

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책토론회

일 시 : 2016. 10. 7.(금) 14:00 ~ 18:00

장 소 : 충남연구원 4층 대회의실

주 최 : 충청남도 · 충남연구원 · 대한하천학회

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책토론회 개최계획(안)

1 개요

- 주 제 : 금강 녹조발생 억제 및 개선을 위한 물환경 관리
- 일 시 : 2016년 10월 7일(금) 14:00~18:00
- 장 소 : 충남연구원 4층 대회의실
- 참 석 : 약 50명(도, 연구원, 학회, 관련전문가, 단체 등)
- 주 최 : 충청남도, 충남연구원, 대한하천학회

2 추진계획

시 간		내 용	비고
14:00~14:03	3'	참석자 소개	충청남도 안재수 물관리정책팀장
14:03~14:10	7'	인사말씀	충청남도 윤종인 행정부지사 충남연구원 강현수 원장
14:10~14:35	25'	금강을 주목해야 하는 이유 - 4대강사업에 따른 역기능을 중심으로 -	충남연구원 이상진 실장
14:35~15:00	25'	금강 중하류 녹조관리정책 제안	부산카톨릭대 김좌관 교수
15:00~15:25	25'	4대강사업 후 낙동강 물환경 실태변화	카톨릭관동대 박창근 교수
15:25~15:50	25'	4대강사업 전·후 금강의 수리학적 특성변동에 관한 연구	인제대 박재현 교수
15:50~16:15	25'	펄스방류에 따른 생태적인 충격현상과 예방	금강유역환경회의 유진수 사무처장
16:15~16:30	15'	Coffee Break	
16:30~18:00	90'	종합토론	대전대 허재영 교수(좌장)
18:00~		폐회	

3 참석자 명단

구 분		성 명	소 속	비 고
발제자 (5)		이상진	충남연구원 연구실장	
		김좌관	부산카톨릭대학교 교수	대한하천학회
		박창근	카톨릭관동대학교 교수	
		박재현	인제대학교 교수	
		유진수	금강유역환경회의 사무처장	
토론자 (7)		허재영	대전대학교 교수	종합토론 좌장
		최경일	충청남도 물관리정책과 과장	
		김은희	세종특별자치시 환경정책과 환경관리담당	
		조영철	충북대학교 교수	
		박수현	(전) 국회의원	
		윤형권	세종특별자치시 의원	
		김종술	오마이뉴스 기자	
관련 기관	충청남도 (4)	신동헌	충청남도 환경녹지국장	
		안재수	충청남도 물관리정책과 팀장	
		공상현	충청남도 물관리정책과 주무관	
		김영석	충청남도 물관리정책과 주무관	
	충남연구원 (2)	김영일	충남연구원 연구위원	
		정우혁	충남연구원 책임연구원	

금강을 주목해야 하는 이유
-4대강사업에 따른 역기능을 중심으로-



충남연구원 이상진 연구실장

금강을 주목해야 하는 이유

- 4대강사업에 따른 역기능을 중심으로 -

이상진 연구실장

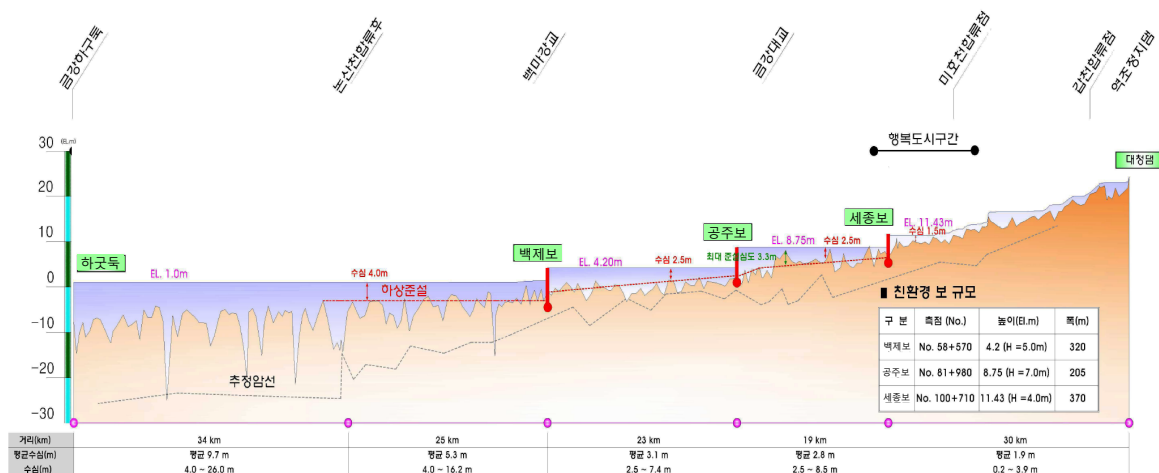
Contents

-  **I 4대강 사업의 추진**
-  **II 수질변화 현황**
-  **III 수생태변화 현황**
-  **IV 퇴적토 및 하상변화 현황**
-  **V 후속 조치**

정부 주도 금강 살리기 사업 추진

- **금강하구둑 ~ 석성천 합류부**
 - 하도 준설 · 제방보강 → 홍수방어능력 제고
 - 생태보전위주의 하천환경 정비계획
- **석성천 합류부 ~ 세종시 경계 구간**
 - 3개 보 설치 · 하상 준설 → 수심확보, 보 주변 친수공간 조성
 - 천변 농경지 정리 · 생태하천 조성 → 수환경 개선
 - 유입오염원 저감 사업
- **세종시 경계 ~ 대청댐 구간**
 - 갑천·미호천 유입오염원 저감 사업
 - 생태하천 복원 → 자정능력 향상
- **대청댐 ~ 용담댐 구간**
 - 수질과 환경을 고려한 생태하천 조성
 - 제방 보강 → 홍수방어능력 증대

금강 살리기 사업 하상관리 계획



- 정부주도 치수·수질개선 목적
 - 금강정비사업 마무리('09~'12)
- 보 운영에 따른 수질악화 및 주변 생태계 변화
 - 전문가 및 시민단체의 우려
- 정부 국가 차원의 모니터링 사업 추진 중(비교 검토 필요)
- 금강정비사업 연계 지류 정비사업 추진 예정(대안 마련)

- 금강관리를 위한 현실적인 정책개발의 기초자료 확보
- 금강의 환경사고 예방을 위한 지속적 모니터링

Contents

- I 4대강 사업의 추진
- II 수질변화 현황
- III 수생태변화 현황
- IV 퇴적토 및 하상변화 현황
- V 후속 조치

II | 수질변화 현황

본류 및 지류 수질·유량 조사

- **측정범위** : 본류 - 금강&국가하천 21개 지점
지류 - 주요지류 말단 17개 지점
- **측정주기** : 본류 - 월 1~3회(환경부 일반측정망, 총량측정망 자료 활용)
지류 - 월 3회
- **측정항목** : 총 12항목
-유량, BOD₅, COD_{Mn}, SS, T-N, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, T-P, PO₄-P, Chla
- **조사기관** : 충남연구원
- **분석기관** : 충남보건환경연구원



7

II | 수질변화 현황(지류)

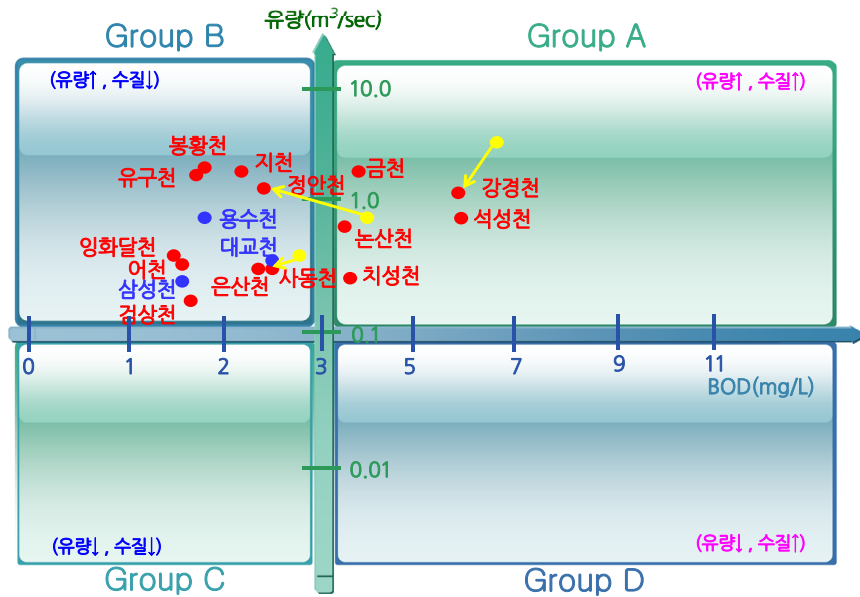
지류 수질·유량 조사지점



시·군	하천명
금산군	봉황천
세종특별자치시	삼성천
세종특별자치시	용수천
세종특별자치시	대교천
공주시	정안천
공주시	유구천
공주시	검상천
청양군	어천
청양군	치성천
청양군	잉화달천
청양군	지천
부여군	은산천
부여군	금천
부여군	석성천
논산시	논산천
논산시	강경천
부여군	사동천

8

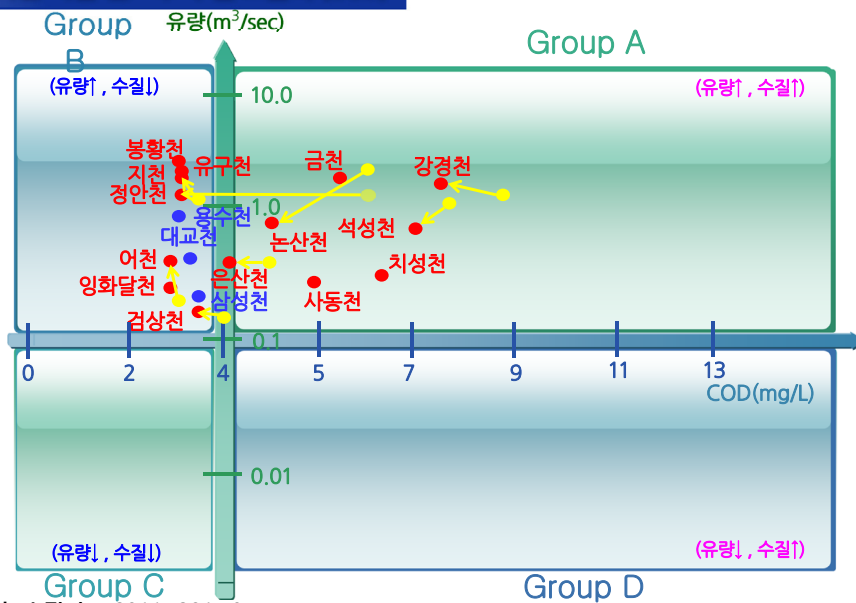
지류하천 사업 전 · 후 수질 그룹화 (BOD)



※ 사업후 수질자료 2011~2015.9

하천수질기준 BOD Ia 1mg/L 이하, Ib 2mg/L 이하, II 3mg/L 이하, III 5mg/L 이하

지류하천 사업 전 · 후 수질 그룹화 (COD)

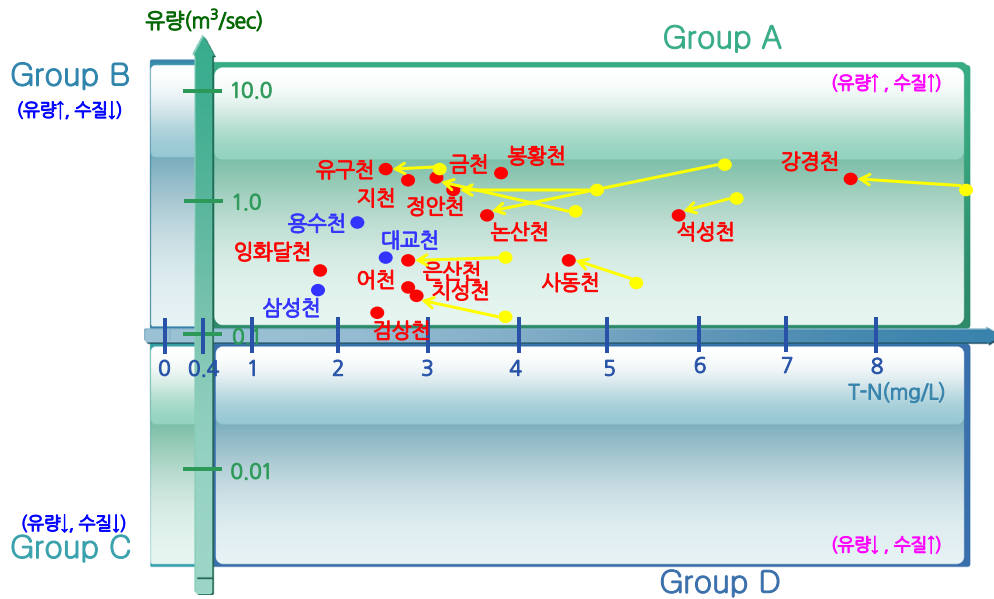


※ 사업후 수질자료 2011~2015.9

하천수질기준 COD Ia 2mg/L 이하, Ib 4mg/L 이하, II 5mg/L 이하, III 7mg/L 이하
호소수질기준 COD Ia 2mg/L 이하, Ib 3mg/L 이하, II 4mg/L 이하, III 5mg/L 이하

II | 수질변화 현황(지류)

지류하천 사업 전·후 수질 그룹화 (T-N)



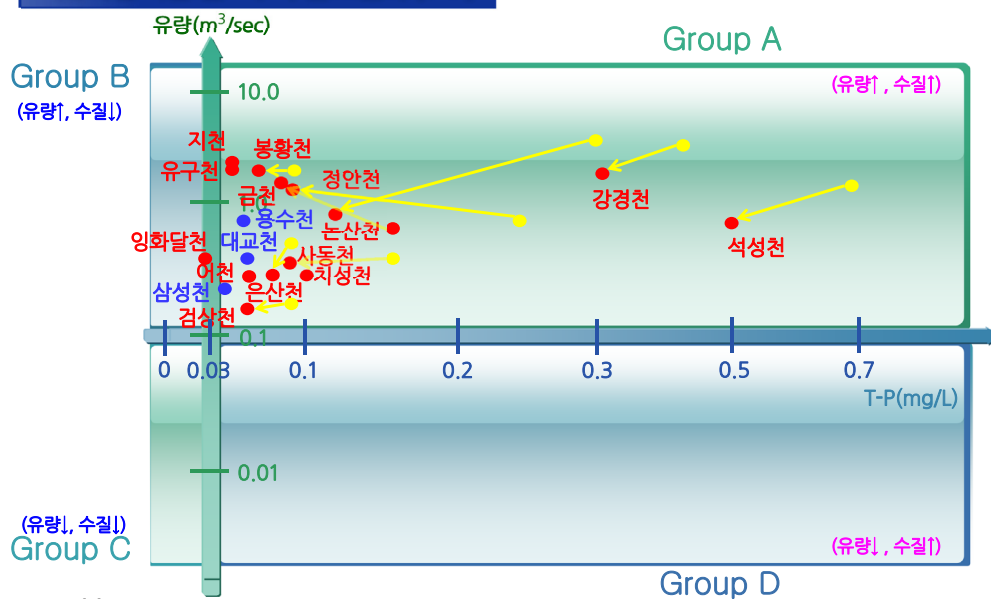
※ 사업후 수질자료 2011~2015.9

호소수질기준 T-N Ia 0.2mg/L 이하, Ib 0.3mg/L 이하, II 0.4mg/L 이하, III 0.6mg/L 이하

11

II | 수질변화 현황(지류)

지류하천 사업 전·후 수질 그룹화 (T-P)



※ 사업후 수질자료 2011~2015.9

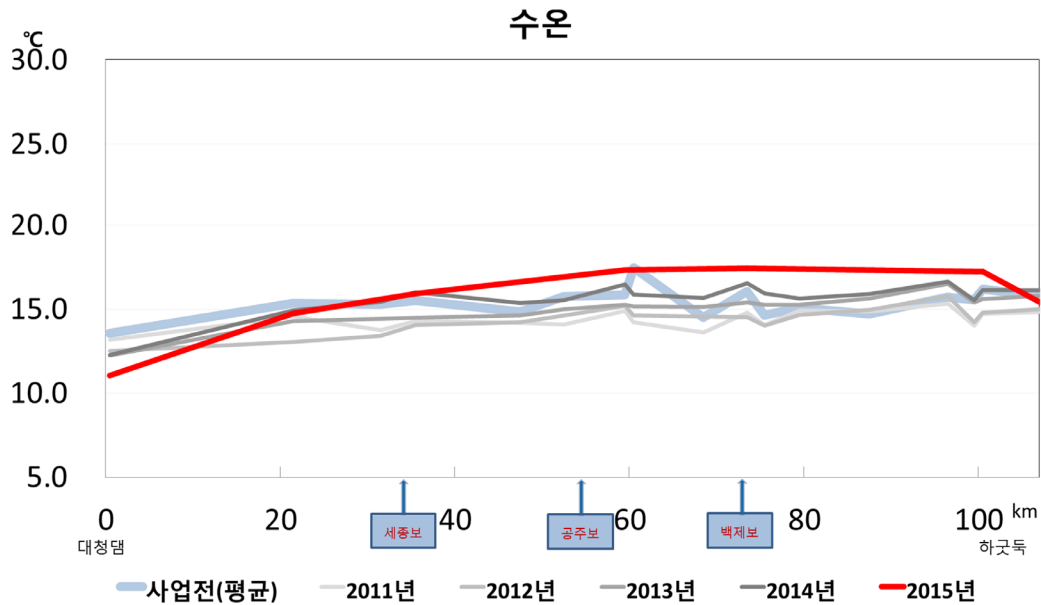
하천수질기준 T-P Ia 0.02mg/L 이하, Ib 0.04mg/L 이하, II 0.1mg/L 이하, III 0.2mg/L 이하
호소수질기준 T-P Ia 0.01mg/L 이하, Ib 0.02mg/L 이하, II 0.03mg/L 이하, III 0.05mg/L 이하

12



수질변화 현황(분류)

대청호 조정지댐~금강하구 수온 변화



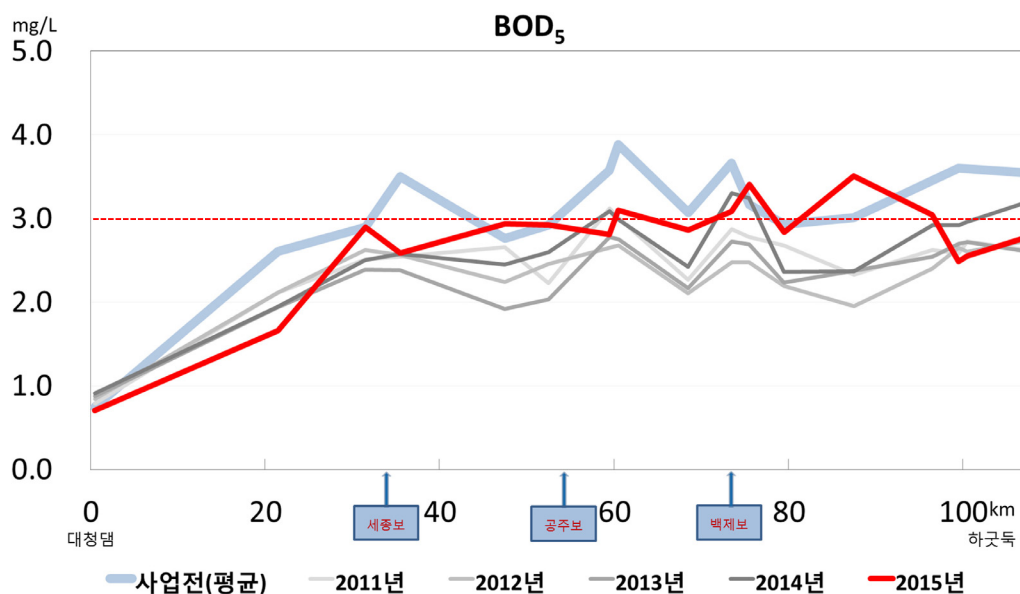
※ 사업전 수질자료 2003~2008, 사업후 수질자료 2011~2015.9

13



수질변화 현황(분류)

대청호 조정지댐~금강하구 BOD 변화

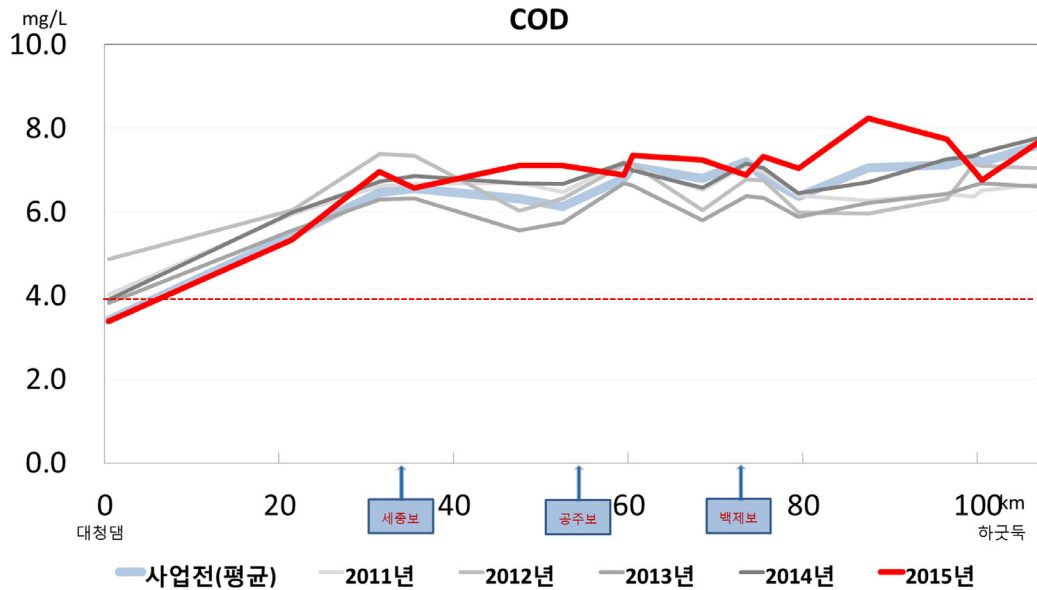


※ 사업전 수질자료 2003~2008, 사업후 수질자료 2011~2015.9

하천수질기준 BOD Ia 1mg/L 이하, Ib 2mg/L 이하, II 3mg/L 이하, III 5mg/L 이하

14

대청호 조정지점~금강하구 COD 변화

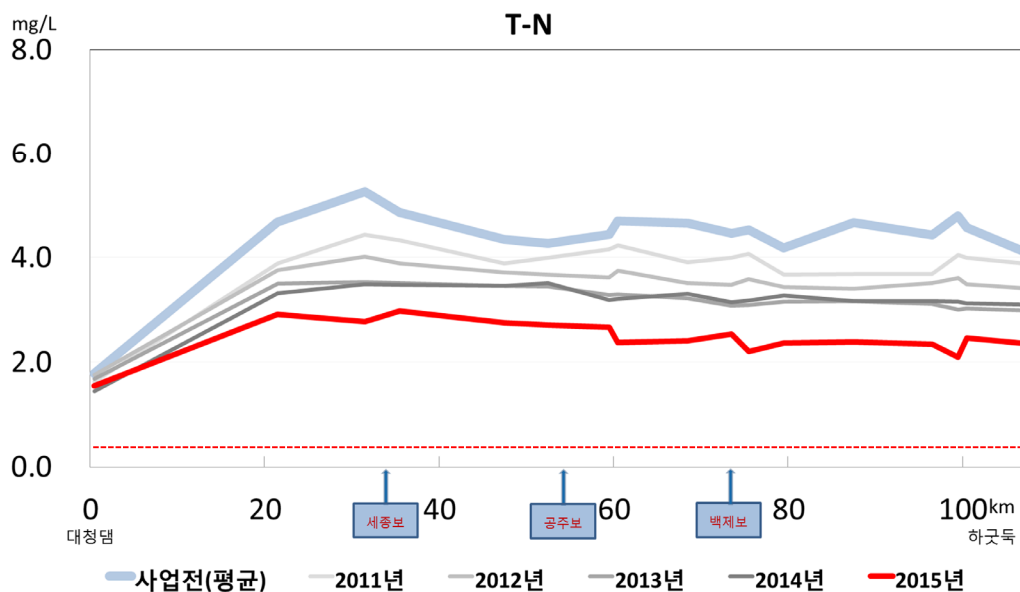


※ 사업전 수질자료 2003~2008, 사업후 수질자료 2011~2015.9

하천수질기준 COD Ia 2mg/L 이하, Ib 4mg/L 이하, II 5mg/L 이하, III 7mg/L 이하, IV 9mg/L 이하
호소수질기준 COD Ia 2mg/L 이하, Ib 3mg/L 이하, II 4mg/L 이하, III 5mg/L 이하, IV 8mg/L 이하

