

국회환경노동위원회

정 책 연 구 15-1

기후변화가 연안환경에 미치는 환경영향
및
온실가스감축을 위한 그린에너지
발전방향

2015. 12

국회환경노동위원회

제 출 문

국회 환경노동위원장 귀하

본 보고서를 2015년도 국회 환경노동위원회가 의뢰한 “기후변화가 연안환경에 미치는 환경영향 및 온실가스감축을 위한 그린에너지 발전방향” 정책연구개발 용역 과제 최종 보고서로 제출합니다.

2015. 12

연구기관명 : 가톨릭관동대학교 산학협력단

기후변화가 연안환경에 미치는 환경영향 및 온실가스감축을 위한 그린에너지 발전방향

☐ 책임 연구원

- 김 규 한 (가톨릭관동대학교 토목공학과 교수)

☐ 공동 연구원

- 이 승 목 (가톨릭관동대학교 보건환경학과 교수)
- 최 희 정 (가톨릭관동대학교 교수)
- 신 범 식 (가톨릭관동대학교 교수)

2015. 12

국회환경노동위원회

이 보고서는 국회환경노동위원회에서 주관하는 정책연구개발 용역과제 계획에 의해 수행된 것이며, 이 보고서에 수록된 내용은 연구자 개인적인 의견이며, 국회 환경노동위원회의 공식적인 견해가 아님을 밝혀둡니다.

목 차

제 1 장 서론	3
1.1 연구목적	3
1.2 연구필요성	3
1.3 연구내용	4
1.4 연구범위	5
1.5 연구기대효과	5
1.6 연구결과의 활용방안	6
 제 2 장 기후변화에 따른 연안환경 변화와 대응방안	 9
2.1 기후변화의 원인과 현황	9
2.1.1 기후변화의 원인	9
2.1.2 기후변화로 인한 연안환경 변화	13
2.2 하천, 하구 및 연안인근의 국가산업단지 개발에 따른 연안환경변화	18
2.2.1 우리나라 산업단지 간척 및 매립에 따른 환경변화	19
2.2.2 연안 공간개발에 따른 연안환경변화 예측 및 평가	27
2.2.3 연안공간개발로 인한 연안환경변화	30
2.3 연안환경변화 대응기술의 국내외 현황 및 개선방향	43
2.3.1 연안환경변화 대응기술의 국내외 현황	43
2.3.2 연안공간 개발 및 활용을 위한 사전 환경영향평가 개선방안	52
 제 3 장 온실가스 감축을 위한 청정그린 에너지개발에 따른 환경영향	 61
3.1 서론	61
3.2 신·재생에너지 개발의 국내·외 현황	65
3.2.1 국내현황	65
3.2.2 국외 현황	68
3.3 신·재생에너지의 전망	77
3.3.1 국외전망	77
3.3.2 국내 전망	80
3.4 신·재생에너지의 개발로 인한 환경영향 및 문제점	81
3.4.1 풍력에너지	82
3.4.2 태양광에너지	88

3.4.3 바이오에너지	92
3.4.4 지열에너지	98
3.4.5 수소에너지	99
3.4.6 해양에너지	101
3.5 지속가능한 신·재생에너지 개발을 위한 개선방향	105
3.6 신·재생에너지 정책 동향 및 개선방안	119
3.6.1. 국외 정책동향	119
3.6.2 국내 정책동향	123
3.6.3. 국내 신·재생에너지 보급 관련 정책 개선방안	124
 제 4 장 결 언	 131
 참고문헌	 139

표 목 차

<표 2.1> 기후변화의 원인	9
<표 2.2> 지역별 매립현황	19
<표 2.3> 6.7차 전력수급기본계획 전원구성비	26
<표 2.4> 후정 해수욕장 주변의 년별 항공사진	39
<표 2.5> 주요국의 기후변화대응 관련 R&D 현황	47
<표 3.1> 전 세계 신재생 에너지 전환 비율 전망	63
<표 3.2> 국내 신·재생에너지 생산량 현황	65
<표 3.3> 주요국의 1차 에너지 대비 신·재생에너지 보급 비중	67
<표 3.4> 미국의 1차 에너지 소비현황	68
<표 3.5> 미국의 재생에너지 생산량 현황	69
<표 3.6> 일본의 1차 에너지 소비현황	70
<표 3.7> 일본의 재생에너지 발전량 현황	71
<표 3.8> 중국의 1차 에너지 소비현황	72
<표 3.9> 중국의 재생에너지 공급량 현황	72
<표 3.10> 독일의 1차 에너지 소비현황	73
<표 3.11> 독일의 재생에너지 생산량 현황	74
<표 3.12> 세계 재생에너지 보급 전망	77
<표 3.13> 1차 에너지 기준 국내 신재생 에너지 비중 목표	80
<표 3.14> 1차 에너지 기준 국내 신·재생에너지 비중 목표	80
<표 3.15> 우리나라 풍력발전기 사고 및 정지현황	86
<표 3.16> 신·재생에너지에 대한 정부의 예산 지원 현황	125
<표 3.17> FIT와 RPS의 장단점 비교	126

그 립 목 차

<그림 2.1> 기후변화 형상	11
<그림 2.2> 전지구 탄소순환 관측지표	11
<그림 2.3> 배출량(GtC)에 따른 전 지구 평균기온 상승	12
<그림 2.4> 기후변화에 의한 해수면 상승변화예상	14
<그림 2.5> 2100년 해안침수 가능지역	15
<그림 2.6> 제주도 용머리해안	16
<그림 2.7> 우리나라에 발생한 태풍 강도의 변화	17
<그림 2.8> 우리나라 산업단지 현황	20
<그림 2.9> 우리나라 국가어항(해양수산부)	21
<그림 2.10> 우리나라 마리나 개발현황	22
<그림 2.11> 발전 양식별 입지 장소	24
<그림 2.12> 우리나라 수력, 화력 중간원자력 발전소	25
<그림 2.13> 7차 전력수급기본계획 주요 내용	26
<그림 2.14> 새만금 매립사업 주변 해역의 유동(조류)변화에 대한 예측치 ...	32
<그림 2.15> 마산만 지역의 대규모 매립에 따른 조류변화율	33
<그림 2.16> 제주외항 주변 유속변화	34
<그림 2.17> 해안침식의 원인	36
<그림 2.18> 항공(위성)사진 분석을 통한 해안선 변화	38
<그림 2.19> 2004년 위성사진 분석	38
<그림 2.20> 2010년 항공사진 분석	38
<그림 2.21> 해빈면적 변화 분석결과	38
<그림 2.22> 항공사진 분석을 통한 후정해수욕장 해안선 변화분석	40
<그림 3.1> 세계 신·재생에너지 수요 전망 및 생산량 현황	62
<그림 3.2> 2012년 국내 신·재생에너지 원별 생산량 비중	66
<그림 3.3> 2012년 국내 신·재생에너지 발전량	66
<그림 3.4> 지역별 재생에너지 발전설비 증설	78
<그림 3.5> 풍력 발전기 설치장면	83
<그림 3.6> 풍력발전기로 인한 백두대간 경관 훼손	83
<그림 3.7> 거제 풍력발전단지 조감도	84
<그림 3.8> 국내 풍력발전기 제조사별 설치 용량	85
<그림 3.9> 불에 타고 있는 풍력 발전기	87
<그림 3.10> 강풍에 휘어버린 날개	87
<그림 3.11> 태양광설치로 인한 마을 경관 훼손	89

<그림 3.12> 태양광 일체형 건물	89
<그림 3.13> 태양광 설치로 인한 산림훼손	90
<그림 3.14> 바이오연료 생산을 위하여 파괴된 산림	93
<그림 3.15> 바이오에너지와 숲의 이산화탄소 감축량	94
<그림 3.16> 전 세계 바이오연료 증가 전망	95
<그림 3.17> 전 세계 물 수요 예측	96
<그림 3.18> 삼성중공업이 제주도 해상에 추진 중인 7 MW 해상 풍력 발전단지 ...	107
<그림 3.19> 대규모 해상 풍력 단지	108
<그림 3.20> 수직형 풍력발전기와 도심의 수직형 풍력발전기	110
<그림 3.21> 해상 풍력 발전기	112
<그림 3.22> 옥계 포스코 폐놀 유출 상황	116
<그림 3.23> 토양과 지하수의 오염범위 및 차수막의 위치	117
<그림 3.24> 폐놀이 유출된 강릉 옥계 지역과 폐놀유출로 인한 조개 폐사 ...	118

>>>

제1장 서론

제 1 장 서론

1.1 연구목적

본 연구는 기후변화에 의한 연안환경변화와 그로 인해 유발되는 자연 환경영향 및 사회환경영향을 검토하고, 그에 대한 국가대응전략 수립을 위한 기초정책자료를 작성하고, 동시에 기후변화의 주요원인인 온실가스 감축을 위한 그린에너지 개발로 인해 발생하는 환경영향 및 그에 대응하기 위한 국내외의 기술동향을 분석하여 이 분야의 환경정책방향을 제안하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구필요성

연안은 지구상에서 가장 생산성이 높은 생태계로 모든 생물에게 중요한 공간이다. 아울러, 연안을 통해 사람들은 바다의 다양한 자원을 얻어내기도 하고, 해운을 통한 물자의 이동 역시 모두 연안을 통해 이루어진다. 특히, 전국 국가산업단지의 78%가 연안에 위치할 정도로 국가 경제의 측면이나 다양한 이용의 측면에서도 중요한 공간이다. 그러나 연안은 기후변화라는 전 지구적인 현상에 가장 큰 영향을 받는 곳이며, 가장 직접적인 변화인 해수면 상승은 직접적으로 연안지역에 침식, 침수와 범람의 위험을 증가시켜 연안의 환경과 현재의 이용방식에 큰 영향을 미칠 수밖에 없다. 기후변동에 관한 정부 간 패널(IPCC)은 2100년 전 세계 해수면 상승에 대하여 1991년에는 0.6cm, 2007년에는 최대 58cm로 예측한 바 있으나, 최근 2013년에 발표한 보고서에는 최대 1m의 해수면 상승을 예측하고 있다. 이러한 예측이 사실로 도래할 경우, 앞서 언급한 바와 같은 연안역의 중요 국가산업시설은 심각한 피해를 입게 될 뿐 아니라, 그로 인해 유발되는 환경문제는 자연환경 및 인간의 사회생활환경에 까지 다양한 영향을 미치게 될 문제임에도 불구하고, 그에 대한 대책은 수립되지 못한 상황이며 구체적인 검토도 이루어

지지 않은 실정이다. 따라서 이에 대한 문제점 파악과 국가차원의 정책 방향 수립을 위한 기초적인 연구가 절실하다. 아울러, 기후변화의 주범인 온실가스를 감축하고 청정에너지 수급을 목적으로 개발되고 있는 그린에너지는 그 이면에 발생될 수 있는 환경영향요소가 다분히 내재되어 있으나, 이에 대한 검토도 미미한 실정이다. 우리나라는 청정그린에너지의 개발이 선진국에 비하여 상당부분 뒤쳐져 있는 현실이지만, 차제에 이에 대한 환경영향을 조사·검토하여 향후 발생될 수 있는 환경악영향을 최소화 시킬 정책적 대안이 필요하다.

1.3 연구내용

본 연구는 기후변화에 따른 연안환경의 문제점을 분석하고 그 대책방안을 제시함과 동시에 기후변화의 주요원인인 온실가스 감축을 위한 청정그린에너지의 현황과 문제점 및 그에 따른 국내외의 발전방향 등을 제안하고자 하였다. 연구내용의 개요를 살펴보면 아래와 같다.

- 기후변화에 따른 연안환경 변화와 대응방안
 - 기후변화 및 해수면 상승에 따른 연안환경변화
 - 하천, 하구 및 연안 인근의 국가산업단지개발에 따른 연안환경영향
 - 연안환경변화 대응기술의 국내외 현황 및 개선방향
- 온실가스 감축을 위한 청정그린에너지 개발에 따른 환경영향
 - 그린에너지 개발의 국내외 현황
 - 그린에너지의 개발로 인한 환경영향 및 문제점
 - 지속가능한 그린에너지 개발을 위한 개선방향

1.4 연구범위

- 공간적 범위
: 우리나라 육역과 수역을 포함한 연안 공간(자연 공간 및 개발 공간 포함)
- 시간적 범위
: 대응기술현황(과거 및 현재) 및 개선방안 도출(장래)
- 내용적 범위
: 기후변화에 따른 하천 및 연안환경변화, 기후변화 대응을 위한 청정 그린 에너지개발 및 그에 따른 문제점과 개선방안 도출

1.5 연구기대효과

- 국내외 자료수집과 비교분석 및 시사점들을 도출함으로써 우리나라 환경정책의 발전적 방향 제시
- 기후변화가 연안환경에 미치는 영향을 종합적으로 분석하여 연안환경문제에 대한 적극적 대응방안 도출
- 하천, 하구 및 연안 인근에 개발되는 각종 산업시설의 부가적 환경영향을 파악함으로써 사전환경영향의 제어요소 제시
- 연안 주위의 국가산업시설 및 연안도시에 발생할 수 있는 사전 환경재해영향의 중요검토항목 개발에 반영할 수 있는 자료 창출
- 청정 그린에너지 개발을 통해 발생 가능한 환경영향파악을 통해 에너지 생산 및 이용효율 향상에 기여
- 청정 그린에너지의 현황과 발전방향 등을 모색하여 국내 R&D 투자 활성화
- 화석연료 기술 중심에서 신재생에너지 기술 중심으로의 산업구조의 변화와 신산업 창출의 방향설정
- 청정그린에너지 활성화에 따른 신산업 창출로 인력양성 및 고용 창출의 기본방향수립

1.6 연구결과의 활용방안

- 5차 IPCC 보고서 이후 새롭게 제시되고 있는 기후변화 예측결과에 대응하기 위한 새로운 정책수립의 기초자료로 활용
- 국가에서 시행하고 있는 사전환경영향 및 사전재해영향의 검토항목 개발
- 기후변화 문제해결을 위한 신재생에너지 개발 및 대응방안 시행으로 인한 영향을 최소화하고 지속가능발전을 구현하려는 국제사회의 공동노력에 기여하며, 에너지 위기 및 환경위기에 능동적 대응을 위한 기초자료로 활용
- 온실가스 감축 및 기후변화 적응 등 기후변화대응 총괄부처인 환경부의 정책 추진 뒷받침
- 기후변화 협약 대응논리 개발을 위한 기초 자료로 활용함으로써 국제협약에서 국가 입지 확보

>>>

**기후변화에 따른
제2장 연안환경 변화와
대응방안**

제 2 장 기후변화에 따른 연안환경 변화와 대응방안

2.1 기후변화의 원인과 현황

2.1.1 기후변화의 원인

기후 변화란 무엇인가? 일반적인 관점에서는 지구의 전 지구적 규모 또는 지역적 규모의 기후가 시간 경과에 따라 변화하는 것을 말한다. 이는 수십 년에서부터 수백만 년의 기간 동안 대기의 평균적인 상태변화를 의미하고 있다. 기후변화의 자연적 요인에는 대기, 해양, 육지, 설빙, 생물권 자신의 내적 요인 외에, 화산 분화에 의한 성층권의 에어로졸(부유 미립자) 증가, 태양 활동의 변화, 태양과 지구의 천문학적 상대 위치 관계 등의 외적 요인이 있다. 인위적 요인에는 화석연료 과다 사용에 따른 이산화탄소 등 대기 조성의 변화(온실효과에 의한 지구 온난화), 인위적인 에어로졸에 의한 태양 복사의 반사와 구름의 광학적 성질의 변화(산란 효과에 의한 지구 냉각화), 과잉 토지 이용이나 장작과 숯 채취 등에 의한 토지 피복의 변화 등이 있다(기후변화정보센터).

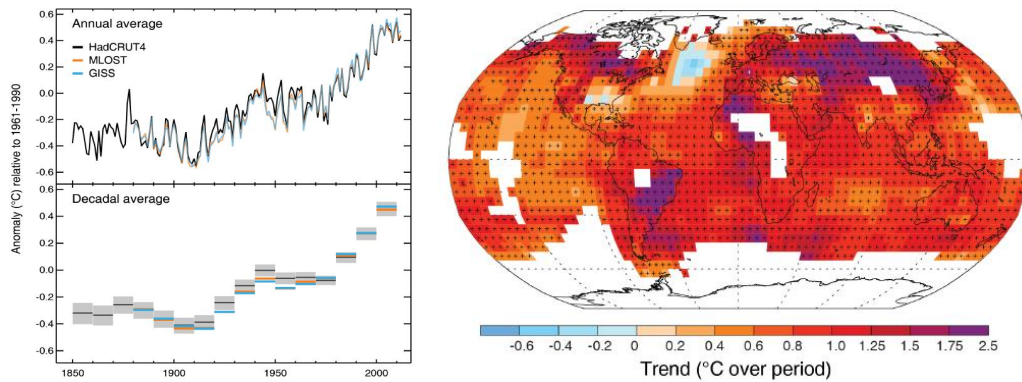
〈표 2.1〉 기후변화의 원인

기후변화 요인		내 용
자연적 요 인	내적요인	대기와 기후시스템(5가지 요소 : 대기권, 수권, 빙권, 육지표면, 생물권)의 상호작용
	외적요인	태양활동의 변화, 화산분화에 의한 성층권의 에어로졸 증가, 태양과 지구의 천문학적 위치 관계 등
인위적 요 인	강화된 온실효과	대기조성의 변화 화석연료 과다 사용에 따른 이산화탄소 증가
	에어로졸 효과	산업화에 따른 인간 활동으로 대기 중에어로졸의 양 변화
	토지 피복변화	과잉 토지이용(도시화) 증가 및 삼림파괴

기후변화기본협약의 목적을 위한 기후변화의 정의는 “직접적 또는 간접적으로 전체 대기의 성분을 바꾸는 인간 활동에 의한, 그리고 비교할 수 있는 시간동안 관찰된 자연적 기후 변동을 포함한 기후의 변화“이다. 더구나 기후변화 완화 조치의 목적을 위하여 기후변화기본협약은 국제적인 법적 도구에 의하여 오존-감소 물질이 지켜진다는 것에 근거하여 몬트리올 의정서와 새롭게 개정된 의정서에 규제(CFCs와 HCFCs 같은 오존-감소 물질)를 받지 않는 온실기체들만을 고려하고 있는데 아마도 후자는 별개의 국제적인 법적 도구에 의해 제한 받는다. 그러므로 이런 정의는 온실기체 농도를 증가시키는 인간의 활동으로 인하여 발생된 기후변화와 자연적으로 발생할 수 있는 기후변화 사이의 개념 차이를 알려준다(기후변화정보센터).

