

2014 한국수자원학회 학술발표회 기획세션

금강구역의 흐름 특성과 수질개선방안

2014. 5. 15

대전대학교 토목공학과 허 재영

목 차

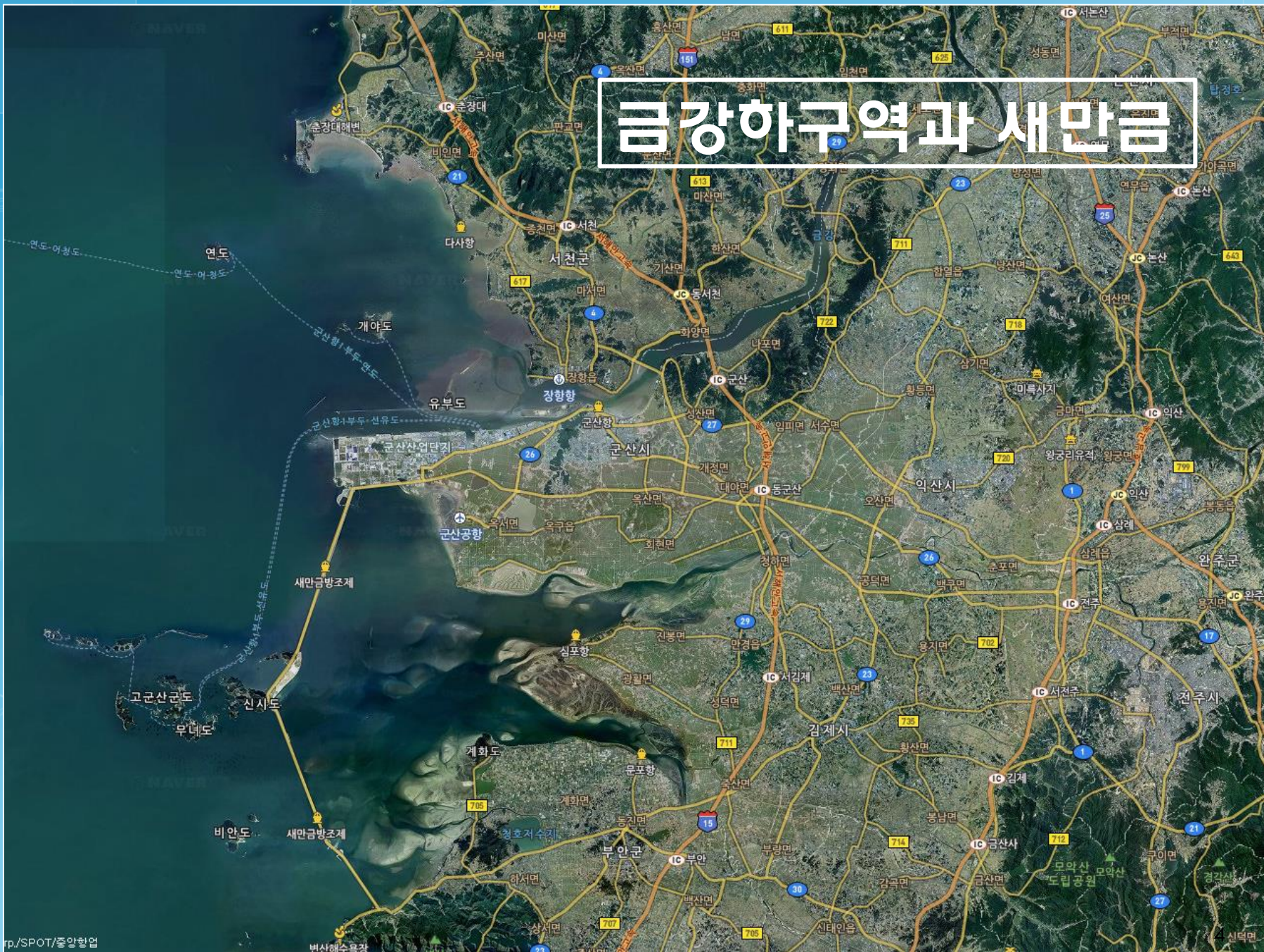
1.금강하구역의 실태

2.금강하구역의 수질개선방안

3.논의

1. 금강 하구역의 실태

금강하구역과 새만금



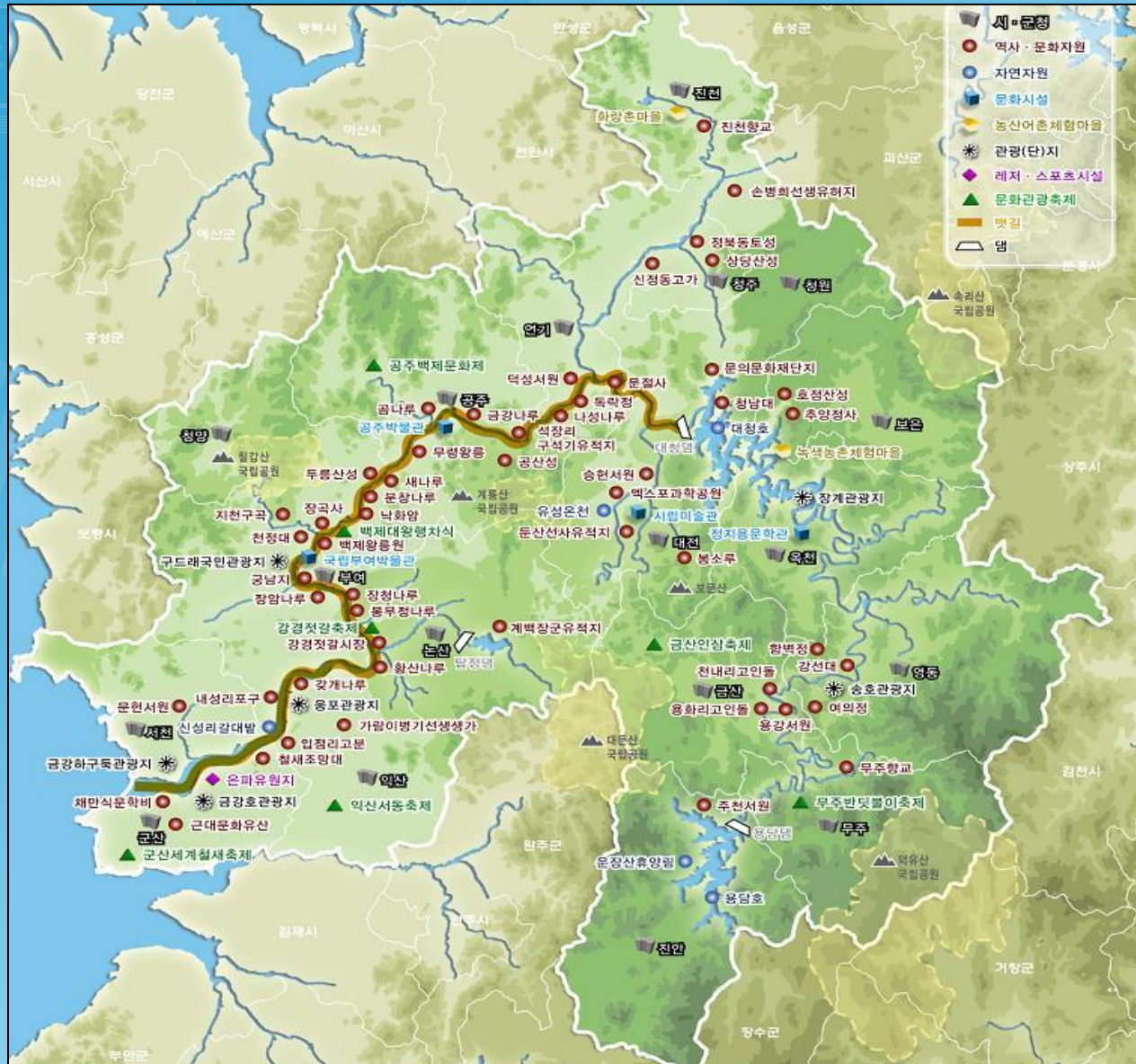
금강하구역 개발 연혁

사업명	공사 기간
금강 하구둑	83. 11 ~ 88. 12
금강 하구둑 운영	94. 08 ~
북측 도류제	90. 08 ~ 97. 10
남측 도류제	92. 11 ~ 98. 12
군장산단 서측호안	93. 05 ~ 00. 05
북방파제	98. 02 ~ 04. 11
내항 투기장	~ 06. 12
남방파제	06. 09 ~ 09. 12

하구역 지형 및 수심



금강과 금강하구둑



유로연장 : 395km
 유역면적 : 9,810km²
 발원지 : 전북 장수군
 장수읍 수분리

강경에서부터 충남과
 전북의 도계를 이루며
 서해로 흘러 들어감

하구둑(1단계)[금강 1지구 사업]

- 위치 : 군산시 성산면, 서천군 마서면
- 연장 : 1,841m(방조제 1,127m , 배수갑문 714m)
- 배수갑문 : 20련($30 \times 10.3\text{m}$), 담수량 : 138백만 m^3
- 사업기간 : 1983.11 ~ 1990. 10
- 사 업 비 : 1,010억원

용수이용시설(2단계)[금강2지구사업]

- 총사업비 : 8,243억원(1989~2014/2013년까지 85%)
- 사 업 량 : 용수로 610km, 양수장 13개, 배수장 4개,
경지재정리 16,251ha

금강호 이용 계획

- 구역 : 2개도 6개시군 (군산, 익산, 김제, 완주, 서천, 부여)
- 물리면적 : 43,000ha : 전북 35,786ha(83%)
충남 7,214ha(17%)
- 용수공급 : 365백만톤/년(농업:244백만톤, 공업:121백만톤)

