Ⅰ. 충청남도 연안환경측정망 운영현황 및 주요 현안 대응계획 소개

윤 종 주 책임연구원

충청남도
충남연구원
ChungNam institute

서해안 해양환경현안 공동대응을 위한 해양환경측정망 관계기관 합동워크숍

충청남도 연안환경측정망 운영현황 및 주요 현안 대응계획 소개

윤 종 주

2017. 7. 7.

충청남도 Chungcheongnam-do

충남연구원 ChungNam Institute

목 차

I. 충청남도 연안환경측정망 운영 배경

II. 충청남도 연안환경측정망 현황

III. 모니터링 결과 소개

IV. 주요 현안 대응계획

2

I. 충청남도 연안환경측정망 운영 배경

3

충청남도 연안환경측정망 운영

충남연구원 ChungNam Institute

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

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 연계를 통한 도정의 지속성 및 연속성 확보

4

연구추진 경과

충남연구원 ChungNam Institute

추진 경과

1	'14.06~'15.06	● 충청남도 연안환경측정망 구축 연구용역 (수행완료) : 연안환경측정망 26개소 구축안 제시
2	'15.10~'15.12	● 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역 착수 ● 2015년 4/4분기 연안환경측정망 조사 실시/용역 완료
3	'16.2~ 현재	● 2016년 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역 ● 해역별 해양환경측정 자료 분석(2,5,8,11월 모니터링)

충청남도 연안환경 측정망 구축 → 연안환경측정망 모니터링 → 해양환경관리 및 보전정책 수립

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구

5

연구추진 경과

충남연구원 ChungNam Institute

과업의 범위

1	공간적 범위	● 충청남도 서해 연안지역 7개 시군 - 보령, 아산, 서산, 당진, 서천, 홍성, 태안
2	시간적 범위	● 중기계획 : 2016 ~ 2020년 (1단계 5개년)
3	내용적 범위	● 충청남도 연안의 해양환경 상태 및 오염원 정기 조사 ● 충청남도 서해안 연안환경측정망 조사(30개 정점) ● 해역별 해양환경측정 자료 분석 ● 체계적인 연안환경관리 및 보전정책수립을 위한 기본자료 생산 ● 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선 · 개정 의견 제시

6

II. 충청남도 연안환경측정망 현황

7

충청남도 연안환경측정망 현황

충남연구원 ChungNam Institute

운영 체계

1 충청남도 서해안 연안환경 측정망 조사

- 총 30개 정점에 대한 해수, 해저퇴적물, 해양생물 현장 조사
- 분기별 (2, 5, 8, 11월 중) 정점별 1회 관측 실시

2 해역별 현장조사 자료 분석

- 각 해역별 연안환경 특성 및 오염 정도 분석 (매년 분기별 1회 관측)
- 수질 기준치를 초과하는 해역의 오염 원인 분석
- 수질평가지수 산정을 통한 해역별 수질등급기준 제시
- 연안환경에 악영향을 미치는 외부영향 규명

3 연안환경측정망 운영계획 개선방안 제안

- 효율적인 중·장기 연안환경측정망 운영 계획 수립
- 해역별 환경특성을 반영한 조사항목 및 조사방법의 조정
- 연안환경정보 자료표출 시스템 및 활용방안 검토

8

충청남도 연안환경측정망 현황

충남연구원 ChungNam Institute

조사 세부항목

구분		조사항목	조사정점
해수	일반항목 (15)	수온, 염분, pH, DO, COD, TN, DIN (NO_2-N, NH_4-N, NO_3-N), TP, DIP(PO_4-P), SiO_2-Si, SPM, 투명도, Chlorophyll-a	30개 정점
	유분		5개 정점
	미량금속 (8)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr^{6+}, 총수은, As, CN	30개 정점
해저퇴적물	일반항목 (4)	입도, 강열감량, AVS, COD	30개 정점
	중금속 (13)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, 총수은, As, Ni, Co, Al, Li, Fe, Mn	30개 정점
해양생물	중금속 (7)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, 총수은, As	4개 정점

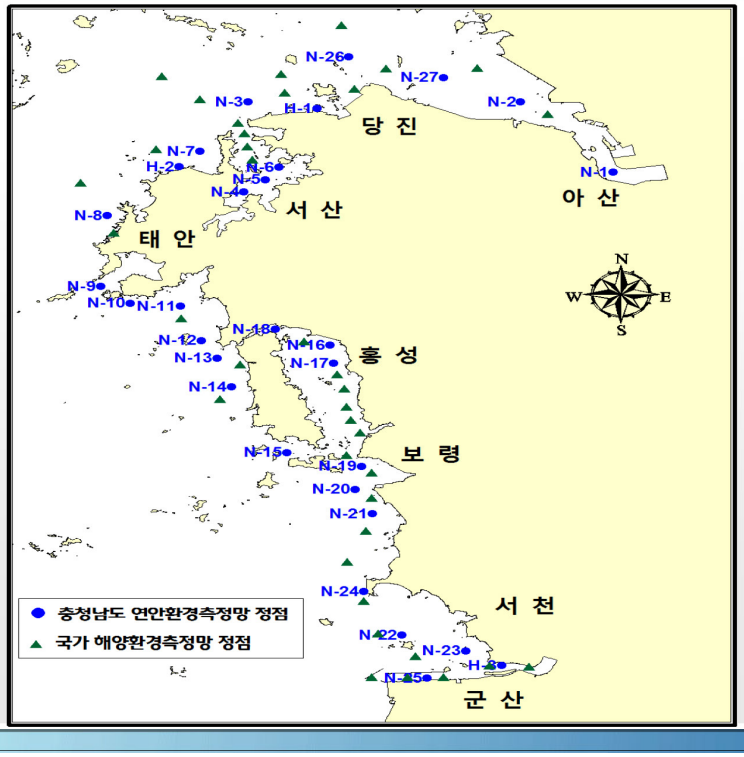
주)

1. 해수 일반항목은 표층·저층 조사이며, 해수 미량금속, 유분은 표층조사임
2. 해양생물은 진주담치 및 굴 체내의 미량금속 농도를 추정하여 해양 환경 오염 상태 진단
3. 해양환경측정 정도 관리 인증을 받은 측정분석업체에서 시료분석 실시

