



강원도의회

해양기후 변화에 따른 동해안 생태계(해조류) 변화 추이 및 대응방안

2021. 12.

제 출 문

강원도의회 의장 귀하

본 보고서를 「해양기후 변화에 따른 동해안 생태계(해조류) 변화 추이 및 대응 방안」 용역의 최종 보고서로 제출합니다.

2021. 12.

참여 연구진

책임연구원 : 21세기해양개발(주) 이사 이동제, 전찬길 박사,
한규삼 박사

연구 원 : 최정현, 김형해, 김형빈, 이원형, 김상현, 박영관

자문 교수 : 강릉원주대학교 해양자원육성학과 교수 김형근

제 1 장 과업의 개요	1
1.1. 과업명	1
1.2. 과업의 목적	1
1.3. 과업의 범위	1
1.4. 과업의 주요 내용	2
제 2 장 조사 및 방법	3
2.1 강원 연안 해양기후 변화	3
2.2 강원 연안 생태계 변화 추이	3
2.2.1. 강원 해역 수산자원량 파악	3
2.2.2. 과거 해조류 현황 조사	4
2.2.3. 현재 해조류 현황 조사	4
제 3 장 조사결과	7
3.1. 해양생태계의 환경과 사회, 경제 지속 가능한 개발	7
3.1.1. 강원 연안 기후 변화 대표적인 현상	7
3.1.2. 1970년대 이후 다시마와 성게 생산량 변동	14
3.2. 강원 연안 해양기후 변화	19
3.2.1. 강원 지역 시군별 해양환경 특성	19
3.2.2. 강원 지역 수심별 수온 변화	29
3.3. 강원 연안 생태계 변화 추이	45
3.3.1. 강원 연안 수산자원량	45
3.3.2. 강원도 해역 해조 식생 변화	48

3.4. 2021년 강원도 해양수산사업 현황	65
3.4.1. 2021년 강원도 해양수산사업	65
3.4.2. 2021년 강원도 자원회복 관련 현황	65
3.4.3. 생태계복원 관련 사업(유용 해조류 자원회복과 바다숲 조성)	67
3.5. 강원 연안 해양기후 변화에 따른 해양생태계 변화 대응방안	73
3.5.1. 수산자원 감소에 따른 생태계 복원 정책사업 개선점	73
3.5.2. 강원 연안 기후 변화에 따라 사라진 유용 해조류	76
3.5.3. 강원 연안 기후 변화에 따른 대응 방안(해조류)	80

참고문헌	88
------------	----

표 1. 해양환경측정망 자료 위치 및 수심3

표 2. RCP 시나리오로 예측한 강원도 해역의 평균 상승 및 침수 면적9

표 3. SSP 시나리오 구분12

표 4. 강원도 다시마 생산량 (단위:톤)16

표 5. 연도별 강원도 성계의 생산량과 생산금액(자료:통계청, 단위: 톤, 10억원)17

표 6. 동해 북부해역 정점의 계절별 평균 수온 분포.20

표 7. 동해 북부해역 정점의 계절별 평균 용존산소 분포.22

표 8. 동해 북부해역 정점의 계절별 평균 NH₄-N 농도 분포.23

표 9. 동해 중부와 남부 해역 정점의 계절별 평균 수온 분포.25

표 10. 동해 중부와 남부 해역 정점의 계절별 평균 용존산소 분포.27

표 11. 동해 중부와 남부 해역 정점의 계절별 평균 NH₄-N 농도 분포.28

표 12. 강원 북부 조사 해역 동계의 년대별 평균 수온 변화29

표 13. 강원 북부 조사 해역 춘계의 년대별 평균 수온 변화31

표 14. 강원 북부 조사 해역 하계의 년대별 평균 수온 변화33

표 15. 강원 북부 조사 해역 추계의 년대별 평균 수온 변화35

표 16. 강원 중부 조사 해역 동계의 년대별 평균 수온 변화37

표 17. 강원 중부 조사 해역 춘계의 년대별 평균 수온 변화39

표 18. 강원 중부 조사 해역 하계의 년대별 평균 수온 변화41

표 19. 강원 중부 조사 해역 추계의 년대별 평균 수온 변화43

표 20. 강원 일반해면어업에 종사하는 어가 정보 현황45

표 21. 강원 일반 해면어업의 항목별 생산량 동향(단위 ton)46

표 22. 2000년대 강원 북부 해역 조사 년도별 해조류의 분류군별 출현종수49

표 23. 2010년대 강원 북부 해역 조사 년도별 해조류의 분류군별 출현 종수50

표 24. 2000년대 강원 중부 및 남부 해역 조사 년도별 해조류의 분류군별 출현 종수52

표 25. 2010년대 강원 중부 및 남부 해역 조사 년도별 해조류의 분류군별 출현종수53

표 26. 2021년 속초시 외옹치 해역의 하계 수심별 해조류의 분류군별 출현 종수54

표 27. 2021년 속초시 외옹치 해역의 추계 수심별 해조류의 분류군별 출현 종수55

표 28. 2021년 속초시 외옹치 해역의 하계 수심별 해조류의 분류군별 생물량55

표 29. 2021년 속초시 외옹치 해역의 추계 수심별 해조류의 분류군별 생물량56

표 30. 2021년 속초시 외옹치 해역의 하계 수심별 생물량에 대한 생물학적 생태지수57

표 31. 2021년 속초시 외용치 해역의 추계 수심별 생물량에 대한 생물학적 생태지수	57
표 32. 2021년 속초시 외용치 해역 하계에 출현한 해조류의 피도, 빈도에 대한 상위 3위 우점종	58
표 33. 2021년 속초시 외용치 해역 추계에 출현한 해조류의 피도, 빈도에 대한 상위 3위 우점종	59
표 34. 2021년 강릉시 사근진 해역의 하계 수심별 해조류의 분류군별 출현중수	60
표 35. 2021년 강릉시 사근진 해역의 추계 수심별 해조류의 분류군별 출현중수	60
표 36. 2021년 강릉시 사근진 해역의 하계 수심별 해조류의 분류군별 생물량	61
표 37. 2021년 강릉시 사근진 해역의 추계 수심별 해조류의 분류군별 생물량	62
표 38. 2021년 강릉시 사근진 해역의 하계 수심별 생물량에 대한 생물학적 생태지수	62
표 39. 2021년 강릉시 사근진 해역의 추계 수심별 생물량에 대한 생물학적 생태지수	63
표 40. 2021년 강릉시 사근진 해역에서 하계에 출현한 해조류의 피도, 빈도에 대한 상위 3위 우점종	63
표 41. 2021년 강릉시 사근진 해역에서 추계에 출현한 해조류의 피도, 빈도에 대한 상위 3위 우점종	64
표 42. 2021년 환동해본부 수산정책과 사업 중 자원회복 관련 사업비	66

그림 1. 2021년 현장 조사 광경.	5
그림 2. 동해안 해류 흐름과 해저 수심.	7
그림 3. 강원 연안(속초 정점) 50년간(1970~2019) 매년 2월 평균 표층 수온.	10
그림 4. 동해안의 수온 등온선.	11
그림 5. SSP 시나리오를 이용한 미래 해수온 변화 시뮬레이션.	12
그림 6. SSP 시나리오를 이용한 2100년대 수온 분포 시뮬레이션.	13
그림 7. 연도별 강원도 다시마 생산량(일반해면어업, 천해양식어업, 1970-2019년).	15
그림 8. 연도별 강원도 성계의 생산량과 생산금액(자료:통계청).	18
그림 9. 강원 북부해역 표층과 저층의 조사 연도별 수온 변화.	19
그림 10. 강원 북부해역 표층과 저층의 조사 연도별 용존산소(DO) 변화.	21
그림 11. 강원 북부해역 표층과 저층의 조사 연도별 암모늄태질소(NH ₄ -N)농도 변화.	22
그림 12. 강원 중부와 남부 해역 표층과 저층의 조사 연도별 수온 변화.	24
그림 13. 강원 중부와 남부 해역 표층과 저층의 조사 연도별 용존산소(DO) 변화.	26
그림 14. 강원 중부와 남부 해역 표층과 저층의 조사 연도별 암모늄태질소(NH ₄ -N)농도 변화.	28
그림 15. 강원 북부 조사 해역 연도별 동계 각 수심의 수온 변화.	30
그림 16. 강원 북부 조사 해역 연도별 춘계 각 수심의 수온 변화.	32
그림 17. 강원 북부 조사 해역 연도별 하계 각 수심의 수온 변화.	34
그림 18. 강원 북부 조사 해역 연도별 추계 각 수심의 수온 변화.	36
그림 19. 강원 중부 조사 해역 연도별 동계 각 수심의 수온 변화.	38
그림 20. 강원 중부 조사 해역 연도별 춘계 각 수심의 수온 변화.	40
그림 21. 강원 중부 조사 해역 연도별 하계 각 수심의 수온 변화.	42
그림 22. 강원 중부 조사 해역 연도별 추계 각 수심의 수온 변화.	44
그림 23. 강원 일반 해면어업의 품종별 어획량 변화.	47
그림 24. 2000년대 강원 북부 해역 조사 시군별 해조류의 출현 종수.	48
그림 25. 2010년대 강원 북부 해역 조사 시군별 해조류의 출현 종수.	50
그림 26. 2000년대 강원 중부 및 남부 해역 조사 시군별 해조류의 출현 종수.	51
그림 27. 2010년대 강원 중부 및 남부 해역 조사 시군별 해조류의 출현 종수.	53
그림 28. 2021년 환동해본부 수산정책과 사업의 사업비 구성비율(%).	65
그림 29. 2021년 환동해본부 수산정책과 사업 중 자원회복 관련 사업비 구성비율(%).	66

그림 30. 다시마류의 년대별 분포 현황	76
그림 31. 한국의 지네지누아리 분포 지역.	78
그림 32. 강원 고성 해역과 진도 해역의 11월과 2월 표층과 저층의 수온 변화.	80
그림 33. 한반도 주변 해역 100 여 년간 장기 해수표면 수온 변화 상징 값.	81
그림 34. 고성 해역 중심 동해안 겨울철 5℃ 등온선(자료:이충일 교수).	82
그림 35. 생태보전지역 모식도.	83
그림 36. 연안생태계 지지 기반 바다숲조성 관리 체계	84
그림 37. A: 해양심층수 다목적 이용 모식도, B: 온도차 에너지 이용 해양생물	85
그림 38. 해양바이오 산업을 이용한 생태통합양식 체계(IMTA)	86
그림 39. 해양생물 산업화 클러스터 협력방안.	87

제 1 장 과업의 개요

1.1. 과업명

해양 기후 변화에 따른 동해안 생태계 변화 추이 및 대응방안

1.2. 과업의 목적

해양수산부 발표자료(국가 해양생태계 종합조사, 2015)에 따르면 우리나라 연안에 갯녹음 발생 면적은 2만317ha로 여의도 면적의 70배에 달하며, 동해 62%에서 바다 사막화가 진행 중인 것으로 보고되고 있다. 동해안을 중심으로 갯녹음 현상이 퍼지면서 바다 사막화가 진행되고 있으나, 이에 대한 해양 생태 변화에 관한 연구가 부족한 실정이다.

정부 기관에서는 단기적으로 바다숲 조성, 인공어초 설치 등 다양한 정책 사업이 추진되고 있으나 급속하게 퍼져나가는 갯녹음 현상 회복에 한계가 있어, 갯녹음 현상에 대한 체계적인 관리 및 시스템 구축을 위해서는 우선적으로 현재 갯녹음 현상 발생지역에 대한 원인 조사가 필요하다. 본 연구를 통해 첫째 갯녹음 현상의 원인과 문제점을 분석하여, 둘째 향후 대응방안을 마련하고자 조사를 수행하였다.

1.3. 과업의 범위

- 1) 과업의 기간 : 계약일로부터 150일(5개월)
- 2) 조사 범위
 - 공간적 범위 : 강원도 동해안
 - 시간적 범위 : 2021년

1.4. 과업의 주요 내용

- 1) 동해안 조사 해역의 해조류 군락 조사
 - 조사 해역의 시료채집을 통해(정량조사 실시) 해조류 군집구조 및 군집의 우점종 파악
- 2) 과거 동해안 해조류 분포조사
 - 선행 연구 자료를 토대로 과거 동해안 해조류 분포량 및 종수 조사를 통해 과거와 현재의 변화 추이 분석
- 3) 동해안 해양환경 변화 조사
 - 해양환경정보지도, 바다누리 해양정보서비스 통계자료를 활용한 최근 10년간 해양환경 변화 추이 분석
- 4) 동해안 갯녹음 현황 조사
 - 향후 정책 방향 및 대응방안 제시

제 2 장 조사 및 방법

2.1 강원 연안 해양기후 변화

해양환경조사는 해양환경측정망의 연안 관측 자료를 이용하여 2010년부터 2020년까지 측정 자료를 분석하였다. 자료 분석은 측정망 자료의 표층과 저층 수온, 용존산소량(DO)와 식물 세포의 흡수가 용이한 형태인 암모늄태 질소(NH₄-N)의 변화를 분석하였다.

자료 분석 정점은 강원도 북부 해역인 고성군 해역, 속초시 해역, 양양군 해역과 중부와 남부 해역인 강릉시 해역, 동해시 해역, 삼척시 해역으로 구분하여 분석하였다.

표 1. 해양환경측정망 자료 위치 및 수심

해역		좌표(WGS-84)		수심 (m)	계략적 위치
		위도(N)	경도(E)		
북부	거진 1정점	38° 24' 30"	128° 30' 20"	40	북천 동방
	속초 4정점	38° 07' 03"	128° 39' 56"	35	낙산해수욕장 동방
	양양 2정점	37° 56' 59"	128° 48' 06"	22	양양 남애리 동방
중부 와 남부	강릉 3정점	37° 46' 11"	128° 58' 34"	29	안목항 동방
	동해 4정점	37° 36' 41"	129° 06' 54"	30	망상해수욕장 동방
	삼척 3정점	37° 25' 35"	129° 12' 47"	32	근덕면 동방

2.2 강원 연안 생태계 변화 추이

2.2.1. 강원 해역 수산자원량 파악

강원 해역의 수산자원량 조사는 2015년에서 2020년까지의 통계청 자료의 어업생산량 동향 자료의 일반 해면어업 자료를 분석하였다. 조사항목은 어가 정보, 어업 생산 동향, 품종별 어획량의 항목을 조사하였다.

2.2.2. 과거 해조류 현황 조사

과거 해조류의 현황 조사는 기존에 발표된 논문 및 보고서 자료를 활용하여 고성군, 속초시, 양양군, 강릉시, 동해시, 삼척시 6개 시군의 정점에서 출현한 해조류를 분석하였다. 문헌 조사는 조사 시기 및 조사 정점이 달라 직접적인 비교는 불가능하나 과거 2000년대와 2010년대 해조류의 출현 양상에 대하여 분석하였다.

본 조사에서 분석한 자료는 손 등(2007), 신 등(2008), 김 등(2010), 김(2011), 김 등(2012), 김 등(2014)의 발표 자료와 한국해양환경공단(COEM)의 국가 해양생태계 종합조사의 암반 생태 보고서(2016년, 2017년, 2018년, 2020년)의 자료를 활용하여 분석하였다. 해조류의 분석은 학명과 종명은 국립생물자원관에서 발생한 국가 생물종 목록집 「해조류」 편을 기준으로 하였다.

2.2.3. 현재 해조류 현황 조사

가. 해조류 현장조사

본 조사에서 해조류 조사는 각 조사 정점의 부착기질 표면에 부착되어있는 해조류를 대상으로 25개의 소형 방형구(10×10cm)로 구획된 격자방형구(50×50cm)를 이용하여 각 조사 정점에서 방형구 내에 출현하는 해조류를 끝 등으로 전량을 채집하였다. 채집된 시료는 현장에서 냉동 보관 후 실험실에 동정 하였으며, 모든 자료는 단위 면적당(m²) 생물량으로 0.01g 단위까지 측정하였으며, 0.01g 이하의 생물량을 나타낸 종은 단위면적당 환산 과정에서 0.01g으로 표기하였다.

해조류 군집구조의 파악을 위한 피도, 빈도, 중요도 등의 조사는 현장에서 스케치 분석하였고, 영상자료를 이용하여 보완하였다. 군집의 우점종 파악을 위한 중요도 및 지수 계산은 해산식물을 포함한 출현종의 피도와 빈도를 기초로 아래의 수식을 이용하여 산정하였고, 중요도 10 이상인 종을 우점종으로 선정하였다.

피도(C) : [출현종(i)이 차지하는 면적/조사 면적]×100

빈도(F) : [출현종(i)가 있는 소방형구의 수/세분된 소방형구의 수]×100

상대피도(RC) : i종의 피도합/ 전종의 피도합×100

상대빈도(RF) : i종의 빈도합/ 전종의 빈도합×100

중요도(IV) : RC+RF/2

각 조사 정점에서 출현한 해조류의 분류군별 목록은 한국 해조목록의 분류체계(이와 강, 1986; 이와 강, 2001; 이, 2008; 최 등, 2008) 및 일본해조류도감(千原, 1996)을 기준으로 하였으며, 해조류의 최종 학명과 종명은 국립생물자원관에서 발생한 국가 생물종 목록집 「해조류」 편을 기준으로 하였다.

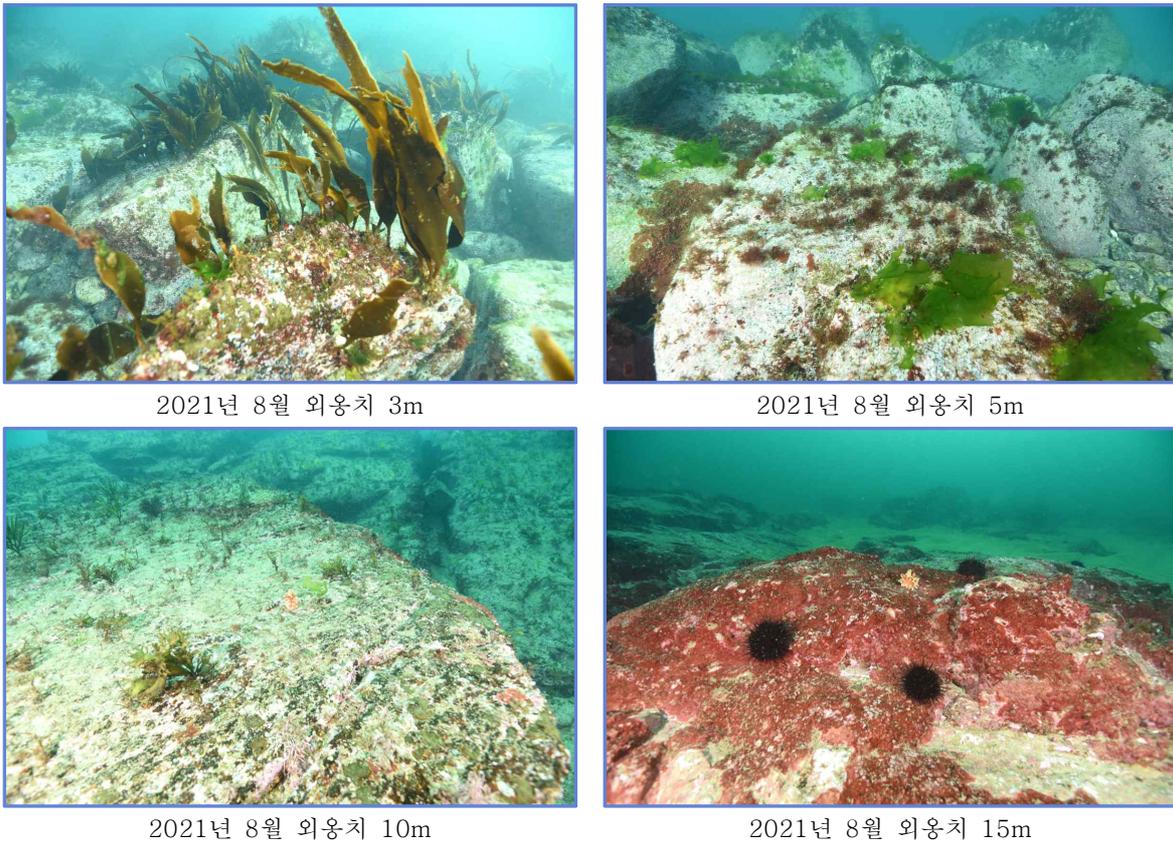


그림 1. 2021년 현장 조사 광경.

나. 생태학적 제지수

조사 해역의 생물군집 특성을 파악한 생태학적 제지수 산정을 위하여 해조류의 경우에는 개체수 측정이 어려운 종이 많이 존재하기 때문에 풍부도지수는 산정에서 제외하였으며, 출현한 각 단위종의 생물량 자료를 기초로 하여 생태학적 제지수를 산정하였다. 무척추동물의 경우에는 해면동물, 자포동물 등과 같이 개체수 측정이 어려운 분류군은 분석에서 제외하고 산정하였다. 생태학적제지수는 종다양성지수(Shannon and Wiener, 1949), 균등성지수(Pielou, 1975) 그리고 우점도지수(McNaughhton, 1968)를 산정하였으며, 아래의 식을 이용하여 산정하였다.

- 다양도 지수(Shannon and Weaver, 1949)

$$H = - \sum_{i=0}^s P_i \times \ln(P_i)$$

S: 출현 종수

P_i: 총 출현 개체수(N)에 대한 i번째 종의 개체수(n_i)의 비율(n_i/N)

- 균등도지수(Pielou, 1975)

$$J = H'/H'_{\max} = H'/\ln S$$

H'max: 최대 가정 다양도

- 풍부도 지수(Margalef, 1958)

$$R = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

- 우점도 지수(Simpson, 1949)

$$\lambda = \sum_{i=0}^s P_i^2$$

제 3 장 조사결과

3.1. 해양생태계의 환경과 사회, 경제 지속 가능한 개발

3.1.1. 강원 연안 기후 변화 대표적인 현상

가. 강원 연안 해양기후 변화

고성 앞바다는 동북아 해양환경 정보의 중심지이다. 고성해역은 한반도 동해안 위에서는 청진에서 아래 부산에 이르는 중간 지점이며, 러시아, 북한, 일본 중국을 포함하는 동북아시아 중심이기도 하다. 동해는 하나의 작은 태평양이라고 불린다. 우리나라는 지리적 위치상 온대해역에 속하고 있다. 동해안은 대한해협을 통해 유입되는 난류와 블라디보스토크로부터 유입되는 한류의 영향을 받아 난류와 한류가 만나는 경계지역으로 해양생물 분포가 다양하다.

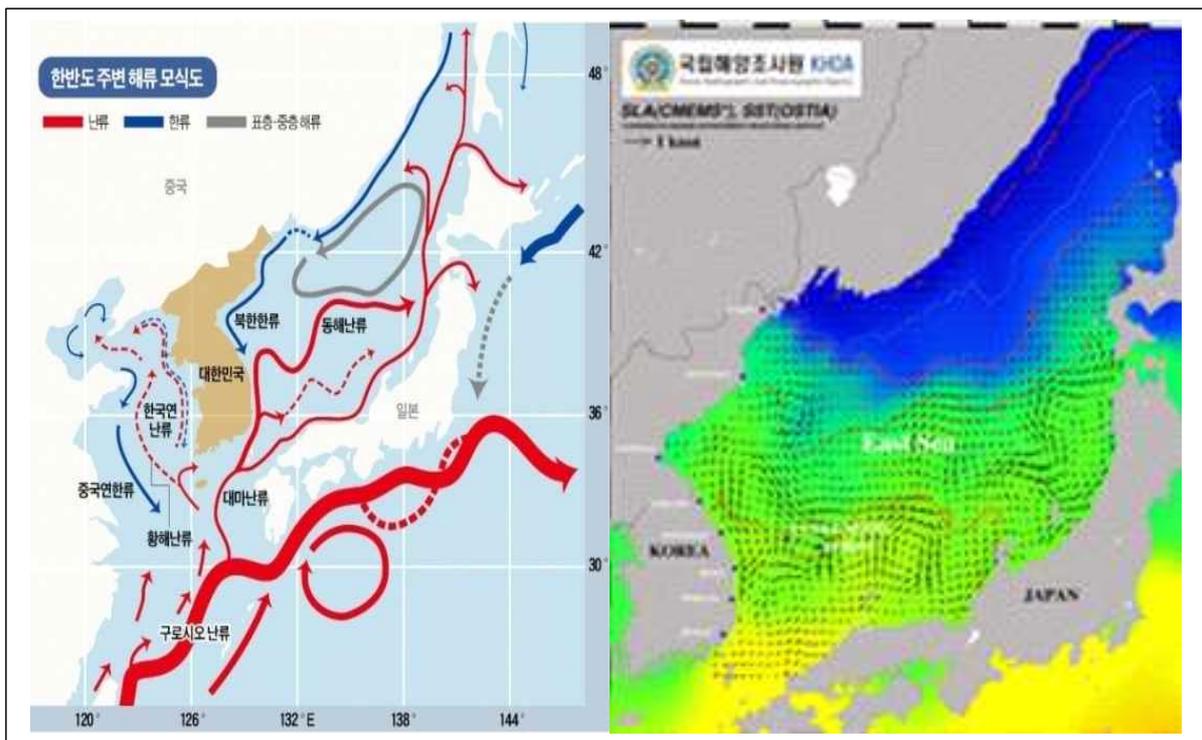


그림 2. 동해안 해류 흐름과 해저 수심.

자료: 국립해양조사원

동해의 바다는 서해, 남해와 달리 평균 수심 1,752m, 최대 3,742m로 서해안 평균 수심 45m, 최대수심 103m와 비교할 때 매우 깊고, 연안에서 경사가 가파른 특징을 보인다. 강원도 북부의 해저지형은 강원 남부 삼척이나 경북 울진에 비해 깊은 수심으로 한류의 영향을 크게 받게 된다.

바다 식물은 정착성 저서생물로 바다 환경의 변화를 지표하게 된다. 어떤 생물의 종류가 분포하다가 사라진다는 것은 그 생물이 적응하기 어려울 만큼 해수 환경이 변하였다는 것을 반증하게 된다. 일반적인 예로 한해성 해조류인 다시마가 대표적인 종이다. 해저면에 부착하는 자연산 다시마는 1970년대 이전에는 강원도 이북 해역에 분포하였다. 1970년대 이후의 해양환경이 어떻게 변하였는지는 저서생물인 대형 갈조류 다시마 서식지 정보를 통하여 유추할 수 있다.

RCP는(Representative Concentration Pathways, 대표농도경로)로 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정하여 온실가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 나타내는 것으로 RCP 4.5는 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 경우의 시나리오를 나타내는 것이고, RCP 8.5는 현재 추세로 저감 없이 온실가스가 배출되는 경우로 시나리오를 실행한 것이다. 본 시뮬레이션은 IPCC 해양과 빙권 특별보고서에서 RCP 시나리오로 예측된 평균해수면 상승 값 중 RCP 4.5 시나리오와 RCP 8.5 시나리오의 평균해수면 상승 값을 이용하여 침수 시뮬레이션 하였다(출처: SROCC(변화하는 기후에서의 해양과 빙권 특별보고서, 2019, IPCC). 여기서 침수면적은 국토지리정보원의 표고를 이용해 평균해수면 상승에 따른 시도별 영역에 대한 침수면적을 산정하였으며, 침수인구는 한국환경정책·평가연구원 2016년 보고서의 침수인구 산출 방법으로 행정안전부 도로명 주소 건물자료(2020.07)와 통계청 총인구조사 자료(2019)를 활용하여 피해 예상 인구를 산출하였다.

RCP 4.5 시나리오로 예측한 강원도의 해수면 상승 및 상승 수심은 2050년 예상 해수면 상승 0.34m로 7.60km²의 면적이 침수하는 것으로 나타났으며, 이것은 여의도 면적의 약 2.62배가 침수하는 것으로 나타났다. 2100년 예상 해수면 상승 0.72m로 10.15km²의 면적이 침수하는 것으로 나타났으며, 이것은 여의도 면적의 약 3.50배가 침수하는 것으로 나타났다.

RCP 8.5 시나리오로 예측한 강원도의 해수면 상승 및 상승 수심은 2050년 예상 해수면 상승 0.40m로 7.98km²의 면적이 침수하는 것으로 나타났으며, 이것은 여의도 면적의 약 2.75배가 침수하는 것으로 나타났다. 2100년 예상 해수면 상승 1.10m로 13.28km²의 면적이 침수하는 것으로 나타났으며, 이것은 여의도 면적의 약 4.58배가 침수하는 것으로 나타났다.

표 2. RCP 시나리오로 예측한 강원도 해역의 평균 상승 및 침수 면적

구분	2050년		2100	
	침수면적 (여의도 면적대비)	침수인구 (시도 총인구대비)	침수면적 (여의도 면적대비)	침수인구 (시도 총인구대비)
RCP 4.5	7.60km ² (2.62배)	98명 (0.01%)	10.15km ² (3.50배)	303명 (0.02%)
RCP 8.5	7.98km ² (2.75배)	106명 (0.01%)	13.28km ² (4.58배)	1,377명 (0.09%)

극한 시나리오로 예측한 강원도의 해수면 상승은 그린란드의 빙상이 완전히 녹았을 때의 해수면 상승 상당량(Sea Level Equivalent)인 7.00m가 상승하면 122.20km²의 면적이 침수하는 것으로 나타났으며, 이것은 여의도 면적의 약 42.14배가 침수하는 것으로 나타났다. 2011년 일본을 강타한 현재 최고 지진 해일 높이인 39.26m로 해수면이 상승하면 455.56km²의 면적이 침수하는 것으로 나타났으며, 이것은 여의도 면적의 약 157.09배가 침수하는 것으로 나타났다.

나. 강원 앞바다 수온 변화 특성

1968년 이후 52년간(1968~2019) 매년 2월 강원 연안 평균 표층 수온 변화를 나타냈다. 1970년대에 2월 수온이 2~7℃에서 2000년대에는 3~10℃로 크게 상승하고 있다. 상승된 수온은 해마다 변동 폭이 크게 나타나지만 대개 1~3℃ 이상을 보였다.

한반도 주변 해역 100년간(1900~2008) 장기 해수 표면의 수온 변화는 동해 중남부는 + 1.3℃ 상승을 보여준다. 동해 북부는 + 1.7℃로 차이가 더 크다. 동해 중남부와 북부의 경계선은 고성해역이다. 고성해역은 동해에서 따뜻한 바다와 찬 바다의 경계에 해당하는 것을 보여 준다.

표층의 평균 수온 변화는 평균 7.24℃이었으며, 2017년에 최대수온인 11.89℃이었고, 1986년에 1.94℃로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 7.12℃이었으며, 2017년에 최대수온인 11.84℃이었고, 1986년에 1.93℃로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 6.68℃이었으며, 2017년에 최대수온인 11.72℃이었고, 1986년에 1.92℃로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 6.06℃이었으며, 2017년에 최대수온인 11.06℃이었고, 2020년에 11.06℃로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수

온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 0.12℃로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 0.44℃, 수심 20m에서 수심 30m에서는 0.62℃의 차이를 보였다. 동계의 수심별 수온은 수심이 깊어질수록 수온 변화 폭이 커지는 것으로 나타났다. 년도별 수온의 변화는 1970년대 이후 모든 수심에서 증가하는 경향을 보였다.

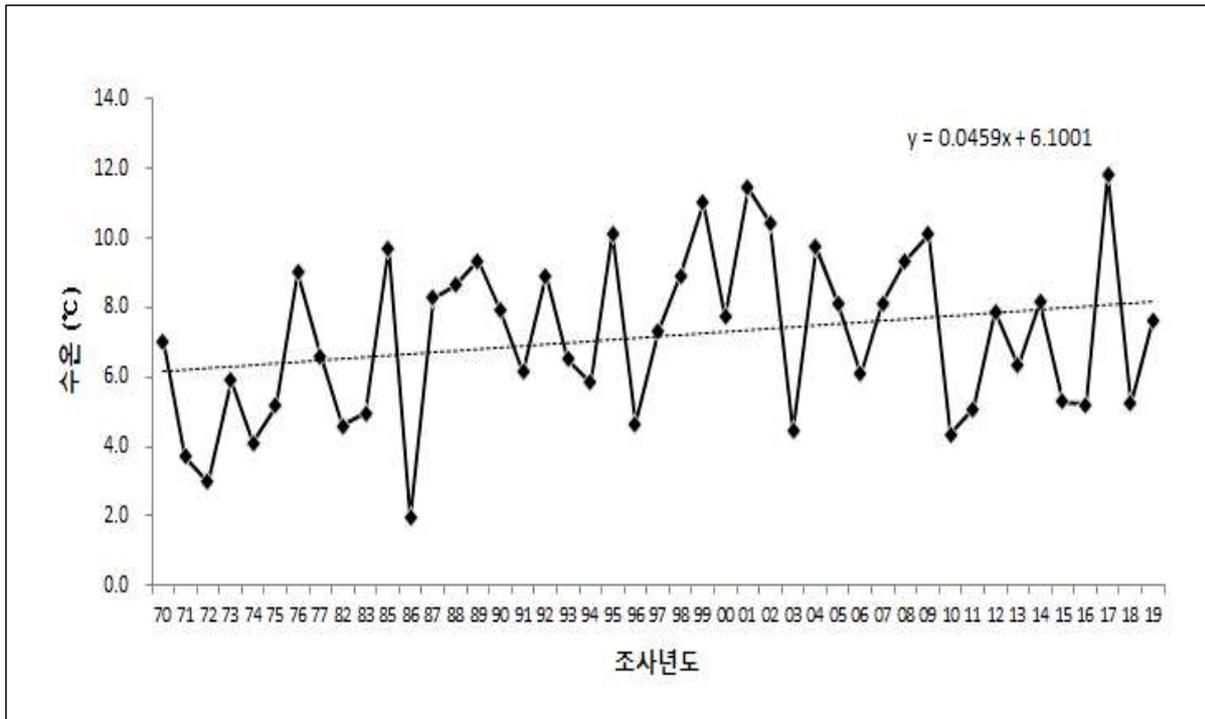


그림 3. 강원 연안(속초 정점) 50년간(1970~2019) 매년 2월 평균 표층 수온.
(자료: 국립수산과학원 정점번호 107-01)

고성 앞바다 수온 등온선은 한반도의 경우 고성에서 동해를 가로질러 일본 아오모리 방향의 아키타현 연안 방향으로 이어진다. 이는 30~50년 전과 비교하여 강원 남부에서 강원 북부로 북상하게 되었다. 이는 1980년대 울진 해변에 다시마가 분포하였는데 지금 다시마의 남한계가 고성해역으로 이동한 것과 일치하는 경향을 보인다.

산업화 이후 온도 상승은 꾸준히 증가하고 있다. 1860년대부터 2020년까지 160여 년간 온도 증가 경향을 보면 산업화 이전에 비하면 1.0℃ 상승하였다. 1860~1980년 120년 사이 약 0.5℃ 증가한 것은 1980년 이후 2020년 40년 사이 약 0.5℃ 증가하여 온도 상승 속도가 매우 빠르게 진행됨을 알 수 있다. IPCC에서는 1997 교토 의정서에서 세계 평균 기온이 산업화 이전보다 2℃ 초과하지 않을 것을 제시하였으나 온도 상승이 초래하는 속도

가 빠르고 생태계 변화로 1.5°C 넘지 않는 노력을 기울여야 한다고 파리협정 IPCC 특별보고서(SR1.5)에 나타내고 있다.

강원 연안에서 나타나는 수온을 같은 지점에서 50년간 바라보았을 때, 표층 수온이 증가하는 경향을 나타낸다. 고성 연안의 3년간의 수온 차이를 보기 위해 국립수산과학원에서 제공해주는 고성군 봉포리 지역의 실시간 해양관측 자료를 참고하였다. 우리나라는 위도상 사계절의 영향을 많이 받게 되는 지역으로 계절에 따라 크게 여름철의 고수온기와 겨울철의 저수온기로 볼 수가 있다. 이는 곧 해조류의 생활사 형태에서 계절 변화에 따라 나타나는 수온의 변동과 상관관계를 지니고 있기에 해조류 양식업에서 뿐만 아니라 생태적인 관찰 측면에서 매우 중요한 요소 중 하나이다.