15

대청호 조정지점~금강하구 T-N 변화

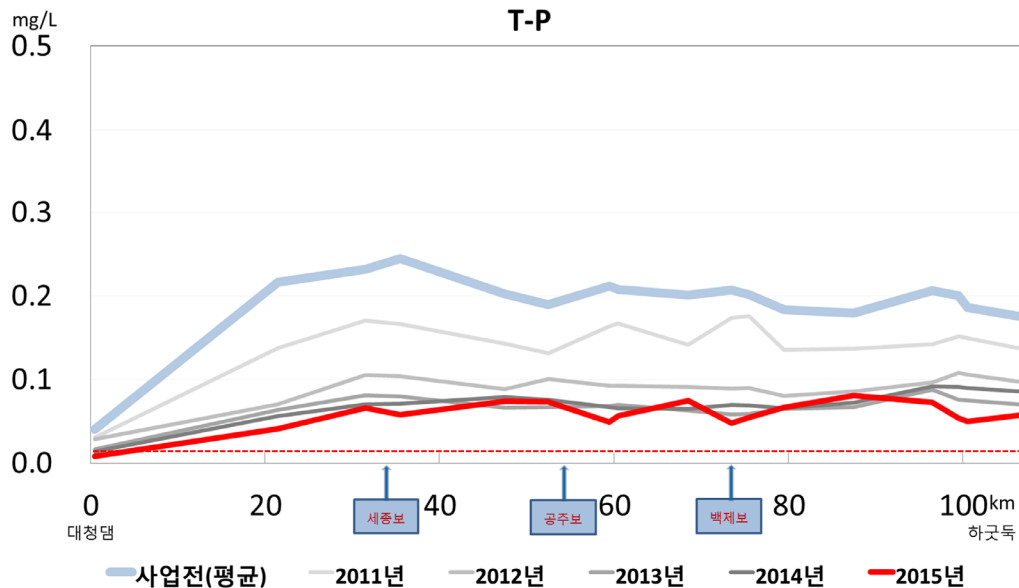


※ 사업전 수질자료 2003~2008, 사업후 수질자료 2011~2015.9

호소수질기준 T-N Ia 0.2mg/L 이하, Ib 0.3mg/L 이하, II 0.4mg/L 이하, III 0.6mg/L 이하

16

대청호 조정지댐~금강하구 T-P 변화



※ 사업전 수질자료 2003~2008, 사업후 수질자료 2011~2015.9

하천수질기준 T-P Ia 0.02mg/L 이하, Ib 0.04mg/L 이하, II 0.1mg/L 이하, III 0.2mg/L 이하
호소수질기준 T-P Ia 0.01mg/L 이하, Ib 0.02mg/L 이하, II 0.03mg/L 이하, III 0.05mg/L 이하

17

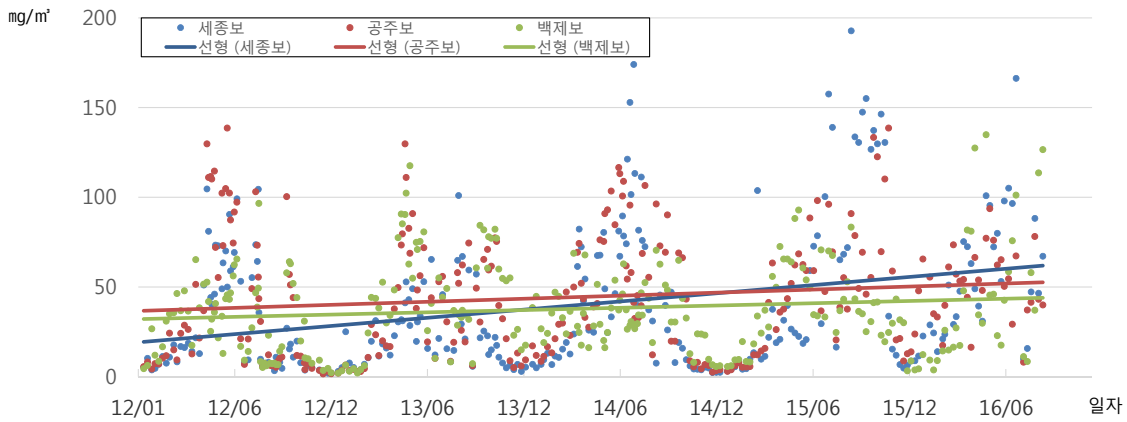
수질예보제 조류 관심이상 단계 발령 현황

- 2012년 이후 관심이상 단계 발령기간 지속 증가
- 연중 최초 발령시기가 5월에서 3월로 앞당겨지고, 11월까지 지속되어 연중 조류 번성기간이 5개월에서 8개월로 장기화

	관심이상 발령기간	발령시기 (월)
‘12년	44일간 (5.10~5.28, 6.7~6.11, 6.14~6.29, 8.9~8.10, 10.8~10.9)	5~10
‘13년	48일간 (5.7~5.27, 6.3~6.6, 8.16~8.29, 10.14~10.16, 10.30~11.4)	5~11
‘14년	64일간 (4.1~4.7, 4.10, 5.19~5.25, 6.17~8.4)	4~8
‘15년	127일간 (4.21~5.3, 5.18~6.1, 6.9~6.17, 7.14~7.19, 7.21~7.29, 8.13~10.5, 10.13~)	4~11
‘16년	58일 이상 ~ (3.24~4.4, 5.25~6.16, 8.4~ 지속)	3~

18

3개보 Chl-a 농도 변화



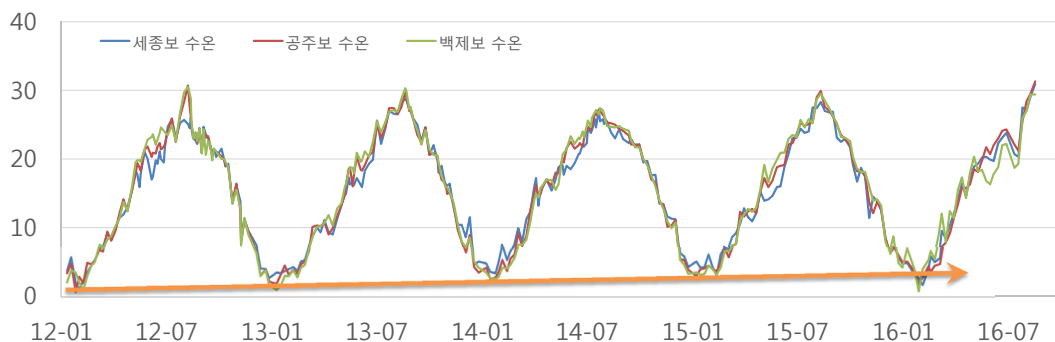
계급 지표	빈영양	증영양	부영양	Reference
T-P(mg/L)	< 0.01	0.01 - 0.02	> 0.02	US EPA
	< 0.01	0.01 - 0.035	0.035 - 0.1	OECD
Chl-a(mg/m³)	< 4	4 - 10	> 10	US EPA

19

3개보 Chl-a 농도 변화

- 연평균 수온은 증가추세로 보기 어렵지만 동절기 수온 증가, 동절기 하천 결빙 둔화
- 하천수의 높은 비열과 수체 체적의 증가 → 동절기 고온 유지 원인
- 동절기 수온 상승으로 4계절 변화의 Resilience 약화

년	세종보		공주보		백제보	
	Chl-a	수온	Chl-a	수온	Chl-a	수온
2012	28.9	16.0	40.0	16.5	29.5	16.8
2013	24.4	15.7	38.4	15.8	46.0	16.1
2014	43.2	16.7	47.9	16.9	34.1	16.8
2015	55.0	15.0	47.4	15.4	37.6	15.7
2016	57.1	15.4	51.6	15.4	46.9	15.2



20

조류발생 평가 및 원인 분석

- **수온** : 2012~2013년 과거보다 상승 → **조류 발생 증가 영향**
- **유기물 농도(COD)** : 하천 COD 농도 증가 → **조류 발생 증가 영향**
- **하천유속** : 하천유속 감소 → **조류 발생 증가 영향**
- **체류시간** : 체류시간 증가 → **조류 발생 증가 영향**
- **일조량** : 사업전 연평균 2,337hr, 사업후 연평균 2,041hr로 감소 → **조류 발생 감소 영향**
- **영양염류 농도** : 하천 영양염류 농도 감소 → **조류 발생 감소 영향**
- **유기물 농도(BOD)** : 하천 BOD 농도 감소 → **조류 발생 감소 영향**

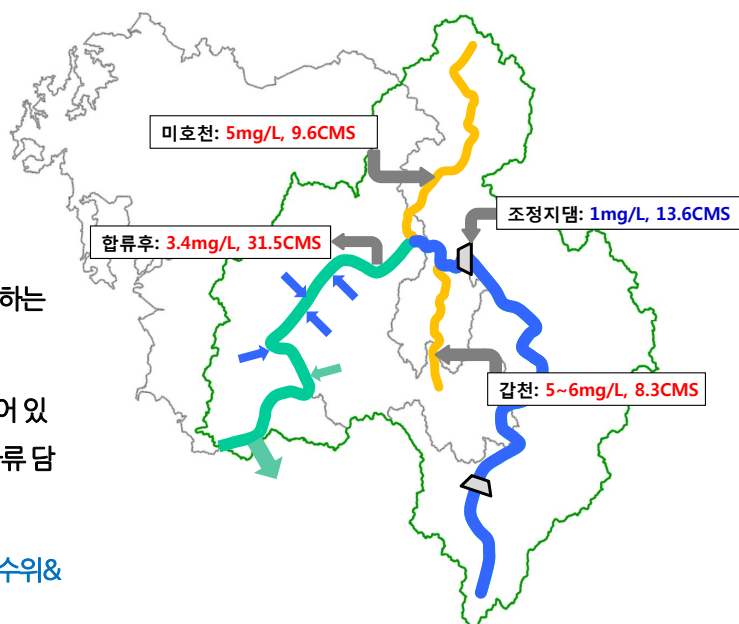
✓ **호소 수질환경기준 달성을 위한 노력이 필요**

✓ **체류시간 감소와 유속 증가 위한 수위 관리가 반드시 필요**

21

조류발생 평가 및 원인 분석

- 세종보 갈수기 기준 하천유량 **31.5CMS**
- 하수처리 방류수량 **13.3CMS**
 - 금강 갈수기 하천유량의 **42.2%**
 - 조정지댐~세종보~공주보 구간
 - 120개 시설 방류량 1,149,436m³/일
- 금강유역 상류(I~la 등급)의 용수를 담수하는 대청댐에서도 매년 녹조 발생
- 42%의 환경기초시설 방류수로 구성되어 있으며, 호소기준 부영양상태인 금강 중하류 담수는 녹조 발생의 주요 원인임
- 수질과 유량의 변동에 따라 유연한 관리수위&보유영 기준 마련이 필요



22

Contents

- I 4대강 사업의 추진
- II 수질변화 현황
- III 수생태변화 현황
- IV 퇴적토 및 하상변화 현황
- V 후속 조치

III 수생태변화 현황

수생태계 건강성 평가지점



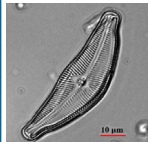
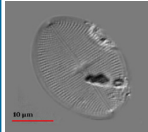
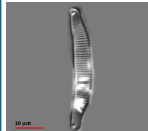
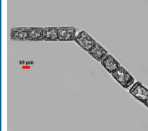


1단계 모니터링 결과 수생태변화 현황



- 수중생태 기본 피라미드 구성
- 조(鳥)류 수생태 상위 포식자

부착조(藻)류



저서성대형 무척추동물 (수서곤충)



갈따구 유충



곰줄날도래



쇠측범잠자리 유충



옆새우

어류



눈볼개



땡경모치



모래무지



떡붕어



수생태변화 현황

어류 (보영양구간 개체수 변화)

어종	사업전	2014	증감	어종	사업전	2014	증감
참붕어	2.5	30	27.5	쏘가리	2.5	0	-2.5
밀어	20	38	18	중고기	2.5	0	-2.5
눈볼개	36.5	51	14.5	돌고기	3.5	0	-3.5
배스	2.5	8	5.5	참중고기	3.5	0	-3.5
잉어	0.5	2	1.5	얼룩동사리	8	1	-7
붕어	8	9	1	납지리	9.5	0	-9.5
돌마자	0.5	1	0.5	강준치	17.5	6	-11.5
블루길	0.5	1	0.5	가시납지리	20	5	-15
치리	1.5	2	0.5	납자루	30	13	-17
모래무지	78	78	0	긴물개	18	0	-18
각시붕어	0.5	0	-0.5	참물개	28.5	1	-27.5
떡납줄갱이	0.5	0	-0.5	물검정망둑	32.5	4	-28.5
떡붕어	0.5	0	-0.5	누치	116.5	77	-39.5
미꾸리	0.5	0	-0.5	경모치	202.5	155	-47.5
흰줄납줄개	0.5	0	-0.5	참마자	52.5	3	-49.5
동자개	1.5	1	-0.5	피라미	353.5	184	-169.5
메기	1	0	-1	물개	360	88	-272
줄물개	1	0	-1	고리	439.5	15	-424.5
큰납지리	5	4	-1				

✓ 전반적인 개체 감소

✓ 증가 종

- 참붕어, 눈볼개, 배스, 잉어, 붕어 등의 정수성 어종 개체 증가

✓ 감소 종

- 고리, 물개, 피라미, 참마자, 땡경모치, 누치 등의 자갈과 모래 지역 서식 어종 개체 급감
- 고리, 강준치는 배스와 먹이 경쟁(육식)으로서 배스의 증가와 함께 감소



수생태변화 현황

저서성대형무척추동물 (보 영향구간 종 조성 변화)

사업전

종 명	비율 (%)
줄날도래 KUb	24.4
갈따구류 spp.(non-red type)	17.0
흰점줄날도래	14.0
꼬마물벌레	8.6
모기류	6.6
꼬마줄날도래 KUb	6.4
갈따구류 spp.(red type)	5.0
꼬마줄날도래 KUa	4.3
연못하루살이	2.8
개동하루살이	1.9
꼬마물벌레류	1.6
줄날도래	1.5
플라나리아류, 삼각산골조개, 제철, 민물담치 등 47 종	6.9
총 59종	

2014

종 명	비율 (%)
갈따구류 spp.(non-red type)	73.9
실지렁이	12.7
작은강하루살이	4.2
갈따구류 spp.(red type)	3.5
왕우렁이	2.1
동양하루살이	1.4
등줄하루살이	1.4
개구리넙적거머리	0.7

총 8종



갈따구와 실지렁이

- ✓ 과거 1% 미만의 종이 47종에 달할 만큼 다양한 수서생태를 유지하였음
- ✓ 매우좋은~좋은(I)에 해당하는 물날도래과가 약 50%를 차지함
- ✓ 최근 갈따구, 실지렁이 등 생물지표종 약간나뽀~매우나뽀(IV)에 해당하는 갈따구류와 실지렁이가 90%에 달함
- ✓ A등급지표 옆새우류가 사라졌으며, B등급지표 물삿갓벌레, 다슬기, 조개넙적거머리, 강하루살이 등이 사라짐

27



수생태변화 현황

큰빛이끼벌레

- ✓ 2014년 금강 중하류 전구간에서 하천 수체 부피의 0.1~3%로 군체형성 (100m 당 340~1,382군체 서식 기록, 2014 주기재 등)



일시에 집단 폐사한 큰빛이끼벌레 (공주보, 2014년, 오마이뉴스 김종술)

28



수생태변화 현황



무생물 기질에 부착

➡ 살아있는 수초에서도 부착 서식

16~20℃ 미만에서 서식 불가

➡ 2014년 10월 수온 15~18℃에서 왕성하게 서식

유속이 있는 곳에서 서식 불가

➡ 2015년 유속 10~20cm/s인 곳에서 서식 확인

2014년 금강 본류에서만 관측

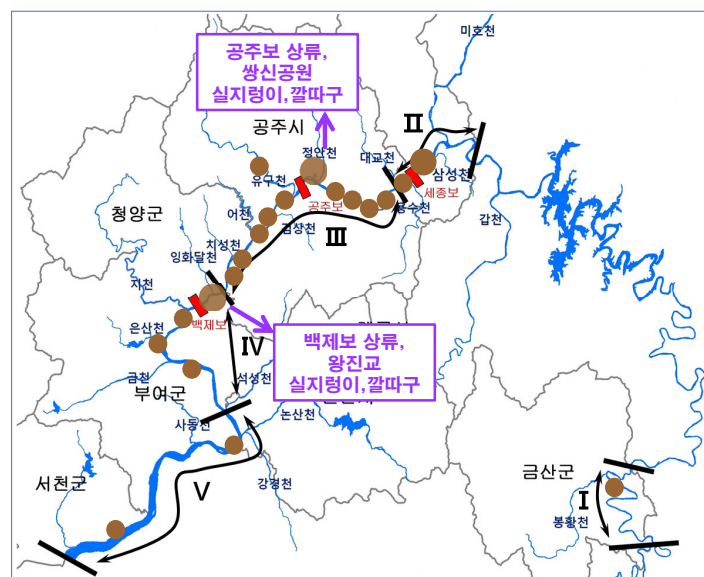
➡ 지류하천의 합수부에서 상류 약 2km 까지 관측
금강 물을 이용하는 인근 농경지 농수로에서 관측

29



수생태변화 현황

큰빛이끼벌레 분포도

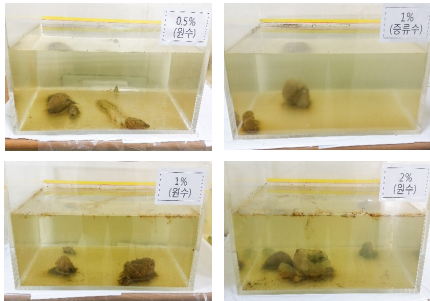


30



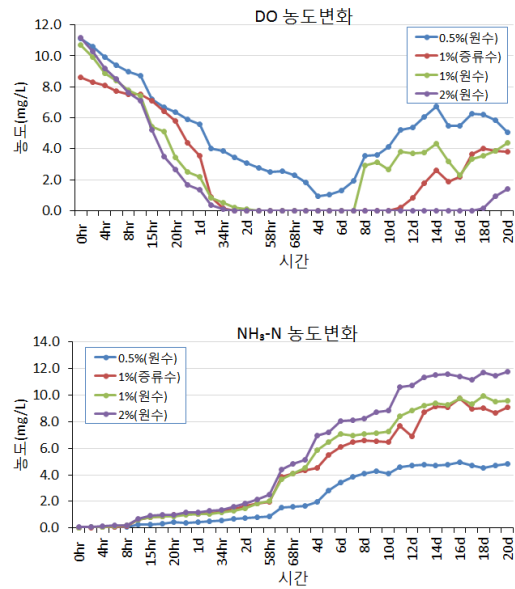
수생태변화 현황

큰빛이끼벌레 사멸 실험



< 0.5-1-2%(원수), 1%(증류수) 파일럿 실험 >

- 사멸시 단시간 동안 DO 급감, $\text{NH}_4\text{-N}$ 증가 확인
- 생태독성 없음



31



수생태변화 현황

패류(펄조개, 말조개) 등



2016. 7. 7 공주보 수문 개방(수위 1.5m 하강). 거머리, 펄조개, 말조개 등 관찰



2016. 7. 10. 세종보 가동보 유압호스 파손: 기름유출사고 발생



32

수생태 변화 평가 및 원인 분석

> 생태계 다양성 취약화 심각

- 단조로운 하상, 미소서식지 유실 심각 (여울, 소, 수심 1~2미만의 수체 공간, 복잡한 물가선)
- 1~2m의 수심 → 전구간 4~7m 수심 유지, **하상의 상당구간에서 준험기화**
 - 잔존 미소서식지 → 큰빛이끼벌레의 서식 확산
 - 붉은 갈따구 유출, 실지렁이 서식공간 확산, 기존의 여울성 저서성무척추동물 관측 불가능
 - 피해를 입은 수생태계 고착화 진행 → 시간이 지남에 따라 수생태계 복원이 어려워짐

사업전



사업후



33

Contents

- I** 4대강 사업의 추진
- II** 수질변화 현황
- III** 수생태변화 현황
- IV** 퇴적토 및 하상변화 현황
- V** 후속 조치