1988년 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 기후변화 문제에 대처하고자 설립된 IPCC(Intergovernmental Panel for Climate Change)는 2013년 9월 27일 스웨덴 스톡홀름에서 IPCC 「WG1 제5차 평가보고서」에서 기후변화현상과 원인을 명확히 제시하고 있다(기후변화 2014 종합보고서. 기상청)

- 현재, 지구온난화는 논란의 여지가 없을 정도로 명백함
 - 기온과 해양 온도의 상승, 빙하의 용해, 해수면이 상승하고 있음
 - 지구온난화로 인해 지난 133년간(1880~2012년) 지구의 평균기온이 0.85℃(0.65~1.06℃) 상승<그림 2.1>

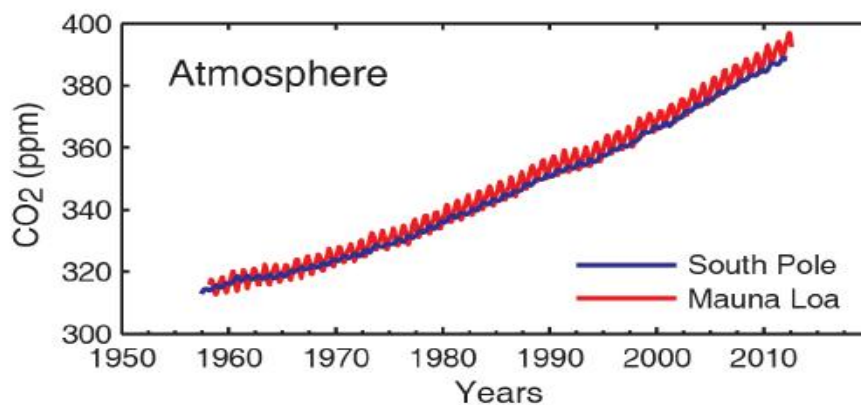


(a) 전지구 평균기온 변화경향

(b) 1901~2012년 전지구평균기온 변화

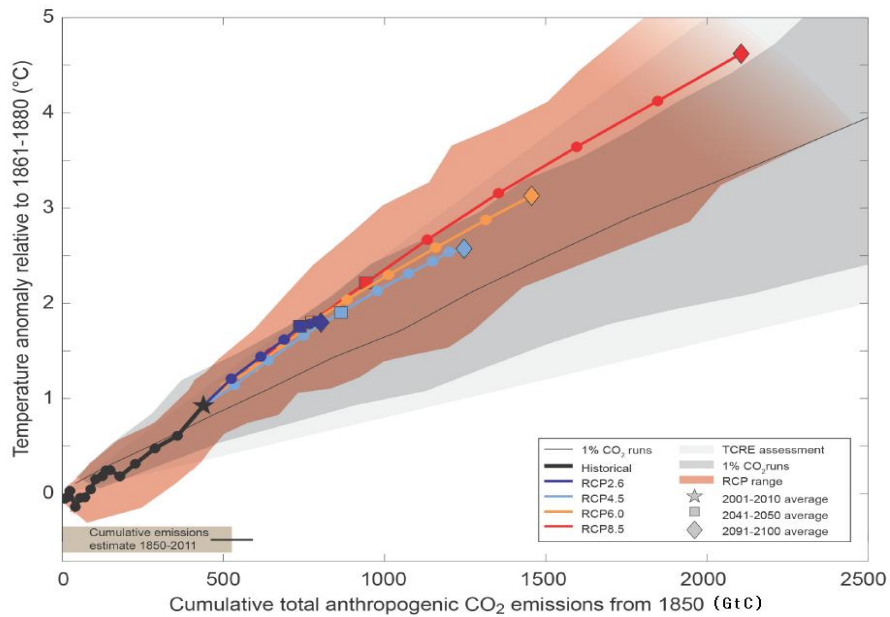
〈그림 2.1〉 기후변화 형상(IPCC, 2013)

- 온실가스는 산업혁명 이전보다 인간 활동에 따른 화석연료의 사용과 토지 이용에 따른 숲 파괴의 영향으로 그 농도가 높아짐
 - 이산화탄소(CO_2)는 인간 활동에 의해 산업화 이후 40%가 증가했으며, 농도는 2011년에는 391ppm 으로 증가〈그림 2.2〉.



〈그림 2.2〉 전지구 탄소순환 관측지표(IPCC, 2013)

- CO_2 양은 체계적인 대기측정이 시작된 1958년 이후 20% 이상 증가했으며, 1750년을 기준으로 보면 약 40% 증가하고 있음.
- 장기적인 지구온난화의 주요 촉진요인은 CO_2 의 총 배출량이며, 온난화와 CO_2 배출량은 상호비례관계임〈그림 2.3〉.



<그림 2.3> CO₂ 배출량(GtC)에 따른 전 지구 평균기온 상승(IPCC, 2013)

- 지구온난화를 2°C 미만으로 한정 할 경우, 산업화 시대 초기부터의 인위적인 총 누적 CO₂ 배출량을 약 1000 Gtc¹⁾로 제한할 필요가 있음. 이 누적량의 절반(460~630 Gtc)은 2011년까지 이미 배출되었음.
- CO₂를 포함한 온실가스의 배출을 멈춘다 하더라도 기후변화의 영향과 양상은 수 백 년 동안 지속될 것임
- 인류가 기인한 CO₂ 배출이 멈춘 이후에도 배출된 CO₂의 20% 이상이 1,000년 이상 대기 중에 남아있을 가능성이 높음

1) Gtc : 기가 톤의 탄소(Gigaton of carbon)

2.1.2 기후변화로 인한 연안환경 변화

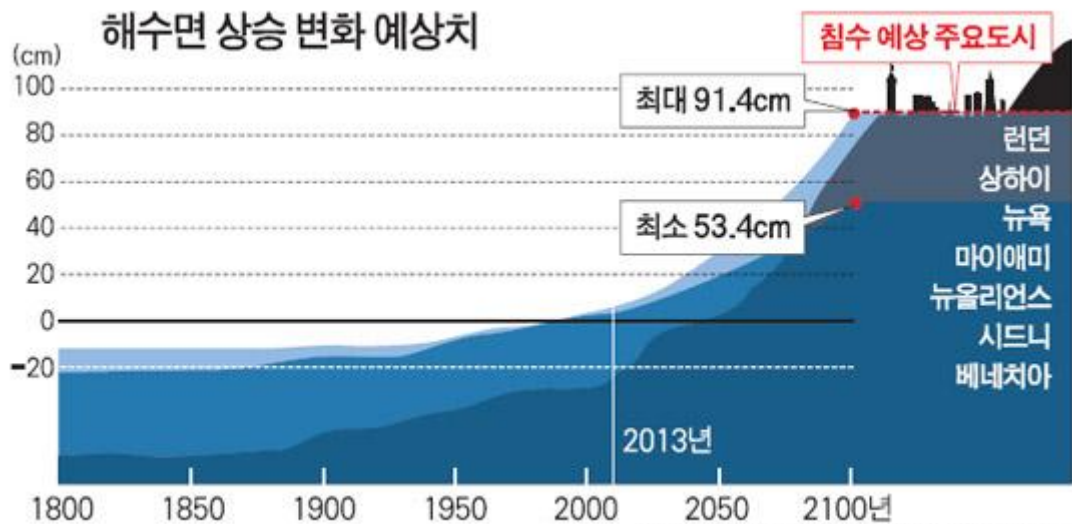
기후변화는 기존 자연재해의 발생빈도와 강도를 높이고 자연재해에 대한 인간의 취약성을 더욱 악화시키고 자연재해에 대한 노출가능성도 높여서 결국 그 피해를 더욱 극심하게 하는 악영향이 있다.

기후변화에 따른 대표적인 인간의 취약점은 재산피해를 포함한 금전적 손실(monetary loss), 신체부상을 포함한 인명손실(loss of life), 농작물의 손실에 따른 기아위험의 증가(risk of hunger), 고온현상, 강수의 집중 등에 의한 물 부족위험의 증가(risk of water shortage), 해수면 상승에 따른 해안침수위험의 증가(risk of coastal flooding), 새로운 감염질병의 발생 등을 포함한 질병위험의 증가(risk of disease), 그리고 강제이주위험(risk of forced migration)의 증가라고 할 것이다(법제처, 2013).

기후변화는 두 가지 측면에서 재해위험에 영향을 미친다. 첫째는 기온의 상승과 기후 위험의 증가로 인하여 태풍, 해일, 집중호우, 고온, 가뭄 등 기존의 기후현상의 발생빈도와 강도를 강화시켜 재난의 위험성을 증가시키는 영향력을 발휘한다. 둘째는 생태계의 퇴화, 수자원과 식량의 유용성의 감소, 생태계의 변화와 같은 자연적 위험에 대한 지역사회의 취약성의 증가를 통한 영향이다. 극심한 기온 상승의 가능성은 미래에 기상관련 재해의 빈도와 규모 또한 증가하게 될 것을 경고한다.

기후변화의 가장 직접적인 변화인 해수면 상승은 연안 공간의 환경과 현재의 연안 이용방식에 큰 영향을 미칠 수밖에 없다. IPCC(2007) 보고서에서도 연안을 기후변화의 주요 현상인 해수면 상승에 가장 취약한 곳으로 지적하였다. 1988년 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 기후변화 문제에 대처하고자 설립한 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 이미 1991년 보고서에서 21세기의 해수면 상승률을 연평균 0.6cm까지 예측했고, 최근 발표한 제5차(2014년) 보고서에서 1901년~2010년 세계의 해수면은 평균 19cm 상승했으며, 온실가스 감축 노력 없이 지금과 같은 추세가 계속된다면 21C 말엔 해수면이 최대 98

cm, 평균 63cm 가량 상승할 것으로 예상했다. IPCC의 5차 보고서의 통해 발표된 세기 말 지구 해수면 상승 예측의 수치는 전 세계 과학자 2500여명이 약 6년에 걸쳐 내놓은 결과이다.



〈그림 2.4〉 기후변화에 의한 해수면 상승변화예상 (한국일보, 2013)

해수면 상승은 직접적으로 연안지역에 침수와 범람의 위험을 증가시킨다. 특히 사람들이 밀집하여 거주하는 연안의 대도시는 그 영향에 더 취약하다고 할 수 있다. 해양수산부 국립해양조사원은 기후변화 대응사업으로 누적된 해수면 자료를 분석한 결과, 한반도 해역의 평균 해수면이 최근 40년 동안 약 10cm 상승한 것으로 보고하고 있다(2015년 12월). 국립해양조사원이 발표한 우리나라 해수면 상승률(2.48 mm/yr)은 IPCC(2013)가 발표한 전 세계 평균값(2.0 mm/yr)보다 약간 높은 수준이며, 지역별 상승률도 다소 차이를 보였다. 분석자료 중 최대 상승률은 포항에서 5.82mm/yr, 최소 상승률은 대흑산도에서 0.15mm/yr로 나타났다. 국립해양조사원은 이러한 해수면 상승률의 지역적 차이는 지반 침하와 연안 개발에 따른 지형 변화 등 국지적인 요인과 해역별 수온 상승 차이에 따른 열팽창 효과 때문으로 분석했다.

KEI(한국환경정책평가연구원)는 최악의 해수면 상승 98cm 예측치를 토

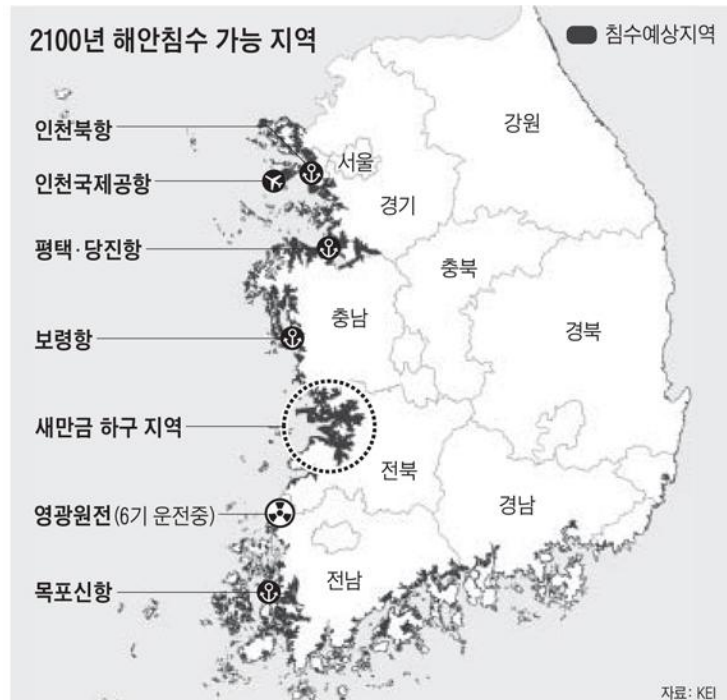
대로, 기존 국내 연구 중 가장 유사한 해수면 상승치(1.02m)를 비교해 피해를 산출했다. 2100년쯤 주요 시설별로 설계 기준 해수면이 1m 높아질 경우, 해일과 조석, 태풍 피해 등을 감안해 시뮬레이션을 해본 것이다. 개별 시설에서 방파제의 역할 등은 일단 감안하지 않았다.

서기 2100년, 영광原電·인천공항 물에 잠길 수도

세계 과학자 2500명의
온난화 해수면 영향 조사결과,
한국에 적용...
새만금도 피해 예상

한국, 인구 1440만명 연안 거주
국토 3.3% 해당, 서울의 5.5배
평택·태안·군산 등 피해 예상
도로 약 6400km 물에 잠길 듯

- ◇ 서해안·남해안 집중 피해
- ◇ 전체 도로의 7% 침수 우려



〈그림 2.5〉 2100년 해안침수 가능지역(KEI, 2015)

연안은 다른 내륙지방에 비해 해수면 상승에 따라 침수될 가능성이 매우 높다. 실제로 해수면이 1m 상승할 경우, 우리나라의 2.643km²가 침수될 것으로 예측한 연구결과에 따르면, 이는 여의도 면적의 300배, 한반도 면적의 1.2%에 해당하는 면적이다. 이러한 침수 위험 지역에 거주하는 인구는 약 125만 5,000명으로 우리나라 인구의 약 2.6%가 침수에 의한 피해를 입게 될 것으로 예측했다.

실제로 제주도 용머리 해안은 1987년 780m의 관광객용 해안산책로를 만들었고 조성 당시엔 만조 때에도 바닷물에 잠기는 일이 없었으나 최근에는 하루 8시간 이상 침수되고 있다. 이 때문에 최근에는 용머리해안은 관광객들의 접근이 금지되고 있다. 그 이외에도 최근 동해 연안에

서는 해수면 상승과 파고증가로 인한 연안침식이 발생되고 있으며 국토 유실이라는 문제에 봉착하고 있으며 그 피해정도는 계속 증가하고 있는 것으로 알려져 있다.

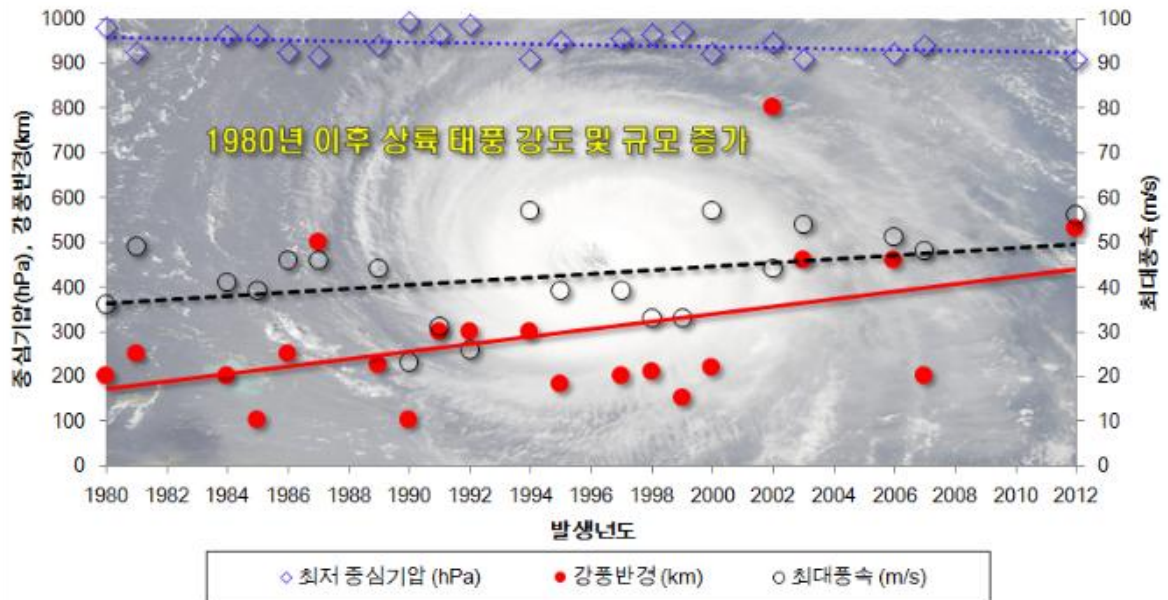


〈그림 2.6〉 제주도 용머리해안(좌 : 1987년, 우 : 2014년)

년 간 수미터미터씩 상승하는 해수면 상승과 예고 없이 단기간에 집중적으로 강력한 영향을 주는 폭풍우에 의한 해수면 상승은 연안지역에 큰 피해를 주게 된다. 폭풍해일(storm surge)이 연안에 발생할 경우, 같은 크기의 폭풍해일이라도 점진적으로 증가된 해수면에 폭풍해일에 의한 수면 상승이 중첩될 경우 폭풍해일의 강도가 강화되기 때문에 결국은 폭풍해일 자체가 커지는 것과 같은 효과를 낳게 된다. 또한 그만큼 연안지역의 침수범람의 가능성은 커지고, 이는 결국 대형 폭풍이 발생할 때 연안에서는 과거에 비해 더 큰 피해로 나타나게 된다. 더욱이 지구온난화로 인해 폭풍해일에 직접적인 영향을 주는 폭풍의 세기가 더 커지고 그 빈도도 잦아진다고 예측되고 있는 점이다. 이처럼 지구 기후 변화의 영향으로 해수면 상승과 태풍의 강도 증가로 인한 해수면의 상승은 해일고의 변동을 야기하여 연안지역에 많은 사회·경제적 피해를 줄 것으로 예상된다. 특히, 항만도시 및 항만시설물의 취약성이 대두되고 있으며, 배후도시를 포함한 항만에서는 재해방지를 위한 선제적 대응방안 수립이 시급한 실정이다.

우리나라에서도 기후 변화의 영향으로 1980년대 후반부터 호우재해의 발생빈도가 연평균 5.3회(1940~1970년대)에서 8.8회 이상(1980~1999)으로

증가하였는데 그 원인은 강수일은 감소한 반면 강수량이 증가하여 강수 집중도가 커졌기 때문으로 분석되고 있다.



