

# 충청남도 연안환경측정망 중장기 모니터링 연구 (1차년도)

2024. 1.





충청남도 연안환경측정망 중장기  
모니터링 연구  
(1차년도)

2024. 01.



충청남도



# 제 출 문

충청남도지사 귀하

본 보고서를 『충청남도 연안환경측정망 중장기 모니터링 연구 (1차년도)』에 대한 최종성과품으로 제출합니다.

2024년 01월

충 남 연 구 원

총괄연구책임자 : 윤 종 주

참여연구원 : 이 상 신 김 종 범

이 상 우 송 혜 영



# 목 차

<b>제 1 장 연구 개요</b> .....	<b>3</b>
1. 연구의 배경 및 필요성 .....	3
2. 연구의 목적 및 범위 .....	3
1) 연구의 목적 .....	3
2) 시간적·공간적 범위 .....	3
3) 내용적 범위 .....	4
3. 연구 내용 .....	4
1) 충청남도 연안환경측정망 조사 .....	4
2) 연안환경측정망 운영을 통한 현장자료의 분석 .....	9
3) 국가 해양환경측정망 조사 자료와 연계 분석 .....	9
4) 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선·개정 의견 제시 .....	9
5) 모니터링 정보공개 계획 수립 .....	9
4. 법적 근거 .....	10
1) 관련 계획 .....	10
2) 관련 법령 .....	12
 <b>제 2 장 연안환경측정망 정기조사</b> .....	 <b>15</b>
1. 조사 개요 .....	15
2. 조사 방법 .....	16
1) 시료 채취 방법 .....	16
2) 시료의 전처리 및 분석 .....	21
3) 회수율 .....	30
3. 조사 결과 .....	33
1) 해양 수질 .....	33
2) 해양 퇴적물 .....	118
3) 해양생물(굴) .....	162
4. 결과 요약 .....	169

1) 해양 수질 .....	169
2) 해양 퇴적물 .....	169
3) 해양 생물 .....	169
<b>제 3 장 연안환경측정망 특별조사 .....</b>	<b>173</b>
1. 조사 개요 .....	173
2. 조사 방법 .....	173
1) 시료 채취 방법 .....	173
2) 시료의 전처리 및 분석 .....	174
3. 조사 결과 .....	175
1) 담수호 수질 .....	175
2) 담수호 퇴적물 .....	194
4. 결과 요약 .....	218
1) 담수호 수질 .....	218
2) 담수호 퇴적물 .....	218
<b>제 4 장 충청남도 연안환경 변화 .....</b>	<b>223</b>
1. 개요 .....	223
2. 해양 수질 .....	224
1) 수온 .....	224
2) 염분 .....	228
3) 용존산소 .....	234
4) 영양염류 .....	237
5) 엽록소 a .....	242
6) 수질평가지수(WQI) .....	245
3. 해양 퇴적물 .....	253
1) 입도 조성 및 퇴적상 .....	253
2) 강열감량(IL) 및 화학적산소요구량(COD) .....	254
3) 산취발성황화물(AVS) 및 총유기탄소(TOC) .....	255
4) 미량금속(중금속) .....	256

4. 해양생물(굴) .....	259
5. 주요 담수호 .....	261
1) 아산만 .....	262
2) 천수만 .....	264
3) 금강 하구 .....	266
6. 결과 요약 .....	267
1) 해양 .....	267
2) 주요 담수호 .....	267
<b>제 5 장 결론 및 차년도 운영방안 .....</b>	<b>271</b>
1. 결론 및 요약 .....	271
1) 해양 .....	271
2) 담수호 .....	272
2. 차년도 운영방안 .....	273
1) 연안환경측정망 2단계('21~'25년) 사업 지속 추진 .....	273
2) 지속적인 특별조사 기획 실시 .....	273
3. 활용 계획 .....	274
1) 해수소통형 갯벌생태복원사업 추진 지원 .....	274
2) 「충청남도 연안하구·담수호 모니터링 연구사업」 계획 수립 추진 .....	274
3) 담수호 방류 영향 최소화 방안 수립 지원 .....	274
4) 아산만 수질 및 생태환경 개선을 위한 경기도와 협력 연구 지원 .....	274
5) 일본 원전오염수 방류 시나리오에 따른 도 대응계획 및 감시망 구축 .....	274
<b>참 고 문 헌 .....</b>	<b>279</b>
<b>부 록 .....</b>	<b>283</b>
1. 충청남도 내 호소 조사 현황 .....	285
2. 환경부 수질 및 수생태계(호소) 생활환경 기준 .....	287
3. 하천·호소 퇴적물 오염평가 기준 .....	288
4. 해양환경 기준 .....	290

5. 해양오염퇴적물 조사 및 정화복원 규정 .....	292
6. 충청남도 지속가능발전목표 2030 내 관련 지표 .....	294

# 표 목 차

[표 1-1] 충청남도 연안환경측정망 정기조사 분석 항목 .....	5
[표 1-2] 충청남도 연안환경측정망 특별조사 분석 항목 .....	5
[표 1-3] 충청남도 연안환경측정망 정기조사 정점 현황 및 조사항목 .....	6
[표 1-4] 충청남도 연안환경측정망 특별조사 정점 현황 및 조사항목 .....	8
[표 2-1] 지수별 퇴적물의 입도 환산표 .....	27
[표 2-2] 조직 표준치의 산정공식 및 언어표기 척도(Verbal scale) .....	28
[표 2-3] 표준시료(MOOS-3)에 대한 해수 내 영양염류의 분석 결과 및 회수율 .....	30
[표 2-4] 표준시료(KANSO CRM Lot.CP)에 대한 해수 내 영양염류의 분석 결과 및 회수율 .....	30
[표 2-5] 표준시료(CASS-6)에 대한 해수 내 미량금속의 분석 결과 및 회수율 .....	31
[표 2-6] 퇴적물 표준시료(MESS-4)를 이용한 분석 결과 및 회수율 .....	31
[표 2-7] 한국표준과학연구원(KRISS)의 굴 조직 분말 표준인증물질(CRM)을 이용한 분석 결과 및 회수율 .....	32
[표 2-8] 해양 수질 현장관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(동계) .....	39
[표 2-9] 해양 수질의 영양염류 결과(동계) .....	41
[표 2-10] 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과(동계) .....	43
[표 2-11] 해양 수질 현장관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(춘계) .....	45
[표 2-12] 해양 수질의 영양염류 결과(춘계) .....	47
[표 2-13] 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과(춘계) .....	49
[표 2-14] 해양 수질 현장관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(하계) .....	51
[표 2-15] 해양 수질의 영양염류 결과(하계) .....	53
[표 2-16] 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과(하계) .....	55
[표 2-17] 해양 수질 현장관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(추계) .....	57

[표 2-18] 해양 수질의 영양염류 결과(추계) .....	59
[표 2-19] 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과(추계) .....	61
[표 2-20] 해양환경기준 해양수산부고시 제 2018-10호 .....	63
[표 2-21] 수질평가지수(WQI) 및 등급(동계) .....	99
[표 2-22] 수질평가지수(WQI) 및 등급(춘계) .....	100
[표 2-23] 수질평가지수(WQI) 및 등급(하계) .....	101
[표 2-24] 수질평가지수(WQI) 및 등급(추계) .....	102
[표 2-25] 충청남도 연안의 수질 일반항목별/시기별 관리대상 해역 .....	116
[표 2-26] 해양 퇴적물의 입도 분석 결과 .....	121
[표 2-27] 해양 퇴적물의 일반 항목 분석 결과 .....	123
[표 2-28] 해양 퇴적물의 미량금속 항목 분석 결과 .....	125
[표 2-29] 충청남도 연안 퇴적물 내 항목의 상관분석 결과 .....	151
[표 2-30] 해양환경관리법에 따른 해양환경기준(해양수산부고시 제 2018-10) .....	151
[표 2-31] 농축계수를 이용한 해양퇴적물 내 미량금속 오염도 평가 기준 .....	154
[표 2-32] 충청남도 연안 퇴적물 내 미량금속 농축계수 .....	154
[표 2-33] 농집지수를 이용한 해양 퇴적물 내 미량금속 오염도 평가 기준 .....	158
[표 2-34] 충청남도 해양 퇴적물 내 미량금속 농집지수 .....	158
[표 2-35] 해양 생물 체내 중금속 분석 결과 .....	164
[표 2-36] 국내·외 식품 중 패류의 중금속 기준 및 기존 연구결과 .....	165
[표 3-1] 담수호 현장관측 결과 및 SPM, COD, TOC, Chl-a 분석 결과 .....	180
[표 3-2] 담수호 TN, TP, 영양염류 분석 결과 .....	181
[표 3-3] 담수호 미량금속류, 시안 분석 결과 .....	182
[표 3-4] 환경부 호소 수질 생활환경 기준(환경정책기본법 시행령 [별표 1] 〈개정 2022.12.6.〉) .....	193
[표 3-5] 담수호 퇴적물의 입도 분석 결과 .....	196

[표 3-6] 담수호 퇴적물의 일반항목 분석 결과 .....	203
[표 3-7] 담수호 퇴적물의 미량금속 항목 분석 결과 .....	204
[표 3-8] 호소 퇴적물 항목별 오염평가 기준(국립환경과학원예규 제830호[별표 2] 〈개정 2022.7.1.〉) .....	215
[표 3-9] 담수호 퇴적물의 오염도 평가 결과 .....	216
[표 3-10] 하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준(국립환경과학원예규 제830호 [별표 3] 〈개정 2022.7.1.〉) .....	217
[표 4-1] 충청남도 연안의 하계 고수온 발생 현황표 .....	227
[표 4-2] 충청남도 연안의 수질등급별 비율 변화 .....	246
[표 4-3] 충청남도 해양 퇴적물의 연도별 입도 조성 .....	253
[표 4-4] 충청남도 해양 퇴적물의 연도별 강열감량 및 화학적산소요구량 .....	254
[표 4-5] 부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수 .....	254
[표 4-6] 충청남도 해양 퇴적물의 연도별 산취발성황화물 및 총유기탄소 .....	256
[표 4-7] 충청남도 해양 퇴적물의 연도별 미량금속 농도 .....	257
[표 4-8] 충청남도 연안 굴 체내 미량금속(카드뮴, 납) 농도 .....	259
[표 4-9] 충청남도 주요 담수호 현황 .....	261



# 그림 목 차

[그림 1-1] 충청남도 연안환경측정망 정기조사 정점도 .....	7
[그림 1-2] 충청남도 연안환경측정망 특별조사 정점도 .....	8
[그림 2-1] 정기조사 현장사진(동계) .....	17
[그림 2-2] 정기조사 현장사진(춘계) .....	18
[그림 2-3] 정기조사 현장사진(하계) .....	19
[그림 2-4] 정기조사 현장사진(추계) .....	20
[그림 2-5] 자갈, 모래 및 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물상 구분도 .....	29
[그림 2-6] 수온의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	65
[그림 2-7] 수온의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	66
[그림 2-8] 염분의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	67
[그림 2-9] 염분의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	68
[그림 2-10] pH의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	69
[그림 2-11] pH의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	70
[그림 2-12] 용존산소(DO)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	71
[그림 2-13] 용존산소(DO)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	72
[그림 2-14] 부유물질(SPM)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	73
[그림 2-15] 부유물질(SPM)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	74
[그림 2-16] 화학적 산소요구량(COD)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	75
[그림 2-17] 화학적 산소요구량(COD)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	76
[그림 2-18] 엽록소 a 농도의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	77
[그림 2-19] 엽록소 a 농도의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	78
[그림 2-20] 총질소(TN)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	79
[그림 2-21] 총질소(TN)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	80

[그림 2-22] 용존무기질소(DIN)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	81
[그림 2-23] 용존무기질소(DIN)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	82
[그림 2-24] 총인(TP)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	83
[그림 2-25] 총인(TP)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	84
[그림 2-26] 용존무기인(DIP)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	85
[그림 2-27] 용존무기인(DIP)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	86
[그림 2-28] 규산염(SiO <sub>2</sub> -Si)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층) .....	87
[그림 2-29] 규산염(SiO <sub>2</sub> -Si)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층) .....	88
[그림 2-30] 카드뮴(Cd)의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	89
[그림 2-31] 크롬(Cr)의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	90
[그림 2-32] 구리(Cu)의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	91
[그림 2-33] 납(Pb)의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	92
[그림 2-34] 아연(Zn)의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	93
[그림 2-35] 니켈(Ni)의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	94
[그림 2-36] 비소(As)의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	95
[그림 2-37] 수은(Hg)의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	96
[그림 2-38] 유분의 계절 변화 및 정점별 분포 .....	97
[그림 2-39] 충청남도 연안의 계절별 해양수질지수(WQI) 공간분포도 .....	103
[그림 2-40] 우리나라 바다의 생태구역 구분도 .....	104
[그림 2-41] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(부유입자물질) .....	106
[그림 2-42] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(화학적산소요구량) ..	107
[그림 2-43] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(총질소) .....	108
[그림 2-44] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(용존무기질소) .....	109
[그림 2-45] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(총인) .....	110
[그림 2-46] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(용존무기인) .....	111

[그림 2-47] Box Plot의 의미 ..... 112

[그림 2-48] 충청남도 연안 수질 항목별 변동 범위 ..... 113

[그림 2-49] 충남 해역 수질 관리 대상 후보군 지점 ..... 117

[그림 2-50] 정점별 입도분포 삼각다이아그램(a), 입도 조성 및 평균 입도 분포(b) .. 129

[그림 2-51] 해양 퇴적물의 함수율 분포 특성 ..... 130

[그림 2-52] 해양 퇴적물의 강열감량 분포 특성 ..... 131

[그림 2-53] 해양 퇴적물의 화학적 산소요구량(COD) 분포 특성 ..... 132

[그림 2-54] 해양 퇴적물의 산취발성황화물(AVS) 분포 특성 ..... 133

[그림 2-55] 해양 퇴적물의 총유기탄소(TOC) 분포 특성 ..... 134

[그림 2-56] 해양 퇴적물의 총질소(TN) 분포 특성 ..... 135

[그림 2-57] 해양 퇴적물 유기물의 탄소 대 질소비(C/N 비) ..... 136

[그림 2-58] 해양 퇴적물 내 카드뮴(Cd) 분포 특성 ..... 137

[그림 2-59] 해양 퇴적물 내 크롬(Cr) 분포 특성 ..... 138

[그림 2-60] 해양 퇴적물 내 구리(Cu) 분포 특성 ..... 139

[그림 2-61] 해양 퇴적물 내 납(Pb) 분포 특성 ..... 140

[그림 2-62] 해양 퇴적물 내 아연(Zn) 분포 특성 ..... 141

[그림 2-63] 해양 퇴적물 내 니켈(Ni) 분포 특성 ..... 142

[그림 2-64] 해양 퇴적물 내 망간(Mn) 분포 특성 ..... 143

[그림 2-65] 해양 퇴적물 내 코발트(Co) 분포 특성 ..... 144

[그림 2-66] 해양 퇴적물 내 리튬(Li) 분포 특성 ..... 145

[그림 2-67] 해양 퇴적물 내 비소(As) 분포 특성 ..... 146

[그림 2-68] 해양 퇴적물 내 수은(Hg) 분포 특성 ..... 147

[그림 2-69] 해양 퇴적물 내 알루미늄(Al) 분포 특성 ..... 148

[그림 2-70] 해양 퇴적물 내 철(Fe) 분포 특성 ..... 149

<그림 2-71> 충청남도 연안 퇴적물의 입도와 미량금속 항목 간의 상관성 ..... 152

[그림 2-72] 충청남도 연안 퇴적물 내 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 니켈(Ni)의 정점별 농축계수(EF) .....	155
[그림 2-73] 충청남도 연안 퇴적물 내 납(Pb), 아연(Zn), 비소(As), 수은(Hg)의 정점별 농축계수(EF) .....	156
[그림 2-74] 퇴적물 내 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 니켈(Ni)의 정점별 농집지수(Igeo) .....	159
[그림 2-75] 퇴적물 내 납(Pb), 아연(Zn), 비소(As), 수은(Hg)의 정점별 농집지수 (Igeo) .....	160
[그림 2-76] 충청남도 연안 퇴적물의 평균입도와 IL, COD간 상관성 .....	161
[그림 2-77] 해양생물(굴) 체내 중금속 농도 .....	166
[그림 3-1] 특별조사 현장사진 .....	174
[그림 3-2] 담수호의 정점별 수온 분포 .....	183
[그림 3-3] 담수호의 정점별 염분 분포 .....	183
[그림 3-4] 담수호의 정점별 pH 분포 .....	184
[그림 3-5] 담수호의 정점별 용존산소농도 분포 .....	184
[그림 3-6] 담수호의 정점별 부유입자물질 분포 .....	185
[그림 3-7] 담수호의 정점별 화학적산소요구량 농도 분포 .....	185
[그림 3-8] 담수호의 정점별 총유기탄소 농도 분포 .....	186
[그림 3-9] 담수호의 정점별 엽록소 a 농도 분포 .....	186
[그림 3-10] 담수호의 정점별 총질소 농도 분포 .....	187
[그림 3-11] 담수호의 정점별 용존무기질소 농도 분포 .....	187
[그림 3-12] 담수호의 정점별 총질소 농도 분포 .....	188
[그림 3-13] 담수호의 정점별 용존무기인 농도 분포 .....	188
[그림 3-14] 담수호의 정점별 규산염규소 농도 분포 .....	189
[그림 3-15] 담수호의 정점별 크롬 농도 분포 .....	189
[그림 3-16] 담수호의 정점별 카드뮴 농도 분포 .....	190

[그림 3-17] 담수호의 정점별 구리 농도 분포 ..... 190

[그림 3-18] 담수호의 정점별 납 농도 분포 ..... 191

[그림 3-19] 담수호의 정점별 아연 농도 분포 ..... 191

[그림 3-20] 담수호의 정점별 비소 농도 분포 ..... 192

[그림 3-21] 담수호의 정점별 수은 농도 분포 ..... 192

[그림 3-22] 담수호 내 퇴적물의 삼각다이아그램에 따른 퇴적상 분류 ..... 197

[그림 3-23] 담수호 내 퇴적물의 함량비에 따른 퇴적상 분류 ..... 198

[그림 3-24] 담수호 퇴적물의 정점별 함수율 분포 ..... 206

[그림 3-25] 담수호 퇴적물의 정점별 강열감량 분포 ..... 206

[그림 3-26] 담수호 퇴적물의 정점별 화학적산소요구량 농도 분포 ..... 207

[그림 3-27] 담수호 퇴적물의 정점별 산취발성황화물 농도 분포 ..... 207

[그림 3-28] 담수호 퇴적물의 정점별 총유기탄소 농도 분포 ..... 208

[그림 3-29] 담수호 퇴적물의 정점별 총질소 농도 분포 ..... 208

[그림 3-30] 담수호 퇴적물의 정점별 총인 분포 ..... 209

[그림 3-31] 담수호 퇴적물의 정점별 카드뮴 농도 분포 ..... 209

[그림 3-32] 담수호 퇴적물의 정점별 크롬 농도 분포 ..... 210

[그림 3-33] 담수호 퇴적물의 정점별 구리 농도 분포 ..... 210

[그림 3-34] 담수호 퇴적물의 정점별 니켈 농도 분포 ..... 211

[그림 3-35] 담수호 퇴적물의 정점별 납 농도 분포 ..... 211

[그림 3-36] 담수호 퇴적물의 정점별 아연 농도 분포 ..... 212

[그림 3-37] 담수호 퇴적물의 정점별 망간 농도 분포 ..... 212

[그림 3-38] 담수호 퇴적물의 정점별 철 농도 분포 ..... 213

[그림 3-39] 담수호 퇴적물의 정점별 알루미늄 농도 분포 ..... 213

[그림 3-40] 담수호 퇴적물의 정점별 비소 농도 분포 ..... 214

[그림 3-41] 담수호 퇴적물의 정점별 수은 농도 분포 ..... 214

[그림 3-42] 보령호 염분 및 용존산소 .....	219
[그림 4-1] 충청남도 연안의 연간 수온 변화 양상 .....	225
[그림 4-2] 충청남도 연안의 연간 하계 수온 공간 분포 .....	225
[그림 4-3] 충청남도 연안의 하계 고수온 발생 현황 해역 .....	227
[그림 4-4] 충청남도 연안의 연간 염분 변화 양상 .....	229
[그림 4-5] 충청남도 연안의 저염분 발생 해역 현황 해역 .....	229
[그림 4-6] 충청남도 연안의 연간 하계 염분 공간 분포 .....	230
[그림 4-7] 아산만 해역 염분 분포 및 주요 담수 유입량 .....	231
[그림 4-8] 천수만 해역 염분 분포 및 주요 담수 유입량 .....	232
[그림 4-9] 금강 하구 해역 염분 분포 및 주요 담수 유입량 .....	234
[그림 4-10] 충청남도 연안의 연간 용존산소 농도 변화 양상 .....	235
[그림 4-11] 충청남도 연안의 연간 하계 저층산소 농도 공간 분포 .....	235
[그림 4-12] 충청남도 연안의 저층 저산소 현상 발생 해역 현황 해역 .....	237
[그림 4-13] 충청남도 연안의 연간 용존무기질소 농도 변화 양상 .....	238
[그림 4-14] 충청남도 연안의 연간 하계 표층 용존무기질소 농도 공간 분포 .....	238
[그림 4-15] 충청남도 연안의 연간 용존무기인 농도 변화 양상 .....	240
[그림 4-16] 충청남도 연안의 연간 하계 표층 용존무기인 농도 공간 분포 .....	241
[그림 4-17] 충청남도 연안의 연간 엽록소 a 농도 변화 양상 .....	243
[그림 4-18] 충청남도 연안의 연간 하계 표층 엽록소 a 농도 공간 분포 .....	243
[그림 4-19] 충청남도 연안의 수질등급 변화 .....	246
[그림 4-20] 충청남도 연안의 수질에 미치는 주요 항목 분석 .....	247
[그림 4-21] 충청남도 연안의 수질등급 비율 변화 .....	248
[그림 4-22] 화력발전소 주변 해역의 수질등급 변화 .....	249
[그림 4-23] 충청남도 연안의 수질등급평가 결과 비교 .....	251
[그림 4-24] 해양환경측정망 정점 비교 .....	252

[그림 4-25] 충청남도 해양 퇴적물의 연간 입도 조성 변화 ..... 253

[그림 4-26] 충청남도 해양 퇴적물의 연간 IL 및 COD 변화 ..... 255

[그림 4-27] 충청남도 해양 퇴적물의 연간 IL 및 COD 변화 ..... 256

[그림 4-28] 충청남도 해양 퇴적물의 연간 미량금속 농도 변화 ..... 257

[그림 4-29] 충청남도 연안 굴 체내 미량금속(카드뮴, 납)의 연간 농도 변화 ..... 260

[그림 4-30] 아산만 주요 담수호의 연간 담수 방류량 및 총유기탄소 농도 ..... 262

[그림 4-31] 천수만 주요 담수호의 연간 담수 방류량 및 총유기탄소 농도 ..... 265

[그림 4-32] 금강의 연간 담수 방류량 및 총유기탄소 농도 ..... 266



# 제 1 장

## 연구 개요

1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구의 목적 및 범위
3. 연구 내용
4. 법 적 근 거



## 제 1 장 연구 개요

### 1. 연구의 배경 및 필요성

- 서해안의 중심부에 위치하고 있는 충청남도 연안은 환황해권의 중심 역할을 하고 있으며, 1,213.6km의 리아스식 해안과 338.9km<sup>2</sup>의 넓은 갯벌을 보유하고 있어 수산자원이 풍부함
- 또한, 279개의 유·무인도서와 수려한 경관, 다양한 레저시설들을 보유하고 있어 해양 관광지로서의 가치가 매우 높음
- 그러나, 충청남도 연안은 산업화, 도시화, 관광화로 인해 육지로부터 유입되는 생활하수, 산업 및 농업폐수 등의 오염물질 유입이 증가하고 있어 해양오염이 진행되고 있음
- 해양오염과 더불어 기후변화 등으로 인해 해양생물의 개체수 감소, 서식지 감소 등 해양 생태계의 변화가 우려되고 있는 실정임

### 2. 연구의 목적 및 범위

#### 1) 연구의 목적

- 충청남도 연안 환경을 체계적으로 모니터링함으로써 충청남도 해양환경의 지속적인 현황 파악 및 관리방안 기초자료 확보
  - 1단계(2016~2020년), 2단계(2023~2027년)
- 충청남도 연안 인근 산업단지, 담수호 등 육상으로부터 유입되는 오염물질로 인한 연안 오염 실태 파악 및 발전소 온배수 등에 의한 장기적 영향 파악
- 일본 원전수 방류 등 다양한 해양환경이슈를 반영한 정책수요에 신속하게 대응할 수 있는 자료 및 조사체계 마련

#### 2) 시간적·공간적 범위

- 시간적 범위 : 2023년 ※2단계('23~'27년) 사업 중 1차년도
- 공간적 범위 : 충청남도 연안 지역(보령, 아산, 서산, 당진, 서천, 홍성, 태안)
  - 특별조사 지역 : 홍성호, 보령호, 부사호, 솔감저수지 등 4개 주요 담수호

### 3) 내용적 범위

- 충청남도 서해안 연안환경측정망 정기조사 및 특별조사(홍성호, 보령호, 부사호, 솔감저수지)
- 해역 및 주요 하구호 주변 수질 및 퇴적물 자료 분석
- 조사결과 분석을 통한 해양환경 위해 원인분석 및 관리방안 제시
- 연차별 연안환경측정망 운영계획 개선·개정 의견 제시
- 국가해양환경정보통합시스템(MEIS) 연계를 통한 정보공개

## 3. 연구 내용

### 1) 충청남도 연안환경측정망 조사

#### (1) 조사 개요

- 정기조사와 특별조사(하구호 조사)로 구분
- 정기 조사의 경우, 기 구축한 30개 지점(연안 27개 및 항만 3개)에 대한 현장 모니터링
  - 각 정점별 조사항목(해수, 해저퇴적물, 해양생물 등)에 따른 현장조사 실시
- 특별조사는 천수만 내에 위치한 대형 방조제 내측 하구호(홍성호, 보령호) 및 부사 방조제 내측 하구호인 부사호, 가로림만 유입 호소인 솔감저수지 등 4개 담수호를 대상으로 각 3개 정점씩 총 12개 지점에 대한 현장조사를 실시
  - 특별조사는 연안하구 생태복원 추진계획에 따라 발주처 및 협의체(자문단)와 협의하여 계획 수립 후 실시

#### (2) 조사 내용

- 조사 대상 : 수질, 퇴적환경, 해양생물 체내 중금속 등 환경항목 측정 및 분석
- 조사 방법 : 수동측정망(이화학적 검사, 육안 검사)
- 조사 시기
  - 정기조사는 매년 분기별(겨울, 봄, 여름, 가을) 년 4회, 각 정점당 1회 측정(총 30개 정점)하며 해저퇴적물은 년 1회 조사 실시
  - \* 해양환경공단에서 수행 중인 해양환경측정망 운영과 동일하게 조사 시기 수행

- \* 해양수산부 측정·분석능력인증을 받은 측정·분석기관에서 시료 분석
- \* 조사·분석 실시 전 발주처와 사전 협의 후 시행

### (3) 분석 항목

#### ■ 정기조사

[표 1-1] 충청남도 연안환경측정망 정기조사 분석 항목

구분		분석 항목
해수	일반항목(14)	수온, 염분, pH, DO, COD, TN, DIN(NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N), TP, DIP(PO <sub>4</sub> -P), SiO <sub>2</sub> -Si, SPM, Chlorophyll a, 투명도
		유분
	미량금속(9)	Cr <sup>6+</sup> , Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Hg, CN
해양퇴적물	일반항목(7)	입도, 함수율, IL, COD, AVS, TOC, TN
	미량금속(13)	Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, Li, Hg, Al, Fe, As
해양생물(굴)	미량금속(7)	Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Hg, As

- 주) 1. 해수는 표, 저층 조사를 원칙으로 하되, 유분, 미량금속은 표층 조사만 실시  
 2. 미량금속과 퇴적물은 동일 정점에서 수행  
 3. 해양생물은 굴 체내의 미량금속 농도를 추정하여 해양환경 오염상태를 진단  
 4. 해수 및 해양생물 시료는 계절별(1년 4회) 채취, 해저퇴적물은 1년 1회 채취

[표 1-2] 충청남도 연안환경측정망 특별조사 분석 항목

구분		분석 항목
담수	일반항목(15)	수온, 염분, pH, DO, COD, TN, DIN(NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N), TP, DIP(PO <sub>4</sub> -P), SiO <sub>2</sub> -Si, SPM, Chlorophyll a, 투명도, TOC
		유분
	미량금속(8)	Cr <sup>6+</sup> , Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Hg
퇴적물	일반항목(8)	입도, 함수율, IL, COD, AVS, TOC, TN, TP
	미량금속(13)	Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, Li, Hg, Al, Fe, As

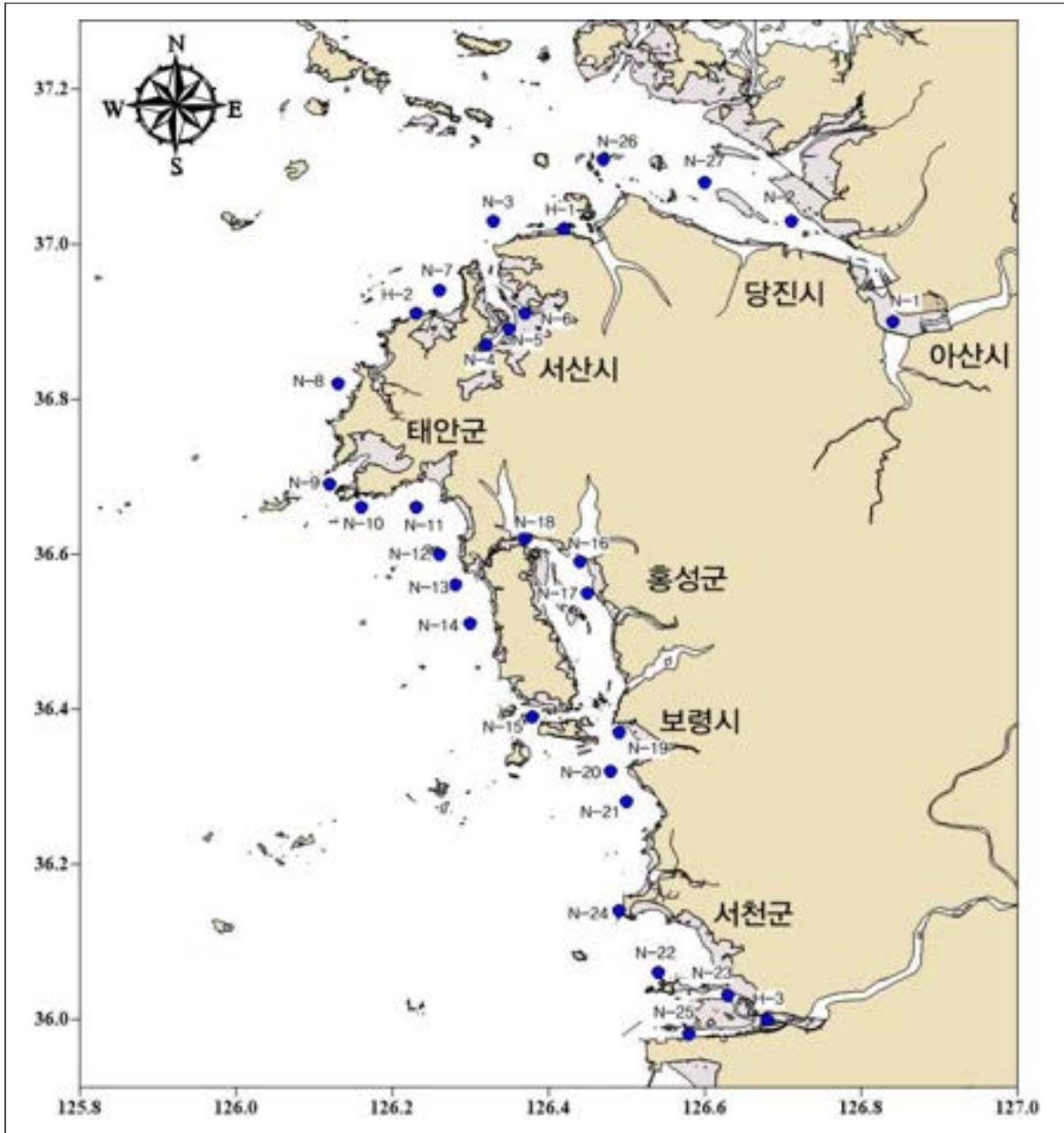
(4) 조사 정점

■ 정기조사

[표 1-3] 충청남도 연안환경측정망 정기조사 정점 현황 및 조사항목

구분	시군	지점	북위	동경	조사항목			
					해수	해저 퇴적물	해양 생물	
연안	아산	N1	36° 54'10"	126° 50'10"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		당진	N2	37° 01'50"	126° 42'27"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
			N26	37° 06'45"	126° 28'06"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
			N27	37° 04'31"	126° 36'00"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
	서산	N3	37° 01'50"	126° 19'41"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속	
		N4	36° 52'00"	126° 19'20"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N5	36° 53'20"	126° 21'07"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
	태안	N6	36° 54'42"	126° 22'14"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N7	36° 56'26"	126° 15'39"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N8	36° 49'25"	126° 07'55"	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속	미량 금속	
		N9	36° 41'40"	126° 07'20"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속	
		N10	36° 39'50"	126° 09'50"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N11	36° 39'30"	126° 14'00"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N12	36° 35'45"	126° 15'45"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N13	36° 33'50"	126° 17'05"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N14	36° 30'40"	126° 18'17"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
	홍성	N15	36° 23'30"	126° 22'55"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N16	36° 35'15"	126° 26'30"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N17	36° 33'15"	126° 26'50"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속	
	보령	N18	36° 32'40"	126° 25'45"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N19	36° 22'00"	126° 29'10"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
		N20	36° 19'29"	126° 28'36"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
	서천	N21	36° 16'48"	126° 30'02"	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속		
		N22	36° 03'28"	126° 32'32"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	미량 금속	
		N23	36° 01'45"	126° 37'50"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속		
N24		36° 07'50"	126° 29'19"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속			
N25		35° 58'48"	126° 34'38"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속			
항만	서산	H1	37° 01'08"	126° 25'25"	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속		
	태안	H2	36° 54'45"	126° 13'55"	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속		
	서천	H3	36° 00'10"	126° 40'50"	일반항목, 미량금속, 유분	일반항목, 미량금속		

\* 해수 일반항목은 표층·저층 조사이며, 해수 미량금속, 유분은 표층조사임

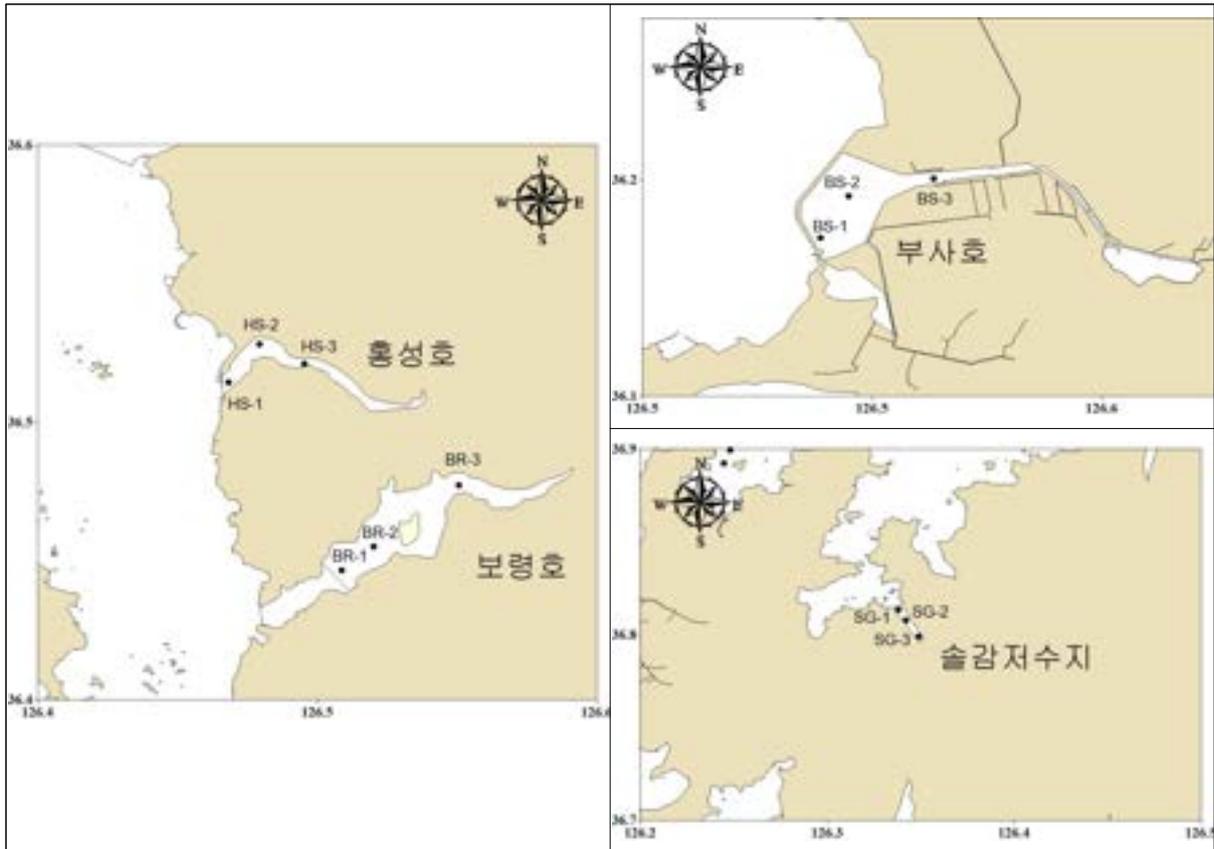


[그림 1-1] 충청남도 연안환경측정망 정기조사 정점도

■ 특별조사

[표 1-4] 충청남도 연안환경측정망 특별조사 정점 현황 및 조사항목

구분	시군	지점	북위	동경	조사항목	
					해수	해저 퇴적물
담수호	홍성호	HS1	36° 35'15"	126° 26'30"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
		HS2	36° 33'15"	126° 26'50"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
		HS3	36° 32'40"	126° 25'45"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
	보령호	BR1	36° 22'00"	126° 29'10"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
		BR2	36° 19'29"	126° 28'36"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
		BR3	36° 16'48"	126° 30'02"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
	부사호	BS1	36° 03'28"	126° 32'32"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
		BS2	36° 01'45"	126° 37'50"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
		BS3	36° 07'50"	126° 29'19"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
	솔감저수지	SG1	35° 58'48"	126° 34'38"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속
SG2		37° 01'08"	126° 25'25"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	
SG3		36° 54'45"	126° 13'55"	일반항목, 미량금속	일반항목, 미량금속	



[그림 1-2] 충청남도 연안환경측정망 특별조사 정점도

## 2) 연안환경측정망 운영을 통한 현장자료의 분석

- 장·단기적 연안 수질변화 경향 파악을 위한 D/B 구축
- 각 해역별 연안환경 특성 및 오염 정도 분석
- 수질 기준치를 초과하는 해역의 오염 원인 분석
- 수질 변화를 일으키는 외부 영향 규명

## 3) 국가 해양환경측정망 조사 자료와 연계 분석

- 국가 해양환경측정망 및 기타 해양환경측정기관의 동일해역 측정망 운영체계 조사
- 조사시기, 횟수, 조사정점, 조사항목 및 측정결과 비교 분석
- 수질평가지수(WQI) 등 각종 평가지수 산정을 통한 해역별 환경 평가 등급 제시

## 4) 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선·개정 의견 제시

- 1단계 사업 최종 자문의견을 수렴한 연안환경측정망 운영
- 효율적인 중·장기 연안환경측정망 운영 계획 수립
- 오염 우심해역의 경우, 오염원 배출원(주요 시설 포함)에 대한 추가적인 현장 탐문조사 실시
- 필요 시, 연안환경 측정 정점의 위치 이동 및 추가 선정(방조제 내측 지점 등)
- 해역별 환경특성을 반영한 조사항목 및 조사방법의 조정
- 충남 연안의 건강성 평가 상 관리대책 마련이 필요한 해역에 대한 환경영향조사 계획 수립
- 수질자동측정망 구축·운영, 특별조사 등 단기·장기적 대책마련 방안 제안

## 5) 모니터링 정보공개 계획 수립

- 연안환경정보 자료제공 및 활용방안 수립
- 국가 해양환경측정망 정보공개시스템(MEIS)에 탑재 운영 실시
- 모니터링 자료의 웹정보 시스템 연계방안 검토

## 4. 법적 근거

### 1) 관련 계획

#### (1) 국가계획

##### ■ 제3차 해양수산발전기본계획(2021~2030)

- 10년 단위의 해양수산 분야 최상위 국가계획으로 비전은 “2030 해양한국, 전환의 시대, 생명의 바다, 풍요로운 미래임
- 관련 주요 추진전략으로 머물고 싶은 어촌·연안 조성, 환경 친화적·합리적 해양이용이 있음

##### ■ 제5차 해양환경 종합계획(2021~2030)

- 해양수질, 생태계, 생명자원 등 해양환경 분야 기본계획의 상위계획
  - 환경관리해역 기본계획, 해양생태계 보전·관리 기본계획, 갯벌 등 관리 및 복원에 관한 기본계획, 해양쓰레기관리 기본계획, 해양수산생명자원관리 기본계획 등
- 주요 6대 추진전략은 아래와 같음
  - 깨끗한 수질이 유지되는 청정한 바다
  - 건강한 생태계가 살아있는 바다
  - 쾌적한 해양생활을 즐기는 바다
  - 친환경적인 경제활동이 이루어지는 바다
  - 녹색 해양산업이 펼쳐지는 바다
  - 기후변화에 대응하고 체계적으로 계획된 바다

##### ■ 제1차 갯벌 등의 관리 및 복원에 관한 기본계획(2021~2025)

- 갯벌의 지속가능한 관리와 복원을 위한 방향을 제시
- 주요 5대 추진전략은 아래와 같음
  - 갯벌관리의 과학적 기반 강화
  - 실효적 갯벌관리 수단의 확대
  - 갯벌생태계 복원을 통한 탄소흡수원 확충
  - 갯벌 생태계서비스의 활용성 증진
  - 갯벌관리 거버넌스 기반 확보

### ■ 제2차 해양생태계 보전·관리 기본계획(2019~2028)

- 『해양생태계 보전 및 관리에 관한 법률』에 근거한 법정계획으로 훼손된 해양생태계를 체계적으로 보전·관리하기 위한 10년간의 법정 계획임
- 주요 추진 전략으로 해양생태계 서식지 보호, 해양생물 보호·복원, 해양생태계 서비스 혜택 증진, 해양생태계 보전·관리 기반 선진화, 해양생태계 거버넌스 체계화가 있음

## (2) 충청남도 계획

### ■ 서해안비전

- 서해안비전은 충남도가 해양 강국으로 도약하기 위해 수립한 중장기 발전전략으로 "아시아의 새로운 중심, 해양 건도 충남"을 비전으로 함
- 주요 추진전략으로 6개가 제시됨
  - 지속가능한 해양환경 조성
  - 바다와 교류하는 해양레저·관광
  - 생동감 넘치는 어촌·어항, 풍요로운 수산자원
  - 충남 미래성장동력 해양신산업 창출
  - 국제물류·항만 거점 조성
  - 하늘·바다·땅길을 아우르는 교통망 확충

### ■ 충청남도 해양수산발전계획

- 충청남도 해양수산발전계획은 「서해안비전」에서 제시한 충청남도 해양수산발전의 비전 실현을 위한 실천적·구체적 계획으로서 「서해안비전」의 정책 방향을 공유함

### ■ 충남 갯벌생태계 복원계획

- 「제1차 갯벌 등의 관리 및 복원에 관한 기본계획」의 지자체 단위 실천계획으로 충남 갯벌 생태계를 복원하기 위함

### ■ 충청남도 해양생태계 보전·관리 세부실천계획

- 「제2차 해양생태계 보전·관리 기본계획」의 하위 계획으로 충남 해역의 해양생태계를 보전·관리하기 위한 세부실천계획임
- 정책의 비전 및 목표, 추진전략은 「제2차 해양생태계 보전·관리 기본계획」과 공유함

## 2) 관련 법령

### ■ 『해양환경관리법』 제9조(해양환경측정망)

① 해양수산부장관은 「해양환경 보전 및 활용에 관한 법률」 제18조제1항에 따른 해양환경종합조사를 시행하기 위하여 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양환경측정망을 구성하고 정기적으로 해양환경을 측정하여야 한다. <개정 2008.2.29., 2013.3.23., 2017.3.21.>

② 광역시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)는 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., 2019.1.8.>

### ■ 『해양환경관리법 시행규칙』 제5조(해양환경측정망)

① 국립수산과학원장은 법 제9조제1항에 따라 다음 각 호의 해양환경측정망(이하 “해양환경측정망”이라 한다)을 구성할 수 있다. <개정 2011.9.29., 2013.3.24., 2016.12.23., 2017.1.12., 2017.9.22., 2018.5.1., 2021.1.7.>

1. 항만환경측정망
2. 연근해환경측정망
3. 환경관리해역환경측정망
4. 하구역환경측정망
5. 해양대기환경측정망
6. 오염심각해역수질자동측정망
7. 해양방사성물질측정망

② 국립수산과학원장은 해양환경측정망을 구성하려는 경우에는 다음 각 호의 사항이 포함된 해양환경측정망 구성·운영계획을 수립해야 한다. 다만, 해양방사성물질측정망의 구성·운영계획에 관하여는 원자력안전위원회와 미리 협의해야 한다. <개정 2011.9.29., 2013.3.23., 2017.1.12., 2017.9.22., 2018.5.1., 2021.1.7.>

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

③ 해양수산부장관은 제2항에 따른 해양환경측정망 구성·운영계획이 수립되거나 변경된 경우에는 고시해야 한다. <개정 2011.9.29., 2013.3.24., 2017.9.22., 2021.1.7.>

④ 국립수산과학원장은 매년 해양환경측정망의 운영결과를 평가해야 한다. <개정 2011.9.29., 2013.3.24., 2021.1.7.>

# 제2장

## 연안환경측정망 정기조사

1. 조	사	개	요
2. 조	사	방	법
3. 조	사	결	과
4. 결	과	요	약



## 제 2 장 연안환경측정망 정기조사

### 1. 조사 개요

#### ■ 공간적 범위

- 충청남도 서해 연안 지역[그림 1-1]
  - 7개 시·군(보령시, 아산시, 서산시, 당진시, 서천군, 홍성군, 태안군)

#### ■ 시간적 범위

- 조사시기
  - 동계(1분기) 정기조사 : 2023년 02월 27일~03월 27일
  - 춘계(2분기) 정기조사 : 2023년 04월 27일~05월 23일
  - 하계(3분기) 정기조사 : 2020년 08월 25일~09월 08일
  - 추계(4분기) 정기조사 : 2020년 11월 14일~12월 05일

#### ■ 내용적 범위

- 충청남도 연안의 해양환경 상태 파악을 위한 오염원 정기조사
- 충청남도 서해안 연안환경측정망 조사(정기조사 - 30개 정점)
- 해역별 해양환경측정 자료 분석[표 1-1]
- 연안환경의 체계적인 관리 및 보전정책 수립을 위한 기본자료 확보
- 차년도 연안환경측정망 운영계획 개선·개정 의견 제시

## 2. 조사 방법

### 1) 시료 채취 방법

- 시료는 해수, 해양 퇴적물, 해양생물을 채취하였으며, 해양환경공정시험기준(해양수산부, 2013)에 따라 수행하였음

#### (1) 해수

##### (가) 일반 항목

- 해수 시료는 니스킨 채수기(Niskin-X sampler)를 이용하였으며 채수기는 현장 해수로 3회 이상 세척한 후 사용함
- 표층과 저층에서 시료를 각각 채취하였으며, 표층수는 수면 아래 0.5m에서 저층수는 바닥으로부터 1m 상부 수층에서 채수하였음

##### (나) 미량금속 항목

- 채수는 PVC 장대 혹은 카본 재질의 폴 샘플러(Pole sampler)를 이용하였고, 염산으로 세척된 채수병에 담아 냉장 보관 후 실험실로 운반함

#### (2) 해양 퇴적물

- 퇴적물 시료는 0.1m<sup>2</sup> 크기의 van Veen 채니기를 사용하여 채취하였음
- 채취한 퇴적물은 채니기 덮개와 접촉하지 않은 상층 부분(표층 2cm 이내)을 플라스틱 주걱을 활용하여 시료 용기에 담아 드라이아이스로 냉동 보관하여 실험실로 이동하였음
- 건조 시료가 필요한 항목은 분석 전 동결건조법에 따라 건조함

#### (3) 해양생물

- 해양생물(굴) 시료는 개체에 따른 미량금속의 변동을 최소화하기 위해 채취 정점에서 크기가 유사한 굴을 10개체 이상을 채취한 후 해수로 세척하였음
- 생물의 장내에 있는 퇴적물과 섭취 물질 등을 제거하기 위해 채취 지역의 해수를 여과하여 약 24시간 해감시킨 후 냉동 보관하였고, 시료는 동결건조법으로 건조함

(4) 현장 조사 사진



[그림 2-1] 정기조사 현장사진(동계)



[그림 2-2] 정기조사 현장사진(출계)



[그림 2-3] 정기조사 현장사진(하계)



[그림 2-4] 정기조사 현장사진(추계)

## 2) 시료의 전처리 및 분석

- 시료는 해양수질, 해양 퇴적물, 해양생물에 관한 항목을 분석하였고, 분석항목의 전처리 및 분석은 해양환경공정시험기준(국립수산과학원, 2023)에 따라 수행함

### (1) 해양 수질

#### (가) 수온, 염분, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO)

- 현장에서 RBR CTD(Maestro) 및 휴대용 수질 측정기를 이용해 측정하였음

#### (나) 투명도

- 현장에서 지름이 30cm 하얀색 원형 아크릴판(Secchi disk)을 이용하였음

#### (다) 부유입자물질(SPM)

- 건조기로 건조 시킨 후 무게를 측정한 GF/F 여과지에 해수 시료 1L를 여과하여 105°C 오븐에서 2시간 동안 건조 시킨 후 실온에서 식혀 측정한 무게로부터 여과지 무게를 뺀 값으로 계산하였음

#### (라) 화학적산소요구량(COD)

- 시료를 알칼리성으로 하여 과망간산칼륨(KMnO<sub>4</sub>)를 넣고 100°C 수욕 상에서 60분간 가열 반응시킨 후, 요오드화칼륨(KI)과 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)을 넣어 소비되고 남은 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정하였음

#### (마) 용존무기질소(DIN : NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N)

##### ■ 암모니아 질소(NH<sub>4</sub>-N)

- 시료에 EDTA(C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub>·H<sub>2</sub>O)와 sodium nitroprusside(Na<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>5</sub>NO·2H<sub>2</sub>O)와 sodium salicylate(C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>NaO<sub>3</sub>)와 tri-sodium citrate dihydrate(Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>·2H<sub>2</sub>O)의 혼합 용액 및 sodium hydroxide(NaOH)용액과 dichloroisocyanic acid (C<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>3</sub>NaO<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O) 용액을 가하여 발색시켜 파장 630nm에서 Quattro SFA Analyzer(Seal Analytical)를 이용하여 측정하였음

### ■ 아질산 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ )

- 시료에 Sulfanilamide( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2\text{N}_2\text{S}$ )와 naphthylethylenediamine( $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_2\cdot 2\text{HCl}$ ) 용액을 가하여 발색시킨 후 파장 520nm에서 Quaatro SFA Analyzer(Seal Analytical)를 이용하여 측정하였음

### ■ 질산 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

- 시료를 Cu-Cd column에 통과시켜서 아질산성 질소로 환원시킨 다음 sulfanilamide와 naphthylethylenediamine 용액을 가하여 발색시킨 후 파장 550nm에서 Quaatro SFA Analyzer(Seal Analytical)를 이용하여 측정하였음
- column의 환원율을 구하여 보정한 후 아질산성 질소의 농도를 감하여 질산성 질소의 농도를 계산하였음

### (바) 인산 인( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

- 시료에 sodium molybdate( $\text{Na}_2\text{MoO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), antimony potassium tartrate ( $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ )의 혼합시약을 가하고, ascorbic acid( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ )로 환원시켜 발색시킨 후 파장 880nm에서 Quaatro SFA Analyzer(Seal Analytical)를 이용하여 측정함

### (사) 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 측정함

### (아) 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 통과시켜서 아질산 질소로 환원시키고, 영양염 자동분석기(Quaatro, Seal Analytical)를 이용하여 측정함

**(자) 총인(TP)**

- 시료에 과황산칼륨( $K_2S_2O_8$ )을 가하여 시료 중의 무기, 유기형태 등 모든 인 화합물을 산화 분해하여 무기 인산 인 형태로 변화시킨 다음, ascorbic acid로 환원시켜, 영양염 자동 분석기(Quaatro, Seal Analytical)를 이용하여 측정하였음

**(차) 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 측정하였음

**(카) 미량금속****■ 크롬( $Cr^{6+}$ ), 구리(Cu), 니켈(Ni), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 비소(As)**

- 시료를  $0.45\mu m$ 인 멤브레인 여과지(membrane filter paper)로 여과한 후 pH를 2 부근으로 조절하였고, seaFAST SP3(Elemental Scientific, USA)에 장착된 직접(Direct mode), 농축(Preconcentration mode), 수소화물 생성법(Hydride method)으로 전처리하여 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS : iCAP RQ, Thermo Fisher Scientific)로 측정하였음

**■ 수은(Hg)**

- 수은(Hg)는 시료를  $0.45\mu m$ 인 멤브레인 여과지(membrane filter paper)로 여과한 후 pH를 2 부근으로 조절하였고, seaFAST SP3(Elemental Scientific, USA)에 장착된 수소화물 생성법(Hydride method)으로 전처리하여 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS : iCAP RQ, Thermo Fisher Scientific)로 측정하였음

**■ 시안(CN)**

- 해수를 가열 증류 후 수산화나트륨에 포집하여 피리딘-피라졸론 혼합용액을 넣어 흡광도를 측정하였음

### ■ 용매추출유분

- 필터 되지 않은 시료 약 500ml를 테프론 분액깔대기에 넣고 노말헥산 20~40ml 첨가하여 교반 시킨 후 형광광도계(Shimazu, RF-5301PC)를 이용하여 EX 310/EM 360nm 파장에서 형광강도를 측정하였음

## (2) 해양 퇴적물

### (가) 입도

- 채취한 시료를 젖은 상태 그대로 약 20~30g을 취하여 500ml 비이커에 담아 10% 과산화 수소( $H_2O_2$ )와 0.1N 염산(HCl)으로 탄산염과 유기물을 제거한 후, 증류수로 희석하여 염분을 제거하였음
- 4 $\phi$ 체를 이용한 습식체질(wet sieving)에 의해 조립질 시료와 세립질 시료로 분리한 후, 4 $\phi$ 보다 조립질 시료는 진탕기를 이용하여 1 $\phi$ 간격으로 분석하였으며, 4 $\phi$ 보다 세립질 시료는 자동입도분석기(Mastersizer 2000, Malvan, UK)를 이용하여 1 $\phi$  간격으로 분석함
- Folk and Ward(1957)의 그래픽 방법을 적용하여 퇴적물의 조직변수를 산출하였고, [표 2-1~2]에 지수별 퇴적물의 입도 환산표와 조직 표준치의 산정 공식 및 언어표기 척도, [그림 2-5]에 자갈, 모래, 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물 유형 분류를 제시하였음

### (나) 함수율(Water Content)

- 채취한 시료를 젖은 상태로 약 20~30g을 시료병에 담아 정확히 무게를 측정하여 110°C에서 24시간 이상 건조시킨 후 무게를 측정하여 건조 전·후 무게 차이로 계산하였음

### (다) 강열감량(Igbition Loss)

- 건조된 시료 5g을 도가니에 담아 muffle furnace에서 550°C로 2시간 가열하여 가열 전과 후의 무게 차이로 계산하였음

### (라) 화학적산소요구량(COD : Chemical oxygen demand)

- 퇴적물 시료를 황산 산성으로 하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 30분간 수욕상에서 가열 반응시킨 다음 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상응하는 산소의 양을 측정하였음

**(마) 산 휘발성 황화물(AVS : Acid volatile sulfide)**

- 시료를 젖은 상태로 약 2g의 무게를 측정 하여 검지관 주입구에 넣은 후 기체발생관에 황산 2mℓ를 넣고 2~3초 기다린 후 펌프를 당겨 발생하는 황화수소가 검지관에 흡수한 지점의 눈금을 읽어 측정하였음

**(바) 유기탄소(OC : Organic Carbon)**

- 건조된 시료 2g을 취하여 1M 염산(HCl)으로 탄산염을 제거 후, 원소 분석기(CHN analyzer : Flash1112, Thermo electron, USA)로 측정하였음

**(사) 총질소(TN : Total Nitrogen)**

- 건조된 시료 2g을 취하여 원소 분석기로 측정함

**(아) 총인(TP : Total Phosphorus)**

- 퇴적물 시료 0.5g을 muffle furnace에서 550°C로 2시간 정도 태운 시료에 1N HCl 50mℓ를 넣고 16시간 용출 후 용액을 원심분리하여 상등액을 적정 농도로 희석하고, 아스코르빈산(ascorbic acid)으로 환원시켜, 영양염 자동분석기를 이용하여 측정하였음

**(자) 미량금속****■ 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 알루미늄(Al), 철(Fe)**

- 퇴적물 중의 금속 분석을 위해 동결건조 후 혼합산(HF + HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub>)을 이용하여 완전분해하였음
- 여기에 1% 질산(HNO<sub>3</sub>, suprapure 등급)을 첨가하여 적정 농도로 희석 후 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS : iCAP RQ, Thermo Fisher Scientific)로 측정하였음

**■ 수은(Hg)**

- 퇴적물 중 수은 분석은 EPA 7473 방법을 따르며, 분석 방법은 퇴적물 분말 30mg을 수은 분석기(DMA-80, Milestone)를 이용하여 분석하였음

■ 비소(As)

- 시료 내 비소를 질산, 황산 및 불소산을 이용하여 완전분해 후 1N 염산으로 재용해한 후 KI 및 아스코르빅 용액으로 비소 5가를 3가로 환원시켜 원자흡광광도계(AAS)로 분석하였음

(3) 해양 생물(굴)

(가) 미량금속(Cu, Pb, Zn, Cd, Cr)

- 동결 건조한 해양 생물 시료를 분쇄하여 후 질산 및 과염소산으로 산분해하였다. 여기에 1% 질산( $\text{HNO}_3$ , suprapure 등급)을 첨가하여 적정 농도로 희석 후 유도결합플라즈마질량 분석기(ICP-MS : iCAP RQ, Thermo Fisher Scientific)로 측정하였음

(나) 수은(Hg)

- 동결 건조된 시료 0.2g을 질산/황산 혼합용액 10ml로 산분해 후 적절히 희석하여 냉증기 원자흡광광도계(AAS : Fims100, PerkinElmer)로 분석하였음

(다) 비소(As)

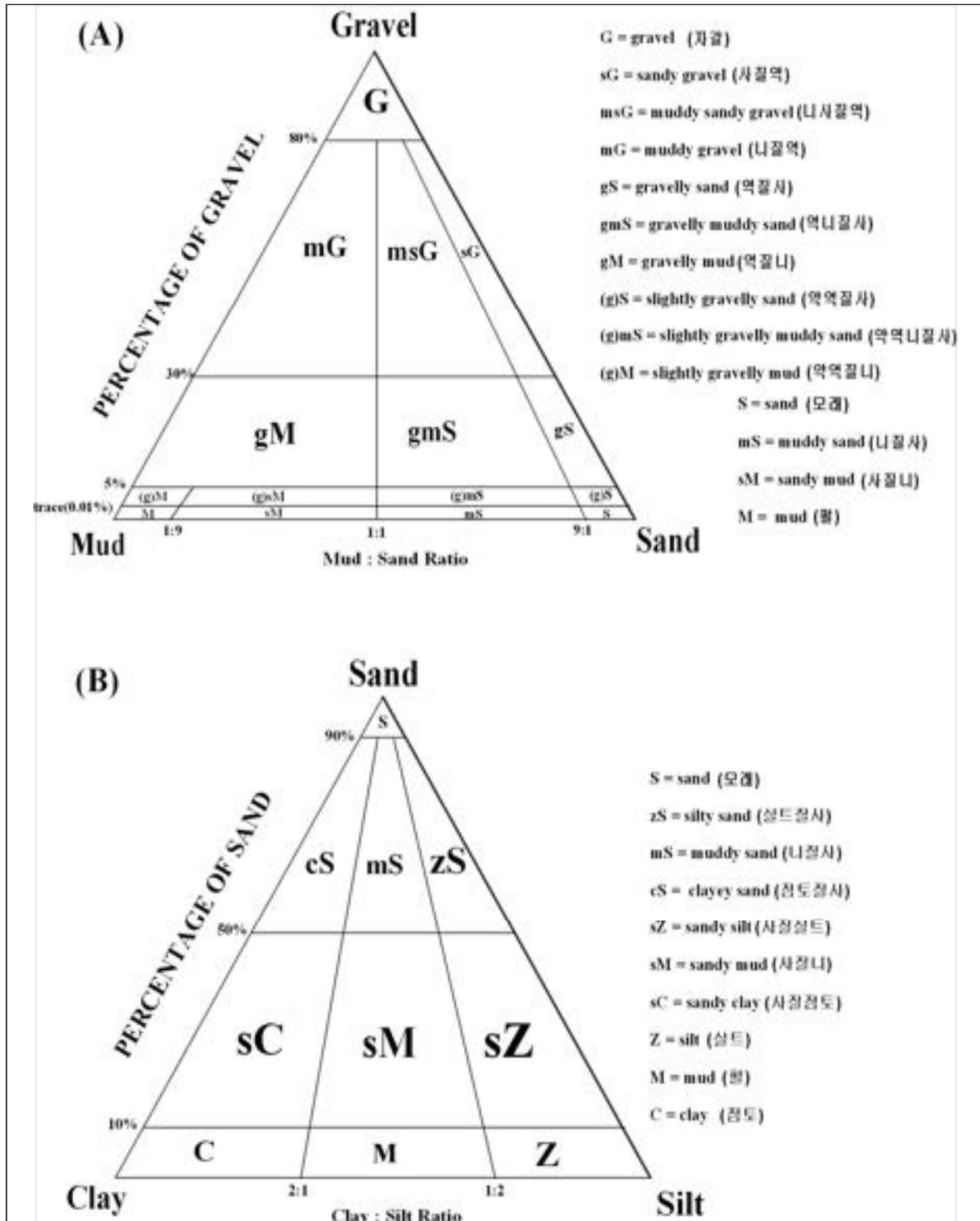
- 동결 건조된 시료 0.2g을 10% 질산( $\text{HNO}_3$ ) 10ml로 24시간 용출 후 적절히 희석하여 유도 결합플라즈마질량분석기(ICP-MS : iCAP RQ, Thermo Fisher Scientific)로 분석하였음

[표 2-1] 지수별 퇴적물의 입도 환산표

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

[표 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) $\sigma_I(\phi) = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$		
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) $Sk_I = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$ $= \frac{\phi_{84} - \phi_{50}}{\phi_{84} - \phi_{16}} - \frac{\phi_{50} - \phi_5}{\phi_{95} - \phi_5} \quad (\text{Warren, 1974})$		
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 2-5] 자갈, 모래 및 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물상 구분도

### 3) 회수율

- 분석 자료의 정확도를 검증하기 위해 캐나다 NRC(National Research Council, Canada)의 MOOS-3, CASS-5, MESS-4와 KANSO(KANSO TECHNOS, Japan)의 KANSO CRM Lot.CP와 한국표준과학연구원(KRISS)의 굴 조직 분말 표준인증물질(CRM)을 사용하였고, 각 항목별 회수율을 [표 2-3]~[표 2-7]에 제시하였음

#### (1) 해양 수질

- 해수 내 영양염류와 미량금속 분석 결과와 회수율은 [표 2-3]~[표 2-5]와 같음

[표 2-3] 표준시료(MOOS-3)에 대한 해수 내 영양염류의 분석 결과 및 회수율  
(mean±sd, n=5, 단위 : μM)

분석항목		NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
함유농도		3.54	26.6	1.60	30.4
분석결과	동계	3.53	26.8	1.60	26.9
	춘계	3.56	29.0	1.33	27.4
회수율 (%)	동계	100	101	100	89
	춘계	100	109	83	90

[표 2-4] 표준시료(KANSO CRM Lot.CP)에 대한 해수 내 영양염류의 분석 결과 및 회수율

(mean±sd, n=5, 단위 : μM)

분석항목		NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
함유농도		0.31	24.8	1.753	61.1
분석결과	하계	0.36	27.24	1.71	56.53
	추계	0.36	25.63	1.58	59.10
회수율 (%)	하계	115	110	98	93
	추계	115	103	90	97

[표 2-5] 표준시료(CASS-6)에 대한 해수 내 미량금속의 분석 결과 및 회수율  
(mean±sd, n=3, 단위 : µg/L)

분석항목	Cd	Cu	Pb	Zn	As	
함유농도	0.0217 ±0.0018	0.5300 ±0.0320	0.0106 ±0.0040	1.2700 ±0.1800	1.0400 ±0.1000	
분석결과	동계	0.0227 ±0.0003	0.5509 ±0.0139	0.0101 ±0.0009	1.2491 ±0.0147	0.9759 ±0.0082
	춘계	0.0221 ±0.0003	0.5330 ±0.0025	0.0112 ±0.0003	1.1563 ±0.0064	1.0470 ±0.0179
	하계	0.0253 ±0.0006	0.5515 ±0.0112	0.0120 ±0.0003	1.2665 ±0.0095	1.1126 ±0.0076
	추계	0.0210 ±0.0010	0.5998 ±0.0076	0.0101 ±0.0004	1.2641 ±0.0324	0.9776 ±0.0055
회수율 (%)	동계	104	104	95	98	94
	춘계	102	101	105	97	101
	하계	117	104	113	100	107
	추계	97	113	95	100	94

## (2) 해양 퇴적물

- 해양 퇴적물 내 미량금속 분석 결과와 회수율은 [표 2-6]과 같음

[표 2-6] 퇴적물 표준시료(MESS-4)를 이용한 분석 결과 및 회수율  
(건중량, mean±sd, n=3)

분석항목	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Li	Al	Fe
	(mg/kg)						(%)	
함유농도	0.28 ±0.04	32.9 ±1.8	21.5 ±1.2	147 ±6	42.8 ±1.6	65.3 ±6.8	7.91 ±0.20	3.79 ±0.16
분석결과	0.29 ±0.01	32.3 ±1.4	20.9 ±0.8	154 ±6	43.7 ±0.4	67.3 ±1.5	7.18 ±0.28	3.68 ±0.06
회수율 (%)	103	98	97	104	102	103	91	97

(3) 해양 생물

- 해양 퇴적물 내 미량금속 분석결과와 회수율은 [표 2-7]과 같음

[표 2-7] 한국표준과학연구원(KRISS)의 굴 조직 분말 표준인증물질(CRM)을 이용한 분석 결과 및 회수율

(mean±sd, n=3, 단위 : mg/kg)

분석항목	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	As	
함유농도	0.299 ±0.18	1.87 ±0.18	15.7 ±0.46	0.404 ±0.062	51.6 ±2.8	6.87 ±0.44	
분석결과	동계*	0.290 ±0.01	1.77 ±0.05	13.7 ±0.30	0.448 ±0.035	55.2 ±2.5	6.66 ±0.15
	춘계	0.306 ±0.01	1.87 ±0.04	15.5 ±0.61	0.392 ±0.004	47.7 ±1.7	6.15 ±0.19
	하계	0.279 ±0.01	1.79 ±0.12	14.2 ±0.55	0.365 ±0.010	47.1 ±0.1	5.83 ±0.03
	추계	0.299 ±0.18	1.87 ±0.18	15.7 ±0.46	0.404 ±0.062	51.6 ±2.8	6.87 ±0.44
	동계*	97	95	88	111	107	97
회수율 (%)	춘계	102	97	99	97	92	90
	하계	93	96	91	90	91	85
	추계	92	101	93	99	101	108

### 3. 조사 결과

#### 1) 해양 수질

- 동계(1분기)~추계(4분기) 조사 결과를 [표 2-8]~[표 2-19], [그림 2-6]~[그림 2-38]에 나타내었음
- 수질의 항목별 해양환경기준(해양수산부고시 제 2018-10호)을 [표 2-20]에 제시하였음

#### (1) 수온 및 염분

- 본 용역의 조사 정점은 연안에 인접해 있어 비교적 수심이 낮고 해수의 수직혼합이 잘 이루어지는 특성으로 수온과 염분의 표·저층간의 차이가 작았음

##### (가) 수온

- 동계에 4.2~10.1°C(평균 6.2°C), 춘계 10.0~17.6°C(평균 13.9°C), 하계 21.1~28.2°C(평균 24.9°C), 추계 7.4~16.9°C(평균 11.8°C)의 범위를 보였음
- 태안 서부연안(N7, N8, N9 정점)의 춘계와 하계 조사에서 상대적으로 낮은 분포를 보였으며, 기존 연구(충청남도, 2019)에서도 태안반도 인근 해역의 수온은 상대적으로 낮게 관측됨

##### (나) 염분

- 염분은 동계에 26.0~32.1psu(평균 31.0psu), 춘계 21.0~30.9psu(평균 29.8psu), 하계 15.1~29.7psu(평균 27.5psu), 추계 25.3~31.7psu(평균 30.0psu)의 범위로 조사됨
- 염분은 아산만(N1), 금강하구 연안에서 낮게 관측되었고, 하계에는 대부분 정점이 평년에 비해 다소 낮게 관측됨

#### (2) 수소이온농도(pH)

- 수소이온농도(pH)는 해수 중에서 일어나는 여러 가지 화학반응 및 생물의 성장과 활동에 영향을 미치는 것으로 알려져 있고, 해수에서 7.5~8.4의 범위를 보이며, 광합성 작용이 활발한 지역에서는 이보다 더 높은 값을 가짐(이 등, 1999)
- 동계에 6.7~9.2(평균 7.6), 춘계 7.2~8.1(평균 7.7), 하계 7.4~7.9(평균 7.6), 추계 6.8~7.8(평균 7.6)의 범위로 나타났음

- 춘계, 하계와 추계에는 모든 정점에서 유사한 분포를 보임
- 본 용역에서 수소이온농도는 동계 아산만(N1) 지점을 제외한 대부분의 정점이 해양환경 기준(해양, 생활환경 기준)의 범위(6.5~8.5) 이내로 분석됨

### (3) 용존산소(DO) 및 용존산소 포화도

- 대기 중의 산소는 수표면에서 물속으로 분산 흡수되고 흡수된 산소는 기체 분압에 의해 용존되며, 물의 온도와 기압, 불순물 및 염분도에 의해 영향을 받게 되고, 해양에서의 용존 산소는 식물플랑크톤의 높은 일차생산력에 의해 100% 이상의 높은 용존산소 포화도를 나타냄(박 등, 2003)
- 용존산소는 동계에 5.3~11.7mg/L(평균 8.0mg/L), 춘계 4.4~11.8mg/L(평균 7.3mg/L), 하계 5.0~9.8mg/L(평균 7.4mg/L), 추계 8.1~10.2mg/L(평균 9.2mg/L)의 범위로, 용존산소 포화도는 동계 56~112%(평균 79%), 춘계 52~149%(평균 85%), 하계 66~146%(평균 105%), 추계 90~120%(평균 103%)의 범위를 보임
- 동계와 춘계에 H3에서 다소 낮은 분포를 보임
- 하계에는 N11에서 상대적으로 높은 분포를 보였으며 추계에는 정점 H1에서 상대적으로 낮은 분포를 보였음

### (4) 부유입자물질(SPM)

- 해양에서의 부유입자물질은 연안개발 및 강우에 의해 해양으로 유입될 수 있으며, 탁도를 증가시킴으로써 식물플랑크톤이나 해조류 등의 1차 생산력을 저하시킴(윤과 박, 2011)
- 동계에 7.1~58.5mg/L(평균 19.5mg/L), 춘계 2.5~44.1mg/L(평균 8.1mg/L), 하계 2.5~79.1mg/L(평균 6.8mg/L), 추계 4.8~112.2mg/L(평균 21.0mg/L)의 범위로 하계에 상대적으로 낮은 평균값을 보였음
- 조사 정점이 위치한 해역은 비교적 수심이 낮고 강한 조석 현상에 의한 재부유 현상으로 SPM의 농도는 표층보다 저층에서 높게 조사됨

### (5) 화학적산소요구량(COD)

- 화학적산소요구량은 유기물 농도의 간접적인 지표로 이용되고 있으며, 담수(육상)로부터 공급되는 유기물과, 해양에서 식물플랑크톤에 의해 생성되는 유기물, 그리고 저층에서 재부유나 용출되는 물질 등에 의해 조절됨
- 동계에 0.3~2.5mg/L(평균 0.9mg/L), 춘계 0.9~5.0mg/L(평균 2.0mg/L), 하계 1.1~4.4mg/L(평균 2.1mg/L), 추계 0.9~4.0mg/L(평균 1.9mg/L)의 범위로 보임

### (6) 엽록소 a(Chl-a)

- 표층 동계에 1.0~29.7 $\mu$ g/L(평균 5.7 $\mu$ g/L), 춘계 0.3~8.0 $\mu$ g/L(평균 2.0 $\mu$ g/L), 하계 0.5~8.5 $\mu$ g/L(평균 3.5 $\mu$ g/L), 추계 0.5~11.6 $\mu$ g/L(평균 2.4 $\mu$ g/L)의 범위를 보였음
- 저층에서 동계에 1.2~16.3 $\mu$ g/L(평균 7.1 $\mu$ g/L), 춘계 0.3~11.2 $\mu$ g/L(평균 2.9 $\mu$ g/L), 하계 1.3~11.6 $\mu$ g/L(평균 3.8 $\mu$ g/L), 추계 1.3~11.6 $\mu$ g/L(평균 3.8 $\mu$ g/L)의 범위를 보였음
- 일반적으로 해양에서 엽록소 a 농도는 동계에 낮고 춘계와 추계에 상대적으로 높은 경향을 보이나, '23년 조사에서는 동계에 높고 춘계와 하계에 상대적으로 낮은 경향을 보임

### (7) 총질소(TN)

- 동계에 34.1~584.2 $\mu$ g/L(평균 146.5 $\mu$ g/L), 춘계 100.7~963.7 $\mu$ g/L(평균 242.1 $\mu$ g/L), 하계 131.2~945.4 $\mu$ g/L(평균 268.0 $\mu$ g/L), 추계 174.8~908.1 $\mu$ g/L(평균 363.7 $\mu$ g/L)의 범위를 보임
- 추계에 높고 동계에 상대적으로 낮은 평균 농도를 보였고, 하계에 N25 표층에서 가장 높은 농도로 나타났고, 동계 N10 저층에서 가장 낮은 농도로 분석되었음

### (8) 총인(TP)

- 동계에 3.6~49.9 $\mu$ g/L(평균 11.6 $\mu$ g/L), 춘계 9.0~63.2 $\mu$ g/L(평균 20.3 $\mu$ g/L), 하계 11.3~71.7 $\mu$ g/L(평균 30.3 $\mu$ g/L), 추계에는 8.4~80.5 $\mu$ g/L(평균 27.8 $\mu$ g/L)의 범위로, 하계에 상대적으로 높은 경향을 보임
- 총인(TP)은 하계에 높은 경향을 보이며, 동계에 상대적으로 낮은 농도 분포를 보였음

## (9) 영양염류

### (가) 용존무기질소(DIN)

- 용존무기질소는 암모니아 질소(NH<sub>4</sub>-N), 아질산 질소(NO<sub>2</sub>-N), 질산 질소(NO<sub>3</sub>-N)의 합으로 구성되며, 동계에 5.4~357.1 $\mu$ g/L(평균 60.0 $\mu$ g/L), 춘계 6.7~622.2 $\mu$ g/L(평균 90.0 $\mu$ g/L), 하계 2.7~719.9 $\mu$ g/L(평균 84.8 $\mu$ g/L), 추계 60.3~596.2 $\mu$ g/L(평균 186.5 $\mu$ g/L)의 범위를 보였음
- 용존무기질소 중 질산 질소의 비율은 동계에 2~93%(평균 65%), 춘계 2~92%(평균 55%), 하계 4~77%(평균 34%), 추계에는 48~98%(평균 79%)의 범위를 보였음
- 대부분 질산 질소의 형태로 해수에 포함되어 양호한 산화 환경을 나타냈으나, 아산만, 천수만 내측은 하계에 암모니아 질소의 농도가 높게 나타났으며, 상대적으로 낮은 비율을 보였음

#### ■ 암모니아 질소(NH<sub>4</sub>-N)

- 동계에 4.6~118.0 $\mu$ g/L(평균 11.9 $\mu$ g/L), 춘계 4.0~201.3 $\mu$ g/L(평균 22.8 $\mu$ g/L), 하계 1.5~148.7 $\mu$ g/L(평균 33.0 $\mu$ g/L), 추계 1.6~144.0 $\mu$ g/L(평균 30.0 $\mu$ g/L) 범위를 보였음

#### ■ 아질산 질소(NO<sub>2</sub>-N)

- 동계에 0.5~8.8 $\mu$ g/L(평균 1.5 $\mu$ g/L), 춘계 0.5~22.0 $\mu$ g/L(평균 2.8 $\mu$ g/L), 하계 0.5~28.7 $\mu$ g/L(평균 7.8 $\mu$ g/L), 추계 0.6~25.1 $\mu$ g/L(평균 8.4 $\mu$ g/L) 범위를 보였음

#### ■ 질산 질소(NO<sub>3</sub>-N)

- 동계에 0.1~230.3 $\mu$ g/L(평균 46.6 $\mu$ g/L), 춘계 0.7~398.8 $\mu$ g/L(평균 64.4 $\mu$ g/L), 하계 0.1~557.2 $\mu$ g/L(평균 43.9 $\mu$ g/L), 추계 35.0~478.7 $\mu$ g/L(평균 148.1 $\mu$ g/L)의 범위를 보였음

### (나) 인산 인(PO<sub>4</sub>-P)

- 동계에 0.5~15.4 $\mu$ g/L(평균 4.9 $\mu$ g/L), 춘계 1.0~28.8 $\mu$ g/L(평균 7.3 $\mu$ g/L), 하계 1.8~50.2 $\mu$ g/L(평균 16.3 $\mu$ g/L), 추계 8.3~37.58 $\mu$ g/L(평균 18.5 $\mu$ g/L)의 범위로, 동계에 낮고, 추계에 상대적으로 높은 농도를 보였음
- 특히 하계 천수만 내측 N18 정점의 저층 농도가 크게 증가하는 현상이 2016년부터 지속적으로 나타나고 있어, 지속적인 모니터링이 필요함

(다) 규산 규소( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ )

- 동계에 1.4~170.9 $\mu\text{g/L}$ (평균 42.9 $\mu\text{g/L}$ ), 춘계 6.3~467.3 $\mu\text{g/L}$ (평균 63.3 $\mu\text{g/L}$ ), 하계 31.1~1,699.8 $\mu\text{g/L}$ (평균 380.6 $\mu\text{g/L}$ ), 추계 25.7~606.2 $\mu\text{g/L}$ (평균 296.1 $\mu\text{g/L}$ )의 값이 분석됨
- 아산 연안(N1)과 서천 연안에서 상대적으로 높은 경향을 보였고, 특히, 하계에는 가장 높은 농도 분포를 보임
- 천수만 내측 N18 정점은 하계 저층 농도가 크게 증가하여 표·저층간의 큰 차이를 보였음

## (10) 미량금속류 및 시안(CN)

## (가) 카드뮴(Cd)

- 동계에 0.01~0.04 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.02 $\mu\text{g/L}$ ), 춘계 0.01~0.03 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.02 $\mu\text{g/L}$ ), 하계 0.01~0.03 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.02 $\mu\text{g/L}$ ), 추계 0.01~0.03 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.02 $\mu\text{g/L}$ )의 범위를 보였으며, 연도별 변화도 적은 것으로 분석됨

(나) 크롬( $\text{Cr}^{6+}$ )

- 동계에 0.04~0.12 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.08 $\mu\text{g/L}$ ), 춘계 0.02~0.10 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.06 $\mu\text{g/L}$ ), 하계 0.02~0.13 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.07 $\mu\text{g/L}$ ), 추계 0.01~0.09 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.03 $\mu\text{g/L}$ )의 범위를 보임

## (다) 구리(Cu)

- 동계에 0.26~1.72 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.67 $\mu\text{g/L}$ ), 춘계 0.30~1.44 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.64 $\mu\text{g/L}$ ), 하계 0.36~1.92 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.83 $\mu\text{g/L}$ ), 추계 0.42~2.16 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.89 $\mu\text{g/L}$ )의 범위를 보임

## (라) 납(Pb)

- 동계에 0.02~0.16 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.05 $\mu\text{g/L}$ ), 춘계 0.02~0.19 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.07 $\mu\text{g/L}$ ), 하계 0.02~0.19 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.10 $\mu\text{g/L}$ ), 추계 0.02~0.17 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.08 $\mu\text{g/L}$ )의 범위를 보임

## (마) 아연(Zn)

- 동계에 0.39~2.53 $\mu\text{g/L}$ (평균 1.20 $\mu\text{g/L}$ ), 춘계 0.05~2.76 $\mu\text{g/L}$ (평균 1.09 $\mu\text{g/L}$ ), 하계 0.51~1.98 $\mu\text{g/L}$ (평균 1.32 $\mu\text{g/L}$ ), 추계 0.61~2.46 $\mu\text{g/L}$ (평균 1.51 $\mu\text{g/L}$ )의 범위를 보임

## (바) 비소(As)

- 동계에 0.30~0.97 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.55 $\mu\text{g/L}$ ), 춘계 0.61~1.09 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.75 $\mu\text{g/L}$ ), 하계 0.55~1.08

$\mu\text{g/L}$ (평균  $0.80\mu\text{g/L}$ ), 추계  $0.73\sim 1.43\mu\text{g/L}$ (평균  $0.96\mu\text{g/L}$ )의 범위를 보임

(사) 수은(Hg)

- 동계에  $0.0003\sim 0.0010\mu\text{g/L}$ (평균  $0.0006\mu\text{g/L}$ ), 춘계  $0.0002\mu\text{g/L}\sim 0.0006\mu\text{g/L}$ (평균  $0.0003\mu\text{g/L}$ ), 하계  $0.0002\sim 0.0006\mu\text{g/L}$ (평균  $0.0005\mu\text{g/L}$ ), 추계  $0.0002\sim 0.0006\mu\text{g/L}$ (평균  $0.0004\mu\text{g/L}$ )의 범위를 보임

(아) 시안(CN)

- 모든 정점에서 검출한계( $0.01\text{mg/L}$ ) 미만으로 검출되지 않음

(11) 용매추출유분

- 해수 내 용매추출유분 조사는 5개 정점(N8, N21, H1, H2, H3)의 표층에서 수행되었음
- 동계에  $0.03\sim 0.08\mu\text{g/L}$ (평균  $0.05\mu\text{g/L}$ ), 춘계  $0.04\sim 0.08\mu\text{g/L}$ (평균  $0.06\mu\text{g/L}$ ), 하계  $0.03\sim 0.09\mu\text{g/L}$ (평균  $0.05\mu\text{g/L}$ ), 추계  $0.03\sim 0.07\mu\text{g/L}$ (평균  $0.05\mu\text{g/L}$ )의 범위를 보였고, 동계와 춘계에는 금강하구(H3), 하계에는 태안화력발전소(H2)에서 상대적으로 높은 농도로 나타났음
- 용매추출유분은 모든 정점에서 해양환경기준(해양수산부고시 제 2018-10호)의 생활기준( $10\mu\text{g/L}$  미만)보다 낮은 수준인 것으로 분석되었음

[표 2-8] 해양 수질 현장관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(동계)

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)	(°C)	(psu)	(mg/L)		(%)	(mg/L)			
N1	표층	10.0	0.6	5.7	27.8	9.2	7.7	74	23.0	1.0	29.7
	저층			5.6	28.5	9.1	7.7	73	49.3	1.6	16.2
N2	표층	11.5	0.7	6.1	29.6	7.5	8.4	82	20.9	1.0	12.8
	저층			5.7	29.7	7.5	8.2	80	35.0	1.0	16.3
N3	표층	26.1	0.6	6.0	31.6	7.4	7.5	74	27.3	0.6	2.4
	저층			5.5	31.7	7.4	7.4	72	25.1	0.5	2.3
N4	표층	18.9	1.5	8.1	31.0	7.9	7.4	77	13.0	1.0	4.6
	저층			8.0	31.1	7.8	7.2	74	13.9	0.6	5.9
N5	표층	10.5	1.3	7.4	31.3	7.6	7.9	81	13.3	0.8	6.5
	저층			7.3	31.3	7.6	7.2	74	23.0	0.7	7.9
N6	표층	12.1	1.0	7.2	31.3	7.6	7.7	78	26.2	0.7	5.7
	저층			7.1	31.3	7.6	7.7	78	29.8	0.8	6.4
N7	표층	25.0	1.3	5.8	31.5	7.4	7.7	76	17.0	1.0	1.8
	저층			5.4	31.5	7.4	7.2	71	26.4	0.4	2.2
N8	표층	20.7	0.9	5.0	31.7	6.7	9.1	88	22.3	0.5	1.2
	저층			4.6	31.7	6.7	8.6	82	24.6	0.5	1.3
N9	표층	13.2	1.9	5.3	31.9	7.5	8.2	80	12.3	0.4	1.1
	저층			5.0	31.9	7.5	8.0	77	12.3	0.3	1.2
N10	표층	7.7	1.3	4.8	32.0	7.4	8.2	79	15.7	0.6	1.0
	저층			4.7	32.0	7.4	7.4	72	13.7	0.4	10.5
N11	표층	5.9	1.9	5.0	31.7	7.4	7.7	74	14.1	0.5	11.5
	저층			4.9	31.8	7.4	7.6	73	10.3	0.7	1.3
N12	표층	18.7	0.8	4.4	32.0	7.1	11.7	112	18.9	0.6	5.0
	저층			4.2	32.1	7.1	10.4	99	22.2	1.1	6.5
N13	표층	15.0	0.8	4.5	31.9	7.3	9.7	93	15.4	0.4	4.9
	저층			4.4	32.0	7.3	9.5	90	18.0	0.6	7.6
N14	표층	15.2	1.3	4.6	31.9	7.4	9.1	87	11.6	0.4	6.0
	저층			4.5	31.9	7.4	9.0	86	23.4	0.7	10.4
N15	표층	12.0	1.3	7.2	31.6	8.0	8.0	81	17.8	0.6	6.8
	저층			6.7	31.6	7.8	7.1	71	21.6	0.6	7.3
N16	표층	16.0	3.1	4.9	31.7	7.6	9.2	88	7.1	0.6	3.0
	저층			4.7	31.8	7.6	8.9	86	14.3	1.1	7.8
N17	표층	16.9	2.2	5.2	31.5	7.6	9.4	91	8.9	0.9	3.4
	저층			4.9	31.6	7.5	9.2	88	10.4	0.9	7.6

[표 2-8] 계속

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)		(°C)	(psu)		(mg/L)	(%)	(mg/L)	(μg/L)	
N18	표층	18.8	2.7	4.8	31.6	7.6	9.1	88	11.4	1.0	5.0
	저층			4.6	31.8	7.6	8.8	85	12.2	1.1	10.6
N19	표층	13.0	1.7	7.9	31.0	7.5	7.5	77	11.4	0.7	4.3
	저층			7.8	31.0	7.5	7.2	74	13.4	0.4	6.7
N20	표층	15.0	1.0	7.5	31.4	7.5	7.7	79	22.1	0.8	6.2
	저층			7.2	31.4	7.5	7.0	71	23.6	0.8	8.4
N21	표층	15.0	1.5	7.3	31.4	7.5	8.5	87	11.0	1.7	7.3
	저층			7.1	31.4	7.5	8.0	81	22.0	0.6	7.9
N22	표층	14.0	1.5	7.8	31.3	7.8	7.9	81	13.0	0.6	3.7
	저층			7.5	31.3	7.7	7.6	78	19.2	1.2	8.9
N23	표층	3.5	0.5	9.6	29.3	7.5	6.2	66	16.5	1.0	3.3
	저층			9.2	29.5	7.5	6.1	65	23.8	2.2	4.7
N24	표층	9.0	1.5	8.2	31.1	8.3	7.5	77	11.3	1.3	8.4
	저층			8.1	31.3	8.0	7.3	75	11.9	1.5	9.3
N25	표층	10.3	1.0	9.2	29.2	7.6	6.7	70	14.6	1.8	2.9
	저층			9.0	29.6	7.6	6.4	67	58.5	2.5	7.1
N26	표층	23.0	1.3	5.1	30.9	8.5	9.0	87	9.5	1.2	5.7
	저층			5.0	30.9	8.1	8.6	83	10.7	1.5	6.7
N27	표층	9.2	0.8	5.4	29.8	7.5	9.1	87	10.2	1.7	9.5
	저층			5.1	30.1	7.5	8.8	85	14.6	1.5	13.9
H1	표층	15.3	1.3	5.2	31.3	7.5	8.4	81	17.2	1.3	4.8
	저층			4.9	31.3	7.4	8.2	79	17.7	1.1	4.8
H2	표층	22.5	0.7	5.6	31.6	7.5	7.6	75	23.4	0.6	1.3
	저층			5.5	31.6	7.5	7.4	72	41.1	1.0	1.4
H3	표층	4.0	0.5	10.1	26.0	7.5	5.5	57	24.4	1.5	2.5
	저층			9.9	26.8	7.5	5.3	56	47.7	1.3	4.7
표층	최소	0.5	0.5	4.4	26.0	6.7	5.5	57	7.1	0.4	1.0
	최대	3.1	10.1	32.0	9.2	11.7	112	27.3	1.8	29.7	
	평균	1.3	6.4	30.9	7.6	8.2	81	16.0	0.9	5.7	
저층	최소	0.5	0.5	4.2	26.8	6.7	5.3	56	10.3	0.3	1.2
	최대	3.1	9.9	32.1	9.1	10.4	99	58.5	2.5	16.3	
	평균	1.3	6.1	31.1	7.6	7.8	77	23.0	1.0	7.1	
전체	최소	0.5	0.5	4.2	26.0	6.7	5.3	56	7.1	0.3	1.0
	최대	3.1	10.1	32.1	9.2	11.7	112	58.5	2.5	29.7	
	평균	1.3	6.2	31.0	7.6	8.0	79	19.5	0.9	6.4	

[표 2-9] 해양 수질의 영양염류 결과(동계)

정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
		(μg/L)							
N1	표층	193.4	6.8	3.6	103.1	113.5	9.7	4.1	5.7
	저층	234.4	9.9	6.0	156.0	171.8	13.4	4.5	6.6
N2	표층	95.3	6.6	2.3	70.0	78.9	8.0	2.6	9.2
	저층	118.1	7.2	2.7	89.0	99.0	7.7	3.0	8.3
N3	표층	41.9	5.0	0.7	52.4	58.1	11.8	8.4	77.7
	저층	110.7	6.4	0.7	50.7	57.8	12.9	9.3	78.4
N4	표층	60.1	5.6	0.7	0.5	6.8	4.2	1.3	7.8
	저층	50.2	4.9	0.7	0.5	6.2	5.5	1.2	7.3
N5	표층	79.4	5.2	0.6	5.9	11.7	6.9	1.7	15.9
	저층	83.6	6.1	0.6	6.8	13.6	6.5	2.0	21.1
N6	표층	80.7	5.1	0.5	13.2	18.8	9.2	2.4	27.2
	저층	119.7	5.6	1.0	26.1	32.7	10.0	4.4	59.4
N7	표층	185.5	6.1	1.1	78.3	85.5	16.1	9.3	110.6
	저층	94.7	4.9	0.6	30.7	36.3	11.6	5.7	52.8
N8	표층	80.8	5.3	0.6	28.4	34.3	7.1	3.5	52.7
	저층	100.4	6.0	0.5	48.2	54.7	8.9	6.2	83.2
N9	표층	88.1	5.8	0.6	20.1	26.5	7.0	2.9	44.0
	저층	76.7	5.9	0.5	37.0	43.4	6.6	5.3	71.9
N10	표층	136.5	5.8	0.7	46.6	53.0	11.7	6.3	86.7
	저층	34.1	6.1	0.6	25.4	32.0	4.8	4.5	45.3
N11	표층	122.4	6.2	0.8	58.7	65.6	9.8	7.9	109.2
	저층	86.4	5.1	0.6	28.7	34.4	6.7	4.1	54.2
N12	표층	53.3	6.9	0.7	17.9	25.5	4.8	2.7	29.8
	저층	69.5	4.9	0.6	24.8	30.3	6.3	3.9	46.6
N13	표층	77.3	5.2	0.7	28.2	34.1	6.8	4.2	51.2
	저층	83.4	4.8	0.7	20.3	25.9	9.2	3.8	40.1
N14	표층	63.8	5.3	0.6	7.0	12.9	5.2	2.1	15.6
	저층	52.4	5.9	0.6	6.7	13.2	4.5	1.9	14.2
N15	표층	101.9	6.9	0.8	23.1	30.8	7.5	4.6	37.5
	저층	66.6	6.8	0.8	11.5	19.2	6.4	3.2	20.7
N16	표층	53.0	5.2	0.7	0.6	6.4	3.6	0.6	1.5
	저층	50.1	5.4	0.7	0.7	6.8	4.8	1.1	1.8
N17	표층	64.0	6.0	0.7	0.1	6.8	4.1	0.5	4.0
	저층	71.1	4.6	0.6	0.2	5.4	5.5	0.9	1.8

\* N.D : not determined

[표 2-9] 계속

정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
		(μg/L)							
N18	표층	60.5	4.9	0.6	0.2	5.7	4.8	0.7	1.4
	저층	76.9	5.1	0.6	0.1	5.8	6.6	1.2	3.8
N19	표층	89.7	9.1	0.7	14.3	24.2	6.7	3.0	15.0
	저층	135.0	6.7	0.7	14.1	21.5	11.9	3.6	14.6
N20	표층	146.2	8.7	1.1	24.1	33.9	12.5	4.9	24.1
	저층	95.2	6.6	0.6	13.6	20.8	9.0	3.3	13.4
N21	표층	204.0	10.4	1.4	30.1	41.9	21.6	6.0	28.7
	저층	110.1	10.6	1.0	22.6	34.2	9.0	5.0	20.5
N22	표층	60.1	6.2	0.6	2.7	9.5	4.7	1.0	9.6
	저층	102.6	6.3	0.7	1.4	8.3	7.4	2.0	4.6
N23	표층	244.4	29.4	2.3	65.0	96.7	12.0	4.7	47.2
	저층	417.5	40.2	4.1	107.7	152.1	37.5	9.8	81.2
N24	표층	190.6	7.1	0.8	11.1	19.0	21.0	4.9	12.6
	저층	203.0	10.0	0.9	11.9	22.8	19.0	5.1	12.9
N25	표층	437.6	48.4	4.8	140.4	193.6	25.0	10.1	87.4
	저층	470.3	40.5	3.3	93.2	137.0	49.9	10.8	61.9
N26	표층	220.4	6.8	2.2	90.2	99.3	19.4	9.2	76.7
	저층	302.1	6.0	2.4	114.8	123.2	24.2	11.4	106.5
N27	표층	359.3	7.7	5.3	154.5	167.6	19.2	3.9	18.2
	저층	257.2	8.2	3.8	122.0	134.0	20.0	5.4	21.4
H1	표층	180.3	5.8	1.5	71.0	78.4	13.0	6.8	82.6
	저층	87.5	6.1	0.9	36.6	43.6	9.3	4.9	39.1
H2	표층	84.8	9.8	0.9	71.8	82.4	11.4	9.5	100.0
	저층	141.5	5.9	1.0	66.5	73.4	12.1	9.0	99.9
H3	표층	584.2	118.0	8.8	230.3	357.1	23.6	15.4	170.9
	저층	447.3	88.2	6.3	166.1	260.6	20.3	13.5	122.3
표층	최소	41.9	4.9	0.5	0.1	5.7	3.6	0.5	1.4
	최대	584.2	118.0	8.8	230.3	357.1	25.0	15.4	170.9
	평균	148.0	12.4	1.6	48.7	62.6	11.0	4.8	45.4
저층	최소	34.1	4.6	0.5	0.1	5.4	0.9	4.5	1.8
	최대	470.3	88.2	6.3	166.1	260.6	13.5	49.9	122.3
	평균	144.9	11.4	1.5	44.5	57.3	5.0	12.2	40.5
전체	최소	34.1	4.6	0.5	0.1	5.4	3.6	0.5	1.4
	최대	584.2	118.0	8.8	230.3	357.1	49.9	15.4	170.9
	평균	146.5	11.9	1.5	46.6	60.0	11.6	4.9	42.9

[표 2-10] 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과(동계)

정점	수층	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN	유분
		(μg/L)									(mg/L)
N1	표층	0.02	0.10	0.77	0.08	1.66	0.61	0.35	0.0007	N.D	-
N2		0.02	0.08	0.69	0.05	0.90	0.56	0.46	0.0008	N.D	-
N3		0.02	0.06	0.72	0.04	1.22	0.32	0.57	0.0007	N.D	-
N4		0.02	0.08	0.72	0.08	0.57	0.36	0.47	0.0007	N.D	-
N5		0.02	0.06	0.40	0.02	0.60	0.29	0.50	0.0006	N.D	-
N6		0.02	0.05	0.49	0.06	0.51	0.29	0.50	0.0007	N.D	-
N7		0.02	0.05	1.72	0.06	1.53	0.27	0.55	0.0007	N.D	-
N8		0.03	0.06	0.38	0.02	0.97	0.32	0.66	0.0007	N.D	0.05
N9		0.04	0.12	0.50	0.06	1.48	0.42	0.97	0.0010	N.D	-
N10		0.03	0.09	0.41	0.03	0.92	0.32	0.82	0.0006	N.D	-
N11		0.03	0.12	0.40	0.03	0.77	0.40	0.89	0.0005	N.D	-
N12		0.02	0.06	0.26	0.02	1.22	0.29	0.57	0.0006	N.D	-
N13		0.03	0.08	0.42	0.06	2.17	0.37	0.65	0.0007	N.D	-
N14		0.02	0.08	0.29	0.04	0.91	0.28	0.51	0.0007	N.D	-
N15		0.03	0.06	0.55	0.10	1.50	0.32	0.60	0.0005	N.D	-
N16		0.02	0.08	0.31	0.12	0.85	0.24	0.49	0.0006	N.D	-
N17		0.02	0.12	0.32	0.09	2.53	0.27	0.50	0.0006	N.D	-

\* N.D : not determined

[표 2-10] 계속

정점	수층	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN	유분
		(μg/L)									(mg/L)
N18	표층	0.02	0.09	0.32	0.05	0.68	0.25	0.50	0.0006	N.D	-
N19		0.02	0.05	0.30	0.02	0.80	0.19	0.44	0.0005	N.D	-
N20		0.02	0.07	0.93	0.04	1.53	0.23	0.57	0.0006	N.D	-
N21		0.02	0.08	0.92	0.05	1.31	0.24	0.50	0.0004	N.D	0.03
N22		0.03	0.09	0.93	0.08	1.22	0.31	0.50	0.0009	N.D	-
N23		0.02	0.08	0.46	0.06	0.90	0.36	0.48	0.0004	N.D	-
N24		0.03	0.08	0.66	0.02	1.39	0.30	0.55	0.0003	N.D	-
N25		0.01	0.04	0.29	0.08	0.39	0.20	0.30	0.0003	N.D	-
N26		0.02	0.06	1.42	0.16	1.49	0.35	0.46	0.0003	N.D	-
N27		0.02	0.10	0.93	0.02	1.36	0.41	0.41	0.0003	N.D	-
H1		0.02	0.07	1.41	0.05	1.67	0.36	0.54	0.0003	N.D	0.05
H2		0.03	0.08	1.58	0.02	1.82	0.34	0.70	0.0004	N.D	0.04
H3		0.02	0.07	0.68	0.02	1.25	0.56	0.63	0.0004	N.D	0.08
최소		0.01	0.04	0.26	0.02	0.39	0.19	0.30	0.0003	N.D	0.03
최대	0.04	0.12	1.72	0.16	2.53	0.61	0.97	0.0010	N.D	0.08	
평균	0.02	0.08	0.67	0.05	1.20	0.33	0.55	0.0006	N.D	0.05	

\* N.D : not determined

[표 2-11] 해양 수질 현장관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(총계)

정점	수층	수심 (m)	투명도	수온 (°C)	염분 (psu)	pH	DO	DO	SPM	COD	Chl-a
							(mg/L)	포화도 (%)			
N1	표층	15.0	0.9	17.1	27.8	7.9	5.5	68	6.2	2.2	1.8
	저층			17.1	28.2	7.8	5.5	68	8.9	2.3	2.4
N2	표층	13.2	2.2	16.1	28.9	7.8	6.5	78	3.7	2.5	1.0
	저층			15.4	29.4	7.7	6.2	74	9.9	2.8	1.6
N3	표층	24.0	1.5	10.6	30.8	7.6	7.3	80	8.2	1.2	2.5
	저층			10.5	30.5	7.6	7.2	78	14.9	1.3	3.5
N4	표층	22.0	1.5	13.4	30.0	7.6	7.2	83	5.4	1.5	1.3
	저층			12.8	30.1	7.6	6.5	75	8.1	1.3	2.0
N5	표층	11.5	1.6	11.9	30.3	7.6	10.1	113	3.9	1.7	0.8
	저층			11.0	30.6	7.6	9.1	100	10.9	1.5	2.6
N6	표층	9.0	1.2	13.3	30.8	7.7	9.4	109	7.0	1.6	1.4
	저층			11.6	30.4	7.6	9.2	102	10.5	1.8	2.2
N7	표층	28.0	2.0	10.4	30.5	7.6	7.2	78	4.5	0.9	1.0
	저층			10.0	30.7	7.6	6.9	74	8.2	1.4	2.9
N8	표층	20.0	3.0	12.0	30.5	7.7	7.9	88	5.8	1.2	2.0
	저층			11.9	30.7	7.7	7.5	84	7.5	1.2	3.5
N9	표층	21.0	2.7	13.1	30.4	7.7	8.1	93	3.8	1.1	1.3
	저층			12.7	30.4	7.7	7.0	80	8.7	1.8	2.8
N10	표층	11.0	2.5	15.3	30.2	7.3	10.1	121	3.4	1.1	1.0
	저층			14.4	30.5	7.3	9.8	116	2.8	1.6	2.2
N11	표층	7.8	3.5	17.5	30.1	7.2	11.8	149	2.7	1.1	0.6
	저층			16.4	30.1	7.2	11.4	139	2.9	1.0	1.2
N12	표층	14.2	3.4	15.6	30.2	7.9	8.3	101	3.6	2.5	0.8
	저층			14.8	30.5	7.9	7.8	93	3.4	1.9	2.5
N13	표층	15.3	2.8	15.1	30.3	8.0	8.1	97	3.3	1.6	1.8
	저층			14.4	30.4	7.9	7.9	94	3.6	1.9	3.7
N14	표층	15.2	2.9	14.0	30.4	7.9	7.7	90	2.7	1.9	1.8
	저층			13.7	30.5	7.9	7.5	88	2.7	1.8	1.3
N15	표층	12.0	3.5	10.9	30.8	7.7	6.8	75	3.0	1.4	1.4
	저층			10.8	30.9	7.7	6.6	73	3.3	1.3	1.6
N16	표층	13.2	2.1	17.6	29.7	8.1	7.5	94	3.6	3.0	0.8
	저층			16.1	30.3	8.0	7.5	91	4.6	3.4	2.6
N17	표층	17.5	1.7	17.0	30.1	8.1	7.3	90	2.7	1.5	1.0
	저층			15.9	30.3	8.0	6.8	83	6.7	2.1	1.9

[표 2-11] 계속

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)		(°C)	(psu)		(mg/L)	(%)	(mg/L)	(μg/L)	
N18	표층	20.0	2.0	17.1	30.0	8.0	7.5	94	4.8	2.1	2.1
	저층			15.6	30.3	7.8	6.6	79	6.2	2.4	8.8
N19	표층	19.0	3.0	11.3	30.8	7.7	6.9	77	2.7	1.0	1.5
	저층			11.1	30.8	7.7	6.8	75	4.0	1.5	0.5
N20	표층	20.0	3.7	11.5	30.8	7.7	7.2	80	2.7	1.5	0.3
	저층			11.3	30.8	7.7	7.0	77	2.5	1.7	0.3
N21	표층	11.0	3.0	11.5	30.7	7.7	8.9	99	3.3	1.6	0.4
	저층			11.3	30.7	7.7	8.9	99	6.8	1.5	0.5
N22	표층	13.5	1.7	16.0	28.5	7.8	6.7	81	8.8	1.5	6.0
	저층			15.3	29.5	7.8	6.2	74	6.1	1.9	4.8
N23	표층	5.5	0.3	16.5	27.3	7.9	5.9	72	18.7	3.8	8.0
	저층			16.4	27.5	7.9	5.9	71	32.0	2.7	11.2
N24	표층	7.0	2.0	15.2	30.2	7.9	6.2	75	16.5	3.6	3.5
	저층			14.8	30.3	7.8	6.2	74	9.3	1.6	2.6
N25	표층	6.5	0.5	15.6	27.2	7.8	5.8	68	27.8	2.1	6.8
	저층			15.5	27.3	7.8	5.6	67	44.1	3.5	8.5
N26	표층	24.0	3.0	15.1	29.4	7.6	6.5	77	5.6	1.9	1.4
	저층			14.2	29.7	7.6	6.3	74	5.9	1.7	1.0
N27	표층	18.3	2.0	14.7	29.5	7.7	6.5	77	3.9	2.3	0.9
	저층			14.6	29.7	7.7	6.2	73	4.0	2.9	0.8
H1	표층	8.7	3.5	14.5	29.9	7.7	6.8	80	3.8	1.5	1.0
	저층			14.3	29.9	7.7	6.6	77	3.9	1.9	1.0
H2	표층	25.0	2.0	10.5	30.5	7.6	7.5	81	7.8	2.0	2.3
	저층			10.1	30.7	7.6	6.8	74	12.7	1.5	3.0
H3	표층	26.0	0.4	16.8	21.0	7.6	5.4	63	15.4	4.1	3.1
	저층			15.5	25.9	7.7	4.4	52	33.0	5.0	4.6
표층	최소	0.3	0.3	10.4	21.0	7.2	5.4	63	2.7	0.9	0.3
	최대	3.7	17.6	30.8	8.1	11.8	149	27.8	4.1	8.0	
	평균	2.2	14.2	29.6	7.7	7.5	88	6.5	1.9	2.0	
저층	최소	0.3	0.3	10.0	25.9	7.2	4.4	52	2.5	1.0	0.3
	최대	3.7	17.1	30.9	8.0	11.4	139	44.1	5.0	11.2	
	평균	2.2	13.7	29.9	7.7	7.1	83	9.6	2.0	2.9	
전체	최소	0.3	0.3	10.0	21.0	7.2	4.4	52	2.5	0.9	0.3
	최대	3.7	17.6	30.9	8.1	11.8	149	44.1	5.0	11.2	
	평균	2.2	13.9	29.8	7.7	7.3	85	8.1	2.0	2.5	

[표 2-12] 해양 수질의 영양염류 결과(총계)