IV 퇴적도 및 하상변화 현황



과거의 금강



현재의 금강

35

IV 퇴적도 및 하상변화 현황



세종보 하상 현황



세종보 하상 퇴적물



공주보 하상 퇴적물



백제보 하상 퇴적물

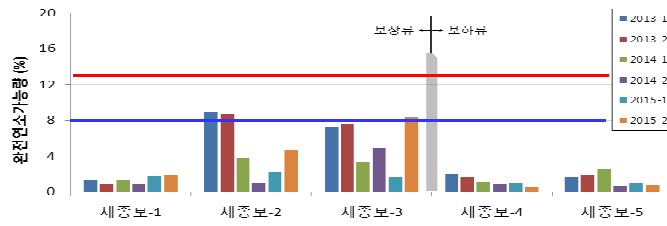
36

IV 퇴적토 및 하상변화 현황

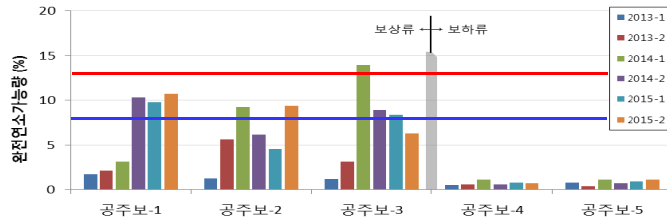
완전연소가능량

2011년 금강 중하류 약 3%

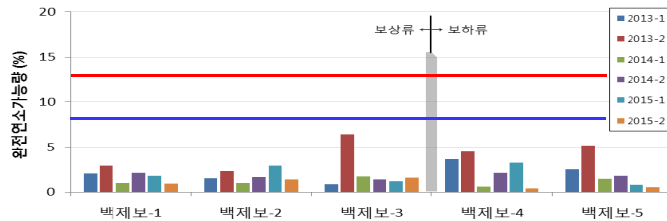
세종보



공주보



백제보



— 환경부 기준
— US EPA 오대호 기준

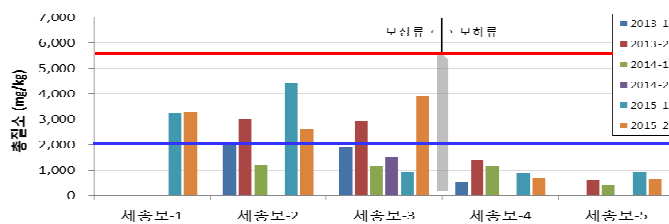
37

IV 퇴적토 및 하상변화 현황

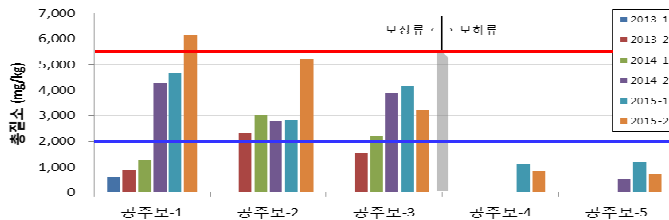
총질소

2008년 금강공주 공주2지점 161mg/kg

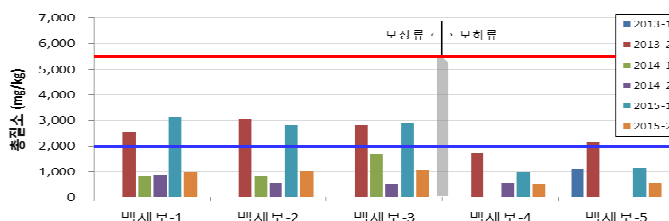
세종보



공주보



백제보



LDL : 500 mg/kg

— 환경부 기준
— US EPA 오대호 기준

38

IV

퇴적토 및 하상변화 현황

총인

2008년 금강공주 공주2지점 불검출

세종보

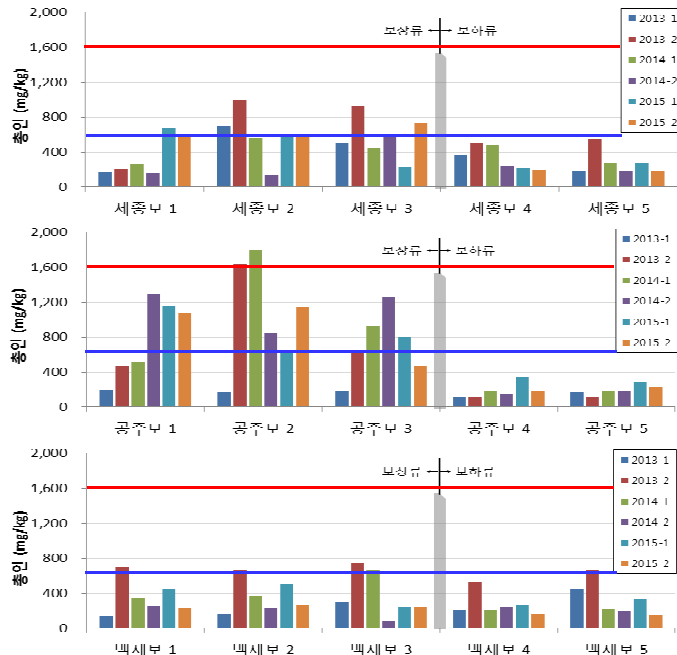
공주보

백제보

LDL : 40 mg/kg

— 환경부 기준

— US EPA 오대호 기준



39

IV

퇴적토 및 하상변화 현황

- 하천 · 호소 퇴적물 오염평가 기준 (예규 제575호)
- 기준치 초과시 명백하거나 심각하게 오염된 상태 의미
- 관측 최고농도 기준 평가시 공주보 퇴적토 오염상태

항 목	US EPA 오대호 담수퇴적물 분류기준		
	Non Polluted	Moderately Polluted	Heavily Polluted
VS	< 5	5~8	8 <
COD _{sed}	< 4	4~8	8 <
T-N	< 1,000	1,000~2,000	2,000 <
T-P	< 420	420~650	650 <

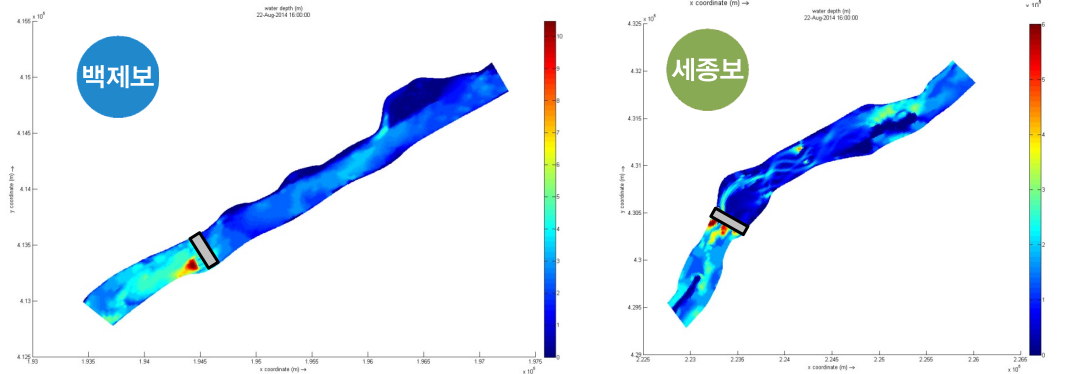
항 목	기준치	세종보	공주보	백제보	금강 하구호	새만금호	석문호
Volatile Solid(%)	13.0	8.91	13.94	6.41	3.88	5.14	1.23
T-N(mg/kg)	5,600	4,413	6,134	3,107	545	533	1,938
T-P(mg/kg)	1,600	1,000	1,793	747	278	731	351

출처 : 금강하구역 생태계 조사 및 관리체계 구축 연구, 국토교통부, 2011
새만금수역 퇴적물 장기 모니터링 기본계획, 환경부, 2013
석문호 수질개선방안 연구, 충남연구원, 2015

40

IV 퇴적도 및 하상변화 현황

- 지형변화 수치모의
2015년 유량의 최대유량,
상위 25%유량, 상위 50%유량,
상위 75% 유량 적용 모의
- 보정 · 검증
지속적인 유속 실측자료와
보정 · 검증을 통한 정확도
개선 필요



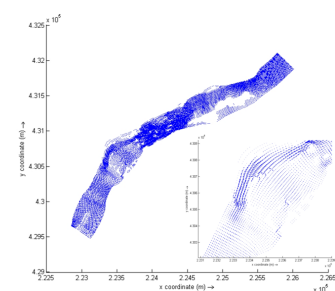
41

IV 퇴적도 및 하상변화 현황

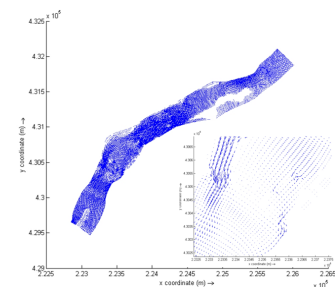
■ 수치모의 결과 (세종보)

		세종보 유속 모의(m/s)			
		저수량	평수량	풍수량	최대 유량
상류	최대	1.12	1.13	1.18	2.33
	평균	0.21	0.23	0.23	0.86
하류	최대	1.03	1.12	1.15	2.34
	평균	0.22	0.24	0.25	0.87

		세종보 하상변동 관측 및 모의(m)			
		2013~2015	1년	5년	10년
상류	최대	-1.35 ~ 1.84	0.51	0.69	0.84
	평균	0.01	0.10	0.11	0.12
하류	최대	-1.06 ~ 1.83	-0.03	-0.05	-0.06
	평균	0.06	0.00	0.00	0.00



< 저수량시 모의 >



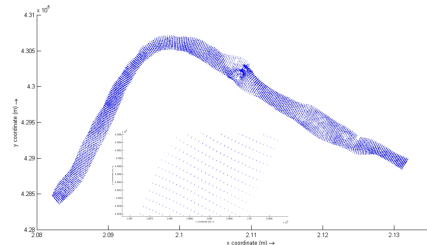
< 풍수량시 모의 >

42

IV 퇴적도 및 하상변화 현황

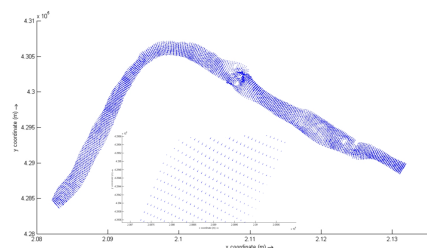
▪ 수치모의 결과 (공주보)

공주보 유속 모의(m/s)					
		저수량	평수량	풍수량	최대 유량
상류	최대	0.19	0.32	0.41	1.04
	평균	0.10	0.13	0.14	0.41
하류	최대	0.21	0.34	0.44	1.13
	평균	0.12	0.13	0.15	0.60



< 저수량시 모의 >

공주보 하상변동 관측 및 모의(m)					
		2013~2015	1년	5년	10년
상류	최대	-2.35 ~ 1.52	-0.02	-0.43	-0.54
	평균	0.20	0.00	0.14	0.27
하류	최대	-0.99 ~ 0.76	-0.02	-0.13	-0.13
	평균	-0.01	0.00	0.05	0.06



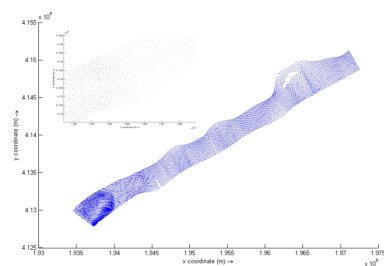
< 풍수량시 모의 >

43

IV 퇴적도 및 하상변화 현황

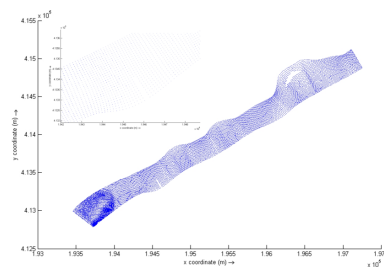
▪ 수치모의 결과 (백제보)

백제보 유속 모의(m/s)					
		저수량	평수량	풍수량	최대 유량
상류	최대	0.11	0.13	0.22	1.21
	평균	0.09	0.12	0.14	0.65
하류	최대	0.13	0.15	0.26	1.37
	평균	0.11	0.12	0.14	0.78



< 저수량시 모의 >

백제보 하상변동 관측 및 모의(m)					
		2013~2015	1년	5년	10년
상류	최대	0.95	0.13	0.58	0.67
	평균	0.10	0.00	0.11	0.13
하류	최대	-0.96 ~ 1.71	-0.05	-0.11	-0.12
	평균	0.13	-0.01	-0.03	-0.05

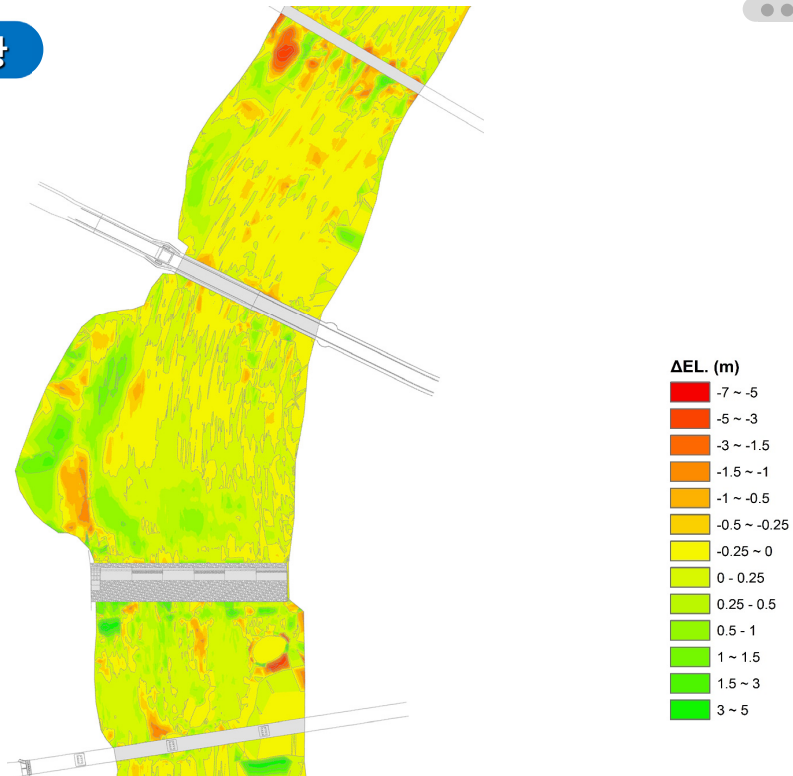


< 풍수량시 모의 >

44

IV | 퇴적토 및 하상변화 현황

세종보 침적 현황



45

IV | 퇴적토 및 하상변화 현황

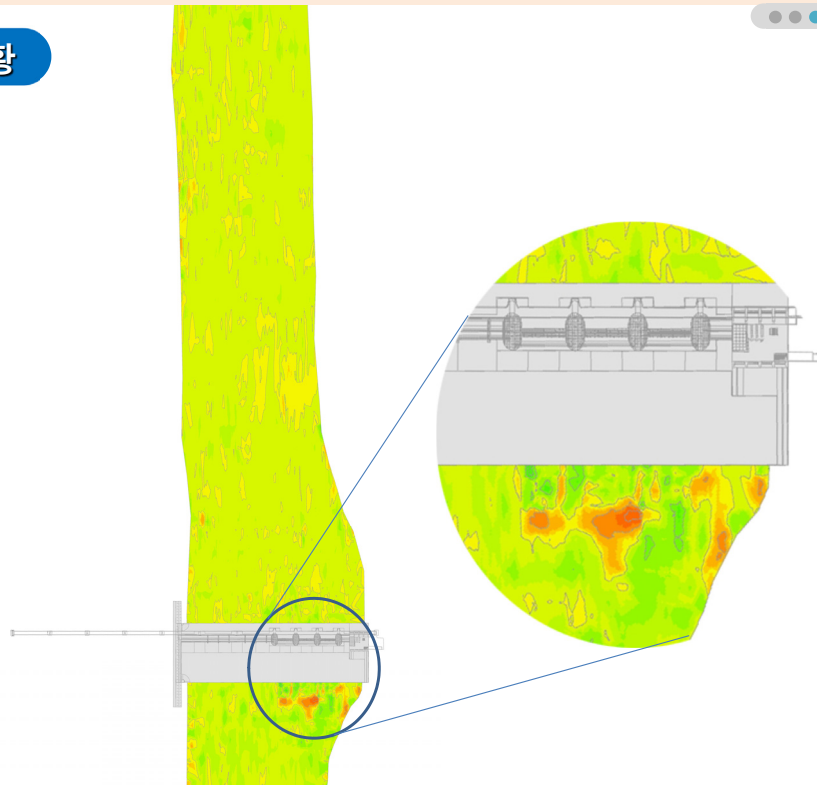
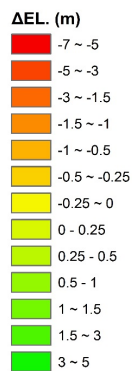
공주보 침적 현황



46

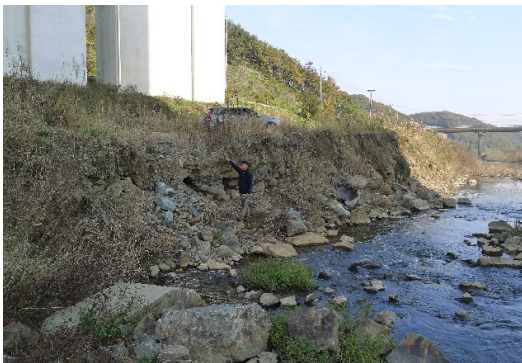
IV 퇴적토 및 하상변화 현황

백제보 침적 현황



47

IV 퇴적토 및 하상변화(지류) 현황



하천유량이 급격히 증가하는 홍수 없음
일부 지류하천을 제외하고 안정화 진행중

일부 안정화 진행중인 지류하천도
태풍 · 집중 호우시 급격한 침식 발생 가능

48

IV

퇴적도 및 하상변화(지류) 현황

하천명	유역면적(km ²)	등급	위치	2013	2014	2015
미호천	1,855.4	국가	우	안정	안정	안정
삼성천	33.8	지방	좌	침식	안정	안정
방축천	35.9	지방	우	안정	안정	안정
세종보						
용수천	95.3	지방	좌	침식	안정	안정
대교천	65.8	지방	우	침식	침식	침식
마암천	9.0	지방	좌	안정	안정	안정
왕촌천	23.1	지방	좌	안정	안정	안정
혈저천	23.4	지방	좌	안정	안정	안정
월송천	6.4	지방	우	안정	안정	안정
정안천	161.7	지방	우	안정	안정	안정
제민천	8.6	지방	좌	안정	안정	안정
도천	15.9	지방	우	침식	안정	안정

IV

퇴적도 및 하상변화(지류) 현황

하천명	유역면적(km ²)	등급	위치	2013년	2014년	2015년
공주보						
유구천	282.6	지방	우	침식	침식	침식
보흥천	6.2	지방	우	침식	안정	안정
검상천	17.1	지방	좌	안정	안정	안정
용성천	39.6	지방	좌	안정	안정	안정
어천	35.3	지방	우	침식	안정	안정
치성천	43.8	지방	우	침식	침식	침식
잉화달천	49.3	지방	우	침식	안정	안정
백제보						
지천	250.7	지방	우	침식	침식	침식
은산천	64.7	지방	우	안정	안정	안정
금천	164.6	지방	우	침식	침식	안정
성성천	145.8	지방	좌	안정	안정	안정
강경천	124.7	국가	좌	안정	안정	안정
논산천	667.2	국가	좌	안정	안정	안정
사동천	25.7	지방	우	안정	안정	안정
칠산천	43.8	지방	우	안정	안정	안정

Contents

- I 4대강 사업의 추진
- II 수질변화 현황
- III 수생태변화 현황
- IV 퇴적토 및 하상변화 현황
- V 후속 조치

V 후속 조치

조류의 발생 제어 가능한가?

하천 수생태 환경, 반복적인 어류 폐사 막을 수 있을까?

수생태 복원을 위한 수문개방, 가능한가?

수문 개방이 하천에 미치는 수리학적 영향은 어느 정도인가?

금강이 어떻게 지속 가능한 하천이 될 수 있을까?

📍 우리가 건강한 금강을 위해서 해야 할 일은 무엇인가?

모니터링 지속

과업명

- 금강 수 환경 모니터링 2단계 연구 용역 (2016년, 1차)

과업기간

- 총 과업기간 : 2016. 2. 29 ~ 2020. 12. 31

- 1차 : 2016. 2. 29 ~ 2016. 12. 31

사업비

- 1차 177,706 천원 (5년 888,532 천원)

- 충청남도 : 134,364 천원

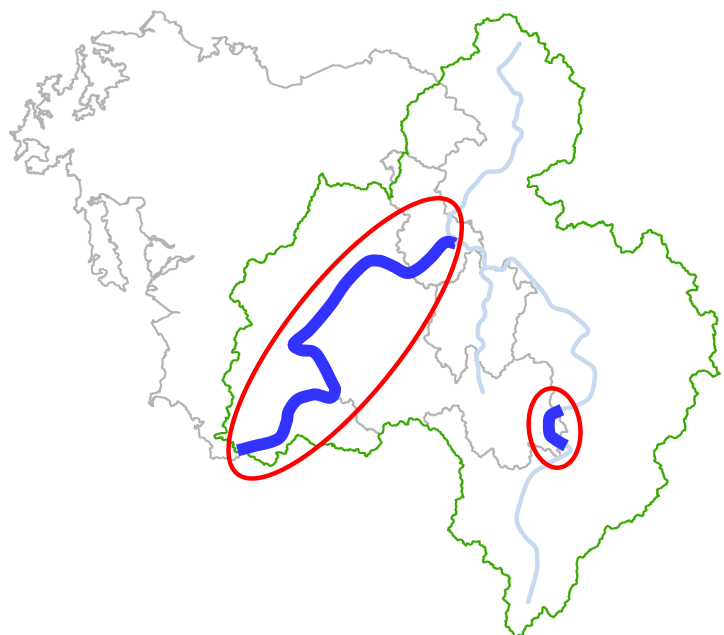
- 세종특별자치시 : 43,342 천원

공간적 범위

금강의 세종 & 충남 전구간
주요 지류하천

시간적 범위

1단계 모니터링 ~ 2020.12





Thank You



**금강 중하류
녹조관리정책 제안**

부산카톨릭대학교 김좌관 교수

금강중하류 녹조관리 정책 제안

2016. 10. 7

부산가톨릭대학교 교수 김 좌관

강은 예민한 생태계다 !!!

높은 회복력과 낮은 저항력: 하천 생태계

낮은 회복력과 높은 저항력: 산림 생태계



강은 외부오염에 쉽게 반응하고, 복원도 비교적 빠른 편이다. 그래서 자치단체장들이 임기내에 자기 치적사업으로 하기 좋은 생태적 특성을 갖고 있다(청계천 복원 등).