〈그림 2.7〉 우리나라에 발생한 태풍 강도의 변화(시사투데이, 2013)

2002년 태풍 루사의 영향으로 사망·실종 246명과 약 5.15조원의 재산피해가 발생되었고, 2003년에는 태풍 매미의 내습으로 인명피해 130여 명과 4조2천억원 이상의 재산피해가 있었으며, 2010년 9월에는 태풍 곤파스의 집중호우 및 강풍으로 5명이 사망하는 등 기후 변화가 집중호우 및 태풍을 빈번하게 발생시켜 막대한 인명과 재산상의 피해가 초래되고 있다. 이처럼 기후변화에 따른 영향으로 자연재해의 발생 빈도가 점차 확대되어 가고 있는 상황이다.

2.2 하천, 하구 및 연안인근의 국가산업단지 개발에 따른 연안환경변화

천해역과 이에 영향을 주는 육역을 포함한 해안선을 따라 뻗은 길고 가는 공간을 연안역이라고 한다. 바다와 육지가 서로 영향을 주고받는 연안은 서로 다른 자연환경이 만들어내는 독특한 공간으로서 해양 동·식물과 수산물의 산란장과 서식지로서 생태적 가치가 매우 높은 해양생태계의 보고이자 수산, 항만, 임해공단, 산업단지 등 경제활동과 관광, 레저 활동 등 인간의 각종 활동이 직·간접적으로 이루어지고 있는 우리의 소중한 삶의 공간이다. 이 공간은 수산업과 해운업을 비롯하여 다양한 산업이 자리 잡고 있는 중요한 장소이다. 특히, 삼면이 바다로 둘러싸고 있는 우리나라에게 있어, 연안은 자연적, 경제적, 사회적 환경의 급속한 변화를 가져오고 있는 공간이자, 국가발전의 기점이 되는 전략적으로 매우 중요한 공간이다. 그러나 지난 반세기 동안 우리나라의 연안은 여러 개별 법률에 의해 연안의 특성을 고려하지 않은 채, 개발위주로 무분별하게 이용됨으로서 심한 부작용을 초래하였다. 개발로 인한 연안환경변화와 더불어 기후변화에 따른 해수면 상승, 이상고파랑, 대형태풍과 육상수자원개발, 하구골재채취 및 해사채취 등 다양한 형태의 자연적, 인위적 환경변화에 의하여 연안환경의 변화와 그로 인한 피해가 증가하고 있다. 한편 급격한 경제성장기 이후, 우리나라의 연안 공간에서는 ‘산업적 이용’이라는 목적으로 집중적인 투자가 이루어졌다. 그 결과 산업적인 발전은 얻었지만 연안환경을 혹사시킨 탓에 지나쳐버릴 수 없는 환경문제가 발생했다. 특히 고도 성장기에 대규모로 이루어진 연안 해역 매립은 중요한 자연환경보고인 천해공간자원을 무분별하게 손상시켰을 뿐 아니라 천해에 접한 육역의 경관 등도 훼손시켜 결국 이 지역에 의존해 온 지역사회환경도 변질시키는 결과를 초래하였다.

2.2.1 우리나라 산업단지 간척 및 매립에 따른 환경변화

1) 우리나라 연안공간 개발현황

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있는 반도국가로서 국토개발의 초창기부터 임해 지향적 개발이 추진되면서 무분별한 연안개발로 인해 연안환경권이 훼손되었다고 볼 수 있다.

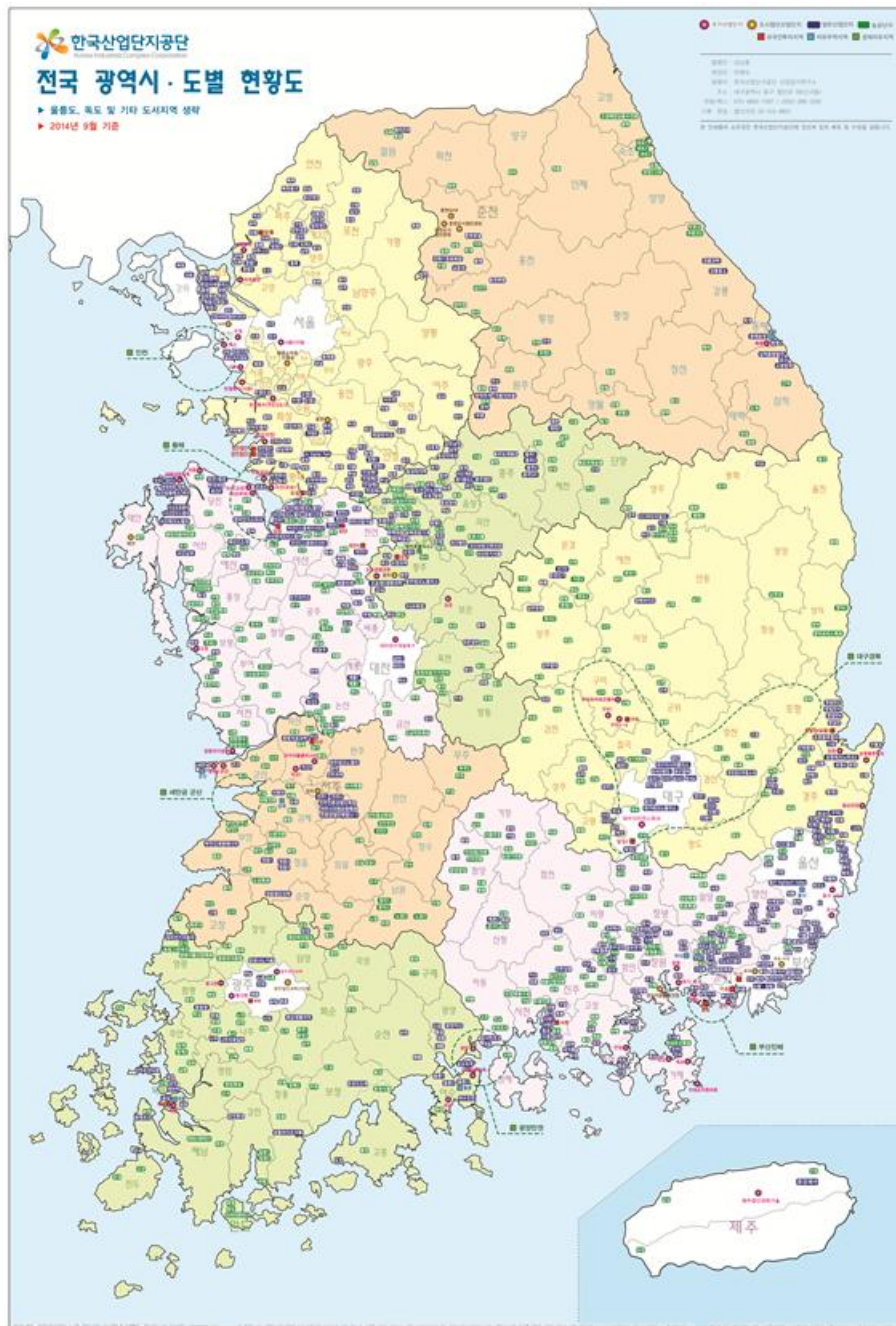
우리나라의 해양매립은 1960년대 이후 도시화 및 산업화가 급속히 추진되면서 1970년대에는 영일만, 울산, 광양만, 진해만, 삼천포 등 산업단지 위주로 매립용지를 활용하였으며, 1980년대에는 부산이나 인천 등의 연안도시에서 주택단지, 항만시설 등의 부족한 용지를 해소하기 위해서 항만 및 도시용 토지공급을 위한 해안매립이 이루어졌다. 해양매립사업은 항만 및 어항의 건설, 개간 및 공유수면의 매립이 가장 많은 부분을 차지하고, 이외에 도시의 개발이나 산업입지 및 산업단지의 조성, 에너지 개발, 관광단지의 개발, 체육시설의 설치 등을 위한 사업이 포함된다.

〈표 2.2〉 지역별 매립현황(1980년 이후, 한국환경정책평가연구원, 2005)

	면허		준공		시공중	
	건수	면적(km)	건수	면적(km)	건수	면적(km)
합계	338	1,405.7	187	137.6	145	1,059.1
부산	45	18.8	28	2.7	16	16.0
인천	30	93.0	17	9.4	12	83.2
울산	4	0.3	0	0	4	0.3
경기	18	297.0	10	8.0	8	288.8
강원	10	1.0	7	0.7	3	0.4
충남	34	208.4	15	87.6	19	117.5
전북	6	402.4	5	1.4	1	401.0
전남	69	365.9	25	19.6	43	143.6
경북	18	1.9	13	1.2	5	0.7
경남	92	16.5	55	6.5	34	7.5
제주	12	0.5	12	0.5	0	0

최근에는 세계화를 향한 연안 국토축의 개발과 해양스포츠와 해양 휴양 및 위락시설에 대한 요구가 지속적으로 증가하면서 연안지역에 대한

개발압력이 더욱 가속되고 있는 실정이다. 이렇듯 해양과 인접한 지역에 대한 개발수요의 증가와 경쟁적인 해양개발은 해양환경의 오염 및 환경파괴, 해안침식, 해안방재, 수산자원의 고갈, 서식처 파괴, 습지의 손실, 시민의 연안에의 접근성 저해 등의 문제를 발생시키게 되었다.



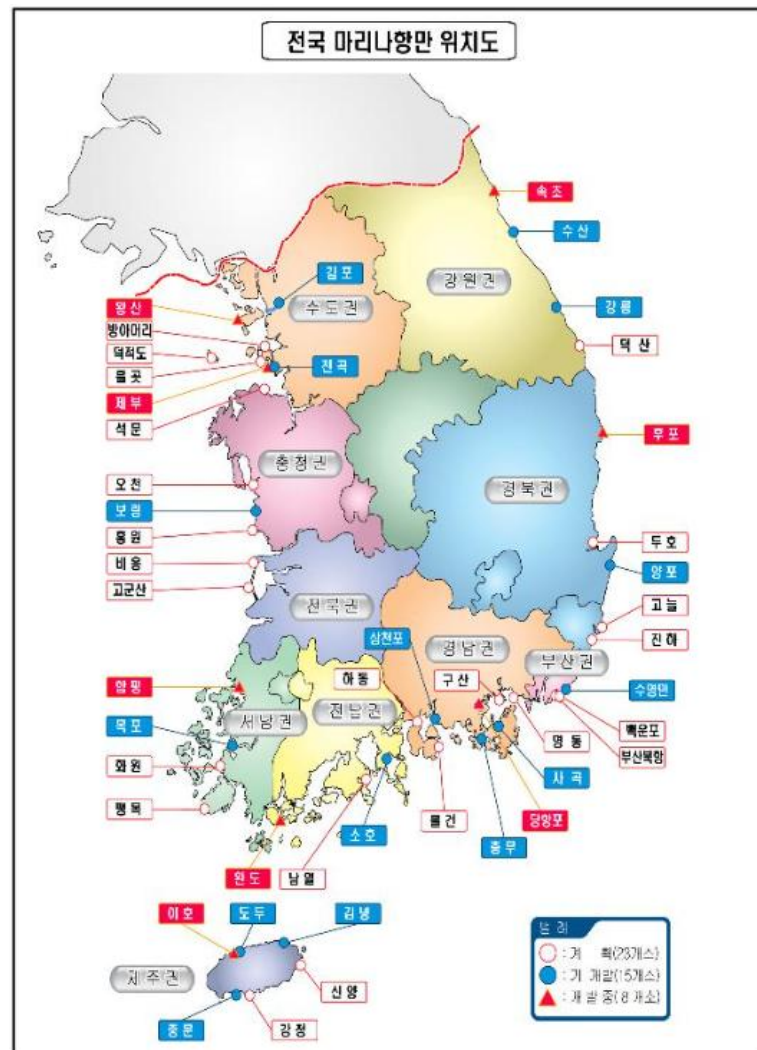
〈그림 2.8〉 우리나라 산업단지 현황(한국산업단지공단)

현재 우리나라에는 지정항만과 국가어항, 지방어항을 합하여 총 475개의 항만과 어항이 있다. 많은 항만이나 어항시설 등이 노후화되어 정비가 이루어지고 있지만, 신규항만의 개발은 적은 상태이며 대부분 화물증가로 인한 물류기능 확보 등을 위한 추가적인 확장개발이나 유람선 등 관광기능을 확충하는 사업으로 진행되고 있다.



〈그림 2.9〉 우리나라 국가어항(해양수산부)

최근에는 소득수준의 향상으로 인한 여가시간의 증대와 여행, 건강에 대한 관심이 증가하면서 친수공간의 이용 욕구가 증가하고 있어 마리나 시설이나 레포츠 시설 등을 경쟁적으로 개발하는 추세이다(KEI, 2005).



〈그림 2.10〉 우리나라 마리나 개발현황(대한마리나산업진흥회)

이러한 지속적인 개발사업을 위한 매립으로 인해 환경영향이 가중되고 있고, 특히 갯벌과 수산자원보호구역 등 어장이 상대적으로 큰 훼손을 받고 있는 상황이다(이대인, 2012). 앞으로도 국토관련 상위계획에서 저탄소·에너지 절감형 녹색국토 실현 등 새로운 국가발전 전략 수립으로 입지수요는 지속적으로 증가 될 전망이다(환경부 2013).

2) 발전시설

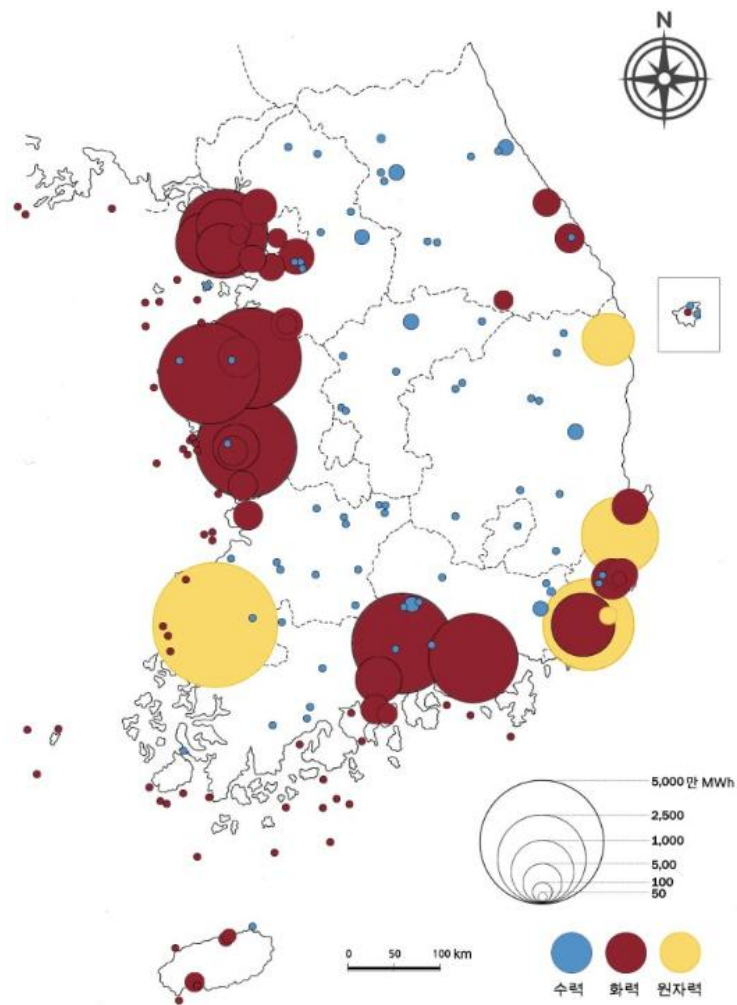
오늘날 인간은 모든 경제활동 및 사회, 문화생활영위하기 위해서는 전기가 필수 불가결한 요소가 되었다. 산업발전 뿐만 아니라, 일상생활에서 이용되는 컴퓨터나 휴대폰 등의 전자제품을 이용하기 위해서는 모두 전력이 필요하기 때문이다. 전기는 주로 화력이나 원자력, 수력 등의 발전소로부터 공급되며, 최근에는 바람, 태양, 파도 등으로부터 재생 가능한 에너지를 얻는 방법이 연구 되고 있다.

우리나라의 경우, 급속한 공업화로 인한 산업구조의 변화와 국민생활 수준의 향상으로 인해 전력수요량은 지속적으로 증가하고 있는 상황이다. 우리나라에서 사용되는 전력의 상당 부분은 석유, 석탄, 천연가스 등과 같은 화석 에너지에 의한 화력발전을 통한 발전기술 이용하고 있으나, 화력발전은 다른 발전기술에 비해 건설에 따른 제약 조건이 적다. 건설비도 적게 들고 필요한 만큼 연료를 넣고 전기를 생산할 수 있는 장점이 있다. 그러나 전기를 만드는 과정에서 지구온난화 및 기후변화의 주요한 원인이 되는 CO₂를 대량 배출한다는 단점을 가지고 있다.

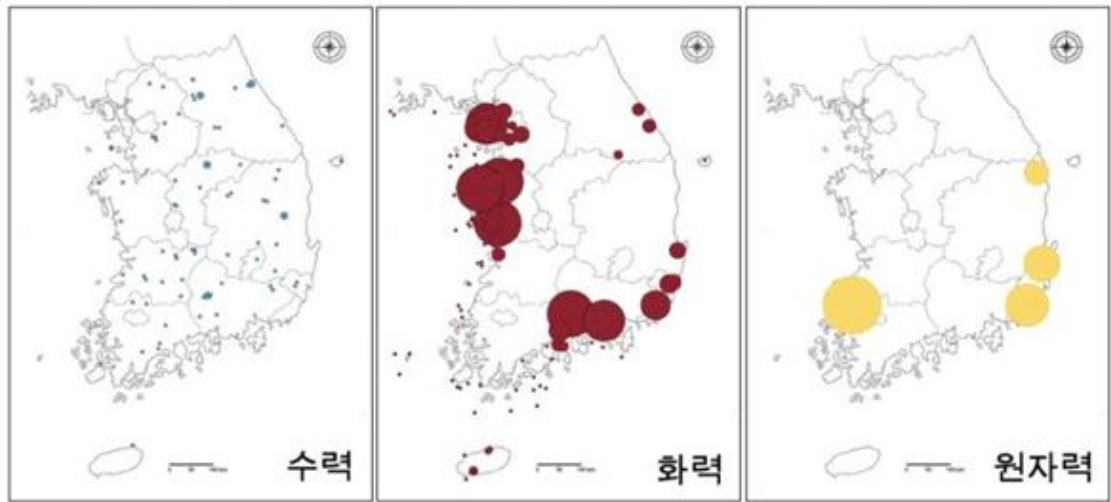
물의 낙차를 이용하는 수력발전소는 수량이 풍부하며 낙차가 큰 지역에 건설할 수 있다. 물이 많지 않으면 발전도 불가능하고, 건설하면서 환경 파괴가 불가피하기 때문에 더 이상 위치 선정도 어렵다.