정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
		(μg/L)							
N1	표층	673.8	122.7	13.9	337.4	474.1	33.5	21.5	362.0
	저층	659.4	111.5	13.1	305.8	430.4	31.8	19.6	344.4
N2	표층	412.4	43.1	6.2	158.5	207.9	20.9	10.0	178.4
	저층	401.1	43.6	6.4	160.1	210.0	19.6	10.2	186.0
N3	표층	185.6	8.5	1.7	93.5	103.6	17.7	10.1	39.9
	저층	202.7	6.5	1.8	93.9	102.2	20.7	10.1	37.3
N4	표층	188.7	11.5	1.8	56.5	69.7	14.2	8.9	129.9
	저층	191.5	10.1	2.1	70.9	83.2	18.5	9.4	93.7
N5	표층	157.4	6.7	2.0	69.5	78.3	13.0	6.9	40.9
	저층	218.6	7.5	2.1	99.3	108.8	22.9	11.6	43.3
N6	표층	160.9	9.1	1.4	54.5	65.0	17.5	8.3	88.0
	저층	198.5	8.7	1.8	89.2	99.7	18.4	10.1	62.3
N7	표층	185.5	6.0	1.9	94.3	102.1	15.9	9.4	35.8
	저층	199.7	7.2	2.1	106.6	115.8	19.4	11.2	42.3
N8	표층	177.1	5.7	2.2	63.3	71.1	16.5	7.5	7.0
	저층	179.7	7.3	2.0	63.0	72.3	19.0	7.2	7.3
N9	표층	199.6	23.2	4.1	47.9	75.2	16.4	8.9	7.8
	저층	150.8	18.6	3.7	34.5	56.8	15.9	6.1	7.6
N10	표층	188.5	8.0	0.8	8.2	17.0	17.0	2.6	6.9
	저층	132.3	5.8	1.5	16.7	24.0	12.5	2.8	7.5
N11	표층	158.1	5.4	0.6	0.7	6.7	9.0	1.0	6.3
	저층	157.8	8.3	0.9	4.3	13.5	14.0	2.4	6.6
N12	표층	274.6	23.3	0.9	2.0	26.1	26.1	8.4	7.3
	저층	194.9	8.3	0.6	3.1	12.0	16.1	3.3	8.3
N13	표층	187.6	9.2	1.1	1.3	11.6	18.0	3.0	7.5
	저층	182.2	6.2	0.6	1.2	8.0	15.4	3.4	8.1
N14	표층	173.2	7.9	0.6	2.7	11.2	13.3	2.1	6.5
	저층	164.2	8.0	0.6	2.8	11.4	14.6	1.8	7.6
N15	표층	142.7	50.9	0.7	1.0	52.6	11.1	2.4	9.8
	저층	133.9	7.4	0.7	1.6	9.7	11.7	2.9	10.8
N16	표층	180.9	9.3	2.5	3.2	15.0	14.9	2.1	7.4
	저층	209.5	4.0	0.6	2.3	6.9	18.2	2.1	8.5
N17	표층	163.2	7.0	0.7	2.2	9.9	14.6	2.0	7.2
	저층	194.6	5.5	0.7	2.2	8.4	16.8	1.6	7.3

[표 2-12] 계속

정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
		(μg/L)							
N18	표층	177.8	5.3	0.7	2.5	8.5	19.8	3.2	10.0
	저층	224.9	14.8	0.5	0.9	16.2	32.6	6.8	52.5
N19	표층	100.7	12.5	0.6	4.0	17.1	9.0	3.9	23.9
	저층	123.4	13.7	0.7	5.4	19.8	9.9	3.6	26.8
N20	표층	156.1	18.5	1.1	8.1	27.7	12.7	5.2	49.5
	저층	114.0	14.7	0.8	5.6	21.1	9.8	4.3	28.0
N21	표층	159.4	16.1	0.7	6.6	23.4	15.1	4.5	30.2
	저층	139.2	17.1	1.4	13.4	31.9	12.6	4.5	41.0
N22	표층	243.5	10.2	2.7	26.9	39.7	16.5	1.7	14.9
	저층	183.2	9.5	1.0	3.1	13.6	15.1	3.3	10.0
N23	표층	367.7	46.6	6.3	97.2	150.2	42.3	14.1	177.6
	저층	347.8	27.3	4.1	66.5	97.9	43.2	7.5	98.7
N24	표층	265.8	26.7	0.6	2.4	29.7	33.9	7.5	6.5
	저층	168.3	8.8	0.6	2.8	12.2	20.1	2.4	9.4
N25	표층	441.1	48.2	6.9	120.6	175.8	45.4	11.7	118.0
	저층	432.8	51.1	6.7	132.4	190.1	46.9	10.8	135.6
N26	표층	250.7	16.1	2.6	81.8	100.4	17.1	6.8	60.0
	저층	238.3	16.4	2.6	93.1	112.1	16.3	7.5	65.3
N27	표층	254.8	13.4	2.6	89.0	105.0	14.0	7.1	66.3
	저층	215.0	13.0	2.5	80.3	95.8	12.5	6.3	69.9
H1	표층	229.2	15.4	2.3	85.5	103.2	12.9	7.9	47.8
	저층	240.5	13.9	2.4	87.1	103.4	13.5	8.0	49.6
H2	표층	196.1	6.3	1.7	85.0	92.9	17.9	8.3	32.7
	저층	220.8	7.9	2.0	108.1	118.1	24.0	11.0	39.6
H3	표층	963.7	201.3	22.0	398.8	622.2	63.2	28.8	467.3
	저층	490.7	89.7	10.2	202.4	302.3	49.0	19.0	227.1
표층	최소	100.7	5.3	0.6	0.7	6.7	9.0	1.0	6.3
	최대	963.7	201.3	22.0	398.8	622.2	63.2	28.8	467.3
	평균	253.9	26.5	3.1	66.8	96.4	20.3	7.5	68.4
저층	최소	114.0	4.0	0.5	0.9	6.9	1.6	9.8	6.6
	최대	659.4	111.5	13.1	305.8	430.4	19.6	49.0	344.4
	평균	230.4	19.1	2.6	62.0	83.6	7.0	20.4	58.1
전체	최소	100.7	4.0	0.5	0.7	6.7	9.0	1.0	6.3
	최대	963.7	201.3	22.0	398.8	622.2	63.2	28.8	467.3
	평균	242.1	22.8	2.8	64.4	90.0	20.3	7.3	63.3

[표 2-13] 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과(총계)

정점	수층	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN	유분
		(μg/L)									(mg/L)
N1	표층	0.02	0.04	1.29	0.04	2.28	0.51	0.81	0.0005	N.D	-
N2		0.02	0.02	0.92	0.04	2.29	0.43	0.75	0.0005	N.D	-
N3		0.02	0.04	0.50	0.02	0.29	0.25	0.71	0.0004	N.D	-
N4		0.02	0.04	0.36	0.10	0.26	0.22	0.65	0.0005	N.D	-
N5		0.02	0.07	0.34	0.04	0.05	0.26	0.77	0.0005	N.D	-
N6		0.02	0.08	0.47	0.04	0.82	0.26	0.68	0.0004	N.D	-
N7		0.02	0.07	0.30	0.03	0.94	0.29	0.82	0.0004	N.D	-
N8		0.03	0.10	1.44	0.06	2.76	0.35	1.09	0.0006	N.D	0.04
N9		0.03	0.09	1.05	0.08	1.65	0.33	0.95	0.0003	N.D	-
N10		0.02	0.07	0.94	0.10	1.13	0.28	0.81	0.0003	N.D	-
N11		0.02	0.07	0.65	0.03	0.33	0.22	0.69	0.0002	N.D	-
N12		0.02	0.05	0.56	0.07	1.46	0.23	0.76	0.0002	N.D	-
N13		0.02	0.07	0.59	0.06	0.75	0.24	0.72	0.0002	N.D	-
N14		0.02	0.07	0.40	0.03	0.27	0.25	0.76	0.0002	N.D	-
N15		0.02	0.04	0.34	0.15	0.38	0.20	0.66	0.0003	N.D	-
N16		0.03	0.09	0.49	0.03	0.65	0.29	0.80	0.0002	N.D	-
N17		0.02	0.08	0.38	0.02	0.42	0.28	0.80	0.0002	N.D	-

\* N.D : not determined

[표 2-13] 계속

정점	수층	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN	유분
		(μg/L)									(mg/L)
N18	표층	0.02	0.07	0.46	0.05	0.54	0.25	0.72	0.0002	N.D	-
N19		0.02	0.09	0.40	0.11	0.46	0.20	0.65	0.0002	N.D	-
N20		0.02	0.06	0.59	0.14	1.37	0.23	0.68	0.0002	N.D	-
N21		0.02	0.10	0.90	0.19	1.70	0.23	0.69	0.0003	N.D	0.05
N22		0.01	0.05	0.41	0.15	1.12	0.22	0.61	0.0002	N.D	-
N23		0.02	0.03	0.59	0.14	1.17	0.30	0.69	0.0003	N.D	-
N24		0.02	0.07	0.57	0.06	1.34	0.22	0.73	0.0002	N.D	-
N25		0.01	0.04	0.40	0.06	0.68	0.26	0.62	0.0003	N.D	-
N26		0.03	0.10	0.85	0.05	1.98	0.42	0.85	0.0004	N.D	-
N27		0.02	0.08	1.11	0.05	1.71	0.40	0.82	0.0002	N.D	-
H1		0.02	0.07	0.99	0.04	2.58	0.36	0.81	0.0003	N.D	0.06
H2		0.02	0.06	0.36	0.03	0.38	0.26	0.79	0.0003	N.D	0.05
H3		0.01	0.03	0.63	0.02	0.88	0.36	0.72	0.0003	N.D	0.08
최소		0.01	0.02	0.30	0.02	0.05	0.20	0.61	0.0002	N.D	0.04
최대	0.03	0.10	1.44	0.19	2.76	0.51	1.09	0.0006	N.D	0.08	
평균	0.02	0.06	0.64	0.07	1.09	0.29	0.75	0.0003	N.D	0.06	

\* N.D : not determined

[표 2-14] 해양 수질 현장관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(하계)

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)	(°C)	(psu)	(mg/L)		(%)	(mg/L)			
N1	표층	17.3	0.4	27.1	24.5	7.8	6.2	90	3.1	2.1	1.8
	저층			26.0	25.7	7.8	5.6	80	5.5	1.7	1.3
N2	표층	19.8	0.7	26.7	26.4	7.6	7.4	108	3.3	2.1	1.8
	저층			25.3	27.9	7.7	6.9	99	7.4	1.7	4.5
N3	표층	28.5	1.7	22.5	29.3	7.7	7.8	108	3.8	1.3	2.3
	저층			21.5	29.4	7.7	7.5	101	4.8	1.3	2.7
N4	표층	21.5	2.6	24.3	28.9	7.7	7.7	108	9.4	1.5	1.8
	저층			24.0	29.1	7.7	7.2	101	11.3	1.5	2.2
N5	표층	11.6	2.3	23.5	29.2	7.7	7.3	102	6.1	1.4	1.8
	저층			23.4	29.2	7.7	7.1	99	7.4	1.4	2.2
N6	표층	10.5	1.7	24.4	29.2	7.9	7.7	109	7.0	1.7	1.8
	저층			23.7	29.3	7.8	7.2	100	9.2	1.5	1.8
N7	표층	27.0	1.3	22.7	29.2	7.7	8.0	110	3.8	1.3	2.3
	저층			22.2	29.4	7.7	7.8	106	4.4	1.2	1.8
N8	표층	20.0	1.9	21.3	29.5	7.6	8.8	118	3.7	1.5	2.7
	저층			21.1	29.4	7.6	8.3	112	5.4	1.5	2.7
N9	표층	15.6	1.6	25.0	28.6	7.7	8.9	127	4.8	1.9	2.3
	저층			22.5	29.3	7.7	8.2	113	4.2	1.6	3.6
N10	표층	7.5	1.7	26.9	27.0	7.7	9.7	142	4.3	2.3	0.9
	저층			22.7	28.9	7.6	9.1	125	8.4	1.9	4.5
N11	표층	7.0	1.0	28.2	26.4	7.7	9.8	146	3.0	2.4	0.5
	저층			26.7	26.9	7.6	9.6	139	4.7	2.9	4.9
N12	표층	21.5	2.5	24.8	28.8	7.6	7.4	106	2.5	1.8	2.3
	저층			23.8	29.2	7.7	7.4	103	4.0	2.1	2.7
N13	표층	13.0	2.3	24.8	28.5	7.7	7.2	103	2.5	2.1	3.1
	저층			24.3	28.9	7.6	7.2	101	4.2	1.7	2.7
N14	표층	13.0	2.5	24.6	28.8	7.6	7.1	101	3.0	1.8	2.7
	저층			23.9	29.1	7.6	7.0	98	7.0	1.7	1.8
N15	표층	13.0	0.3	25.5	28.4	7.6	7.5	107	4.2	2.5	5.4
	저층			25.2	28.4	7.6	7.4	106	5.2	2.4	5.4
N16	표층	5.0	3.7	27.1	27.3	7.6	6.9	101	3.4	2.9	6.7
	저층			27.0	27.4	7.6	6.6	97	3.5	2.9	6.3
N17	표층	13.0	4.6	28.0	27.4	7.6	7.0	105	4.3	2.9	8.5
	저층			26.7	27.8	7.6	6.1	89	7.5	2.3	4.9

[표 2-14] 계속

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)		(°C)	(psu)		(mg/L)	(%)	(mg/L)	(μg/L)	
N18	표층	17.0	3.1	27.4	27.4	7.6	6.2	92	6.4	2.5	3.1
	저층			26.5	27.7	7.6	5.9	87	8.0	2.4	1.8
N19	표층	24.0	1.5	25.9	28.2	7.7	7.6	110	2.6	3.0	5.3
	저층			25.5	28.3	7.7	7.4	107	3.5	2.0	4.0
N20	표층	20.0	0.7	26.1	28.2	7.7	7.9	115	2.6	2.4	4.9
	저층			25.6	28.3	7.7	7.6	109	3.5	2.1	2.7
N21	표층	9.0	1.2	26.3	27.9	7.9	8.4	122	3.5	2.5	5.8
	저층			26.0	28.3	7.9	7.6	109	3.7	2.2	3.6
N22	표층	11.0	0.9	25.2	26.1	7.4	6.7	94	3.7	2.6	6.3
	저층			25.4	27.1	7.5	6.6	94	4.6	2.4	4.9
N23	표층	2.5	0.2	25.7	20.6	7.4	5.6	77	14.7	3.6	6.7
	저층			25.0	22.6	7.5	5.4	75	79.1	4.4	11.6
N24	표층	11.0	2.0	25.6	27.8	7.6	6.5	93	5.6	2.4	4.0
	저층			25.5	28.0	7.6	6.5	93	5.2	2.2	4.0
N25	표층	10.0	0.3	25.2	15.8	7.5	7.3	97	8.1	3.5	3.5
	저층			24.8	24.4	7.5	5.7	80	18.1	2.8	5.3
N26	표층	25.6	1.3	25.8	27.9	7.6	9.6	139	4.3	3.1	3.5
	저층			24.3	28.0	7.6	7.9	110	5.8	1.8	5.8
N27	표층	17.3	0.8	26.0	27.6	7.6	7.9	114	6.8	2.8	3.5
	저층			25.2	28.1	7.6	7.5	106	5.7	1.5	5.8
H1	표층	9.1	1.3	24.7	28.5	7.6	8.0	114	4.0	1.8	3.1
	저층			24.3	28.6	7.6	7.4	104	5.9	1.4	3.5
H2	표층	25.8	1.3	23.3	29.3	7.7	7.8	109	4.0	1.5	2.3
	저층			22.2	29.4	7.7	7.6	104	4.8	1.1	2.3
H3	표층	1.0	0.1	25.5	15.1	7.4	5.0	66	8.7	3.3	3.1
	저층			-	-	-	-	-	-	-	-
표층	최소	0.1	21.3	15.1	7.4	5.0	66	2.5	1.3	0.5	
	최대	4.6	28.2	29.5	7.9	9.8	146	14.7	3.6	8.5	
	평균	1.6	25.3	26.9	7.6	7.6	108	4.9	2.3	3.5	
저층	최소	0.1	21.1	22.6	7.5	5.4	75	3.5	1.1	1.3	
	최대	4.6	27.0	29.4	7.9	9.6	139	79.1	4.4	11.6	
	평균	1.6	24.5	28.1	7.6	7.2	102	8.7	2.0	3.8	
전체	최소	0.1	21.1	15.1	7.4	5.0	66	2.5	1.1	0.5	
	최대	4.6	28.2	29.5	7.9	9.8	146	79.1	4.4	11.6	
	평균	1.6	24.9	27.5	7.6	7.4	105	6.8	2.1	3.6	

[표 2-15] 해양 수질의 영양염류 결과(하계)

정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
		(μg/L)							
N1	표층	646.6	122.8	28.7	140.1	291.5	69.6	39.8	757.6
	저층	434.2	90.7	22.9	91.3	204.8	53.2	37.1	538.0
N2	표층	524.1	61.2	25.5	104.7	191.5	58.3	30.7	537.8
	저층	245.7	47.6	18.9	41.7	108.3	30.1	24.3	341.4
N3	표층	171.8	6.2	15.8	20.1	42.0	18.3	9.4	122.4
	저층	162.5	7.1	14.3	17.8	39.1	17.0	8.6	109.9
N4	표층	233.6	34.0	12.5	42.3	88.8	29.9	20.2	320.9
	저층	218.3	24.9	9.2	27.3	61.5	26.7	13.7	214.0
N5	표층	220.5	21.7	12.7	29.8	64.2	26.8	14.6	223.6
	저층	192.7	20.1	12.2	29.0	61.3	23.5	14.2	213.5
N6	표층	257.1	32.1	10.5	42.7	85.4	31.0	17.6	303.0
	저층	184.5	19.1	8.2	19.7	47.0	25.2	11.0	166.6
N7	표층	157.8	4.2	14.0	18.2	36.3	17.1	8.1	106.3
	저층	135.8	5.9	13.1	15.6	34.6	13.8	7.4	99.6
N8	표층	163.1	8.3	4.5	11.8	24.6	13.0	5.4	96.5
	저층	169.9	8.3	4.4	9.7	22.3	13.4	4.6	80.7
N9	표층	131.2	3.4	2.3	3.7	9.4	27.2	4.0	182.1
	저층	159.6	5.4	3.1	5.8	14.3	15.1	4.8	89.0
N10	표층	204.7	13.5	1.3	3.7	18.5	11.3	3.0	161.3
	저층	159.2	9.5	4.1	8.7	22.3	12.4	4.2	111.3
N11	표층	167.7	1.5	0.5	0.6	2.7	11.5	1.8	144.4
	저층	230.7	12.0	1.0	2.8	15.8	16.9	3.7	120.0
N12	표층	231.1	25.2	4.3	11.4	40.8	27.6	13.9	443.4
	저층	183.0	14.2	4.2	9.0	27.4	39.5	22.8	299.6
N13	표층	234.8	40.6	4.4	13.3	58.3	28.2	17.8	451.5
	저층	194.0	21.8	3.7	8.0	33.5	25.0	12.9	359.6
N14	표층	196.9	22.1	4.0	8.8	34.8	24.7	13.0	419.6
	저층	188.2	18.0	3.1	6.1	27.2	24.4	9.0	289.0
N15	표층	201.0	6.7	1.1	2.3	10.1	20.4	8.9	321.6
	저층	166.1	6.7	1.0	1.7	9.3	19.1	7.3	289.0
N16	표층	253.1	75.8	5.3	16.2	97.2	40.5	32.4	771.8
	저층	301.8	59.3	3.6	10.3	73.3	47.6	21.9	544.0
N17	표층	247.5	13.6	3.9	8.9	26.4	36.8	19.3	565.4
	저층	230.4	59.5	3.9	16.1	79.5	29.7	24.7	522.9

[표 2-15] 계속

정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
		(μg/L)							
N18	표층	330.4	63.4	4.4	13.4	81.2	44.8	21.9	567.4
	저층	369.0	128.1	5.2	15.3	148.6	52.4	40.2	863.3
N19	표층	216.7	8.7	1.9	2.1	12.6	26.9	9.6	304.3
	저층	185.3	10.0	0.9	1.5	12.4	21.4	7.4	301.7
N20	표층	186.9	6.7	0.9	1.3	8.8	24.7	8.6	322.7
	저층	186.2	15.0	1.5	2.2	18.8	18.9	10.2	384.9
N21	표층	173.8	2.5	0.7	0.1	3.3	25.2	7.1	298.2
	저층	179.6	8.3	1.1	0.4	9.9	19.7	10.3	451.8
N22	표층	299.5	43.3	6.9	24.6	74.8	40.7	24.8	577.5
	저층	196.6	26.7	2.0	6.3	35.0	27.4	14.8	380.7
N23	표층	789.1	103.4	14.4	267.6	385.4	66.8	37.0	1099.1
	저층	626.9	107.8	11.5	182.5	301.8	71.7	40.5	917.7
N24	표층	220.2	26.7	2.1	6.4	35.2	26.7	13.5	414.2
	저층	224.3	31.7	2.4	4.5	38.7	28.3	16.8	550.7
N25	표층	945.4	140.2	22.4	557.2	719.9	61.0	50.2	1699.8
	저층	397.5	83.4	8.2	128.8	220.4	47.1	37.8	779.1
N26	표층	176.5	5.6	1.5	1.6	8.6	22.7	6.7	31.1
	저층	221.6	8.5	7.6	15.2	31.3	29.2	10.8	79.1
N27	표층	245.2	4.2	1.3	0.6	6.1	33.7	6.6	60.0
	저층	236.1	17.0	11.9	23.6	52.4	29.9	12.9	131.2
H1	표층	222.8	13.3	14.8	28.9	56.9	27.4	14.3	163.4
	저층	198.7	11.6	11.4	20.6	43.7	25.0	10.3	120.1
H2	표층	163.5	6.9	12.6	18.0	37.4	15.7	8.0	108.7
	저층	155.7	4.7	13.5	15.1	33.3	16.2	7.2	105.9
H3	표층	867.0	148.7	19.7	454.7	623.2	57.8	43.5	1424.5
	저층	-	-	-	-	-	-	-	-
표층	최소	131.2	1.5	0.5	0.1	2.7	11.3	1.8	31.1
	최대	945.4	148.7	28.7	557.2	719.9	69.6	50.2	1699.8
	평균	302.7	35.5	8.5	61.8	105.9	32.2	17.1	433.3
저층	최소	135.8	4.7	0.9	0.4	9.3	3.7	12.4	79.1
	최대	626.9	128.1	22.9	182.5	301.8	40.5	71.7	917.7
	평균	232.2	30.5	7.2	25.4	63.0	15.6	28.3	326.0
전체	최소	131.2	1.5	0.5	0.1	2.7	11.3	1.8	31.1
	최대	945.4	148.7	28.7	557.2	719.9	71.7	50.2	1699.8
	평균	268.0	33.0	7.8	43.9	84.8	30.3	16.3	380.6

[표 2-16] 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과(하계)

정점	수층	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN	유분
		(μg/L)									(mg/L)
N1	표층	0.02	0.04	0.42	0.03	1.98	0.44	1.04	0.0002	N.D	-
N2		0.02	0.02	1.58	0.12	1.61	0.31	0.71	0.0005	N.D	-
N3		0.02	0.06	0.48	0.17	1.22	0.27	0.71	0.0005	N.D	-
N4		0.02	0.03	0.51	0.19	1.58	0.22	0.66	0.0005	N.D	-
N5		0.02	0.09	0.52	0.11	1.50	0.24	0.69	0.0005	N.D	-
N6		0.03	0.04	1.47	0.10	1.89	0.28	0.76	0.0006	N.D	-
N7		0.03	0.08	0.60	0.07	1.04	0.28	0.85	0.0005	N.D	-
N8		0.02	0.05	0.67	0.15	1.15	0.23	0.65	0.0005	N.D	0.03
N9		0.02	0.03	0.64	0.11	0.82	0.19	0.60	0.0005	N.D	-
N10		0.02	0.05	0.89	0.17	1.53	0.23	0.63	0.0004	N.D	-
N11		0.02	0.05	0.54	0.10	0.86	0.26	0.78	0.0004	N.D	-
N12		0.02	0.12	0.51	0.12	1.15	0.27	0.86	0.0006	N.D	-
N13		0.02	0.08	0.70	0.06	0.92	0.27	0.93	0.0005	N.D	-
N14		0.02	0.07	0.40	0.05	0.94	0.24	0.83	0.0004	N.D	-
N15		0.03	0.09	1.01	0.10	1.29	0.39	1.03	0.0005	N.D	-
N16		0.02	0.06	0.46	0.04	0.59	0.27	1.08	0.0005	N.D	-
N17		0.01	0.06	0.36	0.03	1.18	0.19	0.78	0.0005	N.D	-

\* N.D : not determined

[표 2-16] 계속

정점	수층	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN	유분
		(μg/L)									(mg/L)
N18	표층	0.02	0.11	0.76	0.07	1.29	0.27	1.01	0.0005	N.D	-
N19		0.02	0.09	0.66	0.13	1.48	0.22	0.80	0.0004	N.D	-
N20		0.01	0.07	0.84	0.14	1.17	0.15	0.55	0.0004	N.D	-
N21		0.03	0.11	1.05	0.12	1.50	0.27	0.90	0.0005	N.D	0.05
N22		0.01	0.06	1.18	0.12	1.72	0.23	0.87	0.0004	N.D	-
N23		0.01	0.12	0.58	0.06	1.23	0.27	0.73	0.0004	N.D	-
N24		0.03	0.10	0.79	0.06	1.67	0.30	1.00	0.0005	N.D	-
N25		0.02	0.09	1.46	0.12	1.73	0.37	1.04	0.0005	N.D	-
N26		0.02	0.07	1.08	0.09	1.35	0.32	0.82	0.0005	N.D	-
N27		0.02	0.13	1.63	0.12	1.35	0.31	0.75	0.0004	N.D	-
H1		0.01	0.05	1.92	0.05	1.84	0.22	0.56	0.0002	N.D	0.03
H2		0.03	0.13	0.63	0.06	1.60	0.28	0.74	0.0005	N.D	0.09
H3		0.01	0.03	0.51	0.02	0.51	0.23	0.62	0.0002	N.D	0.07
최소		0.01	0.02	0.36	0.02	0.51	0.15	0.55	0.0002	N.D	0.03
최대	0.03	0.13	1.92	0.19	1.98	0.44	1.08	0.0006	N.D	0.09	
평균	0.02	0.07	0.83	0.10	1.32	0.27	0.80	0.0005	N.D	0.05	

\* N.D : not determined

[표 2-17] 해양 수질 현장관측 결과 및 SPM, COD, Chl-a 결과(추계)

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)	(°C)	(psu)	(mg/L)		(%)	(mg/L)			
N1	표층	12.0	0.4	8.8	27.0	7.8	10.2	105	28.6	2.9	2.2
	저층			8.6	27.5	7.8	9.2	94	74.7	3.4	3.5
N2	표층	17.8	0.7	10.0	27.8	7.8	9.6	101	22.4	3.1	1.3
	저층			9.4	28.4	7.8	8.6	90	37.9	2.2	1.8
N3	표층	25.4	1.7	10.3	31.1	7.7	9.2	100	8.8	1.0	0.9
	저층			9.9	31.2	7.7	9.2	99	14.9	1.8	0.9
N4	표층	20.4	2.6	7.5	31.0	7.7	9.7	99	4.8	1.7	0.5
	저층			7.4	31.0	7.6	9.6	97	5.6	1.4	0.9
N5	표층	10.6	2.3	8.6	30.9	7.7	10.2	106	6.3	1.0	0.5
	저층			8.5	31.0	7.6	9.5	99	5.8	1.3	0.5
N6	표층	11.4	1.7	8.5	31.0	7.6	9.8	102	7.1	2.0	0.9
	저층			8.4	31.1	7.6	9.2	96	7.5	1.5	0.4
N7	표층	27.4	1.3	12.0	30.7	7.8	9.2	103	9.5	1.1	0.9
	저층			11.8	30.8	7.7	8.6	96	16.8	1.6	0.9
N8	표층	21.0	1.9	16.6	30.5	6.8	9.2	114	8.6	0.9	0.9
	저층			16.2	30.5	7.1	8.7	107	12.7	1.2	1.3
N9	표층	8.1	1.6	16.7	30.5	7.2	9.2	114	8.0	1.2	0.9
	저층			16.3	30.7	7.2	8.9	109	13.1	1.1	2.7
N10	표층	9.4	1.7	16.6	30.5	7.2	9.5	118	9.5	2.2	1.3
	저층			16.3	30.6	7.2	9.0	110	9.7	1.9	1.3
N11	표층	9.2	1.0	16.9	30.2	7.3	9.7	120	11.3	2.3	1.8
	저층			16.5	30.5	7.2	9.6	119	14.1	1.5	2.2
N12	표층	21.5	2.5	9.5	31.6	7.7	9.3	100	8.5	1.1	1.3
	저층			9.4	31.7	7.7	9.1	98	9.3	1.3	1.3
N13	표층	14.0	2.3	9.9	31.3	7.8	9.6	104	8.7	2.1	4.5
	저층			9.8	31.3	7.7	9.0	97	13.8	1.5	2.2
N14	표층	13.0	2.5	9.8	31.2	7.7	9.7	104	6.5	1.9	3.1
	저층			9.7	31.3	7.7	9.5	102	7.3	1.5	3.1
N15	표층	7.0	0.3	14.7	31.0	7.7	9.1	109	40.3	1.7	3.5
	저층			13.5	31.0	7.7	8.1	95	45.7	1.8	2.7
N16	표층	12.6	3.7	9.2	30.5	7.7	9.6	102	7.5	2.5	10.7
	저층			9.1	30.7	7.6	9.5	100	8.6	2.3	12.5
N17	표층	15.4	4.6	9.2	30.7	7.7	10.0	105	8.6	1.8	3.6
	저층			9.1	30.8	7.7	9.8	103	8.6	2.1	7.6

[표 2-17] 계속

정점	수층	수심	투명도	수온	염분	pH	DO	DO 포화도	SPM	COD	Chl-a
		(m)		(°C)	(psu)		(mg/L)	(%)	(mg/L)	(μg/L)	
N18	표층	18.4	3.1	9.0	30.6	7.7	9.8	103	8.0	2.7	11.6
	저층			8.9	30.6	7.7	9.5	100	9.7	2.6	15.6
N19	표층	18.0	1.5	14.8	30.6	7.7	9.1	109	13.6	1.1	1.7
	저층			14.3	30.7	7.7	8.2	97	15.3	1.1	1.7
N20	표층	15.0	0.7	14.6	30.6	7.7	8.5	101	18.7	1.2	1.7
	저층			14.4	30.7	7.7	8.3	99	27.9	1.4	2.2
N21	표층	4.5	1.2	14.2	31.2	7.8	10.0	118	15.9	1.2	1.8
	저층			14.1	31.2	7.7	9.5	113	21.1	1.4	1.8
N22	표층	10.0	0.9	13.0	30.0	7.7	9.2	106	12.5	1.4	1.3
	저층			12.7	30.3	7.7	8.8	101	16.9	1.3	1.8
N23	표층	2.6	0.2	12.9	28.1	7.7	9.2	103	70.3	2.8	3.5
	저층			12.8	28.2	7.7	8.7	98	103.5	3.2	4.4
N24	표층	6.5	2.0	14.0	30.7	7.8	9.6	113	14.2	1.2	1.3
	저층			13.5	30.7	7.7	8.5	98	11.0	1.1	1.3
N25	표층	6.5	0.3	13.1	26.6	7.7	9.7	108	20.4	2.2	2.2
	저층			13.0	27.0	7.7	8.8	99	26.9	2.1	2.7
N26	표층	17.8	1.3	10.4	29.3	7.7	9.2	99	15.2	2.1	1.3
	저층			10.3	29.5	7.7	9.2	99	16.3	2.1	1.4
N27	표층	9.2	0.8	10.2	28.1	7.8	9.9	105	12.7	2.4	0.9
	저층			10.1	28.1	7.8	8.9	94	16.5	2.0	0.9
H1	표층	5.2	1.3	10.6	29.8	7.7	9.3	101	14.0	1.7	0.5
	저층			10.6	29.9	7.7	8.5	93	17.9	1.6	1.3
H2	표층	25.0	1.3	13.5	30.4	7.8	9.0	104	10.5	1.8	0.5
	저층			12.5	30.7	7.8	8.6	98	19.7	2.4	0.9
H3	표층	3.0	0.1	13.3	25.3	7.7	9.2	103	112.2	4.0	5.3
	저층			13.1	25.3	7.6	8.9	99	106.2	4.0	5.8
표층	최소	0.1	7.5	25.3	6.8	8.5	99	4.8	0.9	0.5	
	최대	4.6	16.9	31.6	7.8	10.2	120	112.2	4.0	11.6	
	평균	1.6	11.9	30.0	7.6	9.5	106	18.1	1.9	2.4	
저층	최소	0.1	7.4	25.3	7.1	8.1	90	5.6	1.1	0.4	
	최대	4.6	16.5	31.7	7.8	9.8	119	106.2	4.0	15.6	
	평균	1.6	11.7	30.1	7.6	9.0	100	23.8	1.9	2.9	
전체	최소	0.1	7.4	25.3	6.8	8.1	90	4.8	0.9	0.4	
	최대	4.6	16.9	31.7	7.8	10.2	120	112.2	4.0	15.6	
	평균	1.6	11.8	30.0	7.6	9.2	103	21.0	1.9	2.7	

[표 2-18] 해양 수질의 영양염류 결과(추계)

정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
		(μg/L)							
N1	표층	661.6	77.7	19.1	372.5	469.3	29.5	29.5	441.1
	저층	862.5	89.7	25.1	478.7	593.5	78.4	37.8	575.3
N2	표층	668.2	56.4	21.9	358.0	436.3	32.4	32.4	478.5
	저층	581.1	34.8	20.8	323.0	378.6	59.1	30.3	454.7
N3	표층	286.1	5.1	1.3	140.4	146.8	16.8	16.8	269.0
	저층	300.0	11.0	0.9	144.1	156.1	25.2	17.6	272.4
N4	표층	374.4	17.1	4.6	175.1	196.8	20.9	20.9	353.1
	저층	344.0	11.5	4.2	151.5	167.3	30.4	17.2	312.4
N5	표층	312.9	8.7	3.8	155.4	167.8	18.3	18.3	301.1
	저층	329.8	10.5	4.3	179.7	194.5	29.5	22.1	351.4
N6	표층	414.5	16.1	3.5	168.8	188.4	17.4	17.4	329.2
	저층	329.5	8.6	9.4	52.9	70.9	29.8	15.3	47.7
N7	표층	227.7	2.0	0.8	126.6	129.4	14.3	14.3	247.4
	저층	262.5	5.3	0.6	120.6	126.5	29.7	14.7	236.5
N8	표층	205.2	2.0	3.0	80.2	85.2	11.6	11.6	170.7
	저층	217.9	4.0	3.9	93.9	101.8	22.4	12.2	208.6
N9	표층	201.1	3.1	5.8	70.4	79.3	10.7	10.7	184.0
	저층	220.0	4.6	7.5	92.4	104.5	24.4	12.9	238.0
N10	표층	174.8	6.4	4.3	49.6	60.3	8.4	8.4	132.5
	저층	233.0	6.9	6.7	85.5	99.2	23.9	12.1	219.7
N11	표층	277.5	23.9	6.6	61.2	91.7	11.7	11.7	283.4
	저층	236.7	16.1	7.4	68.9	92.4	24.3	11.8	261.0
N12	표층	229.1	1.6	3.0	92.1	96.7	12.0	12.0	227.0
	저층	272.4	7.5	3.7	116.6	127.8	23.5	15.2	277.8
N13	표층	234.1	2.7	3.1	77.9	83.7	9.8	9.8	183.8
	저층	254.4	6.2	4.1	121.2	131.4	21.6	16.3	278.4
N14	표층	281.1	6.1	5.6	114.8	126.5	15.6	15.6	248.1
	저층	309.9	10.3	5.3	134.6	150.2	27.2	17.8	304.3
N15	표층	262.3	29.0	10.2	76.3	115.5	17.4	17.4	346.3
	저층	312.4	34.3	12.3	91.1	137.7	52.7	20.7	415.1
N16	표층	298.4	10.4	10.2	51.1	71.7	17.2	17.2	43.0
	저층	316.7	12.7	3.4	168.4	184.5	35.9	19.9	314.9
N17	표층	252.4	16.2	9.0	63.5	88.7	16.5	16.5	88.2
	저층	266.3	30.1	8.6	61.6	100.3	31.1	15.5	100.5

[표 2-18] 계속

정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si
		(μg/L)							
N18	표층	299.7	10.0	10.4	45.6	66.1	14.1	14.1	25.7
	저층	343.6	5.8	11.5	53.7	70.9	41.5	14.7	25.8
N19	표층	246.8	32.3	7.2	57.5	97.0	15.9	15.9	240.9
	저층	267.3	35.6	8.5	62.0	106.2	33.2	16.4	273.7
N20	표층	261.7	36.6	9.8	74.8	121.3	20.1	20.1	318.1
	저층	261.7	35.5	9.5	68.6	113.7	28.9	17.7	302.8
N21	표층	293.4	38.2	9.5	71.2	118.9	19.5	19.5	296.7
	저층	249.1	31.9	8.8	62.3	103.1	21.1	15.3	275.9
N22	표층	299.7	54.8	6.9	83.5	145.1	16.6	16.6	379.4
	저층	243.0	33.3	4.1	35.0	72.4	28.2	8.3	210.9
N23	표층	482.6	87.4	7.2	128.1	222.8	16.4	16.4	349.0
	저층	638.5	99.5	10.3	192.8	302.5	80.5	21.5	528.3
N24	표층	252.5	33.3	8.9	63.7	105.9	18.7	18.7	261.8
	저층	234.1	33.6	8.1	61.8	103.4	29.4	18.7	262.0
N25	표층	607.0	104.0	10.5	268.8	383.3	26.1	26.1	464.5
	저층	648.0	122.8	13.0	317.2	453.1	55.4	29.6	576.8
N26	표층	508.0	15.8	13.4	236.5	265.7	24.4	24.4	347.9
	저층	502.0	22.6	12.1	237.2	271.9	41.5	25.3	355.8
N27	표층	594.3	38.2	18.6	260.3	317.2	20.3	20.3	372.9
	저층	604.9	45.8	22.6	364.2	432.6	51.0	31.8	481.9
H1	표층	295.9	6.7	6.8	163.8	177.3	16.4	16.4	250.0
	저층	413.1	9.5	8.8	220.1	238.4	38.5	22.8	335.5
H2	표층	277.0	6.9	1.4	155.0	163.3	18.3	18.3	300.5
	저층	266.7	4.2	0.9	134.8	139.8	28.7	15.8	255.9
H3	표층	814.3	144.0	15.8	436.4	596.2	36.4	36.4	606.2
	저층	908.1	123.0	13.3	314.0	450.2	74.9	19.9	473.1
표층	최소	174.8	1.6	0.8	45.6	60.3	8.4	8.4	25.7
	최대	814.3	144.0	21.9	436.4	596.2	36.4	36.4	606.2
	평균	353.1	29.8	8.1	142.6	180.5	18.1	18.1	284.7
저층	최소	217.9	4.0	0.6	35.0	70.9	8.3	21.1	25.8
	최대	908.1	123.0	25.1	478.7	593.5	37.8	80.5	576.8
	평균	374.3	30.2	8.7	153.6	192.5	18.9	37.4	307.6
전체	최소	174.8	1.6	0.6	35.0	60.3	8.4	8.3	25.7
	최대	908.1	144.0	25.1	478.7	596.2	80.5	37.8	606.2
	평균	363.7	30.0	8.4	148.1	186.5	27.8	18.5	296.1

[표 2-19] 해양 수질의 미량금속류, 시안 및 용매추출유분 결과(추계)

정점	수층	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN	유분
		(μg/L)									(mg/L)
N1	표층	0.02	0.09	0.82	0.08	1.84	0.50	0.99	0.0003	N.D	-
N2		0.01	0.01	0.96	0.12	1.93	0.32	0.83	0.0003	N.D	-
N3		0.02	0.05	1.87	0.11	1.86	0.26	1.18	0.0003	N.D	-
N4		0.02	0.03	0.66	0.05	1.09	0.31	0.96	0.0003	N.D	-
N5		0.02	0.06	0.76	0.16	2.46	0.28	1.07	0.0003	N.D	-
N6		0.02	0.03	0.53	0.12	1.68	0.23	0.95	0.0003	N.D	-
N7		0.02	0.03	1.46	0.09	1.02	0.18	0.99	0.0004	N.D	-
N8		0.01	0.04	0.84	0.07	1.17	0.14	0.79	0.0002	N.D	0.06
N9		0.01	0.02	0.43	0.08	1.20	0.10	0.78	0.0003	N.D	-
N10		0.02	0.03	0.95	0.08	2.35	0.16	0.96	0.0004	N.D	-
N11		0.01	0.02	0.93	0.09	1.41	0.21	0.85	0.0004	N.D	-
N12		0.02	0.04	1.51	0.17	1.80	0.17	0.92	0.0004	N.D	-
N13		0.02	0.04	2.16	0.08	1.61	0.24	1.02	0.0004	N.D	-
N14		0.02	0.02	1.20	0.04	1.49	0.18	0.92	0.0004	N.D	-
N15		0.02	0.01	0.52	0.05	1.34	0.19	0.92	0.0004	N.D	-
N16		0.02	0.08	1.12	0.08	1.87	0.27	1.21	0.0004	N.D	-
N17		0.02	0.03	0.70	0.03	1.82	0.18	0.93	0.0004	N.D	-

\* N.D : not determined

[표 2-19] 계속

정점	수층	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN	유분
		(μg/L)									(mg/L)
N18	표층	0.01	0.02	0.84	0.05	1.55	0.16	0.83	0.0004	N.D	-
N19		0.02	0.03	0.73	0.09	1.42	0.20	0.97	0.0004	N.D	-
N20		0.02	0.04	0.59	0.04	1.43	0.20	1.00	0.0004	N.D	-
N21		0.02	0.03	1.23	0.08	1.51	0.22	0.96	0.0004	N.D	0.04
N22		0.02	0.05	0.42	0.07	1.66	0.20	0.83	0.0005	N.D	-
N23		0.02	0.02	0.56	0.03	1.21	0.27	0.94	0.0003	N.D	-
N24		0.02	0.02	0.76	0.03	1.11	0.25	0.96	0.0005	N.D	-
N25		0.01	0.02	0.51	0.03	0.90	0.17	0.73	0.0003	N.D	-
N26		0.02	0.06	0.79	0.14	1.89	0.43	1.02	0.0003	N.D	-
N27		0.03	0.04	0.63	0.17	1.07	0.65	1.43	0.0005	N.D	-
H1		0.02	0.03	0.84	0.09	1.09	0.31	0.97	0.0006	N.D	0.07
H2		0.02	0.02	0.91	0.12	1.87	0.21	0.93	0.0003	N.D	0.03
H3		0.01	0.01	0.43	0.02	0.61	0.25	0.81	0.0004	N.D	0.05
최소		0.01	0.01	0.42	0.02	0.61	0.10	0.73	0.0002	N.D	0.03
최대	0.03	0.09	2.16	0.17	2.46	0.65	1.43	0.0006	N.D	0.07	
평균	0.02	0.03	0.89	0.08	1.51	0.25	0.96	0.0004	N.D	0.05	

\* N.D : not determined

[표 2-20] 해양환경기준 해양수산부고시 제 2018-10호

(생활기준)

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

(사람의 건강보호 기준)

등 급	항 목	기준 (µg/L)	
전 수 역	6가크롬 (Cr <sup>6+</sup> )	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		

(해양생태계 보호 기준, 단위 : µg/L)

미량금속류	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

[표 2-20] 계속

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)

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

- 수질평가지수 항목별 점수

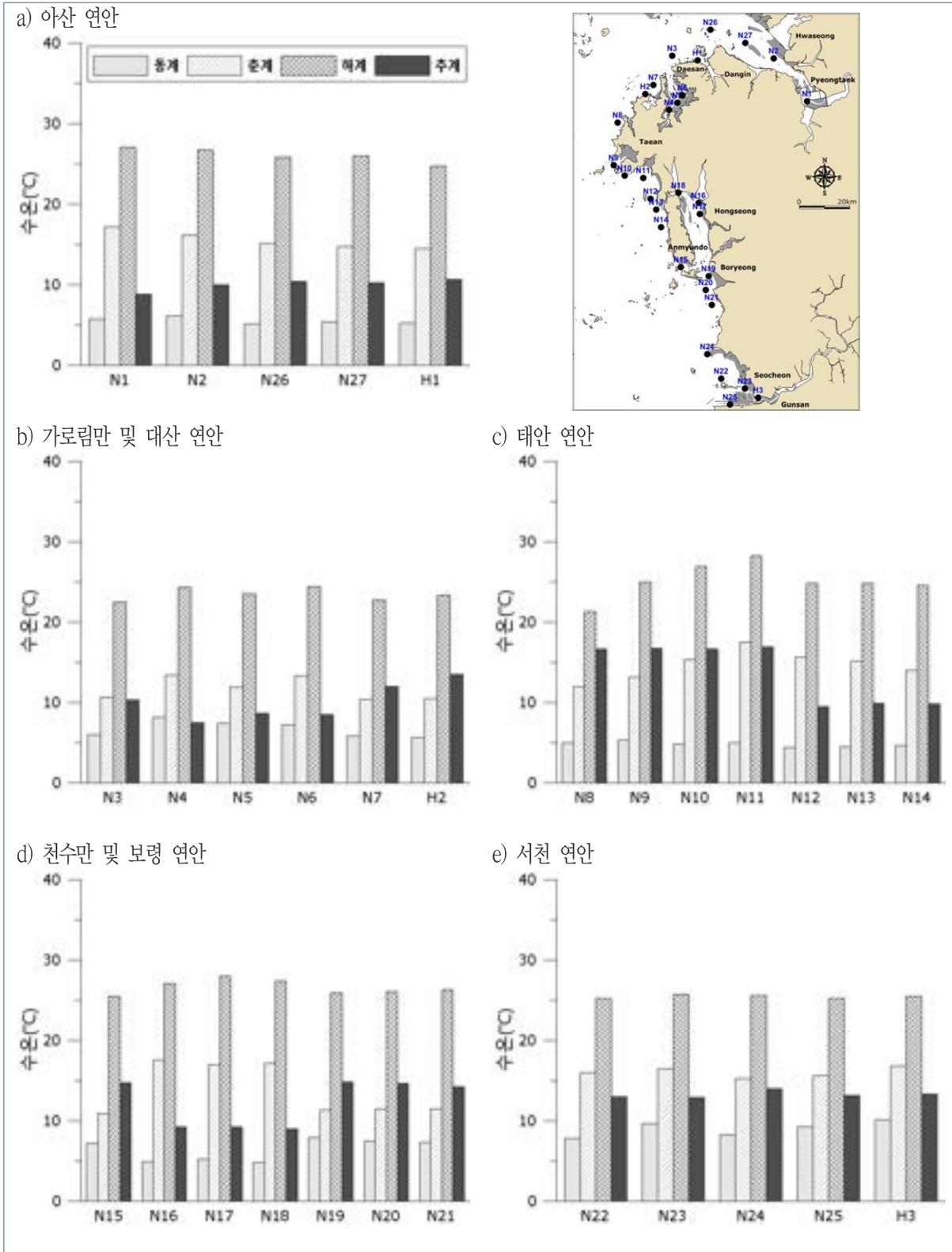
항목별 점수	대상항목	
	Chl-a(μg/L), DIN(μg/L), DIP(μg/L)	DO(포화도, %), SD(m)
1	기준값 이하	기준값 이상
2	< 기준값 + 0.10×기준값	> 기준값 - 0.10×기준값
3	< 기준값 + 0.25×기준값	> 기준값 - 0.25×기준값
4	< 기준값 + 0.50×기준값	> 기준값 - 0.50×기준값
5	> 기준값 + 0.50×기준값	< 기준값 - 0.50×기준값

\* 항목별 기준값은 수질평가지수 항목의 해역별 기준값을 적용

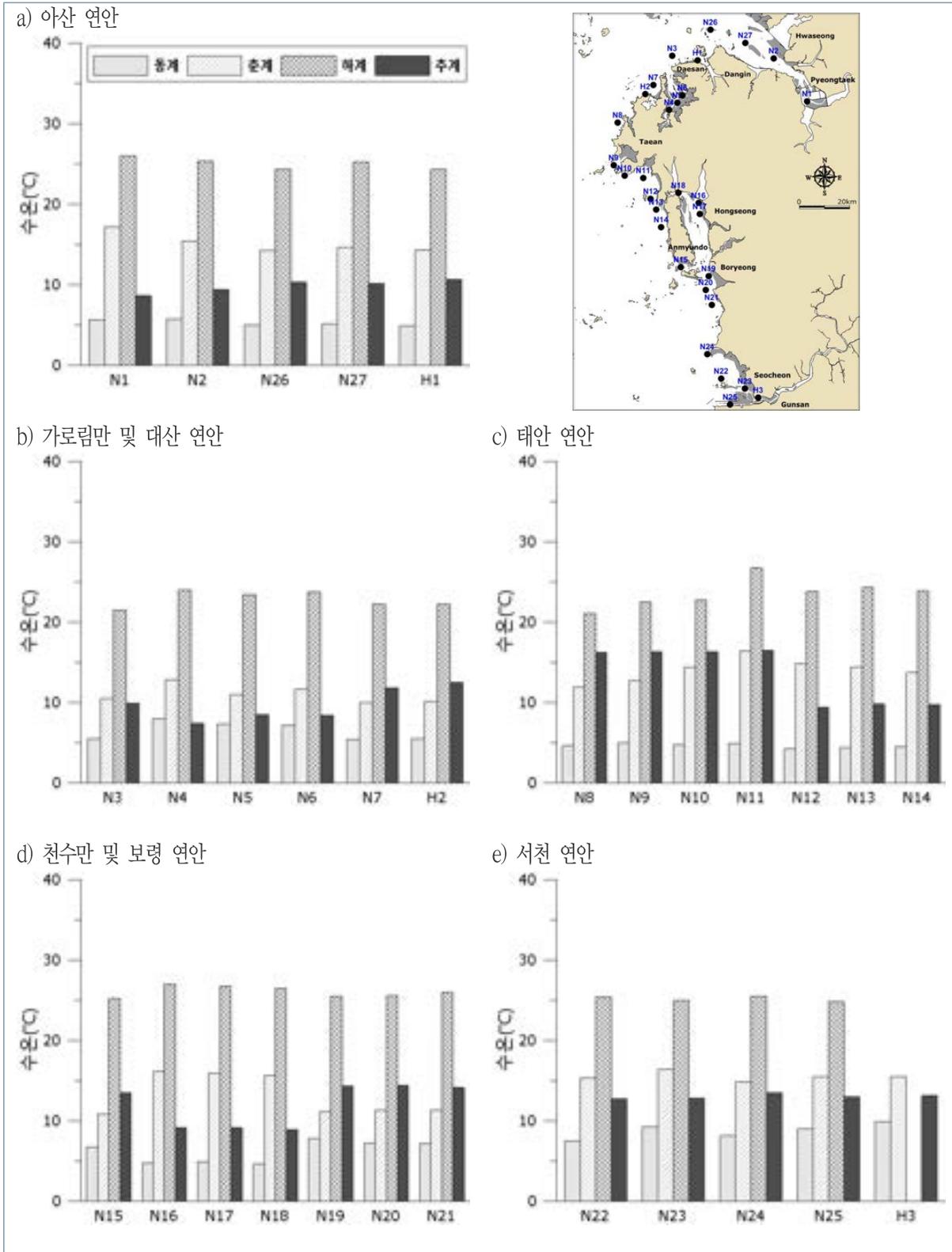
- 수질평가지수 항목의 해역별 기준값

생태구역 \ 대상항목	Chl-a (μg/L)	저층 DO (포화도, %)	표층DIN (μg/L)	표층DIP (μg/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

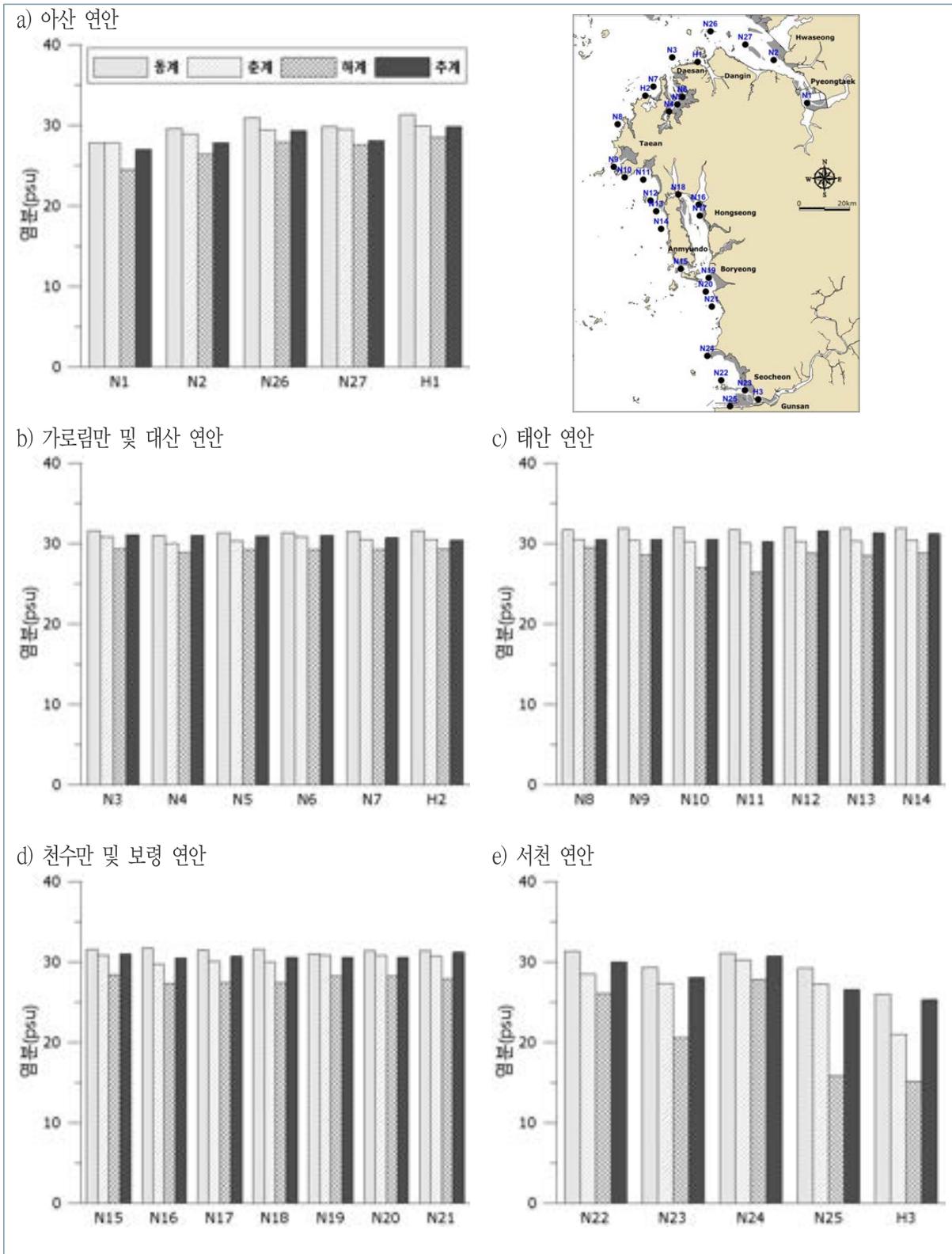
\* 저층 : 해저 바닥으로부터 최대 1m 이내의 수층



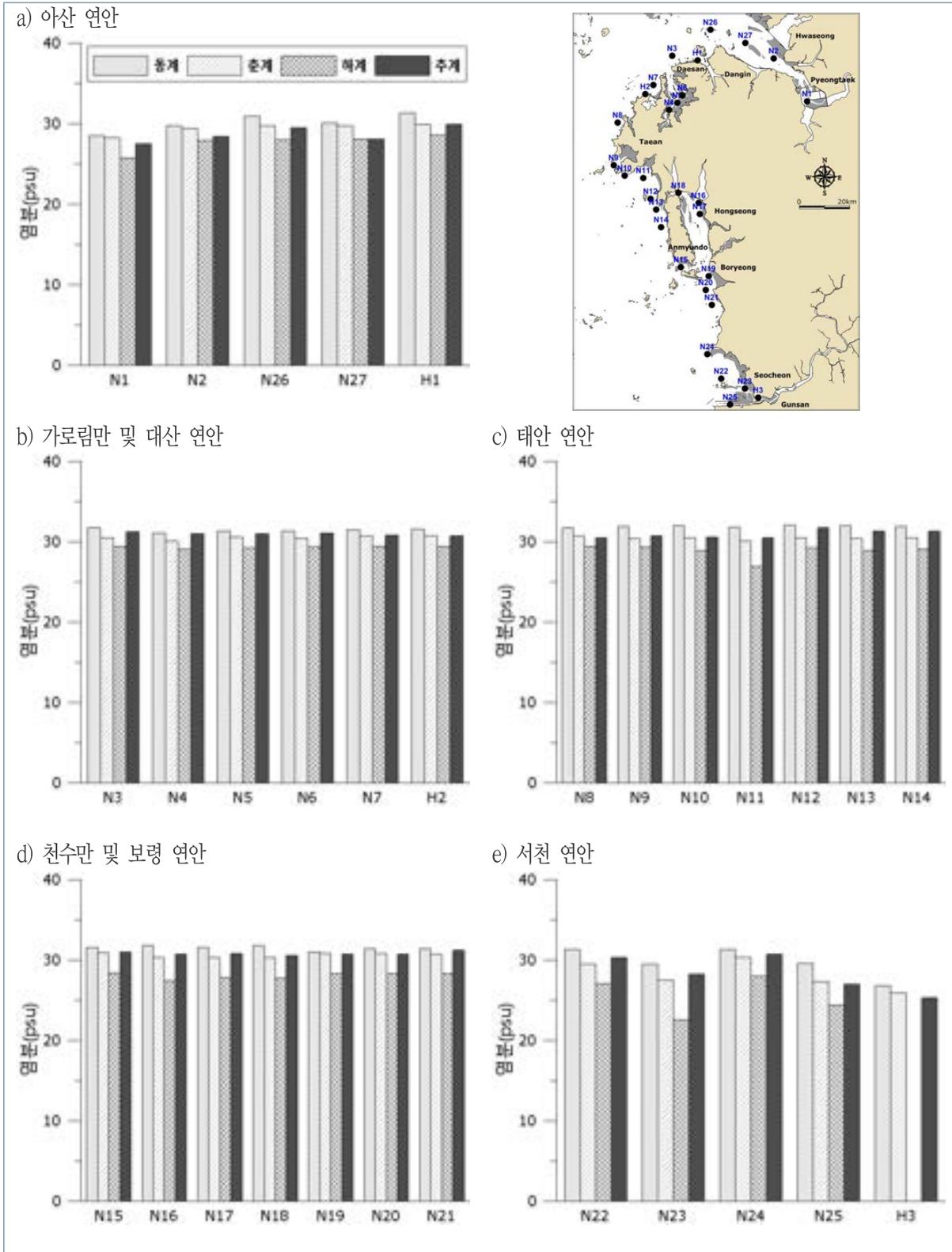
[그림 2-6] 수온의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



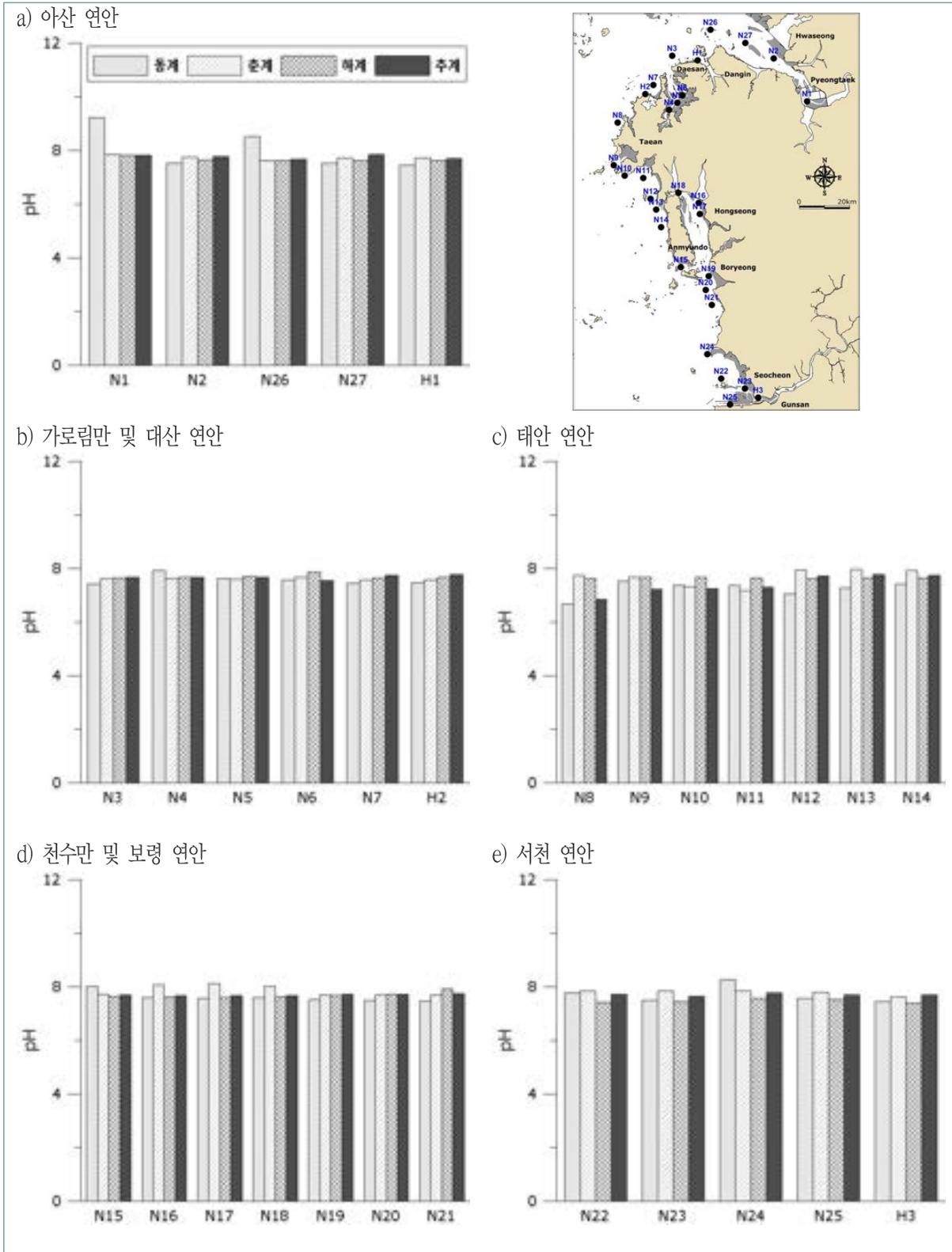
[그림 2-7] 수온의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



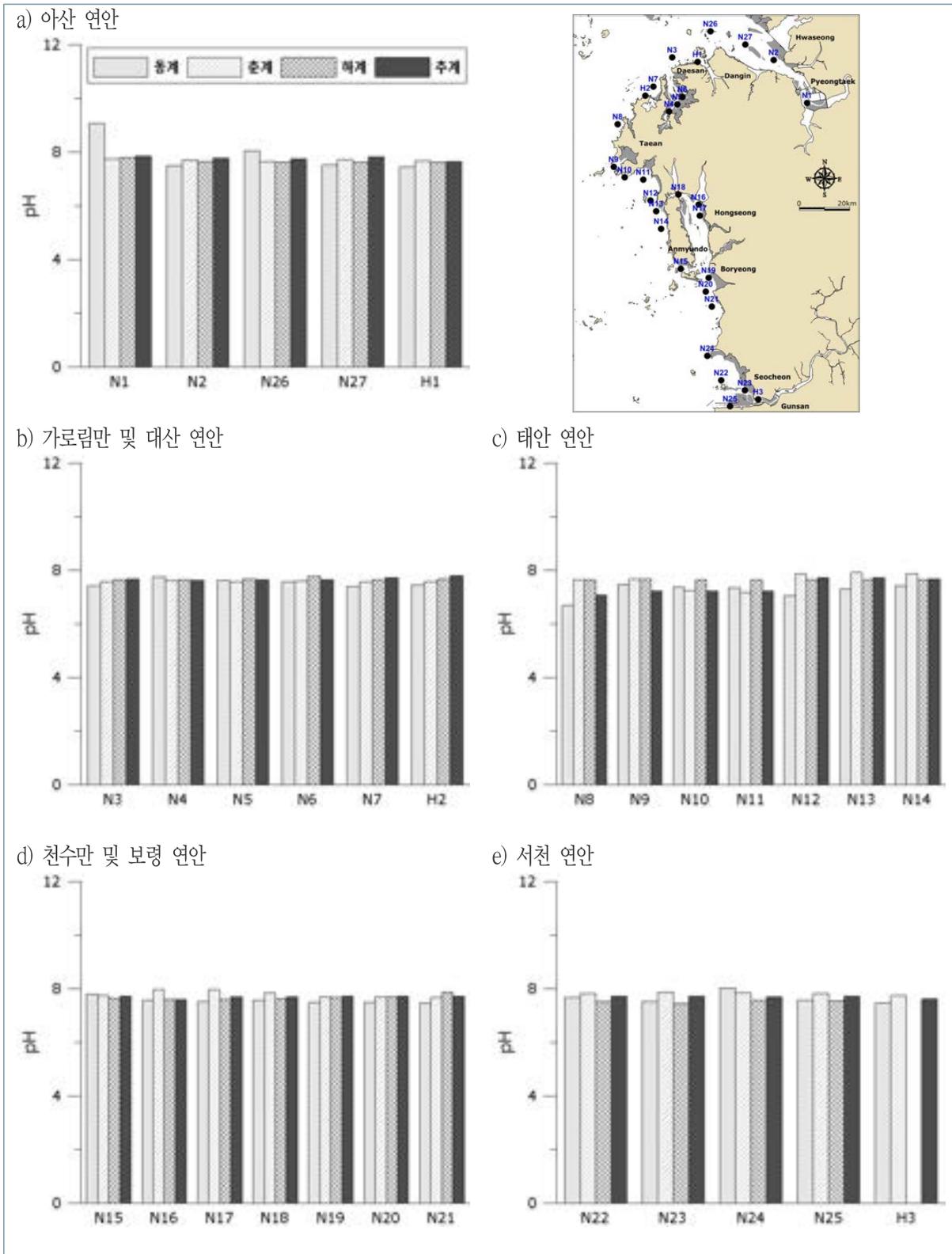
[그림 2-8] 염분의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



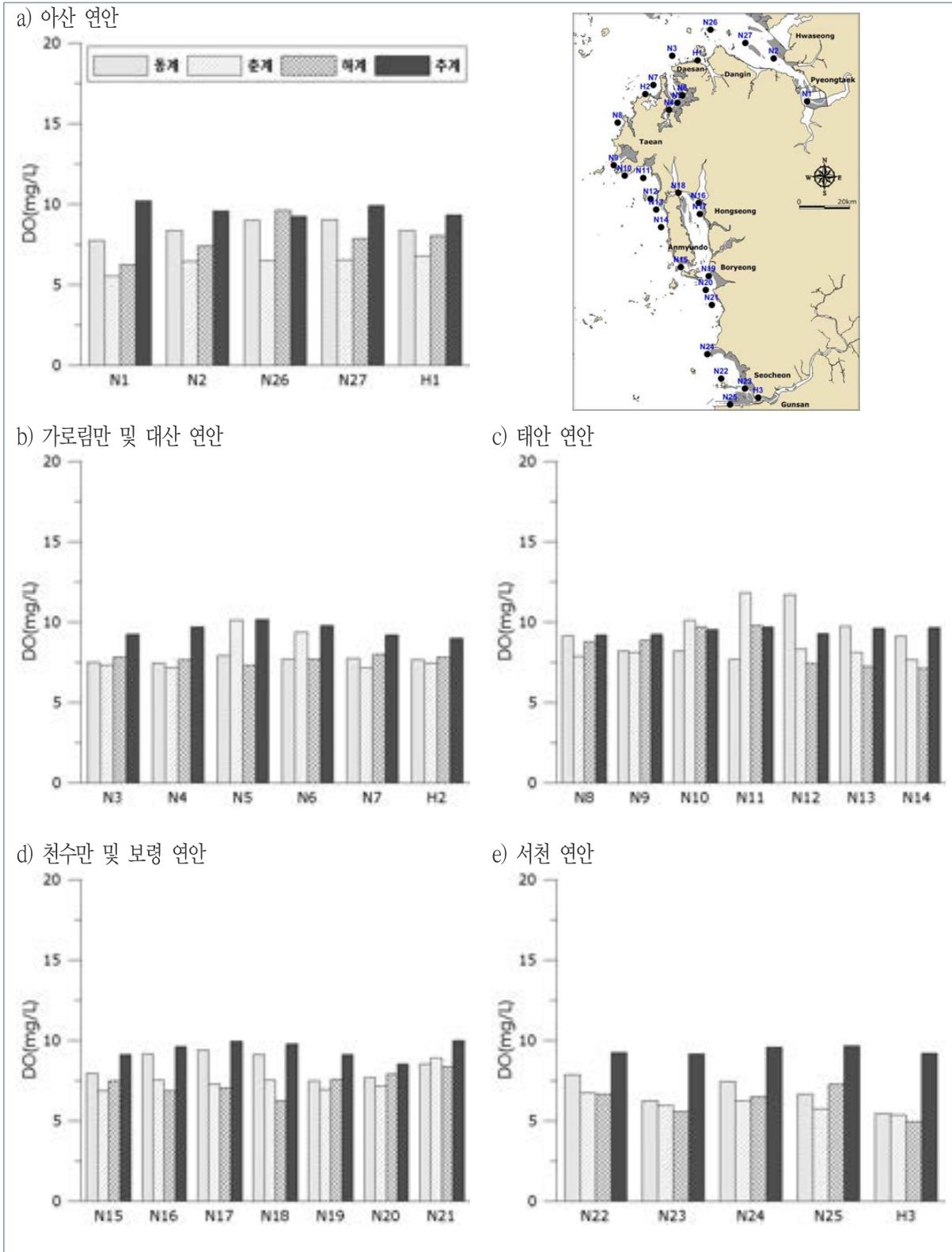
[그림 2-9] 염분의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



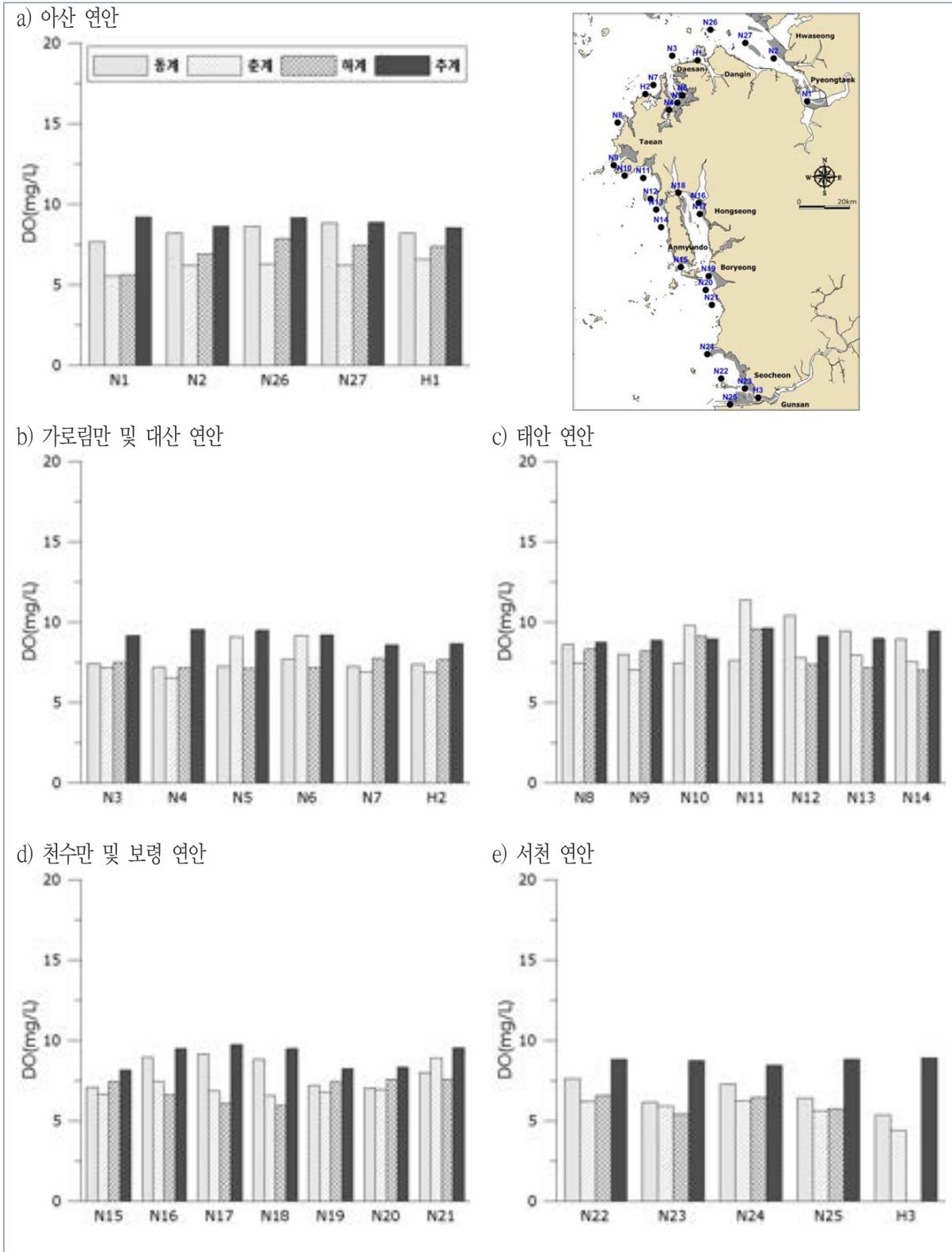
[그림 2-10] pH의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



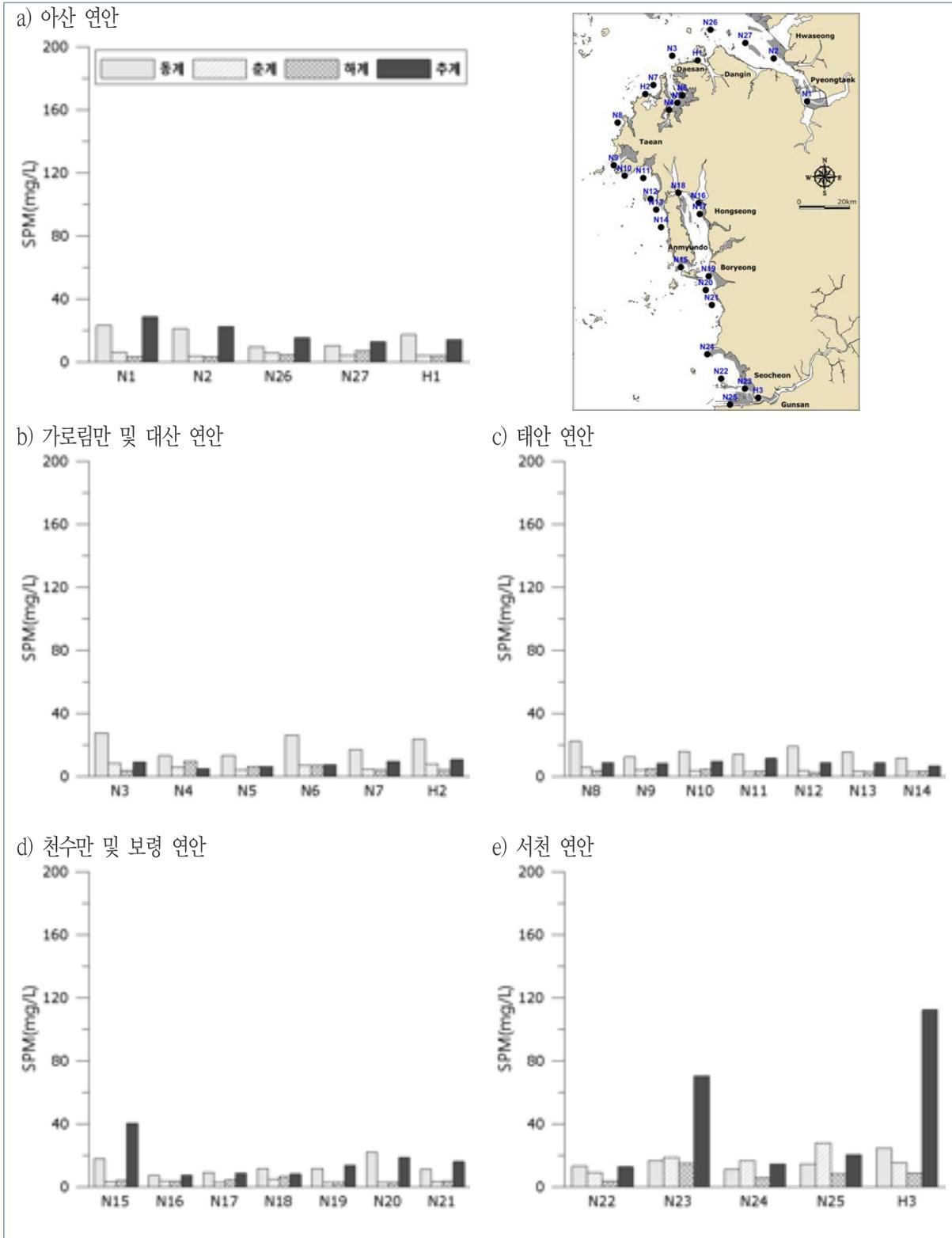
[그림 2-11] pH의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



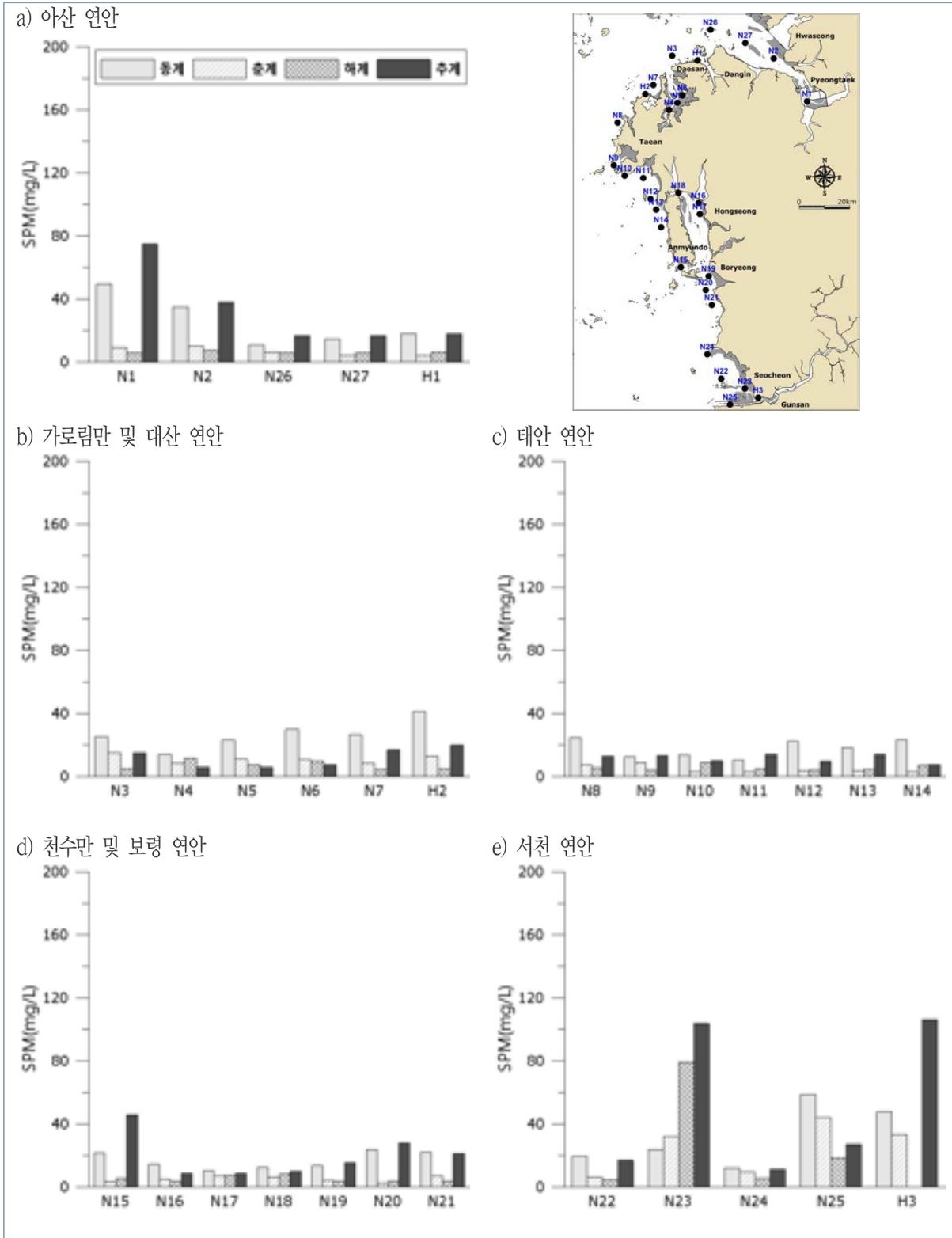
[그림 2-12] 용존산소(DO)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



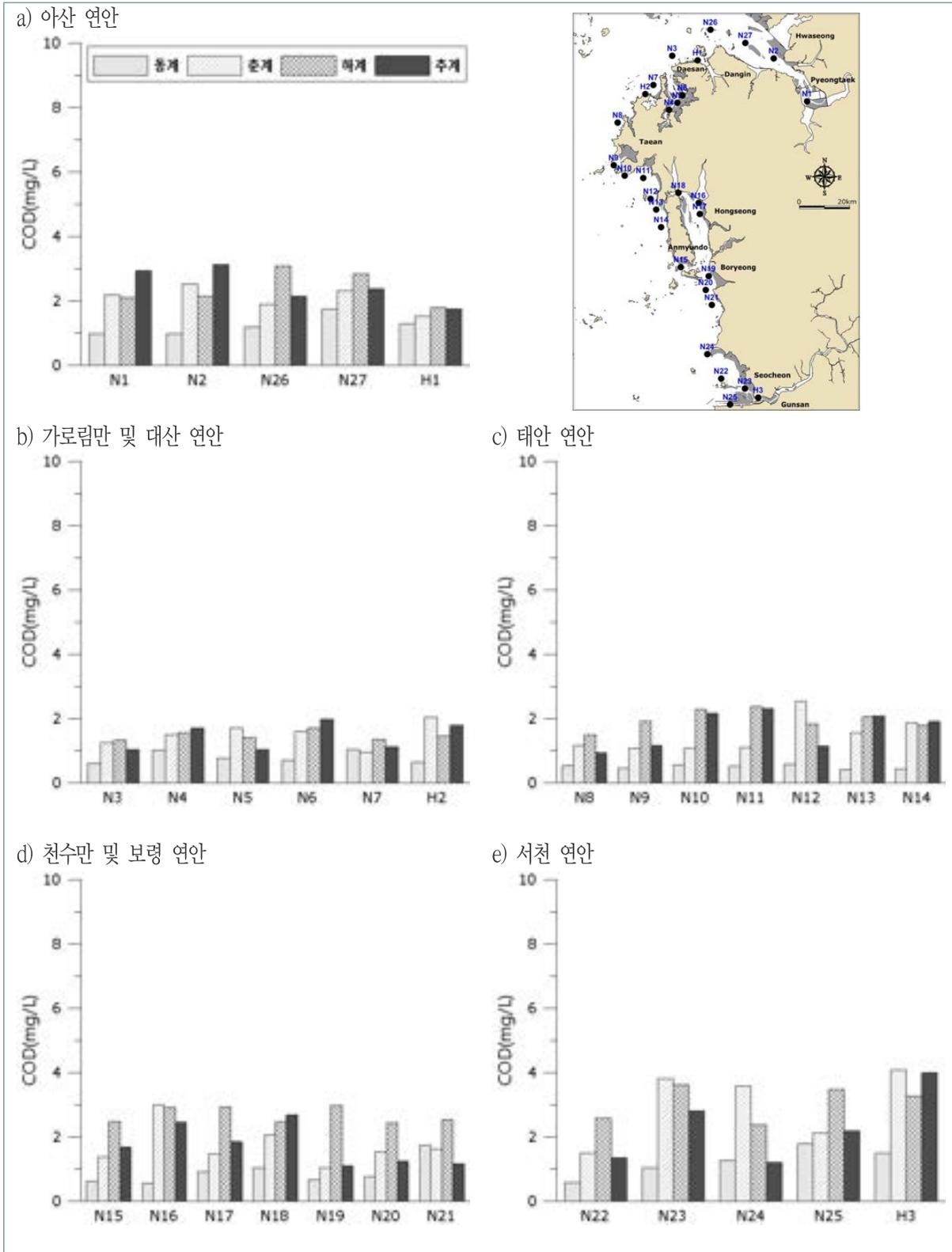
[그림 2-13] 용존산소(DO)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



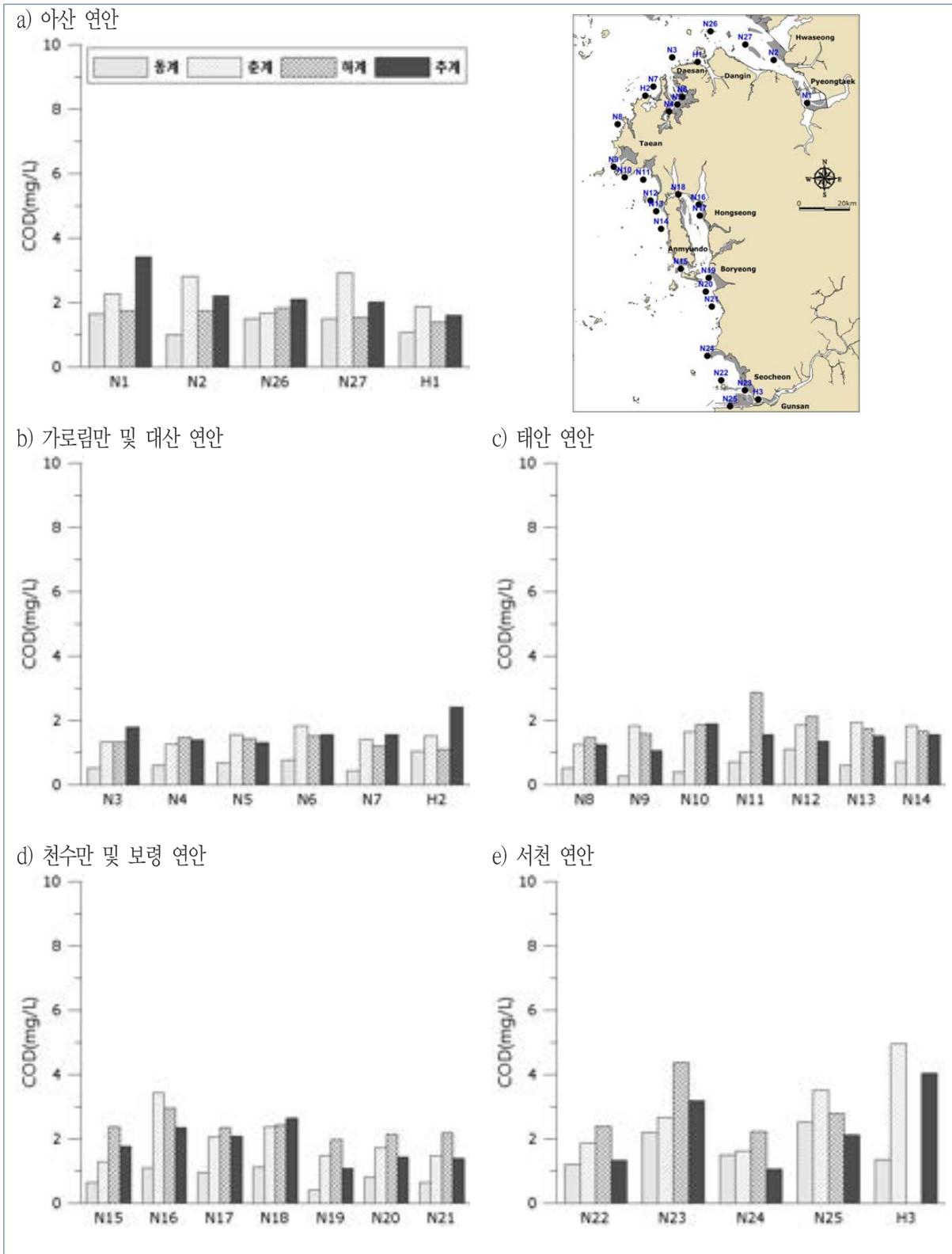
[그림 2-14] 부유물질(SPM)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



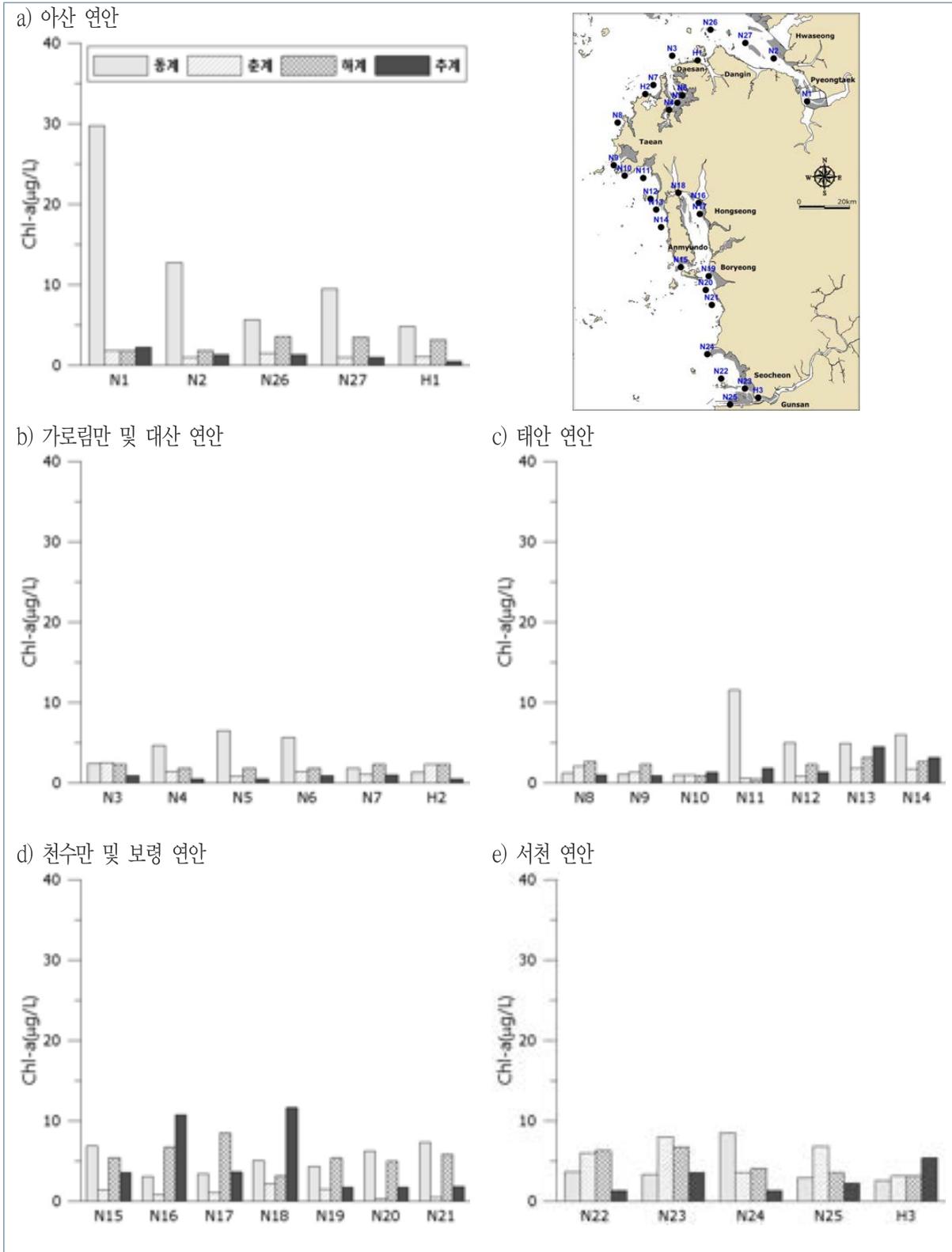
[그림 2-15] 부유물질(SPM)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



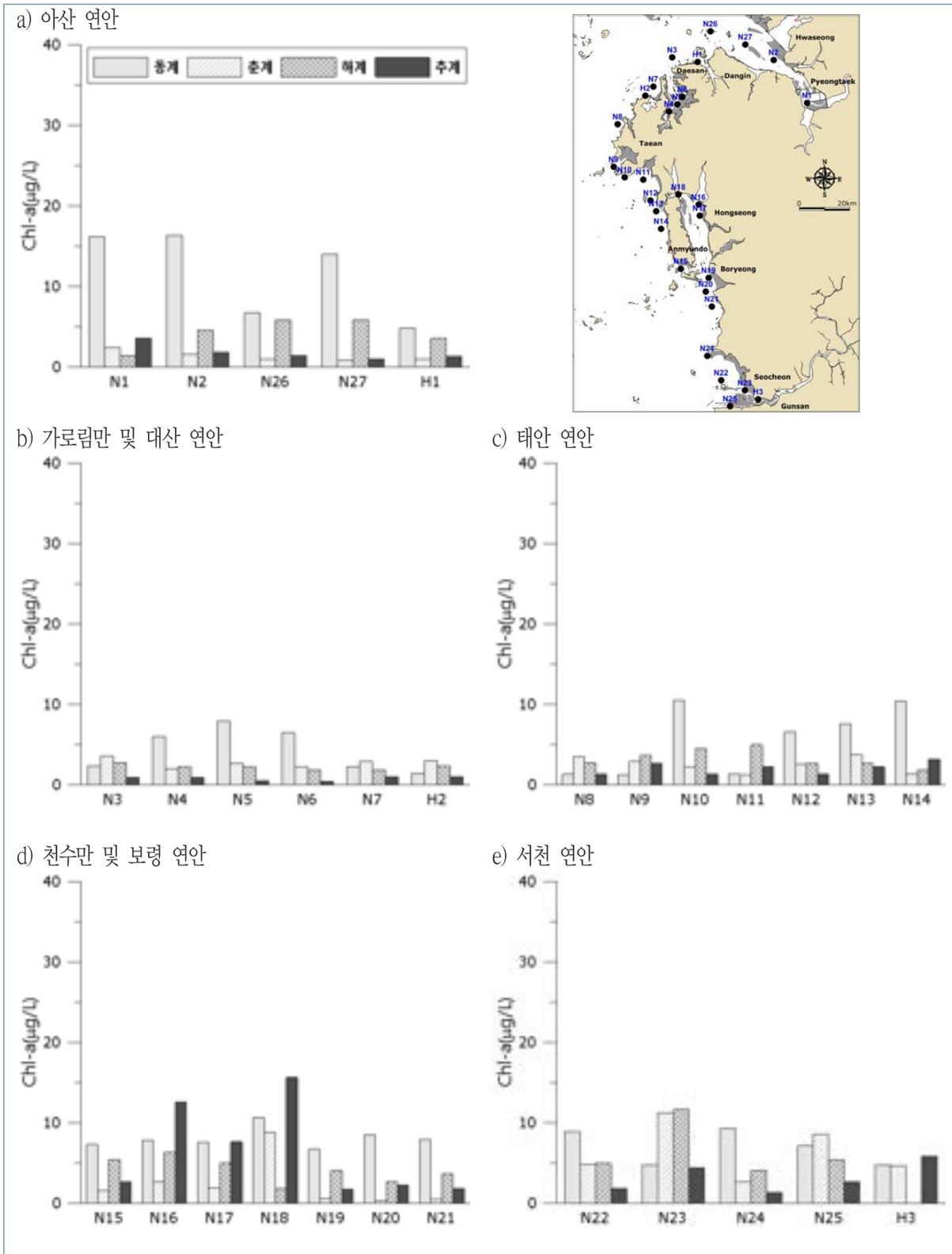
[그림 2-16] 화학적 산소요구량(COD)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



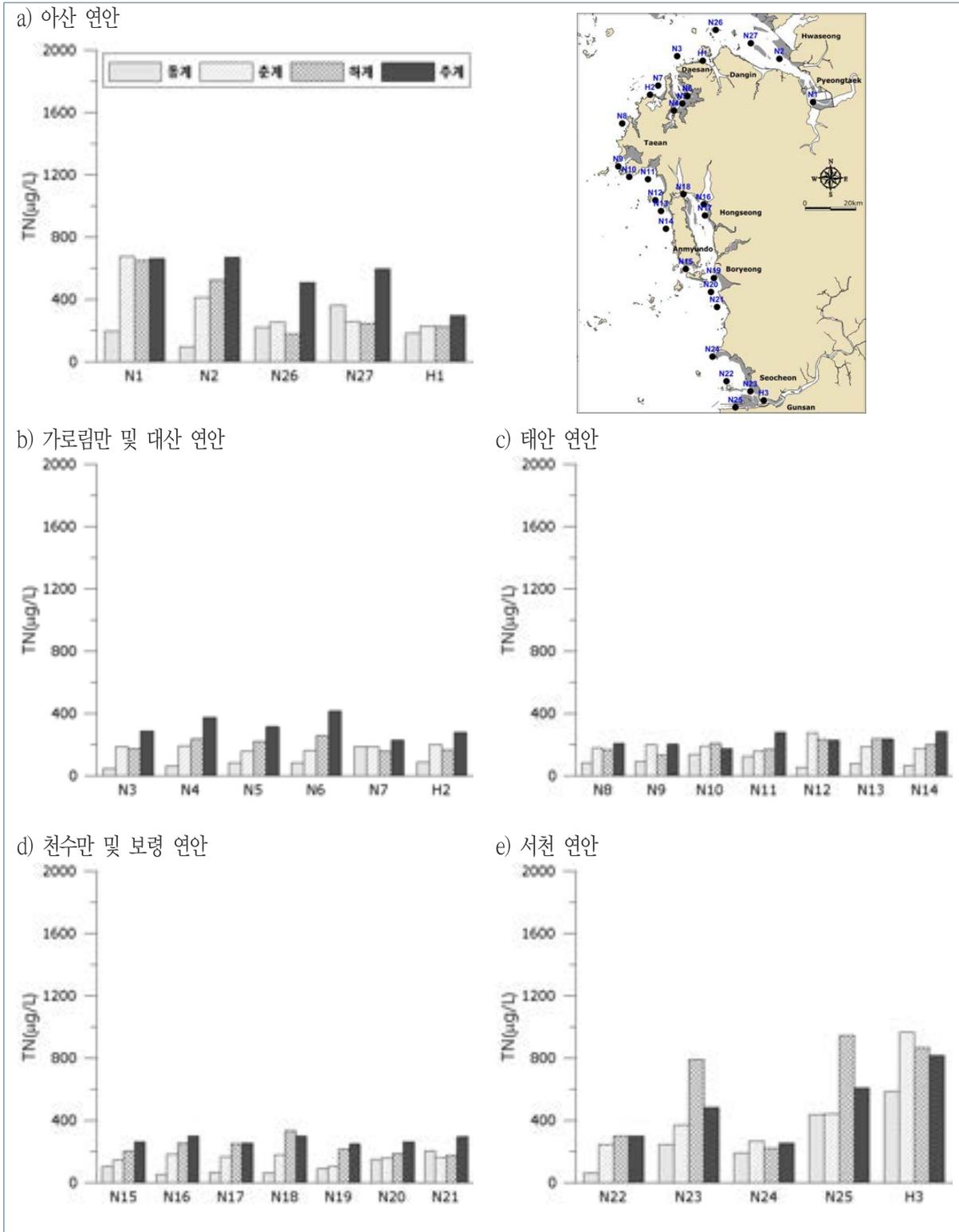
[그림 2-17] 화학적 산소요구량(COD)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



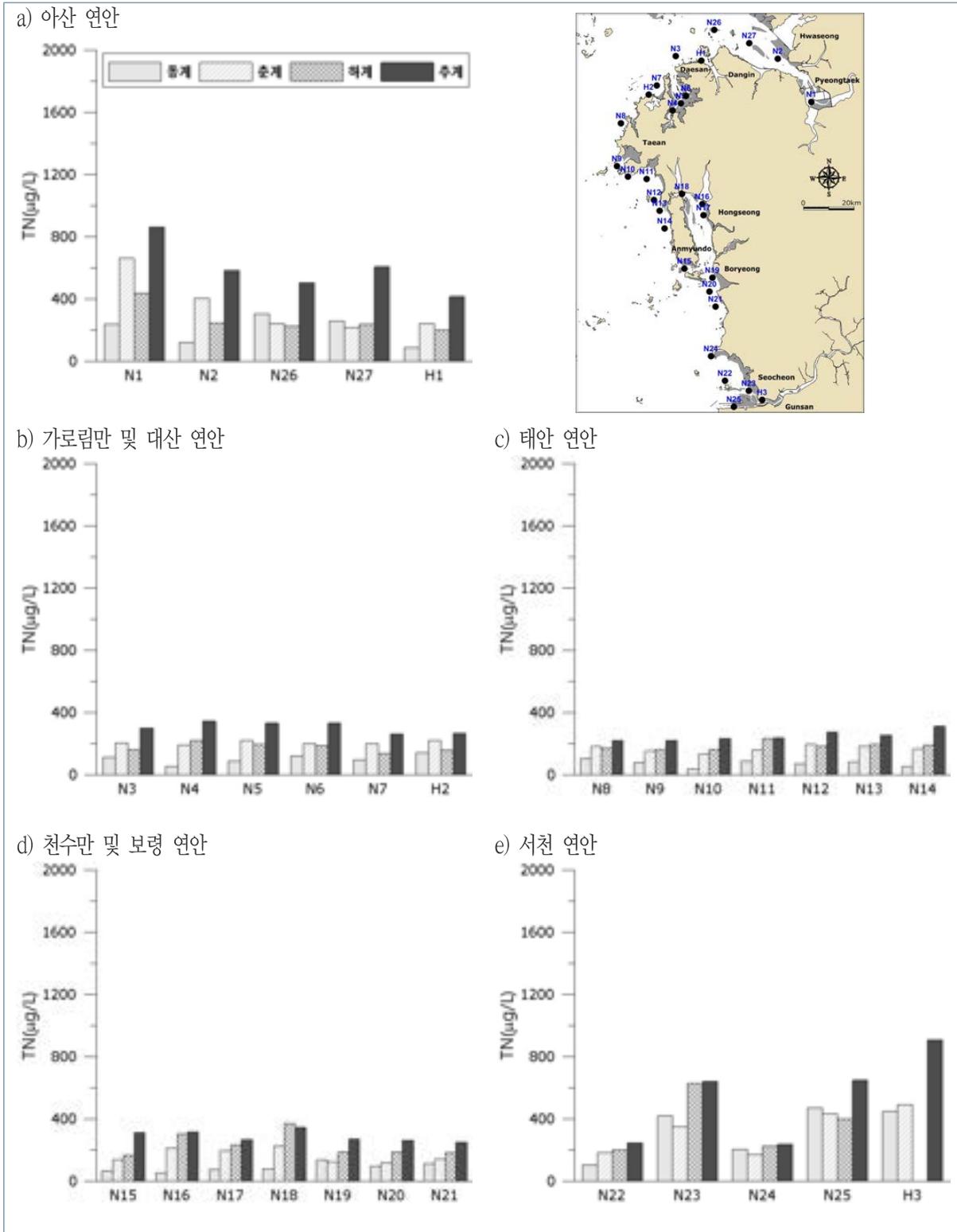
[그림 2-18] 엽록소 a 농도의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



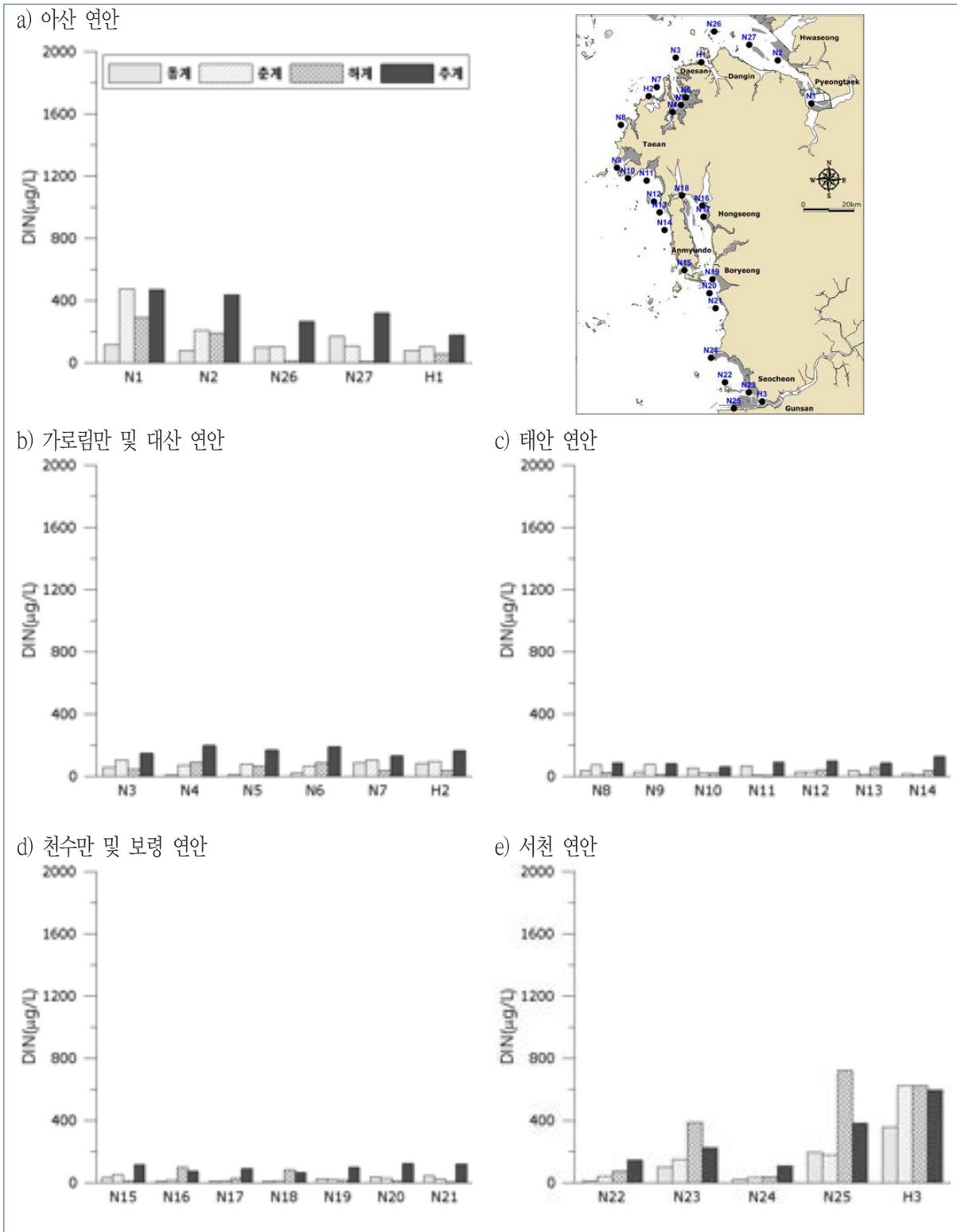
[그림 2-19] 엽록소 a 농도의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