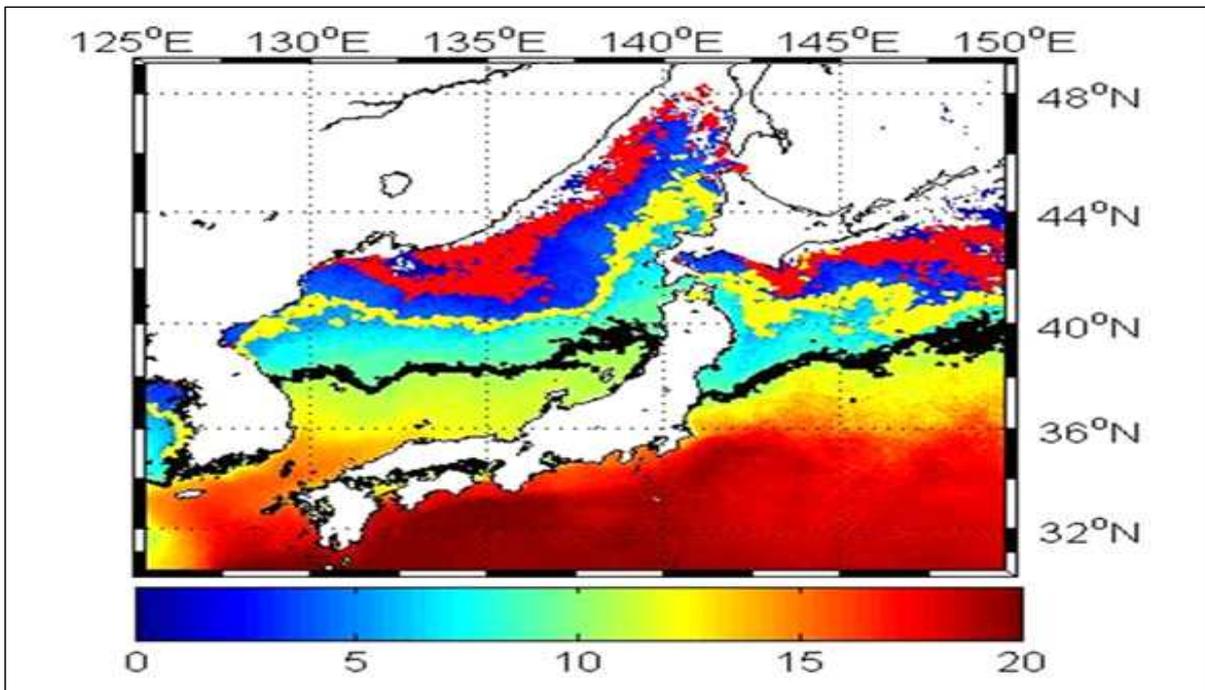


그림 4. 동해안의 수온 등온선.

온실가스 감축 수준 및 기후변화 적응대책 수행 여부 등에 따라 미래 사회경제 구조가 어떻게 달라질 것인가를 고려해 개발한 새로운 온실가스 경로 모델인 SSP(Shared Socioeconomic Pathways, 공통사회 경제경로)는 기후변화 적응과 온실가스 감축 여부에 따라 인구, 경제, 토지이용, 에너지 사용 등 미래 사회경제 지표의 정량적인 변화 내용을 포함하여 5개 그룹으로 구성하였다.

표 3. SSP 시나리오 구분

SSP 등급	구 분
SSP1-1.9	포용적 발전을 강조하고, 인구 구조를 전환하며, 인간 복지에 중점을 두고, 국가 내 불평등을 감소하는 방향으로 발전해 나가면서, 경제의 자원·에너지 집약도를 대폭 낮춘다고 가정하는 경우
SSP1-2.6	재생에너지 기술 발달로 화석연료 사용이 최소화되고 친환경적으로 지속가능한 경제성장을 이룰 것으로 가정하는 경우
SSP2-4.5	기후변화 완화 및 사회경제 발전 정도가 중간 단계를 가정하는 경우
SSP3-7.0	기후변화 완화 정책에 소극적이며 기술개발이 늦어 기후변화에 취약한 사회 구조를 가정하는 경우
SSP5-8.5	산업기술의 빠른 발전에 중점을 두어 화석연료 사용이 높고 도시 위주의 무분별한 개발이 확대될 것으로 가정하는 경우

해양환경관리공단에서는 기상청 기후정보포털에서 제공된 자료의 SSP 시나리오 중 SSP 2-4.5와 SSP 5-8.5를 이용하여 과거와 미래 해수온의 변화를 가시화하였고, 해수온 측정 자료는 국립수산물과학원의 해수온 실측자료와 시나리오 예측자료를 비교하여 시뮬레이션 하였다.

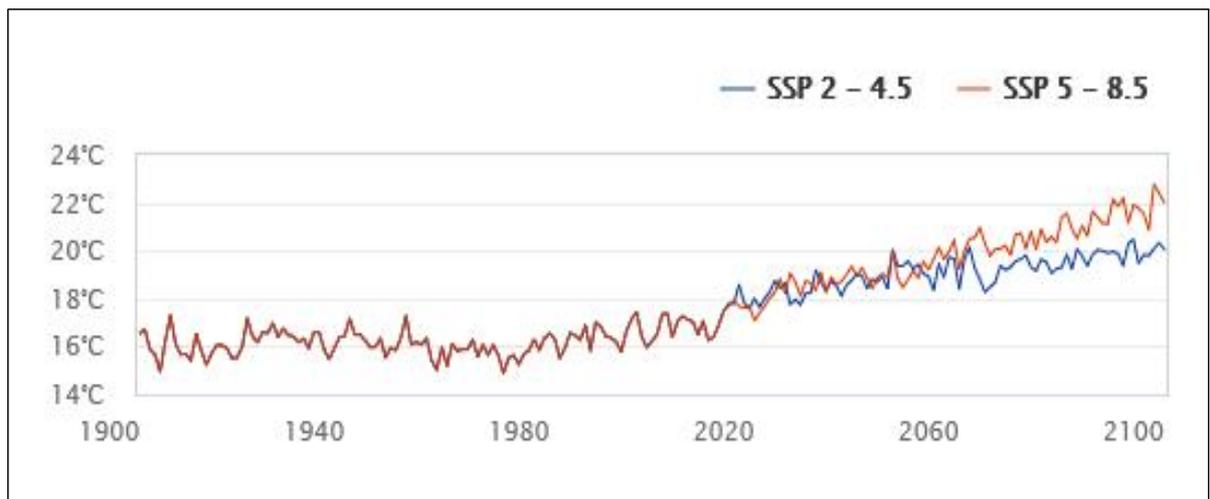


그림 5. SSP 시나리오를 이용한 미래 해수온 변화 시뮬레이션.

자료: 해양환경관리공단

SSP 2-4.5 시나리오로 시뮬레이션 하였을 경우 2100년의 동해의 평균 해수온도는 19.67℃로 2020년 평균 해수 온도 대비 1.99℃가 상승하는 것으로 나타났으며, 남해의 2100년 평균 해수 온도는 20.89℃로 동해와 같이 2020년 평균 해수 온도 대비 1.99℃ 상승하는 것으로 나타났다. SSP 5-8.5 시나리오로 시뮬레이션하면 2100년의 평균 해수 온도는 21.72℃로 2020년 평균 해수 온도 대비 4.52℃ 상승하는 것으로 나타났으며, 남해는 2100년의 평균 해수 온도는 22.70℃로 2020년 평균 해수 온도 대비 5.04℃ 상승하는 것으로 나타났다.

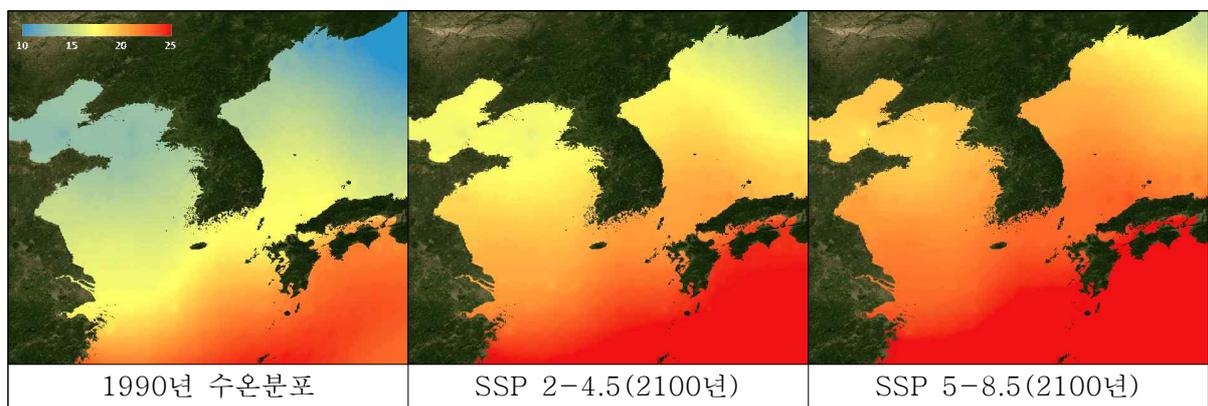


그림 6. SSP 시나리오를 이용한 2100년대 수온 분포 시뮬레이션

자료: 해양환경관리공단

3.1.2. 1970년대 이후 다시마와 성게 생산량 변동

가. 1970년대 이후 다시마와 성게 생산량 변동

강릉 원주대학교 장정료 교수님 소장하고 계신 강원일보 강원 화보(74년 창간호)에 실린 내용으로 동해출장소는 동해안의 영세 어민들의 항구적인 생활대책과 어한기 없는 어촌 육성을 위해 1970년 3월 6일 국립수산진흥원 주문진 지원의 기술협조를 얻어 북해도산 다시마 1,000m를 양양군 기사문 연안에 다시마 양식 시험장을 설치한 것이 오늘의 동해안 다시마 양식 붐의 시초였다. 그랬던 것이 그 다음 해인 1971년 8월 24일 동해안의 해일로 인해 몽땅 유실당해 실패했다. 이와 같은 실패를 계기로 다시 보다 튼튼한 자재를 들여 삼척 장호에서 500m를 시설한 결과 그 시험에서 대성공을 가져왔었다. 이렇게 된 환동해본부(구 동해출장소)는 다시마 양식에 자신을 얻어 1972년도 말까지 시험 양식을 지속했으나 한 번의 실패도 없이 성공을 견어 이로 인해 어민들로 하여금 다시마 양식에 따른 인식이 높아져 이제 그 붐을 이루게 된 것이다.

한편 1973년 7월 20일에는 문암리에 시설한 300m의 양식장에서 412kg의 다시마를 생산해 330만원의 순이익금을 가져오기도 했다. 이와 같은 성공을 본 동해출장소는 1973년도 양식 사업으로 총예산 675 만원을 들여 전반기에 5개소의 양식장을 시설하고 10,000m를 양식 후반기에는 1,250m의 양식장을 설치하여 7, 8월에 330ton이 생산되어 다시마 생산은 2,700만원의 수입을 추산하고 있다.

한편 1974년도 사업으로는 총예산 5,250만원을 들여 전반기 사업으로 5만4천m를 이미 시설 완료했고 후반기에(9~12월) 96,000m의 양식장을 시설해 소기의 목적을 달성할 계획이다. 동해안에서 생산되는 다시마는 그 품질이 우수해 전량을 일본에 수출하게 된다.

강원 연안의 다시마는 1970년대에 북해도산 다시마를 강원 해역에 들여와 양식을 시작한 것으로 나타났다. 그 이후 여러 차례 이식 다시마를 보급함으로써 현재 동해안의 다시마가 자생하고 있는 것으로 보인다. 하지만, 원래 동해안에서 다시마 분포는 원산 이북에 자생하고 있다는 보고가 있어 원산 이북의 다시마의 포자가 가까운 강원 북부 해역으로 이동하였을 가능성도 배제 할 수 없어 현재의 다시마는 이식 다시마와 원래 동해안의 자생다시마가 혼재하여 자생하고 있을 것으로 판단되므로 현재 자연에서 생산되는 다시마는 이번 과제에서는 자생다시마로 표기하였다.

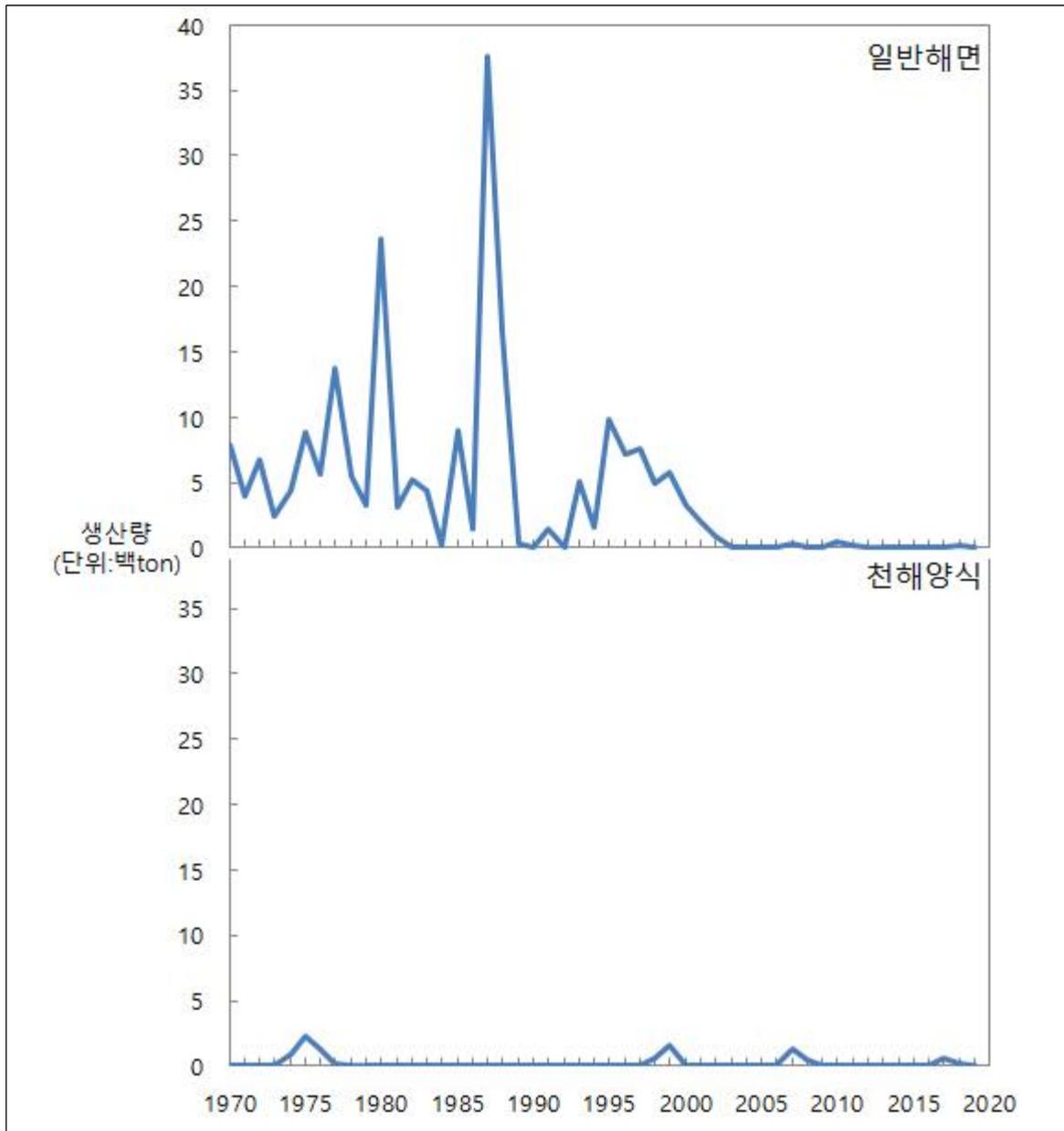


그림 7. 연도별 강원도 다시마 생산량(일반해면어업, 천해양식어업, 1970-2019년).

표 4. 강원도 다시마 생산량 (단위:톤)

연도	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
일반 해면	780	399	672	239	435	890	560	1373	550	328
천해 양식	0	0	0	0	83.2	225	127	23	3	0
연도	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
일반 해면	2,359	308	517	440	21	893	141	3,761	1,649	31
천해 양식	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
연도	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
일반 해면	0	144	0	511	164	979	710	759	500	577
천해 양식	0	0	0	0	0	0	0	0	63	159
연도	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
일반 해면	332	194	87	0	0	1	12	28	0	8
천해 양식	0	0	0	0	0	0	0	132	41	3
연도	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
일반 해면	41	17	2.3	1.9	7.0	2.1	0.6	0.1	14.2	0
천해 양식	3	0	10.4	2.3	2.7	1.1	1.8	60.2	13.3	0

자료 : 통계청

강원도 다시마 생산량을 살펴보면 양식 생산량보다 자연 생태계에서의 생산량이 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 1970년대부터 꾸준히 상승하는 것으로 나타났으며, 1987년에 3,761ton으로 최대 생산량을 보였다. 다시마 생산량은 그 이후 감소하는 경향을 보였으며, 1990년대에는 1,000ton 미만의 생산량을 보였고, 2000년대에는 2000년과 2001년에 각각 332ton과 194ton의 생산량을 보였고, 그 이후에는 생산량이 없었거나, 30ton 미만이 생산량을 보였다. 2010년대 또한 2012년부터 10ton 이하의 생산량을 보여 다시마의 생산량이 급감하고 있는 것으로 나타났다.

나. 1970년대 이후 강원 성게 생산량 변동

다시마 등 해조류를 먹이원으로 하는 유용 무척추동물인 성게는 생식소를 활용하여 미역국, 비빔밥 등 식재료로 이용되고 있다. 성게는 해녀 등 연안 어업에서 중요한 어민 소득원으로 이용 되어 왔으나, 최근 갯녹음 등 해양환경의 변화로 인한 먹이원인 해조류의 급감으로 성게의 생산량은 감소하고 있는 추세이다. 강원도 연안의 성게 생산량은 1970년에 2,817ton이 생산되었으며, 1986년에 3,007ton으로 최고 생산을 보였지만 그 이후 급격히 감소하는 경향을 보였다. 성게의 생산량은 1990년대 초반에 1,000ton 이하의 생산량을 보였으며, 2004년에는 68ton으로 최소 생산량을 보였다. 성게의 생산금액 또한 생산량이 감소함에 따라 생산금액은 상승하는 경향을 보였다.

표 5. 연도별 강원도 성게의 생산량과 생산금액(자료:통계청, 단위: 톤, 10억원)

연도	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
생산량	2,817	969	704	1,003	1,055	784	1,811	1,353	978	1,137
생산금액	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
연도	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
생산량	1,255	873	1,151	818	1,101	2,565	3,007	1,868	1,276	463
생산금액	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
연도	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
생산량	1,318	1,520	447	584	533	927	467	201	120	148
생산금액	2.2	1.5	1.1	1.9	1.9	5.0	2.5	0.7	1.2	1.0
연도	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
생산량	254	358	238	159	68	86	149	71	93	197
생산금액	1.1	1.4	0.9	0.4	0.2	0.3	0.5	0.3	0.2	0.5
연도	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
생산량	227	219	195	644	489	399	306	249	1,032	892
생산금액	0.5	0.7	0.7	2.5	2.1	1.9	1.5	1.3	5.9	5.5

자료 : 통계청

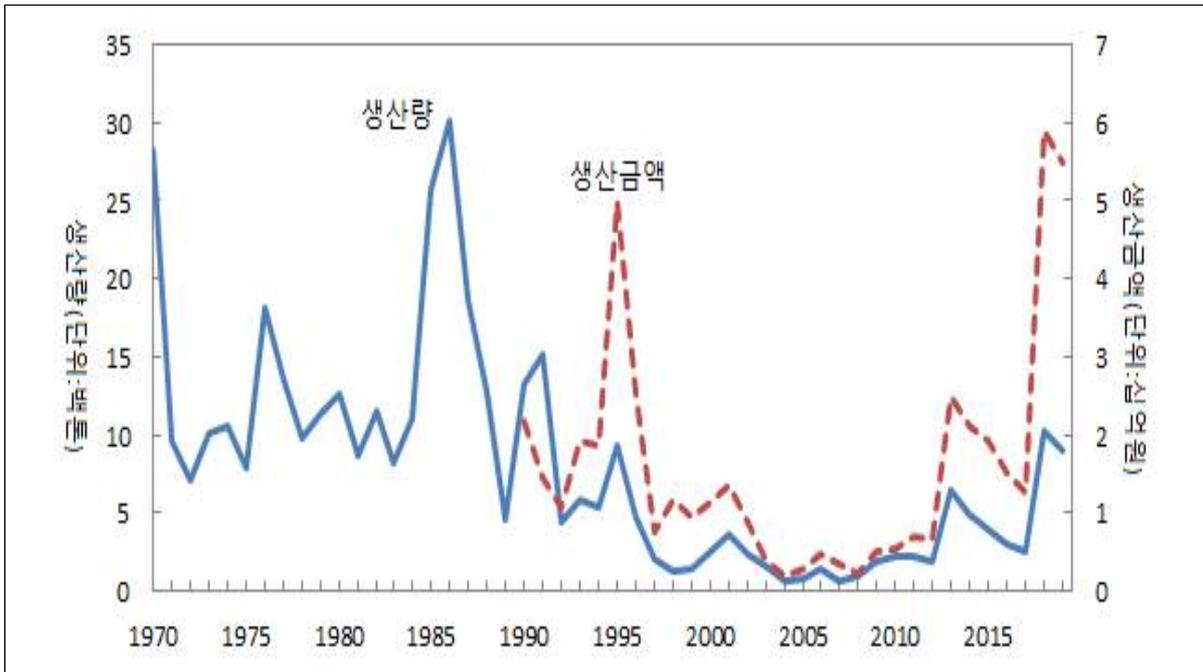


그림 8. 연도별 강원도 성계의 생산량과 생산금액(자료:통계청).

3.2. 강원 연안 해양기후 변화

3.2.1. 강원 지역 시군별 해양환경 특성

가. 강원 북부 해역(고성군, 속초시, 양양군)

1) 수온

강원 북부 해역인 고성군, 속초시 양양군의 3개 정점의 해양환경측정망 연안관측 자료를 분석하였다. 북부 해역의 평균 수온은 11.74℃이었고, 표층의 평균 수온은 14.79℃이었고, 저층의 평균 수온은 8.68℃로 표층 보다 저층의 수온이 낮게 나타났다. 표층 평균 수온은 2019년에 16.40℃로 최고로 높았고, 2016년에 13.02℃로 가장 낮았다.

월별 수온은 동계(2월)의 평균 수온은 6.67℃로 조사되었다. 표층에서 평균 7.39℃로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2017년과 2020년도에 10.48℃와 11.34℃로 다른 년도에 비해 높은 수온을 보였고, 2011년에 3.90℃로 낮은 수온을 보였다. 저층에서 평균 수온은 5.96℃로 조사되었고, 년도별 수온 변화는 5.00℃ 이하로 낮은 수온 분포를 보였지만 2017년과 2020년도 각각 10.26℃와 11.23℃로 높은 수온 분포를 보였다.

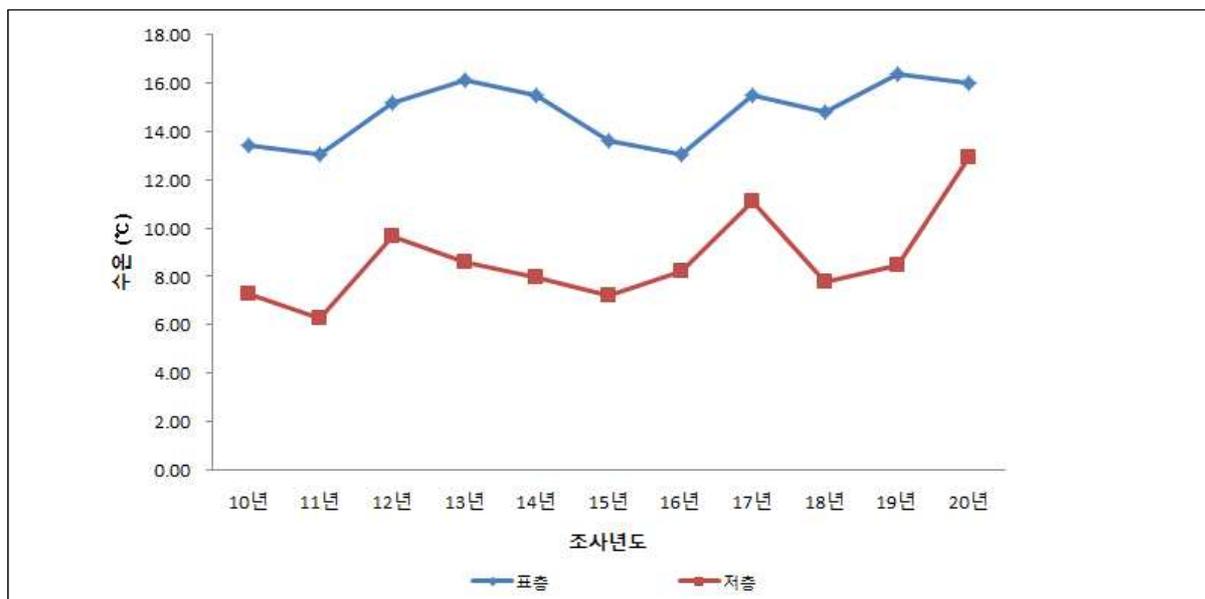


그림 9. 강원 북부해역 표층과 저층의 조사 년도별 수온 변화.

춘계(5월)의 평균 수온은 9.35℃로 조사되었다. 표층에서 평균 12.53℃로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2010년에 9.93℃로 가장 낮은 수온을 보였고 2020년에

14.82℃로 가장 높은 수온을 보였다. 저층에서는 평균 수온은 6.16℃로 조사되었고, 년도별 수온 변화는 2020년에 13.08℃로 다른 조사 년도에 비해 높은 수온을 보였고, 2015년에 3.35℃로 낮은 수온을 보였다.

하계(8월)의 평균 수온은 17.66℃로 조사되었다. 표층에서 평균 23.81℃로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2011년에 21.13℃로 가장 낮은 수온을 보였고 2013년에 26.30℃로 가장 높은 수온을 보였다. 저층에서는 평균 수온은 11.51℃로 조사되었고, 년도별 수온 변화는 2017년에 17.82℃로 높은 수온을 보였고, 2010년에 5.52℃로 낮은 수온을 보였다. 하계 저층의 수온은 2010년과 2014~2016년에 10.00℃ 이하로 다른 해역에 비해 낮은 수온분포를 보였다.

동계(11월)의 평균 수온은 13.26℃로 조사되었다. 표층은 15.43℃로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2016년에 12.32℃로 가장 낮은 수온을 보였고, 2019년에 17.88℃로 가장 높은 수온을 보였다. 저층에서는 평균 수온은 11.10℃로 조사되었고, 년도별 수온 변화는 2020년에 13.48℃로 높은 수온을 보였고, 2018년에 4.66℃로 낮은 수온을 보였다. 하계 저층의 수온은 2011년과 2018년에 각각 6.63℃와 4.66℃로 다른 조사 시기에 비해 낮은 수온 분포를 보였다.

표 6. 동해 북부해역 정점의 계절별 평균 수온 분포.

정점	동계	춘계	하계	추계	평균
표층	7.39	12.53	23.81	15.43	14.79
저층	5.96	6.16	11.51	11.10	8.68

2) 용존산소(DO)

강원 북부해역인 고성군, 속초시 양양군의 3개 정점의 해양환경측정망 연안 관측 자료를 분석하였다. 북부해역의 평균 용존산소는 9.03 mg/l 이었고, 표층의 평균 용존산소는 8.99 mg/l 이었고, 저층이 평균 용존산소는 9.06 mg/l 로 표층과 저층에서 비슷한 용존산소를 보였다. 표층에서는 2011년에 10.18 mg/l 로 가장 높게 나타났고, 저층에서는 2015년에 10.19 mg/l 로 가장 높았다.

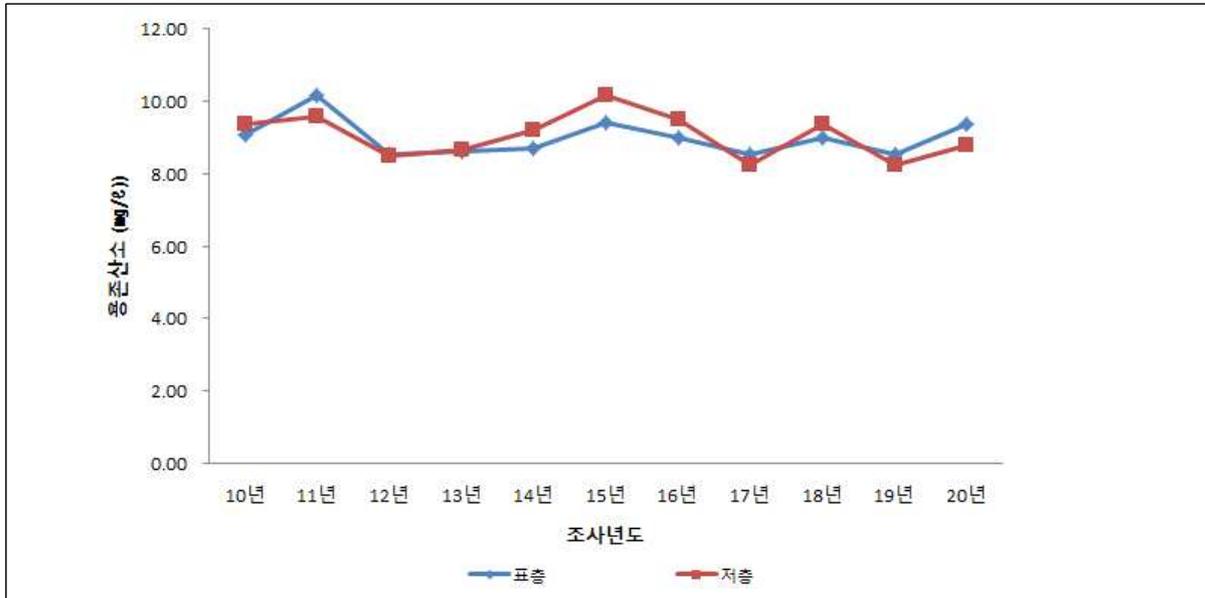


그림 10. 강원 북부해역 표층과 저층의 조사 년도별 용존산소(DO) 변화.

월별 수온은 동계(2월)의 평균 용존산소는 9.72 mg/l로 조사되었다. 표층은 9.75 mg/l로 조사되었다. 표층의 년도별 용존산소 변화는 2011년에 11.50 mg/l로 높게 나타났고, 2020년에 8.73 mg/l로 가장 낮게 나타났다. 저층에서 평균 용존산소는 9.70 mg/l로 조사되었다. 년도별 용존산소 변화는 2016년에 10.88 mg/l로 가장 높게 나타났고, 저층은 2020년에 8.72 mg/l로 가장 낮게 나타났다.

춘계(5월)의 평균 용존산소는 9.26 mg/l로 조사되었다. 표층은 9.41 mg/l로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2015년에 10.36 mg/l로 가장 높게 나타났고, 2016년에 8.67 mg/l로 가장 낮게 나타났다. 저층에서는 평균 용존산소는 9.11 mg/l로 조사되었다. 년도별 용존산소 변화는 2010년과 2015년에 각각 10.14 mg/l와 10.60 mg/l로 높게 나타났고, 2019년에 8.15 mg/l로 가장 낮게 나타났다.

하계(8월)의 평균 용존산소는 8.97 mg/l로 조사되었다. 표층은 8.51 mg/l로 조사되었고, 표층의 년도별 용존산소 변화는 2011년에 11.50 mg/l로 가장 높게 나타났고, 2017년에 7.64 mg/l로 가장 낮게 나타났다. 저층에서는 평균 용존산소는 9.43 mg/l로 조사되었다. 년도별 용존산소 변화는 2015년에 11.35 mg/l로 가장 높게 나타났고, 2017년에 7.65 mg/l로 가장 낮게 나타났다. 하계 용존산소는 표층보다 저층에 높게 나타났다.

동계(11월)의 평균 용존산소는 8.14 mg/l로 조사되었다. 표층은 8.30 mg/l로 조사되었고, 표층의 년도별 용존산소 변화는 2015년에 8.73 mg/l로 가장 높게 나타났고, 2014

년에 7.93 mg/l 로 가장 낮게 나타났다. 저층은 평균 7.99 mg/l 로 조사되었다. 월별 용존 산소 변화는 2015년에 8.52 mg/l 로 가장 높게 나타났고, 2010년에 7.54 mg/l 로 가장 낮게 나타났다.

표 7. 동해 북부해역 정점의 계절별 평균 용존산소 분포.

정점	동계	춘계	하계	추계	평균
표층	9.75	9.41	8.51	8.30	8.99
저층	9.70	9.11	9.43	7.99	9.06

3) 암모늄태 질소(NH₄-N) 농도

강원 북부해역인 고성군, 속초시 양양군의 3개 정점의 해양환경측정망 연안 관측 자료를 분석하였다. NH₄-N이 농도는 식물이 흡수하기 용이한 형태의 영양염 중 하나이다. 북부 해역의 평균 NH₄-N 농도는 8.91 µg/l 이었고, 표층의 평균 NH₄-N 농도는 7.16 µg/l 이었고, 저층이 평균 NH₄-N 농도는 10.65 µg/l 로 표층보다 저층에서 높은 NH₄-N 농도를 보였다. 표층에서는 2010년과 2011년에 각각 17.67 µg/l 와 11.27 µg/l 로 높게 나타났고, 저층에서는 2017년에 1.79 µg/l 로 가장 높았다.

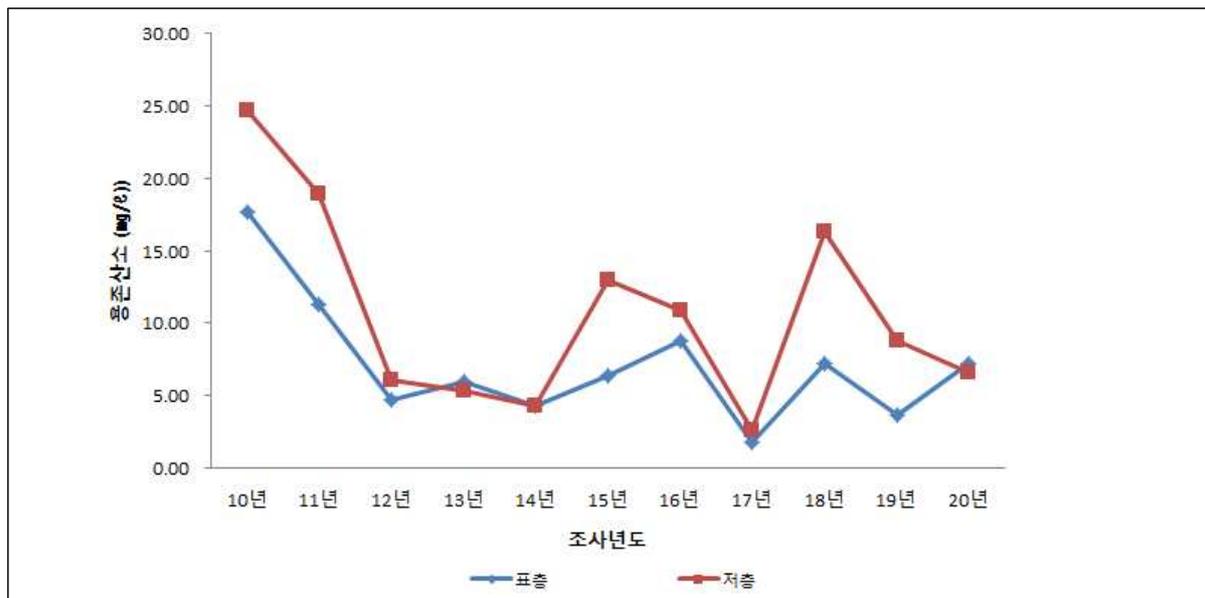


그림 11. 강원 북부해역 표층과 저층의 조사 년도별 암모늄태질소(NH₄-N)농도 변화.

월별 수온은 동계(2월)의 평균 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 $5.00 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 표층은 $4.55 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 표층의 년도별 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 2010년에 $11.67 \mu\text{g/l}$ 로 높게 나타났고, 2014년에 $1.65 \mu\text{g/l}$ 로 가장 낮게 나타났다. 저층에서 평균 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 $5.45 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 년도별 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 2010년에 $10.67 \mu\text{g/l}$ 로 가장 높게 나타났고, 저층은 2014년에 $1.29 \mu\text{g/l}$ 로 가장 낮게 나타났다. 동계의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 표층과 저층의 모두 2010년 이후 감소하는 경향을 보였다.

춘계(5월)의 평균 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 $10.85 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 표층은 $7.77 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2010년에 $21.00 \mu\text{g/l}$ 로 가장 높게 나타났고, 2012년에 $0.43 \mu\text{g/l}$ 로 가장 낮게 나타났다. 저층에서는 평균 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 $13.92 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 년도별 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 2018년에 $37.14 \mu\text{g/l}$ 로 가장 높게 나타났고, 2017년에 $0.93 \mu\text{g/l}$ 로 가장 낮게 나타났다.

하계(8월)의 평균 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 $11.42 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 표층은 $9.03 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었고, 표층의 년도별 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 2016년에 $20.97 \mu\text{g/l}$ 로 가장 높게 나타났고, 2017년에 $0.34 \mu\text{g/l}$ 로 가장 낮게 나타났다. 저층에서는 평균 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 $13.80 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 년도별 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 2010년에 $40.67 \mu\text{g/l}$ 로 가장 높게 나타났고, 2017년에 $1.08 \mu\text{g/l}$ 로 가장 낮게 나타났다.

동계(11월)의 평균 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 $8.36 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 표층은 $7.30 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었고, 표층의 년도별 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 2010년에 $21.33 \mu\text{g/l}$ 로 가장 높게 나타났고, 2014년에 $1.14 \mu\text{g/l}$ 로 가장 낮게 나타났다. 저층은 평균 $9.43 \mu\text{g/l}$ 로 조사되었다. 월별 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 2010년에 $27.33 \mu\text{g/l}$ 로 가장 높게 나타났고, 2019년에 $3.69 \mu\text{g/l}$ 로 가장 낮게 나타났다.