금강의 '강'은 사라지고 호소 4개로 변모 -보 3개, 대형댐으로 인하여 호소 생성-

'수질및수생태계보전의관한법률' 제2조에 따라 "호소(湖沼)"로 바뀜

수질및수생태계보전의관한법률 제2조

"호소(湖沼)"라 함은 만수위(댐의 경우에는 계획홍수위를 말한다)구역 안의 물과 토지로 규정하고, ① 댐·보 또는 제방(「사방사업법」에 의한 사방시설을 제외한다) 등을 쌓아 하천 또는 계곡에 흐르는 물을 가두어 놓은 곳

보로 인한 수질악화

정부는 '수심이 깊어지면 조류발생이 억제되어 수질이 좋아진다'라고 주장

보로 인한 수심 증대(체류시간증대)

보로 인한 수심 증대

표층에 식물성플랑크톤 과다 성장

심수층으로 식물성플랑크톤 사체, 침강유기물 침강량 증대(필층 조성)

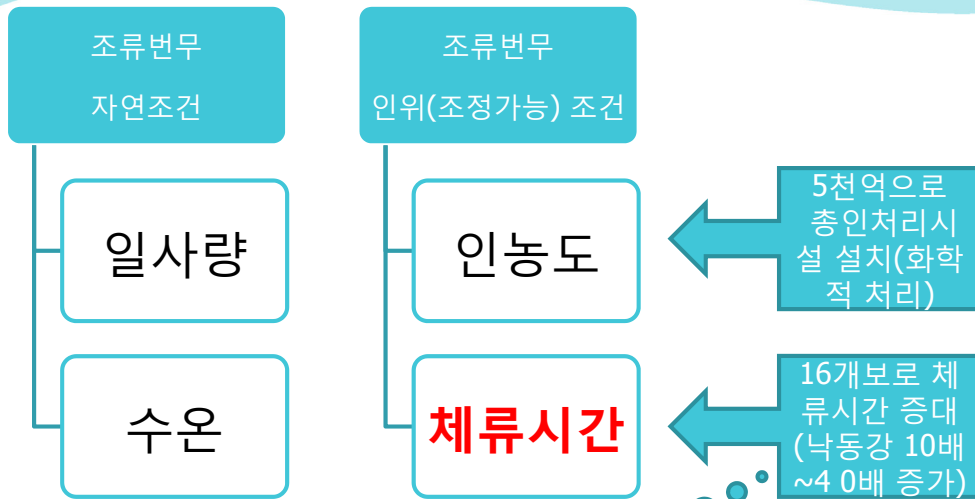
표층에 용존산소 과포화상태, pH 증가, 조류농도 증대로 수질악화

퇴적층에 용존산소 고갈로 인한 혐기성화로 수질악화, 인용출 강화

수심이 깊을 경우 → 표층은 조류 성장, 심층은 유기물, 조류침강구간이 되어 각기 구분하여 평가해야 함(위층: 과잉의 녹조현상, pH증가, 용존산소 포화, 아래층: 용존산소 고갈로 인한 산소결핍 및 인등의 용출현상 심화)

녹조 번성조건과 4대강 현황

-조류성장에는 4가지 조건이 관여함-



실제 4대강 사업 결과, 인농도 저감은 불충분했고 체류시간만 늘어나는 결과가 발생, 체류시간이 조류번성에 '방아쇠' 역할!

이번 4대강 녹조 대발생 특성

- 정부는 폭염탓, 경남도지사는 축산폐수탓이라 함.
- 폭염탓으로 증폭된 것은 맞으나, 4대강내 인농도는 조류 성장에 충분한 양이 현재 존재하고 있고, 16개 보로 인하여 물이 머무는 시간이 크게 증가하게 만든 것이 일차적으로 큰 문제임. 보 설치가 일종의 녹조 발생의 '방아쇠효과'를 가짐.
- 보가 없는 섬진강은 현재 녹조현상 전혀 없음.
- 밀양댐 호수도 녹조 현상 약함(낮은 인농도탓)
- 열대지방에 강은 단지 폭염탓이라 할 경우, 모든 열대, 아열대 지방 강들이 '녹조곤죽' 상태여야 마땅하나 전혀 그렇지 않음.
- 흐르는 강은 조류 성장이 잘 안됨.

4대강사업이후 강의 변화

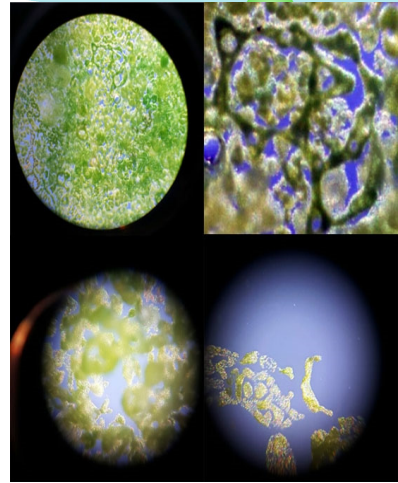
- 체류시간증대로 모래층이 펄층으로 변모중임.
- 원래 펄 성분은 비중이 작아 강의 하구에 도달해 퇴적하여 갯벌을 형성함.
- 수심이 깊어지고 호소처럼 흐르지 못해 오염물질(조류 사체, 유기물)이 보마다 쉽게 다량 침전됨. 그리고 깊은 수심엔 산소전달이 안되고 펄층내 유기물질이 분해되면서 산소고갈이 큼.
- 실제 조사 결과 모든 보내 깊은 수심은 무산소층으로 변모중임(조개류, 물고기 폐사 유도)

녹조와 먹는 물 문제

- '녹조현상', '녹조라떼' 라고 말하지만 실제로는 '남조류(blue green algae)'가 주로 번성함. 또한 남조류가 독성물질을 다량 함유하고 있음. 전염소처리가 남조 세포벽을 파괴, 남조내 독소량을 정수장내에서 크게 증가시키고 있음
- 4대강엔 '마이크로시스티스(microcystis)'라는 남조류 종이 여름철에 높게 출현하고, 이 종이 배출하는 '마이크로시스틴'이 인체 유입시에 간독성을 일으킴.
- 현재 1 ppb(10억분의 1)이 기준치로 고도처리 정수장의 수돗물에는 '불검출'수준임
- 현재 강물에 수영하거나, 친수기능은 불가함

마이크로시스틴 농도(2015.08.27~29)

水系	地点名	MC-RR ($\mu\text{g L}^{-1}$)	MC-LR ($\mu\text{g L}^{-1}$)	MC-YR ($\mu\text{g MC-LR}$ equivalent L^{-1})	Total MC ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Nakdong River	St.1 (DAEDONG)	134	72	9.42	215
Nakdong River	St.2 (HAMAN)	15	10	1.28	26.3
Nakdong River	St.3 (DALSUNG)	305	128	23.03	457
Yongsan River	St.4 (YONGSAN)	122	73	8.97	205
Keum River	St.5 (UNGPO)	202	108	14.11	324
Han River	St.6 (HONGJE)	33	26	5.28	64
Han River	St.7 (ANYANG)	173	116	16.78	306
Han River	St.8 (KAYANG)	249	137	23.79	410

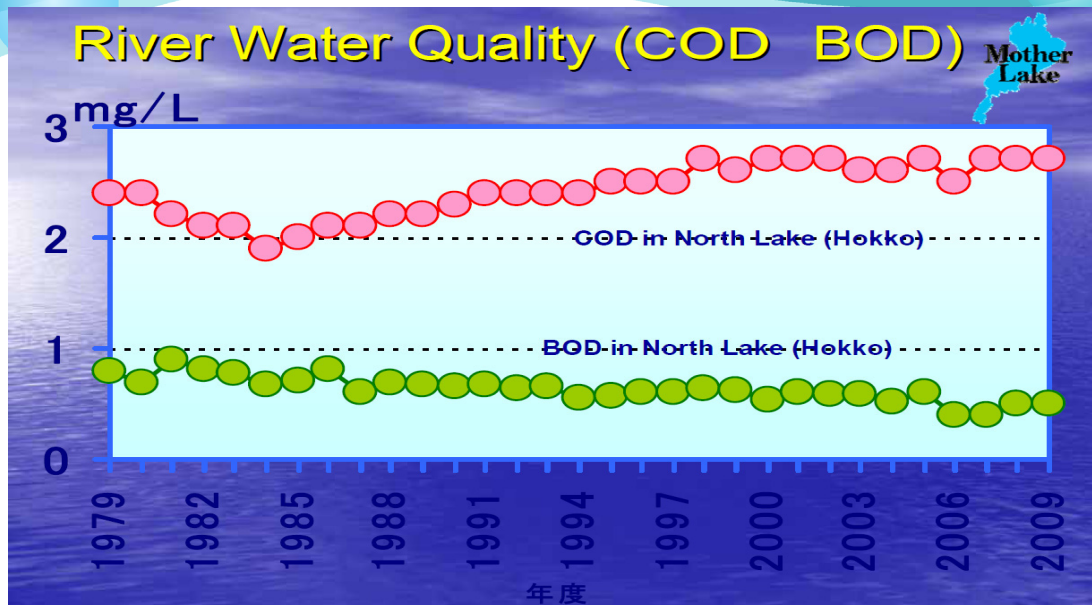


1 ppb를 훨씬 넘는 농도

금강 수질변화의 대한 해석들

- BOD가 낮아져 수질이 좋아졌다(낙동강 하류; 물금, 금강등) !
- 때론 조류 번성이 약해 수질이 좋아지는 때나 수질 양호구간이 발생한다 !
- 퇴적층이 펄층으로, 저층은 산소 고갈 !
- 조류 번성이 심해 수돗물에 발암물질이 증가하고 있다 !

일본 비와호의 BOD와 COD



출처;서울특별시, 2010 서울국제상수도심포지엄. Naoki Komatsu 발표자료 인용, 최지용, '공공수역의 유기물질 지표전환 및 관리정책방향 연구, 한국환경정책평가연구원(2010.10)에서 재인용

하천이 호소로 바뀔때 BOD는 자연스러이 감소한다

- 긴체류시간이 보장되면서 (미)생물학적 분해반응시간이 길어지게 되면서 호기성 bacteria에 의해 수중 용해성 유기물질의 분해량이 증가하여 BOD농도가 자연스러이 감소하게 됨.
 - $BOD = SBOD(Soluble\ BOD) + IBOD(Insoluble\ BOD)$
 용해성 BOD 비용해성 BOD
- BOD성분중 침전성이 높은 비용해성BOD물질이 긴 체류시간으로 침전되어져 수중 BOD농도가 자연스럽게 낮아지게 됨.

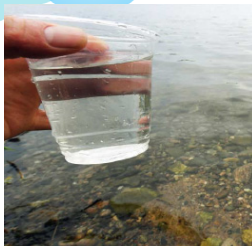
따라서 하천이 호소로 바뀌어 긴 체류시간이 형성되면, 위의 두가지 반응에 의해 자연스럽게 BOD 농도가 낮아지는 것이지, 수량이 늘어나 희석작용으로 감소되는 현상은 아님

팔당호 녹조가 안 핀 이유는?

- 2016년 8월28일 경기도수자원본부에 따르면 팔당호의 유해조류농도는 23일 현재 448셀(㎖당)로 전주(78셀)보다 다소 상승했지만 기준치(1000셀) 이내임(조류주의보는 유해 남조류가 2주 연속 ㎖당 1000셀 이상 발생하면 '관심단계', 1만셀 이상이면 '경계단계', 100만셀 이상이면 '대발생'이 발령)
- 수자원본부 최영남 팔당상수원관리팀장은 "지난해보다 올해 기온이 높음에도 낙동강 등 다른 강과 달리 팔당호에 녹조가 덜 발생하고 있는 것은 이례적"이라며 "정확한 원인을 분석해 봐야 알겠지만 댐으로 유입되는 물의 양이 지난해보다 많기 때문 아닌가 추정한다"고 말했다(2016.8.25)
- 유해남조류를 먹이로 삼고 있는 물벼룩이 급격히 늘어 유해남조류가 늘지 않고 있다는 주장.
- 조영무 경기연구원 생태환경연구실 연구원은 "물벼룩이 증가하기도 했지만 정확한 수치가 없는 상황이라 요인으로 단정 짓기 힘들다"면서 "강우량이 적어 비점오염원이 유입되지 않은 점도 원인 중 하나로 판단할 수 있다"
- 경기도보건환경연구원 관계자는 "유해남조류의 먹이인 질소와 인 부족이 현재 팔당호 녹조실종의 원인으로 생각된다"
- 다만 30℃에 이르는 높은 수온과 유입량 감소(하루평균 3천161만톤→2천608만톤→2천413만톤) 및 체류기간 증가(7.7일→9.4일→10.1일) 등이 복합적으로 작용하고 있을 것이라 추측할 뿐이다.

이번 팔당호 녹조 실종 원인은?

팔당호 물

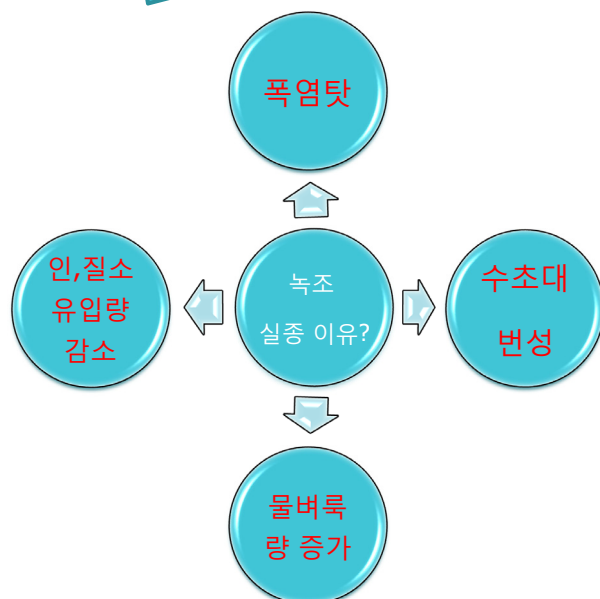


용인 신갈 저수지



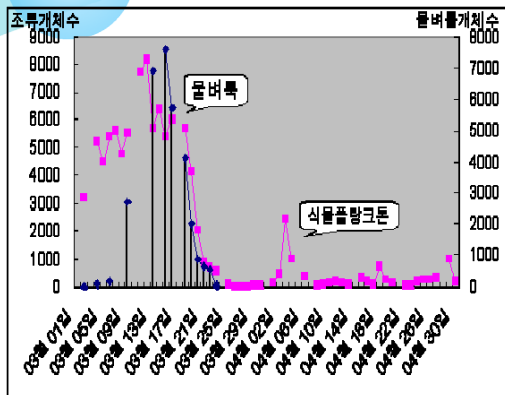
여러 가지 가설만 존재

2016년 8월28일 경기도수자원본부에 따르면 팔당호의 유해조류농도는 23일 현재 448셀(㎖당)로 전주(78셀)보다 다소 상승했지만 기준치(1000셀) 이내임(조류주의보는 유해 남조류가 2주 연속 ㎖당 1000셀 이상 발생하면 '관심단계', 1만셀 이상이면 '경계단계', 100만셀 이상이면 '대발생')

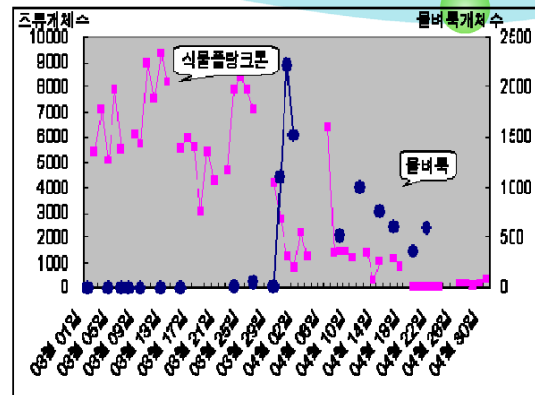


2002, 2004년 청수현상(낙동강 물금)

2002년



2004년



2002년은 3월 중순경에, 2004년은 4월 초순 및 8월에 **동물플랑크톤(물벼룩)**이 **이상 번식함으로서** 식물플랑크톤의 식물플랑크톤의 자연적인 억제현상이 발생하여 물이 깨끗해지는 현상(청수현상)이 발생함

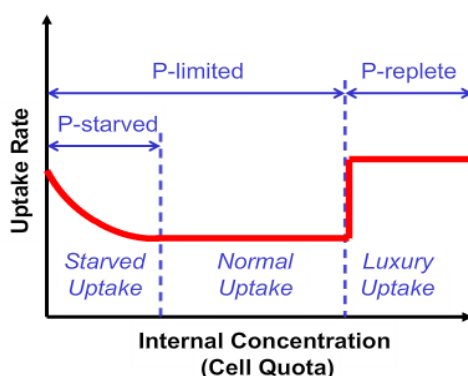
2002년 3월 12일, Chl-a 농도는 176.6 mg/m³, 3월 28일 Chl-a 9.3 mg/m³

이번 팔당호에선 물벼룩에 의한 포식활동의 결과는 아닌듯..

조류 성장시 인의 섭취과정

- 인의 과도 섭취(Luxury uptake) 현상이 일반적
- algae growth modeling with two-step uptake

1)인의 흡착 및 섭취 2)섭취된 인을 통한 조류 성장



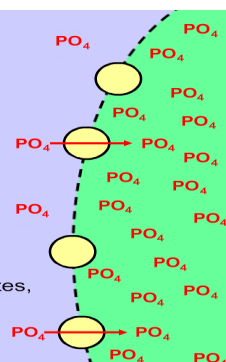
Phosphorus Uptake

Phosphate (PO₄) is absorbed against a steep concentration gradient across the cell membrane.

Uptake is mediated by transport sites (enzymes) located on the cell membrane.

Uptake rate depends on:

- (1) external concentration,
- (2) number & activity of transport sites,
- (3) internal concentration.



북한강, 남한강내 8개 댐 및 3개 보내에서 과도한 인의 섭취 작용, 성장 조류의 사멸로 침강(조류세포내 인의 침강)등이 팔당호에 인농도를 급감시켜 폭염에도 불구하고 조류성장 억제(정밀 조사 필요)

퇴적층이 펄층, 저층 산소 고갈층으로 바뀌고 있다!

- 체류시간 증대 → 수평유속 감소 → 침강성 물질량 증대 → 보 상류 퇴적구간이 모래에서 펄층으로 변모중(펄층은 원래 강의 하구에서 주로 생성)
- 펄층 구성성분은 침강성 유기물량(사멸 조류, 침강성 유기물)으로 구성 → 저층 산소 고갈 유도(높은 SOD 유발) → 저서성 생물 폐사 유도 및 퇴적층에서 인등 영양염류 용출량 증대로 수질 악화 → 지하수 유입량 감소 유발



저수층 인, NH₄-N, DO농도 평가, 퇴적층내 유기물함량, T-N, T-P, 마이크로시스틴 함량 조사 필요

녹조 번성과 발암물질 (부산수돗물의 예)

- 팔당댐물보다 낙동강 물금취수장 수질이 안좋아 정수된 수돗물도 기준치이내이지만 상대적으로 수질이 안좋은 상태임. 특히 발암물질인 총트리할로메탄은 75 ug/l인데 미국기준치(80 ug/l)에 육박하고 있음.
- 녹조가 번성할수록 약품사용량이 증대하고, 염소 소독량을 더 많이 투입하기 때문에, 모든 수질항목이 기준치이내이지만 물맛이 안좋고 염소 소독내, 물비린내등이 나는 바람에 수돗물에 대한 불신이 커질수 밖에 없음.

서울과 부산의 수돗물 수질 비교

-2015년 2월 자료-

수질항목	기준치	서울수돗물	부산 수돗물
유리잔류염소	4.0 mg/l 이하	0.375	0.51
총트리할로메탄	100.0 ug/l 이하	7.2	18.5
브로모디클로로메탄	30 ug/l 이하	2.16	8.0
클로로포름	80.0 ug/l 이하	4.67	7.0
디브로모클로로메탄	100.0 ug/l 이하	0.33	3.5
경도	300 mg/l 이하	87.3	98.5
과망간산칼륨 소비량	10 mg/l 이하	1.17	1.05
염소이온	250 mg/l 이하	22.97	39.8
중발잔류물	500 mg/l 이하	157.3	243.5
탁도	0.5 NTU 이하	0.042	0.085
황산이온	200 mg/l 이하	17.8	54.0

서울과 부산의 수돗물 수질 비교

-2015년 8월 자료-

수질항목	기준치	서울수돗물	부산 수돗물
유리잔류염소	4.0 mg/l 이하	0.55	0.82
총트리할로메탄	100.0 ug/l 이하	38	75
브로모디클로로메탄	30 ug/l 이하	9.0	15.0
클로로포름	80.0 ug/l 이하	28	57
디브로모클로로메탄	100.0 ug/l 이하	2	4
경도	300 mg/l 이하	62	65
과망간산칼륨 소비량	10 mg/l 이하	1.7	1.4
염소이온	250 mg/l 이하	16.1	16.9
중발잔류물	500 mg/l 이하	120	141
탁도	0.5 NTU 이하	0.05	0.11
황산이온	200 mg/l 이하	11.0	33.0

금강 녹조관리를 위한 수질조사 방안 제언

- BOD보다 TOC, COD에 관심을 !
- 표층에는 남조류 개체수, pH, 심수층엔 DO, PO₄-P, NH₄-N에 관심을 !
- 퇴적토내 유기물량, 영양염류량, 중금속, 마이크로시스틴량에 관심을 !
- 남조류 번성이 끝난 이후 수중 마이크로시스틴농도에 관심을 !(금강중하류;농작물 농축)

금강 녹조관리 정책 제언

- 가장 값싸고 효율적인 대안은 강에 흐름을 만들어 주는 것임. 폭염과 높은 인농도가 유지되더라도 유속이 빠르면 녹조는 억제됨. 보의 수문을 상시 개방해야 함.
- 현재 수자원공사가 16개 보 관리하는 수위는 두종류가 있는데, 현재 '관리수위'로 높은 수위로 운영중이나 '하한수위'로 운영해도 4대강 취수에도 문제없음.

보	관리수위	하한수위	줄일 수 있는 (관리-하한)	비고
창녕함안보	5.0미터	1.5미터	3.5미터	
합천창녕보	10.5미터	2.3미터	8.2미터	
달성보	14미터	6.6미터	7.4미터	
강정고령보	19.5미터	14.9미터	4.6미터	
칠곡보	25.5미터	24.5미터	1미터	
구미보	32.5미터	22.6미터	9.9미터	
낙단보	40미터	37.4미터	2.6미터	
상주보	47미터	43.6미터	3.4미터	

‘하한수위’란 하천 내에 있는 취수시설에 영향을 주지 않는 관리수위를 의미한다. 따라서 하한수위까지 내려도 주변 취수시설에 영향을 주지 않음

금강 녹조관리 정책 제안(국회 차원)

1. 주요 보 수문의 시범 개방 시행

대규모 취수원이 있는 보(낙동강 하류;함안보, 합천보 등, 한강 팔당댐 상류:여주보, 이포보, 강천보)에서 취수시설에 영향을 주지 않는 만큼 보 수문개방을 시범적으로 추진하여 수질 및 수생태계 개선 수준을 실제로 파악하고 평가한다.

