
— 천수만 해양환경 개선을 위한 —

천수만 해양환경 살리기 협의체 개최

일시 | 2018년 11월 12일(월) 14:00 ~ 16:00

장소 | 충청남도 보령시 오천면사무소



천수만 해역의 환경특성 및 지속가능 관리방안

윤 중 주

2018. 11. 12.



충청남도
Chungcheongnam-do



충남연구원
ChungNam Institute

목 차

I. 천수만 해역 특성

II. 조사 연구의 개요

III. 천수만 해양환경 조사 결과

IV. 천수만 하구호 환경 조사 결과

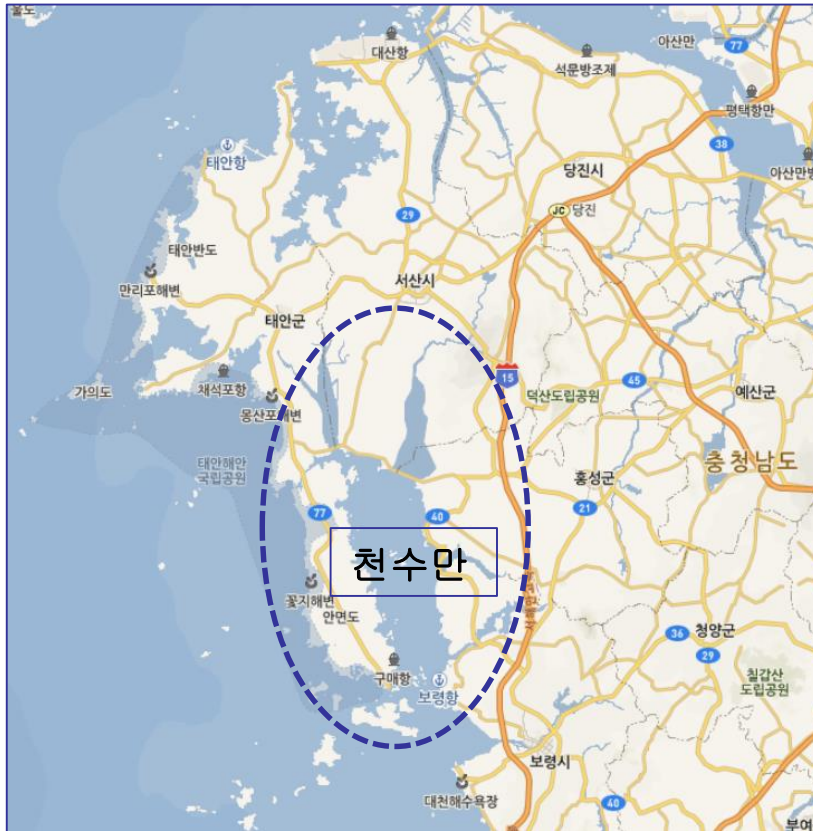
V. 향후 정책 추진 방안

VI. 국내외 성공 사례

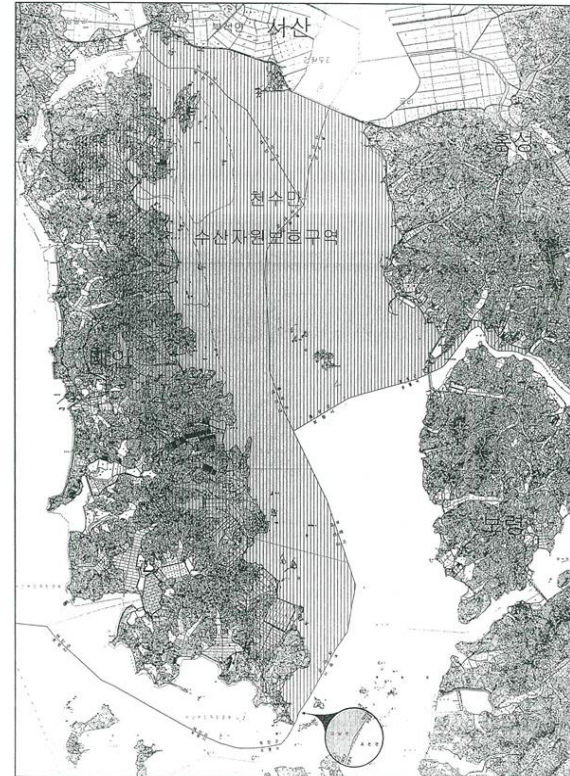
I. 천수만 해역 특성

1 천수만

천수만(淺水灣) : 얕은 물의 만

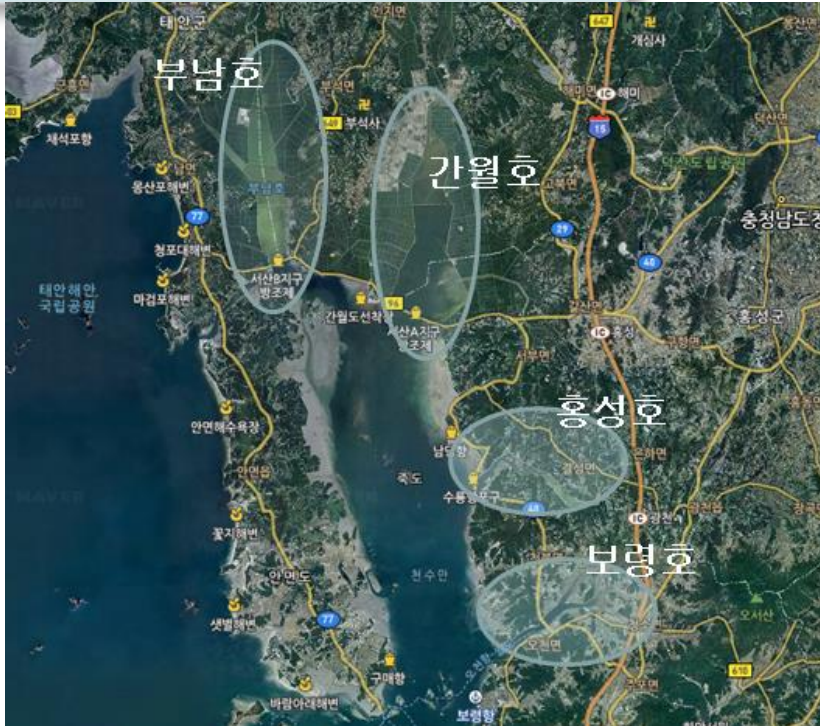


천수만 수산자원보호구역 현황도



- 해양생태도에 1~2등급으로 기록
- 2/3이상 해역이 수산자원보호구역으로 지정
- 철새 도래지

2 천수만 내 담수호 현황



공사	시기	공사 내용	비고
서산 A, B 지구	1982년	B지구 물막이	부남호 형성
	1984년	A지구 물막이	간월호 형성
홍보지구 종합 개발	1991년 ~ 2001년	모산만 입구 홍성방조제 준공	홍성호 형성
		오천만 입구 보령방조제 준공	보령호 형성

구 분	총저수량 (천m³)	유효저수량 (천m³)	유역면적 (km²)	수혜면적 (km²)	행정구역	관리주체
부남호	84,420	21,140	157.20	37.45	태안군서산시	현대서산농장
간월호	124,250	50,720	488.00	64.46	서산시	한국농어촌공사 (천수만사업단)
홍성호	9,440	9,270	78.60	24.68	홍성군	
보령호	19,330	17,300	141.80	47.22	보령시	

3 천수만 해역 수 · 저질 환경 특징

- 대규모 간척사업에 의해 만들어진 4개 담수호 소재
 - 하천에 비해 저수용량이 큼
 - 비점오염원으로부터 발생하는 오염부하가 많음
 - 강우시 오염물질이 일시에 호수로 유입(특히 장마시기 전후 대규모 방류)
 - 호수의 더딘 자정작용 - 오염물질 지속 축적 및 오염물질 자체 생산 반복
- 비주기적 담수 유입이 해양 환경 및 생물상에 많은 영향을 미침
 - 저염분 수층 형성 → 수층의 성층화 → 해수의 상하 혼합이 제한
 - 오염물 일시적 유입 → 부영양화 발생 → 저층 빈산소화 가능
- 반폐쇄성 수역, 방류수의 긴 체류시간 → 생물활동에 영향
- 4개 담수호는 부영양화 상태 - 농업용수 활용이 어려운 수준
 - 7~9월에 집중적 방류
 - 담수호 방류시 천수만 내측 수질지수가 일시적으로 악화됨
- A, B 방조제 건설 후 천수만 내 퇴적물의 뽕질화 지속
 - 90년대 초에 비해 전체적으로 세립화 (Mud 함량 ~30% → ~60%로 증가)
- 오염된 담수호 방류에 따른 담수호 바깥해역 유기오염물질 축적 우려