표 8. 동해 북부해역 정점의 계절별 평균 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 분포.

정점	동계	춘계	하계	추계	평균
표층	4.55	7.77	9.03	7.30	7.16
저층	5.45	13.92	13.80	9.43	10.65

나. 강원 중부와 남부 해역 해역(강릉시, 동해시, 삼척시)

1) 수온

강원 중부와 남부 해역인 강릉시, 동해시 삼척시의 3개 정점의 해양환경측정망 연안 관측 자료를 분석하였다. 중부와 남부 해역의 평균 수온은 12.61℃이었고, 표층의 평균 수온은 15.43℃이었고, 저층이 평균 수온은 9.78℃로 표층 보다 저층의 수온이 낮게 나타났다. 표층 평균 수온은 2013년에 16.86℃로 최고로 높았고, 2016년에 13.76℃로 가장 낮았다.

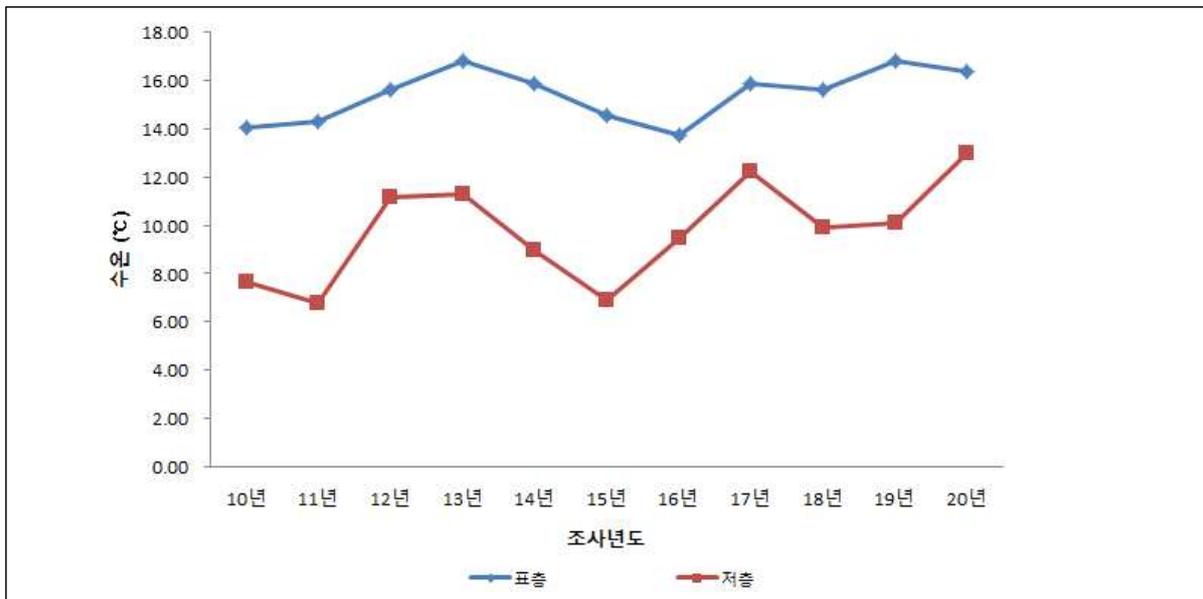


그림 12. 강원 중부와 남부 해역 표층과 저층의 조사 년도별 수온 변화.

월별 수온은 동계(2월)의 평균 수온은 8.04℃로 조사되었다. 표층에서 평균 8.47℃로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2019년과 2020년도에 10.61℃와 12.10℃로 다른 년도에 비해 높은 수온을 보였고, 2011년에 5.12℃로 낮은 수온을 보였다. 저층에서 평균 수온은 7.61℃로 조사되었고, 년도별 수온 변화는 2017년과 2020년에 각각 10.99℃와 11.79℃로 높게 나타났고, 2011년에 4.49℃로 가장 낮은 값을 보였다.

춘계(5월)의 평균 수온은 10.24℃로 조사되었다. 표층에서 평균 13.27℃로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2020년에 15.18℃로 가장 높은 수온을 보였고 2010년에 11.27℃로 가장 낮은 수온을 보였다. 저층에서는 평균 수온은 7.20℃로 조사되었고, 년도별 수온 변화는 2018년에 11.74℃로 가장 높게 나타났고, 2019년에 3.65℃로 가장 낮은 수온을 보였다.

하계(8월)의 평균 수온은 17.90℃로 조사되었다. 표층에서 평균 23.76℃로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2013년에 26.70℃로 가장 높은 수온을 보였고 2016년에 20.33℃로 가장 낮은 수온을 보였다. 저층에서는 평균 수온은 12.03℃로 조사되었고, 년도별 수온 변화는 2017년에 17.90℃로 높은 수온을 보였고, 2010년에 6.11℃로 낮은 수온을 보였다.

동계(11월)의 평균 수온은 14.25℃로 조사되었다. 표층은 16.23℃로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2011년에 18.02℃로 가장 높은 수온을 보였고, 2012년에 13.19℃로 가장 낮은 수온을 보였다. 저층에서는 평균 수온은 12.28℃로 조사되었고, 년도별 수온 변화는 2019년에 16.43℃로 높은 수온을 보였고, 2011년에 6.25℃로 낮은 수온을 보였다.

표 9. 동해 중부와 남부 해역 정점의 계절별 평균 수온 분포.

정점	동계	춘계	하계	추계	평균
표층	8.47	13.27	23.76	16.23	15.43
저층	7.61	7.20	12.03	12.28	9.78

2) 용존산소(DO)

강원 중부와 남부 해역인 강릉시, 동해시 삼척시의 3개 정점의 해양환경측정망 연안관측 자료를 분석하였다. 중부와 남부 해역의 평균 용존산소는 8.79 mg/l 이었고, 표층의 평균 용존산소는 8.87 mg/l 이었고, 저층이 평균 용존산소는 8.71 mg/l 로 표층과 저층에서 비슷한 용존산소를 보였다. 표층에서는 2015년에 9.45 mg/l 로 가장 높게 나타났고, 저층에서는 2015년에 10.12 mg/l 로 가장 높았다.

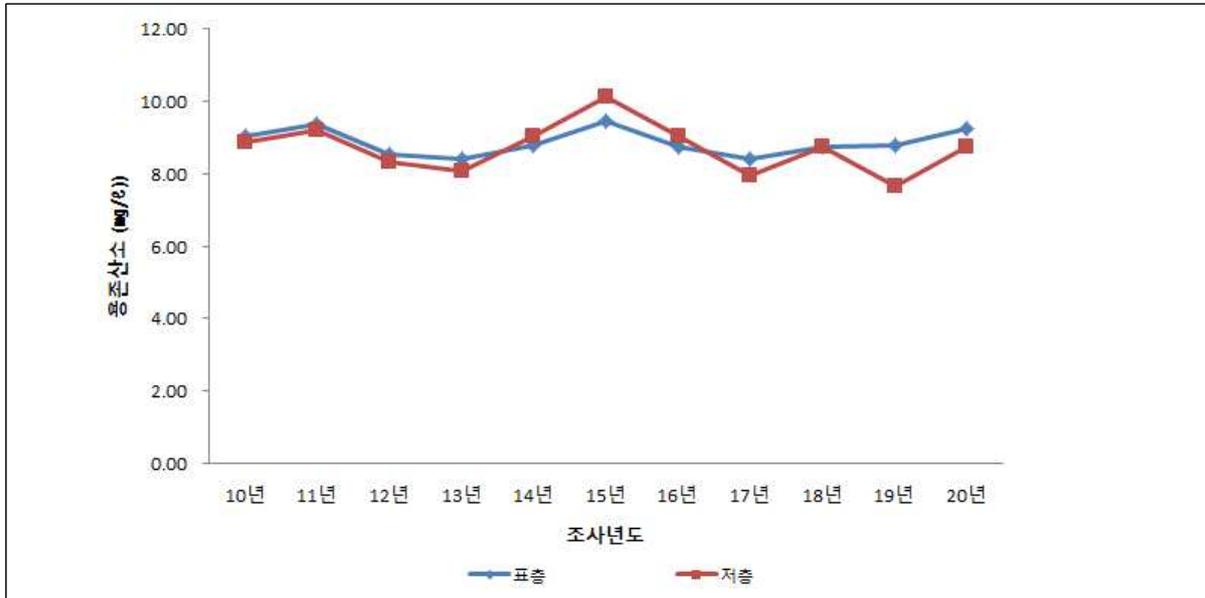


그림 13. 강원 중부와 남부 해역 표층과 저층의 조사 년도별 용존산소(DO) 변화.

월별 수온은 동계(2월)의 평균 용존산소는 9.39 mg/l로 조사되었다. 표층은 9.42 mg/l로 조사되었다. 표층의 년도별 용존산소 변화는 2011년에 10.38 mg/l로 높게 나타났고, 2020년에 8.64 mg/l로 가장 낮게 나타났다. 저층에서 평균 용존산소는 9.35 mg/l로 조사되었다. 년도별 용존산소 변화는 2016년에 10.35 mg/l로 가장 높게 나타났고, 저층은 2019년에 8.49 mg/l로 가장 낮게 나타났다.

춘계(5월)의 평균 용존산소는 9.20 mg/l로 조사되었다. 표층은 9.49 mg/l로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2020년에 10.25 mg/l로 가장 높게 나타났고, 2016년에 8.39 mg/l로 가장 낮게 나타났다. 저층에서는 평균 용존산소는 8.91 mg/l로 조사되었다. 년도별 용존산소 변화는 2010년에 9.88 mg/l로 높게 나타났고, 2019년에 7.19 mg/l로 가장 낮게 나타났다.

하계(8월)의 평균 용존산소는 8.69 mg/l로 조사되었다. 표층은 8.40 mg/l로 조사되었고, 표층의 년도별 용존산소 변화는 2011년에 10.06 mg/l로 가장 높게 나타났고, 2017년에 7.52 mg/l로 가장 낮게 나타났다. 저층에서는 평균 용존산소는 8.99 mg/l로 조사되었다. 년도별 용존산소 변화는 2015년에 11.87 mg/l로 가장 높게 나타났고, 2013년에 6.82 mg/l로 가장 낮게 나타났다.

동계(11월)의 평균 용존산소는 7.86 mg/l로 조사되었다. 표층은 8.15 mg/l로 조사되었고, 표층의 년도별 용존산소 변화는 2015년에 9.00 mg/l로 가장 높게 나타났고, 2013

년에 7.69 mg/ℓ 로 가장 낮게 나타났다. 저층은 평균 7.58 mg/ℓ 로 조사되었다. 월별 용존 산소 변화는 2015년에 8.72 mg/ℓ 로 가장 높게 나타났고, 2018년에 6.35 mg/ℓ 로 가장 낮게 나타났다.

표 10. 동해 중부와 남부 해역 정점의 계절별 평균 용존산소 분포.

정점	동계	춘계	하계	추계	평균
표층	9.42	9.49	8.40	8.15	8.87
저층	9.35	8.91	8.99	7.58	8.71

3) 암모늄태 질소(NH₄-N) 농도

강원 중부와 남부 해역인 강릉시, 동해시 삼척시의 3개 정점의 해양환경측정망 연안 관측 자료를 분석하였다. 중부와 남부 해역의 평균 NH₄-N 농도는 12.16 μg/ℓ 이었고, 표층의 평균 NH₄-N 농도는 12.94 μg/ℓ 이었고, 저층이 평균 NH₄-N 농도는 11.39 μg/ℓ 로 표층에서 높은 NH₄-N 농도를 보였다. 표층에서는 2010년 31.08 μg/ℓ 로 높게 나타났고, 저층에서는 2010년에 35.75 μg/ℓ 로 가장 높았다.

월별 수온은 동계(2월)의 평균 NH₄-N 농도는 8.51 μg/ℓ 로 조사되었다. 표층은 10.44 μg/ℓ 로 조사되었다. 표층의 년도별 NH₄-N 농도 변화는 2014년에 36.43 μg/ℓ 로 높게 나타났고, 2017년에 3.75 μg/ℓ 로 가장 낮게 나타났다. 저층에서 평균 NH₄-N 농도는 6.57 μg/ℓ 로 조사되었다. 년도별 NH₄-N 농도 변화는 2011년에 20.26 μg/ℓ 로 가장 높게 나타났고, 저층은 2013년에 2.61 μg/ℓ 로 가장 낮게 나타났다.

춘계(5월)의 평균 NH₄-N 농도는 13.28 μg/ℓ 로 조사되었다. 표층은 15.06 μg/ℓ 로 조사되었고, 표층의 년도별 수온 변화는 2014년에 45.92 μg/ℓ 로 가장 높게 나타났고, 2017년에 0.66 μg/ℓ 로 가장 낮게 나타났다. 저층에서는 평균 NH₄-N 농도는 11.51 μg/ℓ 로 조사되었다. 년도별 NH₄-N 농도 변화는 2018년에 21.47 μg/ℓ 로 가장 높게 나타났고, 2017년에 1.14 μg/ℓ 로 가장 낮게 나타났다.

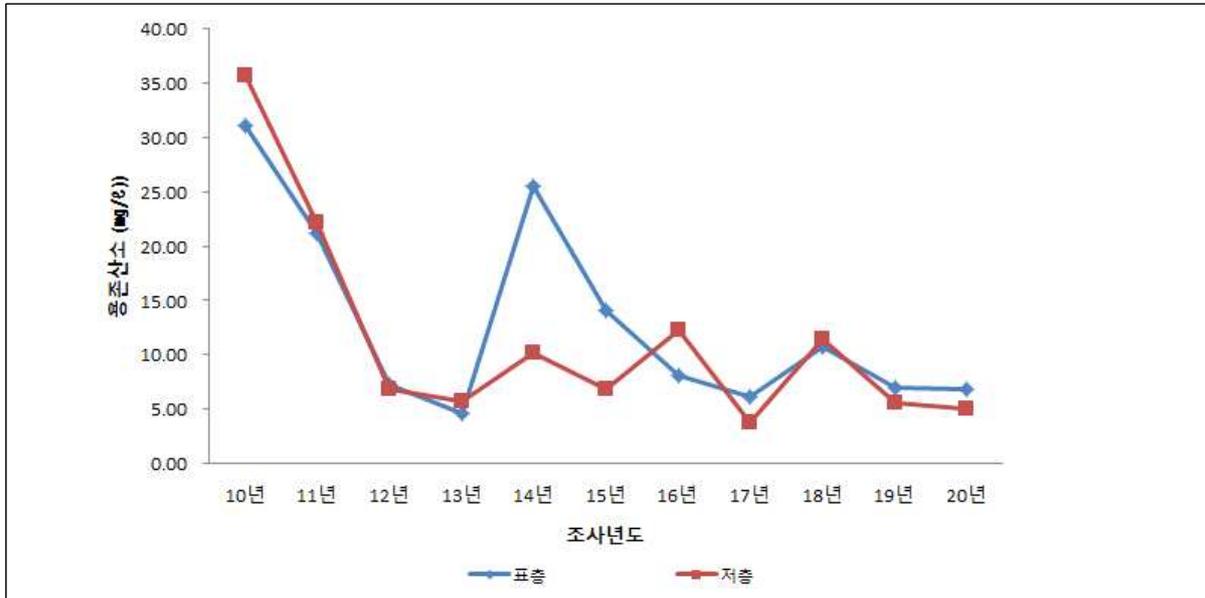


그림 14. 강원 중부와 남부 해역 표층과 저층의 조사 년도별 암모늄태질소(NH₄-N)농도 변화.

하계(8월)의 평균 NH₄-N 농도는 10.04 μg/l 로 조사되었다. 표층은 9.12 μg/l 로 조사되었고, 표층의 년도별 NH₄-N 농도 변화는 2010년에 39.67 μg/l 로 가장 높게 나타났고, 2019년에 0.54 μg/l 로 가장 낮게 나타났다. 저층에서는 평균 NH₄-N 농도는 10.96 μg/l 로 조사되었다. 년도별 NH₄-N 농도 변화는 2010년에 45.00 μg/l 로 가장 높게 나타났고, 2017년에 0.92 μg/l 로 가장 낮게 나타났다. 하계의 표층과 저층의 NH₄-N 농도는 2010년, 2011년과 2016년에 다른 조사 시기에 비해 높은 값을 보였다.

동계(11월)의 평균 NH₄-N 농도는 16.82 μg/l 로 조사되었다. 표층은 17.13 μg/l 로 조사되었고, 표층의 년도별 NH₄-N 농도 변화는 2010년에 61.33 μg/l 로 가장 높게 나타났고, 2020년에 4.68 μg/l 로 가장 낮게 나타났다. 저층은 평균 16.51 μg/l 로 조사되었다. 월별 NH₄-N 농도 변화는 2010년에 72.33 μg/l 로 가장 높게 나타났고, 2020년에 3.22 μg/l 로 가장 낮게 나타났다.

표 11. 동해 중부와 남부 해역 정점의 계절별 평균 NH₄-N 농도 분포.

정점	동계	춘계	하계	추계	평균
표층	10.44	15.06	9.12	17.13	12.94
저층	6.57	11.51	10.96	16.51	11.39

3.2.2. 강원 지역 수심별 수온 변화

가. 강원 북부 해역

1) 동계

강원 북부 해역인 속초시의 국립수산과학원의 정선관측자료(정점번호 107-01)의 70년대부터 수심별 수온의 변화를 조사하였다.

동계 표층의 평균 수온 변화는 평균 7.24°C이었으며, 2017년에 최대수온인 11.89°C이었고, 1986년에 1.94°C로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 7.12°C이었으며, 2017년에 최대수온인 11.84°C이었고, 1986년에 1.93°C로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 6.68°C이었으며, 2017년에 최대수온인 11.72°C이었고, 1986년에 1.92°C로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 6.06°C이었으며, 2017년에 최대수온인 11.06°C이었고, 2020년에 11.06°C로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 0.12°C로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 0.44°C, 수심 20m에서 수심 30m에서는 0.62°C의 차이를 보였다. 동계의 수심별 수온은 수심이 깊어질수록 수온 변화 폭이 커지는 것으로 나타났다. 년도별 수온의 변화는 1970년대 이후 모든 수심에서 증가하는 경향을 보였다.

각 년도별 평균 수온은 표층에서 1970년대에는 5.57°C이었고, 2010년대(2020년도 포함)에는 7.09°C로 나타나 1970년대에 비해 약 1.53°C 상승한 것으로 나타났다. 이러한 현상은 수심 10에서는 1.86°C, 수심 20m에서는 2.31°C, 수심 30m에서는 2.04°C 상승한 것으로 조사되어 1970년대에 비해 수온 상승의 폭은 수심이 깊어질수록 증가하는 경향을 보였다. 이것은 수심별 평균 수온에서도 수심이 깊어질수록 평균 수온의 상승폭이 증가한 것과 동일한 결과를 보였다.

표 12. 강원 북부 조사 해역 동계의 년도별 평균 수온 변화

수심별	1970년대 (A)	1980년대 (B)	1990년대 (C)	2000년대 (D)	2010년대 (E)	수온 변화 (A-E)
표층	5.57	6.78	7.75	8.56	7.09	1.53
10m	5.20	6.73	7.73	8.40	7.06	1.86
20m	4.60	6.44	7.24	7.71	6.91	2.31
30m	4.17	6.16	6.47	6.99	6.20	2.04

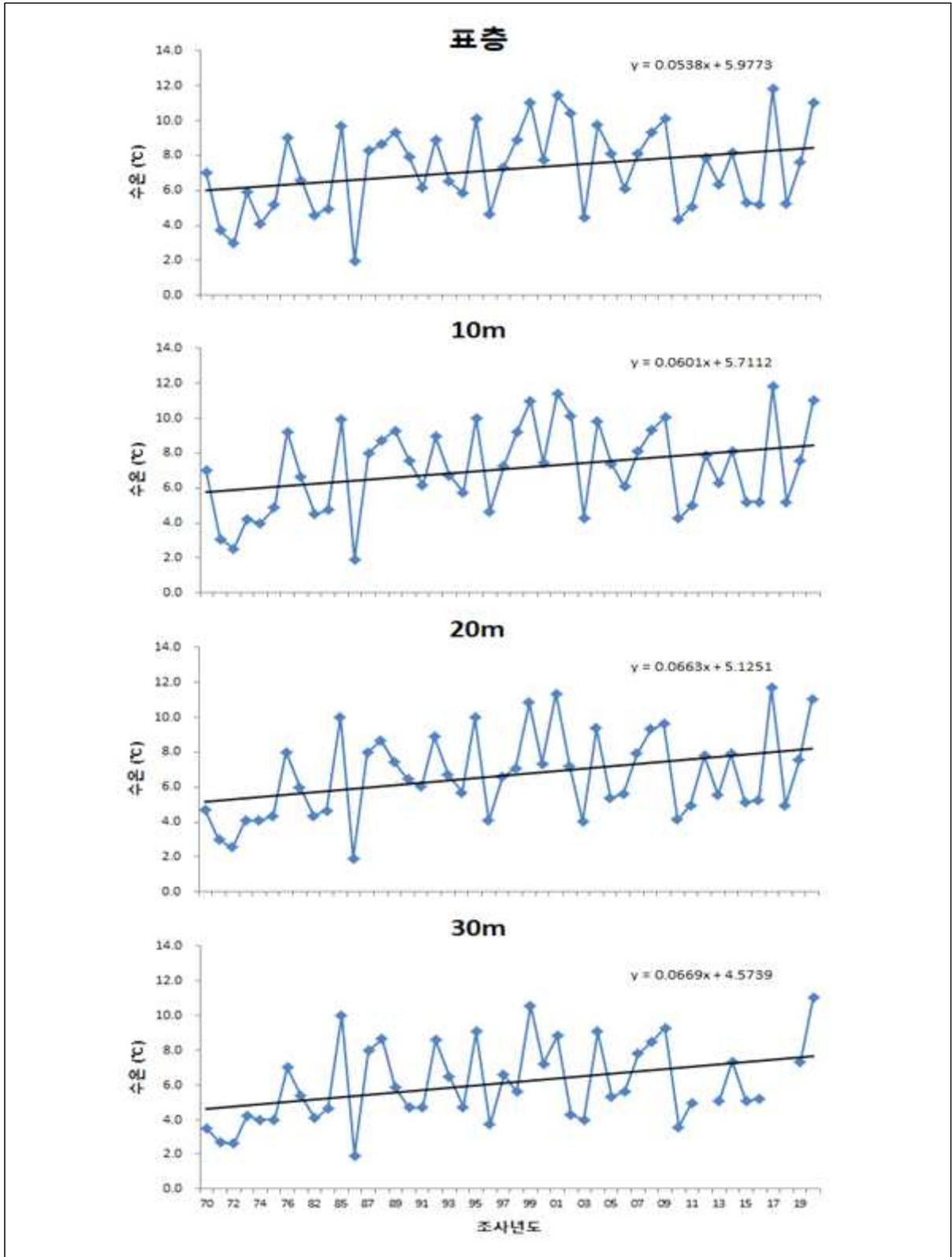


그림 15. 강원 북부 조사 해역 년도별 통계 각 수심의 수온 변화.

자료 : 국립수산과학원 정선관측자료(정점번호 107-01)

2) 춘계

춘계 표층의 평균 수온 변화는 평균 16.16°C이었으며, 2012년에 최대수온인 20.14°C이었고, 2018년에 10.87°C로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 13.38°C이었으며, 2002년에 최대수온인 18.21°C이었고, 2011년에 7.88°C로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 9.18°C이었으며, 1970년에 최대수온인 14.48°C이었고, 2011년에 4.29°C로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 6.16°C이었으며, 1997년에 최대수온인 11.21°C이었고, 2011년에 3.116°C로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 0.12°C로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 2.78°C, 수심 20m에서 수심 30m에서는 3.02°C의 차이를 보였다. 춘계의 수심별 수온은 차이는 동계에 비해 수심별 수온 차이가 것으로 나타났다. 년도별 수온의 변화는 1970년대 이후 모든 수심에서 증가하는 경향을 보였으나. 춘계의 수심 20m에서는 변화의 폭이 크지 않는 것으로 나타났다. 각 수심별 최저 수온은 2010년 이후에 모두 나타났다.

각 년대별 평균 수온은 표층에서 1970년대에는 15.94°C이었고, 2010년대(2020년도 포함)에는 16.43°C로 나타나 1970년대에 비해 약 0.49°C 상승한 것으로 나타났다. 수심 10m에서는 0.74°C, 수심 30m에서는 1.85°C 상승한 것으로 조사되었다. 수심 20m에서는 다른 수심대와 반대로 -0.73°C 수온이 하강한 것으로 나타났다. 수심별 평균 수온은 1970년대에 비해 수심 20m를 제외하고 수온 상승의 폭은 수심이 깊어질수록 증가하는 경향을 보였다. 이것은 수심별 평균 수온에서도 수심이 깊어질수록 평균 수온의 상승 폭이 증가한 것과 비슷한 결과를 보였다.

표 13. 강원 북부 조사 해역 춘계의 년대별 평균 수온 변화

수심별	1970년대 (A)	1980년대 (B)	1990년대 (C)	2000년대 (D)	2010년대 (E)	수온 변화 (A-E)
표층	15.94	15.20	16.02	16.78	16.43	0.49
10m	13.09	12.37	13.30	13.75	13.84	0.74
20m	10.05	7.94	9.69	8.61	9.33	-0.73
30m	4.96	5.44	6.69	6.43	6.81	1.85

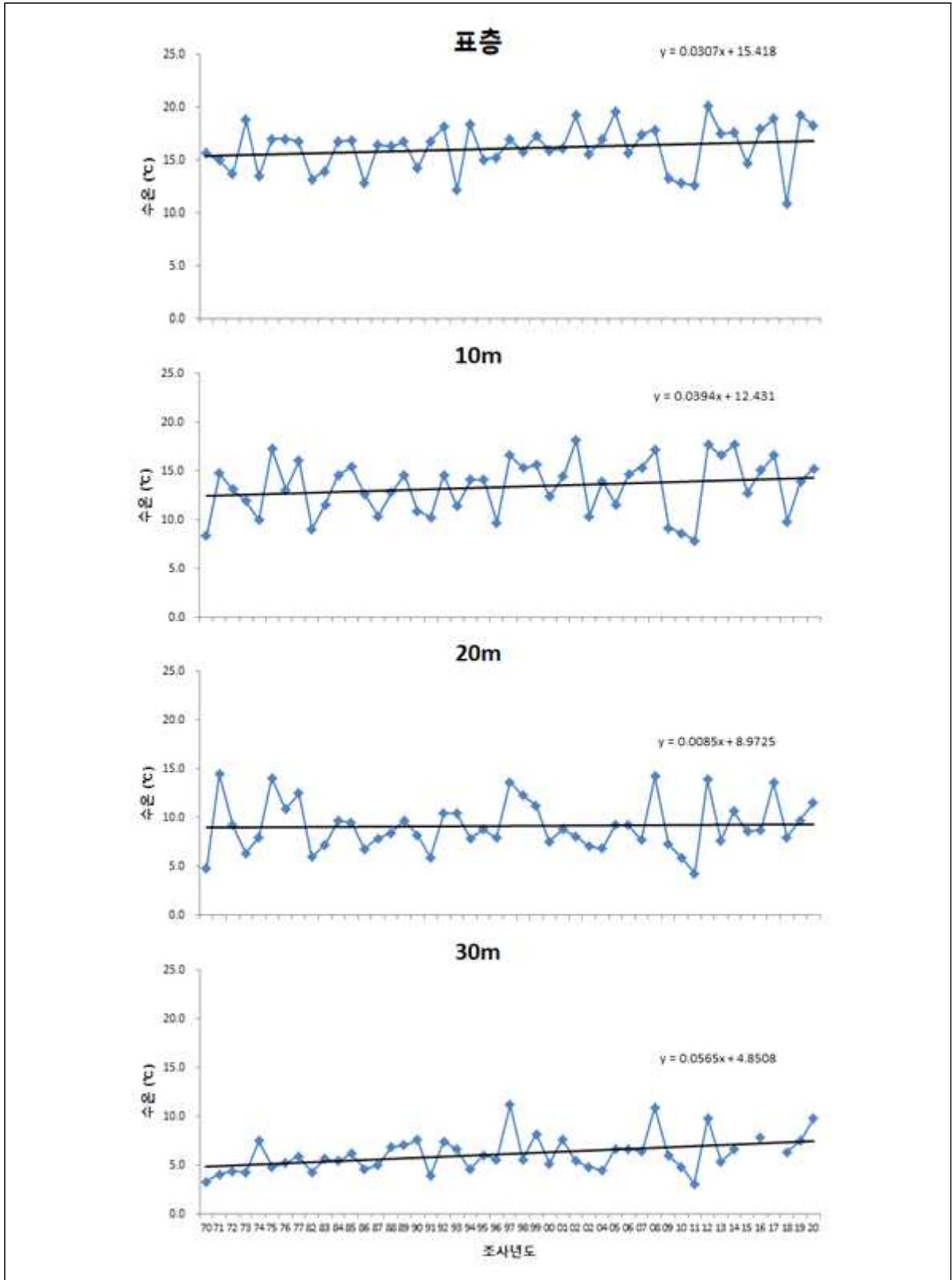


그림 16. 강원 북부 조사 해역 년도별 층계 각 수심의 수온 변화.

자료 : 국립수산과학원 정선관측자료(정점번호 107-01)

3) 하계

하계 표층의 평균 수온 변화는 평균 23.33℃이었으며, 2019년에 최대수온인 27.06℃이었고, 2009년에 16.24℃로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 19.75℃이었으며, 2011년에 최대수온인 24.11℃이었고, 1983년에 12.41℃로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 15.54℃이었으며, 2001년에 최대수온인 21.82℃이었고, 2010년에 8.35℃로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 12.21℃이었으며, 1991년에 최대수온인 19.17℃이었고, 1994년에 5.90℃로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 3.58℃로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 4.21℃, 수심 20m에서 수심 30m에서는 3.34℃의 차이를 보였다. 하계의 수심별 수온은 차이는 춘계와 같이 동계에 보다 수심별 수온 차이가 것으로 나타났다. 연도별 수온의 변화는 1970년대 이후 모든 수심에서 증가하는 경향을 보였으나, 하계 표층의 변화는 폭이 크지 않는 것으로 나타났다.

각 년대별 평균 수온은 표층에서 1970년대에는 23.33℃이었고, 2010년대(2020년도 포함)에는 24.09℃로 나타나 1970년대에 비해 약 0.75℃ 상승한 것으로 나타났다. 수심 10m에서는 0.42℃, 수심 20m에서는 0.55℃ 상승한 것으로 조사되었다. 수심 30m에서는 1.28℃ 수온이 상승한 것으로 나타났다. 수심 30m에서 수온 상승의 폭이 가장 큰 것으로 나타났다.

표 14. 강원 북부 조사 해역 하계의 년대별 평균 수온 변화

수심별	1970년대 (A)	1980년대 (B)	1990년대 (C)	2000년대 (D)	2010년대 (E)	수온 변화 (A-E)
표층	23.33	23.90	23.01	22.36	24.09	0.75
10m	19.66	18.71	19.62	20.43	20.09	0.42
20m	14.59	14.91	16.85	15.95	15.14	0.55
30m	10.91	11.31	13.69	12.49	12.19	1.28

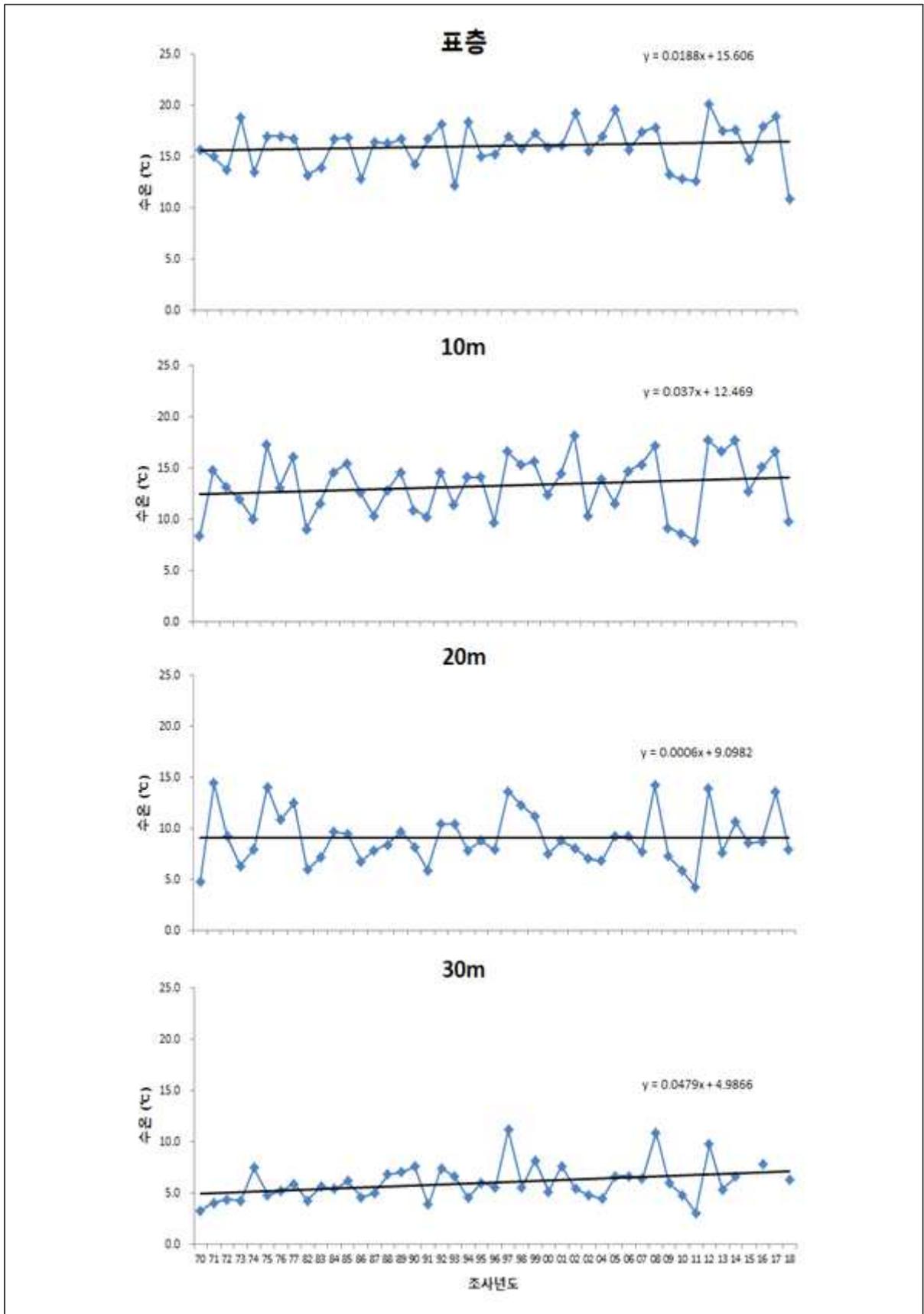


그림 17. 강원 북부 조사 해역 년도별 하계 각 수심의 수온 변화.

자료 : 국립수산과학원 정선관측자료(정점번호 107-01)

4) 추계

추계 표층의 평균 수온 변화는 평균 19.26.°C 이었으며, 1973년에 최대수온인 33.68°C 이었고, 1977년에 15.55°C로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 19.17°C 이었으며, 1973년에 최대수온인 35.12°C이었고, 1987년에 15.87°C로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 17.77°C이었으며, 1973년에 최대수온인 32.56°C이었고, 1982년에 11.94°C로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 14.56°C이었으며, 1973년에 최대수온인 29.88°C이었고, 2005년에 7.45°C로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 0.09°C로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 1.40°C, 수심 20m에서 수심 30m에서는 3.21°C의 차이를 보였다. 추계의 수심별 수온은 차이는 수심 20m에서 30m 사이에서 가장 큰 차이를 보였다. 년도별 수온의 변화는 다른 계절과 반대로 1970년대 이후 수온이 감소하는 경향을 보였으며, 수심 20m에서는 수온의 변동이 없는 것으로 나타났다.

각 년대별 평균 수온은 표층에서 1970년대에는 20.54°C이었고, 2010년대(2020년도 포함)에는 18.93°C로 나타나 1970년대에 비해 약 -1.61°C 하강한 것으로 나타났다. 수심 10m에서는 -1.56°C, 수심 20m에서는 0.65°C 상승한 것으로 조사되었다. 수심 30m에서는 -1.76°C 수온이 하강한 것으로 나타났다. 수심 20m를 제외하고 수온이 하강하는 것으로 나타났다.