-충청도(금강유역)는 금강상류 대청댐에서 주로 취수, 호남은 영산강인 아닌 섬진강 상류 주암댐에서 주로 취수하고 있음-

2. 국회차원에서 4대강 사업이후의 변화에 대한 전반적인 조사 및 백서 발간

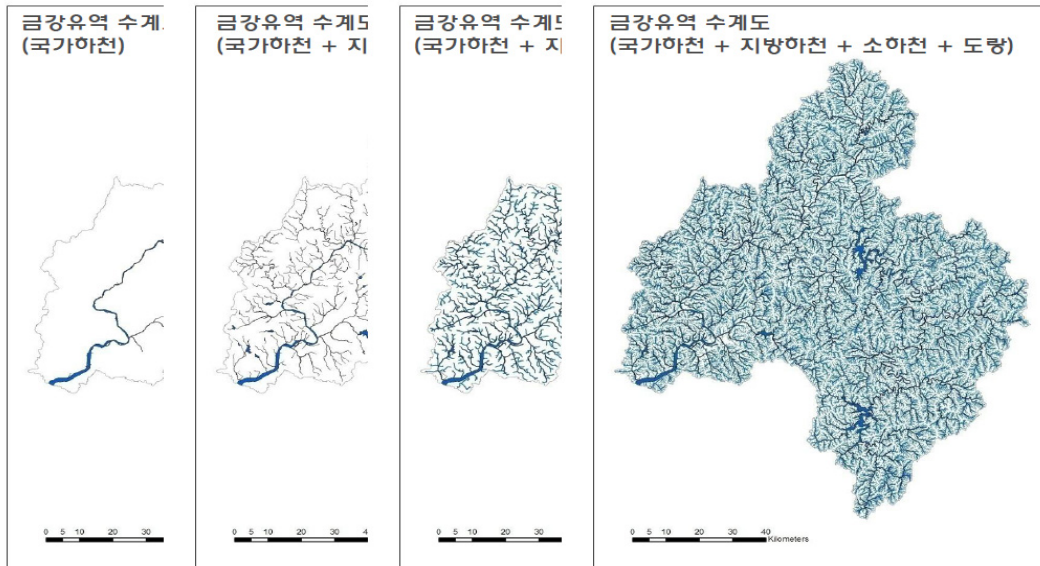
어패류 어패류폐사 원인 규명, 저층 산소 고갈 해소 방안, 조류 독성 물질의 현황 및 대책방안, 보 수문의 안정성 평가, 준설후 재퇴적 진행 수준 조사 및 평가 등

금강 녹조관리 정책 제안(차기 정부)

- 지금의 4대강 녹조현상이 이명박정부가 추진한 '녹색성장'이었는가?
- 국민은 '많은 물을 원하는게 아니라 맑은 물은 원한다.'
- 상수원수로 주로 쓰이는 한강과 낙동강의 보 수문이라도 상시 개방하여 평상시 녹조가 발생 안 되도록 관리해라. 강에 흐름을 만들어 '강을 강답게' 해줘야 한다.
- 다음 정권은 대통령직속 '**4대강재자연화위원회**' 구성하여 재자연화를 단계적으로 추진해야 한다.

'청정 금강'을 위한 근본 정책(추가 제안)

- 도랑부터, 지천, 금강까지 차근차근 수질개선 !!!
- 4대강 사업은 거꾸로 수질개선 대책!!!



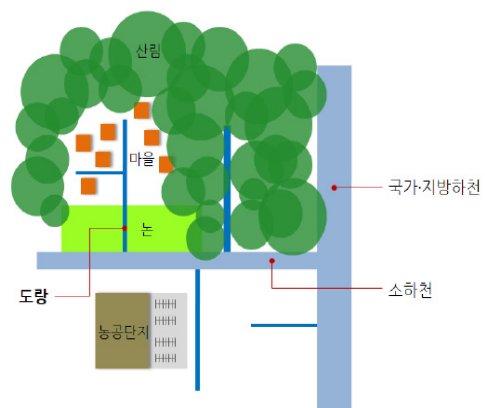
'도랑'의 정의(definition)

❖ 사전적 의미

- 매우 좁고 작은 개울 (가장 작은 규모의 하천을 지칭)

❖ 개념적 정의

- 한 걸음에 가로지를 만큼 폭이 좁으면 '실도랑', 소가 들어가서 풀을 뜯을 만큼 넓적하면 '도랑' (박남일, 2012)
- 마을을 낀 작은 개울로서, 폭 2~3 m 이하, 길이 500 m 정도 규모 (한정호와 안광국, 2012)
- 빗물이 모여 처음으로 하천의 형태를 나타내는 곳으로서 폭 5 m 내외, 평균수심 10 cm 이상인 농촌마을 앞을 지나는 비법정 소하천 (경남발전연구원, 2011)



법정하천과 도랑

구분	정의	개소수	연장(km)	지정/관리	근거법
국가하천	국토보전상 또는 국민경제상 중요한 하천으로서 국가가 관리하는 하천	62	2997	국토해양부장관	하천법 (1961, 2007)
지방하천	지방의 공공이해와 밀접한 관계가 있는 하천으로서 시/도 지사가 그 명칭과 구간을 지정하는 하천	3775	2,6840	특별시장/광역시장/도지사	
소하천	하천법의 적용 또는 준용을 받지 않는 하천으로서 시장/군수 또는 구청장에 의해 그 명칭과 구간이 지정된 하천	2,2612	3,5157	시장/군수/구청장	소하천정비법 (1995)

❖ 도랑은 비법정 하천

- 하천관리 정책의 사각지대에 위치
- 종합적 관리계획 부재
- 관심/투자 미흡으로 사실상 방치되어 있는 상태

하천의 차수

❖ 하천의 차수

- 하천지류가 많은 정도를 나타낸 수

❖ 하천차수 분류법 (Strahler, 1957)

- ✓ $1 + 1 = 2$ $1 + 2 = 2$
- ✓ $2 + 2 = 3$ $2 + 3 = 3$
- ✓ $3 + 3 = 4$ $1 + 3 = 3$



❖ 하천차수 사례

- 한강: 8차
- 미시시피강: 10차
- 아마존강: 12차

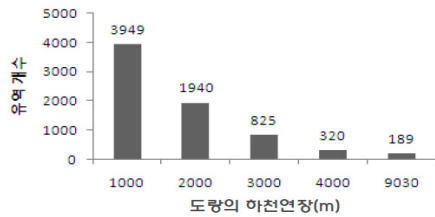
하천차수의 의한 도랑은 1, 2차 하천 (금강물환경연구소, 2011)

금강 유역내 도랑 현황

관리대상 도랑의 특성

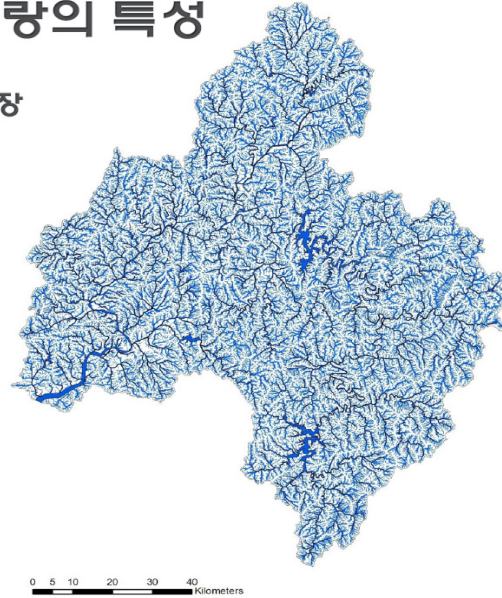
❖ 금강수계 관리대상 도랑의 하천연장

- 평균: 1.2 km
- 최대: 9.0 km



❖ 금강수계 하천연장

구분	하천연장(km)	%
국가하천	482	1.6
지방하천	3264	10.9
3차 이상 하천	3645	12.2
도랑	2,2589	75.3
계	2,9980	100.0



출처: 구본경(하이드로코어 대표), ‘농촌지역의 도랑유역관리 어떻게 할 것인가?’, 2016.02 (개인자료)

금강 유역내 도랑 오염부하수준

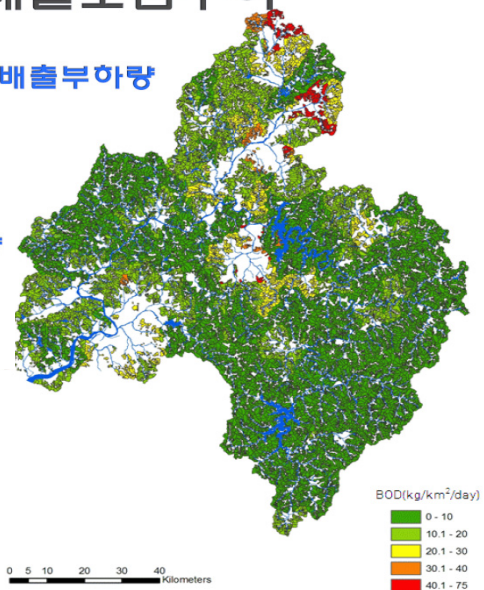
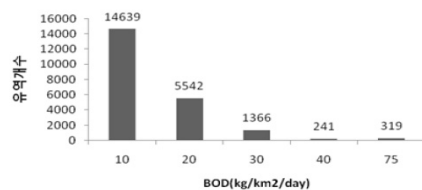
관리대상 도랑의 배출오염부하

❖ 금강수계 관리대상 도랑유역의 BOD 배출부하량

- 2007년 오염원 자료 기준
- 6,2571 kg/day
(금강수계 총배출량의 55.6%)

❖ 금강수계 관리대상 도랑유역의 T-P 배출부하량

- 2007년 오염원 자료 기준
- 4117.8 kg/day
(금강수계 총배출량의 58.1%)



출처: 구본경(하이드로코어 대표), ‘농촌지역의 도랑유역관리 어떻게 할 것인가?’, 2016.02 (개인자료)

청정금강 도랑유역의 효과적 관리 제언

❖ 도랑수계도 제작

- 도랑 분포 현황 및 공간지형 DB 구축 → 체계적 도랑관리를 위한 초석!
- 도랑 실태조사 결과를 DB로 구축
- 관리대상 도랑 선정 및 사업 우선순위 검토에 활용

❖ 도랑유역관리 중장기 계획 수립

- 도랑 실태조사 계획 수립
- 도랑유역관리 사업 로드맵 작성
- 사업 선정 및 지원 계획 수립
 - ✓ 시/군 내 1개씩 실패천(소하천) 유역을 시범지역으로 선정하여 제한된 자원과 인력 집중 (소규모라도 성공사례를 만드는 것이 중요)

❖ 도랑유역관리법(가칭) 입법 추진

- 환경부 고유의 수질 및 수생태에 초점을 둔 최상류 하천(도랑+소하천) 관리의 법적 근거 마련 필요

도랑유역관리법 제정 필요

❖ 목적

- 도랑 및 도랑유역의 수질 및 수생태계 건강성 개선

❖ 주요 내용

- 도랑의 정의
- 도랑의 구분 및 지정
- **도랑유역협의체**의 구성 및 운영
 - ✓ 도랑유역관리자의 지정 및 의무
 - ✓ 유역협의체 구성원에 대한 교육
- **도랑유역관리계획**의 수립 및 시행
 - ✓ 예산 지원 및 감독
 - ✓ 사후관리

차기정부나 새로운 국회에서 입법화 추진 필요

도랑유역 관리 목표

❖ 제1목표: 자연상태의 유량 복원

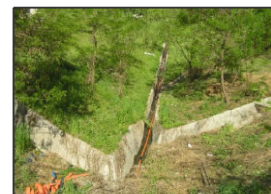
- 하천의 **종적 연속성** 복원
 - ✓ 불필요한 사방댐이나 관개용 보 철거
- 하천의 **횡적 연결성** 복원
 - ✓ 불필요한 콘크리트 수로 및 호안 철거
 - ✓ 하천변 습지 조성
 - ✓ 홍수터 복원



도랑유역 관리 목표

❖ 제2목표: 유역관리를 통한 수질 개선

- 협치(Governance)를 통한 지속적 유역관리
- 우심 소하천 유역 내 도랑유역부터 우선 시행
- 예방적/비구조적 BMPs 장려
 - ✓ e.g. **Good Agricultural Practices**



도랑부터 금강까지 !!!

- 금강 3개보, 하굿둑 개방을 통한 하천의 수생태계 및 수질 개선
- 불필요한 보의 철거를 단계적으로 추진
- 도랑, 지천, 금강까지 단계적으로 수생태계 및 수량, 수질 복원
- 민관 협치를 통한 유역 공동체 복원

차기 정부
'4대강재자연화위원회' 구성을 통한 4대강 복원을 단계적으로 시행

차기정부 및 국회에서 청정금강을 위한 '도랑유역관리법' 제정으로 도랑부터 차근차근 금강까지 복원

금강중하류 녹조관리 정책 제안

끝

부산가톨릭대학교 교수 김 좌관

4대강사업 후 낙동강 물환경 실태변화

카톨릭관동대학교 박창근 교수

금강 녹조발생 억제 및 개선을
위한 물환경 관리

(주최) 충청남도, 충남연구원, 대한하천학회

4대강 사업 후 낙동강 물환경 실태 변화

가톨릭관동대
박창근

2016. 10. 7
충남연구원 4층 회의실

목 차

I 2016년 낙동강 조사 개요

II 세부 조사내용

III 결론 및 재자연화 방안

I

조사 개요

I. 조사 개요

4대강 사업 후 낙동강 물환경 실태 변화

1. 조사 목적 및 내용

1) 조사목적

- 4대강 사업 이후 5년 연속 녹조가 창궐하고 수질오염은 가속화
- 낙동강은 1,300만 국민의 식수원임에도 불구하고, 정부와 관계부처는 근본적 수질대책 마련을 외면하고 있는 실정
- 낙동강 수환경에 대한 일제 조사를 통해 국민눈높이에 맞는 해결책을 마련하고, 4대강 사업 이후 부작용 해소 촉구, 재자연화 방안 제시



I. 조사 개요

1. 조사 목적 및 내용

2) 조사내용

2016년 6월 9일~11일(3일간 실시)
: 석포제련소, 안동댐, 영주댐, 낙동강
본류, 하구언 등 조사

3) 조사일정

- 낙동강 주요지점의 수질 조사
(본류 2개소, 보 3개 지점)
- 안동댐 및 보 주변 및 낙동강 본류
퇴적토 조사
- 경북 봉화군 석포면에 위치한 영풍
석포제련소 주변 토양 및 수환경 조사



5

I. 조사 개요

2. 조사대상지

① 영풍석포제련소 및 안동댐 상류

- 과거 46년간 봉화에서 공장을 가동하면서 오염물질 배출 논란
- 낙동강 상류 및 안동댐 물고기 집단폐사 원인으로 지목



석포제련소 1공장(오마이뉴스)



안동댐 상류 물고기 집단폐사

6

I. 조사 개요

2. 조사대상지

② 낙동강 수질 및 퇴적토 조사

- 주요지점의 수질 오염 현황 조사
- 깊이별 용존산소량(DO) 측정을 통한 저층의 산소고갈 실태 조사
- 안동댐 및 보 상류부 퇴적물의 오염도 조사



퇴적토 조사(오마이뉴스)



합천창녕보 녹조 발생(오마이뉴스)

7

I. 조사 개요

2. 조사대상지

③ 영주댐 건설현장

- 댐건설로 인한 하류부 모래톱 유실과 생태계 변화 조사
- 내성천 하류부 육상화 진행 상황 조사



내성천 모래유실 관련 보도(TBC)



내성천 하류부 변화(경수군)

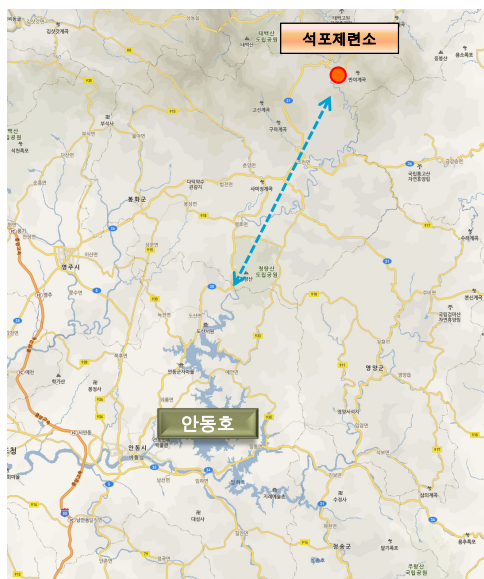
8

Ⅱ

세부 조사내용

Ⅱ. 세부 조사내용

1. 영풍석포제련소



석포제련소 위치도(다음지도)

- 석포제련소에서 안동호 유입지점까지 거리는 약 80km
- 1970년 10월에 만들어져 주로 아연을 만드는 비철금속 제련공장
- 1공장과 2공장에 이어 최근 3공장까지 건설하여 가동 중(건축과정에서 논란)
- 제련소 측은 봉화군의 3공장 철거명령에도 이행강제금만 납부하고 건축허가 및 지구단위계획 변경신청서 제출

4대강 사업 후 낙동강 물환경 실태 변화

표. 세부 조사내용

1. 영풍석포제련소

- 상류에서 하류방향으로 낙동강을 중심으로 1공장, 2공장, 3공장이 위치



영풍석포제련소 위치도(다음지도)



석포제련소 제1공장 전경

11

표. 세부 조사내용

1. 영풍석포제련소

- 석포제련소에서 배출된 오염물질로 인해 하천의 물고기 폐사와 낙동강에 유입된 오염물질로 안동댐 수질에 대한 우려 발생

(국내 물고기 폐사 분석기관 : 원인미상)

- 제련소에서 발생하는 대기오염 물질로 주변 산림고사 상태 (아황산가스)



물고기 폐사



공장주변 토양오염



공장주변 나무 고사

12

표. 세부 조사내용

1. 영풍석포제련소

① 토양 조사

- 2016년 6월 9일 석포제련소 주변 토양채취 및 분석 실시
- 조사지점은 ①제2제련소 앞, ②제3공장 입구, ③제3공장 담장



토양조사 위치도(다음지도)



13

표. 세부 조사내용

1. 영풍석포제련소

② 토양 평가 기준

- 국립환경과학원에서 제시한 “하천,호소 퇴적물 오염평가 기준(2015. 11. 16 개정)”으로 토양 오염도 평가

< 하천 퇴적물 항목별 오염평가 기준 >

항 목	등 급	I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)				13 초과
	총질소(mg/kg)				5,600 초과
	총인(mg/kg)				1,600 초과
금속류	구리(mg/kg)	48 이하	228 이하	1,690 이하	1,690 초과
	납(mg/kg)	59 이하	154 이하	459 이하	459 초과
	니켈(mg/kg)	40 이하	87.5 이하	330 이하	330 초과
	비소(mg/kg)	15 이하	44.7 이하	92.1 이하	92.1 초과
	수은(mg/kg)	0.07 이하	0.67 이하	2.14 이하	2.14 초과
	아연(mg/kg)	363 이하	1,170 이하	13,000 이하	13,000 초과
	카드뮴(mg/kg)	0.4 이하	1.67 이하	6.09 이하	6.09 초과
	크롬(mg/kg)	112 이하	224 이하	991 이하	991 초과

비고 :

1. 등급별 퇴적물의 상태

가. 금속류

- I 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 거의 없음
- II 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 있음
- III 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 비교적 높음
- IV 등급 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 매우 높음

나. 유기물 영양염류

- IV 등급 : 심각하고 명백한 오염

하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준

단 계	조 건
보통	금속류 8 항목 모두 'I' 등급
약간 나쁨	금속류 8 항목 중 'II' 등급 또는 'III' 등급 항목 1개 이상
나쁨	"금속류 'II' 등급 기준 지수" 0.34 이상
매우 나쁨	"IV" 등급인 항목 1개 이상

비고 :

1. 단계별 퇴적물 지점의 상태 및 조치

가. 보통 : 지점이나 대기의 영향을 일반적인 정도로 받는 곳에서 나타나는 상태

나. 약간 나쁨 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 있으며, 독성시행을 통해 악영향 확인 필요

다. 나쁨 : 저서생물에 독성이 나타날 가능성 높으며, 조사 범위를 상하류로 확대하여 오염 규모 확인 필요

라. 매우 나쁨 : 심각하고 명백하게 오염되었으며, 중장기적으로 배출시설 및 공공수역 관리 필요

2. 한 지점이 여러 조건에 중복 해당될 경우 오염도 높은 단계 쪽으로 판정

3. "금속류 'II' 등급 기준 지수"는 아래 식에 따라 계산함

$$\text{금속류 'II' 등급 기준 지수} = \frac{\sum_{i=1}^8 \frac{EC_i}{PEL_{L_i}}}{8}$$

(EC: 금속류 항목별 농도, PEL_L: 금속류 항목별 'II' 등급 기준치)

14

표. 세부 조사내용

1. 영풍석포제련소

③ 토양 조사 결과(분석기관 : 서울대 NICEM)

구분	지점	T-P, 총인 (mg/kg)	Cd, 카드뮴 μg/g	Cu, 구리 μg/g	Pb, 납 μg/g	AS, 비소 μg/g	Zn, 아연 μg/g	강열감량 (%)
하천 퇴적토	① 2제련소 앞 낙동강	885.27	20.21 (4등급)	188.9 (2등급)	330.6 (3등급)	131.61 (4등급)	10,825.5 (3등급)	1.7
토양	② 제3공장 입구	334.93	2.15	38.6	42.3	67.72	244.9	3.2
	③ 제3공장 옆 담장	344.38	25.27	103.0	321.0	46.28	2,561.5	3.6
하천 퇴적물 오염평가 기준 (국립환경과학원)		1,600초과시 4등급	6.09 이상 4등급	48이하 1등급 228이하 2등급	154 이하 2등급 459이하 3등급	92.1초과 4등급	1,170~13,000 3등급	13초과 4등급

▶ 고찰 및 제언

제2제련소 앞 낙동강 퇴적토 중금속 농도현황은 4등급 1개 이상으로 매우나쁨 상태이며, 제3공장 역시 기준치를 상회하고 있어 토양정화 및 복원대책 수립이 필요한 지역으로 판단됨

15

표. 세부 조사내용

2. 수질조사

① 수질조사 지점



- 2016년 6월 10~11일까지 낙동강 5개 지점에 대한 수질조사 실시
(달성보, 도동서원, 합천창녕보, 창녕함안보, 본포취수장 주변)
- 측정항목은 BOD, COD, T-N, T-P, Chl-a이며 수심별 수질변화 여부를 조사
- 또한 달성보와 창녕함안보, 합천창녕보 상류 지점에서는 수심별 DO를 측정하여 수심에 따른 산소고갈 여부를 조사

16

표. 세부 조사내용

2. 수질조사

② 수질평가 기준

- 환경정책기본법시행령에 따른 “하천의 생활환경기준(2013. 1. 1)”을 참고하여 수질등급 평가 실시

등급	상태 (캐릭터)	기 준									
		수소 이온 농도 (pH)	생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (mg/L)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	총유기 탄소량 (TOC) (SS) (mg/L)	부유 물질량 (mg/L)	용존 산소 량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	대장균군 (균수/100mL)		
									총 대장균군	분원성 대장균군	
매우 좋음	Ia		6.5~8.5	1 이하	2 이하	2 3 이하	25 이하	7.5 이상	0.02 이하	50 이하	10 이하
좋음	Ib		6.5~8.5	2 이하	4 이하	3 이하	25 이하	5.0 이상	0.04 이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	II		6.5~8.5	3 이하	5 이하	4 이하	25 이하	5.0 이상	0.1 이하	1,000 이하	200 이하
보통	III		6.5~8.5	5 이하	7 이하	5 이하	25 이하	5.0 이상	0.2 이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV		6.0~8.5	8 이하	9 이하	6 이하	100 이하	2.0 이상	0.3 이하		
나쁨	V		6.0~8.5	10 이하	11 이하	8 이하	쓰레기 등이 있지 않을 것	2.0 이상	0.5 이하		
매우 나쁨	VI			10 초과	11 초과	8 초과		2.0 미만	0.5 초과		

17

표. 세부 조사내용

2. 수질조사

③ 수질조사 결과

지점	수심	BOD(mg/l)	COD(mg/l)	T-N(mg/l)	T-P(mg/l)	Chl-a(mg/m ³)
본포	2 m	1.9	2.9	1.62	0.012	15.0
	3.5 m	2.2	3.6	1.52	0.011	10.8
창녕함안보	7 m	2.6	3.0	1.85	N.D	5.8
	11 m	5.0	9.3	2.66	0.212	17.7
합천창녕보	11 m	4.2	8.5	2.58	0.160	17.1
도동서원	표층	2.0	3.2	2.78	0.013	22.9
달성보	표층	1.5	2.8	2.85	0.016	5.5
	9 m	6.6	11.0	2.99	0.026	18.1