II. 조사 연구의 개요

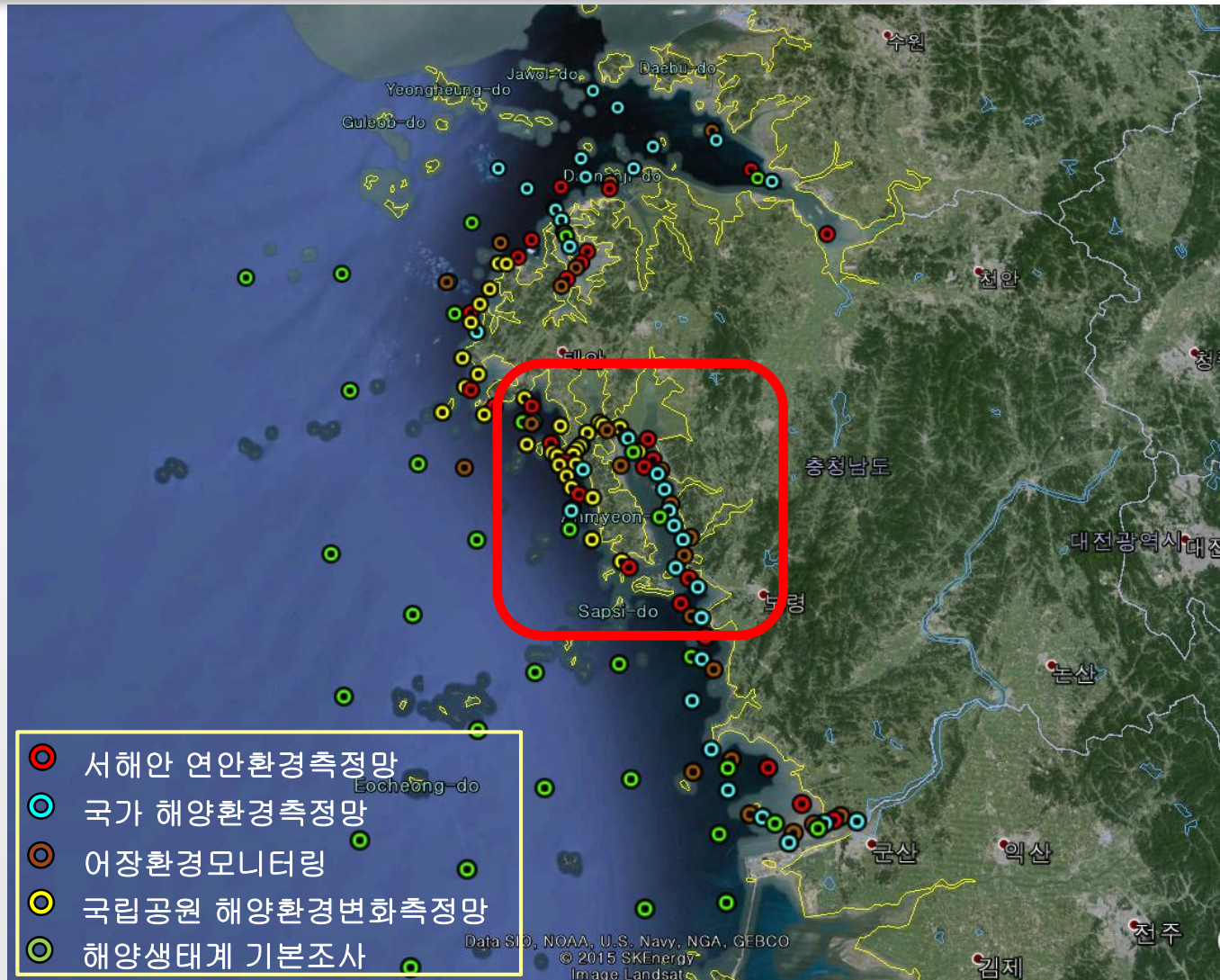
1 연구 배경

- 연안오염에 따른 수산자원 등 감소주장에 대한 객관적 자료 부재
- 육상기인 연안오염물질 유입에 따른 오염 실태 자료 필요
- 체계적인 연안환경관리 및 보전 정책수립을 위한 **기초자료 확보**

2 연구 목적

- 충청남도 서해안 연안 환경변화에 따른 개발과 보존이 공존하는 지속가능한 발전의 토대 구축
- **각종 연안환경오염의 원인규명 및 관리대안 마련**
- 중장기적인 실천계획의 수립을 위한 자료 축적
- **국가 상위 계획과의 연계**를 통한 도정의 지속성 및 연속성 확보

3 서해 중부 해양환경측정망 운영 현황(종합)



4 천수만 특별조사 지점



III. 천수만 해양 환경 조사 결과

수질 1~2등급 비율, '16년 78.3% → '17년 79.7%

1 여름철 천수만 내 수질 악화 (WQI)

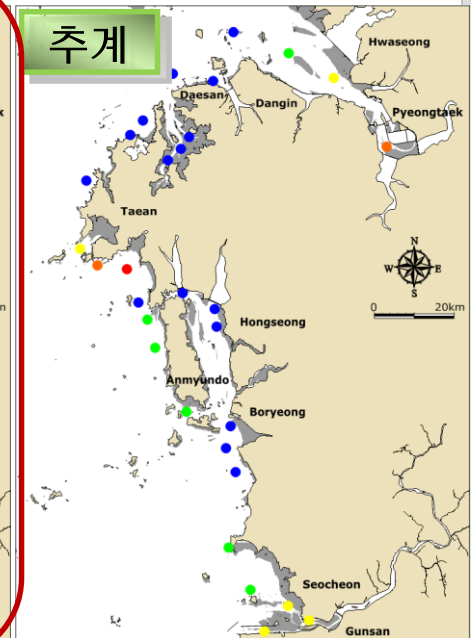
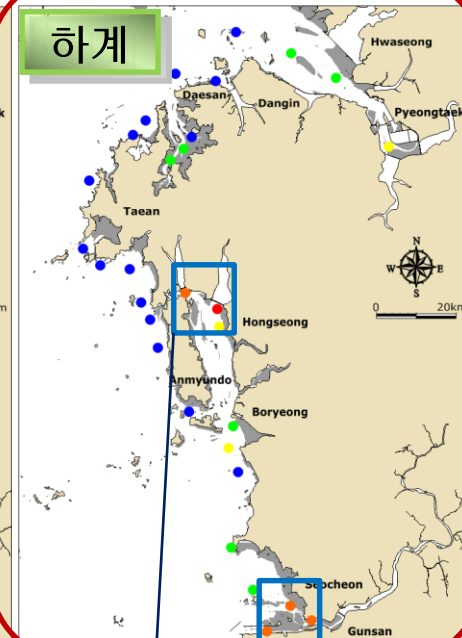
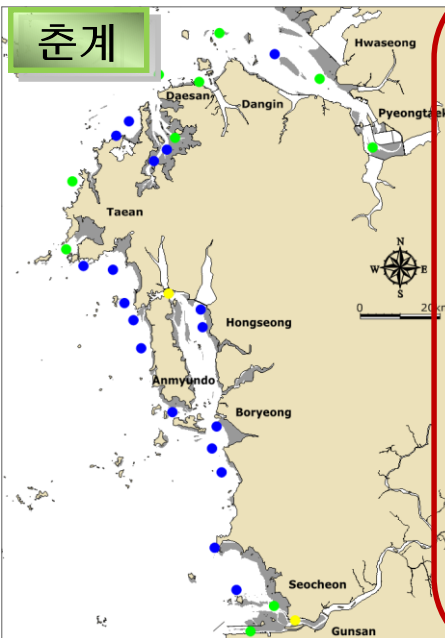
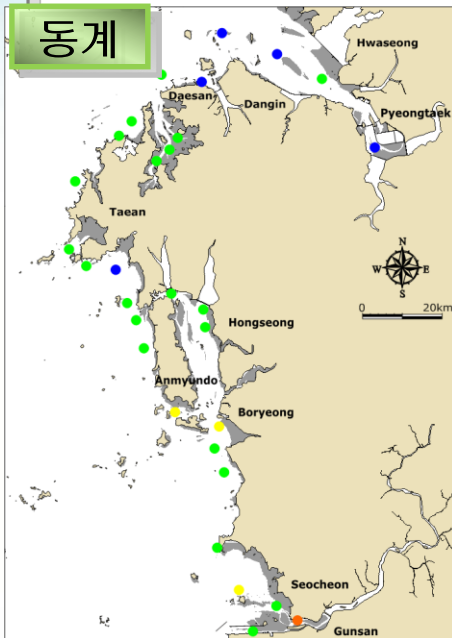
● 1등급 (23이하) ● 2등급 (24~33) ● 3등급 (34~36) ● 4등급 (47~59) ● 5등급 (60이상)