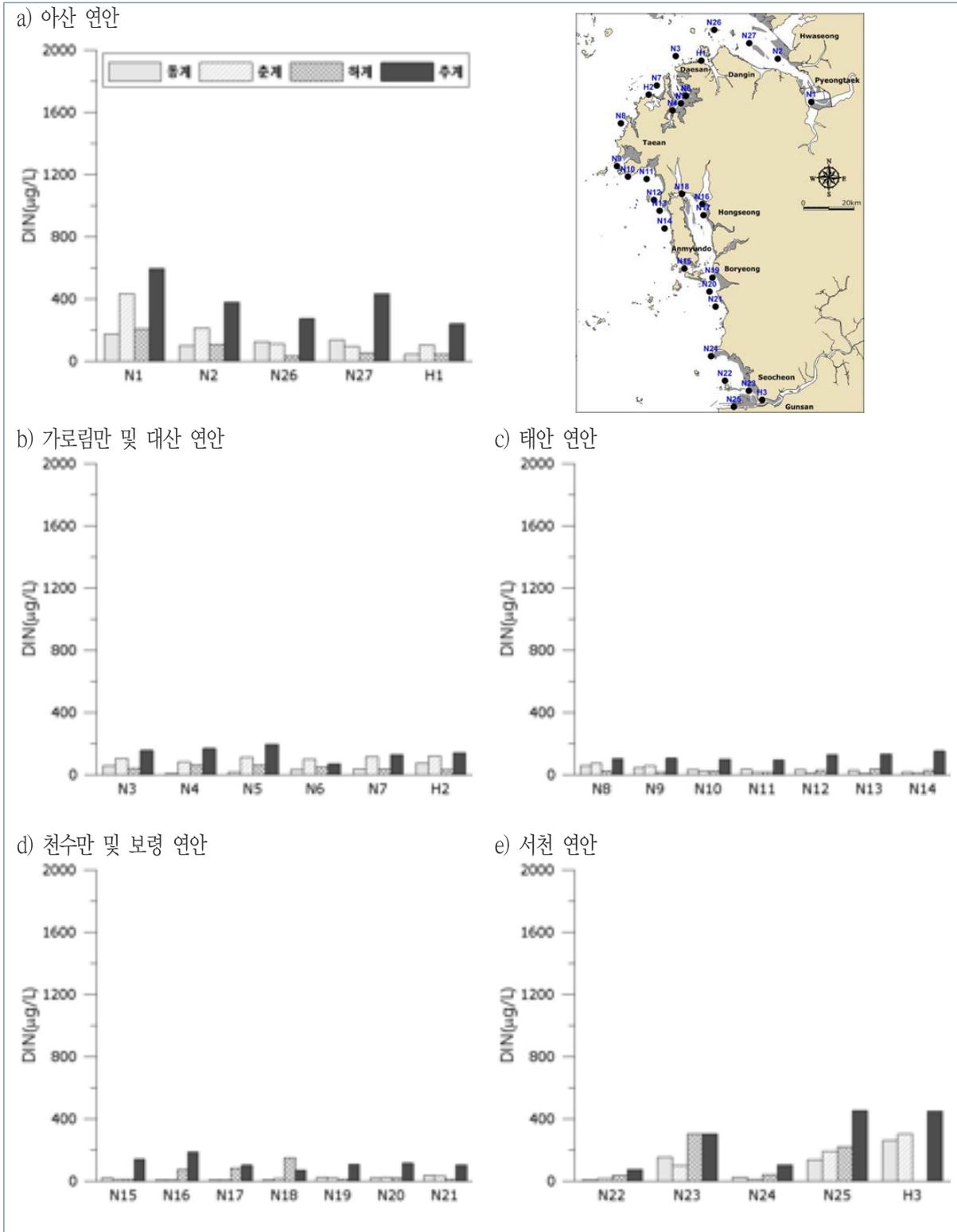
[그림 2-20] 총질소(TN)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



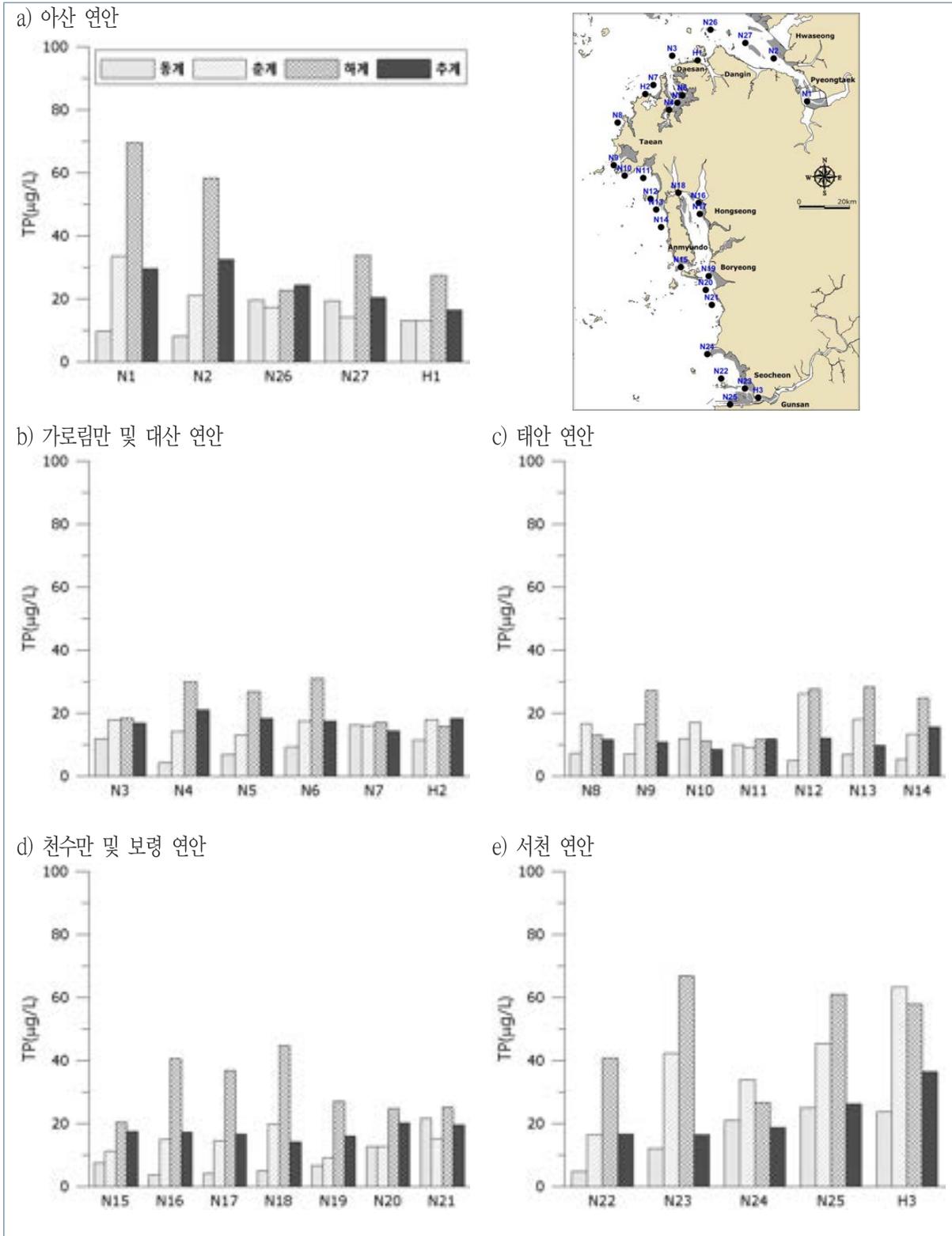
[그림 2-21] 총질소(TN)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



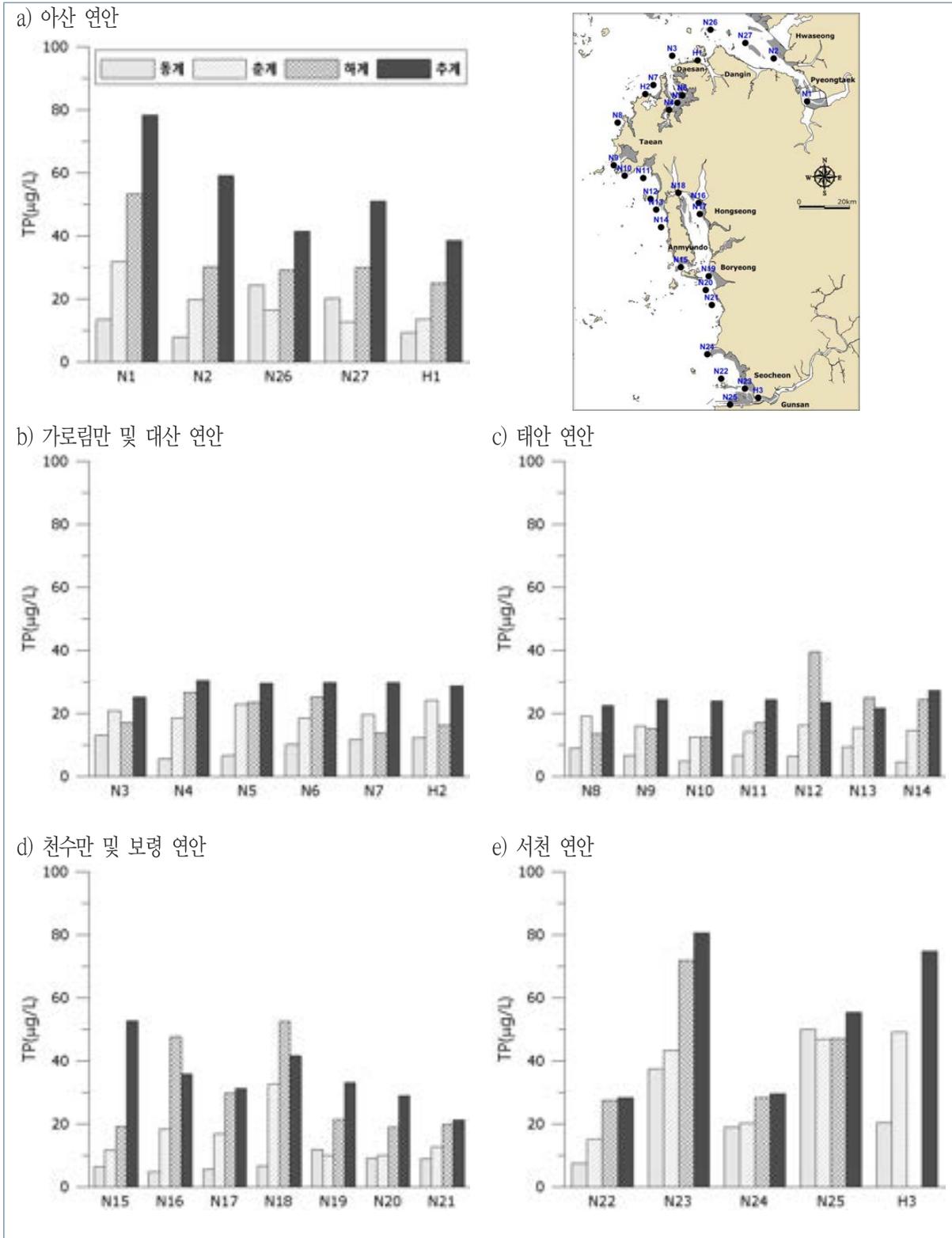
[그림 2-22] 용존무기질소(DIN)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



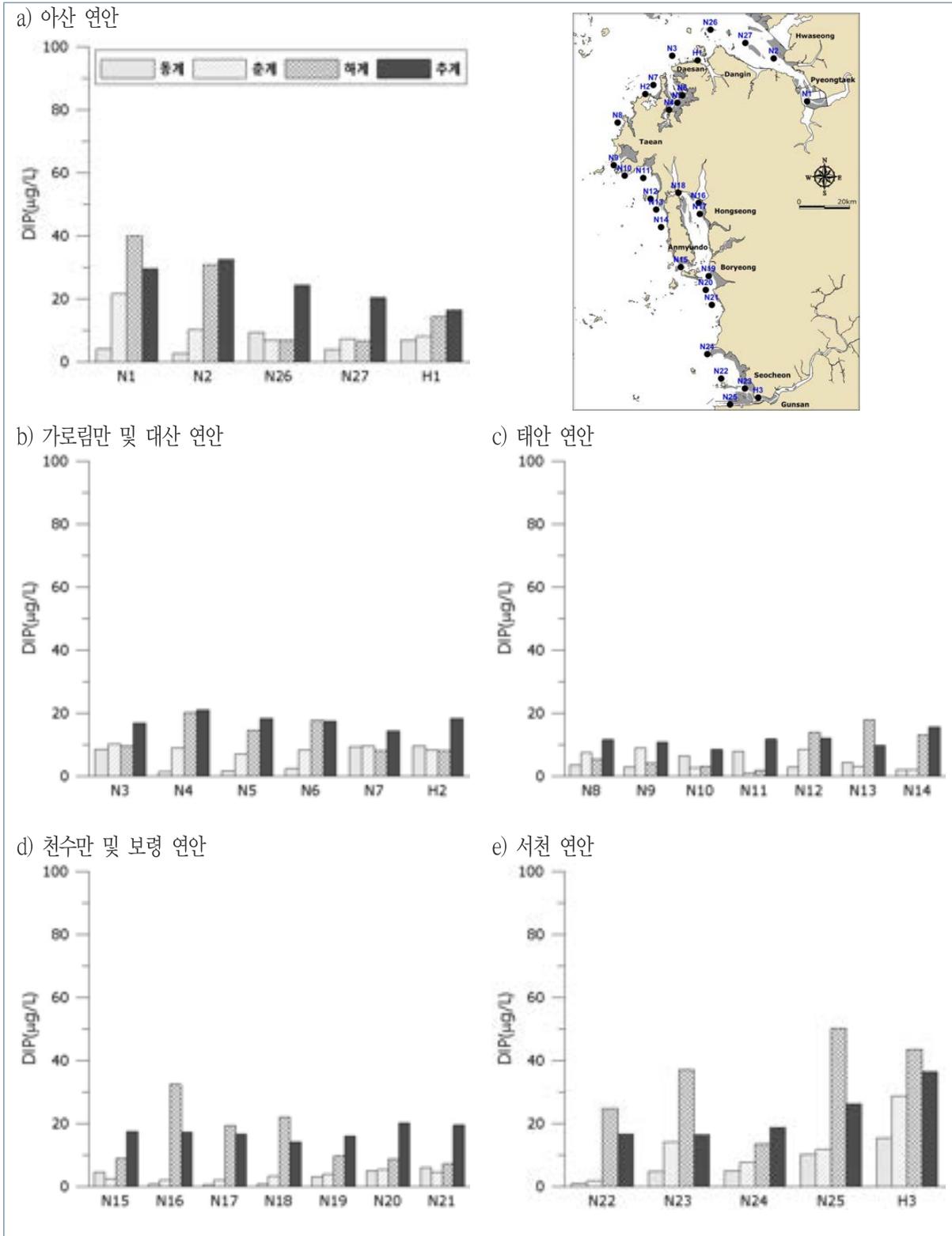
[그림 2-23] 용존무기질소(DIN)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



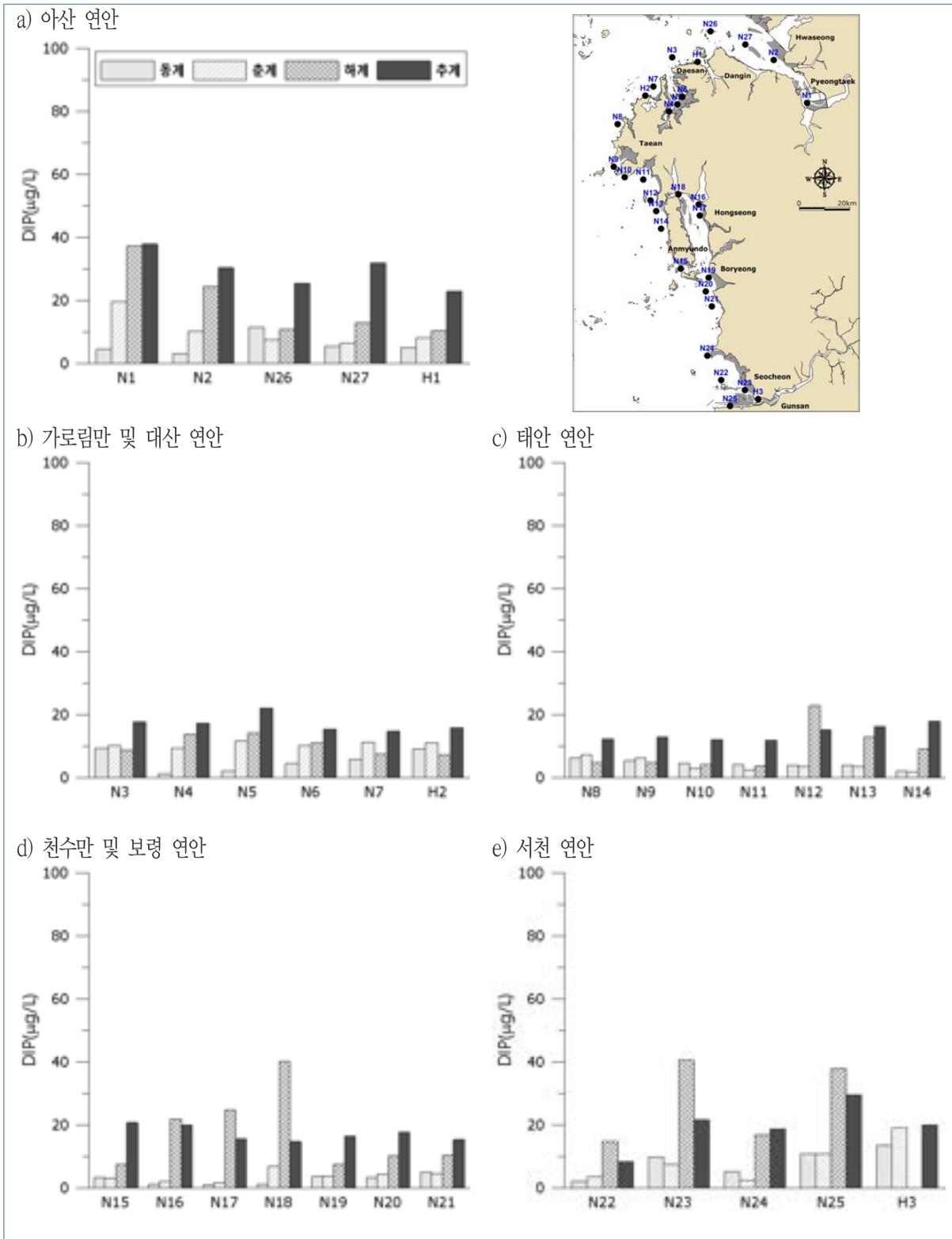
[그림 2-24] 총인(TP)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



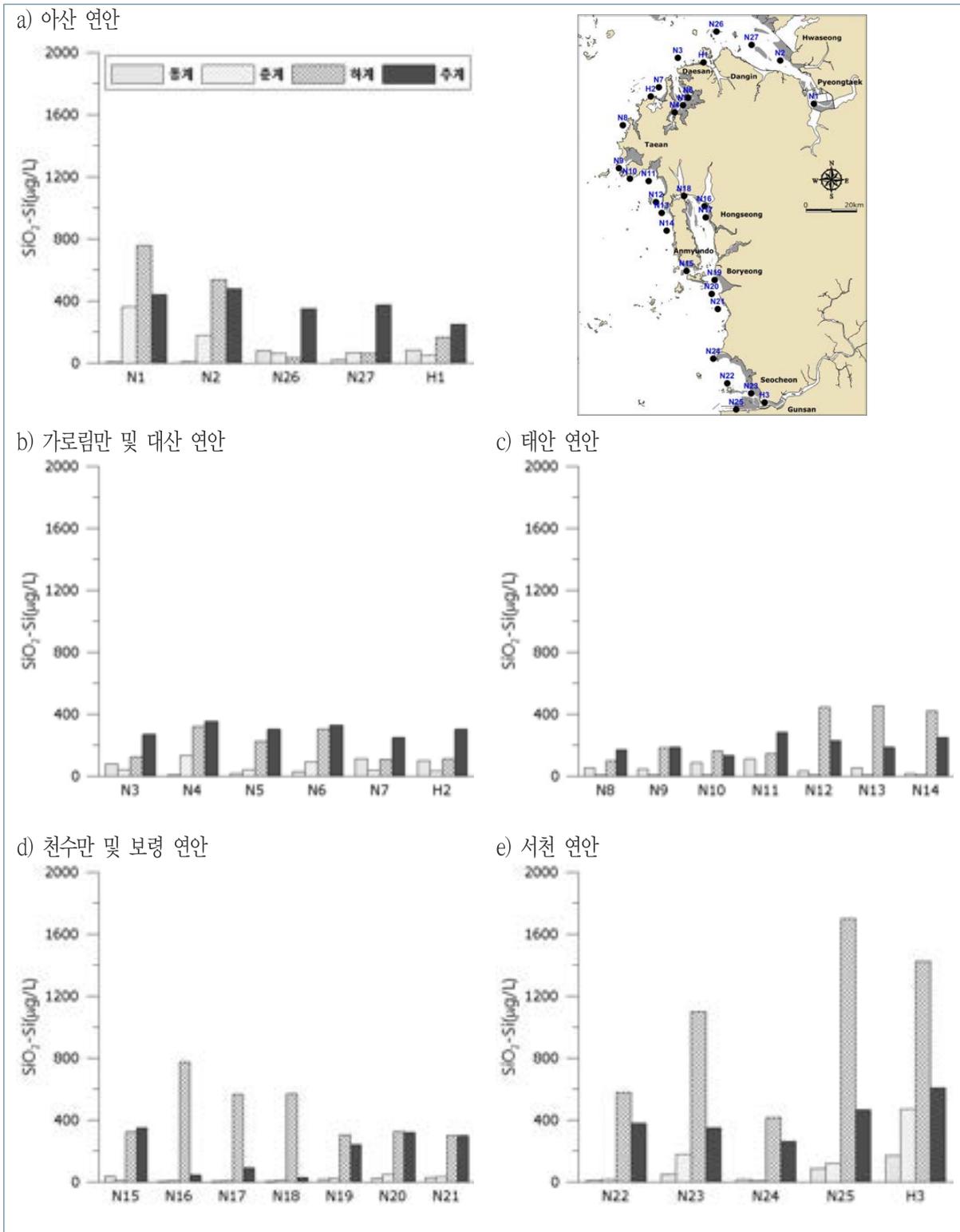
[그림 2-25] 총인(TP)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



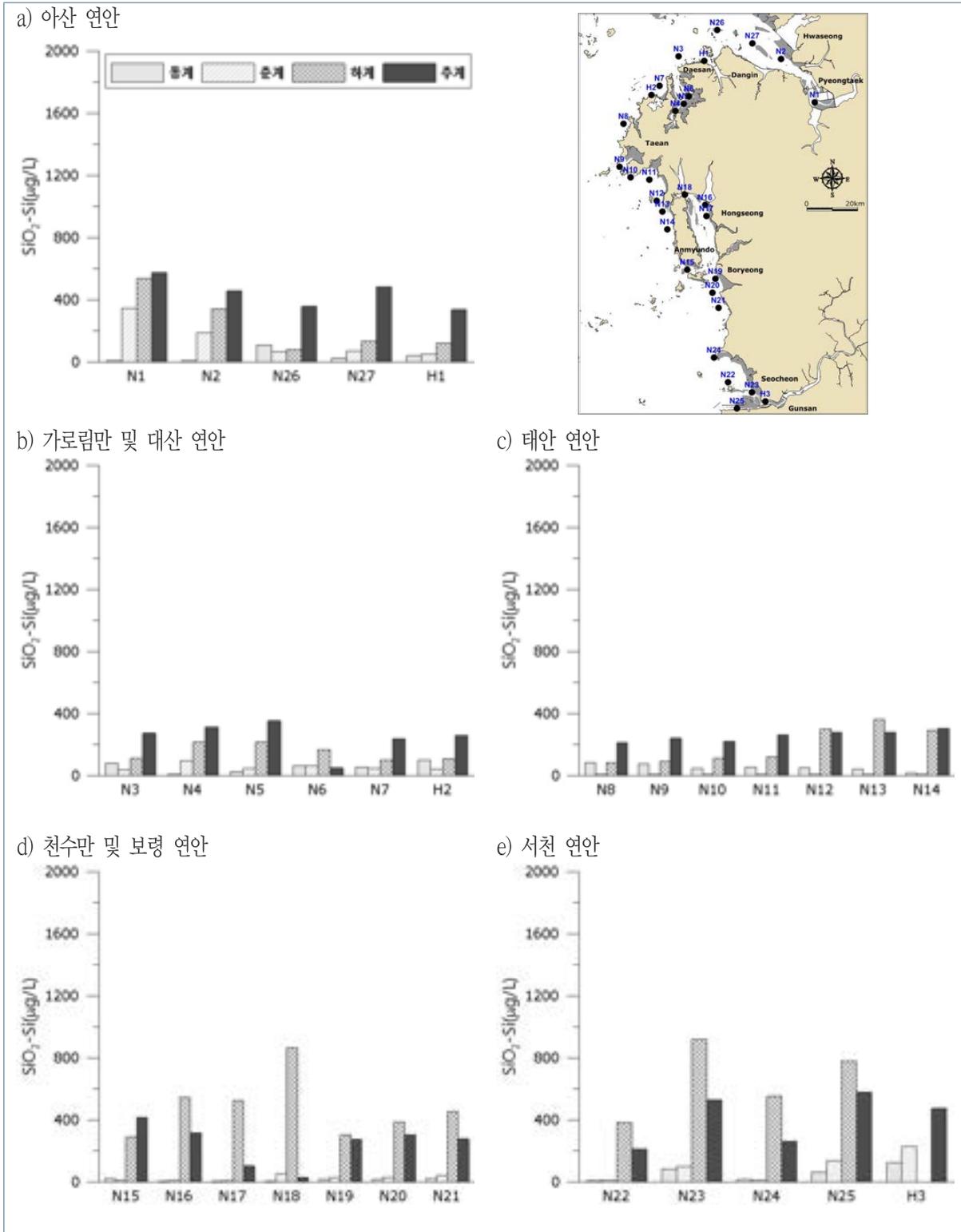
[그림 2-26] 용존무기인(DIP)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



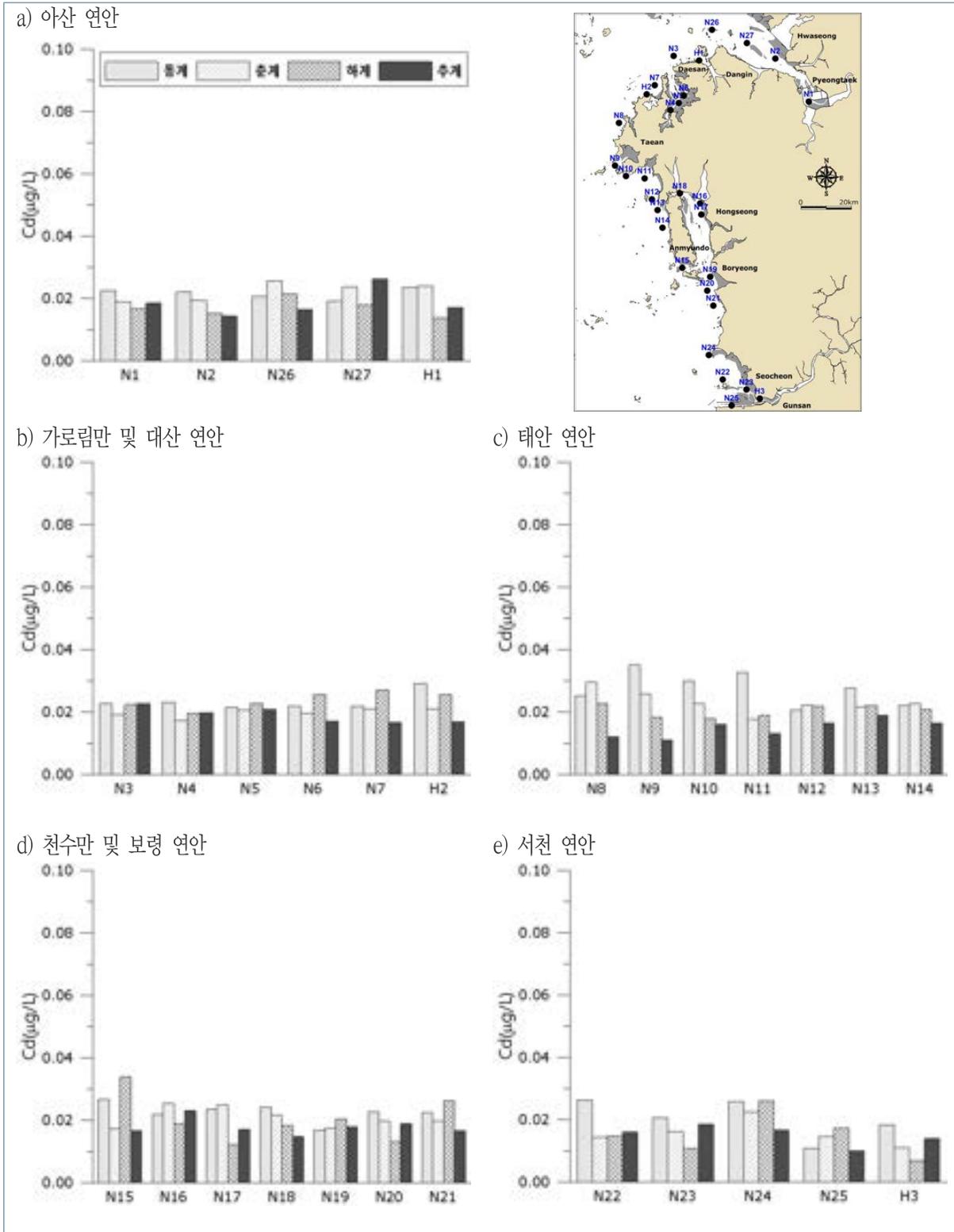
[그림 2-27] 용존무기인(DIP)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



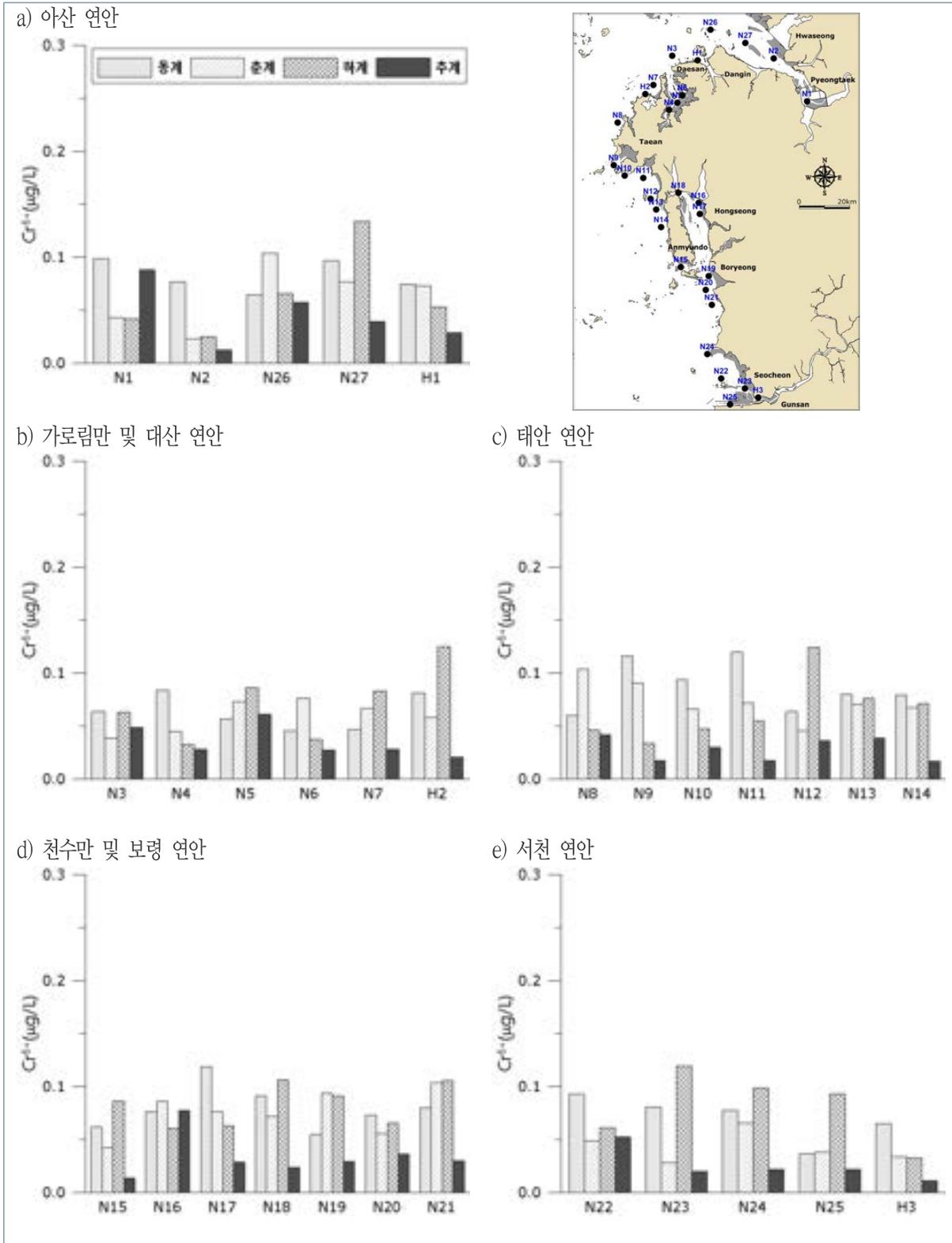
[그림 2-28] 규산염(SiO<sub>2</sub>-Si)의 계절 변화 및 정점별 분포(표층)



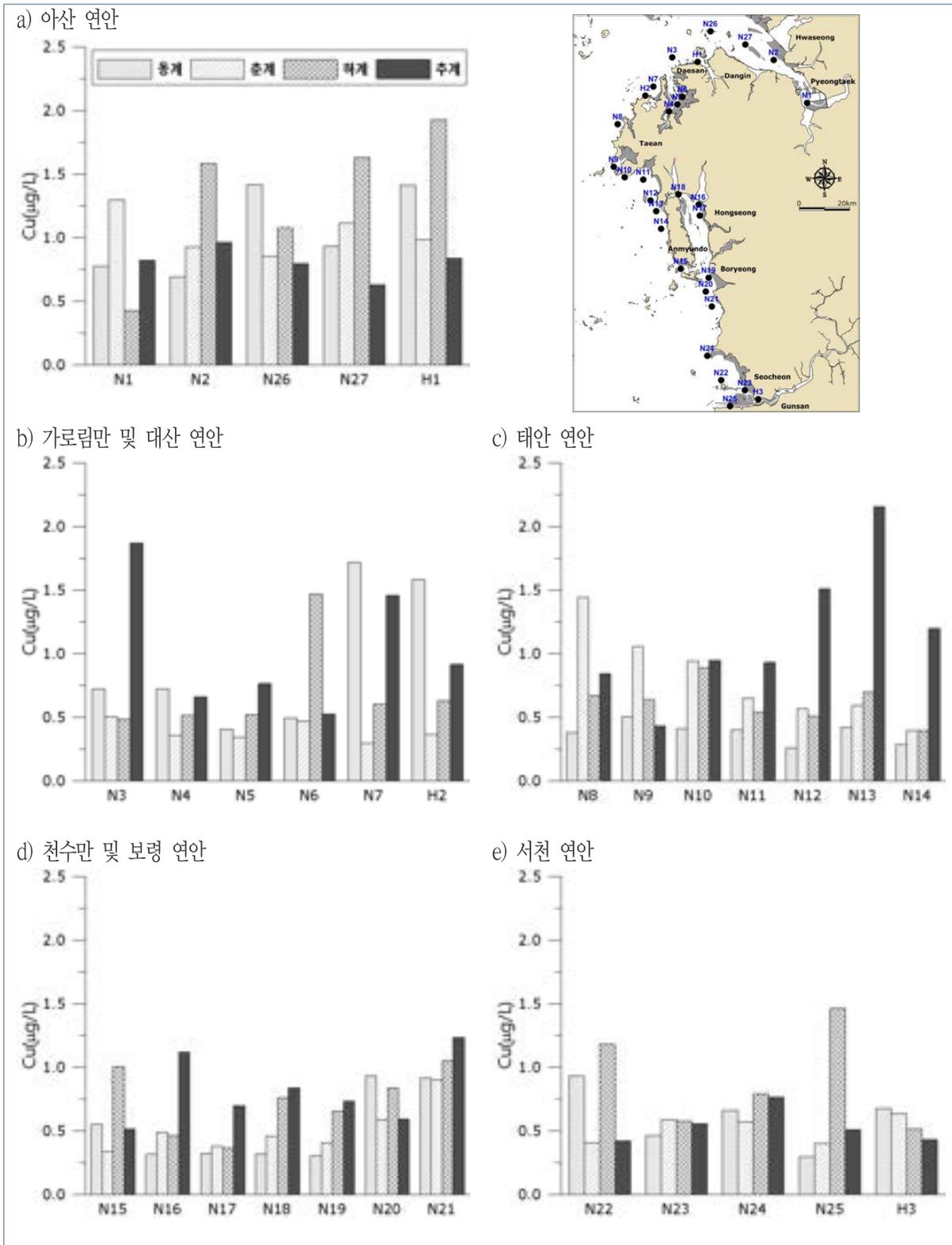
[그림 2-29] 규산염(SiO<sub>2</sub>-Si)의 계절 변화 및 정점별 분포(저층)



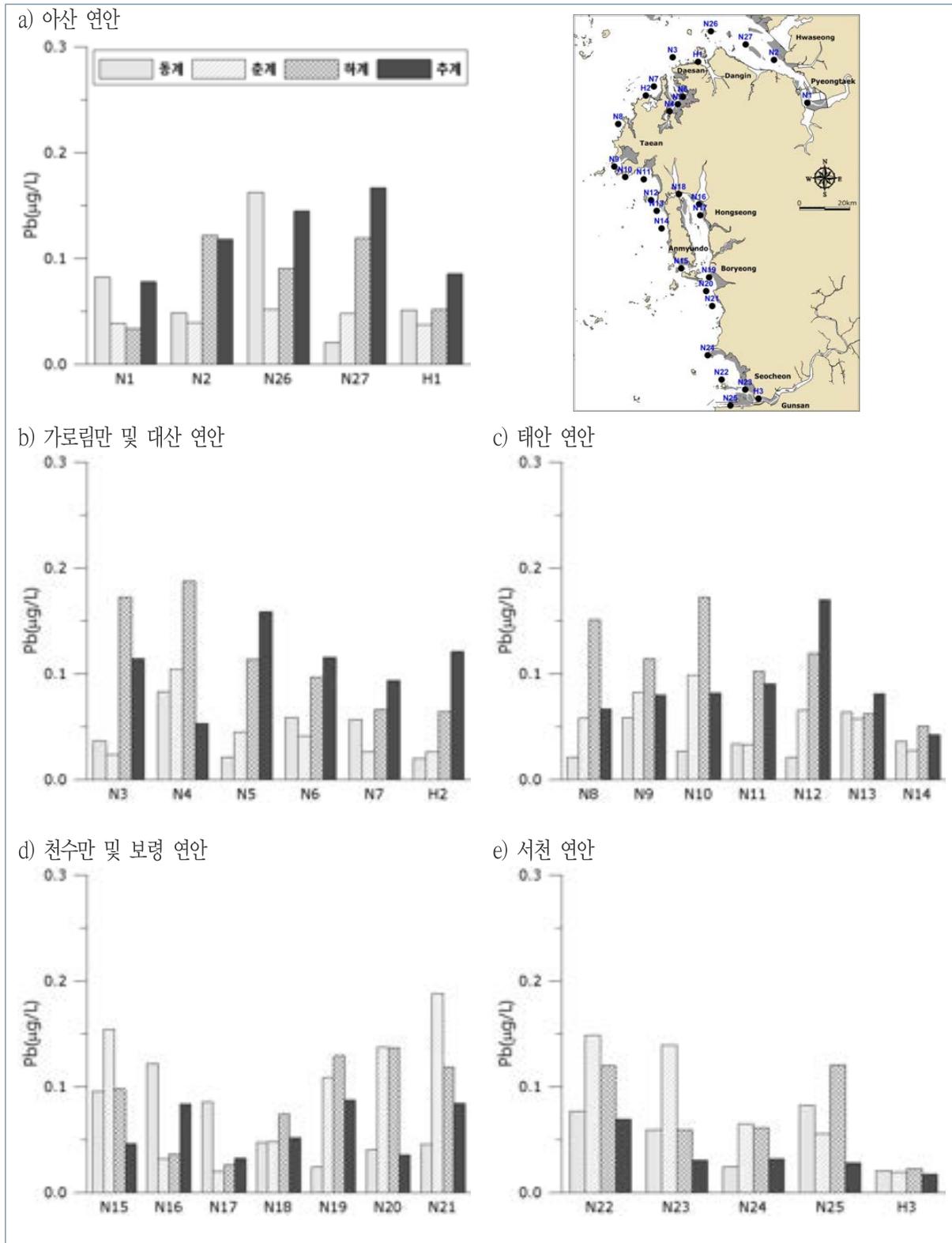
[그림 2-30] 카드뮴(Cd)의 계절 변화 및 정점별 분포



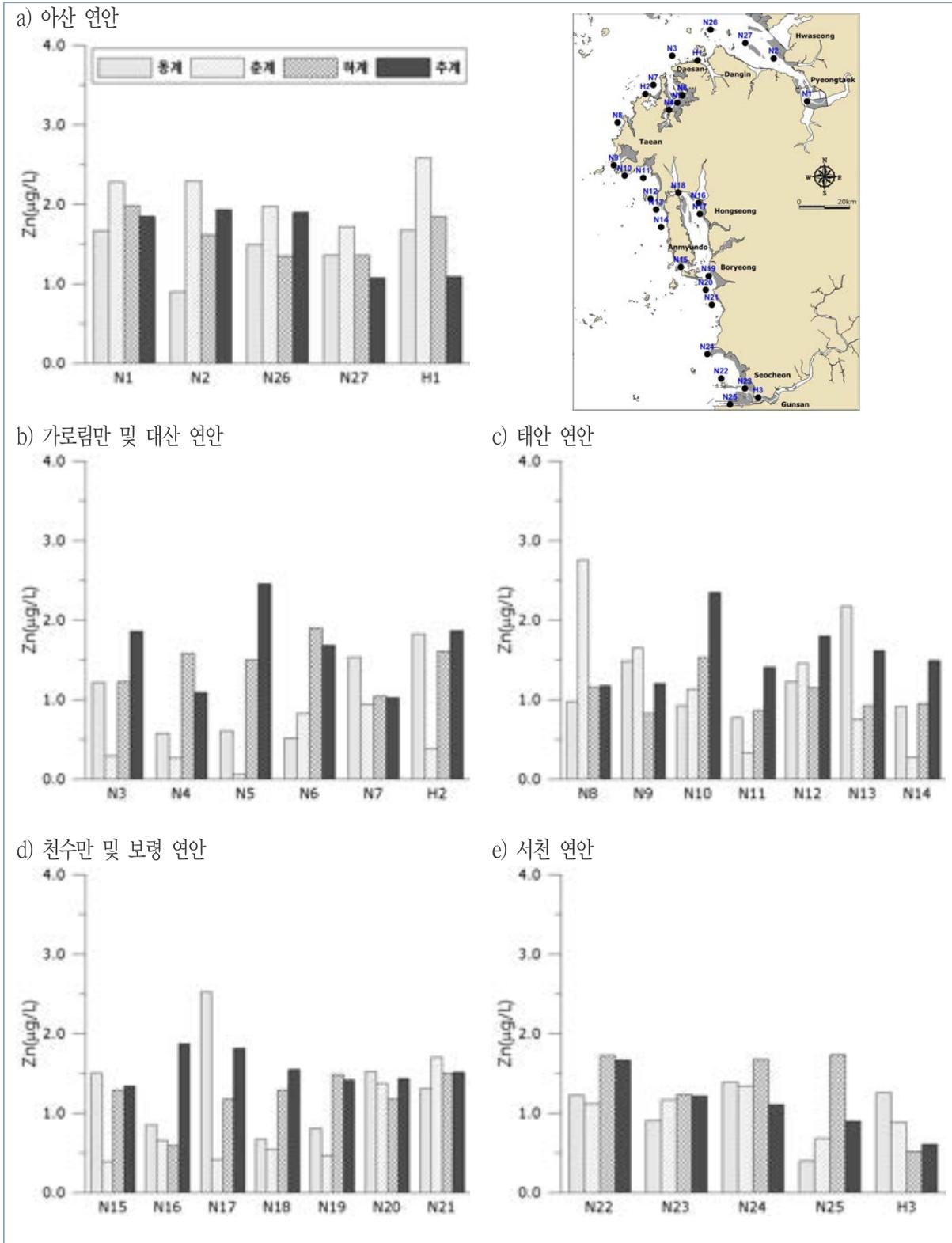
[그림 2-31] 크롬(Cr)의 계절 변화 및 정점별 분포



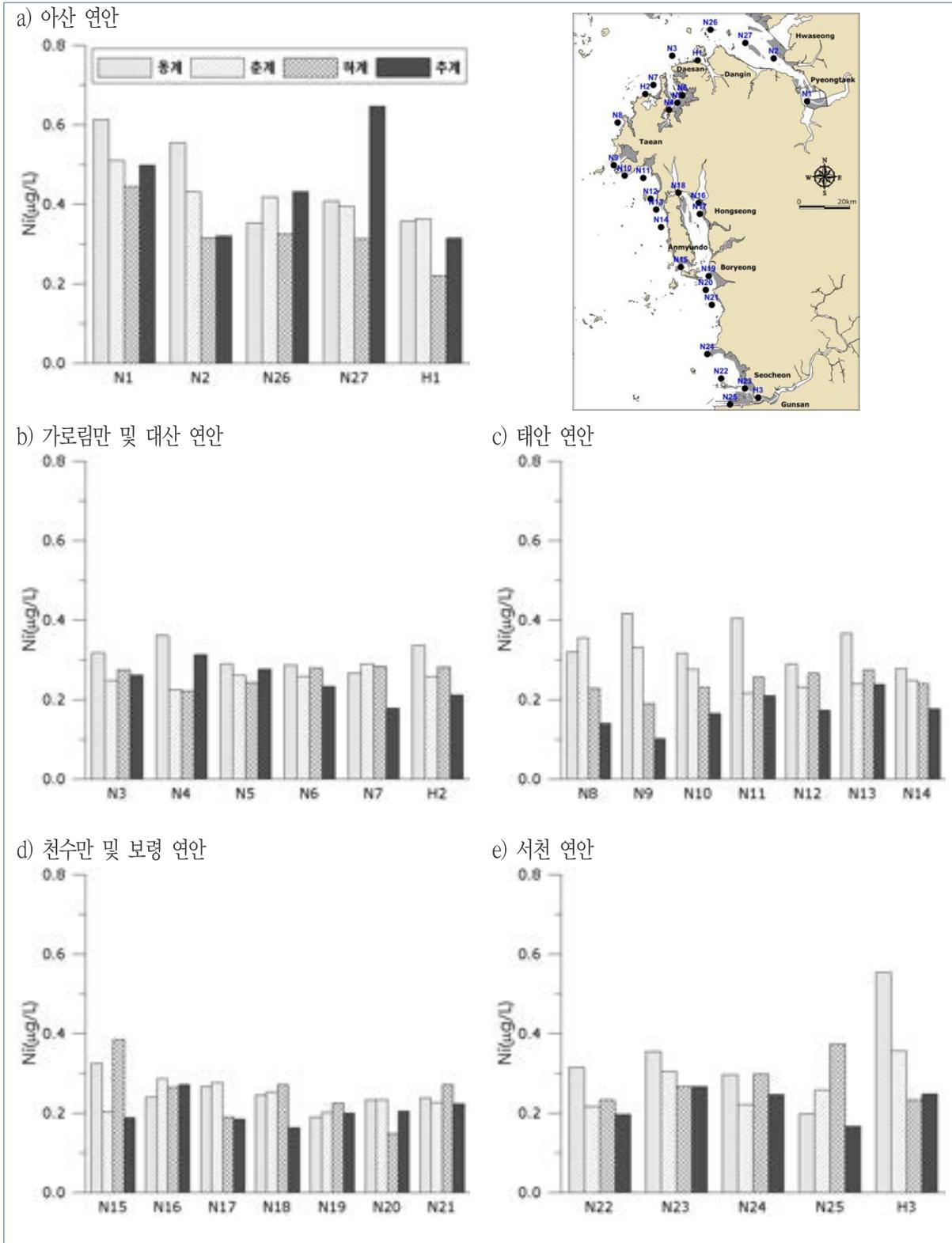
[그림 2-32] 구리(Cu)의 계절 변화 및 정점별 분포



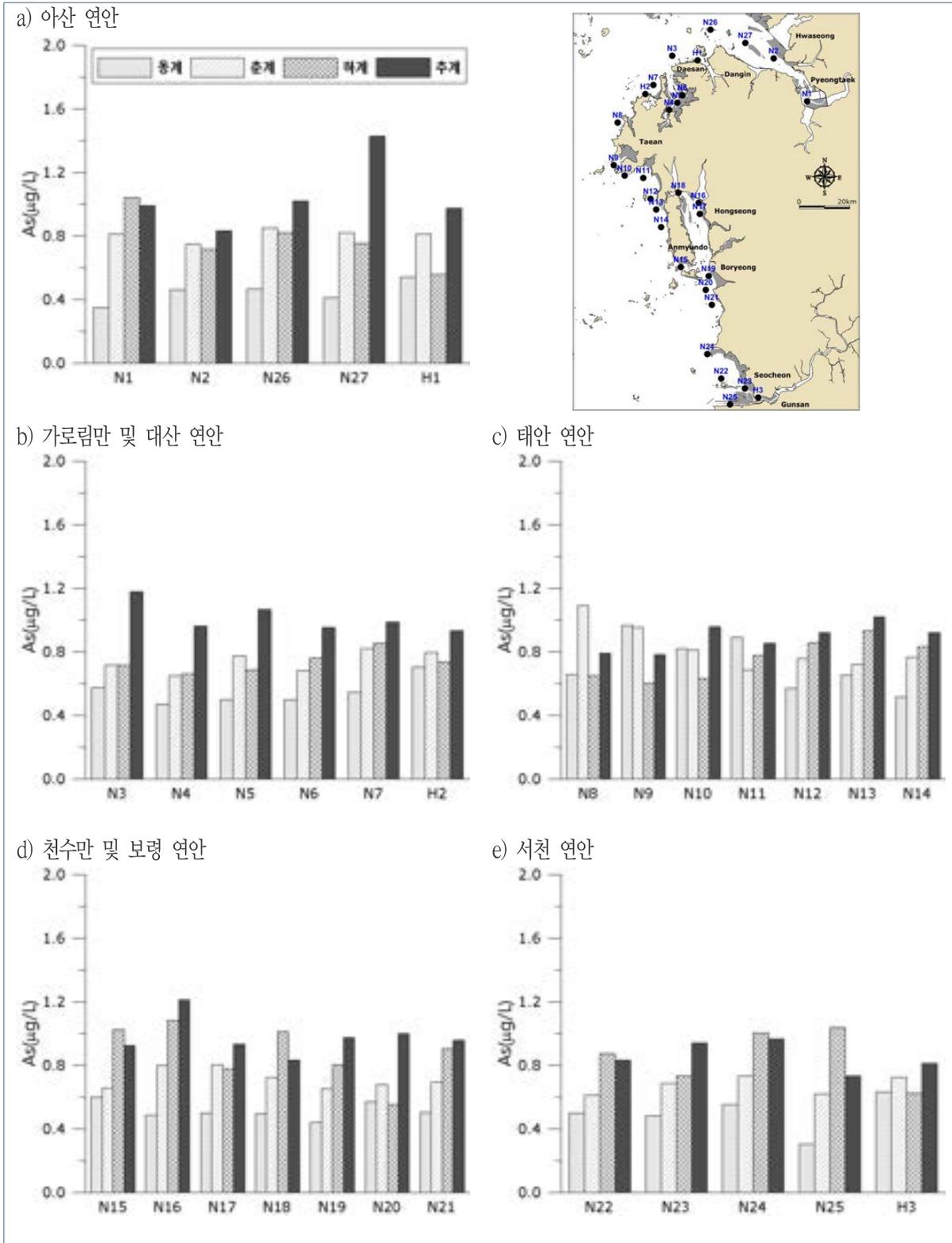
[그림 2-33] 납(Pb)의 계절 변화 및 정점별 분포



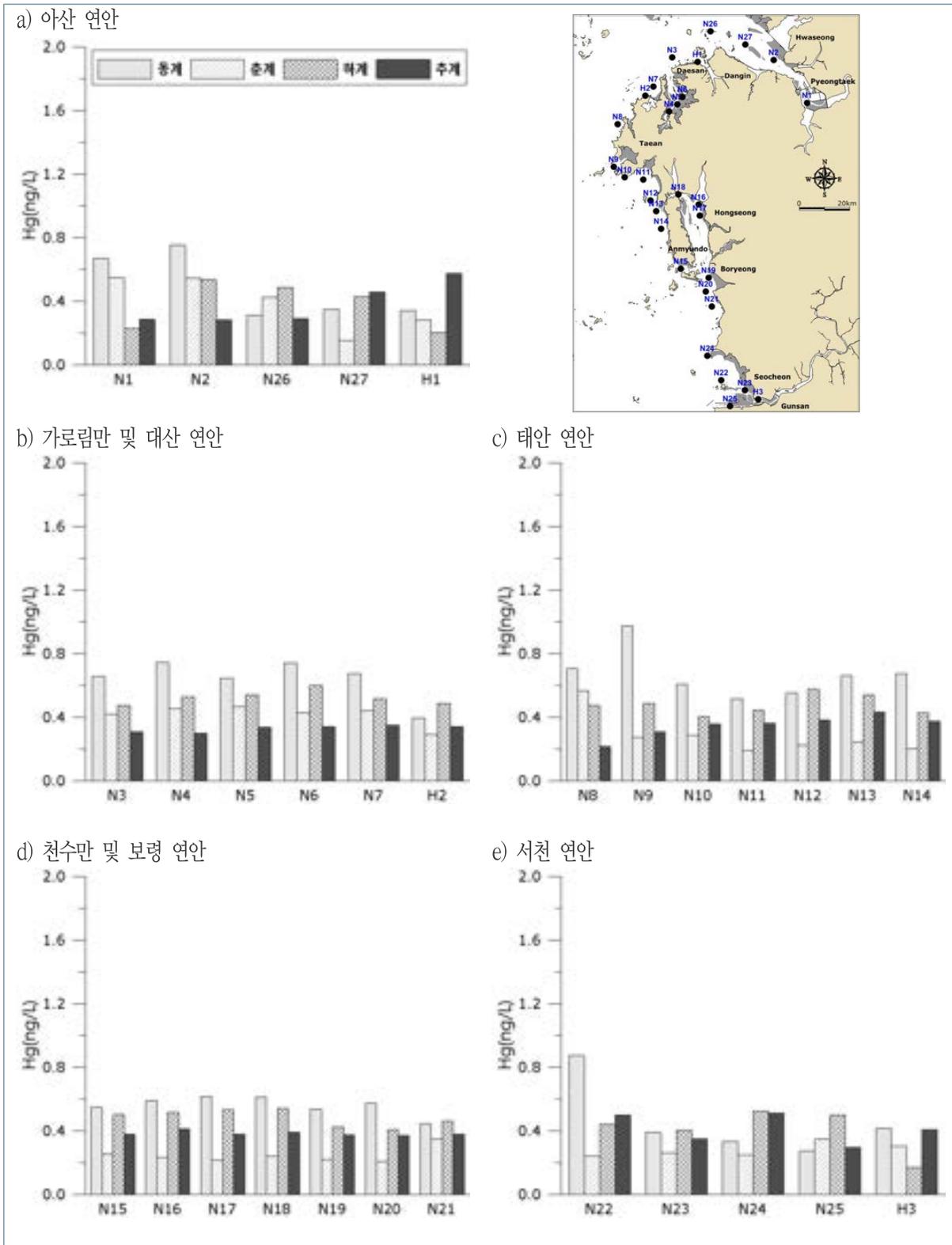
[그림 2-34] 아연(Zn)의 계절 변화 및 정점별 분포



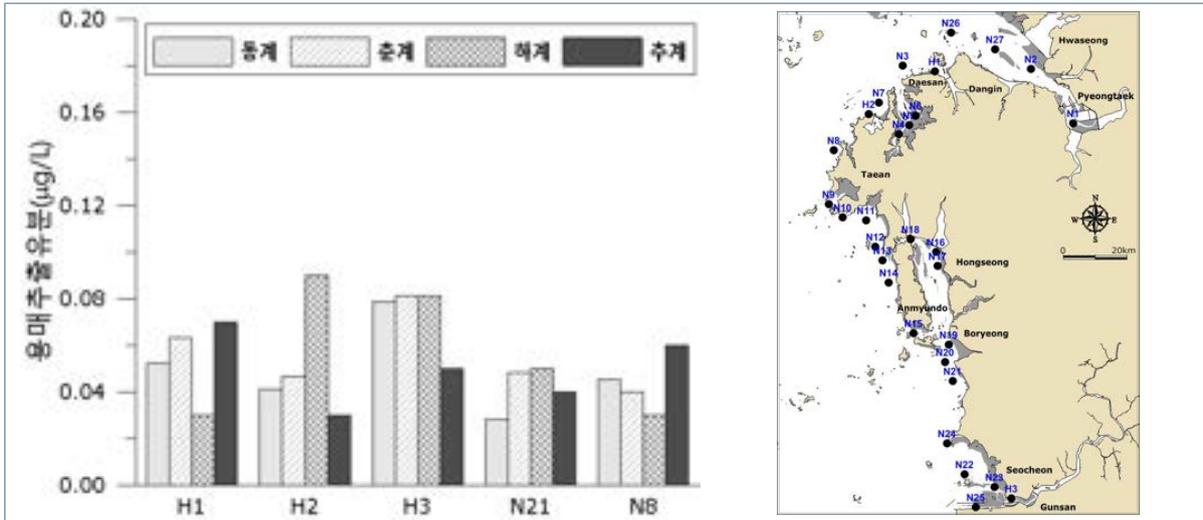
[그림 2-35] 니켈(Ni)의 계절 변화 및 정점별 분포



[그림 2-36] 비소(As)의 계절 변화 및 정점별 분포



[그림 2-37] 수은(Hg)의 계절 변화 및 정점별 분포



[그림 2-38] 유분의 계절 변화 및 정점별 분포

### (12) 생태기반 해수수질 기준

- 계절별 조사 결과를 바탕으로 생태기반 정점별 해수 수질 기준(수질평가지수, WQI)을 [표 2-21]~[표 2-24], [그림 2-39]에 제시하였음
- 생태기반 해수수질 기준을 산정하기 위해 대한민국 생태구역 구분도에서 서해중부생태구의 기준값을 적용하여 수질평가지수(Water Quality Index, WQI)를 산정하였음[그림 2-40]

#### ■ 동계

- 동계 30개 정점의 WQI산정 결과 Ⅲ등급(보통) 비율은 36.7%, Ⅳ등급(나쁨)~Ⅴ등급(매우 나쁨) 비율은 63.3%로 나타났음
- Ⅴ등급(매우 나쁨) 4개 정점 중 3개 정점이 아산 연안과 서천 연안에서 나타났으며, Chl-a, 투명도 점수가 크게 기여함
  - 서천 연안의 수질 점수 : 68점 (※ Ⅴ등급 기준 : 60점 이상)

#### ■ 춘계

- 춘계 30개 정점의 WQI산정 결과 Ⅰ등급(매우 좋음)~Ⅱ등급(좋음) 비율은 36.7%이고, Ⅲ등급(보통) 비율은 43.3%, Ⅳ등급(나쁨)~Ⅴ등급(매우 나쁨) 비율은 20.0%로 나타남
  - 1단계(2015년) 용역착수 이후 가장 나쁜 수준을 보임
- Ⅴ등급(매우 나쁨) 3개 정점 중 2개 정점이 서천 연안에서 나타났으며, Chl-a, 투명도,

저층 용존산소 농도가 크게 기여함

- 서천 연안의 수질 점수 : 평균 76점 (※ V등급 기준 : 60점 이상)

#### ■ 하계

- 하계 30개 정점의 WQI산정 결과 I등급(매우 좋음)~II등급(좋음) 비율은 63.4%이고, III등급(보통) 비율은 23.3%, IV등급(나쁨)~V등급(매우 나쁨) 비율은 13.3%로 나타남
  - 8월 평균 I등급~II등급 비율 : 63.4%
  - 특히 Chl-a와 투명도가 수질에 큰 영향을 끼침

#### ■ 추계

- 추계 30개 정점의 WQI산정 결과 I~II등급 비율은 86.7%로 평년보다 좋은 수준으로 나타났으며, III등급 10.0%, IV등급은 3.3%로 좋은 수준으로 나타남
- 서천 연안(금강 하구)에서 IV등급 수질의 결과를 보임
  - 금강하구에서 영양염류, Chl-a, 투명도의 영향으로 IV등급으로 나타남

[표 2-21] 수질평가지수(WQI) 및 등급(동계)

정점	항목별 점수					수질평가지수 (WQI)	등급
	투명도	저층 DO 포화도	표층 Chl-a	표층 DIN	표층 DIP		
N1	4	3	5	1	1	61	V
N2	4	3	5	1	1	61	V
N3	4	3	2	1	1	52	IV
N4	1	3	5	1	1	52	IV
N5	1	3	5	1	1	52	IV
N6	1	3	5	1	1	52	IV
N7	1	3	1	1	1	40	III
N8	3	2	1	1	1	36	III
N9	1	3	1	1	1	40	III
N10	1	3	1	1	1	40	III
N11	1	3	5	1	1	52	IV
N12	3	1	5	1	1	38	III
N13	3	1	5	1	1	38	III
N14	1	2	5	1	1	42	III
N15	1	3	5	1	1	52	IV
N16	1	2	4	1	1	39	III
N17	1	2	5	1	1	42	III
N18	1	2	5	1	1	42	III
N19	1	3	5	1	1	52	IV
N20	1	3	5	1	1	52	IV
N21	1	3	5	1	1	52	IV
N22	1	3	5	1	1	52	IV
N23	5	4	5	1	1	74	V
N24	1	3	5	1	1	52	IV
N25	1	4	4	1	1	59	IV
N26	1	2	5	1	1	42	III
N27	3	2	5	1	1	48	IV
H1	1	3	5	1	1	52	IV
H2	4	3	1	1	1	49	IV
H3	5	4	3	1	1	68	V

[표 2-22] 수질평가지수(WQI) 및 등급(총계)

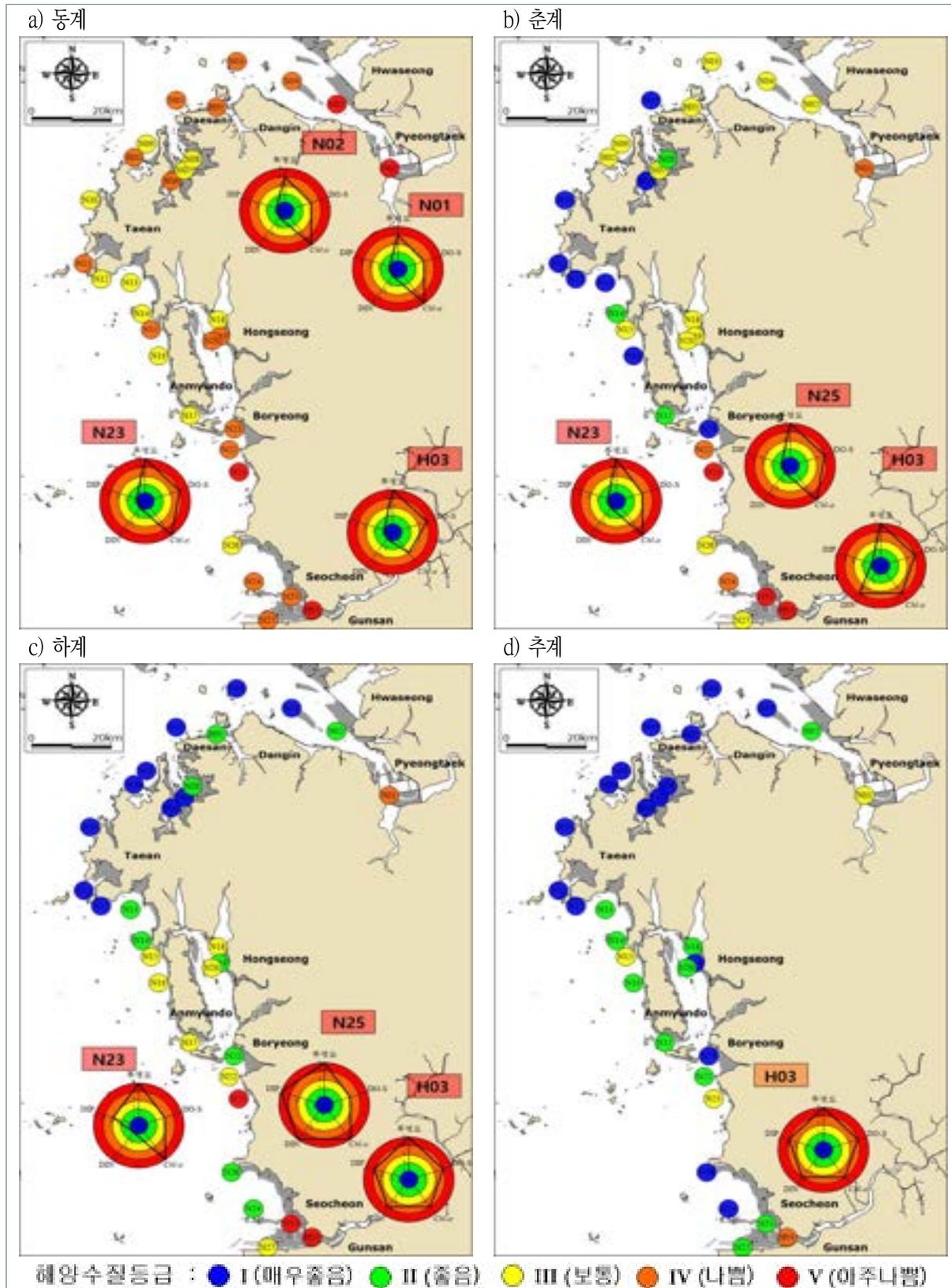
정점	항목별 점수					수질평가지수 (WQI)	등급
	투명도	저층 DO 포화도	표층 Chl-a	표층 DIN	표층 DIP		
N1	3	3	1	3	1	50	IV
N2	1	3	1	1	1	40	III
N3	1	3	3	1	1	46	III
N4	1	3	1	1	1	40	III
N5	1	1	1	1	1	20	I
N6	1	1	1	1	1	20	I
N7	1	3	1	1	1	40	III
N8	1	2	1	1	1	30	II
N9	1	3	1	1	1	40	III
N10	1	1	1	1	1	20	I
N11	1	1	1	1	1	20	I
N12	1	1	1	1	1	20	I
N13	1	1	1	1	1	20	I
N14	1	2	1	1	1	30	II
N15	1	3	1	1	1	40	III
N16	1	1	1	1	1	20	I
N17	1	2	1	1	1	30	II
N18	1	3	1	1	1	40	III
N19	1	3	1	1	1	40	III
N20	1	3	1	1	1	40	III
N21	1	1	1	1	1	20	I
N22	1	3	5	1	1	52	IV
N23	5	3	5	1	1	64	V
N24	1	3	5	1	1	52	IV
N25	5	4	5	1	1	74	V
N26	1	3	1	1	1	40	III
N27	1	3	1	1	1	40	III
H1	1	3	1	1	1	40	III
H2	1	3	2	1	1	43	III
H3	5	4	4	4	1	77	V

[표 2-23] 수질평가지수(WQI) 및 등급(하계)

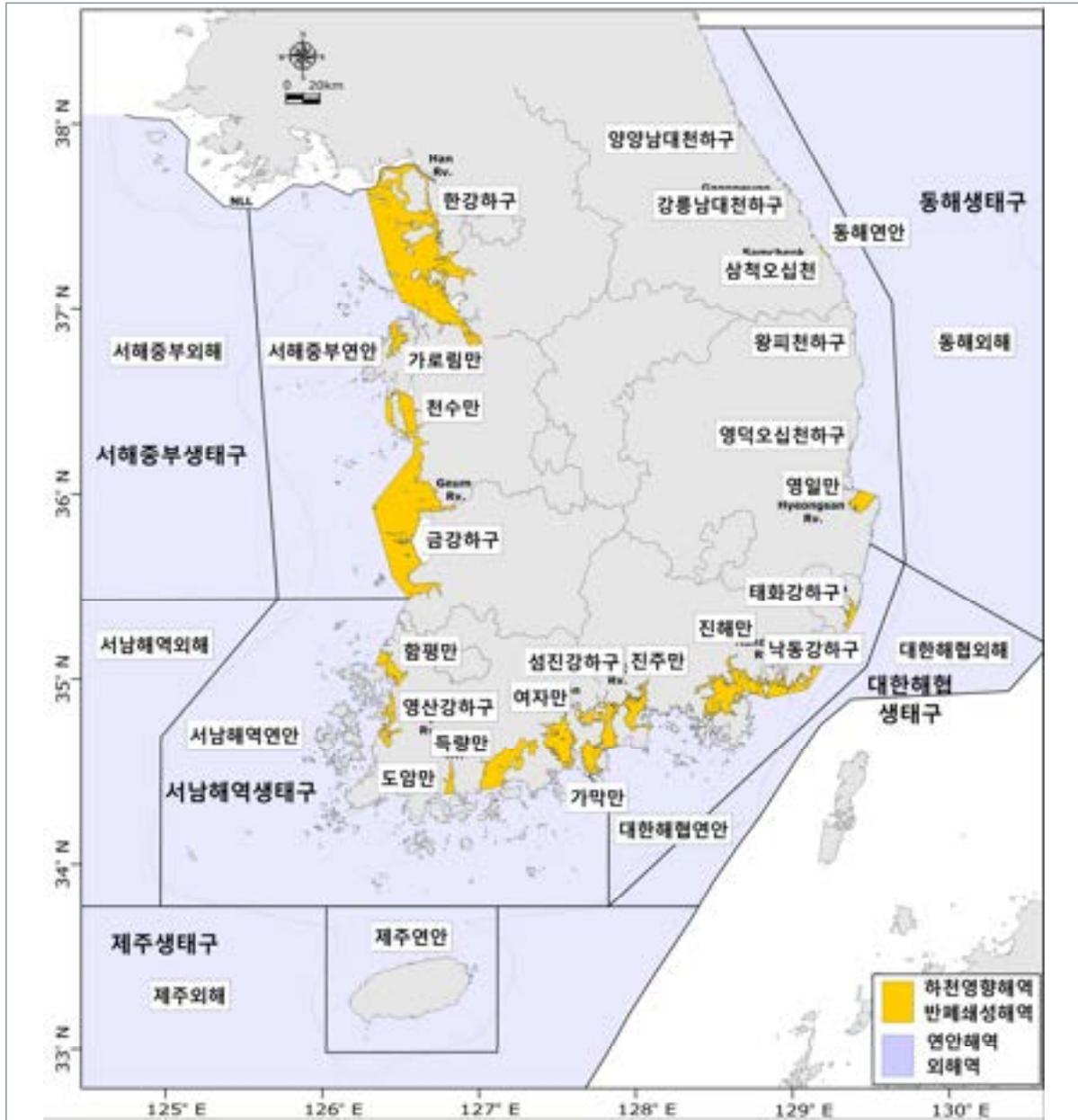
정점	항목별 점수					수질평가지수 (WQI)	등급
	투명도	저층 DO 포화도	표층 Chl-a	표층 DIN	표층 DIP		
N1	5	3	1	1	4	58	III
N2	4	1	1	1	2	31	I
N3	1	1	2	1	1	23	I
N4	1	1	1	1	1	20	I
N5	1	1	1	1	1	20	I
N6	1	1	1	1	1	20	I
N7	1	1	2	1	1	23	I
N8	1	1	3	1	1	26	II
N9	1	1	2	1	1	23	I
N10	1	1	1	1	1	20	I
N11	1	1	1	1	1	20	I
N12	1	1	2	1	1	23	I
N13	1	1	4	1	1	29	II
N14	1	1	3	1	1	26	II
N15	5	1	5	1	1	44	II
N16	1	1	5	1	2	34	III
N17	1	2	5	1	1	42	III
N18	1	2	4	1	1	39	IV
N19	1	1	5	1	1	32	II
N20	4	1	5	1	1	41	II
N21	1	1	5	1	1	32	II
N22	3	1	5	1	1	38	II
N23	5	3	5	1	3	68	V
N24	1	1	5	1	1	32	II
N25	5	3	5	5	5	80	V
N26	1	1	5	1	1	32	II
N27	3	1	5	1	1	38	II
H1	1	1	4	1	1	29	II
H2	1	1	2	1	1	23	I
H3	5	4	4	4	4	83	V

[표 2-24] 수질평가지수(WQI) 및 등급(추계)

정점	항목별 점수					수질평가지수 (WQI)	등급
	투명도	저층 DO 포화도	표층 Chl-a	표층 DIN	표층 DIP		
N1	5	1	1	3	1	36	III
N2	4	1	1	2	2	33	II
N3	1	1	1	1	1	20	I
N4	1	1	1	1	1	20	I
N5	1	1	1	1	1	20	I
N6	1	1	1	1	1	20	I
N7	1	1	1	1	1	20	I
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	1	1	1	1	20	I
N12	1	1	1	1	1	20	I
N13	1	1	5	1	1	32	II
N14	1	1	4	1	1	29	II
N15	5	1	5	1	1	44	III
N16	1	1	5	1	1	32	II
N17	1	1	5	1	1	32	II
N18	1	1	5	1	1	32	II
N19	1	1	1	1	1	20	I
N20	4	1	1	1	1	29	II
N21	1	1	1	1	1	20	I
N22	3	1	1	1	1	26	II
N23	5	1	5	1	1	44	III
N24	1	1	1	1	1	20	I
N25	5	1	1	1	1	32	III
N26	1	1	1	1	1	20	I
N27	3	1	1	1	1	26	II
H1	1	1	1	1	1	20	I
H2	1	1	1	1	1	20	I
H3	5	1	5	4	3	54	IV



[그림 2-39] 충청남도 연안의 계절별 해양수질지수(WQI) 공간분포도



[그림 2-40] 우리나라 바다의 생태구역 구분도

### (13) 국가 해양환경측정망 자료와의 비교

- 본 용역의 조사 결과와 인근 해역에서 해양환경공단이 수행하는 해양환경측정망 자료를 비교하였으며, 해양환경측정망(2011~2019년)과 금회조사 결과(2023년)의 계절별 결과를 [그림 2-41]~[그림 2-46]에 제시하였음

#### ■ 부유입자물질(SPM)

- 표·저층간 유사한 분포를 보이는 지역이 있는 반면, 표·저층 간 차이를 보이는 지역도 있었으며, 해당 지역은 편차 또한 크게 나타남
- 특히, 하계 아산 연안과 보령 연안의 편차도 크게 나타남

#### ■ 화학적산소요구량(COD)

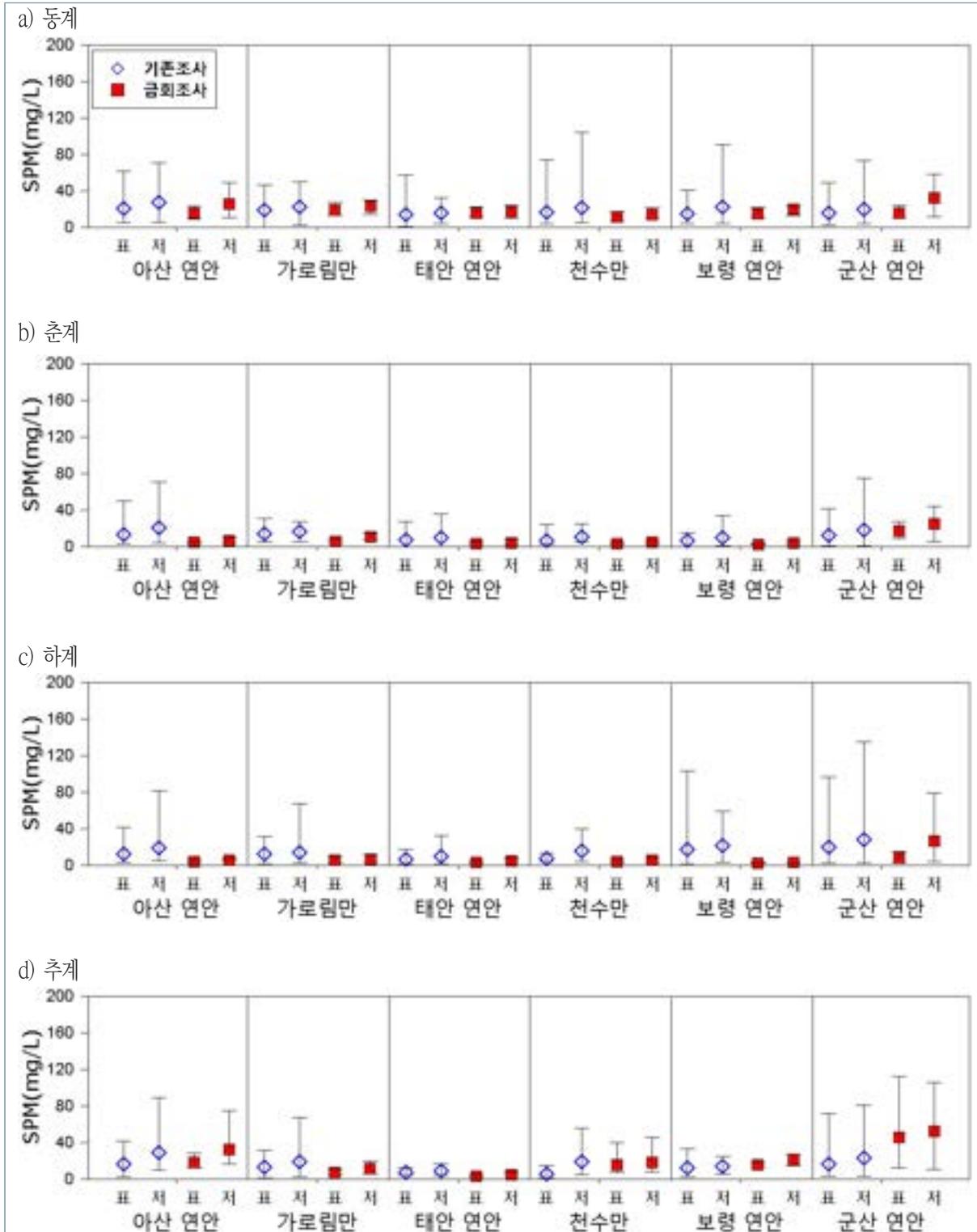
- 춘계와 추계에 표·저층간 유사한 평균값을 보이고 있음
- 하계에는 모든 연안에서 해양환경측정망 결과보다 높은 농도를 보였는데 이는 본 용역의 조사 정점이 연안에 더 인접해 있어 측정망 간 조사 정점의 위치적 특성으로 판단됨

#### ■ 총질소(TN), 총인(TP), 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP)

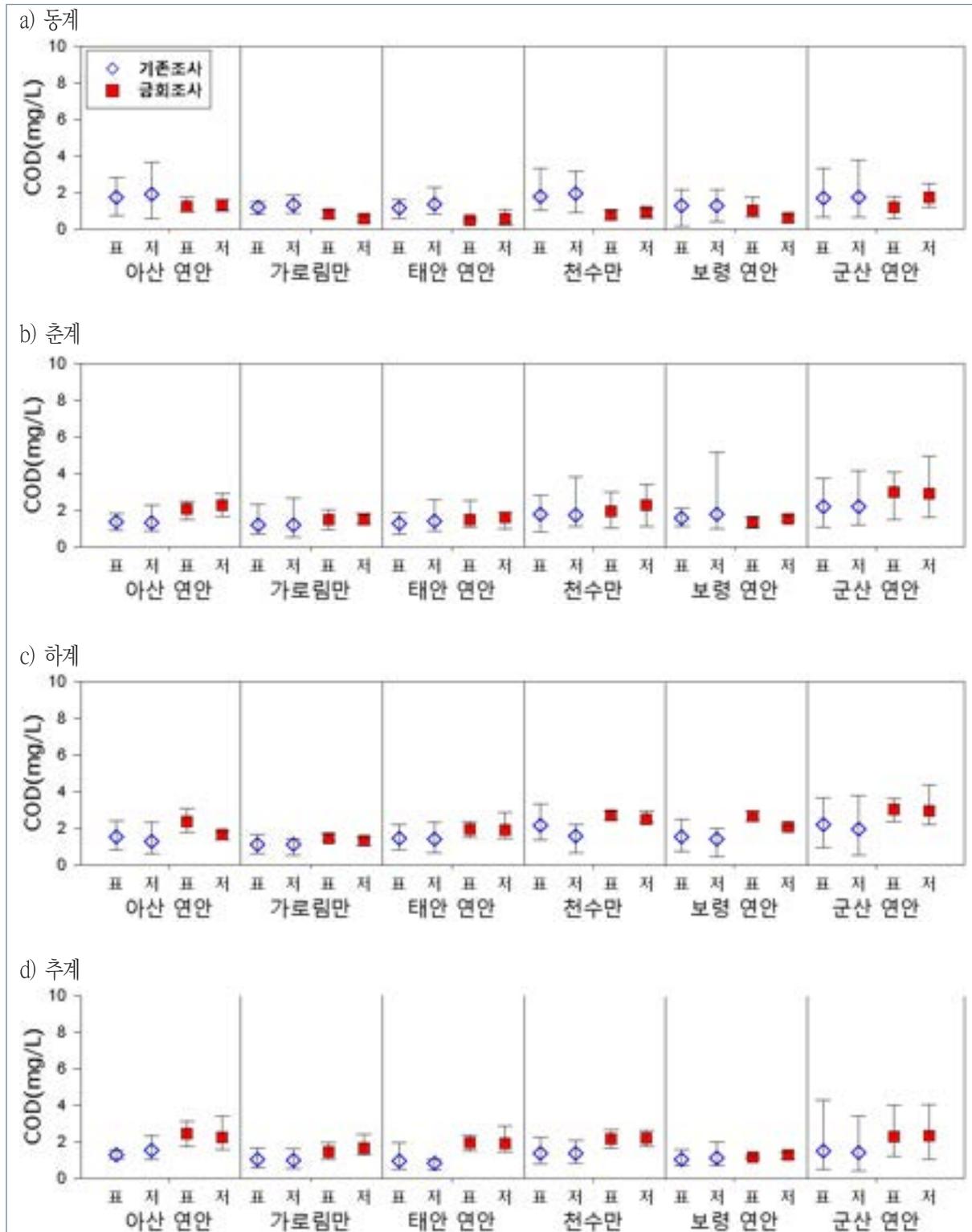
- 대부분 연안은 지역별·측정망별 차이가 크지 않은 것으로 나타났으나, 아산, 서천 연안 조사시기와 표·저층간의 차이가 큰 것으로 나타났음
- 특히, 서천(군산) 연안은 하계와 추계 결과는 편차가 크게 나타났고, 두 측정망 모두 비슷한 경향을 보임

#### ■ 종합평가

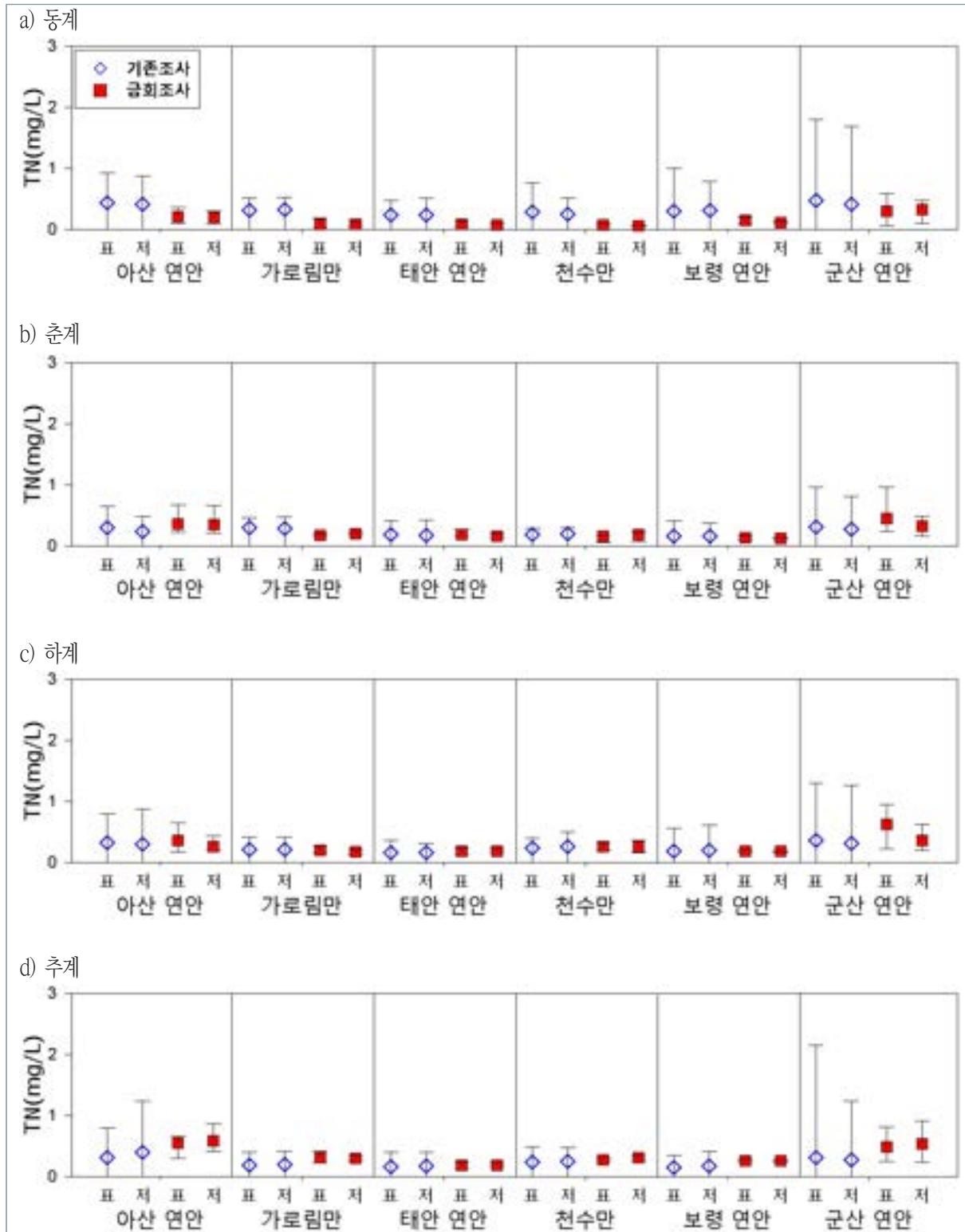
- 두 측정망 간 자료를 비교한 결과, 본 용역의 결과가 상대적으로 높은 농도를 보이고 있으며, 표·저층간의 차이도 뚜렷하게 나타남
- 아산 연안, 천수만, 서천(군산) 연안에서는 두 측정망 모두 각 층별 농도 분포 차이가 큰 것으로 분석됨



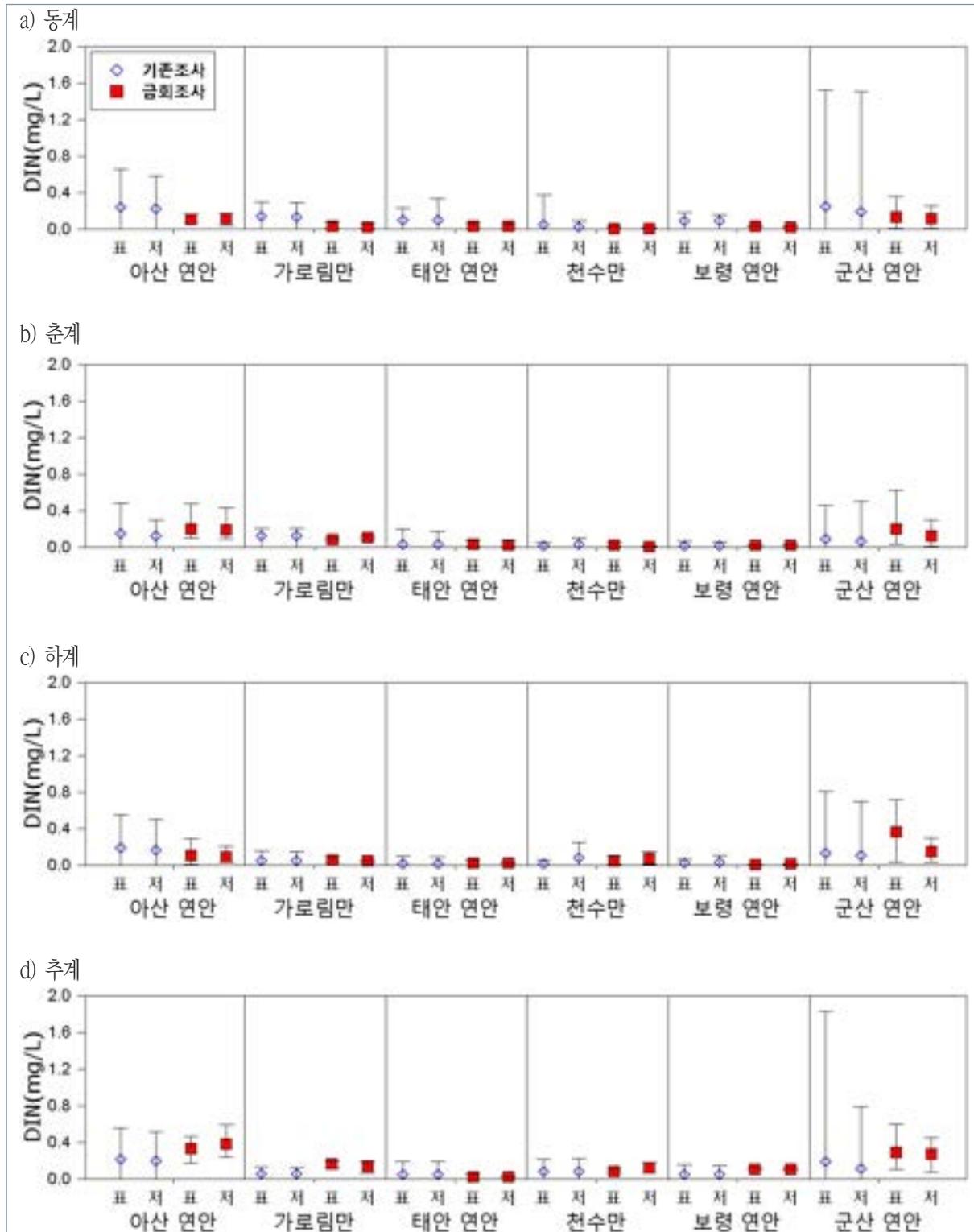
[그림 2-41] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(부유입자물질)



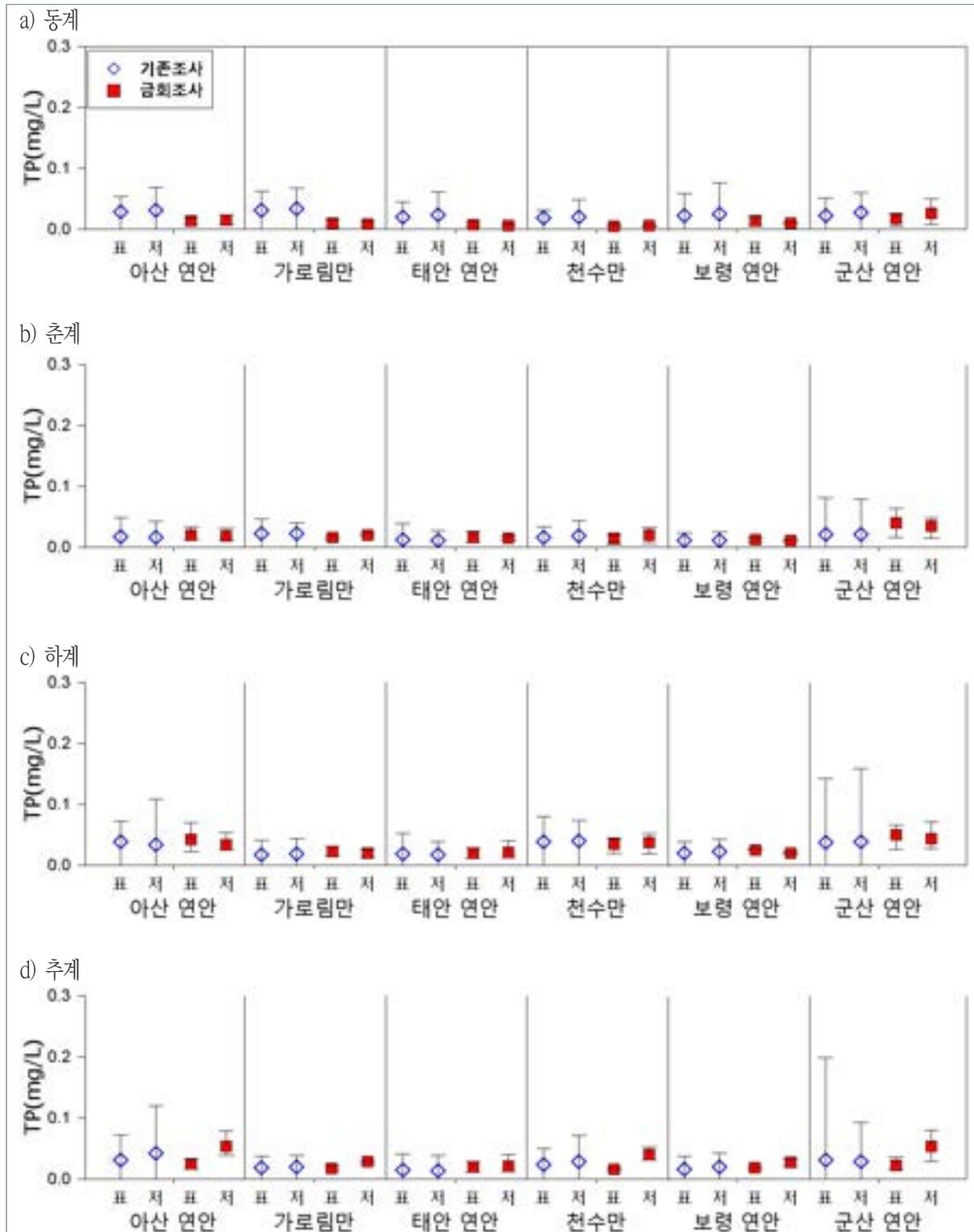
[그림 2-42] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(화학적산소요구량)



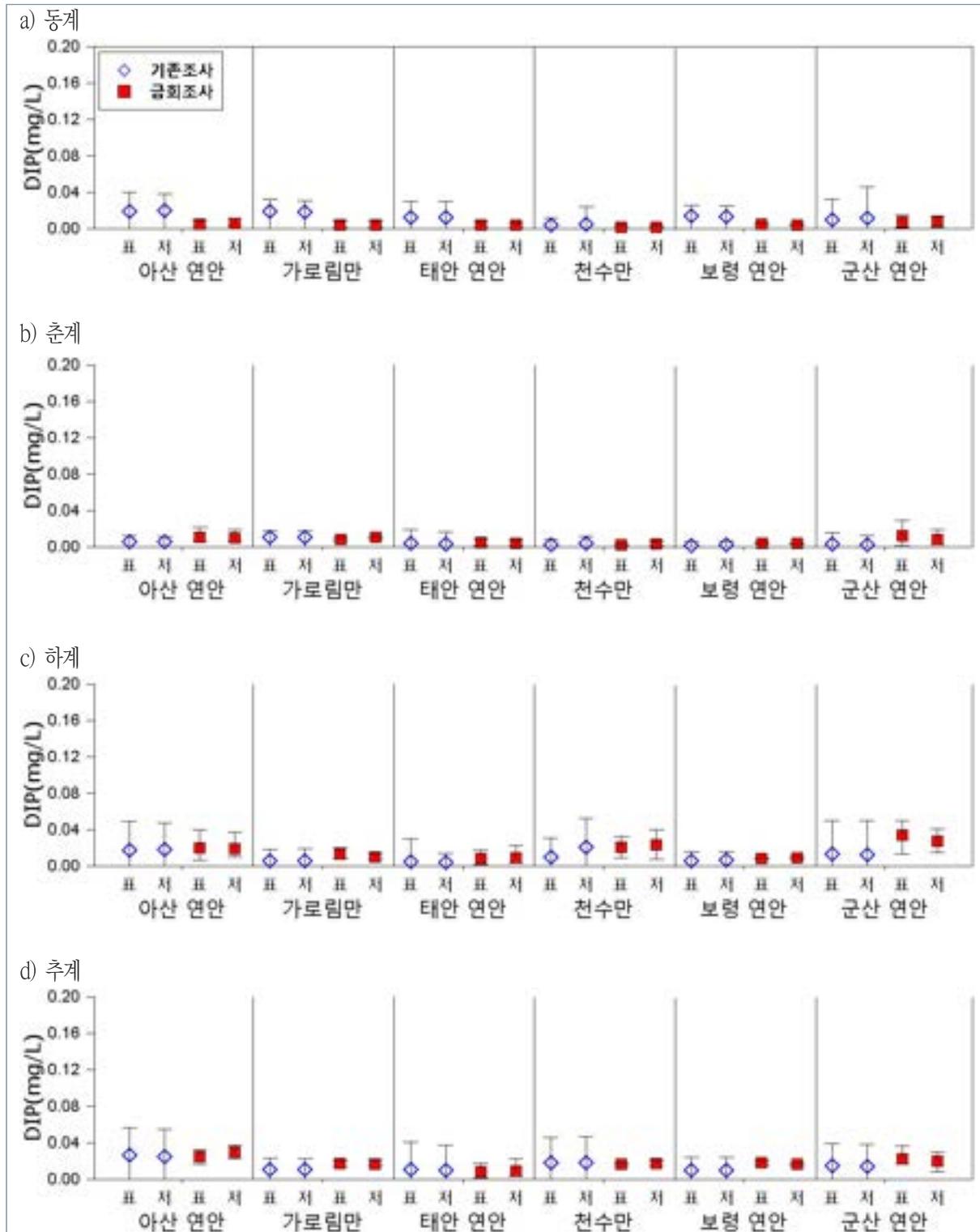
[그림 2-43] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(총질소)



[그림 2-44] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(용존무기질소)



[그림 2-45] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(총인)

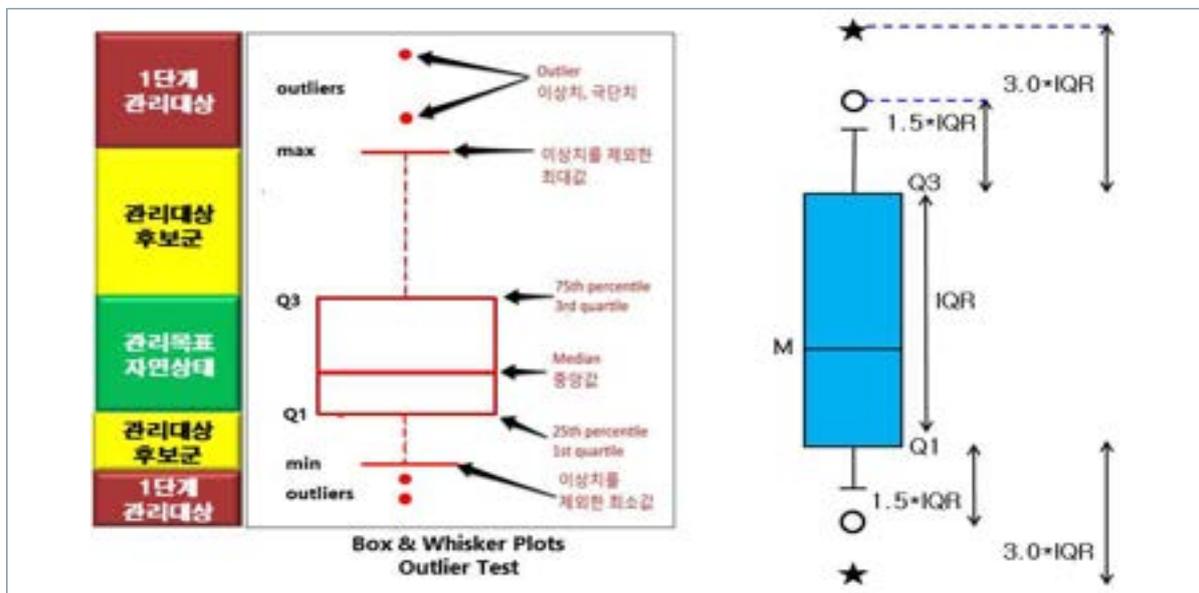


[그림 2-46] 기존조사(해양환경측정망)와 '23년 조사결과 비교(용존무기인)

### (14) 관리대상 해역 구분

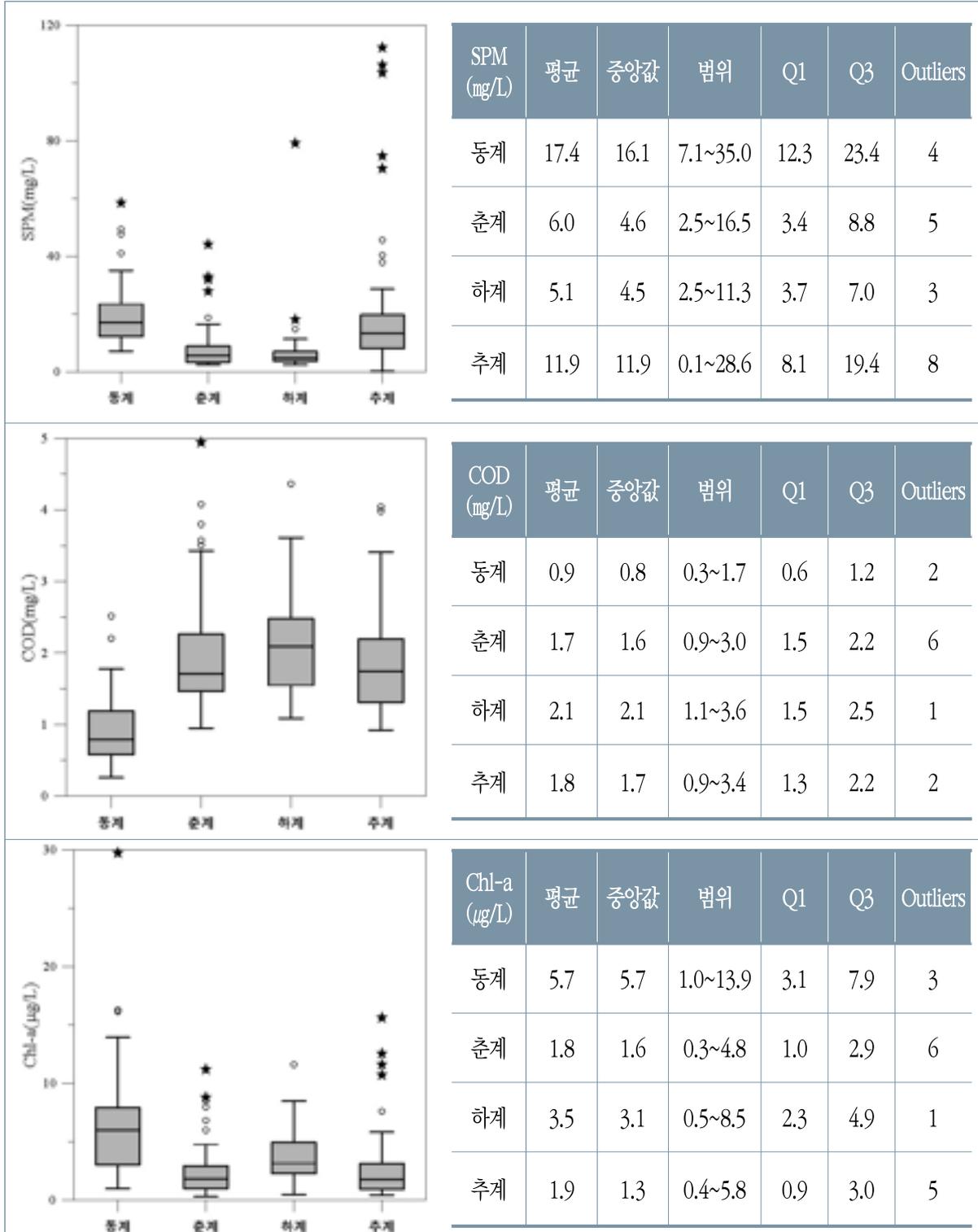
#### (가) Box Plot을 통한 해역 관리항목 및 관리 목표 설정

- 정기조사 결과를 사분위수 범위(Inter Wuartile Range : IQR)를 이용하여 이상점(Outlier)을 도출하였음
  - 분석항목 : COD, SPM, DIN, DIP, SiO<sub>2</sub>-Si, TN, TP, Chl-a
- 분석에는 Box-Whisker 그래프를 활용했고, 제1사분위값(25%, Q1)과 제3사분위값(75%, Q3)을 상자(Box)로 제시하였음
- 여기서 Q3(75% 범위수, 제3사분위값)부터 사분위수(IQR)의 ±1.5배 값이 더해진 범위까지를 관리대상 범위군으로 정의하며, 이 범위를 벗어난 값들을 이상치 값으로 간주함("o"로 표시)
- 또한, Q3(75% 범위수, 제3사분위값)부터 사분위수(IQR)의 ±3.0배 값이 더해진 수치(극단치)를 초과하는 값은 "★"로 표시하였으며, 1단계 직접적 관리가 필요한 범위라고 할 수 있음
- 이를 활용하여 평균 범위(25%~75%)를 벗어난 관리대상 후보군을 탐색하고, 이상치 또는 극단치로 구분되는 관리대상 지점에 대한 자료 분석이 가능함
- 도표에서 Q1과 Q3은 관리목표 및 자연 상태의 범위를 나타냄
- Q3~최대값(이상치를 제외한 최대) 범위에 분포하는 지점은 관리대상 후보군에 포함됨

