

서해안
연안환경측정망
모니터링
연구용역



2015. 12

제 출 문

충청남도지사 귀하

본 보고서를 『서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역』에 대한 최종보고서로 제출합니다.

2015년 12월

충남연구원

원장 강현수

총괄연구책임자 : 윤종주

참여연구원 : 최진하 이상신

표정기 윤영관

윤수향 양재원

목차

제 1 장 연구 개요	1
제 2 장 연안환경측정망 배경 및 목적	3
2.1 연안환경측정망 배경 및 목적	3
2.1.1 연안측정망 배경	3
2.1.2 연안측정망 목적	4
2.2 연안측정망 내용	5
2.2.1 조사 정점 선정	5
2.2.2 조사시기 및 조사항목	7
2.3 법적근거	9
2.3.1 관련 법령	9
2.3.2 상위계획 및 관련계획	10
제 3 장 해양환경 조사	11
3.1 조사 개요	11
3.1.1 공간적 범위	11
3.1.2 시간적 범위	11
3.1.3 내용적 범위	11
3.1.4 현장조사 수행 내역	12
3.2 조사 방법	13
3.2.1 시료 채취 방법	13
3.2.2 시료의 전처리 및 분석	16
3.2.3 회수율	24
3.3 조사 결과	26
3.3.1 해양 수질	26
3.3.2 해양 퇴적물	52

3.3.3 해양 생물	69
3.3.4 국가 해양환경측정망 수질 모니터링 결과	76
제 4 장 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선안	81
4.1 연안환경측정망 개선안	81
4.1.1 지점별 측정항목의 변경	81
4.1.2 측정지점 위치 이동	86
4.1.3 측정지점 추가 선정	87
4.2 2015년도 보고회 주요 자문의견 반영	89
4.2.1 착수보고회	89
4.2.2 최종보고회	90
4.2.3 의견 종합	91
참고문헌	95

〈표 목차〉

〈표 2.1.2-1〉 서해안 연안환경측정망 모니터링 조사항목	7
〈표 2.1.2-2〉 서해안 연안환경측정망(연근해 및 항만환경측정망) 지점 종합	8
〈표 3.1.4-1〉 서해안 연안환경 조사정점	12
〈표 3.2.2-1〉 지수별 퇴적물의 입도 환산표	21
〈표 3.2.2-2〉 조직 표준치의 산정공식 및 언어표기 척도(Verbal scale)	22
〈표 3.2.3-1〉 표준시료(MOOS-3)에 대한 해수 내 영양염류의 분석 결과 및 회수율 ..	24
〈표 3.2.3-2〉 표준시료(CASS-5)에 대한 해수 내 중금속의 분석 결과 및 회수율	24
〈표 3.2.3-3〉 퇴적물 표준시료(MESS-3)을 이용한 분석 결과 및 회수율	25
〈표 3.2.3-4〉 굴조직분말 표준물질(108-04-001)을 이용한 분석 결과 및 회수율	25
〈표 3.3.1-1〉 해양환경기준-해양수산부고시 제 2013-186호(생활기준)	26
〈표 3.3.1-2〉 해양환경기준-해양수산부고시 제 2013-186호(사람의 건강보호 기준) ..	26
〈표 3.3.1-3〉 해양환경기준-해양수산부고시 제 2013-186호(해양생태계 보호기준)	27
〈표 3.3.1-4〉 해양환경기준(생태기반 해수수질 기준)-해양수산부고시 제2013-186호 ..	28
〈표 3.3.1-4〉 해양 수질 현장 관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과	33
〈표 3.3.1-5〉 해양 수질의 영양염류 및 TN, TP 결과	35
〈표 3.3.1-6〉 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과	37
〈표 3.3.1-7〉 수질평가지수(WQI) 및 등급	46
〈표 3.3.2-1〉 국내 부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수	52
〈표 3.3.2-2〉 국외 퇴적물 기준농도	52
〈표 3.3.2-3〉 해양환경관리법에 따른 해양환경기준(해양수산부고시 제 2013-186)	53
〈표 3.3.2-4〉 미국해양대기청(NOAA)의 퇴적물 중금속 관리 기준	53
〈표 3.3.2-5〉 해양 퇴적물 입도 분석 결과	57
〈표 3.3.2-6〉 해양 퇴적물 일반 항목 분석 결과	58
〈표 3.3.2-7〉 해양 퇴적물 중금속 항목 분석 결과	58
〈표 3.3.2-8〉 농축계수를 사용한 오염도 평가	67
〈표 3.3.2-9〉 농집지수를 사용한 오염도 평가	68

<표 3.3.3-1> 식품 중 중금속 기준(납)	70
<표 3.3.3-2> 식품 중 중금속 기준(카드뮴)	70
<표 3.3.3-3> 국내·외 수산물 중 중금속 기준(납)	71
<표 3.3.3-4> 국내·외 수산물 중 중금속 기준(카드뮴)	71
<표 3.3.3-5> 해양 생물 중금속 분석 결과	73
<표 3.3.3-6> 국내 식품 중 패류의 중금속 기준 및 굴 체내 중금속의 기준 연구 결과	74
<표 3.3.4-1> 생태기반 해수 수질 기준	76
<표 3.3.4-2> 수질평가지수 항목별 점수	77
<표 3.3.4-3> 수질평가지수 해역별 기준값	77
<표 3.3.4-4> 서해중부해역의 수질평가지수 항목별 점수	77
<표 3.3.4-5> 국가 항만환경측정망 수질 등급(충남연안)	78
<표 3.3.4-6> 국가 연·근해환경측정망 수질 등급(충남지역)	80
<표 4.1.1-1> 서해안 연안환경측정망 지점 별 조사항목 비교 (최초안 vs 2015년 수행안)	84
<표 4.1.1-2> 서해안 연안환경측정망 지점 별 조사항목 비교 (2015년 수행안 vs 2016년 예정안)	85
<표 4.1.2-1> 서해안 연안환경측정망 위치변경 지점 종합(보령, 서천)	86

〈그림 목차〉

〈그림 2.1.1-1〉 각 국가연안측정망 및 서해안 연안환경 측정망 정점	5
〈그림 2.1.1-2〉 충청남도 서해안 연안환경측정망 26개 정점	6
〈그림 2.1.1-3〉 상위계획 및 관련 계획과의 연계도	10
〈그림 3.2.1-1〉 현장 조사 사진	14
〈그림 3.2.1-1〉 현장 조사 사진(계속)	15
〈그림 3.2.2-1〉 자갈, 모래 및 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물 유형 분류	23
〈그림 3.3.1-1〉 수소이온농도와 용존산소 포화도의 정점별 분포	38
〈그림 3.3.1-2〉 부유입자물질과 화학적산소요구량의 정점별 분포	39
〈그림 3.3.1-3〉 총질소와 용존무기질소의 정점별 분포	40
〈그림 3.3.1-4〉 총인과 용존무기인의 정점별 분포	41
〈그림 3.3.1-5〉 규산염 규소와 염록소-a의 정점별 분포	42
〈그림 3.3.1-6〉 미량금속의 정점별 분포(구리, 납, 아연, 카드뮴)	43
〈그림 3.3.1-7〉 미량금속 및 용매추출유분의 정점별 분포	44
〈그림 3.3.1-8〉 각 정점별 생태기반 해수수질 등급	47
〈그림 3.3.1-9〉 생태구역 구분도	48
〈그림 3.3.1-10〉 기존조사와 금회조사 비교(SPM, COD, TN)	50
〈그림 3.3.1-11〉 기존조사와 금회조사 비교(DIN, TP, DIP)	51
〈그림 3.3.2-1〉 모래, 실트 및 점토의 함량비에 따른 퇴적상 분류	59
〈그림 3.3.2-2〉 모래, 실트, 점토 및 평균입도 분포	60
〈그림 3.3.2-3〉 해양 퇴적물 일반항목 분포 특성	61
〈그림 3.3.2-4〉 해양 퇴적물 중금속 항목 분포 특성	62
〈그림 3.3.2-4〉 해양 퇴적물 중금속 항목 분포 특성(계속)	63
〈그림 3.3.2-4〉 해양 퇴적물 중금속 항목 분포 특성(계속)	64
〈그림 3.3.2-5〉 입도와 중금속 항목의 상관성 및 퇴적물 환경 기준과 비교	65
〈그림 3.3.3-1〉 해양 생물 시료 채취 정점도	72
〈그림 3.3.3-2〉 정점별 생물 체내 중금속 농도(mg/kg dry wt.)	75

<그림 3.3.4-1> 향만환경측정망 연도별 수질등급(보령연안)	78
<그림 3.3.4-2> 향만환경측정망 연도별 수질등급(아산연안)	78
<그림 3.3.4-3> 충청남도 주요 연안의 각 연도별 11월 수질등급지수(WQI) 비교 (장항, 보령, 천수만)	79
<그림 3.3.4-4> 충청남도 주요 연안의 각 연도별 11월 수질등급지수(WQI) 비교 (태안, 가로림만, 대산항, 아산만)	79
<그림 4.1.1-1> 홍성(N16~18) 및 보령(N19~21) 연안의 연안환경측정망 지점	81
<그림 4.1.1-2> 아산(N1) 및 서산(N3) 연안의 연안환경측정망 지점	82
<그림 4.1.1-3> 서산(N4~6) 및 서천(H3, N22~23) 연안의 연안환경측정망 지점	83
<그림 4.1.2-1> 서천(N22~23) 및 보령(N19~21) 연안의 연안환경측정망 지점	86
<그림 4.1.3-1> 서천·군산 해역 신규 정점 추가안	88
<그림 4.1.3-2> 아산만 해역(아산, 당진) 신규 정점 추가안	88



제 1 장 연구 개요

해양, 특히 연안의 환경은 인간의 활동영역이 연안역에 집중됨에 따라 다양한 산업활동, 수산양식, 경제활동 및 관광레저 활동이 증가하고 있으며, 이에 따른 오염이 점차 증가되고 있다. 특히 주요 연안해역은 도시화 및 산업화 등 인간활동의 집중화로 인하여 육상 및 해상기인 오염원이 증가하고 있다. 이는 해양환경의 이용을 저해하고, 해양환경의 악화를 유발하여 해양생물의 생존을 위협하는 1차적인 생태계 악영향 뿐 아니라 이로 인한 2차적인 인간의 환경피해까지 그 영향이 나타나고 있다.

충청남도 연안은 서해안의 중심부에 위치하여 환황해권의 중심 역할을 하고 있으며, 1,242km의 리아스식 해안과 357km²의 넓은 천해의 갯벌자원을 보유하고 있다. 이를 통하여 연중 질 좋은 수산물이 생산되며, 다양한 도서와 함께 수려한 해안환경, 해변 및 항포구 등은 해양관광자원으로서 매우 높은 가치를 지니고 있다. 대표적인 연안환경으로는 해안선이 복잡하며, 해역의 수심이 얕고 밀물과 썰물의 조차가 매우 크다. 또한 연안 내륙에 걸쳐 다양하게 발달한 갯벌은 어족의 산란장과 생육장으로서의 역할을 하고 있으며 영양염류가 풍부하여 연안을 따라 다양한 해양양식업이 발달하였다.

어류의 경우 온대성 어종으로는 멸치, 도미, 조기, 민어, 전갱이, 광어, 삼치 송어, 뱀돔이, 농어, 황복 등이 대표종이며, 한대성 어종으로는 대구와 가오리 등이 많이 생산되고 있다.

관광적인 측면에서는 서해안의 풍부한 관광자원과 서해안 고속도로 개통에 따른 접근성의 향상으로 인하여 태안군 안면도 등 충청남도 연안역을 찾는 관광수요는 매우 크다. 그러나 아름다운 경관을 자랑하는 서해안의 연안을 따라 다양하게 들어선 숙박시설, 요식업체 등은 깨끗한 해양환경에 저해되는 요인을 가지고 있다. 또한 충남의 연안을 따라 다양하게 들어선 산업단지, 공단, 화력발전소 등의 산업활동 및 이와 연관된 대규모 항만시설 역시 해양수질 등의 연안환경에 대한 위해요소로 나타나고 있다. 과거의 농지 및 농업용수 확보 및 해수침입에 의한 피해를 막기 위해 다양하게 건설된 크고 작은 규모의 방조제 또한 해양환경의 악영향을 미칠 수 있는 요인을 제공하고 있다. 방조제 주변으로는 해수유동이 감소하고, 이에 따른 저층 유기퇴적물의 축적 등 주변 해양환경의 변화가 초래되었으며, 방조제 내부의 부영양화 상태의 비정기적인 담수 방출은 인근해역의 해양환경 변화 뿐 아니라 해양생물의 생태계에 큰 영향을 미치고 있다.

본 연구에서는 이러한 연안역의 다양한 이용성 증가에 따른 각종 오염원의 유입환경이 증대되고 있는 가운데, 깨끗한 연안환경의 지속적인 보전정책의 수립을 위한 기초자료의 확보를 목적으로 도내의 주요 해양정점을 중심으로 정기적인 해양환경에 대한 모니터링을 수행하였다. 세부적으로는 해양환경 중 기초적 자료인 해수에 대한 수질, 해저퇴적물 및 해

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

양생물에 대해 조사하고 분석하여 해양수질, 퇴적물, 주요 해양생물에 대한 해양환경현황, 오염원을 평가하였다. 이를 통하여 해양환경 오염을 유발할 수 있는 오염유입원에 대한 원인을 규명하여 도내 주요 연안에 대한 체계적이고 효율적인 연안관리정책의 수립에 활용될 수 있는 장기적인 연안환경 모니터링 기반을 구축하게 된다.

본 과제의 지속적인 추진을 통하여 충청남도 연안해역에 대한 지속가능한 환경관리 및 보전정책 수립 기반을 마련하고자 하며, 장기적으로는 해수면 상승, 해양산성화, 이상 해황 등의 기후변화에 대응할 수 있는 도내의 해양환경에 대한 기초자료를 축적하는데 본 과업의 목적이 있다.

제 2 장 연안환경측정망 배경 및 목적

2.1 연안환경측정망 배경 및 목적

2.1.1 연안환경측정망 배경

- 충청남도는 서해안의 중심부에 위치하고 서해안 중에서 가장 탁도가 낮은 청정해역으로 매년 질 좋은 수산물과 특색있는 도서환경이 구축되어 있으며, 백사장 및 항·포구 등 해양관광자원으로서 가치가 높게 평가되고 있다.
 - 1,242km의 리아스식 해안선
 - 357km²면적의 갯벌
 - 268개의 유·무인 도서

- 충남 서해연안은 장항국가생태산업단지, 서산대산일반산업단지 개발계획, 대규모 매립 및 화력발전소 건설 등을 통해 연안오염을 야기시키고 있으며, 이러한 연안오염에 따른 수산자원 등의 감소주장에 대한 객관적인 자료는 부족한 실정이다.

- 이에 따라 체계적인 연안환경관리 및 보전 정책수립을 위한 기초자료의 확보 및 연안오염물질 유입에 따른 오염상태에 대한 분석이 반드시 필요하다.

- 해양환경 연구기관간 서버연계 및 정보통합 기반을 조성하는 국가해양환경정보 통합시스템(이하 “MEIS” 라 함)의 자료에 따르면 장항에서 아산만에 이르는 충청남도 연안의 측정망 및 모니터링 정점(일부 정점 군산포항 및 군산외해 제외)은 다음과 같다(국가해양정보 통합시스템, 2015).
 - 해양환경측정망 37개 정점(해양환경관리공단 제공)
 - 어장환경모니터링 28개 정점(국립수산과학원 제공)

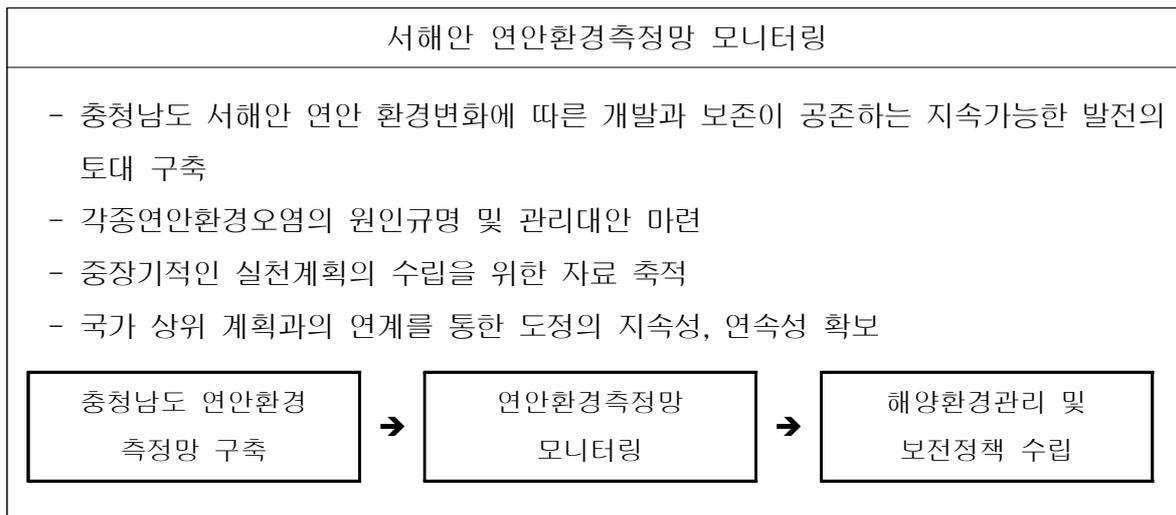
- 이 외에도 국립공원연구원에서 관측하는 태안지역 해양환경측정망(32개 정점, 국립공원연구원(2014))과 바다생태정보나라에서 관측하는 충청남도 해양생태계 조사정점(43개 정점, 외해정점 포함)도 존재한다(바다생태정보나라, 2015).

- 충청남도 서해안에서 수행되는 기존의 측정망 및 모니터링 정점들은 다양하나 그 정점들 간의 거리 편차가 크고 자료의 연속성이 떨어지며, 주관 운영처에 따른 측정항목에 차이가 있다.

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

2.1.2 연안환경측정망 목적

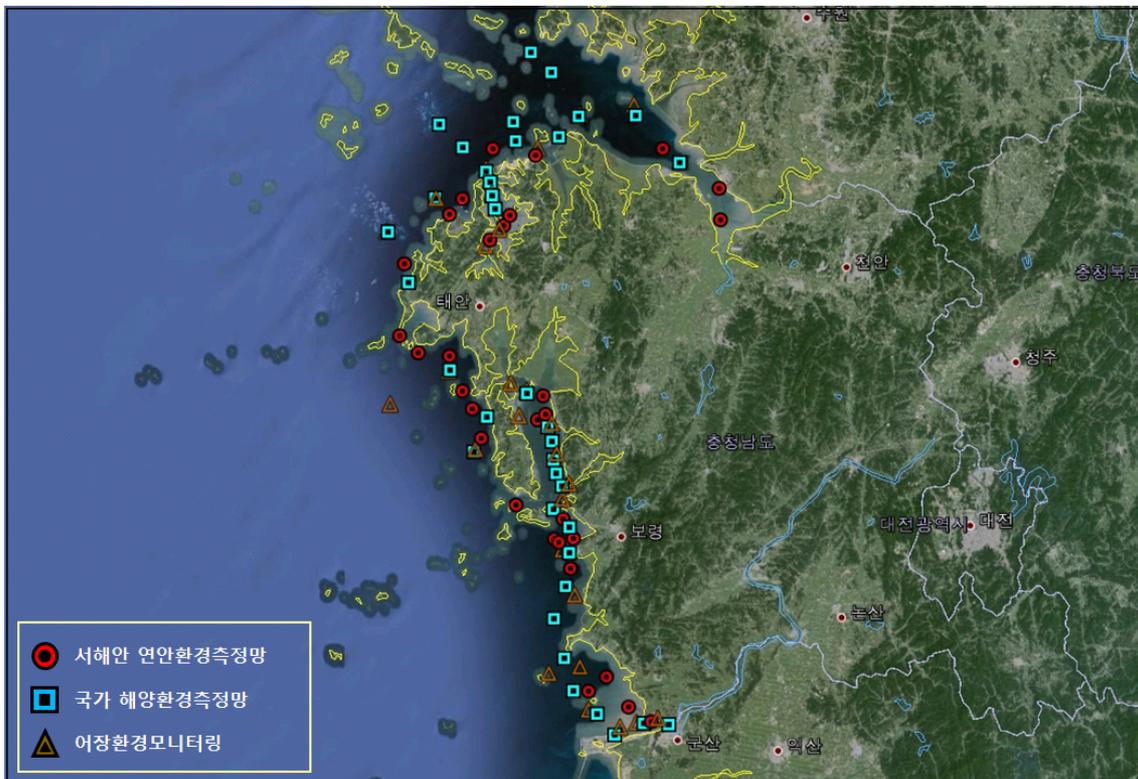
- 충청남도 연안역의 다양한 이용성 증가에 따른 각종 오염원의 유입환경이 증대되고 있는 가운데, 깨끗한 연안환경의 지속적인 보전정책의 수립을 위한 기초자료의 확보를 목적으로 도내의 주요 해양정점을 중심으로 정기적인 해양환경에 대한 모니터링을 수행하게 된다.
- 세부적으로는 해양환경 중 기초적 자료인 해수에 대한 수질, 해저퇴적물 및 해양생물에 대해 조사하고 분석하여 해양수질, 퇴적물, 주요 해양생물에 대한 해양환경현황, 오염원을 평가한다. 이를 통하여 해양환경 오염을 유발할 수 있는 오염유입원에 대한 원인을 규명하여 도내 주요 연안에 대한 체계적이고 효율적인 연안관리정책의 수립에 활용될 수 있는 장기적인 연안환경 모니터링 기반의 구축을 목표로 한다.
- 본 연구용역을 통해 수집되는 충청남도 서해연안의 다양한 연안환경 모니터링 정점에서의 관측자료에 대한 신뢰성있는 분석 및 검증 역시 매우 중요하며, 이를 바탕으로 한 향후 해양수질자동측정망의 구축을 통한 중장기적인 연안 환경보존 계획도 추진 중에 있다.



2.2 연안환경측정망 내용

2.1.1 조사 정점 선정

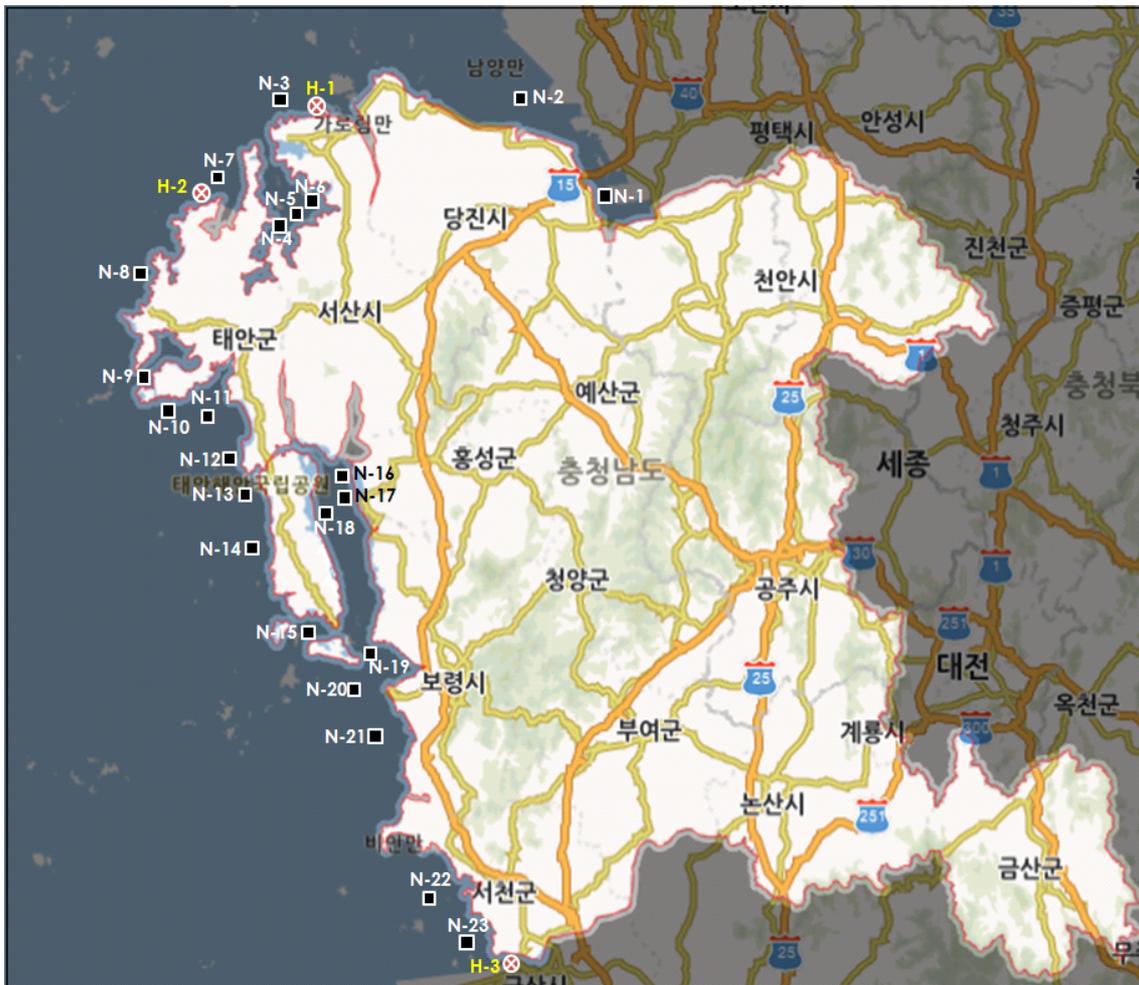
- 국가해양환경정보 통합시스템(MEIS)에서 충청남도 서해안을 대상으로 연안환경 정보를 제공하는 각 기관별 정점의 위치는 다양하지만 만(Bay)에 해당하는 정점을 제외하면 각 정점들 사이의 간격이 멀리 떨어져 있다.
- 충청남도 연안환경측정망 정점 선정은 기존 측정망 및 모니터링 정점과는 겹치지 않고 연안쪽에 인접한 지점을 기준으로 하였다.
- 국가 연안환경측정망 및 모니터링 정점들과 충청남도 연안환경측정망 정점을 함께 도시한 그림은 다음과 같다.



<그림 2.1.1-1> 각 국가연안측정망 및 서해안 연안환경 측정망 정점

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

- 정점의 선정에 있어서는 충청남도 연안의 지리적·사회적 환경을 바탕으로 연안환경에 영향을 미치는 오염원 및 주요 시설을 조사하고 현장방문을 통한 검증이 이루어졌으며, 현장 측정 시 중점적으로 고려해야 할 지표에 대한 전문가 의견 검토와 연안환경 분석 및 AHP 분석을 토대로 측정지점이 선정되었다(충청남도, 2015).



<그림 2.1.1-2> 충청남도 서해안 연안환경측정망 26개 정점

제 2 장 연안측정망 배경 및 목적

2.1.2 조사시기 및 조사항목

- 정점 조사 시기는 매년 2월, 5월, 8월, 11월 각 1회씩 총 4회에 걸쳐 조사하며, 2015년도에는 마지막 분기인 11월에 현장 관측이 실시되고, 자료 분석이 이루어졌다.
- 각 정점 조사를 시행할 때, 조석효과를 고려하여 『해양환경공정시험기준』 제1항 2.2절에 따라 정조 시간 전후 2~3시간 사이에 해수를 채취하였다.
- 조사항목은 해수, 해저퇴적물, 해양생물이며 각 항목별 세부조사항목과 각 정점별 측정항목을 다음과 같다.

<표 2.1.2-1> 서해안 연안환경측정망 모니터링 조사항목

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	26개 정점
		유분	5개 정점
	미량금속(8)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr ⁶⁺ , 총수은, As, CN	10개 정점
해저 퇴적물	일반항목(4)	입도, 강열감량, 황화물, COD	10개 정점
	중금속(13)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, 총수은, As, Ni, Co, Al, Li, Fe, Mn	10개 정점
해양 생물	중금속(7)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, 총수은, As	4개 정점

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 2.1.2-2> 서해안 연안환경측정망(연근해 및 항만환경측정망) 지점 종합

구분	시군	지점	북위	동경	조사항목		
					해수	해저 퇴적물	해양 생물
연근해	아산	N-1	36° 54' 10"	126° 50' 10"	일반항목		
	당진	N-2	37° 01' 50"	126° 42' 27"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	서산	N-3	37° 01' 50"	126° 19' 41"	일반항목		미량 금속
		N-4	36° 52' 00"	126° 19' 20"	일반항목		
		N-5	36° 53' 33"	126° 21' 10"	일반항목		
		N-6	36° 54' 40"	126° 22' 00"	일반항목		
	태안	N-7	36° 56' 26"	126° 15' 39"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-8	36° 49' 25"	126° 07' 55"	일반항목, 유분, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속
		N-9	36° 41' 40"	126° 07' 20"	일반항목		미량 금속
		N-10	36° 39' 50"	126° 09' 50"	일반항목		
		N-11	36° 39' 30"	126° 14' 00"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-12	36° 35' 45"	126° 15' 45"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-13	36° 33' 50"	126° 17' 05"	일반항목		
		N-14	36° 30' 40"	126° 18' 17"	일반항목		
		N-15	36° 23' 30"	126° 22' 55"	일반항목		
	홍성	N-16	36° 35' 15"	126° 26' 30"	일반항목		
		N-17	36° 33' 15"	126° 26' 50"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-18	36° 32' 40"	126° 25' 45"	일반항목		
	보령	N-19	36° 22' 00"	126° 29' 10"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-20	36° 19' 50"	126° 28' 00"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-21	36° 16' 40"	126° 30' 10"	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속	
	서천	N-22	36° 05' 00"	126° 34' 55"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속
		N-23	36° 01' 45"	126° 37' 50"	일반항목		
항만	서산	H-1	37° 01' 08"	126° 25' 25"	일반항목, 유분		
	태안	H-2	36° 54' 45"	126° 13' 55"	일반항목, 유분		
	서천	H-3	36° 00' 10"	126° 40' 50"	일반항목, 유분		

2.3 법적근거

2.3.1 관련 법령

- 『해양환경관리법』 제9조(해양환경측정망)

- ① 해양수산부장관은 연근해의 해양환경 상태 및 오염원의 측정·조사 등을 위해 해양수산 부령이 정하는 바에 따라 해양환경측정망을 구성하고 정기적으로 해양환경을 측정하여야 한다. <개정 2008.2.29., 2013.3.23.>
- ② 시·도지사는 제1항의 규정에 따라 해양수산부장관이 구성한 해양환경측정망을 참고하여 관할 해역에 적합한 해양환경측정망을 별도로 구성할 수 있다. 이 경우 시·도지사는 관할 해역의 해양환경측정망을 구성하거나 구성된 내용을 변경하려는 때에는 해양수산부장관에게 미리 통보하여야 한다. <개정 2008.2.29., 2013.3.23.>

- 『해양환경관리법 시행규칙』 제5조(해양환경측정망)

- ① 해양수산부장관은 법 제9조 제1항에 따라 각 호의 해양환경측정망(이하 “해양환경측정망”이라 함)을 구성·운영할 수 있다.
 1. 항만환경측정망
 2. 연근해환경측정망
 3. 환경관리해역환경측정망
 4. 하구역환경측정망
 5. 해양대기환경측정망
 6. 오염우심해역수질자동측정망
- ② 해양수산부장관은 해양환경측정망을 구성하려는 경우에는 다음 각 호의 사항이 포함된 해양환경측정망 구성·운영계획을 수립하여야 한다.
 1. 조사 시기 및 횟수
 2. 측정위치 및 위치도면
 3. 측정항목 및 방법
 4. 해역구분 및 측정망 종류
 5. 그 밖에 해양환경측정망의 구성·운영에 필요한 사항

2.3.2 상위계획 및 관련계획

연안환경 보전에 대한 상위계획으로는 크게 다음과 같은 국가계획이 추진 중에 있다.

