



2024.08.30.

국회미래연구원 | 국회미래의제 | 24-02호

기후위기 시대의 수산업 지속적 발전방안 연구



김은아, 한상운



국회미래연구원
NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

기후위기 시대의 수산업 지속적 발전방안 연구

김은아 혁신성장그룹장

한상운 한국환경연구원 선임연구위원

- 기후변화의 해양환경 및 수산업 영향
- 기후변화로 인한 수산업 피해 예방 및 지원 국내외 제도
- 수산부문 기후변화 대응 기술 현황
- 정책적 시사점

요약

〈기후변화의 해양환경 및 수산업 영향〉

- 해양환경은 기후변화에 민감하게 반응하면서 해양산성화, 표층수온 상승, 염도 변화 등은 다양한 경로로 해양생태계 파괴 가능
- 이러한 변화는 수산업에 직간접적 영향을 미쳐 사회·경제적 파급효과를 가지며 환경 변화에 따라 특정 품종과 지역의 취약성이 높아짐
- 수산업 생산성은 기후변화 외 남획, 수산물 가격, 인허가 제도 등 사회·경제적 요소와 복합적으로 연계되어 종합적인 정책 대응이 필요함

〈기후변화로 인한 수산업 피해 예방 및 지원 국내외 제도〉

- 국내 기후적응 법제도는 탄소중립기본법을 주요 골자로 하고, 다양한 정책영역에서 개별법을 통하여 이행력을 가지게 되나, 해양 및 수산부문 관련 입법 활동이 저조하고 기후변화 대응에 관하여 산발적으로 선언적이거나 권고적인 내용만 담고 있음
- 지방자치단체가 가장 밀접하게 수산업 피해 예방 및 지원 정책을 구현함에도 조례 등을 통한 기후변화 적응력 강화 법제도 마련 노력이 제한적으로 이루어짐
- 해외 주요국의 해양·수산 부문 기후변화 대응 법제도는 해양환경 관측, 복원, 어민 지원프로그램 등 통합적으로 이루어져 있으나 국내에서는 통합적인 법률 및 규정 부재

〈해양수산부문 기후변화 적응기술 현황〉

- 국내에서 진행한 수산분야 기술개발 과제에서 기후변화 적응에 관한 과제는 다양한 영역을 포괄함에도 연평균 20건 미만으로 비중이 작음
- 국내외 특허 및 학술논문에서도 전반적으로 관심이 저조한 가운데 한국의 비중은 0에 가까움
- 연구개발 수요 대비 투자가 미흡한 연구 주제영역으로 해양재난, 스마트 양식/예측/관리, 자연기반해법, 해양오염이 도출되었으며 관련 주제에 우선 투자 고려 필요

〈정책적 시사점〉

- 국가 및 지방자치단체의 기후변화대응 정책과 해양·수산 부문 전통적 정책영역 간의 연계성을 강화하고 수산업 부문 기후변화대응력 강화를 위한 법적 근거 규정 강화
- 해수면 상승, 생물다양성 위기, 양식 및 연안어업 변동성 리스크 대응력을 강화할 수 있도록 관련 개별법제도 세부 내용 정비
- 재해방지, 해양생태계 보전, 지역주민 참여율 제고를 위하여 조례 정비 및 시범사업 수행 등을 통한 지방자치단체 역할 강화
- 과학적 정책 의사결정과 기후적응력 제고를 위하여 연안시스템 취약성 및 해양생태계 영향 관련 기초연구를 강화하고 경제·사회·과학 부문 간 통합 연구를 중장기적으로 지속

1

기후변화의 해양환경 및 수산업 영향

(1) 기후변화가 해양환경에 미치는 영향

- 해양환경은 기후변화에 민감하게 영향을 받으며, 그 결과 영향을 미치는 공간적 범위가 넓음
 - 지구상에 배출된 이산화탄소의 상당량은 해양이 흡수(그림 1)1), 현재 해양산성화 진행 중
 - 1850~2019년 사이 해양과 토양에 흡수된 이산화탄소는 전체 배출량의 59%(1,430 GtCO₂) 차지
 - 표층수온 상승 및 성층화²⁾ 현상, 염도/용존산소 변화 등 해양환경의 변화는 해양생물 서식환경의 급격한 변화 초래
 - 기후변화가 글로벌 해양환경과 국내 해양환경에 미치는 주요 영향을 [표 1]에 정리함

[그림 1] 기후변화 시나리오별 해양/토양/대기에 존재하는 이산화탄소량

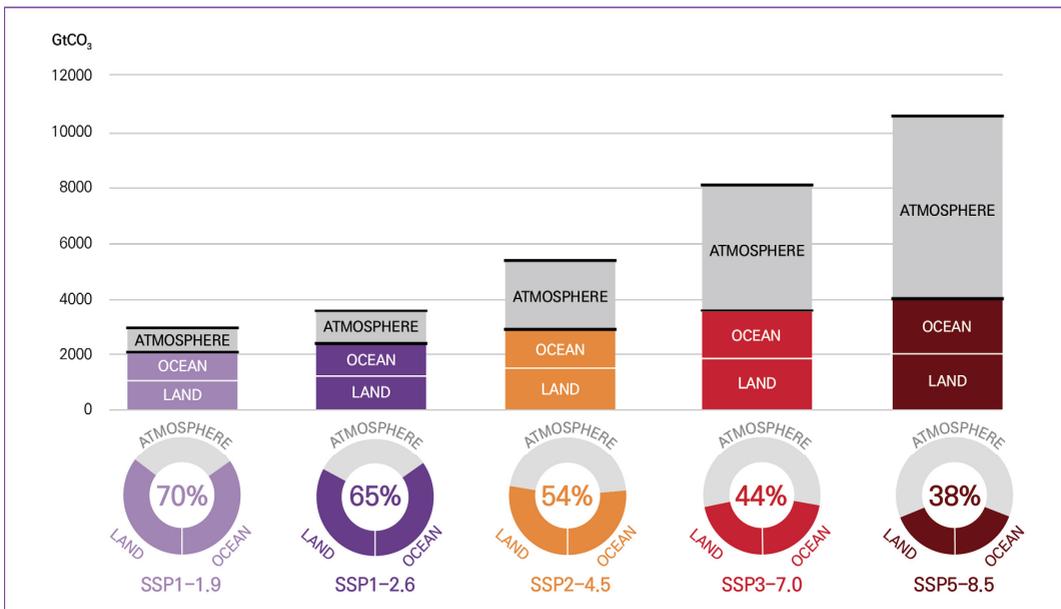


그림 출처: IPCC 실무그룹 1 평가보고서 6 (Figure SPM.7)

1) [그림 1]은 CO₂ 총배출량 중 1850~2100년 동안 해양과 토양에 흡수되는 비중을 기후변화 시나리오별로 보여줌
2) 표층 수온 상승과 하부 온도 감소로 인한 층 분리 현상, 층이 분리되는 경우 해수의 순환이 원활하지 못하여 영양염류 적체 및 산소포화도 저감 등의 서식환경 변화에 따라 해양생태계 파괴 가능