9

충청남도 연안환경측정망 현황

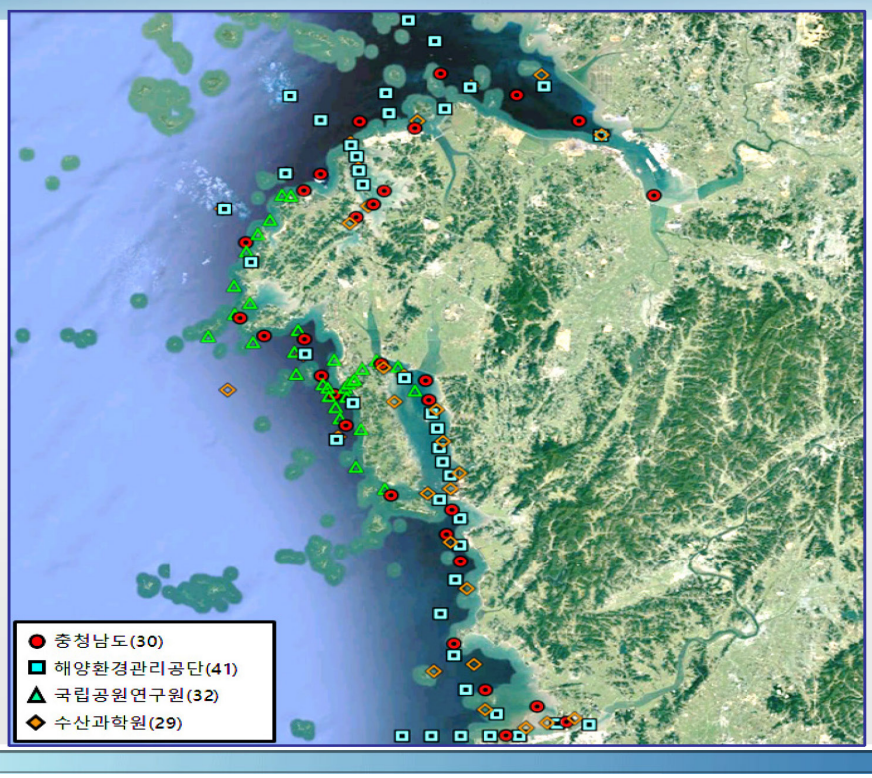
충남연구원 ChungNam Institute



10

서해 중부 해양환경측정망 현황(종합)

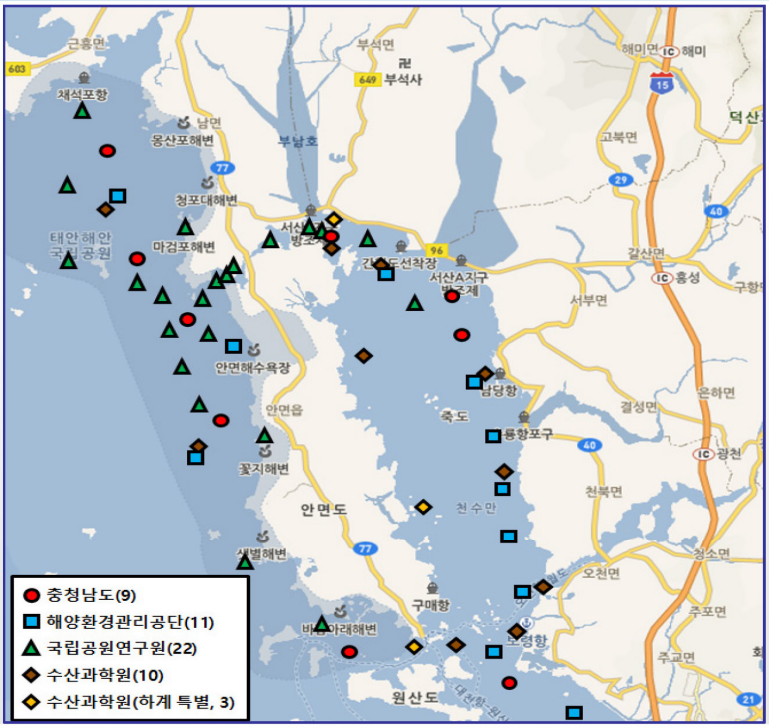
충남연구원 ChungNam Institute



11

천수만 주변 해양환경측정망 현황

충남연구원 ChungNam Institute



12

III. 모니터링 결과 소개

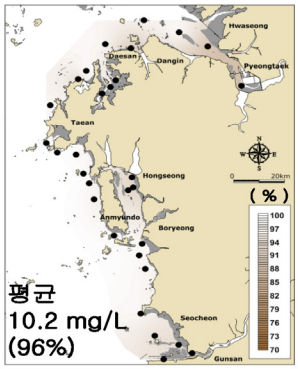
13

해양환경 조사 결과 (해양 수질)

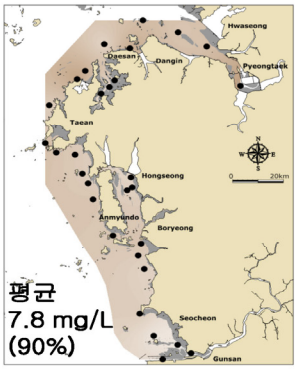
저층 용존산소 포화도(DO)

DO, 7.5이상(1등급), 5이상(2등급), 2이상(3등급)

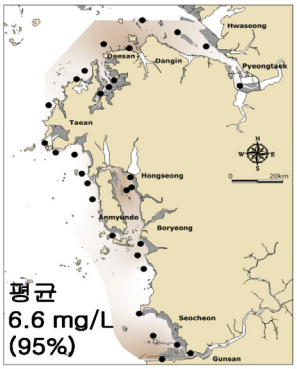
동계



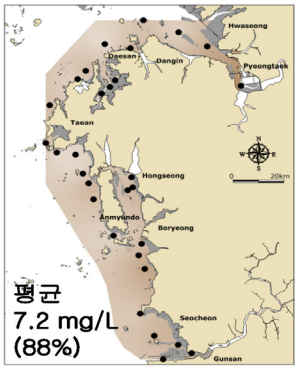
춘계



하계



추계



✓ 동계에 상대적으로 높은 용존산소 포화도를 보임

✓ 전반적으로 아산만 내측, 천수만 내측과 금강 하구 인근에서 낮은 포화도를 보임

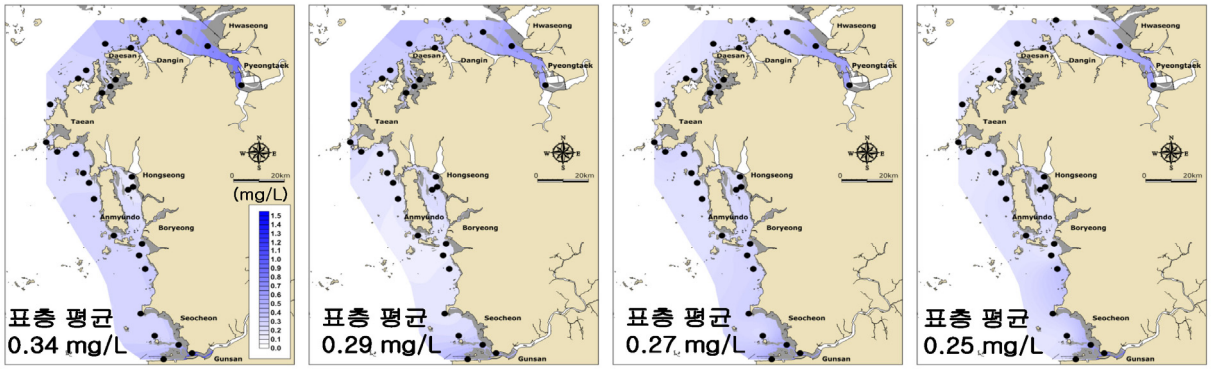
14

해양환경 조사 결과 [해양 수질]

