



광주광역시의회
Gwangju Metropolitan Council

참여하는 시민, 행동하는 의회

광주광역시 기후위기와 홍수 대응 방안은?

2023.5.23.(화) 오후 2시
광주광역시의회 5층 예산결산특별위원회실



광주광역시의회
Gwangju Metropolitan Council



광주환경운동연합

빛고을하천네트워크

광주시민의 참여를 기다립니다!



광주광역시의회



YOUTUBE



차 례

발제1. 영산강섬진강_홍수원인제언	1
발제2. 기후변화와 홍수 대응전략	26
토론1. 환경부 홍수피해 방재대책	49
토론2. 기후위기와 홍수대응 토론회.....	51

2020년 영산강·섬진강유역 홍수 원인분석 및 제언

전남대학교 토목공학과
류용욱

목 차

1. '20 영·섬 유역 피해 조사 개요
2. 유역 현황
3. 기상 및 수문 분석
4. 주요 피해 현황 조사 - 영산강/섬진강 유역
5. 섬진강 유역 피해 분석
6. 제언 및 결론

1 '20 영·섬 유역 피해 조사 개요



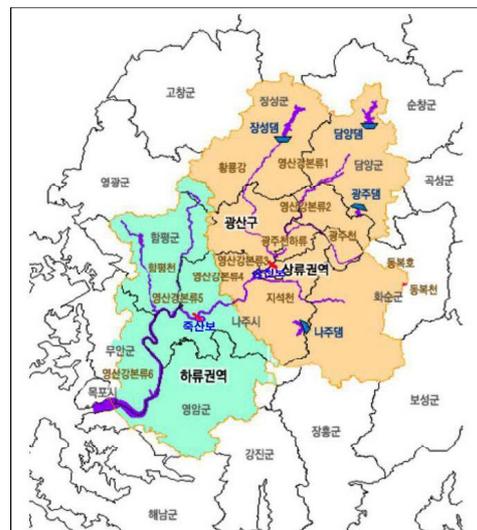
◆ 영산강·섬진강 유역 피해 조사

- 2020년 8월 7일 ~ 8일 집중호우 (전국에서 가장 큰 강우강도)
- 영산강 및 섬진강 유역에 큰 피해 발생
- 도심 및 농경지 침수, 홍수 범람, 시설물 유실 등 다양한 수해 피해 발생
- 두 유역 모두 대부분의 지점에서 계획홍수위 초과
- 각 유역의 주요 피해지역을 조사하고 원인 분석

2 유역 현황

◆ 영산강 유역 현황

- 행정구역:
 - 광주광역시
 - 전라남도 나주, 목포, 담양, 장성, 영광, 화순, 함평, 무안, 영암
- 하천현황
 - 유역면적 3,455 km², 유로연장 129.5 km
 - 5개 국가하천(영산강, 황룡강, 지석천, 고막원천, 함평천)과 163개 지방하천(광주천 등)
- 토지이용
 - 임야 1,748.5 km², 농경지 1,161.4 km², 도시지역 242.2 km²



영산강 유역도 (환경부)

3 기상 및 수문 분석

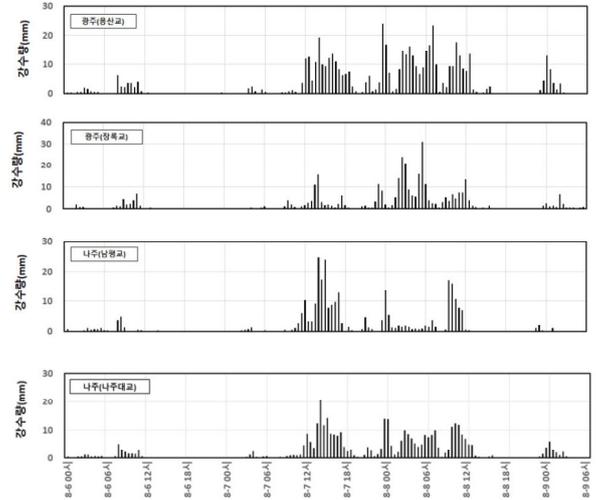
◆ 영산강 유역 강우 분석

* 영산강 하천기본계획(2013)

유역평균		319.5mm				최고 지점 - 담양(광주댐), 654mm
주요지점		광주(mm)		장성(mm)		
		24hr	48hr	24hr	48hr	
확률빈도 강수량	200년	354.2	425.6	286.9	397.1	
	500년	394.7	474.6	316.0	440.7	

■ 강우 특성

- 8월 7일 12시경부터 8월 8일 12시경 까지 약 24시간 동안 강우 지속
- 주요지점인 담양(광주댐), 장성(삼서면)에서 24시간 임의지속시간 500년 빈도 확률강우량 초과
- 24시간 임의지속시간 강우량 최대값은 담양(광주댐) 지점
- 영산강 유역은 상류에 강우량이 많은 경향



영산강 주요 지점의 시우량(2020.08.06.-08.09)

3 기상 및 수문 분석

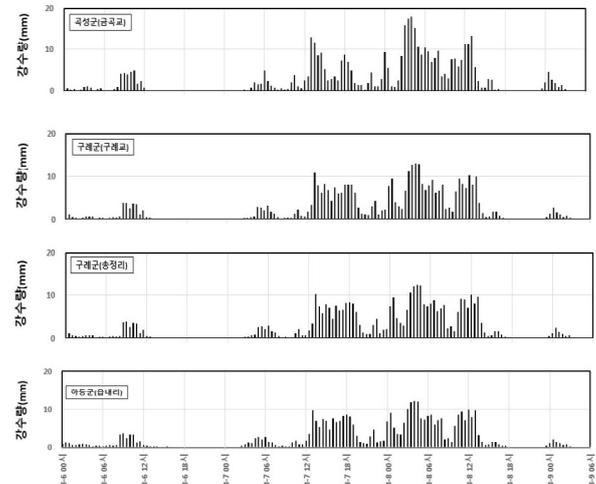
◆ 섬진강 유역 강우 분석

* 섬진강 하천기본계획(2009)

유역평균		355.4mm				최고 지점 - 남원시(신덕리), 542mm
주요지점		남원(mm)		순창(mm)		
		24hr	48hr	24hr	48hr	
확률빈도 강수량	200년	279.0	382.2	297.3	358.2	
	500년	307.7	425.0	327.7	395.5	

■ 강우 특성

- 8월 7일 3시경부터 8월 8일 18시경 까지 약 39시간 동안 강우 지속 (높은 강우강도는 8월 7일 12시경부터 8월 8일 12시경까지 지속)
- 주요지점인 남원, 순창(옥천교)에서 24시간 임의지속시간 500년 빈도 확률강우량 초과
- 24시간 임의지속시간 강우량 최대값은 남원(신덕리) 지점
- 섬진강 유역은 상류와 하류 전반적으로 큰 강우량을 기록함



섬진강 주요 지점의 시우량(2020.08.06.-08.09)

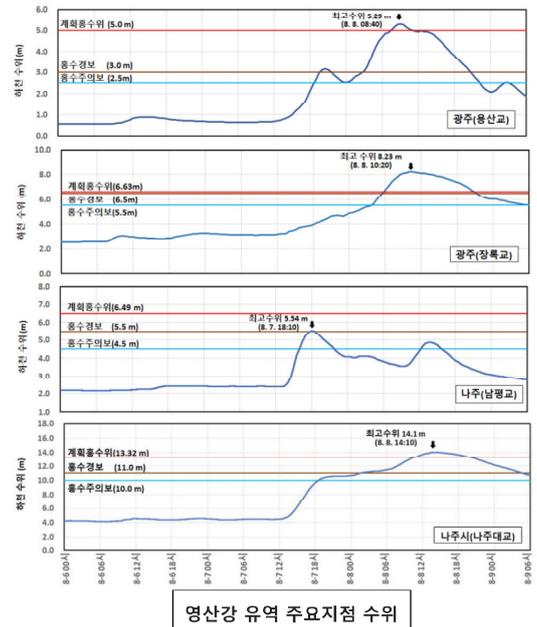
3 기상 및 수문 분석

◆ 영산강 유역 하천 수위 분석

관측소명	광주시 (극락교)	나주시 (나주대교)	광주시 (장록교)	나주시 (남평교)
제방 고(m)	13.30	16.31	9.75	8.17
계획홍수위(m)	8.81	13.32	6.63	6.49
홍수경보수위(m)	8.50	11.00	6.50	5.50
8.7~8.8 최고수위(m)	10.91	14.10	8.23	5.54
	8.8. 11:20	8.8. 14:10	8.8. 10:20	8.7. 18:10

■ 홍수위 특성

- 계획홍수위 초과 : 영산강 중상류지점(극락교), 중류지점(나주대교), 황룡강 하류지점(장록교)
- 영산강 및 황룡강 최고수위는 8월 8일에 발생
- 지식천 최고수위는 8월 7일에 발생(8일에는 감소 추세)



3 기상 및 수문 분석

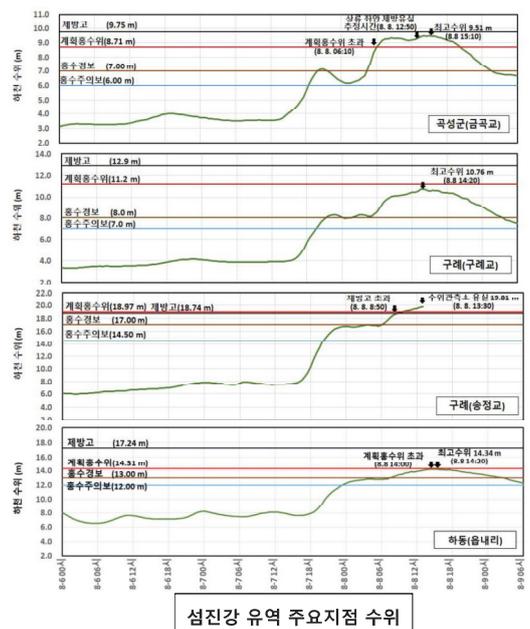
◆ 섬진강 유역 하천 수위 분석

관측소명	곡성군 (금곡교)	구례군 (구례교)	구례군 (송정리)	하동군 (읍내리)
제방 고(m)	9.75	12.90	18.74	17.24
계획홍수위(m)	8.71	11.20	18.97	14.31
홍수경보수위(m)	7.00	8.00	17.00	13.00
8.7~8.8 최고수위(m)	9.51	10.74	19.81*	14.34
	8.8. 15:10	8.8. 14:20	8.8. 13:20	8.8. 14:20

* 수위관측소 유실

■ 홍수위 특성

- 계획홍수위 초과 : 상류부(곡성-금곡교), 중류부(구례-송정교), 하류부(하동-읍내). (구례교 또한 계획홍수위에 45cm차로 근접)
- 섬진강 상하류 대부분의 지점에서 계획홍수위 초과 혹은 근접하였으며, 8월 8일 오후에 대부분 최고 수위를 기록



4 주요 피해 현황 조사

◆ 2020년 8월 7일 ~ 8일 집중호우 피해

■ 영산강 유역

- 영산강 대부분의 구간에서 계획홍수위 초과
- 피해지역 : 광주광역시, 전남 담양군, 장성군, 화순군, 나주시
- 광주는 도심형 침수, 전남 지역은 제방붕괴 침수 유형

■ 섬진강 유역

- 섬진강 대부분 구간에서 계획홍수위 초과
- 섬진강은 100년 빈도 설계강우 하천, 따라서 피해가 컸음
- 피해지역: 전북 남원, 전남 곡성, 구례, 경남 하동



4 주요 피해 현황 조사 - 영산강 유역

◆ 광주광역시 도심 피해

■ 광주 피해 상황

- 사망 2명, 실종 1명, 부상 1명의 인명피해
- 417세대, 661명의 이재민 발생
- 시설피해 : 공공시설 626건 533억, 사유시설 7,021건 1028억으로 총 7,647건으로 1,561억으로 집계
- 영산강 본류가 통과하는 광산구, 북구 전역과 서구, 동구, 남구 지역에서 피해 발생
- 광주시 도시침수는 영산강 및 지류 인근 지역과 저지대 지역에서 주로 발생

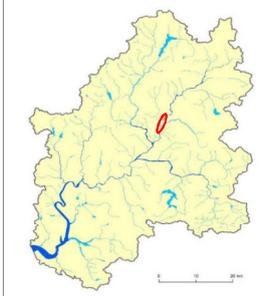
■ 광주 하천 상황

- 영산강 본류, 황룡강, 광주천이 통과
- 영산강 본류와 황룡강이 광주 북/서부를 통과하고, 광주천은 중심부를 통과
- 500년 빈도를 넘는 강수량 때문에 대부분 하천이 계획홍수위를 초과 혹은 근접
- 피해는 월류 범람보다 높은 외수위로 인해 내수 배제가 차단되어 제내지 영역 침수



4 주요 피해 현황 조사 - 영산강 유역

◆ 광주 도심 - 영산강/황룡강 주변 첨단지구/북구/서구 침수



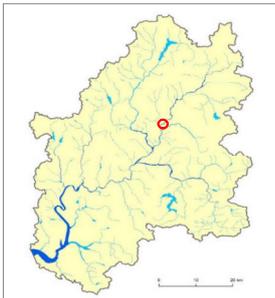
- 피해 상황
 - 영산강 본류 인근 지역인 첨단-수완지구, 동림동 제내지, 서창지구에서 침수 피해가 발생
 - 황룡강 인근 지역인 선암지구, 장록교 주변 주택가 침수
- 원인
 - 주변 하천의 계획홍수위에 근접하는 외수위 상승에 의해 내수 배제 차단
 - 광주 지역 집중호우로 인한 도시침수 현상 발생