- 제2차 연안정비 기본계획(2010~2019)
- 해양생태계 복원계획
- 서해안발전 종합계획(2010.12)
- 제2차 연안통합 관리계획(2011~2021)
- 제4차 해양환경 종합계획(2011~2020)

이와 관련한 광역지자체 단위의 계획으로는 다음과 같은 충청남도의 계획이 추진 중에 있다.

- 충청남도 종합계획(2012~2020)
- 충청남도 환경보전 종합계획
- 연안지역 관리계획



<그림 2.1.1-3> 상위계획 및 관련 계획과의 연계도

제 3 장 해양환경 조사

3.1 조사 개요

3.1.1 공간적 범위

충청남도 서해 연안지역 (7개 시군)

- 보령, 아산, 서산, 당진, 서천, 홍성, 태안

3.1.2 시간적 범위

- 용역기간 : 2015년 10월 23일~2016년 1월 20일(3개월)
- 중기계획 : 2016~2020년 (1단계 5개년)

3.1.3 내용적 범위

- 충청남도 연안의 해양환경 상태 및 오염원 정기 조사
- 충청남도 서해안 연안환경측정망 조사(26개 정점)
- 해역별 해양환경측정 자료 분석
- 체계적인 연안환경관리 및 보전정책수립을 위한 기본자료 생산
- 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선·개정 의견 제시

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

3.1.4 현장조사 수행 내역

〈표 3.1.4-1〉 서해안 연안환경 조사정점(2015년 11월)

정점	수심 (m)	조사 일	조사 시간	실제 조사 정점 좌표		정점 변경 사유
				북위	동경	
N1	11.0	11/24	10:50	36° 54' 10"	126° 50' 10"	
N2	11.0	11/24	10:00	37° 01' 50"	126° 42' 27"	
N3	37.0	11/30	13:10	37° 01' 50"	126° 19' 41"	
N4	12.0	11/30	09:45	36° 52' 00"	126° 19' 20"	
N5	10.0	11/30	09:12	36° 53' 20"	126° 21' 07"	원 정점 풀등에 위치
N6	3.5	11/30	08:20	36° 54' 42"	126° 22' 14"	낮은 수심 및 인근 굴 양식장으로 인해 위치 변경
N7	23.0	11/30	11:20	36° 56' 26"	126° 15' 39"	
N8	28.0	12/01	10:10	36° 49' 25"	126° 07' 55"	
N9	8.0	12/01	11:07	36° 41' 40"	126° 07' 20"	
N10	7.0	12/01	11:30	36° 39' 50"	126° 09' 50"	
N11	7.0	12/01	11:53	36° 39' 30"	126° 14' 00"	
N12	15.0	11/20	11:10	36° 35' 45"	126° 15' 45"	
N13	13.0	11/20	12:30	36° 33' 50"	126° 17' 05"	
N14	14.0	11/20	12:00	36° 30' 40"	126° 18' 17"	
N15	16.0	11/18	08:55	36° 23' 30"	126° 22' 55"	
N16	11.4	11/19	09:38	36° 35' 15"	126° 26' 30"	
N17	17.7	11/19	10:10	36° 33' 15"	126° 26' 50"	
N18	15.5	11/19	10:40	36° 32' 40"	126° 25' 45"	
N19	19.0	11/18	19:50	36° 22' 00"	126° 29' 10"	
N20	26.0	11/18	10:28	36° 19' 29"	126° 28' 36"	대형선박 이동경로상에 위치해 퇴적물 채취 어려움
N21	5.6	11/18	11:25	36° 16' 48"	126° 30' 02"	낮은 수심, 접근 어려움
N22	8.0	11/17	10:40	36° 03' 29"	126° 32' 34"	주변 김양식장 때문에 접근에 어려움
N23	5.0	11/17	09:20	36° 01' 45"	126° 37' 50"	
H1	18.0	11/30	13:55	37° 01' 08"	126° 25' 25"	
H2	20.0	11/30	11:58	36° 54' 45"	126° 13' 55"	
H3	3.5	11/17	08:35	36° 00' 10"	126° 40' 50"	

3.2 조사 방법

3.2.1 시료 채취 방법

가. 해양 수질

1) 일반 항목

해양 수질 시료는 니스킨 채수기(Niskin sampler)를 이용하였으며 채수기는 현장 해수로 3회 이상 세척한 다음 사용하였다. 표층과 저층 2개층에서 시료를 채취하였으며 표층은 수면하 0.5m, 저층은 바닥으로부터 1m 상부 수층에서 채수하였다.

2) 미량금속 항목

해양 수질의 미량금속 채취 시 선박의 영향을 최소화 하여야 하며 채취 시 2knot의 속도로 진행되는 선박의 선수에서 바람이 불어오는 방향 및 해류가 흘러오는 방향에서 채수하여야 한다. 채수는 PVC 장대 혹은 카본 재질의 폴 샘플러(Pole sampler)를 이용하였고, 미리 염산으로 세척된 채수병에 담에 냉장 보관 후 실험실로 운반하였다.

나. 해양 퇴적물

퇴적물 시료는 0.1m² 크기의 van Veen 채니기를 사용하여 채취하였다. 채니기 덮개와 접촉하지 않은 퇴적물의 상층 부분(표층 2cm)을 플라스틱 주걱으로 취하여 시료봉투에 담고 드라이아이스로 냉동 보관하여 실험실로 이동하였다. 건조 시료가 필요한 항목은 분석 전 동결건조법으로 건조하였다.

다. 해양 생물

해양 생물 시료는 개체에 따른 중금속의 변동을 최소화하기 위해 지점별로 유사한 크기의 굴을 10개체 이상을 채취한 후 해수로 세척하였다. 생물의 장내에 있는 퇴적물이나 기타 섭취물질을 제거하기 위해 현장의 여과한 해수로 약 24시간 탈장 후 냉동 보관하였다. 시료는 동결건조법으로 건조하였다.

해양 수질, 해양 퇴적물 및 해양 생물 현장 조사 사례를 담은 사진을 <그림 3.2.1-1>에 제시하였다.



<그림 3.2.1-1> 현장 조사 사진



<그림 3.2.1-1> 현장 조사 사진(계속)

3.2.2 시료의 전처리 및 분석

시료의 전처리 및 분석 방법은 해양환경공정시험기준(해양수산부, 2013)에 따라 수행하였다.

가. 해양 수질

1) 수온, 염분, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO)

현장에서 Multi-parameter(YSI-6600V2)를 이용하여 측정하였다.

2) 투명도

현장에서 투명도 판(Secchi disk)을 이용하여 측정하였다.

3) 부유입자물질(SPM)

건조기로 건조시켜 무게를 측정한 GF/F 여과지에 해수시료 1L를 여과하여 105℃ 오븐 속에서 2시간 동안 건조 시킨 후 실온에서 식혀 측정된 무게로부터 여과지 무게를 뺀 값으로 계산하였다.

4) 화학적산소요구량(COD)

시료를 알칼리성으로 하여 과망간산칼륨(KMnO₄)을 넣고 100℃ 수욕상에서 60분간 가열 반응시킨 후, 요오드화 칼륨(KI) 및 황산(H₂SO₄)을 넣어 소비되고 남은 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정하였다.

5) 용존무기질소(DIN : NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N)

가) 암모니아 질소(NH₄-N)

시료에 EDTA(C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈·2H₂O)와 sodium nitroprusside(Na₂Fe(CN)₅NO·2H₂O)의 혼합 용액 및 alkaline phenol(C₆H₅OH)과 dichloroisocyanic acid (C₃Cl₂N₃NaO₃·2H₂O) 용액을 가하여 발색시켜 파장 630 nm에서 Quattro SFA Analyzer(Seal Analytical)를 이용하여 측정하였다.

나) 아질산 질소(NO₂-N)

시료에 Sulfanilamide(C₆H₈O₂N₂S)와 naphthylethylenediamine(C₁₂H₁₄N₂·2HCl) 용액을 가하여 발색시킨 후 파장 520 nm에서 Quattro SFA Analyzer(Seal Analytical)를 이용하여 측정하였다.

다) 질산 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)

시료를 Cu-Cd column에 통과시켜서 아질산성 질소로 환원시킨 다음 sulfanilamide와 naphthylethylenediamine 용액을 가하여 발색 시킨 후 파장 550nm에서 Quattro SFA Analyzer(Seal Analytical)를 이용하여 측정하였다. column의 환원율을 구하여 보정한 후 아질산성 질소의 농도를 감하여 질산성 질소의 농도를 계산하였다.

6) 인산 인($\text{PO}_4\text{-P}$)

시료에 sodium molybdate($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 황산(H_2SO_4), antimony potassium tartrate ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)의 혼합시약을 가하고, ascorbic acid($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)로 환원시켜 발색 시킨 후 파장 880 nm에서 Quattro SFA Analyzer(Seal Analytical)를 이용하여 측정하였다.

7) 규산 규소($\text{SiO}_2\text{-Si}$)

시료에 Sodium Molybdate($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)를 가하여 Silicomolybdate Complex를 만든 후, Oxalic Acid($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)와 Ascorbic acid($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)를 가하여 발색시켜 파장 660nm에서 영양염 자동분석기(QuAATRO Seal Analytical)를 이용하여 측정하였다.

8) 총질소(TN)

시료에 과황산칼륨($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)을 가하여 시료 중의 암모니아 질소, 아질산 질소, 질산 질소, 유기 질소 등을 분해하여 질산 질소로 산화시킨 후, Cu-Cd column에 통과 시켜서 아질산 질소로 환원시키고, 영양염 자동분석기(Quattro, Seal Analytical)를 이용하여 측정하였다.

9) 총인(TP)

시료에 과황산칼륨($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)을 가하여 시료 중의 무기, 유기형태 등 모든 인 화합물을 산화 분해하여 무기 인산 인 형태로 변화시킨 다음, ascorbic acid로 환원시켜, 영양염 자동분석기(Quattro, Seal Analytical)를 이용하여 측정하였다.

10) 엽록소-a(Chl-a)

현장에서 GF/F를 이용하여 여과한 여과지를 드라이아이스에 냉동 보관하여 실험실로 운반한 후, 90% 아세톤에 넣어 하루 동안 추출하여 fluorometric method(Parsons et al., 1984)에 따라 측정하였다.

11) 미량금속

가) Cr^{6+} , Cu, Ni, Zn, Cd, Pb

시료를 0.45 μ m인 멤브레인 여과지(membrane filter paper)로 여과한 후 질산을 이용하여 pH를 2부근으로 조절하였다. 이 후 유기착화제인 APDC/DDDC(ammonium pyroline dithiocarbamate/ diethylammonium diethyldithiocarbamate)를 이용하여 유기금속착화합물을 형성 후 유기용매인 클로로포름($CHCl_3$)을 이용하여 추출하였다. 추출된 유기용매는 증발시킨 다음 잔유물을 질산(ultrapure 등급)으로 분해시킨 후 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS : ELAN 6100, PerkinElmer)로 측정하였다.

나) 비소(As), 수은(Hg)

해수를 환원기화장치를 이용하여 환원 시킨 후 포집장치에 포집하여 수은·비소분석기(Millennium Excalibur Satellite, PSA)로 분석하였다.

12) 시안(CN)

해수중 CN은 가열 증류 후 수산화나트륨에 포집하여 피리딘-피라졸론 혼합용액을 넣어 흡광도를 측정하였다.

13) 용매추출유분

필터되지 않은 시료 약 500mL를 테프론 분액깔대기에 넣고 노말헥산 20~40mL 첨가하여 교반시킨 후 형광광도계(Shimazu, RF-5301PC)를 이용하여 EX 310/EM 360nm 파장에서 형광강도를 측정하였다.

나. 해양 퇴적물

1) 입도

채취한 시료를 젖은 상태 그대로 약 20~30g을 취하여 500mL 비이커에 담아 10% 과산화수소(H_2O_2)와 0.1N 염산(HCl)으로 탄산염과 유기물을 제거한 후, 증류수로 희석하여 염분을 제거하였다. 4 ϕ 체를 이용한 습식체질(wet sieving)에 의해 조립질 시료와 세립질 시료로 분리한 후, 4 ϕ 보다 조립질 시료는 진탕기를 이용하여 1 ϕ 간격으로 분석하였으며, 4 ϕ 보다 세립질 시료는 자동입도분석기(Mastersizer 2000, Malvan, UK)를 이용하여 1 ϕ 간격으로 분석하였다. Folk and Ward(1957)의 그래픽 방법을 적용하여 퇴적물의 조직변수를 산출하였다. 지수별 퇴적물의 입도 환산표와 조직 표준치의 산정 공식 및 언어표기 척도를 <표 3.2.2-1>과 <표 3.2.2-2>에 제시 하였으며 자갈, 모래, 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물 유형 분류를 <그림 3.2.2-1>에 제시하였다.

2) 함수율(Water Content)

채취한 시료를 젖은 상태 그대로 약 20~30g을 시료병에 담아 정확히 무게를 측정하여 110℃에서 24시간 이상 건조시킨 후 무게를 측정하여 건조 전 무게와 건조 후 무게 차이로 계산하였다.

3) 강열감량(Igbition Loss)

건조된 시료 5g을 도가니에 담아 muffle furnace에서 550℃로 2시간 가열하여 가열 전과 후의 무게차이로 계산하였다.

4) 화학적산소요구량(COD : Chemical oxygen demand)

퇴적물 시료를 황산 산성으로 하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 30분간 수욕상에서 가열 반응시킨 다음 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상당하는 산소의 양을 측정하였다.

5) 산 휘발성 황화물(AVS : Acid volatile sulfide)

채취한 시료를 젖은 상태로 약 2g의 무게를 측정 후 검지관 주입구에 넣은 후 기체발생관에 황산 2ml를 넣고 2~3초 기다린 후 펌프를 당겨 발생하는 황화 수소가 검지관에 흡수한 지점의 눈금을 읽어 측정하였다.

6) 중금속(Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Al, Fe)

퇴적물 중의 금속 분석을 위해 동결건조 후 혼합산(HF + HNO₃ + HClO₄)을 이용하여 완전 분해하였다. 여기에 1% 질산(HNO₃, suprapure 등급)을 첨가하여 적정 농도로 희석 후 유도결합플라즈마질량분석기(ICP-MS : ELAN 6100, PerkinElmer)와 유도결합플라즈마방출분광기(ICP-OES : Optima7300DV, PerkinElmer)로 측정하였다.

7) 수은(Hg)

동결 건조된 시료 1 g을 1M 염산(HCl) 50mL로 산분해 후 환원 기화하여 냉증기 원자흡광광도계(AAS : Fims100, PerkinElmer)로 분석하였다.

8) 비소(As)

동결 건조된 시료 1 g을 1M 질산(HNO₃) 50mL로 용출 후 유도결합플라즈마질량분석기(ICP-MS : ELAN 6100, PerkinElmer)로 분석하였다.

다. 해양 생물

1) 중금속

동결 건조한 해양 생물 시료를 분쇄하여 후 질산 및 과염소산으로 산분해 하였다. 여기에 1% 질산(HNO_3 , suprapure 등급)을 첨가하여 적정 농도로 희석 후 유도결합플라즈마질량분석기(ICP-MS : ELAN 6100, PerkinElmer)로 측정하였다.

2) 수은(Hg)

동결 건조된 시료 1 g을 1M 염산(HCl) 50mL로 산분해 후 환원 기화하여 원자흡광광도계(AAS : Fims100, PerkinElmer)로 분석하였다.

3) 비소(As)

동결 건조된 시료 0.2 g을 1M 질산(HNO_3) 10mL로 24시간 용출 후 유도결합플라즈마질량분석기(ICP-MS : ELAN 6100, PerkinElmer)로 분석하였다.

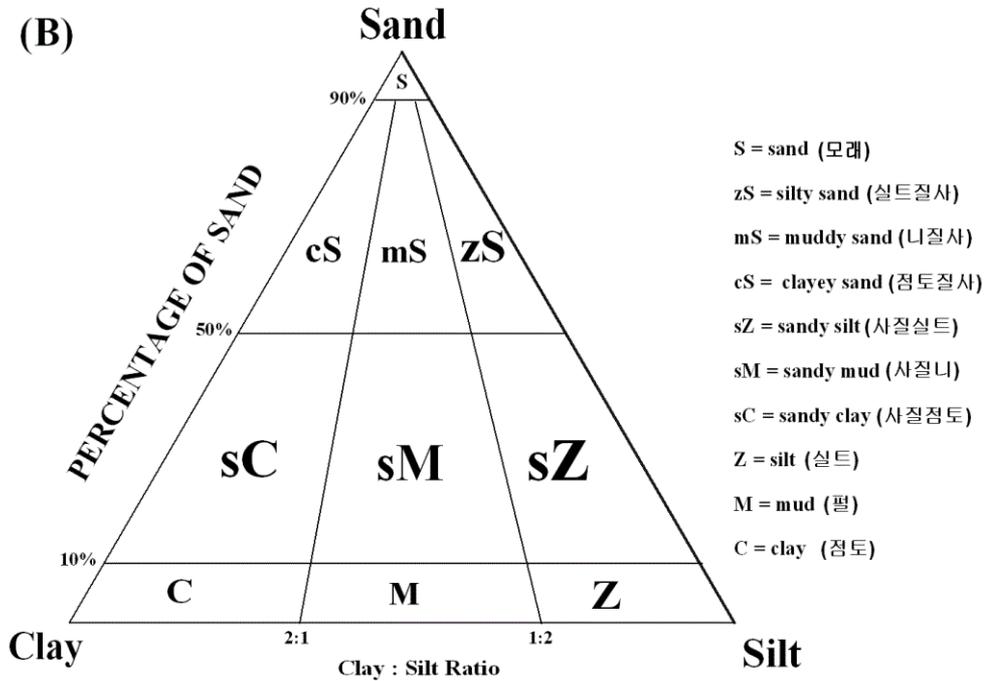
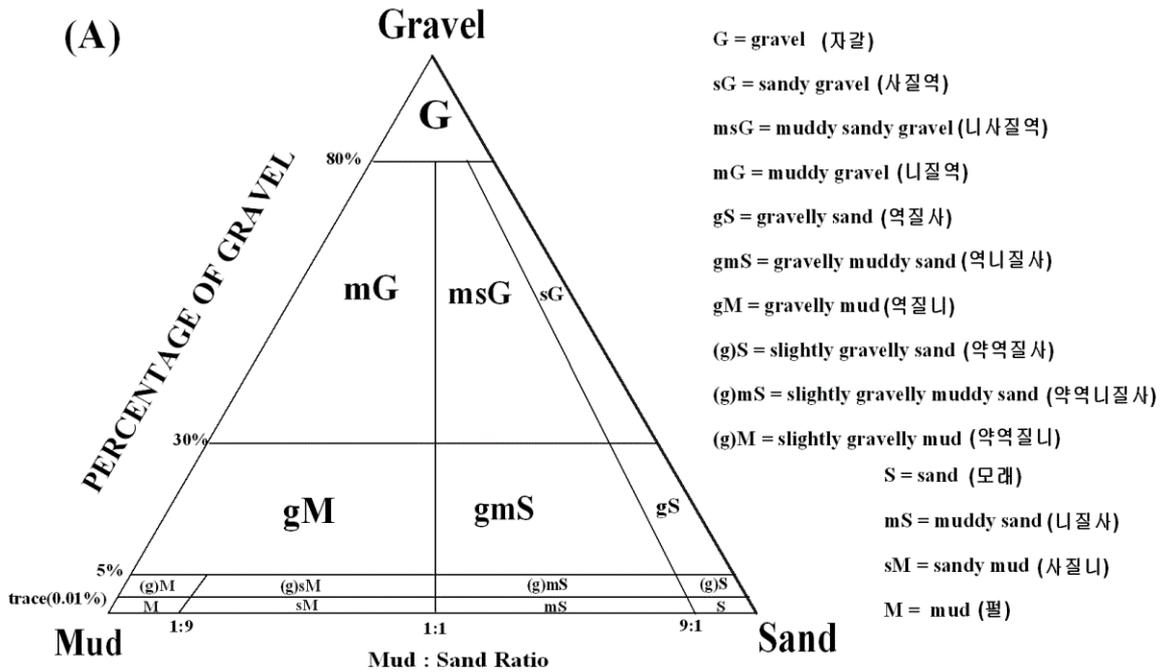
<표 3.2.2-1> 지수별 퇴적물의 입도 환산표

Diameter (mm)	phi Scale (φ)	Wentworth Size Class	
4096 (2 ¹²)	-12		
2048 (2 ¹¹)	-11		
1024 (2 ¹⁰)	-10	Boulder	
512 (2 ⁹)	-9		
256 (2 ⁸)	-8		
128 (2 ⁷)	-7	Cobble	
64 (2 ⁶)	-6		Gravel
32 (2 ⁵)	-5		
16 (2 ⁴)	-4	Pebble	
8 (2 ³)	-3		
4 (2 ²)	-2	Granule	
2 (2 ¹)	-1	Very Coarse Sand	
1 (2 ⁰)	0	Coarse Sand	
0.5 (2 ⁻¹)	1	Medium Sand	Sand
0.25 (2 ⁻²)	2	Fine Sand	
0.125 (2 ⁻³)	3	Very Fine Sand	
0.063 (2 ⁻⁴)	4	Coarse Silt	
0.031 (2 ⁻⁵)	5	Medium Silt	
0.016 (2 ⁻⁶)	6	Fine Silt	
0.008 (2 ⁻⁷)	7	Very Fine Silt	
0.004 (2 ⁻⁸)	8		Mud
0.002 (2 ⁻⁹)	9		
0.00098 (2 ⁻¹⁰)	10	Clay	
0.00049 (2 ⁻¹¹)	11		
0.00024 (2 ⁻¹²)	12		

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 3.2.2-2> 조직 표준치의 산정공식 및 언어표기 척도(Verbal scale)

Graphic mean : 평균입도		
$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$		
Inclusive Graphic Standard Deviation : 분급도 (입도의 균일성)		
$\sigma_1(\phi) = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$		
0.35 >	Very well sorted	극양호분급
0.35 ~ 0.50	Well sorted	양호분급
0.50 ~ 0.71	Moderately well sorted	중간양호분급
0.71 ~ 1.00	Moderately sorted	중간분급
1.00 ~ 2.00	Poorly sorted	불량분급
2.00 ~ 4.00	Very poorly sorted	극불량분급
4.00 <	Extremely poorly sorted	최극불량분급
Inclusive Graphic Skewness : 왜도 (입도의 대칭성)		
$Sk_1 = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$		
$= \frac{\phi_{84} - \phi_{50}}{\phi_{84} - \phi_{16}} - \frac{\phi_{50} - \phi_5}{\phi_{95} - \phi_5} \quad (\text{Warren, 1974})$		
0.3 <	Strongly fine-skewed	최극양호왜도
0.1 ~ 0.3	Fine-skewed	양호왜도
-0.1 ~ 0.1	Near-symmetrical	대칭왜도
-0.3 ~ -0.1	Coarse-skewed	불량왜도
-0.3 >	Strongly coarse-skewed	최극불량왜도
Graphic Kurtosis : 첨도 (입도의 편평성)		
$K_r = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$		
0.67 >	Very platykurtic	매우저첨
0.67 ~ 0.9	Platykurtic	저첨
0.90 ~ 1.11	Mesokurtic	중첨
1.11 ~ 1.50	Leptokurtic	극첨
1.50 ~ 3.00	Very leptokurtic	매우극첨
3.00 <	Extremely leptokurtic	최극첨



〈그림 3.2.2-1〉 자갈, 모래 및 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물 유형 분류

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

3.2.3 회수율

분석 자료의 정확도를 검증하기 위해 캐나다 NRC(National Research Council, Canada)의 표준인증물질(CRM)인 MOOS-3, CASS-5, MESS-3과 한국표준과학연구원의 굴조직분말 표준인증물질(108-04-001)을 사용하였고, 각 항목별 회수율은 <표 3.2.3-1>~<표 3.2.3-4>에 제시하였다.

가. 해양 수질

<표 3.2.3-1> 표준시료(MOOS-3)에 대한 해수 내 영양염류의 분석 결과 및 회수율
(mean±sd, n=3, 단위 : μ M)

분석항목	NO ₂ -N	NO ₂ +NO ₃	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si
함유농도	3.54±0.06	26.6±0.3	1.60±0.15	30.5±0.8
분석결과	3.65±0.02	25.3±1.0	1.49±0.03	31.2±0.3
회수율(%)	103	95	93	102

<표 3.2.3-2> 표준시료(CASS-5)에 대한 해수 내 중금속의 분석 결과 및 회수율
(mean±sd, n=3, 단위 : μ g/L)

분석항목	Cd	Cu	Pb	Zn	As
함유농도	0.0215±0.0018	0.380±0.028	0.011±0.002	0.719±0.068	1.24±0.09
분석결과	0.0204±0.0024	0.394±0.031	0.012±0.003	0.669±0.075	1.35±0.22
회수율(%)	95	104	106	93	109

나. 해양 퇴적물

<표 3.2.3-3> 퇴적물 표준시료(MESS-3)를 이용한 분석 결과 및 회수율

(건중량, Mean±sd, n=3)

분석 항목	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Li	Co	As	Al	Fe
	(mg/kg)								(%)	
함유 농도	0.24 ±0.01	33.9 ±1.6	21.1 ±0.7	159 ±8	46.9 ±2.2	73.6 ±5.2	14.4 ±2	21.2 ±1.1	8.6 ±0.2	4.3 ±0.1
분석 결과	0.27 ±0.01	33.1 ±2.3	22.0 ±2.4	160 ±10	43.0 ±3.0	71.0 3.6	12.4 ±0.6	19.8 ±0.8	8.2 ±0.6	4.1 ±0.2
회수율 (%)	113	98	104	101	92	96	86	93	95	94

다. 해양 생물

<표 3.2.3-4> 굴조직분말 표준물질(108-04-001)을 이용한 분석 결과 및 회수율

(건중량, Mean, n=3)

분석 항목	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
	(mg/kg)					
함유 농도	7.40 (0.22)*	0.45 (0.07)	330.1 (4.9)	1.52 (0.11)	835.4 (10.0)	0.1824 (0.0061)
분석 결과	8.1	0.42	272.4	1.56	679.7	0.1732
회수율 (%)	109	93	83	103	81	95

* () : 불확도(95% 신뢰수준)

3.3 조사 결과

3.3.1 해양 수질

해양 수질 조사 결과를 <표 3.3.1-5>~<표 3.3.1-7>과 <그림 3.3.1-1>~<그림 3.3.1-7>에 제시하였고, 해양수질에 대한 해양환경기준을 앞서 <표 3.3.1-1>~<표 3.3.1-4>에 제시하였다.

<표 3.3.1-1> 해양환경기준-해양수산부고시 제 2013-186호(생활기준)

항목	수소이온농도 (pH)	총대장균군 (총대장균군수/100mL)	용매추출유분 (mg/L)
기준	6.5-8.5	1,000 이하	0.01 이하

<표 3.3.1-2> 해양환경기준-해양수산부고시 제 2013-186호(사람의 건강보호 기준)

등 급	항 목		기준 (µg/L)	
전 수 역	6가크롬 (Cr ⁶⁺)		50	
	비소 (As)		50	
	카드뮴 (Cd)		10	
	납 (Pb)		50	
	아연 (Zn)		100	
	구리 (Cu)		20	
	시안 (CN)		10	
	수은 (Hg)		0.5	
	폴리염화비페닐 (PCB)		0.5	
	유기인계 농약	다이아지논		20
		파라티온		60
		말라티온		250
	휘발성 저급 염소화 탄화수소류	1,1,1-트리클로로에탄		100
		테트라클로로에틸렌		10
		트리클로로에틸렌		30
		디클로로메탄		20
	벤젠		10	
	페놀		5	
	음이온계면활성제 (ABS)		500	

제 3 장 해양환경 조사

<표 3.3.1-3> 해양환경기준-해양수산부고시 제 2013-186호(해양생태계 보호기준)

(단위 : $\mu\text{g/L}$)

중금속류	구리	납	아연	비소	카드뮴	크롬(6가)	수은	니켈
단기기준*	3.0	7.6	34	9.4	19	200	1.8	11
장기기준**	1.2	1.6	11	3.4	2.2	2.8	1.0	1.8

* : 단기기준 : 1회성 관측값과 비교 적용

** : 연간평균값 (최소 사계절 조사 자료)과 비교 적용

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 3.3.1-4> 해양환경기준(생태기반 해수수질 기준) - 해양수산부고시 제2013-186호

(생태기반 해수수질 기준)

등급	수질평가 지수값(Water Quality Index)
I(매우 좋음)	23 이하
II(좋음)	24 - 33
III(보통)	34 - 46
IV(나쁨)	47 - 59
V(아주 나쁨)	60 이상

- 수질평가지수(수질평가지수 항목별 점수를 이용하여 계산)

수질평가지수(WQI, Water Quality Index)

$$= 10 \times [\text{저층산소포화도(DO)}] + 6 \times [(\text{식물플랑크톤 농도(Chl-a)} + \text{투명도(SD)}) / 2] + 4 \times [(\text{용존무기질소 농도(DIN)} + \text{용존무기인 농도(DIP)}) / 2]$$

- 수질평가지수 항목별 점수

항목별 점수	대상항목	
	Chl-a($\mu\text{g/L}$), DIN($\mu\text{g/L}$), DIP($\mu\text{g/L}$)	DO(포화도,%), SD(m)
1	기준값 이하	기준값 이상
2	< 기준값 + 0.10×기준값	> 기준값 - 0.10×기준값
3	< 기준값 + 0.25×기준값	> 기준값 - 0.25×기준값
4	< 기준값 + 0.50×기준값	> 기준값 - 0.50×기준값
5	> 기준값 + 0.50×기준값	< 기준값 - 0.50×기준값

* 항목별 기준값은 수질평가지수 항목의 해역별 기준값을 적용

- 수질평가지수 항목의 해역별 기준값

생태구역 \ 대상항목	Chl-a ($\mu\text{g/L}$)	저층 DO (포화도,%)	표층DIN ($\mu\text{g/L}$)	표층DIP ($\mu\text{g/L}$)	투명도 (m)
동해	2.1	90	140	20	8.5
대한해협	6.3		220	35	2.5
서남해역	3.7		230	25	0.5
서해중부	2.2		425	30	1.0
제주	1.6		165	15	8.0

* 저층 : 해저 바닥으로부터 최대 1m 이내의 수층

가. 수온 및 염분

수온은 계절에 따른 변화와 함께 해류 등의 물리적 요인에 따라 변화가 발생하며, 용존산소 농도에 밀접한 관계가 있다. 수온의 급격한 변화는 수중생물의 성장과 번식, 산란 등에 영향을 미칠 수 있으며, 특히 기후변화에 의한 장기적인 수온상승은 해양생물의 서식환경의 변화를 초래할 수 있다. 또한 염분은 강수, 담수의 유입, 조석 등에 따라 변화하게 된다. 수온과 마찬가지로 염분은 해수의 밀도변화에 영향을 미쳐, 밀도류의 발생시킬 수 있으며 해양의 환경특성을 알 수 있는 중요한 항목이다.