1970년대 이후 경제 발전과 궤를 같이 하며 전력 공급에서 중추적인 역할을 담당해온 원자력 발전은 비중은 계속 높아져 전체 전기의 약 40% 정도를 차지하고 있다. 한번 가동을 시작하면 화력 발전소처럼 생산과 중단을 쉽게 조절할 수 없는 특징이 있다. 안전이 중요시되기 때문에 지반이 튼튼해야 하고, 냉각수 이용이 용이한 바닷가에 건설된다.

현재 운영 및 장래 운영의 확대가 예상되는 화력 및 원자력 발전소는 <그림 2.11>에서 나타낸 바와 같이 대부분 연안에 건설되고 있음을 알 수 있다.



〈그림 2.11〉 발전 양식별 입지 장소



〈그림 2.12〉 우리나라 수력(좌), 화력(중간) 및 원자력 발전소(우) 위치

특히, 원자력 발전소는 전력 생산에 필요한 냉각용수로 바닷물을 이용하기 위해서 바닷가에 발전소를 건설하고 있다. 따라서 발전소에서 배출된 냉각용수는 주변 바닷물보다 약 7℃ 높은 온도를 갖기 때문에 연안 환경을 변화시킴으로써 생태계에 영향을 줄 수 있다. 우리나라에서 가동 중인 원자력 발전소는 고리, 울진, 영광, 월성 등 대개 연안과 가까운 곳에 위치하고 있는데 그 이유는 원자력 발전소에서 전력 생산에 필요한 냉각용수로 바닷물을 이용하기 위해서이다. 발전소에서 배출되는 물은 주변 바닷물보다 약 7℃ 높은 온도를 갖기 때문에 주변 해수의 수온, 밀도, 점성을 변화시키고 용존산소량 감소, 해수 수직운동 방해 등으로 연안환경을 변화시킴으로써 생태계에 영향을 줄 수 있다. 또한 가능성은 적지만 원전에서 방사능 물질이 직접 유출되어 피해를 입히는 문제도 배제할 수만은 없을 것이다.

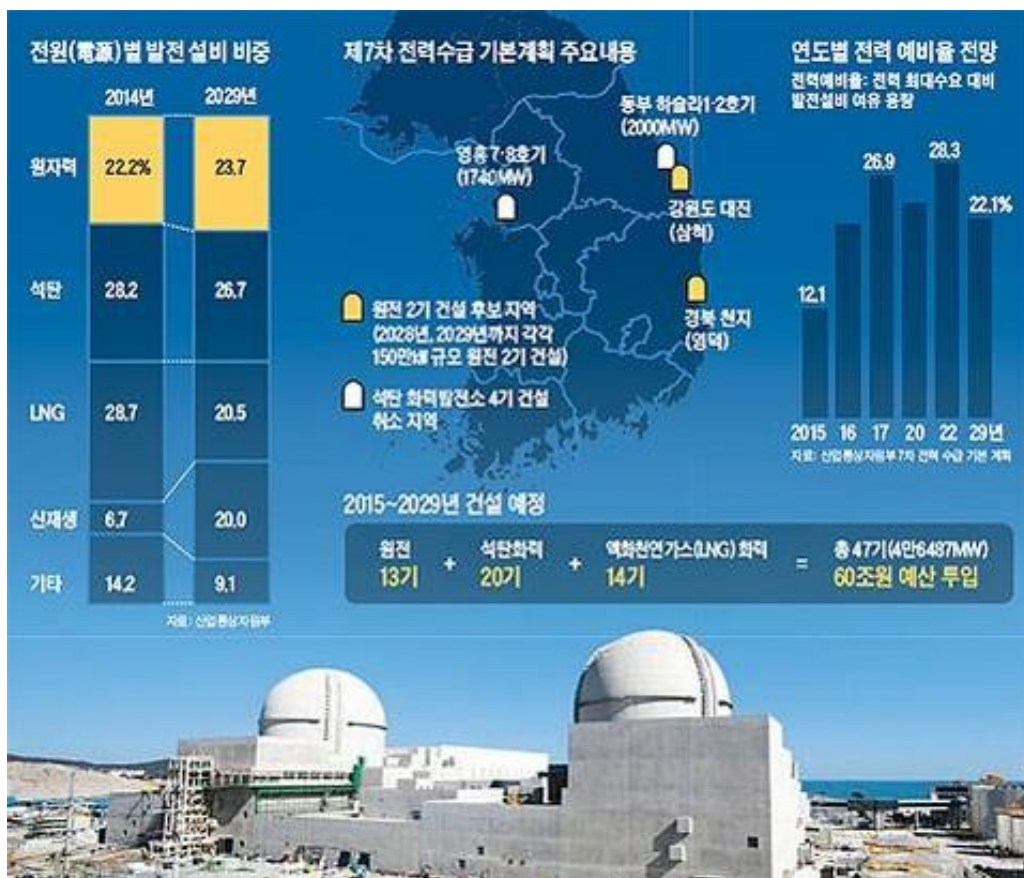
우리나라의 전력수급기본계획상 목표수요를 달성하기 위해서는 추가적인 발전설비의 건설이 불가피한 실정이다. 발전설비의 증가로 인해 환경에 부정적인 영향을 미치며, 주요 환경영향으로는 냉각수(온배수) 배출로 인한 해양환경에 미치는 영향이 있다. 온배수는 주변해역의 물리적 특성을 변화시킬 뿐만 아니라 해수의 열 균형을 파괴시켜 주변 환

경 및 생태계에 부정적인 영향을 초래하며, 발전소의 가동 중단 시 갑작스런 수온을 떨어뜨려 해양생물에게 피해를 유발할 수 있다.

〈표 2.3〉 6.7차 전력수급기본계획 전원구성비

구분	원자력	유연탄	무연탄	LNG	석유	양수	신재생	집단	계
6차	피크 (MW)	35,916	44,669	725	31,794	1,139	4,700	5,837	130,853
	기여도 (%)	27.4	34.1	0.6	24.3	0.9	3.6	4.5	100
7차	피크 (MW)	38,329	43,293	725	33,767	1,085	4,700	6,323	136,097
	기여도 (%)	28.2	31.8	0.5	24.8	0.8	3.5	4.6	100
	정격용량 (MW)	38,329	43,293	725	33,767	1,195	4,700	32,890	163,868
	기여도 (%)	23.4	26.4	0.4	20.6	0.7	2.9	20.1	100

자료 : 산업통상자원부



〈그림 2.13〉 7차 전력수급기본계획 주요 내용(조선일보, 2015)

2.2.2 연안 공간개발에 따른 연안환경변화 예측 및 평가

현재 이루어지고 있는 연안공간에서의 개발 사업에 대한 환경영향평가의 문제점에 대한 다양한 연구자의 의견을 분석하면 다음과 같이 정리할 수 있다(이대인 등, 2015).

첫째, 추진되고 있는 해당 협의 절차 및 목적에 맞는, 즉 평가목적에 지향하는 중요한 평가내용 등의 정보제시가 미흡하고, 필요한 부분에 중점평가를 하는 것 보다는 대부분 일반론적인 자료가 제시되고 있는 상황이다. 계획의 적정성과 입지의 타당성을 다루고 있는 전략 환경영향평가 또는 공유수면매립기본계획에서는 해당 해양공간에서 계획의 적정성을 평가할 수 있는 근거자료가 필요함에도 불구하고, 이와 연관된 자료를 찾기가 힘들다. 관련 계획과의 조화분석 차원에서 제시하고 있는 자료들은 해당 계획 또는 입지특성과 전혀 연계성이 떨어진 일반적인 이거나 영향권을 벗어난 광역지역의 자료가 제시되고 있다. 또한 해양 관련 구체적 평가항목들에서는 실시단계에서 평가해야 할 구체적 환경영향사항(현황 진단과 예측)을 평가하고 있고, 제시한 내용은 충분한 영향권을 설정하거나 검증이 수행되지 않은 비합리적인 예측결과를 제시하여서 사전평가의 의미를 퇴색시키고 있다. 계획 확정 전 사전단계에서 제시하는 환경 평가사항은 일반적인 환경현황 파악수준이 아니라, 입지 적정성과 영향정도에 따른 개발규모 적정성을 어느 정도 진단할 수 있는 결과제시에 초점을 맞추는 것이 중요하고, 불필요하거나 향후 환경영향평가 단계에서 제시하여야 할 내용은 간소화해서 평가의 중복을 줄이는 것이 효율적일 것이다.

특히, 해당 공간에 대한 용도기능 부여와 관련된 연안관리지역계획과 지역 해양수산관련 계획 및 환경관리계획 등을 철저히 분석해서 추진하는 계획과의 관련성을 설명하는 것이 매우 중요하다. 또한 지역개황에서는 육상부문의 정보도 중요하지만, 해양의 환경관련 지구 지정현황, 어장·어항·항로 및 시설물 분포, 보호대상 해양생물 출현 유무 등 해

양의 이용과 현황에 대한 철저한 정보가 필요할 것이다.

둘째, 대안설정 및 분석이 대부분 형식적인 성향이 강하게 나타나고 있다. 입지, 규모, 시기 등을 설정할 때, 실제 환경영향을 최소화하기 위한 다양한 시나리오를 설정해야 함에도 불구하고 정해진 결론을 이미 설정해 놓고, 선정(안)을 채택할 수밖에 없는 불가피성에 대한 자료만을 제시하여 형식적 대안비교로 치우치고 있는 경향이다. 입지, 시설물 배치 선형, 규모 등에 따라 환경변화사항을 비교해서 환경영향 등을 최소화하는 방향에서 최종안이 선정(안)되었음을 나타내는 근거자료가 제시되어야 할 것이다. 대안의 타당성은 이미 다른 절차와 과정을 통해 검증되었다고 설명하고 있지만, 이러한 선행과정에서 환경적인 고려가 충분히 진행되지 않은 것이 일반적인 사항이다.

셋째, 해역이용협의 및 환경영향평가 등 실시설계 단계에서는 사업 유형별로 중점적으로 평가해야 할 사항에 대한 정립과 이에 따른 평가 자료 제시가 체계적이지 못하다(KEI, 2006). 사업유형과 직·간접으로 밀접한 상관이 없는 평가사항에 대해 집중조사를 하여 평가서 분량을 늘리거나, 또는 핵심적으로 진단하여야 할 평가사항에 대해서는 1회성의 조사 또는 검증되지 않은 자료를 인용하거나 예측결과를 제시하고 있다. 즉, 현황조사와 예측에 있어서 사업유형별 특성을 충분히 고려하지 않고 있다. 해수유동, 부유사확산, 침·퇴적변화 등 주요 예측결과에 있어서, 해수유동은 어느 정도 예측의 타당성을 확보해 가고 있지만, 나머지 평가분야는 대부분 관측결과를 통한 검증이 수행되지 않거나, 입력인자의 비정교성에 따른 예측 값의 임의성이 상당부분 내포되고 있다. 해양환경변화를 100% 예측하기는 불가능하지만, 계산과정에서 나올 수 있는 오차를 최대한 줄이는 방식으로 합리적인 접근은 가능할 것이고, 결과의 검증을 시도하기 위한 사후평가 디자인이 수립된다면, 어느 정도 환경예측의 신뢰성은 향상될 것이다.

넷째, 환경영향에 대한 대책의 실효성을 검증할 수 없는 상황이다. 또한 사업유형과 특성을 충분히 고려하지 않고 일반적인 영향 축소방안과 대책만을 제시하고 있다. 오탁방지막 설치, 유류유출 시 대책, 계절별 공사 강도 조절, 사후모니터링 실시가 대표적이다. 조력, 조류발전 등 사업이 실시되는 지역, 규모, 기간 등을 고려하여 구체적으로 오탁방지막을 어떻게 설치하고 공사강도를 어떻게 조절하는지, 그리고 이에 따라 사업영향이 정성적, 정량적으로 어느 정도 저감되는지에 대한 자료 제시가 전혀 없다. 나아가서, 공사 시 이러한 저감방안을 이행하고 있는지 그리고 계획된 대로 영향이 저감되었는지에 대한 사후평가 자료는 더더욱 찾아보기 힘든 상황이다.

다섯째, 사업이 이루어질 경우, 실제 공사에 따른 영향을 파악하거나, 평가단계에서 제시한 예측결과를 검증할 수 있는 사후모니터링 조사계획에 대한 체계화가 필요하다. 영향권과 비영향권을 구분하고 예상하는 확산방향과 범위를 고려하여 조사정점을 선정하는 것이 중요하다. 또한 조사항목은 일반적이고 일률적인 평가항목보다는 해당사업의 영향을 직접적으로 나타낼 수 있는 평가사항에 집중적인 조사방안을 수립하는 것이 합리적이다. 물론, 규정상 정해진 조사주기(일반적으로 분기별 또는 반기별 조사체계)에 따른 평가결과는 영향을 추적하기에 한계가 있으므로, 탄력적 적용 등을 위한 제도개선 검토가 이루어질 필요가 있다.

2.2.3 연안공간개발로 인한 연안환경변화

1) 갯벌매립으로 인한 영향

갯벌의 가치는 ① 수산물 생산 기능 ② 연안생태계의 유지 기능 ③ 자연정화조로서의 기능 ④ 심미적, 문화적 가치 및 레크리에이션의 기능(친수기능) 등으로 요약할 수 있으나 구체적으로 들여다보면 이루 다 헤아릴 수 없을 정도로 매우 다양하다.

갯벌을 매립하면 매립한 면적만큼 갯벌 생물의 서식처는 파괴 된다. 그렇게 되면 갯벌 생태계에 서식하는 각종 해양생물들이 사라지고, 갯벌 생태계의 다양한 기능이 상실되고, 이들이 우리 인간에게 주어왔던 생태계 서비스는 없어진다. 결국 이 곳의 구성원들과 직간접으로 관계를 가지고 있던 주변 생태계는 물론 인간도 그 영향을 받게 된다. 특히, 최근에 시행되는 대부분의 매립과 간척은 선박의 항로를 만든다는 명분으로 주변 조하대의 개펄을 준설하고 그 준설토를 다시 매립토로 이용하고 있어 인근의 연안 조하대 생태계마저 파괴하고 있다. 준설한 지역에서는 매립과 똑같이 그 만큼의 서식처 면적이 파괴되기 때문에 준설 지역의 생물 군집이나 개체군이 다시 회복하려면 많은 시간이 필요하다. 준설에 의한 서식처의 파괴는 주변 육상부의 산을 절토하여 매립토로 사용하는 경우보다 환경적인 손실이 더 크다.

2) 연안공간매립에 따른 해양환경변화

■ 해양물리환경변화

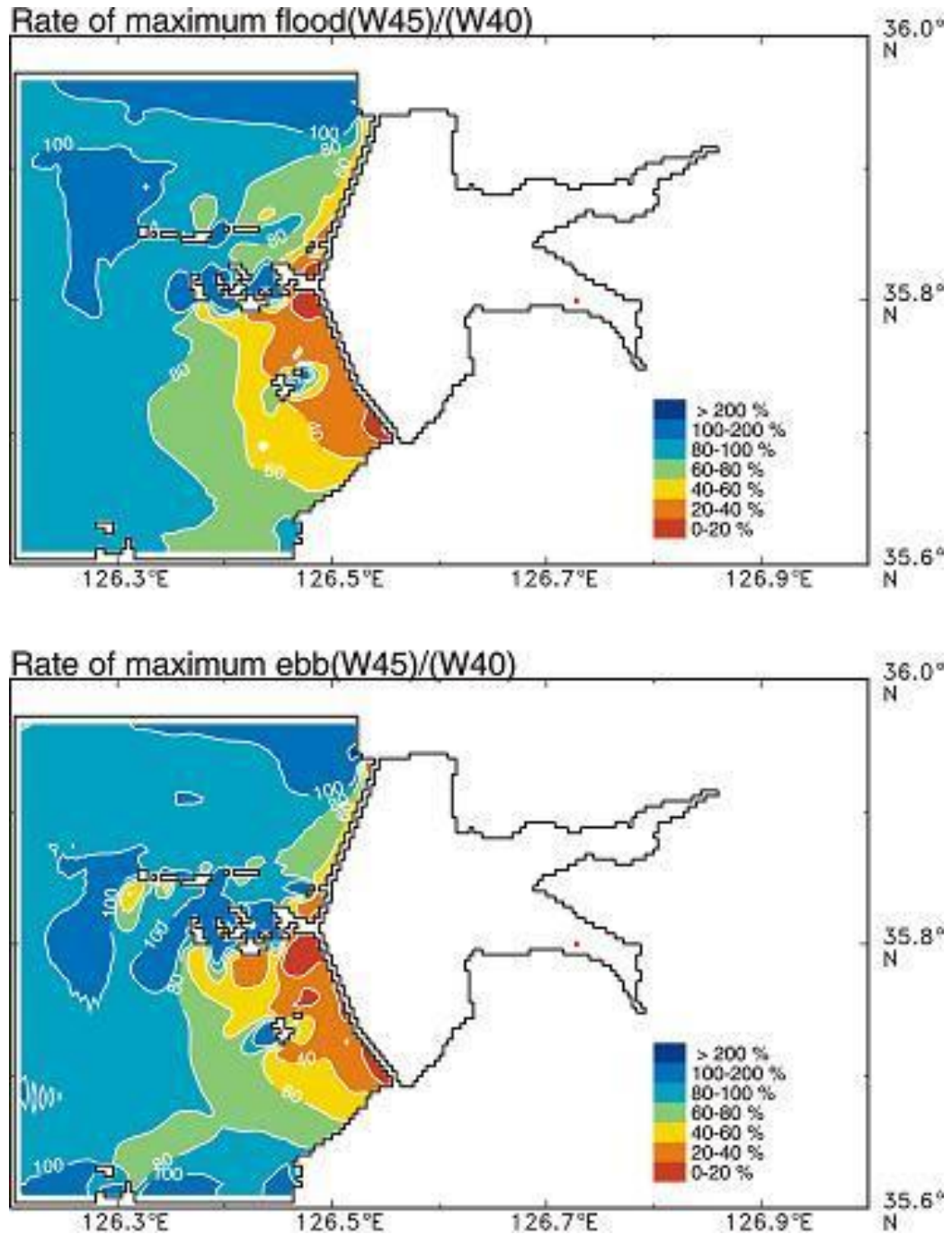
해양매립은 매립 유형에 따라 다양한 형태로 해양 유동의 제 성분에 영향을 미치게 된다. 산업단지나 택지와 같이 단순히 장방형의 매립을 하는 경우 해안에 평행한 흐름을 직접적으로 차단함으로써 유동변화를 유발할 수 있으며 이로 인하여 해안과 수평방향으로의 물질 이동에 영향을 미칠 수 있다. 항만공사의 경우 외양과 항 사이를 물리적으로 차단함으로써 항 외부와 내부의 유동변화가 발생할 수 있으며 이와 더불어

어 방파제, 방사제 등으로 각종 조류, 파에 의한 흐름, 취송류 등을 변화시킬 수 있다. 이와 같이 매립은 해안의 물리적 변화를 통하여 사업해역 주변의 해양유동을 직접적으로 변화시키는 외에도 매립으로 인한 해안구조물(방파제 등)에 의한 파랑의 반사 등으로 파랑을 변화시킴으로써 유동변화를 유발할 수가 있다. 또한 새만금과 같이 대규모 매립이나 특정 만내에서의 매립공사는 만이나 주변 해역의 조석체제를 변화시킴으로써 광범위하게 유속을 변화시키기도 한다. 이에 발생하는 해양의 물리적인 변화는 수질의 변화, 해안 및 주변 저질의 퇴적상의 변화, 이와 관련된 생물상의 변화 등을 유발하게 되어 연안환경 및 생태계에 큰 영향을 미칠 수 있다. 이와 같이 해양 관련 사업은 거의 모든 분야에서 유동장의 변화 등과 같은 물리적 환경변화를 유발할 수 있으며 이들의 현황조사는 해양 물리적인 현황 파악뿐만 아니라, 영향이 예상되는 해양환경 및 해양생태계 전반과 연관하여 고려되어야 한다.