- 수심이 깊어질수록 창녕함안보에서는 BOD 1.9배, COD 3.1배, T-N 1.4배, Chl-a 3배 높게 측정되었고, 달성보에서는 BOD 4.4배, COD 3.9배, T-N 1.05배, T-P 1.6배 Chl-a 3.3배 높게 측정되어 **저층의 심각한 오염을 확인**
- BOD는 창녕함안보, 합천창녕보는 3등급(보통), 달성보는 5등급(나쁨)
- COD는 합천창녕보 4등급(약간 나쁨), 함안보, 달성보 5등급(나쁨)
- T-P는 함안보 5등급(나쁨), 합천보 4등급(약간 나쁨), 달성보 2등급(좋음)

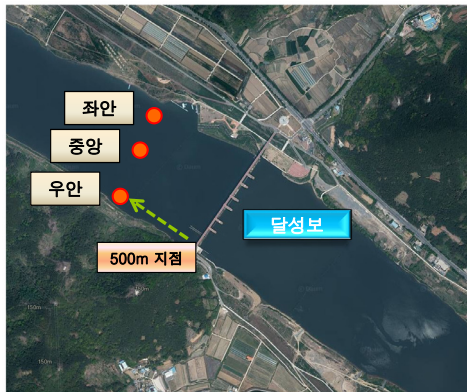
18

표. 세부 조사내용

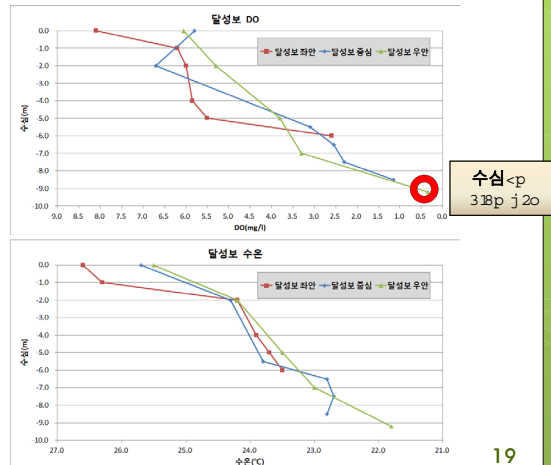
2. 수질조사

④ 수심별 DO, 수온 측정결과

- 달성보로부터 500m 상류지점에서 깊이별로 DO를 측정한 결과 수심이 깊어질수록 DO는 급격히 감소하면서 빈산소층을 형성(수면에 비해 67~94%까지 감소)



달성보 측정 지점(다음지도)



19

표. 세부 조사내용

2. 수질조사

④ 수심별 DO, 수온 측정결과

- 합천창녕보 상류에서 깊이별 DO를 측정한 결과 수심이 깊어질수록 낮아져, 수심 9m 지점에서 0.0mg/L의 무산소층이 존재하고 있음



합천창녕보 측정 지점(다음지도)



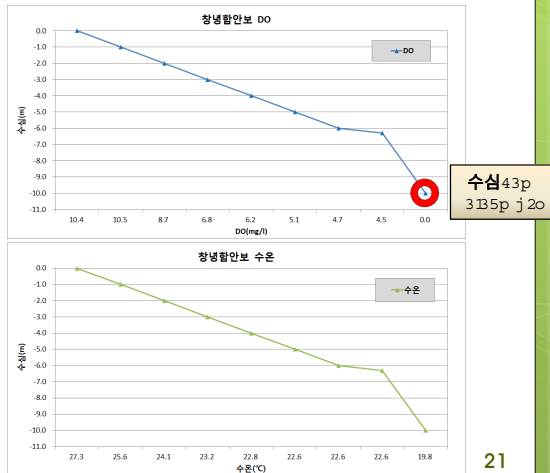
20

표. 세부 조사내용

2. 수질조사

④ 수심별 DO, 수온 측정결과

- 창녕함안보 상류에서 깊이별 DO를 측정한 결과 수심 10m 지점에서 0.02mg/L의 무산소층이 존재하고 있으며, 표면에 비해 DO가 99% 이상 감소



21

표. 세부 조사내용

2. 수질조사

⑤ 수질조사 결과 분석

- 4대강 사업이후 수심이 깊어지고 체류시간이 길어짐에 따라 수심별 수질차가 더욱 커지고 있으며, 깊을수록 수질이 악화
- 보 상류 표층의 DO측정 결과는 양호하나, 8~11m 구간에서 대부분 용존산소가 고갈되는 현상이 전 지역에서 확인

▶ 고찰 및 제안

- 보 상류에 대한 수심별 수질조사를 공식적으로 시행
- 4대강 사업이후 유기물 침전량이 증대하면서 펄층으로 진행중
유속감소, 체류시간 증대 → 조류량 증대 → 사멸 조류생체량 증가
유속감소, 체류시간 증대 → 침전성 유기물의 침전량 증가 → 펄층형성
- 펄층 생성으로 산소고갈 현상 심화
⇒ 홍수기 이후 다양한 영양염류가 유입된 후 저류성장의 최적기가 형성
되므로 보 수문상시 개방을 통한 유속확보 필요(경제적 대안)

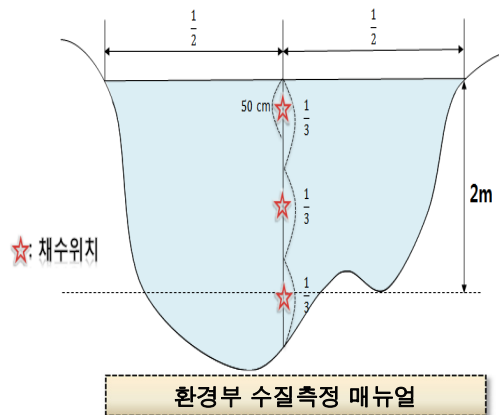
22

표. 세부 조사내용

2. 수질조사

⑥ 환경부 수질측정 지점

- 환경부는 수질측정을 실시하는 지점에 대해 상중하(깊이 기준)에서 물을 채취하고 산술평균한 수질 자료를 공개하고 있음. 상중하 세지점에서 관측한 수질자료를 모두 공개해야 함.



23

표. 세부 조사내용

3. 퇴적토 조사

① 퇴적토 조사 지점



- 2016년 6월 10~11일까지 7개 지점 조사
 - 안동댐 상류 2개소 (도산면, 주진교)
 - 보 3개소(달성보, 합천창녕보, 창녕함안보)
 - 낙동강 본류 2개소(도동서원, 본포취수장)
- 측정항목은 총인농도(T-P), 완전연소가능량(%)를 지점별로 평가

24

표. 세부 조사내용

3. 퇴적토 조사

② 퇴적토 조사 결과

- 국립환경과학원에서 제시한 “하천, 호소 퇴적물 오염평가 기준(2015. 11. 16 개정)”으로 토양 오염도 평가

지점	총인농도(mg/kg)		완전연소가능량(%)	
안동댐(도산면 서부주차장)	2,100.48 (4등급)		4.5	
안동댐(주진교)	213.41		1.4	
달성보	814.79 (좌)	평균 1,062.8	2.8	평균 2.46
	1,216.27(중)		3.2	
	1,157.44(우)		1.4	
도동서원 (달성보 하류-본류구간)	649.62		1.6	
합천창녕보	860.89	716.2	1.1	
	571.44		0.8	
창녕함안보(보 상류 600 M 지점)	1,043.1		2.8	
본포취수장(본류 구간)	538.41		3.7	

- 안동댐 상류 총인농도 4등급(1,600 mg/kg)에 해당되며, 한강하류 퇴적토 오염제거 기준 (1,000 mg/kg) 적용시 안동댐, 달성보, 창녕함안보가 기준치 초과

표. 세부 조사내용

3. 퇴적토 조사

② 퇴적토 조사 결과

▶ 고찰 및 제언

- ① 완전연소가능량(강열감량, %) 오염 기준이 13%로 제시되어 있으나 해외 기준(8~10%) 및 국내 준설기준(10%)에 비해 다소 높아 **하향조정**이 필요

→ 낙동강 3개 보에서 측정한 완전연소가능한 유기물 함량이 0.8~3.2%임에도 불구하고, 저층 DO농도가 매우 낮아 어류패사(2mg/ l 이하) 발생

지점	DO 농도 mg/l(해당수심:m)	완전연소가능량(%)
달성보	2.60 (좌, 6m)	2.8
	1.15 (중, 8.5 m)	3.2
	0.35 (우, 9.2 m)	1.4
합천창녕보	0.0 ~ 0.75 (8~11 m)	0.8, 1.1
창녕함안보	0.02 (10 m)	2.8

- ② 물환경정보시스템에 공개되어야 할 측정치가 공개되지 않고 있음
→ 과거 모니터링 결과 모두 공개

표. 세부 조사내용

3. 퇴적토 조사

함안보 하천측량 결과

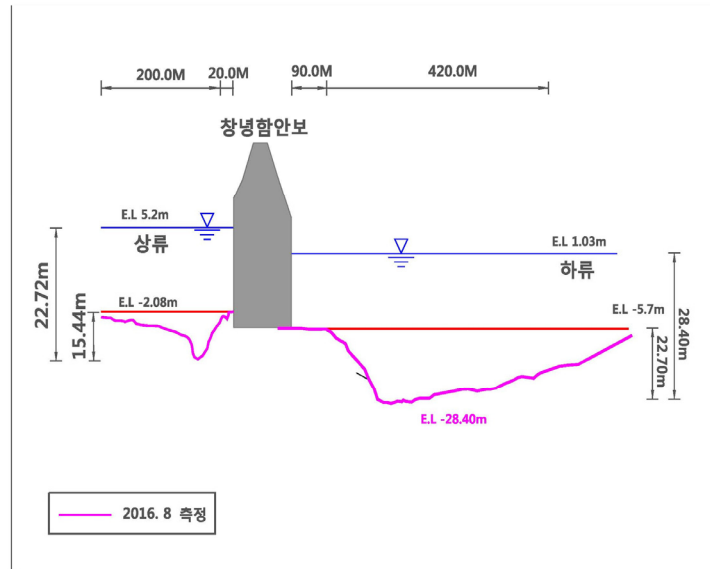


표. 세부 조사내용

4. 영주댐 하류부

- 영주댐 건설이후 하류부의 모래하천 특성은 사라지고 육상화 진행 중



금강마을 상류
2011년 11월 → 2015년 7월



4. 영주댐 하류부



미림마을 (2011년 2월 → 2015년 9월)



무섬마을 수도교 상류지역(2011년 2월 → 2014년 3월)

29

4. 영주댐 하류부



국가명승지 선몽대 명사십리 (2014년 4월 → 2015년 9월)



국가명승지 회룡포(2009년 9월 → 2015년 9월)

30

표. 세부 조사내용

5. 재퇴적 문제

- 4대강 사업 이후 준설계획선 안쪽으로 재퇴적이 되거나 하상변화 발생



31

표. 세부 조사내용

6. 녹조문제

- 남조류 중 우점종인 **마이크로시스티스**는 간에 치명적인 영향을 미치는 독성 물질인 마이크로시스틴을 배출하며, (WHO 기준 : $1\mu\text{g/L}$) **2014년 낙동강에서 $456\mu\text{g/L}$ 이 검출**
- 일본의 경우 마이크로시스틴의 독성, 상위포식자 또는 쌀에 농축 여부 연구 진행중**

수계	지점명	MC-RR ($\mu\text{g/L}$)	MC-LR ($\mu\text{g/L}$)	MC-YR ($\mu\text{g MC-LR}$ Equivalent /L)	Total MC ($\mu\text{g/L}$)
Nakdong River	St.1 (DAEDONG)	134	72	9.42	215.04
	St.2 (HAMAN)	15	10	1.28	26.34
	St.3 (DALSUNG)	305	128	23.03	456.65
Yongsan River	St.4 (YONGSAN)	122	73	8.97	204.57
KeumRiver	St.5 (UNGPO)	202	108	14.11	324.38
Han River	St.6 (HONGJE)	33	26	5.28	64.28
	St.7 (ANYANG)	173	116	16.78	305.96
	St.8 (KAYANG)	249	137	23.79	409.79

샘플MC분석결과 (RR, LR and YR) (분석 : 일본 신슈대학 박호동 교수)

32

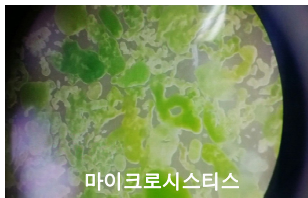
표. 세부 조사내용

6. 녹조문제

- 수돗물에 미치는 영향으로 비릿한 물냄새, 과다한 응집제(물맛 저하), 염소냄새 등
- 낙동강 유역 1,300만명 국민의 안전이 우려되고 수돗물에 대한 불신 증가로 음용율을 떨어뜨리는 부작용으로 나타남

현행		개선(안)	
단계	발령 기준	단계	발령 기준
주의보	500 (+ Chl.a 15mg/m ³)	관심	1,000
경보	5,000 (+ Chl.a 25mg/m ³)	경계	10,000
대발생	1,000,000 (+ Chl.a 100mg/m ³)	대발생	1,000,000

단계별 발령기준 비교 : 남조류세포수 100만/㎖, 환경부 자료



마이크로시스티스



본포취수장·함안보 하류, #녹조



낙동강 녹조·오마이뉴스, ChimgNews

33

표. 세부 조사내용

7. 어업영향

- 4대강 사업으로 호소화 된 이후 물고기 산란처가 사라지고, 모래 대신 펄로 쌓여 강바닥은 산소가 고갈되어 물고기가 살 수 없는 환경이 만들어졌음
- 4대강 사업 이후 수심이 깊어지면 정수성 어류인 붕어, 잉어의 개체수가 증가할 것이라고 부산지방국토관리청에서 설명하였으나 현실과 다름
- 녹조발생으로 간질환을 유발하는 마이크로시스티스와 피부병, 리콜라 촌충 감염 사실이 알려지면서 어민들은 더욱 어려운 상황에 놓임

▶ 고찰 및 제안

- ① 녹조문제와 물고기 산란처 복원을 위해서라도 보 수문 개방을 촉구
- ② 4대강사업으로 인한 휴업보상 기간 3년을 감안해 정부차원에서 낙동강 어족자원 복원실태 조사를 실시하고 어민들의 생계대책을 마련

34

Ⅲ

결론 및 재자연화 방안

Ⅲ. 결론 및 재자연화 방안

4대강 사업 후 낙동강 물환경 실태 변화

1. 조사결과 및 제언

- 낙동강 상류 영풍석포제련소 앞 퇴적토 오염평가는 4등급으로 준설 등 정화가 필요한 퇴적물에 해당되므로 주변 오염가능구간에 대한 정밀조사와 복원대책이 요구(이따이 이따이 병 발생 우려)
- 하천 호소 퇴적물 오염 조사결과 국립환경과학원 기준치 이내에 있으나, 창녕함안보, 달성보, 안동댐 상류 등에서 한강하류 퇴적토 오염 제거 기준을 초과 → 퇴적토 오염은 시간이 지나면 가속될 것
- 완전연소가 가능한 유기물 함량이 기준치 이내임에도 불구하고 DO 농도가 낮아 생태계 유지가 불가능한 수중환경이 조성되고 있어 현재 기준치인 13% 이하로 하향조정 필요
- 보로 인한 수질악화 현상을 개선하고 생태계 서식처 복원을 위한 퇴적 오염토 준설 필요 : 항구적 대책은 아님

36

Ⅲ. 결론 및 재자연화 방안

1. 조사결과 및 제언

- 4대강에 대한 수질측정은 수심별 조사를 공식적으로 수행하고, 표수층은 조류대책, 심층수는 용존산소 대책을 수립
- 4대강 전체 모래층이 펄층으로 변화되는 중이므로 이로 인한 영향분석을 위한 정부의 정밀조사 필요
- 낙동강 식수원 오염 : 1300만명 음용하고 있음

이 모든 부정적 변화를 효율적으로 개선시킬 수 방안은 '강을 강답게'만 만들어주면 됨.
즉 4대강 보의 수문을 상시 개방하여 강의 흐름을 만들어주면 많은 긍정적인 변화가 가능해 짐

37

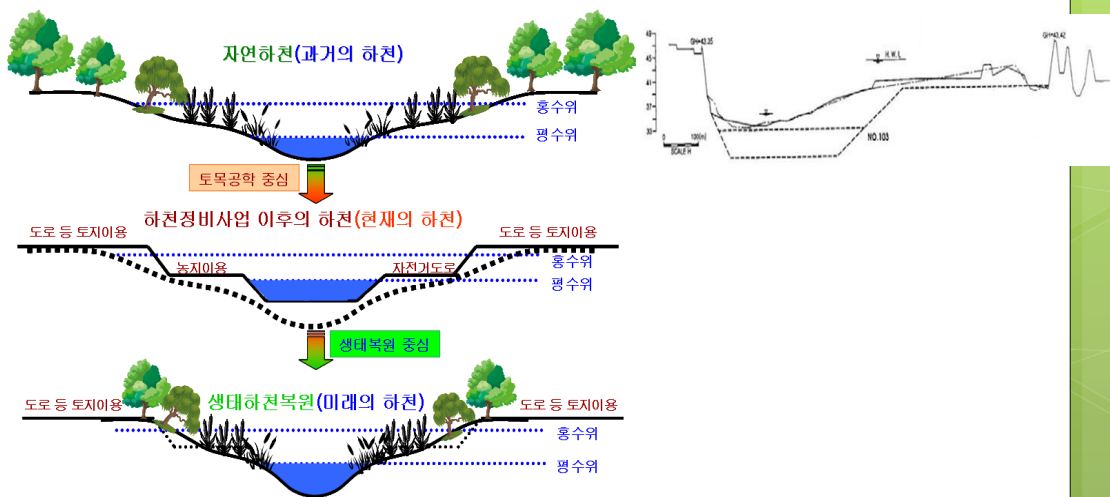
Ⅲ. 결론 및 재자연화 방안

2. 재자연화 방안

● 생태하천 복원 방향은?

생태하천 복원도(환경부, 2007)

4대강 사업 준설 단면도



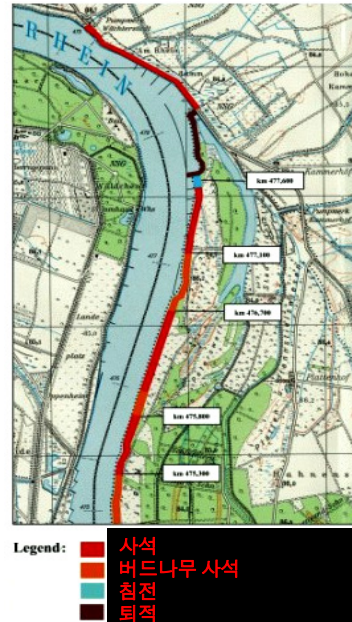
미래의 개발: 충돌할 것인가 조화를 이룰 것인가?

유럽 국가들,
'유럽연합 물 관리 지침 EU Water Framework Directive
(22.12.2000)'에 따라 수자원 정책 수립 :

최소 적절한 물 상태를 유지하기 위한 필요
조치를 규정하고 이행할 것!

이에 따라
-적절한 하천 생태 조건 확보가 요구되며

이는 결과적으로
- 하천 시스템 보호의 필요성
-뿐만 아니라
-하천 시스템 개수에 대한 요구
-까지 포함하는 것이다!



Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Helmut Bernhart

39

하천 복원 (원형)

『이 사 강』 강 #생명의 강으로 다시 태어나다』



40

직선 사석 제거... (라인강)



Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Helmut Bernhart

41

천연 하상 = 대단히 풍부한 서식지 배치



(Photo: Petters-Raskop)

Sur i3G u10Iqj 1kde12#Kdqv#Khq xw#Ehugkdu#

42

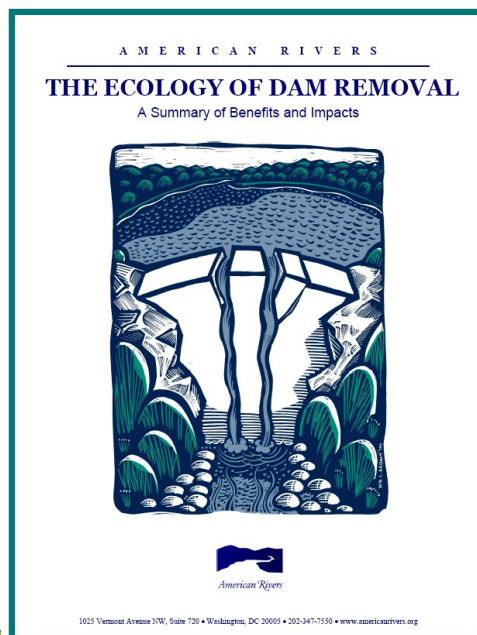
자연 제방 (라인강)



Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Helmut Bernhart

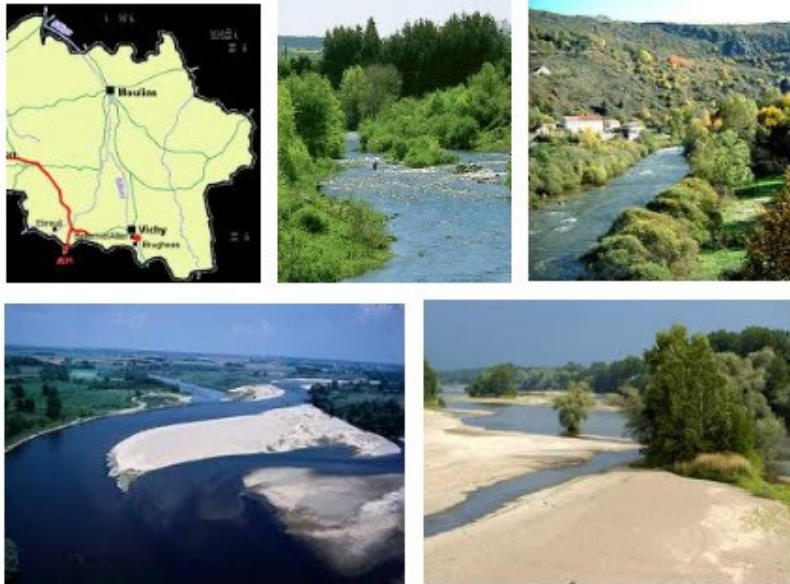
43

댐 제거까지도 고려할 수 있다 ...



