

한국수자원학회 학술발표회

2014. 5. 15

금강하구 홍수배제와 생태복원을 위한 구조개선 연구

정 종 관



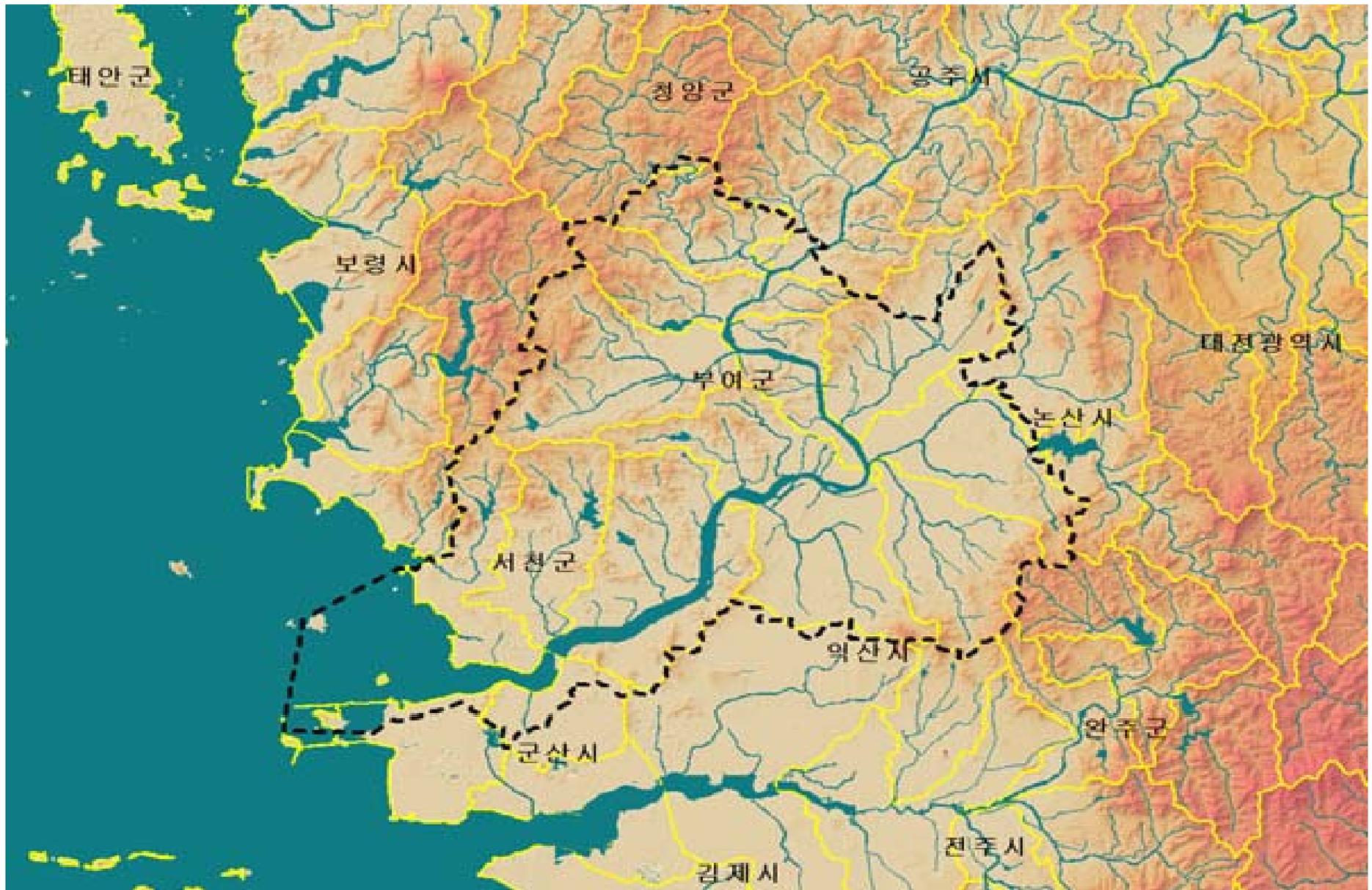
Content in a Nutshell

1. **금강하구의 여건변화**

2. **금강하굿둑의 홍수 대응능력**

3. **금강하굿둑의 구조개선과 대응전략 과제**

4. **우리가 할 일**

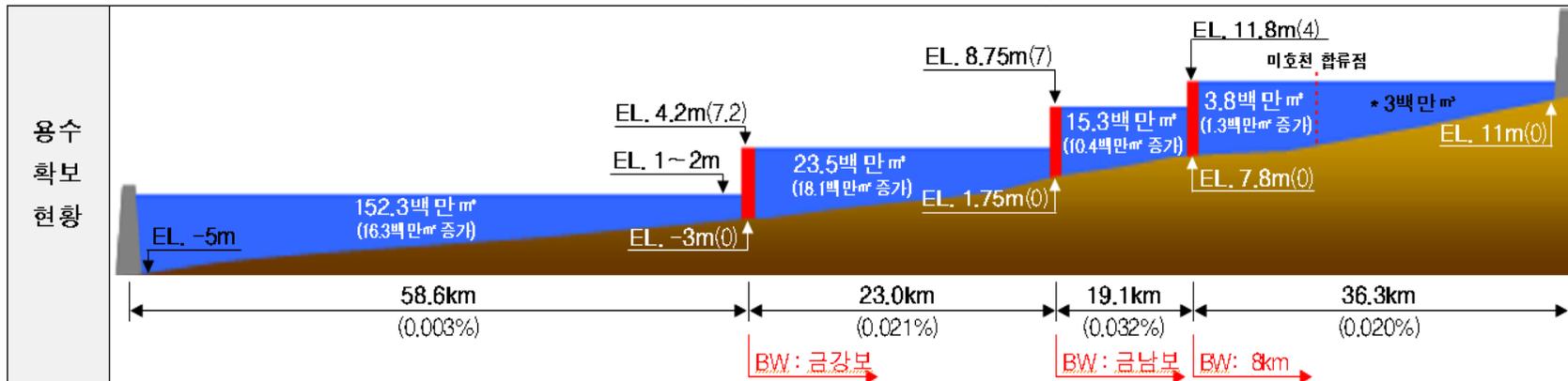


금강하구 유역도



지역 (km)	우안	서천(16.2)	부여(41.9)				청양(14.0)	공주(26.3)	연기(17.5)	청원(21.1)	
	좌안	군산(14.3)	익산(18.2)	논산(5.8)	부여(24.2)		공주(35.9)		연기(20.5)		대전(18.1)
공구	우안	1공구		3공구	4공구	5공구	6공구	7공구	세종1	세종2	대청댐 직하류
	좌안	2공구									

이정 (km)	누가	0	29.6		38.3	45.7	54.8	72.1	81.6	98.4	106.2	110.9	137	하구둑기점
	구간	29.6	8.7	7.4	9.1	17.3	26.3	7.8	4.7	26.1				
	누가	137	107.4		98.7	91.3	82.2	64.9	38.6	30.8	26.1		0	대청댐기점