※ 2012년 기준(금강전체) 공급실적

: 393백만톤/년 (농업:354백만톤, 공업:39백만톤)

※ 2009년 기준(금강호) 공급실적

: 206백만톤/년 (농업:244백만톤, 공업:29백만톤)

(전북 172.6백만톤, 충남 28.0백만톤)

금강호 조성목적

- 수자원확보 (농 · 공업용수)
- 서해 조위 차단으로 침수 및 염해방지
- 도로 및 철도를 통한 육운 개선
- 호반조성에 따른 관광자원 창출(수변공원, 철새도래지)

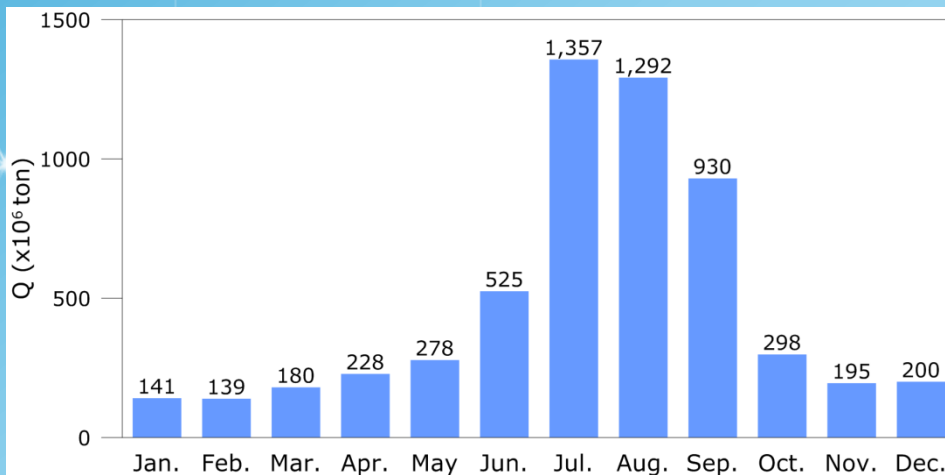
하구둑 운영 현황

하구둑 방류량 (1995~2012년)

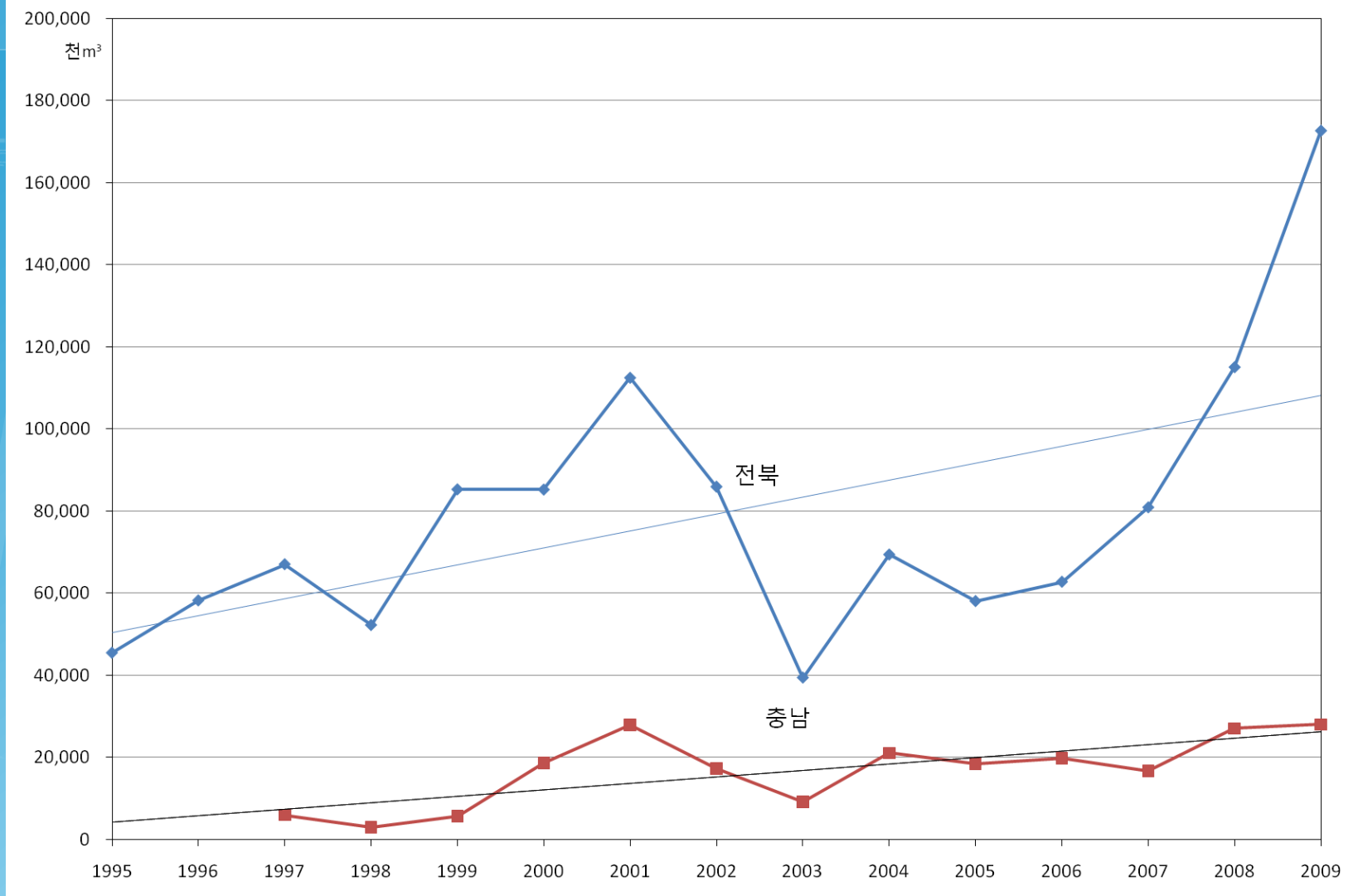
(단위 : 10^6 ton)

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	연간
방류량	141	139	180	228	278	525	1,357	1,292	930	298	195	200	5,736
방류 회수	10	9	12	14	17	20	36	37	28	16	13	12	224
총방류시간	23	21	29	36	45	65	145	145	107	41	29	29	715
1회 방류시간	2.3	2.3	2.4	2.6	2.6	3.3	4.0	3.9	3.8	2.6	2.2	2.4	3.2

월평균 하구둑 방류량 (1995~2012년)



- 연평균 방류량 : $5,763 \times 10^6$ ton
- 갈수기(2월) 방류량 : 139×10^6 ton
- 우기(6~9월) 방류량 : $4,104 \times 10^6$ ton



금강호의 용수공급 차이

하구둑 주변의 하상지형변화

연평균 토사 퇴적량

군산지방해양항만청 조사자료에 의하면

하구둑~군산내항 8.4cm/년

군산내항~장항항 13.0cm/년

국토해양부(4대강 사업본부, 2011년12월)

