

전략연구 2016-41

충청남도 연안역의 기후변화 적응방안 연구

-해수면상승 대책을 중심으로-

윤 종 주

발 간 사

기후변화, 지구온난화 등은 이제는 더 이상 낯선 단어가 아닙니다. 그만큼 현실세계에서 느끼는 기후변화가 이제는 피부로 와닿는 정도까지 온 것입니다. 사실 인류는 기후변화의 영향을 깨닫기 시작한 이후로 지속적으로 기후변화에 대응하기 위해 끊임없는 노력을 하고 있다고 할 수 있습니다. 기후변화의 영향이 과학적으로 밝혀지기 시작한 1960년대 이후로 지구환경을 보호하기 위한 환경정책 뿐 아니라, 온실가스 배출을 저감하기 위한 탄소배출권 거래제의 도입 등 국제적인 노력도 지속적으로 이루어지고 있습니다. 실제로 기후변화는 지구의 사막화, 폭우, 폭염, 홍수, 연안침식, 해수면 상승, 생태계의 변화, 해안선의 후퇴, 식생활 변화 등 매우 다양한 방면에서 생태학적·사회경제학적으로 매우 큰 영향을 끼치고 있습니다. 이러한 사실은 기후변화라는 거시적인 현상이 인류의 삶 자체를 변화시키고 있다는 것으로 의미하는 것입니다.

인류는 기후변화를 영향이 지속적으로 확대되는 것을 줄이기 위해 부단히 노력을 하고 있습니다. 제5차 IPCC 보고서에 따르면, 기후변화는 인간의 활동에 의한 것임을 명확히 하였으며, 이렇게 변화된 기후시스템은 인간의 삶과 자연생태계 전반에 다시금 악영향을 미치게 되는 상호작용을 하고 있음으로 나타났습니다. 지구 표면의 70%를 차지하고 있는 해양은 이러한 기후변화로 인한 지구 에너지 불균형을 억제해주는 가장 큰 역할을 하고 있습니다. 해양은 기후변화의 악영향을 제한해주는 역할을 하지만, 기후변화의 취약성은 해양환경의 변화에서 두드러지게 나타나고 있습니다. 특히 해수면 상승에 따른 각종 자연재해의 증가는 연안역 거주민의 삶에 직접적인 위해요소로 작용하게 됩니다.

본 연구에서는 이러한 측면에서 연안역에서의 기후변화에 의한 위협요소들을 전반적으로 살펴보고, 국내외의 대응방안에 대한 살펴보았습니다. 이를 통하여 국가에서 대비해야 할 정책방향을 살펴보고, 실효적 연안관리의 주체라고 할 수 있는 지방자치단체 단위의 역할을 정리하여 충청남도의 향후 대응전략을 수립하는데 그 방향성을 제시하였다는데서 그 의미가 있다고 할 수 있습니다. 이제는 국가 주도의 해양환경 관리정책에서 지자체 중심의 자발적인 활동이 주축이 되어야 할 때가 왔다고 생각합니다. 기후변화에 대비한

장기적이고 체계적인 연안역에서의 대응방안 및 신기후체제에 대비한 다양한 정책의 수립을 통하여, 이를 충청남도의 미래 신성장동력으로 활용할 수 있는 역동적인 정책의 추진을 기대하는 바입니다.

본 연구의 책임수행자인 윤종주 책임연구원에 감사의 말씀을 전하며, 앞으로도 연안역 기후변화 대응전략수립 분야에서 선도적인 역할을 수행하는데 있어서의 충청남도의 적극적인 정책 추진을 위한 지속적인 관심과 협조를 부탁드립니다.

2016년 12월 31일

충남연구원장 강 현 수

연구 요약

I. 연구개요

1. 연구 배경 및 목적

- 연안역은 거주지로서의 역할 뿐 아니라 경제적 활동 영역으로서도 매우 중요한 역할을 하고 있음. 세계적인 대도시의 다수가 연안역에 입지하여 도심, 항만, 공항, 도로, 에너지시설 등의 기반시설을 갖추고 있음
- 그러나 연안도시들은 기후변화에 따른 해수면 상승, 폭풍해일, 지진해일 등의 자연재해에 취약할 수 있으며, 침수범람의 위험에 직접 노출되어 있음. 그렇지만 주요 연안도시로의 인구집중화는 지속적으로 늘어나고 있어 미래의 연안도시의 범람 등 자연재해 피해 위험성은 점차 커지고 있음
- 우리나라의 연안도시 역시 기후변화에 따른 지속적인 해수면 상승, 해마다 반복되는 태풍의 내습에 따른 재해·재난이 발생하고 있음. 특히 기후변화에 취약한 분야로는 서해 및 남해안 해역에 대한 폭풍해일에 의한 피해 발생 가능성이 커지고 있고, 기후변화로 인한 기상이변의 발생 증가로 연안의 양식업 등의 수산물 피해가 급증하고 있음
- 해수면 상승, 태풍의 강도 증가, 홍수와 가뭄의 반복, 해수온도 상승 및 해양산성화 등 해양의 주요 기후변화 현상에 따른 피해발생은 범국가적인 문제로 대두되고 있으며, 향후 지속적으로 그 피해가 급증할 것으로 나타남

○ 이러한 기후변화의 영향을 정량적으로 예측하기에는 수많은 불확실성이 있음.
특히 과거의 기후자료 통계의 의미가 희미해질만큼 기후변화에 따른 이상기후가 빈번해짐에 따라 이러한 기후변화로 인한 악영향을 최소화하는데는 기후변화에 대한 적응전략을 체계적으로 수립할 필요가 있음

○ 이에 본 연구에서는 기후변화가 충청남도 연안역의 사회·경제적 환경에 미칠 수 있는 영향의 평가와 함께 재해를 발생시킬 수 있는 기후외력의 변화를 우선 살펴봄. 이를 통하여 충청남도의 연안역 재해발생에 따른 피해저감방안 및 관련 정책을 제안하여 기후변화에 대한 충청남도 연안역의 기본 적응방안을 제시하는데 목적이 있음

2. 연구범위

○ 시간적 범위 : 약 6개월(착수일로부터)

○ 공간적 범위 : 충청남도 주요 연안도시 (7개 연안 시·군)

○ 내용적 범위 :

- 기후변화에 따른 연안역에서의 환경변화 요인에 대한 이해와 분석
- 연안역 기후변화 적응방안 수립에 대한 해외 선진사례 조사
- 충청남도 연안역의 기후변화 현황과 영향 분석
- 충청남도 연안역의 기후변화 적응방안 수립

II. 연구의 주요 착안점

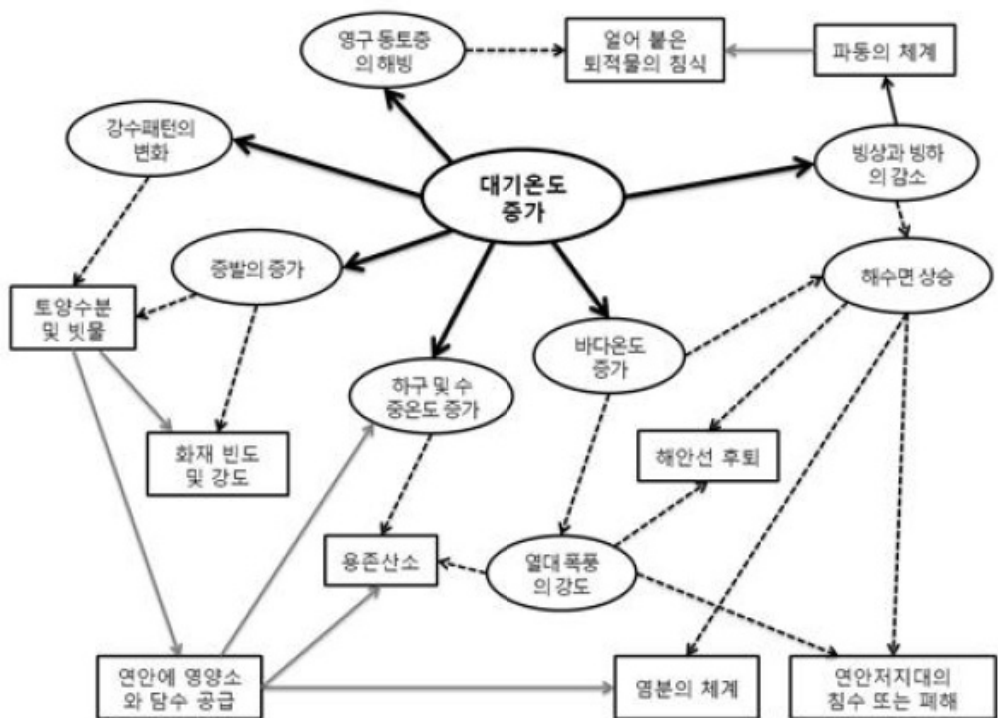
1. 선행연구검토

1) 연안역에서의 기후변화 현상과 영향

기후변화 현상	생태계의 지역사회에 미치는 직·간접적 영향
<ul style="list-style-type: none"> - 해수면 상승 - 해수온도 상승 - 강수패턴 변화 및 연안유출 - 해양 여건의 변화 (해양산성화) - 폭풍 경로, 강도, 빈도의 변화 	<ul style="list-style-type: none"> - 생물지구화학적, 생태적 영향 - 더욱 빈번하고 광범위한 극한의 재해 - 연안 저지대 및 습지의 변형과 파괴 - 연안의 침식과 범람의 증가 - 지하수나 강으로의 염분침입 - 생물종의 양과 분포의 변화, 외래종 유입
	<ul style="list-style-type: none"> - 사회경제적, 기반시설 영향 - 재산과 토지 손실 - 범람위험 증가, 인명 손실 - 주택의 안전 및 품질 손상 - 상업, 레크리에이션, 생활자원의 손실 - 관광, 레크리에이션, 연안활동의 손해 - 음용수 수질 저하로 건강이나 삶의 수준 저하 - 생활과 건강으로의 영향 - 기후변화에 적응할 수 있는 자재 및 재료 전환 - 연안보호를 위한 비용 증가 - 보험료의 증가 - 금융과 보험시장의 붕괴 - 연안보호시설과 사회기반시설 손실 - 신재생, 생활자원의 손실 - 새로운 경제적 기회 - 토양과 수질 문제로 경장지나 양식장의 피해
	<ul style="list-style-type: none"> - 제도와 문화, 생활양식에 미치는 영향 - 연안에서의 생활양식 변화와 불확실성 증대 - 날씨와 기후와 연관된 연안의 위험이 빈번 - 새로운 생활을 위한 도전과 기회 - 정치적, 제도적 불안과 사회적 불안 - 연안에 의존하는 문화와 생활양식에 위협

- 해수면 상승은 저지대에 위치한 연안역에 해수범람과 침식의 가능성을 높이고 폭풍해일 및 파랑의 에너지를 증대시키게 됨
- 폭풍해일은 내륙쪽으로 깊이 파인 내만 등에 특히 큰 영향을 주게 되며, 저기압에 의한 해면상승과 함께 바람에 의한 해수의 밀려올림 효과에 의해 증폭되어 일부 해역에 그 에너지가 집중되어 큰 침수피해를 불러올 수 있음
- 집중호우 역시 내륙에서의 홍수범람과 침수피해를 발생시킴. 특히 연안저지대에 위치한 도시의 경우 강력한 태풍의 내습시에 발생하는 집중호우와 함께 조위효과와 복합된 폭풍해일이 더해지면, 내륙 호우에 의한 유량의 외해로의 배수가 차단되어 침수피해의 위험성이 배가됨
- 대부분의 연안구조물의 설계에 있어 30년 내지 50년 빈도의 확률 폭풍해일고를 활용하고 있으나, 미래의 해수면 상승 가능분이 그동안의 설계에 배제되어 왔었고 각종 연안구조물의 증축에 따른 조석의 확폭 등이 반영되지 않아 구조물의 여유고가 매우 낮은 지역이 충청남도에 다수 분포함
- IPCC 4차보고서에서는 기후변화에 따른 연안역에 있어서의 부정적인 영향에 대하여 다음의 6개 항목에 대한 신빙성 있는 예견이 제시됨
 - 첫째, 연안은 기후 및 해수면과 관련된 부정적인 영향을 경험하고 있음
 - 둘째, 연안은 향후 수십년간 다수의 복잡한 기후변화 요인들에 의한 위협에 노출될 가능성이 매우 높음
 - 셋째, 기후변화에 따른 연안역의 영향은 인간활동에 의해 악화될 것임
 - 넷째, 이러한 영향은 선진국에 비해 적응력이 부족한 국가들의 경우에 더 큰 어려움을 겪을 수 있음

- 다섯째, 기후변화에 취약한 연안역의 적응비용은 아무런 행동을 취하지 않을 경우보다 훨씬 적은 비용이 들 수 있음
- 여섯째, 장기적 관점에서의 해수면 상승은 현재 인간의 연안 개발패턴 및 경향과 빈번히 대립하게 됨



<지구 온난화가 연안에 미치는 영향>

Ⅲ. 연구내용 및 방법

1. 주요 연구 내용

1) 기후변화에 따른 연안역에서의 환경변화 요인에 대한 이해와 분석

- 기후변화의 정의
- 연안역의 기후변화 영향과 미래 기후변화 전망
- 연안역에서의 기후변화 적응전략 구축의 필요성

2) 연안역 기후변화 적응방안 수립에 대한 해외 선진사례 조사

- 구조적/비구조적/복합적 적응사례

3) 충청남도 연안역의 기후변화 현황과 영향 분석

- 충청남도 연안역의 기후변화 현상과 전망
- 연안역의 사회·경제 시스템 현황 및 사회·경제적 가치
- 미래 기후변화에 따른 영향 예측(시나리오별 침수피해 예상 분석)
- 분석의 한계 및 향후 추진 과제

4) 분야별 연안역 기후변화 적응 방안

- 연안재해 분야 추진방향 및 중점 추진전략
- 해양생태계 분야 추진방향 및 중점 추진전략
- 수산 분야 추진방향 및 중점 추진전략

5) 충청남도 연안역의 기후변화 적응방안 수립

- 주요 침수예상지역에 따른 구조적/비구조적 적응대책 소개
- 기후변화 영향 평가 및 예측 시스템 구축(모니터링 및 취약성 평가 포함)
- 법·제도적 정비 및 장기적 계획에 따른 충청남도에 적합한 적응방안도출

2. 연구 방법

1) 문헌 연구

- 기후변화의 정의, 예측, 영향에 관한 국내·외 연구결과
- 미래의 기후변화에 따른 영향평가에 관한 국내·외 연구결과
- 기후변화 적응사례, 적응기법, 적응 전략 등에 관한 해외 선진사례
- 충청남도 주요 연안역의 기후변화에 따른 취약성 통계자료 분석

2) 정책 제언

- 충청남도 연안역의 기후변화 적응방안 제언
- 정책제언 및 후속연구

목 차

제1장 서론	1
1. 연구배경 및 목적	1
2. 연구범위	2
3. 연구 내용 및 방법	3
1) 연구 내용	3
2) 연구 방법	3
제2장 연안역 기후변화 적응에 대한 정책 동향	5
1. 연안역 기후변화에 대한 이해	5
1) 기후변화란 무엇인가?	5
2) 연안역의 기후변화에 의한 환경변화	5
2. 연안역 기후변화 적응정책 사례 분석	8
1) 기후변화 적응정책의 개요	8
가. 기후변화 적응이란?	8
나. 기후변화 적응정책의 분류	9
다. 연안역의 주요 기후변화 적응 대책	11
2) 선행 국내 연구 검토	12
3) 국외 연구 사례 분석	14
가. 미국 해양환경 변화 연구동향	14
나. 일본 해양환경 변화 연구동향	16
다. 호주 해양환경 변화 연구동향	17
4) 국내 연구 사례 분석	18
3. 연안역 기후변화 적응 대책 해외 사례	25
1) 비구조적 적응 대책	25
가. 유럽 연합(EU)	25
나. 영국	25

다. 캐나다	26
라. 미국	26
2) 구조적 적응 대책	29
가. 유럽 연합(EU)	29

제3장 충청남도 연안의 기후변화 현황 및 위험요인 35

1. 충청남도 연안역 기후변화 영향	35
1) 기온	35
2) 강수량	35
3) 해수면 상승	35
4) 태풍	37
5) 해일	39
6) 기후외력의 변화	40
2. 충청남도 연안역의 해수면 상승에 대한 취약성 평가 분석	41
1) 충청남도 해수범람 피해 발생 현안	41
2) 해수 침수범람 위험요인 분석	42
3) 해수면 상승 미래 시나리오에 따른 취약성 평가	44

제4장 분야별 연안역 기후변화 적응 방안 48

1. 연안재해 분야	48
1) 추진 방향	48
2) 중점 추진 전략	50
2. 해양생태계 분야	51
1) 추진 방향	51
2) 중점 추진 전략	52
3. 수산 분야	53
1) 추진 방향	53
2) 중점 추진 전략	53

제5장 충청남도 연안역의 기후변화 적응 우선 대책	55
1. 충청남도 연안역 기후변화 취약성평가 및 예측 시스템 도입	55
1) 연안역 기후변화 취약성 평가	55
2) 모니터링	56
2. 충청남도 연안역 기후변화 적응에 대한 법·제도적 정비	56
1) 관련 조례 제정	56
2) 해수면 상승 계획 구역 지정	58
3. 미래 해수면 상승에 대응한 기후변화 적응	59
1) 주요 침수예상지역에 따른 적응대책 수립	59
가. 해수욕장	60
나. 항만 및 부두	61
다. 연안역 주거·상업지역	61
라. 자연해안 및 미개발지	61
2) 구조적 적응대책 적용	62
3) 비구조적 적응대책 적용	63
가. 강력한 토지이용계획을 통한 연안역의 성장과 개발에 대한 지속적인 관리	64
나. 해안선의 체계적이고 지속적인 관리	64
다. 효율적인 공간관리를 통한 손실 감소방안 수립	64
라. 연안역 기후변화대응 협의체(Panel) 활용	65
제6장 결론 및 제언	66
1. 결 론	66
2. 제 언	70
참고문헌	73

표 목 차

[표 2-1] 연안역에서의 기후변화 현상과 영향	7
[표 2-2] 국가별 기후변화 적응의 개념	8
[표 2-3] 기후변화 적응전략의 분류(Benjamin L. Preston et al., 2011)	10
[표 2-4] 적응대책의 분류 및 실현 방법(채여라 외, 2011)	10
[표 2-5] 연안역 기후변화 주요 대책 예	11
[표 2-6] 선행연구 검토	12
[표 2-7] 일본의 연안침식에 대한 제도적 대응(조광우 등, 2014)	17
[표 2-8] 이탈리아 플랩형 게이트 개념도	31
[표 2-9] 영국 템스강 라이징 섹터 게이트(Rising Sector Gate)	32
[표 2-10] 네덜란드 수직리프트게이트 개념도	33
[표 2-11] 섹터게이트(Sector Gate)	34
[표 3-1] 우리나라 주요 조위관측소의 평균해수면 상승률(mm/년, 1985-2014 20년) ..	38
[표 5-1] 연안역의 기후변화 취약성 평가 과정에 필요한 자료	55
[표 5-2] 기후변화 관련법령의 검토(최충익 등, 2012)	57

그림 목 차

[그림 1-1] 충청남도 연안역의 공간적 범위	2
[그림 2-1] 해수면 상승에 따른 미국 연안 범람 위험도(Strauss et al., 2012) ..	14
[그림 2-2] 해수면 상승에 따른 잠재적 반응(좌) 및 습지 잔존(우)(조광우 등, 2010) ..	15
[그림 2-3] 이산화탄소가스 변화 추세(IPCC, 2014)	19
[그림 2-4] 인위적 온실가스 배출 추이(IPCC, 2014)	20
[그림 2-5] 해수면 상승에 대비하여 높아진 충고를 반영한 설계안 (보스턴 스폴딩 재활병원)	27
[그림 2-6] 해수면 상승과 장기지역권을 통한 연안습지 보전책	28
[그림 3-1] 우리나라 주변 해역의 연평균 해수면 상승률 분포(Yoon, 2016)	36
[그림 3-2] 년도별 상대 평균해면 분포도(Yoon, 2016)	37
[그림 3-3] 1950대 이후 태풍 경로 분포도(매 10년 단위)	38
[그림 3-4] 보령 오천항 해수범람 피해사례(2014.10.11.)	41
[그림 3-5] 보령 원산도 선촌항 해수범람 피해사례(2014.10.11.)	42
[그림 3-6] 보령시 과거 해수범람피해 주요 발생 지역(국립재난안전연구원, 2013) ..	42
[그림 3-7] 보령항 장기간 평균해수면 상승 결과 (6.8mm/년)	43
[그림 3-8] 각 시나리오별 침수예상지	45
[그림 3-9] 파랑에 의해 파괴된 방파제	47
[그림 3-10] 해안침식에 따른 방호벽 공사	47
[그림 3-11] 삼봉해수욕장의 모래포집기	47
[그림 3-12] 장구만내의 해안침식	47
[그림 5-1] 해수면 상승계획구역의 개념도(BDI, 2015 재인용)	58
[그림 5-2] 2100년 해수면 상승계획구역의 개념(BDI, 2015 재인용)	59

제1장 서론

1. 연구배경 및 목적

연안역은 거주지로서의 역할 뿐 아니라 경제적 활동 영역으로서도 매우 중요한 역할을 하고 있다. 세계적인 대도시의 다수가 연안역에 입지하여 도심, 항만, 공항, 도로, 에너지시설 등의 기반시설을 갖추고 있다. 그러나 연안도시들은 기후변화에 따른 해수면 상승, 폭풍해일, 지진해일 등의 자연재해에 취약할 수 있으며, 침수범람의 위험에 직접 노출되어 있다. 특히 주요 연안도시로의 인구집중화는 지속적으로 늘어나고 있어 미래의 연안도시의 범람 등 자연재해 피해 위험성은 점차 커지고 있다.

우리나라의 연안도시 역시 기후변화에 따른 지속적인 해수면 상승, 해마다 반복되는 태풍의 내습에 따른 재해·재난이 발생하고 있다. 특히 기후변화에 취약한 분야로는 서해 및 남해안 해역에 대한 폭풍해일에 의한 피해 발생 가능성이 커지고 있고, 기후변화로 인한 기상이변의 발생 증가로 연안의 양식업 등의 수산물 피해가 급증하고 있다. 이러한 해수면 상승, 태풍의 강도 증가, 홍수와 가뭄의 반복, 해수온도 상승 및 해양산성화 등 해양의 주요 기후변화 현상에 따른 피해발생은 범국가적인 문제로 대두되고 있으며, 향후 지속적으로 그 피해가 급증할 것으로 나타나고 있다.