표 15. 강원 북부 조사 해역 추계의 년대별 평균 수온 변화

수심별	1970년대 (A)	1980년대 (B)	1990년대 (C)	2000년대 (D)	2010년대 (E)	수온 변화 (A-E)
표층	20.54	19.05	18.95	19.02	18.93	-1.61
10m	20.39	18.86	18.96	18.98	18.83	-1.56
20m	17.22	17.70	18.76	17.36	17.87	0.65
30m	14.60	15.43	15.41	14.34	12.83	-1.76

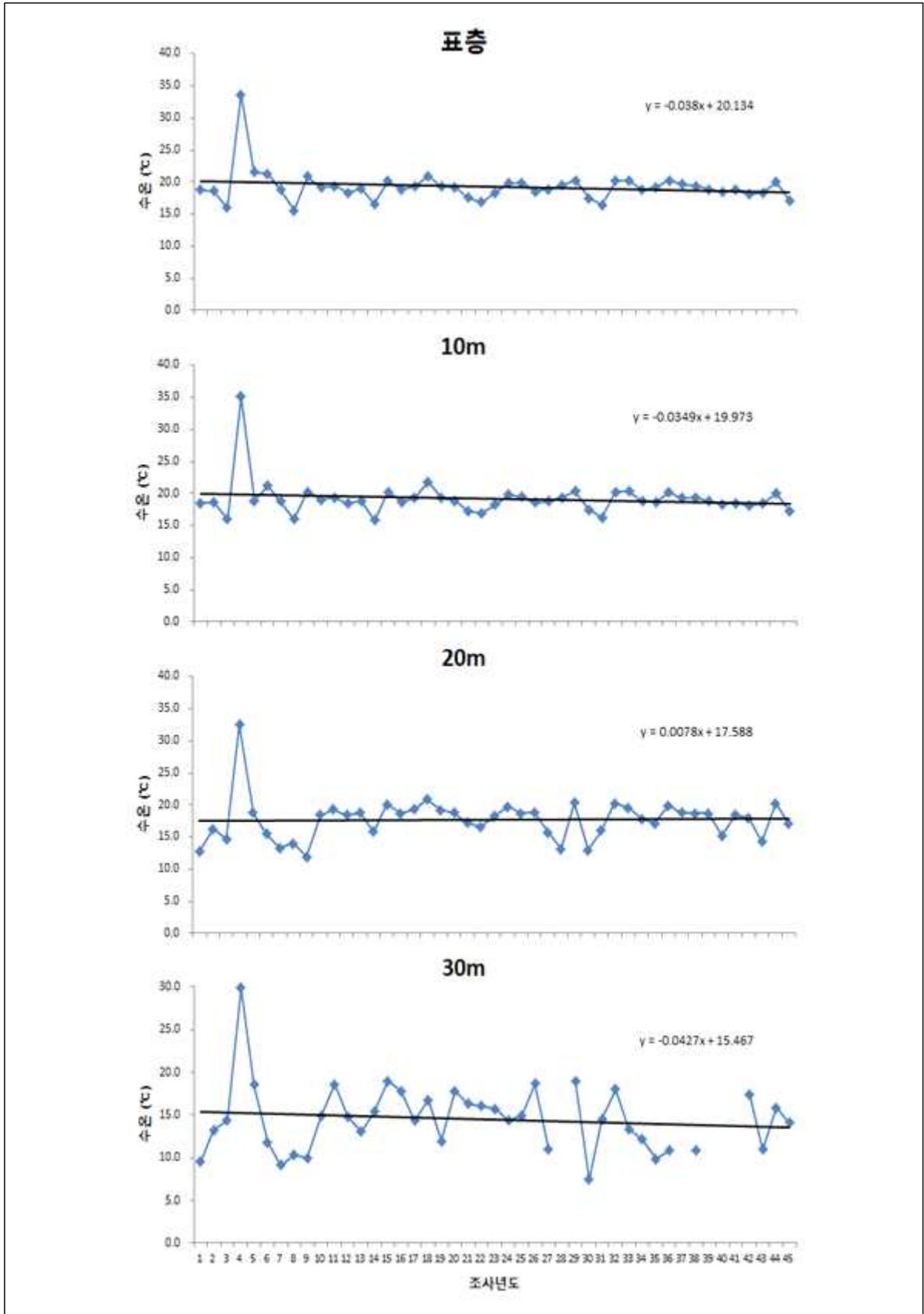


그림 18. 강원 북부 조사 해역 년도별 추계 각 수심의 수온 변화.

자료 : 국립수산과학원 정선관측자료(정점번호 107-01)

나. 강원중부 해수환경 변화(년도, 계절, 수심별)

1) 동계

강원 중부 해역인 강릉시 영진리의 국립수산과학원의 정선관측자료(정점번호 106-02)의 70년대부터 수심별 수온의 변화를 조사하였다.

동계 표층의 평균 수온 변화는 평균 8.46°C이었으며, 2017년에 최대수온인 12.34°C이었고, 1972년에 3.19°C로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 8.44°C이었으며, 2017년에 최대수온인 12.34°C이었고, 1972년에 3.19°C로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 8.11°C이었으며, 2017년에 최대수온인 12.34°C이었고, 1972년에 3.20°C로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 7.51°C이었으며, 2009년에 최대수온인 12.20°C이었고, 1972년에 3.09°C로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 0.02°C로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 0.33°C, 수심 20m에서 수심 30m에서는 0.59°C의 차이를 보였다. 동계의 수심별 수온은 수심이 깊어질수록 수온이 낮아지는 것으로 나타났으나, 수심별 변화의 폭은 크지 않았다.

각 년대별 평균 수온은 표층에서 1970년대에는 6.59°C이었고, 2010년대(2020년도 포함)에는 8.62°C로 나타나 1970년대에 비해 약 2.03°C 상승한 것으로 나타났다. 수심 10m에서는 1.92°C, 수심 20m에서는 1.42°C, 수심 30m에서는 0.92°C 상승한 것으로 조사되었다. 1970년대에 비해 수온 상승의 폭은 수심이 깊어질수록 감소하는 경향을 보였다.

표 16. 강원 중부 조사 해역 동계의 년대별 평균 수온 변화

수심별	1970년대 (A)	1980년대 (B)	1990년대 (C)	2000년대 (D)	2010년대 (E)	수온 변화 (A-E)
표층	6.59	8.08	8.34	10.56	8.62	2.03
10m	6.62	8.08	8.33	10.57	8.54	1.92
20m	6.55	7.61	8.23	10.05	7.97	1.42
30m	6.26	6.91	7.93	9.13	7.18	0.92

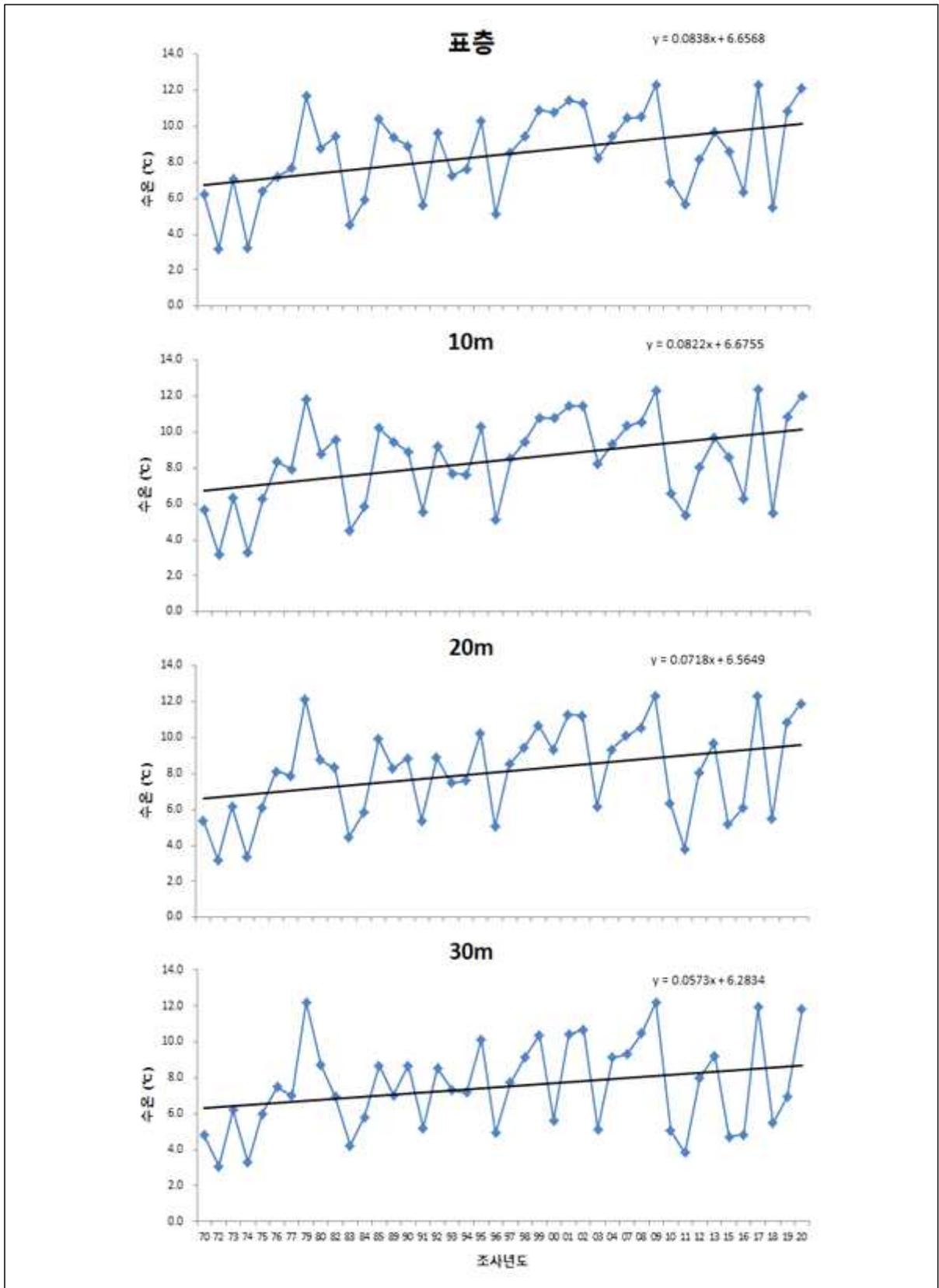


그림 19. 강원 중부 조사 해역 년도별 통계 각 수심의 수온 변화.

자료 : 국립수산과학원 정선관측자료(정점번호 106-02)

2) 춘계

춘계 표층의 평균 수온 변화는 평균 16.64℃이었으며, 2012년에 최대수온인 20.18℃이었고, 1996년에 9.48℃로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 14.22℃이었으며, 2003년에 최대수온인 19.59℃이었고, 1996년에 6.83℃로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 10.07℃이었으며, 1989년에 최대수온인 15.79℃이었고, 1996년에 5.37℃로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 7.57℃이었으며, 1989년에 최대수온인 15.48℃이었고, 2011년에 3.34℃로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 2.42℃로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 4.15℃, 수심 20m에서 수심 30m에서는 2.50℃의 차이를 보였다. 춘계의 수심별 수온은 차이는 동계에 비해 수심별 수온 차이가 큰 것으로 나타났다. 연도별 수온의 변화는 1970년대 이후 수심에 따른 수온 변화는 표층에서 증가 폭이 큰 것으로 나타났으며, 수심 20m에서는 수온이 감소하는 경향을 보였다.

각 연도별 평균 수온은 표층에서 1970년대에는 16.41℃이었고, 2010년대(2020년도 포함)에는 17.56℃로 나타나 1970년대에 비해 약 1.15℃ 상승한 것으로 나타났다. 수심 10m에서는 0.86℃, 수심 30m에서는 -0.63℃ 하강한 것으로 조사되었다. 수심 30m에서는 다른 수심대와 반대로 -0.09℃ 수온이 상승한 것으로 나타났다. 수심별 평균 수온은 표층과 수심 10m에서는 수온이 상승한 것으로 나타났으나, 수심 20m와 수심 30m에서는 그 반대로 수온이 하강한 것으로 나타났다. 수온의 상승 폭은 표층에서 가장 높게 나타났다.

표 17. 강원 중부 조사 해역 춘계의 연도별 평균 수온 변화

수심별	1970년대 (A)	1980년대 (B)	1990년대 (C)	2000년대 (D)	2010년대 (E)	수온 변화 (A-E)
표층	16.41	16.07	15.47	17.01	17.56	1.15
10m	14.05	13.92	13.10	14.40	14.91	0.86
20m	11.24	10.22	9.00	9.61	10.61	-0.63
30m	8.21	7.65	6.90	6.75	8.12	-0.09

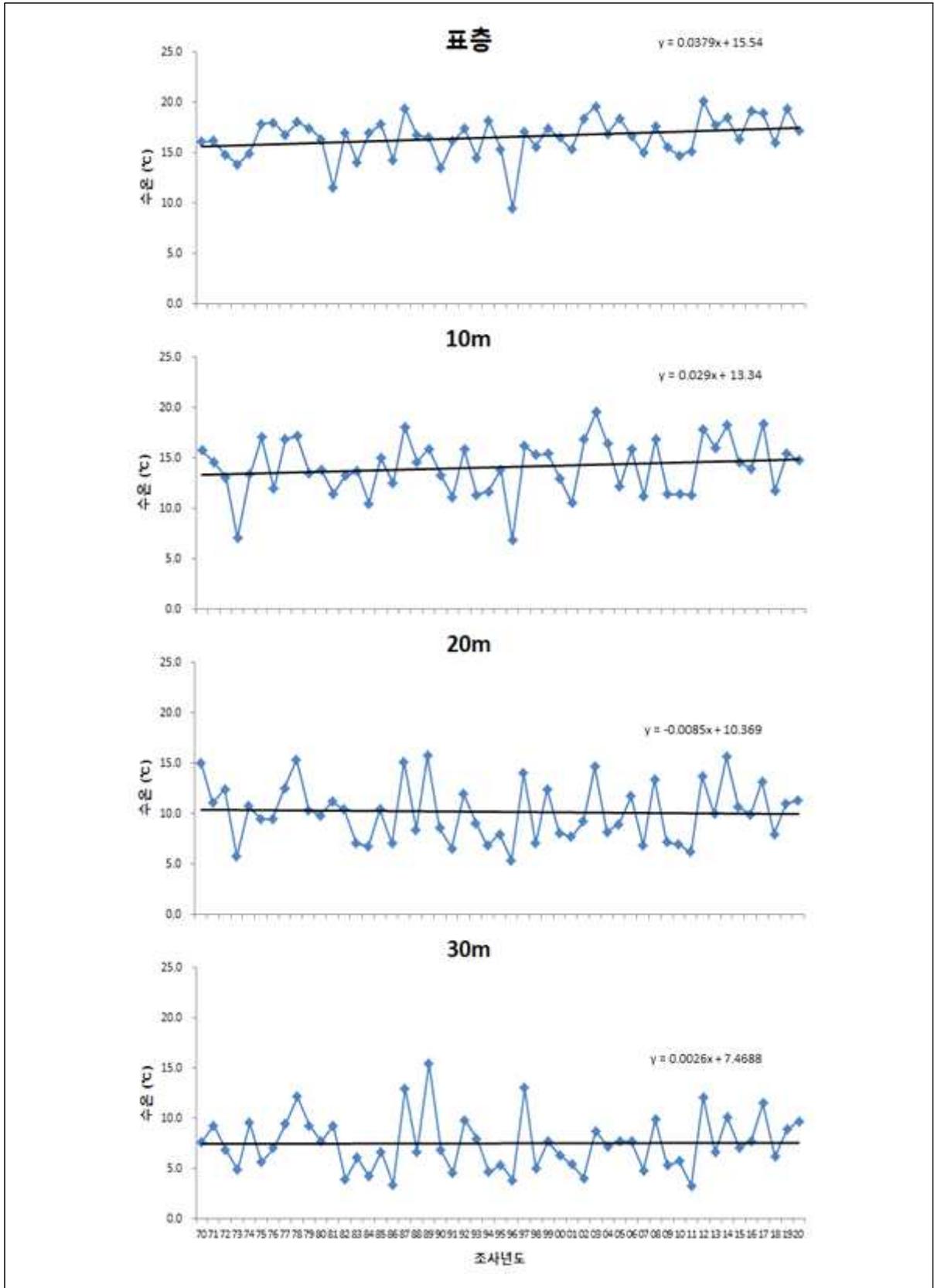


그림 20. 강원 중부 조사 해역 년도별 층계 각 수심의 수온 변화.

자료 : 국립수산과학원 정선관측자료(정점번호 106-02)

3) 하계

하계 표층의 평균 수온 변화는 평균 23.03°C이었으며, 1984년에 최대수온인 27.01°C이었고, 1996년에 17.22°C로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 19.97°C이었으며, 1973년에 최대수온인 24.95°C이었고, 1996년에 13.48°C로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 15.05°C이었으며, 2001년에 최대수온인 22.21°C이었고, 1977년에 9.86°C로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 11.67°C이었으며, 2001년에 최대수온인 16.86°C이었고, 2015년에 6.30°C로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 3.06°C로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 4.92°C, 수심 20m에서 수심 30m에서는 3.38°C의 차이를 보였다. 하계의 수심별 수온은 차이는 춘계와 같이 동계에 비해 수심별 수온 차이가 것으로 나타났다. 연도별 수온의 변화는 1970년대 이후 모든 수심에서 증가하는 경향을 보였다.

각 년대별 평균 수온은 표층에서 1970년대에는 22.77°C이었고, 2010년대(2020년도 포함)에는 24.38°C로 나타나 1970년대에 비해 약 1.61°C 상승한 것으로 나타났다. 수심 10m에서는 2.23°C, 수심 20m에서는 2.37°C 상승한 것으로 조사되었다. 수심 30m에서는 1.50°C 수온이 상승한 것으로 나타났다. 수심 10m와 20m에서 수온 상승의 폭이 가장 큰 것으로 나타났다.

표 18. 강원 중부 조사 해역 하계의 연대별 평균 수온 변화

수심별	1970년대 (A)	1980년대 (B)	1990년대 (C)	2000년대 (D)	2010년대 (E)	수온 변화 (A-E)
표층	22.77	23.02	22.38	22.59	24.38	1.61
10m	18.42	20.10	20.27	20.40	20.66	2.23
20m	13.09	14.25	16.52	15.92	15.46	2.37
30m	9.81	11.32	13.52	12.38	11.31	1.50

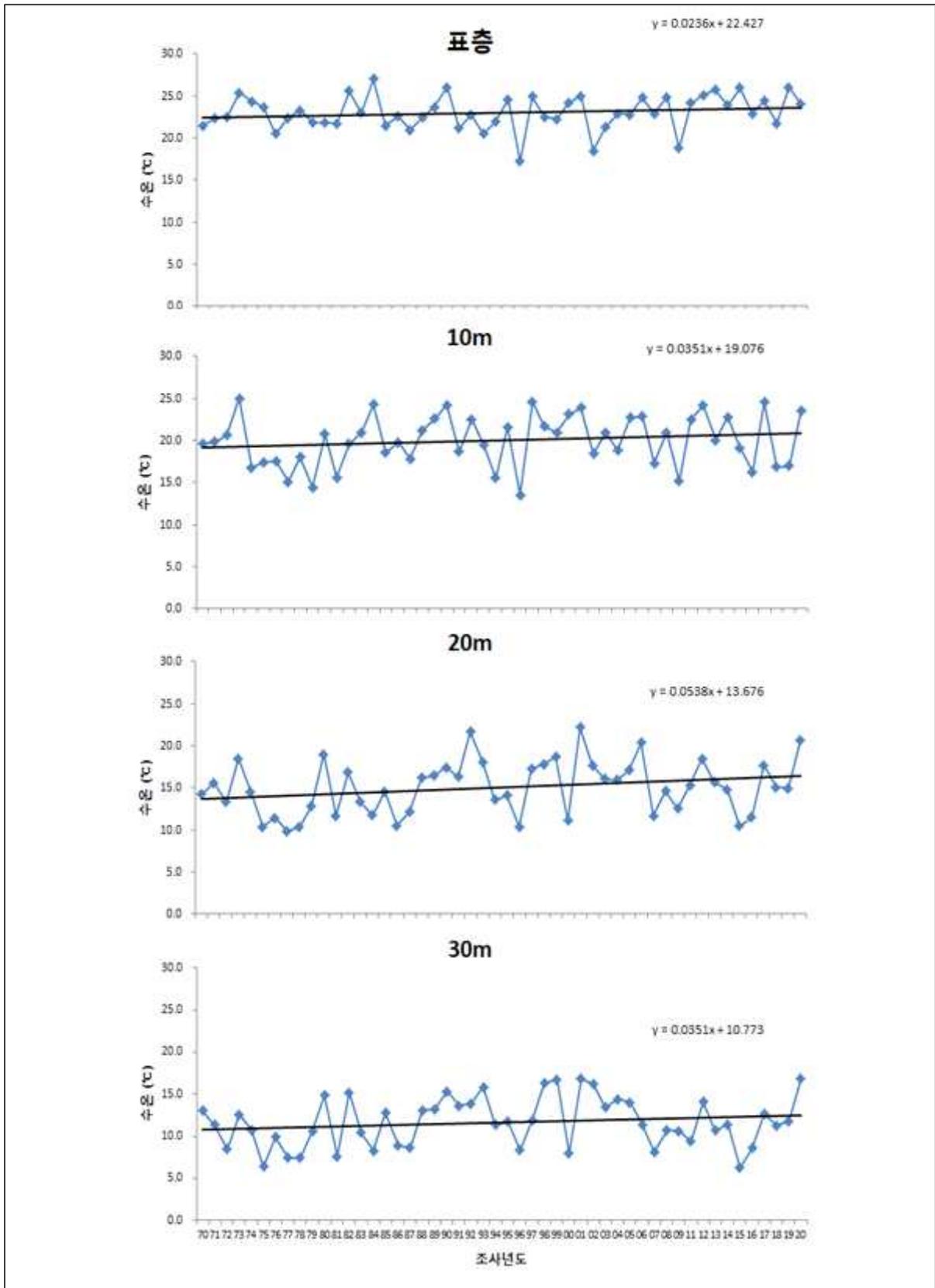


그림 21. 강원 중부 조사 해역 년도별 하계 각 수심의 수온 변화.

자료 : 국립수산과학원 정선관측자료(정점번호 106-02)

4) 추계

추계 표층의 평균 수온 변화는 평균 19.17°C이었으며, 2008년에 최대수온인 22.23°C이었고, 1987년에 15.84°C로 최소 수온을 보였다. 수심 10m의 수온 변화는 평균 18.95°C이었으며, 2008년에 최대수온인 22.22°C이었고, 1987년에 15.79°C로 최소 수온을 보였다. 수심 20m의 수온 변화는 평균 17.28°C이었으며, 1991년에 최대수온인 21.20°C이었고, 2009년에 9.31°C로 최소 수온을 보였다. 수심 30m의 수온 변화는 평균 14.02°C이었으며, 1988년에 최대수온인 20.11°C이었고, 1983년에 5.09°C로 최소 수온을 보였다. 수심별 평균 수온 차이는 표층에서 수심 10m까지 평균 수온은 0.22°C로 나타났고, 수심 10m에서 20m에서는 1.67°C, 수심 20m에서 수심 30m에서는 3.26°C의 차이를 보였다. 추계의 수심별 수온은 차이는 수심 20m에서 30m 사이에서 가장 큰 차이를 보였다.

각 년대별 평균 수온은 표층에서 1970년대에는 19.44°C이었고, 2010년대(2020년도 포함)에는 19.30°C로 나타나 1970년대에 비해 약 -0.14°C 상승한 것으로 나타났다. 수심 10m에서는 0.24°C, 수심 20m에서는 0.36°C 상승한 것으로 조사되었다. 수심 30m에서는 -2.04°C 수온이 상승한 것으로 나타났다.

표 19. 강원 중부 조사 해역 추계의 년대별 평균 수온 변화

수심별	1970년대 (A)	1980년대 (B)	1990년대 (C)	2000년대 (D)	2010년대 (E)	수온 변화 (A-E)
표층	19.44	18.71	18.99	19.40	19.30	-0.14
10m	18.94	18.43	18.90	19.28	19.18	0.24
20m	17.41	16.85	18.28	16.00	17.77	0.36
30m	15.72	13.20	14.51	12.83	13.68	-2.04

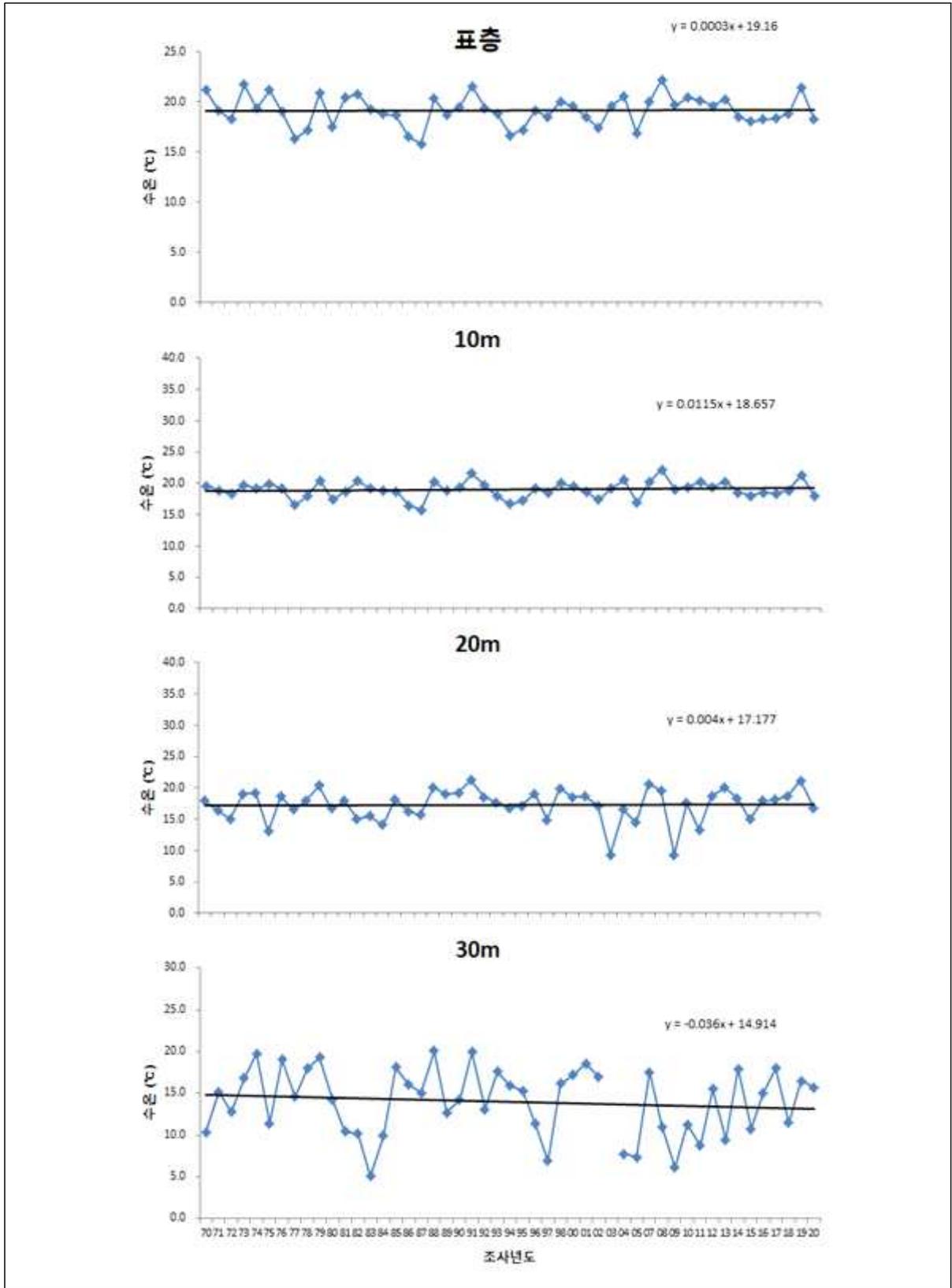


그림 22. 강원 중부 조사 해역 년도별 추계 각 수심의 수온 변화.

자료 : 국립수산과학원 정선관측자료(정점번호 106-02)

3.3. 강원 연안 생태계 변화 추이

3.3.1. 강원 연안 수산자원량

가. 강원도 일반해면어업 어가 현황(5년간)

통계청 어업생산량 동향 자료의 일반 해면어업에 대한 어가가구, 인구 및 종사원가구수를 분석하였다.

2015년부터 어가 가구의 변화는 2015년에는 2,292가구가 어업에 종사하는 것으로 조사되었다. 그 이후 감소하는 경향을 보여 2019년에는 1,870가구로 2015년에 비해 약 20%의 가구수가 감소한 것으로 나타났다. 어가 인구는 2015년에 5,669명이 어업에 종사하는 것으로 조사되었으며, 2019년에는 4,254명으로 약 20% 감소한 것으로 나타났다. 어업 종사가구원 역시 2015년에는 3,253명이 종사하는 것으로 조사되었으나, 2019년에는 2,493명으로 약 20% 감소한 것으로 나타났다.

표 20. 강원 일반해면어업에 종사하는 어가 정보 현황

년도	어업가구(가구)	어가 인구(명)	어업조사가구원(명)
2015	2,292	5,669	3,253
2016	2,259	5,403	3,306
2017	2,082	4,917	3,040
2018	2,004	4,537	2,682
2019	1,870	4,254	2,493

국가통계포털(<https://kosis.kr/index/index.do>) 어업생산량 동향 자료

나. 강원도 일반해면어업의 어업 생산동향(5년간)

강원도 일반 해면어업의 어업 생산량은 활어, 선어, 냉동으로 최근 5년간의 생산량 변화를 조사하였다. 생산량은 활어, 선어, 냉동 형태의 생산량을 조사하였다. 총생산량은 2015년에 48,846ton으로 나타났으며, 2016년에 52,990ton으로 소폭 상승하였으나, 2020년에는 39,463ton으로 2015년에 비해 약 20% 감소한 것으로 조사되었다. 항목별 생산량은 활어의 생산량은 2015년에 10,964ton이었으며, 2018년에 16,836ton으로 증가하였으며, 그 이후 감소하는 경향을 보였다. 활어의 생산량은 2015년에 비해서도 약 19.6% 증가한 것으로 조사되었다. 선어의 생산량은 2015년에 34,114ton의 생산량을 보였으며, 2017년

에 24,954ton으로 최저 생산량을 보였다. 선어의 생산량은 2020년에 25,439ton의 생산량을 보여 2015년에 비해 25.4%가 감소한 것으로 나타났다. 냉동 생산량은 2015년에 3,767ton이었다. 냉동 생산량은 2015년 이후 급격히 감소하여 2020년에는 907ton으로 2015년에 비해 75.9%로 감소하였다.

표 21. 강원 일반 해면어업의 항목별 생산량 동향(단위 ton)

년도	활어	선어	냉동	총생산량
2015	10,964	34,114	3,767	48,846
2016	12,046	37,759	3,185	52,990
2017	14,503	24,954	2,005	41,461
2018	16,836	27,775	2,405	47,015
2019	15,078	31,419	693	47,189
2020	13,117	25,439	907	39,463

국가통계포털(<https://kosis.kr/index/index.do>) 어업생산량 동향 자료

다. 강원도 일반 해면어업의 품종별 생산량(5년간)

강원도 일반 해면어업의 품종별 생산량은 어류, 갑각류, 연체동물류, 패류, 해조류 기타 해조류의 생산량을 조사하였다.

2015년에서 2020년까지 최근 5년간 품종별 생산량 중 어류의 생산량은 평균 23,411ton이었으며, 2015년에 17,428ton으로 가장 적은 생산량을 보였고, 2019년에 31,826ton으로 가장 많은 생산량을 보였다. 어류의 생산량은 소폭 증가하는 경향을 보였다. 갑각류의 생산량은 평균 11,868ton으로 2015년에 19,508ton으로 가장 많은 생산량을 보였고, 2020년에 5,701ton으로 242.2%로 급격히 감소하는 경향을 보였다. 연체동물류의 생산량은 평균 7,764ton으로 2015년도에 9,037ton의 생산량을 보였으며, 2019년에 5,730ton으로 지속적인 감소하는 것으로 나타났으며, 그 이후 증가하여 2020년에는 10,419ton으로 증가하는 경향을 보였다. 패류의 생산량은 평균 1,722ton으로 2015년에 1,277ton의 생산량을 보였고, 2016년(942ton)과 2019년(830ton)에 낮은 생산량을 보였다. 그 이후인 2020년에는 1,722ton으로 증가하는 경향을 보였다. 해조류의 생산량은 평균 702ton으로 2015년에 423ton의 생산량을 보였고, 2017년(261ton)까지 소폭 감소하다가 2018년에는 1,779ton으로 급격히 증가하였으며, 그 이후 감소하는 경향을 보였다.

기타수산동물의 생산량은 평균 1,179ton으로 2015년에서 2017년까지 소폭 감소하다가, 2018년에 1,779ton으로 가장 많은 생물량을 보였으며, 그 이후 급속히 감소하는 경향을 보였다.

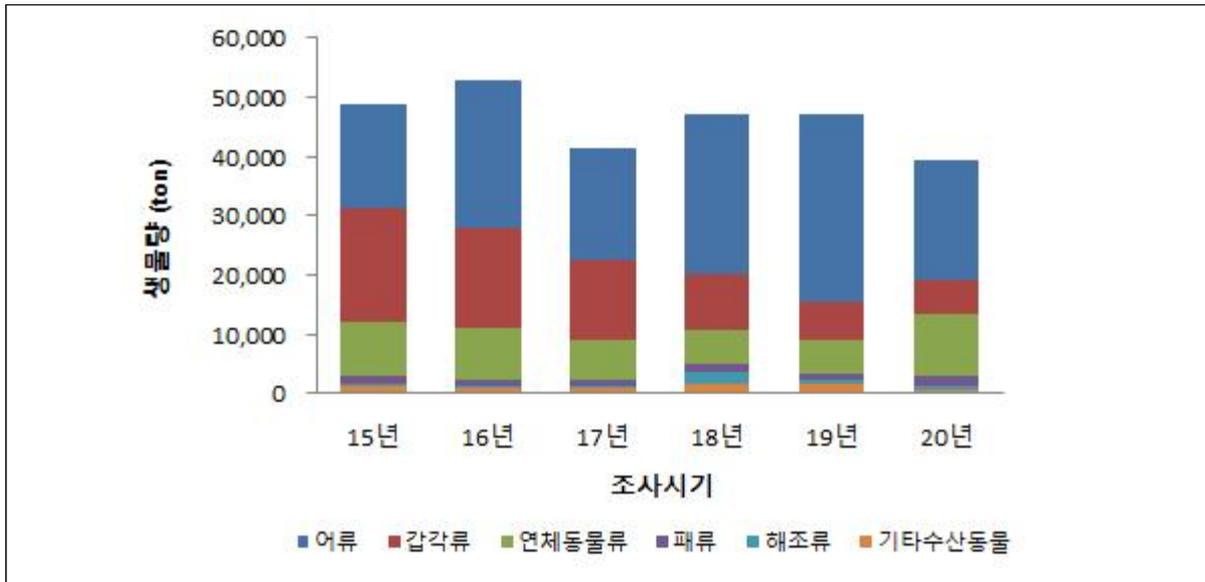


그림 23. 강원 일반 해면어업의 품종별 어획량 변화.

3.3.2. 강원도 해역 해조 식생 변화

가. 강원 북부 해역

1) 2000년대의 해조류 분포 현황

강원 북부 해역인 고성군, 양양군 해역의 논문 및 보고서 등 문헌 조사에서 출현한 해조류는 총 86종이 출현한 것으로 보고되었다. 분류군별로는 녹조식물문 8종(9.3%), 대롱편모조식물문이 27종(31.4%), 홍조식물문이 49종(57.0%), 해산피자식물문이 2종(2.3%)이 출현한 것으로 나타났으며, 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다.

시군별로는 고성군 해역에서 출현한 해조류는 79종이 출현한 것으로 보고되었으며, 분류군별로는 녹조식물문이 5종(6.3%), 대롱편모조식물문이 27종(34.2%), 홍조식물문이 45종(57.0%), 해산피자식물문이 2종(2.5%)이 출현하였다. 양양군에서는 총 18종이 보고되었고, 분류군별로는 녹조식물문이 4종(22.2%), 대롱편모조식물문이 2종(11.1%), 홍조식물문이 12종(66.7%)이 출현하였다. 고성군 해역에서 출현 종수가 높게 나타난 것은 양양군 해역보다 조사 횟수 및 조사 정점 등 조사 강도가 높았기 때문으로 판단된다.