수온은 표층 10.2~16.3℃(평균 14.4℃), 저층 10.3~16.3℃(평균 14.3℃)의 범위를 보였고, 염분은 표층 20.8~32.4psu(평균 31.1psu), 저층 20.8~32.2psu(평균 31.3psu)의 범위를 보였다. 조사해역은 비교적 낮은 수심과 강한 바람에 의해 수직적인 혼합이 잘 이루어져 수온과 염분과 수직적인 차이가 작았으며, 염분의 경우 아산호와 금강에 인접한 정점인 N1, N23, H3 정점에서 상대적으로 낮은 염분을 보였다. 이는 연안하구에서 배출되는 담수 유입의 영향에 따른 것으로 분석된다.

나. 수소이온농도(pH) 및 용존산소(DO)

일반적으로 바다에서의 수소이온농도(pH) 변화는 해류에 의한 순환으로 인하여 크지 않다. 일반적으로 해수에서의 수소이온농도는 약 7.5~8.4의 범위에서 안정적으로 분포하며, 강수의 영향, 해양식물의 광합성 및 유기물의 분해작용 등에 따라 영향을 받게 된다.

금번 조사에서의 수소이온농도는 표층 7.8~8.1(평균 8.0), 저층 7.8~8.2(평균 8.1)의 범위를 보였다. 조사해역에서 수소이온농도는 전반적으로 유사한 범위를 보였고, 표층과 저층간의 차이가 작았으며, 염분이 상대적으로 낮게 관측된 정점 N1과 H3의 표층에서 상대적으로 낮게 조사되었다.

조사해역에서 수소이온농도는 해양환경기준(해양수산부고시 제2013-186호)의 범위(6.5~8.5)를 만족하는 것으로 조사되었다. 수소이온농도의 경우, 일반적으로 동계와 춘계가 낮고 하계와 추계에 높은 값을 보이는데, 금번 11월 관측에서는 비교적 낮은 수치(7.8~8.2)의 분포를 나타냈다.

용존산소는 표층 7.3~8.4mg/L(평균 7.7mg/L), 저층 7.3~8.3mg/L(평균 7.7mg/L)의 범위를 보였고, 용존산소 포화도는 표층 82~99%(평균 92%), 저층 84~99%(평균 92%)의 범위를 보였다. 모든 정점에서 수직적으로 유사한 분포를 나타냈고, 가로림만 내측 정점인 N6에서 상대적으로 약간 낮은 포화도를 보였다. 해수중에 유기물 및 환원성 물질이 다량 함유되면 미생물이 번식하게 되어 산소가 부족하게 될 수 있으므로, 장기적인 모니터링 결과의 분석이 필요할 것으로 보인다.

다. 부유입자물질(SPM)

일반적으로 연안에서의 부유물질에 의한 투명도는 낮고, 부유물질의 농도는 높다. 이는 하천수의 유출에 따른 육상으로부터의 부유물질 유입, 강한 파도와 조류의 영향에 따른 저층 퇴적물질의 부유 및 부유생물량 등에 따른 것이다. 특히 서해안 하구에 위치한 해역에서는 하천 유출에 따른 유속증가, 조석 및 파도의 영향 및 지형적·물리적 요인 등에 의해 일시적으로 매우 높은 부유물질 농도가 나타날 수 있다. 부유입자물질 총량의 증가는 해수 중의 빛의 투과를 감소시켜 기초생산자의 광합성활동을 저해하여 기초해양생물의 생리활동에 영향을 미칠 수 있다.

금번 조사에서의 부유입자물질은 표층 3.1~42.4mg/L(평균 13.0mg/L), 저층 2.4~47.6mg/L(평균 17.7mg/L)의 범위로 표층보다 저층에서 상대적으로 높은 평균값을 보였다. 공간적으로는 안면도 서측의 N11~N14, 천수만 내측 정점인 N16~N18에서 상대적으로 낮은 분포를 보였고, 군장항 인근 정점인 N23에서 최대값을 나타냈다.

라. 화학적산소요구량(COD)

화학적산소요구량은 해수 중의 생분해 가능한 유기물질의 양을 간접적으로 나타내는 지표이며, 해역의 유기물에 의한 오염의 지표로 이용된다. 특히 하수나 폐수 등의 육상기인 오염원에 의한 유기물의 영향이 연근해의 주요 환경오염 원인이 되고 있다. 해역에 화학적 산소요구량 값이 높게 나타날 경우, 저층 퇴적에 따른 빈산소층 형성 촉진이 문제될 수 있으며 이는 용존산소의 소비를 증가시켜 생태계환경에 악영향을 가중시킬 수 있다.

화학적산소요구량은 표층 1.1~4.8mg/L(평균 1.7mg/L), 저층 0.6~3.0mg/L(평균 1.7mg/L)의 범위로 수층간 농도 차이는 작은 것으로 조사되었다. 군장항 정점인 H3에서 다소 높은 농도를 보였는데, 이는 육상으로부터 유입되는 담수(금강)의 영향으로 판단되며, 그 외 정점에서는 전반적으로 유사한 분포를 나타냈다.

마. 총질소(TN)

총질소는 인과 함께 해양에 존재하는 생물체의 성장에 필수 영양소이다. 그러나 과다한 양이 존재하게 되면 생물체의 과다 성장에 따라 적조 발생 등의 부영양화 영향으로 수질악화의 원인이 될 수 있다.

금번 조사에서 총질소는 표층 0.21~1.50mg/L(평균 0.38mg/L), 저층 0.21~1.30mg/L(평균 0.35mg/L)의 범위를 보였다. 조사해역에서 총질소는 수층간 농도 차이가 작았고, 염분이 상대적으로 낮게 관측된 아산만 내측의 정점 N1과 군장항에 인접한 정점 N23, H3에서 높은 농도를 보였으며, 그 외 정점에서는 유사한 분포를 나타냈다.

바. 용존무기질소(DIN)

질소는 생태계 내의 여러 화학적, 생물학적 과정을 통하여 산화, 환원되면서 여러 가지 형태로 존재하는데, 수중에는 주로 암모니움 질소, 아질산 질소, 질산 질소, 유기질소의 형태로 존재한다. 일반적으로 질소화합물은 거의 대부분 질산 질소의 형태로 존재하며 다른 두 가지 형태(아질산 질소, 암모니움 질소)는 극히 적게 존재한다. 아질산 질소는 생물이 질산 질소를 동화 또는 이화하는 과정에 배출하는 물질인데 안정한 형태는 아니다. 또한 암모니움염은 화학적으로 불안정하지는 않지만, 식물의 질소원으로서 쉽게 이용되기 때문에, 해수 중에는 매우 낮은 농도로 존재한다. 용존무기질소는 인, 규소와 함께 1차 생산자인 식물성 플랑크톤의 필수 영양소의 하나이지만, 과다할 경우 부영양화 등의 수질악화의 요인이 될 수 있다.

용존무기질소는 암모니아 질소, 아질산 질소, 질산 질소의 합으로 구성되며, 표층 0.18~1.11 mg/L(평균 0.29mg/L), 저층 0.07~1.05mg/L(평균 0.26mg/L)의 범위를 보였다. 암모니아 질소는 표층 0.01~0.57mg/L(평균 0.10mg/L), 저층 0.01~0.48mg/L(평균 0.08mg/L), 아질산 질소는 표층 0.001~0.049 mg/L(평균 0.018mg/L), 저층 0.001~0.053mg/L(평균 0.019mg/L), 질산 질소는 표층 0.07~0.67mg/L(평균 0.17mg/L), 저층 0.06~0.53mg/L(평균 0.16mg/L)의 범위를 보였다.

질소계 영양염류 모두 수층별 농도 차이가 작았고, 암모니아 질소와 질산 질소의 경우 아산호에 인접한 정점 N1과 군장항 인근 해역인 정점 N23, H1에서 상대적으로 높은 농도를 나타냈으며, 그 외 정점에서는 대체로 유사한 분포를 보였다.

사. 총인(TP)

총인은 용존, 입자형태 또는 무기성·유기성 형태 등의 모든 인 화합물을 나타낸다. 해수의 총인 농도는 식물성 플랑크톤의 성장에 있어 제한요소로 작용한다.

금번조사에서 총인은 표층 0.03~0.07mg/L(평균 0.04mg/L), 저층 0.02~0.06mg/L(평균 0.04mg/L)의 범위를 보였다. 모든 정점에서 수층간 농도 차이가 작았고, 염분이 상대적으로 낮은 아산만 내측의 정점 N1과 군장항에 인접한 정점 N23, H3에서 상대적으로 높게 나타나, 공간적으로 총질소와 유사한 분포 경향을 보였다.

아. 인산 인(PO_4 -P)

수중에서의 인은 미생물이 유기물을 분해하여 광물화시켜서 자연적으로 발생하거나 인간의 활동에 따른 부산물로서 외부로부터 유입되어 존재한다. 해양생태계내의 인은 생물체의 에너지 대사 및 핵산대사에 있어서 중요한 역할을 하는 원소이나 다른 원소의 순환과는 달리 퇴적물로의 흡착에 의해 불완전 순환을 함에 따라 흔히 생태계의 일차생산에 있어서 제한요인으로 작용한다.

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

금번 조사에서 인산 인은 표층 0.02~0.05mg/L(평균 0.03mg/L), 저층 0.01~0.05mg/L(평균 0.03mg/L)의 범위를 보여, 수층 및 정점간 유사한 분포를 나타냈다.

자. 규산 규소(SiO₂-Si)

규산 규소는 인산 인이나 질산 질소보다 수중에 많지만 해양에서 1차 생산량의 대부분을 차지하는 규조류의 필요량도 크기 때문에 규조류 번식의 필수인자가 된다.

금번 조사에서 규산 규소는 표층 0.24~0.87mg/L(평균 0.51mg/L), 저층 0.23~0.87mg/L(평균 0.51mg/L)의 범위를 보였다. 모든 정점에서 수직적인 차이가 작았고, 정점 N1, N16, N23에서 상대적으로 높은 농도를 나타냈으며, 그 외 정점에서는 유사한 분포를 보였다.

차. 엽록소-a(Chl-a)

엽록소-a는 표층 0.77~3.18 μ g/L(평균 1.52 μ g/L), 저층 1.00~2.65 μ g/L(평균 1.49 μ g/L)의 범위를 보였다. 조사해역에서 엽록소-a는 수층간 차이가 작고, 정점 H3의 표층에서 상대적으로 높았으나, 그 외의 정점에서는 유사한 분포를 보였다.

카. 미량금속류 및 시안(CN)

해수 내 중금속 조사는 9개 정점(N2, N7, N8, N11, N12, N17, N19, N21, N22)의 표층에서 수행되었다.

Cu는 0.64~0.91 μ g/L(평균 0.78 μ g/L), Pb는 0.03~0.06 μ g/L(평균 0.04 μ g/L), Zn은 0.55~0.95 μ g/L(평균 0.74 μ g/L), Cd는 0.05~0.12 μ g/L(평균 0.07 μ g/L), Cr⁶⁺은 0.06~0.10 μ g/L(평균 0.08 μ g/L), As는 0.25~0.62 μ g/L(평균 0.44 μ g/L), Hg는 0.35~0.83ng/L(평균 0.52ng/L)의 범위를 보였으며, CN은 모든 정점에서 검출한계(0.01mg/L) 이하로 불검출 되었다. 조사해역에서 해수 내 중금속의 농도는 정점에 따른 뚜렷한 특성 없이 대체로 유사한 분포를 보였고, 해양환경기준의 해양생태계 보호 기준의 단기 기준보다 낮은 수준을 유지하는 것으로 조사되었다(<표 3.3.1-2>).

타. 용매추출유분

유류는 해양으로의 광투과를 억제하고, 유류자체의 독성과 유처리제 사용에 따른 영향으로 해양생태계의 일차생산자인 식물플랑크톤을 치사시킬 뿐 아니라 해조류, 저서무척추, 어류 등 해양생태계에 영향을 미치게 된다.

금번 조사에서 해수 내 용매추출유분 조사는 5개 정점(N8, N21, H1, H2, H3)의 표층에서 수행되었다. 용매추출유분은 0.02~3.22 μ g/L(평균 0.72 μ g/L)의 범위를 보였고, 대산항 정점인 H1에서 3.22 μ g/L로 상대적으로 높게 나타났으나 해양환경기준의 생활기준(10 μ g/L 이하)보다는 크게 낮은 수준으로 조사되었다.

제 3 장 해양환경 조사

<표 3.3.1-4> 해양 수질 현장 관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)	(m)	(°C)	(psu)		(mg/L)	(%)			
N1	표층	11.0	1.0	12.9	25.2	7.8	7.6	85	10.3	2.2	1.70
	저층			13.7	28.6	7.8	7.5	86	27.2	2.1	1.10
N2	표층	11.0	1.0	14.5	30.5	8.0	7.5	88	16.3	1.6	1.04
	저층			14.4	30.5	8.0	7.4	88	28.7	1.7	1.03
N3	표층	37.0	1.5	13.1	31.8	8.0	7.6	88	24.3	1.3	1.75
	저층			13.2	31.9	8.0	7.6	89	10.6	1.9	1.90
N4	표층	12.0	1.0	10.2	31.8	8.0	8.0	87	17.2	1.6	0.77
	저층			10.3	31.9	8.1	8.0	87	15.9	2.3	1.04
N5	표층	10.0	1.0	11.5	32.1	8.1	7.6	85	27.7	2.1	1.03
	저층			11.4	32.1	8.1	8.0	90	39.1	2.5	1.65
N6	표층	3.5	1.0	10.9	32.1	8.1	7.4	82	18.7	1.5	0.97
	저층			10.8	32.1	8.1	7.6	84	26.9	2.0	1.16
N7	표층	23.0	1.5	14.2	32.3	8.0	7.5	89	20.4	1.3	1.36
	저층			14.1	32.3	8.1	7.5	89	29.2	1.7	1.26
N8	표층	28.0	2.0	14.4	32.4	8.0	7.4	89	17.7	1.1	1.32
	저층			14.1	32.4	8.1	7.6	91	25.5	2.0	1.29
N9	표층	8.0	1.5	13.7	32.4	8.1	7.6	90	13.3	2.2	1.23
	저층			13.6	32.4	8.1	7.7	90	18.3	1.8	1.73
N10	표층	7.0	2.5	14.1	32.4	8.1	7.7	91	7.7	1.1	1.76
	저층			13.5	32.4	8.1	7.8	91	11.3	1.5	1.72
N11	표층	7.0	3.0	12.4	32.4	8.1	7.8	89	3.8	1.2	1.87
	저층			11.6	32.3	8.1	7.9	90	8.0	1.1	2.65
N12	표층	15.0	5.0	15.5	32.2	8.1	7.7	95	4.0	1.7	2.10
	저층			15.1	32.2	8.1	7.6	92	7.5	1.5	1.82
N13	표층	13.0	4.5	15.1	32.0	8.1	7.8	94	3.1	3.5	1.52
	저층			15.2	32.1	8.2	7.6	92	3.4	1.8	1.84
N14	표층	14.0	4.5	15.3	32.0	8.1	7.8	95	3.8	1.3	2.34
	저층			15.2	32.1	8.1	7.6	92	8.2	1.3	1.70
N15	표층	16.0	2.5	16.1	32.1	8.0	7.8	96	13.5	1.5	1.51
	저층			16.1	32.2	8.0	7.4	91	13.1	2.0	1.27

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 3.3.1-4> 해양 수질 현장 관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(계속)

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)		(℃)	(psu)		(mg/L)	(%)	(mg/L)	(μg/L)	
N16	표층	11.4	4.0	15.3	32.1	8.1	7.4	89	4.5	1.1	1.59
	저층			15.3	32.1	8.0	7.8	95	5.1	1.3	1.11
N17	표층	17.7	4.0	15.5	32.1	8.0	7.9	96	8.7	1.4	1.22
	저층			15.5	32.2	8.1	8.0	98	2.4	1.4	1.38
N18	표층	15.5	4.5	15.5	32.2	8.1	8.0	98	4.3	1.2	1.25
	저층			15.5	32.2	8.1	8.1	99	5.0	0.6	1.51
N19	표층	19.0	2.5	16.3	32.1	8.1	7.7	95	8.9	1.2	1.11
	저층			16.3	32.1	8.1	7.6	95	22.7	1.8	1.31
N20	표층	26.0	3.0	16.3	32.2	8.1	7.5	93	5.7	1.1	1.33
	저층			16.2	32.2	8.1	7.3	90	15.6	1.0	1.28
N21	표층	5.6	2.5	16.1	32.1	8.1	8.0	98	12.3	1.6	1.49
	저층			16.1	32.1	8.1	7.3	90	16.4	1.4	1.00
N22	표층	8.0	2.5	15.7	31.3	8.0	8.1	99	5.4	1.8	1.31
	저층			15.7	31.8	8.0	8.1	99	8.4	1.2	1.27
N23	표층	5.0	0.5	15.9	25.6	8.0	8.2	97	42.4	2.6	2.04
	저층			15.7	26.2	8.0	8.3	98	47.6	2.8	2.05
H1	표층	18.0	2.0	13.1	32.0	8.1	7.5	87	12.9	1.3	1.32
	저층			13.0	32.0	8.1	7.8	90	20.6	1.8	1.04
H2	표층	20.0	1.5	15.6	32.3	8.0	7.3	89	17.0	1.5	1.40
	저층			14.3	32.3	8.1	7.5	89	25.1	1.7	1.42
H3	표층	3.5	0.5	16.1	20.8	7.9	8.4	97	12.8	4.8	3.18
	저층			16.0	20.8	8.0	8.3	96	18.6	3.0	2.28
표층		최소	0.5	10.2	20.8	7.8	7.3	82	3.1	1.1	0.77
		최대	5.0	16.3	32.4	8.1	8.4	99	42.4	4.8	3.18
		평균	2.3	14.4	31.1	8.0	7.7	92	13.0	1.7	1.52
저층		최소	-	10.3	20.8	7.8	7.3	84	2.4	0.6	1.00
		최대	-	16.3	32.4	8.2	8.3	99	47.6	3.0	2.65
		평균	-	14.3	31.3	8.1	7.7	92	17.7	1.7	1.49
전체		최소	0.5	10.2	20.8	7.8	7.3	82	2.4	0.6	0.77
		최대	5.0	16.3	32.4	8.2	8.4	99	47.6	4.8	3.18
		평균	2.3	14.4	31.2	8.1	7.7	92	15.3	1.7	1.51

제 3 장 해양환경 조사

<표 3.3.1-5> 해양 수질의 영양염류 및 TN, TP 결과

정점	수층	TN	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	DIN	TP	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si
		(mg/L)							
N1	표층	1.08	0.37	0.024	0.67	1.06	0.05	0.05	0.87
	저층	0.69	0.16	0.019	0.44	0.61	0.06	0.05	0.77
N2	표층	0.50	0.06	0.018	0.31	0.39	0.06	0.04	0.67
	저층	0.47	0.06	0.018	0.31	0.39	0.06	0.04	0.68
N3	표층	0.35	0.01	0.003	0.21	0.22	0.03	0.03	0.52
	저층	0.28	0.01	0.002	0.20	0.20	0.03	0.03	0.49
N4	표층	0.26	0.01	0.005	0.09	0.11	0.03	0.02	0.27
	저층	0.30	0.01	0.010	0.17	0.19	0.03	0.03	0.53
N5	표층	0.27	0.02	0.006	0.14	0.17	0.03	0.02	0.44
	저층	0.28	0.01	0.005	0.12	0.13	0.04	0.02	0.39
N6	표층	0.29	0.01	0.006	0.12	0.13	0.03	0.02	0.40
	저층	0.30	0.01	0.008	0.15	0.17	0.03	0.03	0.50
N7	표층	0.25	0.01	0.001	0.07	0.08	0.03	0.02	0.24
	저층	0.25	0.01	0.001	0.10	0.11	0.03	0.02	0.33
N8	표층	0.23	0.01	0.002	0.12	0.13	0.03	0.02	0.42
	저층	0.25	0.01	0.001	0.07	0.09	0.02	0.02	0.24
N9	표층	0.24	0.01	0.004	0.12	0.14	0.03	0.02	0.43
	저층	0.25	0.01	0.002	0.07	0.09	0.02	0.01	0.26
N10	표층	0.23	0.01	0.003	0.12	0.13	0.02	0.02	0.43
	저층	0.23	0.01	0.002	0.06	0.07	0.03	0.02	0.23
N11	표층	0.25	0.01	0.005	0.09	0.11	0.02	0.02	0.34
	저층	0.25	0.01	0.007	0.12	0.13	0.02	0.02	0.47
N12	표층	0.23	0.07	0.011	0.10	0.18	0.03	0.02	0.38
	저층	0.21	0.05	0.011	0.09	0.15	0.03	0.01	0.37
N13	표층	0.41	0.24	0.023	0.13	0.39	0.04	0.03	0.58
	저층	0.24	0.11	0.016	0.08	0.21	0.03	0.02	0.43
N14	표층	0.29	0.13	0.021	0.10	0.25	0.04	0.03	0.57
	저층	0.26	0.12	0.018	0.09	0.23	0.04	0.03	0.51
N15	표층	0.21	0.05	0.019	0.11	0.18	0.03	0.02	0.45
	저층	0.23	0.05	0.018	0.11	0.18	0.02	0.02	0.45

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

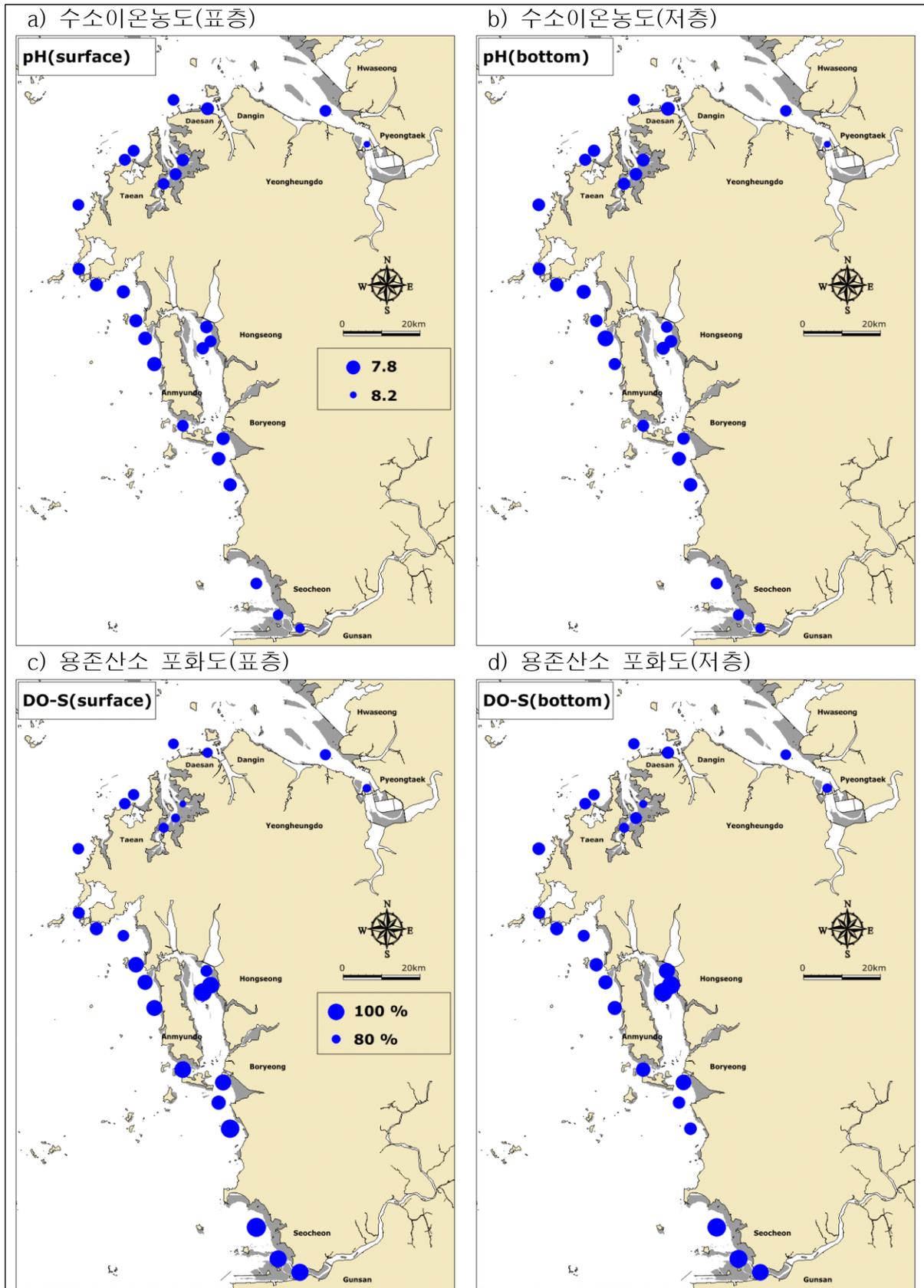
<표 3.3.1-5> 해양 수질의 영양염류 및 TN, TP 결과(계속)

정점	수층	TN	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	DIN	TP	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si
		(mg/L)							
N16	표층	0.37	0.19	0.048	0.12	0.36	0.04	0.04	0.82
	저층	0.38	0.21	0.053	0.11	0.37	0.04	0.04	0.81
N17	표층	0.33	0.10	0.049	0.13	0.28	0.04	0.04	0.68
	저층	0.26	0.09	0.040	0.10	0.22	0.04	0.03	0.53
N18	표층	0.29	0.09	0.045	0.11	0.24	0.04	0.03	0.60
	저층	0.31	0.09	0.046	0.11	0.24	0.04	0.03	0.61
N19	표층	0.24	0.04	0.026	0.12	0.19	0.03	0.02	0.49
	저층	0.26	0.05	0.026	0.13	0.20	0.03	0.03	0.50
N20	표층	0.27	0.04	0.026	0.13	0.19	0.03	0.03	0.49
	저층	0.25	0.04	0.025	0.12	0.19	0.03	0.02	0.49
N21	표층	0.25	0.04	0.027	0.13	0.20	0.03	0.02	0.51
	저층	0.27	0.04	0.027	0.13	0.20	0.03	0.02	0.50
N22	표층	0.25	0.07	0.035	0.10	0.20	0.03	0.02	0.59
	저층	0.25	0.05	0.044	0.10	0.19	0.03	0.02	0.59
N23	표층	0.76	0.36	0.041	0.34	0.75	0.04	0.04	0.87
	저층	0.78	0.39	0.043	0.33	0.77	0.05	0.04	0.87
H1	표층	0.31	0.01	0.004	0.13	0.14	0.02	0.02	0.35
	저층	0.31	0.01	0.005	0.19	0.20	0.04	0.03	0.54
H2	표층	0.23	0.01	0.002	0.13	0.14	0.03	0.02	0.44
	저층	0.25	0.01	0.002	0.10	0.11	0.03	0.02	0.34
H3	표층	1.50	0.57	0.024	0.51	1.11	0.07	0.02	0.46
	저층	1.30	0.48	0.043	0.53	1.05	0.06	0.04	0.82
표층	최소	0.21	0.01	0.001	0.07	0.08	0.02	0.02	0.24
	최대	1.50	0.57	0.049	0.67	1.11	0.07	0.05	0.87
	평균	0.38	0.10	0.018	0.17	0.29	0.03	0.03	0.51
저층	최소	0.21	0.01	0.001	0.06	0.07	0.02	0.01	0.23
	최대	1.30	0.48	0.053	0.53	1.05	0.06	0.05	0.87
	평균	0.35	0.08	0.019	0.16	0.26	0.03	0.03	0.51
전체	최소	0.21	0.01	0.001	0.06	0.07	0.02	0.01	0.23
	최대	1.50	0.57	0.053	0.67	1.11	0.07	0.05	0.87
	평균	0.37	0.09	0.019	0.16	0.27	0.03	0.03	0.51

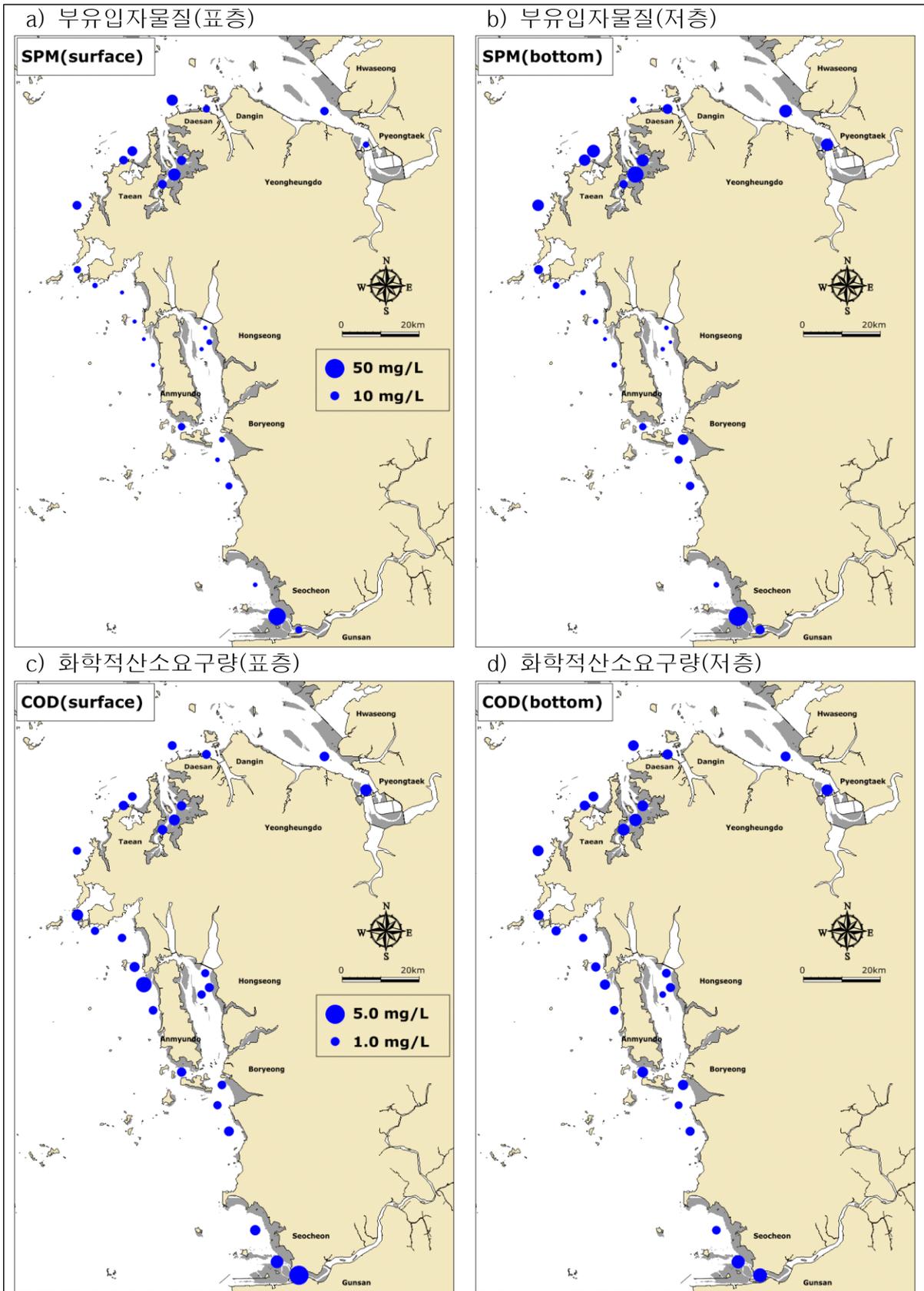
〈표 3.3.1-6〉 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과