그러나 기후변화의 영향을 정량적으로 예측하기에는 수많은 불확실성이 있다. 특히 과거의 기후자료 통계의 의미가 희미해질 만큼 기후변화에 따른 이상기후가 빈번해짐에 따라, 이러한 기후변화로 인한 악영향을 최소화하기 위해서는 기후변화에 대한 적응전략을 체계적으로 수립할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 기후변화가 충청남도 연안역에 직·간접적으로 미칠 수 있는 환경 영향 평가와 함께 재해를 발생시킬 수 있는 기후외력의 변화에 대한 영향을 우선 살펴보았다. 이를 통하여 충청남도의 연안역 재해발생에 따른 피해저감 방안 및 관련

정책을 제안하여 기후변화에 대한 충청남도 연안역의 기본 적응방안을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. 연구범위

- 시간적 범위 : 약 6개월(계약일로부터)
- 공간적 범위 : 충청남도 주요 연안도시 (7개 연안 시·군)



[그림 1-1] 충청남도 연안역의 공간적 범위

- 내용적 범위 :
 - 기후변화에 따른 연안역에서의 환경변화 요인에 대한 이해와 분석
 - 연안역 기후변화 적응방안 수립에 대한 해외 선진사례 조사
 - 충청남도 연안역의 기후변화 현황과 영향 분석
 - 충청남도 연안역의 기후변화 적응방안 수립

3. 연구 내용 및 방법

1) 연구 내용

- 기후변화에 따른 연안역에서의 환경변화 요인에 대한 이해와 분석
 - 기후변화의 정의
 - 연안역의 기후변화 영향과 미래 기후변화 전망
 - 연안역에서의 기후변화 적응전략 구축의 필요성
- 연안역 기후변화 적응방안 수립에 대한 해외 선진사례 조사
 - 구조적/비구조적/복합적 적응사례
- 충청남도 연안역의 기후변화 현황과 영향 분석
 - 충청남도 연안역의 기후변화 현상과 전망
 - 연안역의 사회·경제 시스템 현황 및 사회·경제적 가치
 - 미래 기후변화에 따른 영향 예측(시나리오별 침수피해 예상 분석)
 - 분석의 한계 및 향후 추진 과제
- 충청남도 연안역의 기후변화 적응방안 수립
 - 주요 침수예상지역에 따른 구조적/비구조적 적응대책 소개
 - 기후변화 영향 평가 및 예측 시스템 구축(모니터링 및 취약성 평가 포함)
 - 법·제도적 정비 및 장기적 계획에 따른 충청남도에 적합한 적응방안도출

2) 연구 방법

- 문헌 연구
 - 기후변화의 정의, 예측, 영향에 관한 국내·외 연구결과
 - 미래의 기후변화에 따른 영향평가에 관한 국내·외 연구결과

- 기후변화 적응사례, 적응기법, 적응 전략 등에 관한 해외 선진사례
- 충청남도 주요 연안역의 기후변화에 따른 취약성 통계자료 분석

○ 정책 제언

- 충청남도 연안역의 기후변화 적응방안 제언
- 정책제언 및 후속연구

제2장 연안역 기후변화 적응에 대한 정책 동향

1. 연안역 기후변화에 대한 이해

1) 기후변화란 무엇인가?

기후는 통상 30년 이상의 수십 년 동안 어느 한 지역에서의 날씨를 평균화 한 현상을 말한다. 이에 반해 날씨는 매일 경험하게 되는 기온, 풍향·풍속, 강우 등의 대기의 상태를 의미한다. 기후의 변화는 지구온난화에 일차적으로 기인하며, 특히 지구는 지난 100년 동안에 급격히 온난화가 진행되고 있다. 과거 1만년 동안 지구의 평균온도가 1℃ 이상 변한 적이 없었던 것에 비하면 지난 100년 간의 평균온도가 0.74℃ 상승한 것은 매우 큰 변화라고 할 수 있다(IPCC, 2014).

기후변화에 의한 피해는 우리나라 뿐 아니라 전 지구적으로 발생하고 있으며, 이러한 기후변화는 중장기적인 기후의 변화에 기인하고 있다. 그 피해양상은 산업화 이후 지구 온도의 상승에 따라 피해의 강도와 빈도가 증가 추세에 있다. IPCC는 인간 활동에 의한 온실가스의 발생, 지구 복사열 및 지표 변화 등이 에너지의 불균형을 일으키는 것을 기후변화라고 하였다. 즉 기후변화를 온실가스의 변화에 따른 기상 이변으로 보고 있으며, 온실가스의 변화는 결과적으로 인간 활동의 영향에 기인하고 있다고 판단하고 있다.

2) 연안역의 기후변화에 의한 환경변화

IPCC 5차 보고서에서는 기후변화가 뚜렷하게 나타나고 있으며, 이는 명백한 인간활동의 영향임을 밝히고 있다. 그리고 이러한 변화에 대하여 적응과 완화의 조화로운 전략이 필요함을 발표하였다(IPCC, 2014). 기후변화에 의하여 해양에서는 온난화와 산성

화가 지속되며, 해양어종 분포양상이 변화하고 평균해수면이 지속적으로 상승할 것이다. 그리고 높아진 해수온은 태풍, 고파랑 및 돌풍 발생 등, 악기상 현상의 에너지원으로 작용하여 그 발생빈도와 강도를 증가시켜 연안 지역에 많은 피해를 입히게 될 것으로 전망된다.

이러한 변화는 전지구적으로 발생하게 되며 각종 기상이변을 유발하게 되는데, 변화의 강도측면에서의 지역적인 편차는 상대적으로 크게 나타날 수 있다.

기후변화로 인한 수산업에서의 영향은 수온의 증가 경향(동해, 남해, 서해 각각 100년 간 약 0.82℃, 0.98℃, 0.91℃ 상승)에 따라 나타나는데, 이는 우리나라 주변해역의 어업환경이 공간적으로 변화하고 있음을 나타낸다. 특히 난류성 어종의 북상과 함께 어획량이 증가하고 있고, 한류성 어종은 상대적으로 감소하는 경향에 있다. 특히 해양환경에서의 부정적인 영향으로 보면 해양산성화에 따라 나타나게 되는 해양생태계의 서식지 훼손, 백화현상 피해해역의 확대 가능성이 높아지고 있는 점 등으로 부각되고 있다.

지구 온난화에 의한 다양한 환경 변화 중 가장 중요한 것 중 하나는 수온의 변화와 함께 진행되는 장기적인 해수면 상승이라고 할 수 있다. 지구온난화로 인한 해수면 상승은 연안역에 매우 다양한 환경변화 요인을 제공할 수 있다. 연안침식, 폭풍해일 피해 증가 및 이에 따른 연안 침수범람 발생, 하구퇴적 변화, 하천 및 지하수 염분침투 등의 문제를 일으킬 수 있다. 이는 또한 해안 사빈, 사구, 연안 습지 등의 자연생태계에 대해서도 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

우리나라의 연안역 개발은 산업화의 진행에 따라 꾸준히 이루어져 왔으며, 연안지역의 인구는 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 이에 따른 각종 연안재해의 피해도 지속적으로 늘어나고 있다.

보전보다는 개발이 우선시 되던 시기에 무분별한 간척 등 해안지역의 개발로 인한 해안생태계가 훼손된 지역이 매우 많다. 이러한 지역의 경우에는 기후변화에 따른 해수면 상승에 대한 적응력을 갖추는데 상대적으로 취약성이 클 수 있다. 특히 범람 및 침식 등과 같은 직접적인 피해에 더하여, 사회적이고 경제적인 문제, 법·제도적인 문제

등에 대한 근본적인 대비책 마련이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 미래의 기후변화에 따라 연안역에서 발생 가능한 환경변화에 따른 재난, 위험에 대한 적응 능력 향상 및 관련 정책 수립을 위한 기본 전략을 살펴보고, 이를 통하여 충청남도 연안의 기후변화 적응방안 수립에 대한 연구 추진체계를 수립하는데 활용하고자 한다.

[표 2-1] 연안역에서의 기후변화 현상과 영향

기후변화 현상	생태계 외 지역사회에 미치는 직·간접적 영향
<ul style="list-style-type: none"> - 해수면 상승 - 해수온도 상승 - 강수패턴 변화 및 연안유출 - 해양 여건의 변화 (해양산성화) - 폭풍 경로, 강도, 빈도의 변화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 생물지구화학적, 생태적 영향 ▪ 더욱 빈번하고 광범위한 극한의 재해 ▪ 연안 저지대 및 습지의 변형과 파괴 ▪ 연안의 침식과 범람의 증가 ▪ 지하수나 강으로의 염분침입 ▪ 생물종의 양과 분포의 변화, 외래종 유입
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사회경제적, 기반시설 영향 ▪ 재산과 토지 손실 ▪ 범람위험 증가, 인명 손실 ▪ 주택의 안전 및 품질 손상 ▪ 상업, 레크리에이션, 생활자원의 손실 ▪ 관광, 레크리에이션, 연안활동의 손해 ▪ 음용수 수질 저하로 건강이나 삶의 수준 저하 ▪ 생활과 건강으로의 영향 ▪ 기후변화에 적응할 수 있는 자재 및 재료 전환 ▪ 연안보호를 위한 비용 증가 ▪ 보험료의 증가 ▪ 금융과 보험시장의 붕괴 ▪ 연안보호시설과 사회기반시설 손실 ▪ 신재생, 생활자원의 손실 ▪ 새로운 경제적 기회 ▪ 토양과 수질 문제로 경장지나 양식장의 피해
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제도와 문화, 생활양식에 미치는 영향 ▪ 연안에서의 생활양식 변화와 불확실성 증대 ▪ 날씨와 기후와 연관된 연안의 위험이 빈번 ▪ 새로운 생활을 위한 도전과 기회 ▪ 정치적, 제도적 불안과 사회적 불안 ▪ 연안에 의존하는 문화와 생활양식에 위협

자료 : 'Climate Change and the Coast', CRC press (2015)

2. 연안역 기후변화 적응정책 사례 분석

1) 기후변화 적응정책의 개요

가. 기후변화 적응이란?

기후변화 적응이란 기후가 변화함에 따라 이에 적응하기 위한 생태계나 사회의 시스템이 행하는 행동을 나타낸다. 적응의 개념을 살펴보면, 생물학적으로는 생명체가 직접적인 생활환경에 적합하도록 스스로를 진화시키는 과정과 함께 처한 환경에 유기적으로 반응하면서 변화하는 것을 의미한다. 인간의 행동 측면인 사회·경제적으로는 기후변화의 영향으로 인하여 발생하는 어떠한 결과를 적절하게 활용하도록 하는 일련의 과정까지 포함할 수도 있다. 국외의 각 기관별로 적응의 개념을 정리한 것을 다음의 표 2-2에 나타내었다.

국내에서는 기후변화 적응을 실제 혹은 예측되는 기후변화로 인한 위험을 최소화하고 기회를 최대화 하는 기후변화 대응방안으로 정의하고 있다(환경부 기후변화 적응정책 발전 포럼, 2009). 따라서 기후변화 적응은 곧 다양한 대책 및 사업을 통하여 기후변화의 영향에 대비하며, 그 영향을 최소화하기 위한 일련의 행동이라고 할 수 있다.

[표 2-2] 국가별 기후변화 적응의 개념

국 가	기후변화 적응의 정의
영국	<ul style="list-style-type: none"> - 위험을 줄이는 행동 및 기후변화로 인하여 새롭게 생겨나는 기회에서의 이익 창출 - 기후변화로 인한 현상 및 증가하는 온실가스에 대응하는 행동
EU	<ul style="list-style-type: none"> - 예상되는 기후변화의 역효과를 방지하거나 최소화하기 위하여 취하는 적절한 행동(유럽진행위원회)
호주	<ul style="list-style-type: none"> - 피할 수 없는 기후변화의 영향에 대처하는 기본적인 방법 - 위험, 경제활동, 취약성 감소, 경제 활동의 확실성의 향상 등을 위한 행동
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> - 기후변화로 인한 부정적인 영향을 줄이는 모든 행동과 그로 인하여 생기는 이익 창출, 영향이 나타나기 전과 후에 일어난 모든 행동을 포함
독일	<ul style="list-style-type: none"> - 사회 및 자연에 나타나는 역효과를 최소한으로 줄이는 행동

나. 기후변화 적응정책의 분류

기후변화 적응정책은 여러 가지 유형으로 분류될 수 있는데, 기술적인 측면, 관리적 측면, 법제도적인 측면 등 매우 다양하게 나타날 수 있다. 그러므로 적응대책의 분석에는 각각의 유형별 특징을 파악하고, 각 대책의 범위를 정하는 것이 중요하다.

기후변화에 따른 각 피해예상 현상으로는 이상고온/한파, 가뭄/홍수 피해, 해수면 상승에 의한 피해, 각종 전염병, 농작물 등 생태계 피해 등이 대표적이다. 이러한 피해들은 인간의 생활에 직접적인 영향을 미치게 되어 각종 사회적 재난으로 이어질 수도 있다. 비슷한 규모의 자연재해라도 각 지역 및 국가의 여건에 따라 그 피해정도가 매우 상이하게 나타날 수 있으므로, 각각의 재난사례에 대한 위험도 평가를 통하여 그 적응대책을 체계적으로 세우도록 하는 것이 중요하다.

각 적응대책의 대상이 결정되면, 실제적인 적응대책의 마련이 필요한데, 각 부문별로 그 취약성에 대한 분석 및 완화활동의 수립이 필요하다. 이러한 적응과정으로 통하여 기후변화의 부정적 요인을 감소시키게 되고, 이후로 기후변화의 요인들을 긍정적으로 이용할 수 있는 기회를 찾게 될 수 있기 때문에 적응정책은 곧 완화정책으로서도 중요한 역할을 수행하게 되는 것이다.

이러한 적응정책의 실행을 위하여는 경제력, 기술력, 정보(DB), 사회 인프라, 법제도적 지원, 사회적 형평성 등 여러 조건들이 뒤따르게 되며, 이들이 바로 적응능력의 인자로 구성되게 된다. 이에 따라 기후변화에 따른 적응전략의 수립에는 적응능력 배양 측면으로서 정보수집 및 공유, 지원기관 프레임 수립, 지원사회 구조의 수립이 중요한 세부전략으로 제시된다. 또한 실천적 측면에서는 위험 담보, 위험 공유 및 유포, 위험 방지 및 감소, 새로운 기회 활용 등이 세부전략으로 분류될 수 있다(표 2-3).

기후변화 적응대책을 또다시 형태적인 기준으로 분류하면 크게 공학적 대책과 사회적 대책으로 구분할 수 있으며, 구조적/비구조적/사회적 대책으로 세분화 할 수도 있다 (표 2-4).

[표 2-3] 기후변화 적응전략의 분류(Benjamin L. Preston et al., 2011)

전략	세부 유형	예 시
능력 배양	정보수집 및 공유	- 연구사업 : 데이터 수집 및 모니터링, 교육을 통한 인식고취
	지원기관 프레임워크 수립	- 최고실천 가이드, 입법 및 기준 수정 : 계획 및 전략, 적절한 정책 개발
	지원사회 구조 수립	- 내부조직 시스템 수정 : 적응 활동 전달에 대한 개발담당자 또는 기타 자원 업무 제휴
실천	위험 담보	- 해수면상승/홍수로부터 철수 이주 관리
	위험 공유 및 유포	- 보험 및 위험에 대한 헤징(Hedging)
	위험 방지 및 감소	- 기존 인프라 업그레이드 및 새로운 인프라 설치 - 응급 및 재해 관리 대응강화 - 기업 및 활동의 위치와 타이밍 수정
	새로운 기회 활용	- 새로운 활동 및 기업에 종사 - 새로운 기술 및 관행의 효율적 사용 - 기후조건변의 변화를 활용하는 행동 조정

[표 2-4] 적응대책의 분류 및 실현 방법(채여라와 조현주, 2011)

형태	세분화	실현 방법	관련 개념
공학적 대책	구조적 대책	- 사회기반시설(시설물, 구조물 등) 설치 - 복합단지, 에코시티 조성	- 적응사업
	비구조적 대책	- 시설 설계, 시스템 및 전략구축 - 기술 개발 및 능력 증대	- 적응전략 및 기술
		- 사회적 제도 및 정책 기준 개선	- 적응정책
		- 모니터링	- 적응관리
		- 관련 연구 및 분석, 자료 구축	- 적응연구 및 관리
사회적 대책	사회적 대책	- 법, 규정 정비	- 적응정책
		- 협력체제, 협의체 구성, 센터 운영	- 적응 네트워크
		- 취약계층 관리	- 적응관리

다. 연안역의 주요 기후변화 적응 대책

해양과 기후변화는 매우 밀접한 연관성을 맺고 있다. 기후변화로 인한 해수온도가 현재보다 약 3도 상승한다면 육지원 30%가 침수되고, 약 1,500만 명이 홍수의 위험에 빠질 것으로 예측되고 있다(IPCC 4차보고서, 2007). 이 외에도 염분의 감소, 해류의 이동 변화 등이 미치는 지구에너지 순환고리의 변화는 해양환경 뿐 아니라 인류의 존재 자체를 위협 할 수 있는 것이다. 지금까지의 기후변화 적응대책의 수립은 육지 측에서 주로 수립되어 왔으나, 해양이나 연안역에서의 적응정책 수립도 매우 중요한 측면이 있다. 이를 위해서는 과학적 대책과 함께 해양자원 관련 대책 수립으로 구분하여 주요 정책 및 추진 방법을 정리하였다(표 2-5).

[표 2-5] 연안역 기후변화 주요 대책 예

형태	정책	주요 방법
과학적 대책	해양 기후변화 모니터링 및 예측 강화	<ul style="list-style-type: none"> - 해양 기후변화 감시·예측 시스템 수립 - 해양관측 인공위성 및 해양종합과학기지 운영 - 해수면 상승 모니터링
	연안역 기후변화 취약성 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 미래 연안역의 기후변화 적응비용 산출 - 해수면 상승에 따른 침수범람 위험도 평가 - 사회 경제적 영향 평가 포함
	연안침식 현상에 대한 적응대책 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 점진적 이주(거주지 후퇴) - 순응 정책(해안침식을 유발하지 않는 개발 사업 및 계획 허용) - 적극적 방어 정책(구조물 방어 등의 강성공법 및 스지 복원 등의 연성공법)
해양자원 관련 대책	유해해양생물 퇴치 대책 수립	- 수온상승으로 인한 독성해파리 출현빈도 증가에 따른 퇴치대책 수립 등
	해양외래종 피해 대책 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 생태계 교란 외래종에 대한 피해 줄이기 - 선박평형수(ballast water)에 대한 수처리 장치 도입 등
	새로운 어종 양식 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 해수온 상승에 대비한新品种 고급 어종 양식 기술 도입 - 새로운 아열대 어종 양식 및 관상어 양식업 개발 등
	친환경 바다목장 가꾸기	- 인공어초, 인공종묘 투입 등을 통한 친환경 수산자원 확보방안 마련
	물부족에 대비한 해수 담수화 기술 도입	- 지구온난화에 따른 물부족 현상에 대비한 해수담수화 시설 설치 및 운영

연안역 기후변화 적응을 위한 주요 정책으로는 과학적 대책 측면에서 ‘해양 기후변화 모니터링 및 예측 강화’, ‘연안역 기후변화 취약성 평가’, ‘연안침식 현상에 대한 적응대책 수립’ 등이 대표적이라 할 수 있다. 장기적인 해수면 상승에 대한 기본적인 관측을 통한 분석이 필수적인 요소이며, 해수면 상승에 따른 미래 피해예상에 대한 평가를 위한 사회·경제적 영향 분석 과정도 함께 포함되어 있다. 이와 함께 방어 대책의 수립을 위해서는 이주, 순응, 방어 정책으로 구분하여 제시하도록 하였다.

해양자원 관련 대책 측면에서는 ‘유해해양생물 퇴치 대책 수립’, ‘해양외래종 피해 대책 수립’, ‘새로운 어종 양식 기술개발’, ‘친환경 바다목장 가꾸기’, ‘물부족에 대비한 해수담수화 기술 도입’ 등이 대표적이라 할 수 있다. 기후변화에 따른 각종 해양생태 환경 변화에 적응할 수 있는 방안을 강구하는 것이 핵심이며, 기후변화를 새로운 기회로 활용하기 위한 순응형 적응 정책의 마련을 통한 새로운 가치창출 대책이 핵심이라고 할 수 있다.

2) 선행 국내 연구 검토

그동안의 선행연구는 교토의정서 이행에 따른 수산부문의 영향평가 및 대응전략, 연안지역 레질리언스 강화 방안, 해양환경 부문(어업, 레질리언스, 환경)의 기후변화정책의 개선방안 연구가 많았다.

[표 2-6] 선행연구 검토

	연구제목	연구목적	주요 연구내용
1	기후변화 대응 해양수산부문 종합대책 연구 (2007, 국토교통부)	해양수산부문 기후변화 대응방향을 설정하고, 종합대책 수립방향 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 기후변화 현황 - 해양수산부문 기후변화대응 취약성 분석 - 해외사례연구 - 해양수산부문의 기후변화 대응전략 - 종합대책
2	기후변화 협약 이행대비 따른 어업부문 영향평가 및대응전	우리나라의 온실가스 감축의무화를 상정할 때 예상되는 의무감축안의 시나리오별	<ul style="list-style-type: none"> - 교토의정서의 주요내용 및 수산분야 논의 동향 - 주요 국가의 대응사례 - 어업부문의 온실가스 배출실태와 관리수단

	략(2009, KMI)	파급효과를 분석, 국내 어업부문 대응전략 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 수산부문 대응전략 및 정책추진 로드맵
3	기후변화에 안전한 재해통합 대응 도시 구축 방안연구(2009, 국토연구원)	도시지역을 대상으로 '적응'의 관점에서 기후변화에 안전한 도시구축방안을 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 국가 및 지자체의 재해관리 체계 현황 및 문제점 - 기후변화 적응기법 분석 - 기후변화 적응 도시 및 기법 사례분석 - 기후변화에 안전한 재해통합 대응도시 구축방안
4	해양환경 부문 기후변화정책의 개선방안 연구(2010, KMI)	해양환경관련 기후변화정책의 추진현황을 분석, 그 한계점과 개선 방향 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 우리나라 해양환경 부문 기후변화정책 - 국제기후변화규범체계상 해양환경 관련 논의 동향 - 주요국의 해양환경부문 기후변화정책 - 우리나라 해양환경 부문 기후변화정책의 개선방향
5	기후변화 적응 랜드마크 사업(2011, KEI)	국외 대표적인 기후변화 적응사례를 발굴하여 국내에 적용할 수 있는 적응기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외의 대표적 기후변화 적응사례 조사 및 분석 실시 - 기존 기후변화 적응사업 검토 및 랜드마크 사업 기준 설정 - 해외 대표적 적응사례를 벤치마킹 할 수 있는 적응분야 랜드마크 사업 검토 - 기초자료 축적 및 향후 기후변화 적응 랜드마크 사업 수행 아이디어 도출
6	연안의 기후변화 대응능력 평가 및 제고방안 연구(2012, KMI)	해수면 상승에 따른 연안지역의 취약성 및 기후변화 대응능력을 평가, 연안지역의 대응정책 방안을 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 연안지역 기후변화 대응의 현황과 한계 - 연안지역 기후변화 대응 부문별 전략 - 시범 연안지역의 적용 - 연안지역의 기후변화 대응전략의 제도화 방안
7	해양수산분야 기후변화 적응 정책 방향 연구(2014, KMI)	해양수산분야 기후변화 기존 적응대책을 재검토하고, 향후 정책추진 방향 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 해양수산 분야 기후변화 적응대책의 현황과 문제점 - 국제협약 및 주요국의 적응정책 분석 - 해양수산 분야 기후변화 적응정책의 문제점 및 한계 - 해양수산 분야 기후변화 적응정책의 방향
8	부산 연안역의 기후변화 적응 방안(2015, BDI)	미래 기후변화가 부산 연안역의 사회경제 환경에 미칠 수 있는 영향을 평가하고 그 적응방안을 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 부산 연안의 기후변화 현황과 영향 예측 - 부산 연안역의 기후변화 적응방안 제시

본 연구에서는 해양수산 분야 기후변화 적응정책 현황을 살펴보고 그 한계를 분석하여, 충청남도 연안역에 대한 세부 적응정책을 제시하는데 중점을 두어 진행하였다. 이를 위하여 2010년 이후 국내외 적응정책의 논의 동향에 대한 분석을 통하여 연안역의 기후변화 적응정책의 한계와 문제점을 살펴보고, 충청남도에 제시할 수 있는 개선방안의 기초를 수립하고자 한다.