[표 1] 기후변화로 인한 해양환경 변화 현황

영향영역	글로벌 해양환경 ³⁾	국내 해양환경
해수면/심해 온도	• 1968~2021 사이 0.52℃ 상승, 계절 간 변동 폭 증가, 수층 간 온도 차이 증가	• 최근 55년 ⁴⁾ 간 표층수온 약 1.36℃ ⁵⁾ 상승(전 지구 평균 상승률의 약 2.5배) • 동일기간 동해 100m 수층 수온 1.13℃ 감소
해양산성화	• 1980년 후반기 이래 10년 평균 표층 pH가 0.017~0.027 감소	• 지구 평균과 유사(국립수산과학원, 2023)
해수면 상승	• 1901~2018 사이 약 0.20 m 상승 • 연간 상승률 증가 추세	• 1990~2019 사이 3.12 mm/yr 상승 (기상청 기후정보포털)
극한 기상현상	• 1980년대부터 해양열파 빈도 2배 증가 - 발생 지속기간과 강도도 증가함	• 1980년대 대비 2010년대 해양열파 발생 빈도 3배 이상 증가 ⁶⁾ - 발생 지속기간과 강도 또한 증가 추세

(2) 기후변화가 수산업에 미치는 영향

■ 해양환경 변화는 직간접적으로 수산업에 영향을 미침(그림 2)

- (직접영향) 2011~2022년 사이 자연재해로 인한 양식 피해는 2,381억 원(국립수산과학원, 2023)
- (간접영향) 기후변화는 기상재해, 수온 변화, 해양산성화 등 해양환경의 변동성을 증폭시키며, 이에 따라 어선 출항일수 감소, 수산자원 서식지 이동·축소, 어업생산량 감소 가능
 - [그림 2]는 기후 온난화 및 대기 중 이산화탄소 농도 증가가 해수면 상승, 해수면 온도변화, 해양산성화, 극한기상 현상과 같은 직접적인 영향과 함께 이후 간접적으로 미치는 영향 사슬을 개괄적으로 보여줌
 - 기후변화에 의한 해양생태계 파괴는 복잡한 먹이사슬 단계를 거쳐 수산업에서의 영향을 증폭시키는 중요한 단계로, 아직 과학적으로 메커니즘이 완전히 밝혀지지 않은, 불확실성이 높은 블랙박스 영역임
 - 수생생물의 서식환경은 인간이 조절할 수 없는 요소가 다양하게 존재하므로, 수산업은 불확실성과 취약성이 높은 활동으로 기후변화에 따른 회복력 강화 방안이 절실하게 요구됨
- (매개변수) 수산업은 기후변화에 간접영향을 받는 영향영역이면서 사회·경제적 취약성을 일으키는 원인이기도 함

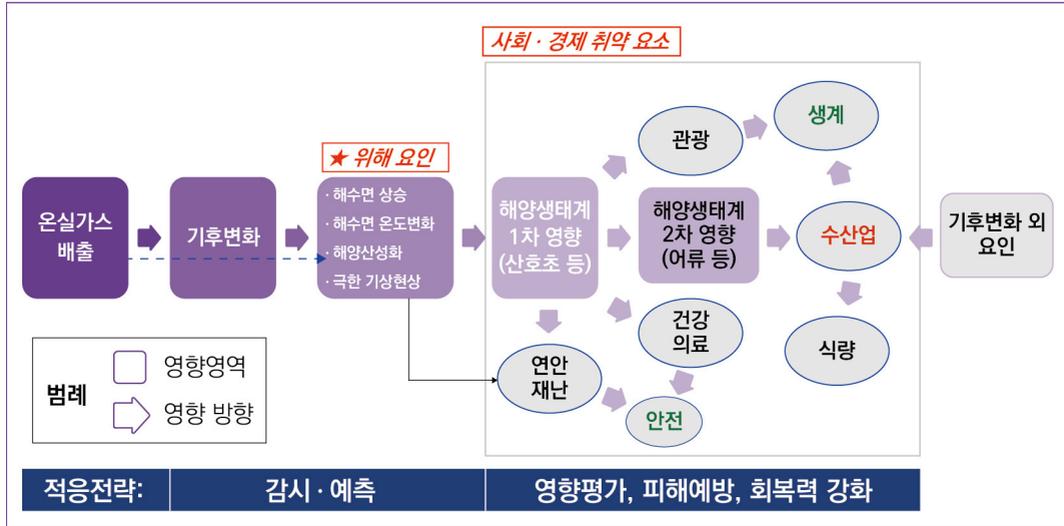
3) IPCC 6차 평가보고서

4) 1968~2022년 (국립수산과학원, 2023)

5) 2021년 7월 동해 표층수온은 평년 대비 2~6℃ 높음

6) 장찬주 외 (2022) 한국해 해양열파 장기변동: 계절과 공간분포 특성

[그림 2] 기후변화의 해양환경 영향시슬



출처: 김은아 외(2020)와 OCP (2023)의 내용에 기반하여 재구성함

■ 기후변화로 인한 국내 수산업 취약 품종, 지역, 업종별 세부 관리 및 심화연구 필요

- 지역별/종별 기후변화 노출이 크거나 민감도가 높은 품종을 적응능력이 낮은 지역에서 조업하는 경우 취약성이 높아짐(국립수산과학원, 2019)
- 양식업: 대부분의 양식품종이 기후변화에 취약, 특히 기후시나리오에 따라 김/미역 등 해조류와 바다명게가 생존 불가할 수 있음
 - 특히 서해안이 재난피해 영향 요소로 인해 취약성이 높음(국립수산과학원, 2019)
 - 근해어업보다 연안어업이 상대적으로 취약성이 높음
 - 기후변화 시나리오에 따라 연근해 업종별 기후 노출 정도가 상이하여 대응 우선순위가 높은 취약업종을 도출하기 위해 예측 모델이 정교해질 필요가 있음(국립수산과학원, 2019)

■ 기후변화에 따른 수산업 영향에 대한 대중적 인식은 어업인의 인식과 유사

- 어업인의 인식조사 결과 기후변화가 생산량 감소 >> 상품성 하락, 질병 발생 요인으로 부정적인 영향이 있다고 응답한 비율이 전체의 85.7%(국립수산과학원, 2019)
- 한편, 대중적 인식을 반영하는 기사※의 주된 내용([표 2])은 기후변화로 인한 (1) 어획량 감소/어족자원 고갈, (2) 아열대 어종 출현, (3) 양식생물 폐사가 주류를 이룸
 - ※ 기사검색 포털인 빅카인즈에서 키워드 조합 (기후변화 & 영향 & 해양) & (수산 or 어업)으로 검색한 817건 중에 수산업 영향에 관한 기사 내용을 분석, 동일 이슈는 중복되지 않도록 정리함

기후변화로 인한 수산업 피해 예방 및 지원에 관한 제도는 큰 틀에서 (1) 기후변화 대응 법제도에서 다루는 해양환경 관련 내용과 (2) 해양 및 수산에 관한 법제도에서 다루는 기후변화 대응 내용으로 구분이 되며, 이러한 큰 틀 안에서 수산업 부문과 연계된 부분을 발견할 수 있다. 여기 제2절에서는 이러한 큰 틀의 법제도 현황을 보여주고 수산업 피해 예방에 관한 내용은 최근 국회에서의 논의 내용을 중심으로 분석함.