정점	수층	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr ⁶⁺	As	Hg	CN	유분	
		(μg/L)							(ng/L)	(mg/L)	(μg/L)
N2	표층	0.84	0.05	0.95	0.12	0.06	0.62	0.83	N.D	-	
N7		0.77	0.04	0.69	0.06	0.09	0.58	0.47	N.D	-	
N8		0.67	0.03	0.63	0.09	0.08	0.35	0.53	N.D	0.02	
N11		0.64	0.04	0.68	0.08	0.09	0.49	0.38	N.D	-	
N12		0.89	0.04	0.79	0.07	0.10	0.28	0.44	N.D	-	
N17		0.91	0.05	0.81	0.05	0.08	0.56	0.63	N.D	-	
N19		0.73	0.03	0.72	0.06	0.07	0.39	0.42	N.D	-	
N21		0.81	0.05	0.84	0.08	0.10	0.25	0.35	N.D	0.19	
N22		0.79	0.06	0.55	0.06	0.08	0.41	0.62	N.D	-	
H1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.22
H2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07
H3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09
최소		0.64	0.03	0.55	0.05	0.06	0.25	0.35	-	0.02	
최대		0.91	0.06	0.95	0.12	0.10	0.62	0.83	-	3.22	
평균		0.78	0.04	0.74	0.07	0.08	0.44	0.52	-	0.72	

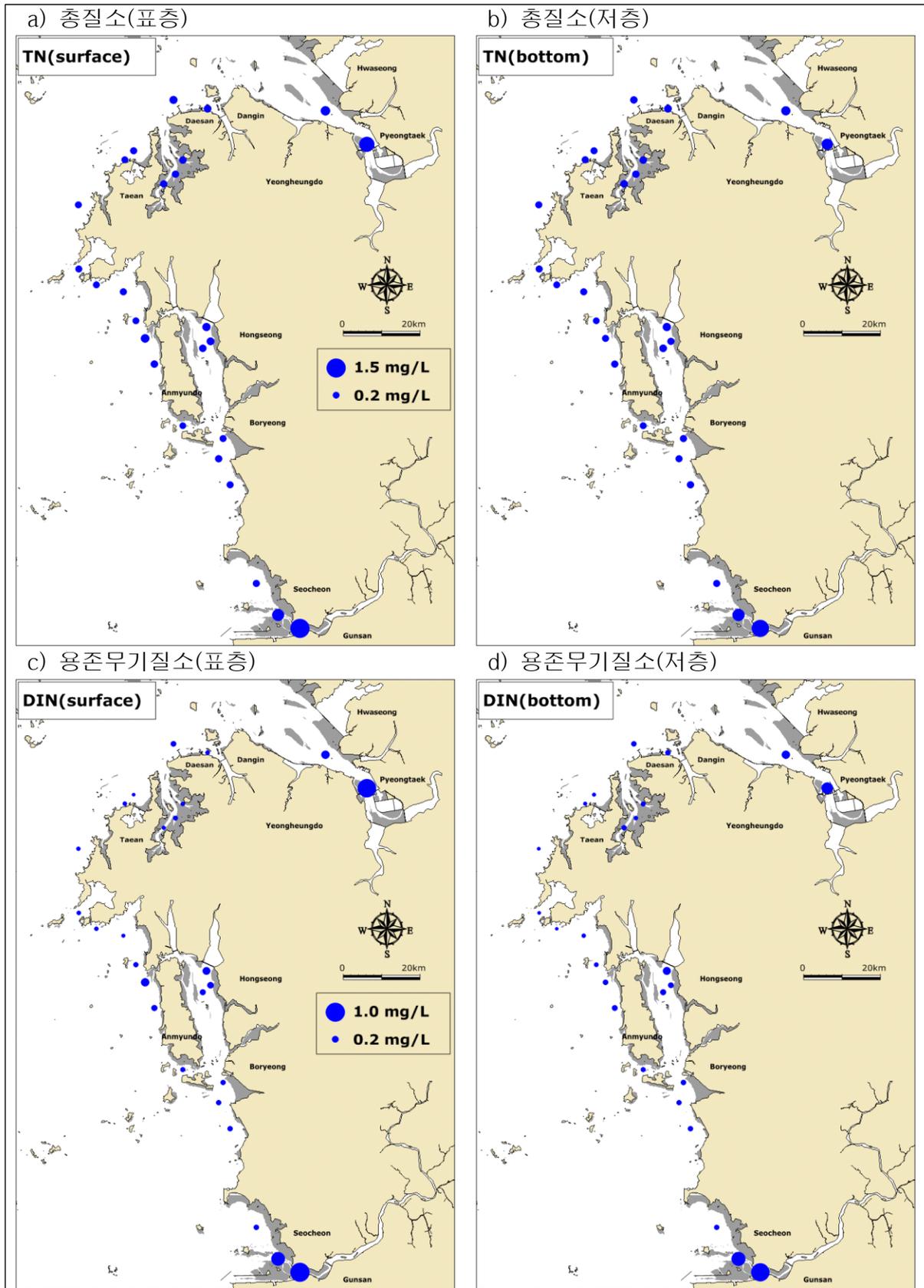
* N.D : not determined



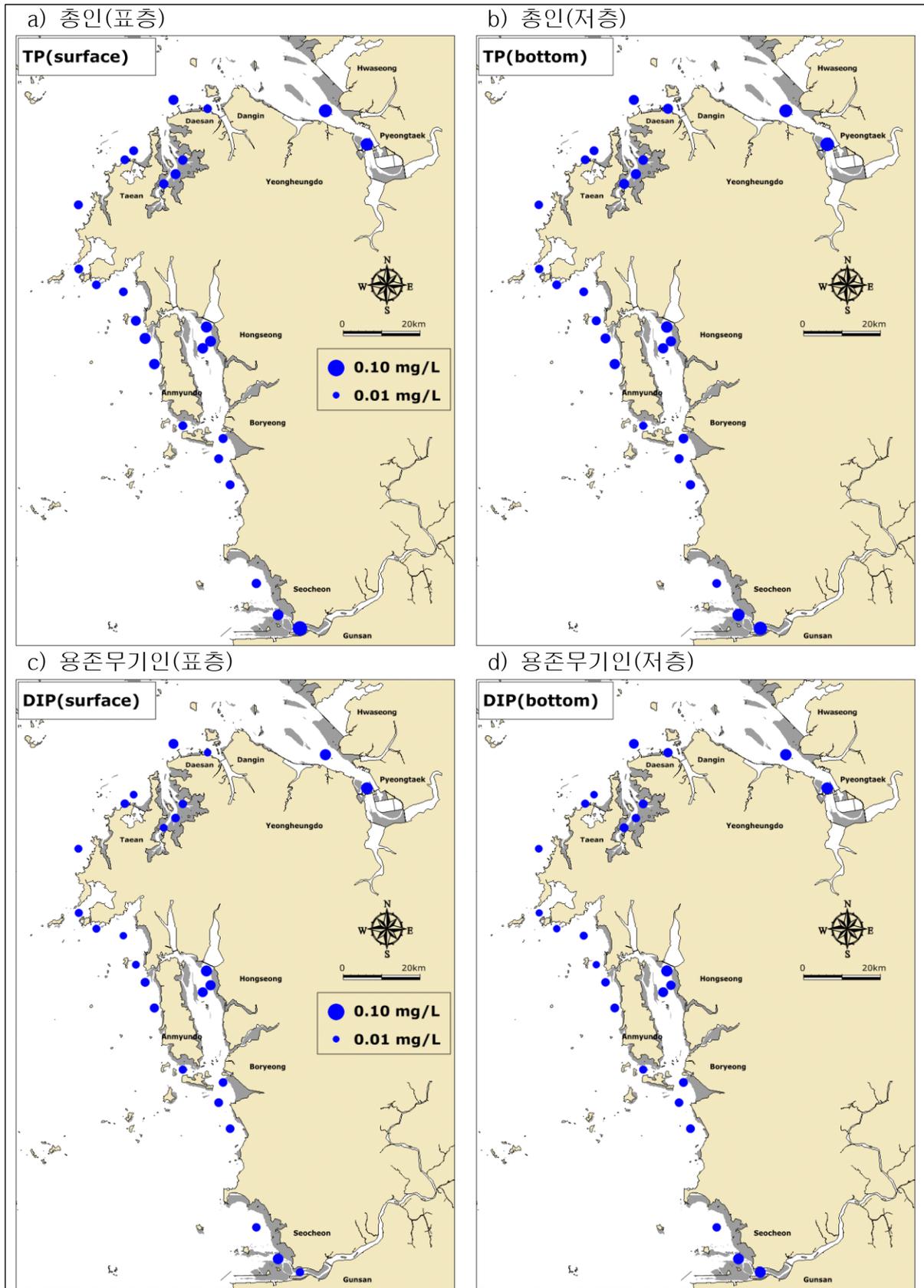
<그림 3.3.1-1> 수소이온농도와 용존산소 포화도의 정점별 분포



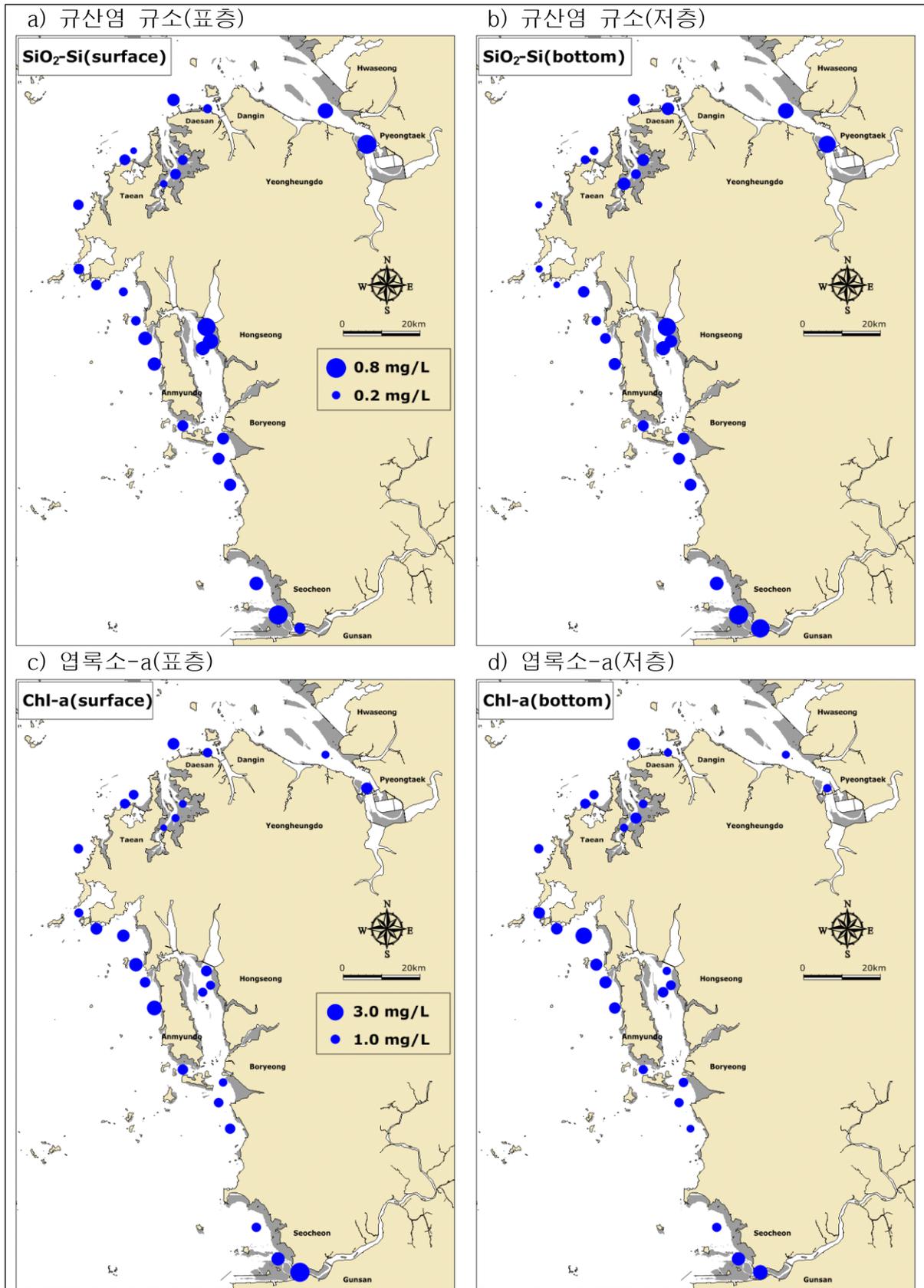
<그림 3.3.1-2> 부유입자물질과 화학적산소요구량의 정점별 분포



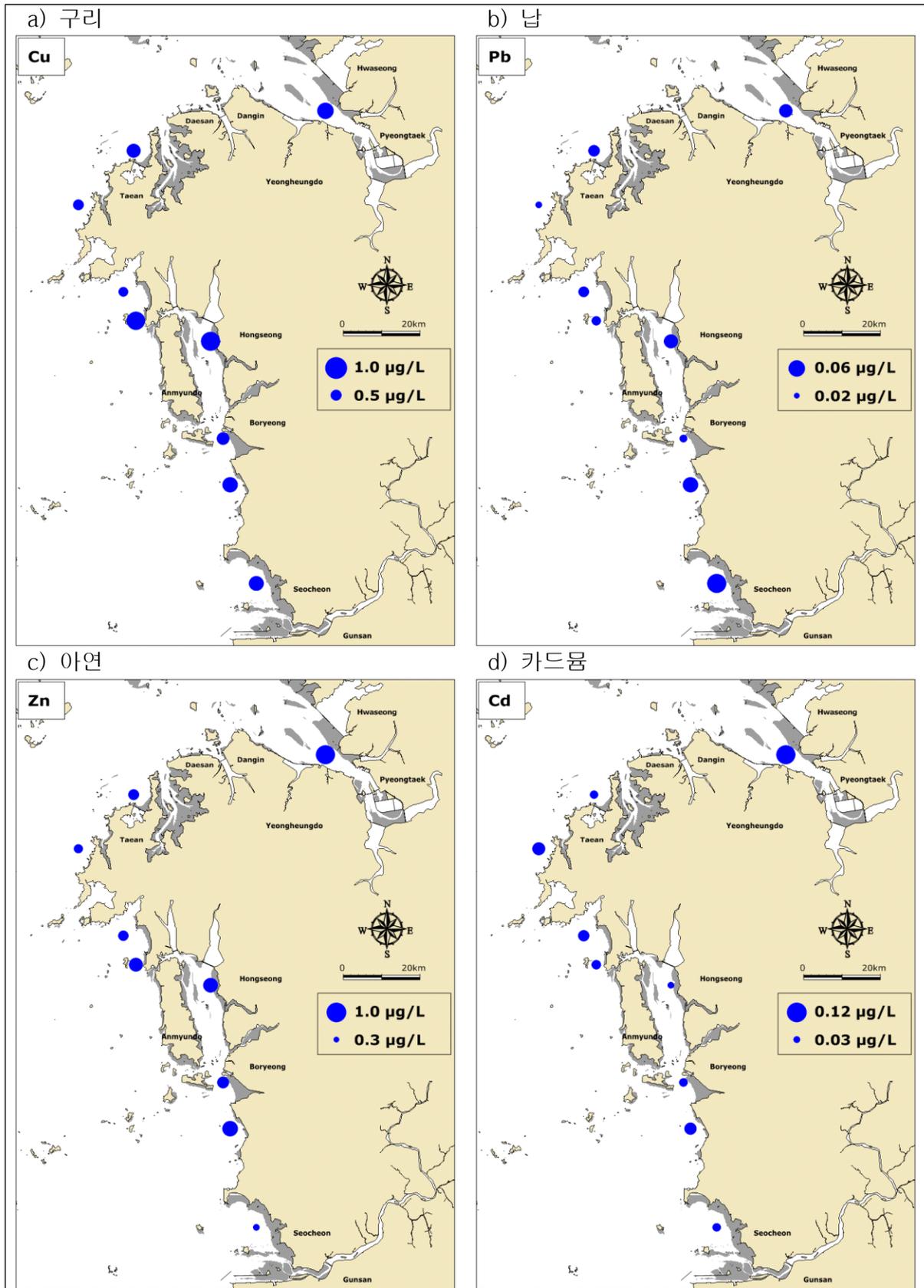
<그림 3.3.1-3> 총질소와 용존무기질소의 정점별 분포



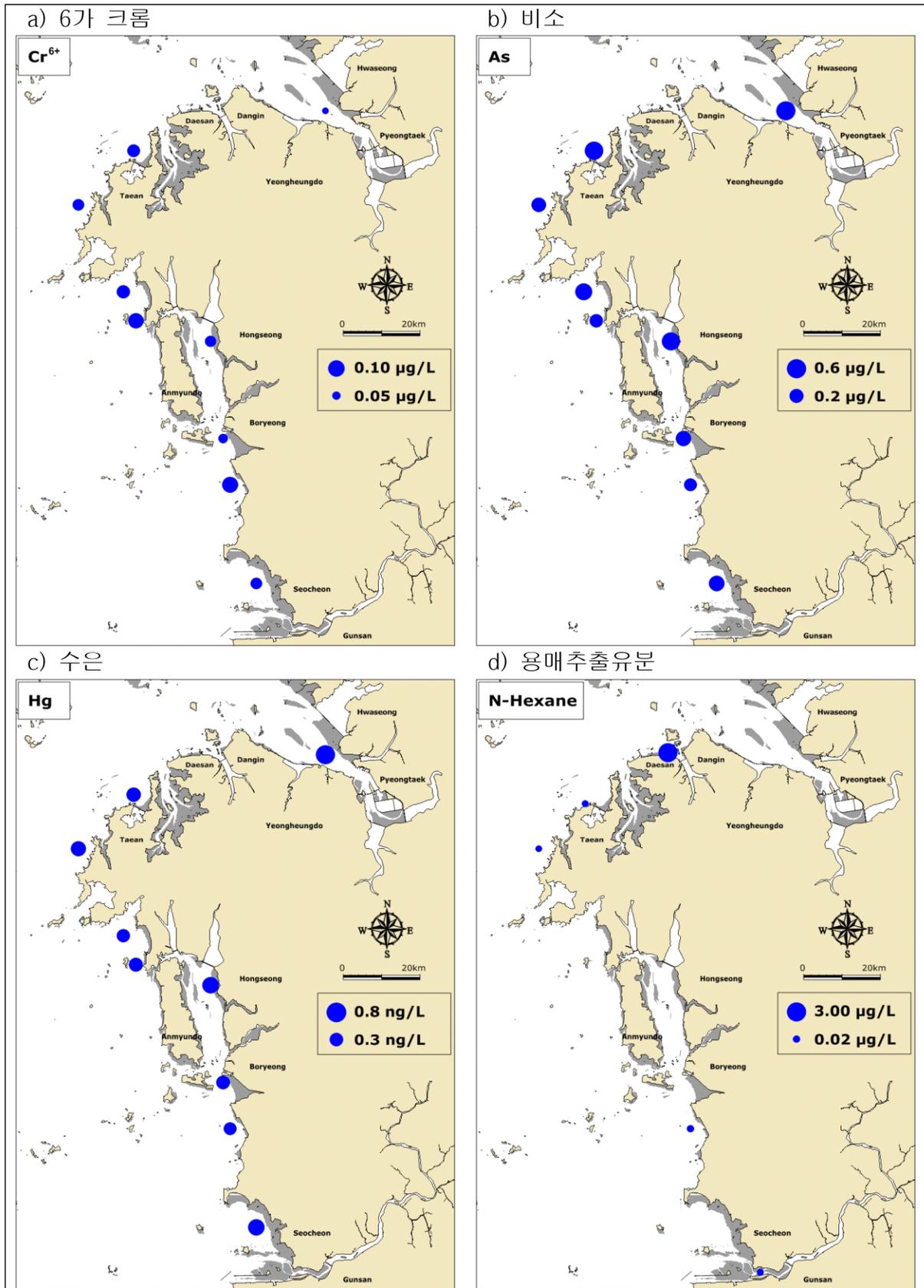
<그림 3.3.1-4> 총인과 용존무기인의 정점별 분포



<그림 3.3.1-5> 규산염 규소와 엽록소-a의 정점별 분포



<그림 3.3.1-6> 미량금속의 정점별 분포(구리, 납, 아연, 카드뮴)



<그림 3.3.1-7> 미량금속 및 용매추출유분의 정점별 분포

파. 생태기반 해수수질 기준

조사 시기 및 정점간 수질평가지수의 항목별 점수와 등급을 <표 3.3.1-7>, <그림 3.3.1-8>에 제시하였다.

현지조사의 생태기반 해수수질 기준을 산정하기 위해 서해중부생태구<그림 3.3.1-9>의 기준값을 적용하여 수질평가 지수값(Water Quality Index)을 산정하였다<표 3.3.1-7>.

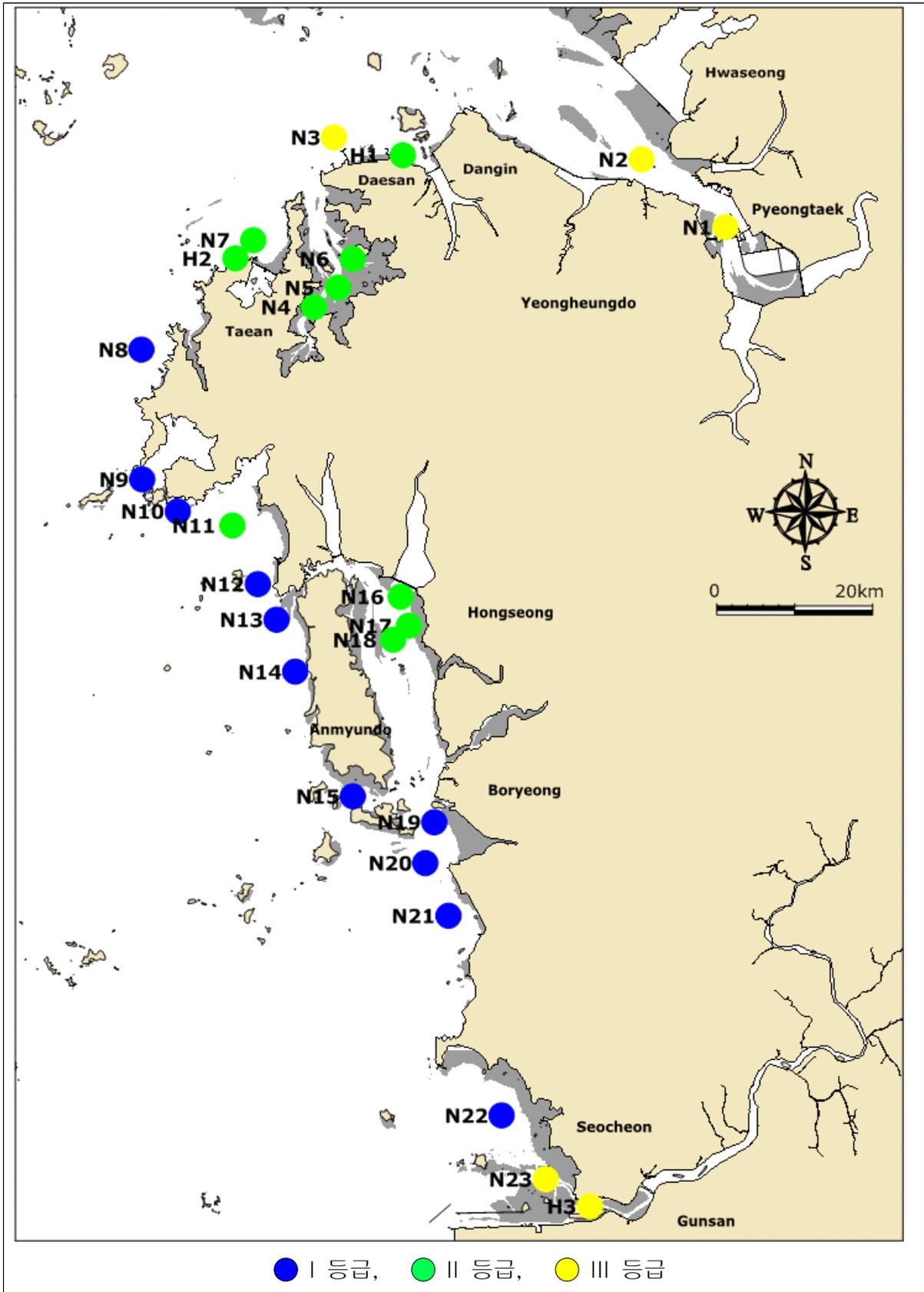
조사해역에서 수질평가 지수는 20~46점으로 I(매우 좋음)~III(보통) 등급의 범위를 보였고, 아산만과 군장항 인근에서 III(보통)등급, 그 외 정점에서는 I(매우 좋음)~II(좋음)등급으로 조사되었다.

II등급(좋음)을 나타낸 정점 중 가로림 내측, 대산항과 태안항 인근 해역은 저층 용존산소 포화도가 상대적으로 낮았고, 천수만 내측 정점은 표층의 용존무기인(DIP)이 상대적으로 높았기 때문에 조사되었다. III등급(보통)을 나타낸 정점 중 아산만 인근 해역은 저층 용존산소 포화도와 용존무기질소 및 용존무기인, 군장항 인근 정점은 낮은 투명도와 기준값보다 높은 엽록소-a, 용존무기질소, 용존무기인으로 인해 III등급에 해당되었다.

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 3.3.1-7> 수질평가지수(WQI) 및 등급

정점	항목별 점수					수질평가지수 (WQI)	등급
	투명도	저층 DO 포화도	표층 Chl-a	표층 DIN	표층 DIP		
N1	1	2	1	5	5	46	III
N2	1	2	1	1	4	36	III
N3	1	2	1	1	3	34	III
N4	1	2	1	1	1	30	II
N5	1	2	1	1	1	30	II
N6	1	2	1	1	1	30	II
N7	1	2	1	1	1	30	II
N8	1	1	1	1	1	20	I
N9	1	1	1	1	1	20	I
N10	1	1	1	1	1	20	I
N11	1	2	1	1	1	30	II
N12	1	1	1	1	1	20	I
N13	1	1	1	1	1	20	I
N14	1	1	2	1	1	23	I
N15	1	1	1	1	1	20	I
N16	1	1	1	1	4	26	II
N17	1	1	1	1	3	24	II
N18	1	1	1	1	3	24	II
N19	1	1	1	1	1	20	I
N20	1	1	1	1	1	20	I
N21	1	1	1	1	1	20	I
N22	1	1	1	1	1	20	I
N23	4	1	1	5	4	43	III
H1	1	2	1	1	1	30	II
H2	1	2	1	1	1	30	II
H3	4	1	4	5	1	46	III



<그림 3.3.1-8> 각 정점별 생태기반 해수수질 등급

하. 기존 조사와의 비교

금회조사 결과를 기존 인근해역에서 수행된 해양환경측정망(2010~2014년, 11월) 자료와 비교하였으며, 평균 및 최대, 최소값으로 나타낸 결과를 <그림 3.3.1-10>, <그림 3.3.1-11>에 제시하였다.

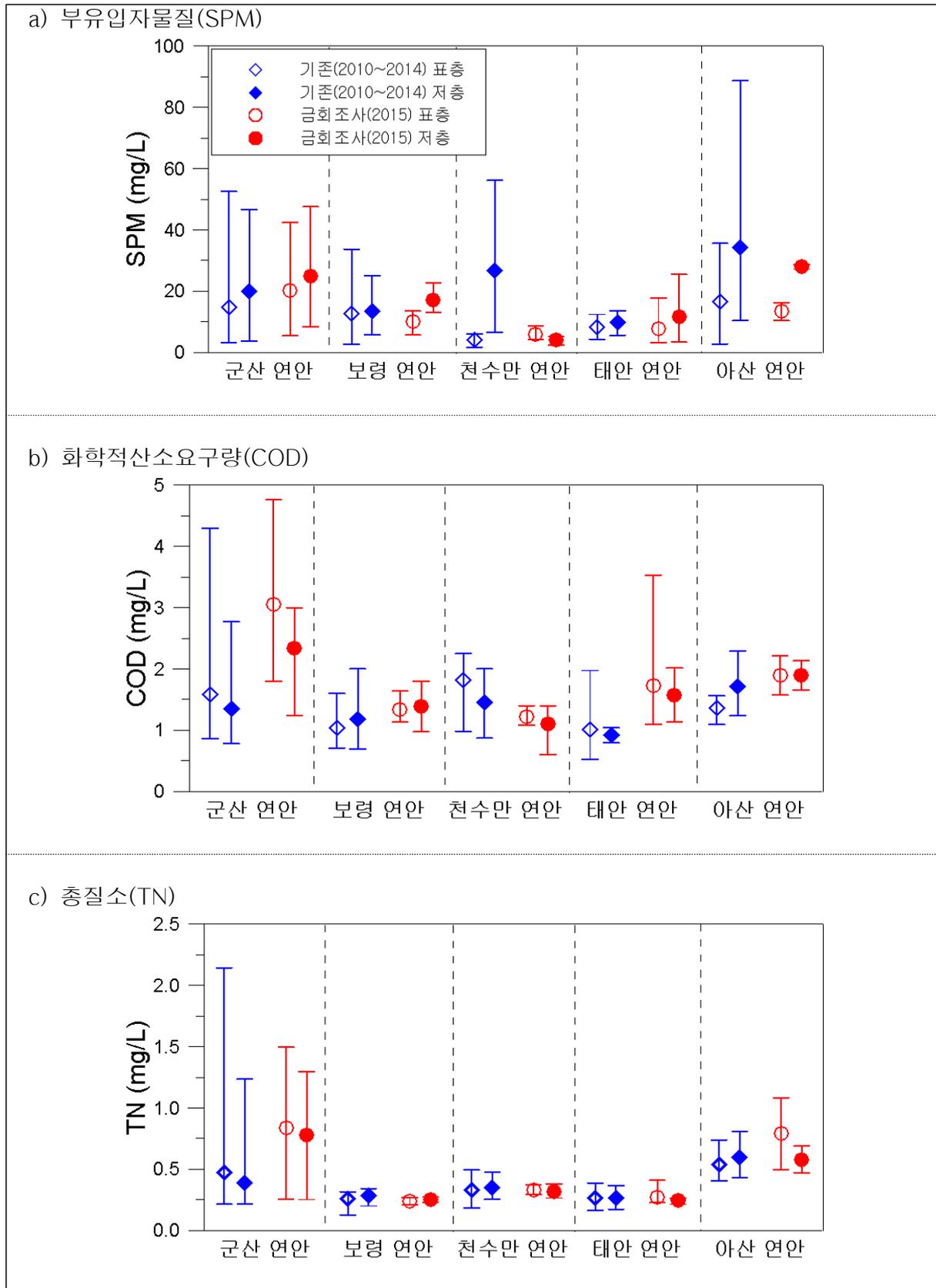
금회 조사의 경우 일부 정점을 제외하면 동일한 조시(낙조~저조)에 현장 관측을 수행하여, 아산만과 군장항 정점은 담수 유입으로 인해 다른 정점에 비해 낮은 염분(각각 25.2psu, 20.8 psu)을 보였고, 정점 위치가 해양환경측정망보다 연안에 더 인접해 있기 때문에 화학적 산소요구량 및 총질소와 용존무기질소 등의 평균 농도가 상대적으로 높게 조사되었다.