총질소(TN)

TN, 0.30이하(1등급), 0.60이하(2등급), 1.00이하(3등급)

동계 | 춘계 | 하계 | 추계



✓ 전반적으로 아산만 및 금강 하구 인근 해역에서 높음(염분이 낮게 관측된 지점)

✓ 계절별 차이는 동계에 약간 높게 나타나며, 그 외는 뚜렷하지 않음

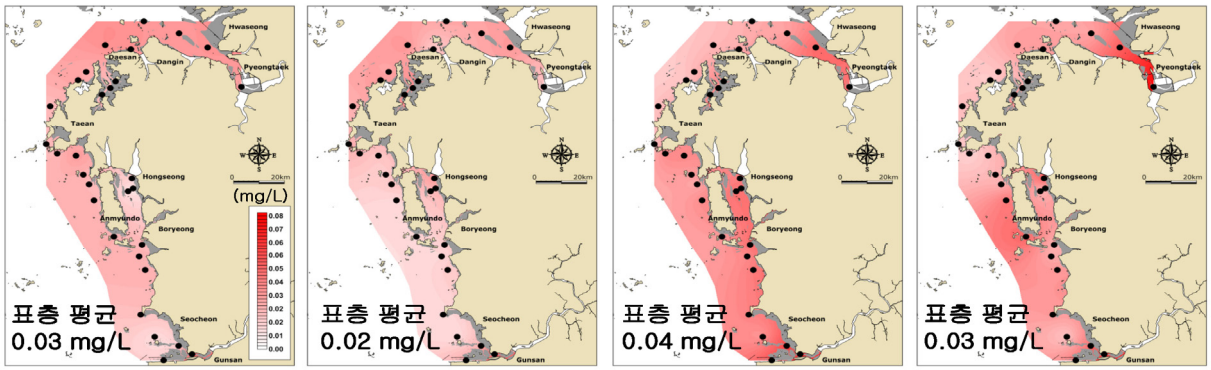
15

해양환경 조사 결과 [해양 수질]

총인(TP)

TP, 0.030이하(1등급), 0.050이하(2등급), 0.090이하(3등급)

동계 | 춘계 | 하계 | 추계



✓ 전반적으로 아산만 및 천수만 해역에서 높음

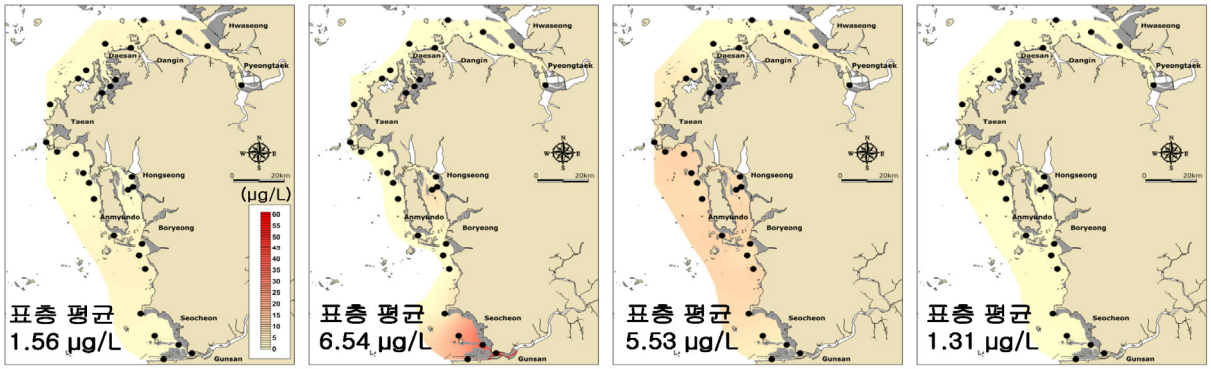
✓ 동계보다 하계에 상대적으로 증가하였음

16

해양환경 조사 결과 (해양 수질)

엽록소-a(Chl-a)

동계 | 춘계 | 하계 | 추계



✓ 추계, 동계보다 춘계 및 하계에 상대적으로 높음

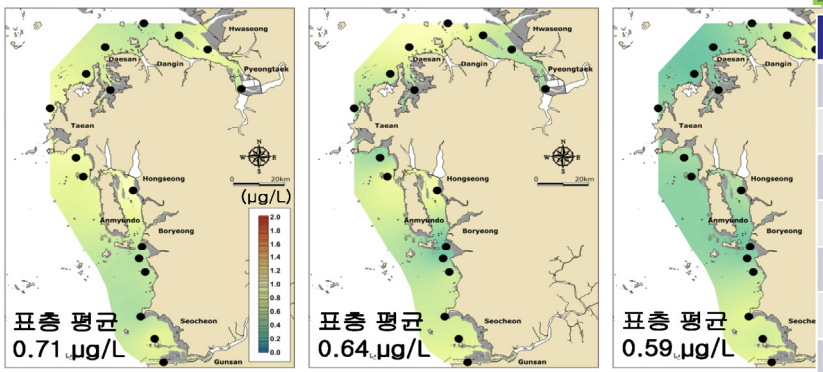
✓ 춘계는 금강 하구, 하계에는 태안 및 보령 연안에서 상대적으로 높음

17

해양환경 조사 결과 (해양 수질)

중금속류-아연(Zn)

동계 | 춘계 | 하계



해양생태계 보호기준(ug/L)

중금속	단기	장기
구리(Cu)	3.0	1.2
납(Pb)	7.6	1.6
아연(Zn)	34	11
비소(As)	9.4	3.4
카드뮴(Cd)	19	2.2
6가크롬(Cr^{6+})	200	2.8
수은(Hg)	1.8	1.0
니켈(Ni)	11	1.8

✓ 모든 중금속 항목에서 해양생태계 보호기준의 단기(34ug/L) 및 장기(11ug/L) 기준 이하

– *단기 기준(1회성 관측) **장기 기준(최소 4계절 조사 자료)