금강사업 구간구분

금강 하구역 관리의 필요성

◆ 금강 하구역 관리의 주요 목적

- 생태적 건전성 회복을 위한 하구환경 개선
- **기득수리권을 인정** 유지하면서 대체 수자원을 확보
- 다기능 하굿둑 시설물 설치 및 개선 등 종합적인 개선

◆ 금강 하구역 관리의 주요 내용

- 양질의 농공용수 공급을 위한 담수호 수질개선
- **홍수배제 능력** 향상을 위한 시설물 설치운영의 비용 편익 분석
- 하구생태계의 경제적 가치평가
- 현재의 이수상황에서 퇴적물 축적과 연안생태 수용부하 가중에 따라 수질개선 등의 실행 가능성 검토

하굿둑 구조개선 필요성

- 금강하굿둑 구조개선은 해수유통보다 **홍수예방**에 있음
- 현재의 시설은 **50년빈도** 계획홍수량 설계(1983)
- 구조개선 사업으로 홍수배제 및 침수재난 대비

○ 금강하굿둑 입지 특성상 유역말단의 **홍수배제능력 향상 필요**

- 금강사업, 대청댐 비상여수로 증설, 금강중류지역 도시개발(세종시, 도안신도시, 도시지역 확장) 등

- 금강하구로 유입되는 유출량 증가로 홍수배제능력 향상을 위해 배수갑문 증설 등 구조개선 방안 마련에 정부부처가 적극 나서야 함

○ 현재의 홍수배제능력 대비 홍수빈도를 고려하여 **추가 수문 증설 필요**

금강 하구역의 현황

◆ 자연환경

- 금강호는 자연지리적 특성상 관리수위 유지를 위해 주기적으로 배수갑문 개폐가 이뤄짐에 따라 퇴적물질의 축적으로 수질 관리상 불리

◆ 수질변화

- 1994년 8월 금강호 갑문 폐쇄 이후 평균적인 수질은 COD_{Mn} 3.5 ~ 10.0 mg/L 로 III ~ VI 등급으로 유지되나 해마다 상승하는 추세

금강호의 수리수문 특성인자

적용인자	단위	내용
년간 유입·유출량, Q	$10^6 \text{ m}^3/\text{년}$	6,205
평균 저수량, V	10^6 m^3	136.8
평균 수표면적, A	km^2	36.58
평균수심, Z	m	3.74
수리학적 체류시간, τ_w	년	0.022 (8.05일)
수표면적 부하, q_s	m/년	169.63
순환률, ρ	1/년	45.45

금강하굿둑 시설물 현황

시설물명	시설물 제원		저수현황			수위관리현황			
	높이 [m]	길이 [m]	총 저수량 [MCM]	용수공급 [MCM/Yr]	홍수조 절용량 [MCM]	만수위 [EL.m]	제한 수위 [EL.m]	최대 방류량 [CMS]	유지 용수 [CMS]
금강하구 언	16.6	1,127	138	365	2	-	-	13,000	-

금강호 주요 취수 양수장 현황



화양양수장



서포양수장



나포양수장



고창양수장

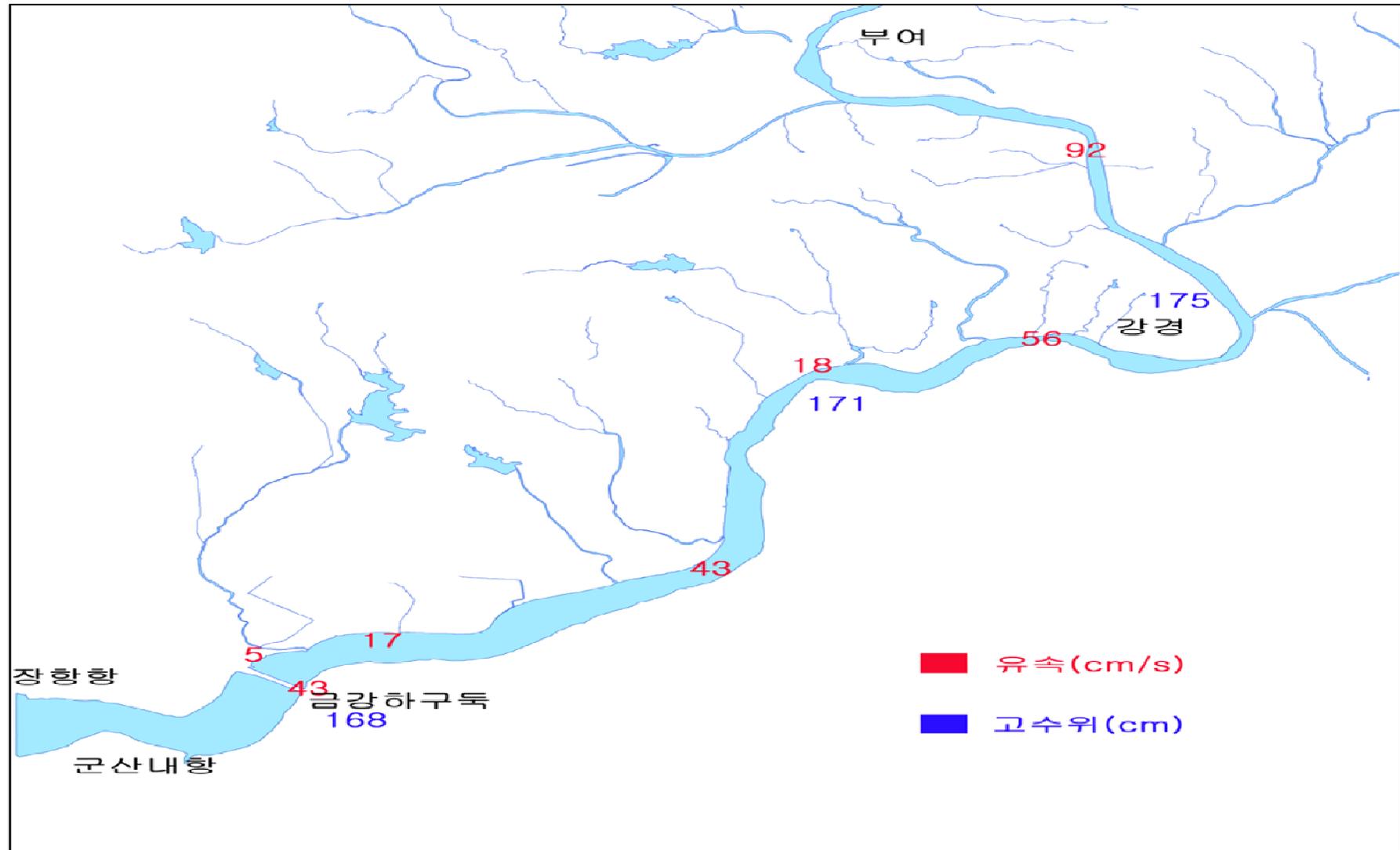


해창양수장



군산취수장

금강하류의 유속과 수위



금강 하구 환경개선

- ◆ 진정한 금강살리기를 위해서는 “**금강하굿둑 개선**”이 가장 시급하고 중요
- ◆ 금강하구 갑문 작동 전후의 조위변화는 군산내항의 평균저조위는 23.5cm 하강하였으나, **최고고조위 15.0cm, 평균고조위 13.3cm 상승**으로 만조 시 수위상승에 따른 침수 위험도 증가하였으므로 재해 방지를 위한 완충수역 확보를 위해서라도 수문 개방을 통한 물 흐름을 유지할 필요