금회조사의 부유입자물질은 천수만과 아산 연안을 제외하면 기존 해양환경측정망 결과와 유사한 수준을 보였다. 전반적으로 표층보다 저층에서 높은 경향을 보였는데, 이는 조사 해역의 낮은 수심과 빠른 유속으로 인한 저층 재부유 때문이다. 금회 조사의 천수만과 아산 연안은 기존 해양환경측정망 결과에 비해 낮은 변동 범위를 보였는데, 부유입자물질의 경우 현장 조사시 해황 등의 여러 상황에 따라 달라질 수 있기 때문에 조사 정점 및 조사 시기에 따라 변동 범위의 차이가 크게 나타난 것으로 판단된다.

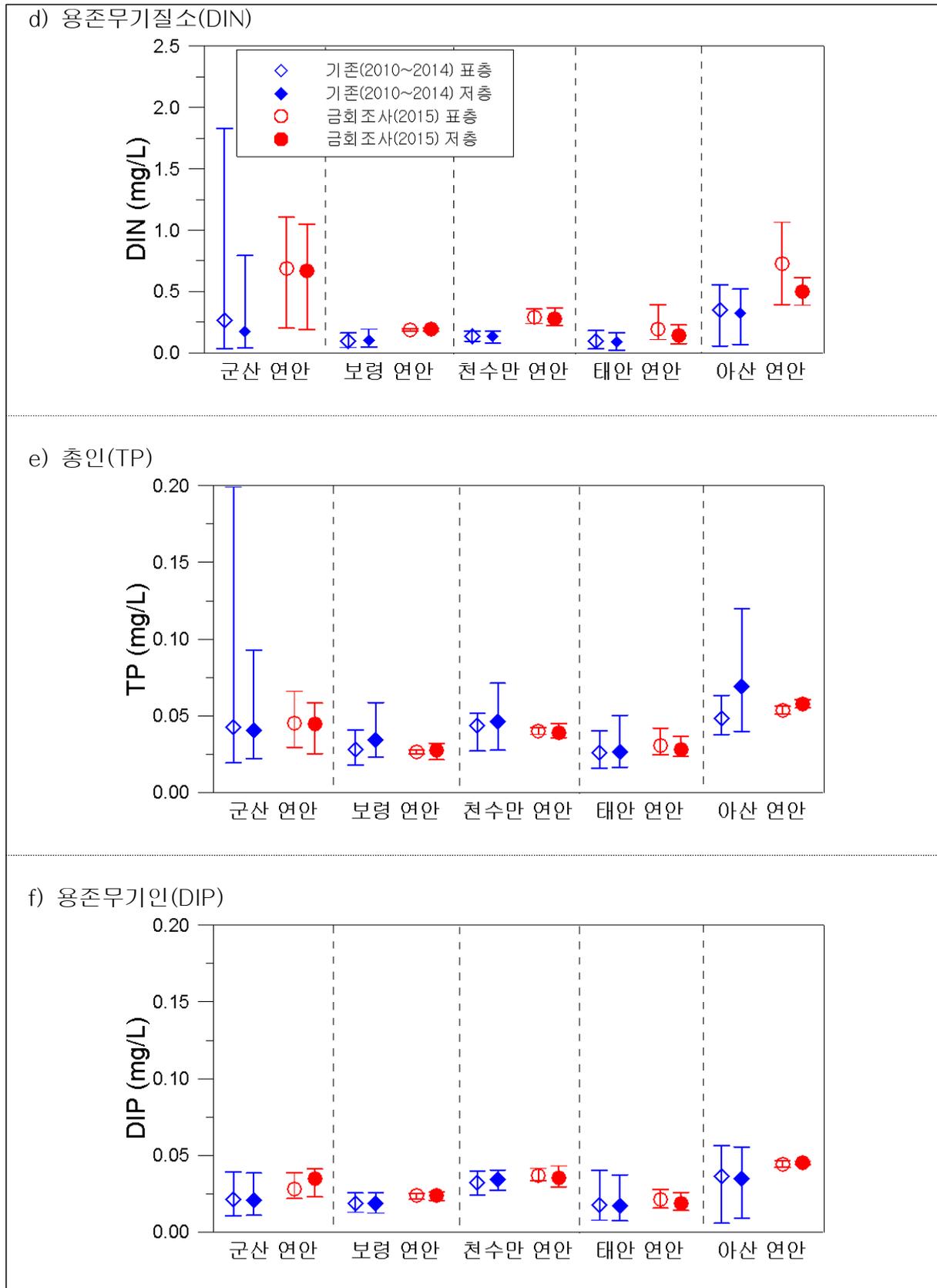
화학적산소요구량은 금회조사의 군산(H3) 및 태안 연안(N13) 표층에서 다소 높은 농도를 보여 기존 해양환경측정망 결과보다 높았으며, 그 외 연안에서는 유사한 수준을 나타냈다.

금회조사의 총질소와 총인, 용존무기질소와 용존무기인은 기존 해양환경측정망 결과와 비교시 군산 및 아산 연안의 경우 변동 범위는 다소 낮거나 유사하였으나, 평균 농도는 상대적으로 높은 것으로 조사되었으며, 그 외 연안에서는 유사한 수준을 보였다.

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역



<그림 3.3.1-10> 기존조사와 금회조사 비교(SPM, COD, TN)



<그림 3.3.1-11> 기존조사와 금회조사 비교(DIN, TP, DIP)

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

3.3.2 해양 퇴적물

해양 퇴적물 조사 결과를 <표 3.3.2-5>~<표 3.3.2-7>과 <그림 3.3.2-1>~<그림 3.3.2-5>에 제시하였고, 해양 퇴적물의 국내 및 국외 기준을 앞서 <표 3.3.2-1>~<표 3.3.2-4>에 제시하였다.

<표 3.3.2-1> 국내 부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수

항목	단위	기준농도	평가점수
강열감량 (IL)	%(건중량)	5 미만	0
		15 미만	3
		15 이상	6
화학적산소요구량 (COD)	mg/g (건중량)	13 미만	0
		20 미만	1
		30 미만	2
		40 미만	4
		40 이상	6
산취발성황화물 (AVS)	mg/g (건중량)	0.6 미만	0
		1 미만	1
		5 미만	2
		10 미만	4
		10 이상	6

* 해양수산부고시 제 2014-206호(2013.08.30 일부개정)

** 부영양화 관련 항목들에 대한 각각의 평가점수는 해저퇴적물 시료에서 구한 항목들의 분석치로부터 기준농도 구간별 설정된 수치로 한다.

<표 3.3.2-2> 국외 퇴적물 기준농도

항목	단위	기준농도
화학적산소요구량 (COD)	mg/g (건중량)	20 이하
산취발성황화물 (AVS)	mg/g (건중량)	0.2 이하

* 일본 수산자원 보호협회(2005)

<표 3.3.2-3> 해양환경관리법에 따른 해양환경기준(해양수산부고시 제 2013-186)

해양환경기준	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	(mg/kg)							
주의기준 (TEL)	14.5	0.75	116	20.6	0.11	47.2	44.0	68.4
관리기준 (PEL)	75.5	2.72	181	64.4	0.62	80.5	119	157

(1) 주의기준 (Threshold Effects Level, TEL): 부정적인 생태 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 농도
 (2) 관리기준 (Probable Effects Level, PEL): 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 농도
 (3) 적용 방법 : 금속 농도가 입자 크기에 따라 변화하므로 입자 크기의 변화를 나타낼 수 있는 금속 (Li)을 사용하여 보정된 금속 농도를 사용
 - As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb는 시료와 각 기준 농도를 직접 비교
 - Cu, Zn은 시료의 Li으로 측정 농도를 입도 보정하여 기준 농도와 비교

$$\text{입도보정한 Cu 농도} = \left(\left(\frac{\text{시료의 Cu 농도} - 4.10}{\text{시료의 Li 농도} - 21.2} \right) \times 11.9 \right) + 4.10$$

$$\text{입도보정한 Zn 농도} = \left(\left(\frac{\text{시료의 Zn 농도} - 30.4}{\text{시료의 Li 농도} - 21.2} \right) \times 11.9 \right) + 30.4$$

- 만일 시료의 Li이 33.1 ppm 이하이거나 입도보정 농도가 음의 값을 보일 경우 별도의 입도보정 없이 주의기준과 관리기준에 직접 비교

<표 3.3.2-4> 미국해양대기청(NOAA)의 퇴적물 중금속 관리 기준

항목 (mg/kg)	미국해양대기청(NOAA)	
	ERL(effect range low)*	ERM(effect range median)**
As	8.2	70
Cd	1.2	9.6
Cu	34	270
Cr	81	370
Hg	0.15	0.71
Pb	47	218
Zn	150	410
총 PCBs	0.023	0.180

* ERL : 통계적으로 저서생물에 10%의 악영향이 나타날 수 있는 농도
 ** ERM : 통계적으로 저서생물에 50%의 악영향이 나타날 수 있는 농도

가. 입도

1) 조성 및 퇴적상

조사 지역에서 중앙입경은 $-0.20\sim 6.15\phi(0.014\sim 1.146\text{mm})$ 의 범위이고, 평균은 $2.76\phi(0.275\text{mm})$ 으로 나타났다. 자갈은 $0.0\sim 12.7\%$ (평균 1.8%)로 조사되었으며 태안(N7, N8), 보령(N19, N20, N21), 서천(N22) 정점에서 나타났다. 모래는 $7.6\sim 99.3\%$ (평균 65.3%)로 N17 정점에서 가장 낮은 함량을, N8 정점에서 가장 높은 함량을 보였으며, 실트는 $0.0\sim 77.4\%$ (평균 28.0%), 점토는 $0.0\sim 14.9\%$ (평균 4.9%)로 나타났다. 퇴적상은 사질실트(sZ), 실트질사(zS), 실트(Z), 약역니질사((g)mS), 역니질사(gmS)로 나타났으며, 모래가 우세한 퇴적상을 보였다.

2) 조직 변수

조사 지역의 평균 입경은 $-0.12\sim 6.20\phi(0.014\sim 1.088\text{mm})$ 의 범위이고, 평균은 $3.10\phi(0.231\text{mm})$ 으로 나타났다. 만리포 인근 해역에 위치한 N8 정점에서 가장 낮은 평균 입경을 보여 가장 조립한 퇴적상을 보였으며, 아산만 내측에 위치한 N2 정점과 천수만 내측에 위치한 N17 정점에서 상대적으로 세립한 퇴적상을 보였다. 분급도는 $0.61\sim 2.52\phi$ 범위로 중간분급(Moderately sorted)에서 극불량분급(Very poorly sorted)한 분포를 보였고, 왜도는 $0.61\sim 2.52$ 의 범위로 대칭왜도(Near-symmetrical)에서 최극양호왜도(Strongly fine-skewed)의 분포를 나타내며, 전반적으로 양의 왜도가 우세하였다. 첨도는 $0.78\sim 2.41$ 의 범위로 저첨(Platykurtic)에서 매우극첨(Very leptokurtic)의 분포를 보였다.

나. 함수율

함수율은 $17.5\sim 56.4\%$ (평균 33.5%) 범위로 조사되었으며, 백리포 해수욕장 인근에 위치한 N8 정점에서 가장 낮은 함수율을 보였으며, 천수만 내측에 위치한 N17 정점에서 가장 높은 함수율을 보였다. 함수율은 퇴적물의 입도 구성에 따라 결정되었다.

다. 강열감량(IL) 및 화학적산소요구량(COD)

강열감량 및 화학적산소요구량은 해양 퇴적물 내 유기물 오염도를 나타내는 지표성분이다. 강열감량은 퇴적물을 고온으로 가열하여 전후 무게차로 퇴적물에 포함된 유기물의 양을 측정한다. 또한 화학적산소요구량은 산화제를 사용하여 퇴적물에 함유된 유기물의 양을 간접적으로 측정하게 된다.

금회 조사에서 강열감량은 $1.0\sim 6.7\%$ (평균 4.1%)의 범위로 나타났으며, 화학적산소요구량은 $1.8\sim 20.5\text{mg/g}$ (평균 7.4mg/g)의 범위로 조사되었다. 강열감량과 화학적산소요구량은 양호한 상관성을 보였으며, 천수만 내측에 위치한 N17 정점에서 가장 높은 농도를 나타냈다.

N17 정점은 천수만 내측의 남당항 북서측에 위치하며, 상황천, 차동천, 송촌천 등의 소하천의 영향 및 간월호의 배수갑문의 개폐에 따른 영양염의 비정기적 유입 등에 따라 저층 퇴적물의 유기물 함량이 상대적으로 높은 것으로 분석된다. N17 정점에서의 값이 상대적으로 높게 나오긴 하였으나, 국내외 기준농도를 크게 벗어난 정도가 아니므로 추후 지속적인 모니터링을 통한 분석이 필요할 것으로 보인다.

라. 산화발성황화물(AVS)

산화발성황화물 측정값이 높으면 퇴적물 내의 산소가 적은 빈산소 혹은 무산소 상태를 나타낸다. 외국문헌의 경우를 살펴보면 산화발성황화물이 0.2mg/g 이상의 농도를 보이면, 이는 퇴적물에서 유기물의 유입과 분해의 작용으로 산소가 고갈되고 황화수소가 발생하는 환경을 보이고 있다는 것을 지시하고 있다(Yokoyama H. 2000). 금회 조사에서 모래가 우세한 퇴적상을 보인 N8 정점에서는 불검출 되었다. 불검출 된 N8 정점을 제외하고는 0.02~0.09mg/g의 범위로 모두 기준 이하로 나타났으며 아산만 내측에 위치한 N2 정점에서 상대적으로 높은 농도를 보였다.

마. 중금속류

금회 조사에서 Cu는 3.7~29.5mg/kg(평균 12.6mg/kg), Cd는 0.01~0.12mg/kg(평균 0.06mg/kg), Cr은 9.3~111.4mg/kg(평균 62.2mg/kg), Co는 1.9~32.4mg/kg(평균 18.1mg/kg), Ni은 5.6~43.8mg/kg(평균 21.8mg/kg), Zn은 6.5~131.4mg/kg(평균 64.3mg/kg), Pb은 20.6~43.8mg/kg(평균 28.1mg/kg), Li은 7.5~93.1mg/kg(평균 45.8mg/kg), Mn은 114~531mg/kg(평균 322mg/kg), Al은 2.8~8.1%(평균 4.8%), Fe는 0.5~4.4%(평균 2.6%), As는 0.7~2.0mg/kg(평균 1.4mg/kg), Hg는 6.5~22.6 μ g/kg(평균 13.0 μ g/kg)으로 조사되었다.

일반적으로 연안해역에서 퇴적물 중금속 농도는 기원 암석의 광물적 조성, 입도, 퇴적물 내 속성작용, 자생광물 혹은 생물기원 광물, 인위적인 유입 등 여러 가지 요인에 의해 큰 영향을 받지만(Calvert, 1976), 그 중 퇴적물의 조성 즉, 입도와 유기물 함량과 더 밀접한 관련이 있다고 보고된 바 있다(Cho and Park, 1998, Hwang *et al.*, 2010; Hwang and Kim, 2011; Lim *et al.*, 2013). 금회 조사 결과에서도 대부분의 중금속이 평균 입도와 양호한 상관성을 보였고, 평균 입도는 강열감량과 화학적산소요구량과도 양호한 상관성을 나타내는 것으로 조사되었다.

퇴적물 내 중금속의 오염도를 살펴보기 위해 미국해양대기청(NOAA)의 환경 기준(Buchman, 2008)과 국내 해양환경관리법에 따른 해양환경기준(해양수산부, 2013)과 비교하였다. 미국해양대기청의 환경기준은 연안퇴적물 중 중금속 자료를 바탕으로 지각물질의 주요 원소인 Si과 Fe를 제외한 총 9개의 원소에 대하여 퇴적물 내 중금속에 의한 생물영향을

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

고려한 기준이다. 또한 해양환경관리법에 따른 해양환경기준은 총 6개의 중금속에 대하여 연안퇴적물의 배경농도 및 생물영향 등을 고려하여 퇴적물 오염기준인 주의기준과 관리기준을 설정하였다. As, Cd, Pb, Hg은 측정된 퇴적물 내 중금속 원소의 농도를 직접비교하나, Cu와 Zn은 입도보정을 위하여 Li으로 입도에 의한 영향을 보정한 뒤 평가하도록 되어있다.

금회 조사에서 Cr을 제외한 모든 항목은 미국해양대기청(NOAA)의 ERL(저서생물에 독성을 보이는 초기 10% 농도) 기준 이하로 조사되었으며, Cr은 ERL 기준을 다소 초과 하였으나 ERM 기준 이하로 나타났다. 국내 해양환경기준과 비교시 모든 항목은 주의기준(부정적인 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 범위) 이하로 조사 되었다. Cu와 Zn은 Li으로 보정하여 해양환경 기준과 비교 시 모두 주의 기준 이하로 조사되었다.

〈표 3.3.2-5〉 해양 퇴적물 입도 분석 결과

정점	조성비				조직변수				퇴적상
	자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
	(%)				(Φ)				
N2	0.0	33.2	55.9	10.9	5.28	2.00	0.25	0.85	sZ
N7	0.9	78.5	17.7	2.9	2.87	1.83	0.49	1.56	(g)mS
N8	0.7	99.3	0.0	0.0	-0.12	0.61	0.18	0.78	(g)S
N11	0.0	44.8	49.0	6.3	4.72	1.64	0.50	1.01	sZ
N12	0.0	84.3	13.9	1.8	2.75	1.38	0.40	2.41	zS
N17	0.0	7.6	77.4	14.9	6.20	1.76	0.09	1.06	Z
N19	1.4	73.5	21.0	4.1	2.51	2.52	0.55	0.97	(g)mS
N20	12.7	71.3	13.2	2.7	1.59	2.50	0.18	1.38	gmS
N21	1.9	73.5	21.4	3.2	3.08	2.06	0.31	1.56	(g)mS
N22	0.3	86.9	10.7	2.2	2.12	1.59	0.48	1.84	(g)mS
최소	0.0	7.6	0.0	0.0	-0.12	0.61	0.09	0.78	
최대	12.7	99.3	77.4	14.9	6.20	2.52	0.55	2.41	
평균	1.8	65.3	28.0	4.9	3.10	1.79	0.34	1.34	

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 3.3.2-6> 해양 퇴적물 일반 항목 분석 결과

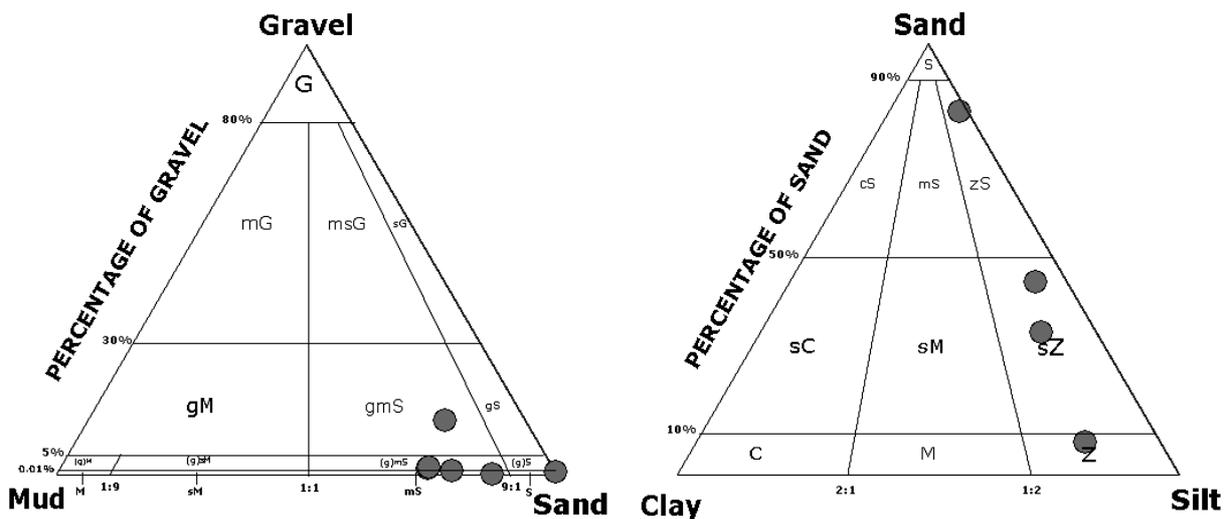
정점	함수율	강열감량	COD	AVS
	(%)		(mg/g)	
N2	55.5	5.9	15.0	0.09
N7	29.5	3.4	6.7	0.03
N8	17.5	1.0	2.3	ND
N11	35.1	2.8	4.7	0.03
N12	26.4	2.4	2.2	0.05
N17	56.4	6.7	20.5	0.05
N19	28.9	6.1	9.0	0.03
N20	26.5	4.8	5.5	0.02
N21	35.1	5.2	6.1	0.03
N22	24.3	3.0	1.8	0.02
최소	17.5	1.0	1.8	0.02
최대	56.4	6.7	20.5	0.09
평균	33.5	4.1	7.4	0.04

<표 3.3.2-7> 해양 퇴적물 중금속 항목 분석 결과

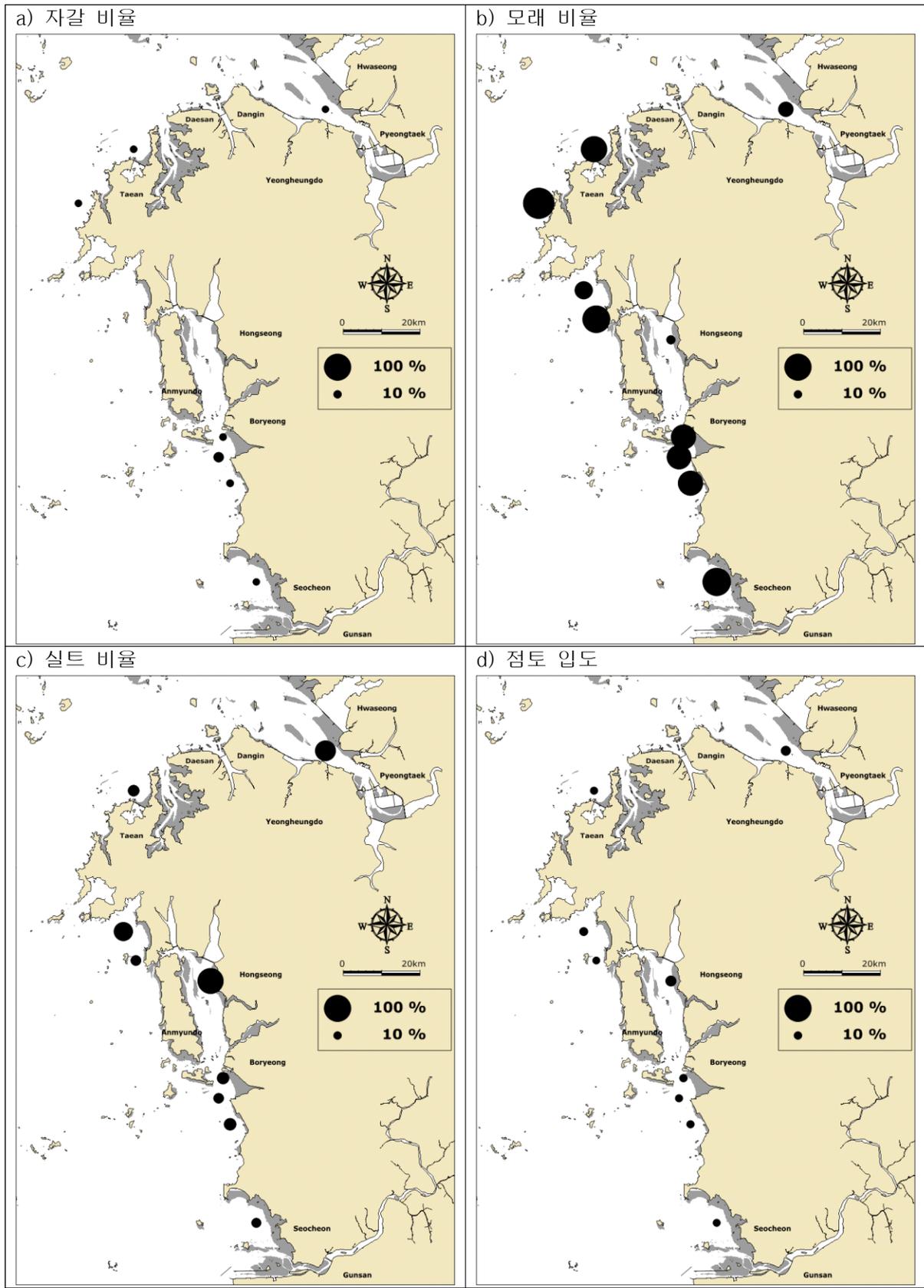
정점	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn
	(mg/kg)					
N2	0.10	29.5	111.4	43.8	131.4	43.8
N7	0.05	12.4	57.1	27.6	59.1	18.1
N8	0.01	3.7	9.3	28.0	6.5	5.6
N11	0.06	23.2	86.9	31.3	101.0	32.3
N12	0.04	8.8	53.9	26.5	52.0	16.7
N17	0.12	19.8	103.0	25.7	119.8	41.6
N19	0.06	9.4	54.7	22.6	43.4	17.0
N20	0.05	5.9	39.6	26.7	38.6	11.9
N21	0.06	5.6	60.7	20.6	48.6	16.8
N22	0.04	7.8	45.6	28.2	42.7	14.6
최소	0.01	3.7	9.3	20.6	6.5	5.6
최대	0.12	29.5	111.4	43.8	131.4	43.8
평균	0.06	12.6	62.2	28.1	64.3	21.8

<표 3.3.2-7> 해양 퇴적물 중금속 항목 분석 결과(계속)

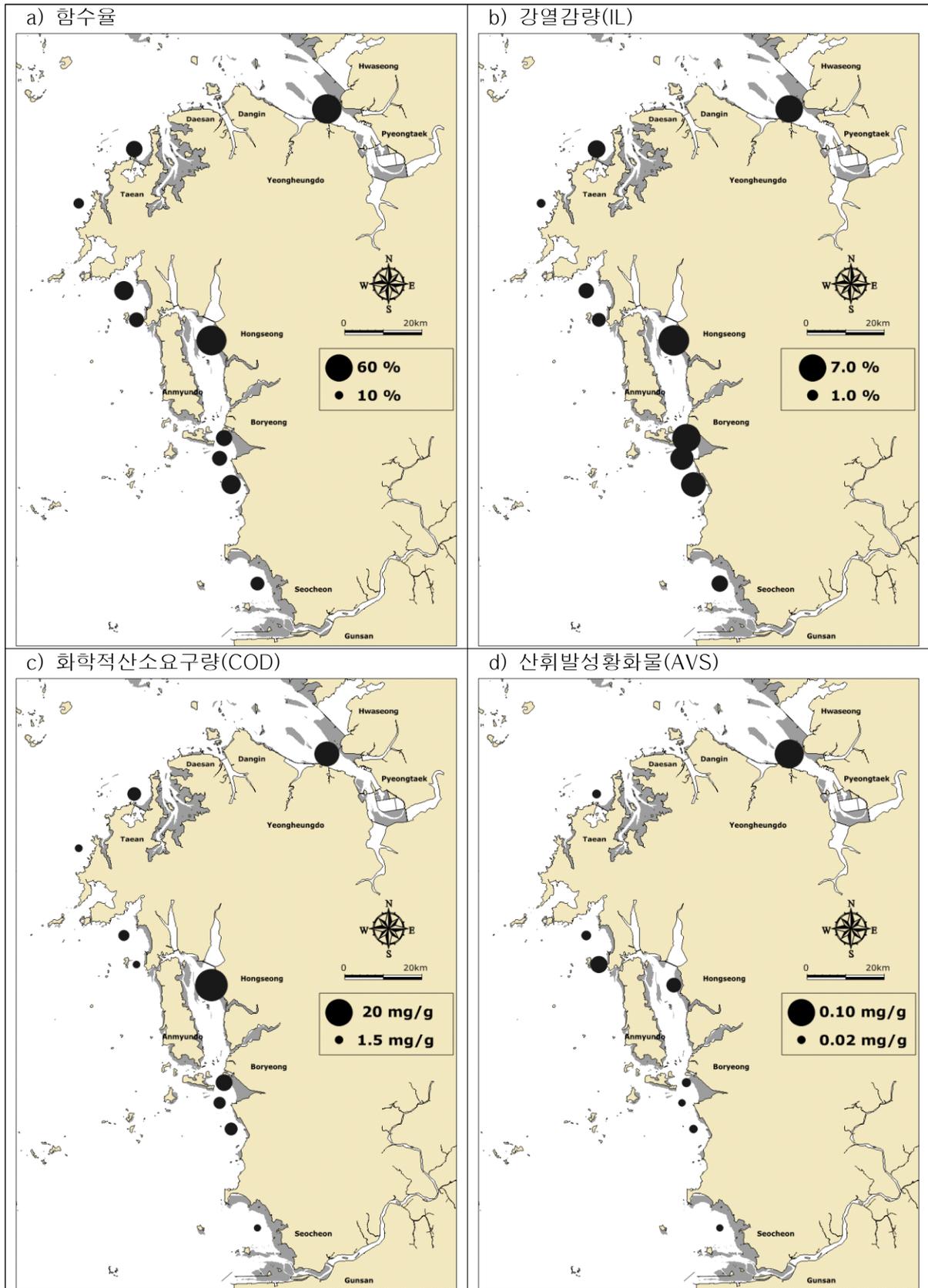
정점	Co	Li	As	Hg	Al	Fe
	(mg/kg)					
N2	32.4	82.9	1.9	19.0	6.4	3.5
N7	18.1	37.1	0.9	9.2	3.9	2.5
N8	1.9	7.5	1.2	6.5	2.9	0.5
N11	25.3	73.7	1.1	9.8	6.1	3.6
N12	18.6	34.3	0.7	8.9	5.2	3.2
N17	25.7	93.1	1.7	22.6	8.1	4.4
N19	12.3	33.0	2.0	9.6	5.0	1.9
N20	12.9	27.7	1.8	11.1	2.8	2.0
N21	18.7	37.4	1.4	14.1	3.2	2.4
N22	15.5	31.1	1.2	18.7	4.1	2.0
최소	1.9	7.5	0.7	6.5	2.8	0.5
최대	32.4	93.1	2.0	22.6	8.1	4.4
평균	18.1	45.8	1.4	13.0	4.8	2.6