해양매립으로 유동이 변화하는 유형은 다양하게 존재한다(한국환경정책·평가연구원, 2005). 일반적으로 해안에 수직으로 돌출하여 해안에 매립이 이루어지는 경우 연안류 및 이안류 등의 유동을 차단 또는 변형시킨다. 이와 같은 유동변화는 해안선과 평행하게 이루어지는 각종 물질순환, 생태계 순환에 영향을 미치게 된다. 대규모 매립이나 만 등에서 행하여지는 매립은 매립지 주변 해역의 물리적 구조를 변화시킴으로써 유동변화가 광범위하고 복잡하게 나타날 수가 있다. 매립사업이 준설을 포함하는 경우 준설로 인하여 유속이 감소하게 된다. 항만매립사업의 경우 항내의 경우 외해와의 차단에 의하여 유동이 크게 감소하게 되며 이로 인하여 수질 악화 등의 환경영향을 유발하게 된다. 여기서는 기존의 매립사업으로 인한 유동변화 사례에 대하여 소개하고자 한다.

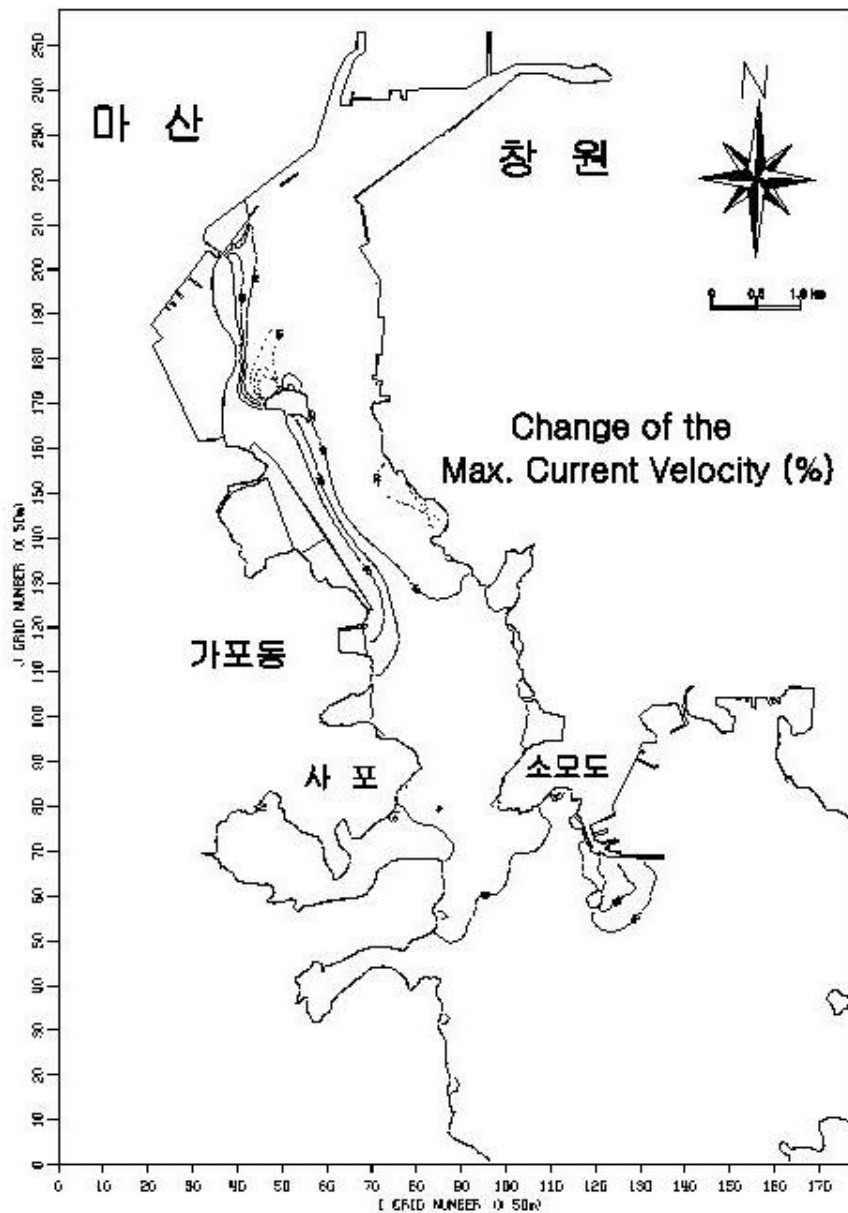
새만금 매립의 경우 수치모델을 통한 유속변화 검토 결과 유속변화는 매우 큰 범위에서 나타나며 그 감소폭도 비교적 크게 나타나고 있다. 연구결과에 의하면 사업매립은 황해의 조석시스템에도 영향을 주는 것

으로 예측되고 있으며 이로 인하여 새만금 주변해역으로 수질, 생태계에 큰 변화가 나타날 것으로 평가하고 있다.



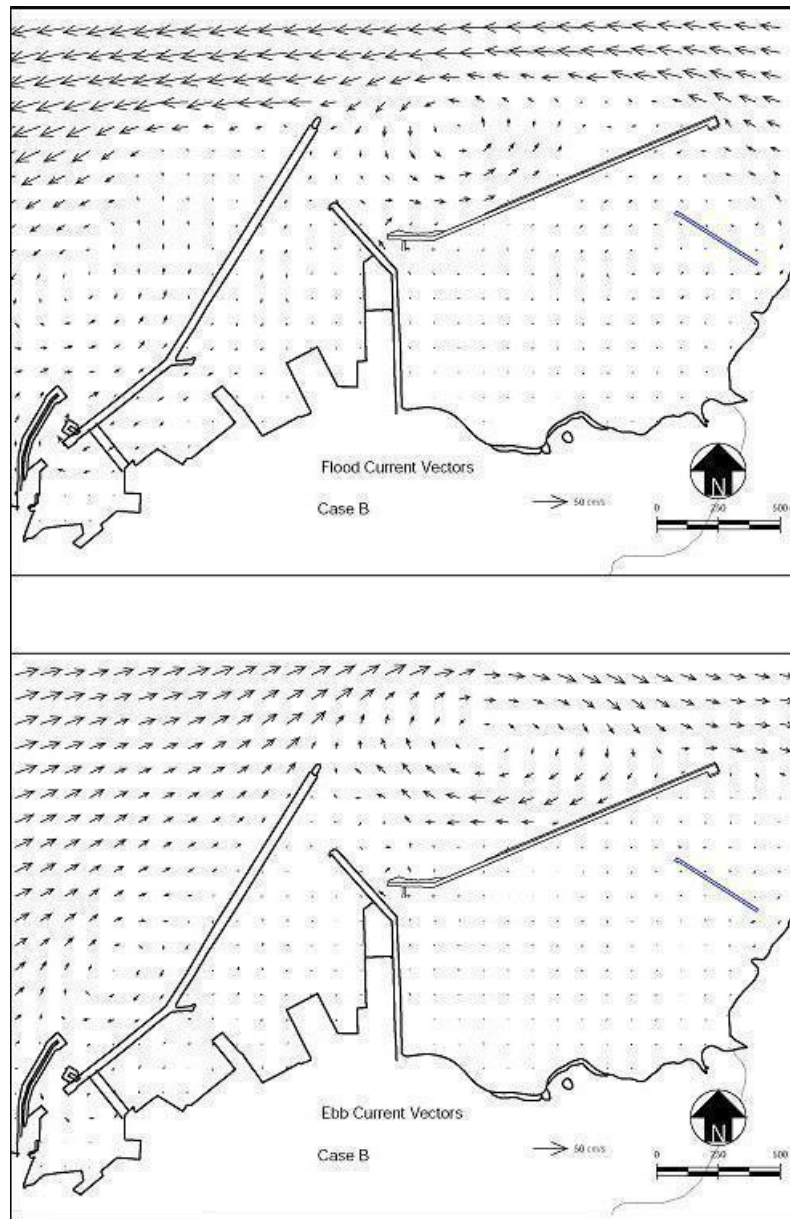
〈그림 2.14〉 새만금 매립사업 주변 해역의 유동(조류)변화에 대한 예측치(한국환경정책·평가연구원, 2005)

<그림 2.15>는 해수 흐름이 매우 약하고 오염부하가 매우 큰 해역으로서 우리나라에서 가장 오염이 심한 해역으로 알려진 마산만 지역의 대규모 매립에 따른 조류변화율을 나타낸 것이다. 대규모 매립에 의하여 유속 변화가 거의 마산만 전체에서 일어나고 있으며 유속 감소율도 비교적 크게 나타나고 있다. 이와 같은 물리적 변화는 동 해역의 수질, 생태계에 추가적인 환경변화를 유발 할 수 있을 것으로 평가된다.



<그림 2.15> 마산만 지역의 대규모 매립에 따른 조류변화율(한국환경정책·평가연구원, 2005)

<그림 2.16>은 항만 건설에 따른 항내의 유속 감소를 보여주고 있다. 일반적으로 항만 건설을 위한 매립의 경우 항내 정온도 유지를 위한 방파제, 파제제 등의 건설로 외해와의 흐름이 차단되어 항내에서는 유속이 큰 폭으로 감소하게 된다. 동 사업의 경우에도 주변 조류의 흐름이 항내에는 거의 영향을 미치지 못하게 되어 항내의 유속이 크게 감소됨을 알 수 있다.



<그림 2.16> 제주의항 주변
유속변화(한국환경정책·평가연구원, 2005)

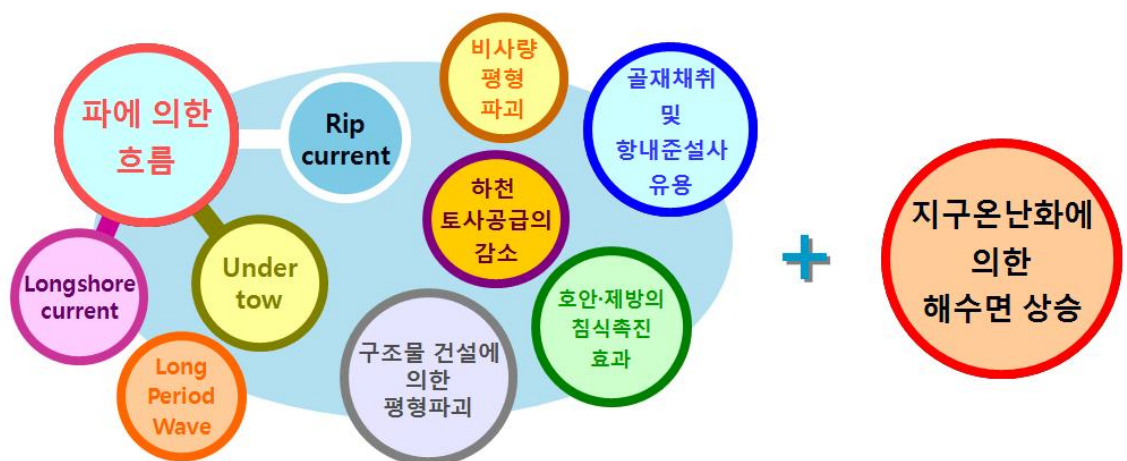
이와 같은 유속감소는 항내 다양한 오염물질 부하와 더불어 항내수질을 크게 오염시키는 것으로 나타나고 있다. 이와 같은 유동변화에 대한 저감방안으로 최근에 동해안에서는 해수교환용 방파제, 서해안에서는 해수소통구 등이 도입되고 있다. 이들은 동해 및 서해의 해양 순환 특성을 고려한 저감방안으로 동해에서는 해안에서의 파랑에 의한 해빈류, 서해에서는 조석에 의한 조류를 활용하여 항내 해수 소통을 증대시키는 방안이라고 할 수 있다. 이들 흐름은 항내뿐만 아니라 매립 이전에 해안을 따라 흐르던 해안에 평행한 흐름을 차단함으로써 해안으로의 물질 순환 및 생태계 이동에 영향을 줄 수 있다.

■ 해안침식을 포함한 해저지형변화

해안에서의 각종 매립사업(항만, 산업단지, 도로 등)으로 인한 환경영향 중 가장 큰 환경영향 중의 하나가 해안의 퇴적상 변화라 할 수 있다. 퇴적상에 영향을 주는 해양매립 유형은 조상대 매립, 조간대 매립, 조하대 매립으로 구분할 수 있으며 매립과 더불어 수반되는 준설(항내 준설)이 주변 해역의 퇴적상에 영향을 줄 수 있다.

현재 우리나라는 각종 개발 사업으로 인한 해안선 침식문제가 크게 발생하고 있다. 이들 침식은 기본적으로 매우 귀중한 자연자원을 훼손할 뿐만 아니라 해빈 폭과 높이를 감소시킴으로써 높은 파도가 배후 지역으로 직접적으로 내습하게 되어 인명과 재산상의 피해를 일으키는 사회경제적 문제를 유발하고 있는 실정이다.

해저 지형의 변화 및 그에 따른 해안침식의 원인은 일반적으로 매우 복잡하며 여러 가지 인자가 복합되어 발생한다. 해안지형의 변화는 <그림 2.17>에서 보는 바와 같이 파랑 및 해빈류(Wave induced current) 등의 외력에 기인한 표사이동(sediment movement)에 의해 초래되며, 이때 바람 및 하천의 영향도 함께 작용하게 된다.



<그림 2.17> 해안침식의 원인(김 등, 2001)

특히, 강원 및 경북이 인접한 동해안에서 이루어지고 있는 기존항만의 확장 또는 정온도 개선을 목적으로 하는 방파제 연장공사, 임해 발전소 건설과 항만 및 어항에서는 자연적 과정에 의해 이동된 해저퇴적물이 지형적 영향으로 항만의 입구 부근 및 접근항로에서 매몰현상으로 수심을 유지하기 위한 유지준설 등은 인접 지역에 심각한 해안선 변형(주로 침식)을 초래한다.

해안의 모래는 주변 상황이 급격히 바뀌지 않는 한 현재의 모래 유입 및 유출 상태가 그대로 유지되기 때문에 지금 상황에서의 표사 공급원과 단위 표사계를 설정하여 관찰할 필요가 있다.

강원도 해안은 직선적인 해안으로 이루어져 해안선이 파랑의 진입 방향과 거의 수직으로 놓여있음을 알 수 있다. 하지만 최근 기후 온난화로 인하여 파랑의 평균 진입 방향이 조금씩 바뀌고 있거나 바뀌게 된다면 해안선이 파봉선과 평행을 이루려 하여 사질 해안의 경계 지점과 항의 남측과 북측에서 국부적인 침식과 퇴적이 발생될 수 있다. 그러나 이러한 새로운 평형을 찾아가려는 과정에서 해안선에서는 퇴적보다는 침식 규모가 커 전반적으로 해안선 침식의 증대가 우려된다.

삼척 월천해수욕장은 대규모 모래채취 등으로 지난 2001년 이후 모래유실로 자갈화로 사회적 문제가 대두되기도 하였으나, 몽돌해안으로 자연관광지가 되었으나, 가스공사의 LNG 인수기지 건설을 위한 매립 및 방파제 건설이후 월천 해변에 해안 침식이 발생하면서 백사장이 사라지고, 해안도로까지 세굴·침하하는 위험 상황이 발생, 현재 해변에 TTP가 설치되어 있는 상황이다. 2004년 이전과 2005년 ~ 2009년의 영상 및 2011년 이후 영상을 비교함으로써 과거와 현재의 해안선 및 해빈 변화 추세를 분석할 수 있다(삼척생산기지 해안선변화 모니터링 보고서, 2014).

분석결과 지역주민이 거주하고 있으며, 기존에 해수욕장이 위치한 C구간에서 연평균 1,397㎡의 감소가 나타나 약 5.2%의 감소 경향을 보이고 있으며, 해안선의 감소가 가속화되었음을 알 수 있다.



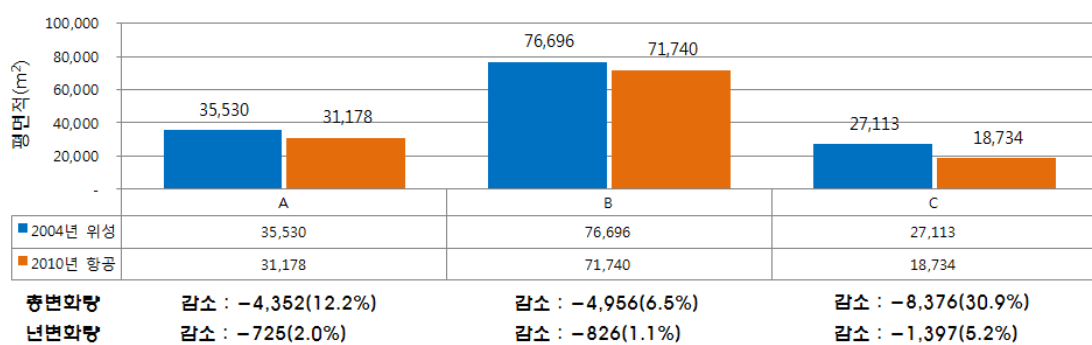
〈그림 2.18〉 항공(위성)사진 분석을 통한 해안선 변화(삼척생산기지 해안선변화 모니터링 보고서, 2014).