3) 국외 연구 사례 분석

가. 미국 해양환경 변화 연구동향

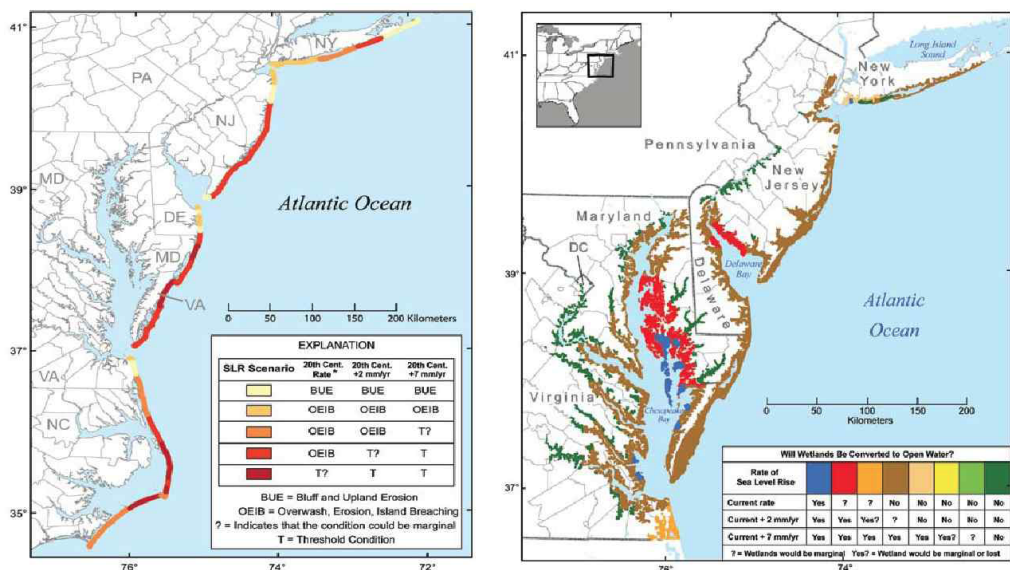
2012년 3월 14일에 미국 Climate Central은 NOAA, USGS, FEMA의 자료를 종합적으로 분석한 Surging Seas 라는 해수면 상승이 연안 및 에너지 설비에 미치는 영향에 관한 보고서를 발표하였다. 이 보고서에 따르면 미국 전역의 85% 이상의 지역에서 해수의 범람 가능성이 이전보다 2배 가까이 증가하였으며 300개 이상의 에너지 설비들이 해수면 상승의 위험에 노출되어 있다고 발표하였다(그림 2-1).



[그림 2-1] 해수면 상승에 따른 미국 연안 범람 위험도(Strauss et al., 2012)

기후변화에 의하여 1880년 이후 미국 연안의 해수면 상승은 약 0.2m를 기록하였다. 현재 그린란드와 북극 빙하의 해빙에 의하여 해수위의 증가가 가속화되고 있으며, 이 지역의 빙하는 수십 미터의 해수면 상승을 야기할 수 있는 양으로 조사되었다. 이와 같은 해수면의 상승은 미국 연안에서 1세기에 한번 발생할 빈도 및 강도의 범람이 약 18년에 한번 발생할 확률로 증가되는 것으로 분석되었다.

해수면이 증가함에 따라 미국 연안 지역의 피해 규모도 더욱 증가할 것으로 예상된다. 보고서에 따르면 분석한 285개 도시에서 절반 이상의 인구가 해수면 상승 범위보다 아래의 저지대에 거주하고 있어 범람시 많은 인명 피해가 초래될 것으로 예상하였다. 미국 동부는 미래 해수면 상승 시 빠른 침식이 우려된다. 미국 연안의 습지는 지금까지의 해수면 상승으로 인하여 이미 물에 잠긴 일부 지역이 존재하고 있다. 따라서 해수면 상승은 습지의 손실을 야기시킨다. 홍수조절능력, 폭풍해일에 대한 완충작용 등의 역할을 수행하는 습지의 손실은 폭풍해일 발생시 연안지역에 더 많은 피해를 초래할 것으로 전망되고 있다(그림 2-2).



[그림 2-2] 해수면 상승에 따른 잠재적 반응(좌) 및 습지 잔존(우) (조광우 등, 2010)

나. 일본 해양환경 변화 연구동향

일본은 사면이 바다로 둘러싸인 국가로 자국의 심해어업과 해양협력을 위해 태평양 도서국들과 환경협력을 강화해 오고 있으며 태평양 지역의 지속 가능한 발전과 도서국들의 경제·사회적 자립을 지원하는 것을 목표로 하여 현지의 인력 및 관련 기관을 활용한 해양 환경의 조사·분석을 실시하고 그 결과를 협력 국가와 공유하여 구체적인 환경협력 사업을 개발해나가는 적극적인 전략을 취하고 있다.

일본 농림수산성의 기후변화 종합대책에서 수산분야는 지구온난화 방지와 적응대책의 2가지 분야로 구분할 수 있다. 지구온난화 방지를 위한 대표적 정책은 어업분야의 에너지 대책으로 조업에 사용되는 유류량 절감을 목적으로 하고 있다. 이러한 대책에 대한 세부 사업으로는 조업 형태의 전환지원에 의한 에너지저감 대책, 어선의 에너지저감 대책 그리고 어항 및 어장의 에너지 저감 대책 등 3가지가 시행되고 있다. (농림수산식품부, 2011).

해양의 수온상승, 해수면상승 및 산성화 등은 수산생물에 직접적인 영향을 미치며, 이러한 수산자원을 이용하는 인간에게도 간접적인 영향을 미치기 때문에 사회·경제적인 문제를 야기할 것으로 전망된다. 이러한 문제에 관한 일본 수산분야의 기후변화 적응대책은 크게 기상피해 등의 발생 상황을 감안한 지구온난화 대응책과 지구온난화 적응대책에 관련된 기술개발을 중점적으로 진행하고 있다. 이에 더해 지구온난화가 연안에 미치는 영향을 정확하게 파악하는 기법을 개발하고 적응책을 검토하고 있으며, 양식장, 해조장 등의 정비사업도 지속적인 모니터링을 시행하여 수행하고 있다.

일본은 위와 같은 기후변화에 대한 정책적 대응을 진행하고 있으며, 연구적 대응 방법으로는 다음과 같이 3가지 방향을 제안하고 있다.

첫 번째 지구온난화 진행을 방지하기 위한 기술 개발, 두 번째 지구온난화에 적응하기 위한 기술 개발, 마지막 세 번째 세계적으로 진행되는 온난화 문제 해결을 위한 국제공동연구, 이상 세 가지가 일본의 주요 연구동향이다. 표 2-7에는 일본의 연안침식 대응법에 대하여 나타내었다.

[표 2-7] 일본의 연안침식에 대한 제도적 대응(조광우 등, 2014)

제도적 대응	내용
해안보전 기본방침	<ul style="list-style-type: none"> - 해안을 보존하기 위한 국가정책방향을 제시하며, 논의에 기본 지침, 기본계획의 수립대상지역 등의 내용이 포함됨 - 기본방침에서는 지형 등 유사성, 연속성, 행정구역 등을 기준으로 기본계획을 수립해야하는 71개 해안지역을 명시함
해안보전시설에 관한 사항	<ul style="list-style-type: none"> - ‘해안법’ 제2조에서 해수 침입 또는 해수에 의한 침식을 방지하기 위한 시설을 해안보전시설로 정의함 - 일본의 해안보전시설 사업은 해안보전시설 정비사업, 해양환경정비사업 및 해일·고조 위기관리 대책 긴급 사업으로 구분되며, ‘해안법’에 시설의 비용, 유지관리 체계 및 기술표준 등을 제시함
해안보전 기본계획	<ul style="list-style-type: none"> - 해안보전기본방침에 따라 해안의 보전계획을 수립하는 것을 해안보전 기본 계획이라 함 - 주요 내용은 해안 자연·사회경제적 현황, 해안보호(방호)의 목표 설정 및 지역주민의 참여 등에 관한 내용임
점용허가 및 행위제한, 금지행위 등에 관한 사항	<ul style="list-style-type: none"> - 일반 공공 해안 구역의 해안침식 등을 예방하기 위하여 점용 허가, 행위 제한, 금지행위와 같은 직접규제수단을 마련하고 있음
해안보전구역 및 일반 공공 해안 구역 지정·관리에 관한 사항	<ul style="list-style-type: none"> - 해안보전구역은 해안 보호를 위해 해안보전시설의 설치와 기타 관리가 필요하다고 인정될 때 지정 - 일반 공공 해안 구역은 해안보전구역 이외의 해안으로, 특별한 관리가 필요하지는 않으나 자연공공물로서 관리할 필요가 있는 해안을 명명함

다. 호주 해양환경 변화 연구동향

호주는 기후변화에 의한 환경변화로 인하여 건물, 주거지, 강, 식수, 비점오염, 연안 지하수의 염분화 등과 관련된 수많은 문제점들이 발생하기 시작하였으며, 계속된 기후변화에 따라 이러한 문제들이 더욱 심각해질 것으로 판단되고 있다. 이러한 문제를 준비하고 대응하기 위해서 호주 정부는 17억원을 디지털 모델개발기술에 투자하고 이에 필요한 데이터 확보 비용은 호주의 기후변화 대응 프로그램에 142억원을 투자하여 구축해오고 있다(Pittock, 2003).

호주의 수산분야의 경우 기후변화로 인한 해수면 온도상승, 해양 조류 변화, 해양의 영양화, 해양 산성화 등 수산업에 대한 영향 분석과 어류들의 서식지, 어병, 위협 요소 등을 분석하여 대응대책을 수립하고 있다.

수산 분야의 행동계획은 단기계획과 중기계획으로 구분하고 있으며 단기계획은 수립된 계획을 통해 기후변화가 수산업에 미치는 영향과 위협 요인을 파악하는 것으로 시작된다. 이를 통해 인지된 기후변화로 인한 수산 환경의 문제점과 양식 분야에 미치는 영향을 파악하며, 관련 수산 업계와 이해당사자간에 기후변화에 대응하기 위한 전략을 마련하는 것을 목적으로 하고 있다. 중기계획의 목적은 기후변화의 영향 파악을 위한 자료 조사 및 온도변화, 산성화 등에 대한 영향을 파악하여 생태계의 생산성을 분석하는데 있다.

해양 기후변화 대책이 성공적으로 시행되기 위해서는 정책 수립뿐만 아니라 정책수요자인 어업인 및 수산 관련 종사자의 참여가 중요하다. 호주는 어업인의 기후변화에 대한 이해 및 인식제고를 위해 국가적 차원에서 적극적 지원을 하고 있다.

4) 국내 연구 사례 분석

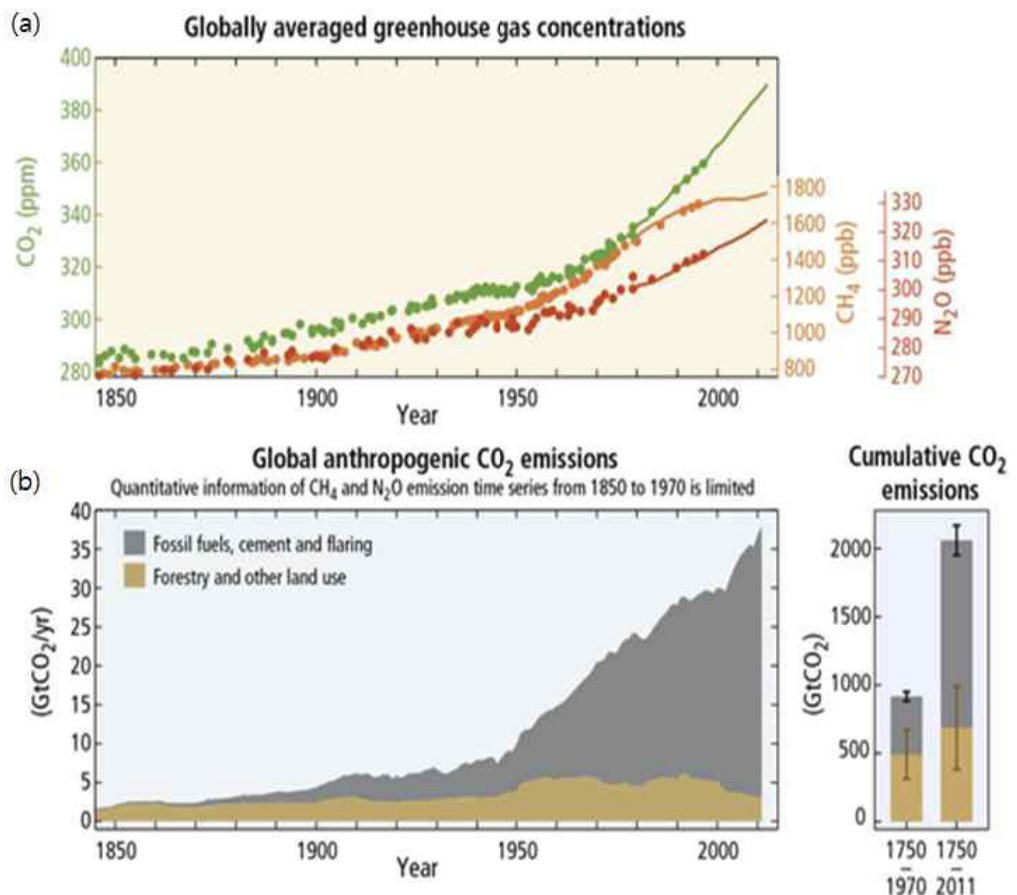
2000년대 이후 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 기후변화로 인한 피해가 속출하고 있으며, 이러한 기후변화는 중·장기적인 기후의 변화에 기인한다. 기후변화의 영향에 따른 피해양상은 산업화 이후 지구 온도 상승에 따라 강도 및 빈도가 증가하고 있으며, IPCC는 인간 활동에 의한 온실가스의 발생, 지구 복사열 및 지표 변화 등이 에너지 불균형을 야기하는 것을 기후변화라고 하였다.

또한 2013년 10월 31일 시행된 저탄소 녹색기본법 제2조에서는 "기후변화"란 사람의 활동으로 인하여 온실가스의 농도가 변함으로서 상당 기간 관찰되어 온 자연적인 기후변동에 추가적으로 일어나는 기후체계의 변화라고 정의하고 있다(박수진과 정지호, 2010).

즉, 국내·외의 기후변화 협약, 생물다양성협약, UN해양법협약, 96런던의정서 등의 기상관련 협약들은 기후변화를 온실가스의 변화에 따른 기상 이변으로 명명하고 있으며,

온실가스의 변화는 인간활동의 영향으로 기인하고 있다고 판단한다.

IPCC는 5차에 따른 보고서를 통해 기후변화는 뚜렷하며 명백한 인간 활동의 영향이며, 이러한 변화에 대하여 적응과 완화의 조화로운 전략이 필요하다고 발표한 바 있다 (IPCC, 2014). 산업혁명 이후 지속적으로 배출된 이산화탄소의 농도는 산업혁명 이전 약 280ppm이었으나, 2010년에는 약 380ppm으로 증가하였다. 이산화탄소 농도는 해마다 증가하고 있으며, 증가율은 평균 1.9ppm 정도이다. 그림 2-3은 IPCC 5차 보고서에서 제공한 전 세계 이산화탄소 농도변화를 도시한 것이다.

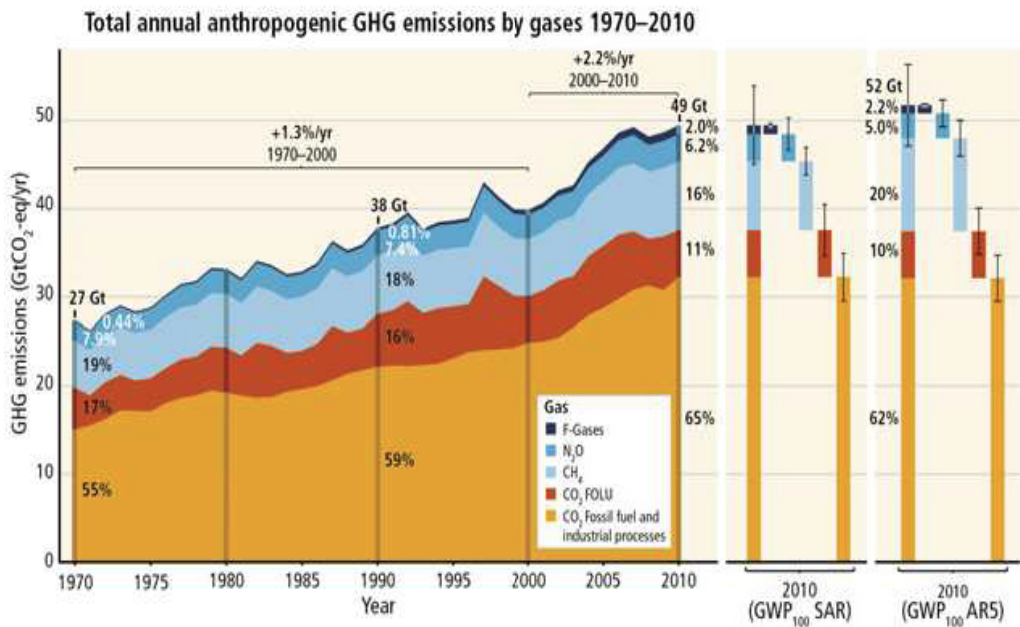


[그림 2-3] 이산화탄소가스 변화 추세(IPCC, 2014)

도시된 결과에서도 확인할 수 있듯이 농도가 당분간 지속적으로 증가할 전망이며 증가율 또한 커질 것으로 예상된다.

교토의정서에서는 이산화탄소를 포함한 6개의 온실가스를 규정하고 지속적인 감축이 필요함을 강조하고 있다. 즉 6종류의 온실가스는 CH₄, N₂O, HFC3, PFC3, SF₃ 및 CO₂로 정해져 있다. 각각의 기체가 서로 다른 온실가스 효과를 가지고 있어서 국제기 관에서는 모든 가스를 이산화탄소로 나타내어 평가하고 있으며 이러한 기준을 GWP(Global Warming Potential)라 한다.

그림 2-4에는 IPCC가 전망한 온실가스의 인위적 배출 추이를 나타낸다. 온실가스의 증가가 야기하는 대표적 기상변화는 온도 상승으로서, 전 세계 빙하의 감소를 야기하여 해수면 상승을 유발한다. 지구의 표면 온도는 1986~2005년과 비교하여 2016~2035년 까지의 평균온도변화는 약 0.5℃로 비슷한 범위에서 증가될 것으로 전망된다.



[그림 2-4] 인위적 온실가스 배출 추이(IPCC, 2014)

하지만 21세기 중반부터는 이산화탄소 농도에 따라 현저하게 달라진다. RCP 시나리오에 따르면 1986~2005년을 기준으로 21세기 후반(2081~2100년) 지구의 평균표면온도는 RCP2.6에서 $0.3^{\circ}\text{C}\sim 1.7^{\circ}\text{C}$, RCP4.5에서 $1.1^{\circ}\text{C}\sim 2.6^{\circ}\text{C}$, RCP6.0에서 $1.4^{\circ}\text{C}\sim 3.1^{\circ}\text{C}$, RCP8.5에서 $2.6^{\circ}\text{C}\sim 4.8^{\circ}\text{C}$ 로 상승할 가능성이 높다고 평가되었다. 평균지표온도가 상승함에 따라, 일(daily) 과 계절(seasonal) 시간 범위에서 대다수 육지 지역의 극한 고온 현상은 더욱 증가하는 반면 극한 저온 현상은 더욱 감소할 것으로 전망된다. 폭염의 발생 빈도와 지속 기간은 증가할 가능성이 매우 높다.

간헐적으로 발생하는 겨울의 극단적 혹한 현상 또한 계속해서 나타날 것이며, 북극 지역의 온난화 현상은 지구 평균 온난화 보다 빠른 속도로 발생하고 있으며 이로 인하여 빙하의 유실이 증가할 것으로 전망된다. 해양에서는 온난화와 산성화가 지속되며 해양어종이 변화하고 평균 해수면은 계속해서 상승할 것이다.

또한, 태풍, 고파랑 및 돌풍의 기상현상 등의 발생빈도 및 강도가 증가하여 연안 지역에 많은 피해를 초래할 것으로 전망된다. 이러한 변화는 일부지역에 국한되어 발생하지 않고 전 지구적으로 발생하여 기상이변을 유발하고 있다.

기후의 변화로 인한 우리나라 주변해역의 평균 표층 수온은 동해, 남해, 서해가 각각 약 0.82°C , 0.98°C 및 0.91°C 상승하였다. 이는 대략 같은 기간 동안의 전 지구의 표층 수온이 0.1°C 상승한 것과 비교하면 매우 높은 증가를 나타낸다. 이는 우리나라 주변해역의 어업환경이 빠르게 변화하고 있음을 나타낸 것으로 난류세력의 증가 및 해수면 상승은 어획량, 어종분포, 어종의 생태학적 특성 등 다양한 해양환경을 변화시키고 있다(박수진과 정지호, 2010).

기후변화로 수온이 상승함에 따라 수산물 생산량에도 변화가 발생하고 있다. 난류성 어종은 어획량이 증가하였고, 한류성 어종은 감소하는 경향을 나타냈다. 예를 들어 난류성 어종인 오징어는 20년 사이에 약 12만톤 증가하였으며, 고등어 및 멸치는 약 9만톤 증가하였다. 한류성 어종인 명태는 2000년까지는 어획량이 약 2만톤이었으나 현재 거의 잡히지 않으며 도루묵은 기존의 2만톤에서 3천톤으로 어획량이 감소하였다.

또한 수온상승은 어병의 발생 및 확산을 가속화시키고 있다. 온도 상승으로 미생물 및 기생충의 번식이 활발해져 어류의 면역체계가 약화되고 병의 발생률이 높아져 수산물을 소비하는 사람에게 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

기후변화로 인해 해양환경 부문에 발생하는 부정적인 영향은 앞서 언급한 수상 생물과 관련된 것뿐만 아니라 해양산성화에 따른 해양생태계 다양성 및 서식지 훼손, 백화현상 피해지역의 확대 등도 심각한 문제로 인식되고 있다. 지구 온난화에 의하여 발생하는 다양한 변화 중 해수면 상승은 연안에 장기적으로 가장 큰 문제를 야기한다. 해수위의 변화는 지구온난화와 같은 기후변화뿐만 아니라 지각변동에 의해서도 발생하며, 그 변동 폭 또한 매우 크다.