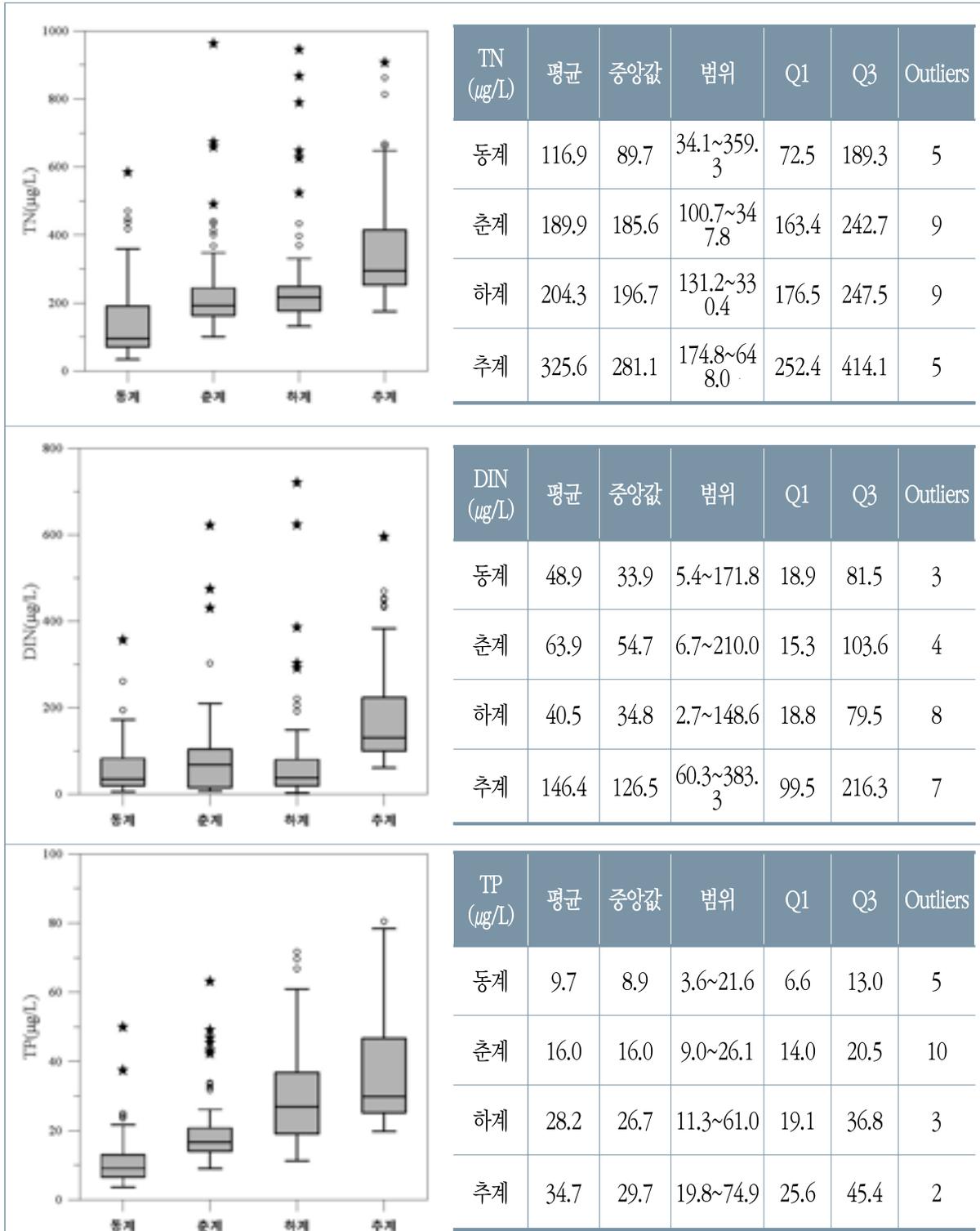


[그림 2-47] Box Plot의 의미

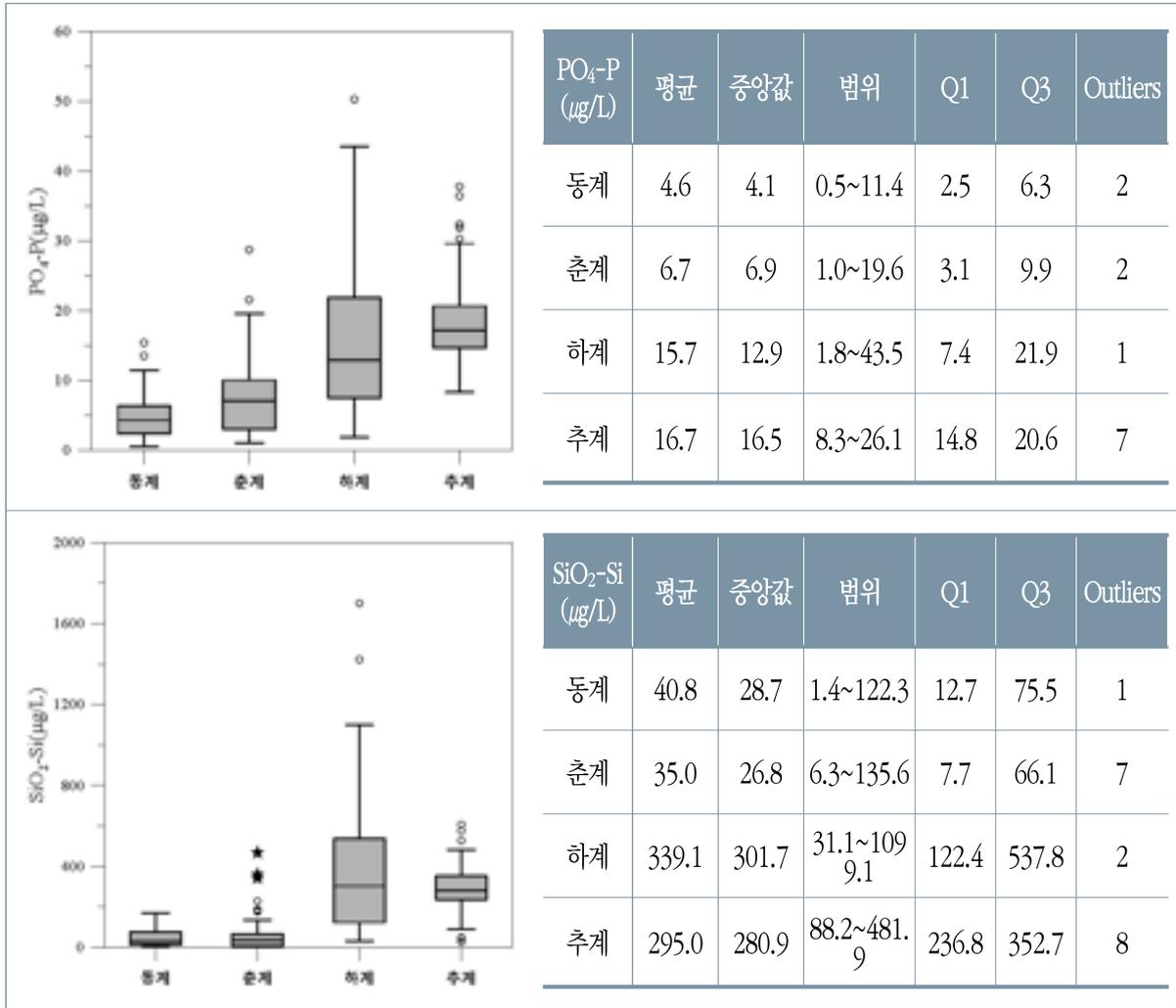
(나) 충청남도 연안 수질 항목별 변동 범위 및 관리대상 구역



[그림 2-48] 충청남도 연안 수질 항목별 변동 범위



[그림 2-48] 계속

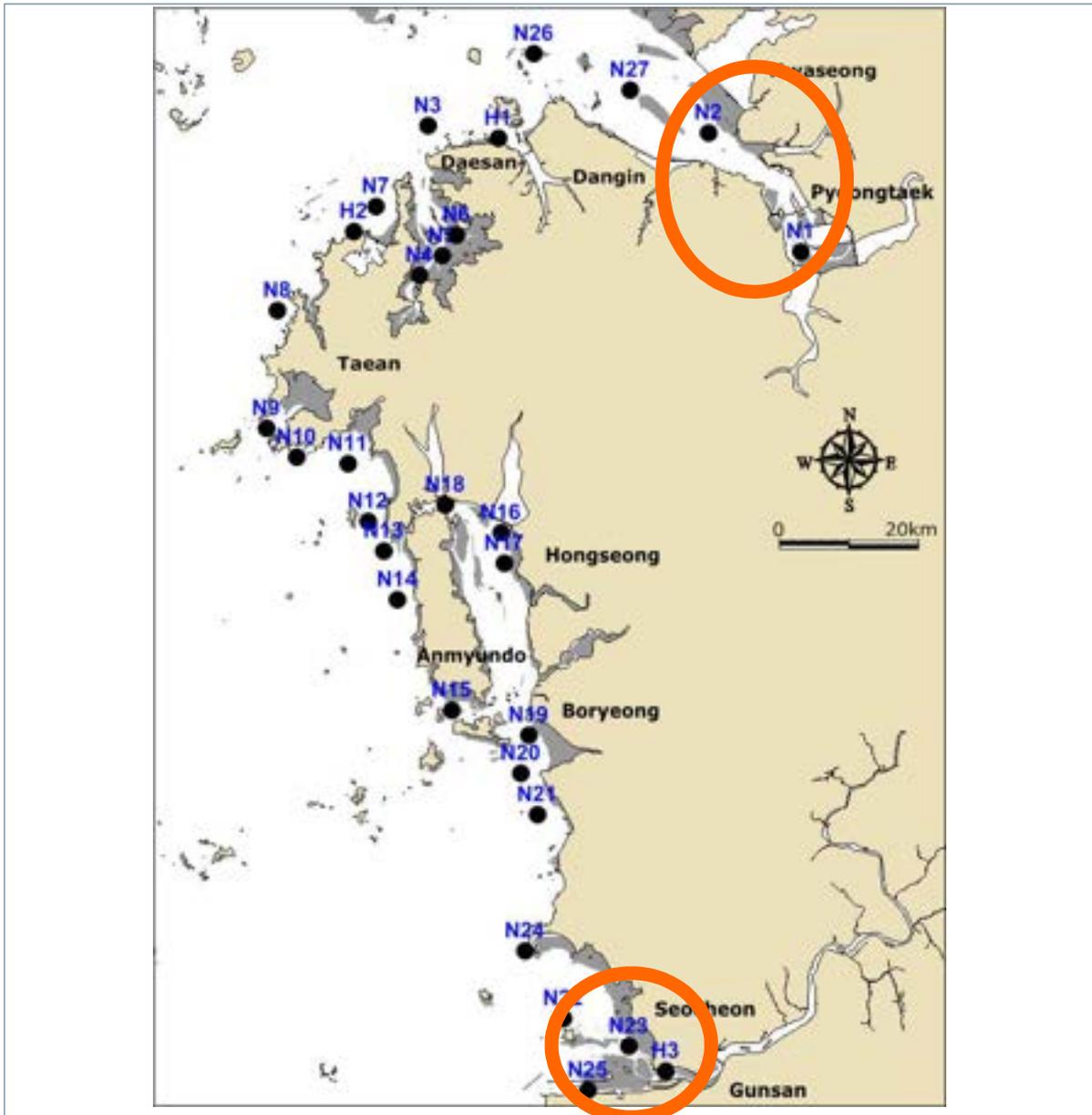


[그림 2-48] 계속

[표 2-25] 충청남도 연안의 수질 일반항목별/시기별 관리대상 해역

구분	SPM	COD	Chl-a	TN	DIN	TP	DIP	SiO <sub>2</sub> -Si
동계	N1-저 N25-저 H2-저 H3-저	N23-저 N25-저	N1-표,저 N2-저 H1-저	N25-표 H3-표,저 N23-저 N25-저	N25-표 H3-표,저	N25-표 H3-표,저 N23-저 N25-저 N26-저	H3-표,저	H3-저
춘계	N23-표,저 N25-표,저 H3-저	N23-표 N24-표 H3-표,저 N16-저 N25-저	N22-표 N23-표,저 N25-표,저 N18-저	N1-표,저 N2-표,저 N23-표 N25-표,저 H3-표,저	N1-표,저 N23-표 N25-표,저 H3-표,저	N1-표,저 N23-표,저 N18-저 N24-표 N25-표,저 H3-표,저	N1-표 H3-표	N1-표,저 N2-표 N23-표 H3-표,저
하계	N23-표,저 N25-저	N23-저	N23-저	N1-표,저 N2-표 N23-표,저 N25-표,저 H3-표	N1-표,저 N2-표 N23-표,저 N25-표,저 H3-표	N1-표 N23-표,저	N25-표	N25-표 H3-표
추계	N1-저 N2-저 N15-표,저 N23-표,저 H3-표,저	H3-표,저	N16-표,저 N17-저 N18-표,저	N1-표,저 N2-표 H3-표,저	N1-표,저 N2-표 N25-저 N27-저 H3-표,저	N1-저 N23-저	N1-표,저 N2-표,저 N25-저 N27-저 H3-표	N1-저 N6-저 N16-표 N18-표,저 N23-저 N25-저 H3-표

- [그림 2-48]과 [표 2-25]를 살펴보면, 수질 항목에서 이상치를 보인 정점은 대부분 아산만 내측, 금강 하구에 위치하고 있음
- TN, TP 자료에 제시된 환경기준은 과거 해역 생활기준을 사용했으며, 현재 수질에 대한 환경기준은 수질평가지수만 사용되고 있음



[그림 2-49] 충남 해역 수질 관리 대상 후보군 지점

## 2) 해양 퇴적물

- 해양 퇴적물 조사 결과를 [표 2-26]~[표 2-28]과 [그림 2-50]~[그림 2-70]에 제시하였음

### (1) 입도

#### (가) 조성 및 퇴적상

- 퇴적물의 입도 조성은 자갈 0.0~22.9%, 모래 5.8~83.9%, 실트 0.9~75.2%, 점토 0.2~19.0%로 분석됨
- 퇴적상은 약역사질니((g)sM), 약역니질사((g)mS), 역질사(gS), 역니질사(gmS), 역니질사(gmS), 실트질사(zS), 실트(Z), 사질실트(sZ)로 조사됨

#### (나) 조직 변수

- 평균 입경은 0.41~6.78 $\phi$ (평균 3.89 $\phi$ )의 범위의 값을 보임
- 분급도는 1.30~3.32 $\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보임
- 왜도는 -0.31~0.69의 범위로 Strong coarse-skewed에서 Strongly fine-skewed한 분포를 보였으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세하였음
- 첨도는 0.64~2.92으로 Very platykurtic에서 Very leptokurtic한 분포를 보임

### (2) 함수율

- 퇴적물의 함수율은 일반적으로 세립한 퇴적상에서 높은 값을 보임
- 조사해역에서 퇴적물의 함수율은 15.1~58.4%(평균 35.7%)의 값을 보였음
- 태안 연안은 전체적으로 함수율이 낮았으며, 천수만, 서천 연안에서 상대적으로 높았음

### (3) 강열감량(IL) 및 화학적산소요구량(COD)

- 강열감량 및 화학적산소요구량은 해양 퇴적물 내 유기물 오염도를 나타내는 지표 성분임
- 강열감량은 1.5~9.9%(평균 5.1%)의 범위를 보였으며, 화학적산소요구량은 0.4~17.8mg/g(평균 8.1mg/g)의 범위를 보였음

- 두 항목 모두 천수만 내측에 위치한 정점에서 상대적으로 높은 값을 보였음
- 퇴적물은 입도가 클수록(입자가 작을수록) 함유하는 물질의 양이 커지는데, 강열감량과 화학적산소요구량은 퇴적물의 평균 입도와 양호한 상관성을 보임[그림 2-70]

#### (4) 산취발성황화물(AVS)

- 퇴적물 중의 유기물은 분해되는 과정을 거치면서 산소를 소비해 저산소 상태에 이르면 황산염 환원세균 증식에 의해 황화가스가 발생되고, 퇴적물 속 황화수소 함량은 생물에 큰 영향을 미치기 때문에 퇴적물에서의 산취발성황화물(AVS)의 농도는 퇴적물 환경 악화 지표 항목으로 이용됨(Lee, 2010)
- 산취발성황화물(AVS)이 0.2mg/g 이상의 농도를 보이면, 유기물의 분해 작용으로 산소가 고갈되고 황화수소가 발생하는 환경임을 지시함(Yokoyama, 2000)
- 산취발성황화물(AVS)의 검출한계는 0.01mg/g으로, 정점 N3, N5, N8, N10에서 불검출 되었으며, 그 외 정점에서는 0.02~0.36mg/g(평균 0.14mg/g)의 범위를 보였음
- 대부분의 정점에서 0.2mg/g 이하로 조사되었으나, 아산만 내측 정점인 N1과 N2, 천수만 내측 정점인 N15와 N16, 서천 연안 정점인 N23에서 0.2mg/g을 초과하는 농도를 보임

#### (5) 총유기탄소(TOC) 및 총질소(TN)

- 총유기탄소는 0.25~1.79%(평균 0.72%)의 범위를 보였으며, 정점 N14에서 가장 낮은 농도인 0.25%를 보였고 정점 N6에서 가장 높은 농도인 1.79%로 조사됨
- 총질소의 검출 한계는 원소 분석기를 사용하여 분석 시 0.01% 이하로 금회 조사에서 정점 N3과 N4에서 불검출 되었으며, 그 외 정점에서 0.03~0.15%(평균 0.07%)로 조사됨
- 해양 퇴적물 내 총유기탄소와 총질소는  $R^2 > 0.7$ 의 높은 상관관계를 보였음
- 이는 총유기탄소와 총질소의 기원이 동일하다는 것을 의미하고 일반적으로 C/N비는 퇴적물 내 유기물 기원을 규명하는데 많이 사용됨
- C/N비가 12 이상인 유기물은 육상 기원 유기물을 나타내고(Lignin C/N atomic ratio 1500; Greaves와 Schwartz, 1952), 6~9는 식물플랑크톤의 범위이며(Holligan 등, 1984), 5~12의 C/N비를 가질 경우 해양 기원 유기물을 의미함(Stein, 1991)

- 한편 2.6~4.3의 낮은 C/N비는 질소가 풍부한 박테리아에서 흔히 나타나는 값으로 5 이하에 해당하는 낮은 C/N비는 퇴적유기물 중 박테리아 기원을 나타냄(Lee와 Fuhrman, 1987)
- 분석결과 C/N비는 8.1~34.8로 조사되었는데 대부분 5~12 사이로 해양 기원 유기물로 나타났으나, 12 이상은 육상 유기물의 유입에 따른 영향으로 판단됨[그림 2-71].

## (6) 미량금속류

- 퇴적물 내 미량금속은 수계(aquatic system)에 유입된 미량금속 원소가 용해되어 이온 상태로 존재하기보다 대부분 고체상(solid phase)으로 변환되어 퇴적물이나 부유물에 흡착된 상태로 존재함
- 주변 유역으로부터 오염물질의 유입 형태 변화에 따른 정보 또는 수계 내에서 진행된 다양한 생지화학적 과정에 관한 정보를 기록하고 있기 때문에 유용하게 이용되고 있으며, 환경 내에서 지속성을 가지고 축적되므로 환경변화를 이해하는데 매우 중요함(Forstner, 1981)
- 퇴적물 내 미량금속은 카드뮴(Cd) 0.02~0.27mg/kg(평균 0.11mg/kg), 크롬(Cr) 8.4~55.6 mg/kg(평균 38.1mg/kg), 구리(Cu) 2.1~26.8mg/kg(평균 11.5mg/kg), 납(Pb) 21.6~33.6mg/kg(평균 26.6mg/kg), 아연(Zn) 9.0~101.1mg/kg(평균 57.8mg/kg), 니켈(Ni) 9.0~58.8mg/kg(평균 45.0mg/kg), 망간(Mn) 279~767mg/kg(평균 442mg/kg), 코발트(Co) 2.7~14.1mg/kg(평균 8.8mg/kg), 리튬(Li) 6.9~75.5mg/kg(평균 36.5mg/kg), 비소(As) 4.2~10.9mg/kg(평균 7.3mg/kg), 수은(Hg) 0.002~0.031mg/kg(평균 0.017mg/kg), 알루미늄(Al) 2.4~8.2%(평균 4.8%), 철(Fe) 0.7~3.9%(평균 2.4%)의 범위를 보였음
- 조사해역에서 퇴적물의 미량금속의 농도는 시료 채취 정점의 퇴적환경에 따라 변하는데, 특히, 퇴적물 입도가 세립한 해역인 당진 연안(N2), 홍성 연안(N16~N18), 서천 연안(N23, N25), 서산 연안(H1), 태안 연안(H2)에서 대부분 항목이 높은 농도를 보였음

[표 2-26] 해양 퇴적물의 입도 분석 결과

정점	조성비				조직변수				퇴적상
	자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	침도	
	(% )				( $\phi$ )				
N1	0.5	39.9	43.6	16.0	4.72	3.15	-0.16	0.64	(g)sM
N2	0.7	65.5	26.2	7.6	3.94	2.32	0.49	1.23	(g)mS
N3	15.1	83.9	0.9	0.2	0.41	1.30	-0.28	1.00	gS
N4	9.7	44.7	35.4	10.2	3.81	3.32	0.05	0.91	gM
N5	6.7	48.1	36.4	8.8	3.63	3.19	0.00	0.95	gmS
N6	9.0	34.6	46.7	9.7	4.75	2.71	0.07	1.41	gM
N7	0.0	75.5	20.9	3.5	3.43	1.60	0.69	1.46	zS
N8	22.9	69.7	6.1	1.3	1.07	2.21	-0.31	0.92	gS
N9	0.0	70.8	24.8	4.4	3.65	1.87	0.63	1.17	zS
N12	1.7	81.1	13.9	3.3	2.85	1.55	0.46	2.92	(g)mS
N13	0.0	74.2	22.4	3.4	3.41	1.72	0.58	1.41	zS
N14	0.0	69.2	28.0	2.8	3.59	1.37	0.31	1.35	zS
N15	6.2	68.9	20.2	4.7	3.06	2.33	0.19	1.99	gmS
N16	2.5	66.2	25.4	5.9	2.79	2.90	0.41	0.87	(g)mS

[표 2-26] 계속

정점	조성비				조직변수				퇴적상
	자갈	모래	실트	점토	평균입경	분급도	왜도	침도	
	(% )				(φ )				
N17	0.0	9.4	73.7	16.9	6.31	1.80	-0.03	0.96	Z
N18	0.0	5.8	75.2	19.0	6.78	1.63	-0.04	1.27	Z
N19	0.0	51.0	39.6	9.4	4.52	2.17	0.42	0.88	zS
N20	0.0	40.7	47.1	12.2	4.95	2.28	0.29	0.85	sZ
N21	12.0	57.8	24.6	5.6	2.66	3.14	0.15	1.10	gmS
N22	0.8	78.2	16.9	4.2	2.98	1.84	0.47	1.85	(g)mS
N23	0.0	14.2	69.4	16.4	6.13	1.93	-0.03	0.93	sZ
N24	0.2	40.9	47.5	11.4	4.96	2.23	0.25	0.82	(g)sM
N25	0.0	40.9	47.8	11.3	4.99	2.25	0.22	0.73	sZ
H1	0.0	41.4	47.5	11.2	4.97	2.17	0.30	0.83	sZ
H2	12.5	74.7	10.3	2.5	1.49	2.25	-0.10	1.69	gmS
H3	0.0	29.6	57.3	13.1	5.29	2.31	0.09	0.84	sZ
최소	0.0	5.8	0.9	0.2	0.41	1.30	-0.31	0.64	-
최대	22.9	83.9	75.2	19.0	6.78	3.32	0.69	2.92	-
평균	3.9	53.0	34.9	8.3	3.89	2.21	0.20	1.19	-

[표 2-27] 해양 퇴적물의 일반 항목 분석 결과

정점	함수율	감열감량	COD	AVS	TOC	TN
	(%)		(mg/g)		(%)	(mg/kg)
N1	46.5	6.98	11.9	0.26	0.82	0.10
N2	37.8	5.00	7.4	0.23	0.53	0.06
N3	15.1	1.49	0.4	N/D	0.27	N.D
N4	31.3	5.97	6.8	0.06	0.40	N.D
N5	28.3	7.45	5.3	N/D	0.59	0.05
N6	33.0	5.14	8.2	0.07	1.79	0.06
N7	32.9	4.24	5.7	0.04	0.61	0.06
N8	17.7	3.68	2.7	N/D	0.77	0.03
N9	29.6	4.08	5.0	0.02	0.40	0.05
N12	22.7	4.27	3.6	N/D	1.09	0.04
N13	33.8	4.40	6.6	0.12	0.42	0.06
N14	28.3	3.35	3.7	0.02	0.25	0.03
N15	29.3	4.31	4.6	0.04	0.72	0.05
N16	35.6	4.20	6.7	0.10	0.45	0.06

[표 2-27] 계속

정점	함수율	감염감량	COD	AVS	TOC	TN
	(%)		(mg/g)		(%)	(mg/kg)
N17	54.5	8.30	15.6	0.29	0.90	0.13
N18	58.4	9.86	17.8	0.36	1.05	0.15
N19	37.1	3.51	7.8	0.05	0.52	0.07
N20	41.2	5.52	10.0	0.18	0.79	0.08
N21	32.0	5.29	6.8	0.06	0.84	0.07
N22	30.3	3.08	4.4	0.07	0.36	0.03
N23	57.0	8.05	15.9	0.35	0.97	0.13
N24	41.9	5.17	11.9	0.16	0.94	0.10
N25	39.9	4.68	10.4	0.19	0.58	0.07
H1	40.8	4.45	9.3	0.14	0.65	0.07
H2	20.6	3.63	5.4	0.02	1.01	0.05
H3	53.2	6.52	15.9	0.16	0.99	0.12
최소	15.1	1.49	0.36	0.02	0.25	0.03
최대	58.4	9.86	17.81	0.36	1.79	0.15
평균	35.7	5.10	8.07	0.14	0.72	0.07

\* N.D : not detected

[표 2-28] 해양 퇴적물의 미량금속 항목 분석 결과

환경기준 (주의기준)	Cd	Cr	Cu	Cu-Li	Pb	Zn	Zn-Li	Ni
	0.75	116.0	-	20.6	44.0	-	68.4	47.2
정점	(mg/kg)							
N1	0.13	34.6	19.2	10.0	29.2	83.7	51.2	27.4
N2	0.09	40.7	10.6	10.5	25.7	56.1	55.6	18.3
N3	0.02	8.4	2.1	2.1	24.7	9.0	9.0	6.3
N4	0.11	48.0	12.1	8.4	27.0	60.9	46.9	22.3
N5	0.10	45.5	10.2	8.5	28.5	55.8	48.8	18.3
N6	0.12	44.9	14.0	8.0	31.1	75.8	48.2	25.0
N7	0.08	40.6	8.1	8.1	24.8	46.4	46.4	14.9
N8	0.05	25.5	4.3	4.3	21.9	24.5	24.5	8.4
N9	0.08	41.1	7.8	7.8	24.6	43.9	43.9	14.7
N12	0.06	24.6	4.9	4.9	21.6	27.9	27.9	9.3
N13	0.10	22.9	8.3	8.3	21.6	45.5	45.5	15.0
N14	0.10	24.0	5.5	5.5	21.9	40.9	40.9	12.6
N15	0.08	37.5	7.1	7.1	24.0	41.8	41.8	14.2
N16	0.10	27.8	10.1	10.1	28.0	44.6	44.6	16.7

\* Cu-Li, Zn-Li : Li값을 사용하여 보정된 미량금속 농도

[표 2-28] 계속

주의기준	Cd	Cr	Cu	Cu-Li	Pb	Zn	Zn-Li	Ni
	0.75	116.0	-	20.6	44.0	-	68.4	47.2
정점	(mg/kg)							
N17	0.17	45.4	19.0	9.1	28.9	86.9	49.3	29.5
N18	0.27	45.4	26.8	9.1	31.4	101.1	45.9	36.0
N19	0.10	32.2	10.4	9.1	26.8	57.2	51.6	18.8
N20	0.13	44.1	14.3	9.3	28.4	74.2	53.0	23.3
N21	0.10	49.7	12.7	10.9	25.8	66.0	58.8	18.0
N22	0.08	24.8	6.4	6.4	28.3	40.8	40.8	13.6
N23	0.17	46.4	18.7	9.0	29.6	92.6	51.3	27.6
N24	0.13	55.6	12.8	8.7	27.0	64.8	48.7	22.0
N25	0.16	38.9	13.8	9.8	25.6	67.7	52.5	19.9
H1	0.11	52.7	13.4	9.4	26.8	68.8	52.5	21.4
H2	0.06	35.6	6.4	6.4	23.9	34.0	34.0	12.0
H3	0.21	53.9	19.7	10.6	33.6	92.2	56.0	26.2
최소	0.02	8.4	2.1	2.1	21.6	9.0	9.0	6.3
최대	0.27	55.6	26.8	10.9	33.6	101.1	58.8	36.0
평균	0.11	38.1	11.5	8.1	26.6	57.8	45.0	18.9

\* Cu-Li, Zn-Li : Li값을 사용하여 보정된 미량금속 농도

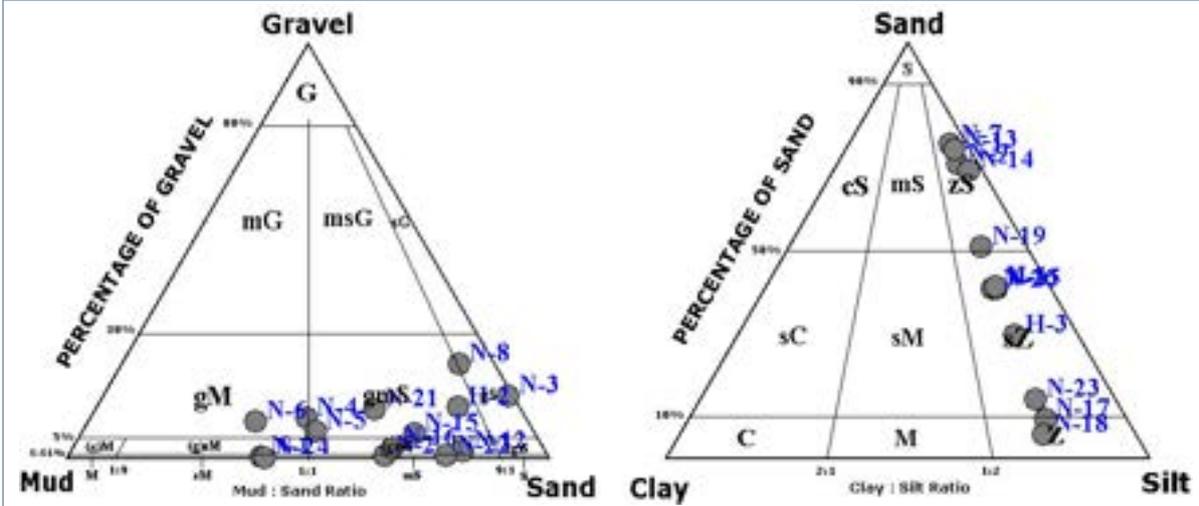
[표 2-28] 계속

주의기준	Co	Mn	Li	As	Hg	Al	Fe
	-	-	-	14.5	0.11	-	-
정점	(mg/kg)					(% )	
N1	11.6	649.8	51.8	7.4	0.027	5.3	2.9
N2	8.6	491.5	33.3	6.2	0.015	4.4	2.3
N3	2.7	535.8	6.9	10.9	0.002	2.4	0.7
N4	9.9	355.4	43.2	7.5	0.020	6.1	2.7
N5	8.5	386.1	37.6	7.2	0.015	8.2	2.4
N6	11.0	326.3	51.5	7.3	0.019	4.8	2.9
N7	7.3	344.8	27.6	6.9	0.022	4.0	2.0
N8	4.2	433.2	15.5	7.1	0.006	4.5	1.5
N9	7.5	291.0	27.8	6.7	0.011	4.5	2.1
N12	5.3	421.0	17.9	6.3	0.007	5.2	1.6
N13	8.0	279.0	30.0	7.4	0.013	3.7	2.4
N14	7.0	374.2	23.1	7.0	0.010	5.7	2.1
N15	7.0	320.8	24.9	6.5	0.011	5.0	2.0
N16	7.3	310.2	31.0	4.2	0.011	3.6	1.8

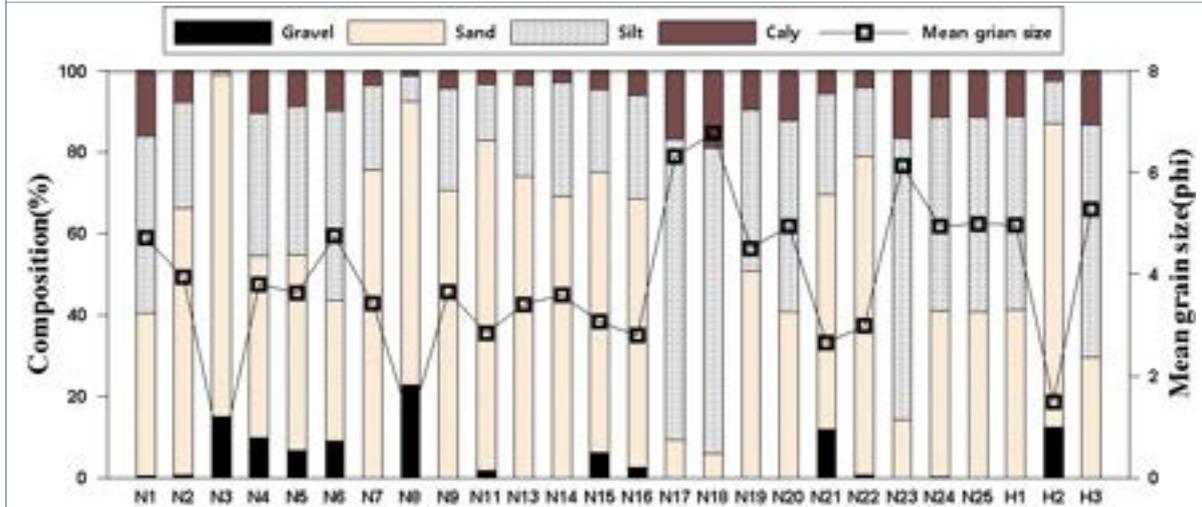
[표 2-28] 계속

주의기준	Co	Mn	Li	As	Hg	Al	Fe
	-	-	-	14.5	0.11	-	-
정점	(mg/kg)					%	
N17	12.5	684.8	56.8	7.4	0.028	5.7	3.3
N18	14.1	561.8	75.5	7.7	0.029	6.0	3.9
N19	8.8	406.1	36.3	6.6	0.015	4.0	2.5
N20	10.7	467.3	44.3	6.9	0.020	5.0	2.7
N21	9.3	559.5	36.1	8.4	0.013	4.8	2.7
N22	8.2	297.4	24.2	7.3	0.009	3.3	2.0
N23	11.6	712.7	56.6	8.0	0.028	5.3	3.2
N24	9.9	402.7	43.5	7.3	0.020	5.3	2.7
N25	9.3	324.6	41.3	7.2	0.023	4.3	2.7
H1	10.0	387.9	41.9	7.5	0.019	4.4	2.7
H2	5.8	415.4	20.9	8.4	0.009	4.7	1.9
H3	11.5	767.3	49.9	9.7	0.031	4.8	3.2
최소	2.7	279.0	6.9	4.2	0.002	2.4	0.7
최대	14.1	767.3	75.5	10.9	0.031	8.2	3.9
평균	8.8	442.6	36.5	7.3	0.017	4.8	2.4

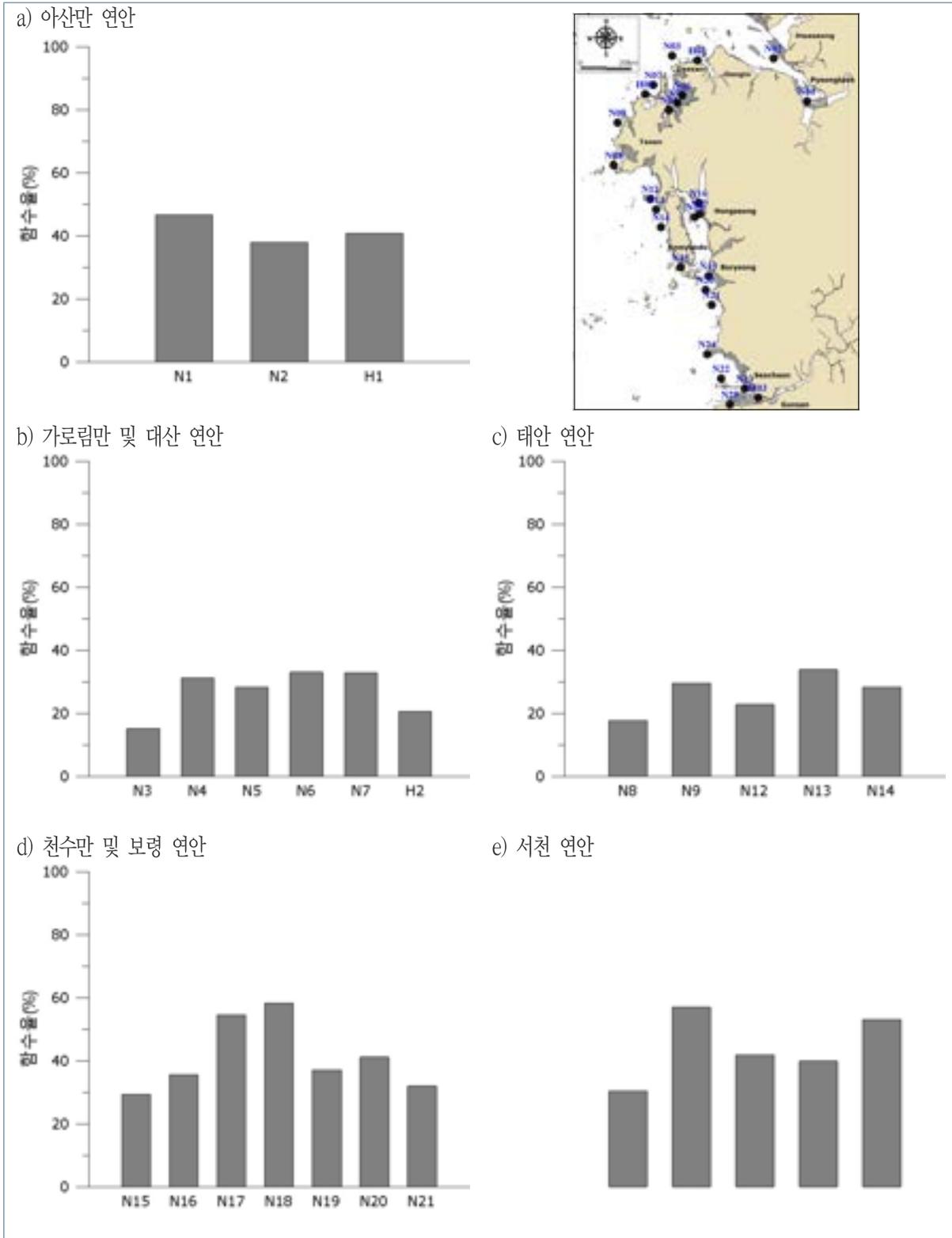
a) 삼각다이아그램



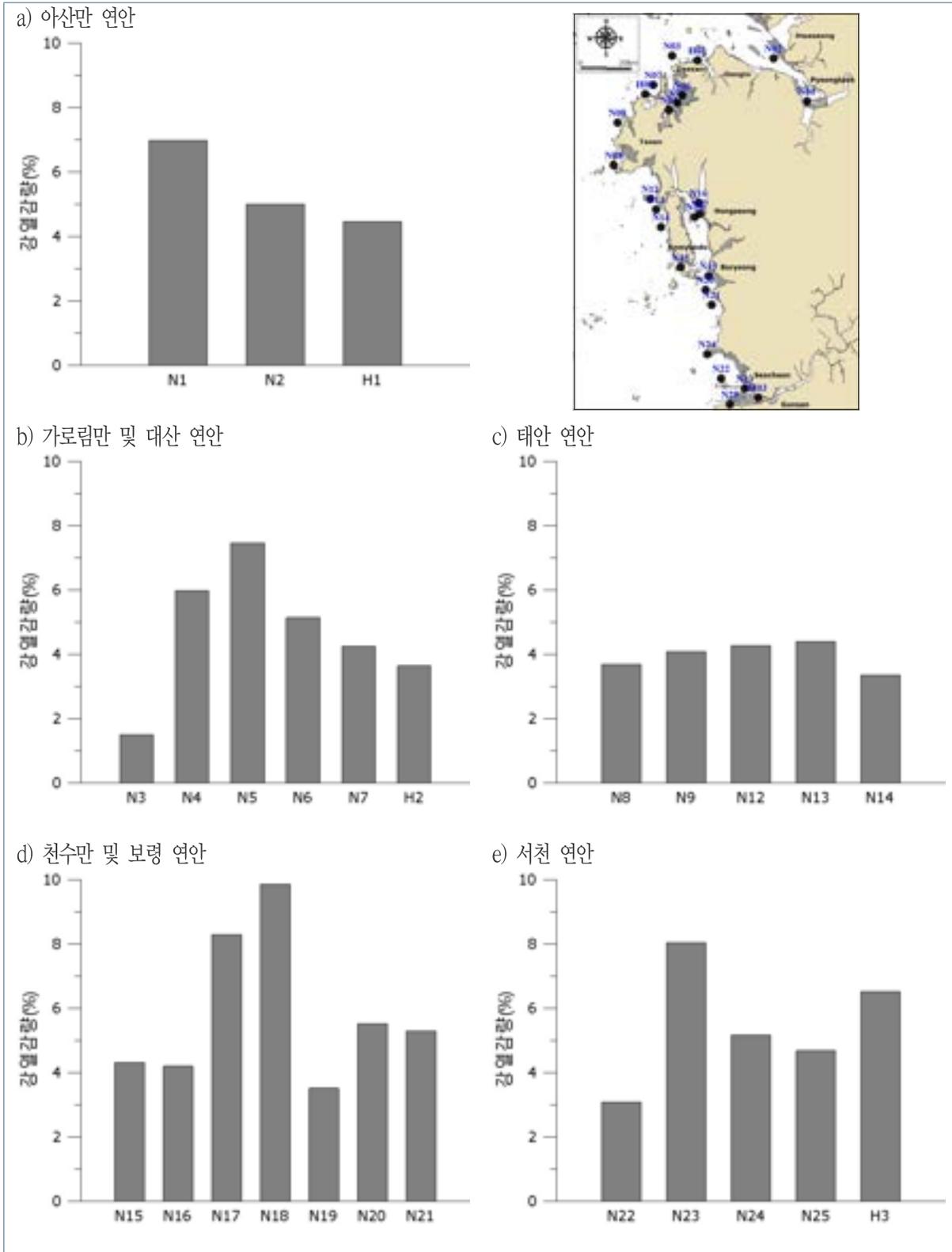
b) 입도 조성 및 평균입도 분포



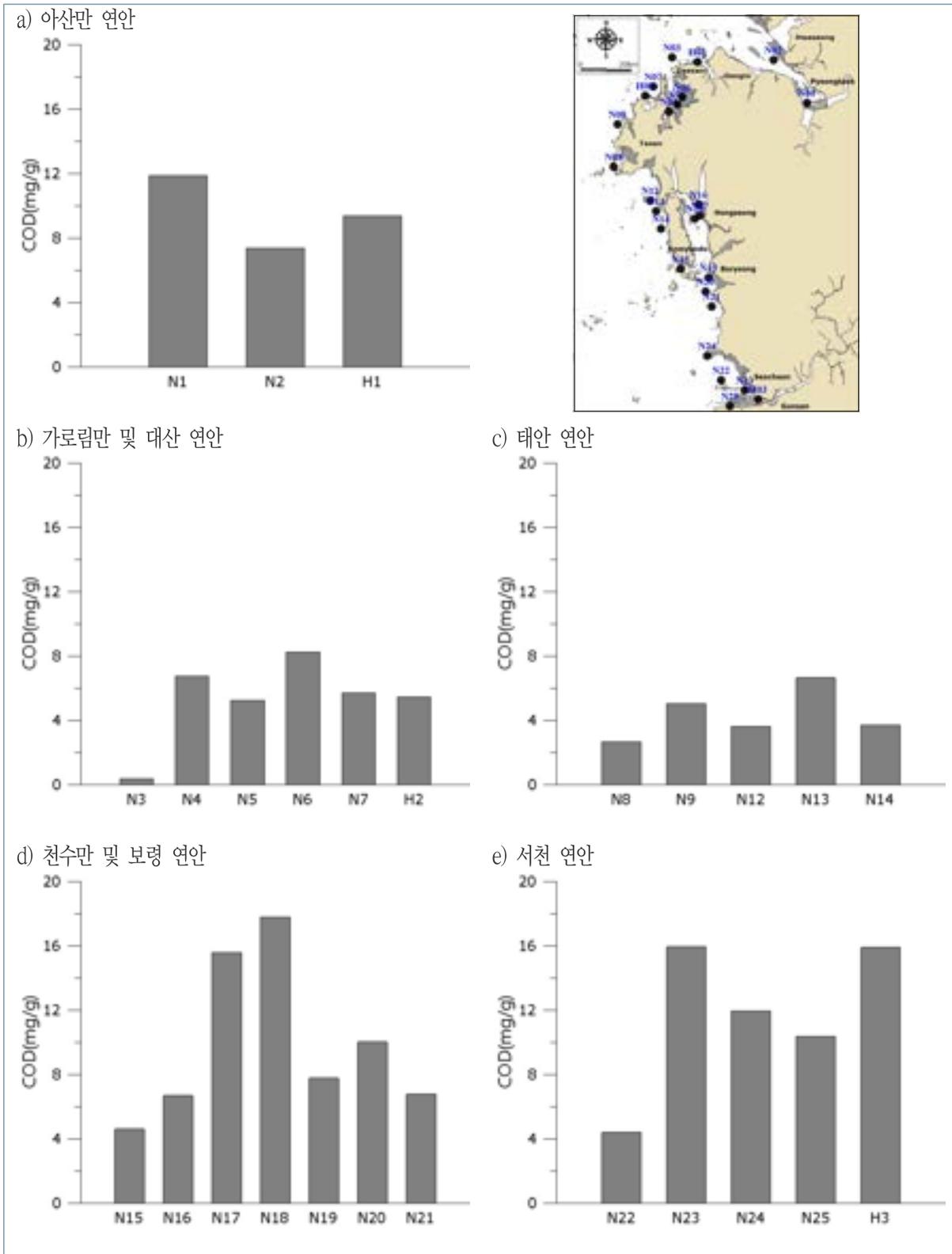
[그림 2-50] 정점별 입도분포 삼각다이아그램(a), 입도 조성 및 평균 입도 분포(b)



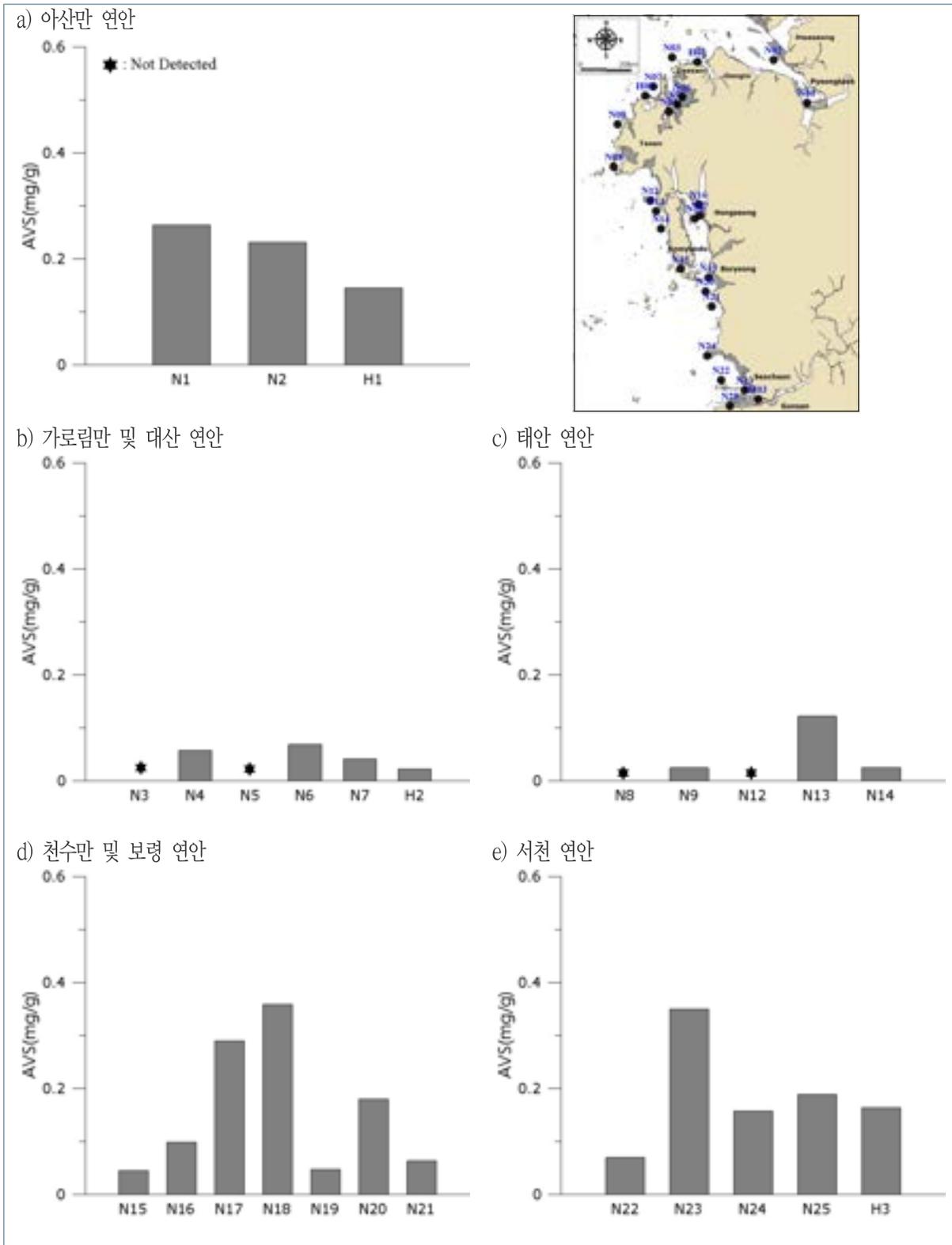
[그림 2-51] 해양 퇴적물의 함수율 분포 특성



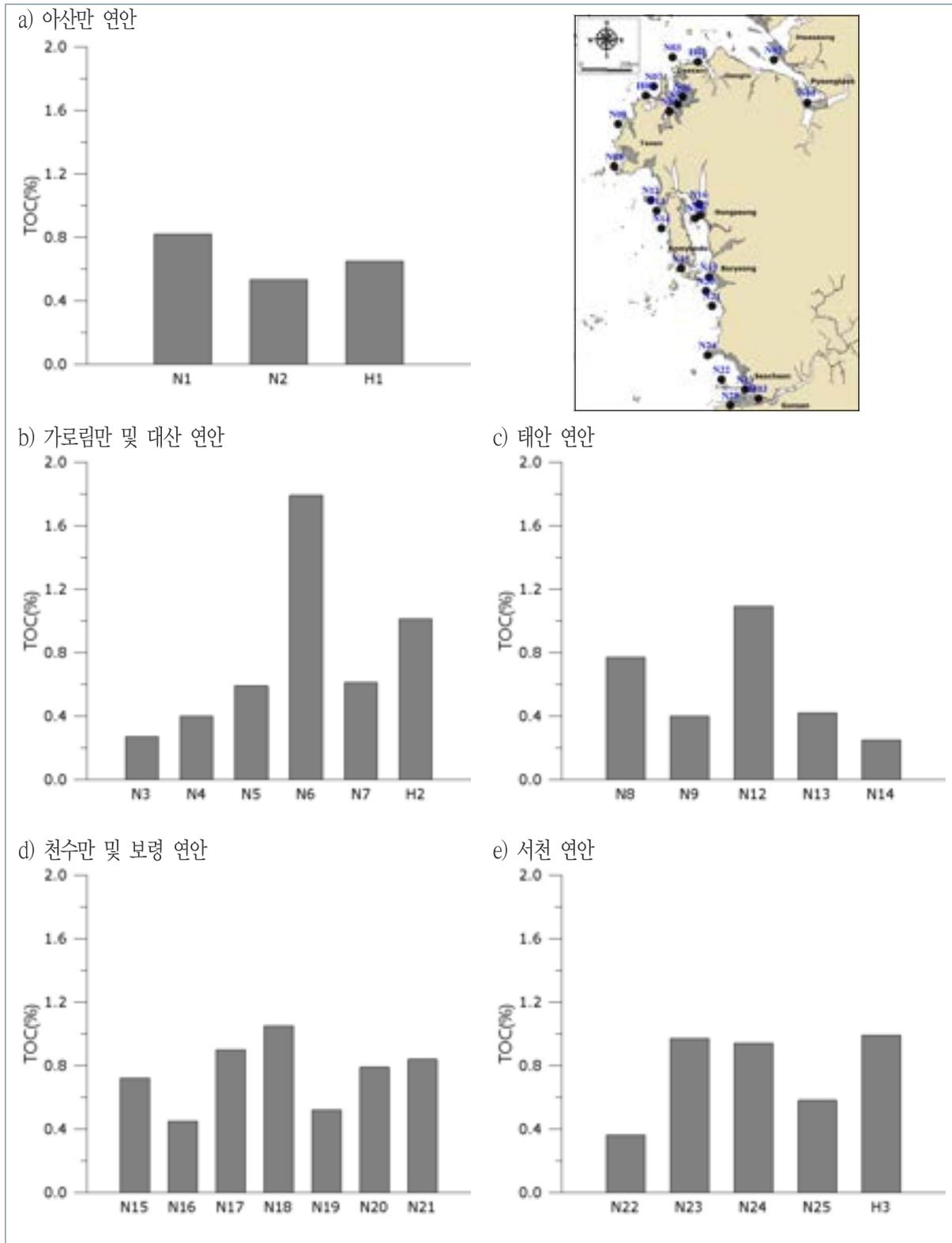
[그림 2-52] 해양 퇴적물의 강열감량 분포 특성



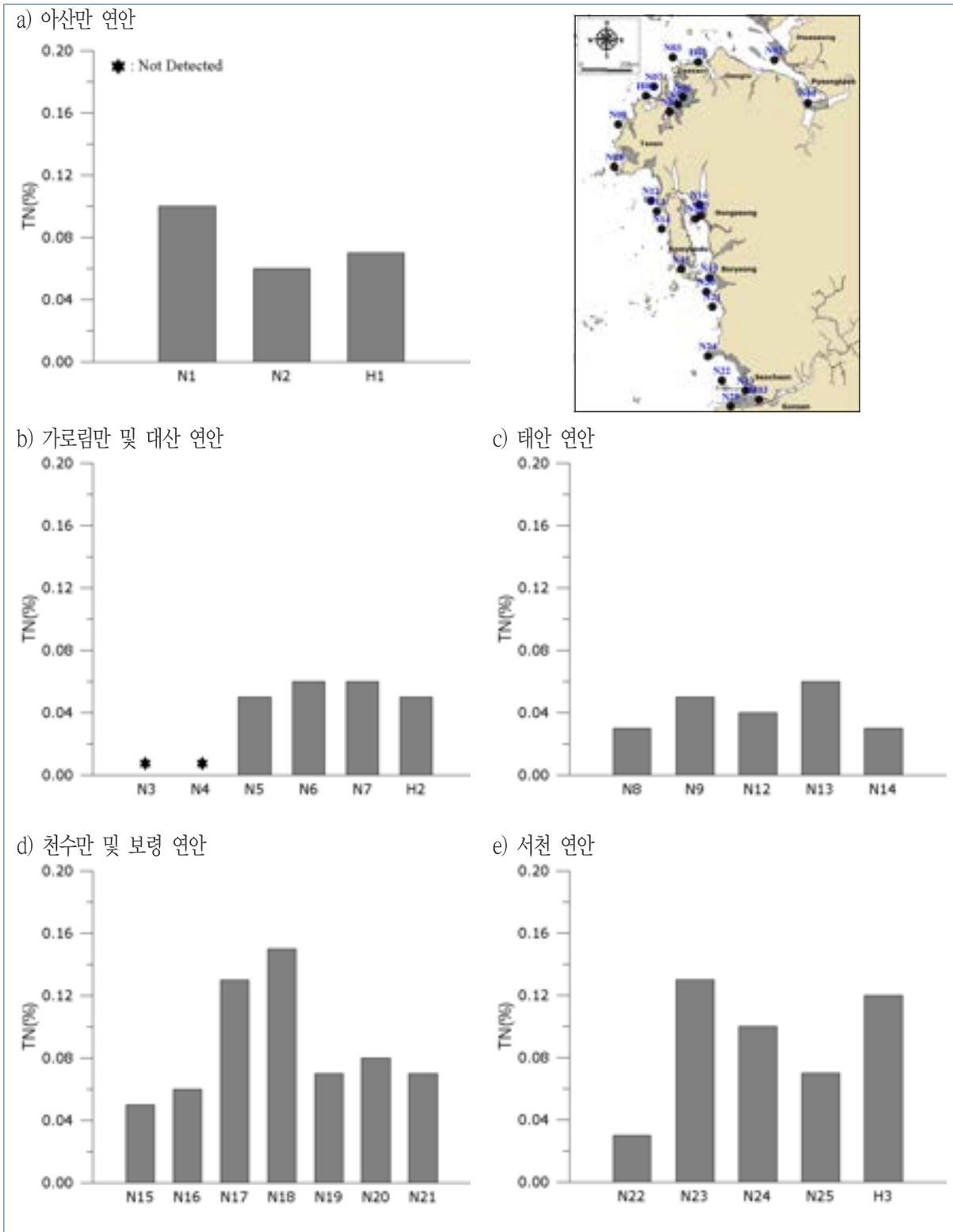
[그림 2-53] 해양 퇴적물의 화학적 산소요구량(COD) 분포 특성



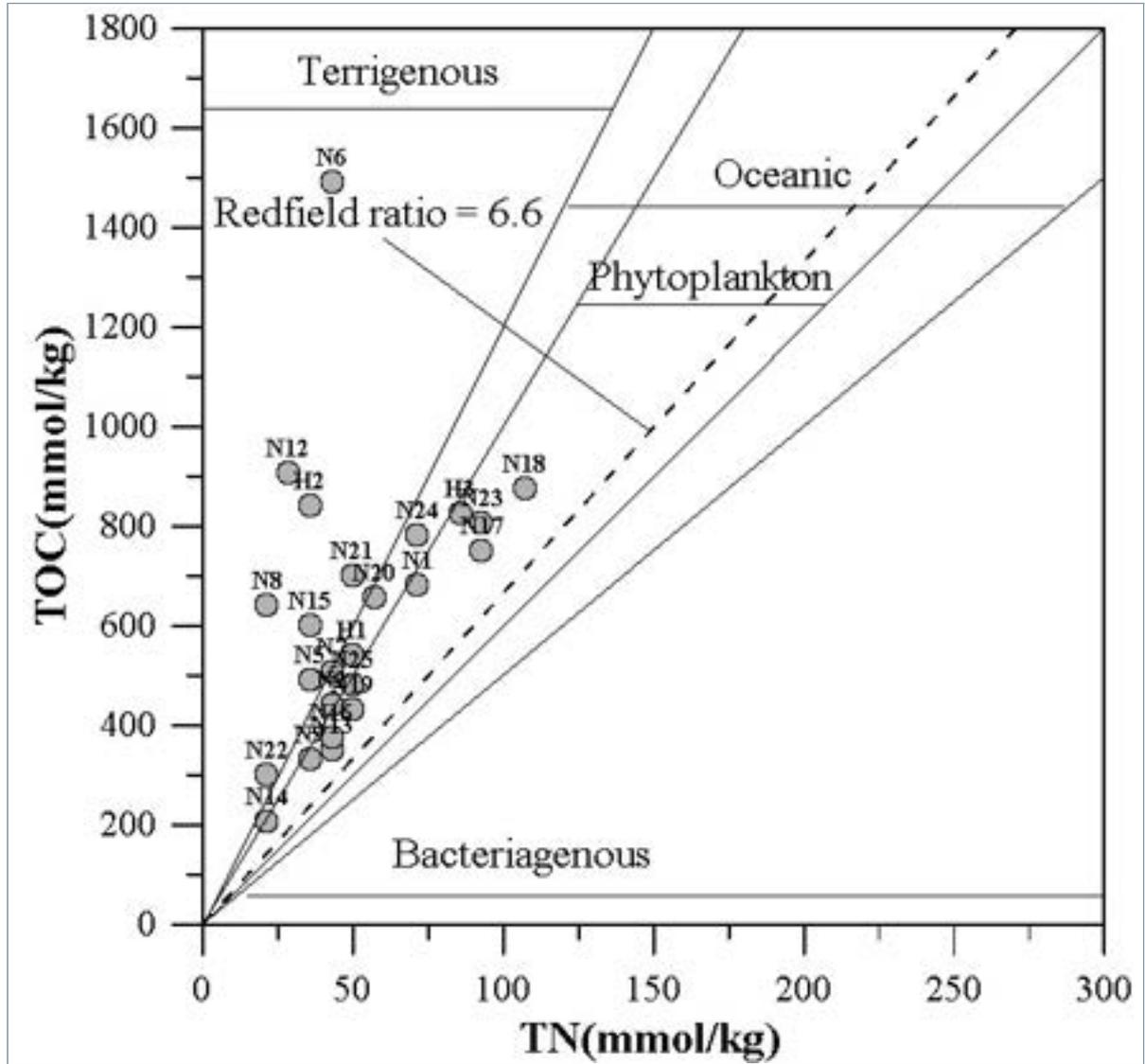
[그림 2-54] 해양 퇴적물의 산취발성황화물(AVS) 분포 특성



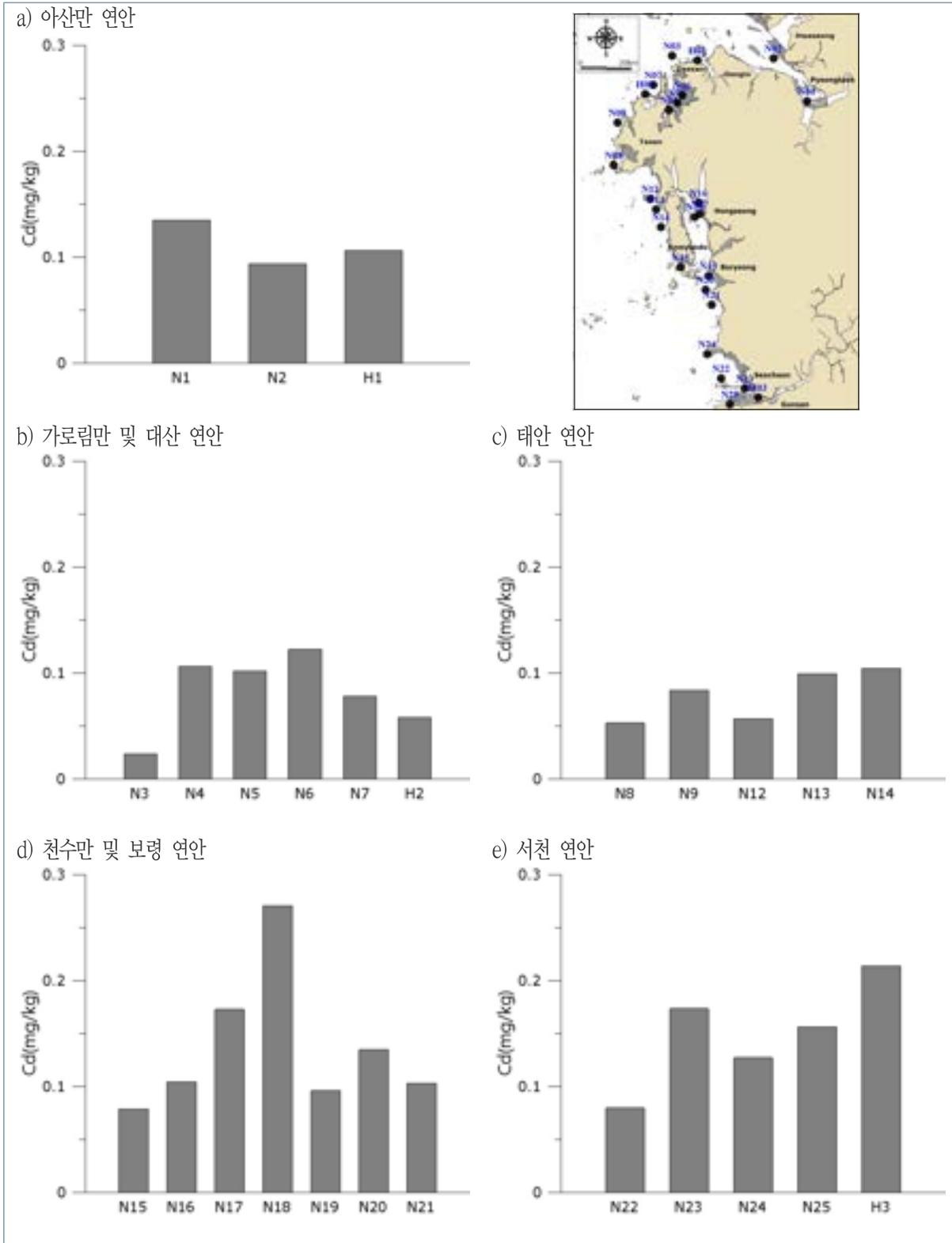
[그림 2-55] 해양 퇴적물의 총유기탄소(TOC) 분포 특성



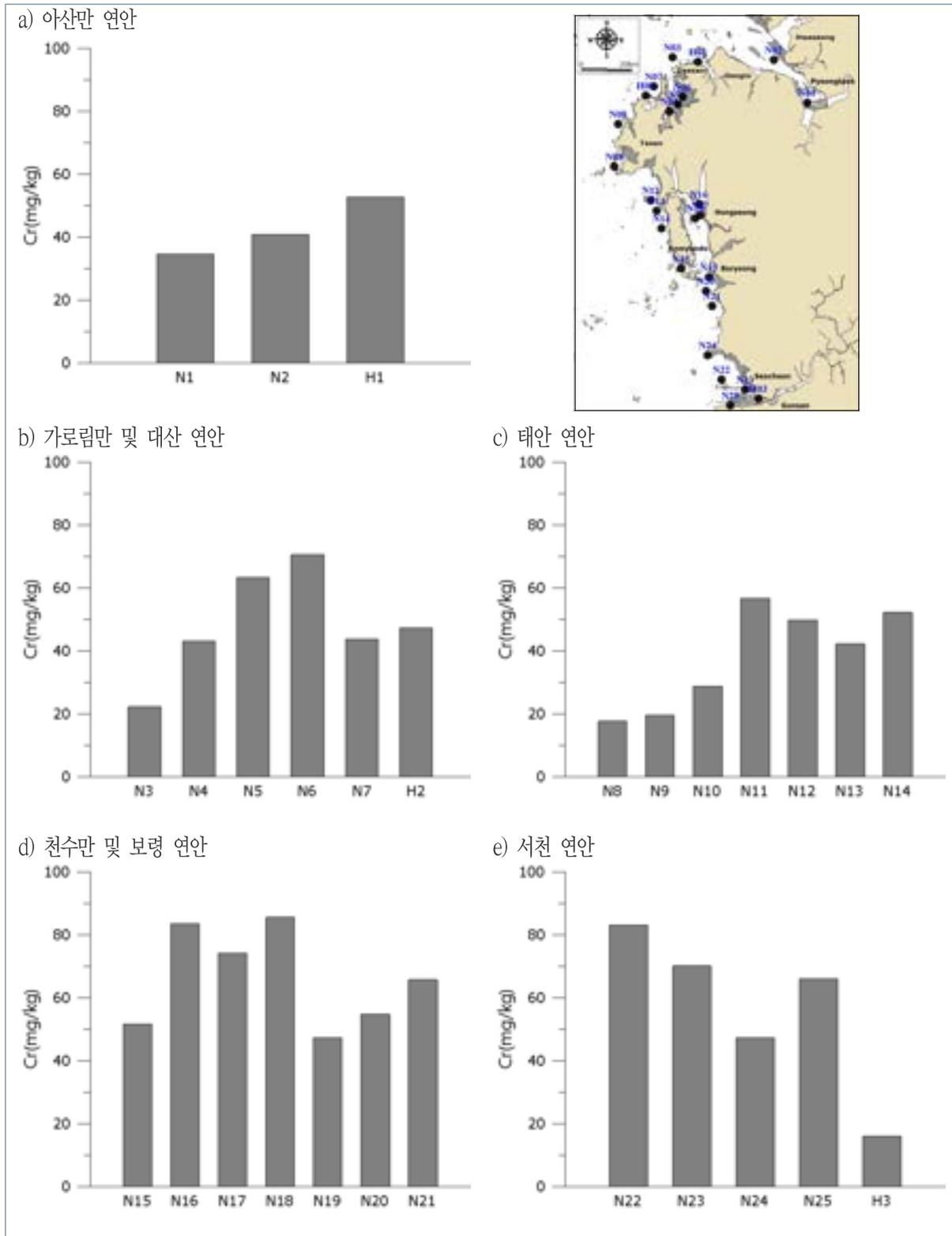
[그림 2-56] 해양 퇴적물의 총질소(TN) 분포 특성



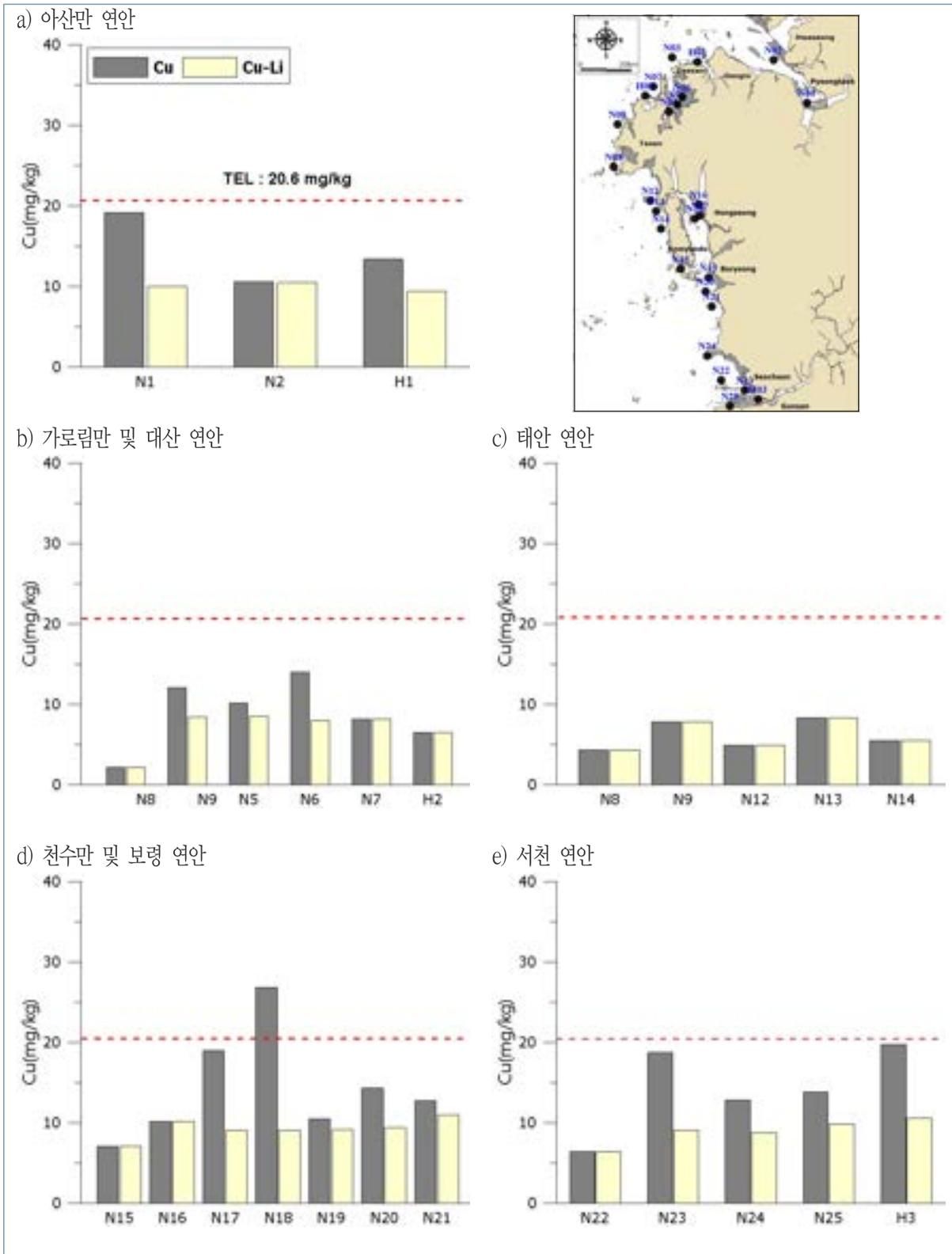
[그림 2-57] 해양 퇴적물 유기물의 탄소 대 질소비(C/N 비)



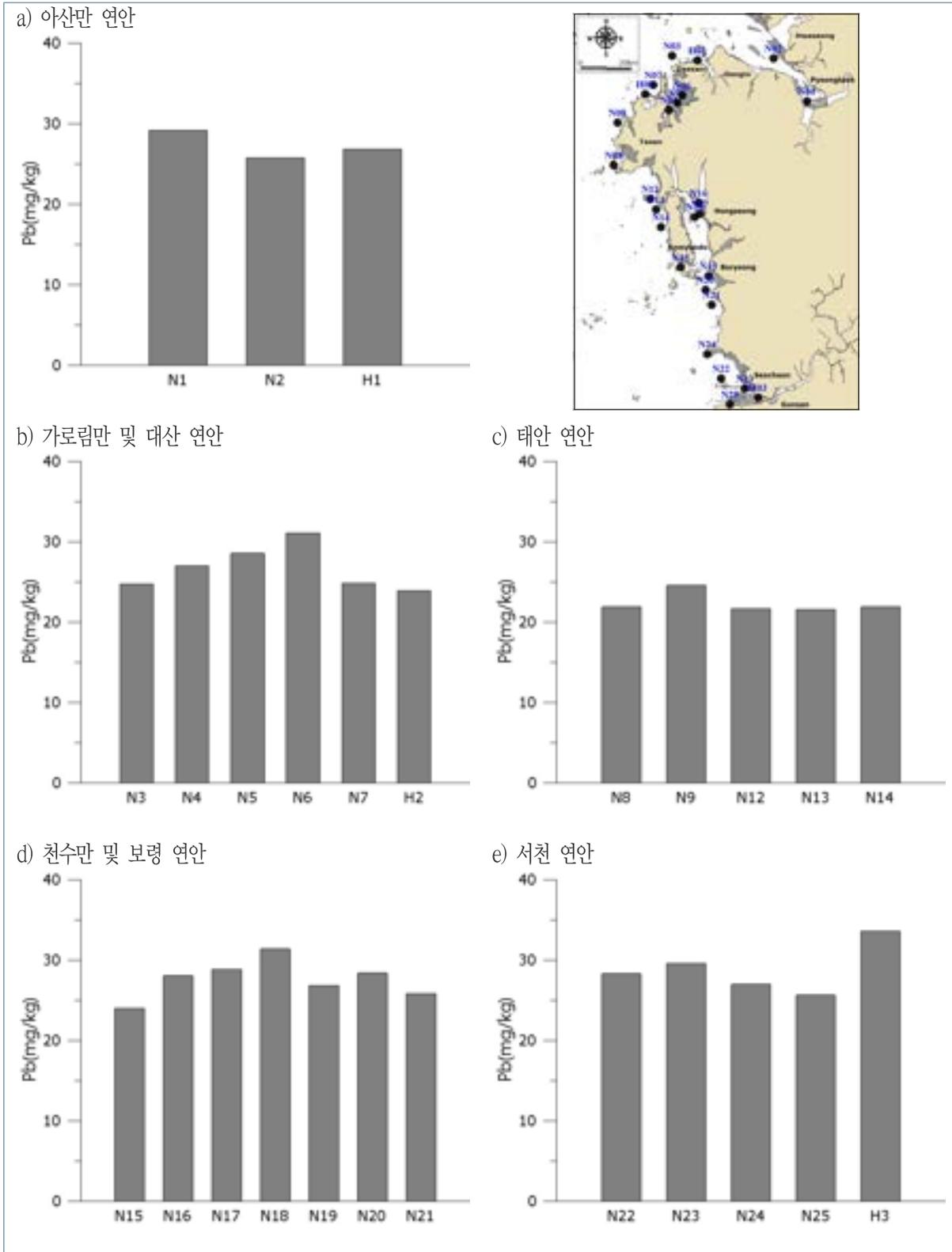
[그림 2-58] 해양 퇴적물 내 카드뮴(Cd) 분포 특성



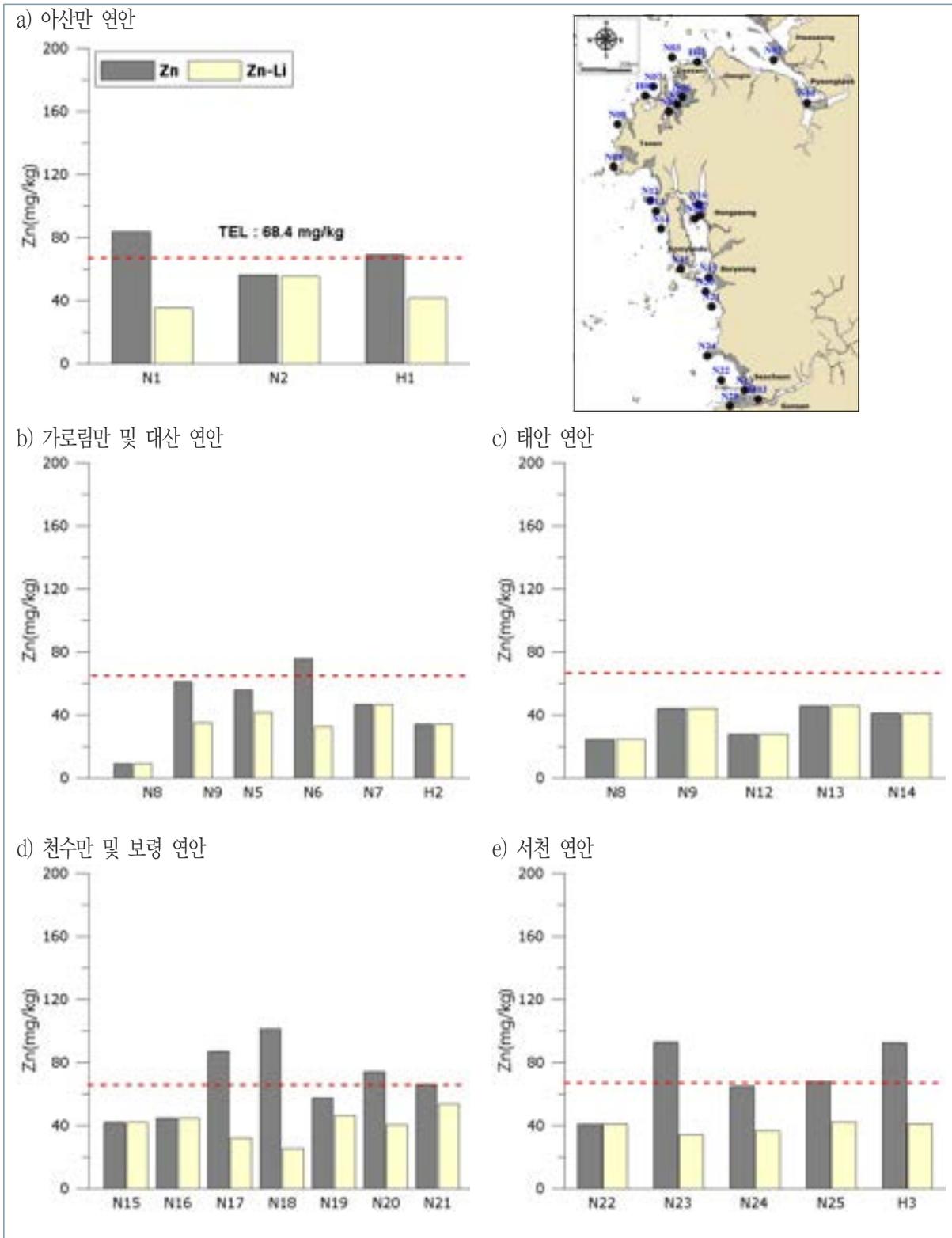
[그림 2-59] 해양 퇴적물 내 크롬(Cr) 분포 특성



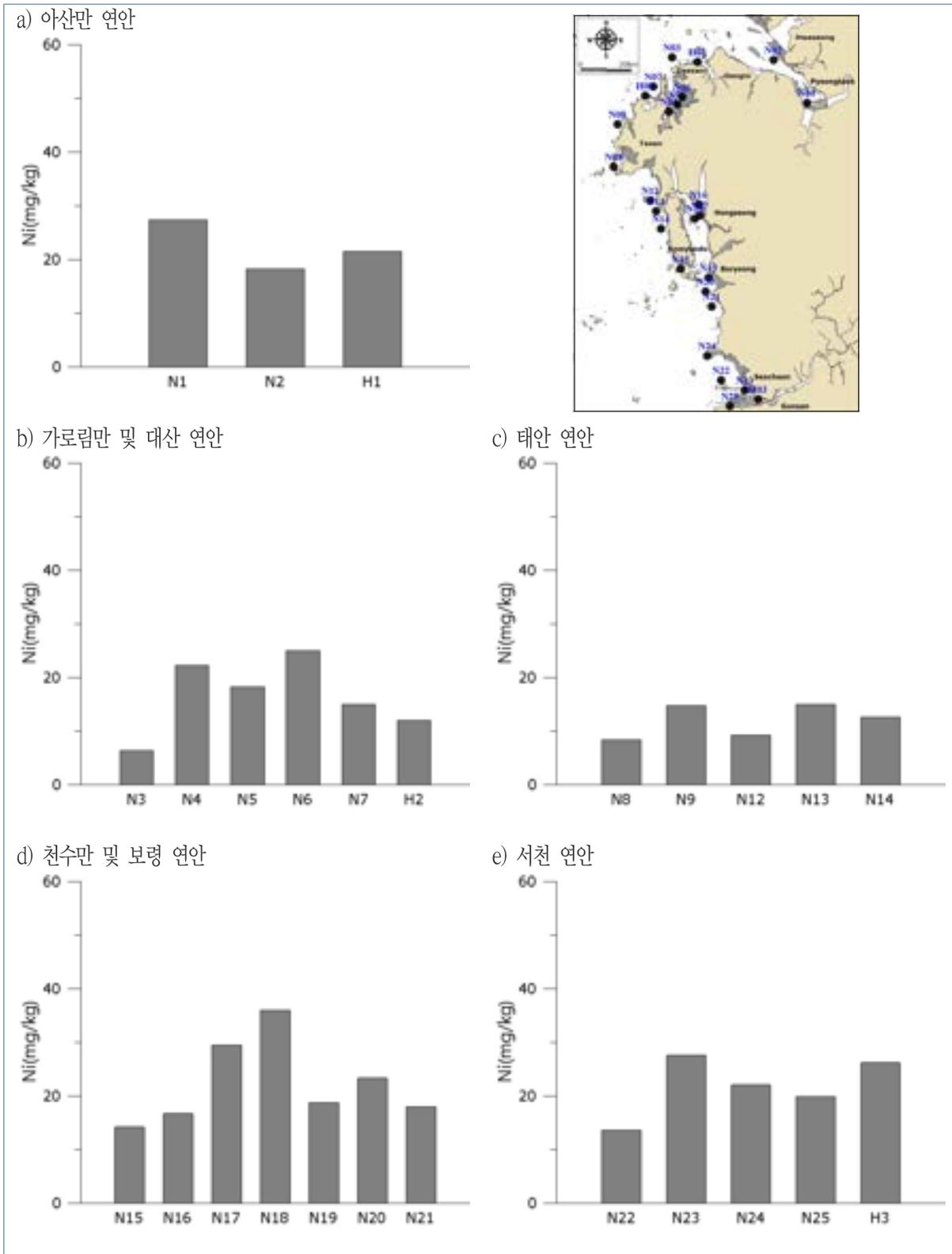
[그림 2-60] 해양 퇴적물 내 구리(Cu) 분포 특성



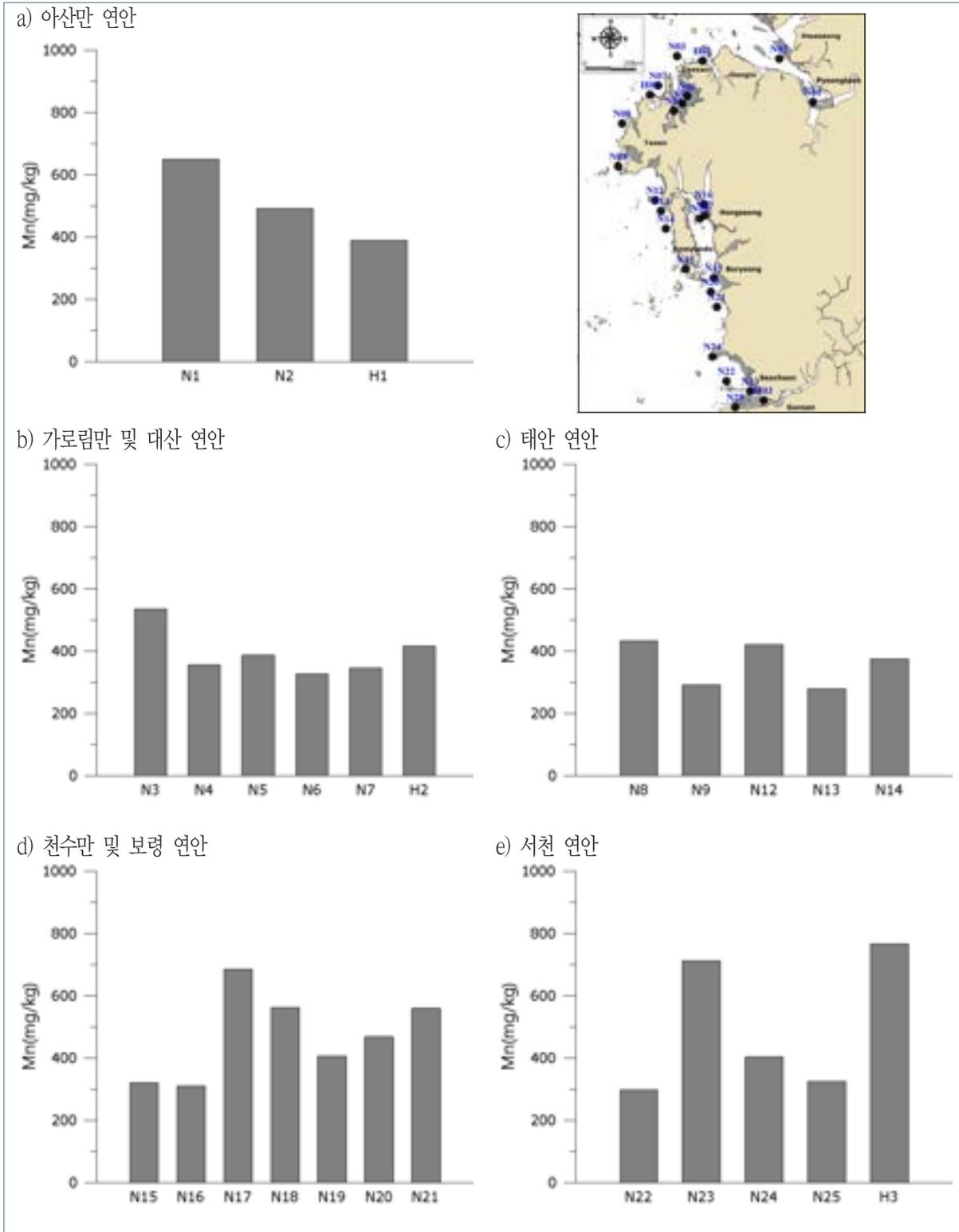
[그림 2-61] 해양 퇴적물 내 납(Pb) 분포 특성



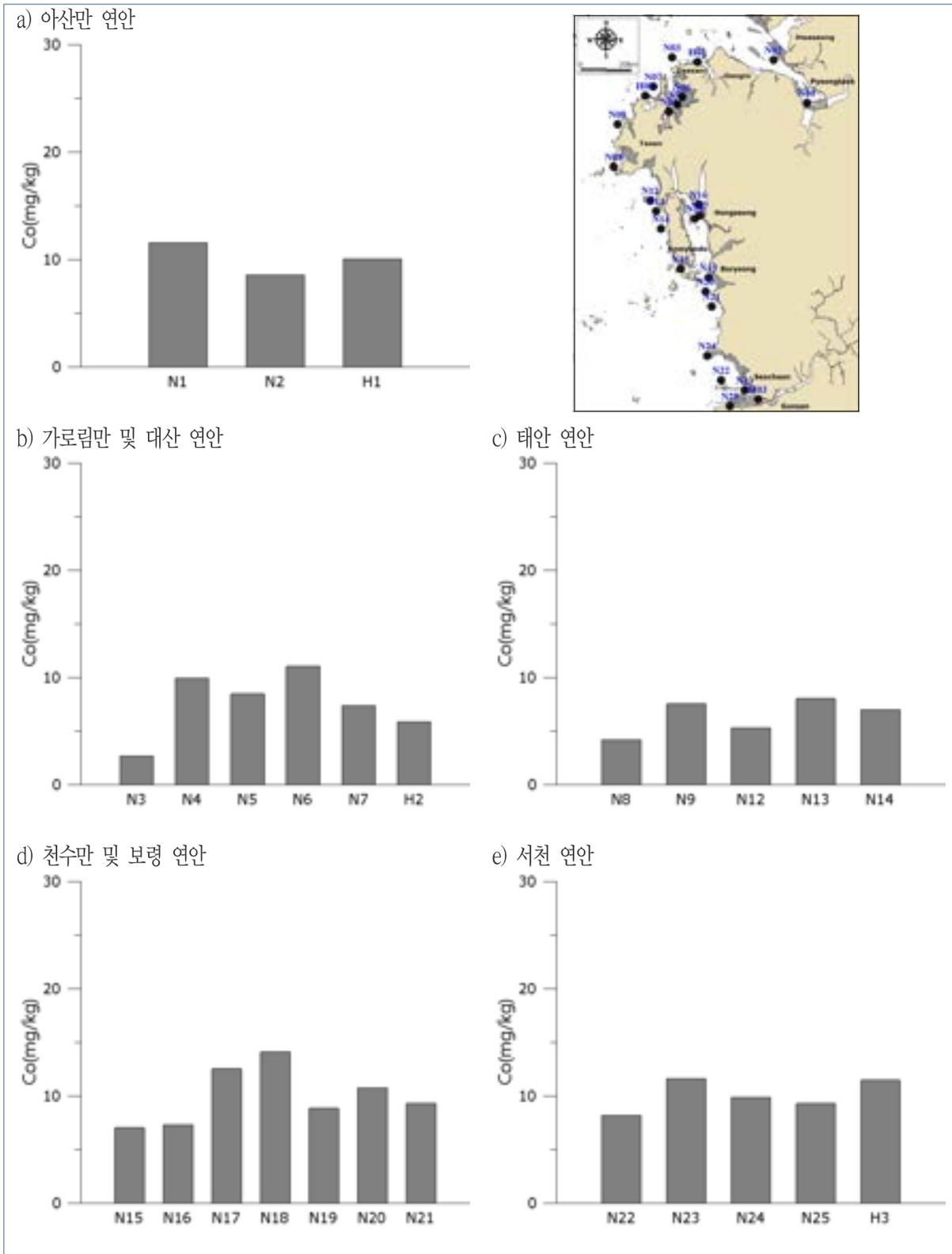
[그림 2-62] 해양 퇴적물 내 아연(Zn) 분포 특성



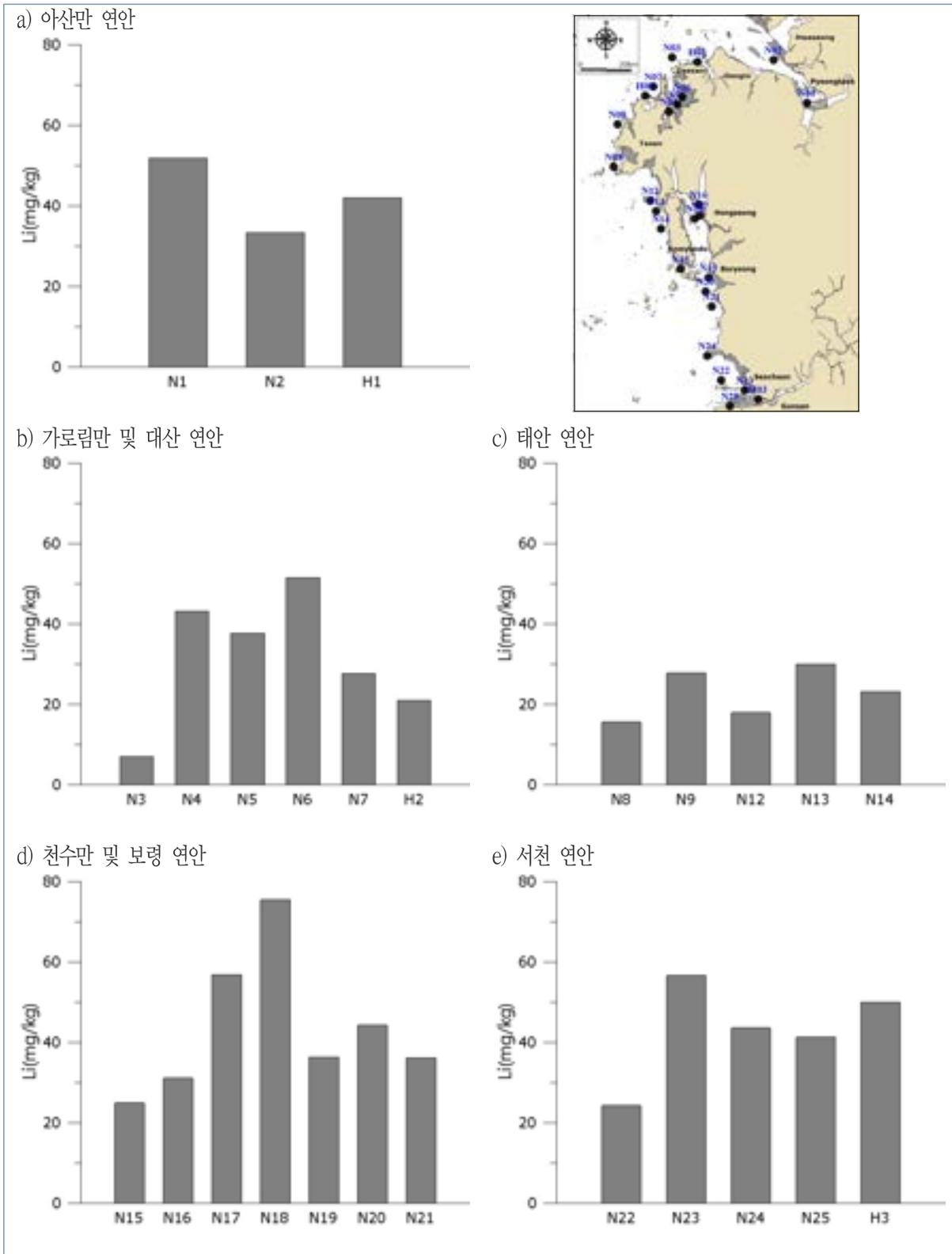
[그림 2-63] 해양 퇴적물 내 니켈(Ni) 분포 특성



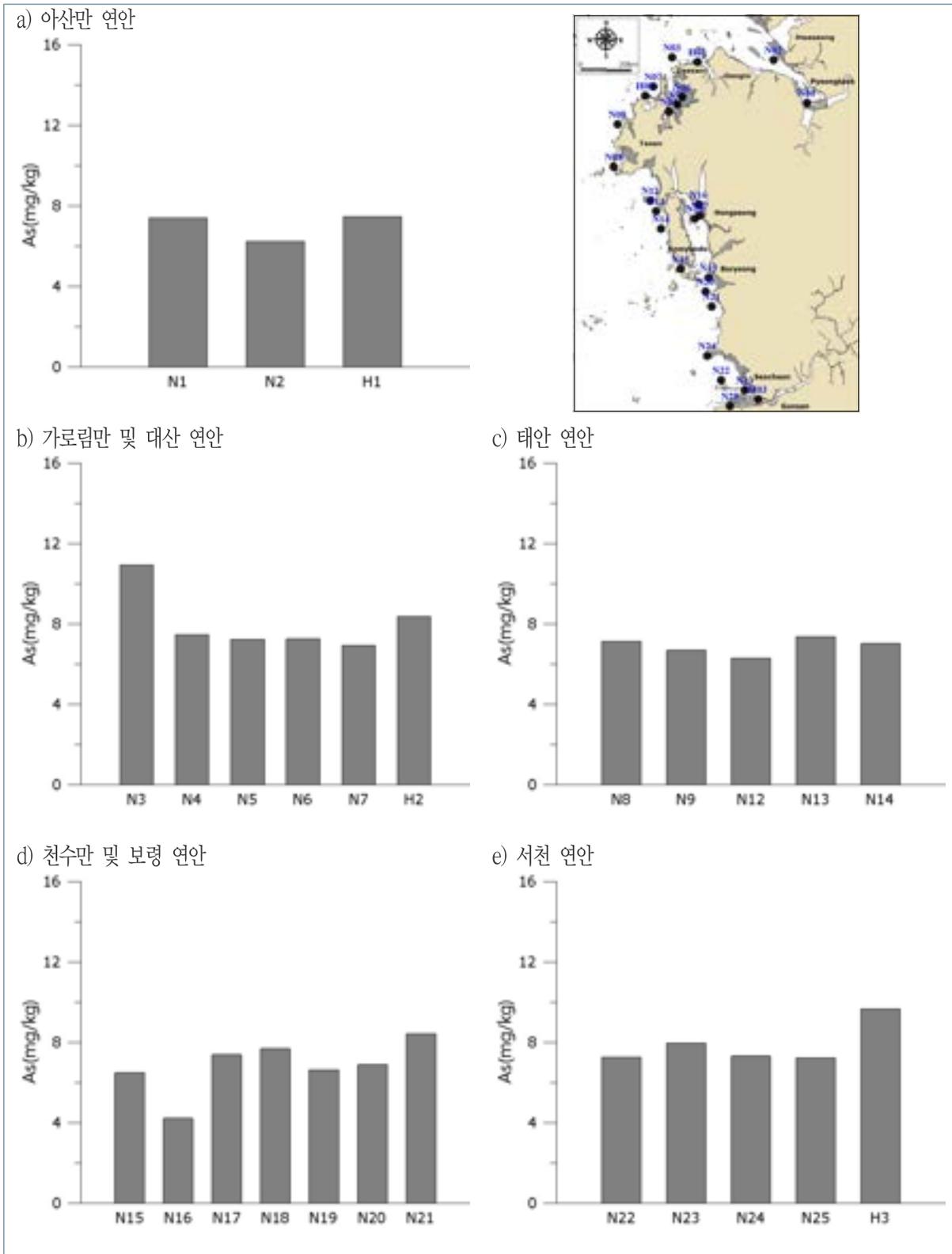
[그림 2-64] 해양 퇴적물 내 망간(Mn) 분포 특성



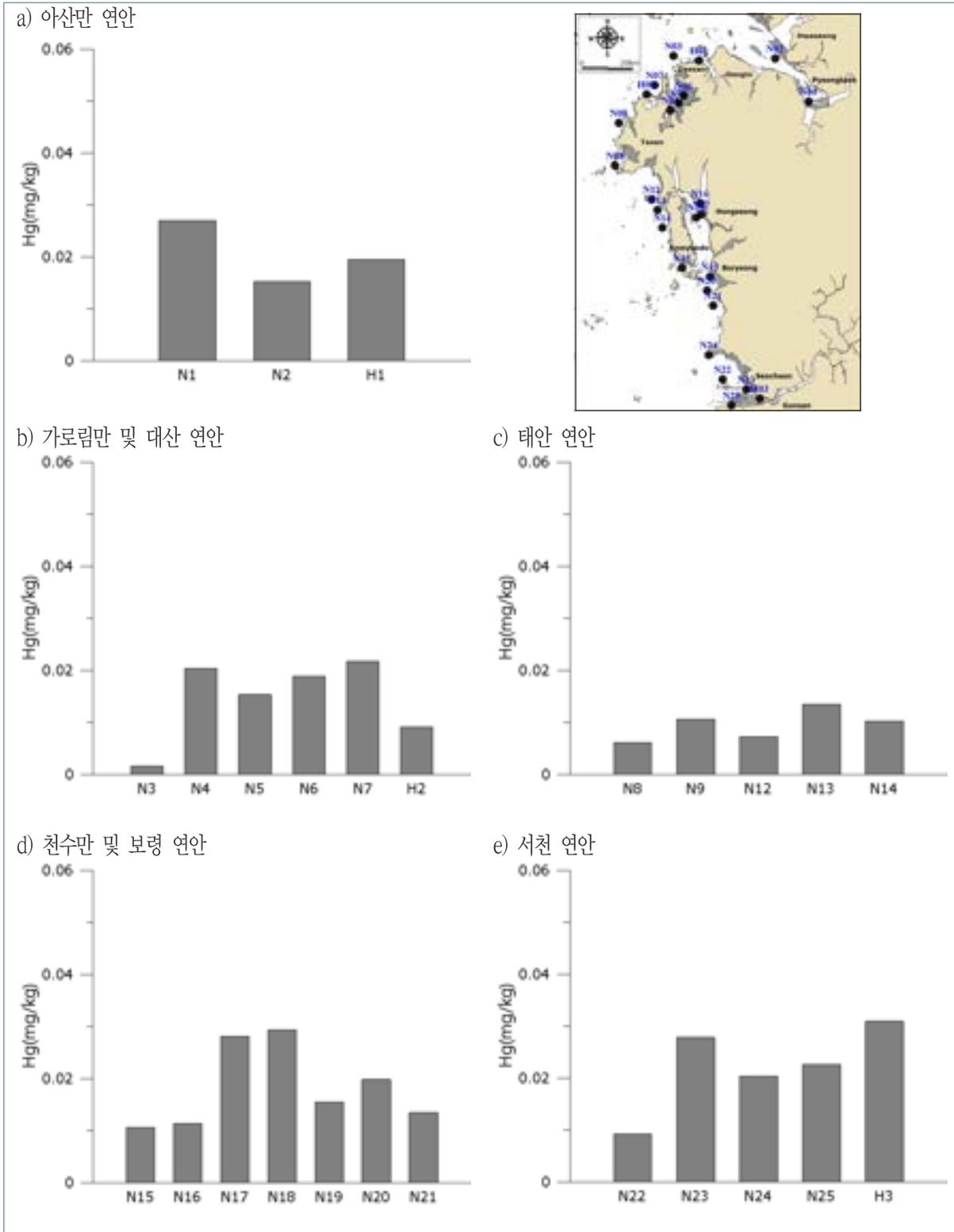
[그림 2-65] 해양 퇴적물 내 코발트(Co) 분포 특성



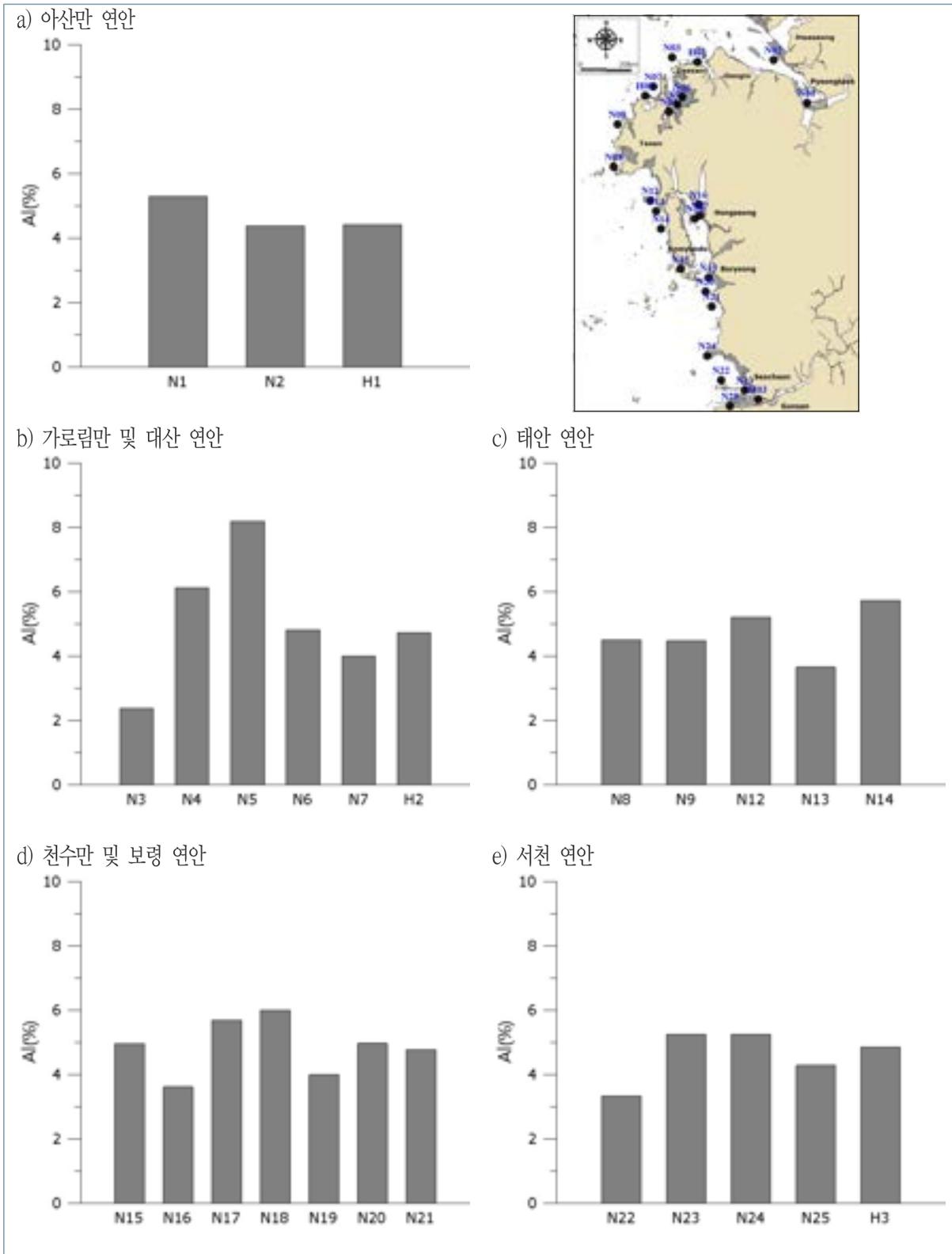
[그림 2-66] 해양 퇴적물 내 리튬(Li) 분포 특성



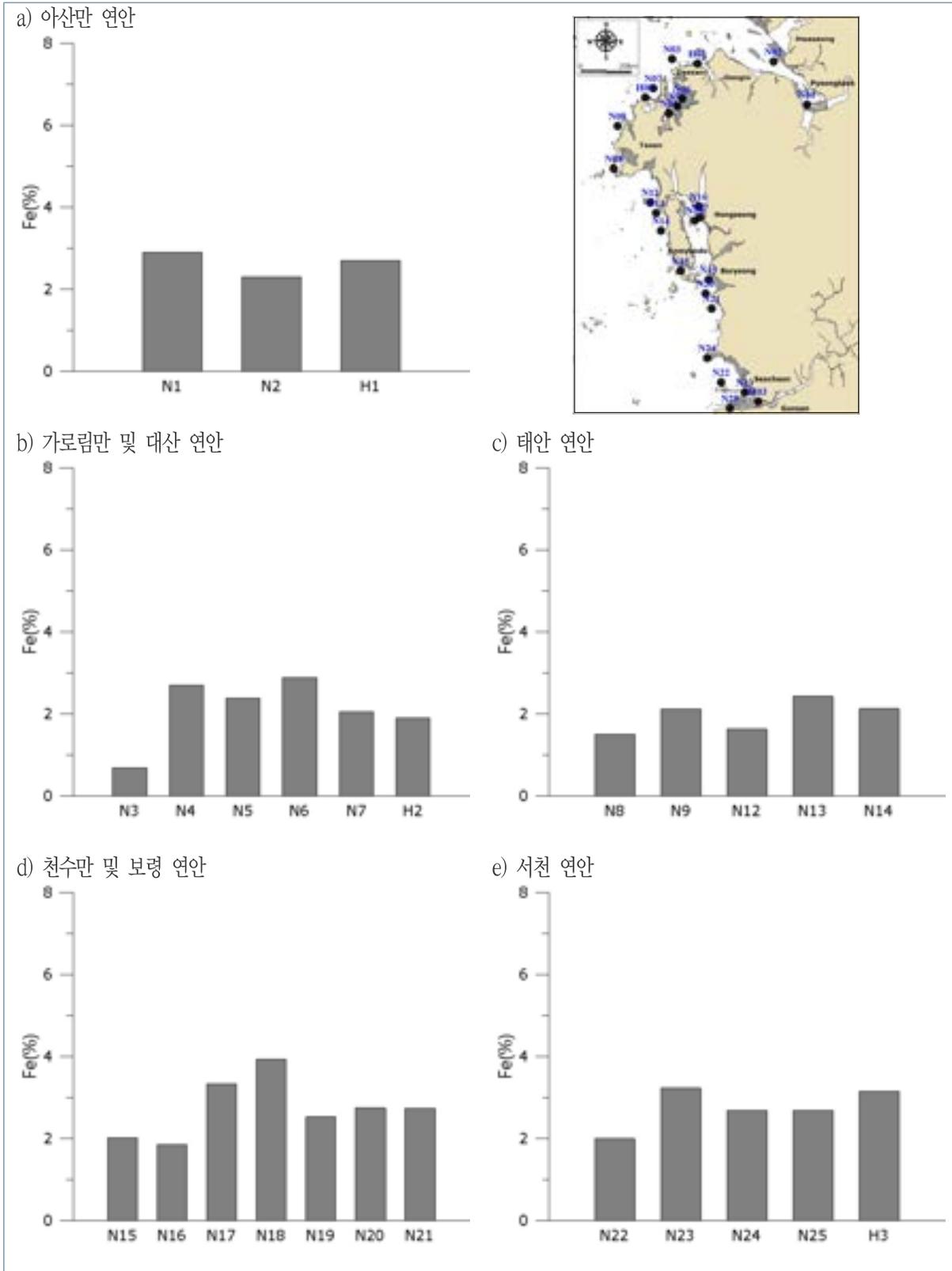
[그림 2-67] 해양 퇴적물 내 비소(As) 분포 특성



[그림 2-68] 해양 퇴적물 내 수은(Hg) 분포 특성



[그림 2-69] 해양 퇴적물 내 알루미늄(Al) 분포 특성



[그림 2-70] 해양 퇴적물 내 철(Fe) 분포 특성

## (7) 상관 분석 및 국내 환경 기준과의 비교

- 퇴적물 내 미량금속의 공간적 분포를 조절하는 요인을 파악하기 위해 평균 입도와 미량금속의 상관성을 파악하였고, 그 결과를 [표 2-29]과 [그림 2-71]에 제시하였음
- 한편 해양퇴적물 내 미량금속에 대한 국내 해양환경 기준(해양수산부, 2018)을 [표 2-30]에 제시하였음
- 일반적으로 연안 해역에서 퇴적물 미량금속 농도는 기원 암석의 광물적 조성, 입도, 퇴적물 내 속성작용, 자생광물 혹은 생물기원 광물, 인위적인 유입 등 여러 요인에 의해 영향을 받으며(Forstner, 1981), 그 중에서도 입도와 유기물 함량과 밀접한 관련이 있다고 보고된 바 있음(Cho and Park, 1998, Hwang et al., 2010; Hwang and Kim, 2011; Lim et al., 2013)
- 상관 분석 결과는 5단계로 구분되며 매우 낮은 상관성(0~0.2), 낮은 상관성(0.2~0.4), 양호한 상관성(0.4~0.7), 높은 상관성(0.7~0.9), 매우 높은 상관성(0.9~1.0)으로 알려짐
- 평균입도와 유기물, 미량금속 간의 상관 분석 결과 대부분 높은 상관성 이상을 보였으며, 납(Pb)은 양호한 상관성을 보이는 것으로 분석됨
- 퇴적물 내 미량금속의 오염도는 해양환경기준(해양수산부, 2018)의 해저퇴적물 기준을 사용하여 분석하였으며, 해양환경기준은 총 8개의 미량금속(비소(As), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 수은(Hg), 니켈(Ni), 납(Pb), 아연(Zn))에 대하여 주의기준(TEL:부정적인 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 범위)과 관리기준(PEL:부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 농도)을 설정하였음
- 각 시료 내 미량금속 농도는 입자 크기에 따라 변하므로, 입자 크기의 변화를 나타낼 수 있는 리튬(Li)으로 보정 후 적용하는데, 구리(Cu)와 아연(Zn)이 해당되고, 비소(As), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 수은(Hg), 니켈(Ni), 납(Pb)은 측정값과 기준 농도를 직접 비교함
- 각 미량금속 오염도를 분석한 결과 모든 항목이 주의기준(TEL) 이하로 분석되었으며, 충청남도 연안의 퇴적물은 미량금속에 의한 오염도는 낮은 것으로 분석됨