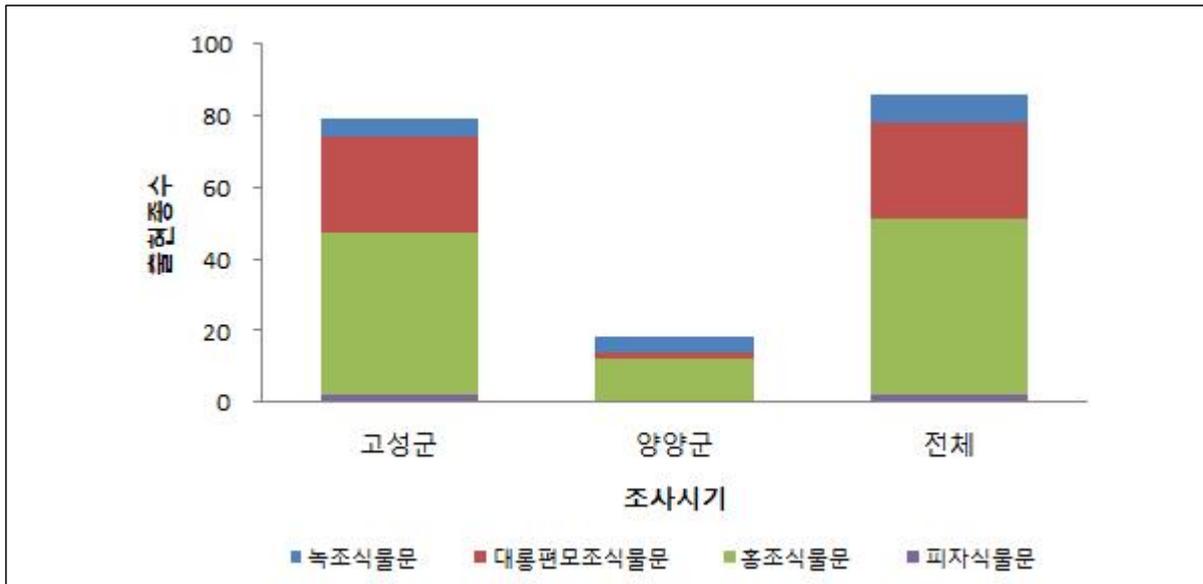


그림 24. 2000년대 강원 북부 해역 조사 시군별 해조류의 출현 종수.

북부 해역의 조사 시기에 따른 출현종수는 2006년 조사에서 33종(녹조식물문 5종, 대롱편모조식물문 6종, 홍조식물문 21종, 해산피자식물문 1종)으로 조사되었다, 2007년 조사에서는 78종(녹조식물문 5종, 대롱편모조식물문 27종, 홍조식물문 44종, 해산피자식물문

2종)이 출현한 것으로 조사되었다. 2008년 조사에서는 19종(녹조식물문 1종, 대룡편모조 식물문 5종, 홍조식물 12종, 해산피자식물문 1종)이 출현한 것으로 보고되었다. 2007년에 출현 종수가 높은 것은 조사 횟수가 2월부터 12월까지 매일 조사가 이루어져 조사 강도가 높았기 때문이다.

표 22. 2000년대 강원 북부 해역 조사 년도별 해조류의 분류군별 출현종수

분류군	2000년대			전체
	2006년	2007년	2008년	
녹조식물문	5	5	1	8
대룡편모조식물문	6	27	5	27
홍조식물문	21	44	12	49
해산피자식물문	1	2	4	2
합계	33	78	19	86

2) 2010년대의 해조류 분포 현황

강원 북부 해역인 고성군, 속초시, 양양군 해역의 논문 및 보고서 등 문헌 조사에서 출현한 해조류는 총 119종이 출현한 것으로 보고되었다. 분류군별로는 녹조식물문이 12종(10.1%), 대룡편모조식물문이 32종(26.9%), 홍조식물문이 75종(63.0%)이 출현한 것으로 나타났으며, 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다.

시군별로는 고성군 해역에서 출현한 해조류는 90종이 출현한 것으로 보고되었으며, 분류군별로는 녹조식물문이 9종(10.0%), 대룡편모조식물문이 25종(27.8%), 홍조식물문이 56종(62.2%)이 출현하였다. 속초시 해역에서는 78종이 출현한 것으로 보고되었으며, 분류군별로는 녹조식물문이 9종(11.5%), 대룡편모조식물문이 25종(32.1%), 홍조식물문이 44종(56.4%)이 출현하였다. 양양군에서는 총 84종이 보고되었고, 분류군별로는 녹조식물문이 9종(10.7%), 대룡편모조식물문이 22종(26.2%), 홍조식물문이 53종(63.1%)이 출현하였다.

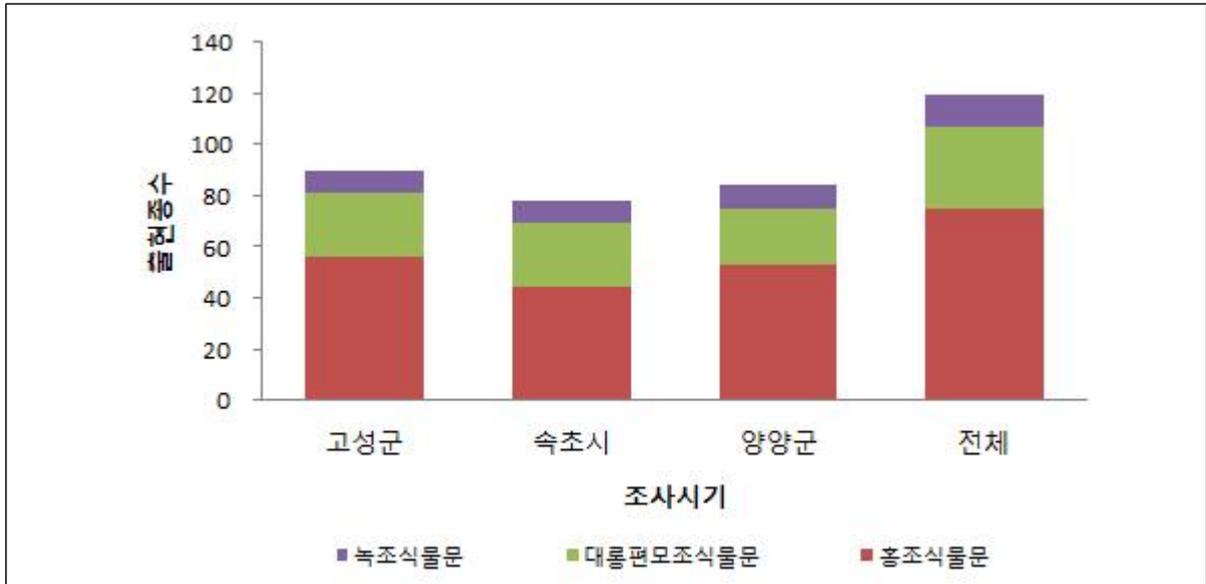


그림 25. 2010년대 강원 북부 해역 조사 시군별 해조류의 출현 종수.

북부 해역의 조사 시기에 따른 출현 종수는 2016년 조사에서 75종(녹조식물문 10종, 대롱편모조식물문 26종, 홍조식물문 39종)으로 조사되었다, 2017년 조사에서는 77종(녹조식물 7종, 대롱편모조식물문 17종, 홍조식물문 53종)이 출현한 것으로 조사되었다. 2018년 조사에서는 85종(녹조식물문 9종, 대롱편모조식물문 23종, 홍조식물 53종)이 출현한 것으로 보고되었다.

표 23. 2010년대 강원 북부 해역 조사 년도별 해조류의 분류군별 출현 종수

분류군	2010년대			전체
	2016년	2017년	2018년	
녹조식물문	10	7	9	12
대롱편모조식물문	26	17	23	32
홍조식물문	39	53	53	75
합계	75	77	85	119

나. 강원 중부 및 남부 해역

1) 2000년대의 해조류 분포 현황

강원 북부 해역인 강릉시, 동해시, 삼척시 해역의 논문 및 보고서 등 문헌 조사에서 출현한 해조류는 총 196종이 출현한 것으로 보고되었다. 분류군별로는 녹조식물문이 23종(11.7%), 대롱편모조식물문이 46종(23.5%), 홍조식물문이 126종(64.3%), 해산피자식물문이 1종(0.5%)이 출현한 것으로 나타났으며, 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다.

시군별로는 강릉시 해역에서 출현한 해조류는 146종이 출현한 것으로 보고되었으며, 분류군별로는 녹조식물문이 18종(12.3%), 대롱편모조식물문이 33종(22.6%), 홍조식물문이 94종(64.4%), 해산피자식물문이 1종(0.7%)이 출현하였다. 동해시에서는 총 12종이 보고되었고, 분류군별로는 녹조식물문이 3종(25.0%), 대롱편모조식물문이 6종(50.0%), 홍조식물문이 3종(25.0%)이 출현하였다. 삼척시에서는 총 129종이 보고되었고, 분류군별로는 녹조식물문이 15종(11.6%), 대롱편모조식물문이 33종(25.6%), 홍조식물문이 81종(62.8%)이 출현하였다. 동해시 해역에서 출현 종수가 높게 나타난 것은 조사 횟수 및 조사 정점 등 조사 강도가 높았기 때문으로 판단된다.

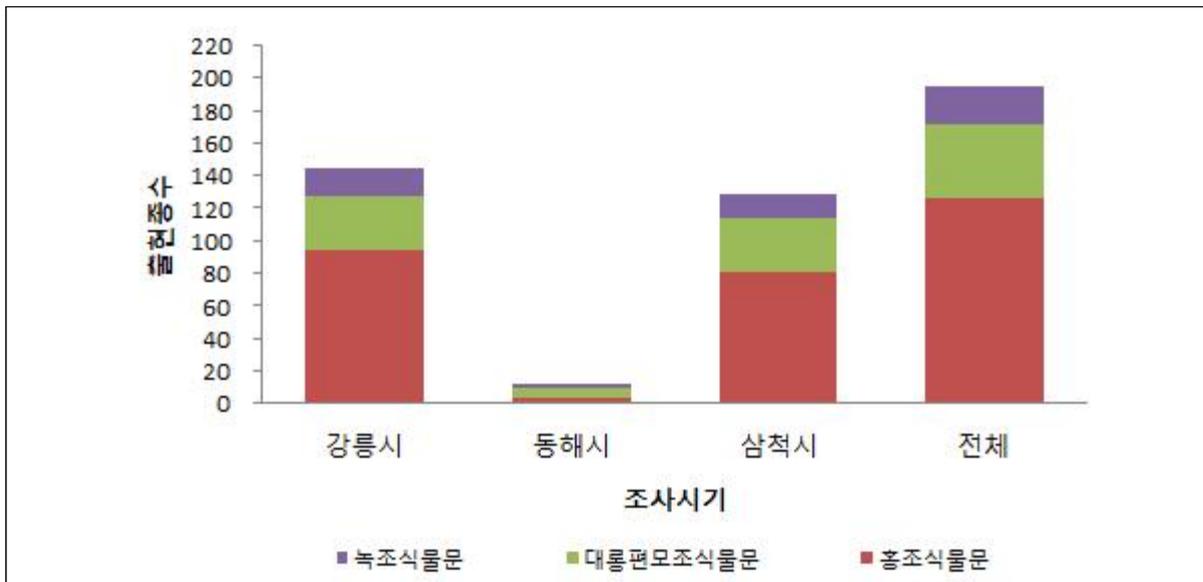


그림 26. 2000년대 강원 중부 및 남부 해역 조사 시군별 해조류의 출현 종수.

북부 해역의 조사 시기에 따른 출현 종수는 2006년 조사에서 121종(녹조식물문 16종, 대룡편모조식물문 31종, 홍조식물문 74종)으로 조사되었다, 2009년 조사에서는 110종(녹조식물 11종, 대룡편모조식물문 25종, 홍조식물문 73종, 해산피자식물문 1종)이 출현한 것으로 조사되었다. 2010년 조사에서는 92종(녹조식물문 12종, 대룡편모조식물문 24종, 홍조식물 56종)이 출현한 것으로 보고되었다.

표 24. 2000년대 강원 중부 및 남부 해역 조사 년도별 해조류의 분류군별 출현 종수

분류군	2000년대			전체
	2006년	2009년	2010년	
녹조식물문	16	11	12	23
대룡편모조식물문	31	25	24	46
홍조식물문	74	73	56	126
해산피자식물문	0	1	0	1
합계	121	110	92	196

2) 2010년대의 해조류 분포 현황

강원 북부 해역인 강릉시, 동해시, 삼척시 해역의 논문 및 보고서 등 문헌 조사에서 출현한 해조류는 총 165종이 출현한 것으로 보고되었다. 분류군별로는 녹조식물문이 16종(9.7%), 대룡편모조식물문이 46종(27.9%), 홍조식물문이 103종(62.4%)이 출현한 것으로 나타났으며, 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다.

시군별로는 강릉시 해역에서 출현한 해조류는 87종이 출현한 것으로 보고되었으며, 분류군별로는 녹조식물문이 10종(11.5%), 대룡편모조식물문이 21종(24.1%), 홍조식물문이 56종(64.4%)이 출현하였다. 동해시 해역에서는 77종이 출현한 것으로 보고되었으며, 분류군별로는 녹조식물문이 10종(13.0%), 대룡편모조식물문이 23종(29.9%), 홍조식물문이 44종(57.1%)이 출현하였다. 삼척시에서는 총 140종이 보고되었고, 분류군별로는 녹조식물문이 14종(10.0%), 대룡편모조식물문이 37종(26.4%), 홍조식물문이 89종(63.6%)이 출현하였다.

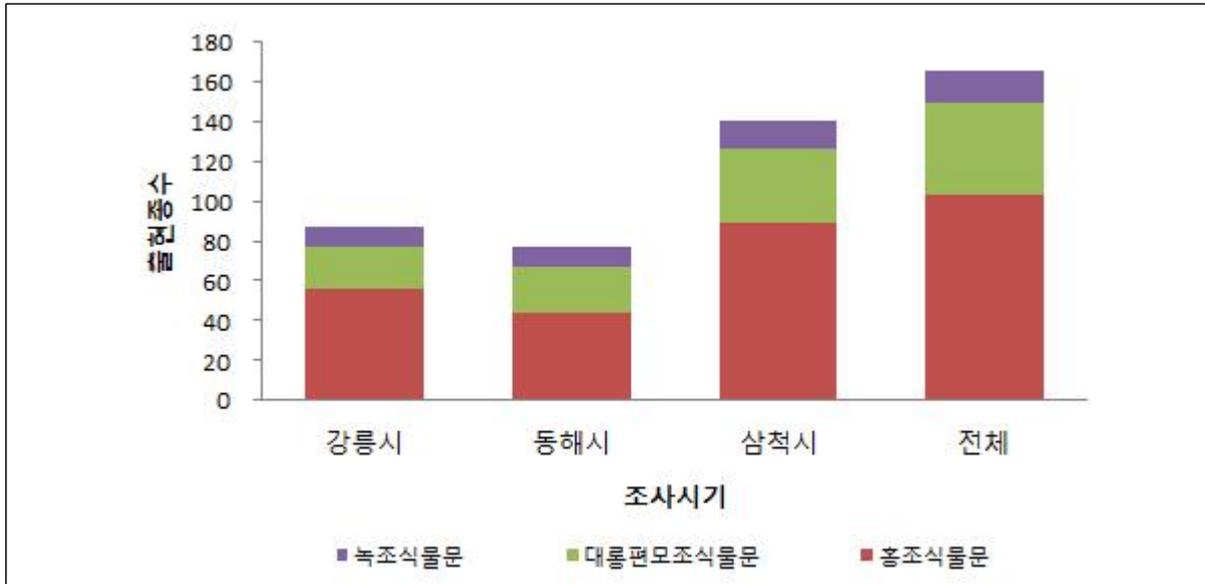


그림 27. 2010년대 강원 중부 및 남부 해역 조사 시군별 해조류의 출현 종수.

북부 해역의 조사 시기에 따른 출현 종수는 2011년 조사에서 98종(녹조식물문 7종, 대룡편모조식물문 29종, 홍조식물문 62종)으로 조사되었다, 2016년 조사에서는 85종(녹조식물 9종, 대룡편모조식물문 25종, 홍조식물문 51종)이 출현한 것으로 조사되었다. 2017년 조사에서는 54종(녹조식물문 9종, 대룡편모조식물문 16종, 홍조식물 28종)이 출현한 것으로 보고되었다. 2018년 조사에서는 94종(녹조식물문 13종, 대룡편모조식물문 20종, 홍조식물 61종)이 출현한 것으로 보고되었다.

표 25. 2010년대 강원 중부 및 남부 해역 조사 년도별 해조류의 분류군별 출현종수

분류군	2010년대				전체
	2011년	2016년	2017년	2018년	
녹조식물문	7	9	9	13	16
대룡편모조식물문	29	25	16	20	46
홍조식물문	62	51	28	61	103
합계	98	85	54	94	165

다. 2021년 하계와 추계의 해조류 현존량

1) 속초 외용치 연안

가) 출현종수

강원 북부 해역인 속초시 외용치 해역에서 2021년 하계와 추계에 잠수 조사에서 출현한 해조류는 총 31종이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 4종(12.9%), 대롱편모조식물문이 4종(12.9%), 홍조식물문이 23종(74.2%)으로 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다.

조사 시기별 출현 종수는 하계에 총 15종이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 2종(13.3%), 대롱편모조식물문이 2종(13.3%), 홍조식물문이 11종(73.3%)로 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다. 수심별로는 5m 정점에서는 7종(녹조식물문 2종, 홍조식물문 5종)이 출현하였고, 수심 10m 정점에서는 8종(녹조식물문 1종, 대롱편모조식물문 2종, 홍조식물문 5종)이 출현하였다. 수심 15m 정점에서는 6종(녹조식물문 1종, 대롱편모조식물문 1종, 홍조식물문 4종)이 출현하였다.

표 26. 2021년 속초시 외용치 해역의 하계 수심별 해조류의 분류군별 출현 종수

분류군	수심			전체
	5m	10m	15m	
녹조식물문	2	1	1	2
대롱편모조식물문	0	2	1	2
홍조식물문	5	5	4	11
합계	7	8	6	15

추계에 출현한 해조류는 총 25종이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 3종(12.0%), 대롱편모조식물문이 4종(16.0%), 홍조식물문이 18종(72.0%)으로 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다. 수심별로는 5m 정점에서는 11종(녹조식물문 2종, 대롱편모조식물문 3종, 홍조식물문 6종)이 출현하였고, 수심 10m 정점에서는 10종(녹조식물문 1종, 대롱편모조식물문 2종, 홍조식물문 7종)이 출현하였다. 수심 15m 정점에서는 13종(녹조식물문 2종, 대롱편모조식물문 3종, 홍조식물문 8종)이 출현하였다.

표 27. 2021년 속초시 외용치 해역의 추계 수심별 해조류의 분류군별 출현 종수

분류군	수심			전체
	5m	10m	15m	
녹조식물문	2	1	2	3
대롱편모조식물문	3	2	3	4
홍조식물문	6	7	8	18
합계	11	10	13	25

나) 생물량

강원 북부 해역인 속초시 외용치 해역에서 2021년 하계와 추계에 잠수 조사에서 출현한 해조류의 생물량은 총 844.24 gWWt(평균 140.71 gWWt/m²)이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 평균 37.54 gWWt/m²(26.7%), 대롱편모조식물문이 평균 10.39 gWWt/m²(7.4%), 홍조식물문이 평균 92.77 gWWt/m²(65.9%)이 출현하였다.

조사 시기별로 하계에 출현한 해조류의 생물량은 총 471.72 gWWt(평균 157.24 gWWt/m²)이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 평균 62.23 gWWt/m²(39.6%), 대롱편모조식물문이 평균 3.53 gWWt/m²(2.2%), 홍조식물문이 평균 91.48 gWWt/m²(58.2%)이 출현하였다. 수심별로는 5m 정점에서 총 340.40 gWWt/m²(녹조식물문 183.68 gWWt/m², 홍조식물문 156.72 gWWt/m²)이 출현하였다. 수심 10m 정점에서는 총 126.28 gWWt/m²(녹조식물문 0.12 gWWt/m², 대롱편모조식물문 9.92 gWWt/m², 홍조식물문 116.24 gWWt/m²)이 출현하였다. 수심 15m 정점에서는 총 5.04 gWWt/m²(녹조식물문 2.88 gWWt/m², 대롱편모조식물문 0.68 gWWt/m², 홍조식물문 1.48 gWWt/m²)이 출현하였다. 수심별 생물량은 수심이 깊어질수록 생물량이 낮아지는 경향을 보였다.

표 28. 2021년 속초시 외용치 해역의 하계 수심별 해조류의 분류군별 생물량

분류군	수심			평균 (gWWt/m ²)
	5m	10m	15m	
녹조식물문	183.68	0.12	2.88	62.23
대롱편모조식물문	0.00	9.92	0.68	3.53
홍조식물문	156.72	116.24	1.48	91.48
합계	340.40	126.28	5.04	157.24

추계에 출현한 해조류의 생물량은 총 372.52 gWWt(평균 124.17 gWWt/m²)이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 평균 12.85 gWWt/m²(10.4%), 대롱편모조식물문이 평균 17.25 gWWt/m²(13.9%), 홍조식물문이 평균 94.07 gWWt/m²(75.8%)이 출현하였다. 수심별로는 5m 정점에서 총 106.12 gWWt/m²(녹조식물문 4.32 gWWt/m², 대롱편모조식물문 2.00 gWWt/m², 홍조식물문 99.80 gWWt/m²)이 출현하였다. 수심 10m 정점에서는 총 149.56 gWWt/m²(녹조식물문 0.12 gWWt/m², 대롱편모조식물문 4.36 gWWt/m², 홍조식물문 145.08 gWWt/m²)이 출현하였다. 수심 15m 정점에서는 총 116.84 gWWt/m²(녹조식물문 34.12 gWWt/m², 대롱편모조식물문 45.40 gWWt/m², 홍조식물문 37.32 gWWt/m²)이 출현하였다. 수심별 생물량은 수심 10m에서 가장 높은 생물량을 보였다.

표 29. 2021년 속초시 외옹치 해역의 추계 수심별 해조류의 분류군별 생물량

분류군	수심			평균 (gWWt/m ²)
	5m	10m	15m	
녹조식물문	4.32	0.12	34.12	12.85
대롱편모조식물문	2.00	4.36	45.40	17.25
홍조식물문	99.80	145.08	37.32	94.07
합계	106.12	149.56	116.84	124.17

다) 생물학적 생태지수 및 우점종

조사 해역에서 출현한 해조류를 대상으로 생물량에 대한 생태지수는 풍부도지수, 균등도지수, 종다양도지수, 우점도지수를 분석하였다.

하계 조사에서 수심별 생물량에 대한 생태학적 생태지수는 전체 출현종에 대한 풍부도지수 2.27, 균등도지수 0.61, 종다양도지수 1.66, 우점도지수 0.26으로 나타났다. 수심 5m 정점에서는 풍부도지수 1.03, 균등도지수 0.59, 종다양도지수 1.15, 우점도지수 0.40으로 나타났다. 수심 10m 정점에서는 풍부도지수 1.45, 균등도지수 0.54, 종다양도지수 1.12, 우점도지수 0.44로 나타났다. 수심 15m 정점에서는 풍부도지수 3.09, 균등도지수 0.72, 종다양도지수 1.30, 우점도지수 0.37로 나타났다.

표 30. 2021년 속초시 외용치 해역의 하계 수심별 생물량에 대한 생물학적 생태지수

생태지수	수심			전체
	5m	10m	15m	
풍부도지수	1.03	1.45	3.09	2.27
균등도지수	0.59	0.54	0.72	0.61
종다양도지수	1.15	1.12	1.30	1.66
우점도지수	0.40	0.44	0.37	0.26

추계 조사에서 수심별 생물량에 대한 생태학적 생태지수는 전체 출현종에 대한 풍부도 지수 4.05, 균등도지수 0.68, 종다양도지수 2.17, 우점도지수 0.17로 나타났다. 수심 5m 정점에서는 풍부도지수 2.14, 균등도지수 0.21, 종다양도지수 0.50, 우점도지수 0.81로 나타났다. 수심 10m 정점에서는 풍부도지수 1.80, 균등도지수 0.47, 종다양도지수 1.07, 우점도지수 0.47로 나타났다. 수심 15m 정점에서는 풍부도지수 2.52, 균등도지수 0.69, 종다양도지수 1.77, 우점도지수 0.23으로 나타났다.

표 31. 2021년 속초시 외용치 해역의 추계 수심별 생물량에 대한 생물학적 생태지수

생태지수	수심			전체
	5m	10m	15m	
풍부도지수	2.14	1.80	2.52	4.05
균등도지수	0.21	0.47	0.69	0.68
종다양도지수	0.50	1.07	1.77	2.17
우점도지수	0.81	0.47	0.23	0.17

조사 해역에서 수심별 우점종은 피도와 빈도에 대한 중요도 지수를 산정하여 우점종을 선정하였다.

하계에 피도와 빈도에 대한 중요도 지수에 대한 우점종은 수심 5m 정점에서는 구멍갈파래(*Ulva australis*)가 생물량 181.56 gWWt/m²으로 중요도 43.86으로 최우점하였고, 다음으로 개서실(*Chondria crassicaulis*)이 중요도 23.84, 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*)이 9.62의 순으로 우점하는 것으로 조사되었다. 수심 10m 정점에서는 부챗살(*Ahnfeltiopsis flabelliformis*)이 생물량 78.84 gWWt/m²으로 중요도 37.32로 최우점하

였고, 다음으로 깃꼴진두발(*Chondrus pinnulatus*)이 중요도 19.44, 개그물바탕말(*Rugulopteryx okamurae*)이 중요도 14.29, 참빛풀(*Odonthalia corymbifera*)이 중요도 10.28의 순으로 우점하는 것으로 조사되었다. 수심 15m 정점에서는 구멍갈파래가 생물량 2.88 gWWt/m²으로 중요도 35.78로 최우점하였고, 다음으로 개그물바탕말이 중요도 16.37, 털다지다홍풀(*Dasya villosa*)이 중요도 15.06, 부챗살이 중요도 13.78, 구멍분홍치(*Sparlingia pertusa*)가 중요도 12.13의 순으로 우점하였다.

표 32. 2021년 속초시 외옹치 해역 하계에 출현한 해조류의 피도, 빈도에 대한 상위 3위 우점종

수심	학명	국명	생물량 (gWWt/m ²)	상대피도 (%)	상대빈도 (%)	중요도
5m	<i>Ulva australis</i>	구멍갈파래	181.56	66.67	21.05	43.86
	<i>Chondria crassicaulis</i>	개서실	115.40	16.09	31.58	23.84
	<i>Polysiphonia morrowii</i>	모로우붉은실	10.84	3.45	15.79	9.62
10m	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부챗살	78.84	46.06	28.57	37.32
	<i>Chondrus pinnulatus</i>	깃꼴진두발	25.52	24.60	14.29	19.44
	<i>Rugulopteryx okamurae</i>	개그물바탕말	9.40	7.16	21.43	14.29
15m	<i>Ulva australis</i>	구멍갈파래	2.88	49.34	22.22	35.78
	<i>Rugulopteryx okamurae</i>	개그물바탕말	0.68	10.53	22.22	16.37
	<i>Dasya villosa</i>	털다지다홍풀	0.44	7.89	22.22	15.06

추계에 피도와 빈도에 대한 중요도 지수에 대한 우점종은 수심 5m 정점에서는 개서실이 생물량 95.68 gWWt/m²으로 중요도 31.15로 최우점하였고, 다음으로 부챗살이 중요도 12.91, 구멍갈파래가 9.39의 순으로 우점하는 것으로 조사되었다. 수심 10m 정점에서는 붉은까막살(*Grateloupia cornea*)이 생물량 95.20 gWWt/m²으로 중요도 34.96으로 최우점하였고, 다음으로 참보라색우무(*Symphyclocladia latiuscula*)가 중요도 16.48, 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)이 중요도 9.06의 순으로 우점하는 것으로 조사되었다. 수심 15m 정점에서는 미끈뼈대그물말(*Dictyopteris divaricata*)이 생물량 42.88 gWWt/m²으로 중요도 23.69로 최우점하였고, 다음으로 돌가사리(*Chondracanthus tenellus*)가 중요도 12.44, 청각(*Codium fragile*)이 중요도 11.23의 순으로 우점하였다.

표 33. 2021년 속초시 외용치 해역 추계에 출현한 해조류의 피도, 빈도에 대한 상위 3위 우점종

수심	학명	국명	생물량 (gWWt/m ²)	상대피도 (%)	상대빈도 (%)	중요도
5m	<i>Chondria crassicaulis</i>	개서살	95.68	47.30	15.00	31.15
	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부챗살	1.92	10.81	15.00	12.91
	<i>Ulva australis</i>	구멍갈파래	3.88	13.78	5.00	9.39
10m	<i>Grateloupia cornea</i>	붉은까막살	95.20	49.92	20.00	34.96
	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	참보라색우무	38.16	16.97	16.00	16.48
	<i>Sargassum horneri</i>	팽생이모자반	2.92	6.12	12.00	9.06
15m	<i>Dictyopteris divaricata</i>	미끈뼈대그물말	42.88	31.38	16.00	23.69
	<i>Chondracanthus tenellus</i>	돌가사리	8.92	12.88	12.00	12.44
	<i>Codium fragile</i>	청각	31.96	14.45	8.00	11.23

2) 강릉 사근진 해역

가) 출현 종수

강원 중부 및 남부 해역인 강릉시 사근진 해역에서 2021년 하계와 추계에 잠수 조사에서 출현한 해조류는 총 14종이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 1종(7.1%), 대롱편모조식물문이 2종(14.3%), 홍조식물문이 10종(71.4%), 해산피자식물이 1종(7.1%)으로 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다.

조사 시기별 출현 종수는 하계에 총 14종이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 1종(7.1%), 대롱편모조식물문이 2종(14.3%), 홍조식물문이 10종(71.4%), 해산피자식물이 1종(7.1%)으로 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다. 수심별로는 5m 정점에서는 11종(녹조식물문 1종, 대롱편모조식물문 2종, 홍조식물문 8종)이 출현하였고, 수심 10m 정점에서는 홍조식물문 분류군에서만 2종이 출현하였다. 수심 15m 정점에서는 2종(홍조식물문 1종, 해산피자식물문 1종)이 출현하였다.

표 34. 2021년 강릉시 사근진 해역의 하계 수심별 해조류의 분류군별 출현종수

분류군	수심			전체
	5m	10m	15m	
녹조식물문	1	0	0	1
대롱편모조식물문	2	0	0	2
홍조식물문	8	2	1	10
해산피자식물문	0	0	1	1
합계	11	2	2	14

추계에 출현한 해조류는 총 13종이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문이 1종(7.7%), 대롱편모조식물문이 2종(15.4%), 홍조식물문이 9종(69.2%), 해산피자식물이 1종(7.7%)으로 홍조식물문 분류군에서 높은 구성비를 보였다. 수심별로는 5m 정점에서는 9종(녹조식물문 1종, 대롱편모조식물문 2종, 홍조식물문 6종)이 출현하였고, 수심 10m 정점에서는 홍조식물문 분류군에서만 3종이 출현하였다. 수심 15m 정점에서는 2종(홍조식물문 1종, 해산피자식물문 1종)이 출현하였다.

표 35. 2021년 강릉시 사근진 해역의 추계 수심별 해조류의 분류군별 출현종수

분류군	수심			전체
	5m	10m	15m	
녹조식물문	1	0	0	1
대롱편모조식물문	2	0	0	2
홍조식물문	6	3	1	9
해산피자식물문	0	0	1	1
합계	9	3	2	13

나) 생물량

강원 중부 및 남부 해역인 강릉시 사근진 해역에서 2021년 하계와 추계 잠수 조사에서 출현한 해조류의 생물량은 총 797.49 gWWt(평균 132.92 gWWt/m²)이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문 평균 9.93 gWWt/m²(7.5%), 대롱편모조식물문 평균 0.37 gWWt/m²(0.3%), 홍조식물문 평균 74.64 gWWt/m²(56.2%), 해산피자식물문 평균 47.97 gWWt/m²(36.1%)이 출현하였다. 홍조식물 분류군의 구성비가 높게 나타났다.

조사 시기별로는 하계에 출현한 해조류의 생물량은 총 443.72 gWWt(평균 147.91 gWWt/m²)이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문 평균 9.03 gWWt/m²(6.1%), 대롱편모조식물문 평균 1.80 gWWt/m²(0.4%), 홍조식물문 평균 185.04 gWWt/m²(41.7%), 피자식물문 평균 76.60 gWWt/m²(51.8%)이 출현하였다. 수심별로는 5m 정점에서 총 136.56 gWWt/m²(녹조식물문 27.08 gWWt/m², 대롱편모조식물문 1.80 gWWt/m², 홍조식물문 107.68 gWWt/m²)이 출현하였다. 수심 10m 정점에서는 홍조식물문 분류군에서만 4.88 gWWt/m²이 출현하였다. 수심 15m 정점에서는 총 302.28 gWWt/m²(홍조식물문 72.48 gWWt/m², 피자식물문 229.80 gWWt/m²)이 출현하다.

표 36. 2021년 강릉시 사근진 해역의 하계 수심별 해조류의 분류군별 생물량

분류군	수심			평균 (gWWt/m ²)
	5m	10m	15m	
녹조식물문	27.08	0.00	0.00	9.03
대롱편모조식물문	1.80	0.00	0.00	0.60
홍조식물문	107.68	4.88	72.48	61.68
해산피자식물문	0.00	0.00	229.80	76.60
합계	136.56	4.88	302.28	147.91

추계에 출현한 해조류의 생물량은 총 353.77 gWWt(평균 117.92 gWWt/m²)이 출현하였다. 분류군별로는 녹조식물문 평균 10.83 gWWt/m²(9.2%), 대롱편모조식물문이 평균 0.15 gWWt/m²(0.1%), 홍조식물문이 평균 87.60 gWWt/m²(74.3%), 해산피자식물문이 평균 19.35 gWWt/m²(16.4%)이 출현하였다. 수심별로는 5m 정점에서 총 107.28 gWWt/m²(녹조식물문 32.48 gWWt/m², 대롱편모조식물문 0.44 gWWt/m², 홍조식물문 74.36 gWWt/m²)이 출현하였다. 수심 10m 정점에서는 홍조식물문 분류군에서만 99.21 gWWt/m²이 출현하였다. 수심 15m 정점에서는 총 147.28 gWWt/m²(홍조식물문 89.24 gWWt/m², 해산피자식물문 58.04 gWWt/m²)이 출현하다.

표 37. 2021년 강릉시 사근진 해역의 추계 수심별 해조류의 분류군별 생물량

분류군	수심			평균 (gWWt/m ³)
	5m	10m	15m	
녹조식물문	32.48	0.00	0.00	10.83
대롱편모조식물문	0.44	0.00	0.00	0.15
홍조식물문	74.36	99.21	89.24	87.60
파자식물문	0.00	0.00	58.04	19.35
합계	107.28	99.21	147.28	117.92

다) 생물학적 생태지수 및 우점종

조사 해역에서 생물량에 대한 생태지수는 풍부도지수, 균등도지수, 종다양도지수, 우점도지수를 분석하였다.

하계 조사에서 수심별 생물량에 대한 생태학적 생태지수는 전체 출현종에 대한 풍부도지수 2.13, 균등도지수 0.56, 종다양도지수 1.48, 우점도지수 0.32로 나타났다. 수심 5m 정점에서는 풍부도지수 2.03, 균등도지수 0.64, 종다양도지수 1.53, 우점도지수 0.26으로 나타났다. 수심 10m 정점에서는 풍부도지수 0.63, 균등도지수 0.41, 종다양도지수 0.28, 우점도지수 0.85로 나타났다. 수심 15m 정점에서는 풍부도지수 0.18, 균등도지수 0.79, 종다양도지수 0.55, 우점도지수 0.64로 나타났다.

표 38. 2021년 강릉시 사근진 해역의 하계 수심별 생물량에 대한 생물학적 생태지수

생태지수	수심			전체
	5m	10m	15m	
풍부도지수	2.03	0.63	0.18	2.13
균등도지수	0.64	0.41	0.79	0.56
종다양도지수	1.53	0.28	0.55	1.48
우점도지수	0.26	0.85	0.64	0.32

추계 조사에서 수심별 생물량에 대한 생태학적 생태지수는 전체 출현종에 대한 풍부도지수 2.04, 균등도지수 0.77, 종다양도지수 1.97, 우점도지수 0.16으로 나타났다. 수심 5m 정점에서는 풍부도지수 1.71, 균등도지수 0.67, 종다양도지수 1.47, 우점도지수 0.27

로 나타났다. 수심 10m 정점에서는 풍부도지수 0.44, 균등도지수 0.53, 종다양도지수 0.58, 우점도지수 0.61으로 나타났다. 수심 15m 정점에서는 풍부도지수 0.20, 균등도지수 0.97, 종다양도지수 0.67, 우점도지수 0.52로 나타났다.

표 39. 2021년 강릉시 사근진 해역의 추계 수심별 생물량에 대한 생물학적 생태지수

생태지수	수심			전체
	5m	10m	15m	
풍부도지수	1.71	0.44	0.20	2.04
균등도지수	0.67	0.53	0.97	0.77
종다양도지수	1.47	0.58	0.67	1.97
우점도지수	0.27	0.61	0.52	0.16

조사 해역에서 수심별 우점종은 피도와 빈도에 대한 중요도지수를 산정하여 우점종을 선정하였다.