(1) 해양 및 수산업 부문 기후적응 정책의 특수성 및 당면 과제

■ 다양한 정책영역이 연계, 부문 간 정보·데이터 공유가 선행되어야 기후적응 전략 도출 가능

- 기후변화가 수산업에 미치는 영향을 과학적으로 분석하기 위해서는 기상데이터-해양환경 데이터-수산자원데이터-조업/생산성 데이터가 시·공간적으로 연결되어야 함
- 그러나 해양환경, 수산자원, 양식업, 연근해어업 등에서 행해지는 모니터링 결과는 각각 기상청, 국립수산과학원, 해양경찰서, 지역 수협 등에 흩어져 개별적으로 관리되고 있으며, 공유가 되고 있지 않음
- 따라서 현재 각각의 경향성 결과가 인과관계 검증 없이 추정된 결과가 정책의 근거로 사용됨
- 예) 기후변화로 수온 증가 / 어업생산성 감소추세 ⇒ 두 사실을 인과관계로 연결

■ 적응 전략 실행(장기적 해결책)은 단기적으로 생계에 부정적인 영향 미칠 수 있는 반면 적응 전략 효과에는 불확실성 존재

- 기후적응 전략은 아직 도래하지 않은 미래에 대응하는 전략으로, 적응의 필요성을 체감하기 어려움
- 반면, 적응 작업은 현재 생산기반에서의 크고 작은 변화가 수반되므로 새로운 환경에서 최적화될 때까지 생산성 저감과 같은 즉각적인 영향이 불가피할 수 있음
- 따라서, 적응 전략의 이행 주체인 어민을 설득하는 단계에서 적응 전략 미이행 결과 및 이행 과정에 존재하는 불확실성과 발생 가능한 시나리오를 정확하게 전달해야 하며, 리스크 관리를 위해 보험 가입 등의 보완책 필요

(2) 관련 해외 제도

- 해외 주요국은 큰 틀에서 기후변화 적응 정책영역 안에 해양 및 연안 환경 관련 법제도 및 정책 포함
 - 유럽연합의 기후적응전략(EU Climate Adaptation Strategy)은 디지털 기술을 이용하여 해양환경 관측 정확도를 높이고, 자연기반해법을 통하여 해양환경을 복원하는 전략을 포함함
 - 영국의 기후변화법은 적응 계획을 수립·시행하는 근거를 제시하며, 연안변화관리계획(Shoreline Management Plans)은 기후변화로 인한 연안 침식과 홍수 피해를 최소화하는 목적에 특화된 지역 계획임
 - 호주는 기후변화적응계획을 수립하여 어민의 기후변화 해양환경 영향을 모니터링하기 위한 프로그램⁷⁾을 운영하며, 기후변화 적응을 위한 교육프로그램⁸⁾ 제공
- 해양 및 연안 환경에서의 인간의 경제활동^{*}, 공간계획 수립 등에 관한 개별법 존재
 - ※ 수산업 피해 예방에 관한 법률은 기후변화를 특정하기보다 어업활동 전반을 규제하는 내용을 담음
 - 미국의 연안지역 관리법(Coastal Zone Management Act)은 국립해양대기청(NOAA)에 의해 운영되며, 환경을 보전하고 자원을 개발하는 해양 지역 관리 전반과 관련 연구 프로그램 운영에 대한 사항을 폭넓게 다룸
 - 미국 국립해양대기청은 해양생태계 복원 프로젝트를 중장기적으로 추진하며 어업관리계획 수립 시 기후변화를 고려⁹⁾
 - 유럽연합의 해양 전략 프레임워크 지침(Marine Strategy Framework Directive)과 공통 수산정책(Common Fisheries Policy)은 지속가능한 어업을 위한 일련의 규칙을 포함
 - 환경·사회·경제적인 영역을 통합적으로 규정하고, 개별국의 여건을 반영한 구체적인 조치를 EU법에 반영하는 분산화된 의사결정 구조가 특징적임
 - 영국의 국가 해양 계획(UK Marine Policy Statement) 또한 이상의 주요국 법률과 마찬가지로 프레임워크 법률 구조로, 환경보전, 생물다양성, 수산업, 재난안전, 안보, 에너지, 인프라 등을 통합적으로 다룸
- 미국은 기후변화 대응 전략으로서 해양환경을 활용하는 개별법을 최근 제정함
 - 해양기반 기후 해법 법(Ocean-Based Climate Solutions Act of 2022)은 해양을 통해 기후변화 완화와 적응력 강화를 목표로 하며, 해양생태계 보호 및 지속가능한 어업에 관한 내용을 포함하고 있음

7) Integrated Marine Observing System

8) Climate Adaptation Strategy for Fisheries and Aquaculture

9) Fisheries Climate Science Strategy

(3) 관련 국내 제도 및 한계

■ 국내 또한 기후변화 적응 정책영역 안에 해양 및 연안 환경 관련 법제도 및 정책 존재

- 국내 기후변화대응은 탄소중립기본법이 큰 틀을 제공하며, 동 법에서 적응에 관한 정책 내용은 국가 단위의 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획과 시·도 및 시·군·구 단위의 기본계획에서 다루며 해양 및 연안 관련 기후위기 대응력 강화를 위한 내용을 국토종합계획에 반영하게 되어있음
 - 기본계획과는 별도로 국가와 지역의 기후위기 적응대책 수립 및 시행에 관한 규정 또한 존재

■ 해양 및 수산부문 기후변화대응 대책에 관해서는 국가 및 지방자치단체를 불문하고 관련 입법이 매우 미흡

- 우리나라 기후변화대응은 경제적·산업적 영향을 최소화하고자 하여 국제사회 흐름에 비해 비교적 수동적으로 이루어지며, 중앙정부가 기후변화대응정책을 주도하고 있음
- 더 나아가 지방자치단체의 역할에 관한 법적 근거가 미약하여 지방자치단체가 주체가 되어 지속적이고 안정적으로 기후변화 대응정책을 추진하기에는 어려움
 - 대다수 지방자치단체는 탄소중립기본법에 따라 탄소중립녹색성장 조례를 제정하였으나 관련 조례가 온실가스감축과 경제부문에 집중된 조례라면 기후변화의 영향 최소화 및 회복력 증진 등의 대책을 포함하는 기후변화대응과 관련한 조례의 제정은 매우 미비함
- 해양 및 연안환경은 기후변화에 따른 파급력이 높은 영향영역(김은아, 2022)임에도 관련 개별법에서 기후변화대응을 규정하는 법률은 매우 부족함
 - 상당수의 법률¹⁰⁾이 기후변화와 관련한 규정을 포함하고 있는 것과 대비됨

■ 해양 및 수산부문 기후변화 대응정책 방향이나 기본사항을 제시하는 통합적인 규정 부재, 개별법에서 산발적으로 선언적이거나 권고적인 내용만 담고 있음(Box 1 참조)

- 2017년 제정된 「해양환경보전법」이 해양기후변화대응을 위한 규정을 두고 있으나 구체성이 떨어짐
- 「해양수산업발전 기본법」 및 「수산업법」을 비롯한 해양수산부문 개별 법률에서 기후변화로 인한 수산업 피해 예방 및 지원에 관한 내용 부재
- 「연안관리법」과 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」 등 해양환경 보전에 관한 개별 법령 또한 기후변화에 관련된 내용이 부족하고, 해당 내용은 선언적이거나 재량사항을 규정하고 있어 기후변화대응력을 제고하는 정책의 근거로 활용하는 데 한계가 있음

10) 제21대 국회까지 제안된 의안의 제안이유 및 발의 주요 내용에 기후변화 연관이 포함되어있는 의안이 총 1,000건 이상임 (김은아, 2022)