동계

춘계

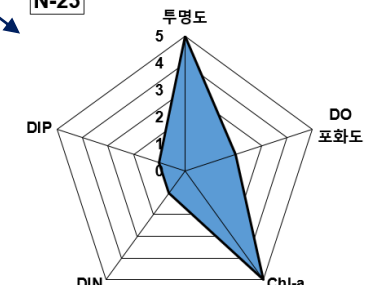
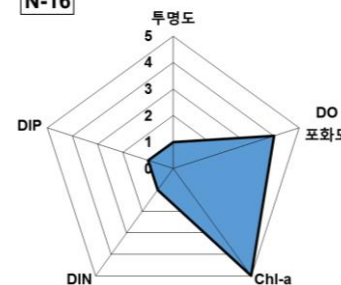
하계

추계





N-16

N-23



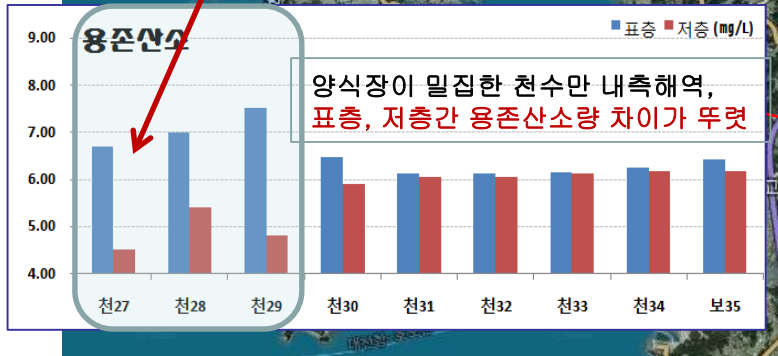
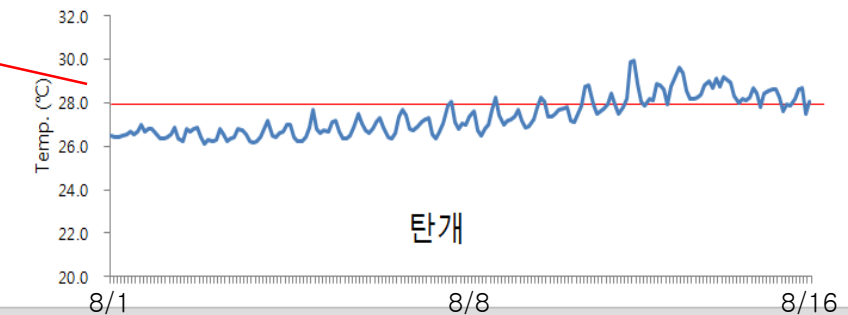
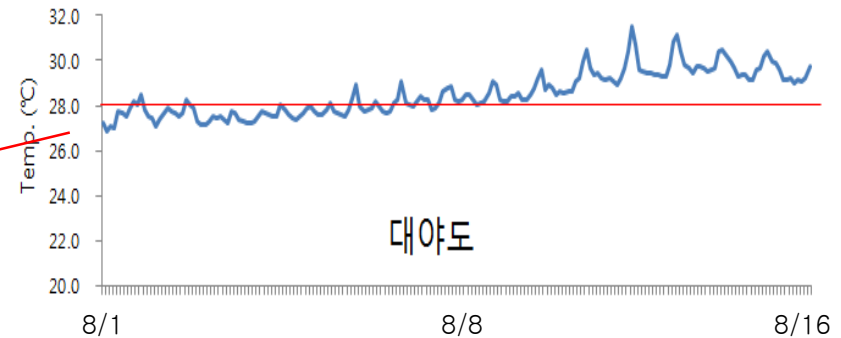
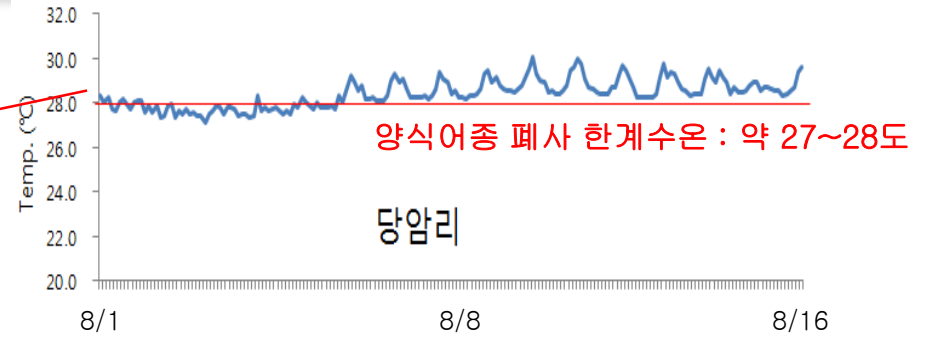
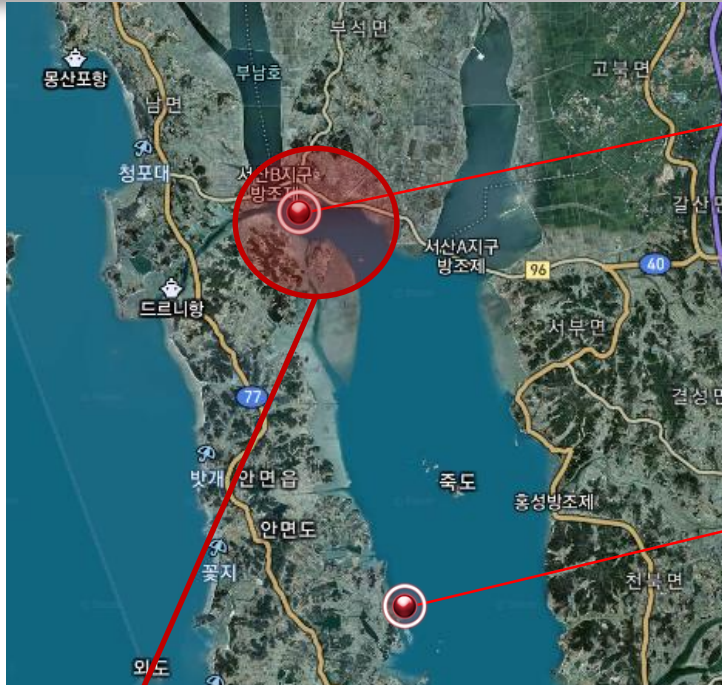
- ✓ 여름철 천수만 내측 해역의 수질이 일시적으로 악화됨
- ✓ 고수온 영향과 함께 수산자원에 위해요인으로 작용함 - 매년 반복

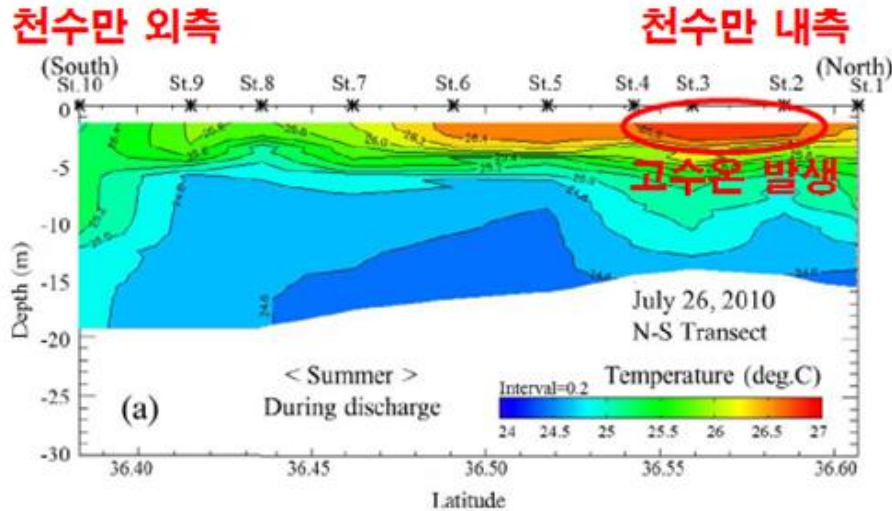
2 하계 양식장 대량폐사

<p>현황</p>	<ul style="list-style-type: none"> 조피볼락은 서해권역에 중요한 해면 양식어종임 2016년 8월 지속된 폭염으로 천수만(태안, 서산, 보령, 홍성) 지역 가두리 양식장의 조피볼락 등 어류 700여톤 폐사
<p>문제점</p>	<ul style="list-style-type: none"> 천수만 내측은 조피볼락 양식 적지였으나 최근 여름철 고수온 현상으로 대량폐사가 반복적으로 발생하고 있음('13년 500톤, '16년 700톤폐사) 지속적인 해수온도 상승으로 인한 어체 면역기능과 활성 저하에 의한 원인으로 판단 빈산소 및 무산소층 발생을 유발하는 저층 오염퇴적토의 영향이 크게 작용하고 있음 (저층 퇴적물의 유기물 분해에 의한 산소 소비증가)
	