13

4 주요 피해 현황 조사 - 영산강 유역

◆ 광주 도심 - 새로나추모관 침수 피해



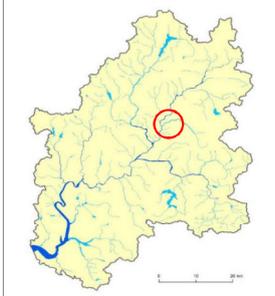
- 피해 상황
 - 영산강 제내지에 위치(북구 동림동)한 새로나 추모관 지하실 침수로 유골함이 침수
- 원인
 - 외수위 증가로 인해 제내지의 내수 배제 불량으로 인한 인근 침수
 - 지상 1m 높이에 건물 외벽에 설치된 환기구 보다 높아진 내수위로 인하여 건물 밖의 물이 환기구를 통하여 유입되고 지하실이 침수
 - 500년 빈도 이상의 강수, 제내지 내 하류방향 위치, 지하공간 침수방지 조치 미적용 등으로 피해 발생



14

4 주요 피해 현황 조사 – 영산강 유역

◆ 광주 도심 - 저지대 침수 및 축대/옹벽 피해



■ 피해 상황

- 집중호우에 의한 저지대 침수-백운교차로, 용봉동, 문흥동, 금호동, 화정동, 쌍촌동 일대
- 급경사 기슭, 축대 및 옹벽 피해

■ 원인

- 500년 빈도를 넘는 집중호우로 유출이 집중되는 저지대 침수, 기존 하수관 시스템으로 배수 불가
- 지속적인 집중호우로 지반 약화



북구 용봉동



백운교차로



조선대 축대

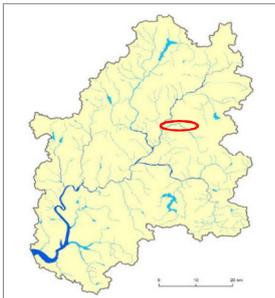


소촌동 옹벽

15

4 주요 피해 현황 조사 – 영산강 유역

◆ 광주천 피해



■ 피해 상황

- 광주천은 전구간이 도심지를 관류하는 도시하천으로서 수위가 범람 직전까지 상승
- 하천 내 노후 하천시설물 유실, 일부 하천 주변 지역 침수

■ 원인

- 고수위와 큰 유속으로 인해 하천 내 시설물 유실
- 범람직전 고수위로 인해 광주천으로 내수배제 차단되어 주변 배수 어려움으로 인한 침수



광주시내 광주천



양동복개상가 부근



범람직전 수위

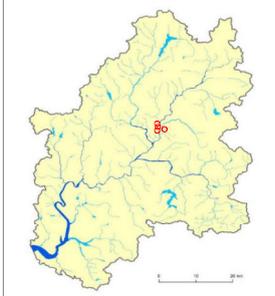


호안공 붕괴

16

4 주요 피해 현황 조사 – 영산강 유역

◆ 광주 도심하천 피해



■ 피해 상황

- 광산구에 위치한 운수천, 장수천, 풍영정천, 남구에 위치한 서창천 하천 시설물 파괴
- 호안공 및 제외지 시설물 유실
- 수위 상승 및 내수배제 차단으로 주변 범람 발생

■ 원인

- 도심하천은 영산강으로 합류되는 하천으로 영산강 수위 증가에 따른 수위 상승
- 하천정비상태가 양호하여 월류 및 제방붕괴는 발생하지 않고 하도 내 시설물이 유실되는 피해



풍영정천



운수천



장수천

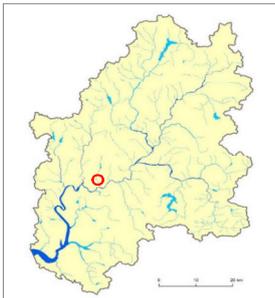


서창천

17

4 주요 피해 현황 조사 – 영산강 유역

◆ 문평천 제방 유실 및 범람



■ 피해 상황

- 문평천은 영산강의 제1지류로서 전남 나주시 다시면에서 영산강에 합류
- 문평천 제방 유실로 제내지 농경지 범람, 나주 다시면 죽산리 일대가 침수로 큰 피해

■ 원인

- 문평천의 홍수위가 제방고를 상회하는 홍수위가 발생
- 하천 내 한대교, 회룡교의 교량 양안의 여러 곳에서 제방 사면이 침식되고 월류
- 문평천 하류에서 영산강 본류가 역류한 것으로 판단 : 제방 법면의 식생 누운 방향, 회룡교의 부유잡물 부착 위치(하류쪽에 위치)



문평천 제방 붕괴



제방 붕괴 후 보수



역류: 식생 방향

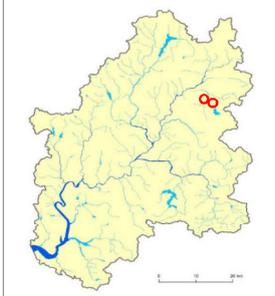


역류: 부유물

18

4 주요 피해 현황 조사 – 영산강 유역

◆ 증암천 및 석곡천 하도 피해



■ 피해 상황

- 증암천과 석곡천은 영산강 상류부 좌안측 지류로서 전남 담양군 고서면 일대의 하천에 위치
- 증암천은 광주댐 하류부에서 피해가 발생, 증암교와 고읍교 중간지점에서 좌안 제방이 약 50m가 유실
- 석곡천은 홍수위 및 유속 증가에 따라 제방 유실과 제방간 접합부의 세굴 피해

■ 원인

- 광주댐의 4개 수문 개방 방류에 따라 하류에 강한 유속으로 하류부 유실로 판단
- 광주댐 유역의 영산강 최대 강우량으로 인해 큰 홍수량 발생. 하천 상류의 강한 유속 발생 추정



증암천-광주댐 하류부 유실



증암천 제방 유실



석곡천 제방 유실



제방 보수

19

4 주요 피해 현황 조사 – 영산강 유역

◆ 관동천 하도 피해



■ 피해 상황

- 관동천은 전남 장성군 황룡면 일대의 하천으로 황룡강의 제1지류
- 홍수 피해는 장성군 황룡면 필암리 구석교 인근 지역에서 발생

■ 원인

- 황룡강 유역 장성군(삼서면) 강우량은 500년 빈도 초과할 정도로 큰 비가 유역에 내림
- 집중호우에 의한 홍수량 증가로 하상 침식 및 제방 하부 유실이 발생
- 높은 홍수위로 인한 구석교를 통한 월류 범람으로 인근 지역 침수



관동천 하상침식

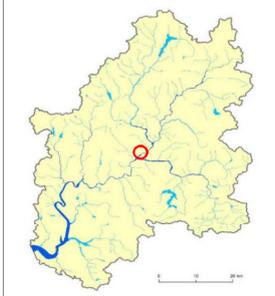


제방 하부 유실

20

4 주요 피해 현황 조사 - 영산강 유역

◆ 영산강 - 승촌보 수위



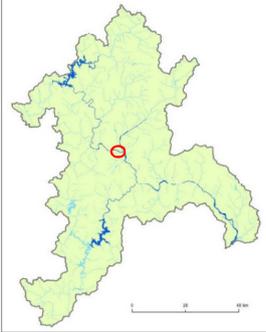
4 주요 피해 현황 조사 - 섬진강 유역

◆ 금곡교 일대 침수



4 주요 피해 현황 조사 – 섬진강 유역

◆ 금곡교 제방 붕괴 및 침수



- 피해 상황
 - 금곡교는 전북 남원군 금지면과 전남 곡성군 곡성읍을 연결하는 교량
 - (구)금곡교의 좌안 200m 상류부에서 제방 붕괴 발생
- 원인
 - 계획홍수위를 넘는 고수위로 인해 (구)금곡교 상판을 통한 월류 발생
 - (구)금곡교 좌안 20여m 부근에 제방상부가 부분 유실
 - 좌안 제방 약 0.6km상류에 제방고 낮은 지대(약-1.5m)에 아크릴 파라핏(parapet) 방수벽 설치
→ 철제 프레임 및 아크릴판 사이로 월류 진행

금곡교 제방 붕괴



금곡교 월류



금곡교 좌안도로 월류



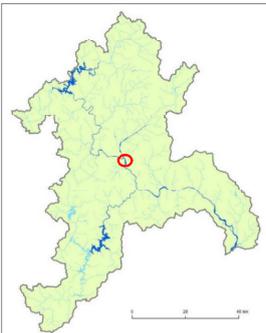
저제방고 파라핏 월류



23

4 주요 피해 현황 조사 – 섬진강 유역

◆ 고달교 제방 유실 및 침수



- 피해 상황
 - 고달교는 전남 곡성군 고달면에 위치한 교량으로 섬진강과 요천 합류 후 첫 번째 위치한 교량
 - 고달교 우안 아래 제방이 부분 유실되고 발생한 월류에 의해 제내지가 범람 침수됨
 - 곡성군 고달면 일대와 곡성읍 대평리, 동산리, 신기리, 장성리도 침수
- 원인
 - 고달교 우안 아래 제방부의 제방고가 다른 제방부보다 약 1m 정도 낮게 형성
 - 낮아진 본 제방의 제방고를 상향하고자 독마루가 좁은 추가 제방을 설치해 놓았는데 이 부분이 유실

고달교 우안 제방



제방 유실 구간



제방 독마루



24

4 주요 피해 현황 조사 - 섬진강 유역

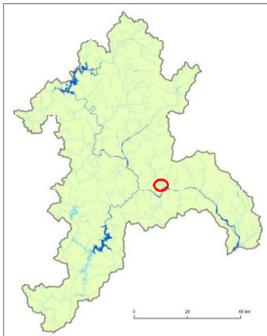
◆ 구례읍 일대 침수



25

4 주요 피해 현황 조사 - 섬진강 유역

◆ 구례읍 침수



■ 피해 상황

- 구례읍은 섬진강 본류와 서시천의 합류부 위치(섬진강의 좌안, 서시천의 우안)
- 구례공설운동장부터 서시교까지 구례읍 일대가 침수

■ 원인

- 구례읍에 접해있는 서시천의 우안은 무제부로서 서시교부터 제방 없음
- 계획홍수위를 초과한 서시천의 홍수위는 우안의 무제부를 통해 구례읍으로 범람 침수
- 서시1교 제방 붕괴, 섬진강 본류의 문척교 월류 등 합류부의 복합적인 범람으로 큰 침수 피해



침수된 구례읍



구례읍내



복구 상황



구례5일장

26

4 주요 피해 현황 조사 – 섬진강 유역

◆ 서시교 제방 유실 및 침수



■ 피해 상황

- 서시1교는 전남 구례군 구례읍을 통과하는 서시천이 섬진강 본류 합류 전 마지막 교량
- 서시1교 양안 아래 제방이 붕괴되면서 구례군 봉동리 양정마을과 마산면 냉천마을 일대가 침수된 피해
- 제방 붕괴와 함께 연쇄적으로 교량과 연결된 국도 도로까지 유실

■ 원인

- 서시1교 아래 제방부는 교량 거더의 낮은 높이로 인해 제방고가 낮았음.
- 계획홍수위를 초과한 홍수위는 양안 제방을 통해 월류되고 이후 제방이 붕괴되었을 것으로 판단
- 낮아진 본 제방의 제방고를 상향하고자 독마루가 좁은 추가 제방을 설치해 놓았는데 이 부분이 유실



서시교 제방 붕괴



제방 붕괴 구간



제방고 변화

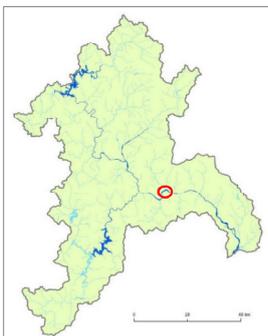


제방 붕괴부 보수

27

4 주요 피해 현황 조사 – 섬진강 유역

◆ 문척교 월류 침수



■ 피해 상황

- (구)문척교는 구례군 구례읍과 문척면을 연결하는 섬진강 본류 교량으로 높이가 매우 낮아 잠수교 형태
- 낮은 (구)문척교의 양안으로 하천수가 유입되어 구례읍과 문척면으로 범람한 수해

■ 원인

- (구)문척교는 교량 높이가 매우 낮음에도 불구하고 양안의 연결 도로 또한 제방고보다 낮은 표고로 공사
- (구)문척교의 낮은 양안은 섬진강의 하천수를 유입하는 통로 역할
- 교량의 좌안으로는 구례읍으로 범람, 우안으로는 문척면으로 범람.
- 우안 측 제방선을 따라 제내지 측에 우회도로를 위한 굴다리가 설치 → 범람 하천수의 전달 통로 역할



(구)문척교



좌안측 월류



제내지 굴다리



우안 제방 구간

28

4 주요 피해 현황 조사 – 섬진강 유역

◆ 화개장터 침수



■ 피해 상황

- 화개장터는 경남 하동군 화개면에 위치. 화개천이 섬진강에 합류하는 지점. 화개장터는 화개천의 좌안, 공영터미널은 우안에 위치하며 제방이 설치되어있지 않은 무제부 지역
- 화개장터가 있는 화개천의 좌안이 우안보다 더 낮아 상대적으로 침수 깊이가 큼

■ 원인

- 섬진강의 홍수위는 구례군 송정리에서 계획홍수위를 초과
- 화개천의 홍수량도 합류하여 화개장터 일대의 침수를 심화
- 상대적인 표고로 인해 침수심은 화개장터 측의 좌안보다 공영터미널 측의 우안의 침수심이 작음



화개장터 침수



공영터미널 침수



화개천 좌안(화개장터)



화개천 우안(터미널)