특위활동 건의와 국토해양부 답변 (2010-11)

- ◆ 진정한 금강살리기를 위해서는 “**금강하굿둑 개선**”이 가장 시급하고 중요하므로 본 사업의 조속한 실시를 요청
- ◆ 금강을 살리기 위해서는 **지류와 소하천 살리기**에 우선 투자할 것을 요청
- ◆ 세종보는 계획대로 완공 후, 2~3년간 수질 및 홍수예방 등의 영향을 모니터링하고, 공주보와 백제보는 일단 공사 중단 후, **세종보 모니터링 결과**에 따라 건설여부 결정
- ◆ 통수능력 확보와 수질개선 차원에서의 일부 준설은 필요하나, 문제구역의 대규모 **준설은 재조정** 요청
- ◆ 국가재정 운영면에서도 지방경제 살리기와 민생대책 등을 고려한 **건전성과 효율성** 측면의 재조정 필요 관련
- ◆ 그밖에 특위에서 제시한 의견의 반영요청

금강사업의 주요쟁점

◆ 금강하굿둑 개선

▷ 어종감소

▷ 토사퇴적

◆ 지류하천 살리기 사업

▷ 홍수피해 발생률

▷ 국가하천 3.6%, 지방하천 55%, 소하천 39.9%

◆ 하천 환경정비 사업

▷ 인공시설 중심의 사업을 최소화

▷ 지역의 특성과 주민 요구를 최대한 반영

▷ 사후 유지관리비용에 대한 지방자치단체의 부담 경감

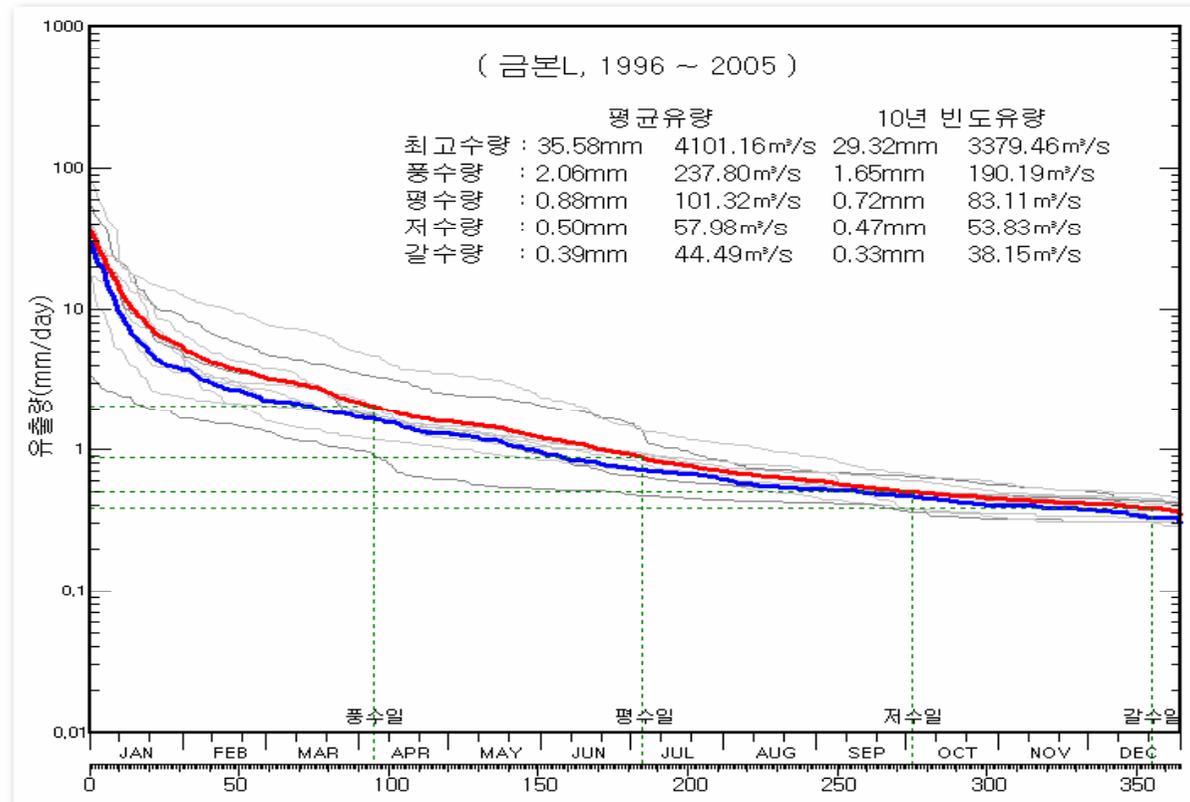
금강하류 단위유역 구분



금강하류 단위유역 유황

	연도	2006-12평균	1996-05평균	1996-12평균
	유역			
풍수량 (Q ₉₅)	금본 K	132.75	220.96	176.85
	금본 L	142.53	237.80	190.16
평수량 (Q ₁₈₅)	금본 K	79.52	94.18	86.85
	금본 L	85.85	101.32	93.58
저수량 (Q ₂₇₅)	금본 K	55.85	55.16	55.51
	금본 L	58.47	57.98	58.23
갈수량 (Q ₃₅₅)	금본 K	43.90	43.28	43.59
	금본 L	45.97	44.49	45.23