표 40. 2021년 강릉시 사근진 해역에서 하계에 출현한 해조류의 피도, 빈도에 대한 상위 3위 우점종

수심	학명	국명	생물량 (gWWt/m ²)	상대피도 (%)	상대빈도 (%)	중요도
5m	<i>Chondracanthus intermedius</i>	애기돌가사리	45.48	27.82	22.22	25.02
	<i>Laurencia intricata</i>	타래서실	43.40	23.85	16.67	20.26
	<i>Acrosorium polyneurum</i>	잔금분홍잎	12.60	16.53	11.11	13.82
10m	<i>Lithophyllum</i> sp.	흑돌잎류	4.48	83.33	66.67	75.00
	<i>Pachyarthron cretaceum</i>	굵은마디말	0.40	16.67	33.33	25.00
15m	<i>Phyllospadix</i> sp.	말갈피류	229.80	73.46	37.50	55.48
	<i>Lithophyllum</i> sp.	흑돌잎류	72.48	26.54	62.50	44.52

하계에 피도와 빈도에 대한 중요도 지수에 대한 우점종은 수심 5m 정점에서는 애기돌가사리(*Chondracanthus intermedius*)가 생물량 45.48 gWWt/m²으로 중요도 25.02로 최우점하였고, 다음으로 타래서실(*Laurencia intricata*)이 중요도 20.26, 잔금분홍잎

(*Acrosorium polyneurum*) 13.82, 떡청각(*Codium arabicum*)이 중요도 11.91의 순으로 우점하는 것으로 조사되었다. 수심 10m 정점에서는 흑돌일류(*ALithophyllum* sp.)가 생물량 4.48 gWWt/m²으로 중요도 75.00로 최우점하였고, 다음으로 굽은마디말(*Pachyarthron cretaceum*)이 중요도 25.00의 순으로 우점하는 것으로 조사되었다. 수심 15m 정점에서는 말잘피류(*Phyllospadix* sp.)가 생물량 229.80 gWWt/m²으로 중요도 55.48로 최우점하였고, 다음으로 흑돌일류가 중요도 44.52의 순으로 우점하였다.

추계에 피도와 빈도에 대한 중요도 지수에 대한 우점종은 수심 5m 정점에서는 잔금분홍잎이 생물량 20.96 gWWt/m²으로 중요도 23.85로 최우점하였고, 다음으로 부채분홍잎(*Acrosorium flabellatum*)이 중요도 22.81, 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*) 13.82, 떡청각이 중요도 14.83, 엇가지분홍풀(*Dasysiphonia japonica*)이 중요도 12.59의 순으로 우점하는 것으로 조사되었다. 수심 10m 정점에서는 흑돌일류가 생물량 72.80 gWWt/m²으로 중요도 54.90으로 최우점하였고, 다음으로 굽은마디말이 중요도 40.35의 순으로 우점하는 것으로 조사되었다. 수심 15m 정점에서는 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*)가 생물량 89.24 gWWt/m²으로 중요도 70.84로 최우점하였고, 다음으로 계바다말(*Phyllospadix japonica*)이 중요도 29.16의 순으로 우점하였다.

표 41. 2021년 강릉시 사근진 해역에서 추계에 출현한 해조류의 피도, 빈도에 대한 상위 3위 우점종

수심	학명	국명	생물량 (gWWt/m ²)	상대피도 (%)	상대빈도 (%)	중요도
5m	<i>Acrosorium polyneurum</i>	잔금분홍잎	20.96	24.16	23.53	23.85
	<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎	37.72	27.96	17.65	22.81
	<i>Codium arabicum</i>	떡청각	32.48	17.90	11.76	14.83
10m	<i>Lithophyllum</i> sp.	흑돌일류	72.80	46.15	63.64	54.90
	<i>Pachyarthron cretaceum</i>	굽은마디말	26.40	53.42	27.27	40.35
	<i>Dasysiphonia japonica</i>	엇가지분홍풀	0.01	0.43	9.09	4.76
15m	<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이	89.24	70.25	71.43	70.84
	<i>Phyllospadix japonica</i>	계바다말	58.04	29.75	28.57	29.16

3.4. 2021년 강원도 해양수산사업 현황

3.4.1. 2021년 강원도 해양수산사업

강원도(환동해본부)의 해양수산사업 집행지침서(2021, 발간등록번호: 72-6420000-000450-10)의 수산정책과 사업의 정책 자료를 시설물 보수 및 어항 개발 등의 공사 관련 사업과 수산생물 자원회복을 위한 산란장 조성 및 종묘(자) 생산사업 등 자원회복 사업, 시스템구축 등 정책사업, 기자재 및 시설비 지원 등의 지원사업, 마케팅과 가공 및 유통시설 등의 수산물 가공 및 판매 사업 등으로 구분하여 분석하였다.

환동해본부의 2021년 사업은 25개 사업을 수행하고 있으며, 사업비는 165억을 집행하고 있다. 이 중 자원회복 관련 사업의 577억으로 전체 예산의 35.0%로 가장 많은 구성비를 보였고, 다음으로 공사 관련 사업(24.6%), 지원 관련 사업(20.9%), 가공 및 판매 관련 사업(17.5%)의 순으로 사업을 수행하고 있는 것으로 나타났다.

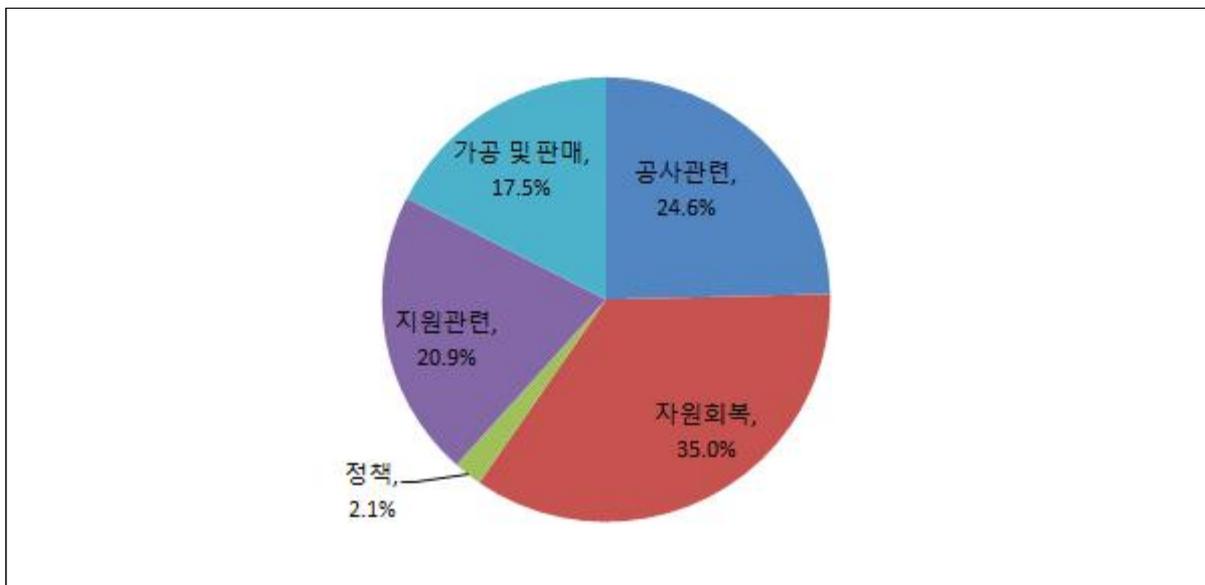


그림 28. 2021년 환동해본부 수산정책과 사업의 사업비 구성비율(%).

자료 : 2021년 해양수산사업 집행지침서

3.4.2. 2021년 강원도 자원회복 관련 현황

수산정책과의 자원 회복 사업은 유용 해조류 자원회복, 문어서식 산란장 조성사업, 해삼 특화양식단지 조성, 우렁챙이 종자 자립지원, 수산종자관리(해면)사업, 바다숲 조성사업으로 6개의 사업을 수행 중이다. 이 중 유용 해조류 자원 회복과 바다숲 조성 사업 2개 사업

이 직접 해양생태계를 복원하는 사업이었고, 나머지는 종묘생산 및 산란장 조성사업 등으로 나타났다.

사업의 예산을 살펴보면 서식단지 및 산란장 조성 사업인 문어 서식 산란장 조성사업과 해삼 특화 양식단지 조성 사업이 자원회복 사업 예산의 50.5%로 가장 높은 비율을 차지하였고, 다음으로 종자관련 사업인 우렁챙이 종자 자립지원, 수산종자관리(해면) 사업이 25.2%의 구성비를 보였고, 해양생태계 복원 사업인 유용 해조류 자원회복사업과 바다숲 조성 사업은 24.3%의 구성비를 보였다.

표 42. 2021년 환동해본부 수산정책과 사업 중 자원회복 관련 사업비

(단위 : 천원)

구분	사업명	금액
자원조성사업	문어 서식 산란장 조성	1,200,000
	해삼 특화양식단지 조성	1,712,000
종자관련 사업	우렁우생이 종자 자립지원	42,000
	수산종자관리	1,412,857
생태계 복원 사업	유용 해조류 자원회복	500,000
	바다숲 조성	904,760

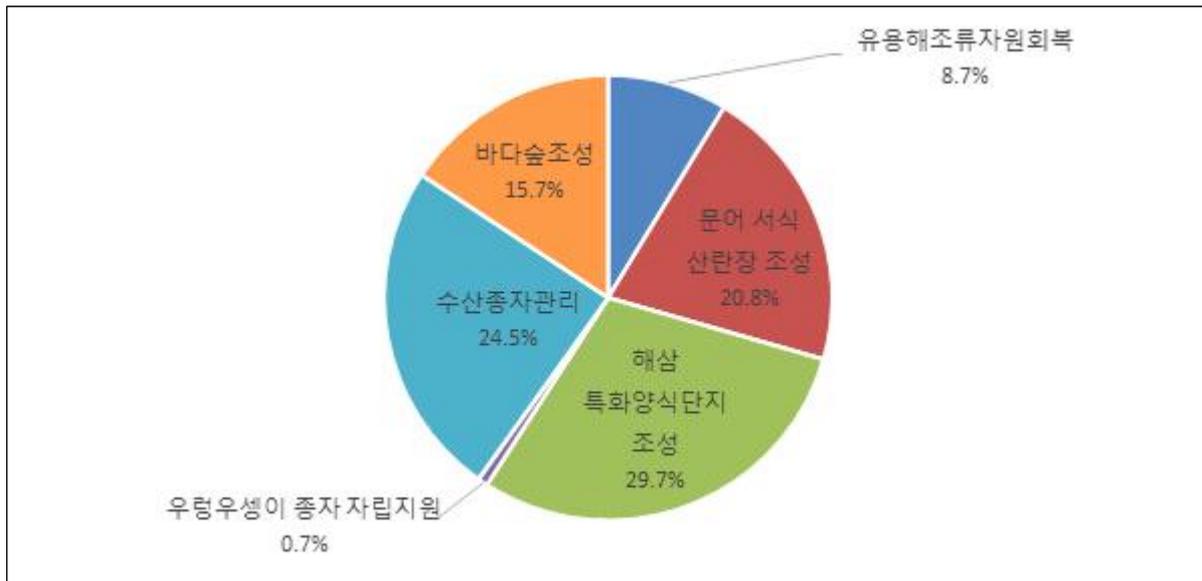


그림 29. 2021년 환동해본부 수산정책과 사업 중 자원회복 관련 사업비 구성비율(%)

자료 : 2021년 해양수산사업 집행지침서

3.4.3. 생태계복원 관련 사업(유용 해조류 자원회복과 바다숲 조성)

가. 강원도 유용 해조류 자원회복 정책

강원도 환동해본부의 2021년 해양수산사업 집행지침서에 따르며, 기후변화, 갯녹음 발생 확대 등으로 동해안 유용해조류(다시마, 미역 등) 자원이 급격히 감소하고 있어 유용 해조류 자원회복을 통한 수산생물 서식환경 개선 및 유용식물자원 확보를 목적으로 사업을 수행 중인 유용 해조류 자원회복 사업을 수행하고 있다.

과업의 내용은 다음과 같다.

1. 추진방향

- 가. 마을어장내 바다숲 조성사업 등으로 설치된 인공어초 및 자연암반 지역을 대상으로 유용 해조류 직접 이식 실시
- 나. 주변수역이 다시마 등 유용 해조류 자원의 서식이 적합한 수역을 우선적으로 실시하고, 조식생물 구제 작업을 병행 추진

2. 근거 법령

- 가. 『수산자원관리법』 제 41조(수산자원조성사업)
- 나. 『강원도 해양수산 발전 조례』 제 5조(보조대상 사업)

3. 연도별 자원계획

(단위 : 천원)

구분	총계획	' 20년까지	2021년	2022년	' 23년 이후	
사업량	50개소	16개소	6개소	6개소	22개소	
사업비	계	3,000,000	900,000	500,000	500,000	1,100,000
	도비	900,000	270,000	150,000	150,000	330,000
	시군비	2,100,000	630,000	350,000	350,000	770,000

4. 2021년도 사업시행 요령

<사업개요>

가. 사업내용

- 1) 사업지역 : 동해안 6개 시군
- 2) 사업계획
 - 사업량 : 6개소
 - 사업비 : 500,000천원(도비 150,000, 시군비 350,000)

3) 지원율 : 도비 30%, 시군비 70%

4) 사업내용 : 해조류이식, 사후관리(조식동물구제, 모니터링, 시비제 살포 등)

가. 2021년 사업내용

(단위 : 천원)

시군별	사업량	사업비		
		계	도비	시군비
합계	6개소	500,000	150,000	350,000
강릉시	1개소	90,000	270,000	63,000
동해시	1개소	50,000	15,000	35,000
속초시	1개소	90,000	27,000	63,000
삼척시	1개소	80,000	24,000	56,000
고성군	1개소	100,000	30,000	70,000
양양군	1개소	90,000	27,000	63,000

<추진체계>

가. 사업집행주체 : 시장, 군수

나. 사업담당부서

- 1) 도 : 수산정책과 사업지역 : 동해안 6개 시군
- 2) 시군 : 해양수산과

다. 사업추진체계

- 1) 도 : 예산배정, 집행지침 시달, 추진상황 점검, 확인
- 2) 시군 : 사업시행계획 수립, 사업추진, 정산서 제출 및 사후관리

라. 사업시행

1) 계획수립

- 연안 해역별 연차별 다시마 등 유용 해조류 자원회복사업 추진계획을 수립하고, 해당계획에 따라 사업을 추진하여야 함
- 사업집행주체는 당해 연도 사업계획 수립 시 총 이식 해조류의 70% 이상을 다시마로 수립하여야 함
- 유용해조류 종자확보 시 강원도 연구기관에서 생산한 종자를 무상분양 받아 본 사업을 실시 할 수 있음

2) 적지선정

- 사업 효과 제고를 위해 인공어초 시설 지역 및 자연 암반 지역을 중심으로 추진하여야 함
- 과거에 해조류가 다량 서식하였으나, 현재 갯녹음 발생으로 인해 해조류가 소멸된 수역을 선정
- 대상 해역의 수심, 조류, 유속, 저질 등을

3) 사업방법

- 유용 해조류 종자 생산업체에서 구입한 종자(씨줄)를 사업적지에 설치하여 하며, 설치된 씨줄은 흔들리지 않게 안전하게 고정시키고 광합성 작용이 원활하도록 적정 밀도와 수심에 유의하여야 함
- 유용 해조류 자원회복 효과를 높이기 위하여 씨줄 설치 1주일 전까지 주변 수역의 성게, 군소 등 조식동물을 구제하여야 하며 전년도 사업지역에도 성게, 군소 등 해적생물 구제작업 및 보식 작업을 실시할 수 있음
- 사업완료 후 유용 해조류 이식의 서식상태 확인을 위한 모니터링을 1회 실시하고, 다음연도 예산으로 이식한 해조류가 성장하여 갯녹음 현상이 발생하는 시기 이전에 1회 추가 실시하여 사업효과 검증 실시

4) 사업비 사용범위

- 유용 해조류 종자 구입비
- 유용 해조류 씨줄 고정 설치용 로프 구입비
- 작업선박 및 잠수부 인건비
- 성게, 군소 등 조식동물 구제비
- 운반비, 모니터링비 등 기타 사업집행주체가 인정하는 비용

5) 사후관리

- 시설어장에 대한 다시마 생육 상태 등을 연 1회 이상 확인하여야 함
- 해조류 사업지역에 대하여는 성게, 군소 등 조식동물 구제작업을 주기적으로 실시하여야 함
- 전년도 사업지역에 대하여는 모니터링을 실시하고 6월 30일까지 결과물(동영상, 결과보고서)을 제출하여야 함
- 사후관리에 소요사업비는 당해 연도 예산으로 활용 가능함

나. 바다숲 조성 사업 정책

2021년 해양수산사업 집행지침서에 따르면, 갯녹음 발생해역을 대상으로 바다숲을 조성하고, 체계적 관리를 통한 연안 생태계 및 수산자원 서식처 복원과 바다숲 조성을 통한 지속 가능한 수산자원회복의 자생력 확보를 목적으로 바다숲 조성사업을 수행하고 있다. 과업의 내용은 다음과 같다.

1. 추진방향

- 가. 갯녹음(백화현상) 심화 수역을 사업지로 선정하여 대상 해역의 생태환경 특성을 우선 고려하여 해조숲 집중복원 추진
- 나. 해역별 환경 및 서식 해조류 특성을 고려한 사업을 진행

2. 근거 법령

- 가. 『수산자원관리법』 제 41조(수산자원조성사업)
- 나. 『강원도 해양수산 발전 조례』 제 5조(보조대상 사업)

3. 연도별 자원계획

(단위 : 천원)

구분	총계획	' 20년까지	2021년	2022년	' 23년 이후	
사업량	3,104ha	1,107ha	73ha	95ha	1,919ha	
상업비	계	22,351,000	15,819,488	904,760	1,400,000	4,226,752
	국비	11,539,000	11,539,000	-	-	-
	도비	7,236,000	2,348,050	760,000	1,176,000	2,951,950
	시군비	3,576,000	1,932,438	144,760	224,000	1,274,802

4. 2021년도 사업시행 요령

<사업개요>

가. 사업내용

- 1) 사업지역 : 동해안 4개 시군
- 2) 사업계획
 - 사업량 : 73ha
 - 사업비 : 904,760천원(도비 760,000, 시군비 144,760)
- 3) 지원율 : 도비 84%, 시군비 16%
- 4) 사업내용 : 적지조사, 기반시설조성, 사후관리(조식동물구제, 모니터링, 해조류 보식, 시비재 살포 등)

가. 2021년 사업내용

(단위 : 천원)

시군별	사업량	사업비		
		계	도비	시군비
합계	73ha	904,760	760,000	144,760
강릉시	h20a	240,000	201,600	38,400
속초시	ha19	234,760	197,200	37,560
삼척시	ha18	230,000	193,200	36,800
고성군	ha16	200,000	168,000	32,000

<추진체계>

가. 사업집행주체 : 시장, 군수

나. 사업담당부서

1) 도 : 수산정책과 사업지역 : 동해안 6개 시군

2) 시군 : 해양수산과

다. 사업추진체계

1) 도 : 예산배정, 집행지침 시달, 추진상황 점검, 확인

2) 시군 : 사업시행계획 수립, 사업추진, 정산서 제출 및 사후관리

라. 사업시행

1) 시설계획수립

- 바다숲 조성사업 계획을 수립하여 연차별, 해역별 시설계획 수립

2) 적지선정

- 사업집행주체는 바다숲 예정지에 대한 적지조사를 실시한 후 아래의 기준에 따라 사업대상지를 선정

- 갯녹음 진행해역으로 정책적 고려가 필요한 수역
- 인공어초 등 설치보다 자연암반 활용, 개서 등을 통한 바다숲 조성이 가능한 수역
- 어촌계 참여 의지가 높고, 사후 수산자원관리수역 지정 등 사업 협조가 적극적이고 사후관리 체계가 확립된 수역
- 접근성 및 생태체험 등 친수공간으로 활용성이 높은 수역

3) 바다숲 조성초 : 바다숲 조성초 선정에 있어 필요한 경우 강원도 어초 관리위원회에서 심의 선정을 요청 할 수 있음

(단, 도에서는 심의 일정 위원회 소집 안전 상정만 하고, 상정안건에 대한 설명 등 모든 행정적 행위는 해당 시군에서 실시)

4) 사후관리

- 바다숲 해역의 효율적 관리를 위하여 시장 군수가 필요하다고 인정할 경우 「수산자원관리수면」으로 지정 고시하여 관리할 수 있음

- 시설물에 대한 어초사후관리부를 어촌계 사업 단위로 작성, 비치하고 매년 1회 이상 바다숲 조성 실태를 확인하고 기록, 유지하여야 함

5) 사후관리

- 사업집행주체는 바다숲 조성사업의 효과조사를 위해 확보된 당해 연도 사업 예산으로 최근 3년간 진행된 사업대상 수역에 대한 모니터링을 실시

※ 모니터링을 통해 조성한 후 3년 이내라도 바다숲 조성이 안정화 될 경우에는 관리를 조기에 종료할 수 있으며, 추가 관리가 필요한 경우에는 관리 기간을 연장 가능(강원도와 사전 협의)

- 시군에서는 해당 사업에 대한 모니터링을 실시하고 결과물(동영상, 결과보고서)을 6월 30일까지 제출하여야 함

※ 모니터링 항목 : 갯녹음 해소율, 해조류 천이와 생물상 변동, 이식해조류의 성장 및 생존율, 설치 어초의 안정성과 부착생물상 등 조사

- 효과조사, 모니터링에 소요되는 비용은 당해 연도 예산의 15% 범위 내에서 활용이 가능함

3.5. 강원 연안 해양기후 변화에 따른 해양생태계 변화 대응방안

3.5.1. 수산자원 감소에 따른 생태계 복원 정책사업 개선점

가. 유용 해조류 자원회복 사업 정책

강원도(환동해본부)에서 수행하고 있는 유용 해조류 자원회복 사업은 강원도 대표 해조류인 대형 갈조류 다시마를 활용하여 기존에 시설된 인공어초 조성 사업지(바다숲 시설지 포함) 또는 자연 암반을 활용하여 암반에 천공작업을 통하여 연승줄을 고정하는 방법 등을 사용하여 사업을 수행 중에 있다.

강원도에서 자생하는 다시마 자원의 감소로 인하여 생태계 복원을 위한 자생 해조류 복원사업은 연안 생태계에서 해조류가 가지는 생태적 위치를 복원한다는 점에서 유용한 정책으로 평가된다. 하지만 이러한 복원사업에 있어 성공적인 자원회복의 효과를 거두기 위한 개선점은 다음과 같다.

첫째 : 이식에 사용하는 다시마는 대부분 남해안에서 양식하고 있는 해조류를 육상으로 운반하여 사업에 사용하고 있다. 남해안 양식종 이식을 위하여 동해안으로 운반하기 위해서는 양식장에서 양성줄을 채취하고 운반하기까지 최소한 1일 이상의 시간이 소요되는 실정이다. 다시마는 자연 생태계에서 항상 해양에 잠기어 육상 노출에 약한 해조류이므로 운반과정에서 이식용 해조류의 손상을 입을 가능성이 높다. 그리고 남해안에서 서식하고 있는 부착생물이 다시마 표면에 착생 되어 같이 이동하여 이식지에 유입되어 대량 번무함으로서 생태계 교란 등의 원인 생물로 작용할 가능성도 있다.

둘째 : 사업부서에서 이식 해조류의 생태와 상관없이 행정적인 시간 절차에 맞추어 사업을 진행함으로써, 이식 해조류의 생장에 영향을 줄 수 있다. 다시마의 경우 단년생 해조류로서 12월에 유엽으로 발아하여 5월까지 급격히 성장하고 수온이 상승하는 8월까지 수온에 의한 끝녹음 현상 등으로 생장은 쇠퇴하지만, 엽장의 두께가 증가하면서 가을철에 포자(씨앗)를 방출하고 부착기질에서 탈락하는 종으로 사업 시기가 다시마 생장이 쇠퇴하는 5월 이후에 이루어짐으로써, 이식한 해조류가 이식 환경에 적응하지 못하고 고사하거나, 다시마가 가지는 생태계에서의 지위를 발휘하지 못하는 경우가 있다.

셋째 : 시설 사업지 선정에 있어서 행정적으로 어촌계에 배당하는 형식으로 사업이 진행되고 있어 시설지에 대한 정보 부족으로 해조류 이식 효과가 감소되는 해역이어도 사업을 수행하여야 하는 것이다. 예를 들어 사업지에 조식동물인 성게 및 군소가 대량 발생한 해역, 자연암반에 시설할 경우 시설 암반의 면적이 작은 경우 등의 이식 효과가 감소되는 해역이 사업지로 선정되어도 사업을 수행해야 하는 경우가 있다.

넷째 : 일반적으로 해양생태계 복원사업은 지자체 및 중앙 정부에서 수행하고 있다. 사업을 수행하는 과정에서 발주처와 사업 시행처에서 주로 사업을 수행하고 있어, 실제 연안을 이용하는 어촌계의 참여가 거의 없어 사업에 대한 관리가 어려울 뿐만 아니라 이용자인 어촌계의 공감을 얻기 어려운 실정이다.

이러한 사업의 실질적인 생태계 복원사업의 효과를 거두기 위해서는 개선점에 대하여 동해안에서 해조류 종묘생산이 가능하도록 민간의 노력이 필요할 뿐만 아니라 강원도 자생하는 생물종의 고유 유전자원 확보와 보존, 유지를 위한 대량생산 기반 시설과 인력 양성이 필요할 것으로 판단된다. 이용자인 어업인이 종묘를 직접 생산하고 시설, 수확을 통해 유통, 판매가 가능하도록 하여 어업인의 참여를 유도하여 호응도를 높이기 위한 제도적인 장치가 마련되어야 생태계 복원사업의 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

나. 바다숲 조성 사업

바다숲 조성사업은 연안의 해조류가 착생할 수 있는 부착기질인 암반에 석회조류가 피복됨으로써, 유용 해조류가 착생하지 못하고 소실되는 현상으로 현재 바다숲 조성사업은 중앙정부인 해양수산부의 산하 기관인 한국수산자원공단(FIRA)와 지방자치단체 등 주로 정부 기관에서 수행하고 있는 사업이다. 바다숲 조성사업은 갯녹음 해역에 인공어초를 이용하여 해조류를 직접 이식하는 방법과 해조류의 포자 방출을 유도하고 시설지 아래의 해조류의 생존 환경을 형성하는 Canopy를 만들어주는 수중저연승 시설, 유용해조류의 포자 방출을 극대화하여 주변 암반에 해조류의 발생을 유도하는 모조주머니 시설 등 다양한 방법으로 수행 중에 있다. 이러한 바다숲 조성에 의한 생태계 복원 사업에서 자원회복의 효과를 거두기 위한 개선점은 다음과 같다.

첫째 : 바다숲 조성사업은 중앙정부인 해양수산부와 지방자치단체에서 이원적으로 사업이 이루어지고 있어 중복적으로 사업이 진행되는 경우가 있음. 현재 바다숲 조성사업은 수산자원공단에서 바다숲 조성사업을 수행하고 3년이 경과한 후 지자체로 이관하고 있다. 그러나 지자체로 이관한 바다숲 조성지에 대한 관리가 거의 없는 실정으로 바다숲 조성에 대한 효과를 얻을 수 없는 경우가 있다.

둘째 : 사업주체인 한국수산자원공단이나, 지자체에서 바다숲 조성사업을 수행하고 있지만, 조성방법 등이 한정적으로 이루어지고 있고, 정확한 프로토콜의 부재로 인하여 사업의 진행이 제 각각으로 이루어지고 있다. 생태계 복원사업은 모든 해역에서 공통적으로 이루어지는 방법 뿐 만 아니라 각 해역의 특성에 맞는 방법으로 사업을 수행하여야 효율적이고 안정적인 생태계 복원 이루어질 것으로 판단된다.

셋째 : 바다숲 조성용 해조류 종묘의 다양화가 필요하다. 현재의 이식용 종묘는 인공어초나 암반에 직접 이식하는 종묘는 대부분 다년생 대형 갈조류인 감태, 곰피, 대황 등이 이용되고 있다. 그러나 동해안 북부 특히, 강원해역의 경우 이러한 다년생 대형 갈조류가 자생하고 있지 않음에도 불구하고 이들 종묘를 이식 대상 종으로 선정하여 사용하고 있다. 그러므로 향후에는 해역에서 자생하는 해조류의 새로운 이식 대상종의 발굴이 필요할 것으로 판단된다.

넷째 : 바다숲 조성사업 역시 앞의 유용 해조류 자원사업과 동일하게 실제 연안을 이용하는 어촌계의 참여가 거의 없어 사업에 대한 관리가 어려울 뿐만 아니라 이용자인 어촌계의 공감을 얻기 어려운 실정이다.

이러한 사업의 실질적인 생태계 복원사업의 효과를 거두기 위해서는 개선점에 대하여 사업주체, 이용자, 사업수행처 등의 관련자들의 유기적인 협력체계가 구축할 수 있는 방안 등을 협의하여야 생태계 복원사업의 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

3.5.2. 강원 연안 기후 변화에 따라 사라진 유용 해조류

가. 다시마

다시마(*Saccharina japonica*)는 다시마목(Laminariales) 다시마과(Laminariaceae) 해조류로 우리나라에서는 1960년대 이전에는 다시마는 원산 이북에서만 원산 이남에는 개다시마(*Saccharina sculpera*)가 자생하는 것으로 알려져 있었다. 동해안에서 다시마는 1970년 초에 일본산 다시마의 양식으로 동해안 연안으로 서식지가 확대되었다. 1900년대에 이전에는 고성군에서 삼척까지 고르게 분포하였고, 2000년대 이후에는 저도, 거진, 속초, 경포, 사천에 분포하였다. 현재는 다시마가 점차 감소하는 경향을 보이고 있다. 과년도에 다시마가 관찰 되었으나 차년도에 관찰되지 않는 경향을 볼 때 생태적 주기특성을 가지고 있다고 판단된다. 자생다시마의 경우 3~5년 주기의 장기적인 모니터링을 통해 분포특성과 주변 환경에 대한 특성도 동시에 조사해야 한다고 사료 된다.

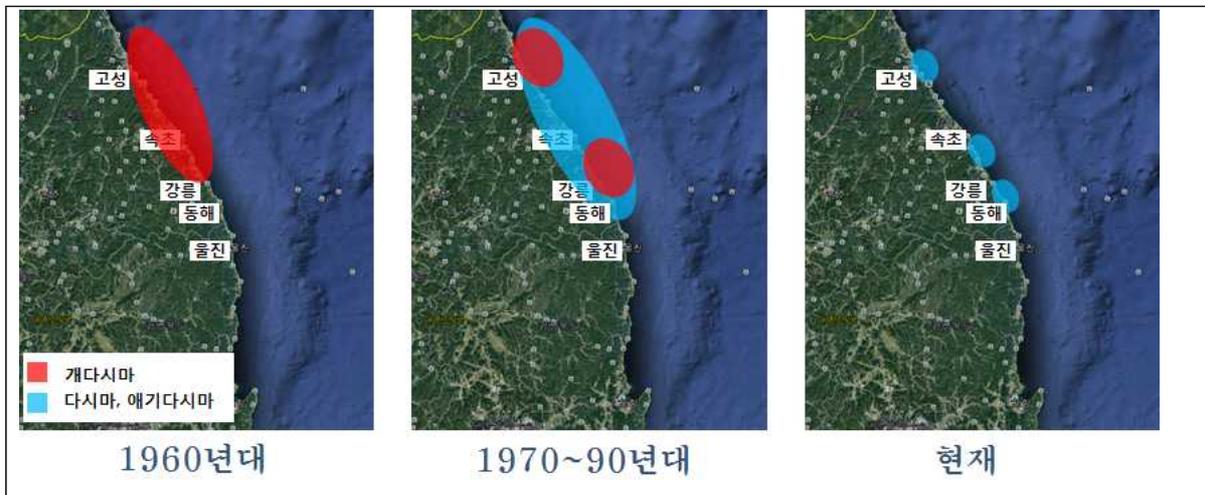


그림 30. 다시마류의 연대별 분포 현황

동해안에서 다시마가 급격히 감소하는 원인은 두 가지로 추측된다. 하나는 해양환경이 변화하여 서식환경이 변화하여 서식하기 어려워졌기 때문이다. 해조류는 해저에 부착되어 서식하는 저서생물(低棲生物, Benthos, Benthic organisms)로 해양환경이 바뀌면 이동하지 못하고 그대로 영향을 받아 분포의 변동이 나타난 것으로 추측할 수 있다. 둘은 다시마의 과도한 채취이다. 그 예로 개다시마의 주요 분포 수심은 마을 어장의 범위를 벗어나 잠수기 어업의 대상이 되었기에 선별적으로 채집하는 해녀에 비해 하루 종일 잠수할 수 있는 잠수기 어업선에 의해 새로 돌아오는 생물량에 비해 과도하게 채집이 이루어졌을 것으로 추측

된다. 2013년 강원도 수산자원연구원에서는 “고유종 다시마 모조확보 잠수조사” 연구에서 우리나라에서는 동해안에만 고유하게 분포하던 개다시마를 찾지 못했고, 원래의 서식처에는 고성외의 경우 구멍쇠미역(*Agarum clathratum*) 군락으로 대체되었고, 속초의 경우는 구멍쇠미역과 왜다맥잎사촌(*Pseudopolyneura japonica*), 양양은 구멍쇠미역과 참빗풀(*Odonthalia corymbifera*)이 우점 되어 있는 것으로 알려졌다. 2010년 이후에 다시마 자원이 현저히 줄어든다고 기술하였다(김형근 교수).

나. 지누아리

홍조 지네지누아리(*Grateloupia asiatica*)는 우리나라 전 연안에 흔히 생육하며, 연안 해역 중 외해에 파도가 적은 만이나, 조간대 중, 상부 조수웅덩이에 잘 자란다. 지네지누아리는 강원 해역에서 연중 출현하는 해조류로 식용 자원으로 중요한 위치를 차지하고 있다. 엽체는 점액질이 있어 부드러우며 질긴 맛이 독특하다. 지누아리속(Genus, *Grateloupia*)은 열대부터 온대해역에 서식하는 지누아리과(Family, *Halymeniaceae*)내에서도 가장 많은 종을 포함하고 있다. 전 세계적으로 약 96종이 분포하는 것으로 알려져 있으며 우리나라에서는 지누아리속에 19종이 서식하는 것으로 기록되어 있다. 동해안과 남해안의 파도의 영향을 많이 받는 조간대 하부에 주로 서식하는 것으로 보고되었다(Kim HS, 생물지리지 2006; Lee et al., 2009). 해조군락은 일차 생산자로 동물의 먹이원인 유기물을 생성하며, 엽상체를 생활기반으로 여러 부착동물에 서식처를 제공한다. 또한, 저서동물부터 어류에 이르는 다양한 해양생물의 산란장 및 은신처를 형성하여 높은 생산성과 생물다양성을 보이는 중요한 생태적 역할을 한다(Duggins et al., 1989; Nybakken and Bertness, 2005). 지누아리는 바다 연안에 잔디숲을 이루어 해조 엽상체에 미소동물들이 부착 서식하여 연안생태계의 기초 종으로 작용하여 생태 서비스를 지원한다.

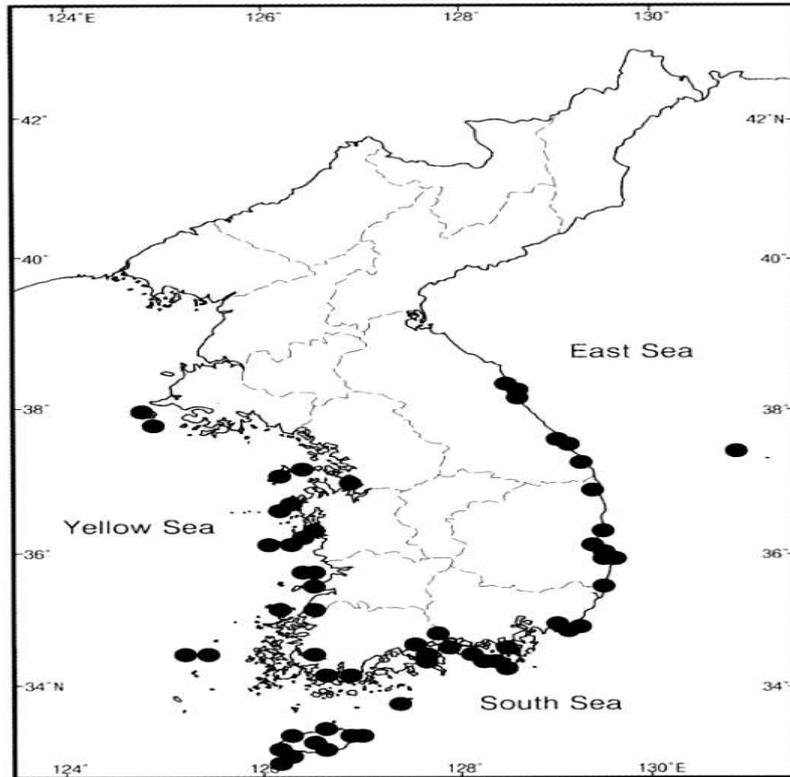


그림 31. 한국의 지네지누아리 분포 지역.

강원지방 사람에게는 지누아리 식물은 바다 야채로 특산 해조류로 여긴다. 늦은 봄철에 채취하여 생엽체로 먹거나 엽체를 말려 두었다가 장조림으로 만들어 먹는 식문화가 있다. 지누아리 추출물에는 신경세포 활성화 효과를 높이는 건강식품으로 알려져(Caliceti et al., 2002) 여러 형태로 식품이 개발되고 있다. 강릉 사천 마을에서 지누아리를 상품으로 만들어 판매하였으나 2010년 이후는 지누아리 원료가 모자라 상품화하지 못하고 있다. 어촌 소득원으로 어한기를 이용한 부수입이 되기도 하지만 자연 채취가 늘어나면서 연안의 지누아리 자원은 급감하고 있다.