29

5 섬진강 유역 피해 분석 – 금곡교 제방붕괴범람

◆ 금곡교 제방 붕괴 개요

■ 금곡교

- 전북 남원시 금지면과 전남 곡성군 곡성읍을 잇는 교량
- (구)금곡교와 (신)금곡교가 있음

■ 금곡교 좌안 제방 붕괴

- 제방 붕괴는 (구)금곡교(이하 금곡교)의 200 m 상류부 좌안에서 발생 (2020년 8월 8일 오전 10시경)
- 제방 붕괴에 의한 범람 피해 지역은 남원시 금지면 지역 일대



30

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 금곡교 제방 붕괴 범람

- 재난 및 안전관리 기본법(이하 재난안전법)의 정의
 - > 홍수/호우로 발생된 자연재해
- 홍수/호우에 의한 자연재해 원인 분석
 - 수문기상학적 요인
 - 지형학 및 수문환경학적 요인
 - ✓ 섬진강 유역 지형과 하도계획
 - ✓ (구)금곡교의 존치
 - ✓ 섬진강과 요천의 합류 구간
 - 홍수방어조치 및 관리 요인
 - ✓ 하도 정비
 - ✓ 홍수기 섬진강댐 운영



31

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 금곡교 제방 붕괴 범람 요인 분석

수문기상학적 요인	지형학적 및 수문환경학적 요인	홍수방어조치 및 관리 요인
<ul style="list-style-type: none"> • 섬진강 유역 강수량 • 섬진강 댐 유역 및 하류 유역 강수량 	<ul style="list-style-type: none"> • 섬진강 유역 지형과 하도계획 • (구)금곡교의 존치 • 섬진강과 요천의 합류 구간 	<ul style="list-style-type: none"> • 하도 정비 • 홍수기 섬진강댐 운영

32

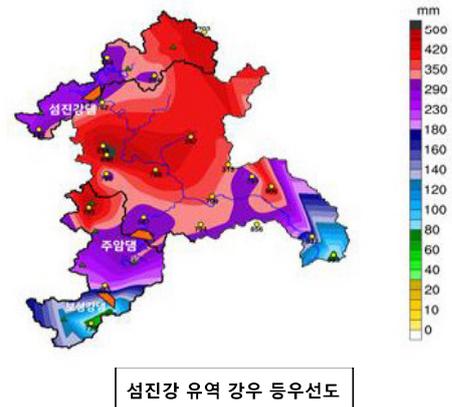
5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 수문기상학적 요인

■ 섬진강 유역 강우량 분석

섬진강유역 강우량 자료: 2020년 8월 7일~8일 (단위: mm)

측 정 명	8월7일	8월8일	48시간	관리기관	비고
곡성군 (옥과뜰개이트)	275	280	555	환경부	최대
남원시 (신덕리)	223	319	542	환경부	
곡성군 (괴소리)	256	196	452	환경부	
진안군 (도통리)	191	220	411	수자원공사	300년 빈도
구례군 (문수리경로당)	169	201	370	환경부	
광양시 (남도대교)	154	178	332	환경부	
구례군 (서시교)	144	177	321	환경부	
하동군 (읍내리)	56	123	173	환경부	최소



33

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 수문기상학적 요인

■ 섬진강댐 유역 및 하류 유역 강우량 분석: 2020년 8월 7일 ~ 8일

• 섬진강댐 유역 강우량 빈도해석 (단위: mm)

구분 (유역, 측정명)	강우량 (48hr)	검 토 결 과			비 고
		구분	빈도수준	확률강우량	
댐 유역 평균	340.8	설계*	100년	332 (24hr)	1965년 준공
		계획**	100년 200년	318 (48hr) 346 (48hr)	200년 수준
진안군(도통리)	411.0	지침***	300년	410.8 (48hr)	300년 수준
임실군(용암리)	334.0	지침	50년	342.6 (48hr)	50년 이하
임실군(섬진강댐)	265.0	지침	10년	275.8 (48hr)	10년 이하

• 섬진강댐 하류 유역 강우량 빈도해석 (단위: mm)

유역 유출부 지점	유역평균 강우 (48hr)	빈도별 설계강우** (48hr)		비 고
곡성군 (금곡교 수위표)	405.6	100년 200년	307.0 333.0	200년 이상
하동군 (송정수위표)	373.1	100년 200년	337.0 368.0	200년 이상
하동군 (남도대교 수위표)	371	100년 200년	336.5 368.0	200년 이상

* 섬진강댐 설계도서 (1965)

** 섬진강 하천기본계획(보완) (국토해양부, 2009)

*** 전국 하천유역 홍수량산정 보고서 (환경부, 2020)

34

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 금곡교 제방 붕괴 범람 요인 분석

수문기상학적 요인	지형학적 및 수문환경학적 요인	홍수방어조치 및 관리 요인
<ul style="list-style-type: none"> 섬진강 유역 강수량 섬진강 댐 유역 및 하류 유역 강수량 	<ul style="list-style-type: none"> 섬진강 유역 지형과 하도 계획 (구)금곡교의 존치 섬진강과 요천의 합류 구간 	<ul style="list-style-type: none"> 하도 정비 홍수기 섬진강댐 운영

35

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 지형학 및 수문환경학적 요인

- 섬진강 유역 지형 특성과 하도 계획**
 - 섬진강 유역 하도 특성은 산지 하천 구간과 평지 하천 구간이 반복적으로 나타나고 불규칙적이며 변화가 심하여 흐름의 병목현상이 나타남
 - 산지 하천의 경우 경사가 급하고 하폭이 좁아 하안이 발달되고, 평지 하천에서는 경사가 완만해지고 하폭이 넓어져 제방이 조성됨
 - 섬진강 유역의 하천은 100년 빈도 설계강우가 적용되었음에도 8월 7일~8일 간 집중호우 기간 동안 평균강우는 200년 확률빈도를 상회(구간적으로 500년 빈도 상회)



36

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 지형학 및 수문환경학적 요인

- (구)금곡교의 존치
 - 금곡교는 (구)금곡교 2개와 (신)금곡교 1개
 - 제방 붕괴는 수위관측소가 있는 (구)금곡교(사진상 가장 아래) 좌안
 - (구)금곡교는 경간장이 짧고, 상판 슬래브 낮아 하천 흐름에 지장
→ 8월 7일과 8일 집중호우시 하천 통수능에 많은 지장을 초래
 - (구)금곡교의 상판슬래브는 제방 독마루 높이와 동일
→ 홍수위가 상판 슬래브에 도달하여 제방 여유고가 확보되지 않음



8월8일 집중호우시
(구)금곡교 월류



집중호우 이후
(구)금곡교



37

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 지형학 및 수문환경학적 요인

- 섬진강과 요천 합류 구간
 - 섬진강 본류는 요천과 합류지점에서 굴곡지어 흐르면서 요천과는 직각 방향으로 합류
 - 합류 후 섬진강 하폭은 좁아지고 흐름은 직각방향으로 크게 변함
 - 요천의 유입 유량은 합류후 홍수량의 32%를 차지
 - 요천으로부터의 많은 유입 유량은 섬진강 본류 우안에 부딪히고 좌우로 분산되면서 섬진강 본류 흐름을 방해할 가능성이 높음



38

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 금곡교 제방 붕괴 범람 요인 분석

수문기상학적 요인	지형학적 및 수문환경학적 요인	홍수방어조치 및 관리 요인
<ul style="list-style-type: none"> • 섬진강 유역 강수량 • 섬진강 댐 유역 및 하류 유역 강수량 	<ul style="list-style-type: none"> • 섬진강 유역 지형과 하도계획 • (구)금곡교의 준치 • 섬진강과 요천의 합류 구간 	<ul style="list-style-type: none"> • 하도 정비 • 홍수기 섬진강댐 운영

39

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 홍수방어 조치 및 관리

→ 하도정비, 섬진강댐 제한홍수위 관리

- 하도정비 : (구)금곡교 제방붕괴지점의 제방관리 조사
 - 제방고
 - 독마루폭과 비탈면
 - 제체의 누수
- 홍수기 섬진강댐 운영
 - 홍수기제한수위
 - 댐유입량과 댐방류량
 - 댐방류량과 금곡교 제방붕괴 연관성

홍수방어조치 및 관리 요인

- 하도 정비
 - 제방고
 - 독마루폭과 비탈면
 - 제체의 누수
- 홍수기 섬진강댐 운영
 - 홍수기제한수위
 - 댐유입량과 댐방류량
 - 댐방류량과 금곡교 제방붕괴 연관성

40

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

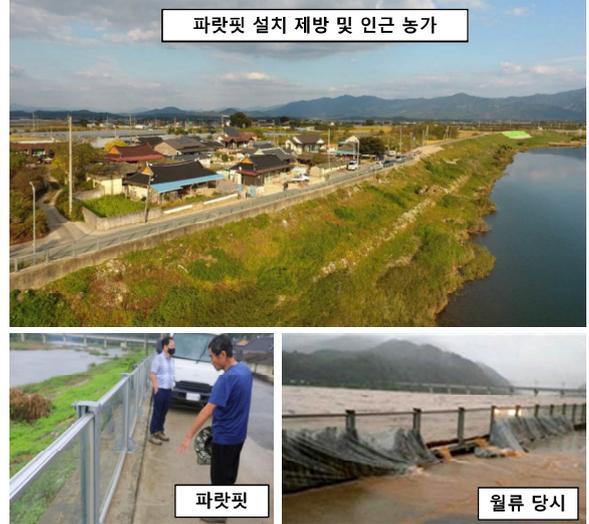
◆ 홍수방어 조치 및 관리

■ 하도정비 - 제방고

- 제방 붕괴 지점은 (구)금곡교로부터 약 200m 상류 지점이며, 100m 정도 제방 유실
(교량상판슬래브를 통한 월류 검토는 앞절에서 제시하여 생략)
- 붕괴지점 300m 상류부에 계획홍수위보다 낮은 제방고 구간
→ 제방둑 앞비탈머리에 200m 아크릴판 파라핏(parapet)이 설치
→ 초과 홍수위시 제내지로의 월류를 막기 위한 방수벽(농가주민)
- 하천설계기준에 의한 제방 여유고 산정

계획 홍수량 (m ³ /sec)	여유고 (m)	비고
200 미만	0.6 이상	
200이상 ~ 500 미만	0.8 이상	
500 이상 ~ 2,000 미만	1.0 이상	
2,000 이상 ~ 5,000 미만	1.2 이상	
5,000 이상 ~ 10,000 미만	1.5 이상	5,160 m ³ /sec
10,000 이상	2.0 이상	

- 파라핏 구간에서 홍수위는 제방고보다 약 20~30cm 높았다고 보고



41

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 홍수방어 조치 및 관리

■ 하도정비 - 독마루쪽과 비탈면

- 하천설계기준에 의하면 (구)금곡교의 독마루쪽은 6m 이상이어야 함

계획 홍수량 (m ³ /sec)	독마루쪽 (m)	비고
500 미만	3 이상	
500 이상 ~ 2,000 미만	4 이상	
2,000 이상 ~ 5,000 미만	5 이상	
5,000 이상 ~ 10,000 미만	6 이상	5,160 m ³ /sec
10,000 이상	7 이상	

- ✓ 현재 독마루쪽은 2/3 정도인 것으로 파악

- 하천시설기준에서 비탈경사는 1:2 이상으로 완만한 경사 규정
- ✓ 경사도가 일정하지 못하며 만족 이하 경사도 구간 존재
- ✓ 앞비탈면에서 침식이 많이 일어나 상태
- ✓ 현재는 견고히 보강한 것으로 판단



42

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 홍수방어 조치 및 관리

- 하도정비 - 제체의 누수
 - 제방이 붕괴되기 전 제방의 뒷비탈면에서 누수가 발생하여 물이 흘러내리고 있었고 이어서 제방이 붕괴 (파라핏 설치된 마을 주민의 인터뷰 내용)
 - 제방 누수 여부는 지반 및 투수성 검사 등을 통한 정확한 조사가 필요



43

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 홍수방어 조치 및 관리

- 홍수기 섬진강댐 운영
 - (구)금곡교 지점의 제방 붕괴는 댐운영과 연관 있다는 의견 → 섬진강댐 운영 조사 필요
 - 영향 검토를 위해 섬진강댐 운영 관련 기초자료 활용
 - ✓ 수자원공사 댐관리규정 (2015)
 - “댐건설 및 주변지역 지원 등에 관한 법률”과 “수자원공사법” 제 27조에 의하여 제정된 규정
 - 댐과 하구둑의 관리에 필요한 사항을 규정
 - ✓ 2020년 8월 7일과 8월 8일의 섬진강댐 운영자료
 - 수자원공사 “섬진강댐의 집중호우(8.7~8)시 댐 및 하천 홍수관리 현황”
 - ✓ 섬진강 하천기본설계(2009)
 - 섬진강댐 댐운영의 적절성을 검토하기 위해 아래의 사항을 조사
 - ✓ 홍수기제한수위
 - ✓ 댐유입량과 댐방류량
 - ✓ 댐방류량과 (구)금곡교 제방붕괴 연관성

홍수방어조치 및 관리 요인

- 하도 정비
 - 제방고
 - 독마루쪽과 비탈면
 - 제체의 누수
- 홍수기 섬진강댐 운영
 - 홍수기제한수위
 - 댐유입량과 댐방류량
 - 댐방류량과 금곡교 제방붕괴 연관성

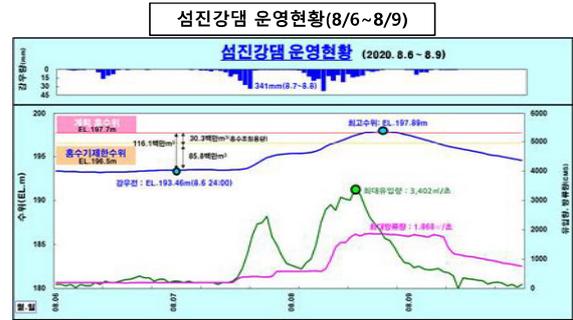
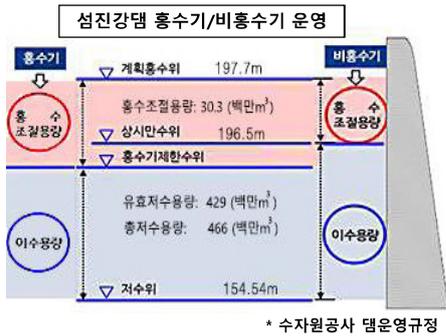
44

