발 간 등 록 번 호
79-6500396-000017-13

위대한 도민시대, 사람과 자연이 행복한 제주

마을어장 3차 5개년(2018~2022년)

자원생태 환경조사 보고서

2023. 3.



Jeju 제주특별자치도 Jeju Special Self-Governing Province
해양수산연구원

발 간 사

전 세계적으로 지구 온난화로 인하여 이상기후에 따른 수온 및 해수면 상승 등 해양환경이 급변하고 있으며, 도내 마을어장의 수산자원도 점점 아열대화로 바뀌고 있습니다.

특히, 제주도는 지정학적으로 우리나라에서 가장 남쪽에 위치하고 있어 수온 상승으로 인한 생물 이동의 변화를 가장 먼저 나타내고 있습니다.

이에 따른 징표 중의 하나가 마을어장 내 아열대종의 출현이며, 마을어장내 생태계 진단을 위해서는 서식환경, 해산어류 및 저서생물 등의 출현 양상과 분포 특성을 정확히 조사할 필요성이 요구되고 있습니다.

산업 및 환경적 측면에서 중요성이 지속적으로 높아지고 있는 마을어장에 대해 해양수산연구원에서는 2008년 「제주특별자치도 마을어장 자원생태환경 조사 및 관리 조례」를 제정하고 “마을어장 자원생태 환경조사”를 5년 단위로 추진하고 있습니다.

이에 우리 연구원에서는 2018년부터 2022년까지 5년간 도내 지역별 표본 마을어장에 대한 계절별 주요 서식 해양생물 출현 종의 분포 특성을 조사하고, 마을어장의 생태환경 진단을 통하여 건강한 마을어장 조성 및 어업인 소득향상 방안 마련을 위한 기초자료를 제공하는데 역점을 두었습니다.

끝으로, 이번 발간하는 “마을어장 3차 5개년(2018~2022년) 자원생태 환경조사 보고서”가 제주 마을어장의 수산자원 보전과 관리에 대안이 되기를 바라면서 저희에게 보내주시는 조언을 겸허하게 받아들여 해양수산연구원이 “마을어장의 자원보전 및 관리”에 앞장설 수 있도록 노력하겠습니다.

제주특별자치도 해양수산연구원장 고 형 범

목 차

제1장 서론 ····· 1

제2장 조사개요 ····· 3
1. 조사 지역 ····· 3
2. 조사 내용 ····· 6
3. 분석 항목 ····· 6
3.1. 해양환경 조사 ····· 6
3.2. 부유생물 조사 ····· 9
3.3. 저서생물 조사 ····· 10
3.4. 생태지수 분석 ····· 10

제3장 조사결과 ····· 12
1. 해양환경 특성 ····· 12
1.1 수온 ····· 12
1.1.1 표층수온 ····· 12
1.1.2 저층수온 ····· 14
1.2 염분 ····· 16
1.2.1 표층염분 ····· 16
1.2.2 저층염분 ····· 18
1.3 pH ····· 20
1.3.1 표층 pH ····· 20
1.3.2 저층 pH ····· 22
1.4 용존산소(DO) ····· 24
1.4.1 표층 용존산소(DO) ····· 24
1.4.2 저층 용존산소(DO) ····· 26
1.5 수질평가지수(WQI) ····· 28
1.5.1 전체등급 ····· 28
1.5.2 지역별 수질 영향인자 ····· 31
2. 부유생태계 특성 ····· 63
2.1 식물플랑크톤 ····· 63
2.1.1 종조성 ····· 63
2.1.2 현존량 ····· 70
2.1.3 우점종 ····· 79

2.1.4 생태지수 ····· 87
2.1.5 군집유사도 ····· 93
2.1.6 과거 조사와의 비교 ····· 101
2.1.7 지역별 비교 ····· 103
2.2 동물플랑크톤 ····· 108
2.2.1 종조성 ····· 108
2.2.2 현존량 ····· 121
2.2.3 우점종 ····· 129
2.2.4 생태지수 ····· 138
2.2.5 군집유사도 ····· 145
2.2.6 과거 조사와의 비교 ····· 152
2.2.7 지역별 비교 ····· 154
2.3 어란 및 자치어 ····· 159
2.3.1 종조성 ····· 159
2.3.2 현존량 ····· 163
2.3.3 우점종 ····· 167
2.3.4 지역별 비교 ····· 170
3. 저서생태 특성 ····· 176
3.1 해조류 ····· 176
3.1.1 종조성 ····· 176
3.1.2 생체량 ····· 187
3.1.3 우점종 ····· 194
3.1.4 생태지수 ····· 198
3.2 저서동물 ····· 215
3.2.1 종조성 ····· 215
3.2.2 서식밀도 ····· 223
3.2.3 우점종 ····· 231
3.2.4 생태지수 ····· 234

제4장 종합고찰 ····· 249
1. 해양환경 특성 ····· 249
2. 부유생태계 특성 ····· 252
3. 저서생태계 특성 ····· 259

제5장 제언 ····· 265

제6장 참고문헌 ····· 271

[부록] 조사시기별 마을어장 수심대 사진(2018~2022) ····· 276

표 목 차

<표 2.1.1> 제주연안 마을어장 자원생태 환경조사 정점별 조사 좌표 ····· 4
<표 2.3.1> 해양수질 분석방법 ····· 7
<표 2.3.2> 수질평가지수 항목별 점수 ····· 8
<표 2.3.3> 생태기반 해수수질 기준 ····· 8
<표 2.3.4> 생태학적 지수의 계산식 ····· 11
<표 3.1.1> 조사기간 동안 지역별 수질평가지수(WQI) 등급 산정 결과 ····· 30
<표 3.2.1> 조사지역에서 출현한 식물플랑크톤 종조성(2018, 2019년) ····· 67
<표 3.2.2> 조사지역에서 출현한 식물플랑크톤 종조성(2020, 2021년) ····· 67
<표 3.2.3> 조사지역에서 출현한 식물플랑크톤 종조성(2022년) ····· 67
<표 3.2.4> 조사기간 동안 출현한 우점종 및 계절별 우점 횟수 ····· 82
<표 3.2.5> 2018년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수 ····· 90
<표 3.2.6> 2019년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수 ····· 90
<표 3.2.7> 2020년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수 ····· 91
<표 3.2.8> 2021년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수 ····· 91
<표 3.2.9> 2022년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수 ····· 92
<표 3.2.10> 조사기간 동안 식물플랑크톤 군집의 조사 결과 ····· 101
<표 3.2.11> 조사기간 동안 출현한 우점종 및 계절별 우점 횟수 ····· 132
<표 3.2.12> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2018) ····· 142
<표 3.2.13> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2019) ····· 143
<표 3.2.14> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2020) ····· 143
<표 3.2.15> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2021) ····· 144
<표 3.2.16> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2022) ····· 144
<표 3.2.17> 과거 동물플랑크톤 군집의 조사 결과와 비교 ····· 152
<표 3.2.18> 조사기간 동안 출현한 어란 군집의 우점종 및 계절별 우점 횟수 ····· 169
<표 3.3.1> 마을어장 조사지역에 출현한 해조류 군집의 분류군별 출현종수 및 구성비 ····· 177
<표 3.3.2> 조사시기(계절)에 따른 지역별 해조류 출현종수 ····· 179
<표 3.3.3> 조사시기(계절)에 따른 지역별 해조류 출현종수 ····· 180
<표 3.3.4> 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 조사시기별 출현종수 ····· 182
<표 3.3.5> 마을어장에 출현한 해조류의 수심별 출현종수 ····· 186
<표 3.3.6> 마을어장 조사지역에 출현한 해조류 군집의 분류군별 생체량(단위:gWWt/㎡) ····· 187
<표 3.3.7> 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기별 생체량(단위:gWWt/㎡) ····· 190
<표 3.3.8> 마을어장에 출현한 해조류의 수심별 생체량(단위:gWWt/㎡) ····· 193
<표 3.3.9> 마을어장에 출현한 해조류의 상위 우점종 ····· 194
<표 3.3.10> 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기 및 지역별 우점종 ····· 195
<표 3.3.11> 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기 및 수심별 우점종 ····· 196
<표 3.3.12> 해조류 군집의 중요도 상위 우점종 ····· 197
<표 3.3.13> 해조류 군집의 수심 및 시기별 생태학적 제지수 ····· 199

<표 3.3.14> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 풍부도 ····· 202
<표 3.3.15> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 균등도 ····· 205
<표 3.3.16> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 다양도 ····· 208
<표 3.3.17> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 우점도 ····· 211
<표 3.3.18> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 지역 및 수심별 생태지수 ····· 213
<표 3.3.19> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 생태학적 제지수 ····· 214
<표 3.3.20> 마을어장 조사지역에 출현한 저서동물 군집의 분류군별 출현종수 ····· 216
<표 3.3.21> 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기별 출현종수 ····· 219
<표 3.3.22> 마을어장에 출현한 저서동물의 수심별 출현종수 ····· 222
<표 3.3.23> 마을어장 조사지역에 출현한 저서동물 군집의 분류군별 서식밀도(단위:개체/㎡) ····· 224
<표 3.3.24> 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기별 서식밀도(단위:개체/㎡) ····· 227
<표 3.3.25> 마을어장에 출현한 저서동물의 수심별 서식밀도(단위:개체/㎡) ····· 230
<표 3.3.26> 마을어장에 출현한 저서동물의 조사지역별 우점종 ····· 232
<표 3.3.27> 마을어장에 출현한 저서동물의 조사지역 및 시기별 우점종 ····· 233
<표 3.3.28> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 풍부도 ····· 236
<표 3.3.29> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 균등도 ····· 239
<표 3.3.30> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 다양도 ····· 242
<표 3.3.31> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 우점도 ····· 245
<표 3.3.32> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 지역 및 수심별 생태지수 ····· 247
<표 3.3.33> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 생태학적 제지수 ····· 248
<표 5.4.1> 마을어장 휴식년제 도입에 따른 소득보전 방안(출처 : 대구경북연구원, 2017) ····· 270

그 림 목 차

(그림 2.1.1) 제주연안 마을어장 자원생태 환경조사 해역도 ····· 3
(그림 2.1.2) 제주연안 마을어장 자원생태 환경조사 위치도 및 조사라인 ····· 5
(그림 3.1.1) 조사기간 동안 지역별 표층수온 변화 ····· 13
(그림 3.1.2) 조사기간 동안 지역별 저층수온 변화 ····· 15
(그림 3.1.3) 조사기간 동안 지역별 표층염분 변화 ····· 17
(그림 3.1.4) 조사기간 동안 지역별 저층염분 변화 ····· 19
(그림 3.1.5) 조사기간 동안 지역별 표층 pH 변화 ····· 21
(그림 3.1.6) 조사기간 동안 지역별 저층 pH 변화 ····· 23
(그림 3.1.7) 조사기간 동안 지역별 표층 DO 변화 ····· 25
(그림 3.1.8) 조사기간 동안 지역별 저층 DO 변화 ····· 27
(그림 3.1.9) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2018년) ····· 32
(그림 3.1.10) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2019년) ····· 33
(그림 3.1.11) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2020년) ····· 33
(그림 3.1.12) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 34
(그림 3.1.13) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2022년) ····· 34
(그림 3.1.14) 조사기간 동안 조천리 수질평가지수(WQI) 변화(2019년) ····· 36
(그림 3.1.15) 조사기간 동안 조천리 수질평가지수(WQI) 변화(2020년) ····· 36
(그림 3.1.16) 조사기간 동안 조천리 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 37
(그림 3.1.17) 조사기간 동안 조천리 수질평가지수(WQI) 변화(2022년) ····· 37
(그림 3.1.18) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2018년) ····· 39
(그림 3.1.19) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2019년) ····· 40
(그림 3.1.20) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2020년) ····· 40
(그림 3.1.21) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 41
(그림 3.1.22) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2022년) ····· 41
(그림 3.1.23) 조사기간 동안 우도(비양) 수질평가지수(WQI) 변화(2018년) ····· 43
(그림 3.1.24) 조사기간 동안 우도(비양) 수질평가지수(WQI) 변화(2019년) ····· 44
(그림 3.1.25) 조사기간 동안 우도(비양) 수질평가지수(WQI) 변화(2020년) ····· 44
(그림 3.1.26) 조사기간 동안 우도(비양) 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 45
(그림 3.1.27) 조사기간 동안 우도(비양) 수질평가지수(WQI) 변화(2022년) ····· 45
(그림 3.1.28) 조사기간 동안 추자(횡간) 수질평가지수(WQI) 변화(2018년) ····· 47
(그림 3.1.29) 조사기간 동안 추자(횡간) 수질평가지수(WQI) 변화(2019년) ····· 48
(그림 3.1.30) 조사기간 동안 추자(횡간) 수질평가지수(WQI) 변화(2020년) ····· 48
(그림 3.1.31) 조사기간 동안 추자(횡간) 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 49
(그림 3.1.32) 조사기간 동안 추자(횡간) 수질평가지수(WQI) 변화(2022년) ····· 49
(그림 3.1.33) 조사기간 동안 일과리 수질평가지수(WQI) 변화(2019년) ····· 51
(그림 3.1.34) 조사기간 동안 일과리 수질평가지수(WQI) 변화(2020년) ····· 51
(그림 3.1.35) 조사기간 동안 일과리 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 52

(그림 3.1.36) 조사기간 동안 일과리 수질평가지수(WQI) 변화(2022년) ····· 52
(그림 3.1.37) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2018년) ····· 54
(그림 3.1.38) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2019년) ····· 54
(그림 3.1.39) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2020년) ····· 55
(그림 3.1.40) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 55
(그림 3.1.41) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2022년) ····· 56
(그림 3.1.42) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2018년) ····· 58
(그림 3.1.43) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2019년) ····· 59
(그림 3.1.44) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2020년) ····· 59
(그림 3.1.45) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 60
(그림 3.1.46) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2022년) ····· 60
(그림 3.1.47) 조사기간 동안 곽지 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 61
(그림 3.1.48) 조사기간 동안 곽지 수질평가지수(WQI) 변화(2021년) ····· 62
(그림 3.2.1) 분류군별 종조성 및 정점별 출현종수 ····· 63
(그림 3.2.2) 조사지점에 따른 식물플랑크톤 분류군별 출현종수 ····· 68
(그림 3.2.3) 2018년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량 ····· 74
(그림 3.2.4) 2019년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량 ····· 75
(그림 3.2.5) 2020년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량 ····· 76
(그림 3.2.6) 2021년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량 ····· 77
(그림 3.2.7) 2022년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량 ····· 78
(그림 3.2.8) 조사지점에 따른 식물플랑크톤 우점종 조성 ····· 83
(그림 3.2.9) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2018년) ····· 96
(그림 3.2.10) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2019년) ····· 97
(그림 3.2.11) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2020년) ····· 98
(그림 3.2.12) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2021년) ····· 99
(그림 3.2.13) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2022년) ····· 100
(그림 3.2.14) 조사기간 동안 식물플랑크톤 군집의 종수와 현존량 ····· 102
(그림 3.2.15) 귀덕리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 103
(그림 3.2.16) 조천리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 104
(그림 3.2.17) 평대리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 104
(그림 3.2.18) 우도(비양) 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 105
(그림 3.2.19) 추자(횡간) 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 105
(그림 3.2.20) 일과리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 106
(그림 3.2.21) 사계(형제) 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 106
(그림 3.2.22) 표선리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 107
(그림 3.2.23) 곽지리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량 ····· 107
(그림 3.2.24) 전체 조사기간 동안 분류군별 종조성과 정점별 출현종수 ····· 108
(그림 3.2.25) 2018년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수 ····· 116
(그림 3.2.26) 2019년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수 ····· 117
(그림 3.2.27) 2020년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수 ····· 118

(그림 3.2.28) 2021년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수 ····· 119
(그림 3.2.29) 2022년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수 ····· 120
(그림 3.2.30) 2018년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량 ····· 124
(그림 3.2.31) 2019년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량 ····· 125
(그림 3.2.32) 2020년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량 ····· 126
(그림 3.2.33) 2021년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량 ····· 127
(그림 3.2.34) 2022년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량 ····· 128
(그림 3.2.35) 2018년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성 ····· 133
(그림 3.2.36) 2019년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성 ····· 134
(그림 3.2.37) 2020년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성 ····· 135
(그림 3.2.38) 2021년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성 ····· 136
(그림 3.2.39) 2022년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성 ····· 137
(그림 3.2.40) 2018년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도 ····· 147
(그림 3.2.41) 2019년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도 ····· 148
(그림 3.2.42) 2020년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도 ····· 149
(그림 3.2.43) 2021년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도 ····· 150
(그림 3.2.44) 2022년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도 ····· 151
(그림 3.2.45) 동물플랑크톤 군집의 종수와 현존량 변화 ····· 153
(그림 3.2.46) 귀덕리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 154
(그림 3.2.47) 조천리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 155
(그림 3.2.48) 평대리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 155
(그림 3.2.49) 우도(비양) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 156
(그림 3.2.50) 추자(횡간) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 156
(그림 3.2.51) 일과리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 157
(그림 3.2.52) 사계(형제) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 157
(그림 3.2.53) 표선리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 158
(그림 3.2.54) 곽지리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 158
(그림 3.2.55) 2021년 조사지점에 따른 어란 및 자치어의 출현종수 ····· 161
(그림 3.2.56) 2022년 조사지점에 따른 어란 및 자치어의 출현종수 ····· 162
(그림 3.2.57) 조사지점에 따른 어란 및 자치어의 개체수(2021년) ····· 165
(그림 3.2.58) 조사지점에 따른 어란 및 자치어의 개체수(2022년) ····· 166
(그림 3.2.59) 귀덕리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 170
(그림 3.2.60) 조천리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 171
(그림 3.2.61) 평대리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 171
(그림 3.2.62) 우도(비양) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 172
(그림 3.2.63) 추자(횡간) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 173
(그림 3.2.64) 일과리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 173
(그림 3.2.65) 사계리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 174
(그림 3.2.66) 표선리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 175
(그림 3.2.67) 곽지리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화 ····· 175

(그림 3.3.1) 마을어장에 출현한 해조류의 분류군별 구성비 ····· 176
(그림 3.3.2) 마을어장에 출현한 해조류의 지역별 출현종수 ····· 178
(그림 3.3.3) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기별 출현종수 ····· 178
(그림 3.3.4) 마을어장에 출현한 해조류의 계절별 출현종수 ····· 179
(그림 3.3.5) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기(계절)별 출현종수 ····· 181
(그림 3.3.6) 마을어장에 출현한 해조류의 지역별 출현종수 ····· 183
(그림 3.3.7) 마을어장에 출현한 해조류의 수심별 출현종수 ····· 184
(그림 3.3.8) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 출현종수 ····· 184
(그림 3.3.9) 해조류의 분류군별 생체량 구성비 ····· 187
(그림 3.3.10) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기별 생체량 ····· 188
(그림 3.3.11) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기(계절)별 생체량 ····· 188
(그림 3.3.12) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기(년도)별 출현종수 ····· 189
(그림 3.3.13) 마을어장에 출현한 해조류의 지역별 생체량 ····· 191
(그림 3.3.14) 마을어장에 출현한 해조류의 수심별 생체량 ····· 192
(그림 3.3.15) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 생체량 ····· 192
(그림 3.3.16) 해조류 군집의 수심 및 시기별 생태학적 제지수 ····· 198
(그림 3.3.17) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 풍부도 지수 ····· 201
(그림 3.3.18) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 균등도 지수 ····· 204
(그림 3.3.19) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 다양도 지수 ····· 207
(그림 3.3.20) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 우점도 지수 ····· 210
(그림 3.3.21) 저서동물의 분류군별 출현비율 ····· 215
(그림 3.3.22) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기별 출현종수 ····· 216
(그림 3.3.23) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기(계절)별 출현종수 ····· 217
(그림 3.3.24) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기(년도)별 출현종수 ····· 217
(그림 3.3.25) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역별 출현종수 ····· 220
(그림 3.3.26) 마을어장에 출현한 저서동물의 수심별 출현종수 ····· 220
(그림 3.3.27) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 출현종수 ····· 222
(그림 3.3.28) 저서동물의 분류군별 서식밀도 구성비 ····· 223
(그림 3.3.29) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기별 서식밀도 ····· 225
(그림 3.3.30) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기(계절)별 서식밀도 ····· 226
(그림 3.3.31) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기(년도)별 출현종수 ····· 226
(그림 3.3.32) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역별 서식밀도 ····· 228
(그림 3.3.33) 마을어장에 출현한 저서동물의 수심별 서식밀도 ····· 228
(그림 3.3.34) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 서식밀도 ····· 230
(그림 3.3.35) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 풍부도 지수 ····· 235
(그림 3.3.36) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 균등도 지수 ····· 238
(그림 3.3.37) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 다양도 지수 ····· 241
(그림 3.3.38) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 우점도 지수 ····· 244
(그림 5.1.1) 현재 추진 중인 연안어장 1마일 13개소 모니터링 정점 ····· 266
(그림 5.2.1) 제주연안 적조 발생사례(2020년) ····· 267

제1장 서론

최근 기후변화에 따른 아열대화, 연안오염의 증가와 괭생이모자반과 고수온·저염분수의 유입 등 제주연안 마을어장의 생태환경은 지속적으로 위협받고 있다. 정부 간 기후변화 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) 6차 보고서에 따르면, 전지구적인 지표면 평균온도는 2021년부터 2040년까지 산업화 이전 대비 1.50℃ 높아질 가능성이 매우 크며, 앞선 2018년도 보고서에서 예측 대비 10년 가량 빨라져 기후변화가 더욱 가속화되고 있다고 보고하였다.

기후변화로 인한 영향은 해양수산 전반에 걸쳐 나타나고 있는데, 우리나라 연평균 해수면 온도는 1968년 동해 15.9℃, 서해 14.4℃, 남해 17.9℃에서, 2021년 동해 18.6℃, 서해 16.1℃, 남해 19.3℃로 남해>동해>서해 순으로 증가하는 추세를 보였다(종합 기후변화감시 정보, 2022년 10월 수정). 또한, 국내 연평균 해수면 높이와 상승률의 경우, 1989년 대비 2020년 해수면 높이는 6.49(울산)~ 13.83(포항) cm 증가, 해수면 상승률은 2.27(통영)~6.17(묵호) mm/yr로 나타났으며, 제주연안은 해수면 높이는 10.7 cm 증가, 해수면 상승률은 2.76 mm/yr로 빠른 편인 것으로 나타났다. 이러한 변화로 난류성 어종인 고등어류, 멸치, 살오징어류 등이 증가하고 한류성 어종인 명태, 꽁치, 도루묵 등은 감소하고 있다. 망치고등어, 참다랑어 등 아열대어종 연근해 출현비율이 증가하는 추세를 보이고 있다(통계청, 2018). 제주연안에서는 전국에서 아열대어종 증가율이 가장 높았으며(해양수산부, 2021), 전통 해조자원인 톳과 우뭇가사리의 생산량이 급격하게 감소하고 있는 등(호남지방통계청, 2020) 환경변화에 따른 피해에 직면하고 있다.

이외에도 육상오염원의 유입과 갯녹음 면적의 확산, 여름철 이상해파리 증식 및 양쯔강 고수온·저염분수 유입 등 수많은 해양환경 위협요인에 노출되어 있다. 특히 제주도는 한반도 최남단에 위치해 있고 다양하고 복잡한 수괴 및 해류의 영향을 받는 지형이다. 예를 들어, 동중국해 쿠로시오로부터 분지된 고온·고염의 대마난류수와 북서부해역은 겨울철 한반도 남서쪽으로 남하하는 차가운 연안수의 영향으로 동서방향으로 강한 열염전선을 형성한다(차와 문, 2020). 이렇게 복잡하고 다양한 해류시스템으로 인해 특유의 해양환경을 조성하고 있으며, 이로 인한 해양생물의 독특한 분포특성을 나타내고 있다. 따라서, 기후변화와 다양한 해양환경 위협요인으로부터

영향을 받기 쉬운 환경이며, 특히 제주연안을 따라 형성된 마을어장의 경우 심각한 타격을 받을 수 있다. 예를 들어, 마을어장은 부착성 규조류를 비롯한 미세조류와 대형 해조류가 1차 생산자 역할을 수행하고 이를 먹이원으로 하는 전복, 소라 등 유용 수산자원이 풍부한데(최, 2009), 이러한 수산자원이 일차적으로 피해를 입어 이차적으로 마을어장의 경제적 피해를 야기할 수 있다.

따라서, 해양수산연구원에서는 2008년 「제주특별자치도 마을어장 자원생태환경 조사 및 관리 조례」에 의거, 지속생산 가능한 자원조성과 기후위기에 따른 마을어장의 환경변화에 능동적으로 대처함을 목적으로 생태환경 모니터링을 실시해왔다. 1차 5개년 조사는 2008년부터 2012년도까지, 2차 5개년 조사는 2013년부터 2017년까지 실시했으며, 해당기간에는 마을어장 100개소에 대한 전수조사를 실시하였다. 주요 생태환경 변화로는 북서부권역의 일부어장의 감태와 미역 등 갈조류가 우점하는 환경에서 홍조류의 번무 및 확산이 나타났고, 거품돌산호와 분홍멍게 등 아열대성 부착생물의 확산이 두드러졌다. 또한, 갯녹음 현상이 조간대에서 수심 5m 대까지 확산되는 변화를 보였다.

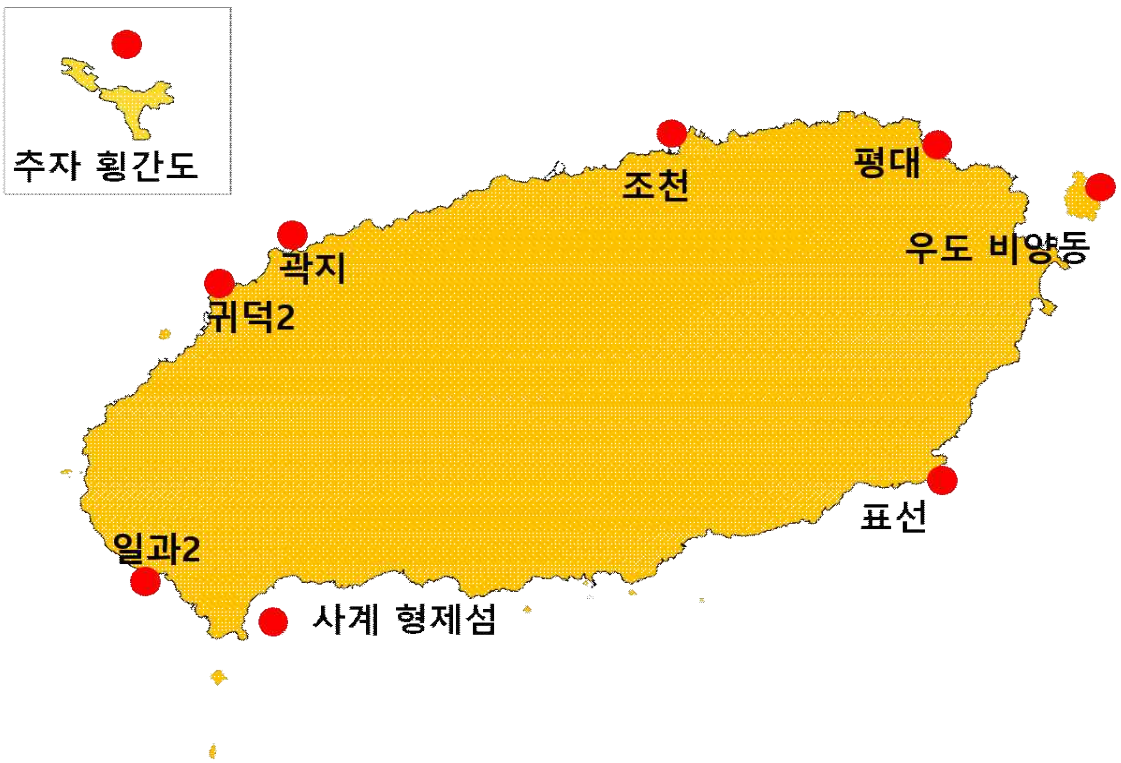
그러나, 전수조사의 경우 향후 재조사를 수행할 경우 오랜기간이 소요되며, 매년 조사장소 변경에 따른 일관성이 결여되는 문제가 있어, 3차 5개년인 2018년부터 2022년까지는 표본어장을 지정하여 조사를 실시하였다. 마을어장 표본어장은 2018년 6개소에서 2019년 8개소로 확대되었고, 2021년 하계부터 곽지어장이 추가되어 최종적으로 9개소에 대한 생태환경 변화상을 분석하였다. 특히, 3차년도 조사부터는 해양환경관리법에 따른 수질평가지수(WQI)와 동·식물플랑크톤 분석을 통한 기초생산력 분석을 추가하여, 마을어장 자원생태와 함께 환경적인 요인을 종합적으로 분석하였다. 이를 통해, 2018년부터 2022년까지 5년간 기후변화 등 해양환경 변화에 따른 마을어장 내 해양환경과 부유생물, 저서생물 변화상을 분석하여 향후 수산자원관리를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

제2장 조사개요

1. 조사지역

제주연안 마을어장 자원생태 환경조사는 기존자료 및 다양한 청취조사를 통하여 취득한 자료를 바탕으로 해양생태계 변화가 지속적으로 진행되고 있는 곳이나 비교적 안정적인 해양생태계를 유지하고 있는 해역으로 제주도 본섬에 7개소(동 : 표선리, 서 : 귀덕2리, 일과리, 곽지리 남 : 사계리(형제섬), 북 : 조천리, 평대리)와 유인도서 2개소(우도 비양동, 추자 횡간도)를 선정하여 2018년부터 2022년까지 5년간 계절별 현장조사를 실시하였다.

조사가 시작된 2018년도에는 표선리, 귀덕리, 사계리, 평대리, 우도(비양동), 추자도(횡간도) 6개소에서 조사를 시작하여 2019년에 조천리와 일과리가 조사해역에 추가되었으며, 2021년 하계조사부터 곽지리지역이 추가되어 총 9개소에 대한 조사를 실시하였다.



(그림 2.1.5) 제주연안 마을어장 자원생태 환경조사 해역도

<표 2.1.1> 제주연안 마을어장 자원생태 환경조사 정점별 조사 좌표

조사해역	Line	Line 입수 좌표	
		위도(N)	경도(E)
조천	1 Line	33° 32.7311′	126° 37.9149′
	2 Line	33° 32.8571′	126° 38.0385′
	환경관측	33° 32.8441′	126° 37.8590′
평대	1 Line	33° 32.2957′	126° 50.6660′
	2 Line	33° 32.1603′	126° 50.9675′
	환경관측	33° 32.3655′	126° 50.8352′
우도 비양동	1 Line	33° 30.5045′	126° 58.2944′
	2 Line	33° 30.8409′	126° 58.4938′
	환경관측	33° 30.6291′	126° 58.6138′
표선	1 Line	33° 18.5563′	126° 50.2936′
	2 Line	33° 18.8990′	126° 50.5877′
	환경관측	33° 18.6578′	126° 50.5602′
사계 형제섬	1 Line	33° 12.6270′	126° 18.7350′
	2 Line	33° 12.4490′	126° 18.8860′
	환경관측	33° 12.4370′	126° 18.7310′
일과2	1 Line	33° 14.3102′	126° 13.4998′
	2 Line	33° 14.4830′	126° 12.9845′
	환경관측	33° 14.3388′	126° 13.1273′
귀덕2	1 Line	33° 26.8160′	126° 16.5871′
	2 Line	33° 26.7804′	126° 17.0867′
	환경관측	33° 26.9405′	126° 16.6477′
추자 횡간도	1 Line	33° 00.1981′	126° 21.0133′
	2 Line	33° 00.5106′	126° 21.1300′
	환경관측	33° 00.1205′	126° 20.1607′
곽지	1 Line	33° 27.4415′	126° 17.5382′
	2 Line	33° 27.3402′	126° 17.4217′
	환경관측	33° 27.5170′	126° 17.3600′



제주시 조천읍 조천리 연안



제주시 구좌읍 평대리 연안



제주시 우도면 연평리 비양동 연안



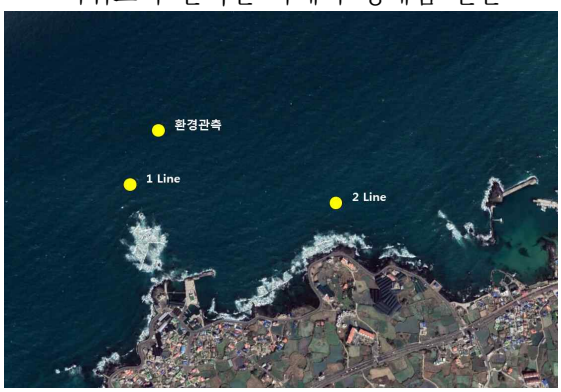
서귀포시 표선면 표선리 연안



서귀포시 안덕면 사계리 형제섬 연안



서귀포시 대정읍 일과2리 연안



제주시 한림읍 귀덕2리 연안



제주시 추자면 횡간도 연안



제주시 한림읍 곽지리 연안

(그림 2.1.2) 제주연안 마을어장 자원생태 환경조사 위치도 및 조사라인

2. 조사 내용

각 해역의 해양환경, 부유생태계, 저서동·식물상에 대한 조사 및 분석을 실시하였으며 현장조사는 선상과 잠수조사를 통하여 진행되었다. 특히 각 해역별 저서생물 조사를 위한 잠수조사는 제주 마을어장에서 해녀들의 잠수작업이 비교적 활발히 이루어지고 있는 수심대를 조사정점(5m, 8m, 12m)이 포함된 2개의 조사라인을 설정하였고, 수심 5m 또는 12m에서 입수를 시작하여 Line-transect로 연안 또는 외해를 향해 진행하는 방법으로 수행하였다.

3. 분석 항목

3.1 해양환경 조사

해양환경조사는 매년 동계부터 추계까지 총 4회에 걸쳐 계절별 관측을 실시하였다. 각 해역의 표층과 저층에서 일반항목인 수온, 염분, pH, DO(㎎/L), 산소포화도(%)는 수온-염분 측정기(YSI ProDSS, YSI Co.), 투명도는 직경 30cm 백색원판을 이용하여 측정하였다. 영양염류(아질산염, 질산염, 암모니아, 인산염, 규산염)와 클로로필 a는 Niskin 채수기를 이용하여 표층과 저층에서 채수한 후 해양환경공정시험기준(해양수산부 2013)에 의해 분석하였다.

<표 2.3.1> 해양수질 분석방법

항 목	분석 방법	분석 원리
수온, 염분, pH, DO	YSI Professianal Plus	현장에서 YSI Professianal Plus를 이용하여 측정
투명도	Secchi disk	현장에서 투명도 판(Secchi disk)을 이용하여 측정
암모니아성질소 (NH_4^+-N)	흡광광도법 (UV-1800, Shimadzu)	암모니아질소가 알칼리성에서 페놀과 차아염소산의 존재 하에서 니트로프로시드의 촉매작용으로 페놀과 반응하여 생성된 청색의 indophenol을 640 nm에서 흡광도를 측정
아질산성질소 (NO_2^--N)	흡광광도법 (UV-1800, Shimadzu)	아질산질소가 산성용액(pH 2.0~2.5) 중에서 방향족 제1아민(Sulfanilamide)과 반응하여 생성되는 diazo 화합물에 방향족 아민류(NED)를 가해 형성된 적색의 azo 화합물을 543 nm에서 흡광도를 측정
질산성질소 (NO_3^--N)	흡광광도법 (UV-1800, Shimadzu)	질산질소를 황산구리용액으로 처리한 카드뮴 입자가 채워진 환원용 유리관을 통과시키면 질산질소는 정량적으로 아질산질소로 환원된다. 이렇게 환원된 아질산질소를 NED법으로 측정하여 시수 중에 들어있던 아질산질소량을 뺀 값으로 질산질소 농도를 산출
인산염인 (PO_4^{3-}-P)	흡광광도법 (UV-1800, Shimadzu)	몰리브덴산암모늄과 타르타르산안티모닐칼륨은 산성용액에서 인산이온과 반응하여 황색의 몰리브덴산 착체를 형성하고 이를 아스코르브산으로 환원시키면 청색의 몰리브덴산청이 생성되는데 이를 885 nm에서 흡광도를 측정
Chl-a	흡광광도법 (UV-1280, Shimadzu)	식물플랑크톤의 광합성 색소는 chlorophyll a, b, c 및 보조색소가 있으며, 이들 색소를 90% 아세톤용액으로 추출하고 추출액의 흡광도를 750, 665, 645, 630, 480nm에서 측정하여 chlorophyll a, b, c 및 총카로티노이드량을 계산. 해수 시료를 분석절차에 따라 분석한 후 흡광도를 측정

각 조사해역의 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 계산은 저층산소 포화도(DO, %), 식물플랑크톤 농도(Chl-a), 투명도(secchi disk depth), 용존무기인(DIP), 및 용존무기질소(DIN)의 항목별 점수를 이용하여 계산하였다(해양수산부고시 2013-186호).

수질평가지수(WQI, Water Quality Index)

= 10 × [저층산소포화도(DO)] + 6 × [(식물플랑크톤 농도(Chl-a) + 투명도(SD))/2] + 4 × [(용존무기질소 농도(DIN) + 용존무기인 농도(DIP))/2]

항목별 기준값은 수질평가지수 항목의 해역별 기준값을 적용하여 제주해역의 기준값인 Chl-a (1.6㎍/L), 저층 DO (90%), 표층 DIN (165㎍/L), 표층 DIP (15㎍/L) 및 투명도(8m)을 사용하여 계산하였다.

<표 2.3.2> 수질평가지수 항목별 점수

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

<표 2.3.3> 생태기반 해수수질 기준

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

3.2 부유생물 조사

해양생태계 조사항목 중 식물플랑크톤은 각 해역 연안과 외해의 표층과 저층에서 Niskin 채수기로 채수한 해수를 1% 루골용액으로 고정하는 정량채집 방법을 사용하여 진행되었다. 식물플랑크톤의 정성분석은 농축된 시료 중 소량을 취하여 광학현미경(Nikon Eclipse 80i) 하에서 200~1,000 배율로 종의 동정과 분류를 실시하였으며, 식물플랑크톤의 계수와 동정은 규조류, 와편모조류, 규질편모조류, 식물편모조류를 대상으로 분석하였다. 종의 동정 및 분류는 Cupp (1943), 山路勇(1984), 교육부(1994), Tomas (1996), Round et al. (1990) 등의 문헌을 참고하였다. 식물플랑크톤의 정량분석은 48시간 동안 시료를 침전시킨 후 상등액을 제거하는 침전법으로 시료를 농축시키며 농축된 재료를 균일하게 섞은 후 1㎖를 Sedgwick-Rafter 계수판에 넣고 광학현미경(Eclipse 80i, Nikon) 하에서 전체 세포수를 계수하였다. 식물플랑크톤의 현존량은 세포수/리터(cells/L)로 환산하여 표시하였다.

동물플랑크톤은 각 조사해역 연안과 외해의 표층에서 원추형 네트(망구 60㎝, 망목 200㎛, Hydrobios Flowmeter)를 이용하여 약 1m/sec의 속도로 10분간 예인한 후 5% 중성 포르말린으로 고정하여 분석에 사용하였다. 시료는 실험실에서 저밀도의 표본 및 출현종에 대해서는 전량 계수를 실시하였으며, 고밀도의 출현종에 대해서는 Folsom식 분할기를 이용하여 적절한 양으로 분할 한 후, 시료의 일정량을 Bogorove chamber 계수판 위에 넣은 다음 현미경 하에서 동정 및 계수한 후 단위체적당 현존량으로 환산하였다. 동물플랑크톤의 분류 및 동정은 山路勇(1984), 유(1995), 千原과 村野(1997), 서(2011), 서 등(2013)의 문헌을 참고하였다.

어란 및 자치어의 경우 실험실로 운반된 시료를 해부 현미경(SV6, Zeiss)에서 어란과 자치어를 선별, 계수하고 단위 부피당 출현개체수(ind./1,000㎥)로 환산하였다. 분류 및 동정은 김(1981), 鈴木과 高松(1989), 김 등(2011), W.Kendall(2011), 국립수산과학원(2017)을 참고하였다.

3.3 저서생물 조사

마을어장 자원생태 환경조사를 위한 생물상조사는 대상 마을어장의 해저지형을 토대로 2개의 조사 라인을 설정한 후, 각 라인을 따라 진행하면서 GPS와 현장 생물 사진을 동일한 시간대에 기록할 수 있도록 SCUBA diving을 이용하여 Line-transect 방법으로 실시하였다. 수중조사팀은 4명이 1조가 되어 수중비디오카메라(GoPro HERO 5, Deepcube Co.) 촬영 1명, 수중사진(Nikon D800, Nauticam Housing NA D800) 촬영 1명 그리고 생물 채집 2명으로 구성되었다. 각 팀은 조사선(연안어선, 5~7톤)으로 조사지점에 도착하게 되면, WGS 84체제를 사용하는 프로터로 사전 준비한 조사라인의 좌표를 확인하고 도착 지점의 방향을 설정한 후 수중에 잠수를 하여 목표방향으로 진행하면서 정량·정성 채집과 각 조사라인의 특성에 대한 필요한 자료를 취득하였다.

수중에서 모든 생물에 대한 채집은 정량·정성적인 방법을 병행하여 사용하였다. 정량적인 채집은 마을어장 각 조사라인의 5m, 8m, 12m를 중심으로 50㎝×50㎝ 크기의 수중방형구(매 10cm 간격 Grid)를 이용하여 방형구내 서식하는 해조류를 끌칼과 핀셋으로 기질에서 탈락시킨 후, 10% 중성 해수-포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 확대경과 해부현미경을 이용하여 전체 채집물에서 생물들을 일차적으로 분류한 후 종동정을 실시하였으며, 해조류 동정은 이와 강(2001), 국립수산과학원 동해수산연구소(2007), 이(2008) 등을 참고하였다. 해조류의 개체수와 생체량은 0.1g까지 측정하였다.

3.4 생태지수 분석

해조류와 저서무척추동물 자료는 다른 조사결과와의 비교분석을 위해 단위면적(㎡) 당으로 환산하여 사용하였다. 해조류 군락의 우점종 파악을 위한 중요도 값의 계산은 출현종의 빈도와 피도를 기초로 아래와 같은 수식을 이용하여 산출하였다.

피도 (C) = (출현종 i가 차지하는 면적 / 방형구의 면적)×100

빈도 (F) = (출현종 i가 있는 소방형구의 수/세분된 소방형구의 수)×100

상대피도 (RC) = (i종의 피도 합 / 전 종의 피도 합)×100

상대빈도 (RF) = (i종의 빈도 합 / 전 종의 빈도 합)×100

중요도 (IV) = (RC + RF) / 2

C: coverage, F: frequency, RC: relative coverage,

RF: relative frequency, IV: importance value

부착생물 및 유영생물 군집의 생태학적 특성을 이해하기 위한 다양도 지수(Shannon and Wiener, 1963), 풍부도 지수(Magalef, 1958), 균등도 지수(Pielou, 1977) 및 우점도 지수(Simpson, 1949)는 다음과 같이 계산하였다.

<표 2.3.4> 생태학적 지수의 계산식

생 태 지 수	계 산 식	
다양도지수	$H' = -\sum_{i=0}^{s} P_i \times \ln(P_i)$	(Shannon and Weaver, 1963)
풍부도지수	$R = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$	(Margalef, 1958)
균등도지수	$J = \frac{H'}{\ln(S)}$	(Pielou, 1966)
우점도지수	$D = \frac{(n1+n2)}{N}$	(Mcnaughton, 1968)

여기서, P_i : i번째 종의 점유율, S : 출현종수, N : 출현개체수,

n_i : i번째 종의 개체수, $n1$: 제1우점종의 개체수, $n2$: 제2우점종의 개체수

마을어장에 출현하는 해양생물상의 군집특성을 분석하기 위하여 각 정점별 출현종자료를 이용하여 유사도 지수(similarity index)를 구하여 집괴분석(Cluster Analysis)을 실시하였고, 모든 자료 분석에는 Primer 6.0 프로그램을 사용하였다.

제3장 조사결과

1. 해양환경 특성

1.1 수온

1.1.1 표층수온

전체 조사기간 동안 표층수온은 비슷한 계절변화를 나타내었다. 표층수온은 일부 시기를 제외하고 대체로 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 수온이, 표선 지역에서 가장 높은 수온이 관측되었다. 그러나, 연도별로 뚜렷한 수온변화 추세는 관찰되지 않았다.

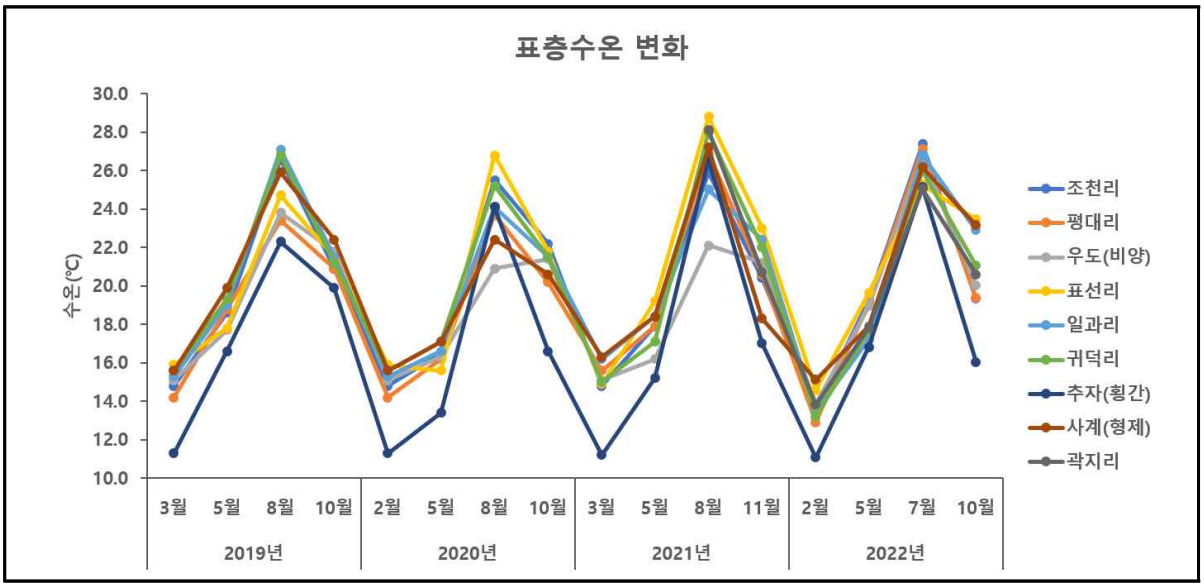
2019년의 경우 3월 11.3℃~15.9℃(평균 14.7℃), 5월 16.6℃~19.9℃(평균 18.5℃), 8월 22.3℃~27.1℃(평균 25.1℃), 10월 19.9℃~22.4℃(평균 21.3℃)로 관측되었다. 지역별로 3월 추자(횡간)지역에서 11.3℃로 가장 낮았고 표선 지역에서 15.9℃로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간)지역에서 16.6℃로 가장 낮았고 귀덕과 사계(형제) 지역에서 19.9℃로 가장 높았다. 8월 추자(횡간)지역에서 22.3℃로 가장 낮았고 일과지역에서 27.1℃로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간)지역에서 19.9℃로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 22.4℃로 가장 높았다.

2020년의 경우 2월 11.3℃~15.9℃(평균 14.7℃), 5월 13.4℃~17.1℃(평균 16.1℃), 8월 20.9℃~26.8℃(평균 24.1℃), 10월 16.6℃~22.2℃(평균 20.7℃)로 관측되었다. 지역별로 2월 추자(횡간) 지역에서 11.3℃로 가장 낮았고 표선 지역에서 15.9℃로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간) 지역에서 13.4℃로 가장 낮았고 귀덕과 사계(형제) 지역에서 17.1℃로 가장 높았다. 8월 우도(비양) 지역에서 20.9℃로 가장 낮았고 표선지역에서 26.8℃로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간)지역에서 16.6℃로 가장 낮았고 조천지역에서 22.2℃로 가장 높았다.

2021년의 경우 3월 11.2℃~16.3℃(평균 14.9℃), 5월 15.2℃~19.2℃(평균 17.5℃), 8월 22.1℃~28.8℃(평균 26.5℃), 11월 17.0℃~23.0℃(평균 20.6℃)로 관측되었다. 지역별로 3월 추자(횡간) 지역에서 11.2℃로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 16.3℃로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간) 지역에서 15.2℃로 가장 낮았고 표선지역에서 19.2℃로 가장 높았다. 8월 우도(비양) 지역에서 22.1℃로 가장 낮았고 표선지역에서 28.8℃로 가장 높았으며, 11월 추자(횡간)지역에서 17.0℃로 가장 낮았고 표선지역에서 23.0℃로 가장 높았다.

2022년의 경우 2월 11.1℃~15.1℃(평균 13.5℃), 5월 16.8℃~19.6℃(평균 18.3℃), 7월

25.0℃~27.4℃(평균 26.2℃), 10월 16.1℃~23.5℃(평균 20.7℃)로 관측되었다. 지역별로 2월 추자(횡간) 지역에서 11.1℃로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 15.1℃로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간) 지역에서 16.8℃로 가장 낮았고 표선지역에서 19.6℃로 가장 높았다. 7월 곽지 지역에서 25.0℃로 가장 낮았고 조천지역에서 27.4℃로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간)지역에서 16.1℃로 가장 낮았고 표선지역에서 23.5℃로 가장 높았다.



(그림 3.1.1) 조사기간 동안 지역별 표층수온 변화

1.1.2 저층수온

전체 조사기간 동안 저층수온은 계절별로 표층수온과 비슷하게 관측되었으나 하계에 표층수온과 일정 수온편차를 나타내었다. 또한 2019년도의 경우 동계에 낮고 하계에 높은 계절변화를 나타냈으나 2020년도부터 일부 지역에서 추계에 수온이 높은 경우가 관측되었다. 지역별로는 일부 시기를 제외하고 대체로 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 수온을 나타냈으며 여름철 최고수온은 시기별로 각각 다른 지역에서 관측되었다.

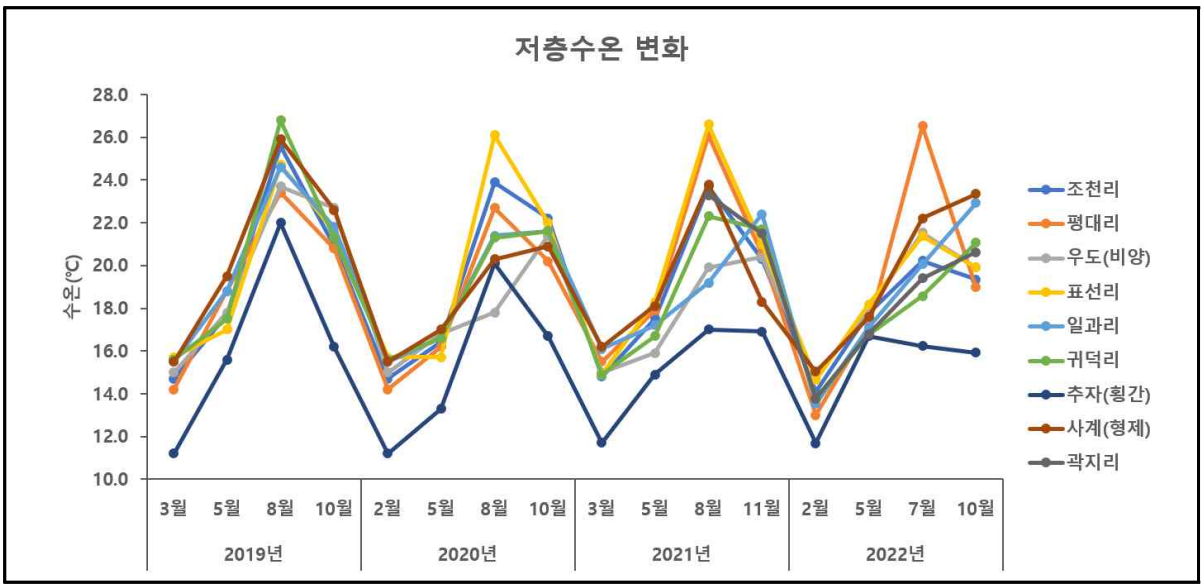
2019년의 경우 3월 11.2℃~15.7℃(평균 14.7℃), 5월 15.6℃~19.5℃(평균 17.8℃), 8월 22.0℃~26.8℃(평균 24.6℃), 10월 16.2℃~22.7℃(평균 21.0℃)로 관측되었다. 지역별로 3월 추자(횡간)지역에서 11.2℃로 가장 낮았고 표선 지역에서 15.7℃로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간)지역에서 15.6℃로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 19.5℃로 가장 높았다. 8월 추자(횡간)지역에서 22.0℃로 가장 낮았고 귀덕지역에서 26.8℃로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간)지역에서 16.2℃로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 22.7℃로 가장 높았다.

2020년의 경우 2월 11.2℃~15.7℃(평균 14.7℃), 5월 13.3℃~17.0℃(평균 16.1℃), 8월 17.8℃~26.1℃(평균 21.7℃), 10월 16.7℃~22.2℃(평균 20.8℃)로 관측되었다. 지역별로 2월 추자(횡간) 지역에서 11.2℃로 가장 낮았고 표선 지역에서 15.7℃로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간) 지역에서 13.3℃로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 17.0℃로 가장 높았다. 8월 우도(비양) 지역에서 17.8℃로 가장 낮았고 표선지역에서 26.1℃로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간)지역에서 16.7℃로 가장 낮았고 조천지역에서 22.2℃로 가장 높았다.

2021년의 경우 3월 11.7℃~16.2℃(평균 14.9℃), 5월 14.9℃~18.3℃(평균 17.1℃), 8월 17.0℃~26.6℃(평균 22.4℃), 11월 16.9℃~22.4℃(평균 20.3℃)로 관측되었다. 지역별로 3월 추자(횡간) 지역에서 11.7℃로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 16.2℃로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간) 지역에서 14.9℃로 가장 낮았고 표선지역에서 18.3℃로 가장 높았다. 8월 추자(횡간) 지역에서 17.0℃로 가장 낮았고 표선지역에서 26.6℃로 가장 높았으며, 11월 추자(횡간)지역에서 16.9℃로 가장 낮았고 일과지역에서 22.4℃로 가장 높았다.

2022년의 경우 2월 11.7℃~15.0℃(평균 13.8℃), 5월 16.7℃~18.2℃(평균 17.3℃), 7월 16.2℃~26.5℃(평균 20.7℃), 10월 15.9℃~23.4℃(평균 20.2℃)로 관측되었다. 지역별로 2월 추자(횡간) 지역에서 11.7℃로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 15.0℃로 가장 높았으며, 5월

추자(횡간) 지역에서 16.7℃로 가장 낮았고 표선지역에서 18.2℃로 가장 높았다. 7월 추자(횡간) 지역에서 16.2℃로 가장 낮았고 평대지역에서 26.5℃로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간)지역에서 15.9℃로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 23.4℃로 가장 높았다.



(그림 3.1.2) 조사기간 동안 지역별 저층수온 변화

1.2 염분

1.2.1 표층염분

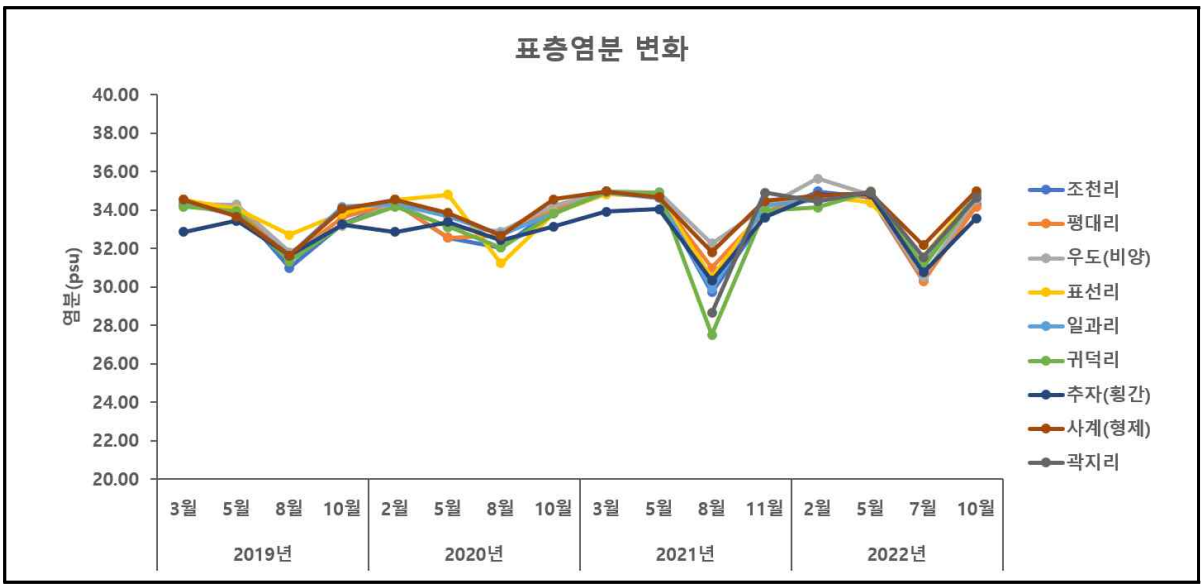
전체 조사기간 동안 표층염분은 비슷한 계절변화를 나타내었다. 표층염분은 계절별로 동계, 춘계, 추계에는 33 ~ 35 psu 범위를 기록하였으며 일부 여름철에 30 psu 이하로 낮게 관측되는 저염분이 관측되었다. 지역별로 최고 및 최저 염분은 계절에 따라 각각 다르게 관측되었다.

2019년의 경우 3월 32.85 psu ~ 34.54 psu(평균 34.17 psu), 5월 33.44 psu ~ 34.27 psu(평균 33.93 psu), 8월 30.98 psu ~ 32.70 psu(평균 31.65 psu), 10월 33.17 psu ~ 34.17 psu(평균 33.58 psu)로 관측되었다. 지역별로 3월 추자(횡간)지역에서 32.85 psu로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 34.54 psu 로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간)지역에서 33.44 psu로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 34.27 psu로 가장 높았다. 8월 조천 지역에서 30.98 psu로 가장 낮았고 표선지역에서 32.70 psu로 가장 높았으며, 10월 우도(비양) 지역에서 33.17 psu로 가장 낮았고 일과 지역에서 34.17 psu로 가장 높았다.

2020년의 경우 2월 32.85 psu ~ 34.54 psu(평균 34.17 psu), 5월 32.56 psu ~ 34.79 psu(평균 33.38 psu), 8월 31.22 psu ~ 32.87 psu(평균 32.33 psu), 10월 33.14 psu ~ 34.56 psu(평균 33.93 psu)로 관측되었다. 지역별로 2월 추자(횡간)지역에서 32.85 psu로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 34.54 psu 로 가장 높았으며, 5월 조천지역에서 32.56 psu로 가장 낮았고 표선 지역에서 34.79 psu로 가장 높았다. 8월 표선지역에서 31.22 psu로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 32.87 psu로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 33.14 psu로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 34.56 psu로 가장 높았다.

2021년의 경우 3월 33.91 psu ~ 34.96 psu(평균 34.80 psu), 5월 34.03 psu ~ 34.92 psu(평균 34.64 psu), 8월 27.50 psu ~ 32.26 psu(평균 30.18 psu), 11월 33.61 psu ~ 34.90 psu(평균 34.12 psu)로 관측되었다. 지역별로 3월 추자(횡간)지역에서 33.91 psu로 가장 낮았고 조천 및 사계(형제) 지역에서 34.96 psu 로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간) 지역에서 34.03 psu로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 34.92 psu로 가장 높았다. 8월 귀덕지역에서 27.50 psu로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 32.26 psu로 가장 높았으며, 11월 추자(횡간) 지역에서 33.61 psu로 가장 낮았고 곽지지역에서 34.90 psu로 가장 높았다.

2022년의 경우 2월 34.13 psu ~ 35.63 psu(평균 34.74 psu), 5월 34.39 psu ~ 34.96 psu(평균 34.79 psu), 7월 30.29 psu ~ 32.16 psu(평균 31.03 psu), 10월 33.57 psu ~ 34.98 psu(평균 34.51 psu)로 관측되었다. 지역별로 2월 귀덕지역에서 34.13 psu로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 35.63 psu 로 가장 높았으며, 5월 표선지역에서 34.39 psu로 가장 낮았고 귀덕 지역에서 34.96 psu로 가장 높았다. 7월 평대지역에서 30.29 psu로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 32.16 psu로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 33.57 psu로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 34.98 psu로 가장 높았다.



(그림 3.1.3) 조사기간 동안 지역별 표층염분 변화

1.2.2 저층염분

전체 조사기간 동안 저층염분은 계절별로 표층수온과 비슷하게 관측되었으나 하계에 표층염분과 달리 30 psu이하의 저염분은 관측되지 않았고 대체로 안정적인 염분 범위를 나타내었다. 지역별로 최고 및 최저 염분은 계절에 따라 각각 다르게 관측되었다.

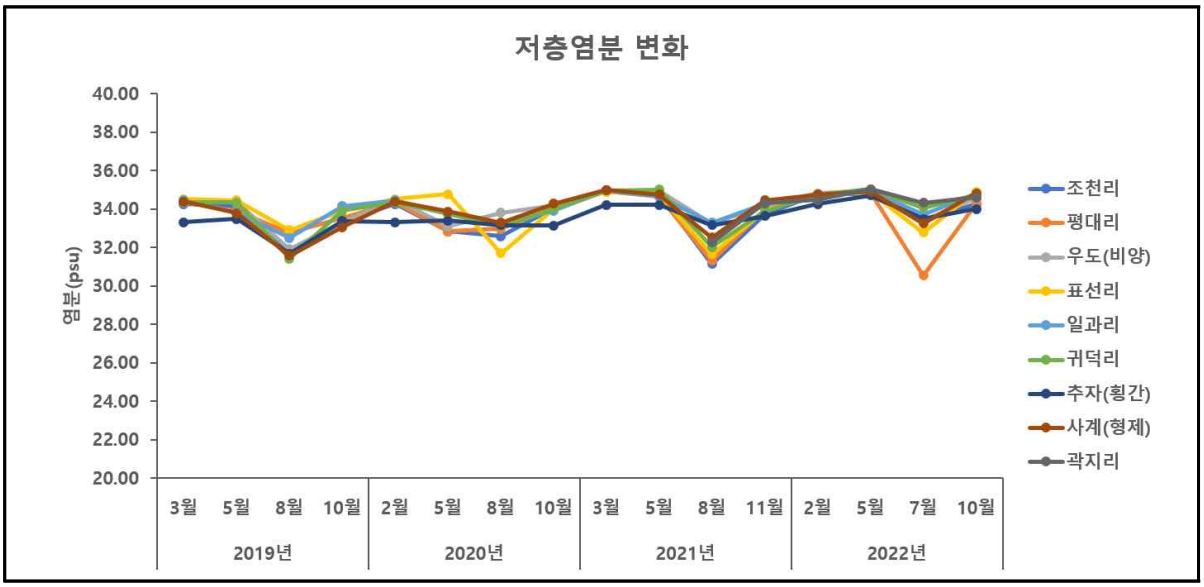
2019년의 경우 3월 33.31 psu ~ 34.51 psu(평균 34.26 psu), 5월 33.48 psu ~ 34.44 psu(평균 34.03 psu), 8월 31.41 psu ~ 32.91 psu(평균 32.06 psu), 10월 33.04 psu ~ 34.14 psu(평균 33.57 psu)로 관측되었다. 지역별로 3월 추자(횡간)지역에서 33.31 psu로 가장 낮았고 표선지역에서 34.51 psu 로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간)지역에서 33.48 psu로 가장 낮았고 표선지역에서 34.44 psu로 가장 높았다. 8월 귀덕지역에서 31.41 psu로 가장 낮았고 표선지역에서 32.91 psu로 가장 높았으며, 10월 사계(형제) 지역에서 33.04 psu로 가장 낮았고 일과 지역에서 34.14 psu로 가장 높았다.

2020년의 경우 2월 33.31 psu ~ 34.51 psu(평균 34.26 psu), 5월 32.83 psu ~ 34.77 psu(평균 33.54 psu), 8월 31.70 psu ~ 33.80 psu(평균 32.97 psu), 10월 33.13 psu ~ 34.28 psu(평균 33.95 psu)로 관측되었다. 지역별로 2월 추자(횡간)지역에서 33.31 psu로 가장 낮았고 표선지역에서 34.51 psu 로 가장 높았으며, 5월 조천 및 평대지역에서 32.83 psu로 가장 낮았고 표선 지역에서 34.77 psu로 가장 높았다. 8월 표선지역에서 31.70 psu로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 33.80 psu로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 33.13 psu로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 34.28 psu로 가장 높았다.

2021년의 경우 3월 34.21 psu ~ 34.98 psu(평균 34.86 psu), 5월 34.22 psu ~ 35.00 psu(평균 34.72 psu), 8월 31.13 psu ~ 33.29 psu(평균 32.28 psu), 11월 33.63 psu ~ 34.45 psu(평균 34.03 psu)로 관측되었다. 지역별로 3월 추자(횡간)지역에서 34.21 psu로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 34.98 psu 로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간) 지역에서 34.22 psu로 가장 낮았고 귀덕지역에서 35.00 psu로 가장 높았다. 8월 조천지역에서 31.13 psu로 가장 낮았고 일과지역에서 33.29 psu로 가장 높았으며, 11월 추자(횡간) 지역에서 33.63 psu로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 34.45 psu로 가장 높았다.

2022년의 경우 2월 34.25 psu ~ 34.82 psu(평균 34.65 psu), 5월 34.70 psu ~ 35.02 psu(평균 34.89 psu), 7월 30.54 psu ~ 34.32 psu(평균 33.21 psu), 10월 33.99 psu ~

34.89 psu(평균 34.55 psu)로 관측되었다. 지역별로 2월 추자(횡간) 지역에서 34.25 psu로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 34.82 psu 로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간) 지역에서 34.70 psu로 가장 낮았고 귀덕 지역에서 35.02 psu로 가장 높았다. 7월 평대지역에서 30.54 psu로 가장 낮았고 곽지지역에서 34.32 psu로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 33.99 psu로 가장 낮았고 표선지역에서 34.89 psu로 가장 높았다.



(그림 3.1.4) 조사기간 동안 지역별 저층염분 변화

1.3 pH

1.3.1 표층 pH

전체 조사기간 동안 표층 pH는 계절에 관계없이 대체로 일정한 수치를 나타내었다. 표층 pH는 8.0 ~ 8.5 범위를 기록하였으며 일부 7.5 ~ 8.0 범위 또는 8.5 이상으로 관측되었다. 지역별로 최고 및 최저 pH는 계절에 따라 각각 다르게 관측되었다.

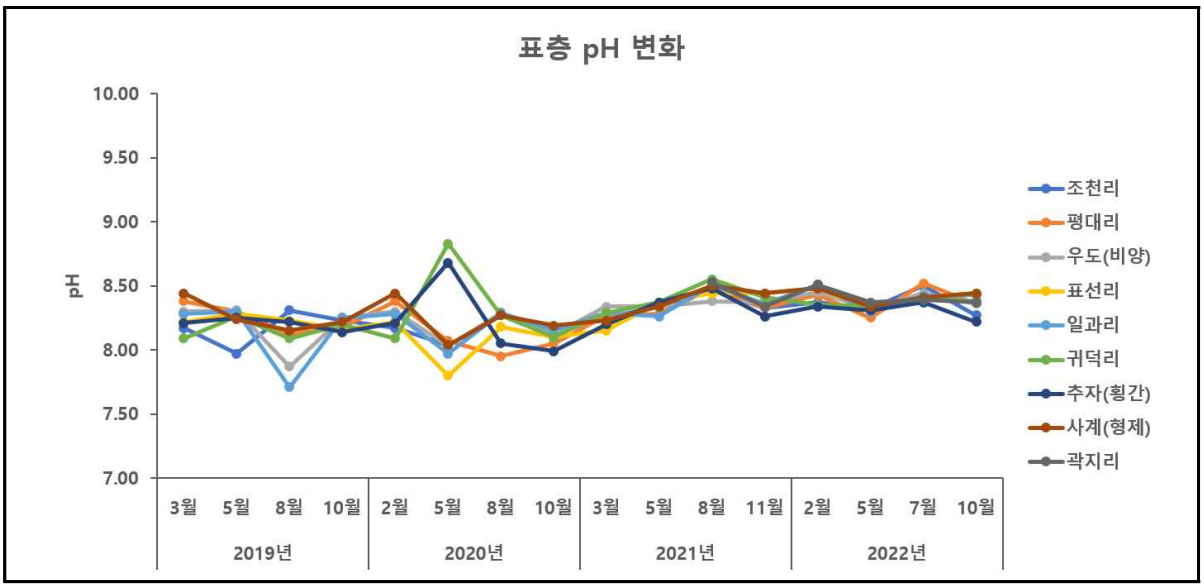
2019년의 경우 3월 8.09 ~ 8.44(평균 8.26), 5월 7.97 ~ 8.31(평균 8.24), 8월 7.71 ~ 8.31(평균 8.09), 10월 8.14 ~ 8.25(평균 8.20)로 관측되었다. 지역별로 3월 귀덕지역에서 8.09로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 8.44로 가장 높았으며, 5월 조천지역에서 7.97로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 8.31로 가장 높았다. 8월 일과지역에서 7.71로 가장 낮았고 조천지역에서 8.31로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 8.14로 가장 낮았고 우도(비양) 및 일과지역에서 8.25로 가장 높았다.

2020년의 경우 2월 8.09 ~ 8.44(평균 8.26), 5월 7.80 ~ 8.83(평균 8.18), 8월 7.95 ~ 8.29(평균 8.20), 10월 7.99 ~ 8.19(평균 8.11)로 관측되었다. 지역별로 2월 귀덕지역에서 8.09로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 8.44로 가장 높았으며, 5월 표선지역에서 7.80로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.83로 가장 높았다. 8월 평대지역에서 7.95로 가장 낮았고 우도(비양)지역에서 8.29로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 7.99로 가장 낮았고 사계(형제)에서 8.19로 가장 높았다.

2021년의 경우 3월 8.15 ~ 8.34(평균 8.25), 5월 8.26 ~ 8.37(평균 8.33), 8월 8.38 ~ 8.55(평균 8.48), 11월 8.26 ~ 8.44(평균 8.36)로 관측되었다. 지역별로 3월 표선지역에서 8.15로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 8.34로 가장 높았으며, 5월 일과지역에서 8.26로 가장 낮았고 표선, 귀덕, 추자(횡간) 지역에서 8.37로 가장 높았다. 8월 우도(비양) 지역에서 8.38로 가장 낮았고 귀덕 지역에서 8.55로 가장 높았으며, 11월 추자(횡간) 지역에서 8.26로 가장 낮았고 표선 및 사계(형제)에서 8.44로 가장 높았다.

2022년의 경우 2월 8.34 ~ 8.51(평균 8.44), 5월 8.25 ~ 8.37(평균 8.32), 7월 8.37 ~ 8.52(평균 8.43), 10월 8.22 ~ 8.44(평균 8.36)로 관측되었다. 지역별로 2월 추자(횡간) 지역에서 8.34로 가장 낮았고 일과 및 곽지 지역에서 8.51로 가장 높았으며, 5월 평대지역에서 8.25로 가장 낮았고 곽지지역에서 8.37로 가장 높았다. 7월 추자(횡간) 지역에서 8.37로 가장

낮았고 평대지역에서 8.52로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 8.22로 가장 낮았고 표선 및 사계(형제)에서 8.44로 가장 높았다.



(그림 3.1.5) 조사기간 동안 지역별 표층 pH 변화

1.3.2 저층 pH

전체 조사기간 동안 저층 pH는 표층 pH와 비슷한 경향으로 계절에 관계없이 대체로 일정한 수치를 나타내었다. 저층 pH는 8.0 ~ 8.5 범위를 기록하였으며 일부 7.5 ~ 8.0 범위 또는 8.5 이상으로 관측되었다. 지역별로 최고 및 최저 pH는 계절에 따라 각각 다르게 관측되었다.

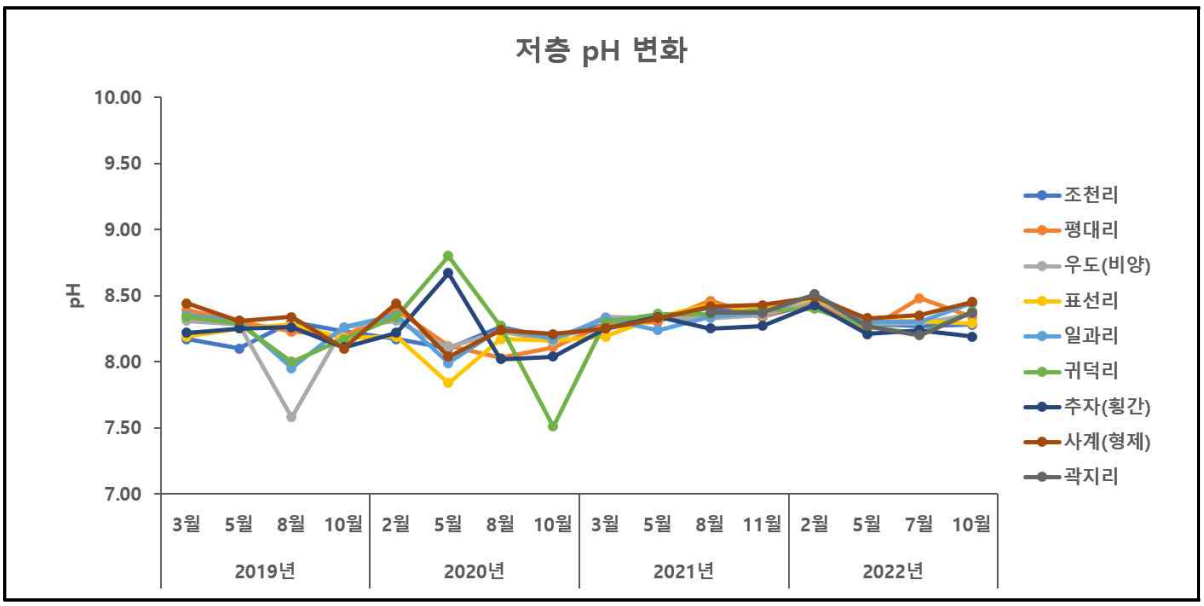
2019년의 경우 3월 8.17 ~ 8.44(평균 8.30), 5월 8.10 ~ 8.31(평균 8.26), 8월 7.58 ~ 8.34(평균 8.12), 10월 8.10 ~ 8.26(평균 8.19)로 관측되었다. 지역별로 3월 조천지역에서 8.17로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 8.44로 가장 높았으며, 5월 조천지역에서 8.10으로 가장 낮았고 일과 및 사계(형제) 지역에서 8.31로 가장 높았다. 8월 우도(비양) 지역에서 7.58로 가장 낮았고 사계(형제)지역에서 8.34로 가장 높았으며, 10월 사계(형제) 지역에서 8.10로 가장 낮았고 우도(비양) 및 일과지역에서 8.26로 가장 높았다.

2020년의 경우 2월 8.17 ~ 8.44(평균 8.30), 5월 7.84 ~ 8.80(평균 8.21), 8월 8.02 ~ 8.27(평균 8.18), 10월 7.51 ~ 8.21(평균 8.07)로 관측되었다. 지역별로 2월 조천지역에서 8.17로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 8.44로 가장 높았으며, 5월 표선지역에서 7.84로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.80으로 가장 높았다. 8월 추자(횡간)지역에서 8.02로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.27로 가장 높았으며, 10월 귀덕지역에서 7.51로 가장 낮았고 사계(형제)에서 8.21로 가장 높았다.

2021년의 경우 3월 8.19 ~ 8.34(평균 8.28), 5월 8.24 ~ 8.36(평균 8.32), 8월 8.25 ~ 8.46(평균 8.37), 11월 8.27 ~ 8.43(평균 8.36)로 관측되었다. 지역별로 3월 표선지역에서 8.19로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 8.34로 가장 높았으며, 5월 일과지역에서 8.24로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.36로 가장 높았다. 8월 추자(횡간) 지역에서 8.25로 가장 낮았고 평대지역에서 8.46으로 가장 높았으며, 11월 추자(횡간) 지역에서 8.27로 가장 낮았고 사계(형제)에서 8.43으로 가장 높았다.

2022년의 경우 2월 8.40 ~ 8.51(평균 8.47), 5월 8.21 ~ 8.33(평균 8.28), 7월 8.20 ~ 8.48(평균 8.29), 10월 8.19 ~ 8.45(평균 8.34)로 관측되었다. 지역별로 2월 귀덕지역에서 8.40으로 가장 낮았고 일과 및 곽지 지역에서 8.51로 가장 높았으며, 5월추자(횡간) 지역에서 8.21로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 8.33로 가장 높았다. 7월 곽지지역에서 8.20으로 가장 낮았고 평대지역에서 8.48로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 8.19로 가장

낮았고 사계(형제)에서 8.45로 가장 높았다.



(그림 3.1.6) 조사기간 동안 지역별 저층 pH 변화

1.4 용존산소(DO)

1.4.1 표층 용존산소(DO)

전체 조사기간 동안 표층 용존산소(DO)는 일부 지역을 제외하고 동계에 높고 추계로 갈수록 낮아지는 비슷한 계절변화를 나타내었다. 표층 DO는 동계 7.7 ~ 9.0 사이로 관측되었으나 2022년 동계에 일부 지역에서 9.0 이상으로 높게 관측되기도 하였다. 반면 추계에는 6.2 ~ 8.2로 동계 대비 낮은 수치로 관측되었으며, 지역별 편차가 크게 나타났다.

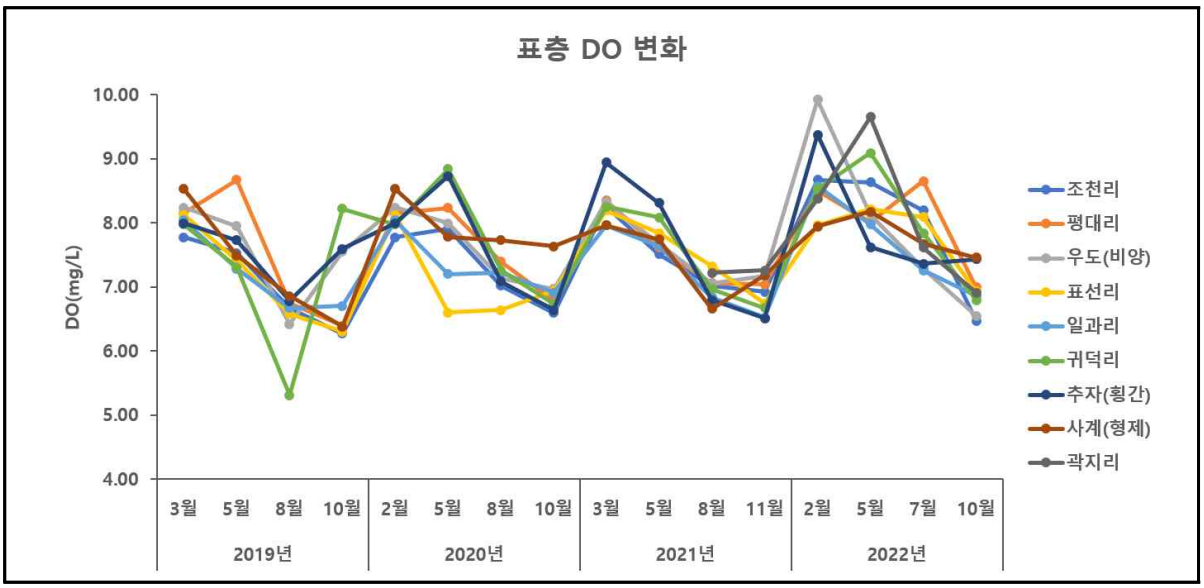
2019년의 경우 3월 7.77 ~ 8.53(평균 8.10), 5월 7.28 ~ 8.67(평균 7.67), 8월 5.31 ~ 6.86(평균 6.50), 10월 6.27 ~ 8.22(평균 6.93)로 관측되었다. 지역별로 3월 조천지역에서 7.77로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 8.53으로 가장 높았으며, 5월 일과지역에서 7.28로 가장 낮았고 평대지역에서 8.67로 가장 높았다. 8월 귀덕지역에서 5.31로 가장 낮았고 사계(형제)지역에서 6.86으로 가장 높았으며, 10월 조천지역에서 6.27로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.22로 가장 높았다.

2020년의 경우 2월 7.77 ~ 8.53(평균 8.10), 5월 6.60 ~ 8.84(평균 7.91), 8월 6.64 ~ 7.73(평균 7.18), 10월 6.59 ~ 7.63(평균 6.90)으로 관측되었다. 지역별로 2월 조천지역에서 7.77로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 8.53으로 가장 높았으며, 5월 표선지역에서 6.60로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.84로 가장 높았다. 8월 표선지역에서 6.64로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 7.73으로 가장 높았으며, 10월 조천지역에서 6.59로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 7.63으로 가장 높았다.

2021년의 경우 3월 7.96 ~ 8.94(평균 8.28), 5월 7.51 ~ 8.31(평균 7.80), 8월 6.66 ~ 7.32(평균 6.99), 11월 6.51 ~ 7.26(평균 6.89)으로 관측되었다. 지역별로 3월 일과 및 사계(형제) 지역에서 7.96으로 가장 낮았고 추자(횡간) 지역에서 8.94로 가장 높았으며, 5월 조천지역에서 7.51로 가장 낮았고 추자(횡간) 지역에서 8.31로 가장 높았다. 8월 사계(형제) 지역에서 6.66으로 가장 낮았고 표선지역에서 7.32으로 가장 높았으며, 11월 추자(횡간) 지역에서 6.51로 가장 낮았고 곽지지역에서 7.26으로 가장 높았다.

2022년의 경우 2월 7.94 ~ 9.92(평균 8.65), 5월 7.62 ~ 9.65(평균 8.39), 8월 7.26 ~ 8.65(평균 7.77), 10월 6.47 ~ 7.46(평균 6.93)으로 관측되었다. 지역별로 2월 사계(형제) 지역에서 7.94로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 9.92로 가장 높았으며, 5월 추자(횡간)

지역에서 7.62으로 가장 낮았고 곽지지역에서 9.65으로 가장 높았다. 7월 일과지역에서 7.26으로 가장 낮았고 평대지역에서 8.65로 가장 높았으며, 10월 조천지역에서 6.47로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 7.46으로 가장 높았다.



(그림 3.1.7) 조사기간 동안 지역별 표층 DO 변화

1.4.2 저층 용존산소(DO)

전체 조사기간 동안 저층 용존산소(DO)는 표층 DO대비 낮은 수치로 관측되었으며 일부 지역을 제외하고 동계에 높고 추계로 갈수록 낮아지는 비슷한 계절변화를 나타내었다. 저층 DO는 동계 7.1~8.7 사이로 관측되었고 표층 DO와 달리 지역별 편차가 크게 나타나지 않았다. 반면 추계에는 4.7~8.1로 동계 대비 낮은 수치로 관측되었으며, 지역별 편차가 크게 나타났다.

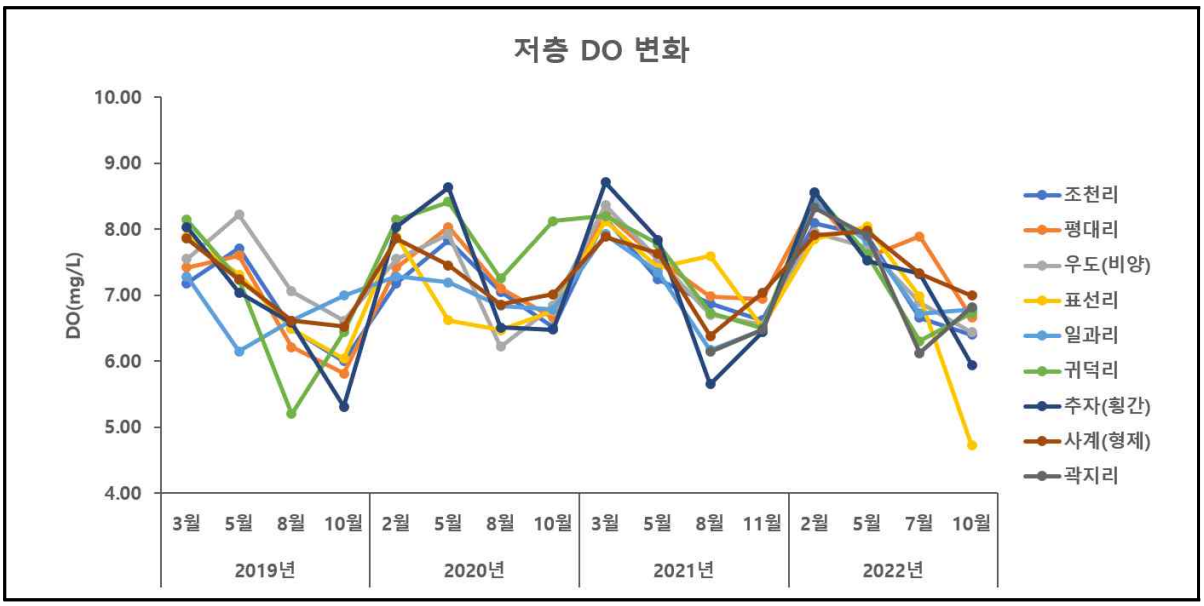
2019년의 경우 3월 7.18~8.14(평균 7.67), 5월 6.15~8.22(평균 7.31), 8월 5.20~7.06(평균 6.41), 10월 5.31~6.99(평균 6.22)로 관측되었다. 지역별로 3월 조천지역에서 7.18로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.14로 가장 높았으며, 5월 일과지역에서 6.15로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 8.22로 가장 높았다. 8월 귀덕지역에서 5.20으로 가장 낮았고 우도(비양) 지역에서 7.06으로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 5.31로 가장 낮았고 일과지역에서 6.99로 가장 높았다.

2020년의 경우 2월 7.18~8.14(평균 7.67), 5월 6.62~8.63(평균 7.76), 8월 6.22~7.25(평균 6.79), 10월 6.48~8.12(평균 6.90)으로 관측되었다. 지역별로 2월 조천지역에서 7.18로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.14로 가장 높았으며, 5월 표선지역에서 6.62로 가장 낮았고 추자(횡간) 지역에서 8.63으로 가장 높았다. 8월 우도(비양) 지역에서 6.22로 가장 낮았고 귀덕지역에서 7.25로 가장 높았으며, 10월 추자(횡간) 지역에서 6.48로 가장 낮았고 귀덕지역에서 8.12로 가장 높았다.

2021년의 경우 3월 7.88~8.71(평균 8.20), 5월 7.24~7.84(평균 7.54), 8월 5.65~7.59(평균 6.58), 11월 6.44~7.03(평균 6.62)으로 관측되었다. 지역별로 3월 사계(형제) 지역에서 7.88로 가장 낮았고 추자(횡간) 지역에서 8.71로 가장 높았으며, 5월 조천지역에서 7.24로 가장 낮았고 추자(횡간) 지역에서 7.84로 가장 높았다. 8월 추자(횡간) 지역에서 5.65로 가장 낮았고 표선지역에서 7.59로 가장 높았으며, 11월 추자(횡간) 지역에서 6.44로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 7.03으로 가장 높았다.

2022년의 경우 2월 7.85~8.56(평균 8.23), 5월 7.52~8.04(평균 7.78), 8월 6.12~7.89(평균 6.91), 10월 4.72~6.99(평균 6.39)로 관측되었다. 지역별로 2월 표선지역에서 7.85로 가장 낮았고 추자(횡간) 지역에서 8.56으로 가장 높았으며, 5월

추자(횡간) 지역에서 7.52로 가장 낮았고 표선지역에서 8.04로 가장 높았다. 7월 곽지지역에서 6.12로 가장 낮았고 평대지역에서 7.89로 가장 높았으며, 10월 표선지역에서 4.72로 가장 낮았고 사계(형제) 지역에서 6.99로 가장 높았다.



(그림 3.1.8) 조사기간 동안 지역별 저층 DO 변화

1.5 수질평가지수(WQI)

1.5.1 전체 등급

전체 조사기간 동안 수질평가지수(WQI)는 Ⅰ등급(아주 좋음)부터 Ⅳ등급(나쁨)까지 산정되었다. 계절별, 지역별로 마을어장의 수질평가지수(WQI)는 대표적인 변화 추세를 나타내지 않았다.

지역별로 귀덕리의 경우 2018년 전 계절에 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2019년의 경우 동계와 춘계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 하계에 Ⅲ등급(보통), 추계에 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2020년의 경우 동계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 나머지 기간에는 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2021년의 경우 동계에 Ⅱ등급(좋음), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2022년의 경우 추계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 나머지 기간에는 Ⅱ등급(좋음) 으로 산정되었다.

조천리의 경우 2019년부터 조사정점에 추가되어 조사가 수행되었다. 2019년의 경우 춘계와 하계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 동계와 추계에 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2020년의 경우 하계와 추계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 동계와 춘계에 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2021년의 경우 하계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 나머지 기간에는 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2022년의 경우 춘계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 동계와 하계에 Ⅱ등급(좋음), 추계에 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다.

평대리의 경우 2018년의 경우 5월과 6월 Ⅱ등급(좋음), 하계와 추계에 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다. 2019년의 경우 동계와 춘계에 Ⅱ등급(좋음), 하계와 추계에 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다. 2020년의 경우 춘계와 하계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 동계와 추계에 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다. 2021년의 경우 춘계 Ⅱ등급(좋음), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2022년의 경우 춘계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 나머지 기간에는 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다.

우도(비양)의 경우 2018년의 경우 전 계절에 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다. 2019년의 경우 추계에 Ⅱ등급(좋음), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2020년의 경우 춘계와 하계에 Ⅲ등급(보통), 춘계와 추계에 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2021년의 경우 춘계에 Ⅲ등급(보통), 나머지 기간에는 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2022년의 경우 추계에 Ⅱ등급(좋음), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다.

추자(횡간)의 경우 2018년의 경우 5월에 Ⅲ등급(보통), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주

좋음)으로 산정되었다. 2019년의 경우 동계와 춘계에 Ⅱ등급(좋음), 하계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 추계에 Ⅳ등급(나쁨)으로 산정되었다. 2020년의 경우 추계에 Ⅳ등급(나쁨), 나머지 기간에는 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다. 2021년의 경우 하계에 Ⅳ등급(나쁨), 나머지 기간에는 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다. 2022년의 경우 동계와 추계에 Ⅲ등급(보통), 춘계에 Ⅱ등급, 하계에 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다.

일과리의 경우 2019년부터 조사정점에 추가되어 조사가 수행되었다. 2019년의 경우 춘계에 Ⅲ등급(보통), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2020년의 경우 동계에 Ⅲ등급(보통), 춘계에 Ⅱ등급(좋음), 하계와 추계에 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2021년의 경우 추계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 나머지 기간에는 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2022년의 경우 동계에 Ⅱ등급(좋음), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다.

사계(형제)의 경우 2018년의 경우 6월에 Ⅱ등급(좋음), 나머지 기간에는 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다. 2019년의 경우 전 계절에 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2020년의 경우 동계에 Ⅳ등급(나쁨), 춘계에 Ⅲ등급(보통), 하계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 추계에 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2021년의 경우 동계와 춘계에 Ⅱ등급(좋음), 하계와 추계에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2022년의 경우 동계에 Ⅱ등급(좋음), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다.

표선리의 경우 2018년의 경우 5월에 Ⅰ등급(아주 좋음), 6월과 10월에 Ⅱ등급(좋음), 8월에는 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다. 2019년의 경우 추계에 Ⅱ등급(좋음), 나머지 기간에는 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 산정되었다. 2020년의 경우 동계와 춘계에 Ⅲ등급(보통), 하계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 추계에 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2021년의 경우 전 계절에 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2022년의 경우 동계에 Ⅱ등급(좋음), 춘계와 하계에는 Ⅰ등급(아주 좋음), 추계에는 Ⅳ등급(나쁨)으로 산정되었다.

곽지리의 경우 2021년 하계부터 조사정점에 추가되어 조사가 수행되었다. 2021년의 경우 하계와 추계에 Ⅱ등급(좋음)으로 산정되었다. 2022년의 경우 동계와 추계에 Ⅰ등급(아주 좋음), 춘계에 Ⅱ등급(좋음), 하계에 Ⅲ등급(보통)으로 산정되었다.

<표 3.1.1> 조사기간 동안 지역별 수질평가지수(WQI) 등급 산정 결과

시기		귀덕리	조천리	평대리	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과리	사계 (형제)	표선리	곽지리
2018년	5월	Ⅱ	-*	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	-	Ⅲ	Ⅰ	-
	6월	Ⅱ	-	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	-	Ⅱ	Ⅱ	-
	8월	Ⅱ	-	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ	-	Ⅲ	Ⅲ	-
	10월	Ⅱ	-	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ	-	Ⅲ	Ⅱ	-
2019년	3월	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	-
	5월	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	-
	8월	Ⅲ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	-
	10월	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	-
2020년	2월	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	-
	5월	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	-
	8월	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	-
	11월	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	-
2021년	3월	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	-
	5월	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	-
	8월	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ
	11월	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ
2022년	2월	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ
	5월	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ
	8월	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅲ
	11월	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅰ

* '-'는 해당기간에 조사가 이루어지지 않고 이후에 추가된 지역

1.5.2 지역별 수질 영향인자

지역별 수질평가지수(WQI)에 영향을 주는 영향인자에 대한 분석을 실시하였다. 수질평가지수(WQI)는 저층 산소포화도(%), 표층 클로로필(chl-a), 투명도, 용존무기질소(DIN) 및 용존무기인(DIP)의 점수에 따른 계산식에 의해 산정된다. 각 항목별 점수를 바탕으로 Ⅰ등급(아주 좋음) 이하의 수질등급을 대상으로 지역별로 수질에 영향을 미치는 인자에 대해 분석하였다.

(1) 귀덕리

2018년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 투명도(SD)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 5월의 경우 용존무기질소(DIN)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 6월의 경우 용존무기질소(DIN)가 4점, 용존무기인(DIP)이 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 용존무기질소(DIN)와 용존무기인(DIP)이 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 10월의 경우 용존용존무기인(DIP)이 4점, 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

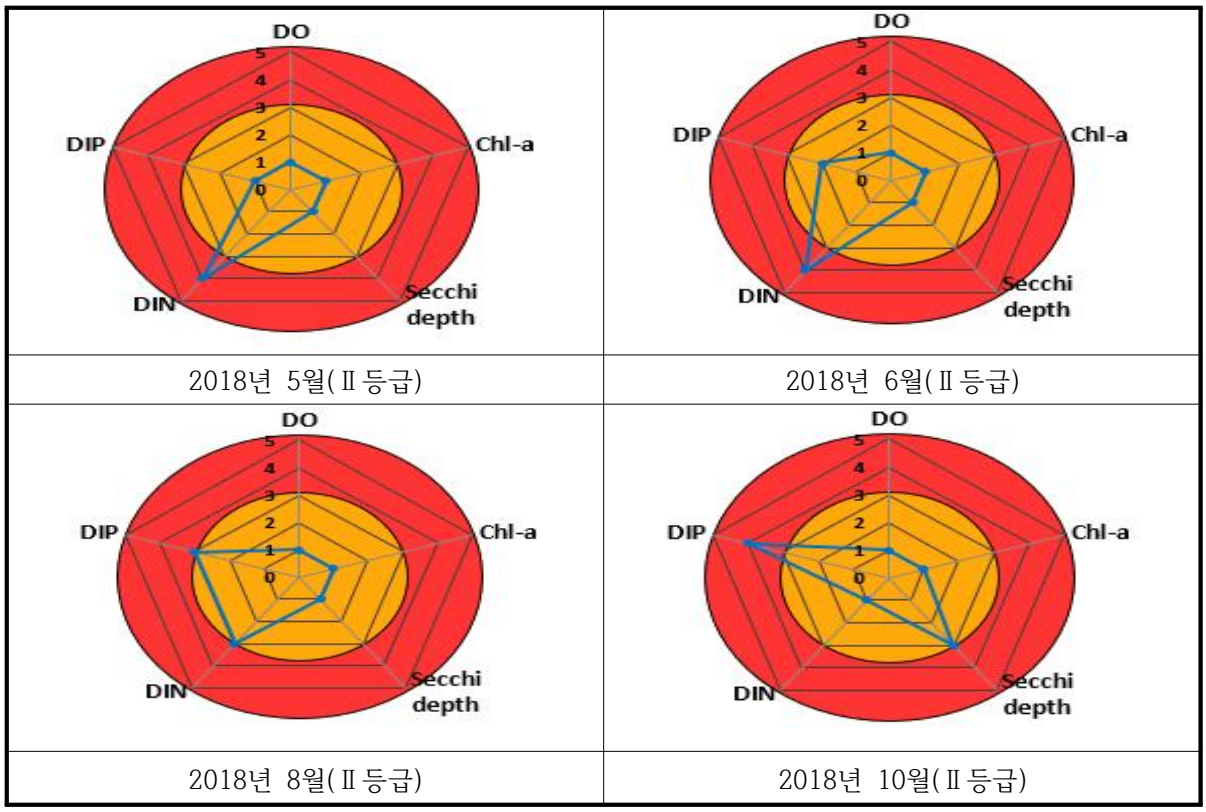
2019년 수질평가지수(WQI)의 등급은 8월과 11월 모두 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 8월 저층 용존산소포화도는 8월 3점, 11월 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 8월 Ⅲ등급(보통) 범위인 34~46점, 10월 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2020년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 표층 클로로필(chl-a)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 5월 용존무기질소(DIN)가 3점, 용존무기인(DIP)이 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 용존무기질소(DIN)가 3점, 표층 클로로필(chl-a)이 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급

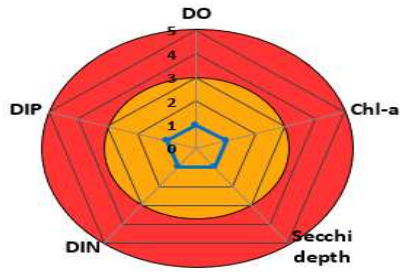
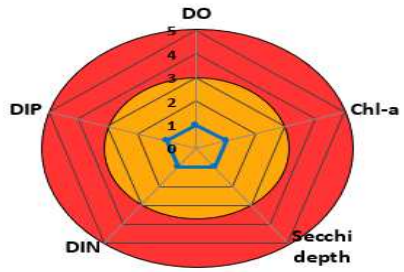
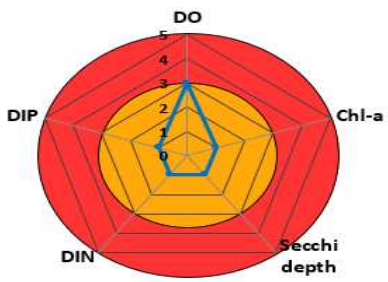
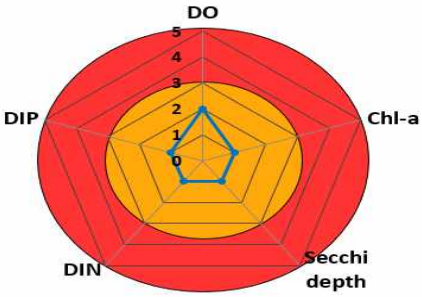
범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

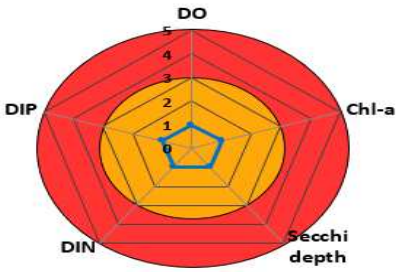
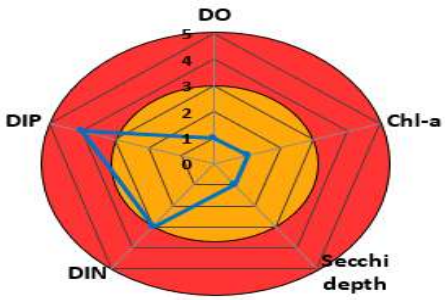
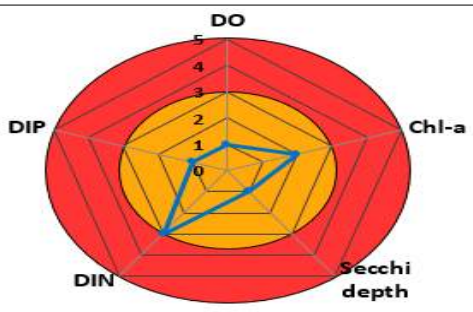
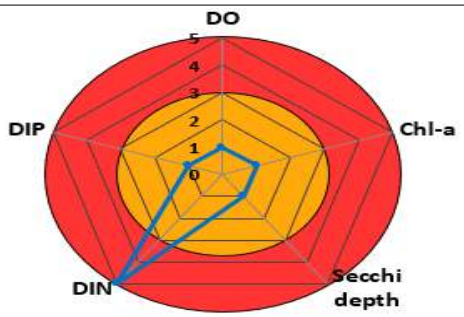
2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 투명도(SD), 저층 용존산소 포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 용존무기인(DIP)이 2점, 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 저층 용존산소 포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.



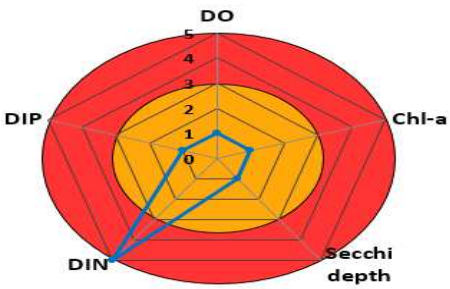
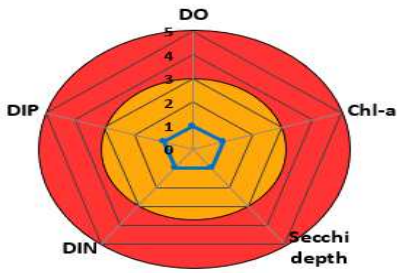
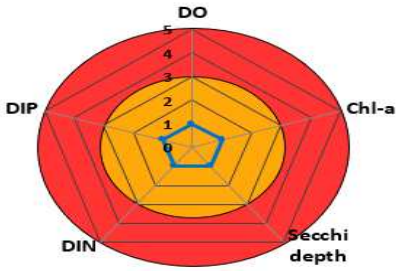
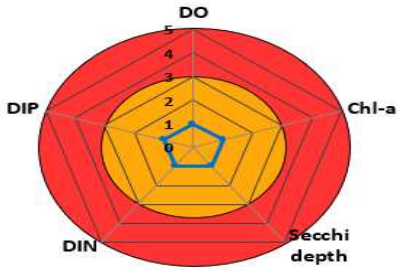
(그림 3.1.9) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2018년)

	
2019년 3월(Ⅰ등급)	2019년 5월(Ⅰ등급)
	
2019년 8월(Ⅲ등급)	2019년 11월(Ⅱ등급)

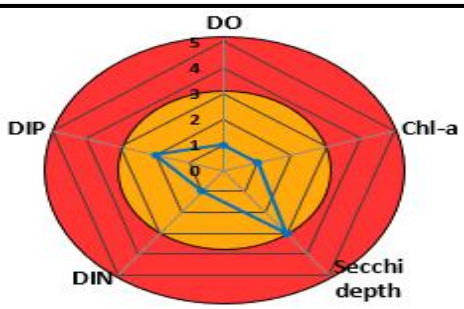
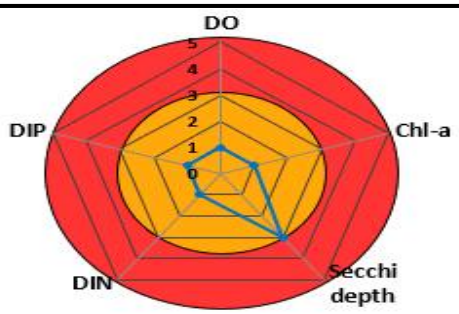
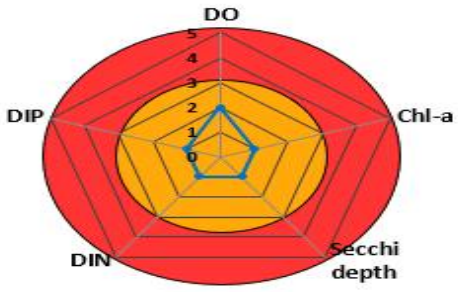
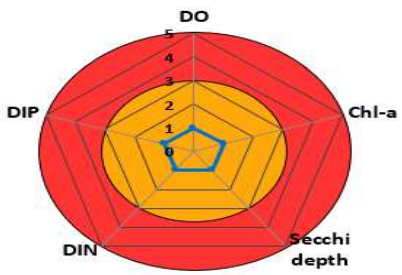
(그림 3.1.10) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2019년)

	
2020년 2월(Ⅰ등급)	2020년 5월(Ⅱ등급)
	
2020년 8월(Ⅱ등급)	2020년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.11) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2020년)

	
2021년 3월(Ⅱ등급)	2021년 5월(Ⅰ등급)
	
2021년 8월(Ⅰ등급)	2021년 11월(Ⅰ등급)

(그림 3.1.12) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)

	
2022년 2월(Ⅱ등급)	2022년 5월(Ⅱ등급)
	
2022년 8월(Ⅱ등급)	2022년 11월(Ⅰ등급)

(그림 3.1.13) 조사기간 동안 귀덕리 수질평가지수(WQI) 변화(2022년)

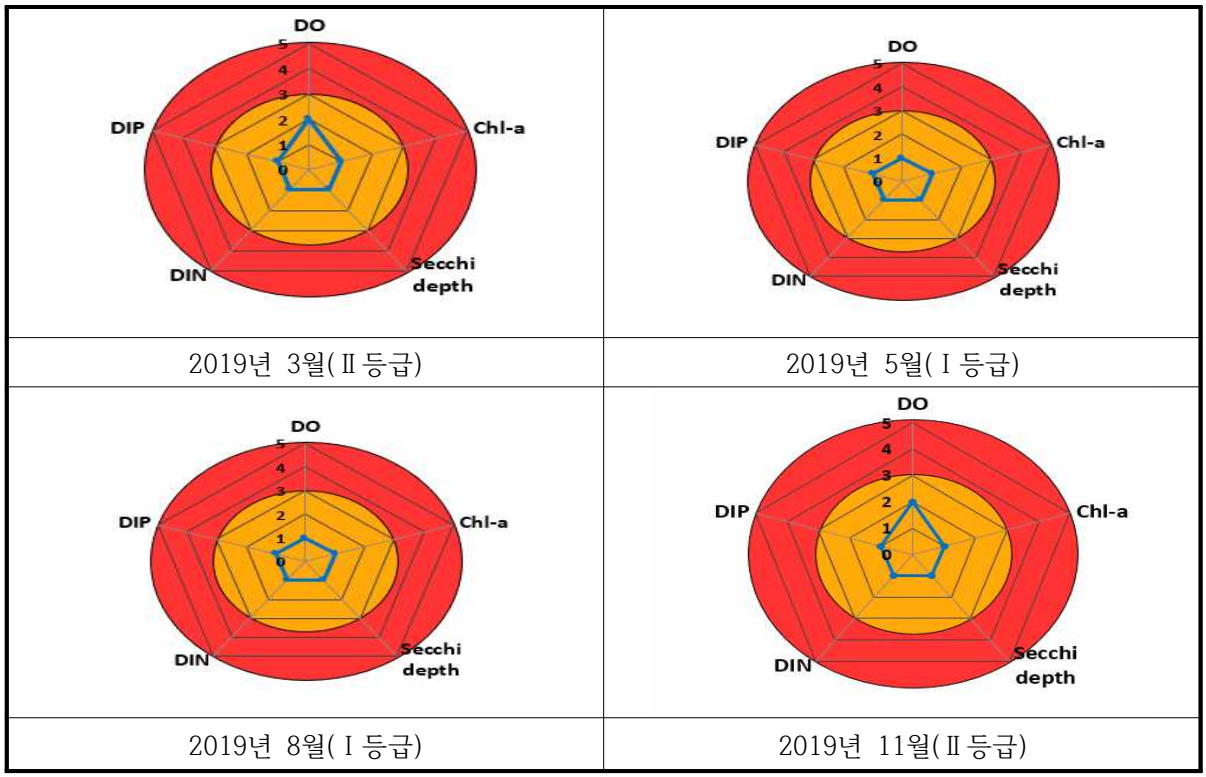
(2) 조천리

2019년 수질평가지수(WQI)의 등급은 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월과 11월 저층 용존산소포화도는 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

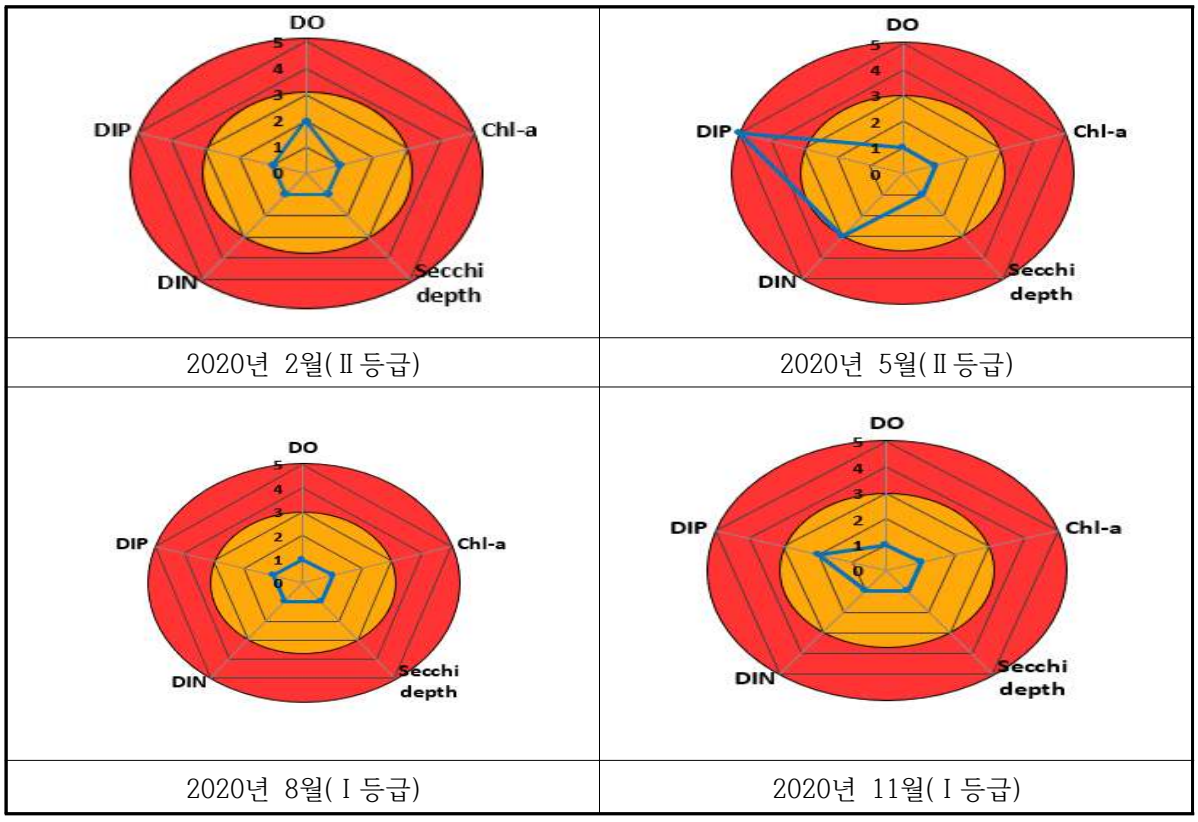
2020년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 용존무기질소(DIN)가 3점, 용존무기인(DIP)이 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월과 5월 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

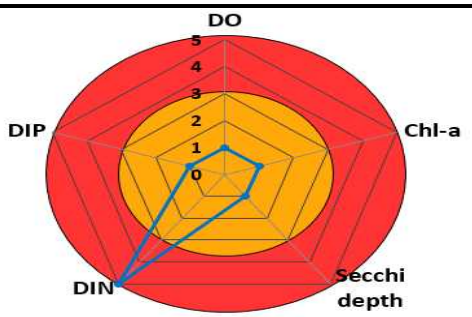
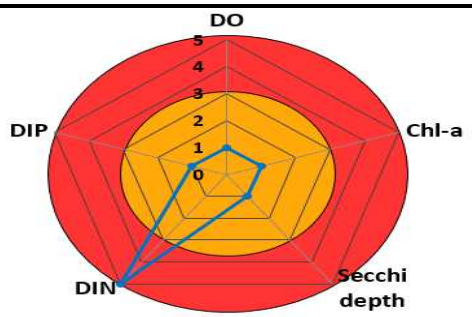
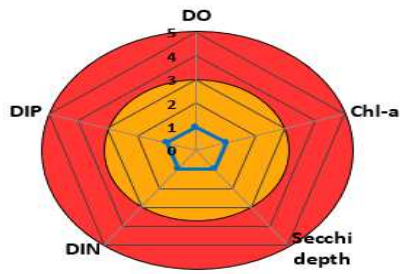
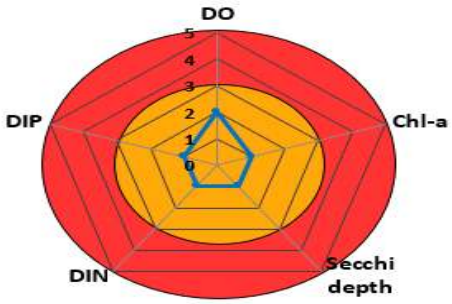
2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 용존무기질소(DIN)이 3점, 용존무기인(DIP)이 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점, 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.