특히 인류의 출현시기인 제4기의 기후변화와 관련된 범지구적 해수면 승강운동은 매우 큰 폭으로 발생하였으며 현재의 해안지역 발달에 큰 영향을 미쳤다. 해수면 승강운동은 전지구적으로 바닷물의 총량이 늘어나거나 줄어들에 따라서 생기는 해수위의 변화를 뜻하며 빙하기와 간빙기가 반복적으로 발생한 시기에 가장 잘 발달하였다. 빙하의 증감에 따라 변화하기 때문에 빙하성 해면변동이라 명명하기도 한다. 제4기 동안에 알프스 지역에서는 Günz, Mindel, Riss 및 Würm 등 4번의 빙하기와 3번의 간빙기가 있었으며, 북미 지역에서도 4번의 빙하기가 발생하였다.

현재 상대적 해수면(Relative sea level; RSL)을 측정하기 위한 모델들은 마지막 최대 빙하기부터 홀로세까지 가장 최근의 빙기~간빙기 변환기 동안에 일어난 전 지구적 해수면상승을 보다 정확하게 추정하고 있는 것으로 연구되고 있다(Blanchon et al., 2009).

특히, 전 지구적 해수면 변동의 수치에 가장 근접한 근사치를 나타내는 방법은 카리브해(Caribbean Sea)의 바베이도스섬(Barbados)으로부터 얻어진 산호에 근거한 RSL 변화이다(Fairbanks, 1989; Peltier and Fairbanks, 2006; Peltier, 2002). Fairbanks의 자료에 관한 ICE 5G 모델은 21,000년 동안 해수면 상승은 118.7m인 것으로 나타났다. Fairbanks의 연구에서도 나타났듯이 약 11만년전 플라이스토세에서 시작된 최후빙기의 절정에서는 해수면이 현재에 비해 약 120m 이상 낮아 서해가 육지로 드러났으며

마지막 간빙기에서는 기온이 현재보다 2℃ 높았으며, 그 당시의 해수면 높이가 현재에 비해 약 4~6m 높았던 것으로 알려져 있다(Rohling et al., 2008). 현재의 환경은 마지막 빙기 이후의 간빙기로 여겨지고 있으며 따라서, 계속된 기온의 상승은 높은 해수면 상승을 발생시킬 수 있을 것으로 예상된다.

지구온난화로 인한 해수면 상승은 연안에 다양한 경로로 영향을 미치고 있다. 연안 침식, 폭풍해일 및 연안범람 증대, 하구퇴적 변화, 하천 및 지하수 염분 침투 등 해수면 상승 영향은 해안 사빈, 사구, 습지, 수자원과 같은 자연생태계에 대한 영향과 인간의 활동과 관련된 사회·경제적 부분에 영향을 미칠 수 있다(조광우 등, 2011).

우리나라의 연안지역은 꾸준한 개발이 진행되고 있으며, 이에 따른 연안지역의 인구증가로 인하여 극치해수면에 의한 피해가 점점 가중되고 있는 실정이다. 우리나라 뿐만 아니라 전 세계 곳곳에서 산업화 이후 무분별한 해안지역 개발로 인해 해안의 생태계가 많이 훼손되었기 때문에 해안지역이 해수면 상승에 대한 적응력을 갖추는 것이 쉽지 않은 상황이다.

해안지역의 광범위한 도시화는 해안의 후퇴, 생태계 교란, 홍수 및 쓰나미(tsunami) 등의 피해를 급증시키고 있다. 상대적으로 사회경제 기반시설이 낙후되어 있는 개발도상국의 해안지역에서는 지구온난화와 해수면 상승으로 태풍이나 해일이 초래하는 피해 규모가 점차 커지고 있다.

전 세계의 연안에 거주하는 4천만 명이 100년 빈도 이상의 홍수 위험에 노출되어 있는 것으로 알려지고 있다(Nicholls et al., 2008). 극치 해수면의 발생은 조수(tide), 파도(wave), 해류(current), 엘니뇨와 같은 전지구적 원격상관관계(tele-connection) 등 다양한 복합적인 요인으로 인하여 발생한다.

이러한 극치발생은 육지로부터의 담수 유입, 빙하의 용해 등 해양의 장기적인 체적 변화로 기인하는 해수면 상승(sealevel rise, SLR)과 매우 관련이 깊다. 이밖에도 여러 요인에 의해 발생하는 융기 및 침하로 인한 지각의 수직 변동(vertical land movement, VLM)과도 관계가 있다. 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 연안은 해수면 상승으로

인한 위험도를 가중시키는 다양한 불확실성 요소가 존재하며 이에 대한 검토가 필수적으로 요구되고 있다.

장기적으로 연안에 영향을 주는 대표적인 요인은 전 지구적 SLR로서 다양한 문제점을 발생시킬 것으로 전망되고 있다. 조위계에 의한 20세기 평균지구해수면상승률(mean sea level rise, MSLR)은 1.7mm/yr로 20세기 말부터는 2.3mm/yr로 증가하였으며 위성고도계(satellite altimeter)를 사용한 관측자료에 의해 1993년 이후 약 3mm/yr의 MSLR이 확인되고 있다.

관측된 결과를 기준으로 해수면은 지속적인 상승이 발생할 것으로 예상되며 이로 인한 연안의 범람 및 침식 등과 같은 직접적인 피해에서 나아가 사회적이고 경제적인 문제 및 법적 문제에 대한 대비책이 시급하다. IPCC(Climatic Change WGI, 2013)는 모델과 빙하 기여도에 대한 문헌평가를 결합하여 CMIP5 기후전망으로부터 2081~2100년 기간의 전지구 평균해수면은 1986~2005년 보다 RCP2.6에서 0.26~0.55m, RCP4.5에서 0.32~0.63m, RCP6.0에서 0.33~0.63m, RCP8.5에서 0.45~0.82m 상승할 것으로 전망하였으며 2081~2100년 동안 해수면 상승률은 8~16mm/yr로 전망되고 있다.

우리나라의 경우 2006년까지 0.1~0.2cm/yr의 증가를 나타냈으며 제주 연안은 해수면 상승률이 약 0.5cm/yr로 향후 50년에는 25cm, 향후 100년에는 50cm가 상승될 것으로 예상되고 있다. 이러한 해수면상승이 지속적으로 발생하여 1m 상승 가정 시 서울면적의 1.6배에 달하는 국토가 침수될 것으로 예상되며, 2100년까지 해수면 상승으로 인한 연안 부분의 적응 비용은 현재의 2~8배까지 증가할 것으로 전망된다.

3. 연안역 기후변화 적응 대책 해외 사례

1) 비구조적 적응 대책

가. 유럽 연합(EU)

유럽 연합의 연안을 포함한 해양과 관련한 기후변화 적응 정책은 유럽 연합 집행위원회 공식 문서로 채택된 [기후변화 적응 백서]에서 그 내용을 확인할 수 있다. 기후변화 적응 백서에서는 2020년까지 좋은 해양상태의 유지 또는 달성을 목표로 정하고 해양 분야에서 실질적으로 기후변화 적응 전략을 시행하도록 하고 있다(EU, 2009).

유럽연합은 각 가입국의 정책 결정 과정에 해안 침식 적응 방안을 포함시키도록 권고하고, 각 가입국에 해안 침식과 관련된 정보가 부족함을 감안해 연안 침식 관리계획을 세울 시 필요한 데이터베이스를 구축할 것을 권고하고 있다(Eurosion, 2004).

나. 영국

○ 해안 침식위험이 없는 곳으로 이주하는 이스트라이딩 적응 대책

영국 요크셔 주의 이스트라이딩(East Riding) 연안 지대는 기후변화의 영향으로 북서부 유럽에서 해안 침식이 가장 급속하게 진행되는 곳이다. 때문에 이스트라이딩의 주요 관광지인 캐러번파크의 캠핑카 사업이 타격을 받게 되자, 이 곳 지역의 소유주들은 영국 환경청과 공조해 캠핑카 공원을 해안침식의 위협에서 안전한 내륙으로 옮기기로 하였다.

공원을 이전하기에 앞서 정부와 캐러번파크 사업체들은 공원 이전이 불러올 여러 변화를 상세히 검토한 뒤에 관련 지침과 기준을 제시하였다. 이러한 환경의 질을 높이면서 해안관광에 의존하는 주민들의 생활수준을 유지해보자는 원칙아래 이루어진 공원의 이전계획은 성공적이었다. 캐러번파크 관광객들은 관광 시설의 수준이 이전보다 높아졌고, 자연 환경도 훨씬 더 좋아졌다는 평가를 내리고 있다. 현재 이스트라이딩 연안 공원의 이전 정책은 영국 환경식품농업부 홈페이지에도 소개될 정도로 해수면 상승에 대비한 성공적인 적응 대책의 사례로 꼽히고 있다.

○ 해양생물종의 다양성을 확보하려는 켄트 적응 대책

영국 연안 지대에 위치한 켄트(Kent)는 지방 의회를 통하여 해양 생물종 다양성을 확보하려는 적응 정책을 추진하고 있다. 켄트 지방 의회는 해수면 상승으로 인해 연안 생물종들이 어떻게 변할지 예측하였다. 그 결과, 앞으로 50~100년 동안 진행될 기후변화에 대응할 수 있는 생물종 다양성의 적응을 위한 정책이 필요하다는 것을 제시하게 되었다.

다. 캐나다

○ 캐나다 르굴레(Le Goulet)의 용도지역 강화

캐나다 프로방스 뉴브런즈윅 주의 르굴레 마을은 해수면 상승과 폭풍해일로 인한 상습 침수범람의 발생으로 대형 해양재난이 수차례 발생하였다. 피해원인으로는 사구 및 염습지 등의 심각한 훼손으로 인하여 발생한 것으로 파악되었다.

이에 따른 대안으로 2002년에 길이 3.8km의 대형 방파제 설치안이 제기되었다. 이에 르굴레 마을은 해수면 상승에 따른 종합적인 기후변화 적응계획의 수립을 추진하여, 방파제 설치안과 주요 침수지역 주택의 퇴거안의 두 가지 안을 복합 채택하였다.

최종적으로 르굴레 마을은 2009년도에 연안지역의 부적절한 난개발을 금지하는 용도지역 강화책을 채택하였는데, 이를 통하여 연안지역의 개발 시에 무조건적인 개발 금지보다는 개발업자들에게 기후변화에 따른 재해위험 요소에 대한 정량적인 디지털 침수위험정보를 제공하여 개발계획에 있어 기후변화에 대한 적응대책이 반영될 수 있도록 유도하는 정책을 시행중에 있다.

라. 미국

○ 미국 워싱턴의 해양 기후변화 적응 정책

미국 여러 도시 중 가장 활발하게 해양 기후변화 적응 정책을 실시하고 있는 곳은 워싱턴이다. 워싱턴 의회는 다양한 기후변화 적응 전략 중 연안 지역의 해수면 상승

및 재해 대응 정책을 중점적으로 추진하고 있다. 구체적인 사례로는 해수면 상승으로 범람 가능성이 높은 연안 지역의 취약성을 조사할 파일럿 프로젝트 기금 조성, 연안 지역 건축물 신축 시 부동산 구입자와 투자자에게 해수면 상승의 위험고지 등이 있다.

○ 해안 침식 피해를 줄일 범람 보험 제공

미국의 연방재난관리청(FEMA : Federal Emergency Management Agency)은 해수면 상승에 따른 홍수 및 해안 침식과 범람의 위험으로부터 국민들을 보호하기 위해 범람보장 프로그램(NFIP : National Flood Insurance Program)을 운영 중이다. NFIP는 연안 침수범람 지역 및 범람 위험 지역의 집주인과 사업자들에게 범람 보험(Flood Insurance)을 제공하게 된다. 보험료의 일부는 범람이 일어났을 경우, 범람 피해지역에 위치한 주택을 이전하거나 보수하는데 사용할 수 있다.

○ 미국 보스톤의 건축물 증고



[그림 2-5] 해수면 상승에 대비하여 높아진
층고를 반영한 설계안(보스톤 스폴딩 재활병원)

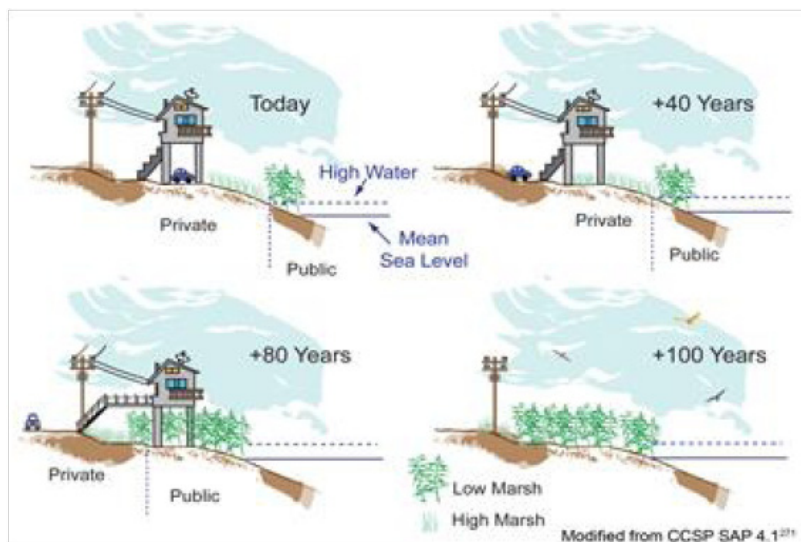
미국 보스톤시에서는 기후변화에 따른 해수면상승, 열파, 폭풍 등의 세가지 분야에 대하여 종합적인 적응프로그램을 개발하여, 새로운 도시계획이나 관련 사업에 있어서 반드시 기후변화 적응대책을 포함하도록 하는 전략을 추진하였다. 특히 신규 건설사

업의 경우 검토 및 승인과정에서 해수면 상승에 따른 영향과 대책을 반드시 고려하도록 하였다. 이에 따라 신축건물의 기준표고 산정에 있어서 미래 해수면 상승분을 층고에 반영하도록 하며, 침수피해의 가능성이 큰 전기시스템의 경우는 옥상 등으로 이전하도록 하는 설계안이 적용되고 있다(그림 2-5).

○ 미국의 연안습지보전을 위한 장기 지역권 정책

개인 사유지를 장기적으로 특정 목적을 가지고 이용하도록 하여 연안습지를 보호하는 전략으로 장기 지역권 정책을 활용하고 있다. 이러한 장기 지역권 지역에서는 개발이 허용되지만, 주변의 연안방호 구조물 등의 설치는 불가하게 된다.

해수범람에 대비하여 필로티 방식으로 건설된 건물은 40년 동안은 사유지로 활용되지만, 약 80년 이후에는 해수면 상승으로 인하여 연안습지가 사유지 측으로 확장되게 될 가능성이 있어 사유지로서의 활용이 어렵게 될 수도 있다. 이에 따라 사유지로서의 기능과 역할이 사라지는 약 100년 이후에 건물이 철거되게 된다면, 당해 지역은 연안습지로서 남게 되어 자연스럽게 공유지로서 변환되게 된다(그림 2-6). 이는 장기적인 퇴거 정책의 한 방법으로 볼 수 있다.



[그림 2-6] 해수면 상승과 장기지역권을 통한 연안습지 보전책

2) 구조적 적응 대책

가. 유럽 연합(EU)

구조적 적응방안은 적극적인 연안재해 방호책으로서 대형 구조물의 건설을 통한 연안도시의 재해를 사전에 보호하는 것이다. 대표적으로 폭풍해일방벽(Storm Surge Barrier)은 폭풍해일로 인한 연안도시의 침수범람에 따른 대규모 피해에 대비한 최신의 시설이다. 그렇지만 이러한 대규모 시설의 설치에는 천문학적인 비용이 들기 때문에 사전에 이에 대한 타당성 평가가 반드시 필요하게 된다.

세계적으로 이러한 시설물이 설치된 대표지역을 살펴보면 다음과 같다.

- 영국 템스강 하구의 폭풍해일 방벽(수직 리프팅 게이트 방식, 1982년 착공)
: 1953년 북해의 폭풍해일 내습으로 인한 대재앙 발생 이후 추진됨(표 2-4).
- 이탈리아 베니스의 폭풍해일 방벽(플랩 게이트 방식, 2011년 착공, 표 2-5)
- 네덜란드 매슬랜트 폭풍해일 방벽(플로팅 섹터게이트 방식, 1997년 착공, 표 2-7)
- 러시아 St. Petersburg의 폭풍해일 방벽(섹터 게이트 방식, 2010년 착공)

세계적 규모의 폭풍해일 방벽의 경우 주로 리프팅 게이트(수문) 형식 및 섹터게이트(갑문) 형식으로 디자인되고 있다.

이 중에서 대표적인 사례인 영국의 템스강과 이탈리아 베니스의 주요 구조물을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

영국 런던의 템스강 하구는 홍수 상습 피해 지역이다. 1953년 템스강 하구 지역에서는 대홍수 및 해수 범람으로 300여 명이 사망하였다. 이에 런던시는 1974년부터 10년간 약 1조원을 들여 템스강 하구를 가로지르는 이동식 하구 독을 건설하였다. 템스 베리어(barrier)라고 불리는 이 독특한 구조물은 평상시에는 열려 있다가 만조와 홍수가 겹칠 때는 닫히게 되어 바닷물의 침입을 막도록 고안되었다. 2009년 영국 역사상 최고의 강수량을 기록한 대홍수가 발생했을 때, 런던시는 템스 베리어 덕분에 극심한 피해를 면할 수 있었다.

이 홍수는 영국 전역에서 4만 8,000여 가구가 침수되고 7,000여 기업이 피해를 입을 정도의 대홍수였지만 템스 베리어 덕분에 런던시의 인명 피해는 13명에 그쳤다. 최근 영국 정부가 추진 중인 '템스강 하구 2100년 프로젝트'는 여기서 한 발 더 나아간 기후 변화 적응 대책이다.

'템스강 하구 2100년 프로젝트'는 템스강 하구에서 발생하는 홍수의 주요 원인을 해수면 상승으로 인식하고, 해수면 상승 예측, 폭풍해일고 상승, 하천 수위 등을 통합적으로 관리하는데 초점을 맞추고 있다. 이 프로젝트는 미래의 해수면 상승 폭을 전망한 기상 변화 예측 시나리오를 적용하여 하구역을 안전하게 지킬 수 있는 조치가 담길 예정이다.

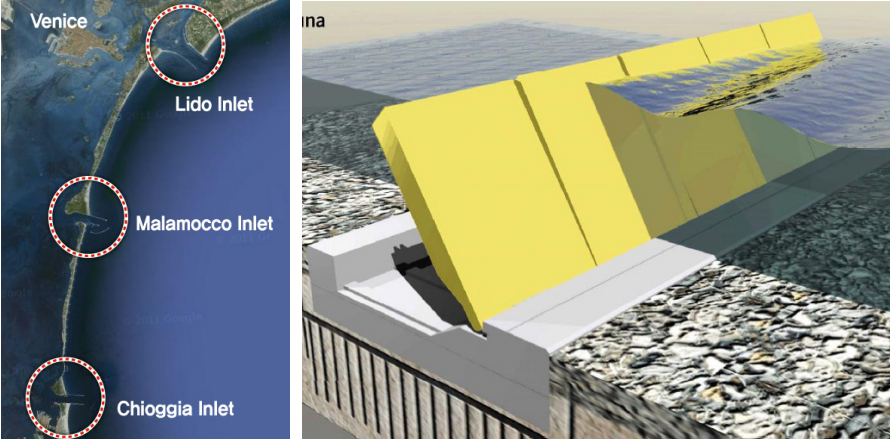
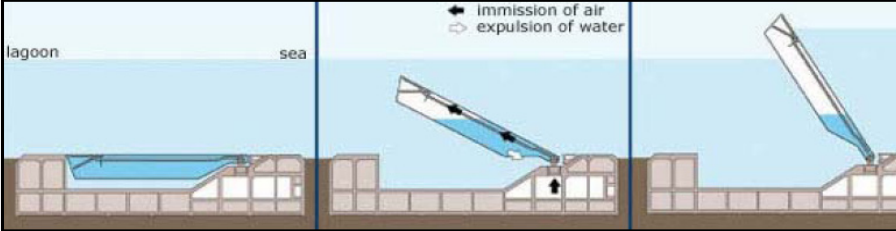
이탈리아는 1987년 이후 평균 해수면이 7.5cm 상승하여 도시로 바닷물이 범람하는 일이 잦아졌다. 1990년 산마르코 광장은 7번이나 바닷물에 침수되는 등, 현재 이탈리아의 주요 도시는 1년에 100번 정도 침수되어, 로마시대의 전통 건축물이 해수에 부식될 위험에 처해 있다. 이탈리아의 주요 연안 도시 중 해수면 범람으로 가장 큰 피해를 보고 있는 곳은 바로 베니스이다.

현재 베니스는 해수 범람으로부터 도시를 보호하기 위하여 설치된 방파제 위로도 바닷물이 자주 넘쳐흐르고 있다. 심지어 2008년 베니스는 22년 만에 가장 큰 규모의 대홍수가 일어나 도시 전체가 침수되는 일이 벌어지기도 했다. 이렇듯 베니스는 기후 변화에 따른 해수면 상승으로 침수 피해가 갈수록 늘어나고 있는 상황이다.

이탈리아 정부는 베니스가 더 이상 침수 피해를 입지 않기 위해 베니스 석호 관문 주변에 바닷물의 범람을 막아줄 거대한 철제 방벽, 이른바 '모세의 방벽'을 세우고 있다. 길이 20m, 높이 30m, 무게 300t의 거대한 금속제 방벽 78개를 이어 붙인 모세의 방벽은 평소에는 해저에 가라앉아 있다가 거대한 밀물이 밀려올 때만 내부 빈 공간에 공기가 주입되고, 이 공기의 부력이 구조물을 세우는 방식으로 작동된다. 해저에 두터운 콘크리트 기반 공사를 한 뒤 금속제 방벽을 고정하게 되며, 총 공사비는 45억 달러(약 5조 4,000억원)으로 추정된다.

이 방벽 건설 계획은 실비오 베를루스코니 이탈리아 총리가 2003년부터 추진해 온 것으로 2011년에 방벽이 완공될 예정이었으나 환경시민단체들의 반대로 완공시기가 아직까지 늦춰지고 있다.


[표 2-8] 이탈리아 플랩형 게이트 개념도

구 분	주 요 내 용
수 문	
건설지역	- MOSE(MOdule Sperimentale Elettromeccanico) Project(이탈리아, 베니스)
건설시기	- 2003~2014년
시설개요	<ul style="list-style-type: none"> - 60m 콘크리트 함체 1기에 3개의 수문(폭20m, 길이29.6m)이 결합된 형태. - 석호가 외해로 연결되는 3개 수로에 각각 설치
작동원리	 <ul style="list-style-type: none"> - 게이트(부체)는 금속 재질로 속이 빈 사각형태이며, 평소 바닷물로 채워져 저면에 가라앉아 있다가 해일 위험시에는 이곳에 압축공기를 주입해 부력으로 게이트(부체)를 일으켜 세워지게 됨.