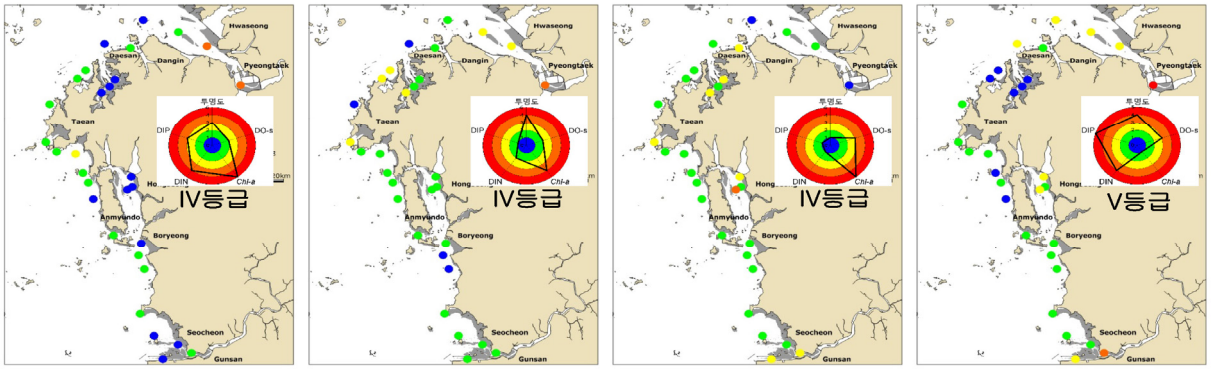
18

해양환경 조사 결과 (해양 수질)

수질평가지수(WQI)

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

동계 | 춘계 | 하계 | 추계



- ✓ 동계에는 대부분 I~II 등급이며, 아산 연안에서 IV 등급을 보임
- ✓ 춘계에는 대부분 II 등급이며, 아산 연안에서 III~IV 등급을 나타냄
- ✓ 하계에는 대부분 II 등급이며, 천수만 내측, 가로림만에서 II~IV 등급을 나타냄
- ✓ 추계에는 대부분 II등급이며, 아산만 V등급, 금강하구에서 IV등급, 천수만, 당진연안에서 III 등급을 나타냄

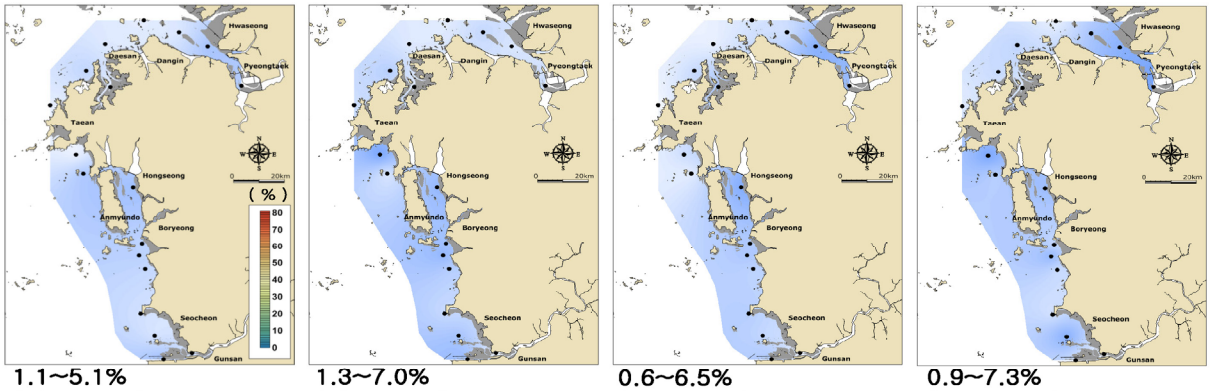
19

해양환경 조사 결과 (해양 퇴적물)

강열감량(IL)

국내 부영양화 관련 평가항목 15%미만 3점, 5%미만 0점

동계 | 춘계 | 하계 | 추계



동계	춘계	하계	추계
1.1~5.1% (평균 2.9%)	1.3~7.0% (평균 3.5%)	0.6~6.5% (평균 3.4%)	0.9~7.3% (평균 3.8%)

- ✓ 계절별 편차는 상대적으로 작게 나타남
- ✓ 아산 연안, 천수만, 금강 하구역 인근 해역에서 강열감량이 상대적으로 높음

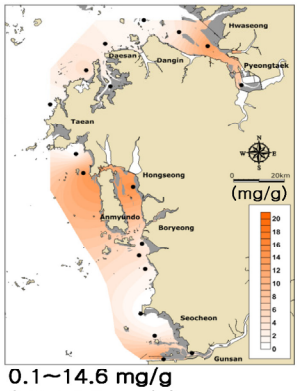
20

해양환경 조사 결과 (해양 퇴적물)

화학적산소요구량(COD)

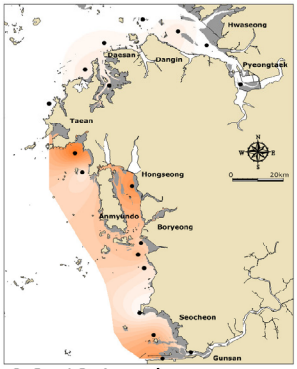
일본 수산자원 보호협회 기준농도 : 20 이하
국내 부영양화 관련 평가항목 20미만 1점, 13미만 0점

동계



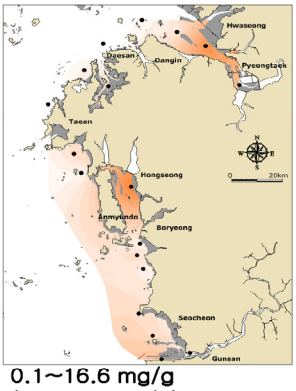
0.1~14.6 mg/g
(평균 4.9 mg/g)

춘계



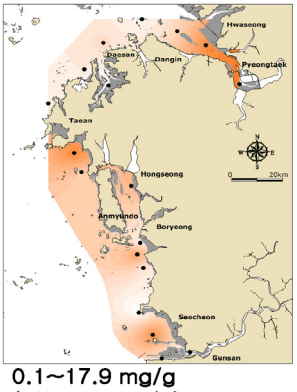
0.3~18.4 mg/g
(평균 5.7 mg/g)

하계



0.1~16.6 mg/g
(평균 5.5 mg/g)

추계



0.1~17.9 mg/g
(평균 7.3 mg/g)

✓ 계절별 편차는 상대적으로 작게 나타남

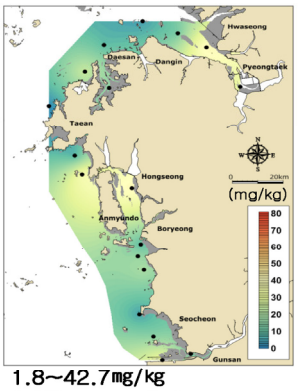
✓ 아산 연안, 천수만, 금강 하구역 인근 해역에서 화학적산소요구량이 상대적으로 높음

21

해양환경 조사 결과 (해양 퇴적물)

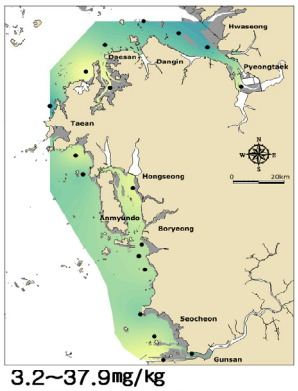
중금속 - 아연(Zn)