2000년 이후에 지누아리 생산량이 수요량에 미치지 못하게 되면서 지누아리 생태연구와 종자로 성체로 바다에서 키우는 시험양성을 추진하였다(Lee 2009, Adharini and Kim, 2014). 지누아리 포자를 받아 사상체를 대량으로 만들어 각상체 형태로 종묘를 사용하여 해수표면에 로프에서 키우는 양성 방법 외에 해저 암반에 종묘를 이식하는 방법으로 자원 회복을 시켜 연안 종다양성을 높일 수 있다. 지누아리 작물을 키워서 식품화하게 되면 자연 채취로 기인하는 해조 자원 황폐화를 막을 수 있다. 지누아리 성숙 시기는 9-10월로 이 시기에 단각류 등 표생생물이나 엽체 속에 자라는 다모류 등 지누아리 군락에 서식하는 해양

생물 종 다양성이 높게 나타나 먹이사슬에서 차지하는 생태적 역할이 크다(전 등, 2000). 바다 연안 생태계는 연안역의 무분별한 해안개발과 해조류 채취로 인한 인간 활동의 증가와 여러 환경오염으로 인해 해조군락이 감소하고 생태적 기능을 잃게 된다(Mann, 2000; Steneck et al., 2002).

동해 북부 해역에서의 지누아리속의 분포는 이 등, 1993년에 속초에서 넓은지누아리(*G. livida*)가 출현한 것으로 보고하였으며, 이 등은 2001년도 속초 해역 해조 군락조사에서 삿지누아리(*G. divaricata*), 지네지누아리(*G. asiatica*), 넓은지누아리(*G. livida*), 개지누아리(*G. prolongata*) 등이 출현한 것으로 보고하였다. 김 등, 1996년에는 주문진 해역의 해조 군집 조사에서 지네지누아리(*G. asiatica*), 넓은지누아리(*G. livida*), 명주지누아리(*G. sparsa*), 왕지누아리(*G. acuminata*) 등 4종의 지누아리속이 출현한 것으로 보고하였다. 강릉 연안의 해조군락과 유용 해조자원 분포조사에서 강원도 양양군 남애리에서 울산시 울주군 온양지역까지 12개 지역의 해조류 조사에서 5종의 지누아리속이 출현하였고, 지네지누아리(*G. asiatica*)는 강원도 남애, 소돌, 경포, 동해 대진, 갈남 등 8개 해역에서 출현한 것으로 보고하였고, 생물량은 $2.0 \text{ gWWt/m}^2 \sim 5.1 \text{ gWWt/m}^2$ (평균 3.8 gWWt/m^2)이 분포하는 것으로 보고하였고, 다음으로 미끌도박(*G. turuturu*)은 5개 해역에서 출현한 것으로 보고하였다(손 등, 2007). 강원 동해 대진지역의 해조류 변동 양상 조사에서 2006년에서 2008년 동안 계절 조사에서 출현한 지누아리속은 지네지누아리(*G. asiatica*)가 출현한 것으로 보고하였다. 계절별 출현양상은 겨울철을 제외한 모든 계절에 출현하였고, 생물량은 2006년 여름과 2008년 봄에 각각 1.73 gWWt/m^2 과 1.35 gWWt/m^2 의 생물량이 출현한 것으로 보고하였다(신 등, 2008). 강원도 고성군 대진해역의 해조상 및 군집 조사에서 2007년 2부터 1월까지 월별 조사에서 3종의 지누아리속이 출현하였고, 이 중 지네지누아리(*G. asiatica*)는 11월에서 6월까지 출현하였고, 여름철에는 출현하지 않는 것으로 보고되었고, 생물량은 2월부터 6월까지 생물량이 증가하는 경향을 보였고, 11월에 8.00 gWWt/m^2 으로 가장 많은 생물량을 보인 것으로 보고하였다(김 등, 2010). 고성 교암, 강릉 사천, 사근진, 안인, 삼척 호산, 삼척 덕산, 속초 외옹치 해역에서 지네지누아리(*G. asiatica*)와 삿지누아리(*G. divaricata*)가 분포하고 있는 것으로 보고하였다(Lee et al. 2011).

3.5.3. 강원 연안 기후 변화에 따른 대응 방안(해조류)

동해안의 해수온은 해양온난화가 진행되어도 남서해안에 비해 저수온을 유지하고 있는 해역이다. 최근 남서해안의 해조류의 주요 양식 해역인 진도와 강원도 고성 최북단의 거진 해역과의 수온 변화를 조사하였다. 두 해역의 수온의 변화는 11월과 2월의 해수온 변화를 비교 분석하였다. 11월은 대형갈조류인 다시마류의 포자 방출 시기이며, 2월은 해조류 종묘의 가이식 시기 이거나, 양식 해조류가 유업에서 성장하는 시기이다.

11월 해수온 변화는 표층 수온은 강원 거진 해역에서 평균 15.29℃이었고, 진도 해역에서 16.06℃로 비슷한 수온 분포를 보였다. 그러나 저층은 강원 거진 해역은 8.79℃이었으나, 진도 해역에서는 16.09℃로 진도 해역에서 높은 수온 분포를 보였다. 진도 해역에서는 표층과 저층의 수온 차이가 없는 것으로 나타났다.

2월 해수온 변화는 표층 수온은 강원 거진 해역에서 평균 6.42℃이었고, 진도 해역에서 6.69℃로 비슷한 수온 분포를 보였다. 그러나 저층은 강원 거진 해역은 4.90℃이었으나, 진도 해역에서는 6.74℃로 진도 해역에서 높은 수온 분포를 보였다.

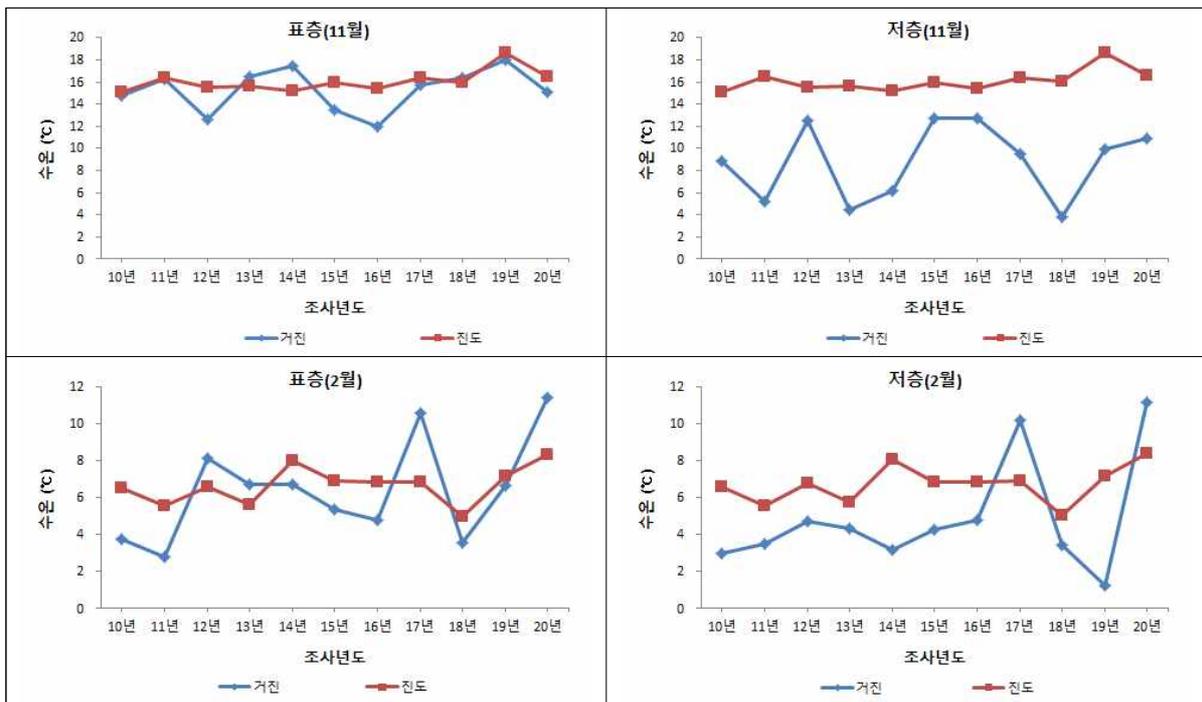


그림 32. 강원 고성 해역과 진도 해역의 11월과 2월 표층과 저층의 수온 변화.

가. 동해안 기후 변화로 남북 해양정보 교류

강원 바다는 전 지구적으로 볼 때 따뜻한 바다와 찬 바다의 경계에 해당된다. 그 중에서도 강원 바다 고성과 속초 해역은 남북한 경계에 위치하여 난류와 한류 세력의 경계부에 해당된다. 북한에 위치한 바다는 앞으로 기후 온난화가 가속화될 때 강원도 바다 환경이 될 수도 있다. 이런 점에서 남한과 북한의 해양정보 교류가 필요하다.

동북아 전체로 볼 때 한반도의 남부와 제주해역은 + 1.3℃ 상승, 오키나와 해역은 + 0.7℃ 상승을 보이며 일본 태평양 해역 도쿄 앞바다는 + 1.0℃ 상승을 나타낸다. 100여년간 장기 해수표면 수온 변화 폭으로 가장 크게 나타난 곳은 동해안 북부해역(고성~청진)이며, 고성 해역은 해수표면 수온이 크게 변화는 경계선에 위치하여 해양환경의 변화를 잘 감지할 수 있는 곳으로 해양정보를 다양하게 얻을 수 있다. 고성 해역이 동북아시아의 해양환경 정보 중심지, 해양환경의 수도라 할 수 있다.

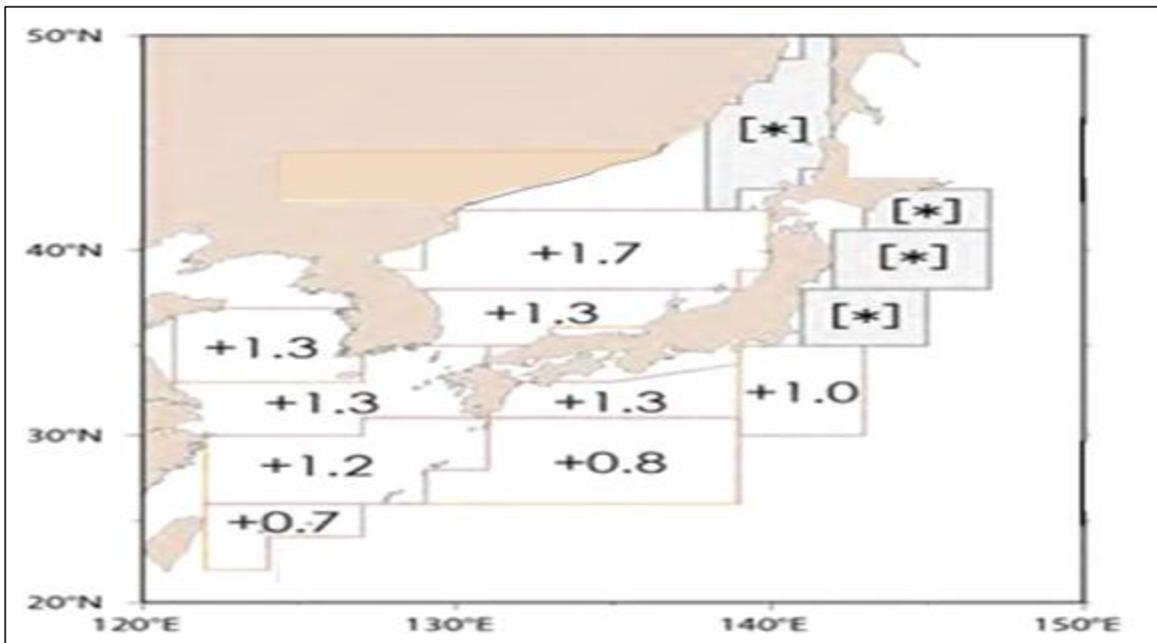


그림 33. 한반도 주변 해역 100 여 년간 장기 해수표면 수온 변화 상징 값.
(1900 ~ 2008년, Japan Meteorological Agency 2012)

현재 강원 북부 연안은 동해의 해양생태 환경의 정보 중심지이다. 러시아, 북한, 일본, 중국을 포함하는 동북아시아 중에서 강원 고성 해역은 난류와 한류가 교차하여 해양생물 분포의 독특성을 보인다. 다시마의 서식처 생태 특성은 해양환경의 바로미터가 된다. 고성 해역의 해양환경 모니터링은 동해안과 동북아 해양환경 수도로서 역할이 기대된다.

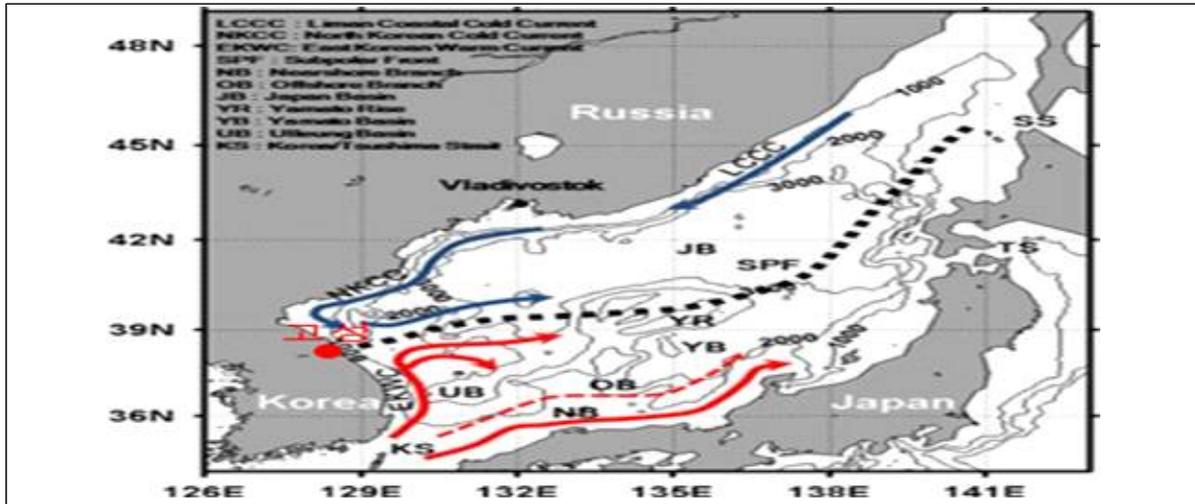


그림 34. 고성 해역 중심 동해안 겨울철 5°C 등온선(자료:이충일 교수).

고성군 북부 해역은 한류성 생물에게는 남방 한계 분포역이 되고 난류성 생물에게는 북방 한계가 되어 바다환경 변화를 잘 나타내준다. DMZ 바다는 70여 년간 발길이 끊긴 절대 자연보존 구역이다. DMZ는 한반도 남북과 동서 방향과 육상과 바다가 만나는 연안의 3대 생태 축을 가진다. DMZ 세계 유산 등재를 위해 인접도인 강원도와 경기도가 추진하고 있다. 해양생물자원의 채취나 어획 등 인간 활동이 금지된 절대 보전 해역도 세계유산자원에 포함한다. 동해안에서 DMZ 해역은 환경과 인간이 공존하는 모델을 제시할 수 있는 곳이다.

현재 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity) 등 국제적으로 생물에 대한 관심이 고조되고 있는 상황에서 향후 북한과 접해있는 강원도 경우 육상뿐만 아니라 다양한 해양생물자원의 보고인 강원도 이북의 해양정보 교류를 통하여 해양환경과 생물조건 지역으로 역할을 기대할 수 있을 뿐 만 아니라 더 나아가 동북아시아권의 해양환경 정보에 대한 교두보 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

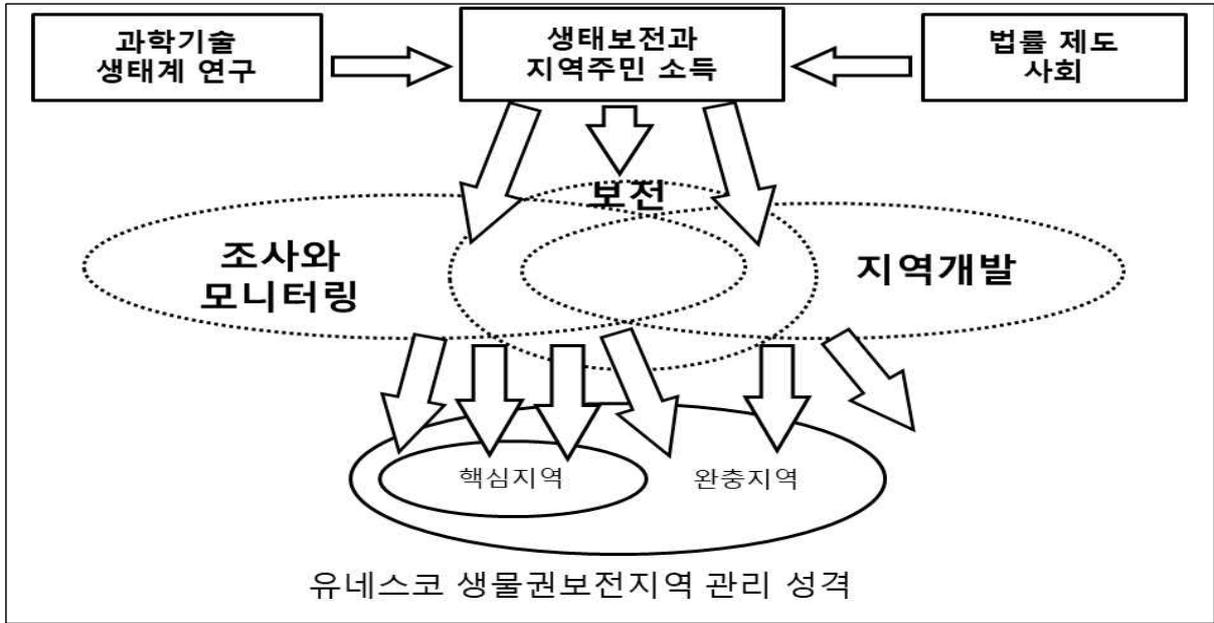


그림 35. 생태보전지역 모식도.

나. 바다숲 조성과 관리로 바다숲 종다양성과 생산성 향상

바다 생태계에서 다시마숲 형성은 생태계 먹이사슬과 물질순환에 크게 기여하게 된다. 다시마가 성장하여 숲을 이루어질 때 다시마 군락을 중심으로 해양생물의 종 다양성이 높아지고 해조숲 주변에 해조잎을 먹는 작은 동물들이 먹이사슬이 복잡한 먹이망을 형성하게 된다.

동해안 자연산 다시마 개체군이 축소되는 것은 기후 변화 영향을 반영하고 있다. 남해안에서 대량으로 로프에 양식되는 다시마와 해저 바닥에 붙어 자라는 자연 생태 다시마와는 차별화된다. 남해안 종묘가 고성 문암에 이식된 다시마와 고성 거진에 자연상태의 다시마의 성분이나 맛 차이를 자세하게 할 필요가 있다. 앞으로 다시마 대량양식이나 바다숲 조성 대상종으로 남해안 다시마 종묘보다는 강원 고성해역 거진 다시마 종묘로 대체해야 한다. 대진 다시마는 항안에 있어 개체가 크지만 부착생물이 착생되어 미관적으로나 식용에서 상품 가치가 떨어질 수 있다. 지역 어업인들의 연안생물 자원의 보호나 자원생물 소득 확대를 위해서는 거진에서 채집된 다시마 종류의 대량 종묘생산이 시급하다.

해양식물이 육상식물에 비해 이산화탄소의 흡수율이 높다. 바다에서 어업활동은 단백질 공급원 확보뿐 아니라 바다 이산화탄소를 건져 올리는 것을 의미한다. 어획활동이 기본적으로 수산자원의 증가분은 이루어져야 한다. 바다숲 생태복원 내용은 다음과 같다.

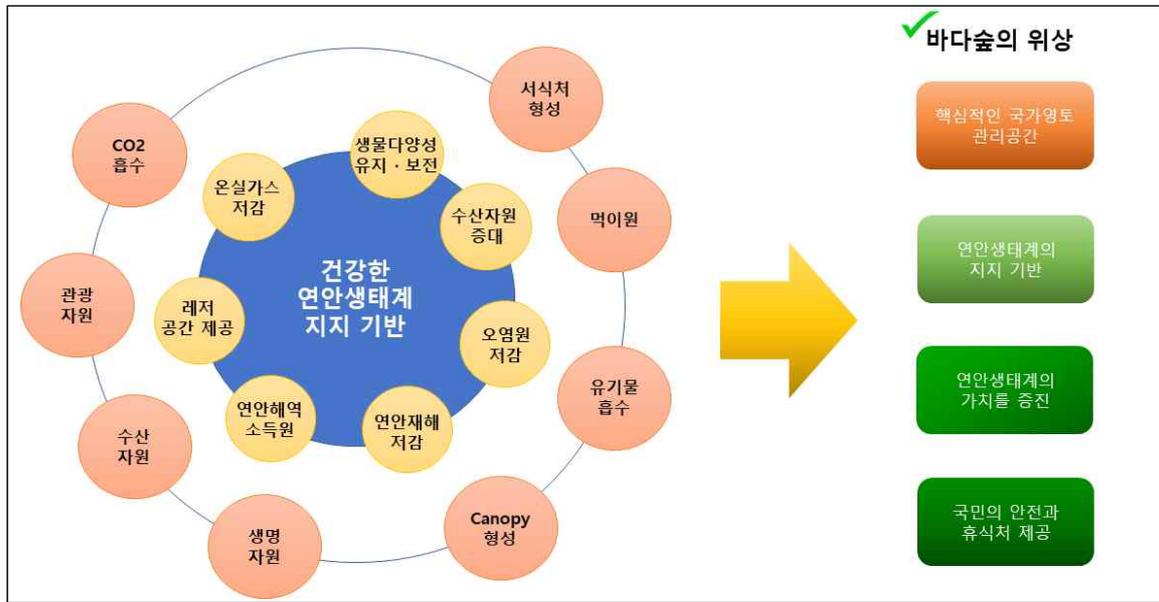


그림 36. 연안생태계 지지 기반 바다숲조성 관리 체계

해조자원 특화산업은 해조종자 생산 교류, 해양생태계 조사, 식품, 추출물 산업과 자원과 에너지, 생태순환, 탄소배출권, 어업인 경제향상에 기여한다. 연관 신산업으로 디자인, 섬유, 화장품, 기후와 환경, 보건, 유아기 해조음식 친하기, 의약품 원료, 정보공학, 인공지능, 해저탐색, 에너지 공학 등 4차 산업혁명 기술로 남북교류가 필요. 남북 접경지 해안 고유생물 유전자원의 보존과 유지, 대량생산을 통한 상품화 개발 및 주민 소득 증대, 다시마 등 한류성 해조 생물자원 교류 협력으로 해양생태계 복원을 할 수 있다.

다. 해양심층수 산업단지

지누아리는 캐러기난 성분으로 의약품, 화장품과 식품으로 그 쓰임새가 다양하다. 우리나라에서는 식용으로 하고 있어 지누아리의 활용도가 높다. 특히, 식용으로는 강원도나 동해안 지역에서 습관적으로 수요가 매우 높다. 가격도 생물량 kg 당 1만원, 건중량 kg 당 10만원으로 탱크 배양에 의한 완전 양식도 경제성이 있다고 보는 이유이다. 지누아리의 엽체에서 방출된 포자는 포자분열, 사상체, 구형 구조의 세 가지 형태의 단계를 거치면서 각 상체를 만들어서 그 위에서 싹을 형성하고 엽상체로 발전된다. 엽상체의 양성까지는 종묘 생산의 여러 단계에서 일정 수준의 시설과 인력이 필요하다. 해조의 시장성, 경제성, 수출 운송의 여건 등으로 볼 때 수출입 상품이 될 수 있다.

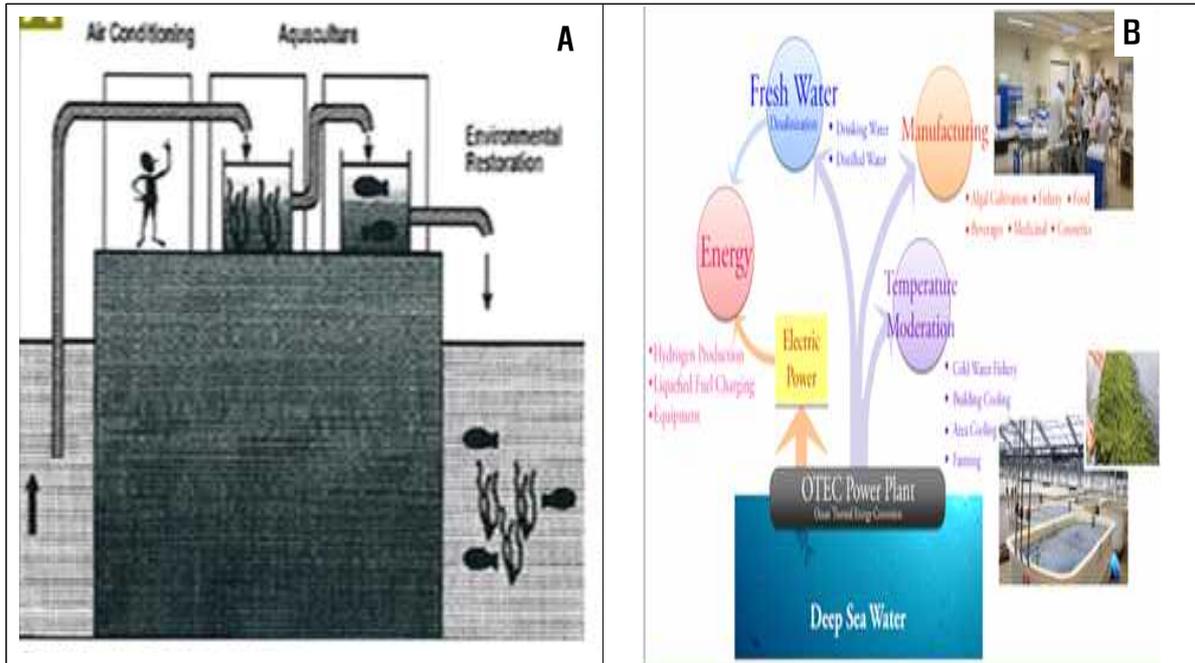


그림 37. A: 해양심층수 다목적 이용 모식도, B: 온도차 에너지 이용 해양생물 배양과 식품 가공 처리.

동해안은 수심이 깊어서 심층수를 활용한 육상단지에서의 에너지 활용이나 수산생물 배양에 좋은 환경 여건을 갖추고 있다. 우리나라의 해조류 양식은 서남해안이 다도해와 내만으로 이루어진 자연환경이 김, 미역, 다시마 해조류를 로프로 양식하는데 적합하여 발달 되어 왔다. 이에 비해 동해안은 파도의 영향이 커서 연안 시설물 설치가 어렵고 바다 양식 작업하는데 쉽지 않아 해면 양식이 거의 없는 실정이다. 그러나 육상단지로 퍼 올려진 심층수의 경우는 동해안의 환경을 살린 새로운 양식의 출발점이 될 수 있다. 근래에 연안의 도시화가 진행되면서 연안의 오염 물질의 유입, 매립, 해상활동의 증가는 해안에서의 양식을 점차 어렵게 하고 있으며, 외국의 경우를 보더라도 육상단지를 이용한 복합적인 목적의 해조류 양식은 발달할 것으로 보인다.

라. 강원 연안 생물자원 다양성 활용한 해양바이오산업 활성화

해양바이오산업 중에서 생물종의 고부가가치 산업으로 식품, 기능성 화장품, 신약으로 발전되고 있다. 2005년 일본 65세 이상 인구는 총 인구의 약 30%로 향후 간호용 식품시장이 확대될 것으로 전망(한국보건산업진흥원, 2011)되고 있다. 국내 고령식품 산업은 2020년 16조 6000억원 규모로 대부분 수입에 의존하고 있으나, 해양바이오산업 발전으로 이를 대체해 나갈 수 있다

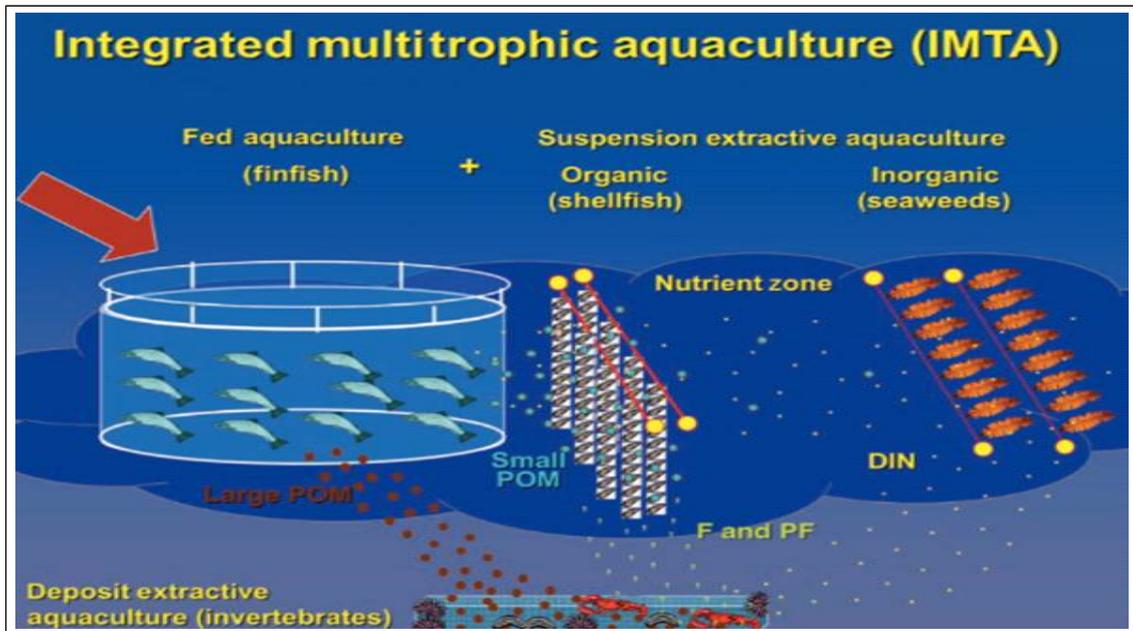


그림 38. 해양바이오 산업을 이용한 생태통합양식 체계(IMTA)

마. 해양생물 산업 클러스터

기후 변화에 의해 수온 상승으로 인하여 남해안의 해조류 양식장에도 종묘생산에 큰 어려움을 겪고 있다. 해조류 양식장에서 어린 개체인 유엽이 수온 상승으로 인하여 엽체가 녹는 현상이 발생함에 따라 가이식장 등 초기 발생 과정에서 피해를 입고 있다. 동해안의 경우 한해성이 우세한 지역이지만 섬 등이 없는 개방해역으로 파도 등 물리적 영향을 직접적으로 받아 양식장 시설이 어려운 해역으로 남해안에 비해 양식 어업의 형태가 저조하였다.

그러나 기술의 발달로 인하여 동해안에서 양식뿐만 아니라 육상시설 등 다양한 방법으로 해양생물에 대한 생산이 가능해 해졌다. 앞으로는 잡은 어업에서 기르는 어업으로 어업의 형태가 변화 되고 있으며, 어촌도 관광 및 생산 판매로 인한 소득 증대 등 수입원이 다양화되고 있다. 향후에는 산학연의 협력 방안을 강구함으로써 생태계 복원과 관리에 협력 방안을 강구할 필요가 있을 것으로 판단된다.

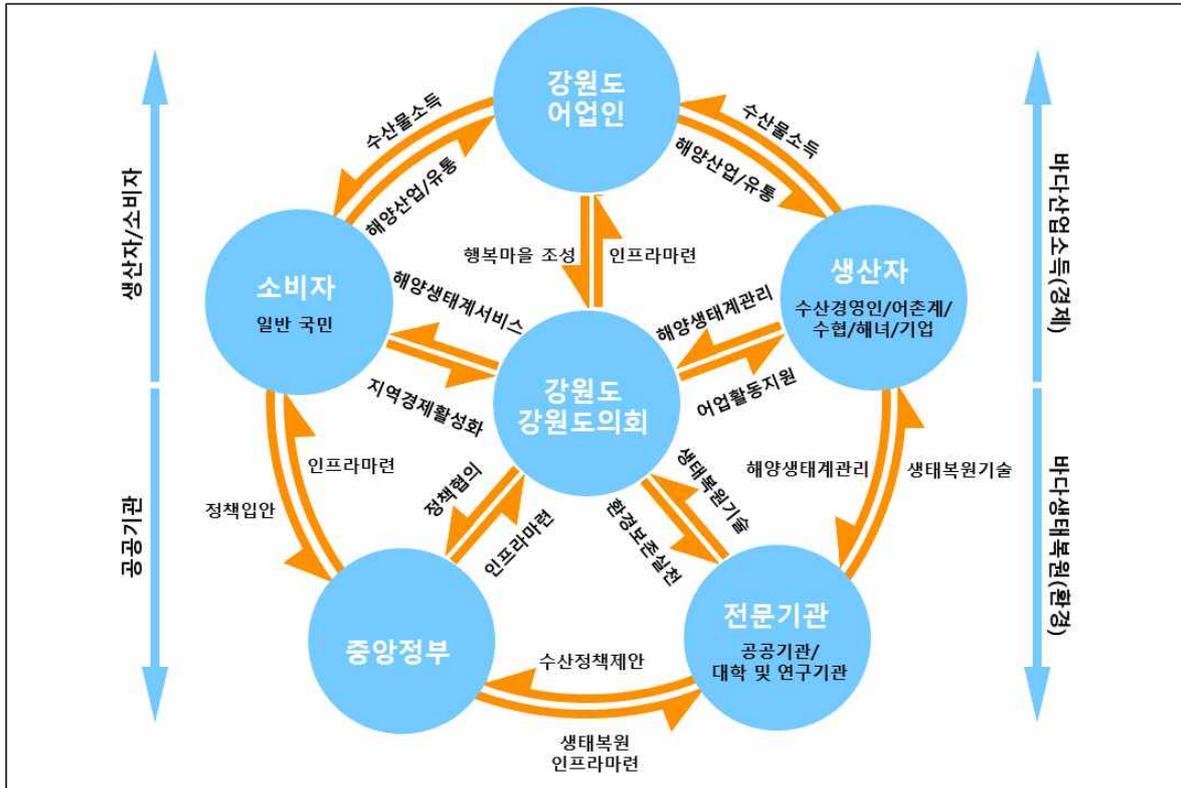


그림 39. 해양생물 산업화 클러스터 협력방안.

참고문헌

- 강제원. 1968. 한국동식물도감. 제8권 식물편(해조류). 문교부, 465pp.
- 국립수산진흥원. 1999. 한국연근해 유용연체동물도감. 도서출판구덕, 부산, 215pp.
- 한국수산자원공단. 2017. 국가 바다숲 조성·관리 기본계획(2018~2021) 수립연구. 강릉원주대학교. 141pp.
- 김영대, 공용근, 전창영, 송홍인, 박미선, 이채성, 유현일, 김영화. 2010. 동해안 중북부 대진 해역의 해조상 및 군집구조. 한국양식학회지. 43(5): 532-539.
- 김영대, 박미선, 유현일, 민변화, 진형주. 2012. 동해 비화 조하대 해조류 군집구조의 계절적 변화. 한국양식학회지. 45(3): 262-270.
- 김일희. 1998. 한국동식물도감, 제38권 동물편(따개비류, 공생성 요각류, 바다거미류). 교육부 국정교과서주식회사, 서울, 1038pp.
- 김영환, 허성희. 1998. 서해안 영광원자력 발전소 주변 해조군집의 종조성과 생물량. 한국수산학회지, 31(2): 186-194.
- 김수지. 2011. 동해 중부 조하대 해조류의 시·공간적 변동. 충북대학교 석사학위논문. 43pp.
- 김찬송, 김영식, 최한길, 남기완. 2014. 한국 동해 삼척시 갈남 해역의 해조 군집구조와 무절산호조류의 분포 변화. 한국환경생태학회지. 28(1): 10-28.
- 김훈수. 1973. 한국동식물도감, 제14권 동물편(집게·게류). 문교부, 694pp.
- 김훈수. 1977. 한국동식물도감, 제19권 동물편(새우류). 문교부, 414pp.
- 김형섭, 부성민, 이인규, 손철현. 2013. 국가 생물종 목록집 「해조류」. 환경부 국립생물자원관, 336pp.
- 부성민, 이욱재, 황일기, 금연심, 옥정현, 조가현. 2010. 한국의 조류(Algae). wp 2권 2호, 해산갈조류 II. 국립생물자원관, 인천, 205pp.
- 부성민, 고용덕. 2013. 한국의 해양식물. 국토해양부 해양·극한생물분자유전체연구단, 233pp.
- 백의인. 1989. 한국동식물도감, 제31권 동물편(갯지렁이류). 문교부, 764pp.