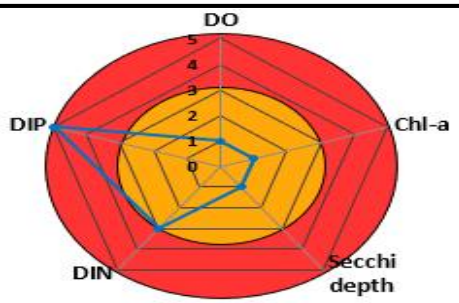
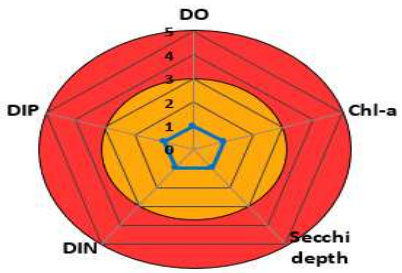
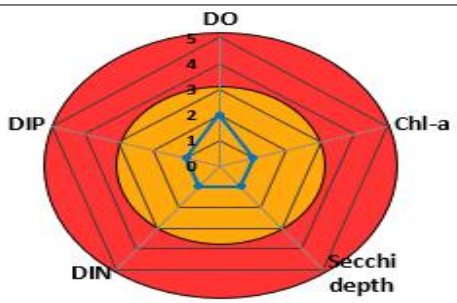
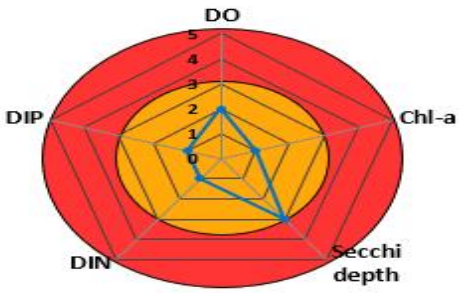
(그림 3.1.14) 조사기간 동안 조천리 수질평가지수(WQI) 변화(2019년)



(그림 3.1.15) 조사기간 동안 조천리 수질평가지수(WQI) 변화(2020년)

	
2021년 3월(Ⅱ등급)	2021년 5월(Ⅱ등급)
	
2021년 8월(Ⅰ등급)	2021년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.16) 조사기간 동안 조천리 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)

	
2022년 2월(Ⅱ등급)	2022년 5월(Ⅰ등급)
	
2022년 8월(Ⅱ등급)	2022년 11월(Ⅲ등급)

(그림 3.1.17) 조사기간 동안 조천리 수질평가지수(WQI) 변화(2022년)

(3) 평대리

2018년 수질평가지수(WQI)의 등급은 표층 클로로필(chl-a), 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 투명도(SD)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 5월과 6월의 경우 용존무기질소 (DIN)는 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 표층 클로로필(chl-a)과 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 10월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점, 용존무기인(DIP)가 3점, 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

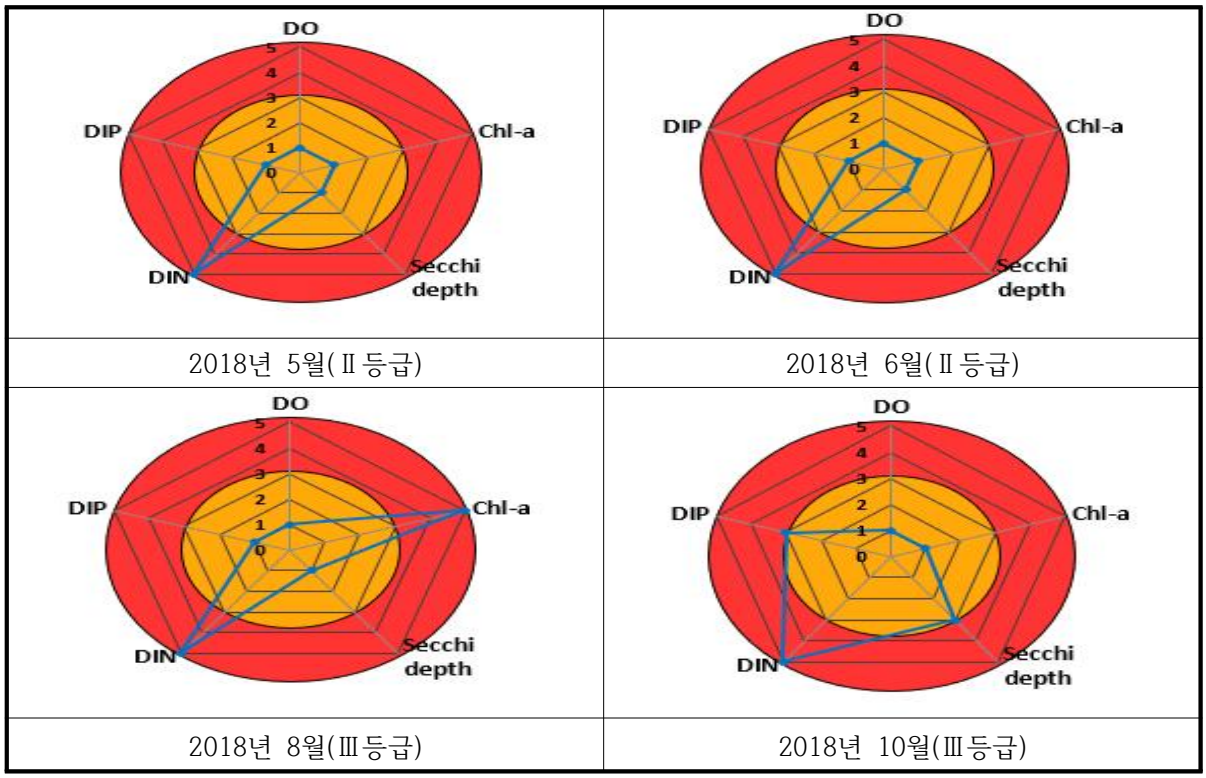
2019년 수질평가지수(WQI)의 등급은 저층 용존산소포화도(%), 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월의 경우 저층 용존산소포화도(%)는 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 용존무기질소(DIN)가 2점, 용존무기인(DIP)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 저층 용존산소포화도(%)는 2점, 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2020년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 저층 용존산소포화도(%), 투명도(SD)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 저층 용존산소포화도(%)가 2점, 투명도(SD)가 2점, 용존무기인(DIP)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점, 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

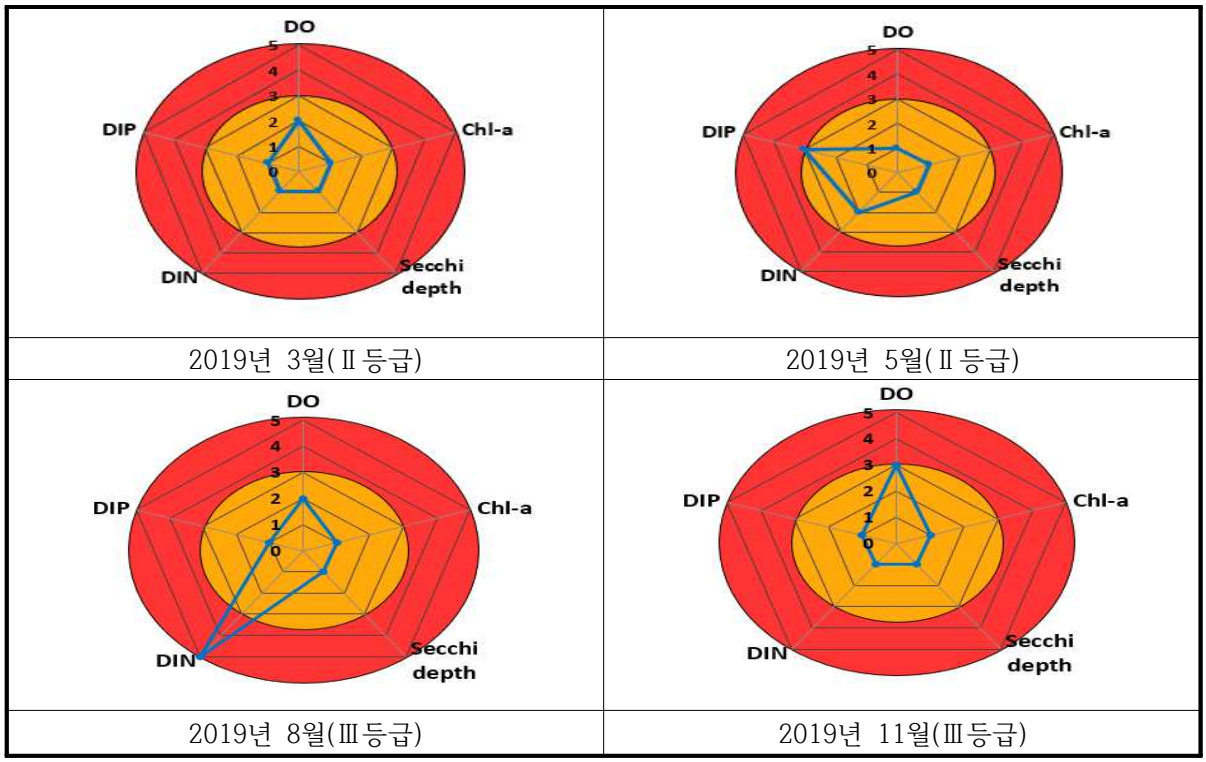
2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월 용존무기질소(DIN)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 표층 클로로필(chl-a), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 용존무기인(DIP)이 5점으로 해당 점수에 의한

수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 표층 클로로필(chl-a)이 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

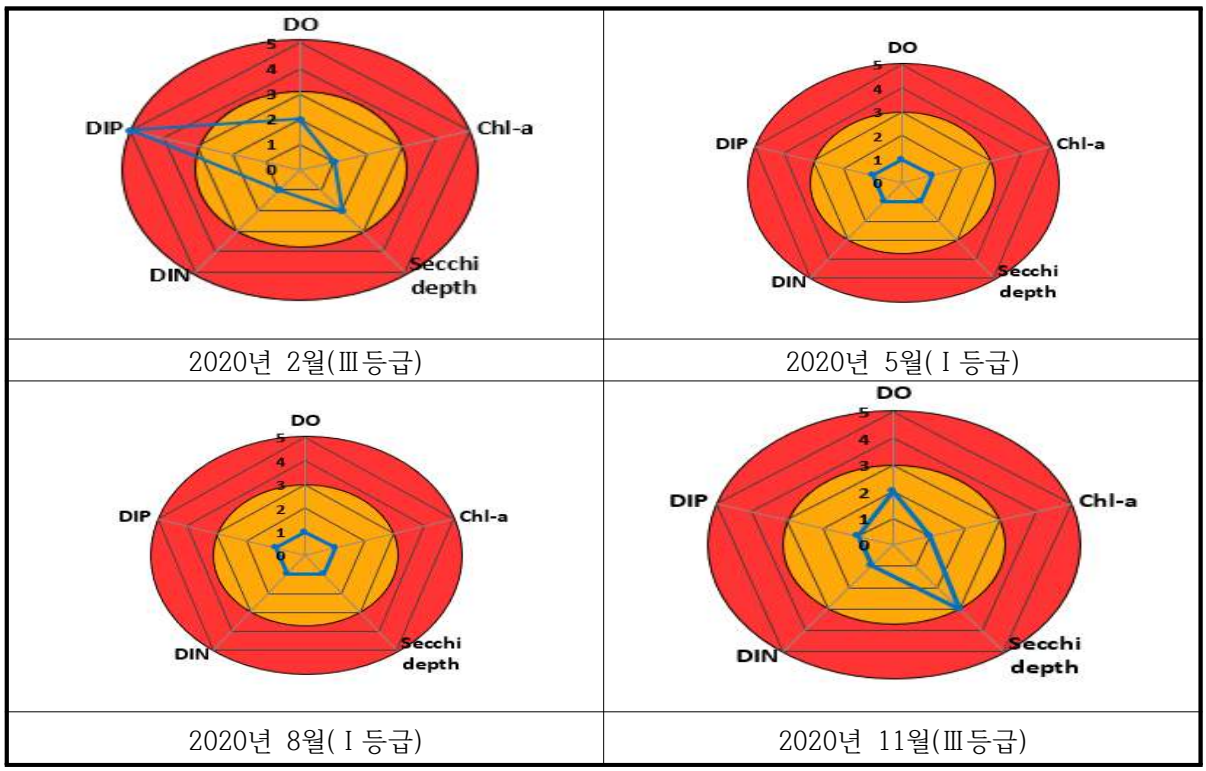


(그림 3.1.18) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2018년)



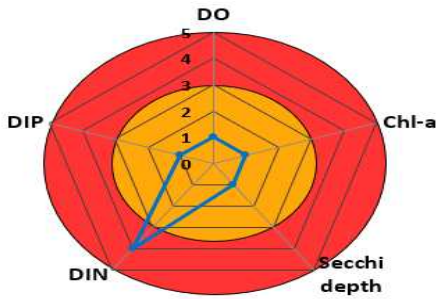
2019년 3월(Ⅱ등급)	2019년 5월(Ⅱ등급)
2019년 8월(Ⅲ등급)	2019년 11월(Ⅲ등급)

(그림 3.1.19) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2019년)

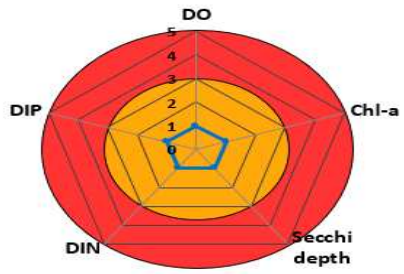


2020년 2월(Ⅲ등급)	2020년 5월(Ⅰ등급)
2020년 8월(Ⅰ등급)	2020년 11월(Ⅲ등급)

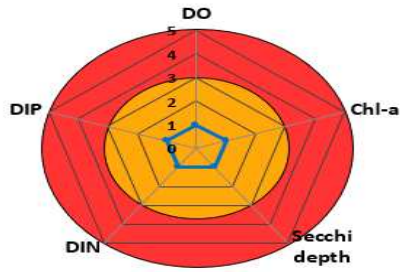
(그림 3.1.20) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2020년)



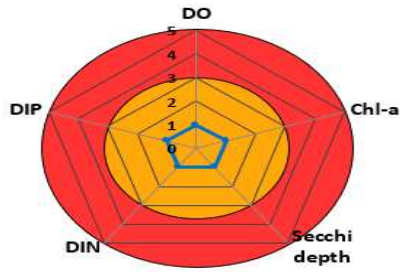
2021년 3월(Ⅱ등급)



2021년 5월(Ⅰ등급)

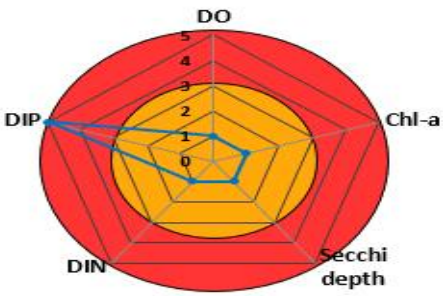


2021년 8월(Ⅰ등급)

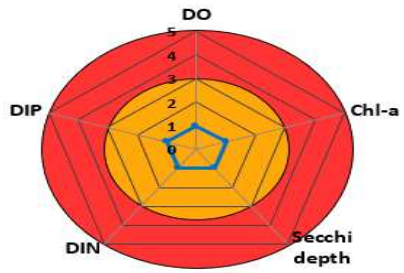


2021년 11월(Ⅰ등급)

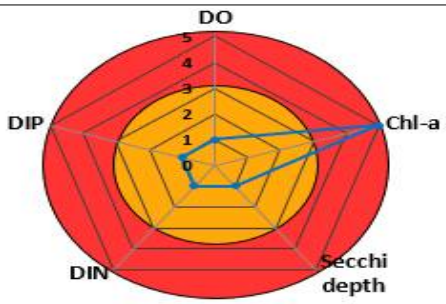
(그림 3.1.21) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)



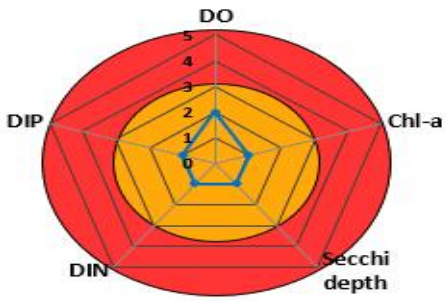
2022년 2월(Ⅱ등급)



2022년 5월(Ⅰ등급)



2022년 8월(Ⅱ등급)



2022년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.22) 조사기간 동안 평대리 수질평가지수(WQI) 변화(2022년)

(4) 우도(비양)

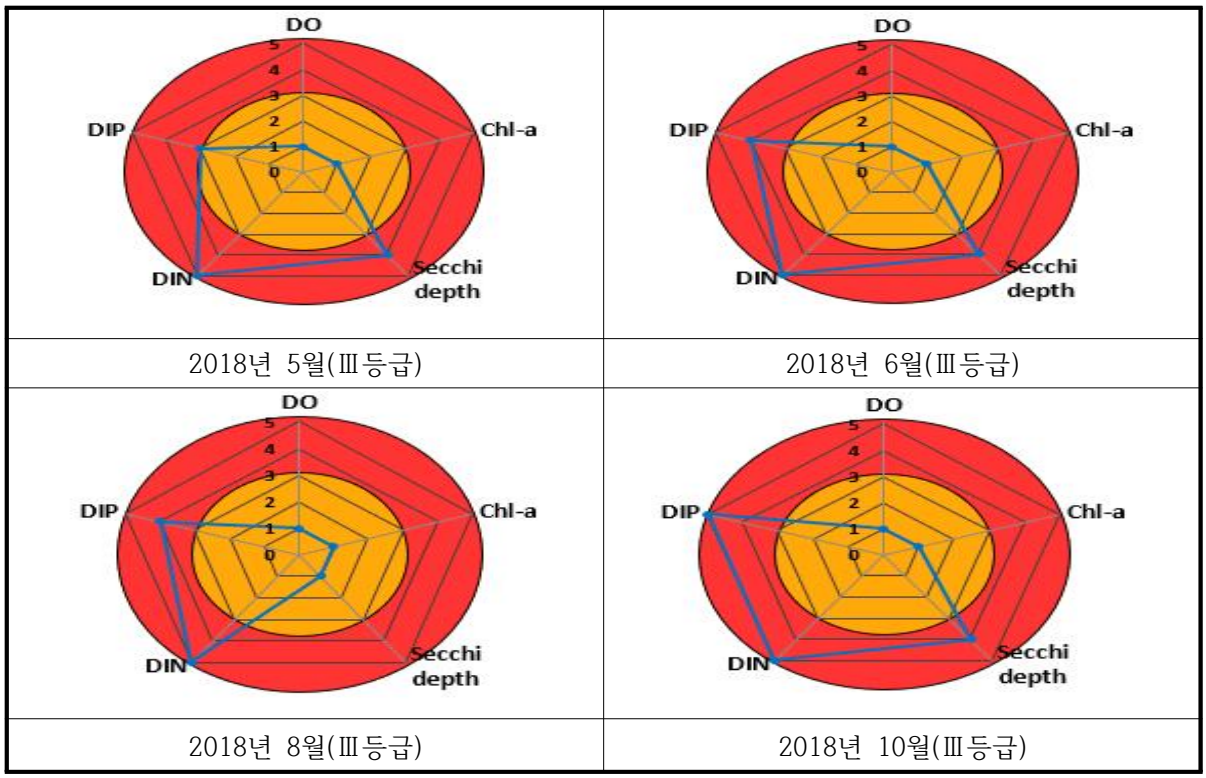
2018년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 투명도(SD)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 5월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점, 용존무기인(DIP)이 3점, 투명도(SD)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 6월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점, 용존무기인(DIP)이 4점, 투명도(SD)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점, 용존무기인(DIP)이 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 10월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점, 용존무기인(DIP)이 5점, 투명도(SD)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2019년 수질평가지수(WQI)의 등급은 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)는 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2020년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 표층 클로로필(chl-α), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 투명도(SD)가 3점, 표층 클로로필(chl-α)이 5점, 용존무기인(DIP)이 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

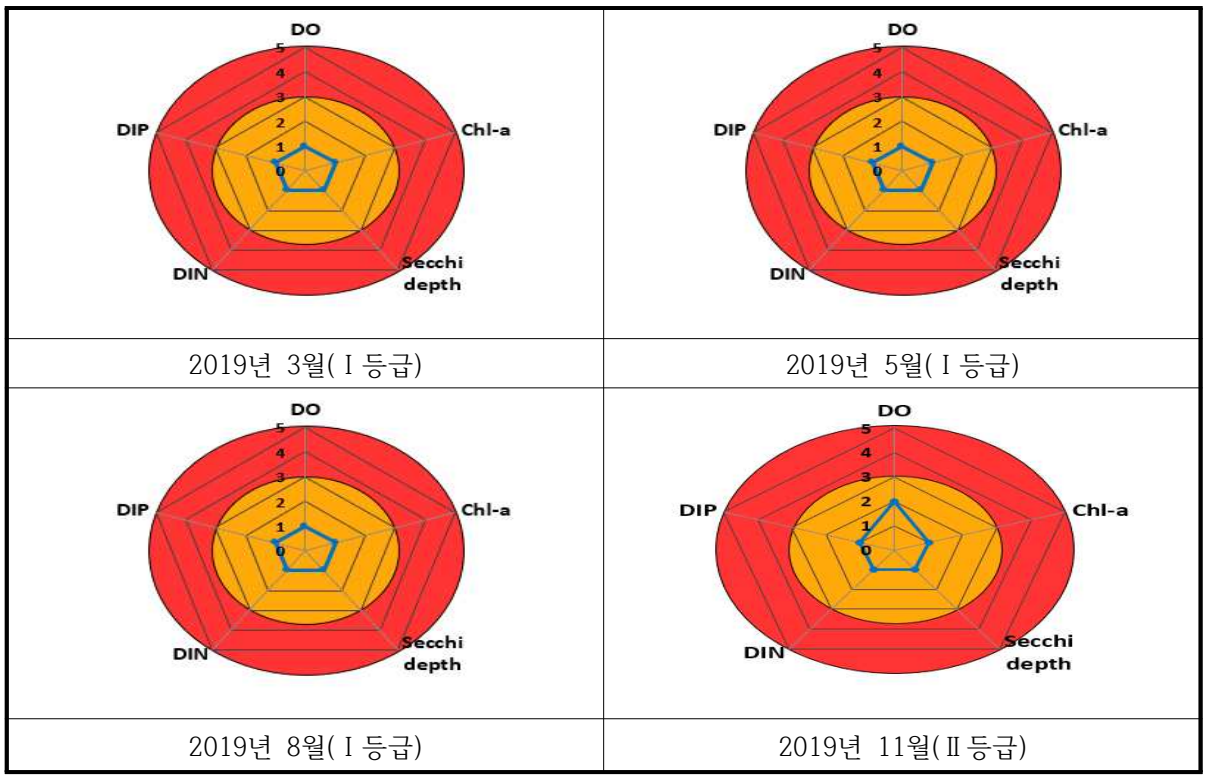
2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 투명도(SD)가 3점, 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월과 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

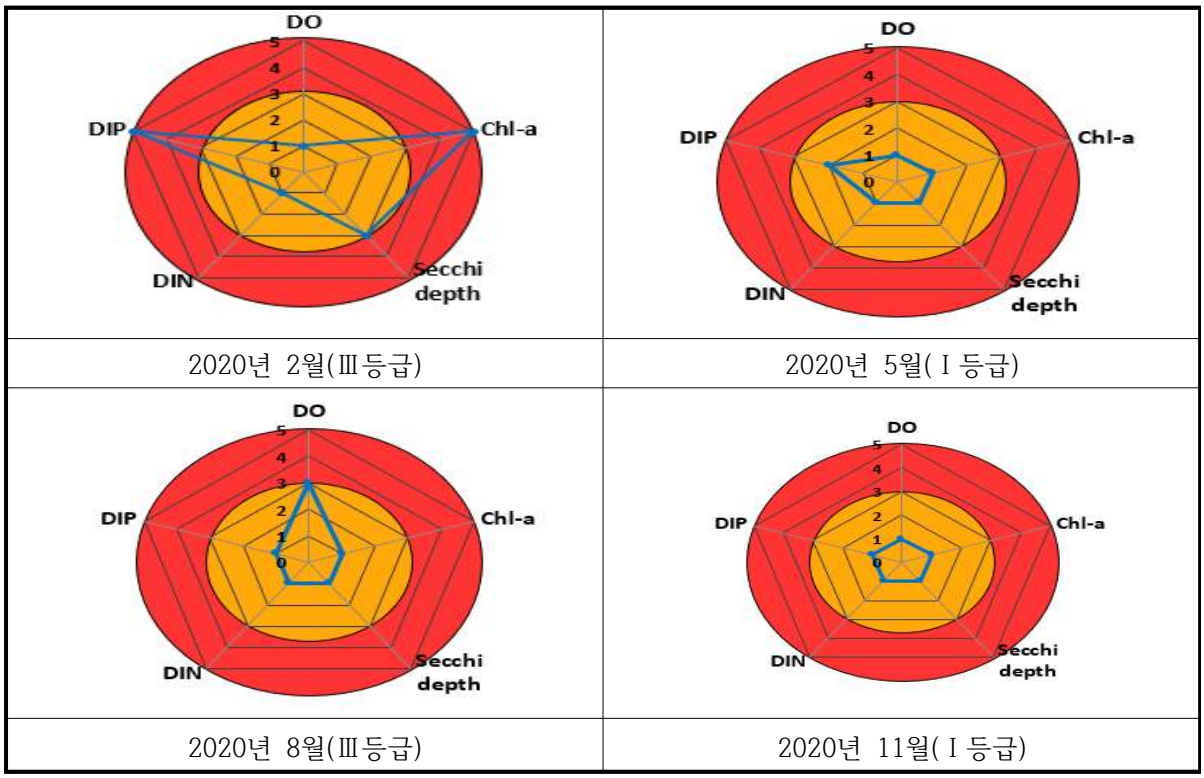


2018년 5월(Ⅲ등급)	2018년 6월(Ⅲ등급)
2018년 8월(Ⅲ등급)	2018년 10월(Ⅲ등급)

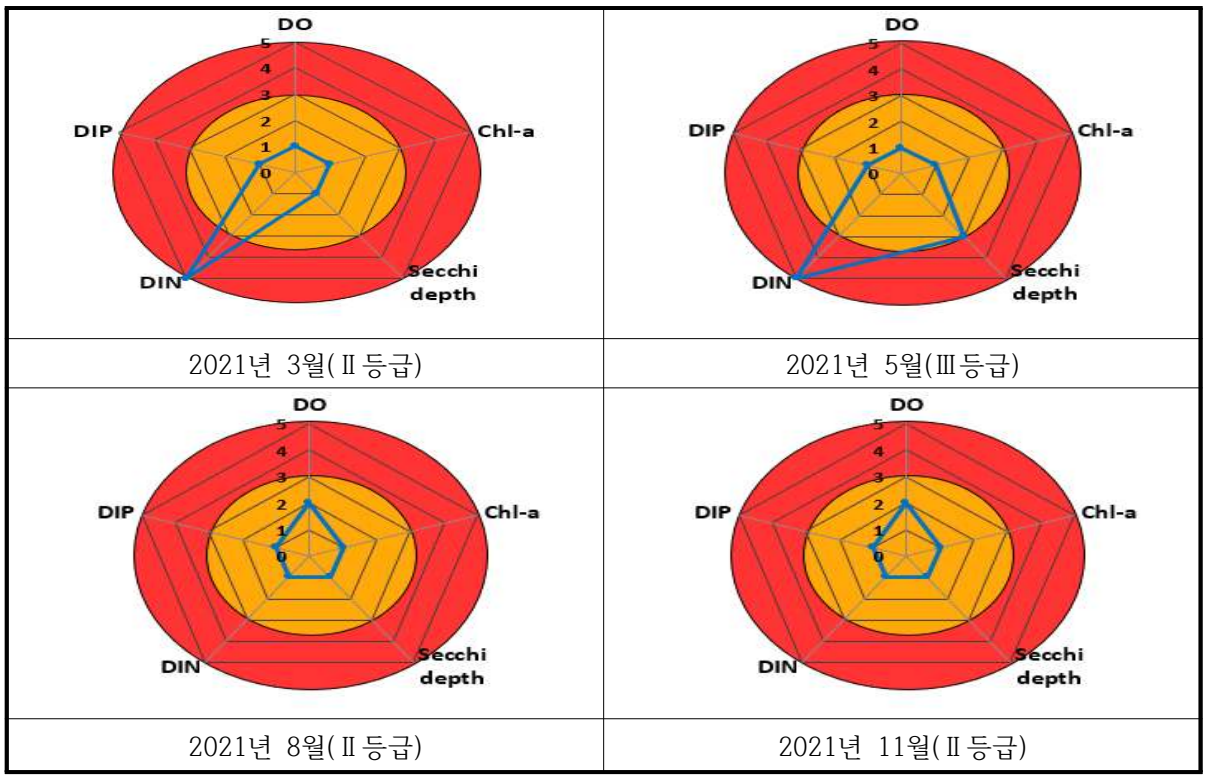
(그림 3.1.23) 조사기간 동안 우도 수질평가지수(WQI) 변화(2018년)



(그림 3.1.24) 조사기간 동안 우도 수질평가지수(WQI) 변화(2019년)

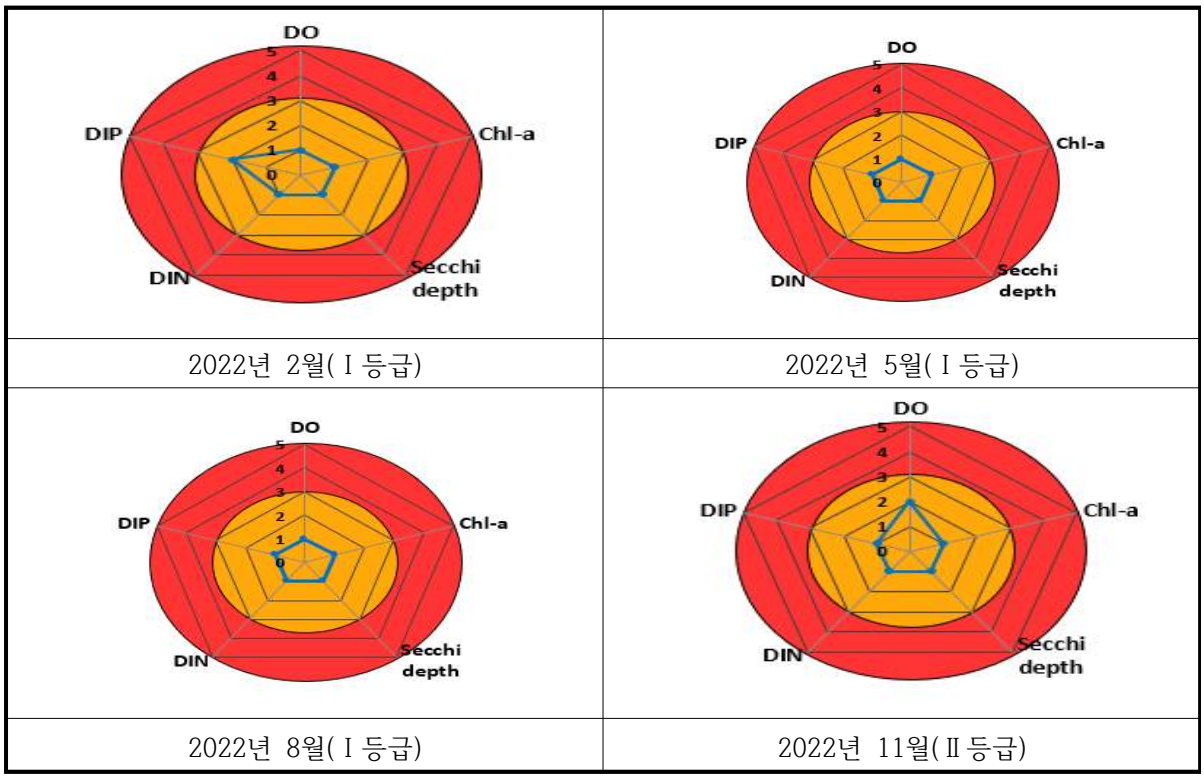


(그림 3.1.25) 조사기간 동안 우도 수질평가지수(WQI) 변화(2020년)



2021년 3월(Ⅱ등급)	2021년 5월(Ⅲ등급)
2021년 8월(Ⅱ등급)	2021년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.26) 조사기간 동안 우도 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)



2022년 2월(Ⅰ등급)	2022년 5월(Ⅰ등급)
2022년 8월(Ⅰ등급)	2022년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.27) 조사기간 동안 우도 수질평가지수(WQI) 변화(2022년)

(5) 추자(횡간)

2018년 수질평가지수(WQI)의 등급은 투명도(SD), 용존무기인(DIP), 표층 클로로필(chl-a)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 5월의 경우 투명도(SD)는 4점, 표층 클로로필(chl-a)은 5점, 용존무기인(DIP)는 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

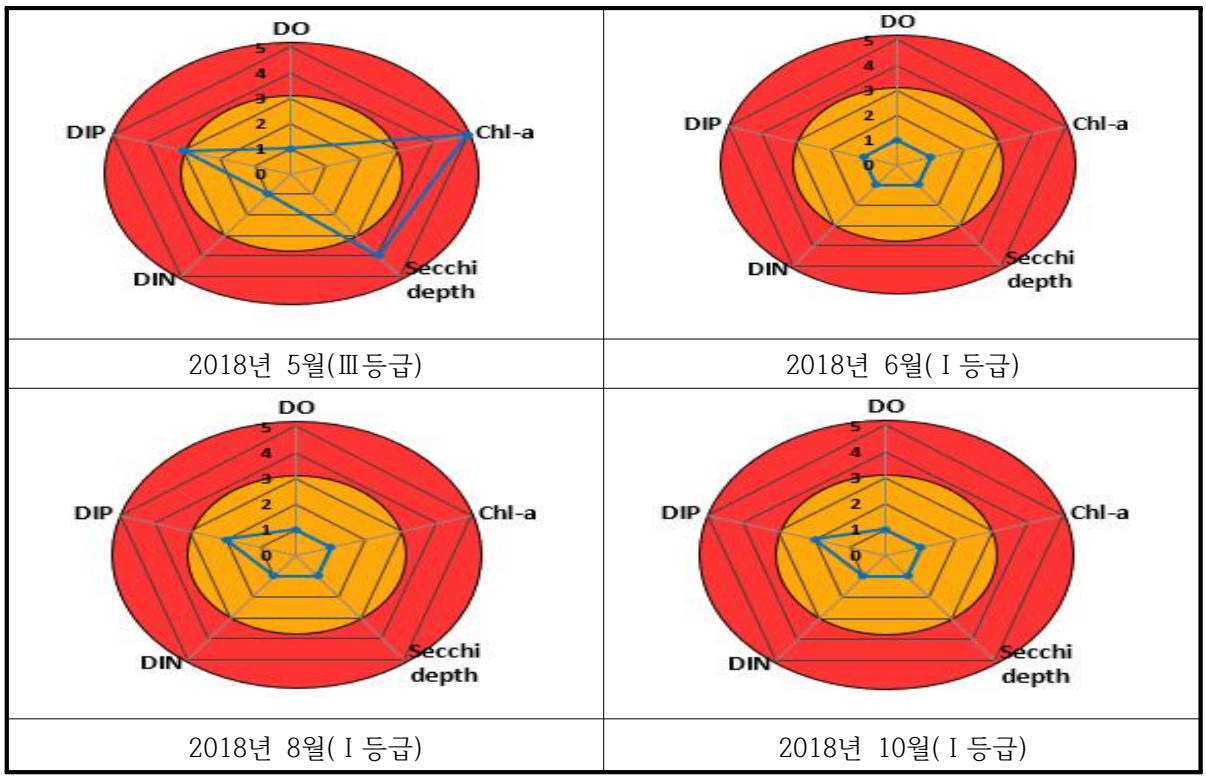
2019년 수질평가지수(WQI)의 등급은 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%), 용존무기질소(DIN)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월의 경우 투명도(SD)는 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 저층 용존산소포화도(%)는 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)는 4점, 용존무기질소(DIN)는 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅳ등급 범위인 47~59점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2020년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 용존무기인(DIP)이 2점, 투명도(SD)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 용존무기인(DIP)과 투명도(SD)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 저층 용존산소포화도(%)는 2점, 용존무기질소(DIN)는 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)는 2점, 투명도(SD)는 4점, 용존무기인(DIP)은 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅳ등급 범위인 47~59점에 해당하는 것으로 평가되었다.

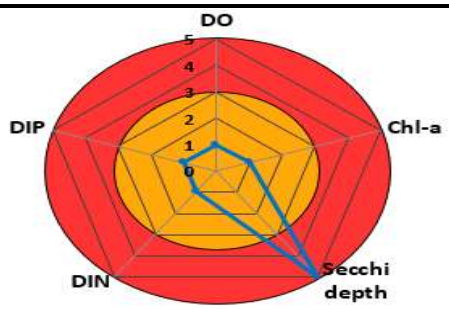
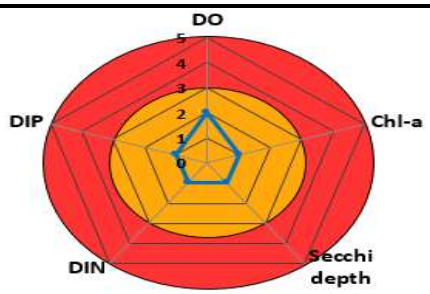
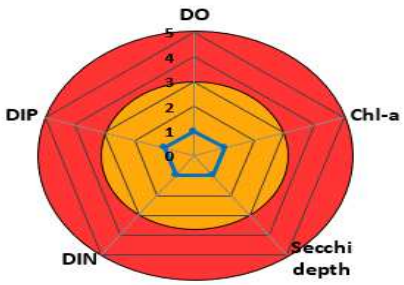
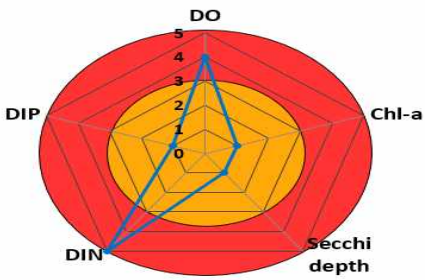
2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월의 경우 용존무기질소(DIN)와 투명도(SD)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 투명도(SD)가 3점, 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 3점, 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수

(WQI) 값은 Ⅳ등급 범위인 47~59점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점, 투명도(SD)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

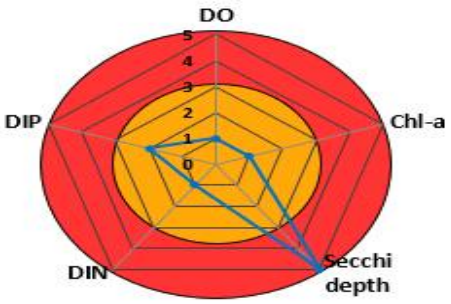
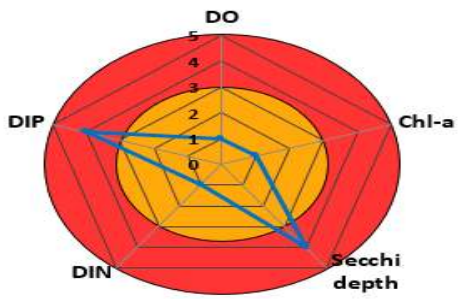
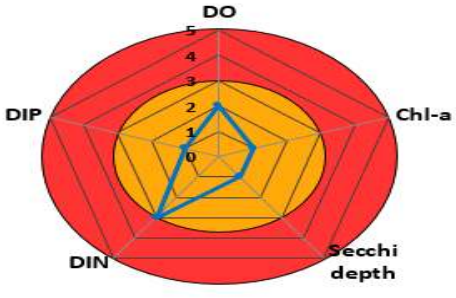
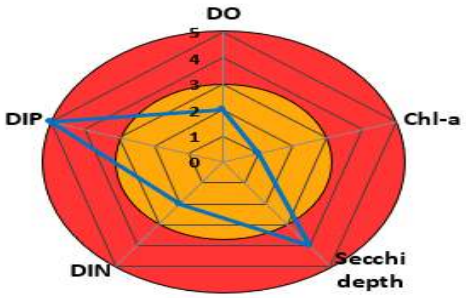
2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월의 경우 용존무기질소(DIN)가 4점, 용존무기인(DIP)과 투명도(SD)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.



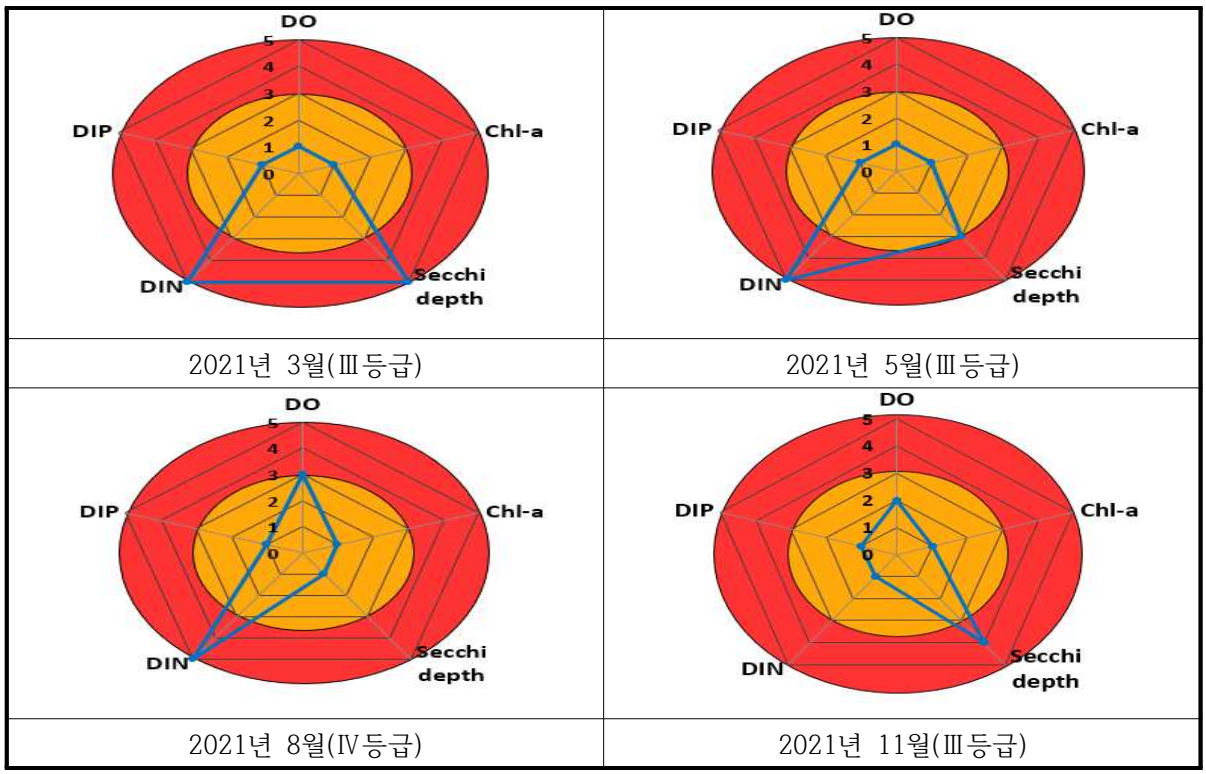
(그림 3.1.28) 조사기간 동안 추자도 수질평가지수(WQI) 변화(2018년)

	
2019년 3월(Ⅱ등급)	2019년 5월(Ⅱ등급)
	
2019년 8월(Ⅰ등급)	2019년 11월(Ⅳ등급)

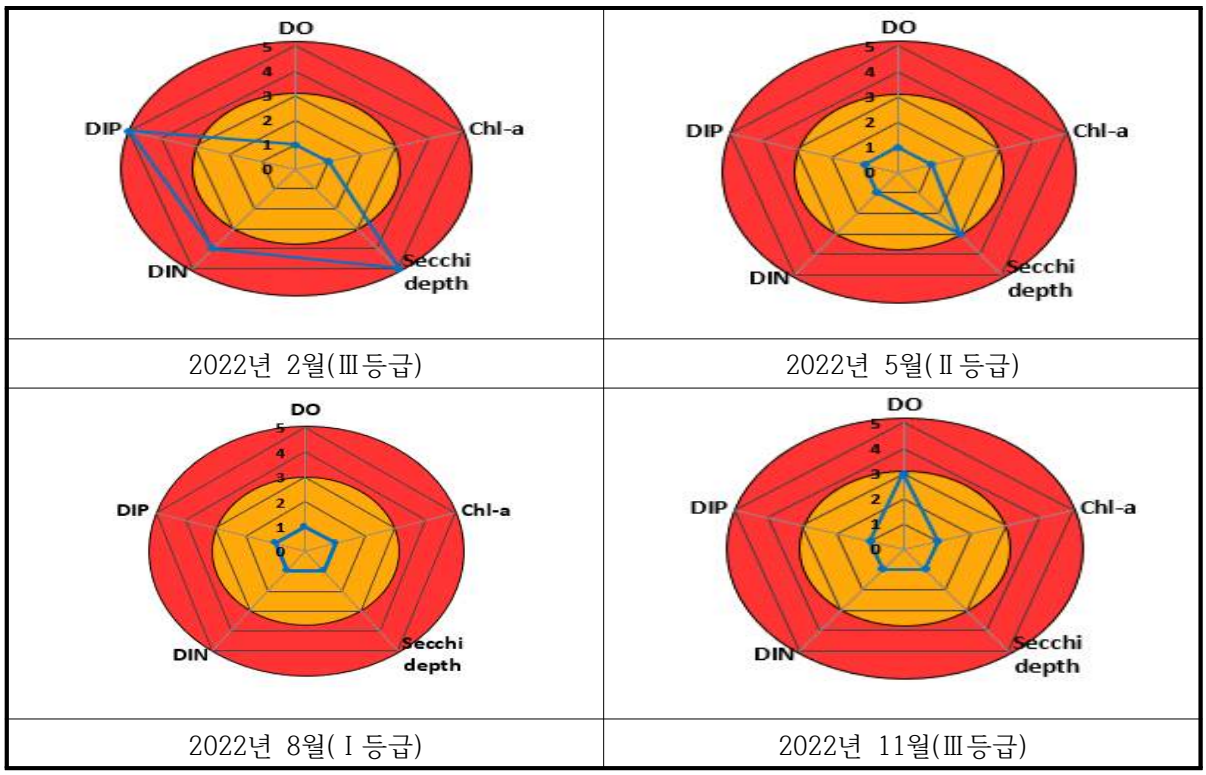
(그림 3.1.29) 조사기간 동안 추자도 수질평가지수(WQI) 변화(2019년)

	
2020년 2월(Ⅲ등급)	2020년 5월(Ⅲ등급)
	
2020년 8월(Ⅲ등급)	2020년 11월(Ⅳ등급)

(그림 3.1.30) 조사기간 동안 추자도 수질평가지수(WQI) 변화(2020년)



(그림 3.1.31) 조사기간 동안 추자도 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)



(그림 3.1.32) 조사기간 동안 추자도 수질평가지수(WQI) 변화(2022년)

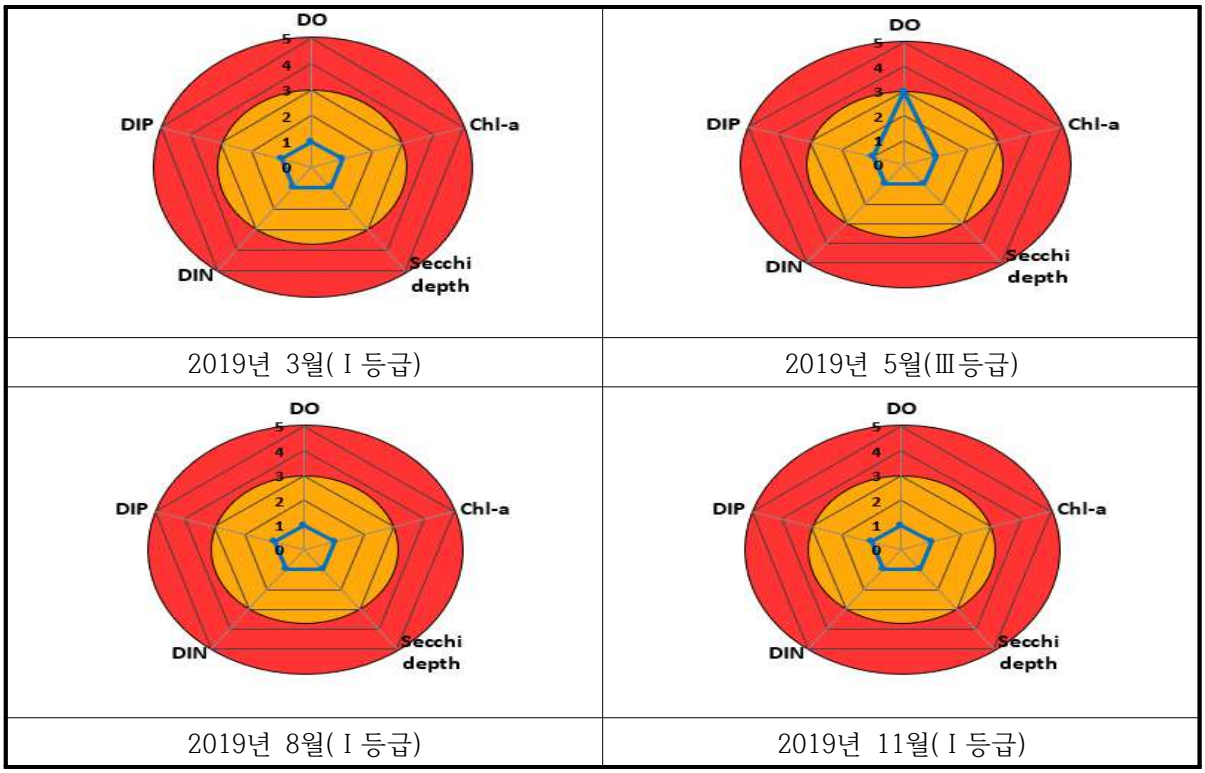
(6) 일과리

2019년 수질평가지수(WQI)의 등급은 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 5월의 경우 저층 용존산소포화도(%)는 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2020년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 저층 용존산소포화도(%)가 2점, 투명도(SD)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 용존무기인(DIP)이 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

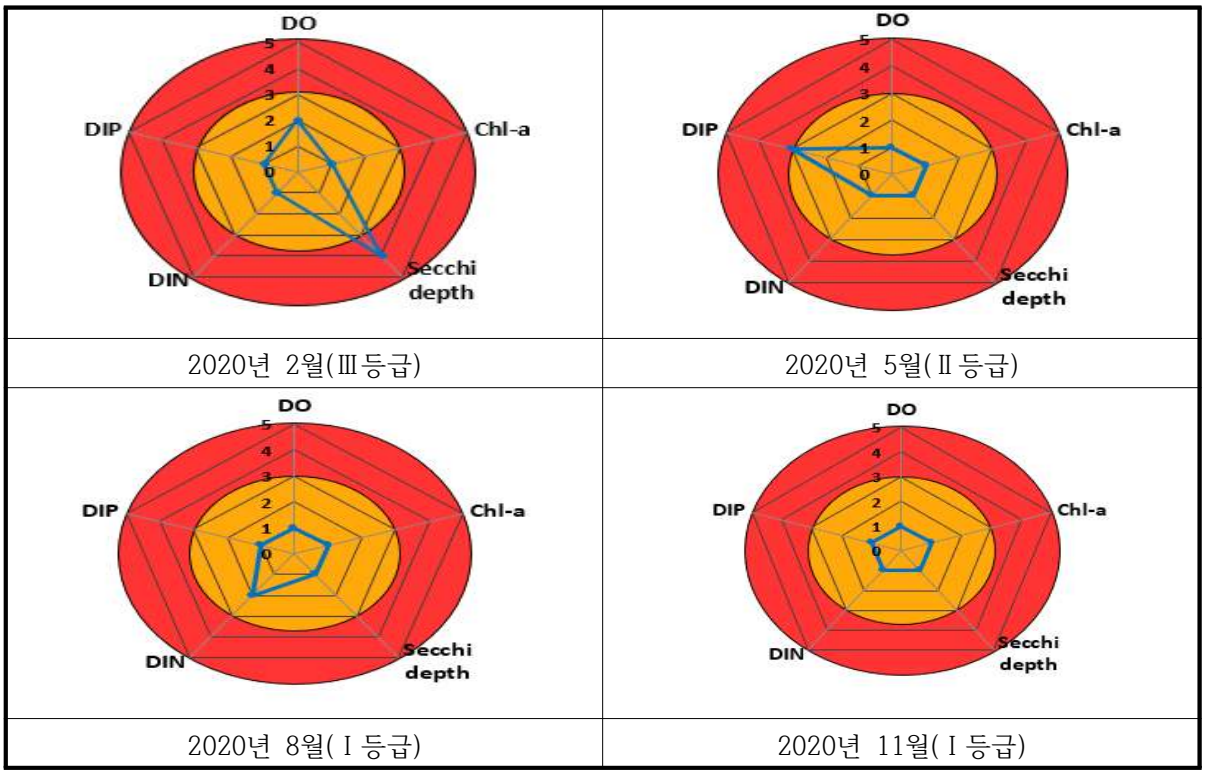
2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월과 5월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월의 경우 용존무기인(DIP)이 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.



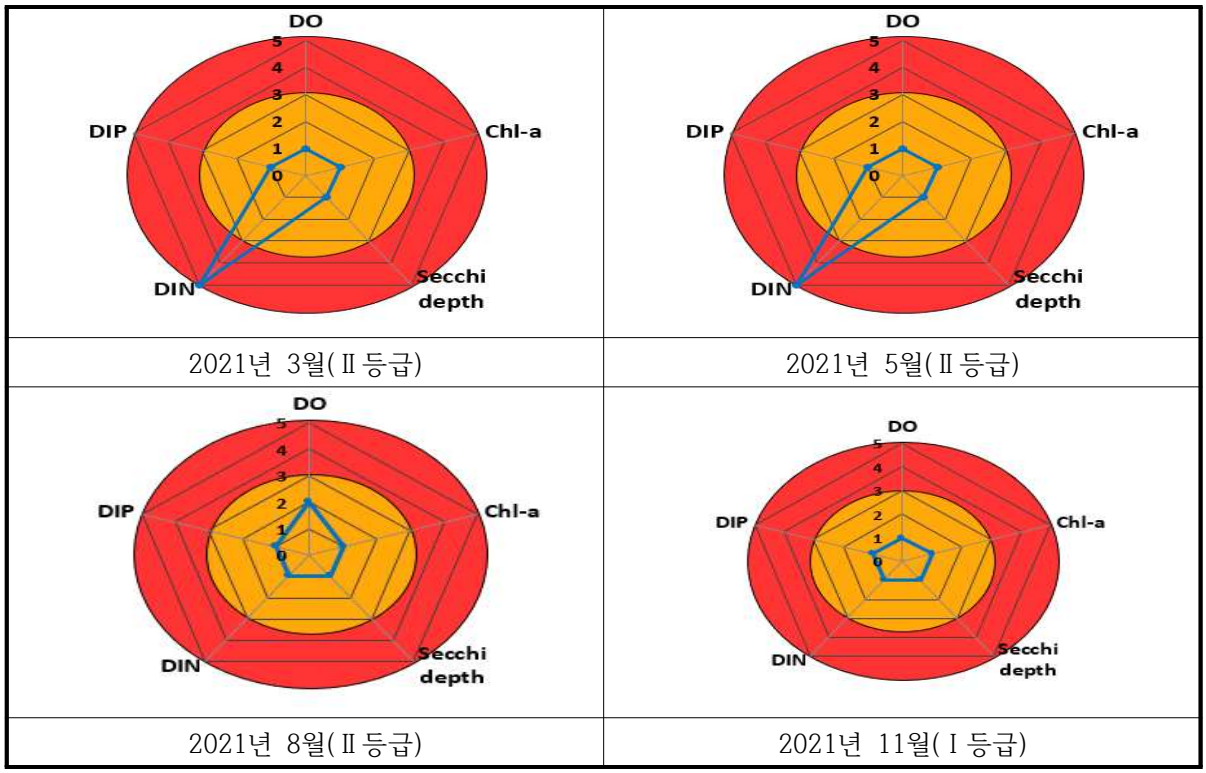
2019년 3월(Ⅰ등급)	2019년 5월(Ⅲ등급)
2019년 8월(Ⅰ등급)	2019년 11월(Ⅰ등급)

(그림 3.1.33) 조사기간 동안 일과리 수질평가지수(WQI) 변화(2019년)

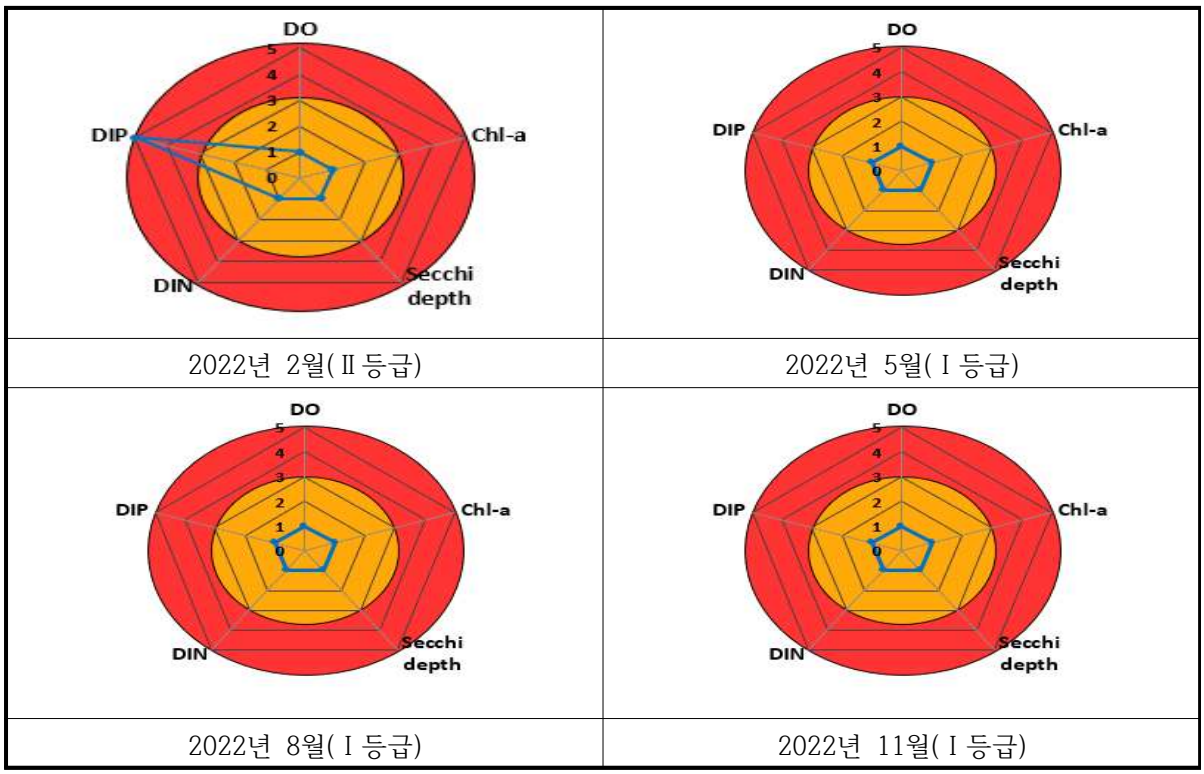


2020년 2월(Ⅲ등급)	2020년 5월(Ⅱ등급)
2020년 8월(Ⅰ등급)	2020년 11월(Ⅰ등급)

(그림 3.1.34) 조사기간 동안 일과리 수질평가지수(WQI) 변화(2020년)



(그림 3.1.35) 조사기간 동안 일과리 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)



(그림 3.1.36) 조사기간 동안 일과리 수질평가지수(WQI) 변화(2022년)

(7) 사계(형제)

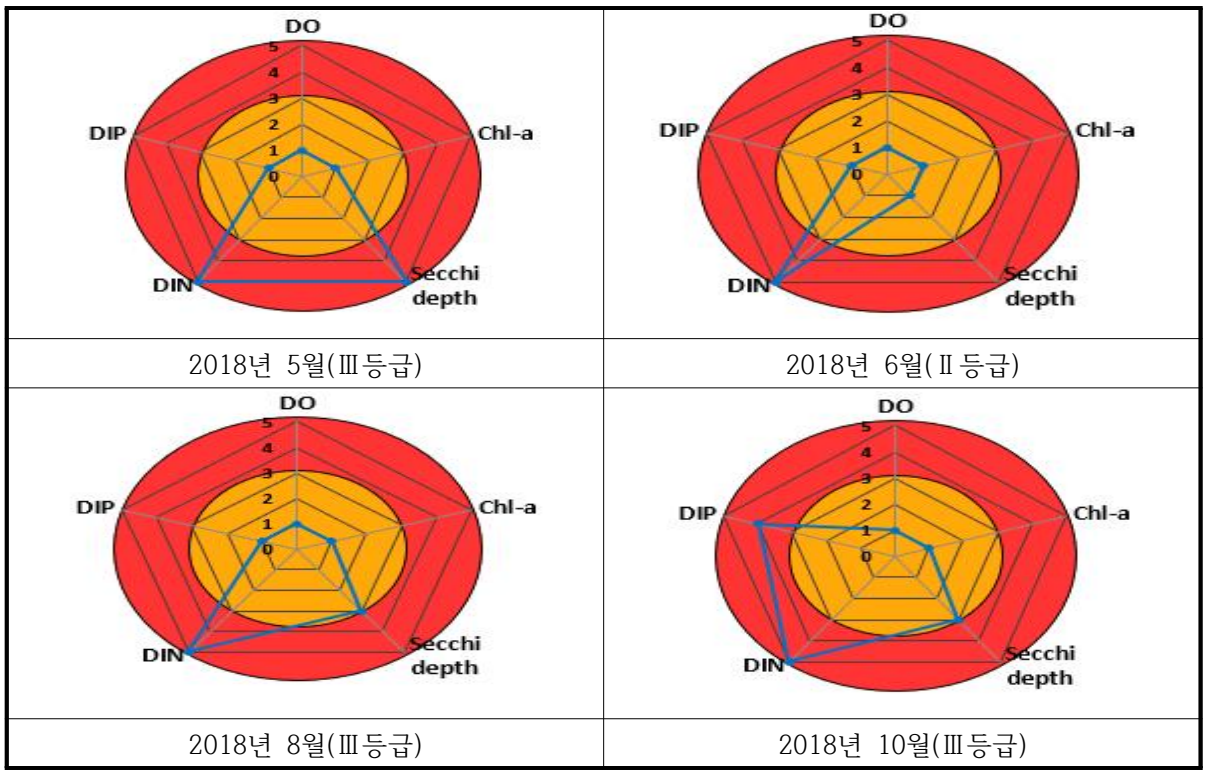
2018년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 투명도(SD)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 5월의 경우 용존무기질소(DIN)와 투명도(SD)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 6월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 용존무기질소(DIN)와 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 10월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점, 용존무기인(DIP)이 4점, 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2019년 수질평가지수(WQI)의 등급은 전기간 Ⅰ등급(아주 좋음)으로 모든 수질 영향인자는 1점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅰ등급 범위인 23점 이하에 해당하는 것으로 평가되었다.

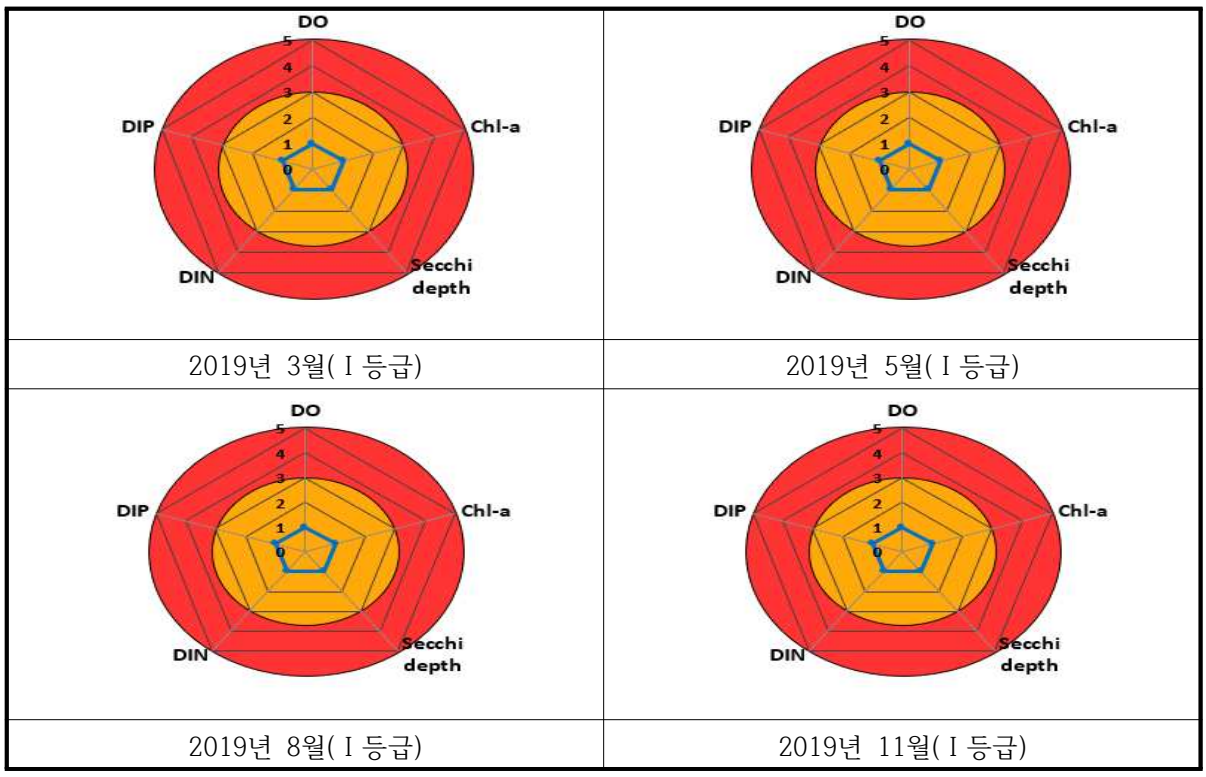
2020년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 표층 클로로필(chl-α), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 저층 용존산소포화도(%)가 2점, 표층 클로로필(chl-α)이 4점, 용존무기인(DIP)이 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅳ등급 범위인 47~59점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 표층 클로로필(chl-α)과 용존무기인(DIP)이 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월과 5월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

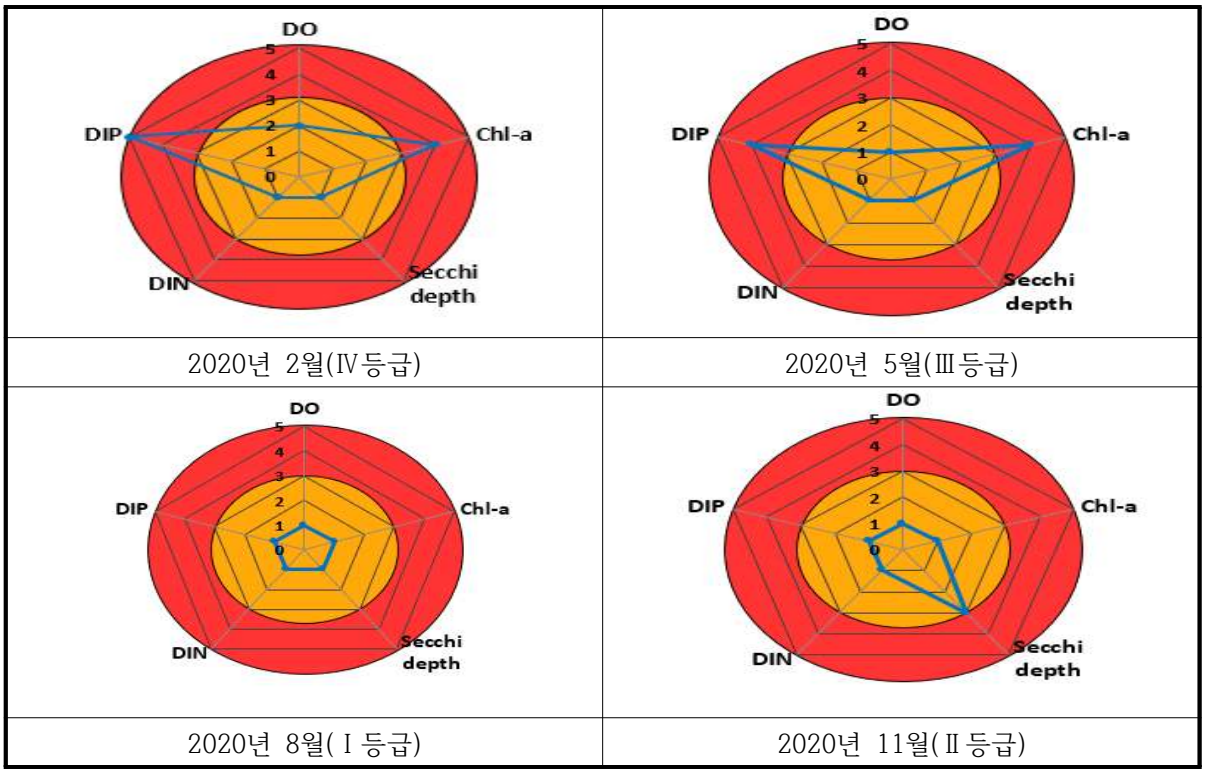
2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월의 경우 용존무기인(DIP)이 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.



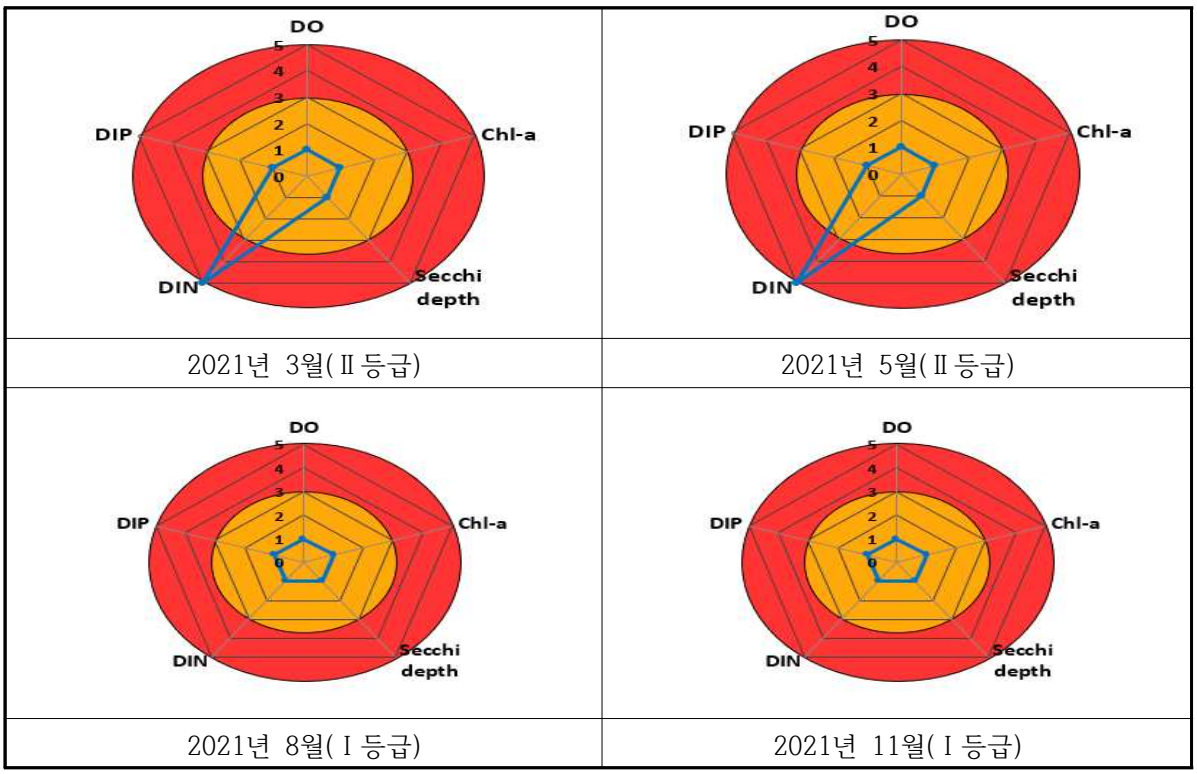
(그림 3.1.37) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2018년)



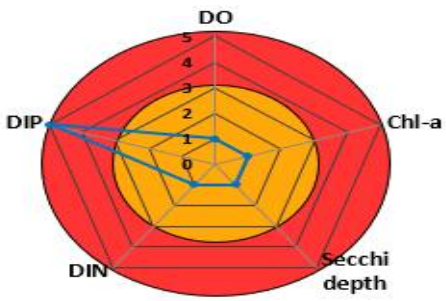
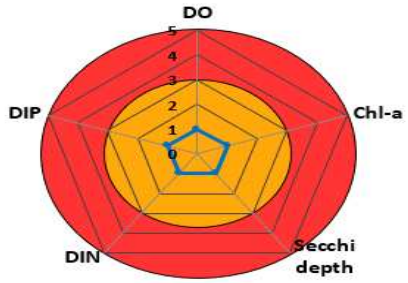
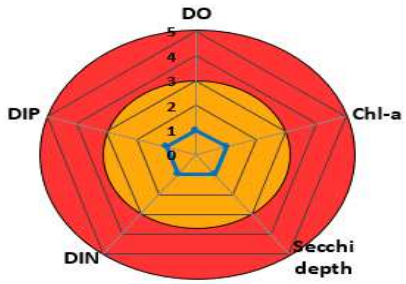
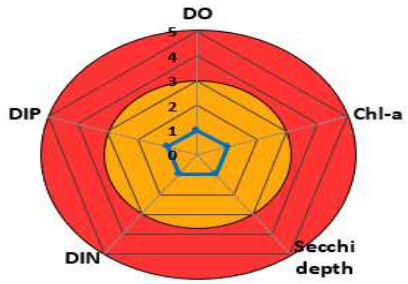
(그림 3.1.38) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2019년)



(그림 3.1.39) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2020년)



(그림 3.1.40) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>2022년 2월(Ⅱ등급)</td><td>2022년 5월(Ⅰ등급)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>2022년 8월(Ⅰ등급)</td><td>2022년 11월(Ⅰ등급)</td></tr>
</table>

(그림 3.1.41) 조사기간 동안 사계 수질평가지수(WQI) 변화(2022년)

(8) 표선리

2018년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 투명도(SD)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 6월의 경우 용존무기질소(DIN)가 2점, 용존무기인(DIP)이 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 용존무기질소(DIN)가 2점, 투명도(SD)가 3점, 용존무기인(DIP)이 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 10월의 경우 용존무기질소(DIN)가 2점, 용존무기인(DIP)이 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

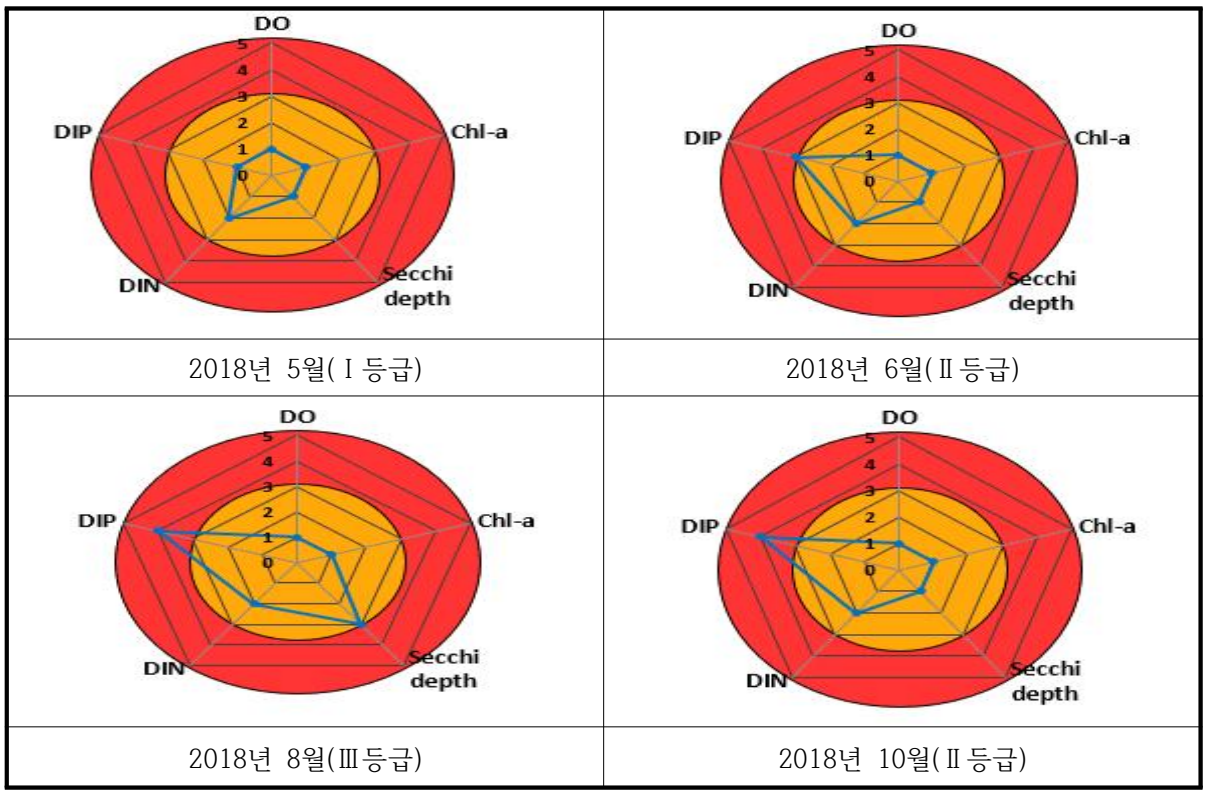
2019년 수질평가지수(WQI)의 등급은 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2020년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 표층 클로로필(chl-a), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월 저층 용존산소포화도(%)가 2점, 용존무기인(DIP)이 3점, 표층 클로로필(chl-a)이 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 5월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점, 용존무기인(DIP)이 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 용존무기인(DIP)이 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

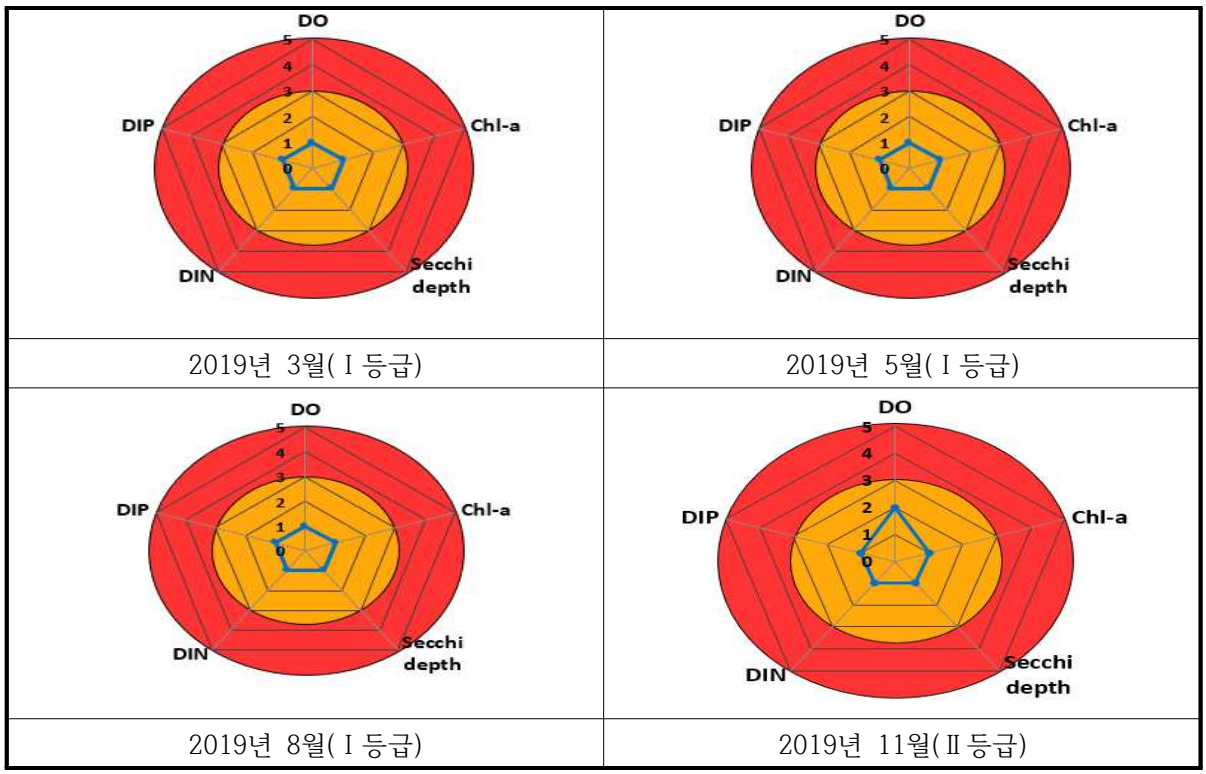
2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기질소(DIN), 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 3월과 5월의 경우 용존무기질소(DIN)가 5점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 용존무기인(DIP), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2월의 경우 용존무기인(DIP)이 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 11월의 경우 저층 용존산소

포화도(%)가 4점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅳ등급 범위인 47~59점에 해당하는 것으로 평가되었다.

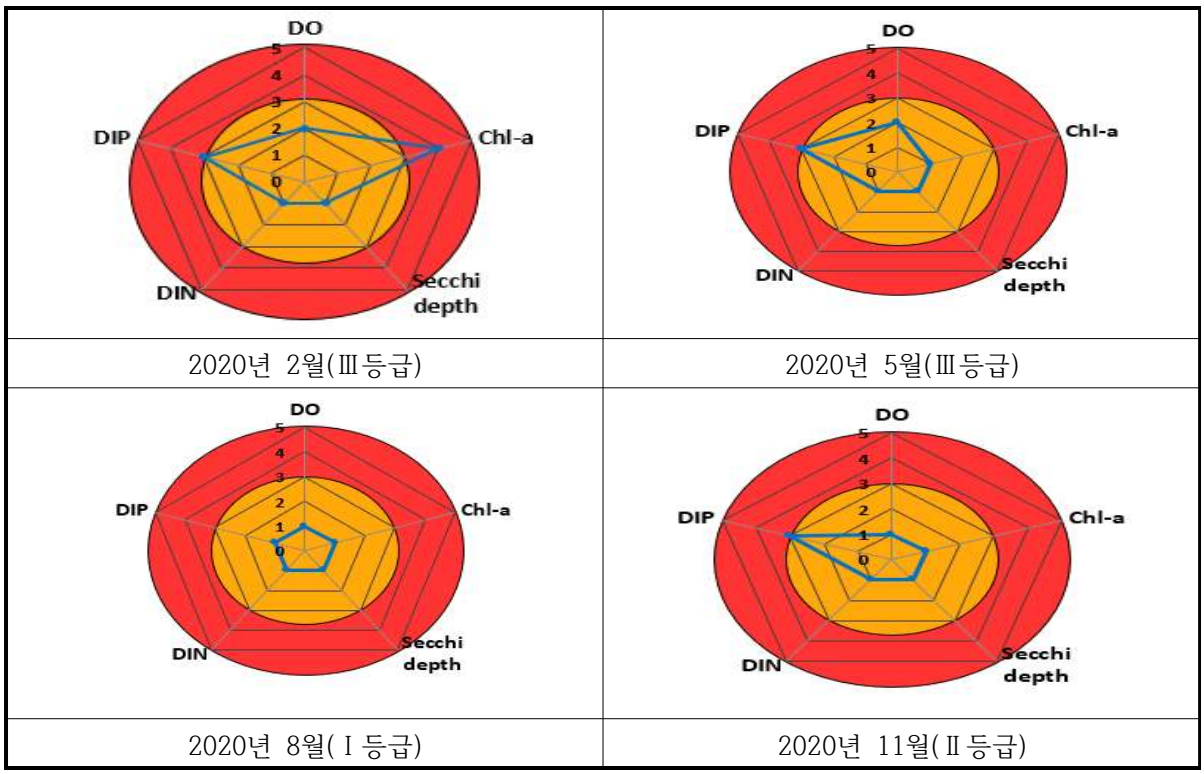


(그림 3.1.42) 조사기간 동안 표선리 수질평가지수(WQI) 변화(2018년)



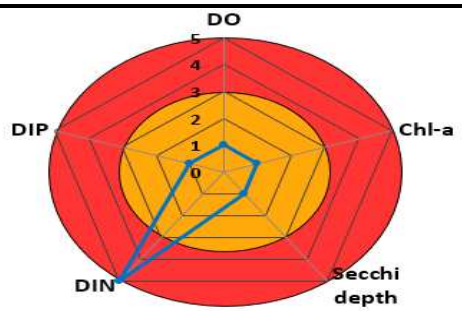
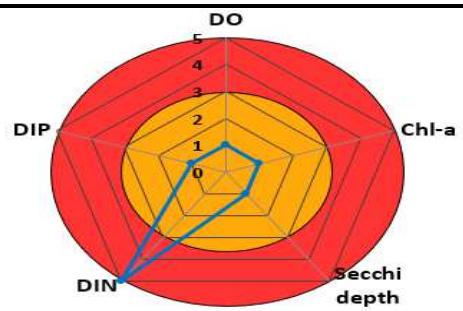
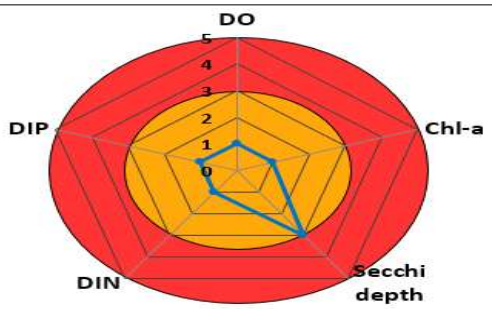
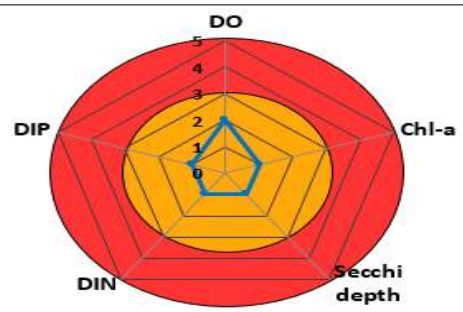
2019년 3월(Ⅰ등급)	2019년 5월(Ⅰ등급)
2019년 8월(Ⅰ등급)	2019년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.43) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2019년)

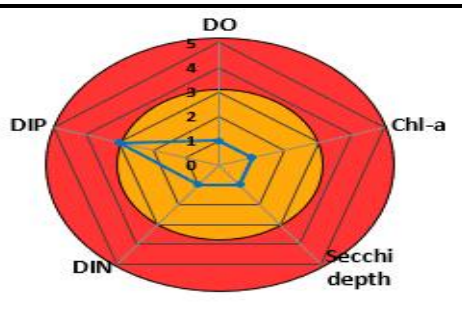
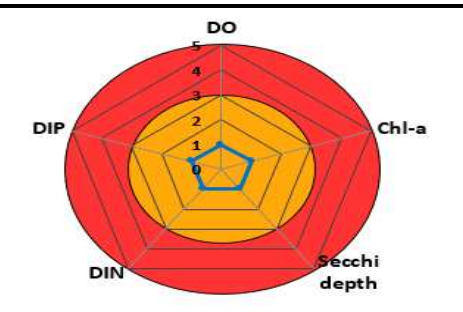
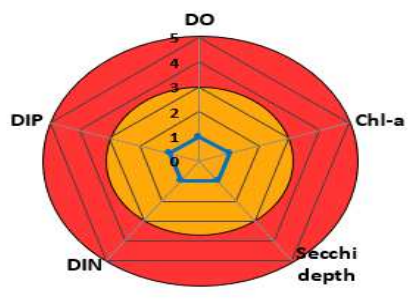
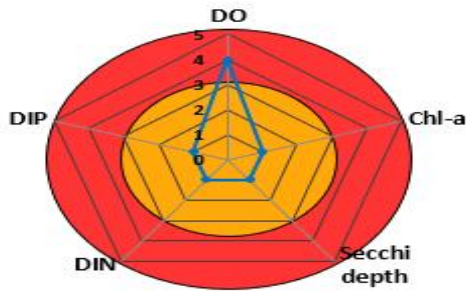


2020년 2월(Ⅲ등급)	2020년 5월(Ⅲ등급)
2020년 8월(Ⅰ등급)	2020년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.44) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2020년)

	
2021년 3월(Ⅱ등급)	2021년 5월(Ⅱ등급)
	
2021년 8월(Ⅱ등급)	2021년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.45) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)

	
2022년 2월(Ⅱ등급)	2022년 5월(Ⅰ등급)
	
2022년 8월(Ⅰ등급)	2022년 11월(Ⅳ등급)

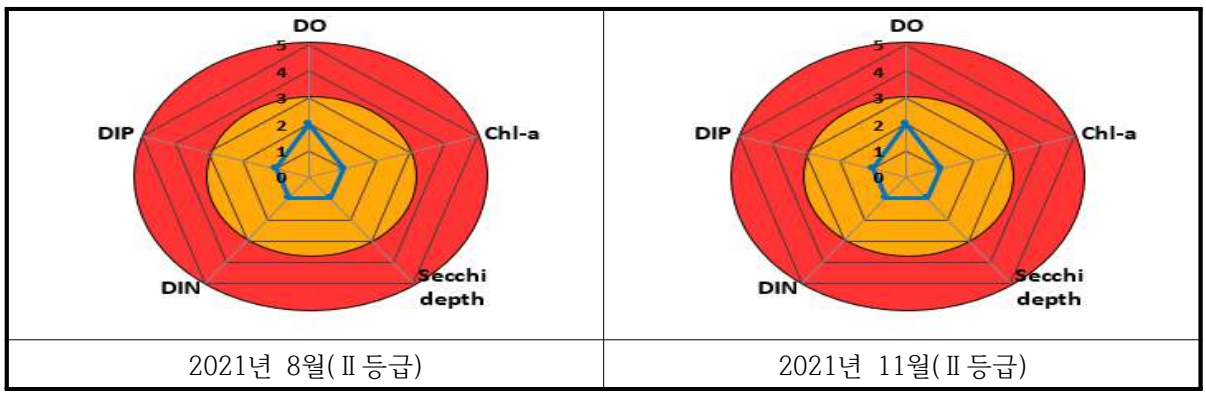
(그림 3.1.46) 조사기간 동안 표선 수질평가지수(WQI) 변화(2022년)

(9) 곽지리

곽지 마을어장은 2021년 하계부터 조사지역으로 추가되어 수질평가지수(WQI)가 산정되었다.

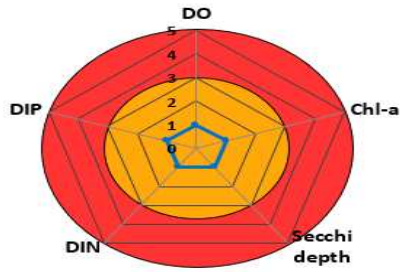
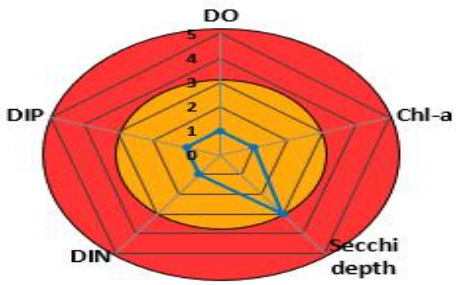
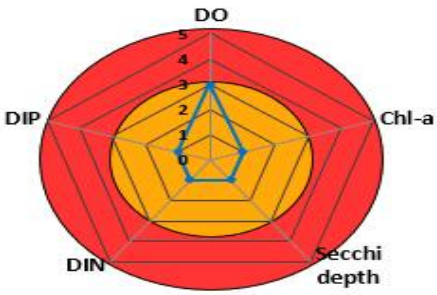
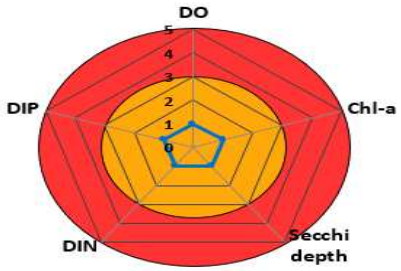
2021년 수질평가지수(WQI)의 등급은 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 8월과 11월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 2점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다.

2022년 수질평가지수(WQI)의 등급은 투명도(SD), 저층 용존산소포화도(%)의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 5월의 경우 투명도(SD)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅱ등급 범위인 24~33점에 해당하는 것으로 평가되었다. 8월의 경우 저층 용존산소포화도(%)가 3점으로 해당 점수에 의한 수질평가지수(WQI) 값은 Ⅲ등급 범위인 34~46점에 해당하는 것으로 평가되었다.



2021년 8월(Ⅱ등급)	2021년 11월(Ⅱ등급)

(그림 3.1.47) 조사기간 동안 곽지 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>2022년 2월(Ⅰ등급)</td><td>2022년 5월(Ⅱ등급)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>2022년 8월(Ⅲ등급)</td><td>2022년 11월(Ⅰ등급)</td></tr>
</table>

(그림 3.1.48) 조사기간 동안 곽지 수질평가지수(WQI) 변화(2021년)

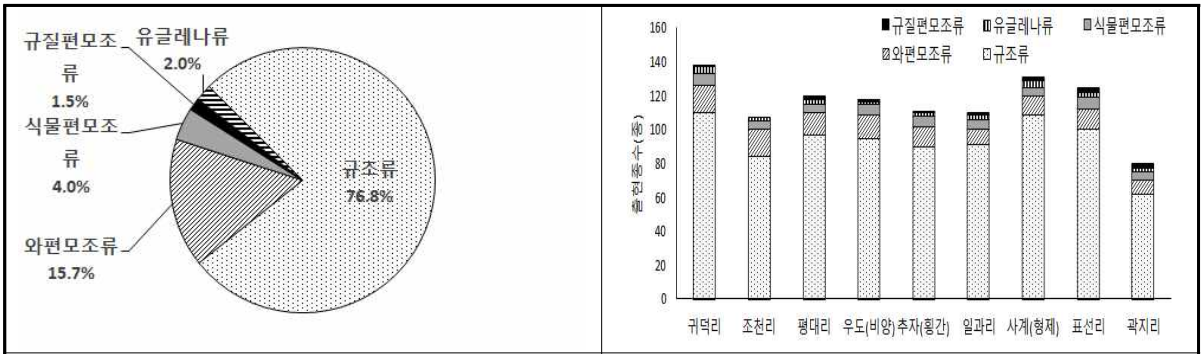
2. 부유생태계 특성

2.1 식물플랑크톤

2.1.1 종조성

(1) 전체 종조성

조사지역에서 조사기간 동안 출현한 식물플랑크톤은 총 198종이었으며, 분류군별로는 규조류가 152종(76.8%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 31종(15.7%), 유글레나류가 4종 (2.0%), 규질편모조류가 3종(1.5%), 기타 분류군에 속하는 편모조류(이하 식물편모조류)가 8종(4.1%) 관찰되었다. 정점별로는 80~138종 출현하였는데, 곽지리 지역에서 가장 적었고, 귀덕리 지역에서 가장 많았다.



분규군별 종조성 | 정점별 출현종수

(그림 3.2.1) 분류군별 종조성 및 정점별 출현종수

(2) 시기별 종조성

2018년 5월 조사에서 식물플랑크톤의 출현종은 총 34종이었으며, 규조류가 28종(82.4%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 3종(8.8%), 유글레나류가 2종(5.9%), 규질편모조류가 1종(2.9%) 관찰되었다. 정점별 출현종수는 7~18종이었고, 사계(형제) 지역에서 가장 적었고, 표선리 지역에서 가장 많았다.

2018년 6월 조사에서 식물플랑크톤의 출현종은 총 16종이었으며, 규조류가 14종(87.4%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 1종(6.3%), 유글레나류가 1종(6.3%) 관찰되었다. 정점별 출현종수는 4~8종이었고, 사계(형제) 지역에서 가장 적었고, 추자(횡간) 지역에서 가장 많았다.

2018년 8월 조사에서 식물플랑크톤의 출현종은 총 32종이었으며, 규조류가 26종(81.2%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 4종(12.5%), 유글레나류가 2종(6.3%) 관찰되었다. 정점별 출현종수는 7~19종이었고, 평대리 지역에서 가장 적었고, 추자(횡간) 지역에서 가장 많았다.

2018년 10월 조사에서 식물플랑크톤의 출현종은 총 26종이었으며, 규조류가 24종(92.4%)으로 가장 다양하였고, 유글레나와 규질편모조류가 각 1종(3.8%)씩 관찰되었다. 정점별 출현종수는 6~16종이었고, 추자(횡간) 지역에서 가장 적었고, 귀덕리 지역에서 가장 많았다.

2019년 3월 조사에서 식물플랑크톤의 출현종은 총 67종이었으며, 규조류가 59종(88.1%)으로 가장 다양하였고, 유글레나류가 1종(1.5%), 식물편모조류가 8종(11.9%) 관찰되었다. 정점별 출현종수는 22~40종이었고, 평대리 지역에서 가장 적었고, 표선리 지역에서 가장 많았다.

2019년 5월 조사에서 식물플랑크톤의 출현종은 총 64종이었으며, 규조류가 49종(76.6%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 8종(12.5%), 유글레나류가 1종(1.5%), 식물편모조류가 6종(9.4%) 관찰되었다. 정점별 출현종수는 17~34종이었고, 평대리 지역에서 가장 적었고, 사계(형제) 지역에서 가장 많았다.

2019년 8월 조사에서 식물플랑크톤의 출현종은 총 67종이었으며, 규조류가 49종(73.1%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 10종(14.9%), 유글레나류가 1종(1.5%), 규질편모조류 2종(3.0%), 기타 식물편모조류가 5종(7.5%) 관찰되었다. 정점별 출현종수는 15~30종이었고, 추자(횡간) 지역에서 가장 적었고, 조천리 지역에서 가장 많았다.

2019년 10월 조사에서 식물플랑크톤의 출현종은 총 88종이었으며, 규조류가 76종(86.4%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 5종(5.7%), 유글레나류가 1종(1.1%), 식물편모조류가 6종(6.8%) 관찰되었다. 정점별 출현종수는 33~47종이었고, 사계(형제) 지역에서 가장 적었고, 귀덕리 지역에서 가장 많았다.

2020년 2월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 79종이었으며, 규조류가 76종(96.1%)으로 가장 많았고, 유글레나류가 1종(1.3%), 규질편모조류가 1종(1.3%), 기타 식물편모조류가 1종(1.3%)이 출현하였다. 정점별 출현종수는 10~55종으로 평대리 지역에서 가장 적었고, 우도(비양) 지역에서 가장 많았다.

2020년 5월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 70종이었으며, 규조류가 56종(80.0%)으로 가장 많았고, 와편모조류가 7종(10.0%), 유글레나류가 1종(1.4%), 규질편모조류가 1종(1.4%), 기타 식물편모조류가 6종(8.6%)이 출현하였다. 정점별 출현종수는 15~36종으로

추자도(횡간) 지역에서 가장 적었고, 조천리 지역에서 가장 많았다.

2020년 8월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 65종이었으며, 규조류가 49종(75.4%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 10종(15.4%), 유글레나류가 1종(1.5%), 규질편모조류가 1종(1.5%), 기타 식물편모조류가 4종(6.2%)으로 관찰되었다. 정점별 출현종수는 7~40종이었고, 일과리 지역에서 가장 적었고, 표선리 지역에서 가장 많았다.

2020년 10월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 85종이었으며, 규조류가 70종(82.4%)으로 가장 많았고, 와편모조류가 8종(9.4%), 규질편모조류가 2종(2.3%), 기타 식물편모조류가 5종(5.9%) 출현하였다. 정점별 출현종수는 21~42종으로 평대리 지역에서 가장 적었고, 귀덕리와 표선리 지역에서 가장 많았다.

2021년 3월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 64종이었으며, 규조류가 56종(87.5%)으로 가장 많았고, 와편모조류와 유글레나류가 2종(3.1%), 식물편모조류가 6종(9.4%) 출현하였다. 정점별 출현종수는 10~42종으로 추자(횡간) 지역에서 가장 적었고, 일과리 지역에서 가장 많았다.

2021년 5월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 69종이었으며, 규조류가 57종(82.6%)으로 가장 많았고, 와편모조류가 7종(10.1%), 유글레나류가 2종(2.9%), 식물편모조류가 3종(7.3%)이 출현하였다. 정점별 출현종수는 18~39종으로 우도(비양) 지역에서 가장 적었고, 사계(형제) 지역에서 가장 많았다.

2021년 8월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 65종이었으며, 규조류가 47종(72.3%)으로 가장 많았고, 와편모조류가 12종(18.5%), 유글레나류가 2종(3.1%), 식물편모조류가 4종(6.1%)이 출현하였다. 정점별 출현종수는 14~33종으로 조천리 지역에서 가장 적었고, 표선리 지역에서 가장 많았다.

2021년 11월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 82종이었으며, 규조류가 71종(86.6%)으로 가장 많았고, 와편모조류가 4종(4.9%), 규질편모조류가 2종(2.4%), 기타 식물편모조류가 5종(6.1%)으로 출현하였다. 정점별 출현종수는 18~47종으로 표선리 지역에서 가장 적었고, 사계(형제) 지역에서 가장 많았다.

2022년 2월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 69종이었으며, 규조류가 61종(88.4%)으로 가장 많았고, 유글레나류와 규질편모조류가 1종(1.5%), 식물편모조류가 6종(10.1%)으로 출현하였다. 정점별 출현종수는 18~31종으로 조천리 지역에서 가장 적었고, 표선리

지역에서 가장 많았다.

2022년 5월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 65종이었으며, 규조류가 48종(73.8%)으로 가장 많았고, 와편모조류 8종(12.3%), 유글레나류가 2종(3.1%), 규질편모조류가 3종(4.6%), 기타 식물편모조류가 4종(6.2%)으로 출현하였다. 정점별 출현종수는 19~31종으로 추자(횡간) 지역에서 가장 적었고, 조천리 지역에서 가장 많았다.

2022년 7월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 33종이었으며, 규조류가 25종(75.7%)으로 가장 많았고, 와편모조류 6종(18.2%), 기타 식물편모조류가 2종(6.1%)으로 출현하였다. 정점별 출현종수는 8~15종으로 우도(비양) 지역에서 가장 적었고, 표선리 지역에서 가장 많았다.

2022년 10월 조사시기에 식물플랑크톤의 출현종은 총 73종이었으며, 규조류가 64종(87.7%)으로 가장 많았고, 와편모조류 3종(4.1%), 규질편모조류 1종(1.4%), 기타 식물편모조류가 5종(6.8%)으로 출현하였다. 정점별 출현종수는 27~38종으로 평대리 지역에서 가장 적었고, 곽지리 지역에서 가장 많았다.

