



보도자료

■ 일시: 2023.06.8.(목)

■ 담당: 010-4660-1409(사무국장)

(총6매)

월성원전 주변 주민건강영향조사 결과 발표, “월성원전 반경 10km 이내 암 발생률 높게 나타나”

- 체내 삼중수소 농도 높을수록 임상 수치 후퇴
- 월성원전 반경 5km 주민 77.1% 삼중수소 검출
- 월성원전 인근 주민 절반 유전자 이상 추정

환경부에서 서울대학교 의과대학(연구책임자 박수경 교수)에 의뢰해 실시한 ‘월성원전 주변 주민건강영향조사’ 최종 결과가 오늘 주민설명회를 통해 공개됐다. 경주환경운동연합은 사무국장이 본 조사의 민관협의회 위원으로 참여했다. 그동안 사무국장을 통해 보고받은 **중간보고회(2022.7.26.)**, **최종보고회(2022.12.05.)**, **사전설명회(2023.4.13.)**, **주민설명회(최종보고서 포함)(2023.6.8.)** 자료를 종합하여 의견을 간략히 밝히는 바이다.

<월성원전 반경 5km 주민 집중 조사>

- 이번 조사의 특징은 대상 지역을 좁혀서 월성원전 반경 5km 이내 주민만을 대상으로 했다. 반경 5km 주민 960명(반경 2km 주민 445명 포함)의 소변 및 혈액을 채취해 삼중수소 피폭과 건강 상태를 조사했다.
- 또한 건강보험공단 및 국립암센터 자료를 기반으로 2005년부터 2020년까지 15년간 암 발생 빈도를 마을 단위로 조사하여 분석했다.

<광범위한 삼중수소 피폭>

- 960명 소변 검사에서 739명 삼중수소 검출되어 검출률이 77.1%로 매우 높다(검출한계 2Bq/L). 일회성 조사에서 77.1%가 나온 만큼 시기를 달리해 반복 조사하면 월성원전 반경 5km 권역의 주민은 모두 체내 삼중수소 피폭으로 나타날 것이다.
- 삼중수소 최고 피폭자는 342Bq/L이고, 100Bq/L 이상 주민이 20명이나 됐다. 주거지가 월

성원전과 가까울수록 검출량이 많았고, 원전 최인접 마을인 나아리 주민은 평균 15.3Bq/L을 나타냈다.

- 연구팀은 주민설명회 자료에서 주민 86명을 원전 출입자로 분류하여 피폭자에서 제외했다. 이 때문에 삼중수소 검출률은 75.7%로 낮아지고, 검출량은 평균 10.3Bq/L에서 7.9Bq/L로 낮아졌다. 그러나 89명을 원전 출입자로 분류한 명확한 기준이 없고, 조사에 참여한 주민 중 9.3%에 이르는 주민을 배제하는 것은 원전 주변 주민건강영향 조사의 취지에 반하는 것이다. 일시 출입자는 조사 대상 주민에 포함해야 한다.

<월성원전 반경 10km 이내 암 발생 1.31배 증가, 갑상선암 1.42배 증가>

- 아래[표1]은 최종보고서 자료를 바탕으로 재구성한 것으로, 원전 거리 <Ⅰ,Ⅱ>는 월성원전 반경 10km, <Ⅲ>은 반경 10~20km 암 발생을 나타낸다.
- 조사 결과 원전 거리 <Ⅰ,Ⅱ> 반경 10km 이내에서 뚜렷한 암 발생 증가가 확인됐다. 특히, <Ⅲ> 반경 10~20km와 비교하면 반경 10km 이내에서 일관되게 높다.
- 반경 10km에서 모든 암 발생률은 1.31배 높고, 암종을 구분하면 식도암 1.78배, 위암 1.54배, 간암 1.55배, 폐암 1.61배, 여성 유방암 1.14배, 갑상선암 1.42배 높게 나타났다.