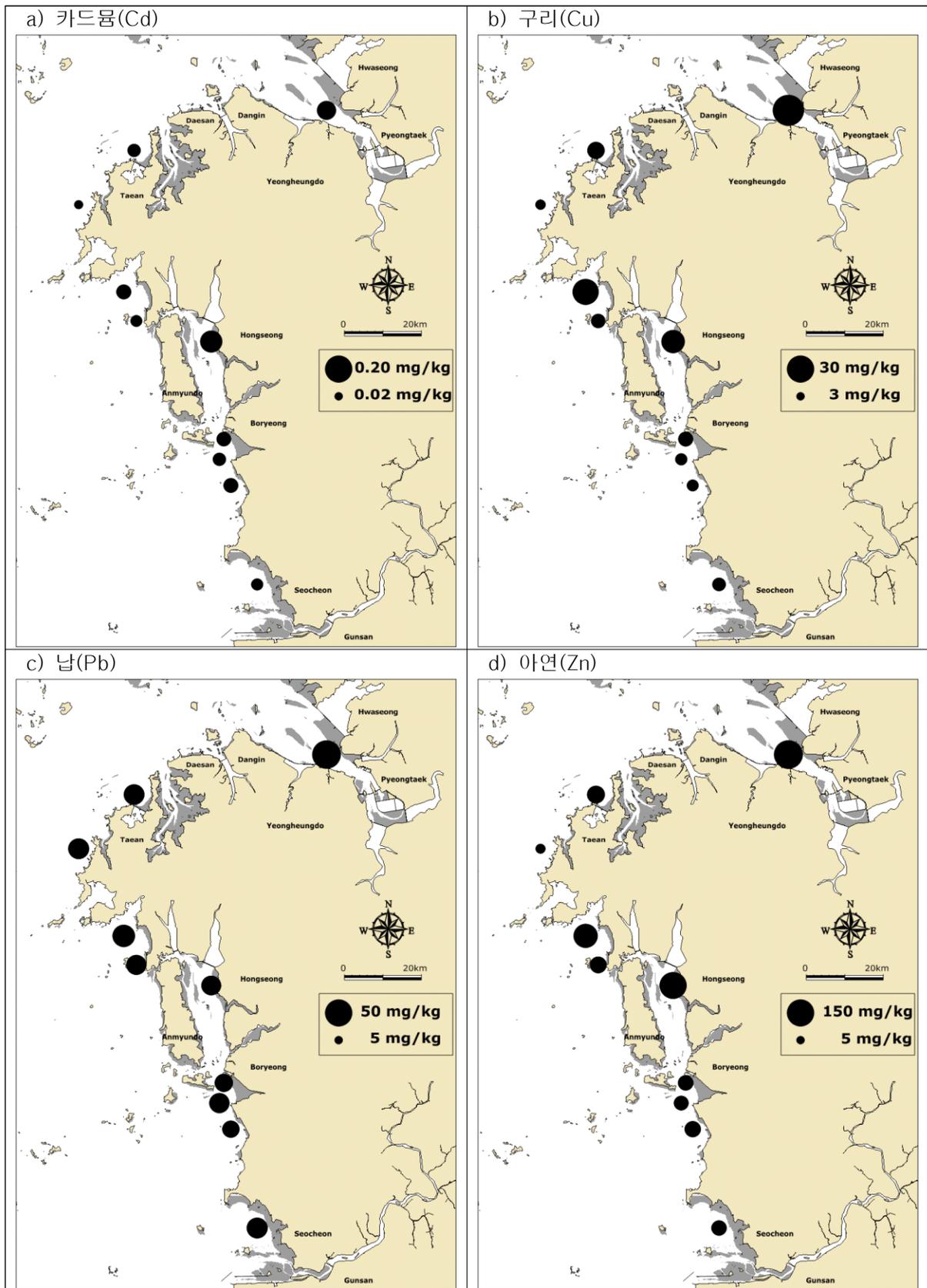
<그림 3.3.2-1> 모래, 실트 및 점토의 함량비에 따른 퇴적상 분류



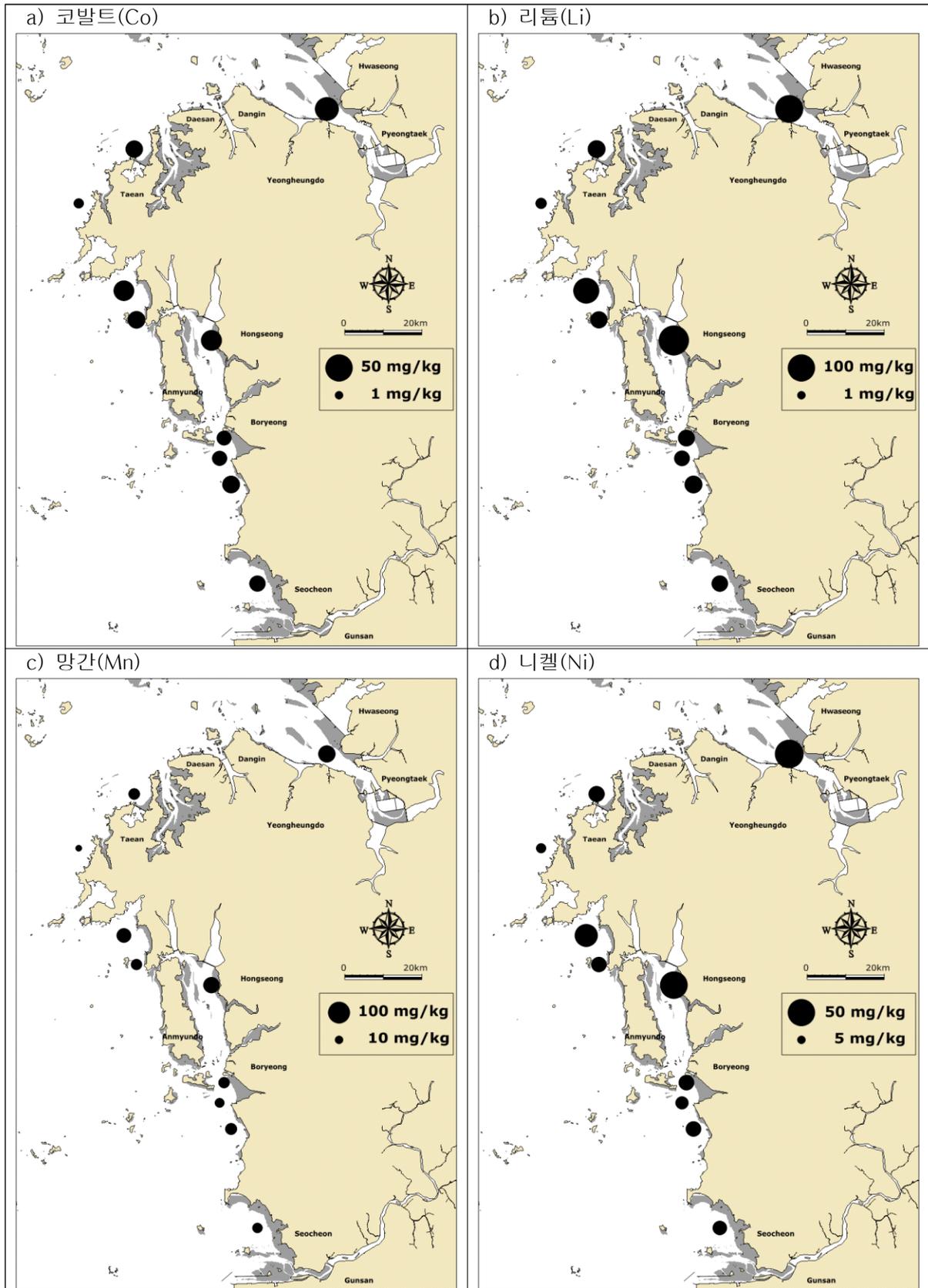
<그림 3.3.2-2> 모래, 실트, 점토 및 평균입도 분포



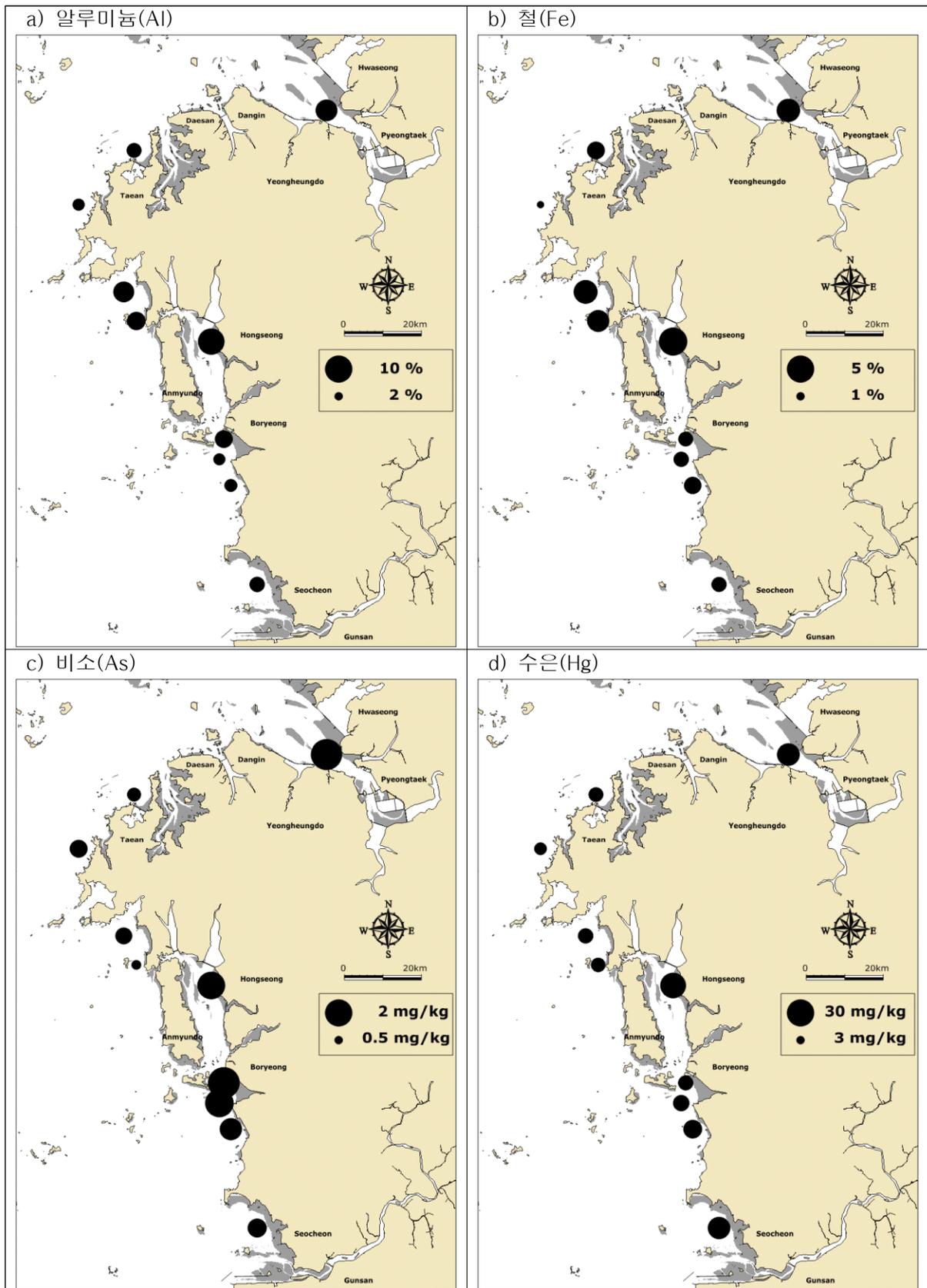
<그림 3.3.2-3> 해양 퇴적물 일반항목 분포 특성



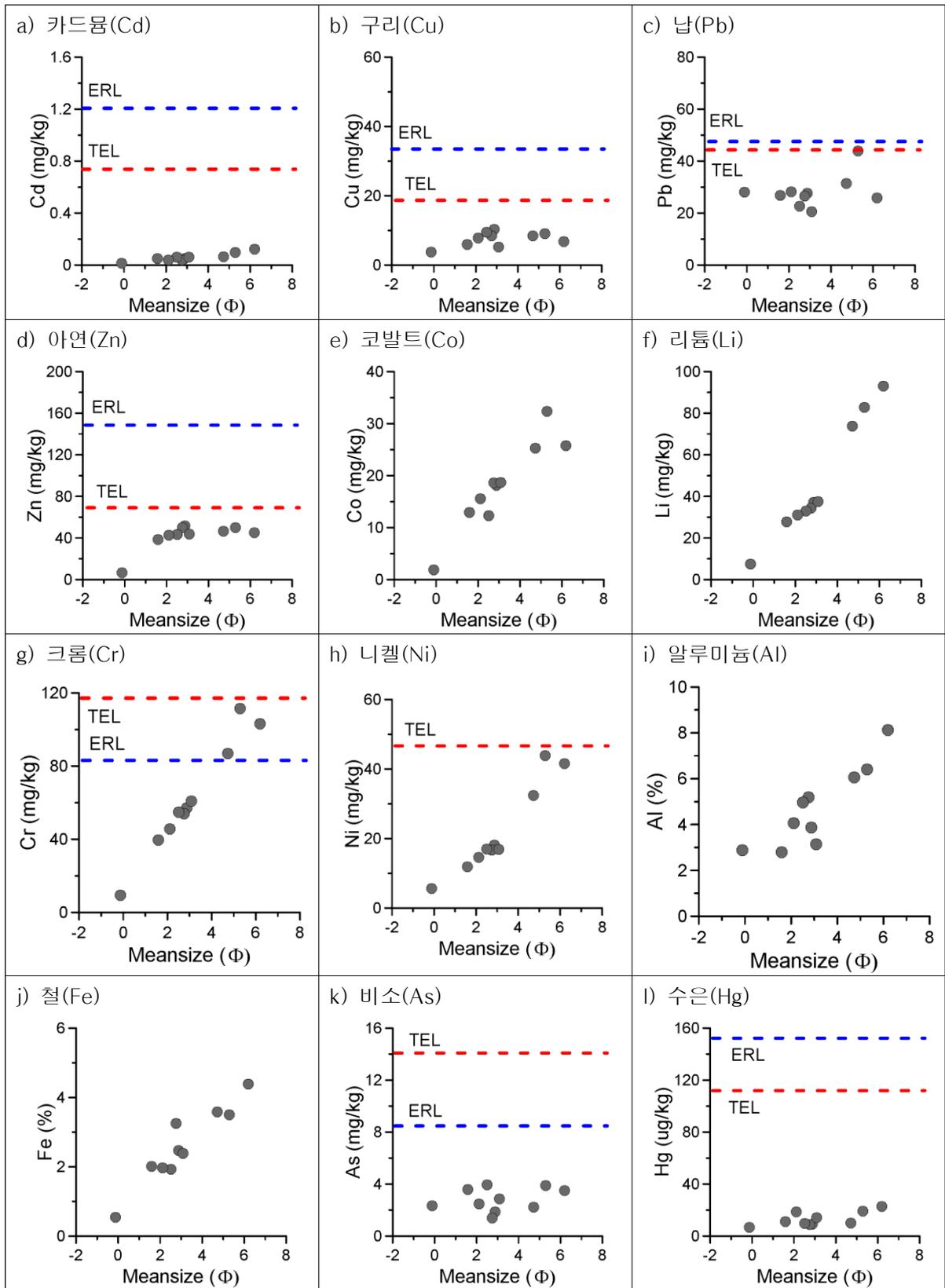
<그림 3.3.2-4> 해양 퇴적물 중금속 항목 분포 특성



<그림 3.3.2-4> 해양 퇴적물 중금속 항목 분포 특성(계속)



<그림 3.3.2-4> 해양 퇴적물 중금속 항목 분포 특성(계속)



<그림 3.3.2-5> 입도와 중금속 항목의 상관성 및 퇴적물 환경 기준과 비교

바. 오염도 평가

1) 농축계수(enrichment factor : EF)

일반적으로 오염은 환경 내 매질 중 구성성분의 농도가 자연상태에 존재하는 농도보다 높아져 있거나 생물에 악영향을 미치는 상태를 의미한다. 농축계수는 지각물질 중에 풍부하고 보편적인 성질을 가진 원소인 Al 혹은 Fe을 표준화 성분으로 사용하여 점토광물의 구성비율과 연구지역내 미량금속의 구성비율을 이용하여 각 중금속의 농축정도를 평가하는 방법이다(Choi *et al.*, 2010, Hwang and Kim, 2011).

$$EF = \frac{(Metal/Al)_{sample}}{(Metal/Al)_{background}}$$

여기서 $(Metal/Al)_{sample}$ 는 연구 지역 내 퇴적물 중 Al에 대한 각 미량금속의 농도비를 말하고, $(Metal/Al)_{background}$ 는 지각 내 Al에 대한 각 미량금속의 농도비를 의미한다. 금회 조사에서는 Background 값을 Taylor(1964)와 Taylor and McLennan(1995)이 보고한 전 세계 연안 대륙붕지역의 퇴적물 내 미량금속 농도를 이용하였다. 일반적으로 금속원소의 바탕농도는 세일이나 지각물질의 평균농도를 사용하며, 때로는 해당연구지역에서 오염원의 영향을 가장 작게 받는 지역의 농도값 혹은 가장 낮은 농도의 값을 사용하는 경우도 있다 (Martin and Whitefield, 1983; Sahu and Bhosale, 1991; Jeon and Cho, 2002; Hyun *et al.*, 2003; Hwang *et al.*, 2006).

금회 조사 결과 모든 항목에서 농축계수의 값이 0~4 범위를 보여, 오염되지 않은 상태에서 적당한 오염 상태로 나타났다. Pb, Cr, As의 경우 몇몇 정점에서 적당한 오염상태를 보였으며, 나머지 항목들은 오염이 되지 않은 상태와 약간 오염 상태에 해당되었다.

<표 3.3.2-8> 농축계수를 사용한 오염도 평가

EF	Cd	Cu	Cr	Pb	Zn	As	Hg	Fe	Mn
> 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-5	0	0	5	2	0	1	0	0	0
1-3	5	3	4	8	8	7	0	8	2
< 1	5	7	1	0	2	2	10	2	8

EF	등급
> 50	극히 심한 오염 상태 (Extremely severe enrichment)
25-50	매우 심한 오염 상태 (Very severe enrichment)
10-25	심한 오염 상태 (Severe enrichment)
5-10	적당히 심한 오염 상태 (moderately severe enrichment)
3-5	적당한 오염 상태 (moderate enrichment)
1-3	약간 오염 상태 (minor enrichment)
< 1	오염되지 않은 상태 (no enrichment)

2) 농집지수(geoaccumulation index : I_{geo})

농집지수는 퇴적물 내 금속의 오염도를 평가하기 위하여 Muller(1979)가 제안하였으며, 다음과 같은 식에 의하여 계산된다.

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{B_n \times 1.5}$$

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

여기서 C_n 은 측정된 퇴적물 내 중금속의 농도이며, 지수 1.5는 지각 기원에 의한 영향을 보정하기 위해 사용되었고, B_n 은 미량 금속의 바탕농도(background)이다. 금회 조사에서는 Background 값을 Taylor(1964)와 Taylor and McLennan(1995)이 보고한 전 세계 연안 대륙붕 지역의 퇴적물 내 미량금속의 농도를 이용하였다. 농집지수는 각 중금속 원소에 대하여 총 7개의 class로 구분하여 오염여부를 세분화 하고 있으며, <표 3.3.2-9>에 제시하였다. 금회 조사 결과 Cr의 경우 N2 정점에서 class 1 범위(약간오염/비오염)를 보였으며, 나머지 정점에서는 class 0를 보였다. Cr을 제외한 모든 항목의 농집지수는 class 0 범위를 보였으며, 비오염 상태로 나타났다.

<표 3.3.2-9> 농집지수를 사용한 오염도 평가

Class	Cd	Cu	Cr	Pb	Zn	As	Hg	Al	Fe	Mn
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10

lgeo	Class	등급
>5	6	매우 심한 오염 (Very Strong polluted)
4-5	5	심한 오염/매우 심한 오염 (Strong/Very strong polluted)
3-4	4	심한 오염 수준 (Strong polluted)
2-3	3	약간 오염/심한 오염 수준 (Moderately/strongly polluted)
1-2	2	약간 오염 수준 (Moderately polluted)
0-1	1	약간 오염/ 비오염 수준 (Practically unpolluted/moderately polluted)
0	0	비 오염 수준 (Practically unpolluted)

3.3.3 해양 생물

해양으로 유입된 중금속은 수중에서 흡착되어 퇴적물로 이동하거나 생물체 내 흡수되어 제거된다. 특히 생물체내 흡수된 중금속은 유기염화물이나 탄화수소 등의 기타 오염물질보다 상대적으로 긴 반감기를 가지며(Phillips and Segar, 1986), 모든 조직에 축적되어 생리적인 장애를 일으킨다(이와 김, 2000). 또한 하등 동식물에서 생물농축(Bioaccumulation)된 중금속은 먹이사슬을 통해 생물확대(Biomagnification)됨으로써 결국은 인간에게까지 영향을 미치는 지속성 오염물질이다(이, 1994).

생물체를 이용한 연안의 오염도를 평가하는 방법에서 해양오염지표종은 정착성 생물이며, 시료채취가 용이하고, 또한 환경내 오염물질의 농도를 잘 반영하여야 한다(Brown and Luoma, 1995). 이매패류와 같은 연체동물들은 일생을 통해 활동 범위가 거의 한 지역에 국한되면서도 중금속, 유기 화합물등을 생물농축 시키므로 오염감시 목적으로 사용될 수 있다(한과 이, 2000). 세계적으로도 진주 담치와 굴을 이용한 종합감시 프로그램(International Mussel Watch)이 수행되고 있으며(NAS 1980, IMWC 1992), 우리나라에서도 진주 담치(*Mytilus edulis*), 참굴(*Crassostrea gigas*)등을 오염 감시에 이용하기 위한 연구가 수행되어 왔다(한국해양연구원,1982; 조 등,1998; 백과 이,1998).

패류는 종에 따라서 체내 중금속 농도가 다른 분포를 보이며, 종내에서도 중금속에 따라 다른 것으로 알려져 있다(Phillips and Rainbow, 1989). 굴과 진주담치에 대하여 Cd는 2:1(굴:진주담치), Pb는 10:1(굴:진주담치)의 비율을 보여, 진주담치 보다 굴이 체내 중금속을 농축하는 정도의 차이가 있는 것으로 보고되었다(하 등, 2004). 또한 굴은 체내로 흡수된 Zn을 무독성 상태인 Zinc pyrophosphate로 축적하는 특성을 가지고 있어 굴 체내 Zn의 농도가 높은 것으로 알려져 있다(Rainbow *et al.*, 1990).

해양생물의 분석항목인 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 비소(As), 수은(Hg)중 식품의약품안전청에서 해산어류, 패류, 갑각류, 담수어등 해양생물을 대상으로 제시하고 있는 기준항목은 납(Pb), 카드뮴(Cd), 수은(Hg)만이 정의되어 있으나, 2012년 식품의약품안전청에서 식품 중 중금속 안전관리를 강화하기 위해 「식품의 기준 및 규격」 개정안을 발표하였다. 해당 기준에는 연체류, 패류, 갑각류에 대한 중금속 기준 수치가 더욱 강화되었으며, 해양생물뿐 아닌 여러식품들의 중금속 기준 수치도 명시되어 있다. 해당 식품 중 중금속 기준은 <표 3.3.3-1>, <표 3.3.3-2>에 제시하였다.

- 연체류 및 패류 : 현재 중금속 기준보다 강화될 예정(낙지의 경우 내장 포함)
 - 연체류 및 패류의 중금속 기준 : 납(2.0mg/kg 이하), 카드뮴(2.0mg/kg 이하)
 - 내장을 포함한 낙지의 중금속 기준 : 납(2.0mg/kg 이하), 카드뮴(3.0mg/kg 이하), 내장을 뺀 가식 부위의 기준은 기존과 동일

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

- 갑각류는 중금속 기준 : 신설, 가식부위 기준 및 내장(꽃게류)을 포함
 - 갑각류의 중금속 기준 : 납(1.0mg/kg이하), 카드뮴(1.0mg/kg)
 - 내장을 포함한 꽃게류의 중금속 기준 : 납(2.0mg/kg 이하), 카드뮴(5.0mg/kg 이하)
- 건조 김(조미김 포함)의 카드뮴 기준(0.3mg/kg 이하), 사탕의 납 기준(0.1mg/kg 이하)
 - 흑삼의 벤조피렌 기준(2.0 μ g/kg 이하)도 설정됨

<표 3.3.3-1> 식품 중 중금속 기준(납)

중금속	식품	기준(단위: mg/kg이하)
납	해산어류, 담수어, 냉동식용대구머리	2.0
	통조림	0.3(수산통병조림 2.0)
	배추, 시금치	0.3
	쌀, 옥수수, 대두, 팥	0.2
	고구마, 감자, 팥, 무	0.1
	김치	0.3
	백설탕, 분말설탕, 포도당, 과당	0.5
	갈색설탕, 흑설탕, 엿류, 텍스트린, 당시럽류, 올리고당	1.0
	침출차	5.0
	분말차, 추출차, 과실차, 커피	2.0
	과실, 채소류음료, 탄산음료류, 기타음료	0.3
	기타 영,유아식	0.1(액상주스에 한함)
	인삼음료	0.3
	제재, 가공, 정제소금	2.0

<표 3.3.3-2> 식품 중 중금속 기준(카드뮴)

중금속	식품	기준(단위: mg/kg이하)
카드뮴	패류(생물기준)	2.0
	배추, 시금치, 쌀(현미제외)	0.2
	옥수수, 대두, 팥, 고구마, 감자, 무	0.1
	팥	0.05
	김치	0.2
	과실, 채소류음료, 탄산음료류, 기타음료	0.1
	제재, 가공, 정제소금	0.5

제 3 장 해양환경 조사

중금속에 대한 국제적 동향은 JECFA(FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문가위원회), CODEX-CCCF(식품 오염물질 분과위원회)가 존재하고 각각의 기관은 식품첨가물, 중금속 등 오염물질 안정성평가, 중금속, 곰팡이 독소, 다이옥신 등 오염물질에 대한 최대 허용기준, 지침 등을 설정하고 있으며, 이를 바탕으로 국내·외 수산물 중 중금속 기준을 살펴보면 다음과 같다(〈표 3.3.3-3〉, 〈표 3.3.3-4〉).

〈표 3.3.3-3〉 국내·외 수산물 중 중금속 기준(납) [단위:mg/kg이하]

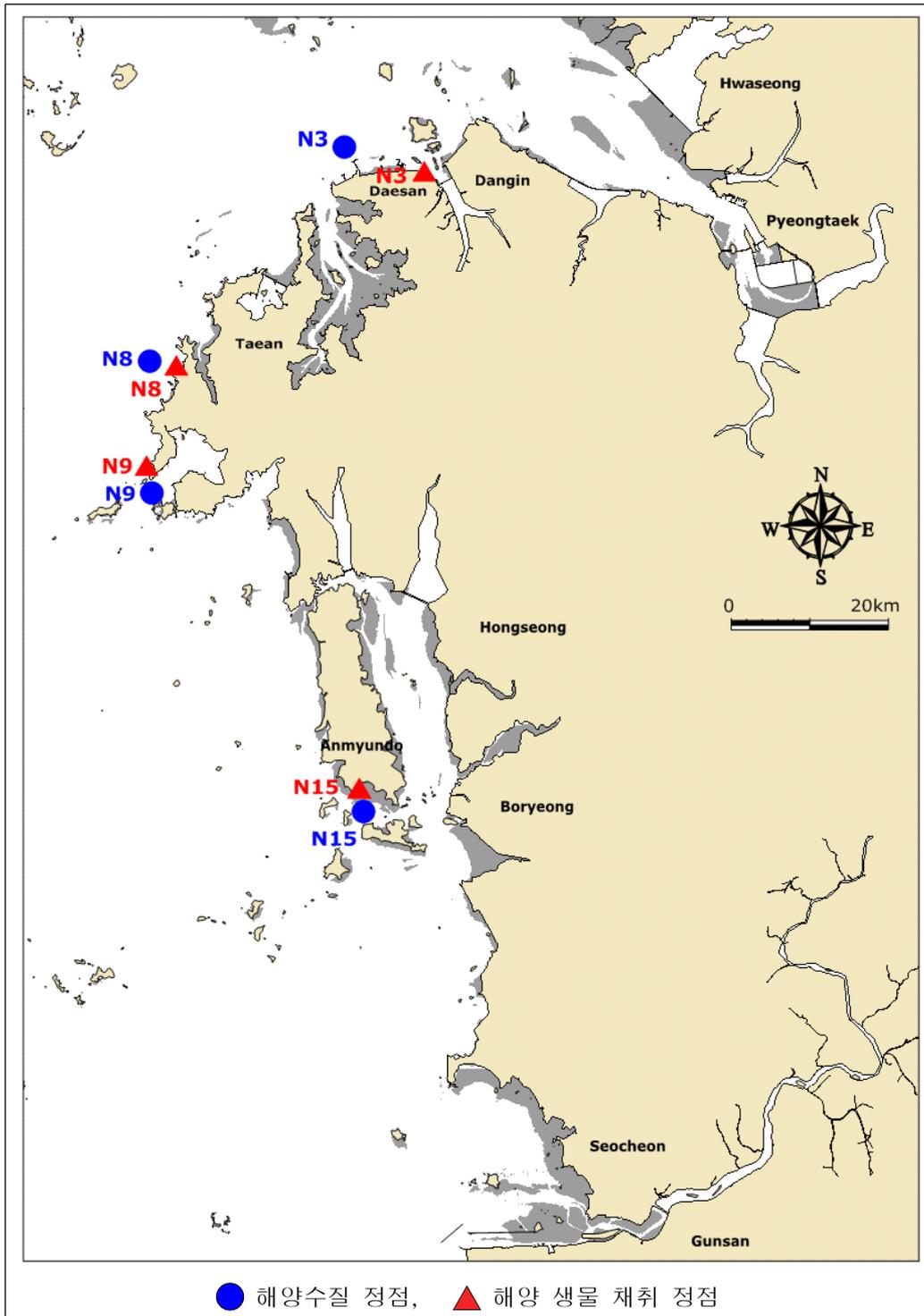
수산물명	한국	미국,일본	Codex	EU
어류	2.0 (담수어 포함)	-	0.3	0.3
패류	2.0	-	-	1.5
연체류	2.0	-	-	1.0
갑각류	-	-	-	0.5

〈표 3.3.3-4〉 국내·외 수산물 중 중금속 기준(카드뮴) [단위:mg/kg이하]

수산물명	한국	미국,일본	Codex	EU
어류	-	-	-	0.05 - 0.1
패류	2.0	-	2.0 (굴, 가리비제외)	1.0
연체류	-	-	2.0 (내장제외)	1.0
갑각류	-	-	-	0.5

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

금회 조사에서는 굴(Oyster : *Crassostrea giagas*)의 체내 중금속 농도를 파악하기 위해 서산 연안(정점 N3), 백리포 해수욕장(N8), 안흥항 북서측(N9), 바람아래 해수욕장(N15)에서 채취하였고, 채취 위치를 <그림 3.3.3-1>에 제시하였다.