<표 3.2.1> 조사지역에서 출현한 식물플랑크톤 종조성(2018, 2019년)

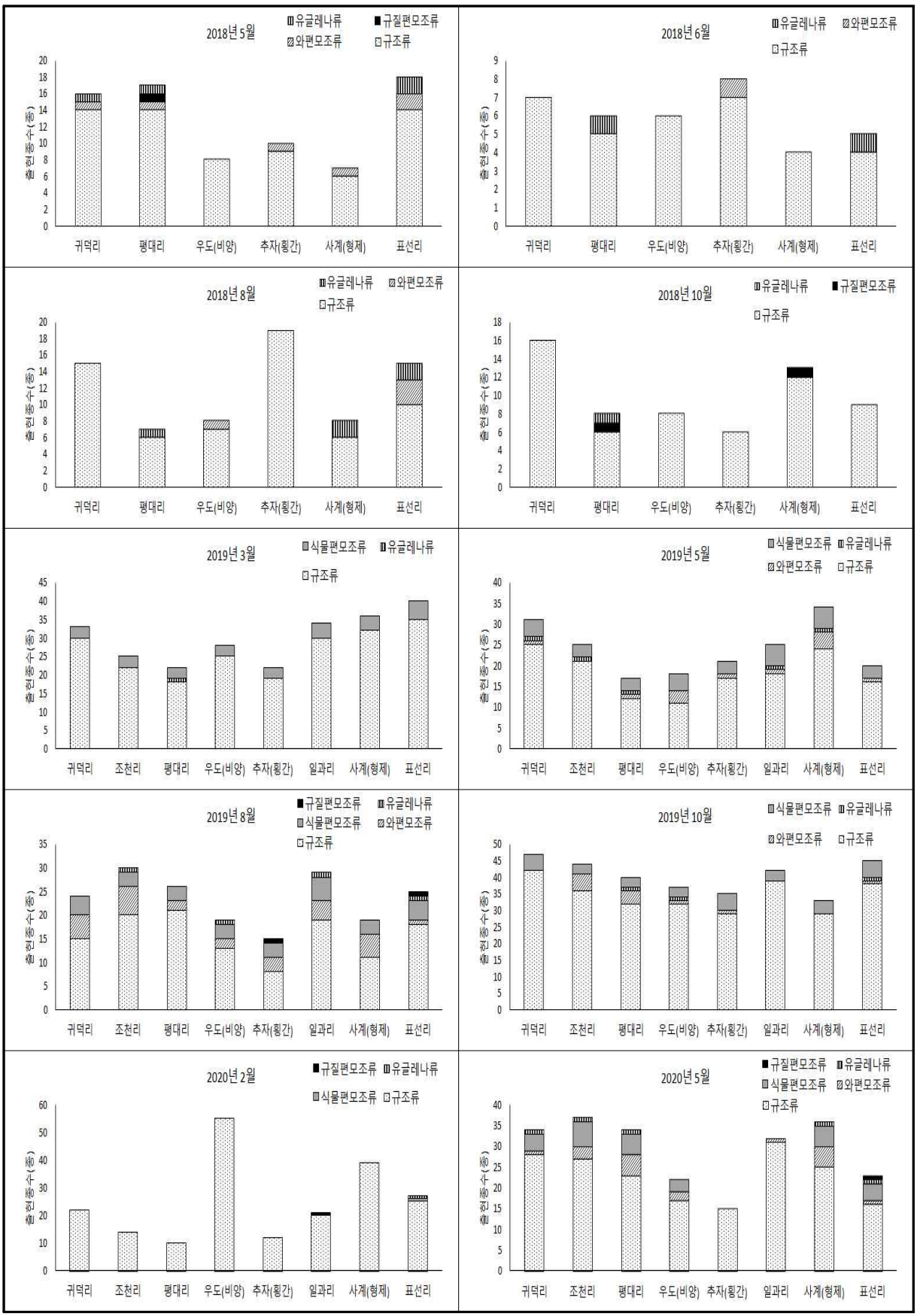
분류군	2018년				2019년			
	5월	6월	8월	10월	3월	5월	8월	10월
규조류	82	14	26	24	59	49	49	76
와편모조류	3	1	4			8	10	5
유글레나류	2	1	2	1	1	1	1	1
규질편모조류	1			1			2	
식물편모조류					7	6	5	6
합계	34	16	32	26	67	64	67	88

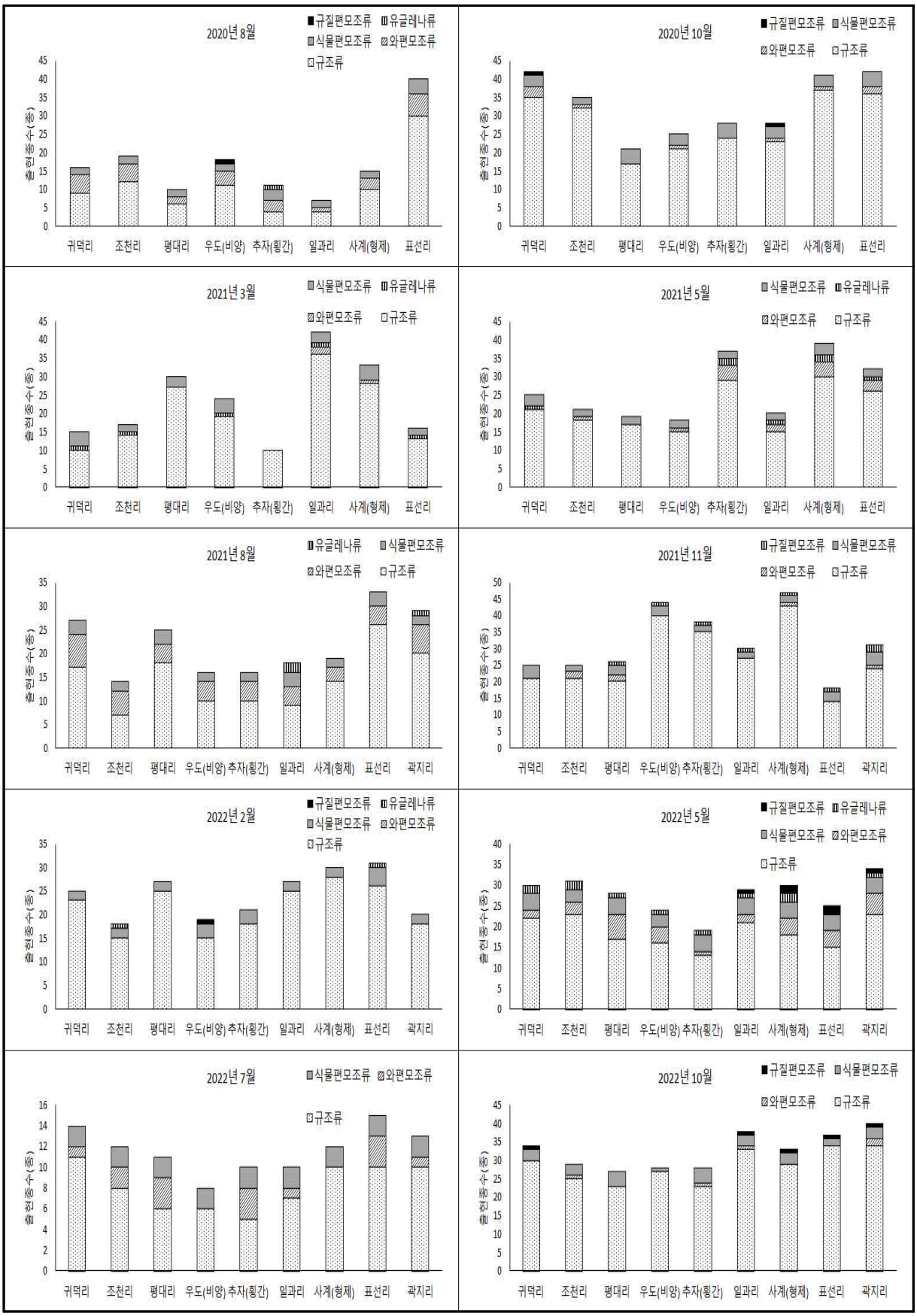
<표 3.2.2> 조사지역에서 출현한 식물플랑크톤 종조성(2020, 2021년)

분류군	2020년				2021년			
	2월	5월	8월	10월	3월	5월	8월	11월
규조류	76	56	49	70	56	57	47	71
와편모조류		7	10	8	2	7	12	4
유글레나류	1	1	1		2	2	2	
규질편모조류	1	1	1	2				2
식물편모조류	1	5	4	5	4	3	4	5
합계	79	70	65	85	64	69	65	82

<표 3.2.3> 조사지역에서 출현한 식물플랑크톤 종조성(2022년)

분류군	2022년			
	2월	5월	7월	10월
규조류	61	48	25	64
와편모조류		8	6	3
유글레나류	1	2		
규질편모조류	1	3		1
식물편모조류	6	4	2	5
합계	69	65	33	73


2018년 5월
유글레나류
규질편모조류
와편모조류
규조류
출현종수(종)
귀덕리
평대리
우도(비양)
추자(횡간)
사계(형제)
표선리
2018년 6월
유글레나류
와편모조류
규조류
2018년 8월
유글레나류
와편모조류
규조류
2018년 10월
유글레나류
규질편모조류
규조류
2019년 3월
식물편모조류
유글레나류
규조류
조천리
일과리
2019년 5월
식물편모조류
유글레나류
와편모조류
규조류
2019년 8월
규질편모조류
유글레나류
식물편모조류
와편모조류
규조류
2019년 10월
식물편모조류
유글레나류
와편모조류
규조류
2020년 2월
규질편모조류
유글레나류
식물편모조류
규조류
2020년 5월
규질편모조류
유글레나류
식물편모조류
와편모조류
규조류



(그림 3.2.2) 조사지점에 따른 식물플랑크톤 분류군별 출현종수

2.1.2 현존량

2018년 5월에 조사된 현존량은 2,860~76,260 cells/L이었고, 평균 현존량은 32,740cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 32,470 cells/L로 전체 평균 현존량의 99.2%를 차지하였으며, 다음으로 유글레나류 132 cells/L(0.4%), 와편모조류 121cells/L (0.4%), 규질편모조류 18 cells/L 순으로 나타났다. 정점별로 평대리 외지역에서 가장 많은 현존량을 보였고, 사계(형제) 외지역에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2018년 6월에 조사된 현존량은 10,080~78,300 cells/L이었고, 평균 현존량은 23,490 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 23,256 cells/L로 전체 평균 현존량의 99.0%를 차지하였으며, 다음으로 유글레나류 204 cells/L(0.9%), 와편모조류 30 cells/L(0.1%) 순으로 나타났다. 정점별로 귀덕리 연안역에서 가장 많은 현존량을 보였고, 추자도(횡간) 외지역에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2018년 8월에 조사된 현존량은 10,360~127,160 cells/L이었고, 평균 현존량은 47.513 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 47,149 cells/L로 전체 평균 현존량의 99.2%를 차지하였으며, 다음으로 유글레나류 263cells/L(0.6%), 와편모조류 102 cells/L(0.2%) 순으로 나타났다. 정점별로는 표선리 연안역에서 가장 많은 현존량을 보였고, 사계(형제) 외지역에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2018년 10월에 조사된 현존량은 10,440~56,160 cells/L이었고, 평균 현존량은 25,244 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 25,135 cells/L로 전체 평균 현존량의 99.6%를 차지하였으며, 다음으로 규질편모조류 83 cells/L(0.3%), 유글레나류 27 cells/L(0.1%) 순으로 나타났다. 정점별로 귀덕리 연안역에서 가장 많은 현존량을 보였고, 추자도(횡간) 외지역에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2019년 3월에 조사된 현존량은 5,548~173,826 cells/L이었고, 평균 현존량은 61,532 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류는 평균 60,381 cells/L로 전체 평균 현존량의 98.1%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류가 평균 1,147 cells/L(1.9%), 유글레나류 5 cells/L(0.01% 미만) 순으로 나타났다. 정점별로 보면, 조천리 지역 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고 평대리 지역 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2019년 5월에 조사된 현존량은 2,907~52,218 cells/L이었고, 평균 현존량은 13,891

cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류는 평균 11,755 cells/L로 전체 평균 현존량의 84.6%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 1,904 cells/L(13.7%), 와편모조류 175 cells/L(1.3%), 유글레나류 56 cells/L(0.4%) 순이었다. 정점별로 보면, 사계(형제) 지역 저층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 우도(비양) 지역 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2019년 8월에 조사된 현존량은 1,664~25,160 cells/L이었고, 평균 현존량은 9,756 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류는 평균 7,687 cells/L로 전체 평균 현존량의 78.8%를 차지하였으며, 다음으로 기타 식물편모조류 1,739 cells/L(17.8%), 와편모조류 287 cells/L(2.9%), 규질편모조류 27 cells/L(0.3%), 유글레나류 16 cells/L(0.2%) 순이었다. 정점별로 보면, 우도(비양) 지역 저층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 추자(횡간) 지역 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2019년 10월에 조사된 현존량은 4,592~384,234 cells/L이었고, 평균 현존량은 61,095 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류는 평균 55,594 cells/L로 전체 평균 현존량의 91.0%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 5,391 cells/L(8.8%), 와편모조류 73 cells/L(0.1%), 유글레나류 38 cells/L(0.1%) 순이었다. 정점별로 보면, 귀덕리 지역 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 추자(횡간) 지역 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2020년 2월에 조사된 현존량은 840~79,725 cells/L이었고, 평균 현존량은 18,430 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 현존량의 평균 18,406 cells/L로 전체 평균 현존량의 99.8%를 차지하였으며, 다음으로 유글레나류와 기타 식물편모조류가 각 10 cells/L(0.1%), 규질편모조류가 4 cells/L(0.1% 미만)으로 나타났다. 정점별로 보면, 사계리(형제) 지역의 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고 조천리 지역의 표층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2020년 5월에 조사된 현존량은 2,856~190,113 cells/L이었고, 평균 현존량은 39,547 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 현존량의 평균 38,708 cells/L로 전체 평균 현존량의 97.9%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 596 cells/L(1.5%), 와편모조류 153 cells/L(0.4%), 규질편모조류 85 cells/L(0.2%), 유글레나류 5 cells/L(0.1% 미만)으로 나타났다. 정점별로 보면, 일과리 지역의 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고 추자도(횡간) 지역의 표층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2020년 8월에 조사된 현존량은 825~69,608 cells/L이었고, 평균 현존량은 9,724 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 현존량의 평균 7,539 cells/L로 전체 평균 현존량의

77.5%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류 1,717 cells/L(7.7%), 식물편모조류 459 cells/L(4.7%), 유글레나 5 cells/L(0.1%), 규질편모조류 4 cells/L(0.1% 미만)순으로 나타났다. 정점별로 보면, 표선리 지역의 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고 사계리 지역의 표층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2020년 10월에 조사된 현존량은 3,484~14,168 cells/L이었고, 평균 현존량은 8,562 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 현존량의 평균 7,393 cells/L로 전체 평균 현존량의 86.3%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 1,118 cells/L(13.1%), 와편모조류 44 cells/L(0.5%), 규질편모조류 8cells/L(0.1%) 순으로 나타났다. 정점별로 보면, 사계리 지역의 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고 평대리 지역의 표층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2021년 3월에 조사된 현존량은 2,736~145,800 cells/L이었고, 평균 현존량은 31,164 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 30,337 cells/L로 전체 평균 현존량의 97.4%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 745 cells/L(2.4%), 와편모조류 42 cells/L(0.1%), 유글레나류 40cells/L(0.1%) 순으로 나타났다. 정점 및 수층별로 일과리 지역의 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 추자도(횡간) 지역의 표층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2021년 5월에 조사된 현존량은 3,640~97,890 cells/L이었고, 평균 현존량은 17,751 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 16,806 cells/L로 전체 평균 현존량의 94.7%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 739 cells/L(4.2%), 와편모조류 148 cells/L(0.8%), 유글레나류 59 cells/L(0.3%) 순으로 나타났다. 정점 및 수층별로 추자도(횡간) 지역의 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 우도(비양) 지역의 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2021년 8월에 조사된 현존량은 1,972~200,720 cells/L이었고, 평균 현존량은 38,291 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 35,333 cells/L로 전체 평균 현존량의 92.3%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류 2,123 cells/L(5.6%), 식물편모조류 816 cells/L(1.9%), 유글레나류 62 cells/L(0.2%) 순으로 나타났다. 정점별로 표선리 지역의 저층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 일과리 지역의 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2021년 11월에 조사된 현존량은 2,160~31,902 cells/L이었고, 평균 현존량은 9,833 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 9,225 cells/L로 전체 평균 현존량의 93.8%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 532 cells/L(5.4%), 규질편모조류 55 cells/L(0.6%), 와편모조류 22 cells/L(0.2%) 순으로 나타났다. 정점별로 우도(비양) 지역의 표층에서 가장

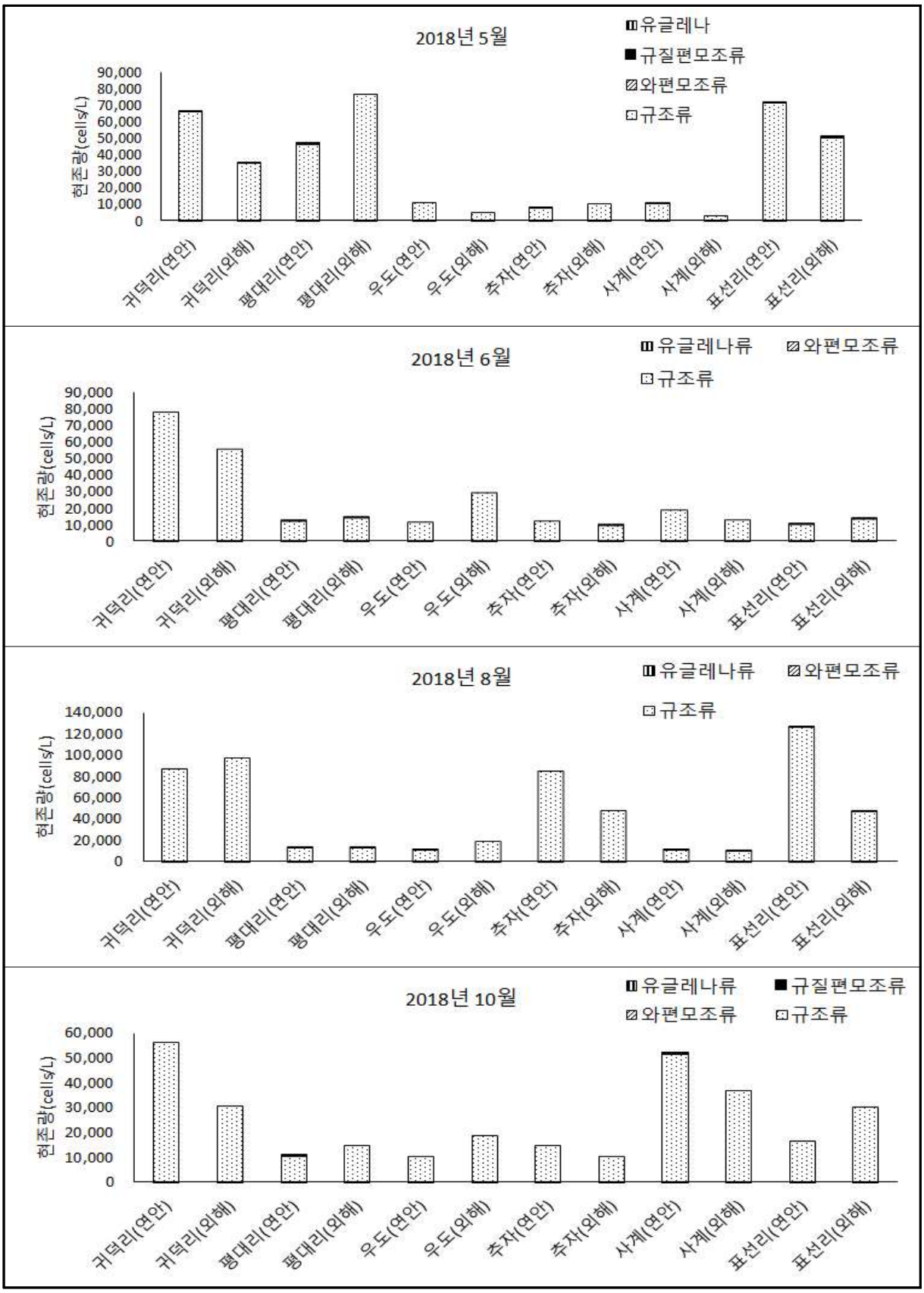
많은 현존량을 보였고, 조천리 지역의 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2022년 2월에 조사된 현존량은 2,052~9,977 cells/L이었고, 평균 현존량은 5,486 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 4,980 cells/L로 전체 평균 현존량의 90.8%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 494 cells/L(9.0%), 유글레나류 8 cells/L(0.1%), 규질편모조류 4 cells/L(0.1%) 순으로 나타났다. 정점별로 곽지리 지역의 표층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 우도(비양) 지역의 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

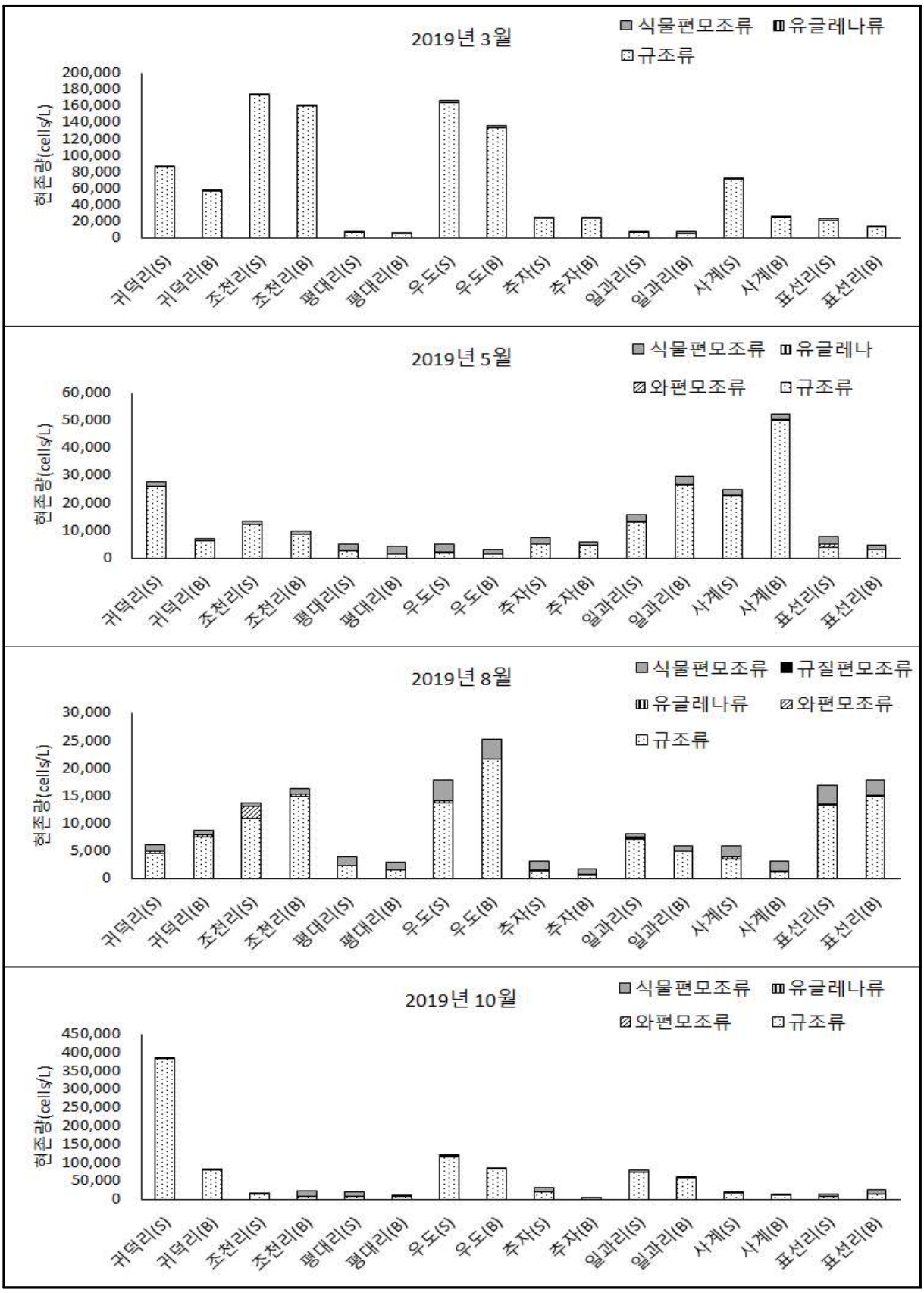
2022년 5월에 조사된 현존량은 2,596~381,888 cells/L이었고, 평균 현존량은 90,485 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 87,933 cells/L로 전체 평균 현존량의 97.2%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류 1,924 cells/L(2.1%), 와편모조류 376 cells/L (0.4%), 유글레나류 233 cells/L(0.3%), 규질편모조류 20 cells/L(0.1% 미만) 순으로 나타났다. 정점별로 곽지리 지역의 저층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 추자(횡간) 지역의 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

2022년 7월에 조사된 현존량은 1,430~125,045 cells/L이었고, 평균 현존량은 37,811 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 32,652 cells/L로 전체 평균 현존량의 86.3%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 3,808 cells/L(10.1%), 식물편모조류 1,351 cells/L (3.6%) 순으로 나타났다. 정점별로 사계(형제) 지역의 저층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 우도(비양) 지역의 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.

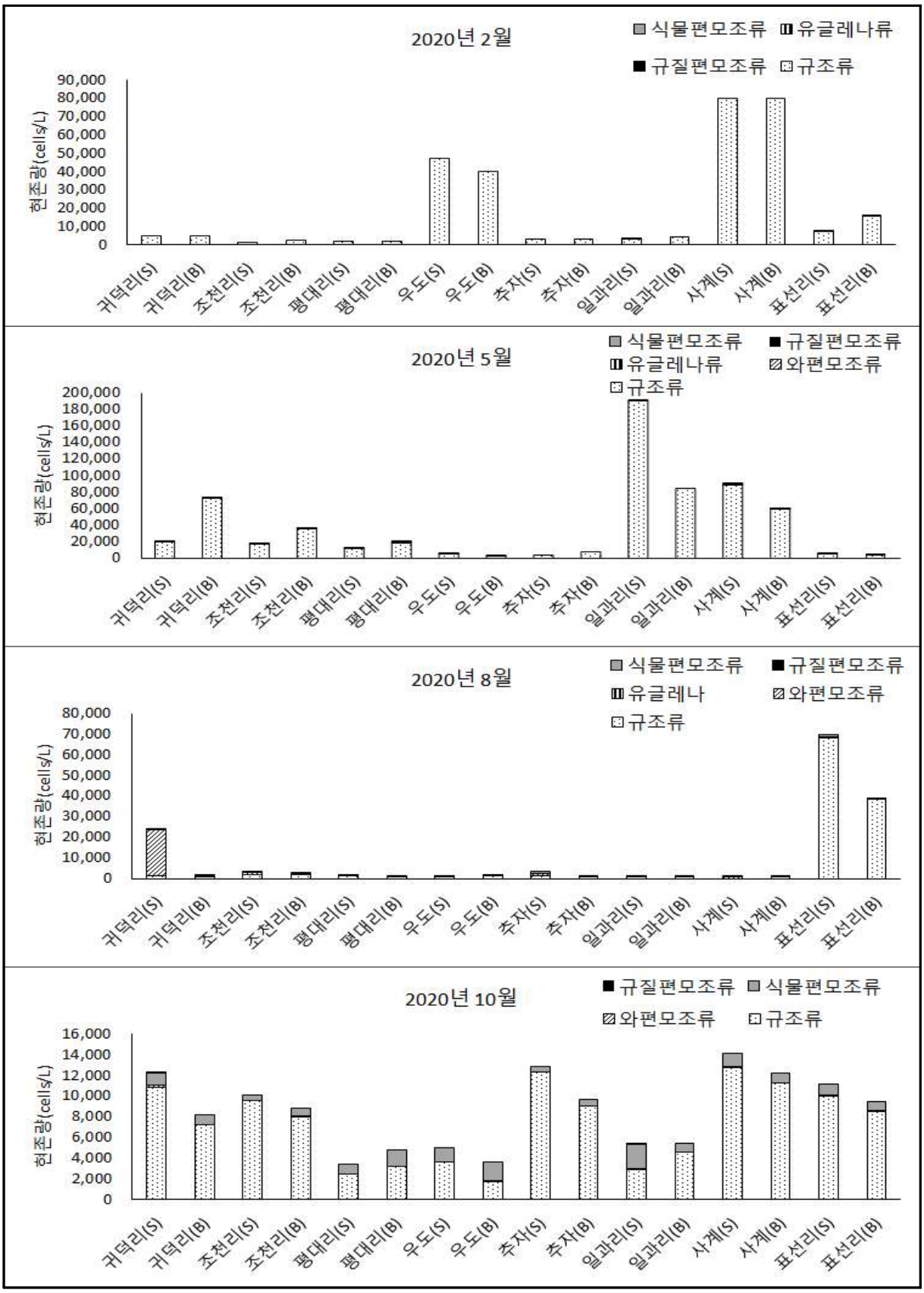
2022년 10월에 조사된 현존량은 2,508~37,345 cells/L이었고, 평균 현존량은 15,356 cells/L이었다. 식물플랑크톤 중 규조류가 평균 14,876 cells/L로 전체 평균 현존량의 96.9%를 차지하였으며, 다음으로 식물편모조류가 433 cells/L(2.5%), 규질편모조류 29 cells/L(0.2%), 와편모조류 18 cells/L(0.1%) 순으로 나타났다. 정점별로 사계(형제) 지역의 저층에서 가장 많은 현존량을 보였고, 평대리 지역의 저층에서 가장 적은 현존량을 보였다.



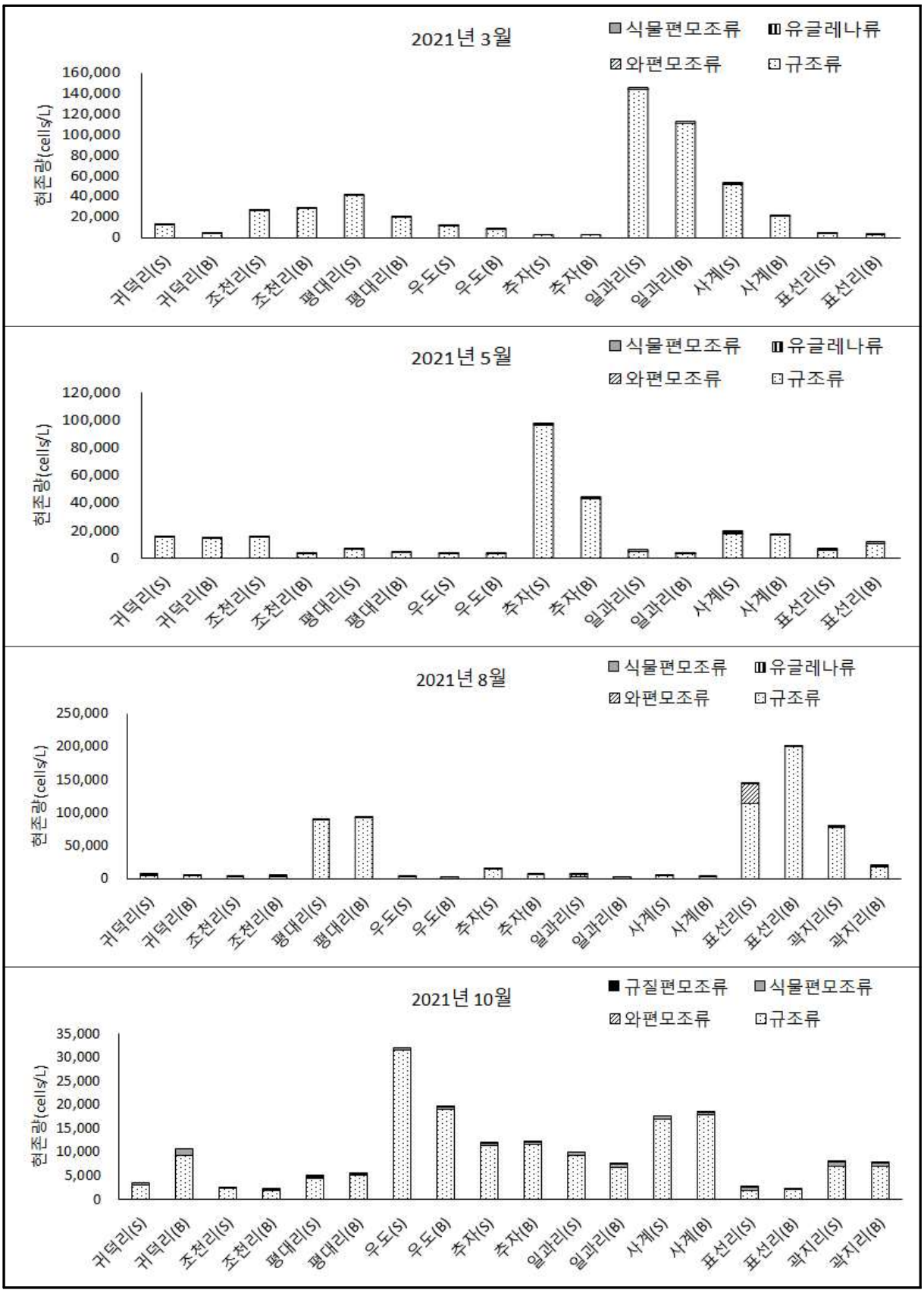
(그림 3.2.3) 2018년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량



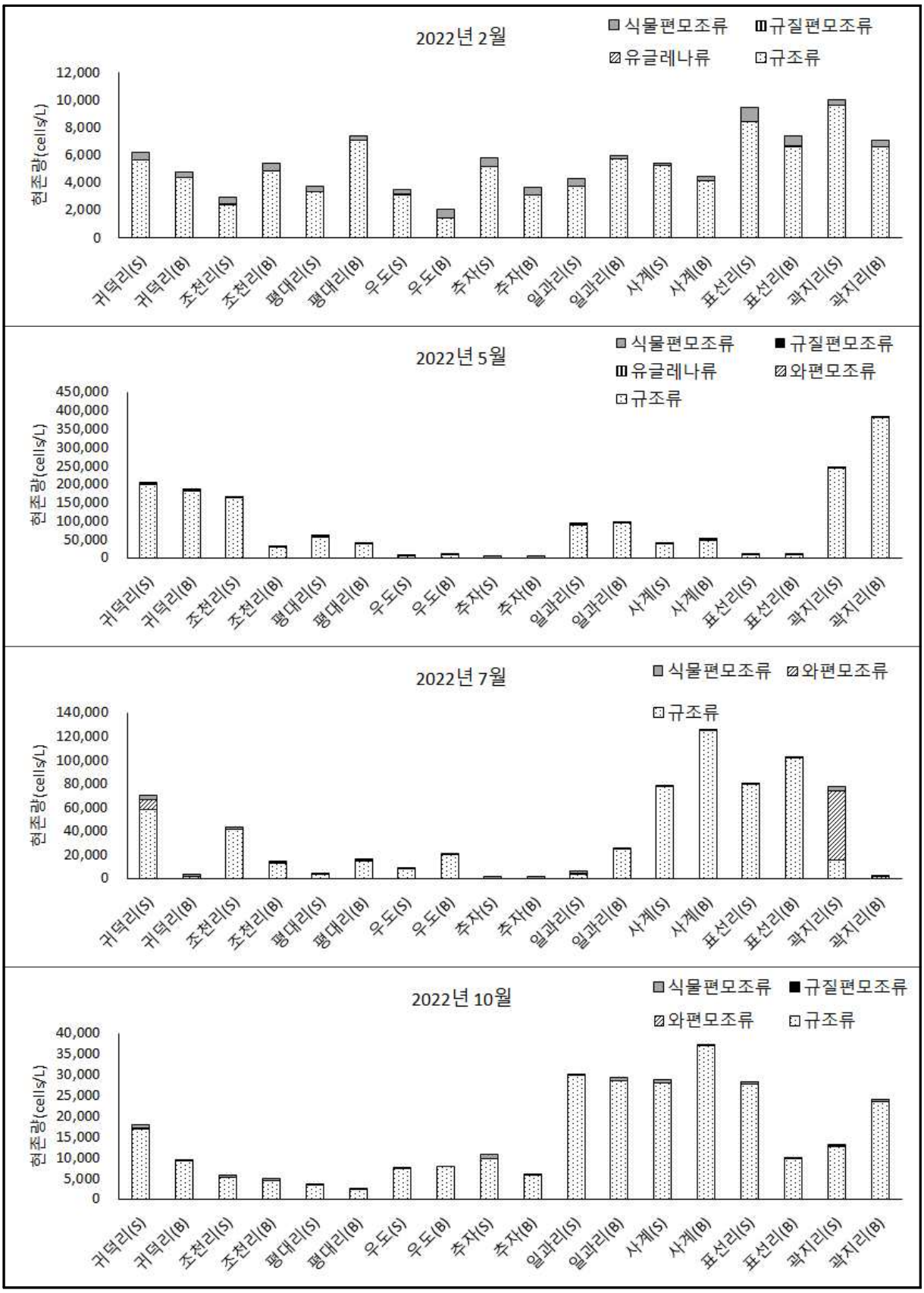
(그림 3.2.4) 2019년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량



(그림 3.2.5) 2020년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량



(그림 3.2.6) 2021년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량



(그림 3.2.7) 2022년 조사지점에 따른 식물플랑크톤 현존량

2.1.3 우점종

식물플랑크톤 군집에서의 우점종은 전체 현존량에서 차지하는 점유률이 5% 이상인 생물종으로 선정하였다.

2018년 5월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*로 55.8%의 점유율을 보였다. 제2우점종은 규조류인 *Skeletonema* sp.로 전체 현존량의 13.6%를 차지하는 것으로 조사되었으며, 그 외 규조류 *Pseudo-nitzschia* sp.(12.7%), *Leptocylindrus minimus*(5.9%)가 우점종으로 출현하였다.

2018년 6월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*로 34.8%의 점유율을 보였다. 제2우점종은 규조류인 *Skeletonema* sp.로 전체 현존량의 31.9%를 차지하는 것으로 조사되었고, 규조류인 *Pseudo-nitzschia* sp.(12.4%)와 *Leptocylindrus minimus*(10.5%)도 우점종으로 출현하였다.

2018년 8월에 제1우점종은 규조류인 *Pseudo-nitzschia* sp.로 27.4%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Skeletonema* sp.로 전체 현존량의 22.7%로 조사되었다. 그 외 규조류 *Chaetoceros curvisetus*(11.3%), *Leptocylindrus danicus*(10.9%)가 우점종으로 출현하였다.

2018년 10월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*가 24.6%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Leptocylindrus danicus*로 점유율이 18.7%로 조사되었다. 그 외 규조류인 *Pseudo-nitzschia* sp.(14.7%)와 *Rhizosolenia stolterfothii*(14.5%)도 우점종으로 출현하였다.

2019년 3월에 제1우점종은 규조류인 *Skeletonema costatum*로 78.6%의 점유율을 보였다. 제2우점종은 규조류인 *Chaetoceros socialis*로 전체 현존량의 5.3%를 점유하였다.

2019년 5월에 제1우점종은 규조류인 *Nitzschia longissima*로 32.8%의 점유율을 보였다. 제2우점종은 규조류인 *Pseudo-nitzschia seriata*로 전체 현존량의 14.4%를 차지하는 것으로 조사되었고, 다음으로 규조류인 *Chaetoceros decipiens*(8.3%)와 식물편모조류인 *Hillea fusiformis* (7.3%), 규조류 *Skeletonema costatum*(6.6%) 순으로 점유율이 높았다.

2019년 8월에 제1우점종은 규조류인 *Nitzschia longissima*로 16.2%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Pseudo-nitzschia seriata*로 전체 현존량의 7.0%로

조사되었다. 그 외 규조류 *Chaetoceros decipiens*(5.3%), 식물편모조류 *Hillea fusiformis* (5.2%)가 우점종으로 출현하였다.

2019년 10월에 제1우점종은 규조류인 *Pseudo-nitzschia seriata*가 48.5%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*로 점유율이 13.4%로 조사되었다. 그 외 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*(10.9%)와 식물편모조류 *Hillea fusiformis*(6.8%)도 우점종으로 출현하였다.

2020년 2월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros socialis*로 18.7%의 점유율을 보였다. 제2우점종은 규조류인 *Lauderia annulata*로 전체 현존량의 17.8%를 차지하는 것으로 조사되었으며, 그 외 규조류인 *Skeletonema costatum*(9.5%)와 *Eucampia zodiacus*(9.3%), *Chaetoceros decipiens*(8.3%), *Chaetoceros didymus*(5.1%)가 우점종으로 출현하였다.

2020년 5월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*로 77.1%의 점유율을 보였다. 제2우점종은 규조류인 *Thalassiosira hyalina*로 전체 현존량의 7.6%를 점유하었다.

2020년 8월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*로 51.5%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 와편모조류인 *Prorocentrum micans*로 전체 현존량의 12.5%로 조사되었다. 그 외 규조류 *Pseudo-nitzschia seriata*(5.1%)가 우점종으로 출현하였다.

2020년 10월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*가 14.6%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Thalassiosira rotula*로 점유율이 13.5%로 조사되었다. 그 외 규조류인 *Chaetoceros socialis*(7.2%)와 *Lioloma pacificum*(6.4%), 식물편모조류 *Hillea fusiformis*(6.3%)도 우점종으로 출현하였다.

2021년 3월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*가 50.0%의 점유율로 가장 하였고, 제2우점종은 규조류인 *Skeletonema costatum*으로 전체 현존량의 14.2%로 조사되었다. 그 외 규조류인 *Chaetoceros socialis*(8.3%)와 *Thalassiosira hyalina*(8.2%), *Chaetoceros decipiens*(6.3%)가 우점종으로 출현하였다.

2021년 5월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*로 22.7%의 점유율을 보였다. 제2우점종은 규조류인 *Chaetoceros socialis*로 전체 현존량의 17.6%를 차지하였다. 그 외 규조류 *Chaetoceros decipiens*(11.5%)와 *Skeletonema costatum*(9.2%), *Asterionellopsis glacialis* (7.8%)가 우점종으로 출현하였다.

2021년 8월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*로 62.2%의 점유율을 보였다.

제2우점종은 규조류인 *Guinardia flaccida*로 전체 현존량의 16.5%를 차지하는 것으로 조사되었고, 규조류인 *Guinardia striata*(5.0%)도 우점종으로 출현하였다.

2021년 10월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*로 18.5%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Guinardia striata*로 전체 현존량의 10.7%로 조사되었다. 그 외 규조류 *Chaetoceros peruvianus*(6.9%), *Pseudo-nitzschia seriata*(5.3%)가 우점종으로 출현하였다.

2022년 2월에 제1우점종은 규조류인 *Skeletonema costatum*로 32.0%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*로 점유율이 9.0%로 조사되었다. 그 외 규조류인 *Chaetoceros decipiens*(6.1%)와 *Navicula mollis*(5.6%), 식물편모조류인 *Hillea fusiformis*(5.0%)도 우점종으로 출현하였다.

2022년 5월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*로 76.2%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*로 점유율이 9.5%로 조사되었다. 그 외 규조류인 *Chaetoceros socialis*(5.2%)도 우점종으로 출현하였다.

2022년 7월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*로 83.1%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 와편모조류인 *Prorocentrum micans*로 점유율이 10.0%로 조사되었다.

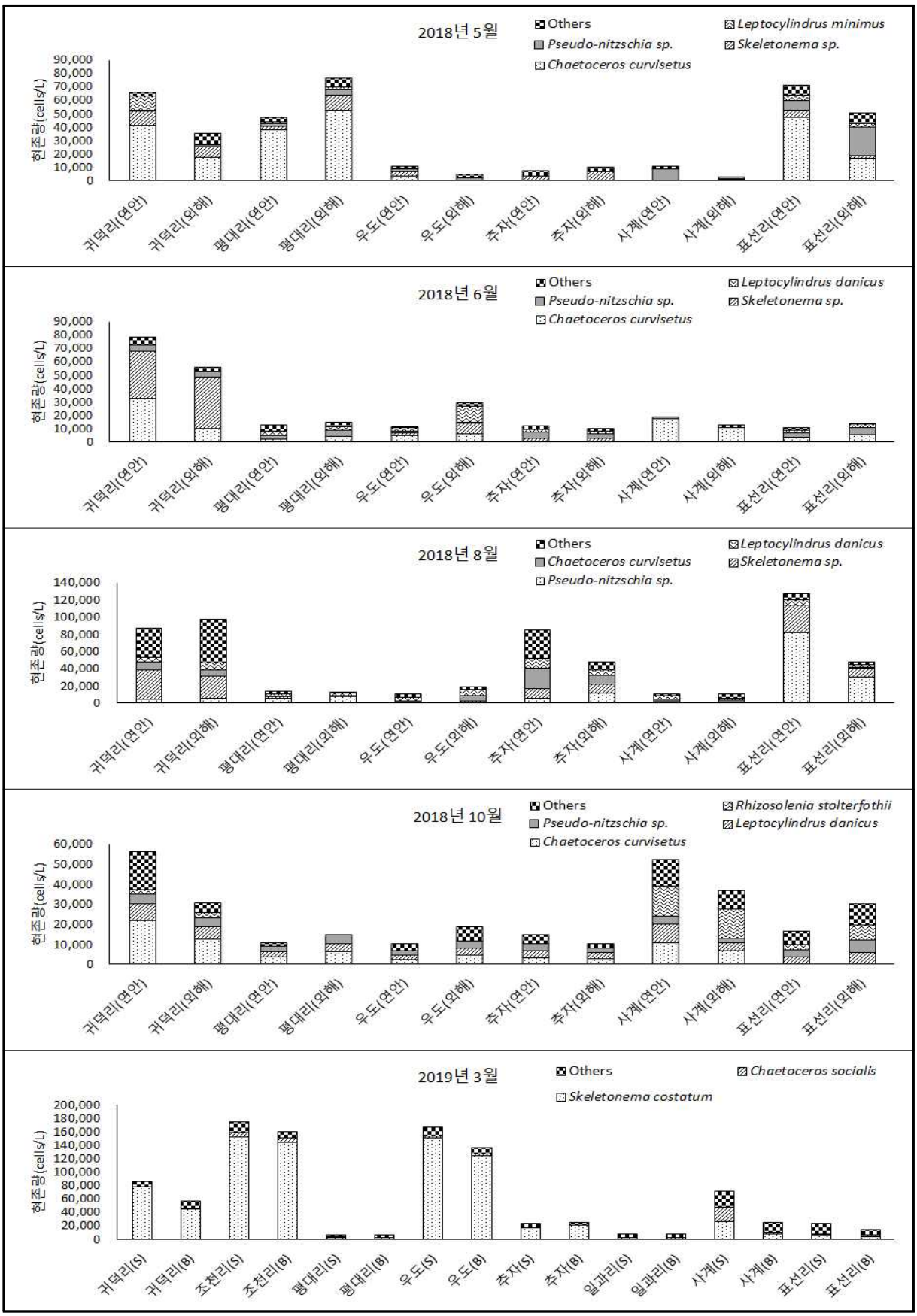
2022년 10월에 제1우점종은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*로 42.1%의 점유율로 가장 우점하였고, 제2우점종은 규조류인 *Guinardia striata*로 점유율이 5.8%로 조사되었다.

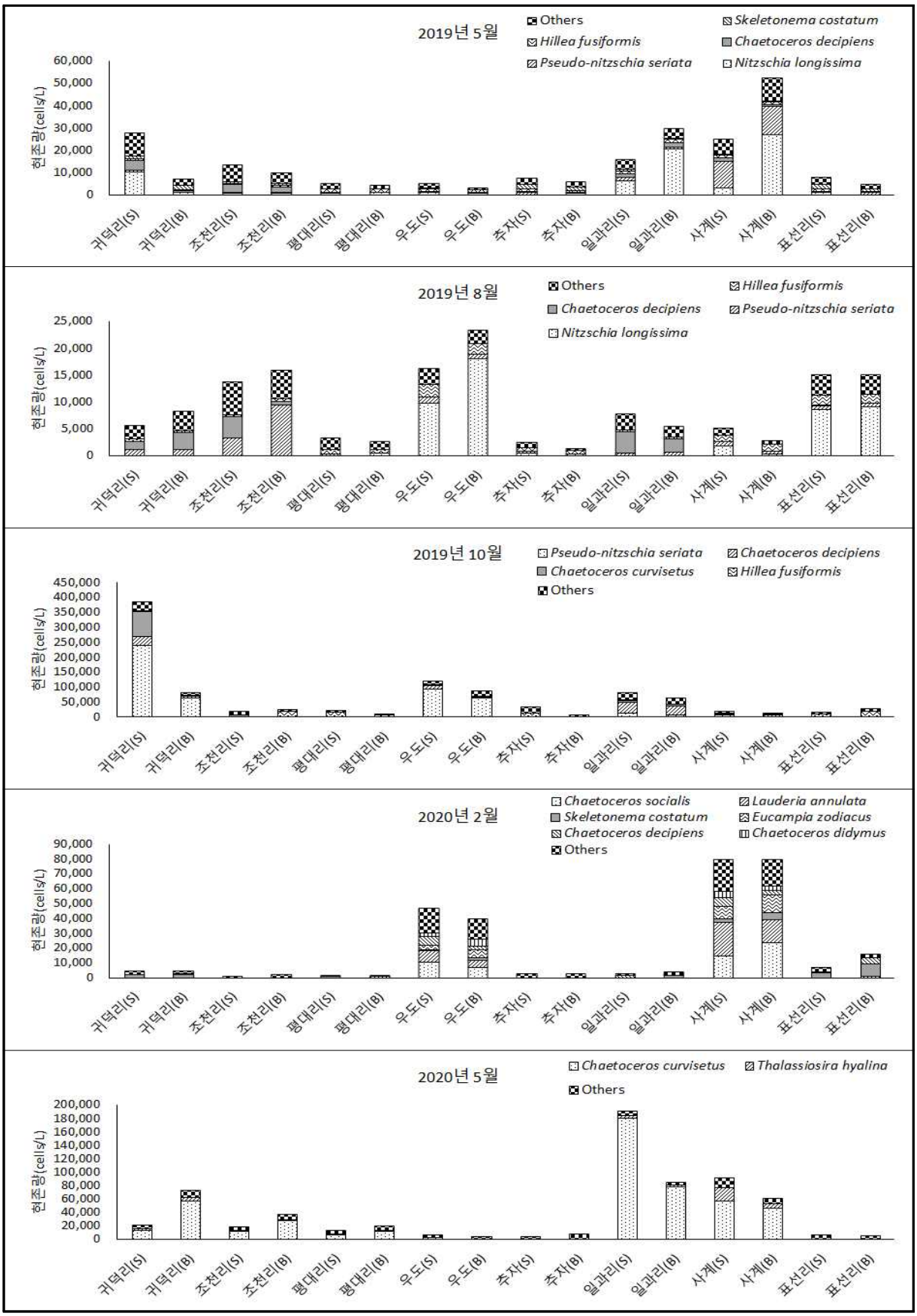
전 조사시기에 우점종으로 가장 많이 출현한 생물종은 규조류 *Chaetoceros decipiens*로 20회의 조사에서 14번 우점종으로 출현하였으며, 2020년 8월부터는 매 조사시마다 우점종으로 나타났다. 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*는 10회로 2번째로 많이 출현한 우점종이었으며, 주로 동계와 춘계에 우점종으로 나타났다. 우점 출현 횟수가 세 번째로 많은 규조류 *Skeletonema costatum*은 매 동계 조사에서 우점종으로 출현하였다.

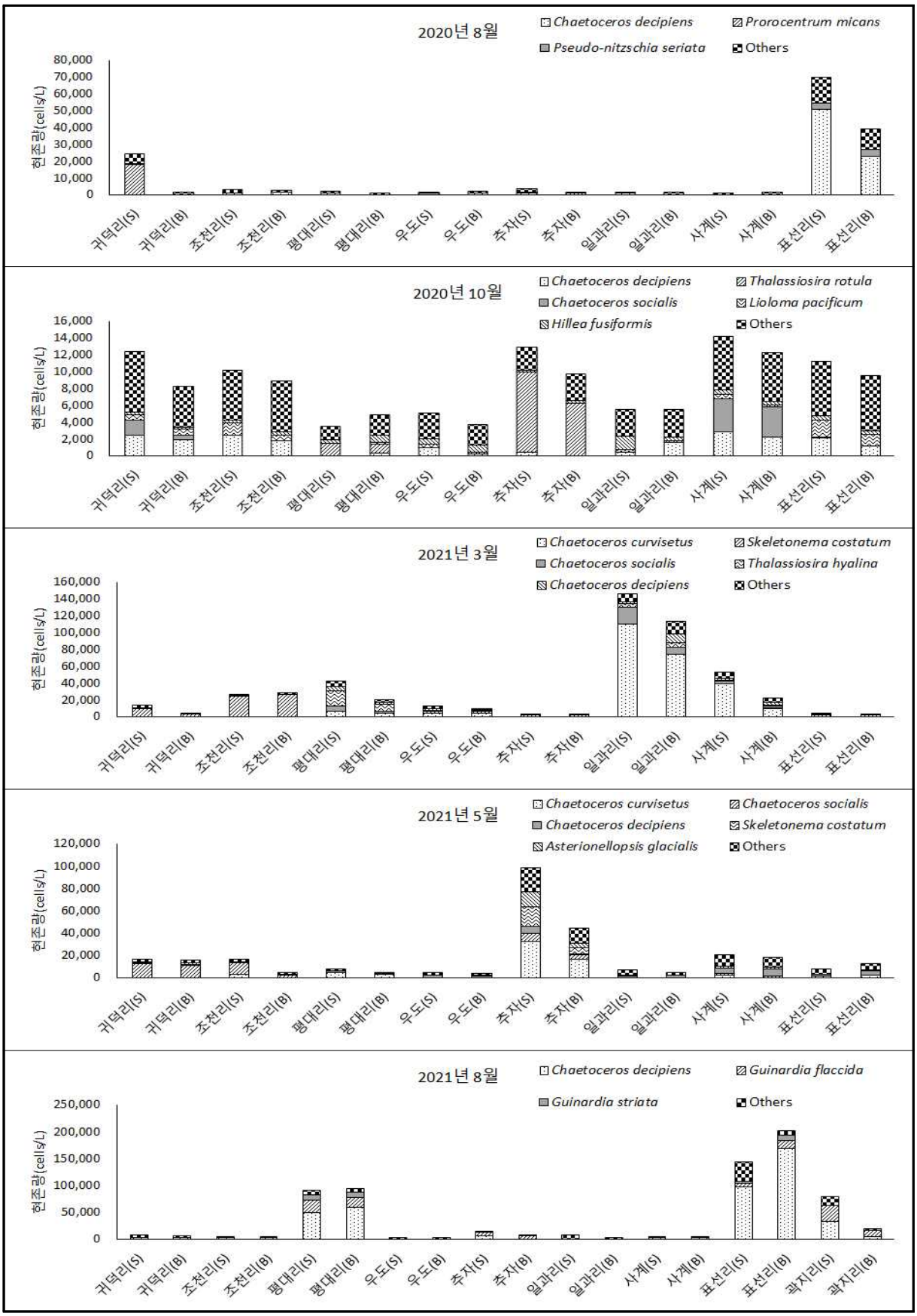
우점종으로 출현한 식물플랑크톤은 와편모조류인 *Prorocenstrum micans*, 식물편모조류인 *Hilea fusiformis*를 제외하고 모두 규조류였으며, 그중 대부분은 군체를 형성하는 특성을 가지는 종들이었다.

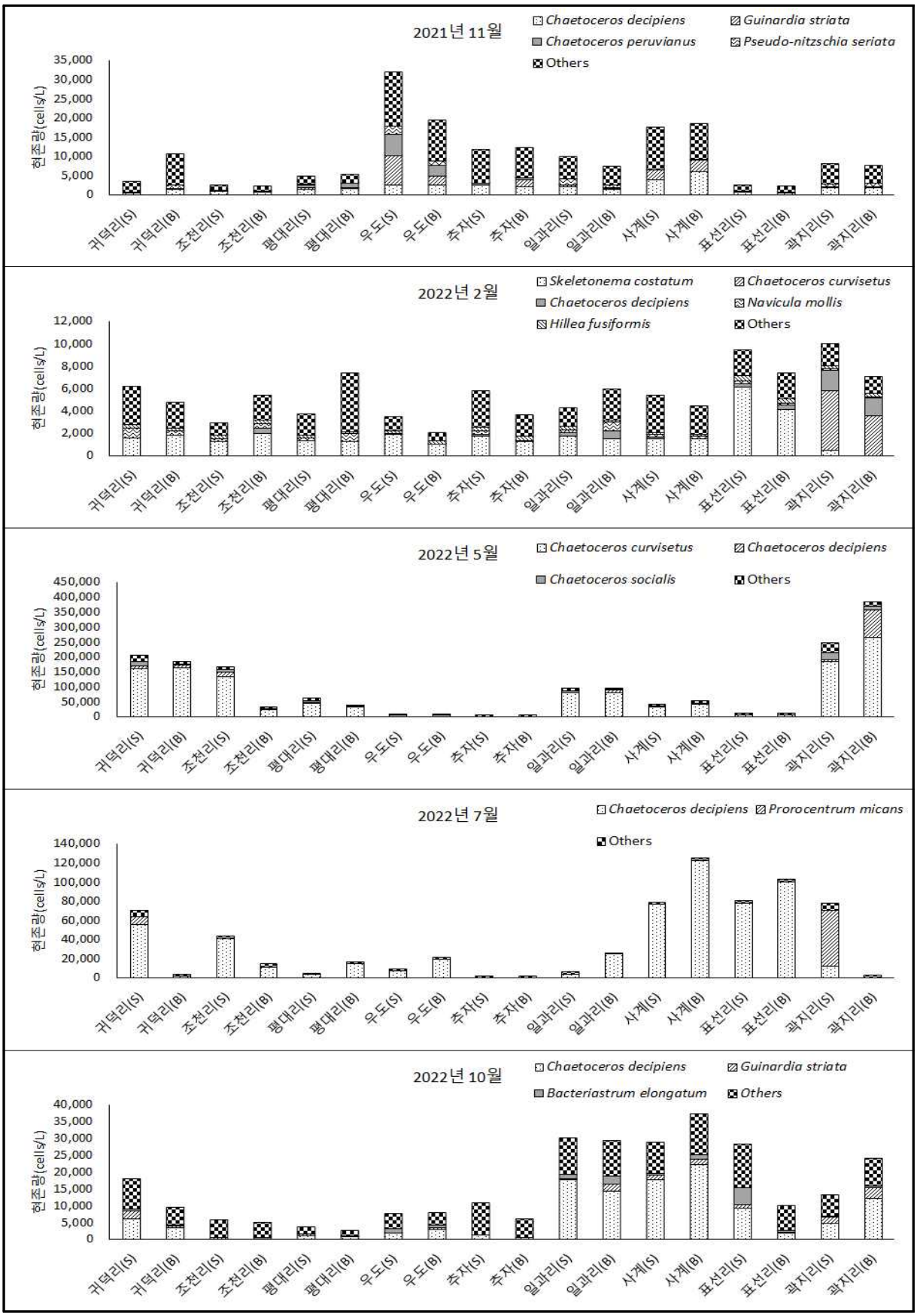
<표 3.2.4> 조사기간 동안 출현한 우점종 및 계절별 우점 횟수

우점종		춘계	하계	추계	동계	합계
규조류	*Asterionellopsis glacialis*	1				1
	Bacteriastrum elongatum			1		1
	Chaetoceros curvisetus	5	1	2	2	10
	Chaetoceros decipiens	3	4	4	3	14
	Chaetoceros didymus				1	1
	Chaetoceros peruvianus			1		1
	Chaetoceros socialis	2		1	3	6
	Eucampia zodiacus				1	1
	Guinardia flaccida		1			1
	Guinardia striata		1	2		3
	Lauderia annulata				1	1
	Leptocylindrus danicus	1	1	1		3
	Leptocylindrus minimus	1				1
	Lioloma pacificum			1		1
	Navicula mollis				1	1
	Nitzschia longissima	1	1			2
	Pseudo-nitzschia seriata	1	2	2		5
	Pseudo-nitzschia sp.	2	1	1		4
	Rhizosolenia stolterfothii			1		1
	Skeletonema costatum	2			4	6
	Skeletonema sp.	2	1			3
	Thalassiosira hyalina	1			1	2
	Thalassiosira rotula			1		1
와편모조류	*Prorocentrum micans*		2			2
식물편모조류	*Hillea fusiformis*	1	1	2	1	5


2018년 5월
Others
Leptocylindrus minimus
Pseudo-nitzschia sp.
Skeletonema sp.
Chaetoceros curvisetus
현존량(cells/L)
90,000
80,000
70,000
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
귀덕리(연안)
귀덕리(외해)
평대리(연안)
평대리(외해)
우도(연안)
우도(외해)
추자(연안)
추자(외해)
사계(연안)
사계(외해)
표선리(연안)
표선리(외해)
2018년 6월
Others
Leptocylindrus danicus
Pseudo-nitzschia sp.
Skeletonema sp.
Chaetoceros curvisetus
현존량(cells/L)
90,000
80,000
70,000
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
귀덕리(연안)
귀덕리(외해)
평대리(연안)
평대리(외해)
우도(연안)
우도(외해)
추자(연안)
추자(외해)
사계(연안)
사계(외해)
표선리(연안)
표선리(외해)
2018년 8월
Others
Leptocylindrus danicus
Chaetoceros curvisetus
Skeletonema sp.
Pseudo-nitzschia sp.
현존량(cells/L)
140,000
120,000
100,000
80,000
60,000
40,000
20,000
0
귀덕리(연안)
귀덕리(외해)
평대리(연안)
평대리(외해)
우도(연안)
우도(외해)
추자(연안)
추자(외해)
사계(연안)
사계(외해)
표선리(연안)
표선리(외해)
2018년 10월
Others
Rhizosolenia stolterfothii
Pseudo-nitzschia sp.
Leptocylindrus danicus
Chaetoceros curvisetus
현존량(cells/L)
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
귀덕리(연안)
귀덕리(외해)
평대리(연안)
평대리(외해)
우도(연안)
우도(외해)
추자(연안)
추자(외해)
사계(연안)
사계(외해)
표선리(연안)
표선리(외해)
2019년 3월
Others
Chaetoceros socialis
Skeletonema costatum
현존량(cells/L)
200,000
180,000
160,000
140,000
120,000
100,000
80,000
60,000
40,000
20,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)


2019년 5월
Others
Skeletonema costatum
Hillea fusiformis
Chaetoceros decipiens
Pseudo-nitzschia seriata
Nitzschia longissima
현존량(cells/L)
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
2019년 8월
Others
Hillea fusiformis
Chaetoceros decipiens
Pseudo-nitzschia seriata
Nitzschia longissima
현존량(cells/L)
25,000
20,000
15,000
10,000
5,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
2019년 10월
Pseudo-nitzschia seriata
Chaetoceros decipiens
Chaetoceros curvisetus
Hillea fusiformis
Others
현존량(cells/L)
450,000
400,000
350,000
300,000
250,000
200,000
150,000
100,000
50,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
2020년 2월
Chaetoceros socialis
Lauderia annulata
Skeletonema costatum
Eucampia zodiacus
Chaetoceros decipiens
Chaetoceros didymus
Others
현존량(cells/L)
90,000
80,000
70,000
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
2020년 5월
Chaetoceros curvisetus
Thalassiosira hyalina
Others
현존량(cells/L)
200,000
180,000
160,000
140,000
120,000
100,000
80,000
60,000
40,000
20,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)


2020년 8월
Chaetoceros decipiens
Prorocentrum micans
Pseudo-nitzschia seriata
Others
현존량(cells/L)
80,000
70,000
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
2020년 10월
Chaetoceros decipiens
Thalassiosira rotula
Chaetoceros socialis
Lioloma pacificum
Hillea fusiformis
Others
현존량(cells/L)
16,000
14,000
12,000
10,000
8,000
6,000
4,000
2,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
2021년 3월
Chaetoceros curvisetus
Skeletonema costatum
Chaetoceros socialis
Thalassiosira hyalina
Chaetoceros decipiens
Others
현존량(cells/L)
160,000
140,000
120,000
100,000
80,000
60,000
40,000
20,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
2021년 5월
Chaetoceros curvisetus
Chaetoceros socialis
Chaetoceros decipiens
Skeletonema costatum
Asterionellopsis glacialis
Others
현존량(cells/L)
120,000
100,000
80,000
60,000
40,000
20,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
2021년 8월
Chaetoceros decipiens
Guinardia flaccida
Guinardia striata
Others
현존량(cells/L)
250,000
200,000
150,000
100,000
50,000
0
귀덕리(S)
귀덕리(B)
조천리(S)
조천리(B)
평대리(S)
평대리(B)
우도(S)
우도(B)
추자(S)
추자(B)
일과리(S)
일과리(B)
사계(S)
사계(B)
표선리(S)
표선리(B)
곽지리(S)
곽지리(B)



(그림 3.2.8) 조사지점에 따른 식물플랑크톤 우점종 조성

2.1.4 생태지수

2018년 5월에 풍부도(R)는 평균 0.77로 0.24~1.48의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.62으로 0.35~0.90의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.21으로 0.85~1.67의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.79으로 0.62~0.91의 범위를 나타냈다. 전반적으로 표선리 지역에서 풍부도와 다양도가 다른 지역에 비해 비교적 높은 특성을 보였다.

2018년 6월에 풍부도(R)는 평균 0.44로 0.10~0.65의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.74로 0.37~0.88의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.23으로 0.26~1.60의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.74으로 0.53~1.00의 범위를 나타냈다. 전반적으로 사계리(형제) 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 풍부도, 균등도, 다양도가 낮고, 우점도가 높았다.

2018년 8월에 풍부도(R)는 평균 0.76으로 0.41~1.50의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.78로 0.47~0.91의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.65로 1.03~2.32의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.61으로 0.37~0.90의 범위를 나타냈다. 전반적으로 귀덕리 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 풍부도, 다양도가 높고, 우점도가 낮은 특성을 보였다.

2018년 10월에 풍부도(R)는 평균 0.68로 0.21~1.19의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.86로 0.77~0.98의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.71으로 1.07~2.03의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.53으로 0.42~0.74의 범위를 나타냈다. 전반적으로 귀덕리 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 풍부도, 다양도가 높고, 균등도가 낮은 특성을 보였다.

2019년 3월 정점별 평균 풍부도(R)는 2.12로 1.19~3.29의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.51로 0.16~0.86의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.61로 0.49~2.86의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.67로 0.32~0.94의 범위롤 나타냈다.

2019년 5월 정점별 평균 풍부도(R)는 1.76으로 1.20~2.27의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.75로 0.46~0.87의 범위, 다양도(H′)는 평균 2.09로 1.35~2.50의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.52로 0.37~0.75의 범위롤 나타냈다.

2019년 8월 정점별 평균 풍부도(R)는 1.82로 0.94~2.79의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.73으로 0.45~0.90의 범위, 다양도(H′)는 평균 2.04로 1.23~2.78의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.54로 0.30~0.79의 범위롤 나타냈다.

2019년 10월 정점별 평균 풍부도(R)는 2.78로 2.05~3.73의 범위, 균등도(J′)는 평균

0.61로 0.33~0.89의 범위, 다양도(H′)는 평균 2.07로 1.06~3.08의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.12로 0.00~0.84의 범위롤 나타냈다.

2020년 2월에 풍부도(R)는 평균 1.78로 0.70~3.63의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.72로 0.51~0.91의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.91로 1.04~2.78의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.58로 0.30~0.80의 범위를 나타냈다.

2020년 5월에 풍부도(R)는 평균 2.05로 1.01~2.87의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.53으로 0.11~0.90의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.56으로 0.34~2.55의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.70으로 0.36~0.97의 범위를 나타냈다.

2020년 8월에 풍부도(R)는 평균 1.35로 0.55~2.96의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.80으로 0.38~0.98의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.84로 0.99~2.54의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.54로 0.24~0.90의 범위를 나타냈다.

2020년 10월에 풍부도(R)는 평균 2.52로 1.63~3.86의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.80으로 0.42~0.91의 범위, 다양도(H′)는 평균 2.50으로 1.33~3.03의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.43으로 0.26~0.77의 범위를 나타냈다.

2021년 3월에 풍부도(R)는 평균 1.72로 0.76~3.11의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.56으로 0.19~0.82의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.53으로 0.49~2.20의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.70으로 0.48~0.93의 범위를 나타냈다. 전반적으로 일과리 지역은 풍부도가 높았지만 균등도와 다양도가 낮고, 단일종의 우점율이 높은 특성을 보였다.

2021년 5월에 풍부도(R)는 평균 2.03으로 1.08~3.13의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.69로 0.38~0.87의 범위, 다양도(H′)는 평균 2.03으로 1.15~2.85의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.56으로 0.33~0.83의 범위를 나타냈다. 전반적으로 사계리(형제) 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 풍부도, 균등도, 다양도가 높고, 우점도가 낮은 특성을 보였다.

2021년 8월에 풍부도(R)는 평균 1.53으로 0.57~2.29의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.59로 0.22~0.83의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.54로 0.69~2.34의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.70으로 0.41~0.91의 범위를 나타냈다. 전반적으로 귀덕리 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 풍부도, 균등도, 다양도가 높고, 우점도가 낮은 특성을 보였다.

2021년 11월에 풍부도(R)는 평균 2.52으로 1.69~3.89의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.83로 0.75~0.90의 범위, 다양도(H′)는 평균 2.59으로 2.11~3.01의 범위, 우점도(DI)는 평균

0.39으로 0.27~0.55의 범위를 나타냈다. 전반적으로 사계리(형제) 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 풍부도, 다양도가 높았지만 균등도가 낮은 특성을 보였다.

2022년 2월에 풍부도(R)는 평균 1.85으로 1.18~2.70의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.75로 0.53~0.86의 범위, 다양도(H′)는 평균 2.09으로 1.59~2.78의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.54으로 0.29~0.73의 범위를 나타냈다. 전반적으로 곽지리 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 풍부도, 균등도, 다양도가 낮고, 우점도가 높은 특성을 보였다.

2022년 5월에 풍부도(R)는 평균 1.90으로 1.48~2.34의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.47로 0.21~0.86의 범위, 다양도(H′)는 평균 1.38으로 0.61~2.35의 범위, 우점도(DI)는 평균 0.74으로 0.43~0.94의 범위를 나타냈다. 전반적으로 추자(횡간) 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 균등도, 다양도가 높고, 풍부도와 우점도가 낮은 특성을 보였다.

2022년 7월에 풍부도(R)는 평균 0.78로 0.44~1.15의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.37로 0.07~0.80의 범위, 다양도(H′)는 평균 0.75으로 0.15~1.57 범위, 우점도(DI)는 평균 0.88로 0.66~0.99의 범위를 나타냈다. 전반적으로 사계(형제) 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 풍부도와 균등도, 다양도가 낮고, 우점도가 높은 특성을 보였다.

2022년 10월에 풍부도(R)는 평균 2.47로 1.90~3.15의 범위, 균등도(J′)는 평균 0.73로 0.53~0.90의 범위, 다양도(H′)는 평균 2.31으로 1.78~2.89 범위, 우점도(DI)는 평균 0.49로 0.26~0.67의 범위를 나타냈다. 전반적으로 사계(형제) 지역은 다른 조사지역과 비교하여 상대적으로 균등도, 다양도가 낮고, 우점도가 높은 특성을 보였다.

<표 3.2.5> 2018년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수

조사 시기	생태 지수	귀덕리 (연안)	귀덕리 (외해)	평대리 (연안)	평대리 (외해)	우도 (연안)	우도 (외해)	추자 (연안)	추자 (외해)	사계 (연안)	사계 (외해)	표선리 (연안)	표선리 (외해)	평균
5월 (춘계)	풍부도	0.72	1.15	1.11	0.80	0.54	0.24	1.00	0.43	0.54	0.25	0.98	1.48	0.77
	균등도	0.51	0.63	0.35	0.49	0.84	0.90	0.73	0.53	0.48	0.90	0.51	0.57	0.62
	다양도	1.12	1.62	0.91	1.14	1.50	0.99	1.67	0.85	0.85	0.99	1.27	1.62	1.21
	우점도	0.79	0.73	0.86	0.84	0.62	0.86	0.68	0.91	0.86	0.86	0.77	0.75	0.79
6월 (하계)	풍부도	0.53	0.46	0.53	0.52	0.43	0.49	0.53	0.65	0.10	0.32	0.43	0.31	0.44
	균등도	0.60	0.54	0.88	0.87	0.88	0.78	0.88	0.82	0.37	0.44	0.88	0.87	0.74
	다양도	1.18	0.98	1.58	1.57	1.42	1.39	1.58	1.60	0.26	0.61	1.42	1.21	1.23
	우점도	0.87	0.87	0.53	0.61	0.67	0.68	0.61	0.61	1.00	0.95	0.67	0.75	0.74
8월 (하계)	풍부도	1.05	1.05	0.63	0.42	0.75	0.41	1.50	0.83	0.43	0.65	0.68	0.74	0.76
	균등도	0.80	0.91	0.83	0.68	0.82	0.86	0.80	0.82	0.91	0.91	0.47	0.52	0.78
	다양도	2.06	2.32	1.61	1.10	1.71	1.38	2.32	1.90	1.46	1.76	1.03	1.15	1.65
	우점도	0.493	0.369	0.628	0.841	0.525	0.722	0.419	0.466	0.591	0.464	0.898	0.848	0.61
10월 (추계)	풍부도	1.19	0.68	0.75	0.21	0.65	0.61	0.52	0.54	0.83	0.86	0.62	0.68	0.68
	균등도	0.77	0.81	0.78	0.98	0.87	0.90	0.94	0.87	0.84	0.81	0.92	0.87	0.86
	다양도	2.03	1.68	1.63	1.07	1.70	1.75	1.68	1.56	1.94	1.87	1.79	1.81	1.71
	우점도	0.540	0.620	0.590	0.740	0.460	0.430	0.500	0.550	0.490	0.580	0.420	0.450	0.53

<표 3.2.6> 2019년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수

조사 시기	생태 지수	귀덕리 (S)	귀덕리 (B)	조천리 (S)	조천리 (B)	평대리 (S)	평대리 (B)	우도 (S)	우도 (B)	추자 (S)	추자 (B)	일과리 (S)	일과리 (B)	사계 (S)	사계 (B)	표선리 (S)	표선리 (B)	평균
3월 (동계)	풍부도	2.11	2.38	1.57	1.5	1.71	1.97	1.83	1.86	1.99	1.19	3.03	1.92	2.59	2.47	3.29	2.52	2.12
	균등도	0.18	0.33	0.23	0.18	0.83	0.86	0.17	0.16	0.4	0.33	0.86	0.85	0.53	0.75	0.78	0.79	0.51
	다양도	0.59	1.1	0.69	0.53	2.31	2.5	0.55	0.49	1.22	0.85	2.86	2.45	1.81	2.45	2.75	2.54	1.61
	우점도	0.92	0.84	0.91	0.94	0.45	0.37	0.93	0.94	0.85	0.89	0.32	0.43	0.65	0.42	0.38	0.41	0.67
5월 (춘계)	풍부도	2.25	2.15	1.69	2.17	1.29	1.2	1.52	1.38	1.58	1.74	1.76	1.75	2.27	2.21	1.34	1.79	1.76
	균등도	0.7	0.84	0.72	0.79	0.85	0.75	0.83	0.82	0.85	0.82	0.73	0.46	0.62	0.51	0.81	0.87	0.75
	다양도	2.22	2.5	2.03	2.39	2.12	1.81	2.19	2.04	2.3	2.29	2.11	1.35	1.97	1.63	2.07	2.42	2.09
	우점도	0.52	0.41	0.6	0.47	0.45	0.57	0.43	0.51	0.43	0.43	0.51	0.75	0.6	0.75	0.44	0.37	0.52
8월 (하계)	풍부도	2.07	1.98	2.41	2.06	2.79	1.51	1.53	1.38	1.37	0.94	2.56	1.96	1.73	1.12	1.85	1.84	1.82
	균등도	0.84	0.73	0.71	0.58	0.87	0.9	0.61	0.45	0.87	0.86	0.66	0.75	0.77	0.81	0.63	0.63	0.73
	다양도	2.48	2.16	2.25	1.76	2.78	2.31	1.68	1.23	2.15	1.78	2.09	2.18	2.13	1.87	1.86	1.86	2.04
	우점도	0.43	0.51	0.52	0.68	0.3	0.36	0.68	0.79	0.4	0.53	0.59	0.52	0.49	0.54	0.62	0.63	0.54
10월 (추계)	풍부도	2.72	2.57	3.73	2.48	3.17	3.1	2.05	2.38	2.13	2.85	3.2	2.63	2.86	2.46	2.96	3.24	2.78
	균등도	0.35	0.35	0.85	0.53	0.59	0.89	0.33	0.39	0.62	0.89	0.6	0.57	0.77	0.78	0.68	0.61	0.61
	다양도	1.25	1.19	3.08	1.74	2.06	3	1.06	1.3	1.93	2.85	2.18	1.95	2.59	2.47	2.29	2.15	2.07
	우점도	0.84	0.17	0.01	0.04	0.03	0.01	0.27	0.17	0.05	0	0.12	0.1	0.02	0.01	0.02	0.04	0.12

<표 3.2.7> 2020년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수

조사시기	생태지수	귀덕리(S)	귀덕리(B)	조천리(S)	조천리(B)	평대리(S)	평대리(B)	우도(S)	우도(B)	추자(S)	추자(B)	일과리(S)	일과리(B)	사계(S)	사계(B)	표선리(S)	표선리(B)	평균
2월 (동계)	풍부도	1.66	1.79	1.04	0.77	0.70	0.95	3.63	3.59	1.02	0.90	1.76	1.34	2.75	2.84	1.81	1.86	1.78
	균등도	0.69	0.77	0.91	0.53	0.78	0.77	0.72	0.76	0.57	0.74	0.83	0.82	0.69	0.66	0.69	0.51	0.72
	다양도	1.87	2.12	1.90	1.04	1.39	1.59	2.65	2.78	1.24	1.54	2.24	2.03	2.40	2.29	1.95	1.50	1.91
	우점도	0.68	0.53	0.47	0.79	0.70	0.68	0.39	0.30	0.77	0.64	0.50	0.51	0.47	0.49	0.57	0.80	0.58
5월 (춘계)	풍부도	2.01	2.41	2.46	2.77	2.87	2.43	1.62	1.99	1.38	1.01	1.81	1.85	2.54	2.27	1.84	1.53	2.05
	균등도	0.54	0.29	0.48	0.36	0.64	0.55	0.80	0.90	0.82	0.66	0.11	0.13	0.40	0.32	0.80	0.73	0.53
	다양도	1.66	0.97	1.54	1.23	2.12	1.76	2.18	2.55	2.04	1.52	0.34	0.42	1.37	1.04	2.28	1.92	1.56
	우점도	0.72	0.86	0.73	0.82	0.60	0.68	0.48	0.36	0.47	0.74	0.97	0.96	0.85	0.88	0.46	0.58	0.70
8월 (하계)	풍부도	1.19	1.52	1.86	1.27	1.06	0.58	1.40	1.33	1.11	0.69	0.55	0.84	1.19	1.24	2.96	2.84	1.35
	균등도	0.38	0.98	0.92	0.77	0.73	0.91	0.90	0.86	0.89	0.93	0.90	0.89	0.92	0.93	0.40	0.52	0.80
	다양도	0.99	2.43	2.54	1.85	1.59	1.46	2.16	2.06	2.05	1.67	1.45	1.74	2.03	2.13	1.41	1.80	1.84
	우점도	0.90	0.24	0.32	0.56	0.67	0.63	0.43	0.48	0.47	0.54	0.59	0.56	0.47	0.36	0.77	0.69	0.54
10월 (추계)	풍부도	3.82	2.66	2.82	2.31	1.72	1.65	2.11	1.95	2.33	1.63	2.21	2.09	3.03	3.29	3.86	2.84	2.52
	균등도	0.84	0.85	0.82	0.88	0.79	0.89	0.91	0.86	0.42	0.53	0.84	0.85	0.78	0.78	0.82	0.88	0.80
	다양도	3.03	2.73	2.71	2.71	2.14	2.40	2.69	2.43	1.33	1.48	2.53	2.52	2.65	2.70	2.97	2.90	2.50
	우점도	0.34	0.36	0.38	0.30	0.50	0.41	0.31	0.38	0.77	0.73	0.39	0.38	0.48	0.47	0.37	0.26	0.43

<표 3.2.8> 2021년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수

조사시기	생태지수	귀덕리(S)	귀덕리(B)	조천리(S)	조천리(B)	평대리(S)	평대리(B)	우도(S)	우도(B)	추자(S)	추자(B)	일과리(S)	일과리(B)	사계(S)	사계(B)	표선리(S)	표선리(B)	곽지리(S)	곽지리(B)	평균
3월 (동계)	풍부도	1.38	1.20	0.98	1.17	2.35	2.12	1.92	1.55	0.76	1.00	3.11	2.41	2.48	2.51	1.57	1.00	-	-	1.72
	균등도	0.49	0.77	0.26	0.19	0.59	0.64	0.75	0.62	0.74	0.82	0.29	0.44	0.39	0.64	0.75	0.60	-	-	0.56
	다양도	1.30	1.85	0.61	0.49	1.94	1.97	2.20	1.68	1.44	1.80	1.06	1.48	1.31	2.10	1.99	1.31	-	-	1.53
	우점도	0.77	0.57	0.92	0.93	0.57	0.62	0.48	0.67	0.73	0.57	0.89	0.75	0.79	0.60	0.60	0.73	-	-	0.70
5월 (춘계)	풍부도	1.96	1.76	1.86	1.19	1.45	1.66	1.67	1.46	2.78	2.71	1.82	1.08	3.13	2.76	2.58	2.55	-	-	2.03
	균등도	0.38	0.44	0.46	0.83	0.60	0.60	0.87	0.82	0.64	0.67	0.86	0.74	0.82	0.75	0.87	0.74	-	-	0.69
	다양도	1.15	1.28	1.35	2.00	1.57	1.61	2.36	2.09	2.24	2.27	2.43	1.71	2.85	2.49	2.76	2.38	-	-	2.03
	우점도	0.80	0.82	0.83	0.50	0.74	0.71	0.41	0.55	0.51	0.49	0.36	0.65	0.33	0.46	0.34	0.48	-	-	0.56
8월 (하계)	풍부도	2.26	1.75	1.02	1.08	1.75	1.66	1.11	1.39	1.46	0.57	1.24	1.32	1.54	1.46	1.94	2.29	2.04	1.73	1.53
	균등도	0.77	0.76	0.60	0.68	0.44	0.40	0.73	0.83	0.51	0.39	0.79	0.79	0.70	0.74	0.35	0.22	0.43	0.42	0.59
	다양도	2.34	2.11	1.32	1.57	1.34	1.20	1.67	2.06	1.37	0.69	1.97	1.89	1.86	1.90	1.13	0.73	1.36	1.22	1.54
	우점도	0.49	0.53	0.73	0.66	0.79	0.83	0.65	0.41	0.85	0.90	0.59	0.59	0.59	0.59	0.88	0.91	0.79	0.88	0.70
11월 (추계)	풍부도	1.84	2.37	2.05	2.34	2.24	1.98	3.37	3.34	3.1	2.66	2.5	2.25	3.89	2.95	1.79	1.69	2.23	2.68	2.52
	균등도	0.84	0.83	0.88	0.86	0.81	0.81	0.75	0.83	0.82	0.85	0.86	0.88	0.82	0.75	0.9	0.8	0.86	0.81	0.83
	다양도	2.34	2.59	2.49	2.52	2.42	2.34	2.68	2.94	2.78	2.77	2.75	2.68	3.01	2.55	2.44	2.11	2.63	2.62	2.59
	우점도	0.44	0.35	0.39	0.40	0.42	0.50	0.41	0.27	0.38	0.31	0.34	0.31	0.36	0.49	0.36	0.55	0.34	0.41	0.39

<표 3.2.9> 2022년 조사지역의 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태학적 지수

조사 시기	생태 지수	귀덕리 (S)	귀덕리 (B)	조천리 (S)	조천리 (B)	평대리 (S)	평대리 (B)	우도 (S)	우도 (B)	추자 (S)	추자 (B)	일과리 (S)	일과리 (B)	사계 (S)	사계 (B)	표선리 (S)	표선리 (B)	곽지리 (S)	곽지리 (B)	평균
2월 (동계)	풍부도	2.06	1.65	1.25	1.63	1.83	2.7	1.72	1.18	1.62	1.83	1.8	2.3	2.21	2.26	2.08	2.36	1.52	1.35	1.85
	균등도	0.8	0.74	0.8	0.79	0.81	0.86	0.69	0.75	0.81	0.76	0.8	0.8	0.81	0.83	0.53	0.62	0.61	0.64	0.75
	다양도	2.36	1.99	1.92	2.13	2.24	2.78	1.86	1.73	2.19	2.1	2.22	2.43	2.43	2.49	1.59	1.92	1.66	1.65	2.09
	우점도	0.42	0.60	0.53	0.52	0.51	0.29	0.61	0.63	0.53	0.56	0.48	0.40	0.42	0.43	0.70	0.62	0.72	0.73	0.54
5월 (춘계)	풍부도	2.05	1.48	2.08	1.84	2.18	1.71	1.82	2.25	1.52	1.53	1.92	1.83	2.27	2.12	1.62	2.07	2.34	1.63	1.90
	균등도	0.29	0.21	0.26	0.44	0.38	0.31	0.76	0.77	0.85	0.86	0.25	0.26	0.31	0.31	0.83	0.74	0.31	0.29	0.47
	다양도	0.95	0.61	0.86	1.31	1.24	0.91	2.16	2.35	2.18	2.21	0.79	0.8	0.99	0.98	2.31	2.21	1.07	0.89	1.38
	우점도	0.86	0.92	0.89	0.79	0.82	0.87	0.54	0.46	0.5	0.43	0.9	0.91	0.85	0.85	0.46	0.5	0.84	0.94	0.74
7월 (하계)	풍부도	1.08	0.63	0.75	0.94	0.84	0.62	0.77	0.6	0.8	0.55	0.92	0.49	0.44	0.85	1.15	0.87	0.98	0.77	0.78
	균등도	0.33	0.73	0.17	0.41	0.56	0.28	0.38	0.16	0.65	0.68	0.61	0.15	0.08	0.07	0.09	0.08	0.36	0.8	0.37
	다양도	0.85	1.31	0.38	0.94	1.17	0.55	0.79	0.31	1.26	1.09	1.35	0.27	0.15	0.17	0.24	0.19	0.9	1.57	0.75
	우점도	0.9	0.79	0.96	0.84	0.81	0.93	0.87	0.96	0.77	0.86	0.78	0.97	0.99	0.98	0.97	0.98	0.9	0.66	0.88
10월 (추계)	풍부도	2.86	2.84	2.55	2.48	2.32	1.92	2.13	1.90	1.94	1.95	2.52	2.92	2.63	2.28	2.05	3.15	3.06	2.88	2.47
	균등도	0.75	0.78	0.90	0.89	0.87	0.88	0.83	0.71	0.69	0.72	0.56	0.62	0.53	0.55	0.72	0.85	0.73	0.62	0.73
	다양도	2.53	2.57	2.82	2.76	2.62	2.45	2.48	2.06	2.03	2.07	1.85	2.11	1.78	1.79	2.22	2.89	2.50	2.10	2.31
	우점도	0.47	0.42	0.26	0.28	0.38	0.39	0.40	0.57	0.56	0.56	0.64	0.56	0.67	0.65	0.50	0.31	0.50	0.63	0.49

2.1.5 군집유사도

2018년 5월에 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 18.2%로 산출되어 다소 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 25% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A 그룹(사계, 우도, 평대리, 귀덕리, 표선리)과 B 그룹(추자)으로 구분되었다. B 그룹인 추자 지역은 A 그룹에 속하는 다른 지역들과 주요 우점종의 출현 양상이 다른 특징을 보였다.

2018년 6월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 37.1%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 44% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A그룹(우도, 표선, 평대, 추자)과 B그룹(사계, 귀덕)으로 구분되었다. A 그룹은 B 그룹보다 현존량이 적고, 우점도 또한 B 그룹보다 낮은 특징을 나타냈다.

2018년 8월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 35.6%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 38% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, A그룹(사계, 우도)과 B그룹(귀덕리, 조천리. 평대리, 표선리)으로 구분되었다. A그룹은 B그룹에서 최우점 또는 차우점한 규조류 *Skeletonema* sp.가 출현하지 않거나 낮은 점유율을 보였다.

2018년 10월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 41%로 산출되어 중간 수준의 유사도를 보였다. 전체 정점을 50% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A그룹(표선리)과 B그룹(귀덕리, 사계, 추자, 평대, 우도)으로 구분되었다. A그룹은 B그룹에서 최우점종 또는 차우점종으로 출현한 규조류 *Chaetoceros curvisetus*가 출현하지 않았다.

2019년 3월 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 43.27%로 산출되어 중간 수준의 유사도를 나타났으며, 이를 50% 유사도 수준에서 구분하였을 때 A 그룹(평대리와 일과리 지역)과 B 그룹(표선리, 사계리, 귀덕리, 우도(비양), 조천리 지역) 그리고 추자(횡간) 정점으로 구분되었다. A그룹은 다른 지역에 비해 우점종의 현존량이 낮은 특징을 보였다.

2019년 5월 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 42.56%로 산출되어 중간 수준의 유사도를 나타났으며, 이를 50% 유사도 수준에서 구분하였을 때 A 그룹(조천리, 귀덕리, 일과리, 사계(형제))과 B 그룹(표선리, 추자(횡간), 우도(비양), 평대리)으로 구분되었다. A그룹은 다른 지역에 비해 우점종의 현존량이 많은 특징을 보였다.

2019년 8월 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 35.07%로 산출되어 중간 이하의 유사도를 나타났으며, 이를 40% 유사도 수준에서 구분하였을 때 A 그룹(일과리, 귀덕리, 조천리)과 B 그룹(평대리, 우도(비양), 추자(횡간), 사계(형제), 표선리)으로 구분되었다. A그룹은 다른 지역에 비해 우점종의 현존량이 높은 특징을 보였다.

2019년 10월 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 39.58%로 산출되어

중간 이하의 유사도를 나타냈으며, 이를 40% 유사도 수준에서 구분하였을 때 A 그룹(귀덕리, 우도(비양), 일과리)과 B 그룹(표선리, 평대리, 조천리, 추자(횡간), 사계(형제))으로 구분되었다. A그룹은 다른 지역에 비해 우점종의 현존량이 많은 특징을 보였다.

2020년 2월 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 13.4%로 산출되어 낮은 유사도를 나타냈으며, 이를 35% 유사도 수준에서 구분하였을 때 A 그룹(귀덕리, 표선리, 일과리, 평대리)과 B 그룹(추자(횡간), 조천리 저층), C 그룹(사계(형제), 우도(비양)), 조천리 표층)으로 구분되었다. C그룹은 상위 우점종이 차지하는 현존량의 비중이 가장 높은 지역이며, A그룹은 중간, B 그룹은 매우 낮은 특징을 보였다.

2020년 5월 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 25.9%로 산출되어 낮은 유사도를 나타냈으며, 이를 50% 유사도 수준에서 구분하였을 때 A그룹(추자(횡간), 표선)과 B그룹(사계, 귀덕, 조천, 평대, 일과, 우도)으로 구분되었다. B그룹은 상위 우점종이 차지하는 현존량의 비중이 높은 지역이며, 추자와 표선에서는 제1우점종이 출현하지 않았다.

2020년 8월 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 14.4%로 산출되어 낮은 유사도를 나타냈으며, 이를 40% 유사도 수준에서 구분하였을 때 A그룹(사계(표층), 우도, 조천리, 귀덕리(표층), 일과리, 추자, 평대리), B그룹(표선리 표·저층)과 귀덕리(표층), 사계리(표층)으로 구분되었다. B그룹은 상위 우점종이 차지하는 현존량의 비중이 높은 지역이며, A그룹은 중간정도의 현존량 분포를 나타냈다.

2020년 10월 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 35.3%로 산출었으며, 이를 45% 유사도 수준에서 구분하였을 때 A그룹(귀덕리, 조천리, 표선리, 사계리)과 B그룹(일과리, 우도,평대리, 추자)으로 구분되었다. A그룹은 상위 우점종이 차지하는 현존량의 비중이 높은 지역이며, B그룹은 상위 우점종이 점유율이 낮고 또한 전체 현존량로 다른 지역에 비해 낮은 특성을 나타냈다.

2021년 3월에 식물플랑크톤의 정점 간 유사도를 산출한 결과, 최저 유사도가 28.2%로 산출되어 다소 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 35% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A 그룹(일과리, 사계(형제), 평대리, 우도(비양))과 B 그룹(표선리, 귀덕리, 조천리, 추자(횡간))으로 구분되었다. A 그룹은 B 그룹과 비교하여 현존량이 많았으며, 제1우점종의 출현량이 높은 특징을 보였다.

2021년 5월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 34.7%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 38% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A그룹(추자(횡간), 사계(형제))과 B그룹(우도(비양), 일과리, 표선리, 평대리, 귀덕리, 조천리)으로 구분되었다. A그룹은 출현종수,

현존량에서 B 그룹보다 많은 특징을 나타냈다.

2021년 8월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 25.6%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 34% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A그룹(곽지리, 표선리, 평대리, 추자(횡간))과 B그룹(일과리, 우도(비양), 귀덕리, 사계(형제), 조천리)으로 구분되었다. A그룹은 현존량에서 B 그룹보다 많은 특징을 나타냈다.

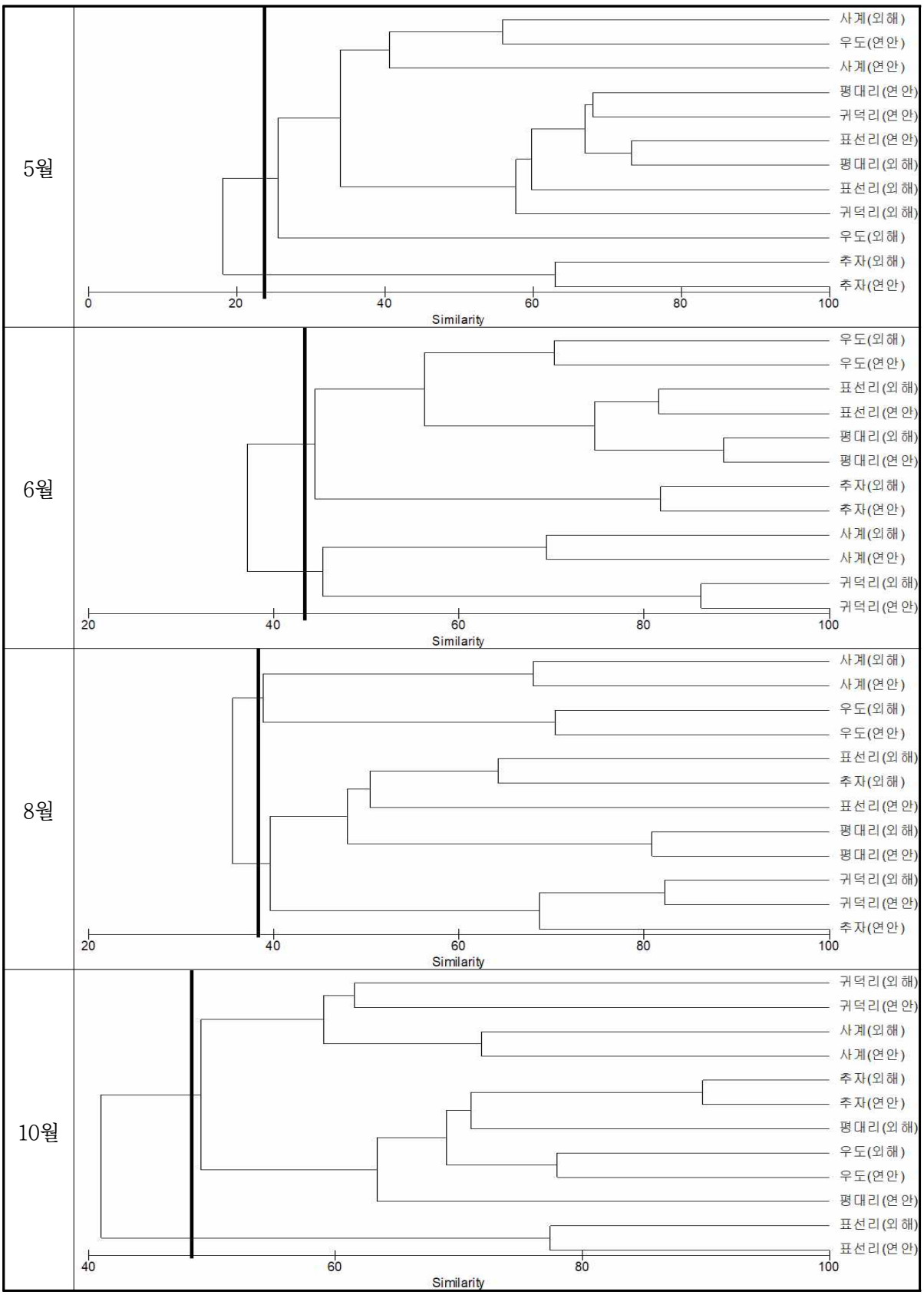
2021년 11월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 37%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 38% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A그룹(추자(횡간), 우도(비양), 사계(형제))과 B그룹(귀덕리, 일과리, 곽지리, 표선리, 평대리, 조천리)으로 구분되었다. A그룹은 출현종수, 현존량에서 B 그룹보다 많은 특징을 나타냈다.

2022년 2월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 33%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 43% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A그룹(귀덕리, 사계, 우도, 일과리, 조천리, 추자도, 평대리, 표선리)과 B그룹(곽지리)으로 구분되었다. B 그룹인 곽지리 지역은 A 그룹에 속하는 다른 지역들과 주요 우점종의 출현 양상이 다른 특징을 보였다.

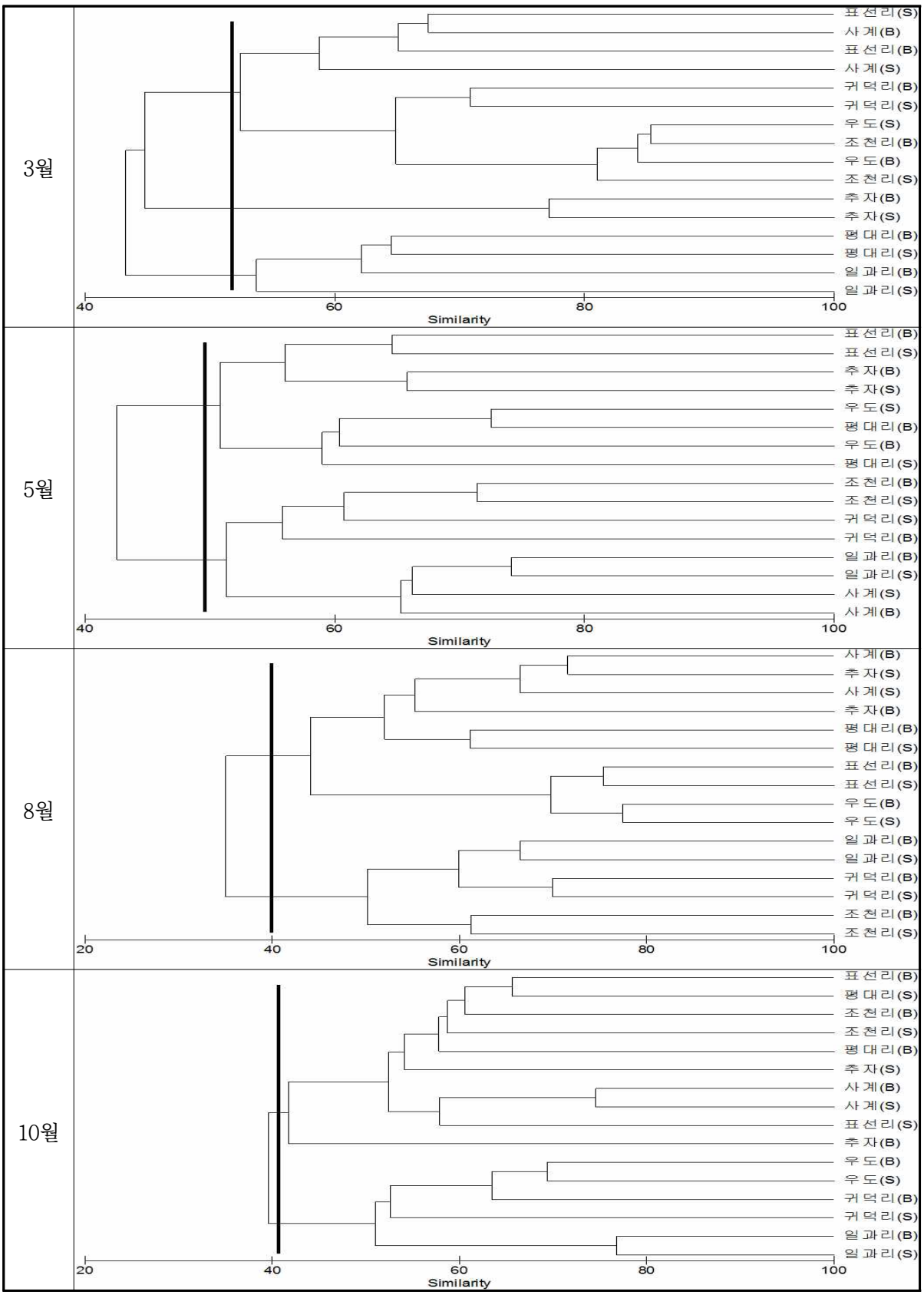
2022년 5월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 39%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 46% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A그룹(우도(비양), 추자(횡간), 표선리)과 B그룹(곽지리, 귀덕리, 사계(형제), 일과리, 조천리, 평대리)으로 구분되었다. A그룹은 현존량에서 B 그룹보다 적은 특징을 나타냈다.

2022년 7월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 30%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 46% 유사도 수준에서 구분하였을 때 2개의 그룹, 즉 A그룹(곽지리, 귀덕리, 사계(형제), 우도(비양), 일과리, 조천리, 평대리, 표선리)과 B그룹(추자(횡간))으로 구분되었다. B그룹은 현존량이 A 그룹보다 많은 특징을 나타냈다.

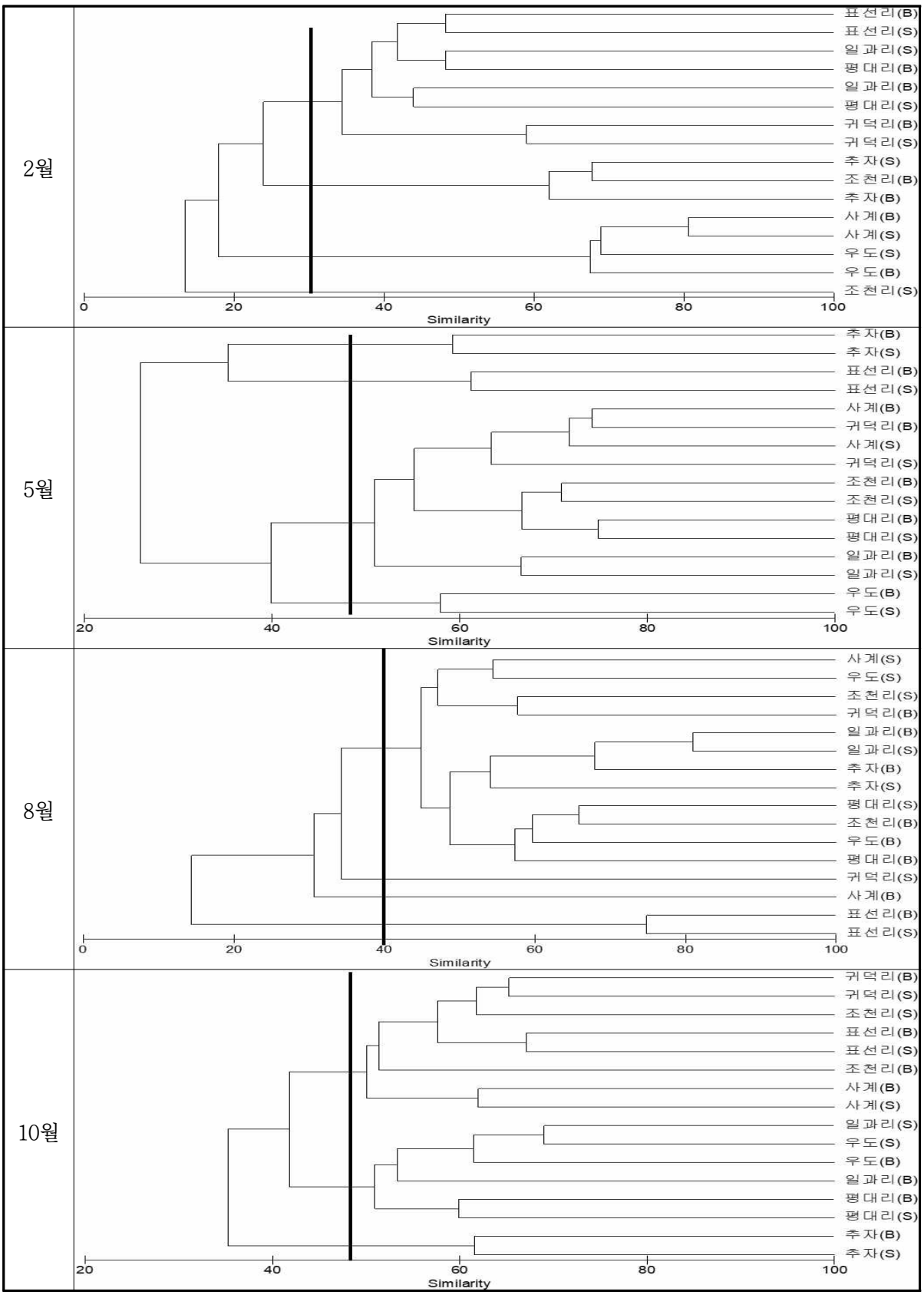
2022년 10월에 식물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도는 31%로 산출되어 낮은 유사도를 보였다. 전체 정점을 42% 유사도 수준에서 구분하였을 때 3개의 그룹, 즉 A그룹(곽지리, 귀덕리, 사계(형제), 우도(비양), 일과리, 표선리)과 B그룹(조천리, 평대리, 추자(횡간) 저층), C그룹(추자(횡간) 표층)으로 구분되었다. B그룹은 최우점종의 출현량이 1,000 cells/L 미만으로 출현한 특징을 나타냈고, C그룹은 다른 그룹에서 출현하지 않은 규조류 *Chaetoceros socialis*가 최우점하며 출현한 특징을 나타냈다.