[표1] 원전 거리에 따른 암 표준화발생비

	원전 거리(km)	관측빈도	기대빈도	표준화발생비
모든 암	Ⅰ,Ⅱ	131	100.05	1.31
	Ⅲ	259	299.20	0.87
식도암	Ⅰ,Ⅱ	4	2.25	1.78
	Ⅲ	4	6.32	0.63
위암	Ⅰ,Ⅱ	36	23.31	1.54
	Ⅲ	48	67.00	0.72
간암	Ⅰ,Ⅱ	14	9.01	1.55
	Ⅲ	22	26.41	0.83
폐암	Ⅰ,Ⅱ	23	14.31	1.61
	Ⅲ	39	40.10	0.97
여성 유방암	Ⅰ,Ⅱ	6	5.27	1.14
	Ⅲ	18	18.02	1.00
갑상선암	Ⅰ,Ⅱ	22	15.44	1.42
	Ⅲ	36	51.86	0.69
백혈병	Ⅰ,Ⅱ	0	1.09	0
	Ⅲ	7	3.09	2.27

- 최종보고서 표158 바탕으로 재구성
- 표준화발생비는 소수점 세 자리에서 반올림
- 총 18개 항목 중 대표적인 8개 항목만 인용: (비인용 항목) 대장.직장암, 골암, 난소

암, 신장암, 방광암, 뇌및중추신경계암, 림프.조혈 및 관련조직의 악성 신생물, 호지킨성 림프종, 비호지킨성 림프종, 다발성 골수종

- 연구팀은 <양남면, 문무대왕면, 감포읍> 단위로 암발률을 분석한 자료를 함께 제시하고 있고, 환경부는 이 자료에 근거해서 월성원전 인근 지역의 암 발생률이 오히려 낮다는 잘못된 결론을 도출했다.
- 원전과 주민 암 발생을 평가하기 위해서는 철저하게 <거리별> 분석을 해야 한다. [표1]에서 <Ⅲ> 반경 10~20km는 문무대왕면, 감포읍의 절반을 포함한다. 그런 만큼 읍면 단위 분석은 넓게는 반경 20km까지 포함하고 있어서 <거리별> 분석이 불가능하다. 또한 원전에서 멀리 떨어진 인구가 대거 포함되어 데이터를 희석한다.

<월성원전 인근 주민 절반 250mGy 이상 피폭 추정 유전자 이상>

- 34명⁺ 생물학적 선량평가에서 16명(47.1%)이 250mGy(=250mSv)⁺⁺ 이상 피폭된 것으로 추정되는 결과가 나타났다.
 - + 34명(삼중수소: 25Bq/L 이상 28명, 2Bq/L 이하 6명)
 - ++ Gy(그레이)는 생물이 흡수한 방사선 에너지의 양을 나타내고, Sv(시버트)는 Gy에 의해 평가된 피폭량을 나타낸다. 일반적으로 1Gy=1Sv로 환산한다. mGy와 mSv는 각 Gy,Sv의 1/1,000량을 뜻한다.
- 생물학적 선량평가는 세포 1,000개를 관찰하여 염색체가 전좌 된 세포가 6개 이상이면, 전생애에 걸쳐 250mGy 이상 방사선에 피폭된 것으로 추정 평가한다. **월성원전 인근 주민 34명 중 16명(47.1%)이 전좌염색체 세포가 6개 이상으로 관찰된 것은 심각하다.**
- 연구팀은 삼중수소 미검출 주민 6명(2Bq/L 이하) 중 3명이 전좌염색체 세포가 6개 이상인 것을 근거로 삼중수소와 관련이 없다고 밝혔다.
- 그러나 앞서 밝힌 것처럼 월성원전 반경 5km 이내 주민들은 삼중수소 등 원전 방사선 영향권에 있다고 해석해야 한다. 미검출 주민 6명은 일회성 소변 검사 결과지만 염색체 전좌가 발생한 세포가 6개 이상인 것은 전 생애에 걸친 피폭이기 때문에 삼중수소 피폭과 관련이 없다는 결론 매우 성급하다.
- 주민설명회 자료의 'H-3 핵종 제거기 설치 이후 추이'(이하 삼중수소 추이)가 앞의 논거가 된다. 연구팀의 조사 기간인 2022년은 삼중수소의 배출량이 상대적으로 낮은 시기이다. 삼중수소 추이를 보면, 월성원전은 2007년 472.5TBq로 삼중수소 배출 정점을 찍은 후 제거설비(TRF) 설치, 월성1호기 폐쇄 등으로 지속 감소하여 2022년 132.9TBq를 나타낸다. 즉, 2007년은 삼중수소를 3.5배 더 많이 배출했다. 그러므로 월성원전 인근 주민들은 전 생애를 걸쳐 삼중수소 등 방사선 영향권에서 다양한 피폭이 이뤄졌다고 봐야 한다.
- 월성원전 인근 주민의 절반에서 250mGy 이상 피폭으로 추정되는 전좌염색체 세포가 관찰되었다면, 후속 역학연구를 통해 명확한 원인을 밝혀야 한다.