[표 2-29] 충청남도 연안 퇴적물 내 항목의 상관분석 결과

	Mz	IL	COD	TOC	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Li	As	Hg
Mz	1.0											
IL	0.8	1.0										
COD	0.9	0.8	1.0									
TOC	0.4	0.4	0.4	1.0								
Cd	0.9	0.8	0.9	0.4	1.0							
Cr	0.7	0.6	0.7	0.4	0.6	1.0						
Cu	0.9	0.9	1.0	0.5	0.9	0.7	1.0					
Pb	0.7	0.6	0.7	0.4	0.7	0.6	0.8	1.0				
Zn	0.9	0.8	0.9	0.5	0.9	0.7	1.0	0.8	1.0			
Li	0.9	0.9	0.9	0.5	0.9	0.7	1.0	0.8	1.0	1.0		
As	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	1.0	
Hg	0.9	0.8	0.9	0.4	0.9	0.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1	1.0

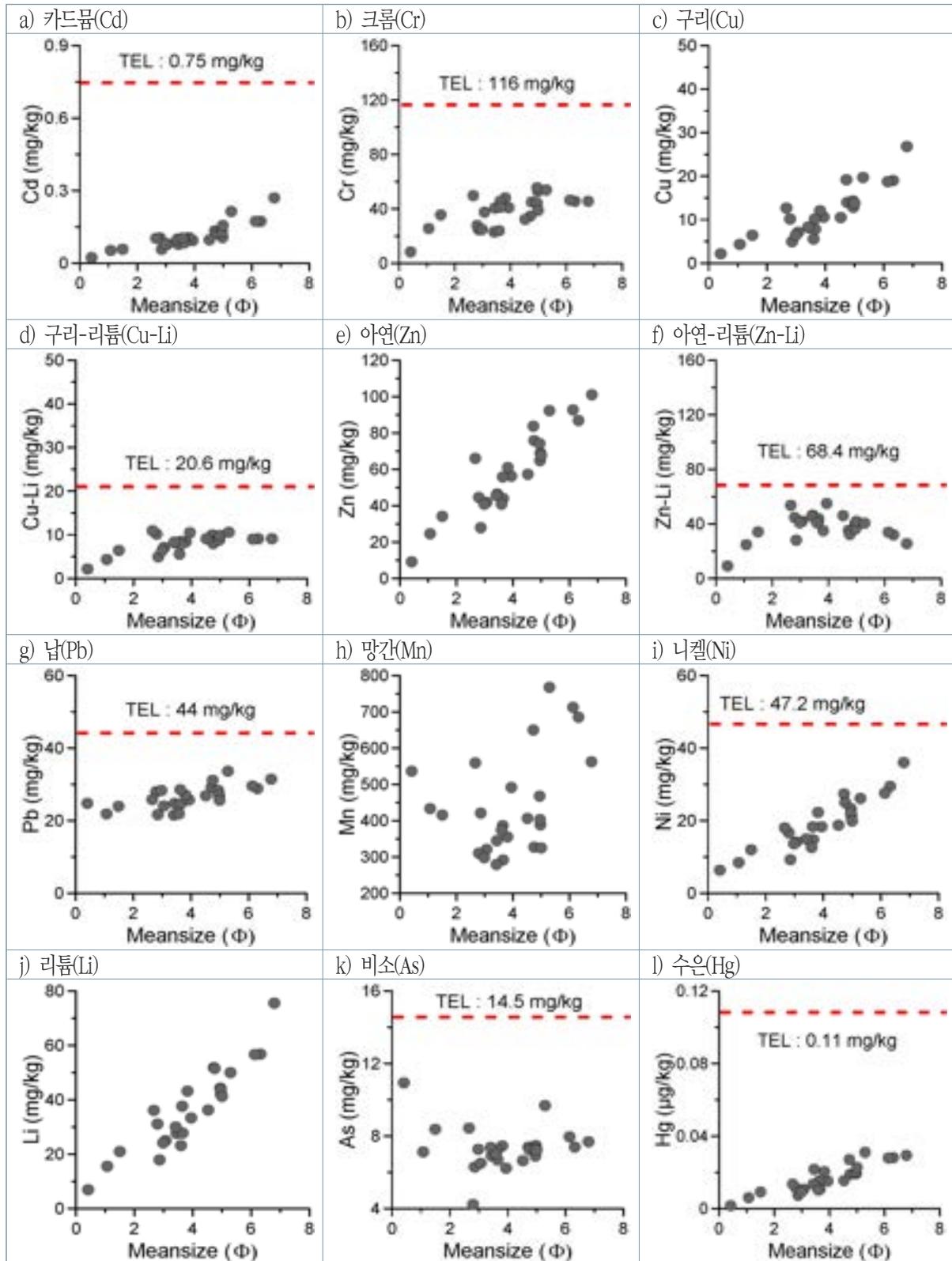
[표 2-30] 해양환경관리법에 따른 해양환경기준(해양수산부고시 제 2018-10)

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

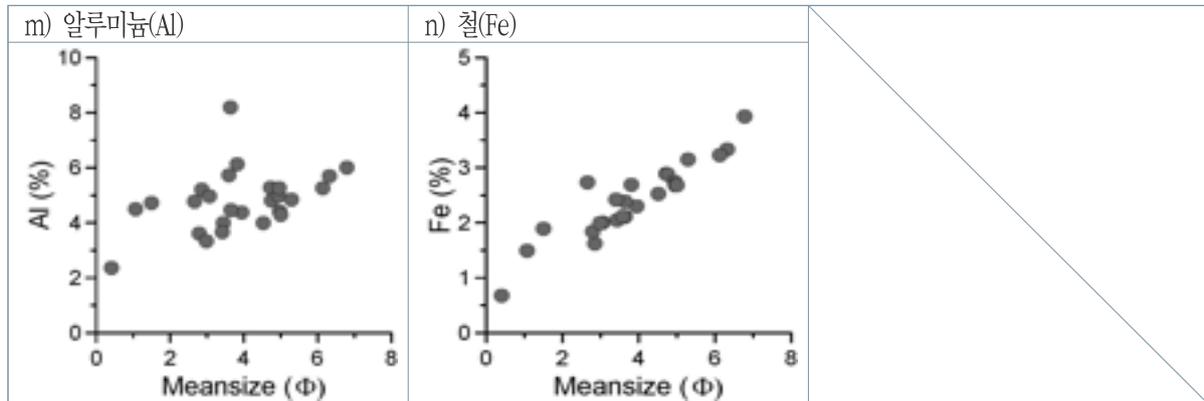
(1) 주의기준 (Threshold Effects Level, TEL): 부정적인 생태 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 농도  
(2) 관리기준 (Probable Effects Level, PEL): 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 농도  
(3) 적용 방법 : 금속 농도가 입자 크기에 따라 변화하므로 입자 크기의 변화를 나타낼 수 있는 금속 (Li)을 사용하여 보정된 금속 농도를 사용  
- As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb는 시료와 각 기준 농도를 직접 비교  
- Cu, Zn은 시료의 Li으로 측정 농도를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

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

$$\text{입도보정한 Zn 농도} = \left( \frac{\text{시료의 Zn 농도} - 30.4}{\text{시료의 Li 농도} - 21.2} \right) \times 11.9 + 30.4$$
- 만일 시료의 Li이 33.1 ppm 이하이거나 입도보정 농도가 음의 값을 보일 경우 별도의 입도보정 없이 주의기준과 관리기준에 직접 비교



<그림 2-71> 충청남도 연안 퇴적물의 입도와 미량금속 함량 간의 상관성



[그림 2-71] 계속

## (8) 오염도 평가

### (가) 농축계수(enrichment factor : EF)

- 일반적으로 오염은 환경 내 매질 중 구성성분의 농도가 자연 상태에 존재하는 농도보다 높아져 있거나 생물에 악영향을 미치는 상태를 의미함
- 농축계수는 지각물질 중에 풍부하고 보편적인 성질을 가진 원소인 Al 혹은 Fe을 표준화 성분으로 사용하여 점토광물의 구성비율과 연구지역내 미량금속의 구성비를 이용하여 각 미량금속의 농축정도를 평가하는 방법임(Choi et al., 2010, Hwang and Kim, 2011)
- 기존에 배경농도 설정을 상부 지각물질의 평균농도(Martin and Whitefield, 1983), 전 세계 연안 대륙붕지역의 평균농도(Taylor, 1964; Taylor and McLennan, 1995), 또는 연구지역에서 가장 낮은 농도(Hyen et al., 2003)를 사용하는 방법이 있으나 이러한 기존 배경농도 설정은 포괄적 또는 국지적으로 환경 고유의 특성이 간과되는 오류가 발생할 수 있음(Cho and Cho, 2015)

$$EF = \frac{(Metal)_{sample}}{Slope \times (Li)_{sample} + Yaxis}$$

- 따라서 금회 조사 자료의 배경농도는 Woo et al(2019)이 제시한 한반도 연안 퇴적물의 미량금속 배경농도를 이용하였음
- 간단히 설명하면 오염영향이 없으면서 입도 효과가 미량금속과 유사하게 나타나는 보존성 원소(Al, Cs, Li)에 대한 각 미량금속의 기울기로 제시되어 있으며 금회 조사에서는 보존성

원소인 Li을 분석하여 그 값을 사용하였음

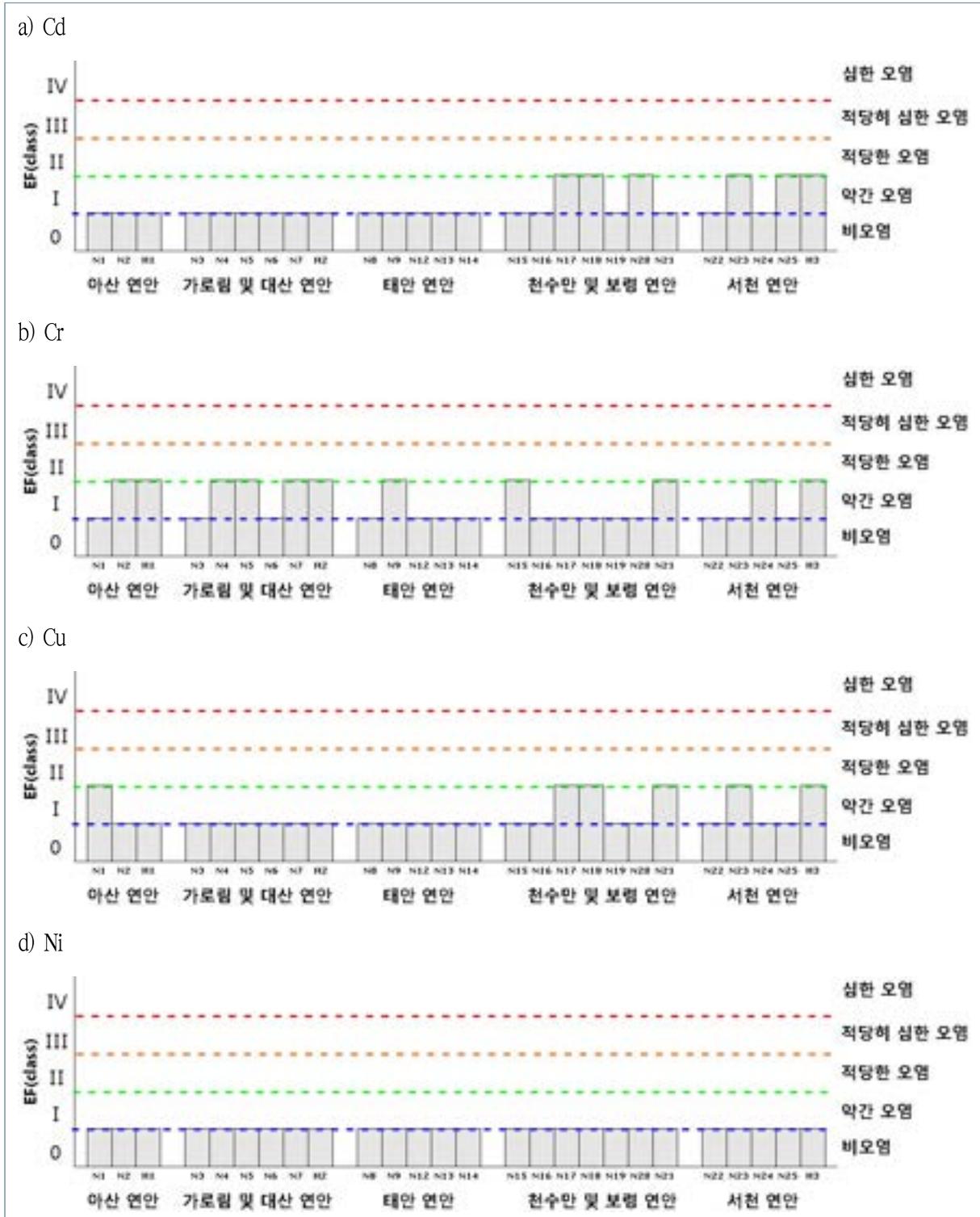
- 일반적으로 농축계수의 값에 대한 오염도의 평가는 0.5~1.5 범위일 경우 오염되지 않은 자연적인 농도임을 의미하고 1.5보다 클 경우 다른 오염원에 의한 오염이 있음을 의미함 (Zhang and Liu, 2002)
- 최근에는 농축계수의 값을 세분화하여 오염을 평가하였으며, 평가 기준은 [표 2-31]에 제시하였음(Birth, 2003; Chen et al., 2007)
- 금회 조사에서 농축계수는 오염되지 않은 상태(no enrichment)에서 약간 오염 상태(minor enrichment)로 조사되었음([표 2-32], [그림 2-72]~[그림 2-73])

[표 2-31] 농축계수를 이용한 해양퇴적물 내 미량금속 오염도 평가 기준

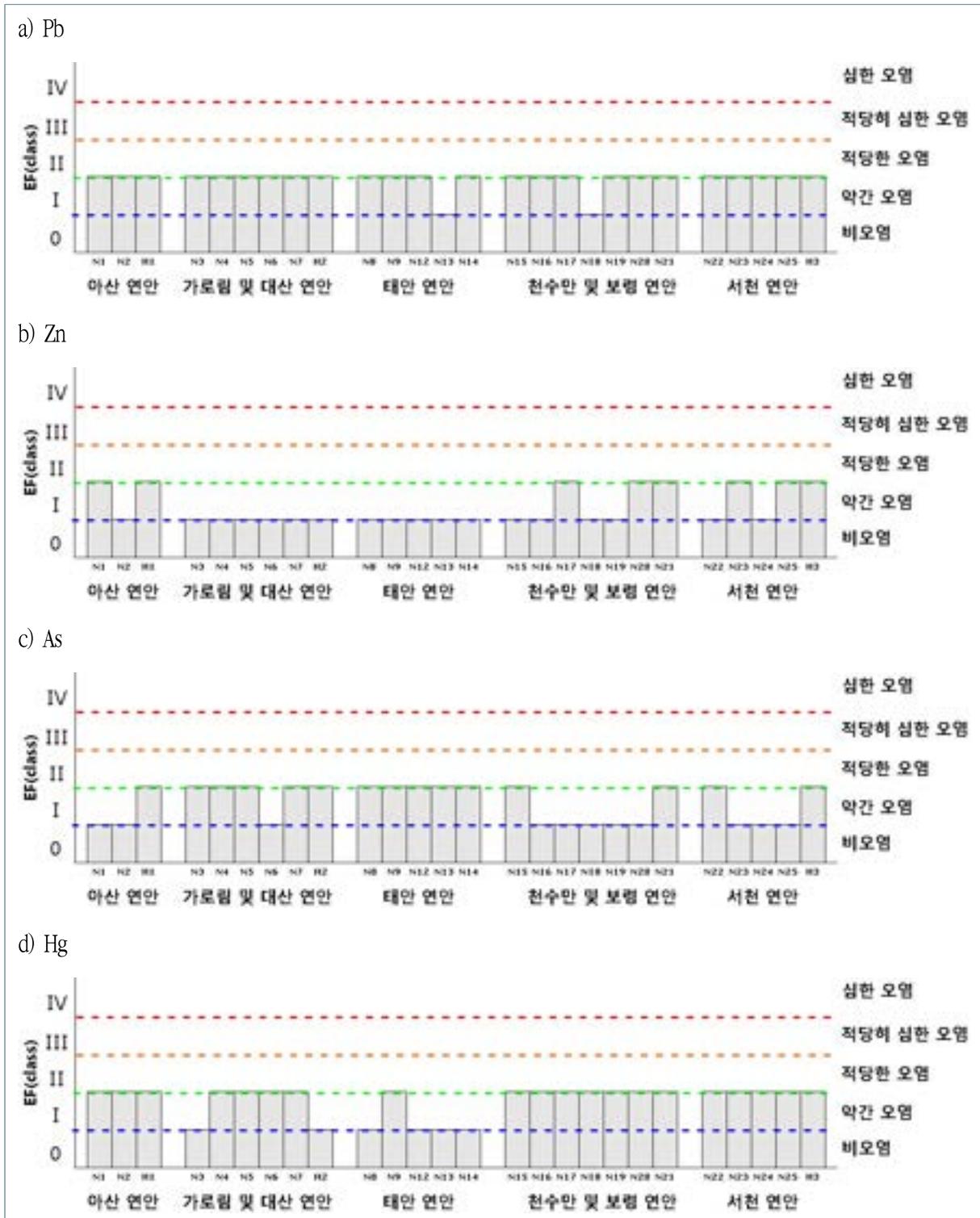
EF	Class	등급
> 50	6	극히 심한 오염 상태
25-50	5	매우 심한 오염 상태
10-25	4	심한 오염 상태
5-10	3	적당히 심한 오염 상태
3-5	2	적당한 오염 상태
1-3	1	약간 오염 상태
< 1	0	오염되지 않은 상태

[표 2-32] 충청남도 연안 퇴적물 내 미량금속 농축계수

EF	Class	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg
> 50	6	0	0	0	0	0	0	0	0
25-50	5	0	0	0	0	0	0	0	0
10-25	4	0	0	0	0	0	0	0	0
5-10	3	0	0	0	0	0	0	0	0
3-5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1-3	1	6	11	6	20	24	8	15	0
< 1	0	20	15	20	6	2	18	11	26



[그림 2-72] 충청남도 연안 퇴적물 내 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 니켈(Ni)의 정점별 농축계수(EF)



[그림 2-73] 충청남도 연안 퇴적물 내 납(Pb), 아연(Zn), 비소(As), 수은(Hg)의 정점별 농축계수(EF)

(나) 농집지수(geoaccumulation index :  $I_{geo}$ )

- 농집지수는 퇴적물 내 금속의 오염도를 평가하기 위하여 Müller(1979)가 제안하였으며, 다음과 같은 식에 의하여 계산됨

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

- 여기서  $C_n$ 은 측정된 퇴적물 내 미량금속의 농도이며, 지수 1.5는 지각 기원에 의한 영향을 보정하기 위해 사용되었고,  $B_n$ 은 미량금속의 바탕농도(background)임
- 금회 조사 자료의 배경농도는 농축계수(EF)와 동일하게 Woo et al(2019)이 제시한 한반도 연안 퇴적물의 미량금속 배경농도를 이용하였음
- 해당 논문에 의하면 오염영향이 없으면서 입도 효과가 미량금속과 유사하게 나타나는 보존성 원소(Al, Cs, Li)에 대한 각 미량금속의 기울기로 제시되어 있으며, 금회 조사에서는 보존성 원소인 Li을 분석하여 그 값을 사용하였음

$$I_{geo} = \log_2 \frac{(Metal)_{sample}}{(Slope \times (Li)_{sample} + Yaxis) \times 1.5}$$

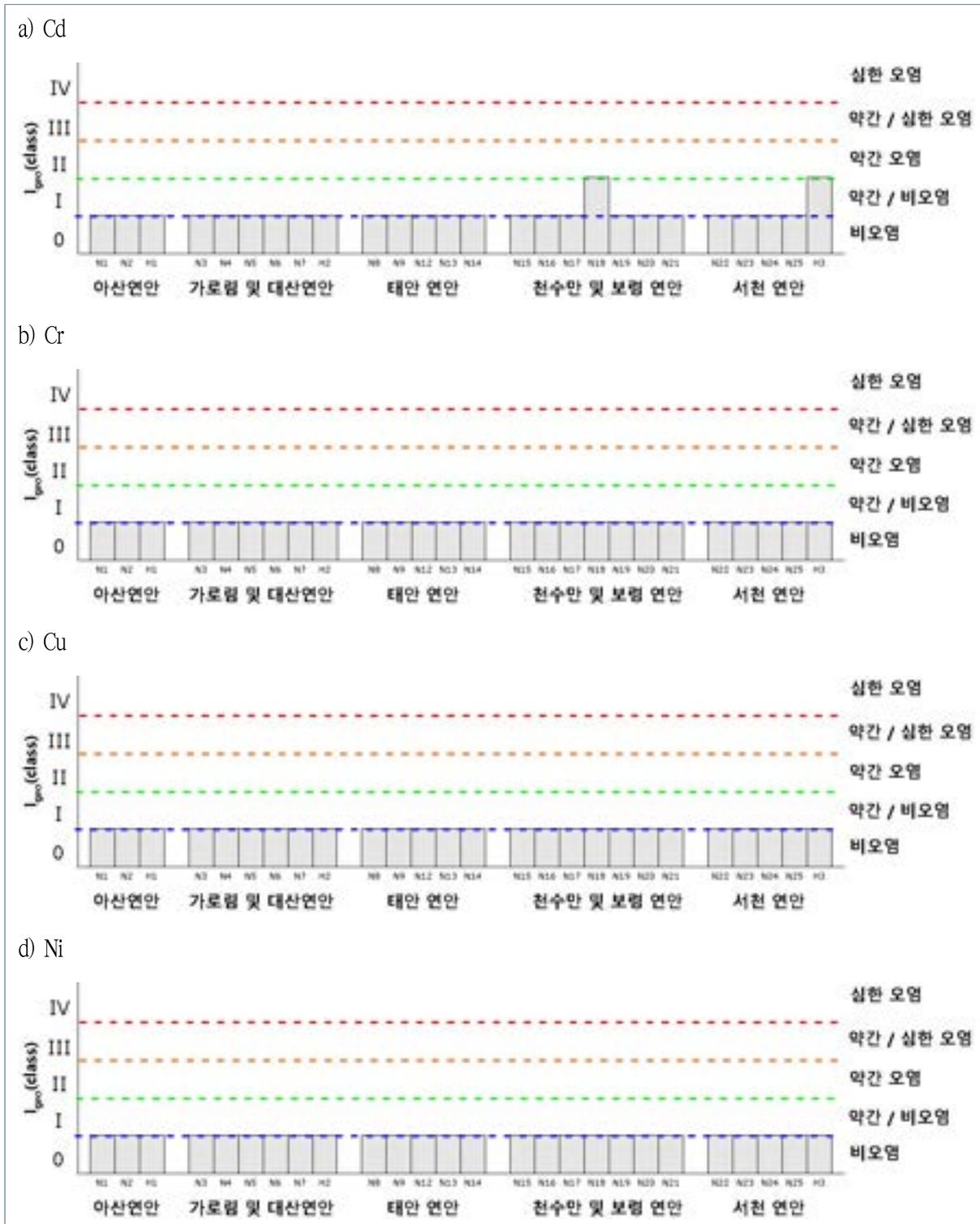
- 농집지수는 각 미량금속 원소에 대하여 총 7개의 class로 구분하여 오염여부를 세분화하고 있으며, [표 2-33]에 제시함
- 금회 조사의 퇴적물 농집지수는 비오염(Practically unpolluted)에서 약간 오염(Moderately polluted)으로 조사되었음([표 2-34], [그림 2-74]~[그림 2-75])
- 카드뮴(Cd) 2개 정점, 비소(As) 1개 정점에서 약간 오염/비오염 수준을 보였음
  - 카드뮴(Cd) : 천수만(N18), 금강 하구(H3)
  - 비소(As) : 대산 연안(N3)

[표 2-33] 농집지수를 이용한 해양 퇴적물 내 미량금속 오염도 평가 기준

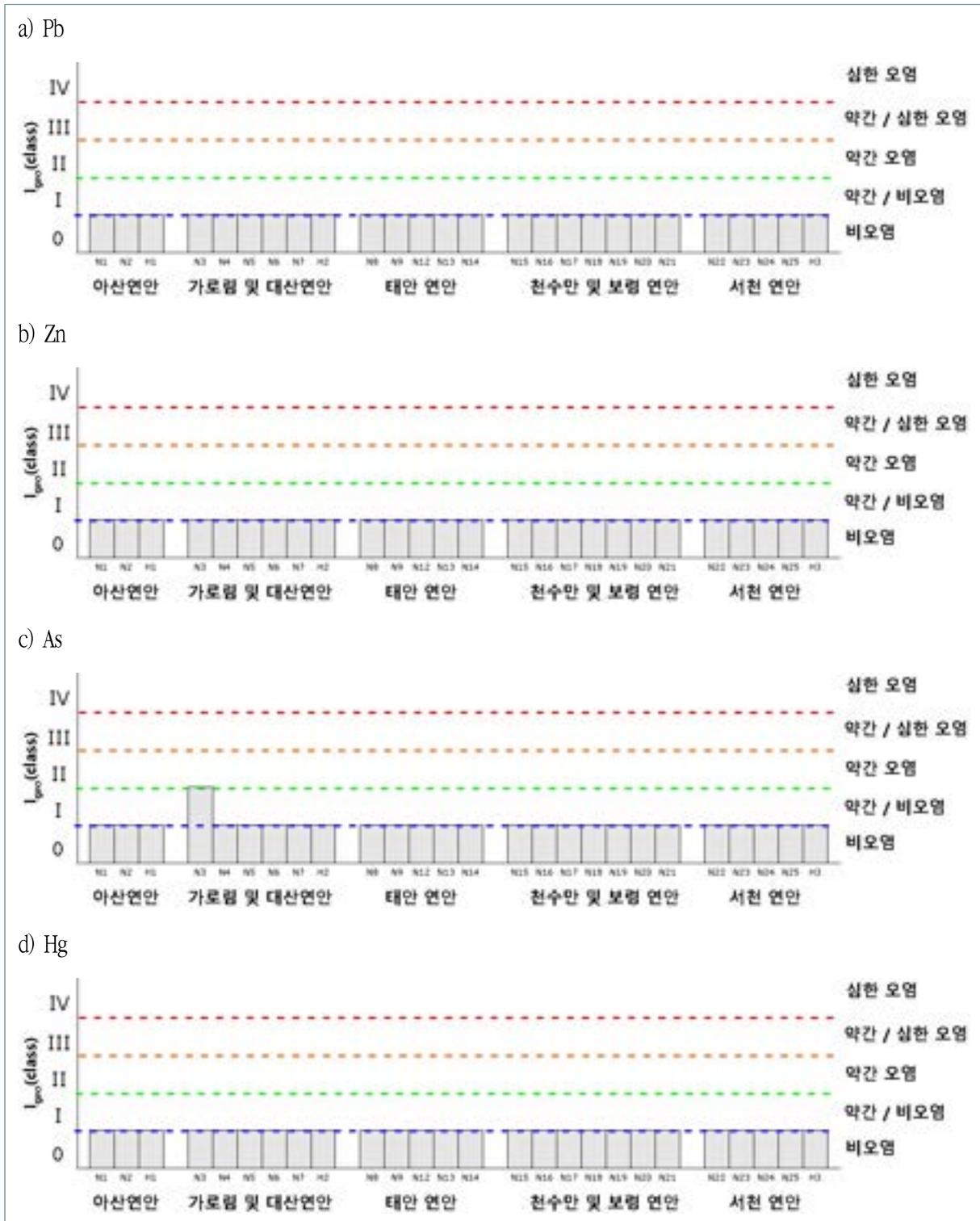
I <sub>geo</sub>	Class	등급
>5	7	매우 심한 오염
4-5	6	심한 오염/매우 심한 오염
3-4	5	심한 오염 수준
2-3	4	약간 오염/심한 오염 수준
1-2	3	약간 오염 수준
0-1	2	약간 오염/ 비오염 수준
0	1	비오염 수준

[표 2-34] 충청남도 해양 퇴적물 내 미량금속 농집지수

I <sub>geo</sub>	Class	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg
>5	6	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0-1	1	2	0	0	0	0	0	1	0
0	0	24	26	26	26	26	26	25	26



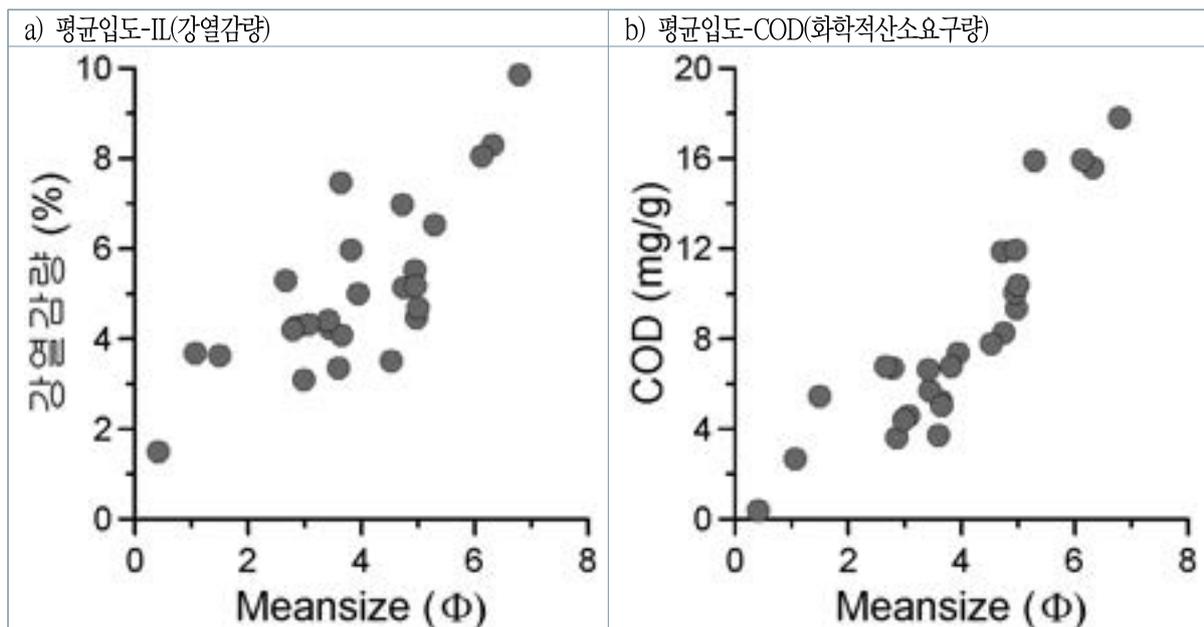
[그림 2-74] 퇴적물 내 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 니켈(Ni)의 정점별 농집지수( $I_{geo}$ )



[그림 2-75] 퇴적물 내 납(Pb), 아연(Zn), 비소(As), 수은(Hg)의 정점별 농집지수( $I_{geo}$ )

## (9) 평균 입도(Grain size)와 강열감량(IL), 화학적산소요구량(COD)간의 상관성

- 일반적으로 물질은 다른 성질의 물질과 접촉할 때, 입자가 작을수록 단면적이 넓어져서 농도가 높아짐
- 퇴적물의 입자 구분은 각 입자의 직경에 따라 크게 자갈(Gravel, 256mm 이상~2mm 이상), 모래(Sand, 1mm 이상~1/16mm 이상), 펄(Mud, 1/32mm 이상~1/512mm 이상)로 나눌 수 있음
- 입자의 직경을 사용하여 입도( $\phi = -\log_2(\text{입자직경})$ )를 구할 수 있으며, 입자가 클수록 입도( $\phi$ )값은 작아지고, 입자가 작을수록 입도( $\phi$ )값이 커짐
- 퇴적물의 평균입도와 IL, COD 간의 상관성을 살펴보면, 평균 입도가 커질수록(입자가 작을수록) IL과 COD의 농도가 높아지는 경향을 보임[그림 2-76]



[그림 2-76] 충청남도 연안 퇴적물의 평균입도와 IL, COD간 상관성

### 3) 해양생물(굴)

- 해양으로 유입된 중금속은 수중에서 흡착되어 퇴적물로 이동하거나 생물체 내 흡수되어 제거되고, 특히 생물체내 흡수된 중금속은 유기염화물이나 탄화수소 등의 기타 오염물질보다 상대적으로 긴 반감기를 가지며(Phillips and Segar, 1986), 모든 조직에 축적되어 생리적인 장애를 일으킴(이와 김, 2000)
- 또한, 하등 동식물에서 생물농축(Bioaccumulation)된 중금속은 먹이사슬을 통해 인간에게 까지 영향을 미치는 지속성을 지닌 오염물질임(이, 1994)
- 생물체를 이용한 연안의 오염도를 평가하는 방법에서 해양오염지표종은 정착성 생물이며, 시료채취가 용이하고, 또한 환경 내 오염물질의 농도를 잘 반영하여야 함(Brown and Luoma, 1995)
- 이매패류와 같은 연체동물들은 일생을 통해 활동 범위가 거의 한 지역에 국한되면서도 중금속, 유기화합물 등을 생물농축 시키므로 오염감시 목적으로 사용됨(한과 이, 2000)
- 세계적으로도 진주 담치와 굴을 이용한 통합 감시 프로그램(International Mussel Watch)이 수행되고 있으며, 우리나라에서도 진주 담치(Mytilus edulis), 참굴(Crassostrea gigas) 등을 오염 감시에 이용하기 위한 연구가 수행되었음(한국해양연구소, 1982; 조 등, 1998)
- 패류는 종에 따라서 체내 중금속 농도가 다른 분포를 보이며, 종 내에서도 중금속에 따라 다른 것으로 알려져 있음(Phillips and Rainbow, 1989)
- 굴과 진주 담치에 대하여 카드뮴(Cd)은 2 : 1(굴 : 진주 담치), 납(Pb)은 10 : 1(굴 : 진주 담치)의 비율을 보여, 진주 담치 보다 굴이 체내 중금속을 농축하는 정도의 차이가 있는 것으로 보고됨(하 등, 2004)
- 또한, 굴은 체내로 흡수된 아연(Zn)을 무독성 상태인 피로인산아연(Zinc pyrophosphate)으로 축적하는 특성을 가지고 있어 굴 체내 아연(Zn)의 농도가 높은 것으로 알려짐(Rainbow et al., 1990)
- 본 용역은 충남 연안의 5개 정점(N3, N8, N9, N18, N22)을 선정하여 굴(Oyster : Crassostrea giagas)의 체내 중금속 농도를 분석하였음
- 굴 체내 중금속은 함량을 측정하여 생물중량(Wet base)으로 나타냄([표 2-35], [그림 2-77])
- 동계에는 카드뮴(Cd)이 0.56~1.47mg/kg(평균 0.85mg/kg), 크롬(Cr)은 0.08~0.11mg/kg(평균

- 0.09mg/kg), 구리(Cu) 14.0~85.4mg/kg(평균 54.0mg/kg), 납(Pb) 0.09~0.14mg/kg(평균 0.12 mg/kg), 아연(Zn) 52.0~315.1mg/kg(평균 166.6mg/kg), 비소(As) 1.20~1.80mg/kg(평균 1.56 mg/kg), 수은(Hg) 0.009~0.035mg/kg(평균 0.023mg/kg)으로 분석됨
- 춘계에는 카드뮴(Cd)이 0.60~1.29mg/kg(평균 0.79mg/kg), 크롬(Cr)은 0.06~0.12mg/kg(평균 0.08mg/kg), 구리(Cu) 19.5~79.6mg/kg(평균 48.7mg/kg), 납(Pb) 0.10~0.13mg/kg(평균 0.12 mg/kg), 아연(Zn) 88.9~411.6mg/kg(평균 209.2mg/kg), 비소(As) 1.11~1.95 mg/kg(평균 1.46mg/kg), 수은(Hg) 0.011~0.032mg/kg(평균 0.020mg/kg)으로 분석됨
  - 하계에는 카드뮴(Cd)이 0.47~1.19mg/kg(평균 0.67mg/kg), 크롬(Cr)은 0.02~0.07mg/kg(평균 0.05mg/kg), 구리(Cu) 18.8~54.3mg/kg(평균 35.9mg/kg), 납(Pb) 0.06~0.12mg/kg(평균 0.09mg/kg), 아연(Zn) 84.7~271.0mg/kg(평균 162.6mg/kg), 비소(As) 0.62~1.08 mg/kg(평균 0.84mg/kg), 수은(Hg) 0.006~0.018mg/kg(평균 0.012mg/kg)으로 분석됨
  - 추계에는 카드뮴(Cd)이 0.35~0.79mg/kg(평균 0.57mg/kg), 크롬(Cr)은 0.03~0.09mg/kg(평균 0.05mg/kg), 구리(Cu) 21.5~83.3mg/kg(평균 42.4mg/kg), 납(Pb) 0.05~0.15mg/kg(평균 0.09 mg/kg), 아연(Zn) 98.8~407.0mg/kg(평균 202.5mg/kg), 비소(As) 0.67~1.36 mg/kg(평균 0.95mg/kg), 수은(Hg) 0.007~0.020mg/kg(평균 0.012mg/kg)으로 분석됨
  - 국내 수산물 중 패류 및 연체류의 기준과 기존 연구된 국내 연안의 굴 체내 중금속 농도를 [표 2-36]에 제시하였음
  - 금회 연구 결과 국내 식품의약품안전처의 수산물 중 패류 기준인 카드뮴(Cd) 및 납(Pb) 2mg/kg와 수은(Hg) 0.5mg/kg 이하로 조사되었으며, 미국 식품의약국 수산물 기준 크롬(Cr) 13mg/kg 이하로 조사됨
  - 일반적으로 굴은 5월에서 8월 사이에 산란하며, 산란 후 굴 체내의 중금속 농도는 낮아짐
  - 현재 서해 연안 해역에서 생물체 내 중금속에 대한 연구 자료가 부족하여 비교 및 판단이 어려우나, 국내 연안에서 수행된 기존 연구 결과와 금회 조사 자료를 비교하면 대부분 유사하였으며, 진해만 및 멕시코 서부에 위치한 Mazatlan bay 보다는 낮은 농도를 보였음

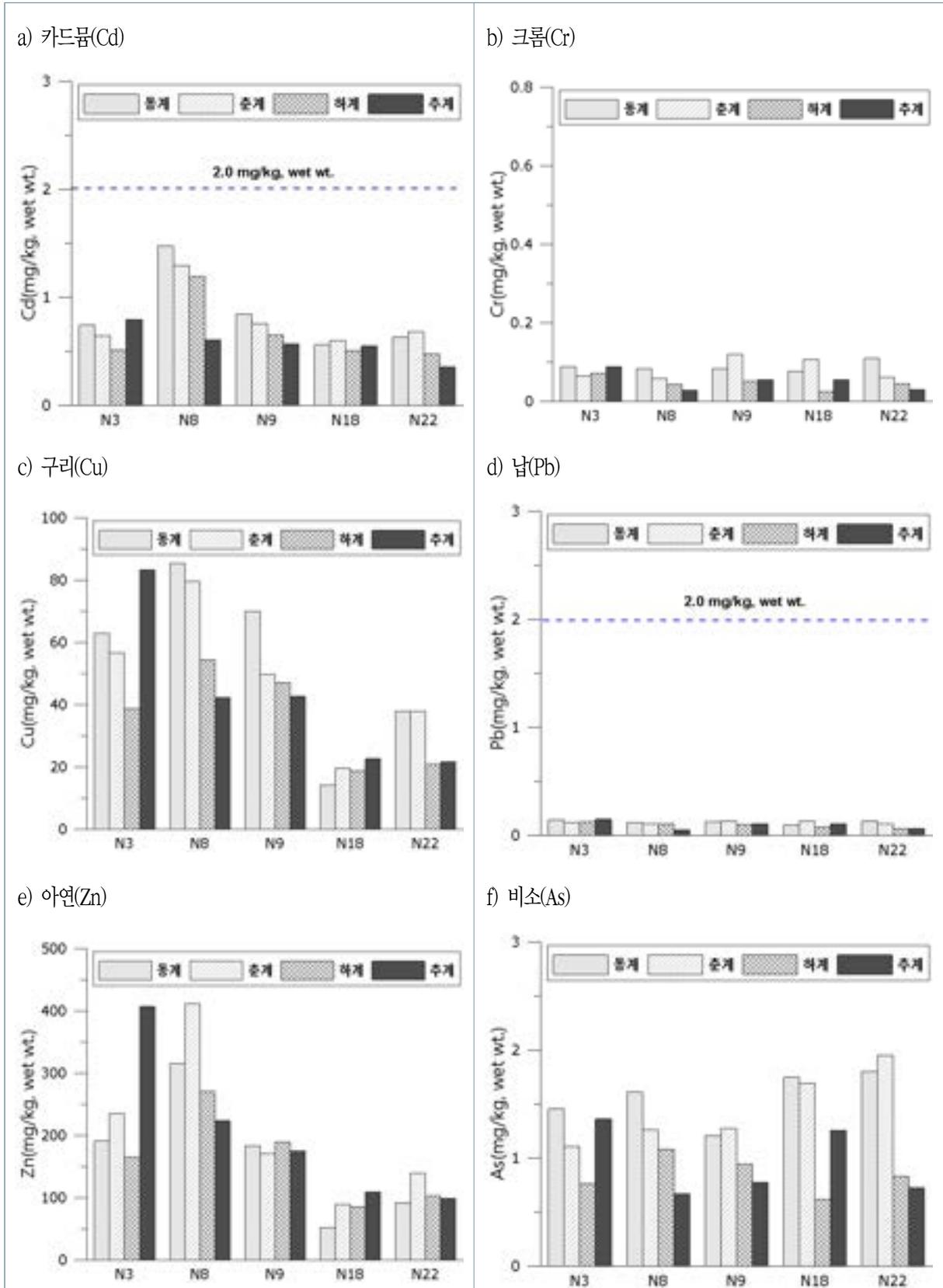
[표 2-35] 해양 생물 체내 중금속 분석 결과

정점		Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	As	Hg
		(mg/kg wet wt.)						
동계	N3	0.74	0.09	62.9	0.14	191.1	1.45	0.027
	N8	1.47	0.08	85.4	0.12	315.1	1.61	0.035
	N9	0.84	0.08	70.0	0.12	183.2	1.20	0.027
	N18	0.56	0.08	14.0	0.09	52.0	1.75	0.009
	N22	0.63	0.11	37.9	0.13	91.5	1.80	0.016
춘계	N3	0.64	0.06	56.5	0.11	235.3	1.11	0.025
	N8	1.29	0.06	79.6	0.10	411.6	1.26	0.032
	N9	0.76	0.12	49.8	0.13	170.6	1.27	0.020
	N18	0.60	0.11	19.5	0.13	88.9	1.69	0.011
	N22	0.68	0.06	37.9	0.10	139.6	1.95	0.014
하계	N3	0.51	0.07	38.7	0.12	165.3	0.76	0.015
	N8	1.19	0.04	54.3	0.10	271.0	1.08	0.018
	N9	0.65	0.05	47.1	0.10	189.3	0.94	0.012
	N18	0.50	0.02	18.8	0.07	84.7	0.62	0.006
	N22	0.47	0.04	20.7	0.06	102.8	0.83	0.009
추계	N3	0.79	0.09	83.3	0.15	407.0	1.36	0.020
	N8	0.61	0.03	42.2	0.05	223.1	0.67	0.012
	N9	0.57	0.05	42.5	0.11	174.7	0.77	0.010
	N18	0.55	0.06	22.6	0.11	109.0	1.25	0.010
	N22	0.35	0.03	21.5	0.06	98.8	0.72	0.007
최소		0.35	0.02	14.0	0.05	52.0	0.6	0.006
최대		1.47	0.12	85.4	0.15	411.6	2.0	0.035
평균		0.72	0.07	45.3	0.10	185.2	1.2	0.017

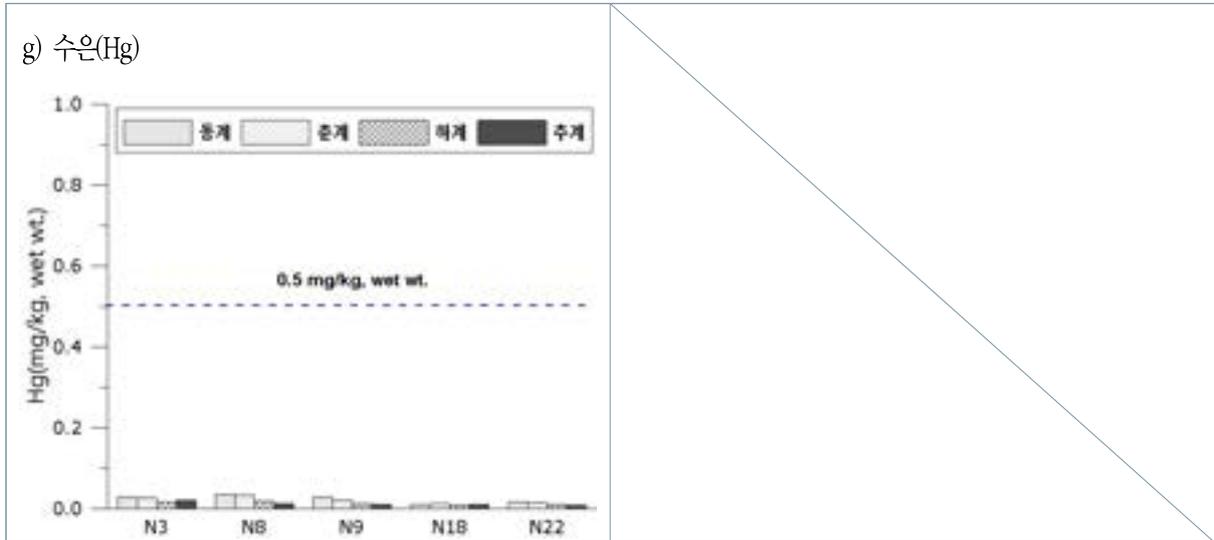
[표 2-36] 국내·외 식품 중 패류의 중금속 기준 및 기존 연구결과

지역	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
	(mg/kg wet wt.)					
기준1)	2.00			2.0		0.500
기준2)		13.00				
가막만3)	0.29			0.3		0.006
남해연안4)	0.48					0.020
서해연안5)	0.57			3.8		0.580
진해만6)	2.50			1.1		
Mazatlan bay7)	2.30	0.99		2.3		
남해연안8)	0.37~0.79	0.09~0.25		0.04~0.32		0.006~0.011
통영연안9)	0.49	0.73		0.7		0.078
국내연안10)	0.71	0.16	22.60	0.2	48.0	
금회조사11)	0.35~1.47 (평균 0.72)	0.02~0.12 (평균 0.07)	14.0~85.4 (평균 45.3)	0.05~0.15 (평균 0.10)	52.0~411.6 (평균 185.2)	0.006~0.035 (평균 0.017)

- \* 1) 식품의 기준 및 규격(패류의 중금속 기준), 제2015-78호, 식품의약품안전처
- \* 2) 미국식품의약국 수산물 기준
- \* 3) Hwang et al., 1985, Heavy metal concentration in oyster, in Hansan-Koje Bay.
- \* 4) 최 등, 1997, 한국 연안 진주담치와 굴의 중금속 농도에 관한 연구
- \* 5) Kim, 1997, A Study on the heavy metals contents of shellfish in western coast of Korea
- \* 6) 이와 김, 2000, 진해만의 퇴적물 해수 및 참굴 내의 중금속 분포
- \* 7) Soto et al, 2001. Distribution and normalization of heavy metal concentrations in Harbor
- \* 8) 김 등, 2003, 우리나라 남해안산 패류의 중금속 함량
- \* 9) 조 등, 2009, 통영연안 해역의 양식 참굴의 중금속 농축에 관한 연구
- \* 10) 목 등, 2010, 한국 연안산 해산 무척추동물의 중금속 함량
- \* 11) 금회 조사



[그림 2-77] 해양생물(굴) 체내 중금속 농도



[그림 2-77] 계속



## 4. 결과 요약

### 1) 해양 수질

- 2023년 충남 연안의 수질은 Ⅲ등급(보통) 수준으로 나타났음
- 공간적으로는 아산만 Ⅲ등급(보통), 대산 연안 Ⅲ등급(보통), 가로림만 Ⅱ등급(좋음), 태안 연안 Ⅱ등급(좋음), 천수만 Ⅲ등급(보통), 보령 연안 Ⅲ등급(보통), 금강 하구 Ⅳ등급(나쁨)으로 조사되었음
- 아산만과 금강 하구는 수질 관리 대상 후보군에 해당됨
- 충남 연안 수질에 영향을 끼친 주요 요인은 식물플랑크톤(엽록소 a)의 증식과 투명도임
  - 해양으로 유입된 담수로 인한 결과로 해석됨
- 충남 연안 해수의 미량금속(중금속) 농도는 해양생태계 보호기준 보다 낮아 우려할 수준이 아님

### 2) 해양 퇴적물

- 아산만, 천수만, 금강 하구 해역이 상대적으로 세립한 퇴적물로 구성되어 있으며 유기물 함량이 많았음
- 충청남도 연안 퇴적물 내 미량금속(중금속) 농도를 분석한 결과, 대부분 주의기준(TEL) 이하로 나타났음으며, 일부 초과하는 지점(아산만, 천수만, 금강 하구)이 있지만 유해한 영향이 없는 수준임
- 충청남도 연안 퇴적물 내 미량금속의 오염도를 평가한 결과, 대부분 비오염된 상태였지만, 천수만, 아산만, 금강 하구 해역은 약간 오염 상태를 보였음
  - 미량금속 중 카드뮴과 비소 주의 관찰

### 3) 해양 생물

- 굴 체내 미량금속(중금속) 농도를 분석한 결과, 모두 국내·외 식품 기준치 이하의 농도를 보여 안전한 것으로 파악됨



# 제3장

## 연안환경측정망 특별조사

1. 조	사	개	요
2. 조	사	방	법
3. 조	사	결	과
4. 결	과	요	약



## 제 3 장 연안환경측정망 특별조사

### 1. 조사 개요

#### ■ 시·공간적 범위

- 조사시기 : 2023년 10월 26일~11월 2일
- 홍성호, 보령호, 부사호, 솔감저수지 등 총 4개 담수호[그림 1-2]

#### ■ 내용적 범위

- 천수만으로 유입되는 담수호 조사(홍성호, 보령호 각 3개 정점)
- 서천 및 보령 연안으로 유입되는 담수호 조사(부사호 3개 정점)
- 가로림만으로 유입되는 담수호 조사(솔감저수지 3개 정점)
- 해양으로 유입되는 담수호의 수질 및 퇴적환경 분석 및 오염도 조사[표 1-2]

### 2. 조사 방법

- 조사에는 해당 담수호 내 어업용 어선 및 레저용 보트를 대여하여 진행하였으며, 한국 농어촌공사(천수만사업단, 보령지사)의 협조를 받았음
  - 솔감저수지의 경우, 육로를 이용하였음

#### 1) 시료 채취 방법

##### (1) 담수

##### (가) 일반 항목

- 담수 시료는 니스킨 채수기(Niskin-X sampler)를 이용하였으며 채수기는 현장 담수로 3회 이상 세척한 후 사용함
- 표층과 저층에서 시료를 각각 채취하였음

(나) 미량금속 항목

- 채수는 PVC 장대 혹은 카본 재질의 폴 샘플러(Pole sampler)를 이용하였고, 염산으로 세척된 채수병에 담에 냉장 보관 후 실험실로 운반함

(2) 호소 퇴적물

- 퇴적물 시료는 0.1m<sup>2</sup> 크기의 van Veen 채니기를 사용하여 채취하였음
- 채취한 퇴적물은 채니기 덮개와 접촉하지 않은 상층 부분(표층 2cm 이내)을 플라스틱 주걱을 활용하여 시료 용기에 담아 드라이아이스로 냉동 보관하여 실험실로 이동하였음
- 건조 시료가 필요한 항목은 분석 전 동결건조법에 따라 건조하였음

(3) 현장 조사 사진



[그림 3-1] 특별조사 현장사진

2) 시료의 전처리 및 분석

- 시료의 전처리 및 분석 방법은 제2장에서 언급한 시료 전처리 및 분석방법과 동일함

### 3. 조사 결과

#### 1) 담수호 수질

- 홍성호, 보령호, 부사호, 솔감저수지의 수질분석 결과를 [표 3-1]~[표 3-3], [그림 3-2]~[그림 3-21]에 제시하였음
- 환경부 호소 수질의 생활환경 기준은 [표 3-4]와 같음

#### (1) 수온 및 염분

- 평균 수온은 홍성호 17.0℃, 보령호 18.0℃, 부사호 20.9℃, 솔감저수지 18.1℃였음
- 평균 염분은 홍성호 1.4psu, 보령호 4.0psu, 부사호 0.5psu, 솔감저수지 0.1psu였음
- 천수만에 위치한 홍성호와 보령호의 경우, 타 방조제 내 담수호에 비해 평균 염분이 0.9~3.9psu 가량 더 높는데 이는 홍성호와 보령호의 경우, 수문 인접 지역의 저층에 높은 염분의 물이 존재하고 있음
- 홍성방조제 수문 근접 지점(HS1)의 저층수는 3.7psu의 염분 농도를 보임
- 보령방조제 수문 근접 지점(BR1)의 저층수는 18.1psu의 매우 높은 염분 농도를 보였으며, 해당 저층수는 2020년도 관측에서도 21.4psu라는 고염수가 존재함을 확인하였음
  - 해당 고염의 저층수는 고립되어 썩은 상태로 계속 유지되고 있을 가능성 있음

#### (2) 수소이온농도(pH)

- 수소이온농도는 홍성호 5.2, 보령호 5.8, 부사호 4.6, 솔감저수지 5.4였음

#### (3) 용존산소(DO)

- 평균 용존산소 농도는 홍성호 10.0mg/L, 보령호 6.2mg/L, 부사호 9.2mg/L, 솔감저수지 7.8mg/L)였음
- 평균 용존산소 포화도는 홍성호 104.6%, 보령호 66.4%, 부사호 103.1%, 솔감저수지 83.0%였음
- 보령방조제의 경우, 수문 근접 지역(BR1)에서는 저층 용존산소 농도가 1.9mg/L(포화도 22.0%)로 빈산소 환경임을 확인할 수 있었으며 현장 조사 시에도 악취가 매우 심하였음
  - 2020년에도 저층 용존산소 농도가 1.5mg/L(포화도 19.3%)로 빈산소 환경이었음

- 보령호는 호소 중간 지점에서도 저층에서 악취가 낮으며 금년('23년) 현장 관측에서는 6.5mg/L의 농도값을 보였으나, 2020년 관측에서는 3.5mg/L(포화도 40%)의 농도값을 보여 저산소 환경이 조성되어 있음을 확인할 수 있었음

#### (4) 부유입자물질(SPM)

- 환경부 호소 수질 생활환경 기준에 의하면 SPM 농도가 15mg/L를 초과하면 나쁨 등급(V)~매우 나쁨 등급(VI) 이상에 해당됨
- 부유입자물질량은 홍성호 39.0mg/L, 보령호 21.9mg/L, 부사호 22.3mg/L, 솔감저수지 32.9mg/L였으며, 4개의 담수호 모두 15mg/L를 초과하고 있는 상태임
- 홍성호에서 상대적으로 높은 평균값을 보였고, 보령호에서 상대적으로 낮은 농도를 보였음

#### (5) 화학적산소요구량(COD)

- 환경부 호소 수질 생활환경 기준에 의하면 COD 농도가 10mg/L 초과하면 매우 나쁨 등급(VI)에 해당하며 해당 기준은 2016년부터 적용되지 않음
- 평균 화학적산소요구량 농도는 홍성호 12.7mg/L, 보령호 12.2mg/L, 부사호 8.2mg/L, 솔감저수지 14.2mg/L였음
- 보령방조제 수문 근접 지점(BR1)의 저층 COD 농도값은 25.6mg/L 매우 높아 호소 수질이 매우 오염된 상태임을 확인하였음

#### (6) 총유기탄소(TOC)

- 환경부 호소 수질 생활환경 기준에 의하면 TOC 농도가 8mg/L 초과하면 매우 나쁨 등급(VI)에 해당됨
- 총유기탄소는 홍성호 14.4mg/L, 보령호 14.0mg/L, 부사호 9.4mg/L, 솔감저수지 16.2mg/L의 농도 값을 보였으며, 이는 4개의 담수호 대부분 10mg/L 농도를 초과하거나 이에 근접한 값을 보이고 있어 수질 관리가 필요함
- 특히, 보령호의 경우, 수문 인근 지점(BR1)의 저층 TOC 농도는 29.0mg/L로 매우 높아 수질 관리가 매우 시급함

### (7) 엽록소 a(Chl-a)

- 환경부 호소 수질 생활환경 기준에 의하면 엽록소 a 농도가 70 $\mu\text{g/L}$  초과하면 매우 나쁨 등급(VI)에 해당됨
- 평균 엽록소 a 농도는 홍성호 42.2 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 39.7 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 108.5 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 96.8 $\mu\text{g/L}$ 로 분석되었으며 홍성호는 나쁨 등급(V), 부사호와 솔감저수지는 매우 나쁨 등급(VI)에 해당됨

### (8) 총질소(TN)

- 환경부 호소 수질 생활환경 기준에 의하면 TN 농도가 1,500 $\mu\text{g/L}$  초과하면 매우 나쁨 등급(VI)에 해당됨
- 평균 총질소 농도는 홍성호 3,063.4 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 4,370.1 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 1,168.8 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 3,705.4 $\mu\text{g/L}$ 였으며, 부사호에서 가장 낮고, 보령호에서 상대적으로 높았음
- 보령호의 경우, 수문 인근 지점(BR1)의 저층 TN 농도는 11,160.0 $\text{mg/L}$ 로 매우 높아 매우 부영양화되어 있는 상태이며 수질 관리가 매우 시급함
- 홍성호, 보령호, 부사호, 솔감저수지에서 총질소 중 용존무기질소가 차지하는 비율은 각각 87%, 84%, 73%, 88%로 총질소의 구성 중 용존무기질소의 비율이 가장 많이 존재하고 있음

### (9) 총인(TP)

- 환경부 호소 수질 생활환경 기준에 의하면 TP 농도가 150 $\mu\text{g/L}$  초과하면 매우 나쁨 등급(VI)에 해당됨
- 평균 총인 농도는 홍성호 117.5 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 589.2 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 50.7 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 146.6 $\mu\text{g/L}$ 의 결과값을 보였음
- 총인 농도 또한 보령호 수문 인근 정점(BR-1)에서 3,009.0 $\mu\text{g/L}$ 로 매우 높아 매우 부영양화되어 있는 상태로 보여지며 수질 관리가 매우 시급함
- 홍성호, 보령호, 부사호, 솔감저수지에서 총인 중 용존무기인이 차지하는 비율은 각각 35%, 59%, 33%, 29%로 분석되었으며 총질소에 비해 용존무기물질이 차지 하는 비율이 상대적으로 작았음

## (10) 영양염류

### (가) 용존무기질소(DIN)

- 평균 DIN 농도는 홍성호 2,653.1 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 3,684.7 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 852.2 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 3,246.7 $\mu\text{g/L}$ 였음
- 평균 암모니아 질소( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) 농도는 홍성호 140.4 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 1,434.4 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 137.6 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 153.9 $\mu\text{g/L}$ 로 분석됨
- 평균 아질산 질소 농도( $\text{NO}_2\text{-N}$ )는 홍성호 181.6 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 131.0 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 14.4 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 63.7 $\mu\text{g/L}$ 로 분석됨
- 평균 질산 질소 농도( $\text{NO}_3\text{-N}$ )는 홍성호 2,331.1 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 3,684.7 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 평균 700.1 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 3,029.2 $\mu\text{g/L}$ 로 분석됨
- 홍성호는 용존무기질소 중 암모니아 질소 비율이 HS1 저층에서 26%로 나타났으며, 해당 정점을 제외한 나머지 정점에서는 2~3%의 비율이었음
- 보령호는 용존무기질소 중 암모니아 질소 비율이 BR1 저층에서 100%로 나타났으며, 해당 정점을 제외한 나머지 정점에서는 7~8%의 비율로 나타났음
- 부사호는 용존무기질소 중 암모니아 질소 비율이 방조제 앞 정점에서 높고, 멀어질수록 낮은 경향을 보였음
- 솔감저수지의 경우 모든 정점에서 3~6%의 비율로 나타남
- 용존산소가 풍부한 해역은 일반적으로 질산화 과정에 의해서 암모니아 질소( $\text{NH}_4\text{-N}$ )가 아질산 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), 질산 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ )형태로 산화되어, 대부분 질산 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ )형태로 존재함
- 보령방조제 수문 인근 지점(BR1)의 경우, 유기물 분해로 인해 산소가 고갈되어 빈산소 환경이 구성되어 있으며 이로 인해 질산화 과정이 이루어지지 않아 용존무기질소 중 암모니아 질소가 가장 많이 존재하는 것으로 판단됨

### (나) 용존무기인; 인산 인( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

- 평균 용존무기인 농도는 홍성호 41.0 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 348.6 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 16.6 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 43.2 $\mu\text{g/L}$ 였음

- 홍성호와 보령호에서는 방조제 수문 인접 정점 저층에서 인산 인이 상대적으로 높았으며 이는 저산소 환경에서 퇴적물로부터 저층 수괴로 인산 인이 용출되었기 때문으로 판단됨

#### (다) 규산염; 규산 규소( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ )

- 평균 규산염 농도는 홍성호 260.5 $\mu\text{g/L}$ , 보령호 563.9 $\mu\text{g/L}$ , 부사호 662.2 $\mu\text{g/L}$ , 솔감저수지 129.9 $\mu\text{g/L}$ 로 분석되었음
- 보령호 방조제 인근 BR1 지점의 저층에서 높은 농도를 보였음

#### (11) 미량금속류 및 시안(CN)

- 4개의 담수호에서 카드뮴(Cd)은 0.02~0.09 /L(평균 0.06 $\mu\text{g/L}$ ), 6가 크롬( $\text{Cr}^{6+}$ ) 0.01~0.02 $\mu\text{g/L}$  (평균 0.01 $\mu\text{g/L}$ ), 구리(Cu) 0.26~1.76 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.85 $\mu\text{g/L}$ ), 납(Pb) 0.04~0.24 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.10 $\mu\text{g/L}$ ), 아연(Zn) 0.14~2.46 $\mu\text{g/L}$ (평균 1.20 $\mu\text{g/L}$ ), 비소(As) 0.45~1.01 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.65 $\mu\text{g/L}$ ), 수은(Hg) 0.12~0.18ng/L(평균 0.14ng/L)의 범위를 보였으며, 시안(CN)은 모든 정점에서 검출한계(0.01mg/L) 미만으로 불검출되었음
- 카드뮴(Cd)은 모든 정점에서 유사한 농도 분포를 보임
- 6가 크롬( $\text{Cr}^{6+}$ )은 홍성호에서 상대적으로 높은 농도를 보임
- 구리(Cu)의 농도는 홍성호와 보령호에서는 상류로 갈수록 감소하였으며, 부사호와 솔감저수지는 상류로 갈수록 증가하는 경향을 보임
- 납(Pb)은 보령호에서 상대적으로 높은 농도를 보였음
- 아연(Zn)은 홍성호와 부사호의 방조제 인근 정점에서 높은 농도를 보였으며, 보령호와 솔감저수지는 상류에서 상대적으로 높은 농도가 존재함
- 비소(As)는 홍성호에서 상대적으로 높은 농도를 보였음
- 수은(Hg)은 모든 정점에서 유사한 농도 분포를 보였음
- 시안(CN)은 모든 정점에서 불검출되었음

[표 3-1] 담수호 현장관측 결과 및 SPM, COD, TOC, Chl-a 분석 결과

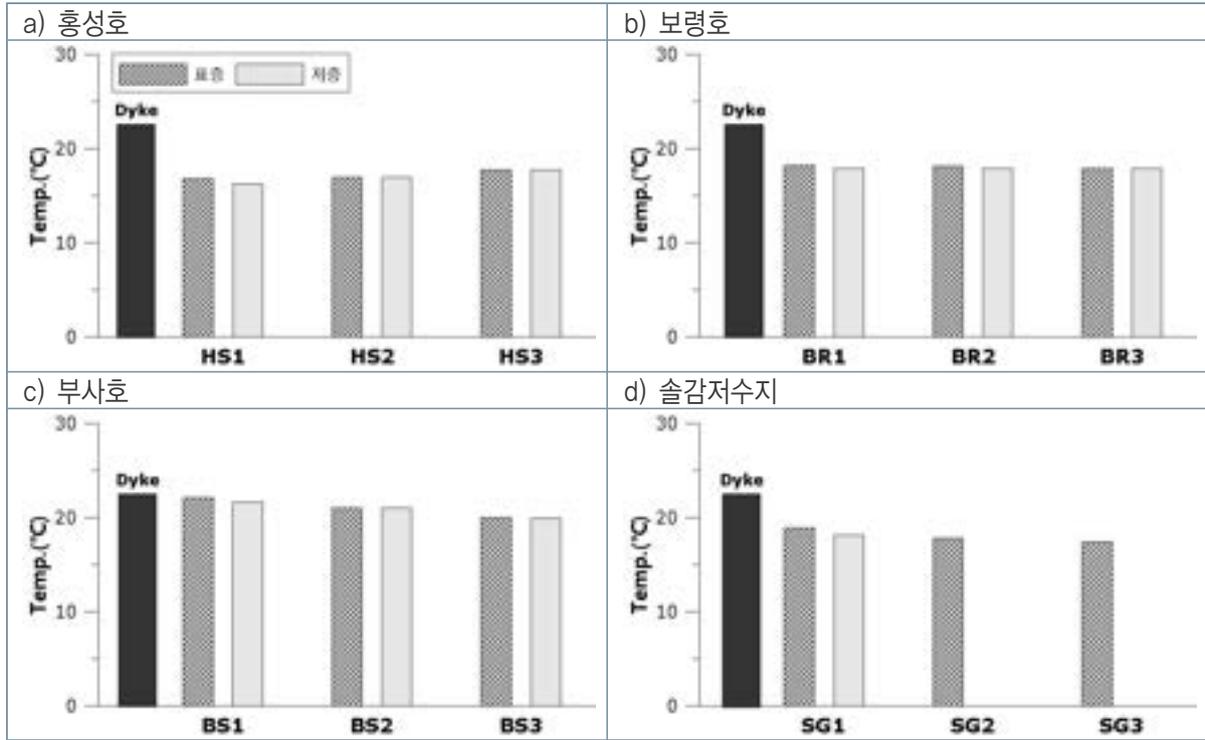
정점	수층	수심 (m)	수온 (°C)	염분 (psu)	pH	DO	DO	SPM	COD	TOC	Chl-a	
						(mg/L)	(%)					(mg/L)
홍성호	HS1	표층	4.0	16.8	1.2	6.1	11.5	120.0	32.3	13.2	15.2	66.9
		저층		16.2	3.7	5.8	6.3	65.8	23.2	12.1	13.1	56.6
	HS2	표층	2.0	16.9	1.0	5.3	10.9	113.1	38.5	12.2	14.1	46.1
		저층		16.9	1.0	5.2	10.5	109.4	42.4	13.0	14.1	38.1
	HS3	표층	1.5	17.7	0.8	4.4	10.5	111.1	49.2	13.2	15.0	21.9
		저층		17.7	0.8	4.2	10.2	108.1	48.4	12.9	15.0	23.6
최소			16.2	0.8	4.2	6.3	65.8	23.2	12.1	13.1	21.9	
최대			17.7	3.7	6.1	11.5	120.0	49.2	13.2	15.2	66.9	
평균			17.0	1.4	5.2	10.0	104.6	39.0	12.7	14.4	42.2	
보령호	BR1	표층	7.0	18.2	1.2	5.9	6.9	73.3	17.2	5.9	7.1	35.0
		저층		17.9	18.1	6.2	1.9	22.0	31.2	25.6	29.0	7.6
	BR2	표층	6.0	18.1	1.2	5.9	7.0	74.6	15.5	10.0	11.6	38.4
		저층		17.9	1.8	5.7	6.5	69.2	13.0	15.4	17.2	27.4
	BR3	표층	4.0	17.9	0.7	5.6	7.7	81.1	27.6	7.5	8.8	72.0
		저층		17.9	0.7	5.4	7.4	77.9	26.8	9.0	10.1	57.7
최소			17.9	0.7	5.4	1.9	22.0	13.0	5.9	7.1	7.6	
최대			18.2	18.1	6.2	7.7	81.1	31.2	25.6	29.0	72.0	
평균			18.0	4.0	5.8	6.2	66.4	21.9	12.2	14.0	39.7	
부사호	BS1	표층	2.5	22.1	0.9	4.8	9.0	103.6	47.6	10.4	12.0	124.5
		저층		21.6	0.9	4.8	8.5	97.7	14.7	10.2	11.9	131.1
	BS2	표층	2.0	21.0	0.5	4.7	9.6	108.2	17.4	8.2	9.2	123.8
		저층		21.0	0.5	4.6	9.4	106.0	21.5	8.4	9.3	117.7
	BS3	표층	1.5	20.0	0.2	4.5	9.4	103.9	12.9	5.5	6.5	85.1
		저층		19.9	0.2	4.4	9.0	99.4	19.7	6.3	7.4	68.9
최소			19.9	0.2	4.4	8.5	97.7	12.9	5.5	6.5	68.9	
최대			22.1	0.9	4.8	9.6	108.2	47.6	10.4	12.0	131.1	
평균			20.9	0.5	4.6	9.2	103.1	22.3	8.2	9.4	108.5	
솔감저수지	SG1	표층	1.5	18.9	0.0	5.8	7.8	84.5	29.7	15.4	17.8	95.7
		저층		18.1	0.3	5.6	6.7	71.6	39.8	14.3	16.2	100.6
	SG2	표층	0.5	17.8	0.0	5.2	8.0	84.3	32.8	14.5	16.2	90.2
		저층		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SG3	표층	0.5	17.4	0.0	4.9	8.8	91.6	29.3	12.6	14.6	100.8
		저층		-	-	-	-	-	-	-	-	-
최소			17.4	0.0	4.9	6.7	71.6	29.3	12.6	14.6	90.2	
최대			18.9	0.3	5.8	8.8	91.6	39.8	15.4	17.8	100.8	
평균			18.1	0.1	5.4	7.8	83.0	32.9	14.2	16.2	96.8	

[표 3-2] 담수호 TN, TP, 영양염류 분석 결과

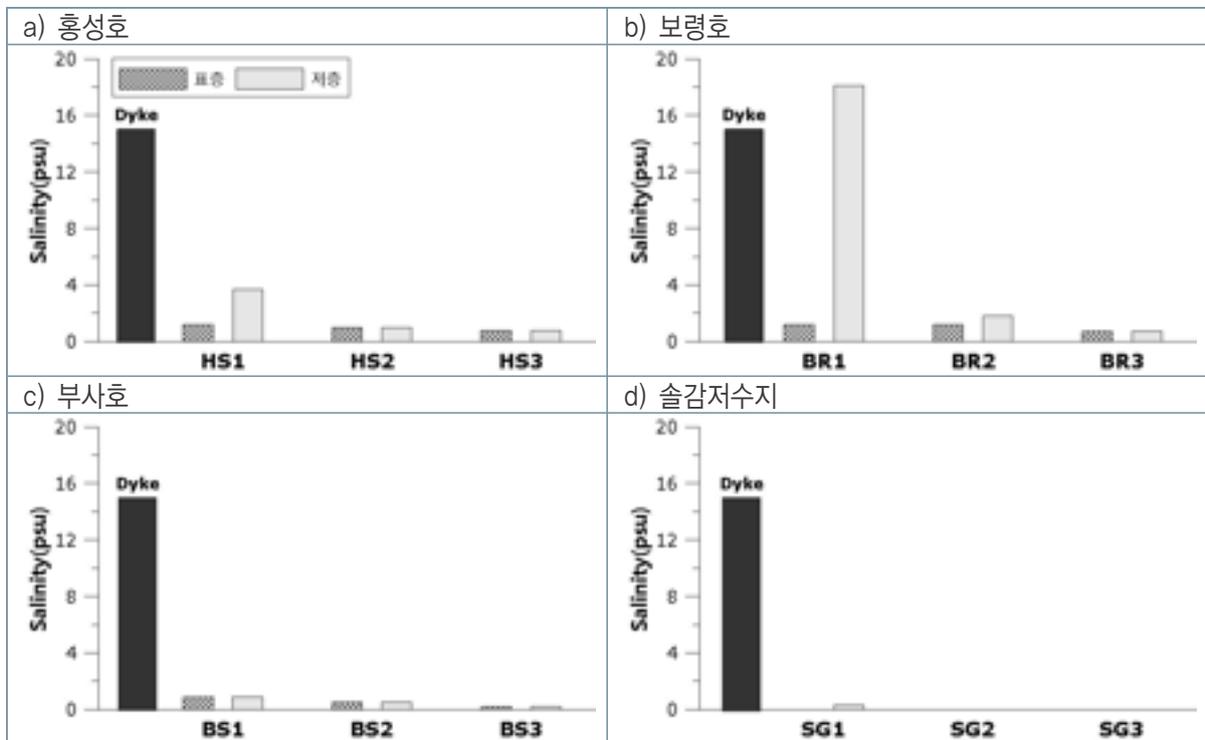
정점	수층	TN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	TP	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si	
		(µg/L)								
홍성호	HS1	표층	2,283.1	39.6	121.8	1,523.6	1,685.0	88.3	25.2	361.4
		저층	2,660.1	560.8	175.7	1,389.0	2,125.5	144.6	70.6	903.8
	HS2	표층	3,280.5	55.8	191.4	2,491.5	2,738.7	115.6	39.8	108.7
		저층	2,986.5	57.2	157.2	2,049.9	2,264.3	121.4	38.7	85.8
	HS3	표층	3,348.3	66.6	206.3	3,035.4	3,308.3	118.2	29.7	51.7
		저층	3,821.8	62.7	237.3	3,497.1	3,797.1	116.9	41.8	51.6
최소		2,283.1	39.6	121.8	1,389.0	1,685.0	88.3	25.2	51.6	
최대		3,821.8	560.8	237.3	3,497.1	3,797.1	144.6	70.6	903.8	
평균		3,063.4	140.4	181.6	2,331.1	2,653.1	117.5	41.0	260.5	
보령호	BR1	표층	2,707.7	252.4	140.9	2,228.6	2,622.0	71.2	26.5	96.2
		저층	11,160.0	7,459.5	8.0	15.9	7,483.4	3,009.0	1,896.7	3,044.0
	BR2	표층	3,234.3	258.6	174.4	2,749.8	3,182.8	144.2	63.7	95.7
		저층	3,038.2	232.8	164.8	2,591.8	2,989.4	92.7	40.0	104.6
	BR3	표층	2,745.5	173.8	137.4	2,385.1	2,696.3	112.4	33.3	19.9
		저층	3,334.7	229.2	160.6	2,744.4	3,134.2	105.7	31.6	23.3
최소		2,707.7	173.8	8.0	15.9	2,622.0	71.2	26.5	19.9	
최대		11,160.0	7,459.5	174.4	2,749.8	7,483.4	3,009.0	1,896.7	3,044.0	
평균		4,370.1	1,434.4	131.0	2,119.3	3,684.7	589.2	348.6	563.9	
부사호	BS1	표층	1,010.3	155.9	14.2	147.6	317.7	66.2	22.5	47.7
		저층	1,000.3	160.8	13.1	133.2	307.1	56.7	21.8	50.8
	BS2	표층	995.2	150.7	16.2	531.7	698.7	49.6	15.0	395.2
		저층	1,126.9	130.4	19.8	671.0	821.2	47.6	16.7	405.8
	BS3	표층	1,434.0	110.9	10.8	1,247.1	1,368.8	40.0	12.9	1,570.7
		저층	1,446.2	117.1	12.4	1,470.2	1,599.7	44.4	10.8	1,502.9
최소		995.2	110.9	10.8	133.2	307.1	40.0	10.8	47.7	
최대		1,446.2	160.8	19.8	1,470.2	1,599.7	66.2	22.5	1,570.7	
평균		1,168.8	137.6	14.4	700.1	852.2	50.7	16.6	662.2	
솔감저수지	SG1	표층	3,678.4	162.4	61.6	2,358.0	2,582.0	143.1	41.0	90.6
		저층	3,118.0	166.8	63.2	2,485.1	2,715.1	141.1	40.1	137.9
	SG2	표층	2,828.0	125.7	51.3	2,096.6	2,273.6	145.3	42.3	14.8
		저층	-	-	-	-	-	-	-	-
	SG3	표층	5,197.2	160.5	78.7	5,177.0	5,416.2	156.9	49.6	276.3
		저층	-	-	-	-	-	-	-	-
최소		2,828.0	125.7	51.3	2,096.6	2,273.6	141.1	40.1	14.8	
최대		5,197.2	166.8	78.7	5,177.0	5,416.2	156.9	49.6	276.3	
평균		3,705.4	153.9	63.7	3,029.2	3,246.7	146.6	43.2	129.9	

[표 3-3] 담수호 미량금속류, 시안 분석 결과

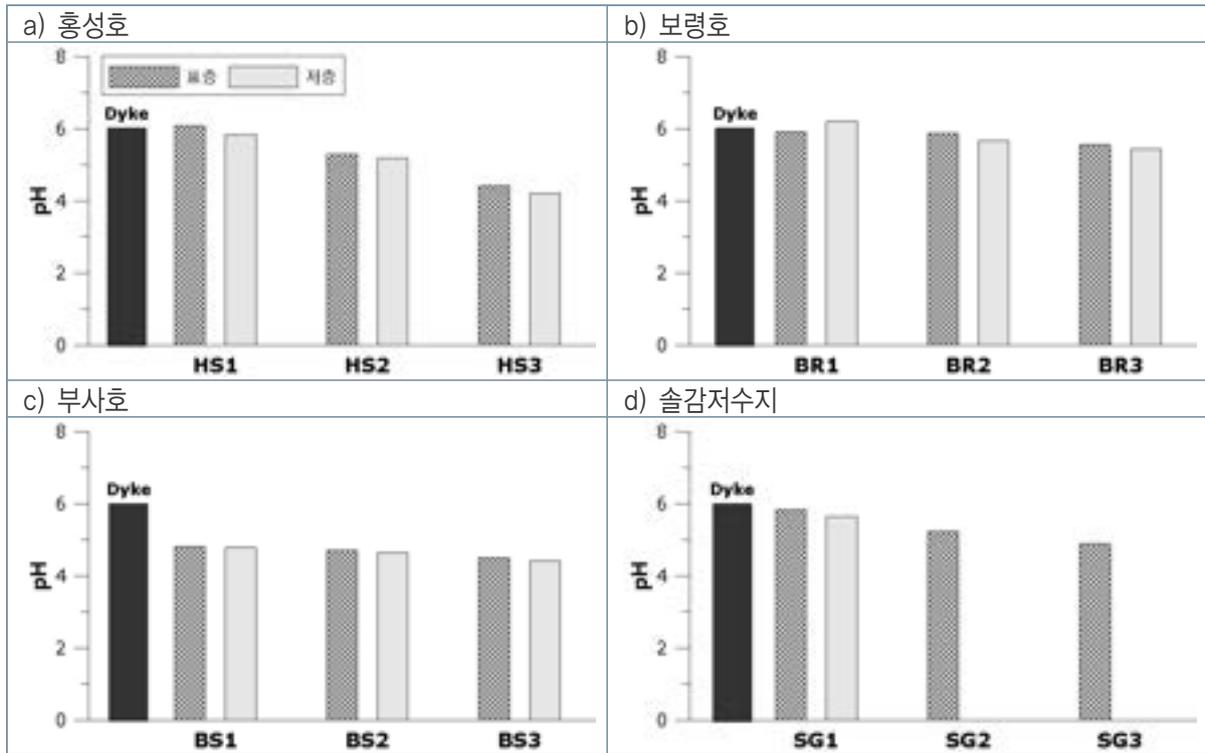
정점		Cr <sup>6+</sup>	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	CN
		(µg/L)								
홍성호	HS1	0.09	0.02	1.24	0.17	1.63	0.41	0.83	0.13	N.D
	HS2	0.06	0.01	0.91	0.07	0.80	0.55	1.00	0.13	N.D
	HS3	0.08	0.01	0.78	0.07	0.65	0.53	1.01	0.18	N.D
최소		0.06	0.01	0.78	0.07	0.65	0.41	0.83	0.13	-
최대		0.09	0.02	1.24	0.17	1.63	0.55	1.01	0.18	-
평균		0.08	0.01	0.98	0.10	1.02	0.50	0.95	0.14	-
보령호	BR1	0.05	0.01	1.17	0.08	1.07	0.47	0.55	0.16	N.D
	BR2	0.05	0.01	0.83	0.24	1.96	0.43	0.56	0.14	N.D
	BR3	0.06	0.01	0.76	0.14	2.18	0.51	0.57	0.12	N.D
최소		0.05	0.01	0.76	0.08	1.07	0.43	0.55	0.12	-
최대		0.06	0.01	1.17	0.24	2.18	0.51	0.57	0.16	-
평균		0.05	0.01	0.92	0.15	1.73	0.47	0.56	0.14	-
부사호	BS1	0.06	0.01	0.26	0.05	1.33	0.18	0.60	0.15	N.D
	BS2	0.02	0.01	0.34	0.04	0.14	0.17	0.60	0.16	N.D
	BS3	0.05	0.01	0.40	0.04	0.44	0.22	0.51	0.14	N.D
최소		0.02	0.01	0.26	0.04	0.14	0.17	0.51	0.14	-
최대		0.06	0.01	0.40	0.05	1.33	0.22	0.60	0.16	-
평균		0.05	0.01	0.33	0.04	0.63	0.19	0.57	0.15	-
솔갑저수지	SG1	0.06	0.01	0.99	0.09	1.16	0.27	0.59	0.15	N.D
	SG2	0.06	0.01	0.79	0.11	0.62	0.21	0.50	0.13	N.D
	SG3	0.06	0.01	1.76	0.08	2.46	0.22	0.45	0.14	N.D
최소		0.06	0.01	0.79	0.08	0.62	0.21	0.45	0.13	-
최대		0.06	0.01	1.76	0.11	2.46	0.27	0.59	0.15	-
평균		0.06	0.01	1.18	0.09	1.41	0.23	0.51	0.14	-