개야수로 7.7cm/년

하구둑~내항 21.5cm/년

군산내항~장항항 8.5cm/년

도류제 사이 20.2cm/년

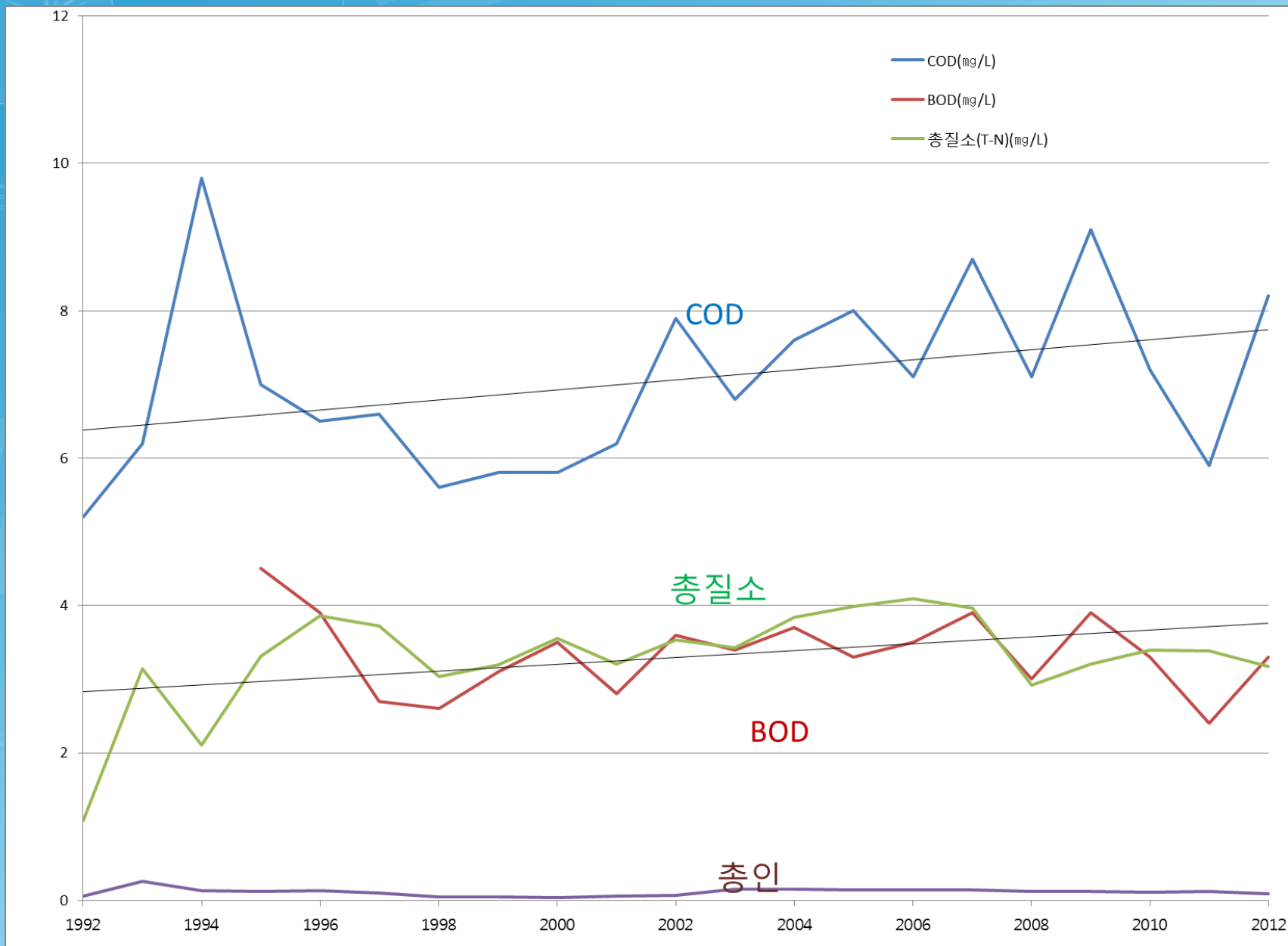
토사퇴적으로 인하여 발생하는 문제점

- 하구내 · 외측 토사퇴적으로 인한 홍수예방 및 항구기능 저하
- 많은 사업비를 들여서 매년 준설을 실시해야 함
- 장항항은 무역항으로서는 1만톤급 2선석의 접안시설을 갖추고 있으나, 토사퇴적으로 5천톤급 정도 접안
- 어항의 경우 토사퇴적으로 기능을 상실하여 이전이 불가피
- 내측에 토사퇴적이 지속될 경우 수위상승으로 인하여 홍수 조절기능 약화
- 문제 해결을 위해 준설할 경우 또 다른 환경오염 피해 발생

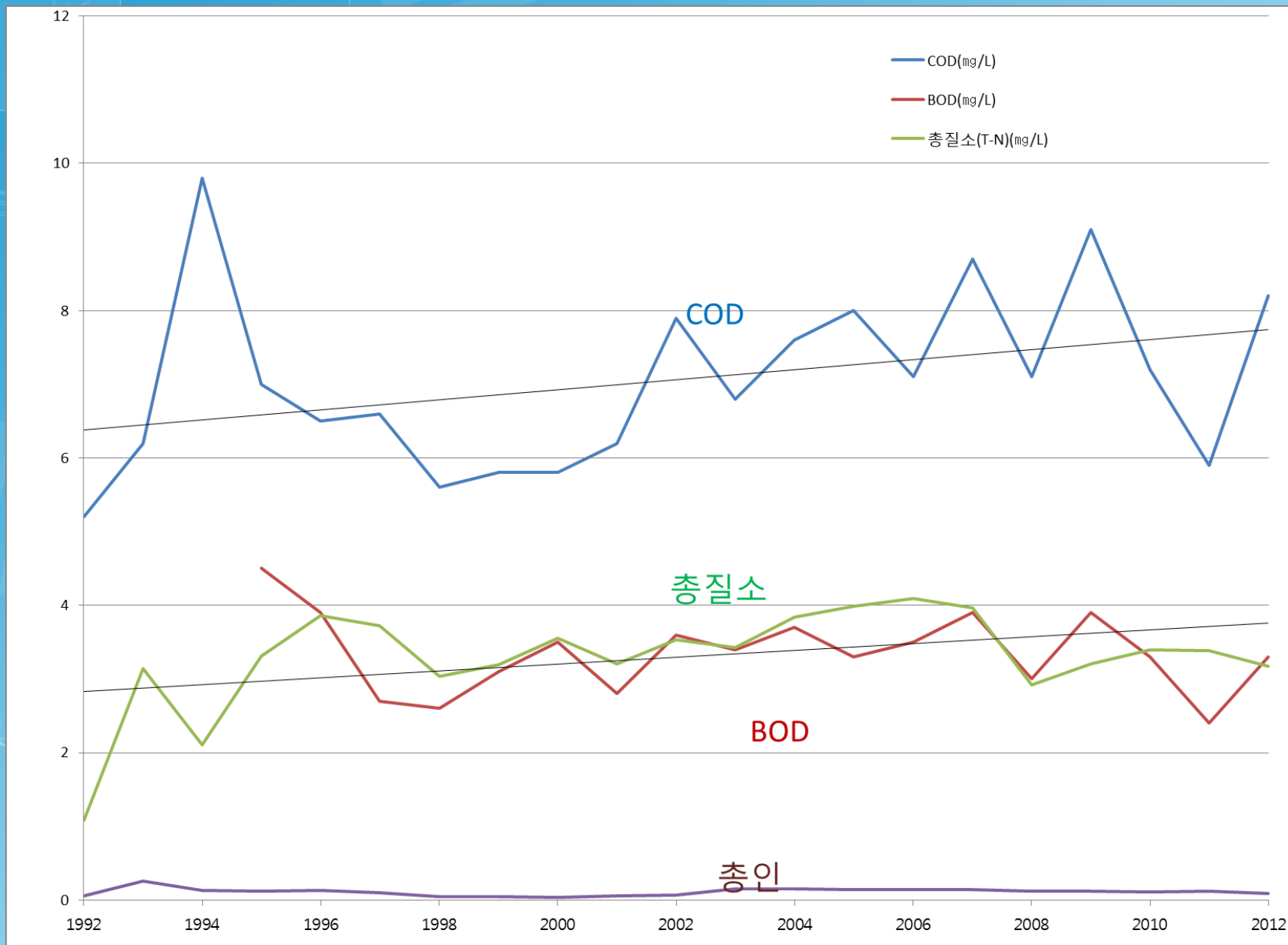
금강호의 수질변화(환경부 자료)