3 양식장 대량폐사 시 수온 분포

충남 주요 해역의 수온의 시간변화를 살펴봄





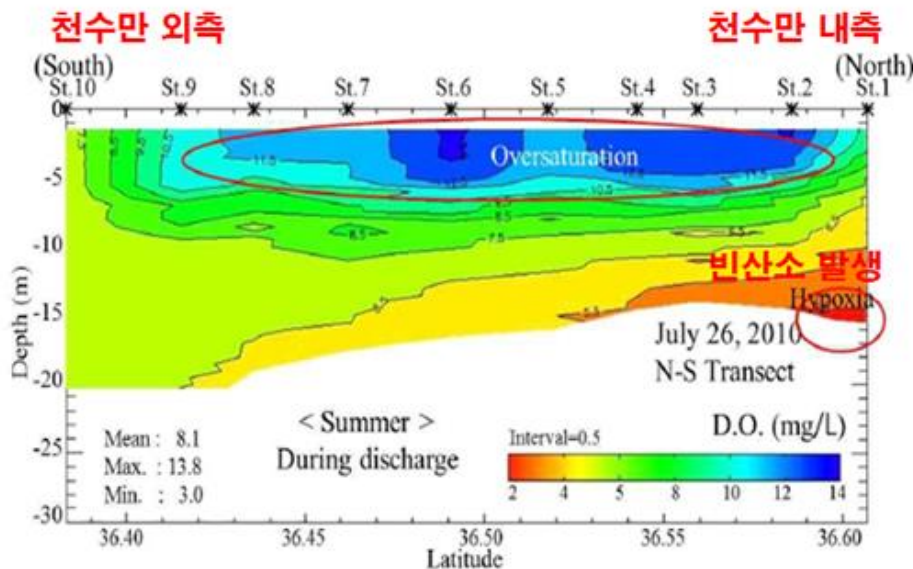
◆ 기존 연구 결과를 보면 천수만 외측에서 내측으로 갈수록 해수의 이동 속도가 감소

◆ 간월호와 부남호 등으로부터 유입된 오염 물질과 양식장에서 발생하는 사료 등의 유기물이 만내로 유입됨

◆ 유입된 오염물질이 외부로 이동할 수 없어 천수만 내측 해저에 퇴적될 가능성이 높음

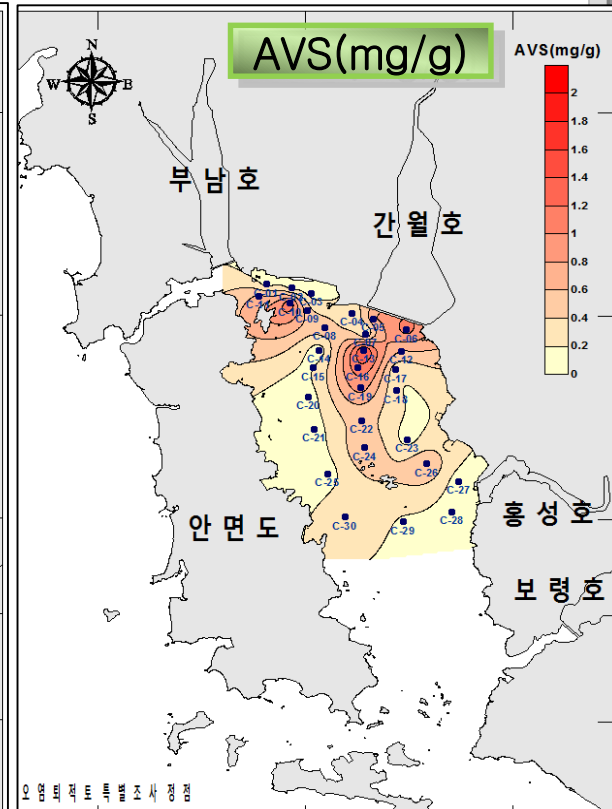
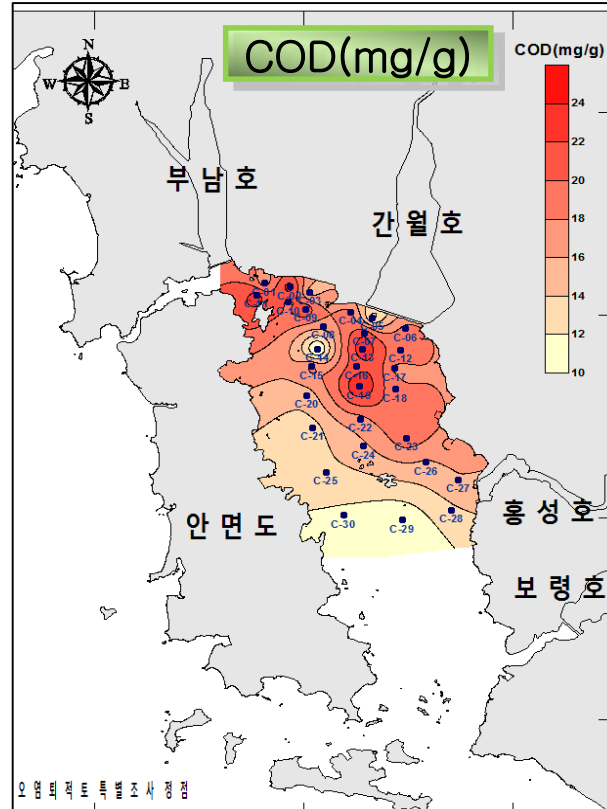
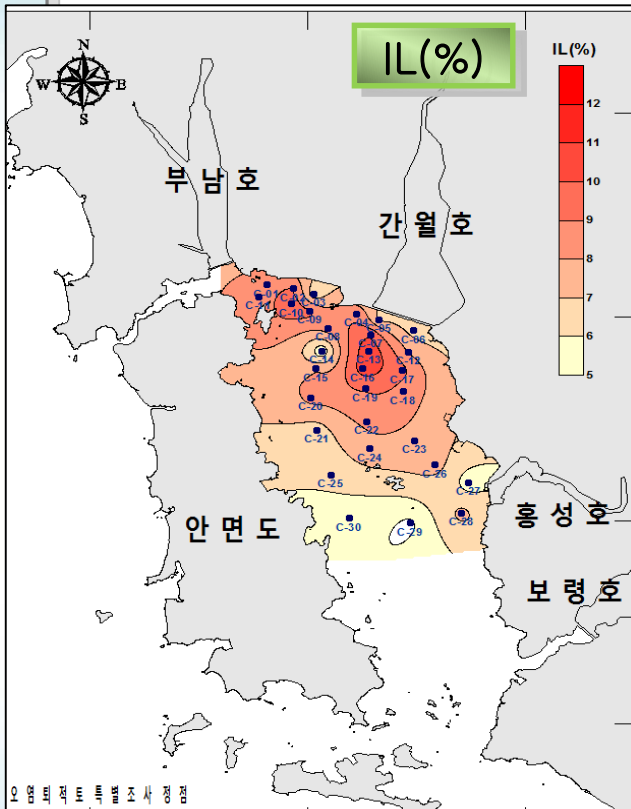
✓ 천수만 내 수온, 염분, 용존산소 등에 대한 연직 공간분포에 대한 정기 조사가 필요

✓ 특히 7~8월 빈산소 수괴 발생가능성 높음



2010년 7월 천수만 내측 저층 빈산소 수괴 분포 (정광영, 2015)

4 오염퇴적물 분포 조사 (부영양화 항목)



