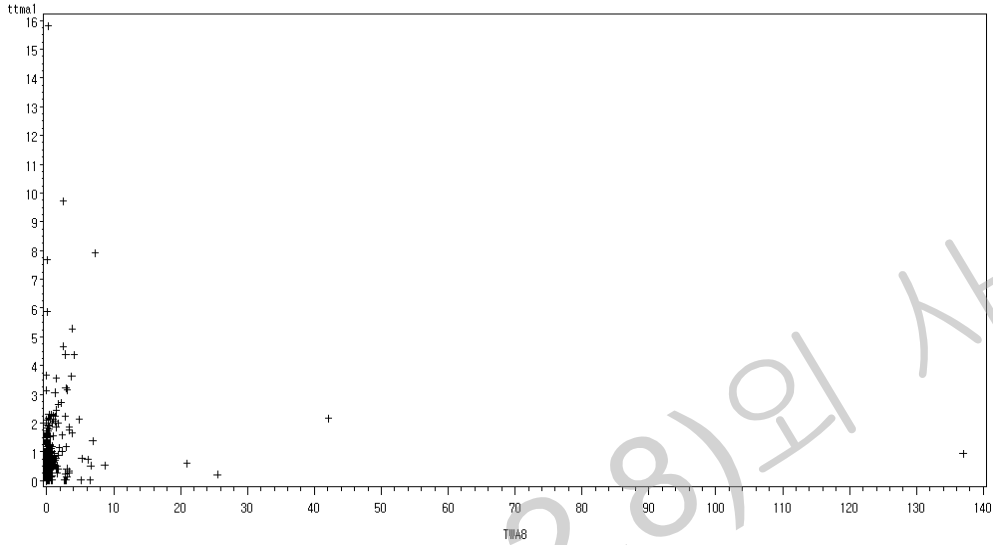
1) 뮤콘산 농도와 기중 노출 농도와의 연관성

요중 뮤콘산 농도와 TWA의 상관성을 알아보았다. 회귀분석을 시행한 결과 다음과 같은 식이 추정되었다. 추정식의 R-square 값은 0.0062 였다.

<표 123> 8시간 노출 기준과 뮤콘산 농도와의 연관성

Parameter	Estimate	Error	t	Value
Intercept	0.581	0.038	15.23	<.0001
TWA8	0.014	0.007	2.11	0.0348

이상치 제거 전 회귀식 : 뮤콘산 농도(g/g cr)=0.581 +0.014*TWA
기중 벤젠의 TWA 값과 요중 뮤콘산의 분포는 그림과 같다.



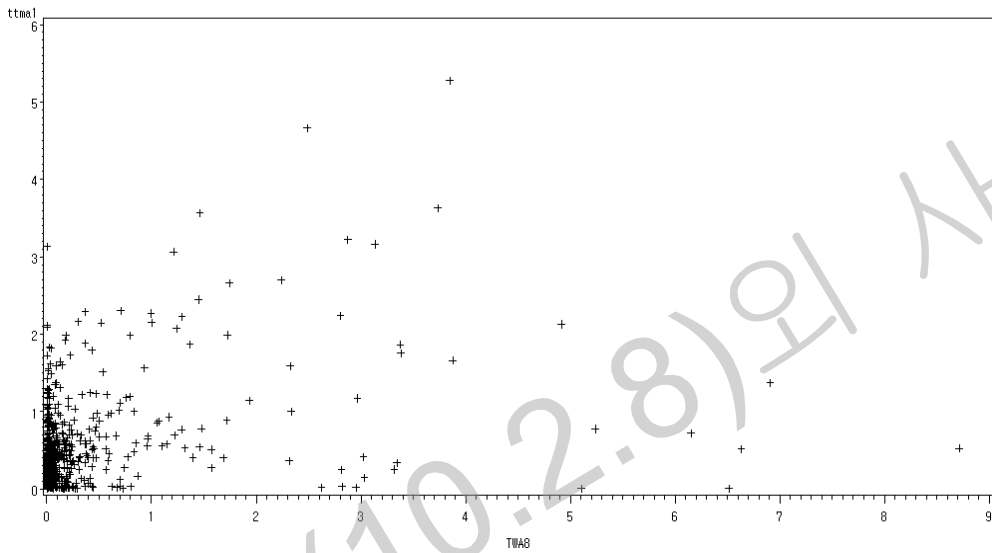
[그림 79] 요중 뮤콘산과 기중 벤젠 농도의 분포

표준화제외잔차, Hat Matrix를 이용하여 이상치(outlier)를 제거한 후 회귀분석을 재시행한 결과 다음과 같은 회귀식이 최종 추정되었다. 최종 회귀식의 R-square 값은 0.1162 였다. R-square 값이 상대적으로 낮게 나왔는데, 이는 보호구 착용 여부, 인체 누적 효과 등 다른 요인이 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 따라서 이 부분에 대해서는 추후 세밀한 추가 분석이 필요할 것으로 생각된다.

<표 124> 이상치를 제거한 8시간 노출 기준과 뮤콘산 농도와의
연관성

Parameter	Estimate	Error	t	Value
Intercept	0.435	0.022	1970	<.0001
TWA8	0.232	0.024	9.67	<.0001

최종 추정된 회귀식 : 요증 류콘산 (g/g cr) = 0.435 + 0.232*TWA



[그림 80] 이상치를 제거한 요증 류콘산과 기증 벤젠의 농도 분포

2) 작업 전후의 류콘산 농도 비교

작업 전후의 류콘산 농도의 차이가 통계적으로 유의한지 paired t-test를 통하여 검증하였다.

작업 후의 류콘산 농도는 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다 ($p < 0.0008$).

<표 125> 작업 전후 뮌콘산 농도 비교

사업장	근로자번호	직무	작업전	작업후	전후차
1	1	field	0.010	3.165	3.155
	2	field	0.088	0.857	0.769
	3	field	0.030	1.869	1.839
	4	field	0.010	0.115	0.105
	5	field	0.313	1.991	1.678
	6	공무	0.296	3.567	3.271
	7	공무	0.010	0.617	0.607
	8	공무	0.010	1.113	1.103
	9	Board	0.010	0.932	0.922
	10	Board	0.137	2.112	1.975
	11	Board	0.010	0.010	0.000
	12	Board	0.834	0.418	-0.416
	13	Field	0.010	1.035	1.025
	14	Field	0.671	2.167	1.496
	15	Field	0.010	0.220	0.210

5. 결론

대정비 작업에 참여한 711명의 건설일용직 근로자와 발주처 근로자의 벤젠 대사산물 뮌콘산 농도를 알아보았다.

노출기준 ACGIH(미국산업위생전문가협회) BEI를 초과하는 경우는 35.44%였고, 우리나라 노출 참고치를 초과하는 경우는 13.36%였다.

대보수 기간에 참여한 건설근로자와 발주처근로자 모두에서 높은 생물학적 노출기준 초과율을 보였다.

6. 참고문헌

ACGIH. Documentations of TWA and TLV. 2007

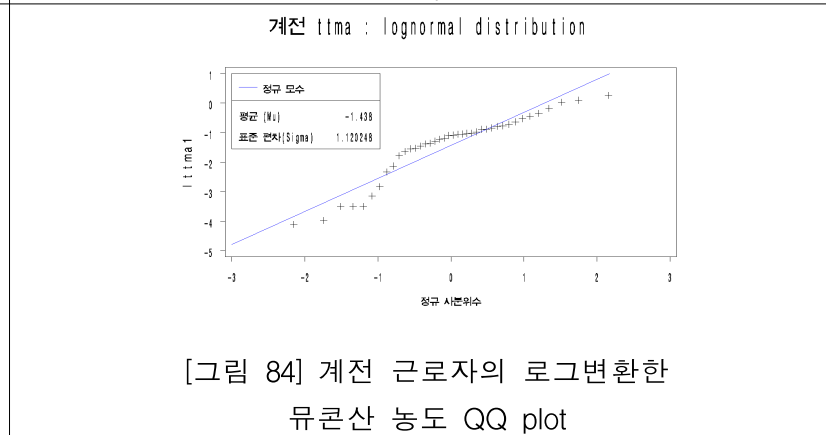
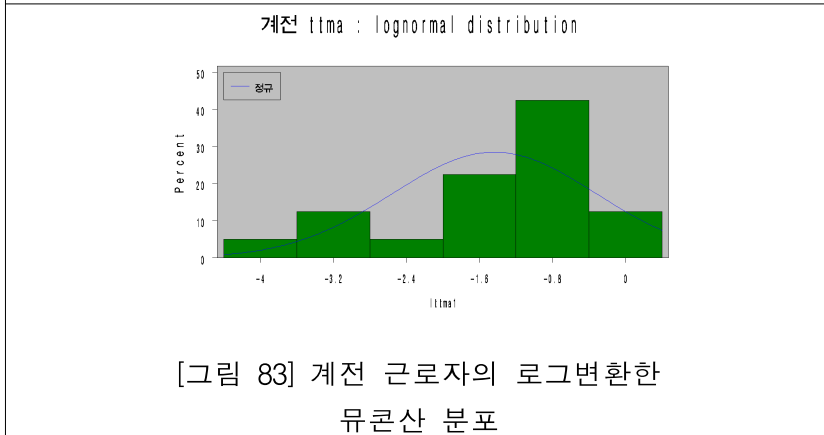
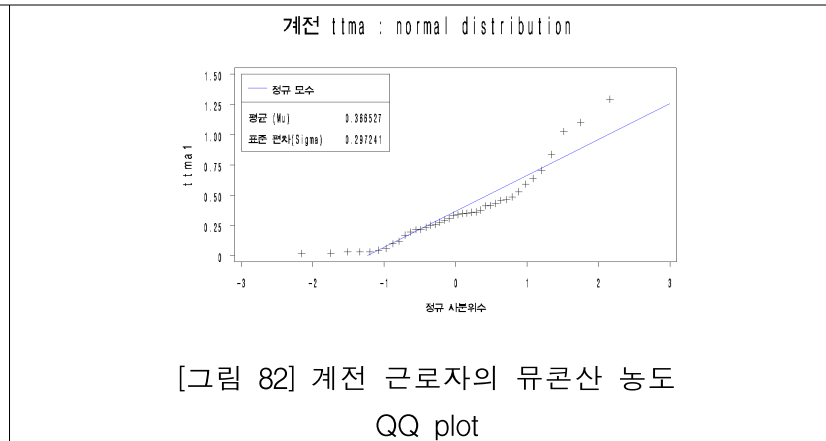
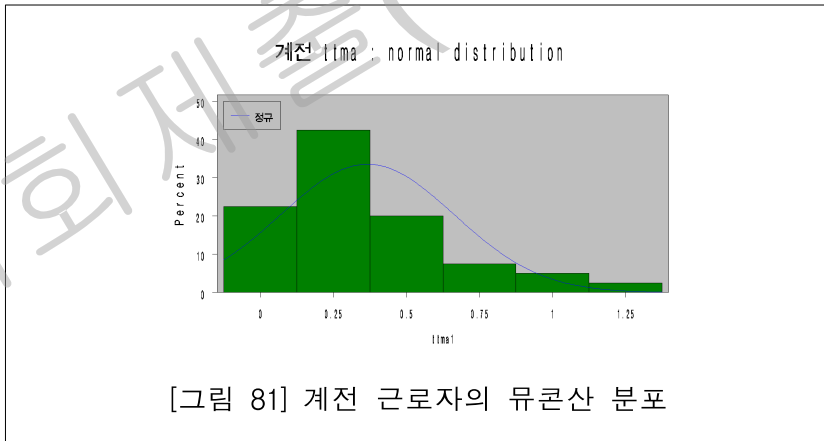
Nieuwenhuisen. Exposure assessment in occupational and environmental epidemiology. Oxford University Press 2003

Checkoway. Research methods in occupational epidemiology. 2ed. Oxford University Press. 2004

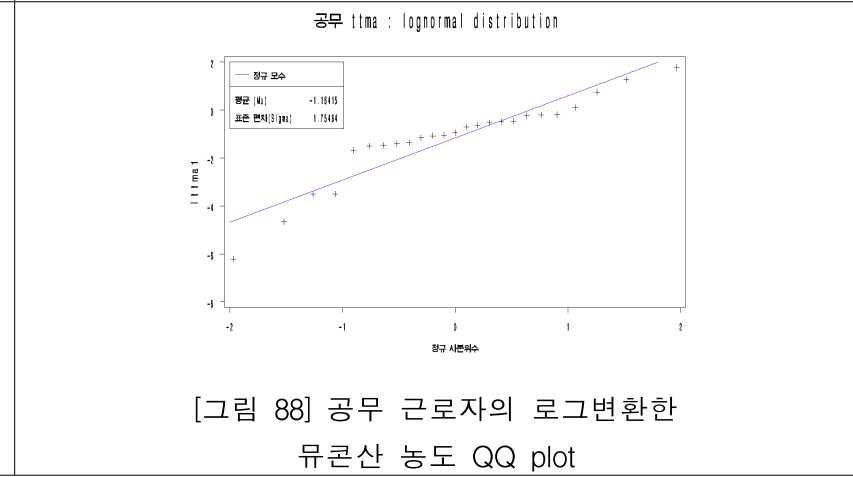
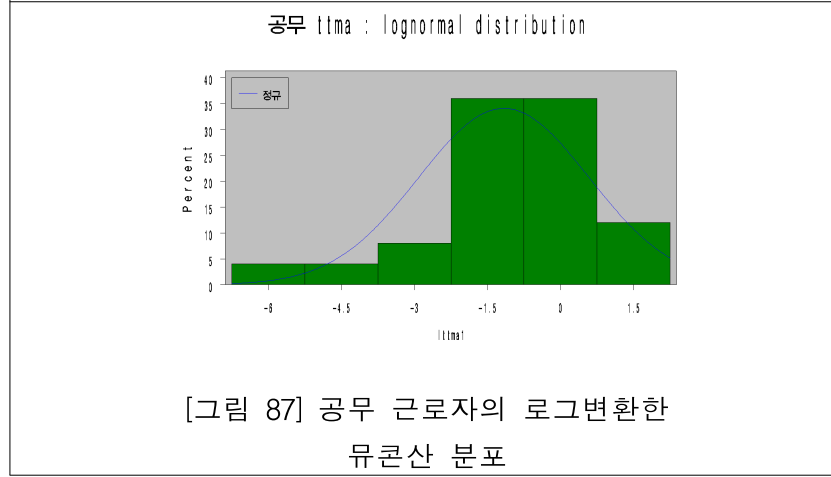
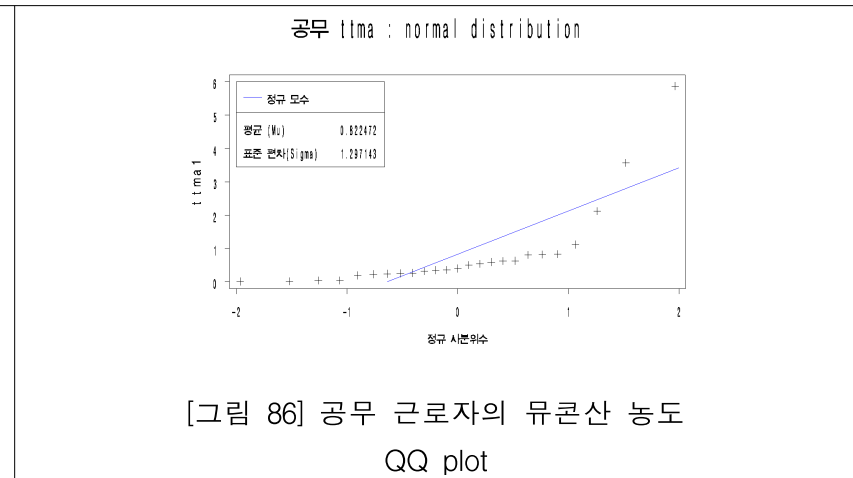
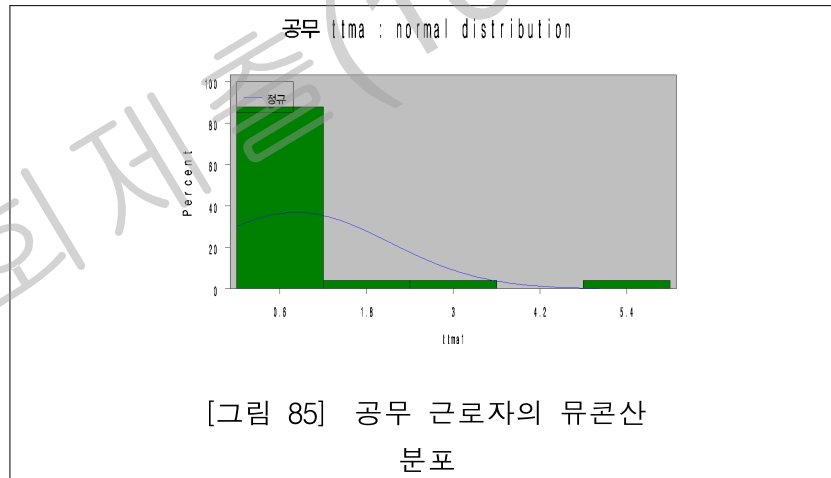
Angerer J. Biologic monitoring-prospects in occupational and environmental medicine. Wiley-VCH. 2002

※ 참고: 생물학적모니터링 결과의 분포

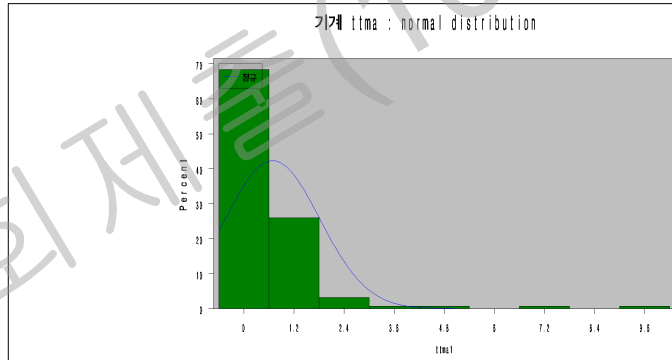
1. 직무에 따른 생물학적 유콘산의 분포
가) 계전



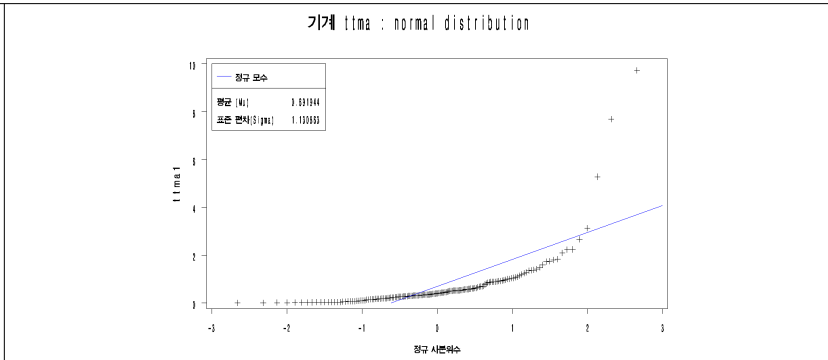
나) 공무



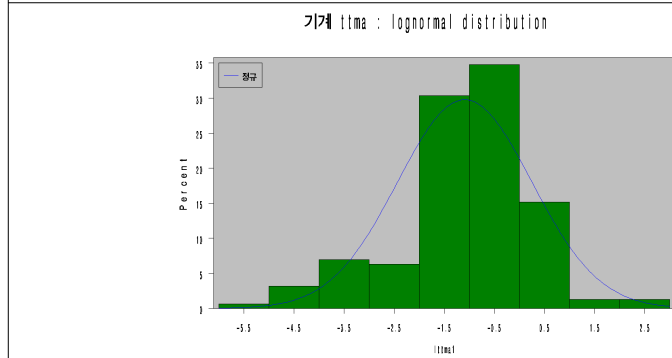
다) 기계



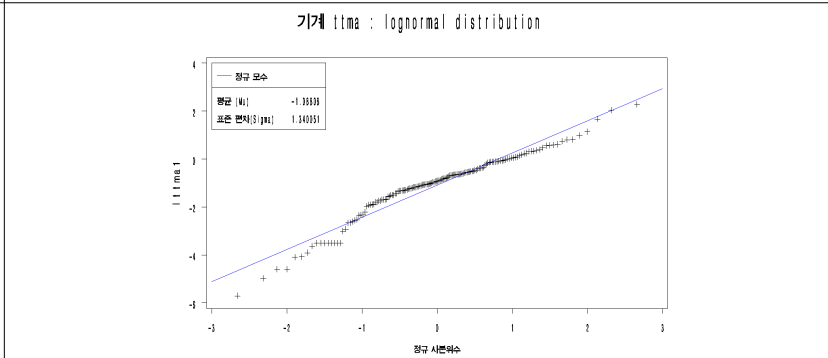
[그림 89] 기계 근로자의 유콘산 농도 분포



[그림 90] 기계 근로자의 유콘산 농도 QQ plot

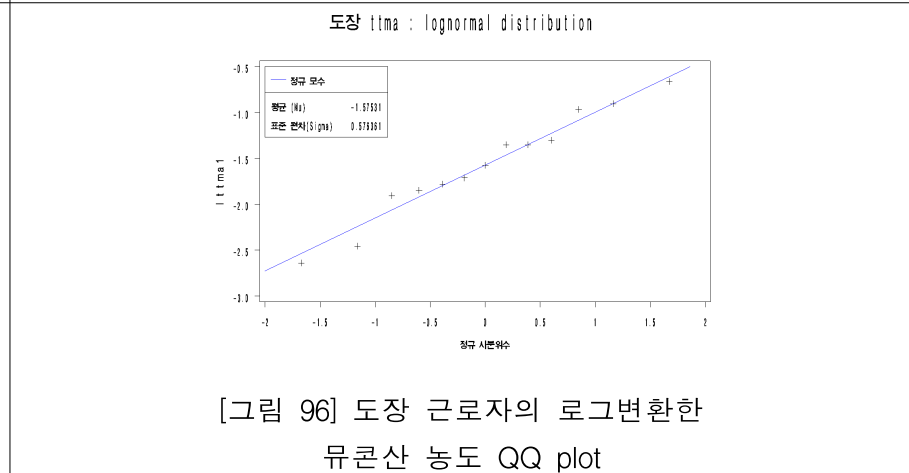
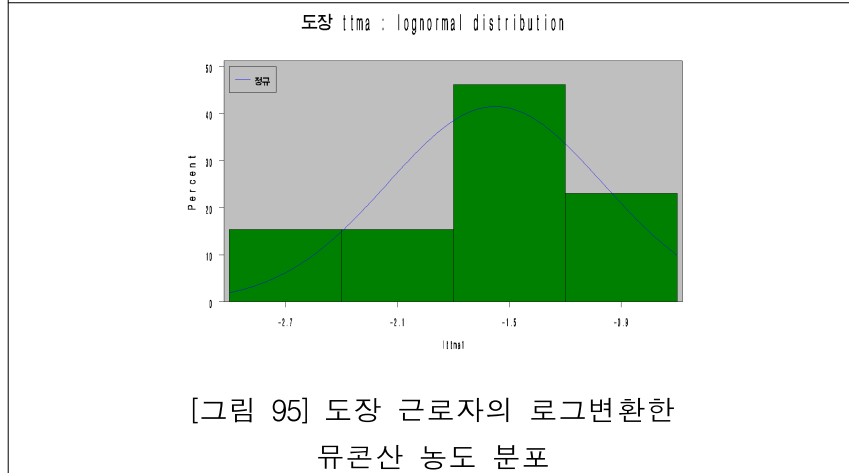
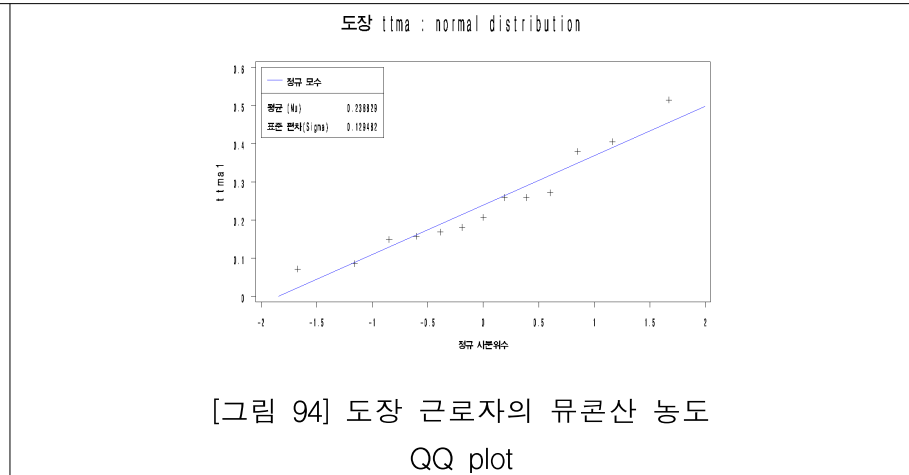
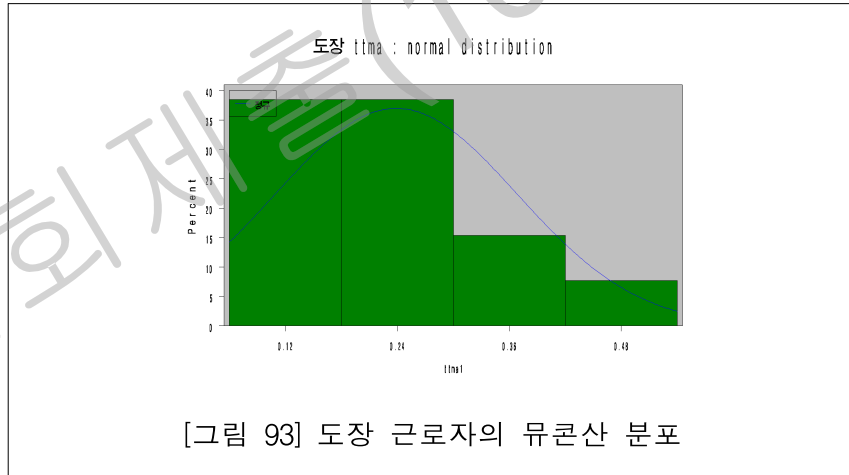


[그림 91] 기계 근로자의 로그변환한 유콘산 농도 분포

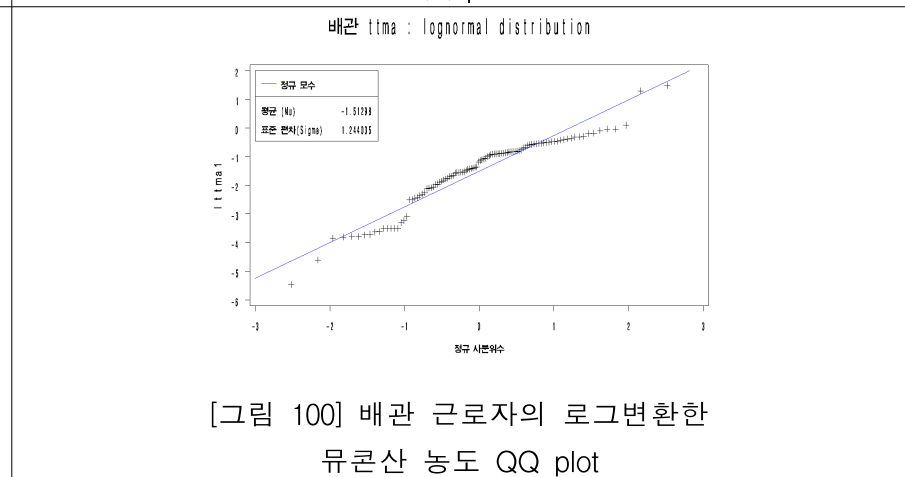
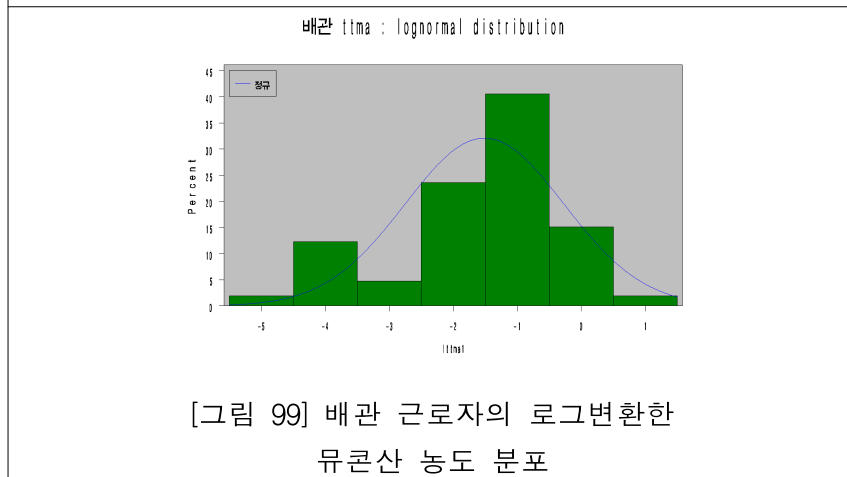
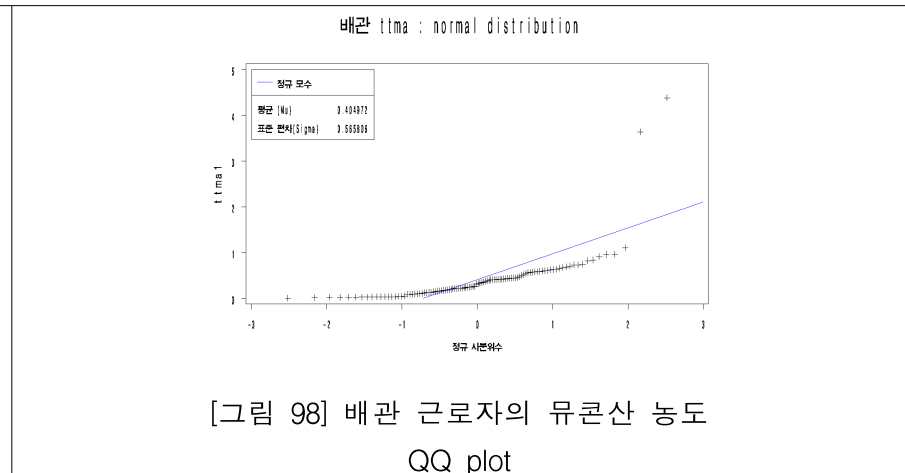
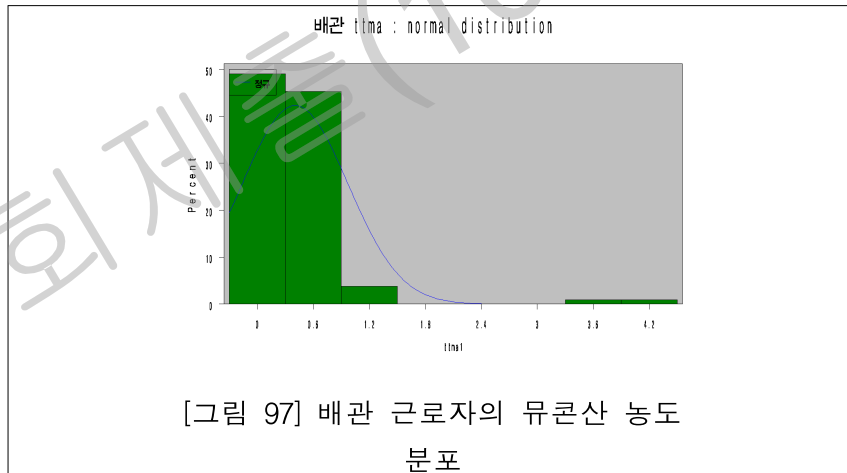


[그림 92] 근로자의 로그변환한 유콘산 농도 QQ plot

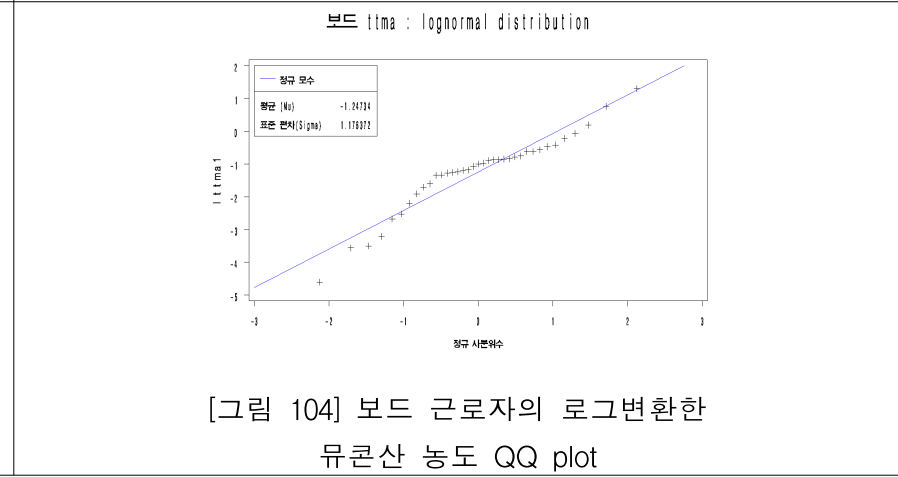
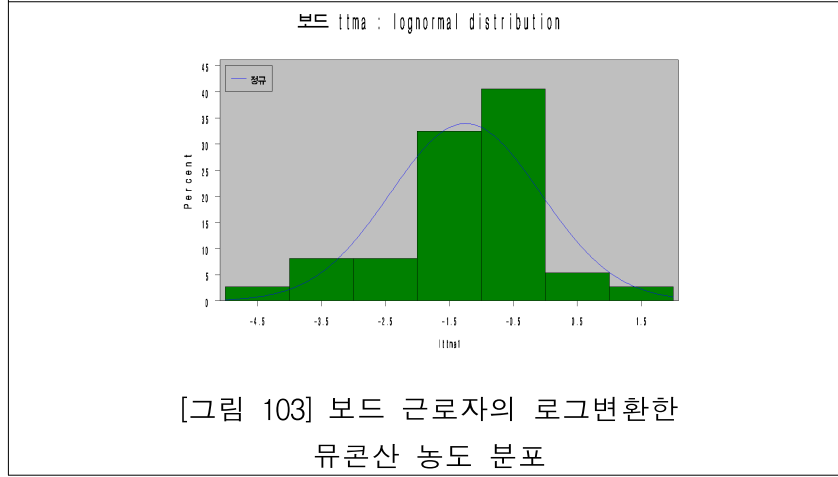
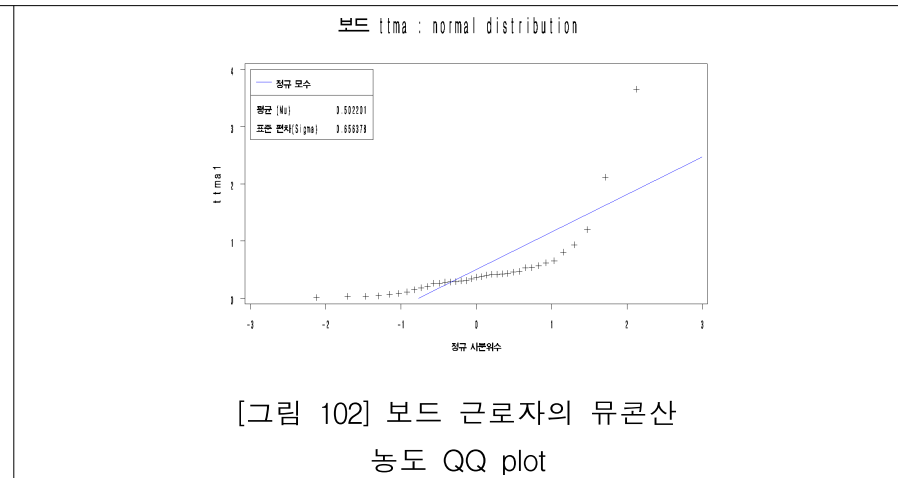
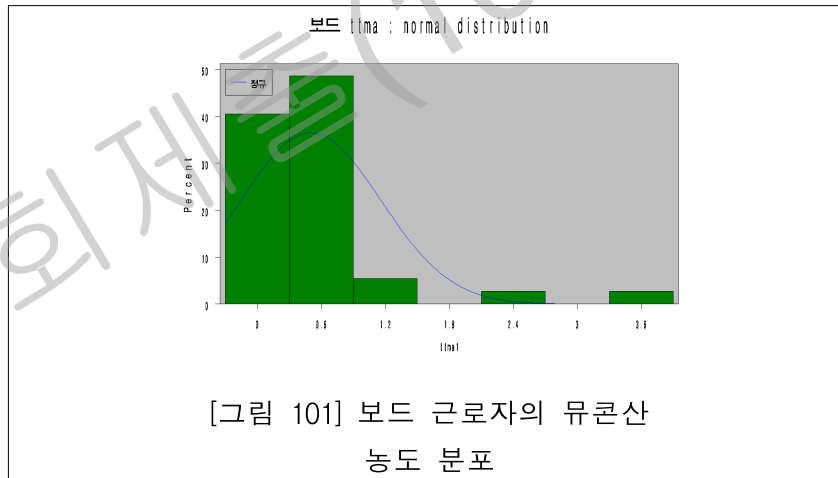
라) 도장



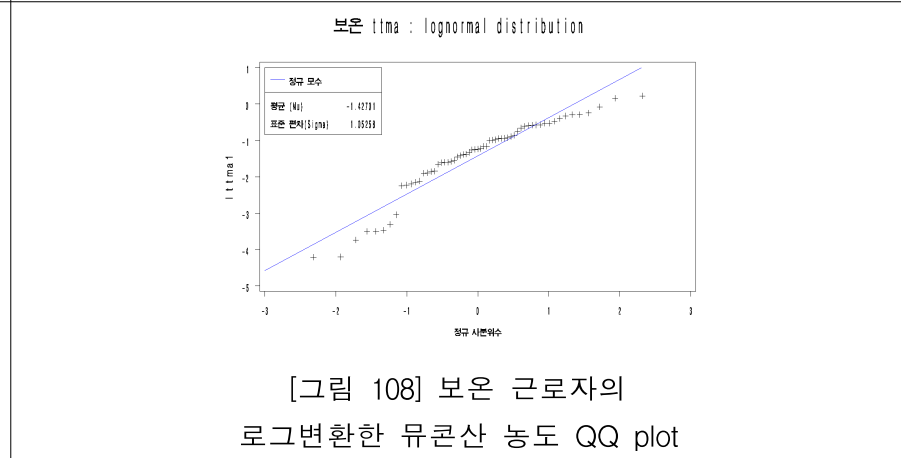
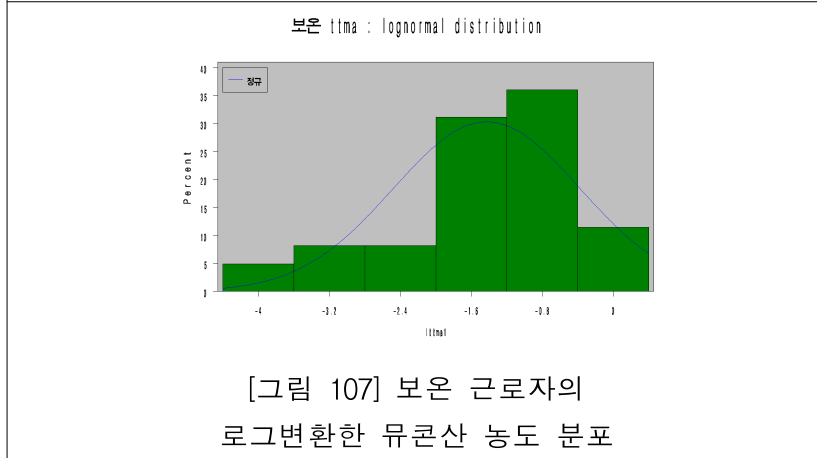
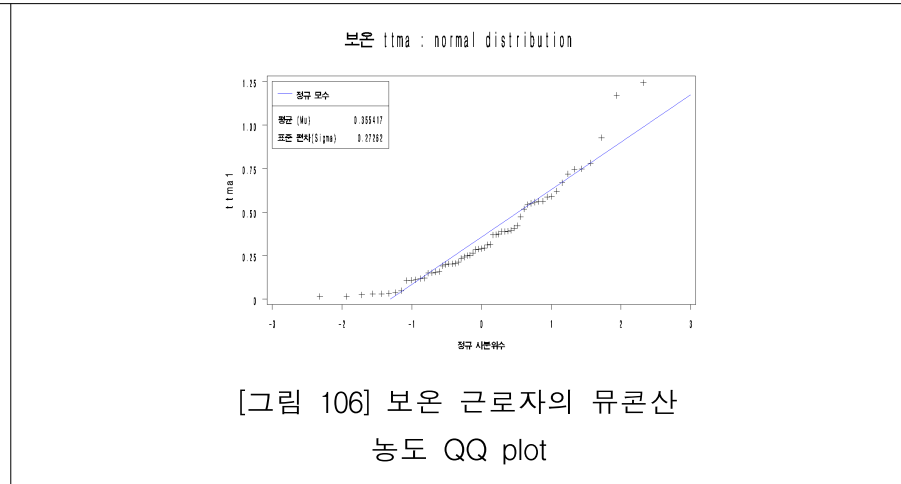
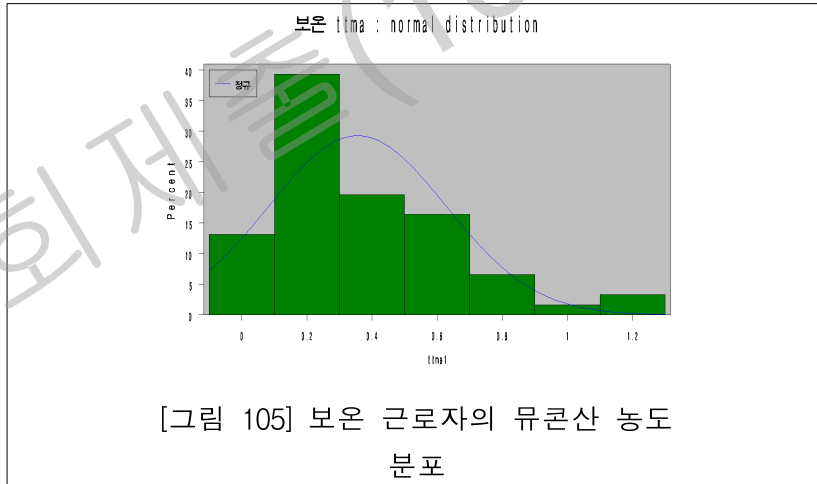
마) 배관



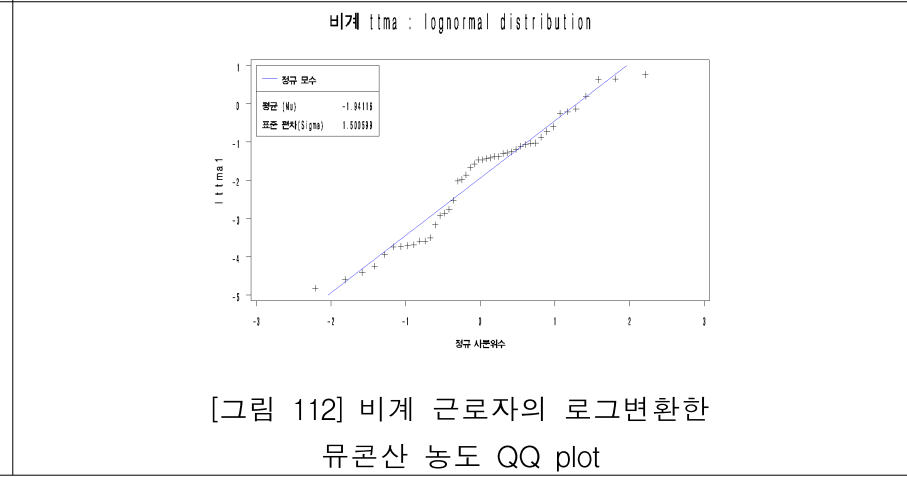
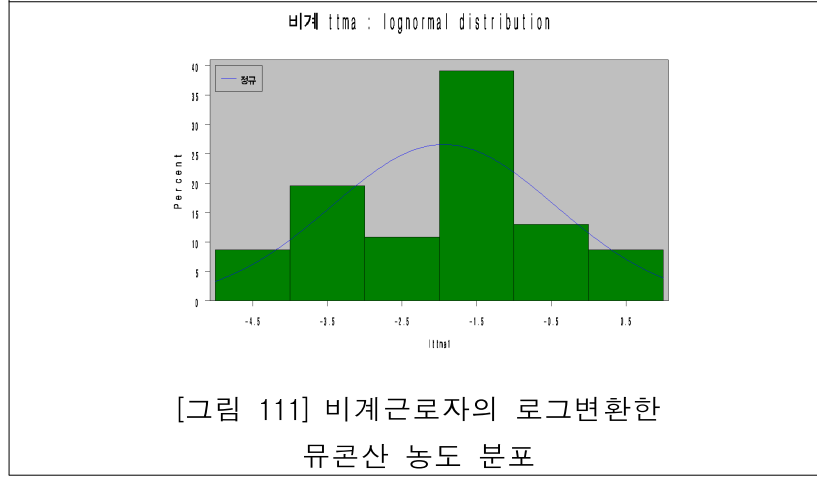
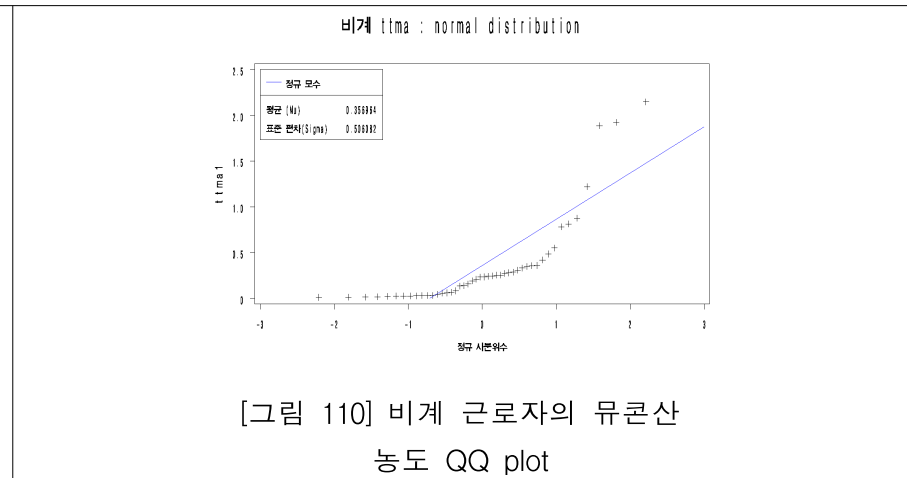
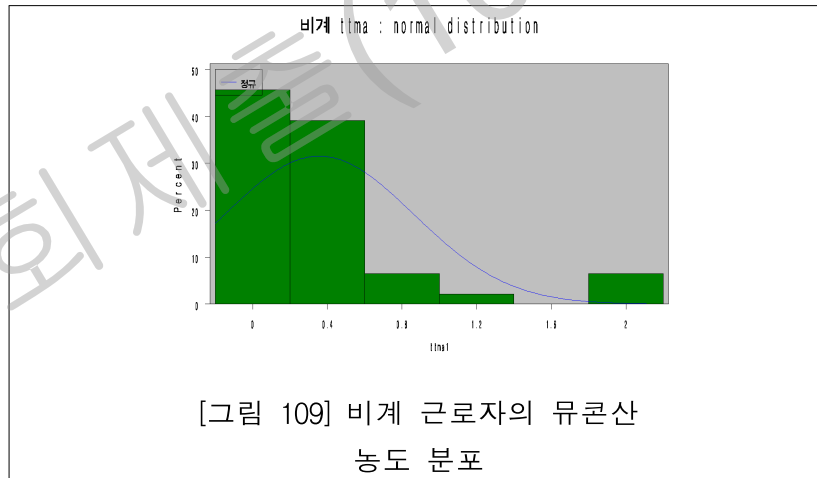
바) 보드



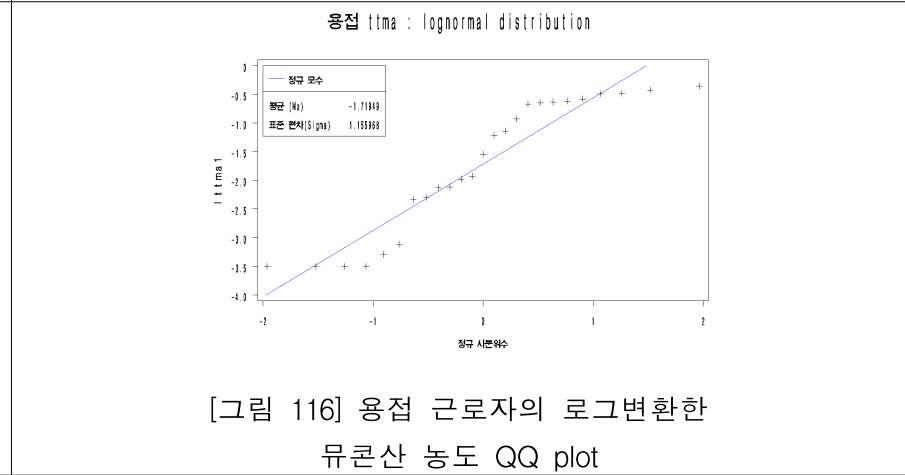
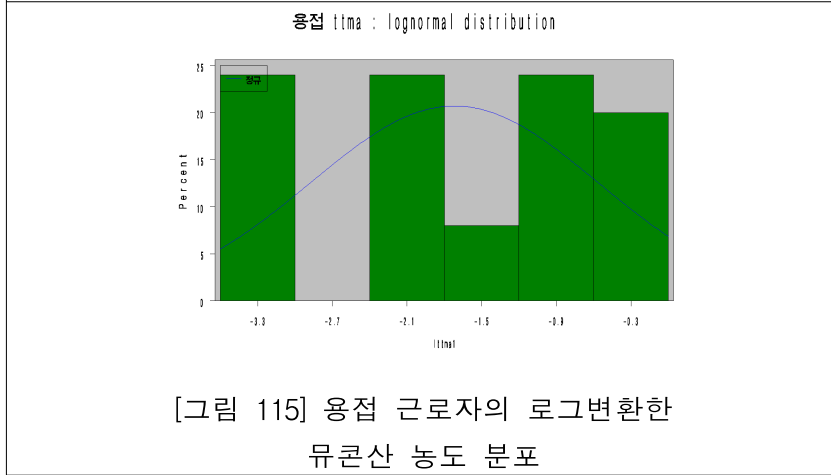
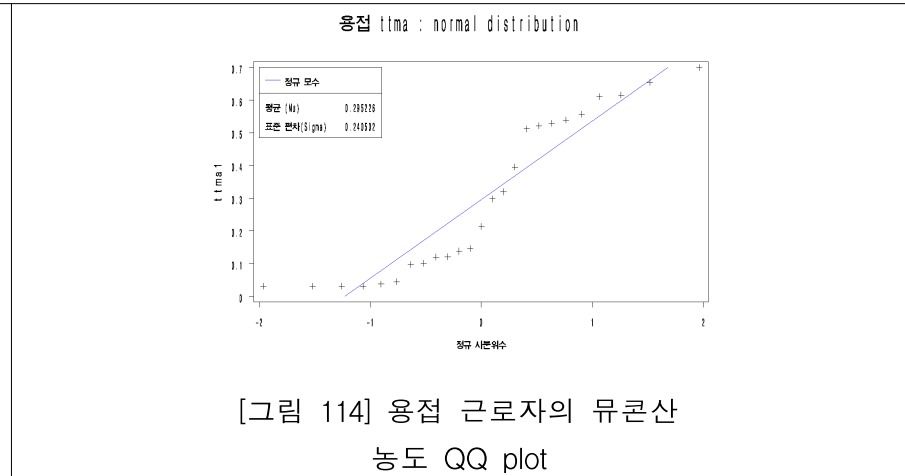
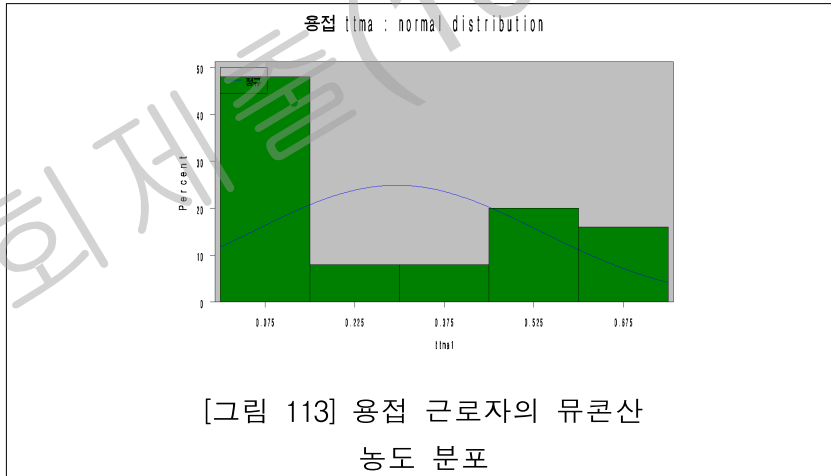
사) 보온



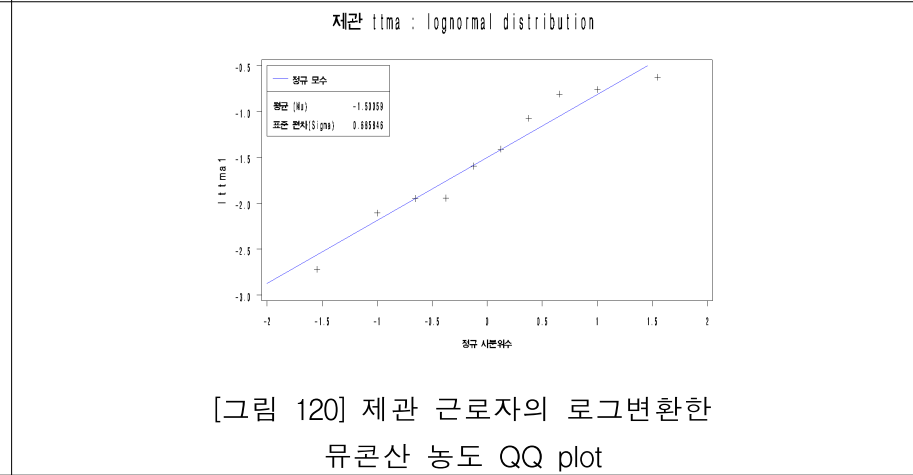
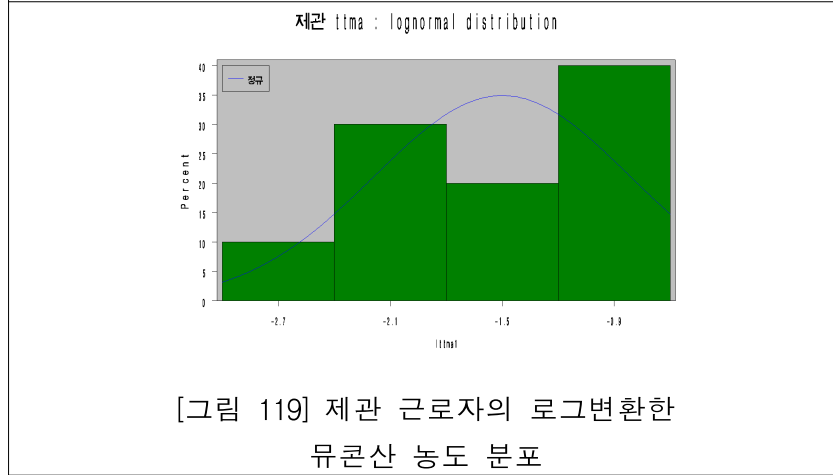
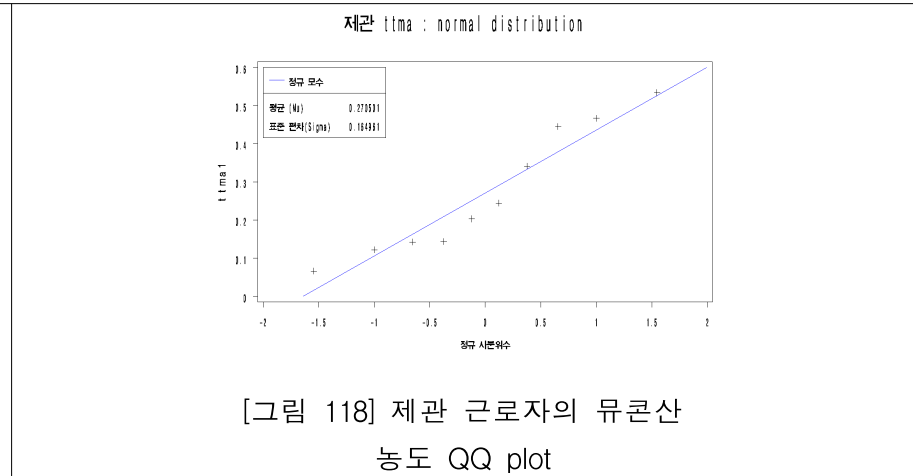
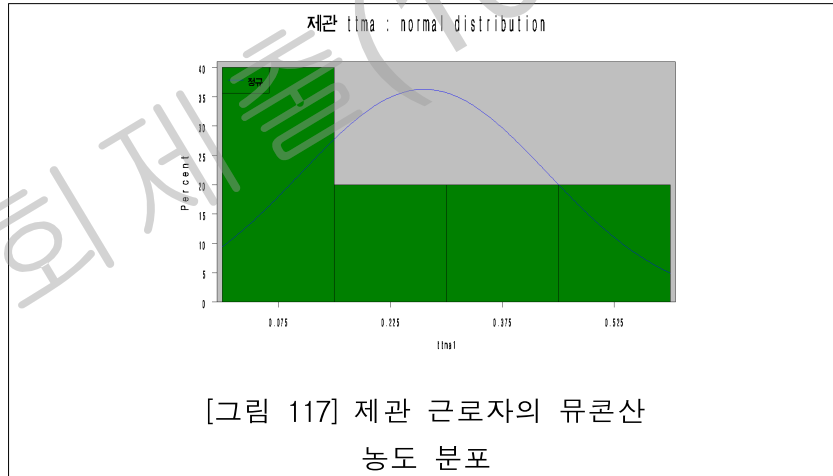
아) 비계