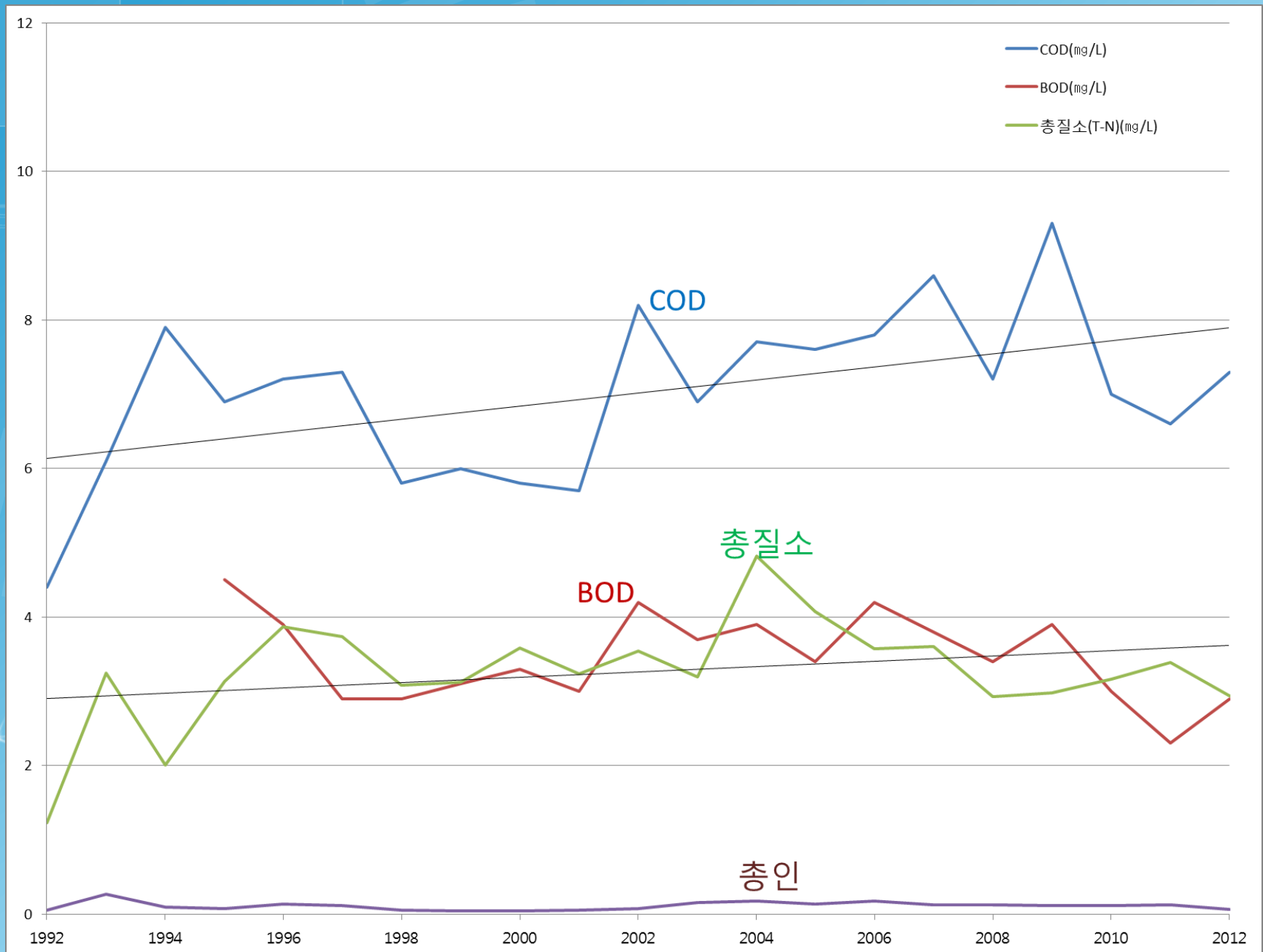
금강하구호 수질 측정지점



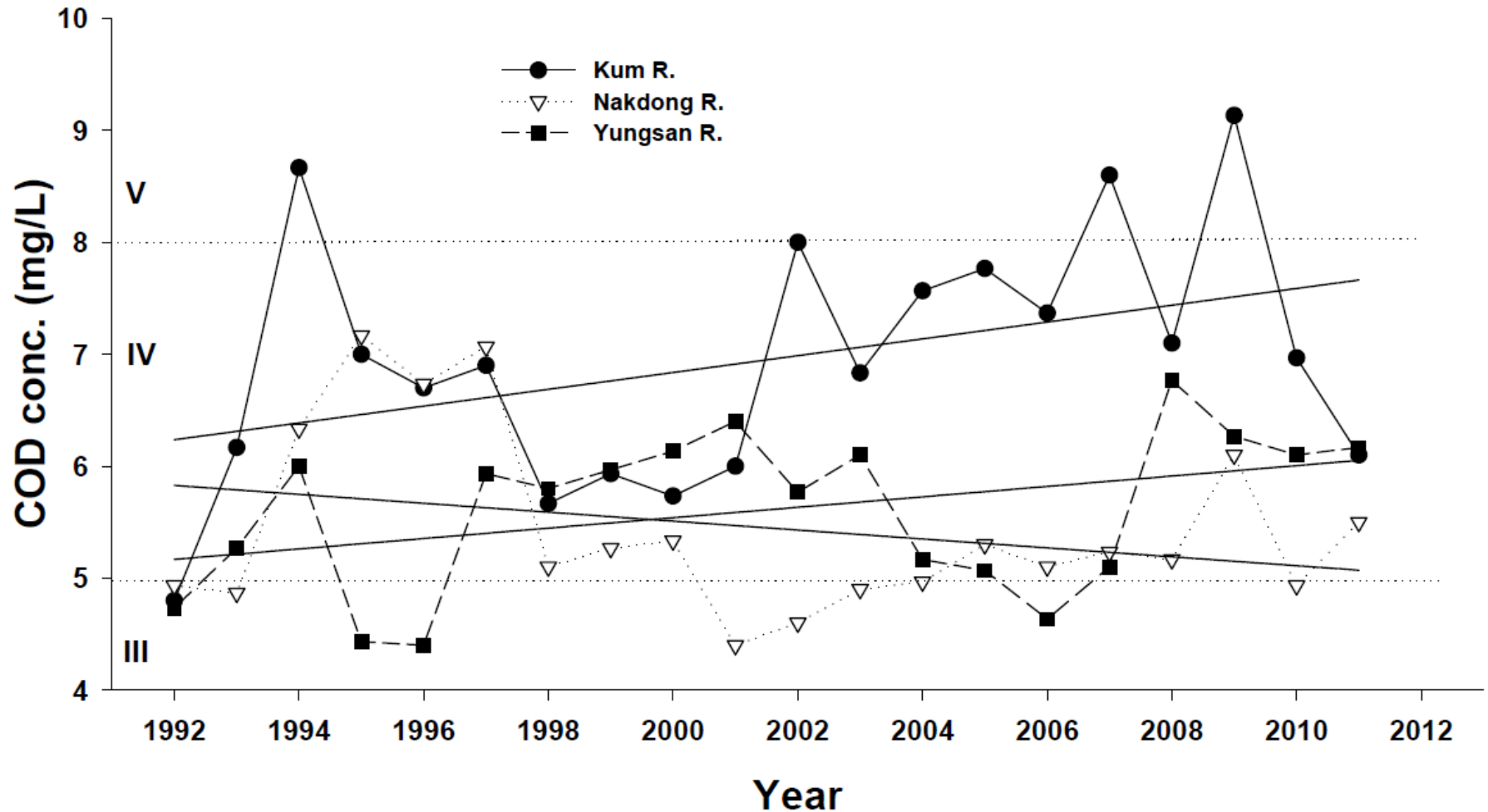
금강하구호 수질변화 추이(금강 하구호 1지점)



금강하구호 수질변화 추이(금강 하구호 2지점)



금강하구호 수질변화 추이(금강 하구호 3지점)



금강하구둑, 낙동강 하구언, 영산강 하구언의 수질 비교
(자료 : 국토부, 2011)

금강하구역이 가지고 있는 문제점

1. 하구둑으로 인한 금강하구호의 수질악화

- 표층수의 수질(COD)이 지속적으로 악화추세에 있음
- 또한, 하상퇴적물에 의한 지속적 수질악화에 대한 조치가 없음

2. 기수역의 상실로 생태계 변화 및 하구역 수산업의 붕괴

- 뱀의 퇴적 및 김양식장 담수유입량의 감소로 연안어업의 피해 증가
- 출항시 도류제를 우회함에 따라 운항시간 연장 및 유류비 증가

3. 하구둑 내 · 외측 토사퇴적으로 인한 홍수예방 및 항구 기능약화

- 많은 사업비를 들여서 매년 준설을 실시해야 함
- 장항항은 무역항으로서는 1만톤급 2선석의 접안시설을 갖추고 있으나, 토사퇴적으로 5천톤급 정도 접안

4. 하구역 관리상의 문제점

현재 금강하구의 관리체계는 국토해양부(하천관리), 해양수산부(연안관리), 농림축산식품부(농어촌공사, 용수관리), 환경부(수질관리), 산업통상자원부(에너지관리) 등으로 나누어져 있어서, 종합적인 관리시스템이 없고, 수질관리 및 퇴적층의 관리도 종합적으로 관리되지 않고 있음.

5. 지자체간의 이해관계

하구역과 관련된 지자체(군산시, 서천군)간의 관점차이로 인한 소통의 부족 및 이를 해결하기 위한 상호간의 협력이 필요함.

6. 기타의 문제

- 군장국가산업단지계획과 갯벌보호를 위한 장항국가산업단지계획의 철회
 - 국립생태원, 국립해양생물자원관, 장항국가생태산업단지 조성으로 변경
- 군장국가산업단지의 효과적인 관리를 위한 시설(북방파제)의 건설과 이로 인한 해역의 지형변화(갯벌의 퇴적 가속화)
- 군산 해상신도시 건설로 인한 하구역 균형발전에 대한 저항감
- 북측도류제(유부도 부근) 해상풍력시범단지 조성에 따른 환경변화

- 금강 나룻배 운영에 대한 의견차이(군산시는 반대의 입장)
- 금강하구역 군산시와 서천군간의 공동조사위원회의 구성에 대한 합의 미도출
- 새만금을 포함한 금강하구역에 대한 정부의 종합적인 관리 계획 부재

2. 금강 하구역의 수질개선방안

금강호 문제 해결을 위해 고려해야 할 사항

1. 홍수예방 및 담수이용의 지속성 확보

-금강 하구둑으로부터 얻을 수 있는 고조로 인한 피해의 예방 및 담수 이용(연간 3.6억m³)의 지속성 확보 문제

2. 기수역 회복을 통한 생태계 복원 및 연안어장 강화

3. 수질개선

-날로 악화되는 수질의 개선을 통하여 농업용수의 지속성 확보(하수도 보급률 2010년 현재 전북 80.8%, 충남 64.7%)

(2011 하수도통계, 환경부)

-철새도래지의 지속성확보

-갈대밭의 유지 및 복원문제

4. 토사퇴적의 근본적 문제해결을 통한 수질개선 및 항구의 기능 회복

용수 확보의 지속가능성

부분 해수유통을 하면 용수 확보는 가능할까?

1. 용수 공급(사용)량
2. 용수 공급가능량
3. 부분 해수유통의 방식 및 규모

1. 용수공급량 총괄

월별	농업용수(m³)	공업용수(m³)	새만금 희석용수(m³)	계(m³)
1	0	10,084,000	43,333,340	53,417,340
2	0	10,084,000	43,333,340	53,417,340
3	0	10,084,000	43,333,340	53,417,340
4	11,224,000	10,084,000	43,333,340	64,641,340
5	81,496,000	10,084,000	43,333,340	134,913,340
6	57,096,000	10,084,000	43,333,340	110,513,340
7	40,748,000	10,084,000	43,333,340	94,165,340
8	31,476,000	10,084,000	43,333,340	84,893,340
9	21,960,000	10,084,000	43,333,340	75,377,340
10	0	10,084,000	43,333,340	53,417,340
11	0	10,084,000	43,333,340	53,417,340
12	0	10,084,000	43,333,340	53,417,340
계	244,000,000	121,000,000	520,000,000	885,000,000 (885백만m³)

2. 용수공급 가능량

강경지점 유황표(1997년~2006년)

구분	연도	관측소 명	유역 면적 (km ²)	유 량(m ³ /sec)						연총량 (백만m ³)
				최대	평수	저수	갈수	최소	연평균	
평균				4,193.3	566.1	447.9	223.8	451.0	637.5	20,604.3
1	1997	강경	9,293.7	3,553.0	691.5	603.3	429.2	264.8	733.6	23,133.7
2	1998	강경	9,293.7	6,446.1	731.1	673.6	517.9	426.4	841.3	26,531.6
3	1999	강경	9,293.7	3,075.6	649.9	492.6	89.4	999.0	683.9	21,212.5
4	2000	강경	9,293.7	6,697.9	492.5	357.3	192.6		610.5	19,303.7
5	2001	강경	9,293.7	1,303.2	513.7	374.5	161.5		611.7	19,290.6
6	2002	강경	9,293.7							21,651.3
7	2003	강경	9,293.7							23,363.9
8	2005	강경	9,293.7	3,752.2	498.7	414.5	167.7	114.0	498.8	15,730.8
9	2006	강경	9,293.7	4,525.4	385.5	219.8	8.3	0.0	482.7	15,220.9