<그림 3.3.3-1> 해양 생물 시료 채취 정점도

제 3 장 해양환경 조사

굴 체내에서 Cu는 39.1~54.7mg/kg(평균 44.7mg/kg), Cd는 0.57~0.61mg/kg(평균 0.59mg/kg), Cr은 0.34~0.42mg/kg(평균 0.36mg/kg), Zn은 121.3~156.2mg/kg(평균 134.0mg/kg), Pb은 0.33~0.37 mg/kg(평균 0.35mg/kg), As는 0.93~0.98mg/kg(평균 0.94mg/kg), Hg는 0.011~0.051mg/kg(평균 0.025mg/kg)으로 조사되었다(<표 3.3.3-5>, <그림 3.3.3-2>).

현재 서해 연안 해역에서 생물체내 중금속에 대한 연구 자료가 부족하여 비교 및 판단이 어려우나, 국내 연안에서 수행된 기존 연구 결과(<표 3.3.3-6>) 서해 연안(최 등, 2012)의 굴 체내 중금속 농도(1개 정점; 몽산포)보다 다소 높았고, 국내 연안(목 등, 2010) 및 진해만(이와 김, 2000)에서 연구된 굴 체내 중금속 농도보다는 낮은 범위를 보였다.

<표 3.3.3-5> 해양 생물 중금속 분석 결과

정점	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Hg
	(mg/kg dry wt.)						
N3	0.42	54.7	0.35	156.2	0.57	0.93	0.051
N8	0.35	39.1	0.33	121.3	0.61	0.93	0.019
N9	0.34	40.8	0.37	124.5	0.60	0.94	0.011
N15	0.35	44.0	0.36	134.2	0.60	0.98	0.018
최소	0.34	39.1	0.33	121.3	0.57	0.93	0.011
최대	0.42	54.7	0.37	156.2	0.61	0.98	0.051
평균	0.36	44.7	0.35	134.0	0.59	0.94	0.025

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 3.3.3-6> 국내 식품 중 패류의 중금속 기준 및 굴 체내 중금속의 기준 연구 결과

지역	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg
	(mg/kg dry wt.)					
기준 ¹⁾	-	-	2.0	-	2.0	0.5
진해만 ²⁾	-	69~775	0.6~3.4	758~2968	0.9~5.4	-
남해안 ³⁾	0.09~0.25	-	0.04~0.32	-	0.37~0.79	0.006~0.011
통영연안 ⁴⁾	0.1~12.9	-	0.01~6.47	-	0.01~5.47	0.004~0.740
국내연안 ⁵⁾	0.16	22.6	0.20	48.0	0.713	-
서해연안 ⁶⁾	-	1.6	0.17	75.3	0.002	0.02
금회 조사	0.34~0.42	39.1~54.7	0.33~0.37	121~156	0.57~0.61	0.011~0.051

1) 식품의 기준 및 규격의 패류의 중금속 기준, 제2015-78호, 식품의약품안전처

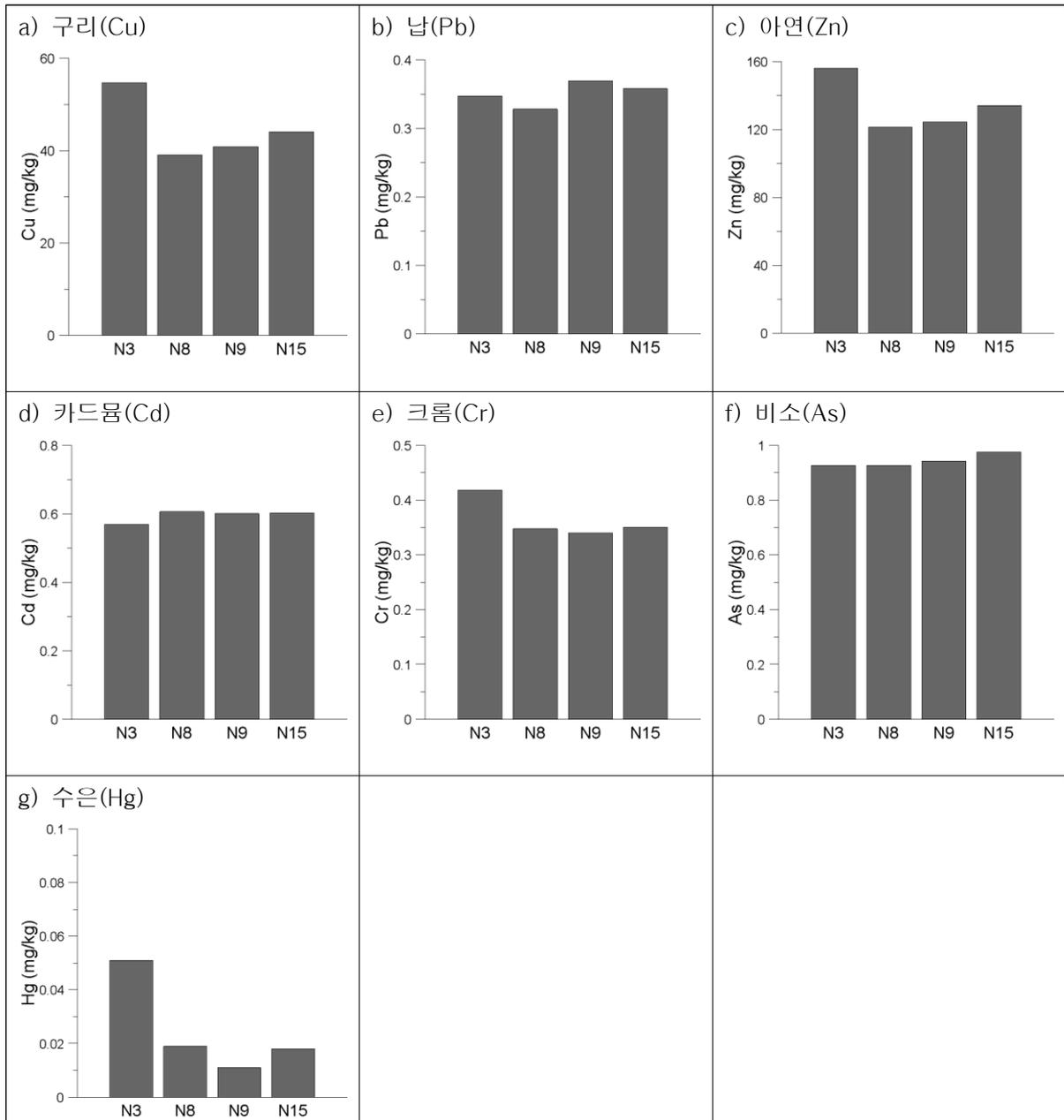
2) 이와 김, 2000, 진해만 퇴적물 해수 및 참굴의 중금속 분포

3) 김 등, 2003, 우리나라 남해안산 패류의 중금속 함량

4) 조 등, 2009, 통영연안 해역의 양식 참굴의 중금속 농축에 관한 연구

5) 목 등, 2010, 한국 연안산 해산 무척추동물의 중금속 함량

6) 최 등, 2012, 서해연안 패류의 성분원소 함량 및 퇴적물의 지화학적 특성



<그림 3.3.3-2> 정점별 생물 체내 중금속 농도(mg/kg dry wt.)

3.3.4 국가 해양환경측정망 수질 모니터링 결과

가. 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 분석

우리나라 해양환경 특성에 적합한 종합적인 해역수질평가 기준 설정을 위해 해역을 해류, 조석, 탁도, 수심 등을 기준으로 다섯 가지의 생태구(동해, 대한해협, 서남해역, 서해중부, 제주 생태구)로 구분하였다. 수질 관련 측정항목을 종합적으로 고려한 통합수질등급을 1~5등급으로 측정하여 해역별 오염특성에 대한 종합적 판단이 가능하고, 이에 따른 차별화된 대책 마련 및 시행을 통한 실효적인 해양환경 개선의 근거자료가 된다.

부영양화의 원인항목(용존 무기질소(DIN), 용존 무기인(DIP)과 일차반응항목(Chlorophyll-a, 투명도(SD))과 이차반응항목(저층 용존산소 포화도(DO))에 해당하는 항목들을 평가항목으로 계산된 수질등급기준은 다음과 같이 산출된다.

- 수질평가지수(WQI)

$$\text{수질평가지수(WQI, Water Quality Index)} = 10 \times [\text{저층산소포화도(DO)}] + 6 \times [(\text{식물플랑크톤 농도(Chlorophyll-a)} + \text{투명도(SD)})/2] + 4 \times [(\text{용존무기질소 농도(DIN)} + \text{용존무기인 농도(DIP)})/2]$$

- 해역별 수질등급기준 [해양수산부 고시 제2013-186호, 2013.06.28.]
생태기반 해수수질 기준은 수질평가 지수값에 따라 5등급으로 나눈다.

<표 3.3.4-1> 생태기반 해수 수질 기준

등급	수질평가 지수값(Water Quality Index)
I (매우 좋음)	23 이하
II (좋음)	24 - 33
III (보통)	34 - 46
IV (나쁨)	47 - 59
V (아주 나쁨)	60 이상

- 대상 항목별 점수

Chlorophyll-a($\mu\text{g/L}$), DIN($\mu\text{g/L}$), DIP($\mu\text{g/L}$)의 항목은 기준값 이하, DO(포화도,%), 투명도(m) 항목은 기준값 이상으로 항목별 점수를 부여한다.

<표 3.3.4-2> 수질평가지수 항목별 점수

항목별 점수	대상항목	
	Chlorophyll-a($\mu\text{g/L}$), DIN($\mu\text{g/L}$), DIP($\mu\text{g/L}$)	DO(포화도,%), 투명도(m)
1	기준값 이하	기준값 이상
2	< 기준값 + 0.10×기준값	> 기준값 - 0.10×기준값
3	< 기준값 + 0.25×기준값	> 기준값 - 0.25×기준값
4	< 기준값 + 0.50×기준값	> 기준값 - 0.50×기준값
5	≥ 기준값 + 0.50×기준값	≤ 기준값 - 0.50×기준값

기준값은 다음의 「수질평가지수 해역별 기준값」을 적용한다.

<표 3.3.4-3> 수질평가지수 해역별 기준값

대상항목 생태구역	표층Chlorophyll-a ($\mu\text{g/L}$)	*저층 DO (포화도,%)	표층DIN ($\mu\text{g/L}$)	표층DIP ($\mu\text{g/L}$)	투명도 (m)
동해	2.1	90	140	20	8.5
대한해협	6.3		220	35	2.5
서남해역	2.1		230	25	0.5
서해중부	2.1		425	30	1.0
제주	2.1		165	15	8.0

* 저층 : 해저 바닥으로부터 최대 1m 이내의 수층생태기반 해수수질 기준수질평가지수 항목별 점수

- 서해중부 해역의 기준표

수질평가지수 해역별 기준값에 따른 서해중부 해역의 수질평가지수 항목별 점수는 다음과 같다.

<표 3.3.4-4> 서해중부해역의 수질평가지수 항목별 점수

대상항목 점수	표층 Chlorophyll-a ($\mu\text{g/L}$)	*저층 DO (포화도,%)	표층DIN ($\mu\text{g/L}$)	표층DIP ($\mu\text{g/L}$)	투명도 (m)
1	2.1	90	425	30	1
2	2.3	81	467.5	33	0.9
3	2.6	67.5	531.25	37.5	0.75
4	3.2	45	637.5	45	0.5
5	3.2	45	637.5	45	0.5

* 저층 : 해저 바닥으로부터 최대 1m 이내의 수층생태기반 해수수질 기준수질평가지수 항목별 점수

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

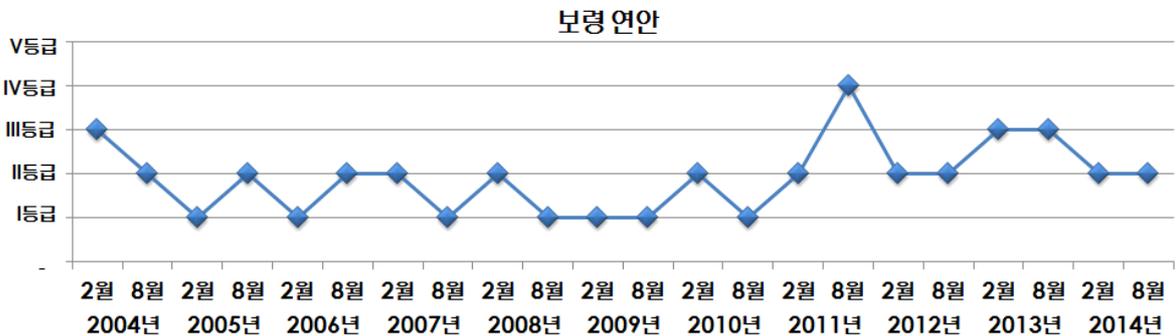
나. 국가 항만환경측정망 수질 현황(충남지역)

항만환경측정망에 대해 연도별 수질평가지수를 1/4분기(2월), 3/4분기(8월)에 수질현황 측정한다.

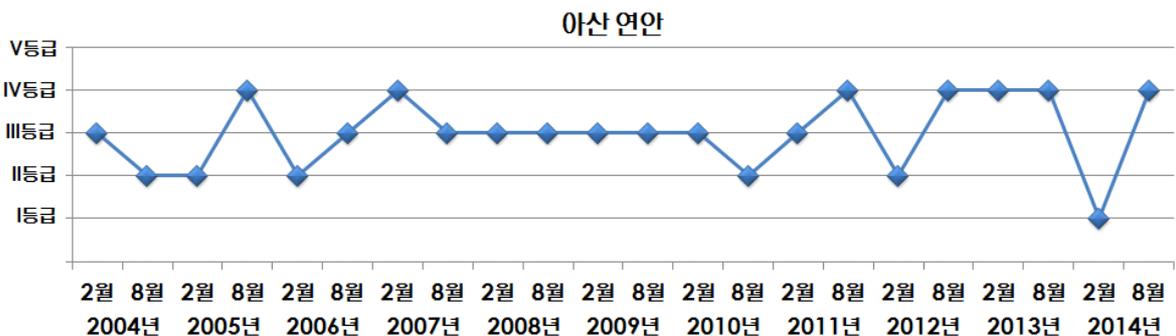
〈표 3.3.4-5〉 국가 항만환경측정망 수질 등급(충남연안)

년,월	2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		
	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	
보령 (대전항)	III	II	I	II	I	II	II	I	II	I	I	I	II	I	II	IV	II	II	III	III	II	II	
아산 (평택항)	III	II	II	IV	II	III	IV	III	III	III	III	III	III	III	II	III	IV	II	IV	IV	IV	I	IV

자료: 국가해양환경정보통합시스템 연도별 수질평가지수(<http://www.meis.go.kr/>)



〈그림 3.3.4-1〉 항만환경측정망 연도별 수질등급(보령연안)

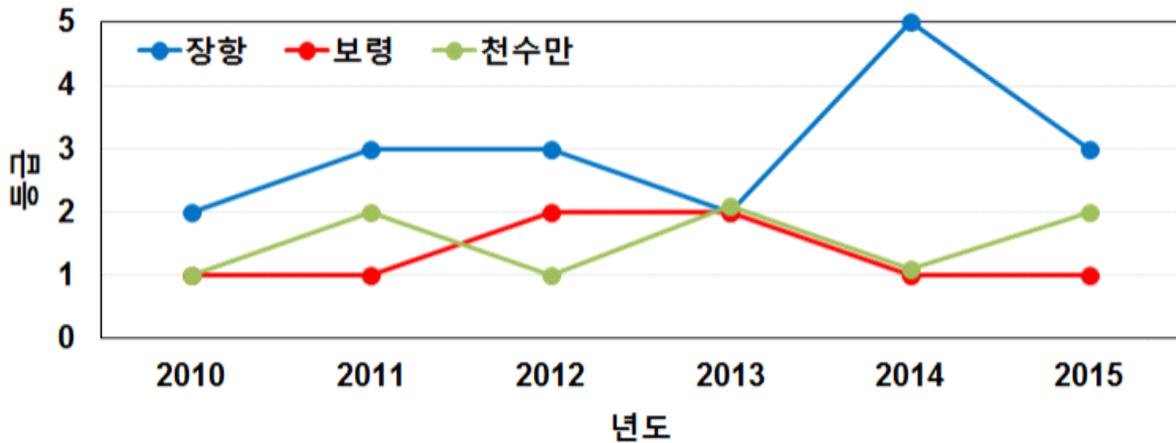


〈그림 3.3.4-2〉 항만환경측정망 연도별 수질등급(아산연안)

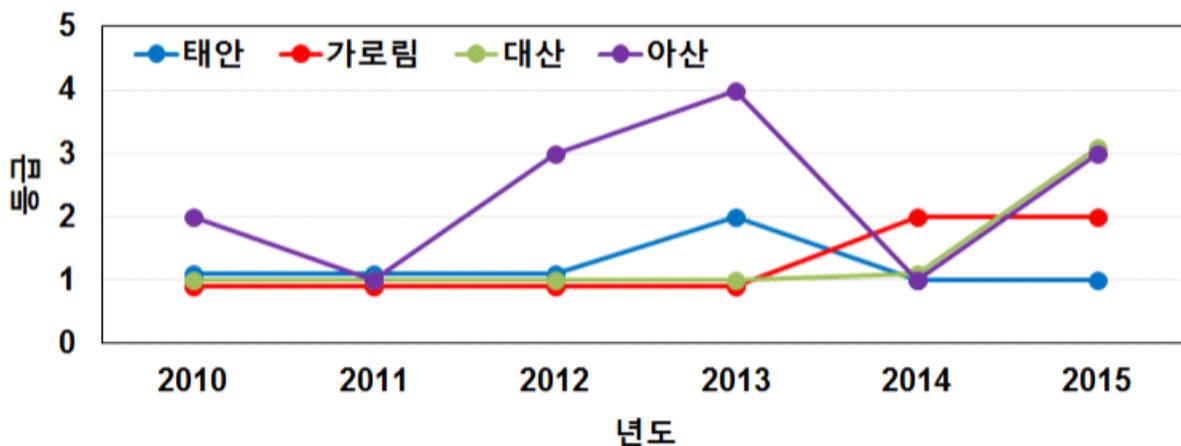
다. 국가 연·근해환경측정망 수질 현황(충남지역)

연·근해환경측정망의 조사 정점에 대해 연도별 1/4분기(2월), 2/4분기(5월), 3/4분기(8월), 4/4분기(11월)에 수질 현황을 측정하고 있다. 다음의 표 3.3.4-6에는 2004년~2014년까지 1/4분기(2월), 3/4분기(8월)의 수질등급(WQI)을 나타내었다.

또한 그림 3.3.4-3, 3.3.4-5에는 2010년부터 2015년까지 충남의 주요 7개 연안지점에서의 11월달 수질지수의 년변동을 나타내었다. 이 그래프상의 2010~2014년 자료는 국가 연·근해환경측정망의 결과이며, 2015년 자료는 본 연구에서 수행된 결과를 적용한 것이다. 이를 살펴보면 군산·장항 연안과 아산만 연안의 오염도가 상대적으로 심하며, 년변동성도 상대적으로 큰 것으로 나타나고 있다.



<그림 3.3.4-3> 충청남도 주요 연안의 각 년도별 11월 수질등급지수(WQI) 비교(장항, 보령, 천수만)



<그림 3.3.4-4> 충청남도 주요 연안의 각 년도별 11월 수질등급지수(WQI) 비교(태안, 가로림만, 대산항, 아산만)

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 3.3.4-6> 국가 연·근해환경측정망 수질 등급(충남지역)

조사 정점	년, 월		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		
	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	
보령연안	1	II	II	I	II	II	IV	I	III	II	II	I	II	I	III	III	II	III	III	II	II	II	II	II	
	2	II	I	I	II	II	II	I	III	II	II	I	I	II	I	III	III	II	II	III	II	II	II	II	
	3	I	I	I	II	I	III	I	III	II	I	II	I	II	I	II	III	II	II	III	II	II	II	II	
	4	-	-	-	-	II	III	I	II	II	I	II	I	II	II	III	III	II	III	III	II	III	II	III	II
천수만연안	1	II	IV	II	IV	II	V	II	V	II	III	II	IV	II	IV	II	V	II	IV	II	II	II	II	II	
	2	II	II	II	II	II	III	II	V	II	II	I	II	I	II	II	IV	-	-	-	II	II	II	II	
	3	II	II	II	III	II	IV	II	IV	II	III	I	II	II	I	III	II	-	-	-	III	II	II	II	
	4	II	II	I	II	I	III	I	IV	II	II	I	II	II	I	II	III	-	-	-	III	II	II	II	
	5	III	II	I	II	II	III	I	IV	II	II	I	II	II	II	III	II	II	II	II	II	II	III	II	II
	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II	II
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II	II
태안연안	1	II	II	II	II	II	III	I	I	II	II	II	II	II	I	II	II	II	I	II	I	II	I	II	I
	2	II	II	II	II	II	I	I	I	I	II	II	II	II	I	II	II	II	II	I	II	I	II	I	II
	3	I	I	I	II	II	III	I	III	I	III	II	I	II	I	I	II	I	II	I	II	I	II	II	II
	4	II	II	II	II	II	II	II	III	I	II	I	II	I	II	II	II	II	I	III	II	II	II	II	II
	5	II	I	I	II	II	II	II	II	I	I	II	I	II	II	II	II								
가로림연안	1	II	II	I	II	I	II	II	II	II	II	II	I	II	I	III	III	III	I	II	II	I	II	I	I
	2	II	I	I	II	I	II	II	I	III	II	II	II	II	I	III	II	III	I	III	II	I	II	I	I
	3	II	II	II	I	II	II	II	I	II	II	II	I	II	I	II	II	III	I	III	II	II	II	II	I
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II	I
	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II	I
대산연안	1	III	I	II	I	II	I	III	II	II	I	II	I	II	I	III	II	II	I	III	II	I	II	I	II
	2	II	I	I	II	II	III	IV	II	III	II	II	I	II	II	II	V	II	I	III	II	I	II	I	II
	3	III	II	II	II	I	I	III	II	III	II	II	II	II	II	III	V	II	I	III	II	I	II	I	I
	4	III	II	II	I	II	III	III	I	II	I	I	I	II	I	II	III	II	I	III	II	II	II	II	I
아산연안	1	II	II	III	II	II	II	II	II	II	II	III	I	II	I	III	II	II	II	III	II	I	II	I	I
	2	III	I	III	I	I	I	II	I	II	I	III	II	II	II	III	I	II	II	III	II	II	I	I	I
	3	III	II	II	II	I	II	III	II	II	I	III	I	II	I	III	II	II	II	III	II	II	II	I	I
	4	III	II	III	V	III	II	III	II	II	IV	III	II	III	II	III	III	II	III	IV	III	IV	III	I	III
	5	-	-	-	-	II	I	II	II	II	III	III	I	III	II	III	III	II	III	III	III	III	III	I	II
* 서천연안	1	IV	V	II	IV	V	IV	IV	V	V	V	IV	V	V	III	V	III	V	IV	V	IV	V	IV	V	V
	2	IV	IV	III	III	IV	IV	IV	IV	III	III	III	V	II	II	III	V	IV	V	IV	V	IV	V	III	IV
	3	III	III	III	III	III	IV	IV	III	IV	II	III	V	II	II	III	IV	III	V	III	V	III	III	III	V
	5	III	II	III	II	I	IV	III	II	III	II	III	III	I	II	III	III	II	V	II	V	II	V	I	II
	6	II	I	IV	IV	II	III	III	I	II	I	II	III	I	I	II	II	II	III	II	V	V	I	I	II
	7	I	I	III	III	I	III	I	II	IV	I	II	II	I	I	II	III	II	II	II	II	III	I	I	II

자료 : 국가해양환경정보통합시스템 연도별 수질평가지수(<http://www.meis.go.kr>)

* 서천연안은 국가측정망의 군산연안임.

제 4 장 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선안

4.1 연안환경측정망 개선안

4.1.1 지점별 측정항목의 변경

본 과업에서는 금년차 연구 시작에 앞서 착수보고회를 개최하고, 보고회 시에 제시된 자문단의 의견을 적극 반영하도록 하였다. 착수보고회에서 제시된 여러 자문의견 중에서 지점별 측정항목에 대한 보강의견이 있어 이를 반영하여 연안환경측정망 모니터링을 수행하였다.

다음의 표 4.1.1-1에는 2015년 6월에 완료된 ‘충청남도 연안환경측정망 수립용역’에서 제시한 서해안 연안환경측정망 지점별 조사항목과 본 과업에서 2015년에 실제 수행한 조사항목이 비교되어 제시되어 있다. 표에 나타난 바와 같이 변동사항으로는 천수만이 위치한 홍성 해역에서의 N-17 지점에 해수 및 해저퇴적물 조사항목을 추가하여 보강하도록 하였다. 천수만 해역은 수산자원 보호구역으로서 가치가 높지만, 서산 A, B지구에 위치한 간월호, 부남호의 담수 유출을 통해 수질 악화의 위험이 상대적으로 높은 해역이기 때문이다(그림 4.1.1-1).

그리고 보령에 위치한 N-20 지점에 대해서도 해수 미량금속을 추가로 분석하도록 하였다. 이 지점은 연안항인 대천항 서측의 대천해수욕장 전면에 위치하고 있어 수질의 세부항목 분석이 더 요구되는 지역이기 때문이다.



<그림 4.1.1-1> 홍성(N16~18) 및 보령(N19~21) 연안의 연안환경측정망 지점

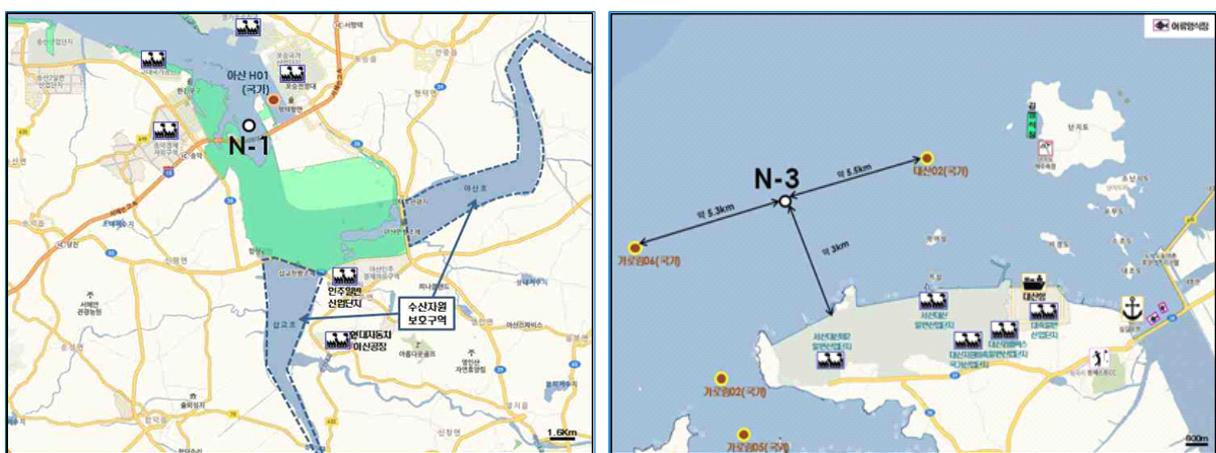
서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

표 4.1.1-2에는 2015년에 수행한 정점별 조사항목과 2016년에 수행예정인 조사항목에 대한 차년도 개정사항을 비교하여 나타내었다. 바뀌는 점으로는 아산해역의 N1 지점과 서산해역의 N3 지점의 조사항목을 기존의 해수 일반항목에 추가하여 해수 미량금속 및 해저퇴적물 일반항목, 미량금속을 조사하는 것이다.

아산해역의 지점 N1의 경우(그림 4.1.1-2), 수질 및 해저퇴적물에 대한 검사 결과 충청남도 해역에서 가장 높은 값의 수질평가지수(WQI)가 기록되어 III 등급으로 나타난 해역으로서, 세부적인 오염정도를 추적하기 위하여 해양퇴적물에 대한 추가 조사가 반드시 필요한 것으로 나타났다. 인근인 당진해역에 위치한 N2 지점에서의 금번 해양수질 및 해양퇴적물 검사를 살펴보면, 다른 해역에 비해 높은 수준의 수질 및 퇴적물 중금속 오염 지수가 나타나고 있다.

따라서 아산만 해역에 대한 지속적이고 공간적인 모니터링을 위한 조사항목 추가 및 정점의 추가 선정이 필요한 것으로 보인다. 이를 위하여 당해역에 대한 정점을 차년도에는 2개 정도 더 추가할 것을 제안한다.

서산해역의 지점 N3의 경우(그림 4.1.1-2), 서산대산 제2일반 산업단지의 북서측에 위치하고 있으며 주위에 대산자원비축산업단지 및 대규모의 일반산업단지가 연안에 인접하고 있어 육상으로부터의 많은 오염유발원이 존재하는 지역이다. 특히 이 구역은 국가해양생태도 상 1등급 권역으로서 해양오염에 대한 지속적인 모니터링이 매우 중요하므로 N1 지점의 경우와 마찬가지로 조사항목에 대한 추가가 필요한 것으로 나타났다. 따라서 이 지점의 경우도 기존의 해수 일반항목에 추가하여 해수 미량금속 및 해저퇴적물 일반항목, 미량금속을 조사하는 것을 제안한다.



〈그림 4.1.1-2〉 아산(N1) 및 서산(N3) 연안의 연안환경측정망 지점

서산해역의 지점 N5는 가로림만에 위치한 3개의 정점 중 가운데에 위치하고 있다(그림

제 4 장 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선안

4.1.1-3). 가로림만은 연안자연성이 우수하여 연안습지의 생태건강성이 가장 높고, 풍부한 생태계를 보유하고 있는 지역이다. 특히 해안에 염전과 양식장이 발달하였으며 다수의 하천이 유입되고 있다. 청정해역으로 지켜져야 할 이 지역에 대하여 기존의 3개 정점에서는 해수 일반항목에 대한 조사항목뿐이나, 차년도에는 가로림만의 중심부에 위치한 N5 정점에 대해서 기존의 해수 일반항목에 추가하여 해수 미량금속 및 해저퇴적물 일반항목, 미량금속을 조사하는 것을 제안한다.

서천해역 중 장항내만에 위치한 지점 H3는 해수의 수질조사에서 충남의 여타 해역에 비해서 상대적으로 높은 지수의 수질오염지수가 나타났다. 따라서 H3 지점에 대해서도 기존의 해수 일반항목에 추가하여 해수 미량금속 및 해저퇴적물 일반항목, 미량금속을 조사하는 것을 제안하며, 금강하류에 위치한 지리적 특성을 고려한 연안에서의 거리에 따른 해역의 오염도를 조사분석하기 위한 2개 정도의 정점 추가가 필요할 것으로 보인다.

정점의 추가에 대한 제언은 이어지는 4.1.3 절에서 다시 기술하기로 한다.