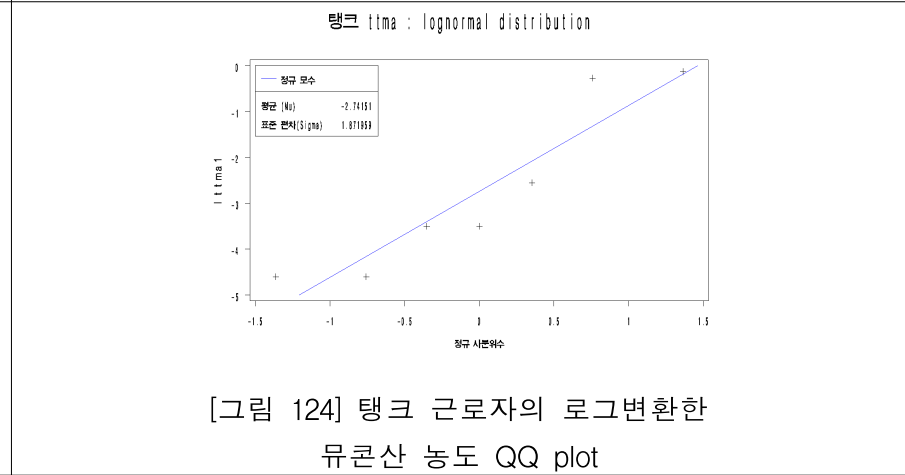
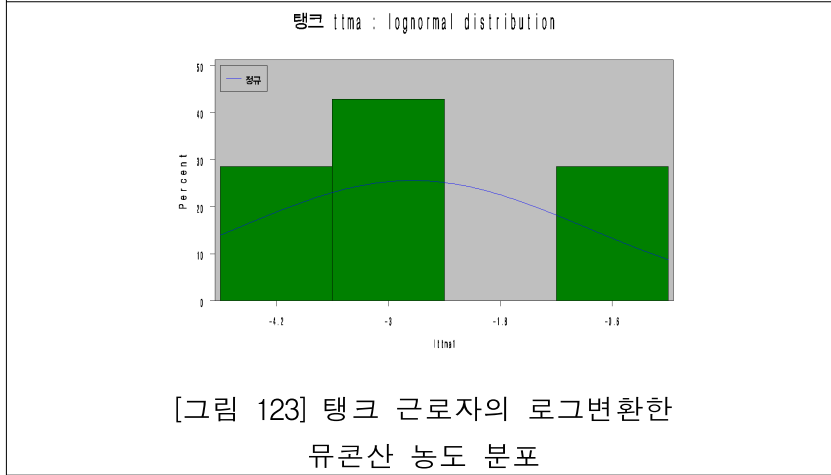
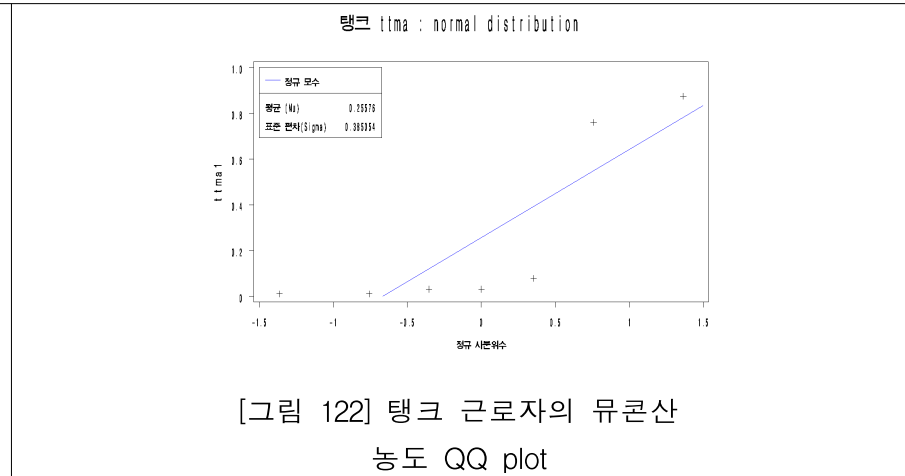
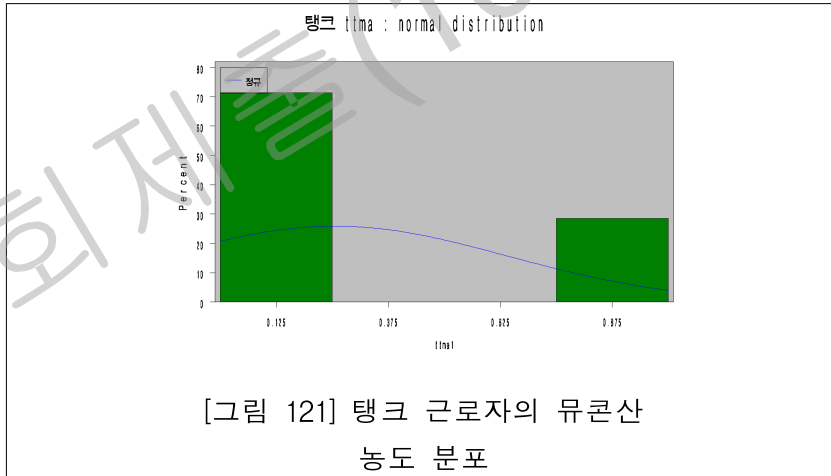
자) 용접



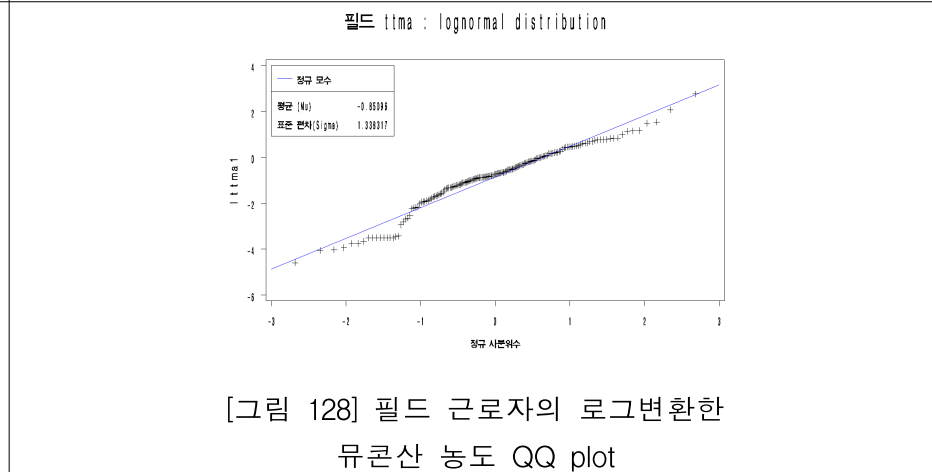
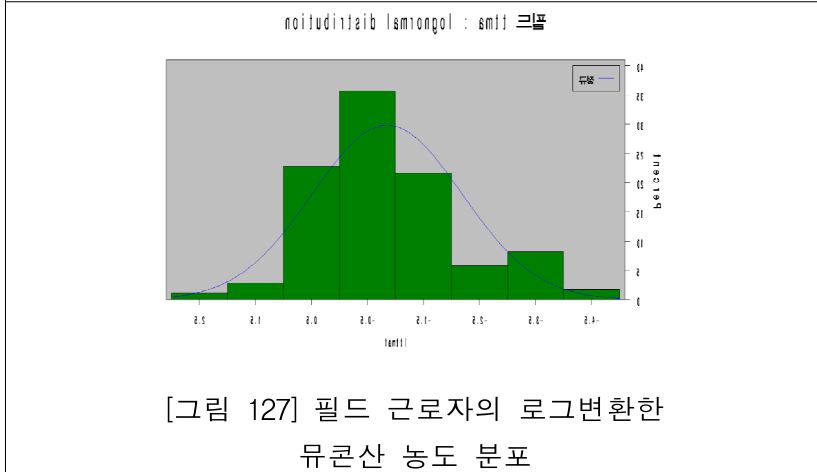
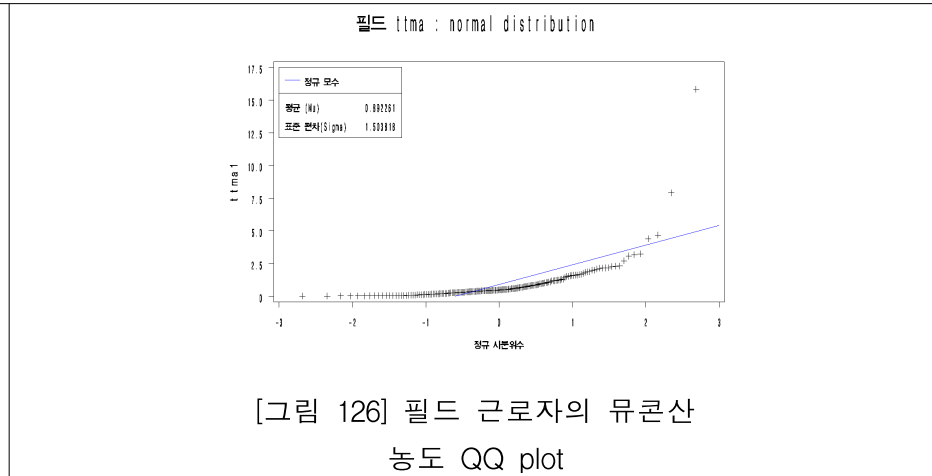
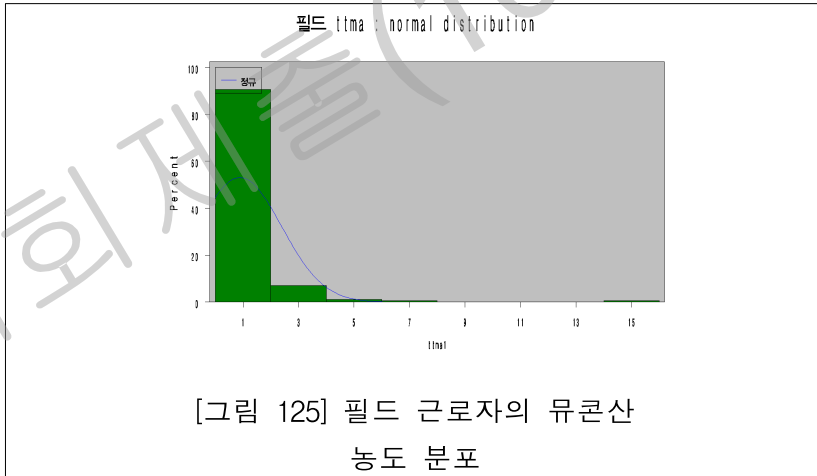
차) 제관



카) 탱크

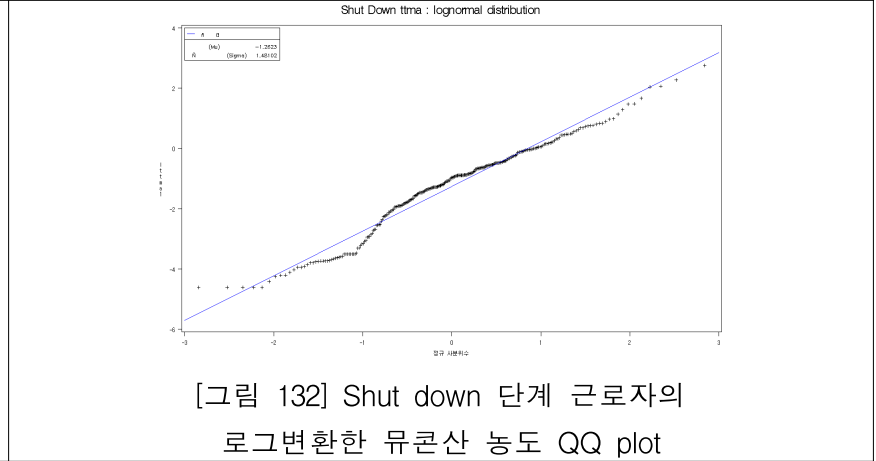
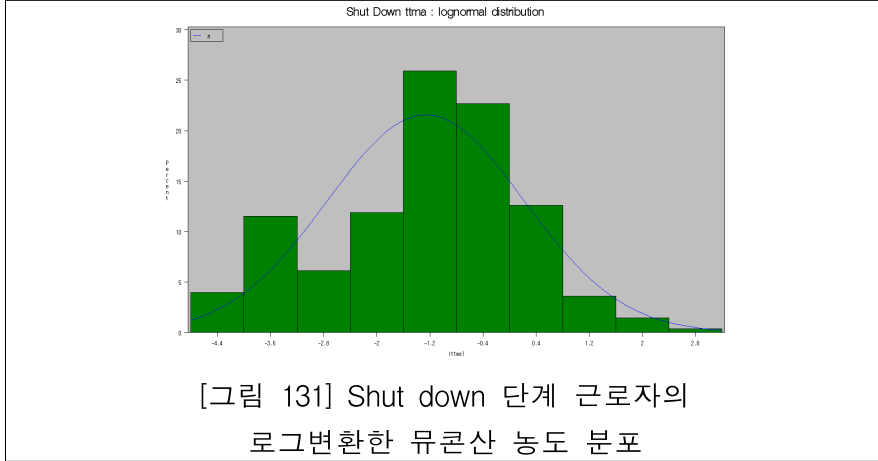
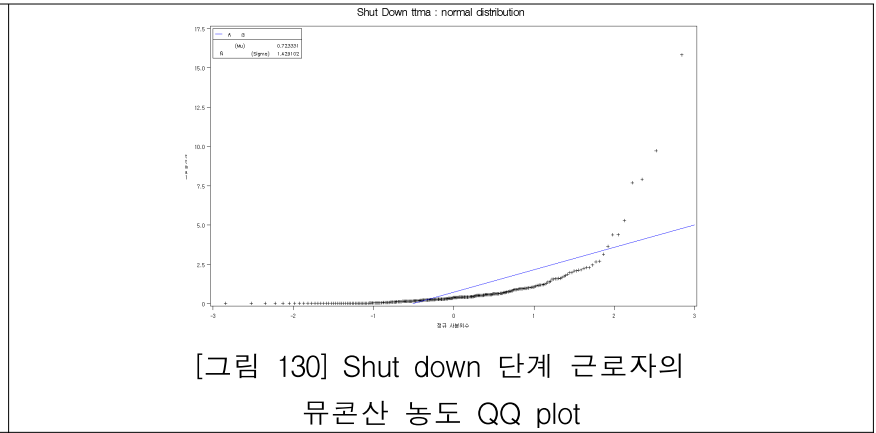
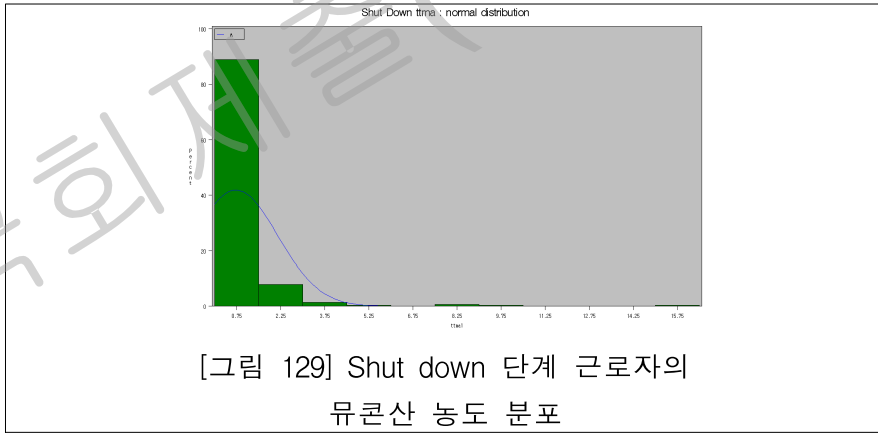


타) 필드

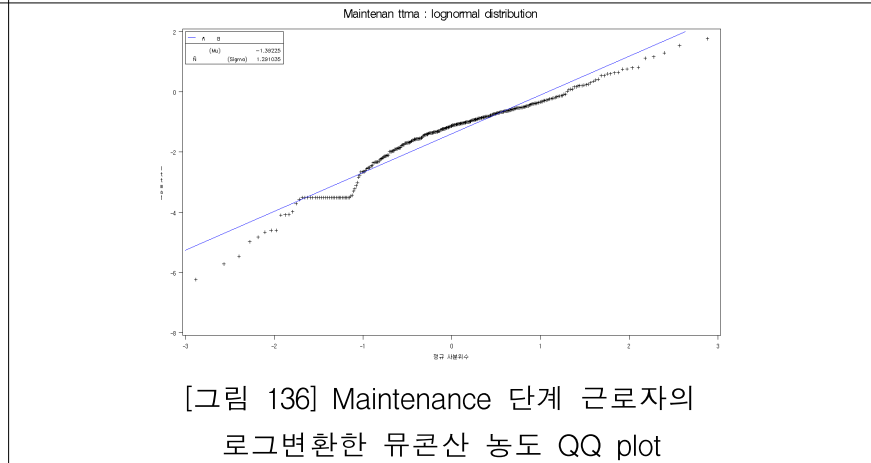
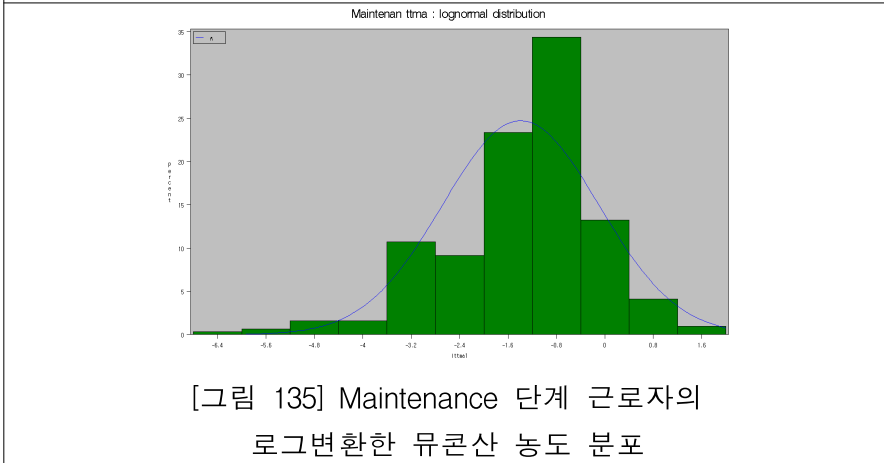
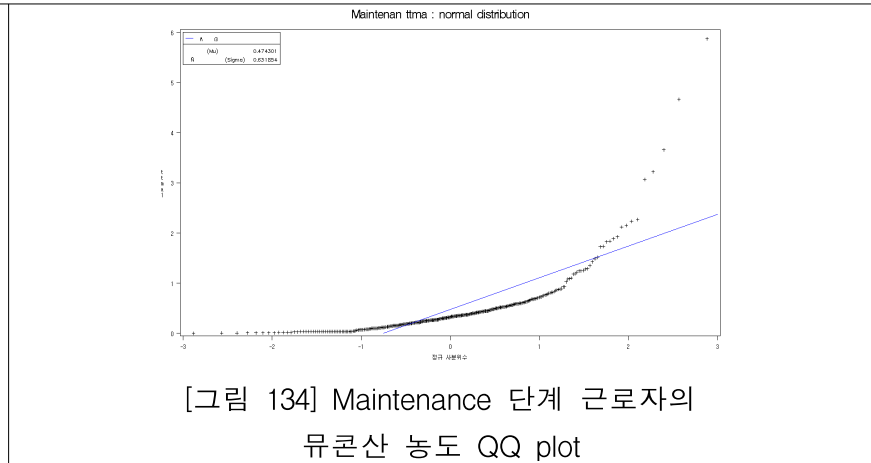
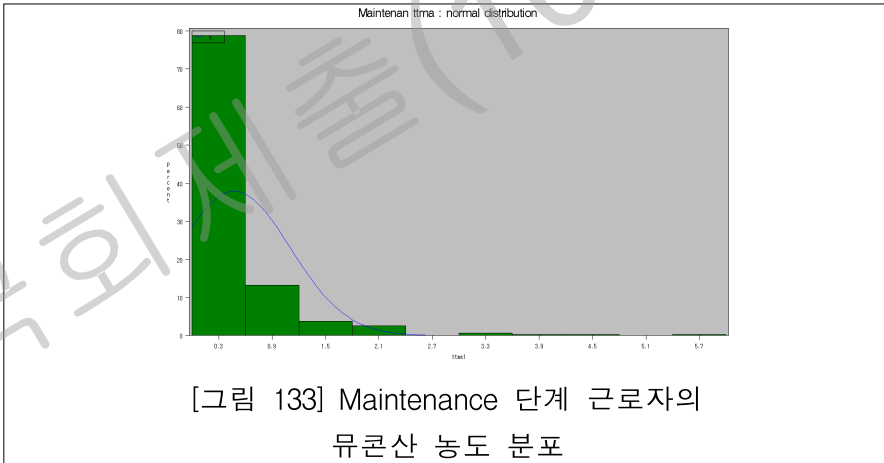


2. 대정비 단계에 따른 생물학적 유콘산의 분포

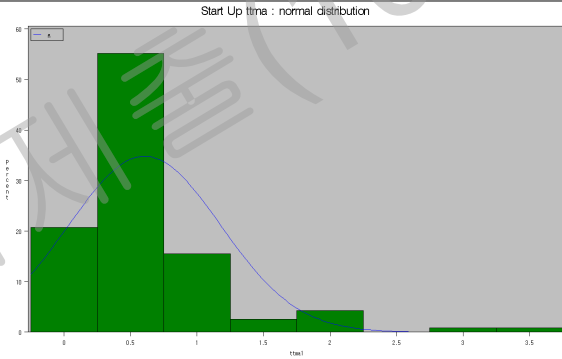
가) Shut down 단계



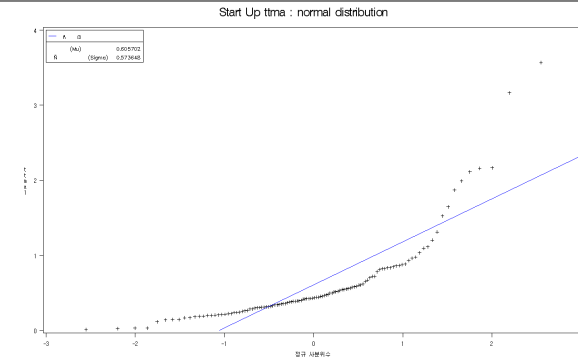
나) Maintenance 단계



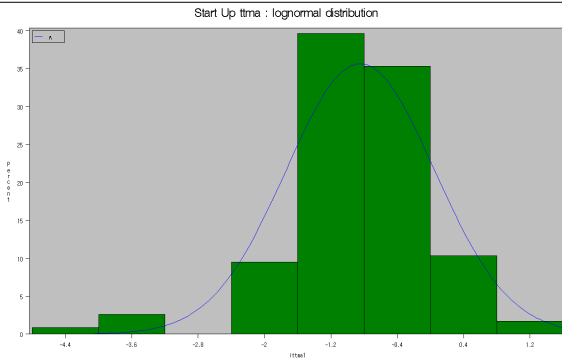
다) Start up 단계



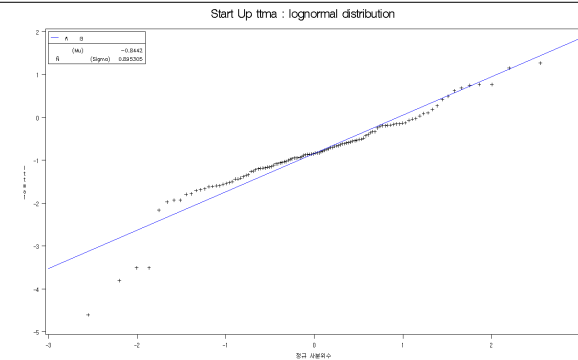
[그림 137] Start up 단계 근로자의 유콘산 농도 분포



[그림 138] Start up 단계 근로자의 유콘산 농도 QQ plot



[그림 139] Start up 단계 근로자의 로그변환한 유콘산 농도 분포



[그림 140] Start up 단계 근로자의 로그변환한 유콘산 농도 QQ plot

Ⅲ. 건강설문조사

1. 설문조사의 목적 및 필요성

- 1) 여수·광양산단의 발주처 및 비발주처 근로자의 직업력 및 직무를 파악하여 직무-노출 매트릭스의 구축에 필요한 기초자료를 제공한다.
- 2) 여수·광양산단의 비발주처 근로자의 건강실태 및 근로조건을 파악하여 이후 제도개선 방향을 제시한다.

1970년대 이후 석유화학 업종을 중심으로 확장된 여수산단은 이미 20여년 전부터 근로자의 건강에 대한 문제제기가 있어왔다. 1996년부터 1997년까지 산업안전보건연구원에서 ‘여천공단근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사’를 시행한 바 있고 이어 2002년 ‘여천공단 근로자 암 발생에 관한 역학조사’를 시행하였다.

기존 연구들에서 암발생과의 뚜렷한 연관성을 발견하지 못하였는데 그 이유로 노출/비노출의 분류오류의 가능성을 가장 높이 평가하였으며 따라서 보다 정밀한 노출수준 평가와 직무-노출 매트릭스의 구축의 필요성을 시사하였다. 또한 연구대상이 발주처에 국한되었던 만큼 이후 연구에서 협력업체 등 비발주처 근로자까지 대상을 확대해야 할 필요성이 제기되었다.

따라서 본 역학조사의 설문조사에서는 향후 여수 광양 산단 근로자에 대한 장기적 건강영향 추적 체계를 구축하는데 필수적인 직무-노출 매트릭스 구축을 위하여 직업력과 직무특성에 대한 기초 자료를 수집하고자 하였다. 여수광양산단에서 가장 건강문제에서 취약할 것으로 지목되는 집단은 플랜트 건설근로자이다.

2003년 노동건강연대의 ‘여수 건설근로자 건강실태 조사’, 2004년 국가인권위원회의 ‘비발주처 근로자의 노동조건 및 건강실태조사 보고서’에서 이들의 근로조건과 건강문제에 대해 문제제기를 한 바 있다. 본 설문조사에서 이후 플랜트 건설근로자의 건강 보호를 위한 제도 도입과 작업환경 개선의 방향을 제시할 수 있도록 여수광양산단의 비발주처 근로자의 주요 건강문제와 근로조건에 대해 파악하고 일반 인구 혹은 다른 근로자와의 비교분석을 시행하고자 하였다.

2. 조사 대상

1차적인 대상은 여수 광양 지역의 발주처 및 비발주처 건설근로자로 실제 설문지를 배포 후 회수할 수 있는 수행가능성을 염두에 두고 최종 조사 대상자를 선정하였다. 조사대상은 다음과 같다.

- (1) 여수지역 발주처 및 협력업체 근로자
 - 여수석유화학안전관리위원회 소속 28개사의 발주처 근로자 및 협력업체의 근로자
 - 5~20% 내외의 무작위 표본추출을 통한 표본조사
 - 4400여명에 배포
- (2) 광양지역 발주처 및 협력업체 근로자
 - 광양지역 1개 제철업 및 1개 석유화학 업체 및 그 협력업체 근로자
 - 5~20% 내외의 무작위 표본추출을 통한 표본조사
 - 4100여명 배포
- (3) 여수지역 건설근로자
 - 여수건설노조 소속의 근로자로 설문지 배포 시기의 주요 건설현장에서 근무 중인 근로자
 - 2800여명에 배포
- (4) 광양지역 건설근로자

- 전남동부 건설노조 소속의 근로자로 설문지 배포시기 광양제철소 내의 현장에서 근무 중인 근로자
- 1500여명에 배포

3. 조사 방법

(1) 조사 항목

가) 일반 사항 및 생활습관

- 이름, 주민등록번호, 전화번호, 연령, 학력, 결혼상태, 흡연, 음주, 운동...

나) 직업력 및 직무 내용

- 졸업 또는 제대 이후의 전체 직업력 (소속회사, 지역과 직업)
- 여수광양산단에서의 직무
- 대보수 작업의 참여시간, 회수
- 대보수 작업시 주관적 노출 상황, 노출 정도

다) 질병력, 건강 상태, 의료이용

- 질병력을 조사하기 위한 표준화된 도구로서 2005년 국민건강영양조사의 질문표 이용
- 호흡기 증상 : 영국의학연구위원회 (Medical Research Council Committee) 의 호흡기 증상 설문지 개정판을 발췌하여 사용
- 피부 증상 : 자기기입식의 증상기반 손 피부염 설문지 (Smith et al, 1992) 를 일부 변형하여 사용
- 근골격계 증상 (건설근로자만 해당) : 근골격계 증상 조사표; 근골격계부담 작업 유해요인조사 지침, KOSHA Code H-30-2003
- 직무스트레스 (건설근로자만 해당) : 한국형 직무스트레스 단축형; KOSS-26
- 손상 경험 및 보상 여부

- 의료이용 실태
 - 라) 안전보건관리 현황
- 교육, 보호구 지급 여부 등

(2) 통계 분석

대상자의 일반적 특성은 기술적 통계 방법으로 분석하고, 각 직무 군간의 비교는 ANOVA-test, 카이제곱 검정을 실시하였다. 구체적으로 각 직무 군 간의 질병이환 경험에 대한 기술적 자료 분석을 하고, 2005년 국민건강영양조사 결과와 비교하여 제시하였다. 각 직무 군 간의 호흡기, 피부증상, 근골격계 증상에 대해서는 기술적 자료 분석을 하고 카이제곱검정을 통해 직무 군 별 차이를 확인하였다. 직무 스트레스의 분석은 다음과 같은 방법으로 하였다. 국내 기존 2003년 한국인 직무 스트레스 측정 도구의 개발 및 표준화 연구 결과의 스트레스 평균과 비교(한국형 직무스트레스 단축형 평가지침서, 2003 연구보고서 p. 132 참조, KOSS revision form에 추가된 물리환경은 기본형 평가지침서 사용)하였다.

4. 조사 결과

1) 지역 및 근로자 구분

(1) 지역 및 근로자 구분

광양발주처 : 광양제철소 근로자

광양 협력업체 : 광양제철소 내 협력업체 근로자

광양 건설근로자 : 조사 기간 내 광양제철소 내 건설 근로자

여수 발주처 : 여수 석유화학 안전관리자 협회 소속 사업장

여수 협력업체 (비건설): 위 사업장의 협력업체 근로자 중 건설근로자 제외

여수 건설근로자 : 조사 기간 내 일부 석유화학 사업체 내 건설근로자

<표 126> 설문 응답자의 구분

근로자 구분	빈도 (%)
광양발주처/협력업체	3070 (28.03)
광양 건설근로자	1436 (13.12)
여수 발주처	2778 (25.39)
여수 협력업체(비건설)	669 (6.11)
여수 건설근로자	2989 (27.32)
계	10942

설문지는 대상에 따라 광양발주처 및 협력업체용, 광양 건설근로자용, 여수 발주처용, 여수 발주처용, 여수 협력업체용, 여수 건설근로자용의 5개로 제작되어 배포되었으며 이 중 여수협력업체용 설문지를 작성한 근로자 중 직무가 건설직에 해당하는 경우 여수 건설근로자로 분류하였다.

(2) 성별 및 연령 구분

가) 성별

<표 127> 설문응답자의 성별 구분

	남성	여성	결측치	계
광양발주처/협력업체	2992 (97.46)	78 (2.54)	0 (0)	3070
광양 건설근로자	1384 (96.38)	40 (2.79)	12 (0.84)	1436
여수 발주처	2754 (99.14)	24 (0.86)	0 (0)	2790
여수 협력업체(비건설)	635 (94.92)	34 (5.08)	0 (0)	669
여수 건설근로자	2834 (94.81)	150 (5.02)	5 (0.17)	2989
계	10611 (96.87)	326 (2.98)	17 (0.16)	10954

성별은 전체 대상자 중 남성이 10611명 (96.9%), 여성이 326명 (2.98%)로 남성이 대부분을 차지하였으며 비건설직종의 여수 협력업체와 여수 건설근로자에서 여성이 각각 5.08%, 5.02%를 차지하였다.

나) 연령

<표 128> 설문 응답자의 연령 구분

	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-	결측치	
광양발주처/ 협력업체	2 (0.07)	500 (16.29)	1100 (35.83)	1162 (37.85)	293 (9.54)	6 (0.2)	7 (0.23)	3070
광양 건설 근로자	1 (0.07)	134 (9.33)	415 (28.9)	602 (41.92)	209 (14.55)	41 (2.86)	34 (2.37)	1436
여수 발주처	0 (0)	242 (8.71)	1063 (38.26)	1158 (41.68)	305 (10.98)	0 (0)	10 (0.36)	2790
여수 협력업체(비 건설)	2 (0.3)	211 (31.54)	262 (39.16)	103 (15.4)	72 (10.76)	19 (2.84)	0 (0)	669
여수 건설 근로자	4 (0.13)	360 (12.04)	710 (23.75)	1083 (36.23)	641 (21.45)	135 (4.52)	56 (1.87)	2989
계	9 (0.082)	1449 (13.23)	3555 (32.45)	4111 (37.53)	1522 (13.89)	201 (1.83)	107 (0.98)	10954

전체 대상자 중 10대가 9명 (0.08%), 20대가 1449명 (13.23%), 30대가 3555명 (32.45%), 40대가 4111명 (37.53%), 50대가 1522명 (13.89%), 60대 이상이 201명 (1.83%)를 차지하여 30-40대가 전체 대상자의 70%가량을 차지하였다.%, 50의 경우 60대 이상의 고령 50도 23지역 135명(4.52%), 광양지역 41명 (2.86%)를 차지하여 발주처에 비하여 높은 수준을 보였다.

(3) 근로자의 소속 사업장

가) 광양 발주처 및 협력업체

광양지역의 제철소 및 협력업체의 대상자는 다음 38개 사업장에 소속되어 있었다.

<표 129> 광양지역 설문응답자의 소속
사업장

	회사명	빈도 (%)
1	1	642 (20.91)
2	2	93 (3.03)
3	3	41 (1.34)
4	4	23 (0.75)
5	5	46 (1.5)
6	6	158 (5.15)
7	7	79 (2.57)
8	8	51 (1.66)
9	9	68 (2.21)
10	10	73 (2.38)
11	11	77 (2.51)
12	12	54 (1.76)
13	13	54 (1.76)
14	14	17 (0.55)
15	15	84 (2.74)
16	16	35 (1.14)
17	17	60 (1.95)
18	18	40 (1.3)
19	19	50 (1.63)
20	20	29 (0.94)
21	21	78 (2.54)
22	22	129 (4.2)
23	23	71 (2.31)
24	24	31 (1.01)
25	25	70 (2.28)
26	26	32 (1.04)
27	27	32 (1.04)
28	28	51 (1.66)
29	29	28 (0.91)
30	30	126 (4.1)
31	31	63 (2.05)
32	32	115 (3.75)
33	33	39 (1.27)
34	34	40 (1.3)
35	35	125 (4.07)
36	36	95 (3.09)
37	37	71 (2.31)
38	38	66 (2.15)
	계	3070

나) 여수 석유화학 발주처

여수 및 광양의 석유화학업체 발주처는 다음 24개사에 소속되어 있었다.

<표 130> 여수지역 설문응답자의 소속 사업장

	회사명	명 (%)
1	1	232 (8.32)
2	2	40 (1.43)
3	3	56 (2.01)
4	4	136 (4.87)
5	5	15 (0.54)
6	6	73 (2.62)
7	7	95 (3.41)
8	8	35 (1.25)
9	9	124 (4.44)
10	10	130 (4.66)
11	11	84 (3.01)
12	12	88 (3.15)
13	13	127 (4.55)
14	14	143 (5.13)
15	15	217 (7.78)
16	16	33 (1.18)
17	17	54 (1.94)
18	18	30 (1.08)
19	19	53 (1.9)
20	20	22 (0.79)
21	21	55 (1.97)
22	22	283 (10.14)
23	23	163 (5.84)
24	24	53 (1.9)
25	25	437 (15.66)
	계	2778

* 광양지역 사업장이나 석유화학 업체로 여수 석유화학 업종 근로자용 설문지를 사용함.

다) 여수 협력업체 (비건설)

조사 대상 발주처의 협력업체 근로자로서 설문조사에 응답한 근로자는 다음

51개 업체에 소속되어 있었다.

<표 131> 여수지역 협력업체 설문응답자의
소속 사업장 (비건설직)

	회사명	명 (%)
1	1	9 (1.35)
2	2	6 (0.9)
3	3	14 (2.09)
4	4	1 (0.15)
5	5	12 (1.79)
6	6	9 (1.35)
7	7	3 (0.45)
8	8	2 (0.3)
9	9	33 (4.93)
10	10	19 (2.84)
11	11	2 (0.3)
12	12	6 (0.9)
13	13	1 (0.15)
14	14	5 (0.75)
15	15	17 (2.54)
16	16	2 (0.3)
17	17	13 (1.94)
18	18	27 (4.04)
19	19	16 (2.39)
20	20	4 (0.6)
21	21	8 (1.2)
22	22	11 (1.64)
23	23	45 (6.73)
24	24	62 (9.27)
25	25	12 (1.79)
26	26	30 (4.48)
27	27	2 (0.3)

28	28	8 (1.2)
29	29	33 (4.93)
30	30	16 (2.39)
31	31	82 (12.26)
32	32	2 (0.3)
33	33	50 (7.47)
34	34	11 (1.64)
35	35	1 (0.15)
36	36	10 (1.49)
37	37	2 (0.3)
38	38	1 (0.15)
39	39	1 (0.15)
40	40	13 (1.94)
41	41	15 (2.24)
42	42	14 (2.09)
43	43	6 (0.9)
44	44	2 (0.3)
45	45	4 (0.6)
46	46	1 (0.15)
47	47	1 (0.15)
48	48	11 (1.64)
49	49	4 (0.6)
50	50	7 (1.05)
51	51	3 (0.45)
	계	669

(4) 건설 근로자 직종

가) 여수 건설 근로자

여수지역 건설근로자의 직종은 대개 다음의 10가지로 구분할 수 있었으며 분석 대상자의 직종별 분포는 다음 표와 같다.

<표 132> 여수지역 건설근로자의 직종 분포

직종	명 (%)
제관	256 (8.56)
기계	263 (8.8)
용접	263 (8.8)
배관	592 (19.81)
계전	406 (13.58)
보온	349 (11.68)
탱크	67 (2.24)
비계	450 (15.06)
도장	93 (3.11)
토목	71 (2.38)
기타	57 (1.91)
결측치	122 (4.08)
계	2989

분석 대상자 중 가장 많은 비율을 차지하는 것은 배관 592명 (19.81%), 비계 450명 (15.06%), 계전 406명 (13.58%) 이었다.

나) 광양 건설근로자

광양지역 건설근로자의 직종은 대개 다음의 8가지로 구분할 수 있었으며 분석 대상자의 직종별 분포는 다음 표와 같다.

<표 133> 광양지역 건설근로자의 직종 분포

직종	명 (%)
제관	244 (16.99)
기계	112 (7.8)
용접	180 (12.53)
배관	210 (14.62)
전기	331 (23.05)
보온	16 (1.11)
비계	191 (13.3)
도장	10 (0.7)
결측치	142 (9.89)
계	1436

분석 대상자 중 가장 많은 비율을 차지하는 것은 전기 331명 (23.05%), 제관 244명 (16.99%), 배관 210명 (14.62%) 이었다.

이러한 직종별 분포는 공사의 종류 (신설/쇠퇴), 공사의 진행 상황 등에 따라 다르게 나타난다.

2) 직업력에 대한 설문

(1) 여수/광양에서의 근무기간

가) 발주처 및 협력업체(비건설)

<표 134> 발주처 및 비건설 직종 협력업체 근로자의 근무기간

	평균 (표준편차)	5년 이하	5년 -9년	10년 -19년	20 -29년	30년 이상	결측치	계	p
광양발주처 /협력업체	12.57 (7.54)	557 (18.14)	460 (14.98)	1301 (42.38)	417 (13.58)	26 (0.85)	309 (10.07)	3070	<0.0001
여수 발주처	14.68 (7.12)	308 (11.09)	209 (7.52)	1623 (58.42)	482 (17.35)	39 (1.4)	117 (4.21)	2790	
여수 협력업체 (비건설)	6.39 (6.53)	280 (41.85)	146 (21.82)	96 (14.35)	28 (4.19)	4 (0.6)	115 (17.19)	669	
계		541 (8.29)	1148 (17.58)	819 (12.54)	3024 (46.32)	928 (14.21)	69 (1.06)	6529	

광양 및 여수의 발주처는 10-19년이 각각 1301명 (42.38%), 1623명(58.42%)로 가장 많았으며 여수지역 협력업체 근로자 중 건설직이 아닌 경우에 5년 이하가 280명 (41.85%)로 가장 많았다.

나) 건설근로자

<표 135> 건설근로자의 건설직으로 일한 근무기간

	평균 (표준편차)	5년 이하	5년 -9년	10 -19년	20 -29년	30년 이상	결측치	계	p
광양 건설근로자	13.68 (9.25)	309 (21.52)	162 (11.28)	488 (33.98)	308 (21.45)	60 (4.18)	109 (7.59)	1436	<0.0001
여수 건설근로자	12.12 (10.13)	888 (29.71)	434 (14.52)	742 (24.82)	529 (17.7)	171 (5.72)	225 (7.53)	2989	
계		1197 (27.05)	596 (13.47)	1230 (27.80)	837 (18.92)	231 (5.22)	334 (7.55)	4425	

* 건설근로자로 일한 기간

건설근로자의 경우 건설근로자로 일한 기간은 대부분에 걸쳐서 고르게 분포하였다.

<표 136> 건설근로자의 여수/광양지역 근무기간

	5년 이하	5년-9년	10년-19년	20-29년	30년 이상	결측치	계	p
광양 건설근로자	447 (31.13)	180 (12.53)	390 (27.16)	171 (11.91)	8 (0.56)	240 (16.71)	1436	<0.0001
여수 건설근로자	1022 (34.19)	453 (15.16)	709 (23.72)	403 (13.48)	109 (3.65)	293 (9.8)	2989	
계	1469 (33.20)	633 (14.31)	1099 (24.84)	574 (12.97)	117 (2.64)	533 (12.05)	4425	

*여수/광양 지역에서 일한 기간

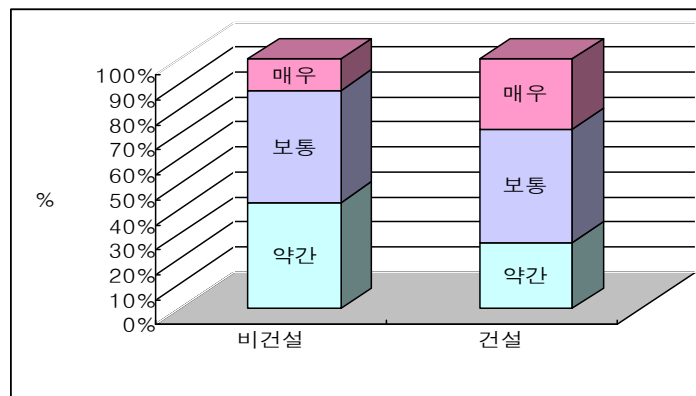
건설근로자가 광양, 여수지역에서 일한 기간은 5년 이하가 각각 447명 (31.13%), 1022명 (34.19%)로 가장 많아 타지역에서 건설직으로 일을 하다가 여수, 광양지역으로 온 경우가 많음을 보여준다.

(2) 작업환경에 대한 주관적 느낌

가) 불쾌한 냄새가 많이 난다

<표 137> 주관적인 작업환경 - 불쾌한 냄새

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	701 (22.83)	835 (27.2)	251 (8.18)	1283 (41.79)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	291 (20.26)	520 (36.21)	256 (17.83)	369 (25.7)	1436	
여수 발주처	799 (28.76)	780 (28.08)	204 (7.34)	995 (35.82)	2778	
여수 협력업체(비건설)	206 (30.79)	193 (28.85)	57 (8.52)	213 (31.84)	669	
여수 건설근로자	637 (21.31)	1059 (35.43)	730 (24.42)	563 (18.84)	2989	
계	2639 (24.09)	3392 (30.97)	1498 (13.68)	3425 (31.27)	10954	

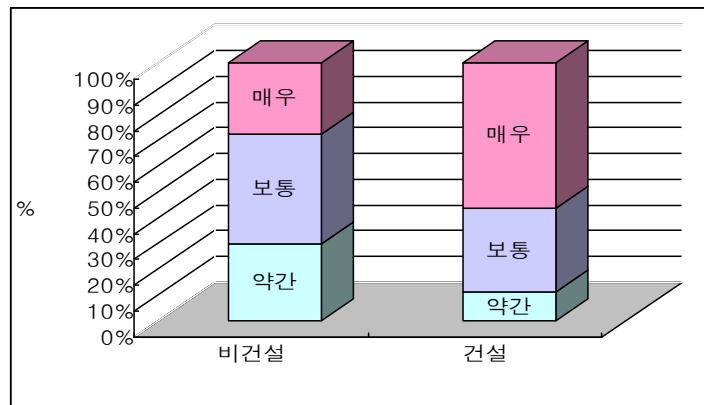


[그림 141] 불쾌한 냄새가 많이 난다'에 대한 응답

나) 먼지가 많이 날린다.

<표 138> 주관적인 작업환경 - 먼지

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	536 (17.46)	990 (32.25)	927 (30.2)	617 (20.1)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	101 (7.03)	403 (28.06)	732 (50.97)	200 (13.93)	1436	
여수 발주처	653 (23.51)	670 (24.12)	203 (7.31)	1252 (45.07)	2778	
여수 협력업체(비건설)	153 (22.87)	237 (35.43)	113 (16.89)	166 (24.81)	669	
여수 건설근로자	319 (10.67)	848 (28.37)	1415 (47.34)	407 (13.62)	2989	
계	1764 (16.10)	3154 (28.79)	3392 (30.97)	2644 (24.14)	10954	



[그림 142] '먼지가 많이 날린다'에 대한 응답

다) 근무 장소가 매우 시끄럽다.

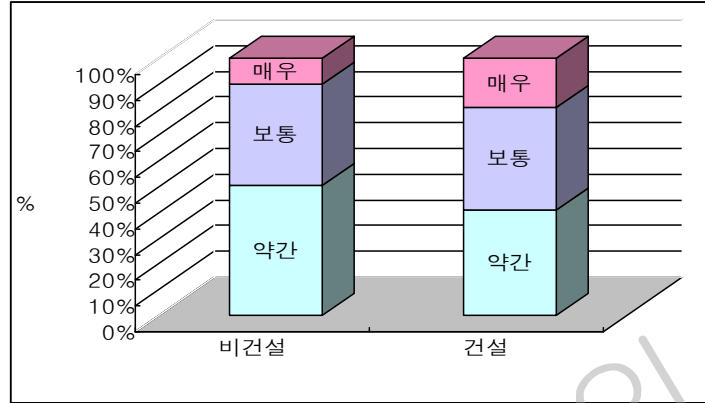
<표 139> 주관적인 작업환경 - 소음

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	449 (14.63)	1001 (32.61)	1043 (33.97)	577 (18.79)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	96 (6.69)	376 (26.18)	738 (51.39)	226 (15.74)	1436	
여수 발주처	581 (20.9)	797 (28.69)	450 (16.20)	950 (34.20)	2778	
여수 협력업체(비건설)	118 (17.64)	224 (33.48)	131 (19.58)	196 (29.3)	669	
여수 건설근로자	265 (8.87)	871 (29.14)	1382 (46.24)	471 (15.76)	2989	
계	1511 (13.79)	3273 (29.88)	3747 (34.21)	2423 (22.12)	10954	

라) 유해가스에 노출된다.

<표 140> 주관적인 작업환경 - 유해가스 노출

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	742 (24.17)	593 (19.32)	166 (5.41)	1569 (51.11)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	385 (26.81)	402 (27.99)	181 (12.6)	468 (32.59)	1436	
여수 발주처	708 (25.49)	587 (21.13)	131 (4.72)	1352 (48.67)	2778	
여수 협력업체(비건설)	190 (28.4)	110 (16.44)	26 (3.89)	343 (51.27)	669	
여수 건설근로자	861 (28.81)	812 (27.17)	393 (13.15)	923 (30.88)	2989	
계	2892 (26.40)	2504 (22.86)	897 (8.19)	4661 (42.55)	10954	



[그림 143] '유해가스에 노출된다'에 대한 응답

마) 유기용제에 노출된다.

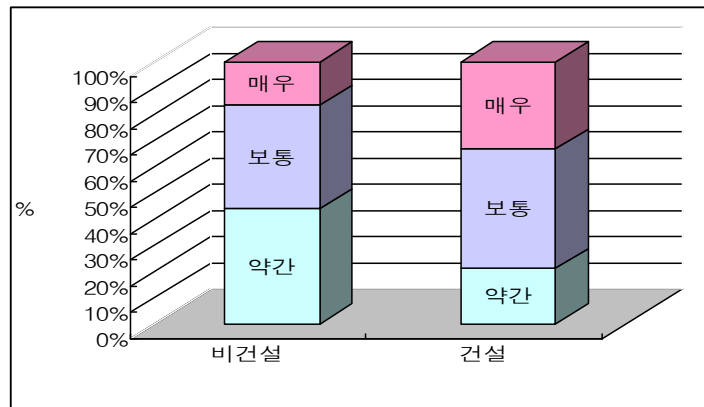
<표 141> 유기용제 노출

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	742 (24.17)	427 (13.91)	73 (2.38)	1828 (59.54)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	446 (31.06)	275 (19.15)	60 (4.18)	655 (45.61)	1436	
여수 발주처	725 (26.10)	510 (18.36)	111 (4.00)	1432 (51.55)	2778	
여수 협력업체(비건설)	173 (25.86)	111 (16.59)	21 (3.14)	364 (54.41)	669	
여수 건설근로자	910 (30.44)	688 (23.02)	279 (9.33)	1112 (37.2)	2989	
계	3000 (27.39)	2011 (18.36)	544 (4.97)	5399 (49.29)	10954	

바) 무거운 물체를 자주 취급한다.

<표 142> 주관적인 작업환경 - 무거운 물체 취급

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	580 (18.8)	748 (24.36)	442 (14.4)	1300 (42.35)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	204 (14.21)	497 (34.61)	367 (25.56)	368 (25.63)	1436	
여수 발주처	711 (25.59)	399 (14.36)	59 (2.12)	1609 (57.92)	2778	
여수 협력업체(비건설)	164 (24.51)	158 (23.62)	53 (7.92)	294 (43.95)	669	
여수 건설근로자	498 (16.66)	1012 (33.86)	731 (24.46)	748 (25.03)	2989	
계	2160 (19.72)	2816 (25.71)	1653 (15.09)	4325 (39.48)	10954	

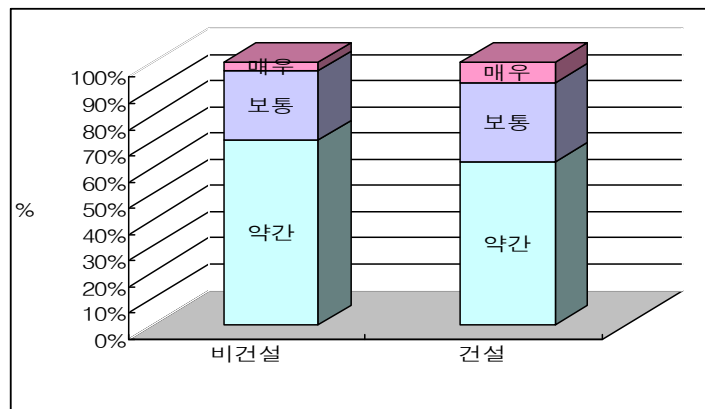


[그림 144] '무거운 물체를 자주 취급한다'에 대한 응답

사) 산소결핍 (질식)의 위험을 느낀다.

<표 143> 주관적인 작업환경 - 산소결핍(질식) 위험

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	790 (25.73)	327 (10.65)	52 (1.69)	1901 (61.92)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	506 (35.24)	206 (14.35)	48 (3.34)	676 (47.08)	1436	
여수 발주처	678 (24.41)	236 (8.50)	17 (0.61)	1847 (66.49)	2778	
여수 협력업체(비건설)	183 (27.35)	53 (7.92)	3 (0.45)	430 (64.28)	669	
여수 건설근로자	1059 (35.43)	549 (18.37)	152 (5.09)	1229 (41.12)	2989	
계	3220 (29.40)	1371 (12.52)	272 (2.48)	6091 (55.61)	10954	



[그림 145] '산소결핍(질식)의 위험을 느낀다'에 대한 응답

아) 심한 고온에 노출된다.

<표 144> 주관적인 작업환경 - 고온 노출

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	540 (17.59)	676 (22.02)	369 (12.02)	1485 (48.37)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	311 (21.66)	394 (27.44)	234 (16.3)	497 (34.61)	1436	
여수 발주처	608 (21.89)	349 (12.56)	88 (3.17)	1733 (62.38)	2778	
여수 협력업체(비건설)	139 (20.78)	106 (15.84)	22 (3.29)	402 (60.09)	669	
여수 건설근로자	795 (26.6)	767 (25.66)	350 (11.71)	1077 (36.03)	2989	
계	2397 (21.88)	2295 (20.95)	1064 (9.71)	5198 (47.45)	10954	

아) 심한 저온에 노출된다.

<표 145> 주관적인 작업환경 - 저온 노출

	약간	보통	매우	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	717 (23.36)	254 (8.27)	27 (0.88)	2072 (67.49)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	472 (32.87)	186 (12.95)	38 (2.65)	740 (51.53)	1436	
여수 발주처	673 (24.23)	178 (6.41)	7 (0.25)	1920 (69.11)	2778	
여수 협력업체(비건설)	160 (23.92)	39 (5.83)	2 (0.3)	468 (69.96)	669	
여수 건설근로자	1036 (34.66)	535 (17.9)	116 (3.88)	1302 (43.56)	2989	
계	3061 (27.94)	1193 (10.89)	190 (1.73)	6510 (59.43)	10954	

작업환경에 대한 주관적인 느낌에 대한 설문 결과 건설직이 아닌 경우에 비하여 건설직인 경우 작업환경에 대해 유해하다고 주관적으로 느끼는 경우가 많았다. 결측치를 포함한 전체 응답자 중 ‘불쾌한 냄새가 많이 난다’의 경우 건설직은 986명 (22.28%)에서 ‘매우’라고 답하였으며 건설직이 아닌 근로자의 경우 512명 (7.86%)에서 ‘매우’라고 답하여 유의한 차이를 보였다($p<0.0001$).

‘먼지가 많이 날린다’의 경우 건설직은 2147명 (48.52%)에서 ‘매우’라고 답하였으며 건설직이 아닌 근로자의 경우 1243명 (19.07%)에서 ‘매우’라고 답하여 유의한 차이를 보였다($p<0.0001$).

‘유해가스에 노출된다’의 경우 건설직은 574명 (12.97%)에서 ‘매우’라고 답하였으며 건설직이 아닌 근로자의 경우 323명 (4.96%)에서 ‘매우’라고 라고 답하여 유의한 차이를 보였다($p<0.0001$).

‘무거운 물체를 자주 취급한다’의 경우 건설직은 1098명 (24.81%)에서 ‘매우’라고 답하였으며 건설직이 아닌 근로자의 경우 554명 (8.50%)에서 ‘매우’라고 라고 답하여 유의한 차이를 보였다($p<0.0001$).

‘산소결핍(질식)의 위험을 느낀다’의 경우 건설직은 200명 (4.52%)에서 ‘매우’라고 답하였으며 건설직이 아닌 근로자의 경우 72명 (1.10%)에서 ‘매우’라고 라고 답하여 유의한 차이를 보였다($p<0.0001$).

(3)근로시간

가) 하루 근로시간

<표 146> 조사대상자의 하루 근로시간

구분	전체	N	평균	표준편차	최소값	최대값
광양발주처/협력업체	3070	3019	8.16	0.75	4	16
광양 건설근로자	1436	1298	8.28	0.80	6	16
여수 발주처	2778	2731	8.12	0.54	4	15
여수 협력업체(비건설)	669	649	8.33	0.88	4	14
여수 건설근로자	2989	2785	8.30	0.96	1	21

하루 근로시간은 모든 직종에서 평균 8시간 정도의 수준을 보였다.

나) 주당 근로시간

<표 147> 조사 대상자의 주당 근로시간

구분	전체	N	평균	표준편차	최소값	최대값
광양발주처/협력업체	3070	2748	42.07	5.21	8	84
광양 건설근로자	1436	1178	47.54	8.10	5	105
여수 발주처	2778	2144	41.56	5.21	0	80
여수 협력업체(비건설)	669	476	46.67	9.82	6	90
여수 건설근로자	2989	2493	46.64	11.73	3	160

<표 148> 건설직과 비건설직 근로자의 주당 근로시간

구분	전체	N	평균	표준편차	p
비건설직	6517	5368	42.28	5.93	<0.0001
건설직	4425	3671	46.93	10.71	

주당 근로시간의 경우 건설직이 비건설직이 아닌 경우보다 높았는데 건설직이

아닌 경우는 42.28±5.93, 건설직인 경우 46.93±10.71시간으로 평균 4시간 가량 높았다.

다) 섣다운 작업시 근로시간 (건설근로자)

<표 149> 건설근로자의 섣다운 작업시 근로시간

구분	전체	N	평균	표준편차	최소값	최대값
광양 건설근로자	1436	853	10.82532	3.896094	0	24
여수 건설근로자	2989	2043	10.81043	3.1203	0	24

건설근로자에서 섣다운작업시의 근로시간은 평균 10.8시간으로 평상시의 근로시간보다 높았으며 응답자의 5%에서 16시간 이상, 1%에서 20시간 이상으로 답하였다.

(4) 임금

가) 건설근로자

<표 150> 건설근로자의 연간임금 (세금 포함)

	천만원 이하	천만원-2 천만원	2천만원- 3천만원	3천만원- 4천만원	4천만원- 6천만원	6천만원 이상	결측치	계
광양 건설근로자	145 (10.1)	331 (23.05)	446 (31.06)	246 (17.13)	56 (3.9)	2 (0.14)	210 (14.62)	1436
여수 건설근로자	424 (14.19)	801 (26.8)	828 (27.7)	398 (13.32)	102 (3.41)	8 (0.27)	428 (14.32)	2989
계	569 (12.86)	1132 (25.58)	1274 (28.79)	644 (14.55)	158 (3.57)	10 (0.23)	638 (14.42)	4425

건설근로자의 연간임금은 2천만원-3천만원이 1274명 (28.79%), 천만원-2천만원이 1132명 (25.58%)이었으며 천만원 이하인 경우도 569명 (12.86%)에 달했다

<표 151> 건설 근로자의 지난 한달의 임금

구분	전체	N	평균	표준편차	최소값	최대값
광양 건설근로자	1436	1179	299.54	110.17	0	700
여수 건설근로자	2989	1945	267.61	120.57	0	700

나) 발주처 및 협력업체 (비건설)

<표 152> 발주처 근로자의 연간임금 (세금 포함)

	2천만원-4천만원	4천만원-6천만원	6천만원-8천만원	8천만원 이상	결측치	계
광양 발주처/협력업체	1985 (64.66)	725 (23.62)	228 (7.43)	4 (0.13)	128 (4.17)	3070
여수 발주처	363 (13.07)	1109 (39.92)	1016 (36.57)	195 (7.02)	95 (3.42)	2778
계	2359 (40.26)	1834 (31.30)	1244 (21.23)	199 (3.40)	224 (3.82)	5860

발주처 근로자의 경우 연간임금은 2천만원-4천만원이 2359명 (40.26%), 4천만원-6천만원이 1834명 (31.3%)으로 대부분을 차지하였으며 6천만원 이상도 1244명(21.23%)에 해당하였다.

<표 153> 비건설직 협력업체 근로자의 연간 임금

	천만원 이하	천만원- 2천만원	2천만원- 3천만원	3천만원- 4천만원	4천만원- 6천만원	6천만원 이상	결측치	계
여수협력업체 (비건설)	28 (4.19)	190 (28.4)	306 (45.74)	90 (13.45)	6 (0.9)	4 (0.6)	45 (6.73)	669

여수지역 협력업체 근로자 중 비건설직에 해당하는 경우 2천만원-3천만원이 306명(45.74%), 천만원-2천만원이 190명 (28.4%)이었다.

3) 건강행동에 관한 설문

(1) 흡연

가) 흡연 여부

<표 154> 조사 대상자의 흡연 여부

	비흡연	흡연	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	648 (21.11)	2248 (73.22)	174 (5.67)	3070	<0.0001
광양 건설근로자	152 (10.58)	1042 (72.56)	242 (16.85)	1436	
여수 발주처	708 (25.49)	1989 (71.60)	81 (2.92)	2778	
여수 협력업체(비건설)	107 (15.99)	518 (77.43)	44 (6.58)	669	
여수 건설근로자	408 (13.65)	2257 (75.51)	324 (10.84)	2989	
계	2025 (18.49)	8064 (73.62)	865 (7.90)	10954	

설문 응답자의 흡연상태는 건설직의 경우 3299명 (85.49%)이 흡연(금연자 포함), 560명 (14.51%) 이 비흡연자 였으며 건설직이 아닌 경우 4755명 (76.47%) 이 흡연(금연자 포함), 1463명 (23.53%)에서 이 비흡연자로 건설직에서의 흡연자 비율이 더 높았다($p<0.001$).