- 올해 10월 시행 예정인 「기후·기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률」은 범정부 합동 감시·예측 체계를 강화하는 근거법으로 향후 해양·수산부문 기후변화 대응력 강화에 기여할 수 있을 것이나, 지자체의 ‘어장환경모니터링시스템’, 해양수산부의 ‘어장 및 해양환경모니터링시스템’, 수협 중앙회의 ‘연근해선 조업모니터링시스템’ 및 ‘어선별 산지·위판정보’ 등 관련 데이터의 통합이 담보되어야 함
- 기후변화로 인한 양식업의 취약성이 존재함에도 「양식산업발전법」에는 기후변화 관련 조항 부재
- 「수산업·어촌 발전 기본법」은 지구 온실가스감축을 ‘어업경영체의 경영안정 및 구조개선 등의 지원’ 항목으로 포함하였으나, 기후변화로 인한 어업인 손실 지원에 관한 내용은 명시하지 않음
- 「농어업재해보험법」상 보험목적물로 양식업이 아닌 연근해어업인에 적용되는 항목 미포함

■ 해양환경 및 해양생태계 보전에 관한 법률이 복수로 존재, 통합관리에 어려움

- 「해양환경보전법」이 다루는 정책영역은 「해양환경관리법», 「해양생태계법», 「해양수산발전법」과 중첩*, 법률간 위계 및 상호성 모호
 - ※ 모니터링, 정보체계 구축, 기본계획 수립 등에서 중복되는 내용이 다수 존재
- 따라서 해양·수산부문 기후변화대응 정책수립 시 혼란과 비효율 초래

[표 3] 해양·수산 부문에서 기후변화대응과 직간접적으로 관련된 법률

기후변화 대응 방법		관련 법률	
완화	온실가스 배출 저감 및 지속가능한 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립기본법 • 지속가능발전기본법 • 온실가스배출권의 할당 및 거래에 관한 법률 • 환경정책기본법 • 대기환경보전법 • 오존층보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률 	
	친환경 산업 및 신·재생에너지 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률 • 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 	
적응	적응 기반	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립기본법 • 기후·기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률 • 측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 	
	해양	해양환경 보전	<ul style="list-style-type: none"> • 해양환경관리법 • 해양환경 보전 및 활용에 관한 법률 • 습지보전법 • 남극활동 및 환경보호에 관한 법률
		해양교통 및 물류산업	<ul style="list-style-type: none"> • 항만법 • 지속가능 교통물류 발전법 • 물류정책기본법 • 국가통합교통체계효율화법
	연안재해 예방 및 복원	<ul style="list-style-type: none"> • 연안관리법 • 재난 및 안전관리 기본법 • 자연재해대책법 • 농어업재해보험법 	

기후변화 대응 방법		관련 법률
해양 & 수산	해양조사 및 연구개발	<ul style="list-style-type: none"> • 해양수산발전 기본법 • 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률
수산	어촌 발전 및 어업 육성	<ul style="list-style-type: none"> • 수산업어촌발전기본법 • 양식산업발전법 • 친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리지원에 관한 법률

출처: 한상운 외(2016) 표 2-6의 내용에서 이후 제·개정된 법률을 보완하여 작성함

(4) 21~22대 국회 주요 논의 결과

■ 21대 국회 의안¹¹⁾ 분석결과 수산부문 기후변화 대응력 강화를 위한 법률 개정 노력이 저조

- 총 28개 법안 중 61%에 해당하는 17건이 임기만료폐기되었으며, 폐기된 법안에 재해 대응력 강화 및 수산업 적응력 강화를 위한 의안이 다수 포함
- 수산부문 기후변화 대응력 강화 관련 가결법안은 3건(일부 연관성이 낮은 내용을 제거)
 - 「농어업재해보험법」 일부개정안(2021.11.10.)은 자연재해로 인한 농어민의 보험 가입률을 제고하고 보험료율 산정 기준을 개선하는 내용을 담고 있음
 - 「조세특례제한법」 일부개정안(2022.09.21.)은 기후변화로 인한 어업생산성 악화에 따라 어업용 기자재 부가가치세 면제 일몰기한 연장 필요성 제시
 - 「농수산물 품질관리법」 일부개정안(2022.11.30.)은 기후변화로 인한 어획지역이 변화하는 여건을 반영하여 지리적표시제를 합리화하는 목적을 일부 포함하고 있음

■ 22대 국회에 제안된 의안¹²⁾에는 기후변화에 따른 적응력 전반 또는 수산업 대응력 강화를 위한 내용 포함

- 기후변화 적응력 강화를 위한 ‘기후위기적응정보통합플랫폼’ 구축, 기후금융 촉진, 기후위기 취약계층 보호 목적의 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 일부개정안이 제안됨
- 「수산업·어촌 발전 기본법」, 「소금산업 진흥법」, 「수산종자산업육성법」, 「농수산물 유통 및 가격안정에 관한 법률」, 「김산업의 육성 및 지원에 관한 법률」, 「농어업재해대책법」 일부개정안과 「농어업재해대책기금법」안은 불확실성이 높은 어업환경 변화에 어민의 생활을 안정시키는 목적을 담고 있음

11) 제안이유 또는 주요 내용에 ‘기후변화’와 ‘수산’이 모두 포함되어있거나 ‘기후’와 ‘적응이’ 모두 포함되어있는 의안

12) 검색일: 2024.07.18.

Box 1. 해양·수산 부문 기후변화대응 주요 법률 내용

- 해양환경 보전 및 활용에 관한 법률
 - 제17조에 해양수산부문에 있어서 해양기후변화 대응을 위하여 해양에 대한 조사, 영향 예측, 적응 등 대통령령으로 정하는 사항에 필요한 시책을 마련하여야 하고(동조 제1항), 해양기후변화 대응 활동에 대하여 기술적, 행정적 지원을 할 수 있도록 규정(동조 제2항)
 - 이에 근거하여 시행령 제7조에 해양기후변화 대응하기 위하여 1. 기후변화가 해양에 미치는 영향에 대한 조사 및 그 영향 예측에 관한 사항 2. 해양수산 부문의 탄소흡수원 확충 등 기후변화 적응에 관한 사항 3. 해양을 통한 온실가스 배출 저감에 관한 사항 4. 그 밖에 해양수산부장관이 기후변화 대응을 위하여 필요하다고 인정하는 사항에 관하여 필요한 시책을 마련하도록 함
 - 동법 제20조에서는 해양이용영향평가제도를 도입하여 해양환경에 영향을 미치는 이용·개발행위가 환경적으로 지속가능하게 행해질 수 있도록 해당 행위의 해양이용의 적정성과 해양환경에 미치는 영향에 대하여 해양이용협의 및 해양이용영향평가를 실시하도록 함
- 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률
 - 제9조에서 해양생태계보전·관리기본계획의 수립시 기후변화 등에 의한 해양생태계 변화·교란 실태 및 기후변화에 취약한 해양생태계 현황을 포함하도록 하고 있음(동조 제5호)
 - 시행령 제4조 제1항 제3호에서는 지구온난화 등에 따른 해양생태계의 변화 예측에 관한 사항을 해양생태계보전·관리기본계획의 내용으로 하도록 함
- 수산업·어촌 발전 기본법
 - 제26조 제3항 제1호에서, 국가와 지방자치단체는 어업경영체의 소득·경영안정 및 수산업의 경영구조 개선 등을 위하여 필요하다고 인정되면 지구온실가스 감축을 위한 지원을 할 수 있도록 규정
- 연안관리법
 - 제3조 제4호 기후변화에 따른 연안재해로부터 연안을 안전하게 관리할 것을 기본이념으로 규정
- 친환경농업 육성 및 유기식품 등의 관리지원에 관한 법률
 - 제10조 제1항에서는 농업 자원 보전 및 환경 개선과 관련하여 온실가스 발생 최소화 등의 시책을 적극적으로 추진하도록 규정
- 항만법
 - 제30조 제1항에서 저탄소 항만의 유지·관리를 위하여 항만시설 이용에 있어 온실가스와 오염물질 배출을 줄이도록 노력하여야 하고, 제2항에서 정부는 항만사업자에게 온실가스 등의 배출을 방지하거나 감축하기 위하여 필요한 설비의 설치 등을 권고할 수 있다고 규정