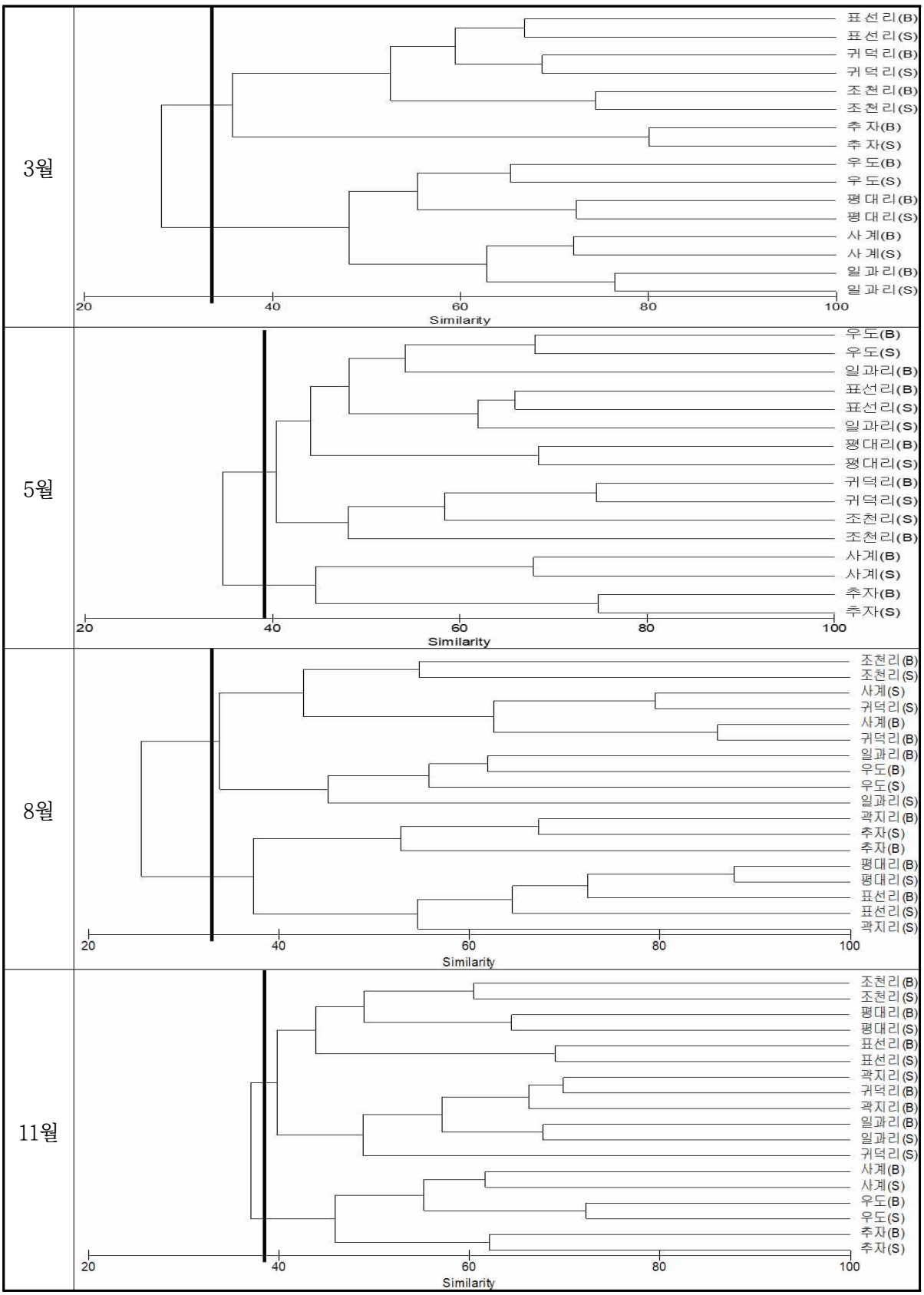
(그림 3.2.9) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2018년)



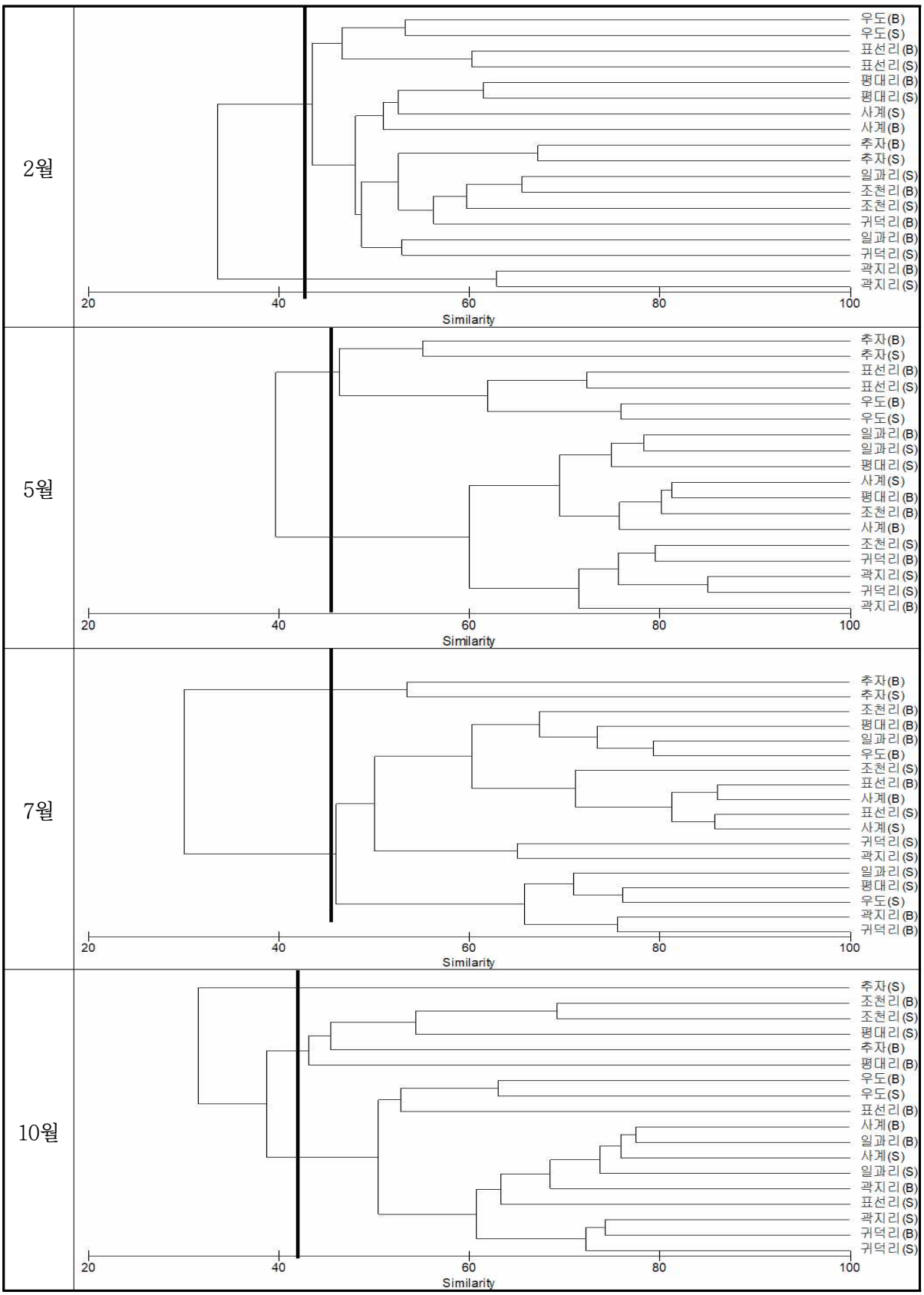
(그림 3.2.10) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2019년)



(그림 3.2.11) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2020년)



(그림 3.2.12) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2021년)



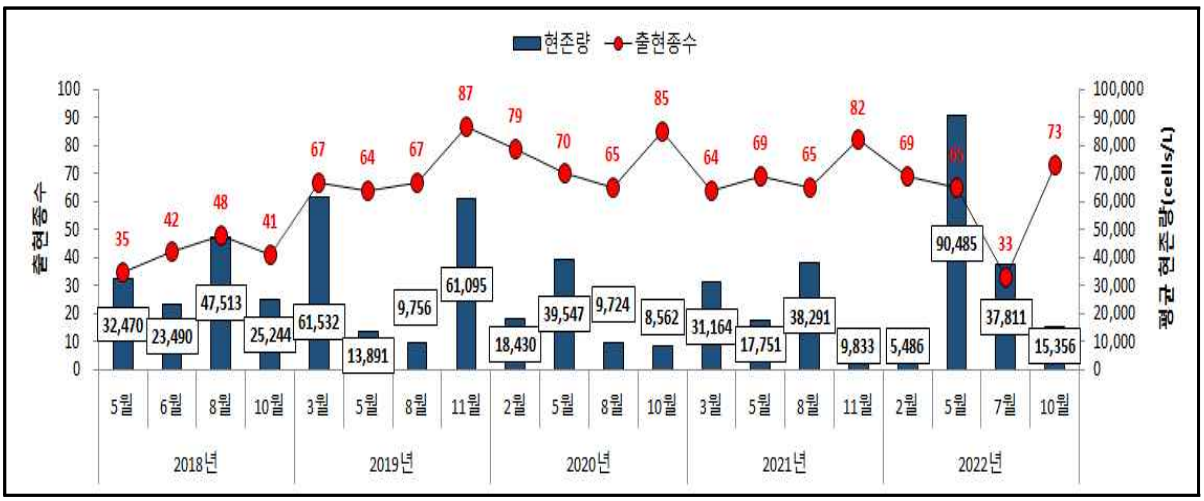
(그림 3.2.13) 조사정점 간 식물플랑크톤 군집의 유사도(2022년)

2.1.6 과거 조사와의 비교

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 35종~87종의 분포 범위를 보였고, 2019년 3월에 증가한 후 2022년 5월까지 출현종수는 64종 이상을 유지하여 비교적 유사한 경향을 나타냈다. 현존량은 5,486~90,485 cells/L의 분포 범위였으며, Lee *et al.*(1990)의 1988~1989년 제주 해안선에서 조사된 현존량(1,834~1,190,044 cells/L)보다 좁은 범위와 낮은 최대값을 보였다. 일반적으로 제주연안의 식물플랑크톤 군집의 계절적 현존량의 변화는 춘계와 추계에 10^5 cells/L 이상의 비교적 높은 농도인 것으로 보고 되었으며(Lee *et al.*, 1989), 본 조사에서는 2018년과 2021년을 제외한 다른 조사시기에도 이와 유사한 계절적 현존량 변화 양상를 보이지만 현존량은 다소 낮게 나타나고 있는 것으로 조사되었다.

<표 3.2.10> 조사기간 동안의 식물플랑크톤 군집의 조사 결과

시기		출현종수	평균 현존량(cells/L)	최우점종	
2018년	5월	35	32,470	규조류	*Chaetoceros curvisetus*
	6월	42	23,490	규조류	*Chaetoceros curvisetus*
	8월	48	47,513	규조류	*Pseudo-nitzschia* sp.
	10월	41	25,244	규조류	*Chaetoceros curvisetus*
2019년	3월	67	61,532	규조류	*Skeletonema costatum*
	5월	64	13,891	규조류	*Nitzschia longissima*
	8월	67	9,756	규조류	*Nitzschia longissima*
	10월	87	61,095	규조류	*Pseudo-nitzschia seriata*
2020년	2월	79	18,430	규조류	*Chaetoceros socialis*
	5월	70	39,547	규조류	*Chaetoceros curvisetus*
	8월	65	9,724	규조류	*Chaetoceros decipiens*
	10월	85	8,562	규조류	*Chaetoceros decipiens*
2021년	3월	64	31,164	규조류	*Chaetoceros curvisetus*
	5월	69	17,751	규조류	*Chaetoceros curvisetus*
	8월	65	38,291	규조류	*Chaetoceros decipiens*
	11월	82	9,833	규조류	*Chaetoceros decipiens*
2022년	2월	69	5,486	규조류	*Skeletonema costatum*
	5월	65	90,485	규조류	*Chaetoceros curvisetus*
	7월	33	37,811	규조류	*Chaetoceros decipiens*
	10월	73	15,356	규조류	*Chaetoceros decipiens*



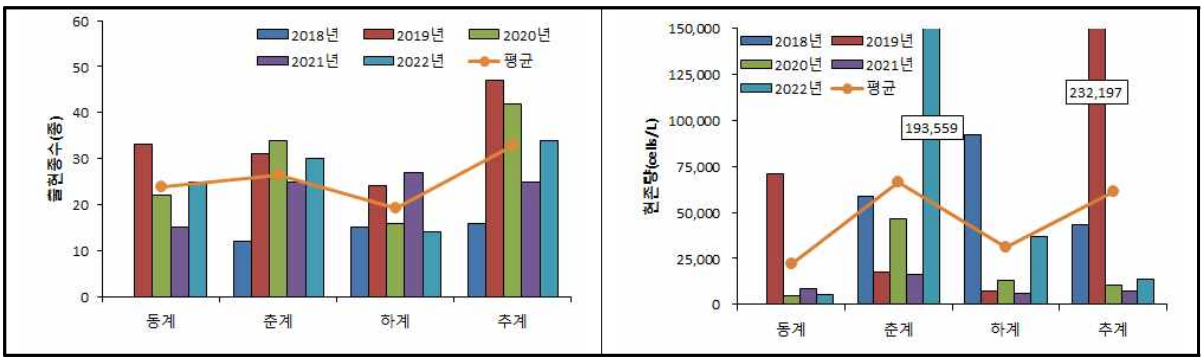
(그림 3.2.14) 조사기간 동안의 식물플랑크톤 군집의 종수와 현존량 변화

2.1.7 지역별 비교

(1) 귀덕리 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 7~47종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 춘계와 추계에 증가하고 동계와 하계에 감소하는 계절적 변화를 보였다. 조사연도별로 비교하였을 때, 2018년에 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 작았으며, 2019년에 모든 계절이 24종 이상 출현하여 전반적으로 출현종수가 높은 해로 나타났다.

현존량은 4,497~232,197 cells/L의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 출현종수와 동일하게 춘계와 추계에 증가하고 동계와 하계에는 감소하는 계절적 변화 양상을 보였으나 조사연도별로 보면 계절적 변화는 각기 다르게 나타났다.

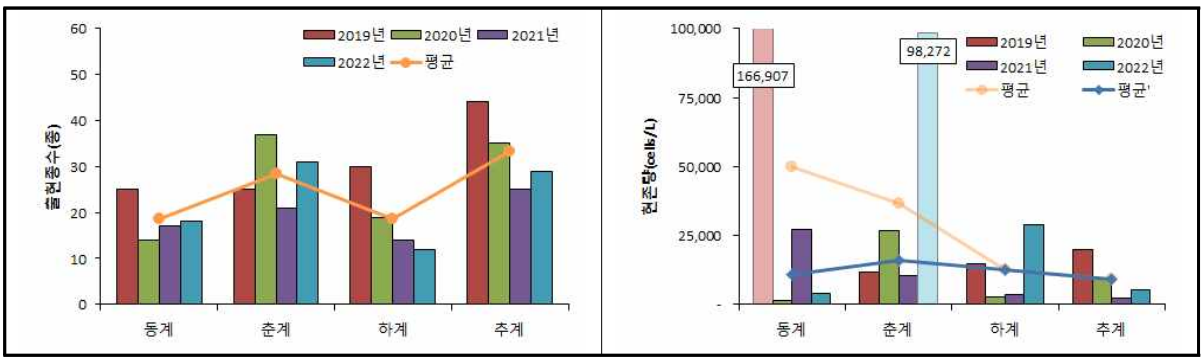


(그림 3.2.15) 귀덕리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(2) 조천리 지역

조사기간인 2019년 3월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 12~44종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 춘계와 추계에 증가하고 동계와 하계에 감소하는 계절적 변화를 보였다. 조사연도별로 비교하였을 때, 2021년에 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 작았으며, 2019년에 모든 계절이 25종 이상 출현하여 전반적으로 출현종수가 높았던 해로 나타났다.

현존량은 1,593~166,907 cells/L의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 동계가 가장 많이 나타나고, 추계에 가장 적은 것으로 나타났으나 대번식이 발생한 2019년 동계 및 2022년 춘계 조사 시 결과를 제외하였을 경우 춘계에 증가하고 나머지 계절에는 1.1×10^4 안팎의 비교적 일정한 현존량을 유지하는 것으로 나타났으며, 두 양상 모두 출현종수의 변화 양상과는 다른 것으로 판단된다.

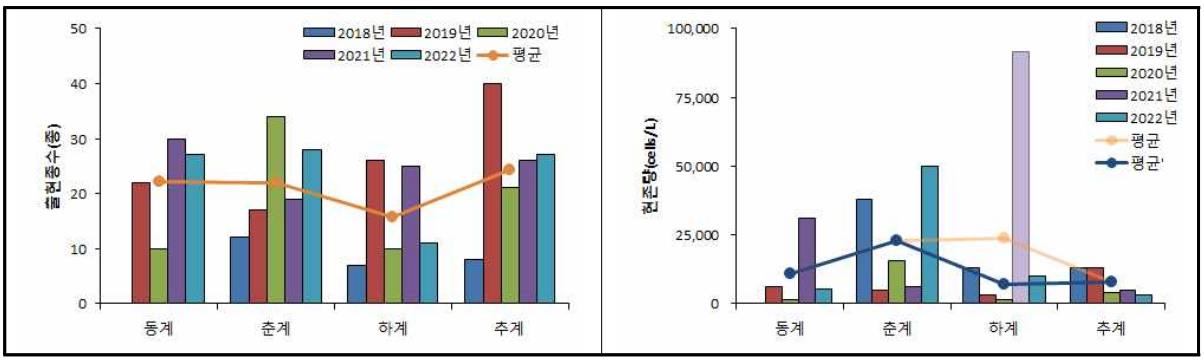


(그림 3.2.16) 조천리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(3) 평대리 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 6~40종의 분포 범위를 보였는데, 조사연도에 따라 계절에 따른 변화가 각기 다른 변화를 보였으며, 평균으로 봤을 때, 하계에 출현종수가 감소하고 나머지 계절에는 23종 안팎의 출현종수를 유지하는 것으로 보였다.

현존량은 1,432~91,554 cells/L의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 하계가 가장 많이 나타나고, 추계에 가장 적은 것으로 나타났으나 대번식이 발생한 2021년 하계 조사 시 결과를 제외하였을 경우 춘계에 증가하고 나머지 계절에는 0.9×10^4 안팎의 비교적 일정한 현존량을 유지하는 것으로 나타나, 출현종수의 변화 양상과 유사한 것으로 보였다.

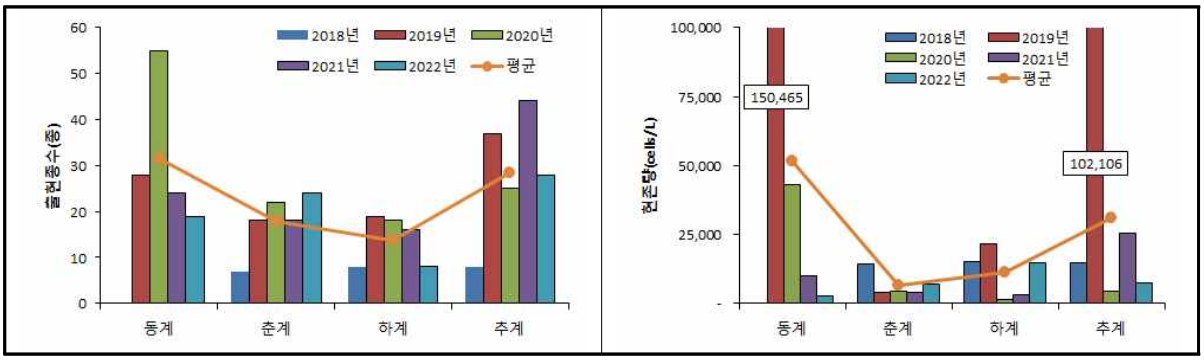


(그림 3.2.17) 평대리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(4) 우도(비양) 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 6~55종의 분포 범위를 보였는데, 다른 지역과는 달리 전반적으로 추계 ~ 동계에 증가하고 춘계와 하계에 감소하는 양상를 보였다. 전반적으로 2018년에 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 작았고, 2020년에 평균 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 컸다.

현존량은 1,547~150,465 cells/L의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 출현종수와 동일하게 추계 ~ 동계에 증가하고 춘계와 하계에는 감소하는 계절적 변화 양상를 보였다.

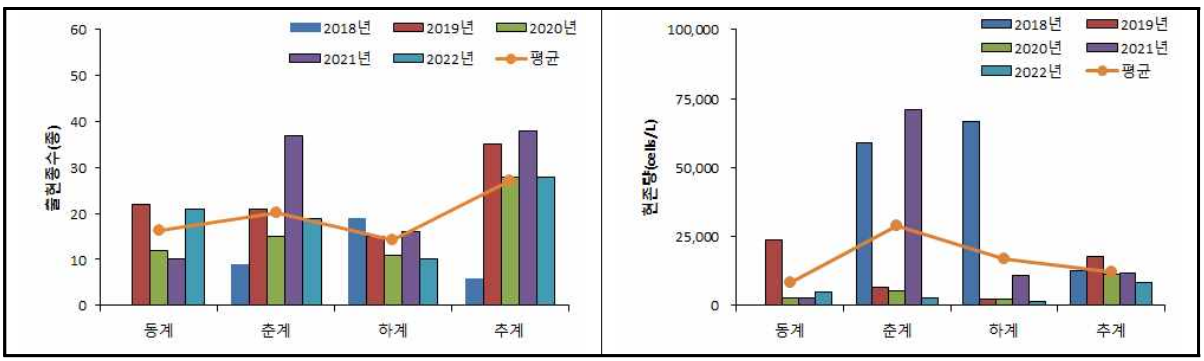


(그림 3.2.18) 우도(비양) 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(5) 추자(횡간) 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 6~38종의 분포 범위를 보였는데, 춘계와 추계에 증가하고 동계와 하계에 감소하는 계절적 변화를 보였다. 전반적으로 2018년에 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 작았으나 2018년도에 조사된 다른 지역에 비하면 계절에 따른 변화폭이 가장 컸다.

현존량은 1,606~71,079 cells/L의 분포 범위로 조사지역 중 현존량의 변화폭이 가장 작았다. 계절별 평균 현존량은 출현종수의 변화 양상과 다르게 춘계에 증가하고 하계~동계에 감소하는 계절적 변화양상을 보였다.



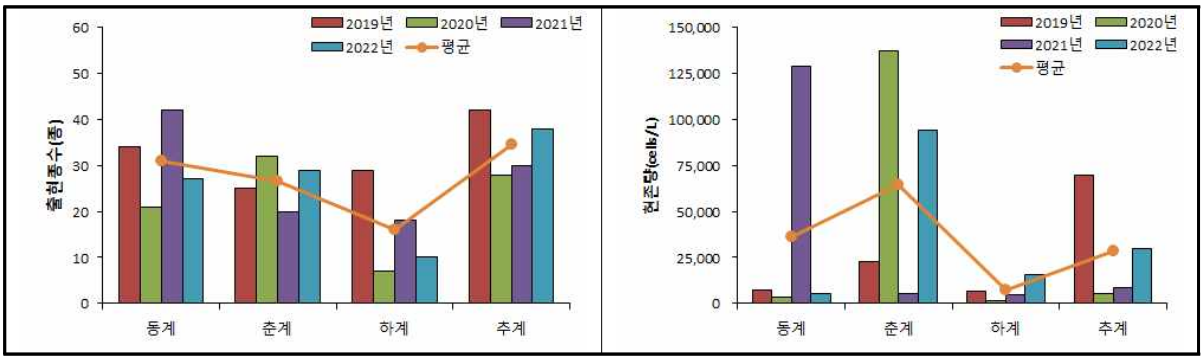
(그림 3.2.19) 추자(횡간) 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(6) 일과리 지역

조사기간인 2019년 3월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 7~42종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 추계에 증가하고 동계~하계에 걸쳐 감소하는 계절적 변화를 보였다.

전반적으로 2019년에 모든 계절이 25종 이상 출현하여 전반적으로 출현종수가 높으면서 계절에 따른 변화폭이 가장 작게 나타났다.

현존량은 1,387~137,123 cells/L의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 춘계와 추계에 증가하고, 하계와 동계에 감소하는 전형적인 온대 지역의 특징이 나타났으나, 해마다 대번식 시점이 다르게 나타나 계절적 영향보다는 다른 요인에 의한 영향을 더 크게 받는 것으로 보였다.

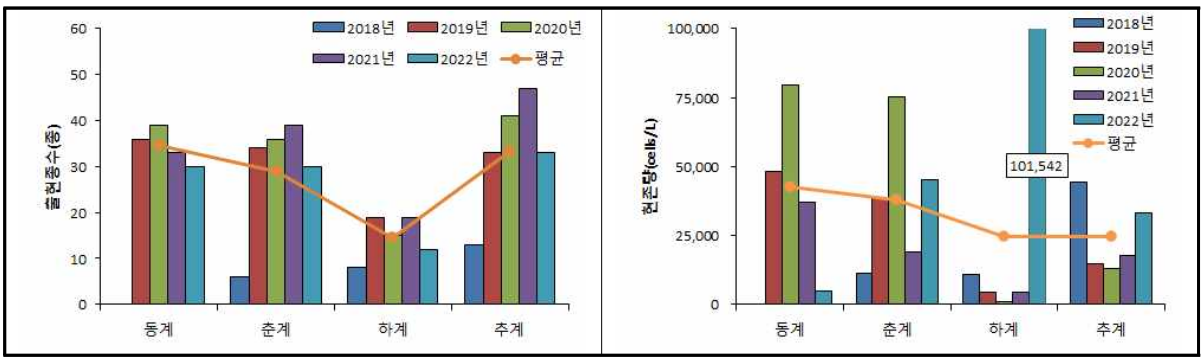


(그림 3.2.20) 일과리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(7) 사계(형제) 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 6~47종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 춘계 ~ 하계에 감소하고 추계에는 증가하는 계절적 변화를 보였고, 2021년에만 춘계에 증가하는 현상이 나타났다. 전반적으로 2018년에 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 작았고, 2021년도에 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 컸다.

현존량은 1,113~101,542 cells/L의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 동계가 가장 많이 나타나고, 하계에 가장 적은 것으로 나타나 출현종수와 유사 계절적 변화양상을 보였다.

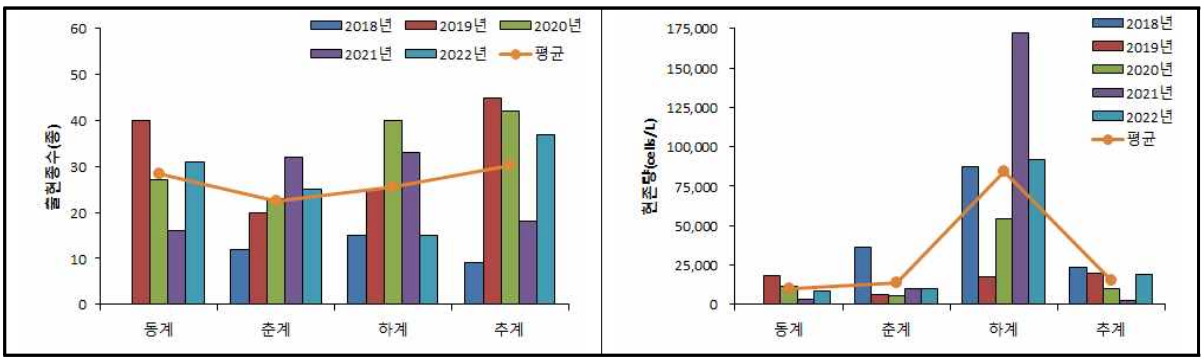


(그림 3.2.21) 사계(형제) 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(8) 표선리 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 5~45종의 분포 범위를 보였는데, 다른 지역과는 달리 전반적으로 춘계에 출현종수가 가장 낮은 특징을 보였다. 조사연도별로 비교하였을 때, 2018년에 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 작았고, 2019년도에 출현종수 및 계절에 따른 변화폭이 가장 컸다.

현존량은 2,380~172,323 cells/L의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 다른 지역과 달리 하계에 현존량이 가장 많게 나타났다.

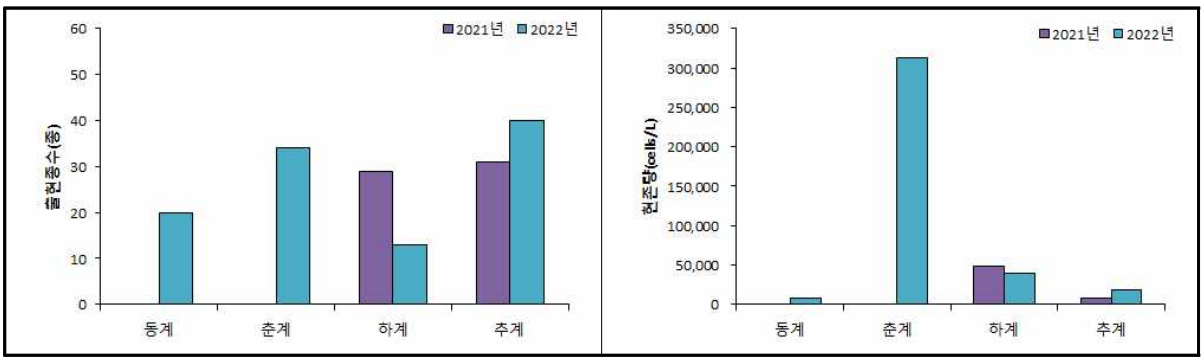


(그림 3.2.22) 표선리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(9) 곽지리 지역

조사기간인 2021년 8월부터 2022년 10월까지 식물플랑크톤은 13~40종의 분포 범위로, 춘계와 추계에 증가하고, 하계와 동계에 감소하는 양상을 보였다.

현존량은 7,797~313,616 cells/L의 분포 범위였으며, 춘계에 증가하고 하계~추계에 감소하는 계절적 변화양상을 보였다.



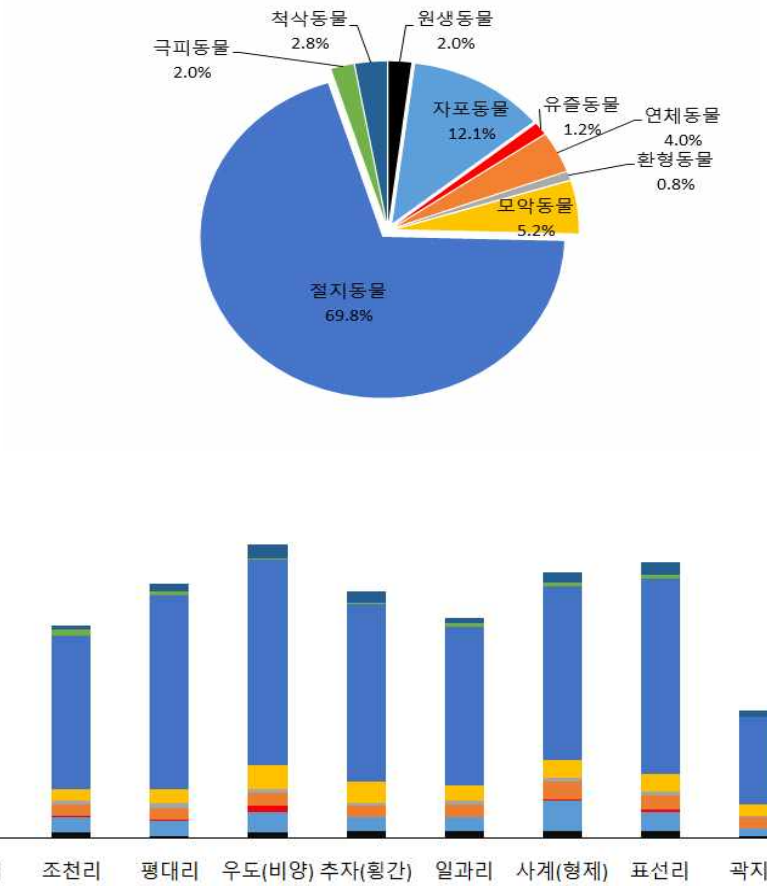
(그림 3.2.23) 곽지리 지역에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

2.2 동물플랑크톤

2.2.1 종조성

(1) 전체 종조성

2018년 5월부터 2022년 10월까지의 조사지역에서 출현한 동물플랑크톤 군집의 총 출현종수는 총 9개 분류군 249종이었으며, 이 중 절지동물이 173종으로 전체 출현종수의 69.8%에 해당하는 가장 많은 종수를 기록하였다. 이 외에는 자포동물이 30종, 모악동물이 13종, 연체동물이 10종, 척삭동물이 7종, 원생동물과 극피동물이 각 5종씩, 유즐동물과 환형동물이 각 3종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 133종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 9개 마을어장 지역별로는 73~158종이 출현하였으며, 조사기간이 가장 짧은 곽지리 지역을 제외하면 조천리 지역에서 종수가 118종으로 가장 작았고, 우도(비양) 지역에서 종수가 가장 컸다.



(그림 3.2.24) 전체 조사기간 동안의 분류군별 종조성과 정점별 출현종수

(2) 시기별 종조성

2018년 5월 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 7개 분류군 35종이었으며, 이 중 절지동물이 22종으로 가장 많은 종수를 기록하였다. 이 외에는 자포동물과 척삭동물이 각 4종, 연체동물이 2종, 환형동물과 모악동물, 원생동물이 각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 16종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 6개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 20종이었으며, 조사 정점별로는 17~26종의 범위로 귀덕리 지역에서 종수가 가장 적었고, 평대리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 관찰된 종은 환형동물에 속하는 Polychaeta larvae와 모악동물인 *Aidanosagitta crassa*, 요각류 중 *Acartia omorii*, *Calanus sinicus*, *Ditrichocorycaeus affinis*, *Paracalanus parvus* s.l., Copepodite인 것으로 나타났다. 공통 출현종을 제외한 대부분 종은 낮은 밀도를 나타내는 소수 종으로 구성되었다.

2018년 6월 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 6개 분류군 42종이었으며, 이 중 절지동물이 27종으로 가장 많은 종수를 기록하였다. 이 외에는 자포동물이 7종, 척삭동물이 3종, 연체동물과 모악동물이 각 2종, 환형동물이 1종 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 17종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 6개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 23종이었으며, 조사 정점별로는 21~26종의 범위로 평대리 지역과 추자(횡간) 지역에서 종수가 가장 적었고, 귀덕리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 자포동물에 속하는 *Mugiaea atlantica*, 환형동물인 Polychaeta larvae, 모악동물인 *Aidanosagitta crassa*, 요각류 중 *Acartia omorii*, *Calanus sinicus*, *Ditrichocorycaeus affinis*, *Oithona* sp., *Oncaea venusta*, *Paracalanus parvus* s.l., 십각류의 Decapoda larvae, 척삭동물의 *Oikopleura dioica*인 것으로 나타났다. 출현한 대부분 종은 낮은 밀도를 나타내는 소수 종으로 구성되었다.

2018년 8월 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 6개 분류군 47종이었으며, 이 중 절지동물이 36종으로 가장 많은 종수를 기록하였다. 이 외에 자포동물과 척삭동물이 각 3종, 연체동물과 모악동물이 각 2종씩, 환형동물이 1종 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 25종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 6개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 26종이었으며, 조사 정점별로는 22~29종의 범위로 평대리 지역에서 종수가 가장

적었고, 귀덕리 지역에서 종 수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 연체동물에 속하는 Gastropoda larvae와 모악동물인 *Aidanosagitta crassa*와 *Flaccisagitta enflata*, 요각류 중 *Acartia pacifica*, *Ditrichocorycaeus affinis*, *Corycaeus* sp., *Oithona* sp., *Paracalanus parvus* s.l., *Undinula vulgaris*, 십각류인 Decapoda larvae, 척삭동물인 *Doliolum* sp.인 것으로 나타났다.

2018년 10월 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 6개 분류군 45종이었으며, 이 중 절지동물이 34종으로 가장 많은 종수를 기록하였다. 이 외에는 모악동물과 척삭동물이 각 3종, 자포동물과 연체동물이 각 2종, 환형동물이 1종 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 24종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 6개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 24종이었으며, 조사 정점별로는 18~31종의 범위로 평대리 지역에서 종수가 가장 적었고, 사계(형제) 지역에서 종 수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 연체동물인 Gastropoda larvae와 Bivalvia larvae, , 요각류 중 *Ditrichocorycaeus affinis*, *Oithona* sp., *Oncaea venusta*, *Onychocorycaeus pacificus*, *Paracalanus parvus* s.l., *Undinula vulgaris*인 것으로 나타났다.

2019년 3월 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 7개 분류군 65종이었으며, 이 중 절지동물이 50종으로 가장 많은 종 수를 기록하였다. 이 외에는 자포동물이 5종, 모악동물과 극피동물이 각각 3종씩, 연체동물이 2종, 환형동물과 척삭동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 43종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 28종이었으며, 조사 정점별로는 22~36종의 범위로 귀덕리 지역에서 종수가 가장 적었고, 사계(형제) 지역에서 종 수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 요각류 중 *Calanus sinicus*, *Onychocorycaeus agilis*, *Paracalanus aculeatus*, *Paracalanus indicus*, *Paracalanus parvus*, *Subeucalanus crassus*, 곤쟁이류인 Mysidae unid.인 것으로 나타났다. 공통 출현종을 제외한 대부분 종은 낮은 밀도를 나타내는 소수 종으로 구성되었다.

2019년 5월 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 7개 분류군 63종이었으며, 이 중 절지동물이 45종으로 가장 많은 종 수를 기록하였다. 이 외에는 자포동물이 7종, 연체동물이 4종, 척삭동물이 3종, 모악동물이 2종 그리고 환형동물과 극피동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 36종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서

출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 25종이었으며, 조사 정점별로는 18~40종의 범위로 귀덕리 지역에서 종수가 가장 적었고, 우도(비양) 지역에서 종 수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 요각류 중 *Oithona plumifera*, *Onychocorycaeus agilis*, *Paracalanus aculeatus*, *Paracalanus indicus*, *Subeucalanus crassus* 인 것으로 나타나면서 출현량이 많았다. 표선리와 조천리 지역에서는 공통 출현종을 제외하고 *Calanus sinicus*, *Acartia clausi*, *Neocalanus plumchrus* 종들도 해당 지역의 현존량의 높은 비중을 차지하며 구성하고 있었다.

2019년 8월 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 7개 분류군 86종이었으며, 이 중 절지동물이 64종으로 가장 많은 종 수를 기록하였다. 이 외에는 모악동물이 6종, 자포동물과 연체동물이 각각 5종씩, 척삭동물이 4종 그리고 환형동물과 극피동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 54종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 40종이었으며, 조사 정점별로는 32~36종의 범위로 일과리 지역에서 종수가 가장 적었고, 추자(횡간) 지역에서 종 수가 가장 많았다.

공통적으로 관찰된 종은 자포동물인 *Diphyes* sp., 요각류 중 *Oncaea media*, *Oncaea venusta*, *Onychocorycaeus pacificus*, *Paracalanus aculeatus*, 척삭동물인 *Oikopleura* sp. 인 것으로 나타났다.

2019년 10월 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 7개 분류군 75종이었으며, 이 중 절지동물이 53종으로 가장 많은 종 수를 기록하였다. 이 외에는 모악동물이 6종, 연체동물이 5종, 자포동물이 4종, 척삭동물이 3종 그리고 환형동물과 극피동물이 각각 2종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 42종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 34종이었으며, 조사 정점별로는 30~40종의 범위로 표선리 지역에서 종수가 가장 적었고, 귀덕리 지역에서 종 수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 연체동물인 Gastropoda larvae, 요각류 중 *Acrocalanus gibber*, *Oithona plumifera*, *Oncaea media*, *Oncaea venusta*, *Onychocorycaeus agilis*, *Paracalanus aculeatus*, *Paracalanus indicus*, 척삭동물 *Oikopleura* sp.인 것으로 나타났다.

2020년 2월에 조사시 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 74종이었으며, 이 중 절지동물이 57종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 자포동물이 5종, 연체동물과 모악동물, 척삭동물이 각각 3종, 그리고 유즐동물과 환형동물, 극피동물이 각각 1종씩

출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 49종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 30종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 20~42종의 범위로 사계리(형제) 지역에서 종수가 가장 적었고, 우도(비양) 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 절지동물인 요각류 *Ditrichocorycaeus affinis*와 *Oithona plumifera*, *Oncaea venusta*, *Onychocorycaeus agilis*, *Paracalanus indicus*, 십각류 Macruna larvae인 것으로 나타났다.

2020년 5월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 7개 분류군 51종이었으며, 이 중 절지동물이 39종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 자포동물과 연체동물이 3종, 환형동물과 모악동물이 각각 2종, 그리고 원생동물과 척삭동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 25종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 20종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 11~27종의 범위로 귀덕리 지역에서 종수가 가장 적었고, 일과리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 절지동물인 요각류 *Calanus sinicus*와 *Paracalanus indicus*, 십각류 Macruna larvae인 것으로 나타났다.

2020년 8월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 77종이었으며, 이 중 절지동물이 57종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 자포동물과 연체동물이 5종, 모악동물과 척삭동물이 각각 3종, 극피동물이 2종, 그리고 원생동물과 환형동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 45종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 26종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 14~44종의 범위로 추자(횡간) 지역에서 종수가 가장 적었고, 표선리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 절지동물인 요각류 *Acartia omorii*와 *Ditrichocorycaeus affinis*, *Oithona plumifera*, *Paracalanus indicus*인 것으로 나타났다.

2020년 10월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 84종이었으며, 이 중 절지동물이 63종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 모악동물이 7종, 연체동물이 5종, 자포동물이 4종, 원생동물이 2종, 그리고 환형동물과 극피동물, 척삭동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 48종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개

마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 36종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 31~44종의 범위로 표선리 지역에서 종수가 가장 적었고, 일과리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 절지동물인 요각류 *Acartia pacifica*와 *Calanus sinicus*, *Oncaea venusta*, *Paracalanus aculeatus*, *Paracalanus indicus*, 십각류 Brachyura larvae, Macrura larvae인 것으로 나타났다.

2021년 3월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 9개 분류군 57종이었으며, 이 중 절지동물이 35종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 모악동물이 6종, 자포동물이 5종, 원생동물과 연체동물이 각각 3종, 척삭동물이 2종, 그리고 유즐동물과 환형동물, 극피동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 23종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 20종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 12~28종의 범위로 표선리 지역에서 종수가 가장 적었고, 일과리와 사계(형제) 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 관찰된 종은 절지동물인 요각류 *Ditrichocorycaeus affinis*와 *Oncaea venusta*, *Paracalanus indicus*인 것으로 나타났다.

2021년 5월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 38종이었으며, 이 중 절지동물이 23종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 모악동물이 5종, 자포동물이 4종, 연체동물이 2종, 원생동물과 환형동물, 극피동물, 척삭동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 17종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 8개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 15종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 9~20종의 범위로 평대리 지역에서 종수가 가장 적었고, 일과리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 관찰된 종은 절지동물인 요각류 *Oithona plumifera*인 것으로 나타났다.

2021년 8월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 74종이었으며, 이 중 절지동물이 44종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 자포동물과 모악동물이 각각 7종씩, 연체동물이 6종, 극피동물이 4종, 척삭동물이 3종, 원생동물이 2종, 환형동물이 1종 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 34종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 9개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 27종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 17~38종의 범위 귀덕리 지역에서 종수가 가장 적었고, 곽지리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 관찰된 종은 절지동물인 만각류 유생(Cirriped nauplii)과 요각류 *Paraclanus indicus*, 척삭동물인 미충류 *Oikopleura* sp.인 것으로 나타났다.

2021년 11월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 86종이었으며, 이 중 절지동물이 60종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 연체동물이 8종, 모악동물이 7종, 자포동물이 6종, 척삭동물이 2종, 원생동물과 환형동물, 극피동물이 각각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 49종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 9개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 40종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 28~56종의 범위로 표선리 지역에서 종수가 가장 적었고, 사계(형제) 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 연체동물인 익족류 *Limacina* sp.과 모악동물 *Flaccisagitta enflata*, 절지동물 요각류 *Calanus sinicus*, *Ditrichocorycaeus affinis*, *Oithona plumifera*, *Oncaea venusta*, *Paracalanus aculeatus*, *Subeucalanus crassus*, 척삭동물인 미충류 *Oikopleura* sp.인 것으로 나타났다.

2022년 2월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 60종이었으며, 이 중 절지동물이 44종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 모악동물이 5종, 자포동물이 3종, 연체동물과 환형동물, 척삭동물이 2종, 유즐동물과 극피동물이 각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 36종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 9개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 23종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 11~35종의 범위로 곽지리 지역에서 종수가 가장 적었고, 표선리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 절지동물 요각류 *Calanus sinicus*, *Ditrichocorycaeus affinis*, *Paracalanus indicus*인 것으로 나타났다.

2022년 5월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 51종이었으며, 이 중 절지동물이 34종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 자포동물이 5종, 연체동물과 모악동물, 척삭동물이 각 3종, 원생동물과 유즐동물, 환형동물이 각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 22종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 9개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 17종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 11~23종의 범위로 귀덕리와 조천리, 사계(형제) 지역에서 종수가 가장 적었고, 우도(비양)와 곽지리 지역에서 종수가 가장 많았다.

공통적으로 출현한 종은 절지동물 요각류 *Ditrichocorycaeus affinis*, *Paracalanus indicus*인

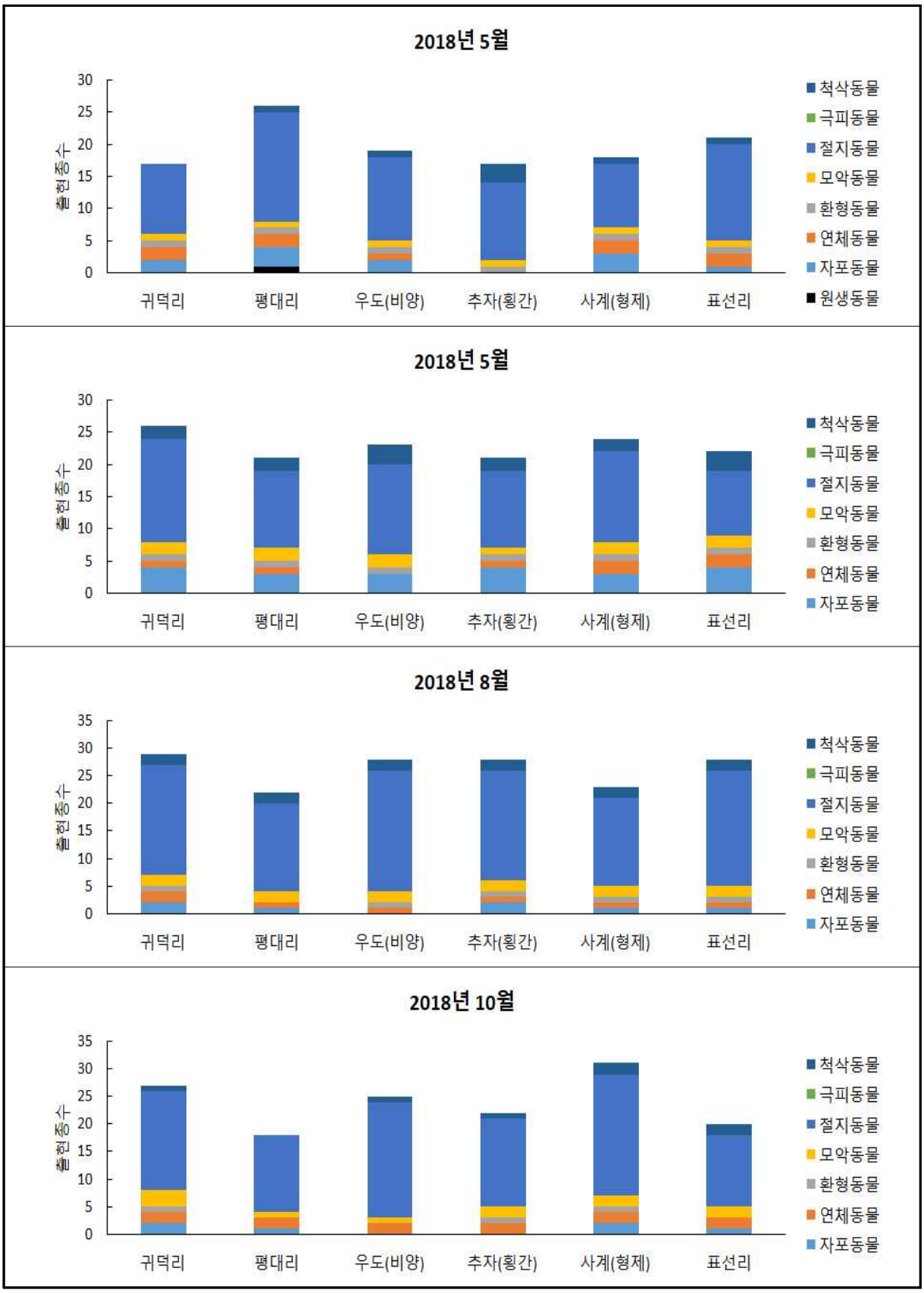
것으로 나타났다.

2022년 7월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 59종이었으며, 이 중 절지동물이 41종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 연체동물이 4종, 원생동물과 자포동물, 모악동물, 척삭동물이 각 3종, 환형동물과 극피동물이 각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 34종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 9개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 22종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 14~35종의 범위로 추자(횡간) 지역에서 종수가 가장 적었고, 사계(형제) 지역에서 종수가 가장 많았다.

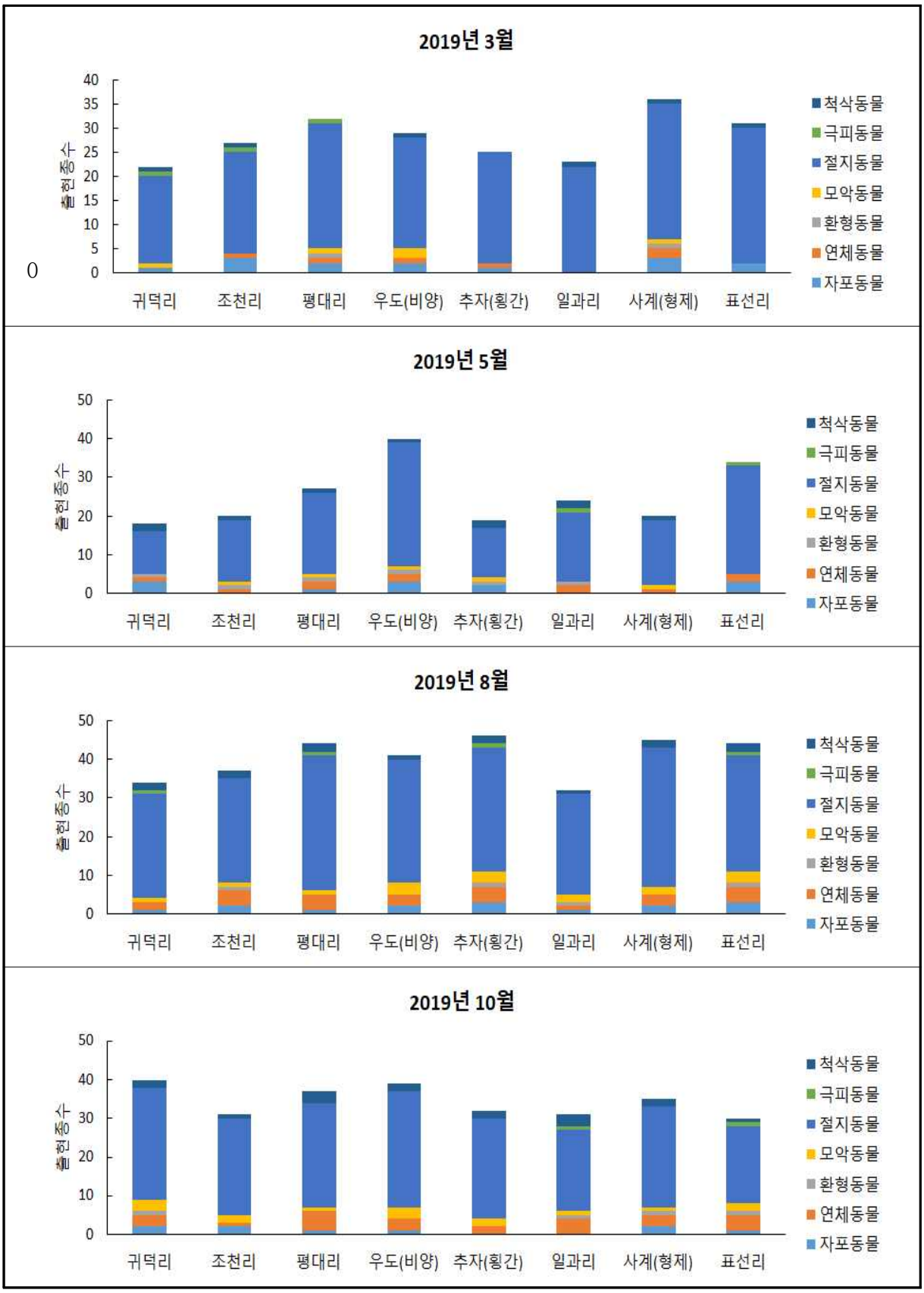
공통적으로 출현한 종은 연체동물 익족류 *Limacina* sp., 절지동물 지각류 *Evadne tergestina*, 요각류 *Acartia omorii*인 것으로 나타났다.

2022년 10월에 조사에서 동물플랑크톤 출현종수는 총 8개 분류군 63종이었으며, 이 중 절지동물이 45종으로 가장 많은 종수를 보였다. 다음으로 연체동물과 모악동물이 5종, 자포동물dl 3종, 척삭동물이 2종, 원생동물과 환형동물, 극피동물이 각 1종씩 출현하였다. 절지동물 중에서는 요각류가 37종으로 구성되어 다양한 조성을 보였다. 9개 마을어장 지역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 출현종수는 31종이었으며, 조사 정점별 출현종수는 25~37종의 범위로 우도(비양)과 추자(횡간) 지역에서 종수가 가장 적었고, 곽지리 지역에서 종수가 가장 많았다.

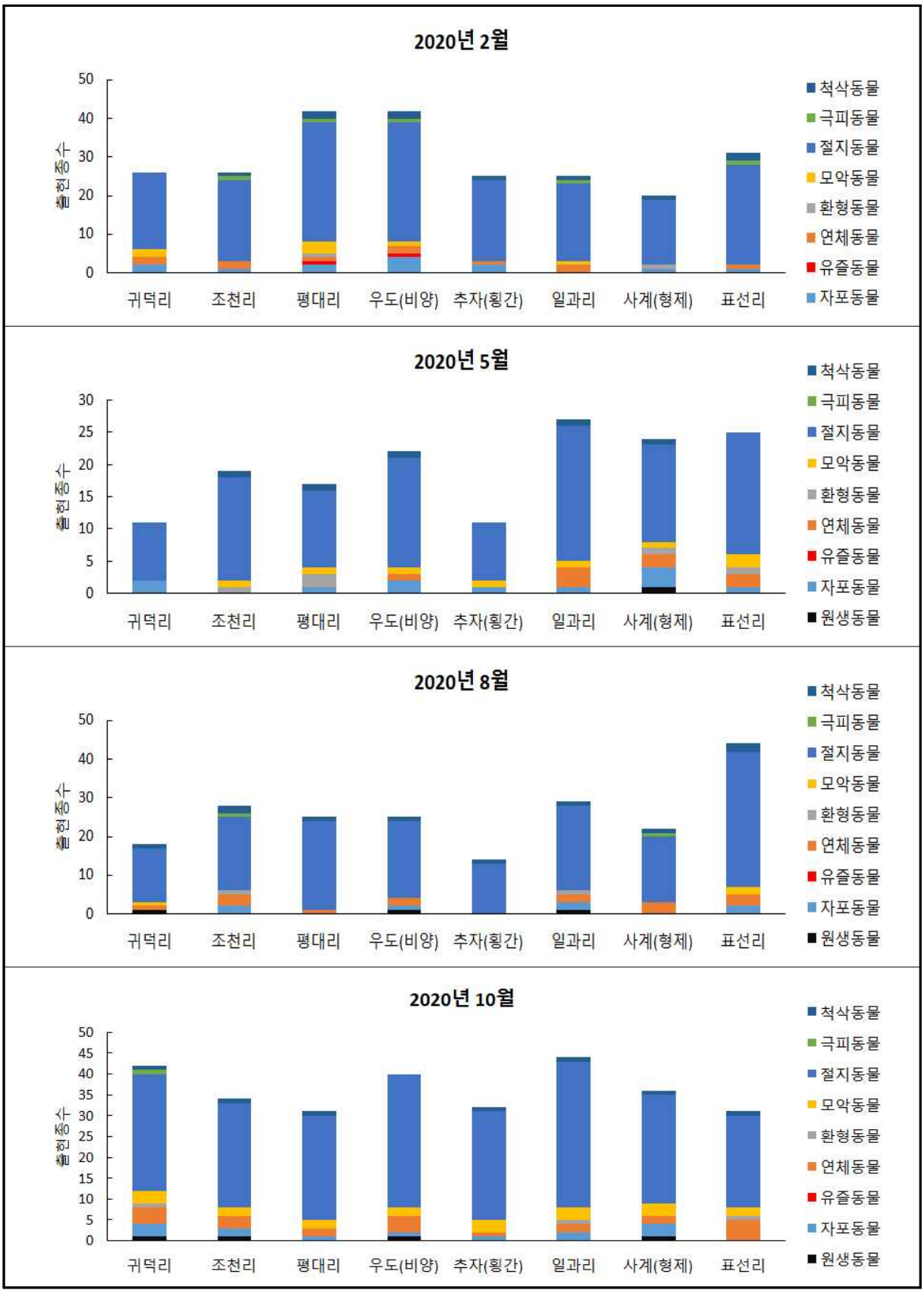
공통적으로 출현한 종은 모악동물 화살벌레 *Flaccisagitta enflata*, 절지동물 요각류 *Acrocalanus gibber*, *Calanus sinicus*, *Calocalanus pavo.*, *Euchaeta plana*, 척삭동물 미충류인 *Oikopleura* sp., 탈리아류인 Unidentified Doliolidae 것으로 나타났다.



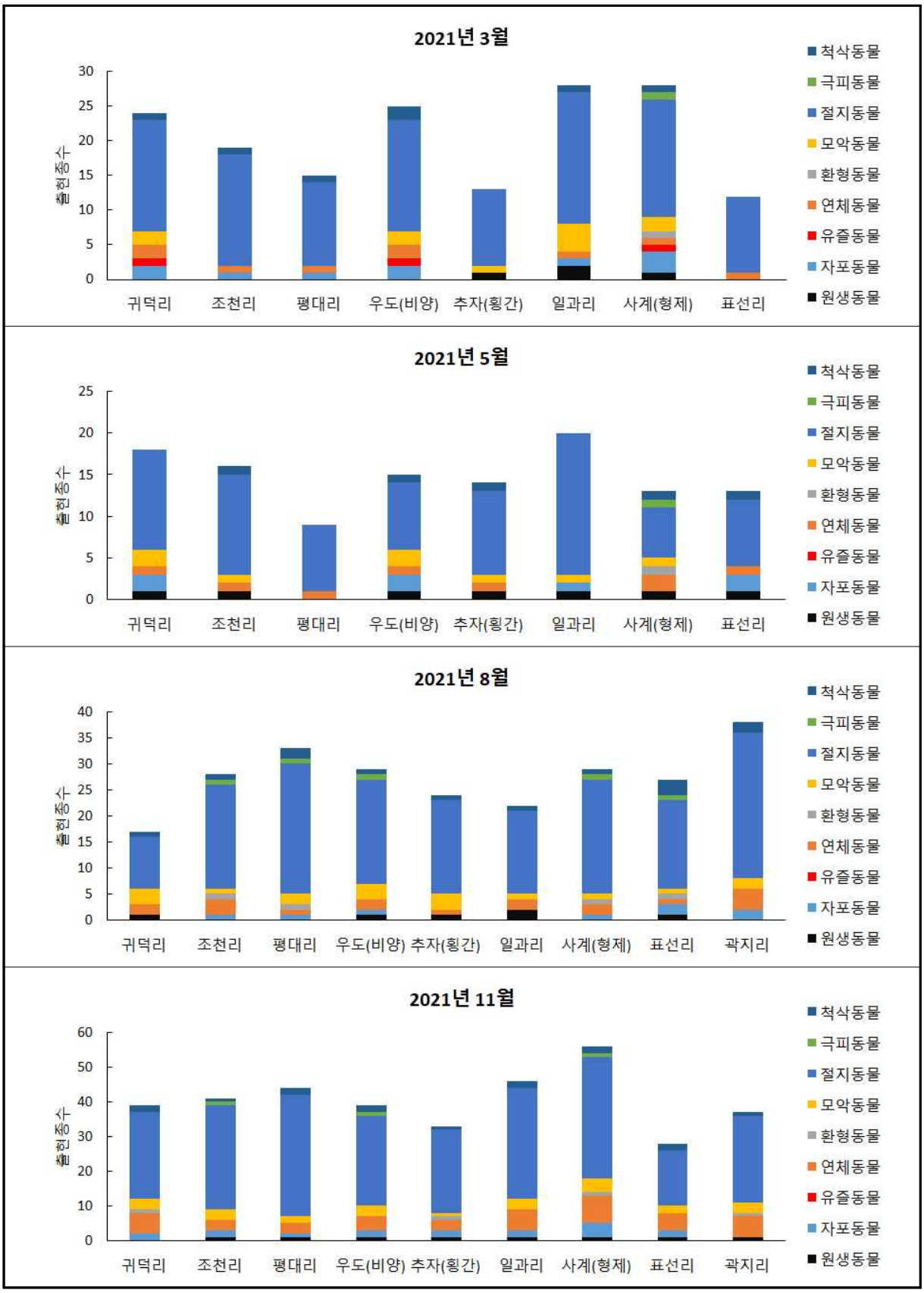
(그림 3.2.25) 2018년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수



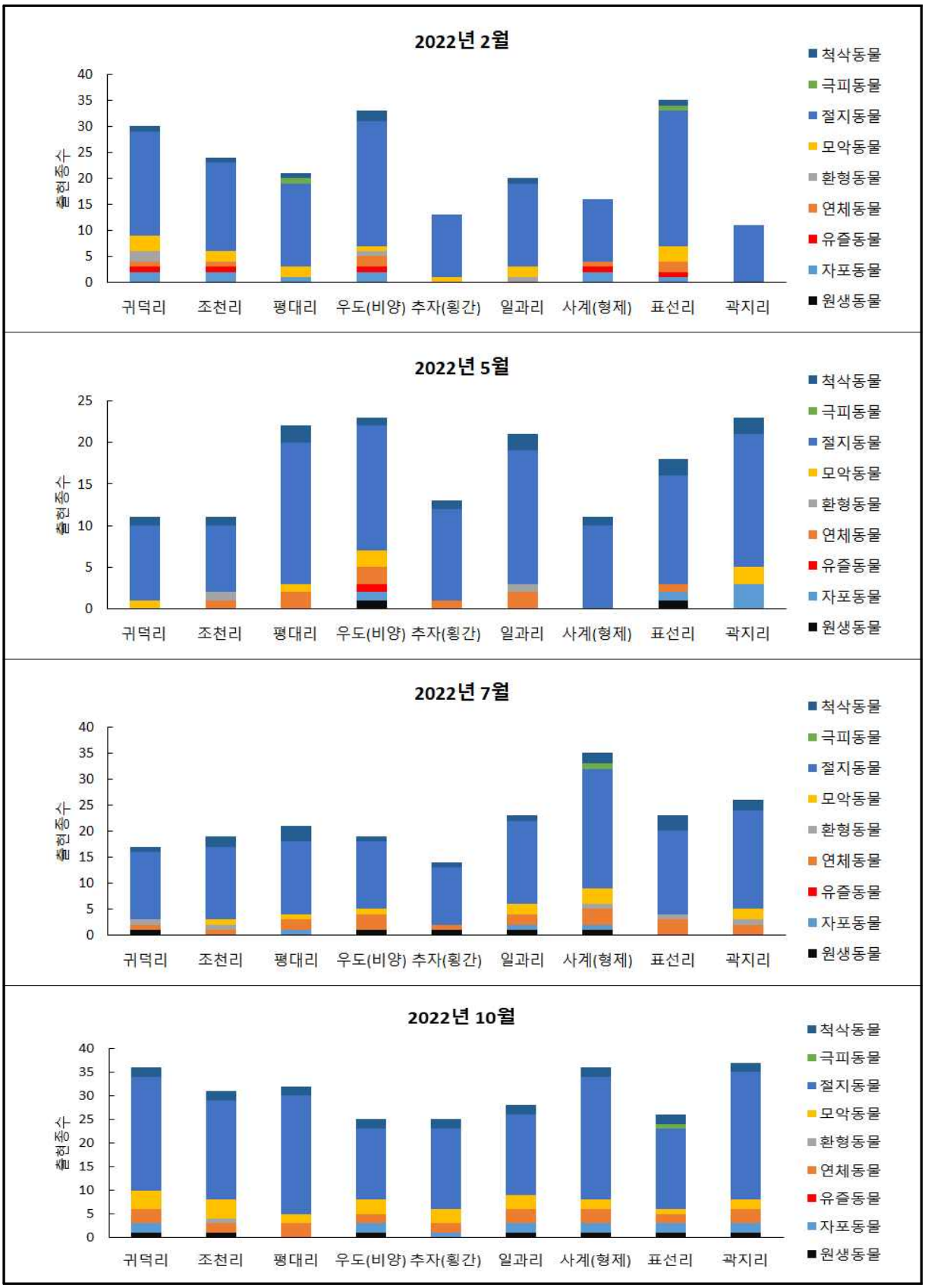
(그림 3.2.26) 2019년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수



(그림 3.2.27) 2020년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수



(그림 3.2.28) 2021년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수



(그림 3.2.29) 2022년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 출현종수

2.2.2 현존량

2018년 5월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 472 ind./㎥로 정점에 따라 66 ~ 1,227 ind./㎥의 범위의 출현량을 보였다. 정점별로는 추자(횡간) 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 평대리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 92.0~99.0%의 비율을 차지하였다.

2018년 6월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 1,096 ind./㎥로 정점에 따라 200 ~ 2,734 ind./㎥의 범위의 출현량을 보였다. 정점별로는 사계(형제) 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 추자(횡간) 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 68.~98.7%의 비율을 차지하였다.

2018년 8월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 1,808 ind./㎥로 정점에 따라 317 ~ 5,085 ind./㎥의 범위로 정점에 따라 출현량의 차이가 나타났다. 정점별 현존량은 표선리 지역에서 가장 적었고 사계(형제) 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 55.9~98.1%의 비율을 차지하였다.

2018년 10월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 3,751 ind./㎥로 정점에 따라 1,066 ~ 6,398 ind./㎥의 범위로 정점에 따라 출현량의 차이가 나타났다. 정점별로는 귀덕리 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 사계(형제) 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 85.3~98.3%의 비율을 차지하였다.

2019년 3월 조사에서 동물플랑크톤의 현존량은 평균 184 ind./㎥을 기록하였으며, 정점에 따라 38~352 ind./㎥의 범위를 나타냈다. 정점별 현존량은 표선리 지역에서 가장 적었고, 평대리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율을 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 92.1~98.8%의 비율을 차지하였다.

2019년 5월 조사에서 동물플랑크톤의 현존량은 평균 767 ind./㎥을 기록하며 3월보다는 증가한 현존량을 나타냈으며, 정점에 따라 20~3,946 ind./㎥의 범위를 보였다. 정점별 현존량은 귀덕리 지역에서 밀도가 매우 낮았으며 우도(비양) 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율을 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 51.7~97.0%의 비율을 차지하였다.

2019년 8월 조사에서 동물플랑크톤의 현존량은 평균 461 ind./㎥으로 정점에 따라 50~1,321 ind./㎥의 범위를 보였으며, 평대리 지역에서 밀도가 가장 낮았고, 일과리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율을 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장

높았고, 52.2~89.2%의 비율을 차지하였다.

2019년 10월 조사에서 동물플랑크톤의 현존량은 평균 751 ind./㎥을 기록하였고, 정점에 따라 31~2,242 ind./㎥의 범위를 보였으며, 표선리 지역에서 밀도가 가장 낮았고, 조천리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율을 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 67.1~95.8%의 비율을 차지하였다.

2020년 2월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 29 ind./㎥로 유사한 시기였던 2019년 3월보다 적은 현존량을 나타냈으며, 정점에 따라 4~56 ind./㎥의 범위의 출현량을 보였다. 정점별로는 표선리 지역에서 밀도가 매우 낮았으며 일과리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 83.7~98.0%의 비율을 차지하였다.

2020년 5월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 16 ind./㎥로 조사기간 중 가장 적은 현존량을 나타냈으며, 정점에 따라 2~34 ind./㎥의 범위로 유사한 출현량을 보였다. 정점별로는 귀덕리 지역에서 밀도가 매우 낮았으며 평대리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 52.6~97.6%의 비율을 차지하였다.

2020년 8월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 363 ind./㎥로 2020년 중 가장 많은 현존량을 나타냈으며, 정점에 따라 13~2,061 ind./㎥의 범위로 정점에 따른 출현량의 차이를 보였다. 정점별로는 귀덕리 지역에서 밀도가 매우 낮았으며 평대리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 51.5~99.8%의 비율을 차지하였다.

2020년 10월에 조사시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 52 ind./㎥로 유사한 시기였던 2019년 10월보다 적은 현존량을 보였으며, 정점별로는 4~103 ind./㎥의 범위로 정점에 따른 출현량은 차이를 보였다. 정점별로는 표선리 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 일과리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 51.0~95.7%의 비율을 차지하였다.

2021년 3월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 18 ind./㎥로 정점에 따라 1~42 ind./㎥의 범위로 유사한 출현량을 보였다. 정점별로는 표선리 지역에서 밀도가 매우 낮았으며 일과리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 85.9~98.9%의 비율을 차지하였다.

2021년 5월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 105 ind./㎥로 정점에 따라 13~551 ind./㎥의 범위로 정점에 따라 출현량의 차이가 나타났다. 정점별로는 일과리 지역에서 밀도가 매우 낮았으며 평대리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 40.1~99.7%의 비율을 차지하였다.

2021년 8월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 110 ind./㎥로 정점에 따라 5~442 ind./㎥의 범위로 정점에 따라 출현량의 차이가 나타났다. 정점별로는 우도(비양) 지역에서 밀도가 매우 낮았으며 평대리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 74.5~95.4%의 비율을 차지하였다.

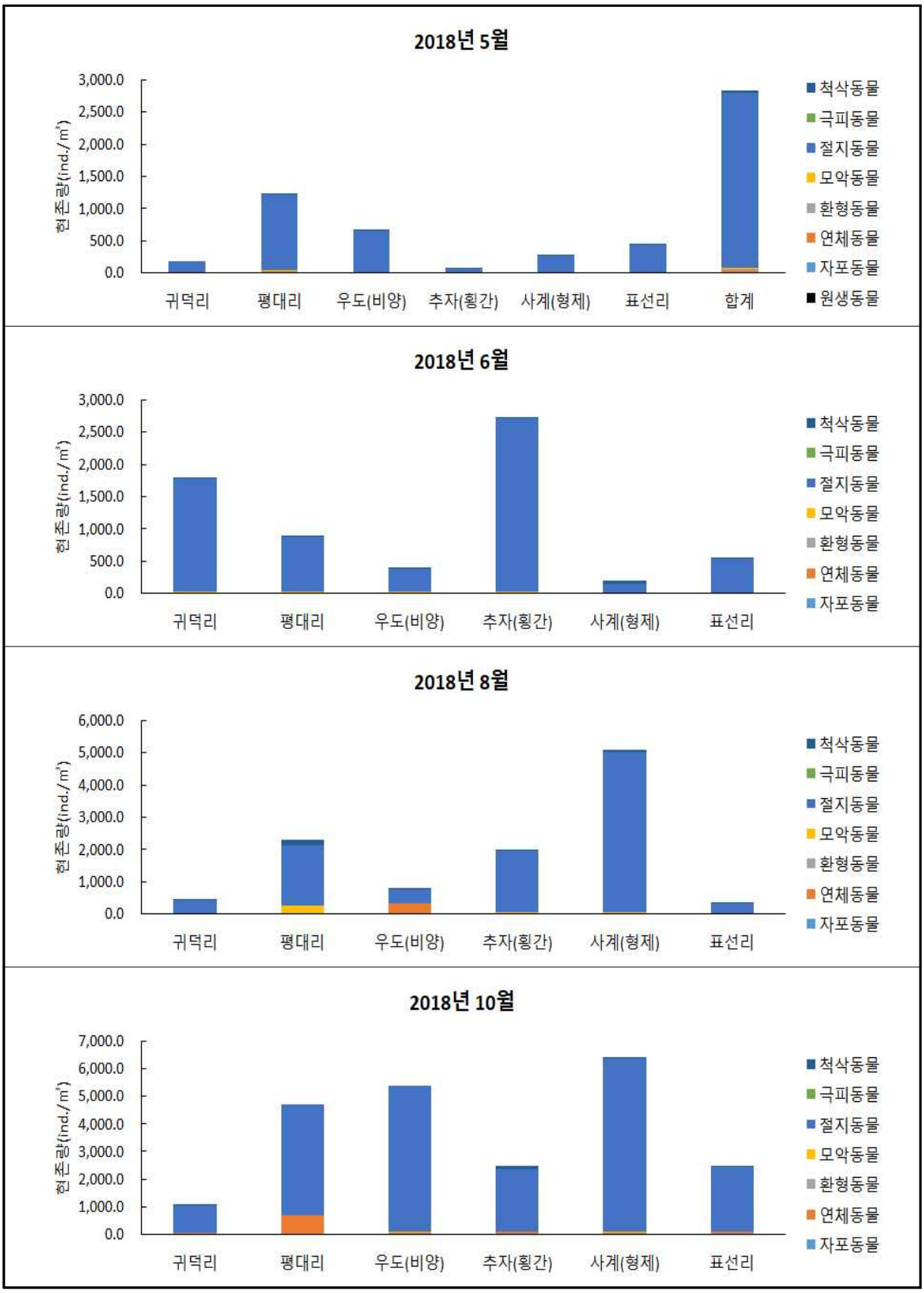
2021년 11월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 457 ind./㎥로 정점에 따라 120~2,214 ind./㎥의 범위로 정점에 따라 출현량의 차이가 나타났다. 정점별로는 표선리 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 사계(형제) 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 27.0~96.8%의 비율을 차지하였다.

2022년 2월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 39 ind./㎥로 정점에 따라 3~170 ind./㎥의 범위로 나타났다. 정점별로는 추자(횡간) 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 곽지리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 77.4~100.0%의 비율을 차지하였다.

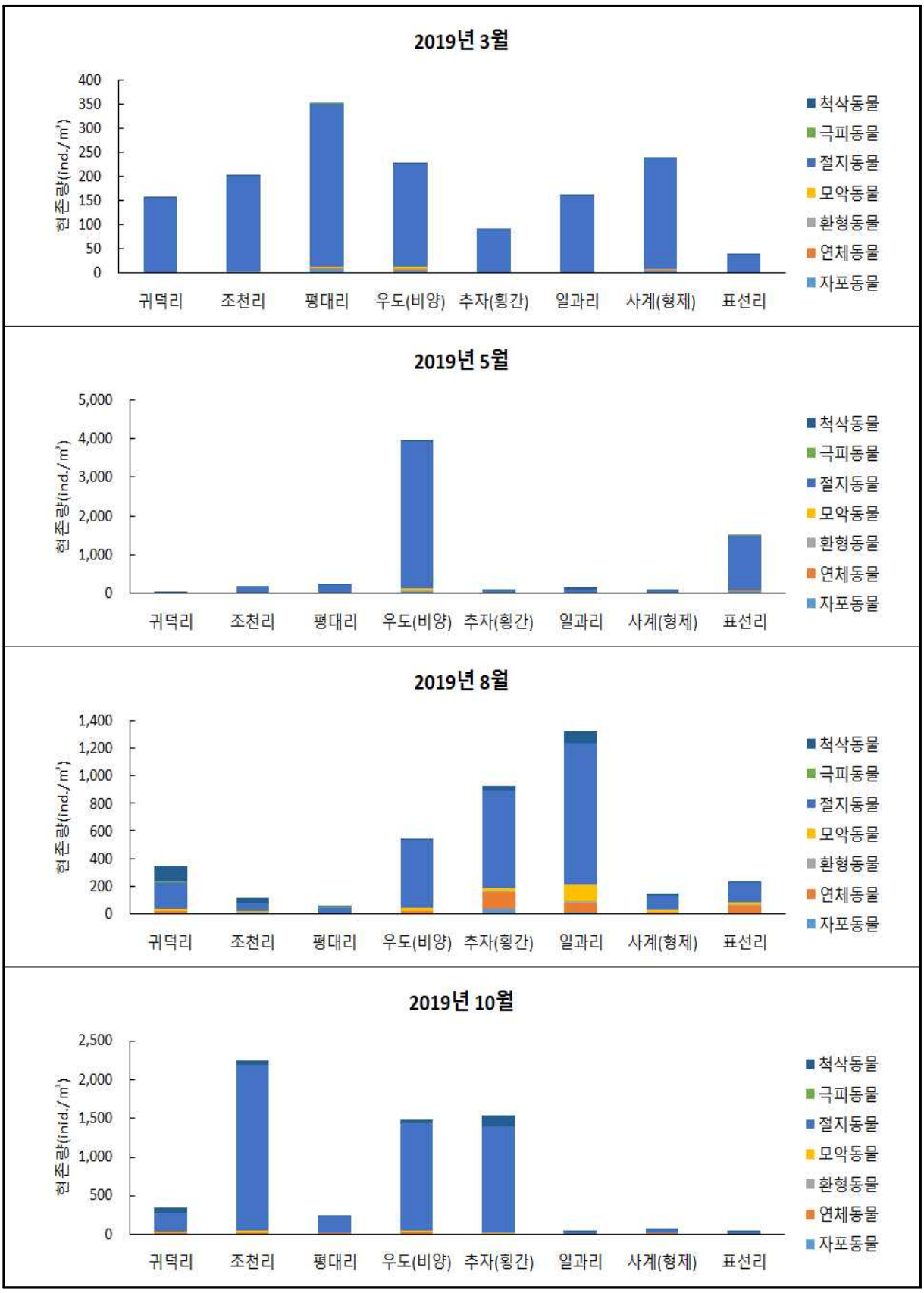
2022년 5월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 33 ind./㎥로 정점에 따라 4~111 ind./㎥의 범위로 나타났다. 정점별로는 사계(형제) 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 조천리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 70.1~99.2%의 비율을 차지하였다.

2022년 7월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 108 ind./㎥로 정점에 따라 24~262 ind./㎥의 범위로 나타났다. 정점별로는 우도(비양) 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 사계(형제) 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 55.5~95.8%의 비율을 차지하였다.

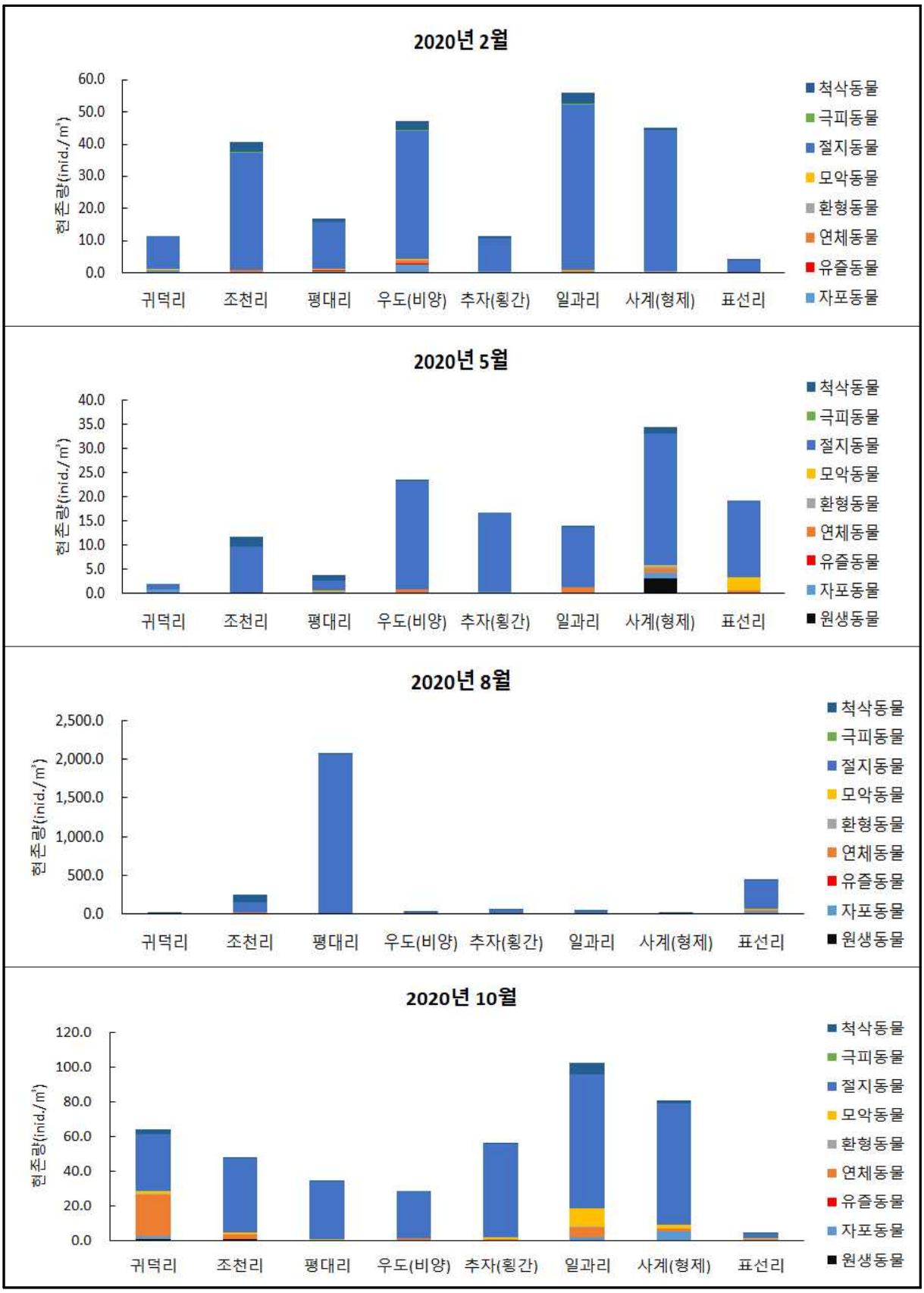
2022년 10월 조사 시 동물플랑크톤의 현존량은 평균 313 ind./㎥로 정점에 따라 26~502 ind./㎥의 범위로 나타났다. 정점별로는 우도(비양) 지역에서 밀도가 가장 낮았으며 일과리 지역에서 많은 현존량을 기록하였다. 분류군별 출현 비율은 모든 정점에서 절지동물의 비율이 가장 높았고, 점유율은 58.7~98.3%의 비율을 차지하였다.



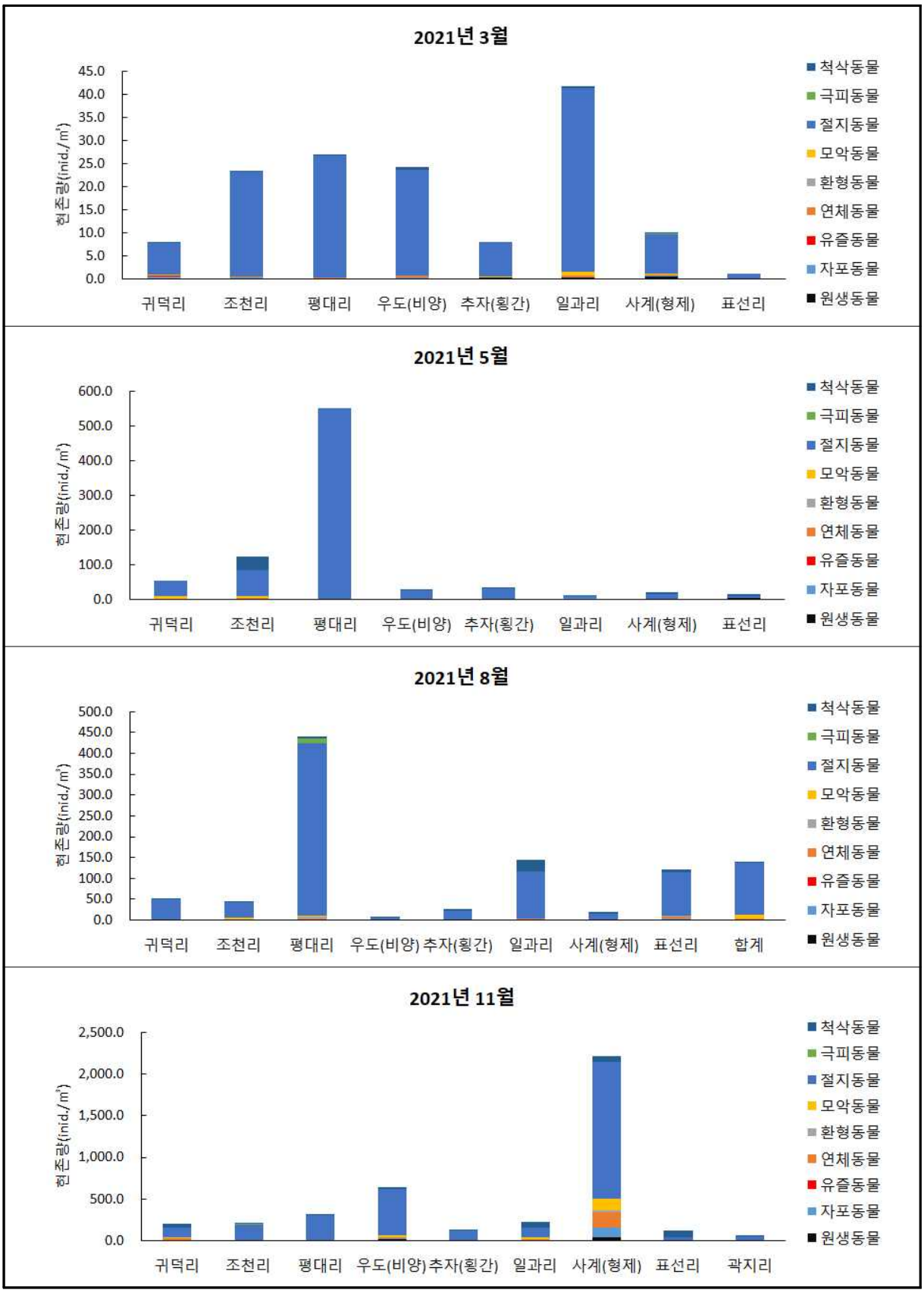
(그림 3.2.30) 2018년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량



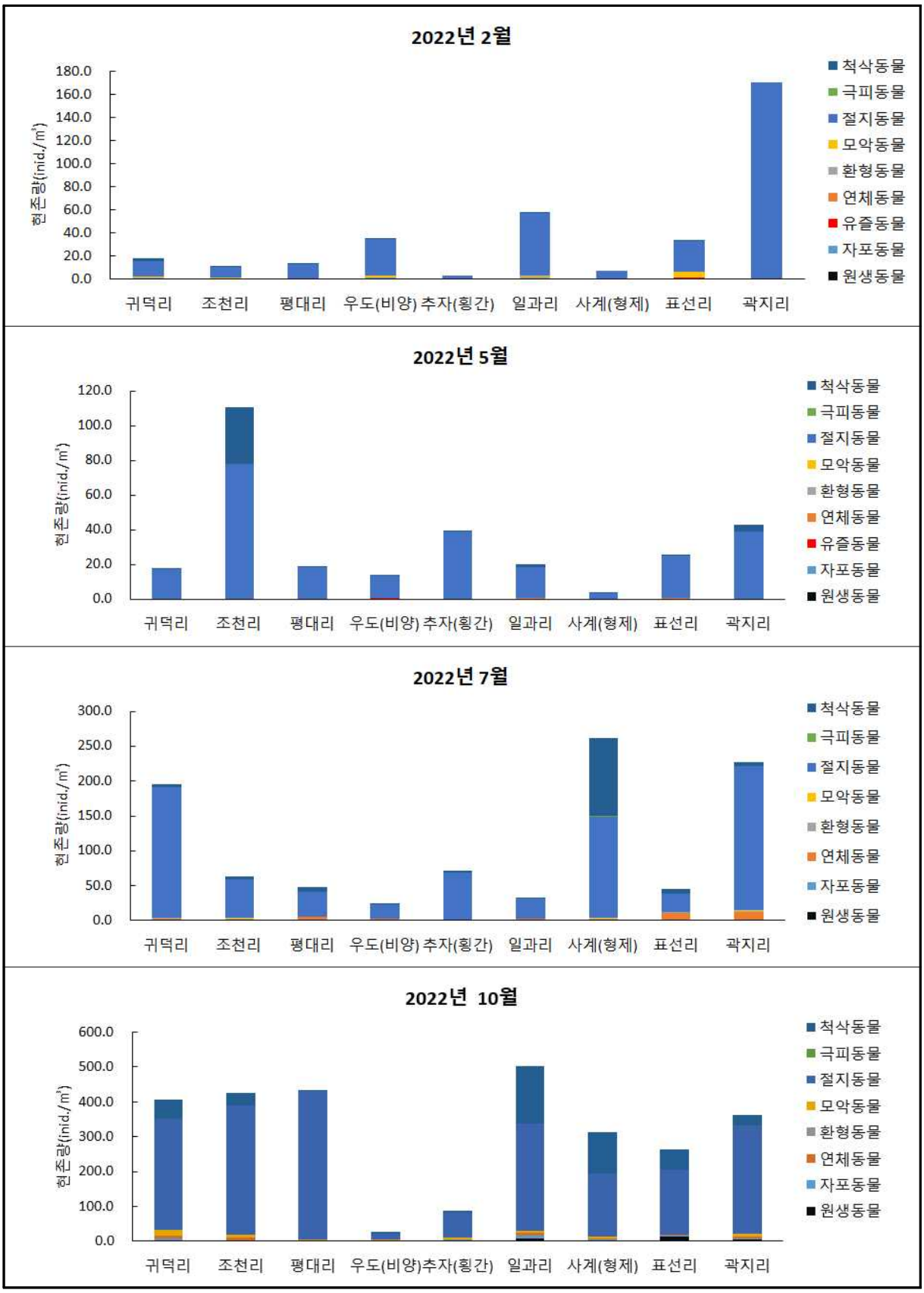
(그림 3.2.31) 2019년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량



(그림 3.2.32) 2020년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량



(그림 3.2.33) 2021년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량



(그림 3.2.34) 2022년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 분류군별 현존량

2.2.3 우점종 조성

우점종은 조사지역 전체 출현량에서 10% 이상 점유한 종을 대상으로 선정하였다.

2018년 5월 조사 시 최상위 우점종은 *Paracalanus parvus* s.l.이었으며, 평균 287 ind./㎥, 60.8%의 비율을 차지하였다. 다음으로 *Ditrichocorycaeus affinis*가 평균 89 ind./㎥, 21.7%로 구성되었다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 20.5%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2018년 6월 조사 시 최상위 우점종은 *Paracalanus parvus* s.l.이었으며, 평균 910 ind./㎥, 83.0%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 17.0%를 차지하여 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2018년 8월에 조사 시 최상위 우점종은 *Paracalanus parvus* s.l.었으며, 평균 1,225 ind./㎥, 67.7%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 32.3%를 차지하여 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2018년 10월에 조사 시 최상위 우점종은 *Paracalanus parvus* s.l.었으며, 평균 2,880 ind./㎥, 76.8%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내 총 23.2%를 차지하여 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2019년 3월 조사 시 최상위 우점종은 *Paracalanus indicus*이었으며, 평균 50 ind./㎥, 27.0%의 비율을 차지하였다. 그 밖에는 *Paracalanus parvus*가 24 ind./㎥, 13.0%로 구성되었다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 60.0%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 낮은 편이었다.

2019년 5월 조사 시 최상위 우점종은 *Paracalanus indicus*이었으며, 평균 161 ind./㎥, 21.0%의 비율을 차지하였다. 그 밖에는 *Subeucalanus crassus*가 110 ind./㎥, 14.3%로 구성되었다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 64.7%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 낮은 편이었다.

2019년 8월 조사 시 상위 10% 이상 우점종은 나타나지 않았다. 상위 2개종에 대한 우점종은 *Paracalanus indicus*이었으며, 평균 43 ind./㎥, 9.3%의 비율을 차지하였다. 그 밖에는 *Acartia clausi*가 38 ind./㎥, 8.2%로 구성되었다. 이 외의 종들은 각 8% 미만의 비율을 나타내며 총 82.5%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 낮은 편이었다.

2019년 10월 조사 시 최상위 우점종은 *Paracalanus indicus*이었으며, 평균 314 ind./㎥, 41.8%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 58.2%를

차지하여 상위 1개 우점종의 출현 비율이 낮은 편이었다.

2020년 2월에 조사시 최상위 우점종은 *Paracalanus indicus*이었으며, 평균 9 ind./㎥, 30.0%의 비율을 차지하였다. 다음으로 *Oithona plumifera*가 평균 3 ind./㎥, 10.1%로 구성되었다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 59.9%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 낮은 편이었다.

2020년 5월에 조사시 최상위 우점종은 *Calanus sinicus*이었으며, 평균 3 ind./㎥, 21.6%의 비율을 차지하였다. 다음으로 *Ditrichocorycaeus affinis*가 평균 2 ind./㎥, 16.2%로 구성되었고, *Acartia omorii*, *Paracalanus indicus*가 각각 점유율 11.1%, 10.9%로 우점종이 되었다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 48.5%를 차지하여 상위 4개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2020년 8월에 조사시 최상위 우점종은 *Acartia omorii*이었으며, 평균 227 ind./㎥, 62.6%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 37.4%를 차지하여 최상위 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2020년 10월에 조사시 최상위 우점종은 *Paracalanus indicus*이었으며, 평균 5 ind./㎥, 10.2%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 89.8%를 차지하여 최상위 우점종의 출현 비율이 낮은 편이었다.

2021년 3월에 조사시 최상위 우점종은 *Calanus sinicus*이었으며, 평균 6 ind./㎥, 35.2%의 비율을 차지하였다. 다음으로 *Paracalanus indicus*가 평균 4 ind./㎥, 21.7%로 구성되었다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 43.1%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2021년 5월에 조사시 최상위 우점종은 *Hyperoche medusarum*이었으며, 평균 62 ind./㎥, 59.4%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 40.6%를 차지하여 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2021년 8월에 조사시 최상위 우점종은 *Evadne tergestina*었으며, 평균 48 ind./㎥, 40.8%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 59.2%를 차지하여 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2021년 11월에 조사시 최상위 우점종은 *Oncaea venusta*었으며, 평균 65 ind./㎥, 12.9%의 비율을 차지하였다. 다음으로 *Calanus sinicus*가 평균 58 ind./㎥, 11.6%로 구성되었다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내나 총 75.5%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현

비율이 낮은 편이었다.

2022년 2월에 조사 시 최상위 우점종은 *Acartia omorii*었으며, 평균 16 ind./㎥, 41.4%의 비율을 차지하였다. 점유율이 세 번째로 높았던 *Clausocalanus arcuicornis*는 평균 2 ind./㎥로 전체 출현량에서 5.8% 점유율을 차지하여 우점종으로 선정되지는 않았으나 곽지리 지역을 제외하였을 경우 가장 점유율이 높았다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 52.8%를 차지하여 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2022년 5월에 조사 시 최상위 우점종은 *Acartia omorii*였으며, 평균 10 ind./㎥, 29.6%의 비율을 차지하였다. 다음으로 *Calanus sinicus*가 평균 6 ind./㎥, 19.7%로 차우점하였다. 이 외에 *Paracalanus indicus*가 평균 6 ind./㎥(18.3%), *Oikopleura* sp.가 평균 4 ind./㎥(12.8%)로 출현하여 우점종으로 나타났다. 기타 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내나 총 57.5%를 차지하여 상위 4개 우점종의 출현 비율이 낮은 편이었다.

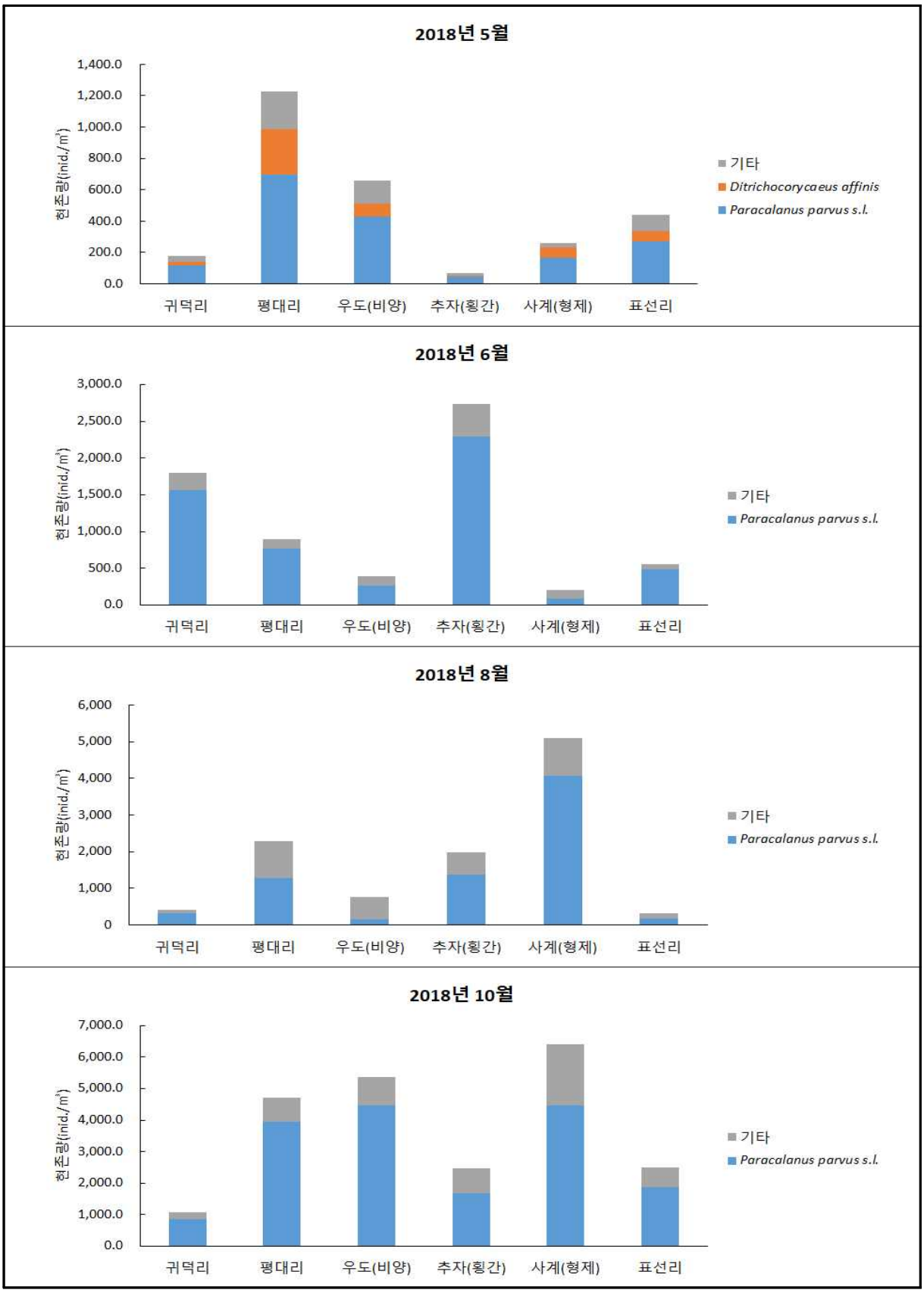
2022년 7월에 조사 시 최상위 우점종은 절지동물 지각류 *Evadne tergestina*였으며, 평균 32 ind./㎥, 29.7%의 비율을 차지하였다. 다음으로 요각류 *Acartia omorii*가 평균 28 ind./㎥, 26.5%로 차우점하였다. 이 외에 척삭동물 미충류인 *Oikopleura* sp.가 평균 13 ind./㎥(11.7%)로 출현하여 우점종으로 나타났다. 기타 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 나 총 57.5%를 차지하여 상위 4개 우점종의 출현 비율이 낮은 편이었다.

2022년 10월에 조사 시 최상위 우점종은 절지동물 요각류 *Oncaea venusta*였으며, 평균 73 ind./㎥, 23.3%의 비율을 차지하였다. 다음으로 척삭동물 미충류 *Oikopleura* sp.가 평균 48 ind./㎥, 15.4%로 차우점하였다. 기타 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 51.4%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

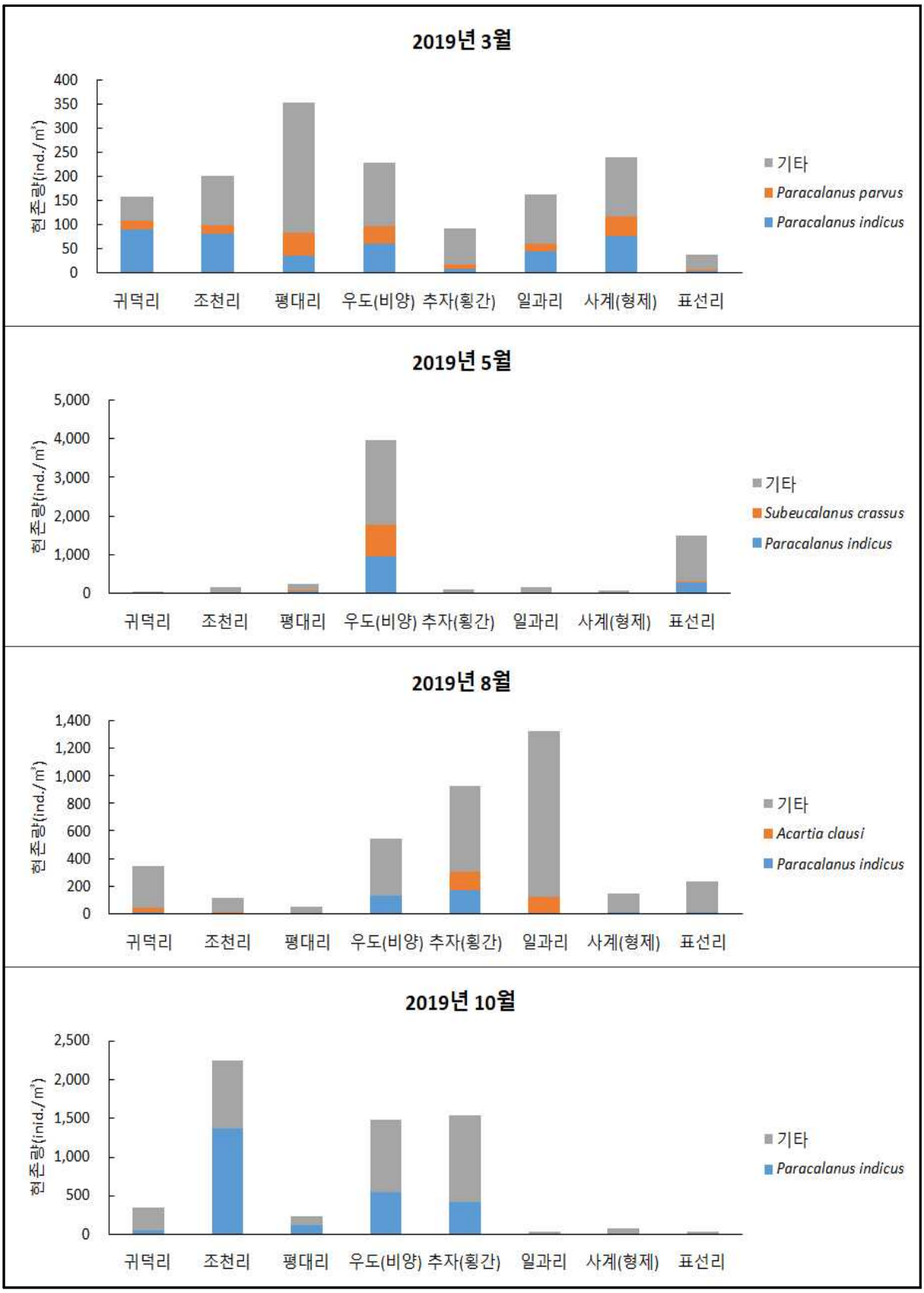
전 조사시기에 우점종으로 가장 많이 출현한 생물종은 절지동물 요각류 *Paracalanus indicus*로 20회의 조사에서 9차례 우점종으로 출현하였으며 주로 동계와 춘계에 우점종으로 출현하였다. 다음으로 요각류 *Acaertia omorii*가 5회로 2번째로 많이 출현한 우점종으로 나타났다. 황해에서 봄철에 우점하는 것으로 알려진 *Acartia omorii*는 조사지역에서도 주로 봄철에 우점하는 것으로 나타났다. 조사기간 동안 4회 우점종으로 선정된 요각류 *Caalanus sinicus*는 냉수종으로 알려져 있으며, *Paracalanus parvus* s.l.은 2018년에 전 계절에서 우점종으로 출현하였다.