나) 흡연자들의 현재 흡연상태

<표 155> 흡연자들의 현재 흡연 상태

	현재 매일 피움	가끔 피움	과거흡연	계	p
광양발주처/협력업체	998 (44.4)	237 (10.54)	1013 (45.06)	2248	<0.001
광양 건설근로자	772 (74.09)	39 (3.74)	231 (22.17)	1042	
여수 발주처	1057 (53.14)	140 (7.04)	792 (39.82)	1989	
여수 협력업체(비건설)	403 (77.8)	22 (4.25)	93 (17.95)	518	
여수 건설근로자	1681 (74.48)	102 (4.52)	474 (21)	2257	
계	4917 (60.97)	541 (6.71)	2606 (32.32)	8064	

흡연자의 현재 흡연상태는 광양발주처/협력업체와 여수발주처의 경우 ‘현재 매일 피움’으로 답한 경우가 각각 998명(44.4%)과 1057명 (53.14%)이었으나 광양 건설근로자, 여수 협력업체(비건설)와 여수건설근로자는 각각 772명 (74.09%), 403명(77.8%), 1681명(60.97%)로 이보다 높은 수준을 보였다. 광양지역 발주처 근로자의 현재 흡연율은 26.27%로 매우 낮은 수준을 보였다.

다) 갑년

<표 156> 조사대상자들의 흡연 갑년

구분	전체	N	평균	표준편차	최소값	최대값	p
광양발주처/협력업체	3070	2064	9.55	7.83	0	78	<0.0001
광양 건설근로자	1436	978	15.19	10.24	0	63	
여수 발주처	2778	1859	12.69	9.53	0	90	
여수 협력업체(비건설)	669	491	9.72	8.45	0	60	
여수 건설근로자	2989	2098	14.39	10.75	0	90	

흡연자의 갑년의 경우 비 건설근로자의 경우 10.89±8.73갑년, 건설근로자의 경우 14.64±10.60으로 건설근로자에서 더 높았다(p<0.0001)

(2) 음주

가) 술을 마시는 횟수

<표 157> 조사대상자들의 음주 횟수

	<1회/1달	≥1회/1달	전혀 안마심	결측치	계	p
광양발주처/협력업체	432 (14.07)	2262 (73.68)	283 (9.22)	93 (3.03)	3070	<0.001
광양 건설근로자	152 (10.58)	922 (64.21)	110 (7.66)	252 (17.55)	1436	
여수 발주처	244 (8.78)	2268 (81.64)	223 (8.03)	43 (1.55)	2778	
여수 협력업체(비건설)	113 (16.89)	448 (66.97)	70 (10.46)	38 (5.68)	669	
여수 건설근로자	413 (13.82)	1916 (64.1)	319 (10.67)	341 (11.41)	2989	
계	1356 (12.38)	7823 (71.42)	1008 (9.20)	767 (7.00)	10954	

음주 빈도는 여수 건설근로자와 광양 건설근로자가 여수 발주처 및 광양발주처/협력업체 근로자 보다 적었다. 음주 횟수가 1회/1달 이상인 경우만 분석했을 때 술마시는 횟수는 비건설직의 경우 월 5.67±4.19회, 건설직의 경우 월 7.56±6.21회로 건설직에서 그 횟수가 많았다(p<0.0001)

나) 음주량

<표 158> 조사 대상자 중 음주자에서의 음주량

	1-2잔	3-4잔	5-6잔	7-9잔	10잔이상	계
광양발주처/협력업체	427 (15.87)	596 (22.15)	723 (26.87)	667 (24.79)	278 (10.33)	2691
광양 건설근로자	176 (14.83)	270 (22.75)	305 (25.70)	260 (21.90)	176 (14.83)	1436
여수 발주처	258 (9.29)	495 (17.82)	632 (22.75)	717 (25.81)	411 (14.79)	2778
여수 협력업체(비건설)	89 (15.59)	169 (29.60)	134 (23.47)	117 (20.49)	62 (10.867)	669
여수 건설근로자	433 (17.98)	630 (26.16)	602 (25.00)	463 (19.23)	280 (11.63)	2989
계	1388 (14.81)	2161 (23.06)	2398 (25.59)	2224 (23.74)	1208 (12.89)	9370

한번 술 마실때의 음주량에 응답한 근로자 중 2398명 (25.59%)가 5-6잔, 2224명(23.74%)가 7-9잔을 마신다고 응답하였다.

<표 159> 조사대상자들의 운동 횟수

	하지않음	주1회	주2회	주3회	주4회	주5회이상	결측치	계
광양발주처 /협력업체	559 (18.21)	927 (30.2)	590 (19.22)	459 (14.95)	291 (9.48)	189 (6.16)	55 (1.79)	3070
광양 건설근로자	441 (30.71)	422 (29.39)	176 (12.26)	133 (9.26)	73 (5.08)	71 (4.94)	120 (8.36)	1436
여수 발주처	411 (14.79)	676 (24.3)	532 (19.15)	528 (19.01)	393 (14.15)	205 (7.38)	33 (1.19)	2778
여수 협력업체 (비건설)	183 (27.35)	206 (30.79)	108 (16.14)	73 (10.91)	43 (6.43)	23 (3.44)	33 (4.93)	669
여수 건설근로자	765 (25.59)	899 (30.08)	437 (14.62)	299 (10)	181 (6.06)	230 (7.69)	178 (5.96)	2989
계	2362 (21.56)	3132 (28.59)	1844 (16.83)	1493 (13.63)	983 (8.97)	721 (6.58)	419 (3.83)	10954

주당 운동횟수에 대해 건설직은 1206명 (29.22%), 비건설직은 1153명 (18.03%)에서 '전혀하지 않는다'고 답하여 건설직에서 운동을 하지 않는 경우가 더 많았다(p<0.0001).

4) 질병이환에 관한 설문

질병이환에 관한 설문에 응답한 근로자는 질문에 따라 차이가 있었으며 5개의 그룹으로 나누어 천인율을 구하였다. 질병명은 암, 조혈기계, 근골격계, 내분비 대사성, 소화기계, 순환기계, 호흡기계, 눈·귀, 기타 의 9가지의 대분류로 나누었고, 35가지의 소분류로 나누어 설문을 실시하였다. 각각의 대분류에 따른 본인인지 유병률과 의사 진단 유병률은 다음과 같다(<표 160-168>)

광양의 발주처와 건설직 근로자를 비교하였을 때 광양 건설직 근로자에서 암은 위암, 간암, 대장암, 조혈기계 질환은 혈액암, 근골격계질환은 골관절염,

류마티스 관절염, 호흡기계질환은 천식, 만성폐쇄성폐질환이 높게 나타났다. 반면에 광양 발주처 근로자에서 앓은 폐암, 기타암, 조혈기계 질환은 빈혈, 근골격계질환은 골다공증, 디스크(추간판탈출증), 내분비 질환은 갑상선장애, 소화기계 질환은 위십이지 궤양, 순환기계 질환은 고혈압, 고지혈증, 뇌졸중, 심근경색증, 협심증, 호흡기계 질환은 만성부비동염, 기관지 확장증, 알레르기 비염, 눈·귀 질환은 백내장, 녹내장, 만성중이염, 기타 질환은 아토피성피부염, 피부알레르기, 만성신부전에서 높은 천인율을 보였다. 나머지 질환들은 비슷한 천인율을 보였다. 그리고 유방암과 자궁경부암을 앓은 사람은 없었다.

여수의 발주처와 건설직 근로자를 비교하였다. 여수 발주처 근로자는 앓은 기타암, 근골격계 질환은 디스크, 내분비 질환은 당뇨병, 갑상선 장애, 소화기계 질환은 위십이지궤양, 순환기계 질환은 고지혈증, 뇌졸중, 호흡기계 질환은 천식, 만성부비동염, 알레르기성 비염, 눈·귀 질환은 녹내장 이 건설직 근로자보다 높게 나왔다. 이 외의 질환들은 모두 건설직 근로자가 발주처 근로자보다 높은 천인율을 보였다.

<표 160> 조사 대상자의 암의 질병이환 현황 (명(%))

질병명	지금까지 앓은 적이 있음						지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음						의사에게 진단 받음						치료상태																			
	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력 역	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력 역	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력 역	여수 건설 직	총	①				②				③											
																			광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력 역	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력 역	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력 역	여수 건설 직	총		
위암	1 (0.53)	2 (2.06)	9 (4.84)	0 (0.00)	13 (6.37)	25 (3.45)	0	1	1	0	2	4	0 (0.00)	1 (1.00)	7 (3.76)	0 (0.00)	11 (5.39)	19 (2.62)	1	0	4	0	3	8	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	1
간암	1 (0.53)	1 (1.03)	1 (0.54)	0 (0.00)	3 (1.50)	6 (0.84)	0	1	0	0	0	1	1 (0.53)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	3 (1.50)	4 (0.56)	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	
대장암	1 (0.54)	1 (1.04)	3 (1.62)	1 (2.11)	4 (2.02)	10 (1.40)	0	1	1	0	1	3	1 (0.54)	1 (1.04)	3 (1.62)	1 (2.11)	2 (1.01)	8 (1.12)	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	2	
유방암	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0	0	0	0	0	0	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
자궁 경부암	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.57)	1 (0.14)	0	0	0	0	1	1	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.57)	1 (0.14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
폐암	1 (0.55)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.51)	2 (0.28)	0	0	0	0	0	0	1 (0.55)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.51)	2 (0.28)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
기타암	6 (3.52)	0 (0.00)	16 (8.61)	0 (0.00)	2 (1.09)	24 (3.55)	2	0	4	0	0	6	4 (2.35)	0 (0.00)	12 (6.46)	0 (0.00)	2 (1.09)	18 (2.66)	2	0	4	0	1	7	1	0	3	0	1	5	1	0	5	0	0	0	6	

<표 161> 조사대상자의 조혈기계 질환의 이환 현황

질병명	지금까지 앓은 적이 있음						지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음						의사에게 진단 받음						치료상태																		
	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	①				②				③										
																			광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	
혈액암	0 (0.00)	1 (1.05)	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (1.02)	3 (0.42)	0	0	0	0	0	0	0 (0.00)	1 (1.05)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.51)	2 (0.28)	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
빈혈	29 (15.87)	13 (13.78)	20 (10.78)	6 (12.63)	37 (19.11)	105 (14.92)	7	1	5	2	8	23	10 (5.47)	5 (5.30)	12 (6.46)	2 (4.21)	14 (7.23)	43 (6.11)	3	1	6	1	5	16	4	1	2	1	3	11	1	0	2	0	2	5	

<표 162> 조사대상자의 근골격계 질환 이환 현황

질병명	지금까지 앓은 적이 있음						지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음						의사에게 진단 받음						치료상태																	
	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	①				②				③									
																			광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총
골관절염	24 (13.13)	17 (18.04)	25 (13.47)	4 (8.47)	78 (39.83)	148 (20.98)	10	4	9	0	34	57	13 (7.11)	9 (9.55)	18 (9.70)	4 (8.47)	35 (17.87)	79 (11.19)	2	1	7	0	14	24	8	2	8	2	9	29	4	1	3	0	8	16
류마티스 성관절염	18 (9.88)	15 (16.00)	19 (10.22)	2 (4.24)	61 (31.36)	115 (16.35)	5	3	6	0	18	32	9 (4.94)	6 (6.40)	17 (9.14)	2 (4.24)	27 (13.88)	61 (8.67)	1	2	5	1	7	16	5	0	5	1	7	18	2	2	2	0	7	13
골다공증	2 (1.17)	0 (0.00)	1 (0.53)	0 (0.00)	8 (4.38)	11 (1.63)	0	0	1	0	1	2	2 (1.17)	0 (0.00)	1 (0.53)	0 (0.00)	2 (1.09)	5 (0.74)	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
디스크 (추간판탈출증)	96 (52.31)	32 (33.97)	132 (69.87)	17 (35.86)	109 (56.24)	386 (54.53)	29	10	33	1	22	95	72 (39.23)	18 (19.10)	112 (59.29)	15 (31.64)	69 (35.60)	286 (40.40)	26	3	41	5	26	101	24	9	39	4	19	95	13	2	16	0	6	37

<표 163> 조사대상자의 내분비대상성 질환의 이환 현황

질병명	지금까지 앓은 적이 있음						지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음					의사에게 진단 받음					치료상태																			
	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	①				②				③									
																			광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총
당뇨병	28 (15.23)	15 (15.87)	41 (21.96)	7 (14.73)	40 (20.55)	131 (18.52)	10	8	19	4	17	58	21 (11.42)	11 (11.64)	33 (17.67)	7 (14.73)	24 (12.22)	96 (13.57)	3	1	3	1	2	10	2	2	6	0	0	10	16	4	22	3	8	53
갑상선 장애	28 (15.26)	4 (4.29)	36 (19.31)	3 (6.36)	17 (8.88)	88 (12.54)	10	0	14	1	5	30	23 (12.54)	4 (4.29)	28 (15.02)	3 (6.36)	12 (6.27)	70 (9.98)	11	1	11	1	2	26	4	0	5	0	1	10	7	1	10	0	2	20

<표 164> 조사대상자의 소화기계 질병의 이환 현황

질병명	지금까지 앓은 적이 있음					지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음					의사에게 진단 받음					치료상태																				
	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	①					②					③							
																			광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총
위 십이지 궤양	129 (68.50)	62 (64.65)	128 (67.43)	12 (25.36)	95 (48.32)	426 (59.33)	26	5	23	5	27	86	89 (47.26)	37 (38.58)	95 (50.05)	10 (21.14)	63 (32.04)	294 (40.95)	49	21	52	3	28	153	13	3	16	2	10	44	8	1	11	2	10	32
만성간염	32 (17.45)	16 (17.18)	34 (18.25)	4 (8.45)	44 (22.82)	130 (18.50)	9	6	17	3	17	52	19 (10.36)	10 (10.74)	27 (14.50)	2 (4.22)	26 (13.48)	84 (11.95)	4	0	7	0	7	18	12	4	7	1	7	31	2	2	13	2	8	27
간경변증	4 (2.20)	2 (2.16)	2 (1.08)	0 (0.00)	9 (7.74)	17 (2.44)	1	2	0	0	2	5	3 (1.65)	1 (1.08)	2 (1.08)	0 (0.00)	4 (2.10)	10 (1.43)	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	1	0	2	0	1	4

<표 165> 조사대상자의 순환기계 질환의 이환 현황

질병명	지금까지 앓은 적이 있음					지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음					의사에게 진단 받음					치료상태																				
	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	①					②					③							
																			광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총
고혈압	140 (74.62)	42 (44.21)	136 (71.20)	13 (27.48)	145 (73.19)	476 (66.20)	58	19	56	7	54	194	88 (46.90)	26 (27.36)	104 (54.45)	10 (21.14)	92 (46.44)	320 (44.50)	14	7	22	4	16	63	16	2	24	1	12	55	56	10	51	2	47	166
고지혈증	115 (61.89)	22 (23.45)	107 (56.52)	10 (21.05)	34 (17.74)	288 (40.67)	40	4	32	4	0	80	74 (39.82)	19 (20.25)	75 (39.61)	8 (16.84)	20 (10.43)	196 (27.68)	21	7	20	1	3	52	30	0	17	1	4	52	13	7	19	4	6	49
뇌졸중	6 (3.29)	1 (1.07)	4 (2.15)	0 (0.00)	2 (1.04)	13 (1.86)	2	0	1	0	0	3	6 (3.29)	0 (0.00)	4 (2.15)	0 (0.00)	1 (0.52)	11 (1.57)	2	0	1	0	1	4	2	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	3
심근경색증	7 (3.84)	1 (1.08)	3 (1.62)	0 (0.00)	4 (2.09)	15 (2.15)	1	0	1	0	1	3	7 (3.84)	0 (0.00)	2 (1.08)	0 (0.00)	2 (1.04)	11 (1.57)	2	0	2	0	0	4	3	0	0	0	0	3	4	0	1	0	0	5
협심증	3 (1.67)	1 (1.08)	3 (1.62)	1 (2.12)	7 (3.69)	15 (2.16)	0	0	2	1	0	3	2 (1.11)	0 (0.00)	3 (1.62)	1 (2.12)	4 (2.11)	10 (1.44)	4	0	0	0	0	4	1	0	0	1	0	2	0	0	3	0	1	4

<표 166> 조사대상자의 호흡기계 질환의 이환 현황

질병명	지금까지 앓은 적이 있음						지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음						의사에게 진단 받음						치료상태																	
	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	①				②				③									
																			광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총	광양 발주 처	광양 건설 직	여수 발주 처	여수 협력	여수 건설 직	총
결핵	49 (26.63)	25 (26.45)	38 (20.36)	8 (16.98)	48 (24.69)	168 (23.77)	1	2	1	1	6	11	33 (17.93)	20 (21.16)	30 (16.07)	8 (16.98)	38 (19.54)	129 (18.25)	28	9	26	6	20	89	0	1	0	0	2	3	1	0	1	0	2	4
	2 (1.10)	2 (2.16)	5 (2.70)	0 (0.00)	7 (3.68)	16 (2.29)	0	0	3	0	1	4	2 (1.10)	1 (1.08)	4 (2.16)	0 (0.00)	6 (3.15)	13 (1.86)	2	1	4	0	2	9	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
천식	14 (7.71)	9 (9.68)	22 (11.87)	4 (8.51)	18 (9.46)	67 (9.61)	6	4	5	1	7	23	12 (6.61)	3 (3.22)	13 (7.01)	2 (4.25)	7 (3.68)	37 (5.31)	8	2	8	1	5	24	2	0	2	1	2	7	2	0	4	1	0	7
만성폐쇄성폐질환	5 (2.75)	8 (8.62)	13 (7.02)	3 (6.34)	17 (8.91)	46 (9.61)	0	1	3	0	4	8	4 (2.20)	3 (3.23)	8 (4.32)	3 (6.34)	5 (2.62)	23 (3.29)	0	2	4	1	1	8	4	0	1	0	2	7	0	1	5	0	0	6
만성부비동염	15 (8.24)	2 (2.17)	20 (10.78)	0 (0.00)	4 (2.10)	41 (5.88)	6	1	13	0	1	21	9 (4.94)	1 (1.08)	18 (9.70)	0 (0.00)	3 (1.58)	31 (4.45)	3	0	4	0	0	7	5	1	9	0	0	15	1	0	6	0	0	7
기관지확장증	6 (3.30)	4 (4.35)	5 (2.70)	2 (4.24)	11 (5.80)	28 (4.02)	1	0	0	0	2	3	4 (2.20)	1 (2.70)	4 (2.16)	2 (4.24)	6 (3.16)	17 (2.44)	2	2	2	2	0	10	0	0	0	0	2	2	3	0	0	0	1	4
알레르기비염	235 (123.87)	70 (74.86)	293 (152.84)	28 (58.09)	136 (70.79)	762 (106.54)	130	36	165	18	66	415	156 (82.23)	41 (43.85)	207 (107.98)	17 (35.26)	73 (38.00)	494 (69.07)	29	8	27	1	7	72	94	14	117	12	34	271	38	16	56	3	12	125

<표 167> 조사대상자의 눈, 귀 질환의 이환 현황

질병명	지금까지 앓은 적이 있음						지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음						의사에게 진단 받음						치료상태																	
	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	①					②					③							
																			광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총	광양 발주처	광양 건설직	여수 발주처	여수 협력	여수 건설직	총
백내장	20 (10.97)	9 (9.65)	12 (6.47)	1 (2.12)	30 (15.60)	72 (10.28)	3	0	4	0	5	12	12 (6.58)	6 (6.43)	11 (5.93)	1 (2.12)	20 (10.40)	50 (7.14)	7	2	5	1	9	24	2	0	1	0	4	7	2	0	2	0	3	7
녹내장	4 (2.20)	1 (1.08)	7 (3.78)	0 (0.00)	6 (3.15)	18 (2.58)	3	0	4	0	3	10	3 (1.65)	0 (0.00)	5 (2.70)	0 (0.00)	2 (1.05)	10 (1.43)	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	3	0	4	0	0	7
만성중이염	24 (13.17)	9 (9.72)	24 (12.93)	8 (16.87)	38 (19.92)	103 (14.74)	6	3	0	2	9	20	12 (6.58)	6 (6.48)	22 (11.85)	6 (12.65)	24 (12.58)	70 (10.02)	7	1	12	2	9	31	4	3	6	2	3	18	2	1	1	0	6	10

<표 168> 조사대상자의 기타 질병 이환 현황

질병명	지금까지 앓은 적이 있음						지난1년 중 3개월 이상 앓았거나 현재 앓고 있음						의사에게 진단 받음						치료상태																	
	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	①				②				③									
																			광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총	광양발주처	광양건설직	여수발주처	여수협력	여수건설직	총
아토피성 피부염, 피부알레르기	129 (69.54)	62 (66.16)	109 (57.70)	21 (44.21)	158 (80.98)	479 (67.39)	60	19	53	8	60	200	76 (40.97)	33 (35.21)	67 (35.46)	15 (31.57)	67 (34.34)	258 (36.30)	26	17	23	1	23	90	34	11	31	12	22	110	23	8	17	2	19	69
만성신부전	4 (2.21)	2 (2.19)	3 (1.62)	0 (0.00)	1 (0.53)	10 (1.44)	1	0	2	0	0	3	2 (1.10)	1 (1.09)	2 (1.08)	0 (0.00)	1 (0.53)	6 (0.86)	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2

연령과 성별에 상관없이 전체 근로자에 대해 본인이 판단한 유병률과 의사 진단 유병률을 비건설직 근로자, 건설직 근로자, 그리고 국민건강영양조사 결과 등 세 그룹으로 나누어 천인율을 비교하였다. 세 그룹 모두 본인이 판단한 유병률이 의사의 진단을 받은 유병률보다 높게 나타났지만 국민건강영양조사의 경우 암의 유병률에는 차이가 없었다.

건설직 근로자와 국민건강영양조사를 비교하였을 때 건설직 근로자는 본인 판단 유병률이 위암, 간암, 위십이지궤양, 만성간염, 간경변증, 폐외결핵, 기관지 확장증이 높게 나타났고 의사 진단 유병률은 간암, 만성간염, 폐외결핵, 기관지 확장증에서만 높게 나타났다. 나머지 모든 질환은 국민건강영양조사 결과가 더 높게 나타났다.

비 건설직 근로자와 국민건강영양조사를 비교했을 때 비 건설직 근로자는 본인 판단 유병률과 의사 진단 유병률에서 위십이지궤양, 만성 간염, 고지혈증, 기관지 확장증, 알레르기성 비염이 높게 나타났다. 나머지 모든 질환은 국민건강영양조사 결과가 더 높게 나타났다.

비 건설직 근로자와 건설직 근로자를 비교했을 때 건설직 근로자는 본인 판단 유병률이 기타암을 제외한 모든 암과 혈액암, 빈혈, 골관절염, 류마티스관절염, 골다공증, 당뇨병, 만성간염, 간경변증, 협심증, 폐결핵, 폐외결핵, 만성폐쇄성 폐질환, 기관지 확장증, 백내장, 만성중이염, 아토피성 피부염, 피부알레르기가 비 건설직 근로자보다 높게 나타났고 의사 진단유병률은 기타암을 제외한 모든 암과 혈액암, 빈혈, 골관절염, 류마티스관절염, 만성간염, 간경변증, 폐결핵, 폐외결핵, 백내장, 만성중이염이 높게 나타났다. 그리고 천식, 녹내장은 본인 판단 유병률, 골다공증, 협심증은 의사 진단 유병률이 두 그룹에서 비슷하게 나타났다. 이 외의 질환에서는 비 건설직 근로자에서 높은 유병률을 보였다.

건설직 근로자와 국민건강 영양조사를 29세 이하, 30세 이상 49세 이하, 50세 이상의 세 개의 연령 그룹으로 나누어 각각의 질환에 따른 본인 인지 유병률과 의사 진단 유병률을 비교하였다

건설직 근로자는 본인 인지 유병률을 조사한 결과 29세 이하는 기타암, 골관절염, 골다공증, 디스크, 위십이지궤양, 만성간염, 간경변증, 고혈압, 뇌졸중, 폐결핵, 만성폐쇄성 폐질환, 기관지 확장증, 백내장이 국민건강영양조사 결과보다 높게 나타났다.

30세 이상, 49세 이하에서는 위암, 간암, 류마티스성 관절염, 위십이지궤양, 만성간염, 간경변증, 폐결핵, 폐외결핵, 기관지 확장증, 백내장이, 50세 이상은 위암, 간암, 대장암, 류마티스성 관절염, 위십이지궤양, 만성간염, 간경변증, 폐외결핵, 기관지 확장증이 국민건강영양조사 결과보다 높은 유병률을 보였다. 의사 진단 유병률의 경우 29세 이하는 기타암, 골관절염, 디스크, 위십이지궤양, 간경변증, 고혈압, 폐결핵, 기관지 확장증, 백내장이 국민건강영양조사 결과보다 높게 나타났다.

30세 이상, 49세 이하에서는 위암, 간암, 만성간염, 폐외 결핵, 백내장이, 50세 이상은 간암 만 국민건강영양조사 결과보다 높게 나타났다.

본인 인지 유병률의 29세 이하의 위암, 간암 그리고 자궁경부암, 의사 진단 유병률의 29세 이하의 위암, 간암, 자궁경부암 그리고 뇌졸중, 30세 이상, 49세 이하의 위십이지궤양, 50세 이상의 만성 간염은 건설직 근로자와 국민건강영양조사 결과가 서로 비슷한 유병률을 보였다.

이 외의 모든 질환은 국민건강영양조사 결과가 건설직 근로자보다 높은 유병률을 보였다.

5) 호흡기 증상 설문 분석 결과

(1) 사회인구학적 및 작업관련 요인과 호흡기 증상

여수산단 지역 근로자의 호흡기 증상율을 확인하기 위해, 기침증상 유무(감

기가 아닌 아침의 기침 또는 평소 깨어있는 동안의 기침), 가래증상 유무(감기가 아닌 아침의 가래 또는 평소 깨어있는 동안의 가래), 가슴죄는 느낌 유무, 지난 1년간 천명 증상 유무 및 기준 2 이상의 호흡곤란 유무의 증상 유병율을 사회인구학적 요인(성별, 연령구분), 작업관련 요인(건설/비건설 구분) 및 건강행태 요인(흡연 유무, 음주 빈도) 별로 분포를 파악 하였다.

기침증상에 대해서는 성별, 연령구분, 건설/비건설 구분, 흡연 유무 및 음주 빈도 구분 모두 증상유병에 유의한 차이를 보였다.

가래증상에서는 성별, 건설/비건설 구분, 흡연 유무 및 음주 빈도 구분에서 유의한 차이를 보였다.

하지만 가슴조임은 건설/비건설 구분 및 흡연 유무 만 유의한 차이를 나타내었다.

천명은 성별, 건설/비건설 구분 및 흡연 유무에서, 호흡곤란은 건설/비건설 구분과 흡연 유무에서만 증상발생에 유의한 차이가 관찰되었다.

(2) 직종 구분에 따른 호흡기 증상율

여수산단지역 근로자의 호흡기 증상유병에 공통적으로 유의한 차이가 발견되는 나타내는 작업관련 변수인 업종(건설/비건설 구분)에 대해 사업장 별로 증상유병율을 파악하였다.

사업장별 업종구분에 따라서도 광양의 건설근로자와 여수산단의 건설근로자가 발주처 및 협력업체 근로자에 비해 유의하게 높은 증상유병율을 나타냄을 확인할 수 있었다(<표 169>, <표 170>)

<표 169> 여수산단 근로자의 사회인구학적 요인 및 작업관련 요인에 따른 호흡기증상율(1)

구분		대상자	기침	p 값*	대상자	가래	p 값	n (%)		
								대상자	가슴조임	p 값
성별	남성	10,181	914(9.0)	<0.001	9934	1809 (18.2)	<0.001	9728	388(4.0)	0.536
	여성	283	8(2.8)		269	13(4.8)		249	8(3.2)	
연령	29세 이하	1412	139(9.8)	0.048	1387	276 (19.9)	0.078	1372	50(3.6)	0.503
	30 - 49세	7362	615(8.4)		7192	1249 (17.4)		7040	275(3.9)	
	50세 이상	1599	158(9.9)		1535	275 (17.9)		1481	66(4.5)	
건설/ 비건설 구분	건설	4143	560 (13.5)	<0.001	3982	968 (24.3)	<0.001	3808	232(6.1)	<0.001
	비건설	6320	362 (5.7)		6219	853 (13.7)		6168	164(2.7)	
흡연여부	흡연	7819	784 (10.0)	<0.001	7630	1592 (20.9)	<0.001	7486	328 (4.4)	<0.001
	비흡연	1966	85 (4.3)		1922	153 (8.0)		1907	49 (2.6)	
매월 음주빈도	전혀 안마심	980	65(6.6)	0.001	962	123 (12.8)	<0.001	934	30(3.2)	0.451
	1회 이하	1299	92(7.1)		1264	207 (16.4)		1245	47(3.8)	
	1회 이상	7603	709(9.3)		7429	1396 (18.8)		7325	296(4.0)	

*: χ^2 - test

<표 170> 여수산단 근로자의 사회인구학적 요인 및 작업관련 요인에 따른 호흡기증상율(2)

구분		대상자 수	천명	p 값*	대상자 수	n (%)	
						호흡곤란 (2도 이상)**	p 값
성별	남성	9821	600(6.1)	0.005	9748	1108(11.4)	0.181
	여성	262	5(1.9)		256	36(14.1)	
연령	29세 이하	1377	76(5.5)	0.060	1373	157(11.4)	0.828
	30 - 49세	7122	410(5.8)		7041	794(11.3)	
	50세 이상	1512	110(7.3)		1505	178(11.8)	
건설/비건설 구분	건설	3897	364(9.3)	<0.001	3885	518(13.3)	<0.001
	비건설	6185	240(3.9)		6120	627(10.2)	
흡연여부	흡연	7544	528(7.0)	<0.001	7505	891(11.9)	0.002
	비흡연	1915	47(2.5)		1887	177(9.4)	
매월 음주빈도	전혀 안마심	948	53(5.6)	0.162	922	95(10.3)	0.308
	1회 이하	1258	63(5.0)		1260	133(10.6)	
	1회 이상	7365	465(6.3)		7310	1078(11.4)	

*: χ^2 - test

** : 2도(Moderate) : 같은 연령층에 있는 사람보다 평지에서 천천히 걷거 자신의 걸음걸이로 걸을 때 숨을 쉬기 위해 정지해야 하는 경우. 3도 (Severe) : 평지에서 100미터를 걸은 후에 걸음을 멈추어야 하거나 수분 밖에 못 걸을 때. 4도 (Very severe) : 너무 숨이 차서 집에서 나오기가 곤란하거나 옷을 입거나 벗을 때도 숨이 찬 경우

(3) 호흡기 증상에 영향을 미치는 요인

호흡기 증상 유무에 대한 영향 중 건설/비건설 업종구분의 영향을 확인하기 위해, 사회인구학적 요인 및 건강행태 요인을 보정한 후 영향력을 평가하였다. 성별, 연령구분, 흡연유무 및 음주빈도가 모두 보정된 상황에서도 기침 유무, 가래 유무, 가슴조임 유무, 천명 유무 및 2도 이상 호흡곤란 유무의 모든 호흡기 증상이 건설 근로자에서 비건설 근로자보다 통계적으로 유의하게 높게 관찰되었다(<표 171>)

<표 171> 사회인구학적 요인과 건강행태 요인이 보정된 건설/비건설 구분에 따른 호흡기증상율

구분	보정된 유병율 교차비(PORadj)(95% CI)				
	기침	가래	가슴조임	천명	호흡곤란 (2도 이상)
비건설/건설	2.597** (2.241-3.009)	2.023** (1.813-2.258)	2.264** (1.824-2.811)	2.513** (2.104-3.001)	1.321** (1.154-1.512)
성별(남/여)	0.680 (0.270-1.716)	0.427* (0.185-0.987)	1.014 (0.357-2.885)	0.440 (0.150-1.839)	1.532 (0.905-2.594)
연령 구분	0.948 (0.831-1.082)	0.899* (0.813-0.994)	1.010 (0.831-1.228)	1.120 (0.955-1.314)	1.008 (0.892-1.140)
흡연 여부 (무/유)	1.981** (1.550-2.531)	2.437** (2.031-2.925)	1.475* (1.060-2.051)	2.418** (1.760-3.322)	1.277* (1.061-1.539)
음주 빈도	1.170* (1.030-1.327)	1.135** (1.034-1.246)	1.116 (0.930-1.338)	1.044 (0.903-1.208)	1.055 (0.947-1.175)

*: p <.05, **: p <.01, multiple logistic regression

(4) 건설 근로자의 호흡기증상에 영향을 직업환경적 요인

여수산단 지역 근로자들의 호흡기 증상에 영향을 미치는 요인 중 건설/비건설 업종 구분이 유의한 변수임이 확인되었으므로, 건설 근로자에게 영향을 미치는 직업환경적 요인별 호흡기 증상 유병율을 확인하였다.

우선 건설근로자의 직종에 대해서는 기침과 가래 증상율은 제관 직종에서 가장 높았으며, 가슴조임과 천명은 용접에서 가장 높았고, 호흡곤란은 비계 직종에서 가장 증상율이 높았다. 모든 증상에서 각 직종별로 증상율의 유의한 차

이가 관찰되었다(<표 172>) 근무시간 역시 모든 증상에서 40시간이상 근무자의 증상유병율이 유의하게 높았다. 연 간 총 셋다운 시간 역시 600시간 이상 근로자에서 600시간 이하 근로자에 비해 높은 증상 유병율이 관찰되었으나, 가래, 천명 과 호흡곤란에서만 통계적 유의성이 나타났다. 연 간 신·증설 작업 기간은 호흡증상율과 뚜렷한 관련성이 관찰되지 않았는데, 가래증상에서만 통계적으로 유의하게 신·증설 작업 기간과의 연관성이 발견되었다. 유해환경 노출 정도에 대해서는 불쾌한 냄새와 먼지는 기침, 가래, 가슴조임, 천명 및 2도 이상 호흡곤란 증상 모두에서 노출 수준이 높을수록 증상유병이 높았으며 통계적으로 유의하였다. 유해가스과 유기용제는 기침, 가래, 가슴조임 및 천명에 대해서 노출 수준이 높을수록 통계적으로 유의하게 증상유병이 높았다.

<표 172> 건설근로자의 호흡기 증상율에 영향을 미치는 직업환경적 요인(1)

구분	대상자	기침	p 값	대상자	가래	p 값	대상자	가슴조임	p 값*		
직종	채관	470	80(17.0)	<0.001	450	125(27.8)	<0.001	442	31(7.0)	<0.001	
	기계	358	46(12.8)		344	82(23.8)		323	15(4.6)		
	용접	415	61(14.7)		403	107(26.6)		369	28(7.6)		
	배관	753	110(14.6)		728	196(26.9)		701	43(6.1)		
	계전	709	79(11.1)		681	155(22.8)		669	36(5.4)		
	보온	351	44(12.5)		331	65(19.6)		320	16(5.0)		
	탱크	65	7(10.8)		64	16(25.0)		60	3(5.0)		
	비계	601	86(14.3)		576	159(17.6)		541	35(6.5)		
	도장	97	14(14.4)		95	13(13.7)		91	4(4.4)		
기타	66	6(9.1)		65	12(18.5)		59	1(1.7)			
근무 시간	40 시간 이하/주	4414	275(6.2)	<0.001	4328	596(13.8)	<0.001	4277	118(2.8)	<0.001	
	40 시간 초과/주	4308	498(11.6)		4191	949(22.6)		4060	206(5.1)		
총 섣다운 시간	600 시간 이하/년	1308	155(11.9)	0.360	1272	294(23.1)	0.036	1234	71(5.8)	0.893	
	600 시간 초과/년	842	111(13.2)		802	218(27.2)		764	45(5.9)		
신·증설 작업 기간/년	≤3개월	638	11(12.1)	0.294	612	141(23.0)	0.055	584	33(5.7)	0.078	
	4-6 개월	548	82(15.0)		526	141(26.8)		504	25(5.0)		
	7-9 개월	504	68(13.5)		474	130(27.4)		458	32(7.0)		
	≥10개월	510	80(15.7)		488	148(30.3)		467	41(8.8)		
유해 환경	냄새 여부	약간	2551	206(8.1)	<0.001	2496	405(16.2)	<0.001	2442	81(3.3)	<0.001
		보통	3257	313(9.6)		3169	621(19.6)		3099	143(4.6)	
		매우	1421	193(13.6)		1383	340(24.6)		1324	94(7.1)	
	먼지 여부	약간	1716	118(6.9)	<0.001	1688	234(13.9)	<0.001	1656	49(3.0)	<0.001
		보통	3031	228(7.5)		2961	496(16.8)		2883	107(3.7)	
		매우	3219	418(13.0)		3117	762(24.4)		3016	183(6.1)	
	유해 가스	약간	2788	222(8.0)	<0.001	2722	467(17.2)	<0.001	2644	107(4.0)	<0.001
		보통	2395	252(10.5)		2330	461(19.8)		2270	96(4.2)	
		매우	858	121(14.1)		835	224(26.8)		804	62(7.7)	
유기 용제	약간	2878	248(8.6)	<0.001	2802	515(18.4)	0.088	2734	108(4.0)	0.001	
	보통	1943	225(11.6)		1896	388(20.5)		1850	92(5.0)		
	매우	520	67(12.9)		508	110(21.7)		483	38(7.9)		

*: χ^2 - test

<표 173> 건설근로자의 호흡기 증상율에 영향을 미치는 직업환경적 요인(2)

구분		대상자	천명	p 값	대상자	호흡곤란 (2도이상)	p 값*
직종	제관	438	44(10.0)	<0.001	442	63(14.3)	0.003
	기계	335	33(9.9)		329	42(12.8)	
	용접	390	52(13.3)		388	48(12.4)	
	배관	706	66(9.3)		709	99(14.0)	
	계전	675	58(8.6)		670	70(10.4)	
	보온	330	28(8.5)		338	48(14.2)	
	탱크	63	7(11.1)		60	7(11.7)	
	비계	561	48(8.6)		557	84(15.1)	
	도장	93	7(7.5)		92	7(11.3)	
기타	63	5(7.9)	62	7(11.3)			
근무 시간	40 시간 이하/주	4284	173(4.0)	<0.001	4244	422(9.9)	<0.001
	40 시간 초과/주	4140	328(7.9)		4115	510(12.4)	
총 셋 다운 시간	600 시간 이하/년	1256	92(7.3)	0.003	1245	137(11.0)	0.048
	600 시간 초과/년	794	89(11.2)		789	110(13.9)	
신·증 설 작업 기간/ 년	≤3개월	603	54(9.0)	0.635	609	82(13.5)	0.375
	4-6 개월	518	51(9.8)		522	67(12.8)	
	7-9 개월	474	48(10.1)		470	53(11.3)	
	≥10개월	476	54(11.3)		477	72(15.1)	
냄새	약간	2466	127(5.2)	<0.001	2442	240(9.8)	<0.001
	보통	3129	215(6.9)		3103	410(13.2)	
	매우	1355	123(9.1)		1361	180(13.2)	
먼지 여부	약간	1673	69(4.1)	<0.001	1650	171(10.4)	<0.001
	보통	2913	148(5.1)		2911	321(11.0)	
	매우	3076	276(9.0)		3066	423(13.8)	
유해 환경 가 스	약간	2655	143(5.4)	<0.001	2659	304(11.4)	0.088
	보통	2303	173(7.5)		2294	296(12.9)	
	매우	821	81(9.9)		819	115(14.0)	
유 기 용 제	약간	2767	161(5.8)	0.001	2762	336(12.2)	0.413
	보통	1861	139(7.5)		1846	249(13.5)	
	매우	503	50(9.9)		497	62(12.5)	

*: χ^2 - test

6) 피부증상 설문 분석 결과

(1) 사회인구학적 및 작업관련 요인별 피부증상을

피부증상을 확인하기 위해 지난 1년간 4개 증상의 발생여부(증상기준 1)에 대해 전체 유병율을 확인한 결과, 총 9,588명 중(결측치 1,366명 제외) 1564명이 증상을 보여 16.3%의 기간 유병율을 보였다.

증상기준 1에 대해 여수산단지역 근로자들의 사회인구학적 요인(성별, 연령 구분)과 작업관련 요인(근무기간, 건설/비건설 구분)에 따른 증상유병율을 확인하였다.

성별과 연령구분 모두 증상기준 1의 유병에 유의한 차이를 나타내지 못하였으며, 근무기간 역시 유의한 차이가 발견되지 않았다. 하지만 건설/비건설 업종 구분은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(<표 174>)

(2) 여수산단 지역 근로자의 건설/비건설 구분 및 사업장 구분에 따른 피부증상을

여수산단 지역 근로자의 업종구분과 피부증상발생에 대해 세부적으로 분석하였다. 증상기준 1과 2에 대해 모두 건설업종이 비건설업종에 비해 유의하게 높은 증상유병율을 보였다(<표 175>).

광양지역과 여수산단의 5개 근로자 분류에서도 광양 및 여수산단의 건설근로자가 비건설 근로자에 비해 증상기준 1과 2에 대해 모두 통계적으로 유의하게 높은 증상유병율을 보였다.

피부증상 중 작업관련성 여부를 확인하기 위해 근무 중 증상이 악화되며 휴일에 호전되는 양상 여부를 분석한 결과, 건설업종이 비건설업종에 비해 유의하게 높은 근무 중 악화 양상을 보였다(<표 176>)

광양지역과 여수산단의 5개 근로자 분류에서도 광양지역 및 여수산단의 건설근로자가 비건설 근로자에 비해 모두 통계적으로 유의하게 높은 근무 중 악화 양상을 보였다.

<표 174> 여수산단 근로자의 사회인구학적 요인 및 작업관련 요인에 따른 피부증상율 (증상기준 1)

구분		대상자수	증상기준1(%)	p 값*
성별	남성	9,313	1,526(16.4)	0.133
	여성	264	36(13.6)	
연령	29세 이하	1,303	212(16.3)	0.761
	30 - 49세	6,760	1,112(16.4)	
	50세 이상	1,437	225(15.7)	
근무기간	4년 이내	2,061	362(17.6)	0.103
	5-9년	1,274	189(14.8)	
	10-19년	3,748	597(15.9)	
	20-29년	1,523	245(16.1)	
	30년 이상	252	51(20.2)	
건설/비건설 구분	건설	3,700	785(21.2)	<0.001
	비건설	5,879	777(13.2)	

증상기준 1 : 지난 1년간 4가지 피부증상(피부가 붉어지고 붓는다, 피부가 붉고 갈라진다, 피부에 작은 물집이 생긴다, 피부가 붉고 가렵다) 중 하나이상 해당할 때

*: χ^2 - test

<표 175> 건설/비건설 근로자 구분에 따른 피부증상율(증상기준 1, 2)

구분	대상자수	증상기준1(%)	p 값*	대상자수	증상기준2(%)	p 값
건설근로자	3,700	785(21.2)	<0.001	1,679	241(14.4)	0.040
비건설근로자	5,879	777(13.2)		2,369	294(12.4)	

증상기준 1 : 지난 1년간 4가지 피부증상(피부가 붉어지고 붓는다, 피부가 붉고 갈라진다, 피부에 작은 물집이 생긴다, 피부가 붉고 가렵다) 중 하나이상 해당할 때

증상기준 2 : 피부증상 중 하나이상 해당하면서 증상이 3주이상 지속된 경우

*: χ^2 - test

<표 176> 건설/비건설 근로자 구분에 따른 피부증상의 근무 중 악화여부

구분	대상자 수	근무 중 악화 증상 (%)	p 값*
건설근로자	1,350	535(21.2)	<0.001
비건설근로자	2,016	295(14.6)	

*: χ^2 - test

(3) 건설 근로자의 피부증상에 영향을 미치는 직업환경적 요인

여수산단 지역 근로자들의 피부증상에 영향을 미치는 요인 중 건설/비건설 업종 구분이 유의한 변수임이 확인되었으므로, 건설 근로자에게 영향을 미치는 직업환경적 요인별 피부증상 유병율을 확인하였다.

우선 건설근로자의 직종에 대해서는 배관, 용접, 계진, 보온, 제관, 비계 및 기계의 순으로 증상유병율이 유의하게 높았으며, 주간 근무시간이 40시간 초과인 건설 근로자에서 40시간 이하의 근로자에 비해 피부증상 유병율이 유의하게 높았다.

연간 셋 다운 시간에 대해서는 연간 시간이 600시간 초과인 건설 근로자가 600시간 이하의 건설 근로자에 비해서 피부증상 유병율이 높았으나 통계적으로는 경계적 유의성을 보였다.

하지만 연 간 신/증설 작업기간은 건설 근로자의 피부증상 유병율에 영향을 미치지 않았다. 유해환경 노출 수준에 대해서는 불쾌한 냄새, 먼지, 유해가스, 및 유기용제 모두 노출수준이 증가 할수록 건설근로자의 피부증상 유병율이 통계적으로 유의하게 증가하였다(<표 177>)

국회제출(10.2.8)외 사용금지

<표 177> 건설근로자의 다른 피부증상율(증상기준 1)에 영향을 미치는
직업환경적 요인

구분		대상자수	증상기준1(%)	p 값*	
직종	제관	424	88(20.8%)	<0.001	
	기계	306	62(20.3%)		
	용접	374	84(22.5%)		
	배관	683	168(24.6%)		
	계진	639	143(22.4%)		
	보온	313	66(21.1%)		
	탱크	61	8(13.1%)		
	비계	527	109(20.7%)		
	도장	88	13(14.8%)		
기타	55	8(14.5%)			
주간 근무시간	40 시간 이하	4,093	511(12.5%)	<0.001	
	40 시간 초과	3,902	781(20.2%)		
년 간 총 섯다운 작업 시간	600 시간 이하	1,194	245(20.5%)	0.057	
	600 시간 초과	761	184(24.2%)		
년 간 신/증설 작업 기간(월)	3개월 이하	569	157(27.6%)	0.171	
	4-6 개월	492	112(22.8%)		
	7-9 개월	462	103(22.3%)		
	10개월 이상	448	112(25.0%)		
유해 환경	불쾌한 냄새	약간	2,342	365(15.6%)	<0.001
		보통	2,982	513(17.2%)	
		매우	1,283	313(24.4%)	
	먼지 여부	약간	1,594	211(13.2%)	<0.001
		보통	2,780	370(13.3%)	
		매우	2,916	671(23.0%)	
	유해 가스	약간	2,540	405(15.9%)	<0.001
		보통	2,199	419(19.1%)	
		매우	787	206(26.2%)	
	유기 용제	약간	2,623	421(16.1%)	<0.001
		보통	1,783	341(19.1%)	
		매우	474	125(26.4%)	

*: χ^2 - test

7) 사고 및 중독에 대한 설문조사 결과

(1) 지난 1년간의 사고 현황

<표 178> 조사대상의 지난 1년간 작업장의 사고경험응답

	재해자수	응답자수	응답사고율	p
비건설직근로자	124	5804	2.14	<0.0001
건설직근로자	334	3138	10.64	
총	458	8942	5.03	

$$\text{응답사고율} = (\text{재해자수} / \text{응답자수}) * 100$$

지난 1년간 1회 이상 ‘의료기관을 방문할 정도의 작업장에서 일어난 사고 혹은 중독’의 경험이 있었다고 응답한 근로자의 수는 총 458명으로 결측치를 제외한 전체 응답자 8942명의 5.03%에 해당하였으며 건설직은 334명 (10.64%), 비건설직은 124명 (2.14%)로 큰 차이를 보였다.

(2) 조사대상자의 재해 및 손상의 종류

가) 조사대상자의 재해의 종류 (중복응답 포함)

<표 179> 조사대상자의 사고의 종류

재해의 종류	비 건설직 근로자	건설직 근로자	총
추락	15 (7.65)	40 (8.69)	55 (8.38)
전도	36 (18.36)	64 (13.91)	100 (15.24)
충돌	37 (18.87)	73 (15.86)	110 (16.76)
낙하, 비래	11 (5.61)	44 (9.56)	55 (8.38)
붕괴, 도괴	2 (1.02)	6 (1.30)	8 (1.21)
감김, 끼임	8 (4.08)	43 (9.34)	51 (7.77)
절단, 베임, 찢림	19 (9.69)	44 (9.56)	63 (9.60)
감전	0 (0)	4 (0.86)	4 (0.60)
폭발, 파열	5 (2.55)	6 (1.30)	11 (1.67)
화재	4 (2.04)	9 (1.95)	13 (1.98)
이상온도, 기압	3 (1.53)	3 (0.65)	6 (0.91)
무리한 동작	45 (22.95)	74 (16.08)	119 (18.14)
중독, 산소결핍	6 (3.06)	11 (2.39)	17 (2.59)
교통사고	1 (0.51)	18 (3.91)	19 (2.89)
체육행사	4 (2.04)	5 (1.08)	9 (1.37)
기타	0 (0)	16 (3.47)	16 (2.43)
총	196 (100)	460 (100)	656 (100)

조사대상 중 지난 1년간 사고를 입었던 근로자에서 사고의 종류는 무리한 동작 119명 (18.14%), 충돌 110명 (16.76%), 전도 100명 (15.24%)의 순으로 높았다.

건설직 근로자에서는 무리한 동작이 74명 (16.08%), 충돌 73명 (15.86%), 전도 64명 (13.91%)의 순이었으며 비건설직 근로자에서도 무리한 동작 45명 (22.95%), 충돌 37명 (18.87%), 전도 36명 (18.36%)로 같은 순서대로 높았다.

(2) 조사대상자의 손상 종류 (중복응답 포함)

<표 180> 조사대상자의 손상의 종류

손상의 종류	비 건설직 근로자	건설직 근로자	총
골절	24 (3.40)	74 (6.22)	98 (5.43)
절단	4 (2.23)	11 (2.41)	15 (2.36)
염좌(삐임, 타박)	66 (36.87)	153 (33.55)	219 (34.48)
탈구(관절 빠짐)	8 (4.46)	8 (1.75)	16 (2.51)
인대손상	12 (6.70)	27 (5.92)	39 (6.14)
자상(베이거나 찢림)	21 (11.73)	63 (13.81)	84 (13.22)
화상	21 (11.73)	37 (8.11)	58 (9.13)
멍	17 (9.49)	48 (10.52)	65 (10.23)
내부장기 손상	0 (0)	5 (1.09)	5 (0.78)
기타	6 (3.35)	30 (6.57)	36 (5.66)
총	179 (100)	456 (100)	635 (100)

재해를 경험한 근로자의 손상의 종류는 전체 응답자 635명 중 염좌가 219명 (34.48%), 자상이 84명 (13.22%), 멍이 65명 (10.23%)을 차지하였으며 골절, 절단 등의 중상도 각각 98명 (5.43%), 15명 (2.36%)를 차지하였다. 건설직과 비건설직에서 모두 염좌, 자상, 멍의 순서대로 손상의 종류가 높았다.

(3) 재해의 심각도

가) 외병일수

사고 또는 중독을 경험한 근로자 중 이 사고로 거의 하루 종일 누워서 보내야 했던 일수를 묻는 질문에서 건설직 근로자는 평균 9.77 ± 25.76 일, 비건설직 근로자는 평균 8.42 ± 38.44 일로 약간의 차이를 보였으나 통계적인 유의성은 없었다($p=0.72$).

나) 결근일수

사고 또는 중독을 경험한 근로자 중 결근 일수를 묻는 질문에서 건설직 근로자는 평균 20.07 ± 60.35 일, 비건설직 근로자는 평균 13.35 ± 55.32 일로 응답하여 건설직에서 더 높은 결근일수를 보였는데 통계적인 유의성은 없었다($p=0.28$).

(4) 사고의 치료 유형

<표 181> 사고 경험자의 치료비 원천

	본인 경비	산재보험	공상	기타	총	p
비건설직 근로자	61 (60.40)	16 (15.84)	17 (16.83)	7 (6.93)	101 (100)	<0.0001
건설직 근로자	112 (39.02)	39 (13.59)	118 (41.11)	18 (6.27)	287 (100)	
전체	173 (44.59)	55 (14.18)	135 (34.79)	25 (6.44)	388 (100)	

지난 1년간 사고의 경험이 있는 근로자 458명 중 사고의 치료유형에 대해 388명이 응답하였으며 이 중 ‘본인경비’가 173명 (44.59%), ‘공상’이 135명 (34.79%), ‘산재보험’이 55명 (14.18%)를 차지하였고 건설직의 경우 ‘공상’이 118명 (41.11%)로 가장 비율이 높았고 비건설직의 경우 ‘본인경비’가 61명 (60.40%)으로 가장 비율이 높았다. 동설문은 설문자의 응답만을 기준으로 한 응답율이므로 산업재해보상보험법에 따른 산업재해에 해당하지 않는 사고도 포함되어 있다.

(5) 안전보호 장비

<표 182> 조사대상자가 지급받는 안전보호 장비

	안전모	보안경	귀마개 또는 귀덮개	마스크	장갑	안전화	기타
비 건설직 근로자 (N=6202)	6192 (99.83)	6078 (98.00)	6027 (97.17)	5785 (93.27)	5974 (96.32)	6186 (99.74)	614 (9.90)
건설직 근로자 (N=3725)	3705 (99.46)	3467 (93.07)	3274 (87.89)	3411 (91.57)	3589 (96.34)	3412 (91.59)	829 (22.25)

조사대상자가 지급받는 안전보호 장비는 거의 모든 항목에서 지급률이 90% 이상으로 높은 수준을 보였다.

8) 건설직 근로자의 근골격계 증상

(1) 조사대상자의 근골격계 증상 현황

<표 183> 조사 대상자의 신체부위별 근골격계 증상 호소

대상 구분	목	어깨	팔/손목	허리	다리/무릎	전신
증상기준 I						
광양 건설근로자	93 (6.48)	157 (10.93)	104 (7.24)	112 (7.80)	146 (10.17)	310 (21.59)
여수 건설근로자	324 (10.84)	487 (16.29)	392 (13.11)	428 (14.32)	436 (14.59)	907 (30.34)
전체 건설근로자	417 (9.42)	644 (14.55)	496 (11.21)	540 (12.20)	582 (13.15)	1217 (27.50)

<표 184> 조사 대상자의 신체부위별 근골격계 증상 호소(계속)

대상 구분	목	어깨	팔/손목	허리	다리/무릎	전신
증상기준 II						
광양 건설근로자	47 (3.27)	91 (6.34)	58 (4.04)	78 (5.43)	84 (5.85)	202 (14.07)
여수 건설근로자	186 (6.22)	310 (10.37)	244 (8.16)	279 (9.33)	285 (9.53)	652 (21.81)
전체 건설근로자	233 (5.27)	401 (9.06)	302 (6.82)	357 (8.07)	369 (8.34)	854 (19.30)

증상 I:통증 기간이 1주일 이상이거나 통증의 빈도가 1달에 1번 이상

증상 II:통증 기간이 1주일 이상이거나 통증의 빈도가 1달에 1번 이상이면서 중간 통증 이상 호소

전신:목, 어깨, 팔/팔꿈치, 손/손가락/손목, 허리, 다리/발 어느 한 부위라도 증상을 호소한 경우

통증의 지속기간, 통증의 정도, 빈도에 따른 증상 구분별 전신(목, 어깨, 팔/팔꿈치, 손/손가락/손목, 허리, 다리/발 어느 한 부위라도 증상을 호소한 경우) 자각증상률은 증상 I이 27.50%, 증상 II가 19.30%이었고 모든 부위에서 광양 건설근로자보다 여수건설근로자에서 증상호소율이 높았다($p < 0.0001$).

(2) 건설 근로자의 근골격계 증상에 영향을 미치는 요인

<표 185> 건설 근로자의 근골격계 증상에 영향을 미치는 요인

구분		대상자수	증상기준 II (%)	p 값*
성별	남성	4218	833(19.75)	0.0009
	여성	190	19(10.0)	
연령	29세 이하	499	122(24.45)	<0.0001
	30 - 39세	1125	241(21.42)	
	40 - 49세	1685	333(19.76)	
	50 - 59세	850	128(15.06)	
	60세 이상	176	20(11.36)	

<표 186> 건설 근로자의 근골격계 증상에 영향을 미치는 요인(계속)

구분		대상자수	증상기준Ⅱ(%)	p 값*
근무기간	4년 이내	1197	263(21.97)	0.13
	5-9년	596	110(18.46)	
	10-19년	1230	251(20.41)	
	20-29년	837	147(17.56)	
	30년 이상	231	48(20.78)	
직종	제관	500	88(17.60%)	<0.0001
	기계	375	59(15.73%)	
	용접	443	111(25.06%)	
	배관	802	210(26.18%)	
	계전/전기	737	141(19.13%)	
	보온	365	59(16.16%)	
	탱크	67	17(25.37%)	
	비계	641	113(17.63%)	
	도장	103	14(13.59%)	
	토목	71	5(7.04%)	
기타	57	7(12.28%)		
주간 근무시간	40 시간 이하	765	124(16.21%)	0.0002
	40 시간 초과	2906	652(22.44%)	
셋다운 작업시 하루 근무시간	10시간 이하	1200	22(18.50%)	<0.0001
	10 시간 초과	1587	418(26.34%)	

근골격계 증상기준 Ⅱ를 결과변수로 하여 성별과 연령, 근무기간에 대하여 보면 근무기간에 따른 증상의 차이는 없었으며 성별은 남성에서 여성보다 근골격계 증상 호소율이 높았고 나이의 경우 오히려 나이가 많은 그룹일수록 근골격계 증상 호소율은 낮아지는 경향을 보였다. 직업적 요인으로 근무기간에 따른 증상호소율의 차이는 보이지 않았으며 건설직의 직종에 의해서는 배관(26.18%), 탱크(25.37%), 용접(25.06%)에서 증상호소율이 높았다. 주간 근무시간이 40시간 초과하는 경우 증상호소율이 22.4%로 40시간 이하의 16.21%보다 유의하게 높았다($p=0.0002$). 셋다운 작업시 하루 근무시간은 10시간 초과인 경우 26.34%로 10시간 이하의 18.50%보다 유의하게 높았다($p<0.0001$).

9) 건설직 근로자의 직무스트레스

(1) 건설직 근로자의 직무스트레스 현황

직무스트레스 요인을 구성하는 하부영역인 물리적 환경, 직무요구, 직무자율성 결여, 관계 갈등, 직무 불안정, 조직체계, 보상부적절, 직장문화의 평균점수는 직무 불안정 54.95, 직무자율성 결여 52.95, 물리환경 50.04, 조직체계 48.42, 보상부적절 46.65, 직장문화 46.00, 직무요구 43.25, 관계갈등 38.89의 순이었다.

여수 광양지역의 건설 근로자들의 직무 스트레스 측정 결과 2004년 국내 근로자 12,681명으로부터 집계된 장세진의 연구의 참고치에 비교해서 남성 근로자와 여성 근로자 모두 직무 불안정은 더 높게 나왔고, 직무요구, 조직체계, 보상부적절, 직장문화는 더 낮은 결과로 나왔다. 전체 직무스트레스 정도는 남자 45.83 여자 44.44로 중위수를 기준으로 한국형 직무스트레스 평가기준에 비해서 모두 낮게 나왔다(<표 187>)

<표 187> 조사 대상자의 직무 스트레스 하부영역 점수와 평가기준

		평균	표준편차	중위수	평가기준
물리환경	남(n=3733)	50.54	25.33	50.00	44.5
	여(n=152)	36.62	24.42	33.33	44.5
	전체(n=3895)	50.04	25.46	50.00	
직무요구	남(n=3505)	43.48	16.92	41.67	50.1
	여(n=130)	36.60	13.43	33.33	58.4
	전체(n=3644)	43.25	16.88	41.67	
직무자율성 결여	남(n=3516)	52.41	17.67	50.00	50.1
	여(n=124)	67.61	16.47	66.67	58.4
	전체(n=3648)	52.95	17.85	50.00	
관계갈등	남(n=3582)	38.81	15.83	33.33	33.4
	여(n=131)	41.22	18.10	33.33	33.4
	전체(n=3720)	38.89	15.93	33.33	

<표 188> 조사 대상자의 직무 스트레스 하부영역 점수와
평가기준(계속)

		평균	표준편차	중위수	평가기준
직무 불안정	남(n=3521)	55.22	25.93	50.00	33.4
	여(n=130)	46.41	24.38	50.00	33.4
	전체(n=3658)	54.93	25.93	50.00	
조직체계	남(n=3144)	48.48	18.96	41.67	50.1
	여(n=110)	46.74	19.52	41.67	50.1
	전체(n=3260)	48.42	18.55	41.67	
보상부적절	남(n=3346)	46.48	18.69	44.44	55.6
	여(n=113)	46.74	19.52	41.67	55.6
	전체(n=3466)	46.65	18.75	44.44	
직장문화	남(n=3181)	35.27	17.11	33.33	50.1
	여(n=101)	36.55	18.03	33.33	50.1
	전체(n=3288)	35.33	17.14	33.33	
총점수	남(n=2645)	46.00	11.25	45.83	48.5
	여(n=190)	44.86	10.25	44.44	56.0
	전체(n=2727)	45.98	11.23	45.83	

(2) 건설직 근로자의 직무스트레스에 영향을 미치는 요인

조사 대상자들의 인구사회학적, 직업적 특성에 따른 직무스트레스 각 항목별 고/저위험군의 분포는 다음 표와 같다.