〈그림 2.19〉 2004년 위성사진 분석(삼척생산기지 해안선변화 모니터링 보고서, 2014).



〈그림 2.20〉 2010년 항공사진 분석(삼척생산기지 해안선변화 모니터링 보고서, 2014).




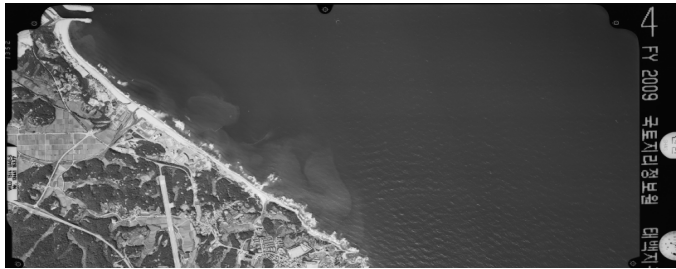


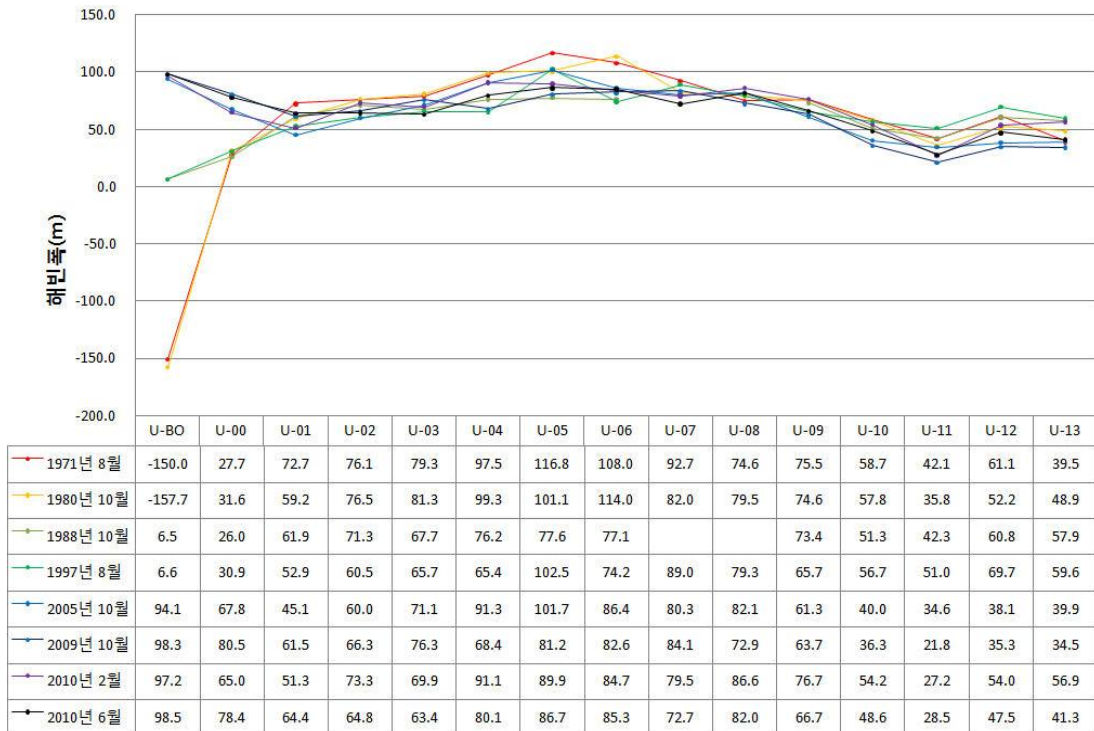
〈그림 2.21〉 해빈면적 변화 분석결과(삼척생산기지 해안선변화 모니터링 보고서, 2014).

울진원자력발전소 남측에 위치한 후정해수욕장의 표사이동을 단위표사계의 경계를 통해 이동하는 모래의 수지분석을 울진원전 해상구조물 건설 착수시기를 기준으로 1980년 이전과 이후로 구분하여 수행함으로

서 울진원전 해양구조물에 의한 후정해수욕장 침퇴적에의 영향을 분석하였다. 특히 원전 방파제 시설의 축조 및 보강공사에 근접한 자료를 확보하여 해안선 변화를 정량적으로 비교·분석하여 원전 방파제의 축조 이력과 연도별 항공사진을 시기별로 비교해 <표 2.4>와 나타내고, 분석 결과를 <그림 2.22>에 나타내었다.

<표 2.4> 후정 해수욕장 주변의 년별 항공사진(동해연안보전협회, 2010)

촬영일시	항공사진	비고
1980.10		원전건설 전 북·남 방파제 축조 전
1997.08		북·남 방파제 보강 후
2005.05		도류제 및 남방파제 보강 후
2009.10		기존 방파제 증축, 기존 물양장 증축, 남측 방파제 제거 공사 중



〈그림 2.22〉 항공사진 분석을 통한 후정해수욕장 해안선 변화분석(동해연안보전협회, 2010)

가용한 자료에 의한 후정전체 지역의 해빈폭 변화는 〈그림 2.22〉에 보인 바와 같이 전체적으로 국부지점별 변화가 크게 나타나고 있다. 원전 배수구 도류제에 가장 가까운 U-B0 지점의 해빈폭의 변화는 무려 256.2m이며, 변화 폭이 두 번째로 큰 곳은 U-05 지점의 39.2 m이고, 3 번째로 큰 곳은 U-12 지점의 34.4 m이다. 가장 변화 폭이 작은 곳은 U-08 부근으로 약 13.5 m 이다.

■ 해양수질변화

매립사업으로 인한 해양 유동 변화는 해양 수질에 영향을 미칠 수 있다.

① 성층현상

해양매립사업으로 해양의 유속이 감소하는 경우 사업 해역에서 새로이 성층(stratification)이 형성되거나 기존의 성층현상이 더욱 강화될 수 있다. 해양은 육지와는 달리 태양복사열을 해수 표면으로부터 받기 때문에 표층에는 온도가 높고 밀도가 적은 물이 존재하고 그 하층에는 온도가 낮으며 밀도가 큰 수괴가 존재하게 된다. 성층은 바람, 해류, 조류 등이 강한 지역에서는 이들의 강한 혼합에 의하여 파괴되기도 한다.

우리나라 연안에서는 성층 현상이 태양복사에너지가 큰 하계를 중심으로 주로 발생하고 조류가 강한 서해 보다는 동해나 남해에서 주로 발생하며, 유동이 약한 만 등에서도 나타나고 있다. 서해에서는 조류에 의한 조석 혼합으로 외해에서는 성층이 발생하나 연안역에서는 성층현상이 발생하지 않는 곳이 많다. 흐름이 약한 내만 해역에서는 하계 수온상승에 의한 수온 성층화, 담수유입 및 대기로부터의 강수유입에 의한 염도 성층화 현상도 빈발하고 있다. 따라서, 각종 매립사업 등으로 인한 유속 감소는 성층 구조를 더욱 증대시켜 사업해역의 수질을 더욱 악화시킬 것으로 예상된다.

② 유속변화

아울러, 해양매립으로 인한 유속변화는 유속이 변화하는 해역의 해수교환을 변화를 통하여 해양 수질 및 생태계에 영향을 줄 수 있다. 최근 해양오염에 대한 관심이 부각되면서 연안 및 항만개발로 인한 해수교환율이 큰 문제로 부상하고 있다. 구조물 건설 및 매립 사업 등으로 인하여 내만 및 연안해역의 유속저하에 따른 해수교환율이 저해되어 오염이 악화될 우려가 크다.

③ 해수교환을 저하

또한, 해양매립사업의 경우 사업을 실시함에 따라 해양수질오염을 일으키는 요인 중 가장 직접적인 원인은 시설물 설치로 인한 해수의 원활한 교환의 저해이다. 항만개발에 따라 방파제를 설치함으로써 인해 항내를 폐쇄시킴으로 해수교환이 원활히 이루어지지 못하게 되어 해양수질이 악화된다. 항만개발사업 시 파랑이나 해일 등으로 부터 항내 시설이나 선박을 보호할 목적으로 방파제를 설치한다. 방파제는 파랑 등에 대한 차폐성을 향상시키기 때문에 불투과형의 방파제가 일반적이지만 그렇게 되면 항내가 폐쇄성 수역이 되고 해수 교환이 어려운 정체성 수역이 된다. 정체성 수역에서는 부영양화가 촉진되고, 그 결과 플랑크톤이 증식·대량 발생(적조), 플랑크톤의 사체 등(유기 현탁물질)의 침강·퇴적에 의한 수질 오염이 진행되고, 해저 퇴적물의 분해를 통한 산소의 대량 소비로 인한 저층부의 빈산소화가 발생, 빈산소 수괴의 형성에 수반한 생태 환경의 파괴(사멸)가 발생하게 된다. 특히 국내 어항시설의 경우 항내가 오염되어 사후에 이를 저감하기 위해 오폐수처리시설을 실시하고 있다. 그러나 준설공사는 수질오염을 저감시키기 위한 근본적인 대책이 되지 못한다.

④ 오염물질로 인한 영향

규모가 큰 해양매립사업의 경우 운영 시 발생하는 오염물질을 처리하기 위해 자체적으로 오수처리시설을 설치하거나 인근의 하수처리장으로 유입 처리하는 경우가 대부분이다. 그러나 어항시설사업의 경우 어항과 바로 인접한 마을에서 발생하는 오수를 처리하지 않고 방파제를 건설할 경우 오염물질이 항내로 그대로 유입되므로 항내 오염은 더욱 심화될 수 있다.

또한 어항 내 횃집과 같은 음식점의 경우 해수를 계속해서 이용하나 오수를 처리하지 않고 그대로 해역에 방류시킬 경우 주변 해역이 오염되는 문제점이 있다. 한편 항만개발사업의 경우 각종 화물의 일시 저장을 위한 야적장에서 바람이나 우수로 인해 각종 유해물질이 바다로 흘러들어가 주변 해역을 오염시키게 된다.

2.3 연안환경변화 대응기술의 국내외 현황 및 개선방향

2.3.1 연안환경변화 대응기술의 국내외 현황

- 해외에서 추진 중인 기후변화대응 관련 R&D 사업 사례, 그리고 우리나라 각 정부부처에서 추진 중인 R&D 사업 중 기후변화대응 관련 R&D 사업의 추진 현황 및 성과를 살펴보았으며, 그 대상은 미국의 Climate Change Science Program(CCSP)과 Climate Change Technology Program(CCTP), 네덜란드의 Climate Changes Spatial Planning(CcSP) Program 이다.
- 국내 기후변화대응 관련 R&D 사업으로 교육과학기술부의 ‘기후변화대응 기초·원천기술개발사업’, 국토해양부의 ‘기후변화대응 해양기술개발 사업’, 기상청의 ‘기후변화감시예측 및 국가정책 지원강화사업’과 ‘기상 지진기술개발사업’, 그리고 환경부의 ‘국가장기생태연구’에서 수행된 자료를 조사분석하였다(환경부, 2012).

(1) 주요 선진국의 기후변화대응 관련 R&D 현황

미국, 영국, 일본, 호주 등 주요국에서는 전 지구적 기후변화 예측 및 적응 기술 개발을 목표로 기후변화 관련 R&D 프로그램을 추진하고 있으며, 범 정부 차원에서 중복 방지와 연계 강화를 유도함

① 미국의 CCSP와 CCTP

- 미국은 1990년대 초반부터 기후변화 영향평가 및 적응방안에 대한 연구와 대책 마련이 활발하게 이루어지고 있으며, CCCSTI에서 기후변화 관련 기술개발을 통합 추진
 - 기후변화 관련 R&D는 복잡하고 광범위하여 13개 정부부처 및 기관에서 함께 관여하여 추진
 - : 3개 독립기관(NSF, EPA, NASA)과 7개 행정부처(USDA,

DOC-NOAA, DOD, DHHS-NIH, DOE, DOT), 그리고 3개 기타기관이 참여하고 있음. (Smithsonian Institution, Corps of Engineers, Marine Mammal Commission)

- 이렇게 개별적으로 추진되던 기후변화 R&D를 범국가적 차원에서 통합 적으로 추진하기 위해 2002년 2월 대통령 자문기구인 CCCSTI 설치

: CCSTI는 범부처 기후변화대응관련 과학기술정책 및 프로그램에 대한 부처 간 역할분담, 중점투자방향을 조정·협력하는 최고의 사결정기구로 그 아래에는 범부처 실무위원회인 IWGCCST를 두고 연방정부, 부처들이 합동으로 참가하는 CCSP와 CCTP의 형태로 통합 관리

- 미국의 CCSP는 미국 중심의 기후변화 및 지구환경 변화와 관련된 문제들에 대처하기 위해 2002년 부시 대통령에 의해 추진됨
 - CCSP는 지구변화 및 기후변화에 대한 과학적 연구를 수행하는 범부처 기후변화과학연구프로그램으로 기존의 USGCRP와 CCRI로 구성
 - NOAA에서 총괄하고 13개 정부부처와 기구가 참여하고 있으며, 연간 약 18억 달러를 투자하여 지구변화와 기후변화에 대한 통합연구 수행
 - 주로 기후변화에서 파생될 잠재적 변화가 자연환경과 인간의 삶에 어떠한 영향을 미치는지, 또한 기후변화를 억제시키고 인간의 삶을 향상시키기 위해서는 기후관련 정보를 어떻게 사용하고 발전시킬 것인지를 연구하고 있음.
- 미국의 CCTP는 2002년 CCCSTI를 설립하면서 기후변화 관련 기술개발을 위해서 추진되며, DOE에서 총괄하고 12개 정부부처와 기구가 참여하고 있으며, 연간 약 40억 달러를 투자하며 기후연관 기술의 연구, 개발, 활용을 지원하고, 2005년부터 연방 정부 투자 포트

폴리오를 조정하고 우선순위를 결정하는 역할 수행

- 2004년 이후 CCTP 예산은 연평균 6% 증가하여, 2008년 기준 39억 달러의 예산 투자

② 네덜란드의 Climate Changes Spatial Planning(CcSP) Program

- CcSP 프로그램은 네덜란드 국가 정책 계획에서 기후변화 적응 부문을 선도적으로 추진하며, 5개 정부부처가 참여

- 세부적으로 기후 시나리오, 기후변화 완화 및 적응, 통합 모델, 의사소통 등의 주제에 따라 연구개발을 추진
- (기후 시나리오: Climate scenarios) 전 세계 평균 기온과 국지적 기후변화, 그리고 미래 기후변화의 영향에 대한 평가를 다루며, 대규모 기후 및 해양 변화를 국가 레벨에서 분석하기 위해 Regional Climate Models을 활용
- 이 분야에서 CcSP의 활동은 기존의 장기 관측 프로그램(the oceanic CLIVAR-WOCE programme과 the CESAR observational programme at Cabauw)이 지속적으로 확장되는 데에 기여
- (기후변화 완화: Mitigation) 다양한 프로젝트를 통해 온실가스 모니터링과 배출 완화에 대한 주요한 과학적 연구결과들을 도출하며, 국제 온실 가스 감축 협약에 따른 협상과 이행을 지원하는 역할을 수행
- (기후변화 적응: Adaptation) 네덜란드 내 기후변화 적응에 대한 다양한 프로젝트를 수행 중이며 일부 연구에 대한 결과 도출 및 활용

: 기후변화가 생태계 식물의 공간 배분에 미치는 영향(A1), 국가생태구 조와 관련된 기후변화의 잠재적 위험과 기회(A2), 기후, 토지, 거버넌스의 변화가 네덜란드 홍수 문제에 미치는 영향(A13), 기후 및 사회경제적 시나리오 하에서의 라인강 유역 적

응전략 평가 지원틀 마련(A7) 등 의 내용으로 프로젝트를 수행

- (통합 모델: Integration) 통합 모델의 관점에서 주요한 성과를 도출
: 국가적 차원에서 도시, 농업 등 모든 토지이용을 다루는 개선된 Ruimte Scanner 모델 개발, 농업경제 모델인 LEITAP과 통합 평가 모델인 IMAGE의 연동 성공
: 수자원 관리, 자연보호, 토지이용, 교통, 인프라, 에너지 공급, 공공보건 등에 대해 네덜란드의 기후변화 피해 방지를 위한 96개 적응안 도출
- (의사소통: Communication) 기사와 논문을 통한 기후변화 관련 정보의 제공, 네트워크 프로젝트 수행 및 교육 추진 등의 활동 병행

③ 호주의 Climate Changes Adaptation Program

- 호주 정부는 기후변화 적응 프로그램을 통해 기후변화의 영향에 대한 지식을 공유하고 의사결정자들이 국가 취약 분야에 대응할 수 있도록 역량을 강화하기 위해 126백만 달러를 지원하고 있음
- 연구지원
: 국립 기후변화 적응 연구시설 설립을 위해 4년간 2,000만 달러 투자
- 지방의회 및 전문가 지원 프로그램
: 지방정부가 기후변화 영향에 대응할 수 있는 역량을 구축하도록 약 2 백만 달러 지원
- 주요 국가 취약성 평가
: 국가 해안 위험 평가, 생물다양성 취약성 평가, 호주 세계유산 자산에 대한 영향 분석 등 수행

〈표 2.5〉 주요국의 기후변화대응 관련 R&D 현황

국가명	주요 내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기후변화 예측 및 적응 관련 주요 R&D 프로그램으로 CCSP와 CCTP가 있으며, 범부처 차원에서 균형감있게 추진 중 <ul style="list-style-type: none"> - CCSP(2003년~) : 지구·기후변화 분석, 원인규명, 예측·관리, 적응 등 지구·기후변화에 대한 범정부 기후변화 과학연구프로그램 - CCTP(2002년~) : 에너지 공급 및 효율화, 화석에너지 대체 R&D 등 온실가스 감축을 위한 범정부 기후변화 기술개발 프로그램 ■ 기후변화 관련 과학기술개발정책은 대통령 자문기구인 기후변화과학기술위원회(CCCSTI)가 총괄 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 부처간 역할분담, 중점투자방향 조정 등을 담당 - CCSP, CCTP 등 주요 R&D 프로그램 관리
영국	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세계 최초로 기후변화법(Climate Change Bill)을 제정하여, 기후변화 영향·위험평가 및 적응 프로그램의 수립, 이행 및 정기적인 보고를 의무화 하고 이에 따른 기후변화 적응 프로그램(Adapting to Climate Change Programme)을 2012년 완성 <ul style="list-style-type: none"> - 영국 기상청 해들리센터(Met Office Hadley Center)와 틴달센터(Tyndall Center)를 통해 기후변화 예측 및 기후변화 영향평가 연구를 지원
EU	<ul style="list-style-type: none"> ■ EU의 온실가스 배출감축 등 기후변화대응 정책·목표는 ECCP(European Climate Change Program)에 의해 제시 ■ 제 7차 FP(Framework, '07~'13)는 기후변화 관측·예측, 완화·적응, 기 존 기술 개선·실증·보급 및 신기술 개발 등을 목표 ■ 또한, 2009년 4월 기후변화 적응 관련 백서(Adapting to climate change: Towards a European framework for action)를 발간하여 기후 변화적응의 틀을 제시
일본	<ul style="list-style-type: none"> ■ FRCGC(Frontier Research Center for Global Change)를 중심으로 기후변화 및 영향평가 연구를 수행함 ■ 지구 환경변화의 정확한 예측을 위한 지구시스템모델 개발 ■ 종합과학기술회의(의장: 총리)가 산하 기후변화대응분과를 신설하여, 기후변화 대응 기술개발정책에 대해 종합적으로 점검 및 조정
호주	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2007년 국가기후변화적응 프로그램(National Climate Change Adaptation Programme)을 수립하여 향후 10년간 10개 사업에 100억 달러 투자 중
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기후변화 영향 및 적응프로그램(Climate Change Impacts and Adaptation Programme: CCIAP) 운영 중