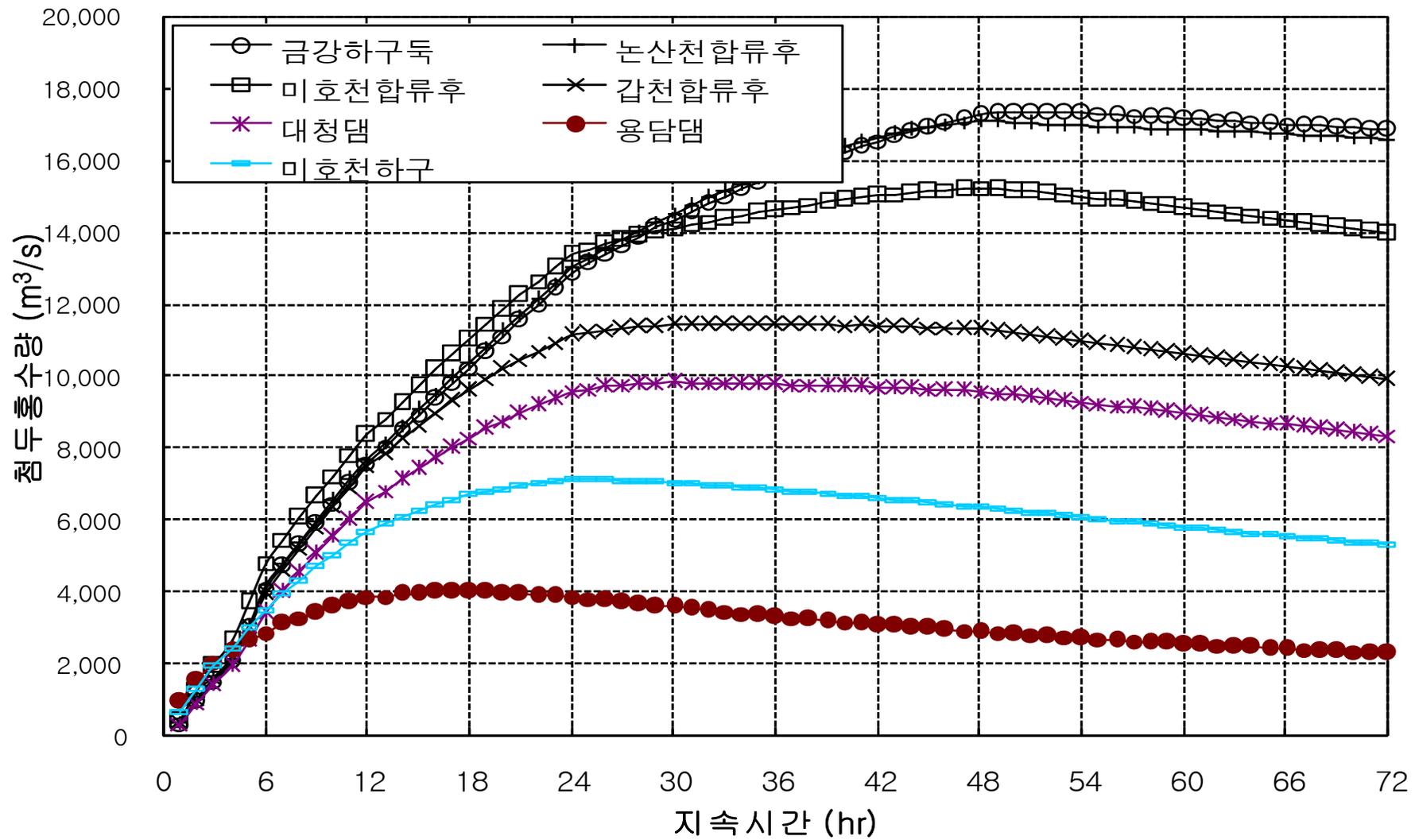
단위유역 유황곡선



주요 지점의 유황

번호	산정지점	유역면적 (km ²)	유 황(m ³ /s)			
			풍수량 (95일)	평수량 (185일)	저수량 (275일)	갈수량 (355일)
1	공주수위표	7,210	144.45	79.12	53.01	34.74
2	지천합류후 (금본J)	8,228	164.83	90.28	60.49	39.64
3	석성천합류전 (금본K)	8,549	171.27	93.81	62.85	41.18
4	산북천합류전	9,431	188.93	103.48	69.34	45.43
5	금강하구둑	9,828	196.88	107.83	72.25	47.34
	금강하구둑*	9,828	168.90	87.93	49.90	22.27
	금강하구둑** (금본L)	9,828	190.16	93.58	58.23	45.23

금강유역의 침투홍수량 변화(100년 빈도)



최근 20년간 금강하구권역 자연재해 피해

(단위: 백만원)

구분		이재민 (인)	인명 (인)	침수면적 (ha)	건물	선박	농경지	공공시설 피해액	기타 피해액	총 피해액
금강	피해규모	4,716	29	10,562	960	268	8,853	61,665	16,779	88,525
	비율(%)	-	-	-	1.09	0.30	10.00	69.66	18.95	100.00
	밀도(km ² 당)	0.467	0.003	1.066	0.097	0.027	0.893	6.221	1.693	8.931
금강 하구	피해규모	1,347	-	3,983	115	142	914	3,755	1,393	6,319
	비율(%)	-	-	-	1.82	2.25	14.46	59.43	22.04	100.00
	밀도(km ² 당)	2.477	0.017	7.324	0.211	0.261	1.681	6.905	2.562	11.621
논 산 천	피해규모	1,554	3	1,738	98	0	354	3,290	969	4,711
	비율(%)	-	-	-	2.09	0.00	7.51	69.83	20.57	100.00
	밀도(km ² 당)	2.337	0.004	2.614	0.147	0.000	0.532	4.947	1.457	7.084
금강 부여	피해규모	1,850	13	3,521	181	9	2,090	7,898	2,925	13,103
	비율(%)	-	-	-	1.38	0.07	15.95	60.28	22.32	100.00
	밀도(km ² 당)	1.800	0.012	3.426	0.176	0.009	2.033	7.683	2.846	12.747

금강유역 토지이용 변화량 (단위 : km²)

시.군	도시.택지개발	산업(농공)단지	관광단지	기 타	비 고
계	75.292	10.979	5.47	0	
공 주	1.26	3.05	1.02		
논 산	0.65	2.13			
금 산	0.27	1.719			
연 기	72.91				세종시
부 여	0.202	1.17	4.45		
청 양		0.21			
서 천		2.7			

금강유역 도시화 현황

하천명	유역면적 (km ²)	도시화		하수관거 설치지역	
		면적(km ²)	비율(%)	면적(km ²)	비율(%)
갑천	648.87	113.08	17.43	118.02	18.19
유등천	289.14	57.92	20.03	225.01	77.82
대전천	89.31	25.49	28.54	29.95	33.53
무심천	197.32	33.51	16.98	33.51	16.98
석남천	41.05	16.19	39.44	16.19	39.44

금강유역의 토지이용 변화

금강하류 주요 지천의 특성변화

유역명	특성
석성천	유역면적 (km ²) : 147.1 유로연장 (km) : 23.5 유역평균폭 (L/A) : 6.26 형상인자 (L/A ²) : 0.266 대지화율 (%) : 6.5
두계천	유역면적 (km ²) : 69.7 유로연장 (km) : 21.4 유역평균폭 (L/A) : 3.26 형상인자 (L/A ²) : 0.152 대지화율 (%) : 5.6
논산천	유역면적 (km ²) : 666.3 유로연장 (km) : 57.1 유역평균폭 (L/A) : 11.67 형상인자 (L/A ²) : 0.204 대지화율 (%) : 7.6
강경천	유역면적 (km ²) : 128.2 유로연장 (km) : 27.3 유역평균폭 (L/A) : 4.69 형상인자 (L/A ²) : 0.172 대지화율 (%) : 10.5