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 홍수방어 조치 및 관리

■ 홍수기 섬진강댐 운영 - 홍수기제한수위

- 홍수기제한수위란 홍수기시 최고 제한 수위
- 홍수기제한수위 미지정시 → 상시만수위를 홍수기제한수위로 간주
: 섬진강댐 홍수기제한수위 미지정
- 섬진강댐 홍수위 관련 주요 제원



섬진강댐 운영규정	8/6~8/9 운영현황
<ul style="list-style-type: none"> • 홍수기제한수위(=상시만수위) : 196.5m • 계획홍수위 : 197.7m • 홍수조절용량 : 30.3백만³ 	<ul style="list-style-type: none"> • 8/6일 24시 댐수위: 193.46m (홍수기제한수위 대비 -3.04m) • 계획홍수위 대비 -4.24m • 저류용량(계획홍수위까지) : 116.1백만³ (홍수조절용량 대비 3.8배)

45

5 섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 홍수방어 조치 및 관리

■ 홍수기 섬진강댐 운영 - 댐유입량과 댐방류량

- 섬진강댐 설계강우량 : 332mm (100년 빈도 24시간 지속 확률강우)
- 댐유입량 3,268m³/sec, 계획방류량 1,868m³/sec
- 8월 7일과 8일 평균강우량 : 340.8mm
- 댐유입량 3,402m³/sec(설계유입량 대비 104%)
- 댐방류
 - 8월7일 12:00이전은 200m³/sec 방류
 - 12:00이후부터 400, 600, 1,000, 1,500, 1,868m³/sec로 증가
 - 8월8일 16:00부터 최대방류(1,868m³/sec)
- 홍수조절율
 - 댐의 홍수조절 역할 평가
 - 홍수조절율 = (최대유입량 - 최대방류량) / 최대유입량 × 100 = 45.1%

- 설계 댐유입량과 2020년 8월 초 집중호우시의 댐유입량

구 분	침투유입량 (m ³ /sec)	댐유입 총량 (백만 m ³)		댐유역 평균강우량 (mm)
		24hr	48hr	
설계 댐유입량	3,268	128.7	-	332.0(24hr)
금회 댐유입량	3,402	184.9	243.1	340.8(48hr)
설계대비	104%	144%	-	103%

- 2020년 8월 초 집중호우시의 댐방류량

계획방류량 (m ³ /sec)	댐 최대방류량 (m ³ /sec)	단계별 조정 현황(m ³ /sec)
1,868	1,868	200 → 400(8.7 12:00~) → 600(8.7 20:00~) → 1,000(8.8 06:00~) → 1,500(8.8 08:00~) → 1,868(8.8 16:00~)

46

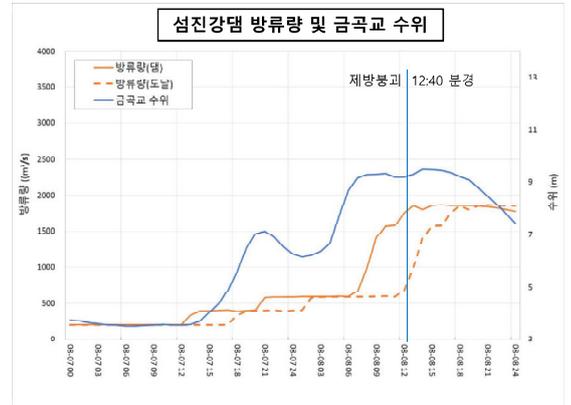
5

섬진강 유역 피해 분석 - 금곡교 제방붕괴범람

◆ 홍수방어 조치 및 관리

■ 홍수기 섬진강댐 운영 - 댐방류량과 (구)금곡교 제방붕괴 연관성

- (구)금곡교는 섬진강댐 하류 56km지점으로 좌안 측 200m 상류지점 붕괴
- 제방붕괴는 2020년 8월 8일 12시40분경(추정)에 발생한 것으로 조사
 - * 9시50분 교량 좌안측 제방 상부유실; 12시40분 교량 좌안측 200m상류지점 제방붕괴
- (구)금곡교 수위, 댐방류량, 도달방류량을 비교
 - 유하시간을 4시간으로 가정하여 도달방류량 비교
 - * 4시간은 최대계획방류량 기준으로 최단시간 가정
- 최대 계획방류량으로 방류를 시작한 시점은 8월 8일 16시
 - 최대 댐방류량이 (구)금곡교에 도달하는 시간은 20시 경으로 추정
 - 제방붕괴 시점인 12시 40분보다 약 7시간 이후에 (구)금곡교에 도달
- 제방붕괴에 영향을 미친 (구)금곡교의 수위 상승은 섬진강댐 하류유역(56km구간)에서 유출된 강우량의 영향으로 판단됨



47

6

결론

- 2020년 8월 7일과 8일 동안 영산강과 섬진강 유역에 집중호우로 인해 제방 등 하천시설물들이 유실, 제방 월류 범람, 내부 배제 불량으로 인한 침수 등 큰 수해 발생
- 섬진강 유역 피해는 급한 경사와 좁은 하폭을 갖는 산지하천 구간과 완만한 경사와 넓은 하폭을 갖는 평지하천 구간이 반복적이며 불규칙적인 형태를 나타내어 흐름의 병목현상을 유발하는 지형학적 특성과 200년 빈도를 상회하는 집중호우가 발생한 수문기상학적 요인으로 인해 대부분의 구간에서 계획홍수위를 초과함
- 홍수방어 조치와 관리 측면의 경우, 섬진강댐을 대상으로 댐관리규정을 근거로 한 집중호우기간 동안 홍수기제한수위와 댐유입량 및 방류량 등 섬진강댐 운영을 검토한 결과 규정 준수와 홍수조절 기여 측면에서 댐 운영이 적절하였던 것으로 판단됨(섬진강댐 방류량과 댐방류량의 도달시간 그리고 금곡교 수위변화의 상관성을 분석한 결과 섬진강댐 방류량 도달 이전에 제방 붕괴)

48

6 제언 및 결론

- 다만, 섬진강댐은 호우 이전 홍수기제한수위인 상시만수위에 가까운 수위 유지를 하고 있었으며, 이러한 이수(물이용)에 치중한 댐관리는 치수(물재해대응)적으로 불리할 수 있음.
특히, 섬진강댐은 여타 다목적댐·용수댐과 다르게 ‘댐 용수공급 조정기준’이 수립되어있지 않아 체계적이 못한 물공급으로 인해 (비상시를 대비하기 위해) 홍수시 물을 확보하려는 방향으로 운영되었을 수 있음
- 조사 동안 하천설계기준에 미달되는 제방 구간이 많음을 확인하였고 집중호우 및 홍수 때 취약한 상태가 노출되어 수해 발생에 결정적 역할을 한 것으로 판단됨. 수해 재발 방지를 위해 제방 및 하도 정비가 지속적으로 관리되어야 함
- 향후, 기후변화는 강수 변동성을 높여 물재해(홍수, 가뭄)의 빈도와 강도가 높아질 것으로 예상되며 이수·치수적 관리 및 하천환경에도 어려운 조건이 반복될 것임

기후변화와 홍수대응 전략

2023. 05. 23.

김 원

한국건설기술연구원 선임연구위원

CONTENTS

- 01 가뭄과 수요관리
- 02 기후위기와 적응
- 03 2021년 유럽 홍수
- 04 2022년 8월 서울 홍수
- 05 2022년 9월 포항 홍수
- 06 2020년 8월 섬진강 홍수
- 07 홍수대응전략
- 08 미래 방향

가뭄과 수요관리

2022~2023년 가뭄



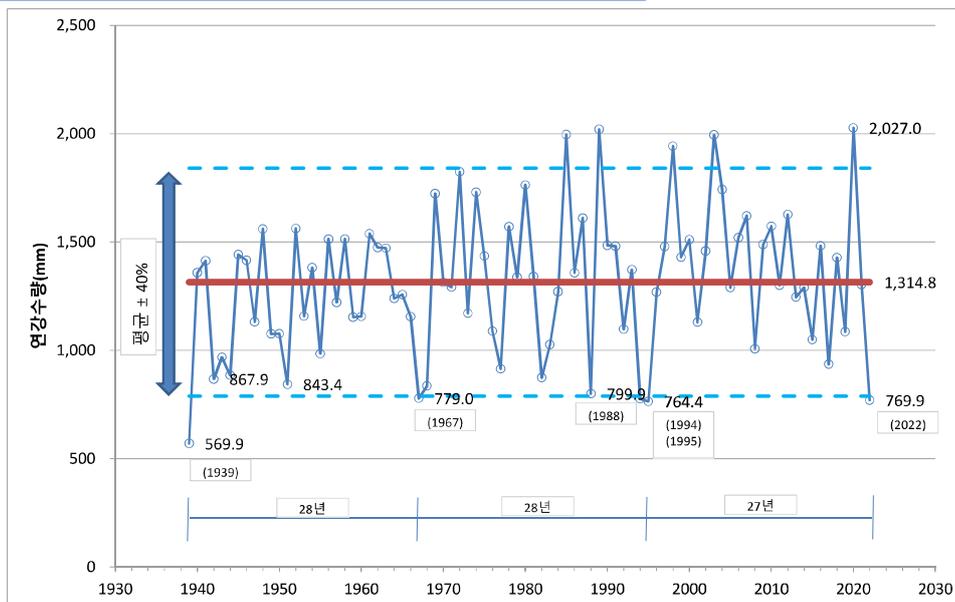
최악가뭄 광주, 영산강 물 끌어온다
발전용수·지하수까지 '영끌'



3월20일 전남 순천시 상사면에 있는 주암댐이 밀려붙어 갈라진 바둑돌 드러내고 있다. 연합뉴스

가뭄과 수요관리

2022년 : 1995년 이후 27년 만에 가장 적은 연강수량(광주)
기상관측 이래 세 번째 적은 연강수량



가뭄과 수요관리

항구적 가뭄 대책은 가능할까?

- 어떠한 가뭄이 와도 충분한 물공급이 가능한 상황을 만들 수 있을까?

- 유역간 물이동, 댐/저수지 건설, 스마트 워터그리드 가뭄 해결??

- 빗물 저장, 옥상녹화, 저영향개발(LID) 가뭄 해결??



가뭄과 수요관리

2023년 가뭄 극복

환경부		보도 자료		<i>다시 도약하는 대한민국 함께 잘사는 국민의 나라</i>	
보도 일시	2023. 3. 29.(수) 12:00 (목요일 오전)	배포 일시	2023. 3. 27.(월)		
담당 부서	환경부 물이용기획과	책임자	과 장	이정용 (044-201-7110)	
		담당자	사무관	장 각 (044-201-7116)	

선제적 가뭄대책 이행..광주전남 생공용수 차질없이 공급 - 환경부, 생활·공업 용수 가뭄대책 추진 상황 발표 -

- 위와 같은 가뭄 대책을 적극 추진한 결과 당초 4~5월로 예상되었던 주요 5개 댐(섬진강댐, 주암댐, 수어댐, 평립댐, 동북댐)의 저수위 도달 시기는 **섬진강댐을 제외하고 올해 말까지 도달하지 않을 것으로 전망된다.**
 - (저수위) 정상적으로 댐 용수를 취수할 수 있는 마지막 한계수위
- 섬진강댐의 저수위 도달시기는 농림축산식품부의 한국농어촌공사에서 4월부터 3개월간 약 4,700만 톤에 이르는 농업용수 대체공급 방안을 차질없이 시행할 경우, 당초 6월 초에서 7월 중순으로 지연될 전망이다.