(1) 수산부문 기후변화 적응기술 개발 현황

■ 수산부문 기후변화 적응기술은 다수의 분류기준으로 구분 가능

- 수산부문 기후변화 적응기술은 기반기술, 응용기술, 평가기술로 구분할 수 있음(김은아, 2023a)
 - 기반기술과 평가기술은 기후변화 예측 및 영향평가 등 다양한 기후변화 영향영역에 공통적으로 적용 가능한 기반기술로 구성
 - [표 4]의 '기후변화대응 기술 소분류'와 '특허 분류'는 기반기술과 평가기술을 제외하고 직접적으로 어촌과 수산업의 기후 적응역량을 강화에 기여하는 응용기술만 포함

[표 4] 분석 대상 기술 분류체계

국가중점과학기술분류	기후변화대응 기술 소분류 ¹³⁾	기후변화대응특허 분류 ¹⁴⁾
ICT 기반 수산양식 및 수산자원 개발 기술 ¹⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화로 인한 수산물 생산성 변화 및 공급 변동에 대응하는 기술 • 기후변화 및 자연재해에 대한 양식시설의 취약성과 위험성을 보강하는 기술 	Y02A40/80 Y02A40/81 Y02A40/818

출처: 박성준 외(2022) 표 4-1에서 수산업 관련 기후변화 기술 내용을 추출, 보완함

■ 국내에서 진행한 수산분야 기술개발 과제¹⁶⁾에서 기후변화 적응에 관한 과제는 불과 평균 17건/년

- 건수 비해 과제 금액이 차지하는 비중이 낮은 것은 국립수산과학원 인건비 및 기관 운영에 해당하는 고액 항목이 NTIS 통계에서 과제로 포함되어 산정되었기 때문
 - NTIS에서 개별 과제 내용으로 식별되지 않은 정책과제 성격의 연구 존재
- [표 5]의 과제는 모두 국립수산과학원에서 수행
- 민간, 지방, 대학 등의 매칭펀드 없이 100% 정부(해양수산부) 연구비로 진행
- 기초연구 단계의 과제가 과제 수 기준 94%를 차지하고, 개발연구가 5%, 기타 1%

13) 과학기술정보통신부 고시 제2022-55호의 기술 분류체계로 집계된 통계는 아직 존재하지 않음

14) 기후변화대응특허 코드인 CPC-Y 기준

15) 국가중점과학기술분류 중분류 '농축수산'에 포함된 7개 소분류 기술군은 'ICT 기반 수산양식 및 수산자원 개발 기술'외 농·축업에 해당하는 5개 기술과 '친환경사양기술'로 구성됨

16) [표 4]의 국가중점과학기술소분류에 해당하는 과제를 대상으로 함

[표 5] 국내 과학기술 R&D 투자 현황

국가중점과학기술분류	녹색기술 분류	과제 수 (건)	과제 금액(현금, 백만 원)
ICT 기반 수산양식 및 수산자원 개발 기술	기후변화 예측 및 모델링개발기술	13 (2.3%)	11,091 (2.0%)
	기후변화 영향평가 및 적응기술	30 (5.3%)	17,754 (3.3%)
	기타/미분류	44 (7.8%)	22,712 (4.2%)
총계		87 (15.4%)	51,557 (9.5%)

데이터 출처: NTIS (<https://www.ntis.go.kr/>)

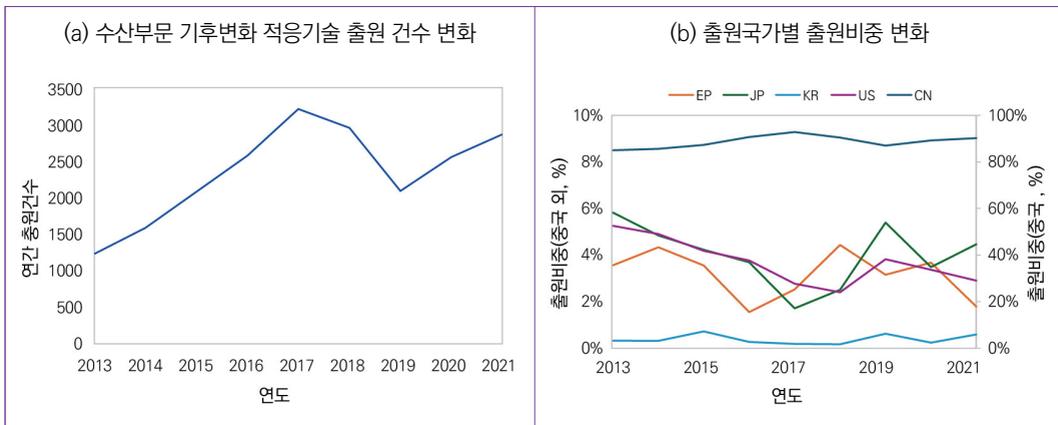
* 2018~2022년 'ICT 기반 수산양식 및 수산자원 개발 기술' 분류에 속한 총 565개 과제를 대상으로 분석함

* 과제 수와 과제 금액 괄호 안 수치는 총 565개 과제를 전체로 놓고 산정함

■ 수산부문 기후변화 적응기술¹⁷⁾ 특허는 경쟁적이지 않은, 중국 중심의 기술시장 특징을 보여줌

- 2013~2021년 출원된 연간 총출원 건 수(그림 4-(a))는 다른 주요 녹색기술(김은아, 2023b)에 비해 증가 폭이 작음
- 출원국가별 출원비중(그림 4-(b))은 다른 주요 녹색기술(김은아, 2023b)에 비해 중국이 차지하는 비중이 85%~93% 수준으로 지속적으로 높게 유지됨
- 그러나 국제특허(자국 외 출원국 존재)에서 인용도가 높은 특허는 미국>>중국>노르웨이
 - 출원 집중 기술영역: 양식장 먹이 및 먹이공급 장치, 번식방법 등에 집중
- 한국은 출원국과 출원대상국으로서 모두 주요 5개국 중 최하위이며, 특히 대상국으로서 존재감이 0에 가까움

[그림 4] 수산부문 적응기술 특허출원 건수 변화



데이터 출처: 윈텔립스(<https://www.wintelips.com/>)