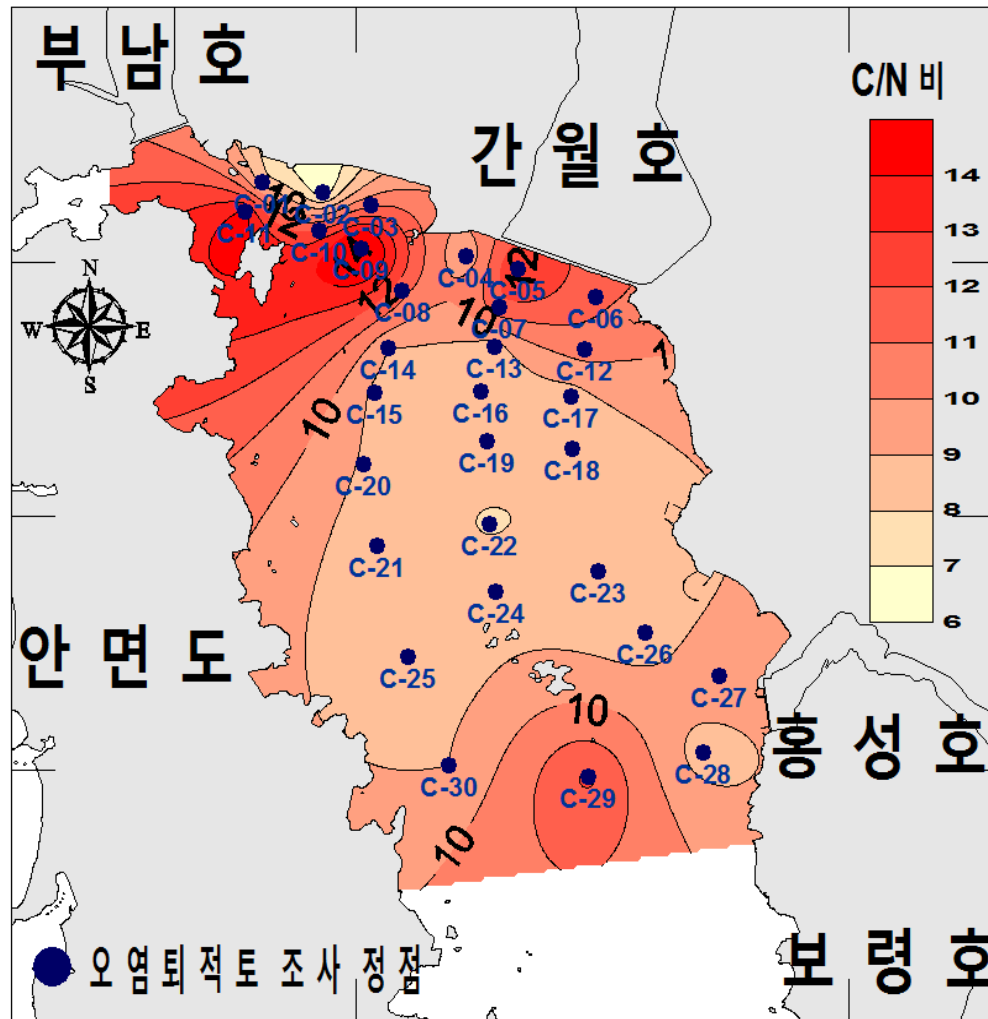
- ✓ 천수만 내 퇴적물에서 주요 오염지수(강열감량, 화학적산소요구량, 산취발성황화물) 분석
- ✓ 모든 항목에서 간월, 부남호 방조제 전면 수로에서 높은 경향을 보임



- 천수만 해역 내 일부 지역에서 매우 심각한 수준의 저층퇴적물 부영양화 정화복원지수(6 이상)이 나타남
- 간월호, 부남호를 통한 육상기인 오염물질이 장기간 지속적으로 축적된 영향으로 볼 수 있음
- 저층 오염퇴적물질에 의한 다양한 해양생태계 피해 (저층 산소부족 등)가 지속 발생

→ **오염퇴적물 정화사업의 추진이 필요함**

5 오염퇴적물 발생 기인은?



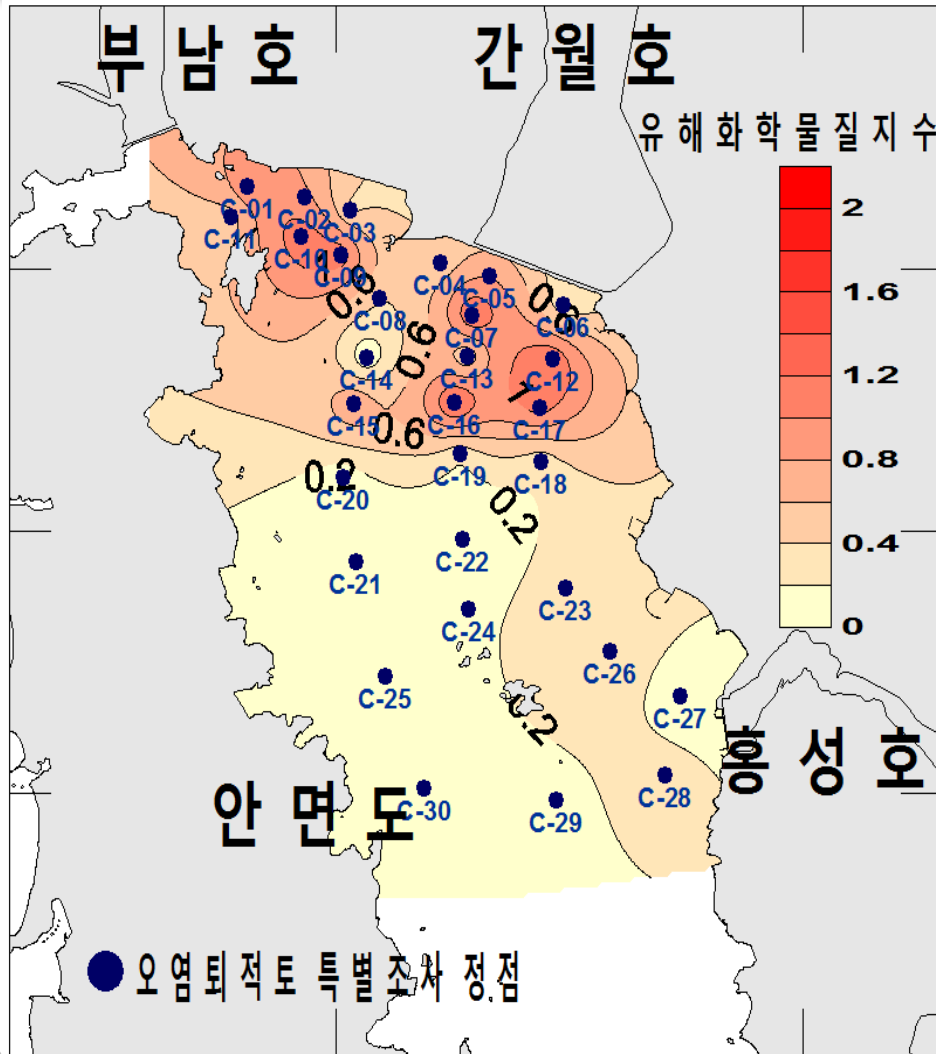
유기물 중 C/N비는 유기물의 특성과 기원을 지시

- C/N 비 > 10 : 유기물이 육상에서 유입
- C/N 비 < 10 : 유기물이 내부생산(생물생산)에 의한 해양기원임을 나타냄

천수만 표층퇴적물 내 유기물

- 간월호, 부남호 전면해역을 중심으로 C/N비 10 이상
- 오염물질이 하구호 내부로부터 지속적으로 침적되고 있음
- 육상기인 유기물 오염 영향이 큼 (오염물질이 담수호에서 유입)

6 오염퇴적물 내 중금속 조사



✓ 오염퇴적토 정화, 복원 범위는
유해화학물질 정화, 복원지수가
2 이상인 구역으로 함
(해양수산부 2013-206)

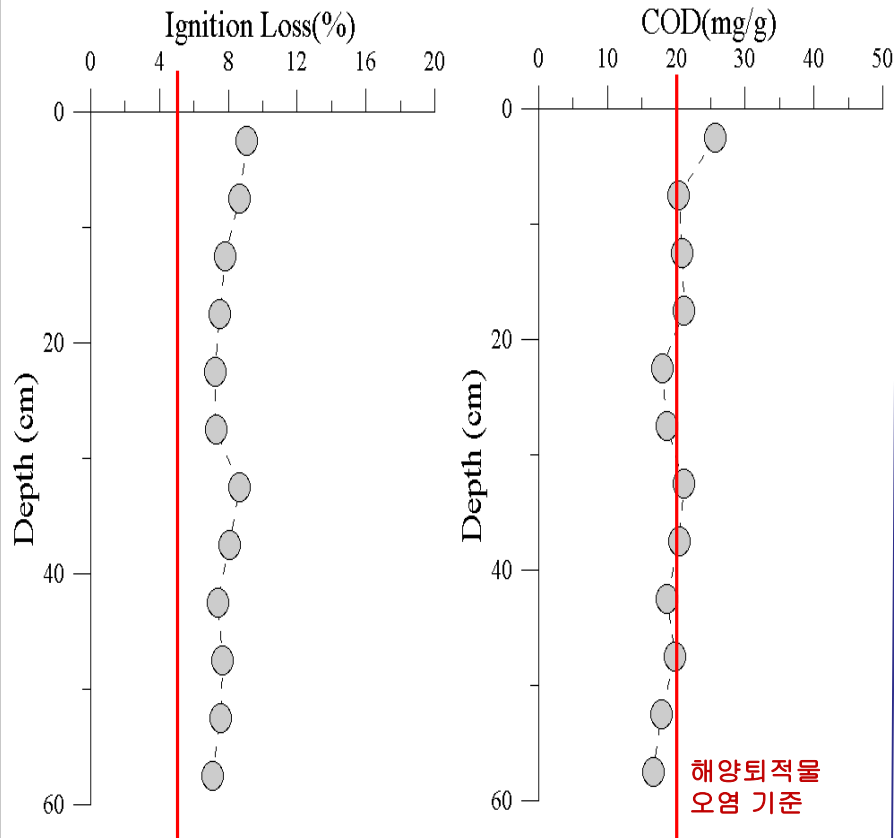
- ✓ 중금속 등 유해화학물질 농도는 대부분
주의기준 하회하여, 중금속 영향은 크지
않은 것으로 분석
- ✓ 유해화학물질 정화복원지수 2에 미치지
않음(정화사업 기준 미흡)