- 신재덕, 안중관, 김영환, 이승복, 김정하, 정익교. 2008. 한국 영안 해조류 생물량의 연간 변동 양상: 강원도 대진지역. 한국조류학회지, 23(4): 327-334.
- 손민호, 홍성윤. 2003. 바위해변에 사는 해양생물. 풍등출판사, 서울, 143pp.
- 손철현, 최창근, 김형근. 2007. 강릉 연안의 해조군락과 유용 해조자원 분포. 한국조류학회지. 22(1): 45-52.
- 이인규, 강제원. 1986. 한국산 해조류의 목록. 한국조류학회지, 1: 311~325.
- 이용필. 2008. 제주의 바닷말. 아카데미서적, 477pp.
- 이용필, 강서영. 2002. 한국산 해조류의 목록, 제주대학교출판부, 662pp.
- 최창근, 김영대, 공용근, 박규진. 2008. 한국 동해연안 해조류 생태도감, 국립수산과학원 동해수산연구소, 165pp.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집. 아카데미서적, 서울, 489pp.
- 한국과학기술연구원해양연구소. 1990. 한국산 두족류에 관한 연구(I). PE00180-266-3, 146pp.
- 해양수산부국립수산진흥원. 2001. 한국새우류도감. 한글그라픽스, 부산, 224pp.
- 해양환경공단. 2016. 2016년 국가 해양생태계 종합조사(암반생태계).
- 해양환경공단. 2016. 2018년 국가 해양생태계 종합조사(암반생태계).
- 해양환경공단. 2016. 2020년 국가 해양생태계 종합조사(암반생태계).
- Adharini and Kim., 2014, Developmental pattern of crust into upright thalli of *Grateloupia asiatica* (Halymeniaceae, Rhodophyta). Journal of Applied Phycology.
- AGATSUMA, Yukio. (1998). Aquaculture of the sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) transplanted from coralline flats in Hokkaido, Japan. Journal of Shellfish Research, 17.5: 1541-1547.
- BARKER, M. F. (1998). Feeding rate, absorption efficiencies, growth, and enhancement of gonad production in the New Zealand sea urchin *Evechinus chloroticus* Valenciennes (Echinoidea: Echinometridae) fed prepared and natural diets. J. Shellfish Res. 17: 1583-1590.

- Caliceti, M.E., Argese, A., Sfriso, A., Pavoni, B., 2002, Heavy metal contamination in the seaweeds of the Venice lagoon. *Chemosphere*, 47, 443-454.
- Duggins, D.O., Simenstad, C.A., Estes, J.A., 1989, Magnification of secondary production by kelp detritus in coastal marine ecosystems. *Science*, 245, 170-173.
- Imajima, M. 1972. Review of the annelid worms of the family Nereidae of Japan, with descriptions of five new species or subspecies. *Bull. Natu. Sci. Mus., Tokyo*, 15(1), 153pp.
- Imajima, M. 1987. *Nephtyidae*(*Polychaeta*) from Japan II., The genera *Dentinephtys* and *Nephtys*. *Bull. Natu. Sci. Mus., Tokyo, Ser A.*, 13(2), 42-77.
- Imajima, M. 1990. *Spionidae*(*Annelida, Polychaeta*) from Japan III., The genus *Prionospio*(*Minuspio*). *Bull. Natu. Sci. Mus., Tokyo, Ser A.*, 16(2), 61-78.
- Kim, H.-G., Park, J.-G., 2006, Tissue culture of *Grateloupia acuminata* (*Rhodophyta*) from the eastern coast of Korea. *J. Korean Aquac. Soc.*, 19(3), 216-221.
- Lee, J. I., Hwang, I. K., Park, J. K., & Kim, H. G., 2011. Seasonal growth of *Grateloupia asiatica* and *G. divaricata* (*Rhodophyta*). *Kor J Nat Conser*, 5, 7-16.
- Lee et al., 2009, Molecular classification of the genus *Grateloupia* (*Halymeniaceae, Rhodophyta*) in Korea. *Algae*.
- Lee, J.-I., Kim, H.-G., Geraldino, P.J.L., Hwang, I.-K., Boo, S.-M., 2009, Molecular classification of the genus *Grateloupia* (*Halymeniaceae, Rhodophyta*) in Korea. *Algae*, 24, 231 - 238.
- Mann, K.H., 2000, *Ecology of coastal waters, with implications for management*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

- Nishimura, S. (ed.). 1992. Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys, Vol. I. Hoikusha, Tokyo, 663pp.
- Nishimura, S. (ed.). 1995. Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys, Vol. II. Hoikusha, Tokyo, 425pp.
- Nybakken, J.W., Bertness, M., 2005, Marine biology: an ecological approach, 6th edn. Perason Education Inc., San Francisco.
- Okutani, T. 1994. Field Books, Vol. 8. Yama-kei Publishers Co., Ltd., Tokyo, 367pp.
- Okutani, T. (ed.). 2000. Marine Mollusks in Japan. Tokai Univ. Pre., Tokyo, 1173pp.
- Shen, C. J. 1932. The Brachyuran Crustacea of North China - Ser. A, Invertebrates of China. The Fan Memorial Institite of Biology, Peijing, China, 321pp.
- Song, J.B. 1986. An Ecological Study of the Intertidal Macroalgae in Kwangyang Bay, Southern Coast of Korea. Korea Journal of Phycology, 1:203-223.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D., Erlandson, J.M., Estes, J.A., Tegner, M.J., 2002, Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. Environ. Conserv., 29, 436-459.
- Yang, D. and R. Sun. 1988. Polychaetous Annelids commonly seen from the Chines Waters. ISBN7-109-00135-0/Q1, 352pp.
- 千原光雄. 1996. 學研生物圖鑑. 海藻. 學習研究社, 292pp.
- 岡村金太郎. 1936. 日本海藻誌. 内田老鶴圃, 964pp.

부 록

- 출현종 목록

표 1. 강원 북부 해역 문헌조사에서 출현한 년도별 해조류 목록

출현종	2006년	2007년	2008년	2016년	2017년	2018년
Chlorophyta (녹조식물문)						
<i>Bryopsis plumosa</i> 참깃털말	+				+	
<i>Bryopsis sp.</i> 깃털말류		+				
<i>Codium arabicum</i> 떡청각	+	+	+	+	+	+
<i>Codium fragile</i> 청각	+	+		+	+	+
<i>Chaetomorpha linum</i> 실염주말	+					
<i>Chaetomorpha moniligera</i> 염주말				+	+	+
<i>Cladophora japonica</i> 큰대마디말				+		
<i>Cladophora opaca</i> 호린대마디말				+		+
<i>Cladophora sakaii</i> 사카이대마디말				+	+	+
<i>Cladophora sericea</i> 덩불대마디말					+	
<i>Ulva australis</i> 구멍갈파래		+		+	+	+
<i>Ulva lactuca</i> 참갈파래	+					
<i>Ulva linza</i> 잎파래				+		+
<i>Ulva prolifera</i> 가시파래				+		+
<i>Umbraulva japonica</i> 초록갈파래		+		+		+
Ochrophyta (대롱편모조식물문)						
<i>Mutimo cylindricus</i> 회초리말		+				
<i>Desmarestia ligulata</i> 참산말		+		+		
<i>Desmarestia viridis</i> 쇠꼬리산말		+		+	+	+
<i>Canistrocarpus cervicornis</i> 노루빨그물바탕말				+		
<i>Dictyopteris divaricata</i> 미끈뼈대그물말	+	+		+	+	+
<i>Dictyopteris pacifica</i> 참가시그물바탕말		+		+	+	+
<i>Dictyopteris undulata</i> 주름뼈대그물말		+				
<i>Dictyota coriacea</i> 참가죽그물바탕말		+			+	+
<i>Dictyota dichotoma</i> 그물바탕말	+	+	+	+		+
<i>Dictyota linearis</i> 실그물바탕말		+				
<i>Dictyota sp.</i> 그물바탕말류		+				
<i>Rugulopteryx okamurae</i> 개그물바탕말		+		+	+	+
<i>Acinetospora crinita</i> 솜말				+		
<i>Leathesia globosa</i> 둥근바위두둑		+				
<i>Leathesia marina</i> 바위두둑						+
<i>Papenfussiella kuromo</i> 연두털말						+
<i>Ectocarpus siliculosus</i> 참솜털						+
<i>Colpomenia peregrina</i> 반질불레기말				+		+
<i>Colpomenia sinuosa</i> 불레기말		+	+	+	+	+
<i>Petalonia binghamiae</i> 미역쇠						+
<i>Scytosiphon lomentaria</i> 잘룩이고리매				+		+
<i>Coccophora langsdorfii</i> 삼나무말		+				
<i>Sargassum confusum</i> 알총이모자반		+		+	+	+
<i>Sargassum coreanum</i> 큰잎모자반		+				
<i>Sargassum fusiforme</i> 툫	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum hemiphyllum</i> 짝잎모자반				+		
<i>Sargassum horneri</i> 팽생이모자반				+	+	+
<i>Sargassum macrocarpum</i> 큰열매모자반				+		
<i>Sargassum micracanthum</i> 잔가시모자반				+	+	
<i>Sargassum nigrifolium</i> 검둥모자반		+		+	+	+
<i>Sargassum pallidum</i> 큰잎알총이모자반		+				
<i>Sargassum patens</i> 쌍발이모자반		+		+	+	
<i>Sargassum sagamianum</i> 비틀대모자반		+				

표 1. 계 속

출현종		2006년	2007년	2008년	2016년	2017년	2018년
<i>Sargassum serratifolium</i>	톱니모자반				+		
<i>Sargassum thunbergii</i>	지층이	+	+		+	+	+
<i>Sargassum yezoense</i>	왜모자반				+	+	+
<i>Sargassum sp.</i>	모자반류	+	+	+			
<i>Undaria pinnatifida</i>	미역	+	+	+	+	+	+
<i>Agarum clathratum</i>	구멍쇠미역		+		+	+	+
<i>Costaria costata</i>	쇠미역		+		+	+	+
<i>Saccharina japonica</i>	다시마		+		+		
<i>Sphacelaria californica</i>	굵은갯쇠털						+
Rhodophyta (홍조식물문)							
<i>Porphyra sp.</i>	김류		+				
<i>Pyropia pseudolinearis</i>	긴잎돌김						+
<i>Schimmelmannia sp.</i>	남작풀류		+				
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	바다고리풀				+		
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	참갈고리풀		+			+	
<i>Callithamnion pinnatum</i>	홍실외깃풀					+	
<i>Campylaephora crassa</i>	굵은석목		+				
<i>Campylaephora hypnaeoides</i>	석목				+		
<i>Ceramium cimbricum</i>	술비단풀					+	
<i>Ceramium japonica</i>	깃풀비단풀	+					
<i>Ceramium kondoii</i>	비단풀		+		+	+	+
<i>Herpochondria elegans</i>	각시잇바디가지					+	+
<i>Dasya sessilis</i>	민자루다홍풀		+				
<i>Dasya villosa</i>	털다지다홍풀						+
<i>Dasysiphonia japonica</i>	엇가지분홍풀				+	+	+
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	털엇가지풀				+	+	+
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	갈고리분홍잎					+	
<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎					+	+
<i>Acrosorium polyneurum</i>	잔금분홍잎	+	+	+		+	+
<i>Acrosorium yendoii</i>	누은분홍잎		+				
<i>Cumathamnion serrulatum</i>	톱니보라잎사촌		+		+		
<i>Phycodrys fimbriata</i>	바다참나무잎		+				
<i>Pseudopolyneura japonica</i>	왜다맥잎사촌		+		+	+	+
<i>Yoshidaphycus ciliatus</i>	털맹기잎					+	+
<i>Chondria crassicaulis</i>	개서실	+	+	+	+	+	+
<i>Chondria littoralis</i>	큰개서실	+					
<i>Chondria pellucida</i>	맑은개서실		+				+
<i>Chondrophycus kangjaewonii</i>	새고들서실				+		
<i>Laurencia composita</i>	겹가지서실				+		
<i>Laurencia intricata</i>	타래서실					+	+
<i>Laurencia okamurae</i>	쌍발이서실		+		+	+	+
<i>Laurencia pinnata</i>	깃풀서실				+	+	+
<i>Neosiphonia elongella</i>	긴새붉은실					+	
<i>Neosiphonia harlandii</i>	가시새붉은실	+					
<i>Neosiphonia porrecta</i>	장다리새붉은실						+
<i>Odonthalia corymbifera</i>	참빗풀		+		+		
<i>Palisada intermedia</i>	검은답서실						+
<i>Polysiphonia morrowii</i>	모로우붉은실		+		+	+	+
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	참보라색우무	+	+	+	+	+	+
<i>Symphyocladia linearis</i>	가는보라색우무		+		+	+	+
<i>Symphyocladia marchantioides</i>	넓은보라색우무				+	+	+
<i>Symphyocladia pumila</i>	애기보라색우무				+		+

표 1. 계 속

출현종		2006년	2007년	2008년	2016년	2017년	2018년
<i>Anotrichium tenue</i>	헛가지민털이풀						+
<i>Griffithsia japonica</i>	웨이단잘록이						+
<i>Ptilota serrata</i>	툽니빏가지		+				
<i>Alatocladia modesta</i>	참화살깃산호말					+	+
<i>Amphiroa anceps</i>	넓은게발		+				
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	고리마디게발					+	
<i>Corallina officinalis</i>	참산호말		+			+	
<i>Corallina pilulifera</i>	작은구슬산호말	+	+	+	+	+	+
<i>Pachyarthron cretaceum</i>	굵은마디말				+	+	+
<i>Gelidium amansii</i>	굵은참우뚝가사리	+	+				
<i>Gelidium elegans</i>	우뚝가사리				+		
<i>Gelidium pusillum</i>	실우뚝가사리				+	+	+
<i>Pterocladia capillacea</i>	개우무					+	+
<i>Hypnea charoides</i>	참가시우무					+	+
<i>Dumontia simplex</i>	미끌풀				+	+	+
<i>Hyalosiphonia caespitosa</i>	붉은유리관				+	+	+
<i>Gloiopeltis furcata</i>	불등풀가사리					+	+
<i>Chondracanthus intermedius</i>	애기돌가사리				+	+	+
<i>Chondracanthus tenellus</i>	돌가사리	+					
<i>Chondrus ocellatus</i>	진두말	+	+	+		+	
<i>Callophyllis japonica</i>	벗붉은잎		+			+	
<i>Phacelocarpus japonicus</i>	평꼬리풀						+
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부켓살	+	+	+	+	+	+
<i>Agardhiella subulata</i>	미끌바늘						+
<i>Solieria pacifica</i>	굵은끈적살		+				
<i>Tichocarpus crinitus</i>	마른나무		+		+		
<i>Gracilaria arcuata</i>	활꼬시래기				+		
<i>Gracilaria gigas</i>	큰꼬시래기		+				
<i>Gracilaria parvispora</i>	각시꼬시래기					+	
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	꼬시래기					+	+
<i>Grateloupia asiatica</i>	지네지누아리	+	+	+	+		+
<i>Grateloupia cornea</i>	붉은까막살	+	+	+	+	+	+
<i>Grateloupia divaricata</i>	뼈지누아리					+	+
<i>Grateloupia sparsa</i>	명주지누아리		+			+	+
<i>Grateloupia turuturu</i>	미끌도박	+	+		+	+	+
<i>Grateloupia sp.</i>	지누아리류		+				
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	참개도박	+	+	+		+	+
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	개도박	+	+	+	+	+	+
<i>Polyopes affinis</i>	참까막살	+			+		
<i>Polyopes lancifolius</i>	털지누아리						+
<i>Dichotomaria falcata</i>	여린두가닥바닷말		+				
<i>Nemalion vermiculare</i>	참국수나물				+	+	+
<i>Scinaia okamurae</i>	매끈호늘풀		+				
<i>Schizymenia dubyi</i>	갈래잎				+	+	
<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이	+	+	+		+	+
<i>Champia recta</i>	참사슬풀				+	+	+
<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이	+	+	+	+	+	+
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	애기마디잘록이	+	+		+	+	+
<i>Chrysiomenia wrightii</i>	누른끈적이					+	+
<i>Rhodymenia intricata</i>	두갈래분홍치					+	
<i>Sparlingia pertusa</i>	구멍분홍치		+		+	+	+
<i>Laurencia sp.</i>	서실류	+	+				
<i>Chondria chejuensis</i>	제주개서실		+				
Magnoliophyta (해산피자식물문)							
<i>Phyllospadix iwatensis</i>	새우말		+				
<i>Phyllospadix japonica</i>	게바다말	+	+	+			

표 2. 강원 남부 해역 문헌조사에서 출현한 년도별 해조류 목록

출현종		2006년	2009년	2010년	2011년	2016년	2017년	2018년
Chlorophyta (녹조식물문)								
<i>Bryopsis plumosa</i>	참깃털말		+					+
<i>Caulerpa okamurae</i>	옥덩굴			+				
<i>Codium arabicum</i>	떡청각	+	+	+	+	+	+	+
<i>Codium fragile</i>	청각	+	+	+	+	+	+	+
<i>Derbesia marina</i>	초록앵킨실					+		
<i>Chaetomorpha linum</i>	실염주말	+						
<i>Chaetomorpha moniligera</i>	염주말	+		+		+	+	+
<i>Cladophora dotyana</i>	낮대마디말							+
<i>Cladophora japonica</i>	큰대마디말	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladophora opaca</i>	흐린대마디말		+				+	+
<i>Cladophora sakaii</i>	사카이대마디말	+	+	+		+	+	+
<i>Cladophora sericea</i>	딤불대마디말	+						
<i>Cladophora sp.</i>	대마디말류		+	+				
<i>Rhizoclonium sp.</i>	헛뿌리말류	+						
<i>Monostroma nitidum</i>	참홀파래		+					
<i>Monostroma sp.</i>	홀파래류				+			
<i>Urospora penicilliformis</i>	초록털말		+					
<i>Ulva australis</i>	구멍갈파래	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulva compressa</i>	납작파래	+		+	+			
<i>Ulva conglobata</i>	모란갈파래						+	+
<i>Ulva intestinalis</i>	창자파래	+						
<i>Ulva lactuca</i>	참갈파래	+						
<i>Ulva linza</i>	잎파래	+		+	+	+	+	+
<i>Ulva prolifera</i>	가시파래	+		+				+
<i>Ulva taeniata</i>	댕기갈파래			+				
<i>Ulva sp.</i>	갈파래류	+						
<i>Umbrailva japonica</i>	초록갈파래	+	+			+		+
Ochrophyta (대롱편모조식물문)								
<i>Desmarestia ligulata</i>	참산말	+				+	+	
<i>Desmarestia tabacoides</i>	담배잎산말		+					
<i>Desmarestia viridis</i>	쇠꼬리산말	+	+	+	+	+		+
<i>Dictyopteris divaricata</i>	미끈뻐대그물말	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyopteris latiuscula</i>	넓은뻐대그물말	+	+					
<i>Dictyopteris pacifica</i>	참가시그물바탕말	+	+			+	+	+
<i>Dictyopteris prolifera</i>	가시뻐대그물말					+	+	+
<i>Dictyopteris undulata</i>	주름뻐대그물말	+	+	+		+		
<i>Dictyota coriacea</i>	참가죽그물바탕말	+	+			+	+	+
<i>Dictyota dichotoma</i>	그물바탕말	+	+	+	+			
<i>Dictyota friabilis</i>	기느그물바탕말			+	+			
<i>Dictyota linearis</i>	실그물바탕말	+	+					
<i>Rugulopteryx okamurae</i>	개그물바탕말	+	+	+		+	+	+
<i>Acinetospora crinita</i>	솜말					+		
<i>Feldmannia mitchelliae</i>	미첼솜솜털			+	+			
<i>Leathesia globosa</i>	둥근바위두둑	+						
<i>Leathesia marina</i>	바위두둑			+	+			
<i>Nemacystus decipiens</i>	미끈가지		+					
<i>Tinocladia crassa</i>	부푼말	+						
<i>Ectocarpus siliculosus</i>	참솜털		+					+
<i>Ectocarpus sp.</i>	솜털류		+					

표 2. 계 속

출현종		2006년	2009년	2010년	2011년	2016년	2017년	2018년
<i>Colpomenia bullosa</i>	긴불레기말	+		+	+			
<i>Colpomenia expansa</i>	다실불레기말			+	+			
<i>Colpomenia phaeodactyla</i>	대롱불레기말			+	+			
<i>Colpomenia sinuosa</i>	불레기말	+	+	+	+	+	+	+
<i>Colpomenia tuberculata</i>	흑불레기말				+			
<i>Myelophycus simplex</i>	바위수염				+			
<i>Petalonia binghamiae</i>	미역쇠	+	+		+	+	+	+
<i>Petalonia fascia</i>	개미역쇠	+	+	+	+			
<i>Petalonia sp.</i>	미역쇠류				+			
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	갈록이고리매	+				+		+
<i>Sargassum confusum</i>	알송이모자반	+	+			+	+	
<i>Sargassum fulvellum</i>	모자반	+		+	+			
<i>Sargassum fusiforme</i>	툇	+		+	+	+	+	+
<i>Sargassum hemiphyllum</i>	짜잎모자반					+	+	+
<i>Sargassum horneri</i>	괭생이모자반	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum macrocarpum</i>	큰열매모자반				+			
<i>Sargassum micracanthum</i>	잔가시모자반							+
<i>Sargassum muticum</i>	경단구슬모자반				+	+		
<i>Sargassum nigrifolium</i>	검둥모자반	+	+			+		+
<i>Sargassum patens</i>	쌍발이모자반					+		
<i>Sargassum piluliferum</i>	구슬모자반	+						
<i>Sargassum sagamianum</i>	비틀대모자반	+						
<i>Sargassum thunbergii</i>	지층이	+		+	+	+	+	+
<i>Sargassum yezoense</i>	왜모자반		+			+	+	+
<i>Sargassum sp.</i>	모자반류	+		+	+			
<i>Undaria pinnatifida</i>	미역	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chorda asiatica</i>	끈말	+	+					
<i>Agarum clathratum</i>	구멍쇠미역	+	+	+	+	+	+	+
<i>Costaria costata</i>	쇠미역	+				+		
<i>Saccharina japonica</i>	다시마	+	+		+	+		
<i>Ecklonia cava</i>	감태		+					
<i>Neoralfsia expansa</i>	먹돌새바위딱지			+	+			
<i>Ralfsia verrucosa</i>	바위딱지			+	+			
<i>Sphacelaria fusca</i>	세가닥갯쇠털			+	+			
<i>Halopteris filicina</i>	바다갯풀							+
<i>Scytosiphon dotyi</i>	꼬인고리매			+	+			
Rhodophyta (홍조식물문)								
<i>Bangia fuscopurpurea</i>	김파래		+					
<i>Bangiadulcis atropurpurea</i>	민물김파래			+	+			
<i>Porphyra okamurae</i>	오카무라돌김	+						
<i>Porphyra sp.</i>	김류	+		+	+			
<i>Pyropia pseudolinearis</i>	긴잎돌김					+		+
<i>Pyropia suborbiculata</i>	둥근돌김	+						
<i>Pyropia tenera</i>	참김	+	+					
<i>Erythrotrichia carnea</i>	붉은털		+		+			
<i>Rhodochorton sp.</i>	붉은솜류				+			
<i>Ahnfeltia plicata</i>	씩새기	+	+					
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	바다고리풀	+				+		
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	참갈고리풀	+			+			
<i>Delisea pulchra</i>	나도평꼬리	+	+					

표 2. 계 속

출현종	2006년	2009년	2010년	2011년	2016년	2017년	2018년
<i>Aglaothamnion callophyllidicola</i>	엇깃풀		+	+			
<i>Callithamnion pinnatum</i>	홍실외깃풀					+	
<i>Antithamnion sparsum</i>	윗가지참깃풀		+	+			
<i>Campylaephora crassa</i>	굵은석목	+	+	+	+		+
<i>Ceramium kondoi</i>	비단풀		+	+	+	+	+
<i>Ceramium tenerrimum</i>	털비단풀	+		+	+		
<i>Ceramium sp.</i>	비단풀류			+	+		
<i>Gayliella mazoyerae</i>	명주비단풀			+	+		
<i>Herpochondria elegans</i>	각시잇바디가지		+				
<i>Pterothamnion yezeense</i>	날개깃말		+				
<i>Dasya sessilis</i>	민자루다홍풀	+	+				
<i>Dasya villosa</i>	털다지다홍풀						+
<i>Dasysiphonia japonica</i>	엇가지분홍풀	+	+		+	+	+
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	털엇가지풀		+	+	+	+	+
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	갈고리분홍잎						+
<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎	+	+			+	+
<i>Acrosorium polyneurum</i>	잔금분홍잎	+	+			+	+
<i>Acrosorium yendoi</i>	누은분홍잎	+			+		
<i>Acrosorium sp</i>	분홍잎류	+		+	+		+
<i>Congregatocarpus kurilensis</i>	바다떡갈잎		+				
<i>Cryptopleura membranacea</i>	민잎맥			+	+		
<i>Cumathamnion serrulatum</i>	톱니보라잎사촌	+	+			+	+
<i>Phycodrys fimbriata</i>	바다참나무잎	+	+				
<i>Pseudopolyneura japonica</i>	왜다맥잎사촌					+	+
<i>Yoshidaphycus ciliatus</i>	털댕기잎		+				+
<i>Chondria crassicaulis</i>	개서실	+	+	+	+	+	+
<i>Chondria littoralis</i>	큰개서실	+					
<i>Chondria pellucida</i>	맑은개서실			+	+		+
<i>Chondrophyucus kangjaewonii</i>	새고들서실					+	+
<i>Laurencia intricata</i>	타래서실			+	+	+	+
<i>Laurencia okamurae</i>	쌍발이서실		+	+		+	+
<i>Laurencia pinnata</i>	깃꼴서실	+	+			+	+
<i>Neosiphonia japonica</i>	떨기나무새붉은실	+					
<i>Neosiphonia savatieri</i>	사바티새붉은실			+			
<i>Odonthalia corymbifera</i>	참빗풀	+	+	+			
<i>Palisada intermedia</i>	검은담서실		+	+	+	+	
<i>Polysiphonia morrowii</i>	모로우붉은실	+	+	+	+	+	+
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	참보라색우무	+	+	+	+	+	+
<i>Symphyocladia linearis</i>	가는보라색우무	+	+			+	+
<i>Symphyocladia marchantioides</i>	넓은보라색우무					+	+
<i>Symphyocladia pumila</i>	애기보라색우무	+				+	+
<i>Spyridia elongata</i>	긴비단사돈풀					+	+
<i>Griffithsia japonica</i>	왜비단잘록이	+					+
<i>Ptilota serrata</i>	톱니깃가지	+					
<i>Colaconema codii</i>	큰홍다발술				+		
<i>Alatocladia modesta</i>	참화살깃산호말					+	+
<i>Amphiroa anceps</i>	넓은게발	+	+				
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	고리마디게발	+	+			+	+
<i>Amphiroa sp.</i>	게발류	+					
<i>Corallina aberrans</i>	방향혹산호말		+				

표 2. 계 속

출현종	2006년	2009년	2010년	2011년	2016년	2017년	2018년
<i>Corallina officinalis</i>	참산호말	+	+		+		
<i>Corallina pilulifera</i>	작은구슬산호말	+	+	+	+	+	+
<i>Hydrolithon gardineri</i>	나팔가시돌잎			+	+		
<i>Lithophyllum okamurae</i>	흑돌잎	+		+	+		
<i>Lithophyllum yessoense</i>	왜흑돌잎			+	+		
<i>Pachyarthron cretaceum</i>	굵은마디말					+	+
<i>Lithothamnion lemoineae</i>	흑쩍			+	+		
<i>Synarthrophyton chejuensis</i>	낭과쩍	+					
<i>Melovesioidean algae</i>	무절산호조류		+				
<i>Gelidiophycus freshwateri</i>	애기우뚝가사리		+				
<i>Gelidium amansii</i>	굵은참우뚝가사리	+	+				
<i>Gelidium elegans</i>	우뚝가사리			+	+	+	+
<i>Gelidium pacificum</i>	왕우뚝가사리		+				
<i>Gelidium pusillum</i>	실우뚝가사리						+
<i>Gelidium sp.</i>	우뚝가사리류	+		+			
<i>Pterocladia capillacea</i>	개우무	+	+	+	+	+	+
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	애기가시덤불		+	+	+		
<i>Calliblepharis saidana</i>	사이다가시우무		+				+
<i>Hypnea charoides</i>	참가시우무		+				
<i>Hypnea japonica</i>	갈고리가시우무	+	+				+
<i>Hypnea sp.</i>	가시우무류	+					
<i>Dumontia simplex</i>	미끌풀		+			+	+
<i>Hyalosiphonia caespitosa</i>	붉은유리관		+			+	+
<i>Gloiopeltis furcata</i>	불등풀가사리	+			+		+
<i>Gloiopeltis tenax</i>	참풀가사리	+	+	+	+		
<i>Chondracanthus intermedius</i>	애기돌가사리	+	+	+	+	+	+
<i>Chondracanthus teedii</i>	가시돌가사리	+					
<i>Chondracanthus tenellus</i>	돌가사리	+	+	+	+	+	
<i>Chondrus giganteus</i>	왕진두발			+	+	+	
<i>Chondrus nipponicus</i>	가락진두발			+	+		
<i>Chondrus ocellatus</i>	진두발	+	+	+	+	+	+
<i>Chondrus pinnulatus</i>	깃꼴진두발		+				
<i>Mazzaella japonica</i>	붉은은행초		+				
<i>Callophyllis japonica</i>	벗붉은잎		+				
<i>Kallymenia sp.</i>	맘떠류	+					
<i>Phacelocarpus japonicus</i>	평꼬리풀	+					
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부챗살	+	+	+	+	+	+
<i>Agardhiella subulata</i>	미끌바늘						+
<i>Tichocarpus crinitus</i>	마른나무	+	+				
<i>Gracilaria arcuata</i>	활꼬시래기					+	
<i>Gracilaria gigas</i>	큰꼬시래기	+					
<i>Gracilaria textorii</i>	잎꼬시래기		+	+	+	+	
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	꼬시래기	+	+			+	
<i>Grateloupiia acuminata</i>	왕지누아리	+	+				
<i>Grateloupiia angusta</i>	붉은뼈까막살		+				
<i>Grateloupiia asiatica</i>	지네지누아리	+	+			+	
<i>Grateloupiia chiangii</i>	가지까막살					+	+
<i>Grateloupiia cornea</i>	붉은까막살	+	+	+	+	+	+
<i>Grateloupiia crispata</i>	주름까막살	+		+	+		
<i>Grateloupiia divaricata</i>	뼈지누아리	+	+			+	+

표 2. 계 속

출현종	2006년	2009년	2010년	2011년	2016년	2017년	2018년
<i>Grateloupia imbricata</i> 꽃지누아리					+		
<i>Grateloupia kurogii</i> 얼룩도박		+					+
<i>Grateloupia prolongata</i> 개지누아리		+	+	+			
<i>Grateloupia sparsa</i> 명주지누아리	+				+		+
<i>Grateloupia turuturu</i> 미끌도박	+				+		+
<i>Grateloupia sp.</i> 지누아리류				+			
<i>Pachymeniopsis elliptica</i> 참개도박	+	+	+	+	+		+
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i> 개도박	+	+	+	+		+	+
<i>Polyopes affinis</i> 참까막살	+	+	+	+			
<i>Polyopes lancifolius</i> 털지누아리		+			+	+	
<i>Dichotomaria falcata</i> 어린두가닥바닷말	+			+			
<i>Nemalion vermiculare</i> 참국수나물			+	+	+		+
<i>Schizymenia dubyi</i> 갈래잎	+				+	+	+
<i>Peyssonnelia japonica</i> 고동옷			+	+			
<i>Plocamium ovicorne</i> 애기곱슬이		+					+
<i>Plocamium telfairiae</i> 참곱슬이	+	+	+	+	+	+	+
<i>Plocamium uncinatum</i> 갈고리참곱슬이			+	+			
<i>Champia expansa</i> 넓은사슬풀	+						
<i>Champia japonica</i> 왜사슬풀		+					
<i>Champia recta</i> 참사슬풀	+		+	+		+	+
<i>Lomentaria catenata</i> 마디잘록이	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lomentaria hakodatensis</i> 애기마디잘록이	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chrysomenia wrightii</i> 누른끈적이	+		+	+			+
<i>Halopeltis adnata</i> 접가지분홍치							+
<i>Rhodymenia intricata</i> 두갈래분홍치	+	+	+	+		+	+
<i>Sparlingia pertusa</i> 구멍분홍치	+	+			+	+	+
<i>Laurencia sp.</i> 서실류			+	+			
<i>Laurencia venusta</i> 애기서실			+	+			
<i>Palisada sp.</i> 담서실류		+					
Magnoliophyta (해산피자식물문)							
<i>Phyllospadix iwatensis</i> 새우말		+					

표 3. 2021년 강원 북부 해역 속초시 외용치 해역에서 출현한 해조류 목록

출현종	하계			추계		
	5m	10m	15m	5m	10m	15m
Chlorophyta (녹조식물문)						
<i>Chaetomorpha moniligera</i>	염주말	2.12				
<i>Ulva australis</i>	구멍갈파래	181.56	0.12	2.88	3.88	2.16
<i>Pedobesia simplex</i>	홀영킨실붙이				0.44	0.12
<i>Codium fragile</i>	칭각					31.96
Ochrophyta (대롱편모조식물문)						
<i>Rugulopteryx okamurae</i>	개그물바탕말		9.40	0.68	1.24	1.44
<i>Sargassum horneri</i>	괘쟁이모자반		0.52			2.92
<i>Dictyopteris divaricata</i>	미끈뻐대그물말				0.24	42.88
<i>Sphacelaria californica</i>	굵은갯쇠털				0.52	1.20
Rhodophyta (홍조식물문)						
<i>Dasya collabens</i>	깃가지다홍풀				0.20	1.04
<i>Dasya villosa</i>	털다지다홍풀			0.44		
<i>Acrosorium polyneurum</i>	잔금분홍잎				1.16	3.92
<i>Chondria crassicaulis</i>	개서실	115.40			95.68	
<i>Odonthalia corymbifera</i>	참빗풀		9.40			
<i>Polysiphonia morrowii</i>	모로우붉은실	10.84			0.08	
<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	참보라색우무		1.80			38.16
<i>Lithophyllum sp.</i>	흑돌잎류				0.76	
<i>Pachyarthron cretaceum</i>	굵은마디말					0.76
<i>Chondrus pinnulatus</i>	깃풀진두발		25.52			6.84
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부챗살	12.16	78.84	0.60	1.92	
<i>Grateloupia asiatica</i>	지네지누아리	5.60		0.04		
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	개도박	12.72				
<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이		0.68			10.08
<i>Sparlingia pertusa</i>	구멍분홍치			0.40		
<i>Grateloupia cornea</i>	붉은까막살					95.20
<i>Callithamnion corymbosum</i>	술외깃풀				0.68	1.76
<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎					3.88
<i>Gracilaria textorii</i>	잎꼬시래기					2.20
<i>Chondracanthus tenellus</i>	돌가사리					8.92
<i>Plocamium cartilagineum</i>	가는곱슬이					0.08
<i>Alatocladia modesta</i>	참화살깃산호말					8.80
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	갈고리분홍잎					0.08

표 4. 2021년 강원 남부 해역 강릉시 사근진 해역에서 출현한 해조류 목록

출현종	하계			추계		
	5m	10m	15m	5m	10m	15m
Chlorophyta (녹조식물문)						
<i>Codium arabicum</i> 떡청각	27.08			32.48		
Ochrophyta (대롱편모조식물문)						
<i>Rugulopteryx okamurae</i> 개그물바당말	0.12			0.08		
<i>Sargassum horneri</i> 켈생이모자반	1.68			0.36		
Rhodophyta (홍조식물문)						
<i>Dasya collabens</i> 깃가지다홍풀	2.32					
<i>Acrosorium polyneurum</i> 잔금분홍잎	12.60			20.96		
<i>Laurencia intricata</i> 타래서실	43.40					
<i>Amphiroa beauvoisii</i> 고리마디게발	0.24			0.12		
<i>Lithophyllum sp.</i> 흑돌잎류		4.48	72.48		72.80	
<i>Pachyarthron cretaceum</i> 붉은마디말		0.40			26.40	
<i>Chondracanthus intermedius</i> 애기돌가사리	45.48					
<i>Chondrus ocellatus</i> 진두말	2.60					
<i>Grateloupia asiatica</i> 지네지누아리	0.84					
<i>Plocamium telfairiae</i> 참곱슬이	0.20					89.24
<i>Acrosorium flabellatum</i> 부채분홍잎				37.72		
<i>Corallina pilulifera</i> 작은구슬산호말				3.68		
<i>Dasysiphonia japonica</i> 엇가지분홍풀				11.00	0.01	
<i>Lomentaria catenata</i> 마디잘록이				0.88		
Magnoliophyta (해산속씨식물문)						
<i>Phyllospadix sp.</i> 말잘피류			229.80			
<i>Phyllospadix japonica</i> 게바다말						58.04