동계



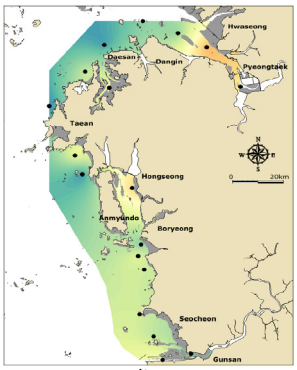
1.8~42.7mg/kg
(평균 19.2mg/kg)

춘계



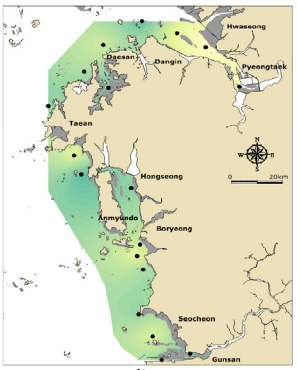
3.2~37.9mg/kg
(평균 20.2mg/kg)

하계



2.0~58.2mg/kg
(평균 25.8mg/kg)

추계



8.6~40.3mg/kg
(평균 22.1mg/kg)

✓ 아산만, 천수만, 금강 하구역, 가로림 인근 해역에서 상대적으로 높은 농도를 보임

✓ 국내 환경 기준(68.4mg/kg)및 국외 환경 기준(150mg/kg)에는 미치지 않음

22

해양환경 조사 결과 (해양 퇴적물)

원소분석 결과, C/N (전유기탄소/전질소) 비

유기물 중 C/N비는 유기물의 특성과 기원을 지시
– C/N 비 > 10 : 유기물이 육상에서 유입, C/N비 < 10 : 유기물이 내부생산(생물생산)에 의한 해양기원임을 나타냄

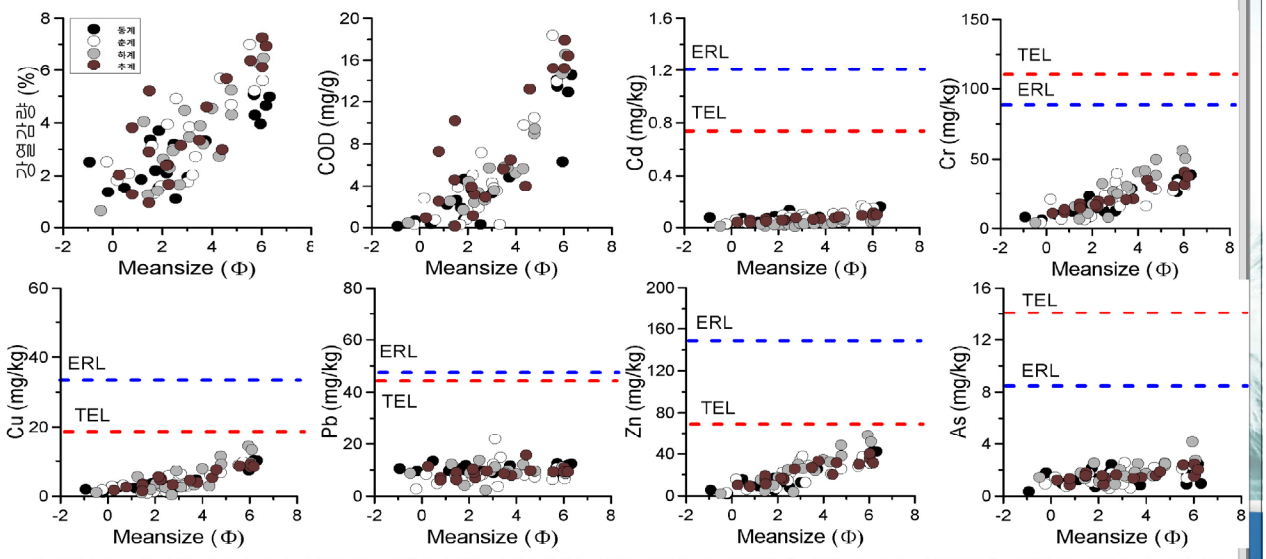
		OC(%)	TN(%)	C/N 비
아산 연안	N1	0.05	0.01	5.27
	N2	0.02	0.01	2.55
	N26	0.06	0.01	5.26
	N27	0.28	0.03	8.60
대산 및 가로림	N3	0.18	0.03	5.58
	N5	0.27	0.04	7.51
	N7	0.27	0.04	7.35
태안 연안	N8	0.03	0.01	3.06
	N11	1.07	0.14	7.39
	N12	0.26	0.03	7.65
천수만 및 보령 연안	N17	0.84	0.11	7.67
	N19	0.47	0.06	7.76
	N20	0.60	0.09	6.84
	N21	0.34	0.04	7.91
서천 연안	N22	0.59	0.08	7.04
	N24	0.13	0.02	6.72
	N25	0.68	0.09	7.85
	H3	0.06	0.01	5.81
최소		0.02	0.01	2.55
최대		1.07	0.14	8.60
평균		0.34	0.05	6.54

표층퇴적물 내 유기물
: 대부분 현장에서 생생된 내부생산 유기물이 많이 혼합되어 있음을 나타냄

23

해양환경 조사 결과 (해양 퇴적물)

ERL : 미국 해양대기청(NOAA)의 퇴적물 중금속 관리 기준, TEL : 국내 해양환경관리법에 따른 해양환경 기준 (주의기준)



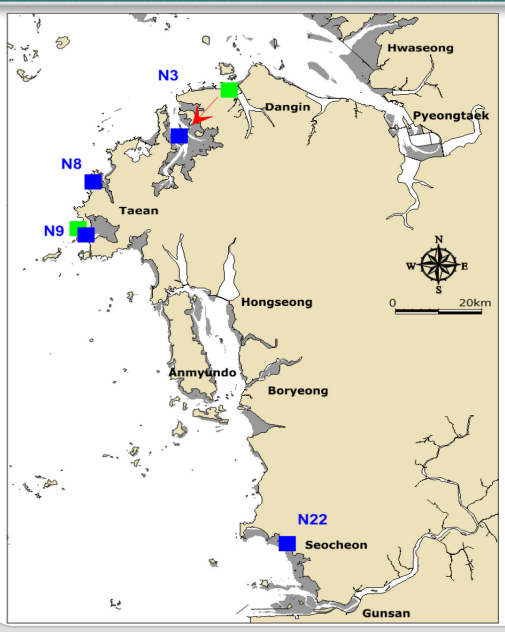
✓ 퇴적물 내 모든 중금속 항목은 국내(주의 기준, TEL) 및 국외(ERL) 환경 기준 이하

✓ 유기물 항목 및 중금속 항목은 평균 입도와 양호한 상관성을 가짐

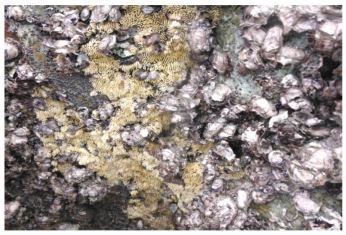
24

해양환경 조사 결과 (해양생물 내 중금속)