7 천수만 해역 주상퇴적물 조사

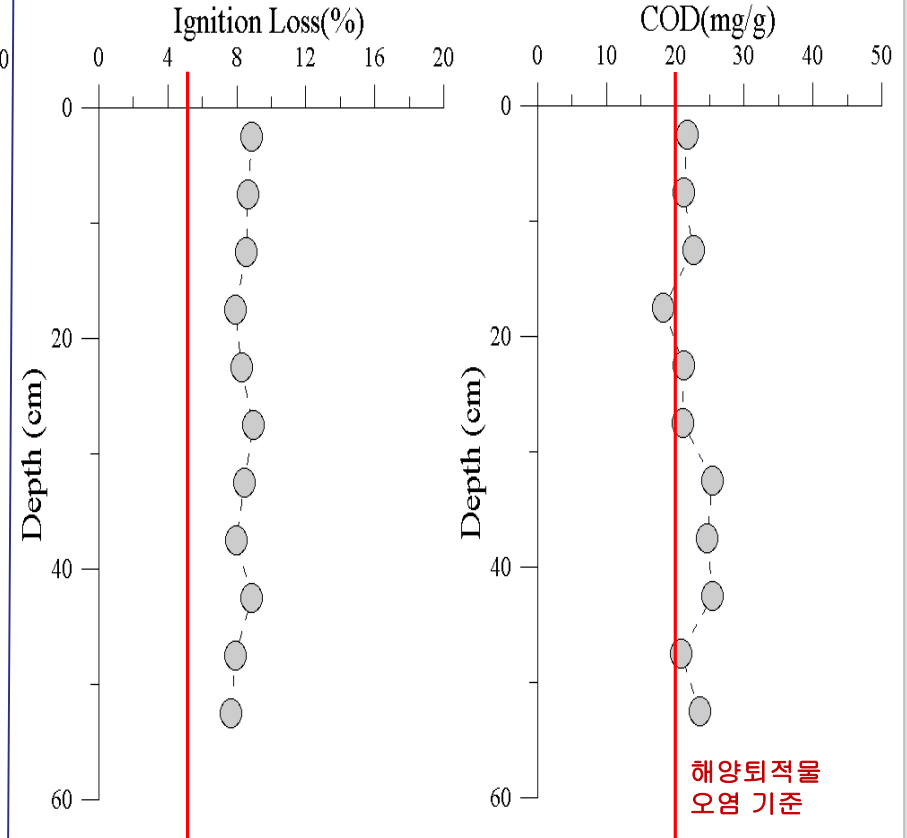


✓ 채취된 퇴적물의 깊이는 약 60cm 내외

부남호 전면



간월호 전면



✓ 수직적으로 퇴적상의 변화는 적고, 유기물의 총별 변화도 크지 않음

IV. 천수만 하구호 환경 조사 결과

1 천수만 내 하구호 오염현황 조사

홍성호 전경



홍성호 수문



홍성호 방류시



보령호 전경



보령호 방류시



2 천수만 내 하구호 수질 조사

홍성호 현장



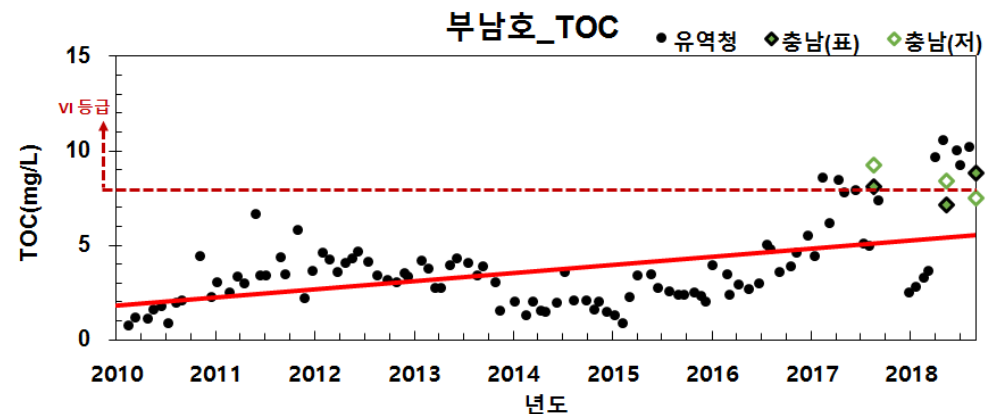
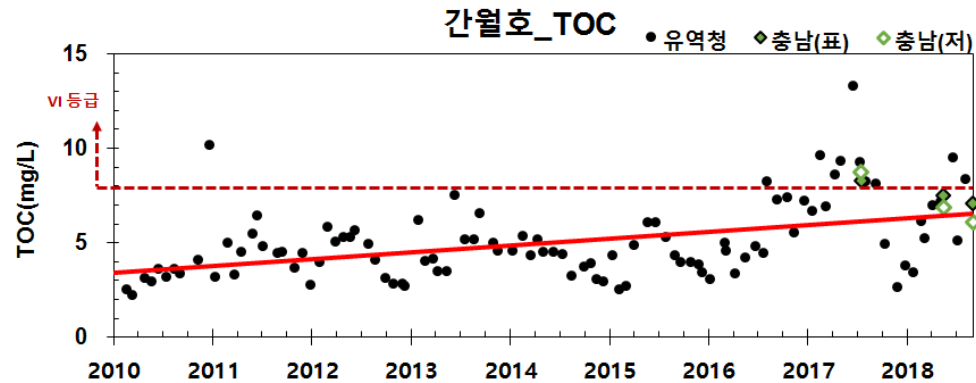
2 천수만 내 하구호 수질 조사

TOC : 총유기탄소량 (수질 오염지수)

- 해양환경의 현장조사와 함께 방조제 수문 작동에 따른 육상부의 오염원 유입상황에 대한 영향 조사가 필요



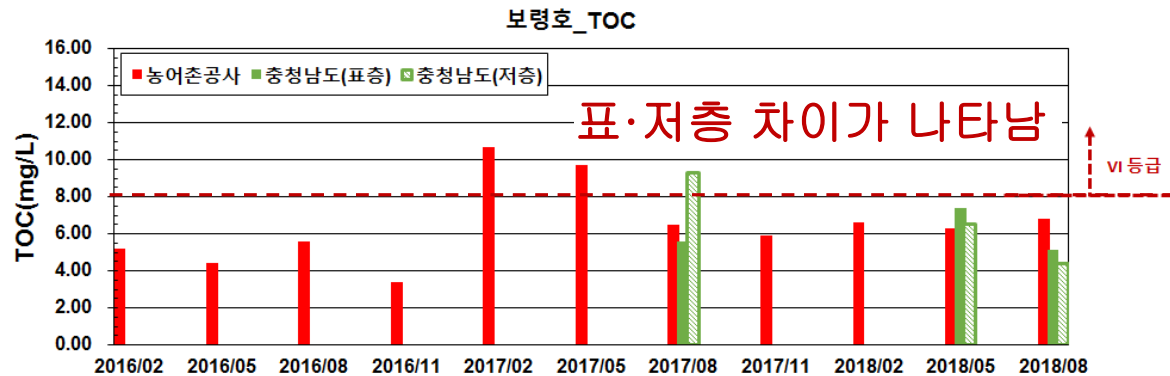
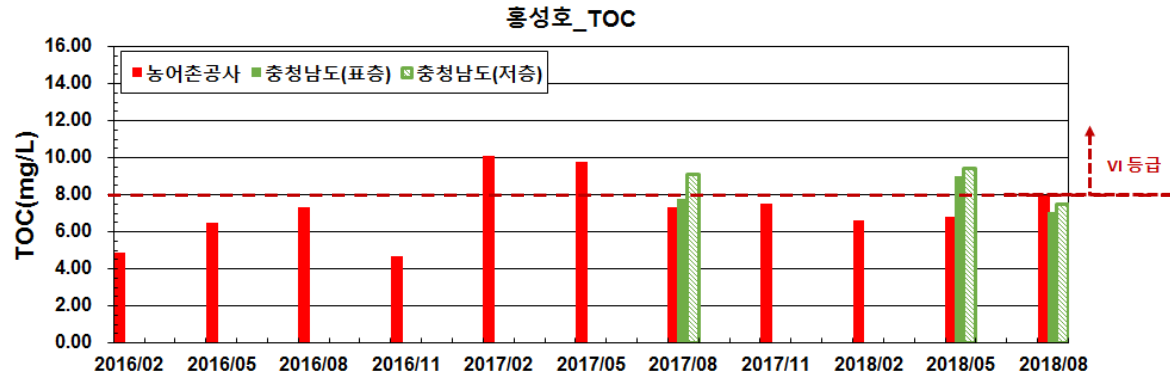
수질 등급 (하천 및 호소 기준)		기준 (단위:mg/L)	
		TOC	COD
매우 좋음	Ia	2 이하	2 이하
좋음	Ib	3 이하	3 이하
약간 좋음	II	4 이하	4 이하
보통	III	5 이하	5 이하
약간 나쁨	IV	6 이하	8 이하
나쁨	V	8 이하	10 이하
매우 나쁨	VI	8 초과	10 초과