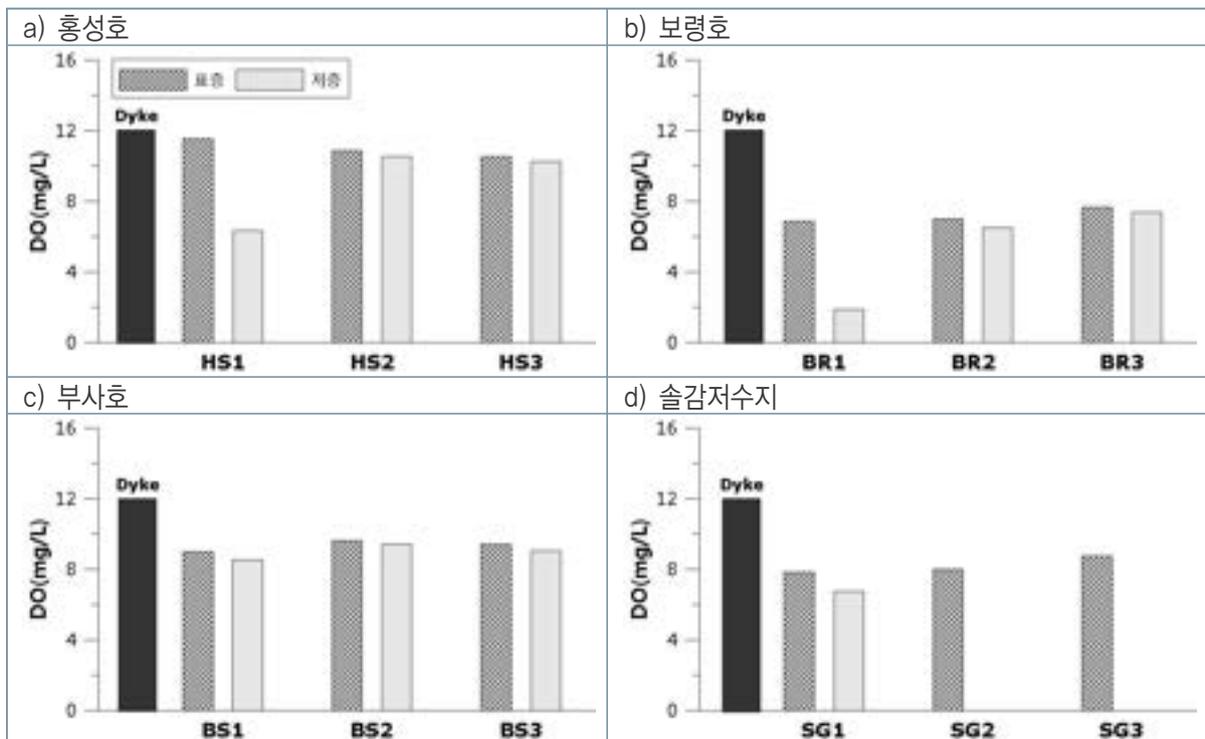
[그림 3-2] 담수호의 정점별 수온 분포



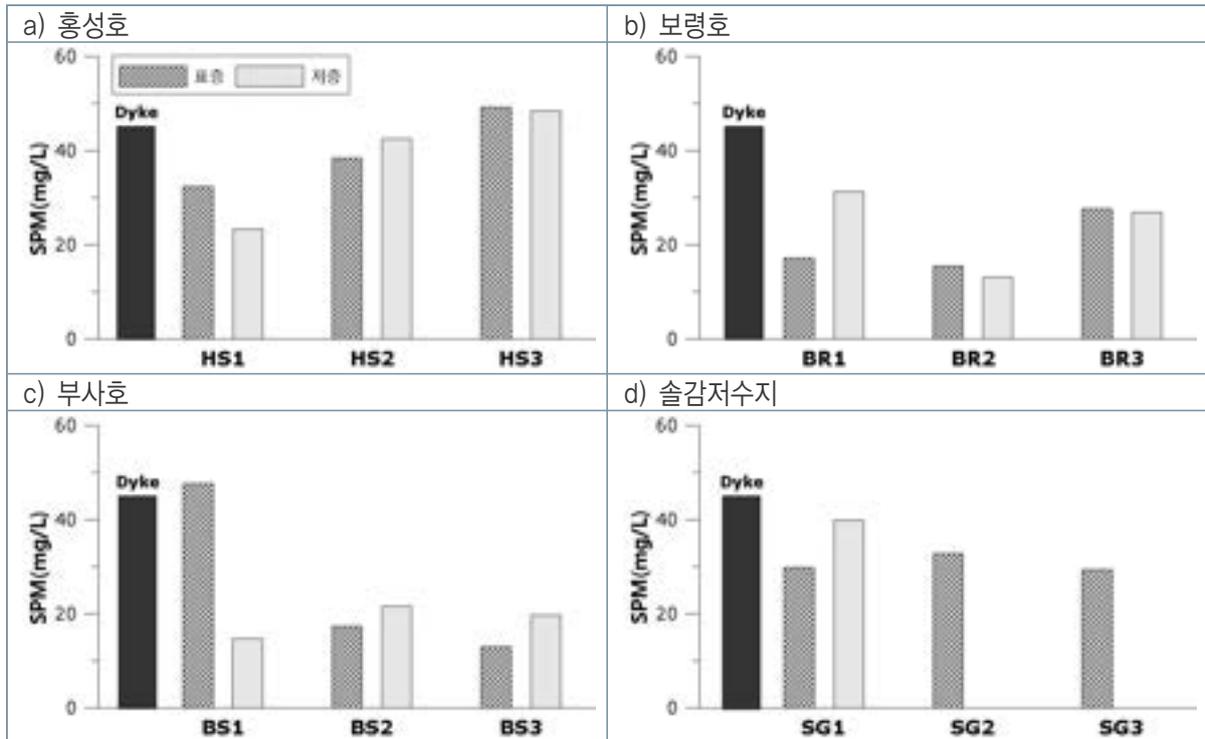
[그림 3-3] 담수호의 정점별 염분 분포



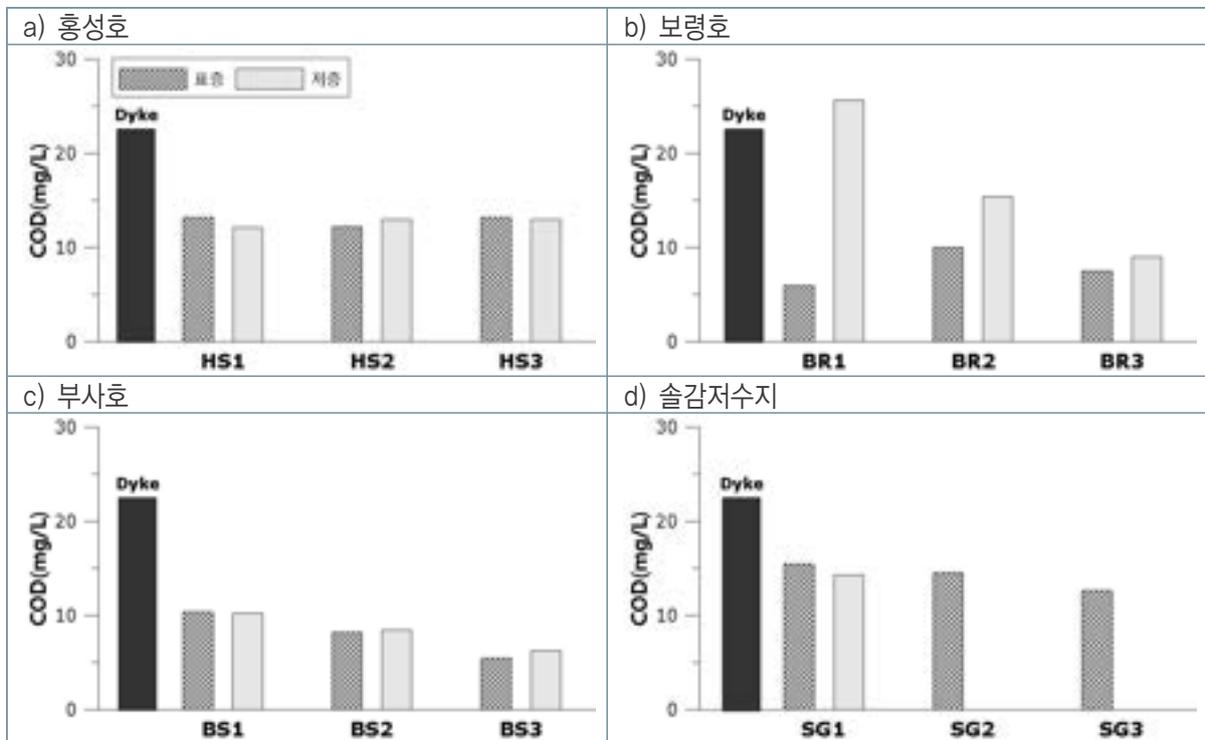
[그림 3-4] 담수호의 정점별 pH 분포



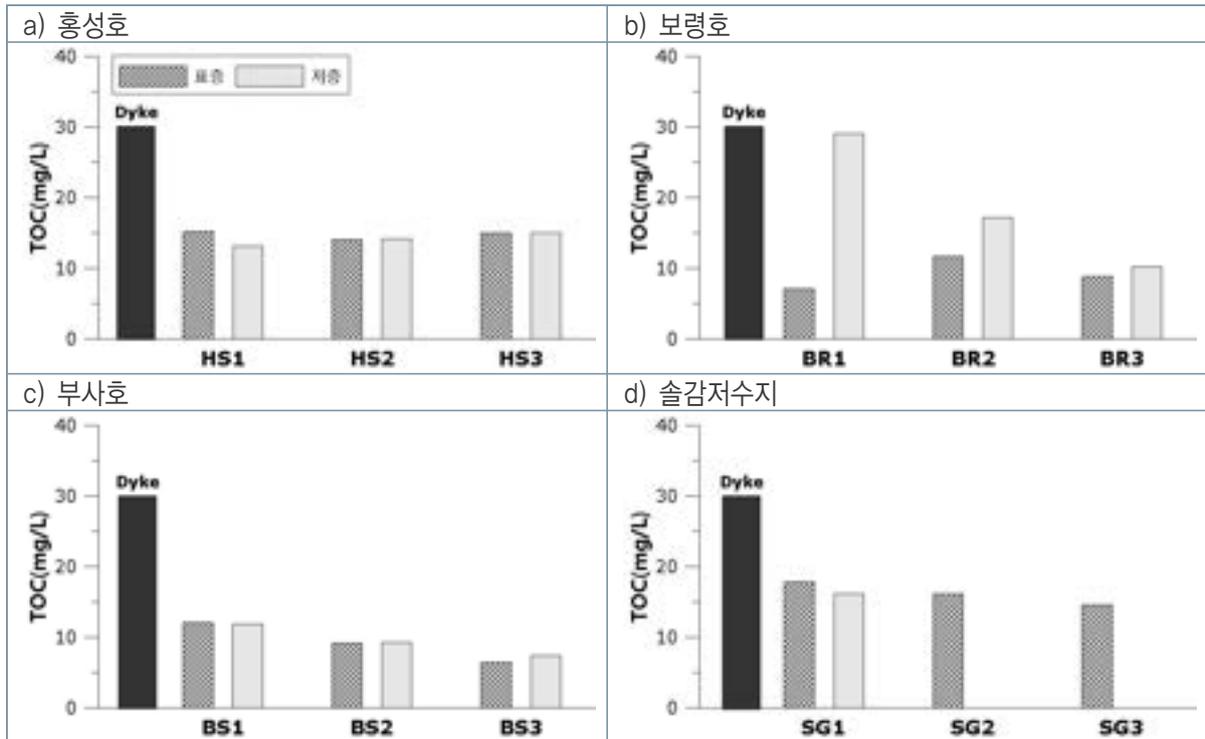
[그림 3-5] 담수호의 정점별 용존산소농도 분포



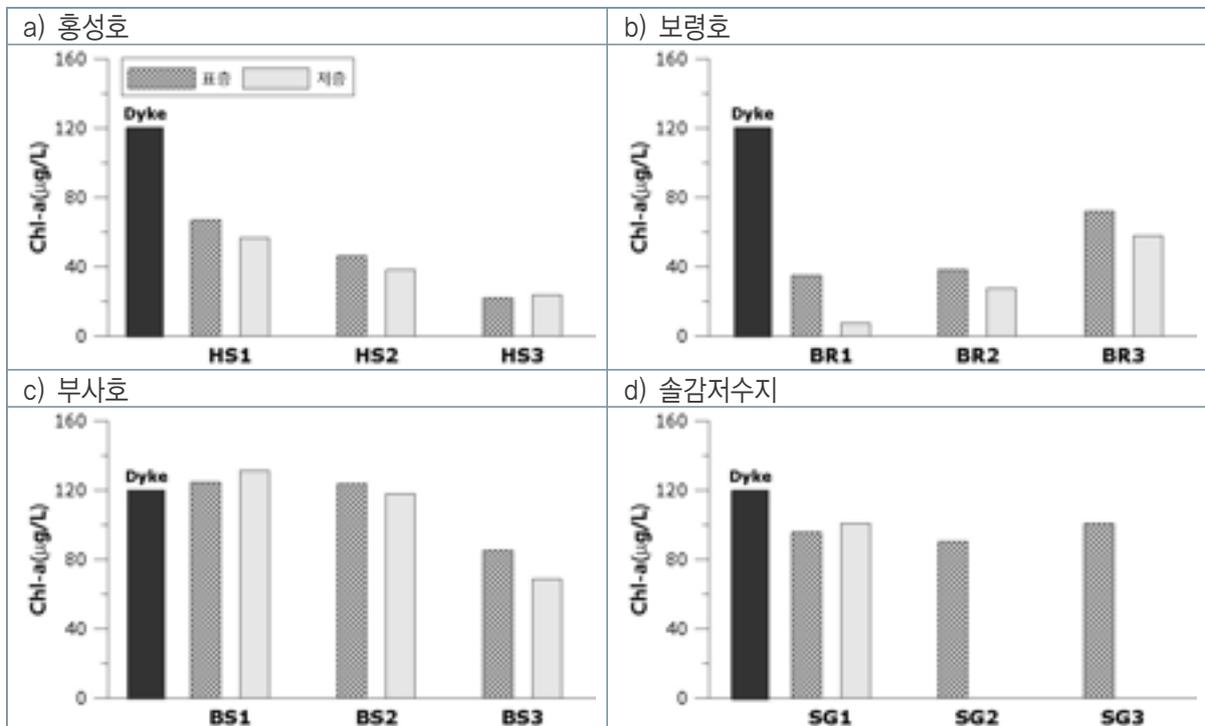
[그림 3-6] 담수호의 정점별 부유입자물질 분포



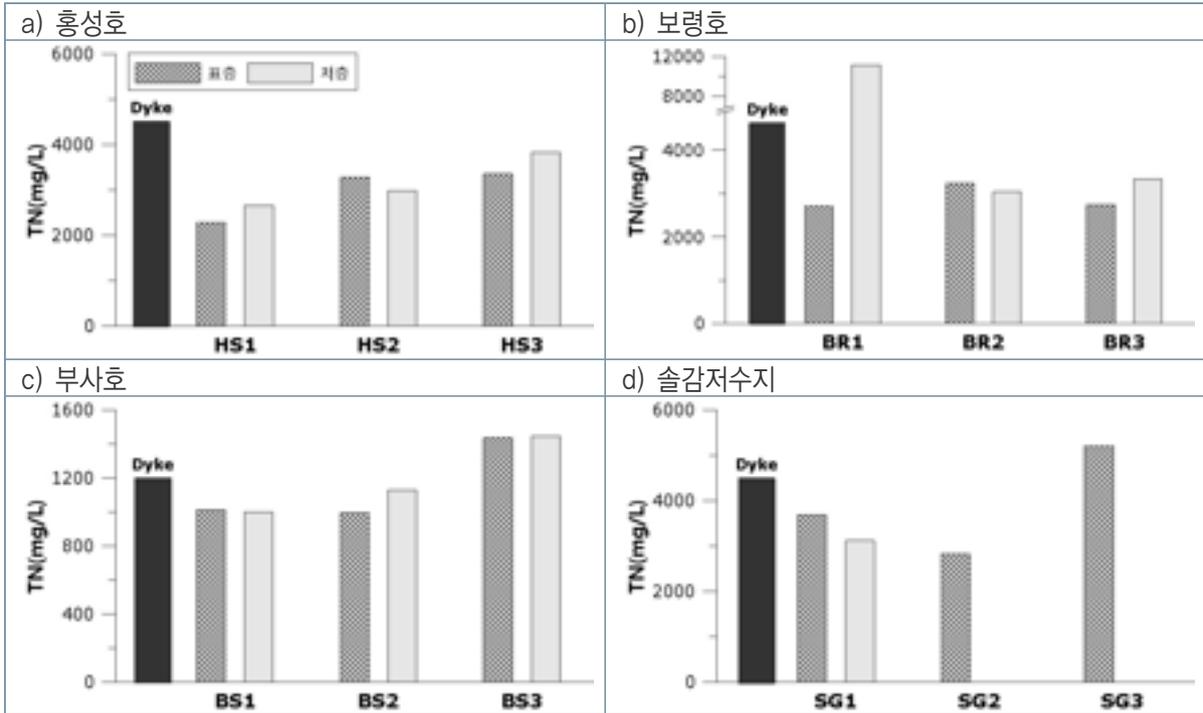
[그림 3-7] 담수호의 정점별 화학적산소요구량 농도 분포



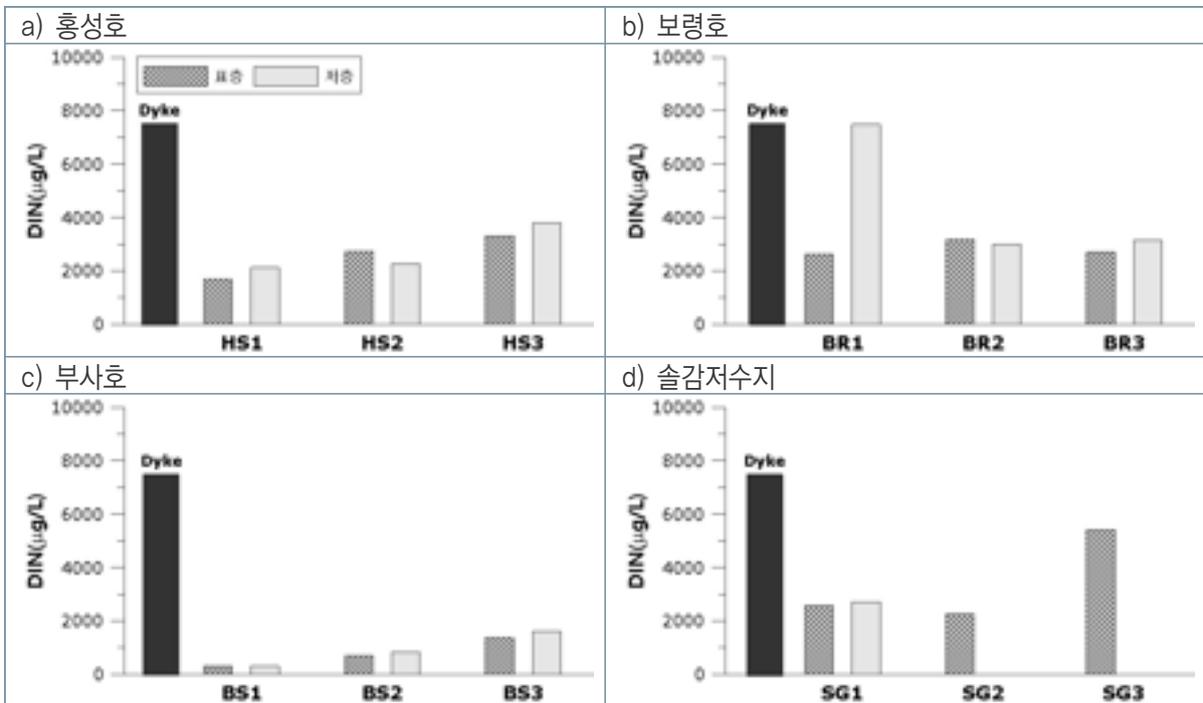
[그림 3-8] 담수호의 정점별 총유기탄소 농도 분포



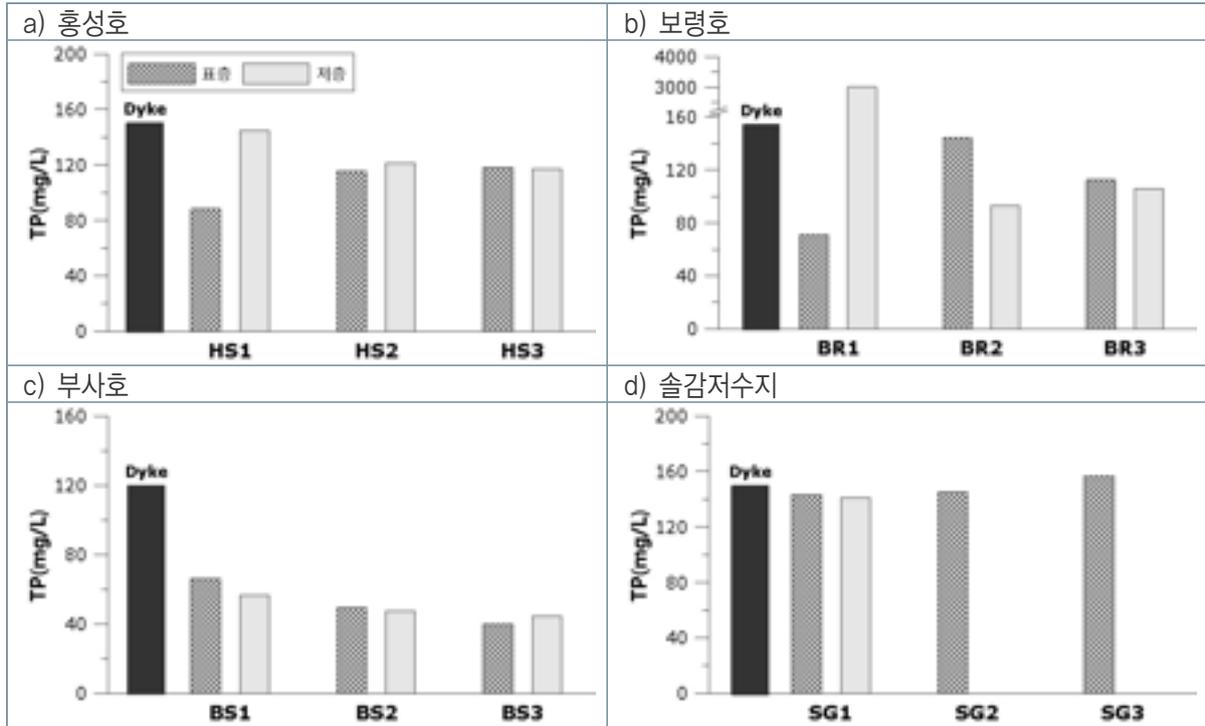
[그림 3-9] 담수호의 정점별 엽록소 a 농도 분포



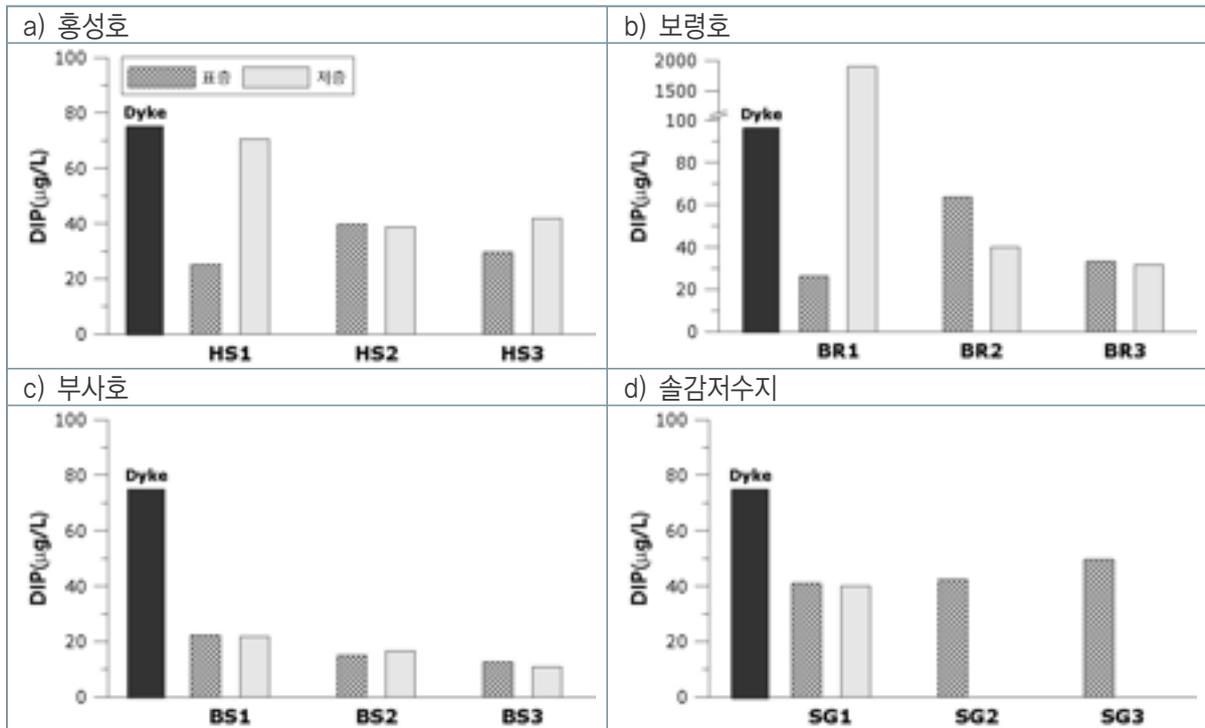
[그림 3-10] 담수호의 정점별 총질소 농도 분포



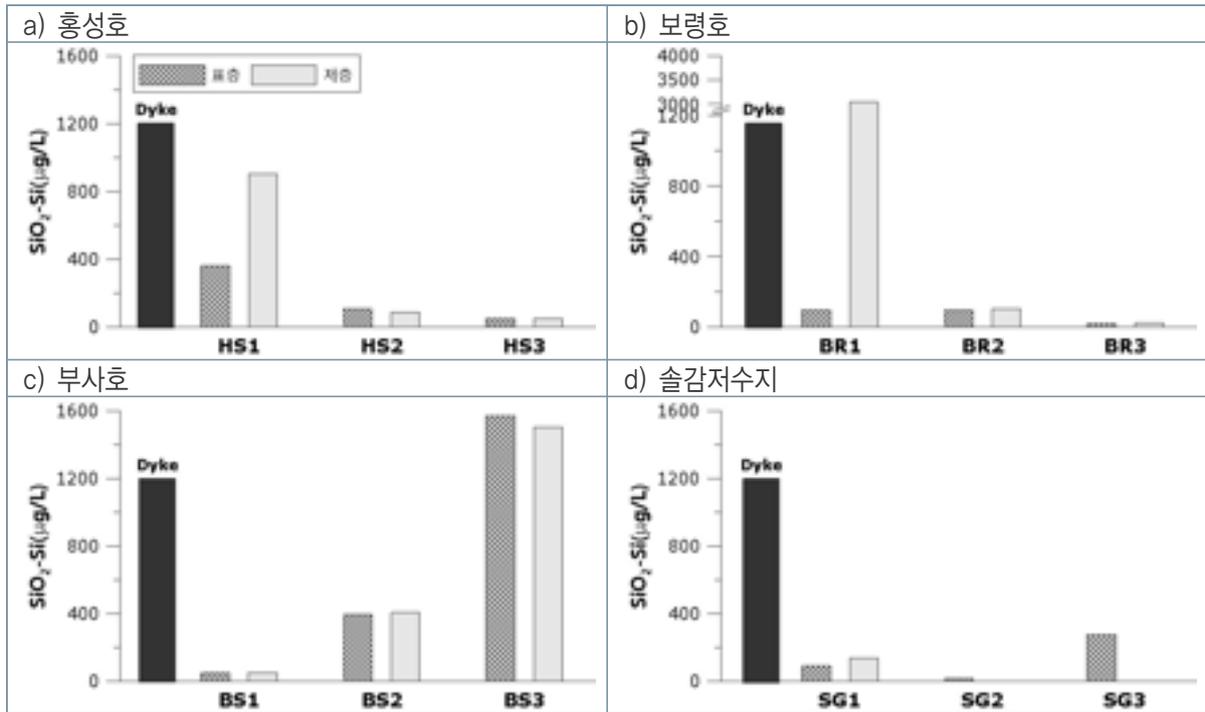
[그림 3-11] 담수호의 정점별 용존무기질소 농도 분포



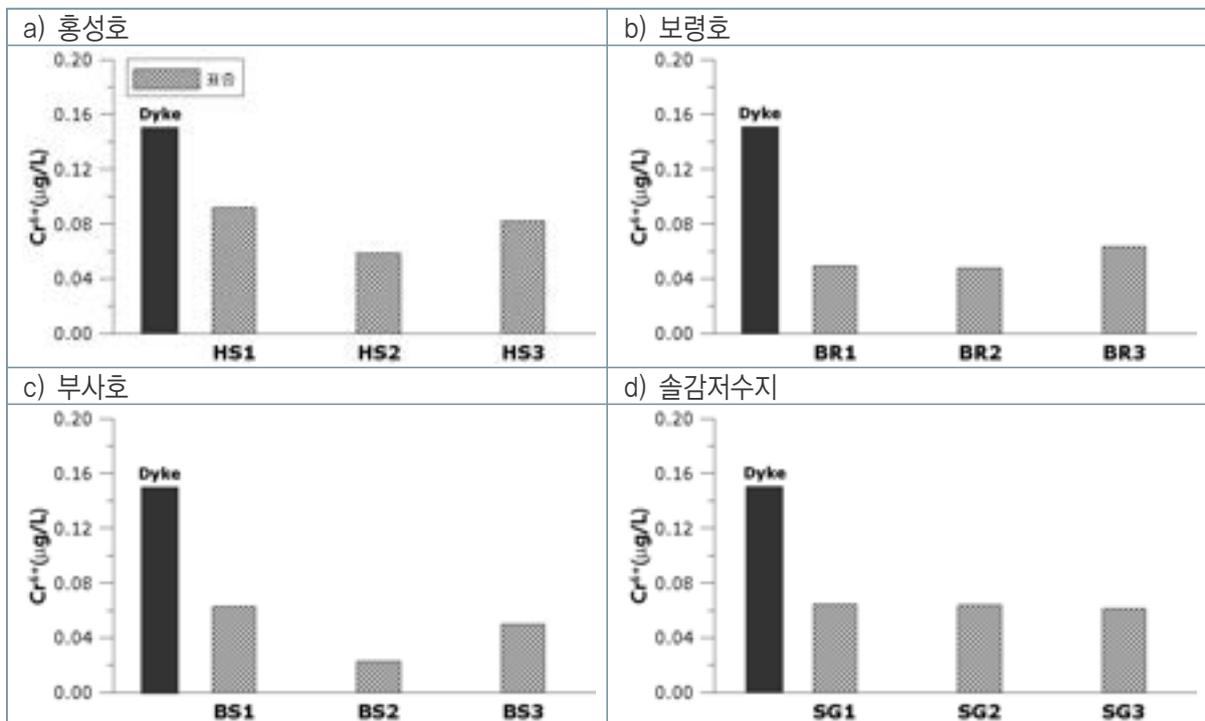
[그림 3-12] 담수호의 정점별 총질소 농도 분포



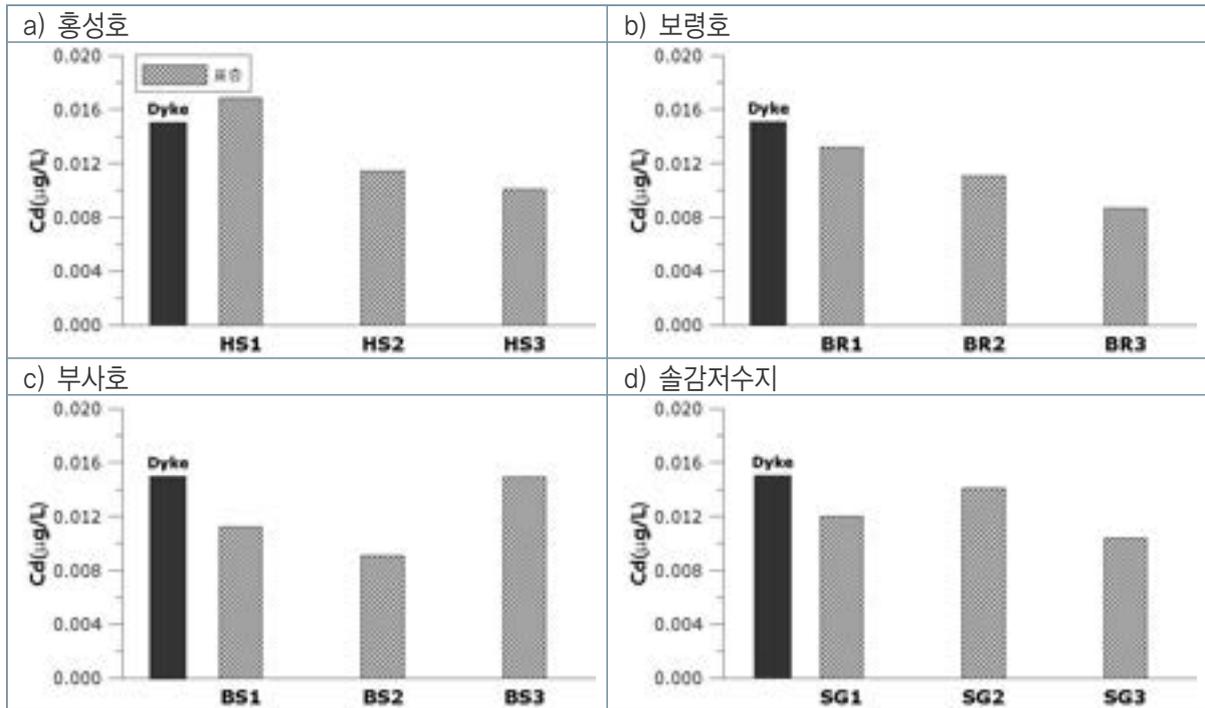
[그림 3-13] 담수호의 정점별 용존무기인 농도 분포



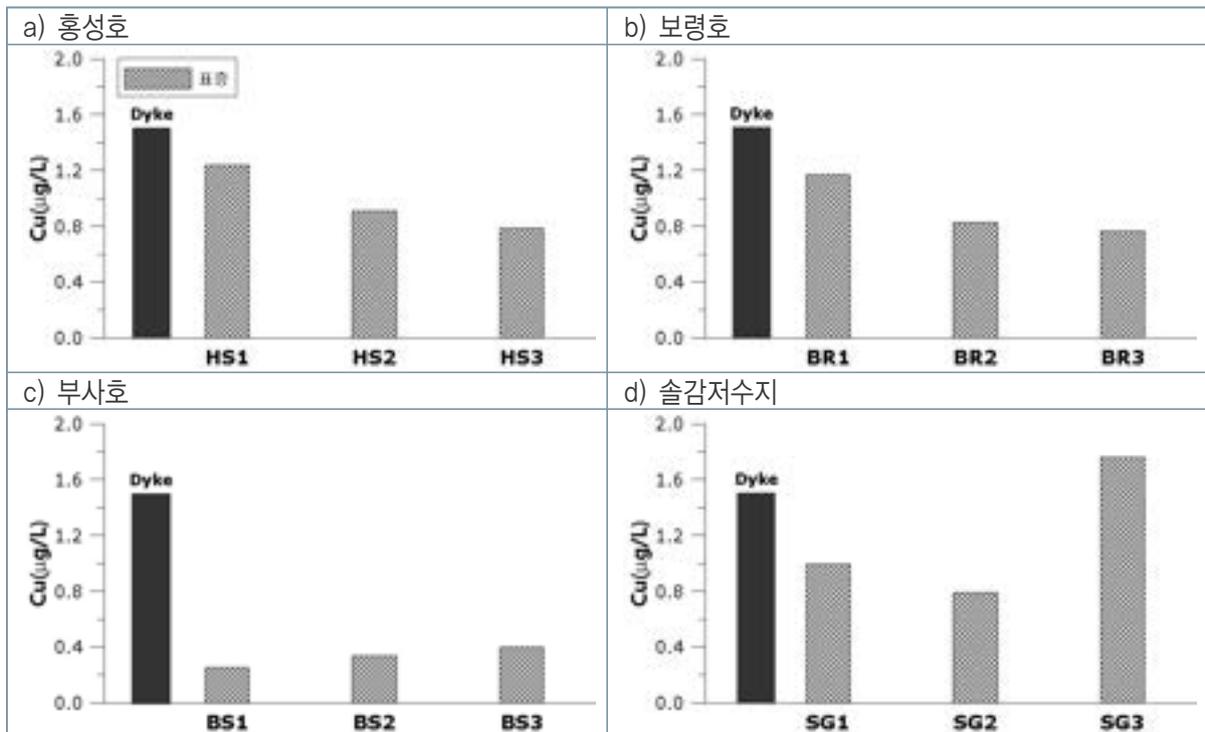
[그림 3-14] 담수호의 정점별 규산염규소 농도 분포



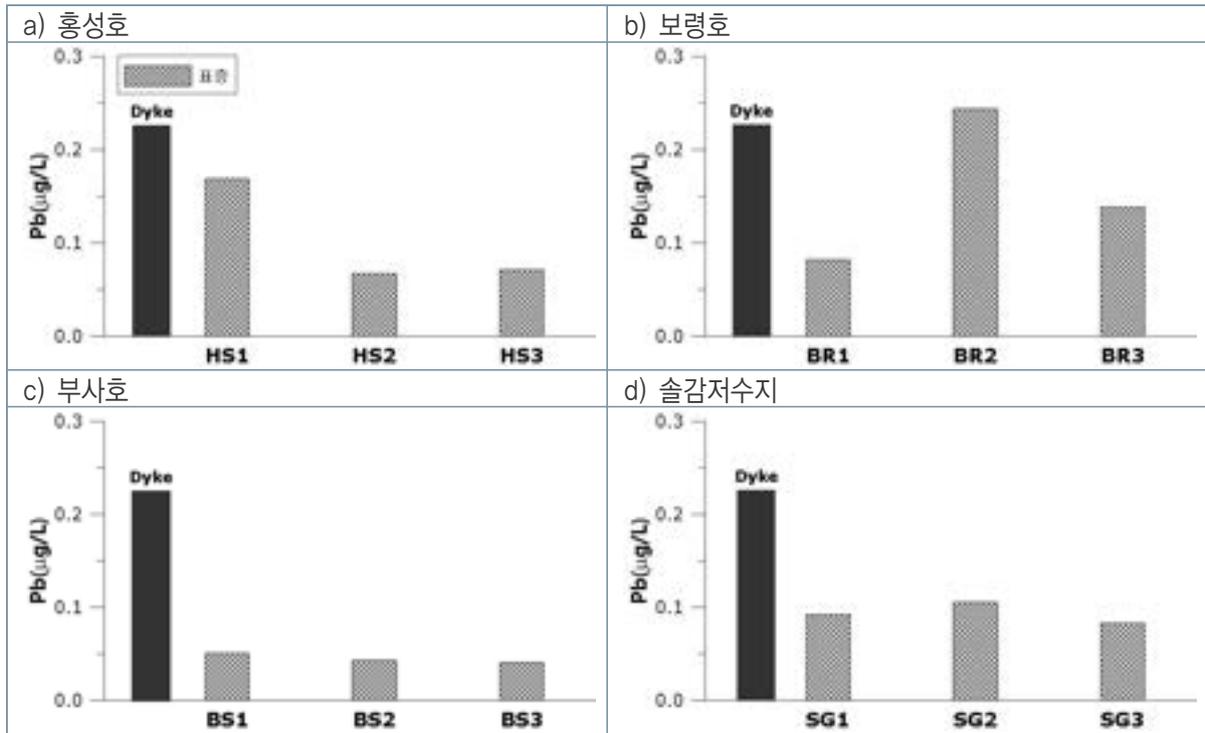
[그림 3-15] 담수호의 정점별 크롬 농도 분포



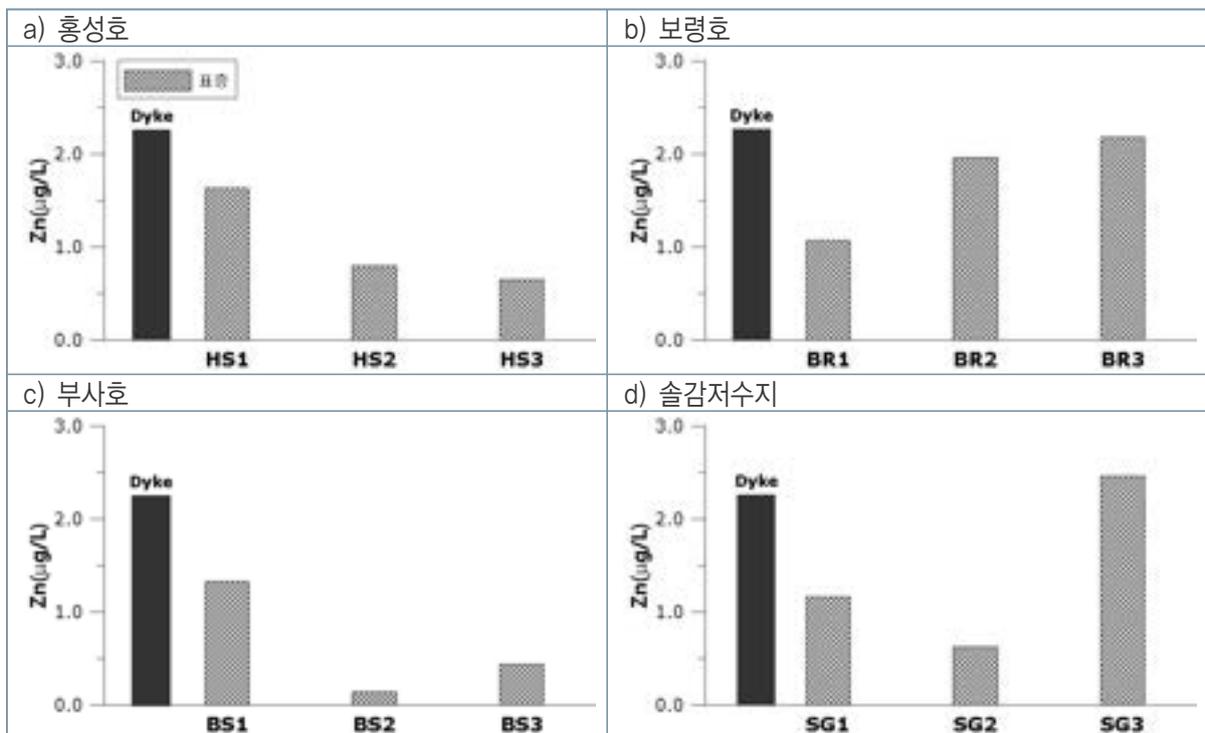
[그림 3-16] 담수호의 정점별 카드뮴 농도 분포



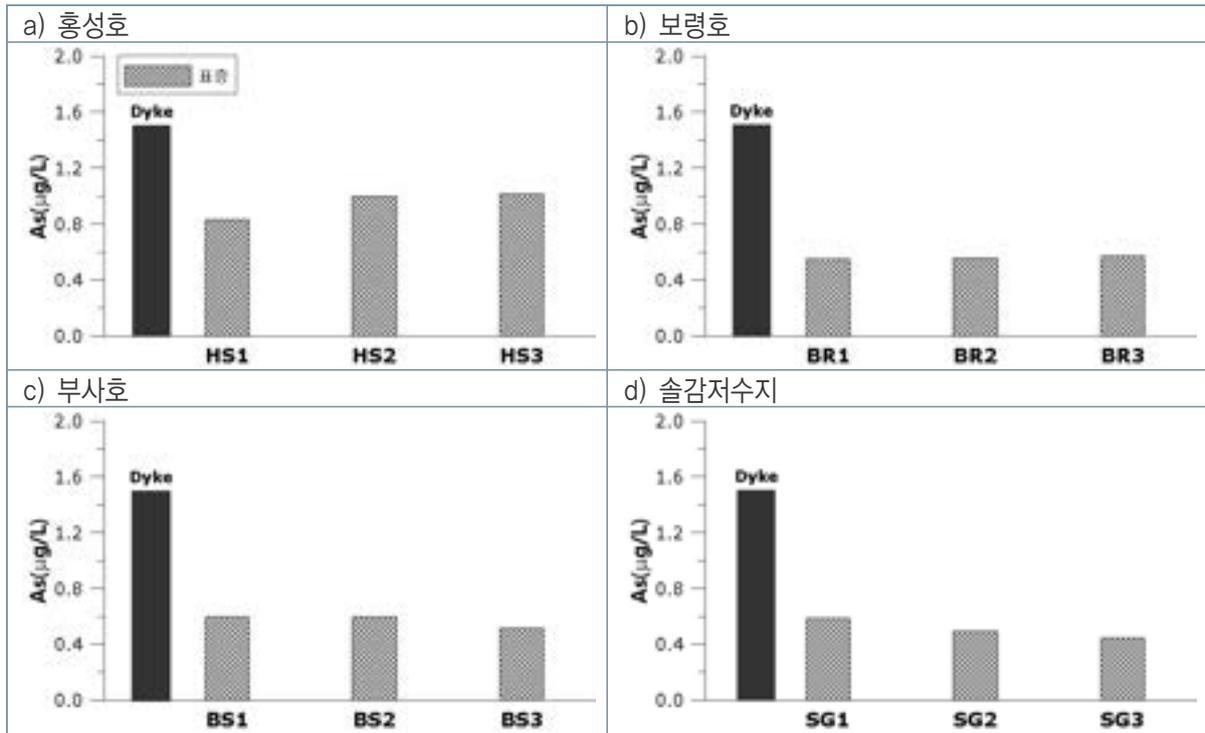
[그림 3-17] 담수호의 정점별 구리 농도 분포



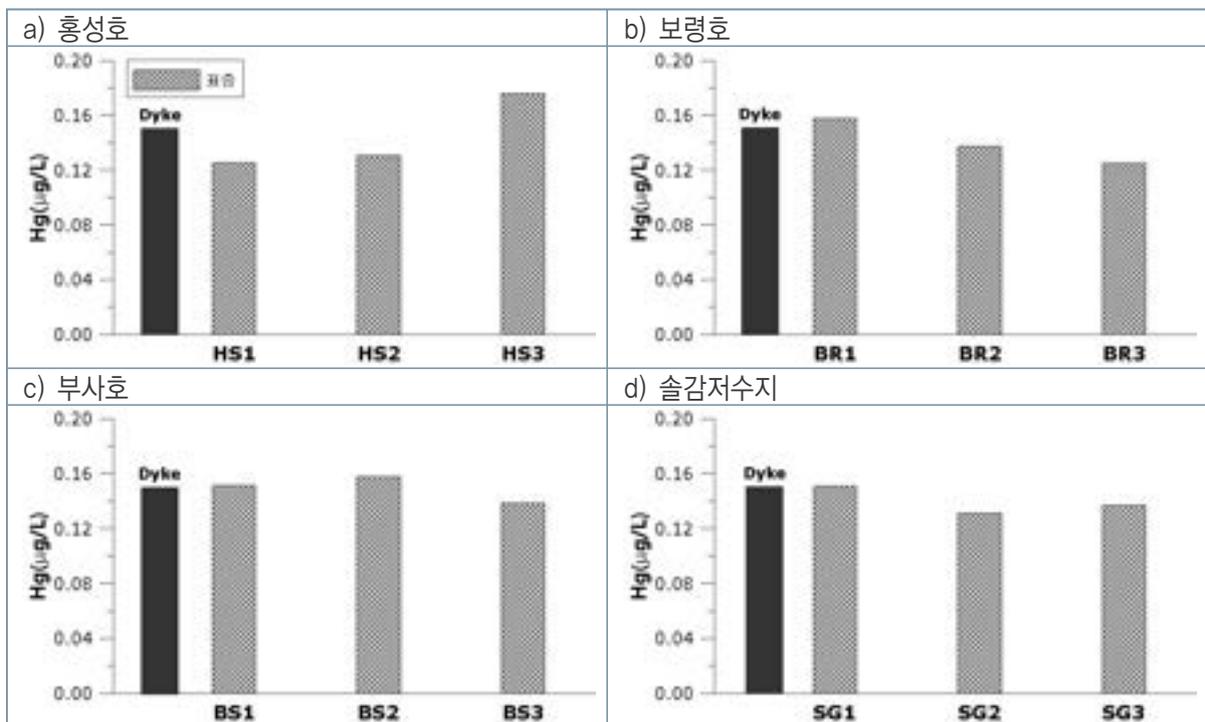
[그림 3-18] 담수호의 정점별 납 농도 분포



[그림 3-19] 담수호의 정점별 아연 농도 분포



[그림 3-20] 담수호의 정점별 비소 농도 분포



[그림 3-21] 담수호의 정점별 수은 농도 분포

[표 3-4] 환경부 호소 수질 생활환경 기준(환경정책기본법 시행령 [별표 1]  
<개정 2022.12.6.>)

등급	상태 (캐릭터)	기 준										
		수소이온 농도 (pH)	화학 적산 소 요구 량 (COD) (mg/L)	총유 기탄 소량 (TOC) (mg/L)	부유 물질 량 (SS) (mg/L)	용존 산소 량 (DO) (mg/L)	총인 (mg/L)	총질 소 (total nitrog en) (mg/L)	클로 로필- a (Chl-a) (mg/m <sup>3</sup> )	대장균군 (균수/100mL)		
										총 대장 균군	분원 성 대장 균군	
매우 좋음	Ia 	6.5~8.5	2 이하	2 이하	1 이하	7.5 이상	0.01 이하	0.2 이하	5 이하	50 이하	10 이하	
좋음	Ib 	6.5~8.5	3 이하	3 이하	5 이하	5.0 이상	0.02 이하	0.3 이하	9 이하	500 이하	100 이하	
약간 좋음	II 	6.5~8.5	4 이하	4 이하	5 이하	5.0 이상	0.03 이하	0.4 이하	14 이하	1,000 이하	200 이하	
보통	III 	6.5~8.5	5 이하	5 이하	15 이하	5.0 이상	0.05 이하	0.6 이하	20 이하	5,000 이하	1,000 이하	
약간 나쁨	IV 	6.0~8.5	8 이하	6 이하	15 이하	2.0 이상	0.10 이하	1.0 이하	35 이하			
나쁨	V 	6.0~8.5	10 이하	8 이하	쓰레기 등이 떠있지 않을 것	2.0 이상	0.15 이하	1.5 이하	70 이하			
매우 나쁨	VI 		10 초과	8 초과		2.0 미만	0.15 초과	1.5 초과	70 초과			

비고

1. 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7 미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 않으며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 않는다.
2. 등급별 수질 및 수생태계 상태는 가목2) 비고 제1호와 같다.
3. 상태(캐릭터) 도안 모형 및 도안 요령은 가목2) 비고 제2호와 같다.
4. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

## 2) 담수호 퇴적물

- 4개 호소의 퇴적물 분석 결과를 [표 3-5]~[표 3-7], [그림 3-22]~[그림 3-41]에 제시함
  - 입도 분석 : [표 3-5]
  - 퇴적상 분류 : [그림 3-22]~[그림 3-23]
  - 일반항목 분석 : [표 3-6], [그림 3-24]~[그림 3-30]
  - 중금속 분석 : [표 3-7], [그림 3-31]~[그림 3-41]
- 호소 퇴적물 항목별 오염평가 기준을 [표 3-8]에 제시하였음

### (1) 입도

#### (가) 조성 및 퇴적상

##### ■ 홍성호

- 입도 조성 : 자갈의 경우 정점 HS3에서만 0.5%로 나타났고, 모래 20.7~45.3%(평균 30.2%), 실트 43.4~62.7%(평균 55.9%), 점토 10.8~16.7%(평균 13.7%)의 범위를 보였음
- 퇴적상 : 사질실트(sZ)와 약역사질니(g)sM로 분석됨

##### ■ 보령호

- 입도 조성 : 자갈이 나타나지 않았으며, 모래 2.7~9.4%(평균 5.4%), 실트 69.3~71.2%(평균 70.2%), 점토 20.5~28.1%(평균 24.4%)의 범위를 보였음
- 퇴적상은 실트(Z)로 구성됨

##### ■ 부사호

- 입도 조성 : 자갈의 경우 정점 BS1에서만 1.2%로 나타났고, 모래 79.8~97.7%(평균 88.8%), 실트 2.0~16.1%(평균 8.8%), 점토 0.3~4.1%(평균 2.0%)의 범위를 보였음
- 퇴적상 : 모래(S), 실트질사(zS), 약역질사((g)S)로 분석됨

##### ■ 솔감저수지

- 입도 조성 : 자갈의 경우 정점 SG2과 SG3에서 각각 19.3%, 10.7%로 나타났고, 모래 40.5~77.4%(평균 60.5%), 실트 3.0~38.1%(평균 23.5%), 점토 0.3~8.5%(평균 5.2%)의 범위를 보였음
- 퇴적상 : 실트질사(zS), 역질니(gM), 역질사(gM)로 분석됨

## (나) 조직 변수

### ■ 홍성호

- 평균 입경 : 4.35~5.93 $\phi$ (평균 5.31 $\phi$ )의 범위로 보임
- 분급도 : 2.10~2.83 $\phi$ 의 범위로 Very poorly sorted(극불량분급)한 분포를 보임
- 왜도 : -0.08~0.05의 범위로 Near-symmetrical(대칭왜도)한 분포를 보임
- 첨도 : 0.84~1.06으로 Platykurtic(저첨)에서 Mesokurtic(중첨)한 분포를 보임

### ■ 보령호

- 평균 입경 : 6.48~7.26 $\phi$ (평균 6.99 $\phi$ )의 범위로 분석됨
- 분급도 : 1.47~1.90 $\phi$ 의 범위로 Poorly sorted(불량분급)한 분포를 보임
- 왜도 : -0.05~-0.04의 범위로 Near-symmetrical(대칭왜도)한 분포를 보임
- 첨도 : 0.99~1.39으로 Mesokurtic(중첨)에서 Leptokurtic(극첨)한 분포를 보임

### ■ 부사호

- 평균 입경 : 1.58~2.67 $\phi$ (2.18 $\phi$ )의 범위로 조사됨
- 분급도 : 0.74~1.98 $\phi$ 의 범위로 Poorly sorted(불량분급)한 분포를 보임
- 왜도 : 0.08~0.77의 범위로 Near-symmetrical(대칭왜도)에서 Strongly fine-skewed(최극 양호왜도)한 분포를 보였음
- 첨도 : 1.40~1.96으로 Leptokurtic(극첨)에서 Very leptokurtic(매우극첨)한 분포를 보임

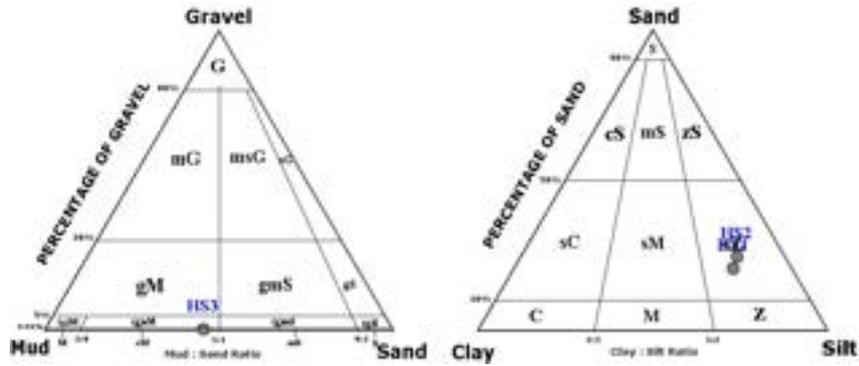
### ■ 슬감저수지

- 평균 입경 : 0.53~3.92 $\phi$ (평균 2.60 $\phi$ )의 범위로 조사됨
- 분급도 : 1.62~3.53 $\phi$ 의 범위로 Poorly sorted(불량분급)에서 Very poorly sorted(극불량 분급)한 분포를 보임
- 왜도 : -0.07~-0.46의 범위로 Near-symmetrical(대칭왜도)에서 Strongly fine-skewed(최극양호왜도)한 분포를 보임
- 첨도 : 0.69~1.10으로 Platykurtic(저첨)에서 Mesokurtic(중첨)한 분포를 보임

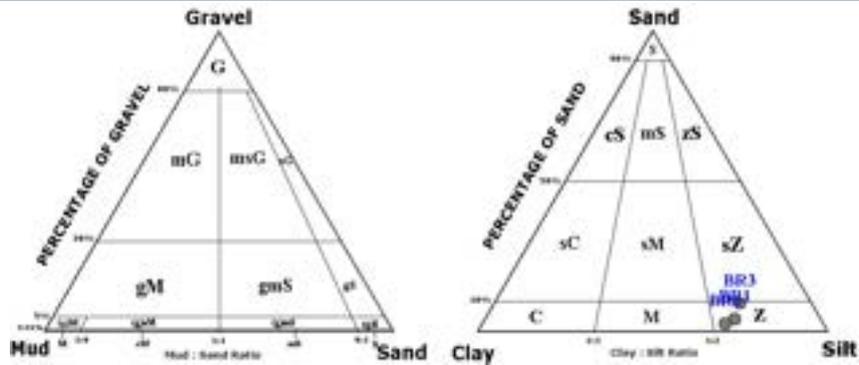
[표 3-5] 담수호 퇴적물의 입도 분석 결과

정점	조성비				조직변수				퇴적상	
	자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	침도		
	(% )				(φ )					
홍성호	HS1	0.0	20.7	62.7	16.7	5.93	2.16	-0.08	0.88	sZ
	HS2	0.0	24.7	61.7	13.6	5.64	2.10	0.05	0.84	sZ
	HS3	0.5	45.3	43.4	10.8	4.35	2.83	0.05	1.06	(g)sM
최소	0.0	20.7	43.4	10.8	4.35	2.10	-0.08	0.84		
최대	0.5	45.3	62.7	16.7	5.93	2.83	0.05	1.06		
평균	0.2	30.2	55.9	13.7	5.31	2.36	0.01	0.93		
보령호	BR1	0.0	4.2	71.2	24.5	7.26	1.47	-0.04	1.39	Z
	BR2	0.0	2.7	69.3	28.1	7.23	1.51	-0.04	1.14	Z
	BR3	0.0	9.4	70.1	20.5	6.48	1.90	-0.05	0.99	Z
최소	0.0	2.7	69.3	20.5	6.48	1.47	-0.05	0.99		
최대	0.0	9.4	71.2	28.1	7.26	1.90	-0.04	1.39		
평균	0.0	5.4	70.2	24.4	6.99	1.63	-0.04	1.17		
부사호	BS1	1.2	89.0	8.3	1.5	2.28	1.41	0.17	1.54	(g)S
	BS2	0.0	97.7	2.0	0.3	1.58	0.74	0.08	1.40	S
	BS3	0.0	79.8	16.1	4.1	2.67	1.98	0.77	1.96	zS
최소	0.0	79.8	2.0	0.3	1.58	0.74	0.08	1.40		
최대	1.2	97.7	16.1	4.1	2.67	1.98	0.77	1.96		
평균	0.4	88.8	8.8	2.0	2.18	1.37	0.34	1.63		
솔감 저수지	SG1	0.0	63.6	29.5	6.8	3.92	2.07	0.46	1.10	zS
	SG2	12.9	40.5	38.1	8.5	3.34	3.53	-0.07	0.69	gM
	SG3	19.3	77.4	3.0	0.3	0.53	1.62	0.01	0.89	gS
최소	0.0	40.5	3.0	0.3	0.53	1.62	-0.07	0.69		
최대	19.3	77.4	38.1	8.5	3.92	3.53	0.46	1.10		
평균	10.7	60.5	23.5	5.2	2.60	2.41	0.13	0.89		

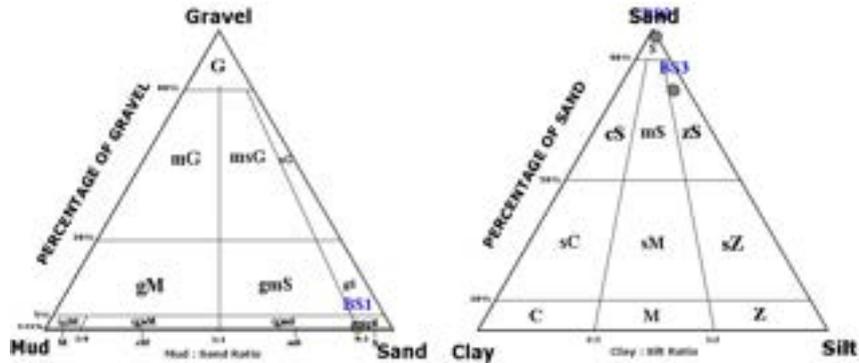
a) 흥성호



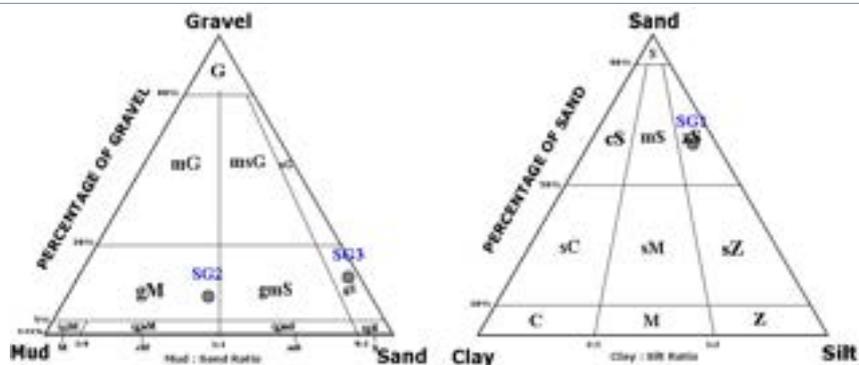
b) 보령호



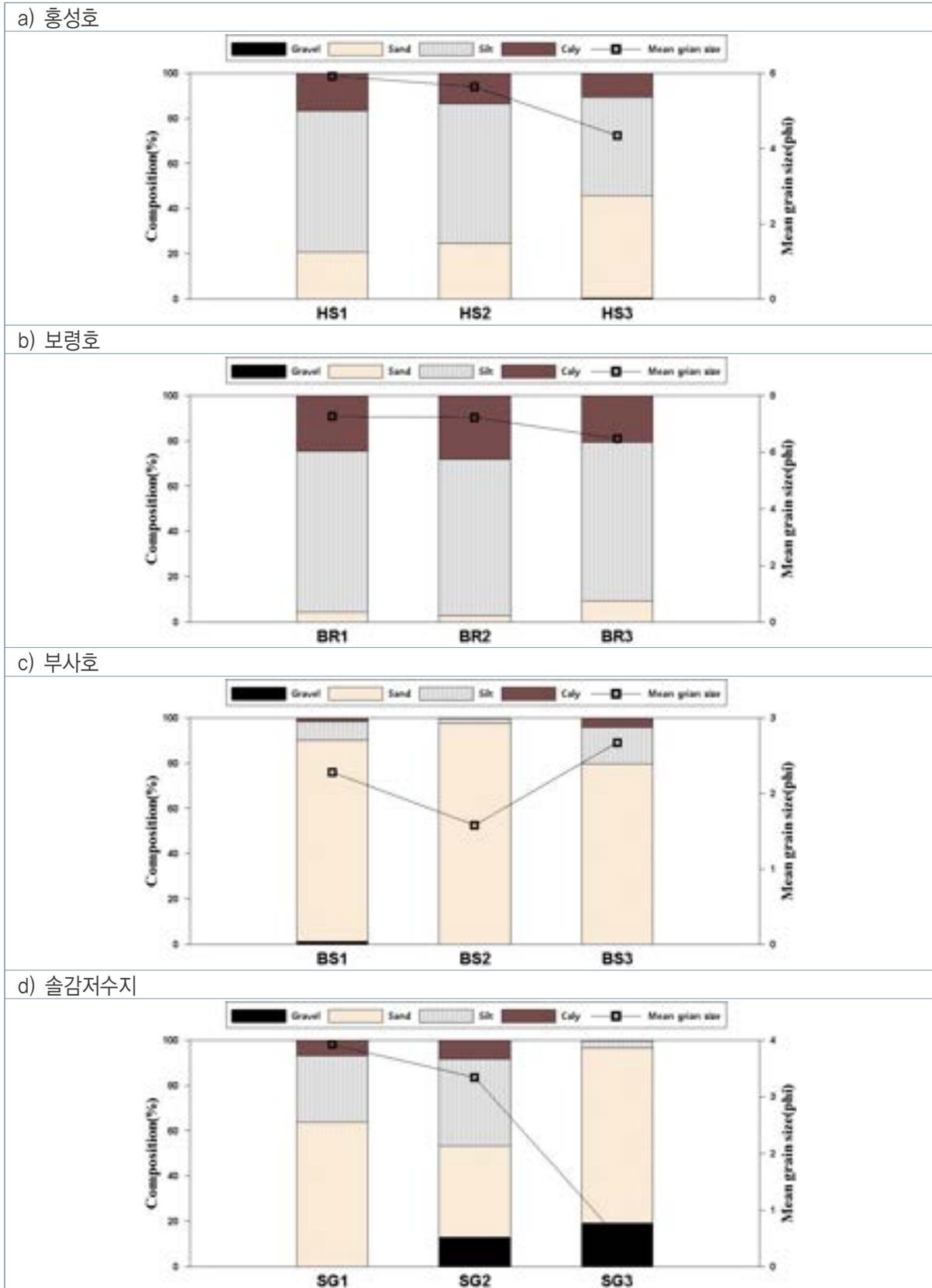
c) 부사호



d) 슬감저수지



[그림 3-22] 담수호 내 퇴적물의 삼각다이아그램에 따른 퇴적상 분류



[그림 3-23] 담수호 내 퇴적물의 함량비에 따른 퇴적상 분류

## (2) 함수율

- 홍성호 49.8~55.3%(평균 49.8%), 보령호 61.3~78.5(평균 71.1%), 부사호 22.7~30.9% (평균 26.5%), 솔감저수지 23.9~42.8% (평균 30.9%)의 범위로 조사됨
- 각 담수호별 함수율의 차이는 크지 않지만, 보령호에서 상대적으로 높은 평균값을 보였음

## (3) 강열감량(IL) 및 화학적산소요구량(COD)

### ■ 강열감량

- 홍성호 5.5~6.2%(평균 5.9%), 보령호 9.2~10.3%(평균 9.6%), 부사호 0.8~2.9%(평균 2.0%), 솔감저수지 0.9~7.3%(평균 3.5%)의 범위로 분석되었으며, 보령호는 다른 호소에 비해 상대적으로 높은 함량을 보이는 것으로 조사됨

### ■ 화학적산소요구량

- 홍성호 22.5~27.4mg/g(평균 25.1mg/g), 보령호 33.9~37.1mg/g(평균 35.2mg/g), 부사호 1.7~14.2mg/g(평균 8.1mg/g), 솔감저수지 3.4~28.2mg/g(평균 11.7mg/g)의 범위로 조사됨
- 부사호의 강열감량과 화학적산소요구량은 극히 낮은 농도를 나타냈으며, 이는 조립질(입자가 큰) 퇴적물의 영향으로 판단됨

## (4) 산취발성황화물(AVS)

- 보령호 0.70~2.80mg/g(평균 1.76 mg/g), 보령호 6.03~9.03mg/g(평균 7.72 mg/g), 부사호 0.01~0.29mg/g(평균 0.11mg/g), 솔감저수지는 SG1에서 0.11mg/g로 조사됨
- 부사호와 솔감저수지는 서로 비슷한 경향을 보였고, 보령호가 가장 높은 값을 보였음

## (5) 총유기탄소(TOC)

- 홍성호 1.32~1.66%(평균 1.53%), 보령호 2.04~3.19%(평균 2.80%), 부사호 0.13~0.88% (평균 0.47%), 솔감저수지 0.19~2.45%(평균 0.97%)의 범위로 분석됨
- 홍성호와 부사호의 경우, 호소 퇴적물의 항목별 오염평가기준, 오염되지 않은 상태(I 등급)에 해당, 보령호는 약간 오염된 상태(II등급)에 해당되었고, 솔감저수지는 수문 지점(SG1)만 II등급에 해당되었으며, 그 외 나머지 지점은 I 등급 수준이었음

## (6) 총질소(TN)

- 홍성호 2,080.0~2,540.0mg/kg(평균 2,356.7mg/kg), 보령호 2,810.0~6,690.0mg/kg(평균 4,700.1 mg/kg), 부사호 200.0~1,000.0mg/kg(평균 606.7mg/kg), 슬감저수지는 260~2,240.0mg/kg(평균 956.7mg/kg)의 범위를 보임
- 호소 퇴적물의 항목별 오염평가기준에 따라 홍성호, 부사호, 슬감저수지는 오염이 되지 않은 수준(I 등급)에 해당됨
- 보령호의 경우, 방조제 인접 지점인 BR1은 심각하고 명백히 오염된 상태(IV등급)였으며, 보령호 중간 지점인 BR2는 주의가 필요한 오염된 상태(III등급), 보령호 상류 인접 지역인 BR3는 약간오염된 상태(II등급)로 분석되었음
- 보령호 수문 지점(BR1)은 수질 개선과 함께 퇴적환경 개선 사업이 필요함

## (7) 총인(TP)

- 홍성호 741.1~841.9mg/kg(평균 794.8mg/kg), 보령호 1,242.6~1,381.9mg/kg(평균 1,295.3mg/kg), 부사호 106.6~397.0mg/kg(평균 266.4mg/kg), 슬감저수지 120.1~981.9mg/kg(평균 479.2mg/kg)의 범위로 조사되었음
- 호소 퇴적물 오염평가 기준에 따라 홍성호는 상류 지점(HS3, I 등급)을 제외하고 약간 오염된 상태(II등급), 보령호는 모든 지점에서 II등급, 부사호는 I 등급, 슬감저수지는 수문 지점(SG1, II등급)을 제외하고 오염되지 않은 상태(I 등급)로 분석되었음

## (8) 미량금속(Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Al, Fe, As, Hg)

### ■ 카드뮴(Cd)

- 홍성호 0.23~0.28mg/kg(평균 0.26mg/kg), 보령호 0.26~0.37mg/kg(평균 0.32mg/kg), 부사호 0.06~0.13mg/kg(평균 0.09mg/kg), 슬감저수지 0.05~0.25mg/kg(평균 0.13mg/kg)였음

### ■ 크롬(Cr)

- 홍성호 50.0~52.6mg/kg(평균 51.5mg/kg), 보령호 76.9~92.2mg/kg(평균 85.1mg/kg), 부사호 13.5~28.7mg/kg(평균 20.1mg/kg), 슬감저수지 3.7~38.5mg/kg(평균 22.3mg/kg)의 범위로 분석됨

### ■ 구리(Cu)

- 홍성호 28.0~32.0mg/kg(평균 29.7mg/kg), 보령호 40.1~48.8mg/kg(평균 44.7mg/kg), 부사호 3.3~10.9mg/kg(평균 6.9mg/kg), 솔감저수지 2.1~25.2mg/kg(평균 12.1mg/kg)의 범위로 분석됨

### ■ 니켈(Ni)

- 홍성호 34.0~36.7mg/kg(평균 34.9mg/kg), 보령호 46.5~57.9mg/kg(평균 51.8mg/kg), 부사호 11.9~14.5mg/kg(평균 13.1mg/kg), 솔감저수지 2.5~31.7mg/kg(평균 16.9mg/kg)의 범위로 조사됨

### ■ 납(Pb)

- 홍성호 23.4~31.0mg/kg(평균 27.3mg/kg), 보령호 25.3~28.4mg/kg(평균 26.7mg/kg), 부사호 16.5~17.4mg/kg(평균 16.9mg/kg), 솔감저수지 18.4~25.3mg/kg(평균 22.1mg/kg)였음

### ■ 아연(Zn)

- 홍성호 125.7~130.3mg/kg(평균 128.0mg/kg), 보령호 143.8~166.0mg/kg(평균 153.8mg/kg), 부사호 23.0~61.5mg/kg(평균 41.2mg/kg), 솔감저수지 20.8~122.5mg/kg(평균 65.4mg/kg)였음

### ■ 망간(Mn)

- 홍성호 548.2~732.1mg/kg(평균 654.7mg/kg), 보령호 384.7~545.8mg/kg(평균 466.8mg/kg), 부사호 169.9~345.2mg/kg(평균 254.2mg/kg), 솔감저수지 68.9~533.3mg/kg(평균 265.9mg/kg)로 분석됨

### ■ 철(Fe)

- 홍성호 3.2~3.6%(평균 3.4%), 보령호 4.9~5.1%(평균 5.0%), 부사호 1.0~1.8%(평균 1.5%), 솔감저수지 0.6~2.5%(평균 1.7%)의 범위로 조사되었으며, 모든 호소에서 정점간 유사한 분포를 보임

### ■ 알루미늄(Al)

- 홍성호 4.5~4.6%(평균 4.5%), 보령호 5.2~11.2%(평균 8.4%), 부사호 1.8~2.4%(평균 2.0%), 솔감저수지 2.2~3.9%(평균 3.0%)의 범위로 조사됨
- 홍성호는 상류에서 방조제 수문으로 갈수록 농도가 낮아졌고, 보령호는 반대의 경향을 보였으며 부사호와 솔감저수지는 정점 간 차이가 작았음

■ 비소(As)

- 홍성호 10.0~17.0mg/kg(평균 12.6mg/kg), 보령호 7.6~10.4mg/kg(평균 8.6mg/kg), 부사호 2.8~4.5mg/kg(평균 3.5mg/kg), 솔감저수지 1.2~4.3mg/kg(평균 2.9mg/kg)의 범위로 조사됨

■ 수은(Hg)

- 홍성호 0.025~0.033mg/kg(평균 0.027mg/kg), 보령호 0.046~0.067mg/kg(평균 0.054mg/kg), 부사호 0.003~0.012mg/kg(평균 0.008mg/kg), 솔감저수지 0.004~0.022mg/kg(평균 0.011mg/kg)의 범위로 조사됨

(9) 담수호 퇴적물 오염도

- 하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준(국립환경과학원예규 제830호)에 의거하여 4개 담수호의 오염도를 평가하였으며[표 3-9], 기준표는 [표 3-10]에 제시하였음
- 4개의 담수호 대부분 금속류에 의한 오염은 되지 않았고, 유기물에 의한 오염으로 분석됨
  - 보령호 상류 지점(BR3)은 금속류 항목에서 약간 오염된 상태로 분석되었음
- 홍성호는 I~II등급(보통~약간 나쁨)을 보였고, 상류 지점을 제외한 나머지 지점 모두 II등급 수준을 보여 저서생물에 독성이 나타날 가능성이 있음
- 보령호는 II~IV등급(약간 나쁨~매우 나쁨) 범위를 보였고, 특히, 방조제 수문 인접 정점(BR1)은 IV등급을 보여 심각하고 명백하게 오염된 상태를 나타내었음
- 부사호는 전 지점에서 I 등급(보통)으로 분석되어 오염되지 않은 상태로 판단됨
- 솔감저수지는 수문 인접 지점(SG1)은 약간 나쁨(II등급)으로 분석되었으며 그 외 나머지 지점은 오염되지 않은 상태(I 등급)를 보였음

[표 3-6] 담수호 퇴적물의 일반항목 분석 결과

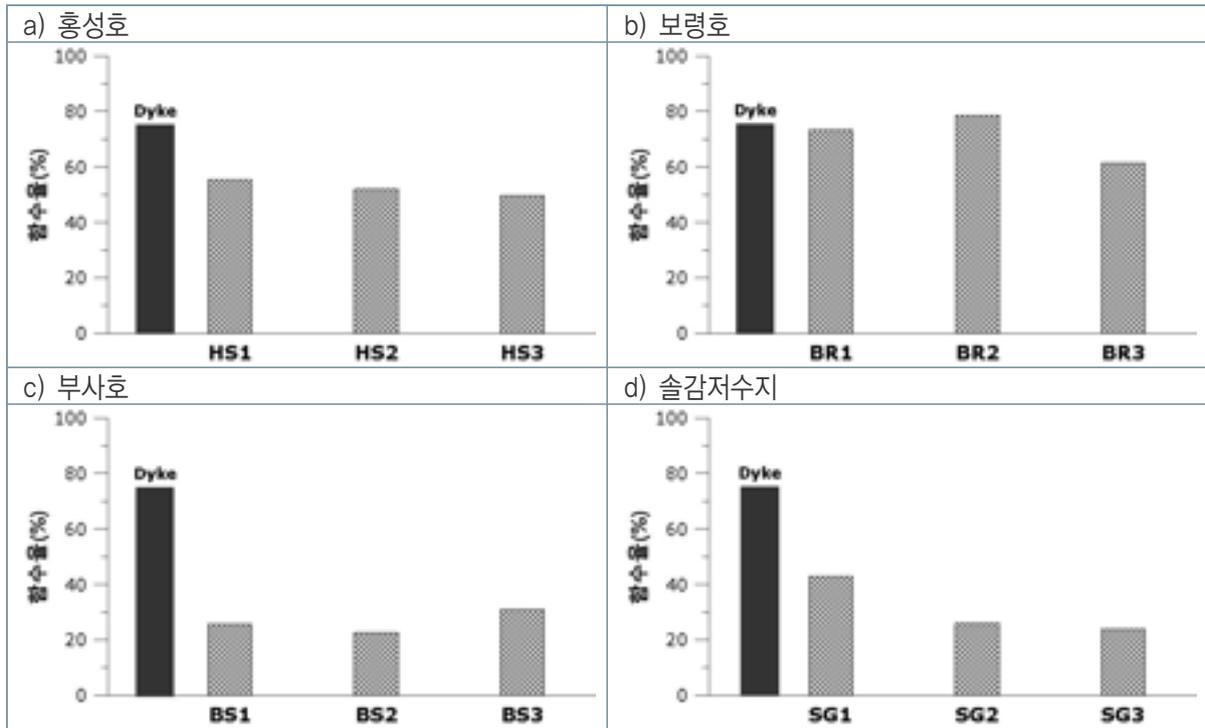
정점		함수율	강열감량	COD	AVS	TOC	TN	TP
		(%)		(mg/g)		(%)		(mg/kg)
양성호	HS1	55.3	5.9	25.5	2.80	1.62	0.25	801.4
	HS2	52.0	6.2	27.4	1.80	1.66	0.25	841.9
	HS3	49.8	5.5	22.5	0.70	1.32	0.21	741.1
최소		49.8	5.5	22.5	0.70	1.32	0.21	741.1
최대		55.3	6.2	27.4	2.80	1.66	0.25	841.9
평균		52.4	5.9	25.1	1.76	1.53	0.24	794.8
보령호	BR1	73.4	9.2	33.9	9.02	3.18	0.67	1,242.6
	BR2	78.5	10.3	37.1	8.13	3.19	0.46	1,381.9
	BR3	61.3	9.4	34.6	6.03	2.04	0.28	1,261.5
최소		61.3	9.2	33.9	6.03	2.04	0.28	1,242.6
최대		78.5	10.3	37.1	9.02	3.19	0.67	1,381.9
평균		71.1	9.6	35.2	7.72	2.80	0.47	1,295.3
부사호	BS1	25.8	2.2	8.4	0.29	0.41	0.06	295.7
	BS2	22.7	0.8	1.7	0.01	0.13	0.02	106.6
	BS3	30.9	2.9	14.2	0.03	0.88	0.10	397.0
최소		22.7	0.8	1.7	0.01	0.13	0.02	106.6
최대		30.9	2.9	14.2	0.29	0.88	0.10	397.0
평균		26.5	2.0	8.1	0.11	0.47	0.06	266.4
솔감저수지	SG1	42.8	7.3	28.2	0.11	2.45	0.22	981.9
	SG2	25.9	2.5	3.4	N/D	0.28	0.04	335.5
	SG3	23.9	0.9	3.4	N/D	0.19	0.03	120.1
최소		23.9	0.9	3.4	0.11	0.19	0.03	120.1
최대		42.8	7.3	28.2	0.11	2.45	0.22	981.9
평균		30.9	3.5	11.7	0.11	0.97	0.10	479.2

[표 3-7] 담수호 퇴적물의 미량금속 항목 분석 결과

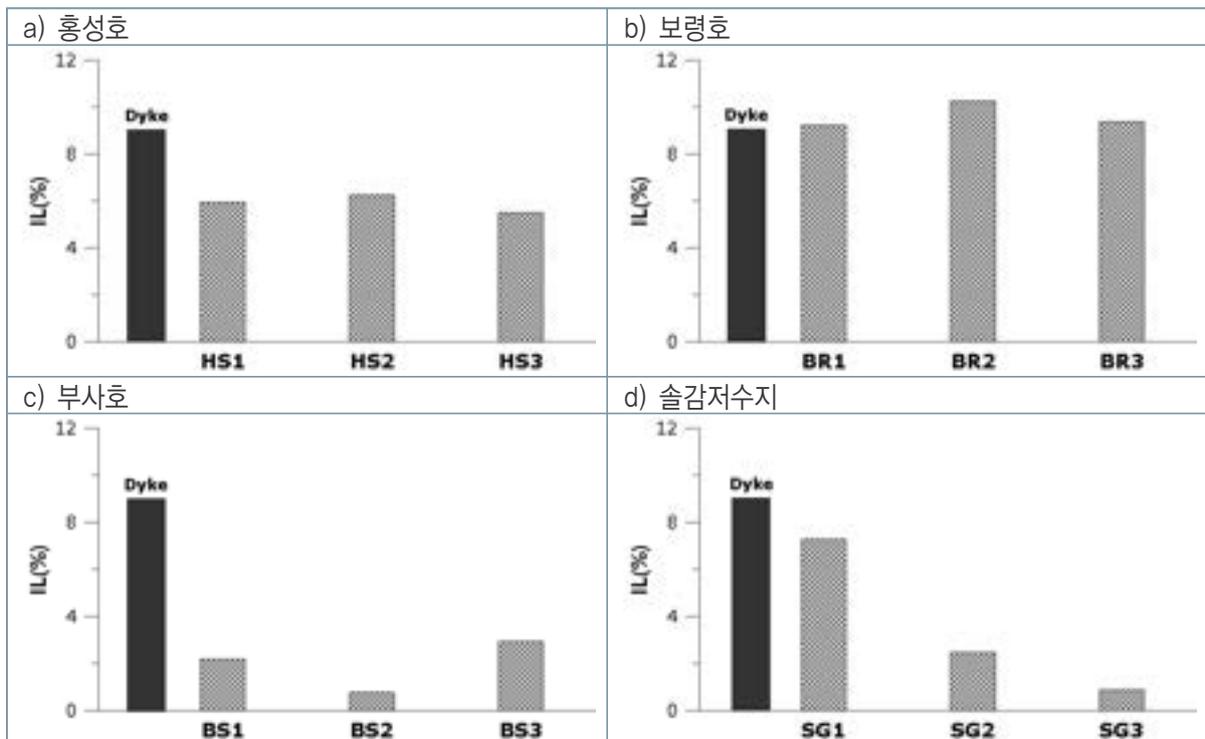
정점		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
		(mg/kg)					
양성호	HS1	0.27	50.0	28.0	34.2	27.5	130.3
	HS2	0.23	52.6	32.0	36.7	23.4	125.7
	HS3	0.28	51.7	29.2	34.0	31.0	128.0
최소		0.23	50.0	28.0	34.0	23.4	125.7
최대		0.28	52.6	32.0	36.7	31.0	130.3
평균		0.26	51.5	29.7	34.9	27.3	128.0
보령호	BR1	0.34	86.1	40.1	46.5	28.4	143.8
	BR2	0.37	76.9	45.2	51.1	25.3	151.7
	BR3	0.26	92.2	48.8	57.9	26.3	166.0
최소		0.26	76.9	40.1	46.5	25.3	143.8
최대		0.37	92.2	48.8	57.9	28.4	166.0
평균		0.32	85.1	44.7	51.8	26.7	153.8
부사호	BS1	0.09	18.0	6.5	11.9	16.7	39.2
	BS2	0.06	13.5	3.3	12.8	16.5	23.0
	BS3	0.13	28.7	10.9	14.5	17.4	61.5
최소		0.06	13.5	3.3	11.9	16.5	23.0
최대		0.13	28.7	10.9	14.5	17.4	61.5
평균		0.09	20.1	6.9	13.1	16.9	41.2
솔감저수지	SG1	0.25	38.5	25.2	31.7	25.3	122.5
	SG2	0.07	24.8	8.9	16.4	18.4	52.9
	SG3	0.05	3.7	2.1	2.5	22.6	20.8
최소		0.05	3.7	2.1	2.5	18.4	20.8
최대		0.25	38.5	25.2	31.7	25.3	122.5
평균		0.13	22.3	12.1	16.9	22.1	65.4

[표 3-6] 계속

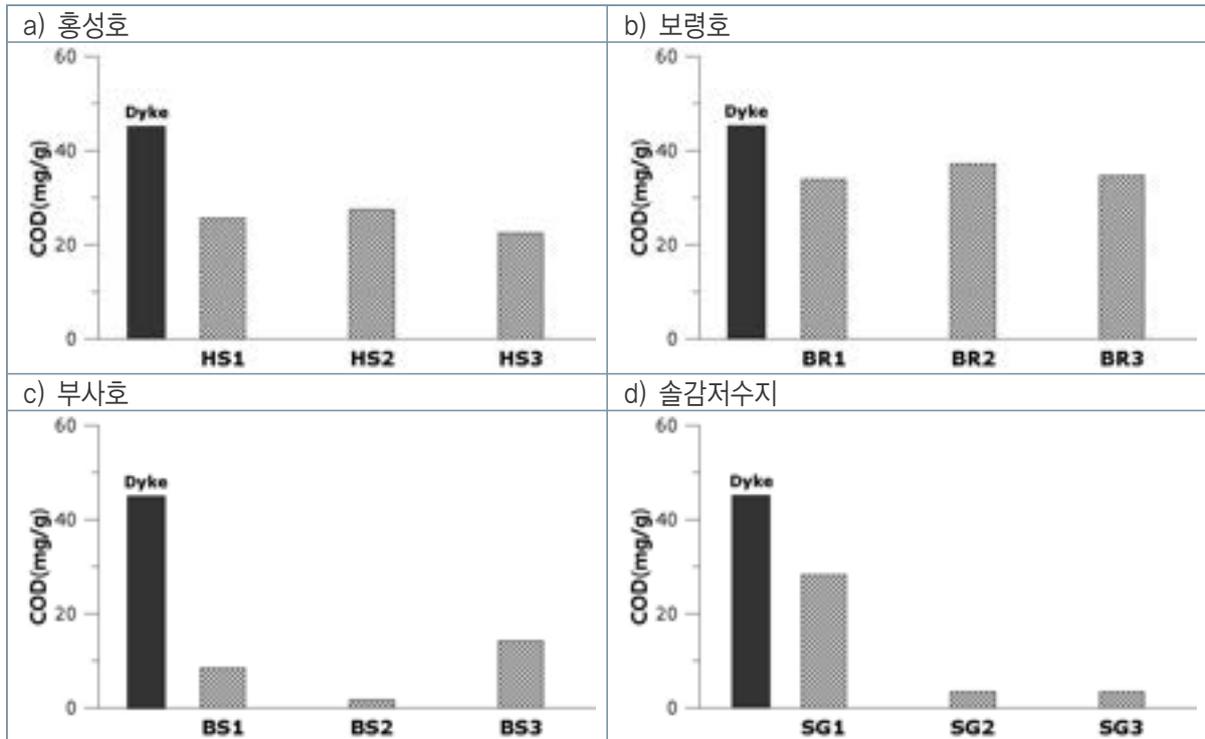
정점		Mn	Fe	Al	As	Hg
		(mg/kg)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)
홍성호	HS1	548.2	3.5	4.6	10.9	0.025
	HS2	683.8	3.6	4.5	10.0	0.023
	HS3	732.1	3.2	4.5	17.0	0.033
최소		548.2	3.2	4.5	10.0	0.023
최대		732.1	3.6	4.6	17.0	0.033
평균		654.7	3.4	4.5	12.6	0.027
보령호	BR1	469.9	4.9	11.2	7.6	0.046
	BR2	384.7	5.1	8.6	7.9	0.048
	BR3	545.8	4.9	5.2	10.4	0.067
최소		384.7	4.9	5.2	7.6	0.046
최대		545.8	5.1	11.2	10.4	0.067
평균		466.8	5.0	8.4	8.6	0.054
부사호	BS1	247.6	1.6	1.8	4.5	0.008
	BS2	169.9	1.0	1.8	2.8	0.003
	BS3	345.2	1.8	2.4	3.0	0.012
최소		169.9	1.0	1.8	2.8	0.003
최대		345.2	1.8	2.4	4.5	0.012
평균		254.2	1.5	2.0	3.5	0.008
솔감저수지	SG1	533.3	2.5	3.0	4.3	0.022
	SG2	195.5	1.9	2.2	3.4	0.008
	SG3	68.9	0.6	3.9	1.2	0.004
최소		68.9	0.6	2.2	1.2	0.004
최대		533.3	2.5	3.9	4.3	0.022
평균		265.9	1.7	3.0	2.9	0.011



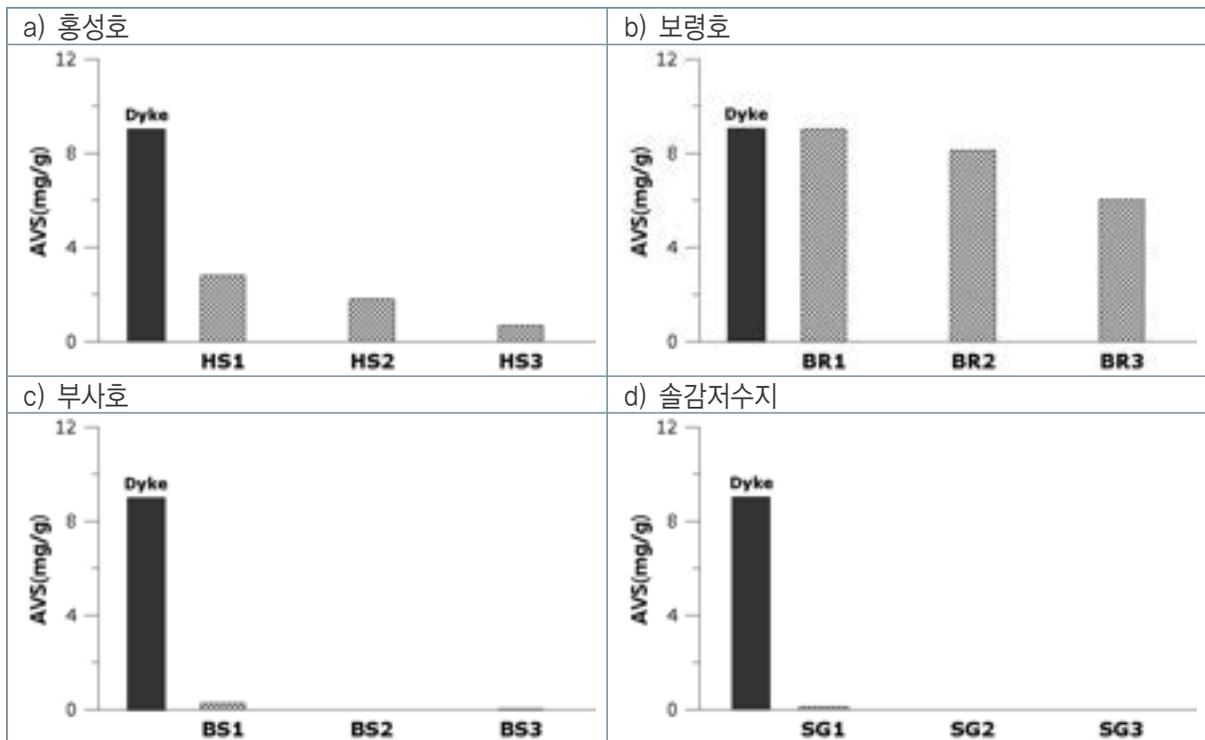
[그림 3-24] 담수호 퇴적물의 정점별 함수율 분포



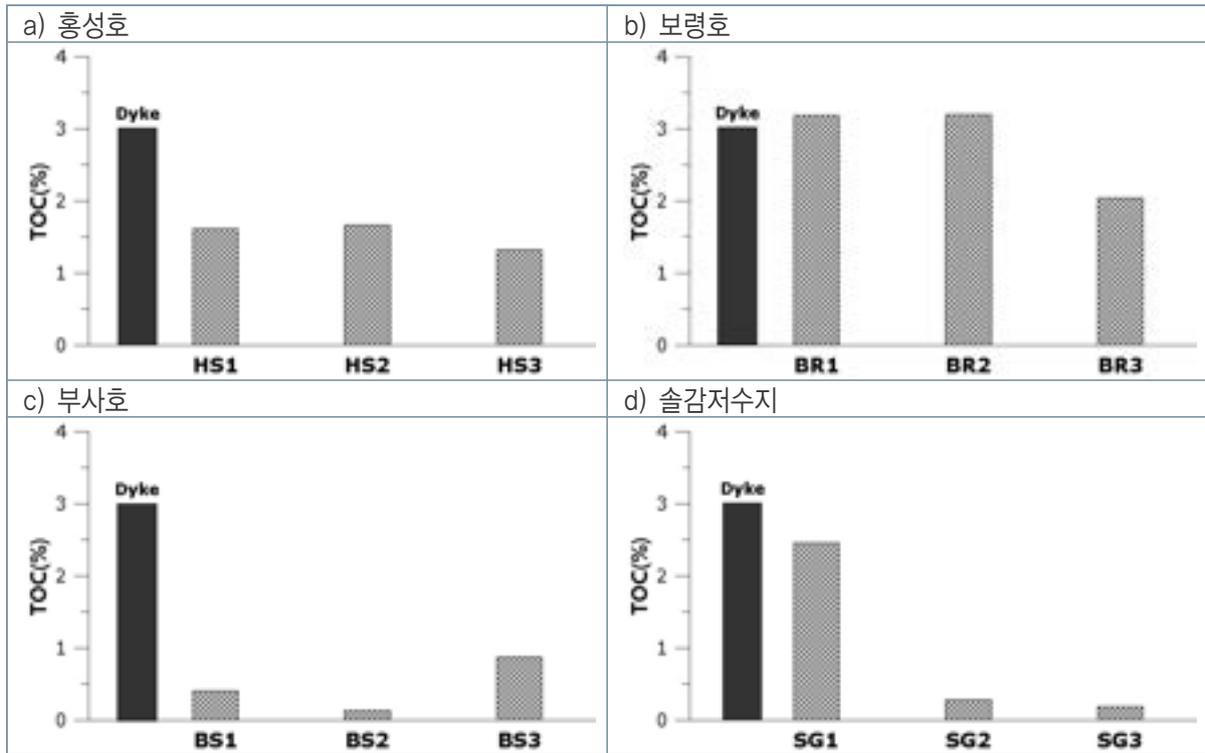
[그림 3-25] 담수호 퇴적물의 정점별 강열감량 분포



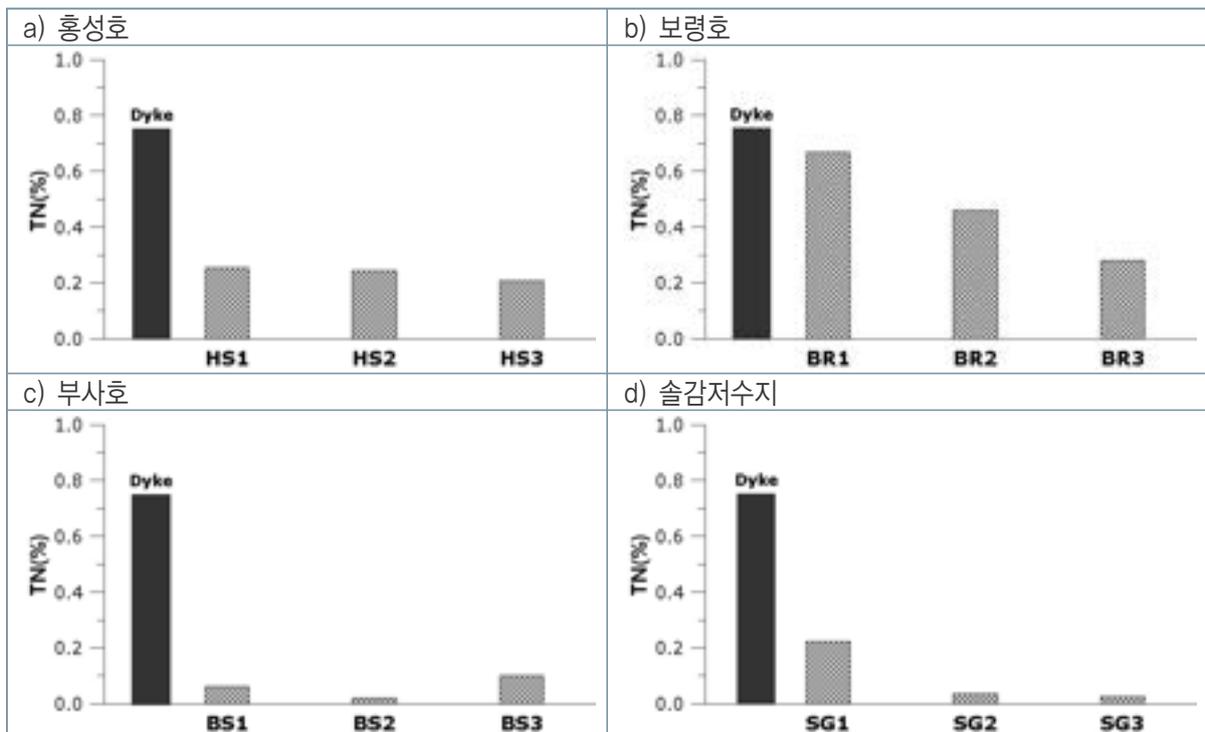
[그림 3-26] 담수호 퇴적물의 정점별 화학적산소요구량 농도 분포



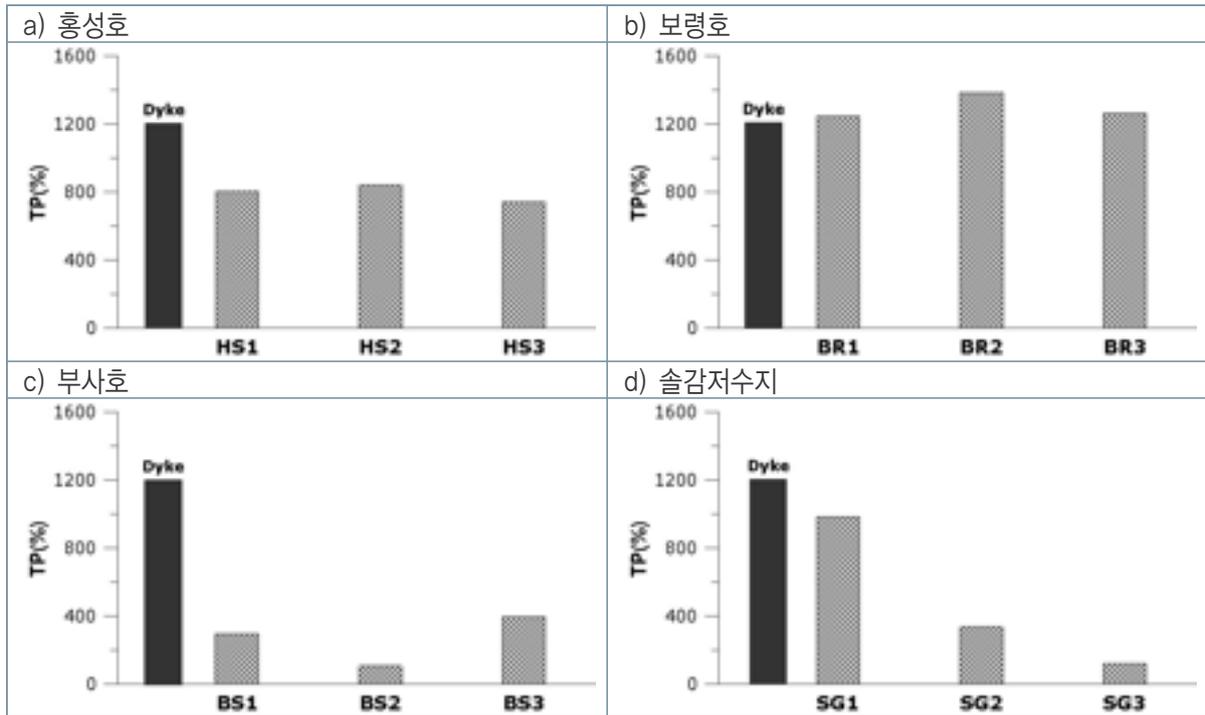
[그림 3-27] 담수호 퇴적물의 정점별 산취발성황화물 농도 분포



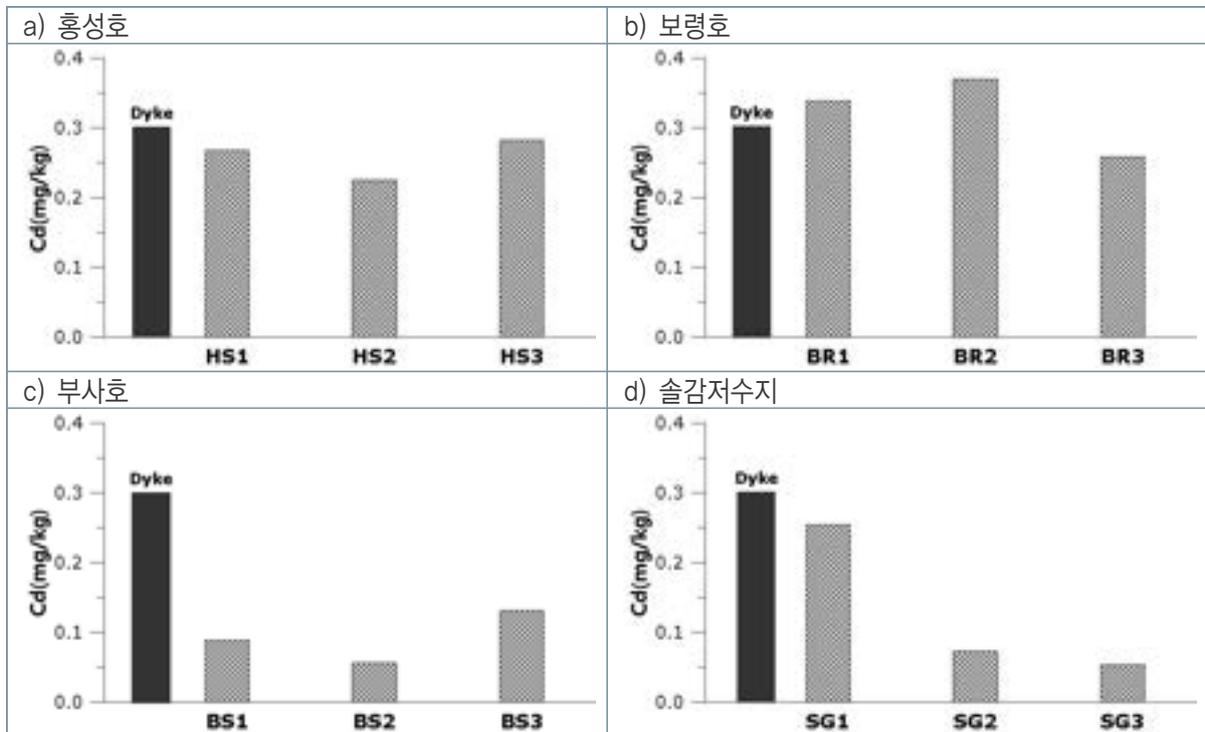
[그림 3-28] 담수호 퇴적물의 정점별 총유기탄소 농도 분포



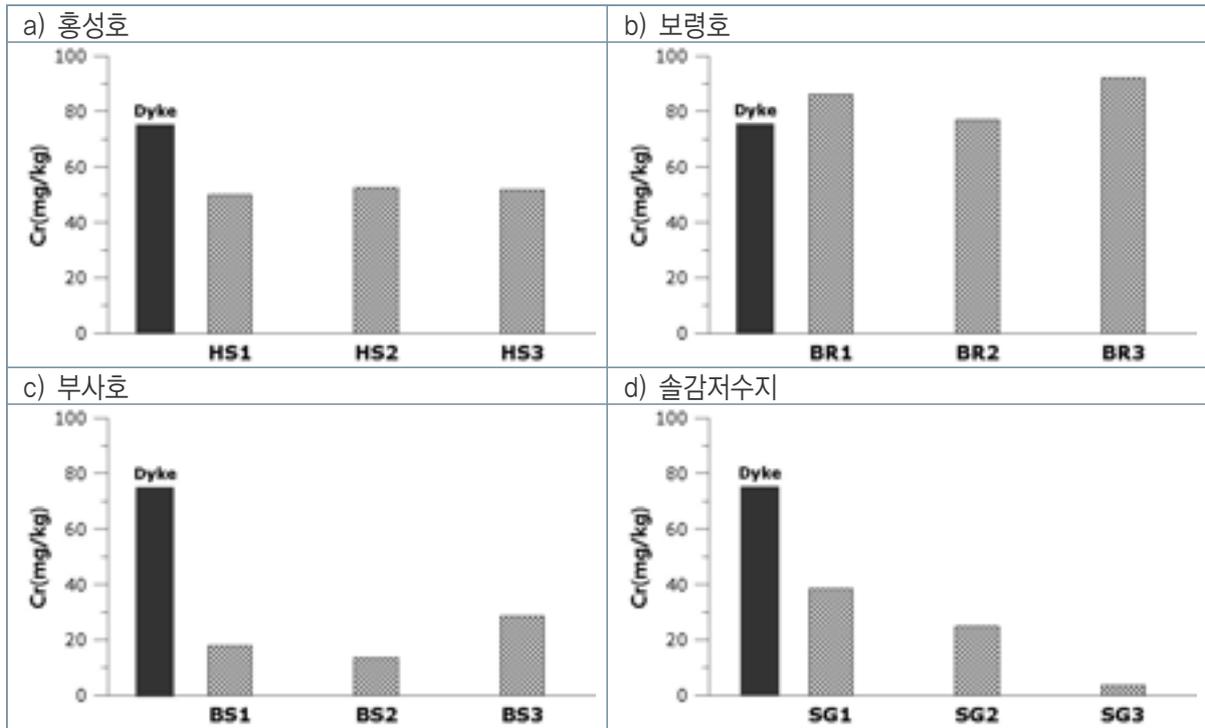
[그림 3-29] 담수호 퇴적물의 정점별 총질소 농도 분포



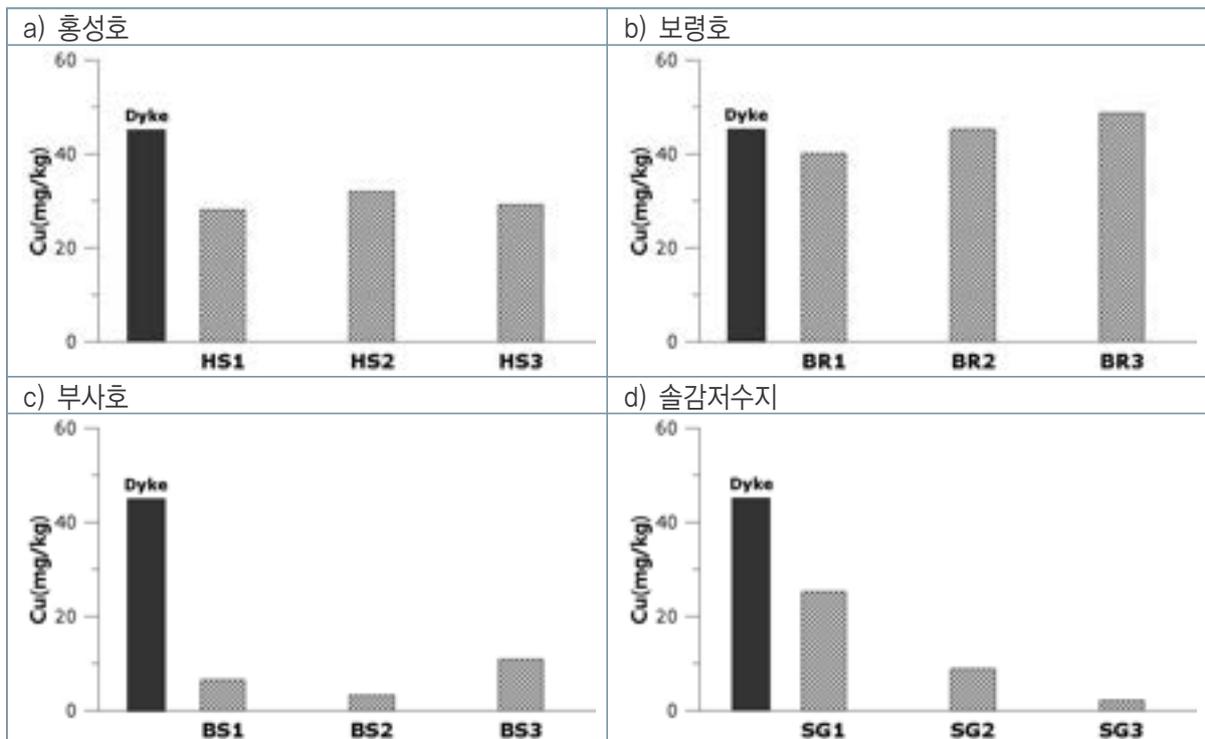
[그림 3-30] 담수호 퇴적물의 정점별 총인 분포



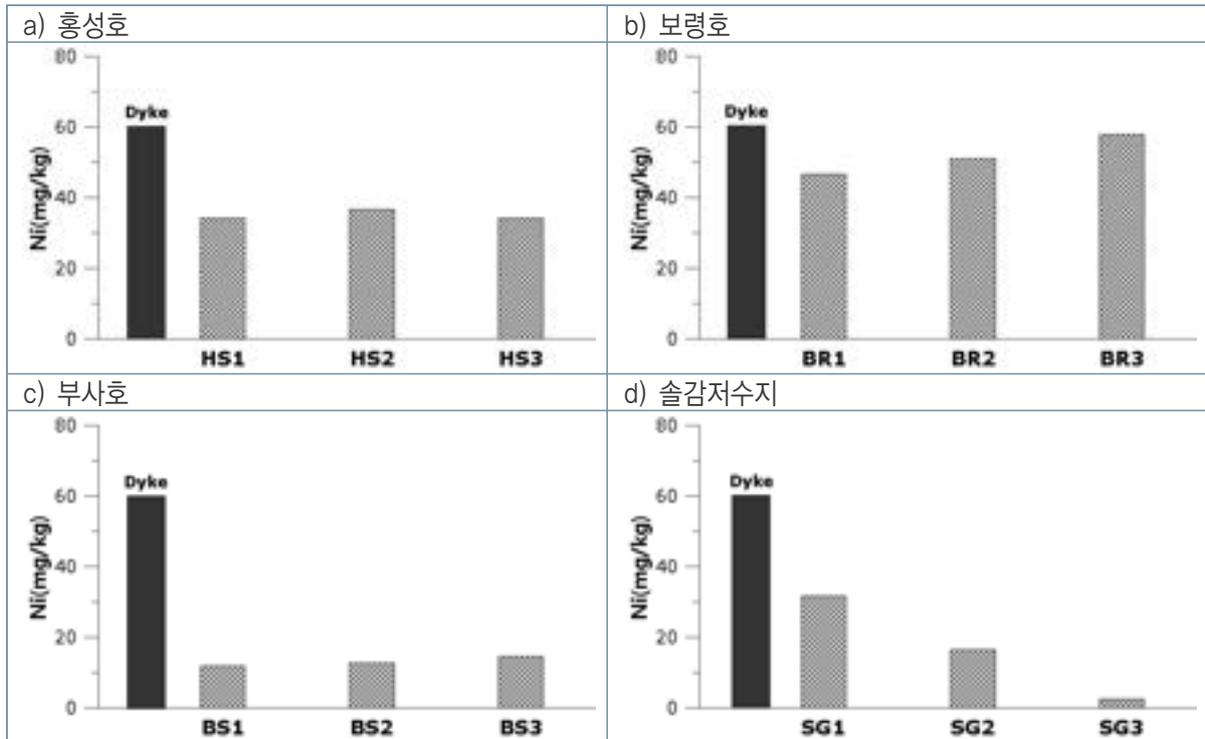
[그림 3-31] 담수호 퇴적물의 정점별 카드뮴 농도 분포



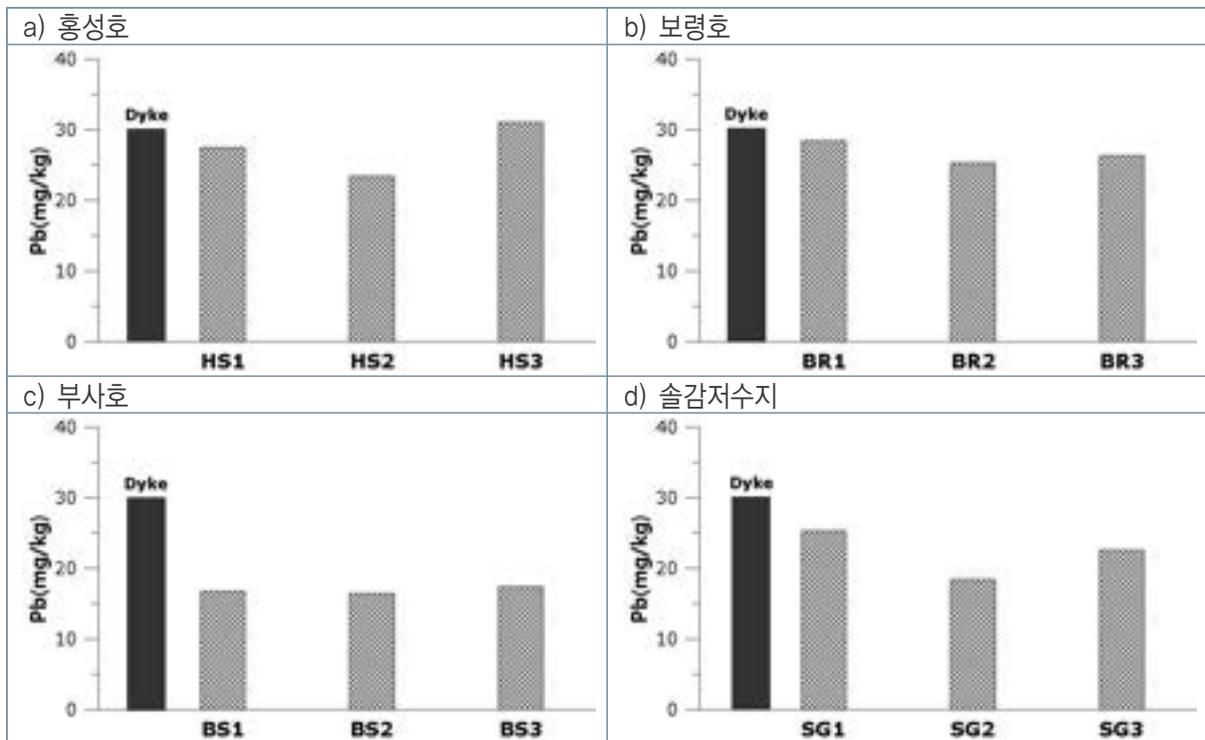
[그림 3-32] 담수호 퇴적물의 정점별 크롬 농도 분포



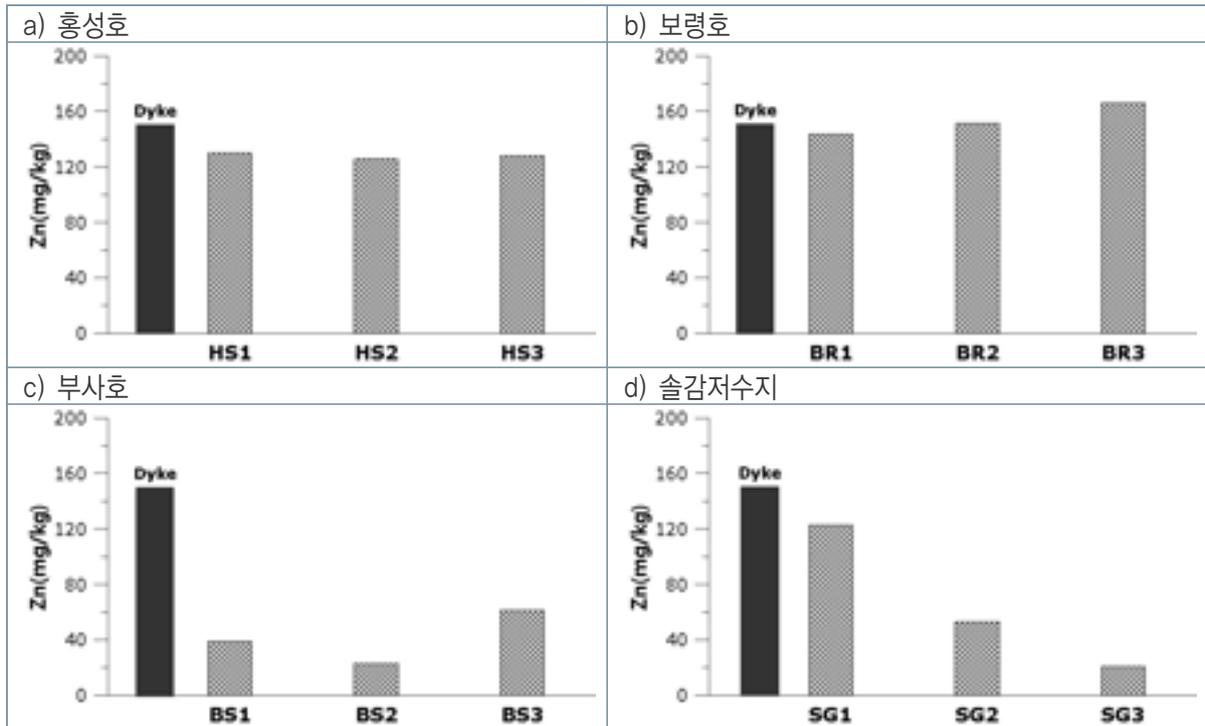
[그림 3-33] 담수호 퇴적물의 정점별 구리 농도 분포



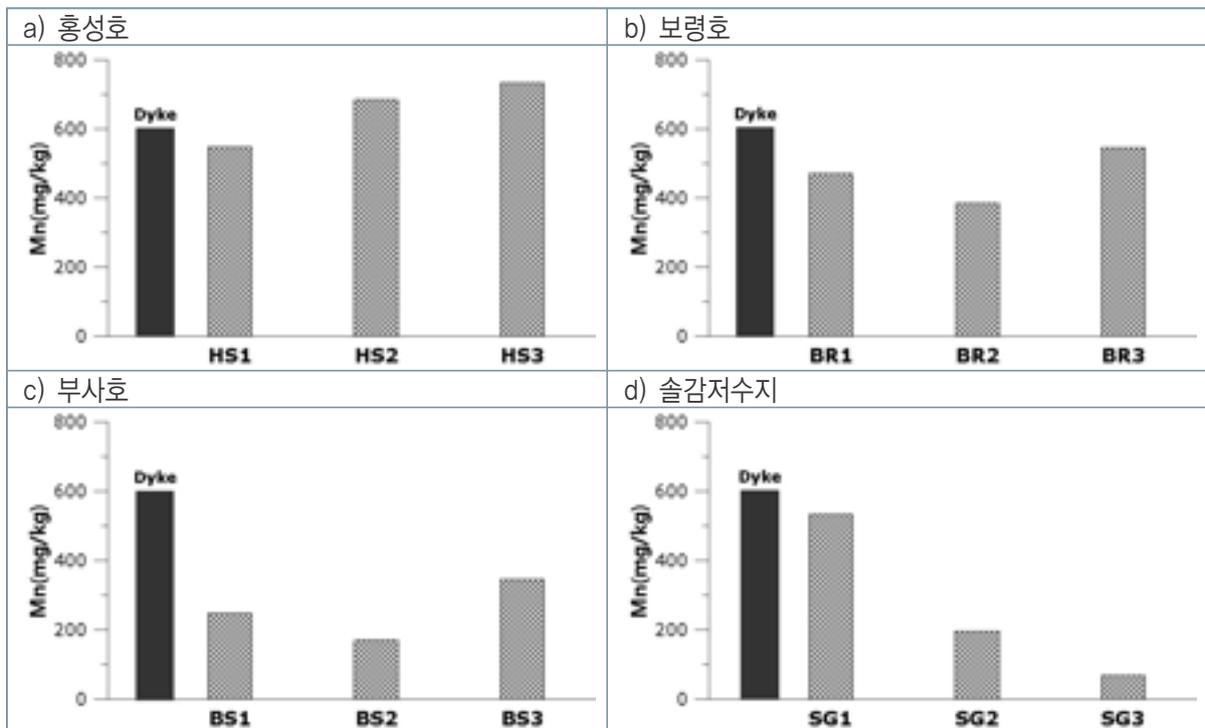
[그림 3-34] 담수호 퇴적물의 정점별 니켈 농도 분포



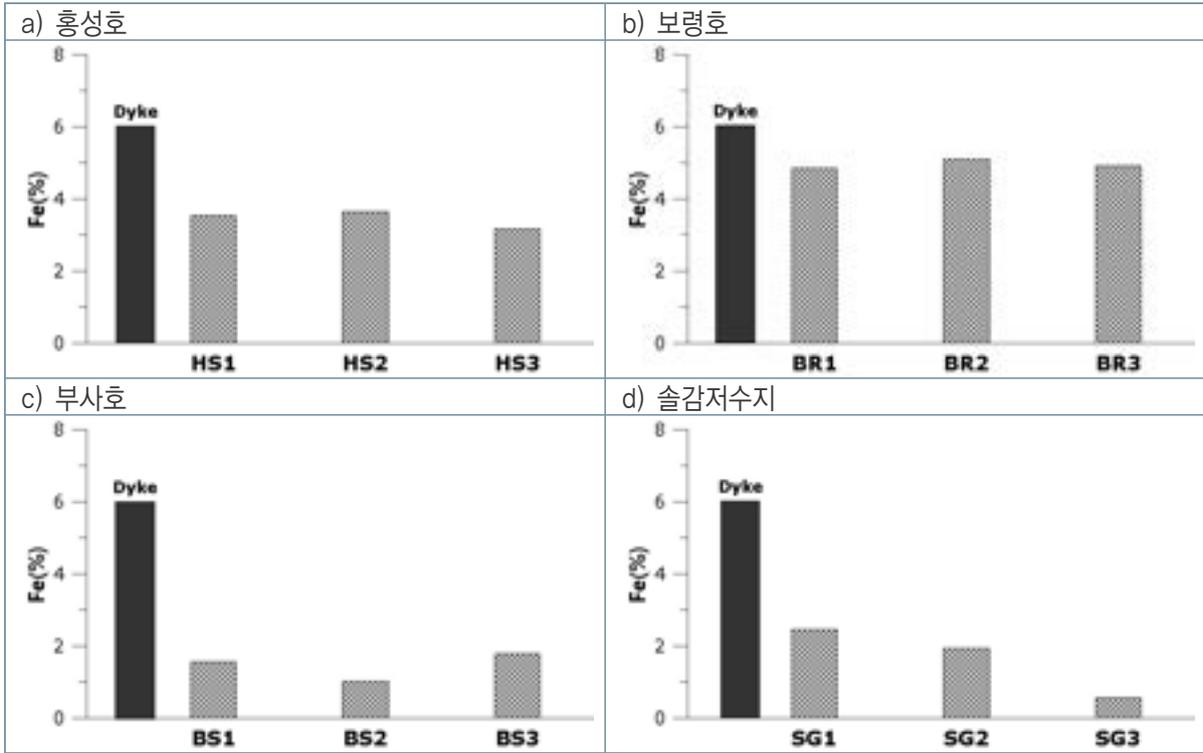
[그림 3-35] 담수호 퇴적물의 정점별 납 농도 분포



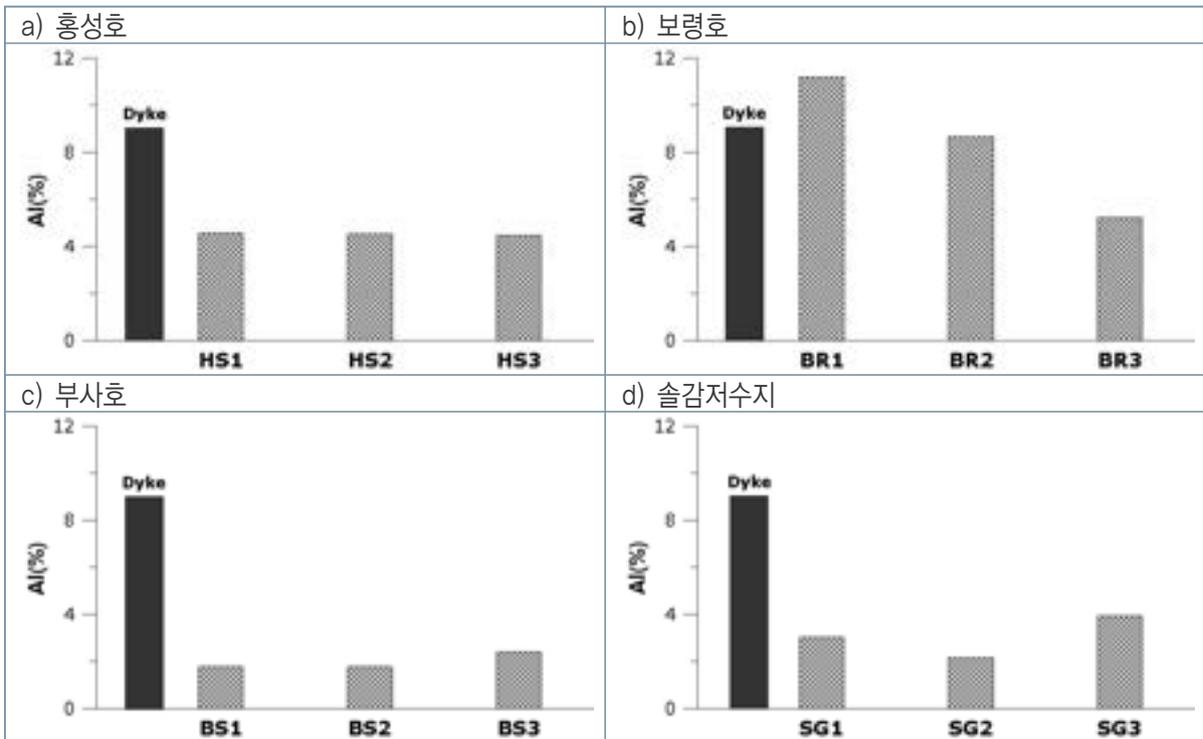
[그림 3-36] 담수호 퇴적물의 정점별 아연 농도 분포



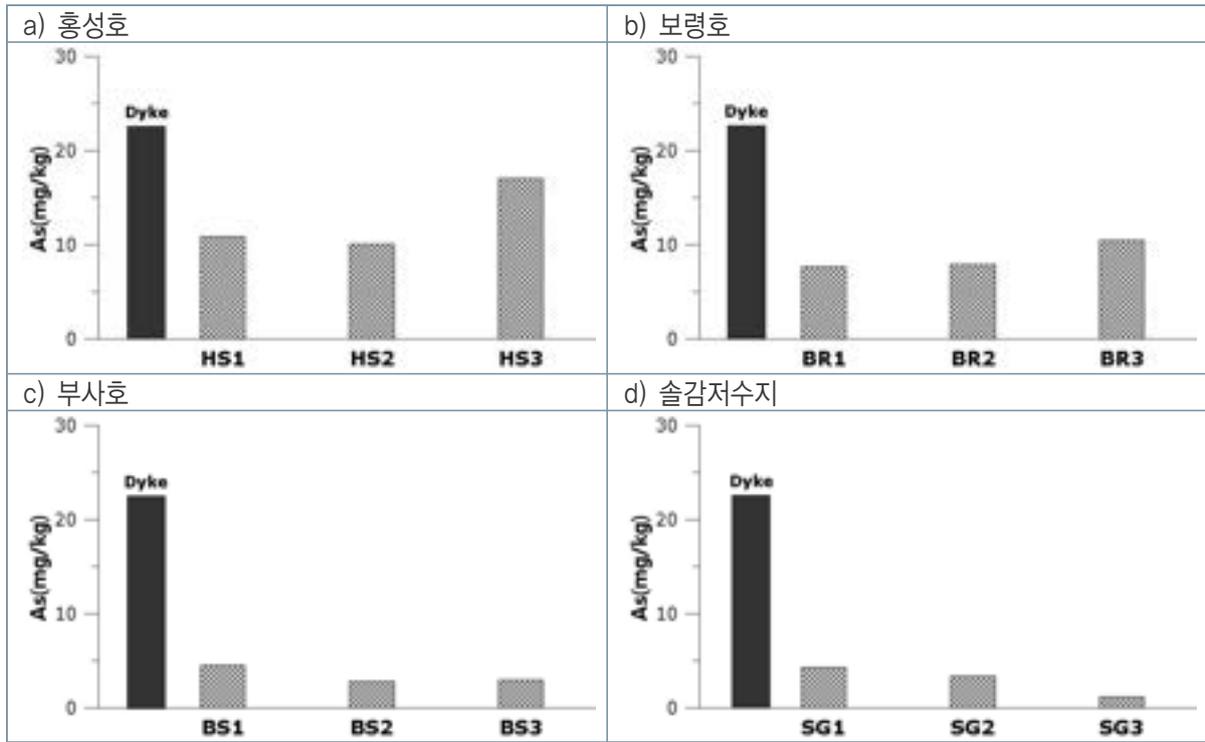
[그림 3-37] 담수호 퇴적물의 정점별 망간 농도 분포



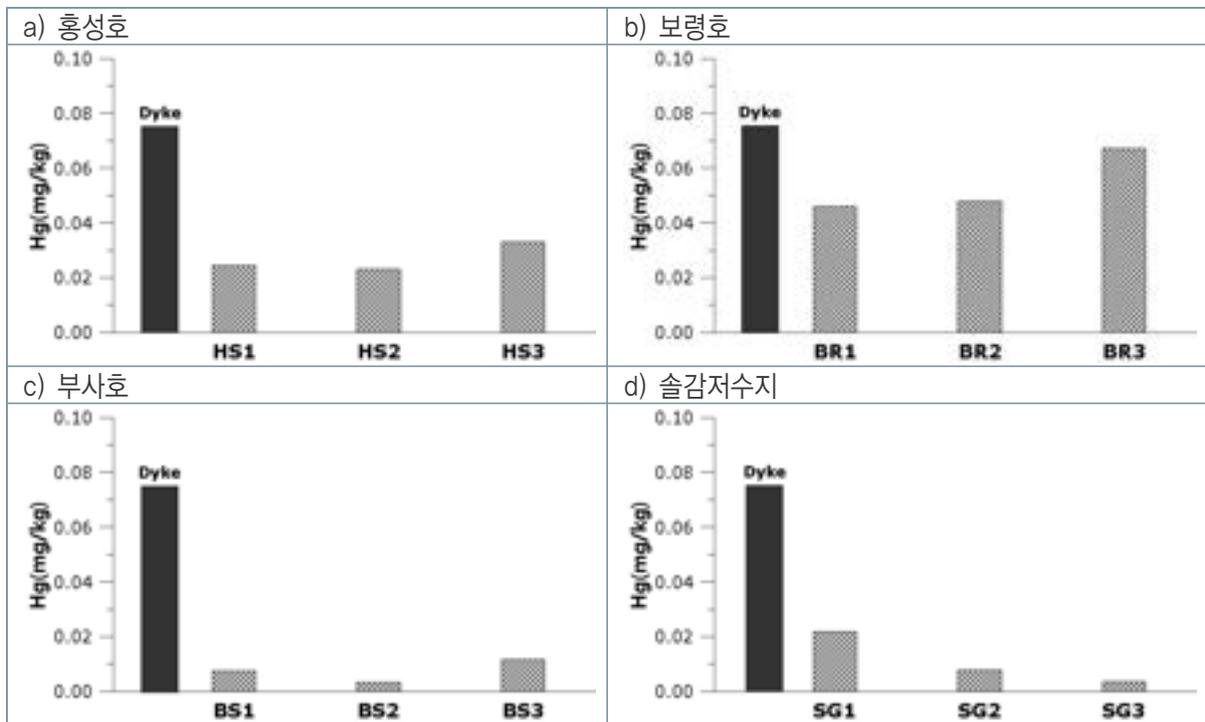
[그림 3-38] 담수호 퇴적물의 정점별 철 농도 분포



[그림 3-39] 담수호 퇴적물의 정점별 알루미늄 농도 분포



[그림 3-40] 담수호 퇴적물의 정점별 비소 농도 분포



[그림 3-41] 담수호 퇴적물의 정점별 수은 농도 분포

[표 3-8] 호소 퇴적물 항목별 오염평가 기준(국립환경과학원예규 제830호[별표 2]  
<개정 2022.7.1.>)

항 목		등 급			
		I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)	8 이하	13 이하	15 이하	15 초과
	총유기탄소(%)	2.0 이하	4.0 이하	5.5 이하	5.5 초과
	총질소(mg/kg)	2,500 이하	4,600 이하	6,000 이하	6,000 초과
	총인(mg/kg)	800 이하	1,500 이하	1,900 이하	1,900 초과
금속류	구리(mg/kg)	60 이하	228 이하	1,890 이하	1,890 초과
	납(mg/kg)	65 이하	154 이하	459 이하	459 초과
	니켈(mg/kg)	53 이하	87.5 이하	330 이하	330 초과
	비소(mg/kg)	29 이하	44.7 이하	92.1 이하	92.1 초과
	수은(mg/kg)	0.1 이하	0.67 이하	2.14 이하	2.14 초과
	아연(mg/kg)	363 이하	1,170 이하	13,000 이하	13,000 초과
	카드뮴(mg/kg)	0.6 이하	1.87 이하	6.09 이하	6.09 초과
	크롬(mg/kg)	112 이하	224 이하	991 이하	991 초과

비고

1. 등급별 퇴적물의 상태

가. 유기물 및 영양염류

- I 등급 : 배경농도 수준 상태
- II 등급 : 약간 오염된 상태
- III 등급 : 주의가 필요한 오염된 상태
- IV 등급 : 심각하고 명백히 오염된 상태

나. 금속류

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

2. 완전연소가능량 기준은 2025년 6월 30일까지 적용한다.