정점도



	2월	5월, 8월, 11월
N3	삼길포	가로림
N8	천리포	
N9	파도리	통개항
N22	선도리	

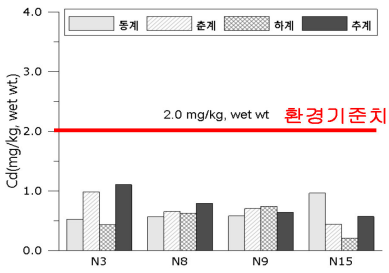


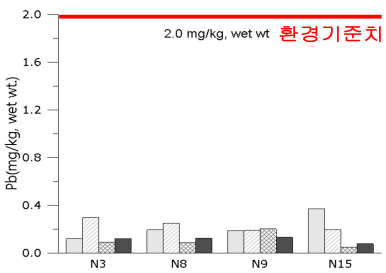
25

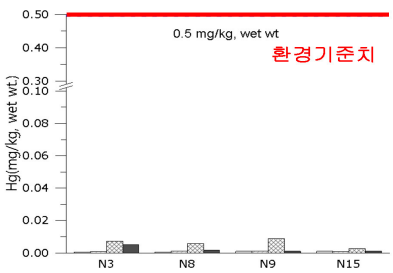
해양환경 조사 결과 (해양생물 내 중금속)

해양생물 내 중금속

지역	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
	(㎎/㎏ wet wt.)					
식품기준	2.0		–	2.0	–	0.5
남해안 연안	0.37~0.79	0.09~0.25	–	0.04~0.32	–	0.006~0.011
국내 연안	0.713	0.16	22.6	0.20	48.0	–
금회 조사	0.65	0.19	45.7	0.17	176	0.002







- 모든 정점에서 패류의 중금속 기준(제 2015-78호, 식품의약품안전처) 이하로 나타남
- 기존 연구결과(국내연안)와 비교시 대부분 유사한 수준으로 나타남

26

IV. 주요 현안 대응계획

27

주요 현안 대응계획

충남연구원 ChungNam Institute

천수만

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	
		오천만 입구 보령방조제 준공	

28

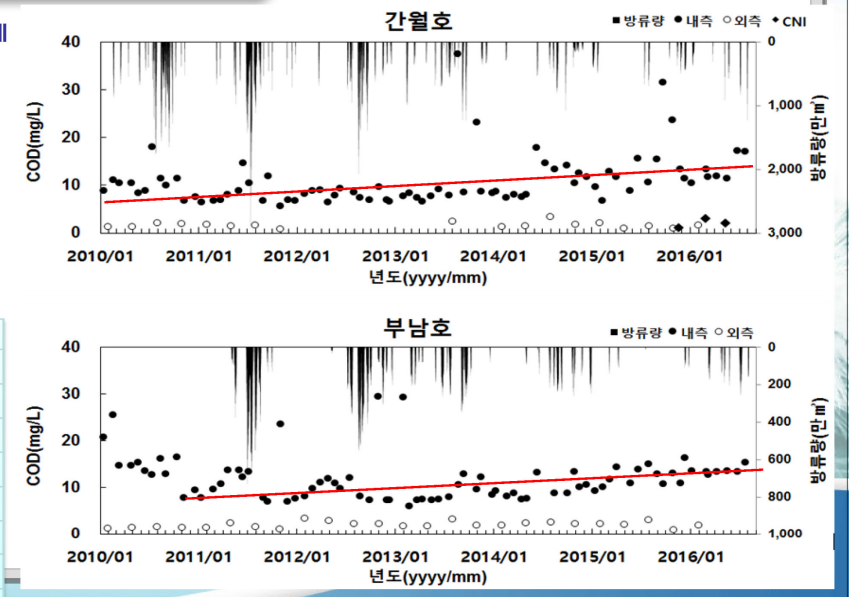
주요 현안 대응계획

충남연구원 ChungNam Institute

육상기인 오염원 영향 분석

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

등급 (하천 및 호소 기준)		기준 (단위:mg/L) BOD	COD
매우 좋음	Ia	1 이하	2 이하
좋음	Ib	2 이하	4 이하
약간 좋음	II	3 이하	5 이하
보통	III	5 이하	7 이하
약간 나쁨	IV	8 이하	9 이하
나쁨	V	10 이하	11 이하
매우 나쁨	VI	10 초과	11 초과



29

주요 현안 대응계획

충남연구원 ChungNam Institute

하계 양식장 대량폐사

현황	• **조피볼락**은 서해권역에 **중요한 해면 양식어종**임 • 2016년 8월 **지속된 폭염**으로 천수만(태안, 서산, 보령, 홍성) 지역 가두리 양식장의 조피볼락 등 **어류 700여 톤 폐사**
문제점	• 천수만 내측은 조피볼락 양식 적지였으나 최근 **여름철 고수온 현상**으로 **대량폐사가 반복적으로 발생**하고 있음(`13년 500톤, `16년 700톤폐사) • 지속적인 해수온도 상승으로 인한 어체 면역기능과 활성 저하에 의한 원인으로 판단 • 빈산소 및 무산소층 발생을 유발하는 저층오염퇴적토의 영향이 크게 작용하고 있음 **(저층 퇴적물의 유기물 분해에 의한 산소 소비증가)**

30

주요 현안 대응계획

충남연구원 ChungNam Institute

하계 양식장 대량폐사

빈산소 수괴란 : 부영양화 된 내만에서 수괴의 성층화와 유기물 분해 및 기타 화학적 요인들에 의해 용존산소(DO)의 농도가 2.5~3.0mg/L 이하로 낮아지는 현상(이 동, 2010). 보통 하계 고수온기에 표층의 수온은 높고, 저층 수온이 낮아 수괴가 연직으로 성층될 때 발생함

* 우리나라 주요 발생해역 : 진해만, 가막만, 천수만, 시화호, 영산강 하구 등

▶ 용존산소(dissolved oxygen) 농도가 0.025mg/L이하로 감소할 경우 저서동물은 완전히 폐사하여 일종의 무생물대(azoic zone)가 형성됨(Lim et al., 2006)

31

주요 현안 대응계획

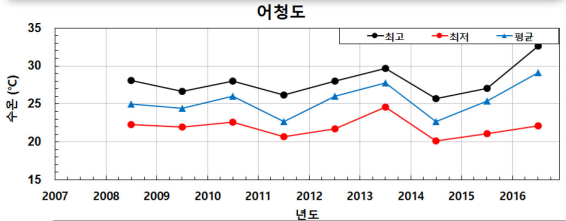
충남연구원 ChungNam Institute

고수온 발생 현황 분석

충남 주요 해역의 수온의 시간변화를 살펴봄

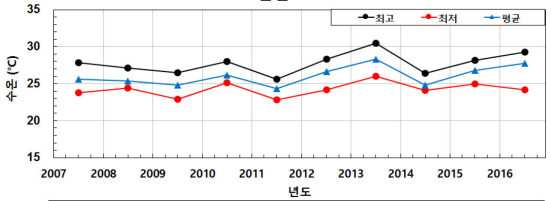
(자료 : 기상청 해양관측 결과)