<표 3.2.11> 조사기간 동안 출현한 우점종 및 계절별 우점 횟수

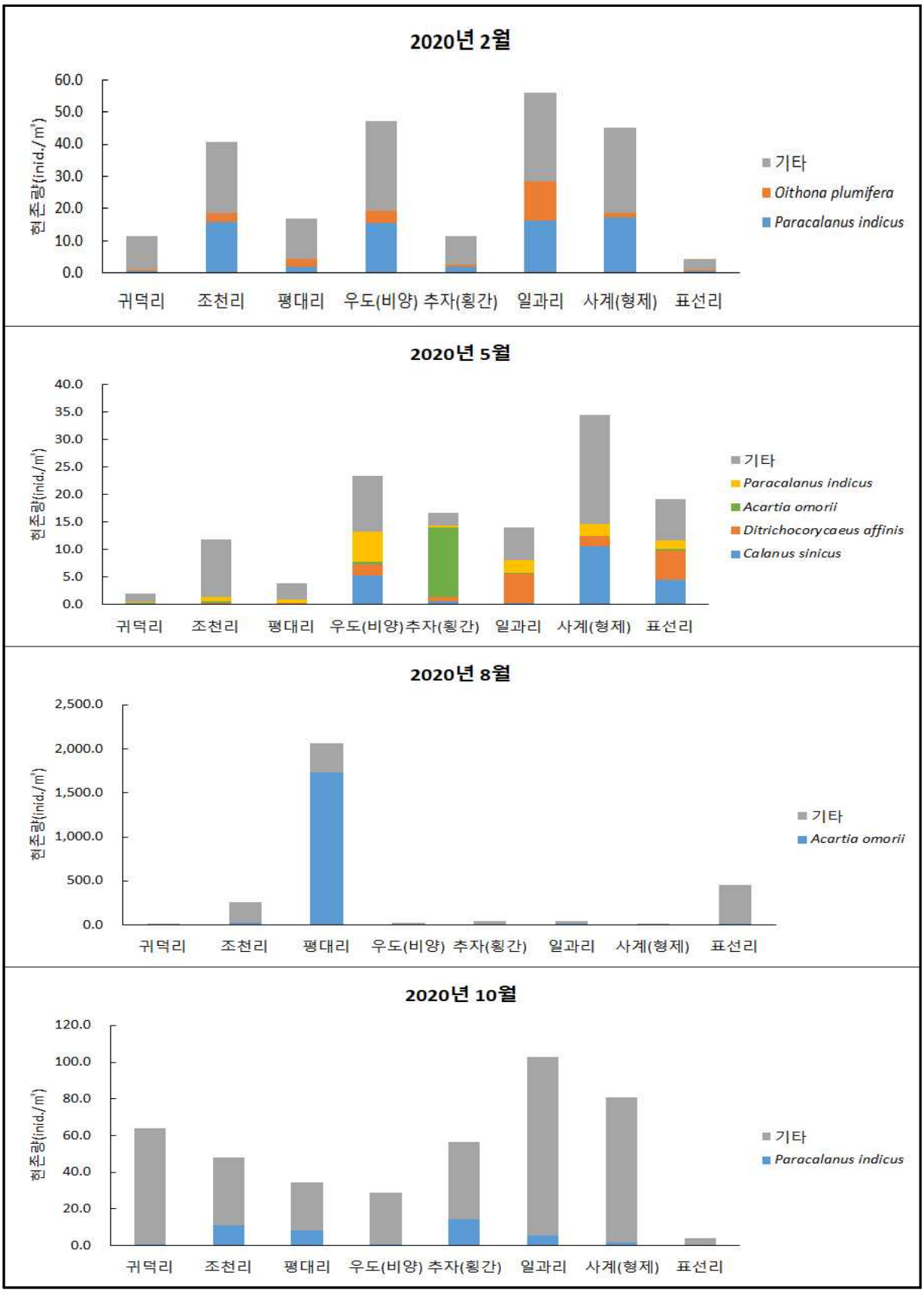
우점종		춘계	하계	추계	동계	합계
절지동물						
지각류	*Evadne tergestina*		2			2
요각류	*Acartia clausi*		1			1
	Acartia omorii	2	2		1	5
	Calanus sinicus	2		1	1	4
	Clausocalanus arcuicornis				1	1
	Ditrichocorycaeus affinis	2				2
	Oithona plumifera				1	1
	Oncaea venusta			1		1
	Paracalanus indicus	3	1	2	3	9
	Paracalanus parvus				1	1
	Paracalanus parvus s.l.	2	1	1		4
	Subeucalanus crassus	1				1
단각류	*Hyperoche medusarum*	1				1
척삭동물						
미충류	*Oikopleura sp.*	1				1



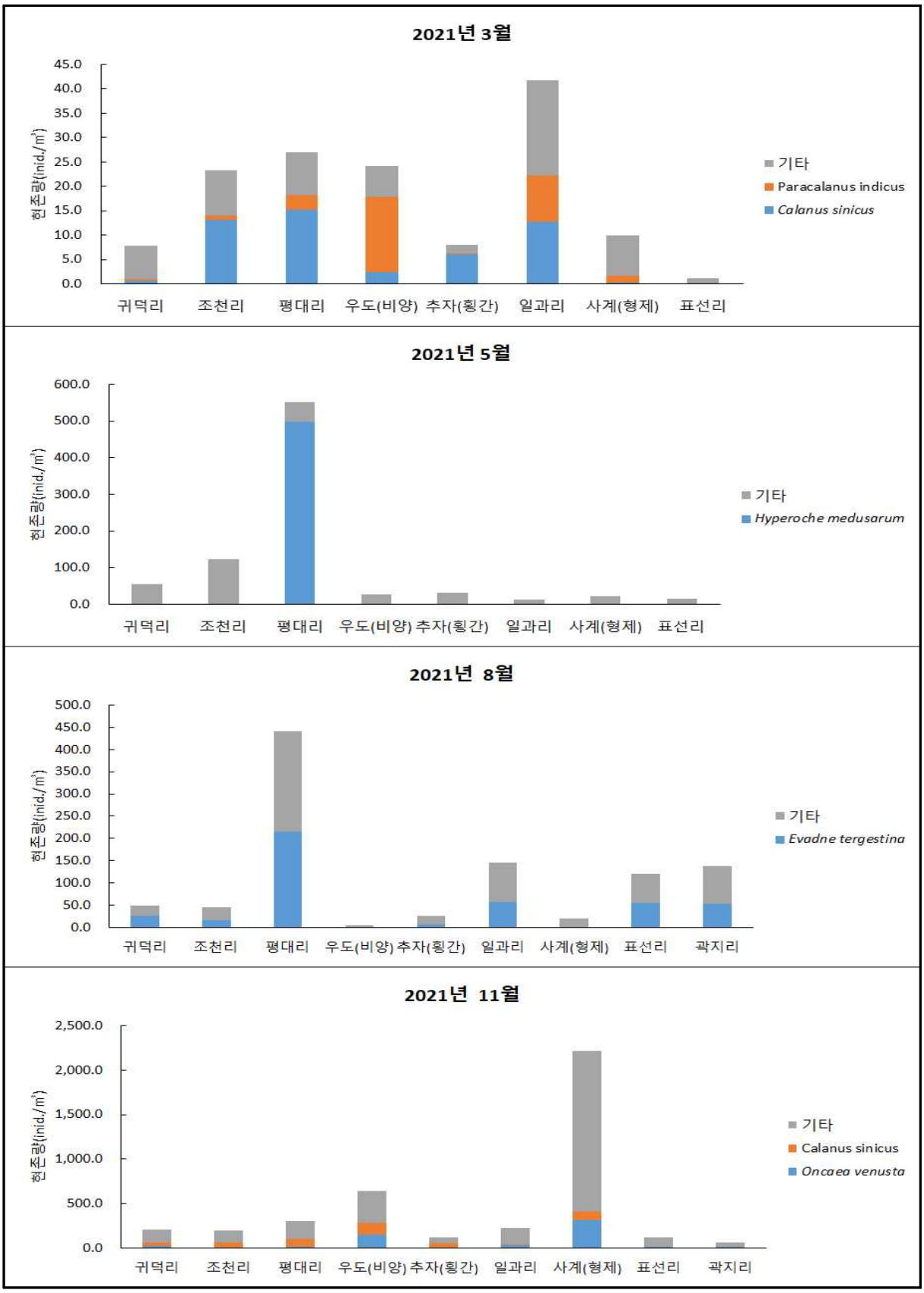
(그림 3.2.35) 2018년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성



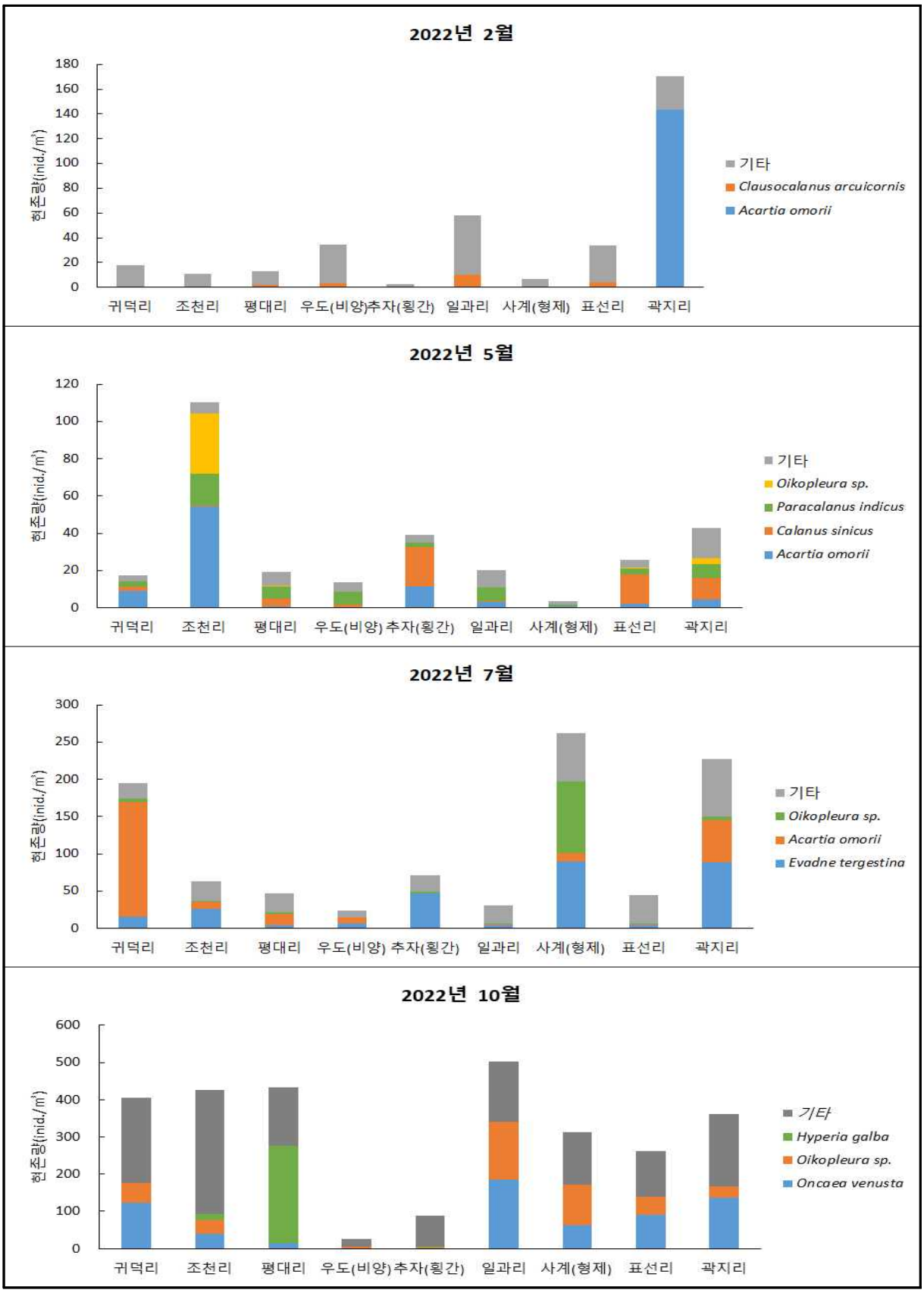
(그림 3.2.36) 2019년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성



(그림 3.2.37) 2020년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성



(그림 3.2.38) 2021년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성



(그림 3.2.39) 2022년 조사지점에 따른 동물플랑크톤 우점종 조성

2.2.4 생태지수

2018년 5월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 3.26로 정점별로는 2.77~3.82의 범위로 우도(비양) 지역에서 낮고 추자(횡간) 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.41로 정점별로는 0.36~0.44의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 평대리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 1.23로 정점별로는 1.05~1.43의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 평대리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.80로 정점별로는 0.77~0.88의 범위로 우도(비양) 지역에서 낮았고, 사계(형제) 지역에서 높게 나타났다.

2018년 6월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 2.61로 정점별로는 1.90~3.40의 범위로 추자(횡간) 지역에서 낮고 사계(형제) 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.34로 정점별로는 0.22~0.63의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았고 사계(형제) 지역에서 높았다. 다양도는 평균 0.99로 정점별로는 0.64~1.87의 범위로 표선리 지역에서 낮았고 사계(형제) 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.82이었으며, 정점별로는 0.61~0.91의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높게 나타났다.

2018년 8월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 3.71로 정점별로는 2.58~4.69의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮고 표선리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.41로 정점별로는 0.29~0.51의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 평대리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 1.34로 정점별로는 0.92~1.66의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.78이었으며, 정점별로는 0.65~0.89의 범위로 우도(비양) 지역에서 낮았고 추자(횡간) 지역에서 높게 나타났다.

2018년 10월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 1.48로 정점별로는 1.18~2.44의 범위로 평대리 지역에서 낮고 귀덕리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.34로 정점별로는 0.24~0.47의 범위로 평대리 지역에서 낮았고 추자(횡간) 지역에서 높았다. 다양도는 평균 0.93으로 정점별로는 0.57~1.17의 범위로 평대리 지역에서 낮았고 추자(횡간) 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.88이었으며, 정점별로는 0.82~0.97의 범위로 추자(횡간) 지역에서 낮았고 평대리 지역에서 높게 나타났다.

2019년 3월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 5.47을 기록했으며, 정점에 따라 4.15~8.25의 범위로 귀덕리 지역에서 낮고, 표선리 지역에서 높았다. 균등도는 평균

0.77이었으며, 0.52~0.96의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았으며, 표선리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.55이었고, 정점별로는 1.59~3.31의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았으며, 표선리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.42었으며, 0.21~0.73의 범위로 표선리 지역에서 낮았고, 귀덕리 지역에서 높게 기록하였다.

2019년 5월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 4.57을 기록했으며, 정점에 따라 3.80~5.67의 범위로 조천리 지역에서 낮고, 귀덕리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.72이었으며, 0.39~0.99의 범위로 조천리 지역에서 낮았으며, 귀덕리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.30이었고, 정점별로는 1.18~2.86의 범위로 조천리 지역에서 낮았으며, 귀덕리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.46이었으며, 0.20~0.81의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았고, 조천리 지역에서 높게 기록하였다.

2019년 8월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 7.27을 기록했으며, 정점에 따라 4.31~10.99의 범위로 일과리 지역에서 낮고, 평대리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.85이었으며, 0.78~0.98의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았으며, 평대리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 3.14이었고, 정점별로는 2.77~3.72의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았으며, 평대리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.28이었으며, 0.12~0.40의 범위로 평대리 지역에서 낮았고, 귀덕리 지역에서 높게 기록하였다.

2019년 10월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 6.36을 기록했으며, 정점에 따라 3.76~8.44의 범위로 조천리 지역에서 낮고, 표선리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.77이었으며, 0.49~1.00의 범위로 조천리 지역에서 낮았으며, 표선리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.70이었고, 정점별로는 1.67~3.39의 범위로 조천리 지역에서 낮았으며, 표선리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.38이었으며, 0.10~0.73의 범위로 표선리 지역에서 낮았고, 조천리 지역에서 높게 기록하였다.

2020년 2월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 10.54로 정점별로는 4.99~21.26의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮고 표선리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.79로 정점별로는 0.65~0.96의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.66로 정점별로는 1.94~3.28의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.40로 정점별로는 0.22~0.66의 범위로 표선리 지역에서 낮았고, 사계(형제) 지역에서 높게 나타났다.

2020년 5월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 8.69로 정점별로는 3.55~15.58의 범위로 추자도(횡간) 지역에서 낮고 귀덕리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.71로 정점별로는 0.44~0.83의 범위로 추자도(횡간) 지역에서 낮았고 귀덕리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.08로 정점별로는 1.05~2.50의 범위로 추자(횡간) 지역에서 낮았고 사계리(형제도) 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.56이었으며, 정점별로는 0.41~0.83의 범위로 사계리(형제도) 지역에서 낮았고 추자(횡간)지역에서 높게 나타났다.

2020년 8월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 5.99로 정점별로는 3.15~7.94의 범위로 평대리 지역에서 낮고 사계리(형제도) 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.64로 정점별로는 0.24~0.79의 범위로 평대리 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.05로 정점별로는 0.78~2.98의 범위로 평대리 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.57로 정점별로는 0.32~0.89의 범위로 표선리 지역에서 낮았고 평대리 지역에서 높게 나타났다.

2020년 10월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 10.53로 정점별로는 7.69~20.80의 범위로 추자도(횡간) 지역에서 낮고 표선리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.78로 정점별로는 0.63~0.94의 범위로 우도(비양) 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.64로 정점별로는 1.95~3.28의 범위로 표선리 지역에서 낮았고 일과리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.35로 정점별로는 0.18~0.54의 범위로 일과리 지역에서 낮았고 우도(비양) 지역에서 높게 나타났다.

2021년 3월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 14.22로 정점별로는 4.25~60.33의 범위로 평대리 지역에서 낮고 표선리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.65로 정점별로는 0.45~1.00의 범위로 추자(횡간) 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 1.92로 정점별로는 1.15~2.73의 범위로 추자(횡간) 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.56로 정점별로는 0.17~0.79의 범위로 표선리 지역에서 낮았고, 추자(횡간) 지역에서 높게 나타났다.

2021년 5월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 3.84로 정점별로는 1.27~6.21의 범위로 평대리 지역에서 낮고 사계(형제) 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.62로 정점별로는 0.22~0.81의 범위로 평대리 지역에서 낮았고 사계(형제) 지역에서 높았다. 다양도는 평균 1.65로 정점별로는 0.48~2.41의 범위로 평대리 지역에서 낮았고 사계(형제) 지역에서 높았다.

우점도는 평균 0.65이었으며, 정점별로는 0.46~0.94의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 평대리 지역에서 높게 나타났다.

2021년 8월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 7.46로 정점별로는 4.08~17.19의 범위로 귀덕리 지역에서 낮고 우도(비양) 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.63로 정점별로는 0.53~0.92의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았고 우도(비양) 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.10으로 정점별로는 1.51~3.11의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았고 우도(비양) 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.58이었으며, 정점별로는 0.25~0.79의 범위로 우도(비양) 지역에서 낮았고 귀덕리 지역에서 높게 나타났다.

2021년 11월에 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 7.12로 정점별로는 5.64~8.57의 범위로 표선리 지역에서 낮고 곽지리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.70으로 정점별로는 0.48~0.83의 범위로 표선리 지역에서 낮았고 사계(형제) 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.58로 정점별로는 1.60~3.36의 범위로 표선리 지역에서 낮았고 사계(형제) 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.46이었으며, 정점별로는 0.24~0.76의 범위로 사계(형제) 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높게 나타났다.

2022년 2월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 8.08로 정점별로는 1.95~ 12.56의 범위로 곽지리 지역에서 낮고 추자(횡간) 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.74로 정점별로는 0.27~0.94의 범위로 곽지리 지역에서 낮았고 추자(횡간) 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.27로 정점별로는 0.65~2.80의 범위로 곽지리 지역에서 낮았고 우도(비양) 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.44이었으며, 정점별로는 0.30~0.92의 범위로 우도(비양) 지역에서 낮았고 곽지리 지역에서 높게 나타났다.

2022년 5월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 5.56로 정점별로는 2.13~ 8.36의 범위로 조천리 지역에서 낮고 우도(비양) 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.64로 정점별로는 0.51~0.84의 범위로 추자(횡간) 지역에서 낮았고 사계(형제) 지역에서 높았다. 다양도는 평균 1.79로 정점별로는 1.24~2.26의 범위로 조천리 지역에서 낮았고 곽지리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.63이었으며, 정점별로는 0.45~0.82의 범위로 곽지리 지역에서 낮았고 추자(횡간) 지역에서 높게 나타났다.

2022년 7월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 4.90으로 정점별로는 3.03~ 6.39의 범위로 귀덕리 지역에서 낮고 일과리 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.64로

정점별로는 0.35~0.84의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았고, 표선리 지역에서 높았다. 다양도는 평균 1.97로 정점별로는 0.99~2.63의 범위로 귀덕리 지역에서 낮았고 표선리 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.59이었으며, 정점별로는 0.37~0.87의 범위로 일과리 지역에서 낮았고 귀덕리 지역에서 높게 나타났다.

2022년 10월 조사 시 동물플랑크톤 군집의 풍부도는 평균 5.52로 정점별로는 4.34~ 7.39의 범위로 일과리 지역에서 낮고 우도(비양) 지역에서 높았다. 균등도는 평균 0.66으로 정점별로는 0.47~0.83의 범위로 평대리 지역에서 낮았고, 우도(비양) 지역에서 높았다. 다양도는 평균 2.25로 정점별로는 1.63~2.69의 범위로 평대리 지역에서 낮았고 우도(비양) 지역에서 높았다. 우점도는 평균 0.53이었으며, 정점별로는 0.37~0.71의 범위로 우도(비양) 지역에서 낮았고 평대리 지역에서 높게 나타났다.

<표 3.2.12> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2018년)

조사 시기	생태 지수	귀덕리	평대리	우도 (비양)	추자 (횡간)	사계 (형제)	표선리	평균
5월 (춘계)	풍부도	3.09	3.51	2.77	3.82	3.05	3.29	3.26
	균등도	0.41	0.44	0.41	0.42	0.36	0.43	0.41
	다양도	1.16	1.43	1.20	1.19	1.05	1.32	1.23
	우점도	0.78	0.80	0.77	0.77	0.88	0.77	0.80
6월 (하계)	풍부도	2.93	2.06	2.84	1.90	3.40	2.53	2.61
	균등도	0.22	0.25	0.47	0.27	0.63	0.23	0.34
	다양도	0.69	0.67	1.35	0.74	1.87	0.64	0.99
	우점도	0.90	0.90	0.74	0.89	0.61	0.91	0.82
8월 (하계)	풍부도	4.63	2.71	4.07	3.56	2.58	4.69	3.71
	균등도	0.36	0.51	0.49	0.32	0.29	0.50	0.41
	다양도	1.20	1.57	1.64	1.07	0.92	1.66	1.34
	우점도	0.82	0.72	0.65	0.89	0.87	0.70	0.78
10월 (추계)	풍부도	2.44	1.18	1.63	1.41	2.05	2.30	1.84
	균등도	0.32	0.24	0.27	0.47	0.38	0.36	0.34
	다양도	0.93	0.57	0.72	1.17	1.12	1.06	0.93
	우점도	0.85	0.97	0.94	0.82	0.87	0.83	0.88

<표 3.2.13> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2019년)

조사 시기	생태 지수	귀덕리	조천리	평대리	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과리	사계 (형제)	표선리	평균
3월 (동계)	풍부도	4.15	4.90	5.29	5.15	5.29	4.32	6.39	8.25	5.47
	균등도	0.52	0.70	0.79	0.78	0.84	0.83	0.70	0.96	0.77
	다양도	1.59	2.29	2.75	2.63	2.70	2.60	2.53	3.31	2.55
	우점도	0.73	0.49	0.29	0.42	0.33	0.37	0.49	0.21	0.42
5월 (춘계)	풍부도	5.67	3.80	4.79	4.71	4.01	4.61	4.43	4.52	4.57
	균등도	0.99	0.39	0.74	0.68	0.68	0.82	0.85	0.64	0.72
	다양도	2.86	1.18	2.43	2.52	2.00	2.60	2.53	2.25	2.30
	우점도	0.20	0.81	0.37	0.45	0.57	0.36	0.38	0.53	0.46
8월 (하계)	풍부도	5.64	7.62	10.99	6.34	6.59	4.31	8.77	7.89	7.27
	균등도	0.78	0.80	0.98	0.81	0.79	0.87	0.88	0.89	0.85
	다양도	2.77	2.90	3.72	3.01	3.02	3.01	3.37	3.35	3.14
	우점도	0.40	0.39	0.12	0.32	0.33	0.26	0.23	0.22	0.28
10월 (추계)	풍부도	6.65	3.76	6.59	5.20	4.22	8.13	7.85	8.44	6.36
	균등도	0.73	0.49	0.63	0.70	0.71	0.96	0.91	1.00	0.77
	다양도	2.70	1.67	2.27	2.56	2.45	3.30	3.25	3.39	2.70
	우점도	0.37	0.73	0.58	0.45	0.42	0.20	0.22	0.10	0.38

<표 3.2.14> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2020년)

조사 시기	생태 지수	귀덕리	조천리	평대리	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과리	사계 (형제)	표선리	평균
2월 (동계)	풍부도	10.27	6.75	14.56	10.63	9.90	5.96	4.99	21.26	10.54
	균등도	0.82	0.73	0.82	0.76	0.88	0.71	0.65	0.96	0.79
	다양도	2.68	2.37	3.06	2.86	2.82	2.30	1.94	3.28	2.66
	우점도	0.38	0.47	0.26	0.41	0.32	0.51	0.66	0.22	0.40
5월 (춘계)	풍부도	15.58	7.29	11.99	6.66	3.55	9.85	6.50	8.12	8.69
	균등도	0.83	0.62	0.82	0.75	0.44	0.71	0.79	0.72	0.71
	다양도	2.00	1.83	2.33	2.32	1.05	2.33	2.50	2.31	2.08
	우점도	0.53	0.67	0.50	0.45	0.83	0.55	0.41	0.51	0.56
8월 (하계)	풍부도	6.55	4.87	3.15	7.44	3.42	7.55	7.94	7.03	5.99
	균등도	0.73	0.63	0.24	0.70	0.60	0.77	0.67	0.79	0.64
	다양도	2.10	2.10	0.78	2.24	1.58	2.57	2.06	2.98	2.05
	우점도	0.54	0.56	0.89	0.55	0.63	0.48	0.61	0.32	0.57
10월 (추계)	풍부도	9.85	8.52	8.47	11.62	7.69	9.29	7.97	20.80	10.53
	균등도	0.75	0.77	0.78	0.63	0.74	0.87	0.78	0.94	0.78
	다양도	2.81	2.70	2.68	2.34	2.55	3.28	2.81	1.95	2.64
	우점도	0.39	0.38	0.38	0.54	0.39	0.18	0.39	0.18	0.35

<표 3.2.15> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2021년)

조사 시기	생태 지수	귀덕리	조천리	평대리	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과리	사계 (형제)	표선리	곽지리	평균
3월 (동계)	풍부도	11.13	5.72	4.25	7.53	5.77	7.23	11.78	60.33	-	14.22
	균등도	0.71	0.58	0.56	0.48	0.45	0.59	0.82	1.00	-	0.65
	다양도	2.27	1.70	1.53	1.53	1.15	1.97	2.73	2.48	-	1.92
	우점도	0.54	0.66	0.71	0.74	0.79	0.56	0.33	0.17	-	0.56
5월 (춘계)	풍부도	4.25	3.11	1.27	4.23	3.77	3.48	6.21	4.41	-	3.84
	균등도	0.66	0.75	0.22	0.50	0.55	0.71	0.81	0.73	-	0.62
	다양도	1.89	2.08	0.48	1.37	1.44	1.64	2.41	1.87	-	1.65
	우점도	0.56	0.46	0.94	0.80	0.79	0.62	0.46	0.56	-	0.65
8월 (하계)	풍부도	4.08	7.08	5.25	17.19	6.97	4.22	9.41	5.42	7.50	7.46
	균등도	0.53	0.71	0.57	0.92	0.63	0.59	0.58	0.57	0.61	0.63
	다양도	1.51	2.38	2.00	3.11	2.00	1.84	1.96	1.88	2.20	2.10
	우점도	0.79	0.47	0.62	0.25	0.59	0.61	0.66	0.71	0.55	0.58
11월 (추계)	풍부도	7.14	7.53	7.50	5.87	6.61	8.11	7.14	5.64	8.57	7.12
	균등도	0.70	0.73	0.68	0.74	0.69	0.69	0.83	0.48	0.76	0.70
	다양도	2.56	2.70	2.56	2.71	2.42	2.62	3.36	1.60	2.73	2.58
	우점도	0.41	0.43	0.44	0.44	0.52	0.46	0.24	0.76	0.41	0.46

<표 3.2.16> 각 조사지역의 정점별 동물플랑크톤 군집의 생태학적 지수(2022년)

조사 시기	생태 지수	귀덕리	조천리	평대리	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과리	사계 (형제)	표선리	곽지리	평균
2월 (동계)	풍부도	10.11	9.70	7.77	9.02	12.56	4.68	7.25	9.67	1.95	8.08
	균등도	0.75	0.78	0.80	0.80	0.94	0.76	0.76	0.77	0.27	0.74
	다양도	2.55	2.47	2.43	2.80	2.42	2.27	2.06	2.74	0.65	2.27
	우점도	0.35	0.47	0.38	0.30	0.31	0.44	0.51	0.31	0.92	0.44
5월 (춘계)	풍부도	3.49	2.13	7.09	8.36	3.27	6.67	7.98	5.24	5.86	5.57
	균등도	0.64	0.52	0.70	0.64	0.51	0.68	0.84	0.52	0.72	0.64
	다양도	1.53	1.24	2.17	2.00	1.31	2.07	2.00	1.50	2.26	1.79
	우점도	9.64	0.32	1.02	1.05	1.42	0.57	53.11	0.68	3.38	7.91
7월	풍부도	3.03	4.33	5.18	5.65	3.05	6.39	6.11	5.78	4.61	4.90
	균등도	0.35	0.73	0.77	0.71	0.51	0.77	0.51	0.84	0.60	0.64
	다양도	0.99	2.14	2.34	2.10	1.35	2.43	1.81	2.63	1.97	1.97
	우점도	0.87	0.56	0.41	0.60	0.79	0.37	0.71	0.39	0.64	0.59
10월	풍부도	5.83	4.95	5.11	7.39	5.35	4.34	6.10	4.49	6.11	5.52
	균등도	0.70	0.74	0.47	0.83	0.65	0.60	0.64	0.66	0.64	0.66
	다양도	2.50	2.54	1.63	2.69	2.09	2.01	2.31	2.16	2.33	2.25
	우점도	0.45	0.39	0.71	0.37	0.57	0.68	0.55	0.53	0.55	0.53

2.2.5 군집유사도

동물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도의 산출 결과, 2018년 5월 조사에서 최저 39.04을 기록하여 중간 이하 수준의 유사도를 나타냈다. 58% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 추자(횡간) 지역과 추자(횡간)를 제외한 정점(표선리, 우도(비양), 평대리, 사계(형제), 귀덕리)들이 묶인 그룹으로 구분되었다..

2018년 6월 조사에서 최저 52.29을 기록하여 중간 수준의 유사도를 나타냈다. 62% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 평대리 지역과 평대리 지역을 제외한 정점(귀덕리, 추자(횡간), 우도(비양), 평대리, 표선리)으로 구분되었다.

2018년 8월 조사에서 최저 39.87을 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 50% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(우도(비양), 귀덕리, 표선리)과 B 그룹(사계(형제), 평대리, 추자(횡간))으로 구분되었다.

2018년 10월 조사에서 최저 50.90을 기록하여 중간 수준의 유사도를 나타냈다. 52% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 귀덕리 지역과 귀덕리 지역을 제외한 정점(사계(형제), 우도(비양), 표선리, 평대리, 추자(횡간))으로 구분되었다.

2019년 3월 조사에서는 최저 46.84를 기록하여 중간 수준의 유사도를 나타냈다. 50% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(표선리, 추자(횡간)과 B 그룹(조천리, 귀덕리, 우도(비양), 평대리, 사계(형제), 일과리)으로 구분되었다.

2019년 5월 조사에서는 최저 19.96을 기록하여 낮은 수준의 유사도를 나타냈다. 30% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(일과리, 평대리, 추자(횡간), 조천리, 사계(형제), 귀덕리)과 B 그룹(표선리, 우도(비양))으로 구분되었다.

2019년 8월 조사에서는 최저 31.82를 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 40% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(조천리, 귀덕리, 평대리, 표선리, 사계(형제), 우도(비양), 추자(횡간))과 일과리 지역으로 구분되었다.

2019년 10월 조사에서는 최저 31.18을 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 40% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(우도(비양), 조천리, 추자(횡간), 평대리, 귀덕리)과 B 그룹(표선리, 일과리, 사계(형제))으로 구분되었다.

2020년 2월 조사에서 최저 43.66을 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 45% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(사계리(형제도), 우도(비양), 조천리, 일과리)과 B 그룹(표선리, 평대리, 귀덕리, 추자도(횡간))으로 구분되었다.

2020년 5월 조사에서 최저 27.66을 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 28% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(사계리(형제), 우도(비양), 표선리, 일과리, 추자도(횡간))과 B 그룹(평대리, 조천리, 귀덕리)으로 구분되었다.

2020년 8월 조사에서 최저 23.43을 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 28% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(추자도(횡간), 사계리(형제도), 귀덕리, 우도(비양), 일과리)과 B 그룹(표선리, 조천리, 평대리)으로 구분되었다.

2020년 10월 조사에서 최저 29.60을 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 39% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(사계리(형제도), 일과리, 추자도(횡간), 평대리, 조천리, 우도(비양), 귀덕리)과 표선리 지역으로 구분되었다.

2021년 3월 조사에서 최저 28.27을 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 36% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 표선리 지역과 표선리를 제외한 정점(일과리, 우도(비양), 평대리, 조천리, 사계(형제), 귀덕리, 추자(횡간))들이 묶인 그룹으로 구분되었다.

2021년 5월 조사에서 최저 24.60을 기록하여 중간 이하의 수준의 유사도를 나타냈다. 35% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 평대리 지역과 평대리 지역을 제외한 정점(추자(횡간), 조천리, 귀덕리, 표선리, 사계(형제), 일과리, 우도(비양))으로 구분되었다.

2021년 8월 조사에서 최저 21.70을 기록하여 중간 이하 수준의 유사도를 나타냈다. 35% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 우도(비양) 지역과 우도(비양) 지역을 제외한 정점 (추자(횡간), 사계(형제), 평대리, 표선리, 곽지리, 조천리, 귀덕리, 일과리)으로 구분되었다.

2021년 11월 조사에서 최저 31.01을 기록하여 중간 이하 수준의 유사도를 나타냈다. 45% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 사계(형제) 지역과 사계(형제) 지역을 제외한 정점(표선리, 곽지리, 귀덕리, 일과리, 추자(횡간), 우도(비양), 조천리, 평대리)으로 구분되었다.

2022년 2월 조사에서 최저 19.44을 기록하여 중간 이하 수준의 유사도를 나타냈다. 35% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 곽지리 지역과 곽지리 지역을 제외한 정점(표선리, 사계(형제), 귀덕리, 일과리, 추자(횡간), 우도(비양), 조천리, 평대리)으로 구분되었다.

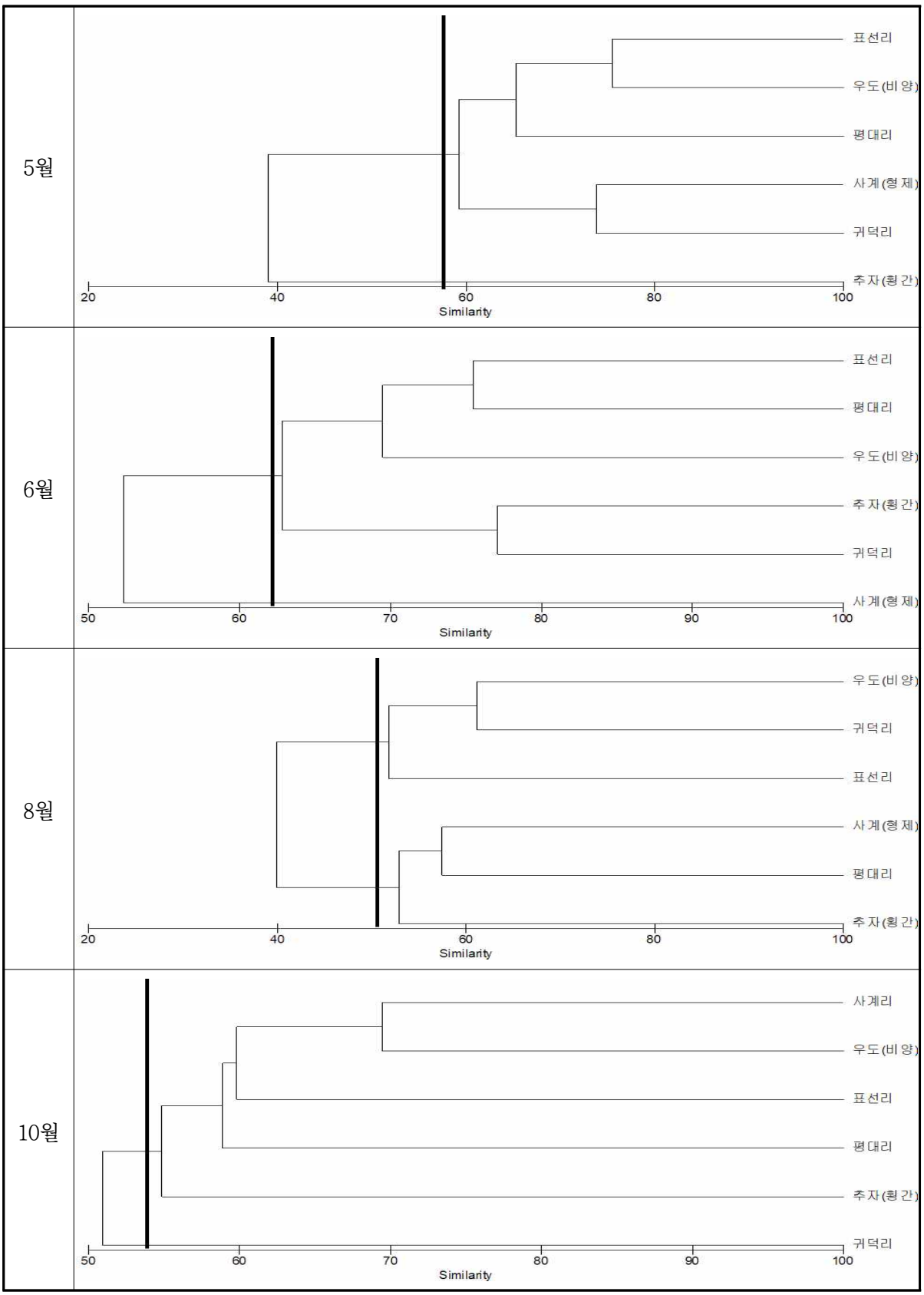
2022년 5월 조사에서 최저 34.54을 기록하여 중간 이하 수준의 유사도를 나타냈다. 41% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 사계(형제) 지역과 사계(형제) 지역을 제외한 정점(표선리, 곽지리, 귀덕리, 일과리, 추자(횡간), 우도(비양), 조천리, 평대리)으로 구분되었다.

2022년 7월 조사에서 최저 38.66을 기록하여 중간 이하 수준의 유사도를 나타냈다. 42% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(곽지리, 귀덕리, 사계(형제), 추자(횡간),

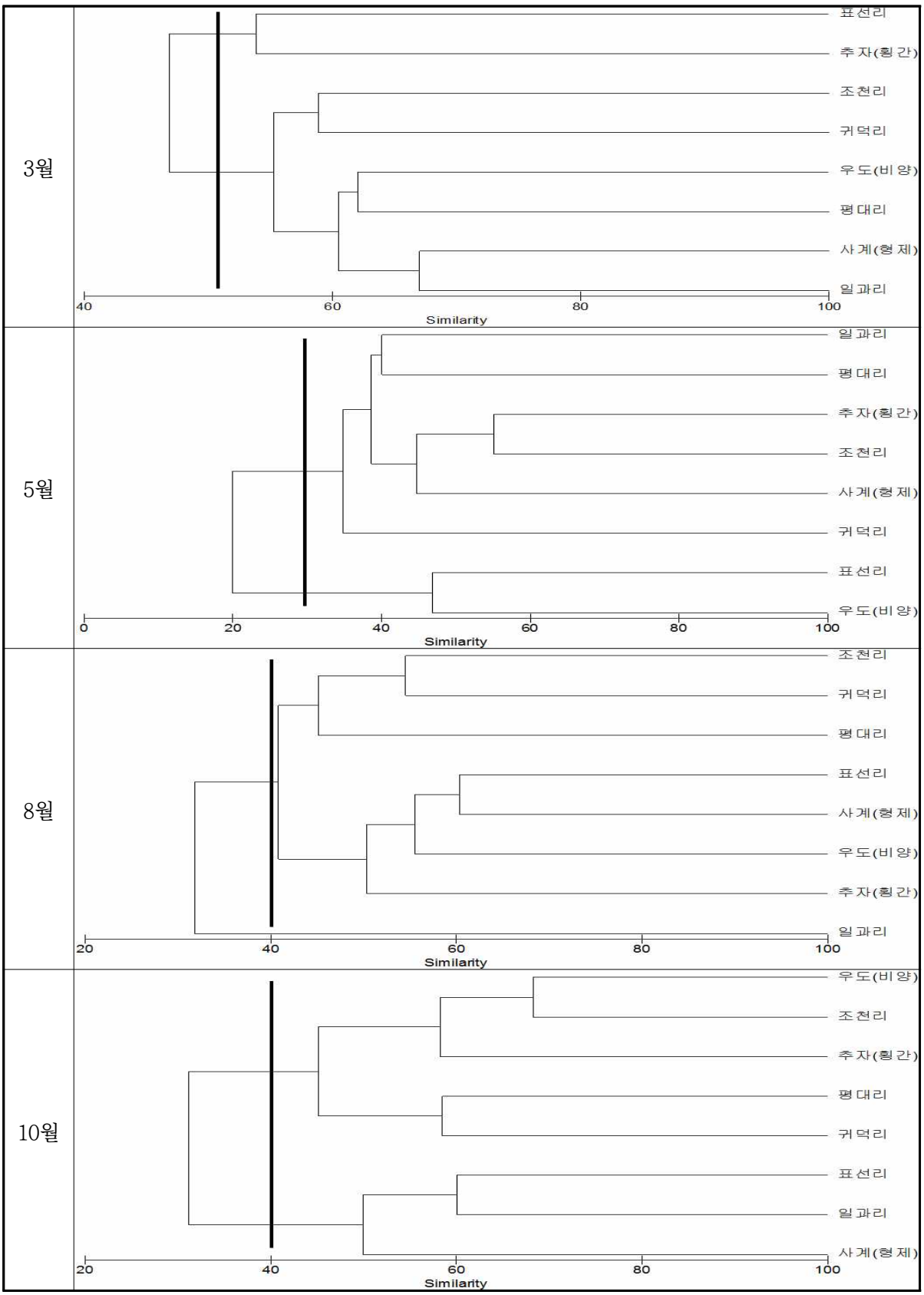
우도(비양), 조천리, 평대리) 지역과 B 그룹(표선리, 일과리)으로 구분되었다.

2022년 10월 조사에서 최저 31.20을 기록하여 중간 이하 수준의 유사도를 나타냈다. 39% 수준에서 구분할 경우 조사지역은 A 그룹(곽지리, 귀덕리, 사계(형제), 일과리, 조천리, 추자(횡간), 평대리, 표선리) 지역과 B 그룹(우도(비양))으로 구분되었다.

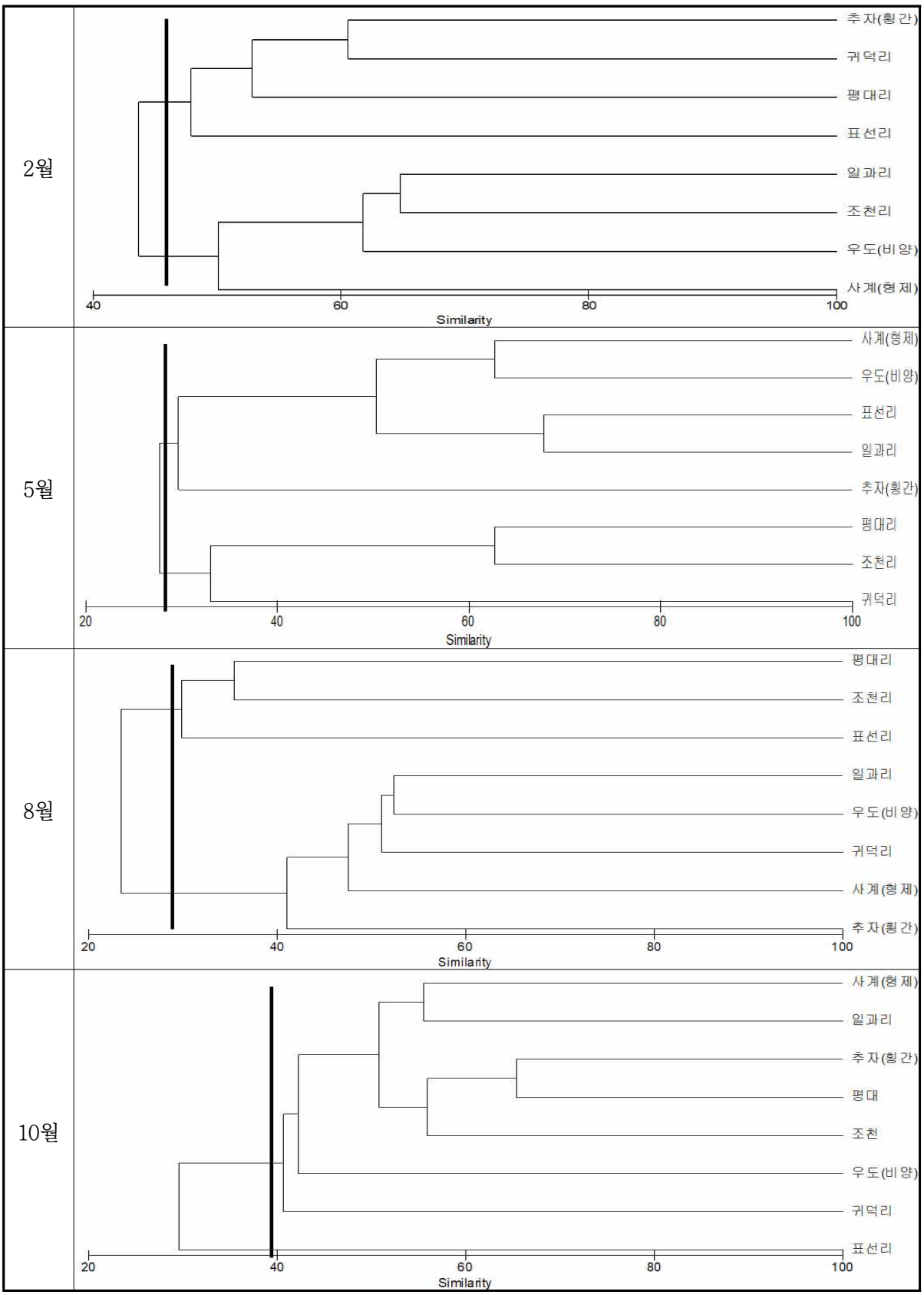
매 조사 시기마다 동물플랑크톤 군집의 유사도 특성은 상이한 것으로 나타났으며, 지역의 고유적 출현 특성보다는 각 조사 시기별 해황에 따른 분포역의 차이를 보이는 것으로 판단된다.



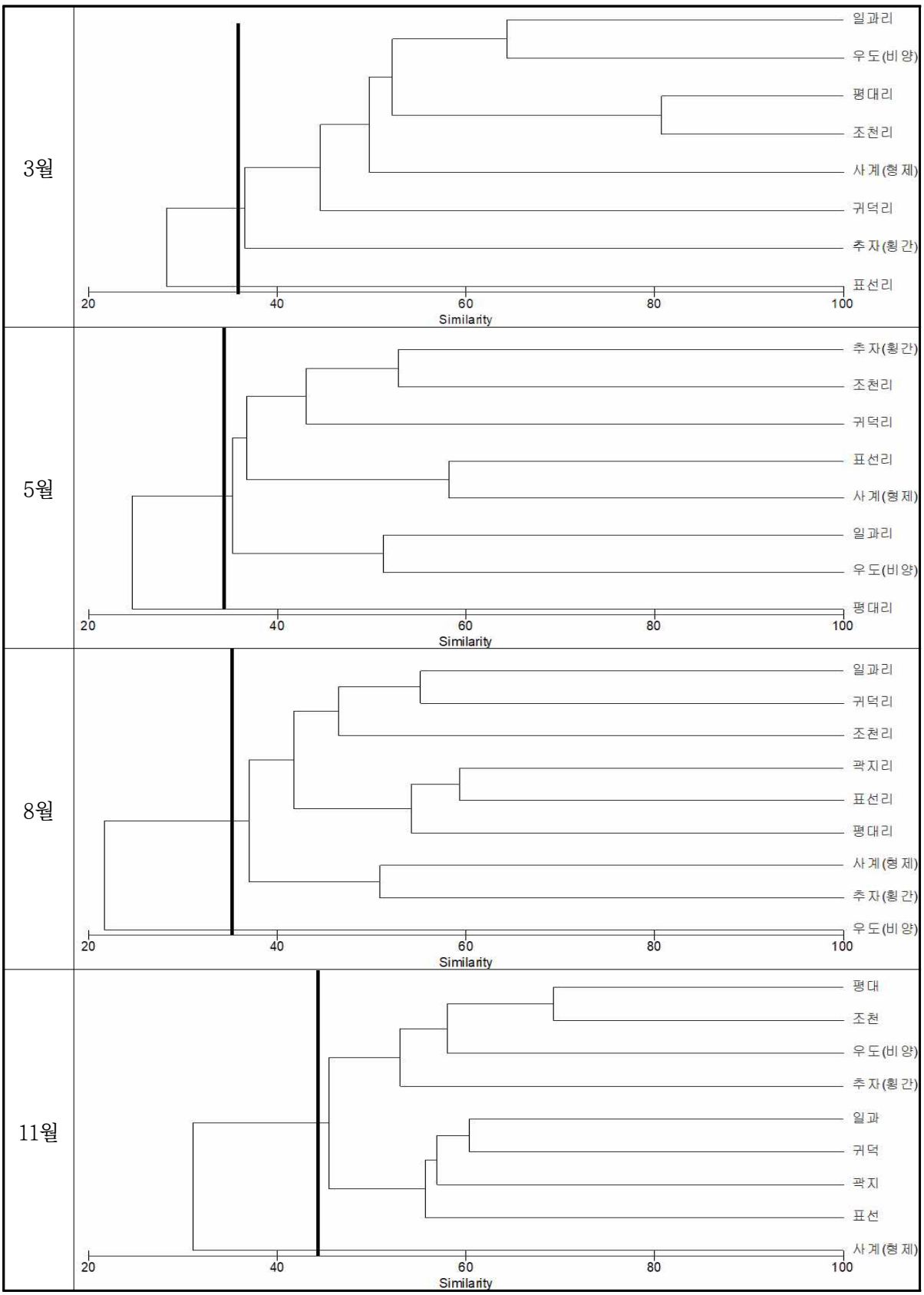
(그림 3.2.40) 2018년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도



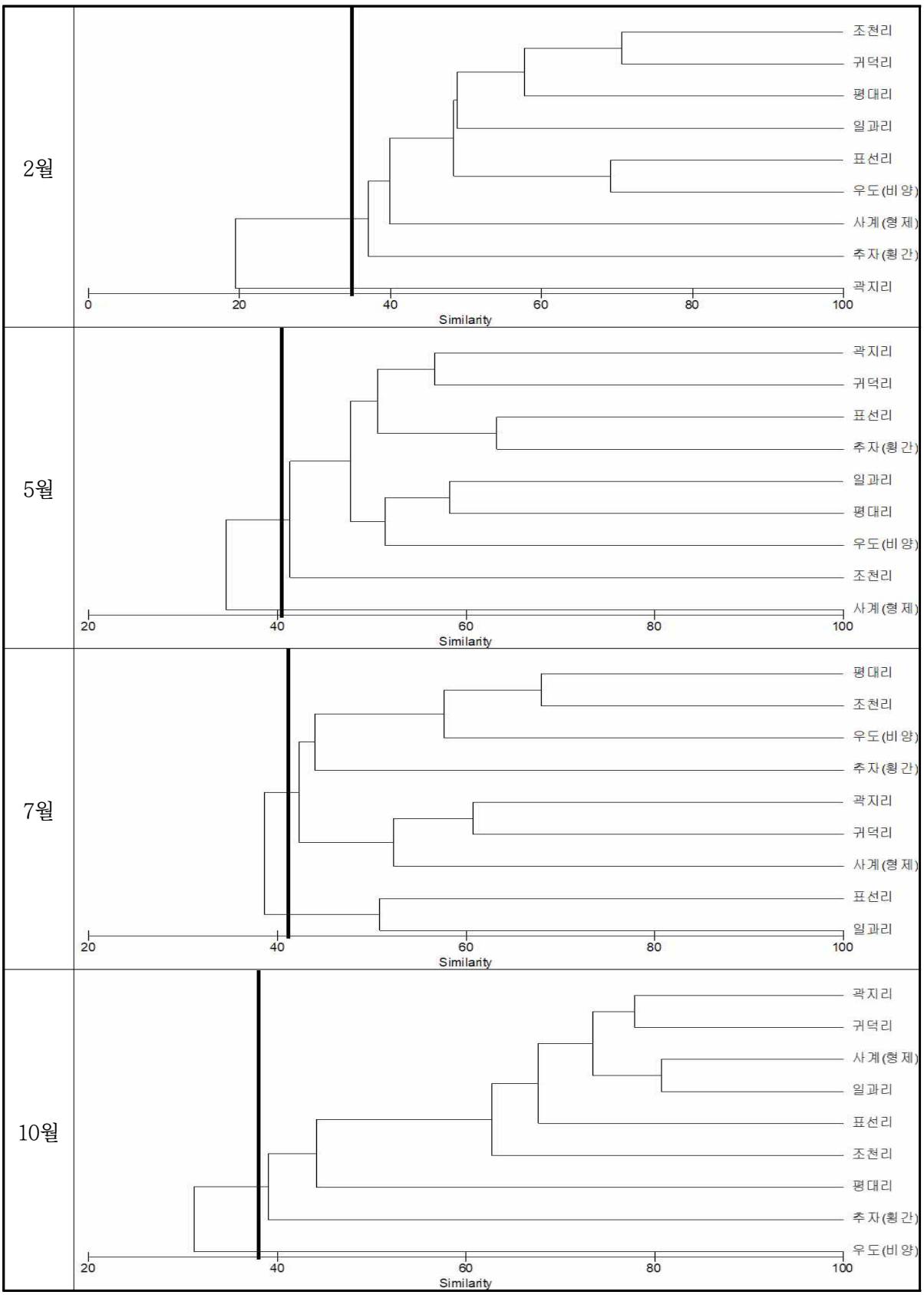
(그림 3.2.41) 2019년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도



(그림 3.2.42) 2020년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도



(그림 3.2.43) 2021년 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도



(그림 3.2.44) 조사정점 간 동물플랑크톤 군집의 유사도(2022년)

2.2.6 과거 조사와의 비교

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월 조사까지 동물플랑크톤의 출현종수는 35종~86종으로, 정점별로는 9종~56종이 출현하였으며, 연도별로는 2019년과 2020년에 평균 출현종수가 높았고, 계절적으로는 춘계에 출현종수가 낮고 하계 및 추계에 높은 경향을 보였다. 평균 현존량은 16~3,751 ind./㎥으로 연도별로는 2018년이 평균 1,782 ind./㎥, 2019년이 평균 541 ind./㎥, 2020년이 평균 153 ind./㎥, 2021년이 173 ind./㎥, 2022년 123 ind./㎥로 전체적인 현존량은 점차 감소하는 것으로 나타났고, 계절적으로는 춘계에 적고, 추계에 많은 경향을 보였다. 이러한 결과는 제주도 서부 고산 연안 용승역에서 요각류의 및 젤라틴성 동물플랑크톤들의 현존량이 6월과 11월에 피크를 보이며 증가했던 특성과 일치하였다. 제주도 연안의 동물플랑크톤 군집의 특징으로 서와 서(1993)는 계절적으로 동계보다 하계에 더 많은 현존량을 가지는 것으로 보았으며, Jang et al.(2012)의 조사에서 가장 연안에 근접한 정점일수록 여름철이 겨울철보다 현존량이 많게 나타난 결과와도 유사한 것으로 보인다.

<표 3.2.17> 과거 동물플랑크톤 군집의 조사 결과와 비교

시기		출현종수	정점별 종수	평균 현존량(ind./㎥)	주요 우점종
2018년	5월	35	17~26	472.0	*Paracalanus parvus* s.l.
	6월	42	21~23	1,096	*Paracalanus parvus* s.l.
	8월	48	22~29	1,808	*Paracalanus parvus* s.l.
	10월	45	18~31	3,751	*Paracalanus parvus* s.l.
2019년	3월	65	22~36	184	*Paracalanus indicus*
	5월	63	18~40	767	*Paracalanus indicus*
	8월	86	32~46	461	*Paracalanus indicus*
	10월	75	30~40	751	*Paracalanus indicus*
2020년	2월	74	20-42	29	*Paracalanus indicus*
	5월	51	11~27	16	*Calanus sinicus*
	8월	77	14~44	363	*Acartia omorii*
	10월	84	31~44	52	*Paracalanus indicus*
2021년	3월	57	12~28	18	*Calanus sinicus,*
	5월	38	9~20	105	*Hyperoche medusarum*
	8월	74	17~38	110	*Evadne tergestina*
	11월	86	28~56	457	*Oncaea venusta*
2022년	2월	60	11~35	39	*Acartia omorii*
	5월	51	11~23	33	*Acartia omorii*
	7월	59	14~35	107	*Evadne tergestina*
	10월	63	25~37	313	*Oncaea venusta*



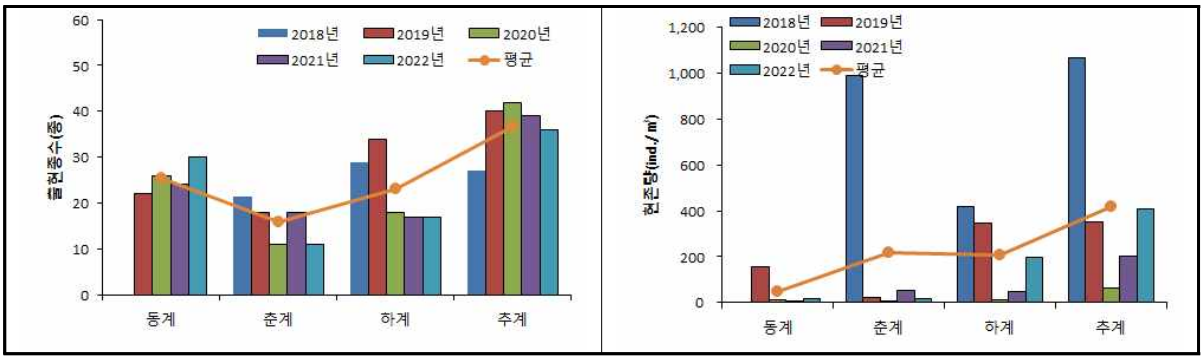
(그림 3.2.45) 동물플랑크톤 군집의 종수와 현존량 변화

2.2.7 지역별 비교

(1) 귀덕리 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 동물플랑크톤은 11~42종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 춘계에 가장 적고 추계에 가장 많은 계절적 변화를 보였다.

현존량은 2~1,801 ind./㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 출현종수와 마찬가지로 추계에 가장 많아지는 계절적 변화 양상를 보였으나, 조사연도별로 보면 계절적 변화는 각기 다르게 나타났으며, 전반적으로 조사연도가 지남에 따라 동물플랑크톤의 현존량이 점차 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

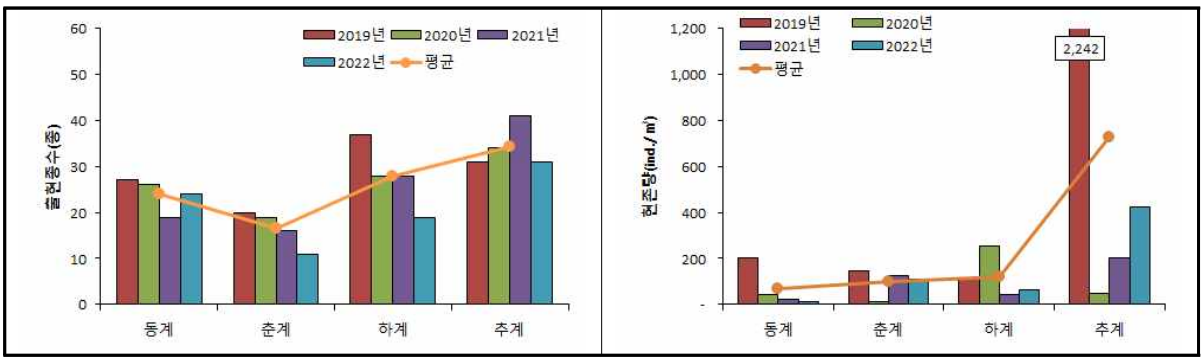


(그림 3.2.46) 귀덕리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(2) 조천리 지역

조사기간인 2019년 3월부터 2022년 10월까지 동물플랑크톤은 11~41종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 춘계에 가장 적고 추계에 가장 많은 계절적 변화를 보였다.

현존량은 11~2,242 ind./㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 동계에 가장 적고 추계에 가장 많은 계절적 변화 양상를 보였으나 조사연도별로 보면 계절에 따른 변화가 각기 다르게 나타났다. 또한 절지동물 요각류 *Paracalanus indicus*의 대번식으로 인하여 현존량이 급격하게 증가한 2019년도 추계와 요각류 *Clausocalanus arcuicornis*의 대번식으로 인해 현존량이 늘어난 2022년 추계를 제외하면 현존량의 값은 연중 300 ind./㎥ 미만 상태를 유지하였다.

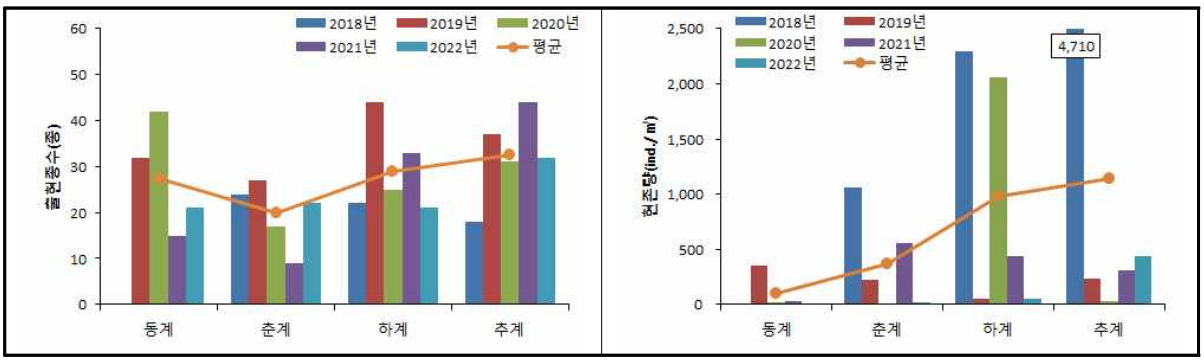


(그림 3.2.47) 조천리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(3) 평대리 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 동물플랑크톤은 9~44종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로는 춘계가 가장 적고 추계에 많아지는 것으로 나타났으나, 조사연도에 따라 각기 다른 변화를 보여 계절적 영향을 크게 안 받는 것으로 보였다.

현존량은 4~4,710 ind./㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 추계가 가장 많이 나타나고, 동계에 가장 적은 것으로 나타났으나 출현종수와 마찬가지로 조사연도에 따라 각기 다른 변화를 보여 계절적 영향을 크게 안 받는 것으로 보였다.



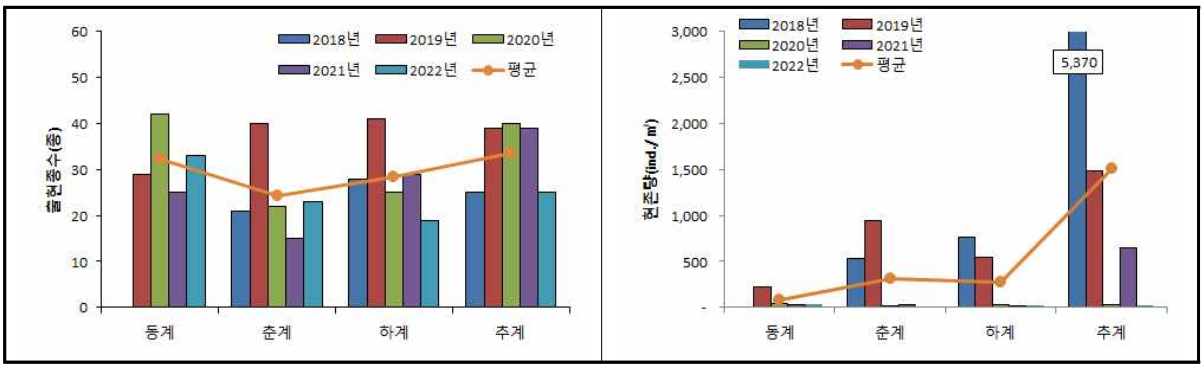
(그림 3.2.48) 평대리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(4) 우도(비양) 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 동물플랑크톤은 15~42종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 춘계에 가장 적고 추계에 가장 많은 계절적 변화를 보였다.

현존량은 5~5,370 ind./㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 추계에 증가하고 동계에는 감소하는 계절적 변화 양상을 보였으나, 조사연도별로 보았을 때 2020년 이후로는 현존량이 감소하여 2021년 10월 조사 시를 제외하면 50 ind./㎥ 미만을 유지하고 있어 유의미한 계절적

변화는 없는 것으로 판단된다.

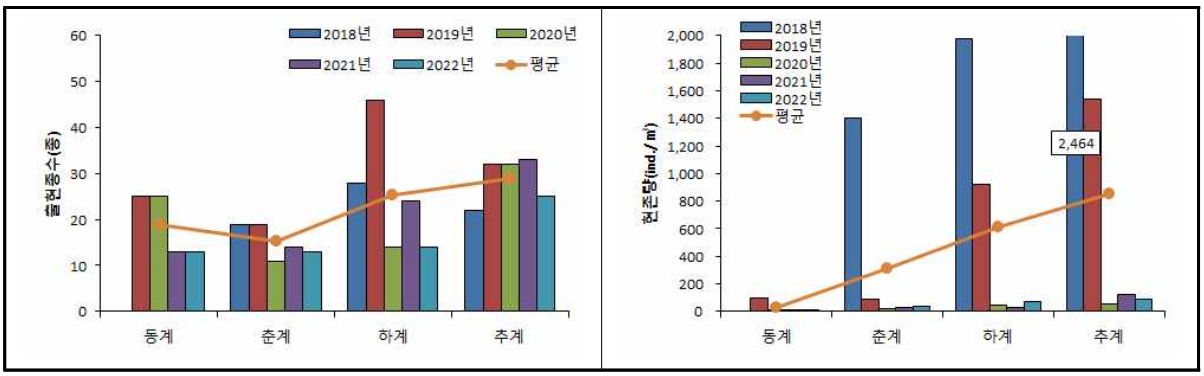


(그림 3.2.49) 우도(비양) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(5) 추자(횡간) 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 동물플랑크톤은 11~46종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 춘계에 가장 적고 추계에 가장 많이 나타나는 계절적 변화를 보였다.

현존량은 3~2,734 ind./㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 추계에 가장 많고 동계에 급격하게 감소하는 변화 양상을 보였으나, 조사연도별로 보았을 때, 2020년 이후로는 현존량이 감소하여 2021년 10월 조사 시를 제외하면 100 ind./㎥ 미만을 유지하고 있어 동물플랑크톤 군집에 작용하는 계절적 영향은 미미한 것으로 보인다.



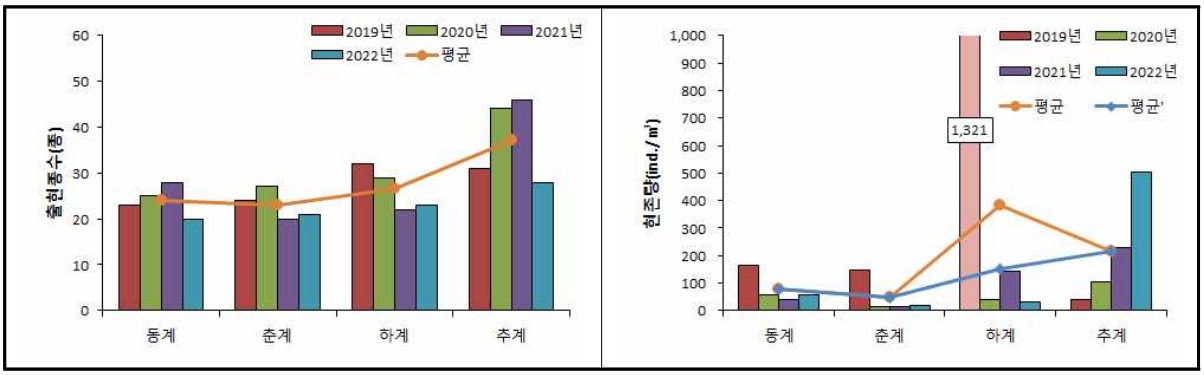
(그림 3.2.50) 추자(횡간) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(6) 일과리 지역

조사기간인 2019년 3월부터 2022년 10월까지 동물플랑크톤은 20~46종의 분포 범위를 보여 다른 지역들보다 높은 출현종수를 유지하고 있었으며, 다른 지역에 비해 조사연도별 차이도

비교적 작게 나타났다. 계절별 평균으로 보았을 때 춘계에 출현종수가 다소 떨어지는 다른 지역과는 다르게 전반적으로 동계 ~ 하계동안 일정한 출현종수가 출현하다가 추계에 증가하는 변화를 보였다.

현존량은 13~1,321 ind./㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 하계에 증가하고 추계 ~ 춘계동안 감소하는 양상을 보였으나, 대번식이 발생한 2019년 8월 조사 시 결과를 제외하였을 때 다른 지역과 유사하게 추계가 가장 많아지고, 춘계에 가장 적어지는 양상을 보였다.

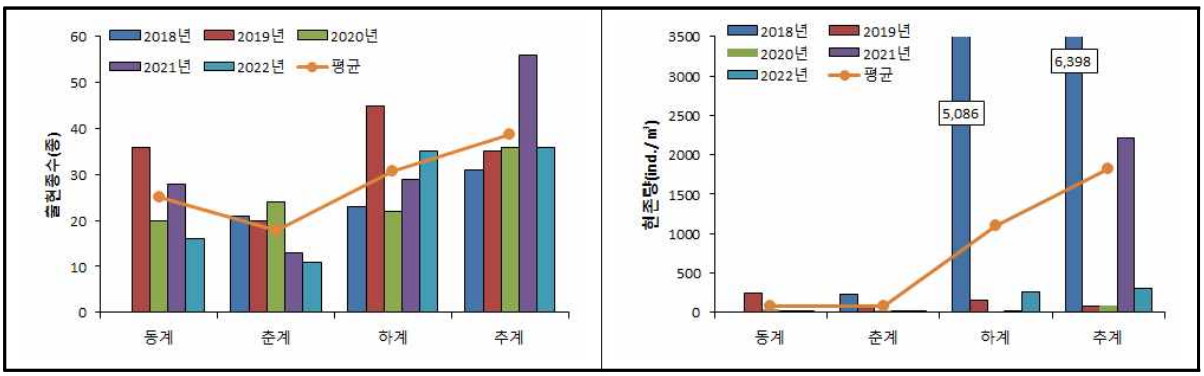


(그림 3.2.51) 일과리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(7) 사계(형제) 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 동물플랑크톤은 11~56종의 분포 범위를 보였는데, 전반적으로 춘계에 가장 적고 추계에 가장 많이 나타나는 계절적 변화를 보였으나, 2019년에는 추계에 감소하는 현상이 나타났고, 2020년에는 춘계에 증가하는 현상이 나타났다.

현존량은 4~6,398 ind./㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 춘계에 감소하고 추계에 증가하는 계절적 변화 양상을 보였다. 그러나 2018년도 하계와 추계, 2021년 추계의 결과를 제외할 경우 계절에 상관없이 연중 240 ind./㎥ 이하의 현존량을 유지하는 것으로 나타났다.

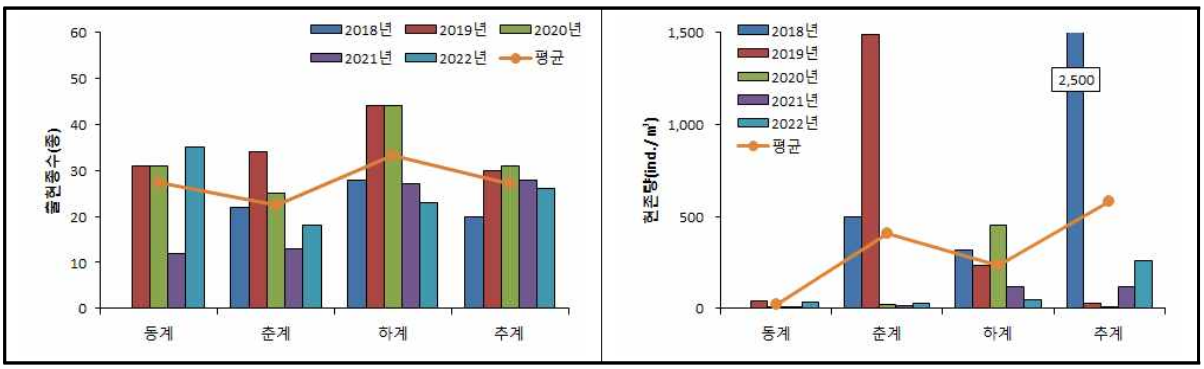


(그림 3.2.52) 사계(형제) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(8) 표선리 지역

조사기간인 2018년 5월부터 2022년 10월까지 동물플랑크톤은 12~44종의 분포 범위를 보였는데, 다른 지역과는 달리 전반적으로 춘계와 추계에 감소하고 동계와 하계에는 증가하는 특징를 보였다.

현존량은 1~2,500 ind./㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 출현종수와 반대로 춘계와 추계에 증가하고, 동계와 하계에 감소하는 계절적 변화 양상을 보였으며, 이는 춘계에 현존량의 감소가 나타나는 다른 지역과도 차이를 보였다.

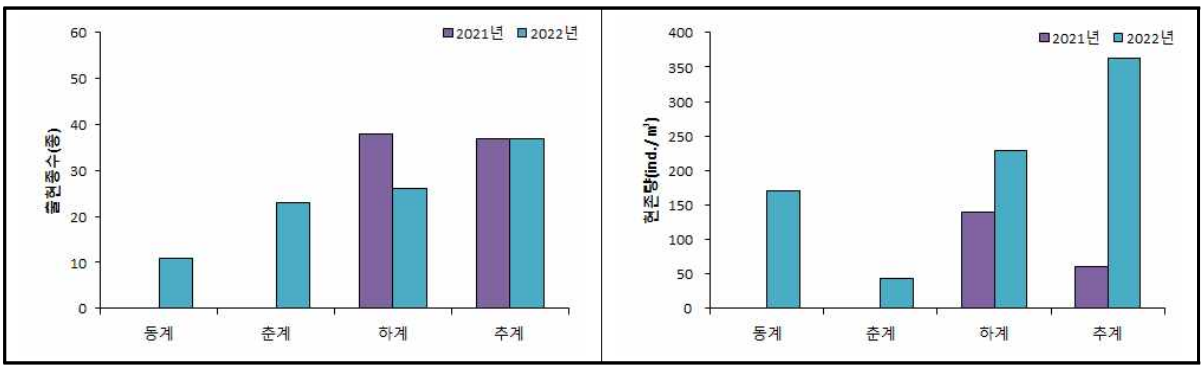


(그림 3.2.53) 표선리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(9) 곽지리 지역

조사기간인 2021년 8월부터 2022년 7월까지 동물플랑크톤은 11~38종의 분포 범위로, 추계에 가장 많고, 동계에 가장 적은 양상을 보였다.

현존량은 43~362 ind./㎥의 분포 범위였으며, 다른 지역과 유사하게 추계에 가장 많고 춘계에 가장 적어지는 양상으로 나타났다.



(그림 3.2.54) 곽지리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

2.3 어란 및 자치어

2.3.1 종조성

2021년 3월 조사 시 어란의 출현종수는 총 3목 6과 7종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 0~4종의 범위로 귀덕리와 사계(형제), 우도(비양), 일과리 지역에서 종수가 가장 많았고, 추자(횡간)와 평대리 지역에서는 출현하지 않았다.

자치어의 출현종수는 총 3목 3과 5종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 0~3종의 범위로 사계(형제)와 우도(비양) 지역에서 종수가 가장 많았고, 일과리 지역에서는 출현하지 않았다.

2021년 5월에 조사 시 어란의 출현종수는 총 3목 3과 5종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 1~4종의 범위로 일과리 지역에서 종수가 가장 많았고, 평대리 지역에서는 출현하지 않았다.

자치어의 출현종수는 총 1목 1과 1종이었고. 조사 정점별 출현종수는 0~1종의 범위로 조천리 지역에서만 출현하였다.

2021년 8월에 조사 시 어란의 출현종수는 총 1목 1과 2종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 1~2종의 범위로 표선리 지역에서 1종이 출현하였고, 그 외의 정점에서는 2종씩이 출현하였다.

자치어의 출현종수는 총 1목 1과 2종(미동정종 포함)이었고. 조사 정점별 출현종수는 1~2종의 범위로 일과리, 조친리, 추자() 지역에서 2종씩 출현하였고, 그 외의 정점에서는 1종씩 출현하였다.

2021년 11월 조사 시 어란의 출현종수는 총 1목 1과 2종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 0~2종의 범위로 조천리 지역과 표선리 지역에서 2종이 출현하였고, 사계(형제), 우도(비양), 일과리 지역에서는 출현하지 않았다.

자치어의 출현종수는 총 1목 1과 2종이었고. 조사 정점별 출현종수는 0~1종의 범위로 귀덕리, 추자(횡간) 지역에서 1종씩 출현하였고, 그 외의 정점에서는 출현하지 않았다.

2022년 2월 조사 시 어란의 출현종수는 총 1목 1과 2종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 0~2종의 범위로 추자(횡간) 지역과 곽지리 지역에서 2종이 출현하였다.

자치어의 출현종수는 총 1목 2과 4종(미동정종 포함)이었고. 조사 정점별 출현종수는

0~2종의 범위로 조천리 지역에서 2종 출현하였고, 귀덕리 지역에서는 출현하지 않았다.

2022년 5월 조사 시 어란의 출현종수는 총 4목 4과 5종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 1~3종의 범위로 조천리 지역과 추자(횡간) 지역과 곽지리 지역에서 가장 적게 출현하였고, 평대리 지역에서 가장 많은 종이 출현하였다.

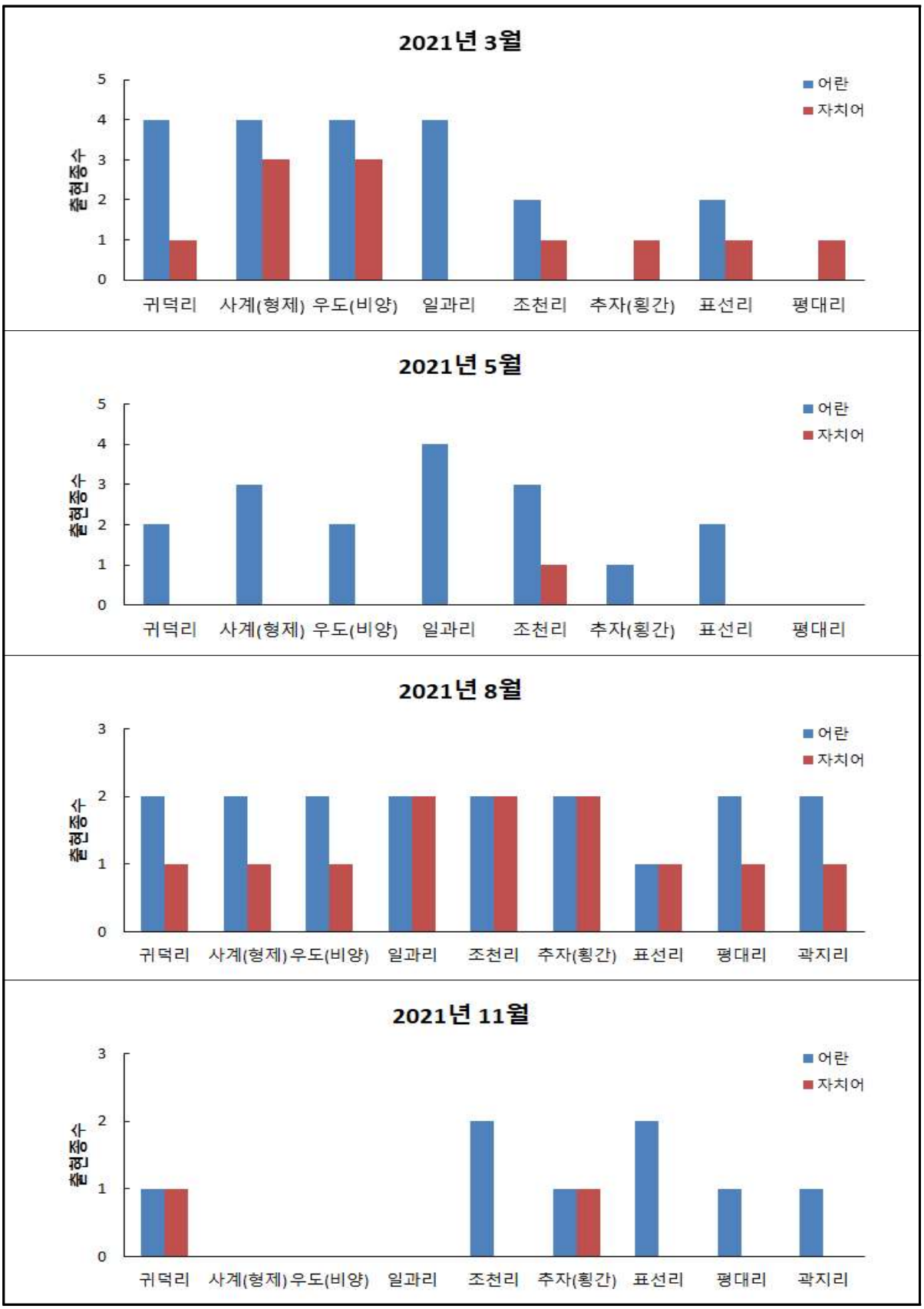
자치어의 출현종수는 총 3목 3과 3종이었고. 조사 정점별 출현종수는 0~1종의 범위로 사계(형제) 지역과 우도(비양) 지역, 곽지리 지역에서 1종씩 출현하였고, 나머지 지역에서는 출현하지 않았다.

2022년 7월 조사 시 어란의 출현종수는 총 4목 6과 8종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 1~6종의 범위로 우도(비양) 지역과 평대리 지역에서 가장 적게 출현하였고, 곽지리 지역에서 가장 많은 종이 출현하였다.

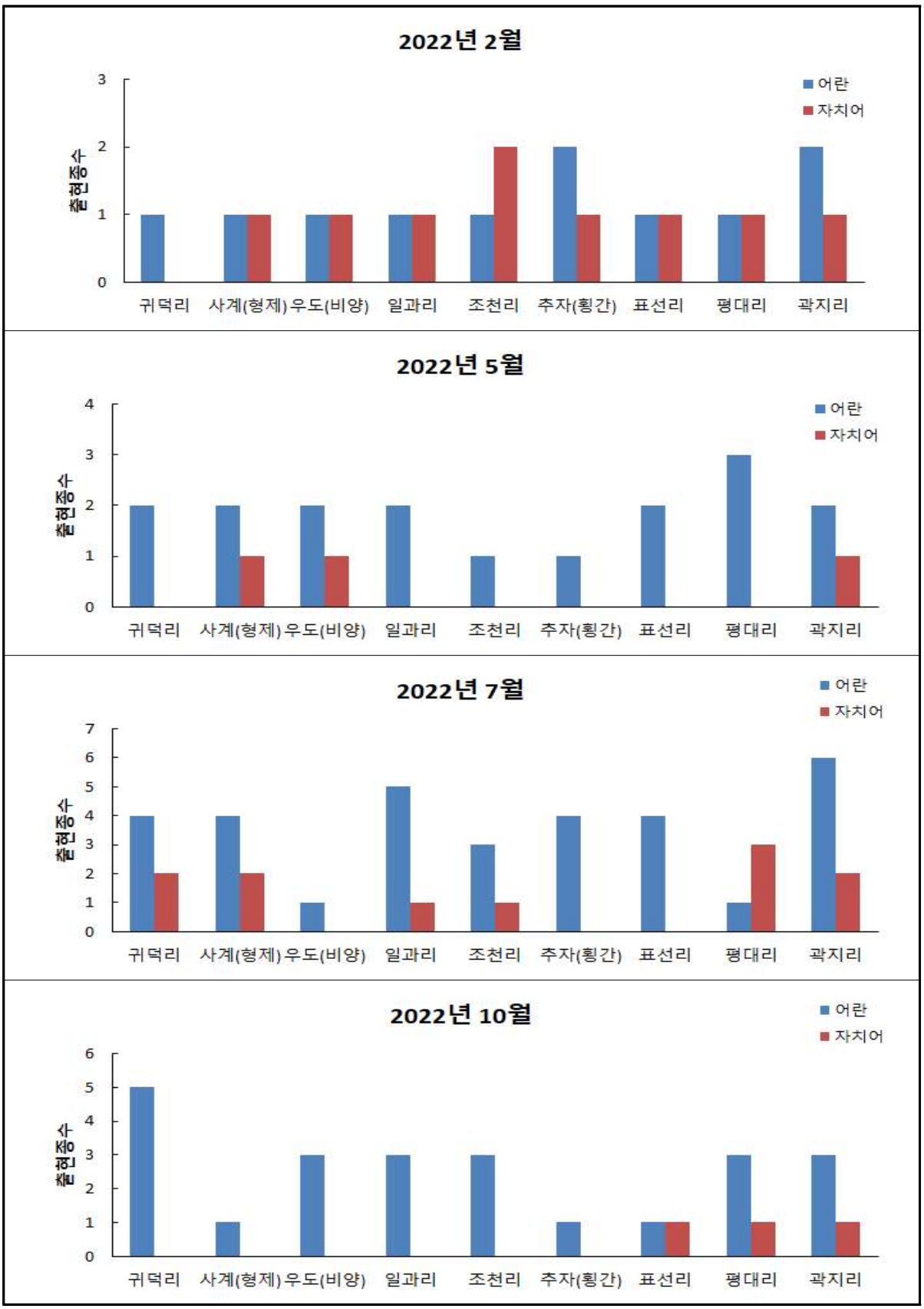
자치어의 출현종수는 총 3목 7과 8종(미동정종 포함)이었고. 조사 정점별 출현종수는 0~3종의 범위로 평대리 지역에서 가장 많은 종이 출현하였고, 우도(비양)과 추차(횡간),표선리 지역에서는 출현하지 않았다.

2022년 10월 조사 시 어란의 출현종수는 총 3목 6과 7종(미동정종 포함)이었고, 조사 정점별 출현종수는 1~5종의 범위로 사계(형제) 지역과 추자(횡간), 표선리 지역에서 가장 적게 출현하였고, 귀덕리 지역에서 가장 많은 종이 출현하였다.

자치어의 출현종수는 총 2목 2과 2종이었고. 조사 정점별 출현종수는 0~1종의 범위로 곽지리 지역과 평대리, 표선리 지역에서만 각 1종씩이 출현하였고, 나머지 지역에서는 출현하지 않았다.



(그림 3.2.55) 2021년 조사지점에 따른 어란 및 자치어의 출현종수



(그림 3.2.56) 2022년 조사지점에 따른 어란 및 자치어의 출현종수

2.3.2 현존량

2021년 2월에 조사 시 어란의 현존량은 평균 3,184ind./1,000㎥로 나타났다. 정점별로는 0~21,917 ind./1,000㎥의 범위로 일과리 지역에서 가장 높게 나타났고, 추자(횡간)와 평대리 지역에서는 출현하지 않았다. 자치어의 현존량은 평균 63 ind./1,000㎥로 나타났으며, 정점별로는 0~249 ind./1,000㎥의 범위로 사계(형제) 지역에서 가장 높게 나타났고, 일과리 지역에서는 출현하지 않았다.

2021년 5월에 조사 시 어란의 현존량은 평균 2,692ind./1,000㎥로 나타났다. 정점별로는 0~10,589 ind./1,000㎥의 범위로 귀덕리 지역에서 가장 높게 나타났고, 평대에서는 출현하지 않았다. 자치어의 현존량은 평균 104 ind./1,000㎥로 나타났으며, 조천리 지역에서만 출현하였다.

2021년 8월에 조사 시 어란의 현존량은 평균 88,489 ind./1,000㎥로 나타났다. 정점별로는 2,396~146,666 ind./1,000㎥의 범위로 곽지리 지역에서 가장 많이 나타났고, 귀덕리 지역에서 가장 적게 출현하였다. 자치어의 현존량은 평균 6,978 ind./1,000㎥로 나타났으며, 평대리 지역에서 가장 많이 출현하였고, 사계(형제)와 우도(비양) 지역에서 가장 적게 출현하였다.

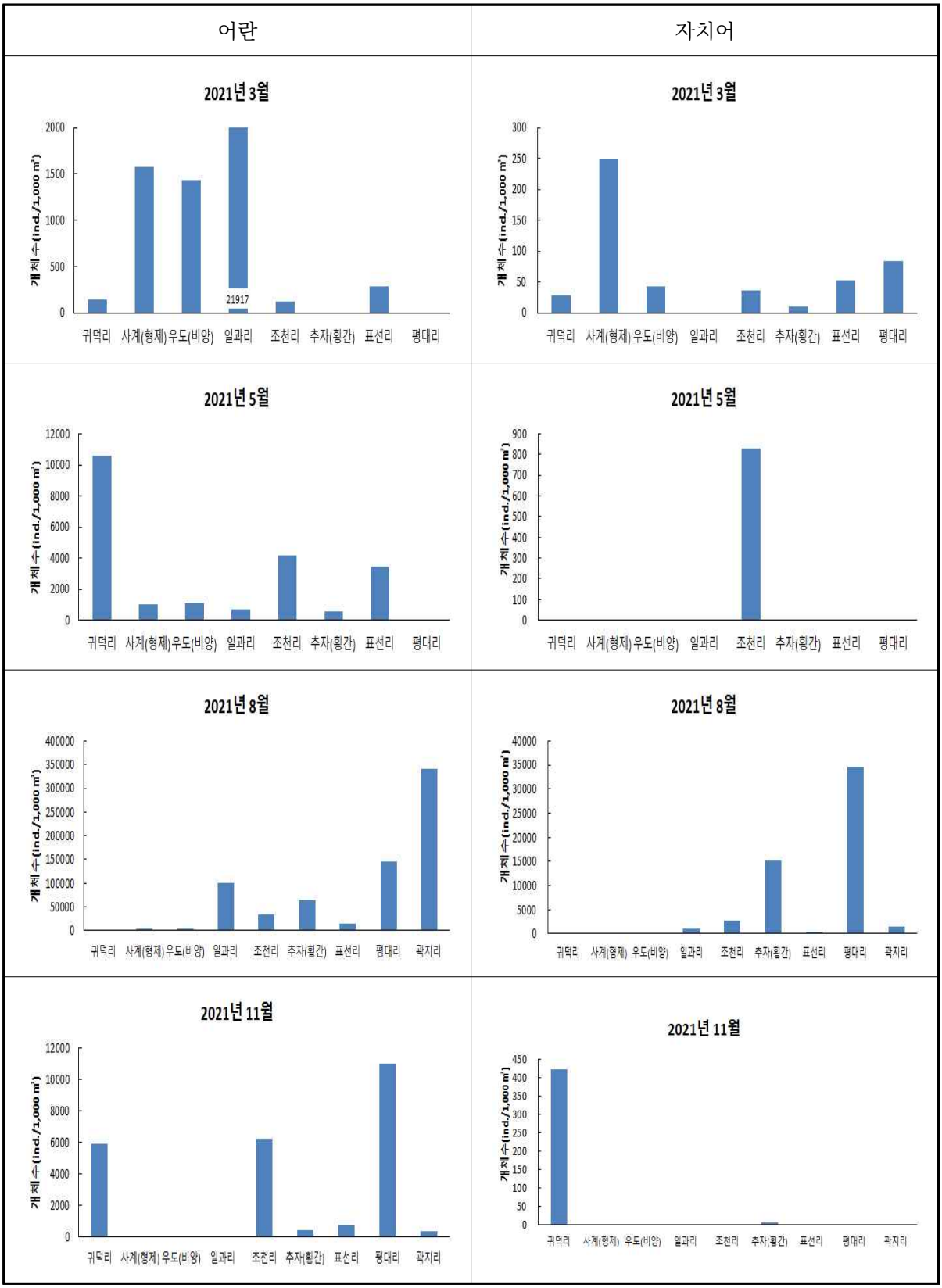
2021년 11월에 조사시 어란의 현존량은 평균 3,083 ind./1,000㎥로 나타났다. 정점별로는 0~10,974 ind./1,000㎥의 범위로 평대리 지역에서 가장 많이 나타났고, 사계(형제), 우도(비양), 일과리 지역에서 출현하지 않았다. 자치어의 현존량은 평균 54 ind./1,000㎥로 나타났으며, 귀덕리 지역에서 가장 많이 출현하였고, 귀덕리와 추자(횡간) 지역을 제외한 다른 지역에서는 출현하지 않았다.

2022년 2월에 조사 시 어란의 현존량은 평균 707 ind./1,000㎥로 나타났다. 정점별로는 68~2,177 ind./1,000㎥의 범위로 일과리 지역에서 가장 많이 나타났고, 추자(횡간) 지역에서 가장 적게 출현하였다. 자치어의 현존량은 평균 283 ind./1,000㎥로 나타났으며, 일과리 지역에서 가장 많이 출현하였고, 귀덕리 지역에서는 출현하지 않았다.

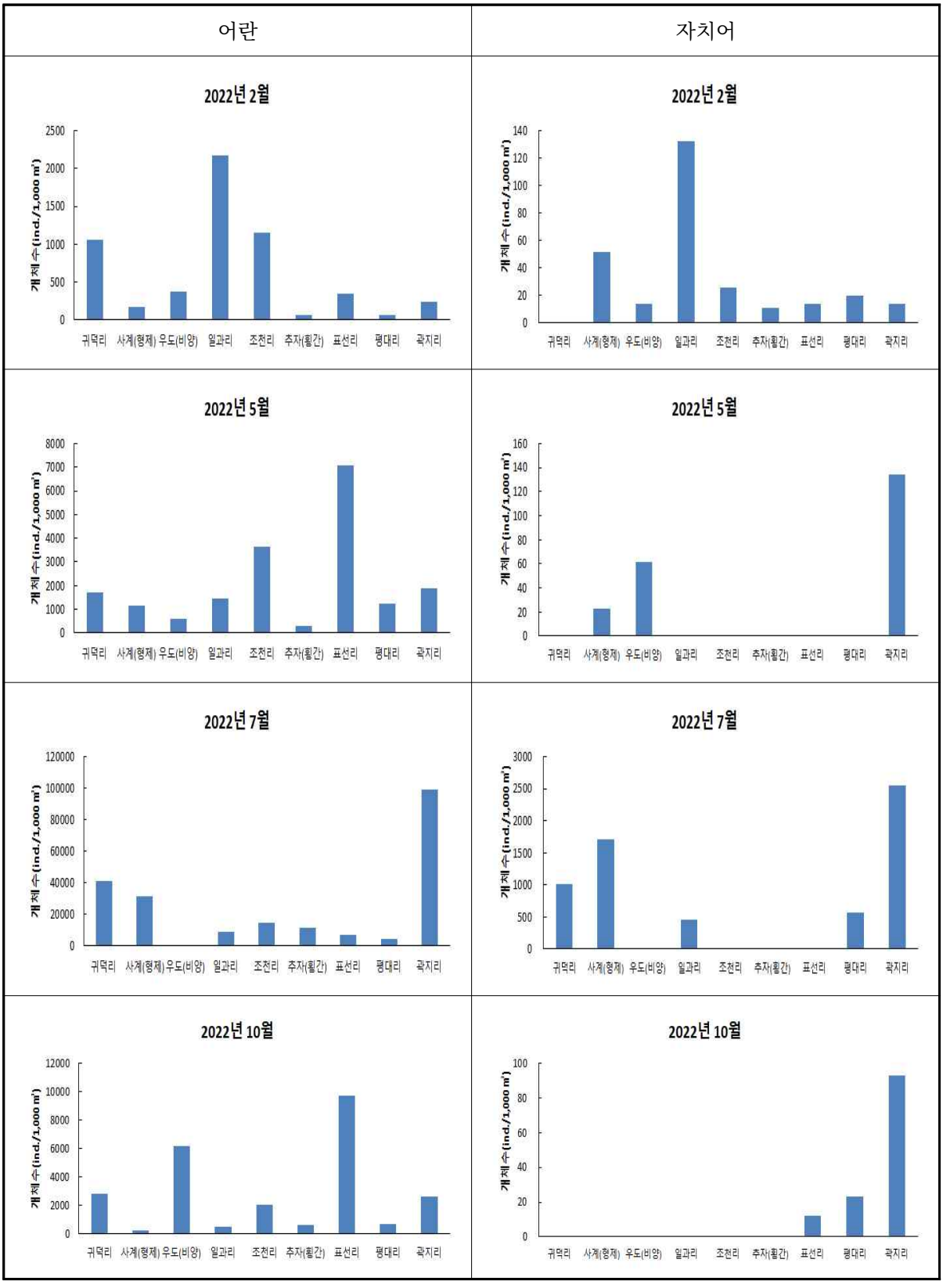
2022년 5월에 조사 시 어란의 현존량은 평균 2,375 ind./1,000㎥로 나타났다. 정점별로는 275~7,094 ind./1,000㎥의 범위로 표선리 지역에서 가장 많이 나타났고, 추자(횡간) 지역에서 가장 적게 출현하였다. 자치어의 현존량은 평균 27 ind./1,000㎥로 나타났으며, 곽지리 지역에서 가장 많이 출현하였고, 귀덕리 외 5개 지역에서는 출현하지 않았다.

2022년 7월에 조사 시 어란의 현존량은 평균 24,374 ind./1,000㎥로 나타났다. 정점별로는 180~41,403 ind./1,000㎥의 범위로 귀덕리 지역에서 가장 많이 나타났고, 우도(비양) 지역에서 가장 적게 출현하였다. 자치어의 현존량은 평균 701 ind./1,000㎥로 나타났으며, 곽지리 지역에서 가장 많이 출현하였고, 우도(비양)와 추자(횡간), 표선리 지역에서는 출현하지 않았다.

2022년 10월에 조사 시 어란의 현존량은 평균 2,886 ind./1,000㎥로 나타났다. 정점별로는 263~9,708 ind./1,000㎥의 범위로 표선리 지역에서 가장 많이 나타났고, 사계(형제) 지역에서 가장 적게 출현하였다. 자치어의 현존량은 평균 14 ind./1,000㎥로 나타났으며, 곽지리 지역에서 가장 많이 출현하였고, 귀덕리 지역과 사계(형제), 우도(비양), 일과리, 조천리, 추자(횡간) 지역에서는 출현하지 않았다.



(그림 3.2.57) 조사지점에 따른 어란 및 자치어의 개체수(2021년)



(그림 3.2.58) 조사지점에 따른 어란 및 자치어의 개체수(2022년)

2.3.3 우점종

우점종은 전체 출현량에서 10% 점유한 종을 대상으로 선정하였다.

2021년 2월 조사 시 어란의 최우점종은 갈전갱이(*Kaiwarinus equula*)이었으며, 평균 2,499 ind./1,000㎥로 78.5%의 비율을 차지하였다. 다음으로 발생 초기 단계로 동정이 어려운 미동정종 어란이 평균 382 ind./1,000㎥(12.0%)로 차우점하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 9.5%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

자치어의 최우점종은 평균 41 ind./1,000㎥로 66.0%의 비율을 차지한 쏨뱅이(*Sebastiscus marmoratus*)가 차지하였다. 다음으로 쏨뱅이류(*Sebastiscus* sp.)가 평균 14 ind./1,000㎥(22.1%)로 차우점하였다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 11.9%를 차지하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2021년 5월 조사 시 어란의 최우점종은 발생 초기 단계로 동정이 어려운 미동정종 어란이었으며, 평균 1,175 ind./1,000㎥로 43.6%의 비율을 차지하였다. 다음으로 멸치(*Engraulis japonicus*)가 평균 1,101 ind./1,000㎥(40.9%)로 차우점하였고, 청보리멸(*Sillago japonica*)이 391 ind./1,000㎥(14.5%)로 그 뒤를 이었다. 이 외의 종들은 각 10.0% 미만의 비율을 나타내며 총 0.9%를 차지하여 상위 3개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

자치어에서는 멸치(*Engraulis japonicus*)가 유일 출현종으로 점유율 100.0%로 최우점하였다.

2021년 8월 조사 시 어란의 최우점종은 멸치(*Engraulis japonicus*)이었으며, 평균 46,626 ind./1,000㎥로 59.3%의 비율을 차지하였다. 다음으로 발생 초기 단계로 동정이 어려운 미동정종 어란이 평균 32,031 ind./1,000㎥(40.7%)로 차우점하여 상위 2개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

자치어에서는 멸치(*Engraulis japonicus*)가 평균 5,613 ind./1,000㎥로 90.5%의 비율을 차지하였다. 다음으로 난황자어 단계로 동정이 어려운 미동정종이 평균 590 ind./1,000㎥로 나타나 10.0% 미만의 비율을 나타내어(9.5%) 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2021년 11월 조사 시 어란의 최우점종은 발생 초기 단계로 동정이 어려운 미동정종 어란이었으며, 평균 2,646 ind./1,000㎥로 96.6%의 비율을 차지하였다. 다음으로 툼빌매퉁이(*Saurida wanieso*)가 평균 94 ind./1,000㎥로 나타나 10.0% 미만의 비율을 나타내어(3.4%) 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

자치어에서는 쏨뱅이(*Saurida wanieso*)가 평균 47 ind./1,000㎥로 98.4%의 비율을 차지하였다. 다음으로 볼락류(*Sebastes* sp.)이 평균 1 ind./1,000㎥로 나타나 10.0% 미만의 비율을 나타내어(1.6%) 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2022년 2월 조사 시 어란의 최우점종은 발생 초기 단계로 동정이 어려운 미동정종 어란이었으며, 평균 623 ind./1,000㎥로 99.2%의 비율을 차지하였다. 다음으로 멸치(*Engraulis japonicus*)가 평균 5 ind./1,000㎥로 나타나 10.0% 미만의 비율을 나타내어(0.8%) 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

자치어에서는 쏨뱅이(*Saurida wanieso*)가 평균 26 ind./1,000㎥로 83.4%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 10.0% 미만의 비율을 나타내어(16.6%) 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2022년 5월 조사 시 어란의 최우점종은 발생 초기 단계로 동정이 어려운 미동정종 어란이었으며, 평균 7,048 ind./1,000㎥로 94.5%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 10.0% 미만의 비율을 나타내어(5.5%) 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

자치어에서는 매퉁이류(*Saurida* sp.)가 평균 15 ind./1,000㎥로 61.2%의 비율을 차지하였다. 다음으로 방어(*Seriola quinqueradiata*)가 평균 7 ind./1,000㎥(28.3%)로 차우점하였고, 그 뒤를 누루시볼락(*Sebastes vulpes*)이 평균 3 ind./1,000㎥(10.5%)출현하여 상위 3개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2022년 7월 조사 시 어란의 최우점종은 발생 초기 단계로 동정이 어려운 미동정종 어란이었으며, 평균 9,163 ind./1,000㎥로 37.6%의 비율을 차지하였다. 다음으로 놀래기류 어란이 평균 8,480 ind./1,000㎥로 34.8%의 비율을 차지하였고, 멸치(*Engraulis japonicus*)도 평균 6,064 ind./1,000㎥(24.9%)로 우점종으로 나타났다. 이 외의 종들은 10.0% 미만의 비율을 나타내어(2.7%) 상위 3개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

자치어에서는 놀래기류(Unid. Labridae)가 평균 337 ind./1,000㎥로 48.1%의 비율을 차지하였다. 다음으로 난황자어 단계의 미동정종(Unidentified sp.)이 평균 116 ind./1,000㎥(16.5%)로 차우점하였고, 그 뒤를 멸치(*Engraulis japonicus*)가 평균 95 ind./1,000㎥(13.5%)출현하여 상위 3개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

2022년 10월 조사 시 어란의 최우점종은 발생 초기 단계로 동정이 어려운 미동정종 어란이었으며, 평균 2,677 ind./1,000㎥로 94.7%의 비율을 차지하였다. 이 외의 종들은 10.0%

미만의 비율을 나타내어(5.3%) 상위 1개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

자치어에서는 쏨뱅이(*Saurida wanieso*)가 평균 10 ind./1,000㎥로 72.7%의 비율을 차지하였다. 다음으로 푸렁통구멍(*Xenocephalus elongatus*)이 평균 4 ind./1,000㎥로 나타나 27.3%의 비율을 나타내어 상위 2개 우점종의 출현 비율이 높은 편이었다.

전 조사시기에 어란의 우점종으로 가장 많이 출현한 어란은 미동정종이었고, 다음으로 멸치가 8회 조사 중 3회 우점종으로 출현하였으며, 산란기에 해당하는 춘계와 하계에 출현하는 것으로 나타났다.

자치어에서는 쏨뱅이가 우점종으로 가장 많이 출현하였으며, 산란 시기에 해당하는 추계와 동계에 출하는 것으로 나타났다. 뒤이어 멸치 또한 어란에서와 마찬가지로 봄과 여름에 높은 빈도로 우점하는 것으로 조사되었다.

<표 3.2.18> 조사기간 동안 출현한 어란 군집의 우점종 및 계절별 우점 횟수

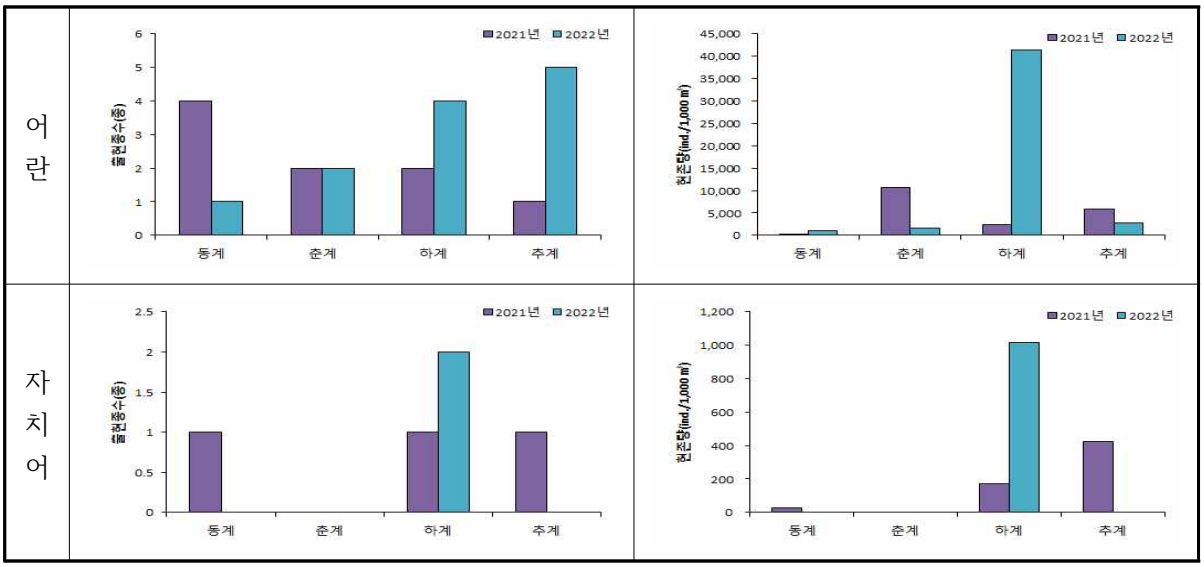
우점종			춘계	하계	추계	동계	합계
어란	**청어목**	멸치	1	2			3
	농어목	갈전갱이				1	1
		놀래기류		1			1
		청보리멸	1				1
	미동정	미동정어란	2	2	2	2	8
자치어	**홍메치목**	매퉁이류	1				1
	청어목	멸치	1	2			3
	농어목	놀래기류		1			1
		방어류	1				1
		푸렁통구멍			1		1
	쏨뱅이목	누루시볼락	1				1
		쏨류				1	1
		쏨뱅이			2	2	4
	미동정	난황자어		1			1

2.3.4 지역별 비교

(1) 귀덕리 지역

조사기간인 2021년 3월부터 2022년 10월까지 어란은 1~5종, 자치어는 0~2종의 분포 범위를 보였는데, 평균적으로 어란은 춘계에 가장 적고 다른 계절에는 일정한 출현종수로 출현하였으며, 자치어는 하계에 다양하게 출현하는 것으로 나타났다..

현존량은 어란은 139~41,403 ind./1,000㎥, 자치어는 0~1,014 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란, 자치어 모두 하계에 많은 출현량을 보였다.

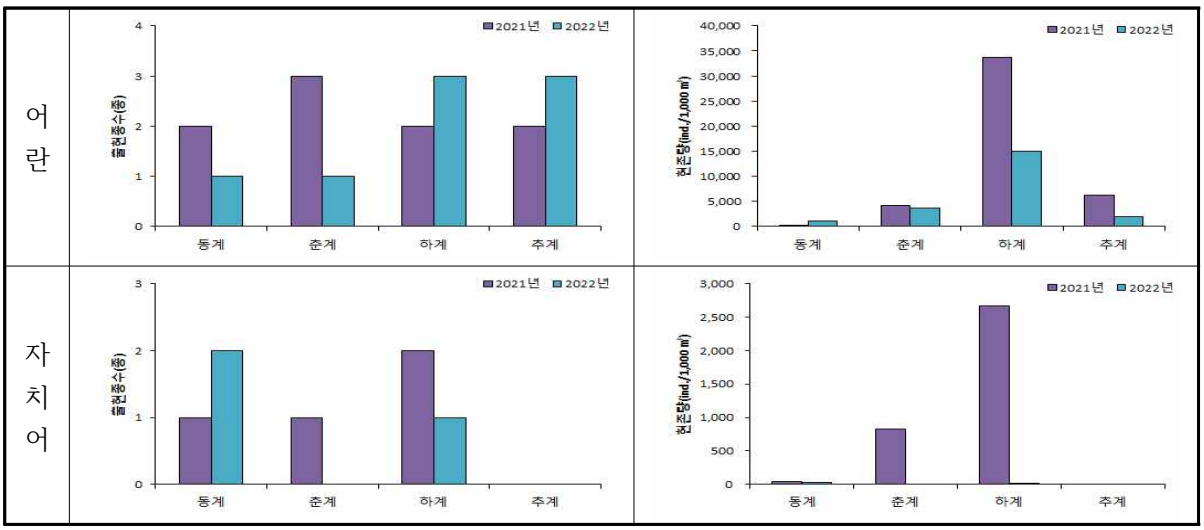


(그림 3.3.59) 귀덕리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(2) 조천리 지역

조사기간인 2021년 3월부터 2022년 10월까지 어란은 1~3종, 자치어는 0~2종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로 보았을 때 어란은 하계와 추계에, 자치어는 하계에 다양하게 출현하는 것으로 나타났으나, 조사연도별로 살펴볼 때, 2021년에 어란은 춘계에 가장 다양하게 출현하였다.

현존량은 어란은 119~33,678 ind./1,000㎥, 자치어는 0~2,675 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란, 자치어 모두 하계에 많은 출현량을 보였다.

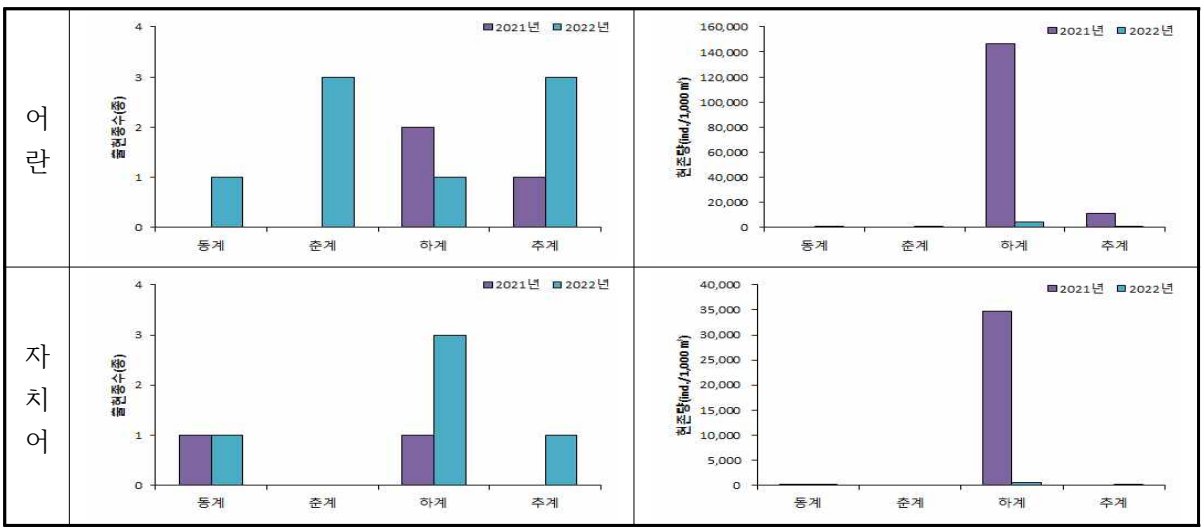


(그림 3.2.60) 조천리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(3) 평대리 지역

조사기간인 2021년 3월부터 2022년 10월까지 어란, 자치어 모두 0~3종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로 보았을 때 어란은 동계를 제외한 나머지 계절에 일정한 출현종수를 보이고, 자치어는 하계에 다양하게 출현하는 것으로 나타났으나, 조사연도별로 살펴볼 때, 2021년에 어란은 하계에 가장 다양하게 출현하였고 2022년에는 춘계와 추계에 가장 다양하게 출현하는 것으로 나타났다.