17) [표 4]의 기후변화대응특허 분류코드를 메인코드로 하는 특허를 대상으로 함

(2) 학술논문 주제영역 변화

■ 기후변화와 연관된 해양 기술은 전반적으로 관심도가 낮으며 다양한 인접 영역 존재

- 2000~2024년(검색일: 2024.06.18.)에 이상의 검색조건을 만족하는 논문은 총 181건¹⁸⁾에 불과
- 최근 5년(2020~2024년)에 발표된 논문이 50% 이상 차지
- 논문 초록에 포함된 주요 키워드(범용어 제외)는 생태계 영향, 어업, 해양자원, 탄소, 에너지, 거버넌스, 폐기물, 해양오염, 고고학 등 다양
- 수산업, 생태계에 관한 기후변화 대응 기술이 전체 기간에서 가장 비중이 높으며, 기후적응, 정치/행정, 폐기물/오염 주제영역^{*}의 연구가 최근 10년 크게 성장
 - ※ [표 6]의 연구 주제영역¹⁹⁾은 출현 빈도가 높은 키워드에서 관련도가 높은 단어를 그룹화하여 도출함

[표 6] 연구주제별 주요 키워드

주제영역*	주요 키워드**	총 논문 건수 (2000~2024년)
수산업	fish, aquaculture, ship, seaweed	79
생태계	ecosystem, species, ecology, biodiversity	72
기후적응	adaptation, resilience	44
정치/행정	governance, government, legal, politics	43
에너지	energy, renewable	40
온실가스	carbon, greenhouse, ghg	35
고고학	archaeology, holocene, pleistocene, hominin	38
폐기물/오염	waste, pollution	27

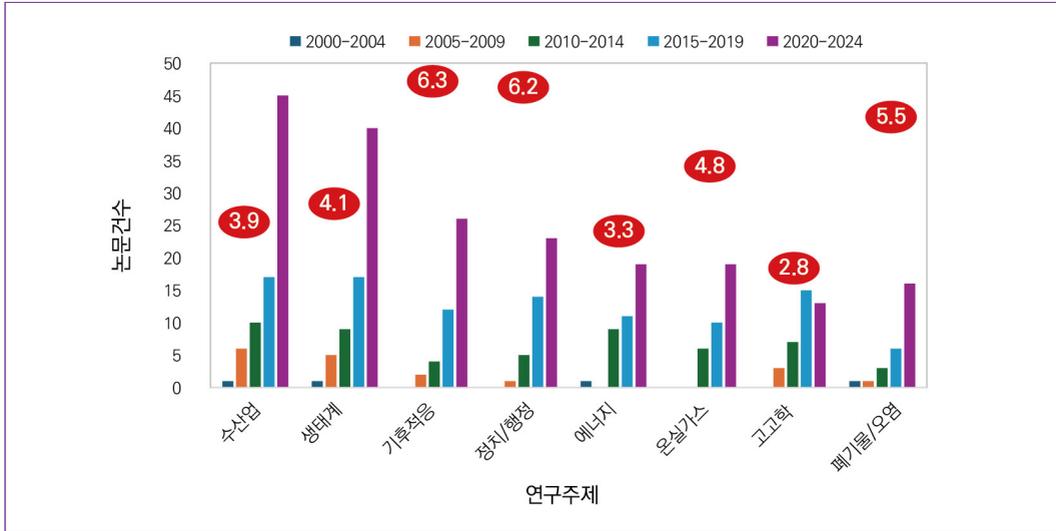
* 각 연구주제는 서로 배타적이지 않음(중첩 영역 존재)

** 단어의 복수형/어미를 모두 포함할 수 있도록 어근을 이용하여 검색하였으나, 표에는 단수형 명사 표기

18) Web of Science Core Collection (Clarivate) 데이터베이스에서 (climate change) & (marine) & (technology)가 제목, 키워드, 또는 초록에 포함된 논문을 대상으로 하였으며, 포괄적인 데이터 셋을 구성하기 위하여 적용 부분에 국한하여 추출하지 않음

19) 181건의 논문 초록을 대상으로 초록에 포함된 키워드([표 6] 참조)가 포함된 논문 건수 분석

[그림 5] 기후변화 대응 해양수산기술 연구 주제영역 변화(붉은 원 안의 숫자는 2005~2014년 대비 2015~2024년 논문 건수 변화(배)*를 보여줌)



※ 참고: 전체 주제영역에서 2015~2024년 논문 건수는 2005~2014년의 3.7배임

■ 수산부문 기후변화 대응 기술 신규영역 세부 내용([그림 5] 연구주제 하위 범주)

- 10년 전까지 거의 연구되지 않았으나 최근 결과가 보고되기 시작한 연구주제를 아래에 요약함
 - (적응) 자연기반 해법, 적응 시나리오, 스마트 기술
 - (에너지, 탄소) 해상풍력, 해양기반 탄소저감 기술, 해양생물기반 바이오디젤, 지구공학
 - (정치/행정) 코로나 대응 거버넌스, 불평등, 국가 간 분쟁
 - (폐기물/오염) 폐기물 처리의 해양환경영향, 선박 유래 미세먼지, (플라스틱) 해양오염
- 이상의 주제는 전통적으로 다뤄지던 생태계, 수산업, 기후적응 등의 영역에서 인접 분야와 연계되며 파생되는 경우가 대다수이며, 일부 비기술 영역과 연계되어 등장
- 새롭게 등장한다는 것이 모두 긍정적이거나 기회를 내재하고 있다고 볼 수는 없으며, 기대효과가 클 것으로 전망되는 기술영역 중 국내 연구개발 투자가 미흡한 곳을 식별하는 목적으로 활용 가능

(3) 적응 부문 공백기술 식별

■ 연구개발 수요 대비 투자가 미흡한 연구 주제영역에 우선 투자 고려 필요

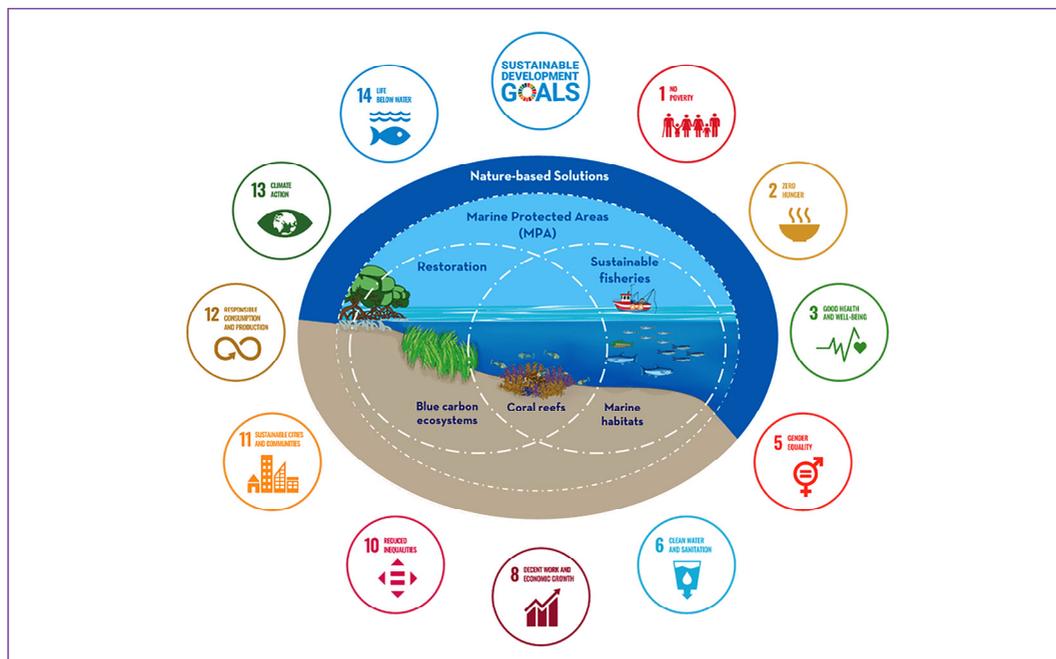
- 국내 수산업 취약요소, 국내외 연구개발현황, 특허출원 현황을 종합한 결과를 [표 7]에 요약
- 이상의 연구개발 수요영역 및 지속가능한 해양환경 보전 및 사용에 관한 연구개발 영역²⁰⁾([그림 6]) 등을 고려하여 국내 연구개발 투자가 필요한 후보군^{*}을 아래와 같이 도출
 - ※ 아래 후보군에서 필요에 따라 해역을 공유하는 동아시아 국가 간의 국제협력 연구 기회 모색
 - 디지털기술 기반 연안재난 예측 및 대응체계 고도화
 - 자연기반해법을 적용한 재난피해 저감 및 복구 기술
 - 기후적응력 강화 양식어장 환경 조성, 수산종 발굴 및 안정성 평가
 - 해양환경 변화에 따른 수산자원 변동성 예측 및 지속가능 어업 시나리오 도출
 - 스마트 양식 기술
 - 해양오염의 생태계 영향평가
 - 해양생태계 기반 블루카본 보전·증진