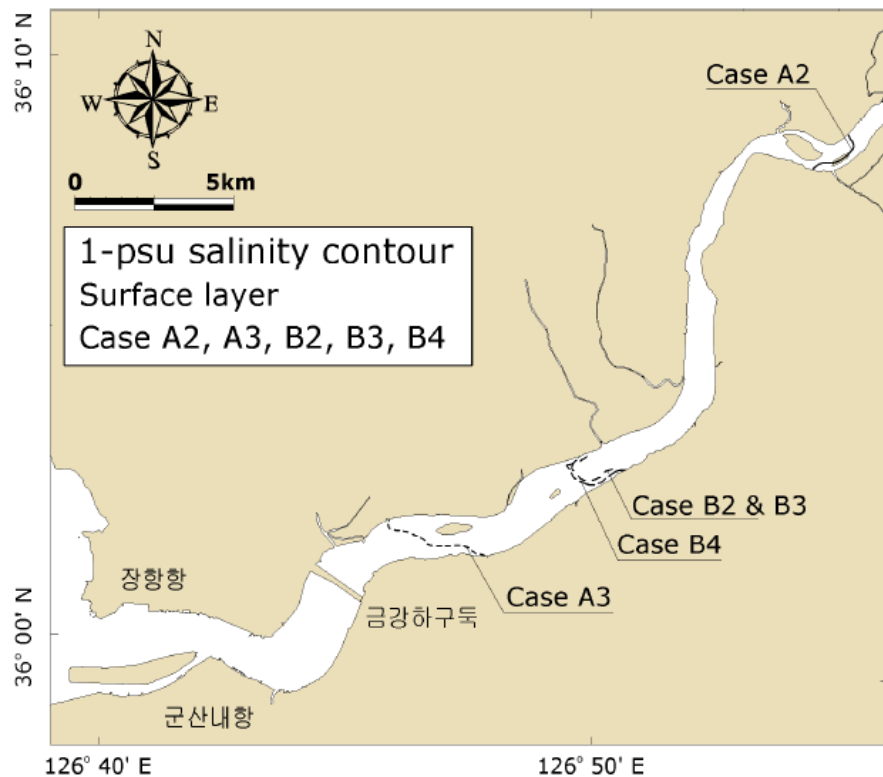
3. 부분 해수유통의 방식 및 규모

국토부의 검토안(2011)

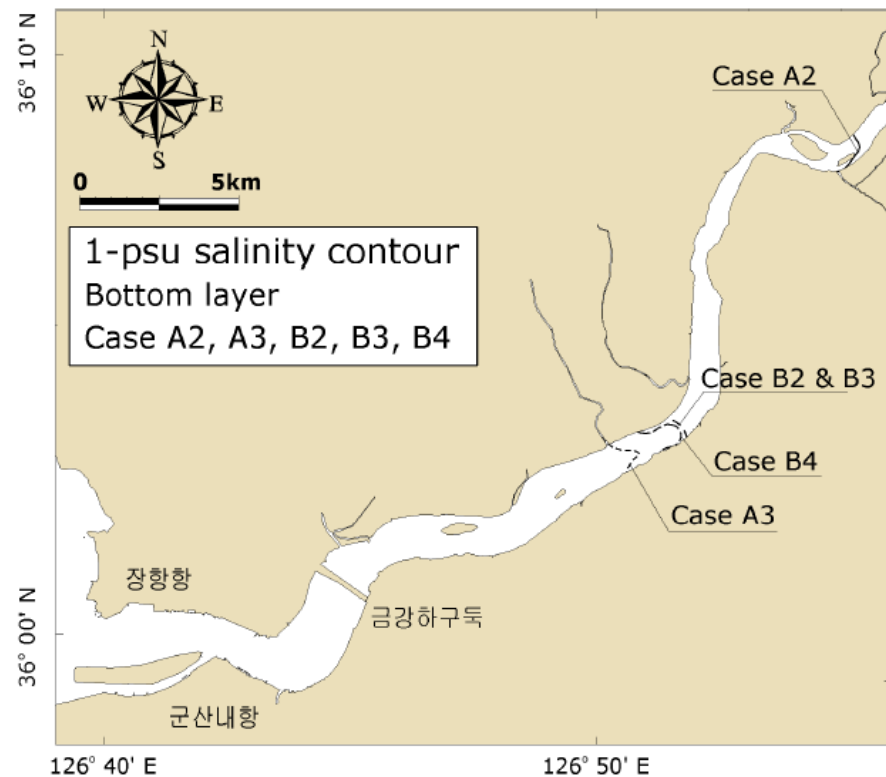
<표 4-1-5> 예측 실험안

구분	실험안	해수유통	수문위치	개방 문수(런)	내용
군산측 수문 유지	A1 A1F	×	군산측	유출 20	담수 유출, 해수유통 없음
	A2	●		유출 20, 유입 20	상시 해수유통
	A3	△		유출 20, 유입 5	부분 해수유통
서천측 수문 증설	B1 B1F	×	군산측 서천측	유출 20 유출 10	담수 유출, 해수유통 없음
	B2	△	군산측 서천측	유출 20, 유입 5 유출 10	군산측 부분 해수유통
	B3	△	군산측 서천측	유출 20 유출 10, 유입 5	서천측 부분 해수유통
	B4	△	군산측 서천측	유출 20, 유입 5 유출 10, 유입 5	군산 및 서천측 부분 해수유통