본 조사 대상의 근로자들은 특히 직무 불안정과 남성 근로자에서의 물리환경, 여성근로자에서의 직무자율성 결여가 높았다. 직무불안정성과 연관성이 있는 요인은 연령, 근무기간, 직종, 주당근무시간, 섯다운시 하루 근무시간으로 연령은 30-49세에서, 근무기간 10년 이상, 용접과 배관, 제관 직종, 주당근무시간과 섯다운시 근무시간이 길수록 직무불안성이 높아졌다

<표 189> 직무스트레스 항목별 영향을 미치는 요인

변수	구분	물리적 환경		p-값*	직무요구		p-값*	직무자율성 결여		p-값*
		저위험군	고위험군		저위험군	고위험군		저위험군	고위험군	
성별	남성	957(28.04)	2456(71.96)	<0.0001	2606(75.10)	864(24.90)	<0.0001	2025(57.91)	1472(42.09)	<0.0001
	여성	60(48.39)	64(51.61)		127(99.22)	1(0.78)		45(36.29)	79(63.71)	
연령	29세 이하	168(37.67)	278(62.33)	<0.0001	387(81.65)	87(18.35)	<0.0001	188(39.58)	287(60.42)	<0.0001
	30 - 39세	231(23.08)	770(76.92)		721(70.41)	303(29.59)		620(59.44)	423(40.56)	
	40 - 49세	335(24.22)	1048(75.78)		1031(74.39)	355(25.61)		854(62.20)	519(37.80)	
	50 - 59세	226(39.37)	348(60.63)		473(81.41)	108(18.59)		337(56.83)	256(43.17)	
	60세 이상	39(48.75)	41(51.25)		78(93.98)	5(6.02)		38(43.18)	50(56.82)	
근무기간	4년 이내	317(31.61)	686(68.39)	<0.0001	866(81.47)	197(18.53)	<0.0001	432(40.87)	625(59.13)	<0.0001
	5-9년	159(31.42)	347(68.58)		402(77.91)	114(22.09)		299(57.06)	225(42.94)	
	10-19년	248(23.98)	786(76.02)		746(70.98)	305(29.02)		685(64.87)	371(35.13)	
	20-29년	150(23.15)	498(76.85)		463(72.57)	175(27.43)		440(67.59)	211(32.41)	
	30년 이상	65(41.14)	93(58.86)		110(72.85)	41(27.15)		115(73.72)	41(26.28)	
직종	제관	103(24.64)	315(75.36)	<0.0001	317(76.02)	100(23.98)	<0.0001	252(59.43)	172(40.57)	<0.0001
	기계	98(32.22)	197(66.78)		242(77.81)	69(22.19)		170(53.29)	149(46.71)	
	용접	70(18.57)	307(81.43)		238(65.93)	123(34.07)		222(62.89)	131(37.11)	
	배관	171(24.22)	535(75.78)		503(71.35)	202(28.65)		429(60.34)	282(39.66)	
	계전/전기	186(29.34)	448(70.66)		489(73.31)	178(26.69)		383(56.16)	299(43.84)	
	보온	101(37.69)	167(62.31)		224(84.21)	42(15.79)		111(41.42)	157(58.58)	
	탱크	9(16.07)	47(83.93)		49(84.48)	9(15.52)		36(62.07)	22(37.93)	
	비계	147(29.52)	351(70.48)		396(79.36)	103(20.64)		325(65.66)	170(34.34)	
	도장	31(47.69)	34(52.31)		67(93.06)	5(6.94)		31(43.06)	41(56.94)	
	토목	18(58.06)	34(52.31)		35(85.37)	6(14.63)		23(54.76)	19(45.24)	
기타	18(58.06)	13(41.94)		31(75.61)	10(24.39)		18(43.90)	23(56.10)		
주당근무시간	40 시간 이하	200(33.28)	401(66.72)	<0.0001	495(79.58)	127(20.42)	0.0018	346(55.18)	281(44.82)	0.3616
	40 시간 초과	615(24.92)	1853(75.08)		1835(73.49)	662(26.51)		1450(57.20)	1085(42.80)	
셋다운시 하루	10시간 이하	284(29.71)	672(70.29)	<0.0001	807(79.04)	214(20.96)	<0.0001	597(58.47)	424(41.53)	0.5411
근무시간	10 시간 초과	264(19.33)	1102(80.67)		903(66.54)	454(33.46)		827(59.71)	558(40.29)	

변수	구분	관계갈등		p-값*	직무불안정		p-값*	조직체계		p-값*
		저위험군	고위험군		저위험군	고위험군		저위험군	고위험군	
성별	남성	2342(66.93)	1157(33.07)	0.1949	928(27.98)	2389(72.02)	0.0002	2078(66.69)	1038(33.31)	0.1225
	여성	78(61.42)	49(38.58)		53(43.80)	68(56.20)		79(73.83)	28(26.17)	
연령	29세 이하	335(71.73)	132(28.27)	0.0005	175(39.68)	266(60.32)	<0.0001	326(71.18)	132(28.82)	0.3121
	30 - 39세	702(59.92)	302(30.08)		262(26.84)	714(73.16)		618(66.31)	314(33.69)	
	40 - 49세	918(65.43)	485(34.57)		299(22.41)	1035(77.59)		798(65.68)	417(34.32)	
	50 - 59세	374(61.01)	239(38.99)		206(35.95)	367(64.05)		333(67.14)	163(32.86)	
	60세 이상	62(67.39)	30(32.61)		28(38.89)	44(61.11)		53(67.09)	26(32.91)	
근무기간	4년 이내	720(68.38)	333(31.62)	0.0163	298(29.77)	703(70.23)	0.0047	663(67.31)	322(32.69)	0.5494
	5-9년	345(68.59)	158(31.41)		161(32.2)	339(67.8)		322(68.66)	147(31.34)	
	10-19년	726(68.49)	334(31.51)		252(25.33)	743(74.67)		624(66.45)	315(33.55)	
	20-29년	410(62.12)	250(37.88)		149(23.76)	478(76.24)		360(64.98)	194(35.02)	
	30년 이상	99(61.11)	63(38.89)		43(29.05)	105(70.95)		89(71.77)	35(28.23)	
직종	제관	293(69.27)	130(30.73)	0.3236	99(24.44)	306(75.56)	<0.0001	248(66.85)	123(33.15)	0.028
	기계	216(69.01)	97(30.99)		103(34.92)	192(65.08)		211(71.77)	83(28.23)	
	용접	214(60.11)	142(39.89)		80(22.66)	273(77.34)		193(60.88)	124(39.12)	
	배관	470(66.57)	236(33.43)		171(25.45)	501(74.55)		382(62.21)	232(37.79)	
	계전/전기	455(67.61)	218(32.39)		191(29.48)	457(70.52)		426(67.41)	206(32.59)	
	보온	183(65.36)	97(34.64)		80(31.01)	178(68.99)		173(69.2)	77(30.8)	
	탱크	38(65.52)	20(34.48)		17(29.82)	40(70.18)		30(65.22)	16(34.78)	
	비계	349(69.52)	153(30.48)		127(27.08)	342(72.92)		300(70.26)	127(29.74)	
	도장	46(64.79)	25(35.21)		31(48.44)	33(51.56)		47(75.81)	15(24.19)	
	토목	31(68.89)	14(31.11)		17(44.74)	21(55.26)		27(67.5)	13(32.5)	
	기타	29(65.91)	15(34.09)		18(47.37)	20(52.63)		21(60)	14(40)	
주당근무시간	40 시간 이하	415(66.29)	211(33.71)	0.9010	216(37.37)	362(62.63)	<0.0001	396(70.59)	165(29.41)	0.0215
	40 시간 초과	1662(66.03)	855(33.97)		571(23.56)	1853(76.44)		1473(65.47)	777(34.53)	
셋다운시 하루 근무시간	10시간 이하	706(68.68)	322(31.32)	0.0005	286(29.82)	673(70.18)	<0.0001	670(71.28)	270(28.72)	<0.0001
	10 시간 초과	844(61.79)	522(38.21)		281(21.19)	1045(78.81)		716(59.57)	486(40.43)	

변수	구분	보상부적절		p-값*	직장문화		p-값*	총점		p-값*
		저위험군	고위험군		저위험군	고위험군		저위험군	고위험군	
성별	남성	2589(75.77)	828(24.23)	0.0891	2557(87.30)	372(12.70)	0.1249	1587(60.07)	1055(39.93)	<0.0001
	여성	77(68.75)	35(31.25)		77(81.91)	17(18.09)		68(89.47)	8(10.53)	
연령	29세 이하	374(84.04)	71(15.96)	<0.0001	389(90.89)	39(9.11)	0.1543	289(66.74)	144(33.26)	<0.0001
	30 - 39세	803(79.98)	201(20.02)		779(87.14)	115(12.86)		481(56.79)	366(43.21)	
	40 - 49세	989(70.64)	411(29.36)		992(86.41)	156(13.59)		568(58.2)	408(41.8)	
	50 - 59세	405(73.64)	145(26.36)		386(85.78)	64(14.22)		253(68.19)	118(31.81)	
	60세 이상	62(78.48)	17(21.52)		53(86.89)	8(13.11)		42(72.41)	16(27.59)	
근무기간	4년 이내	796(79.05)	211(20.95)	<0.0001	798(87.12)	118(12.88)	0.6476	534(61.52)	334(38.48)	0.1180
	5-9년	399(79.96)	100(20.04)		390(87.44)	56(12.56)		257(63.46)	148(36.54)	
	10-19년	781(75.31)	256(24.69)		784(87.79)	109(12.21)		460(57.21)	344(42.79)	
	20-29년	463(70.15)	197(29.85)		437(85.19)	76(14.81)		264(60)	176(40)	
	30년 이상	98(64.9)	53(35.1)		96(84.96)	17(15.04)		62(67.39)	30(32.61)	
직종	제관	315(75.36)	103(24.64)	<0.0001	308(85.08)	54(14.92)	0.4627	179(57.93)	130(42.07)	<0.0001
	기계	232(78.64)	63(21.36)		231(85.24)	40(14.76)		160(62.99)	94(37.01)	
	용접	240(65.22)	128(34.78)		248(85.52)	42(14.48)		120(47.24)	134(52.76)	
	배관	522(74.25)	181(25.75)		523(89.25)	63(10.75)		296(54.92)	243(45.08)	
	계전/전기	527(80.95)	124(19.05)		538(88.05)	73(11.95)		367(65.19)	196(34.81)	
	보온	193(76.89)	58(23.11)		198(87.22)	29(12.78)		142(71.72)	56(28.28)	
	탱크	43(72.88)	16(27.12)		36(85.71)	6(14.29)		20(50)	20(50)	
	비계	376(76.27)	117(23.73)		339(86.04)	55(13.96)		214(60.62)	139(39.38)	
	도장	50(76.92)	15(23.08)		49(90.74)	5(9.26)		34(70.83)	14(29.17)	
	토목	32(88.89)	4(11.11)		32(96.97)	1(3.03)		25(80.65)	6(19.35)	
	기타	25(62.5)	15(37.5)		30(85.71)	5(14.29)		17(62.96)	10(37.04)	
주당근무시간	40 시간 이하	459(76.76)	139(23.24)	0.4707	448(85.66)	75(14.34)	0.2136	323(67.71)	154(32.29)	<0.0001
	40 시간 초과	1861(75.34)	609(24.66)		1865(87.68)	262(12.32)		1102(57.10)	828(42.90)	
셋다운시 하루 근무시간	10시간 이하	793(80.92)	187(19.08)	<0.0001	769(89.42)	91(10.58)	0.0018	553(67.77)	263(32.23)	<0.0001
	10 시간 초과	944(69.36)	417(30.64)		981(84.64)	178(15.36)		489(47.89)	532(52.11)	

5. 고찰

작업환경에 대한 주관적인 느낌에 대한 설문 결과 건설직이 아닌 경우에 비하여 건설직인 경우 작업환경에 대해 유해하다고 주관적으로 느끼는 경우가 많았다. 특히 ‘불쾌한 냄새가 많이 난다’, ‘먼지가 많이 날린다’, ‘유해가스에 노출된다’, ‘무거운 물체를 자주 취급한다’, ‘산소결핍(질식)의 위험을 느낀다’ 등에서 건설직이 ‘매우’라고 답한 경우가 비건설직에 비해 유의하게 높았다.

근무시간은 건설직에서 비건설직보다 길었으며 건설근로자에서 섰다운 작업시의 근로시간은 평상시의 근로시간보다 더 길었다.

건설근로자의 연간임금은 3천만원이하가 대부분을 차지하고 있었으며 지난 한달의 임금에 대한 질문에서 0부터 700만원까지 큰 편차를 보였는데 이는 직무 불안정으로 인한 실업기간이 있기 때문으로 예상된다.

건강행동에 대한 설문조사 결과 흡연과 운동에서 모두 비건설직에 비하여 건설직에서 건강 생활습관이 안 좋았던 반면, 음주의 경우 비건설직이 음주응답율이 높았다.

질병이환에 대한 설문에서 건설직 근로자와 국민건강영양조사를 비교하였을 때 건설직 근로자는 본인 판단 유병률이 위암, 간암, 위십이지궤양, 만성간염, 간경변증, 폐외결핵, 기관지 확장증이 높게 나타났고 의사 진단 유병률은 간암, 만성간염, 폐외결핵, 기관지 확장증에서만 높게 나타났다. 나머지 모든 질환은 국민건강영양조사 결과가 더 높게 나타났다. 비 건설직 근로자와 국민건강영양조사를 비교했을 때 비 건설직 근로자는 본인 판단 유병률과 의사 진단 유병률에서 위십이지궤양, 만성 간염, 고지혈증, 기관지 확장증, 알레르기성 비염이 높게 나타났다. 나머지 모든 질환은 국민건강영양조사 결과가 더 높게 나타났다. 비 건설직 근로자와 건설직 근로자를 비교했을 때 건설직 근로자는 본인 판단 유병률이 기타암을 제외한 모든 암과 혈액암, 빈혈, 골관절염, 류마티스관절염, 골다공증, 당뇨병, 만성간염, 간경변증, 협심증, 폐결핵, 폐외결핵, 만성폐쇄성

폐질환, 기관지 확장증, 백내장, 만성중이염, 아토피성 피부염, 피부알레르기가 비 건설직 근로자보다 높게 나타났고 의사 진단 응답유병률은 기타암을 제외한 모든 암과 혈액암, 빈혈, 골관절염, 류마티스관절염, 만성간염, 간경변증, 폐결핵, 폐외결핵, 백내장, 만성중이염이 높게 나타났다. 그리고 천식, 녹내장은 본인 판단 유병률, 골다공증, 협심증은 의사 진단 응답유병률이 두 그룹에서 비슷하게 나타났다. 이 외의 질환에서는 비 건설직 근로자에서 높은 응답유병률을 보였다.

호흡기 증상에 대한 설문 결과 성별, 연령구분, 흡연유무 및 음주빈도를 보정 후 기침 유무, 가래 유무, 가슴조임 유무, 천명 유무 및 2도 이상 호흡곤란 유무의 모든 호흡기 증상에 대한 응답율이 건설근로자에서 비건설 근로자보다 통계적으로 유의하게 높게 관찰되었다.

피부 증상에 대한 설문결과 조사 대상의 성별과 연령구분 모두 피부증상의 유무에 유의한 차이를 나타내지 못하였으며, 근무기간 역시 유의한 차이가 발견되지 않았다. 하지만 건설/비건설 업종구분은 통계적으로 유의한 차이를 보여 건설근로자에서 증상호소율이 높았다.

지난 1년간의 사고경험에 대한 설문조사에서 건설직은 334명 (10.64%), 비건설직은 124명 (2.14%)로 건설직에서 훨씬 사고경험응답율이 높았다. 본 설문조사 결과의 수준은 2007년 건설업의 재해율(0.66%)보다 월등히 높은 수치를 보이는데 이것은 경미한 재해의 경우 산재보상의 범주에 들지 않는 이유가 크겠지만 산재신청이 되지 않는 사고도 있을 것으로 추측된다.

근골격계 증상과 직무스트레스에 대한 조사는 조사대상 중 건설직 근로자에게만 수행하였는데 건설직의 근골격계 증상은 연령이 낮을 수록, 근무시간이 긴 그룹에서 증상호소율이 높았다.

직무스트레스는 전체점수는 한국인 참고값과 비교하여 더 낮았으나 직무불안정, 남성에서의 물리환경에서 높은 수준을 보였다. 직무스트레스 평가 문항이 다소 건설직 근로자에게 적절치 않은 부분이 있어 건설직 근로자의 직무스트레스가 충실히 반영되었다고 보기 어려우나 다른 항목들보다 직무불안정이 상당

히 높게 평가된 점은 일용직으로 항상 고용불안에 시달리는 건설근로자의 현실을 보여준다고 할 수 있다.

본 설문조사는 자기기입식이며 특히 건설직의 경우 학력이 높지 않은 근로자들을 대상으로 짧은 휴식시간을 이용해서 수행하는 등 결과가 가지는 한계가 많으나 건설근로자에서 같은 지역에서 일하는 발주처 근로자에 비해 주관적으로 느끼는 작업환경, 건강행동, 호흡기, 피부 증상 등이 더 심한 것을 확인할 수 있었다.

6. 결론

여수 및 광양지역 근로자 10932명에 대한 설문조사 결과 석유화학산업 발주처 근로자 혹은 제철업 및 관련 업종 근로자에 비하여 건설근로자들은 주관적으로 느끼는 작업환경이 유해하다고 느끼는 경우가 많았으며 호흡기 증상 및 피부증상의 호소가 높았다. 따라서 작업환경 중의 분진 및 피부에의 접촉이 될 수 있는 화학물질에 대한 관리 및 환경 개선이 필요하다. 또한 생활습관 중 흡연률이 비건설직에 비해 높아 이에 대한 관리방안 마련 또한 필요하다.

직무스트레스에 대한 설문 결과 직무불안정 및 물리환경에서 높은 수준을 보였다. 물리적환경과 고용 불안정성이 직무스트레스에 영향을 주는 것으로 측정되었는데, 보다 안전한 작업환경을 만들기 위하여 이러한 부분도 고려하여야 할 것이다.

IV. 건강영향평가: 발암위험도 평가

1. 목 적

석유화학산업은 휘발유, 합성수지, 각종 화학물질 등을 생산하는 산업사회의 기초산업이다. 여수 석유화학단지는 1960년대 말부터 조성되어 점점 그 규모를 키워왔는데, 휘발유, 경유 등을 생산하는 1개의 정유공장(refinery)과 합성수지 및 각종 화학제품을 생산하는 20여개의 주요 석유화학공장(petrochemical)으로 구성되어 있다. 그 외 외곽의 지원으로 유지보수(maintenance) 및 유틸리티 관련 수십 개의 사업장이 여수석유화학단지에서 일하고 있다.

석유화학단지에서 작업하는 근로자들에서 벤젠에 의한 백혈병 발생 위험은 비교적 일찍 알려졌는데, 우리나라에서는 2002년 석유화학단지에서 처음 벤젠 노출에 의한 백혈병이 직업병으로 인정된바 있다. 이 사건을 계기로 2002년 여수산단 발주처 근로자를 대상으로 역학조사가 시행되었다. 당시 역학조사에서는 백혈병, 림프종, 다발성골수종 등 림프조혈계암 위험(표준화사망비)의 증가 경향을 보였으나, 연구기간이 짧은 한계로 통계적으로 유의한지 여부를 검정할 수 없었다.

석유화학단지는 대표적인 장치산업의 하나로 많은 건설 근로자가 생산 설비를 유지보수하기 위해 일하고 있다. 건설 근로자들은 일용직 또는 협력업체의 직원으로 발주처(석유화학공장)의 유지보수업무를 하고 있지만 벤젠 등 유해물질 노출에 대한 조사는 이루어지지 않았다.

본 조사에서는 여수 산단 건설근로자와 광양 산단 건설근로자에서 암 사망 및 발생, 특히 림프조혈계암 발생의 위험이 증가하는지 여부를 알아보고자 하였다. 이와 동시에 여수·광양 산단의 발주처 근로자들의 암 사망 및 발생 위험성 평가도 실시하였으며, 발주처 근로자와 비교하여 프랜트건설 근로자에서 암

사망 및 발생이 증가하는지 알아보았다.

2. 조사 대상

1) 여수 산단 발주처

여수 산단 발주처 근로자는 다음 표와 같이 벤젠, 1,3-부타디엔 노출 9개 사업장의 퇴직 근로자를 포함한 전현직 근로자로 하였다.

<표 190> 연구대상 사업장

사업장명	업종	주생산품	노출물질
1	정유 및 석유화학	정유 및 방향족 제품	Benzene, 1,3-BD
2	석유화학	BTX,BPA,큐멘,페놀,VCM	Benzene, 1,3-BD, VCM
3	MDI 및 기타화학제품	MDI, 아닐린	Benzene
4	화학제품 제조	ABR, BR	1,3-BD
5	석유화학	MDI,TDI	Benzene
6	석유화학	BTX, 1,3-BD	Benzene, 1,3-BD
7	석유화학	BTX, 1,3-BD	Benzene, 1,3-BD
8	석유화학	ABS	1,3-BD
9	석유화학	BPA	Benzene

이 중 1개 사업장은 다른 2개의 사업장으로부터 부분 합병에 의해 설립되었기 때문에, 위 2개의 사업장 근로자들의 입퇴사 정보를 수집하여 이를 보완하였다.

이 중 3개의 사업장은 일정 기간 동안의 입퇴사자의 누락이 있어 고용보험 자료의 입·퇴사 기록을 이용하여 이 부분을 보완하였다. 다른 3개 사업장은 과거 입퇴사 기록이 부정확하여 2002년 여수산단역학조사 당시의 입퇴사 기록을 이용하여 일부 보완하였다.

여성 근로자는 수가 적고 암 사망 및 발생이 매우 적어 분석에서 제외하였으며, 최종적으로 9개 사업장 남성 근로자를 연구 대상으로 하였다.

2) 광양 산단 발주처

광양지역의 1개 사업장(제철소) 근로자를 조사 대상으로 하였다. 대상 사업장은 1987년 가동을 시작하였다. 설립 이후 2007년 12월 31일까지 퇴직 및 현직 근로자의 인사 자료를 수집하였으며, 이를 이용하여 후향적 코호트를 구축하였다. 인사자료에는 근무기간 중 다른 지역의 제철소에서 일했거나 본사에서 일한 경우가 포함되어 있었다. 여성 근로자수가 매우 적어 여성 근로자는 분석에서 제외하였고, 남성 근로자를 조사 대상으로 하였다.

3) 플랜트 건설 근로자

여수 및 광양 지역 건설노조 소속 근로자 명부를 이용하여 코호트를 구축하였다. 건설노조에는 2002년 이후부터 조합원이 등록되어 있다. 건설노조는 유니온샷 형태로 구성되어, 이 지역 사업장에서 건설근로자로 일하기 위해서는 건설 근로자에 가입해야 한다.

2002년부터 2007년까지 건설노조에 가입했던 근로자를 대상으로 분석을 시행하였다. 아르바이트 등의 형태로 단기간 일했던 근로자의 경우에도 건설노조

에 가입되어 있지만, 작업 기간을 산정하기가 어렵기 때문에 조합원 명부에 가입된 근로자 전원을 조사 대상으로 하였다.

3. 조사 방법

1) 암 표준화사망비 (SMR, Standardized Mortality Ratio), 암사망 표준화비율비(SRR, Standardized Rate Ratio) 조사

표준화사망비 조사는 조사 대상 코호트가 비교하고자 하는 집단과의 연령 구조가 다르기 때문에 연령을 같게 보정(표준화)한 후 사망률의 차이가 있는지 알아보는 역학적 조사 방법 중 하나이다.

가) 연구 대상의 선정

암 사망 여부의 조치는 통계청의 사망원인조사자료와 매칭하여 실시하였다. 통계청 사망자료는 1992년부터 매칭이 가능한데, 1992년 이전에 퇴직한 근로자는 사망 여부를 정확히 구분할 수 없기 때문에 연구에서 제외하였다. 직무에 따라 암 사망비가 달라질 수 있기 때문에 직위가 없는 근로자는 분석에서 제외하였다.

따라서 여수·광양산단 발주처의 경우에는 1992년 관찰시작 시점에 근무했거나 1992-2007년 사이에 입사했던 남성 근로자를 최종 조사대상으로 하였다.

건설 근로자의 경우에는 코호트 입적시점인 2002-2007년 사이에 노조에 가입했던 근로자를 최종 조사대상으로 하였다.

직무 분류는 여수산단 발주처의 경우 최종 작업 부서에 따라 생산/공무/실험/사무로 분류하였다. 또한 생산, 공무, 실험실 근로자를 생산직에 포함하여 크게 생산직/사무직으로 분류하였다. 광양산단 발주처의 근로자의 경우 최종 직무를 기준으로 생산직/사무직으로 분류하였다. 광양산단 발주처의 경우 여수산단 발주처와는 달리 사무직에는 실험 및 사무가 포함된다. 건설근로자는 지역

(여수/광양), 성(남성/여성)으로 분류 하여 암 사망비를 평가하였다.

나) 비교인구집단

여수·광양산단 발주처의 경우에는 전체 연구기간 16년을 5년 간격으로 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006, 2007년의 구간(calendar time)으로 나누었으며, 사망률의 변화를 보정한 표준화사망비를 산출하기 위하여 각 구간에 1994, 1999, 2004, 2007년 우리나라 5세 간격 사망률을 표준인구로 이용하여 계산하였다.

건설근로자의 경우에는 2002-2006, 2007년의 구간(calendar time)으로 나누었으며, 각 구간에 2004, 2007년 우리나라 전체인구의 사망률을 이용하여 표준화 사망비를 계산하였다.

여수 및 광양산단 발주처 근로자를 비교 집단으로 하여 건설 근로자의 사망률을 비교한 경우에는, 2002-2006, 2007년의 구간(calendar time)으로 나누어 표준화사망비를 계산하였다.

다) 관찰기간

여수·광양산단 발주처의 경우 암 사망 관찰기간은 1992년 1월 1일부터 2007년 12월 31일까지 16년 20 1992년 1월 1일을 기준으로 이전에 입사한 근로자는 사망한 경우에는 사망한 날까지, 사망하지 않은 경우는 연구종료 시점인 2007년 12월 31일까지 관찰한 것으로 계산하였으며, 관찰기간 동안에 입사한 근로자는 입사연도부터 연구종료 시점인 2007년 12월 31일까지 관찰한 것으로 하여 인년(person-year)을 계산하였다. 연령은 20-80세 까지 5세 간격으로 분할하였다.

비교인구집단의 암 사망 관찰 인년(person-year)은 각 Calendar time에서 1994, 1999, 2004, 2007년 5세 간격 연령군별 연앙인구의 수를 관찰 인년으로 하였다.

건설 근로자인 경우 관찰기간을 2002년 1월 1일부터 2007년 12월 31일까지

로 하였다. 건설노조 가입을 관찰시작 시점으로 하였고, 사망한 경우는 사망일 까지, 사망하지 않은 경우는 2007년 12월 31까지 관찰한 것으로 하여 인년을 계산하였다.

라) 암 사망

조사대상 근로자의 주민등록번호를 통계청 사망원인 조사 자료와 매칭하여 1992년부터 2007년까지 16년 동안의 사망 여부와 사망원인이 된 암 종류를 조회하였다. 통계청에서 매칭된 자료에는 정보보호를 위하여 주민등록번호는 삭제되어 송부되었다. 전체 암 사망은 ‘악성신생물(C code)’로 하였다. 림프조혈계 암은 ICD - 10 (International Classification of Disease) 분류에 기반한 통계청 일반사망요약분류표(103항목)에 의거하여 ‘비호지킨 림프종(C82-85)’, ‘백혈병(C91-95)’, ‘다발성 골수종 및 악성 형질세포 신생물(C90)’로 분류하였다. ‘호지킨 림프종(C81)’, ‘악성 면역증식성 질환(C88)’은 연구대상에서 발생하지 않았고 통계청 일반사망요약분류표(103항목)에서도 ‘나머지 악성신생물(remainder of malignant neoplasm C00-97)’로 분류되어 있어 림프조혈계 암에서 제외하였으며, ‘림프, 조혈 및 관련조직의 행동양식 불명 및 미상의 기타 신생물(D47)’ 등의 양성 림프조혈계 종양도 제외하였다.

기타 암종들은 통계청 일반사망요약분류표(103항목)에 의거하여 분류하였으며, 입술, 구강 및 인두의 악성신생물(lip, oral cavity and pharynx, C00-C14), 식도의 악성신생물(esophagus, C15), 위의 악성신생물(stomach, C16), 결장, 직장 및 항문의 악성신생물(colon, rectum and anus, C18-C21), 간 및 간내담관의 악성신생물(liver and intrahepatic bile ducts, C22), 췌장의 악성신생물(pancreas, C25), 후두의 악성신생물(larynx, C32), 기관, 기관지 및 폐의 악성신생물(trachea, bronchus and lung, C33-C34), 피부의 악성흑색종(Malignant melanoma of skin, C43), 전립선의 악성신생물(prostate, C61), 방광의 악성신생물(bladder, C67), 수막, 뇌 및 기타 중추신경계의 악성신생물(meninges, brain and other parts of central nervous system, C70-C72), 나머지 악성신생물

(remainder of malignant neoplasms, C17, C23-C24, C26-C31, C37-C41, C44-C49, C51-C52, C57-C60, C62-C66, C68-C69, C73-C81, C88, C96-C97)로 분류하였다.

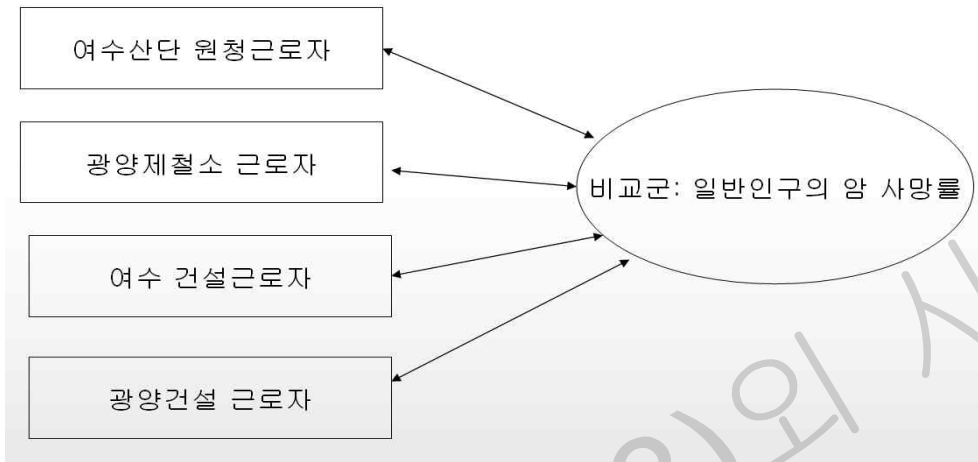
마) 통계분석

Calendar time을 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006, 2007년으로 나누고, 각각 1994, 1999, 2004, 2007년 우리나라 전체 인구의 5세 연령별 사망률을 이용하여 표준화사망비(Standardized Mortality Ratio, SMR)를 계산하였다.

여수산단 남성 발주처 근로자의 경우 생산직/사무직 분류, 생산/공무/실험/사무 분류에 따라 전체 사망, 전체 암 사망, 림프조혈계 암으로 인한 사망, 기타 암으로 인한 사망의 표준화사망비를 산출하였다.

광양산단 남성 발주처 근로자의 경우 생산직/사무직으로 분류하여 표준화사망비를 산출하였다. 광양산단 생산직은 생산/공무가 포함되고 사무직은 실험/사무가 포함된다.

건설근로자는 여수 남성/광양 남성/여성으로 나누어 표준화사망비를 산출하였다.



[그림 146] 표준화사망비 분석 모식도

간접표준화 사망비(SMR)를 구하는 공식은 아래와 같다(Checkoway, 2004).

$$\sum (\text{observed/expected}) = \sum a_i / \sum N_{i1} * (b_i / N_{0i}) \quad \text{---} (W_i = N_{i1})$$

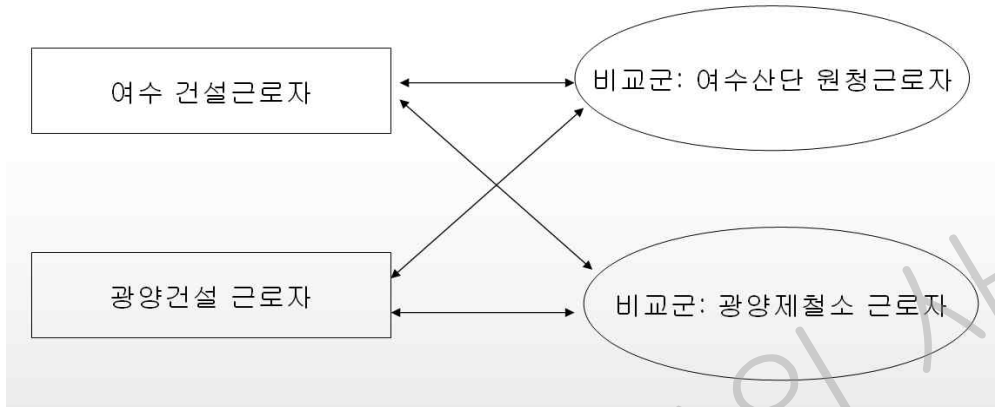
a_i = 연구집단에서의 사망자 수

N_{i1} = 연구집단의 관찰기간

b_i / N_{0i} = 표준집단의 사망율

$$\text{model: Obs/Exp} = \sum \lambda_{i1} * N_{i1} / \sum \lambda_{0i} * N_{i1} = \exp(b_1 X_1 + b_2 X_2 \dots + b_j X_j)$$

또한 사무직 근로자를 기준으로 생산직의 암사망 표준화비율비(SRR, Standardized Rate Ratio)를 구하였고, 생산/공무/실험/사무 분류의 경우 사무를 기준으로 전체 사망, 전체 암 사망, 림프조혈계 암으로 인한 사망, 기타 암으로 인한 사망의 표준화비율비(SRR)를 산출하였다.



[그림 147] 암 사망 표준화비율비 분석 모식도

건설근로자의 경우 여수산단 발주처를 비교군으로 하여 사망, 전체 암 사망, 림프조혈계 암으로 인한 사망, 기타 암으로 인한 사망의 표준화비율비(SRR)를 산출하였다.

직접표준화 비율비(SRR)는 다음과 같이 계산된다.

$$SRR = \frac{\sum (a_i/N_{li}) * N_{0i}}{\sum b_i} \quad \text{---}(W_i = N_{0i})$$

a_i = 연구집단에서의 사망자 수

b_i = 비교집단의 사망자 수

N_{li} = 연구집단의 관찰기간

N_{0i} = 비교집단의 관찰기간

$$\text{model: } \sum \lambda_{li} * N_{0i} / \sum \lambda_{0i} * N_{0i} = \exp(b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_jX_j)$$

발생수와 관찰인년의 tabulation은 SAS Lexis, PYtab macro (Carstensen)를 이용하여 수행하였으며, 신뢰구간(Poisson exact CIs)은 Daly (1992) 의 계산식

을 이용하여 산출하였다.

2) 암 표준화발생비 (SIR, Standardized Incidence Ratio), 암 발생 표준화비율비 (SRR, Standardized Rate Ratio)연구

표준화발생비 연구는 조사 대상 코호트가 비교하고자 하는 집단과의 연령 구조가 다르기 때문에 연령을 같게 보정(표준화)한 후 암 발생률의 차이가 있는지 알아보는 역학적 조사 방법 중 하나이다.

가) 연구 대상의 선정

암 발생 여부의 조치는 중앙암등록본부의 암등록자료와 매칭하여 실시하였다. 중앙암등록본부 사망자료는 1988년부터 2005년까지 매칭이 가능한데, 1988년 이전에 퇴직한 근로자는 사망 여부를 정확히 구분할 수 없기 때문에 연구에서 제외하였다.

직무에 따라 암 발생비가 달라질 수 있기 때문에 직무가 없는 근로자는 분석에서 제외하였다. 따라서 여수·광양산단 발주처의 경우에는 1988년 관찰시작 시점에 근무했거나 1988-2005년 사이에 입사했던 남성 근로자를 최종 연구대상으로 하였다.

건설근로자의 경우에는 코호트 입적시점인 2002-2005년 사이에 노조에 가입했던 근로자를 최종 연구대상으로 하였다.

직무 분류는 여수산단 발주처의 경우 최종 작업 부서에 따라 생산/공무/실험/사무로 분류하였다. 또한 생산, 공무, 실험실 근로자를 생산직에 포함하여 크게 생산직/사무직으로 분류하였다. 광양산단 발주처의 근로자의 경우 최종 직무를 기준으로 생산직/사무직으로 분류하였다.

광양산단 발주처의 경우 여수산단 발주처와는 달리 사무직에는 실험 및 사무가 포함된다. 건설근로자는 지역(여수/광양), 성(남성/여성)으로 분류 하여 암 사망비를 평가하였다.

나) 비교인구집단

여수·광양산단 발주처의 경우에는 전체 연구기간 18년을 1988-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2005년의 구간(calendar time)으로 나누었으며, 2003년 우리나라 5세 간격 암발생률을 표준인구로 이용하여 계산하였다.

건설근로자의 경우에는 2002-2005년의 구간(calendar time)에 2003년 우리나라 전체인구의 암발생률을 이용하여 암의 표준화발생비(SIR)를 계산하였다.

여수 및 광양산단 발주처 근로자를 비교 집단으로 하여 건설 근로자의 사망률을 비교한 경우에는, 여수산단 발주처의 1997-2001, 2002-2005년의 구간(calendar time)을 비교집단으로 하여 건설 근로자의 암 표준화발생비(SIR)를 계산하였다.

다) 관찰기간

여수·광양산단 발주처의 경우 암 발생 관찰기간은 1988년 1월 1일부터 2005년 12월 31일까지 18년이다.

1988년 1월 1일을 기준으로 이전에 입사한 근로자는 암이 발생한 경우에는 발생한 날까지 까지, 발생하지 않은 경우는 사망일 또는 연구종료 시점인 2005년 12월 31일까지 관찰한 것으로 계산하였으며, 관찰기간 동안에 입사한 근로자는 입사연도부터 연구종료 시점인 2005년 12월 31일까지 관찰한 것으로 하여 인년(person-year)을 계산하였다. 연령은 20-80세 까지 5세 간격으로 분할하였다.

비교인구집단의 암 발생 관찰 인년(person-year)은 2003년 5세 간격 연령군별 연앙인구의 수를 관찰 인년으로 하였다. 건설 근로자인 경우 관찰기간을 2002년 1월 1일부터 2005년 12월 31일까지로 하였다. 건설노조 가입을 관찰시작 시점으로 하였고, 암이 발생한 경우는 암발생 일까지, 사망하지 않은 경우는 2005년 12월 31일까지 관찰한 것으로 하여 인년을 계산하였다.

라) 암 발생

연구대상 근로자의 주민등록번호를 중앙암등록본부의 암등록자료와 매칭하여 1988년부터 2005년까지 18년 동안의 암 발생 여부와 암 종류를 조회하였다. 중앙암등록본부에서 매칭된 자료에는 정보보호를 위하여 주민등록번호는 삭제되어 송부되었다. 전체 암 발생은 ‘악성신생물(C code)’로 하였다. 림프조혈계암은 ICD-10 (International Classification of Disease) 분류에 기반 하였으며, 림프조혈계암은 중앙암등록본부의 분류를 따랐다.

림프조혈계암은 ‘비호지킨 림프종(C82-85, C96)’, ‘백혈병(C9 -95)’, ‘다발성 골수종 및 악성 형질세포 신생물(C90)’로 분류하였다. ‘호지킨 림프종(C81)’은 별도로 질환코드로 분류되어 있으나 연구대상에서는 발생하지 않았다.

기타 암종들은 통계청 일반사망요약분류표(103항목)에 의거하여 분류하였으며, 입술, 구강 및 인두의 악성신생물(lip, oral cavity and pharynx, C00-C14), 식도의 악성신생물(esophagus, C15), 위의 악성신생물(stomach, C16), 결장, 직장 및 항문의 악성신생물(colon, rectum and anus, C18-C21), 간 및 간내담관의 악성신생물(liver and intrahepatic bile ducts, C22), 췌장의 악성신생물(pancreas, C25), 후두의 악성신생물(larynx, C32), 기관, 기관지 및 폐의 악성신생물(trachea, bronchus and lung, C33-C34), 피부의 악성흑색종(Malignant melanoma of skin, C43), 전립선의 악성신생물(prostate, C61), 방광의 악성신생물(bladder, C67), 수막, 뇌 및 기타 중추신경계의 악성신생물(meninges, brain and other parts of central nervous system, C70-C72)로 분류하였다.

마) 통계분석

Calendar time을 1988-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2005년으로 나누고, 2003년 우리나라 전체 인구의 5세 연령별 암 발생률을 이용하여 암 표준화발생비(Standardized Incidence Ratio, SIR)를 계산하였다.

세부 분석은 암 등록률이 비교적 높은 1997-2005년 기간의 암 발생 자료를 이용하여 표준화발생비 및 표준화비율비를 계산하였다.

여수산단 남성 발주처 근로자의 경우 생산직/사무직 분류, 생산/공무/실험/사

무 분류에 따라 전체 사망, 전체 암 사망, 림프조혈계 암으로 인한 사망, 기타 암으로 인한 암의 표준화발생비를 산출하였다.

광양산단 남성 발주처 근로자의 경우 생산직/사무직으로 분류하여 암의 표준화발생비를 산출하였다. 건설근로자는 여수 남성/광양 남성/여성으로 나누어 표준화발생비를 산출하였다.

간접표준화 발생비(SIR)를 구하는 공식은 아래와 같다(Checkoway, 2004).

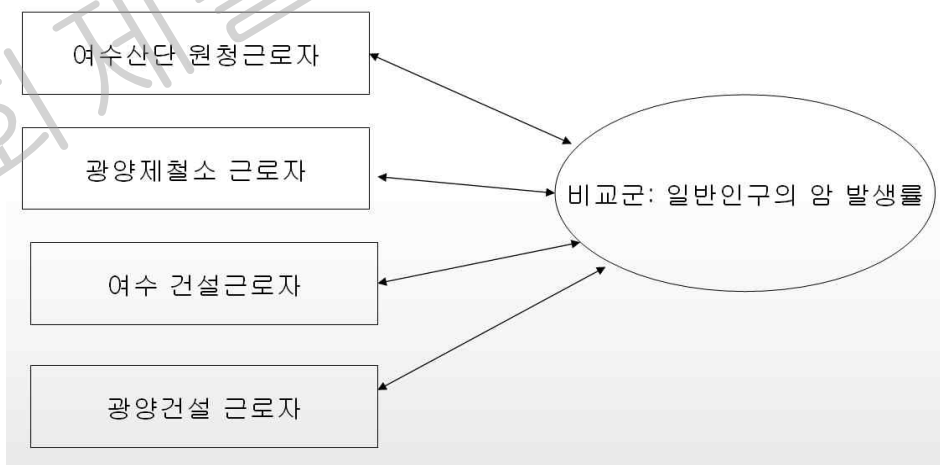
$$\sum (\text{observed/expected}) = \sum a_i / \sum N_{li} * (b_i / N_{oi}) \quad \text{---} (W_i = N_{li})$$

a_i = 연구집단에서의 발생자 수

N_{li} = 연구집단의 관찰기간

b_i / N_{oi} = 표준집단의 발생율

$$\text{model: Obs/Exp} = \sum \lambda_{li} * N_{li} / \sum \lambda_{oi} * N_{li} = \exp(b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_jX_j)$$



[그림 148] 암 표준화발생비 분석 모식도

또한 사무직 근로자를 기준으로 생산직의 암발생 표준화비율비(SRR, Stand

ardized Rate Ratio)를 구하였고, 생산/공무/실험/사무 분류의 경우 사무를 기준으로 전체 사망, 전체 암 사망, 림프조혈계 암으로 인한 사망, 기타 암종의 표준화비율비(SRR)를 산출하였다.

건설근로자의 경우 여수산단 발주처를 비교군으로 하여 전체 암 발생, 림프조혈계 암 발생, 기타 암 발생의 표준화비율비(SRR)를 산출하였다.

직접표준화 비율비(SRR)는 다음과 같이 계산된다.

$$SRR = \frac{\sum (a_i/N_{1i}) * N_{0i}}{\sum b_i} \quad \text{---}(W_i = N_{0i})$$

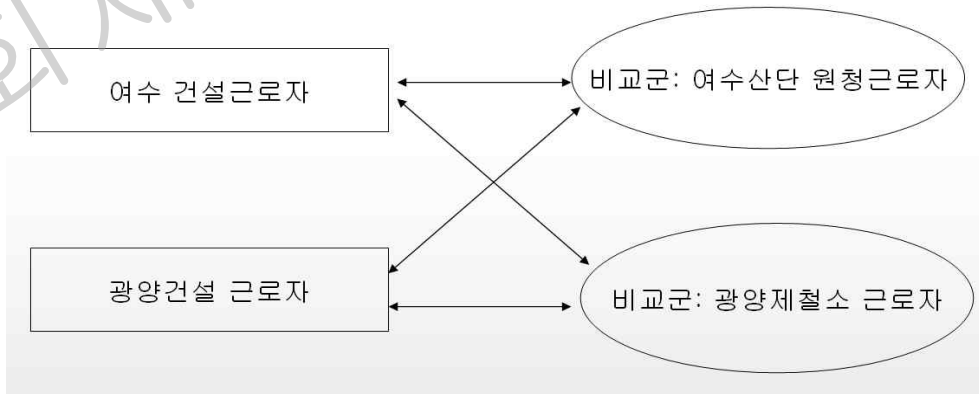
a_i = 연구집단에서의 발생자 수

b_i = 비교집단의 발생자 수

N_{1i} = 연구집단의 관찰기간

N_{0i} = 비교집단의 관찰기간

$$\text{model: } \frac{\sum \lambda_{1i} * N_{0i}}{\sum \lambda_{0i} * N_{0i}} = \exp(b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_jX_j)$$



[그림 149] 암 발생 표준화비율비 분석 모식도

발생수와 관찰인년의 중앙암등록본부에서 STATA를 이용하여 tabulation을

수행하였으며, 신뢰구간(Poisson exact CIs)은 Daly (1992) 의 계산식을 이용하여 산출하였다.

4. 결 과

1) 여수산단 발주처의 근로자의 표준화사망비(SMR) 및 암 사망 표준화비율비(SRR)

(1) 여수산단 발주처 근로자의 일반적 특성

여수산단 9개 사업장 중 2개 사업장은 1,3-부타디엔에만 노출이 있고, 나머지 7개 사업장은 벤젠 또는 벤젠/1,3-부타디엔 동시 노출이 있다. 노출 물질별 근로자의 코호트 입적당시 연령 분포는 다음 표와 같다. 50%이상이 30대 이전에 코호트에 입적한 것을 알 수 있다.

<표 191> 여수산단 발주처 근로자들의 연령 분포(사망 코호트)

연령	벤젠노출사업장		벤젠·1,3-부타디엔 노출사업장	
	명	%	명	명%
20-25	1247	14.06	1429	14.51
25-30	3941	44.45	4293	43.59
30-35	1568	17.69	1785	18.13
35-40	937	10.57	1063	10.79
40-45	643	7.25	712	7.23
45-50	293	3.30	313	3.18
50-55	174	1.96	185	1.88
55-60	52	0.59	55	0.56
60-65	6	0.07	8	0.08
65-70	4	0.05	4	0.04
70-75	1	0.01	1	0.01
total	8866	100	9848	100

여수산단 발주처 근로자의 직무를 생산/공무/실험/사무로 나누었으며, 각 직무별 근로자 수는 다음 표와 같다. 필드맨, 보드맨 등의 생산 직무가 가장 많았고, 사무, 공무, 실험 직무가 뒤를 이었다.

<표 192> 여수산단 발주처 근로자의 직무 분포(사망 코호트)

직무	벤젠노출사업장		벤젠·1,3-부타디엔 노출사업장	
	명	%	명	%
생산	4211	47.34	4695	47.28
공무	1459	16.40	1604	16.15
실협	1102	12.39	1279	12.88
사무	2124	23.88	2353	23.69

(2) 여수산단 발주처 근로자 전체의 표준화사망비

여수산단 발주처 근로자 전체의 표준화사망비는 다음 표와 같다. 총관찰인년은 129,756년 이었으며, 비호지킨림프종 및 백혈병의 표준화사망비는 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

<표 193> 여수산단 발주처 근로자 전체의 표준화사망비

사망원인	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	
총사망	175	415.97	0.42	0.36	- 0.49
암사망	48	98.87	0.49	0.36	- 0.64
구강, 인두	2	1.74	1.15	0.14	- 4.14
식도	0	2.37	0.00	0.00	- 1.26
위	5	18.37	0.27	0.09	- 0.64
대장, 항문	5	6.32	0.79	0.26	- 1.85
간	16	31.73	0.50	0.29	- 0.82
췌장	4	3.91	1.02	0.28	- 2.62
후두	0	0.88	0.00	0.00	- 3.41
폐	5	15.14	0.33	0.11	- 0.77
피부	0	0.20	0.00	0.00	- 14.80
전립선	0	0.39	0.00	0.00	- 7.75
방광	0	0.67	0.00	0.00	- 4.46
중추신경계	0	2.13	0.00	0.00	- 1.41
비호지킨 림프종	4	2.14	1.87	0.51	- 4.80
다발성골수종	0	0.50	0.00	0.00	- 5.97
백혈병	5	3.52	1.42	0.46	- 3.31
림프조혈계암	9	6.16	1.46	0.67	- 2.77
기타 암	2	8.73	0.23	0.03	- 0.83

(3) 여수산단 발주처 근로자의 표준화사망비 : 생산직/사무직 구분

벤젠, 1,-3 부타디엔 노출 여부에 따라 생산직(생산/공무/실험)과 사무직으로 구분하여 표준화사망비를 알아보았다. 생산직에서 비호지킨 림프종과 백혈병의 표준화사망비가 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

<표 194> 여수산단 발주처 근로자의 표준화사망비 : 생산직/사무직 구분

사망원인	생산직 (PY=120,100)				사무직 (PY=9656)			
	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간
총사망	131	297.29	0.44	0.37 - 0.52	44	118.68	0.37	0.27 - 0.50
암사망	37	68.20	0.54	0.38 - 0.75	11	30.68	0.36	0.18 - 0.64
구강, 인두	1	1.20	0.83	0.02 - 4.63	1	0.54	1.85	0.05 - 10.33
식도	0	1.55	0.00	0.00 - 1.93	0	0.82	0.00	0.00 - 3.66
위	4	12.70	0.31	0.09 - 0.81	1	5.66	0.18	0.00 - 0.98
대장, 항문	2	4.38	0.46	0.06 - 1.65	3	1.95	1.54	0.32 - 4.51
간	14	21.99	0.64	0.35 - 1.07	2	9.75	0.21	0.02 - 0.74
췌장	3	2.66	1.13	0.23 - 3.30	1	1.25	0.80	0.02 - 4.47
후두	0	0.57	0.00	0.00 - 5.22	0	0.31	0.00	0.00 - 9.80
폐	3	10.15	0.30	0.06 - 0.86	2	4.99	0.40	0.05 - 1.45
피부	0	0.14	0.00	0.00 - 21.18	0	0.06	0.00	0.00 - 49.09
전립선	0	0.25	0.00	0.00 - 11.90	0	0.14	0.00	0.00 - 22.19
방광	0	0.45	0.00	0.00 - 6.65	0	0.22	0.00	0.00 - 13.59
중추 신경계	0	1.54	0.00	0.00 - 1.95	0	0.59	0.00	0.00 - 5.10
비호지킨 림프종	3	1.53	1.96	0.41 - 5.74	1	0.61	1.65	0.04 - 9.17
다발성 골수종	0	0.34	0.00	0.00 - 8.82	0	0.16	0.00	0.00 - 18.53
백혈병	5	2.61	1.92	0.62 - 4.48	0	0.92	0.00	0.00 - 3.27
림프조 혈계암	8	4.47	1.79	0.77 - 3.52	1	1.69	0.59	0.02 - 3.30

(4) 여수산단 발주처 근로자의 직무별 표준화 사망비

생산, 공무, 실험, 사무의 직무에 따라 암의 표준화사망비를 알아보았다. 생산 직무에서 림프조혈계암의 표준화사망비가 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

<표 195> 여수산단 발주처 근로자의 표준화사망비: 생산/공무/실험/사무 구분

사망원인	생산 (PY=33340)				공무 (PY=41266)				실험(PY=45494)				사무 (PY=9656)			
	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간
총사망	94	181.41	0.52	0.42 - 0.63	30	75.09	0.40	0.27 - 0.57	7	40.79	0.17	0.07 - 0.35	44	118.68	0.37	0.27 - 0.50
암사망	26	41.91	0.62	0.41 - 0.91	8	17.84	0.45	0.19 - 0.88	3	8.44	0.36	0.07 - 1.04	11	30.68	0.36	0.18 - 0.64
구강, 인두	0	0.74	0.00	0.00 - 4.07	1	0.32	3.17	0.08 - 17.66	0	0.15	0.00	0.00 - 9.72	1	0.54	1.85	0.05 - 10.33
식도	0	0.98	0.00	0.00 - 3.07	0	0.42	0.00	0.00 - 7.13	0	0.16	0.00	0.00 - 9.27	0	0.82	0.00	0.00 - 3.66
위	2	7.83	0.26	0.03 - 0.92	1	3.30	0.30	0.01 - 1.69	1	1.57	0.64	0.02 - 3.54	1	5.66	0.18	0.00 - 0.98
대장, 항문	2	2.69	0.74	0.09 - 2.69	0	1.14	0.00	0.00 - 2.64	0	0.55	0.00	0.00 - 5.42	3	1.95	1.54	0.32 - 4.51
간 담도계	12	13.31	0.90	0.47 - 1.57	2	5.86	0.34	0.04 - 1.23	0	2.81	0.00	0.00 - 1.07	2	9.75	0.21	0.02 - 0.74
췌장	0	1.64	0.00	0.00 - 1.83	2	0.70	2.84	0.34 - 10.25	1	0.32	3.16	0.08 - 17.58	1	1.25	0.80	0.02 - 4.47
후두	0	0.37	0.00	0.00 - 8.19	0	0.15	0.00	0.00 - 19.51	0	0.05	0.00	0.00 - 55.18	0	0.31	0.00	0.00 - 9.80
폐	2	6.37	0.31	0.04 - 1.13	0	2.67	0.00	0.00 - 1.12	1	1.10	0.91	0.02 - 5.05	2	4.99	0.40	0.05 - 1.45
피부	0	0.09	0.00	0.00 - 35.28	0	0.04	0.00	0.00 - 78.80	0	0.02	0.00	0.00 - 161.67	0	0.06	0.00	0.00 - 49.09
전립선	0	0.17	0.00	0.00 - 17.77	0	0.06	0.00	0.00 - 47.81	0	0.02	0.00	0.00 - 146.18	0	0.14	0.00	0.00 - 22.19
방광	0	0.29	0.00	0.00 - 10.51	0	0.12	0.00	0.00 - 25.51	0	0.05	0.00	0.00 - 62.10	0	0.22	0.00	0.00 - 13.59
중추신경계	0	0.94	0.00	0.00 - 3.20	0	0.38	0.00	0.00 - 7.91	0	0.22	0.00	0.00 - 13.59	0	0.59	0.00	0.00 - 5.10
비호지킨 림프종	2	0.93	2.14	0.26 - 7.74	1	0.38	2.62	0.07 - 14.58	0	0.21	0.00	0.00 - 14.12	1	0.61	1.65	0.04 - 9.17
다발성 골수종	0	0.21	0.00	0.00 - 14.39	0	0.09	0.00	0.00 - 32.79	0	0.04	0.00	0.00 - 74.43	0	0.16	0.00	0.00 - 18.53
백혈병	4	1.59	2.52	0.69 - 6.46	1	0.63	1.60	0.04 - 8.89	0	0.39	0.00	0.00 - 7.64	0	0.92	0.00	0.00 - 3.27
림프 조혈계압	6	2.41	2.49	0.92 - 5.43	2	1.10	1.82	0.22 - 6.57	0	0.64	0.00	0.00 - 4.65	1	1.69	0.59	0.02 - 3.30
기타압	2	3.73	0.54	0.07 - 1.94	0	1.56	0.00	0.00 - 1.92	0	0.75	0.00	0.00 - 4.01	0	2.70	0.00	0.00 - 1.11

(5) 여수산단 벤젠노출 사업장 발주처 근로자 표준화 사망비

벤젠 노출이 발생하는 여수산단 7개 석유화학사업장의 발주처 근로자를 대상으로 표준화사망비를 알아보았다. 총 관찰인년은 116,322년 이었으며, 비호지킨 림프종 및 백혈병의 표준화사망비가 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

<표 196> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자의 표준화사망비

사망원인	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간		
총사망	159	379.63	0.42	0.36	-	0.49
암사망	45	91.23	0.49	0.36	-	0.66
구강, 인두	2	1.61	1.25	0.15	-	4.50
식도	0	2.23	0.00	0.00	-	1.34
위	4	16.96	0.24	0.06	-	0.60
대장, 항문	5	5.83	0.86	0.28	-	2.00
간 담도계	15	29.14	0.51	0.29	-	0.85
췌장	4	3.62	1.11	0.30	-	2.83
후두	0	0.83	0.00	0.00	-	3.61
폐	5	14.14	0.35	0.11	-	0.83
피부	0	0.19	0.00	0.00	-	16.19
전립선	0	0.37	0.00	0.00	-	8.16
방광	0	0.63	0.00	0.00	-	4.78
중추신경계	0	1.93	0.00	0.00	-	1.55
비호지킨 림프종	3	1.95	1.54	0.32	-	4.50
다발성골수종	0	0.47	0.00	0.00	-	6.45
백혈병	5	3.18	1.57	0.51	-	3.67
림프조혈계암	8	5.60	1.43	0.62	-	2.82

(6) 여수산단 벤젠노출 사업장 발주처 근로자 표준화사망비: 생산직/사무직

구분

생산직과 사무직으로 분류하여 표준화사망비를 구하였다. 생산직에서는 비호지킨 림프종과 백혈병의 표준화사망비가 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

<표 197> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자의 표준화사망비:
생산직/사무직 구분

사망원인	생산직 (PY=107668)				사무직 (PY=8654)			
	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간
총사망	120	272.67	0.44	0.36 - 0.53	39	106.96	0.36	0.26 - 0.50
암사망	34	63.49	0.54	0.37 - 0.75	11	27.74	0.40	0.20 - 0.71
구강, 인두	1	1.12	0.89	0.02 - 4.98	1	0.49	2.05	0.05 ~11. - 11.43 43
식도	0	1.48	0.00	0.00 - 2.02	0	0.75	0.00	0.00 - 4.01
위	3	11.84	0.25	0.05 - 0.74	1	5.13	0.20	0.00 - 1.09
대장, 항문	2	4.07	0.49	0.06 - 1.78	3	1.76	1.71	0.35 - 4.99
간 담도계	13	20.35	0.64	0.34 - 1.09	2	8.79	0.23	0.03 - 0.82
췌장	3	2.49	1.21	0.25 - 3.52	1	1.13	0.89	0.02 - 4.94
후두	0	0.55	0.00	0.00 - 5.44	0	0.28	0.00	0.00 - 4.94
폐	3	9.60	0.31	0.06 - 0.91	2	4.53	0.44	0.05 - 1.59
피부	0	0.13	0.00	0.00 - 22.99	0	0.06	0.00	0.00 - 54.75
전립선	0	0.25	0.00	0.00 - 12.24	0	0.12	0.00	0.00 - 24.53
방광	0	0.43	0.00	0.00 - 7.01	0	0.20	0.00	0.00 - 15.04
중추신경계	0	1.40	0.00	0.00 - 2.14	0	0.53	0.00	0.00 - 5.64
비호지킨 림프종	2	1.40	1.43	0.17 - 5.16	1	0.55	1.82	0.05 - 10.15
다발성 골수종	0	0.32	0.00	0.00 - 9.40	0	0.15	0.00	0.00 - 20.51
백혈병	5	2.36	2.12	0.69 - 4.96	0	0.83	0.00	0.00 - 3.63
림프 조혈계암	7	4.08	1.72	0.69 - 3.54	1	1.52	0.66	0.02 - 3.66
기타 암	2	5.62	0.36	0.04 - 1.29	0	2.44	0.00	0.00 - 1.23

(7) 여수산단 벤젠노출 사업장 발주처 근로자 표준화사망비 : 생산/공무/실험/사무 구분

생산 근로자에서 림프조혈계암의 표준화사망비가 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

국회제출(10.2.8)외 사용금지

<표 198> 여수산단 벤젠노출 사업장 발주처 근로자의 표준화사망비: 생산/공무/실험/사무

사망원인	생산 (PY=29931)				공무 (PY=36891)				실험 (PY=40846)				사무 (PY=8654)			
	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간	관찰치	기대치	SMR	신뢰구간
총사망	84	167.85	0.50	0.40 - 0.62	29	70.02	0.41	0.28 - 0.59	7	34.80	0.20	0.08 - 0.41	39	106.96	0.36	0.26 - 0.50
암사망	23	39.35	0.58	0.37 - 0.88	8	16.85	0.47	0.20 - 0.94	3	7.29	0.41	0.08 - 1.20	11	27.74	0.40	0.20 - 0.71
구강, 인두	0	0.69	0.00	0.00 - 4.34	1	0.30	3.36	0.09 - 18.72	0	0.13	0.00	0.00 - 22.86	1	0.49	2.05	0.05 - 11.43
식도	0	0.94	0.00	0.00 - 3.19	0	0.41	0.00	0.00 - 7.38	0	0.14	0.00	0.00 - 21.55	0	0.75	0.00	0.00 - 4.01
위	1	7.36	0.14	0.00 - 0.76	1	3.12	0.32	0.01 - 1.79	1	1.36	0.74	0.02 - 4.10	1	5.13	0.20	0.00 - 1.09
대장, 항문	2	2.52	0.79	0.10 - 2.87	0	1.07	0.00	0.00 - 2.80	0	0.48	0.00	0.00 - 6.27	3	1.76	1.71	0.35 - 4.99
간 담도계	11	12.44	0.88	0.44 - 1.58	2	5.51	0.36	0.04 - 1.31	0	2.41	0.00	0.00 - 1.25	2	8.79	0.23	0.03 - 0.82
췌장	0	1.55	0.00	0.00 - 1.94	2	0.67	2.99	0.36 - 10.80	1	0.28	3.63	0.09 - 20.24	1	1.13	0.89	0.02 - 4.94
후두	0	0.35	0.00	0.00 - 8.48	0	0.15	0.00	0.00 - 20.12	0	0.05	0.00	0.00 - 61.14	0	0.28	0.00	0.00 - 10.72
폐	2	6.07	0.33	0.04 - 1.19	0	2.56	0.00	0.00 - 1.17	1	0.97	1.03	0.03 - 5.73	2	4.53	0.44	0.05 - 1.59
피부	0	0.08	0.00	0.00 - 37.89	0	0.04	0.00	0.00 - 84.26	0	0.02	0.00	0.00 - 191.22	0	0.06	0.00	0.00 - 54.75
전립선	0	0.17	0.00	0.00 - 18.19	0	0.06	0.00	0.00 - 48.95	0	0.03	0.00	0.00 - 114.12	0	0.12	0.00	0.00 - 24.53
방광	0	0.27	0.00	0.00 - 11.00	0	0.11	0.00	0.00 - 26.65	0	0.04	0.00	0.00 - 70.50	0	0.20	0.00	0.00 - 15.04
중추신경계	0	0.86	0.00	0.00 - 3.48	0	0.35	0.00	0.00 - 8.52	0	0.19	0.00	0.00 - 15.92	0	0.53	0.00	0.00 - 5.64
림프종	1	0.86	1.16	0.03 - 6.46	1	0.36	2.80	0.07 - 15.62	0	0.18	0.00	0.00 - 16.48	1	0.55	1.82	0.05 - 10.15
다발성 골수종	0	0.20	0.00	0.00 - 15.21	0	0.09	0.00	0.00 - 34.55	0	0.04	0.00	0.00 - 85.67	0	0.15	0.00	0.00 - 20.51
백혈병	4	1.45	2.77	0.75 - 7.09	1	0.58	1.73	0.04 - 9.66	0	0.33	0.00	0.00 - 9.00	0	0.83	0.00	0.00 - 3.63
림프 조혈계암	5	2.51	2.00	0.65 - 4.66	2	1.02	1.96	0.24 - 7.08	0	0.55	0.00	0.00 - 5.45	1	1.52	0.66	0.02 - 3.66
기타암	2	3.50	0.57	0.07 - 2.07	0	1.47	0.00	0.00 - 2.03	0	0.65	0.00	0.00 - 4.63	0	2.44	0.00	0.00 - 1.23

(8) 여수산단 발주처 근로자의 암사망 표준화비율비(SRR) : 생산직 vs. 사무직

사무직과 비교하여 생산직 근로자는 간암에 의한 사망이 SRR 3.47 (95%CI: 1.39-7.17)로 유의하게 증가하였다. 림프조혈계암 사망비도 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

<표 199> 여수산단 발주처 근로자의 암사망 표준화비율비(SRR): 생산직 vs. 사무직 비교

사망원인	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간		
총사망	49.75	44	1.13	0.84	-	1.49
암사망	16.23	11	1.48	0.85	-	2.39
구강, 인두	0.45	1	0.45	0.00	-	4.57
식도	0.00	0	.	.	-	.
위	1.58	1	1.58	0.13	-	6.55
대장, 항문	0.83	3	0.28	0.00	-	1.76
간	6.94	2	3.47	1.39	-	7.17
췌장	1.50	1	1.50	0.11	-	6.42
후두	0.00	0	.	.	-	.
폐	1.13	2	0.57	0.02	-	2.90
피부	0.00	0	.	.	-	.
전립선	0.00	0	.	.	-	.
방광	0.00	0	.	.	-	.
중추신경계	0.00	0	.	.	-	.
비호지킨 림프종	0.91	1	0.91	0.02	-	5.42
다발성골수종	0.00	0	.	.	-	.
백혈병	2.05	0	.	.	-	.
림프조혈계암	2.96	1	2.96	0.60	-	8.70
기타 암	0.84	0	.	.	-	.