현존량은 어란은 0~146,666 ind./1,000㎥, 자치어는 0~34,667 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란, 자치어 모두 하계에 많은 출현량을 보였다.

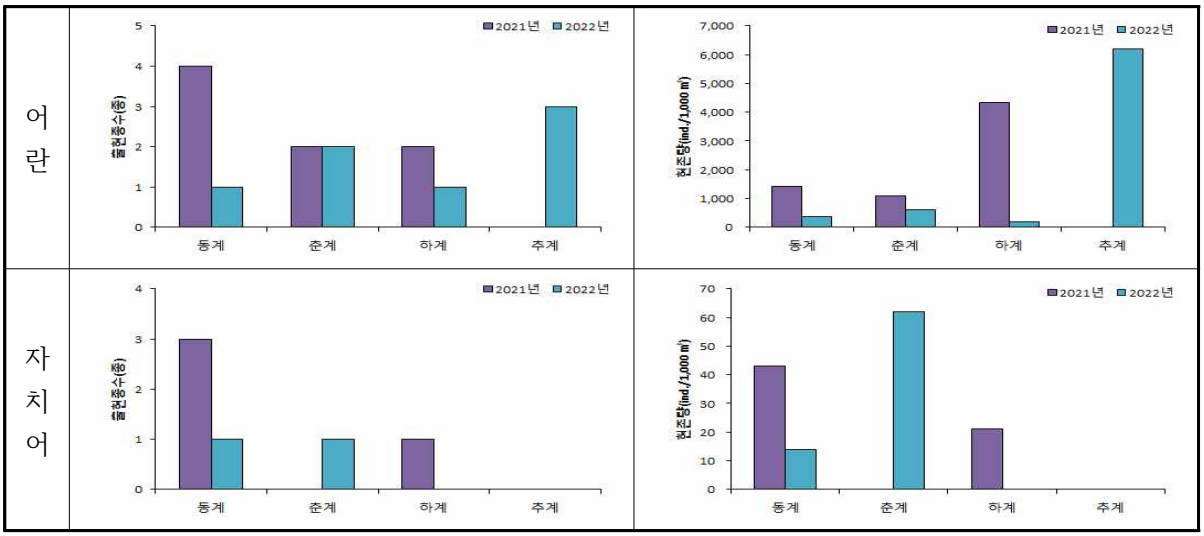


(그림 3.2.61) 평대리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(4) 우도(비양) 지역

조사기간인 2021년 3월부터 2022년 10월까지 어란, 자치어 모두 0~4종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로 보았을 때 다른 지역과 달리 어란, 자치어 모두 동계에 가장 다양히게 출현하는 것으로 나타났다.

현존량은 어란은 0~6,201 ind./1,000㎥, 자치어는 0~62 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란은 추계에, 자치어는 춘계에 많은 출현량을 보였다.

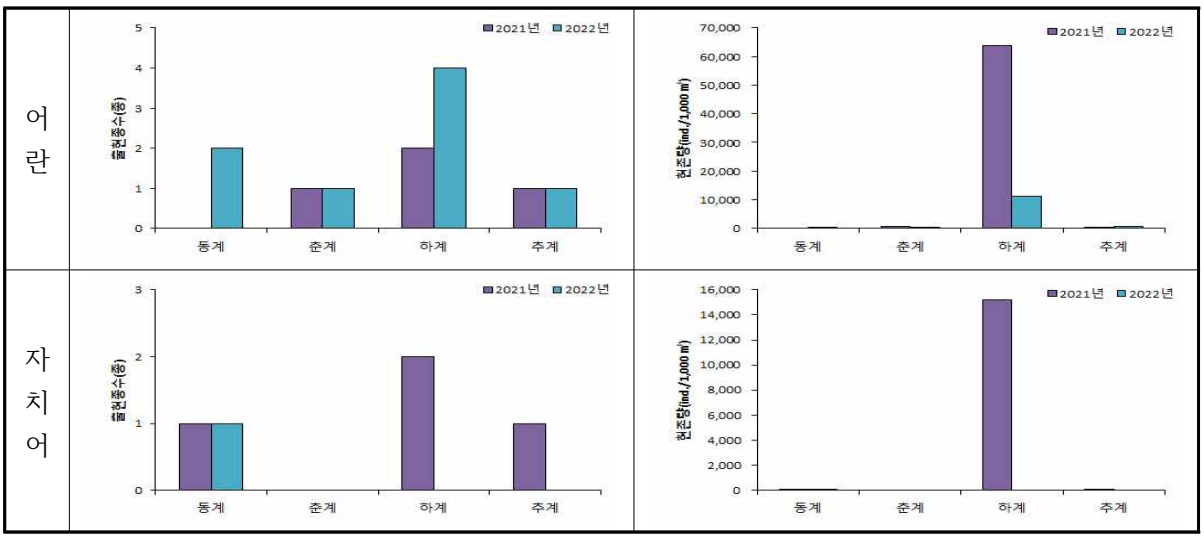


(그림 3.2.62) 우도(비양) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(5) 추자(횡간) 지역

조사기간인 2021년 3월부터 2022년 10월까지 어란은 0~4종, 자치어는 0~1종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로 보았을 때 어란은 하계에 가장 다양하게 출현하였고, 자치어는 춘계를 제외한 계절에는 일정한 출현종수를 보이는 것으로 나타났으나, 조사연도별로 살펴볼 때, 자치어의 출현이 2021년에 동계에만 출현하였고, 2022년에는 반대로 하계에 가장 다양하게 출현하는 것으로 나타났다.

현존량은 어란은 0~63,769 ind./1,000㎥, 자치어는 0~15,174 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란, 자치어 모두 하계에 많은 출현량을 보였다.

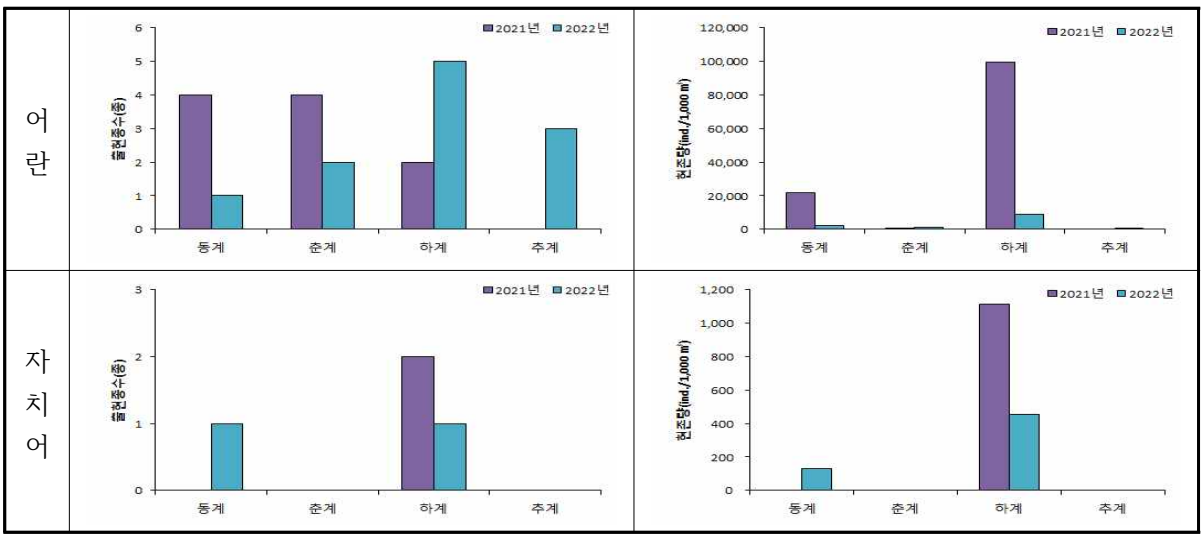


(그림 3.2.63) 추자(횡간) 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(6) 일과리 지역

조사기간인 2021년 3월부터 2022년 10월까지 어란은 0~5종, 자치어 0~2종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로 보았을 때 어란, 자치어 모두 하계에 다양하게 출현하는 것으로 나타났으나, 조사연도별로 살펴볼 때, 2021년에 어란은 동계와 춘계에 가장 다양하게 출현하였다.

현존량은 어란은 0~99,489 ind./1,000㎥, 자치어는 0~1,113 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란, 자치어 모두 하계에 많은 출현량을 보였다.

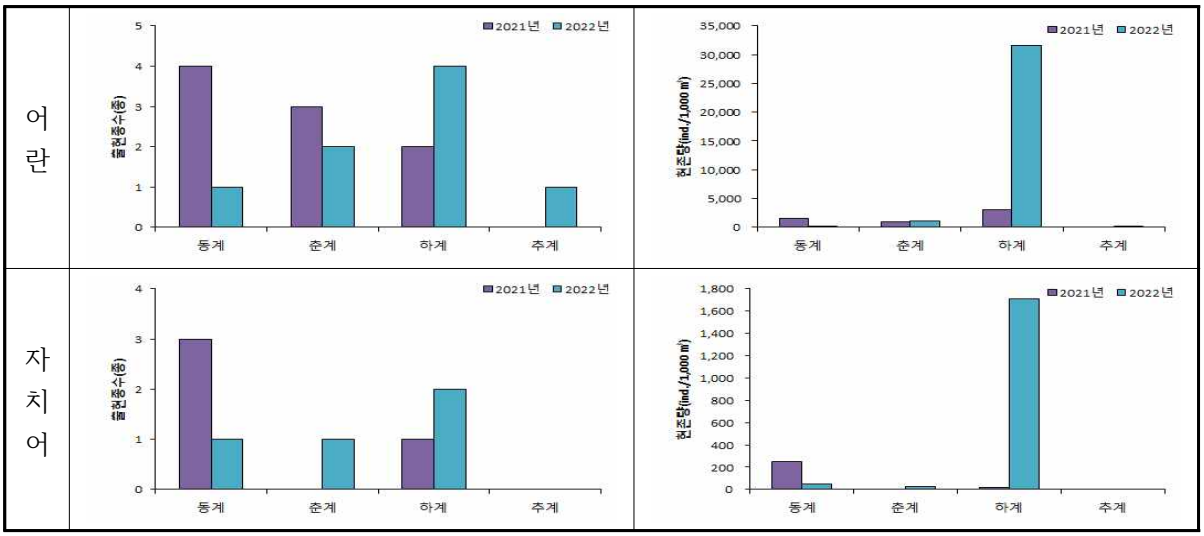


(그림 3.2.64) 일과리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(7) 사계(형제) 지역

조사기간인 2021년 3월부터 2022년 10월까지 어란은 0~4종, 자치어는 0~3종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로 보았을 때 어란은 추계를 제외한 나머지 계절에 일정한 출현종수를 보이고, 자치어는 동계와 하계에 다양하게 출현하는 것으로 나타났으나, 조사연도별로 살펴볼 때, 어란, 자치어 모두 2021년에는 동계에 가장 다양하게 출현하였고 2022년에는 반대로 하계에 가장 다양하게 출현하는 것으로 나타났다.

현존량은 어란은 0~31,595 ind./1,000㎥, 자치어는 0~1,708 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란, 자치어 모두 하계에 많은 출현량을 보였으나, 조사연도별로 살펴볼 때, 자치어는 2021년에는 동계에 가장 많이 출현하였고 2022년에 반대로 하계에 가장 많이 출현하는 것으로 나타났다.

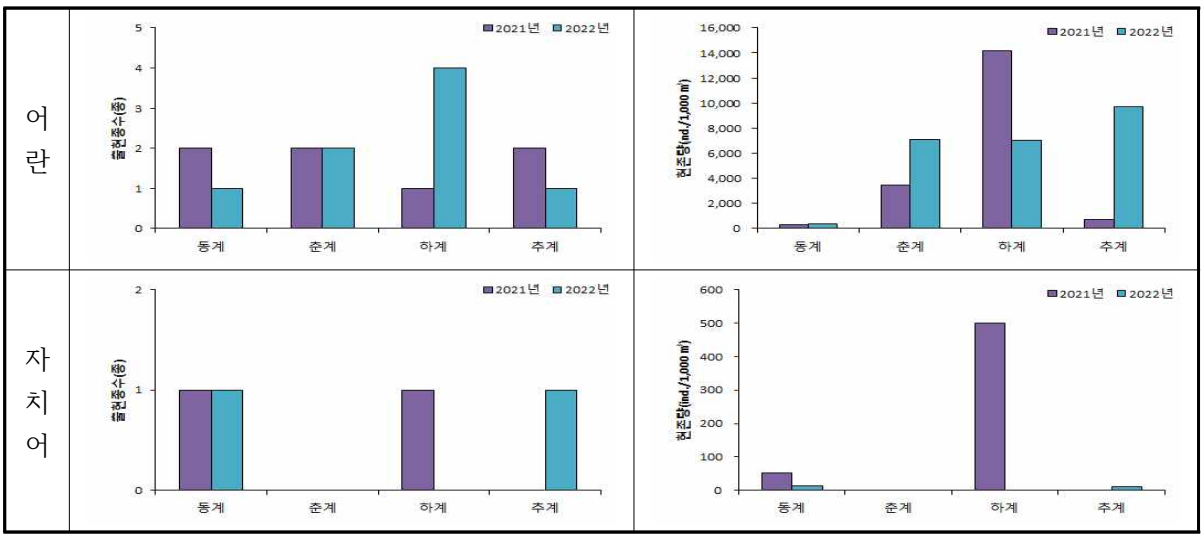


(그림 3.2.65) 사계리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(8) 표선리 지역

조사기간인 2021년 3월부터 2022년 10월까지 어란은 0~4종, 자치어는 0~1종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로 보았을 때 어란은 하계에 가장 다양하게 출현하고, 자치어는 춘계를 제외한 나머지 계절에 일정한 출현종수를 보는 것으로 나타났다.

현존량은 어란은 0~14,161 ind./1,000㎥, 자치어는 0~500 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란, 자치어 모두 하계에 많은 출현량을 보였으나, 조사연도별로 살펴볼 때, 어란은 2021년에는 추계에 가장 많이 출현한 것으로 나타났다.

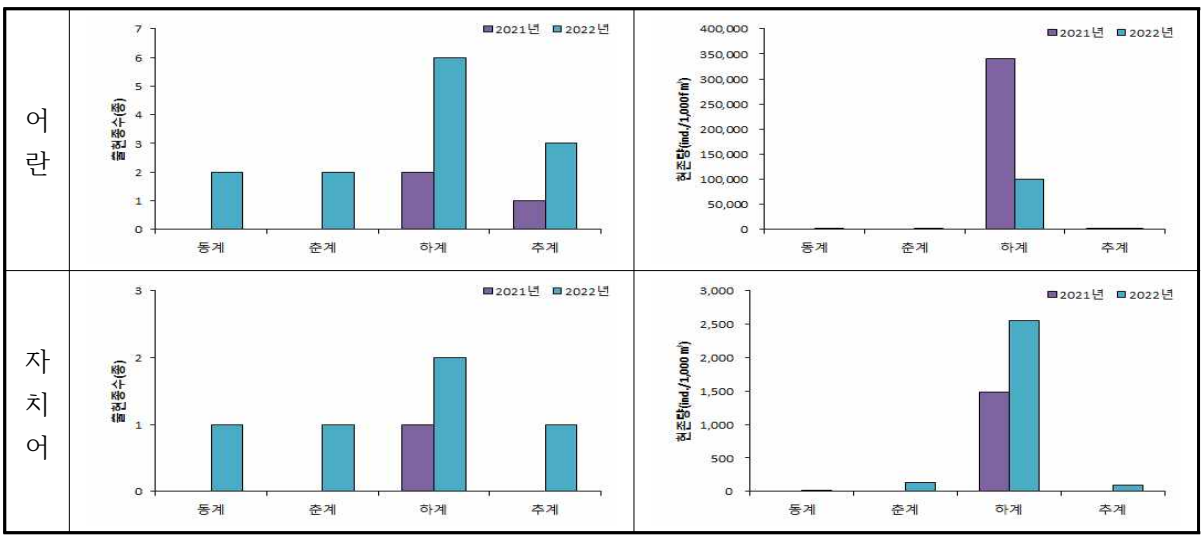


(그림 3.2.66) 표선리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

(9) 곽지리 지역

조사기간인 2021년 7월부터 2022년 10월까지 어란은 0~6종, 자치어는 0~2종의 분포 범위를 보였는데, 평균으로 보았을 때 어란, 자치어 모두 하계에 가장 다양하게 나타났다.

현존량은 어란은 245~340,399 ind./1,000㎥, 자치어는 0~2,548 ind./1,000㎥의 분포 범위였으며, 평균으로 봤을 때 어란, 자치어 모두 하계에 많은 출현량을 보였다.



(그림 3.2.67) 곽지리 지역에서 동물플랑크톤 군집의 계절별 출현종수 및 현존량의 변화

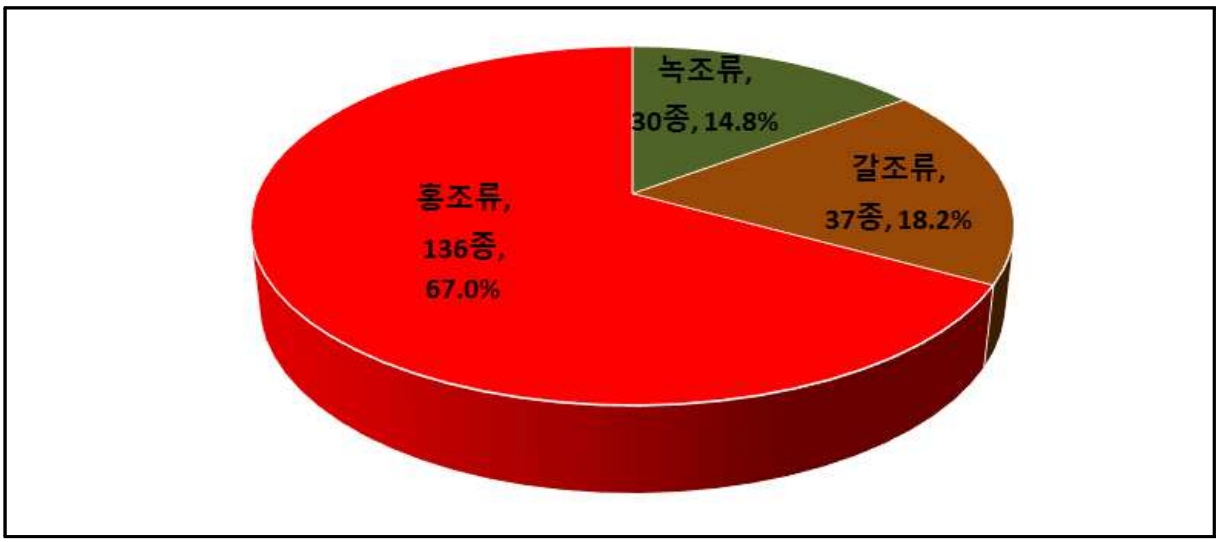
3. 저서생태 특성

3.1 해조류

3.1.1 종조성

(1) 전체 출현종수

본 조사에 출현한 해조류는 3개 분류군 총 203종이었으며, 분류군별로는 홍조류가 136종(67.0%)으로 가장 많은 종이 출현하였고, 녹조류 30종(14.8%), 갈조류 37종(18.2%)으로 나타났다.



(그림 3.3.1) 마을어장에 출현한 해조류의 분류군별 구성비

지역별 해조류 출현종수와 구성비는 귀덕리 지역에서 72종이 출현하였으며, 분류군별로는 녹조류 10종(13.9%), 갈조류 11종(15.3%)가 출현하였고, 홍조류가 51종(70.8%)으로 가장 많은 종이 출현하였다.

조천리 지역에서 75종이 출현하였으며, 분류군별로는 녹조류 8종(10.7%), 갈조류 10종(13.3%)가 출현하였고, 홍조류가 57종(76.0%)으로 가장 많은 종이 출현하였다. 평대리 지역에서 90종이 출현하였으며, 분류군별로는 녹조류 8종(8.8%), 갈조류 14종(15.6%)가 출현하였고, 홍조류가 68종(75.6%)으로 가장 많은 종이 출현하였다.

우도(비양) 지역에서 120종이 출현하여 조사지역중 가장 많은 종이 출현하였으며, 분류군별로는 녹조류 18종(15.0%), 갈조류 27종(22.5%)가 출현하였고, 홍조류가 75종(62.5%)으로 가장 많은 종이 출현하였다. 추자(횡간) 지역에서 89종이 출현하였으며,

분류군별로는 녹조류 8종(9.0%), 갈조류 19종(21.3%)가 출현하였고, 홍조류가 62종(69.7%)으로 가장 많은 종이 출현하였다. 일과리 지역에서 82종이 출현하였으며, 분류군별로는 녹조류 13종(15.9%), 갈조류 15종(18.3%)가 출현하였고, 홍조류가 54종(65.8%)으로 가장 많은 종이 출현하였다.

사계리 지역에서 96종이 출현하였으며, 분류군별로는 녹조류 10종(10.5%), 갈조류 25종(26.0%)가 출현하였고, 홍조류가 61종(63.5%)으로 가장 많은 종이 출현하였다. 표선리 지역에서 66종이 출현하였으며, 분류군별로는 녹조류 7종(10.6%), 갈조류 8종(12.1%)가 출현하였고, 홍조류가 51종(77.3%)으로 가장 많은 종이 출현하였다.

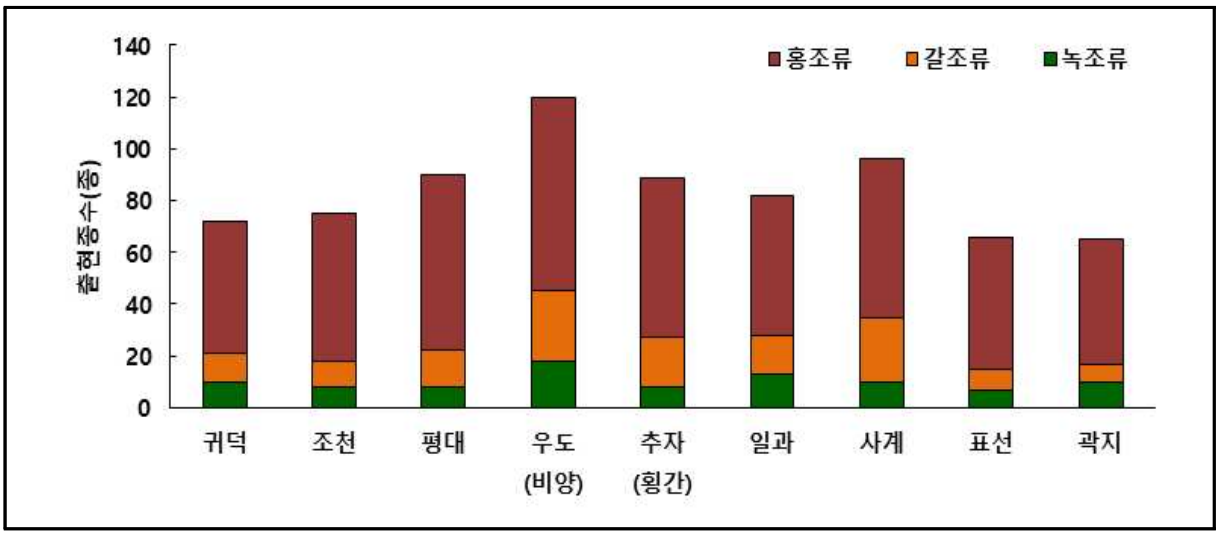
곽지리 지역에서 65종으로 조사지역 중 가장 적은 종이 출현하였고, 분류군별로 녹조류 10종(15.4%), 갈조류 7종(10.8%), 홍조류가 48종(73.8%)으로 가장 많은 종이 출현하였다.

모든 조사지역에서 홍조류가 차지하는 비중이 높은 특성을 나타냈으며, 특히 표선리 지역에서 홍조류의 비중이 77.3%로 조사지역 중 가장 높은 비중을 차지하였고, 우도(비양) 지역은 62.5%로 가장 낮은 비중을 보였다.

<표 3.3.1> 마을어장 조사지역에 출현한 해조류 군집의 분류군별 출현종수 및 구성비

분류군	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	전체	구성비 (%)
녹조류	10	8	8	18	8	13	10	7	10	30	14.8
갈조류	11	10	14	27	19	15	25	8	7	37	18.2
홍조류	51	57	68	75	62	54	61	51	48	136	67.0
합계	72	75	90	120	89	82	96	66	65	203	100.0

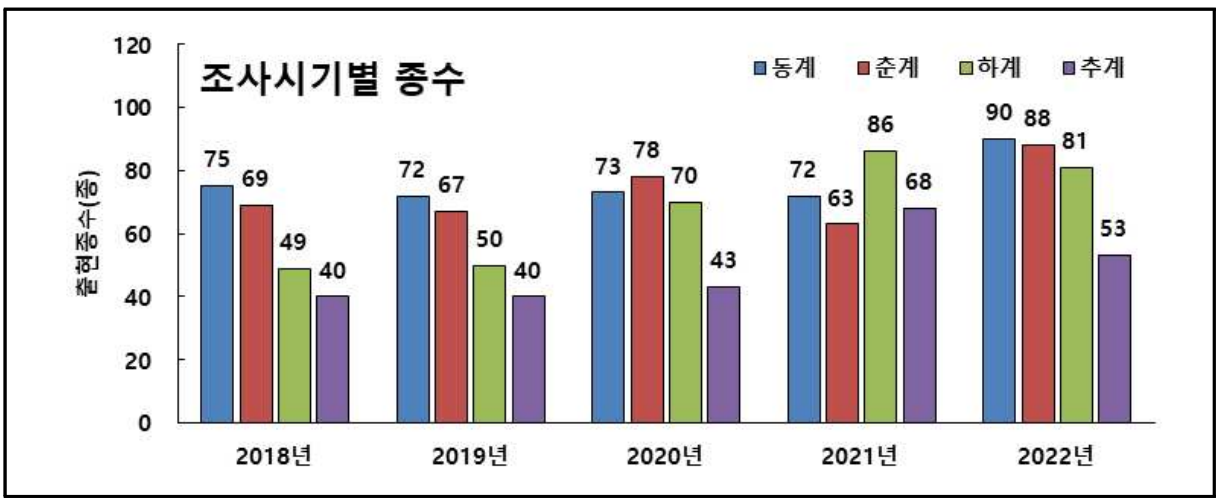
*조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사시행



(그림 3.3.2) 마을어장에 출현한 해조류의 지역별 출현종수

(2) 시기별 출현종수

조사시기(년도)의 종수는 2018년에 101종, 2019년에 100종, 2020년에 118종 그리고 2021년에 128종이었으며, 2022년에 134종으로 가장 많은 해조류가 출현하였다. 조사시기(년도)의 계절적 변화는 2021년, 2019년 2022년에는 동계에 각각 75종 72종, 90종으로 가장 많은 종이 출현하 이후 춘계, 하계, 추계로 갈수록 감소하는 경향을 보였으며, 2020년은 종수의 변화는 동계에서 추계로 갈수록 감소하는 경향은 유사하였다. 그러나 2021년에는 동계에서 72종으로 춘계에 63종으로 감소하여 나타났고, 다시 하계에 86종으로 증가한 이후 추계에 68종으로 감소하여 나타나 다른 조사시기(년도)와는 다른 해조류 출현 경향을 나타냈다.

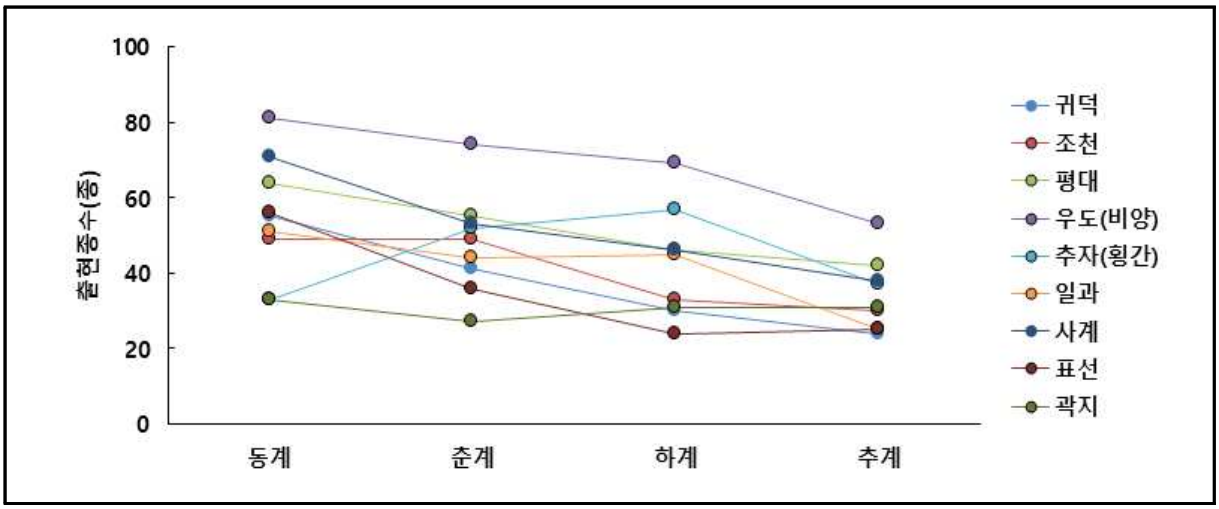


(그림 3.3.3) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기별 출현종수

<표 3.3.2> 조사시기(계절)에 따른 지역별 해조류 출현종수

시기	동계	춘계	하계	추계	합계
2018년	75	69	49	40	101
2019년	72	67	50	40	100
2020년	73	78	70	43	118
2021년	72	63	86	68	128
2022년	90	88	81	53	134

조사시기(계절)에 따라 해조류 출현종수는 동계에는 147종으로 가장 많은 해조류가 출현하였고, 시간이 지남에 따라 춘계에 132종, 하계에 127종 그리고 추계에는 101종으로 감소하는 전형적인 온대지역의 특징을 보였다. 지역별로 거의 대부분의 지역에서 동계에 가장 많이 출현하고 추계로 가면서 감소하는 경향을 나타냈으나, 추자(횡간) 지역은 동계와 추계에 33종과 37종으로 가장 적은 종이 출현하였고, 춘계와 하계에 각각 52종과 57종이 출현하여 다른 지역에 계절적 출현종수의 경향과 다른 분포 경향을 보였다.



(그림 3.3.4) 마을어장에 출현한 해조류의 계절별 출현종수

<표 3.3.3> 조사시기(계절)에 따른 지역별 해조류 출현종수

시기	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	전체
동계	55	49	64	81	33	51	71	56	33	147
춘계	41	49	55	74	52	44	53	36	27	132
하계	30	33	46	69	57	45	46	24	31	127
추계	24	30	42	53	37	25	38	25	31	101
전체	72	75	90	120	89	82	96	66	65	203

조사시기(년도)에 따라 2018년에 101종, 2019년에 101종, 2020년에 118종 그리고 2021년에 128종, 2022년에 134종으로 가장 많은 해조류가 출현하였다.

각 조사지역의 시기별 출현종수를 살펴보면 귀덕리 지역에서는 2018년 29종, 2019년 37종, 2020년 38종, 그리고 2021년에 42종, 2022년 41종으로 시기가 지남에 따라 해조류의 출현종수가 증가하여 나타났다. 조천리 지역은 2019년에 40종, 2020년에 41종, 2021년에 46종, 2022년 48종으로 종수가 증가하였다.

평대리 지역은 2018년에 33종, 2019년에 43종 그리고 2020년에 66종, 2021년에 57종, 2022년에 65종이 출현하였고, 조사지역은 출현종수의 증가가 가장 뚜렷하게 나타난 지역이였다.

우도(비양) 지역은 2018년 66종, 2019년 52종, 2020년 60종, 2021년 66종, 2022년 68종으로 평균 62종이 출현하여 시기적으로 유사한 종수 변화를 보였다.

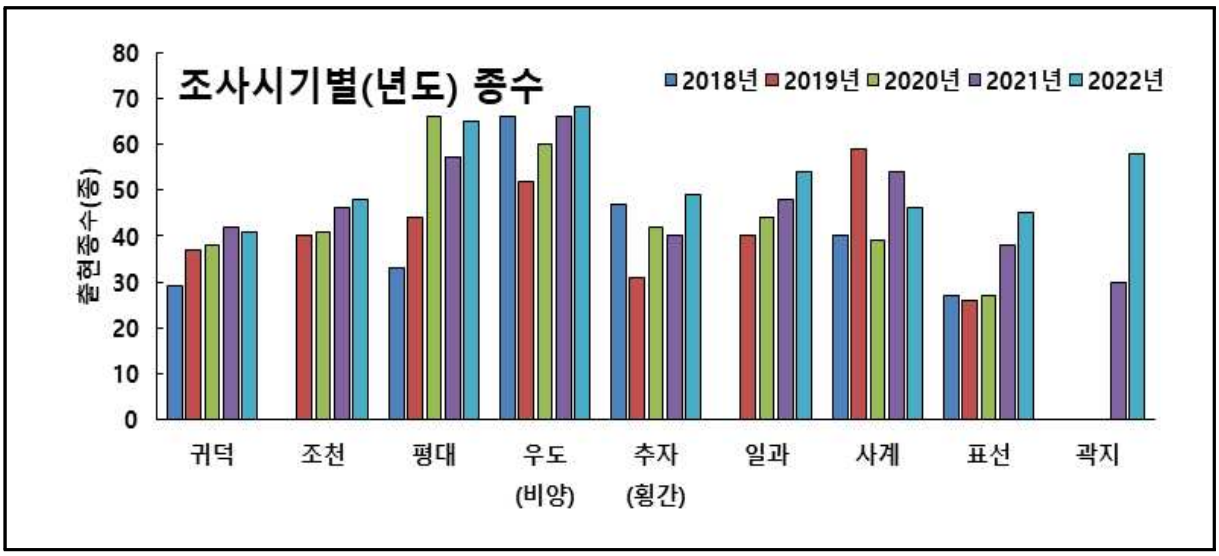
추자(횡간) 지역은 2018년에 47종, 2019년에 31종, 2020년에 42종, 2021년에 40종, 2022년에 49종으로 가장 많은 종이 출현하였다.

일과리 지역은 2019년에 40종, 2020년에 44종, 2021년에 48종, 2022년에 54종으로 조사시기에 따라 출현종수는 증가하였다.

사계리 지역은 2018년에 40종, 2019년에 59종으로 가장 많은 종이 출현하였으며, 2020년에 39종, 2021년에 54종, 2022년에 46종이 출현하였다.

표선리 지역은 2018년에 27종, 2019년에 26종, 2020년에 27종으로 유사한 종수를 분포를 나타냈고, 2021년에 38종이 출현하여 이전 조사시기에 비해 많은 종이 출현하였으며, 2022년에는 45종의 해조류가 출현하였다.

전체적으로 귀덕리, 조천리, 평대리, 일과리, 표선리 지역은 조사시기에 따라 출현종수가 증가하는 경향으로 나타났고, 우도(비양), 사계 지역은 시기에 따라 종수가 증감하는 경향을 보였으며, 추자(횡간) 지역은 2019년에 감소한 이후 2020년 이후 종수가 증가하였다.



(그림 3.3.5) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기(계절)별 출현종수

<표 3.3.4> 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 조사시기별 출현종수

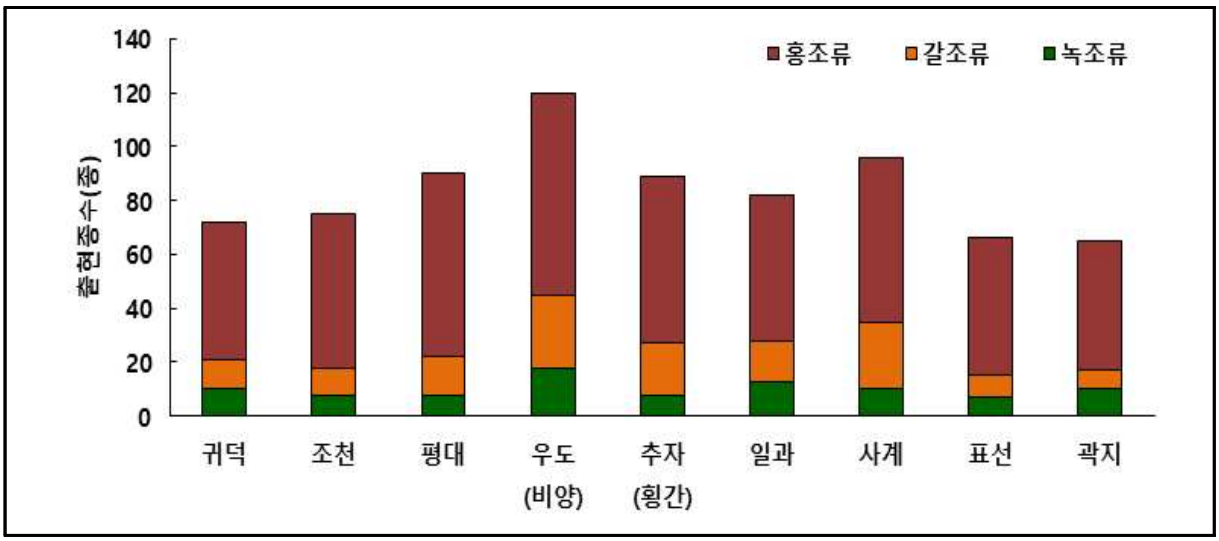
시기		귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	전체
2018년	동계	26	-	22	44	21	-	32	22	-	75
	춘계	18	-	24	43	32	-	20	20	-	69
	하계	12	-	19	33	26	-	14	17	-	49
	추계	11	-	18	23	17	-	19	14	-	40
	소계	29	-	33	66	47	-	40	27	-	101
2019년	동계	24	26	27	34	15	22	42	18	-	72
	춘계	17	22	22	33	21	18	34	14	-	67
	하계	18	14	19	27	16	19	21	10	-	50
	추계	13	16	21	18	13	15	21	17	-	40
	소계	37	40	43	52	30	40	59	26	-	100
2020년	동계	22	23	45	35	13	17	25	17	-	73
	춘계	25	29	39	35	23	27	26	18	-	78
	하계	14	20	24	34	27	22	24	15	-	70
	추계	11	12	20	31	18	14	15	13	-	43
	소계	38	41	66	60	42	44	39	27	-	118
2021년	동계	32	28	36	34	12	24	30	28	-	72
	춘계	23	24	30	34	12	26	29	20	-	63
	하계	18	21	31	45	29	24	35	15	23	86
	추계	18	19	29	33	23	19	22	16	20	68
	소계	42	46	57	66	40	48	54	38	30	128
2022년	동계	20	25	42	32	16	33	32	34	33	90
	춘계	32	38	42	35	25	30	28	21	27	88
	하계	21	22	25	39	29	29	27	20	26	81
	추계	13	15	22	32	23	16	17	17	23	53
	소계	20	25	42	32	16	33	32	34	33	90
전체	동계	55	49	64	81	33	51	71	56	33	147
	춘계	41	49	55	74	52	44	53	36	27	132
	하계	30	33	46	69	57	45	46	24	31	127
	추계	24	30	42	53	37	25	38	25	31	101
	소계	72	75	90	120	89	82	96	66	65	203

주) 조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사시행

(3) 지역별 출현종수

조사기간 동안 출현한 해조류의 출현종수는 지역별로 우도(비양) 지역에서 120종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 곽지리 지역에서 65종으로 가장 적은 종이 출현하였지만 곽지리 지역은 다른 조사지역에 비해 조사기간이 짧아 적은 종수가 출현한 것으로 판단되며, 동일한 조사기간을 수행한 지역 중 귀덕리가 72종으로 적은 종수를 보였다. 조천리와 일과리 지역은 2019년부터 조사가 이루어졌고, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사가 이루어졌으며, 조천리와 일과리 지역에서 출현한 해조류는 각각 75종, 82종, 곽지리 지역에서 65종이 출현하였다.

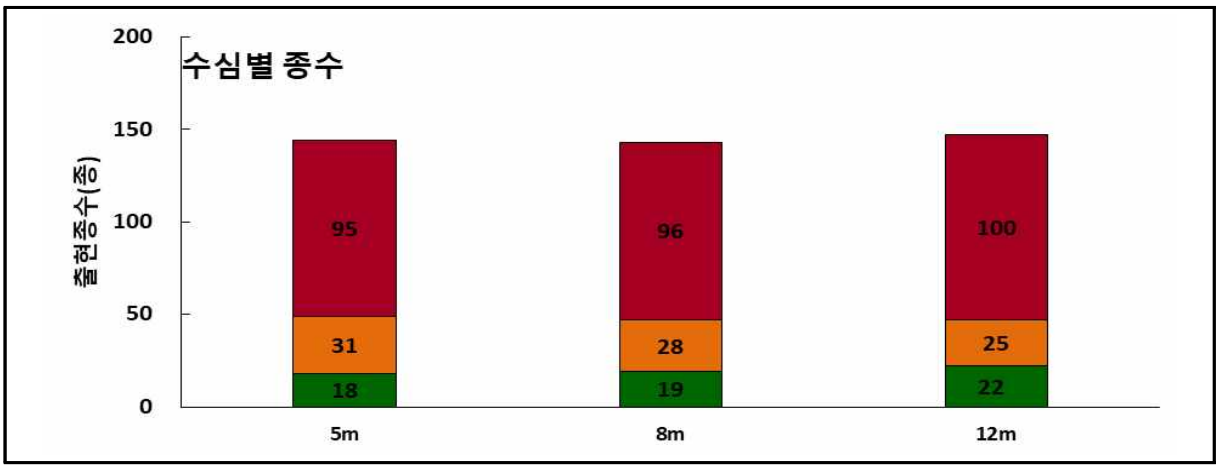
대부분의 지역에서 홍조류가 차지하는 구성비가 62.5~77.3%로 가장 많이 나타났으며, 녹조류는 8.9~15.9%, 갈조류는 10.8~26.0%의 구성비를 보였다.



(그림 3.3.6) 마을어장에 출현한 해조류의 지역별 출현종수

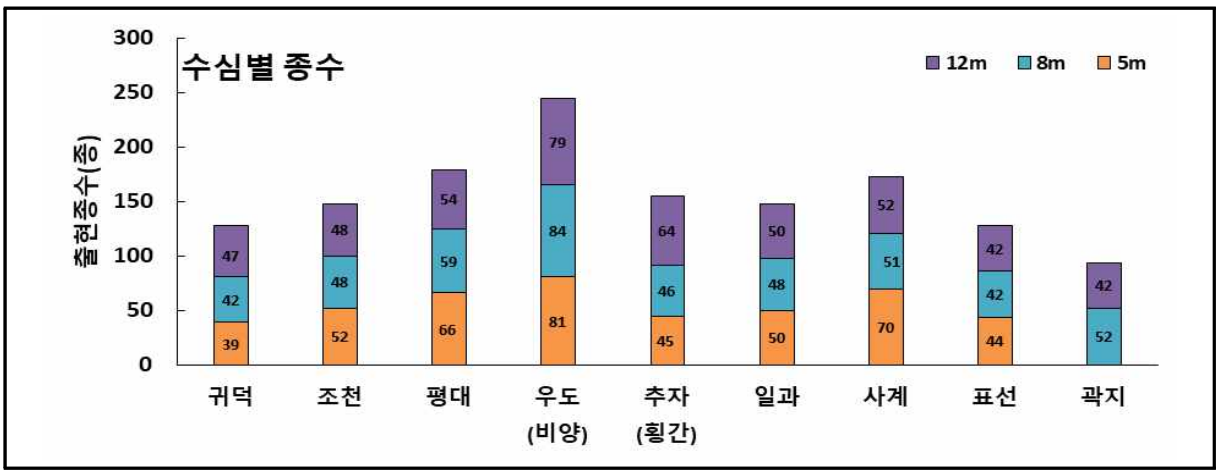
(4) 수심별 출현종수

수심에 따른 해조류 출현종수는 5m에서 144종, 8m에서 143종, 12m에서 147종으로 모든 수심에서 유사한 분포를 보였다.



(그림 3.3.7) 마을어장에 출현한 해조류의 수심별 출현종수

수심별 해조류 출현종수는 대부분의 지역에서 수심에 관계없이 유사한 출현종수를 나타냈으나, 해조류 출현종수가 가장 많았던 우도(비양)에서는 수심 8m에서 84종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 5m에서 81종 그리고 12m에서 79종이 출현하였다. 추자(횡간) 지역에서 수심별 출현종수의 차이가 크게 나타나면서 수심 12m에서 가장 많은 64종이 출현하였고, 5m와 8m에서 각각 45종, 46종이 출현하였다. 이같은 수심별 해조류 출현종수의 차이는 우도(비양)이나 추자(횡간)을 제외하고는 홍조식물의 출현종수가 많았기 때문에 나타난 현상으로 판단된다.



(그림 3.3.8) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 출현종수

모든 수심권에서 추자(횡간) 지역에서 가장 많은 해조류가 출현하는 것으로 조사되었으며, 귀덕리 지역 수심 5m, 8m와 표선리와 곽지리 지역 수심 12m에서 가장 적은 종이 출현하는 것으로 나타났다.

각 지역별의 수심에 따른 해조류의 출현종수는 귀덕리 지역은 수심 12m에서 47종으로 가장 많고 수심 5m에서 39종으로 가장 적었으며 수심 8m에서 42종으로 수심이 깊어짐에 따라 증가하는 경향을 보였다.

조천리 지역은 수심 5m에서 52종으로 가장 많았고, 수심 8m와 12m에서 각각 48종으로 수심에 따라 유사한 종수를 보였다.

평대리 지역은 수심 5m에서 가장 많은 66종이 출현하였고, 수심 8m에서 59종, 수심 12m에서 54종으로 가장 적은 종이 출현하여 수심이 깊어 짐에 따라 감소하는 경향을 보였다.

우도(비양) 지역은 수심 8m에서 84종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 수심 5m에서 81종이 출현하였으며 수심 12m에서는 79종이 출현하였다.

추자(횡간) 지역은 수심 12m에서 64종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 수심 5m와 12m에서 각각 45종, 46종이 출현하여 수심별 차이가 크게 나타났다.

일과리 지역은 수심 5m와 12m에서 각각 50종, 8m에서 48종으로 유사한 종수 분포를 보였다.

사계리 지역은 수심 5m에서 70종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 수심 8m에서 51종으로 가장 적은 종이 출현하였으며 수심 12m에서는 52종이 출현하였다.

표선리 지역은 모든 수심에서 유사한 종수가 출현하였으며, 수심 5m에서 44종, 8m에서 42종, 12m에서 42종이 출현하였다.

곽지리 지역은 수심 8m에서 52종, 12m에서 42종이 출현하였고, 5m는 사질 지형으로 해조류는 관찰되지 않았다.

<표 3.3.5> 마을어장에 출현한 해조류의 수심별 출현종수

시기	수심	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	전체
2018년	5m	22	-	24	47	25	-	24	18	-	66
	8m	21	-	22	43	20	-	24	18	-	65
	12m	18	-	23	41	36	-	23	20	-	74
	소계	29	-	33	66	47	-	40	27	-	101
2019년	5m	22	26	34	39	15	24	39	18	-	79
	8m	24	25	26	36	18	24	28	17	-	66
	12m	16	24	19	31	26	25	32	19	-	67
	소계	37	40	43	52	30	40	59	26	-	100
2020년	5m	22	31	46	39	25	29	31	18	-	87
	8m	22	25	37	45	23	22	20	14	-	77
	12m	27	24	36	35	27	28	20	16	-	72
	소계	38	41	66	60	42	44	39	27	-	118
2021년	5m	20	30	33	48	25	34	42	25	-	88
	8m	25	31	37	43	24	25	33	25	24	82
	12m	27	30	35	42	22	24	27	23	21	84
	소계	42	46	57	66	40	48	54	38	30	128
2022년	5m	23	35	46	40	27	32	36	27		91
	8m	25	27	37	49	27	29	21	26	47	99
	12m	32	31	36	40	30	36	24	26	36	92
	소계	41	48	65	68	49	54	46	45	58	134
전체	5m	39	52	66	81	45	50	70	44		144
	8m	42	48	59	84	46	48	51	42	52	143
	12m	47	48	54	79	64	50	52	42	42	147
	종수	72	75	90	120	89	82	96	66	65	203

주) 조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사를 시행하였으며, 곽지리는 수심 8m와 12m에서 조사시행

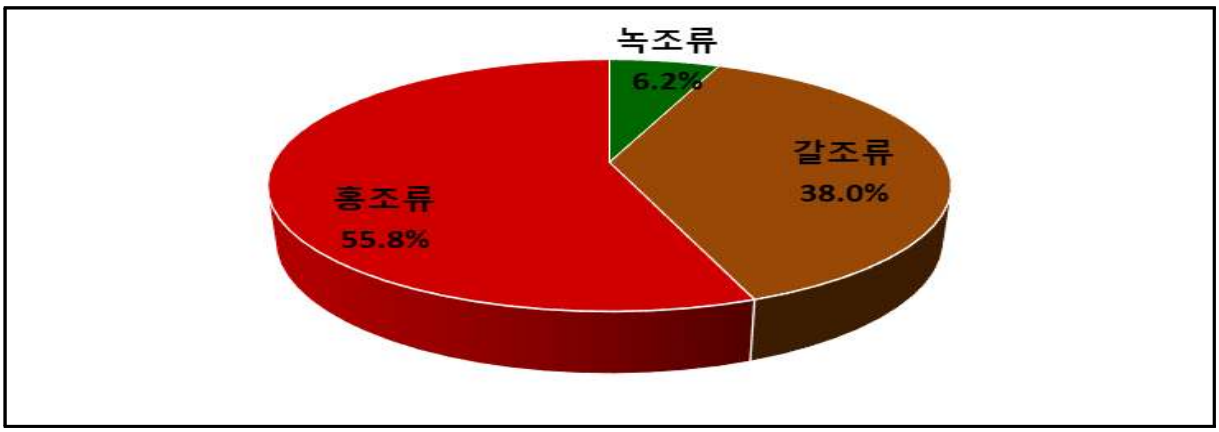
3.1.2 생체량

(1) 전체 생체량

2018년~2022년 조사기간 동안 출현한 해조류는 총 1,250,872.80 gWWt/㎡가 채집되었으며, 단위면적당 평균 생체량은 1,816.00 gWWt/㎡로 조사되었다.

분류군별 생체량은 홍조류가 1,013.34 gWWt/㎡로 55.8%의 구성비를 나타내어 가장 높은 비중을 차지하였고, 녹조류가 112.72 gWWt/㎡로 6.2%의 구성비를 나타내어 가장 낮았으며, 갈조류는 689.94 gWWt/㎡로 38.0%의 구성비를 보였다.

조사지역 중 귀덕리, 조천리, 평대리, 우도(비양), 일과리, 사계리, 표선리 지역은 홍조류가 높고, 특히 표선리 지역이 68.3%로 가장 높고, 평대리 지역이 44.7%로 낮았다. 추자(횡간), 곽지리 지역은 갈조류가 높은 분포 특성을 나타냈고, 추자(횡간) 지역이 62.5%로 가장 높게 나타났다.



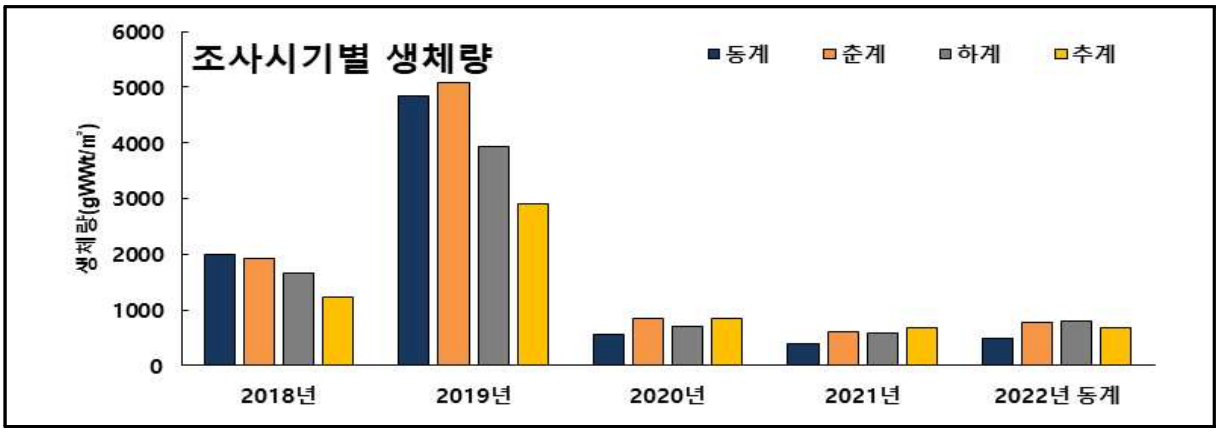
(그림 3.3.9) 해조류의 분류군별 생체량 구성비

<표 3.3.6> 마을어장 조사지역에 출현한 해조류 군집의 분류군별 생체량(단위:gWWt/㎡)

분류군	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	평균	구성비 (%)
녹조류	48.95	91.74	259.44	146.59	51.04	15.76	48.05	248.18	104.75	112.72	6.2
갈조류	471.27	432.41	970.65	1,085.93	1,154.41	555.27	972.77	398.07	168.64	689.94	38.0
홍조류	1,044.09	1,555.66	993.56	1,175.96	642.76	1,144.63	1,017.00	1,390.19	156.24	1,013.34	55.8
합계	1,564.31	2,079.81	2,223.65	2,408.48	1,848.21	1,715.66	2,037.82	2,036.44	429.63	1,816.00	100.0

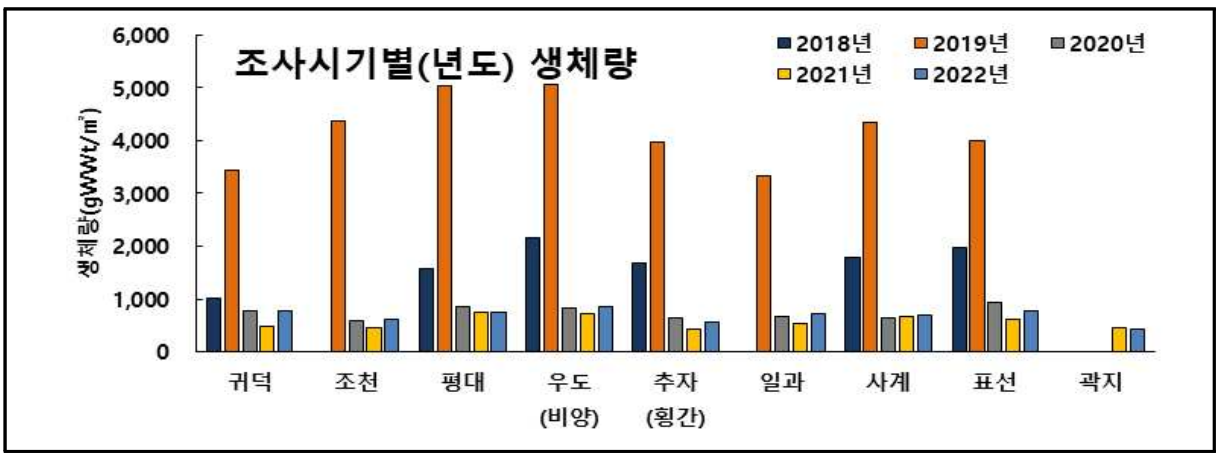
(2) 시기별 생체량

전체 마을어장의 조사시기별 평균 생체량을 살펴보면, 2019년 춘계에서 5,092.30 gWWt/㎡로 가장 높은 생체량을 나타냈고, 2021년 동계에 401.05gWWt/㎡로 가장 낮은 생체량을 나타냈다. 2018년과 2019년은 조사계절에 따라 감소하는 경향을 보인 반면, 2020년, 2021년, 2022년의 계절별 생체량은 유사한 분포를 나타냈다.



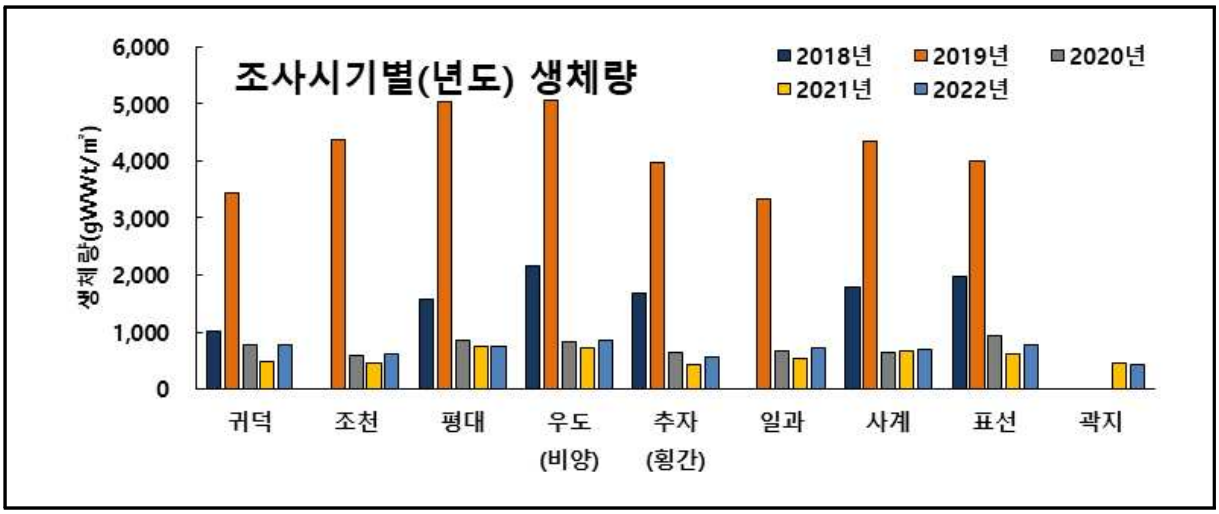
(그림 3.3.10) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기별 생체량

조사시기(계절)에 따른 평균 생체량은 춘계에 1,857.66 gWWt/㎡로 타 계절에 비해 다소 많았으며, 추계에 1,198.01 gWWt/㎡로 낮은 생체량을 보였으며, 동계에 1,484.55 gWWt/㎡, 하계에 1,401.51 gWWt/㎡ 동계와 하계는 유사하게 나타났다. 지역별로는 평대리와 표선리 지역이 동계에서 가장 높고 추계로 갈수록 감소하여 나타났고, 귀덕리, 조천리, 일과리, 사계리 지역은 춘계에 가장 높고 우도(비양) 추자(횡간) 지역은 하계, 곽지리 지역은 추계에 생체량이 가장 높게 나타났다.



(그림 3.3.11) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기(계절)별 생체량

조사시기(년도)에 따라 2019년에 4,191.87 gWWt/㎡로 생체량이 가장 높았고, 2021년에 568.73 gWWt/㎡로 가장 낮았고, 2018년에는 1,700.54 gWWt/㎡, 2020년에는 739.49 gWWt/㎡, 2022년에는 688.38 gWWt/㎡로 2019년에 증가한 이후 생체량은 감소하여 나타났다.



(그림 3.3.12) 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기(년도)별 출현종수

조사시기 중 2018년, 2019년과 2022년에는 우도(비양) 지역, 2020년에는 표선리 지역, 2021년에는 평대리 지역에서 해조류의 생체량이 가장 높게 출현하였다.

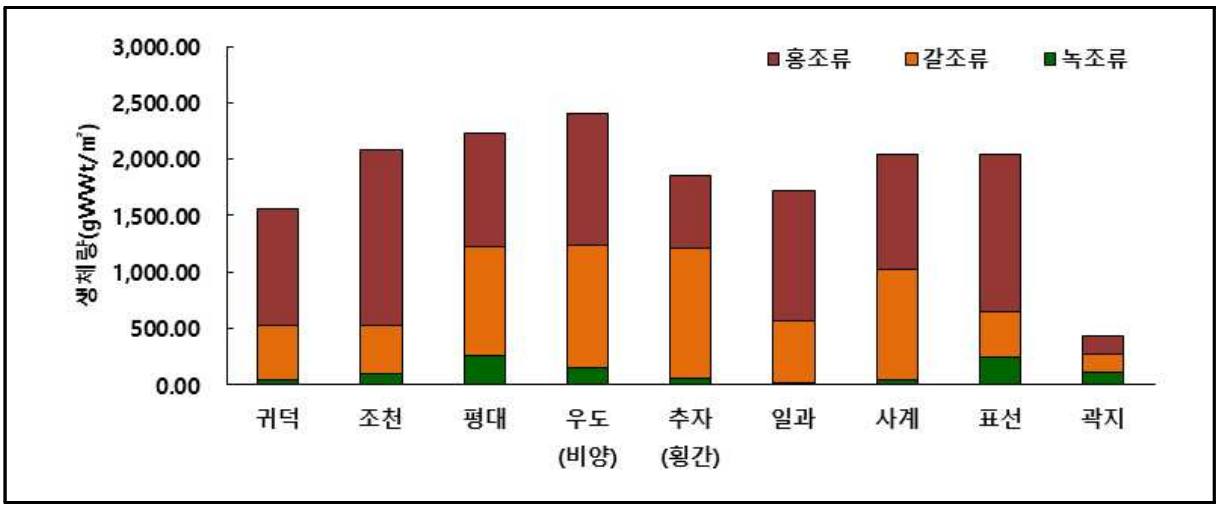
<표 3.3.7> 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기별 생체량(단위:gWWt/㎡)

시기		귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	평균
2018년	동계	1378.27	-	1987.27	2421.93	807.6	-	1280.33	4060.13	-	1989.26
	춘계	1002.6	-	782.6	1339.73	3602.13	-	3372.33	1434.87	-	1922.38
	하계	1064.3	-	1933.6	2736.07	1259.67	-	1424.8	1569.93	-	1664.73
	추계	607.27	-	1628.93	2135.6	1076	-	1036.11	870.73	-	1225.77
	평균	1013.11	-	1583.1	2158.33	1686.35	-	1778.39	1983.92	-	1700.54
2019년	동계	2624.74	4274.86	7774.8	4518.74	5680.59	4544.35	3926.45	5335.78	-	4835.04
	춘계	4461.31	5735.67	7344.7	6643.85	2759.43	4437.36	4434.97	4921.11	-	5092.3
	하계	3780.73	3584.87	2236.34	6598.29	5607.97	2133.82	4548.44	3009.93	-	3937.55
	추계	2912.33	3863.07	2772.49	2501.92	1813.18	2190.25	4480.55	2686.96	-	2902.59
	평균	3444.78	4364.62	5032.08	5065.7	3965.29	3326.45	4347.6	3988.45	-	4191.87
2020년	동계	530.87	476.13	661.97	592.33	321.43	400.07	617.37	906.43	-	563.33
	춘계	1352.83	516.57	1000.6	776.7	450.17	1113.13	532.93	1009.8	-	844.09
	하계	615.07	590.13	749.6	651.83	1071.67	414.33	618	994.07	-	713.09
	추계	593.27	769.83	1015.97	1287.17	737.6	728.63	792.4	774.83	-	837.46
	평균	773.01	588.17	857.04	827.01	645.22	664.04	640.18	921.28	-	739.49
2021년	동계	400	402.9	510.27	360.57	171.23	389.77	581.53	392.1	-	401.05
	춘계	606.77	481.67	754.83	569.8	519.33	664.53	714.7	545.77	-	607.18
	하계	432.13	430.5	688	992.9	531.8	453.27	684.73	707.6	269.2	576.68
	추계	525.63	532.73	1005.3	947.4	487.47	611.47	712.37	771.03	616.75	690.02
	평균	491.13	461.95	739.6	717.67	427.46	529.76	673.33	604.13	442.98	568.73
2022년	동계	530.9	337	646.8	593.53	345.97	658.87	598.8	504.9	277.25	499.34
	춘계	1,146.47	808.10	790.67	670.60	376.27	1,186.97	588.27	1,120.30	248.20	770.65
	하계	896.40	617.53	801.70	1,066.17	906.83	536.73	750.60	948.17	626.45	794.51
	추계	507.37	716.10	714.90	1,136.20	616.97	543.93	859.53	566.37	539.95	689.04
	평균	770.29	619.68	738.52	866.63	561.51	731.63	699.30	784.94	422.96	688.38
전체	동계	1092.96	1372.72	2316.22	1697.42	1465.36	1498.27	1400.9	2239.87	277.25	1484.55
	춘계	1855.88	2244.64	2470.68	2332.52	1832.77	2071.67	2263.73	1977.89	-	2131.22
	하계	1473.06	1535.17	1401.89	2744.77	2117.78	1000.47	1818.99	1570.38	269.2	1547.97
	추계	1159.63	1721.88	1605.67	1718.02	1028.56	1176.78	1755.36	1275.89	616.75	1339.84
	평균	1395.38	1718.6	1948.62	2123.18	1611.12	1436.8	1809.75	1766.01	387.73	1625.9

주) 조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사시행, 추자(횡간) 2020년 동계는 기상 악화로 조사 미시행

(3) 지역별 생체량

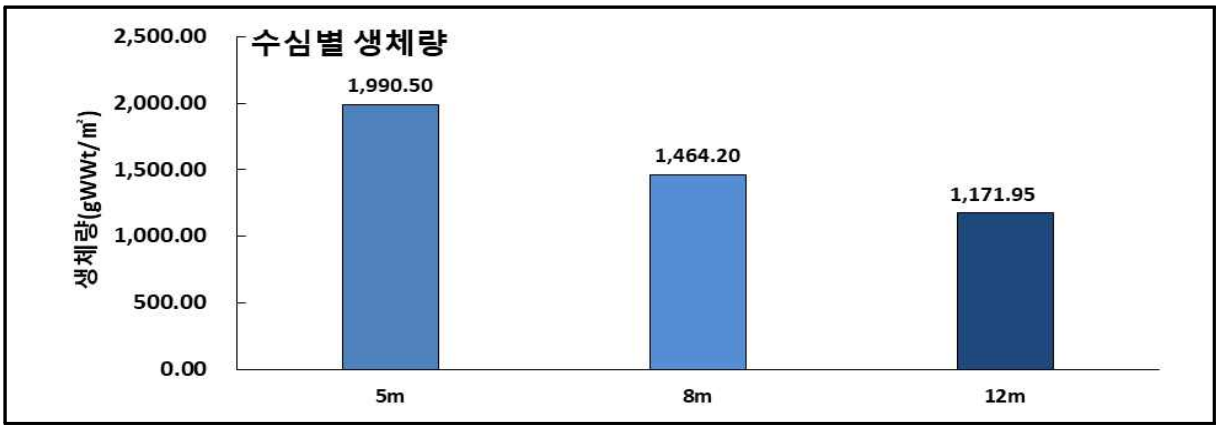
조사기간 동안 출현한 해조류의 생체량을 지역별로 살펴보면, 우도(비양) 지역에서 2,408.48 gWWt/㎡로 가장 높게 출현하였고, 귀덕리 지역에서 1,564.31 gWWt/㎡로 가장 낮은 생체량을 나타냈다. 조천리와 일과리 지역은 2019년부터 조사가 이루어졌고, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사가 이루어졌으며, 조천리와 일과리 지역에서 출현한 해조류의 생체량은 각각 2079.81 gWWt/㎡, 1,715.66 gWWt/㎡, 곽지리 지역에서 429.63 gWWt/㎡의 생체량을 보였다.



(그림 3.3.13) 마을어장에 출현한 해조류의 지역별 생체량

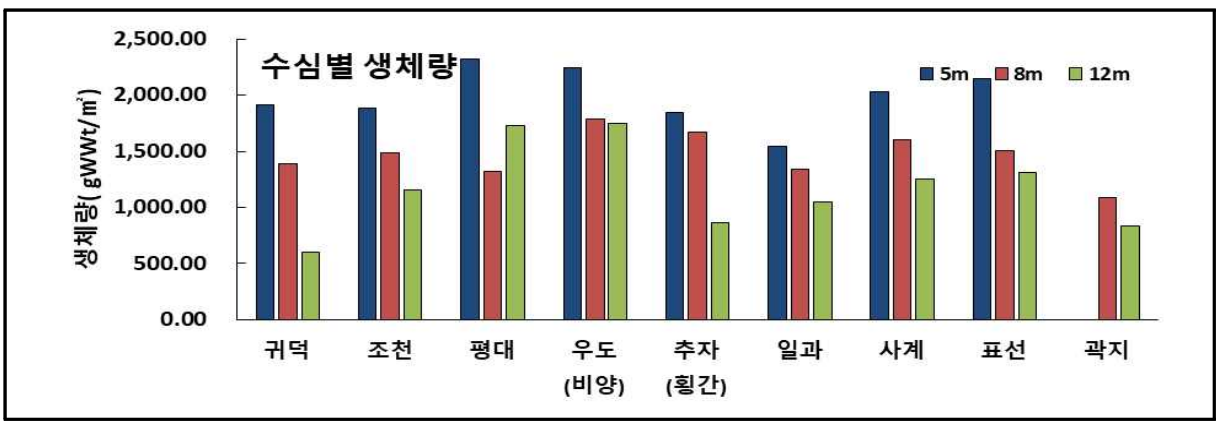
(4) 수심별 생체량

수심에 따른 해조류의 평균 생체량은 5m에서 1,990.50 gWWt/㎡, 8m에서 1,464.20 gWWt/㎡, 12m에서 1,171.95 gWWt/㎡로 얕은 수심인 5m에서 가장 높은 생체량을 나타냈고, 수심이 깊어질수록 생체량이 낮아지는 특성을 보였다.



(그림 3.3.14) 마을어장에 출현한 해조류의 수심별 생체량

2021년 하계부터 조사를 시행한 곽지리를 제외하고 수심 5m에서는 평대리 지역에서 2,320.26 gWWt/㎡로 가장 많고, 일과리 지역에서 1,544.35 gWWt/㎡로 가장 적은 생체량을 보였다. 수심 8m에서는 우도(비양) 지역에서 1,790.04 gWWt/㎡로 가장 많았고, 일과리 지역에서 1,344.66 gWWt/㎡로 가장 적게 출현하였으며, 수심 12m에서는 평대리 지역에서 1,732.06 gWWt/㎡로 가장 많고, 귀덕리 지역에서 601.39 gWWt/㎡로 가장 적은 생체량을 나타내었으며, 모든 조사지역에서 얕은 수심인 5m에서 높은 생체량을 나타내고 있었다. 평대리와 우도(비양) 지역에서 비교적 높은 생체량을 나타냈고, 일과리와 귀덕리 지역에서 낮은 생체량을 보였다.



(그림 3.3.15) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 생체량

<표 3.3.8> 마을어장에 출현한 해조류의 수심별 생체량(단위:gWWt/㎡)

시기	수심	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	평균
2018년	5m	1,069.43	-	1,780.10	2,207.05	1,801.20	-	1,938.88	2,180.70	-	1,829.56
	8m	1,184.20	-	1,541.75	2,144.75	1,939.75	-	2,007.75	2,040.95	-	1,809.86
	12m	785.70	-	1,427.45	2,123.20	1,318.10	-	1,388.55	1,730.10	-	1,462.18
	평균	1,013.11	-	1,583.10	2,158.33	1,686.35	-	1,778.39	1,983.92	-	1,700.53
2019년	5m	5,476.67	5,381.64	6,899.98	6,245.50	5,244.19	4,024.16	5,671.54	5,615.37	-	5,569.88
	8m	3,698.43	4,249.02	3,052.64	4,483.19	4,733.57	3,010.36	4,053.97	3,220.33	-	3,812.69
	12m	1,159.24	3,463.20	5,143.63	4,468.42	1,918.13	2,944.83	3,317.29	3,129.64	-	3,193.05
	평균	3,444.78	4,364.62	5,032.08	5,065.70	3,965.30	3,326.45	4,347.60	3,988.45	-	4,191.87
2020년	5m	1,273.93	787.75	1,200.33	937.22	800.38	752.40	789.33	1,179.30	-	965.08
	8m	711.83	594.03	778.63	841.92	731.93	847.05	653.98	860.20	-	752.45
	12m	333.28	382.73	592.15	701.88	403.35	392.68	477.23	724.35	-	500.96
	평균	773.01	588.17	857.04	827.01	645.22	664.04	640.18	921.28	-	739.50
2021년	5m	697.88	625.13	704.90	703.00	640.95	585.18	855.28	744.48	-	694.60
	8m	511.28	481.48	598.78	795.80	383.10	576.28	596.55	613.93	294.98	539.13
	12m	264.25	279.25	915.13	654.20	258.33	427.83	568.18	453.98	148.00	441.02
	평균	491.14	461.95	739.60	717.67	427.46	529.76	673.34	604.13	147.66	558.25
2022년	5m	1,030.95	746.38	1,016.00	1,122.28	726.98	815.65	884.08	1,034.30	-	922.08
	8m	815.40	603.95	617.60	684.55	557.98	944.93	682.18	801.33	1,871.70	842.18
	12m	464.50	508.73	581.95	793.05	399.58	434.30	531.65	519.18	1,512.00	638.33
	평균	770.28	619.69	738.52	866.63	561.51	731.63	699.30	784.94	1,127.90	800.86
전체	5m	1,909.77	1,885.23	2,320.26	2,243.01	1,842.74	1,544.35	2,027.82	2,150.83	-	1,990.50
	8m	1,384.23	1,482.12	1,317.88	1,790.04	1,669.27	1,344.66	1,598.89	1,507.35	1,083.34	1,464.20
	12m	601.39	1,158.48	1,732.06	1,748.15	859.50	1,049.91	1,256.58	1,311.45	830.00	1,171.95
	평균	1,298.46	1,508.61	1,790.07	1,927.07	1,457.17	1,312.97	1,627.76	1,656.54	637.78	1,542.22

주) 조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사를 시행하였으며, 곽지리는 수심 8m와 12m에서 조사시행

3.1.3 우점종

(1) 전체

모든 조사지역에서 채집된 해조류 생체량을 기준으로 한 상위 10종에는 녹조류 1종, 갈조류 3종, 홍조류 6종으로 홍조류가 상위 우점종에 많은 비중을 차지하였고, 홍조류 6종 중 5종이 산호말류가 포함되었다. 출현종 가운데 가장 높은 현존량을 보인 해조류는 감태(*Ecklonia cava*)로서 평균 420.65 gWWt/㎡으로 현존량의 23.16%에 이르는 높은 구성비를 보였고, 비교적 깊은 수심인 12m에서 높게 나타났고, 동계에 높은 생체량을 나타냈다.

다음으로 홍조류 산호말류인 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*)이 평균 377.64 gWWt/㎡로 20.80%의 높은 생체량을 나타냈고, 계절에 관계없이 유사한 생체량을 나타냈으며, 수심이 얕을수록 생체량이 높게 나타났다.

방황혹산호말(*Corallina aberrans*)은 하계에 비교적 높은 현존량을 나타내면서 146.55 gWWt/㎡로 8.07%의 비중을 차지하면서 상위 우점종에 포함되었으며, 미역(*Undaria pinnatifida*)은 동계와 춘계에 비교적 높은 현존량을 나타내면서 119.69 gWWt/㎡로 6.59%의 현존량을 나타냈으며, 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*)은 춘계와 하계 그리고 수심 5m와 8m에서 높은 현존량을 나타내면서 84.17 gWWt/㎡로 4.63%의 현존량을 나타냈다.

<표 3.3.9> 마을어장에 출현한 해조류의 상위 우점종

순위	분류군	학명	국명	생체량 (gWWt/㎡)	비중
1	갈조류	*Ecklonia cava*	감태	420.65	23.16
2	홍조류	*Corallina crassisima*	둘레혹산호말	377.64	20.80
3	홍조류	*Corallina aberrans*	방황혹산호말	146.55	8.07
4	갈조류	*Undaria pinnatifida*	미역	119.69	6.59
5	갈조류	*Sargassum macrocarpum*	큰열매모자반	84.17	4.63
6	홍조류	*Amphiroa ephedraea*	에페드라게발	80.85	4.45
7	녹조류	*Codium coactum*	누운청각	79.81	4.39
8	홍조류	*Amphiroa anceps*	넓은게발	77.92	4.29
9	홍조류	*Grateloupia angusta*	붉은뼈까막살	40.02	2.20
10	홍조류	*Lithophyllum okamurae*	혹돌잎	37.97	2.09

(2) 지역별

조사지역별로 출현한 해조류의 생체량을 기준으로 우점종을 선정하였으며, 2018년에는 모든 지역에서 감태(*Ecklonia cava*)가 우점종으로 나타났고, 2019년에는 귀덕리, 조천리, 표선리 지역에서는 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*), 평대리, 우도(비양), 추자(횡간), 일과리, 사계리 지역에서는 감태(*Ecklonia cava*)가 우점종으로 나타났다.

2020년에는 귀덕리, 조천리, 평대리, 표선리 지역에서 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*)이 우점하였으며, 우도(비양) 지역은 누운청각(*Codium coactum*), 추자(횡간) 지역은 감태(*Ecklonia cava*), 일과리 지역은 에페드라게발(*Amphiroa ephedraea*), 사계리 지역은 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*)이 우점하였다.

2021년에는 귀덕리, 조천리, 표선리 지역에서 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*), 평대리, 곽지리 지역은 누운청각(*Codium coactum*), 우도(비양), 일과리 지역은 감태(*Ecklonia cava*), 사계리 지역은 감태(*Ecklonia cava*)가 우점하였다.

2022년 동계에는 귀덕리, 조천리, 평대리, 우도(비양), 표선리 지역은 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*), 추자(횡간) 지역은 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*), 일과리 지역은 에페드라게발(*Amphiroa ephedraea*), 사계리와 곽지리 지역은 감태(*Ecklonia cava*)가 우점하였다.

<표 3.3.10> 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기 및 지역별 우점종

지역	2018년		2019년		2020년		2021년		2022년	
	우점종	생체량 (gWWt/㎡)	우점종	생체량 (gWWt/㎡)	우점종	생체량 (gWWt/㎡)	우점종	생체량 (gWWt/㎡)	우점종	생체량 (gWWt/㎡)
귀덕	감태	332.43	둘레혹산호말	1,242.54	둘레혹산호말	244.88	둘레혹산호말	116.06	둘레혹산호말	187.51
조천	-	-	둘레혹산호말	49,764.96	둘레혹산호말	5,522.30	둘레혹산호말	2,323.10	둘레혹산호말	568.60
평대	감태	15,508.80	감태	50,250.32	둘레혹산호말	3,460.00	누운청각	2,693.30	둘레혹산호말	627.30
우도(비양)	감태	24,537.60	감태	38,493.16	누운청각	2,123.80	감태	1,218.10	둘레혹산호말	421.00
추자(횡간)	감태	22,458.00	감태	36,635.52	감태	1,634.90	방황혹산호말	1,204.70	큰열매모자반	192.40
일과	-	-	감태	15,099.20	에페드라게발	3,393.80	감태	1,768.50	에페드라게발	573.80
사계	감태	25,472.00	감태	19,826.92	큰열매모자반	1,650.30	큰열매모자반	1,570.90	감태	499.40
표선	감태	17,370.00	둘레혹산호말	26,709.64	둘레혹산호말	6,453.20	둘레혹산호말	1,687.10	둘레혹산호말	407.30
곽지	-	-	-	-	-	-	누운청각	352.30	감태	257.50

(3) 수심별

수심별 우점종을 살펴보면, 2018년에는 모든 수심에서 감태(*Ecklonia cava*)가 우점하는 것으로 조사되었다. 2019년에는 수심 5m에서는 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*), 수심 8m와 12m에서는 감태(*Ecklonia cava*)가 우점하였으며, 2020년에는 모든 수심에서 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*)이 우점하였다.

2021년에는 수심 5m와 8m에서는 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*), 12m에서는 누운청각(*Codium coactum*)이 우점하였으며, 2022년에는 수심 5m와 8m에서는 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*), 12m에서는 감태(*Ecklonia cava*)가 우점하는 것으로 조사되었다.

<표 3.3.11> 마을어장에 출현한 해조류의 조사시기 및 수심별 우점종

지역	2018년		2019년		2020년		2021년		2022년	
	우점종	생체량 (gWWt/㎡)	우점종	생체량 (gWWt/㎡)	우점종	생체량 (gWWt/㎡)	우점종	생체량 (gWWt/㎡)	우점종	생체량 (gWWt/㎡)
5m	감태	546.07	둘레혹산호말	2,539.96	둘레혹산호말	336.46	둘레혹산호말	139.88	둘레혹산호말	256.57
8m	감태	757.62	감태	1,848.89	둘레혹산호말	258.78	둘레혹산호말	90.88	둘레혹산호말	191.63
12m	감태	704.66	감태	2,061.89	둘레혹산호말	128.13	누운청각	112.21	누운청각	123.20

(4) 중요도

본 조사에 출현한 모든 해조류를 대상으로 피도, 빈도, 상대피도, 상대빈도 및 중요도값이 높은 상위 10종은 현존량에서 상위 10종과 순위의 차이는 있지만 동일한 종들이 포함되었다.

조사기간 동안 측정된 피도, 빈도, 상대피도, 상대빈도 및 중요도의 총합을 백분율(%)로 환산한 결과, 상위 10종 중 홍조류가 7종으로 가장 많이 차지하였고, 갈조류가 2종, 녹조류가 1종을 차지하였다. 홍조류 7종 중 5종이 산호말류에 포함되었다.

중요도 기준 가장 중요한 종은 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*)이 중요도 22.6%로 가장 높은 중요도값을 나타냈고, 다음으로 방황혹산호말(*Corallina aberrans*)이 11.8%의 중요도값을 나타내어 상위 우점종에 포함되었다. 그 외 종들은 중요도 11% 이하의 중요도 값을 나타내었다.

<표 3.3.12> 해조류 군집의 중요도 상위 우점종

분류군	학명	국명	피도	빈도	상대피도	상대빈도	중요도
홍조류	*Corallina crassisima*	둘레혹산호말	15	9.1	23.3	21.9	22.6
	Corallina aberrans	방황혹산호말	7.7	5	11.8	11.8	11.8
갈조류	*Ecklonia cava*	감태	7.7	3.8	11.8	9.8	10.8
홍조류	*Amphiroa ephedraea*	에페드라게발	4.9	3.4	7.3	7.6	7.5
	Amphiroa anceps	넓은게발	2.7	1.8	4.6	4.6	4.6
갈조류	*Sargassum macrocarpum*	큰열매모자반	2.6	1.5	3.9	3.4	3.7
홍조류	*Grateloupia angusta*	붉은뼈까막살	2	1.6	3.5	3.9	3.7
녹조류	*Codium coactum*	누운청각	2.3	1.2	3.8	3.4	3.6
홍조류	*Plocamium telfairiae*	참곱슬이	1.9	1.3	2.8	3	2.9
	Amphiroa foliacea	눈썹마디게발	1.6	1.3	2.6	3	2.8

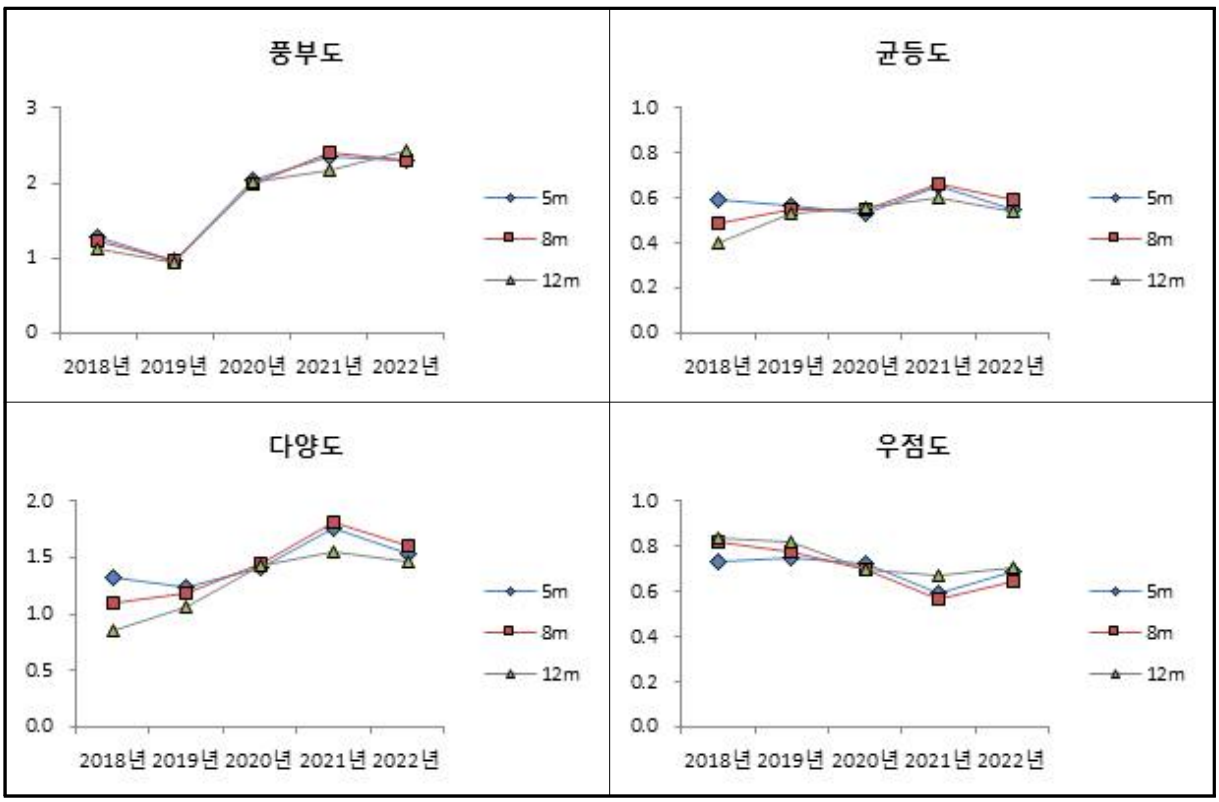
3.1.4 생태지수

(1) 전체

각 지역에서 조사된 해조류의 생체량 자료를 바탕으로 생태학적 제지수를 산출하였다.

전체 지역의 조사시기별 풍부도(d) 지수는 2019년에 평균 0.96의 값으로 모든 수심에서 가장 낮은 풍부도 값을 나타냈고, 이후 점차 증가하는 경향을 나타냈다. 균등도 지수는 모든 시기 모든 수심에서 중간 수준의 균등도 지수 값을 나타내는 것으로 조사되었다.

다양도 지수는 2018년에 1.09, 2019년에 1.16으로 유사한 값을 나타냈고, 2020년에 1.43, 2021년에 1.71로 증가하고 2022년에 1.54로 소폭 감소하여 나타났다. 우점도 지수는 2018년에 0.80, 2019년에 0.78, 2020년에 0.71로 유사하게 나타났고, 2021년에 0.95, 2022년에 0.68로 증가하여 우점도가 높은 군집 특성을 나타내고 있었다.



(그림 3.3.16) 해조류 군집의 수심 및 시기별 생태학적 제지수

<표 3.3.13> 해조류 군집의 수심 및 시기별 생태학적 제지수

지수	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
풍부도	5m	1.29	0.96	2.03	2.36	2.31	1.79
	8m	1.24	0.97	2.00	2.40	2.31	1.78
	12m	1.12	0.94	2.02	2.18	2.44	1.74
	평균	1.22	0.96	2.02	2.31	2.35	1.77
균등도	5m	0.59	0.57	0.53	0.65	0.55	0.58
	8m	0.49	0.55	0.55	0.66	0.59	0.57
	12m	0.40	0.53	0.56	0.60	0.54	0.53
	평균	0.49	0.55	0.55	0.64	0.56	0.56
다양도	5m	1.33	1.24	1.41	1.77	1.54	1.46
	8m	1.10	1.18	1.44	1.81	1.60	1.43
	12m	0.85	1.07	1.43	1.55	1.47	1.27
	평균	1.09	1.16	1.43	1.71	1.54	1.39
우점도	5m	0.73	0.75	0.72	0.59	0.69	0.70
	8m	0.82	0.78	0.70	0.57	0.65	0.70
	12m	0.84	0.82	0.70	0.67	0.71	0.75
	평균	0.80	0.78	0.71	0.61	0.68	0.72

(2) 지역별 생태지수

조사지역에서 채집된 해조류의 생체량 자료를 이용하여 생태학적 제지수 산출하였다. 수심에 따른 조사시기별 풍부도 지수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 0.88~1.58의 범위, 8m에서 0.82~2.14의 범위, 12m에서 0.53~2.22의 범위로 조사시기에 따라 증가하는 경향을 보였다.

조천리 지역의 수심 5m에서 0.89~2.46의 범위, 8m에서 0.92~2.32의 범위, 12m에서 0.80~2.34의 범위로 모든 수심이 조사시기에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

평대리 지역의 수심 5m에서 1.24~3.02의 범위, 8m에서 1.00~2.78의 범위, 12m에서 0.79~2.59의 범위로 모든 수심이 조사시기에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 1.42~3.45의 범위, 8m에서 1.44~3.36의 범위, 12m에서 1.47~3.12의 범위로 2018년에 평균 2.04에서 2019년에 1.45로 감소한 이후 2020년에 3.01, 2021년에 3.25로 증가하고, 2022년에 2.57로 감소하여 나타났다.

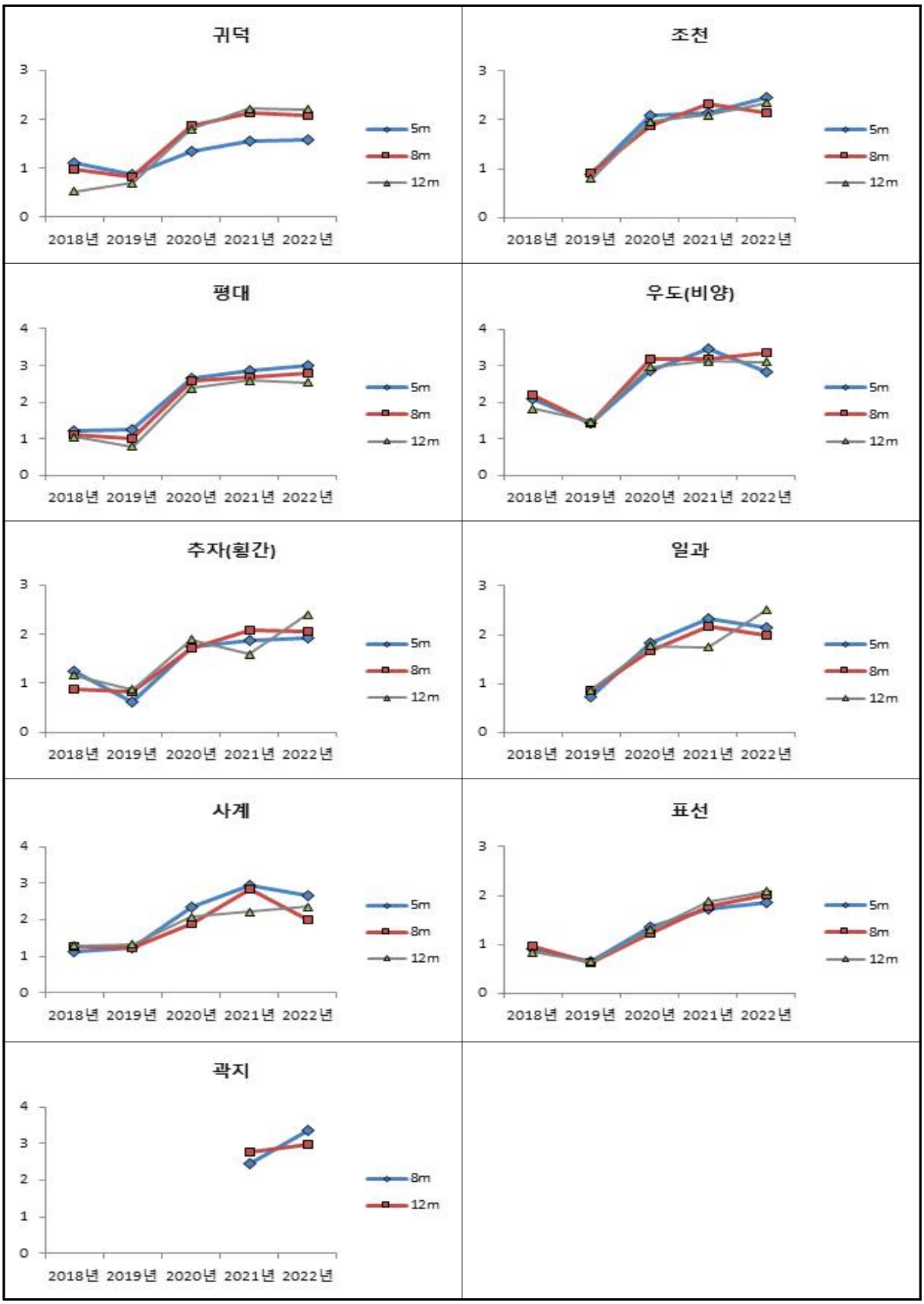
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 0.62~1.92의 범위, 8m에서 0.84~2.08의 범위, 12m에서 0.87~2.51의 범위로 2018년에 평균 1.09에서 2019년에 0.78로 감소한 이후 2020년에 1.79, 2021년에 1.85, 2022년에 2.13으로 증가하여 나타냈다.

일과리 지역의 수심 5m에서 0.74~2.33의 범위, 8m에서 0.86~2.16의 범위, 12m에서 0.87~2.51의 범위로 모든 수심이 2021년에 증가 후 2022년에 감소하여 나타났다.

사계리 지역의 수심 5m에서 1.14~2.94의 범위, 8m에서 1.24~2.82의 범위, 12m에서 1.29~2.35의 범위로 모든 수심이 2021년에 증가 후 2022년에 감소하여 나타났다.

표선리 지역의 수심 5m에서 0.66~1.85의 범위, 8m에서 0.63~2.02의 범위, 12m에서 0.65~2.09의 범위로 2018년에 평균 0.91에서 2019년에 0.64로 감소한 이후 2020년에 1.29, 2021년에 1.79, 2022년에 1.99로 증가하는 경향을 나타냈다.

곽지리 지역의 수심 8m에서 2.46~3.34의 범위, 12m에서 2.78~2.99의 범위로 나타났다.



(그림 3.3.17) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 풍부도 지수

<표 3.3.14> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 풍부도

조사지역	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
귀덕	5m	1.10	0.88	1.34	1.56	1.58	1.29
	8m	0.98	0.82	1.87	2.14	2.09	1.58
	12m	0.53	0.70	1.80	2.22	2.20	1.49
	평균		0.89	2.09	2.14	2.46	1.90
조천	5m		0.92	1.89	2.32	2.13	1.82
	8m		0.80	1.96	2.09	2.34	1.80
	12m	1.24	1.26	2.65	2.88	3.02	2.21
	평균	1.11	1.00	2.59	2.70	2.78	2.04
평대	5m	1.06	0.79	2.39	2.59	2.54	1.87
	8m	2.09	1.42	2.88	3.45	2.85	2.54
	12m	2.21	1.44	3.18	3.19	3.36	2.68
	평균	1.82	1.47	2.96	3.12	3.10	2.49
우도(비양)	5m	1.25	0.62	1.75	1.87	1.92	1.48
	8m	0.88	0.84	1.71	2.08	2.05	1.51
	12m	1.16	0.87	1.90	1.60	2.40	1.59
	평균		0.74	1.83	2.33	2.15	1.76
추자(횡간)	5m		0.86	1.66	2.16	2.00	1.67
	8m		0.87	1.77	1.74	2.51	1.72
	12m	1.14	1.24	2.35	2.94	2.67	2.07
	평균	1.27	1.24	1.88	2.82	2.01	1.84
일과	5m	1.29	1.33	2.07	2.21	2.35	1.85
	8m	0.91	0.66	1.35	1.73	1.85	1.30
	12m	0.97	0.63	1.22	1.77	2.02	1.32
	평균	0.84	0.65	1.30	1.87	2.09	1.35
사계	5m				2.46	3.34	2.90
	8m				2.78	2.99	2.89
	12m	1.29	0.96	2.03	2.36	2.31	1.79
	평균	1.24	0.97	2.00	2.40	2.31	1.78
표선	5m	1.12	0.94	2.02	2.18	2.44	1.74
	8m	0.97	0.63	1.22	1.77	3.20	1.56
	12m	0.84	0.65	1.30	1.87	2.94	1.52
	평균	0.91	0.64	1.29	1.79	2.71	1.47
곽지	8m				2.46	3.61	3.04
	12m				2.78	4.44	3.61
	평균				2.62	4.03	3.33
평균	5m	1.29	0.96	2.03	2.36	2.49	1.83
	8m	1.24	0.97	2.00	2.40	2.56	1.83
	12m	1.12	0.94	2.02	2.18	2.74	1.80
	평균	1.21	0.96	2.02	2.31	2.60	1.82

수심에 따른 조사시기별 균등도 지수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 0.53~0.70의 범위, 8m에서 0.45~0.66의 범위, 12m에서 0.28~0.60의 범위로 수심 5m에서 높고 수심 12m에서 낮았으며, 시기적으로 2021년과 2022년도에 0.63으로 가장 높은 값을 보였고, 2018년에 낮은 균등도를 나타냈다. 2018년에 수심에 따른 차이가 뚜렷하였다.

조천리 지역의 수심 5m에서 0.34~0.60의 범위, 8m에서 0.34~0.51의 범위, 12m에서 0.33~0.64의 범위로 2019년에는 수심에 따른 차이가 뚜렷하였고, 이후 조사시기에서는 유사한 균등도를 나타냈다.

평대리 지역의 수심 5m에서 0.56~0.70의 범위, 8m에서 0.56~0.70의 범위, 12m에서 0.41~0.61의 범위로 2021년에 수심에 따른 균등도 지수 값의 차이가 가장 크게 나타났고, 그 외 조사시기는 유사한 지수 값을 나타냈으며, 모든 조사시기가 중간 수준의 균등도를 나타내는 것으로 분석되었다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 0.56~0.75의 범위, 8m에서 0.58~0.74의 범위, 12m에서 0.46~0.71의 범위로 수심 5m와 8m에서는 조사시기에 따라 유사한 값을 나타낸 반면 12m에서는 2022년 동계에 큰 폭으로 감소하여 나타났다.

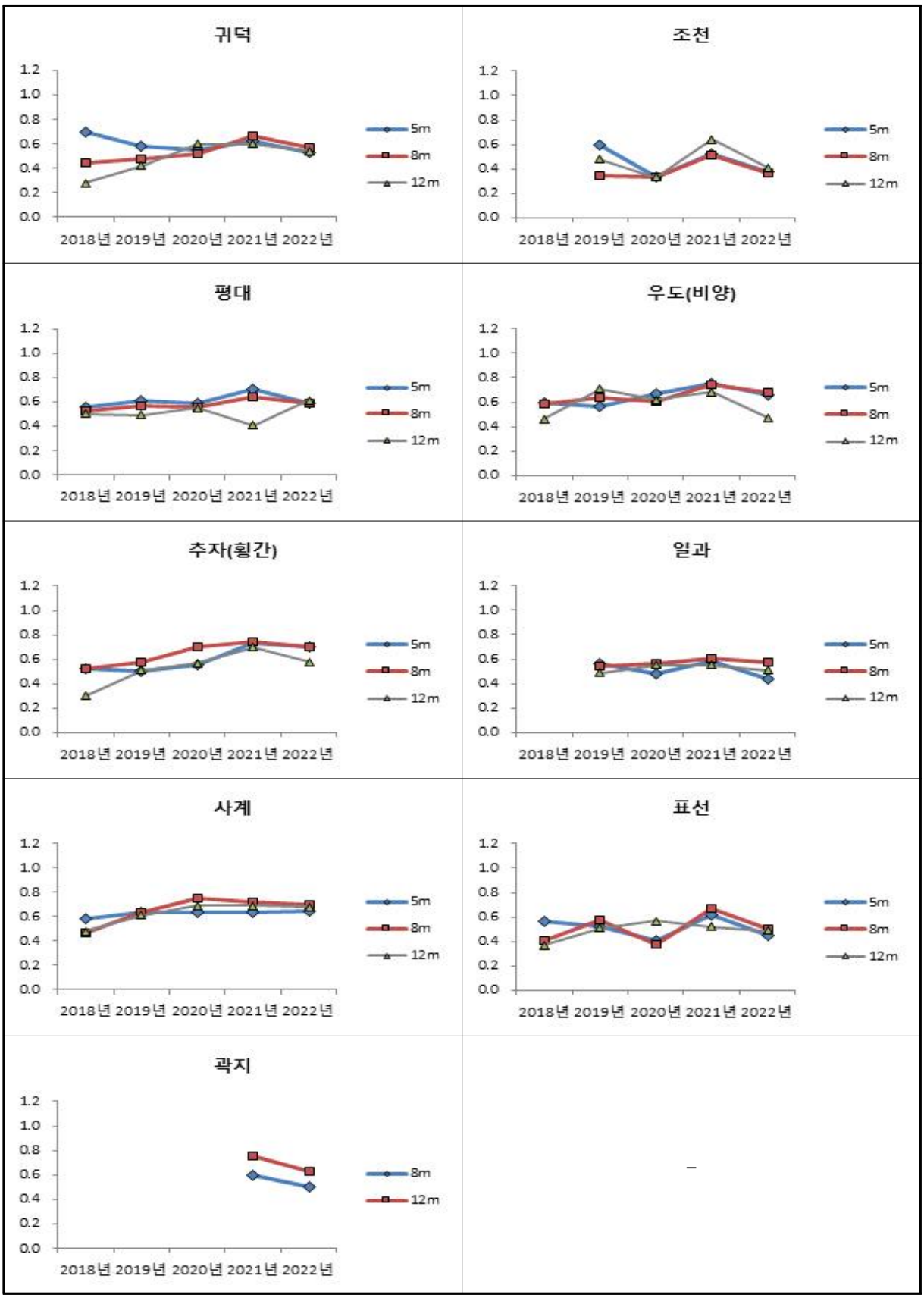
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 0.50~0.73의 범위, 8m에서 0.52~0.74의 범위, 12m에서 0.30~0.70의 범위로 모든 수심에서 조사시기에 따라 상승하는 경향을 보였다.

일과리 지역의 수심 5m에서 0.44~0.58의 범위, 8m에서 0.54~0.61의 범위, 12m에서 0.49~0.55의 범위로 모든 수심이 조사시기에 따라 큰 변화 없이 유사한 지수 값을 나타내는 것으로 조사되었다.

사계리 지역의 수심 5m에서 0.58~0.65의 범위, 8m에서 0.47~0.75의 범위, 12m에서 0.48~0.69의 범위로 모든 수심에서 조사시기에 따라 상승하는 경향을 보였다.

표선리 지역의 수심 5m에서 0.41~0.62의 범위, 8m에서 0.38~0.67의 범위, 12m에서 0.37~0.57의 범위로 모든 수심이 조사시기에 따라 증가와 감소를 반복하는 유사한 증감 패턴을 보였다

곽지리 지역의 수심 8m에서 0.50~0.60의 범위, 12m에서 0.63~0.75의 범위로 나타났다.



(그림 3.3.18) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 균등도 지수

<표 3.3.15> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 균등도

조사지역	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
귀덕	5m	0.70	0.58	0.55	0.62	0.53	0.60
	8m	0.45	0.48	0.52	0.66	0.57	0.54
	12m	0.28	0.42	0.60	0.60	0.54	0.49
	평균		0.60	0.34	0.52	0.38	0.46
조천	5m		0.35	0.34	0.51	0.37	0.39
	8m		0.48	0.33	0.64	0.41	0.47
	12m	0.56	0.61	0.59	0.70	0.59	0.61
	평균	0.53	0.57	0.56	0.64	0.59	0.58
평대	5m	0.50	0.49	0.55	0.41	0.61	0.51
	8m	0.60	0.56	0.67	0.75	0.66	0.65
	12m	0.58	0.64	0.61	0.74	0.68	0.65
	평균	0.46	0.71	0.62	0.68	0.47	0.59
우도(비양)	5m	0.52	0.50	0.56	0.73	0.70	0.60
	8m	0.52	0.58	0.70	0.74	0.70	0.65
	12m	0.30	0.51	0.57	0.70	0.58	0.53
	평균		0.56	0.48	0.58	0.44	0.52
추자(횡간)	5m		0.54	0.56	0.61	0.57	0.57
	8m		0.49	0.55	0.55	0.51	0.53
	12m	0.58	0.63	0.63	0.64	0.65	0.63
	평균	0.47	0.64	0.75	0.72	0.70	0.66
일과	5m	0.48	0.61	0.69	0.69	0.68	0.63
	8m	0.56	0.52	0.41	0.62	0.45	0.51
	12m	0.41	0.58	0.38	0.67	0.50	0.51
	평균	0.37	0.51	0.57	0.52	0.49	0.49
사계	5m				0.60	0.50	0.55
	8m				0.75	0.63	0.69
	12m	0.59	0.57	0.53	0.65	0.55	0.58
	평균	0.49	0.55	0.55	0.66	0.59	0.57
표선	5m	0.40	0.53	0.56	0.60	0.54	0.53
	8m	0.41	0.58	0.38	0.67	0.61	0.53
	12m	0.37	0.51	0.57	0.52	0.36	0.47
	평균	0.45	0.53	0.45	0.60	0.52	0.51
곽지	8m				0.60	0.39	0.50
	12m				0.75	0.65	0.70
	평균				0.68	0.52	0.60
평균	5m	0.59	0.57	0.53	0.65	0.60	0.59
	8m	0.49	0.55	0.55	0.66	0.62	0.57
	12m	0.40	0.53	0.56	0.60	0.50	0.52
	평균	0.50	0.55	0.55	0.63	0.58	0.56

수심에 따른 조사시기별 다양도 지수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 1.21~1.49의 범위, 8m에서 0.91~1.74의 범위, 12m에서 0.46~1.52의 범위로 2018년에 수심에 따른 차이가 가장 크게 나타났고, 조사시기가 지남에 따라 수심간 다양도 지수는 유사하게 나타났다.

조천리 지역의 수심 5m에서 0.93~1.38의 범위, 8m에서 0.76~1.38의 범위, 12m에서 0.84~1.62의 범위로 2018년에 수심에 따른 차이가 가장 크게 나타났고, 조사시기가 지남에 따라 수심간 다양도 지수는 유사하게 나타났다.

평대리 지역의 수심 5m에서 1.29~2.08의 범위, 8m에서 1.14~1.85의 범위, 12m에서 0.99~1.68의 범위로 조사시기가 지남에 따라 증가하는 경향을 보였다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 1.40~2.33의 범위, 8m에서 1.65~2.29의 범위, 12m에서 1.20~2.04의 범위로 조사시기가 지남에 따라 증가하고, 2022년에 소폭 감소하는 것으로 조사되었다.