주요지점의 금강상류댐 조절 후 홍수량

산정지점명	유역면적 (km ²)	빈도별 홍수량(m ³ /s)				
		30년	50년	80년	100년	200년
금강하구둑	9,912	11,880	13,070	14,155	14,625	16,240
입포수위표	9,603	11,680	12,845	13,910	14,370	15,955
강경수위표	9,376	11,535	12,685	13,740	14,195	15,770
규암수위표	8,328	10,620	11,680	12,640	13,055	14,490
미호천합류후	6,864	9,420	10,340	11,180	11,540	12,795
갑천합류후	4,881	5,815	6,380	6,890	7,105	8,110
대청댐	4,189	4,560 (7,470)	4,995 (8,260)	5,385 (8,980)	5,550 (9,280)	6,675 (10,330)

대청댐 여수로 증설 현황

구 분		건설당시	기본계획		비 고
			시행 전	시행 후	
강우량(mm)	PMP	532(48hr)	591(48hr)		↑ 59
홍수량(m ³ /sec)	PMF	14,700	21,742		↑ 7,042
침투방류량 (m ³ /sec)	PMF	11,057	15,277	18,036	↑ 6,979
최고수위(EL.m)	PMF	81.65	84.18	80.77	월류

PMP: Probable Maximum Precipitation(확률최대강우량)

PMF: Probable Maximum Flood(확률최대홍수량)

자료 : 한국수자원공사, 대청댐 여수로 개선계획에서 발췌, 2011

금강하구 환경관리 SWOT 분석

		강점(S)		약점(W)	
		내부환경		외부환경	
외부환경	내부환경	<ul style="list-style-type: none"> • 국립생태원 및 해양생물자원관 건립 • 지역생물자원 관리기반, 역량 구축과 지속 가능 개발 의지 		<ul style="list-style-type: none"> • 하굿둑에 의한 물순환 왜곡, 수질악화 및 기수성 어족자원 급감 • 조류 종다양성 감소 	
		기회 (O) <ul style="list-style-type: none"> • 높은 경지비율 대비 저밀도 토지이용 • 하구 관련 문화행사 및 지역축제 활성화 	<ul style="list-style-type: none"> → 어메니티 중심의 지역발전계획 추진 → 내발적 발전모델 구축으로 지역 자생력 증진 	<ul style="list-style-type: none"> → 하구호의 해수유통으로 생태복원 → 수질개선으로 생태 자원의 부양력 확보 	
위협 (T) <ul style="list-style-type: none"> • 새만금사업 희석용수 공급 • 하굿둑 내외 토사퇴적량 증가 	<ul style="list-style-type: none"> → 수질개선 사업의 지속추진 → 홍수배제로 퇴적토 축적 방지 	<ul style="list-style-type: none"> → 통선문과 어도 설치 등 하굿둑 구조개선 사업추진 → 생물 종다양성 보전사업 추진 			

SO	WO
ST	WT

하구시설물 구조개선 위치도



하굿둑 구조개선 사례

낙동강

- 사업명: 낙동강하굿둑 배수문 증설
- 사업기간 : 2009~2012
- 소요예산 : 2,384억원
- 주요 사업
 - 최근 기상변화로 인한 증가된 홍수량 배제
: 18,300→22,300CMS(2009)로 22% 증설
 - 주수문 3문, 조절수문 2문

하굿둑 구조개선 사례

영산강

- 사업명: 영산강하굿둑 구조개선
- 사업기간 : 2009~2012
- 소요예산 : 4,249억원
- 주요 사업
 - 영산호 배수갑문 확장 (240m → 480m)
 - 영암호 배수갑문 확장 (80m → 410m)
 - 최근 기상변화로 인한 증가된 홍수량 배제능력 향상
: 5,600→8,620CMS(2010)로 54% 증설

영산강 구조개선 사례



영산강 구조개선 사례



영산강 하굿둑



구조개선 사업

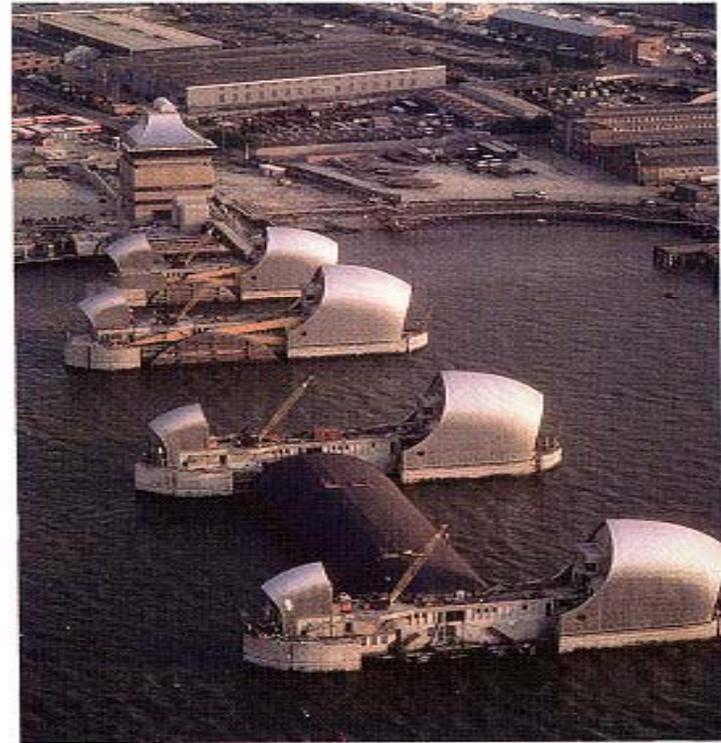
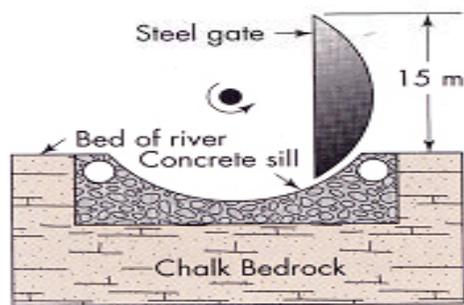
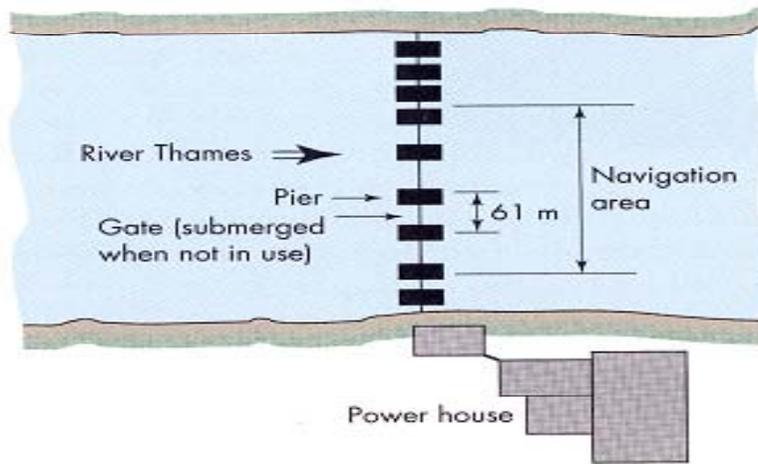
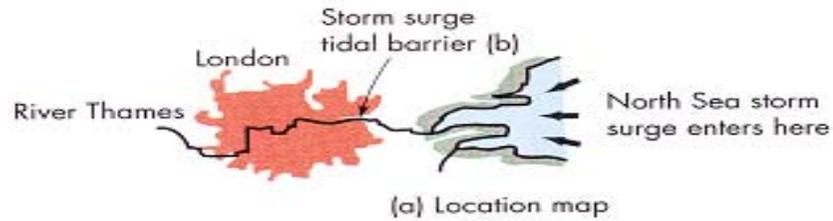