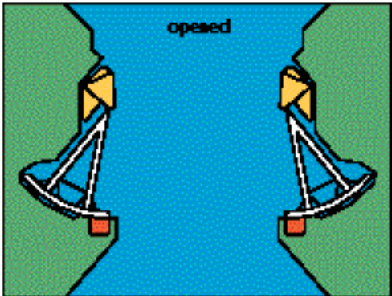
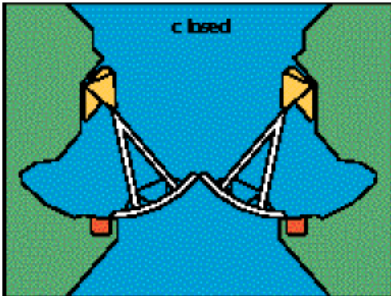
(표 2-9) 영국 템스강 라이징 섹터 게이트(Rising Sector Gate)

구 분	주 요 내 용
수 문	
건설지역	- Thames Barrier(영국, 런던)
건설시기	- 1984~1991년
시설개요	<ul style="list-style-type: none"> - 강폭 520m에 걸쳐 경간 61m, 높이 20m의 라이징 섹터 게이트(Rising Sector Gate) 4문, 경간 41.5m의 라이징 섹터 게이트(Rising Sector Gate) 2문, 경간 31.5m의 강 하식 레디얼 게이트(Radial Falling Gate) 4문으로 총 10문으로 구성됨.
작동원리	 <ul style="list-style-type: none"> - 비체는 반원형을 하고 피어측면에는 회전 가능하도록 부착된 반원현상의 게이트 암에 연결되어 있음. - 비체의 개폐는 반원형상의 게이트 암을 회전시키는 것에 의해 이루어지며 피어 위에 부착된 편축 2개의 유압실린더의 왕복 운동을 록킹법과 링크 기구로 게이트 암의 회전운동으로 바꾸는 구조로 되어 있음. - 비체는 통상수중에 있고, 고조시에는 비체를 90도 회전시켜 상류의 피해를 방지함.
기 타	- 2011년 10월 기준 119번 가동(1980년대 4회, 1990년대 35회, 2000년대 80회)

[표 2-10] 네덜란드 수직리프트게이트 개념도

구 분	주 요 내 용
수 문	
건설지역	- Hartel Canal Barrier(네덜란드, Hartel 운하)
건설시기	- 1991~1997년
시설개요	- 두 개의 Gate로(폭 98m, 49.3m) 구성.
작동원리	- 평상시 Gate는 타워 상부 평균해수면에서 14.0m 떨어진 높이에 위치하고 있으나 차단시 콘크리트 기반 지점에서 0.2m 떨어진 지점까지 하강함.
기 타	- 2007년 11월 8일 NAP(New Amsterdam Sea Level)보다 3.0m 높은 폭풍해일이 네덜란드 해안가에 출현하였으며 해일 방지를 위해 1차례 가동하였음.(11/8 23:10~11/9 19:25, 약 20시간)

[표 2-11] 섹터게이트(Sector Gate)

구 분	주 요 내 용
수 문	
건설지역	- Maeslant Barrier(네덜란드, 로테르담)
건설시기	- 1997~1997년
시설개요	- Barrier의 Gate를 벽체라 하며, 2개 벽체는 각각 높이 22m, 길이 210m이고 15개의 격실로 나누어져 있음.
작동원리	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <ul style="list-style-type: none"> - 폭풍해일이 예고되면 속이 빈 벽체를 띄우기 위해 물을 도크로 주입하며 두 Barrier를 수로측으로 회전시켜 두 개의 벽체가 맞닿으면 속이 빈 내부에 물을 채워 항로 바닥으로 가라앉게 함. - 이러한 방법으로 Barrier는 360m의 항로 폭을 닫는다. 고조 및 해일이 지나가면 충수되었던 해수를 배수시켜 전체 구조물을 부상시키고 두 개의 벽체(Barrier)는 다시 원래의 도크로 돌아감.
기 타	<ul style="list-style-type: none"> - 수로가 차단되는 기간 동안은 선박 통항이 금지됨. - 따라서 Barrier 가동은 매우 극한 조건에서만 가동되며 10년 1회 정도로 예상됨. - 단, 21세기 말에는 기후변화에 따른 해수면 상승을 고려할 때 5년 1회로 가동횟수가 증가할 전망이다.

제3장 충청남도 연안의 기후변화 현황 및 위험요인

1. 충청남도 연안역 기후변화 영향

1) 기온

충청남도의 과거 70년간(1945~2015년) 전체 평균기온은 약 11.87℃에서 12.09℃로 상승하여, 이를 10년 단위로 분석하여 비교하면 약 0.03℃/10년으로 완만하게 상승하고 있는 것으로 나타난다(서해안기후환경연구소, 2015). 또한 기상청 기후변화시나리오(RCP8.5)의 10년간 평균값을 적용한 충남 평균기온의 미래 30년 전망치를 살펴보면 2025년 약 12.94℃, 2035년 13.23℃, 그리고 2045년에 14.84℃ 정도로 상승하여 매 10년마다 약 0.95℃ 정도의 상승 경향이 예측되고 있다(서해안기후환경연구소, 2015).

2) 강수량

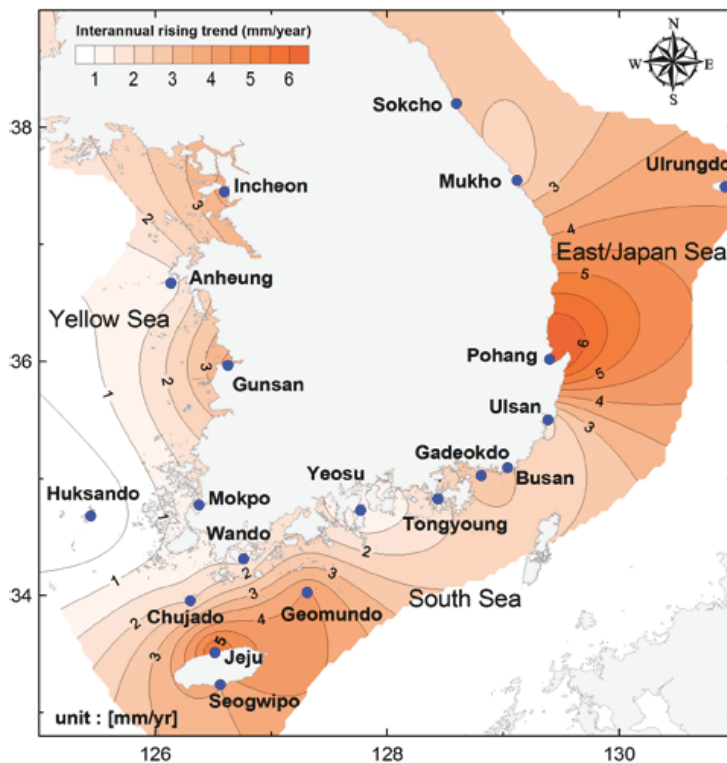
충청남도의 과거 70년간(1945~2015년)의 평균강수량은 연간 약 1,124.1mm에서 1,574.1mm 정도로 늘어나 64.28mm/10년 정도의 상승률을 보이고 있다. 그리고 기상청 기후변화시나리오(RCP8.5)의 10년간 평균값을 분석한 미래 30년 전망을 살펴보면 매 10년마다 약 63.0mm의 연강수량 상승 경향이 예측되고 있다(서해안기후환경연구소, 2015)

3) 해수면 상승

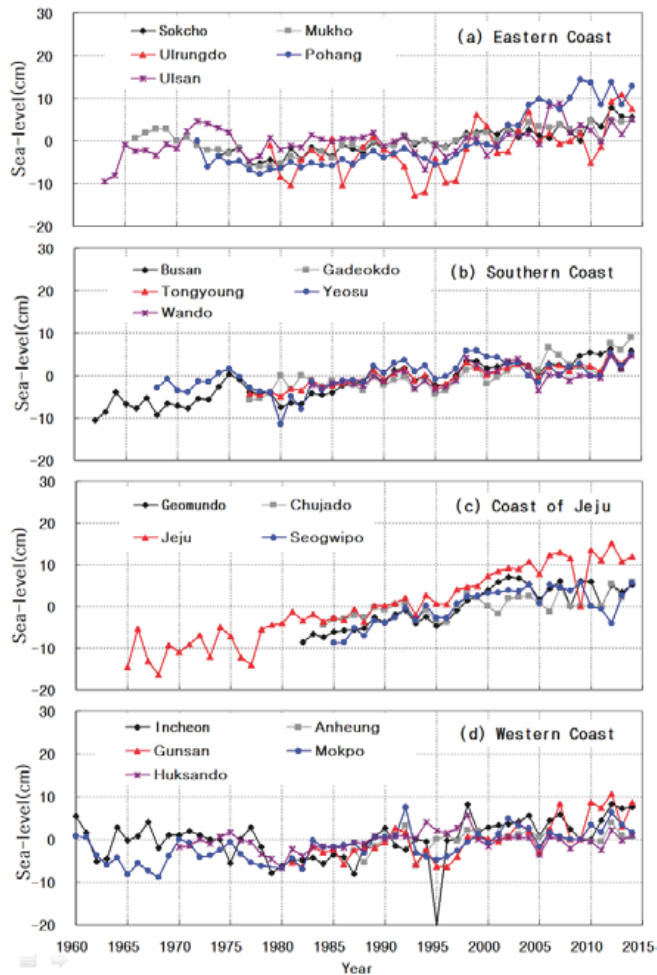
우리나라의 해수면 상승률은 전세계 평균해수면 상승률 1.7mm/년(IPCC, 2014)을 상회하고 있는 것으로 분석되고 있는데, 국립해양조사원의 조위관측소 자료(~2014년)를 분석한 선행연구에서는 동해 평균 약 3.6mm/년, 남해 평균 약 2.8mm/년, 서해 평균 약 2.0mm/년의 상승률을 보이고 있으며, 특히 제주 해역이 상대적으로 높게 나타나 3.8mm/년의 상승률을 나타내고 있다(Yoon, 2016). 서해는 동해와 남해에 비해서

상대적으로 평균해수면의 상승률은 낮게 나타나나, 우리나라 주변해역에서의 평균해수면 변동의 지역적 차이가 매우 크게 나타나고 있으므로 장기 해수면 상승에 대한 대비책의 수립은 반드시 필요한 것으로 나타난다(그림 3-1, 3-2, 표 3-1).

해안은 해수면의 변화에 가장 직접적인 영향을 받는 공간이다. 해수면은 기후변화에 따라 장기적으로 상승하며, 단기적으로는 태풍 등에 의한 해일의 발생으로 인해 일시적으로 상승할 수 있다. 이러한 단기적인 해수면의 상승은 호안시설물 등의 축조를 통해 어느 정도 막을 수 있으나, 장기적인 해수면 상승에 단기적 요인이 중첩되는 경우에는 그 위험성이 더욱 커지게 된다. 뿐만 아니라 해수면 상승에 의해 높아진 수심에서는 파랑의 영향이 더 크게 작용할 수 있어서 연안침수범람의 위험성이 더 높아질 수 있다.



[그림 3-1] 우리나라 주변 해역의 연평균 해수면 상승률 분포(Yoon, 2016)



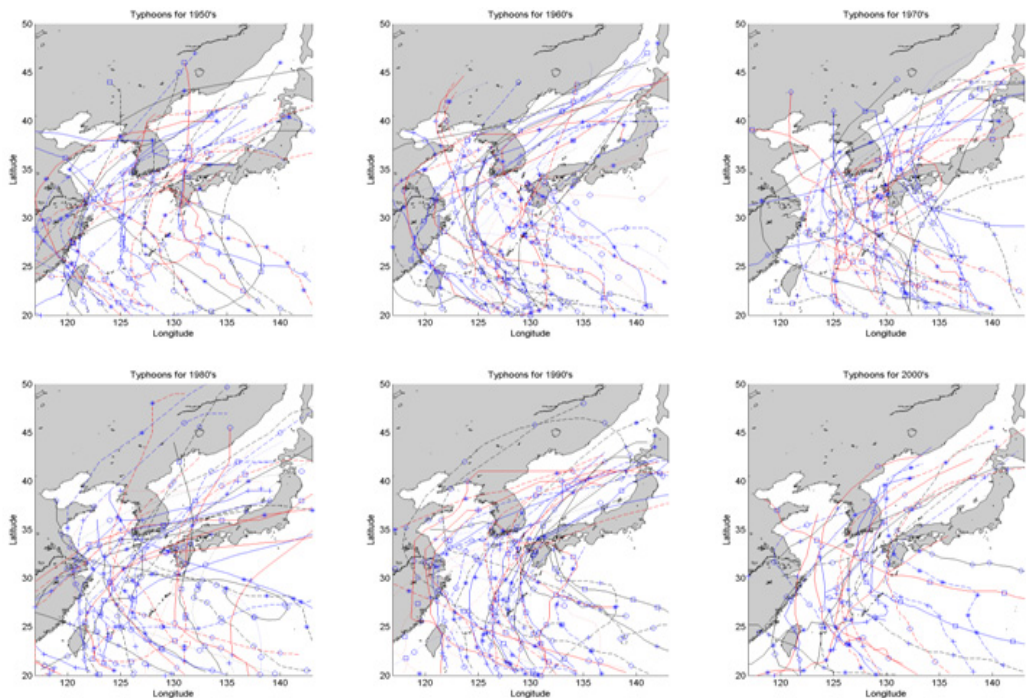
[그림 3-2] 년도별 상대 평균해면 분포도(Yoon, 2016)

4) 태풍

2000년대 이후에 한반도에 상륙하는 태풍의 강도가 점차 강해지고, 2010년 이후에는 서해안으로 상륙하는 태풍의 빈도가 증가함에 따라 충청남도는 향후 대형 태풍에 노출될 가능성이 점차 증가하고 있다고 할 수 있다(그림 3-3). 매년 북서태평양에서 발생되는 태풍의 60% 이상이 7~9월에 집중되는데, 중국을 경유하지 않고 강한 세력을 유지한 상태로 한반도에 상륙하는 태풍이 늘어나고 있어 대책 수립에 주의가 요구되고 있다.

(표 3-1) 우리나라 주요 조위관측소의 평균해수면 상승률(mm/년, 1985-2014 20년)

해역	조위관측소	해수면상승률	해역	조위관측소	해수면상승률
동해	속초	2.6	남해	부산	2.6
	목호	2.3		가덕도	3.0
	울릉도	3.9		통영	1.7
	포항	7.2		여수	0.9
	울산	1.8		완도	1.3
	동해 평균	3.6		거문도	4.1
서해	인천	3.7		추자도	1.9
	안흥	1.2		제주	5.8
	군산	3.7		서귀포	3.5
	목포	1.5		남해평균	2.8
	흑산도	-0.1		제주해역 평균	3.8
	서해 평균	2.0			
우리나라 전체평균			2.8		



[그림 3-3] 1950대 이후 태풍 경로 분포도(매 10년 단위)

기상청 발행 태풍백서(2009, 국가태풍센터)에 의하면 우리나라에서 기상관측이 시작된 1904년부터 2009년까지 상위 10위권 내의 태풍에 의한 피해는 사망 6,005명, 재산피해액 140,232억원으로 연평균 사망 실종이 57명, 재산피해는 약 1,336억원으로 조사되었다. 재산피해의 경우 1987년의 태풍 Thelma를 제외하고는 모두 1990년대 이후에 발생하였으며, 2000년대 이후에 발생한 태풍이 5개로 조사되어 최근의 각종 산업화에 따른 연안역의 발달과 함께 기후변화에 의한 영향이 지배적이라고 볼 수 있다. 앞으로의 증가되는 기후변화의 영향은 이러한 태풍의 강도와 내습빈도를 증가시켜 인명과 재산상의 피해를 급격하게 증가시킬 것으로 보인다.

5) 해일

태풍강도의 증가는 곧 연안역에 내습할 수 있는 해일강도의 증가를 나타내는 것으로, 해수면 상승과 해수온도상승이 태풍의 강도를 증가시키는 그 원인으로 작용하고 있다. 특히 기후변화(지구온난화)의 가속화 영향으로 태풍의 강도가 지속적으로 증가할 것으로 보여 이에 따른 대응책 마련이 심각하다.

충남의 연안지역은 만조시에 내습하는 해일에 취약하기 때문에 이러한 폭풍해일과 조석의 영향이 중첩되었을 때의 고조해일이 발생하면 연안저지대에 매우 큰 침수범람 피해를 일으킬 가능성이 높다. 1900년대부터 우리나라 주변 해역을 지나면서 해일피해를 일으킨 태풍은 약 58회 정도로 기록되고 있는데, 대부분의 기록적인 태풍의 내습은 주로 남해안에 상륙하거나 대한해협을 통과하면서 발생한 사례이다. 남해안은 태풍의 내습빈도가 높을 뿐 아니라 지리적으로 내만의 특성을 보유하고 있어 높은 해일을 일으킬 수 있는 지형조건을 가지고 있다. 서해안으로의 주요 내습태풍은 1999년의 태풍 닐 태풍 올가, 2000년의 태풍 카이탁, 프라피룬, 2011년 태풍 볼라벤, 2012년 태풍 볼라벤 등이 있다. 태풍은 육지에 상륙과 동시에 그 강도가 급격히 약화되는데, 서해안으로 진행되는 태풍의 경우에는 해양으로부터의 열에너지를 보유한 채로 서해안으로 이동하는 경우에는 그 강도를 유지하는 경우가 있기 때문에 해일피해 발생의 위험성

은 클 수 있다. 다만 서해안으로 북상함에 따라 낮은 수온을 접하게 되어 태풍의 강도가 약화될 수 있으며, 높은 해일을 발생시키더라도 조석의 영향에 따라서 저조시에 내습시 그 영향이 크게 나타나지 않는 경우가 많다. 그러나 고조시에는 약간의 저기압 효과만 더해져도 고조해일의 영향이 크게 나타날 수 있는데, 1997년 태풍 위니의 영향에 따라 발생한 백중사리의 해수범람이 그 예라고 할 수 있다.

1997년의 백중사리 기간인 음력 7월 15일 경에는 연중 조차가 가장 큰 시기였는데, 이 때 태풍 위니가 간접영향을 미쳐 인천의 경우에 천문조석으로 예측된 수위인 945cm보다 63cm가 높은 1008cm의 천문조가 나타났다. 이러한 고조해일에 의해서 당시 서해안 일대에 연안침수피해를 발생시켰다. 충남의 해저지형은 해안으로부터 수심 200m까지 완만한 경사를 이루고 있다. 또한 오래전에 건설된 상당수의 방조제 및 호안구조물은 충분한 설계고를 확보하지 못하고 있는데 약간의 비정상적인 해수면 상승(고조해일 등)에도 쉽게 침수범람 피해가 발생하는 취약성을 지닌 곳이 충청남도 연안역에 상당히 많이 분포하고 있다.

6) 기후외력의 변화

기후변화는 기온과 같은 기상요소의 평균 변동특성이 변화하게 되는 것이다. 기후외력의 변동에 따라 강수량이 증가하게 되면 습윤한 기후가 되어 홍수의 위험성이 증가하며, 반대의 경우에는 가뭄의 가능성이 커지게 된다.

이러한 기후변화에 따른 해양으로부터의 외력변화는 연안역의 안전을 크게 위협하게 되는데, 주요 인자는 바로 장기 해수면 상승과 태풍의 강도 증가이다. 해수면 상승에 따른 침식과 범람으로 인한 취약성이 보다 커지게 되며, 태풍의 강도 증가는 우리나라로 내습하는 태풍의 최대풍속 및 일강수량을 점차 증대시키게 된다. 이러한 태풍 등의 외력증가는 강수의 특성을 변화시키게 되는데 극한 상황인 홍수와 가뭄의 발생빈도를 증가시킬 수 있다. 특히 여름철 집중되는 강우에 의한 홍수의 발생가능성이 점차 높아지게 되며, 연안역에서는 해일의 내습에 의한 외해측으로부터의 침수범람과

함께 연안도시 내측에서 발생할 수 있는 도시홍수에 따른 침수피해가 복합적으로 발생할 가능성이 증가함에 따라 이에 대한 치수대책 및 구조물의 보강방안이 마련되어야 한다.

2. 충청남도 연안역의 해수면 상승에 대한 취약성 평가 분석

1) 충청남도 해수범람 피해 발생 현안

매년 하계(7~9월) 해수면 상승기에 보령 오천항에서는 고조(사리)시에 해수범람이 발생하여 항 및 시가지 일원에 침수피해를 발생시키고 있다. 보령시 재해대장을 살펴 보면 1997~2008년까지 약 20여 건의 해안재해가 발생하였고, 이중 오천면에서 15건이 발생하였다. 특히 1995년, 1997년에 만조시에 태풍내습에 의한 해일이 중첩되어 해수범람 피해가 크게 발생하였다(그림 3-6).

보령시 오천면, 천북면은 1940년대 매립에 의한 저지대 형성 및 1970년대 방조제 건설로 인한 조위 상승의 영향으로 인하여 노후화된 해안시설에 대한 해일 및 파고에 의한 피해 위험이 상존하고 있다. 최근의 2014년 10월 11일에도 오천항 및 원산도 선촌항에 해수범람 피해가 발생하여 차량침수 약 35대(일부침수 25, 완전침수 10)의 피해가 발생하였다(그림 3-4, 3-5).



[그림 3-4] 보령 오천항 해수범람 피해사례(2014.10.11.)



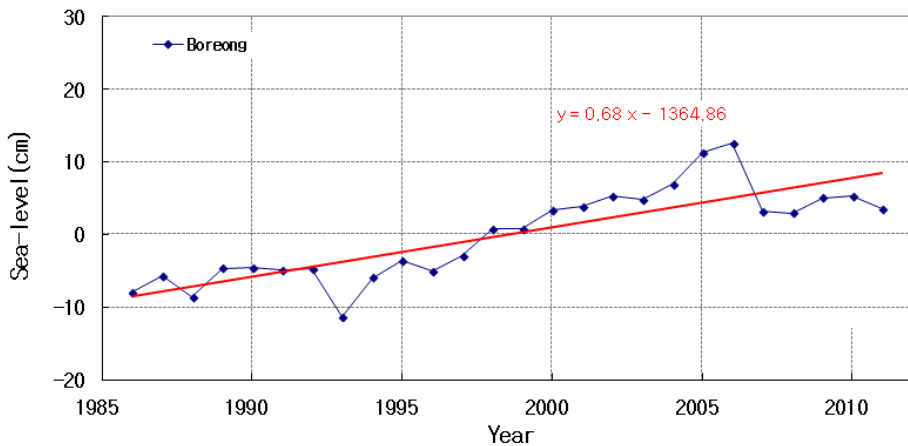
[그림 3-5] 보령 원산도 선촌항 해수범람 피해사례(2014.10.11.)