[표 7] 적응기술과 연계된 국내 수산업 취약요소, 국내외 연구개발현황, 특허출원 현황 요약

연구개발 수요영역			국내연구개발 투자 대상 (2018~2022년)
국내 수산업 취약요소	해외특허출원 집중영역	학술연구 신규영역	
양식품종 (특히 해조류, 바다명게)	양식장 먹이 및 먹이공급 장치, 번식방법	스마트 기술, 자연기반 해법	<ul style="list-style-type: none"> • 남해안 패류양식 안정화 • 육상기반 양식전복 생산 효율화 • 어류 가두리양식장 최적환경관리 • 양식생물 적조 피해 예방 • 천수만 양식어장 고수온피해 대응
서해안 재난피해	-	스마트 기술, 자연기반 해법	<ul style="list-style-type: none"> • 블루카본 기반 기후변화 적응형 해안조성기술 개발
연안어업 업종별 취약성 예측 불확실성	-	적응 시나리오, 스마트 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 연근해 생태계 구조변동 평가 • 근해 해양변동 모니터링 • 연근해 어업자원 평가 및 관리 • 연안어업 및 환경생태 조사 • 연근해 여황 예측능력 향상 • 수산분야 기후변화 영향 및 취약성 평가
수산업 생산성 변화요인 불분명	-	적응 시나리오, 스마트 기술, 폐기물 처리의 해양환경영향, 해양오염	<ul style="list-style-type: none"> • 생태계기반 수산자원변동 예측 • 독도 및 심해 생태계 수산자원 조사 • 냉수대 예측 및 수산업적 영향 분석 • 맞춤형 수산정보서비스 플랫폼 구축 • 유해물질 모니터링 및 위해도 평가

20) 과거 연구는 SDG 14-17에 상대적으로 집중되어 있으며, [그림 6]이 제시하는 해양 및 기후환경과 그와 연결된 사회·경제 요소 연구가 전반적으로 부족(Lee et al., 2020)

[그림 6] 해양환경과 연계된 지속가능발전목표(SDGs)와 목표달성 전략 방향



출처: Ocean & Climate Platform (2023) p. 28.²¹⁾

21) [그림 6]은 해양환경과 연계된 지속가능발전목표(SDGs)와 목표달성 전략 방향을 도식적으로 표현: 자연기반해법 (nature-based solution)은 수산물 서식환경, 산호초 지속가능한 어업 및 해양생물보전(SDG14)을 통하여 빈곤·기아 등을 완화하고, 블루카본과 산호초 보전을 통해 기후변화완화에 기여하는 등 지속가능발전목표(SDGs) 17개 중 11개와 직간접적으로 연계되어 있음

이상에서 기후위기 시대의 수산업 지속적 발전에 기여할 수 있는 요소로 크게 (1) 제도적 여건과 (2) 기술개발 현황을 분석함. 분석결과에 기반하여 제도 개선과 기술개발 및 연구에 관한 정책적 시사점을 아래와 같이 도출함.

■ 국가 및 지방자치단체의 해양·수산 부문 기후변화대응정책 수립·시행을 위한 근거 법률의 내용과 한계점을 파악할 필요

- 기후변화의 해양·수산 부문에 대한 영향, 정책적 중요성, 현재 기후변화대응정책 내용 등을 종합적으로 고려하여 수산업의 지속적 발전을 위한 국가 및 지방자치단체가 수립·시행할 필요가 있는 해양·수산 부문 기후변화대응정책을 제시하고, 정책별로 지방자치단체의 역할의 기준과 범위를 설정할 필요
- 해양·수산 부문에서 이루어지고 있는 기후변화대응정책과 기존의 해양 및 수산부문에서의 전통적 정책의 연계성 강화를 위해 관련 근거 규정에 기후변화대응을 위한 개선안 및 기존 정책에 기후변화대응정책을 연계하여 시행할 수 있도록 법적 근거를 마련할 필요
- 해양환경과 수산업은 밀접하게 연계되어 있음을 고려하여 ‘해양’과 ‘수산’ 정책영역이 통합된 법체계 구축 필요

■ 해양·수산 부문 기후위기 대응을 위한 다양한 정책영역에서의 법제도 세부 내용 정비 필요

- 기후변화에 대응하기 위해서 해양·수산 부문에서는 해수면 상승으로 인한 연안침식 및 침수 예방을 위한 연안 관리, 해양생태계 보전, 수산자원 보호, 양식 피해 최소화, 해양과학기술 개발, 신재생 해양에너지, 해상물류 등 다양한 인접 분야의 영향을 파악하고 효율적으로 대응할 수 있는 법제가 마련되어야 함
 - (해수면 상승) 연안침식 및 침수 예방, 기후회복력 증진을 위해 국내에서는 「연안관리법」 시행령에서 관련 정책 내용²²⁾을 다룸. 여기에 기후위기 상황을 반영²³⁾할 수 있도록 법률 개정이 필요
 - (생물다양성 위기) 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」이 해양생태계 기후변화적응 정책 및 사업의 근거 법률이 될 수 있도록 개정: ‘조사, 변화관찰’, ‘해양보호구역 통합관리’, ‘생태통로 마련’ 관련 규정에 기후변화 적응목적 반영

22) 연안기본조사, 연안통합관리계획 및 연안관리지역계획, 연안용도해역 연안해역적성평가, 연안해역기능구, 연안침식관리구역, 연안정비사업, 자연해안관리목표제 등

23) 해외에서는 연안선 관리, 연안후퇴선 설정, 토지이용구분, 이주대책, 침수범람대책, 건축설계변경, 국가 홍수보험 프로그램, 기후변화 협의체 구성 등의 정책을 시행 중