어도설치

영산강 하굿둑 홍수배제 증설사업



템즈강 하구 구조개선 사례



테임즈강 하구의
홍수방지용 갑문

하굿둑 구조개선 대안 1

- 서천측에 **배수갑문과 통선문 증설**
- 구조개선 사업으로 홍수 및 재난 대비
- 금강하굿둑 입지 특성상 유역말단의 홍수배제능력 향상 필요
 - 현재의 홍수배제능력은 금강사업 시행 이전에 결정된 것으로 **유속증가, 유달시간 단축, 침두유출량 증가, 조위변화** 등 반영 필요
- 현재의 홍수배제능력 대비 **22~54% 추가수준 향상** 필요
 - 향후 홍수빈도를 고려하여 15,860~20,020CMS 배제를 위해 **배수갑문 증설** 필요

하굿둑 구조개선 대안 2

- 구조개선 사업시행으로 **재해방지 및 환경복원**을 위한 기반마련 추진
- 구조개선 사업시행으로 금강하구역에 대한 **지역간 상생발전 합의형성** 추진
 - 우선적으로 통선문과 배수갑문을 설치하여 충남-전북 **공동 지역발전 모델**을 수립하여 추진하고,
 - 단계적으로 모니터링을 통해 **대체용수 공급방안 마련** 후, 환경생태 개선 프로그램을 병행 추진

하굿둑 구조개선 근거

○ 국립기상연구소의 **장기 기후변화 예측**(2013)

- 2050년까지 기온 3.2℃ 상승, 강수량 16% 증가, 해수면 평균 27cm 상승으로 강수량 증가와 함께 집중호우의 가능성 전망

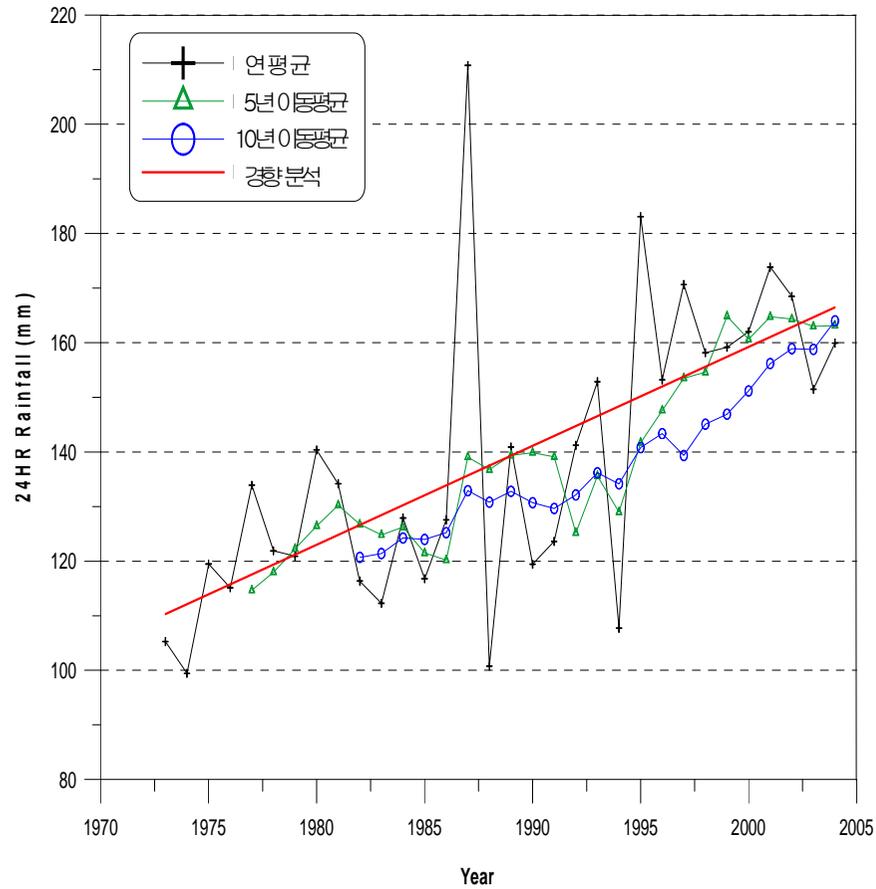
- 일 강수량 80mm 이상 호우 발생일수 60%이상 증가 예상

○ 기후변화에 따른 기상이변으로 **강우패턴 집중화**로 계획홍수위 대비 배수갑문 확장 또는 관리수위의 조정 필요

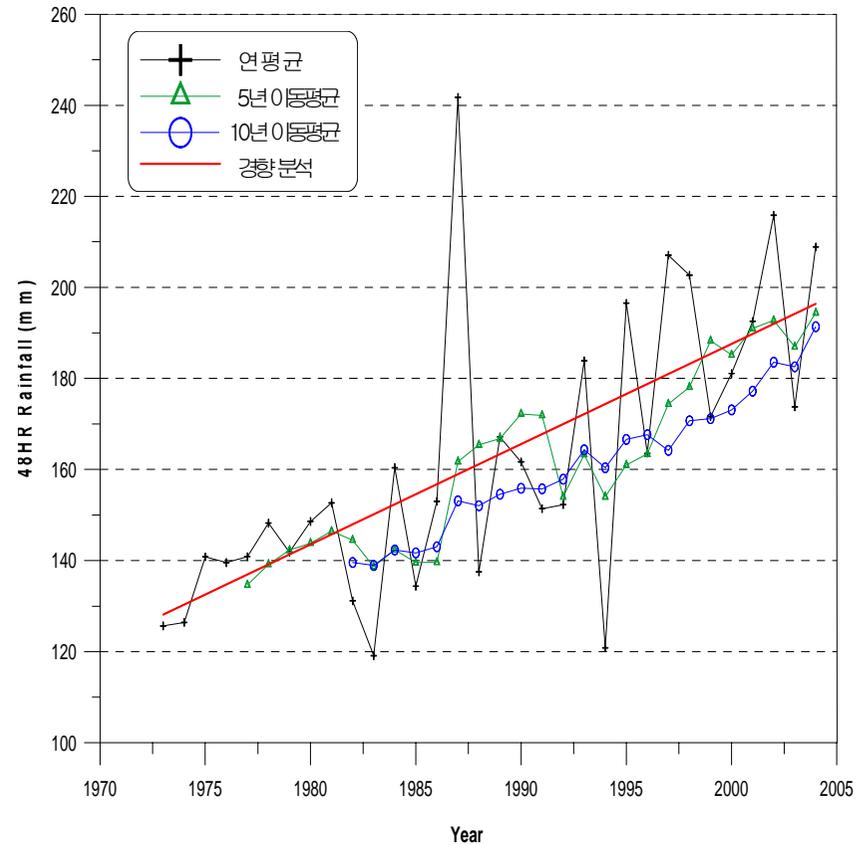
- 2011년도 대전지역의 강수량중 여름 우기(6~8월) 비율이 72.6%를 차지하여 홍수 시 강우유출 비율이 크게 증가