[그림 3-6] 보령시 과거 해수범람피해 주요 발생지역
(국립재난안전연구원, 2013)

2) 해수 침수범람 위험요인 분석

밀물 때에는 수위가 높아져 바닷물이 하천으로 거슬러 올라오며 해안저지대를 침수시킨다. 특히 연중 조위가 가장 높아지는 시기인 8~9월(백중사리)에 범람피해가 빈번하며, 하계 태풍 내습에 따른 해일피해의 중첩가능성도 있다. 특히 해수범람 피해가 잦은 오천면 소성리 지역은 일제 강점기에 매립한 곳인데 만조위보다 낮게 매립하였을 뿐 아니라, 호안의 설계고 또한 낮아 하계 고조위 시 규칙적인 해수범람 피해가 발생하고 있다.



[그림 3-7] 보령항 장기간 평균해수면 상승 결과 (6.8mm/년)

보령지방의 조위 변화는 서산방조제, 홍보지구 방조제, 남포방조제 등의 건설에 따른 내만으로의 해수 유입 차단으로 인하여 조차가 커지게 되었다. 또한 고조위 시의 해수범람 피해뿐 아니라 이상파랑(2008년 보령 죽도유원지 사고), 만조시 폭풍해일 중첩 등에 의한 침수 피해도 지속적으로 보고되고 있다. 여기에다 기후변화에 의한 지속적인 해수면 상승의 영향도 작용하고 있으므로 그 피해 위험성은 상존한다고 할 수 있다(그림 3-7). 특히 해수면 높이는 연중 해수의 수온이 높고 해류와 조류의 방향이 일치하는 여름철에 가장 높는데, 매년 7~9월 사이의 고조위 시(백중사리)에 해안범람의 위험성이 가장 크다. 특히 2015년과 2016년의 백중사리(음력 7월 15일 이후 3~4일)를 포함한 음력 7~9월의 고조위 시의 경우 18.6년 주기의 달의 타원궤도 중 지구와 가장 가까워지는 해로서 달에 의한 기조력이 가장 크게 작용하여 최극고조위가 발생하게 된다. 또한 여름에는 겨울철에 비하여 기압이 상대적으로 낮고 수온이 높아 평균 해면 자체가 높이 오르는 시기여서 최극조위가 발생하게 된다. 다만 이러한 기조력의 발생은 사전에 예측이 가능하기 때문에 미리 준비하고 대피를 철저히 한다면, 재산상의 피해를 최소화하고 인명피해를 적극적으로 예방할 수는 있다.

3) 해수면 상승 미래 시나리오에 따른 취약성 평가

UN 기후변화에 관한 정부간 위원회(Intergovernmental Panel on climate Change: IPCC) 4차 평가보고서는 21세기말까지 인간의 활동에 의한 지구온난화로 지구평균기온이 최대 6.4℃, 해수면은 최대 59cm까지 상승할 것으로 예측하였다. 특히 1961년~2003년의 전 지구 해수면 상승률은 1.8(1.3~2.3)mm/년으로 보고되어 지역적인 적응 대책 수립이 시급한 것으로 나타났다.

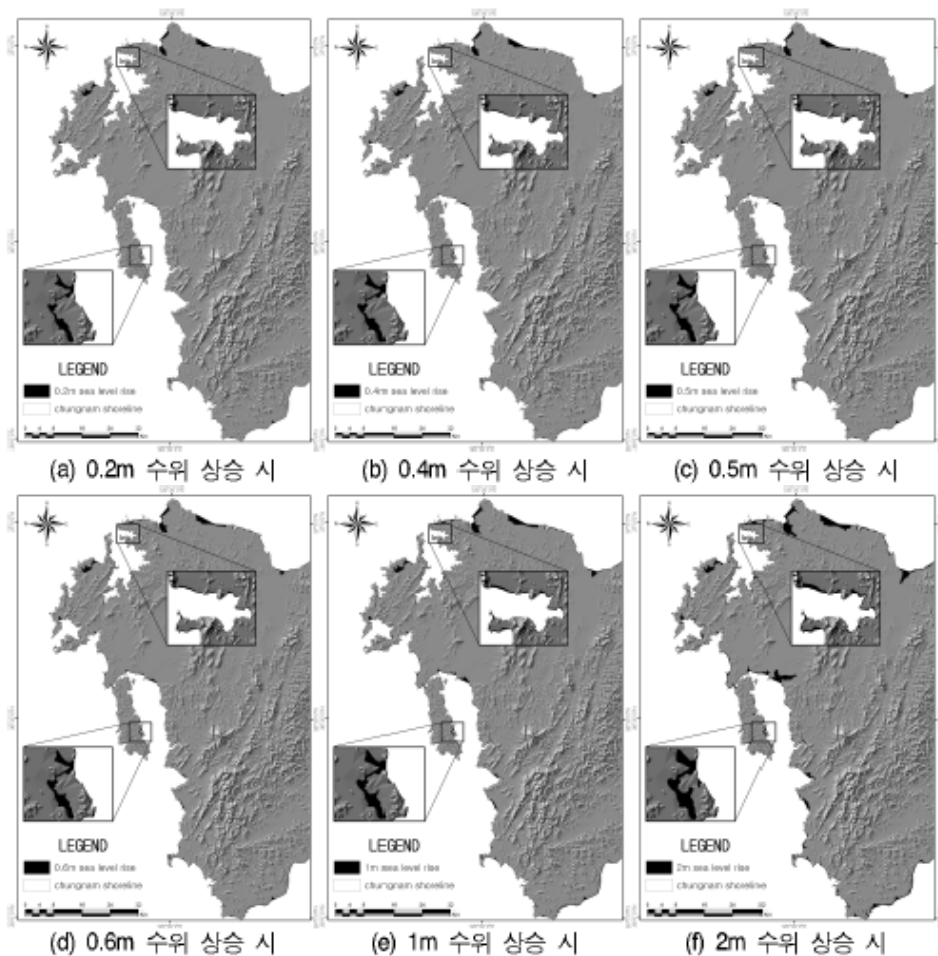
해수면 상승은 해안저지대와 습지의 침수, 해안선의 침식의 발생과 침식속도의 가속화, 해안역의 범람과 홍수의 심화, 염하구와 지하수의 염분도 증가 및 수질 악화, 하구와 만에서의 조차 변화, 강에 운반되는 퇴적물의 집적지 변화, 파고의 증가, 해저면에 도달하는 일조량의 감소, 수온상승, 태풍의 세력증가 등의 기후변화 현상과 결합된 변화를 야기시킴으로서 연안역 피해를 발생시키는 일차적인 원인이 된다.

충청남도 해안지역은 독특하고 대체 불가능한 자연생태계(사빈, 간석지, 해양생물 등)를 보유하고 있을 뿐만 아니라 수송, 산업시설, 자원, 관광 등 사회경제적으로도 매우 중요한 지역으로 기후변화에 대한 취약성 및 영향평가와 적응방안이 반드시 필요한 지역이다.

본 연구에서는 서해안의 해수면 상승에 따른 취약성을 분석하기 위하여 충남연구원 에서 2008년도에 수행된 ‘서해안 해수면 상승에 따른 영향과 대책’ 연구결과를 인용하여 살펴보았다. 충남연구원에서는 2008년 GIS 기법을 이용하여 충남 지역 서해안을 대상으로 침식 취약 지도를 작성하였다. 여기에서는 해수면 상승 시나리오를 0.5m, 1m, 3m, 5m로 하여 만조 시 예상수위를 통해 침수 취약지를 토지 이용별로 분석하였다(그림 3-8). 또한 지자체별(서천군, 보령시, 홍성군, 태안군, 서산시, 당진군, 아산시)로 분석하여, 지역단위로 취약지를 분류하고 지자체별로 위험을 받을 수 있는 해수면 상승량을 제시하고 대응방안을 분석하였다.

이 연구는 연안역이 미치는 다양한 기후변화 요인(해일, 하천 유출, 집중호우 등)은 고려하지 않았으며, 조석에 이용된 자료를 현재값으로 이용하였기 때문에 여러 기후

변화 요인에 의한 복합 요인은 고려되지 않은 한계가 있다. 그러나 국내에서 기후변화에 따른 해수면 상승과 그에 대한 영향으로 침식 및 침수의 위험도를 분석하고 지자체 단위의 대응방안을 제시하였다는 점은 의미 있는 연구라고 할 수 있다.



[그림 3-8] 각 시나리오별 침수예상지(충남연구원, 2008)

해수면 상승에 따른 충남지역의 침수취약지를 각 시군별로 살펴보면, 보령시의 경우 남포방조제가 위치한 남포면의 양향리와 삼현리, 주교면 은포리 일대가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 예상되었다.

아산시의 경우 삼교호에 접하는 선장면 신문리, 가산리, 둔포리, 선창리 일대, 인주공단 지방산업단지가 있는 인주면 결매리와 공세리, 문방리 일대가 해수면 상승에 따른 침수취약지로 나타났다.

서산시는 대산읍 독곶리, 대죽리 일대와 대호 방조제가 있는 화곡리, 운살리 일대가 가장 큰 침수피해가 발생할 것으로 나타났으며, 서산 A·B방조제 내부에 있는 농경지들 역시 큰 피해가 발생할 것으로 나타났다.

당진군은 방조제가 건설된, 석문호, 대호, 삼교호 일대에서 가장 큰 침수피해가 발생할 것으로 보이며, 신평면 복운리, 전대리, 매산리 일대의 농경지도 침수 피해를 받을 것으로 나타났다.

서천군의 경우 금강의 지류인 길산천에 연하는 서천군 화양면 고마리, 장상리, 망월리 일대와 서천군 마서면 도삼리, 산내리 일대와 서천군 기산면 내동리, 두남리, 두북리 일대가 피해가 예상되는 지역으로 나타났다.

홍성군의 경우 서산 A지구 간척지가 있는 서부면 광리 지역이 가장 큰 피해가 예상되었다.

마지막으로 태안군의 경우 이원방조제가 있는 이원면 포지리, 내리 일대가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 판단되며, 특히 안면도 전 연안에 걸쳐 침수취약지가 나타났다.

이러한 물리 현상의 변화는 인간의 사회·경제 활동과 문화 혹은 자연현상과 관련된 부분에 광범위한 영향을 미칠 수가 있다. 특히 해수면 상승에 따른 사회·경제적인 영향중에서는 침수에 의한 국토의 손실과 이와 연결된 홍수와 범람 증가의 가능성이 가장 심각한 문제라고 할 수 있다.

기후변화에 의한 해수면 상승시 연안 습지에 대한 피해로는 천수만 갯벌과 장항갯벌, 가로림만 갯벌, 보령갯벌이 가장 많은 침수피해를 받을 것으로 예상되며, 예측수위가 올라갈수록 그 피해 범위가 비인만갯벌, 남면 갯벌 등으로 확산될 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 원북갯벌과 근홍갯벌 등은 100cm 이상 수위가 상승해야 영구적인 침수피해가 발생하는 것으로 나타났다.



[그림 3-9] 파랑에 의해 파괴된 방파제



[그림 3-10] 해안침식에 따른 방호벽 공사



[그림 3-11] 삼봉해수욕장의 모래포집기



[그림 3-12] 장구만내의 해안침식

연안침식에 대한 부분을 살펴보면, 현재 충청남도 주요 연안의 헤드랜드 뿐만 아니라 만 입지 내의 파랑에 의한 침식의 진행이 곳곳에서 발견되고 있으며, 특히 서천 송림리, 서천 해창리, 태안 천리포, 대산 독곶리 등은 해수에 의한 침식이 아주 빠르게 진행되고 있는 지역이다. 이러한 지역들은 파랑에 의한 방파제의 파괴를 막기 위하여 방파제를 보강하고, 모래의 유출을 막기 위해 모래포집기를 설치하여 그 피해를 줄여 보려 하고 있으나, 기후변화에 따른 해수면 상승이 지속적으로 동반된다면 현재 침식이 진행되고 있는 지역 외에도 해안 침수에 의해 형성된 헤드랜드에서 해안 침식이 추가로 진행될 것으로 판단된다(그림 3-9, 3-10, 3-11, 3-12).

제4장 분야별 연안역 기후변화 적응 방안

연안·해양·수산 분야에서의 기후변화 적응정책은 다양하게 추진되고 있으며, 특히 해수면 상승대책과 수산 자원 관련 대책 마련을 위주로 중점 진행 중이다. 해양기후변화에 관련해서는 연근해 어선 온실가스 배출저감 사업, 신재생에너지 개발, 침환경 선박기술 개발 및 인증시스템 구축 등 주로 적응정책보다는 완화 정책으로 더 많은 비중으로 추진중에 있다. 그러나 장기적인 측면에서 충청남도 해역이 속해있는 서해안에서는 해수면 상승에 대비한 적응 대책의 수립이 가장 중요한 정책이 될 것이므로, 이에 따른 연안재해 대비를 위한 중장기적인 대책방안과 함께 해양생태계 및 수산자원 보전 측면에서의 적응대책에 대해 살펴보도록 한다.

1. 연안재해 분야

1) 추진 방향

연안지역은 국내 전체 인구의 약 27.1%, 전체 국가산업단지의 85.4%가 분포하여 공간적 집중도가 높게 나타나지만, 태풍, 해일, 강풍, 호우 등 자연재해로 인한 피해 역시 큰 지역이다. 이에 따라 연안지역 자연재해 피해액도 전체의 2/3를 차지할 만큼 재해에 취약하고, 향후 이러한 각종 자연재해의 피해는 기후변화의 진행에 따라 더욱 커질 것으로 예상되고 있다. IPCC 5차 보고서(2014)에 따르면 21세기말까지 전세계 해수면이 최대 98cm까지 상승하며, 우리나라는 약 1m 이상 상승하여 해수면 상승률은 전세계 평균을 상회할 것이라 예측되고 있다.

이러한 기후변화 전망 등을 고려할 때, 연안역에 각종 인프라가 집중된 우리나라의 사회경제적 여건하에서 연안역의 기후변화 적응 개념은 체계적으로 적용되어야 한다. 미래에도 연안역은 사회경제적 가치가 계속 상승되어 그 이용 수요가 지속적으로 늘어날 것으로 보여 기후변화 적응에 적합한 정책이 집중되어야 할 것으로 보인다.

해수면 상승으로 인한 각종 연안재해 대응을 위한 기후변화 적응대책 수립 방향은 다음의 측면에서 중점적으로 고려되어야 한다.

- 장기적인 기초 데이터(DB)의 구축
- 연안역 기후변화 재해 취약성 평가 체계 구축
- 연안재해 대응기술 개발
- 규제 방안 개선(법제도적인 정비)
- 국가-지자체 협력체계가 갖추어진 추진주체의 역량 강화

이러한 다양한 측면에서의 정책추진이 중요하다고 할 수 있으나, 인식의 제고, 정책의 실효성 측면에서 많은 개선점이 동시에 존재하고 있다. 지난 과거의 정부에서 발전 위주의 정책이 추진되어 각종 국가 SOC 사업이 진행되었다면, 앞으로는 국가적인 재해대응, 특히 연안재해에 대응한 기후변화적응정책의 추진을 통하여 미래 성장동력을 찾도록 해야할 것이다. 이를 위하여는 일반 국민을 포함하여, 정책결정자의 인식제고가 중요한데, 이를 위한 연구자의 역할과 함께 다양한 추진기관 및 사업 주체 간의 유기적인 연계도 필요하다.

특히 연안역의 경우는 육역과 해역이 만나는 지역인 관계로 국토관리, 재해관리 정책 측면에서 육지/바다로 이분하지 않고 통합적인 측면에서 연안관리를 하도록 하여 최적의 연안재해 대응정책을 추진하도록 해야 한다.

마지막으로 '연안관리법'에 근거한 연안관리 수단이 실효적인 연안재해 대응정책으로 활용되기 위하여 법제도적인 개정, 개선이 수반되어야 하며, 광역지자체 및 기초지자체의 권한을 키워 지역에서 정책을 주도할 수 있는 분위기를 조성하는 것이 중요하다. 이를 위한 실행주체(지방공무원)의 전문성 강화 등 역량강화와 함께 관리 감독의 권한을 강화하는 정책이 적극 추진되어야 할 것이다. 특히 연안관리지역계획, 연안정비사업, 자연해안관리목표제 등에 대한 실행력을 강화할 필요가 있는데, 바로 연안재해 방지 측면에서의 기후변화 적응정책을 뒷받침할 수 있을 것으로 본다.

2) 중점 추진 전략

연안재해 분야에서 중점적으로 추진해야할 기후변화 적응 전략으로 첫 번째로는 해수면 상승에 대한 대책 수립이 우선되어야 할 것이다. 이에 따른 연안역 침수범람 대책 및 연안침식에 대응한 기술개발 역시 시급하다고 할 수 있다. 이를 위해서는 연안재해 취약성을 평가하는 것이 수행되어야하고, 정책의 실효적 추진을 위한 기후변화 리스크에 대한 대국민 교육 및 전략에 대한 홍보 방안 연계가 장기적으로 추진되어야 할 것이다.

해수면 상승 예측 및 대응 부문에서는 국가해양관측망 운영을 지속적으로 수행하고 연안관리정책에 해수면 상승 대책방안을 구체적으로 마련하여 장기적인 플랜으로 지속적으로 추진하여야 한다. 이러한 기후변화 리스크가 국토이용계획에 반드시 반영되어야 한다. 국가 뿐 아니라 지방정부 및 기초지자체에서 특히 이러한 지역정책의 수립 및 추진에 주도적인 역할이 필요하다.

해수면 상승에 따른 연안지역 침수범람 및 침식에 관련한 기초조사가 우선적으로 수행되어야 하며, 국가적인 차원에서는 이러한 재난에 대비한 방재기술 개발 및 기존 시설물에 대한 보강 대책이 필요하다. 이를 위해서는 사전예방적인 하드웨어적 방재책으로서의 연안시설물의 설계고에 대한 기준을 강화할 필요가 있다. 침수예상도 등 재난 대비 관련한 기술구축에서는 기존의 여러 선행 연구가 있지만, 실효적인 활용 측면에서는 많은 문제점을 가지고 있다. 해수면 상승에 따른 침수취약지구 관리의 경우에는 국토관리정책 측면에서 장기적인 관점에서 다루어져야하나, 위험지구 선정 등의 과정은 연안역에 집중된 산업구조상 국민의 재산권 침해(집값하락 등) 등의 논란 가능성에 따라 많은 부분이 비공개 자료화 되어 있는 측면도 있다. 실시간 연안침수범람에 측정보 제공서비스의 구축 등과 연계하여, 연안역의 자연재해에 적극적으로 대비하는 시스템의 구축이 반드시 필요하다.

지역차원의 대비책으로는 각 지자체에서 수립중인 연안관리지역계획에 기후변화에 따른 해수면상승 재해취약성 평가 부분을 반드시 반영하도록 해야 하며, 이를 통한 연

안저지대 및 침수예상지역의 위험단계별 취약지구를 세분화할 필요가 있다. 마지막으로 기후변화에 따른 연안역에서의 위험성이 얼마나 큰지에 대한 인식제고를 위한 교육방안에 대한 실질적인 정책의 추진이 매우 중요하다. 먼 미래의 일로만 여겨, 기후변화에 가장 취약하게 반응할 수 밖에 없는 연안지역에 정책이 집중되지 않는다면 재난 발생에 대한 사회적 피해 대가는 돈으로 환산할 수 없을 것이다. 정책 실행의 실효적 주체인 각 지자체 담당자 등에 대한 기후변화 적응정책 추진 역량을 강화시키기 위한 전문성 교육 등이 우선시되어야 할 것이며, 장기적으로는 연안역 거주민의 인식제고를 위한 다양한 홍보 방안의 강구가 필수적이라 할 수 있다.

2. 해양생태계 분야

1) 추진 방향

기후변화는 수온의 상승, 해류순환의 변화에 따른 에너지 수송 감소 등 해양환경의 여러측면에서의 변화를 야기시키게 된다. 이는 해양생태계 내의 먹이사슬 및 영양단계 등을 변화시켜 생태계의 구조적 기능의 변화를 초래할 것으로 예상된다. 해양의 복원력은 기후변화를 억제하는 역할을 해주고 있어 해양생태계에서 나타나는 환경변화는 아직까지 중차대하게 드러나지는 않고 있다. 그러나 해양환경의 장기적인 변화는 그동안의 수많은 기초 관측자료(수온상승, 산성화 등)에서도 나타나고 있으므로, 이러한 환경피해를 최소화하고 미래의 변화에 효과적으로 대응하기 위해서는 해양환경 변화 및 해양생태계의 반응을 체계적으로 예측하고 평가 할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 지속적이고 중장기적인 관측자료의 축적과 모니터링이 매우 중요하다.

즉, 현상의 명확한 규명이 가장 중요한 것이다. 앞으로의 해양환경 분야에서 중요한 것은 일시적인 관측과 조사가 아니라 기후변화와 관련된 항목이 포함된 지속적이고 안정적인 기본조사의 수행이다. 이를 위한 국가 인프라의 구축도 중요하지만, 보완책으로서의 지역 차원에서의 관측망 수립 및 운영도 중요하다고 할 수 있다.

해양환경 변화를 살펴보는 것은 바로 수산자원 분야에서의 적응정책과도 밀접하게 연관되어 있기에 특히 중요하다고 할 수 있다. 해양생태계의 변화 및 예측을 위한 정보 생산은 수산업 분야의 기후변화 대응정책의 수립 및 추진을 위한 기반이 되기 때문이다. 해양생태계가 어떻게 바뀔지에 대한 예측정보를 바탕으로 수산분야의 적응정책을 장기적인 관점에서 수립하도록 하여야 하며, 기후변화를 새로운 기회로 활용할 수 있도록 적응정책을 조정하도록 하여야 한다.

2) 중점 추진 전략

해양생태계 분야에서의 기후변화 적응대책은 기본적으로 해양생태환경의 변화를 지속적으로 모니터링 하는 것에서부터 시작된다. 이러한 조사결과를 잘 분석하고 해석하여 미래의 환경변화를 예측할 수 있어야 할 것이다. 그러나 과거의 통계가 미래의 현상을 직접적으로 대변할 수 는 없는 것이 현실이다. 미래의 기후변화는 그 확장 추이가 선형적으로 나타나지 않고 있기 때문이기도 하고, 공간적으로도 그 변동폭이 매우 크게 나타나고 있기 때문이다.

장기적이고 지속적인 조사분석과 함께 통합관측자료에 대한 빅데이터 분석도 중요하다. 이와 함께 해양생태환경 분야에서의 기후변화 취약성에 대한 평가가 필요하다. 취약성 평가는 기후변화 적응정책의 수립에 앞서 반드시 필요한 과정이기 때문이다. 해양생태계의 변화는 특히 수산분야에 직접적인 영향이 미치게 되므로 이러한 측면을 고려하여 기후변화에 적응할 수 있는지, 혹은 회복할 능력이 있는 지 등에 대한 평가를 해야 하는 것이다. 이를 통하여 어획량이나 양식장 운영 방식 등에 대한 변화 검토, 해양생태환경 전반에 대한 영향, 경제적 영향 등에 대한 시·공간적 정책의 기획 및 조정을 할 수 있을 것이다.