(2) 국내 기후변화대응 관련 R&D 현황

① 기후변화 대응 기초·원천기술개발 사업

- (사업목적) 기후변화 대응 기초·원천 연구 추진을 통한 미래 신성장 동력 창출 및 저탄소 녹색성장 견인
 - 기존기술의 한계를 극복하는 기초·원천기술 집중 연구개발
 - 해양관측, 모델링, 자료분석을 통한 통합 기후예측 시스템 구축
- (사업개요) 2009년부터 교육과학기술부 주관으로 추진 중이며 다음과 같은 사업 내용 수행 중
 - 에너지·환경 분야 기술 중 파급력이 큰 기술의 우선 개발 추진
 - 태양광, 바이오에너지, 연료전지, 고효율 2차 전지 등
 - 인공 광합성 기술 개발을 위한 국제 공동연구 추진
 - 해양 관측을 통하여 중장기 기후변화 예측을 위한 통합 기후예측 시스템 개발
 - 정책적 판단에 대한 지정과제 연구(top-down 방식)와 창의탐색을 위한 자유공모에 의한 연구(bottom-up 방식)를 혼합하여 추진
- (지원현황) 2009년 정부투자규모는 125.5억원이며, 과제별 평균 지원금액은 연간 1~10억원 수준임

② 기후변화대응 해양기술개발 사업

- (사업목적) 해양을 매개로 기후변화에 대응하기 위한 온실가스 저감 및 저장, 기후변화 예측 및 관측, 연안재해방지 등 해양 분야의 기후변화대응 핵심기술개발
- (사업개요) 국토해양부 주관 하에 기존의 ‘해양 CO₂ 저감 및 처리 기술개발 사업’이 통합되어 2009년부터 ‘기후변화대응 해양기술개발 사업’으로 추진되었으며, 2010년부터 ‘해양환경기술개발(기후변화)사업’으로 통합되어 추진중

- 온실가스 저장 및 저감기술 개발
 - : CO₂ 해양 처리기술 개발, 해조류를 활용한 CO₂ 저감기술 개발, 선박 배출통계 구축 및 저감기술 개발 등
- 기후변화 예측기술개발
 - : 기후변화에 따른 남해의 해양환경 및 해양 생태계 변동 연구 등
- 기후변화 관측기술개발
 - : 해양생태계 영향 및 기능평가 기술개발 등
- 연안재해 대응 기술개발
- 연안재해 예측 및 저감기술 개발
- (지원현황) 2011년 해양환경기술개발(기후변화)의 정부투자규모는 209억원이며, 과제별 평균 지원 금액은 9.95억원임

③ 기후변화 감시, 예측 및 국가정책 지원강화 사업

- (사업목적) 국가 차원의 기후변화 적응, 완화, 국제협상 전략수립을 위한 기후변화 과학정보 생산 및 활용 기술개발
- (사업개요) 2009년부터 기상청 주관으로 신규 추진 중이며, 주요 연구내용은 지구시스템 모델링 기술개발, 기후변화 관측·감시 및 분석 기술개발, 기후변화 예측기술개발, 기후변화 원인규명 기술개발, 기후변화 영향평가 및 적응 기술개발 등
- (지원현황) 2011년 정부투자규모는 65.4억원이며, 과제별 평균 지원 금액은 1.06억원임

④ 기상지진기술개발사업

- (사업목적) 자연재해로 인한 성장 저해요인 최소화와 지상정보의 부가가치 극대화
- 태풍, 집중호우, 황사, 지진, 해일 등 자연재해를 예측하고 대응할

수 있는 원천·기반기술 지원

- 기상정보를 일반생활에서부터 기업경영, 국가경영에 활용할 수 있는 응용기상기술 지원
- 연구역량 확보 및 미래지향적인 기상지진기술개발을 위한 국내 인프라 구축·강화
- (사업개요) 기상청 주관 하에 계속사업으로 추진 중이며, 세부 사업은 크게 기상기술개발사업과 지진기술개발사업으로 구성
- 기상기술개발사업: 전략기상, 응용기상, 기후변화적응 기술개발 및 기술 혁신기반구축 등
- 이 중 기후변화적응 기술개발은 전지구적 기후변동성 증대에 따른 국내 및 국제적 기후변화 적응체계구축 및 예측능력 강화를 목적으로 함
- 지진기술개발사업: 지진파 분석, 지진인프라 구축, 한반도 지진활동 연구, 지진재해 연구 및 기술혁신기반구축 등
- (지원현황) 2011년 정부투자규모는 100억원이며, 과제별 평균 지원금액은 1억원임

⑤ 국가장기생태연구 사업

- (사업목적) 기후변화 등에 따른 과학적이고 장기적인 한반도 생태계 변화 관리체계 확립 및 생물다양성 보전대책 수립 활용
- 지구온난화, 환경오염 등에 따른 자연생태계의 변화 현상을 생태계 유형 과 기능별로 중장기적인 조사·연구를 수행
- 생물종 감소 방지, 서식환경 보전 등을 위한 생태계 변화에 대한 기초자료를 확보하고 이를 생태계 균형 유지와 생물종 복원 및 멸종방지대책에 활용
- (사업개요) 환경부 주관 하에 2004~2013년까지 10년간 추진되었으

며, 전 국토의 산림, 강, 습지, 섬, 연안 등 지역 및 동물분야를 대상으로 추진

- 육상 분야: 산림을 대상으로 기후변화, 환경오염 및 서식지 변화에 따른 산림 생태계 변화 조사·연구·모니터링 체계 구축
- 담수 분야: 내륙 습지 지역을 대상으로 기후변화, 환경오염 및 서식지 변화에 따른 담수 생태계 변화 조사·연구·모니터링 체계 구축
- 연안 분야: 연안 지역을 대상으로 기후변화, 환경오염 및 서식지 변화에 따른 연안 생태계 변화 조사·연구·모니터링 체계 구축
- 동물 분야: 동물 종을 대상으로 기후변화, 환경오염 및 서식지 변화에 따른 생물다양성 변화 조사·연구·모니터링 체계 구축

2.3.2 연안공간 개발 및 활용을 위한 사전 환경영향평가 개선방안

최근 기후변화에 대응하기 위해 그 수요가 정책적으로 증가하고 있는 해양에너지개발사업의 친환경성을 확보하려면, 환경적 측면에서의 입지 선정과 영향에 대한 대책이 충분히 진단되는 것이 필요하다.

사전평가단계인 전략 환경영향평가서 또는 공유수면매립기본계획서를 제출할 경우에는 해당 사업에 따른 입지, 규모, 시기 등의 타당성을 통한 계획의 적정성 여부가 초점이다. 따라서 환경영향 최소화를 위한 실질적인 대안분석이 이루어져야 할 것이다. 해당 입지 및 사업특성과 무관한 상위계획 또는 지역계획 등 관련 계획을 제시하기 보다는 해당 계획과 관련한 해양공간에서의 연안관리지역계획, 해양환경보전계획 등 직·간접적으로 연계된 구체화된 계획을 제시하여 조화성 여부를 평가하는 것이 매우 중요하다고 판단된다. 또한 해양보호구역, 수산자원보호구역 등 법령상 규제지역 여부(해역이용협의서 작성 등에 관한 규정 제6조 관련), 어장, 어항, 항로 및 해양시설물 분포, 보호대상 해양생물 분포여부 및 주변에서 이루어지는 다양한 해역이용개발계획을 진단하여 행위의 상충에 따른 문제점을 파악하여야 할 것이다.

환경영향 측면에서는 해당사업에 따른 조류의 변화, 부유사확산, 침·퇴적의 변화 등 실제 사업이 이루어질 경우를 예상한 변화정도를 사전에 대략적으로 진단하여 영향범위를 제시하는 것이 필요하다. 물론, 구체적인 예측결과와 검증은 향후 실시단계에서 좀 더 세밀하게 평가되어야 할 것이다. 개발계획으로 인한 경제성과 환경성에 대한 편익을 비교하는 B/C분석결과도 합리적인지에 대한 여부가 중요한 검토요소이다.

특히, 조력발전은 조위, 조류, 조간대면적, 침·퇴적, 수질 및 생물상 변화 정도, 조류발전은 조류 변화와 이와 관련된 수심과 생물상영향, 해상풍력발전은 풍속, 수심과 해안이격거리, 파랑 등 외력에 대한 안정성, 어초단지를 포함한 생물상 영향, 해안경관 부분 등이 환경적 측면에서 사전에 고려되어야 할 것이다. 환경영향평가서 또는 해역이용협의

서를 제출할 때에는 협의 완료 후 실제 공사가 이루어지게 되므로 이 단계에서는 현황조사와 환경예측을 충분하게 수행하고 실효적인 저감방안과 사후조사계획을 수립하여야 할 것이다. 조력발전의 경우에는 해수유동 및 지형변화에서 조위, 유속 등 유동장과 파랑, 해수교환율 및 체류시간, 조간대 및 조하대 변화면적(갯벌), 침·퇴적 및 퇴적물 입도조성이 중요한 평가사항이 될 수 있다. 또한 해수교환변화에 따른 염분 및 수질변화와 공사 시 부유사확산이 중요하고, 보호대상 해양생물의 분포와 주요 생태계(부유, 저서, 수산자원 등)의 종 구성, 밀도, 우점종의 변화도 충분히 진단되어야 할 것이다. 어장, 어항 등이 분포되어 있을 경우에는 이에 미치는 영향과 대책도 중요한 요소이다. 한편으로, 평가결과를 검증하고 실효적인 사후관리를 위해서는 사후모니터링계획의 합리성이 중요한 평가요소로 부각되고 있다. 사업영향을 추적할 수 없는 조사체제의 수립보다는 조사 정점, 조사 시기와 조사항목을 충분히 고려해서 평가단계에서 제시한 결과를 검증하고, 예상 치 못한 결과가 나타날 경우에는 효과적으로 대응할 수 있는 시스템을 구축할 수 있는 방향으로 계획하여야 할 것이다.

조류발전사업이 실시 될 경우에는 사업 전·후 주변 유속을 포함한 유동장 변화, 해수유통량 변화에 따른 지형영향, 공사 시 부유사 확산 및 생태계(부유, 저서, 수산자원 등)에 미치는 영향 및 대책이 중점적으로 기술되어야 할 것이다. 물론, 전술한 사후모니터링의 체계화도 중요한 검토요소이다.

해상풍력발전사업의 경우에는 굴착 등에 따른 부유사확산, 해저 송전케이블 설치에 따른 저주파 및 전자기 영향, 소음과 진동에 따른 해양생물에 미치는 영향, 인공어초 및 어장 등 어업에 미치는 영향 진단과 대책이 중점평가사항일 것이다.

그 외 태양광발전, 파력발전사업은 대부분 연안육역에서 이루어지거나, 사업특성이 소규모여서 해양환경에 미치는 영향이 상대적으로 작아

서 별도의 세밀한 중점평가사항을 논하기는 어려운 측면이 있다. 사업 규모와 입지특성을 고려하여 예상되는 영향에 대한 저감대책과 사후관리대책방안을 중점적으로 기술할 필요가 있다.

공통적인 사안으로는, 실제 에너지 발전 사업에 따라 어업인 등 이해 당사자 사이의 갈등이 표출되고 있으므로 기본적으로 갈등조절과 해소 방안 마련이 전제되어야 할 것이다. 즉, 충분한 의견수렴 과정과 이에 대한 대책이 마련되었는지 여부가 중요하다.

기존 원자력과 화력발전소 건설 등에 따른 환경영향을 줄이기 위해 해양 신재생에너지 개발 사업이 고려되고 있지만, 일부 사업의 경우에는 오히려 환경을 훼손하거나 이해당사자 사이의 갈등이 유발되고 있으므로, 개발계획수립단계에서부터 좀 더 철저한 환경영향검토가 요구된다.

첫째, 경제성분석(B/C 분석)에서는 환경성을 충분히 고려하지 않는 등 논란이 많이 내포되고 있다. 개발편익을 늘리고, 환경비용은 저평가되는 등 문제점이 내포되고 있는 상황을 고려하여, 해양개발계획에 대한 보다 합리적인 평가기준과 근거를 보완하여 보편화될 수 있는 가이드라인 설정이 필요할 것으로 판단된다. 예를 들면, 조력발전 등으로 훼손되는 갯벌, 어장피해와 수질악화로 인해 어장영향이 큼에도 불구하고 댐 건설로 인해 조지 내수면이 정온화되어 오히려 생산성이 증가하거나 수산학적 편익이 발생할 것이라고 결과를 제시하는 상황이 나타나고 있으므로, 이러한 문제를 검증할 수 있는 방안이 필요하다. 아울러 지역 주민의 의식조사를 기본으로 하는 환경가치평가법(Contingent Value Method)을 활용하여 환경가치에 대한 평가를 실시하여 지역주민과의 갈등을 사전에 해소할 필요가 있다.

둘째, 해당 사업의 영향권인 해양공간이용에 대한 정보분석이 충분히 이루어져야 한다. 대부분 평가서에서는 해당 계획의 입지특성을 분석할 때, 육상위주의 정보를 많이 제시하고 있으나, 진작 필요한 해양공간에 대한 최신 정보분석이 상당히 미흡한 상황이다. 평가서 작성에 활용되고, 또한 공간의 전체와 부분을 연계하여 정책을 수립하는데 도움을 줄 수 있는 체계적인 시스템 구축이 필요하다. 대규모 조력발전 및 해상풍력발전 등의 개발지구가 연안관리지역 계획상 절대보전 또는 준 보전지구, 습지보호구역으로 지정, 대규모 항만과 어항의 이용개발계획이 수립, 그리고 어장이 분포되어 수산학적으로 중요한 지역 등으로 설정되어 있는 사례가 많이 나타나고 있어서 상충성이 빈발해 질 수 있다고 판단된다. 특히, 제주지역과 서남해안 해상풍력발전단지의 경우에는 인공어초가 대량으로 분포된 지역으로 발전시설 설치와 수산자원 증강 목적이 상충될 수 있다. 이러한 상황임에도 불구하고, 풍력발전시설로 인해 부착생물이 증가하는 등 수산자원조성에도 도움을 줄 수 있다는 논리가 전개되고 있는 상황인데, 보다 철저한 검증자료가 확보되어야 할 것으로 판단된다. 즉, 개별법에 따른 이용행위 또는 개발계획이 상충되어, 해양공간에서의 마찰이 점점 증가할 것으로 예상되므로 해양공간에 대한 체계적인 이용전략(예를 들면, 선진국의 해양공간계획(Marine Spatial Planning)의 도입), 완충구역의 설정과 이를 지원하기 위한 종합적인 시스템이 마련될 필요가 있다.

셋째, 환경영향과 관련된 평가 및 협의제도의 내실화를 도모해야 할 것으로 판단된다. 사전단계에서 그리고 실시설계 및 사후단계에서 평가해야 할 사항에 대한 기준 정립(평가서 등 작성규정 보완)과 사업유형 특성을 고려한 평가·검토체계 정비가 필요하다. 협의절차와 목적에 관계없이 일반적인 환경영향평가와 검토를 실시하거나, 제출되는 평가서도 사업유형과 절차의 취지를 충분히 살리지 못할 경우 “환경영향평

가”의 의미가 퇴색될 수 있고, 오히려 일선에서 혼란성과 복잡성이 증가될 수 있다. 따라서 평가제도의 중복을 최소화하고 단계별 평가취지를 최대한 살릴 수 있도록 제도개선이 필요할 것이다. 특히 평가서와 협의서를 작성하는 이전단계에서 스코핑의 기능 강화 또는 사전환경영향평가 상담제 등을 도입·검토하여 합리적인 평가가 일관성 있게 이루어지도록 여러 가지 제도적 장치와 방안을 강구하여야 할 것이다.

넷째, 해양에너지사업과 같이 해양공간에서 일어나고 있는 개발 계획의 사전평가와 사후평가를 합리적으로 그리고 통합적으로 진단하기 위해서는 해양공간 및 환경관리의 주무부처인 해양수산부 주관의 제도적 정비が必要할 것으로 판단된다. 해양에너지발전사업과 관련한 환경성 검토가 수반되는 제도는 해양수산부의 해역이용협의를 환경부의 환경영향평가가 있다. 해당 사업이 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」에 따른 공유수면매립과 인공구조물 설치, 또는 굴착·준설 등이 수반되는 경우에는 규모에 따라 일반해역 이용협의 또는 간이해역이용협의를 거쳐야 한다. 또한, 「전원개발촉진법」과 「전기사업법」에 따른 발전시설 용량이 1만kW 이상인 발전소, 태양력·풍력 또는 연료전지발전소의 경우에는 발전시설용량이 10만kW 이상인 것, 발전소의 냉각수를 활용한 해양소수력 발전소의 경우에는 발전시설용량이 3만kW 이상인 경우, 그리고 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」에 따라 매립면적이 무역항, 연안항, 신항만과 자연환경보전지역에서 3만 m² 이상, 그 밖의 지역에서 30만 m² 이상일 경우에는 환경영향평가를 실시하여야 한다. 특히, 계획의 적정성을 사전에 평가하는 전략 환경영향평가에는 「전원개발촉진법」 제11조에 따른 전원개발사업 예정구역의 지정과 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제22조에 따른 공유수면매립 기본계획이 포함되어 있다.