가뭄과 수요관리

수요관리로 잘 극복

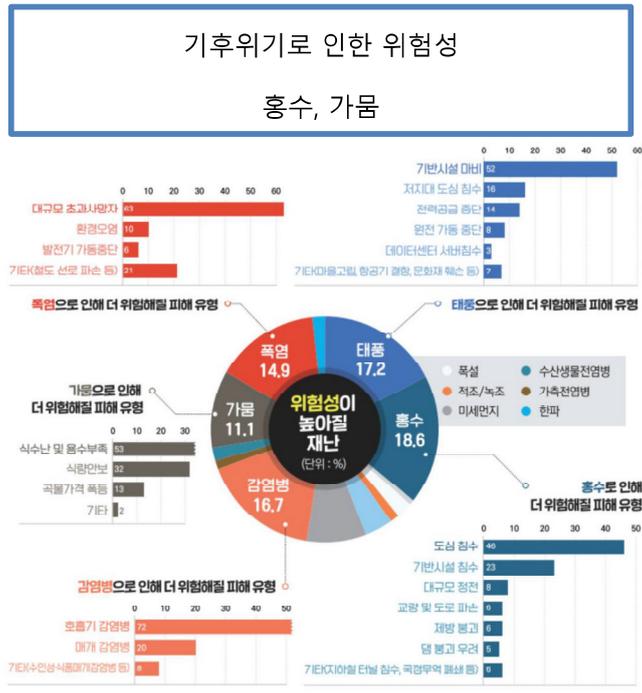
□ (가뭄대책) 타수원과 연계한 '공급확충'과 댐 용수 '수요절감' 대책 시행 중

구분	댐	대책	추진 실적 및 향후계획
공급 확충	주암댐	보성강댐 연계	'22.7.19일부터 개시 → '23.3.16일 한수원 MOU 체결 '23.4.9일까지 2,914만톤 비축
		장흥댐 대체공급	목포시 공급량 0.7만톤/일(현재)~1.6만톤/일(6월~) 확대
	평림댐	수양제 연계저류	'22.5.30일부터 개시 → 현재까지 308만톤 비축
	섬진강댐	생공용수 절감	섬진강 유량이 풍부할 때 생공용수 17.8만톤/일 감량비축 ※ 송정지점 15.0m ³ /초(관개기)~13.5m ³ /초(비관개기) 기준 → '23년 258만톤 비축 중
농업용수 절감		'23. 4~6월 농어촌공사에서 47백만톤 절감 추진 ※ 동진강 하천 및 저수지(6개소)비축 17백만톤+부안댐 4백만톤+퇴수사용 15백만톤 + 금강도수 11백만톤	
수요 절감	주암댐	자율절수수요조정	전남 12개 지자체 협약체결 → '23.1~3월 평균 20만톤/일 절감
		공장정비시기조정	'23.3월까지 총 128.3만톤 절감 → '23.6월까지 총 327만톤 절감
	수어댐	광양제철 수요절감	포항대체생산 환원(1.2만톤/일) 및 자체수원(1.0만톤/일) 통해 평균 2.2만톤/일 지속 절감

가뭄과 수요관리



기후위기와 적응



기후위기와 적응

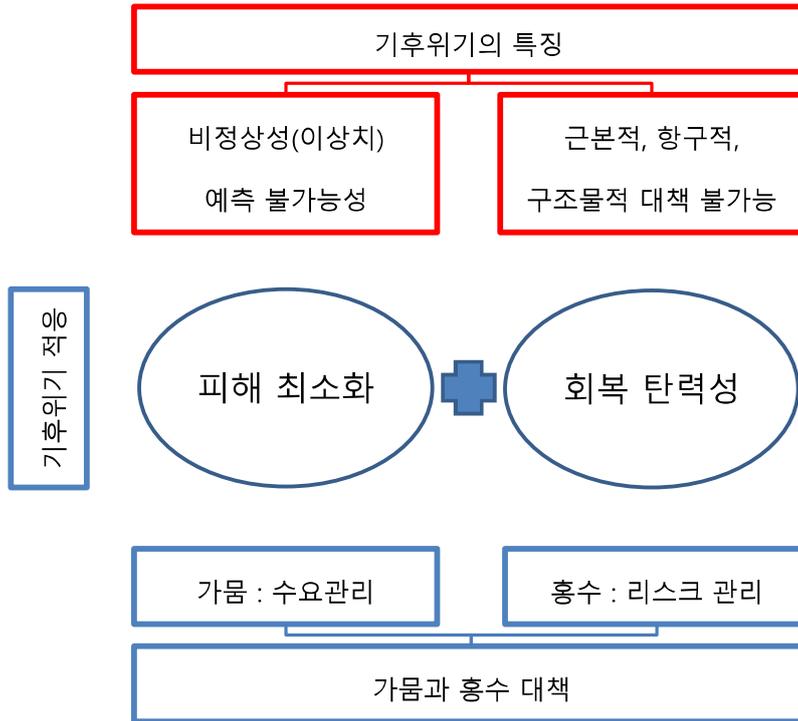


“기후위기 적응”이란 기후위기에 대한 취약성을 줄이고 기후위기로 인한 건강피해와 자연재해에 대한 적응역량과 회복력을 높이는 등 현재 나타나고 있거나 미래에 나타날 것으로 예상되는 기후위기의 파급효과와 영향을 최소화하거나 유익한 기회로 촉진하는 모든 활동을 말한다.

* 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 제2조

왜 적응인가?
왜 극복이 아니라 적응 해야하나?

기후위기와 적응



2021년 유럽홍수

"유럽 1천년만의 대홍수"...기후변화시대에 20세기 대응체계 참패

한국시간 | 2021-07-17 09:56



이재형 기자
210718020

경보 작동했으나 '불가항력 규모'에 있으나마나
수위상승 속도 상상초월..."순살' 돌이 없었다"
기후변화 심화 불가피...대비체계 전면 개편 필요성



16일(현지시간) 홍수로 피해를 입은 독일 라인란트팔츠주 베크트 노이에 4아-아르바일러 오스. (IPA=연합뉴스)

- 벨기에, 독일, 룩셈부르크, 네델란드
- 239명 사망(독일, 벨기에)
- 400억 유로 피해(독일)

"기후위기 참상" 유럽 대홍수 1년...땅은 오염되고 무너진 다리·학교 그대로

입력 2022.07.14 04:30

❤️ 10 💬 2

지난해 7월 홍수로 유럽 240명 사망
피해 가장 컸던 독일 아르지역 환경
관광객 끊기고, 와인 산업도 사라져
위발유 유출로 토지와 집 오염 심각
지열 이용한 에너지 체계 전환 추진
기후위기로 서유럽 폭우 확률 9배
"트라우마 큰 주민들, 또 홍수 걱정"

MBC 뉴스

홈 뉴스데스크 엠빅뉴스 14F 심층 정치 사회 국제 경제 스포츠 iMBC연예 |

국제 김정원

[World Now] "1천년만의 대홍수"...서유럽 '초토화'

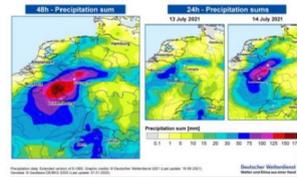


2021년 7월 14일 독일 아르계국 지역에 급격한 홍수로 물이 차올라 집이 물에 잠겼다. 주민 제공

2021년 유럽홍수

유럽 홍수 vs. 한국 홍수

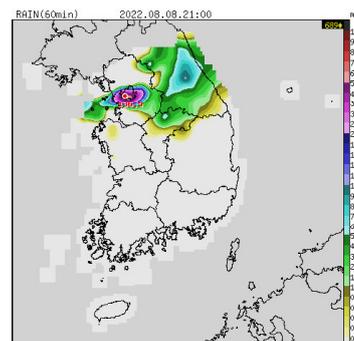
	네델란드 Geul 유역 (2021)	한 국 (2022)
유역평균강수량	128mm/48hr (90년 빈도) 최대 182mm/48hr	서울 434mm/24hr
최대 강우강도	40mm/hr	서울 141mm/hr
유역면적	340km ²	중랑천 297km ²
홍수량	56cms (최대 100cms : 500년 빈도)	중랑천 2,500cms (100년 빈도)



2022년 8월 서울홍수 - 강우현황

지자체	지속기간별 강우량 (mm)	10분 최대 (mm)	20분 최대 (mm)	30분 최대 (mm)	40분 최대 (mm)	50분 최대 (mm)	60분 최대 (mm)	120분 최대 (mm)	180분 최대 (mm)	1440분 최대 (mm)	누계 (mm)
서울특별시 방재성능목표	-	-	-	-	-	-	95	135	165	-	-
강북구	종로구	17.7	24.6	28.1	30.6	33.9	38.1	40.3	54.9	147.0	260.1
	중구	17.0	20.5	24.5	32.0	37.5	42.0	47.5	52.5	165.0	270.5
	용산구	21.0	38.5	53.5	63.5	73.0	89.5	133.0	154.5	288.0	379.0
	성동구	14.0	19.0	27.5	34.5	38.5	43.5	60.0	69.5	189.5	287.5
	광진구	14.5	26.0	35.0	42.0	49.5	57.0	88.5	97.0	241.5	338.0
	동대문구	14.0	23.5	27.0	29.5	37.0	40.5	41.5	48.0	143.0	265.5
	중랑구	14.5	25.0	27.5	31.5	39.5	42.5	43.5	52.0	148.0	265.0
	성북구	22.0	29.0	32.5	45.0	54.5	60.5	64.5	65.0	139.5	245.0
	강북구	22.0	35.5	49.0	60.5	67.0	69.5	74.0	74.5	156.0	263.0
	도봉구	23.5	38.0	49.0	57.5	68.5	71.5	79.5	82.0	205.0	309.5
	노원구	17.0	25.0	34.5	47.5	56.0	62.5	64.5	65.5	139.0	246.0
	은평구	19.5	31.5	40.5	50.0	59.5	65.5	77.5	84.0	202.0	292.5
	시대문구	14.0	19.5	23.0	25.5	29.5	33.0	37.0	49.5	129.0	229.0
	마포구	14.0	19.5	28.0	36.0	42.5	48.5	53.5	55.0	142.5	244.5
	양천구	23.0	31.0	44.0	46.0	51.5	58.0	68.0	87.5	200.5	299.0
	강서구	18.0	25.5	33.5	39.5	41.0	42.5	48.5	61.0	141.0	246.5
구로구	25.5	41.5	57.5	76.5	87.0	101.0	141.5	170.0	325.5	417.5	
금천구	23.0	44.0	59.5	71.0	82.5	94.0	167.5	224.0	391.0	452.5	
강남구	영등포구	22.5	35.0	49.5	53.5	57.0	69.5	92.5	102.5	231.5	333.0
	한강	26.5	45.5	62.0	71.5	78.5	93.5	129.0	142.5	291.5	394.0
	동작구	28.5	56.5	81.0	101.5	117.5	141.5	214.0	259.0	434.5	527.0
	현충원	19.5	36.0	52.5	70.0	85.0	102.0	171.0	203.0	354.0	418.5
	관악구	21.0	40.0	58.5	73.5	85.0	93.5	167.5	207.0	369.5	438.0
	관악산	18.5	36.5	52.5	69.5	81.0	89.5	142.0	183.0	342.0	406.5
	서초구	24.0	46.0	61.0	77.5	92.5	110.5	184.0	246.0	412.5	489.0
	강남구	22.5	43.5	63.5	82.0	99.5	116.0	183.0	225.0	394.5	483.5
	송파구	24.0	43.0	59.5	69.0	82.0	92.0	162.5	196.5	357.5	434.5
	강동구	15.5	26.5	32.5	37.0	38.0	44.5	66.0	82.0	212.5	327.5

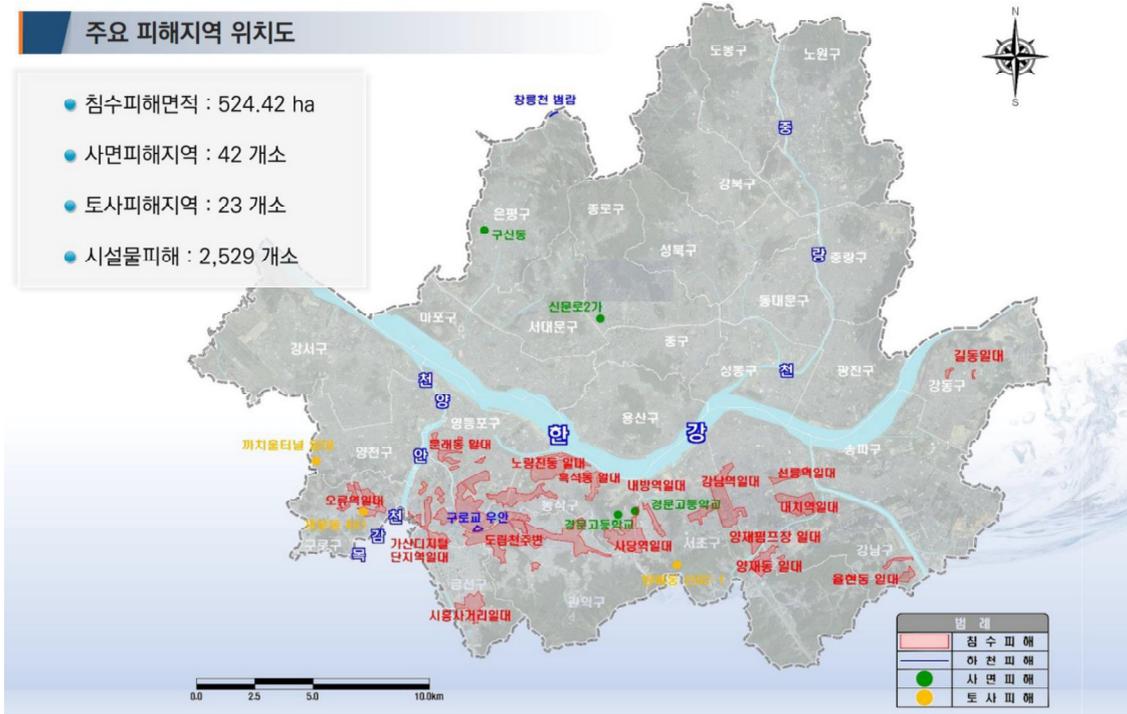
지점	구분	1시간	24시간
강남 (400)	우량(mm)	117.5	392.0
	재현기간(년)	500초과	30
서초 (401)	우량(mm)	113.5	440.5
	재현기간(년)	500초과	100
기상청 (410)	우량(mm)	145.0	468.5
	재현기간(년)	500초과	100