어청도



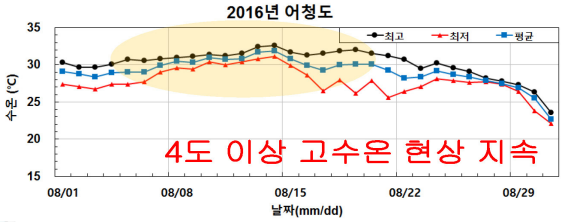
	최고수온(℃)	최저수온(℃)	평균수온(℃)
누년(2007~2015)	29.7	20.1	25.0

군산



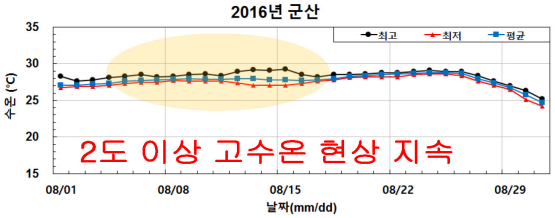
	최고수온(℃)	최저수온(℃)	평균수온(℃)
누년(2007~2015)	30.5	22.8	25.9

2016년 어청도



	최고수온(℃)	최저수온(℃)	평균수온(℃)
2016년	32.6	22.1	29.1

2016년 군산



	최고수온(℃)	최저수온(℃)	평균수온(℃)
2016년	29.3	24.2	27.7

32

주요 현안 대응계획

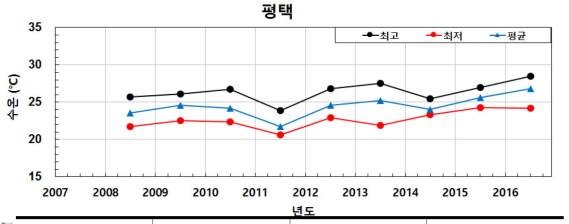
충남연구원 ChungNam Institute

고수온 발생 현황 분석

충남 주요 해역의 수온의 시간변화를 살펴봄

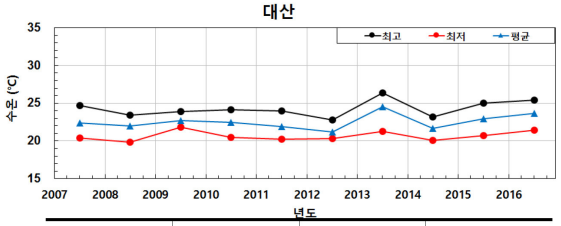
(자료 : 기상청 해양관측 결과)

평택



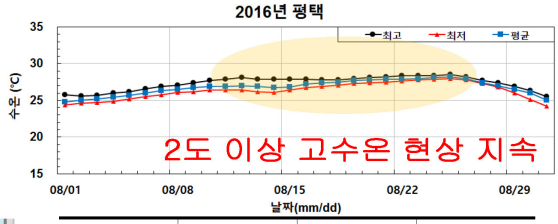
	최고수온(℃)	최저수온(℃)	평균수온(℃)
누년(2007~2015)	27.5	20.6	24.2

대산



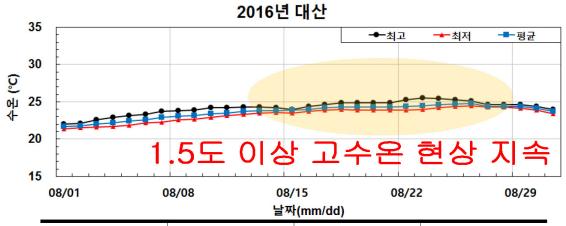
	최고수온(℃)	최저수온(℃)	평균수온(℃)
누년(2007~2015)	26.4	19.8	22.4

2016년 평택



	최고수온(℃)	최저수온(℃)	평균수온(℃)
2016년	28.5	24.2	26.8

2016년 대산



	최고수온(℃)	최저수온(℃)	평균수온(℃)
2016년	25.5	21.4	23.7

33

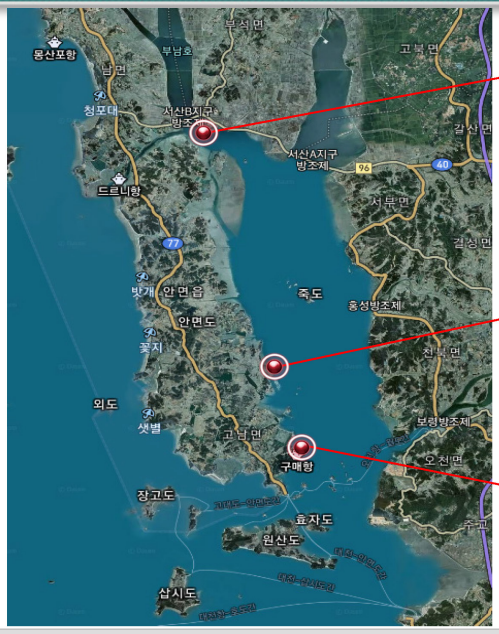
주요 현안 대응계획

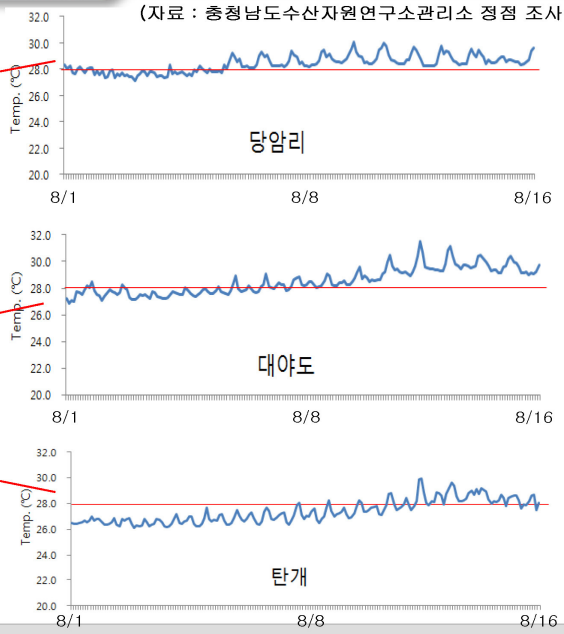
충남연구원 ChungNam Institute

천수만 내 고수온 발생 관측자료

충남 주요 해역의 수온의 시간변화를 살펴봄

(자료 : 충청남도수산자원연구소관리소 정점 조사 결과)