- 금강사업에 따른 **강우유출 유달시간 단축** 등 수리수문 특성 변화

금강유역 강우량의 경년변화



24시간 최대 강우량



48시간 최대 강우량

수리학적 체류시간 변화 (단위; %)

	세종보	공주보	백제보	금강하굿둑
1월	228.8	307.0	613.8	133.2
2월	213.9	283.2	564.1	134.4
3월	211.4	277.9	552.1	136.4
4월	202.0	275.5	547.6	135.9
5월	180.7	246.8	487.2	135.8
6월	151.4	196.8	382.9	141.5
7월	132.6	168.6	335.5	154.0
8월	113.7	137.5	272.9	141.6
9월	121.6	141.1	291.4	133.7
10월	179.9	220.3	505.0	141.4
11월	197.0	275.6	633.1	138.8
12월	202.2	288.6	662.4	138.2
평균	177.9	234.9	487.3	138.7

하굿둑 구조개선 근거

○ **대청댐**의 홍수배제를 위한 여수로 증설사업

- 설계홍수량에 대한 댐 설계기준 강화(빈도홍수량→가능최대홍수량) 적용
- 극한홍수에 대비 **비상 여수로**를 건설하여 대청댐의 안전성 확보 및 국민의 생명과 재산보호
- 수문학적 안정성 검토결과 대청호 유역은 48시간 강우량 9.9% 증가(532→591_{mm})에 대비하여 **침투방류량은 63% 증설**(11,057→18,036CMS)

○ 하구역 구조개선 추진사례

- 하굿둑 시설물의 홍수배제량 증설
- 영산강 54%, 낙동강 22% 증설

하굿둑 구조개선 근거

- 금강하굿둑이 유역말단에 입지한 특성상 홍수배제능력을 향상시키려면 유역의 강우사상, 유출량 등 수리수문 특성을 고려하여야 하며, 현재의 홍수배제능력은 금강사업 시행 이전에 결정된 것으로 **유속증가, 유달시간단축, 침투유출량 증가, 조위변화를 고려**하여 결정해야 함
- 현재 금강하굿둑의 홍수조절 능력은 200만톤에 불과하여 만조위와 홍수량이 겹치게 되면 금강호 유입지천의 배수장펌프 배제 능력 확충에도 불구하고 내수에 의한 침수 현상이 발생할 가능성이 큼
- 현재의 홍수배제 능력 대비 **22~54% 수준을 향상**시키려면 적어도 15,860~20,020CMS 배제를 위해 현재 규모보다 **4~11문의 갑문증설**이 필요

문제해결 과제



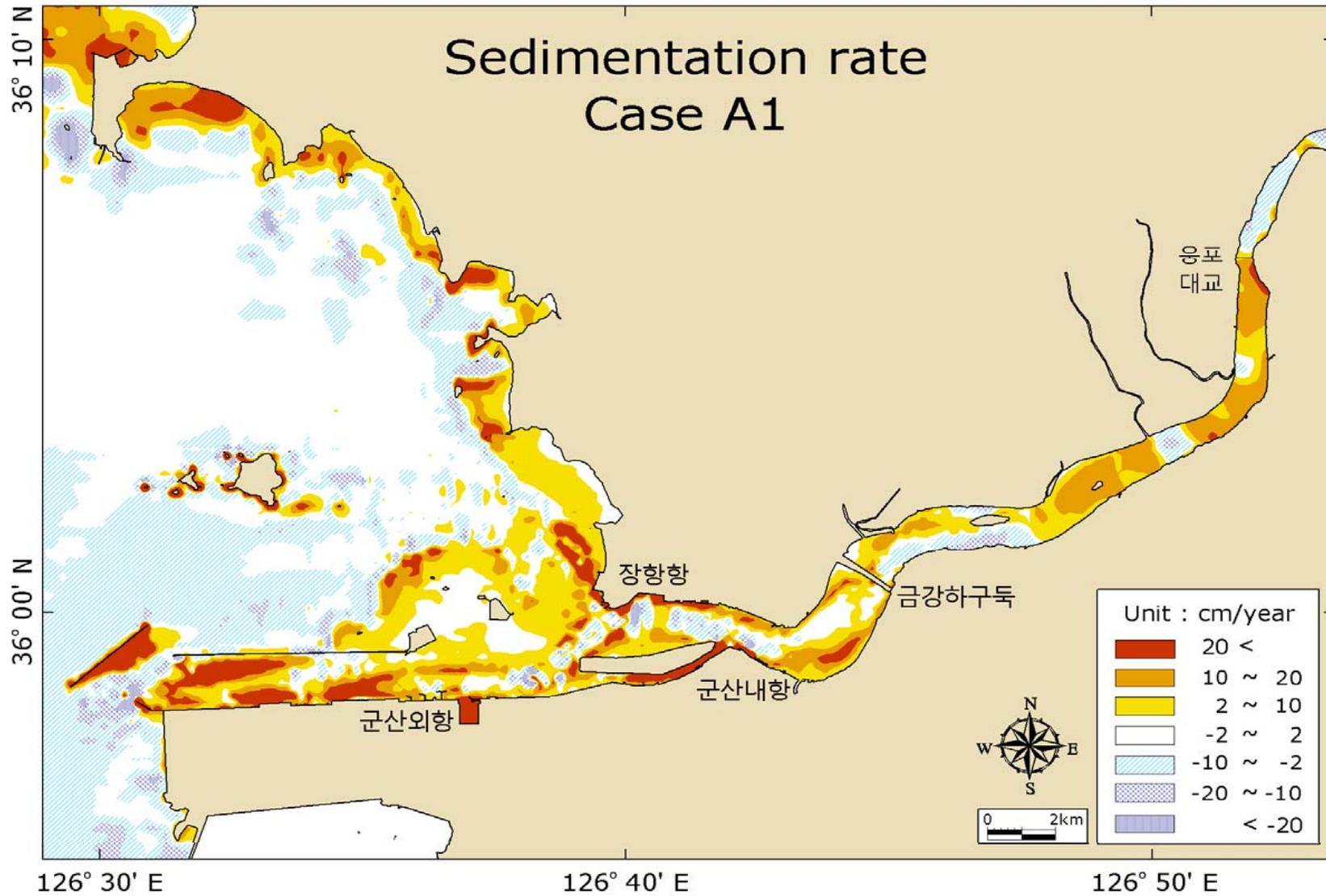
문제해결 과제



문제해결 과제



퇴적을 분포 (현재 상태)