3. 수산 분야

1) 추진 방향

그동안 추진된 수산자원관리 분야의 기후변화 적응관련 연구와 조사를 살펴보면 비교적 다양하게 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 미래의 해양환경변화에 따른 수산 양식 및 관련 질병에 대한 적응 연구는 상대적으로 부족하다고 할 수 있어 각 분야 간의 상호보완은 더 필요한 실정이다. 특히 해양환경과 수산양식 분야가 융복합된 기후변화 대응 신양식기술에 대한 선제적 연구가 중요한 이유이다. 미래 신규 수산관련 질병에 대한 대비 및 백신 개발 연구 등이 주요 연구가 되어야 할 것이다.

향후 수산분야에서 기후변화 적응대책의 수립이 매우 중요한 사안으로 대두될 것이 분명한데, 이에 대한 대응을 위해서는 수산분야에서의 취약성을 정량적으로 평가하고 각 분야별 리스크 요인을 도출할 필요가 있다. 대표적인 수산 분야 기후변화 리스크로는 하계 고수온 및 동계 저수온 발생으로 인한 해양생물 서식환경 악화, 독성해파리 등 해양독성생물 출현 빈도 증가, 외래어종 출현으로 인한 영향, 태풍의 강도 및 발생 빈도 증가에 따른 해양환경 피해 발생, 수온 상승으로 인한 어종의 변화 및 회유성 어종의 출현 감소, 해양산성화에 따른 수중 생태환경 변화, 갯녹음·적조 등 발생횟수 증가 등의 현상이 다양하게 나타날 수 있다.

이러한 기후변화 리스크에 대비하기 위해서는 수산분야의 기후변화 취약성 평가와 함께 시나리오별 수산분야 기후변화 적응전략을 수립하고, 기후변화에 따른 수산분야의 신양식 기술 및 어종변화에 대비한 새로운 어획기술의 개발 등이 장기적으로 진행되어야 할 것이다.

2) 중점 추진 전략

수산분야에서의 기후변화 적응대책의 주요 추진전략으로는 먼저 수산분야에서의 기후변화 취약성에 대한 평가를 우선시된다. 수산환경, 자원, 양식 및 질병 등의 분야에 대한 취약부분을 시·공간적으로 분석하고 이에 대한 대응책을 마련해야 하기 때문이다.

여기서 중요한 것은 예측 기반의 정책수립을 통한 과학적 미래 기후변화 영향파악이라고 할 수 있다. 이를 통하여 각각의 기후변화 시나리오에 따른 적응정책을 수립할 수 있고, 지속가능한 수산자원의 관리와 함께 미래의 신양식산업 등의 지원 등을 통한 새로운 수산자원을 개발 및 안정적인 수산물 지원체계를 마련할 수 있을 것이다. 미래 수산자원 조성 기술의 마련은 미래의 기후변화에 따른 양식산업의 변화에 대응할 수 있게 하고, 어업생산효율 향상을 위한 첨단 기술을 도입할 수 있게 할 수 있기 때문이다. 대표적인 적응대책으로는 기후변화에 따른 양식 취약품종 파악 및 신품종 개발기술 확보, 수온 상승에 대비한 신 양식품종 개량 보급, 회유성 어종 변화에 따른 신 어획기술 개발을 통한 어업생산 효율성 증진 등이라고 할 수 있다.

제5장 충청남도 연안역의 기후변화 적응 우선 대책

1. 충청남도 연안역 기후변화 취약성평가 및 예측 시스템 도입

1) 연안역 기후변화 취약성 평가

취약성 평가는 기후변화 적응전략 구축을 위해 반드시 수행되어야 하는데, 충청남도 연안역의 기후변화 현상, 잠재적 영향, 현안문제, 지리적 특성, 위험 노출 상황 등에 대한 자세한 자료를 수집되어야 하며(표 4-1), 지리정보시스템을 이용한 기반자료 축적 및 모델링 작업 혹은 동수역학이 고려된 수치모델링을 통한 시나리오별 침수위험성 평가 작업이 필요하다. 여기에는 기본 외력요소로서 미래의 기후변화 시나리오 결과를 활용하게 된다.

〔표 5-1〕 연안역의 기후변화 취약성 평가 과정에 필요한 자료

평가 과정	자료
기후변화 현상 확인	해수면 상승, 태풍강도와 빈도 증가, 강우패턴 변화, 기온증가, 수온증가, 해양 산성화
기후변화 영향과 결과	위 기후변화 현상 자료별로 과거부터의 피해 결과
물리적 특성 평가	지형, 수심측량, 연안지형, 수로 측량, 수문, 지리, 토양특성, 토양포화도, 토지피복 및 이용특성
노출 평가	인구, 건물, 사회간접시설, 자연자원(습지, 해변, 서식지, 사구, 갯벌 등), 역사자원, 문화자원, 경제산업자원
적응 능력	규제 및 계획능력, 관리와 기술능력, 재정능력, 하부구조(연안 방호 구조물, 대피경로, 전력 공급상황 등)
시나리오 분석	IPCC AR5 시나리오를 반영한 기후예측, 지도제작과 도식화

자료 : NOAA, 2010, 'Adapting to Climate Change: A Planning Guide for State Coastal Managers'

기후변화로 인한 영향을 파악하고 취약성을 평가하여 적절한 적응책을 세우는 데는 최소한 3년 이상의 기간이 필요할 것으로 보인다. 여기에는 기후변화의 영향에 따른 연안역의 취약성 평가가 우선되어야하며, 특히 해수면 상승, 연안개발압력, 생태계 등 환경적인 요소 등이 복합적으로 고려되어야함과 함께 장기적인 모니터링이 병행되어야 한다.

2) 모니터링

기후변화 적응에 있어서 모니터링은 무엇보다도 중요하다. 상세하고 지속적인 모니터링을 통하여 연안역의 기후변화 현상을 분석하고, 그에 따른 영향을 예측하는데 있어서 중요한 기반이 되기 때문이다. 모니터링은 앞서 표 5-1에 제시된 연안에서의 기후변화 현상을 지속적으로 관찰하고 이를 통하여 과거로부터의 영향을 데이터베이스화하는 것이므로, 중장기적으로 지속적으로 계획되어 진행되어야 한다. 또한 지역 구성원들의 자발적인 참여가 동반된다면, 기후변화에 대한 인식 제고에도 큰 효과가 있다.

이는 도나 기초지자체 차원에서 단독으로 수행되기보다는 국가 연구기관 등 유관기관과의 업무 공조를 통하여 세부항목이 중복되지 않도록 면밀히 검토되어 계획적으로 추진될 필요가 반드시 있다.

2. 충청남도 연안역 기후변화 적응에 대한 법·제도적 정비

1) 관련 조례 제정

연안역의 기후변화 적응을 위해서는 관련된 법·제도적인 정비가 필요하다. 특히 적응대책 수립을 위한 공간계획지침의 수립이 가장 기본적이라고 할 수 있다(ICLEI, 2008, 해양환경관리공단, 2011). 그렇지만 현재 우리나라에서 공간계획 수단을 가지는 국토계획법에서는 연안역에 대한 고려가 되어 있지 않은 실정이다. 이에 따라 국토계획법에서는 기후변화, 특히 재해위험을 저감할 수 있는 법적수단은 있으나 구체적으로 연안도시의 기후변화 적응을 실행할 법적 근거는 부족하다(표 5-2).

최근 2014년 8월에 개정·공포된 연안관리법에 따르면 연안침식 관리구역을 설정하여 침식 유발이 가능한 개발행위에 대해서는 규제가 가능하도록 하고 있다(해양수산부, 2014). 충청남도에서는 태안군 꽃지해변이 연안침식관리구역으로 지정(2016.8.5.)되었으며, 지정 이후의 계획 수행을 위한 계획의 수립단계에 있다. 여기에는 핵심관리구역 및 완충관리구역의 지정 및 당 지역에 대한 연안정비사업 우선 시행 등의 사항이 담길 예정이다.

[표 5-2] 기후변화 관련법령의 검토(최충익 등, 2012)

법 률	연안지역 특수성	기후변화 적응수단	기후변화 불확실성
자연환경보전법	×	△	×
재난 및 안전관리 기본법	×	○	△
시설물 안전관리 특별법	△	○	×
자연재해대책법	△	○	×
사방사업법	○	○	×
해양환경관리법	△	△	×
연안관리법	○	○	△
국토계획법	×	○	×

연안관리법에 따르면, 연안통합관리 계획에서 ‘기후변화 및 재해 대응 강화’를 위한 추진전략을 수립하고 있으나 그 수준은 우리나라 연안 전체를 포괄적으로 다루는 기초 단계에 머무르는 정도이다. 따라서 현재까지는 연안역에서의 도시계획, 토지이용계획 등과의 연계수단이 법적으로 부족하여 기후변화를 대비하는 계획수립에 어려움이 있다.

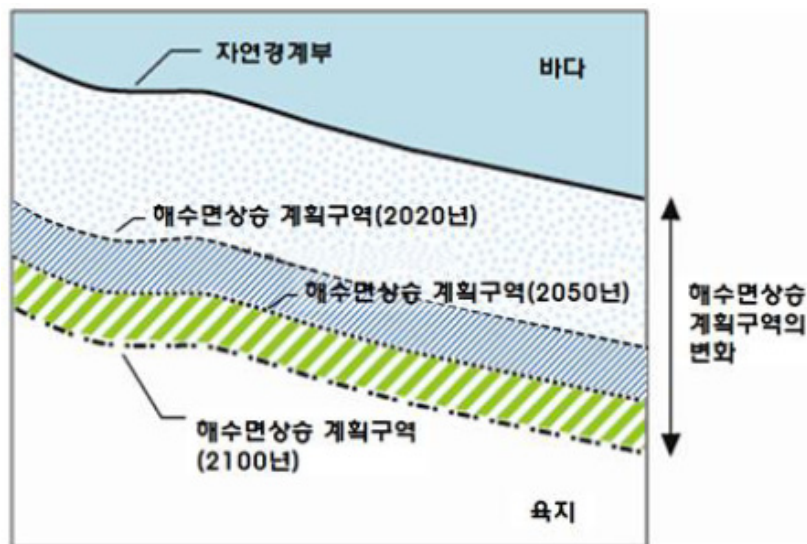
전세계 주요 연안 도시들은 미래의 기후변화 현상과 그에 따른 영향을 예측하여 재해로부터 안전한 기후변화 적응도시를 구축하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 충청남도에서도 기후변화 적응 대책수립을 연안역까지 확장하여 연안역에서 발생할

수 있는 위험을 도차원에서 직접 관리하고 통제하는 법·제도적인 근거 마련이 중요하다고 할 수 있다. 기후변화 요소를 연안도시관리에 연계하기 위해서는 기 제정된 조례에 기후변화 적응 부문을 포함할 수 있도록 개정이 필요하다.

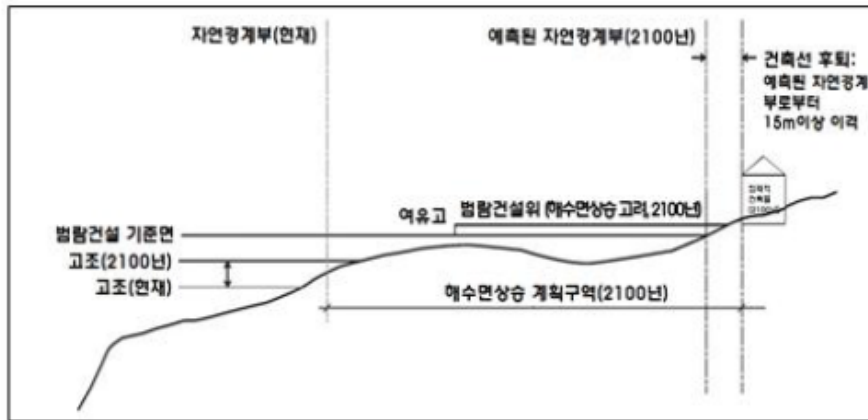
2) 해수면 상승 계획 구역 지정

해수면 상승 계획구역은 캐나다 BC주에서 제시된 사례로서 바다와 접한 내륙경계부터 가까운 미래부터 먼 미래까지 2020, 2050, 2100년 단위의 범람과 침식이 예상되는 범람 건설고까지를 그 영역으로 하여 지정하는 것이다(그림 5-1, 5-2).

해수면 상승계획구역의 설정은 해수면 상승과 폭풍해일 등을 고려한 구조적 및 비구조적 적응대책과 적응기법을 결정하는 필수적인 수단이다. 연안역에서의 경제발전과 사전 예방적 조치라는 원칙의 균형을 유지하기 위해서는 해수면 상승계획구역을 설정하는 적응적 위기관리 방식을 적용할 필요가 있다. 해수면상승계획구역은 각 연안지역의 지역적 특성을 고려하여 그 영역을 설정하며, 연안역 전체를 대상으로 고조위, 해수면상승 정도, 빈도별 폭풍해일고, 파랑, 도파 및 월파 등의 인자를 반영한다.



[그림 5-1] 해수면 상승계획구역의 개념도(BDI, 2015 재인용)



[그림 5-2] 2100년 해수면 상승계획구역의 개념(BDI, 2015 재인용)

계획수립 및 토지이용의 방향은 해당지역의 장래 범람건설고가 어떻게 결정되는가가 충분히 고려되어야 한다. 그리고 장래 범람건설위는 해수면 상승시나리오에 따른 고조위 높이 상승에 가능 폭풍해일고, 파고(도파고 포함) 및 여유고를 더함으로서 산정된다. 이를 모두 고려하게 되면 해면경계가 점차 후퇴하게 되므로, 연안역 구조물을 설치하는 경우에는 미래의 연안역의 변화 가능성을 잘 예측하여, 구조물의 규모나 형태를 결정하게 될 것이다.

3. 미래 해수면 상승에 대응한 기후변화 적응

1) 주요 침수예상지역에 따른 적응대책 수립

연안역에서의 기후변화 적응대책은 연안에 계속 머무는 것과 후퇴하는 것, 수용과 후퇴를 복합적으로 적용하는 것으로 구분되나 적절한 대책의 선택은 각 케이스마다 상이하다. 통상적으로는 수용대책을 구조적 대책, 후퇴대책을 비구조적 대책이라고 할 수 있다. 그러나 이들 대책의 수립에는 기후변화에 따른 해수면 상승의 요소를 얼마나 정량적으로 반영할 것인지가 중요하게 작용하는데, 기후변화 자체의 불확실성이 높다는 것이 정책결정에 있어서 어려움으로 작용하게 된다. 따라서 단기, 중기, 장기적으로

시기별로 예측되는 상황을 고려하는 시간적 연계성을 포함하여 적응대책을 수립할 수 있도록 해야 한다.

현재의 연안역 토지이용계획의 기본계획이 되고 있는 연안관리지역계획은 각 시군 지자체별로 수립되고 시행 중에 있다. 제2차 연안통합관리계획(2011-2021) 수립 후, 2차 연안관리지역계획이 차례대로 수립되고 있는데, 현재 보령시·당진시(2016년 완료), 서천군·태안군·서산군(2017년 완료 예정), 아산시(2017년 착수 예정)가 해당 시군이다. 그러나 연안역의 기후변화에 의한 중장기적인 대책으로서의 대응방안은 연안관리지역계획상에 체계적으로 반영되고 있지 않은 실정이다. 그리고 연안관리지역계획은 연안구역제도 도입에 대한 구체성 미비 등의 정책적 문제점과 함께 지역에서 연안공간의 계획적 관리를 위한 법적 근거가 취약(실질적 법적 집행수단의 부재)하고 연안육역을 담당하는 국토계획법과 상충하는 법제도적인 문제점이 있다. 또한 계획 수립 이후에 행위제한, 허가처분, 벌칙조항 등 실효적 관리수단에 대한 강제적 수단이 보장되어 있지 않은 관리의 실효성 부분에서의 문제점도 내포하고 있다. 향후 연안관리지역계획의 수립 시에는 반드시 연안역의 기후변화에 대한 침수 취약성 및 이에 대한 적응대책이 내용에 포함되어야 할 것으로 보인다.

충청남도 주요 연안역의 이용형태에 따른 기후변화 침수피해에 대응한 적응대책 수립방안을 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

가. 해수욕장

해수욕장의 기후변화 영향은 약 1m의 해수면 상승이 예측되는 21세기 말에는 충청남도 도내의 많은 해수욕장이 침수되어 관광자원으로서의 가치를 상실할 것으로 보인다. 이에 대한 적응대책으로는 단기적으로는 양빈, 이안제, 잠제 등의 경성 공법을 적용하여 해수면 상승과 해빈 침식에 점진적으로 대응해야 한다. 장기적인 대책으로는 해빈의 후퇴가 불가피한 미래를 대비하여 해수욕장 배후지의 주요 간선도로와 주택 및 상가를 포함하는 시설구역의 재정비가 필요하다.

나. 항만 및 부두

단기 대책으로는 소규모 어항의 경우, 기존 방파제를 증고하거나 설계기준을 강화하고, 항만과 부두의 경우는 기존시설에 심해 설계과 기준과 해일고, 해수면 상승고를 동시에 반영하는 설계기준을 적용할 필요가 있다. 또한 중장기적인 대책으로는 안면도 입구 등에 최신공법의 대규모 폭풍해일방벽을 설치하여 항만과 배후 도심권을 보호하는 대책을 수립할 수 있다. 이는 해양수산부에서 추진 중인 아라미르 프로젝트와 연계하여 장기적인 정책의 수립이 필요해 보인다.

다. 연안역 주거·상업지역

단기적으로는 기존의 사석호안, 방파호안 등의 연안방호시설을 증고하고 신규 구조물의 설계기준을 강화하도록 한다. 중장기적으로는 재개발 및 재건축 시 기후변화를 고려한 건축법을 적용하도록 하고, 먼 미래적으로는 건축선의 후퇴, 용도지역제 등의 선정을 통한 토지이용 규제 등의 정책이 필요하다.

라. 자연해안 및 미개발지

태안군, 서천군, 보령시 등의 주요 해변은 지형적 특성으로 인해 해수면 상승에 매우 취약한 것으로 나타나고 있다. 완만한 경사도를 보이는 충청남도 연안의 지형 분포특성에 따라서 21세기 말의 해수면 상승 시나리오를 대입해보면 인구가 밀집하지 않는 농경지 등의 침수피해의 가능성이 상대적으로 높은 것으로 나타난다. 향후 미개발지에 대한 개발 시 미래의 침수위험예상지역은 개발행위를 원천적으로 제한하고, 개발계획지역의 경우는 해안선에서 충분한 이격거리를 확보하도록 해야한다. 또한 장기적으로는 개발계획지역에는 기후변화를 고려한 건축법과 토지이용규제가 적용되어야 한다. 그리고 보존 지역권이나 장기 지역권을 설정할 경우에는 일부 구역을 충청남도나 해당 시군에서 수용하는 방안도 검토가 필요할 것이다.

2) 구조적 적응대책 적용

구조적 적응대책은 바닷물로부터 범람과 침식을 방지하기 위하여 구조물을 설치하여 연안역에서의 발전과 안전의 지속성을 유지하는 방안이다. 방호시설이 극한의 재해현상으로 인해 붕괴되는 경우 인명과 재산에 막대한 영향을 미치는 이중의 위험에 처할 수 있는 취약성이 존재한다. 그러나 대규모 구조물의 설계치 증고나 새로운 타입의 방호구조물을 도입하고자 하면, 구조물 설치하는데 있어 많은 비용이 소요된다는 문제점이 있다. 또한 해양구조물의 설치 자체가 개발을 통한 이용을 의미하므로 환경적인 영향 및 피해가 발생할 수 있다. 그럼에도 불구하고 비구조적 대책을 적용할 수 없는 연안역에는 그 여건에 적합한 구조적인 대책을 적극 수립하도록 해야 한다.

구조물의 설치시에는 해당지역에 직면한 위험에 가장 잘 대응 할 수 있는 구조물 형식의 선정이 우선 중요하다. 일반적으로는 연안의 저지대에 위치하면서 일상적 조위변동에 노출되어 있는 지역의 옹벽, 호안 등에 대한 정비가 일차적인 방호책이 된다. 그리고 파랑의 영향이 큰 곳에는 이안제, 돌제 등의 설치가 필요하다. 폭풍해일에 취약한 연안 저지대의 경우 제방축조 등의 방법과 함께 최신의 폭풍해일 방벽의 설치 등도 고려되고 있다.

그러나 전통적인 구조물의 설치를 통한 방호기법에서 탈피하여 미래의 변화에 부응하고 지속가능한 도시의 인프라를 조성하는 시설을 구성하는 것이 해양재난에 대비하는 근본적 대책이라 할 수 있어 특히나 중요하다고 할 수 있다. 따라서 연안방호 구조물의 도입에 있어서는 미래의 해수면 상승계획구역 변화에 대응할 수 있도록 구조물의 설치 및 해체, 보수보강 등에 유리한 공법을 적용하는 것이 중요하며, 미적·경관적인 요소도 고려하도록 하여 수변공간을 효과적으로 활용할 수 있는 방안도 동시에 검토되어야 한다.

과거에 설계된 연안구조물의 경우, 설계기준이 미래의 대형화되는 외력의 제원을 담고 있지 않아 대형화된 태풍이나 해일에 대응하기에 부족한 경우가 많다. 따라서 이러한 주요 연안시설물에 대한 보강대책의 수립이 매우 시급하다고 할 수 있다.

특히 기후변화로 인한 슈퍼 태풍급의 태풍 내습의 가능성이 계속 제기되고 있어 더 늦기 전에 새로운 연안방호시설을 구축하고 예측시스템을 정비하는데 집중할 필요가 있다.

서해안의 경우, 남해안에 비해 상대적으로 피해영향이 적게 나타날 수 있는 조석간만의 차가 큰 해양환경과 함께, 지형적, 기후적 영향으로 인하여, 국가 정책상 남해안, 동해안에 비해 방재정책이 상대적으로 후발적으로 도입되는 경향이 있다. 그렇지만 기후변화에 대응한 연안역의 중장기적인 대응정책의 수립을 국가의 계획수립에만 의지하는데는 정책적인 문제점이 존재한다. 중장기적인 연안역의 기후변화 대책수립은 반드시 道 차원에서 체계적으로 수립되고 추진될 필요가 있다. 또한 연안역의 범람과 침수위험 뿐 아니라 육역의 집중호우와 함께 해역의 만조가 중첩되는 경우에 큰 범람 피해가 나타날 수 있으므로, 유수지와 배수 펌프시설 등의 확충 역시 반드시 필요한 정책이다. 이를 위해서는 신규로 구축되는 연안방호 구조물에는 배수시설의 설치를 의무화하고 강우시 관리를 철저히 할 필요가 있다.

3) 비구조적 적응대책 적용

비구조적 적응대책은 기후변화 영향에 노출되는 위험지역에 대해 토지이용계획 수립, 건축규제 등의 재해관련 제반 규정 및 법규를 정비함으로써 연안역에서의 인명과 재산 피해를 최소화하는 방안이다. 이 대책은 기후변화로 인해 다가오는 미래의 언젠가에는 현재의 연안역에 더 이상 주거할 수 없다는 결론을 뒷받침하는 계획된 절차의 의미이기도 하다.

비구조적 대책은 연안역에서의 복잡한 이해관계 때문에 그 결정과 시행에 수행되는 기간이 수년에서 수십년까지 소요될 수 있으므로 기후변화 적응에서는 중·장기적인 대책에 속한다. 연안의 위험지역에 위치한 현존 건물들의 이주나 건축선 후퇴지역 설정, 새로운 건축법 제정 등에는 많은 시간이 소요될 수 있다.