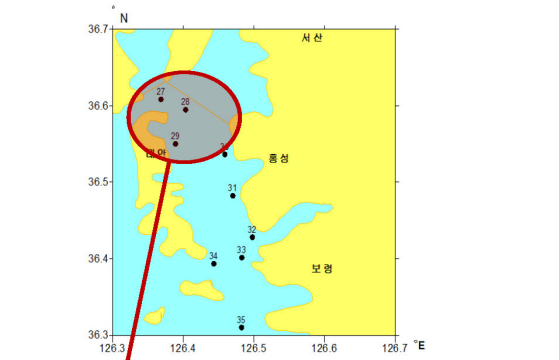


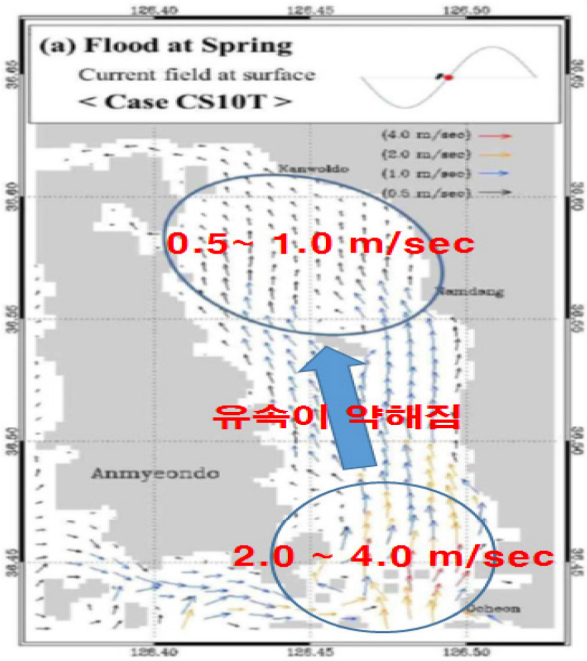


34

주요 현안 대응계획

충남연구원 ChungNam Institute



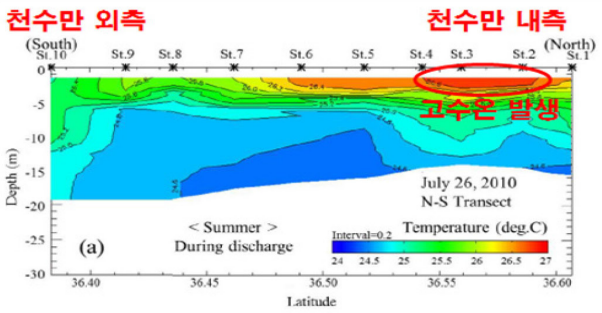


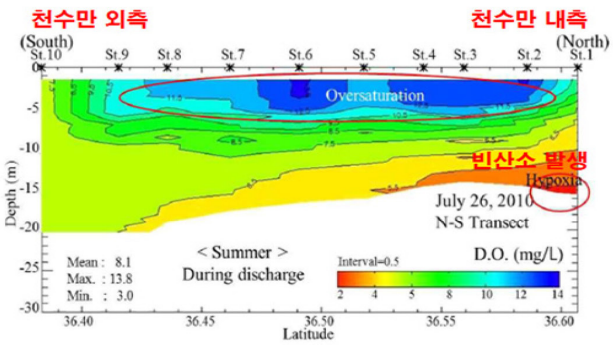
천수만 정점 조사 자료(국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과)

35

주요 현안 대응계획

충남연구원 ChungNam Institute





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

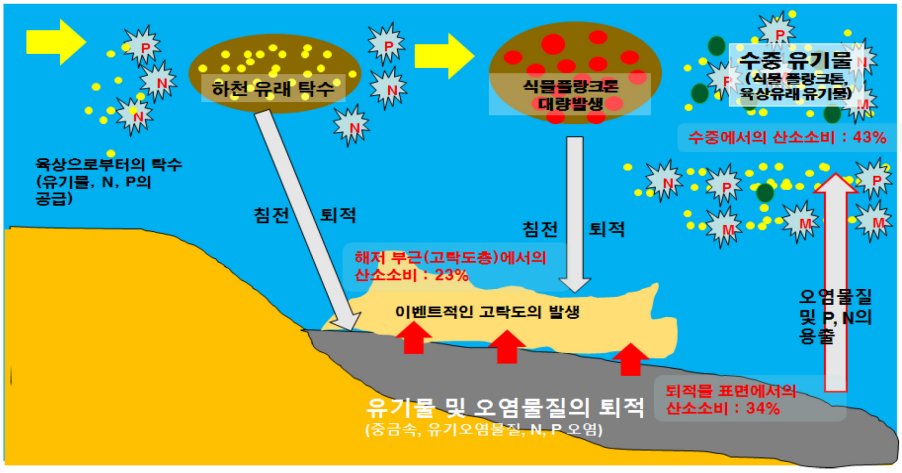
- ◆ 기존 연구 결과를 보면 천수만 외측에서 내측으로 갈수록 해수의 이동 속도가 감소
- ◆ 간월호와 부남호 등으로부터 유입된 오염물질과 양식장에서 발생하는 사료 등의 유기물이 만내로 유입됨
- ◆ 유입된 오염물질이 외부로 이동할 수 없어 천수만 내측 해저에 퇴적될 가능성이 높음
- ✓ 천수만 내 수온, 염분, 용존산소 등에 대한 연직 공간분포에 대한 정기 조사가 필요
- ✓ 특히 7~8월 빈산소 수괴 발생가능성 높음

36

주요 현안 대응계획

충남연구원 ChungNam Institute

저층 오염퇴적물에 의한 해양환경 피해



반폐쇄성 해역에서의 빈산소 발생요인 개념도

- 이벤트적인 고탁도층 및 저질 퇴적물 표면에서의 산소소비가 전체 산소소비량의 반 이상을 차지함
- 빈산소의 발생을 제어하기 위해서는 유기오염물질을 함유한 오염퇴적 환경에 대한 개선이 중요

37

향후 연구 추진 계획

충남연구원 ChungNam Institute

천수만 종합대책 수립 및 특별조사 실시

육상기인 오염원 저감 대책 수립

- 담수호의 수질오염, 퇴적토 문제, 녹조현상, 농업용수 사용의 한계, 수산물 생산량의 감소
- 연안 수질개선 문제는 결국 갇힌 하구호 내 수질이 개선되어야 해결될 수 있음
- 해양수산부, 환경부, 농림축산식품부, 농어촌공사 등 관계기관간 긴밀한 협의가 중요
- 하구역 관리에 대한 주체가 명확치 않은 법제도적인 문제점에 대한 보완책 마련이 필요

천수만 특별 조사 실시(2017년)

- 천수만 오염퇴적물 분포현황 조사(오염정화지수 시범 산출)
  : 주요 하구 외측 해역(천수만 북측해역) 저층 퇴적물에 대한 공간 조사 예정
- 육역 담수호(하구호)의 오염수 및 오염퇴적물 방류 영향 분석

충청남도 해양수질자동측정망 운영계획 수립

- 2019년 1개소 배치 및 운영 계획 수립 예정(최적 대상지 검토)

38

향후 연구 추진 계획
천수만 특별조사 지점
충남연구원
ChungNam Institute
기존 정기조사정점
퇴적물 특별조사 정점
하구호 특별조사 정점
39

감 사 합 니 다