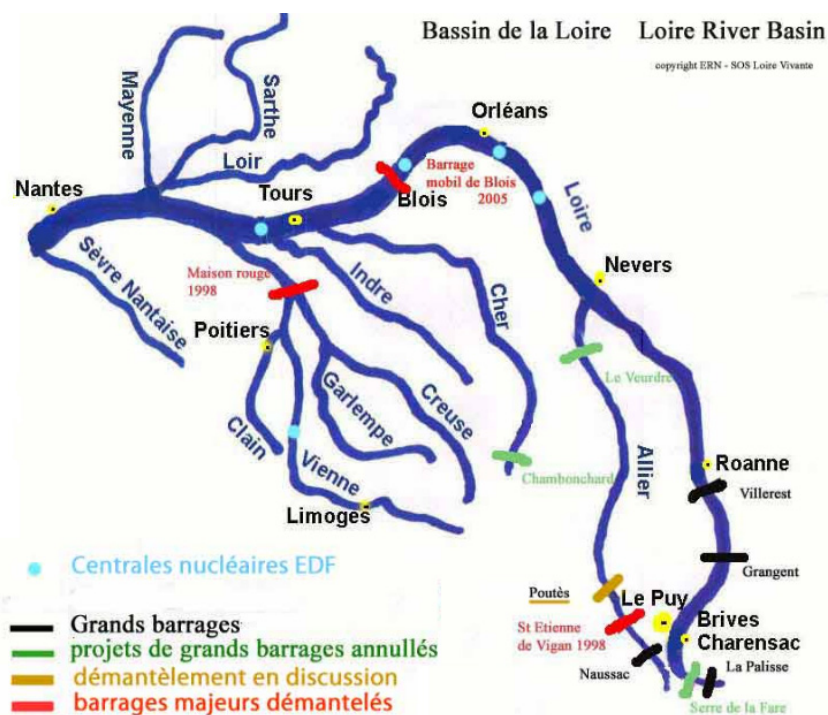
44

살아있는 하천 시스템: 루아르Loire 강 (프랑스)



Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Helmut Bernhart

45



Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Helmut Bernhart

46

습지로 인한 토사 퇴적: 루아르Loire 강 (프랑스)



Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Helmut Bernhart

47

루아르Loire 강의 재생: 댐 해체 ...

http://www.rivernet.org/general/dams/decommissioning_...htm



Foto: ERN European Rivers Network / R. Epple

48

루아르Loire 강의 재생: 댐 해체 ...

http://www.rivernet.org/general/dams/decommissioning_...htm



1997, St. Etienne de Vigan, Loire, France Foto: ERN European Rivers Network / SOS Loire Vivante

49

루아르Loire 강의 재생: 댐 해체 ...

http://www.rivernet.org/general/dams/decommissioning_...htm

1997, St. Etienne de Vigan, France



Fotos: ERN European Rivers Network / SOS Loire Vivante

50

강의 재생 (다뉴브강, 비엔나)



4Skrwr #Edxp jduqhu,

51

강의 재생 (다뉴브강, 비엔나)



4Skrwr #Edxp jduqhu,

52

강의 재생 (다뉴브강, 비엔나)



4Skrwr #Edxp j duqhu

53

토사 퇴적 → 초기 서식지



Foto: Schneider

54

범람원으로 역동적인 하천 시스템 ...



Skriver Ørwick

55

경이로운 하천 경관 ...



▲ Aerial View of the Haepyeong Wetland and the



▲ Hooded Cranes at the Haepyeong Wetland © Han Bae-deok

... 그리고 철새도래지 ...

낙동강 철새도래지

낙동강 철새도래지 전경

흑두루미 (천연기념물 제228호)

재두루미 (천연기념물 제203호)

큰고니 (천연기념물 제201호)

쇠기러기

흰뺨검둥오리

청둥오리

이곳은 천연기념물이자 세계적 멸종위기종인 흑두루미 (천연기념물 제228호), 재두루미 (천연기념물 제203호)와 큰고니 (천연기념물 제201호), 쇠기러기, 청둥오리 등 많은 철새들이 10월 중순부터 이듬해 4월초까지 매일 15,000여 마리가 찾아드는 집단철새 도래지입니다.

This is the wintering site for about 15,000 migratory birds from the middle of October to the following April where many different kinds of birds including globally endangered hooded cranes, white-napped cranes, whooper swans designated as natural treasure 228, 203, and 201 respectively as well as wild ducks visit on a regular basis.

서식환경을 잘 보호하여 깨끗한 환경을 후손에게 물려줍니다 ■ 구미시 산림경영과 (T. 480-5575)

57

... 더 이상 남아있지 않다 !



58

4대강 사업 후 낙동강 물환경 실태 변화

:: 4대강사업은 대운하의 1단계사업이 확인됨 (22조 대 국민 사기극?)

4대강사업은 완료되었기 때문에 이제는 어떻게 유지관리하는데 힘을 모아야 한다?

→ 4대강사업에 대한 엄중한 평가가 우선, 만약 잘못되었다면

명확한 책임을 물어야 함 (특히 전문가, 공무원), 1157명 혼포장 취소

:: 하천복원의 원칙 (하천의 자연성 회복, 강은 흘러야 한다)

- 하천에 더 많은 공간을(room for the river)

- 홍수와 더불어 살아가는 사회(society living with flood)

:: 물정책 변화 필요

- 더 이상 댐건설 하지 않는다는 선언(no more dam)

불필요한 댐 철거(removal of useless dam)

- 우리나라는 물부족 국가가 아님 : 대규모 사업의 이론적 근거

물부족 지역은 일부 산간농촌, 도서해안

- 수량 수질 통합관리, 하천법 일원화, 수리권 개선 등

4대강 사업 후 낙동강 물환경 실태 변화

Ⅲ. 결론 및 재자연화 방안

3. 향후계획

○ 4대강 연구팀 구성

- 연구기간 : 2016년 9월 - 2017년 8월(1년)

- 연구주체 : 대한하천학회

- 대상하천 : 낙동강 중심

- 주요연구 분야 : 보의 안전성, 수문개방 시 문제점 분석 및 해결책 연구, 하천수심 측량(400km) 및 재퇴적 평가, 수질측량 및 모델링(녹조 포함, EFDC 모델이용), 하천수위변동 분석(HEC-RAS 이용), 지하수유동 모델링(MODFLOW), 생태계 변화 모델링, 홍수 시 현장조사 등

○ 4대강 사업에 대한 지속적인 모니터링을 위해 영산강, 한강, 금강에 대한 조사 예정

<레이첼 카슨 “침묵의 봄” 가지않은 길 - 마지막
장>

우리는 지금 두 갈림길에 있다. 하지만 로버트 프로스트의 유명한 시에 등장하는 갈림길과는 달리 어떤 길을 선택하든 결과가 마찬가지로이지는 않다. 우리가 오랫동안 여행해 온 길은 놀라운 진보를 가능케 한 너무나 편안하고 평탄한 고속도로였지만, 그 끝에는 재앙이 기다리고 있다. ‘아직가지 않은’ 다른 길은 지구의 보호라는 궁극적인 목적지에 도달할 수 있는 마지막이자 유일한 기회이다.

우리는 나그네지만
강은 내일도 흘러야 한다.

감사합니다.


無心

4대강사업 전·후 금강의 수리학적 특성변동에 관한 연구

인제대학교 박재현 교수

4대강사업 전·후 금강의 수리학적 특성변동에 관한 연구

2016. 10. 7

 대한대학교 인제대학교 박재현 교수

목 차 Contents

I. 연구목적

II. 4대강 추진 사업(금강)

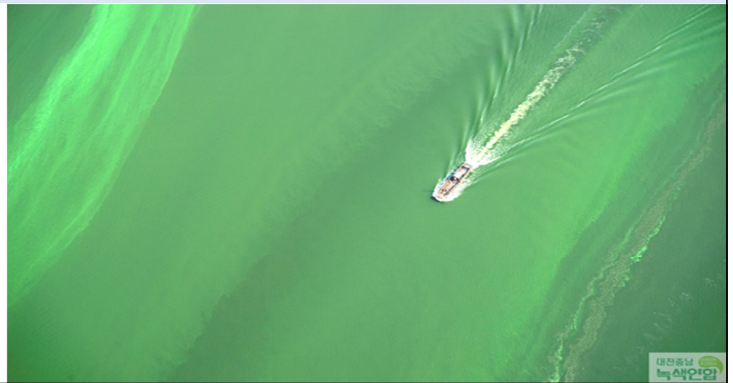
III. HEC-RAS를 이용한 분석

IV. 결론

사진: 대전충남녹색연합

대전충남
녹색연합

I. 연구목적



1. 연구의 배경

4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구

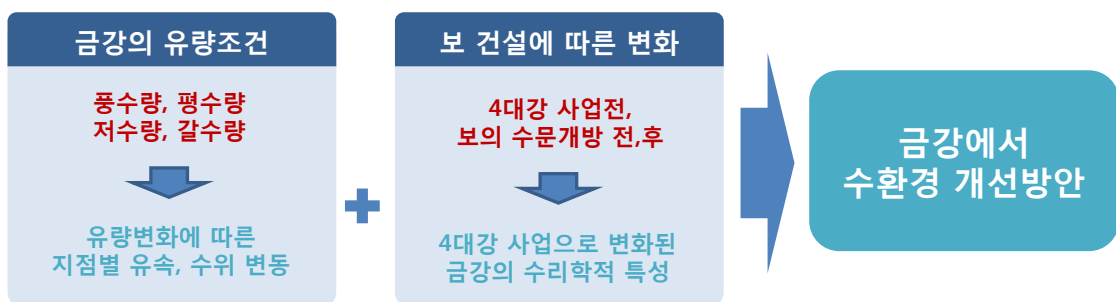


4

4대강 사업으로 인한 문제점

- 4대강 사업 이후 매년 반복되는 녹조와 물고기 폐사 문제로 금강의 수질 문제는 갈수록 심각해 지고 있는 실정
- 금강에 건설된 세종보, 공주보, 백제보로 인해 유속이 느려지고 흐름이 정체되면서 다양한 문제점을 유발하는 것으로 알려져 있음

분석조건



금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

2. 검토대상지

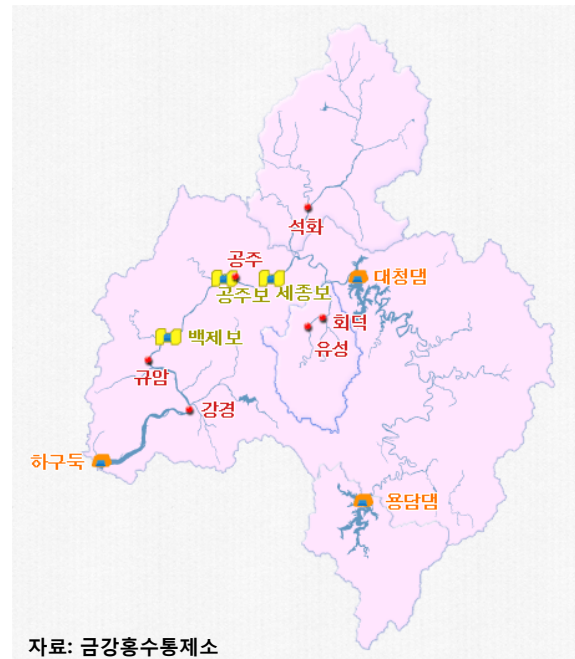
● 대상구간 및 검토자료

- 대청댐 하류부터 하구둑까지(약130km)를 대상으로 분석
- 2009년 12월 고시된 “금강수계 하천 기본계획” 자료를 바탕으로 검토
- 당시 기본계획에서 제시된 보 제원이 현재 건설된 구조물과 상이한 부분이 있으므로 정확한 제원을 반영하여 모의
- 기점수위는 하구둑을 고려해 해발표고 1m로 설정하여 검토

4대강사업 전·후 금강의 수리학적 특성변동에 관한 연구



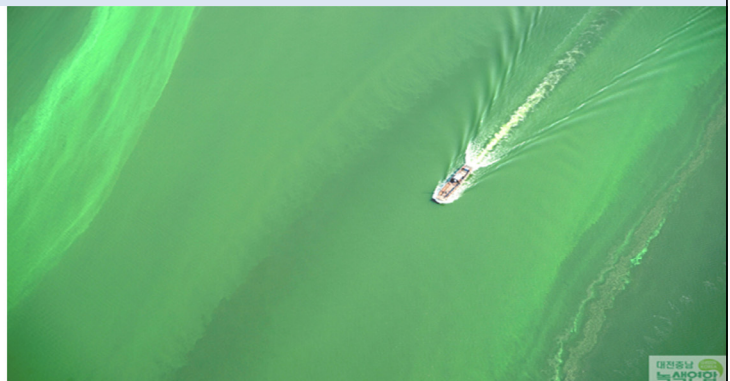
5



자료: 금강홍수통제소

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

표. 4대강 추진사업(금강)



1. 금강의 주요 추진사업

4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



7

① 보 구조물

- 금강유역에는 총 3개(세종보, 공주보, 백제보)의 다기능 보가 건설

구분	수위(E.L)		가동보(m)			고정보(m)		기초형식
	상류	하류	길이	수문현황 (연장*높이@문)	수문형식	길이	높이	
세종보	11.8	8.75	223	80*2.8@2, 60*4@1	전도식	125	3.2~4.3	직접기초
공주보	8.75	4.2	220	40*7@2, 20*7@1, 40*1@3	승강식, 전도식	32	7	직접기초 강관말뚝
백제보	4.2	2.0	120	36*5.3@3	승강식	191	7.2	강관말뚝 PHC

자료: 4대강사업 조사평가 보고서(2014.12)

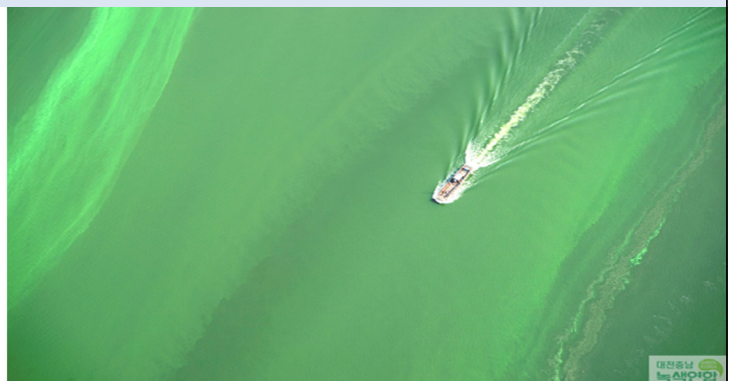
② 준설사업

- 퇴적토 준설 및 홍수위 저감을 목적으로 준설 실시

구분	구간	구간길이	평균준설깊이 (m)	준설량 (억 m ³)	홍수위저감 (m)
금강	하구둑 ~대청댐 역조정지	130.4km	0.2	0.5	0.7~0.9

자료: 4대강사업 조사평가 보고서(2014.12)
금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

Ⅲ. HEC-RAS를 이용한 분석



1. 경계조건

4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



9

하천유량

- “금강수계 하천기본계획(2011.8)”에서 산정된 지점별 유황분석결과를 바탕으로 각 지점별 유량을 검토
- 금강의 주요지점에서 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량이 흐를 경우 유속 및 수위변화를 비교, 평가

지점	유역면적 (km ²)	유량(m ³ /s)			
		풍수량 (95일)	평수량 (185일)	저수량 (275일)	갈수량 (355일)
금강하구둑	9,912	198.570	108.760	72.870	47.750
규암수위표	8,328	166.830	91.380	61.230	40.120
공주수위표	7,210	144.450	79.120	53.010	34.740
매포수위표	4,940	98.730	54.200	36.320	23.800

자료: 금강수계 하천기본계획(2011.8)

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

1. 경계조건

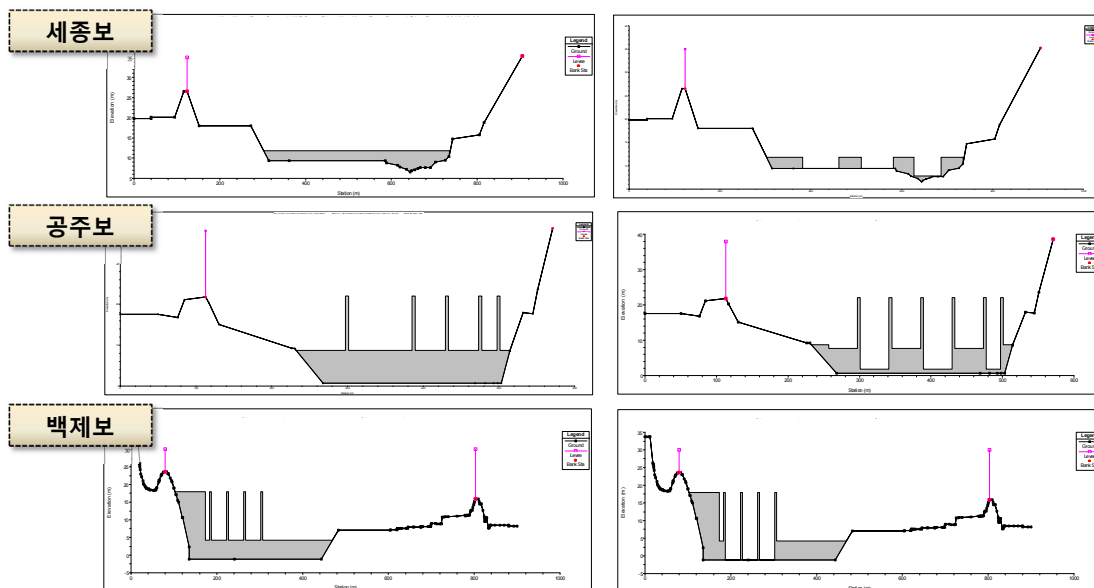
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



10

하천단면 및 구조물 반영

- 준설계획 단면 및 보 구조물 3개소 제원 및 조건을 반영



금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

2. 분석조건

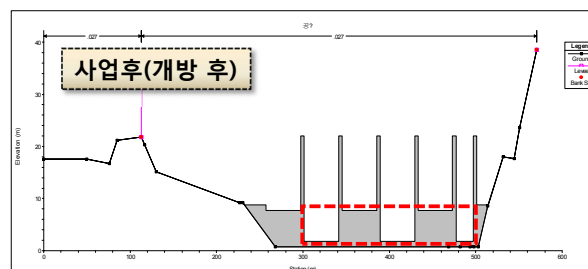
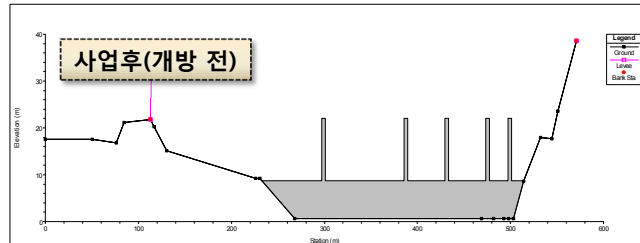
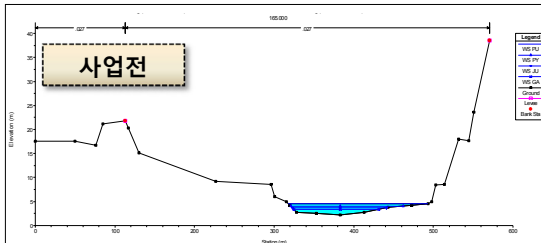
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



11

유량 및 보 구조물 조건

- 4대강 사업전 조건과 사업 후 수문 개방 전,후의 유속과 수위변화를 유량 조건별 검토



금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

3. 분석결과

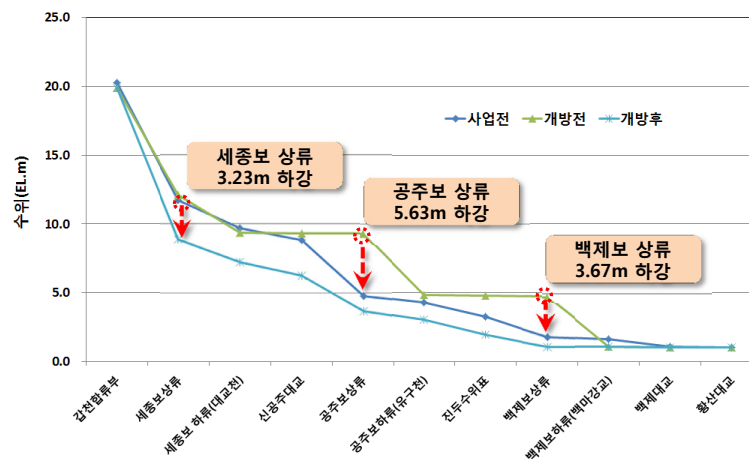
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



12

① 풍수량 조건(수위변화)

- 4대강 사업으로 건설된 보 구조물로 사업 전에 비해 수위 상승 발생
- 사업전에 비해 공주보 지점에서 4.55m, 백제보 지점에서 2.94m 수위 상승
- 수문 개방시 세종보 상류에서 3.23m, 공주보 상류지점에서 5.63m, 백제보 상류지점에서 3.67m 수위 하강 발생



풍수량 조건 시 수위 변화

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

3. 분석결과

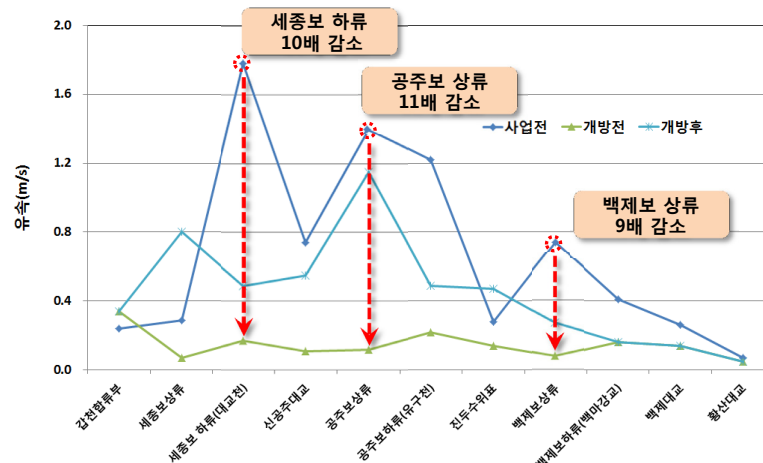
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



13

① 풍수량 조건(유속변화)

- 금강유역에는 11개 지점의 평균유속은 사업전 0.68m/s에서 사업 이후 수문 개방전 0.15m/s, 수문 개방시 0.45m/s로 변화
- 4대강 사업으로 인해 보 상하류 유속은 10배 이상 느려졌으며, 수문 상시 개방시 사업전 유속의 60% 이상 확보 가능



풍수량 조건 시 유속 변화

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

3. 분석결과

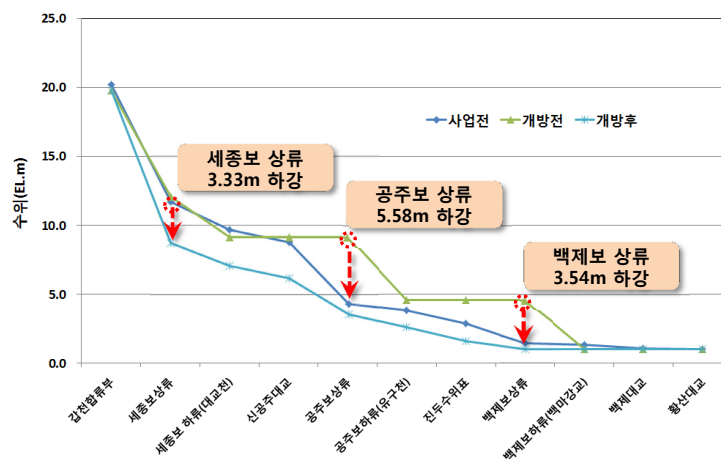
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



14

② 평수량 조건(수위변화)