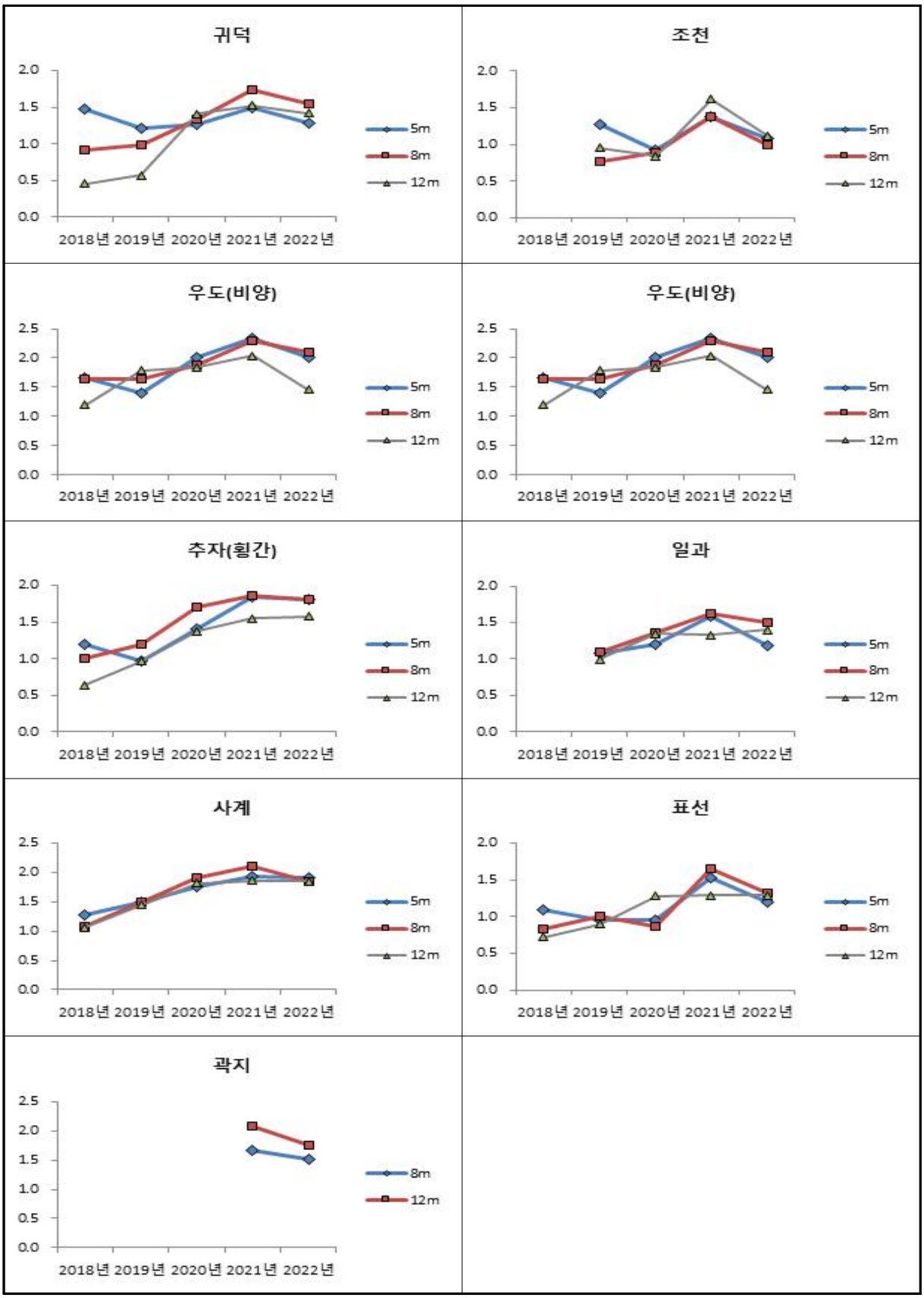
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 0.97~1.84의 범위, 8m에서 1.01~1.86의 범위, 12m에서 0.64~1.57의 범위로 조사시기가 지남에 따라 증가하는 경향을 보였다.

일과리 지역의 수심 5m에서 1.08~1.58의 범위, 8m에서 1.09~1.63의 범위, 12m에서 0.99~1.40의 범위로 수심 5m와 8m는 조사시기가 지남에 따라 증가하여 나타났고, 수심 12m에서는 2020년에 증가 이후 2022년까지 유사한 지수값을 보였다.

사계리 지역의 수심 5m에서 1.28~1.92 범위, 8m에서 1.07~2.10의 범위, 12m에서 1.06~1.86의 범위로 조사시기가 지남에 따라 증가하는 경향을 보였다.

표선리 지역의 수심 5m에서 0.96~1.53의 범위, 8m에서 0.84~1.65의 범위, 12m에서 0.72~1.29의 범위로 평균 다양도 지수는 조사시기가 지남에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 수심간 차이는 2021년 동계에 가장 크게 나타났고, 2019년에 가장 유사하게 나타났다.

곽지리 지역의 수심 8m에서 1.51~1.66의 범위, 12m에서 1.75~2.09의 범위로 나타났다.



(그림 3.3.19) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 다양도 지수

<표 3.3.16> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 다양도

조사지역	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
귀덕	5m	1.47	1.21	1.26	1.49	1.29	1.34
	8m	0.91	0.99	1.33	1.74	1.55	1.30
	12m	0.46	0.57	1.41	1.52	1.42	1.08
	평균		1.28	0.93	1.38	1.08	1.17
조천	5m		0.76	0.89	1.38	1.00	1.01
	8m		0.95	0.84	1.62	1.12	1.13
	12m	1.29	1.52	1.75	2.08	1.82	1.69
	평균	1.14	1.25	1.59	1.85	1.70	1.51
평대	5m	1.03	0.99	1.50	1.18	1.68	1.28
	8m	1.67	1.40	2.01	2.33	2.00	1.88
	12m	1.65	1.65	1.89	2.29	2.10	1.92
	평균	1.20	1.79	1.84	2.04	1.46	1.67
우도(비양)	5m	1.19	0.97	1.41	1.84	1.81	1.44
	8m	1.01	1.19	1.70	1.86	1.81	1.51
	12m	0.64	0.96	1.37	1.55	1.57	1.22
	평균		1.08	1.20	1.58	1.19	1.26
추자(횡간)	5m		1.09	1.36	1.63	1.50	1.40
	8m		0.99	1.35	1.33	1.40	1.27
	12m	1.28	1.50	1.75	1.92	1.90	1.67
	평균	1.07	1.49	1.90	2.10	1.84	1.68
일과	5m	1.06	1.44	1.81	1.86	1.85	1.60
	8m	1.09	0.96	0.96	1.53	1.19	1.15
	12m	0.84	1.01	0.86	1.65	1.32	1.14
	평균	0.72	0.90	1.28	1.29	1.29	1.10
사계	5m				1.66	1.51	1.59
	8m				2.09	1.75	1.92
	12m	1.33	1.24	1.41	1.77	1.54	1.46
	평균	1.10	1.18	1.44	1.81	1.60	1.43
표선	5m	0.85	1.07	1.43	1.55	1.47	1.27
	8m	0.84	1.01	0.86	1.65	1.84	1.24
	12m	0.72	0.90	1.28	1.29	1.06	1.05
	평균	0.88	0.96	1.04	1.49	1.48	1.17
곽지	8m				1.66	1.21	1.44
	12m				2.09	2.00	2.05
	평균				1.88	1.61	1.75
평균	5m	1.33	1.24	1.41	1.77	1.67	1.48
	8m	1.10	1.18	1.44	1.81	1.73	1.45
	12m	0.85	1.07	1.43	1.55	1.41	1.26
	평균	1.09	1.17	1.42	1.71	1.61	1.40

수심에 따른 조사시기별 우점도 지수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 0.66~0.80의 범위, 8m에서 0.62~0.88의 범위, 12m에서 0.68~0.94의 범위로 평균 우점도 지수는 조사시기가 지남에 따라 증가와 감소가 반복하여 나타났고, 수심간 차이는 2018년에 가장 크게 나타났고, 2021년에 가장 유사하게 나타났다.

조천리 지역의 수심 5m에서 0.71~0.88의 범위, 8m에서 0.71~0.90의 범위, 12m에서 0.63~0.89의 범위로 조사시기가 지남에 따라 증가와 감소를 반복하여 나타났고, 수심간 차이는 2019년에 가장 컸으며, 2020년에 가장 유사하게 나타났다.

평대리 지역의 수심 5m에서 0.45~0.75의 범위, 8m에서 0.55~0.80의 범위, 12m에서 0.66~0.88의 범위로 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, 수심간 차이는 2021년에 가장 크게 나타났고, 2021년에 유사하게 나타났다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 0.41~0.74의 범위, 8m에서 0.41~0.65의 범위, 12m에서 0.53~0.77의 범위로 조사시기가 지남에 따라 2021년까지 감소하여 나타났고, 2022년에 증가하는 경향을 보였으며, 수심간 차이는 2022년에 가장 크게 나타났고, 2020년에 가장 유사한 우점도 지수를 보였다.

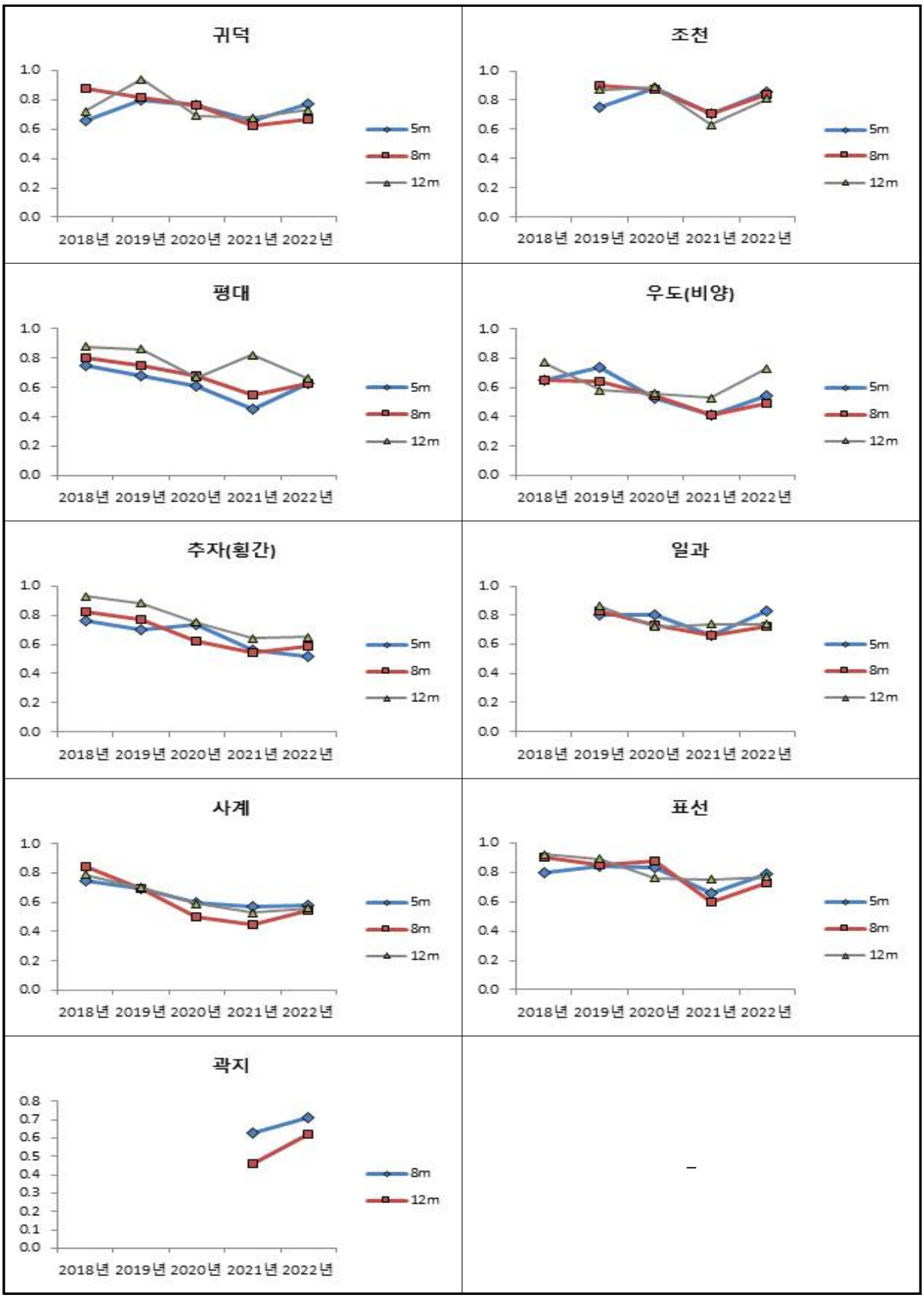
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 0.52~0.76의 범위, 8m에서 0.54~0.82의 범위, 12m에서 0.64~0.93의 범위로 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 수심간 차이는 2021년에 가장 유사한 지수값을 나타냈다.

일과리 지역의 수심 5m에서 0.66~0.83의 범위, 8m에서 0.66~0.83의 범위, 12m에서 0.72~0.86의 범위로 조사시기가 지남에 따라 2021년까지 감소한 이후 2022년에 증가하여 나타났고, 수심간 차이는 2022년에 가장 크게 나타났으며, 2018년에 가장 유사한 지수 값을 보였다.

사계리 지역의 수심 5m에서 0.57~0.75의 범위, 8m에서 0.45~0.84의 범위, 12m에서 0.53~0.79의 범위로 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 수심간 차이는 2019년에 가장 유사한 지수값을 보였다.

표선리 지역의 수심 5m에서 0.66~0.84의 범위, 8m에서 0.60~0.90의 범위, 12m에서 0.75~092의 범위로 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 나타냈고, 수심간 차이는 2021년에 가장 크게 나타났고, 2019년에 가장 유사한 지수값을 보였다.

곽지리 지역의 수심 8m에서 0.63~0.71의 범위, 12m에서 0.46~0.62의 범위로 나타났다.



(그림 3.3.20) 마을어장에 출현한 해조류의 지역 및 수심별 우점도 지수

<표 3.3.17> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 우점도

조사지역	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
귀덕	5m	0.66	0.80	0.76	0.66	0.77	0.73
	8m	0.88	0.82	0.76	0.62	0.67	0.75
	12m	0.72	0.94	0.69	0.68	0.73	0.75
	평균		0.75	0.88	0.71	0.86	0.80
조천	5m		0.90	0.87	0.71	0.84	0.83
	8m		0.87	0.89	0.63	0.81	0.80
	12m	0.75	0.68	0.61	0.45	0.63	0.62
	평균	0.80	0.75	0.68	0.55	0.63	0.68
평대	5m	0.88	0.86	0.67	0.82	0.66	0.78
	8m	0.65	0.74	0.53	0.41	0.54	0.57
	12m	0.65	0.64	0.54	0.41	0.49	0.55
	평균	0.77	0.58	0.56	0.53	0.73	0.63
우도(비양)	5m	0.76	0.70	0.74	0.56	0.52	0.66
	8m	0.82	0.77	0.62	0.54	0.59	0.67
	12m	0.93	0.88	0.75	0.64	0.65	0.77
	평균		0.80	0.80	0.66	0.83	0.77
추자(횡간)	5m		0.83	0.73	0.66	0.72	0.74
	8m		0.86	0.72	0.74	0.74	0.77
	12m	0.75	0.69	0.60	0.57	0.58	0.64
	평균	0.84	0.69	0.50	0.45	0.54	0.60
일과	5m	0.79	0.70	0.59	0.53	0.56	0.63
	8m	0.80	0.84	0.83	0.66	0.79	0.78
	12m	0.90	0.85	0.88	0.60	0.73	0.79
	평균	0.92	0.89	0.76	0.75	0.77	0.82
사계	5m				0.63	0.71	0.67
	8m				0.46	0.62	0.54
	12m	0.73	0.75	0.72	0.59	0.69	0.70
	평균	0.82	0.78	0.70	0.57	0.65	0.70
표선	5m	0.84	0.82	0.70	0.67	0.71	0.75
	8m	0.90	0.85	0.88	0.60	0.51	0.82
	12m	0.92	0.89	0.76	0.75	0.86	0.89
	평균	0.87	0.86	0.82	1.03	0.68	0.85
곽지	8m				0.63	0.87	0.90
	12m				0.46	0.56	0.99
	평균				1.61	0.72	0.95
평균	5m	0.73	0.75	0.72	0.59	0.65	0.76
	8m	0.82	0.78	0.70	0.57	0.59	0.77
	12m	0.84	0.82	0.70	0.67	0.72	0.81
	평균	0.79	0.78	0.71	0.95	0.65	0.78

(3) 수심별 생태지수

마을지역에서 조사된 해조류의 생체량을 이용한 생태학적 제지수를 살펴보면, 수심별 평균 풍부도 지수는 수심 5m에서 1.29~2.54의 범위로 우도(비양) 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 귀덕리 지역에서 가장 낮은 지수를 나타냈다. 수심 8m에서는 1.32~2.90의 범위로 곽지리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 표선리 지역에서 가장 낮은 지수를 나타냈다. 수심 12m에서는 1.35~2.89의 범위로 곽지리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 표선리 지역에서 가장 낮은 지수를 나타냈다.

수심별 평균 균등도 지수는 수심 5m에서 0.46~0.65의 범위, 수심 8m에서 0.39~0.66의 범위, 수심 12m에서 0.47~0.69의 범위로 모든 지역과 수심에서 중간 수준의 균등도를 나타냈다.

다양도 지수는 수심 5m에서 1.15~1.88의 범위로 우도(비양) 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 표선리 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다. 수심 8m에서는 1.01~1.92의 범위로 우도(비양) 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 조천리 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다. 수심 12m에서는 1.08~1.92의 범위로 곽지리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 귀덕리 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다.

우점도 지수는 수심 5m에서 0.57~0.80의 범위로 조천리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 우도(비양) 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다. 수심 8m에서는 0.55~0.83의 범위로 조천리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 우도(비양) 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다. 수심 12m에서는 0.54~0.82의 범위로 표선리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 곽지리 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다.

<표 3.3.18> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 지역 및 수심별 생태지수

지역	수심	풍부도	균등도	다양도	우점도
귀덕	5m	1.29	0.60	1.34	0.73
	8m	1.58	0.54	1.30	0.75
	12m	1.49	0.49	1.08	0.75
	평균	1.45	0.56	1.28	0.73
조천	5m	1.90	0.46	1.17	0.80
	8m	1.82	0.39	1.01	0.83
	12m	1.80	0.47	1.13	0.80
	평균	1.88	0.46	1.15	0.80
평대	5m	2.21	0.61	1.69	0.62
	8m	2.04	0.58	1.51	0.68
	12m	1.87	0.51	1.28	0.78
	평균	2.20	0.56	1.49	0.70
우도(비양)	5m	2.54	0.65	1.88	0.57
	8m	2.68	0.65	1.92	0.55
	12m	2.49	0.59	1.67	0.63
	평균	2.57	0.63	1.82	0.58
추자(횡간)	5m	1.48	0.60	1.44	0.66
	8m	1.51	0.65	1.51	0.67
	12m	1.59	0.53	1.22	0.77
	평균	1.53	0.59	1.39	0.70
일과	5m	1.76	0.52	1.26	0.77
	8m	1.67	0.57	1.40	0.74
	12m	1.72	0.53	1.27	0.77
	평균	1.72	0.54	1.31	0.76
사계	5m	2.07	0.63	1.67	0.64
	8m	1.84	0.66	1.68	0.60
	12m	1.85	0.63	1.60	0.63
	평균	1.92	0.64	1.65	0.63
표선	5m	1.30	0.51	1.15	0.78
	8m	1.32	0.51	1.14	0.79
	12m	1.35	0.49	1.10	0.82
	평균	1.32	0.50	1.13	0.80
곽지	8m	2.90	0.55	1.59	0.67
	12m	2.89	0.69	1.92	0.54
	평균	2.90	0.62	1.76	0.61

수심에 따라 풍부도 지수는 수심 8m에서 1.93으로 가장 높게 나타났고, 수심 5m에서 1.82로 가장 낮았으며, 12m에서 1.89로 나타났다.

균등도 지수는 모든 수심에서 0.55~0.57의 범위로 유사한 지수값을 보였다.

다양도 지수는 수심 5m와 8m에서 1.45로 높았으며, 수심 12m에서 1.36으로 가장 낮은 값을 나타냈다.

우점도 지수는 수심 12m에서 0.72로 높았으며, 수심 5m와 8m에서는 0.70으로 동일하게 나타났다.

이와 같은 전체 지역의 평균 수심별 생태학적 지수는 수심에 관계없이 유사한 지수 값을 나타내는 것으로 나타났다.

<표 3.3.19> 마을어장에 출현한 해조류 군집의 수심별 생태학적 제지수

수심	풍부도	균등도	다양도	우점도
5m	1.82	0.57	1.45	0.70
8m	1.93	0.57	1.45	0.70
12m	1.89	0.55	1.36	0.72

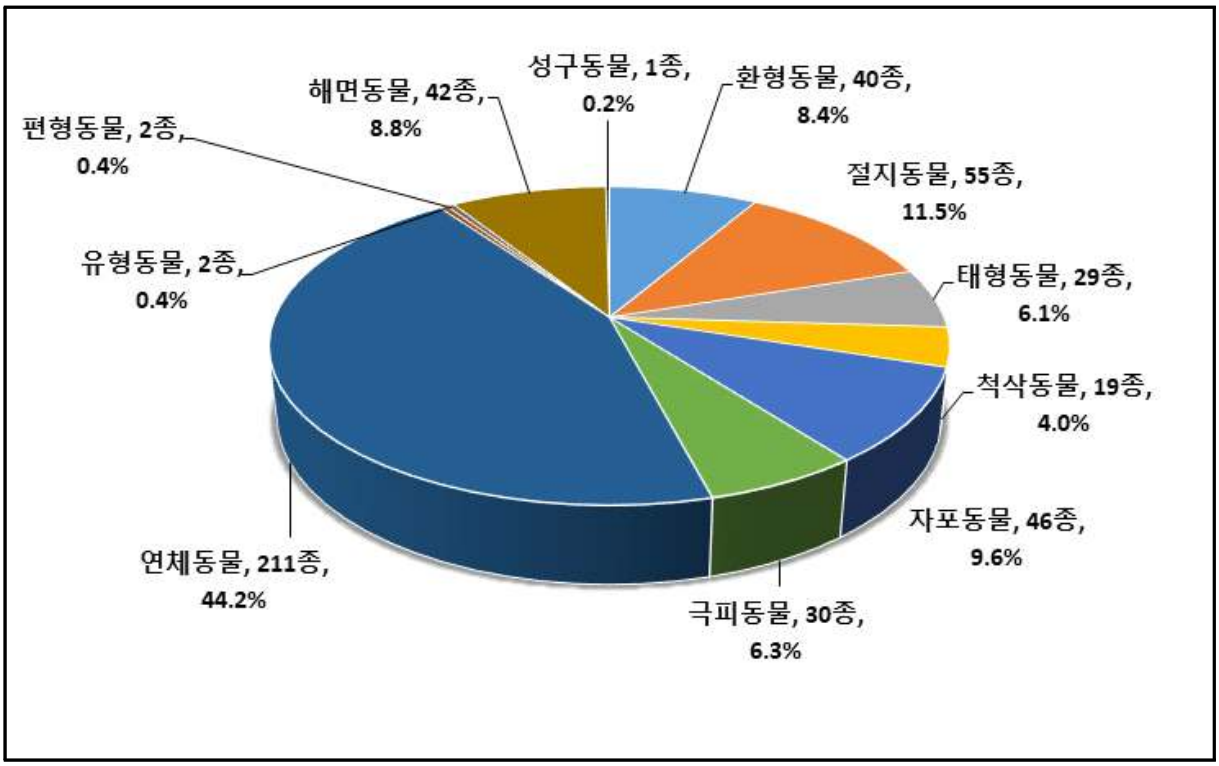
3.2 저서동물

3.2.1 종조성

(1) 전체 출현종수

2018년~2022년까지 제주도 9개 마을어장 조사지역에서 출현한 저서동물은 총 11개 문 477종이 출현하였다. 분류군별로는 연체동물이 211종으로 44.2%의 가장 높은 출현율을 보였고, 절지동물이 55종으로 11.5%, 자포동물이 46종으로 9.7%, 해면동물이 42종으로 8.8%, 환형동물이 40종으로 8.4%, 극피동물이 30종으로 6.3%, 태형동물은 29종으로 6.1%, 척삭동물은 19종으로 4.0%, 유형동물과 편형동물은 각각 2종씩 0.4%의 구성비, 성구동물은 1종(0.2%)가 출현하였다(그림 3.3.1).

모든 조사지역에서 연체동물이 차지하는 비중이 높은 암반생태계의 특성을 나타냈으며, 특히 표선리 지역에서 연체동물의 비중이 51.1%로 조사지역 중 가장 높은 비중을 차지하였고, 일과리 지역은 36.9%로 가장 낮은 비중을 보였다.



(그림 3.3.21) 저서동물의 분류군별 출현비율

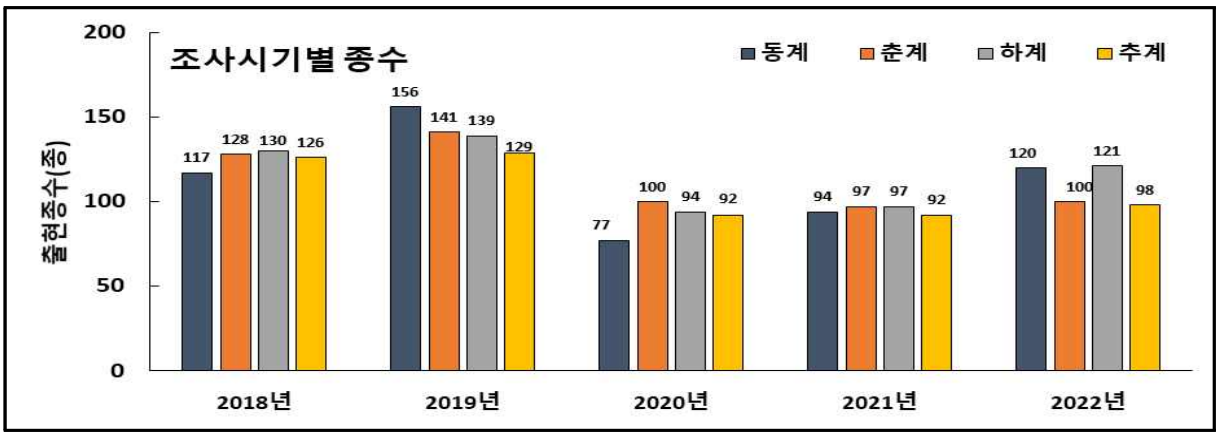
<표 3.3.20> 마을어장 조사지역에 출현한 저서동물 군집의 분류군별 출현종수

분류군	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	전체	점유율 (%)
환형동물	24	19	19	18	17	16	18	17	7	40	8.4
절지동물	24	9	25	25	34	12	21	22	1	55	11.5
태형동물	10	6	11	15	23	9	14	6	5	29	6.1
척삭동물	9	7	14	8	16	8	9	9	3	19	4.0
자포동물	14	16	19	18	25	24	22	17	11	46	9.7
극피동물	17	13	16	15	14	17	13	12	8	30	6.3
연체동물	101	57	99	88	115	66	98	97	30	211	44.2
유형동물	-	-	1	2	1	1	1	-	1	2	0.4
편형동물	1	-	1	1	1	-	1	1	-	2	0.4
해면동물	27	25	27	31	26	25	27	26	16	42	8.8
성구동물	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2
출현종수	228	153	233	222	273	179	225	208	83	477	100

*조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사시행

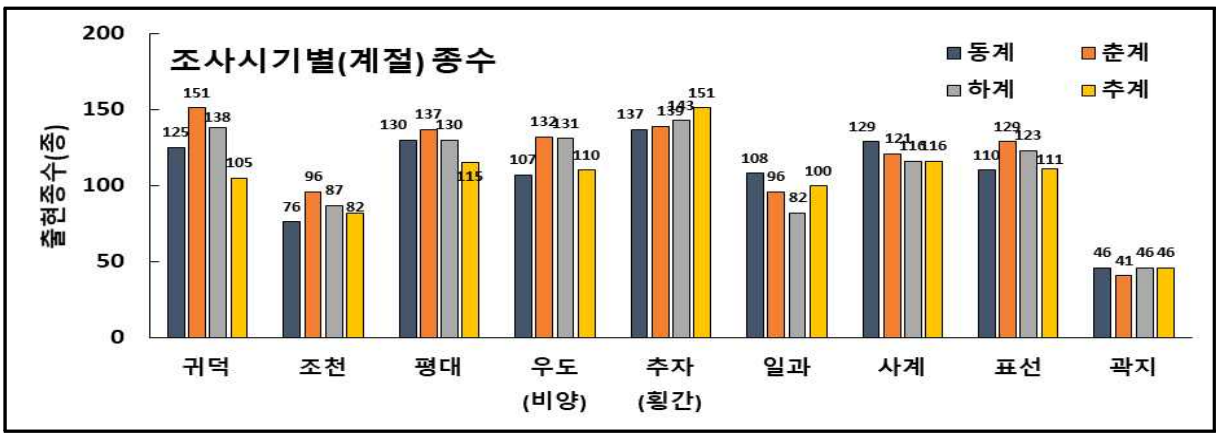
(2) 시기별 출현종수

전체 마을어장의 조사시기별 종수를 살펴보면, 2019년 동계에서 156종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 2020년 동계에 77종으로 가장 적은 종이 출현하는 것으로 나타났다. 2018년, 2020년, 2021년에는 계절별 종수는 유사하였고, 2019년에는 동계에서 추계로 가면서 점차 감소하였고, 2022년에는 동계와 하계에 종수가 많고, 춘계와 추계에 종수가 감소하는 것으로 나타났다. 동일한 해의 계절별 변화는 크지 않은 반면 조사가 이루어진 시기(년도)의 차이는 1~2차(2018년, 2019년)에 비해 2020년에 감소하였다.



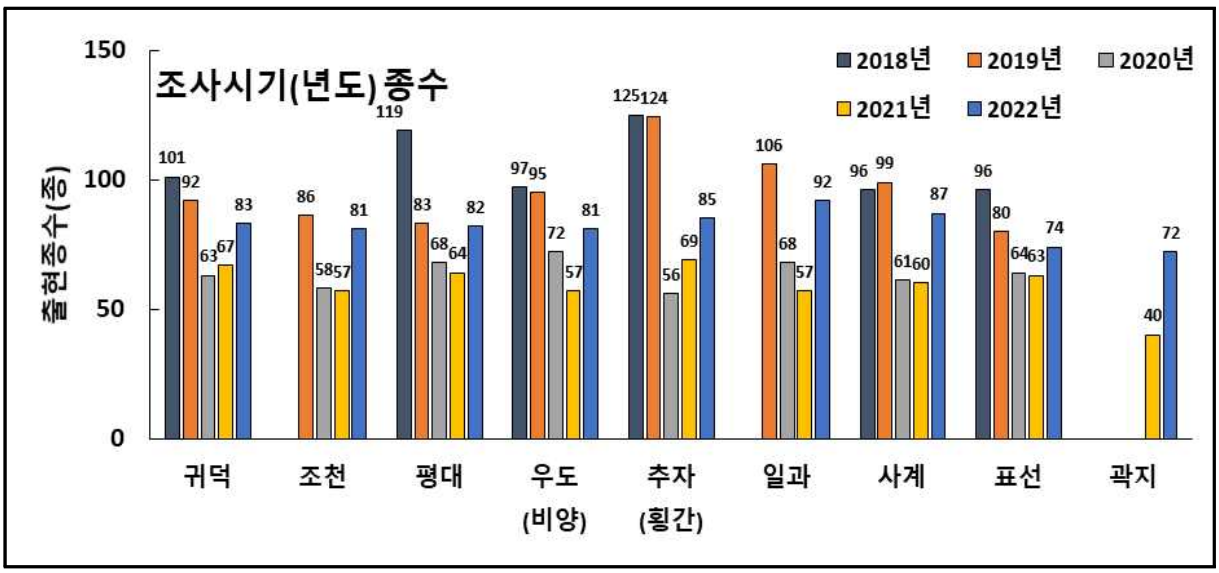
(그림 3.3.22) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기별 출현종수

조사시기(계절)에 따라 춘계에 316종으로 가장 많이 출현하였으며, 동계에는 306종, 하계에는 306종, 추계에는 302종으로 모든 계절에서 유사한 종수가 출현하는 것으로 조사되었다. 지역별로는 일과리와 사계리 지역에서는 동계에 가장 많은 종이 출현하였고,귀덕리, 조천리, 평대리, 우도(비양), 표선리 지역에서는 춘계에 가장 많은 종이 출현하였다. 그리고 추자(횡간) 지역은 추계에 가장 많았꼬, 곽지리 지역은 모든 시기가 종수의 차이가 크지 않았다. 대부분의 지역이 동계화 춘계에 저서동물 출현율이 가장 많은 것으로 나타났다.



(그림 3.3.23) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기(계절)별 출현종수

조사시기(년도)에 따라 2018년에는 203종, 2019년에는 244종, 2020년에는 132종, 2021년에는 130종, 2022년에는 176종으로 2019년도에 가장 많은 종이 출현하였고, 조사시기에 따라 종수는 감소한 후 5차년도 조사시에 종수가 다소 증가하였다.



(그림 3.3.24) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기(년도)별 출현종수

조사시기 중 2018년, 2019년 2021년에는 추자(횡간) 지역, 2020년에는 우도(비양) 지역이 가장 많은 저서동물이 출현하였고, 2022년에는 일과리 지역이 다른 조사지역보다 저서동물의 출현 종수가 많이 나타났다.

각 조사지역의 시기별 출현종수를 살펴보면 귀덕리 지역에서는 2018년 101종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 2019년 92종, 2020년 63종, 2021년 67종으로 감소하여 나타났고. 2022년에는 83종이 출현하는 것으로 조사되었다. 조천리 지역에서는 2019년에 86종으로 가장 많이 출현하였고, 2020년도에 58종, 2021년에 57종으로 지난 2년간은 유사한 종수가 출현하였으며 2022년에는 81종으로 증가하였다. 평대리 지역에서는 2018년에 119종으로 가장 많이 출현하였고, 2019년에 83종, 2020년에 68종, 2021년에 64종이 출현하였으며, 2022년에는 82종이 출현하였다. 우도(비양) 지역에서는 2018년에도 97종으로 가장 많이 출현하였고, 2019년에 95종으로 2018년도와 유사한 종수가 출현하였으며 2020년에는 72종, 2021년에는 57종이 출현하였으며, 2022년에는 81종이 출현하였다. 추자(횡간) 지역에서는 2018년에 125종으로 모든 조사시기와 조사지역에서 가장 많은 종이 출현하였고, 2019년에는 124종, 2020년에는 56종으로 매우 감소하였고, 2021년에는 69종이 출현하였으며, 2022년 동계에는 85종이 출현하였으며, 조사시기에 따라 출현종수는 변화가 가장 큰 지역으로 나타났다. 일과리 지역에서는 2019년에 106종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 2020년에 68종으로 종수의 감소가 크게 나타났고, 2021년에 57종이 출현하였으며, 2022년에는 92종이 출현하였다. 사계리 지역에서는 2018년에 96종, 2019년에 99종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 2020년에 61종, 2021년에 60종이 출현하였으며, 2022년에는 87종이 출현하였다. 표선리 지역에서는 2018년에 96종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 2019년에 80종, 2020년에 64종, 2021년에 63종이 출현하였으며, 2022년에는 74종이 출현하였다. 곽지리 지역은 2021년에 40종, 2022년에 72종이 출현하였다.

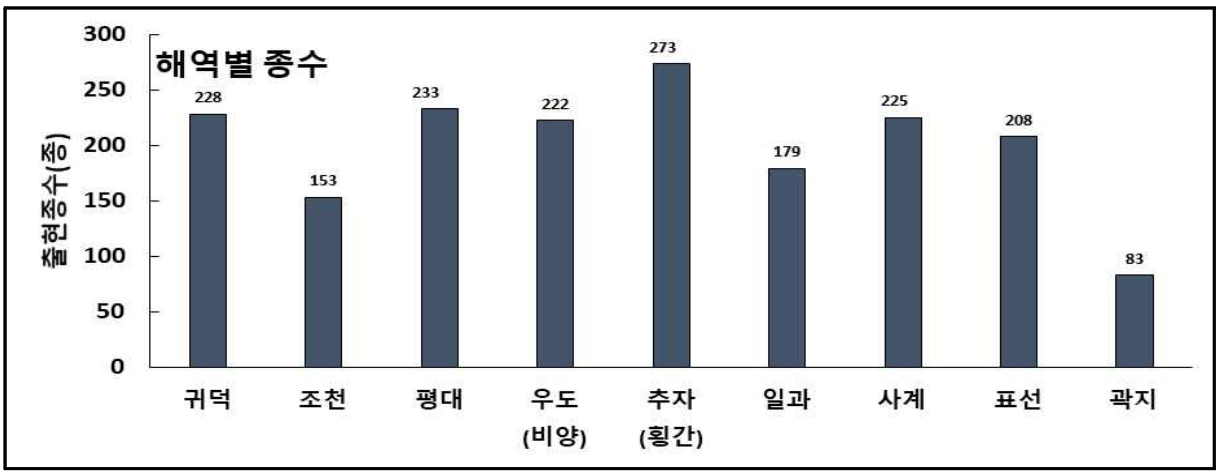
<표 3.3.21> 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기별 출현종수

시기		귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	전체
2018년	동계	48	-	49	34	42	-	51	43	-	117
	춘계	60	-	60	44	46	-	51	56	-	128
	하계	65	-	74	50	58	-	42	57	-	130
	추계	35	-	44	34	77	-	22	37	-	126
	소계	101	-	119	97	125	-	96	96	-	203
2019년	동계	47	36	45	35	57	54	38	39	-	156
	춘계	47	41	43	45	51	40	37	30	-	141
	하계	45	41	18	42	43	35	44	26	-	139
	추계	35	37	29	31	39	50	43	35	-	129
	소계	92	86	83	95	124	106	99	80	-	244
2020년	동계	30	30	29	32	-	38	30	26	-	77
	춘계	39	31	34	35	38	32	29	29	-	100
	하계	34	31	32	31	36	30	31	39	-	94
	추계	38	31	41	40	28	40	44	41	-	92
	소계	63	58	68	72	56	68	61	64	-	132
2021년	동계	41	37	40	36	37	34	41	33	-	94
	춘계	37	33	38	33	44	28	36	34	-	97
	하계	37	38	39	34	38	35	30	40	30	97
	추계	36	33	35	25	32	26	32	36	31	92
	소계	67	57	64	57	69	57	60	63	40	130
2022년	동계	46	43	55	40	47	54	51	32	46	120
	춘계	58	48	45	50	45	55	41	54	41	121
	하계	41	40	38	43	37	35	41	40	33	98
	추계	43	37	36	43	36	37	45	39	29	100
	소계	83	81	82	81	85	92	87	74	72	176
전체	동계	125	76	130	107	137	108	129	110	46	306
	춘계	151	96	137	132	139	96	121	129	41	316
	하계	138	87	130	131	143	82	116	123	46	306
	추계	105	82	115	110	151	100	116	111	46	302
	소계	228	153	233	222	273	179	225	208	83	477

주) 조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사시행, 추자(횡간) 2020년 동계는 기상 악화로 조사 미시행

(3) 지역별 출현종수

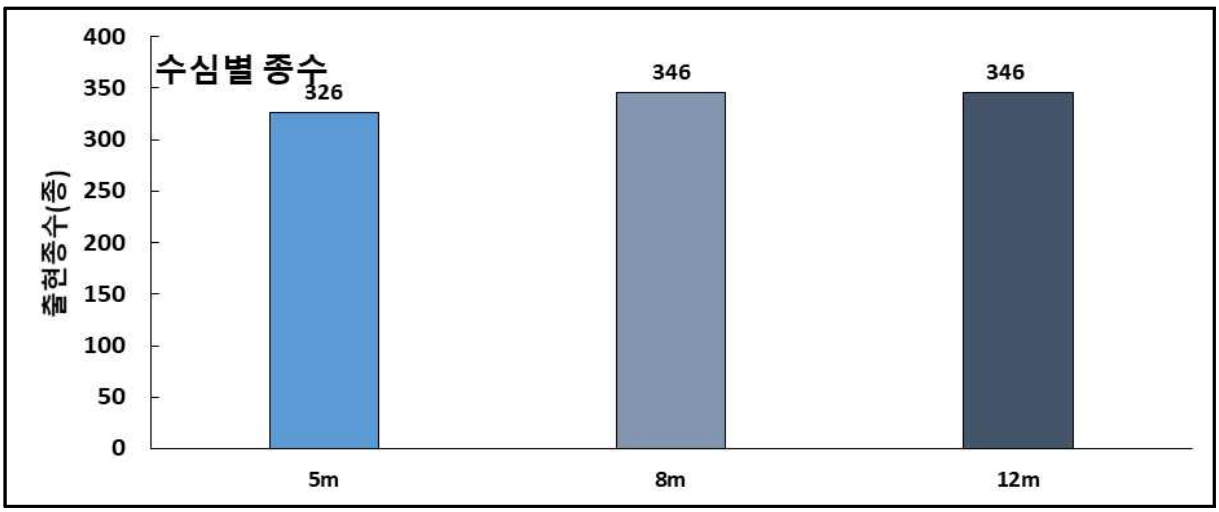
조사기간 동안 출현한 출현종수는 지역별로 추자(횡간)에서 273종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 곽지에서 83종으로 가장 적은 종이 출현하였다. 조천리와 일과리 지역은 2019년부터 조사가 이루어졌고, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사가 시작되어 타 지역에 비해 조사 빈도가 적어 저서동물의 종수가 적게 나타난 것으로 판단되며, 같은 시기 시작한 6개 지역 중 표선이 상대적으로 적은 종수가 나타난 것으로 조사되었다.



(그림 3.3.25) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역별 출현종수

(4) 수심별 출현종수

수심에 따른 저서동물 출현종수는 5m에서 326종, 8m에서 346종, 12m에서 346종으로 수심이 깊은 수심에서 상대적으로 많은 종수 분포를 보였다.



(그림 3.3.26) 마을어장에 출현한 저서동물의 수심별 출현종수

2021년 하계부터 조사를 시행한 곽지리를 제외하고 수심 5m에서는 추자(횡간) 지역에서 173종으로 가장 많고, 조천리 지역에서 75종으로 가장 적은 종이 출현하였다. 수심 8m에서는 추자(횡간) 지역에서 160종으로 가장 많았고, 조천리 지역에서 91종으로 가장 적은 종이 출현하였으며, 수심 12m에서는 추자(횡간) 지역에서 153종으로 가장 많고, 조천리 지역에서 108종으로 가장 적은 종이 출현하여, 모든 수심권에서 추자(횡간) 지역에서 가장 많은 종이 출현하고 있었으며, 조천리 지역에서 가장 적은 종이 출현하는 것으로 조사되었다.

지역에 따른 수심별 출현종수를 살펴보면, 추자(횡간) 지역은 수심 5m, 귀덕리와 사계리 지역은 수심 8m, 조천리, 평대리, 우도(비양), 일과리, 표선리와 곽지리 지역은 수심 18m에서 많은 종이 출현하였다.

각 지역별의 수심에 따른 저서동물의 출현종수는 귀덕리 지역은 수심 8m에서 152종으로 가장 많고 수심 5m에서 117종으로 가장 적었으며 수심 12m에서 146종으로 수심 8m와 유사한 종수를 보였다.

조천리 지역은 수심 12m에서 108종으로 가장 많았고, 수심 5m에서 75종으로 가장 적었으며 수심 8m에서 91종으로 나타났다.

평대리 지역은 모든 수심에서 유사한 종수를 보였고, 수심에 따라 5m에서 141종, 8m에서 143종, 12m에서 150종이 출현하였다.

우도(비양) 지역은 수심 5m에서 125종으로 가장 적은 종이 출현하였고, 수심 12m에서 152종으로 가장 많은 종이 출현하였으며 수심 8m에서는 142종이 출현하였다.

추자(횡간) 지역은 수심 5m에서 173종으로 모든 지역과 수심 중 가장 많은 종이 출현하였고, 수심 12m에서 153종으로 적었으며, 수심 8m에서 160종이 출현하였다.

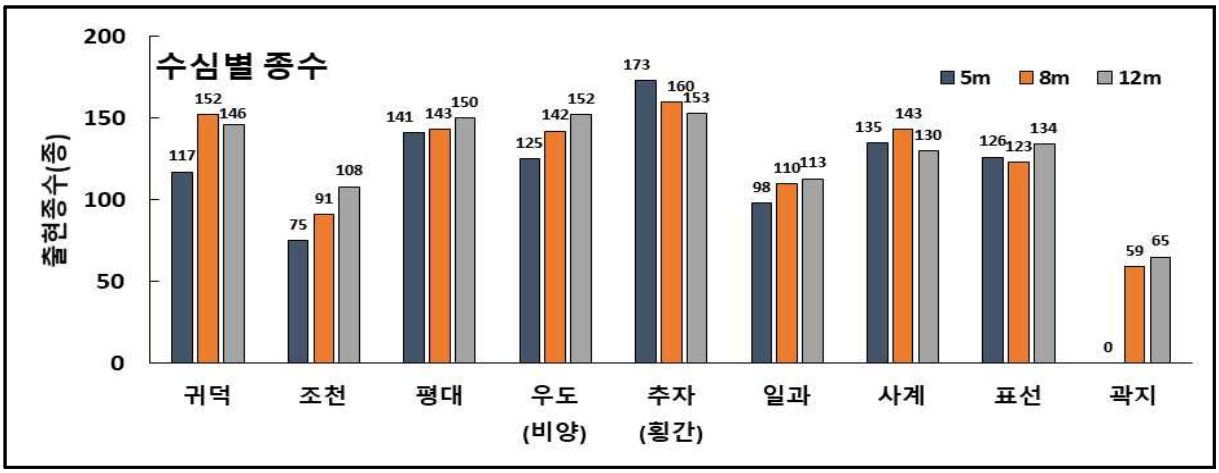
일과리 지역은 모든 수심에서 유사한 종수를 보였고, 수심에 따라 5m에서 98종, 8m에서 110종, 12m에서 113종이 출현하였다.

사계리 지역은 수심 8m에서 143종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 수심 12m에서 130종으로 가장 적은 종이 출현하였으며 수심 5m에서는 135종이 출현하였다.

표선리 지역은 수심 12m에서 134종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 수심 8m에서 123종으로 가장 적은 종이 출현하였으며 수심 5m에서 126종이 출현하였다.

곽지리 지역은 수심 8m에서 59종, 12m에서 65종이 출현하였고, 5m는 사질 지형으로 암반부착 저서동물은 관찰되지 않았고, 2021년 하계부터 조사가 이루어져 다른 지역에 비해 종수는 적게

출현하였다.



(그림 3.3.27) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 출현종수

<표 3.3.22> 마을어장에 출현한 저서동물의 수심별 출현종수

시기	수심	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	전체
2018년	5m	54	-	75	48	72	-	65	61	-	149
	8m	60	-	63	59	63	-	56	57	-	146
	12m	65	-	69	51	57	-	49	53	-	140
	소계	101	-	119	97	125	-	96	96	-	203
2019년	5m	40	36	41	46	75	46	43	36	-	151
	8m	55	40	39	45	58	59	57	36	-	169
	12m	54	54	39	55	61	59	58	47	-	164
	소계	92	86	83	95	124	106	99	80	-	244
2020년	5m	33	32	34	35	37	35	35	29	-	94
	8m	44	34	43	44	34	36	37	38	-	108
	12m	38	36	34	41	24	43	36	36	-	95
	소계	63	58	68	72	56	68	61	64	-	132
2021년	5m	25	31	34	30	36	31	34	35	-	89
	8m	41	35	35	33	45	33	32	35	27	99
	12m	34	38	46	38	40	33	30	38	31	102
	소계	67	57	64	57	69	57	60	63	40	130
2022년	5m	34	37	41	39	44	43	43	40	-	107
	8m	54	52	51	45	49	56	48	45	51	129
	12m	48	50	51	56	53	52	41	43	58	131
	소계	83	81	82	81	85	92	87	74	72	176
전체	5m	117	75	141	125	173	98	135	126	-	326
	8m	152	91	143	142	160	110	143	123	59	346
	12m	146	108	150	152	153	113	130	134	65	346
	종수	228	153	233	222	273	179	225	208	83	477

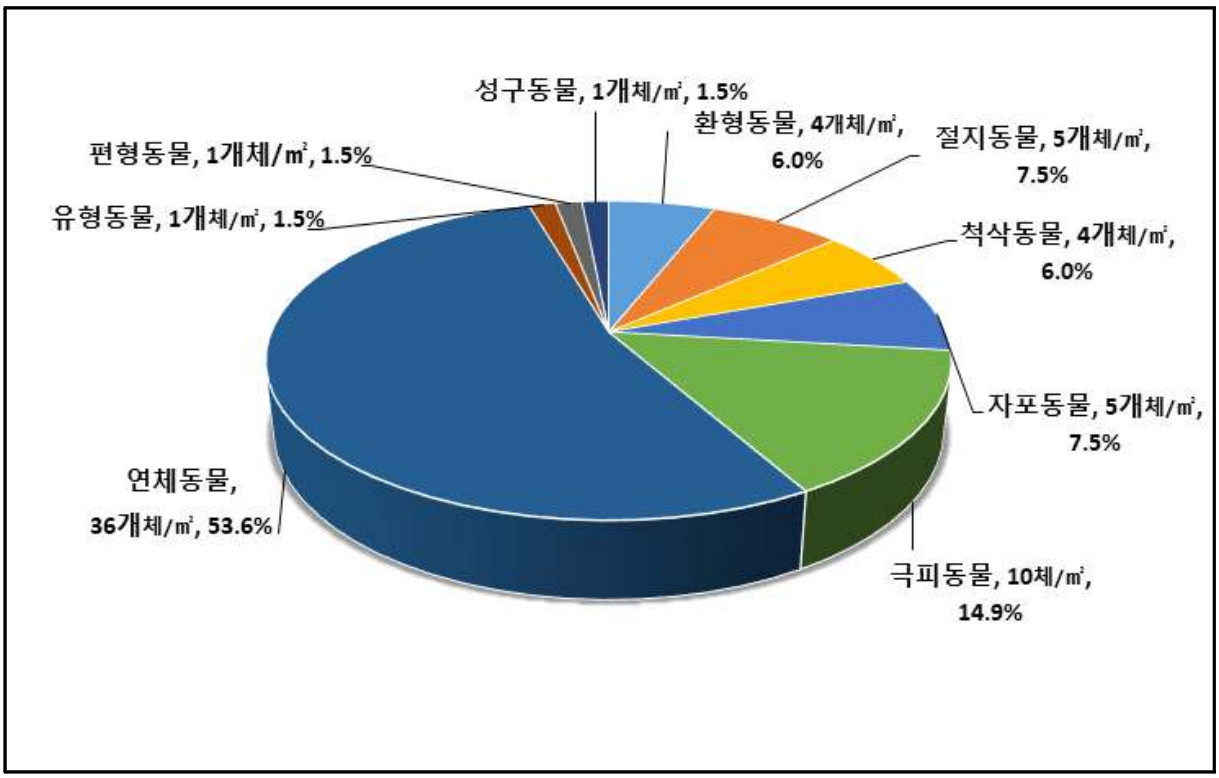
주) 조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사를 시행하였으며, 곽지리는 수심 8m와 12m에서 조사시행

3.2.2 서식밀도

(1) 전체 서식밀도

조사기간 동안 조사지역에 출현한 저서동물은 총 12,751개체가 채집되었으며, 단위면적당 평균 서식밀도는 67개체/㎡로 조사되었다. 분류군별 서식밀도는 연체동물이 36개체/㎡로 53.6%의 구성비를 나타내어 가장 높은 비중을 차지하였고, 다음으로 극피동물이 10개체/㎡(14.9%), 절지동물과 자포동물이 각각 5개체/㎡(7.5%) 순이였으며, 유형동물, 편형동물, 성구동물이 1개체/㎡씩 출현하여 1.5%씩의 구성비로 가장 낮게 나타났다.

모든 조사지역에서 출현종수의 출현 양상과 비슷하게 연체동물이 차지하는 비중이 높은 암반 생태계의 특성을 나타냈으며, 특히 곽지리 지역에서 연체동물이 32.2%로 조사지역 중 가장 높은 구성비를 차지하였고, 다음으로 표선리 지역에서 26.3%의 구성비를 보였으며. 우도(비양) 지역은 10.9%로 가장 낮은 구성비를 보였다.



(그림 3.3.28) 저서동물의 분류군별 서식밀도 구성비

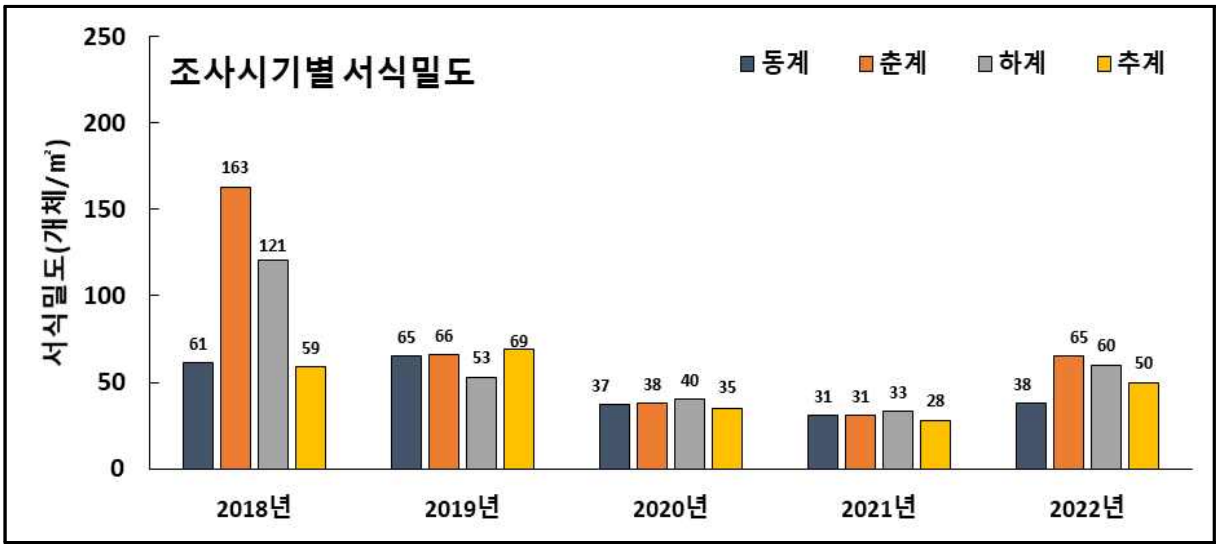
<표 3.3.23> 마을어장 조사지역에 출현한 저서동물 군집의 분류군별 서식밀도(단위:개체/㎡)

분류군	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	평균	구성비 (%)
환형동물	7	5	4	3	4	4	3	4	3	4	6.0
절지동물	7	2	7	4	10	4	3	4	1	5	7.5
태형동물	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
척삭동물	4	1	4	2	3	12	3	3	1	4	6.0
자포동물	6	3	2	3	2	3	2	3	21	5	7.5
극피동물	9	12	13	7	5	18	7	12	3	10	14.9
연체동물	39	33	47	22	47	22	41	50	19	36	53.6
유형동물	*	*	1	1	1	1	1	-	1	1	1.5
편형동물	1	-	1	1	1	-	1	1	-	1	1.5
해면동물	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
성구동물	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5
합계	75	57	80	44	74	65	62	78	50	67	100.0

※ 표 안의 *는 개체수 계수가 어려운 분류군을 나타냄.

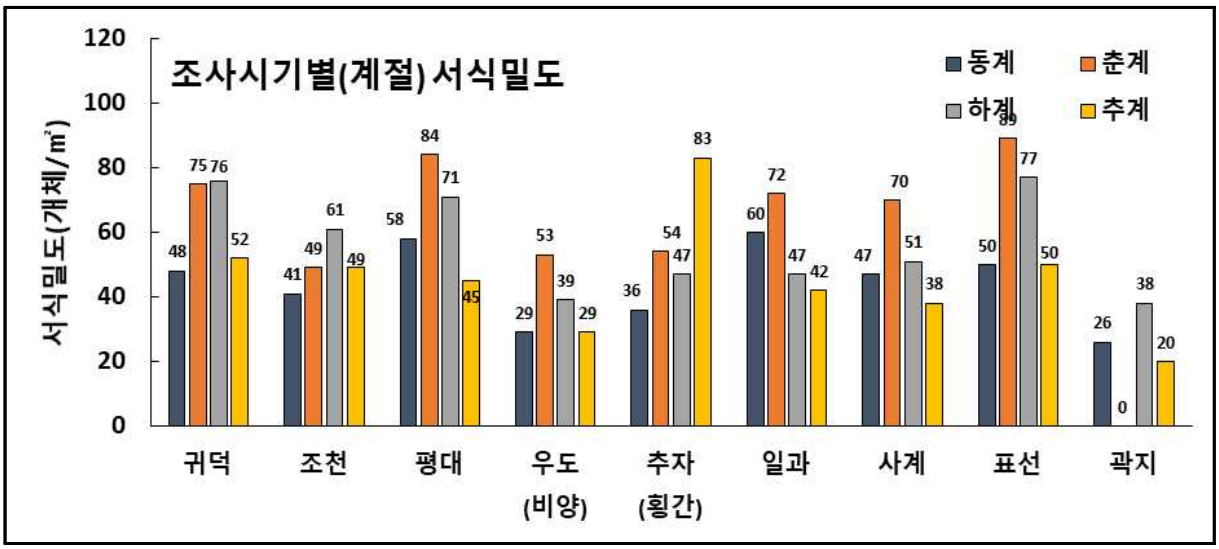
(2) 시기별 서식밀도

전체 마을어장의 조사시기별 평균 서식밀도를 살펴보면, 2018년 춘계에서 163개체/㎡로 가장 많은 서식밀도를 나타냈고, 2021년 추계에 28개체/㎡로 가장 적은 서식밀도를 나타냈다. 2019년, 2020년, 2021년에는 계절별 서식밀도는 유사하였고, 2018년과 2022년은 춘계에 많고, 추계에 적은 서식밀도를 나타내는 특성의 계절적 경향은 유사하였다. 동일한 해의 계절별 변화는 크지 않은 반면 조사가 이루어진 시기(년도)의 차이는 1차년도(2018년)에 비해 2019년 이후 감소하는 경향이 나타났다. 이는 2018년도와 2019년도는 파괴방법으로 인한 채집이 이루어져 크기가 작은 소형 동물종에 대한 채집과 동정 등 개체수 측정이 어려운 조사 방법적 한계로 판단된다.



(그림 3.3.29) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기별 서식밀도

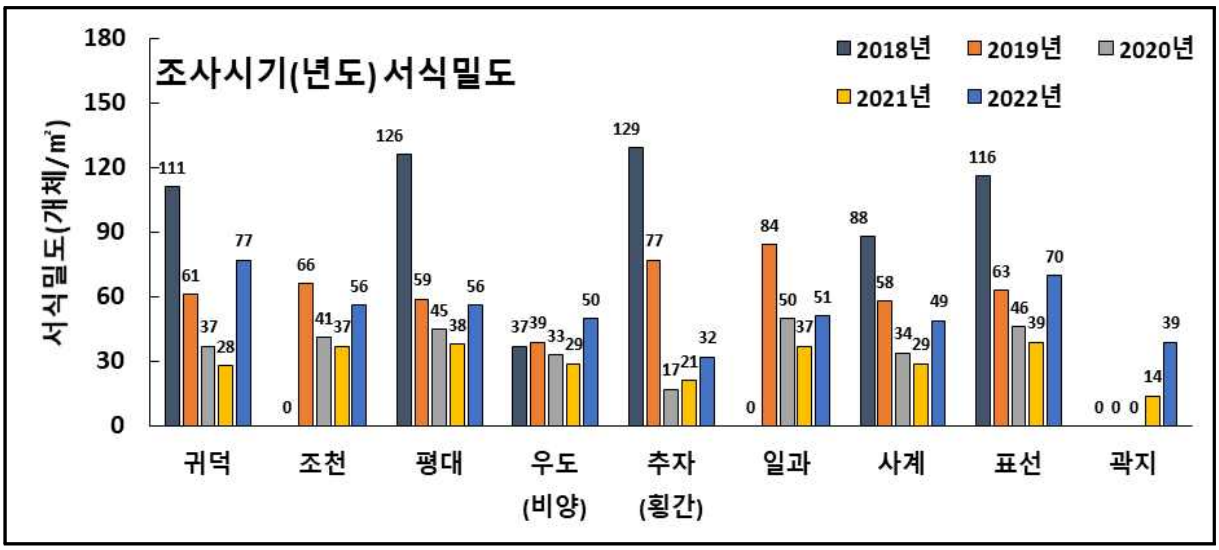
조사시기(계절)에 따른 서식밀도는 모든 조사지역의 평균 서식밀도는 춘계에 68개체/㎡로 타 계절에 비해 다소 많았으며, 동계에 44개체/㎡로 낮은 서식밀도를 보였고, 하계에 56개체/㎡, 추계에 45개체/㎡로 동계와 추계는 유사한 밀도 분포를 나타냈다. 지역별로는 귀덕리, 평대리, 우도(비양), 일과리, 사계리 및 표선리 지역은 춘계에 서식밀도가 높고, 조천리와 곽지리 지역은 하계, 추자(횡간) 지역은 추계에 서식밀도가 높은 것으로 나타났다.



(그림 3.3.30) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기(계절)별 서식밀도

조사시기(년도)에 따라 2018년에는 101개체/㎡로 서식밀도가 가장 높았고, 2019년에는 63개체/㎡, 2020년에는 38개체/㎡, 2021년에는 31개체/㎡, 2022년에는 53개체/㎡로 2019년 이후 서식밀도가 감소하는 것으로 나타났다.

조사시기 중 2018년에는 추자(횡간) 지역, 2019년과 2020년에는 일과리 지역, 2021년에는 표선리 지역, 2022년에는 귀덕리 지역이 상대적으로 높은 서식밀도를 보였다.



(그림 3.3.31) 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기(년도)별 출현종수

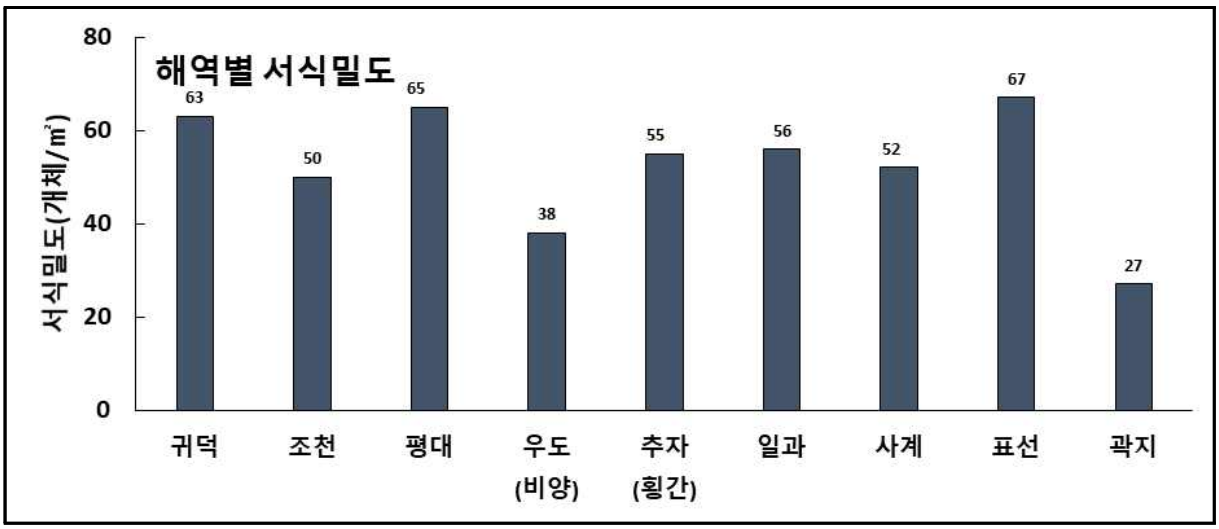
<표 3.3.24> 마을어장에 출현한 저서동물의 조사시기별 서식밀도(단위:개체/㎡)

시기		귀덕	조천	평대	우도(비양)	추자(횡간)	일과	사계	표선	곽지	평균
2018년	동계	67	-	63	19	73	-	79	67	-	61
	춘계	161	-	212	66	141	-	194	203	-	163
	하계	174	-	167	45	123	-	66	151	-	121
	추계	41	-	60	19	178	-	13	41	-	59
	평균	111	-	126	37	129	-	88	116	-	101
2019년	동계	73	61	71	31	45	105	55	77	-	65
	춘계	51	64	81	61	52	119	41	61	-	66
	하계	58	78	33	41	44	54	65	54	-	53
	추계	63	61	50	23	167	56	71	61	-	69
	평균	61	66	59	39	77	84	58	63	-	63
2020년	동계	35	40	63	33	0	49	33	44	-	37
	춘계	37	35	37	37	27	59	31	44	-	38
	하계	33	46	43	29	21	57	41	50	-	40
	추계	44	41	35	31	19	33	31	47	-	35
	평균	37	41	45	33	17	50	34	46	-	38
2021년	동계	32	31	35	27	23	41	30	32	-	31
	춘계	26	28	33	29	21	41	36	37	-	31
	하계	31	43	51	38	17	30	28	46	15	33
	추계	23	47	33	23	21	34	21	40	13	28
	평균	28	37	38	29	21	37	29	39	14	31
2022년	동계	35	33	57	37	37	46	40	30	26	38
	춘계	98	68	59	74	31	67	46	102	43	65
	하계	85	75	62	40	31	47	53	85	60	60
	추계	88	47	45	49	30	43	55	62	27	50
	평균	77	56	56	50	32	51	49	70	39	53
전체	동계	48	41	58	29	36	60	47	50	26	44
	춘계	75	49	84	53	54	72	70	89	-	68
	하계	76	61	71	39	47	47	51	77	38	56
	추계	52	49	45	29	83	42	38	50	20	45
	평균	63	50	65	38	55	55	52	67	28	53

주) 조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사시행, 추자(횡간) 2020년 동계는 기상 악화로 조사 미시행

(3) 지역별 서식밀도

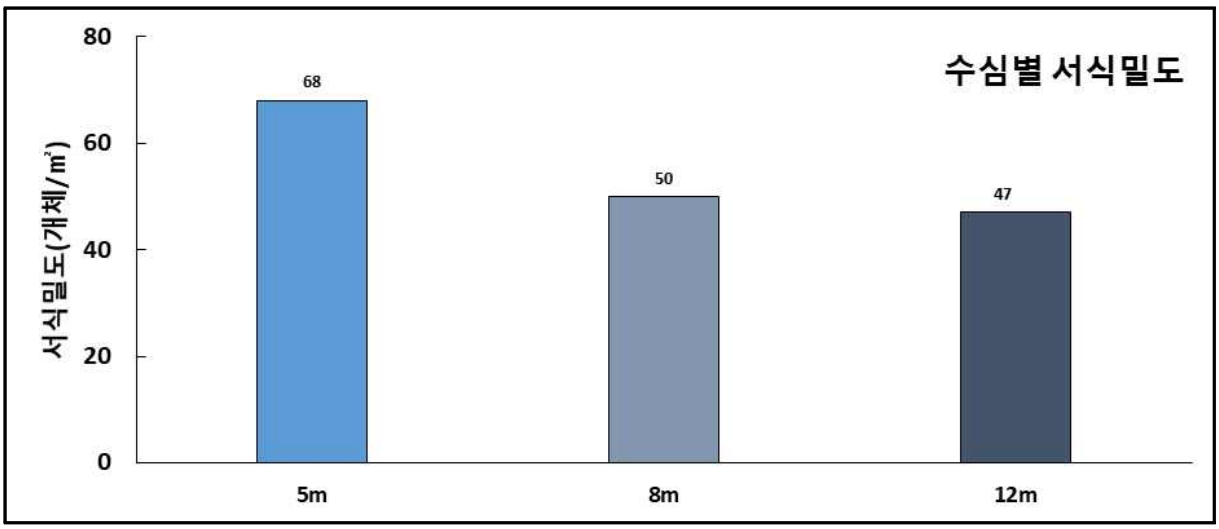
조사기간 동안 출현한 저서동물의 서식밀도는 지역별로 표선리 지역에서 67개체/㎡로 가장 많이 출현하였고, 곽지리 지역에서 27개체/㎡로 가장 적은 서식밀도를 나타냈다.



(그림 3.3.32) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역별 서식밀도

(4) 수심별 서식밀도

수심에 따른 저서동물 평균 서식밀도는 5m에서 68개체/㎡, 8m에서 50개체/㎡, 12m에서 47개체/㎡로 5m 수심에서 가장 높은 서식밀도를 나타냈고, 8m와 12m 수심에서는 유사한 서식밀도 분포를 나타냈다.



(그림 3.3.33) 마을어장에 출현한 저서동물의 수심별 서식밀도

수심 5m에서는 표선리 지역에서 87개체/㎡로 가장 많고, 우도(비양) 지역에서 37개체/㎡로 가장 적은 서식밀도를 보였다. 수심 8m에서는 평대리 지역에서 59개체/㎡로 가장 많았고, 곽지리 지역에서 33개체/㎡로 가장 적게 출현하였으며, 수심 12m에서는 귀덕리 지역에서 65개체/㎡로 가장 많고, 사계리 지역에서 34개체/㎡로 가장 적은 서식밀도를 나타내었으며, 표선리 지역은 상대적으로 모든 수심이 서식밀도가 높고 우도(비양) 지역은 적게 나타났다.

각 지역별의 수심에 따른 저서동물의 출현종수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 68개체/㎡로 가장 많고 수심 8m에서 54개체/㎡로 가장 적었으며 수심 12m에서 65개체/㎡로 수심 5m와 유사한 서식밀도를 보였다.

조천리 지역의 수심 5m에서 63개체/㎡로 가장 많았고, 수심 12m에서 42개체/㎡로 가장 적었으며 수심 8m에서 46개체/㎡로 나타났다.

평대리 지역의 수심 5m에서 85개체/㎡로 가장 많았고, 수심 12m에서 52개체/㎡로 가장 적었으며 수심 8m에서 59개체/㎡로 수심 12m와 유사하게 나타났다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 37개체/㎡, 8m에서 41개체/㎡, 12m에서 37개체/㎡로 모든 수심에서 유사한 서식밀도를 나타냈다.

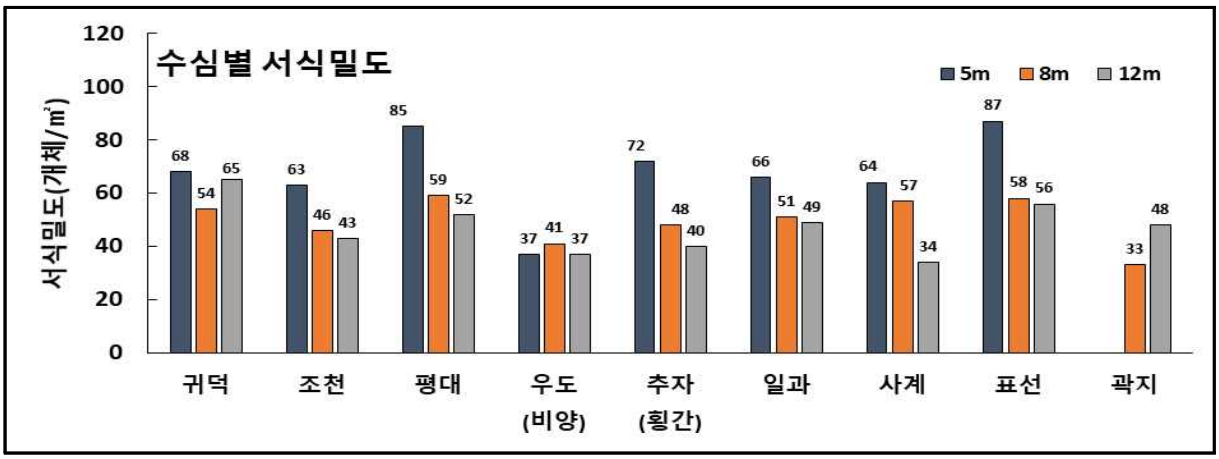
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 72개체/㎡로 가장 많았고, 수심 12m에서 40개체/㎡로 적었으며, 수심 8m에서 48개체/㎡가 출현하였다.

일과리 지역의 수심 5m에서 66개체/㎡로 가장 많았고, 수심 8m에서 51개체/㎡로 적었으며, 수심 12m에서 49개체/㎡로 수심 8m와 유사한 서식밀도를 나타냈다.

사계리 지역의 수심 5m에서 64개체/㎡로 가장 많았고, 수심 12m에서 34개체/㎡로 가장 적었으며, 수심 8m에서 57개체/㎡로 나타났다.

표선리 지역의 수심 5m에서 87개체/㎡로 가장 많이 출현하였고, 수심 12m에서 56개체/㎡로 가장 적게 출현하였으며 수심 8m에서 58개체/㎡가 출현하였다.

곽지리 지역의 수심 8m에서 33개체/㎡, 12m에서 48개체/㎡가 출현하였고, 5m는 사질 지형으로 암반부착 저서동물은 관찰되지 않았다.



(그림 3.3.34) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 서식밀도

<표 3.3.25> 마을어장에 출현한 저서동물의 수심별 서식밀도(단위:개체/㎡)

시기	수심	귀덕	조천	평대	우도 (비양)	추자 (횡간)	일과	사계	표선	곽지	평균
2018년	5m	112	-	142	36	198	-	83	136	-	118
	8m	102	-	112	52	102	-	127	110	-	101
	12m	113	-	122	31	87	-	56	101	-	85
	평균	109	-	125	40	129	-	89	116	-	101
2019년	5m	61	71	82	34	75	87	65	71	-	68
	8m	51	64	54	41	61	82	66	61	-	60
	12m	73	63	50	44	57	82	43	58	-	59
	평균	62	66	62	40	64	84	58	63	-	62
2020년	5m	56	57	69	36	25	71	48	71	-	54
	8m	29	32	45	37	25	48	30	38	-	36
	12m	27	33	20	26	15	31	24	30	-	26
	평균	37	41	45	33	22	50	34	46	-	39
2021년	5m	45	49	60	36	25	48	50	65	-	47
	8m	22	37	30	29	21	22	21	28	25	26
	12m	18	27	25	24	16	40	17	24	17	23
	평균	28	38	38	30	21	37	29	39	21	32
2022년	5m	68	73	73	44	39	59	73	92	-	65
	8m	67	49	54	46	32	52	43	52	40	48
	12m	96	47	42	61	26	42	30	65	78	54
	평균	77	56	56	50	32	51	49	70	59	56
전체	5m	68	63	85	37	72	66	64	87	-	68
	8m	54	46	59	41	48	51	57	58	33	50
	12m	65	43	52	37	40	49	34	56	48	47
	평균	62	51	65	38	53	55	52	67	41	55

주) 조천, 일과리 지역은 2019년도부터 조사시행, 곽지리 지역은 2021년 하계부터 조사를 시행하였으며, 곽지리는 수심 8m와 12m에서 조사시행

3.2.3 우점종

(1) 지역별

조사지역별로 출현한 저서동물의 출현개체수를 기준으로 우점종을 선정하였으며, 2018년에는 귀덕리, 평대리, 우도(비양), 사계리, 표선리 지역에서 얼룩덜룩갈줄고둥(*Cerithium alutaceum*)이 최소 100개체에서 최대 748개체가 조사되어 우점하는 것으로 조사되었고, 추자(횡간) 지역에서는 기생고깔고둥이 708개체로 조사되어 우점하는 것으로 나타났다.

2019년에는 귀덕리, 조천리, 평대리, 사계리, 표선리 지역에서 바퀴고둥(Astralium haematragum)이 최소 144개체에서 최대 532개체가 조사되어 우점하는 것으로 조사되었고, 우도(비양) 지역에서는 소라(*Turbo cornutus*)가 124개체로 우점하였으며, 추자(횡간) 지역은 옆새우류(Gammaridae unid.)가 132개체, 일과리 지역에서는 분홍멍게(*Herdmania momus*)가 488개체가 출현하여 우점하는 것으로 나타났다.

2020년에는 귀덕리, 조천리, 사계리, 표선리 지역에서 바퀴고둥(*Astralium haematragum*)이 최소 58개체에서 최대 190개체가 조사되어 우점하는 것으로 조사되었고, 평대리, 일과리 지역에서는 보라성게(*Heliocidaris crassispina*)가 각각 176개체, 138개체로 우점하였으며, 우도(비양) 지역에서는 빨간등거미불가사리(*Ophiomastix mixta*), 추자(횡간) 지역은 소라(*Turbo cornutus*)가 44개체가 출현하여 우점하는 것으로 나타났다.

2021년에는 조천리, 평대리, 우도(비양), 표선리, 곽지리 지역에서 바퀴고둥(*Astralium haematragum*)이 최소 16개체에서 최대 128개체가 조사되어 우점하는 것으로 조사되었고, 평대리, 귀덕리, 추자(횡간), 사계리 지역에서는 소라(*Turbo cornutus*)가 각각 64개체, 54개체, 60개체로 우점하였으며, 일과리 지역에서는 보라성게(*Heliocidaris crassispina*)가 100개체가 출현하여 우점하는 것으로 나타났다.

2022년에는 귀덕리, 우도(비양) 지역에서 거품돌산호(*Alveopora japonica*)가 각각 352개체, 78개체가 조사되어 우점하여 나타났고, 조천리, 평대리 일과리와 표선리 지역은 보라성게가 각각 128개체, 154개체, 102개체, 180개체가 출현하여 우점하였다. 추자(횡간) 지역은 소라(*Turbo cornutus*)가 84개체, 사계리 지역은 바퀴고둥(*Astralium haematragum*)이 74개체로 우점하였다.

<표 3.3.26> 마을어장에 출현한 저서동물의 조사지역별 우점종

지역	2018년		2019년		2020년		2021년		2022년	
	우점종	개체수	우점종	개체수	우점종	개체수	우점종	개체수	우점종	개체수
귀덕	얼룩덜룩갈줄고둥	236	바퀴고둥	144	바퀴고둥	78	소라	64	거품돌산호	352
조천	-		바퀴고둥	532	바퀴고둥	190	바퀴고둥	128	보라성게	128
평대	얼룩덜룩갈줄고둥	468	바퀴고둥	268	보라성게	176	바퀴고둥	114	보라성게	154
우도(비양)	얼룩덜룩갈줄고둥	100	소라	124	빨간등거미불가사리	58	바퀴고둥	50	거품돌산호	78
추자(횡간)	기생고깔고둥	708	옆새우류	132	소라	44	소라	54	소라	84
일과	-		분홍멍게	488	보라성게	138	보라성게	100	보라성게	102
사계	얼룩덜룩갈줄고둥	748	바퀴고둥	280	바퀴고둥	58	소라	60	바퀴고둥	74
표선	얼룩덜룩갈줄고둥	580	바퀴고둥	448	바퀴고둥	158	바퀴고둥	132	보라성게	180
곽지	-		-		-		바퀴고둥	16	빨간등거미불가사리	204

(2) 수심별

수심별 우점종을 살펴보면, 2018년에는 모든 수심에서 얼룩덜룩갈줄고둥(*Cerithium alutaceum*)이 524~1,064개체가 조사되어 우점하는 것으로 조사되었다.

2019년에는 수심 5m에서 보라성게(*Heliocidaris crassispina*)가 832개체로 우점하였으며, 수심 8m와 12m에서는 바퀴고둥(*Astralium haematragum*)이 각각 700개체, 512개체로 우점하였 나타났다.

2020년에는 수심 5m에서 보라성게(*Heliocidaris crassispina*)가 492개체로 우점하였으며, 수심 8m와 12m에서는 바퀴고둥(*Astralium haematragum*)이 각각 182개체, 186개체로 우점하였 나타났다. 2019년과 유사한 우점종 분포를 나타냈으나 출현한 개체수는 적게 관찰되었다.

2021년에는 수심 5m에서 보라성게(*Heliocidaris crassispina*)가 376개체로 우점하였으며, 수심 8m와 12m에서는 바퀴고둥(*Astralium haematragum*)이 각각 170개체, 128개체로 우점하였 나타났다. 2020년과 유사한 우점종 분포를 나타냈다.

2022년에는 수심 5m에서 보라성게(*Heliocidaris crassispina*)가 510개체로 우점하였으며, 수심 8m에서는 바퀴고둥(*Astralium haematragum*)이 230개체, 수심 12m에서는 거품돌산호(*Alveopora japonica*)가 598개체가 출현하여 우점하였다.

<표 3.3.27> 마을어장에 출현한 저서동물의 조사지역 및 시기별 우점종

지역	2018년		2019년		2020년		2021년		2022년	
	우점종	개체수	우점종	개체수	우점종	개체수	우점종	개체수	우점종	개체수
5m	얼룩덜룩갈줄고둥	524	보라성게	832	보라성게	492	보라성게	376	보라성게	510
8m	얼룩덜룩갈줄고둥	1,064	바퀴고둥	700	바퀴고둥	182	바퀴고둥	170	바퀴고둥	230
12m	얼룩덜룩갈줄고둥	548	바퀴고둥	512	바퀴고둥	186	바퀴고둥	128	거품돌산호	598

3.2.4 생태지수

(1) 지역별 생태지수

9개 지역에서 채집된 저서무척추동물의 서식밀도를 이용한 생태학적 제지수 산출하였다. 수심에 따른 조사시기별 풍부도 지수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 1.67~3.03의 범위, 8m에서 2.17~3.61의 범위, 12m에서 2.14~3.41의 범위로 모든 수심이 2022년에 큰 폭으로 상승하는 것으로 나타났다.

조천리 지역의 수심 5m에서 1.67~3.21의 범위, 8m에서 1.58~3.55의 범위, 12m에서 1.79~3.07의 범위로 모든 수심에서 풍부도 지수가 상승하는 것으로 나타났다.

평대리 지역의 수심 5m에서 1.91~3.32의 범위, 8m에서 1.74~3.78의 범위, 12m에서 1.36~3.35의 범위로 2018년 이후 다소 감소하는 것으로 나타난 후 2021년부터 상승하는 경향을 보였다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 1.15~3.49의 범위, 8m에서 1.39~3.66의 범위, 12m에서 1.14~3.98의 범위로 2018년 조사 이후 2022년까지 풍부도 지수가 상승하는 경향을 나타냈다.

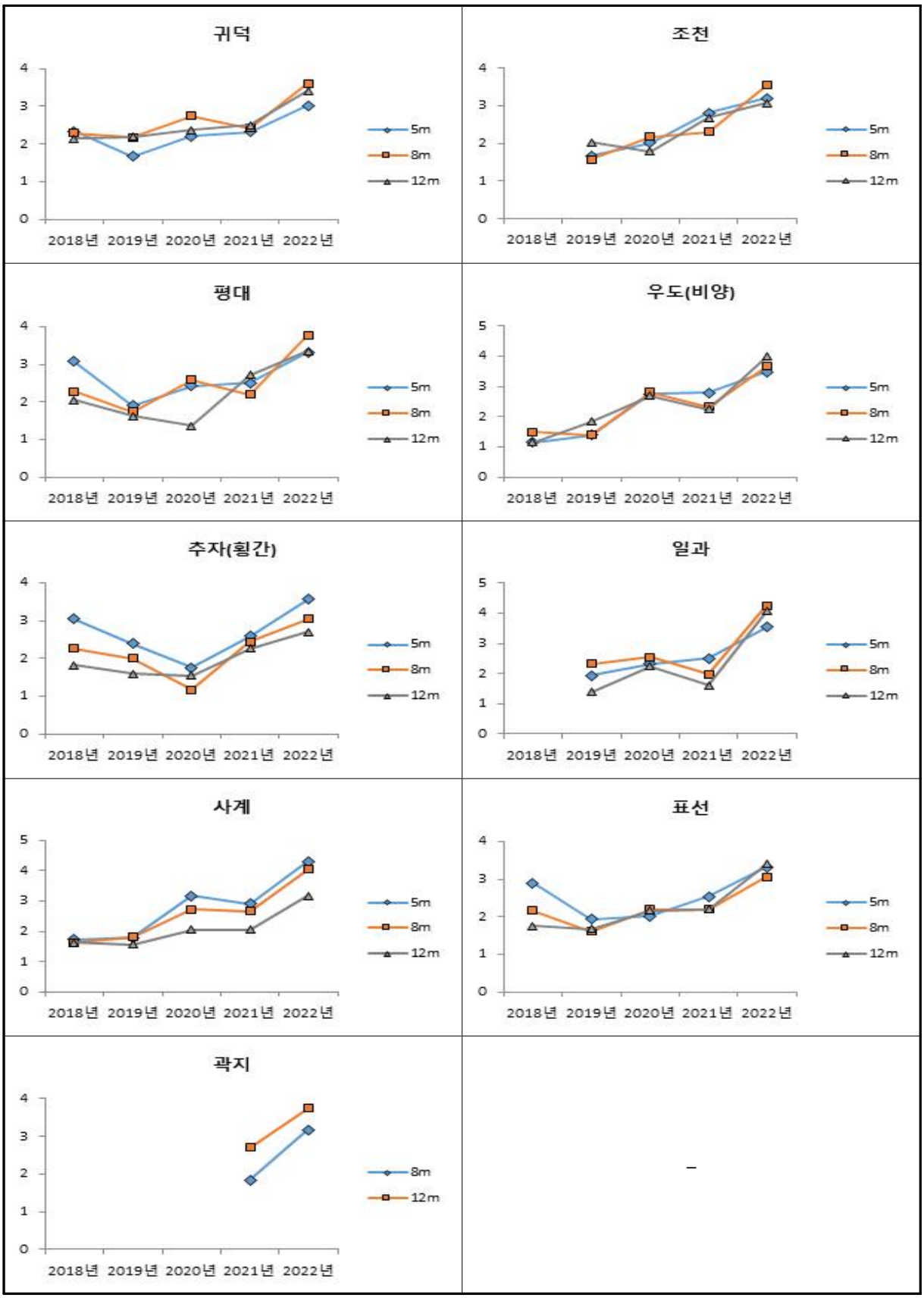
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 1.75~3.56의 범위, 8m에서 1.17~3.04의 범위, 12m에서 1.55~2.70의 범위로 2020년에 모든 수심에서 최솟값을 나타낸 이후 다시 상승하는 것으로 나타났다.

일과리 지역의 수심 5m에서 1.93~3.54의 범위, 8m에서 1.97~4.26의 범위, 12m에서 1.39~4.07의 범위로 2018년부터 2021년까지 큰 변환는 없었으며 2022년에 상승하여 나타났다.

사계리 지역의 수심 5m에서 1.73~4.32의 범위, 8m에서 1.62~4.06의 범위, 12m에서 1.57~3.18의 범위로 조사시기가 지남에 따라 상승하는 경향을 보였다.

표선리 지역의 수심 5m에서 1.93~3.32의 범위, 8m에서 1.61~3.06의 범위, 12m에서 1.68~3.40의 범위로 모든 수심이 2019년에 감소한 이후 2022년까지 증가하는 경향을 보였다.

곽지리 지역의 수심 8m에서 1.84~3.17의 범위, 12m에서 2.71~3.74의 범위로 나타났다.



(그림 3.3.35) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 풍부도 지수

<표 3.3.28> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 풍부도

조사지역	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
귀덕	5m	2.34	1.67	2.21	2.33	3.03	2.32
	8m	2.29	2.17	2.75	2.42	3.61	2.65
	12m	2.14	2.20	2.37	2.51	3.41	2.53
	평균	2.26	2.01	2.44	2.42	3.35	2.50
조천	5m		1.67	2.01	2.81	3.21	2.43
	8m		1.58	2.17	2.31	3.55	2.40
	12m		2.03	1.79	2.69	3.07	2.40
	평균		1.76	1.99	2.60	3.28	2.41
평대	5m	3.08	1.91	2.43	2.51	3.32	2.65
	8m	2.27	1.74	2.58	2.20	3.78	2.51
	12m	2.05	1.63	1.36	2.71	3.35	2.22
	평균	2.47	1.76	2.12	2.48	3.48	2.46
우도(비양)	5m	1.15	1.40	2.76	2.80	3.49	2.32
	8m	1.49	1.39	2.82	2.32	3.66	2.34
	12m	1.14	1.84	2.69	2.25	3.98	2.38
	평균	1.26	1.54	2.76	2.46	3.71	2.35
추자(횡간)	5m	3.05	2.40	1.75	2.59	3.56	2.67
	8m	2.26	2.00	1.17	2.44	3.04	2.18
	12m	1.83	1.59	1.55	2.26	2.70	1.99
	평균	2.38	2.00	1.49	2.43	3.10	2.28
일과	5m		1.93	2.32	2.50	3.54	2.57
	8m		2.32	2.54	1.97	4.26	2.77
	12m		1.39	2.23	1.61	4.07	2.33
	평균		1.88	2.36	2.03	3.96	2.56
사계	5m	1.73	1.79	3.17	2.92	4.32	2.79
	8m	1.62	1.81	2.73	2.67	4.06	2.58
	12m	1.62	1.57	2.05	2.05	3.18	2.09
	평균	1.66	1.72	2.65	2.55	3.86	2.49
표선	5m	2.90	1.93	2.01	2.53	3.32	2.54
	8m	2.17	1.61	2.19	2.20	3.06	2.25
	12m	1.76	1.68	2.16	2.20	3.40	2.24
	평균	2.28	1.74	2.12	2.31	3.26	2.34
곽지	8m				1.84	3.17	2.51
	12m				2.71	3.74	3.23
	평균				2.28	3.46	2.87
평균	5m	2.38	1.84	2.33	2.62	3.47	2.53
	8m	2.02	1.83	2.37	2.32	3.63	2.43
	12m	1.76	1.74	2.03	2.29	3.40	2.24
	평균	2.05	1.80	2.24	2.41	3.50	2.40

수심에 따른 조사시기별 균등도 지수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 0.85~0.91의 범위, 8m에서 0.81~0.97의 범위, 12m에서 0.65~0.99의 범위로 수심 5m와 8m는 조사시기별로 유사한 것으로 나타났으며, 수심 12m는 2022년에 큰 폭으로 감소하여 나타났다.

조천리 지역의 수심 5m에서 0.77~0.88의 범위, 8m에서 0.83~0.90의 범위, 12m에서 0.78~0.91의 범위로 수심과 조사시기에 유사한 것으로 나타났다.

평대리 지역의 수심 5m에서 0.79~0.94의 범위, 8m에서 0.87~0.97의 범위, 12m에서 0.86~0.94의 범위로 조사시기에 따라 수심 8m와 12m는 유사한 값을 보였고, 수심 5m에서 감소하는 경향을 나타냈다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 0.74~0.94의 범위, 8m에서 0.84~0.97의 범위, 12m에서 0.89~0.97의 범위로 2018년 5m에서 가장 낮은 값을 보였으며 2019년 이후 모든 수심에서 유사한 지수 값을 나타냈다.

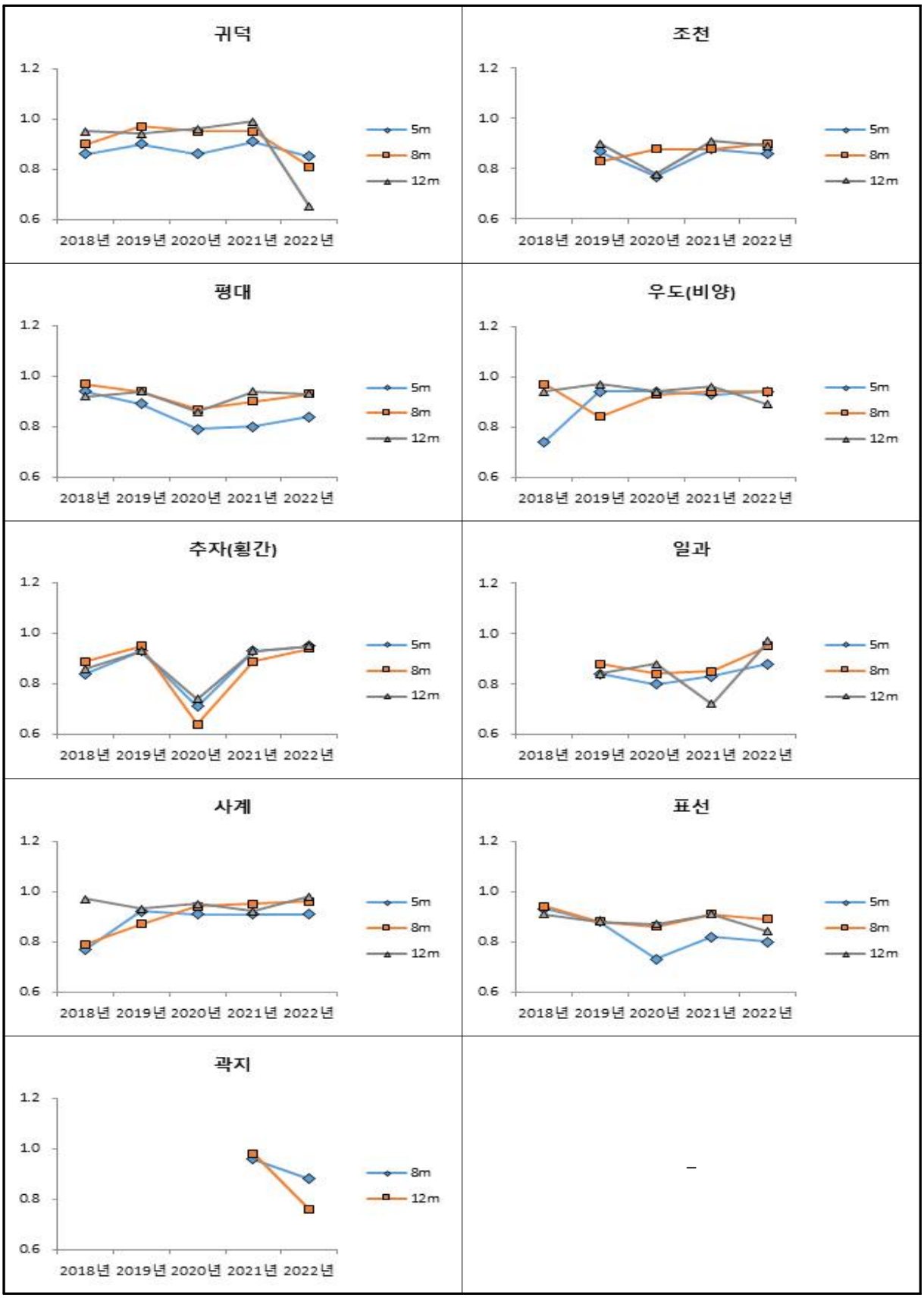
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 0.71~0.95의 범위, 8m에서 0.64~0.95의 범위, 12m에서 0.74~0.95의 범위로 2020년 모든 수심에서 최솟값을 나타냈다.

일과리 지역의 수심 5m에서 0.80~0.88의 범위, 8m에서 0.84~0.95의 범위, 12m에서 0.72~0.97의 범위로 2021년 수심 12m에서 가장 낮은 값을 나타냈다.

사계리 지역의 수심 5m에서 0.77~0.92의 범위, 8m에서 0.79~0.96의 범위, 12m에서 0.92~0.98의 범위로 2018년에 5m와 8m에서 낮은 지수 값을 나타냈고 이후 유사한 지수 값을 보였다.

표선리 지역의 수심 5m에서 0.73~0.93의 범위, 8m에서 0.86~0.94의 범위, 12m에서 0.84~0.91의 범위로 2020년 수심 5m에서 가장 낮은 지수 값을 나타냈고, 수심 8m와 12m에서는 조사시기에 따라 유사한 값을 나타냈다.

곽지리 지역에서 8m에서 0.88~0.96의 범위, 12m에서 0.76~0.98의 범위로 나타났다.



(그림 3.3.36) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 균등도 지수

<표 3.3.29> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 균등도

조사지역	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
귀덕	5m	0.86	0.90	0.86	0.91	0.85	0.88
	8m	0.90	0.97	0.95	0.95	0.81	0.92
	12m	0.95	0.94	0.96	0.99	0.65	0.90
	평균	0.90	0.94	0.92	0.95	0.77	0.90
조천	5m		0.87	0.77	0.88	0.86	0.85
	8m		0.83	0.88	0.88	0.90	0.87
	12m		0.90	0.78	0.91	0.89	0.87
	평균		0.87	0.81	0.89	0.88	0.86
평대	5m	0.94	0.89	0.79	0.80	0.84	0.85
	8m	0.97	0.94	0.87	0.90	0.93	0.92
	12m	0.92	0.94	0.86	0.94	0.93	0.92
	평균	0.94	0.92	0.84	0.89	0.90	0.90
우도(비양)	5m	0.74	0.94	0.94	0.93	0.94	0.90
	8m	0.97	0.84	0.93	0.94	0.94	0.92
	12m	0.94	0.97	0.94	0.96	0.89	0.94
	평균	0.88	0.92	0.94	0.94	0.92	0.92
추자(횡간)	5m	0.84	0.93	0.71	0.93	0.95	0.87
	8m	0.89	0.95	0.64	0.89	0.94	0.86
	12m	0.86	0.93	0.74	0.93	0.95	0.88
	평균	0.86	0.94	0.69	0.92	0.95	0.87
일과	5m		0.84	0.80	0.83	0.88	0.84
	8m		0.88	0.84	0.85	0.95	0.88
	12m		0.84	0.88	0.72	0.97	0.85
	평균		0.85	0.84	0.80	0.93	0.86
사계	5m	0.77	0.92	0.91	0.91	0.91	0.88
	8m	0.79	0.87	0.94	0.95	0.96	0.90
	12m	0.97	0.93	0.95	0.92	0.98	0.95
	평균	0.84	0.91	0.93	0.93	0.95	0.91
표선	5m	0.93	0.88	0.73	0.82	0.80	0.83
	8m	0.94	0.88	0.86	0.91	0.89	0.90
	12m	0.91	0.88	0.87	0.91	0.84	0.88
	평균	0.92	0.88	0.82	0.88	0.84	0.87
곽지	8m				0.96	0.88	0.92
	12m				0.98	0.76	0.87
	평균				0.97	0.82	0.90
평균	5m	0.85	0.90	0.81	0.88	0.88	0.86
	8m	0.91	0.90	0.86	0.91	0.92	0.90
	12m	0.93	0.92	0.87	0.91	0.89	0.90
	평균	0.89	0.90	0.85	0.90	0.89	0.89

수심에 따른 조사시기별 다양도 지수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 1.80~2.21의 범위, 8m에서 2.02~2.20의 범위, 12m에서 1.78~2.15의 범위로 조사기간 동안 유사한 지수 값을 나타냈다.

조천리 지역의 수심 5m에서 1.70~2.31의 범위, 8m에서 1.66~2.40의 범위, 12m에서 1.55~2.18의 범위로 모든 수심이 상승하는 경향을 보였다.

평대리 지역의 수심 5m에서 1.89~2.46의 범위, 8m에서 1.89~2.57의 범위, 12m에서 1.38~2.38의 범위로 조사기간 동안 유사한 지수 값을 나타냈다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 1.30~2.46의 범위, 8m에서 1.55~2.53의 범위, 12m에서 1.33~2.50의 범위로 모든 수심이 상승하는 경향을 보였다.

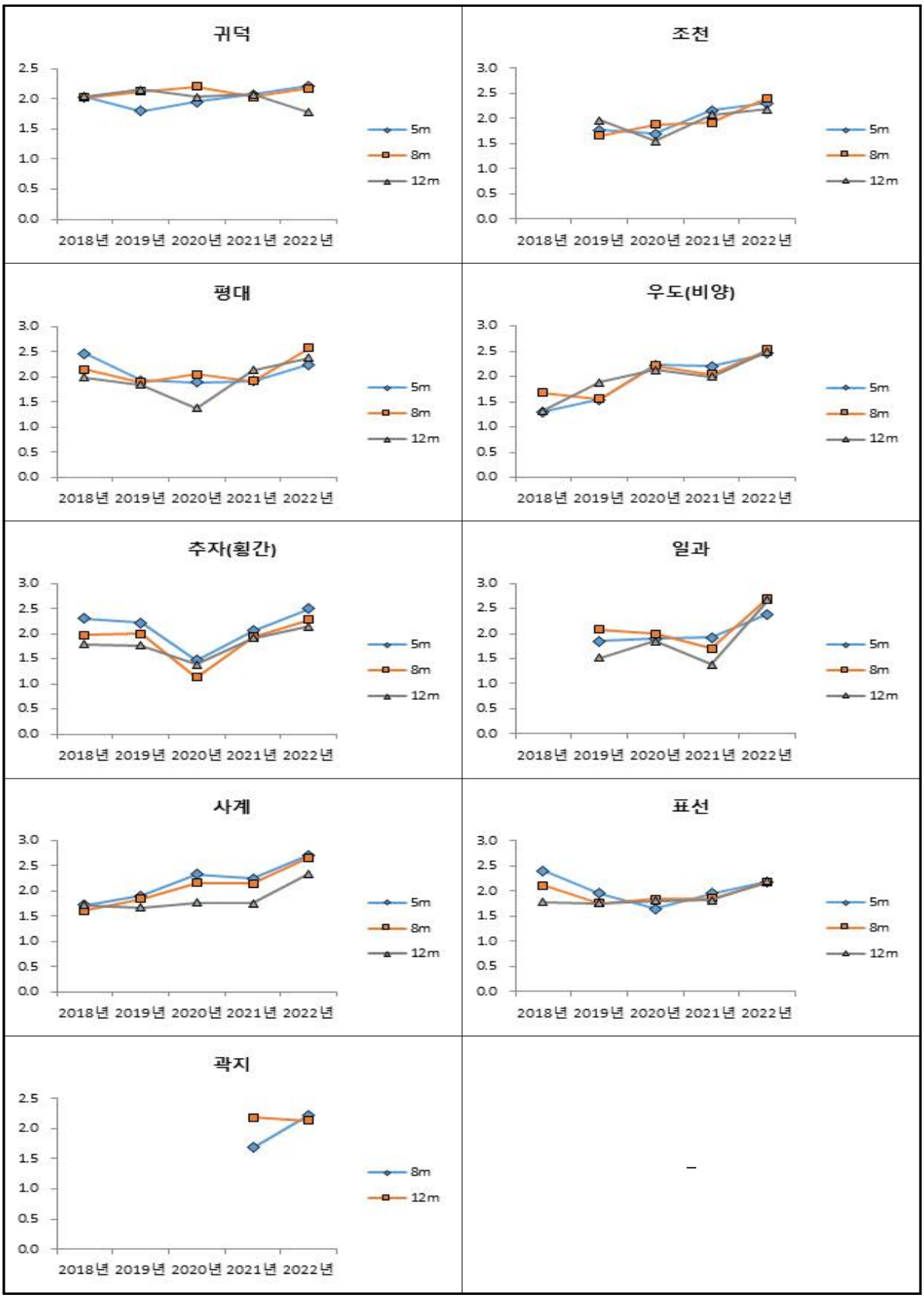
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 1.47~2.49의 범위, 8m에서 1.13~2.28의 범위, 12m에서 1.39~2.14의 범위로 2020년 모든 수심에서 최솟값을 나타냈다.

일과리 지역의 수심 5m에서 1.85~2.38의 범위, 8m에서 1.70~2.70의 범위, 12m에서 1.38~2.67의 범위로 조사기간 중 2022년에 증가하는 경향을 보였다.

사계리 지역의 수심 5m에서 1.73~2.71의 범위, 8m에서 1.61~2.66의 범위, 12m에서 1.68~2.35의 범위로 모든 수심이 증가하는 경향을 보였다.

표선리 지역의 5m에서 1.65~2.41의 범위, 8m에서 1.76~2.18의 범위, 12m에서 1.76~2.20의 범위로 2018년 이후 2022년까지 유사한 지수 값을 보였다.

곽지리 지역에서 8m에서 1.69~2.23 범위, 12m에서 2.13~2.18의 범위로 2018년 이후 2022년까지 유사한 지수 값을 보였다.



(그림 3.3.37) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 다양도 지수

<표 3.3.30> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 다양도

조사지역	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
귀덕	5m	2.03	1.80	1.95	2.07	2.21	2.01
	8m	2.02	2.12	2.20	2.03	2.17	2.11
	12m	2.04	2.15	2.03	2.07	1.78	2.01
	평균	2.03	2.02	2.06	2.06	2.05	2.04
조천	5m		1.77	1.70	2.16	2.31	1.99
	8m		1.66	1.88	1.92	2.40	1.97
	12m		1.97	1.55	2.08	2.18	1.95
	평균		1.80	1.71	2.05	2.30	1.97
평대	5m	2.46	1.93	1.89	1.92	2.25	2.09
	8m	2.15	1.89	2.05	1.91	2.57	2.11
	12m	1.99	1.84	1.38	2.13	2.38	1.94
	평균	2.20	1.89	1.77	1.98	2.40	2.05
우도(비양)	5m	1.30	1.54	2.23	2.20	2.46	1.95
	8m	1.68	1.55	2.21	2.04	2.53	2.00
	12m	1.33	1.89	2.13	2.00	2.50	1.97
	평균	1.44	1.66	2.19	2.08	2.50	1.97
추자(횡간)	5m	2.30	2.22	1.47	2.06	2.49	2.11
	8m	1.97	1.99	1.13	1.93	2.28	1.86
	12m	1.79	1.76	1.39	1.91	2.14	1.80
	평균	2.02	1.99	1.33	1.97	2.30	1.92
일과	5m		1.85	1.90	1.92	2.38	2.01
	8m		2.08	2.00	1.70	2.70	2.12
	12m		1.52	1.85	1.38	2.67	1.86
	평균		1.82	1.92	1.67	2.58	2.00
사계	5m	1.73	1.91	2.34	2.25	2.71	2.19
	8m	1.61	1.85	2.17	2.15	2.66	2.09
	12m	1.72	1.68	1.77	1.76	2.35	1.86
	평균	1.69	1.82	2.09	2.05	2.57	2.04
표선	5m	2.41	1.96	1.65	1.96	2.19	2.03
	8m	2.11	1.76	1.85	1.86	2.18	1.95
	12m	1.78	1.76	1.81	1.82	2.20	1.87
	평균	2.10	1.82	1.77	1.88	2.19	1.95
곽지	8m				1.69	2.23	1.96
	12m				2.18	2.13	2.16
	평균				1.94	2.18	2.06
평균	5m	2.04	1.87	1.89	2.07	2.38	2.05
	8m	1.92	1.86	1.94	1.94	2.44	2.02
	12m	1.78	1.82	1.74	1.89	2.28	1.90
	평균	1.91	1.85	1.86	1.97	2.36	1.99

수심에 따른 조사시기별 우점도 지수는 귀덕리 지역의 수심 5m에서 0.41~0.61의 범위, 8m에서 0.37~0.53의 범위, 12m에서 0.30~0.64의 범위로 2021년에 감소하는 경향을 보인 후 2022년에 다시 증가하여 나타났다.

조천리 지역의 수심 5m에서 0.45~0.67의 범위, 8m에서 0.45~0.73의 범위, 12m에서 0.40~0.60의 범위로 모든 수심이 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 보였다.

평대리 지역의 수심 5m에서 0.36~0.64의 범위, 8m에서 0.31~0.52의 범위, 12m에서 0.37~0.69의 범위로 수심 5m는 우점도가 높고, 수심 8m와 12m는 중간 이하의 우점도를 나타냈다.

우도(비양) 지역의 수심 5m에서 0.35~0.71의 범위, 8m에서 0.34~0.71의 범위, 12m에서 0.39~0.75의 범위로 모든 수심이 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 보였다.

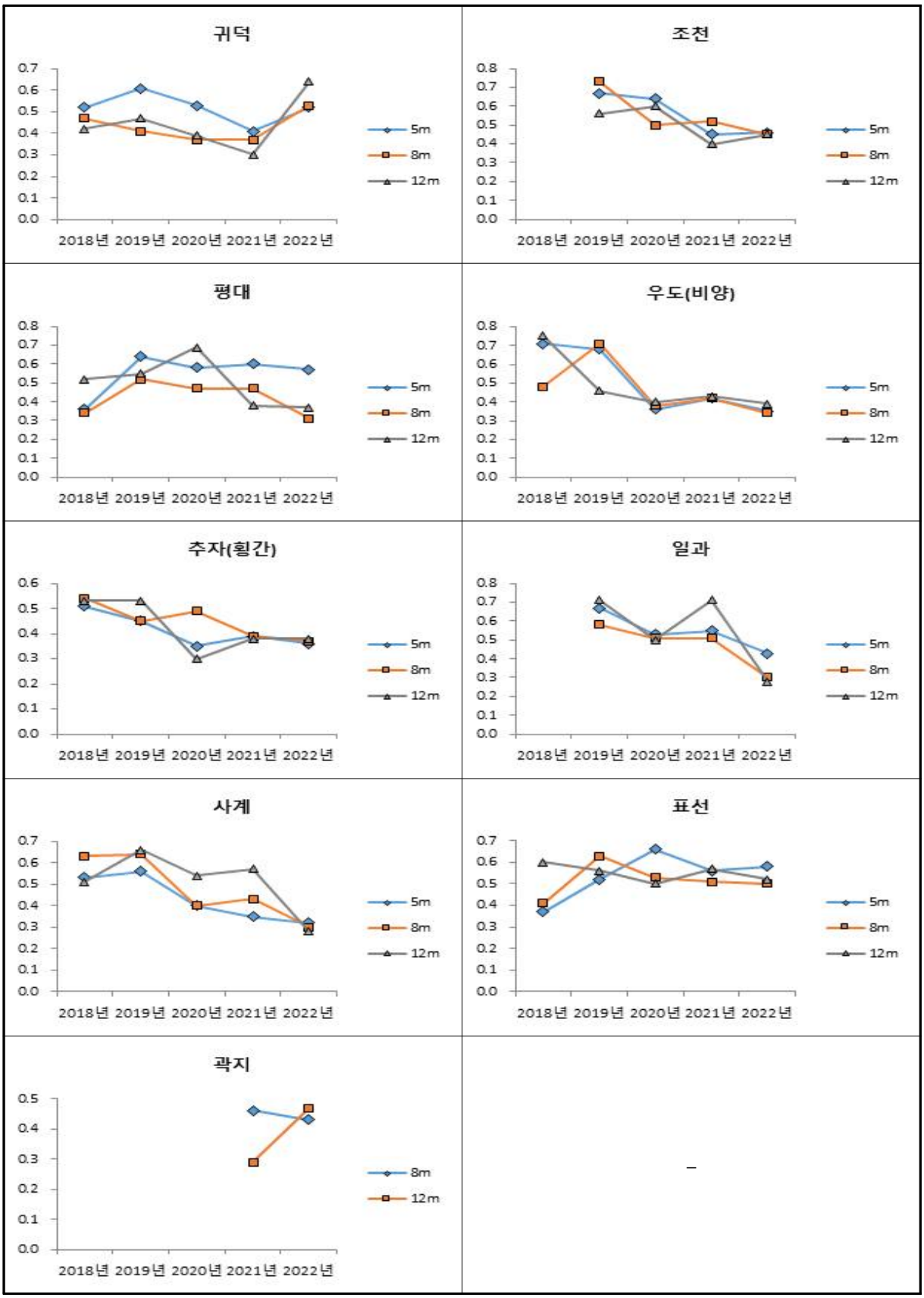
추자(횡간) 지역의 수심 5m에서 0.35~0.51의 범위, 8m에서 0.37~0.54의 범위, 12m에서 0.30~0.53의 범위로 모든 수심이 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 보였다.