(9) 여수산단 발주처 근로자의 암사망 표준화비율비(SRR) : 생산/공무/실험 vs. 사무

사무 직무와 비교하여 생산 직무 근로자에서 전체 사망이 SRR 1.33 (95%CI:1.01-1.71), 암 사망이 SRR 1.75 (95%CI:1.05-2.72), 간암이 SRR 4.85 (95%CI:2.29-9.00), 림프조혈계암 SRR 3.83 (95%CI:1.01-10.00)으로 통계적으로 유의하게 높았다.

국회제철(10.2.8)외 사망공

<표 200> 여수산단 발주처 근로자의 암사망 표준화비율비(SRR): 생산/공무/실험 vs. 사무 비교

사망원인	생산				공무				실험			
	관찰치	기대치	SRR	신뢰구간	관찰치	기대치	SRR	신뢰구간	관찰치	기대치	SRR	신뢰구간
총사망	58.42	44	1.33	1.01 - 1.71	46.52	44	1.06	0.78 - 1.41	12.80	44	0.29	0.15 - 0.50
암사망	19.20	11	1.75	1.05 - 2.72	12.82	11	1.17	0.62 - 2.00	6.64	11	0.60	0.24 - 1.27
구강, 인두	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	1.69	1	1.69	0.15 - 6.72	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
식도	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.
위	1.54	1	1.54	0.12 - 6.49	1.37	1	1.37	0.08 - 6.20	1.52	1	1.52	0.11 - 6.45
대장, 항문	1.38	3	0.46	0.03 - 2.07	0.00	3	0.00	0.00 - 1.00	0.00	3	0.00	0.00 - 1.00
간	9.70	2	4.85	2.29 - 9.00	3.46	2	1.73	0.41 - 4.72	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
췌장	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	3.78	1	3.78	0.98 - 9.93	3.27	1	3.27	0.74 - 9.18
후두	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.
폐	1.39	2	0.70	0.04 - 3.12	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50	1.84	2	0.92	0.10 - 3.49
피부	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.
전립선	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.
방광	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.
중추신경계	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.
비호지킨 림프종	1.11	1	1.11	0.04 - 5.76	1.21	1	1.21	0.05 - 5.94	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
다발성골수종	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.
백혈병	2.72	0	.	.	1.31	0	.	.	0.00	0	.	.
림프조혈계암	3.83	1	3.83	1.01 - 10.00	2.52	1	2.52	0.42 -	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
기타 암	1.36	0	.	.	0.00	0	.	.	0.00	0	.	.

2) 광양산단 발주처의 근로자의 표준화사망비(SMR) 및 암 사망 표준화비율비(SRR)

(1) 광양제철소 근로자의 일반적 특성

코호트 입적 당시의 연령은 다음 표와 같다. 입적 당시 20대가 60% 정도를 차지했다.

<표 201> 제철소 근로자의 연령
분포(암사망코호트)

연령	명	퍼센트
20~25	2246	20.12
25~30	4498	40.29
30~35	1760	15.76
35~40	1565	14.02
40~45	792	7.09
45~50	247	2.21
50~55	54	0.48
55~60	3	0.03
총합	11165	100

최종 직무를 기준으로 생산/공무/실험/사무 의 직군으로 분류하였고, 생산과 공무를 생산직으로, 실험과 사무를 사무직으로 크게 분류하였다. 여수산단 실험 직무에서는 벤젠 노출이 발생할 수 있지만, 광양제철소에서는 노출 환경이 이와 다르기 때문에 실험직무를 사무직으로 분류하였다.

생산직은 10,443명 (85.88%)였으며, 사무직은 1,717명 (14.12%) 이었다.

<표 202> 제철소 근로자의 직무 분포

직무	명	%
생산	7278	59.85
공무	3165	26.03
실험	720	5.92
사무	997	8.2

(2) 전체 근로자의 사망비

광양제철소 근로자 전체의 암 표준화사망비는 일반인구 집단에 비해 유의하게 높은 것이 없었다. 코호트의 관찰인년은 163,952년 이었다.

<표 203> 제철소 전체 근로자의 표준화 사망비

사망원인	관찰치	예측치	SMR	신뢰구간
총사망	181	447.7	0.40	0.35 - 0.47
암사망	45	94.65	0.48	0.35 - 0.64
구강, 인두	1	1.67	0.60	0.02 - 3.34
식도	0	1.71	0	0.00 - 1.75
위	7	17.13	0.41	0.16 - 0.84
대장, 항문	6	5.95	1.01	0.37 - 2.20
간 담도계	14	32.25	0.43	0.24 - 0.73
췌장	0	3.53	0	0.00 - 0.85
후두	0	0.58	0	0.00 - 5.18
폐	6	11.99	0.50	0.18 - 1.09
피부	0	0.21	0	0.00 - 14.62
전립선	0	0.20	0	0.00 - 15.37
방광	0	0.52	0	0.00 - 5.76
중추신경계	1	2.37	0.42	0.01 - 2.35
비호지킨 림프종	0	2.26	0	0.00 - 1.33
다발성골수종	0	0.44	0	0.00 - 6.81
백혈병	4	4.23	0.95	0.26 - 2.42
림프조혈계암	4	6.92	0.58	0.16 - 1.48
기타 암	6	8.24	0.73	0.27 - 1.58

(3) 제철소 근로자의 표준화사망비 : 생산직/사무직 근로자 구분
 제철소 근로자를 생산직과 사무직으로 구분하였을 때, 각 직군에서 통계적으로 유의하게 증가된 암은 없었다.

<표 204> 제철소 근로자의 표준화 사망비 : 생산직/사무직 구분

ljgr=1 사망원인	생산직 (PY=140,840)				사무직 (PY=23,112)			
	관찰치	예측치	SMR	신뢰구간	관찰치	예측치	SMR	신뢰구간
총사망	152	372.11	0.41	0.35 - 0.48	29	75.59	0.40	0.27 - 0.57
암사망	38	76.88	0.49	0.35 - 0.68	7	17.77	0.39	0.16 - 0.81
구강, 인두	1	1.36	0.74	0.02 - 4.11	0	0.31	0.00	0.00 - 9.59
식도	0	1.33	0.00	0.00 - 2.26	0	0.38	0.00	0.00 - 7.86
위	7	13.95	0.50	0.20 - 1.03	0	3.18	0.00	0.00 - 0.94
대장, 항문	6	4.84	1.24	0.46 - 2.70	0	1.11	0.00	0.00 - 2.70
간	11	26.19	0.42	0.21 - 0.75	3	6.06	0.50	0.10 - 1.45
췌장	0	2.84	0.00	0.00 - 1.06	0	0.69	0.00	0.00 - 4.33
후두	0	0.45	0.00	0.00 - 6.67	0	0.13	0.00	0.00 - 23.18
폐	4	9.53	0.42	0.11 - 1.08	2	2.46	0.81	0.10 - 2.93
피부	0	0.17	0.00	0.00 - 17.94	0	0.04	0.00	0.00 - 79.02
전립선	0	0.15	0.00	0.00 - 20.22	0	0.05	0.00	0.00 - 64.14
방광	0	0.41	0.00	0.00 - 7.28	0	0.11	0.00	0.00 - 27.62
중추 신경계	1	1.99	0.50	0.01 - 2.80	0	0.38	0.00	0.00 - 7.88
비호지킨 림프종	0	1.87	0.00	0.00 - 1.60	0	0.38	0.00	0.00 - 7.85
다발성 골수종	0	0.35	0.00	0.00 - 8.53	0	0.09	0.00	0.001 - 33.71
백혈병	4	3.59	1.12	0.30 - 2.86	0	0.64	0.00	0.00 - 4.67
림프 조혈계암	4	5.81	0.69	0.19 - 1.76	0	1.11	0.00	0.00 - 2.70
기타 암	4	6.71	0.60	0.16 - 1.53	2	1.53	1.30	0.16 - 4.71

(4) 제철소 근로자의 사망 표준화비율비: 생산직/사무직 구분
사무직 근로자를 비교인구로 하여 생산직 근로자의 암 사망 표준화비율비를

구하였다. 분석결과 사무직에서 암 사망의 발생이 매우 적어 두 집단을 비교하는 것은 한계가 있었지만, 전체 암 사망에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

<표 205> 제철소 근로자의 사망 표준화비율비 : 생산직 vs. 사무직
비교

사망원인	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간
총사망	30.1573	29	1.03991	0.70 - 1.48
암사망	8.4504	7	1.2072	0.54 - 2.34
구강, 인두	0.1732	0	.	- .
식도	0	0	.	- .
위	1.7448	0	.	- .
대장, 항문	1.035	0	.	- .
간 담도계	2.4468	3	0.81559	0.13 - 2.64
췌장	0	0	.	- .
후두	0	0	.	- .
폐	0.9743	2	0.48713	0.01 - 2.76
피부	0	0	.	- .
전립선	0	0	.	- .
방광	0	0	.	- .
중추신경계	0.1748	0	.	- .
비호지킨 림프종	0	0	.	- .
다발성골수종	0	0	.	- .
백혈병	0.9898	0	.	- .
림프조혈계암	0.9898	0	.	- .
기타 암	0.9325	0	.	- .

3) 여수·광양산단 건설 근로자의 표준화사망비(SMR) 및 암 사망 표준화비율비(SRR)

(1) 여수·광양 산단 건설 근로자의 일반적 특성

여수 및 광양 건설노조에 가입된 근로자의 분포는 다음 표와 같다. 남성이

대부분을 차지했고, 여수와 광양에 동시 가입되어 있는 근로자도 일부 있었다.

<표 206> 건설 근로자의 지역별, 성별 분포

성별 지역	남성		여성		총합
	명	%	명	%	
여수	13541	61.56	1012	82.82	14553
광양	6911	31.42	207	16.94	7118
여수광양	1544	6.65	3	0.25	1547
총합	21996	100	1222	100	23218

건설노조 가입당시(코호트 입적 당시)의 연령 분포는 다음 표와 같다. 여수 및 광양 산단 발주처 코호트와는 달리 연령 분포가 30-40 대가 가장 많은 것을 볼 수 있다.

<표 207> 건설 근로자의 연령 분포

연령	여수건설 남성		광양건설 남성		건설 여성	
	명	%	명	%	명	%
20-25	1319	8.87	438	5.21	1	0.08
25-30	1641	11.03	721	8.58	9	0.74
30-35	1985	13.34	1137	13.52	53	4.34
35-40	2387	16.04	1706	20.29	170	13.91
40-45	2754	18.51	1854	22.05	324	26.51
45-50	2318	15.58	1465	17.43	360	29.46
50-55	1369	9.2	730	8.68	197	16.12
55-60	753	5.06	289	3.44	84	6.87
60-65	291	1.96	59	0.7	23	1.88
65-70	57	0.38	7	0.08	1	0.08
70-75	4	0.03	1	0.01	0	0
총합	14878	100	8407	100	1222	100

(2) 여수 산단 건설 근로자의 표준화사망비

여수 산단 근로자의 표준화 사망비는 입술, 구강, 인두 암의 표준화사망비가 SMR 4.21 (95%CI:1.69-8.67)로 유의하게 높았다. 림프조혈계 암사망의 위험은 증가하였으나, 통계적으로 유의하지 않았다. 관찰인년은 74,741년 이었다.

<표 208> 여수산단 건설근로자의 표준화 사망비

사망원인	관찰치	예측치	SMR	신뢰구간	
총사망	213	325.45	0.65	0.57	0.75
암사망	64	80.03	0.80	0.62	1.02
구강, 인두	7	1.66	4.21	1.69	8.67
식도	1	1.96	0.51	0.01	2.85
위	11	13.27	0.83	0.41	1.48
대장, 항문	2	6.04	0.33	0.04	1.20
간 담도계	21	25.70	0.82	0.51	1.25
췌장	2	3.49	0.57	0.07	2.07
후두	0	0.59	0.00	0.00	5.11
폐	9	13.25	0.68	0.31	1.29
피부	1	0.20	5.05	0.13	28.16
전립선	1	0.40	2.51	0.06	13.99
방광	0	0.57	0.00	0.00	5.27
중추신경계	2	1.66	1.21	0.15	4.36
비호지킨 림프종	2	1.62	1.24	0.15	4.47
다발성골수종	0	0.54	0.00	0.00	5.59
백혈병	3	2.05	1.46	0.30	4.27
림프조혈계암	5	4.20	1.19	0.39	2.78
기타암	3	7.01	0.43	0.09	1.25

(3) 광양 산단 건설 근로자의 표준화 사망비

광양산단 건설근로자에서는 일반인구집단과 비교하여 통계적으로 유의하게 증가한 암 사망은 없었다. 관찰인년은 25,660년 이었다.

<표 209> 광양산단 건설 근로자의 표준화사망비

사망원인	관찰치	예측치	SMR	신뢰구간	
총사망	67	102.23	0.66	0.51	- 0.83
암사망	13	23.74	0.55	0.29	- 0.94
구강, 인두	1	0.50	2.02	0.05	- 11.24
식도	0	0.50	0.00	0.00	- 6.02
위	4	3.94	1.02	0.28	- 2.60
대장, 항문	0	1.77	0.00	0.00	- 1.69
간 담도계	6	8.17	0.73	0.27	- 1.60
췌장	0	1.01	0.00	0.00	- 2.96
후두	0	0.14	0.00	0.00	- 20.84
폐	1	3.50	0.29	0.01	- 1.59
피부	0	0.07	0.00	0.00	- 46.39
전립선	0	0.08	0.00	0.00	- 36.08
방광	0	0.15	0.00	0.00	- 20.44
중추신경계	0	0.54	0.00	0.00	- 5.56
비호지킨 림프종	0	0.50	0.00	0.00	- 6.03
다발성골수종	0	0.15	0.00	0.00	- 19.70
백혈병	1	0.67	1.50	0.04	- 8.38
림프조혈계암	1	1.31	0.76	0.02	- 4.24
기타 암	0	2.05	0.00	0.00	- 1.46

(4) 여수·광양 산단 여성 건설 근로자의 표준화 사망비

여수·광양산단의 여성 건설근로자에서는 관찰기간 동안 사망이 한건도 발생하지 않았다.

<표 210> 여성 건설 근로자의 표준화사망비

사망원인	관찰치	예측치	SMR	신뢰구간
총사망	0	5.39	0.00	0.00 - 0.56
암사망	0	2.34	0.00	0.00 - 1.28
구강, 인두	0	0.02	0.00	0.00 - 134.66
식도	0	0.01	0.00	0.00 - 488.01
위	0	0.35	0.00	0.00 - 8.63
대장, 항문	0	0.22	0.00	0.00 - 13.46
간	0	0.27	0.00	0.00 - 11.05
췌장	0	0.10	0.00	0.00 - 30.89
후두	0	0.00	0.00	0.00 - 3030.05
폐	0	0.24	0.00	0.00 - 12.27
피부	0	0.01	0.00	0.00 - 348.10
전립선	0	0.00	.	. - .
방광	0	0.01	0.00	0.00 - 449.49
중추신경계	0	0.15	0.00	0.00 - 20.44
비호지킨 림프종	0	0.06	0.00	0.00 - 48.67
다발성골수종	0	0.05	0.00	0.00 - 66.12
백혈병	0	0.03	0.00	0.00 - 97.94
림프조혈계암	0	0.07	0.00	0.00 - 42.40
기타 암	0	0.24	0.00	0.00 - 12.39

(5) 여수산단 건설 근로자의 암 사망 표준화비율비(SRR) : 여수산단 발주처 근로자와 비교

여수산단 발주처 근로자와 비교(2002-2007년)했을 경우 여수 건설근로자에서 전체사망 SRR 1.64 (95%CI:1.38-1.93), 암 사망 SRR 1.46 (95%CI:1.05-1.98)로 통계적으로 유의하게 증가하였다.

<표 211> 여수산단 건설 근로자의 암 사망 표준화비율비(SRR) : 여수산단 발주처와 비교

사망원인	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간		
총사망	142.33	87	1.64	1.38	-	1.93
암사망	40.92	28	1.46	1.05	-	1.98
구강, 인두	3.50	1	3.50	0.84	-	9.50
식도	0.42	0	.	.	-	.
위	6.95	3	2.32	0.93	-	4.79
대장, 항문	1.39	4	0.35	0.02	-	1.56
간	12.71	9	1.41	0.75	-	2.43
췌장	2.35	1	2.35	0.36	-	7.78
후두	0.00	0	.	.	-	.
폐	4.88	4	1.22	0.39	-	2.88
피부	0.56	0	.	.	-	.
전립선	0.57	0	.	.	-	.
방광	0.00	0	.	.	-	.
중추신경계	1.21	0	.	.	-	.
비호지킨 림프종	2.38	2	1.19	0.18	-	3.91
다발성골수종	0.00	0	.	.	-	.
백혈병	3.23	2	1.62	0.36	-	4.56
림프조혈계암	5.61	4	1.40	0.49	-	3.13
기타 암	1.61	2	0.80	0.07	-	3.30

(6) 여수산단 건설 근로자의 암 사망 표준화비율비(SRR) : 여수산단 발주처 사무직 근로자와 비교

여수산단 발주처 사무직 근로자(2002-2007)와 암 사망을 비교하였는데, 총사망은 SRR 1.86 (95%CI:1.32-2.54), 암 사망은 SRR 2.49 (95%CI:1.31-4.31)로 통계적으로 유의하게 증가하였다. 또한 간암의 SRR 4.01 (95%CI:1.09-10.25)로 위험도가 유의하게 증가하였다.

<표 212> 여수 건설 근로자의 사망 표준화비율비 : 여수산단 발주처 사무직 근로자와 비교

사망원인	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간	
총사망	39.10	21	1.86	1.32	- 2.54
암사망	12.47	5	2.49	1.31	- 4.31
구강, 인두	1.00	0	.	.	-
식도	0.14	0	.	.	-
위	2.16	0	.	.	-
대장, 항문	0.48	2	0.24	0.00	- 2.32
간	4.01	1	4.01	1.09	- 10.25
췌장	0.82	0	.	.	-
후두	0.00	0	.	.	-
폐	1.66	2	0.83	0.07	- 3.34
피부	0.15	0	.	.	-
전립선	0.20	0	.	.	-
방광	0.00	0	.	.	-
중추신경계	0.44	0	.	.	-
비호지킨 림프종	0.49	0	.	.	-
다발성골수종	0.00	0	.	.	-
백혈병	0.69	0	.	.	-
림프조혈계암	1.17	0	.	.	-
기타 암	0.55	0	.	.	-

(7) 여수산단 건설 근로자의 암 사망 표준화비율비(SRR) : 광양산단 발주처 근로자와 비교

여수산단 건설 근로자의 암 사망률을 광양산단 발주처 근로자와 비교(2002-2007)하였다. 여수 건설근로자가 총 사망이 SRR 2.53 (95%CI:2.14-2.97), 암 사망이 SRR 2.00 (95%CI:1.41-2.74), 폐암이 SRR 4.70 (95%CI:1.46-11.24)로 높았다.

<표 213> 여수 건설 근로자의 사망 표준화비율비:광양산단 발주처 근로자와 비교

사망원인	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간	
총사망	149.29	59	2.53	2.14	- 2.97
암사망	37.97	19	2.00	1.41	- 2.74
구강, 인두	4.28	0	.	.	- .
식도	0.45	0	.	.	- .
위	7.09	3	2.36	0.96	- 4.85
대장, 항문	1.04	4	0.26	0.01	- 1.41
간	11.48	6	1.91	0.97	- 3.38
췌장	0.09	0	.	.	- .
후두	0.00	0	.	.	- .
폐	4.70	1	4.70	1.46	- 11.24
피부	0.70	0	.	.	- .
전립선	0.55	0	.	.	- .
방광	0.00	0	.	.	- .
중추신경계	0.89	1	0.89	0.02	- 5.38
림프종	1.93	0	.	.	-
다발성골수종	0.00	0	.	.	-
백혈병	3.82	0	.	.	-
림프조혈계암	5.75	0	.	.	-
기타 암	1.30	4	0.32	0.02	- 1.52

(8) 광양산단 건설 근로자의 암 사망 표준화비율비(SRR) : 여수산단 발주처 사무직 근로자와 비교

여수산단 발주처 사무직 근로자와의 비교에서는 유의하게 위험이 증가된 암 종은 없었다.

<표 214> 광양 건설근로자의 암사망 표준화비율비 : 여수산단 발주처 사무직과 비교

사망원인	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간		
총사망	30.81	21	1.47	1.00	-	2.08
암사망	5.73	5	1.15	0.41	-	2.54
구강, 인두	0.32	0	.	.	-	.
식도	0	0	.	.	-	.
위	1.84	0	.	.	-	.
대장, 항문	0	2	0	0.00	-	1.50
간	2.49	1	2.49	0.41	-	8.00
췌장	0	0	.	.	-	.
후두	0	0	.	.	-	.
폐	0.66	2	0.33	0.00	-	2.49
피부	0	0	.	.	-	.
전립선	0	0	.	.	-	.
방광	0	0	.	.	-	.
중추신경계	0	0	.	.	-	.
비호지킨 림프종	0	0	.	.	-	.
다발성골수종	0	0	.	.	-	.
백혈병	0.42	0	.	.	-	.
림프조혈계암	0.42	0	.	.	-	.
기타 암	0	0	.	.	-	.

(9) 광양산단 건설 근로자의 암 사망 표준화비율비(SRR) : 광양산단 발주처 근로자와 비교

광양산단 건설 근로자의 암 사망률을 광양제철소 근로자(2002-2007)와 비교하였다. 광양산단 건설 근로자가 총 사망은 SRR 2.39 (95%CI:2.02-2.82)로 높았고, 위암사망이 SRR 2.58 (95%CI:1.09-5.14)로 증가하였다.

<표 215> 광양 건설 근로자의 사망 표준화비율비:광양산단 발주처 근로자와 비교

사망원인	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간		
총사망	141.23	59	2.39	2.02	-	2.82
암사망	24.23	19	1.28	0.82	-	1.89
구강, 인두	1.835	0	.	.	-	.
식도	0	0	.	.	-	.
위	7.74	3	2.58	1.09	-	5.14
대장, 항문	0	4	0.00	0.00	-	0.75
간	10.04	6	1.67	0.80	-	3.07
췌장	0	0	.	.	-	.
후두	0	0	.	.	-	.
폐	2.70	1	2.70	0.49	-	8.31
피부	0	0	.	.	-	.
진립선	0	0	.	.	-	.
방광	0	0	.	.	-	.
중추신경계	0	1	0.00	0.00	-	3.00
림프종	0	0	.	.	-	.
다발성골수종	0	0	.	.	-	.
백혈병	1.9	0	.	.	-	.
림프조혈계암	1.9	0	.	.	-	.
기타 암	0	4	0.00	0.00	-	0.75

4) 여수산단 발주처의 근로자의 암발생 표준화발생비(SIR) 및 암발생 표준화비율비(SRR)

(1) 여수산단 발주처 근로자의 암 표준화발생비(SIR)

여수산단 발주처 근로자의 암 발생(1997-2005년)을 2003년 암 발생률과 비교하였다. 전체 암 발생은 SIR 1.15 (95%CI:0.98-1.34)로 증가하였지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 관찰인년은 82,527년이었다.

<표 216> 여수산단 발주처 근로자 전체의 암 표준화발생비
(1997-2005)

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	163	141.37	1.15	0.98 - 1.34
구강, 인두	4	3.71	1.08	0.29 - 2.76
식도	1	2.24	0.45	0.01 - 2.49
위	26	35.09	0.74	0.48 - 1.09
대장, 항문	12	17.56	0.68	0.35 - 1.19
간	22	29.49	0.75	0.47 - 1.13
췌장	2	3.19	0.63	0.08 - 2.27
후두	2	1.66	1.20	0.15 - 4.35
폐	8	14.78	0.54	0.23 - 1.07
피부	1	0.32	3.08	0.08 - 17.18
전립선	3	1.78	1.69	0.35 - 4.93
방광	6	3.61	1.66	0.61 - 3.62
중추신경계	2	2.45	0.82	0.10 - 2.95
비호지킨 림프종	5	4.33	1.15	0.37 - 2.69
백혈병	3	3.19	0.94	0.19 - 2.75
다발성골수종	0	0.69	0.00	0.00 - 4.37
림프조혈계암	8	8.21	0.97	0.42 - 1.92

여수산단 발주처 근로자의 암 발생(1988-2005년)을 2003년 암 발생률과 비교하였다. 통계적으로 유의하게 증가한 암종은 없었다.

<표 217> 여수산단 발주처 근로자 전체의 암 표준화발생비(1988-2005)

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	
암발생	182	190.90	0.95	0.82	- 1.10
구강, 인두	6	5.11	1.17	0.43	- 2.56
식도	1	2.72	0.37	0.01	- 2.05
위	31	46.85	0.66	0.45	- 0.94
대장, 항문	16	23.32	0.69	0.39	- 1.11
간	26	39.19	0.66	0.43	- 0.97
췌장	3	4.14	0.72	0.15	- 2.12
후두	3	2.08	1.44	0.30	- 4.21
폐	8	18.61	0.43	0.19	- 0.85
피부	1	0.44	2.30	0.06	- 12.80
전립선	3	2.10	1.43	0.29	- 4.18
방광	6	4.74	1.27	0.46	- 2.76
중추신경계	2	3.82	0.52	0.06	- 1.89
비호지킨 림프종	5	6.32	0.79	0.26	- 1.85
백혈병	5	5.02	1.00	0.32	- 2.33
다발성골수종	0	0.90	0.00	0.00	- 3.32
림프조혈계암	10	12.23	0.82	0.39	- 1.50

(2) 여수산단 발주처 근로자의 표준화발생비 : 생산직/사무직 구분
생산직 근로자, 사무직 근로자에서 유의하게 증가된 암종은 없었다.

<표 218> 여수산단 발주처 근로자의 암 표준화발생비 : 생산직/사무직

암종	생산직 (PY=63152)				사무직 (PY=19375)			
	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	120	99.69	1.20	1.00 - 1.44	43	41.68	1.03	0.75 - 1.39
구강, 인두	4	2.63	1.52	0.41 - 3.89	0	1.08	0.00	0.00 - 2.78
식도	0	1.48	0.00	0.00 - 2.02	1	0.76	1.32	0.03 - 7.35
위	18	24.75	0.73	0.43 - 1.15	8	10.35	0.77	0.33 - 1.52
대장, 항문	8	12.29	0.65	0.28 - 1.28	4	5.26	0.76	0.21 - 1.95
간 담도계	17	20.77	0.82	0.48 - 1.31	5	8.72	0.57	0.19 - 1.34
췌장	1	2.22	0.45	0.01 - 2.52	1	0.97	1.03	0.03 - 5.72
후두	1	1.12	0.89	0.02 - 4.98	1	0.54	1.85	0.05 - 10.30
폐	2	10.06	0.20	0.02 - 0.72	6	4.71	1.27	0.47 - 2.77
피부	1	0.23	4.33	0.11 - 24.13	0	0.09	0.00	0.00 - 32.05
전립선	3	1.17	2.56	0.53 - 7.48	0	0.61	0.00	0.00 - 4.95
방광	4	2.51	1.59	0.43 - 4.08	2	1.10	1.82	0.22 - 6.57
중추신경계	2	1.83	1.09	0.13 - 3.94	0	0.62	0.00	0.00 - 4.83
비호지킨 림프종	3	3.17	0.95	0.20 - 2.77	2	1.16	1.72	0.21 - 6.20
백혈병	3	2.39	1.25	0.26 - 3.67	0	0.80	0.00	0.00 - 3.73
다발성골수종	0	0.48	0.00	0.00 - 6.25	0	0.21	0.00	0.00 - 14.59
림프조혈계암	6	6.04	0.99	0.36 - 2.16	2	2.17	0.92	0.11 - 3.33

(3) 여수산단 발주처 근로자의 표준화발생비(SIR) : 생산/공무/실험/사무 구분
생산 직무 근로자에서 비호지킨립프중, 백혈병의 표준화발생비가 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

<표 219> 여수산단 발주처 근로자의 암 표준화발생비 : 생산/공무/실험/사무 구분

암종	생산직(PY=38924)				공무(PY=14213)				실험(PY=10015)				사무(PY=19375)			
	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	70	60.68	1.15	0.90 - 1.46	34	26.61	1.28	0.88 - 1.79	10	12.40	0.81	0.39 - 1.48	43	41.68	1.03	0.75 - 1.39
구강, 인두	1	1.61	0.62	0.02 - 3.47	2	0.69	2.88	0.35 - 10.41	1	0.33	2.99	0.08 - 16.68	0	1.08	0.00	0.00 - 2.78
식도	0	0.90	0.00	0.00 - 3.31	0	0.44	0.00	0.00 - 6.82	0	0.14	0.00	0.00 - 21.62	1	0.76	1.32	0.03 - 7.35
위	10	15.05	0.66	0.32 - 1.22	7	6.63	1.06	0.42 - 2.17	1	3.06	0.33	0.01 - 1.82	8	10.35	0.77	0.33 - 1.52
대장, 항문	5	7.50	0.67	0.22 - 1.56	3	3.31	0.91	0.19 - 2.65	0	1.49	0.00	0.00 - 2.02	4	5.26	0.76	0.21 - 1.95
간	13	12.59	1.03	0.55 - 1.77	3	5.57	0.54	0.11 - 1.57	1	2.60	0.38	0.01 - 2.14	5	8.72	0.57	0.19 - 1.34
췌장	0	1.35	0.00	0.00 - 2.22	1	0.61	1.64	0.04 - 9.13	0	0.26	0.00	0.00 - 11.67	1	0.97	1.03	0.03 - 5.72
후두	0	0.68	0.00	0.00 - 4.38	1	0.32	3.14	0.08 - 17.52	0	0.12	0.00	0.00 - 25.49	1	0.54	1.85	0.05 - 10.30
폐	2	6.14	0.33	0.04 - 1.18	0	2.88	0.00	0.00 - 1.04	0	1.05	0.00	0.00 - 2.87	6	4.71	1.27	0.47 - 2.77
피부	0	0.14	0.00	0.00 - 21.39	0	0.06	0.00	0.00 - 48.85	1	0.03	33.91	0.86 - 188.93	0	0.09	0.00	0.00 - 32.05
전립선	2	0.72	2.79	0.34 - 10.07	1	0.36	2.75	0.07 - 15.31	0	0.09	0.00	0.00 - 32.88	0	0.61	0.00	0.00 - 4.95
방광	4	1.53	2.62	0.71 - 6.70	0	0.69	0.00	0.00 - 4.35	0	0.29	0.00	0.00 - 10.31	2	1.10	1.82	0.22 - 6.57
중추 신경계	0	1.12	0.00	0.00 - 2.66	1	0.44	2.30	0.06 - 12.80	1	0.27	3.67	0.09 - 20.44	0	0.62	0.00	0.00 - 4.83
비호지킨 림프종	3	1.93	1.55	0.32 - 4.54	0	0.79	0.00	0.00 - 3.78	0	0.44	0.00	0.00 - 6.78	2	1.16	1.72	0.21 - 6.20
백혈병	3	1.47	2.04	0.42 - 5.97	0	0.57	0.00	0.00 - 5.28	0	0.36	0.00	0.00 - 8.43	0	0.80	0.00	0.00 - 3.73
발성골수 종 림프 조혈계암	0	0.29	0.00	0.00 - 10.24	0	0.13	0.00	0.00 - 23.18	0	0.06	0.00	0.00 - 51.63	0	0.21	0.00	0.00 - 14.59
림프 조혈계암	6	3.69	1.63	0.60 - 3.54	0	1.49	0.00	0.00 - 2.01	0	0.86	0.00	0.00 - 3.50	2	2.17	0.92	0.11 - 3.33

(4) 여수산단 벤젠 노출 사업장 발주처 근로자의 표준화 암 발생비
 벤젠 노출 사업장 근로자(1997-2005)를 대상으로 분석하였는데, 암발생이 통계적으로 유의하게 증가하지는 않았다. 관찰인년은 73,747년 이었다.

<표 220> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처의 암
 표준화발생비 (1997-2005)

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	144	128.02	1.12	0.95 - 1.32
구강, 인두	4	3.36	1.19	0.32 - 3.05
식도	1	2.06	0.49	0.01 - 2.71
위	20	31.82	0.63	0.38 - 0.97
대장, 항문	11	15.92	0.69	0.34 - 1.24
간	22	26.71	0.82	0.52 - 1.25
췌장	2	2.89	0.69	0.08 - 2.50
후두	2	1.52	1.32	0.16 - 4.76
폐	8	13.44	0.60	0.26 - 1.17
피부	1	0.29	3.42	0.09 - 19.03
전립선	3	1.62	1.86	0.38 - 5.43
방광	6	3.27	1.83	0.67 - 3.99
중추신경계	1	2.20	0.45	0.01 - 2.53
비호지킨 림프종	3	3.90	0.77	0.16 - 2.25
백혈병	3	2.86	1.05	0.22 - 3.06
다발성골수종	0	0.62	0.00	0.00 - 4.82
림프조혈계암	6	7.38	0.81	0.30 - 1.77

벤젠 노출 사업장 근로자(1988-2005)를 대상으로 분석하였을 때는 특별히 위험도가 증가한 암종은 없었다.

<표 221> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처의 암 표준화발생비
(1988-2005)

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	163	173.04	0.94	0.80 - 1.10
구강, 인두	6	4.63	1.30	0.48 - 2.82
식도	1	2.48	0.40	0.01 - 2.25
위	25	42.53	0.59	0.38 - 0.87
대장, 항문	15	21.17	0.71	0.40 - 1.17
간	26	35.62	0.73	0.48 - 1.07
췌장	3	3.76	0.80	0.16 - 2.33
후두	3	1.90	1.58	0.33 - 4.61
폐	8	16.90	0.47	0.20 - 0.93
피부	1	0.39	2.54	0.06 - 14.13
전립선	3	1.89	1.59	0.33 - 4.64
방광	6	4.30	1.40	0.51 - 3.04
중추신경계	1	3.44	0.29	0.01 - 1.62
비호지킨 림프종	3	5.70	0.53	0.11 - 1.54
백혈병	5	4.50	1.11	0.36 - 2.59
다발성골수종	0	0.82	0.00	0.00 - 3.66
림프조혈계암	8	11.02	0.73	0.31 - 1.43

(5) 여수산단 벤젠 노출 사업장 발주처 근로자의 암 표준화발생비 : 생산직/사무직

벤젠 노출 사업장 생산직/사무직 근로자에서 통계적으로 유의하게 증가한 암종은 없었다.

<표 222> 여수산단 벤젠노출 사업장 발주처 근로자의 표준화암발생비: 생산직/사무직 구분

암종	생산직(PY=56510)				사무직(PY=17237)			
	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	108	90.86	1.19	0.98 - 1.44	36	37.16	0.97	0.68 - 1.34
구강, 인두	4	2.40	1.67	0.45 - 4.27	0	0.96	0.00	0.00 - 3.12
식도	0	1.37	0.00	0.00 - 2.19	1	0.68	1.46	0.04 - 8.14
위	14	22.59	0.62	0.34 - 1.04	6	9.23	0.65	0.24 - 1.42
대장, 항문	8	11.23	0.71	0.31 - 1.40	3	4.69	0.64	0.13 - 1.87
간	17	18.98	0.90	0.52 - 1.43	5	7.73	0.65	0.21 - 1.51
췌장	1	2.02	0.49	0.01 - 2.75	1	0.87	1.15	0.03 - 6.42
후두	1	1.03	0.97	0.02 - 5.40	1	0.49	2.06	0.05 - 11.47
폐	2	9.21	0.22	0.03 - 0.78	6	4.22	1.42	0.52 - 3.09
피부	1	0.21	4.76	0.12 - 26.51	0	0.08	0.00	0.00 - 36.30
전립선	3	1.07	2.80	0.58 - 8.19	0	0.54	0.00	0.00 - 5.50
방광	4	2.29	1.75	0.48 - 4.47	2	0.98	2.04	0.25 - 7.36
중추신경계	1	1.65	0.61	0.02 - 3.38	0	0.55	0.00	0.00 - 5.43
비호지킨 림프종	2	2.87	0.70	0.08 - 2.52	1	1.03	0.97	0.02 - 5.39
백혈병	3	2.15	1.40	0.29 - 4.08	0	0.71	0.00	0.00 - 4.20
다발성골수종	0	0.44	0.00	0.00 - 6.84	0	0.18	0.00	0.00 - 16.33
림프조혈계암	5	5.45	0.92	0.30 - 2.14	1	1.93	0.52	0.01 - 2.89

(6) 여수산단 벤젠 노출 사업장 발주처 근로자의 암 표준화발생비 : 생산/공무/실험/사무

벤젠노출사업장 발주처 근로자 중 생산 직무에서 백혈병의 위험이 증가하였으나 통계적으로 유의하지 않았다.

국회제출(10.2.8)외 사용금지

<표 223> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자의 암 표준화발생비(SIR): 생산/공무/실험/사무 구분

암종	생산(PY=35152)				공무(PY=12846)				실험(PY=8511)				사무(PY=17237)			
	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	71	56.78	1.25	0.98 - 1.58	29	23.65	1.23	0.82 - 1.76	8	10.44	0.77	0.33 - 1.51	36	37.16	0.97	0.68 - 1.34
구강, 인두	1	1.50	0.67	0.02 - 3.72	2	0.62	3.23	0.39 - 11.66	1	0.28	3.56	0.09 - 19.81	0	0.96	0.00	0.00 - 3.12
식도	0	0.87	0.00	0.00 - 3.44	2	0.38	5.25	0.64 - 18.95	0	0.12	0.00	0.00 - 25.50	1	0.68	1.46	0.04 - 8.14
위	8	14.10	0.57	0.24 - 1.12	5	5.92	0.84	0.27 - 1.97	1	2.57	0.39	0.01 - 2.17	6	9.23	0.65	0.24 - 1.42
대장, 항문	5	7.03	0.71	0.23 - 1.66	3	2.94	1.02	0.21 - 2.98	0	1.25	0.00	0.00 - 2.39	3	4.69	0.64	0.13 - 1.87
간	13	11.76	1.11	0.59 - 1.89	3	5.03	0.60	0.12 - 1.74	1	2.18	0.46	0.01 - 2.55	5	7.73	0.65	0.21 - 1.51
췌장	0	1.27	0.00	0.00 - 2.36	1	0.54	1.86	0.05 - 10.36	0	0.22	0.00	0.00 - 13.88	1	0.87	1.15	0.03 - 6.42
후두	0	0.65	0.00	0.00 - 4.60	1	0.28	3.56	0.09 - 19.84	0	0.10	0.00	0.00 - 30.21	1	0.49	2.06	0.05 - 11.47
폐	2	5.85	0.34	0.04 - 1.23	0	2.48	0.00	0.00 - 1.21	0	0.88	0.00	0.00 - 3.41	6	4.22	1.42	0.52 - 3.09
피부	0	0.13	0.00	0.00 - 22.96	0	0.06	0.00	0.00 - 54.44	1	0.02	40.54	1.03 - 225.86	0	0.08	0.00	0.00 - 36.30
전립선	2	0.70	2.85	0.35 - 10.30	1	0.29	3.43	0.09 - 19.13	0	0.08	0.00	0.00 - 38.87	0	0.54	0.00	0.00 - 5.50
방광	4	1.44	2.77	0.76 - 7.10	0	0.60	0.00	0.00 - 4.97	0	0.24	0.00	0.00 - 12.24	2	0.98	2.04	0.25 - 7.36
중추 신경계	0	1.03	0.00	0.00 - 2.92	0	0.39	0.00	0.00 - 7.63	1	0.23	4.32	0.11 - 24.09	0	0.55	0.00	0.00 - 5.43
비호지킨 림프종	2	3.56	0.56	0.07 - 2.03	0	0.71	0.00	0.00 - 4.21	0	0.37	0.00	0.00 - 8.03	1	1.03	0.97	0.02 - 5.39
백혈병	3	1.34	2.24	0.46 - 6.54	0	0.51	0.00	0.00 - 5.89	0	0.30	0.00	0.00 - 9.95	0	0.71	0.00	0.00 - 4.20
다발성골수 종 림프	0	0.27	0.00	0.00 - 10.92	0	0.11	0.00	0.00 - 26.11	0	0.05	0.00	0.00 - 61.27	0	0.18	0.00	0.00 - 16.33
조혈계암	5	3.39	1.47	0.48 - 3.44	0	1.33	0.00	0.00 - 2.24	0	0.72	0.00	0.00 - 4.14	1	1.93	0.52	0.01 - 2.89

(7) 여수산단 발주처 근로자에서 암 발생 표준화비율비(SRR) : 생산직/사무직 구분

생산직과 사무직을 1997-2005년간 비교하였을 때에는 암 발생 위험이 유의하게 증가된 것이 없었다.

<표 224> 여수산단 발주처 근로자의 암발생 표준화비율비 : 생산직 vs. 사무직 비교

암종	예측치	관측치	SRR	신뢰구간	
암발생	46.58	43	1.08	0.79	1.44
구강, 인두	1.61	0	.	-	.
식도	0.00	1	0.00	0.00	3.00
위	7.12	8	0.89	0.36	1.82
대장, 항문	3.57	4	0.89	0.22	2.40
간	7.78	5	1.56	0.66	3.09
췌장	0.62	1	0.62	0.00	4.89
후두	0.56	1	0.56	0.00	4.79
폐	0.29	6	0.05	0.00	0.71
피부	0.29	0	.	-	.
전립선	1.81	0	.	-	.
방광	1.86	2	0.93	0.10	3.50
중추신경계	0.54	0	.	-	.
비호지킨 림프종	0.86	2	0.43	0.01	2.66
백혈병	1.03	0	.	-	.
다발성골수종	0.00	0	.	-	.
림프조혈계암	1.89	2	0.94	0.10	3.52

(8) 여수산단 발주처 근로자에서 암발생 표준화비율비 : 생산/공무/실험 vs. 사무

직무를 세분화 하여 살펴보았을 경우 관찰기간 1997-2005년 중 유의하게 발생위험이 증가한 암종은 없었다.

<표 225> 여수산단 발주처 근로자의 암발생 표준화비율비: 생산/공무/실험 vs. 사무

암종	생산				공무				실험			
	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간
암발생	48.67	43	1.13	0.84 - 1.50	50.81	43	1.18	0.88 - 1.55	20.40	43	0.47	0.29 - 0.73
구강, 인두	0.94	0	.	. - .	2.93	0	.	. - .	1.38	0	.	. - .
식도	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
위	5.82	8	0.73	0.26 - 1.60	10.75	8	1.34	0.66 - 2.42	1.38	8	0.17	0.01 - 0.78
대장, 항문	3.84	4	0.96	0.25 - 2.50	4.73	4	1.18	0.37 - 2.82	0.00	4	0.00	0.00 - 0.75
간	9.88	5	1.98	0.94 - 3.65	4.68	5	0.94	0.29 - 2.24	4.14	5	0.83	0.23 - 2.09
췌장	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	1.92	1	1.92	0.22 - 7.10	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
후두	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	1.49	1	1.49	0.11 - 6.41	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
폐	1.30	6	0.22	0.01 - 1.01	0.00	6	0.00	0.00 - 0.50	0.00	6	0.00	0.00 - 0.50
피부	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .	1.75	0	.	. - .
전립선	2.00	0	.	. - .	1.93	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .
방광	2.94	2	1.47	0.30 - 4.34	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
중추신경계	0.00	0	.	. - .	1.34	0	.	. - .	2.17	0	.	. - .
비호지킨 림프종	1.42	2	0.71	0.05 - 3.14	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
백혈병	1.73	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .
다발성 골수종	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .
림프 조혈계암	3.15	2	1.57	0.34 - 4.50	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50

(9) 여수산단 벤젠 노출사업장 발주처 근로자의 암발생 표준화비율비 : 생산직 vs. 사무직

여수산단 벤젠 노출사업장의 생산직 근로자와 사무직 근로자의 암 발생위험도를 비교하였다. 생산직에서 림프조혈계암의 위험도가 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

<표 226> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자의 암발생
표준화비율비: 생산직 vs. 사무직

암종	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간		
암발생	41.01	36	1.14	0.82	-	1.55
구강, 인두	1.55	0	.	.	-	.
식도	0.00	1	0.00	0.00	-	3.00
위	5.16	6	0.86	0.29	-	1.98
대장, 항문	3.49	3	1.16	0.28	-	3.17
간	7.47	5	1.49	0.62	-	3.01
췌장	0.60	1	0.60	0.00	-	4.87
후두	0.59	1	0.59	0.00	-	4.83
폐	0.74	6	0.12	0.00	-	0.85
피부	0.28	0	.	.	-	.
전립선	1.80	0	.	.	-	.
방광	1.71	2	0.85	0.08	-	3.38
중추신경계	0.30	0	.	.	-	.
비호지킨 림프종	0.54	1	0.54	0.00	-	4.76
백혈병	0.98	0	.	.	-	.
다발성골수종	0.00	0	.	.	-	.
림프조혈계암	1.52	1	1.52	0.11	-	6.45

- (10) 여수산단 벤젠 노출사업장 발주처 근로자의 암 발생 표준화비율비 :
생산/공무/실험 vs. 사무
사무 근로자에 비해 유의하게 증가된 암종의 없었다.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

<표 227> 여수산단 벤젠노출사업장 발주처 근로자 암발생 표준화비율비 : 생산/공무/실험 vs. 사무

암종	생산				공무				실험			
	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간
암발생	43.08	36	1.20	0.87 - 1.61	43.56	36	1.21	0.88 - 1.63	16.95	36	0.47	0.27 - 0.75
구강, 인두	0.87	0	.	. - .	2.78	0	.	. - .	1.45	0	.	. - .
식도	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	2.78	1	2.78	0.53 - 8.43	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
위	4.10	6	0.68	0.19 - 1.73	8.17	6	1.36	0.59 - 2.66	1.45	6	0.24	0.02 - 1.05
대장, 항문	3.60	3	1.20	0.30 - 3.22	4.53	3	1.51	0.45 - 3.67	0.00	3	0.00	0.00 - 1.00
간	9.35	5	1.87	0.87 - 3.51	4.43	5	0.89	0.26 - 2.17	4.51	5	0.90	0.27 - 2.20
췌장	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	1.98	1	1.98	0.24 - 7.19	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
후두	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	1.86	1	1.86	0.20 - 7.00	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
폐	1.21	6	0.20	0.01 - 0.99	0.00	6	0.00	0.00 - 0.50	0.00	6	0.00	0.00 - 0.50
피부	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .	1.81	0	.	. - .
전립선	1.87	0	.	. - .	1.98	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .
방광	2.60	2	1.30	0.23 - 4.08	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
중추신경계	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .	2.23	0	.	. - .
비호지킨 림프종	0.44	1	0.44	0.00 - 4.56	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
백혈병	1.61	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .
다발성골수종	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .	0.00	0	.	. - .
림프조혈계암	2.49	1	2.49	0.41 - 7.99	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00

5) 광양산단 발주처의 근로자의 암발생 표준화발생비(SIR) 및 암발생 표준화비율비(SRR)

(1) 광양제철소 근로자의 암 표준화발생비(SIR)

일반인구집단과 비교하여 관찰(1997-2005)한 암 표준화발생비는 유의하게 증가한 암 종이 없었다. 관찰인년은 105,579년 이었다.

<표 228> 광양제철소 근로자의 표준화암 발생비 (1997-2005)

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	
암발생	100	138.65	0.72	0.59	- 0.88
구강, 인두	3	3.73	0.81	0.17	- 2.35
식도	1	1.48	0.67	0.02	- 3.76
위	25	34.47	0.73	0.47	- 1.07
대장, 항문	16	16.79	0.95	0.54	- 1.55
간 담도계	17	30.15	0.56	0.33	- 0.90
췌장	1	2.89	0.35	0.01	- 1.93
후두	0	1.32	0.00	0.00	- 2.26
폐	5	11.54	0.43	0.14	- 1.01
피부	0	0.35	0.00	0.00	- 8.67
전립선	0	0.86	0.00	0.00	- 3.47
방광	2	3.27	0.61	0.07	- 2.21
중추신경계	1	2.94	0.34	0.01	- 1.90
비호지킨 림프종	4	4.86	0.82	0.22	- 2.11
백혈병	2	3.84	0.52	0.06	- 1.88
다발성골수종	0	0.68	0.00	0.00	- 4.44
림프조혈계암	6	9.37	0.64	0.23	- 1.39

(2) 광양제철소 근로자의 암 표준화발생비 (1998-2005)

일반인구집단과 비교하여 관찰(1988-2005)한 암 표준화발생비는 유의하게 증

가한 암 종이 없었다.

<표 229> 광양제철소 근로자의 암 표준화발생비 (1998-2005)

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	136	188.02	0.72	0.61 - 0.86
구강, 인두	4	5.31	0.75	0.21 - 1.93
식도	1	1.69	0.59	0.01 - 3.29
위	36	45.20	0.80	0.56 - 1.10
대장, 항문	18	21.98	0.82	0.49 - 1.29
간 담도계	22	38.63	0.57	0.36 - 0.86
췌장	1	3.67	0.27	0.01 - 1.52
후두	0	1.58	0.00	0.00 - 1.90
폐	8	14.15	0.57	0.24 - 1.11
피부	0	0.45	0.00	0.00 - 6.60
진립선	0	1.00	0.00	0.00 - 3.01
방광	4	4.26	0.94	0.26 - 2.41
중추신경계	2	5.01	0.40	0.05 - 1.44
비호지킨 림프종	5	7.48	0.67	0.22 - 1.56
백혈병	7	6.73	1.04	0.42 - 2.14
다발성골수종	0	0.85	0.00	0.00 - 3.51
림프조혈계암	12	15.06	0.80	0.41 - 1.39

(3) 광양제철소 근로자의 암 표준화발생비: 생산직/사무직 구분
 생산직과 사무직에서 유의하게 표준화발생비가 증가한 암종은 없었다.

<표 230> 광양제철소 근로자의 표준화암 발생비 : 생산직/사무직 구분

암종	생산직 (PY=90721)				사무직 (PY=14857)			
	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	82	112.88	0.73	0.58 - 0.90	18	25.77	0.70	0.41 - 1.10
구강, 인두	3	3.05	0.98	0.20 - 2.88	0	0.68	0.00	0.00 - 4.41
식도	1	1.12	0.89	0.02 - 4.96	0	0.36	0.00	0.00 - 8.31
위	22	28.04	0.78	0.49 - 1.19	3	6.43	0.47	0.10 - 1.36
대장, 항문	14	13.58	1.03	0.56 - 1.73	2	3.21	0.62	0.08 - 2.25
간	13	24.45	0.53	0.28 - 0.91	4	5.70	0.70	0.19 - 1.80
췌장	1	2.32	0.43	0.01 - 2.40	0	0.57	0.00	0.00 - 5.25
후두	0	1.03	0.00	0.00 - 2.91	0	0.29	0.00	0.00 - 10.21
폐	3	9.06	0.33	0.07 - 0.97	2	2.48	0.81	0.10 - 2.92
피부	0	0.28	0.00	0.00 - 10.57	0	0.06	0.00	0.00 - 48.12
전립선	0	0.63	0.00	0.00 - 4.74	0	0.23	0.00	0.00 - 12.99
방광	2	2.63	0.76	0.09 - 2.75	0	0.64	0.00	0.00 - 4.69
중추신경계	1	2.49	0.40	0.01 - 2.24	0	0.45	0.00	0.00 - 6.70
비호지킨 림프종	2	4.06	0.49	0.06 - 1.78	2	0.80	2.51	0.30 - 9.08
백혈병	1	3.26	0.31	0.01 - 1.71	1	0.58	1.74	0.04 - 9.68
다발성 골수종 림프	0	0.55	0.00	0.00 - 5.46	0	0.13	0.00	0.00 - 23.72
조혈계암	3	7.88	0.38	0.08 - 1.11	3	1.50	2.00	0.41 - 5.86

(3) 광양제철소 암발생 표준화비율비(SRR) : 생산직과 사무직 비교

사무직 근로자를 내부 비교군으로 하여 생산직 근로자의 암 발생을 1988-2005년 까지 비교하였다. 생산직 근로자에서 사무직 보다 유의하게 증가된 암종은 없었다.

<표 231> 광양제철소 근로자의 암발생 표준화비율비(SRR):
생산직 vs. 사무직

암종	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간	
암발생	18.62	18	1.03	0.62	- 1.62
구강, 인두	0.40	0	.	.	- .
식도	0.29	0	.	.	- .
위	5.54	3	1.85	0.64	- 4.14
대장, 항문	3.20	2	1.60	0.35	- 4.53
간	3.29	4	0.82	0.19	- 2.30
췌장	0.13	0	.	.	- .
후두	0.00	0	.	.	- .
폐	0.69	2	0.34	0.00	- 2.51
피부	0.00	0	.	.	- .
전립선	0.00	0	.	.	- .
방광	0.00	0	.	.	- .
중추신경계	0.73	.	.	.	- .
비호지킨 림프종	0.40	2	0.20	0.00	- 2.24
백혈병	0.28	1	0.28	0.00	- 4.26
다발성골수종	0.00	0	.	.	- .
림프조혈계암	0.68	3	0.23	0.00	- 1.67

6) 여수·광양산단 건설 근로자의 암발생 표준화발생비(SIR) 및 암발생 표준화비율비(SRR)

(1) 여수 건설 근로자의 암 표준화발생비(SIR)

여수 건설근로자의 암발생은 2002-2005년 까지 추적하여 일반인구집단의 발

생물(2003년)과 비교하였다. 관찰인년은 26,573년이였다.