'17년 이후로 생활환경기준 VI등급(매우 나쁨) 지속
(농업용수로 사용 불가 수준)

2 천수만 내 하구호 수질 조사

TOC : 총유기탄소량 (수질 오염지수)

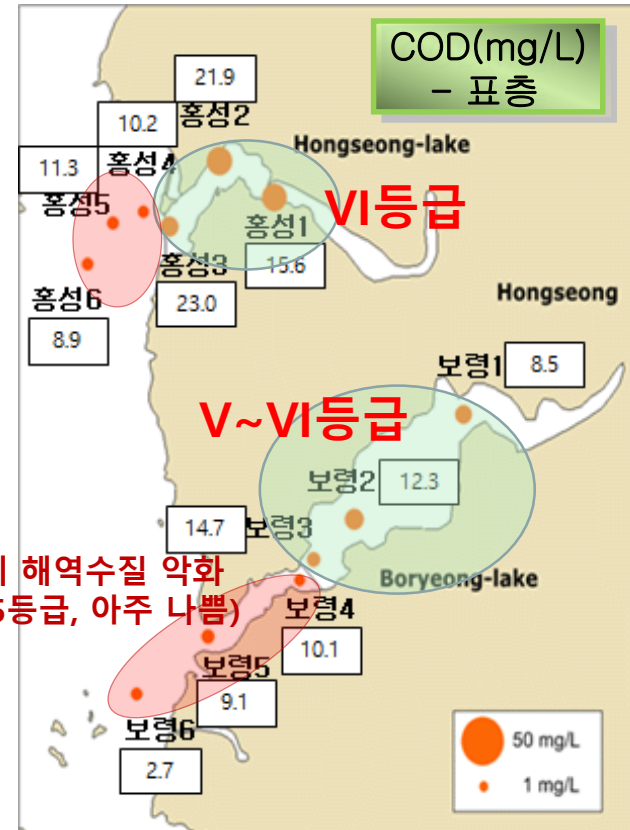
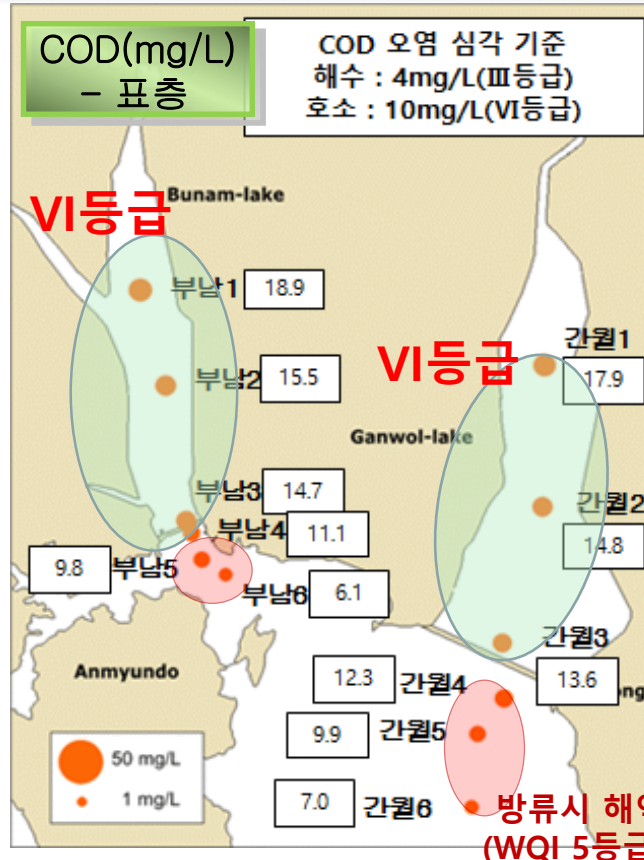


'17년 이후로 생활환경기준 VI등급(매우 나쁨) 초과하는 높은 오염지수 나타남
→ 농업용수로 사용 불가 수준

3 하구호 방류 영향 조사 (수질)

호소 수질 COD 기준

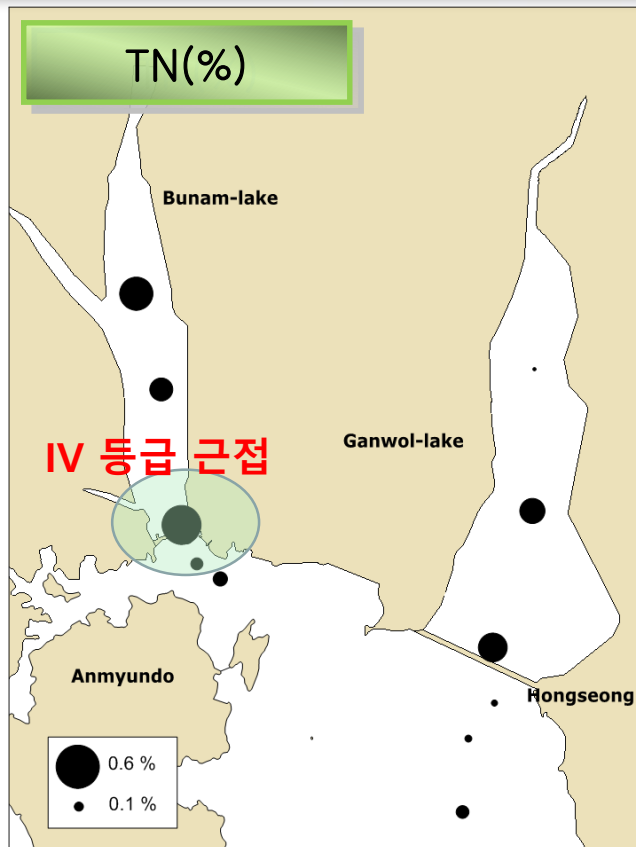
: 8~10(나쁨, V등급), 10초과(매우 나쁨, VI등급)



담수호 방류시 천수만 해역 수질 동시에 악화되며, 수일간 지속됨
: 1~3등급(깨끗~보통) → 5등급(매우나쁨)

4 하구호 내 퇴적물 (부영양화)

호소 내 퇴적물 부영양화 기준(심각하고 명백한 오염)
: TN 0.56% 초과(IV등급), TP 1,600초과(IV등급)



부남호 내측(0.29~0.51%),외측(0.14~0.17%)
간월호 내측(0.02~0.37%),외측(0.06~0.07%)



부남호 내측(404~1131mg/kg),외측(403~456mg/kg)
간월호 내측(185~1517mg/kg),외측(200~304mg/kg)

강열감량 항목에서도 간월, 부남호 내측에서 심각하고 명백한 오염수준 기록(준설기준 초과)