<삼중수소 농도에 따라 임상 수치 변화>

- 아래[표2]는 최종보고서 자료를 바탕으로 재구성한 것으로, 주민들의 체내 삼중수소 농도에 따른 혈액 및 소변 임상 수치를 나타낸다.
- 주민을 3그룹으로 분류했을 때 체내 삼중수소의 농도가 높을수록 임상 수치가 후퇴하는 것으로 나타났다. 삼중수소 100Bq/L 이상 주민은 모든 임상 수치가 가장 높거나 가장 낮게 나타나서 삼중수소의 임상 영향을 분명하게 보여주고 있다.
- 특히, 삼중수소 100Bq/L 이상 주민들에게서 소변 요오드의 함량(⑦,⑧)이 기준치 3배가 넘는 것으로 나타났다. 소변 요오드 함량이 기준치 3배일 경우 갑상선 질환 발병 위험이 7배 높은 것으로 보고되고 있다.
- 그 외 적혈구(①), 백혈구(②), 림프구(③) 수치는 3그룹 모두 정상 범위 내에 있지만, 삼중수소 농도에 따라 높아지거나 낮아지는 일관된 흐름을 보였다.
- 활성형 비타민D(⑤) 수치는 3그룹 모두 정상 범위를 상회하고, 100Bq/L 이상 주민들에게서 가장 높았다. 활성형 비타민D는 부갑상선 기능 저하증, 갑상선 기능 항진증 등에서 높게 나타난다.
- 갑상선 자극 호르몬인 TSH(⑥)의 수치는 3그룹 모두 정상 범위 내에 있지만, 삼중수소 농도가 높을수록 높은 수치를 보였다.
- 이처럼 임상 결과는 체내 삼중수소 농도의 영향을 일관되게 받고 있고, 농도가 높을수록 수치가 후퇴하는 것으로 나타났다. 특히, 갑상선 관련 수치가 영향을 많이 받고 있다.

[표2] 삼중수소 체내 농도별 혈액 및 소변 임상 검사 수치

	삼중수소 농도 (Bq/L)			임상 정상범위
	2-14.9 (646명)	15-99.9 (73명)	≥100 (20명)	
	평균(SD)	평균(SD)	평균(SD)	
① RBC (10 ⁶ μl)	4.20 (0.46)	4.23 (0.52)	4.56 (0.55)	남4-5.5 여3.5-4.5
② WBC (10 ³ μl)	6.77 (1.90)	7.57 (2.76)	8.20 (1.74)	4-10
③ Lymphocyte (%)	36.29 (8.58)	35.48 (9.66)	33.11 (9.31)	20-45
④ 소변 크레아티닌	83.07 (45.87)	88.89 (55.32)	109.24 (56.07)	남 107-139 여 87-107
	중앙값(IQR)	중앙값(IQR)	중앙값(IQR)	
⑤ 1,25(OH) ₂ D (pg/mL)	55.1 (45.7-66.3)	55.3 (48.5-68.9)	60.25 (45.9-68.6)	18.7-47.7
⑥ TSH (uIU/mL)	2.22 (1.40-3.27)	2.16 (1.49-3.23)	2.80 (2.32-3.36)	0.4-4.0
⑦ 소변 요오드 (μg/l)	308.9 (131.1-894.2)	357.7 (181.6-1467.8)	926.7 (299.1-1862.4)	100-300

⑧ 크레아티닌 보정 소변 요오드 (µg/gCr)	428.4 (202.8-1164.1)	600.0 (194.1-1882.3)	1222.8 (300.6-2195.1)	
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--