※ × : 해수유통 없음, ● : 상시유통, △ : 부분유통, A1F, B1F : 홍수시 실험안

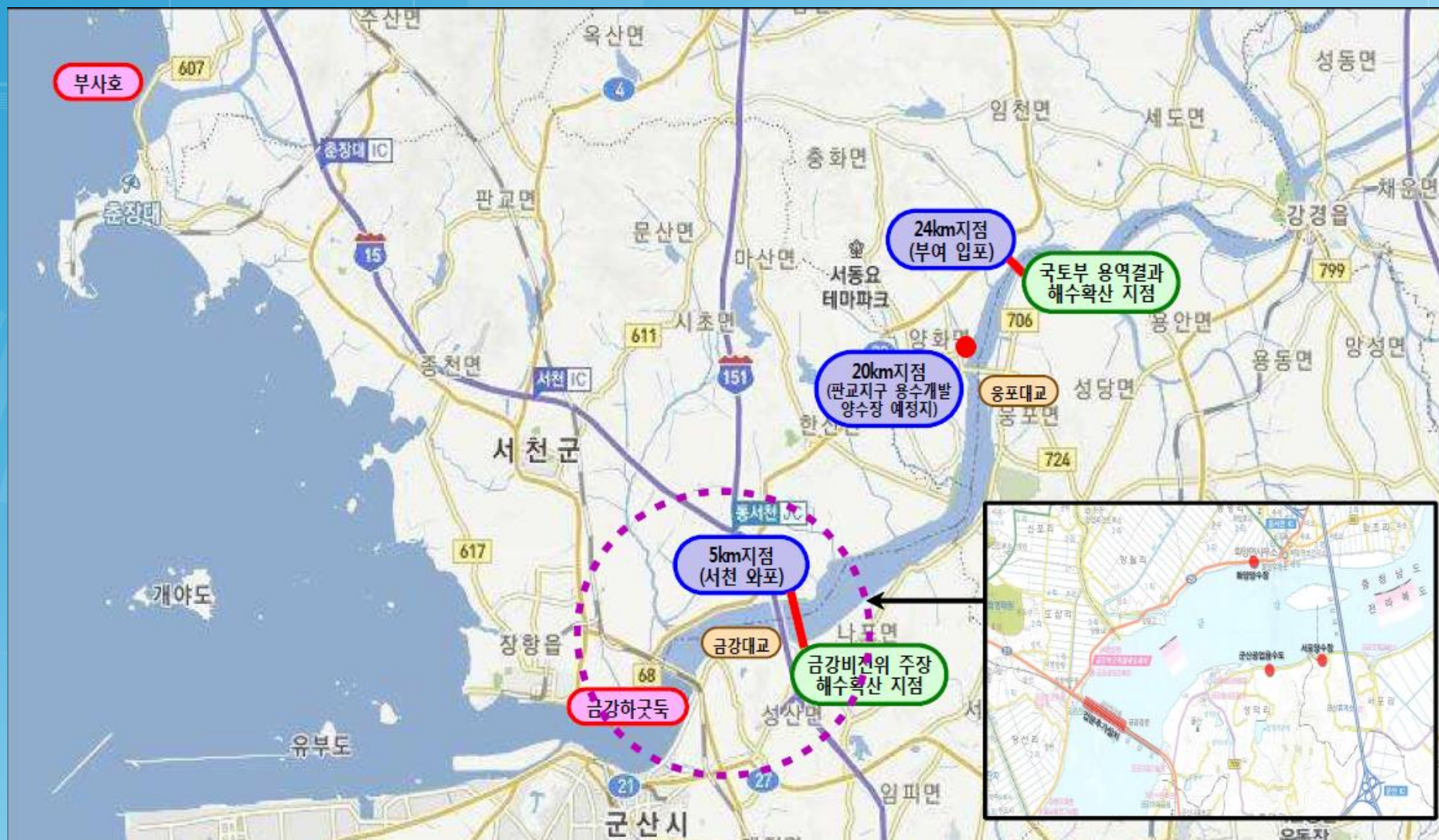


(a) 표층



(b) 저층

염수 유입범위를 5km로 제한하는 경우 영향을 받는 양수장의 위치



<표 7-5-8> 해수유통시 영향을 받게 될 금강호의 취·양수시설 현황

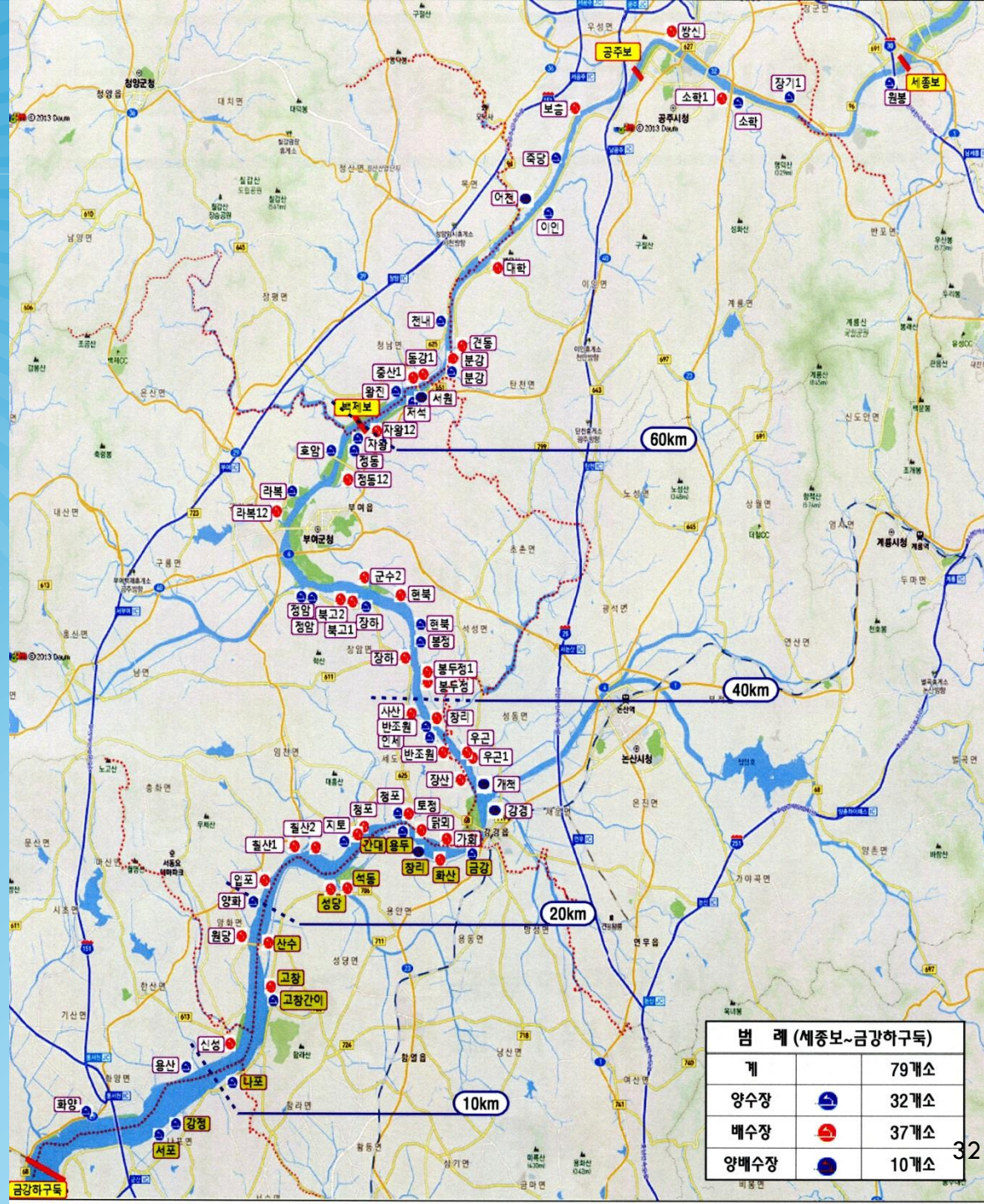
시설명	행정구역명		관개면적 (ha)	펌프구경 (mm)	전동기 (kW)	단위양수량 (m³/s)	대수	양수량 (m³/s)	하구둑 상류거리	수치모형별 영향권																	
	시도	시군								A2 (24 km)	A3 (10 km)	B2 ~ B4 (12 km)															
군 산 (취수장)	전북	군산	-	450	320.0	0.389	5	1.945	3.5km				5km이내														
				300	180.0	0.197	1	0.197																			
화 양	충남	서천	4,036	1,000	485.0	2.100	3	6.30	3.8km							5km이내											
				850	802.0	1.461	2	2.92																			
서 포	전북	군산	9,955	1,200	1230	3.315	8	26.52	4.0km										5km이내								
강 정	전북	군산	30	350	30.0	0.250	2	0.50	8.3km																		
나 포	전북	익산	8,742	1,100	750	2.480	8	19.84	11.5km													5km이내					
고 창	전북	익산	100	350	30.0	0.250	1	0.25	16.1km																		
양 화	충남	부여	322	500	205.0	0.518	2	1.04	19.3km																5km이내		
지 토	충남	부여	426	500	343.0	0.525	2	1.05	26.1km																		
				500	149.0	0.443	2	0.89																			

5km 이내

※ 하구둑부터의 거리는 다음지도에서 산출

※ 상시 해수유통(A2)시 해수의 최고 유입거리인 24km 인근까지의 취·양수시설 현황임

금강수계 양·배수장 현황(한국농어촌공사)



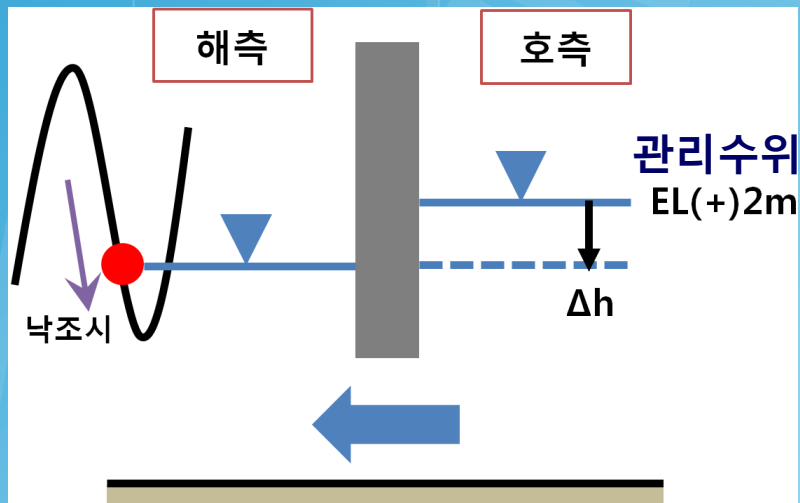
해수유입 범위를 5km이내로 제한할 수 있을까?

금강하구 해수유통 염분확산 수치모형실험
최 종 보 고, 2013. 8, 지오시스템리서치

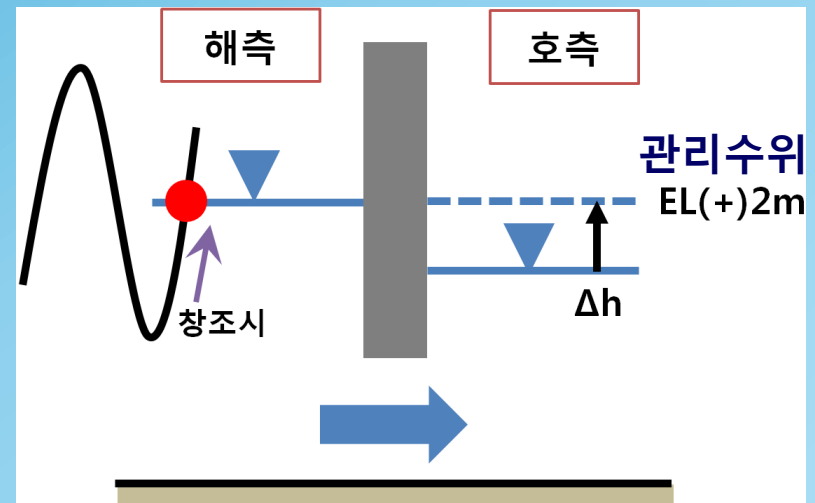
염수유입범위를 확인하기 위한 검토작업

배수갑문 운영 조건

유출시



유입시



- 유출시 : 해조위가 호수위보다 낮을 때 Δh 만큼 유출 후 폐문
- 유입시 : 해조위가 호수위보다 높을 때 EL(+)2m까지 유입 후 폐문
- 호측과 해측의 수위차가 20cm 이상일 경우에만 배수갑문 및 터널 개방
- 배수갑문의 경우 전층에서, 터널의 경우 저층 3개층에서 유 · 출입

검토에 사용한 부분 해수유통방법

군산측만 개방

기존 군산측 수문

Case	개방문수	$\Delta h(\text{cm})$
K1_10	1	10
K1_20	1	20
K2_10	2	10
K2_20	2	20
K3_10	3	10
K3_20	3	20
K1_05	1	5
K1_05A	1	5
K20_20	20	20

서천측만 개방

신설 서천측 수문

Case	개방문수	$\Delta h(\text{cm})$
S1_10	1	10
S1_20	1	20
S2_10	2	10
S2_20	2	20
S3_10	3	10
S3_20	3	20
S1_05	1	5
S1_05A	1	5