2022년 8월 서울홍수 - 피해현황

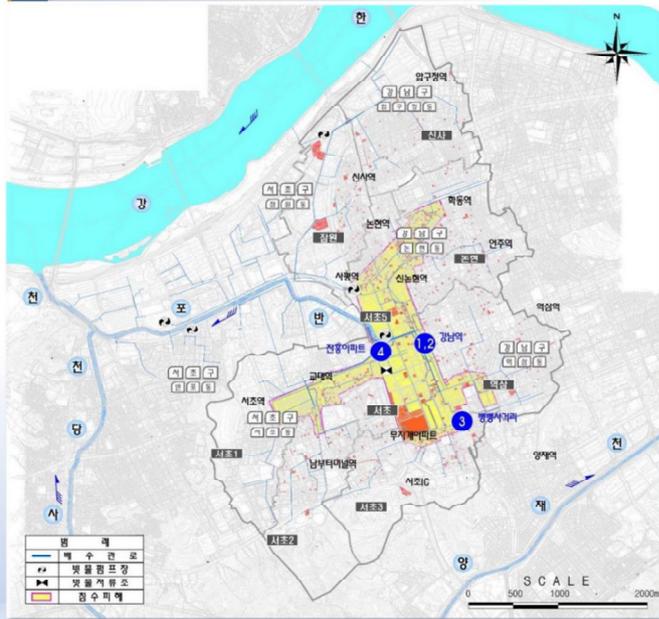
주요 피해지역 위치도

- 침수피해면적 : 524.42 ha
- 사면피해지역 : 42 개소
- 토사피해지역 : 23 개소
- 시설물피해 : 2,529 개소



2022년 8월 서울홍수 - 피해현황

침수피해 현황



강우특성

30분	1시간	2시간	3시간	24시간
61.0mm	110.5mm	184.0mm	246.0mm	412.5mm

피해현황 사진



피해상황 범위

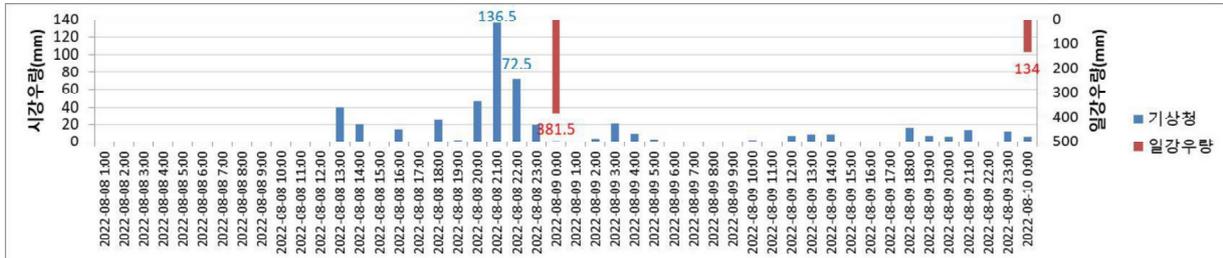
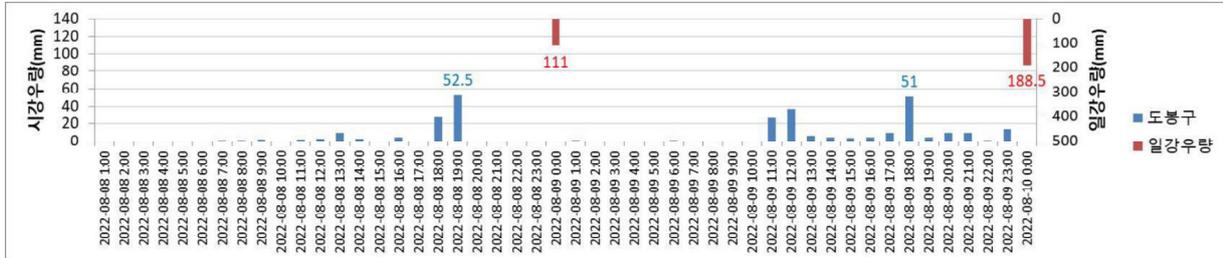
구분	비고
주요지역 침수심 (m)	0.81m(사평역인근), 1.6m(진흥아파트) 0.61m(강남역), 0.66m(무지개아파트 교차로)
침수내용	상가 및 저지대 주택침수(899동) 강남역, 진흥아파트 및 무지개아파트 침수발생

2022년 8월 서울홍수 - 피해원인

- 도봉구 : 53mm/hr, 189mm/24hr, 피해 없음
- 기상청 : 137mm/hr, 381mm/24hr, 피해 심각



시간당 100mm 이상의 강우로 인해
피해 집중 → 새로운 차원 대책 필요



2022년 8월 서울홍수 - 피해원인

광주시에 시간당 100mm 이상의 강우가 내린다면?

2022년 9월 포항 홍수

- 냉천의 홍수 계획 빈도 : 80년
- 포항 도심 관통, 왼쪽은 포항 제철소, 오른쪽은 포항경주공항
- 지방하천이라는 이유로 보호 빈도 과도하게 부족



2022년 9월 포항 홍수

하천중심의 홍수방어 기준

하천설계기준 · 해설 (2009) 및 소하천 시설기준 (1999)

하천 중요도	계획규모	적용하천범위	구분	설계빈도
A급	200년 이상	국가하천의 주요구간	도시지역, 공업지역	50년 ~ 100년
B급	100 ~ 200년	국가하천	평야지역	30년 ~ 80년
C급	50 ~ 200년	지방하천	산지지역	30년 ~ 50년

하천 등급은 하천관리를 위한 행정차원의 구분 (1982)

구분	유역면적	하폭	경작면적율	인구밀도	인구	비고
직할하천	200km ²	150m 이상	25%	300명/km ²	10만명 이상	국가하천
지방하천	100km ² 이상	100m 이상	20%	200명/km ²		지방하천
준용하천	법정하천인 직할하천이나 지방하천이 아닌 하천법 일부를 준용하는 하천					

하천설계기준 개정 (2019)

개정된 기준에 따라 적극적인 홍수방어 필요

하천 중요도	계획규모	적용하천범위
A급	200년 이상	국가하천의 주요구간
B급	100 ~ 200년	국가하천
C급	50 ~ 200년	지방하천



홍수방어 등급	계획규모	제내지 이용 예
A급	200년~500년	인구밀집지역, 자산밀집지역, 산업단지, 주요국가기간시설 등
B급	100 ~ 200년	상업시설, 공업시설, 공공시설 등
C급	50 ~ 80년	농경지 등
D급	50년 미만	습지, 나대지 등

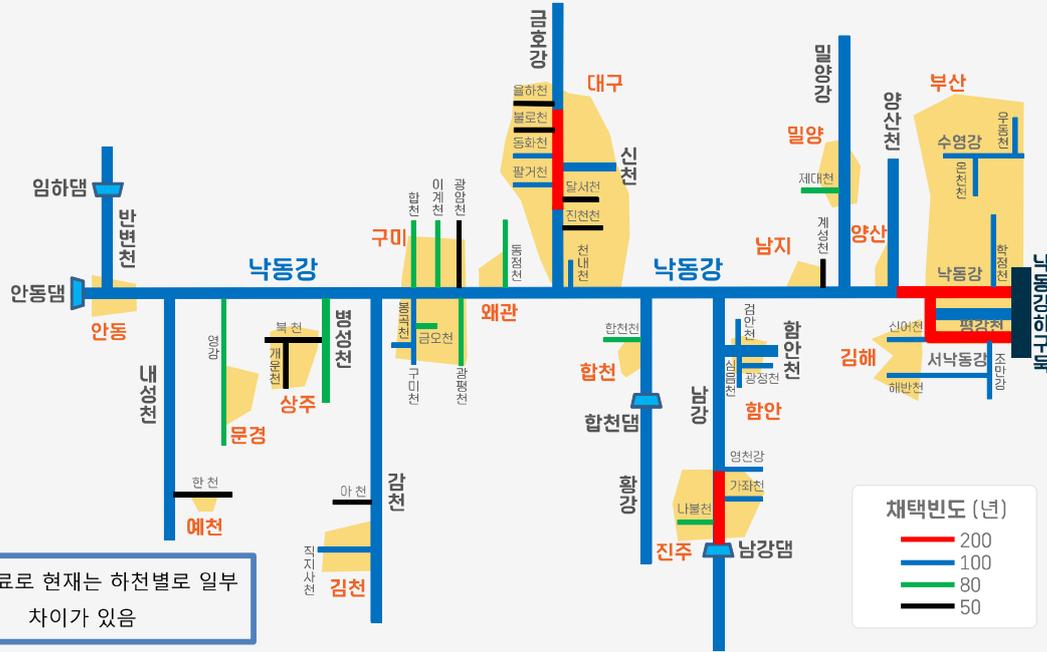
어디를 보호할 것인가?



- 2006년 이후로 지속적으로 문제 제기
- 포항제철 피해 이후에야 심각성과 필요성 인식

낙동강

중요한 지역이 충분히 보호되고 있는가?



영산강



과거 자료로 현재는 하천별로 일부 차이가 있음

영산강

심의의견 및 조치결과

□ 안건명 : 영산강(국가하천) 하천기본계획(안) 심의위원 : 김 원 위 원(안)

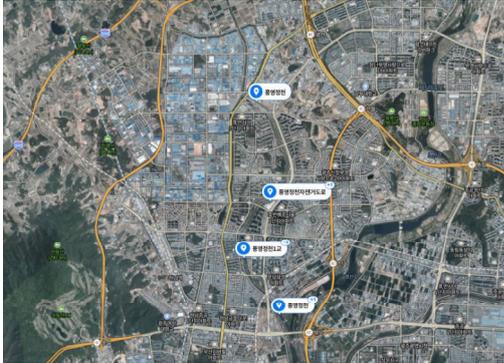
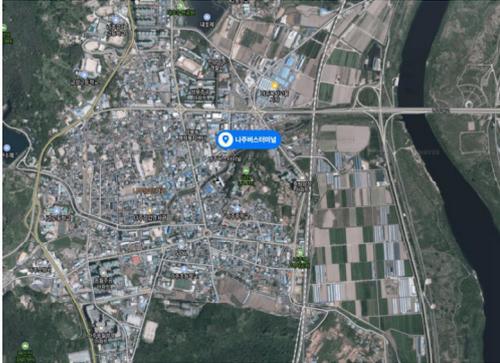
심 의 의 견	조 치 결 과	비 고
3. 계획빈도 상향 검토 필요 - 영산강은 광주광역시를 관통하고 있어 국가적으로 매우 중요하고, 하천 설계기준에서도 중요지역은 500년까지 계획빈도를 설정할 수 있게 규정되어 있으므로 이를 감안하여 현재 200년을 500년으로 상향 검토필요 - 2020년 홍수시 제방붕괴, 월류 등으로 피해가 발생하였고, 최근 기후위기로 인해 치수안전도 상향이 필요한 상황임으로 적극적으로 대처 필요 - 2022년 포항 홍수로 인해 수조원의 피해가 발생하였음을 감안 필요 - 200년에서 500년으로 빈도를 상향하더라도 증가하는 기본홍수량은 하구에서 최대 2,000cms 이고, 영산포 수위표 지점의 경우 600cms 정도임 * 남포 산정만 홍수량과 '전국 홍수량' 차이가 하구에서 1,100cms, 영산포 수위표 지점에서 900cms로 홍수량 산정시마다 변화하는 홍수량 차이를 감안하면 계획빈도를 200년에서 500년으로 상향으로 인해 증가하는 홍수량의 크기가 무리한 것이 아님 * 중요지역에 대한 적극적인 인명보호를 국가적인 목표로 설정한다는 차원에서 광주광역시를 관통하는 지역의 계획빈도를 500년으로 상향 조정 적극 검토 필요	• 2020년 8월 집중호우시 첨단대교 지점 홍수위 검토 결과 200년 빈도를 상회함에 따라 국가하천 광주광역시 도심지 구간 No.88+540 첨단교 - No.89+722 첨단대교 구간은 500년 빈도로 상향 계획함.	반영 (취부3)

우리나라에서 최초로 500년 빈도 채택
- 영산강 본류 광주 도심

2022.12월

영산강

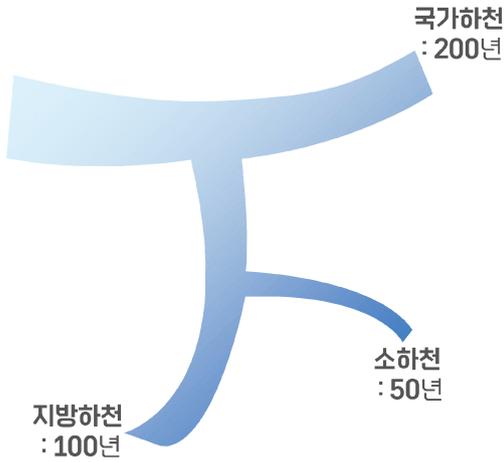
광주에 포항 냉천처럼 비가 내린다면?
- 나주천, 풍영정천 : 100년 빈도
- 포항 냉천 : 80년 빈도



2022년 9월 포항 홍수

지구별 중요도 결정

하천의 설계빈도 중심

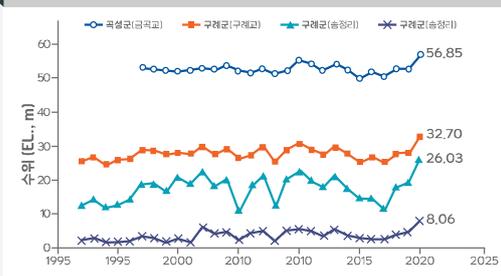


지구의 치수안전도 중심



2020년 8월 섬진강 홍수

과거에 발생하지 않았던 큰 규모



제방관리 미흡



홍수 대응 전략 부적절

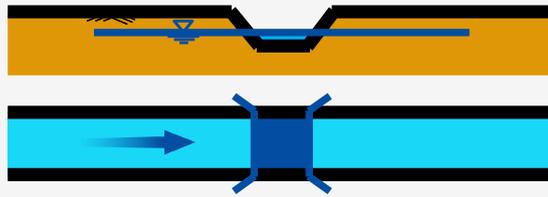


100년 규모로 불충분



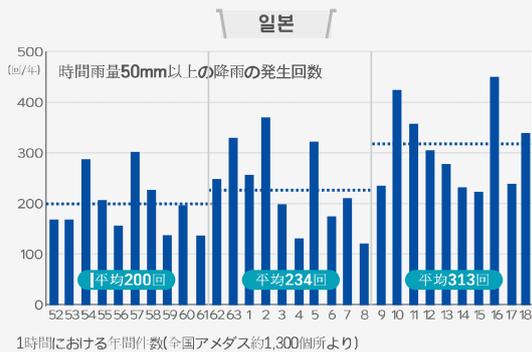
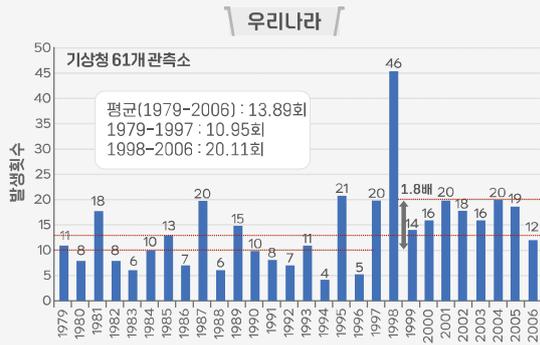
2020년 8월 섬진강 홍수

제방에 구멍이...