- 평수량 조건시 사업으로 공주보 지점에서 4.84m, 백제보 지점에서 3.11m 수위 상승
- 수문 개방시 세종보 상류에서 3.33m, 공주보 상류지점에서 5.58m, 백제보 상류지점에서 3.54m 수위 하강 발생



평수량 조건 시 수위 변화

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

3. 분석결과

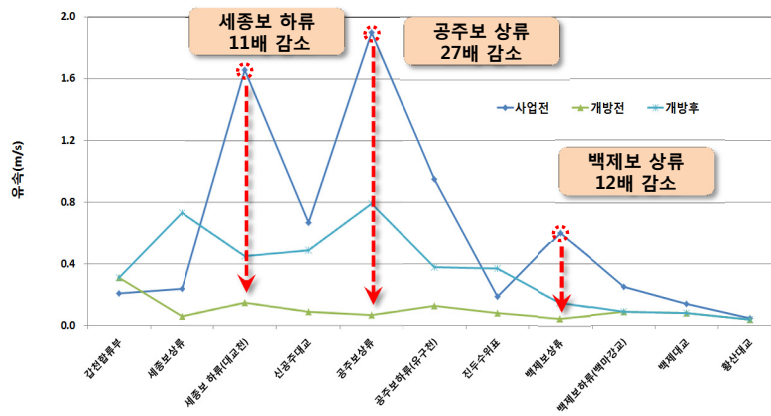
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



15

② 평수량 조건(유속변화)

- 금강유역에는 11개 지점의 평균유속은 사업전 0.62m/s에서 사업 이후 수문 개방전 0.10m/s, 수문 개방시 0.35m/s로 변화
- 4대강 사업으로 인해 보 상하류 유속은 11배 이상 느려졌으며, 특히 공주보 상류 지점은 27배까지 느려진 것으로 평가



평수량 조건 시 유속 변화

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

3. 분석결과

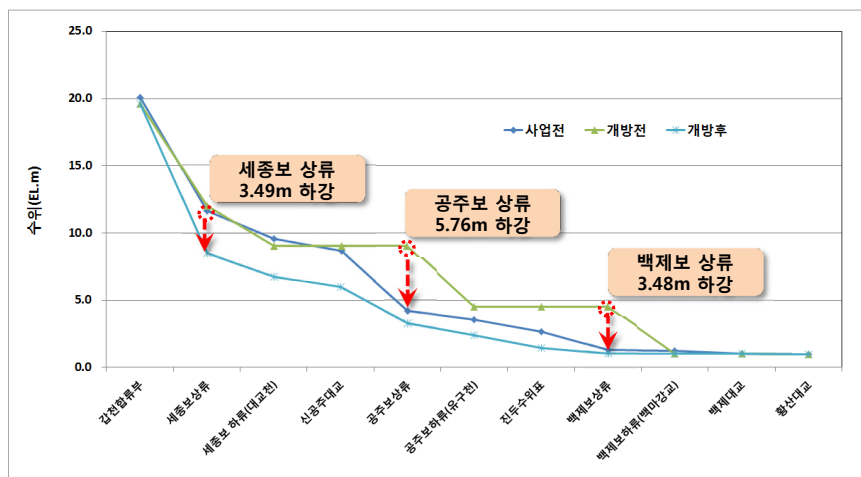
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



16

③ 저수량 조건(수위변화)

- 평수량 조건시 사업으로 공주보 지점에서 4.84m, 백제보 지점에서 3.20m 수위 상승
- 수문 개방시 세종보 상류에서 3.49m, 공주보 상류지점에서 5.76m, 백제보 상류지점에서 3.48m 수위 하강 발생



저수량 조건 시 수위 변화

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

3. 분석결과

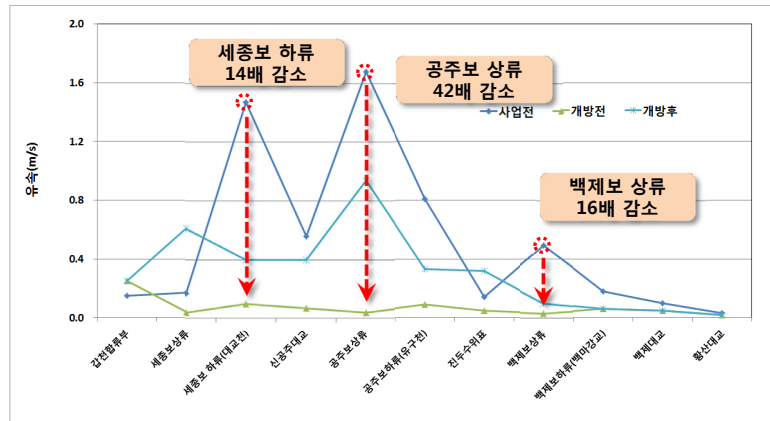
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



17

③ 저수량 조건(유속변화)

- 금강유역에는 11개 지점의 평균유속은 사업전 0.53m/s에서 사업 이후 수문 개방전 0.07m/s, 수문 개방시 0.32m/s로 변화
- 4대강 사업으로 인해 보 상하류 유속은 14배 이상 느려졌으며, 특히 공주보 상류 지점은 42배까지 느려진 것으로 평가



저수량 조건 시 유속 변화

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

3. 분석결과

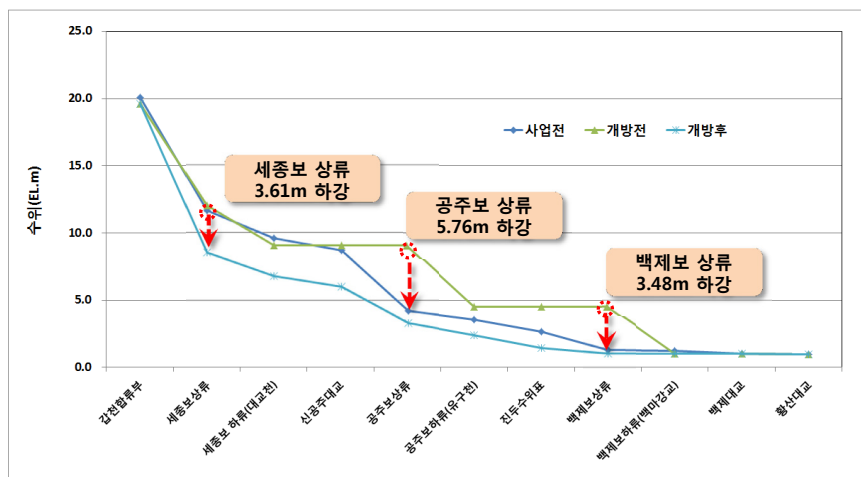
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



18

④ 갈수량 조건(수위변화)

- 평수량 조건시 사업으로 공주보 지점에서 4.84m, 백제보 지점에서 3.27m 수위 상승
- 수문 개방시 세종보 상류에서 3.61m, 공주보 상류지점에서 5.82m, 백제보 상류지점에서 3.41m 수위 하강 발생



갈수량 조건 시 수위 변화

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

3. 분석결과

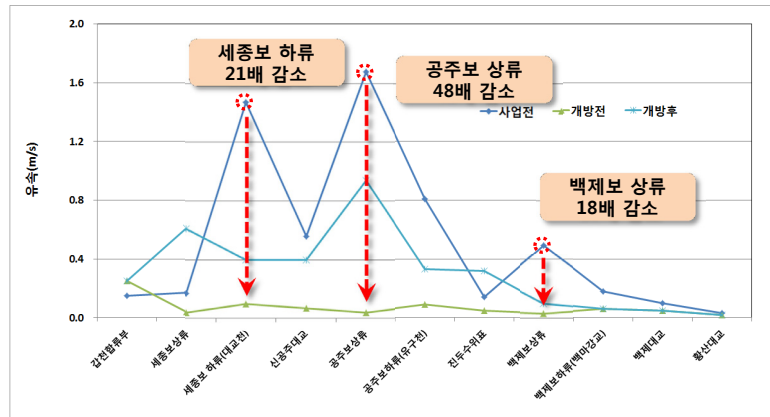
4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



19

④ 갈수량 조건(유속변화)

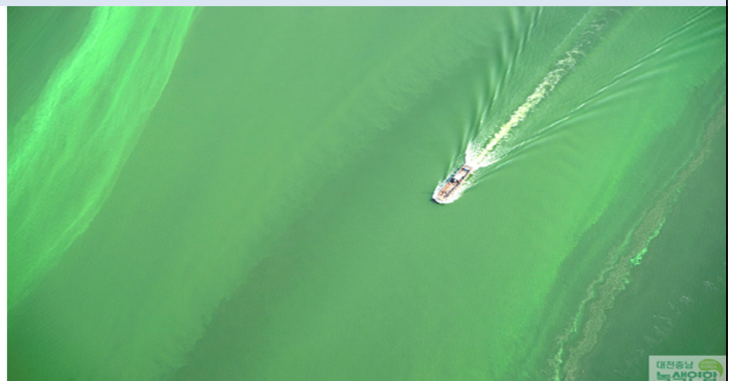
- 금강유역에는 11개 지점의 평균유속은 사업전 0.46m/s에서 사업 이후 수문 개방전 0.05m/s, 수문 개방시 0.28m/s로 변화
- 4대강 사업으로 인해 보 상하류 유속은 18배 이상 느려졌으며, 특히 공주보 상류 지점은 48배까지 느려진 것으로 평가



갈수량 조건 시 유속 변화

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

IV. 결 론



1. 4대강사업 이후 변화

4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



21

조건별 수리학적 특성변화

- 4대강 사업으로 변화된 금강의 수리학적 특성을 평가하기 위해 유량조건에 따른 주요 지점의 수위 및 유속변화를 HEC-RAS 모형을 이용해 모의

수위변화

- 금강에 설치된 3개의 보 구조물로 **사업 전에 비해 2~4m 이상 수위 상승**
- 보 상시 개방 시 1~5m 이상 수위 하강 발생**

유속변화

- 보를 이용한 관리수위 유지 시 **사업 전에 비해 10배 이상 유속이 감소하고, 갈수시에는 0.1m/s 이하로 느려짐**
- 특히 **공주보 상류**에서는 유량조건이 갈수기인 경우 **최대 42배까지 느려져 0.03m/s 정도의 유속 발생**
- 수문 상시 개방시 유속은 유량조건에 따라 3배에서 20배까지 증가**

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

1. 4대강사업 이후 변화

4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



22

4대강사업 조사평가 보고서(2014.12)

4대강사업 조사평가 보고서

2014. 12. 23

4대강사업조사평가위원회

○ 보 설치에 따른 유속 및 하상 조사

- 보를 설치함으로 인해서 발생하는 하천의 정채현상은 하천 흐름특성 변화의 가장 부정적인 요소가 될 수 있는데, 보 상, 하류의 유량관측소 자료를 이용한 수위-유량관계를 분석한 결과 한강의 강천보 상류를 제외하고는 모두 배수 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 이는 보에 의하여 저류되어지는 관리수위에 영향을 받아 같은 수위에서도 유속이나 유량은 적게 나타나게 되어 체류시간이 길어지게 되는 것으로 판단됨.
- 보가 설치되어진 본류뿐만 아니라 본류에 가까운 지류의 일부 구간에서도 배수영향을 받는 것으로 나타났는데, 하천의 하도경사가 완만할수록 그 영향은 클 것으로 예측되어 배수영향을 받는 지역 내의 유량관측소의 운영에도 적절한 대책이 필요할 것으로 판단됨.
- 수문 개방에 따른 유속분포를 분석하기 위하여 승강식 보 중에서 평상 시 하류수심이 얕은 공주보를 대상으로 3차원 수치모의를 수행하였는데, 최대유속 7.52m/sec는 수문을 통과할 때 발생하였으며, 하류의 end sill을 통과하면서 유속이 감소하는 것으로 분석됨.
- 평수 시 수문 방류 후 유속의 공간패턴을 분석한 결과, 하류단에서 와류가 발생하고 승강식 수문의 경우에는 특히 강한 유속으로 인해 하상에서 침식이 발생할 수 있는 것으로 나타났는데, 현장조사 결과 강정고령보, 창녕함안보, 합천창녕보, 공주보 등의 하류에 이러한 이유로 발생된 것으로 추정되는 세굴이 포착되었음.
- 보 구간에서의 평수 시 유속조사 결과, 대부분의 보에서 수문 개도 전 유속은 0.2m/sec 미만으로 나타났으며, 금강과 낙동강의 경우는 조사가 이루어진 구간 모두 0.1m/sec에도 미치지 못하였는데 조사지점이 하류에 위치한 보의 영향을 가장 적게 받는 상류임을 감안할 때 보에 가까워질수록 그 유속은 더욱 감소할 것으로 추정되어 보가 건설되어진 하천 구간은 거의 정체되어 있는 것으로 판단됨.

2. 금강의 녹조 개선방안

4대강사업 전·후 금강의
수리학적 특성변동에 관한 연구



23

::가동보 상시 개방은

- 보 건설 이후 정체된 흐름을 **최소 3배 이상 빠르게 발생** 가능하게 할 수 있으며,
- 유속 증가는 금강에서 몇 년간 발생하고 있는 녹조 문제, 보 상류 퇴적현상, 용존산소 부족으로 인한 물고기 폐사 등 많은 **문제점을 즉시 해결**할 수 있는 방안

금강에서 발생하고 있는 문제해결을 위해
관리수위 유지를 포기하고, 가동보 수문 상시개방 추진



사진자료: 연합뉴스



사진자료: SBS뉴스

금강 녹조 개선방안 마련을 위한 정책 토론회

**펄스방류에 따른
생태적인 충격현상과 예방**

금강유역환경회의 유진수 사무처장





생태계 변화관찰

- 금강 본류의 구조적·생태적 환경변화 조사·평가
- 조사구간 : 금강 본류 및 지류
 - 5개 구간 시민단체 참여 조사(총 128km)
- 조사주기
 - 월 1회 이상
 - 하천 및 천변 생태계 이상현상 발생시 추가 조사
 - 1일 상시 조사 추가(4차년도)
- 조사방법
 - 구간별 현장조사, Check List에 따라 사진촬영 등 현장기록
 - 구간별 대표 생물군락, 각종 특이 사항, 지형 등을 배경으로 동일 장소·지점에서 반복적으로 촬영 및 기록

〈생태계 변화관찰 조사구간〉



5

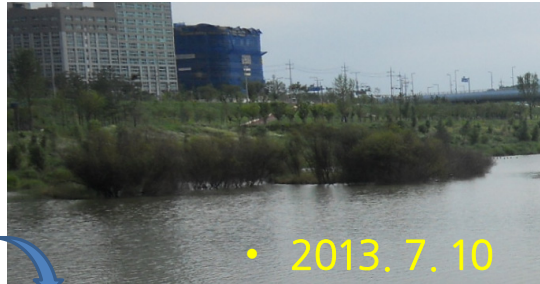
Ⅱ 구역 <세종>



- 세종보 상류 우안 하중도 버드나무 전체 고사로 벌목
- 보 수위 유지로 인한 하천습지 식생 훼손

6

버드나무 수종 고사



7

III구역 <공주 · 청양>



- 공주보 상류 정체수역 부레옥잠 부패로 오염 및 악취 발생
- 쌍신공원 정체수역 2015년 처음 큰빛이끼벌레 출현 관찰

8

Ⅲ구역 <공주 · 청양>



- 공주보 상류 정체수역, 지류 오염 심각, 녹조저감시설 가동
- 전구간에 걸쳐서 수질은 탁하고 누런색, 악취 발생

9

Ⅲ구역 <공주 · 청양>



- 공주보 아래 바닥보호공이 침식 쇄굴로 바닥이 가라앉고, 바닥 균형이 균일하지 않음.
- 3개소 동공 콘크리트로 메꾸는 보강공사, 추가 수질 영향

10

Ⅳ구역 <청양 · 부여>



- 호암교 아래 좌안 보수공사 후 침식 사석 유실 재발생
- 부여 규암면 진변리 자전거도로 아스콘 침하 파손 발생

11

Ⅳ구역 <청양 · 부여>



- 부여 금천 합수부 조류 사체 부유 및 전구간 악취 발생
- 호암리 지천 상류부근 둔치 호안 역행침식 진행 중

12

생태계 종합 보고



- 정체수역으로 수질악화, 저수지화, 마름 정착, 외래 유입동식물 확산, 버드나무 고사, 식재지 초지화, 악취 증가, 낚시객 증가, 녹조 발생, 보시설 쇠굴 침하, 수로 및 침식 호안 재공사, 경작 재개, 둔치시설 파손 등 지속적 반복 진행 상태

13

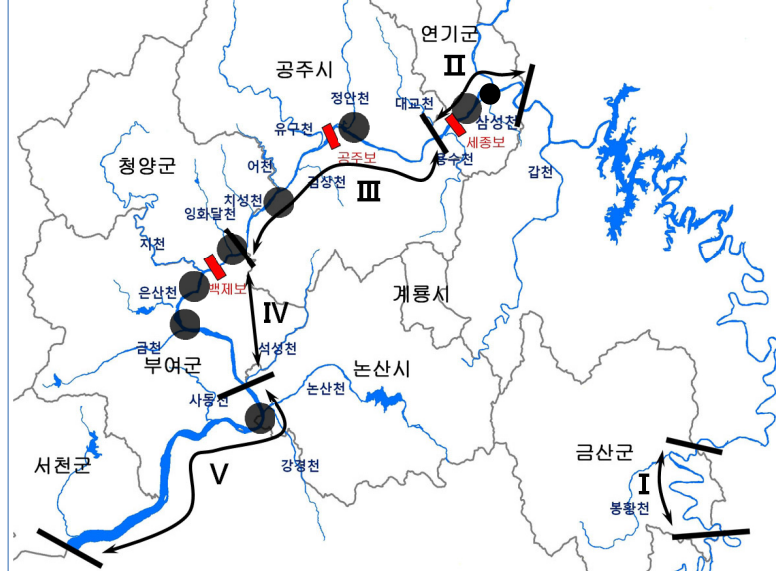
금강 민물고기 폐사



14

생태계 종합 보고

수목 고사 - 보상류, 하중도 수위 상승으로 침수



17

생태계 종합 보고

모래톱 훼손 및 침수-합류점 하류 중상과 만곡부



18

생태계 종합 보고

정체수역 - 정수성 식물 확산



19

생태계 종합 보고

녹조 대규모 발생



20

생태계 종합 보고



21

세종보, 공주보, 백제보



22

세종보 고장 수리



(2012. 3. 28)



(2012. 3. 28)

- 세종보 유압실린더 고장으로 수문여닫는 잠수부 항시 대기

23

세종보 고장 수리



(2016. 7. 10)



(2016. 9. 22)

- 유압호스 터져 기름 유출
- 유압실린더 토사 제거
- 세종보 가동보 시설 4년 연속 고장으로 누수 재발생 등으로 잠수부 동원하여 점검수리 반복 지속

24

공주보 상류 불티교



- 공주보 수문 개방 : 불티교 아래 좌안 보트 접안 시설 주변
- 불티나루 상류 우안 호안 침식 쇄굴 지속 발생

25

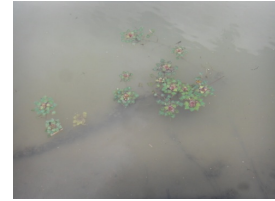
공주보 상류



- 고마나루 선착장 주변
- 뽕층 형성 , 큰빛이끼벌레 , 정수성수생식물 마름 서식

26

공주보 상류



- 고마나루 선착장 주변
- 뽕층 형성, 큰빛이끼벌레, 정수성수생식물 마름 서식

27

공주 새들목 수로



(2016. 7. 07)



(2016. 7. 14)

- 새들목 하중도 주변 수로 보 수문 개방으로 수위 변동

28

공주 새들목



(2016. 7. 07)

- 공주보 상류 새들목 장마시



(2016. 7. 14)

- 공주보 수문 개방시

29

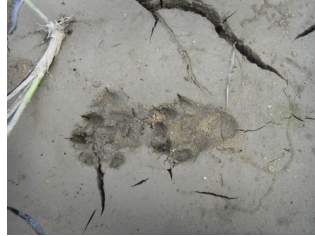
공주 새들목



- 공주보 상류 새들목 하중도 주변 뿔층 형성 (2016. 7. 14)

30

공주 새들목 주변



- 펄조개, 말조개 폐사 , 큰빛이끼벌레 사체
- 천연기념물 수달 은신처 나출

31

공주 새들목 주변



- 펄조개, 말조개 , 큰빛이끼벌레 서식

32

공주 새들목 주변



- 정수성 수생식물 마름, 큰빛이끼벌레 서식

33

공주 새들목 주변



- 민물담치 서식 발견 및 수위 하강으로 일부 폐사 진행
- 담수패류 중에서 족사를 내어 몸을 고정시키는 유일한 종

34

공주보 상류



- 고마나루 선착장 주변, 뿔층에 정수성식물 마름 서식
- 자라 폐사, 펄조개, 말조개 서식 확인, 펄조개 일부 폐사

35

공주보 상류



- 수상공연장 하상 뿔층 형성
- 오탁방지막, 녹조저감 버블기 가동 중단 및 방치

36

공주보 수상공연장



- 수상공연장 자라(보호종, 포획금지종) 폐사 발생
- 녹조저감 버블기 가동 중단 및 큰빛이끼벌레 대량 확산

37

공주보 상류



- 수상공연장 하상 검은 빨충 형성
- 수상공연장 주변 큰빛이끼벌레 수중 및 하상에 서식

38

공주보 상류



- 공주보 상류 보에 근접할 수록 하상 쇄굴로 경사가 심해짐
- 배수관에 큰빛이끼벌레 서식, 조개 폐사 직전, 자라 나출

39

공주보 상류



- 공주보 상류 수문 개방으로 조개류, 자라 폭염에 노출
- 하상 빨충 형성 및 쇄굴 발생, 물고기 폐사체 잔존

40

공주보 상류



(2016. 7. 07)



- 공주보 수문 개방 전 모습 (2016. 1. 20)

41

공주보 상류



- 공주보 수문 개방 모습 (2016. 7. 12)
- 공주보 상류 좌안 수위 하강으로 인공 어도 기능 상실

42

충격 예방 방안

수문 상시 개방 및 보 시설 일부 철거

펄스 방류 녹조 제거 효과 검증

동·식물 수위 적응 시간

유수성 생태계 변화로 복원

- 2016년 7월~8월에서 3~4일에 1회씩 펄스 방류
- 녹조 배출로 금강 하구 주민 피해 발생 호소
- 야간 및 새벽시간 수량, 수위 급변동에 따른 악영향
- 생물종별 산란시기를 고려한 수문 개방 시기 조절
- 상시적인 유속을 얼마로 유지할 것인가?
- 계절별, 시기별 수위를 얼마로 유지할 것인가?

43

충격 예방 방안

- 수문 개방시, 평상시 어도 효용성 재평가 개선
- 수위 하강시 하상 적체 폐기물 수거 처리 방법
- 생물종 잠자는 시간 또는 이동시간 부족
- 폭염에 대한 어린생물종 등 대피 시간 부족
- 수문 개방시 하상의 생물 피난처, 은신처, 산란처 확보 방안 마련 필요
- 세종보, 공주보, 백제보, 금강하구둑 갑문 연계 운영 대책 수립 및 운영기구 설치

44



감사합니다