일과리 지역의 수심 5m에서 0.43~0.67의 범위, 8m에서 0.30~0.58의 범위, 12m에서 0.28~0.71의 범위로 모든 수심이 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 보였다.

사계리 지역의 수심 5m에서 0.32~0.56의 범위, 8m에서 0.30~0.64의 범위, 12m에서 0.28~0.66의 범위로 모든 수심이 조사시기가 지남에 따라 감소하는 경향을 보였다.

표선리 지역의 5m에서 0.37~0.66의 범위, 8m에서 0.41~0.63의 범위, 12m에서 0.50~0.60의 범위로 수심 5m는 2020년, 수심 8m는 2019년, 수심 12m는 2018년에 에 최대값을 나타냈다.

곽지리 지역에서 8m에서 0.43~0.46의 범위, 12m에서 0.29~0.47의 범위로 수심 5m는 감소, 수심 12m는 증가하였다.



(그림 3.3.38) 마을어장에 출현한 저서동물의 지역 및 수심별 우점도 지수

<표 3.3.31> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 우점도

조사지역	수심	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
귀덕	5m	0.52	0.61	0.53	0.41	0.52	0.52
	8m	0.47	0.41	0.37	0.37	0.53	0.43
	12m	0.42	0.47	0.39	0.30	0.64	0.44
	평균	0.47	0.50	0.43	0.36	0.57	0.47
조천	5m		0.67	0.64	0.45	0.46	0.56
	8m		0.73	0.50	0.52	0.45	0.55
	12m		0.56	0.60	0.40	0.45	0.50
	평균		0.65	0.58	0.46	0.46	0.54
평대	5m	0.36	0.64	0.58	0.60	0.57	0.55
	8m	0.34	0.52	0.47	0.47	0.31	0.42
	12m	0.52	0.55	0.69	0.38	0.37	0.50
	평균	0.41	0.57	0.58	0.48	0.41	0.49
우도(비양)	5m	0.71	0.68	0.36	0.42	0.35	0.50
	8m	0.48	0.71	0.38	0.42	0.34	0.47
	12m	0.75	0.46	0.40	0.43	0.39	0.49
	평균	0.65	0.62	0.38	0.42	0.36	0.49
추자(횡간)	5m	0.51	0.45	0.35	0.39	0.36	0.41
	8m	0.54	0.45	0.49	0.39	0.37	0.45
	12m	0.53	0.53	0.30	0.38	0.38	0.42
	평균	0.52	0.48	0.38	0.39	0.37	0.43
일과	5m		0.67	0.53	0.55	0.43	0.55
	8m		0.58	0.51	0.51	0.30	0.48
	12m		0.71	0.50	0.71	0.28	0.55
	평균		0.65	0.51	0.59	0.34	0.52
사계	5m	0.53	0.56	0.40	0.35	0.32	0.43
	8m	0.63	0.64	0.40	0.43	0.30	0.48
	12m	0.51	0.66	0.54	0.57	0.28	0.51
	평균	0.56	0.62	0.45	0.45	0.30	0.48
표선	5m	0.37	0.52	0.66	0.56	0.58	0.54
	8m	0.41	0.63	0.53	0.51	0.50	0.52
	12m	0.60	0.56	0.50	0.57	0.52	0.55
	평균	0.46	0.57	0.56	0.55	0.54	0.54
곽지	8m				0.46	0.43	0.45
	12m				0.29	0.47	0.38
	평균				0.38	0.45	0.42
평균	5m	0.50	0.60	0.51	0.47	0.45	0.51
	8m	0.48	0.58	0.46	0.45	0.39	0.47
	12m	0.56	0.56	0.49	0.47	0.41	0.50
	평균	0.51	0.58	0.48	0.46	0.42	0.49

(2) 수심별 생태지수

9개 지역에서 채집된 저서무척추동물의 서식밀도를 이용한 생태학적 제지수를 살펴보면, 수심별 평균 풍부도 지수는 수심 5m에서 2.32~2.79의 범위로 사계리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 우도(비양) 지역에서 가장 낮은 지수를 나타냈다. 수심 8m에서는 2.18~2.77의 범위로 일과리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 지수를 나타냈다. 수심 12m에서는 1.99~3.23의 범위로 곽지리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 지수를 나타냈다.

수심별 평균 균등도 지수는 수심 5m에서 0.83~0.90의 범위, 수심 8m에서 0.86~0.92의 범위, 수심 12m에서 0.85~0.95의 범위로 모든 지역과 수심에서 유사한 균등도를 나타냈다.

다양도 지수는 수심 5m에서 1.95~2.19의 범위로 사계리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 우도(비양) 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다. 수심 8m에서는 1.86~2.12의 범위로 일과리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다. 수심 12m에서는 1.80~2.16의 범위로 곽지리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다.

우점도 지수는 수심 5m에서 0.41~0.56의 범위로 조천리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다. 수심 8m에서는 0.42~0.55의 범위로 조천리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 평대리 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다. 수심 12m에서는 0.42~0.55의 범위로 표선리 지역에서 가장 높은 지수를 보였고, 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 지수를 보였다.

<표 3.3.32> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 지역 및 수심별 생태지수

지역	수심	풍부도	균등도	다양도	우점도
귀덕	5m	2.32	0.88	2.01	0.52
	8m	2.65	0.92	2.11	0.43
	12m	2.53	0.90	2.01	0.44
	평균	2.50	0.90	2.04	0.47
조천	5m	2.43	0.85	1.99	0.56
	8m	2.40	0.87	1.97	0.55
	12m	2.40	0.87	1.95	0.50
	평균	2.41	0.86	1.97	0.54
평대	5m	2.65	0.85	2.09	0.55
	8m	2.51	0.92	2.11	0.42
	12m	2.22	0.92	1.94	0.50
	평균	2.46	0.90	2.05	0.49
우도(비양)	5m	2.32	0.90	1.95	0.50
	8m	2.34	0.92	2.00	0.47
	12m	2.38	0.94	1.97	0.49
	평균	2.35	0.92	1.97	0.49
추자(횡간)	5m	2.67	0.87	2.11	0.41
	8m	2.18	0.86	1.86	0.45
	12m	1.99	0.88	1.80	0.42
	평균	2.28	0.87	1.92	0.43
일과	5m	2.57	0.84	2.01	0.55
	8m	2.77	0.88	2.12	0.48
	12m	2.33	0.85	1.86	0.55
	평균	2.56	0.86	2.00	0.52
사계	5m	2.79	0.88	2.19	0.43
	8m	2.58	0.90	2.09	0.48
	12m	2.09	0.95	1.86	0.51
	평균	2.49	0.91	2.04	0.48
표선	5m	2.54	0.83	2.03	0.54
	8m	2.25	0.90	1.95	0.52
	12m	2.24	0.88	1.87	0.55
	평균	2.34	0.87	1.95	0.54
곽지	8m	2.51	0.92	1.96	0.45
	12m	3.23	0.87	2.16	0.38
	평균	2.87	0.90	2.06	0.42

수심에 따라 풍부도 지수는 수심 5m에서 2.53으로 가장 높게 나타났고, 수심 12m에서 2.24로 가장 낮았으며, 8m에서 2.43으로 나타났다.

균등도 지수는 모든 수심에서 0.86~0.90의 범위로 유사한 지수값을 보였다.

다양도 지수는 수심 5m와 8m에서 2.05와 2.02로 높았으며, 수심 12m에서 1.90으로 가장 낮은 값을 나타냈다.

우점도 지수는 수심 5m에서 0.51, 수심 8m에서 0.47, 수심 12m에서 0.50으로 모든 수심이 유사한 우점도 지수를 나타냈다.

<표 3.3.33> 마을어장에 출현한 저서동물 군집의 수심별 생태학적 제지수

수심	풍부도	균등도	다양도	우점도
5m	2.53	0.86	2.05	0.51
8m	2.43	0.90	2.02	0.47
12m	2.24	0.90	1.90	0.50

제4장 종합고찰

1. 해양환경 특성

제주도내 마을어장 표본어장 9개소에서 관측된 해양환경은 2019년부터 2022년까지 조사결과를 분석하였다. 2018년의 경우 연안 및 외해로 구분하여 조사를 수행하였기 때문에 2019년 이후 표층과 저층으로 구분한 데이터와 비교분석이 어려워 2019년 이후 데이터에 대해서 분석을 실시하였다.

전체 조사기간 동안 제주도내 마을어장 표본어장 9개소에서 측정된 수온의 계절변화는 동계에 낮고 하계에 높아지는 변화를 나타내었고 연도별로 비슷하였다. 표층수온은 일부 시기를 제외하고 대체로 추자(횡간) 지역에서 가장 낮은 수온이, 표선 지역에서 가장 높은 수온이 관측되었다. 저층수온은 계절별로 표층수온과 비슷한 경향을 나타내었으나 하계에 수온약층 형성에 따라 표층수온과 수온편차를 나타내었다. 따라서, 마을어장 9개소의 수온의 경우 뚜렷한 수온변화 추세를 확인할 수는 없었다.

그러나, 최근 전지구적인 기후변화와 관련하여 제주연안과 외해의 장기간 관측데이터(1968~2008)를 분석한 결과에 따르면, 여름철 수온은 연안에서 0.26℃, 외해에서 1.78℃ 상승했으며, 겨울철 수온은 연안에서 4.75℃, 외해에서 1.13℃ 상승한 추세를 나타내었다(서 등., 2011). 또한, 제주연안 법환과 비양도 해역에서 1968년부터 2005년까지 평균수온은 각각 15.3℃와 14.1℃였으며, 연간 수온 증가값은 각각 0.038℃과 0.024℃로 나타났다(Hwang et al., 2017). 앞으로도 지구 온난화에 따른 제주연안의 수온은 지속적으로 상승할 것으로 예상되며, 향후 마을어장에서 수온변화 추세를 보다 명확하게 분석하기 위해서는 조사횟수와 기간을 확대하고 제주도 주변해역의 다양한 해류의 영향과 기후변화와 종합적으로 분석할 필요가 있을 것으로 사료된다.

염분의 경우에도 특이할 만한 계절적 변화는 확인되지 않았다. 표층과 저층의 염분은 동계, 춘계, 추계에는 33.0~35.0 psu로 일반적인 해수 염분수치를 나타내었다. 그러나 여름철 일부 지역에서 표층염분은 30.0 psu이하, 특히 2021년에는 중국 양쯔강 고수온·저염분수가 제주도 북서부 해역 인근에 유입되었던 시기로 귀덕리에서 27.50 psu의 낮은 염분을 기록하기도 하였다.

일반적으로 계절풍에 의해 중국 양쯔강 저염분수는 여름철에 북쪽과 북동쪽 방향으로 확장되어 동중국해로 유입되며 겨울철에는 중국 대륙연안을 따라 남하하는 특징을 보인다. 저염분수는 우라나라 서·남해의 적조현상을 유발시키기도 하며 제주연안에는 1996년에 유입되어 어패류 집단폐사를 야기한 바가 있다(오 등., 2006). 따라서 마을어장 내 표층과 저층 염분은 수온과 같이 기후변화에 따라 큰 변화를 보이지 않으나 중국 양쯔강 저염분수와 같이 단기간의 일시적인 현상에 의해 큰 폭으로 변화할 수 있고, 이것이 마을어장 내 수산자원 서식에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

이번 조사에서는 표·저층 pH가 계절별로 큰 변화를 보이지 않고 8.0~8.5를 기록하였다. 또한 용존산소(DO)는 대체로 동계에 표층 7.7~9.0, 저층 7.1~8.7로 높고 추계에 표층 6.2~8.2, 저층 4.7~8.1로 낮아졌다. 그러나 pH의 경우 지역별로 7.5 ~ 8.0 범위 또는 8.5 이상 관측되기도 하였으며, 용존산소(DO)의 경우에도 지역별로 편차가 크게 나타나거나 낮게 관측되었다.

육상에서 기인하거나 해수 부영양화 과정에서 생성된 오염물질은 퇴적물에 침전되어 저서생물에 만성 또는 급성 독성을 유발하거나 먹이사슬에 따라 생물농축을 야기하기도 한다. 예를 들어, 영양염류 중 인(P)은 환경적으로 퇴적층 산소농도, 온도, pH 변화에 따라 수중으로 용출되어 오염되기도 하며 pH와 수온의 증가, 용존산소의 감소로 용출이 2~3배 가량 증가하기도 한다(천 등., 2012). 따라서 이번 조사에서 pH와 용존산소(DO)의 경우 특이할 만한 변화는 관찰되지 않았으나 지역별로 일시적으로 pH가 높거나 용존산소(DO)가 낮은 지역의 경우 영양염 용출에 따른 부영양화 등 수질변화에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

수질평가지수(WQI)는 해양환경관리법에 따른 해양환경기준 중 생태기반 해수수질 기준으로 Ⅰ등급(아주 좋음)에서 Ⅴ(아주 나쁨)으로 구분된다. 수질평가지수 항목의 해역별 기준값 중 제주해역을 기준으로 평가한 결과 Ⅰ등급(아주 좋음)부터 Ⅳ등급(나쁨)까지 산정되었다. 지역별로 추자(횡간)지역과 사계(형제) 지역에서 Ⅰ등급(아주 좋음)부터 Ⅳ등급(나쁨)까지 산정되었고, 나머지 지역에서는 Ⅰ등급(아주 좋음)부터 Ⅲ등급(보통)까지 산정되어 지역별 편차가 크게 나타났다.

해양환경조사연보(해양환경공단, 2021)에 따르면 제주생태구 수질평가지수(WQI) 산정결과 Ⅰ등급(아주 좋음)이 16개 정점, Ⅱ등급(좋음)이 3개 정점으로 양호한 수질로 나타나 마을어장 조사결과와는 차이를 보였다. 이는 해양환경공단의 조사정점은 연안에 인접하여 다소 떨어진 반면, 마을어장 조사정점은 육지부에 인접한 결과 육상으로부터 다양한 영향을 받은 것으로 판단된다.

지역별 수질평가지수(WQI)는 저층 산소포화도(%), 표층 클로로필(chl-a), 투명도, 용존무기질소(DIN) 및 용존무기인(DIP)에 따라 영향을 받았다. 이 중 저층 산소포화도(%), 투명도, 용존무기질소(DIN) 및 용존무기인(DIP)이 마을어장 내 수질평가지수(WQI)를 결정하는 주요 인자로 나타났다.

최근 인간의 산업활동은 연안역의 수질오염을 가속화시켰다. 예를 들어, 화학비료와 세척제의 사용 증가로 많은 양의 영양염이 연안으로 유입되어 우리나라 서·남해 연안역(마산-진해만, 광양만, 금강 염하구, 새만금해역 등)에서 부영양화가 자주 발생한 사례가 보고되고 있고, 이는 식물플랑크톤 성장의 제한요인이 될 수 있다(김 등., 2005). 따라서, 마을어장 내 수질 영향인자 중 용존무기질소(DIN)과 용존무기인(DIP)는 특히 육지부에서 유입되는 오염원의 영향을 받을 가능성이 있으며, 이로 인해 저층 산호포화도(%)와 표층 클로로필(chl-a)에 영향을 주어 결과적으로 마을어장 내 부영양화 요인이 될 가능성이 있다고 판단된다. 투명도(SD)는 해수 중의 부유물질 양에 따라 달라지며 해수의 연직 혼합 및 유동상태 등 해황을 판단하는 지표 중 하나이다. 최와 권(1998)은 황해 남동해역의 투명도의 계절변화는 겨울의 경우 해수면의 냉각과 바람에 의한 상하층 연직혼합으로 저층 퇴적물이 부유하여 투명도가 낮게 나타난다고 보고하였다. 또한, 여름철에는 해수면의 가열과 바람이 약하며 조석 혼합을 방해하는 태양 복사열의 증가로 투명도가 높아지는 등 투명도는 연직적인 성층 및 바람의 계절변화와 조석혼합에 의해 부유한 퇴적물질로 인해 영향을 받는다고 보고하였다. 따라서, 마을어장 내 투명도(SD) 또한 이러한 요인에 의해 달라지는 것으로 판단되며, 수질평가지수의 일시적인 변화로 이어지는 것으로 판단된다.

마을어장 내 해양환경 특징은 5년간의 뚜렷한 변화는 확인되지 않았으나 수온의 경우 기후변화 측면에서, 염분의 경우 국지적인 저염분수의 발생 등 마을어장에 피해를 줄 수 있다는 측면에서 지속적인 모니터링과 데이터 구축이 필요하다고 사료된다. 또한, pH와 용존산소, 수질평가지수의 여러 인자는 육지부의 다양한 오염물질 유입과 부영양화와도 관계가 있으나, 수질평가지수(WQI) 만으로 수질오염을 정확히 판단하기에는 한계가 있어 향후 수질을 지속적으로 모니터링할 수 있는 다른 분석항목을 추가적으로 수행하여 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다고 사료된다.

2. 부유생태계 특성

식물플랑크톤은 해양생태계의 1차 생산자로 생태계 피라미드의 기반을 구성하는 중요한 요소이다. 제주연안은 대마난류, 제주난류 및 양쯔강 유출수 등 복잡한 해류 특성으과 연안의 용천수와 강우시기에 담수의 영향을 받아 제주도 주변 식물플랑크톤 군집구조에 영향을 미친다. 특히 연안의 현무암으로 이루어진 다공질의 암석 조간대는 부착성 규조류를 비롯한 저서 미세조류와 대형 해조류가 번무하여 1차 생산을 담당하며, 이를 주 먹이원으로 하는 소라, 전복 등 저서생물이 풍부한 특징을 나타낸다(김 등., 2019).

제주도내 마을어장 표본어장 9개소에서 출현한 식물플랑크톤은 총 198종으로 분류군별로 규조류가 152종(76.8%)으로 가장 다양하였고, 와편모조류가 31종(15.7%), 유글레나류가 4종(2.0%), 규질편모조류가 3종(1.5%), 기타 분류군에 속하는 편모조류(이하 식물편모조류)가 8종(4.1%) 관찰되었다. 지역별로는 80~138종 출현하였는데, 곽지리 지역에서 가장 적었고, 귀덕리 지역에서 가장 많았다. 시기별로 2018년 16~34종, 2019년 64~88종, 2020년 65~85종, 2021년 64~82종, 2022년 33~73종으로 대체적으로 춘계와 추계에 높은 출현종수를 나타내었다.

제주 남부 보목, 외돌개, 강정 해역에서 조수웅덩이와 주변해역의 식물플랑크톤 군집을 분석한 결과 총 160종이 출현하였으며 규조류 117종, 와편모조류 23종, 식물편모조류 20종 등으로 출현하였다(이 등., 2001). 제주 바다목장 해역 주변 8개 정점의 표층과 10m 수심에서 2008년 4월부터 11월까지 식물플랑크톤 군집을 분석한 결과, 출현종은 63속 106종으로 다양하였고 규조류가 61.3%, 와편모조류가 34.9%를 차지하였으며 추계에 다양한 종이 출현하였다(윤, 2015). 이 외에도 현재까지 조사된 다양한 식물플랑크톤 군집에 대한 문헌들을 분석한 결과 출현종수는 최소 43종에서 최대 200종까지 편차를 보였고 우점종은 규조류와 와편모조류였다는 보고도 있어(문과 최, 2003), 조사해역과 방법, 시기 등 다양한 변수에 의해 영향을 받는 것으로 판단된다. 예를 들어, 이른 여름 제주 해안 주변 해역의 식물플랑크톤 군집 분포특성에 관한 연구(윤, 2016)에서 식물플랑크톤 출현종수는 강우 및 지하수 유입으로 표층해수가 담수에 의해 희석되어 식물플랑크톤 군집에 영향을 주는 등 출현종수는 염분농도와 밀접한 비례관계를 보였다고 하였다. 따라서, 마을어장 인근 육상의 단기적인 환경변화는

식물플랑크톤 군집과 생산성에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

식물플랑크톤의 평균현존량은 시기별로 2018년 23,490~47,513 cell/L, 2019년 9,756~61,532 cell/L, 2020년 9,724~39,547 cell/L, 2021년 9,833~38,291 cell/L, 2022년 5,486~90,485 cell/L로 출현종수와는 달리 시기에 따라 동계, 춘계, 추계에서 가장 많은 현존량을 나타냈다. 각 조사시기별로 현존량이 가장 적고 많은 지역은 모두 다르게 나타났으며, 출현종 중 규조류가 현존량의 가장 많은 비율을 차지하였다.

1989년부터 1990년까지 제주연안 식물플랑크톤 현존량은 1,834~1,190,044 cell/L였으며(Lee et al., 1990), 2015년 3월부터 2016년 2월까지 제주연안 10개 정점의 식물플랑크톤 현존량은 5,281~639,934 cell/L로 2월에 최소치를 보였고, 7~8월에 최대치로 나타났다(김, 2017). 따라서 선행연구의 식물플랑크톤 현존량 최대범위가 10^5~10^6 cell/L 인 반면, 이번 조사에서 식물플랑크톤 현존량은 최대값이 10^4 범위로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 제주의 육상부 하천은 대부분 건천으로 강우 등에 의해서만 간헐적으로 연안으로 영양염류가 공급되는 영양염류 불균형 현상을 보일 수 있고, 외부 환경 자극이나 영양염류 유입시 세포분열로 소형종에 의한 군집구성으로 조사시점과 해역에 따라 세포밀도의 차이를 보이는 것으로 보고하고 있다(윤, 2016). 따라서, 이러한 외부 환경자극에 의해 조사시기와 지역별로 현존량의 편차가 크게 나타나는 것으로 판단된다. 그러나, 지속적인 식물플랑크톤 현존량의 감소는 해역 기초생산량에 영향을 미칠 수 있어 향후 지속적인 모니터링을 통해 변동 추이를 분석해야 할 것으로 사료된다.

식물플랑크톤의 우점종은 전 조사시기에 규조류 *Chaetoceros decipiens* 가 20회의 조사에서 14번 우점종으로 출현하였으며, 2020년 8월부터는 매 조사시마다 우점종으로 나타났다. 규조류인 *Chaetoceros curvisetus*는 10회로 2번째로 많이 출현한 우점종이었으며, 주로 동계와 춘계에 우점종으로 나타났다. 우점 출현 횟수가 세 번째로 많은 규조류 *Skeletonema costatum*은 매 동계 조사에서 우점종으로 출현하였다. 우점종으로 출현한 식물플랑크톤은 와편모조류인 *Prorocenstrum micans*, 식물편모조류인 *Hillea fusiformis*를 제외하고 모두 규조류였다.

Chaetoceros sp. 은 해양에 존재하는 플랑크톤 규조류 중 가장 큰 속(genera)으로 400종 이상이 존재하며, 조사기간 동안 가장 많이 우점한 규조류 *Chaetoceros decipiens*와

*Chaetoceros curvisetus*는 해수 식물플랑크톤에서 가장 풍부한 종 중 하나로, 전세계적으로 외해뿐만 아니라 연안에서 보편적으로 발견되는 종으로 알려져 있다(Chen et al., 2015; M'Rabet et al., 2021). 조사기간 동안 세 번째로 우점 횟수가 많은 *Skeletonema costatum*은 광염성, 광온성으로 연안역과 기수역에 널리 분포하는 종으로, 겨울철 낮은 수온이나 광량과 같은 기후적인 요건에 의해 성장과 증식이 이루어지는 것으로 나타났다(이 등., 2005). 따라서 마을어장 9개소에서 식물플랑크톤의 우점양상은 온대해역의 보편적인 식물플랑크톤 출현양상과 유사한 것으로 판단된다.

와편모조류는 규조류와 함께 해양생태계의 중요한 구성요소로 그 중 *Prorocenstrum micans*는 적조를 유발하는 주요 식물플랑크톤 중 하나이다(Zheng et alk. 2015). 와편모조류는 해양환경 조건에 따라 휴면포자(resting cyst)를 형성하기도 하며 휴면포자는 오랜기간동안 퇴적물에 보존될 수 있다. 따라서 연안 해역의 해양환경 정보와 변화를 알 수 있는 생물학적 지시자(biological indicator)로 활용되기도 한다. 물론 마을어장 9개소에서 조사기간 동안 2020년과 2022년도 하계에 서부 일부지역(귀덕, 곽지)에서만 우점하여 우점도가 낮지만, 최근 제주연안 일부 적조현상과 관련하여 향후 와편모조류 등 적조 플랑크톤에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

식물플랑크톤 군집의 생태지수 중 풍부도지수의 평균은 2018년 0.44~0.77, 2019년 1.76~2.78, 2020년 1.35~2.52, 2021년 1.53~2.52, 2022년 0.78~2.47로 2018년 하계에 평균 0.44로 가장 낮았고 2019년 추계에 2.78로 가장 높았다. 균등도지수의 평균은 2018년 0.62~0.86, 2019년 0.51~0.75, 2020년 0.53~0.80, 2021년 0.56~0.83, 2022년 0.37~0.75로 2022년 하계에 평균 0.37로 가장 낮았고 2018년 추계에 0.86으로 가장 높았다. 다양도지수의 평균은 2018년 1.21~1.71, 2019년 1.61~2.09, 2020년 1.56~2.50, 2021년 1.53~2.59, 2022년 0.75~2.31로 2022년 하계에 평균 0.75로 가장 낮았고 2021년 추계에 평균 2.59로 가장 높았다. 우점도지수의 평균은 2018년 0.53~0.79, 2019년 0.12~0.67, 2020년 0.43~0.70, 2021년 0.39~0.70, 2022년 0.49~0.88로 2019년 추계에 0.12로 가장 낮았고 2022년 하계에 0.88로 가장 높았다. 결과적으로 종 풍부도지수, 균등도지수 및 다양도지수는 추계에 높게 나타났고, 우점도지수는 하계에 높게 나타나, 계절별로 하계에는 종다양성이 낮으며 우점도가 높고, 추계에는 종다양성이 높고 우점도가 낮은 군집특성을 나타냈다. 일반적으로 온대해역의 식물플랑크톤 대번식의 경우 춘계와 추계에 빈번하게 나타나고, 하계에는 수온약층으로 인해

저층수의 풍부한 영양염이 유광층에 충분히 공급되지 못해 식물플랑크톤 현존량이 낮게 나타난다(백 등., 2010). 따라서 마을어장의 식물플랑크톤 군집 생태지수는 온대해역의 일반적인 특징을 반영한 것으로 판단된다. 그러나, 생태지수는 연도별로 증가하거나 감소하는 뚜렷한 변화상을 파악하기는 어려웠고, 지역별로도 차이가 크게 나타났다. 이는 출현종수와 출현량처럼 외부환경의 영향을 받은 결과로 판단된다.

동물플랑크톤은 식물플랑크톤의 소비자 또는 어류 생활사의 주요 먹이원으로 해양생태계 피라미드에서 상위 영양단계를 연결하는 주요 생물군이며, 물질순환에 영향을 준다. 동물플랑크톤은 수온, 염분, 해류 등 물리적 요인과 먹이, 경쟁, 포식과 같은 생물학적 요인에 영향을 받으며 동물플랑크톤 군집을 통해 해양생태계의 상태를 평가할 수 있다(Choi et al., 2011).

제주도내 마을어장 표본어장 9개소에서 출현한 동물플랑크톤의 출현종수는 35종~86종으로, 정점별로는 9종~56종이 출현하였으며, 연도별로는 2019년과 2020년에 평균 출현종수가 높았고, 계절적으로는 춘계에 출현종수가 낮고 하계 및 추계에 높은 경향을 보였다.

제주도 서부 고산 연안역 주변 용승역의 동물플랑크톤은 총 20과 54종이 출현하였으며(고 등., 1996), 겨울철과 여름펄 제주 외해역에서 45종이 출현하였다(장 등., 2012). 유 등.(2006)은 울둘목 수로 동물플랑크톤의 군집 특성 연구에 따르면 요각류의 경우 서해연안에서는 17~31종, 남해연안에서는 16~52종으로 해역에 따라 다른 특성을 보였다고 보고하였다. 이번 조사에서도 시기별, 지역별로 출현종수의 차이를 보였는데 이는 조사자, 채집방법 및 조사시기에 따라 차이를 보인 결과로 판단된다.

평균 현존량은 16~3,751 ind./㎥으로 연도별로는 2018년이 평균 1,782 ind./㎥, 2019년이 평균 541 ind./㎥, 2020년이 평균 153 ind./㎥, 2021년이 173 ind./㎥, 2022년 123 ind./㎥로 전체적인 현존량은 점차 감소하는 것으로 나타났고, 계절적으로는 춘계에 적고, 추계에 많은 경향을 보였다.

동물플랑크톤의 출현종수와 현존량 변화가 춘계에 낮고 추계에 높은 경향을 보인 것은 식물플랑크톤의 양적, 질적인 변동이 상위 영양단계인 동물플랑크톤의 종조성에 영향을 주며, 이 중 요각류의 성장과 생산은 식물플랑크톤 농도에 영향을 받는 결과로 판단된다(김 과 강, 2020). 동물플랑크톤 현존량 감소와 관련하여 국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서(해양수산부, 2021)에 따르면 2015년부터 2020년까지 동물플랑크톤 현존량이 감소추세를 보여

이번 조사결과와 일치하였다. 동물플랑크톤의 전체적인 현존량이 해마다 점차 감소하는 것 또한 식물플랑크톤 현존량 감소로 인한 영향으로 보여지며 식물플랑크톤과 함께 향후 군집변화에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다고 사료된다.

전 조사시기에 절지동물 요각류 *Paracalanus indicus*는 20회의 조사에서 9차례 우점종으로 출현하였으며 주로 동계와 춘계에 우점종으로 출현하였다. 다음으로 요각류 *Acartia omorii*가 5회로 2번째로 많이 출현한 우점종으로 나타났으며, 요각류 *Calanus sinicus*가 4회 우점하였다. *Paracalanus parvus* s.l.은 2018년에 전 계절에서 우점종으로 출현하였다.

*Paracalanus indicus*는 알제리와 튀니지 연안수에서 처음 기록되어 늦봄에 가장 우점하는 종으로 알려져 있다(Khelifi-Touhami et al., 2007). *Acaertia omorii*는 Bradford와 Ueda에 의해 *Acaertia clausi*로부터 재분류되었으며, 일본에서도 연안과 만에 널리 분포하는 종으로 알려져 있고(Liang and Uye, 1996), 우리나라에서는 남해 연안수에서 겨울과 봄철 출현하는 중형 동물플랑크톤의 주요 우점종이다. 요각류 *Calanus sinicus*의 경우 황해냉수역에 넓게 분포하는 종으로 우리나라에서는 연안 냉수대가 출현하는 해역에서 연중 출현하는 종으로 보고되어 있다(국립생물자원관, 2010). 조사기간 동안 가장 우점한 세가지 종 모두 연안에 넓게 분포하는 종으로, 마을어장 9개소에서 동물플랑크톤의 우점양상은 식물플랑크톤과 마찬가지로 온대해역의 보편적인 동물플랑크톤 출현양상과 유사한 것으로 판단된다.

동물플랑크톤 군집의 생태지수 중 풍부도지수의 평균은 2018년 1.48~3.71, 2019년 4.57~7.27, 2020년 5.99~10.54, 2021년 3.84~14.22, 2022년 4.90~8.08로 2018년 추계에 평균 1.48로 가장 낮았고 2021년 동계에 2.78로 가장 높았다. 균등도지수의 평균은 2018년 0.34~0.41, 2019년 0.72~0.85, 2020년 0.64~0.79, 2021년 0.62~0.70, 2022년 0.64~0.74로 2018년 6월과 추계에 평균 0.34로 가장 낮았고 2019년 하계에 0.85으로 가장 높았다. 다양도지수의 평균은 2018년 0.93~1.34, 2019년 2.30~3.14, 2020년 2.05~2.66, 2021년 1.65~2.58, 2022년 1.79~2.27로 2018년 추계에 평균 0.93로 가장 낮았고 2019년 하계에 평균 3.14로 가장 높았다. 우점도지수의 평균은 2018년 0.78~0.88, 2019년 0.28~0.46, 2020년 0.35~0.57, 2021년 0.46~0.65, 2022년 0.44~0.63로 2019년 하계에 0.28로 가장 낮았고 2018년 추계에 0.88로 가장 높았다. 결과적으로 종 풍부도지수와 우점도지수는 추계와 동계에 높고, 균등도지수와 다양도지수는 하계에 높은 경향을 보여, 계절별로 동계와 추계에는 종다양성이 낮고 우점도가 높은 반면 하계에는 우점도가 낮고 다양도가 높은 군집특성을

나타내었다. 이는 식물플랑크톤 군집특성과 반대되는 결과로, 식물플랑크톤은 온대해역의 일반적인 특징인 춘계와 추계에 다양한 종이 대량 발생한 반면, 동물플랑크톤의 경우 동계에 지역적으로 냉수대에 풍부한 종들이 주로 우점하여 해당 시기에 특정종에 의한 우점도가 높아진 결과로 판단된다. 또한, 생태지수는 연도별로 증가하거나 감소하는 뚜렷한 변화상을 파악하기는 어려웠고, 지역별로도 차이가 크게 나타났다. 동물플랑크톤의 종다양성지수는 계절에 따라 수온과 수괴의 변동, 조사정점의 수, 출현종 중 희소중과 같은 다양한 요인에 의해 영향을 받을 수 있으며, 지형적으로 반폐쇄적인 곳의 경우 다양성지수가 낮게 나타날 수 있다(문 등., 2010)고 보고하여, 마을어장에서도 이러한 환경요인이 작용한 결과로 판단된다.

어란 및 자치어는 어류의 초기생활사에 해당하는 단계로 환경변화에 극심한 영향을 받기 때문에 초기 사망률이 매우 높은 시기이며, 이에 대한 연구는 해당 해역의 어류자원의 산란, 분포현황 및 초기단계의 가입변동을 파악하고 나아가 어류자원의 관리와 이용가능성을 예측하는 유용한 자료로 활용될 수 있다(이 등., 2006).

이번 조사에서 마을어장 9개소의 어란은 2021년 동계 3목 6과 7종, 춘계 3목 3과 5종, 하계 1목 1과 2종, 추계 1목 1과 2종이 출현하였고, 2022년 동계 1목 1과 2종, 춘계 4목 4과 5종, 하계 4목 6과 8종, 추계 3목 6과 7종이 출현하였다. 자치어의 경우 2021년 동계 3목 3과 5종, 춘계 1목 1과 1종, 하계 1목 1과 2종, 추계 1목 1과 2종이 출현하였고, 2022년 동계 1목 2과 4종, 춘계 3목 3과 3종, 하계 3목 7과 8종, 추계 2목 2과 2종이 출현하였다.

현존량은 어란의 경우 1,000㎥ 당 2021년 평균 2,692 ~ 88,489 개체로 춘계에 가장 적고 하계에 가장 많았으며, 2022년 평균 707~24,374 개체로 동계에 가장 적고 하계에 가장 많았다. 자치어의 경우 1,000㎥ 당 2021년 평균 54~6,978 개체로 추계에 가장 적고 하계에 가장 많았으며, 2022년 평균 14~701 개체로 추계에 가장 적고 하계에 가장 많았다.

제주 서부해역 8개 정점에서 출현한 부유성 어란과 자치어의 출현량은 어란의 경우 전체기간 평균 3,373 개체/1,000㎥, 시기적으로는 8월에 11,420 개체/1,000㎥로 가장 많이 출현하였으며, 자치어의 경우 전체기간 평균 707 개체/1,000㎥, 시기적으로는 8월에 2,612 개체/1,000㎥로 가장 많이 출현하여 출현양상은 비슷하게 나타났다(이 등., 2006). 그러나 제주연안해역 4개 정점에서 어란의 분포양상은 2007년 5월에 가장 많은 개체가 출현하였고, 2006년 8월과 12월, 2007년 7월에 가장 적은 개체가 출현하여 이번 조사결과와 상반되었다(한 등., 2015).

전 조사시기에 어란의 우점종으로 가장 많이 출현한 어란은 미동정종이었고, 다음으로 멸치가 8회 조사 중 3회 우점종으로 출현하였으며, 산란기에 해당하는 춘계와 하계에 출현하는 것으로 나타났다. 자치어에서는 쏨뱅이가 우점종으로 가장 많이 출현하였으며, 산란 시기에 해당하는 추계와 동계에 출현하는 것으로 나타났다. 뒤이어 멸치 또한 어란에서와 마찬가지로 봄과 여름에 높은 빈도로 우점하는 것으로 조사되었다.

멸치는 우리나라 전 연안에서 자원량이 풍부한 부어류중 하나로 어획량이 가장 많은 어종이며, 봄부터 가을까지 지속적으로 산란하는 특성을 가지고 있다(Kwak et al., 2013). 쏨뱅이의 경우 양볼락과(Scorpaenidae)에 속하는 어종으로 제주도를 포함하여 우리나라 동해안과 남해안의 암초가 많은 연안에 서식하고 있으며, 쏨뱅이, 붉감펭(*S. albofasiatus*), 붉은쏨뱅이(*S. tertius*) 등 3종이 상업적으로 가치있는 어종으로 평가받고 있다(이 등., 2012). 따라서, 마을어장 인근에서도 산란기에 해당하는 기간 동안 높은 빈도로 출현한 결과 해당어종의 어란과 자치어 빈도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 그러나, 이번 조사에서 어란과 자치어 군집은 비교적 동정된 종이 적고 미동정종으로 분류된 경우가 있었다. 현재 어란과 자치어는 네트에 의해 채집되어 형태학적으로 종동정이 이루어지는 한계로 분석자에 과소평가될 수 있는 한계가 있는데, 향후 유전자 분석방법등 정확도를 높일 수 있는 분석법 도입이 필요할 것으로 사료된다.

3. 저서생태계 특성

연안 생태계에서 해조류는 어·패류와 갑각류의 먹이와 은신처, 그리고 산란장을 제공하고 부착생물의 부착기질로 이용되는 등 생물다양성 유지에 중요한 역할을 담당하고 있다. 또한 해조류는 연안 암반에 착생하여 육상에서 유입되는 다양한 유기 및 무기물의 영향을 직접적으로 받아 서식지의 환경변화에 따라 군집구조가 변화하기 때문에 서식지 환경상태를 모니터링할 수 있는 지표종으로 널리 활용되어 왔다(한 등., 2018).

전체 조사기간 동안 해조류 출현종수는 3개 분류군 총 203종이었으며, 분류군별로는 홍조류가 136종(67.0%)으로 가장 많은 종이 출현하였고, 녹조류 30종(14.8%), 갈조류 37종(18.2%) 순으로 나타났다. 연도별로는 2018년 101종, 2019년 100종, 2020년 118종, 2021년 128종, 2022년 90종으로 90~128종 범위로 조사되었으며, 지역별로 우도(비양) 지역에서 120종으로 가장 많은 종이 출현하였고 귀덕리에서 72종으로 가장 적은 종이 출현하였다.

임(2012)은 제주 해역 16개 정점에서 해조류는 총 89종의 해조류가 출현하였으며, 이 중 홍조류가 53종으로 가장 우점하였고 다음으로 갈조류 24종, 녹조류 12종으로 정점에 따라 편차를 보인다고 하였다. 김 등.(2013)은 제주도 4개 해역에서 출현한 해조류는 총 71종으로 그 중 홍조류가 55종으로 가장 우점하였고, 다음으로 녹조류 9종, 갈조류 7종으로 보고하였다. 국가 해양생태계 종합조사(해양수산부, 2020)에서는 2015년부터 2020년까지 제주해역 해조류 출현종수는 조간대 143종, 조하대 204종이 출현하여 이번 연구와 차이를 보였다. 이는 조사별로 조사정점과 수심의 차이 등 조사방법의 차이에 따른 것으로 판단된다. 특히 이번 연구에서는 2018년 6개소에서 2019년 8개소, 2021년 9개소로 해마다 조사정점이 추가된 결과 전체적인 출현종수의 변화가 나타난 결과로도 해석된다. 그러나 전체적인 해조류 군집구조에서 있어서 홍조류가 우점하는 양상은 공통적으로 확인되었다.

해조류의 분류군별 생체량의 경우 홍조류가 1,013.34 gWWt/㎡로 55.8%의 구성비를 나타내어 가장 높은 비중을 차지하였고, 녹조류가 112.72 gWWt/㎡로 6.2%의 구성비를 나타내어 가장 낮았으며, 갈조류는 689.94 gWWt/㎡로 38.0%의 구성비를 보였다. 조사시기 중 2018년, 2019년과 2022년에는 우도(비양) 지역, 2020년에는 표선리 지역, 2021년에는 평대리 지역에서 해조류의 생체량이 가장 높게 나타났으며, 주로 동계와 춘계에 해조류 생체량이 높게

나타났다. 또한 추자(횡간), 곽지리 지역은 갈조류가 높은 분포 특성을 나타냈다.

김 등.(2018)은 제주연안 및 도서지역 5개소 분류군별 해조류 생체량은 갈조류가 631.36 gWWt/㎡로 57.77%, 홍조류가 378.78 gWWt/㎡로 34.66%, 녹조류가 82.71 gWWt/㎡로 7.57%의 구성비를 나타내고 있으며, 갈조류의 생체량이 높은 것은 감태의 생체량이 높았기 때문으로 분석하여 본 연구결과와 차이를 보였다. 이는 김 등.(2018)의 조사가 이루어진 2013년부터 2015년 당시 제주연안 해조류 군집은 갈조류의 우점하는 건강한 생태계의 특징을 보여주었으나, 점차 홍조류인 산호말류의 우점도가 높은 군집구조로 변화한 것에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 현재까지도 일부 추자도와 곽지리같이 갈조류가 높은 생태구조를 보여주는 해역이 존재하여, 향후 해당지역의 해조류 군집구조를 보존하기 위한 방안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

해조류 우점종은 모든 조사지역에서 채집된 해조류 생체량을 기준으로 한 상위 10종에 홍조류가 6종으로 많은 비중을 차지하였고, 홍조류 6종 중 5종이 산호말류가 포함되었다. 또한 피도, 빈도, 상대피도, 상대빈도 및 중요도의 총합을 백분율(%)로 환산한 결과, 상위 10종 중 홍조류가 7종으로 가장 많이 차지하였고, 그 중 5종이 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*), 방황혹산호말(*Corallina aberrans)*과 같은 산호말류로 분석되었다. 지역별로도 2018년 모든 조사지역에서 감태(*Ecklonia cava*)가 우점하였으나 2022년 일부 지역을 제외하고 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*), 에페드라게발(*Amphiroa ephedraea*)과 같은 산호말류 우점현상이 나타났고, 수심별로 5m와 8m까지 산호말류인 둘레혹산호말(*Corallina crassisima*)이 우점하였다.

제주 남부해역 조하대 하계 해조군집 및 갯녹음 특성에 관한 연구(전 등., 2019)에 따르면 제주 해역 해조군집은 도서권역(우도, 마라도)는 감태 등 우수한 해조군집을 유지하고 있으나, 본도 6개 지역은 대형갈조류의 비율이 평균 22% 이하로 낮게 나타난다고 보고하였다. 따라서 현재 제주연안은 해양환경 변화로 인해 마을어장에서 유용해조류인 갈조류에서 산호말류와 같은 홍조류가 우점하는 군집구조로 변화한 것으로 판단된다. 또한, 국립공원연구원에서 수행한 해양생물종 중 기후변화 지표종 선정 및 매뉴얼 구축(2019)에 따르면, 산호말류 중 작은구슬산호말과 방황혹산호말, 고리마디게발은 수온상승에 따라 생육이 증가하는 것으로 예상되어 산호말류의 증가는 기후변화로 인한 해양환경변화를 나타내는 것으로 하나의 지표로 판단된다.

해조류 생태지수의 경우 전체 지역의 조사시기별 풍부도(d) 지수는 풍부도지수(R)는 0.96~2.35로 2019년 모든 수심에서 가장 낮은 풍부도 값을 나타냈고, 이후 점차 증가하는 경향을 나타냈으며, 균등도지수(J')는 0.49~0.64로 모든 시기 모든 수심에서 중간 수준의 균등도 지수 값을 나타내었다. 다양도지수(H')는 1.09~1.71로 2018년과 2019년은 유사한 값을 나타냈고, 2020년과 2021년에 증가하다가 2022년에 소폭 감소하여 나타났다. 우점도지수(DI)는 0.61~0.80로 나타났다. 또한 지역별 생태지수는 경향은 유사하나 수치상 다소 차이를 보였다.

김 등.(2018)의 제주연안 및 가파도 해역 조하대 해조상 군집 모니터링 결과 5개소(북촌, 신창, 사계, 신흥, 가파도)에서의 풍부도지수(R)는 7.40~14.87, 균등도지수(J')는 0.33~0.58, 다양도지수(H')는 1.38~2.42, 우점도지수(DI)는 0.36~0.76로 지역별로 차이를 보였다. 또한 한국 제주도 남부 조하대의 해조상 및 군집구조 연구(Kang et al., 2015)에서는 대포, 월평, 위미, 지귀도 해역에서 풍부도지수(R)는 4.97~5.97, 균등도지수(J')는 0.23~0.33, 다양도지수(H')는 0.85~1.14, 우점도지수(DI)는 0.50~0.63로 분석되었다. 이와 비교했을 때 마을어장 9개소의 전반적인 군집구조는 제1, 2우점종의 우점도가 높고 전체적인 종다양성이 낮은 특징을 보여주는 것으로 판단된다.

또한 종다양도지수는 군집의 안정도와 환경상태를 평가할 수 있고 종 다양도지수가 2.0~3.0인 경우 군집안정도는 불안정하고 환경상태는 다소 양호하며, 1.0~2.0인 경우 군집안정도와 환경상태가 나쁜 것으로 평가한 선행 연구사례에 비추어봤을 때(Park, 2006), 마을어장 9개소의 생태지수는 군집안정도와 환경상태가 불안정한 것으로 판단된다. 이에 대한 정확한 원인 파악을 위해 향후 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

저서무척추동물은 해양생태계에서 기질의 표면이나 기질 내부에서 부유물섭식자, 퇴적물섭식자, 포식자 등 다양한 역할을 수행하며, 기질에 침적된 영양물질을 재순환시키고 상위영양단계로 영양분을 전달하는 중요한 역할을 수행한다(윤 등., 2016). 또한 저서무척추동물은 상업적으로도 가치가 있는 종들이 많아 마을어장 내 주요 생산품목이다.

전체 조사기간 동안 저서동물 출현종수는 총 11개문 477종이었으며, 분류군별로는 연체동물이 211종으로 44.2%의 가장 높은 출현율을 보였고, 절지동물이 55종으로 11.5%, 자포동물이 46종으로 9.7%, 해면동물이 42종으로 8.8%, 환형동물이 40종으로 8.4%,

극피동물이 30종으로 6.3%, 태형동물은 29종으로 6.1%, 척삭동물은 19종으로 4.0%, 유형동물과 편형동물은 각각 2종씩 0.4%의 구성비, 성구동물은 1종(0.2%)이 출현하였다. 연도별로는 2018년에는 203종, 2019년에는 244종, 2020년에는 132종, 2021년에는 130종, 2022년에는 176종으로 2019년도에 가장 많은 종이 출현하였고, 조사시기에 따라 종수는 감소한 후 5차년도 조사시에 종수가 다소 증가하였으며, 계절별로는 동계와 춘계에 출현율이 높았다. 지역별로 추자(횡간)에서 273종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 곽지에서 83종으로 가장 적은 종이 출현하였다.

제주연안 마을어장 저서무척추동물 출현종수는 8개 마을어장에서 2008년 9~10월 사이 총 9문 166종이 출현하였으며, 연체동물이 77종(46.4%), 절지동물이 24종(14.5%), 자포동물이 18종(10.8%) 순으로 나타났다(고 등., 2011). 2013년부터 2015년까지 3년간 계절별 제주연안 5개 해역의 조하대 군집조사 결과 총 11문 629종이 출현하였으며, 연체동물이 282종으로 44.8%의 가장 높은 출현율을 보였고 다음으로 절지동물이 88종으로 14.0%의 비율로 출현하였다(고 등., 2016). 이번 조사결과는 선행 연구조사와 비교하여 차이를 보였으며, 이는 조사방법의 차이로 마을어장 조사는 비교적 얕은 수심(5, 8, 12m)에서 이루어졌으며 고 등.(2016)의 연구는 깊은 수심인 15~20m 권까지 조사가 이루어져 상대적으로 많은 종이 출현한 결과로 해석된다. 또한, 분류군 중 연체동물이 가장 우점하는 것은 일반적인 암반생태계의 특성을 반영하는 것으로 사료된다.

저서동물의 분류군별 서식밀도의 경우 연체동물이 36 개체/㎡로 53.6%의 구성비를 나타내어 가장 높은 비중을 차지하였고, 극피동물이 10 개체/㎡로 14.9%, 절지동물과 자포동물이 5 개체/㎡로 7.5%의 구성비를 나타내었다. 조사시기 중 2018년에는 추자(횡간) 지역, 2019년과 2020년에는 일과리 지역, 2021년에는 표선리 지역, 2022년에는 귀덕리 지역이 상대적으로 높은 서식밀도를 보였으며, 2018년과 2022년도에는 춘계에 많고 추계에 적은 반면 나머지 시기에는 계절별로 유사하였다. 모든 조사지역에서 출현종수와 유사하게 연체동물이 차지하는 비중이 높은 암반 생태계의 특징을 보였다.

차귀도 주변 연안역 4개 해역에서 2004년부터 2005년까지 조사된 대형 저서동물의 개체밀도는 연체동물이 5,718 개체로 53.9%, 절지동물이 2,448 개체로 23.1%, 극피동물이 1,056 개체로 10.0%, 자포동물이 582 개체로 5.5%, 해면동물이 529 개체로 5.0% 등으로 나타났다(양 등., 2007). 우리나라 서·남해안의 경우 사니질로 이루어져 다모류와

이매패류가 주로 우점하지만, 제주연안의 경우 암반으로 이루어진 특성으로 부착기질에 의존해 서식하는 자포동물이나 연체동물의 밀도가 다른 해역에 비해 높게 나타나는 것으로 판단된다(고 등., 2008). 수심별로도 5m권에서 개체수가 높게 나타난 것도 이와 같이 얕은 수심대에 분포한 암반에 서식하는 연체동물의 개체수에 의한 것으로 판단된다.

저서동물 우점종은 모든 조사지역에서 채집된 저서동물 출현개체수를 기준으로 선정하였다. 2018년 귀덕리, 평대리, 우도(비양), 사계리, 표선리 지역에서 얼룩덜룩갈줄고둥(*Cerithium alutaceum*)이 우점하였고, 추자(횡간) 지역에서 기생고깔고둥(*Hipponix conica*)우점하였다. 그러나 2022년도의 경우 귀덕리, 우도(비양) 지역에서 아열대생물종인 거품돌산호(*Alveopora japonica*)가 우점하였고, 조천리, 평대리 일과리와 표선리 지역은 보라성게(*Heliocidaris crassispina*)가 우점하였다. 추자(횡간) 지역은 소라(*Turbo cornutus)*가, 사계리 지역은 바퀴고둥(*Astralium haematragum*)이 우점하였다. 수심별로는 2018년도의 경우 전 수심대에서 얼룩덜룩갈줄고둥(*Cerithium alutaceum*)이 우점하였으나, 2022년 수심 5m에서 보라성게(*Heliocidaris crassispina*), 수심 12m에서 거품돌산호(*Alveopora japonica*)가 우점하였다.

얼룩덜룩갈줄고둥(*Cerithium alutaceum*)과 기생고깔고둥(*Hipponix conica*)의 경우 일반적으로 제주연안에 서식하는 연체동물로 추정된다. 그러나 거품돌산호(*Alveopora japonica*)는 아열대 돌산호로 Genus *Alveopora* 내에서도 가장 북쪽에 서식하는 종이며, 대만 남부로부터 제주도, 일본에 서식한다. 거품돌산호는 최근 기후변화에 따른 수온상승으로 개체군이 급격하게 확산되고 있으며, 특히 제주도에서는 빠른 번식속도로 인해 같은 공간 내에서 켈프종인 감태(*E. cava*)와 같은 종이 사라진 자리를 빠르게 차지하여 공간경쟁에서 앞서 우점하고 있다(Denis et al., 2013; Kang et al., 2020). 따라서, 거품돌산호의 우점은 해역의 유용해조류의 서식공간을 차지하기 때문에 산업적으로 피해를 줄 수 있는 요인으로 향후 지속적인 모니터링을 통한 대책방안 강구가 필요하다.

성게류는 연안에서부터 수심 깊은곳까지 서식하며 해조류를 많이 섭식하며 해조류의 유엽이 부착하여 생장 할 수 없을 정도가 되어, 연안의 해조류가 사라지고 소위 성게에 의한 갯녹음현상으로 이어진다(Kim and Jang, 2012). 특히 바다숲 조성사업의 일환으로 조성된 인공 해중림이 보라성게(*Heliocidaris crassispina*)와 같은 조식동물의 식해활동으로 효과가

떨어져 최근 해중림 보호용 보라성게 제어 시스템 개발과 같은 연구가 수행되는 등 연안 해조류의 서식처를 위협하고 있는 실정이다(홍 등., 2017). 현재 마을어장이 얕은 수심대에서 보라성게의 우점도가 높음에 따라, 향후 해조류 보존을 위해서는 과도한 보라성게의 구제 및 활용방안에 대한 연구가 활발히 이루어질 필요가 있다.

저서동물 생태지수의 경우 조사시기별 평균 풍부도(d) 지수는 2018년 2.05, 2019년 1.80, 2020년 2.24, 2021년 2.41, 2022년 3.50으로 조사기간 동안 증가하는 추세였으며, 대체로 수심 5m에서 가장 높고, 12m에서 가장 낮았다. 균등도지수(J')의 평균은 2018년 0.89, 2019년 0.90, 2020년 0.85, 2021년 0.90, 2022년 0.89로 조사기간 동안 비슷하였으며, 대체로 수심 12m에서 가장 높고, 5m에서 가장 낮았다. 다양도지수(H')의 평균은 2018년 1.91, 2019년 1.85, 2020년 1.86, 2021년 1.97, 2022년 2.36로 조사기간 동안 증가하는 추세였으며, 대체로 수심 5m에서 가장 높고, 12m에서 가장 낮았다. 우점도지수(DI)의 평균은 2018년 0.51, 2019년 0.58, 2020년 0.48, 2021년 0.46, 2022년 0.42로 조사기간 동안 감소하는 추세였으며, 대체로 수심 5m에서 가장 높고, 수심 8m 또는 12m에서 가장 낮았다. 지역별 생태지수는 경향은 유사하나 수치상 다소 차이를 보였다.

제주연안 마을어장 8개소의 무척추동물 다양성지수는 1.59~2.95 범위, 균등도지수는 0.38~0.87, 풍부도지수는 3.3~10.4였으며(고 등., 2011), 문섬주변의 경우 2.71~3.41(고 등., 2008)로 이와 비교하여 균등도 지수를 제외하고 낮게 나타났다. 이는 연구별로 조사수심, 방법등의 차이로 판단된다.

조사기간 동안 마을어장 9개소의 저서동물 군집은 풍부도지수와 다양도지수가 증가추세, 우점도지수가 감소추세를 보여, 점차 다양한 종이 가입되어 다양성이 증가하는 구조로 변화하였다. 또한, 수심별로 얕은 수심에서는 풍부도지수와 다양도지수, 우점도지수가 높은 것으로 볼 때 해당 수심에서는 다양한 종이 풍부하게 서식하고 있으나, 균등도 지수가 낮은 것으로 봤을 때 특정 종에 의한 우점현상이 높게 나타나는 것으로 해석된다. 어떤 종이 서식하는지에 따라 생태계에 대한 영향이 다르겠으나 보라성게가 5m 수심에서 우점하는 현상으로 볼 때, 해당 종에 의한 마을어장 생태환경의 영향은 분명할 것으로 판단된다. 향후 지속적인 모니터링과 함께 마을어장 생태환경에 유용한 저서동물의 우점도가 높아질 수 있도록 방안 마련이 필요하다고 사료된다.

제5장 제언

2018년부터 2022년까지 마을어장 내 생태환경 조사시 발생한 추진상 문제점과 향후개선방안, 마을어장 생태환경 보전을 위한 정책수립을 위해 몇 가지 제언을 하고자 한다.

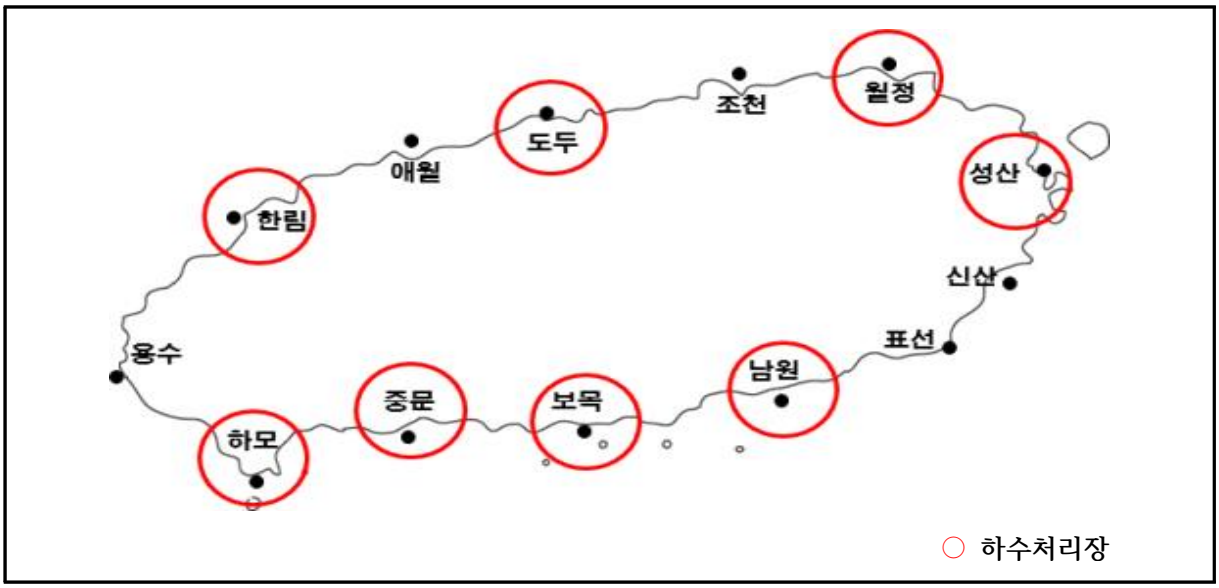
1. 중장기적인 해양환경 빅데이터 구축

마을어장 내 해양환경 변화에 대한 모니터링 결과 수온, 염분 등 해양환경 기본항목과 수질평가지수(WQI)는 변화를 파악하기 어려웠다. 이에 대한 원인으로는 첫째, 조사정점이 마을어장 인근으로 가까워 육지부의 영향을 많이 받은 결과 다양한 요인에 의해 변동폭이 크게 나타나는 것으로 판단된다. 둘째, 조사시기가 계절별로 수행되었고 각 계절별로 일회성조사에 국한되어 1회 조사로 계절의 변화를 파악한 결과로 판단된다. 셋째, 해양환경 관측의 경우 중장기적인 데이터 구축이 이루어지지 않아 기후변화에 따른 해양환경 변화를 분석하는데 한계가 있었다.

따라서, 해양환경 변화를 파악하고 데이터를 활용하기 위해 현재 해양수산연구원에서 지속적으로 모니터링 하고 있는 연안 13개 정점에 대해 영구정점으로 고정화하여 향후 수십년간의 중장기적인 데이터구축이 필요하다. 현재 국가해양관측망과 연계하여 연구원 자체적으로 빅데이터 사업을 추진하고 있으나, 이는 연안 정점과 다르고 대체로 연안으로부터 멀리 떨어져 있는 것이 대부분이어서, 직접적인 비교가 어려울뿐더러 연안 가까이의 변화를 파악하기 어렵다는 한계가 있다.

특히 마을어장 인근은 하수처리장과 관련 중계펌프장에 의해 지속적인 민원이 발생하는 지역으로, 연안 13개 정점에는 하수처리장 8개정점에 대한 모니터링이 포함되어 있어 향후 관련 민원 해결시 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 현재 해양환경 기본항목(수온, 염분, pH, DO)과 수질평가지수(WQI)만으로는 정확한 환경을 파악하는데 한계가 있을 것으로 사료된다. 따라서, 조사항목을 세분화하고 다양화하여 체계적인 해양환경 관측과 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 예를 들어, 최근 해양의 유기물 분석에 활용되고 있는 총유기탄소(TOC)와 형광유기물질(FDOM)은 수질상태를 보다 객관적으로

파악할 수 있는 분석항목이 될 것이다.



(그림 5.1.1) 현재 추진중인 연안어장 1마일 13개소 모니터링 정점

2. 적조현상 발생에 따른 모니터링 체계 구축

제주도의 경우 과거 적조현상에 의한 피해는 남해안과 달리 거의 없었다. 그러나, 최근 마을어장을 중심으로 적조발생 사례가 지속적으로 발생하고 있다. 국립수산과학원 적조정보시스템 및 국민재난안전포털을 통해 최근 10여년간 제주도의 적조발생사례를 살펴보면, 2012년 10월 조천에서 신흥까지, 2014년 9월 화순항 내측에서 *Mesodinium rubrum*에 의한 적조가 발생하였다. 또한, 2018년 7월 제주 차귀도 서방 76마일 해역에서 무해성 편조류(*Noctiluca scintillans*)에 의한 적조띠(5m*100m)가 수십여 군데 광범위하게 분산되어 발생하였다. 이 외에도 최근 도내 일부 포구에 무해성 편조류(*Noctiluca scintillans*)에 의한 적조현상이 발생하였다. 예를 들어, 2020년 10월 삼양포구 서측과 애월 고내포구 연안에서 *Mesodinium rubrum*에 의한 적조가 발생하여 해양수산연구원과 국립수산과학원에서 자체조사를 실시했던 사례가 있었다.

*Mesodinium rubrum*에 의한 적조현상은 온대기수역과 대륙붕, 용승(upwelling)지역에서 보편적으로 일시적이고 매우 생산성이 높은 현상이며, 보통 수괴가 안정적일 때 갑작스러운 증가양상을 보이는 것으로 알려져 있다(Johnson et al., 2013). *Noctiluca scintillans*의 경우 풍부한 적조생물중 하나로 온대, 아열대, 열대의 용승이 일어나는 지역에서 발견되며, 늦봄에서

초여름 잔잔한 날에 연안과 해안가에 붉은 띠 또는 패치(patch)를 형성한다(Harrison et al., 2011).

제주연안에 출현하여 보고된 적조생물들은 보통 무해성 적조생물로 알려져 있고, 일시적인 현상이나, 문제는 이러한 적조현상이 드물지만 지속적으로 발생하고 있으며, 주민을 포함한 관광객들은 원인을 알지 못해 해양오염으로 오인하는 경우가 많은 것으로 파악된다. 문제는 이러한 원인분석이 국가 연구기관을 통해서만 이루어짐에 따라 원인분석에 시간이 걸리고 있다. 따라서, 적조현상에 의한 주민들의 불안과 신속한 원인파악 등 대처를 위해서는 연구원 자체적으로 이를 분석하거나, 국가 연구기관과 연계한 신속한 분석 및 통보체계를 갖출 필요가 있다고 사료된다. 물론, 적조에 의한 마을어장 내 피해가 현재까지 보고되고 있지 않으나, 향후 기후변화에 따른 해양환경변화로 어떠한 유해성 적조생물이 번식할지 모르는 상황에서 모니터링 체계를 공고히 할 필요가 있다고 판단된다.



JIBS 방송보도(10월 30일, 삼양포구)



연구원 드론촬영 사진(11월 1일, 삼양포구)

(그림 5.2.1) 제주연안 적조발생사례(2020년)

3. 기후변화에 따른 신소득품종 개발·산업화

마을어장 생태환경 변화상 분석결과 마을어장 내 갈조류는 감소하고 석회조류 등 홍조류가 증가하고 있으며, 저서동물은 갯녹음을 확산시키는 보라성게와 아열대종인 거품돌산호가 번무하고 있다. 따라서, 마을어장의 어업환경은 과거와 비교했을 때 급격한 변화를 겪고 있으며 이에 따른 소득보전이 어려워지고 있는 실정이다. 예를 들어, 우뭇가사리, 톳 등 제주 전통 해조자원의 생산량이 감소하고 있는 추세로, 우뭇가사리의 경우 2010년 3,455톤에서 2019년 599톤으로 82.7% 감소하였으며, 톳의 경우 2010년 822톤에서 2019년 556톤으로 67.6% 감소하였다(호남지방통계청, 2020). 또한, 최근 2015년부터 2020년까지 우리나라 연안생태계 조사결과 해수면 온도상승에 따른 아열대성 어종 출현비율은 동해안 58종(30.7%), 남해안 43종(31.4%), 서해안 36종(37.5%), 제주 74종(56.1%)로 제주연안에서 가장 높은 증가율을 보였다(해양수산부, 2021).

이러한 제주연안의 기후변화 위기에 대응하기 위해 다양한 연구가 수행되고 있다. 예를 들어, 고수온 환경에서 적응력이 높은 품종을 개발하기 위해 국립수산과학원에서는 참전복을 대상으로 고수온 내성 육종연구를 실시하여, 유전체 정보 기반 우량품종(전복) 개발 및 산업화 연구를 2021년부터 2024년까지 추진하고 있다. 또한, 경제적 가치가 높은 바리과어류를 대상으로 대왕붉바리와 대왕자바리와 같은 교잡종을 개발하여 성장에 대한 실증연구를 추진하였다(국립수산과학원, 2022). 또한, 최근 상품성이 높고 환경변화에 강한 넙치 대체 양식품종으로 기존 양식장을 활용한 참조기 시험양식에 성공하였다. 해조류의 경우 경상남도에서는 아열대 해조류인 옥덩굴(Caulerpa sp.)의 번식시험에 성공하였으며, 대량배양연구를 통해 어업인 기술이전에 노력한 사례가 있다(경상남도. 2019).

따라서, 향후 기후변화에 따른 전통수산업을 통한 어업소득보전에는 한계가 있을 것으로 판단되며 기존 양식시설을 활용하거나, 신규 시설을 확보하여 어류 및 해조류 신소득품종에 대한 번식 실증연구와 대량생산을 위한 현장보급 연구가 추진되어야 할 필요가 있다. 이를 통해 기술력과 경제성이 확보된 이후 행정에서는 법적 제도점검과 제도마련을 통해 산업화가 이루어진다면, 전통수산업에 국한되어 있던 어촌계 소득을 다변화할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 권역별 마을어장 휴식년제 시범사업 추진

수산자원의 보전 및 회복을 위해 일정기간 특정 품종에 대해 어업활동을 금지하거나 휴식을 통해 수산자원을 관리하는 방안의 도입이 필요하다. 이를 위해 마을어장을 권역별(동, 서, 남, 북)로 구분해 권역별 대표어장을 선정하여 해당어장에 대한 소득보전과 함께 마련될 필요가 있다.

경북 마을어장 운영방식 개선 방안 연구(대구경북연구원, 2017)에 따르면, 경상북도 어업인구의 감소와 고령화와 환경오염 등 마을어장 생산성 악화로 향후 지속적인 마을어장 관리와 운영방안 모색을 위해 여러 가지 제안을 하였는데, 그 중 하나가 휴식년제를 통한 자원관리이다. 해당 연구에 따르면 경북지역의 휴식년제 도입에 대해 어촌계원 47.5%가 필요하며, 70.5%가 소득보전이 전제되어야 한다고 응답하였다. 휴식년제 도입을 위해 모든 마을어장이 아닌 시범사업을 실시후 점진적으로 확대할 필요가 있으며, 휴식년제 대상품종은 패류보다 해조류 위주로 추진하는 것이 바람직하다고 하였다. 이는 패류의 경우 종자방류를 통한 자원조성이 용이하고 포획 및 금지체장을 통해 어린 치패 보호가 가능한 반면, 해조류의 경우 조업 금지 기간 외 특정한 제한조치가 없고 전복, 소라의 주요 먹이가 되기 때문이다. 또한, 해당 연구에서는 마을어장 휴식년제 도입 어장에 대한 구체적인 소득보전방안을 제시하고 있다. 크게 직접보전과 간접보전 방법으로 간접보전의 경우 마을 공동 소득사업 지원으로 어업외 소득 확보, 종자방류를 통한 수산자원조성, 소규모 바다목장 및 바다숲 조성으로 수산자원환경 조성으로 구성되며, 직접보전의 경우 휴식년제를 시행중인 어촌계 어업인을 대상으로 연평균 소득의 일정비율을 소득으로 보전하는 방안이다.

따라서, 도내 마을어장에서도 대구경북연구원에서 제시한 "경북 마을어장 운영방식 개선 방안(2017)과 제주특별자치도에서 "마을어장 중심의 수산자원회복대책 5개년 계획"에 따라 시행했던 「마을어장 자원회복 휴식년제('14~'17년)」 내용 및 결과 등을 참고하여 휴식년제 재도입을 적극 검토할 필요가 있다. 제주도의 상황에 맞게 구체적인 방법은 향후 논의되어야 하나, 기본적인 틀은 권역별 희망하는 어촌계를 모집한 후, 이 중 자원회복이 시급한 어장을 시범적으로 실시하는 것이 바람직하다고 사료된다. 이를 통해 어느정도 성과를 올린다면 향후 어촌계의 자발적인 참여도 기대할 수 있을 것이다.

휴식년제 도입시 시기는 1년 단위로 실시하며 품종은 자원회복이 필요한 해조류와

저서동물을 각 한종씩 선정하여 추진하는 것이 바람직하다고 사료된다. 무엇보다 휴식년제 도입을 위해서는 휴식년제 도입어장에 대한 소득보전이 선행되어야 한다. 소득보전방안은 직접적으로 연간 예상소득의 일정부분을 보전해주는 것이 적극 검토될 필요가 있다. 다음으로 휴식년제 어장에 대해 종자 방류, 어업활동 외 소득활동을 지원하는 절차가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

무엇보다 휴식년제가 시행되고 있는 동안에는 바다환경에 대한 개선이 이루어질 필요가 있다. 예를 들어, 해당지역 주민과 수중 다이버, 바다환경지킴이 등이 해안가 및 수중 쓰레기를 적극적으로 수거하거나 갯닦기를 주기적으로 실시하는 등 수산자원조성에 대한 환경마련이 이루어진다면 휴식년제 도입 효과는 증가할 것으로 사료된다.

<표 5.4.1> 마을어장 휴식년제 도입에 따른 소득보전 방안(출처 : 대구경북연구원, 2017)

구분	간접 보전	직접 보전
목적	수산자원조성을 통해 지속적인 수산자원 이용 및 관리 기반 마련	휴식년제 도입으로 생산 차질분에 대해 어업인에게 소득을 직접 보전함으로써 효과 증대
방향	휴식년제 기간 동안 지속적인 자원관리 사업 및 소득사업 지원	어업인 자율적 합의에 의해 추진하고 소득보전은 최소한의 범위에서 진행
사업개요	· 마을 공동 소득사업 지원으로 어업외 소득 확보 · 종패 및 종자 방류로 수산자원조성 · 소규모 바다목장 및 바다숲 사업으로 수산자원조성 환경 마련	· 휴식년제를 시행중인 어촌계의 어업인을 대상으로 연평균 소득의 일정비율 소득 보전
기대효과	수산자원조성 극대화로 지속적인 어업활동 가능	소득의 직접 보전으로 어가경영 안정화

제6장 참고문헌

국립공원연구원. 2019. 해양생물종 중 기후변화 지표종 선정 및 매뉴얼 구축.

국립생물자원관. 2010. 한국의 무척추동물 제21권 3호(해산 부유성 요각류).

국립수산과학원. 2022. 수산분야 기후변화 영향 및 연구 보고서

대구경북연구원. 2017. 경북 마을어장 운영방식 개선 방안.

종합 기후변화감시 정보. 2021년 10월 수정, 2023. 1. 20 접속.
http://www.climate.go.kr/home/09_monitoring/marine/sst_main

통계청. 2018. 기후(수온)변화에 따른 주요 어종 어획량 변화.

해양수산부. 2021. 국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서.

해양환경공단. 2022. 2021년 한국해양환경 조사연보 제26권.

호남지방통계청. 2020. 최근 10년간 제주도 어업구조 변화상

IPCC Sixth Assessment Report. Summary for Policy Makers. 2021.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/.

고유봉, 오봉철, 최영찬. 1996. 연구논문; 제주도 주변 용승역의 생물생태학적 기초 연구-부유성 동물플랑크톤의 현존량과 분포특성. 한국수산과학회지, 29, 271-278.

고준철, 구준호, 양문호. 2008. 제주도 문섬 주변해역 해양환경특성 및 저서무척추동물의 군집구조. 한국패류학회지, 24(3), 215-228.

고준철, 구준호, 이승종, 장대수, 조성환. 2011. 제주도 연안 마을어장의 저서무척추동물 군집구조. Korean J. Malacol, 27(3), 229-246.

고준철, 김보연, 손명호, 조운찬, 이관철. 2016. 제주연안 저서무척추동물 군집구조의 단기변화 (2013-2015). 한국패류학회지, 32(4), 297-328.

김가람, 강형구. 2020. 봄철 황해의 중형동물플랑크톤 군집 구조. Ocean & Polar Research, 42(4).

김규범. 2017. 2015년 3월 ~ 2016년 2월 제주연안 식물플랑크톤 군집의 시공간적 변화 (Doctoral dissertation, 제주대학교 일반대학원).

김규범, 강수민, 이준백. 2019. 제주연안 식물플랑크톤 군집의 시공간적 변화. 바다, 24(1),

92-105.

김동선, 임동일, 전수경, 정회수. 2005. 한국 서해 천수만의 화학적 수질특성과 부영양화. Ocean and Polar Res, 27, 45-58.

김보연, 고준철, 고혁준, 박성은, 차형기, 최한길. 2013. 제주도 주변 해역 조하대 해조류 군집구조의 계절적 변동. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46(5), 607-618.

김보연, 고준철, 최한길. 2018. 한국 제주연안 및 가파도 해역의 조하대 해조상 및 군집구조 모니터링 (2013-2015). 한국수산과학회지, 51(3), 262-277.

백승호, 신경순, 현봉길, 장풍국, 김현수, 황옥명. 2010. 초여름 남해광역권의 수괴별 식물플랑크톤 군집구조 특성. Ocean and Polar Res, 32, 1-12.

문성기, 최철만. 2003. 국내 해양식물플랑크톤의 주요종과 분포에 대한 조사. 한국환경과학회지, 12(7), 725-733.

문성용, 오현주, 서호영. 2010. 남해 연안 동물플랑크톤 군집의 계절변동. Ocean and Polar Res, 32, 411-426.

서영상, 황재동, 방익찬, 한인성, 조진대, 이나경. 2011. 제주도 해역에서의 수온 장기변동 추세. 한국자연보호학회지, 5(2), 135-140.

양문호, 문태석, 유준택, 고준철, 장대수. 2007. 제주 차귀도 연안역 저서 무척추동물의 출현과 계절별 변동. 한국패류학회지, 23(2), 235-243.

오경희, 박영규, 임동일, 정회수, 심재설. 2006. 이어도 종합해양과학기지에서 관측된 수온과 염분 자료의 특징. 한국해양환경공학회지, 9, 225-234.

윤병선, 최영민, 손명호, 김종빈, 양재형, 박정호. 2016. 동해 중부해역 저서무척추동물의 분포특성 및 군집구조. 수산해양기술연구 (구 한국어업기술학회지), 52(4), 372-385.

윤양호. 2015. 제주 바다목장 해역 식물플랑크톤 군집의 시· 공간적 변동 특성. 한국산학기술학회 논문지, 16(11), 7761-7772.

윤양호. 2016. 이른 여름 제주 해안 주변 해역의 해양 환경과 식물플랑크톤 군집의 분포 특성. 환경생물학회지 (환경생물), 34(4), 292-303.

이상현, 신용식, 양성렬, 박철. 2005. 아산만 식물플랑크톤의 계절별 군집 분포 특성. Ocean and Polar Research, 27(2), 149-159.

이승종, 고유봉, 김병직. 2006. 제주도 서부 해역의 난· 자치어 분포와 종조성의 계절변동. 한국어류학회지, 18(2), 129-140.

이승종, 김병엽, 차형기. 2012. 제주연안에 서식하는 쏨뱅이 (Sebastiscus marmoratus)의 식성. Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology Vol, 48(4), 379-386.

이준백, 신범, 이무형. 2001. 제주도 남부 조간대 조수웅덩이의 미서조류 군집의 계절 동태. Algae, 16(2), 197-207.

임치영. 2012. 제주해역의 해조류와 저서무척추동물 생태적 분포. 국내박사학위논문 순천향대학교 대학원, 2012. 충청남도.

장민철, 백승호, 장풍국, 이우진, 신경순. 2012. 여름철 및 겨울철 수괴에 따른 대한해협의 동물플랑크톤 분포 양상. Ocean and Polar Research, 34(1), 37-51.

전승욱, 전병희, 최창근. 2019. 제주 남부해역 조하대 하계 해조군집 및 갯녹음 특성. 해양환경안전학회지, 25(2), 212-219.

정정호, 남은정, 유정규, 명철수. 2006. 울돌목 수로 동물플랑크톤의 군집 특성. 환경생물, 24(2), 201-211.

차상철, 문재홍. 2020. 고해상도 해양순환모델을 활용한 제주도 주변해역의 해수유동 특성. Ocean & Polar Research, 42(3).

최영한. 2009. 마을어장 이용에 따른 어촌계와 주민간의 갈등 해소 방안 연구. 수산해양교육연구, 21(4), 568-575.

최용규, 권정노. 1998. 황해 남동해역 투명도의 계절 변화. 한국수산학회지, 31(3), 323-329.

한송헌, 김맹진, 송춘복. 2015. 제주연안해역 어란의 분자동정과 분포양상. 한국어류학회지, 27(4), 284-292.

한수진, 황용훈, 장재길, 손민호. 2018. 해조류 군집지수를 활용한 한국 연안 조하대의 환경상태 평가. 한국수산과학회 양식분과 학술대회, 319-319.

홍지민, 김민석, 황선완. 2017. 해중림 보호용 보라성게 (Anthocidaris crassispina) 제어 시스템 개발을 위한 예비실험. 해양환경안전학회 학술발표대회 논문집, 243-243.

Chen, H., Guan, W., Zeng, G., Li, P., Chen, S. 2015. Alleviation of solar ultraviolet radiation (UVR)-induced photoinhibition in diatom Chaetoceros curvisetus by ocean

acidification. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 95(4), 661-667.

Choi, K. H., Lee, C. R., Kang, H. K., Kang, K. A. 2011. Characteristics and variation of size-fractionated zooplankton biomass in the northern East China Sea. Ocean and Polar Research, 33(2), 135-147.

Cheon, Hyo-Chang, Nam, Se-Yong, Kim, Sanghyun. 2012. Effects of pH, Temperature, and Dissolved Oxygen on Phosphorus Release from Marine Sediment to Seawater. Journal of Navigation and Port Research, 36(6), 513-519.

Denis, V., Chen, C. A., Song, J. I., Woo, S. 2013. Alveopora japonica beds thriving under kelp. Coral Reefs, 32(2), 503-503.

Harrison, P. J., Furuya, K., Glibert, P. M., Xu, J., Liu, H. B., Yin, K., ... Ho, A. Y. T. 2011. Geographical distribution of red and green Noctiluca scintillans. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 29(4), 807-831.

HWANG, S. I., KIM, D. K., SUNG, B. J., JUN, S. K., BAE, J. I., JEON, B. H. 2017. Effects of climate change on whitening event proliferation the coast of Jeju. Korean Journal of Environment and Ecology, 31(6), 529-536.

Johnson, M. D., Stoecker, D. K., Marshall, H. G. 2013. Seasonal dynamics of Mesodinium rubrum in Chesapeake Bay. Journal of plankton research, 35(4), 877-893.

Kang, J. H., Jang, J. E., Kim, J. H., Kim, S., Keshavmurthy, S., Agostini, S., ... Lee, H. J. 2020. The origin of the subtropical coral Alveopora japonica (Scleractinia: Acroporidae) in high-latitude environments. Frontiers in Ecology and Evolution, 12.

Khelifi-Touhami, M., Semroud, R., Hamdi, E. H., Ounissi, M., Haridi, A., Nejib Daly, M., Aissa, P. 2007. The planctonic copepod communities from the southern Mediterranean Sea (Algeria, Tunisia) with a re-description of Paracalanus indicus Wolfenden 1905 (Copepoda: Calanoida). Cahiers de Biologie marine, 48(4), 327.

Kim, Nam-Gil, Jang, Jae-Gil. 2012. Stomach Contents of the Sea Urchins, Anthocidaris crassispina and Hemicentrotus pulcherrimus and Characterization of the Marine Algal Community along the Tongyeong Coast of Korea. Korean Journal of Fisheries and

Aquatic Sciences, 45(6), 686-693.

Kwak, S. N., Huh, S. H., & Kim, H. W. 2013. Temporal and spatial variations and species composition of ichthyoplanktons in a sea area, with the construction of artificial upwelling structure. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 19(4), 309-314.

Lee, J. B., Go, Y. B., Choa, J. H. 1990. The structure and dynamics of phytoplankton communities around the coastline of Cheju Island, Korea. Korean J. Phycol, 5, 159-171.

Liang, D., Uye, S. 1996. Population dynamics and production of the planktonic copepods in a eutrophic inlet of the Inland Sea of Japan. II. Acartia omorii. Marine Biology, 125(1), 109-117.

M'Rabet, C., Yahia, O. K. D., Chomérat, N., Zentz, F., Bilien, G., Pringault, O. 2021. Transient effect of bisphenol A (BPA) and di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) on the cosmopolitan marine diatom Chaetoceros decipiens-lorenzianus. Environmental Pollution, 285, 117362.

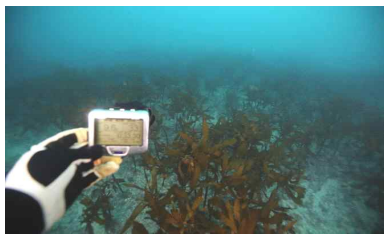
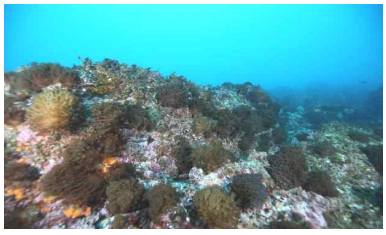
Park, Y. K., Seo, K. S., Choi, C. K. 2006. Environmental Biology, Daehakseolim.

Zheng, Y., Giordano, M., Gao, K. 2015. The impact of fluctuating light on the dinoflagellate Prorocentrum micans depends on NO3− and CO2 availability. Journal of plant physiology, 180, 18-26.

부록. 마을어장 수심대사진(2018~2022)

1. 애월읍 귀덕2리

1.1 동계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 4월 4M	2019년 4월 8M	2019년 4월 12M
		
2020년 2월 4M	2020년 2월 8M	2020년 4월 12M
		
2021년 3월 4M	2021년 3월 8M	2021년 3월 12M
		
2022년 2월 4M	2022년 2월 8M	2022년 2월 12M

1.2 춘계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 5월 4M	2019년 5월 8M	2019년 5월 12M
		
2020년 5월 4M	2020년 5월 8M	2020년 5월 12M
		
2021년 4월 4M	2021년 4월 8M	2021년 4월 12M
		
2022년 5월 4M	2022년 5월 8M	2022년 5월 12M

1.3 하계

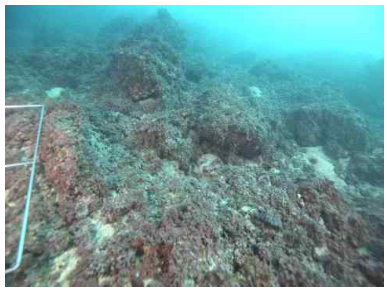
		
2021년 8월 8M	2021년 8월 10M	2021년 8월 15M
		
2021년 10월 8M	2021년 10월 8M	2021년 10월 8M
		
2022년 5월 8M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M

1.4 추계

		
2018년 10월 4M	2018년 10월 8M	2018년 10월 12M
		
2019년 11월 4M	2019년 11월 8M	2019년 11월 12M
		
2020년 10월 4M	2020년 10월 8M	2020년 10월 12M
		
2021년 10월 4M	2021년 10월 8M	2021년 10월 12M
		
2022년 10월 4M	2022년 10월 8M	2022년 10월 12M

2. 조천읍 조천리

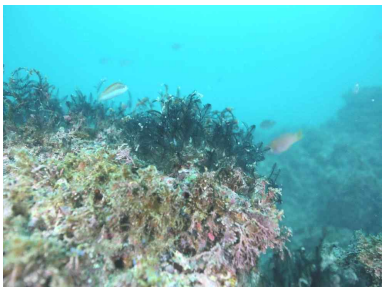
2.1 동계

		
2019년 4월 4M	2019년 4월 8M	2019년 4월 12M
		
2020년 2월 4M	2020년 2월 8M	2020년 2월 12M
		
2021년 3월 4M	2021년 3월 8M	2021년 3월 12M
		
2022년 2월 4M	2022년 2월 8M	2022년 2월 12M

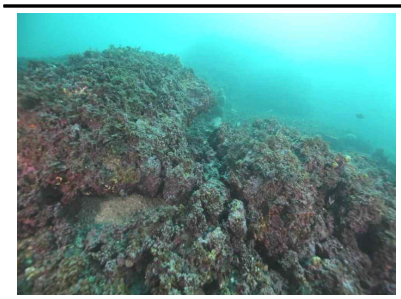
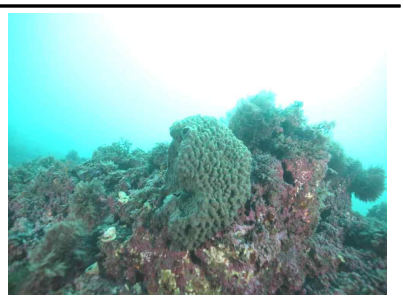
2.2 춘계

		
2019년 4월 4M	2019년 4월 8M	2019년 4월 12M
		
2019년 6월 4M	2019년 6월 8M	2019년 6월 12M
		
2020년 5월 4M	2020년 5월 8M	2020년 5월 12M
		
2021년 5월 4M	2021년 5월 8M	2021년 5월 12M
		
2022년 5월 8M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M

2.3 하계

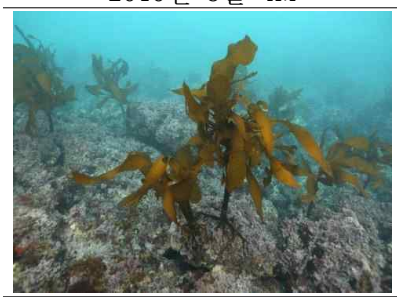
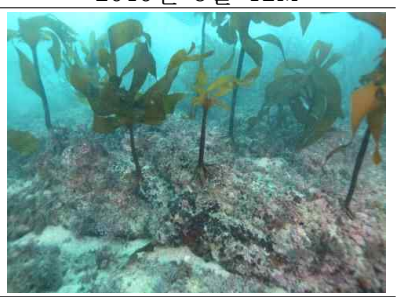
		
2019년 8월 4M	2019년 8월 8M	2019년 8월 12M
		
2019년 8월 4M	2019년 8월 8M	2019년 8월 12M
		
2020년 8월 4M	2020년 8월 8M	2020년 8월 12M
		
2021년 7월 4M	2021년 7월 8M	2021년 7월 12M
		
2022년 8월 4M	2022년 8월 8M	2022년 8월 12M

2.4 추계

		
2019년 10월 4M	2019년 10월 8M	2019년 10월 12M
		
2020년 10월 4M	2020년 10월 8M	2020년 10월 12M
		
2021년 11월 4M	2021년 11월 8M	2021년 11월 12M
		
2022년 10월 8M	2022년 10월 10M	2022년 10월 15M

3. 구좌읍 평대리

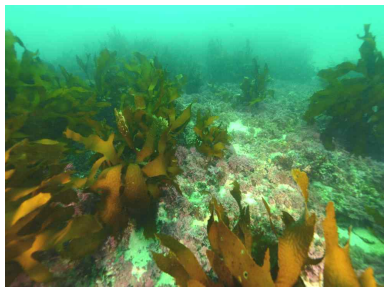
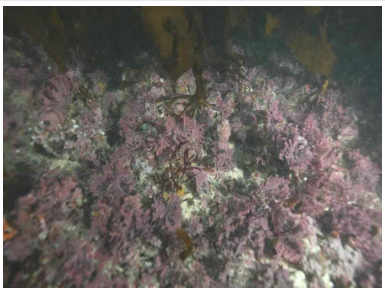
3.1 동계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 3월 4M	2019년 3월 8M	2019년 3월 12M
		
2020년 2월 4M	2020년 2월 8M	2020년 2월 12M
		
2021년 3월 4M	2021년 3월 8M	2021년 3월 12M
		
2022년 2월 4M	2022년 2월 8M	2022년 2월 12M

3.2 춘계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 5월 4M	2019년 5월 8M	2019년 5월 12M
		
2020년 5월 4M	2020년 5월 8M	2020년 5월 12M
		
2021년 5월 4M	2021년 5월 8M	2021년 5월 12M
		
2022년 5월 8M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M

3.3 하계

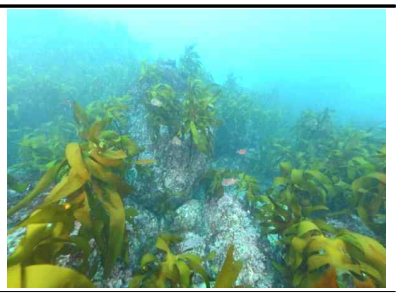
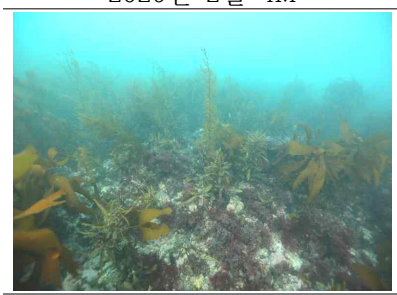
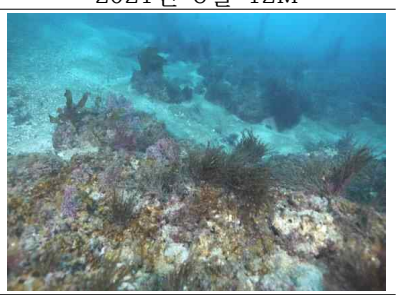
		
2018년 8월 4M	2018년 8월 8M	2018년 8월 12M
		
2019년 9월 4M	2019년 9월 8M	2019년 9월 12M
		
2020년 8월 4M	2020년 8월 8M	2020년 8월 12M
		
2021년 8월 4M	2021년 8월 8M	2021년 8월 12M
		
2022년 8월 8M	2022년 8월 10M	2022년 8월 15M

3.4 추계

		
2018년 10월 4M	2018년 10월 8M	2018년 10월 12M
		
2019년 11월 4M	2019년 11월 8M	2019년 11월 12M
		
2020년 11월 4M	2020년 11월 8M	2020년 11월 12M
		
2021년 11월 4M	2021년 11월 8M	2021년 11월 12M
		
2022년 10월 4M	2022년 10월 8M	2022년 10월 12M

4. 우도(비양)

4.1 동계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 4월 4M	2019년 4월 8M	2019년 4월 12M
		
2020년 2월 4M	2020년 2월 8M	2020년 4월 12M
		
2021년 3월 4M	2021년 3월 8M	2021년 3월 12M
		
2022년 2월 4M	2022년 2월 8M	2022년 2월 12M

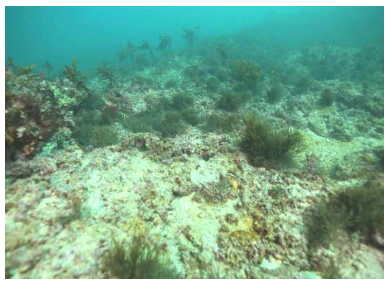
4.2 춘계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 5월 4M	2019년 5월 8M	2019년 5월 12M
		
2020년 5월 4M	2020년 5월 8M	2020년 5월 12M
		
2021년 4월 4M	2021년 4월 8M	2021년 4월 12M
		
2022년 5월 8M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M

4.3 하계

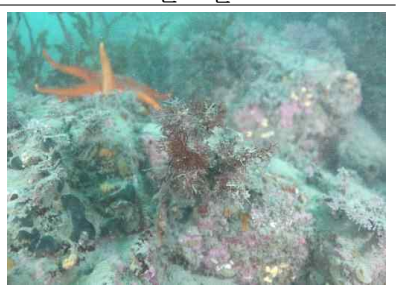
		
2018년 8월 4M	2018년 8월 8M	2018년 8월 12M
		
2019년 9월 4M	2019년 9월 8M	2019년 9월 12M
		
2020년 7월 4M	2020년 7월 8M	2020년 7월 12M
		
2021년 7월 4M	2021년 7월 8M	2021년 7월 12M
		
2022년 7월 4M	2022년 7월 8M	2022년 7월 12M

4.4 추계

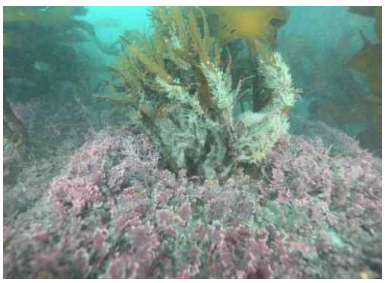
		
2018년 310월 4M	2018년 10월 8M	2018년 10월 12M
		
2019년 11월 4M	2019년 11월 8M	2019년 11월 12M
		
2020년 10월 4M	2020년 10월 8M	2020년 10월 12M
		
2021년 11월 4M	2021년 11월 8M	2021년 11월 12M
		
2022년 111월 4M	2022년 11월 8M	2022년 11월 12M

5. 추자(횡간)

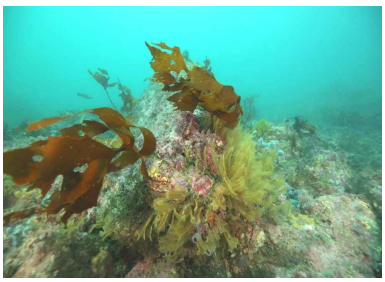
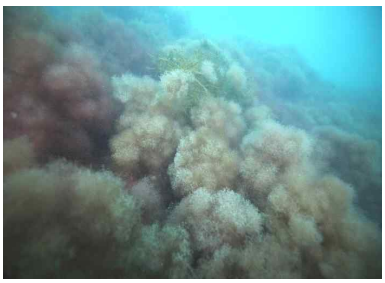
5.1 동계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 4월 4M	2019년 4월 8M	2019년 4월 12M
		
2020년 2월 4M	2020년 2월 8M	2020년 2월 12M
		
2021년 3월 4M	2021년 3월 8M	2021년 3월 12M
		
2022년 2월 4M	2022년 2월 8M	2022년 2월 12M

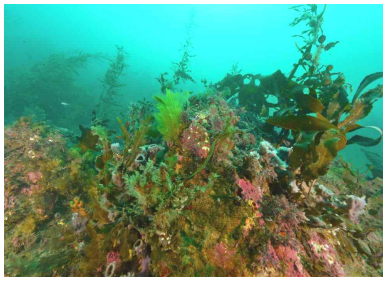
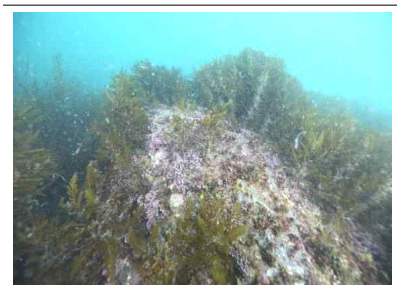
5.2 춘계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 6월 4M	2019년 6월 8M	2019년 6월 12M
		
2020년 5월 4M	2020년 5월 8M	2020년 5월 12M
		
2021년 5월 4M	2021년 5월 8M	2021년 5월 12M
		
2022년 5월 8M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M

5.3 하계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 9월 4M	2019년 9월 8M	2019년 9월 12M
		
2020년 8월 4M	2020년 8월 8M	2020년 8월 12M
		
2021년 8월 4M	2021년 8월 8M	2021년 8월 12M
		
2022년 7월 4M	2022년 7월 8M	2022년 7월 12M

5.4 추계

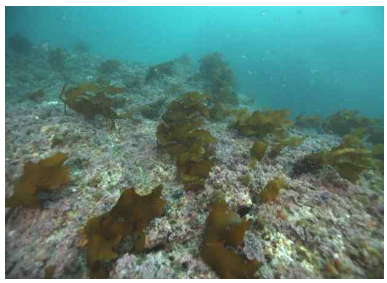
		
2018년 10월 4M	2018년 10월 8M	2018년 10월 12M
		
2019년 11월 4M	2019년 11월 8M	2019년 11월 12M
		
2020년 11월 4M	2020년 11월 8M	2020년 11월 12M
		
2021년 11월 4M	2021년 11월 8M	2021년 11월 12M
		
2022년 11월 4M	2022년 1월 8M	2022년 11월 12M

6. 대정읍 일과2리

6.1 동계

		
2019년 3월 4M	2019년 3월 8M	2019년 3월 12M
		
2020년 2월 4M	2020년 2월 8M	2020년 2월 12M
		
2021년 3월 4M	2021년 3월 8M	2021년 3월 12M
		
2022년 2월 4M	2022년 2월 8M	2022년 2월 12M

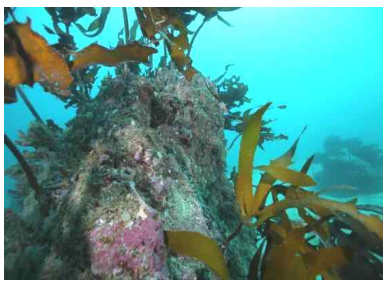
6.2 춘계

		
2019년 3월 4M	2019년 3월 8M	2019년 3월 12M
		
2019년 6월 4M	2019년 6월 8M	2019년 6월 12M
		
2020년 5월 4M	2020년 5월 8M	2020년 5월 12M
		
2021년 5월 4M	2021년 5월 8M	2021년 5월 12M
		
2022년 5월 8M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M

6.3 하계

		
2019년 8월 4M	2019년 8월 8M	2019년 8월 12M
		
2019년 8월 4M	2019년 8월 8M	2019년 8월 12M
		
2020년 7월 4M	2020년 7월 8M	2020년 7월 12M
		
2021년 7월 4M	2021년 7월 8M	2021년 7월 12M
		
2022년 8월 8M	2022년 8월 10M	2022년 8월 15M

6.4 추계

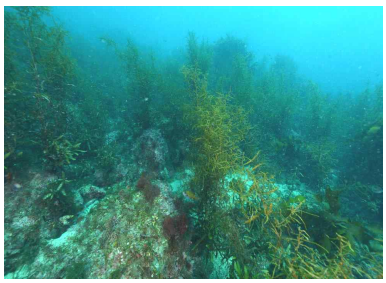
		
2019년 11월 4M	2019년 11월 8M	2019년 11월 12M
		
2020년 10월 4M	2020년 10월 8M	2020년 10월 12M
		
2021년 10월 4M	2021년 10월 8M	2021년 10월 12M
		
2022년 10월 8M	2022년 10월 10M	2022년 10월 15M

7. 안덕면 사계리

7.1 동계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 3월 4M	2019년 3월 8M	2019년 3월 12M
		
2020년 2월 4M	2020년 2월 8M	2020년 2월 12M
		
2021년 3월 4M	2021년 3월 8M	2021년 3월 12M
		
2022년 2월 4M	2022년 2월 8M	2022년 2월 12M

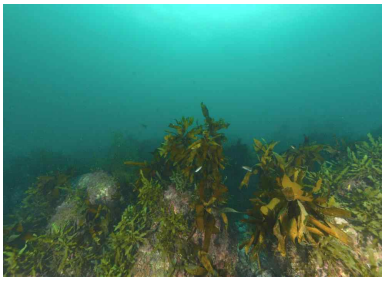
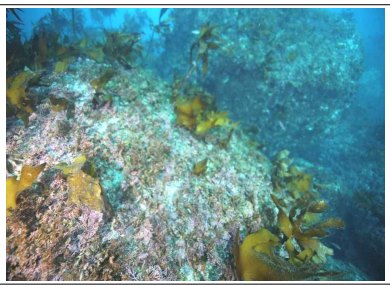
7.2 춘계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 6월 4M	2019년 6월 8M	2019년 6월 12M
		
2020년 5월 4M	2020년 5월 8M	2020년 5월 12M
		
2021년 5월 4M	2021년 5월 8M	2021년 5월 12M
		
2022년 5월 8M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M

7.3 하계

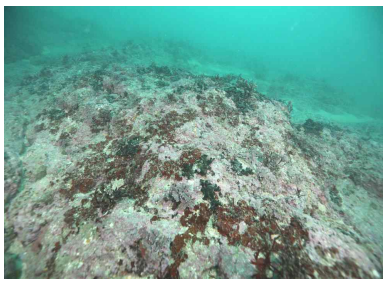
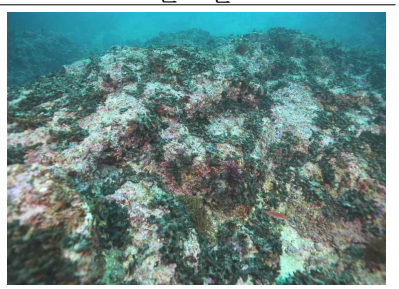
		
2018년 8월 4M	2018년 8월 8M	2018년 8월 12M
		
2019년 9월 4M	2019년 9월 8M	2019년 9월 12M
		
2020년 7월 4M	2020년 7월 8M	2020년 7월 12M
		
2021년 7월 4M	2021년 7월 8M	2021년 7월 12M
		
2022년 8월 8M	2022년 8월 10M	2022년 8월 15M

7.4 추계

		
2018년 10월 4M	2018년 10월 8M	2018년 10월 12M
		
2019년 10월 4M	2019년 10월 8M	2019년 10월 12M
		
2020년 11월 4M	2020년 11월 8M	2020년 11월 12M
		
2021년 11월 4M	2021년 11월 8M	2021년 11월 12M
		
2022년 11월 4M	2022년 11월 8M	2022년 11월 12M

8. 표선면 표선리

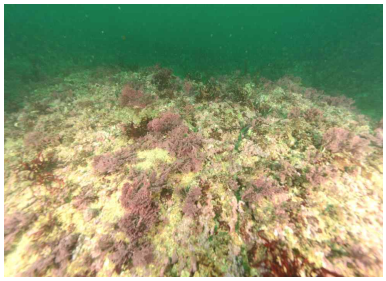
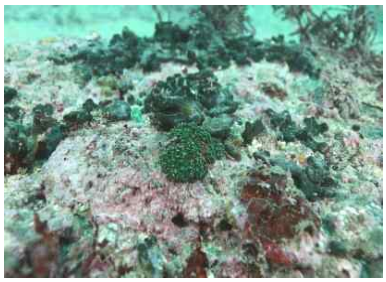
8.1 동계

		
2018년 3월 4M	2018년 3월 8M	2018년 3월 12M
		
2019년 3월 4M	2019년 3월 8M	2019년 3월 12M
		
2020년 2월 4M	2020년 2월 8M	2020년 2월 12M
		
2021년 3월 4M	2021년 3월 8M	2021년 3월 12M
		
2022년 2월 4M	2022년 2월 8M	2022년 2월 12M

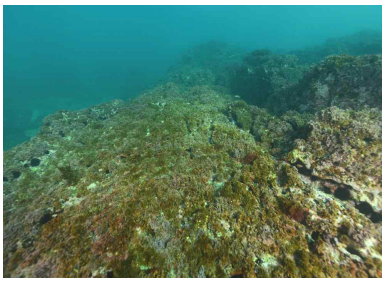
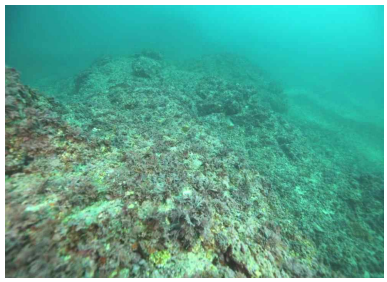
8.2 춘계

		
2018년 5월 4M	2018년 5월 8M	2018년 5월 12M
		
2019년 5월 4M	2019년 5월 8M	2019년 5월 12M
		
2020년 4월 4M	2020년 4월 8M	2020년 4월 12M
		
2021년 5월 4M	2021년 5월 8M	2021년 5월 12M
		
2022년 5월 8M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M

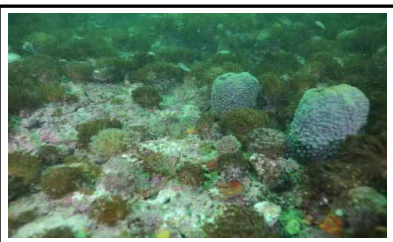
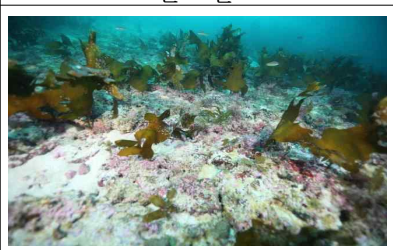
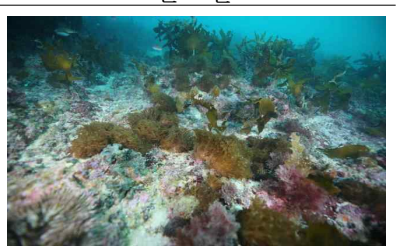
8.3 하계

		
2018년 8월 4M	2018년 8월 8M	2018년 8월 12M
		
2019년 9월 4M	2019년 9월 8M	2019년 9월 12M
		
2020년 8월 4M	2020년 8월 8M	2020년 8월 12M
		
2021년 8월 4M	2021년 8월 8M	2021년 8월 12M
		
2022년 7월 4M	2022년 7월 8M	2022년 7월 12M

8.4 추계

		
2018년 5월 4M	2018년 5월 8M	2018년 5월 12M
		
2019년 10월 4M	2019년 10월 8M	2019년 10월 12M
		
2020년 10월 4M	2020년 10월 8M	2020년 10월 12M
		
2021년 10월 4M	2021년 10월 8M	2021년 10월 12M
		
2022년 10월 8M	2022년 10월 10M	2022년 10월 12M

9. 애월읍 곽지리

		
2021년 8월 8M	2021년 8월 10M	2021년 8월 15M
		
2021년 10월 10M	2021년 10월 10M	2021년 10월 15M
		
2022년 3월 10M	2022년 3월 10M	2022년 3월 15M
		
2022년 5월 10M	2022년 5월 10M	2022년 5월 15M
		
2022년 7월 10M	2021년 7월 10M	2021년 7월 15M
		
2022년 10월 10M	2022년 10월 10M	2022년 10월 15M

마을어장 3차 5개년(2018~2022년) 자원생태 환경조사 보고서

발행일 : 2023년 3월
발행처 : 제주특별자치도 해양수산연구원
발행인 : 고형범(해양수산연구원장)

▌조사 참여자

총괄책임자 : 오인철 해양환경연구과장
책임연구원 : 김경욱 해양수산연구사
참여연구원 : 김수강 해양수산연구사
김태정 해양수산연구사
원현경 해양수산연구사
김순찬 주무관
김종완 주무관

주소 : 63629 서귀포시 표선면 민속해안로 292
전화 : 064-710-8484(대표전화)
팩스 : 064-710-8509