홍수 대응 전략

집중호우 발생 증가 (50mm/hr)



어디서든 홍수 발생



홍수 대응 전략

2001년 서울 홍수



인명피해
66명



주택침수
77,809세대



주택파손
145동



도로교량,
하천제방 등
2,989개소



피해액
1,460억원



2001
Seoul
flood

홍수 대응 전략



01
100
mm/hr
너무 강하다



02
500년
규모
대비가
안 되어 있다



03
2-3
시간
대응할
시간이 없다



04
도시
피해가 크다

홍수 대응 전략

1. (목표설정) 어디까지 방어할 것인가?
2. (극복대책) 어떻게 극복할 것인가?
3. (적응대책) 어떻게 적응할 것인가?

홍수 대응 전략

1. (목표설정) 어디까지 방어할 것인가?
 - 어디까지 방어할 것인가? (예) 시간당 100mm
 - 목표의 시간적/공간적 구체화, 정량화
 - 사회적 공감대 형성
 - 목표 실행을 위한 계획 수립 및 실행 (예) 유역별 기후위기 적응 계획
 - 사회 전반에 대한 종합적 접근
 - 목표를 넘어서는 현상에 대한 비상대처 필요

100mm/h安心プランの概要

国土交通省

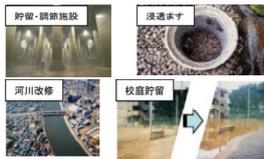
- ▶ 従来の計画降雨を超える、いわゆる「ゲリラ豪雨」に対し、住民が安心して暮らせるよう、関係分野の行政機関が役割分担し、住民(団体)や民間企業等の参画のもと、住宅地や市街地の浸水被害の軽減を図るために実施する取組を定めた計画を「100mm/h安心プラン」とする。
- ▶ 策定主体は市町村および河川管理者、下水道管理者等とし、水管理・国土保全局長において登録を行う。
- ▶ 登録した地域について、流域貯留浸透事業の交付要件を緩和することにより、計画的な流域治水対策の推進を図る。

●対象地域

河川事業および下水道事業が実施されている**住宅地や市街地の浸水被害の軽減**を図る地域

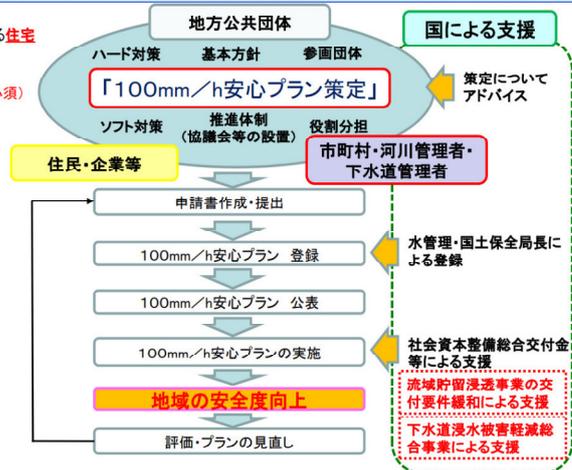
●計画策定主体

市町村および河川管理者、下水道管理者(必須)
住民(団体)、民間企業等(任意)



期待される効果

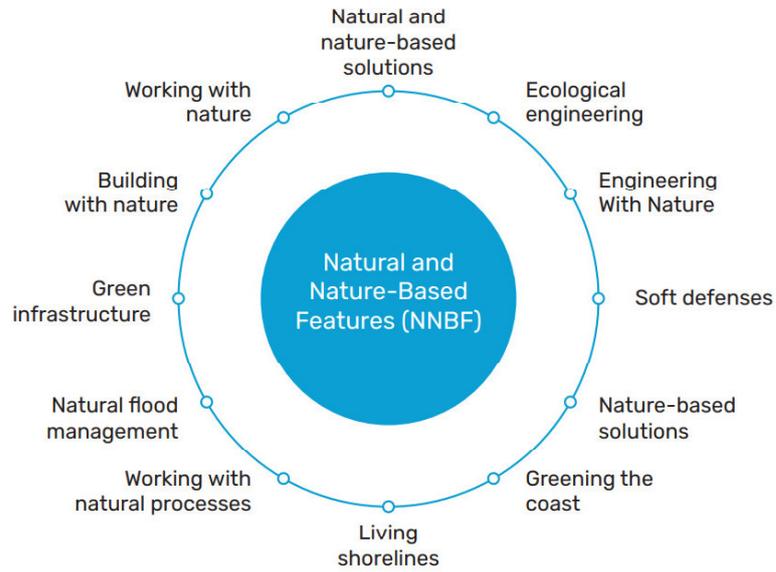
- 協議会等の設置により、関係機関が連携した強力な推進体制が確立される。
- 河川や下水道等の連携により一層の効果的な整備が可能
- 住民等の参加により、地域の防災への意識が高まる



2. (극복대책) 어떻게 극복할 것인가?

- 하천대책 + 유역대책
- 내수대책(도시침수) + 외수대책(하천홍수)
- 하드웨어 대책 + 소프트웨어 대책
- 기존 대책 + 새로운 대책(NbS)
- 경제성 + 시대적 가치
- 현재 가치 + 미래 가치
- 대책의 실효성 + 대책의 지속가능성
- 지역적 특성에 적합한 대책

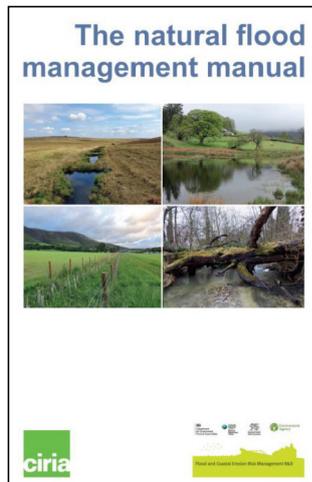
Figure 1.1. Terms Related to NNBF



Source: Nigel Pontee, Jacobs



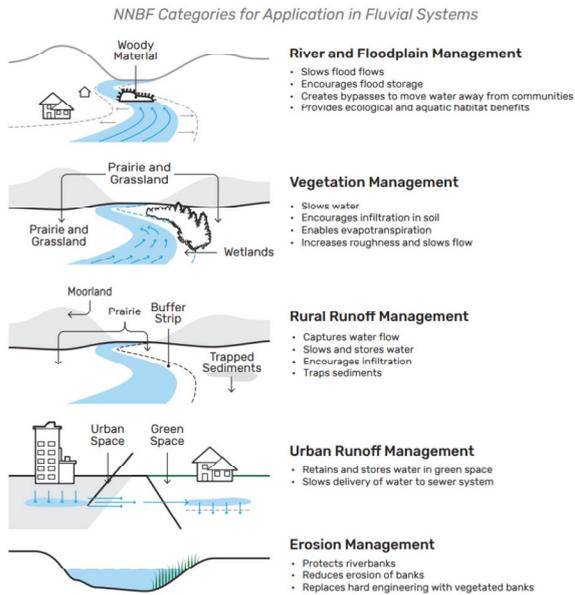
국제 가이드라인



영국 매뉴얼



IUCN
(국제자연보전연맹)



- 하천에 고목 쌓기(하천복원, 홍수터 복원, 하천변 저류지 등)
- 하천변 식생 및 습지 조성
- 하천변 완충지대 조성(토지 관리 등)
- 도시 저류지, 녹지 조성(투수포장 등)
- 하상 세굴 방지



- 유럽식 대책은 한계
- 우리나라에 적합한 대책 개발 필요

3. (적응대책) 어떻게 적응할 것인가?

- 예보 + 대피
- 내수침수위험지도 + 홍수위험지도
- 토지이용계획
- 비상대처계획(EAP, Emergency Action Plan)
- 재산피해 대비 보험
- 사회적 공감대 형성 및 대비훈련
- 거버넌스 다양화 및 주민참여
- 회복력 확보

홍수통제에서 리스크 관리로

공학적 설계/안전도 기준



피해를 어떻게 줄일 것인가?
자원을 어떻게 최적화할 것인가?

A paradigm shift - from flood control to flood risk management

Management paradigm	Basis	Characteristic motivation	Example objective	
Engineering design / safety standards (traditional approach)	Probability	Historical event	To prevent flooding during a repeat of a specified historical event.	Design the flood defences to withstand the 1822 flood
		Single-design events	To prevent flooding during a storm event of a specified return period.	Design the flood defences to withstand a 1:100 year flood
	Multiple-design events	To prevent flooding for a given design storm event set according to the nature of the land use/asset protected	In highly urbanized areas design the flood defences to withstand a 1:200 year flood. In rural areas design the flood defences to withstand a 1:20 year flood	
Risk management (modern approach)	Consequence	Safety regulation	To limit the consequences of flooding during the a given design flood event to a specified level (safety standard) regardless of the cost of doing so.	During the probable maximum hydrological flow ensure no individual is exposed to a chance of dying in excess of 10 ⁻⁴ . Ensure the chance of > 1000 people dying is less than 10.
		Risk	Resource optimal and multicriteria	To implement a range of interventions that maximize benefits (across multiple criteria) and minimize whole-life resource inputs.



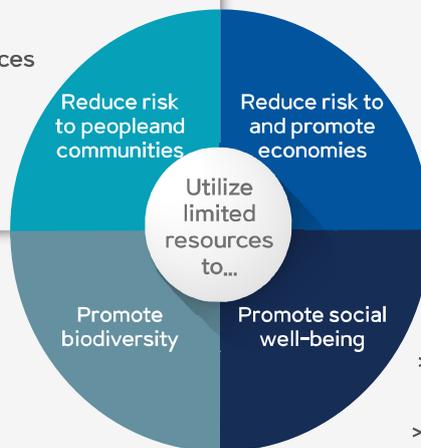
The purpose of flood risk management

Appropriately reduce risk to individuals and communities from all flood sources

• 모든 형태의 홍수 리스크를 적절한 수준으로 저감 •

Appropriately reduce risk to economic losses

• 경제적 피해에 대한 리스크 저감 •

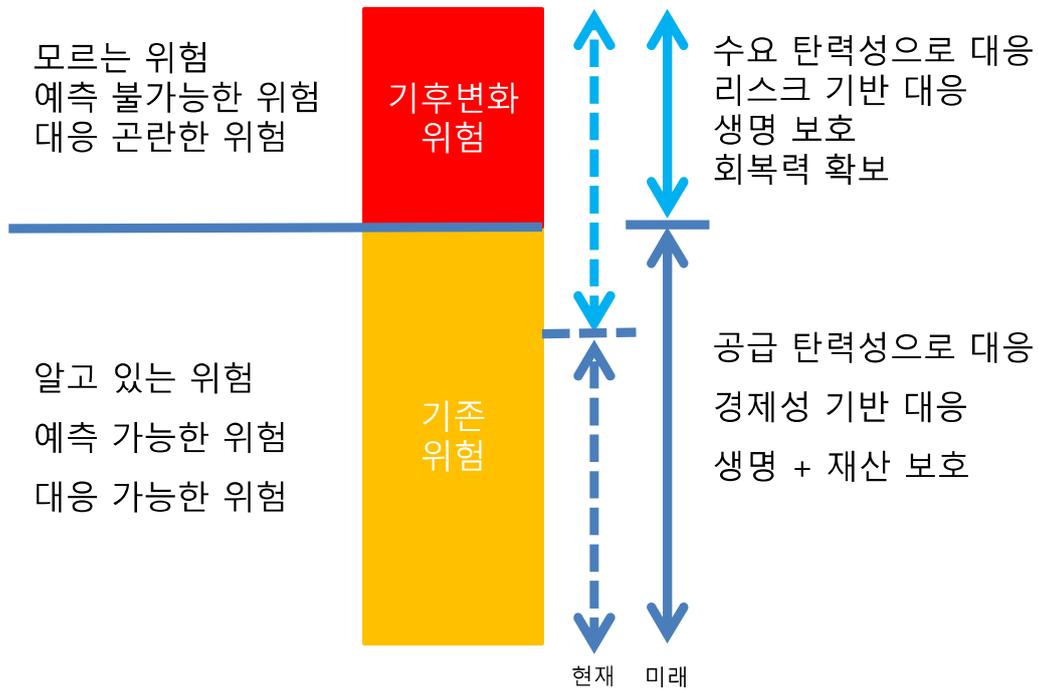


> Work with the function and processes of the natural system
> Promote the beneficial effects of flooding

• 자연계의 기능과 절차 존중
홍수범람 편익 증대 •

> Appropriately protect cultural heritage and landscape
> Be as equitable and fair as possible

• 문화유산, 자연경관 보호
공평과 공정 •



- 기후위기 시대에는
- 모든 피해를 막는
- 근본적 대책,
- 항구적 대책은
- 없다.