군산 및 서천측 동시개방

군산 및 서천측 수문

Case	개방문수	$\Delta h(\text{cm})$
KS1_10	1x2	10
KS1_20	1x2	20
KS2_10	2x2	10
KS2_20	2x2	20

터널운영(10x5m)

신설 터널

Case	개방문수	$\Delta h(\text{cm})$
T3_10	3	10
T3_20	3	20
T4_10	4	10
T4_20	4	20
T3_05	3	5
T3_05A	3	5
T1_05	1	5

□ : 과업지시서의 추가 시나리오

● 시나리오 명칭의 예 : K1_05A

30분간 유입

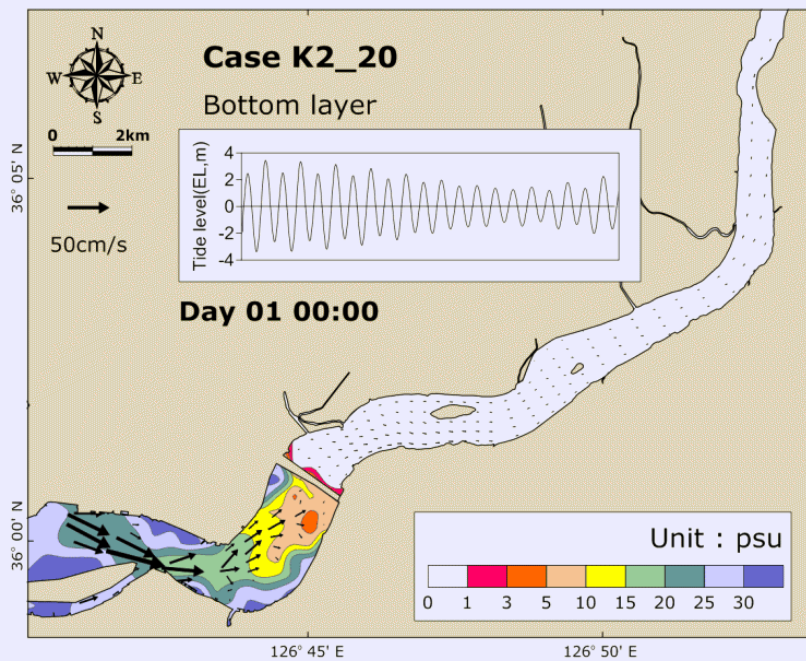
개방수문 위치

개방 개수

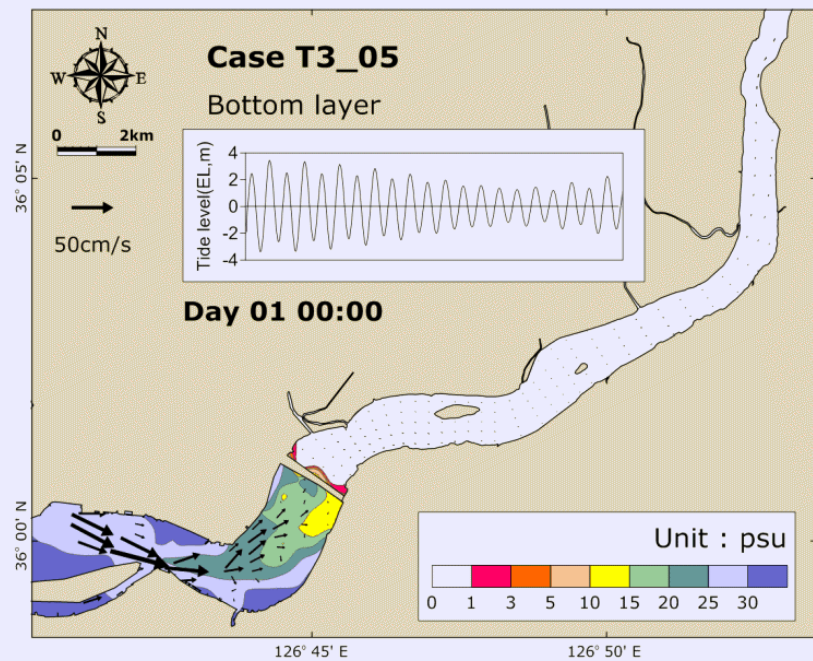
$\Delta h = 5\text{cm}$

유속 · 염분 확산(동영상)

Case K2_20

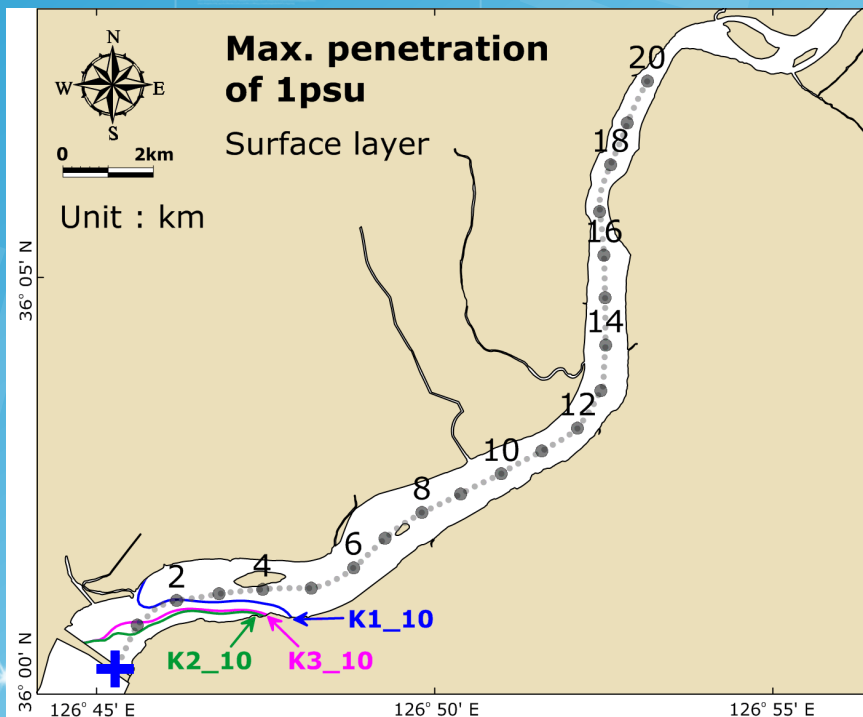


Case T3_05

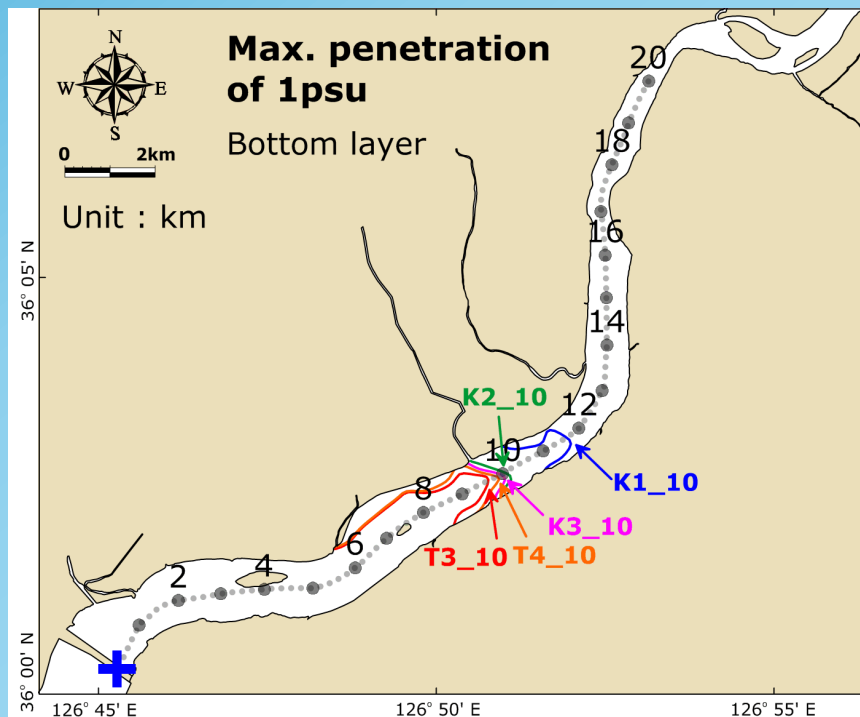


터널 운영시 염분 확산

표층, $\Delta h=10\text{cm}$



저층, $\Delta h=10\text{cm}$

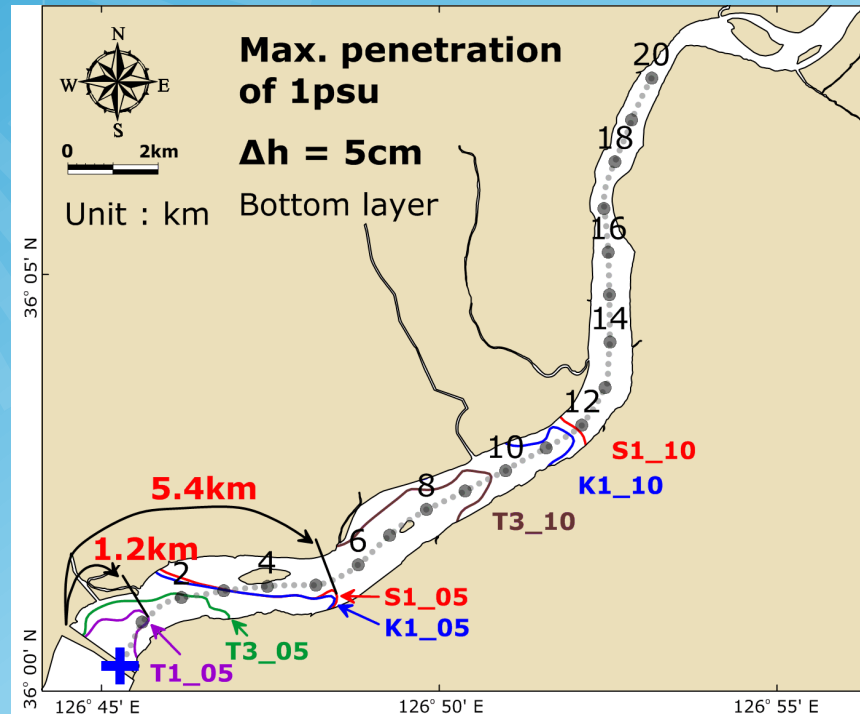


- 터널 운영시 해수가 저층으로 유입되기 때문에 표층의 염분확산은 크게 감소 ($\Delta h=10\text{cm}$ 일 때 Case K : 4.0~4.6km, Case T : 0km)
- 저층에서도 기존 갑문 운영안보다 다소 감소함