입술, 구강 및 인두암이 SIR 3.18 (95%CI: 1.03-7.42)로 유의하게 증가하였다. 림프조혈계암의 발생 위험도는 증가하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

<표 232> 여수 건설근로자의 표준화암발생비

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간	
암발생	62	61.02	1.02	0.78	- 1.30
구강, 인두	5	1.57	3.18	1.03	- 7.42
식도	0	1.10	0.00	0.00	- 2.72
위	15	15.08	0.99	0.56	- 1.64
대장, 항문	7	7.66	0.91	0.37	- 1.88
간	14	13.09	1.07	0.58	- 1.79
췌장	2	1.42	1.41	0.17	- 5.09
후두	1	0.80	1.25	0.03	- 6.94
폐	5	6.83	0.73	0.24	- 1.71
피부	0	0.14	0.00	0.00	- 21.21
전립선	1	0.83	1.20	0.03	- 6.71
방광	0	1.59	0.00	0.00	- 1.88
중추신경계	2	0.85	2.36	0.29	- 8.52
비호지킨 림프종	3	1.64	1.83	0.38	- 5.34
백혈병	3	1.11	2.71	0.56	- 7.91
다발성골수종	0	0.29	0.00	0.00	- 10.17
림프조혈계암	6	3.04	1.97	0.72	- 4.29

(2) 광양 건설 근로자의 암 표준화발생비

일반인구집단에 비해 통계적으로 유의하게 증가된 암종은 없었다. 관찰인년은 10,983년 이었다.

<표 233> 광양 건설근로자의 표준화암 발생비

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간		
암발생	18	22.11	0.81	0.48	-	1.29
구강, 인두	1	0.58	1.72	0.04	-	9.60
식도	0	0.31	0.00	0.00	-	9.73
위	4	5.53	0.72	0.20	-	1.85
대장, 항문	2	2.74	0.73	0.09	-	2.63
간	4	5.06	0.79	0.22	-	2.02
췌장	0	0.50	0.00	0.00	-	6.02
후두	0	0.26	0.00	0.00	-	11.72
폐	1	2.13	0.47	0.01	-	2.62
피부	0	0.06	0.00	0.00	-	53.41
전립선	0	0.19	0.00	0.00	-	15.97
방광	1	0.54	1.86	0.05	-	10.34
중추신경계	0	0.34	0.00	0.00	-	8.72
비호지킨 림프종	1	0.65	1.54	0.04	-	8.58
백혈병	2	0.44	4.50	0.54	-	16.26
다발성골수종	0	0.11	0.00	0.00	-	28.40
림프조혈계암	3	1.20	2.50	0.52	-	7.31

(3) 여성 건설일용직 근로자의 표준화 암 발생비

여성 건설근로자에서는 기타암종이 1건 발생하였으며, 발생건수가 적어 비교할 수 없었다. 관찰인년은 1309년 이었다.

<표 234> 여성 건설일용직 근로자의 암 표준화발생비

암종	관찰치	예측치	SIR	신뢰구간
암발생	1	3.98	0.25	0.01 - 1.40
구강, 인두	0	0.03	0.00	0.00 - 87.01
식도	0	0.01	0.00	0.00 - 417.73
위	0	0.46	0.00	0.00 - 6.47
대장, 항문	0	0.35	0.00	0.00 - 8.60
간 담도계	0	0.18	0.00	0.00 - 16.25
췌장	0	0.05	0.00	0.00 - 58.94
후두	0	0.00	0.00	0.00 - 1226.20
폐	0	0.16	0.00	0.00 - 19.16
피부	0	0.01	0.00	0.00 - 325.37
전립선	0	0.00	.	. - .
방광	0	0.02	0.00	0.00 - 137.38
중추신경계	0	0.04	0.00	0.00 - 83.47
비호지킨 림프종	0	0.07	0.00	0.00 - 41.23
백혈병	0	0.02	0.00	0.00 - 199.27
다발성골수종	0	0.05	0.00	0.00 - 56.78
림프조혈계암	0	0.14	0.00	0.00 - 21.33

(4) 여수 건설 근로자의 암발생 표준화비율비(SRR) : 여수 건설근로자 vs. 여수산단 발주처

여수산단 발주처(1997-2005)과 비교하였을 때 입, 구강 및 인두암 SRR 3.00 (95%CI:1.55-5.24), 비호지킨 림프종 SRR 2.12 (95%CI:1.04-3.84), 백혈병 SRR 3.57 (95%CI:1.76-6.43), 림프조혈계암 SRR 2.66 (95%CI:1.66-4.06) 으로 위험도

가 증가하였다.

<표 235> 여수 건설근로자의 암발생 표준화비율비 : 여수산단
발주처와 비교

암종	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간	
암발생	138.19	163	0.85	0.71	- 1.00
구강, 인두	11.99	4	3.00	1.55	- 5.24
식도	0.00	1	0.00	0.00	- 3.00
위	30.59	26	1.18	0.80	- 1.67
대장, 항문	14.40	12	1.20	0.66	- 2.00
간	27.11	22	1.23	0.81	- 1.79
췌장	4.55	2	2.28	0.69	- 5.52
후두	2.00	2	1.00	0.12	- 3.61
폐	9.09	8	1.14	0.52	- 2.15
피부	0.00	1	0.00	0.00	- 3.00
전립선	1.64	3	0.55	0.05	- 2.22
방광	0.00	6	0.00	0.00	- 0.50
중추신경계	4.17	2	2.08	0.59	- 5.24
비호지킨 림프종	10.61	5	2.12	1.04	- 3.84
백혈병	10.70	3	3.57	1.76	- 6.43
다발성골수종	0.00	0	.	.	- .
림프조혈계암	21.31	8	2.66	1.66	- 4.06

(5) 여수 건설근로자의 암발생 표준화비율비(SRR) : 여수 건설근로자 vs. 여수산단 사무직 근로자

여수산단 사무직 근로자와 비교하였을 때에는 통계적으로 유의하게 위험도가 증가한 암종은 없었다. 사무직 근로자의 숫자가 적어 구강, 인두암과 백혈병은 발생수가 없어 위험도를 비교할 수 없었다.

<표 236> 여수 건설근로자의 암발생 표준화비율비: 여수 사무직과 비교

암종	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간
암발생	42.47	43	0.99	0.71 - 1.33
구강, 인두	3.53	0	.	- .
식도	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
위	9.75	8	1.22	0.58 - 2.26
대장, 항문	4.65	4	1.16	0.36 - 2.79
간	9.36	5	1.87	0.87 - 3.51
췌장	1.63	1	1.63	0.14 - 6.63
후두	0.65	1	0.65	0.00 - 4.94
폐	3.27	6	0.55	0.12 - 1.53
피부	0.00	0	.	- .
진립선	0.60	0	.	- .
방광	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
중추신경계	1.48	0	.	- .
비호지킨 림프종	2.42	2	1.21	0.19 - 3.94
백혈병	2.32	0	.	- .
다발성골수종	0.00	0	.	- .
림프조혈계암	4.74	2	2.37	0.74 - 5.65

(6) 여수 건설근로자의 암발생 표준화비율비(SRR) : 여수 건설근로자 vs.

광양산단 근로자

여수 건설근로자의 암발생률을 광양산단 발주처 근로자(1997-2005)와 비교하였다. 입술, 구양, 인두암은 SRR 3.78 (95%CI:1.91-6.70), 림프종 SRR 3.60 (95%CI:1.99-6.00) 백혈병 SRR 6.36 (95%CI:3.38-10.97), 림프조혈계암 SRR 4.53 (95%CI:2.99-6.58)로 증가하였다.

국회제출(10.2.8)외 사용금지

<표 237> 여수 건설근로자의 암발생 표준화비율비: 광양 발주처와 비교

암종	관찰치	예측치	SRR	신뢰구간
암발생	125.27	100	1.25	1.04 - 1.49
구강, 인두	11.34	3	3.78	1.91 - 6.70
식도	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
위	27.83	25	1.11	0.74 - 1.61
대장, 항문	11.47	16	0.72	0.36 - 1.27
간 담도계	20.03	17	1.18	0.72 - 1.82
췌장	0.28	1	0.28	0.00 - 4.25
후두	2.19	0	.	- .
폐	6.21	5	1.24	0.47 - 2.67
피부	0.00	0	.	- .
전립선	1.15	0	.	- .
방광	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
중추신경계	2.76	1	2.76	0.52 - 8.41
림프종	14.40	4	3.60	1.99 - 6.00
백혈병	12.77	2	6.39	3.38 - 10.97
다발성골수종	0.00	0	.	- .
림프조혈계암	27.17	6	4.53	2.99 - 6.58

(7) 광양산단 건설 근로자의 암 발생 표준화비율비 : 광양 건설근로자 vs. 여수산단 발주처

광양산단 건설근로자가 여수산단 발주처 근로자에 비해 입술, 구강 및 인두암이 SRR 2.29 (95%CI:1.06-4.32)로 유의하게 증가하였고, 백혈병도 SRR 3.26

(95%CI:1.55-6.03)으로 유의하게 증가하였다.

<표 238> 광양 건설근로자의 암발생 표준화비율비 : 여수 발주처와 비교

암종	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간
암발생	98.84	163	0.61	0.49 - 0.74
구강, 인두	9.16	4	2.29	1.06 - 4.32
식도	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
위	27.39	26	1.05	0.70 - 1.53
대장, 항문	8.98	12	0.75	0.34 - 1.42
간	18.35	22	0.83	0.50 - 1.31
췌장	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
후두	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
폐	4.85	8	0.61	0.19 - 1.43
피부	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
전립선	0.00	3	0.00	0.00 - 1.00
방광	5.90	6	0.98	0.36 - 2.15
중추신경계	0.00	2	0.00	0.00 - 1.50
림프종	4.15	5	0.83	0.23 - 2.09
백혈병	9.77	3	3.26	1.55 - 6.03
다발성골수종	0.00	0	.	. - .
림프조혈계암	13.93	8	1.74	0.95 - 2.92

(8) 광양산단 건설 근로자의 암발생 표준화비율비 (SRR) : 광양 건설근로자 vs. 여수산단 발주처 사무직

광양산단 건설근로자에서 여수산단 발주처 사무직근로자에 비해 통계적으로

유의하게 증가된 암종은 없었다.

<표 239> 광양 건설근로자의 암발생 표준화비율비 : 여수산단
사무직과 비교

암종	관찰치	예측치	SRR	신뢰구간		
암발생	27.73	43	0.64	0.43	-	0.93
구강, 인두	2.04	0	.	.	-	.
식도	0.00	1	0.00	0.00	-	3.00
위	7.04	8	0.88	0.35	-	1.81
대장, 항문	2.73	4	0.68	0.13	-	2.09
간	5.65	5	1.13	0.40	-	2.52
췌장	0.00	1	0.00	0.00	-	3.00
후두	0.00	1	0.00	0.00	-	3.00
폐	1.57	6	0.26	0.02	-	1.09
피부	0.00	0	.	.	-	.
전립선	0.00	0	.	.	-	.
방광	2.16	2	1.08	0.15	-	3.74
중추신경계	0.00	0	.	.	-	.
비호지킨 림프종	1.17	2	0.58	0.02	-	2.93
백혈병	2.53	0	.	.	-	.
다발성골수종	0.00	0	.	.	-	.
림프조혈계암	3.70	2	1.85	0.47	-	4.90

(9) 광양산단 건설 근로자의 암발생 표준화비율비 (SRR) : 광양 건설근로자 vs. 광양산단 발주처

광양산단 건설근로자의 암 발생률을 광양산단 발주처 근로자와 비교 (1997-2005)하였다.

구강, 인두암은 SRR 4.70 (95%CI:2.58-7.88), 위암은 SRR 1.46 (95%CI:1.02-2.01), 백혈병 SRR 5.65 (95%CI:2.85-10.03), 림프조혈계암 SRR 2.74 (95%CI:1.58-4.42)로 증가하였다.

<표 240> 광양 건설근로자의 암발생 표준화비율비 : 광양산단 발주처와 비교

암종	예측치	관찰치	SRR	신뢰구간
암발생	117.64	100	1.18	0.97 - 1.41
구강, 인두	14.11	3	4.70	2.58 - 7.88
식도	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
위	36.41	25	1.46	1.02 - 2.01
대장, 항문	10.44	16	0.65	0.32 - 1.18
간	19.55	17	1.15	0.70 - 1.78
췌장	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
후두	0.00	0	.	. - .
폐	5.31	5	1.06	0.36 - 2.42
피부	0.00	0	.	. - .
전립선	0.00	0	.	. - .
방광	4.13	2	2.07	0.58 - 5.22
중추신경계	0.00	1	0.00	0.00 - 3.00
림프종	5.14	4	1.28	0.43 - 2.97
백혈병	11.30	2	5.65	2.85 - 10.03
다발성골수종	0.00	0	.	. - .
림프조혈계암	16.43	6	2.74	1.58 - 4.42

5. 고찰

1) 연구 방법

건강영향평가는 여수·광양산단 건설근로자에서 암 발생 위험이 증가하는지 여부에 대하여 분석의 초점을 맞추었다.

(1) 연구대상

연구대상은 사업장에서 제출한 인사자료를 기반으로 하였다. 기본적으로 회사의 인사자료가 전산화된 것이 2000년 전후 이고, 일부 인사자료가 천재지변으로 망실된 경우도 있어 인사자료의 부정확성은 존재한다. 본 조사에서는 이러한 오류를 줄이고 인사자료의 완전성을 높이기 위하여 입퇴사 기록을 비교하여 누락부분이 있는지 확인하였다. 또한 2002년 수행된 여수역학조사 자료를 참고하였으며, 일부 자료는 고용보험의 자료를 이용하여 보완하였다. 인사자료의 불완전성이 여전히 남아있기는 하지만, 이러한 클리닝 과정을 거쳐 최대한 신뢰성 있는 자료를 확보하기 위해 노력하였다.

건설 근로자의 경우는 건설노동조합원 명부에 등재되어 있는 근로자를 분석 대상으로 하였는데, 조합원 명부에 단기간 일시적으로 근무한 근로자도 포함되어 있기 때문에 위험도를 감소시키는 방향으로 작용했을 가능성이 존재한다. 이러한 부분을 보완하기 위해 일정기간 이상 근무-예를 들어 1년 이상 근무한 근로자-등의 코호트 입적 기준에 제한을 두어 분석하기도 하는데, 본 조사에서는 근무기간을 파악할 수 없어 조합원 명부에 기재된 전 근로자를 분석 대상으로 할 수밖에 없었다.

(2) 노출구분

노출 구분은 여수산단의 경우 생산/공무/실험/사무로 나누었다. 직무는 맨 마

지막 부서명을 가지고 나누었다. 근무기간이 늘어남에 따라 생산직군이 사무직군으로 변경될 수 있으므로 첫 부서명을 가지고 직무를 나누는 것이 좋을 것이나, 과거 부서 자료의 부정확도가 높아 본 연구에서는 마지막 부서명을 활용하였다.

부서명이 생산공정에 해당하더라도 실제 해당공정의 사무직을 하는 경우가 있는데, 본 연구에서는 이러한 부분은 고려되지 않았다. 이러한 경우 오분류(misclassification)가 발생하고 위험도가 희석되는 효과(dilution effect)를 가져올 수 있다.

광양산단(제철소)의 경우 생산/사무로 크게 직무를 나누었다. 여수산단 발주처와는 달리 광양산단의 경우 사무에 실험 직무가 포함되었다. 여수산단의 경우 실험실 근로자가 벤젠 등 발암물질에 노출될 가능성이 있으나, 광양제철소의 경우 작업환경이 여수산단 석유화학사업장과는 다르기 때문에 사무 직무에 포함시켰다.

여수·광양산단 건설 근로자는 배관/제관/기계/비계/계전/보온/도장/토목/탱크 등으로 직무가 구분되어 있으나, 직무를 너무 세분화하면 분석에서의 검정력(파워)가 떨어지기 때문에 함께 묶어서 분석하였다.

(3) 비교군의 선정

비교군(referent group)으로는 표준화사망비(SMR), 표준화발생비(SIR)를 구할 때 일반인구의 사망률, 암 발생률을 이용하였다. 생산직 대 사무직 등 코호트내 비교를 할 때는 사무직을 내부대조군으로 활용하였다. 건설 근로자의 위험도 평가에서는 추가적으로 외부대조코호트로 여수산단 발주처 코호트, 광양제철소 근로자 코호트를 활용하였다. 일반적으로 여수산단 및 광양산단 발주처 근로자가 건설근로자보다 소득이 높고 사회경제적위치가 높기 때문에 건강 상태가 더 좋을 가능성이 높다. 발주처 근로자는 양질의 건강진단을 주기적으로 받고 있으며, 건강한 생활습관을 유지하기 위한 자원이 상대적으로 풍부하다. 본 역학조사에서 실시한 건강설문 결과를 보면 흡연상태는 건설직의 경우

85.49%이 흡연(금연자 포함)자 였으며, 건설근로자가 아닌 경우 76.47%로 건설직에서의 흡연자 비율이 더 높았다. 특히 흡연자에서도 매일 흡연하는 비율이 건설근로자에서 74%인 반면, 여수 발주처 53%, 광양 발주처/협력업체 44% 였다. 2006년 통계청 조사에 의한 20세 이상 남성 흡연율이 52.2%인 점과 특히 광양 제철소는 전 사원에 대해 금연 운동을 실시하고 있는 점을 고려할 때 이러한 생활습관 및 사회경제적위치의 영향이 확대될 수 있다. 음주의 경우 건설근로자가 여수산단 발주처 및 광양발주처/협력업체 근로자 보다 음주 빈도가 높았고, 전체적으로 음주량도 적었다. 하지만 월 1회 이상 음주하는 사람만 따로 분석했을 경우 음주 횟수는 건설근로자가 발주처 근로자보다 많았다.

(4) 관찰기간 및 암 발생여부 확인

관찰기간은 사망은 1992-2007, 암 발생은 1988-2005년으로 하였다. 건설 근로자의 경우 사망은 2002-2007, 암 발생은 2002-2005년으로 하였다.

건설근로자의 암 사망을 여수산단 및 광양산단 발주처와 비교할 때는 발주처의 2002-2007년 자료를 활용했으며, 암 발생을 비교할 때는 1997-2005년 자료를 비교하였다. 암 발생의 경우 관찰기간이 너무 짧기 때문에 발주처의 관찰기간을 늘려 비교하였다.

여수산단 및 광양산단 발주처의 암 표준화발생비(SIR)를 구할 때는 1997-2005년 자료를 활용하였다. 암 등록사업은 1988년부터 시작되었으며 초기에는 참여기관수가 적어 등록률이 낮았을 것이다. 2002년부터는 등록률 90%정도로 암 발생률을 산출하기 시작하였다. 따라서 본 연구에서는 암 등록률이 떨어질 것으로 판단되는 1988-1996년 자료를 제외하고 이후의 자료를 가지고 분석하였다. 하지만 생산직/사무직 비교 등 내부대조군 비교를 할 때는 등록률이 떨어지는 오류가 두 집단에 같이 발생한다고 보고 1988-2005년 전체를 비교하였다. 여수산단 및 광양산단 발주처 근로자는 사회경제적위치가 비교적 높은 집단으로 대학병원 등 큰 병원을 이용하는 경우가 많아 상대적으로 다른 집단

에 비해 암 등록률이 높을 것으로 판단되었다. 비교군으로는 2003년 일반인구의 암발생률을 이용하였다. 시간에 따라 암 발생률이 변화할 수 있으나, 암 발생률 자료가 2002년 이후부터 제공되므로 2003년 자료를 채택하여 분석에 활용하였다.

(5) 분석의 제한점

본 연구결과는 통계청 사망원인통계, 중앙암등록본부의 암 발생통계를 단순 활용한 것이다. 따라서 흡연, 음주 등 생활습관, 사회경제적 지위 등 여러 혼란 요인들을 통제하지 못했다. 이러한 기본적인 한계가 있기 때문에 결과를 해석할 때는 세심한 주의를 요한다.

표준화사망비(SMR), 표준발생비(SIR)는 일반인구집단의 암사망률, 암발생률을 비교군으로 하여 간접표준화한 후 분석한 것이다. 이러한 분석은 안정적인 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있으나, 건강근로자효과(healthy worker effect)가 나타난다는 큰 단점이 있다. 근로자 집단은 일반적으로 일반인구에 비해 건강하기 때문에 위험도가 저평가 될 수 있다.

발생이 매우 드문 질병에서는 코호트의 관찰치가 매우 작은 경우 통계적으로 의미가 있더라도 결과의 신뢰도가 떨어지기 때문에 결과의 해석상에 있어서 주의를 요한다. 표준화비율비(SRR)는 비교집단에 직접표준화한 후 분석한 것이다. 이러한 직접표준화에 의한 위험도의 평가는 비록 표준화했다고 하나, 발생수가 적은 경우, 집단간의 관찰인년이 너무 많이 차이가 날 경우, 인구구조가 매우 상이할 경우 결과의 변동성이 매우 커지기 때문에 결과의 신뢰도가 떨어질 수 있다. 본 연구에서는 림프조혈계암의 발생수가 매우 적기 때문에 결과의 해석에 있어서 이 부분이 고려되어야 할 것이다.

비교군이 부적절할 경우 위험도가 왜곡(comparison bias)되어 나타날 수 있기 때문에, 비록 신뢰구간에 포함이 되지 않는다고 하여 보수적으로 연관성을 낮게 평가하는 것보다는 여러 정황을 함께 고려해서 판단해야 할 것이다. 신뢰구간이 포함되는지 여부에 따라 통계적 의의가 있는지 여부를 단순히 판단하는

것에는 주의를 요한다. 위험도의 평가는 코호트의 구축, 노출군 및 노출 정도의 구분, 혼란요인의 통제, 사망 및 암발생 여부의 정확성, 대조군의 선택 등 여러 요소에 의해 영향을 받기 때문에 이러한 부분의 변화 혹은 부정확성을 고려하여 종합적으로 판단하여야 한다.

2) 연구 결과

벤젠은 급성골수성백혈병과 재생불량성빈혈(aplastic anemia)와 연관성이 매우 높은 것으로 알려져 있으며, 일부 연구들에서는 만성골수성백혈병(CML), 급성림프구성백혈병(ALL), 골수이형성증후군(MDS: myelodysplastic syndrome), 비호지킨림프종(non-Hodgkin's lymphoma)과의 연관성이 보고되고 있다.

1,3-부타디엔(1,3-butadiene)은 백혈병의 발생과 연관성이 있는 것으로 알려져 있는데, 국제암연구소(IARC)에서는 인간에게 확실한 발암물질(Group 1)로 분류하고 있다. 1,3-부타디엔은 1,2-epoxy-3-butene, 1,2:3,4-diepoxybutane으로 대사되어 발암성으로 보이는 것으로 보고되고 는데, 미국산업위생전문가협회에서는 발암 의심물질 A2 (suspected human carcinogen)로 분류하고 있다.

본 연구에서는 건설 근로자에서 비호지킨 림프종 과 백혈병의 위험도가 증가된 경향을 보이는데, 이는 건설 근로자가 대정비/일상보수 작업 중 벤젠 등 림프조혈계암 유발 물질에 노출되었기 때문일 가능성도 배제할 수 없다.

석유화학산업 근로자에서의 건강영향 평가는 림프조혈계암 위험성 연구를 위주로 진행되어 왔다. 그 외의 암종으로는 뇌 종양이 증가했다는 일부 연구가 있고, 대장·직장암, 갑상선암 위험이 증가했다는 일부 연구가 있기는 하지만 아직 연관성이 명확히 검증되지 않았다.

본 연구에서는 건설근로자에서 입술, 구강, 인두암의 위험이 증가하였는데, 사망자료를 검토하였을 때 혀 (C01) 2건, 코인두 (C11) 3건, 하인두 (C13) 2건 이 발생하여 인두암의 증가가 두드러진 것으로 판단된다. 암 발생자료에서는 코인두 3건, 잇몸 1건, 혀다닥 1건, 기타 혀 1건이 건설근로자에서 발생하였다.

구강암·인두암에는 흡연, 음주가 가장 큰 영향을 미치며, 직업적 요인의 영향에 대해서는 잘 알려져 있지 않다.

인두(pharynx)은 비인두(코인두), 입인두(oropharynx), 하인두(hypopharynx)로 나뉘는데, 이 중에서 직업적 요인에 대한 연구는 대부분 비인두암(nasopharyngeal cancer)에 대하여 이루어져왔다. 비인두암은 매우 희귀한 암으로 주로 중국 남부, 남아시아 인근에 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 원인으로서는 바이러스(Epstein-Barr Virus)가 관련이 있는 것으로 보고되고 있으며, 특정 지역에서 발생이 높은 것은 이 지역 사람들이 먹는 염장된 물고기(salted fish)와 관련이 있다고 알려져 있다. 염장된 물고기에 들어 있는 니트로사민(nitrosamine/precursor)이 원인일 것으로 제안되고 있으며, 염장된 물고기 외의 예도 다른 염장 음식과 절임 음식, 발효 음식과도 연관성이 있다는 보고도 있다. 직업적 원인으로는 포름알데히드가 가장 잘 알려져 있다. 숨을 들이마시면 주로 중간 크기 정도의 분진(5-10 μ m)이 코를 거쳐 비인두에 걸리게 되는데, 과거 연구에서는 이 경로에서 발생할 수 있는 비강암, 부비동암, 비인두암을 묶어 암 위험도를 평가했던 경우가 많았다. 포름알데히드 외에 목분진, 클로로페놀(chlorophenol), 크롬 및 크롬화합물, 연소물 분진, 절삭유(cutting oil) 노출, 작업시 열(heat), 토양의 우라늄과 토륨 등이 연관성이 있다는 보고가 있다. 흡연률이 건설근로자에서 높기는 하지만, 폐암의 위험도가 일관적으로 증가되지는 않았음을 고려할 때 입술, 구강, 인두암 발생에 흡연 이외의 다른 요소가 작용했을 가능성을 배제할 수 없을 것으로 생각된다. 이 부분에 관해서는 추적관찰이 필요할 것으로 판단된다.

간암 발생이 발주처 생산직 근로자와 건설 근로자에서 높게 나타났는데, 간암에는 음주, B형 간염 등이 중요 요인으로 알려져 있다. 여수산단 발주처 근로자 중 사무직과 비교했을 때 생산직 근로자에서 간암 발생이 증가한 점, 음주 빈도가 건설 근로자에서 더 낮은 것을 고려했을 때 건설 근로자가 간암 발생이 발주처 근로자 보다 높게 나타난 점을 고려하면, 다른 요인(유기용제 노출 등 포함)이 작용했을 가능성을 배제할 수 없다. 하지만 음주, B형 간염 등

의 혼란변수의 영향력이 결정적으로 크고, 결과들이 일관적이지 않은 부분이 있기 때문에 연관성이 확정적이라고는 하기 어렵다.

여수건설 근로자가 광양제철소 근로자에 비해 폐암 사망 표준화비율비(SRR)가 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 광양제철소 근로자의 현재 흡연율이 26.27% (여수건설 근로자는 약 80%)로 낮기 때문에 이로 인해 폐암 위험이 감소하였고, 따라서 이와 비교된 건설 근로자에서 상대적으로 폐암 사망 위험이 증가한 것으로 나타난 것으로 여겨진다. 이러한 부분은 일반인구와의 비교에서 발생하는 건강근로자효과를 줄이기 위해 대조코호트와 비교하였는데, 대조코호트가 더 건강하여 역방향의 건강근로자효과가 나타난 것으로 생각된다. 이 결과는 또한 근로자의 건강한 생활을 유지하기 위해 흡연 등 생활습관을 교정하는 것이 중요하다는 것을 보여준다.

직접표준화방법에 의한 표준화비율비(SRR) 계산은 비교군의 관찰치가 작아 통계적 안정성(결과의 신뢰성)이 떨어지기 때문에 비록 통계적으로 유의미할 지라도 해석에 있어서는 주의를 요한다. 반면 간접표준화에 의한 표준화사망비(SMR)와 표준화발생비(SIR)는 비교군이 일반인구이기 때문에 상대적으로 안정적인 결과를 얻을 수 있으나, 일반인구 자체가 코호트가 아니며 단순 발생률을 이용한다는 점, 건강근로자효과가 나타날 수 있다라는 한계가 있다.

백혈병과 연관된 직업적 요인으로는 전리방사선과 에틸렌옥사이드를 들 수 있다. 전리방사선은 백혈병을 유발하는 것으로 널리 알려져 있으며, 석유화학 근로자에서는 방사선작업종사자가 용접부위의 비파괴검사 등의 작업을 수행하는 동안에 간접적으로 노출될 수 있다. 에틸렌옥사이드(1,2-epoxyethane)는 백혈병의 발생과 연관성이 있다고 보고되고 있다. 국제암연구소(IARC)에서는 사람을 대상으로 시행한 연구에서 결과가 제한적이나 실험적 연구에서 염색체 손상의 기전(직접적인 알킬레이션)이 증명되어 인간에게 확실한 발암물질(Group 1)로 구분하고 있다. 반면 미국산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 역학적 근거가 아직 충분하지 않아 A2 (suspected human carcinogen)로 분류하고 있다. 이 두 요인은 본 조사에서 다루어지지 않았으며, 추후 연구에서는 고려가

필요할 것으로 생각된다.

6. 결론

여수산단 발주처, 광양산단 발주처, 여수 및 광양건설 근로자들을 대상으로 암 위험도를 평가하였다. 암 위험도는 암 사망과 암 발생으로 나누어 분석하였고, 비교집단으로는 일반인구 및 내부비교군, 외부비교코호트를 활용하였다.

암 사망 분석결과 여수산단 발주처 생산직이 사무직보다 간암 사망률이 높았다(SRR 3.47, 95%CI:1.39-7.17). 여수 건설근로자는 일반인구보다 입술, 구강, 인두암의 사망률이 높았다(SMR 4.21, 95%CI:1.69-8.67). 여수건설 근로자를 여수산단 발주처와 비교하였을 때 전체 암 사망률이 높았으며(SRR 1.46, 95%CI:1.05-1.98), 여수산단 발주처 사무직과 비교하였을 때에는 전체 암 사망(SRR 2.49, 95%CI:1.31-4.31)과 간암 사망(SRR 4.01, 95%CI:1.09-10.25)이 높았다. 여수산단 건설 근로자의 암 사망률을 광양산단 발주처 근로자와 비교했을 때 여수 건설근로자가 총 사망이 SRR 2.53 (95%CI:2.14-2.97), 암 사망이 SRR 2.00 (95%CI:1.41-2.74), 폐암이 SRR 4.70 (95%CI:1.46-11.24)로 높았다. 광양 건설 근로자의 암 사망률을 광양산단 근로자와 비교하였을 때, 광양 건설 근로자가 총 사망이 SRR 2.39 (95%CI:2.02-2.82)로 높았고, 위암사망이 SRR 2.58 (95%CI:1.09-5.14)로 높았다.

암 발생분석 결과 여수 건설근로자는 일반인구와 비교하여 입술, 구강, 인두암 발생이 높았다(SIR 3.18, 95%CI:1.03-7.42). 여수 건설근로자를 여수산단 발주처와 비교하였을 때에는 입술, 구강, 인두암(SRR 3.00, 95%CI:1.55-5.24), 비호지킨림프종(SRR 2.12, 95%CI:1.04-3.84), 백혈병(SRR 3.75, 95%CI:1.76-6.43), 전체 림프조혈계암(SRR 2.66, 95%CI:1.66-4.06)이 높았다. 여수 건설근로자의 암발생률을 광양산단 발주처 근로자와 비교하였을 때, 입술, 구강, 인두암은 SRR 3.78 (95%CI:1.91-6.70), 비호지킨 림프종 SRR 3.60 (95%CI:3.38-10.97), 백혈병 SRR 6.39 (95%CI:3.38-10.97), 림프조혈계암 SRR

4.53 (95%CI:2.29-6.58)로 높았다. 광양 건설근로자를 여수산단 발주처와 비교하였을 때, 입술, 구강, 인두암 (SRR 2.29, 95%CI:1.06-4.32), 백혈병 (SRR 3.26, 95%CI:1.55-6.03)의 발생이 높았다. 광양산단 건설근로자의 암 발생률을 광양산단 발주처 근로자와 비교하였을 때, 입술, 구강, 인두암은 SRR 4.70 (95%CI:2.58-7.88), 위암은 SRR 1.46 (95%CI:1.02-2.01), 백혈병 SRR 5.65 (95%CI:2.85-10.03), 림프조혈계암 SRR 2.74 (95%CI:1.58-4.42)로 높았다.

<표 241> 여수·광양 건설 근로자의 표준화사망비 및 표준화발생비 정리

여수건설 근로자		광양건설 근로자	
표준화사망비(SMR)	표준화발생비(SIR)	표준화사망비(SMR)	표준화발생비(SIR)
입술, 구강, 인두암 SMR 4.21 (95%CI:1.69-8.67) [※비호지킨림프종 SMR 1.24 (2/1.62, 95%CI:0.15-4.47), 백혈병 SMR 1.46 (3/2.05, 95%CI:0.39-2.78), 림프조혈계암 SMR 1.19 (5/4.20, 95%CI:0.09-1.25)]	입술, 구강, 인두암 SIR 3.18 (95%CI:1.03-7.42) [※비호지킨림프종 SIR 1.83 (3/1.64, 95%CI:0.38-5.34), 백혈병 SIR 2.71 (3/1.11, 95%CI:0.56-7.91), 림프조혈계암 SIR 1.97 (6/3.02, 95%CI:0.72-4.29)]	통계적으로 유의하게 증가한 암종 없음 [※백혈병 1.50 (1/0.67, 95%CI: 0.04-8.38)]	통계적으로 유의하게 증가한 암종 없음 [※비호지킨림프종 SIR 1.54 (1/0.65, 95%CI:0.04-8.58), 백혈병 SIR 4.50 (2/0.44, 95%CI:0.54-16.26), 림프조혈계암 SIR 2.50 (3/1.20, 95%CI:0.52-7.31)]

<표 242> 여수·광양 건설 근로자의 암 사망 및 발생 표준화비율비 정리

	여수건설 근로자		광양건설 근로자	
	암 사망 표준화비율비 (SRR)	암 발생 표준화비율비 (SRR)	암 사망 표준화비율비 (SRR)	암 발생 표준화비율비 (SRR)
여수 산단 발주처와 비교	암 사망 SRR 1.46 (95%CI:1.05-1.98) (사무직과 비교) 암 사망 SRR 2.49 (95%CI:1.31-4.31), 간암 SRR 4.01 (95%CI:1.09-10.25)	입술, 구강, 인두암 SRR 3.00 (95%CI:1.55-5.24), 비호지킨림프종 SRR 2.12 (95%CI:1.04-3.84), 백혈병 SRR 3.75 (95%CI:1.76-6.43), 전체 림프조혈계암 SRR 2.66 (95%CI:1.66-4.06)	-	입술, 구강, 인두암 SRR 2.29 (95%CI:1.06-4.32), 백혈병 SRR 3.26 (95%CI:1.55-6.03)
광양 산단 (제철소) 발주처와 비교	총 사망 SRR 2.53 (95%CI:2.14-2.97), 암 사망 SRR 2.00 (95%CI:1.41-2.74), 폐암 SRR 4.70 (95%CI:1.46-11.24)	입술, 구강, 인두암 SRR 3.78 (95%CI:1.91-6.70), 비호지킨 림프종 SRR 3.60 (95%CI:3.38-10.97), 백혈병 SRR 6.39 (95%CI:3.38-10.97), 림프조혈계암 SRR 4.53 (95%CI:2.29-6.58)	총 사망 SRR 2.39 (95%CI:2.02-2.82), 위암 SRR 2.58 (95%CI:1.09-5.14)	입술, 구강, 인두암 SRR 4.70 (95%CI:2.58-7.88), 위암 SRR 1.46 (95%CI:1.02-2.01), 백혈병 SRR 5.65 (95%CI:2.85-10.03), 림프조혈계암 SRR 2.74 (95%CI:1.58-4.42)

이상의 결과를 종합하여 볼 때 여수 산단 플랜트 건설근로자에서 입술, 구강, 인두암의 발생이 증가한 것으로 판단된다. 또한 림프조혈계암의 발생위험이 증가했을 가능성이 있는 것으로 판단된다. 기타 간암, 폐암, 위암이 증가한 부

분 생활습관의 영향이 클 수 있기 때문에 업무관련성 평가를 위해서는 추가적인 검토가 필요하다.

여수산단 발주처 근로자 중 벤젠, 1,3-부타디엔 노출 근로자도 림프조혈계 암 발생 위험의 증가 가능성을 배제할 수 없기 때문에 추적관찰해야 한다.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

7. 참고문헌

Nieuwenhuisen. Exposure assessment in occupational and environmental epidemiology. Oxford University Press 2003

Checkoway. Research methods in occupational epidemiology. 2ed. Oxford University Press. 2004

IARC. Mongraph 97. in preparation 2008.

IARC. Monograph 60. 1999

Rosenstock. Textbook of clinical occupational and environmental medicine. 2nd ed. Elservier 2005.

박재갑. 종양학. 일조각 2003

Sathiakumar N, et al. Cancer incidence among employees at a petrochemical research facilities. J Occup Environ Med 2001;43:166-174

Rodu B, et al. Morality among employees at a petrochemical research facility. Am J Ind Med 2001;39:29-41

Daly L. Simple SAS macros for the calculation of exact binomial and Poisson confidence limits' Comput Biol Med. 1992;22:351-361

Schottenfeld D. Cancer epidemiology and prevention. 3rd ed. 2006

Rosenstock L. Textbook of clinical occupational and environmental medicine. 2nd ed. 2005

Rom WN. Environmental and occupational medicine. 4ed. 2007

Zhu K, et al. Case-control study evaluating the homogeneity and heterogeneity of risk factors between sinonasal and nasopharyngeal cancers. Int J Cancer 2002;99:119-123

Mirabelli MC, et al. Occupational exposure to chlorophenol and the

risk of nasal and nasopharyngeal cancers among U.S.men aged 30 to 60. Am J Ind Med 200;37:532-542

Armstrong RW, et al. Nasopharyngeal carcinoma in Malaysian chinese: occupational exposures to particles, formaldehyde and heat. Int J Epidemiol 2000;29:991-998

국회제철(10.2.8)외 사용금지

V. 직무별·연도별 정기작업환경측정자료 정리 : 직무노출매트릭스

1. 목 적

직무노출매트릭스는 직무(job)별, 연도별로 노출되는 량을 정리한 것이다. 그 간 산단의 각 회사마다 매년 정기작업환경측정을 실시하고 있으나, 그 결과가 전체적으로 정리된 적이 없었다. 따라서 본 연구에서는 여수산단 및 광양산단의 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐(VCM) 노출 사업장에서 각 물질의 노출 정도를 직무별, 연도별로 정리하고자 하였다.

2. 조사대상 및 방법

1) 직무노출매트릭스의 대상

직무노출매트릭스의 구축 대상은 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM을 생산하거나 사용하는 여수·광양산단의 발주처이다.

벤젠 노출 공장은 8개, 1,3-부타디엔 노출 공장은 5개, VCM 노출 공장은 2개였다.

1998년부터 2007년 까지 정기작업환경측정에서 8시간가중평균(TWA) 개인시료포집을 실시했던 근로자의 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 노출량을 정리하였다.

2) 직무의 분류

(1). 벤젠

벤젠 노출 사업장의 공정은 다음과 같이 구분하였고, 해당 공장수를 표시하

였다.

<표 243> 벤젠노출 사업장의 노출관련 직무 분류

공정	노출 내용	공장수
NCC (naphtha cracking center)	- 나프타를 크래킹하는 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	3
BTX (benzene, toluene, xylene)	- 벤젠, 톨루엔, 자일렌 생산 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	4
SM (styrene monomer)	- 스티렌 모노머 생산 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	2
BPA (Bisphenol A)	- 비스페놀 에이 생산 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	2
MDI (methylene diphenyl diisocyanate)	- isocyanate (MDI) 생산 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	2
유지보수	- 공무 등 유지보수 업무 관련	8
유틸리티	- 폐수처리(WWT)관련 근로자가 대부분임 - 동력 포함 - 소각장 포함	8
실험	- 품질보증관련 실험 분석하는 근로자가 대부분임 - 일부 실험실 근로자는 샘플링 수행 - 기술파트, pilot 공정도 포함	8
정유	- 정유(refinery) 공정	1
출하	- 제품 출하	8
기타	- 직접 노출과 관련 없는 공정에서 측정된 경우	8
탱크	- 저유 등 저장시설 관련	8

(2) 1,3-부타디엔

1,3-부타디엔 노출 사업장의 공정은 다음과 같이 구분하였고, 해당 공장수를 표시하였다.

<표 244> 1,3-부타디엔 노출 사업장의 노출관련 직무 분류

공정	노출 내용	공장수
부타디엔 정제	- 부타디엔 정제 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	3
제품생산	- ABS수지, SBL 등 고무 생산 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	4
실험	- 품질보증관련 실험 분석하는 근로자가 대부분임 - 일부 실험실 근로자는 샘플링 수행 - 기술파트, pilot 공정도 포함	5
유지보수	- 공무 등 유지보수 업무 관련	5
유틸리티	- 폐수처리(WWT)관련 근로자가 대부분임 - 동력 포함 - 소각장 포함	5
출하/탱크	- 제품 출하 - 탱크 야드 등 저장시설 관련	5
기타	- 기타 비노출 공정에서 측정된 경우	5

(3) 염화비닐(VCM)

VCM 노출 사업장의 공정은 다음과 같이 구분하였고, 해당 공장수를 표시하였다.

<표 245> VCM 노출 사업장의 노출관련 직무 분류

공정	노출 내용	공장수
VCM (vinyl chloride monomer) 생산	- VCM 생산 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	2
PVC (poly vinyl chloride) 생산	- PVC 생산 공장 - 대부분 필드맨을 대상으로 작업환경측정 됨 - 샘플링, 공정 점검시 주로 노출	2
실험	- 품질보증관련 실험 분석하는 근로자가 대부분임 - 일부 실험실 근로자는 샘플링 수행 - 기술파트, pilot 공정도 포함	2
출하	- 제품 출하	2

3) 직무노출매트릭스 구축 연도

직무노출매트릭스는 1998년 상반기부터 2007년 하반기까지 구축하였다. 1997년 이전까지는 단기간 작업환경측정이 수행되었으나, 1998년부터는 일괄 8시간 TWA로 측정하였기 때문에 일관성 유지를 위하여 1998년부터 데이터를 구축하였다.

이 기간 동안 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 의 노출기준이 낮아짐에 따라 노출량도 낮아진 것으로 보인다.

<표 246> 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 노출 기준 변화

물질	적용연도	변화 내용	STEL (노동부 2008)
벤젠	2003	10 ppm -> 1 ppm	5 ppm
1,3-부타디엔	2007하	10 ppm -> 2 ppm	10 ppm
VCM	1999	5 ppm -> 1 ppm	-

4) 직무노출매트릭스 구축 방법

2008년에 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 노출 사업장 10개소를 연구원이 방문조사 하였다. 각 사업장 노출공정을 방문하여 노출여부를 확인하였고 관련 근로자를 면담하였다.

각 사업장의 정기작업환경측정자료를 정리하여 데이터베이스화 하였다. 측정치가 ND(not detected), 불검출, trace, 흔적의 경우 측정기관별, 연도별로 LOD(limit of detection)값이 다르기 때문에 일괄적으로 가장 낮은 수치의 값의 절반을 ND 값으로 하였다.

<표 247> 벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 의 ND 값

물질	ND 값
벤젠	0.0005 ppm
1,3-부타디엔	0.006 ppm
VCM	0.002 ppm

벤젠, 1,3-부타디엔, VCM 의 분포는 퍼센타일 분포를 이용하여 알아보았다. 측정값 중 ND값이 대부분이기 때문에 평균을 구하지는 않았고, 1-100퍼센타일 사이를 5퍼센타일씩 나누어 각 해당하는 수치를 구하였다.

3. 결 과

1) 벤젠 노출 사업장

(1) 직무별 연도별 벤젠 노출량 퍼센타일 분포

벤젠 노출사업장의 직무는 12개로 나누었으며, 1998년부터 2007년까지의 퍼

센타일 분포는 다음 표와 같다.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

<표 248> 직무별 연도별 벤젠 노출량 퍼센타일 분포 (1998상-2007하)

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100		
NCC	1998상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0275	0.0545	0.0545	0.0861	0.0861	0.0868	0.0875	0.0875	0.102	0.102	0.1256	0.1492	0.1492	0.2481	0.2481	0.2481		
	1998하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005		
	1999상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.2576	0.2576	0.3396	0.56	0.56	0.5618	0.5618	
	1999하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0438	0.0438	0.0515	0.0515	
	2000상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0515	0.0515	0.0515	
	2000하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.007	0.0135	0.057	0.057	0.0661	0.0661	
	2001상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.2263	0.2263	0.2263	0.2263	0.2263	0.2263	0.2263	
	2001하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.2456	0.2456	0.4441	0.4441	
	2002상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.2682	0.4022	0.4022	
	2002하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.009	0.009	0.0638	1.298	1.298	
	2003상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.1629	0.1722	0.1722	
	2003하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	
	2004상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0526	0.0526	
	2004하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0989	0.11215	0.1254	0.256	0.2893	0.2893	
	2005상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0935	0.0935	
	2005하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.52	0.52	
	2006상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2006하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001	0.005	0.006	0.031	0.039	0.065	
	2007상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.011	0.0207	0.029	0.029	0.482	
	2007하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.00375	0.007	0.008	0.011	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.051	0.051	

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100		
BTX	1998상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.24	0.24	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	2.53	4.07	4.1	4.1	6.3		
	1998하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.15	0.22	0.22	0.28	0.62	0.62	0.63	0.77	0.77	
	1999상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0033	0.02815	0.0595	0.1194	0.22	0.34	0.41	0.41	0.41	0.485	0.56	0.56	1.66175	2.7635	
	1999하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0818	0.1188	0.1332	0.17	0.17	0.17	0.2	0.3076	0.67	2	
	2000상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.39	
	2000하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2001상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.01	0.01	0.01	0.01	0.037	0.05	0.066	
	2001하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.01	0.01	0.01	0.35	0.35	0.35	
	2002상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.00175	0.0865	0.17	
	2002하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2003상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.02	0.03	0.03	0.035	0.04	0.045	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.075	0.0997	0.1811	
	2003하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001	0.21	0.94	
	2004상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.03	0.588
	2004하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.21	0.351	
	2005상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.035
	2005하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.224
	2006상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.03	0.06	0.06	0.08	0.1	
	2006하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.04	0.05	0.248	0.372
2007상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.015	0.0176	0.09	0.09	0.11	0.27		
2007하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.01	0.086		

III. 직무노출매트릭스 451

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100			
유지보수	1998상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.00725	0.014	0.014	0.014	0.342	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67		
	1998하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.91025	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82		
	1999상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	
	1999하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	
	2000상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	
	2000하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	
	2001상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2001하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.18	0.18	3.045	5.91	5.91	10.51	10.51	18.325	26.14	26.14	31.86	31.86	31.86	31.86	
	2002상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.006	0.006	0.06	0.06	0.1	0.161	0.161	0.18	0.18	0.23	0.23	0.93	0.93	1.26	1.26		
	2002하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.00725	0.014	0.014	0.08	0.08	0.08		
	2003상	0.0005	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.15		
	2003하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001	0.001	
	2004상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	
	2004하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.134	
	2005상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.057	
	2005하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.02	
	2006상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.01	0.2	
	2006하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.414	2.35	
	2007상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001	0.003	0.007	0.012	0.06	1.026		
	2007하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.04	0.305	0.812		

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100			
유틸리티	1998상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0807	0.0858	0.0858	0.1256	0.8000	0.8000	0.8500	0.8500		
	1998하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	2.5300	2.5300		
	1999상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	2.6647	5.3288	5.3288	5.3288	5.3938	5.4588	5.4588	5.4588	5.4588	5.4588	5.4588	
	1999하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0700	0.0700	0.0700	0.0703	0.0703	0.0703	0.0713	0.0713	0.0713	0.0713	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	
	2000상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0400	0.0400	0.0400	0.9000	0.9000	0.9000	3.8100	3.8100	3.8100	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	
	2000하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300
	2001상	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	2.2050	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300	4.3300
	2001하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2002상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2002하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.7000	0.7000	1.3300	1.3300
	2003상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0940	0.0940	2.3000	2.3000	2.3000
	2003하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2004상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2004하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2005상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2005하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.7100
	2006상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0140	0.1400	0.1400
	2006하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0250	0.0280	0.0320	0.0330	0.0330	0.0330	0.0330
2007상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0110	0.0250	0.0250	0.0250	
2007하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0070	0.0070	0.0070	0.0080	0.0080	0.0220	0.0530	0.0530	0.0540	0.0630	0.0630	0.0720	0.0720	0.0720	0.0720	

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100	
실협	1998상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0040	0.3970	0.7900	1.1700	1.1700	1.3400	1.3400	1.3400	1.3400	1.3400	1.8700	1.8700	
	1998하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0600	0.4100	0.4100	1.0300	1.0300	
	1999상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0565	0.0565
	1999하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0665	0.2208	0.3750	0.3900	0.3900	0.3900
	2000상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	2000하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0700	0.0700	0.0700	0.6800
	2001상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.3040	0.8310	0.8370	0.9890
	2001하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	1.2000	1.2000
	2002상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0781	0.1294	0.1360	0.4410	0.6600	3.0000
	2002하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0781	0.0940	0.2900	0.2900	0.2900	0.8000
	2003상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0153	0.0850	0.2900	0.4400
	2003하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0600
	2004상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0062	0.0320
	2004하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0940	0.1200	0.1250	0.2900
	2005상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0610
	2005하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0600	0.0700
	2006상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0413	0.0500
	2006하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0070	0.0430	0.1600
2007상	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0500	0.0770	0.1500	0.3010	
2007하	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0060	0.0100	0.0180	0.1940		

(2) 직무별 연도별 벤젠 노출기준 초과율

직무별 연도별 벤젠노출기준 초과율은 1 ppm을 기준으로 하였다. 최근으로 갈수록 초과율이 감소하였다.

<표 249> 직무별 연도별 벤젠 노출기준 초과율

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
NCC	1998상	0	8	0
	1998하	0	8	0
	1999상	0	13	0
	1999하	0	12	0
	2000상	0	8	0
	2000하	0	12	0
	2001상	0	3	0
	2001하	0	13	0
	2002상	0	15	0
	2002하	1	14	7.14
	2003상	0	16	0
	2003하	0	19	0
	2004상	0	12	0
	2004하	0	15	0
	2005상	0	14	0
	2005하	0	15	0
	2006상	0	14	0
	2006하	0	23	0
	2007상	0	23	0
	2007하	0	16	0
	total	1	273	0.37

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
BTX	1998상	5	22	22.73
	1998하	0	14	0
	1999상	1	20	5
	1999하	1	23	4.35
	2000상	0	24	0
	2000하	0	31	0
	2001상	0	22	0
	2001하	0	27	0
	2002상	0	20	0
	2002하	0	18	0
	2003상	0	30	0
	2003하	0	39	0
	2004상	0	35	0
	2004하	0	36	0
	2005상	0	39	0
	2005하	0	33	0
	2006상	0	32	0
	2006하	0	31	0
	2007상	0	31	0
	2007하	0	41	0
	total	7	568	1.23

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
SM	1998상	3	4	75
	1998하	1	5	20
	1999상	0	5	0
	1999하	1	6	16.67
	2000상	0	7	0
	2000하	0	5	0
	2001상	0	7	0
	2001하	0	12	0
	2002상	0	9	0
	2002하	0	11	0
	2003상	0	11	0
	2003하	0	12	0
	2004상	0	13	0
	2004하	0	10	0
	2005상	0	11	0
	2005하	0	10	0
	2006상	0	13	0
	2006하	0	12	0
	2007상	0	17	0
	2007하	0	0	.
	total	5	180	2.78

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
BPA	1998상	0	1	0
	1998하	0	1	0
	1999상	0	1	0
	1999하	1	1	100
	2000상	0	1	0
	2000하	0	3	0
	2001상	0	4	0
	2001하	0	1	0
	2002상	2	2	100
	2002하	0	1	0
	2003상	0	1	0
	2003하	0	1	0
	2004상	0	5	0
	2004하	0	4	0
	2005상	0	4	0
	2005하	0	4	0
	2006상	0	5	0
	2006하	0	5	0
	2007상	0	0	.
	2007하	0	0	.
total		3	45	6.67

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
MDI	1998상	0	2	0
	1998하	2	3	66.67
	1999상	2	3	66.67
	1999하	0	1	0
	2000상	0	3	0
	2000하	0	3	0
	2001상	0	4	0
	2001하	0	1	0
	2002상	0	3	0
	2002하	0	3	0
	2003상	0	2	0
	2003하	0	2	0
	2004상	0	2	0
	2004하	0	4	0
	2005상	0	3	0
	2005하	1	3	33.33
	2006상	0	2	0
	2006하	0	5	0
	2007상	0	0	.
	2007하	0	0	.
	total	5	49	10.20

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)	
유지보수	1998상	0	5	0	
	1998하	1	5	20	
	1999상	0	2	0	
	1999하	0	3	0	
	2000상	0	3	0	
	2000하	0	3	0	
	2001상	0	3	0	
	2001하	4	8	50	
	2002상	1	11	9.09	
	2002하	0	8	0	
	2003상	0	68	0	
	2003하	0	44	0	
	2004상	0	54	0	
	2004하	0	65	0	
	2005상	0	52	0	
	2005하	0	52	0	
	2006상	0	38	0	
	2006하	1	52	1.92	
	2007상	1	57	1.75	
	2007하	0	76	0	
	total		8	609	1.31

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
유틸리티	1998상	0	13	0
	1998하	1	15	6.67
	1999상	2	7	28.57
	1999하	0	7	0
	2000상	2	9	22.22
	2000하	1	8	12.5
	2001상	1	3	33.33
	2001하	0	6	0
	2002상	0	10	0
	2002하	1	12	8.33
	2003상	1	12	8.33
	2003하	0	9	0
	2004상	0	13	0
	2004하	0	9	0
	2005상	0	15	0
	2005하	0	16	0
	2006상	0	16	0
	2006하	0	18	0
	2007상	0	18	0
	2007하	0	13	0
	total	9	229	3.93

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
실험	1998상	5	12	41.67
	1998하	1	14	7.14
	1999상	0	16	0
	1999하	0	15	0
	2000상	0	20	0
	2000하	0	23	0
	2001상	0	21	0
	2001하	1	17	5.88
	2002상	1	23	4.35
	2002하	0	23	0
	2003상	0	20	0
	2003하	0	34	0
	2004상	0	29	0
	2004하	0	32	0
	2005상	0	38	0
	2005하	0	39	0
	2006상	0	39	0
	2006하	0	45	0
	2007상	0	38	0
	2007하	0	43	0
	total	8	541	1.48

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
정유	1998상	3	21	14.29
	1998하	0	29	0
	1999상	0	1	0
	1999하	0	1	0
	2000상	0	15	0
	2000하	0	1	0
	2001상	0	21	0
	2001하	0	24	0
	2002상	0	27	0
	2002하	0	27	0
	2003상	0	36	0
	2003하	1	30	3.33
	2004상	0	32	0
	2004하	0	24	0
	2005상	0	26	0
	2005하	0	46	0
	2006상			
	2006하			
	2007상			
	2007하			
	total	4	361	1.11

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
출하	1998상	0	8	0
	1998하	2	7	28.57
	1999상	1	9	11.11
	1999하	0	9	0
	2000상	0	10	0
	2000하	0	11	0
	2001상	0	7	0
	2001하	1	12	8.33
	2002상	2	9	22.22
	2002하	0	7	0
	2003상	0	4	0
	2003하	0	18	0
	2004상	0	19	0
	2004하	0	18	0
	2005상	0	18	0
	2005하	0	18	0
	2006상	0	14	0
	2006하	0	14	0
	2007상	0	16	0
	2007하	0	14	0
	total	6	242	2.48

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
기타공정	1998상	3	9	33.33
	1998하	0	12	0
	1999상	0	13	0
	1999하	0	13	0
	2000상	0	12	0
	2000하	0	12	0
	2001상	0	20	0
	2001하	0	18	0
	2002상	0	11	0
	2002하	0	16	0
	2003상	0	15	0
	2003하	0	19	0
	2004상	0	7	0
	2004하	0	7	0
	2005상	0	7	0
	2005하	0	3	0
	2006상	0	4	0
	2006하	0	7	0
	2007상	0	2	0
	2007하	0	6	0
	total	3	213	1.41

직무	연도	초과건	전체측정건	초과율(%)
탱크	1998상	0	6	0
	1998하	0	6	0
	1999상	1	8	12.5
	1999하	0	2	0
	2000상	0	3	0
	2000하	0	5	0
	2001상	1	1	100
	2001하	0	11	0
	2002상	0	14	0
	2002하	0	13	0
	2003상	0	14	0
	2003하	0	18	0
	2004상	0	17	0
	2004하	0	27	0
	2005상	0	15	0
	2005하	0	18	0
	2006상	0	35	0
	2006하			
	2007상			
	2007하			
	total	2	213	0.94

2) 1,3-부타디엔 노출사업장

(1) 직무별 연도별 1,3-부타디엔의 퍼센타일 분포

1,3-부타디엔 노출사업장의 직무는 7개로 나누었으며, 1998년부터 2007년까지의 퍼센타일 분포는 다음 표와 같다.

국회제출(10.2.8)외 사용금지

<표 250> 직무별 연도별 1,3-부타디엔 노출량 퍼센타일 분포 (1998상-2007하)

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100				
1-3 부타 디엔 정제	1998상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006			
	1998하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006		
	1999상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	1999하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.01	0.014	0.014	0.014	0.014	0.017	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
	2000상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	2000하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
	2001상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2001하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2002상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2002하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2003상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2003하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2004상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2004하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2005상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2005하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.01	0.016	0.032	0.062	0.102	0.184	0.217	0.33	1.032	1.882	2.49			
	2006.1	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.009	0.027	0.076	0.089	0.101	0.122	0.159	0.226	0.401	0.594	1.062	6.786	7.687	7.854			
	2006하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2007상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
	2007하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.729	1.452	1.452	1.452	1.452	1.45		

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100	
제품 생산	1998하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	1.46	2.914	2.914	2.914	2.914	2.914	
	1999상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	2000상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.86	1.713	1.713	1.713	1.713	3.757	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	
	2000하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	2001상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.838	1.669	1.669	1.669	1.669	5.582	9.494	9.494	9.494	9.494	9.494	
	2001하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.017	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	
	2002상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.056	0.106	0.106	0.106	0.429	0.751	0.751	0.751	3	5.248	5.248	5.248	5.248
	2002하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.159	0.311	0.379	0.446	0.742	1.038	1.038
	2003상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.02	0.033	0.168	0.303	0.315	0.327	1.101	1.874	1.874
	2003하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	2004상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.061	0.332	0.332	0.688	0.688
	2004하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.032	0.057	0.11	0.123	0.123	0.13	0.163	0.163	0.197	4.112	4.112	4.112
	2005상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.05	0.098	0.193	0.193	0.236	0.452	1.28	1.537	1.574	1.831	4.913	5.95	8.206	8.206
	2006하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.019	0.115	0.222	0.434	1.261	2.364	3.175	3.522
	2007상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.023	0.04	0.04	0.04	0.137	0.233	0.233	0.233	0.563	0.893	0.893	0.893	2.565	4.237	4.237	4.237	4.237	4.237
2007하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.013	0.021	0.025	0.057	0.07	0.142	0.2	0.26	0.303	0.342	0.35	0.458	0.75	1.98	1.98	
실험	2003상	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	
	2003하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	2004상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	2004하	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
	2005상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	3.403	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
	2005하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	1.02	2.033	2.033	2.033	5.469	8.904	8.904	8.904	8.904
	2006상	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.085	0.085	0.085	5.553	5.553	5.553	7.864	7.864	7.864
	2006하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.153	0.153	0.451	0.451	7.272	7.272	7.272
	2007상	0.297	0.297	0.297	0.297	0.322	0.346	0.346	0.346	0.477	0.608	0.608	0.608	1.024	1.44	1.44	1.44	67.167	132.894	132.894	132.894	132.894	132.894
2007하	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.045	0.227	0.408	0.637	2.525	2.525	2.525	

(2) 직무별 연도별 1,3-부타디엔 노출기준 초과율
 1,3-부타디엔의 직무별 연도별 노출기준 초과율은 2ppm을 기준으로 하였다.