<그림 4.1.1-3> 서산(N4~6) 및 서천(H3, N22~23) 연안의 연안환경측정망 지점

해양생물 채취의 경우, 금년도 과업에서 최초 수행예정이었던 서천 N22 지점에서의 천연 굴 채취에 어려움이 있었다. 이에 따라 앞서 3.3.3 절에서 제시한 바와 같이 금년차에서는 서천 N22 지점 대신 태안 안면도 최남단에 위치한 N15 지점에서 생물시료를 채취하였다. 차년도 과업에서는 서천해역에서의 생물시료 채취를 다시 추진하도록 할 예정이다.

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

<표 4.1.1-1> 서해안 연안환경측정망 지점 별 조사항목 비교(최초안 vs 2015년 수행안)

구분	시군	지점	조사항목(최초안)			조사항목(2015 수행)		
			해수	해저 퇴적물	해양 생물	해수	해저 퇴적물	해양 생물
연근해	아산	N-1	일반항목			일반항목		
	당진	N-2	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	서산	N-3	일반항목		미량 금속	일반항목		미량 금속
		N-4	일반항목			일반항목		
		N-5	일반항목			일반항목		
		N-6	일반항목			일반항목		
	태안	N-7	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-8	일반항목, 유분, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속	일반항목, 유분, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속
		N-9	일반항목		미량 금속	일반항목		미량 금속
		N-10	일반항목			일반항목		
		N-11	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-12	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-13	일반항목			일반항목		
		N-14	일반항목			일반항목		
		N-15	일반항목			일반항목		미량 금속
	홍성	N-16	일반항목			일반항목		
		N-17	일반항목			일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-18	일반항목			일반항목		
	보령	N-19	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-20	일반항목	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-21	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속	
	서천	N-22	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-23	일반항목			일반항목		
항만	서산	H-1	일반항목, 유분			일반항목, 유분		
	태안	H-2	일반항목, 유분			일반항목, 유분		
	서천	H-3	일반항목, 유분			일반항목, 유분		

제 4 장 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선안

〈표 4.1.1-2〉 서해안 연안환경측정망 지점 별 조사항목 비교(2015년 수행안 vs 2016년 예정안)

구분	시군	지점	조사항목(2015 수행)			조사항목(2016 수행 예정)		
			해수	해저 퇴적물	해양 생물	해수	해저 퇴적물	해양 생물
연근해	아산	N-1	일반항목			일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	당진	N-2	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	서산	N-3	일반항목		미량금속	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량금속
		N-4	일반항목			일반항목		
		N-5	일반항목			일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-6	일반항목			일반항목		
	태안	N-7	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-8	일반항목, 유분, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량금속	일반항목, 유분, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량금속
		N-9	일반항목		미량금속	일반항목		미량금속
		N-10	일반항목			일반항목		
		N-11	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-12	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-13	일반항목			일반항목		
		N-14	일반항목			일반항목		
	홍성	N-15	일반항목		미량금속	일반항목		
		N-16	일반항목			일반항목		
		N-17	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	보령	N-18	일반항목			일반항목		
		N-19	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-20	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	서천	N-21	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속	
		N-22	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량금속
		N-23	일반항목			일반항목		
항만	서산	H-1	일반항목, 유분			일반항목, 유분		
	태안	H-2	일반항목, 유분			일반항목, 유분		
	서천	H-3	일반항목, 유분			일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속	

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

4.1.2 측정지점 위치 이동

서천 해역의 N22 지점과 보령 해역의 N20 지점은 현장 조사를 수행하면서 최초 정점 계획 위치에서 불가피하게 정점위치를 수정하게 된 곳으로서 세부 위치는 그림 4.1.2-1에 나타낸 바와 같다.

서천의 N22 지점의 경우, 최초 정점위치 부근으로 매우 넓은 구역의 김양식장이 분포하고 있는데 김양식장의 중앙부에 위치한 지점으로서 선박을 통한 이동이 현실적으로 어려웠다. 또한 당해역의 김양식장은 불법확장 등에 따라 기존 해역이용현황 참고자료와 일치하지 않는 어려움이 있었다. 최종 현장조사는 그림 4.1.2-1에 나타낸 바와 같이, 김양식장의 최외각부까지 남서쪽으로 좌표를 이동하여 수행하도록 하였다.

보령의 N20 지점의 경우, 해당 좌표점의 현장에서의 수심이 30m 이상으로 나타났다(그림 4.1.2-1). 현장에서 확인한 바, N20 지점운 대형 선박이 이동하는 수로상에 위치하고 있었으며 주기적으로 항로준설을 수행하기 때문에 저층퇴적물의 채취에 문제가 있는 지역으로 나타났다. 이에 따라 수로를 벗어난 지점으로의 이동을 위하여 최초 위치에서 남동쪽으로 약 1.5km 이격된 지점을 선정하여 조사를 수행하도록 하였다. 변경된 지점은 자료의 연속성을 위하여 차년도에도 동일하게 적용할 계획이다.



<그림 4.1.2-1> 서천(N22~23) 및 보령(N19~21) 연안의 연안환경측정망 지점

<표 4.1.2-1> 서해안 연안환경측정망 위치변경 지점 종합(보령, 서천)

시군	지점	원래 위치		변경된 위치	
		북위	동경	북위	동경
보령	N-20	36° 19' 50"	126° 28' 00"	36° 19' 29"	126° 28' 36"
서천	N-22	36° 05' 00"	126° 34' 55"	36° 03' 28"	126° 32' 32"

4.1.3 측정지점 추가 선정

본 용역을 통한 자료 분석 결과, 서천(장항) 해역과 아산 해역의 각종 수질 지수가 다른 해역에 비해 높게 산출되었다. 서천(장항) 해역에서는 부유입자물질(SPM), 화학적산소요구량(COD), 총질소(TN), 용존무기질소(DIN) 등의 지수가 상대적으로 높게 나타났으며, 수질지수(WQI) 기준으로는 III등급을 보였다.

아산 해역의 경우 아산만 내측과 외측 모두 부유입자물질(SPM), 총질소(TN), 용존무기질소(DIN), 총인(TP), 용존무기인(DIP) 등의 지수가 상대적으로 높게 나타났으며, 수질지수(WQI) 기준으로는 서천(장항) 해역과 마찬가지로 III등급을 보였다. 또한 아산 해역의 경우 해양퇴적물 일반항목인 강열감량(IL), 화학적산소요구량(COD), 산취발성황화물(AVS)에서 상대적으로 높은 수치가 나타났으며, 퇴적물 중금속 일부항목에서도 다른 해역에 비해 상대적으로 높은 수치가 조사되었다.

이에 따라 아산만 및 군산·장항 해역의 추가적인 조사가 반드시 필요할 것으로 보인다. 본 연구용역의 수행에 따른 자문단의 의견에서도 오염우심해역에 대한 정점 추가안이 제시된 바, 차년도 연안환경측정망 모니터링 연구수행에 있어서 아산만에 2개소, 서천 해역에 2개소의 정점추가 제안을 하는 바이다. 이를 통하여 육상기인 오염원이 집중 유입되는 하구역에 위치한 아산만 및 군산·장항 해역에 대한 공간적인 해양환경 현황분석을 정량적으로 수행할 수 있을 것으로 기대하며, 국가 측정망 자료와 연계 분석을 통하여 자료의 활용도를 높일 수 있을 것으로 본다.

다음의 그림 4.1.3-1에는 서천·군산 해역에서의 신규정점 2개 지정안을 제시하였다. 각각 N24와 N25의 명으로 표기하였는데, N24의 신규 지점을 추가하면 H3, N23, N22, N24의 4개 지점과 국가측정망 군산 01 지점이 연결되는 선상에서의 공간자료 분석이 가능해진다. 또한 N25의 신규지점을 추가하면 H3, N25 지점과 함께 국가측정망 군산 01, 02, 03, 04, 08의 지점이 연결되는 일자 선상에서의 거리별 수질 및 해저퇴적물에 대한 해양환경 공간 분석이 가능할 것으로 본다.

다음의 그림 4.1.3-2에는 마찬가지로 당진, 아산에 위치하고 있는 아산만 해역에 대한 신규정점 2개 지정안을 나타내었다. 여기에는 각각 N26과 N27의 명으로 표기하였는데, 이 정점들을 통하여 그림에 나타난 바와 같이 아산만 내측에서부터 최외측까지의 일자 선상의 거리별 해역환경특성 분석이 용이해질 것으로 본다.

기존의 국가측정망의 정점 자료를 활용해도 이러한 분석은 가능하다고 할 수 있으나, 도 자체의 연안환경측정망을 구축하고 운영을 시작한 단계에서 측정자료의 검증 및 오염우심해역에 대한 정밀 조사 체계마련의 측면에서 이러한 접근은 그 의미가 매우 크다고 할 수 있다. 다만 측점이 추가됨에 따라 기존에 지정한 지점명에 대한 재구성은 필요할 것으로 보인다. 국가측정망의 경우와 같이 해역별 넘버링을 하게 되면, 지점의 추가 및 배제에 따른

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

지점명 표기의 혼동을 줄일 수 있을 것으로 보인다.



<그림 4.1.3-1> 서천·군산 해역 신규 정점 추가안



<그림 4.1.3-2> 아산만 해역(아산, 당진) 신규 정점 추가안

4.2 2015년도 보고회 주요 자문의견 반영

4.2.1 착수보고회

주요 자문의견	반영 사항
◦ 지점별 오염원 특성(유인시기, 일시적 집중유입 등)을 검토하여 조사시기·방법 검토 필요	- 현재 모니터링은 정해진 기간에 정기적으로 수행됨 - 향후 용역 결과에 따라 특정 해역 이벤트 모니터링은 별도 실시 가능
◦ 기관간 자료공유(자료통합) 시스템 구성 건의, 해양수산부의 해양환경정보시스템과 연계방안도 검토	- 과제시행 초기단계로서 2017년 이후 자료공개시스템 도입시 검토예정
◦ 잔류성유기오염물질(POPs)등의 분석항목을 지속적으로 추가하는 방안수립	- 용역 결과에 따라 반영여부 검토
◦ 사업의 원활한 수행을 위한 법제화 추진 필요	- 장기적으로 검토
◦ 향후, 지속적인 측정망 운영을 위한 실험시설 및 분석장비 도입 검토 필요	- 보건환경연구원, 해양수산국 등 관계실국간의 협의를 통한 별도 추진
◦ 환경 event가 발생하는 지역에서 집중모니터링 도입 필요	- 향후 용역 결과에 따라 특정 해역 이벤트 모니터링은 별도 실시 가능
◦ 해양생물 채집중의 경우, 서해안에서는 담치 채집이 어려우므로 굴을 활용하는 것을 제안	- 용역에 반영함
◦ 충남에서 선정한 26개 지점의 타당성(적합성)에 대한 평가도 필요	- 용역 결과를 반영하여 차년도에 타당성 검토 별도 수행
◦ 육상기인 오염물질에 관한 조사 필요	- 타 과제와 연계하여 수행하는 방안 검토
◦ 장기예측을 위한 예측 model 구축을 위한 준비 필요	- 장기적으로 검토 필요 (현재 용역범위 밖)
◦ 조사 정점에 있어서의 지형변화(침퇴적)조사가 필요	- 장기적으로 검토 필요 (현재 용역범위 밖)
◦ 해양생물의 조사항목을 이화학 지표에 국한하지 말고 『해양생태계기본조사』 수준의 조사는 필요	- 장기적으로 검토 필요 (현재 용역범위 밖)
◦ 육상 담수호의 환경조사 제안	- 장기적으로 검토 필요 (현재 용역범위 밖)
◦ 자동관측이 가능한 항목에 대해서는 자동관측시스템 구축계획 수립	- 일부 해역에 대한 자동관측시스템 도입 예정(2018년 이후)
◦ 지역주민들의 자료에 대한 신뢰가 중요하므로 신뢰성 있는 자료의 생산이 필요	- 모니터링 전후 관측기기 및 자료분석에 있어서의 정량적인 QA/QC 실시 강화
◦ 서천군 서면 마량리 해역 일대에 황백화 현상이 심화, 서천화력발전소의 영향에 대한 집중모니터링 등이 필요	- 향후 용역 결과에 따라 특정 해역 이벤트 모니터링은 별도 실시 가능
◦ 천수만 정점에서 해수 일반항목 이외에 퇴적물 일반항목도 추가하여 모니터링 건의	- 용역에 반영함
◦ 태안 해역의 주요 수산물인 굴에 대한 중금속(카드뮴 등) 모니터링 결과의 공개에 주의가 필요	- 수질 항목 등 제한된 자료에 한해서 공개예정 - 다만 공개가 필요한 오염우심항목에 대해서는 협의에 의한 공개 가능

● 굵은 글자로 표기한 부분은 차년도에 신규 반영되는 사항임

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

4.2.2 최종보고회

주요 자문의견	반영 사항
<ul style="list-style-type: none"> 수질자동측정망의 구축 및 운영에는 많은 어려움이 있으므로 향후 계획 수립시 다각적인 검토 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 수질자동측정망 구축(2018년 이후) 계획에 따라 중장기적 검토 필요
<ul style="list-style-type: none"> 현장조사전 자동계측장비(YSI 등)의 검교정 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 주기적 정도관리시행 및 차년도부터 CTD 장비를 추가로 활용
<ul style="list-style-type: none"> 관측자료의 분석을 통하여 측정지점의 적합성 여부를 제시할 필요가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 용역 결과를 반영하여 차년도에 타당성 검토 별도 수행
<ul style="list-style-type: none"> 아산, 장항 등 년변동성이 큰 해역에 대한 측정지점의 추가가 필요할 것임 	<ul style="list-style-type: none"> 아산, 서천 해역에 대한 관측지점 추가안(4개 정점) 제안 연안에서 근해까지, 연안으로부터의 거리에 따른 영향평가 실시
<ul style="list-style-type: none"> 조사결과 문제가 있는 정점자료는 추가적인 정밀조사를 통하여 대외공개하는 방안을 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 시료분석 결과에 따라 협의
<ul style="list-style-type: none"> 현장조사기간의 단축을 제안 * 국가측정망에서는 현장조사 시, 조위 조건을 고려하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 서해안의 특성을 고려하여 조사를 고려한 현장관측을 원칙으로 수행함
<ul style="list-style-type: none"> CTD 장비를 기본으로, YSI 장비는 보조용으로 사용 권장, DO(용존산소량)는 DO 적정법을 권장 	<ul style="list-style-type: none"> 주기적 정도관리시행 및 차년도부터 CTD 장비를 추가로 활용
<ul style="list-style-type: none"> 조사정점의 확대(육역인접, 연안, 근해) 요망 	<ul style="list-style-type: none"> 아산, 서천 해역에 대한 관측지점 추가안(4개 정점) 제안 연안에서 근해까지, 연안으로부터의 거리에 따른 영향평가 실시
<ul style="list-style-type: none"> 분기별 조사일을 일정하게 실시할 것을 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 해당월 첫째주 조사를 원칙으로 시행
<ul style="list-style-type: none"> 하계 해수욕장 인근 해역의 대장균수 등의 조사를 추가로 실시 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 충남 보건환경연구원에서 실시중임
<ul style="list-style-type: none"> 보건환경연구원의 해수분석 인프라구축을 위한 충청남도의 중장기적인 계획 및 역할 강구 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 담당부서간의 장기간 계획을 통한 추진 예정
<ul style="list-style-type: none"> 현장조사시, 육상의 수문 등의 작동여부, 육상 오염원 유입 상황에 대한 조사도 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 차년도 계획에 반영

● 굵은 글자로 표기한 부분은 차년도에 신규 반영되는 사항임

4.2.3 의견 종합

○ 차년도 연구 수행 변경 사항

- 지점별 측정항목의 변경(총 4개소)
: 아산 1개소(N-1), 서산 2개소(N-3, N-5), 서천 1개소(H-3)에 해수 일반항목 이외에 해수 미량금속, 해저퇴적물(일반항목 및 미량금속) 추가 조사
- 일부 측정지점 위치 변경(총 2개소)
: 보령 1개소(N-20), 서천 1개소(N-22)의 현장사항을 고려하여 조사위치 일부 조정

○ 차년도 연구수행 추가 사항

- 측정지점의 추가 선정(총 4개소)
: 해양환경 오염지수가 상대적으로 높게 나타난 아산만 해역(당진)에 2개소(N-24, N-25), 서천·군산 해역에 2개소(N-26, N-27) 추가 선정

○ 자문위원 주요 의견 반영 사항

- 선정된 조사정점에 대한 타당성(적합성)에 대한 평가가 필요하다는 의견
: 연구수행 결과를 활용하여 차년도에 타당성 검토를 실시 예정
- 신뢰성 있는 자료의 획득을 위한 관측기기의 견보정을 강화가 필요
: 관측기기에 대한 주기적 정도관리시행 및 차년도부터 자동계측장비를 YSI와 함께 CTD 장비를 추가로 활용
- 오염지수가 상대적으로 높고, 자료의 변동성이 큰 해역에 대한 측정지점의 추가가 필요
: 아산만, 서천 해역에 대한 차년도 관측지점 추가안(4개 정점) 제시
- 해양환경의 현장조사와 함께 방조제 수문 작동여부 등의 육상부의 오염원 유입상황에 대한 조사가 필요
: 차년도부터는 민·관과의 협조체계 구축을 통하여 육상오염원 유입상황에 대한 조사를 함께 실시할 계획임
- 정해진 조사일정을 최대한 지켜 년차별 자료의 신뢰성을 확보할 수 있도록 할 것
: 분기별 해당월 첫째주에 조사를 실시하도록 하겠음

서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

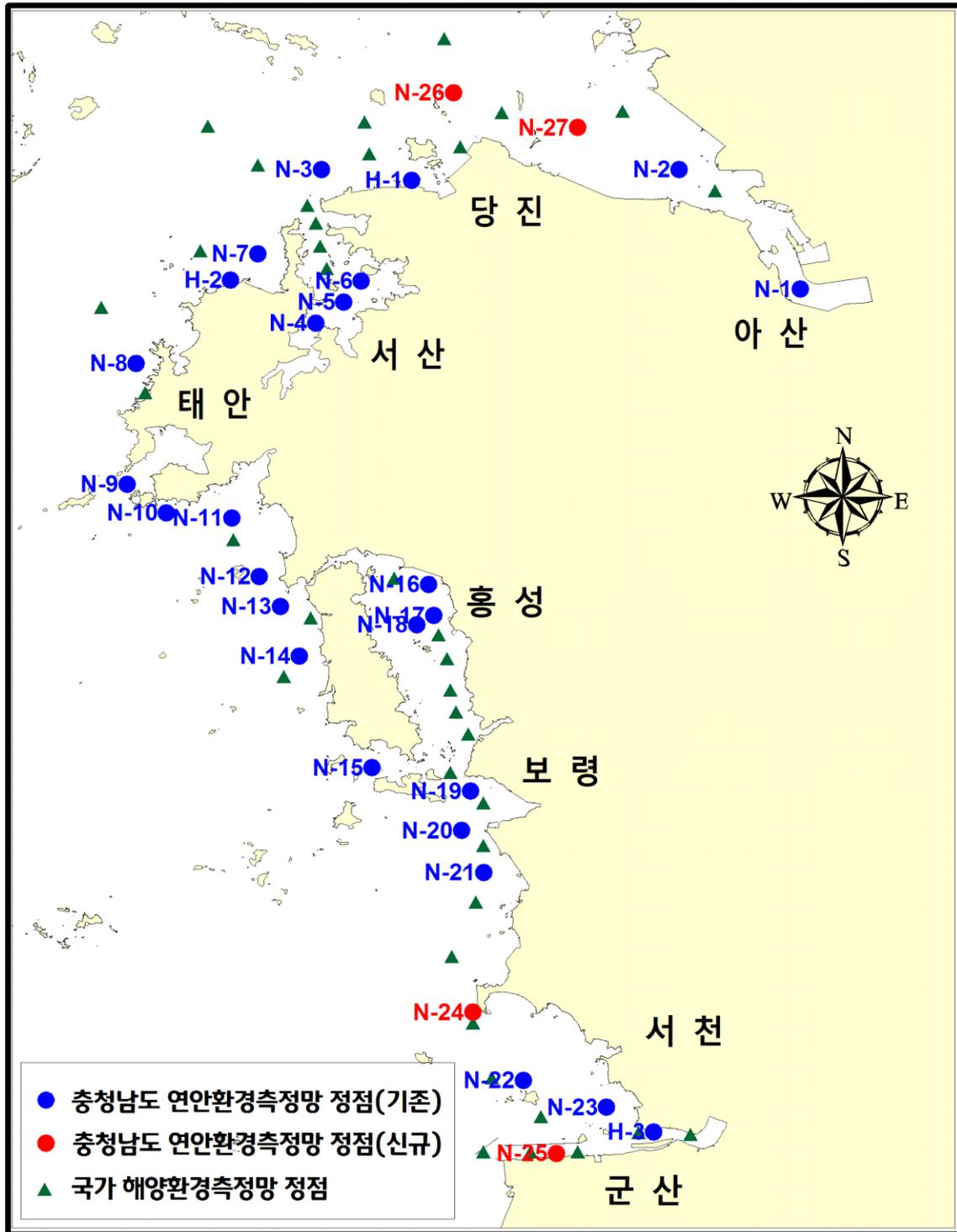
- 최종적으로 2015년도에 비하여 2016년도 조사에서는 조사 정점수가 4개 늘어나며, 각 정점별 조사항목에도 일부 추가사항이 있어 해수 일반항목에 4개 지점, 해수 미량금속 및 해저퇴적물(일반항목 및 중금속)에 각각 8개 지점이 추가될 예정임

○ 2016년 서해안 연안환경측정망 모니터링 조사항목 내역

구분		조사항목	2015년도 조사정점	2016년도 조사정점	정점 증감
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	26개 정점	30개 정점	+4
		유분	5개 정점	5개 정점	0
	미량금속 (8)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr ⁶⁺ , 총수은, As, CN	10개 정점	18개 정점	+8
해저 퇴적물	일반항목 (4)	입도, 강열감량, 황화물, COD	10개 정점	18개 정점	+8
	중금속 (13)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, 총수은, As, Ni, Co, Al, Li, Fe, Mn	10개 정점	18개 정점	+8
해양 생물	중금속 (7)	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, 총수은, As	4개 정점	4개 정점	0

제 4 장 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선안

○ 2016년 서해안 연안환경측정망 모니터링 정점 위치도



서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역

○ 서해안 연안환경측정망 모니터링 차년도 수행 제시안

구분	시군	지점	북위	동경	조사항목		
					해수	해저 퇴적물	해양 생물
연근해	아산	N-1	36° 54' 10"	126° 50' 10"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	당진	N-2	37° 01' 50"	126° 42' 27"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-26 (신규)	37° 06' 45"	126° 28' 06"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-27 (신규)	37° 04' 31"	126° 36' 00"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-3	37° 01' 50"	126° 19' 41"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속
	서산	N-4	36° 52' 00"	126° 19' 20"	일반항목		
		N-5	36° 53' 20"	126° 21' 07"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-6	36° 54' 42"	126° 22' 14"	일반항목		
		N-7	36° 56' 26"	126° 15' 39"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	태안	N-8	36° 49' 25"	126° 07' 55"	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속	미량 금속
		N-9	36° 41' 40"	126° 07' 20"	일반항목		미량 금속
		N-10	36° 39' 50"	126° 09' 50"	일반항목		
		N-11	36° 39' 30"	126° 14' 00"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-12	36° 35' 45"	126° 15' 45"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-13	36° 33' 50"	126° 17' 05"	일반항목		
		N-14	36° 30' 40"	126° 18' 17"	일반항목		
		N-15	36° 23' 30"	126° 22' 55"	일반항목		
	홍성	N-16	36° 35' 15"	126° 26' 30"	일반항목		
		N-17	36° 33' 15"	126° 26' 50"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-18	36° 32' 40"	126° 25' 45"	일반항목		
	보령	N-19	36° 22' 00"	126° 29' 10"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-20	36° 19' 29 " (위치변경)	126° 28' 36 " (위치변경)	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
		N-21	36° 16' 48 "	126° 30' 02 "	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속	
	서천	N-22	36° 03' 28 " (위치변경)	126° 32' 32 " (위치변경)	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속
		N-23	36° 01' 45"	126° 37' 50"	일반항목		
N-24 (신규)		36° 07' 50"	126° 29' 19"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
N-25 (신규)		35° 58' 48"	126° 34' 38"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
항만	서산	H-1	37° 01' 08"	126° 25' 25"	일반항목, 유분		
	태안	H-2	36° 54' 45"	126° 13' 55"	일반항목, 유분		
	서천	H-3	36° 00' 10"	126° 40' 50"	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속	

● 굵은 글자(밑줄)로 표기한 부분은 차년도에 신규 반영되는 사항임

참고문헌

- 국립공원연구원, 2014, 태안해안 국립공원 해양환경변화 측정망
국가해양환경정보통합시스템(<http://www.meis.go.kr>)
- 김지회, 임치원, 김평중, 박정흠. 2003. 우리나라 남해안산 패류의 중금속 함량. *J.Fd Hyg. Safety.* 18(3), 125-132.
- 목종수, 이가정, 심길보, 이태식, 송기철, 김지회. 2010. 한국 연안산 해산 무척추동물의 중금속 함량. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 39(6), 894-901.
- 바다생태정보나라(<http://www.ecosea.go.kr>)
- 백수민, 이인숙. 1998. 온산연안에서 서식하는 진주담치의 중금속 생물농축에 관한 연구. *한국생태학회지* 21:217-224.
- 식품의약품안전처, 2015, 식품의 기준 및 규격
- 이인숙, 김은정. 2000. 진해만의 퇴적물, 해수 및 참굴 내의 중금속 분포. *Korean J. Ecol.* 23(1), 59-64.
- 이수형. 1994. 이매패류를 지표종으로 이용한 해양환경오염연구. *한국패류학회지* 10:24-40.
- 조상만, 김영환, 정우건. 2009. 통영연안 해역의 양식 참굴의 중금속 농축에 관한 연구. *Korean J. Malacol.* 25(3), 213-222.
- 조현서, 박청길, 변종률. 1998. 온산연안해역의 중금속 오염에 관한 연구. *수질보전학회지* 4: 31-40.
- 최윤석, 송재희, 박광재, 윤상필, 정상옥, 안경호. 2012, 서해연안 패류의 성분원소 함량 및 퇴적물의 지화학적 특성, *Korean J. Malacol.* 28(3), 225-232.
- 충청남도, 2015, 충청남도 연안환경측정망 구축 연구용역
- 하강자, 송주영, 하대식. 2004. 경상남도 연안지역 어패류 중의 중금속 함량에 관한 연구, *J.Fe Hyg. Safety* 19(3), 132-139.
- 한수정, 이인숙. 2000. 생물지표종을 이용한 온산만의 중금속 오염도 평가. *한국생태학회지* 23(1) : 51~57.
- 한국해양연구소, 1982. 생태계내에 있어서 오염물질의 이동체계에 대한 연구. *BSPE* 00032-60-40. p77.
- 해양수산부, 2013, 해양환경공정시험기준
- 해양수산부, 2013, “해양환경관리법” 제 8조에 따른 해양환경기준 : 해양수산부고시

- 제 2013-186호(2013.6.28. 일부 개정)
해양수산부, 2013, “해양환경관리법” 제 8조에 따른 해양환경기준 : 해양수산부고시 제 2013-230호(2013.8.30. 일부 개정)
해양쓰레기 대응센터(<http://www.malic.or.kr>)
Buchman MF. 2008. NOAA screening quick reference tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of response and restoration division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34.
Brown C.L. and S.N. Luoma. 1995. Use of the euryhaline bivalve *Potamocorbula amurensis* as a biosentinel species to assess trace metal concentration in San Francisco Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 12:129-142.
Calvert SE (1976) Mineralogy and geochemistry of nearshore sediments. In: Riley JP and Chester R (eds) *Chemical Oceanography*, Vol. 6, 2nd ed. Academic Press, London. pp 187-280.
Cho YG and Park KY. 1998. Heavy metals in surface sediments of the Youngsan Estuary, west coast of Korea. *J Kor Environ Sci Soc* 7, 549-557.
Choi SW, Oh KH, Youn ST, Kim HG and Koh YK. 2010. Sedimentary environments and geochemistry characteristics of tidal flat sediments in semi-enclosed Cheonggye Bay, Korea. *J Kor Island* 22,175-187.
Folk RL and Ward WC. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *J Sed Petol* 27, 3-26.
Hyun S, Lee T, Choi JS, Choi DL and Woo HJ. 2003. Geochemical characteristics and heavy metal pollutions in the surface sediments of Gwangyang and Yeosu Bay, south coast of Korea. *J Kor Soc Oceanogr* 8, 380-391.
Hwang DW, Jin HG, Kim SS, Kim JD, Park JS and Kim SG. 2006. Distribution of organic matters and metallic elements in the surface sediments of Masan Harbor, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* 39(2), 106-117.
Hwang DW, Ryu SO, Kim SG, Choi OI, Kim SS and Koh BS. 2010. Geochemical characteristics of intertidal surface sediments along the southwestern coast of Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 43, 146-158.
Hwang DW and Kim SG. 2011. Evaluation of heavy metal contamination in intertidal surface sediments of coastal islands in the western part of Jeollanam province using geochemical assessment techniques. *Kor J Fish Aquat Sci* 44, 772-784.
Jeon SG and Cho YG. 2002. Some heavy metal concentration of surface sediments
-

-
- from the southwestern coast of Korea. *J Environ Sci* 11, 1299-1305.
- Lim D, Choi JY, Shin HH, Rho KC and Jung HS. 2013. Multielement geochemistry of offshore sediments in the southeastern Yellow Sea and implications for sediment origin and dispersal. *Quat Internat* 298, 196-206.
- Martin JM and Whitfield M. 1983. The significance of river input of chemical elements to the ocean. In: *Trace Metals in Sea Water*. Wang CS, Boyle E, Burton JD and Goldberg ED, ed. Plenum, New York, U.S.A., 265-298.
- Parsons TR, Y Maita and CM Lalli, 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis, Pergamon Press. Potts Point, N.S.W. Australia.
- Phillips DJH and Segar DA. 1986. Use of bioindicators in monitoring conservative contaminants: programme design imparatives. *Mar. Pollut. Bull.* 17:10.
- Phillips DJH and Rainbow PS. 1989. Strategies of trace metal sequestration in aquatic organisms. *Mar. Environ. Res.* 28: 207-210.
- Rainbow, P.S., D.J.H Phillips and M.H. Depledge. 1990. The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. *Mar. Pollut. Bull.* 21:321-324.
- Sahu KC and Bhosale U. 1991. Heavy metal pollution around the island city of Bombay, India. Part I: quantification of heavy metal pollution of aquatic sediments and recognition of environmental discriminants. *Chem Geol* 91, 263-283.
- Taylor SR. 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: A new table. *Geochem Cosmochim Acta* 28, 1273-1285.
- Taylor SR and McLennan SM. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophys* 33, 241-265.
- Yokoyama H. 2000. Environmental quality criteria for aquaculture farms in Japanese coastal area - a new policy and its potential problems. *Bul Natl Res Inst Aquacult* 29, 123-134.
- 日本水産資源保護協会, 2005. 水産用水基準, 東京. 97 pp.