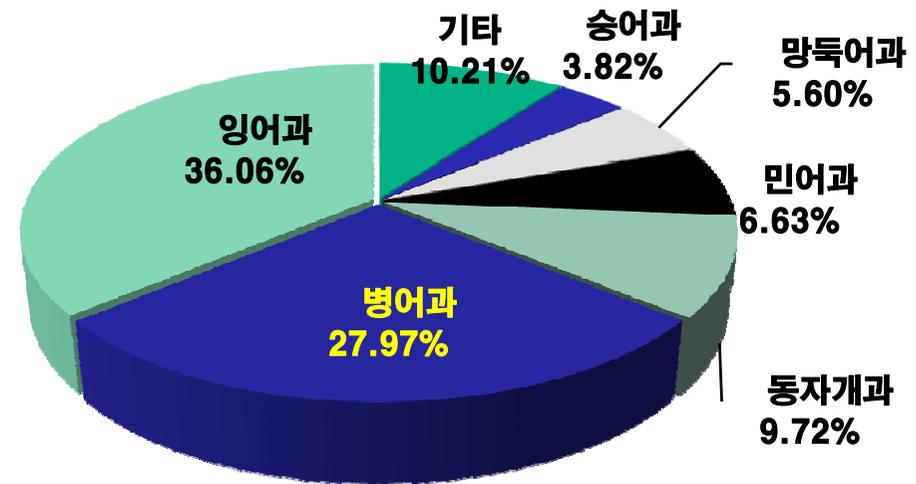
수질개선 관련 준설

- 제한된 수질개선 효과에 비해 준설비용 과다 소요
- 준설 및 투기 과정에서 2차 환경문제 유발 가능성
- 준설토 투기장 확보
- 향후 검토과제
 - 하굿둑 구조개선 검토시 일부 준설, 汚泥 배제가능성 검토
 - 탄성파 탐사에 의한 퇴적층 단면조사
 - 준설토 투기장 조성 시 오염방지를 위한 전처리 방안
 - 퇴적오니 잔류 오염원의 독성학적 영향 검토

금강하구 어류상 분포

■ 어류상

- 총 13과 37종 680개체 채집
- 우점종 : 덕대 (RA: 27.94%)
- 아우점종 : 누치 (RA: 14.26%)



■ 과별출현율

- 잉어과가 총 15종 245개체로 가장 많이 출현 (RA: 36.03%)
- 이 외 병어과 (1종), 동자개과 (1종), 민어과 (3종), 망둑어과 (6종) 어류 다수 출현



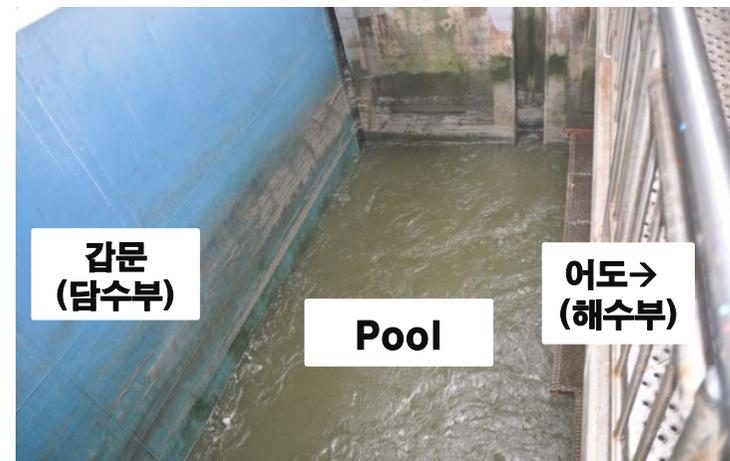
금강하구 어도 상황

▪ 어류상

- 총 6과 12종 369개체 채집
- 우점종 : 송어 (RA: 42.8%)
- 아우점종 : 검정망둑 (RA: 15.7%)



- 전반적으로 **일차담수어와 해수어 및 주연성 어류가 복합적으로 출현**
- 하구둑 하부가 해수지역임에도 불구하고 담수어류가 출현
 - 방류시 쓸려 내려간 어류가 상류로 이동하기 위해 **어도를 이용**



진정한 금강하구 살리기

- ◆ 4대강 사업이 마무리 되었다 하더라도 경제, 사회, 환경적 지속성 관점에서 문제가 해결된 것은 아니다.
- ◆ **가치관, 과학, 절차를 생각하기 전에 진정한 하구 살리기는 하구의 본성에 맞게 관리해야**
 - ▷ 첫째, 지속가능한 거버넌스 갖추기
 - ▷ 둘째, 통합적인 수생태 관리체계 갖추기
 - ▷ 셋째, 문제의 근원에서부터 풀어가기
 - ▷ **사회적 형평성, 경제적 효율성, 환경적 건전성이 어우러진 지속가능성과 통합의 관점에서 하구 생태복원 문제를 해결**

진정한 금강하구 살리기

대안	내용			경제성	영향성	효과성
	수문설치	기존수문	부수시설			
1	서천 10문, 통선문, 어도설치	개방	制水門, 취수 및 관로 설치	경제성 충분	汽水 생태복원(장기)	홍수배제 최적 (중,단기)
2	서천 10문, 통선문, 어도설치	미개방	제수문, 취수 및 관로 설치	경제성 충분	기수 생태복원, 물 흐름변화	해수유통 제한적
3	미 설치	개방	제수문, 취수 및 관로 설치	경제성 충분	기수 생태복원	해수유통 제한적
4	미 설치	미개방	현재상태 유지	환경비용 증가	담수호내 퇴적 및 수질악화 지속	부적합

우리가 할 일

■ 금강하구역의 생태복원과 구조개선

- 금강하구역의 지속가능한 지역발전 모델은 수질개선 이외에 **시설물 구조개선을 전제로 하여 안전한 하구역 관리 방안이 선행되어야 함**

■ 배수갑문, 통선문, 어도 증설

- 금강하구둑의 홍수배제능력 향상을 위해 적어도 200년 빈도 이상의 홍수에 대비한 **배수갑문 증설**과 다기능 하구둑으로 기능확대를 위해 **통선문, 어도 증설**을 통해 **홍수 배제, 환경생태 개선 프로그램 병행 추진**

■ 서천-군산간 상생협력과 공감대 형성 시행

- 홍수 시 금강하구호 정체에 의한 유역 저지대 침수방지를 위해 양 지역간의 합의로 구조개선 건의로 협력 추진하여 상생협력 공감대 형성
- 정부의 4대강 사업이 마무리되었다 하더라도 금강하구의 T-P는 0.103mg/L으로 예측되어 수자원 공급 등 관련사항은, **2015년 사업 중간평가 이후 수질개선과 해수유통 검토는 별도 추진**

Get Happy! It's good for you!

행복한 변화, 새로운 충남