[표 3-9] 담수호 퇴적물의 오염도 평가 결과

정점	유기물 및 영양염류			금속류								최종 오염도	
	TOC	TN	TP	Cu	Pb	Ni	As	Hg	Zn	Cd	Cr		
홍성호	HS1	I	II	II	I	I	I	I	I	I	I	I	II
	HS2	I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	II
	HS3	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
보령호	BR1	II	IV	II	I	I	I	I	I	I	I	I	IV
	BR2	II	III	II	I	I	I	I	I	I	I	I	II
	BR3	I	II	II	I	I	II	I	I	I	I	I	II
부사호	BS1	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	BS2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	BS3	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
솔감저수지	SG1	II	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	II
	SG2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	SG3	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

[표 3-10] 하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준(국립환경과학원예규 제830호[별표 3] <개정 2022.7.1.>)

하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준

1. 유기물 및 영양염류

단계	조건
보통	유기물·영양염류 3 항목 모두 I 등급
약간 나쁨	유기물·영양염류 3 항목 중 II등급 또는 III등급 항목 1개 이상
나쁨	'유기물·영양염류 II등급 기준 지수' 1.0 이상
매우 나쁨	유기물·영양염류 3 항목 중 IV등급 항목 1개 이상

비고 :

1. 유기물 평가 항목은 완전연소가능량, 총유기탄소 중 하나를 택하여 적용하되, 완전연소가능량 기준은 2025년 6월 30일까지 적용한다.
2. '유기물·영양염류 II등급 기준 지수'는 아래 식에 따라 계산한다.

$$\text{유기물·영양염류 II등급 기준 지수} = \frac{\sum_{i=1}^3 \left( \frac{EC_i}{ACI_{K_i}} \right)}{3}$$

EC: 항목별 측정 농도  
ACI<sub>K</sub>: 항목별 II등급 기준치

\* ACI : Anthropogenic Contamination Index

2. 금속류

단계	조건
보통	금속류 8 항목 모두 I 등급
약간 나쁨	금속류 8 항목 중 II등급 또는 III등급 항목 1개 이상
나쁨	'금속류 II등급 기준 지수' 0.34 이상
매우 나쁨	금속류 8 항목 중 IV등급 항목 1개 이상

비고 :

1. '금속류 II등급 기준 지수'는 아래 식에 따라 계산한다.

$$\text{금속류 II 등급 기준 지수} = \frac{\sum_{i=1}^8 \left( \frac{EC_i}{PEL_{K_i}} \right)}{8}$$

EC: 항목별 측정 농도  
PEL<sub>K</sub>: 항목별 II등급 기준치

\* PEL : Probable Effect Level

3. 지점 종합평가

가. 금속류, 유기물·영양염류에 대하여 각각 오염 단계 평가 후 단계가 높은 쪽으로 종합 판정한다.

나. 단계별 퇴적물 지점의 상태

- (1) 보통 : 모든 평가 항목 I등급, 지질학적 특성 등의 영향을 받는 배경농도 수준의 상태
- (2) 약간 나쁨 : 평가 항목 중 II등급 또는 III등급 항목 1개 이상, 유기물·영양염류로 약간 오염된 상태이거나, 금속류에 의해 저서생물에 독성이 나타날 가능성이 있는 상태
- (3) 나쁨 : II등급 기준 지수 이상, 유기물·영양염류 농도가 주의가 필요한 상태이거나, 금속류에 의해 저서생물에 독성이 나타날 가능성이 큰 상태
- (4) 매우 나쁨 : 평가 항목 중 IV등급 항목 1개 이상, 심각하고 명백하게 오염된 상태

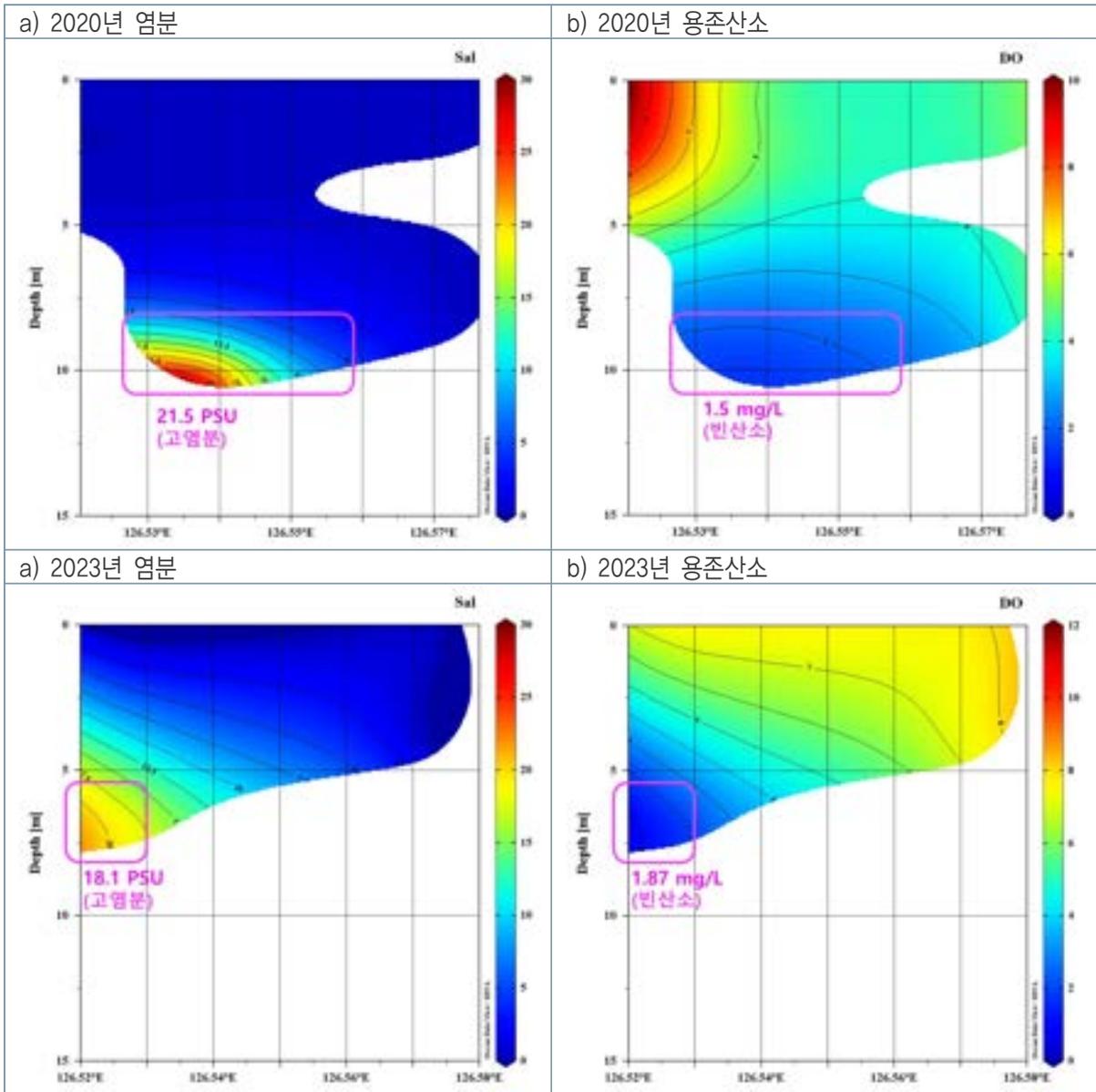
## 4. 결과 요약

### 1) 담수호 수질

- 2023년 충남 연안의 4개 담수호(홍성호, 보령호, 부사호, 솔감저수지)를 조사하였음
- 전반적으로 4개의 담수호 모두 부유입자물질, 화학적산소요구량, 총유기탄소 농도가 호소 생활기준치를 초과하여 부영양화된 상태로 수질기준으로 매우 나쁨 등급(VI)이었음
- 보령호는 방조제 수문 지점(BR1)의 저층에서 18.1psu라는 고염수가 존재하고 있었고 산소 농도 1.9mg/L이하의 빈산소 환경이었으며 모든 유기물 관련 수질항목에서 타 담수호 대비 농도가 월등히 높게 나오고 있어 수질 관리가 매우 시급함[그림 3-42]
  - 화학적산소요구량 : 25.6mg/L, 총유기탄소 : 29.0mg/L
  - 총질소 : 11,160.0 $\mu$ g/L, 총인 : 3,009.0 $\mu$ g/L
  - 용존무기질소 : 7,459.5 $\mu$ g/L (암모니아 질소 비율 : 100%)
  - 용존무기인 : 1,896.7 $\mu$ g/L
- 또한, 보령호는 빈산소 환경에서의 유기물 분해과정으로 인한 악취(암모니아 및 황 냄새)가 매우 심함
- 미량금속(중금속)에 의한 오염은 확인되지 않았음

### 2) 담수호 퇴적물

- 4개의 담수호 퇴적물 분석한 결과 미량금속(중금속)에 의한 오염은 없었으며 유기물 항목에 의한 오염도는 확인되었음
- 보령호는 나머지 3개 담수호 대비 유기물 항목(강열감량, 산휘발성항화물, 총유기탄소, 총 질소, 총인)에서 각각의 농도가 높게 나오고 있었으며 특히, 방조제 수문 지점(BR1)에서 총질소 농도는 6,690mg/kg으로 심각하고 명백히 오염된 상태(IV등급)로 밝혀짐
- 4개 담수호의 퇴적물 오염도 평가 결과는 다음과 같음
  - 홍성호 : 최대 II등급
  - 보령호 : 최대 IV등급
  - 부사호 : 최대 I등급
  - 솔감저수지 : 최대 II등급



[그림 3-42] 보령호 염분 및 용존산소



# 제4장

## 충청남도 연안환경 변화

1. 개				요
2. 해	양		수	질
3. 해	양	되	적	물
4. 해	양		생	물
5. 주	요	담	수	호
6. 결	과		요	약



## 제 4 장 충청남도 연안환경 변화

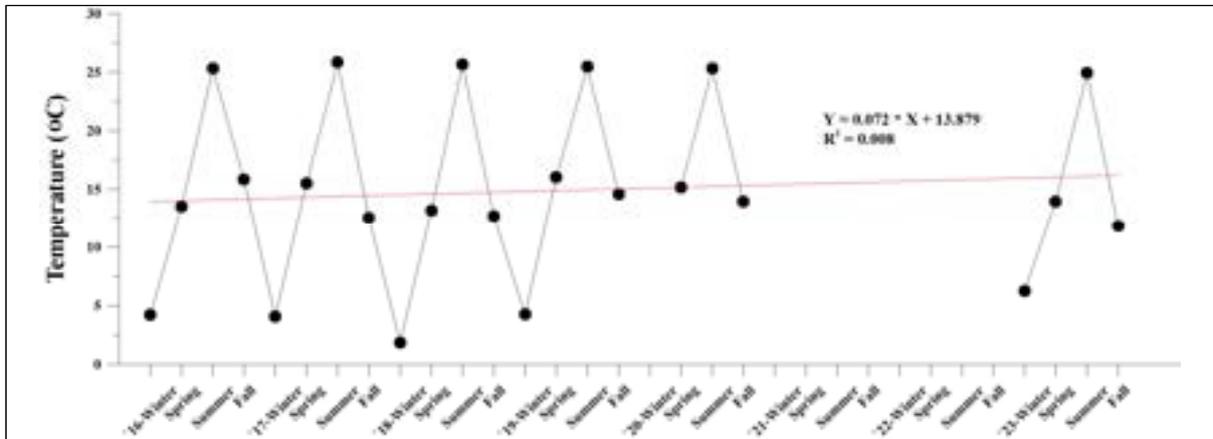
### 1. 개요

- 본 연구는 단계별 연차사업으로 1단계('15~'20) 사업 이후 수행되는 2단계('23~'27) 사업의 1차년도 연구 과제임
  - 1단계('15~'20) 사업 : 연안환경모니터링 시스템 구축 및 운영을 통해 서해안 연안의 각종 환경오염 원인을 규명하기 위한 기초자료를 확보
    - ※ 2015년 가을부터 시범 운영
  - 2단계('23~'27) 사업 : 지속적인 모니터링을 포함하여 다양한 해양환경이슈(일본 원전수 방류, 갯벌복원 등)를 반영한 정책수요에 신속하게 대응할 수 있는 조사체계 병행
  - '21~'22년도는 코로나 19, 예산 문제 등으로 인해 연안환경측정망이 운영되지 못하였음
- 조사 해역은 아산만부터 서천 연안까지임
- 연간 계절 조사(동계, 춘계, 하계, 추계)를 수행하였고, 퇴적물은 년 1회(동계) 조사를 실시하였음
  - '15~'17년은 퇴적물 조사를 계절별 조사를 실시하였으나, '18년 이후부터는 년 1회 조사
- 해수 조사항목은 [표 1-1]과 같음
- 본 용역이 최초로 수행되었던 2016년부터 2023년까지 약 6년간의 자료를 바탕으로 충청남도 연안환경의 변화를 분석하였음
- 해양수산부에서 운영 중인 해양환경측정망의 충청남도 정점자료(아산만~군산, 총 41개 정점)를 비교자료로 사용하였음

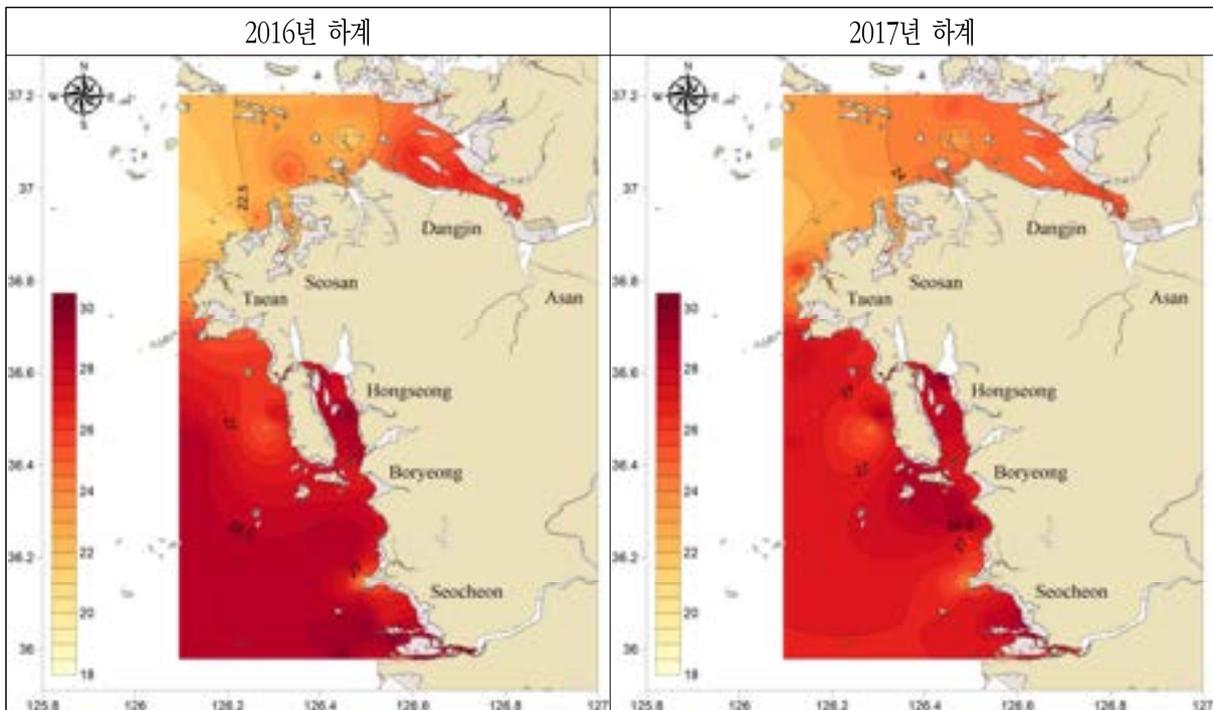
## 2. 해양 수질

### 1) 수온

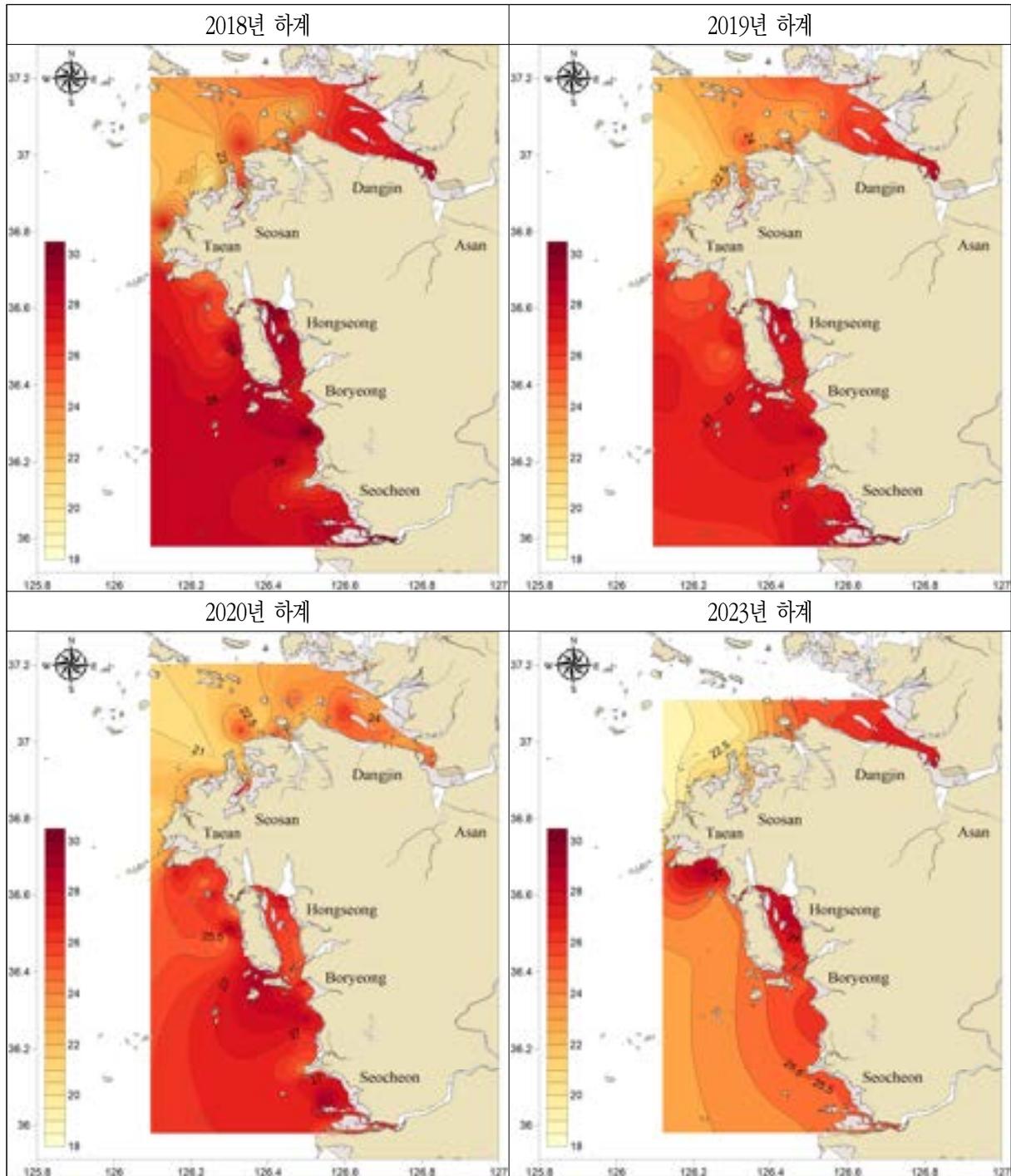
- 수온은 염분과 더불어 해수 구성에 기본이 되는 요소이며, 해양생물의 경우, 각 종별 내성 한계가 있기 때문에 서식 범위가 존재함
- 특히, 하계 고수온은 해양생물의 집단폐사 등의 원인이 됨
- 해양수산부는 하계 고수온의 피해를 최소화하고자 고수온 발령기준을 28.0°C로 정하였음
  - 관심단계(주의보 발령 예측 7일전), 주의보(수온 28.0°C 도달 시), 경보(28°C 이상 3일 지속 시)
- 최근 8년간 충청남도 연안의 연 평균 수온은 13.3~15.1°C의 변동성을 가지는 것으로 보였으며, 수온은 연간 약 0.07°C씩 증가하는 추세임(그림 4-1)
- 충남 연안의 계절별 평균 수온은 동계 4.1°C, 춘계 14.6°C, 하계 25.4°C, 추계 13.6°C의 범위를 보였음
- 2016년부터 하계조사 시, 지속적으로 고수온(28.0°C 이상)을 보이는 지역이 다수 있으며, 2023년은 고수온 현상이 천수만과 태안 연안에서 각각 1개 정점을 제외하고, 대부분의 지역에서 관측되지 않았음
- 공간적으로는 아산만, 천수만, 보령, 서천 일대 해역이 상대적으로 더 높음(그림 4-2)
- 고수온 발생조건에는 기온(폭염 등), 수심, 지형 등의 요인들이 있음
- 현재, 고수온 현상이 빈번히 발생하는 지역인 아산만, 천수만, 금강 하구 해역은 담수 유입이 이루어지는 곳으로 여름철 성층화가 강하게 일어나는 해역임(그림 4-3), [표 4-1])
- 또한, 연안환경측정망 모니터링 정점이 만의 안쪽 정점으로 수심이 낮다는 점도 고수온 발생 조건에 유리함
- 특히, 천수만의 경우, 반폐쇄적인 지형 조건을 갖추고 있어 여름철 고수온 및 빈산소 현상이 자주 관측되고 있으며 이로 인한 주변 양식장 피해도 잦음



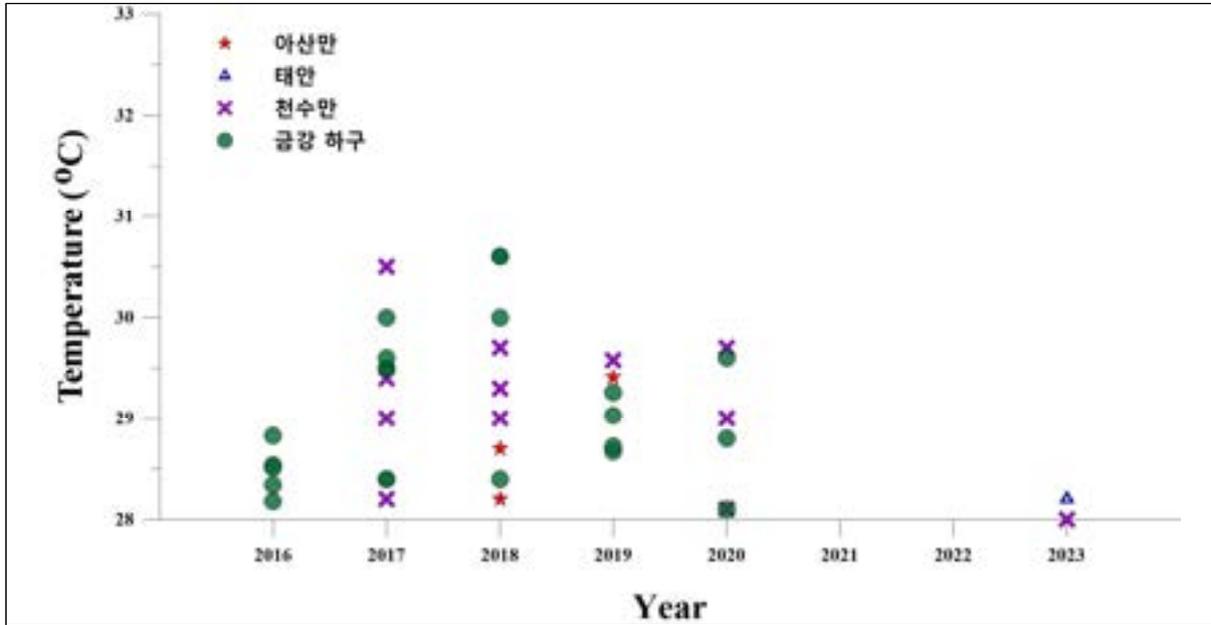
[그림 4-1] 충청남도 연안의 연간 수온 변화 양상



[그림 4-2] 충청남도 연안의 연간 하계 수온 공간 분포



[그림 4-2] 계속



[그림 4-3] 충청남도 연안의 하계 고수온 발생 현황 해역

[표 4-1] 충청남도 연안의 하계 고수온 발생 현황표

구분(단위 : °C)		2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2023년
	정점						
아산만	N1	*	*	28.7	29.4	*	**
태안	N11	*	**	**	*	*	28.2
천수만	N16	**	29.4	29.3	**	29.7	**
	N17	**	29.0	29.0	28.0	29.0	28.0
	N18	**	30.5	29.7	29.6	28.1	**
금강 하구	N22	28.2	29.5	28.4	**	28.1	*
	N23	28.3	30.0	30.6	29.0	28.8	*
	N24	**	28.4	**	**	29.6	*
	N25	28.5	29.5	**	28.7	*	*
	H3	28.8	29.5	30.0	29.3	**	*

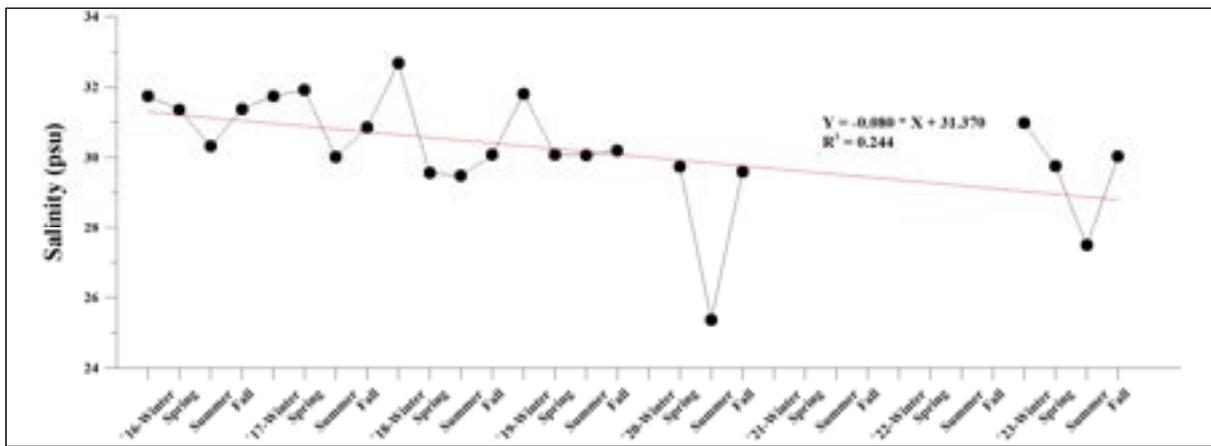
\* \* 수온 27°C 이하

\* \*\* 수온 27°C 이상, 28°C 미만

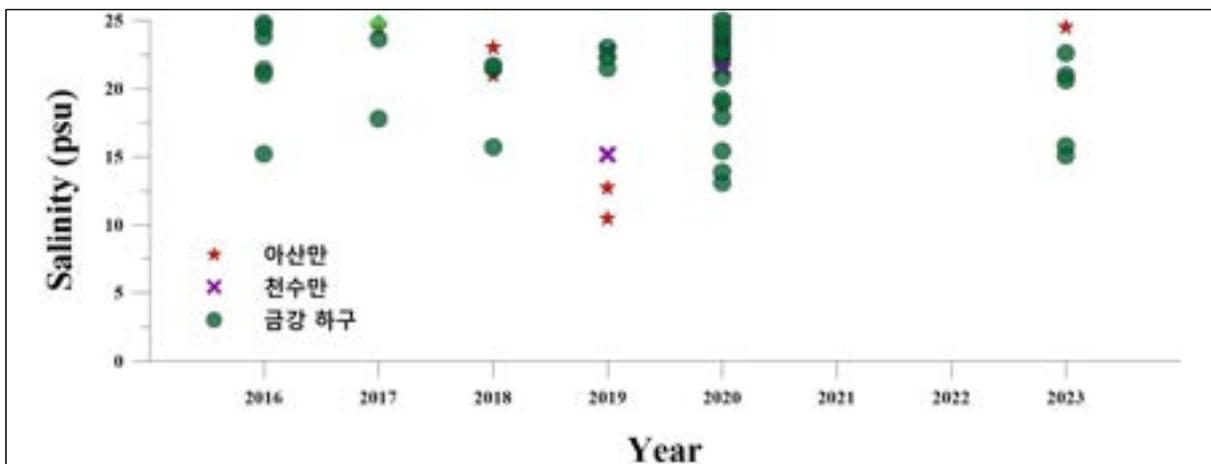
## 2) 염분

- 염분은 수온과 더불어 환경을 파악하는데 필요한 기본적인 물리·화학적 요소임
- 해수 순환, 생물의 생장에 관여하는 등 해양생태계 구성에 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 수온, 염분으로 인해 해수 내 용존산소의 포화도 결정에 기여함
- 서해의 염분 농도는 평균 약 31~33psu로 알려져 있으나, 서해의 경우, 한강, 금강 등으로 부터의 담수 유입이 많기 때문에 계절별, 지역별 염분 농도는 달라질 수 있음
- 최근 8년간 충청남도 연안의 연 평균 염분은 29.5~31.2°C의 변동성을 가지며, 강우가 많았던 2020년과 2023년에 낮은 연 평균 염분 농도를 보였음[그림 4-4]
  - '16년부터 매년 0.08psu씩 낮아지는 경향을 보였음
- 충남 연안의 계절별 평균 염분은 동계 31.8°C, 춘계 30.4°C, 하계 28.8°C, 추계 30.4°C의 범위를 보였음
- 담수 유입이 있는 아산만, 천수만, 금강 하구 해역은 전 계절에 걸쳐 20 psu 이하의 염분 농도가 관측되고 있으며, 여름철의 경우, 저염분 농도가 빈번히 관측됨[그림 4-5~6]
- 모니터링 결과 아산만, 천수만, 금강하구 해역에서 매년 관측되고 있으며, 하계에 집중 발생하고 있으며, 이는 호우기에 담수호 내 수위 조절을 위해 담수를 집중 방류하기 때문임
- 아산만은 대형 담수호인 삽교호, 아산호가 있으며 그 외 석문호, 남양호, 화성호 등이 있으며 연도별 방류량 및 염분 농도는 [그림 4-7]와 같음
  - 2016년부터 2023년까지 아산호의 연간 방류량은 평균 90,162만톤이었으며, 2020년에 최대 방류량(134,588만톤)을 기록하였음
  - 삽교호는 평균 90,400만톤, 2020년에 최대 149,521만톤을 기록하였음
- 천수만은 북쪽에 2개의 대형 담수호인 간월호와 부남호가 있고, 동쪽에 홍성방조제와 보령방조제가 존재하고 있으며 연도별 방류량 및 염분 농도는 [그림 4-8]와 같음
  - 2016년부터 2023년까지 부남호의 연간 방류량은 평균 6,650만톤이었으며, 2020년에 최대 방류량(13,796만톤)을 기록하였음
  - 간월호는 평균 21,820만톤, 2023년에 최대 39,685만톤을 기록하였음
  - 홍성호는 평균 3,086만톤의 담수를 방류하고 있으며 2023년에 가장 많은 양(5,453만톤)의 물을 방류
  - 보령호는 평균 6,451만톤의 담수를 방류하고 있음

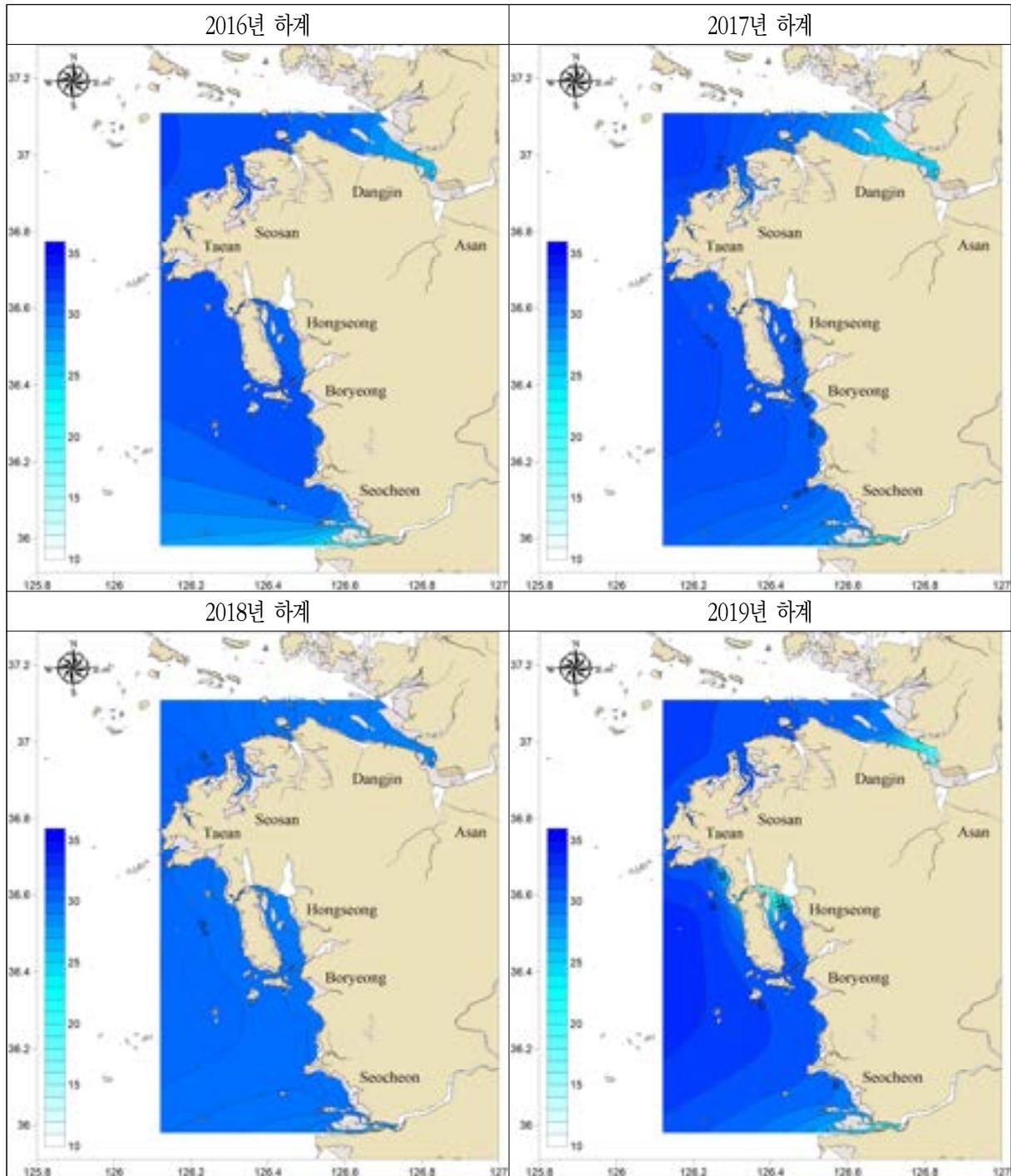
- 천수만은 여름철 고수온, 저염분 및 빈산소 현상이 자주 관측되고 있으며 이로 인한 주변 양식장 피해도 잦음
- 이 등(2014)에 따르면 장마기 담수 방류로 인해 동물플랑크톤의 사망률이 최대 40%까지 나타날 수 있음을 시사하였음
- 금강 하구역은 금강이 서해로 유입되는 곳이며 서천군과 군산시의 경계 해역임
- 금강 하구역의 연간 담수 유입량은 평균 428,620만톤에 달하며 2020년에 최대 방류량인 954,223만톤을 기록하였음(그림 4-9)



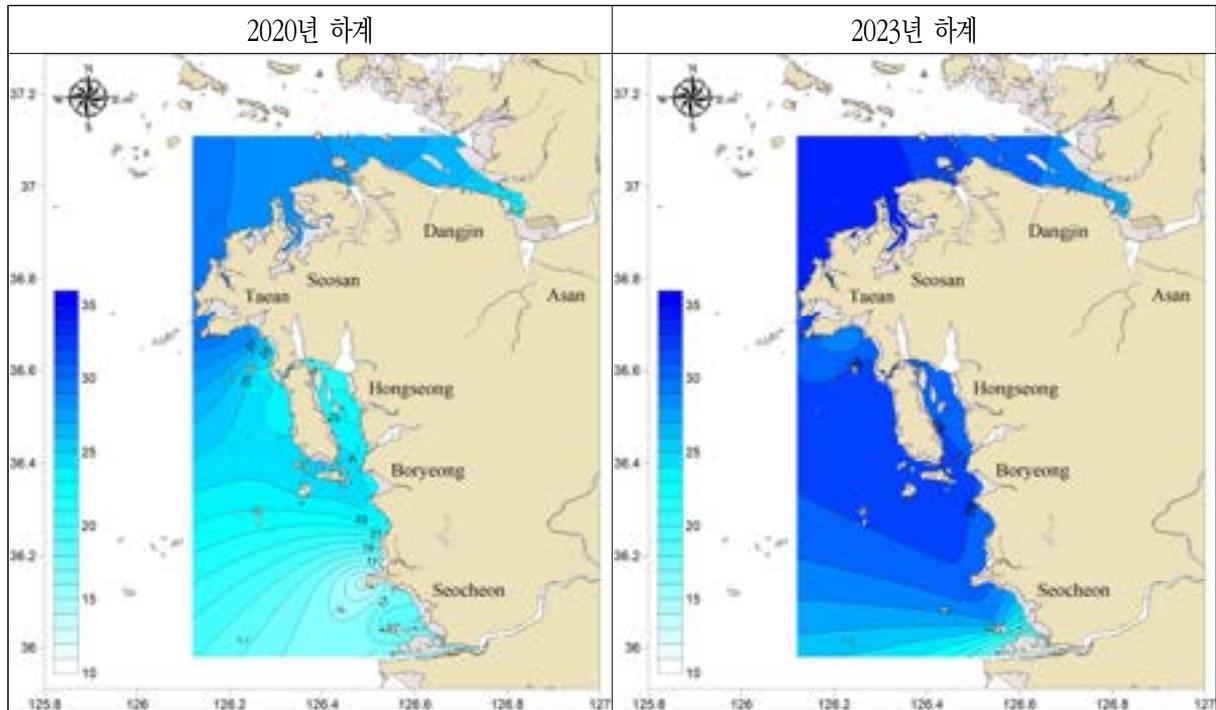
[그림 4-4] 충청남도 연안의 연간 염분 변화 양상



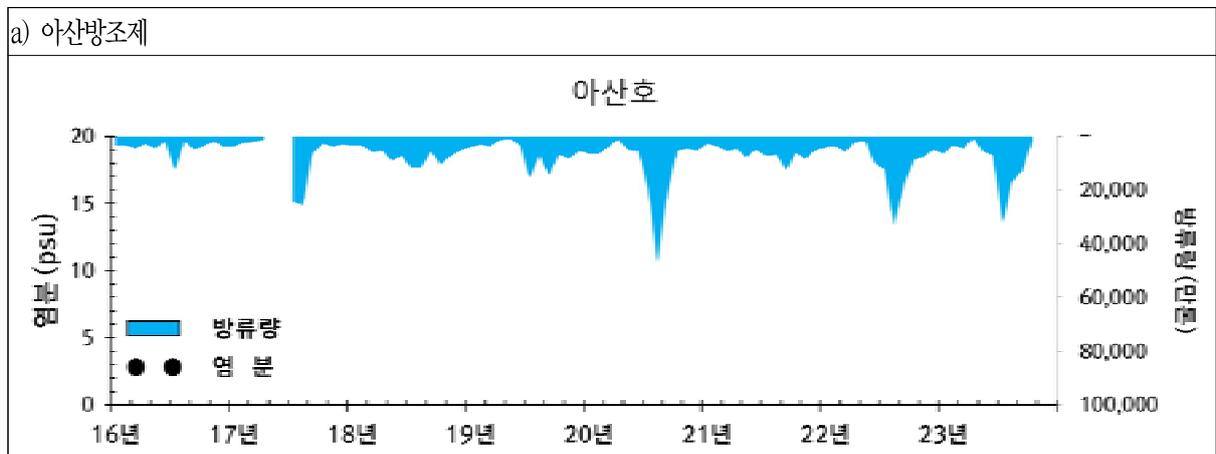
[그림 4-5] 충청남도 연안의 저염분 발생 해역 현황 해역



[그림 4-6] 충청남도 연안의 연간 하계 염분 공간 분포

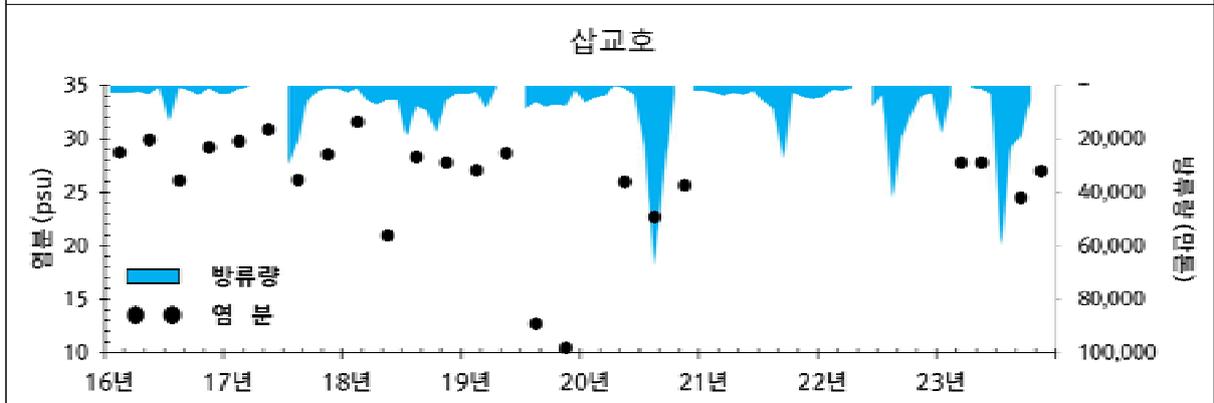


[그림 4-6] 계속

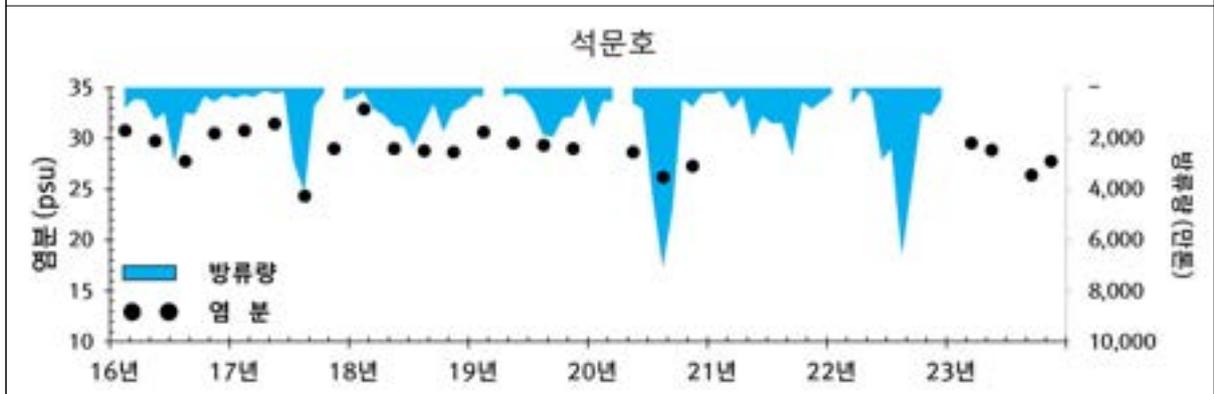


[그림 4-7] 아산만 해역 염분 분포 및 주요 담수 유입량

b) 삼교방조제

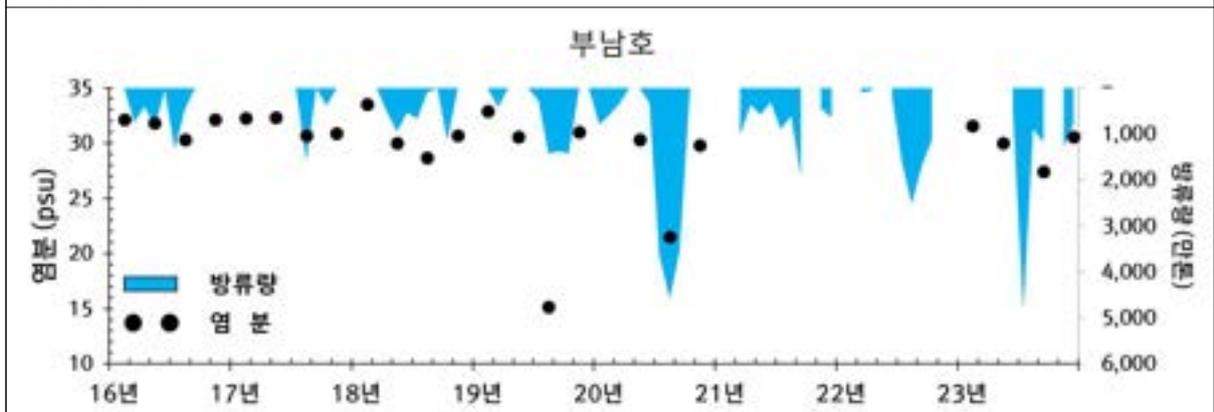


c) 석문방조제

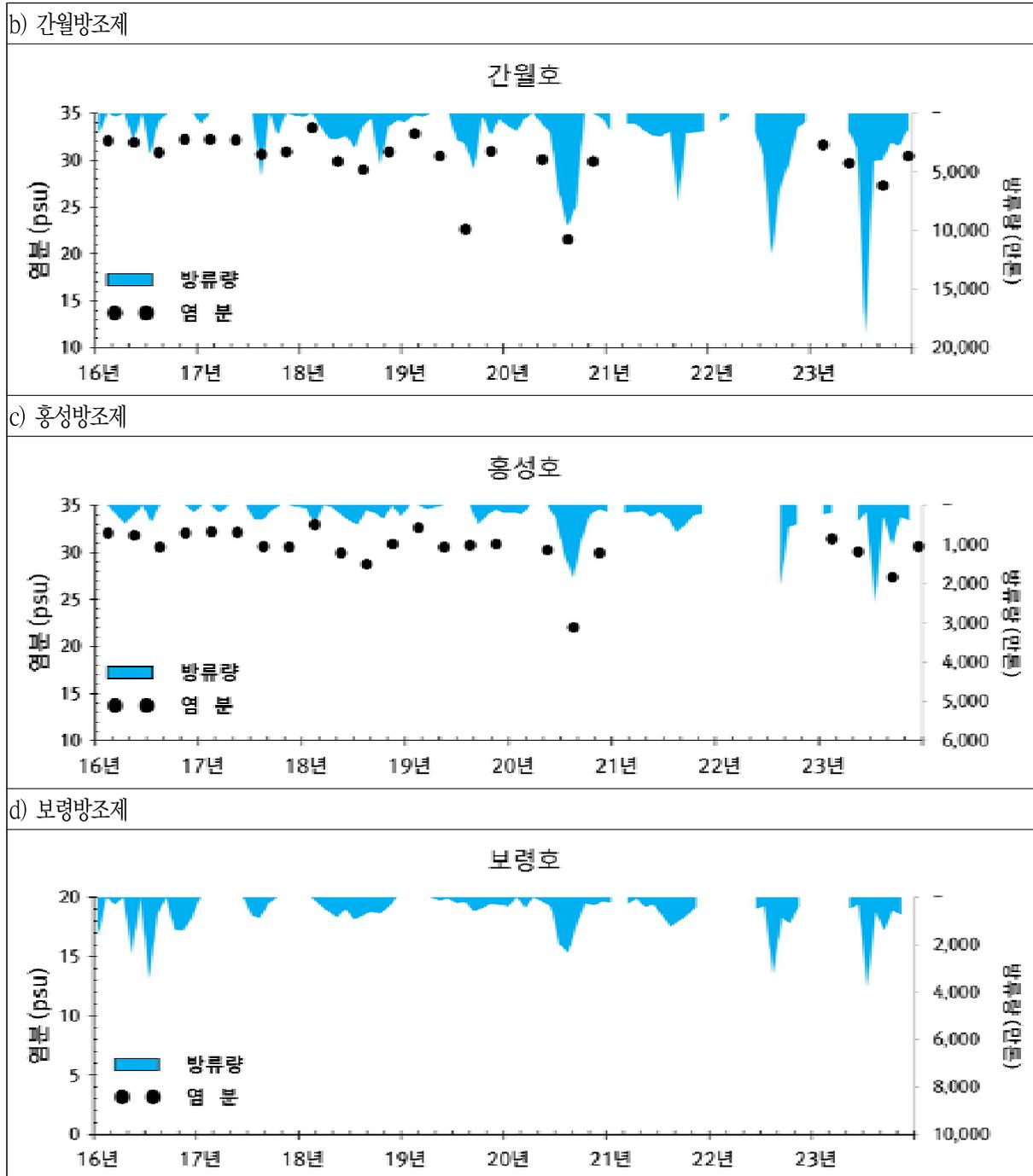


[그림 4-7] 계속

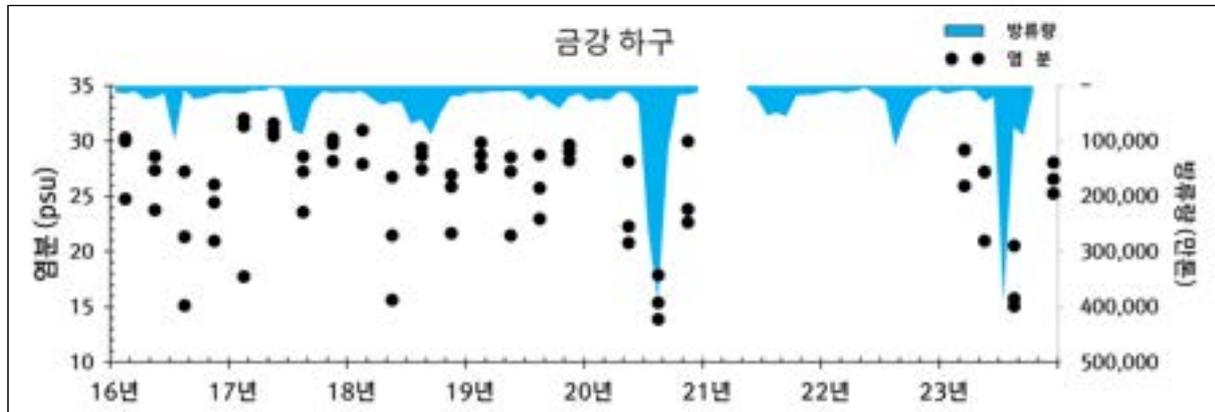
a) 부남방조제



[그림 4-8] 천수만 해역 염분 분포 및 주요 담수 유입량



[그림 4-8] 계속



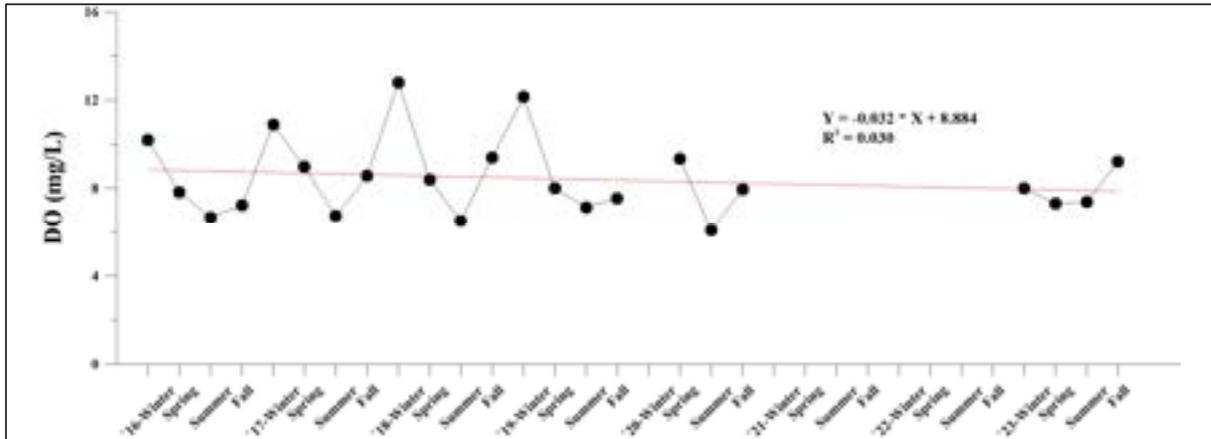
[그림 4-9] 금강 하구 해역 염분 분포 및 주요 담수 유입량

### 3) 용존산소

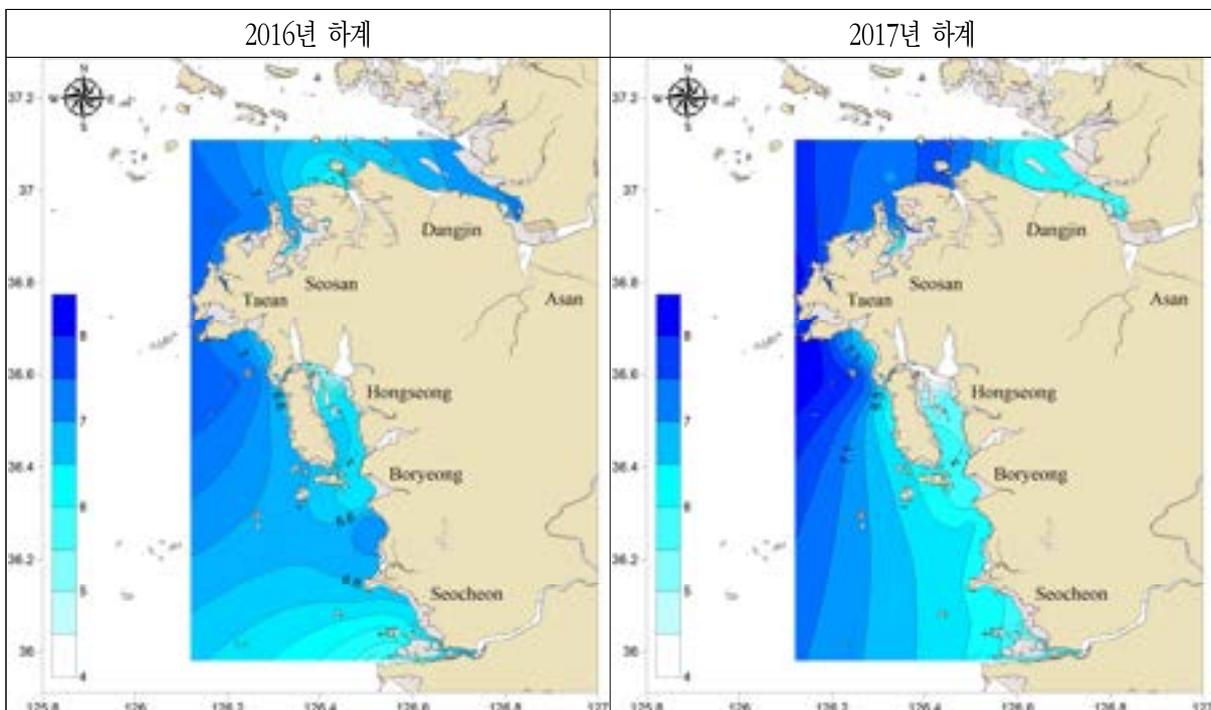
- 용존산소는 수온, 염분에 의해 수층 내 포화도에 영향을 받을뿐더러 바람에 의해 대기 중 산소가 용해되고 연직 대류 순환에 의해 그 분포 농도가 결정됨
- 용존산소 농도 또한 생물의 성장, 생식, 기초대사 에너지에 큰 영향을 미쳐 생물이 살아가는데 필수적임
- 최근 8년간 충청남도 연안의 연 평균 용존산소 농도는 7.8~9.3mg/L의 변동성을 가지며, 강우가 많았던 2020년과 2023년에 가장 낮았음[그림 4-10]
  - '16년부터 매년 0.03mg/L씩 감소하는 추세임
- 충남 연안의 계절별 평균 용존산소 농도는 동계 10.8mg/L, 춘계 8.3mg/L, 하계 6.8mg/L, 추계 8.3mg/L의 범위를 보였음
- 담수 유입이 있는 아산만, 천수만, 금강 하구 해역은 여름철 담수와 해수와의 강한 수층 간 성층이 이루어져 혼합이 제한되고 유기물 분해가 활발히 이루어짐에 따라 저층의 저산소 현상이 빈번히 관측되기도 함
- 공간적으로 살펴보면 연안으로부터 멀어질수록 저층의 산소농도가 증가하는 경향을 알 수 있음 [그림 4-11]
- 특히, 태안반도 해역측에서 상대적으로 높은 산소농도를 보이는데, 태안반도 주변 해역은 강한 조석 전선이 형성되는 곳으로 여름철에도 수직 혼합이 이루어지기 때문임
- 충청남도 지역 중 아산만, 천수만, 금강 하구역은 지속적인 담수가 유입되는 곳으로

여름철 대량의 담수가 방류되는 곳이며 다른 지역에 비해 상대적으로 낮은 저층 산소 농도를 보였음

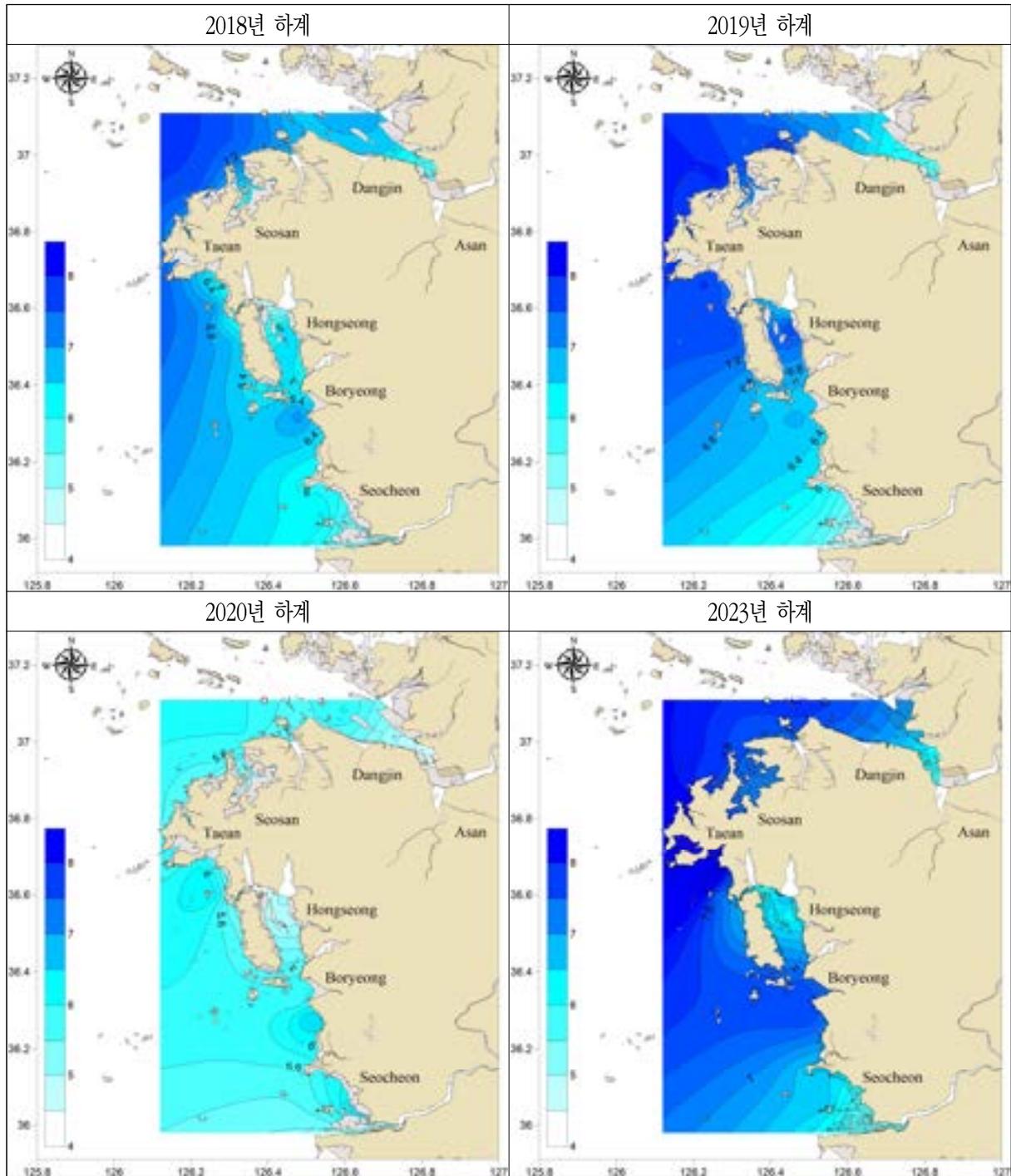
- 2016년부터 2023년까지 4mg/L 이하의 저산소 현상은 관측되지 않았지만, 4~5mg/L 사이의 농도는 빈번히 관측되어 주의해야 함[그림 4-12]



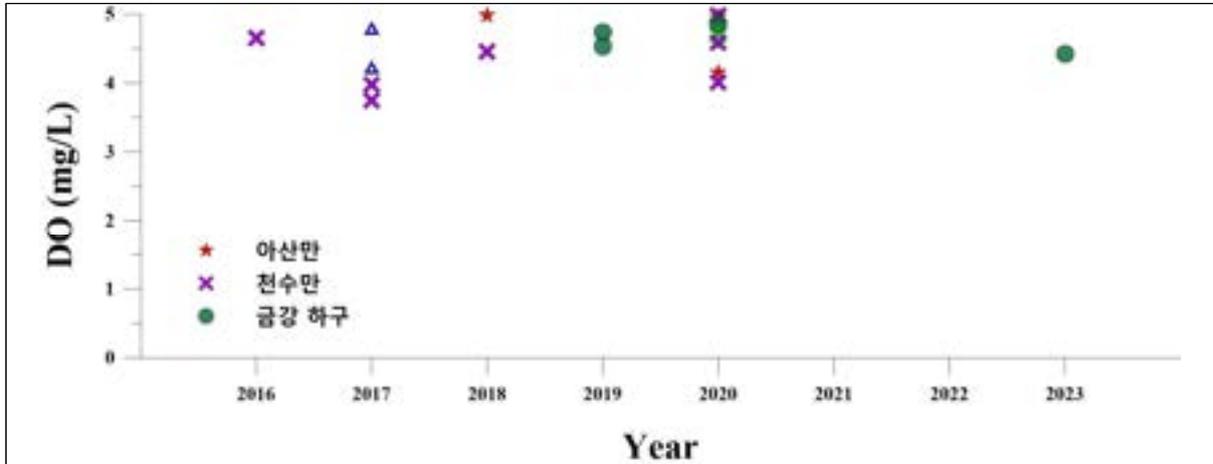
[그림 4-10] 충청남도 연안의 연간 용존산소 농도 변화 양상



[그림 4-11] 충청남도 연안의 연간 하계 저층산소 농도 공간 분포



[그림 4-11] 계속



[그림 4-12] 충청남도 연안의 저층 저산소 현상 발생 해역 현황 해역

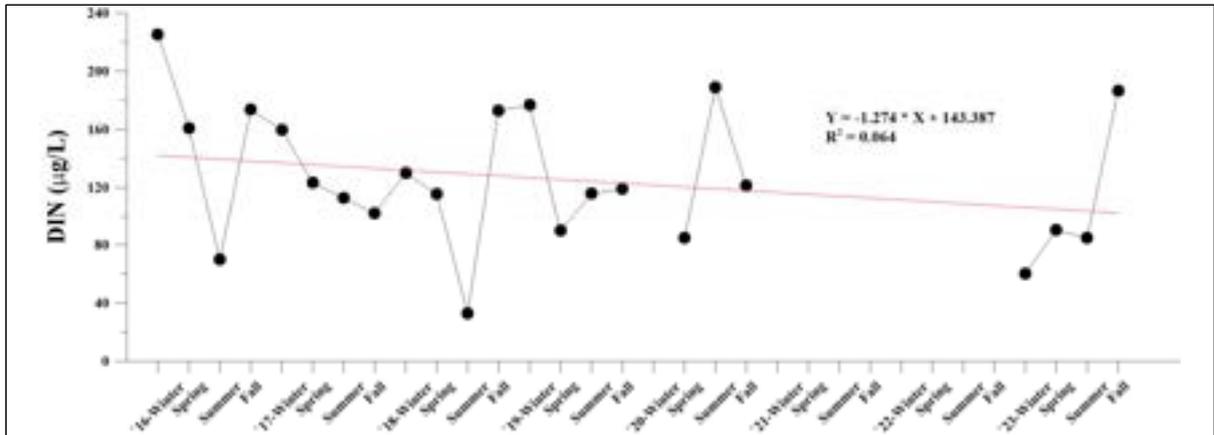
#### 4) 영양염류

- 영양염류는 일차생산자의 유기물 생산활동(광합성)에 필수적인 성분으로 해양에서는 용존무기질소와 용존무기인이 있음
- 일반적으로 해양에서는 질소 계열의 영양염이 제한 요인으로 작용하며 강물이나 지하수 등 육지로부터의 담수 유입은 질소 영양염을 풍부하게 함으로써 해양에서 광합성을 활발하게 하는 역할을 함
- 하지만 질소 계열의 영양염류와 인 계열의 영양염류 비율이 약 16:1일 경우에만 일차 생산이 활발하게 일어나며 질소나 인이 과다하여 해당 비율이 깨질 경우, 일차 생산에 제한되기도 함
- 영양염류는 일차생산자인 식물플랑크톤에 의해 소비되기 때문에 담수 유입 등의 환경 요인이 많은 서해안의 경우, 계절적인 농도 변화의 추이를 파악하는 것은 쉽지 않음

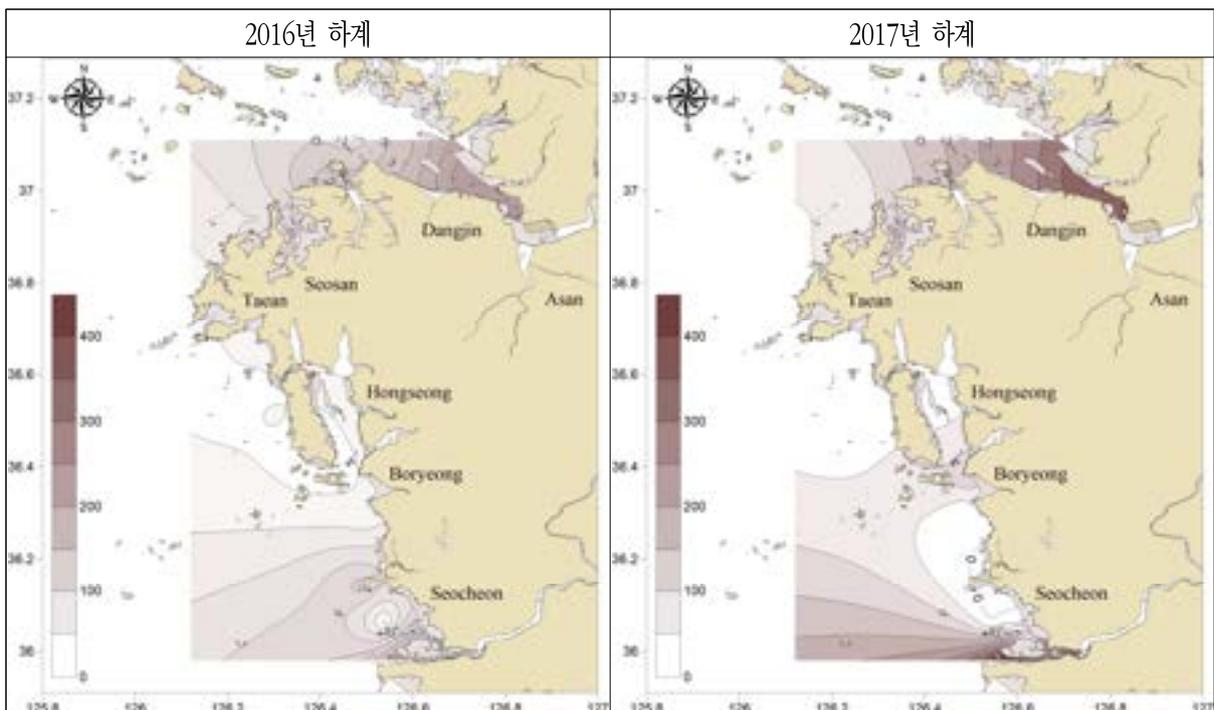
##### (1) 용존무기질소

- 2016년부터 2023년까지 충청남도 연안의 연 평균 용존무기질소 농도는 92.9~157.4 $\mu\text{g/L}$ 의 변동성을 보였음[그림 4-13]
- 해당 모니터링 시기 동안 용존무기질소 농도는 매년 1.27 $\mu\text{g/L}$ 씩 감소하는 경향을 보임
- 충남 연안의 계절별 평균 용존산소 농도는 동계 150.4 $\mu\text{g/L}$ , 춘계 110.7 $\mu\text{g/L}$ , 하계 100.9 $\mu\text{g/L}$ , 추계 145.9 $\mu\text{g/L}$ 의 범위를 보였음

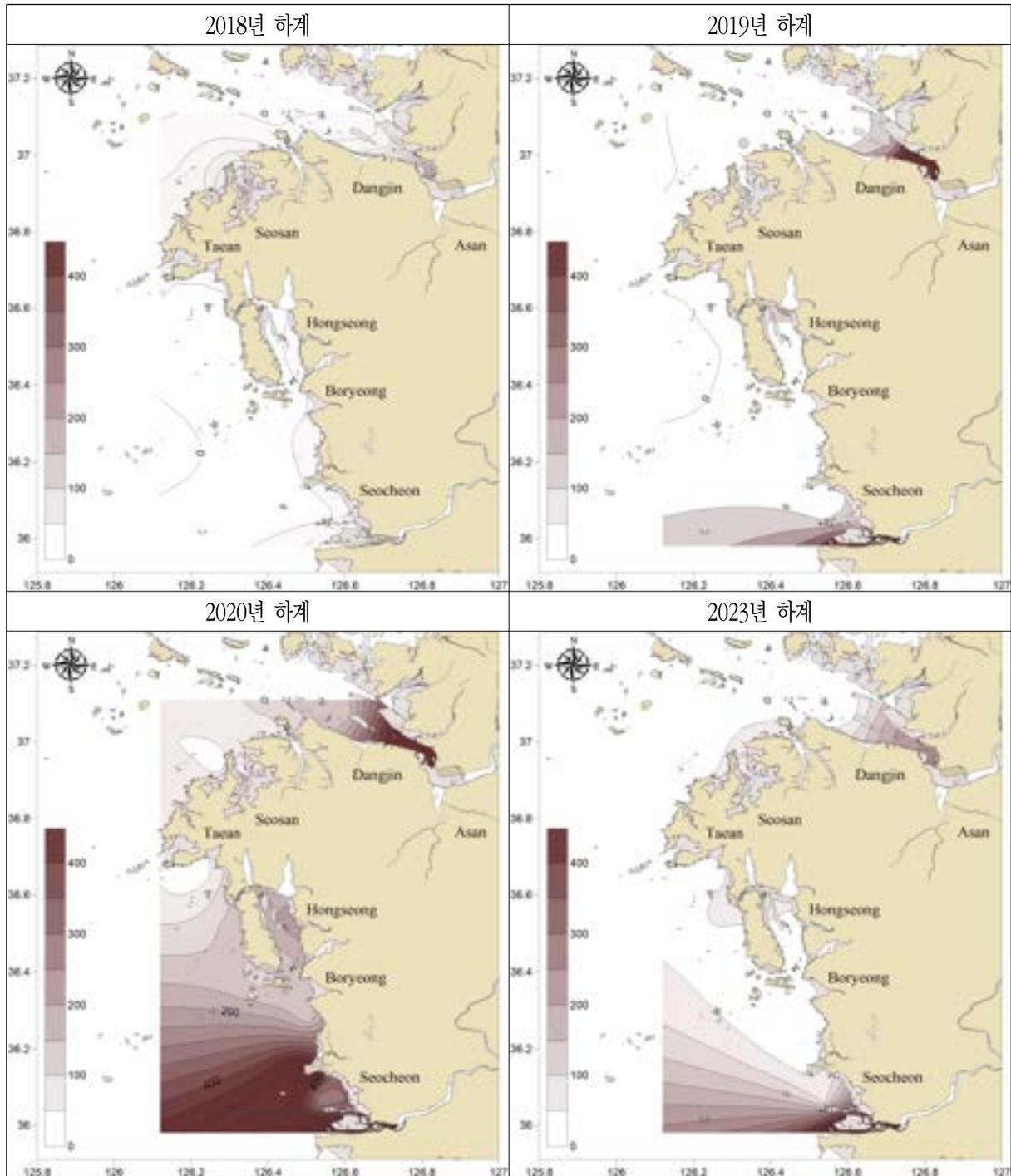
- 공간적으로는 담수 유입이 있는 아산만, 천수만, 금강 하구 해역의 용존무기질소 농도가 상대적으로 더 높았음(그림 4-14)



[그림 4-13] 충청남도 연안의 연간 용존무기질소 농도 변화 양상



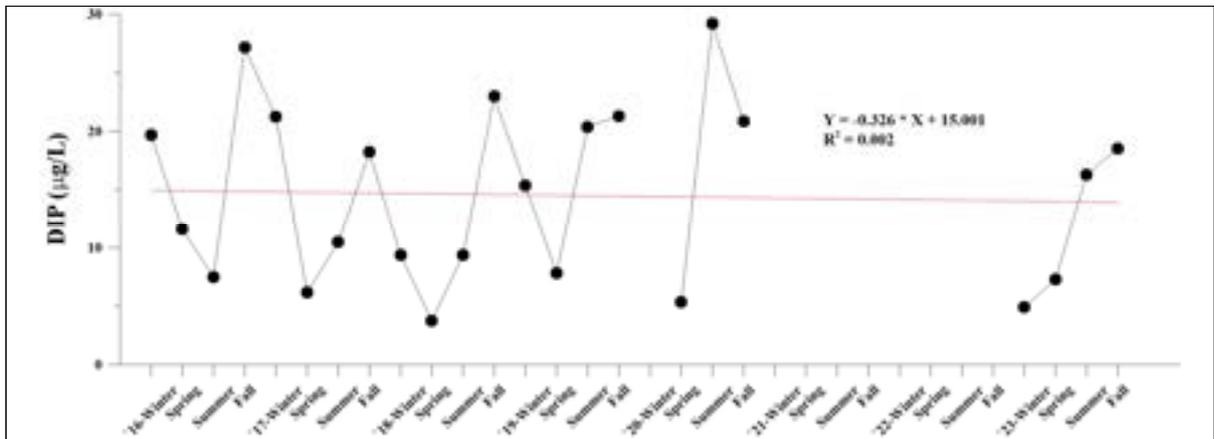
[그림 4-14] 충청남도 연안의 연간 하계 표층 용존무기질소 농도 공간 분포



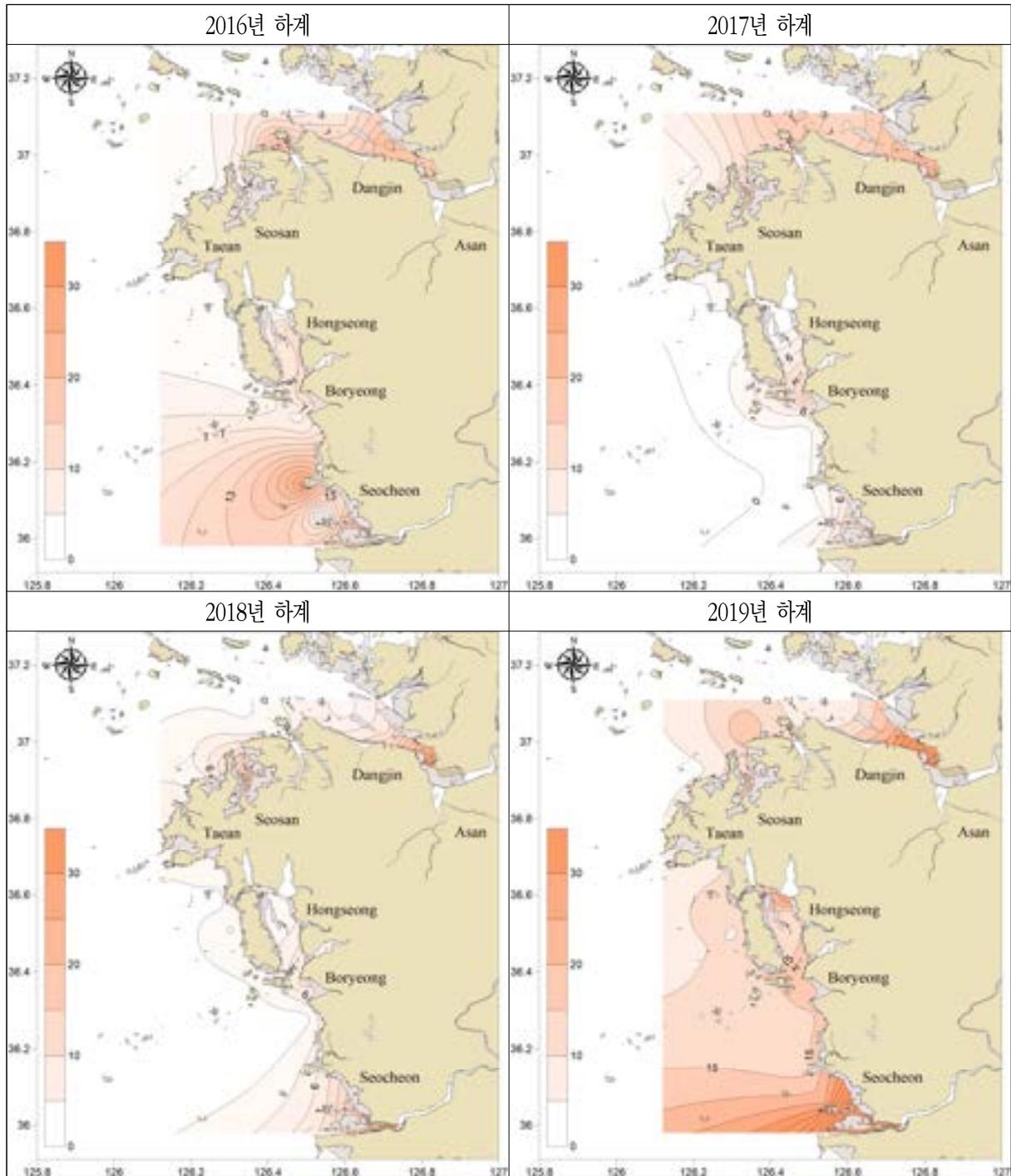
[그림 4-14] 계속

(2) 용존무기인

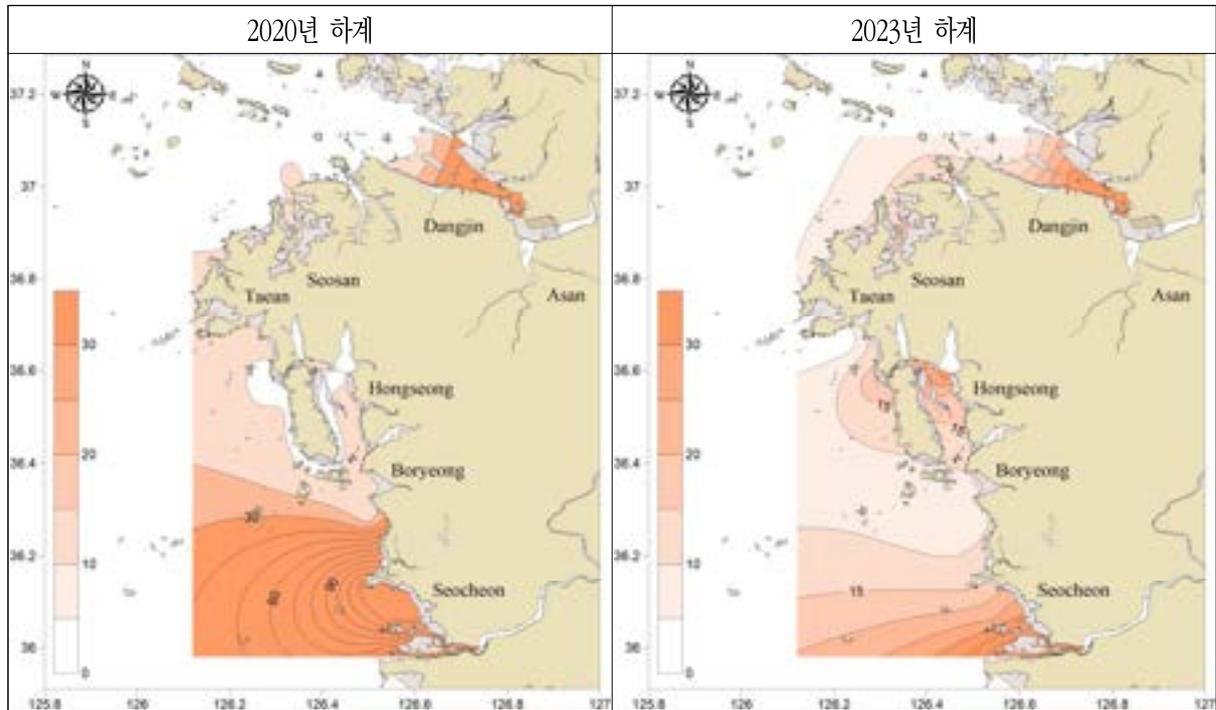
- 2016년부터 2023년까지 충청남도 연안의 연 평균 용존무기질소 농도는 11.4~18.4 $\mu\text{g/L}$ 의 변동성을 보였음(그림 4-15)
- 해당 모니터링 시기 동안 용존무기인 농도는 매년 0.33 $\mu\text{g/L}$ 씩 감소하는 경향을 보임
- 충남 연안의 계절별 평균 용존산소 농도는 동계 14.1 $\mu\text{g/L}$ , 춘계 7.0 $\mu\text{g/L}$ , 하계 15.5 $\mu\text{g/L}$ , 추계 21.5 $\mu\text{g/L}$ 의 범위를 보였음
- 공간적으로는 담수 유입이 있는 아산만, 천수만, 금강 하구 해역의 용존무기질소 농도가 상대적으로 더 높았음(그림 4-16)



[그림 4-15] 충청남도 연안의 연간 용존무기인 농도 변화 양상



[그림 4-16] 충청남도 연안의 연간 하계 표층 용존무기인 농도 공간 분포

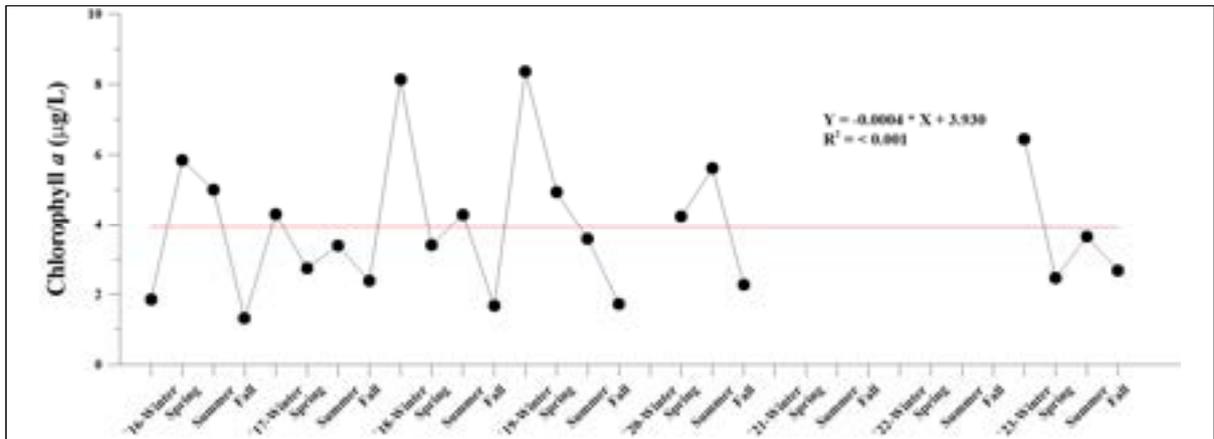


[그림 4-16] 계속

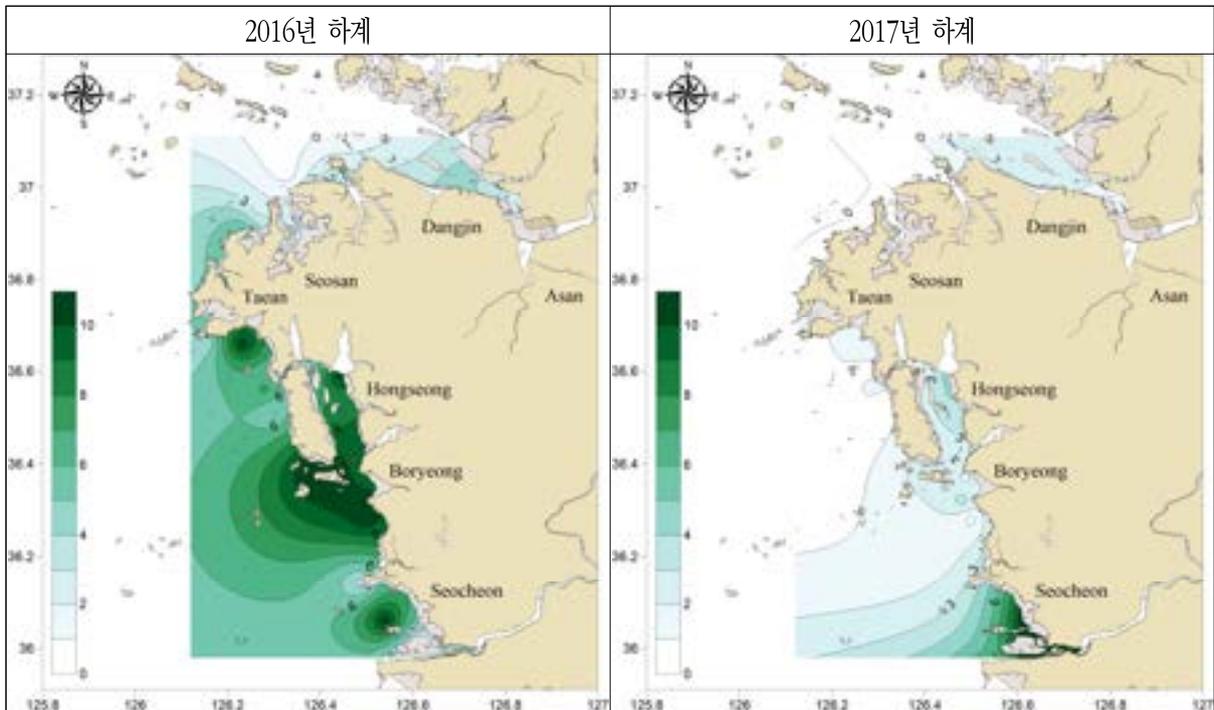
### 5) 엽록소 a

- 엽록소 a는 식물플랑크톤의 생체량을 대변하는 광합성 색소 중의 한 종류이며 여러 광합성 색소 중 대부분을 차지하고 있어 식물플랑크톤의 양적 변화를 추정하는 지시자임
- 해양생태계 내에서 일차 생산을 담당하는 식물플랑크톤은 빛, 수온, 영양염 등에 의해 양적 변동 및 종조성의 변화가 일어남
- 일반적으로 알려진 식물플랑크톤의 대증식(Bloom)은 온대 외양역에서 봄철과 가을철에 발생하지만 환경 변화가 심한 연안역의 경우에는 양적 변동 양상이 다르게 나타날 수 있음
- 서해의 경우, 담수 유입으로 인해 급격한 염분 변화와 대량의 영양염 유입으로 인해 겨울철과 여름철에도 식물플랑크톤의 대증식이 발생할 수 있음
- 천수만의 경우에도 과거 연구사례에서 겨울철과 봄철 식물플랑크톤의 대증식을 확인한 바 있음 (이 등, 2012; 이 등, 2014)
- 2016년부터 2023년까지 충청남도 연안의 연 평균 엽록소 a 농도는 3.2~4.7 $\mu\text{g/L}$ 의 변동성을 보였음[그림 4-17]

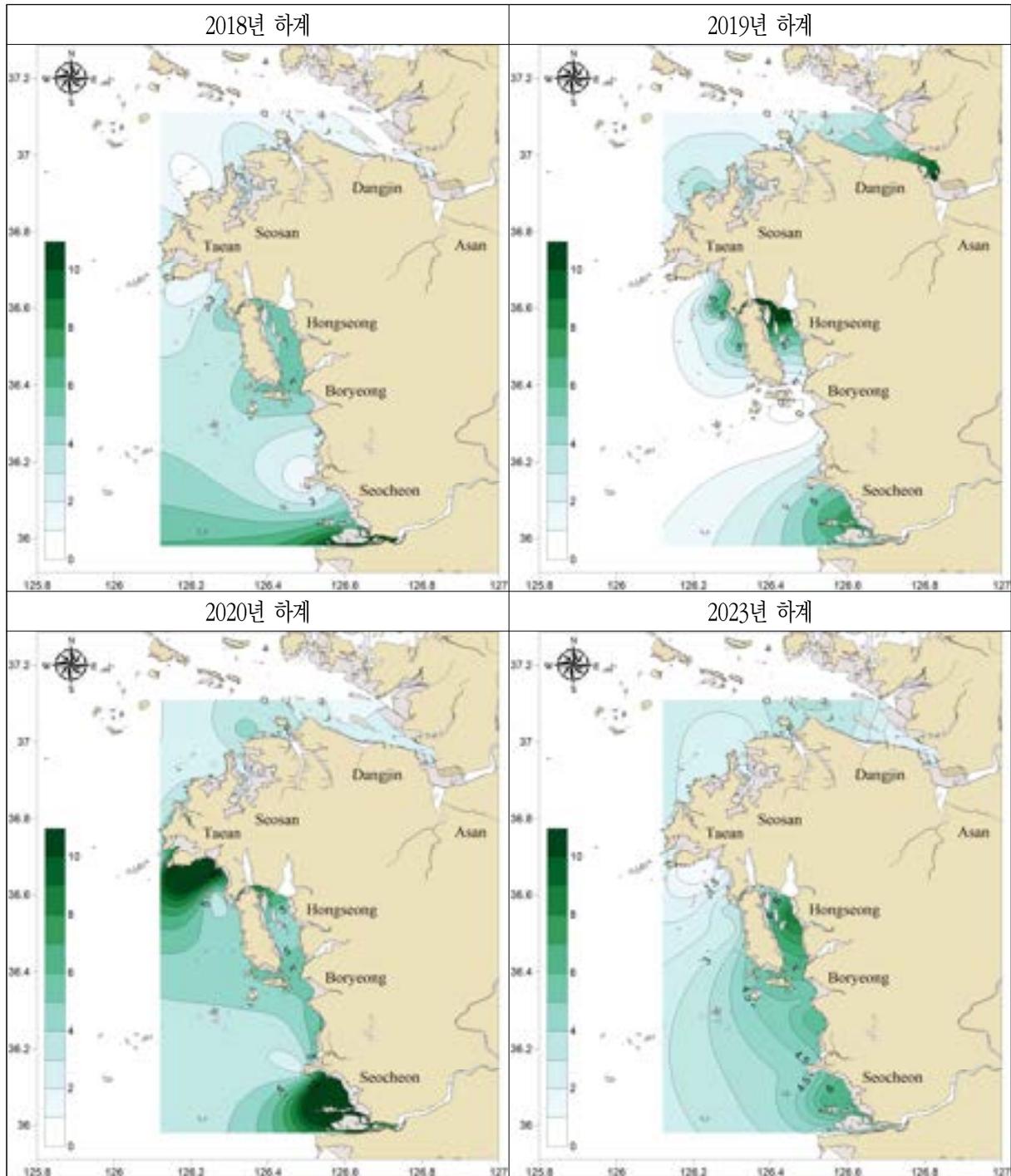
- 엽록소 a 농도는 매년 감소하는 경향을 보이나, 통계적으로 유의하지 않음
- 충남 연안의 계절별 평균 엽록소 a 농도는 동계 5.8 $\mu\text{g/L}$ , 춘계 3.9 $\mu\text{g/L}$ , 하계 4.3 $\mu\text{g/L}$ , 추계 2.0 $\mu\text{g/L}$ 의 범위를 보였으며 공간적으로는 담수 유입이 있는 아산만, 천수만, 금강 하구 해역의 엽록소 a 농도가 상대적으로 더 높았음[그림 4-18]



[그림 4-17] 충청남도 연안의 연간 엽록소 a 농도 변화 양상



[그림 4-18] 충청남도 연안의 연간 하계 표층 엽록소 a 농도 공간 분포



[그림 4-18] 계속

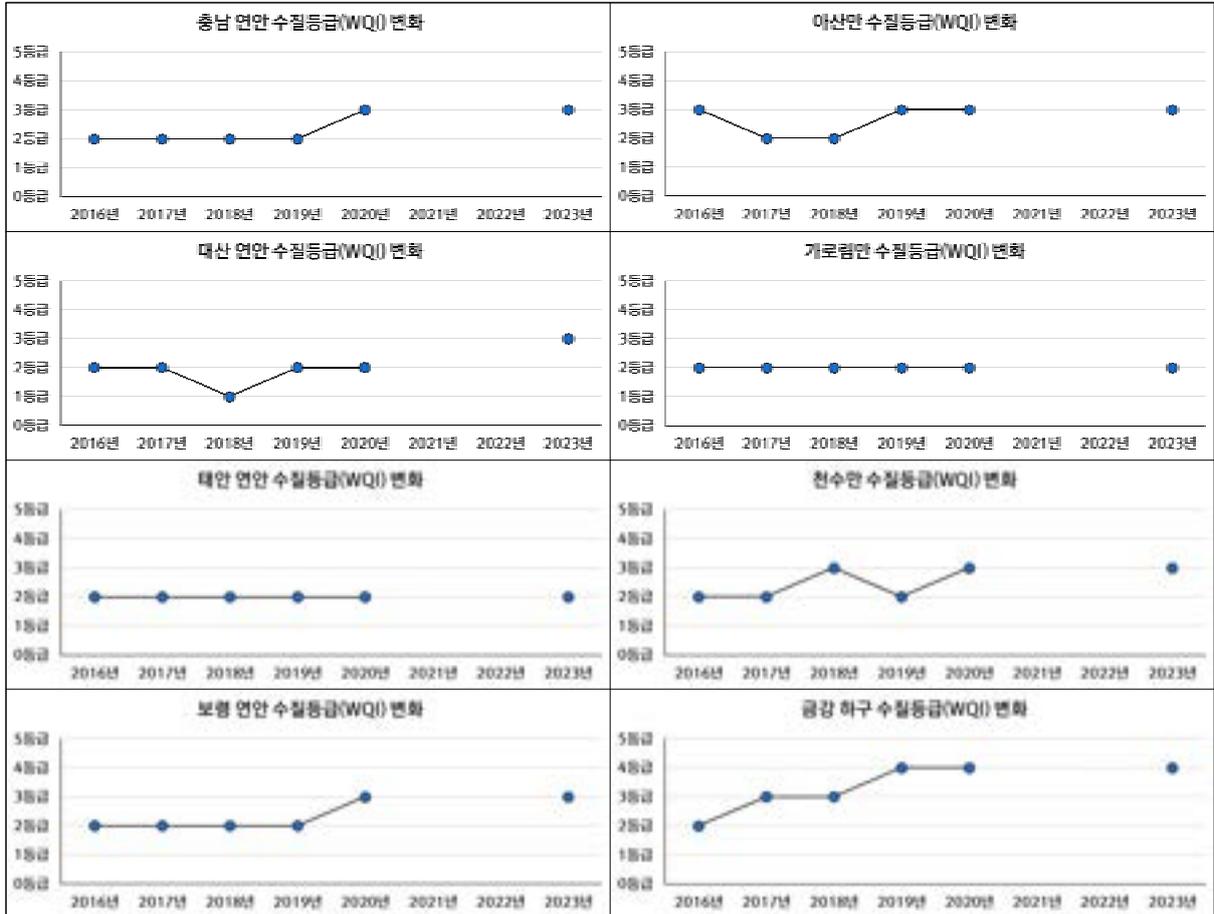
## 6) 수질평가지수(WQI)

### (1) 주요 해역별 수질등급

- 2016년부터 2023년까지 충남 연안의 수질 평가를 실시한 결과, 충남 연안의 수질은 II등급(좋음)이었으나, 2019년 이후로 III등급(보통)으로 수질이 악화되었음(그림 4-19), [표 4-2])
- 최근에는 하계 집중호우에 따른 아산만, 천수만, 금강 하구역 해역의 대규모 담수 유입이 발생한 해에 특히 육상으로부터의 영양염류가 집중 유입되고, 이로 인해 해양에서의 엽록소가 급격히 늘어나게 되어 수질지수 악화가 반복되고 있음
- 특히, 2020, 2023년도가 대규모 강우에 의한 육상기인 담수유입이 크게 발생하여 수질 지수가 악화된 것으로 나타나며, 이는 전국 해안에서 공통적으로 발생하였기에 충남 해역만이 악화된 것은 아님
- 수질 등급에 미치는 5개 항목(용존산소, 용존무기질소, 용존무기인, 엽록소 a, 투명도)을 대상으로 분석한 결과, 충남 연안 수질등급에 미치는 주요 요인은 엽록소 a와 투명도였음(그림 4-20)
- 이에 따라 충남 해역의 I~II등급(수질 좋음 이상)의 비율은 2016년 78.3%에서 2020년 51.1%까지 줄어들었으며, 금년(23년)에도 65.6%를 기록하였는데 이는 일시적 해양수질의 악화이며 향후 평년 수준으로의 수질복원이 반복될 것으로 예상됨(그림 4-21)
- 아산만 해역은 대규모 담수호인 삽교호와 아산호로부터 주기적으로 담수 유입이 있으며, 그 밖에 석문호, 남양호, 화성호로부터 비주기적으로 담수 유입이 이루어지고 있어 물리·화학적 변화가 심한 곳으로 `17년과 `18년을 제외하고 III등급(보통)을 유지하고 있음
- 서산(대산) 연안은 주변에 항만 및 공단 등 산업시설이 위치하고 있으며 `20년까지 평균 II등급(좋음) 수준이었으나 금년(23) III등급(보통)으로 낮아졌음
- 가로림만 해역과 태안 연안은 `16년부터 II등급(좋음)을 유지하고 있음
- 천수만 해역은 아산만과 동일하게 4개의 담수호(부남호, 간월호, 홍성호, 보령호)로부터 여름철 대규모 담수 방류가 이루어져 수질이 급격하게 악화되는 곳으로 현재는 III등급(보통)임
- 보령 연안은 산업단지 및 대천해수욕장이 위치하고 있으며 `19년까지 II등급(좋음)의 수질을 유지하였으나 `20년 이후로 III등급 수질로 악화됨
- 금강 하구역은 금강으로부터 대규모의 담수 및 육상 오염원이 유입되는 곳으로 남쪽에

군산산업단지도 있어 관리대상 해역에 포함됨

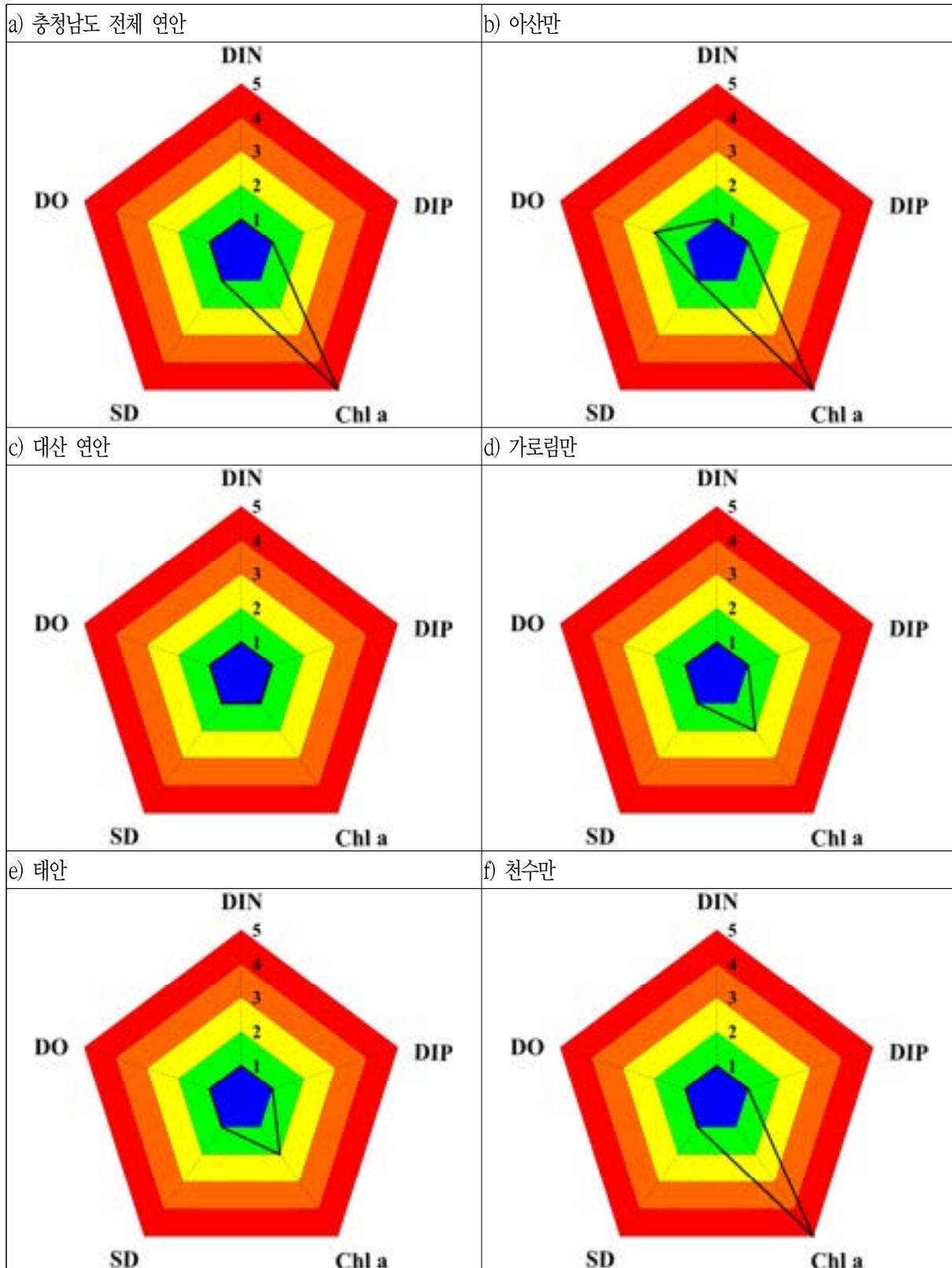
- 금강 하구역의 경우, '19년부터 IV등급(나쁨)의 수질을 유지하고 있음