- (양식 및 연안어업 변동성) 「해양수산물발전 기본법」이 수산업의 기후변화 대응력 강화를 위한 시책에 근거가 될 수 있도록 개정: 기후변화 취약 우선순위 선정, 해수면 상승 대비 저지대 연안 서식지의 이동 가능성 고려, 냉수성 생물종을 위한 대체서식지 조성 검토, 수온 상승 영향에 따른 수산정책 보완, 멸종 또는 취약 해양생물종 보전이입(재도입)²⁴⁾ 등에 대한 대책 필요

■ 해양·수산 부문 기후위기 대응을 위한 지방자치단체의 역할 강화

- 지방자치단체의 조례 정비 및 시범사업 수행 등을 위한 보완 연구가 지속적으로 진행될 필요가 있으며, 법제도 제·개정 과정에서 지역주민의 의견수렴 절차를 보완할 필요
- 정책별 지방자치단체의 역할 강화 방안을 아래와 같이 제시
 - (재해방지) 지방자치단체는 기후변화로 인한 침식 및 침수 위험지역에 ‘연안완충구’를 설정하여 관리하고, ‘재해관리구’와 중첩되는 지역에 대해 시범사업 지역으로 선정하여 관련 연구를 수행할 수 있으며, ‘자연해안관리목표제’를 통해 자연해안의 기후회복력 강화 방안을 모색할 수 있음
 - (해양생태계 보전) 지방자치단체가 기후변화의 해양생태계 영향 조사 및 변화관찰을 수행하고, 통합적 해양보호구역 관리대책을 마련하도록 조례 제·개정 필요
 - (지역주민 참여) 신뢰성 높은 기후변화 영향평가 및 예측 시나리오에 기반하여 경제적 보상체계 및 보험 제도를 개선, 어업인과의 의견수렴 과정에서 갈등요소 최소화

■ 해양·수산 부문 기후적응력 강화를 위한 기술개발 및 연구 활성화

- 해양·수산 부문의 기후변화정책은 해당 분야의 과학적이고 전문적인 지식의 누적 필요성 요구됨에 따라 각 분야의 전문가들로 구성된 경제·사회·과학 부문 통합 연구가 중장기적으로 지속되어야 함
 - 축적된 과학적 정보 결과를 바탕으로 정책을 보완하는 방식이 이루어질 수 있도록 국가적 차원의 정책 방향을 제시하는 로드맵이 마련될 필요가 있음
- 한국의 연안시스템의 취약성 및 기후변화의 해양생태계 영향 관련 기초자료가 부족하여 과학적인 정책 의사결정에 걸림돌로 작용: 관련 연구에 지속적 투자 필요
 - 기후변화에 대한 생물종, 서식지 등 생태계에 미치는 영향 모니터링, 모델링, 지역적 규모의 복구를 통해 환경 변화를 예측하고 미래의 기후변화대응능력 제고

24) 기후변화로 인해 생물종은 현재의 서식 범위에서 새로운 조건에 적응하지 못하거나 서식지 분포를 바꾸지 않을 경우 절멸된 가능성이 커지고 있음. 이를 예방하기 위해 확실한 절멸이 예상되는 경우 멸종 위기종을 보다 적합한 서식환경이 조성된 지역으로 서식지를 인위적으로 옮길 필요가 있음. 그러나 서식 범위 밖으로 생물종을 이동시키는 방안은 그로 인한 지역 생물다양성, 인간의 삶과 보건, 경제적 피해가 발생할 수 있으므로 침입생물학에 따른 이입과 관련된 리스크를 면밀히 평가하고 분석하는 것이 필요함

- 지방자치단체는 관할 지역에서 시행되는 조사에 기후변화 요소를 고려하여 지역 기반의 기초자료를 수집
 - 지방자치단체는 지역기반 기초자료 수집, 사회기반시설 및 지역주민 보호를 위한 대책 마련 및 소규모 시범사업 수행의 역할에 대한 중요성을 인식하고, 기후위기 대응 역할 강화 방안을 강구해야 함

[기후변화에 대응한 수산업 발전방안 연구]

- (목적 및 필요성) 기후변화로 인한 수온 상승 및 이상 수온 발생 등으로 수산업계에 상당한 영향을 미칠 것으로 예측되므로, 이에 대응하기 위한 수산업 발전방안 마련 필요
- (주요내용)
 - 기후변화가 연안 및 해양환경과 어선어업·양식업에 미치는 영향 분석
 - 기후변화로 인한 수산업 피해 예방 및 지원 관련 해외 사례 조사
 - 기후변화에 대응한 수산업 피해 예방 및 지원을 위한 법·제도 개선사항 도출

참고문헌

- 국립수산과학원 (2019) 수산분야 기후변화 평가 백서
- 국립수산과학원 (2023) 수산분야 기후변화 영향 및 연구 보고서
- 김은아 외 (2020) 기후변화 미래영향 대응 기반연구, 국회미래연구원 연구보고서 20-01
- 김은아 (2022) 기후변화 5대 영향 영역과 적응입법 아젠더, 국가미래전략 Insight 43호
- 김은아 (2023a) 기후변화 적응력 향상을 위한 기술개발 전략과 추진체계, Futures Brief 23-11, 국회미래연구원
- 김은아 (2023b) 녹색전환기술 글로벌 영향력 향상 전략: 세계질서 재편의 맥락에서, 국회미래의제 23-11
- 박성준 외 (2022) 기후변화 대응과 공급망 전략, 국회미래연구원 연구보고서 22-20
- 장찬주 외 (2022) 한국해 해양열파 장기변동: 계절과 공간분포 특성
- 한상운 외 (2016) 해양 및 연안부문 기후변화대응을 위한 법제도적 개선방안 연구-지방자치단체의 역할을 중심으로, 한국법제연구원
- International Panel on Climate Change (IPCC) Assessment Report 6 (Working Group 1) Summary for Policymakers
- Kim, B. T., Brown, C. L., & Kim, D. H. (2019). Assessment on the vulnerability of Korean aquaculture to climate change. *Marine Policy*, 99, 111-122.
- Kim, M. J., Han, I. S., Lee, J. S., & Kim, D. H. (2024). A climate change risk assessment in aquaculture in Korea. *Climatic Change*, 177(6), 93.
- Lee, K. H., Noh, J., & Khim, J. S. (2020). The Blue Economy and the United Nations' sustainable development goals: Challenges and opportunities. *Environment international*, 137, 105528.
- Ocean & Climate Platform (2023) What ocean for tomorrow? Marine ecosystems in a changing climate, Insights from the IPCC's Sixth Assessment Report
- 웹사이트
- 기상청 기후정보포털 (http://www.climate.go.kr/home/CCS/contents_2021/influence/inf_6-1.php)
- 빅카인즈 (<https://www.bigkinds.or.kr/>)
- 윈텔립스 (<https://www.wintelips.com/>)
- NTIS (<https://www.ntis.go.kr/>)
-

기후위기 시대의 수산업 지속적
발전방안 연구

인쇄 2024년 8월 30일
발행 2024년 8월 30일
발행처 국회미래연구원
주소 서울시 영등포구 의사당대로 1
전화 02)786-2190
팩스 02)786-3977
홈페이지 www.nafi.re.kr
인쇄처 (주)명진씨앤피(02-2164-3000)

©2024 국회미래연구원

ISSN 2983-4392

이 자료는 국회미래연구원 홈페이지(www.nafi.re.kr) 및
열린국회정보(open.assembly.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.