영산강 하류 ©김 원

환경부 홍수피해 방재대책

환경부 홍수통제소 예보통제과장 최규현

기후변화로 최근 집중호우가 빈발¹⁾하고 해수면 온도 상승으로 강한 태풍이 발달하면서 대규모 홍수피해가 발생하고 있다. 특히 2020년에는 기상관측 이래 최장기간 장마(중부지방 54일, 제주 49일)를 기록하였으며, 연이은 태풍으로 최근 10년간 가장 큰 인명·재산피해²⁾가 발생되었다. 2022년에도 8월 집중호우 및 9월 태풍 ‘힌남노’ 내습시 500년 빈도 이상의 강우가 발생하여 서울(도림천)과 포항(냉천) 등 도심지역에 큰 피해가 발생하는 등, 홍수로 인한 피해는 그 규모가 빈도가 커지고 있는 실정이다.

이에, 국가 홍수대응 및 대책 주무부처인 환경부에서는 올해 여름철 자연재난대책기간(5월 15일~10월 15일)에 맞춰 홍수피해 방지 대책을 5월 9일 발표했는데, 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 신속·정확한 홍수예보를 한다. 5월부터 서울 도림천 유역에 도시침수예보를 시범 운영하고 과학기술정보통신부와 협력하여 2024년까지 포항, 창원, 광주로 확대하며, 2025년부터는 인공지능 홍수예보를 전국 223개 지점에 시행한다. ‘관심·주의’ 등으로 제공하던 홍수정보를 ‘둔치 주차장 침수’와 같이 구체화한다.

세부내용으로, 홍수예보를 전국 지류 지천까지 빠르고(3~6시간 전) 촘촘하게(75→223개 지점) 실시하기 위해, AI 홍수예보를 도입 추진^{중장기}하고, AI·DT(디지털 트윈) 기반 도시침수예보를 서울 도림천 유역에 시범운영한다. 또한, 국가·지방하천 주요 지점(75개)에 대한 신속·정확한 홍수특보 발령을 위해 홍수예측모형을 개선(~'23.5월)하고, 국민들이 쉽게 홍수위험을 인지하고 대응할 수 있도록 정보 제공을 확대하며, 정보 내용도 이해하기 쉽게 표현한다. 기후변화에 따른 극한 홍수에 대비, 500년 빈도 및 기왕 최대홍수량 기준까지 포함한 홍수위험지도를 조기 제작 완료(~'24년)하고, 다목적댐 방류에 대한 댐 하류 주민의 대비를 위해 24시간 전 방류계획 사전예고 및 방류 3시간 전 방류통보 지속 시행한다.

1) 최근(1991~2020년)-과거(1912~1940년) 30년 비교 : 강수량 +135.4mm, 강수일수 - 21.2일

2) 최근 10년간('13~'22년) 태풍·호우로 인한 연평균 인명피해는 12.2명('20년 46명, '22년 30명)이며 재산피해액은 2,979억원('20년 1조 3,176억원, '22년 5,728억원) 수준

둘째, 기존 기반시설(인프라)을 정비하고 신규 시설을 확충한다. 전국의 홍수 취약지역의 하천 제방을 정비하고 하수관로도 집중 개량한다. 지자체의 빗물받이 청소 및 하수관로 정비를 의무화하고 맨홀빠짐 사고 방지를 위해 안전설비를 설치한다. 광화문과 강남역에 대심도 빗물 터널을, 서울 도림천 유역에는 지하방수로를, 포항에는 항사댐을, 광명에는 강변 저류지를 설치한다. 이와 같은 방식으로 전국 34개 주요 도시에 맞춤형 대책을 2026년까지 수립하여 홍수 예방 기반시설을 단계적으로 확충한다.

세부내용으로, 하천 정비 및 하수도 개량 예산을 전국 홍수 취약지역에 확대 투입하고 댐 치수능력 증대사업을 지속 추진^{증장기}하고, 지자체의 상습침수구역의 빗물받이를 청소하고, 하수관로 준설 실적을 점검하며, 신규 맨홀 안전설비 설치를 의무화한다. 또한, 극한 강우 대응을 위해 침수피해지역 맞춤형 홍수방어 인프라를 설치하고, 도시별 홍수대책을 마련^{증장기}하는데, 특히, 홍수안전 확보가 시급한 포항·부산·경주는 지역 맞춤형 홍수대책(특정하천유역 치수계획) 우선 수립(~'23.7월)한다.

셋째, 현장 중심의 홍수 대응력을 강화한다. 전국 하천의 홍수취약지구 390 곳에 주민과 함께 협의체를 구성하여 홍수위험요소와 대책을 공유한다. 신속한 응급복구를 위해 국토교통부 국토관리청, 지자체와 협력체계를 구축하여 장비와 인력을 동원한다. 기상청·홍수통제소 중심으로 운영되던 위기대응회의를 한국수자원공사, 한국수력원자력까지 확대하여 기관간 협업을 강화한다.

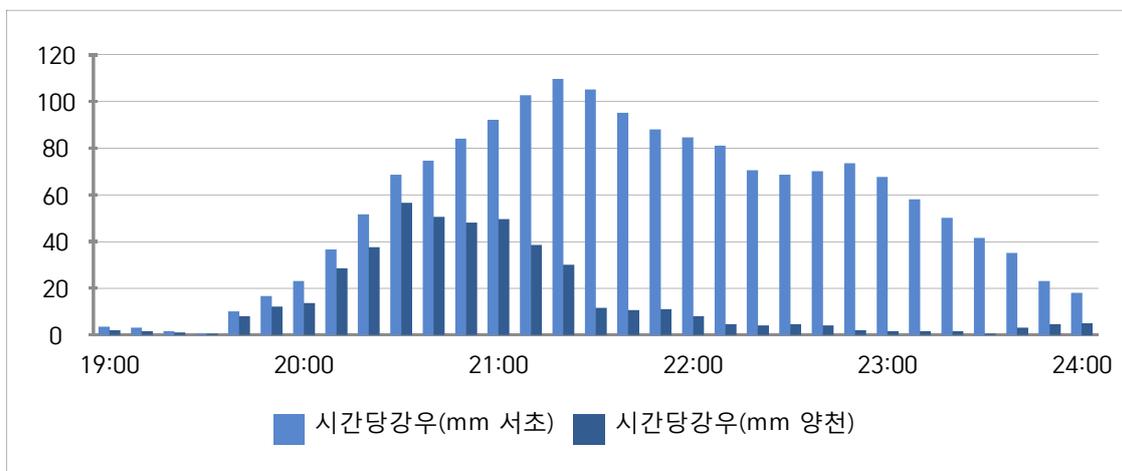
세부내용으로, 국가하천 홍수위험요인을 조사(2~3월)하고, 홍수취약지구 390 개소를 지정(4월)하며, 주민대피·응급복구계획을 수립하는 등 관련 대책을 마련하고, 인근 주민들과 취약지구 조사결과를 공유하며, 홍수위험에 사전대비할 수 있도록 주민-관계기관 협의체를 운영(5~10월)한다. 또한, 홍수기 중 태풍·집중호우 대응이 상시 가능하도록 적정한 수위 유지를 통해 홍수조절용량 확보하고, 호우 등 위기상황 예상시 기상청-물관리기관 위기대응회의를 실시하며, 댐유역 특화 기상 정보와 댐 운영 상황을 공유하며, 환경청-지자체 합동 응급복구 훈련을 실시하고, 국토관리청·지자체 등과의 협력체계 구축을 통하여 인력·자재·장비를 신속하게 동원할 수 있도록 대비한다. 특히, 호우·댐 방류 등 하천 수위상승 시 권역별 실시간 하천감시를 위해 관계기관 간 하천 영상(CCTV) 공유체계를 구축·운영하는 등 하천 및 하천유역 홍수대응 및 관리와 지자체 등 유관기관 지원 등에 최선을 다 할 계획이다.

정부의 재난 대응, 대규모 토목시설이 아니라 신뢰 회복이 우선이다

김동언 서울환경연합 정책국장

기후위기로 인한 재난이 드러날 때, 그 모습은 물부족, 홍수일 것입니다. 서울에선 이에 대한 대응을 막대한 예산이 드는 토목사업으로 대응하고 있습니다. 지난해 수도권 폭우 상황에서 3일 만에 오세훈 서울시장의 직접 대심도빗물터널(강남.광화문.도림천) 1.5조원 포함 3조원의 계획을 발표했죠. 그게, 대심도터널 1.5조원 더하기 3조원이란 말도 있지만, 문제는 어떻게 3일 만에 의사결정을 하고, 정부(환경부)와 주고받고 하면서 그렇게 급하게 확정할 수 있느냐는 겁니다. ‘도시침수 및 하천홍수 방지대책’ 발표(23.8.30 환경부 보도자료)

과정에서 여러 가지 거짓 정보도 많이 흘렸습니다. 대표적인 게 “신월 빗물저류배수시설이 있는 양천지역에서는 침수 피해가 전혀 없었고, 강남 지역은 침수피해가 컸다”(오세훈, 8.10)는 말입니다. 두 지역 강우량의 차이가 확실히 났습니다. 저는 반대로 그날 저녁 강남구에 온 비가 양천지역에 내렸다면 신월빗물터널(2020년 5월 준공, 총사업비1380억 원)이 있었어도 침수가 났을 거라고 봅니다. 시간당100mm의 강우가 내리면 25분 만에 32만 톤의 저류용량이 가득 차는 반면, 가득찬 물을 다 빼내는 데는 4.46일이 걸립니다. 「신월 빗물저류배수시설 방재성능향상을 위한 모니터링 방안」(서울기술연구원, 2020) 그런데 왜 이런 거짓 정보로 위기를 넘어가는가.



8월 8일 저녁 서초, 양천 시간당강우량 비교 (기상청AWS)

그런 행태는 이태원참사 때도 되풀이 됩니다. 왜 정부는 대형 재난 때마다 거짓 정보로 위기를 넘겨서 유가족들을 더 억울하게 만드는가. 대규모 인파가 발생했음에도 불구하고 경찰력을 기본적인 동선 관리에 쓰지 않고, 할로윈데이를 계기로 마약 사범을 대거 검거하는 작전을 쓰려고 하다가 그렇게 된 거 아닙니까. 그 부분을 잘못으로 인정하고, 그런 판단을 하고, 의사결정한 선에서 책임지면 되는 것 아닙니까.

왜 시민들이 기본적인 정보에 접근조차 못하도록 막아버리는가. 대심도 빗물터널은 원래 강남역 일대에도 설치하려고 했습니다. 비가 오면 한강 수위도 높아지니까, 지하에 대규모 터널이 있어도 물이 빠져나가지 않으니까 그걸 하지 않은 겁니다. 신월빗물터널은 어떻게 했는가. 거

긴 목동빗물펌프장(20만톤)이 있습니다. 집중호우 때, 대심도 터널에 저장한 물을 펌프장으로 퍼올렸다가 나중에 물을 배수하도록 할 수 있습니다. 그래서 시범적으로 양천구에 해본 것입니다.

그리고 강남지역엔 반포천유역분리터널을 만들었죠. 지난해에 완공(22.9.30, 총사업비 475억원)되었으나, 8월 8일 상황에선 유량계가 없어서 얼마나 물이 빠져나갔는지조차 모릅니다. 지난해와 같은 비가 언제다시 올지 모르겠지만, 지난 해 상황을 복기해보면(19:40~20:40, 반포천수위 4.08m 상승), 반포천 수위가 급격하게 빨리 차오르면 배수가 안 될 겁니다. 따라서 일정 강수량 이상이 되면 반포천유역분리터널도 가장 위급한 상황에서 일시적으로 무용지물이 될 수도 있는 겁니다.

새로 만들어질 강남 대심도터널(저류용량 52만톤) 포함해서, 대규모 토목시설이 일정한 한계 안에서 작동할 수밖에 없는 시설입니다. “모든 시설은 만능이 아니다”하고 통치고 지나갈 문제는 아니라고 생각합니다. 정치인들은 왜 이런 대규모 토목시설을 지으면 근본적으로 문제가 해결 될 것처럼 늘 문제를 호도하느냐 하는 겁니다.(“강남·서초 일대에 그동안 침수 피해를 본 분들 안심하고 생활할 수 있게 된다”, 오세훈, 21.5.24 반포천유역분리터널 공사현장)

우리 사회는 정치인들의 말을 믿지 못한지 오래됐습니다. 언제 우리가 그가 하는 말을 믿을 만한 정치인을 만난 적이 있었는지 모르겠습니다. 그렇다고 정말 위급하고 목숨이 왔다갔다 하는 상황에서도 믿을만한 정보가 없다는 것은 정말 당혹스런 일입니다.

왜, 비가 많이 와서 퇴근길에 내 차가 길 위에서 침수되는 상황에서, 국가 재난 대응 체계가 마비된 것처럼 되는가. 그럴 때마다 우리는 시간 지나고 나면, 천재지변이라고 통치고 넘어가 버리는가. 예보가 없었던 것도 아닌데.

국가가 못하면 시민들이 자발적으로 대응력을 키워가는 수밖에 없을 것입니다. 각자 재난 보험을 들고, 각자가 대피 시나리오를 짜는 식이겠지요. 그런 상황이 오지 않길 바랄 뿐입니다. 정부의 역할을 직시해야 합니다. 반지하 집을 매입하겠다는 계획이 서울시의 계획으로 나왔던데, 지금 제도로는 집을 팔 방법이 없다는 거 아닙니까?(살 수도 팔 수도 없는 우리 집 [아직, 반지하 ②], 23.5.17 쿠키뉴스)

앞으로 기후위기는 더 심각해지고, 심각한 재난 상황이 닥칠 겁니다. 국가가 위기 때마다 국민들의 신뢰를 받지 못한다면, 피해는 심각해지고 고스란히 사회적 약자부터 생존이 위협받게 될 것입니다.