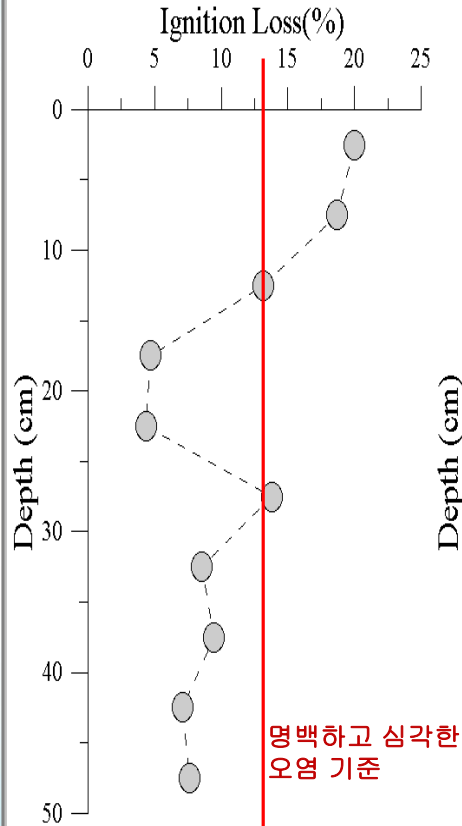
5 천수만 하구호 주상퇴적물 조사



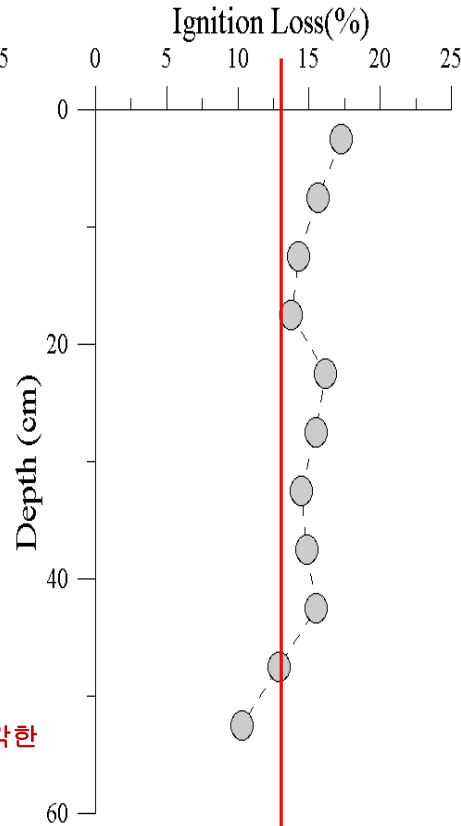
✓ 퇴적물의 깊이는 약 70~90 cm

5 천수만 하구호 주상퇴적물 조사

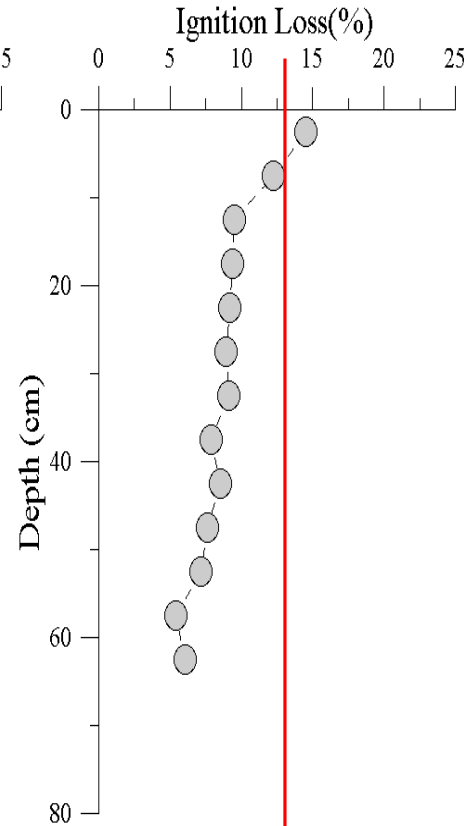
부남호



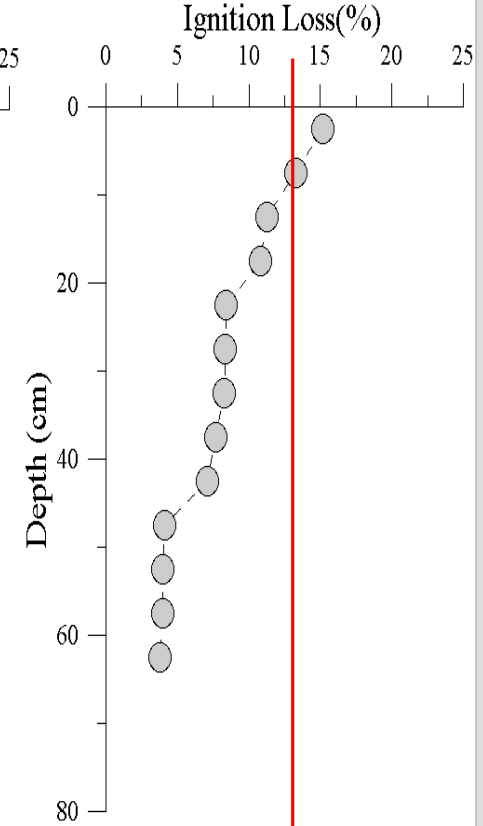
간월호



홍성호



보령호



✓ 상부로 갈수록 퇴적상이 세립해지며, 유기물도 상부로 갈수록 증가

V.

향후 정책 추진 방안

천수만 해양환경개선 종합대책 수립

1 육상기인 오염원 저감 대책 수립

- 담수호의 수질오염, 퇴적토 문제, 녹조현상, 농업용수 사용의 한계, 수산물 생산량의 감소
- 연안 수질개선 문제는 결국 갯힌 하구호 내 수질이 개선되어야 해결될 수 있음
- 하구역 관리에 대한 주체가 명확치 않은 법제도적인 문제점에 대한 보완책 마련이 필요

2 단계별 하구둑 개방 계획 수립 (연안하구 생태복원)

- 소규모 하구둑 개방을 통한 성공사례 도출이 중요(부남호를 대상으로 기본계획 수립)
- 하구둑 내외측 환경수용력을 고려한 단계별 개방(적정 개방 시나리오 도입)
- 염수 침입에 따른 주변 환경 피해 영향 검토 필요
- 해양수산부, 환경부, 농림축산식품부, 농어촌공사 등 관계기관간 긴밀한 협의가 중요

3 천수만 내측 해역 및 하구호 오염퇴적토 정화사업 추진

- 특별 조사 수행 결과를 바탕으로, **해양수산부 정화복원사업 추진 타당성조사 요청**
(해양오염퇴적물 조사 및 정화,복원 범위 등에 관한 규정, 해양수산부 고시 제2013-206호)
- **담수호 내 수질 및 오염퇴적물 저감 방안 마련**(농어촌공사, 현대도시개발 등 관리청 협의)

4 하구호 방류 영향 최소화 방안 수립

- 4개 담수호의 방류가 같은 시기에 집중될 시, 천수만 내 수질이 집중 악화되고 오랜 기간 지속
: 천수만 양식어장 대량폐사 등 수산자원 피해 발생 가능성 높아짐
- 천수만 내 물리, 화학적 해양환경 검토와 함께 **방류수의 확산영향을 고려한 방류 일정 설계**
- **예측모델링 시스템 도입**을 통한 의사결정 지원 시스템 도입 검토(**최적 방류 시나리오 설정**)

5 하구호 내외측 정밀 조사 및 개방 영향 예측모델링

- 육역 담수호(하구호)의 수질 및 퇴적물 오염도 정밀공간 조사, 하구호 방류 영향 조사
- '19년 천수만 내측 해역에 도입예정인 **자동수질측정망 연계 활용**

VI. 국내외 성공 사례

1 독일 와덴해 복원 프로젝트

✓ 구조물 구조개선을 통한 연안생태계 건강성 회복(홀머질 방조제)

- 방조제에 설치된 해수용, 담수용의 두 개 수문으로 구성
- 해수용 수문은 항상 열려있어 해수가 방조제 내로 유입될 수 있도록 하고 담수용 수문은 홍수통제용으로 이용
- 내부에 작은 둑을 두어서 해수와 담수가 섞일 수 있도록 하여 생태계의 연결고리를 절단하지 않도록 배려
- 생물생태계를 매우 건강하게 유지하도록 설계하여, 사업 결과 다양한 생태계가 나타남



➤ 와덴해 생태관광단지로 천만명 관광객 방문, 7조원의 관광수입 → 지역소득 증가

2 시화호 생태 복원

✓ 해수유통을 통한 갯벌 복원 : 죽음의 호수 → 생명의 호수로

- '94년 방조제 준공, **해수유통 단절**
- 공단 폐수로 수질 악화, 물고기 집단폐사 → 죽음의 호수화
- '11년 조력발전 가동 및 해수순환 전면시작, 100만^m² 갯벌복원
- **해수유통 이후 시화호의 생태계가 빠르게 회복 → 생명의 호수로**
- 호소내 수질 개선, 참게 대규모 서식, 매년 35만 마리 철새 도래, 생물다양성 증가
- 연안오염총량제를 도입하여 체계적인 통합관리 실시 중



복원 전



복원 후



➤ 국내 갯벌생태복원의 성공사례이자, 생태관광의 중심지가 됨



감사합니다