<표 251> 직무별 연도별 1,3-부타디엔 노출기준 초과율

직무	연도	초과건수	측정건수	%
1,3-부타디엔 정제	1998상	0	1	0.00
	1998하	0	2	0.00
	1999상	0	4	0.00
	1999하	0	4	0.00
	2000상	0	3	0.00
	2000하	0	3	0.00
	2001상	0	1	0.00
	2001하	0	1	0.00
	2002상	0	3	0.00
	2002하	0	3	0.00
	2003상	0	3	0.00
	2003하	0	4	0.00
	2004상	0	3	0.00
	2004하	0	3	0.00
	2005상	0	4	0.00
	2005하	1	25	4.00
	2006상	3	25	12.00
	2006하	0	7	0.00
	2007상	0	3	0.00
	2007하	0	5	0.00
	total	4	107	3.74

직무	연도	초과건수	측정건수	%
제품생산	1998하	1	4	25.00
	1999상	0	12	0.00
	2000상	1	4	25.00
	2000하	0	4	0.00
	2001상	1	4	25.00
	2001하	0	4	0.00
	2002상	1	5	20.00
	2002하	0	10	0.00
	2003상	0	10	0.00
	2003하	0	10	0.00
	2004상	0	13	0.00
	2004하	1	14	7.14
	2005상	3	19	15.79
	2006하	2	20	10.00
	2007상	1	5	20.00
	2007하	0	30	0.00
		total	11	168
실험	2003상	0	1	0.00
	2003하	0	1	0.00
	2004상	0	1	0.00
	2004하	1	1	100.00
	2005상	1	4	25.00
	2005하	2	5	40.00
	2006상	2	7	28.57
	2006하	1	11	9.09
	2007상	1	5	20.00
	2007하	1	15	6.67
	total	9	51	17.65
유지보수	2005상	0	1	0.00
	2006하	0	1	0.00
	2007상	0	9	0.00
	2007하	0	1	0.00
	total	0	12	0.00

직무	연도	초과건수	측정건수	%
유틸리티	2006하	0	3	0.00
	2007상	0	5	0.00
	2007하	0	3	0.00
	total	0	11	0.00
출하/탱크	1998하	0	1	0.00
	2005하	0	1	0.00
	2006상	0	1	0.00
	2006하	0	1	0.00
	2007상	0	1	0.00
	2007하	0	1	0.00
	total	0	6	0.00
기타	2005상	0	14	0.00
	2005하	0	5	0.00
	2006상	0	6	0.00
	2006하	0	14	0.00
	2007상	0	10	0.00
	total	0	55	0.00

3) VCM 노출 사업장

(1) 직무별 연도별 VCM 노출의 퍼센타일 분포

직무별 VCM 노출 농도를 1998년부터 2007년까지 퍼센타일 분포를 이용해 알아보았다.

국회제철(10.2.8)외 사용금지

<표 252> 직무별 연도별 VCM 퍼센타일 분포

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100	
VCM 생산	1998상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.574	0.574	0.574	
	1998하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.006	0.061	0.061	0.234	0.234	0.556	0.556	0.556	
	1999상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.138	0.138	0.138	0.208	0.208	0.257	0.257	0.275	0.275	0.402	0.402	0.402	
	1999하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	2000상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.017	0.017	0.017	0.027	0.027	0.049	0.049	0.161	0.161	0.89	0.89	0.89	
	2000하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.026	0.026	0.095	0.095	0.095	
	2001상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.019	0.036	0.037	0.038	0.0425	0.047	0.3855	0.724	0.724	
	2001하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	2002상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.011	0.011	0.016	0.039	0.039	0.039	0.039	0.053	0.053	0.25	0.25	0.43	0.43
	2002하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.031	0.035	0.035	0.138	0.138	0.15	0.15	0.23	0.23	0.252	0.252	
	2003상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.037	0.037	0.059	0.059	0.08	0.08	0.151	0.151	0.552	0.552	
	2003하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.01	0.025	0.04	0.045	0.05	0.125	0.2	0.2	
	2004상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.05	0.05	0.0695	0.09	0.09	0.185	0.185	0.349	0.349	0.366	0.366	0.389	0.389
	2004하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.025	0.025	0.229	0.229
	2005상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.008	0.014	0.02	0.026	0.184	0.342	0.382	0.422	0.487	0.552	0.552	
	2005하	0.002	0.002	0.0075	0.013	0.022	0.031	0.0355	0.04	0.04275	0.0455	0.04625	0.047	0.0565	0.066	0.073	0.08	0.101	0.122	0.137	0.152	0.152	
	2006상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.04	0.04	0.043	0.044	0.044	0.079	0.155	0.155	0.1785	0.284	0.284	0.424	0.557	0.557	0.679	0.679	
	2006하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0185	0.035	0.0385	0.042	0.043	0.044	0.0555	0.067	0.07	0.073	0.0835	0.094	0.1208	0.1476	0.1476	
	2007상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.016	0.016	0.045	0.045	0.886	0.886	
	2007하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.023	0.067	0.067	0.227	0.338	0.338	0.43	0.682	0.682	

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100
PVC 생산제품	1998상	0.002	0.002	0.002	0.469	0.469	0.469	0.469	0.515	0.515	0.525	0.578	0.607	0.655	0.68	0.68	0.68	0.707	0.707	0.786	0.806	0.806
	1998하	0.002	0.002	0.002	0.067	0.112	0.175	0.181	0.259	0.259	0.269	0.269	0.303	0.39	0.39	0.427	0.606	0.606	0.606	0.606	0.606	0.62
	1999상	0.002	0.002	0.002	0.328	0.635	0.635	0.635	0.672	0.728	0.728	0.728	0.728	0.748	0.763	0.823	0.848	0.848	0.856	0.878	0.878	0.878
	1999하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.064	0.1285	0.172	0.226	0.261	0.261	0.3005	0.34	0.377	0.678	0.685	0.685	0.685	0.735	0.788	0.822	0.822
	2000상	0.002	0.002	0.002	0.215	0.215	0.215	0.307	0.663	0.697	0.697	0.697	0.763	0.783	0.848	0.875	0.8845	0.903	0.903	0.904	0.915	0.916
	2000하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.096	0.111	0.115	0.115	0.115	0.115	0.177	0.199	0.214	0.245	0.316	0.316	0.336	0.738	0.738	0.781	0.781
	2001상	0.002	0.002	0.002	0.044	0.044	0.068	0.068	0.068	0.576	0.576	0.5825	0.636	0.675	0.686	0.686	0.753	0.799	0.807	0.922	0.927	0.927
	2001하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.137	0.186	0.204	0.29	0.307	0.336	0.382	0.435	0.491	0.537	0.537	0.537	0.643	0.643	0.801	0.996
	2002상	0.002	0.002	0.052	0.184	0.19	0.1975	0.257	0.287	0.287	0.342	0.3445	0.52	0.52	0.672	0.672	0.72	0.745	0.817	0.819	0.819	3.53
	2002하	0.002	0.028	0.028	0.028	0.074	0.083	0.193	0.211	0.319	0.319	0.38	0.391	0.442	0.456	0.47	0.507	0.527	0.601	0.717	0.884	1.516
	2003상	0.002	0.002	0.002	0.055	0.055	0.055	0.06	0.06	0.071	0.071	0.1885	0.278	0.311	0.4877	0.523	0.571	0.619	0.731	0.756	0.883	0.883
	2003하	0.002	0.01	0.01	0.04	0.04	0.04	0.07	0.07	0.09	0.3	0.51	0.55	0.55	0.673	0.7165	0.7335	0.75	0.79	0.799	0.8	0.81
	2004상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.06275	0.136	0.136	0.152	0.152	0.152	0.191	0.204	0.468	0.517	0.5525	0.61	0.61	0.746	0.795	0.853
	2004하	0.002	0.002	0.002	0.011	0.036	0.051	0.088	0.116	0.12	0.133	0.344	0.439	0.511	0.533	0.566	0.566	0.566	0.586	0.623	0.769	0.769
	2005상	0.002	0.002	0.0055	0.012	0.053	0.133	0.2335	0.267	0.277	0.311	0.3385	0.369	0.3875	0.451	0.5115	0.5765	0.6455	0.744	0.74475	0.86	1.127
	2005하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.081	0.143	0.145	0.236	0.2525	0.329	0.591	0.63	0.739	0.763	0.801	0.833	0.863	0.907	0.935	0.947	0.949
	2006상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.509	0.529	0.553	0.57	0.586	0.629	0.632	0.65	0.668	0.712	0.725	0.794	0.876	1.071	1.131	1.821
	2006하	0.1097	0.1523	0.3669	0.388	0.436	0.488	0.528	0.566	0.584	0.6881	0.7182	0.7403	0.7422	0.7792	0.7819	0.7846	0.7927	0.8011	0.8066	0.8118	0.9158
	2007상	0.002	0.002	0.002	0.0568	0.0578	0.147	0.167	0.1735	0.313	0.382	0.421	0.4442	0.5295	0.6075	0.8052	0.818	0.867	0.8812	1.087	1.5418	2.9119
2007하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.032	0.2149	0.222	0.293	0.376	0.4995	0.512	0.6117	0.732	0.7705	0.777	0.7871	0.8693	0.871	0.9274	0.93	0.949	

직무	연도	p_1	p_5	p_10	p_15	p_20	p_25	p_30	p_35	p_40	p_45	p_50	p_55	p_60	p_65	p_70	p_75	p_80	p_85	p_90	p_95	p_100		
실협	1998상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.261	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	
	1998하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.126	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
	1999상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.2295	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	
	1999하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.378	0.754	0.754	0.754	0.754	0.754	
	2000상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
	2000하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	2001상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	2001하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.4075	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813
	2002상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
	2002하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.046	0.09	0.09	0.09	0.09	0.1355	0.181	0.181	0.181	0.3425	0.504	0.504	0.504	0.6525	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
	2003상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.01	0.01	0.01	0.01	0.0295	0.049	0.049	0.049	0.2695	0.49	0.49	0.49	0.5915	0.693	0.693	0.693	0.693	0.693
	2003하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.091	0.18	0.18	0.18	0.18	0.47	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	
	2004상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0385	0.075	0.075	0.075	0.1205	0.166	0.166	0.166	0.166	0.388	0.61	0.61	0.61	0.7785	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947
	2004하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0475	0.093	0.093	0.093	0.4615	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
	2005상	0.002	0.002	0.002	0.017	0.017	0.02	0.023	0.023	0.132	0.132	0.1525	0.173	0.173	0.34	0.34	0.599	0.858	0.858	1.101	1.101	1.101	1.101	
	2005하	0.002	0.002	0.002	0.036	0.036	0.0405	0.045	0.045	0.226	0.226	0.299	0.372	0.372	0.492	0.492	0.568	0.644	0.644	0.9	0.9	0.9	0.9	
	2006상	0.002	0.002	0.002	0.002	0.099	0.099	0.105	0.105	0.1605	0.1605	0.1645	0.258	0.258	0.349	0.349	0.434	0.434	0.602	0.602	0.694	0.694	0.694	
	2006하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.025	0.025	0.032	0.032	0.032	0.065	0.065	0.434	0.434	0.447	0.447	0.507	0.507	0.507	0.507	
	2007상	0	0	0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.116	0.116	0.844	0.844	0.844	
	2007하	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.056	0.077	0.081	0.117	0.153	0.179	0.196	0.902	0.902	

(2) 직무별 연도별 VCM 초과율
 VCM의 직무별 연도별 노출기준 초과율은 1 ppm을 기준으로 하였다.

<표 253> 직무별 연도별 VCM 노출 초과율

직무	연도	초과건	측정건	초과율(%)
VCM 생산	1998상	0	9	0
	1998하	0	9	0
	1999상	0	9	0
	1999하	0	4	0
	2000상	0	9	0
	2000하	0	9	0
	2001상	0	10	0
	2001하	0	11	0
	2002상	0	11	0
	2002하	0	11	0
	2003상	0	11	0
	2003하	0	10	0
	2004상	0	11	0
	2004하	0	11	0
	2005상	0	10	0
	2005하	0	10	0
	2006상	0	13	0
	2006하	0	10	0
	2007상	0	11	0
	2007하	0	14	0
	total	0	203	0

직무	연도	초과건	측정건	초과율(%)
PVC 제품생산	1998상	0	29	0
	1998하	0	29	0
	1999상	0	27	0
	1999하	0	28	0
	2000상	0	28	0
	2000하	0	26	0
	2001상	0	28	0
	2001하	0	26	0
	2002상	1	28	3.57
	2002하	1	28	3.57
	2003상	0	28	0
	2003하	0	28	0
	2004상	0	28	0
	2004하	0	28	0
	2005상	1	30	3.33
	2005하	0	29	0
	2006상	3	29	10.34
	2006하	0	39	0
	2007상	3	29	10.34
	2007하	0	29	0
total		9	574	1.57

직무	연도	초과건	측정건	초과율(%)
실험	1998상	0	4	0
	1998하	0	4	0
	1999상	0	4	0
	1999하	0	4	0
	2000상	0	2	0
	2000하	0	2	0
	2001상	0	3	0
	2001하	0	4	0
	2002상	0	4	0
	2002하	0	5	0
	2003상	0	5	0
	2003하	0	4	0
	2004상	0	5	0
	2004하	0	5	0
	2005상	1	8	12.5
	2005하	0	8	0
	2006상	0	11	0
	2006하	0	9	0
	2007상	0	8	0
	2007하	0	16	0
	total	1	115	0.87

직무	연도	초과건	측정건	초과율(%)
출하	1998상	0	1	0
	1998하	0	1	0
	1999상			
	1999하			
	2000상			
	2000하			
	2001상			
	2001하			
	2002상			
	2002하			
	2003상			
	2003하			
	2004상			
	2004하			
	2005상			
	2005하			
	2006상			
	2006하			
	2007상			
	2007하			
	total	0	2	0

4. 고찰

본 직무노출매트릭스는 1998년부터 2007년까지 여수·광양산단 11개 사업장에서 실시한 정기 작업환경측정자료를 정리한 것이다.

개별 사업장을 넘어 다수의 사업장의 노출자료를 정리했다는 점과 노출공정의 필드맨 이외에도 실험실 근로자, 폐수처리장(유틸리티) 근로자, 직접 노출이 없는 공정에서 측정이 된 경우 등 다수의 직종에서 노출 수준을 정리했다라는 장점이 있다.

하지만 여러 사업장에서 개별로 실시하는 작업환경측정 자료를 정리하였기 때문에, 측정값 및 방법 등이 표준화되어 있지 않은 문제가 있다. 예로 LOD 값이 작업환경측정기관별, 연도별로 다른데 이를 정확히 반영하기가 어려웠다.

또한 직무노출매트릭스를 활용하여 건강영향평가의 정확도를 향상시켜야 하지만 본 조사에서는 이를 활용하지 못하였다.

본 결과들은 개별 사업장에서 시행한 정기 작업환경측정 결과이기 때문에 대정비 같은 비정형적 노출을 반영하지 못하고 있다. 작업환경측정은 사업주가 측정기관에 비용을 지불하기 때문에, 일반적으로 노출기준보다 낮게 결과를 보고하는 경향이 있다. 따라서 본 결과의 활용상에 있어서 이 부분이 고려되어야 한다.

노출공정의 필드맨은 샘플링, 점검(log), 공정의 간단한 보수 등에서 벤젠 등에 노출되었을 것이다. 일부 사업장은 샘플링을 실험실 근로자가 해가기 때문에 사업장마다 노출되는 양상이 다를 수 있다. 필드맨의 노출 수치는 샘플링 숫자, 긴급상황의 발생 등 당일을 작업 내용에 영향을 많이 받을 것으로 생각된다.

폐수처리(WWT: waste water treatment) 부서의 근로자도 벤젠 등에 노출되는 경우가 있었는데, 이는 공정에 트러블이 생긴 경우, 보수를 하는 경우 벤젠 등이 폐수로 유출되어 발생할 수 있을 것이다.

실험실 근로자의 벤젠 등 노출은 샘플링 작업, 시료통 세척 작업, 분석 과정(시료주입 등)에서 발생할 수 있을 것이다. 분석 근로자뿐만 아니라 pilot 가동 등의 공정개선 관련 연구 근로자도 작업형태(혹은 사업장)에 따라 노출 가능성이 있는 것으로 보인다.

공무 근로자는 유지보수 작업시에 직접노출이 가능할 것으로 판단된다. 1997년 경제위기 이후에는 아웃소싱이 많이 이루어져 발주처 공무 근로자는 주로 감독역할을 수행하고, 실제 노출 위험이 높은 작업은 건설 근로자가 수행하게 되는 경우가 많았다.

환경부 대기환경보전법에 의한 휘발성유기용제(VOCs) 총량규제가 1997년부터 적용되었는데, 이후 작업환경이 상당히 개선되고 있다. 파이프라인, 가스켓, 펌프, 콤프레샤 등에서 벤젠이 누출될 수 있는데, 이러한 부분은 정기적인 체크 시스템(LDAR, 자동감지장치 등)의 도입을 통하여 개선되고 있다. 펌프의 경우 누출이 자주 발생할 수 있는데, 차츰 누출이 적은 더블실(double seal), 닌실(non seal) 형태의 펌프로 교체되고 있다. 샘플링의 경우도 1990년대 하반기부터 폐쇄형 샘플링 시스템으로 바뀌고 있다. 이러한 시스템에서는 개방된 형태에서 시료를 받는 것에 비해 노출이 최소화 되며, 기화된 VOCs의 회수 설비가 있는 경우는 더욱 노출량이 줄어들게 된다. 출하관련 작업에서도 VOCs 회수 설비가 도입되어 회수된 VOCs를 태워버리기 때문에 노출량이 과거에 비해 줄어들고 있을 것으로 생각된다. VOCs 소각설비라 할지라도 완전연소가 이루어지는 것은 아니기 때문에, 소각로 굴뚝에서 배출되는 벤젠 등 VOCs의 양은 환경부 규제를 받고 있다. 폐수처리장도 VOCs 규제에 따라 폐수가 대기에 개방되어 노출된 과거와는 달리 현재는 뚜껑을 덮는 등의 폐쇄식으로 개선된 경우가 많았다.

5. 결 론

1998년부터 2007년까지 여수·광양산단 11개 사업장에서 실시한 정기 작업환경측정자료를 노출작업(혹은 공정)에 따라 정리하였다.

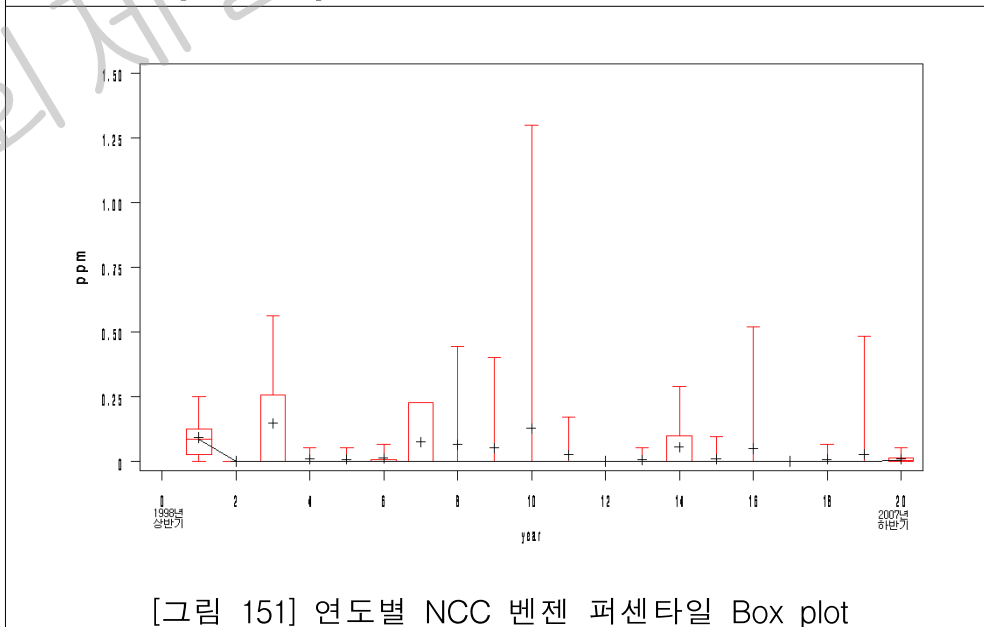
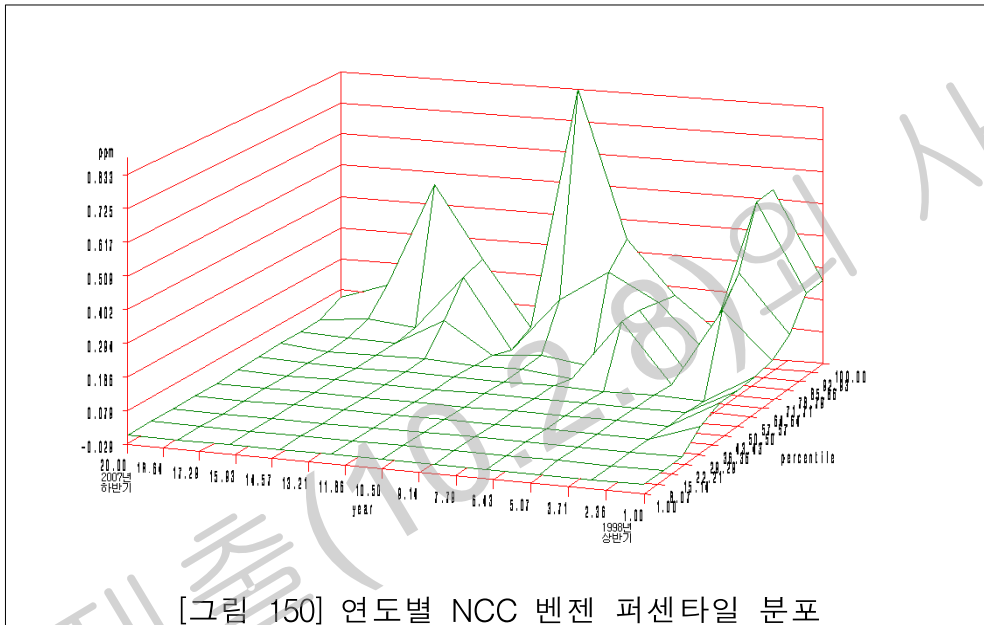
벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐(VCM)에 대하여 직무별, 연도별 노출량 퍼센타일 분포를 계산하였으며, 초과율을 알아보았다.

국회제출(10.2.8)외 사용금지

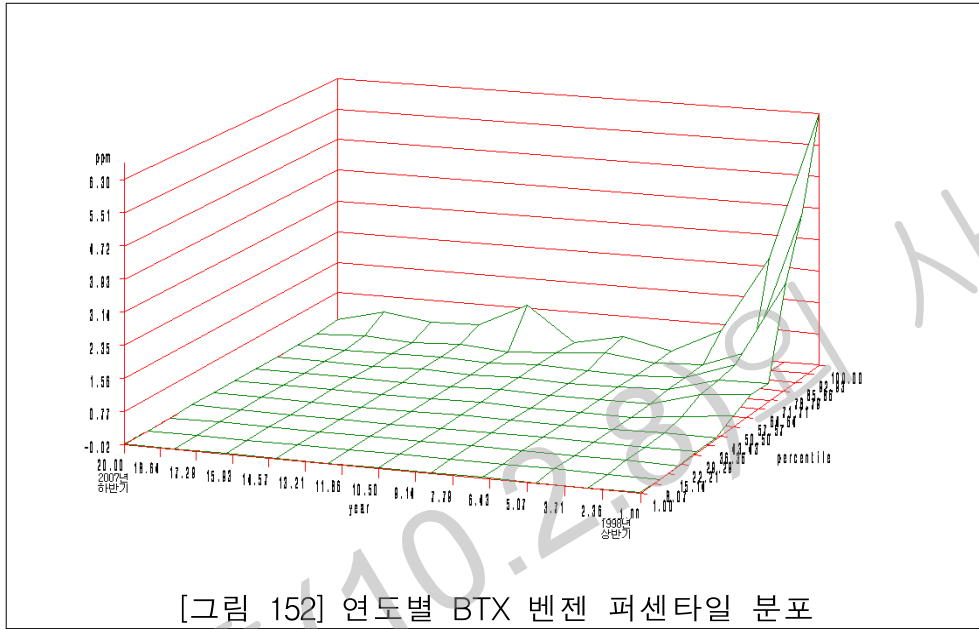
※ 참고 : 직무별 연도별 벤젠 노출량 분포 그래프

1. 벤젠 노출 사업장

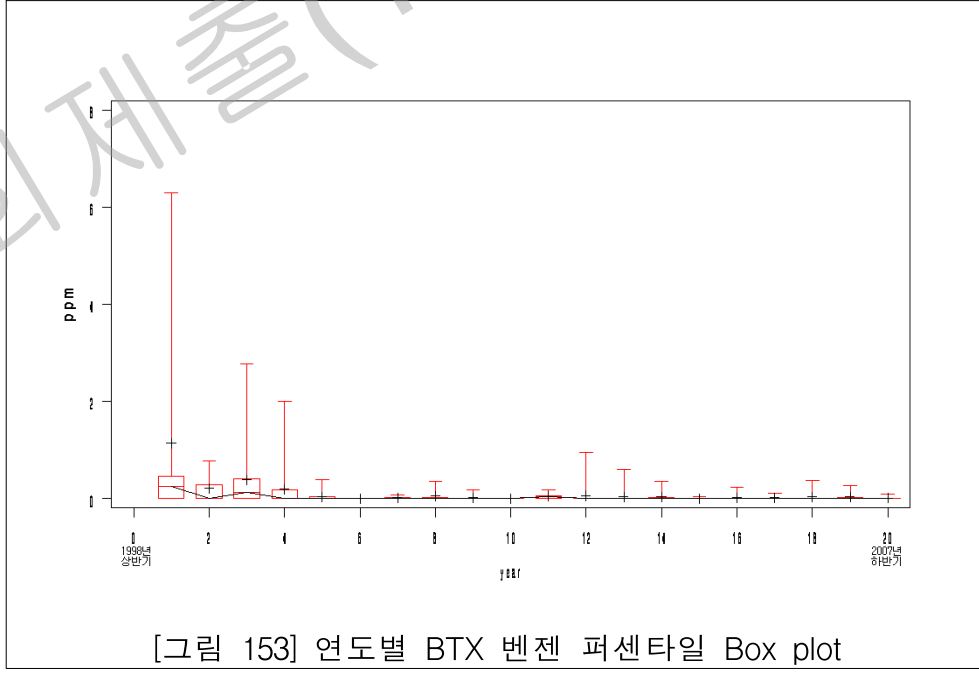
(가) NCC



(나) BTX

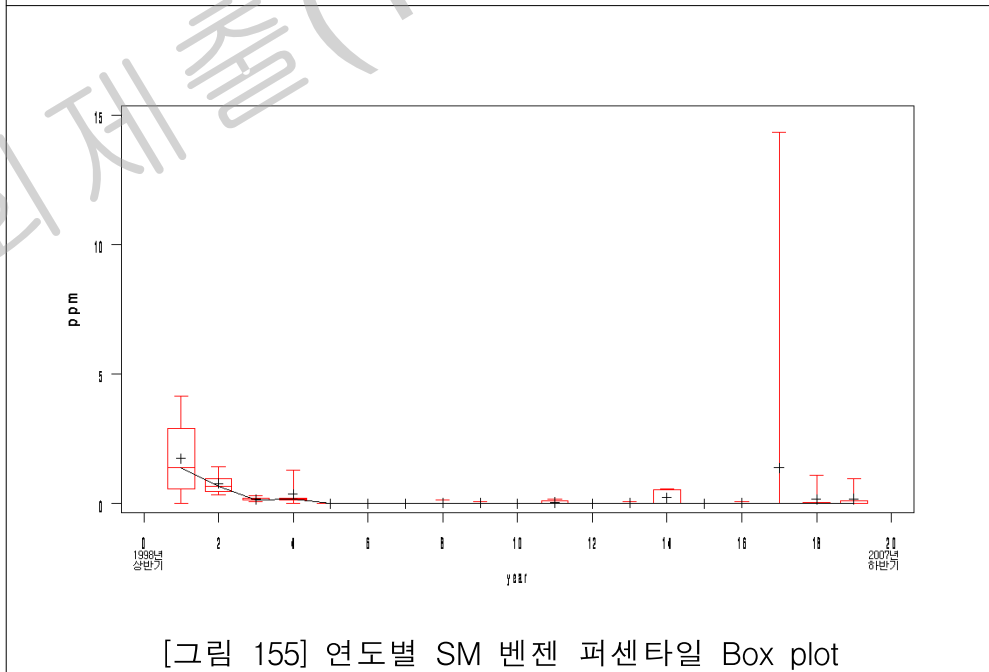
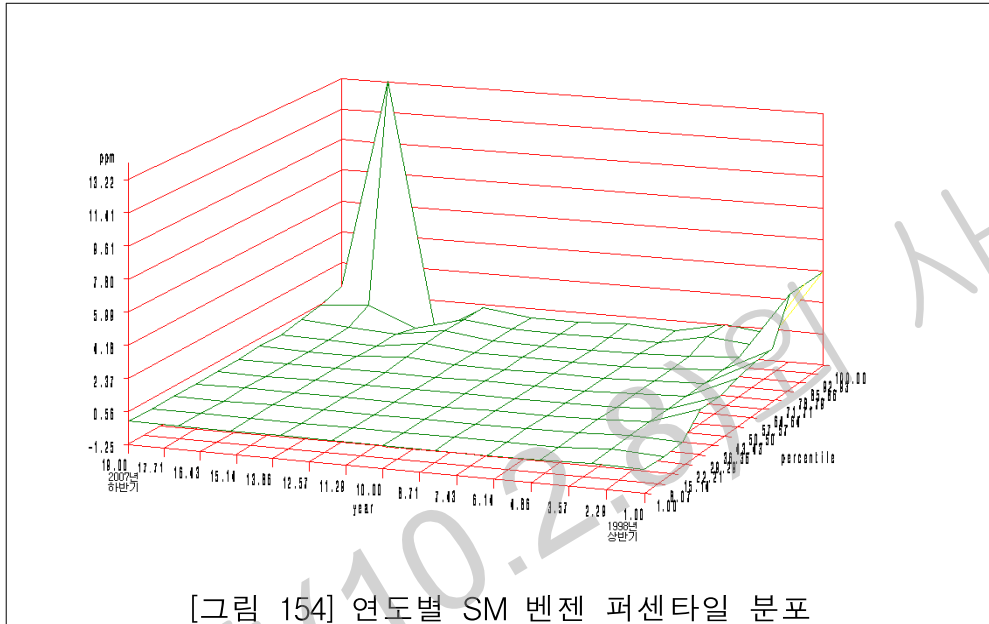


[그림 152] 연도별 BTX 벤젠 퍼센타일 분포

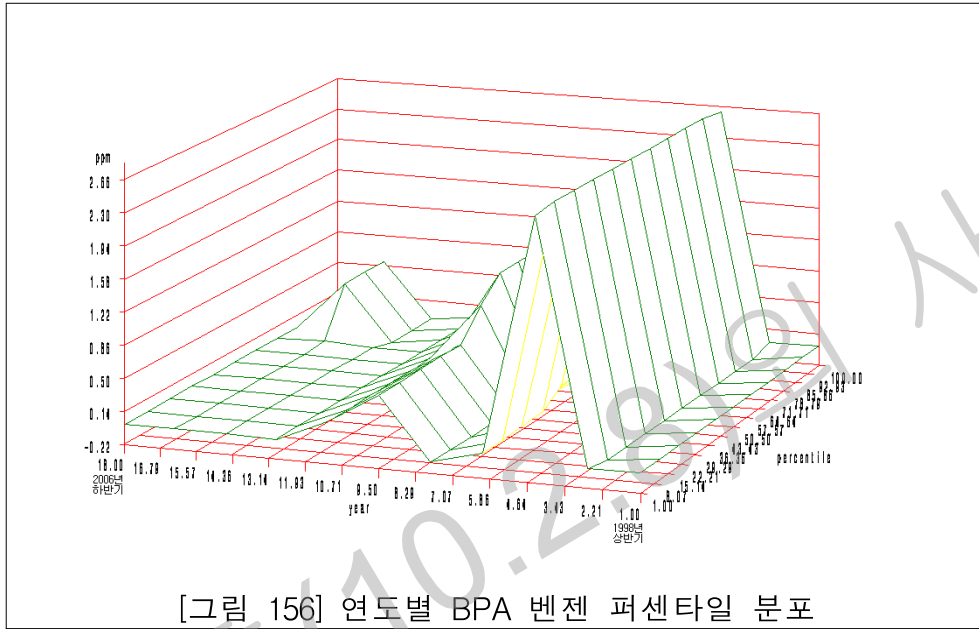


[그림 153] 연도별 BTX 벤젠 퍼센타일 Box plot

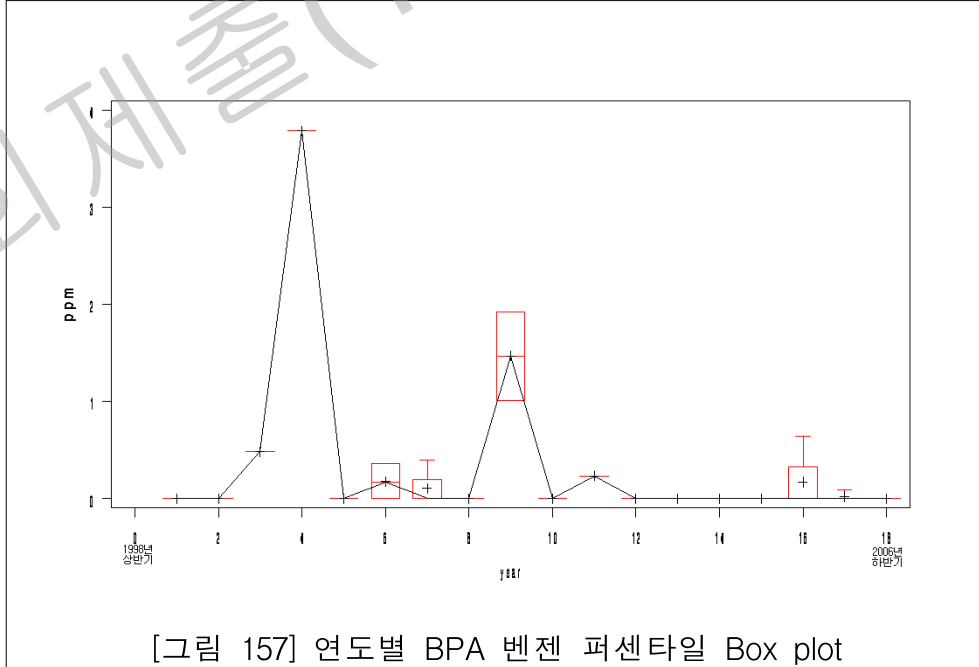
(다) SM



(라) BPA

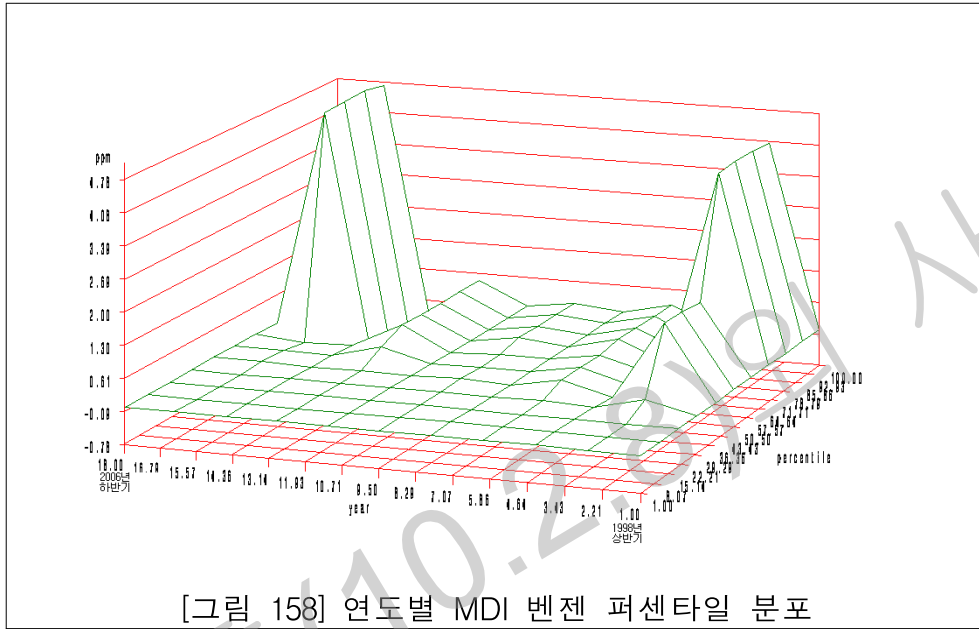


[그림 156] 연도별 BPA 벤젠 퍼센타일 분포

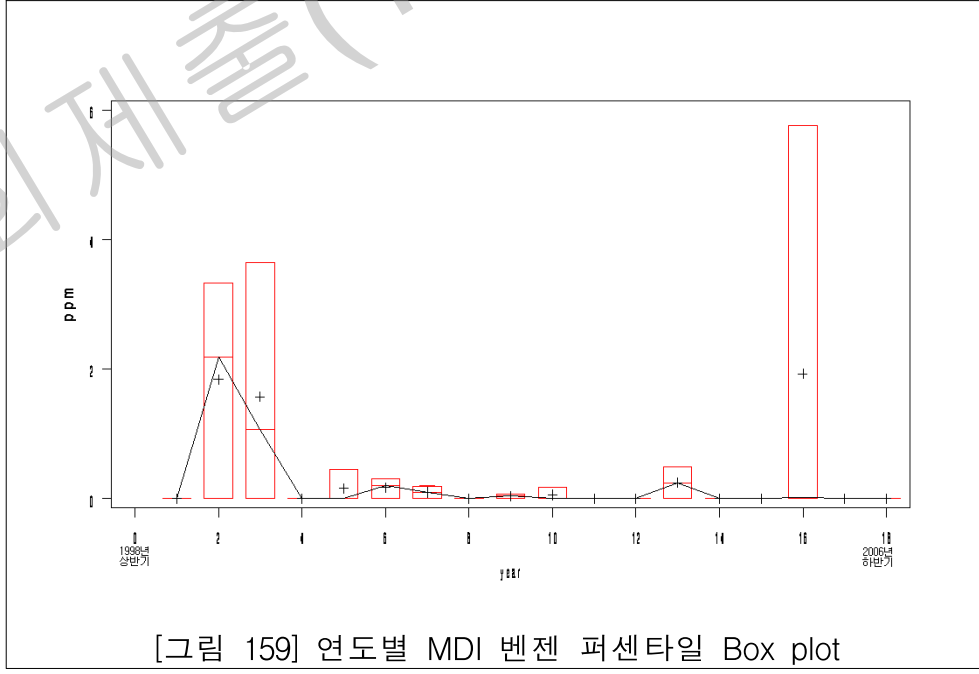


[그림 157] 연도별 BPA 벤젠 퍼센타일 Box plot

(마) MDI

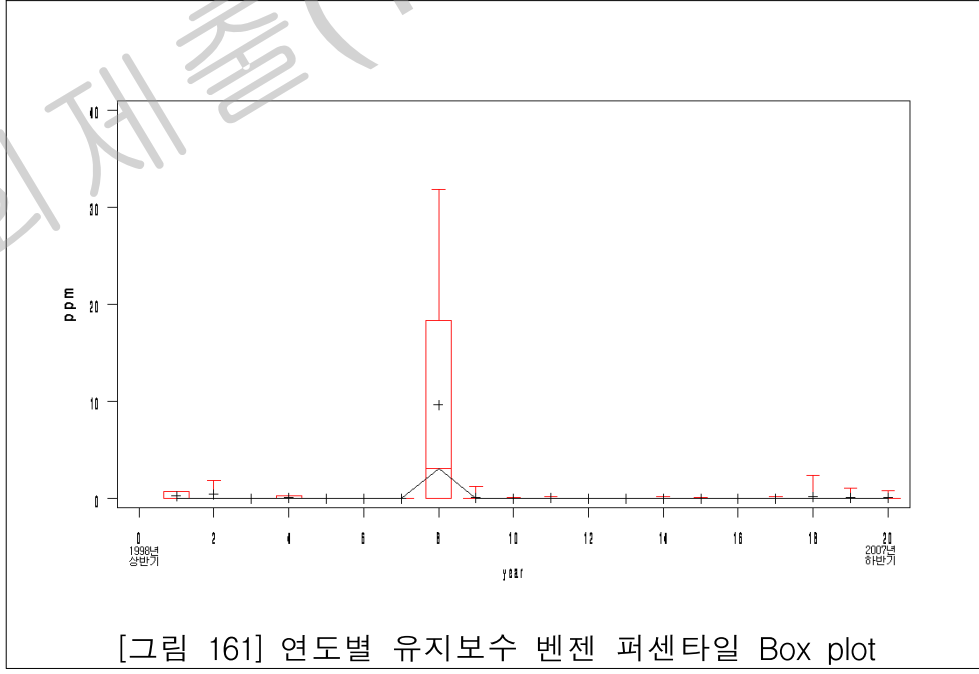
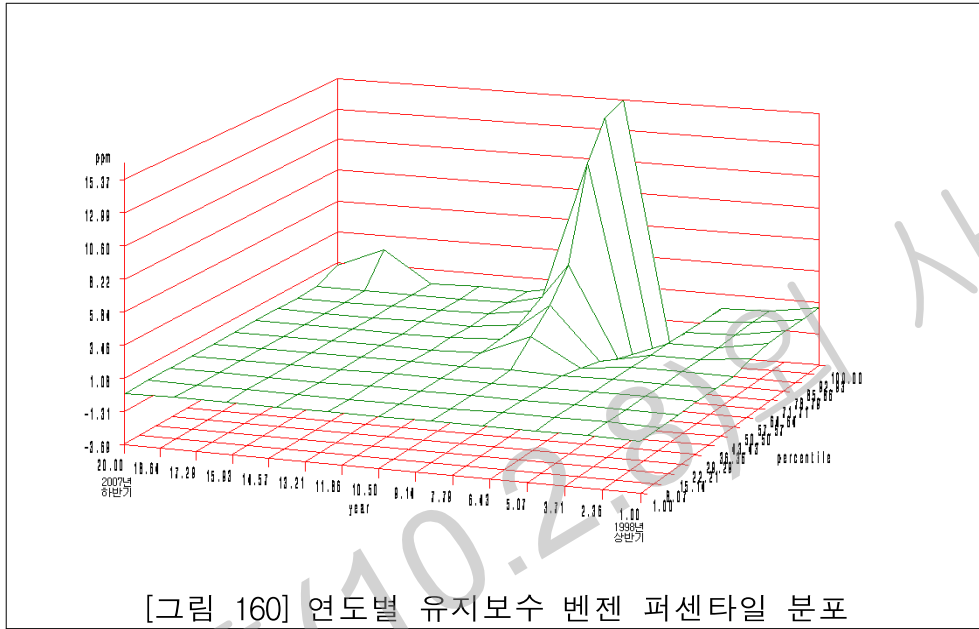


[그림 158] 연도별 MDI 벤젠 퍼센타일 분포

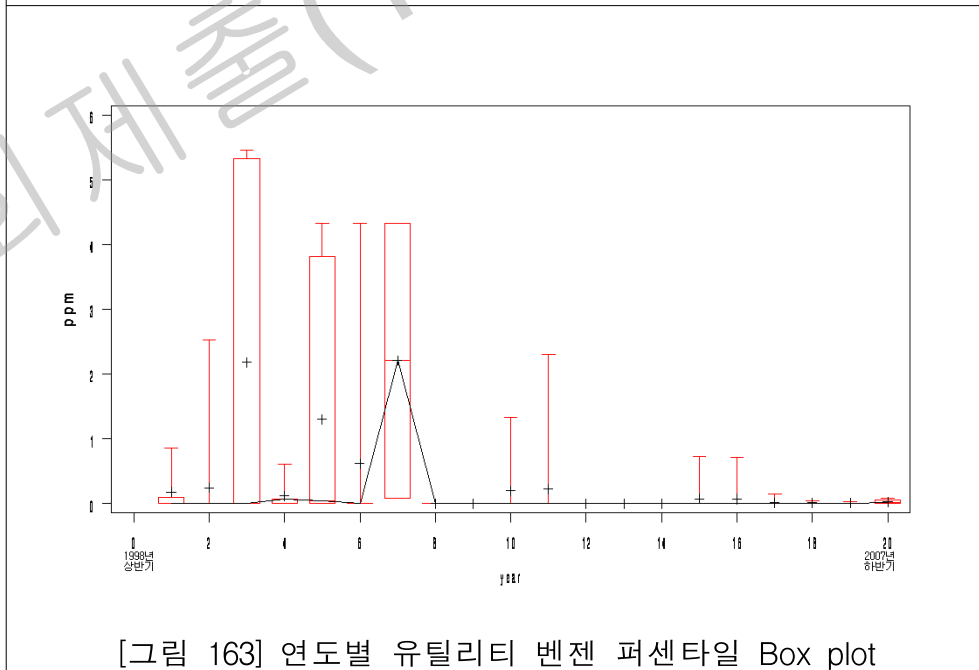
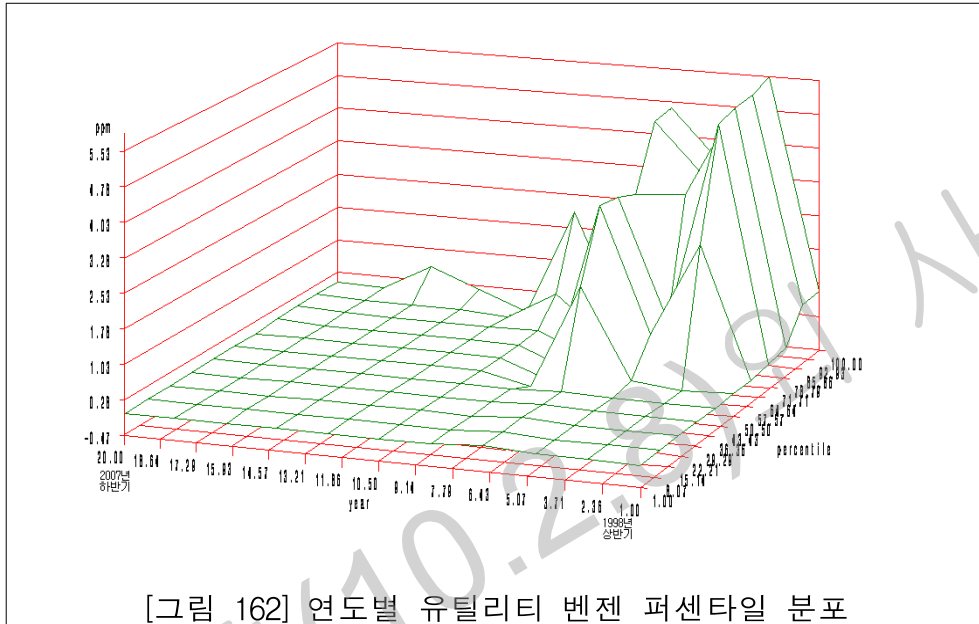


[그림 159] 연도별 MDI 벤젠 퍼센타일 Box plot

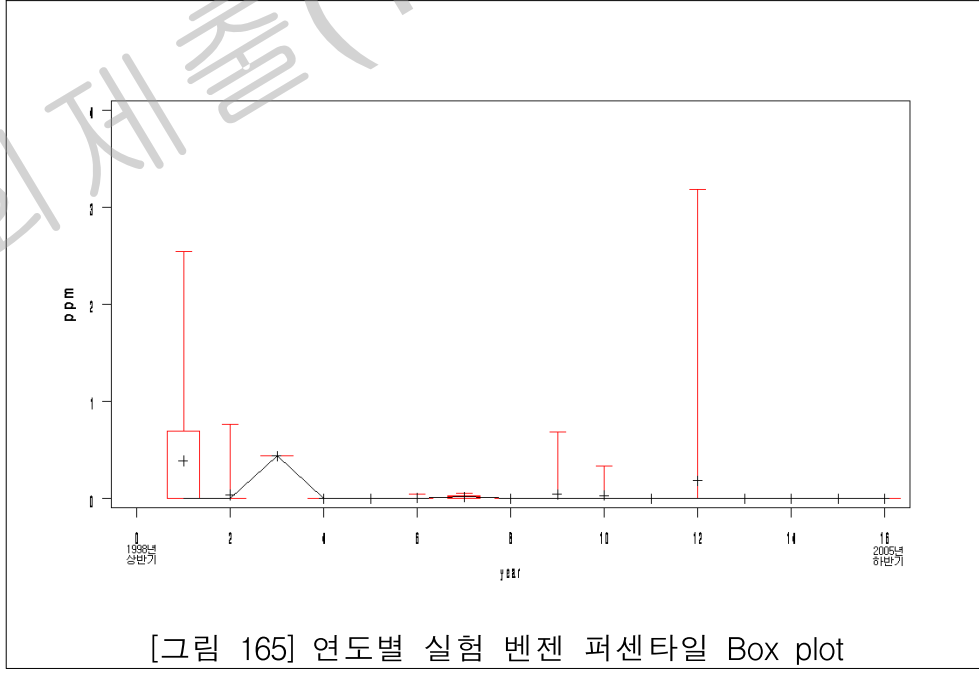
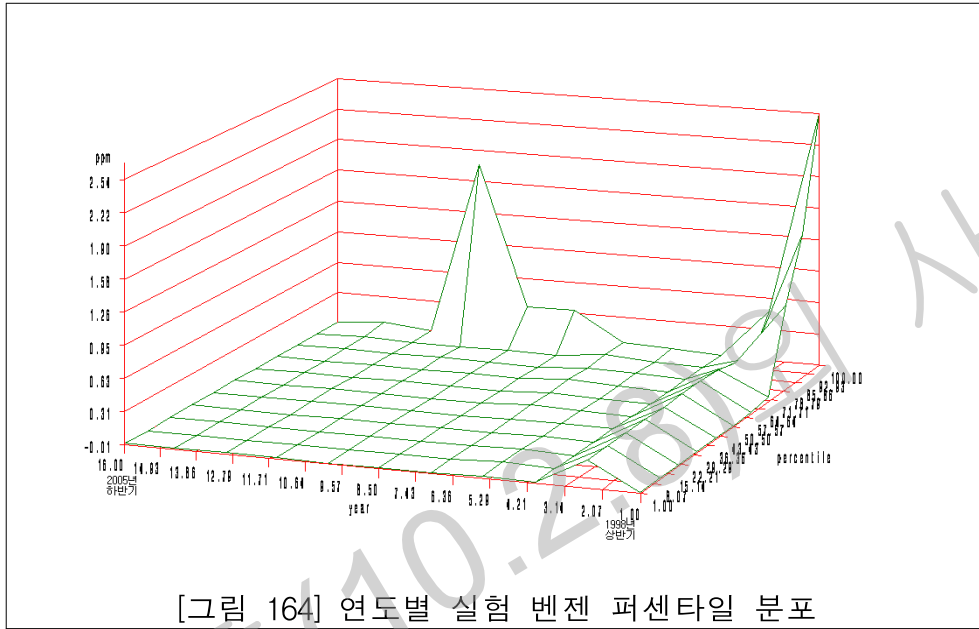
(바) 유지보수



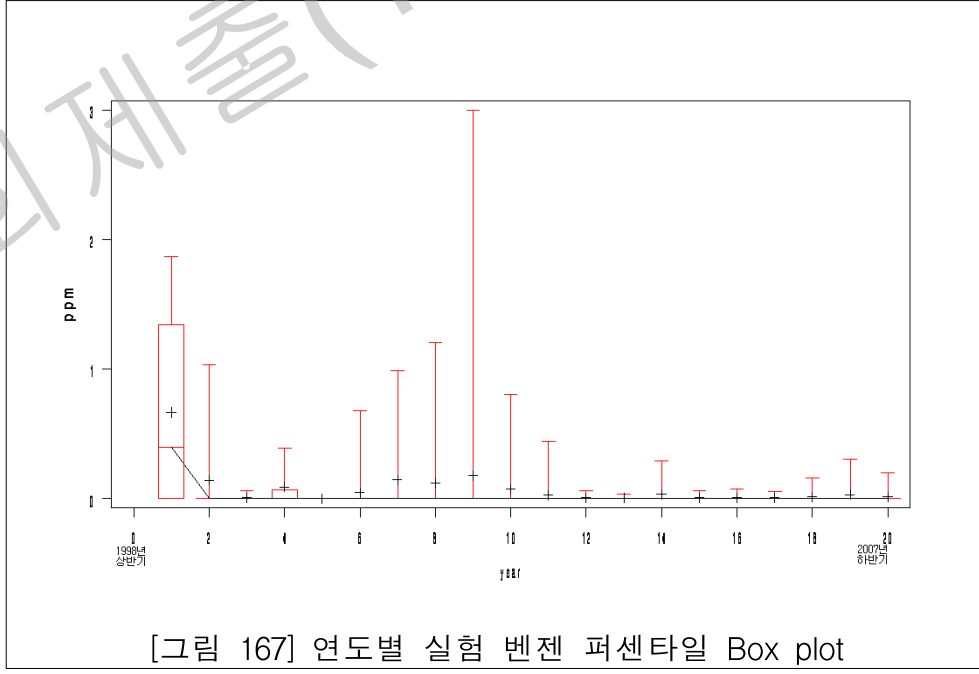
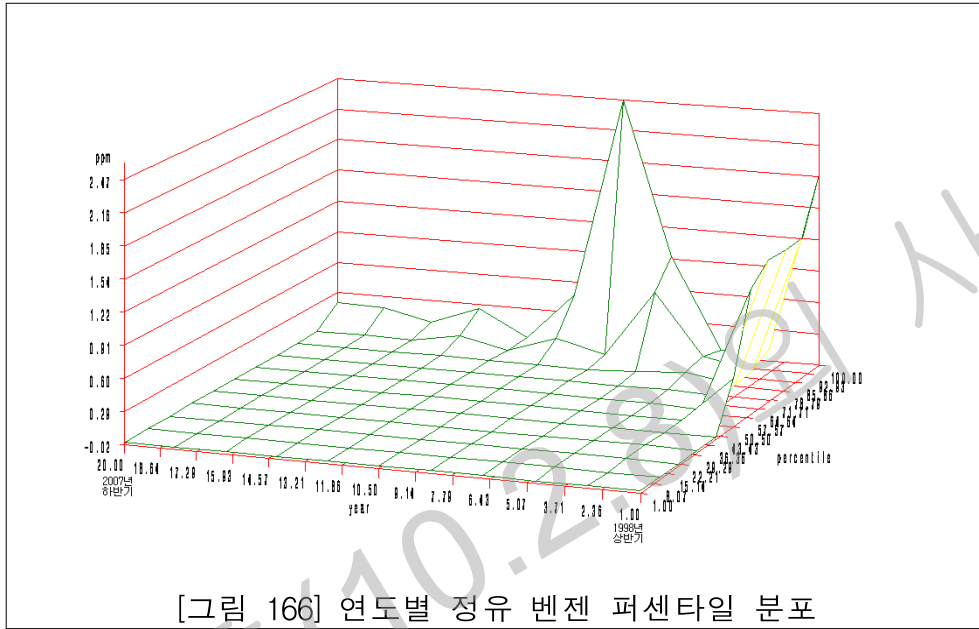
(사) 유틸리티



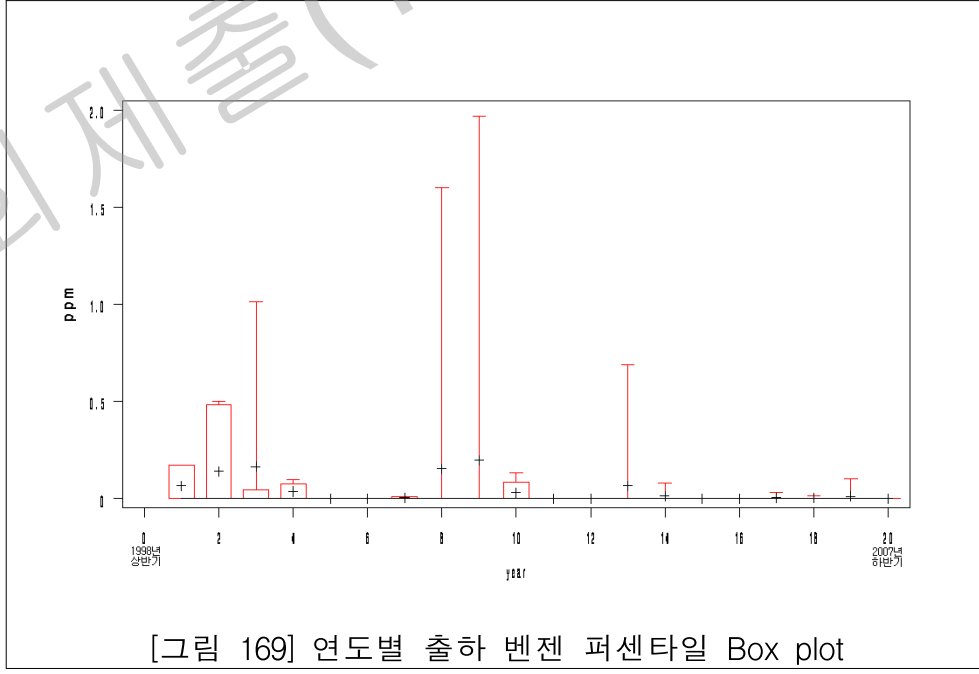
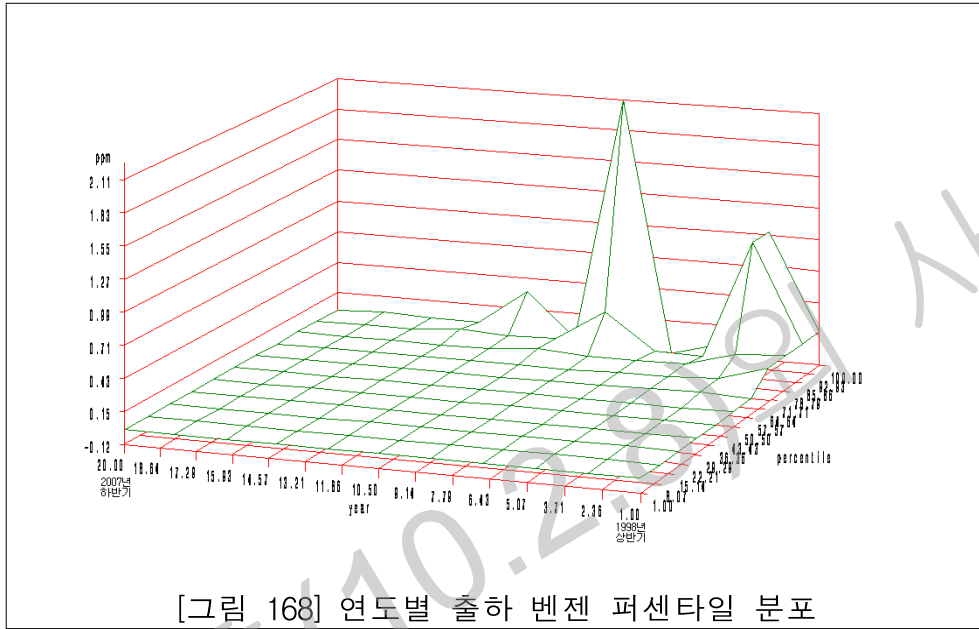
(아) 실험