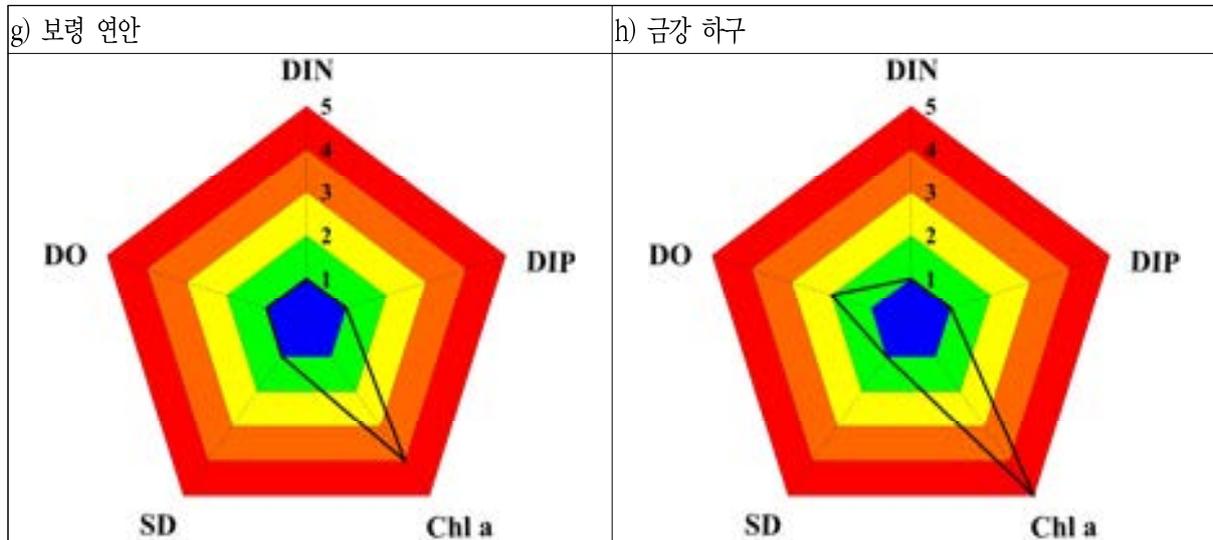
[그림 4-19] 충청남도 연안의 수질등급 변화

[표 4-2] 충청남도 연안의 수질등급별 비율 변화

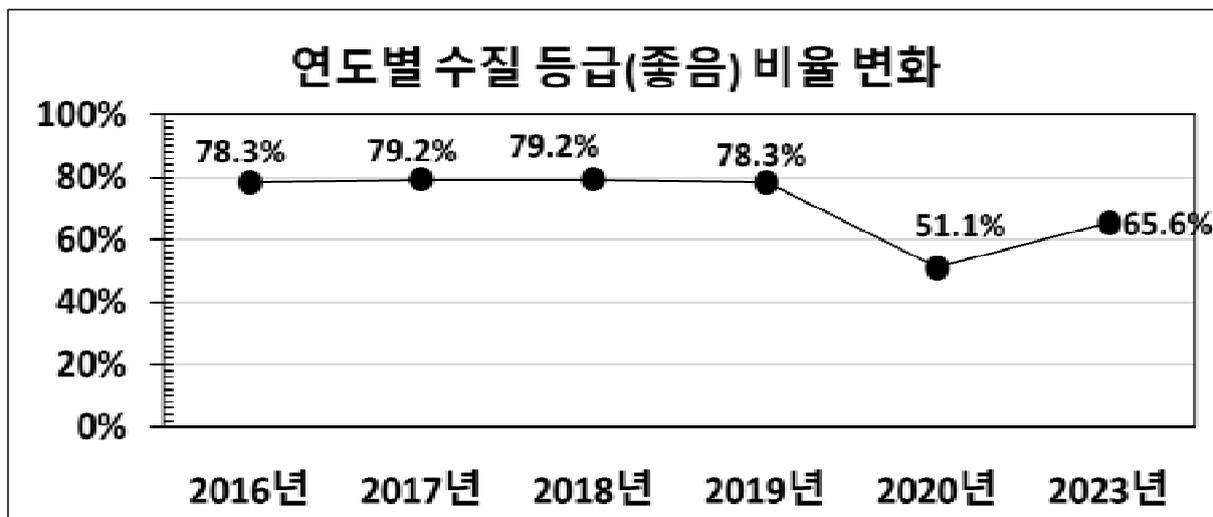
구분	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2023년
정점수 (4회조사)	120	120	120	120	90	120
I 등급	27(22.5%)	54(45.0%)	50(41.7%)	36(30.0%)	21(23.3%)	35(25.8%)
II 등급	67(55.8%)	41(34.2%)	45(37.5%)	58(48.3%)	25(27.8%)	44(36.7%)
III 등급	18(15.0%)	16(13.3%)	14(11.7%)	15(12.5%)	14(15.6%)	15(12.5%)
IV 등급	7(5.8%)	7(5.8%)	9(7.5%)	3(2.5%)	15(16.7%)	15(12.5%)
V 등급	1(0.8%)	2(1.7%)	2(1.7%)	8(6.7%)	15(16.7%)	15(12.5%)
좋음 이상 (I~II) 등급 비율	78.3%	79.2%	79.2%	78.3%	51.1%	62.5%



[그림 4-20] 충청남도 연안의 수질에 미치는 주요 항목 분석



[그림 4-20] 계속

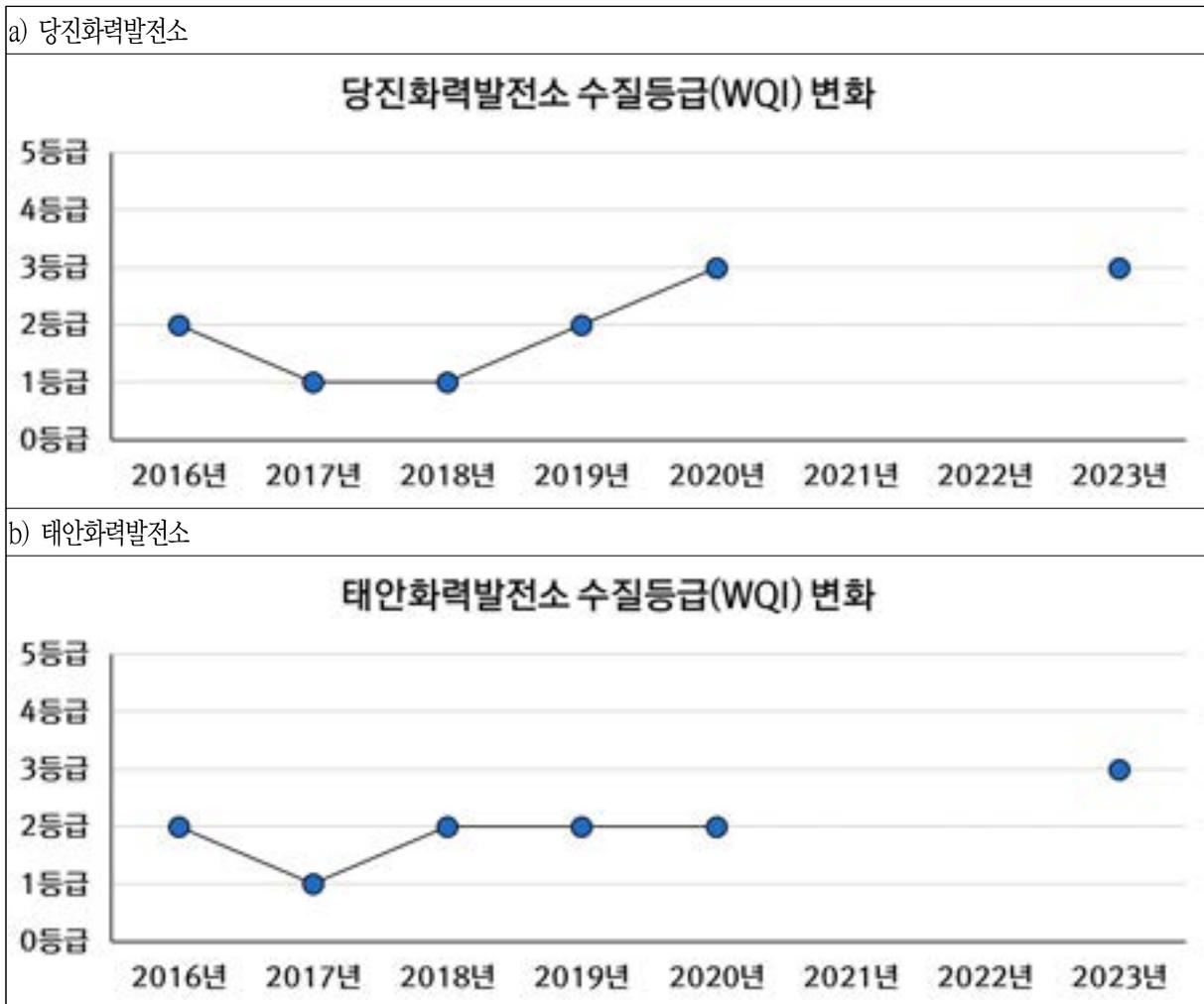


[그림 4-21] 충청남도 연안의 수질등급 비율 변화

## (2) 화력발전소 주변 해역 수질등급 변화

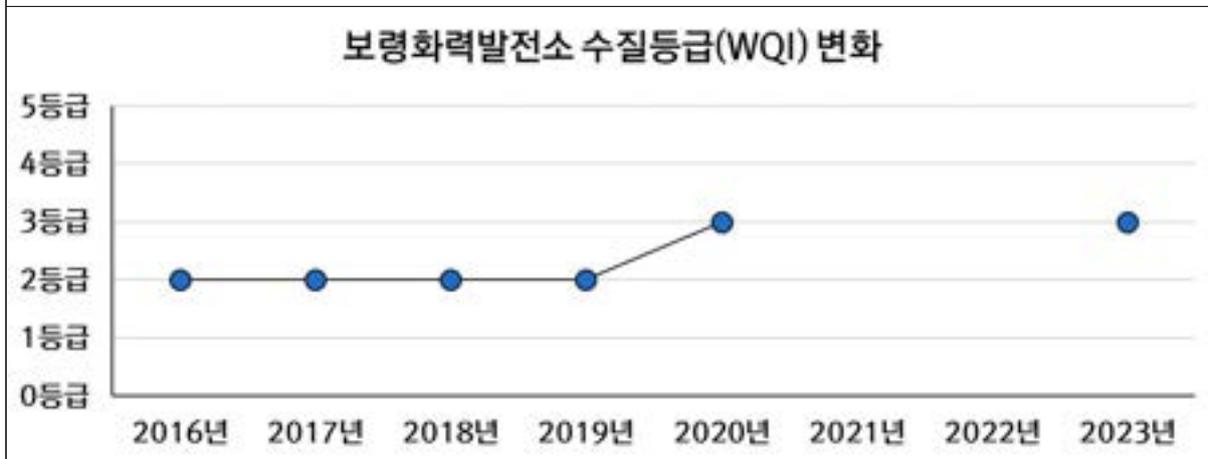
- 충청남도 연안에는 전국의 석탄화력발전소 58기 중 29기가 몰려있으며, 대기 분야에서는 화력발전소와 미세먼지 사이의 문제, 해양 분야에서는 온배수의 배출에 따른 주변 해양 생태계 영향이 화두가 되고 있음
- 충남도는 2045 탄소중립을 실현하는 탄소중립 기본계획을 수립하였으며 2045년 탄소중립 달성을 목표로 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물 등 8개 부문별로 연도별 감축 목표를 설정할 계획임

- 본 연구에서의 모니터링 조사 정점 중, 화력발전소 인근 정점의 수질평가 결과를 분석하였음[그림 4-22]
  - 정점 : 당진화력(N26), 태안화력(H2), 보령화력(N19), 신서천화력(N24)
- 분석 결과, 4개의 화력발전소 주변 해역에서 `19년까지 I~II등급의 수질을 보여주고 있었으나, `20년부터 III등급 수질로 다소 악화되었음
  - 이러한 결과는 강우가 많은 연도와 그에 따른 담수 유입에 따른 영향을 받는 것으로 해석됨

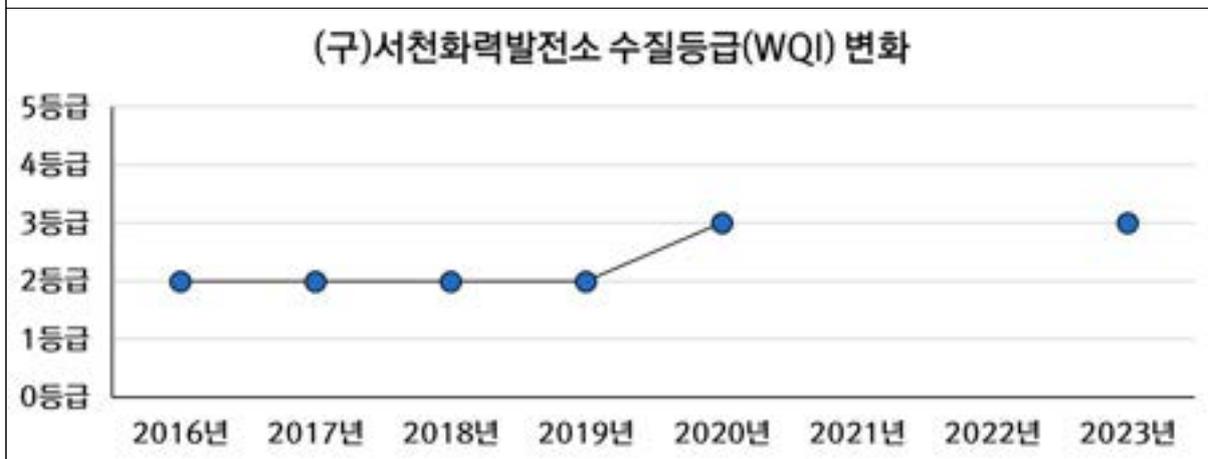


[그림 4-22] 화력발전소 주변 해역의 수질등급 변화

c) 보령화력발전소



d) 신서천화력발전소

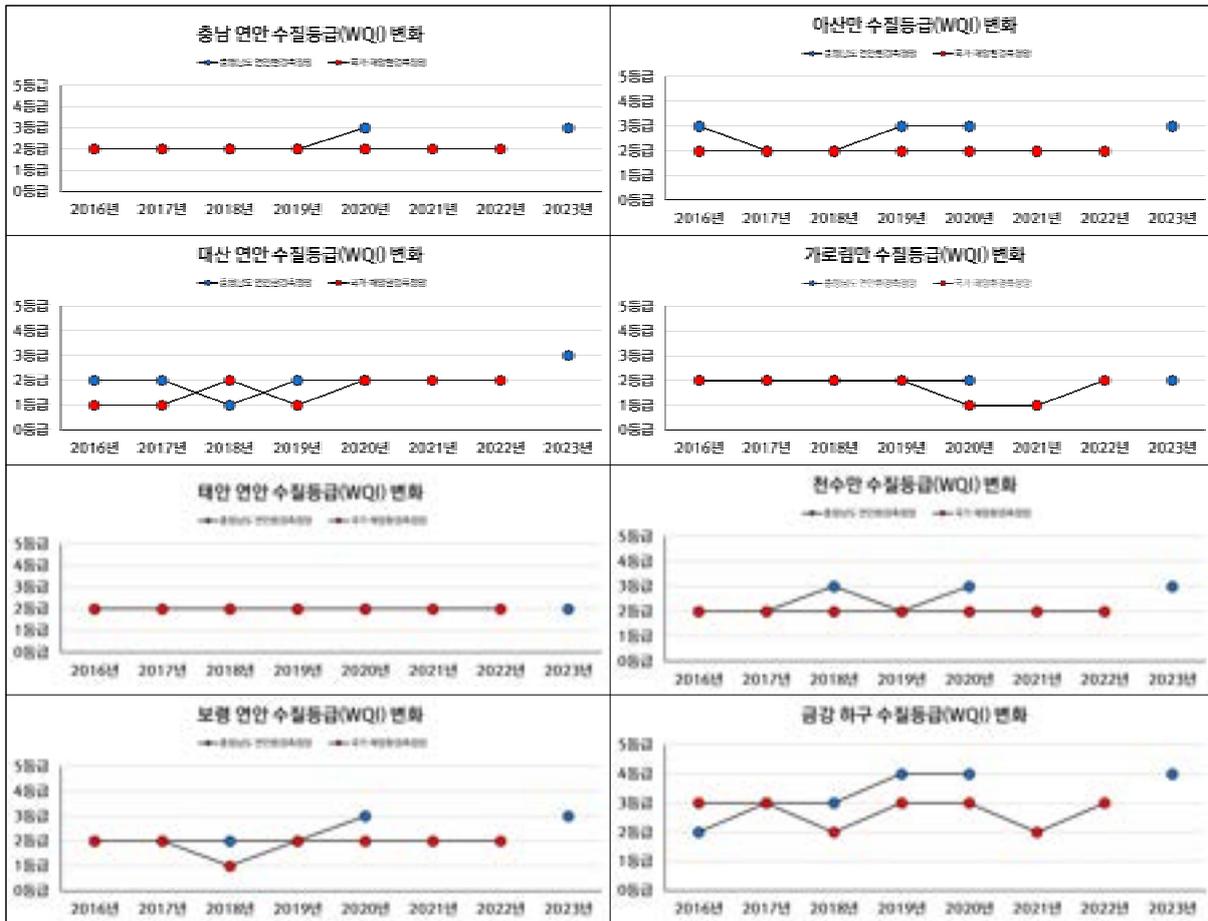


[그림 4-22] 계속

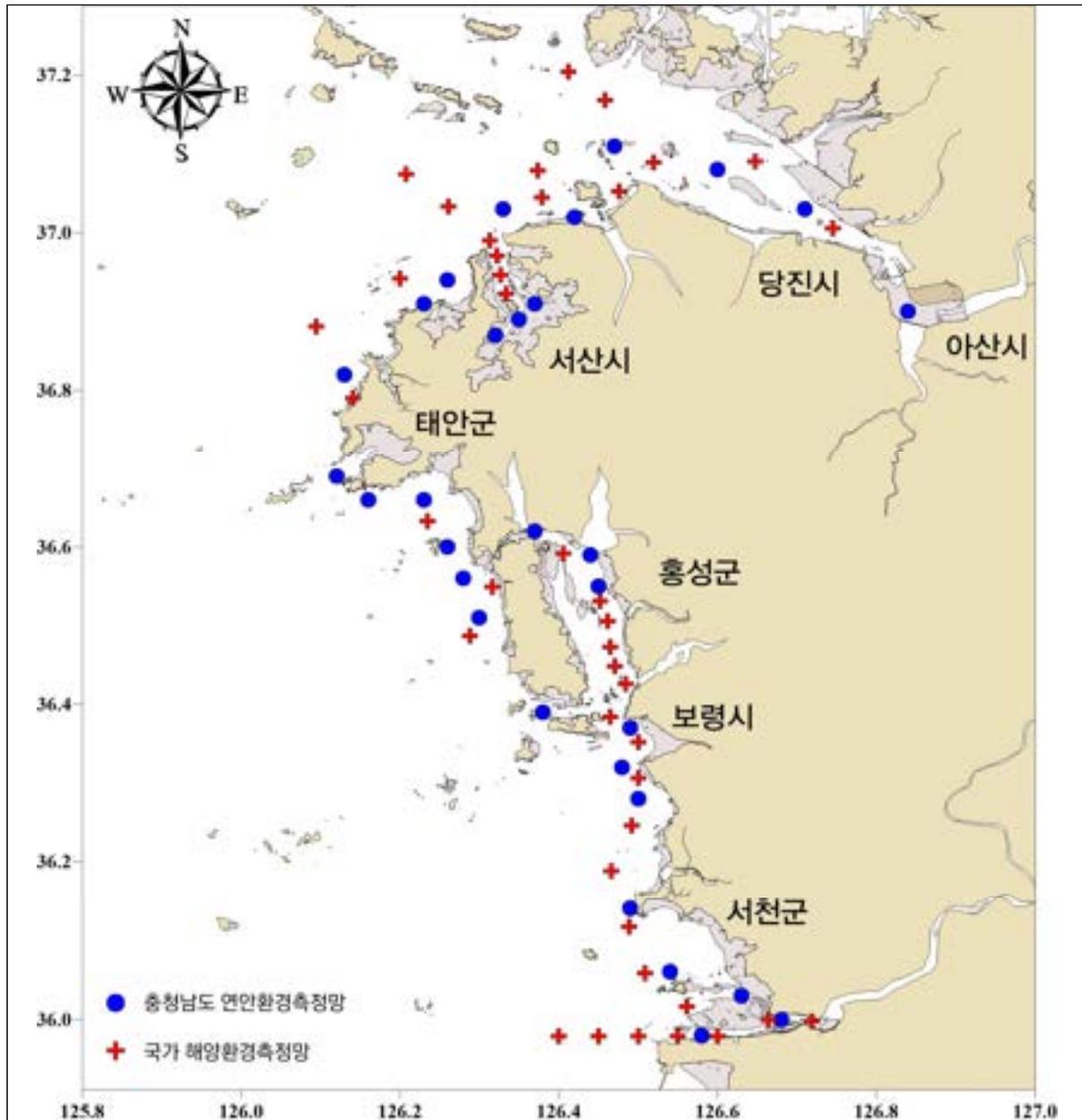
### (3) 국가 해양환경측정망과의 비교

- 2016년부터 2023년까지 본 연구에서 수행한 충청남도 연안환경측정망 수질평가지수와 국가 해양환경측정망에서 수행한 수질평가지수와의 비교를 분석하였음[그림 4-23]
  - 충청남도 연안환경측정망의 경우, 2021~2022년 수행되지 않음
  - 국가 해양환경측정망의 경우, 2023년 자료가 공개되지 않았음
- 국가 해양환경측정망 자료와 비교 분석 한 결과, 충남 연안의 해양수질등급은 '16~'19년까지 두 측정망 모두 II등급(좋음)으로 평가하였으나, '20년부터는 본 연구에서는 III등급(보통)으로 상향, 국가 측정망에서는 II등급 수준을 유지하였음

- 각 주요 해역별로 살펴보면, 아산만, 대산, 천수만, 보령 연안은 국가 측정망에서 II등급, 충남 측정망에서는 III등급으로 국가 측정망 대비 1개 등급 더 나쁜 등급으로 평가하였음
- 가로림만 해역과 태안 연안은 현재(23년) 기준, 동일하게 II등급으로 평가하였음
- 금강 하구 해역은 국가 측정망에서 III 등급, 충남 측정망에서는 IV등급으로 국가 측정망 대비 1개 등급 더 나쁜 등급으로 진단하였음
- 전반적으로 국가 해양환경측정망 수질 등급이 충청남도 연안환경측정망 수질 등급보다 더 양호하게 분석되었는데, 이는 충남도 연안환경측정망 정점이 국가 측정망 정점보다 더 연안 내측에 위치하고 있기 때문임(그림 4-24)



[그림 4-23] 충청남도 연안의 수질등급평가 결과 비교



[그림 4-24] 해양환경측정망 정점 비교

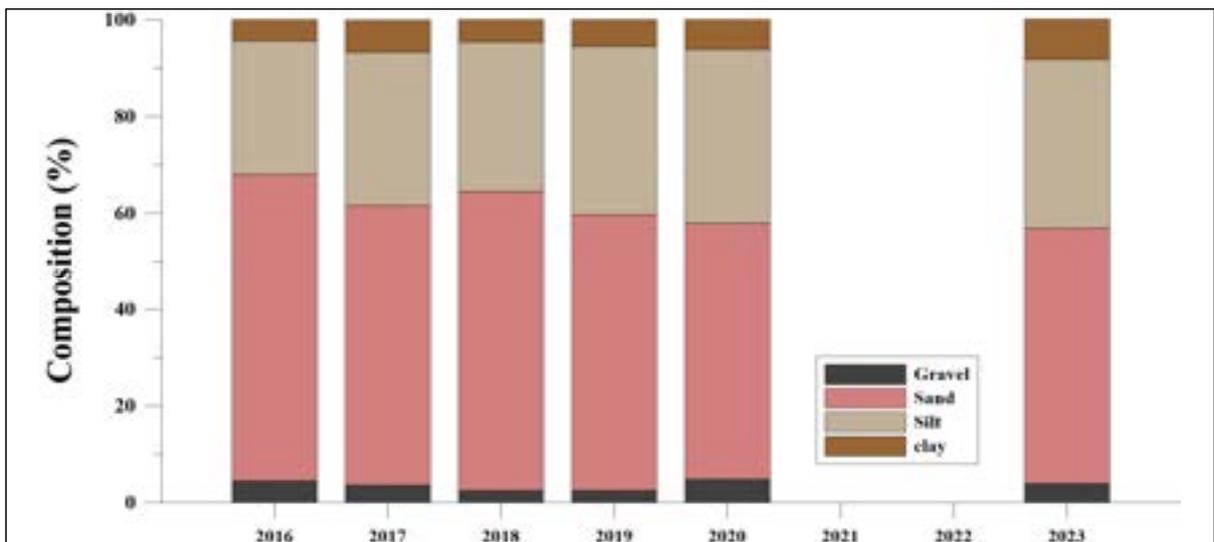
### 3. 해양 퇴적물

#### 1) 입도 조성 및 퇴적상

- 2016년부터 2023년까지 퇴적물의 입도 조성 결과를 [표 4-3] 및 [그림 4-25]에 제시하였음
- 퇴적물의 입도 분석 결과, 자갈 3.4%, 모래 58.9%, 실트 32.0%, 점토 5.8%로 구성됨
- 퇴적상은 모래와 뺄(실트, 점토)이 우세한 실트(Z), 사질실트(sZ), 실트질사(zS), 모래(S), 약역니질사(gmS) 등이었고, 급격한 퇴적상의 변화는 없었으나, 점차 세립질 퇴적물의 비율이 증가하는 추세이며, 이러한 추세는 서해안 전반의 변화양상과 동일하게 나타남

[표 4-3] 충청남도 해양 퇴적물의 연도별 입도 조성

시기	자갈			모래			실트			점토		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균
2016년	0.0	49.2	4.5	7.2	99.6	63.5	0.0	81.0	27.6	0.0	17.3	4.4
2017년	0.0	32.0	3.6	1.4	99.6	58.0	0.0	78.2	31.7	0.0	27.2	6.6
2018년	0.0	20.8	2.5	8.5	99.9	62.0	0.1	81.2	30.9	0.0	15.2	4.6
2019년	0.0	25.0	2.5	8.7	98.4	57.2	1.4	78.4	34.8	0.2	15.7	5.5
2020년	0.0	45.6	4.8	3.9	98.7	53.2	0.6	83.0	35.8	0.1	18.4	6.2
2023년	0.0	22.9	3.9	5.8	83.9	53.0	0.9	75.2	34.9	0.2	19.0	8.3



[그림 4-25] 충청남도 해양 퇴적물의 연간 입도 조성 변화

## 2) 강열감량(IL) 및 화학적산소요구량(COD)

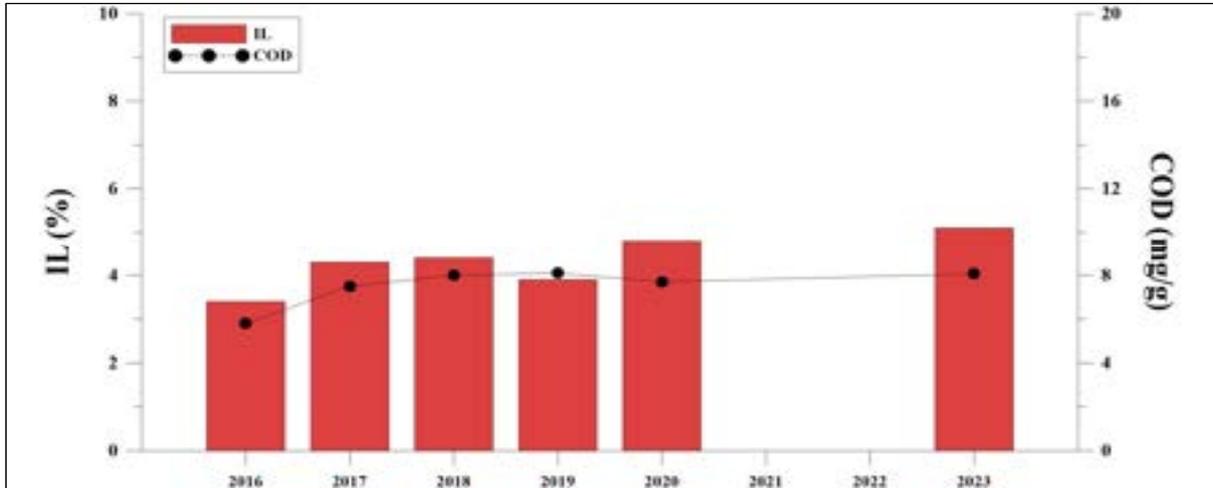
- 강열감량과 화학적산소요구량은 해양 퇴적물 내 유기물 오염도를 나타내는 지시자임
- 2016년부터 2023년까지 강열감량의 평균값은 4.3%이었고, 화학적산소요구량의 평균값은 7.5mg/g로 부영양화 관련 평가항목별 최저 기준농도보다 낮은 농도 범위를 보였음([표 4-4]~[표 4-5], [그림 4-26])

[표 4-4] 충청남도 해양 퇴적물의 연도별 강열감량 및 화학적산소요구량

시기	IL (%)			COD (mg/g)		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
2016년	2.9	3.8	3.4	4.9	7.3	5.8
2017년	3.9	5.0	4.3	7.0	8.1	7.5
2018년	0.8	8.2	4.4	0.4	20.4	8.0
2019년	1.5	6.8	3.9	0.2	21.8	8.1
2020년	1.3	8.9	4.8	0.4	20.3	7.7
2023년	1.5	9.9	5.1	0.4	17.8	8.1

[표 4-5] 부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수

항목	기준농도	평가점수	항목	기준농도	평가점수	항목	기준농도	평가점수
강열감량 (IL)	5미만	0	화학적 산소요구량 (COD)	13미만	0	산취발성 황화물 (AVS)	0.6미만	0
	15미만	3		20미만	1		1미만	1
				30미만	2		5미만	2
				40미만	4		10미만	4
	15이상	6		40이상	6		10이상	6



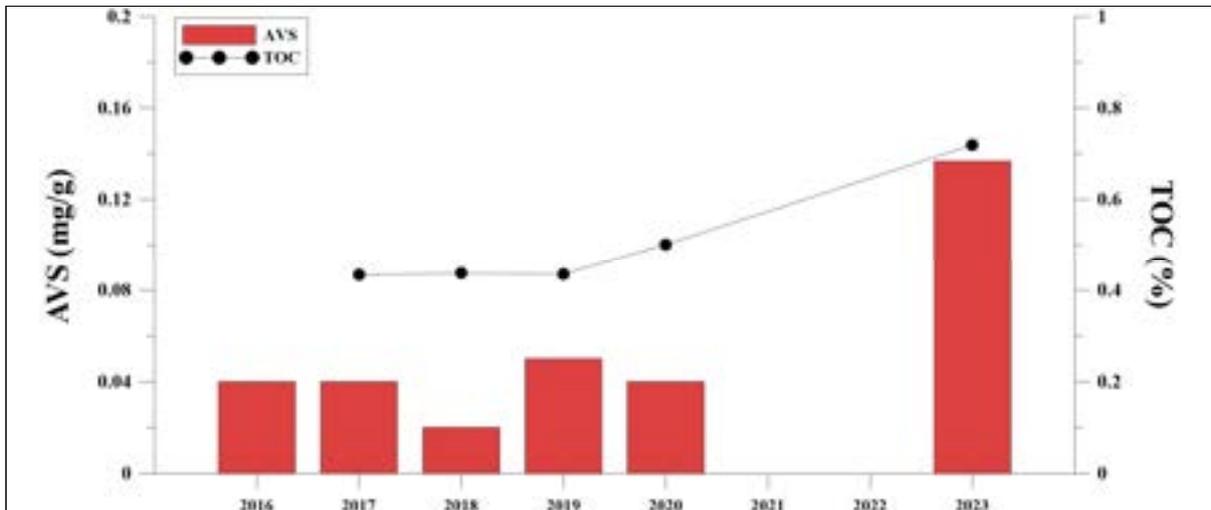
[그림 4-26] 충청남도 해양 퇴적물의 연간 IL 및 COD 변화

### 3) 산취발성황화물(AVS) 및 총유기탄소(TOC)

- 퇴적물 중의 유기물은 분해되는 과정을 거치면서 산소를 소비해 저산소상태에 이르면 황산염 환원세균 증식에 의해 황화가스가 발생됨
- 퇴적물 속 황화수소 함량은 생물에 큰 영향을 미치기 때문에 퇴적물에서의 산취발성황화물(AVS)의 농도는 퇴적물 환경 악화지표 항목으로 이용됨(Lee, 2010)
- 산취발성황화물(AVS)이 0.2mg/g 이상의 농도를 보이면, 유기물의 분해 작용으로 산소가 고갈되고 황화수소가 발생하는 환경임을 지시함(Yokoyama, 2000)
- 2016년부터 2023년까지 AVS의 평균값은 0.05%이었고, 화학적산소요구량의 평균값은 7.5mg/g로 부영양화 관련 평가항목별 최저 기준농도보다 낮은 농도 범위를 보였음([표 4-5]~[표 4-6], [그림 4-27])
- 그러나 대형 하굿둑 인근 해역의 경우, 타 해역 대비 월등히 높게 나오는 정점이 있어 지속적인 조사가 필요한데, 하굿둑 방류에 따라 육상에서 배출된 고농도의 유기물질이 하구역 인근 해역의 표층퇴적물에 장기적으로 영향을 주고 있는 것으로 나타나 근본적인 대책 수립이 필수적임
  - `19년 : 천수만 해역(N16, 0.27mg/g)
  - `23년 : 아산만 해역(N1, 0.26mg/g ; N2, 0.23mg/g), 천수만 해역(N17, 0.29mg/g ; N18, 0.36mg/g), 금강 하구(N23, 0.35mg/g)
- 총유기탄소의 경우, 현재까지 해양퇴적물 내 유기물 관련 평가 기준은 제시되어 있지 않음
- 충남 연안 퇴적물의 총유기탄소량은 평균 1% 미만이며, `17년 이후 증가 추세임

[표 4-6] 충청남도 해양 퇴적물의 연도별 산화발성황화물 및 총유기탄소

시기	AVS (mg/g)			TOC (%)		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
2016년	0.02	0.05	0.04			
2017년	0.03	0.05	0.04	0.0	1.4	0.4
2018년	0.01	0.05	0.02	0.1	1.2	0.4
2019년	0.01	0.27	0.05	0.0	1.1	0.4
2020년	0.01	0.11	0.04	0.1	1.3	0.5
2023년	0.02	0.36	0.14	0.3	1.8	0.7



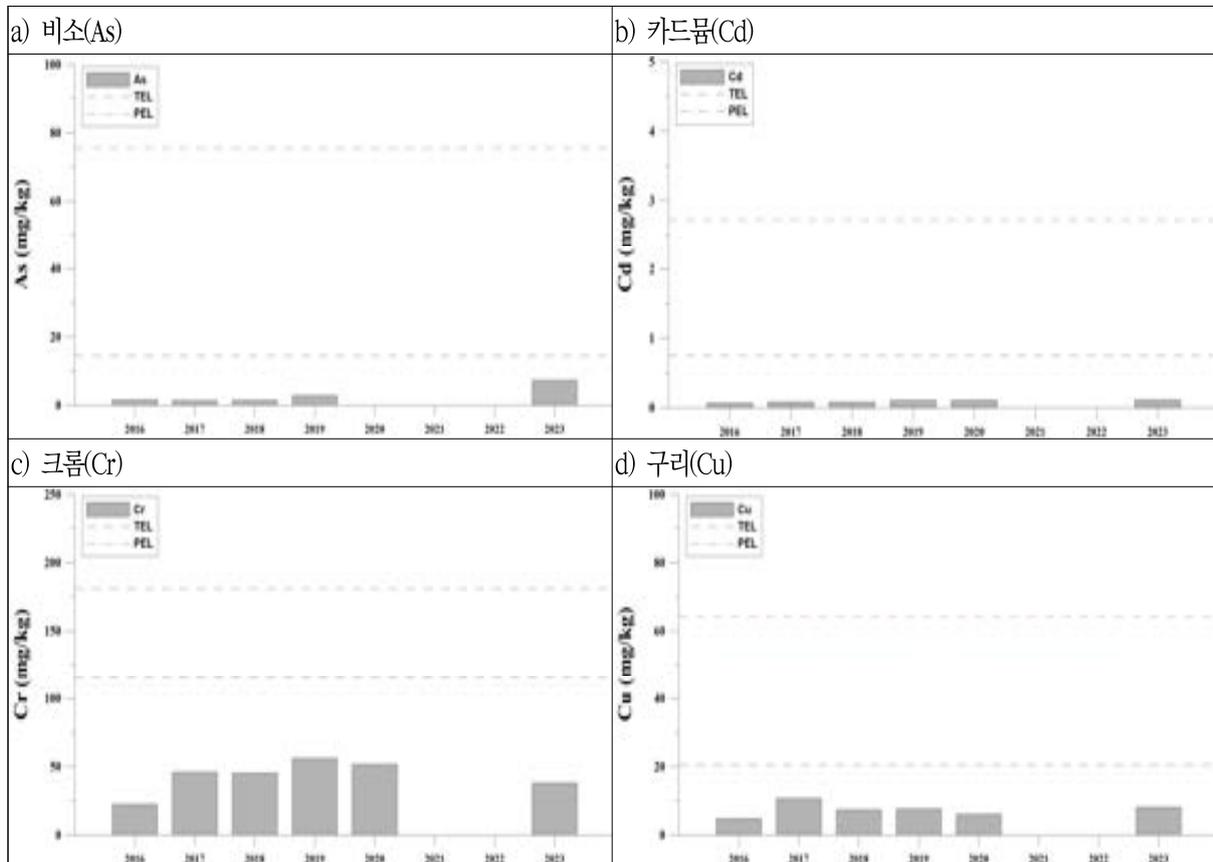
[그림 4-27] 충청남도 해양 퇴적물의 연간 IL 및 COD 변화

#### 4) 미량금속(중금속)

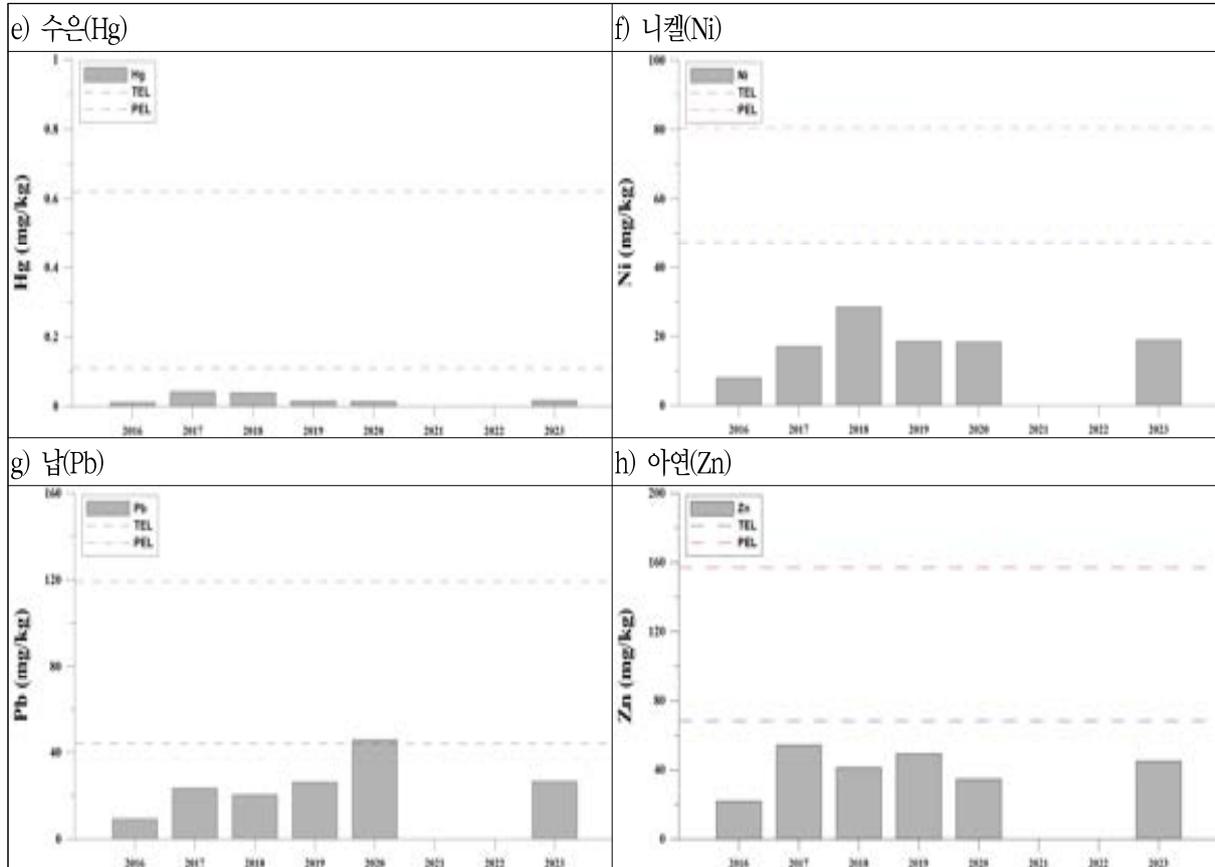
- 해양환경관리법에 해양퇴적물의 관리기준은 [표 2-30]에 제시하였음
- `16년부터 `23년까지 대상 8개 항목의 미량금속(비소, 카드뮴, 크롬, 구리, 수은, 니켈, 납, 아연)을 대상으로 분석한 결과, 주의기준(TEL)과 관리기준(PEL) 미만의 농도값을 보여 미량금속(중금속)에 의한 오염은 없는 것으로 밝혀짐([표 4-7]~[그림 4-28])
- 다만, `20년의 경우, 납의 농도가 주의기준(TEL)을 약간 초과하는 결과를 보여 납에 대한 지속적인 모니터링이 요구되었음

[표 4-7] 충청남도 해양 퇴적물의 연도별 미량금속 농도

시기	비소	카드뮴	크롬	구리	수은	니켈	납	아연
	mg/kg							
2016년	22.6	8.0	4.8	21.8	1.6	0.1	9.2	0.0
2017년	46.0	17.0	10.7	54.3	1.3	0.1	23.4	0.0
2018년	45.3	28.4	7.4	41.2	1.4	0.1	20.4	0.0
2019년	56.0	18.5	7.7	49.3	2.8	0.1	26.2	0.0
2020년	51.8	18.3	6.1	34.6		0.1	45.8	0.0
2023년	38.1	18.9	8.1	45.0	7.3	0.1	26.6	0.0



[그림 4-28] 충청남도 해양 퇴적물의 연간 미량금속 농도 변화



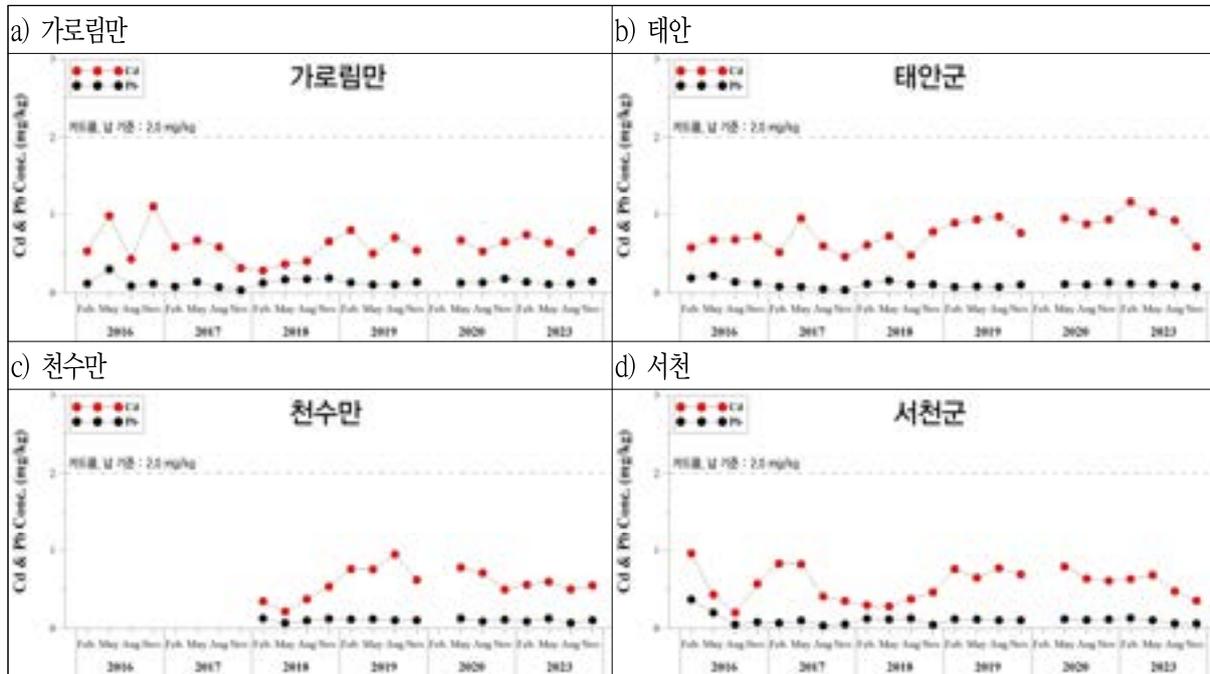
[그림 4-28] 계속

#### 4. 해양생물(굴)

- 2016년부터 2023년까지 굴 체내 미량금속(중금속) 중 카드뮴과 납의 연간 농도 변화를 해양생물 조사지역별로 [표 4-8] 및 [그림 4-29]에 제시하였음
- 가로림만에 서식하고 있는 굴의 경우, 체내 카드뮴 농도는 0.28~1.10mg/kg(평균 0.28mg/kg)의 변동 범위를 보였고, 납 농도는 0.03~0.30mg/kg(평균 0.13mg/kg)의 변동 범위를 보였음
- 태안 연안에 서식하고 있는 굴의 경우, 체내 카드뮴 농도는 0.46~1.16mg/kg(평균 0.77mg/kg)의 변동 범위를 보였고, 납 농도는 0.04~0.22mg/kg(평균 0.11mg/kg)의 변동 범위를 보였음
- 천수만에 서식하고 있는 굴의 경우, 체내 카드뮴 농도는 0.22~0.95mg/kg(평균 0.58mg/kg)의 변동 범위를 보였고, 납 농도는 0.07~0.13mg/kg(평균 0.11mg/kg)의 변동 범위를 보였음
- 서천 연안에 서식하고 있는 굴의 경우, 체내 카드뮴 농도는 0.20~0.96mg/kg(평균 0.57mg/kg)의 변동 범위를 보였고, 납 농도는 0.04~0.37mg/kg(평균 0.11mg/kg)의 변동 범위를 보였음
- 분석 결과, 식품의약품안전처 식품의 기준 및 규격(패류의 중금속 기준치)보다 하회하는 수준을 유지하고 있었으며, 충남 연안에 서식하고 있는 굴은 식품으로서 안전한 수준을 나타내고 있음

[표 4-8] 충청남도 연안 굴 체내 미량금속(카드뮴, 납) 농도

시기	가로림만		태안		천수만		서천	
	카드뮴	납	카드뮴	납	카드뮴	납	카드뮴	납
	mg/kg							
2016년	0.76	0.16	0.66	0.17			0.54	0.18
2017년	0.54	0.08	0.63	0.06			0.60	0.07
2018년	0.43	0.16	0.65	0.12	0.37	0.10	0.35	0.10
2019년	0.43	0.16	0.65	0.12	0.37	0.10	0.35	0.10
2020년	0.61	0.15	0.92	0.12	0.66	0.11	0.68	0.11
2023년	0.67	0.13	0.92	0.10	0.55	0.10	0.53	0.09



[그림 4-29] 충청남도 연안 굴 체내 미량금속(카드뮴, 납)의 연간 농도 변화

## 5. 주요 담수호

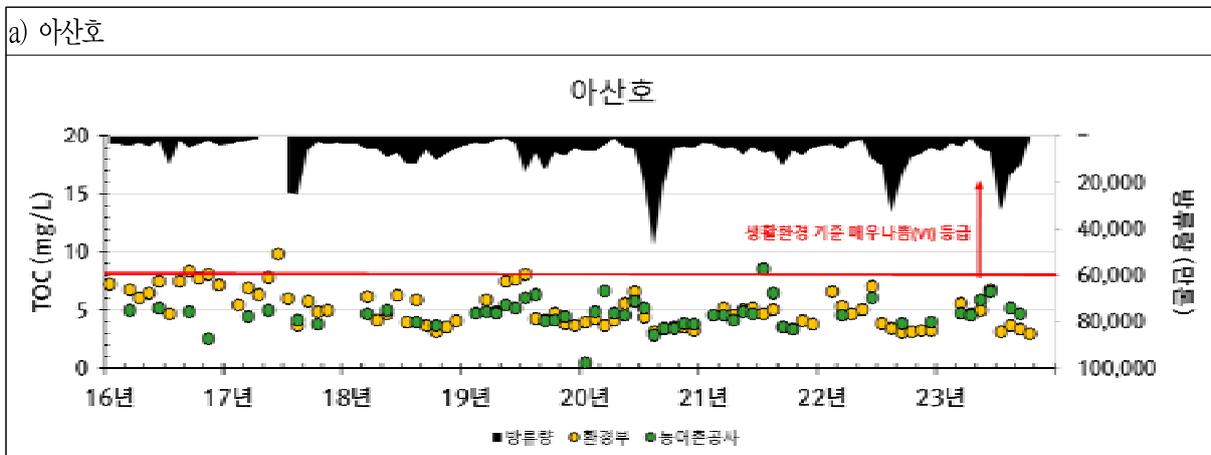
- 충청남도 연안은 금강 권역에 속해 있으며, 하천의 종단부가 공유수면(해역)에 맞닿은 대상 하구·하천은 67개소로 이 중, 경기도/전라북도 관할지역을 제외하면 총 60개소임
- 60개 하구·하천 중 호소(하구호; 담수호)의 경우 총 12개소가 존재하고 있으며 이 중 7개 호소만이 측정망을 통한 관리가 이루어지고 있음[표 4-9]
  - 아산호와 금강은 각각 경기도, 전북과 경계
- 본 연구에서는 아산만, 천수만, 금강 하구에 위치한 주요 담수호들의 연간 담수 방류량 및 총유기탄소(TOC) 농도 변화를 분석하였음
  - 방류량 자료는 각 담수호 관리기관의 협조를 받았음

[표 4-9] 충청남도 주요 담수호 현황

해역	구성 담수호	수질 측정망 여부	비고
아산만	삼교	있음	환경부
	석문호	있음	환경부
당진 연안	대호호	있음	환경부
가로림만	솔감저수지	없음	-
	반계저수지	없음	-
태안 연안	이원방조제	있음	환경부
천수만	부남호	있음	환경부
	간월호	있음	환경부
	홍성호	없음	-
	보령호	없음	-
보령 연안	남포호	없음	-
	부사호	있음	환경부

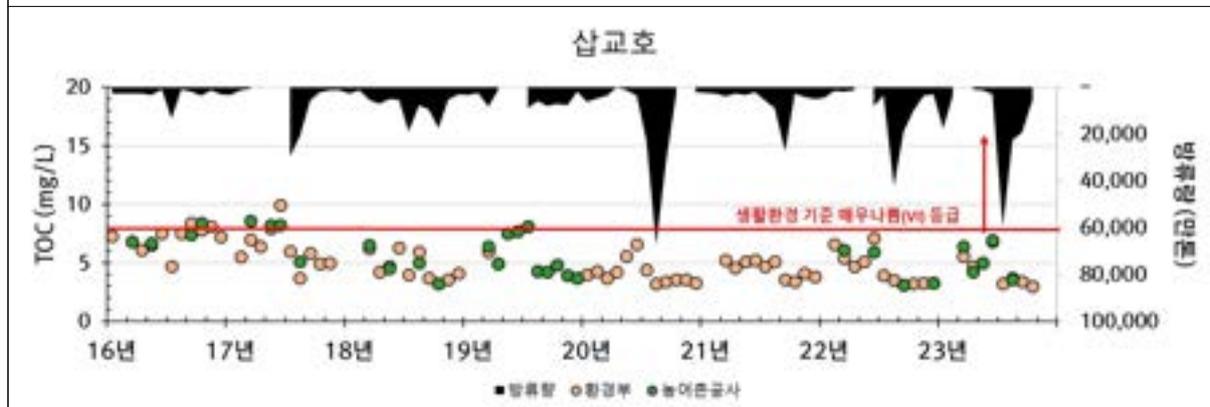
### 1) 아산만

- 아산만은 대형 담수호인 아산호, 삽교호가 있으며 그 외 석문호, 남양호, 화성호 등이 있음
- 이 중 아산호, 삽교호, 석문호, 남양호를 대상으로 '16~'23년까지의 연도별 연간 담수 방류량 및 TOC 농도를 분석하였음(그림 4-30)
- 아산호의 연간 평균 담수 방류량은 90,162만톤으로 총유기탄소 평균 농도는 4.6mg/L였으며 '17년에 최대 8.6mg/L의 농도를 보였으며, 환경부 호소 수질 생활환경기준 8mg/L 농도를 대부분 초과하지 않았음
  - 연간 변동이 크지 않음
- 삽교호의 연간 평균 담수 방류량은 90,400만톤으로 연간 총유기탄소 평균 농도는 5.4mg/L였으며 '17년에 최대 9.9mg/L의 농도를 보였음
  - '17년 이후로 계속 감소하는 추세임
- 석문호의 연간 평균 담수 방류량은 12,339만톤으로 연간 총유기탄소 평균 농도는 7.5mg/L였으며 '20년에 최대 12.9mg/L의 농도를 보였으며, 생활환경기준 8mg/L 농도를 초과하는 빈도가 잦음
  - 연간 변동은 크지 않음
- 남양호의 연간 평균 담수 방류량은 11,712만톤으로 연간 총유기탄소 평균 농도는 7.3mg/L였으며 '21년에 최대 14.3mg/L의 농도를 보였으며, 생활환경기준 8mg/L 농도를 초과하는 빈도가 잦음
  - '16~'17년의 경우, 대부분 8mg/L 농도를 초과하였으나 이후로 계속 감소하고 있음
  - 남양호는 경기 관할 담수호로 수질관리 필요함

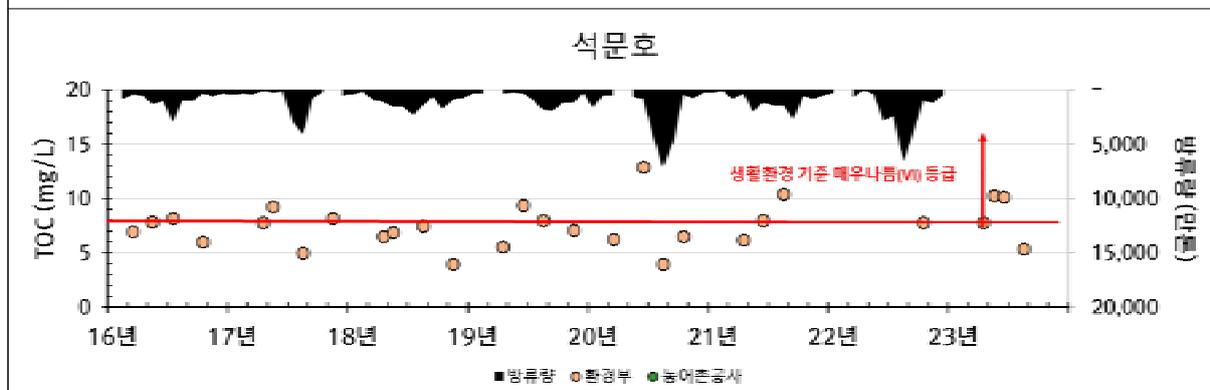


[그림 4-30] 아산만 주요 담수호의 연간 담수 방류량 및 총유기탄소 농도

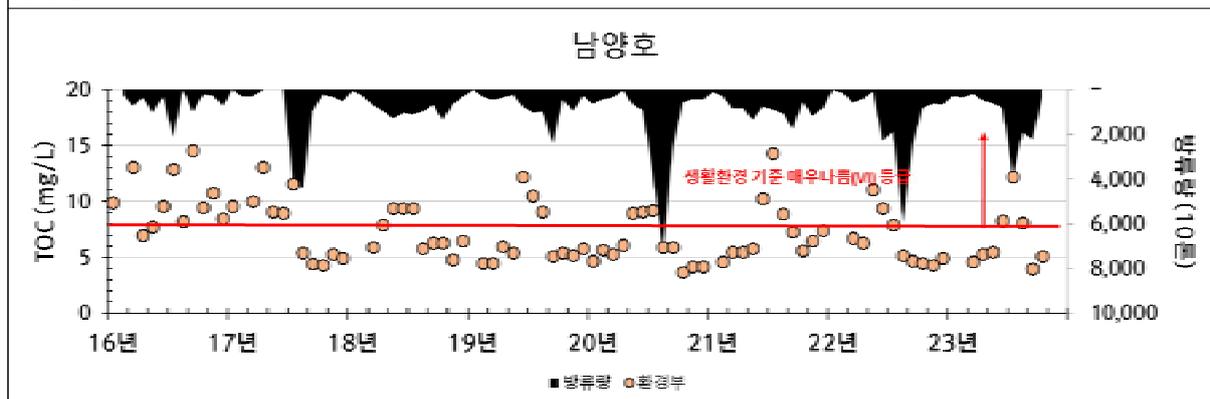
b) 삼교호



c) 석문호



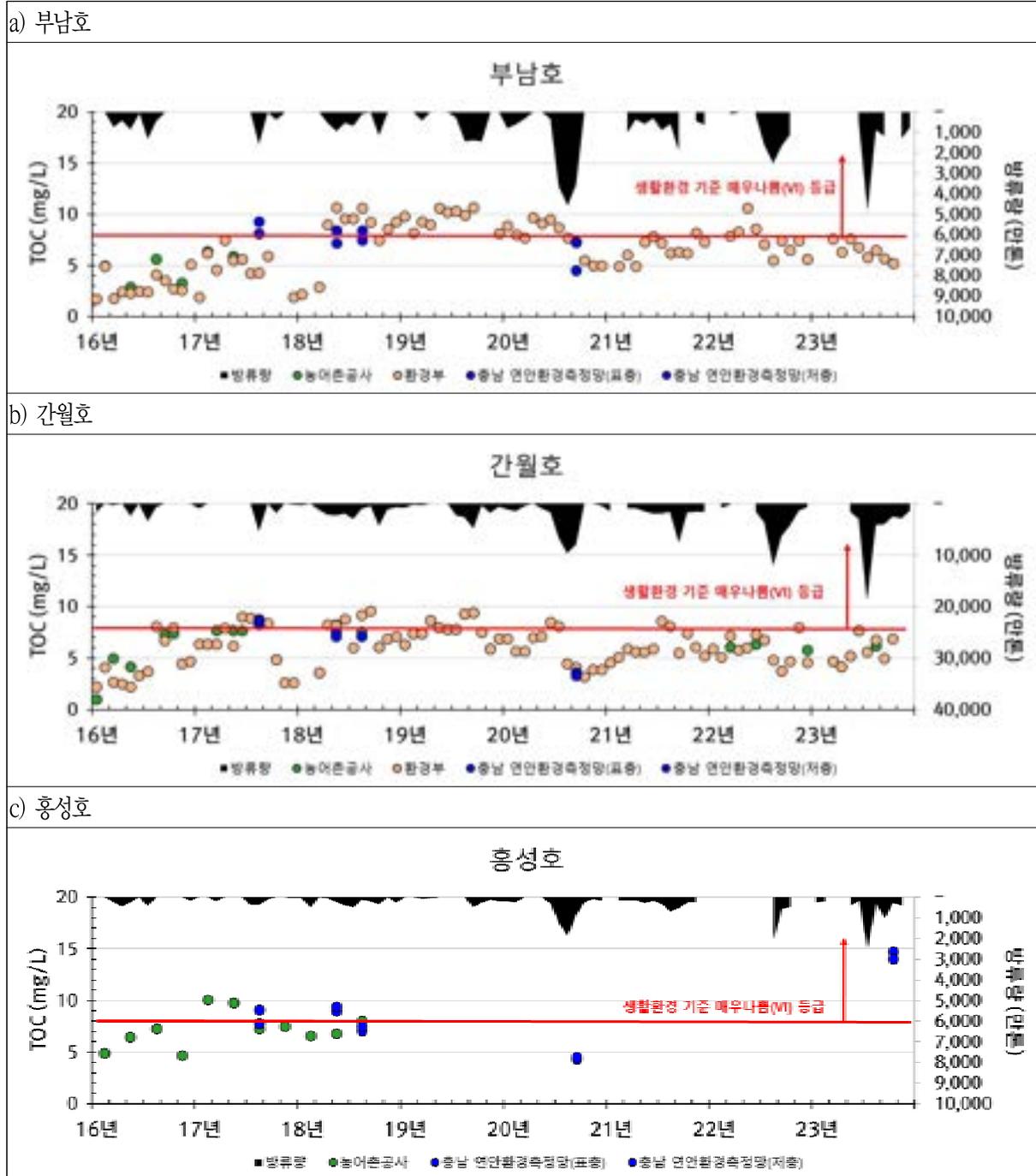
d) 남양호



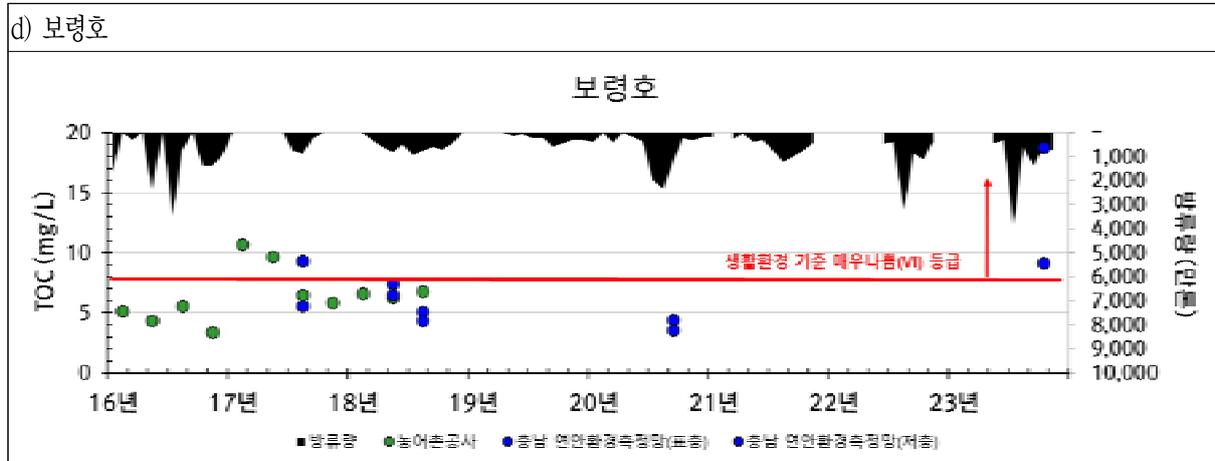
[그림 4-30] 계속

## 2) 천수만

- 천수만은 대형 담수호인 부남호, 간월호가 있으며 그 외 홍성호, 보령호가 있음
- 4개 담수호를 대상으로 '16~'23년까지의 연도별 연간 담수 방류량 및 TOC 농도를 분석하였음 [그림 4-31]
- 부남호의 연간 평균 담수 방류량은 6,650만톤으로 총유기탄소 평균 농도는 6.6mg/L였으며 '18년에 최대 10.7mg/L의 농도를 보였으며, '18~'20년에 환경부 호소 수질 생활환경기준 8mg/L 농도를 대부분 초과하였음
  - '16년부터 '20년까지 증가 추세였으며 이후 감소하는 경향을 보임
- 간월호의 연간 평균 담수 방류량은 21,820만톤으로 연간 총유기탄소 평균 농도는 6.3mg/L였으며 '18년에 최대 9.6mg/L의 농도를 보였음
  - 부남호와 유사하게 '16년부터 '20년까지 증가 추세였으며 이후 감소하는 경향을 보임
- 홍성호의 연간 평균 담수 방류량은 3,086만톤으로 연간 총유기탄소 평균 농도는 8.0mg/L였으며 '23년에 최대 15.2mg/L의 농도를 보였음
  - '17~'18년에 생활환경기준 8mg/L 농도에 근접하는 수치 빈도가 잦았으나, '23년에 최대 농도값을 보임
- 보령호의 연간 평균 담수 방류량은 6,451만톤으로 연간 총유기탄소 평균 농도는 6.9mg/L였으며 '23년에 최대 29.0mg/L의 농도를 보였으며, 생활환경기준 8mg/L 농도를 초과하는 빈도가 잦음
  - '17~'18년에 생활환경기준 8mg/L 농도에 근접하는 수치 빈도가 잦았으나, '23년에 최대 농도값을 보임
- 홍성호와 보령호는 TOC 농도가 10mg/L를 초과한다는 점에서 정기적인 수질측정망 운영 및 수질 관리가 시급함



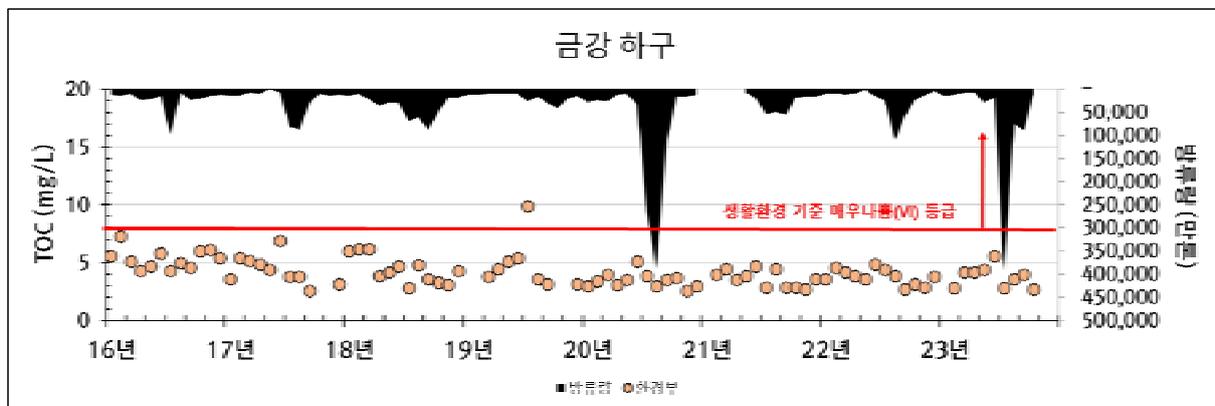
[그림 4-31] 천수만 주요 담수호의 연간 담수 방류량 및 총유기탄소 농도



[그림 4-31] 계속

### 3) 금강 하구

- 금강 하구는 충남 서천군과 전북 군산시가 접해 있는 해역으로 우리나라 4대강 중 하나인 금강 본류가 유입됨
- 금강 본류를 대상으로 '16~'23년까지의 연도별 연간 담수 방류량 및 TOC 농도를 분석하였음 [그림 4-32]
- 금강으로부터 유입되는 담수는 연간 평균 428,620만톤으로 총유기탄소 평균 농도는 4.2mg/L였으며 '19년에 최대 9.9mg/L의 농도를 보였음
  - 호소 수질 생활환경기준 8mg/L 농도를 대부분 초과하지 않고 있으며, 총유기탄소 농도가 감소하는 추세임



[그림 4-32] 금강의 연간 담수 방류량 및 총유기탄소 농도

## 6. 결과 요약

### 1) 해양

#### (1) 수질

- 충남 연안의 수질은 과거 II등급(좋음)이었으나 2020년 이후 III등급(보통)으로 상향됨
- 수질 악화의 주된 요인은 엽록소 a 농도와 투명도임
  - 해당 원인은 아산만, 천수만, 금강 하구로부터 유입되는 육상의 부영양화된 담수가 유입되기 때문
- 화력발전소 주변 해역의 수질은 과거 평균 II등급(좋음)이었으나 2020년 이후 III등급(보통)으로 나빠짐

#### (2) 퇴적물

- 충남 연안의 퇴적 환경은 세립한 환경으로 변하고 있음
  - 땀 함량 : `16년(32.0%) → `23년(43.2%)
- 퇴적물 내 유기물로 인한 부영양화가 점차 진행되고 있음
  - 강열감량 : `16년(3.4%) → `23년(5.1%)
  - 화학적산소요구량 : `16년(5.8mg/g) → `23년(8.1mg/g)
  - 산취발성황화물 : `16년(0.04mg/g) → `23년(0.14mg/g)
- 퇴적물 내 중금속(미량금속)에 의한 오염도는 없었음

#### (3) 해양생물(굴)

- 충남 연안에 서식하고 있는 굴은 중금속(미량금속)에 의한 오염 없이 안전함

### 2) 주요 담수호

- 아산만, 천수만, 금강 하구에 위치한 주요 담수호의 수질을 분석함
  - 아산만 : 아산호, 삼교호, 석문호, 남양호
  - 천수만 : 부남호, 간월호, 홍성호, 보령호
  - 금강 하구 : 금강
- 홍성호와 보령호에 대한 수질 관리 및 수질측정망 운영 필요
  - 홍성호(`23년 TOC 14.8mg/L), 보령호(`23년 TOC 18.8mg/L)



# 제5장

## 결론 및 차년도 운영방안

1. 결 론 및 요약
2. 차 년 도 운 영 방 안
3. 활 용 계 획



## 제 5 장 결론 및 차년도 운영방안

### 1. 결론 및 요약

#### 1) 해양

##### (1) 수질

- 충청남도 연안의 수질은 Ⅲ등급(보통) 수준으로 나타남
  - 아산만 Ⅲ등급(보통), 대산 연안 Ⅲ등급(보통), 가로림만 Ⅱ등급(좋음), 태안 연안 Ⅱ등급(좋음), 천수만 Ⅲ등급(보통), 보령 연안 Ⅲ등급(보통), 금강 하구 Ⅳ등급(나쁨)
- 아산만과 금강 하구는 수질 관리 대상 후보군에 해당됨
- 충남 연안 해수의 중금속(미량금속) 농도는 해양생태계 보호 기준보다 양호한 수준임
- 최근 충남 연안의 수질은 악화되고 있음
  - '16년(Ⅱ등급, 좋음) → '23년(Ⅲ등급, 보통)
- 수질이 악화된 원인은 담수 유입으로 인한 식물플랑크톤(엽록소 a)일 일시적인 대증식과 나빠진 투명도 때문임(지속여부는 모니터링 필요)
  - '23년 기준, 엽록소 a 농도는 동계(6.4 $\mu\text{g/L}$ ), 춘계(2.5 $\mu\text{g/L}$ ), 하계(3.6 $\mu\text{g/L}$ ), 추계(2.7 $\mu\text{g/L}$ )로 연간 2.2 $\mu\text{g/L}$  이상의 높은 농도를 보이고 있음 (서해중부 기준 : 2.2 $\mu\text{g/L}$ )
  - '23년 기준, 투명도는 아산만 1.5m, 천수만 2.3m, 금강 하구 0.7m로 특히, 아산만과 금강 하구는 연중 1m 내외의 낮은 투명도를 유지함 (서해중부 기준 : 1.0m)
- 화력발전소 주변 해역의 수질은 Ⅲ등급(보통) 수준이며, 중금속 오염도 없음

##### (2) 저질

- 아산만, 천수만, 금강 하구 해역이 상대적으로 세립한 퇴적물로 구성되어 있으며 유기물 함량이 나머지 해역보다 많았음
- 충청남도 연안 퇴적물 내 중금속(미량금속) 농도를 분석한 결과, 대부분 해역에서 주의기준과 관리기준 이하로 양호한 상태였음
  - 대부분 비오염된 상태였지만, 천수만, 아산만, 금강 하구 해역은 약간 오염 상태를 보였음
  - 미량금속 중 카드뮴과 비소 주의 관찰

- 충남 연안의 퇴적 환경은 점체 세립화되고 있으며 부영양화가 진행되고 있음
  - 빨 함량 : `16년(32.0%) → `23년(43.2%), 11.2% 증가
  - 강열감량 : `16년(3.4%) → `23년(5.1%), 1.7% 증가
  - 화학적산소요구량 : `16년(5.8mg/g) → `23년(8.1mg/g), 2.3mg/g 증가
  - 산화발성황화물 : `16년(0.04mg/g) → `23년(0.14mg/g), 0.1mg/g 증가

### (3) 해양생물(굴)

- 굴 체내 미량금속(중금속) 농도를 분석한 결과, 모두 국내·외 식품 기준치 이하의 농도를 보여 안전한 것으로 파악됨
  - 식품의약품안전처 식품의 기준 및 규격(패류의 중금속 기준치) : 카드뮴(2.0mg/kg), 납(2.0mg/kg)

## 2) 담수호

### (1) 수질

- 홍성호, 보령호, 부사호, 솔감저수지의 수질을 조사한 결과, 4개의 담수호 모두 VI등급(매우 나쁨 등급)에 해당됨
- 보령호는 방조제 수문 인접 지점에서 18.1psu라는 고염분의 저층수괴가 존재하고 있었으며 해당 수층은 1.9mg/L의 빈산소 환경이었음
- 보령호는 모든 유기물 관련 항목에서 매우 높은 수치가 측정되고 있어 수질관리가 매우 시급함
  - 화학적산소요구량 : 25.6mg/L, 총유기탄소 : 29.0mg/L
  - 총질소 : 11,160.0 $\mu$ g/L, 총인 : 3,009.0 $\mu$ g/L
  - 용존무기질소 : 7,459.5 $\mu$ g/L (암모니아 질소 비율 : 100%)
  - 용존무기인 : 1,896.7 $\mu$ g/L
- 4개 담수호는 중금속 오염은 없음

### (2) 저질

- 담수호의 퇴적물 유기물 오염도 평가 결과는 다음과 같음
  - 홍성호(최대 II등급), 보령호(최대 IV등급), 부사호(최대 I등급), 솔감저수지(최대 II등급)
- 담수호의 퇴적물 중금속 오염은 없음

## 2. 차년도 운영방안

### 1) 연안환경측정망 2단계('23~'27년) 사업 지속 추진

- 현재의 연안환경측정망 정기 모니터링 운영에 큰 지장이 없는 것으로 판단됨
- 폭염, 집중호우, 엘니뇨·라니냐 등 기후변화로 인한 이상 기상현상이 자주 관측되고 있으며 수온의 상승, 염분의 감소 등 해양환경도 지속적으로 변화하고 있음
  - 충남 연안의 수질등급 변화 : '16년(Ⅱ등급, 좋음) → '23년(Ⅲ등급, 보통)
- 충청남도 지속가능발전지표(SDGs) 2030의 전략 14-1과 관련, 해양수질지수 I~Ⅱ등급 비율을 2030년까지 90% 이상 달성목표가 제시되어 있으나, 해양환경은 육상기인 오염원 관리 이외에도 다양하고 복잡한 대기-해양간의 상호작용에 의한 변동성이 큰 만큼 WQI 수질지수 외에 다양한 지표를 기반으로 관리 및 모니터링을 지속할 필요가 있음
  - 충청남도 연안 수질 I~Ⅱ등급 비율 감소 추세 : '16년(78.3%) → '23년(65.6%)
  - 수질 악화의 원인을 지속적으로 진단하고 관리할 필요성 있음
  - 현재의 관리지표인 'WQI 2등급 이상 비율'의 적정성을 검토하여 타 관리지표로 변경 등을 검토 제안
- 따라서 중·장기적인 관점에서 자료의 구축 및 연속성을 위해 현 연안환경측정망 정기 조사 수행 및 정점을 유지하며, 정기조사와 함께 해양환경오염 이슈에 대응하는 특별 조사를 병행하는 것이 타당함
  - 4계절 조사, 30개 정점 유지

### 2) 지속적인 특별조사 기획 실시

- 도내 주요 담수호의 수질 및 저질 환경조사 기획 및 실시
  - 해수소통형 연안담수호 갯벌생태 복원사업과 연계하되, 구역(아산만 권역 등)별로 조사 실시
- 담수호 조사 결과를 근거로 관리주체(한국농어촌공사, 현대건설) 및 인접 지자체(경기도, 전라북도)와의 오염 저감 방안에 대한 업무 협력 관계 구축 및 논의
- 중·소규모 연안 담수호를 중심으로 농업용수로서의 활용도가 낮으며, 하구호의 오염도가 가중되고 있는 곳을 중심으로 연안 담수호 해수유통 필요성을 지속적으로 모니터링 필요

### 3. 활용 계획

#### 1) 해수소통형 갯벌생태복원사업 추진 지원

- 해양수산부 주관 해수소통형 연안 담수호 갯벌생태 복원사업 추진과 관련, '24년에 사업대상지 선정 지원을 위한 충남도의 기본계획을 수립할 예정임
- 이와 관련, 충남 해역에 대한 해양환경 기초자료를 제공하여, DB에 기반한 갯벌생태복원 기본계획 수립을 지원 가능
- 도내 닫힌 소규모 담수호의 수질 및 저질조사를 통한 해수유통 대상지 선정 지원

#### 2) 「충청남도 연안하구·담수호 모니터링 연구사업」 계획 수립 추진

- 담수호의 오염된 물은 해양으로 유입되어 해양환경을 크게 악화시킴
- 이처럼 도내 방치된 담수호 및 주요 담수호의 수질 및 저질 환경을 정기적으로 모니터링 함으로써 이를 파악하고 해양으로 유입되는 담수의 수질 개선이 필요
- 그러나, 과업의 규모가 크기 때문에 별도의 용역계획 수립 또는 연구비 증액 필요
- 부남호 해수소통 사업 외, 해수소통형 갯벌복원 사업의 지속적인 추진과 연계
- 충남도 내 7개소 이상 복원대상지 발굴(7개 연안지자체 별 1개소 이상) 추진 지원

#### 3) 담수호 방류 영향 최소화 방안 수립 지원

- 부사호, 도비도 습지 등 소규모 담수호 복원 후보지에 대한 사업 필요성 및 기본계획 수립에 지원
- 농업용 저수지로서의 활용성을 유지하면서, 일부 공간의 해수유통 추진 가능성 타진

#### 4) 아산만 수질 및 생태환경 개선을 위한 경기도와 협력 연구 지원

- 삽교호, 아산호를 포함한 담수호 조사계획 수립 검토 필요
- 충남도 역점사업인 아산만 베이벨리 메가시티 구상 사업의 해양환경 보전 DB 기반 구축

## 5) 일본 원전오염수 방류 시나리오에 따른 道 대응계획 및 감시망 구축

- 해양오염 이슈 관련, 해양환경 모니터링 DB 지속 생산 및 구축(필요시)
- 한국원자력연구원과 협의, 해양방사능 시료 분석 실시
- 대응 TF 구성 및 모니터링 지원, 단계별 대응방안 구축



# 참고문헌





## 참고문헌

- 국토해양부, 2007. 해양생태계 기본조사 -35.5° 곰소만 입구~37° 아산만-
- 김지희, 임치원, 김평중, 박정흠, 2003. 우리나라 남해안산 패류의 미량금속 함량. J.Fd Hyg. Safety. 18(3), 125-132.
- 목종수, 이가정, 심길보, 이태식, 송기철, 김지희, 2010. 한국 연안산 해산 무척추동물의 미량금속 함량. J Korean Soc Food Sci Nutr. 39(6), 894-901.
- 박미옥, 이용우, 안정보, 김성수, 이석모, 2017, 2015년 한국 연안 수온과 염분의 시공간적 분포 특성, 한국해양환경·에너지학회지 Vol20, No4, 226-239.
- 박준건, 김은수, 조성록, 김경태, 박용철, 2003. 시화호 수질의 연변화 양상에 대한 연구, Ocean and Polar Research, 25(4): 459-468.
- 식품의약품안전처, 2015, 식품의 기준 및 규격
- 윤성진, 박경수, 2011. 부유물질증가에 따른 저서성 해양생물의 독성평가에 관한 연구, 한국환경과학회지, 20(11): 1383-1394.
- 이광우, 양한섭, 1999, 화학해양학. 청문각.
- 이상우, 박철, 이두별, 이재광, 2014. 천수만 해역에서 장마기 담수 방류가 플랑크톤에 미치는 영향. 바다: 한국해양학회지, 19(1): 41-52.
- 이수형. 1994. 이매패류를 지표종으로 이용한 해양환경오염연구. 한국패류학회지 10: 24-40.
- 이재광, 박철, 이두별, 이상우, 2012. 반폐쇄적인 천수만 해역의 플랑크톤 군집 변화. 바다: 한국해양학회지, 17(2): 95-111.
- 이인숙, 김은정. 2000. 진해만의 퇴적물, 해수 및 참굴 내의 미량금속 분포. Korean J. Ecol. 23(1), 59-64.
- 정용훈, 조민균, 이동기, 두선민, 최현수, 양재삼. 2016, 담수유입으로 인한 아산만 해양수질의 계절적인 변동. 해양환경안전학회지. v22 no 5, 454-467.
- 조상만, 김영환, 정우건. 2009. 통영연안 해역의 양식 참굴의 미량금속 농축에 관한 연구. 한국패류학회지. v23 no.1 pp.59-64.
- 조현서, 박청길, 변종률. 1998. 온산연안 해역의 미량금속 오염에 관한 연구. 수질보전학회지 4: 31-40.
- 최희구, 박주석, 이필용. 1992. 한국연안 진주담치와 굴의 미량금속 농도에 관한 연구. 한국수산학회지. v25 no.6 pp.485-494.

- 하강자, 송주영, 하대식. 2004. 경상남도 연안지역 어패류 중의 미량금속 함량에 관한 연구, J.Fe Hyg. Safety 19(3), 132-139.
- 한수정, 이인숙. 2000. 생물지표종을 이용한 온산만의 미량금속 오염도 평가. 한국생태학회지 23(1) : 51~57.
- 한국해양연구소, 1982. 생태계 내에 있어서 오염물질의 이동체계에 대한 연구. BSPE 00032-60-40. p77.
- 해양수산부, 2013. 해양환경공정시험기준
- 해양수산부, 2018. “해양환경관리법” 제 8조에 따른 해양환경기준 : 해양수산부고시 제 2018-10호
- 한국농어촌공사, 2020. <https://ekr.or.kr>
- Birth G. 2003. A scheme for assessing human impacts on coastal aquatic environments using sediments. In: Proceedings of Coastal GIS 2003. Woodcoffe CD and Fumess RA, eds. Wollongong University Papers in Center for Maritime Policy, New South Wales, Australia, 14.
- Brown C and Luoma SN . 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.
- Bruland, K. W., 1983. Trace elements in seawater. In: Chemical Oceanography. edited by Riley, J. P. and R. Chester, Academic Press, New York, 8: 157-220.
- Chen CW, Kao CM, Chen CF and Dong CD. 2007. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. Chemosphere 66, 1431-1440.
- Cho, H.C. and Y.G. Cho, 2015. Heavy Metals in Surface Sediments from Doam Bay, Southwestern Coast of Korea. J. Korean Soc. Oceanogr, 20: 159-168.
- 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.
- Forstner, U. 1981. Metal concentrations in river, lake and ocean water. In: Metal pollution (Forstner, U. and Wittmann, G. T. W.) : 71-109.
- Greaves, C., Schwartz, H., 1952, The chemical utilization of wood. Department of Resource

- Development, Forest Branch, Ottawa, 28.
- Holligan, P. M., Harris, R. P., Newell, R. C., Harbour, D. S., Head, R. N., Linley E. A. S., Lucas, M. I., Tranter, P. R. G., Weekley, C. M., 1984, Vertical distribution and partitioning of organic carbon in mixed, frontal and stratified waters of the English Channel. *Mar. Ecol*, 14(2), 111-127.
- 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.
- Hwang, G.C., Kim, S.J., Song, K.C., Wi, C.H. and Park, J.H. 1985. Heavy metal concentration in oyster, *Crassostrea gigas*, and blue mussel, *Mytilus edulis*, in Hansan-Koje Bay. *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency* 48: 205-215.
- Kim, S.K. 1997. A Study on the heavy metals contents of shellfish in western coast of Korea. *Journal of Natural Sciences of Soonchunhyang University* 3:353-364.
- Kim, S., Zhang, C.I., Kim, J.Y., Oh, J.H., Kang, S. and Lee, J.B., 2007, "Climate variability and its effects on major fisheries in Korea", *Ocean Sci. J.*, Vol. 42, 179-192.
- Lee, S. H., Fuhrman, J. A., 1987, Relationship between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton, *Appl. Environ. Microbiol*, 53, 1298 -1303.
- Lee, M.Y., 2010, Characteristics of organic matters and trace metal distribution in the surface sediments of Gwangyang bay, Korea, Graduate school of Education Pukyong National University.
- Lim D, Choi JY, Shin HH, Rho KC and Jung HS. 2013. Multi element geochemistry of offshore sediments in the southeastern Yellow Sea and implications for sediment origin and dispersal. *Quat Internat* 298, 196-206.
- Martin, J.M. and Whitefield, M., 1983. The significance of river input of chemical element to the Ocean In: Wong C.S., Boyle, E., Bruland, K.W. (eds.). *Trace metals in sea water*. Plenum, New York, pp. 265-296.
- Martin, J.M. and H.L. Windom, 1991. Present and future roles of ocean margins in regulating

- marine biogeochemical cycles of trace elements: In *Ocean Marine Processes in Global Change*. Edited by Mantoura, R.F.C., J.M. Martin and R. Wollast, John Wiley and Sons, 165-180p.
- Millero, F.J. and M.L. Sohn, 1992. *Chemical Oceanography*. CRC Press, 227-366.
- Müller G. 1979. Schwermetalle in den sediments des Rheins-Veränderungen seit 1971. *Umschau* 79: 778-783.
- Phillips DJH and Rainbow PS. 1989. Strategies of trace metal sequestration in aquatic organisms. *Mar. Environ. Res.* 28: 207-210.
- Phillips DJH and Segar DA. 1986. Use of bioindicators in monitoring conservative contaminants: programme design imparatives. *Mar. Pollut. Bull.* 17:10.
- Rainbow PS, DJH Phillips and MH Depledge. 1990. The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. *Mar. Pollut. Bull.* 21: 321-324.
- Stein, R., 1991, *Accumulation of Organic Carbon in Marine Sediments*. Springer Verlag, Berlin, 1-217.
- Soto, J. and Paez, O. 2001. Distribution and normalization of heavy metal concentrations in mangrove and aagoonal sediments from Mazatlan Harbor (SE Gulf of California). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 53: 259-274.
- 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.
- Woo, J.S., H.J. Lee, J.K. Park, K.K. Park, D.J. Cho, D.J. Jang, S.J. Park, M.S. Choi, and J.K. Yoo. 2019. Background concentration and contamination assessment of heavy metals in Korean coastal sediments. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, Vol. 24, 64-78.
- 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.
- Zhang J and Liu CL. 2002. Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China-weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes. *Estuar Coast Shelf Sci* 54, 1051-1070.

# 부록

1. 충청남도 내 호소 조사 현황
2. 환경부 수질 및 수생태계(호소) 생활환경 기준
3. 하천·호소 퇴적물 오염평가 기준
4. 해양환경 기준
5. 해양오염퇴적물 조사 및 정화복원 규정
6. 충청남도 지속가능발전목표 2030 내 관련 지표



## 부록 1 충청남도 내 호소 조사 현황

### □ 충청남도 호소조사 현황

조사기관	일반측정망 (호소)	총량측정망 (일반병행)	퇴적물측정망 (호소)	방사성측정망 (호소)	생물측정망 (호소)
금강유역환경청	20	-	-	-	13
금강물환경연구소	1	58 (17)	32	3	-
시·도	-	-	-	-	25
한국수자원공사	-	-	-	-	-
한국농어촌공사	수질에 한해 분기별 1회 실시				

### □ 충청남도 호소조사 항목

#### ① 수질(일반)측정망

측정소명	조사기관	조사기간	조사항목	
			일반항목	미량금속 및 유해화학물질
부남호	금강유역환경청	월 1회	수온, pH, DO, BOD, COD, SS, TN, TP, TOC, 페놀, 전기전도도, 총대장균군수, 분원성대장균군수, 용존총질소, 용존총인, Chl-a, 투명도, NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>-P</sup>	Cd, CN, Cr+6, Pb, As, Hg, 음이온계면활성제, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 사염화탄소, 디클로로메탄, 벤젠, 폴리크로리네이티드비페닐 안티몬, 클로로포름, 다이옥세인
간월호				
대호				
금강하구언				
삽교호				
예당지				
탑정지	한국수자원공사	월 1회	수온, pH, 전기전도도, DO, BOD COD, SS, TN, TP, TOC, 유량	-
보령댐				

#### ② 총량측정망

측정소명	조사기관	조사기간	조사항목	
			일반항목	미량금속 및 유해화학물질
금본	금강물환경연구소	주 1회	수온, pH, 전기전도도, DO, BOD COD, SS, TN, TP, TOC, 유량	-
갈산천				
논산				
미호				
석성천				
유등				

3] 퇴적물측정망

측정소명	조사기관	조사기간	조사항목	
			일반항목	미량금속 및 유해화학물질
보령댐	금강물환경연구소	2015년도 2회 (상·하반기)	수온(표·저), pH(표·저), 전기전도도(표·저), DO(표·저), 투명도, 입도, 완전연소가능량, COD, TOC, TN, TP, SRP	Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, As, Cd, Hg, Al, Li, Chlorobiphenyl, Dichlorobiphenyl, Trichlorobiphenyl, Tetrachlorobiphenyl, Pentachlorobiphenyl, Hexachlorobiphenyl, Heptachlorobiphenyl, Octachlorobiphenyl, Nonachlorobiphenyl, Decachlorobiphenyl, TotalPCBs, TotalPAHs, Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo[a]anthracene, Chrysene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene, Dibenzo[a,h]anthracene, Benzo[g,h,i]perylene, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT, p,p'-DD, TotalDDTs
예당지				
탑정지				

4] 방사성측정망

측정소명	조사기관	조사기간	조사항목
보령댐	금강물환경연구소	2017년 1회 (3월)	Cs-134, Cs-137, I-131

## 부록 2

## 환경부 수질 및 수생태계(호소) 생활환경 기준

[환경정책기본법 시행령 [별표 1] <개정 2022.12.6.>]

등급	상태 (캐릭터)	기 준									대장균군 (군수/100mL)	
		수소이온 농도 (pH)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	총유기 탄소량 (TOC) (mg/L)	부유 물질량 (SS) (mg/L)	용존 산소량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	클로 로필-a (Chl-a) (mg/m <sup>3</sup> )	총 대장균군	분원성 대장균군	
매우 좋음	Ia 	6.5~8.5	2 이하	2 이하	1 이하	7.5 이상	0.01 이하	0.2 이하	5 이하	50 이하	10 이하	
좋음	Ib 	6.5~8.5	3 이하	3 이하	5 이하	5.0 이상	0.02 이하	0.3 이하	9 이하	500 이하	100 이하	
약간 좋음	II 	6.5~8.5	4 이하	4 이하	5 이하	5.0 이상	0.03 이하	0.4 이하	14 이하	1,000 이하	200 이하	
보통	III 	6.5~8.5	5 이하	5 이하	15 이하	5.0 이상	0.05 이하	0.6 이하	20 이하	5,000 이하	1,000 이하	
약간 나쁨	IV 	6.0~8.5	8 이하	6 이하	15 이하	2.0 이상	0.10 이하	1.0 이하	35 이하			
나쁨	V 	6.0~8.5	10 이하	8 이하	쓰레기 등이 떠 있지 않을 것	2.0 이상	0.15 이하	1.5 이하	70 이하			
매우 나쁨	VI 		10 초과	8 초과		2.0 미만	0.15 초과	1.5 초과	70 초과			

## 비고

1. 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7 미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 않으며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 않는다.
2. 등급별 수질 및 수생태계 상태는 가목2) 비고 제1호와 같다.
3. 상태(캐릭터) 도안 모형 및 도안 요령은 가목2) 비고 제2호와 같다.
4. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

## 부록 3 하천·호소 퇴적물 오염평가 기준(환경부, 2022.7)

### 1 호소 퇴적물 항목별 오염평가 기준

(국립환경과학원예규 제830호[별표 2] <개정 2022.7.1.>)

항 목		등 급			
		I	II	III	IV
유기물 및 영양염류	완전연소가능량(%)	8 이하	13 이하	15 이하	15 초과
	총유기탄소(%)	2.0 이하	4.0 이하	5.5 이하	5.5 초과
	총질소(mg/kg)	2,500 이하	4,600 이하	6,000 이하	6,000 초과
	총인(mg/kg)	800 이하	1,500 이하	1,900 이하	1,900 초과
금속류	구리(mg/kg)	60 이하	228 이하	1,890 이하	1,890 초과
	납(mg/kg)	65 이하	154 이하	459 이하	459 초과
	니켈(mg/kg)	53 이하	87.5 이하	330 이하	330 초과
	비소(mg/kg)	29 이하	44.7 이하	92.1 이하	92.1 초과
	수은(mg/kg)	0.1 이하	0.67 이하	2.14 이하	2.14 초과
	아연(mg/kg)	363 이하	1,170 이하	13,000 이하	13,000 초과
	카드뮴(mg/kg)	0.6 이하	1.87 이하	6.09 이하	6.09 초과
	크롬(mg/kg)	112 이하	224 이하	991 이하	991 초과

비고

#### 1. 등급별 퇴적물의 상태

##### 가. 유기물 및 영양염류

- I 등급 : 배경농도 수준 상태
- II 등급 : 약간 오염된 상태
- III 등급 : 주의가 필요한 오염된 상태
- IV 등급 : 심각하고 명백히 오염된 상태

##### 나. 금속류

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

#### 2. 완전연소가능량 기준은 2025년 6월 30일까지 적용한다.

## ② 하천·호소 퇴적물 지점별 오염평가 기준

(국립환경과학원 예규 제830호[별표 3] <개정 2022.7.1.>)

### □ 유기물 및 영양염류

단계	조건
보통	유기물·영양염류 3 항목 모두 I 등급
약간 나쁨	유기물·영양염류 3 항목 중 II등급 또는 III등급 항목 1개 이상
나쁨	‘유기물·영양염류 II등급 기준 지수’ 1.0 이상
매우 나쁨	유기물·영양염류 3 항목 중 IV등급 항목 1개 이상

비고 :

1. 유기물 평가 항목은 완전연소가능량, 총유기탄소 중 하나를 택하여 적용하되, 완전연소가능량 기준은 2025년 6월 30일까지 적용한다.
2. ‘유기물·영양염류 II등급 기준 지수’는 아래 식에 따라 계산한다.

$$\text{유기물·영양염류 II등급 기준 지수} = \frac{\sum_{i=1}^3 \left( \frac{EC_i}{ACI_{K_i}} \right)}{3}$$

EC: 항목별 측정 농도  
ACI<sub>K</sub>: 항목별 II등급 기준치

ACI : Anthropogenic Contamination Index

### □ 금속류

단계	조건
보통	금속류 8 항목 모두 I 등급
약간 나쁨	금속류 8 항목 중 II등급 또는 III등급 항목 1개 이상
나쁨	‘금속류 II등급 기준 지수’ 0.34 이상
매우 나쁨	금속류 8 항목 중 IV등급 항목 1개 이상

비고 :

1. ‘금속류 II등급 기준 지수’는 아래 식에 따라 계산한다.

$$\text{금속류 II 등급 기준 지수} = \frac{\sum_{i=1}^8 \left( \frac{EC_i}{PEL_{K_i}} \right)}{8}$$

EC: 항목별 측정 농도  
PEL<sub>K</sub>: 항목별 II등급 기준치

\* PEL : Probable Effect Level

### □ 지점 종합평가

가. 금속류, 유기물·영양염류에 대하여 각각 오염 단계 평가 후 단계가 높은 쪽으로 종합 판정한다.

나. 단계별 퇴적물 지점의 상태

- (1) 보통 : 모든 평가 항목 I등급, 지질학적 특성 등의 영향을 받는 배경농도 수준의 상태
- (2) 약간 나쁨 : 평가 항목 중 II등급 또는 III등급 항목 1개 이상, 유기물·영양염류로 약간 오염된 상태이거나, 금속류에 의해 저서생물에 독성이 나타날 가능성이 있는 상태
- (3) 나쁨 : II등급 기준 지수 이상, 유기물·영양염류 농도가 주의가 필요한 상태이거나, 금속류에 의해 저서생물에 독성이 나타날 가능성이 큰 상태
- (4) 매우 나쁨 : 평가 항목 중 IV등급 항목 1개 이상, 심각하고 명백하게 오염된 상태

## 부록 4 해양환경 기준

### 1 해양환경 기준(해양환경관리법 제8조, 2011.12)

#### □ 해수수질

##### ● 생활환경 기준

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

##### ● 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)

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

##### ● 해양생태계 보호 기준

(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

## □ 해저퇴적물

해양환경기준	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
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

## □ 환경부 해역 생활환경 수질 기준(환경부, 2000.8)

## (1) 생활환경

등급	기준						
	수소이온 농도 (pH)	화학적산소 요구량 (COD) (mg/L)	용존 산소량 (DO) (mg/L)	총대장균군 (총대장균군수/ 100mL)	용매추출 유분 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)
I	7.8-8.3	1 이하	7.5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.3 이하	0.03 이하
II	6.5-8.5	2 이하	5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.6 이하	0.05 이하
III	6.5-8.5	4 이하	2 이상			1.0 이하	0.09 이하

## 비고

- 등급 I 은 참돔·방어 및 미역 등 수산생물의 서식·양식 및 해수욕에 적합한 수질을 말한다.
- 등급 II 는 해양에서의 관광 및 여가선용과 송어 및 김 등 등급 I 의 해역에서 서식·양식에 적합한 수산생물 외의 수산생물의 서식·양식에 적합한 수질을 말한다.
- 등급 III 은 공업용 냉각수, 선박의 정박 등 기타 용도로 이용되는 수질을 말한다.

## 부록 5 해양오염퇴적물 조사 및 정화·복원 규정

【해양오염퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정(해양수산부 2013-206)】

- 제9조(부영양화 관련 정화·복원 범위)

- ① 해저퇴적물에 유기물이 축적되어 수질저하, 적조, 빈산소 수괴 및 악취 등이 빈번하게 나타나는 해역은 부영양화에 의한 영향을 평가한다.
- ② 부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수는 상기의 표와 같으며 부영양화 정화·복원지수는 산출된 평가항목들의 평가점수들을 합산한 값으로 한다.
- ③ 정화·복원 범위는 부영양화 정화·복원지수( $CI_{ET}$ )가 6 이상인 구역으로 한다.

부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수(제9조제2항 관련)

항 목	단위	기준농도	평가점수
강열감량 (II)	% (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

〈비고〉 부영양화 관련 항목들에 대한 각각의 평가점수는 해저퇴적물시료에서 구한 항목들의 분석치로부터 기준농도 구간별 설정된 수치로 한다.

## - 제8조(유해화학물질 관련 정화복원 범위)

- ① 해저퇴적물에 존재하는 유해화학물질이 해양생물에 축적되어 해양생물의 성장을 저해하거나, 먹이사슬을 통하여 수산물의 가치를 저하시키거나, 해수나 해저면과 접촉하여 국민 건강에 위해를 끼칠 우려가 있는 해역에 대하여 유해화학물질로 인한 영향을 평가한다.
- ② 유해화학물질 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수는 별표 2와 같으며 유해화학물질 정화복원지수는 산출된 평가항목들의 평가점수들을 합산한 값으로 한다.
- ③ 정화복원 범위는 유해화학물질 정화복원지수( $CI_{HC}$ )가 2 이상인 구역으로 한다.

## 유해화학물질 관련 평가항목, 기준농도 및 산출방식 (제8조제2항 관련)

항 목	단 위	기준1	기준2	비고
비소(As)	ppm(건중량)	9.0	41.6	공통
카드뮴(Cd)	"	0.68	4.21	"
크롬(Cr)	"	80	370	"
구리(Cu)	"	24	108	"
수은(Hg)	"	0.15	1.0	"
니켈(Ni)	"	23	52	"
납(Pb)	"	50	220	"
아연(Zn)	"	200	410	"
폴리클로리네이티드비페닐(PCBs)	ppb(건중량)	21.6	189	"
다환방향족탄화수소(PAHs)	"	4,000	45,000	"
클로로데인(Chlordane)	"	0.5	6.0	선택
다이엘드린(Dieldrin)	"	0.02	8.0	"
디디티(DDT)	"	1.6	46	"
유기주석화합물(TBT)	"	5.0	105	"

## 부록 6 충청남도 지속가능발전목표 2030 내 관련 지표



### Goal 14. 해양자원의 보전

#### 전략 14-1

● 육지 활동으로 인한 연안지역의 오염을 예방한다.

□ 지표명 : 연안오염도 2등급 이상 비율

○ 지표설명

- 충남도 연안해역의 연안오염도\* 2등급 이상 측정 비율

\* 연안오염도 : 연안 해양 생태계에 유입되는 오염물질의 농도

○ 필요성

- 서해안 연안환경에 대한 환경관리 및 보전정책 마련 필요

- 지속적인 연안환경 개선으로 생태계 적응력 향상 및 살기 좋은 여촌환경 조성

○ 산출방법

- (해양수질지수(WQI) 1~2 등급 정점/전체 조사정점) × 100(%)

○ 자료출처

- 충청남도 서해안 연안환경 측정망 모니터링(30개 정점)

- 국가 연안 해역 환경 측정망 모니터링(417개 정점)

○ 현황

지표(단위)	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
연안오염도 1~2등급 비율(%)	-	-	-	-	-	-	-	78.3

※ 1-2등급 정점 : 23.5개소, 3~5등급 정점 : 6.5개소(충남 30개소 중, '16~'17)

○ 목표

OECD	한국	2017	2020년	2025년	2030년
-	77.3('17)	78.3	80.5	85.0	90.0

※ 목표 산정근거 : 아산만, 천수만, 금강하구 등 육상기인 오염원과 인접해 있는 지역의 오염도 개선여건을 감안 2030년까지 20.9% 목표 산정

## 전략 14-2

- 산업화 시기 개발로 물 순환이 차단되어 있는 하구생태계의 건강성을 회복한다.

## □ 지표명 : 열린 하구비율

## ○ 지표설명

- 충남도내 위치한 하구\* 중 열려있는 하구의 비율

\* 하구 : 강물이 바다나 호수, 다른 강으로 흘러들어가는 어귀

## ○ 필요성

- 우리 도는 조석의 영향 등으로 닫힌 하구가 많아 연안 생태계의 영양염류 공급이 원활하지 못하여 생물량이 감소하는 실정임

- 담수호의 수질 악화로 인한 해양오염의 증가가 우려됨

## ○ 산출방법

- (열린하구 수 / 총 하구 수) × 100

## ○ 자료출처

- 충남 연안 및 하구 생태복원방안 연구용역( '16)

※ 열린하구(6) : 교성천(보령 오천), 당정천(서천 종천), 대천천(보령 대천), 방길천(서산 팔봉), 비인천(서천 비인), 송천천(홍성 서부)

## ○ 현황

지표(단위)	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
열린하구 비율(%)	-	-	-	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6

## ○ 목표

OECD	한국	2013~2017년	2020년	2025년	2030년
-	51 ('13)	9.6 (6개소)	11.2 (7개소)	14.5 (9개소)	20.9 (13개소)

※ 목표 산정근거 : 닫힌하구를 열기 위해서는 상당한 시일과 많은 예산이 소요 되므로 30년 까지 전국 평균 수준은 불가하므로 20.9%로 설정

**전략 14-3**

● 해양생물의 서식지를 체계적으로 보호하고 관리한다.

□ 지표명 : 해양보호구역 면적

○ 지표설명

- 해양생물을 보호하기 위해 포획이 제한된 해역의 비율

○ 필요성

- 각종 개발이용행위의 증가로 해양생물 서식지 파괴 등 해양생태지역 훼손이 급격히 진행되어 보전가치가 있는 지역을 보호구역으로 지정하여 훼손행위 예방
- 해양보호구역 지정으로 개발보다는 자연경관을 유지하는 정책 필요

○ 산출방법

- 해양보호구역 지정 면적(km<sup>2</sup>)

○ 자료출처

- 해양수산부 「해양보호구역 현황」

※ 태안 신두리 사구(0.639km<sup>2</sup>), 서천 갯벌(15.3km<sup>2</sup>), 가로림만 해역(91.237km<sup>2</sup>)

○ 현황

지표(단위)	2002년	2008년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
해양보호구역 면적 (km <sup>2</sup> )	0.639	15.939	15.939	15.939	15.939	15.939	107.176	107.176

○ 목표

OECD	한국	2017년	2020년	2025년	2030년
-	581.3('17)	107.1	137.1	165.9	222.1

※ 목표 산정근거 : 해양보호구역 신규 지정이 가능한 근소만(30km<sup>2</sup>), 천수만(80km<sup>2</sup>), 대천천 하류(5km<sup>2</sup>) 등의 면적 반영

## 전략 14-4

- 해양자원의 가치를 적절하게 이용하여 어민 삶의 질 향상을 꾀한다.

## □ 지표명 : 어업생산액

## ○ 지표설명

- 어업생산에 따른 생산액의 합계

## ○ 필요성

- 어업생산량액은 어업생산성, 어가소득, 어족자원의 지속가능성과 밀접한 연관성을 지니는 대표 지표

## ○ 산출방법

- 일반해면어업생산액 + 천해양식어업생산액 + 내수면어업생산액

## ○ 자료출처

- 통계청 「어업생산동향조사」

## ○ 현황

지표(단위)	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
어업생산액(억) = 도내 어업 총생산액	4,710	4,860	4,700	4,550	5,210	4,670	4,420	-

## ○ 목표

OECD	한국	2015년	2020년	2025년	2030년
-	7,257('15)	4,670	5,600	-	-

- ※ 목표 산정근거 : 국내외 수산물의 수요증가에 따라 가격이 지속적으로 상승하는 Fishflation이 심화될 것으로 2020년 어로수산물 가격이 23%로 상승할 것으로 전망(FAO)하고 있어 충남도는 그보다 낮은 20%로 산정