비구조적 대책은 토지이용의 규제, 위험지역 용도지구제, 건축선 후퇴, 보존 지역권

이나 장기 지역권 등이 포함된다. 이들 정책은 구조적 대책만으로 기후변화에 적응할 수 없다는 판단 하에 결정되는 최적의 수단이나, 최근에는 연안의 복원력 증대를 위한 수단으로도 활용되고 있다.

여기에는 다음과 같은 주요 방안들이 활용 될 수 있다.

가. 강력한 토지이용계획을 통한 연안역의 성장과 개발에 대한 지속적인 관리

- 연안관리지역계획 상의 용도지역 규제 강화

: 연안관리법제 15조에서 규정된 용도지역제는 부분적 토지이용, 개발의 밀도, 건물의 규모, 건축선 후퇴, 불투수면, 건축물 형태, 연안방호 구조물, 조경 등에 대한 규제에 이용될 수 있음.

- 기후변화의 영향에 상습적인 영향을 받은 지역에 대한 재개발의 제한

- 재해가 발생하기 쉬운 지역의 개발을 제한하는 보전지역권 설정

나. 해안선의 체계적이고 지속적인 관리

- 해안선 관리정책의 목표는 자연해안선 보호, 인명 및 재산의 보호, 연안 환경 보호, 수변공간으로의 공공의 이익 및 이용 상의 쾌적성 증진에 있음.

- 연안구조물의 규제와 제거

: 연안역 불법 구조물 점검, 공유수면 불법점유지 단속 등

- 장기 지역권 제도 도입

: 자연 해안선의 이동과 진행에 방해가 되는 연안방호 구조물의 설치를 규제함

- 양빈 및 사구 조성(복원) 등을 통한 비구조적 공법의 적극 활용

다. 효율적인 공간관리를 통한 손실 감소방안 수립

- 손실감소에 가장 효과적인 방법은 재해취약지구의 토지나 건축물에 대해 정부가 수용하거나, 철거/재배치 또는 미래의 개발을 규제하는 것임.

- 건축선의 후퇴

: Setback Line 설정, 육역쪽으로 충분한 거리를 두고 건축물을 입지시킴.

- 건축법의 강화를 통한 규제

- 사회기반시설의 건설을 위한 입지선정에 있어 기후변화의 영향을 반영.

- 장기적인 대책으로서의 연안방호 구조물의 건설을 통한 적극적인 방어책 도입

: 호안고의 증고, 제방이나 가동수문, 해일방벽과 같은 다양한 공법들이 제시되나, 막대한 예산이 투입되고 환경생태 분야에 부정적인 영향의 가능성이 크므로 신중한 검토가 반드시 필요. 구조적·비구조적 적응방안의 복합적 적용 모색.

라. 연안역 기후변화대응 협의체(Panel) 활용

- 다양한 분야의 전문가를 기반으로 구성

- 미래 기후변화로 인한 해수면 상승에 대한 과학적 대응을 통한 지역적 목표단위 설정 및 달성

- 지역차원의 기후변화 이해 및 이에 대응한 정책의 준비를 위한 기반시설 도입에 따른 정보 공유, 환경영향 최소화 방안 논의

- 해수면 상승에 따른 중장기적 위험관리 체계 마련

: 지속적인 평가·분석을 통한 관리계획 보완 및 수정방안 제시

제6장 결론 및 제언

1. 결 론

본 연구에서는 충청남도 연안역의 기후변화에 대한 위험성을 알아보고 그 중에서 가장 전략수립의 중요성이 큰 해수면 상승에 대한 적응방안 수립에 대해 살펴보았다.

충청남도는 서해안 권역의 중심부에 위치하며, 매우 긴 해안선과 함께 깨끗한 해양생태환경 및 지리적 특수성을 간직하고 있어 미래의 자연자원으로서의 연안환경의 가치가 매우 크다고 할 수 있다. 그러나 기후변화는 머지 않은 미래에 이러한 연안환경의 많은 부분들을 바꿀 것으로 전망되며, 특히 연안재해 발생 부분에서 연안거주민의 안전을 직접적으로 위협하는 가장 큰 요인으로 다가올 수 있어 특히 대책의 수립이 절실하다.

이러한 해수면 상승 대책을 중심으로 한 연안역의 기후변화 적응방안 수립이 본 연구의 최종 목적이다. 이를 위하여 2장에서는 국내외 선행정책 사례 등을 살펴보고 구조적, 비구조적 적응 대책 등의 해외사례를 살펴보았다. 3장에서는 충청남도 연안역의 기후변화 영향을 간략히 살펴보고 해수면상승에 대한 충청남도 연안역의 취약성 평가 사례에 대해 제시하고 분석하였다. 4장에서는 분야별 기후변화 적응방안으로서 취약성평가·모니터링, 법제도적 정비방안 등을 제시하고, 주요 침수예상지역에 따른 적응 대책 수립 안을 제시하였다.

본 연구는 정책제안을 위한 전략과제로서 세부적이고 상세한 연구결과를 본 연구과제 내에서 모두 제시할 수 없다는 한계성은 가지고 있다. 기획연구의 성격을 띄고 있음을 밝히며, 본 연구에서 제시된 다양한 정책제안을 바탕으로 향후 세부 정책 수립을 위한 다양한 연구과제가 이어져야 할 것으로 본다.

현재 국내외에서 진행되고 있는 연안역의 기후변화에 대한 대책은 구조적, 비구조적, 융복합적 방안 등이 제시되고 있다. 이에 대한 지역차원의 대책의 수립을 위해서는 지역 연안 현황에 대한 체계적인 분석이 우선 필요하다. 특히 충청남도 연안역에 특화

된 기후변화 적응전략 구축 필요성이 반드시 대두되어야 하며, 공론화를 위한 당해 지역주민 및 시군 연안관리자의 철저한 현안에 대한 이해가 필요하다.

연안역의 기후변화로 인한 영향을 파악하고 침수범람 취약성을 평가하여 적절한 적응책을 세우는 데는 최소한 5년 이상의 기간이 필요하다. 여기에는 기후변화의 영향에 따른 연안역의 취약성 평가가 우선되어야 하는데, 특히 해수면 상승, 연안개발압력, 생태계 등 환경적인 요소 등이 복합적으로 고려되어야하며 장기적인 모니터링이 반드시 병행되어야 한다.

기후변화에 대한 충청남도 연안역의 적응대책은 주로 큰 피해를 일으키는 해수면 상승과 폭풍해일에 대한 대응방안을 위주로 수립될 수 있으며, 취약성, 위험, 회복력 등을 고려하여야 한다. 이러한 위험평가 과정과 적응대책에 필요한 구성요소로는 원인-경로-수용체-결과 개념모델(Barbara Zanuttigh et. al, 2015) 등이 도입될 수 있다.

또한 연안역에서의 기후변화 적응방안의 도출을 위해서는 연안에서 발생할 수 있는 기후변화 현상의 이해와 함께, 이에 적용할 수 있는 법·제도, 공법, 관리기술 등의 도입 방안에 대한 교차 검토가 필요하다.

이러한 道 차원의 구체적인 계획의 수립을 위해서는 다음과 같은 道 법정계획의 수립 및 세부시행계획 수립을 통한 철저한 이행이 중요하다.

○ 충청남도 연안역의 기후변화 적응대책 수립 道 법정계획화

- 충청남도 기후변화 적응대책 수립과는 별도의 계획 수립이 필요
- 충청남도 조례에 계획수립 근거를 마련토록 함(5년 주기 계획 수립)
- 계획의 수립과 함께 세부 시행계획의 체계적인 수립이 중요
- IPCC 연차보고서 등 새로운 과학적 자료 등의 개선이나 취약성 평가 및 장기간 모니터링 자료가 제시 될 경우, 이를 목표와 실천계획의 수립에 수정 반영 필요
- 장기적인 관점에서의 대응전략을 수립하는 것이 목적이므로, 그 실천계획의 수립에는 법제도적인 정비방안, 실천 프로젝트, 프로그램 계획안 등이 포함되어야 함

상기에서 제시된 중장기적으로 도입 및 수립되어야 할 충청남도 연안역의 기후변화 적응대책 수립을 위한 기본 방향으로서는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 강력한 토지이용계획을 통한 연안역의 성장과 개발에 대한 지속적인 관리
 - 연안관리지역계획 상의 용도지역제를 통한 규제 강화
- : 연안관리법제 15조에서 규정된 용도지역제는 부분적 토지이용, 개발의 밀도, 건물의 규모, 건축선 후퇴, 불투수면, 건축물 형태, 연안방호 구조물, 조경 등에 대한 규제에 이용될 수 있음
- 기후변화의 영향에 상습적인 영향을 받은 지역에 대한 재개발의 제한
- 재해가 발생하기 쉬운 지역의 개발을 제한하는 보전지역권 설정
- 효율적인 공간관리를 통한 손실 감소방안 수립
 - 손실감소에 가장 효과적인 방법은 재해취약지구의 토지나 건축물에 대해 정부가 수용하거나, 철거/재배치 또는 미래의 개발을 규제하는 것
 - 건축선의 후퇴(육역쪽으로 충분한 거리를 두고 건축물을 입지시킴).
 - : Setback Line 설정, 육역쪽으로 충분한 거리를 두고 건축물을 입지시킴
 - 건축법의 강화를 통한 규제
 - 사회기반시설의 건설을 위한 입지선정에 있어 기후변화의 영향을 반영
- 연안방호 구조물의 건설을 통한 적극적인 방어책 도입
 - : 호안고의 증고, 제방이나 가동수문, 해일방벽과 같은 다양한 공법들이 제시되나, 막대한 예산이 투입되고 환경생태 분야에 부정적인 영향의 가능성이 크므로 신중한 검토가 반드시 필요함

○ 해안선의 체계적이고 지속적인 관리

- 해안선 관리정책의 목표는 자연해안선 보호, 인명 및 재산의 보호, 연안 환경 보호, 수변공간으로의 공공의 이익 및 이용상의 쾌적성 증진에 있음
- 연안구조물의 규제와 제거
 - : 연안역 불법 구조물 점검, 공유수면 불법점유지 단속 등
- 장기 지역권 제도 도입
 - : 자연 해안선의 이동과 진행에 방해가 되는 연안방호 구조물의 설치를 규제
- 양빈 및 사구 조성 등을 통한 비구조적 공법의 활용

○ 연안 및 해양 생태계의 체계적인 관리

- 연안 생태계의 복원과 보존을 통한 연안에서의 생태학적 기능과 역할을 증진시켜 연안역의 기후변화 적응능력을 배양
- 생태 완충지대 설정
 - : 자연자원과 인간활동 사이에 전이지대 제공
- 연안 및 하구 생태계의 복원
 - : 습지나 갯벌 생태계의 보전 및 복원을 통하여 생태계 회복력을 유지

○ 수자원의 관리

- 연안역의 강우관리에 집중해야함
- 미래의 극한 강우사상의 영향을 제어할 수 있도록 강우 배수시스템의 설계개선이 필요
- 이를 위하여 강우관리 규정의 강화, 배수도랑의 확보방안 추진, 지속적인 관리를 통한 강이나 하천의 운반과 저장능력 확보, 대용량의 관 및 암거 설치, 펌핑시설 증설, 빗물 체류나 저류시설 조성 등의 방안이 필요

2. 제 언

본 절에서는 본 연구에서 살펴본 연안역 기후변화 적응대책을 수립하고 이를 구체적으로 실행할 수 있도록 지원할 수 있도록 필요한 사항을 정리하여 보았다.

본 연구에서 제시되는 정책 제언은 다음과 같다.

- 기후변화 영향의 양상이 분야별, 지역별로 차별화되어 나타나고 있기 때문에 각 ‘분야별 맞춤 적응전략’ 수립이 중요함
 - 연안역 맞춤 적응전략의 수립이 필요(道 법정계획화)
 - 특히 충남의 경우 해수면 상승 및 해일에 의한 피해에 대응하기 위한 해안 인접 지역 개발 규제, 연안침식 대응책, 연안역 주거지역 및 시설물에 대한 이주계획 등의 대책 수립이 중요함
- 연안역 기후변화 적응대책 수립을 위한 법제도적인 근거의 마련이 필요
 - 지방자치단체의 역할 강화를 위하여 연안역 기후변화대응을 위한 해양부문 개별 법률의 미비점을 찾아내고 그 보완방안을 제시가 필요함
 - 해수면 상승과 가장 밀접한 연안관리법과 해양생태계관리법 등에서는 지방자치단체에게 조례를 지정하여 시행할 수 있도록 정하고 있으나, 상위법에서 근본적인 기후변화적응방안이 보완되지 않아 문제가 발생함
 - 이를 개정하기 위한 연구 및 입법절차를 추진해야 하며, 이를 통하여 지방자치단체의 조례를 자체적으로 수립하고 시행할 수 있는 방안을 마련하도록 함
 - 국가주도의 기후변화대응정책 수립에 대응하여, 지방정부 주도의 조례 정비를 통하여 지방자치단체의 역할을 강화

- 충청남도 해양수산국 내에 연안역 기후변화대응 전담부서를 신설하여, 연안재해를 비롯하여 수산, 항만, 환경, 관광, 인프라 등 기후변화 정책에 전문적으로 대응
 - 기후변화 적응 업무를 포괄적으로 담당하는 조직 이외에 맞춤형 적응 역량 강화를 위한 연안·해양 분야의 기후변화 적응분야의 전담 조직과 인력확충이 필요
 - 특히 미래의 재난으로서의 해일피해 등이 고려되고 있으나, 재난안전국의 재난 대응 업무 영역이 아닌 연안역에 닥칠 자연재해로서의 피해 방지나 저감대책의 수립을 위한 근본적인 대책 수립계획이 필요함

- 단순 연안역 기후변화 적응대책/재난대책으로 구분짓는 것이 아닌 통합적 관점에서의 미래 재난에 대응한 피해저감 방안 수립이 중요
 - 통합적 정책의 추진을 통하여 단·장기적 기후변화의 영향을 분석하고, 지역적 특성을 고려한 연안역 기후변화대응 시범사업 등을 도출 할 수 있음
 - 장래의 기후변화에 대한 적응방안으로서의 이주정책(장기적 퇴거) 준비를 위한 정책근거 마련

- 연안관리를 위한 기존 사업에 대해, 기후변화를 고려한 보완이 필요
 - 지방자치단체의 연안관리 사업의 수행에 있어서 지역적 특성을 반영한 사업, 지역기반시설 보호, 주민의 재해재난으로부터의 안전성 확보를 위한 사업에 있어서의 기후변화를 고려한 사업 보완 방안 도입
 - 지방자치단체가 해양 및 연안부문에서 기후변화대응에 있어서 주도적으로 정책을 수립하고 시행할 수 있는 방안을 적극 고려
 - 특히 미래의 해수면 상승 문제와 관련한 주요 고려 사업은 다음과 같음
 - ① 연안관리지역계획 내 연안용도해역, 연안해역기능구 등에 대한 보완
 - ② 연안해역기능구에서 기후변화의 영향이 심각한 지역에 연안완충구 지정
 - ③ 특히 연안완충구와 재해관리구가 중첩되는 지역을 기후변화적응 중점 지역으로 관리
 - ④ 연안정비사업 중 연안침식관리구역의 설정 등에 대한 보완

- 기후변화에 따른 해수면상승에 대한 재난발생에 대응하는 정책제안
 - 충청남도 연안역 자연재해 취약성 평가를 통하여 재해지도를 작성하고, 침수 취약지를 토지별로 분석 필요
 - : 국가 단위의 연구에서 세분화하여, 道 차원에서 정밀한 추가 연구가 수행되어야 함
 - 연안역 해수면 상승에 대한 취약지별 분류 및 각 시나리오 별(폭풍해일, 지진해일, 집중호우 복합, 연안침식, 항만 피해 등)로 대응방안 수립
 - 연안완충공간 자원으로서의 도내 갯벌, 해안사구, 사빈, 해안방재림 등을 체계적으로 조사하고, 훼손구역에 대한 복원방안 수립

- 기후변화정책의 지원을 위한 장·단기 측면에서의 조사 및 연구 지원 필요
 - 연안역 기후변화 정책의 성공적인 추진을 위한 기초자료의 확보가 시급함
 - 연안역의 각종 지표 및 해양환경에 대한 체계적인 변화모니터링을 통하여 기후변화의 영향을 정량적으로 추산하도록 지원해야함
 - 이를 통한 정책의 장기적 계획, 평가, 모니터링, 점검 및 수정이 가능함
 - 해양 및 연안부문의 특수성과 전문성을 감안하여 장기적인 R&D 연구 예산지원이 필수적임
 - 또한 해양·연안 분야의 전문가와 함께 인문사회·법률 등 다학제적인 통합 연구수행이 중요
 - 단기적·산발적인 연구가 아닌 지속적인 연구와 연구성과의 공유를 통하여, 성공적인 장기정책 추진을 지원할 수 있어야 함

- 실효적 연안관리의 추체인 지방자치단체의 역할 강화 방안 마련 제언
 - 도 및 시군지자체의 연안관리담당자에 대한 전문성 강화 교육 실시
 - 어촌계 어민, 연안역 주민 등을 대상으로 한 기후변화 교육 정례화 방안 마련
 - 지역전문가, 지역 NGO, 충남연구원, 민간단체, 주민대표, 지역 담당공무원, 학계, 지역기업체 등으로 구성된 연안역 기후변화 협의체 조직을 통한 체계적 대응

참고문헌

- 관계부처 합동, 국가 기후변화 적응 종합계획, 2008.
- 관계부처 합동, 저탄소 녹색성장 기본법 시행에 따른 국가 기후변화 적응대책 (2011-2015), 2010.
- 관계부처 합동, 국가 기후변화 적응대책 '13~'15년 세부시행계획, 2013.
- 관계부처 합동, 제2차 녹색성장 5개년 계획, 2014.
- 국토교통부, 기후변화 대응 해양수산부문 종합대책연구, 2007.
- 국토해양부, 국토해양부 녹색성장 추진계획, 2010.
- 국토해양부, 제2차 연안통합관리계획, 2011.
- 농림수산식품부, 기후변화에 대한 수산업의 정책적 대응전략 수립을 위한 연구, 2011.
- 박수진, 정지호, 해양환경 부문 기후변화 정책의 개선방안 연구. 한국해양수산개발원, 2010.
- 박수진, 육근형, 정지호, 유정환, 해양수산 분야 기후변화 적응정책 방향 연구. 한국해양수산개발원, 2014
- 서해안기후환경연구소, 충청남도 기후변화 100년 '과거 70년, 앞으로 30년', 2015.
- 송교육, 이창현, 부산 연안역의 기후변화 적응방안, 부산발전연구원, 2015.
- 심우배, 왕광익, 이범현, 차정우, 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구. 국토연구원, 2009.
- 육근형, 정지호, 신철오, 안용성, 이아람, 연안의 기후변화 대응능력 평가 및 제고방안 연구. 한국해양수산개발원, 2012.
- 장동호, 정종관, 손석원, 홍기병, 서해안 해수면 상승에 따른 영향 및 대책, 충남연구원, 2008.
- 정명생, 임경희, 정명화, 강형덕, 기후변화 협약 이행대비 어업 부분의 영향 평가 및 대응전략. 한국해양수산개발원, 2009.
- 조광우, 신성원, 이화영, 이해미, 박주형, 정선희, 기후변화에 따른 국가 리스크 정량화 연구 (1). 사업보고서, 한국환경정책평가연구원, 2014.
- 채여라, 조현주, 기후변화 적응대책 우선순위 평가 방법론 분석. 한국환경정책평가연구원 기본 연구보고서, 2011.

한국수산자원관리공단, 기후변화와 해양수산, 2014.

해양수산부, 기후변화 대응 해양수산부문 종합대책(안), 2008.

해양환경관리공단, 기후변화 적응을 위한 연안지역 공간계획 수립지침 마련 : 법제도 정비를 중심으로, 2011.

Cruce, T., and E. Yurkovich. "Adapting to Climate Change: A Planning Guide for State Coastal Managers-A Great Lakes Supplement." Silver Spring, MD: NOAA Office of Ocean and Coastal Resource Management, 2011.

EUROSION 2004. "Living with Coastal Erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability—Part I—Major Findings and Policy. Recommendations of the EUROSION project". National Institute for Coastal and Marine Management (RIKZ); the EU Coastal Union (EUCC); IGN France International; Autonomous University of Barcelona (UAB); French Geological Survey (BRGM); French Institute of Environment (IFEN); EADS Systems & Defence Electronics. <http://www.euroSION.org/reports-online/part1.pdf>(accessed May 2005).

Fairbanks, Richard G. "A 17, 000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation." Nature 342.6250, 1989: 637-642.

ICLEI, "Cities for Climate Protection Australia Adaptation Initiative, Department of Climate Change", Australian Government, 2008.

IPCC, 제5차 IPCC 기후변화 2014 영향, 적응 및 취약성 정책결정자를 위한 요약보고서, 2014.

IPCC, "Climate Change 2007 : Synthesis Report", Contribution of Working Group I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.

IPCC, "Working Group II Contribution to the IPCC fifth Assessment Report(AR5), Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation and Vulnerability", 2014.

Nicholls, Robert J., and Anne C. de la Vega-Leinert. "Implications of sea-level rise for Europe's coasts: an introduction." Journal of Coastal Research, 2008, 285-287.

- Peltier, W. Richard. "On eustatic sea level history: Last Glacial Maximum to Holocene." *Quaternary Science Reviews* 21.1, 2002, 377-396.
- Peltier, W. R., and Richard G. Fairbanks. "Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record." *Quaternary Science Reviews* 25.23 , 2006, 3322-3337.
- Pittock, A. Barrie, ed. "Climate change: an Australian guide to the science and potential impacts". Canberra: Australian Greenhouse Office, 2003.
- Preston, Benjamin L., Richard M. Westaway, and Emma J. Yuen. "Climate adaptation planning in practice: an evaluation of adaptation plans from three developed nations." *Mitigation and adaptation strategies for global change* 16.4, 2011, 407-438.
- Rohling, Eelco J., et al. "High rates of sea-level rise during the last interglacial period." *Nature Geoscience* 1.1, 2008, 38-42.
- Stocker, Thomas, ed. "Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Cambridge University Press, 2014.
- Yoon, J. J., "Analysis of long-period sea-level variation around the Korean Peninsula". *Journal of Coastal Research*, 75(sp1), 2016, 1432-1436.
- http://www.boston.com/community/blogs/this_land/2010/12/all_climate_politics_is_local_2.html

■ 집 필 자 ■

연구책임 · 윤종주 충남연구원 책임연구원

전략연구2016-41 · 충청남도 연안역의 기후변화 적응방안 연구
-해수면상승 대책을 중심으로-

글쓴이 · 윤종주

발행자 · 강현수 / 발행처 · 충남연구원

인쇄 · 2016년 12월 31일 / 발행 · 2016년 12월 31일

주소 · 충청남도 공주시 연수원길 73-26 (32589)

전화 · 041-630-3922(기후변화대응연구센터) / 팩스 · 041-630-3999

ISBN · 978-89-6124-385-8 03350

<http://www.cni.re.kr>

© 2016. 충남연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 연구보고서의 내용은 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.