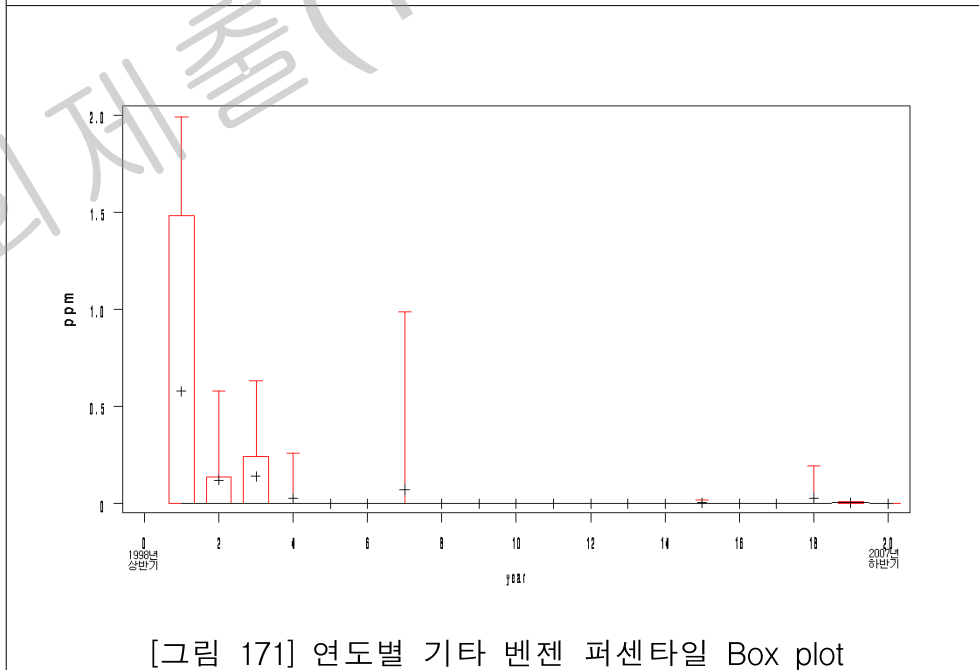
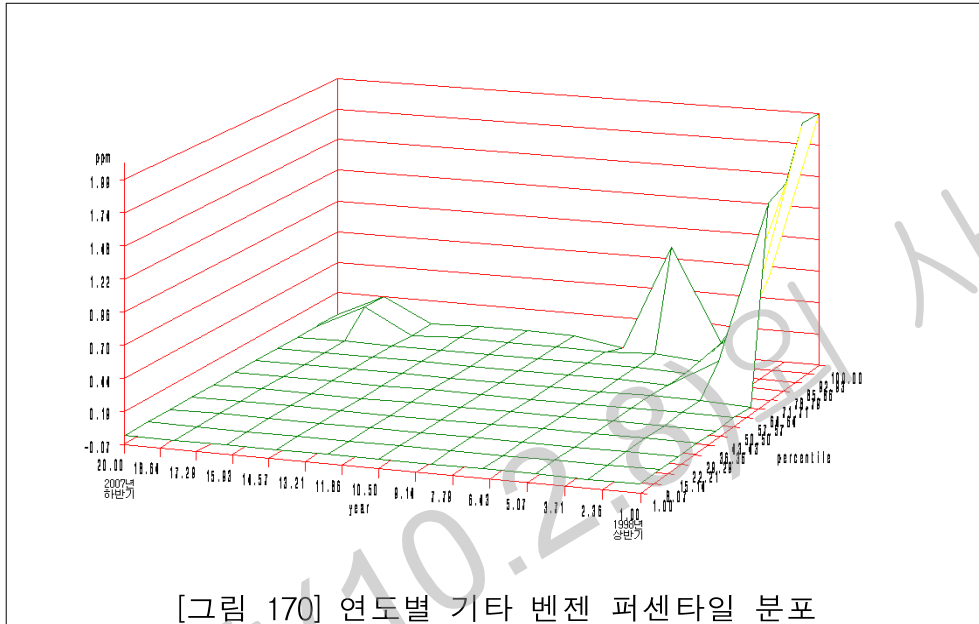
(자) 정유



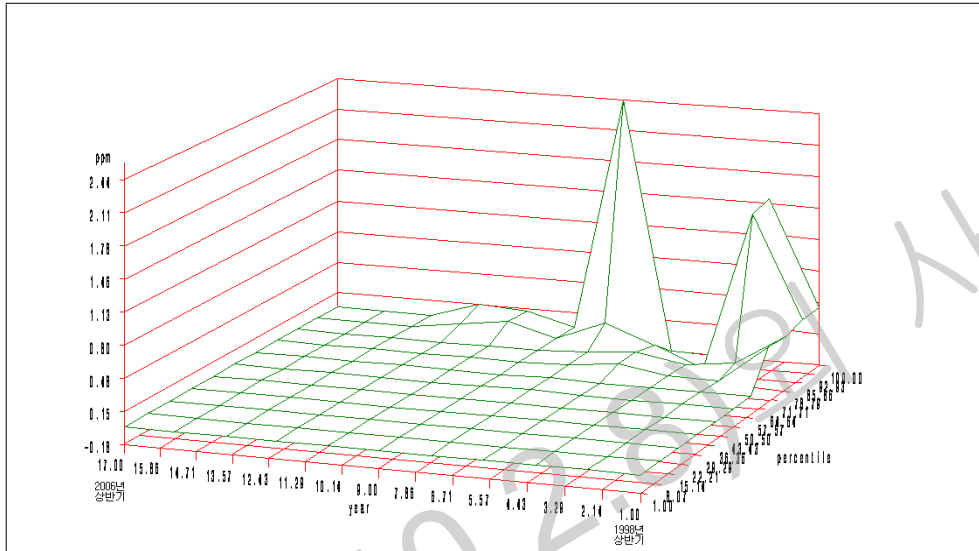
(차) 출하



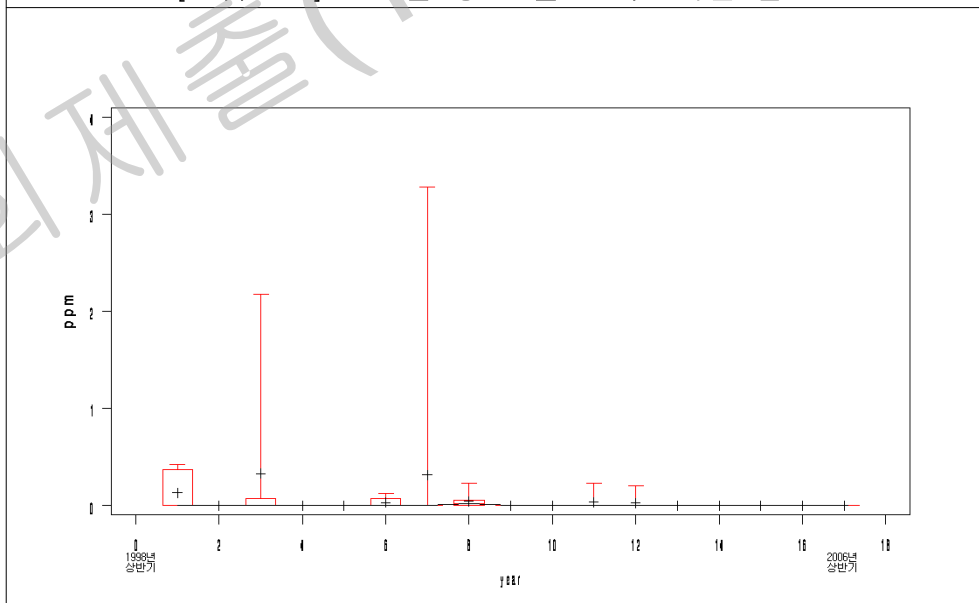
(카) 기타



(타) 탱크



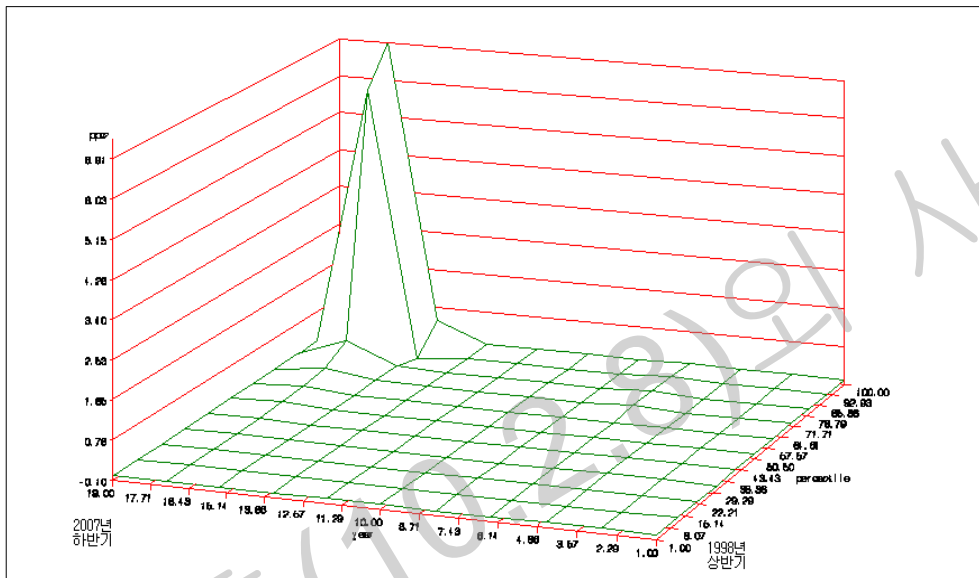
[그림 172] 연도별 탱크 벤젠 퍼센타일 분포



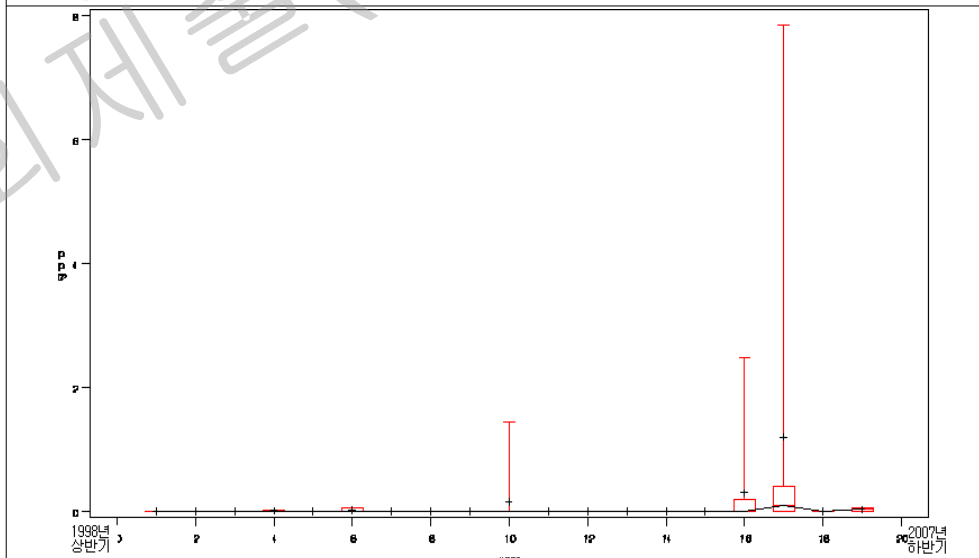
[그림 173] 연도별 탱크 벤젠 퍼센타일 Box plot

2. 1,3-부타디엔 노출 사업장

(가) 1,3-부타디엔 생산

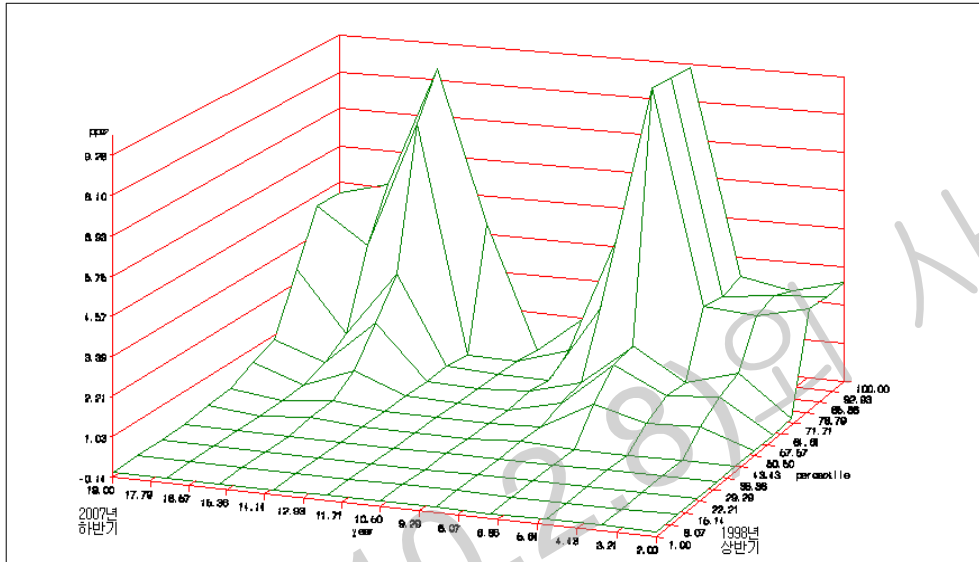


[그림 174] 연도별 1-3부타디엔 생산 벤젠 퍼센타일 분포

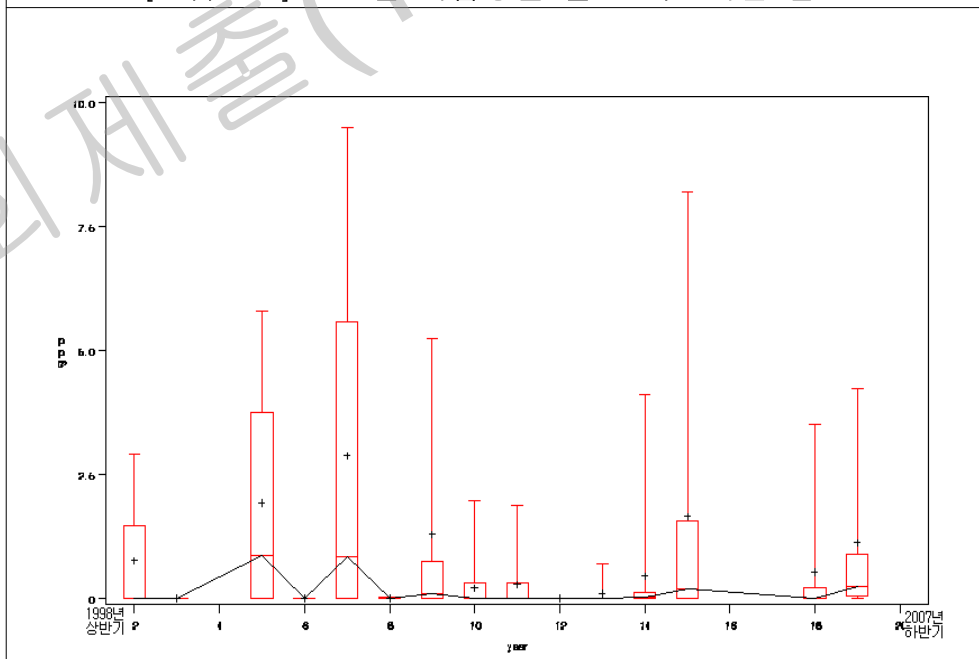


[그림 175] 연도별 1-3부타디엔 생산 벤젠 퍼센타일 Box plot

(나) 제품생산

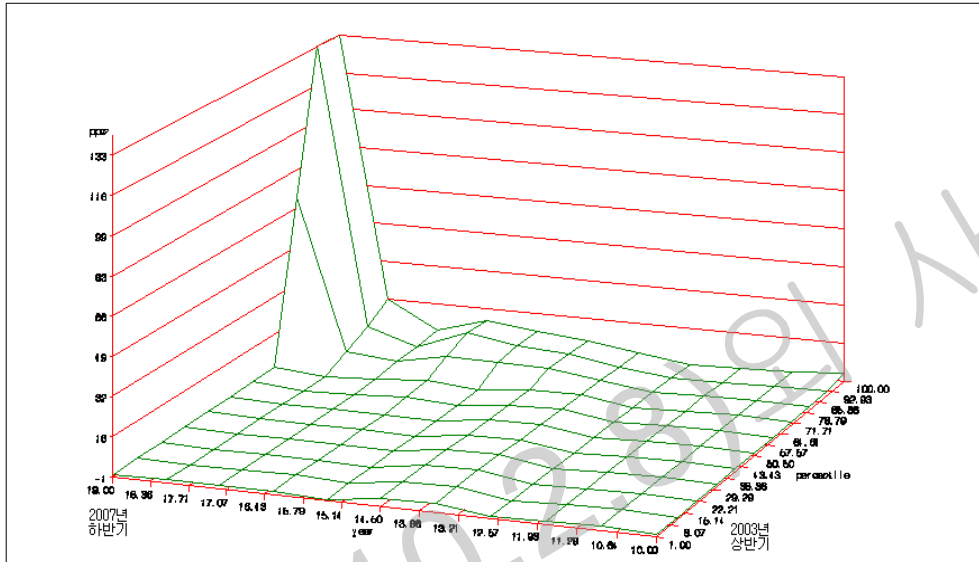


[그림 176] 연도별 제품생산 벤젠 퍼센타일 분포

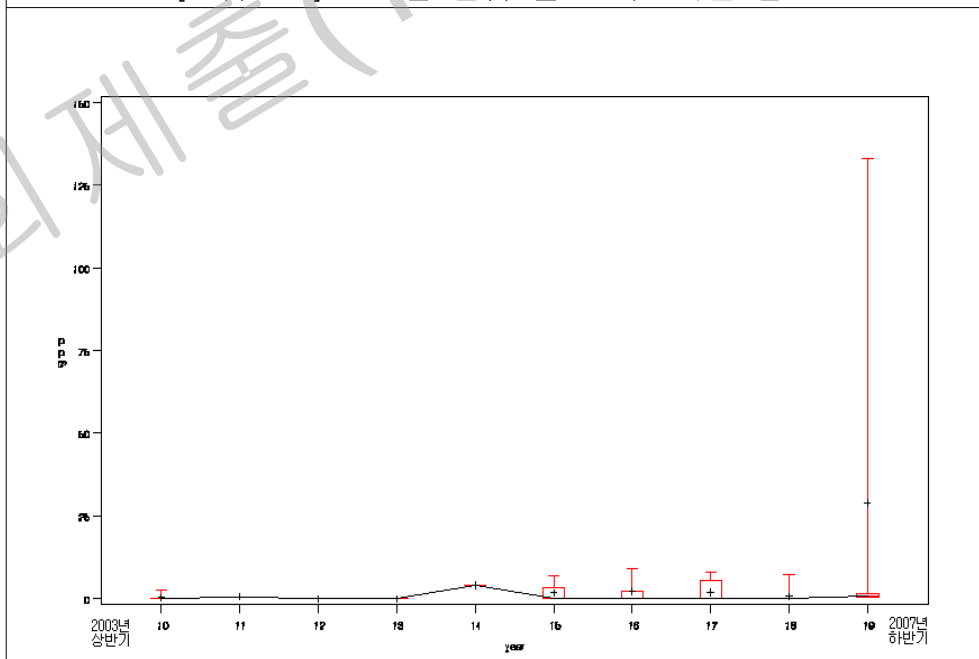


[그림 177] 연도별 제품생산 벤젠 퍼센타일 Box plot

(다) 실험

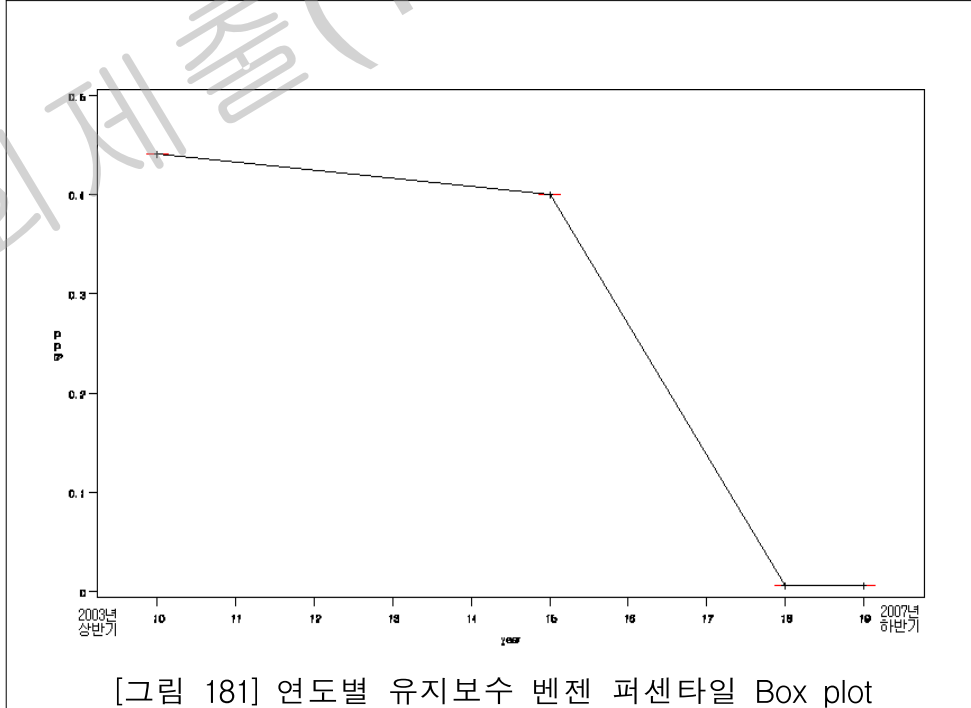
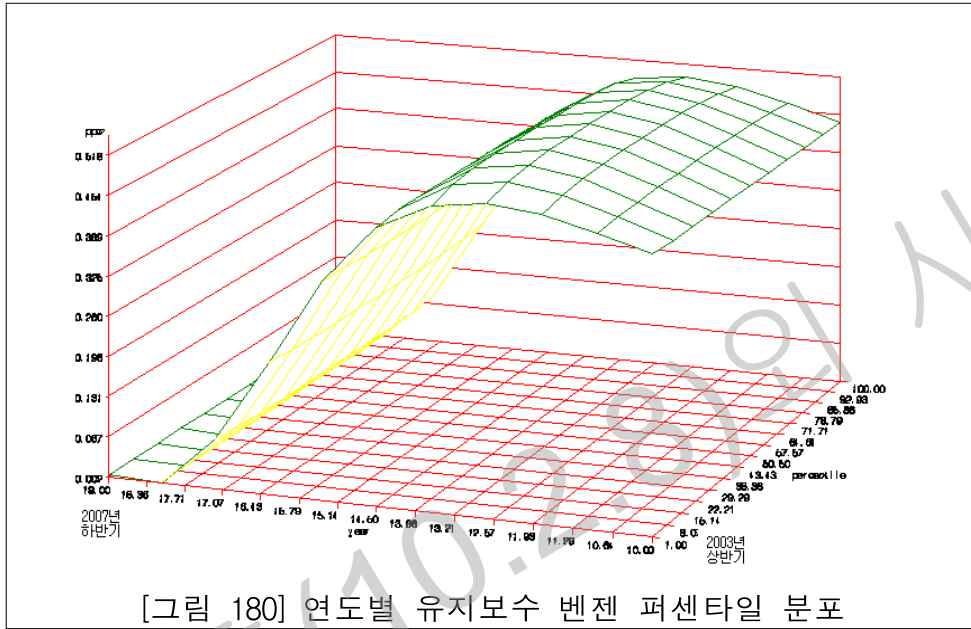


[그림 178] 연도별 실험 벤젠 퍼센타일 분포

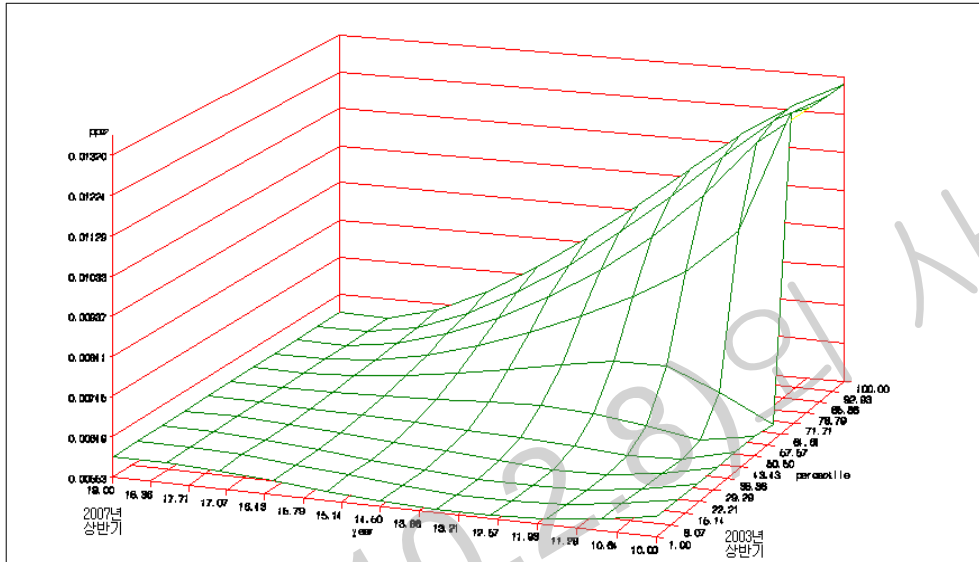


[그림 179] 연도별 실험 벤젠 퍼센타일 Box plot

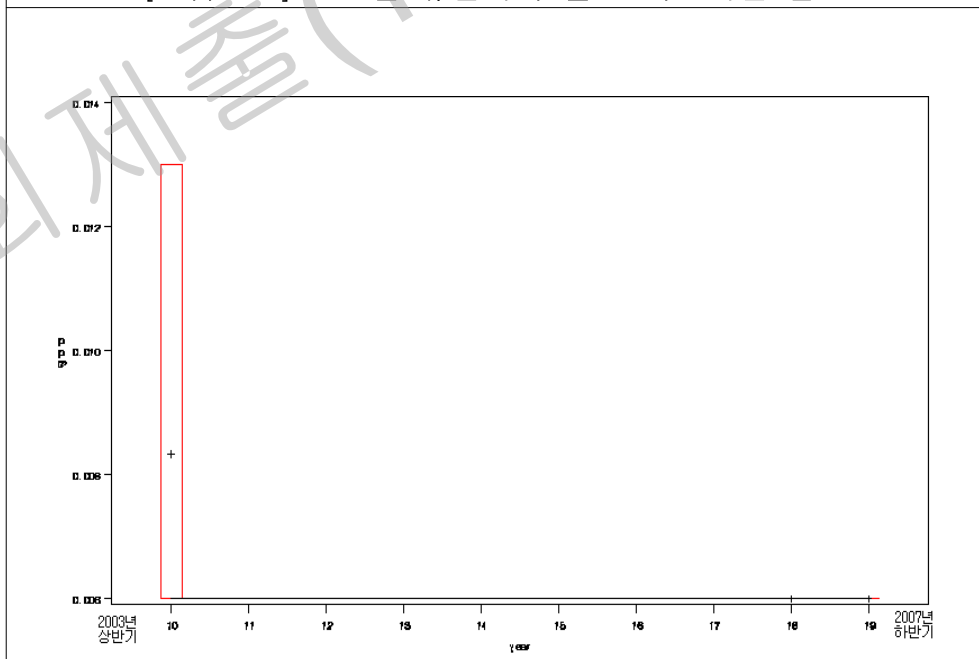
(라) 유지보수



(마) 유틸리티

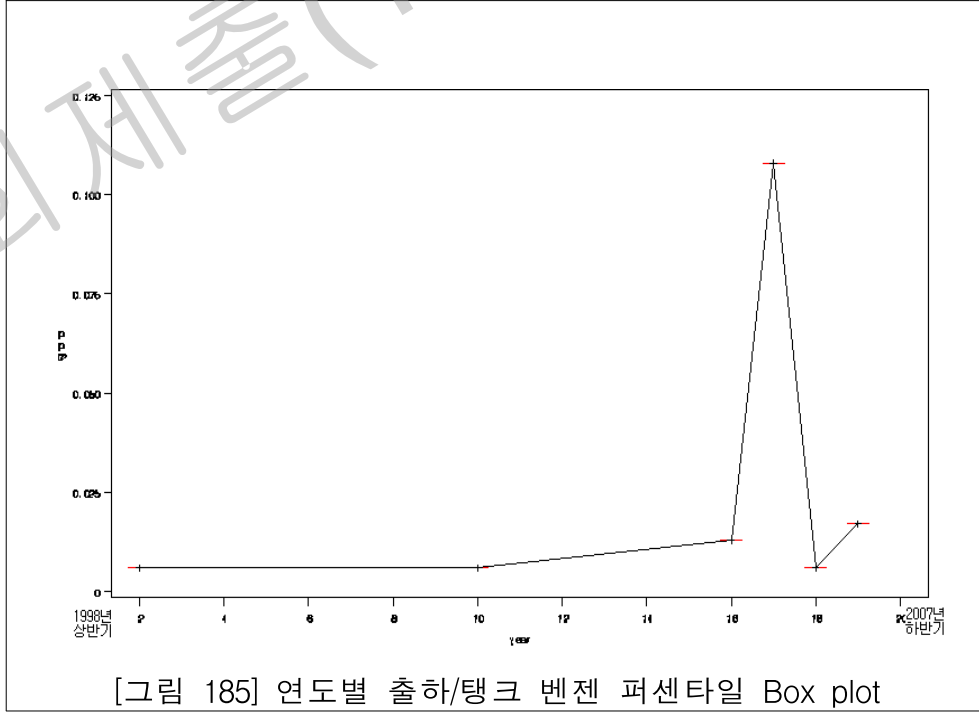
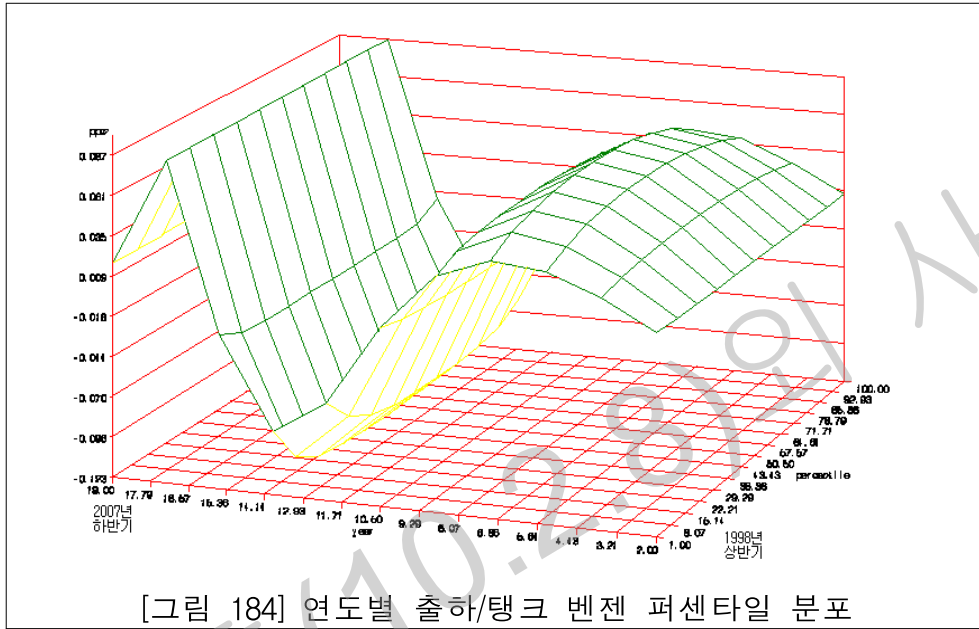


[그림 182] 연도별 유틸리티 벤젠 퍼센타일 분포



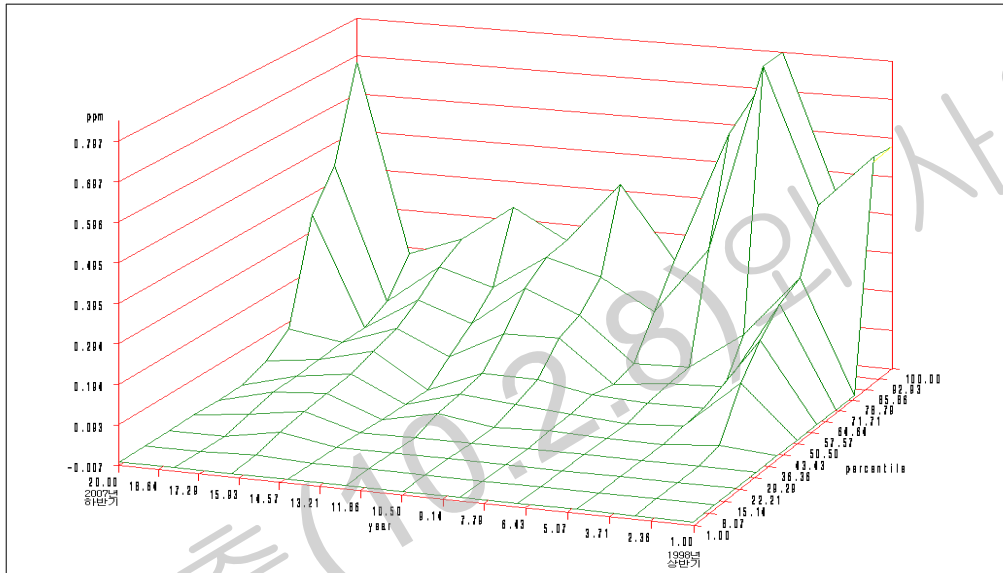
[그림 183] 연도별 유틸리티 벤젠 퍼센타일 Box plot

(바) 출하/탱크

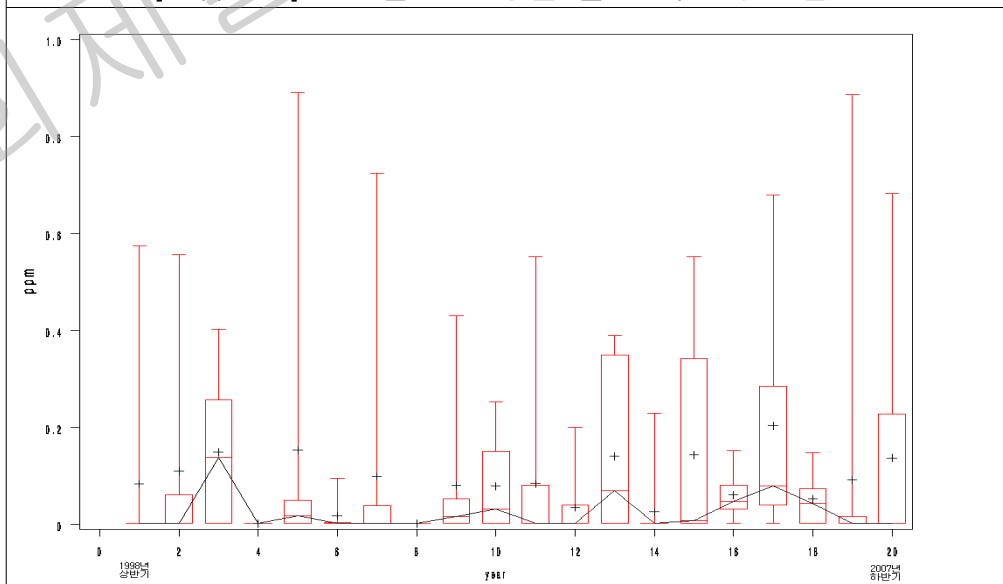


3. VCM 노출 사업장

(가) VCM 생산

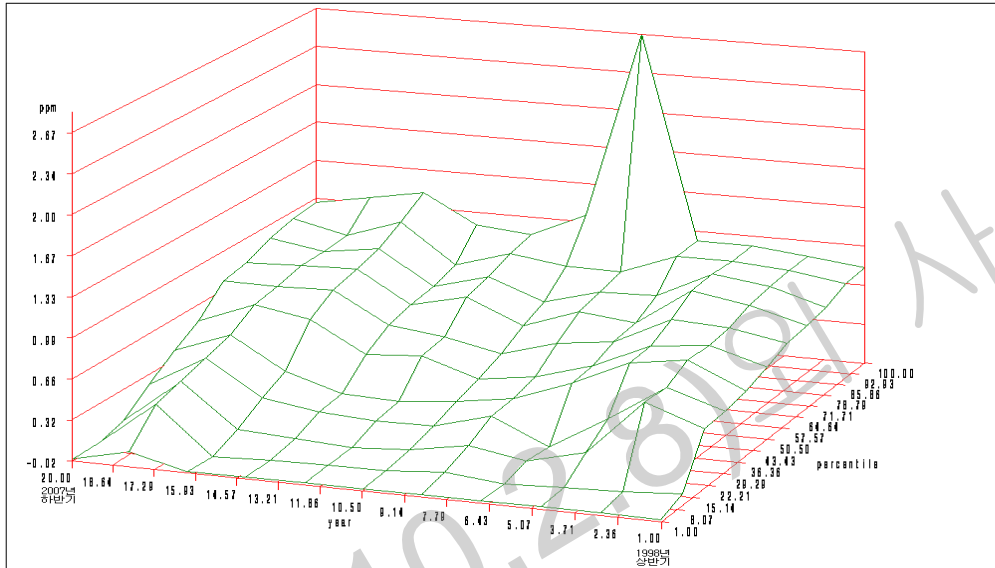


[그림 186] 연도별 VCM생산 벤젠 퍼센타일 분포

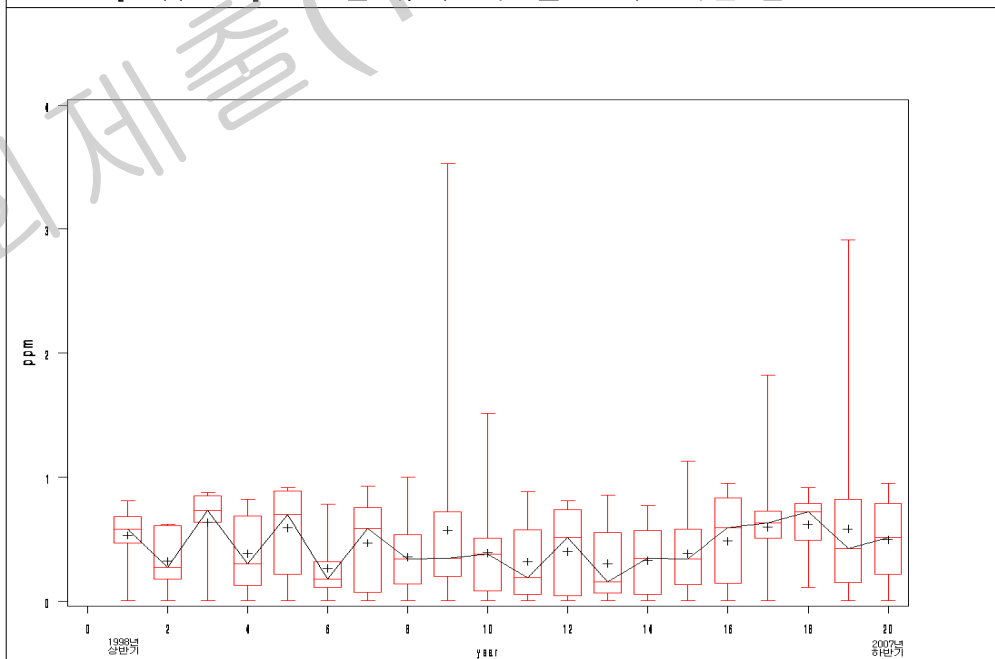


[그림 187] 연도별 VCM생산 벤젠 퍼센타일 Box plot

(나) PVC

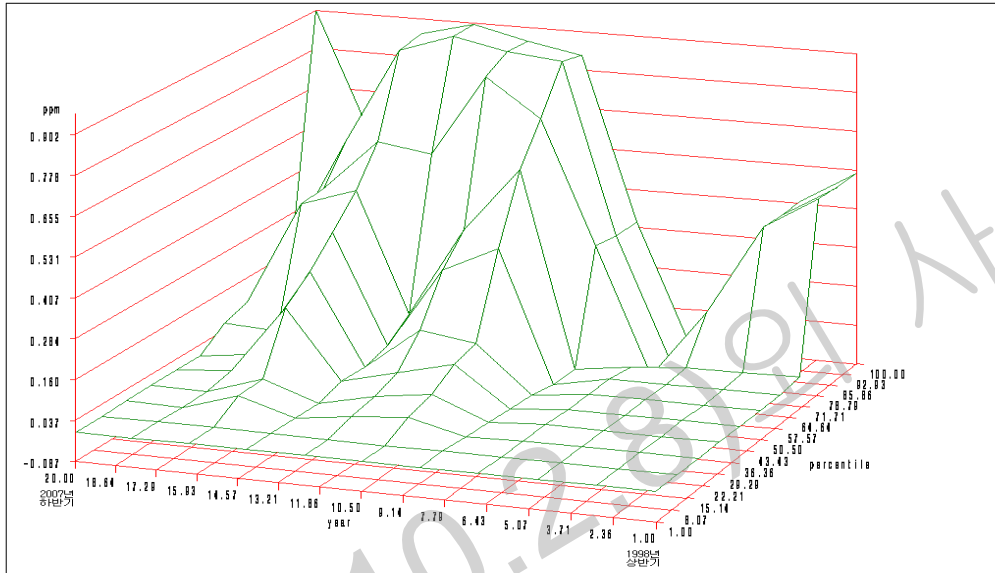


[그림 188] 연도별 유지보수 벤젠 퍼센타일 분포

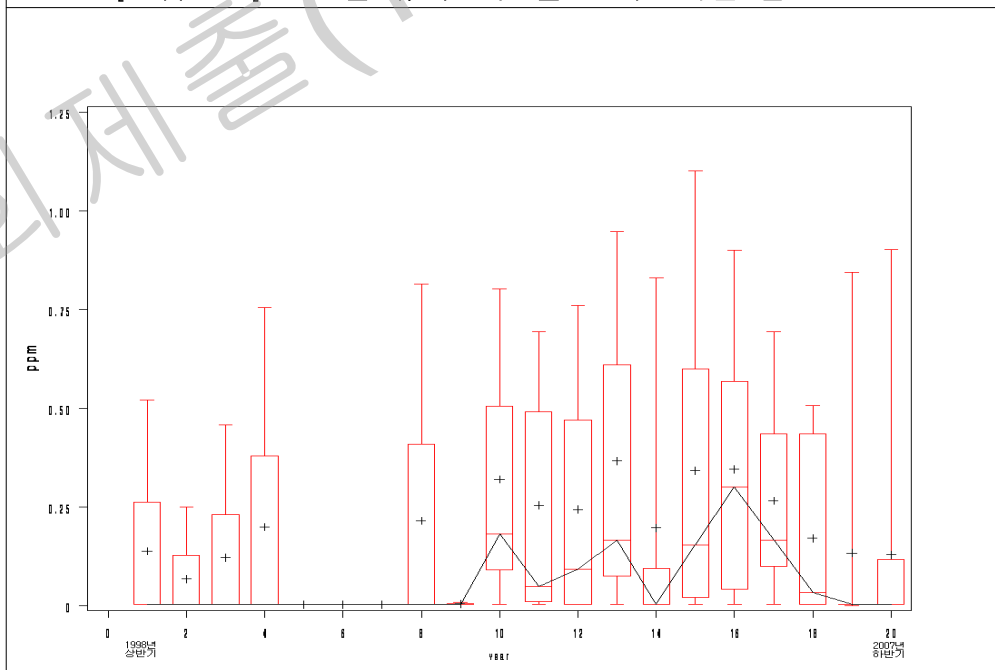


[그림 189] 연도별 기타 벤젠 퍼센타일 Box plot

(다) 실험



[그림 190] 연도별 유지보수 벤젠 퍼센타일 분포



[그림 191] 연도별 기타 벤젠 퍼센타일 Box plot

제 3편 제한점 및 제언

I. 역학조사 제한점과 의의

산업안전보건연구원은 '06년 6월에 광주지방노동청 여수지청이 요청한 역학 조사를 2007년부터 2009년까지 3년에 수행하였다. 역학조사는 여수·광양 산업 단지에 소재한 석유화학산업 11개소 및 제철산업 1개소를 대상으로 발암성 물질 노출과 직업성 암 발생 가능성을 조사하였다. 비록 여수·광양 산단의 대부분의 사업장을 조사하였으나 그 결과를 해석하는 데는 다음과 같은 제한점이 있음을 명시한다.

첫째, 이 역학조사연구는 대정비 작업에 대한 것이어서 조사 범위를 대정비 작업을 하는 시설과 공정에 국한하였으므로 조사결과가 조사 기간 중에 대정비 작업을 하지 않았던 공장과 시설의 작업환경과 일치하지 않을 수도 있다. 그리고 일반적인 작업환경은 법적인 작업환경측정으로 잘 관리되고 있으므로 이 역학조사에서는 조사하지 않았으므로 이 역학조사 결과는 여수·광양 산단의 일반적인 작업환경을 의미하는 것은 아니다.

둘째, 이 역학조사연구의 대상 근로자는 석유화학산업 및 제철산업의 대정비 작업에 참여하는 근로자이므로 조사 결과를 일상 작업을 수행하는 근로자를 포함하여 여수·광양 산단의 모든 근로자에 대해 적용할 수는 없다. 다만 발주처사 근로자이건 플랜트 건설근로자이건 대정비 작업에 관여하는 근로자는 모두 동일노출군으로 간주하여 평가대상에 포함시켰다.

셋째, 이 연구에서는 백혈병, 폐암 등 직업성 암을 유발하는 것으로 잘 알려

진 발암성물질을 중심으로만 평가를 실시하였으므로 화학산단에서 사용되는 모든 화학물질을 조사한 것은 아니다. 또한 직업성 암에 중점을 두었으므로 조사 결과를 직업성 암 질환 외의 다른 건강 문제에 적용할 수는 없다. 다만 역학조사에 참여한 전문가들과 협의하여 비록 발암성이 없더라도 일부 유해물질을 평가 대상으로 포함하여 조사하였다.

넷째, 장치산업의 대정비 작업은 한 개 공정에 수개월이 소요될 수 있고 매일 작업내용이 다를 수 있어 이론적으로는 전 과정을 매일 조사하는 것이 바람직하나, 이 조사연구에서는 시간 및 인력 등의 제한으로 인해 이 모든 과정을 조사할 수는 없었다. 이러한 제한점을 보완하기 위하여 이 역학조사에서는 대정비 작업을 업무 형태에 따라 Shut down, Maintenance, Start up의 3단계로 구분하여 작업환경측정을 반복 실시함으로써 조사결과의 대표성을 높이려고 노력하였다.

다섯째, 대정비 작업은 시간에 따라 노출 농도가 다를 수 있으나 작업환경측정은 정기작업에 적용되는 8시간 시간가중평균노출기준을 적용하였다. 그러나 대정비 작업의 특성상 단기간에 고농도 노출작업이 있을 수 있음을 감안하여 고농도 노출이 예상되는 시간에 단시간 공기 중 노출농도를 측정하여 단시간 노출기준과 비교하였다.

여섯째, 백혈병과 같은 발생률이 낮은 암은 코호트의 관찰 인년을 충분히 늘려야 통계적으로 해석이 가능한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 이 조사연구에서는 가능한 범위에서 많은 근로자를 코호트에 포함시켰으나 관찰인·년(person·year)이 백혈병 발생 위험여부를 단정하기에는 매우 부족하므로 조사 결과를 단정적으로 해석할 수는 없었다. 따라서 향후 추적 관찰을 통해 관찰 인·년을 충분히 높인 다음 백혈병 발생 여부에 대해 다시 한 번 살펴보는 것이 필요하다.

일곱째, 이 역학조사연구에서 대정비 작업의 근로자에 대한 대조군을 동일한 조건의 근로자로 추출할 수 없어 한국인 전체의 암 발생과 사망으로 비교하였

으므로 건강근로자효과를 배제할 수 없었다. 따라서 이 역학조사연구에서 발생률이나 사망률이 낮게 나타난 결과의 일부는 건강근로자효과에 의해 영향을 받았을 가능성이 있다.

그럼에도 불구하고, 이 역학조사는 이전까지 파악되지 못하였던 플랜트 건설 근로자의 대정비 작업을 처음으로 평가하였으며, 대정비 작업에 종사하는 일부 근로자에서 발암성 물질인 벤젠 등에 공기 중 노출기준을 초과하여 노출되고 있음을 확인하였다. 이들 근로자들은 백혈병이나 림프종 등의 발생 위험이 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나 이 조사연구의 관찰기간이 짧아 백혈병 등의 발생 위험을 단정적으로 결론짓기에는 어려움이 있었다. 따라서 여수광양 산단에서 대정비 작업에 종사하는 근로자들에게 벤젠이나 1,3-부타디엔 등의 화학물질에 의해 백혈병 등의 암 발생 위험이 증가하는 지에 대해서는 향후 추적 조사가 필요하다.

이번 조사 결과에서 벤젠 등의 발암성 물질이 작업환경 노출수준을 초과한 경우는 대부분이 대정비 작업 전에 충분한 퍼지시간을 갖지 않아서 잔류된 물질에 의해 유발된 것이 대부분이어서 작업 절차를 준수하도록 하는 보건관리가 필요하다. 그런데 대정비 작업은 화학공장이 발주처(또는 원청)이고 도급을 맡은 전문건설회사가 일용직 근로자를 투입하므로 자칫 보건관리를 소홀히 할 수 있다. 따라서 이 역학조사 결과는 대정비 작업과정에 대한 원 발주처의 철저한 산업보건관리가 필요함을 시사해 주고 있다.

석유화학산업에는 매우 다양한 화학물질이 생산, 사용되므로 이로 인해 직업성 암뿐만 아니라 다양한 건강 위험이 나타날 수 있다. 선진국에서는 이를 예방하기 위해 석유화학회사에서 자체 근로자에 대한 코호트를 구축하여 장기적으로 체계적으로 관리하기도 한다. 그러나 여수·광양 산단에서는 아직도 단편적인 작업환경측정이나 건강진단 외에 정규직 근로자에 대해서도 자체적으로 코호트를 구축하여 근로자들의 건강상태를 모니터링하고 감시하는 사업장은 없

었다. 더욱이 이번 연구대상이 된 대정비 작업에 종사하는 플랜트 건설 근로자들에 대해서는 적절한 건강관리 시스템이 충분히 구축되어 있다고 하기 어렵다. 도급을 맡은 건설회사는 자체적으로 해결할 능력이 부족하고, 원 발주처는 해당 사업장의 근로자가 아니고 단기간 작업을 하므로 주목하지 않고 있었다. 그러나 이들은 여러 사업장에 다니면서 같은 작업을 반복하는 근로자들로, 석유화학단지에서 발생하는 유해물질에 가장 많이 노출될 가능성이 있어 각별한 관리가 필요한 근로자들임이 확인되었다.

따라서 이 번 역학조사연구 결과가 플랜트 건설 근로자에 대한 관리와 대정비 작업에 대한 작업관리 방안이 수립되는 계기가 되기를 기대한다.

II. 제 언

1. 보건관리 실태

- 대정비 작업 기간에는 발주처에서 작업절차 및 계획을 수립하여 진행하며, 매일매일 「작업허가서」를 발행하여 단위공정 및 작업별로 업무를 수행하고 있으나,
 - 내용이 Shut-Down, Maintenance 및 Start-up 을 위한 작업조건 및 방법 중심의 작업절차에 관한 내용으로서 산업보건측면에서의 유해물질의 노출수준을 조절할 수 있는 작업환경 관리는 일부 사업장에서 미흡한 점이 발견됨.
- 석유화학공장은 대정비 작업, 정비작업 및 정상작업 등 작업형태 및 단계에 따라 서로 다른 작업환경 조건으로 유해물질의 노출수준이 다르게 나타날 수 있으며, 이번 조사에서도 대정비 작업 기간 중 작업단계 및 작업현장 종사 근로자의 직종별로 시간가중 평균농도와 단시간노출농도에 차이가 있었음.
 - 종사 근로자의 유해물질 노출수준을 평가하여 작업환경 개선 등의 조치를 할 수 있는 작업환경 측정은 정상작업시 유해인자에 따라 매년 1~2회 실시하고 있었으나 대정비 작업은 비정기적, 단시간 작업 등 작업특성으로 인하여 정기적 작업환경측정 시기에 잘 포함되지 않고 있음
 - 또한 벤젠 등의 물질에 노출되는 대정비 작업에 종사하는 근로자를 대상으로 실시하여야 하는 특수건강검진은 고용특성으로 인하여 실시율이 낮은 것으로 파악됨.

- 비발주처 건설근로자의 대부분이 벤젠에 대한 특수건강진단 실시 미흡
 - 비발주처 건설근로자들에 대한 특수건강진단 실태를 파악하기 위해 조사대상 사업장의 대정비작업에 참여하는 협력업체 21개사에 대해 2005~2006년 2년 동안 건강검진 실태를 구축된 통계DB를 통해 분석한 결과, '05년도 21개소중 5개소(23.8%)가 실시하였고 이중 벤젠에 대한 특수검진은 2개소(9.5%)만이 실시한 것으로 조사되었고, '06년도에는 21개소중 12개소(57.1%)가 실시하였고 이중 벤젠에 대한 특수검진은 4개소(19.0%)가 실시한 것으로 조사됨.

<개선 방안>

- 대정비 작업 화학물질 노출관리
 - 작업절차서에 보건관리 내용 보완
 - 대정비 작업과 같은 비정상작업이 있을 때에 발암성 물질 등 우선 순위를 두어 노출평가 방법 검토
- 플랜트 건설근로자의 건강관리 강화
 - 대정비 작업에 참여하는 근로자를 대상으로 벤젠 등 발암물질에 대한 특수건강진단 실시방안을 강구
 - 벤젠 등 발암 물질 노출 근로자를 대상으로 건강관리수첩을 발급하는 등의 노출 근로자 추적관리 시스템 구축
 - 이와 같이 건강진단의 경우 실시 자체로 끝나지 않고 실시된 결과를 통해 근로자 개개인에 대한 적절한 보건관리가 이루어져야 한다는 점에서 공단에서 시범사업으로 추진중인 “지역산업보건센터”를 추가 설립하여 활용하는 방안을 고려할 수 있음.

- 대정비 작업 발주처의 역할 강화
 - 대정비 작업의 경우 발주처의 설비를 정비한다는 건설 생산 과정의 특성과 석유화학 플랜트 건설업이라는 점을 고려하여 안전보건과 관련된 발주처의 역할의 강화가 필요가 있음

2. 작업환경 관리실태

- 대정비 작업 중에 화학장치내 및 배관을 깨끗이 비우기 위하여 질소 (N_2) 또는 스팀(Steam)을 주로 사용하여 실시하는 퍼지는 작업장 내의 노출농도를 줄이는 가장 좋은 방법으로서 퍼지기간 또는 퍼지량을 얼마나 하느냐에 따라 배관 내부에서의 잔유물로 존재하는 유해물질 양 또는 농도의 차이가 나타날 수 있음.
 - 대정비 작업 중 퍼지량은 정확히 알 수 없으나 퍼지기간은 정비일 정표에 나와 있는 자료를 토대로 대략 2~5일 정도 실시하고 있었고,
 - 사업장에서의 퍼지기간과 작업환경 노출농도(개인 및 단시간 노출농도 등)와의 관계를 비교한 결과, 퍼지기간이 긴 경우에는 노출수준이 낮은 등의 역상관 관계가 있었음.
- 개수공사에서 발생하는 호흡성분진과 관련하여 노동부 및 미국산업위생전문가협회에서는 호흡성분진의 총량에 대한 노출기준을 규정하고 있지 않으나 미국산업위생전문가협회에서 권장하는 권고기준을 초과하는 시료가 있었음.

<개선 방안>

- 퍼지기간을 충분히 하여 누출(Leak)량을 최소화

- 대정비 작업 중의 폐지작업은 배관 등에 존재하는 화학물질을 제거하는 과정이므로 가능한 충분한 폐지기간을 확보하여 유해물질의 누출 및 노출 최소화 (단, 폐지기간은 시스템운영측면에서의 실현가능성을 고려하여야 함)
- 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compound) 측정기를 이용한 노출 모니터링 방안 검토
 - 대정비 작업 중 발생하는 벤젠 등 휘발성 유기화합물의 농도를 측정하여 노출기준 초과 발생시 경보작동, 작업중지 등의 조치를 취하는 등 고노출 근로자에 대한 노출 최소화 계획 수립 및 시행
 - 노출이 불가피한 작업에 종사하는 근로자에 대한 적합한 보호구 지급·착용 및 관리 등의 계획 수립 및 시행
- 각종 설비가 밀집하여 자연환기가 충분하지 않은 장소에서 용접, 절단, 그라인딩 등의 작업을 실시하여 발생하는 입자상물질을 제어하기 위한 이동식 국소 환기대책 필요

3. 작업관리 실태

- 일부 사업장의 경우 대정비작업 있는 공정에 출입하는 근로자의 보호구 착용률이 낮았음
- 플랜트 건설근로자의 발암물질 취급 인지 부족
 - 플랜트 건설근로자가 자기가 취급하는 물질이 어떤 것인지, 그것이 발암성물질인지 알려주지 않는 경우가 많고, 화학장치 라인에 영어 약자 표기되어 있어 이해가 어려움(예 : Benzene -“BZ”로 표기됨)

<개선 방안>

- 대정비 작업 중 벤젠 등 노출기준 초과가 가장 많은 직종인 기계직 및 배관직의 경우에는 반드시 방독마스크의 착용 및 필터의 적기 교환
- 배관 등에 유해화학물질의 명칭 표기
 - 발암성물질인 경우 배관(Pipe) 및 덕트에 표시를 하거나 색깔을 칠하여 작업근로자가 인지하고 취급할 수 있도록 리본 표시 등의 방안 검토

국회제출(10.2.8)외 사용금지

Epidemiologic survey on atypical construction workers in Yeosu and Kwangyang industrial complex

Dong-Hee Koh, Eun-Kyo Chung, Jae-Gil Jang, Kye-Mook Yoo,
Hye-Eun Lee

*Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA
34-4, Gusan-Dong, Bupyeong-Ku, Incheon 403-711, Korea*

<Abstract>

Epidemiologic survey on atypical construction workers in Yeosu and Kwangyang industrial complex was carried out from 2007 to 2009. The aim of this study is to evaluate exposure and health status in workers who are working at petrochemical/steel plants as construction and maintenance worker on contract basis and exposed to benzene, 1,3-butadiene, VCM.

Environmental monitoring was done during turn around period. Biological monitoring was also done at the same time. To elucidate cancer risk in irregular workers, we constructed retrospective cohort and calculated cancer specific standardized mortality ratio(SMR) and standardized incidence ratio (SIR).

Over-exposure rate of benzene is 7.62% for 8hr TWA, and 12.44% for STEL; 1,3-butadiene is 8.1% for 8hr TWA, and 16.44% for STEL; VCM is 6% for 8hr TWA. As a result of cancer risk evaluation, construction and maintenance workers present high risk of lip, oral, pharyngeal cancer, and probably lymphohematopoietic cancers.

Key words : atypical construction workers, petrochemical, steel plant, benzene, 1,3-butadiene, VCM, leukemia, lymphoma, blast furnace

본 연구는 산업안전보건연구원의 2009년도 역학조사
사업에 의한 것임

<<연 구 진>>

연구책임자 : 고동희 (산업안전보건연구원)

연 구 원 : 정은교 (산업안전보건연구원)

장재길 (산업안전보건교육원)

유계목 (산업안전보건연구원)

이혜은 (산업안전보건연구원)

류향우 (산업안전보건연구원)

<<연 구 기 간>>

2007~2009

본 연구보고서에 기재된 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**여수·광양 산단 역학조사
-대정비 작업의 노출평가를 중심으로**

(보건분야 - 연구자료 연구원 2010-2-12)

발행일 : 2009년 12월 31일
발행인 : 산업안전보건연구원 원장 강성규
연구책임자 : 직업병연구센터 연구위원 고동희
발행처 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원
주소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4
전화 : (032) 5100-821
F A X : (032) 502-7197
Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

인쇄 : 성문기획(2272-1977)

[비매품]