Δh 에 따른 염분 확산

금강하구 해수유통 염분확산 수치모형실험
최 종 보 고, 2013. 8, 지오시스템리서치

$\Delta h = 5\text{cm}$



저층 1psu 확산거리

● $\Delta h=5\text{cm}$: 1.2~5.4km

※ 하구호의 염분 확산거리는 Δh 의 영향이 지배적임

Closing Zandkreekdam 1960 (네델란드)



Building activities 2002-2004: one half of the culvert (3 x 5.5 m)



Culvert is appearing



Katse Heule – in operation since June 2004



배수갑문의 증설 필요성

퇴적토사(뽕)의 처리방안으로서 배수갑문 증설의 필요성



또 하나의 문제 : 홍수 - 대청호 비상여수로 신설

여수로의 형식 : 댐식 여수로(개수로식)

여수로 규모 : 높이 56m, 길이 280m

설계방류량 : $7,584\text{m}^3/\text{sec}$

(기존의 대청댐 설계방류량 $6,000\text{m}^3/\text{sec}$)

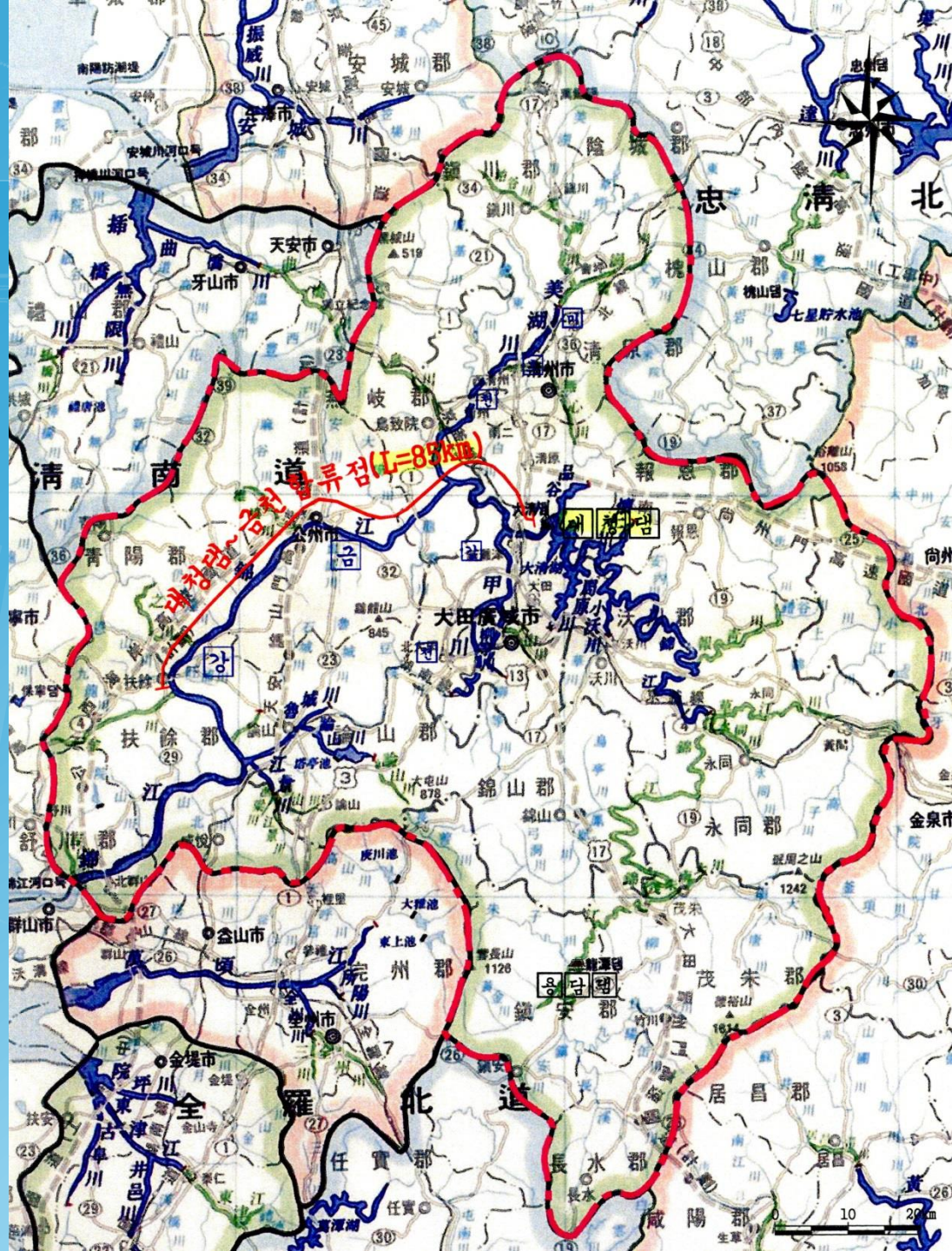
방류수로 : $L=1,145\text{m}$

문비 : $12.0\text{m} \times 17.18\text{m} \times 5\text{문}$



금강하구둑의 홍수량 배출능력의 재검토 필요

대청호 여수로($6,000\text{m}^3/\text{sec}$)와
대청호 비상여수로($7,584\text{m}^3/\text{sec}$)의
동시 개방에 따른
최대 $13,584\text{m}^3/\text{sec}$ 의 홍수량에 대한 검토
(장래 대청호에서 PMF를 방류했을 때의 하류구간에
대한 대책마련 필요)



대청댐 비상여수로 방류시 하류 영향범위
[대청댐 치수능력증대에 따른 하류하천영향 조사보고서(2004)]

3. 논의

- 1) 금강 하구역의 문제는 수질의 악화, 심각한 생태계 훼손 및 지형변화(퇴적) 등이며, 이들은 시급히 해결해야 할 과제이다.
- 2) 용수의 지속적인 확보가능성을 검토한 결과, 금강의 흐르는 물로 공업용수 및 농업용수 3.65억 m^3 /년과 새만금의 희석용수 5.2억 m^3 /년을 충분히 공급할 수 있음을 알 수 있다.
- 3) 금강 하구둑은 부분해수유통을 통하여 하구역의 생태계 및 지형복원 등의 문제를 해결할 수 있으며, 용수공급에도 지장을 주지 않는다.

4) 부분적인 해수유통에는 예를들어 하구둑 중간부분에 터널을 설치하여 하구둑 내 · 외간 수위차를 적절하게 유지하면 해수의 유입을 효과적으로 조절할 수 있다.

단, 구체적인 사항에 대해서는 추가적인 연구(수리모형실험)가 객관적이고 공정한 기관에서 수행될 필요가 있다.

5) 금강 하구둑은 염수유입을 막을 뿐 아니라, 고조나 해일 등을 막는 데 효과적이므로 하구둑의 운영은 적절하게 유지할 필요가 있다.

6) 서천쪽의 퇴적토를 해결하기 위하여 서천쪽 제방에 배수갑문을 신설하는 것이 필요하다.

7) 또한, 대청호 비상여수로의 완성에 따라 침수피해 등의 재해예방을 위해 금강 하구둑 배수갑문의 증설이 필요하다.

8) 새만금은 금강하구역과 공학적으로도, 문화적으로도 밀접한 관계가 있으므로 금강하구역은 새만금을 포함하여 광역적으로 접근할 필요가 있다.

9) 이해당사자라 할 수 있는 군산시, 서천군의 협력이 절대적으로 필요하며, 이를 위하여 양 지자체가 공동으로 조사위원회(공동조사위원회)를 구성할 것을 제안한다(이미 제안되어있다).

10) 가능하다면 새만금을 포함한 금강하구역의 광역발전 방안을 양 지자체의 동의하에 마련하고, 그 틀 안에서 각종 발전계획을 수립·추진할 것을 제안한다.

양 지자체의 협력관계를 손상하지 않고 친환경적으로 발전할 가능성을 모색하면 양 지자체의 지속가능한 상생발전을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

11) 현재 금강하구의 관리체계는 국토해양부(하천관리), 해양수산부(연안관리), 농림축산식품부(농어촌공사, 용수 관리), 환경부(수질관리) 등으로 나누어져 있어서, 종합적인 관리시스템이 없고, 수질관리 및 퇴적층의 관리도 종합적으로 이루어지지 않고 있음.

따라서 금강하구역의 종합적인 관리 시스템이 절실함. 하구역은 정부의 여러 부처가 관련되어있으므로, 총리실 차원에서 종합적인 관리시스템을 마련할 필요가 있음.