- 최종보고서 표110, 표111 바탕으로 재구성

- 또한, 체내 삼중수소 100Bq/L 이상 주민 20명의 평균 농도는 156.5Bq/L이다. 이는 조사팀의 피폭량 계산 방식으로 평가하면, 연간 0.0033mSv⁺ 피폭으로 일반인 연간 피폭 기준 1mSv의 1/303에 불과한 매우 미약한 피폭량이다. 그런데도 모든 임상 수치가 대폭 후퇴하고 있다는 점에 주목해야 한다. 즉, 방사선의 인체 영향에 대한 전면 재검토가 필요하다.

$$+ 0.0033mSv: 156.5Bq/L \times 2.9L/day \times 365일 \times \text{선량환산계수}(2 \times 10^{-8})$$

<체내 삼중수소의 피폭 평가 오류>

- 연구팀의 체내 삼중수소로 인한 피폭선량 평가는 문제가 많다. 음식물 섭취에 의한 내부피폭 평가 방식을 적용했으나 이는 잘못이다.
- 주민설명회 자료에서 소변 삼중수소 검출량 7.90Bq/L을 0.00017mSv로 평가했다. 소변 삼중수소 농도(7.90Bq/L)에 평균 수분 섭취량(2.9L/day), 365일, 선량환산계수(2×10^{-8})를 곱한 것이다. 여기서 평균 수분 섭취량을 곱한 것은 큰 잘못이다.
 - ① 평균 수분 섭취량을 곱하기 위해서는 음용수의 삼중수소 농도가 7.90Bq/L 이어야 한다. 그러나 주민들이 음용하는 삼중수소 농도는 7.90Bq/L보다 훨씬 낮다.
 - ② 음용수는 삼중수소 피폭에 거의 영향을 미치지 않고 공기 흡입이 삼중수소 피폭의 주요 원인이다.
- 삼중수소는 물(水)로 존재하여 인체에 골고루 분포하기 때문에 소변에서 7.90Bq/L 검출됐다면, 평균 체중 64kg인 사람의 몸에 수분 함량을 70%로 가정했을 때 353.92Bq 이상의 삼중수소가 체내에 상존하는 것으로 추정해야 한다. 이럴 경우 피폭량은 0.00258mSv로 평가되어 15.2배⁺ 높다.

$$+ 7.9 \times 2.9 \times 365 \times (2 \times 10^{-8}) \text{ vs } 7.9 \times 64 \times 0.7 \times 365 \times (2 \times 10^{-8})$$
- 삼중수소 체내 피폭의 선량환산계수(2×10^{-8}) 사용도 문제가 많다. 선량환산계수는 생물학적 반감기를 포함하고 있다. 그러나 월성원전 인근 주민의 특성상 소변에서 검출된 삼중수소가 체내에 상존한다고 볼 때 생물학적 반감기는 적용되지 않는다. 앞의 피폭량 0.00258mSv를 생물학적 반감기를 고려하여 보정하면, 단순히 2를 곱해도 0.00516mSv로 평가되어 연구팀의 0.00017mSv 평가보다 30.3배 높다.
- 선량환산계수에 생물학적 반기가 어떤 방식으로 적용된 것인지 정확히 알 수 없으나, 일반적으로 반감기 10번(2^{10})이 지나면 방사선의 영향이 미미한 것으로 간주한다. 삼중수소의 생물학적 반감기가 12일이면 10번 반감에 120일, 연간 3회 반복된다. 이를 적용하여 보정하면, 무려 7.92576mSv⁺로 평가된다. 연구팀의 0.00017mSv보다 46,622배 높다.

$$+ 0.00258 \times 2^{10} \times 3$$

<연구팀 자료 공개 및 3자 검증 필요>

- 연구팀은 2022년 12월 5일 최종보고회 후 2023년 1월 중순 주민설명회를 개최할 계획이었으나 계속 연기되어 6월 8일 개최하게 됐다. 주민설명회가 연기되는 과정에서 환경부와 갈등이 있었던 것으로 전해지고 있다.
- 최종보고서는 최종보고회 자료에서 일부 수정되었다. 그 결과 주민의 삼중수소 피폭량, 암 발생 빈도 등이 감소했다. 즉, 월성원전의 영향이 감소하는 방향으로 자료가 수정되었다.
- 이에 조사 결과에 대한 제3자 검증이 필요하다. 연구팀은 조사에 활용한 기초 데이터 일체를 공개해야 한다.

- 끝 -

<참고> 주민설명회 자료의 삼중수소 추이