실제 평가사례를 통한 법적 평가대상 측면에서 살펴보면, 대규모 매립이 이루어지는 조력발전의 경우에는 사전에 전략 환경영향평가를 일

반적으로 실시하고, 사업계획이 확정되면 해역이용협의와 환경영향평가를 동시에 수행하게 되어 있다. 현재, 해상풍력과 조류발전 등은 공유수면매립 등이 수반되지 않아서 전략 환경영향평가가 이루어지지 않았으며, 대부분 해역이용협의와 환경영향평가를 실시하고 있는 상황이다. 이러한 배경에서 해양공간에서 이루어지는 에너지 발전 사업은 해양환경 및 수산생태계에 미치는 직·간접적인 영향이 수반되고, 경우에 따라서는 어장 피해와 공유수면 이용과의 상충성이 나타날 수 있고, 이해당사자와의 갈등이 상존하고 있으므로 해양수산부와의 협의가 매우 중요할 것으로 판단된다. 따라서 해양부문 환경영향평가와 관련된 해역이용협의와 해역이용영향평가의 강화가 요구된다고 볼 수 있다. 특히, 해상풍력단지 사업의 경우에는 그 규모를 환경영향평가 대상보다 낮게 설정하여 일반 해역이용협의로 추진하는 경우가 나타나고 있는데, 영향성과 갈등 측면을 고려할 경우에는 해역이용영향평가대상으로 향후 고려하여야 할 것으로 판단된다.

즉, 바다골재채취와 같이 순수한 해양공간에서 일어나는 에너지 발전 사업은 해역이용협의와 해역이용영향평가를 포함하는 가칭 “해양환경영향평가” 체제에서 통합하여 보다 효율적이고 합리적인평가가 수반되어야 할 것이다. 물론, 전략 환경영향평가의 개념을 고려하여 입지의 타당성과 계획의 적정성 등 해양공간계획과의 상호성을 진단할 수 있는 사전평가체제도 도입할 필요가 있다고 판단된다. 물론, 이러한 평가제도의 정비는 유사한 제도를 운영하고 있는 환경부와의 협의가 수반되어야 할 것이다. 다만, 상기에서 언급한 바와 같이, 순수한 해양공간 또는 사업영역이 대부분 해양에서 일어나는 사업일 경우에는 연안관리와 해양환경관리의 주무부처인 해양수산부가 주관 협의기관이 되고, 환경부 등 관련 기관의 의견을 받아서 제도를 운영하는 방향이 필요할 것이다. 이러한 제도정비를 위해서는 가칭 “해양환경영향평가법”의 제정이 검토되어야 할 것이다.

>>>

**온실가스 감축을 위한
제3장 청정그린 에너지개발에
따른 환경영향**

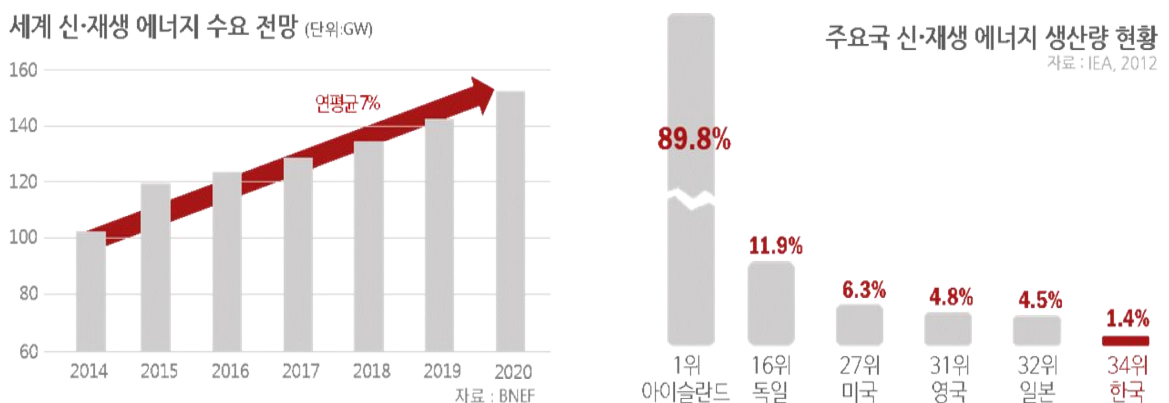
제 3 장 온실가스 감축을 위한 청정그린 에너지개발에 따른 환경영향

3.1 서론

기후변화의 가장 큰 원인은 산업혁명 이후 화석연료의 대규모 사용에서 기인한다. 온실가스의 하나인 이산화탄소는 다른 온실가스에 비해 지구온난화 잠재력 (Global Warming Potential: GWP)이 상대적으로 낮지만 배출규모가 크고, 배출량을 감소시키는 것이 쉽지 않다. 기후변화에 관한 국제협상에서 1990년이 기준년도로 활용되고 있는데 1990년 당시 이산화탄소 배출량은 149억 2천만 톤으로 온실가스 중 가장 많은 80.1%를 차지하고 있으며, 그 다음으로 메탄 (CH₄) (12.3%), 이산화질소 (N₂O) (6.5%), 수소불화탄소 (HFCs), 과불화탄소 (PFCs) 그리고 육불화황 (SF₆)이 1.1%를 차지하였다. 2014년 UNFCC보고서에 의하면 이산화탄소 배출량은 1990년에 비해 0.1% 감소하였으며 이산화탄소가 차지하는 온실가스 중의 비중은 83.2%로 오히려 높아졌다. 메탄이나 이산화질소의 배출은 다양한 기술적 개발과 저감 노력을 통하여 18.0-19.7% 감소한 반면 이산화탄소의 배출은 거의 변화가 없었기 때문이다. 지구온난화의 잠재력 지수를 감안하더라도 이산화탄소는 지구온난화 진행에 막중한 책임이 있다. 산업혁명 이후부터 현재까지 축적된 온실가스의 농도가 현시대에 400ppm에 이르렀고, 이로 인하여 지구의 온도는 2℃ 상승하였다. 현재의 산업발달과 에너지 소비 추세를 보면 금세기 말에는 온실가스의 농도가 800ppm에 달하여 지구의 온도는 6℃ 상승하고 해수면은 최대 98 cm 상승할 것이라 예측되고 있다. 녹아내리는 빙하와 영구동토층, 높아지는 해수면, 변화하는 생태계, 극단적인 더위나 추위에서 기후변화의 현실을 느낄 수 있으며, 이러한 기후변화는 이제 인간의 삶에 커다란 영향을 미치는 심각한 문제가 되어버렸다. 세계은행은 전 세계 인구 1명당 농작물 감소율은 2030년 5%에서 2080년 30%로 늘어나고, 1

억 5000만 명 넘는 인구가 말라리아부터 발달장애에 이르기까지 다양한 질병의 위험에 노출될 수 있으며, 아프리카의 식품가격은 기후변화의 여파로 2030년 12%까지 급등할 수 있다는 암울한 전망들을 내놓았다.

기후변화의 주요인이 되는 온실가스를 감축하기 위해서 신·재생에너지의 개발 및 활용에 대한 더 이상의 이견은 없는 듯하다. 오히려 더 많은 신·재생에너지를 개발하기 위해 세계 각국들이 경쟁적으로 뛰어들고 있으며 신·재생에너지 사용량은 중요한 이슈가 되고 있다. 현재의 추세에 의하면 전 세계 발전량 가운데 신·재생에너지가 차지하는 비중은 2013년 21.5%에서 2030년 37.3%로 늘어날 예상이며, 이 가운데 수력을 제외한 풍력, 태양광, 바이오 등이 차지하는 비중은 5.5%에서 19.0%로 급증할 것으로 IEA는 예상했다. 반대로 석탄이 차지하는 비중은 41.4%에서 24.4%로, 석유의 비중은 4.8%에서 1.6%로 빠르게 줄어든 것이라는 관측이다. IEA와 마찬가지로 BNEF 또한 2040년 태양광 26%, 풍력 14%, 기타 신·재생에너지 14% 등으로 신·재생에너지가 전체 에너지 비중의 절반이 넘는 54%를 차지 할 것으로 예상했다.



<그림 3.1> 세계 신·재생에너지 수요 전망 및 생산량 현황 (IEA, 2014)

〈표 3.1〉 전 세계 신재생 에너지 전환 비율 전망

구분	2012		2040	
	비율	용량 (GW)	비율	용량 (GW)
화석연료	65%	3,630	36%	5,117
원자력	6%	335	4%	569
태양광	2%	112	26%	3696
풍력	5%	279	14%	1990
기타 신재생	21%	1173	14%	1990
기타	1%	56	6%	853
총계	100%	5584	100%	14214

출처: New Energy Outlook 2015, BNEF (Bloomberg New Energy Finance)

우리나라의 경우 신·재생에너지의 공급 비율이 2012년 현재 약 3.18%이며 (에너지관리공단, 2013) 신·재생에너지 비중을 2035년까지 약 11%까지 늘리겠다는 목표로 2차 에너지 기본계획이 수립되었다 (산업통상자원부, 2014). 하지만 우리나라는 2029년에도 현재의 추세로 간다면 화석연료가 차지하는 비중이 전체의 절반을 넘을 것으로 예상되어, 2040년에 36%까지 줄어들 것으로 전망되는 전 세계 화석연료 비중에 크게 뒤쳐질 것으로 예상된다. 석탄은 전 세계적으로 화석 연료에서 배출되는 이산화탄소 배출량의 44%를 차지하고, 원자력은 수조원의 비용과 수만 톤의 고준위 핵폐기물, 치명적인 원전 사고의 위험을 담보로 하기 때문에 기후변화 최선의 해결책은 친환경적이고 안전한 재생가능 에너지의 확대이다. 따라서 우리 정부는 온실가스 배출을 감소시킬 더 많은 조치를 강구할 뿐 아니라 온실가스와 신·재생에너지 확대에 대한 구체적이고 적절한 대응전략을 세워야 할 때이다.

기후변화의 주범인 온실가스를 감축하고 청정에너지 수급을 목적으로 개발되고 있는 그린에너지는 그 이면에 발생될 수 있는 환경영향요소가 다분히 내재되어 있으나, 이에 대한 검토는 신·재생에너지의 열풍에 가려져 미미한 실정이다. 세계의 신·재생에너지 비중은 계속 증가하고 있고, 기존의 에너지 패러다임은 바뀌어 가고 있으며, 신·재생에너지에 대한 투자는 지속가능한 미래를 위한 투자가 될 수 있다. 하지만 이

러한 개발의 부작용으로 나타나는 지금은 사소한 것 같은 많은 환경적인 부작용과 문제들이 미래에는 인간에게 커다란 재난으로 부메랑이 되어 돌아올 수 있다. 즉, 신·재생에너지에 대한 막연한 환상을 가지고 무계획적인 개발을 한다면 환경에 돌이킬 수 없는 악영향을 미치며, 파괴된 환경은 인간에게 엄청난 해를 끼칠 것이다. 따라서 무계획적인 신·재생에너지 개발이 환경에 미치는 '불편한 진실'을 해결하기 위해서는 환경영향을 면밀히 조사·검토하여 향후 발생될 수 있는 환경악영향을 최소화 시킬 구체적이며, 환경과 공존하는 계획적인 정책 개발이 반드시 필요하다. 따라서 본보고서는 기후변화의 주요원인인 온실가스 감축을 위한 그린에너지 개발로 인해 발생하는 환경영향 및 그에 대응하기 위한 국내·외의 기술동향을 분석하여 이 분야의 환경정책방향을 제안하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 국내·외의 신·재생에너지 현황 및 전망 그리고 신·재생에너지 개발이 환경에 미치는 영향과 개선방향을 제시하고자 하였다. 이 보고서가 기후변화에 적극적으로 대응하는 신·재생에너지의 개발과 그로 인하여 발생하는 환경문제를 최소화하여 자연과 인간이 상생하는 발전에 도움이 되길 바란다.

3.2 신·재생에너지 개발의 국내·외 현황

3.2.1 국내현황

- 현재 우리나라는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법」에 태양광, 풍력, 지열, 연료전지 등 총 11가지가 신·재생에너지로 규정되어 있음
- 우리나라의 최근 5년간 신·재생에너지 생산량은 국내기준으로 <표 3.2>와 같은데, 매년 그 생산량과 1차 에너지 대비 비중이 증가했음
- 2012년도 신·재생에너지 생산량은 8,851천 toe으로 총 1차 에너지 278,698천 toe의 3.18%에 해당하고 전년 대비 16.7%의 증가율을 보이고 있음

<표 3.2> 국내 신·재생에너지 생산량 현황

(단위 : 천 toe)

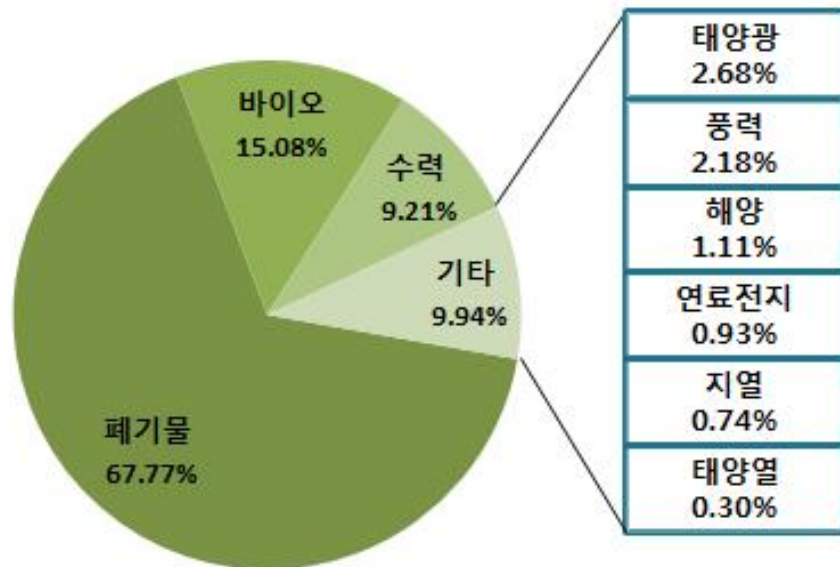
구분	신에너지	재생에너지								합계 (100%)	1차 에너지 대비 비중(%)
	연료 전지	태양열	태양광	바이오	폐기물	수력	풍력	지열	해양		
2008	4 (0.1%)	28 (0.5%)	61 (1.0%)	427 (7.3%)	4569 (78.0%)	660 (11.3%)	94 (1.6%)	16 (0.3%)	-	5859	2.43%
2009	19 (0.3%)	31 (0.5%)	122 (2.0%)	580 (9.5%)	4558 (74.9%)	607 (10.0%)	147 (2.4%)	22 (0.4%)	-	6086	2.50%
2010	42 (0.6%)	29 (0.4%)	166 (2.4%)	755 (11.0%)	4862 (70.9%)	792 (11.6%)	176 (2.6%)	33 (0.5%)	0.2 (0%)	6856	2.60%
2011	63 (0.8%)	27 (0.4%)	197 (2.6%)	963 (12.7%)	5122 (67.5%)	965 (12.7%)	186 (2.4%)	48 (0.6%)	11 (0.1%)	7583	2.74%
2012	83 (0.9%)	26 (0.3%)	238 (2.7%)	1335 (15.1%)	5999 (67.8%)	815 (9.2%)	193 (2.2%)	65 (0.7%)	98 (1.1%)	8851	3.18%

* 신에너지 중 수소, IGCC는 생산실적 없음.

자료 : 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 『2012년 신·재생에너지 보급통계』, 2013.12.

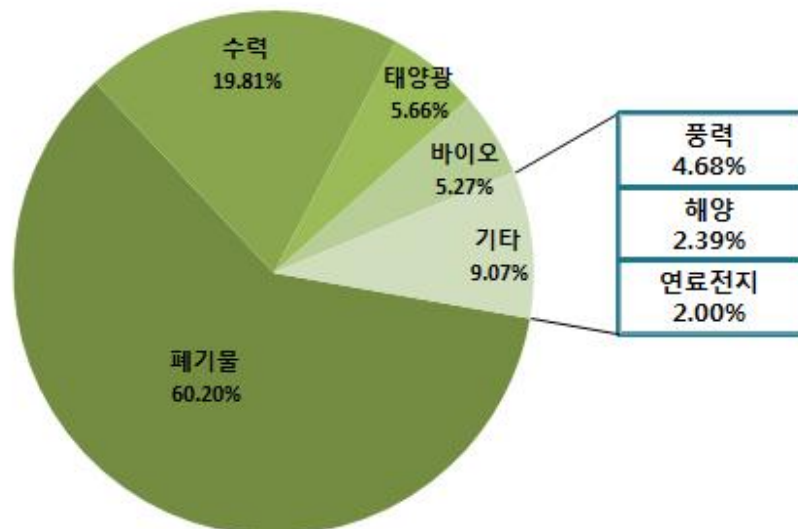
- 2012년 총 1차 에너지 생산량은 278,698천 toe으로 2011년 대비 0.7% 증가함. 신·재생에너지 생산량 또한 8,851천 toe으로 16.7%증가하였고, 신·재생에너지 공급비중은 0.44%p 증가하였음
- 2012년 국내 총 발전량은 532,190,711 MWh이며 그 중 신·재생에너지 총 발전량은 19,498,064 MWh로 신·재생에너지가 차지하는 비중은 전체 발전량의 3.66%였으며 2011년 대비 0.20%p 증가하였음
- 2012년 국내 신·재생에너지 원별 생산량을 보면, 폐기물이 67.77%로 가장 많은 비중을 차지하고, 바이오 15.08%, 수력 9.21%, 태양광 2.68%, 풍

력 2.18% 등을 차지하고 있음



〈그림 3.2〉 2012년 국내 신·재생에너지 원별 생산량 비중 (자료 : 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 『2012년 신·재생에너지 보급통계』, 2013. 12.)

- 2012년 국내 신·재생에너지 원별 발전량을 보면, 역시 폐기물이 60.20%로 가장 많고 수력 19.81%, 태양광 5.66%, 바이오 5.27%, 풍력 4.68%를 차지하고 있음



〈그림 3.3〉 2012년 국내 신·재생에너지 발전량 (자료 : 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 『2012년 신·재생에너지 보급통계』, 2013. 12.)

- IEA 기준에 따라 OECD 주요국과 신·재생에너지 보급비율을 비교하면, 독일 10%, 프랑스 7.2%, 미국 6.1%, 일본 4.2% 등에 비해 우리나라는 0.7%에 불과함. 이는 OECD 34개 국가 중 최하위임

〈표 3.3〉 주요국의 1차 에너지 대비 신·재생에너지 보급 비중 (단위: 천 toe)

구분		OECD	미국	일본	독일	프랑스	한국
1차 에너지		5,304,780	2,191,193	461,468	311,770	252,827	260,440
재 생 에 너 지	수력	119,379 (27.6%)	27,669 (20.7%)	7,155 (36.6%)	1,485 (4.8%)	3,854 (21.1%)	395 (20.7%)
	지열	32,652 (7.6%)	8,554 (6.4%)	2,481 (12.7%)	584 (1.9%)	83 (0.5%)	48 (2.5%)
	태양광	4,960 (1.1%)	452 (0.3%)	444 (2.3%)	1,663 (5.3%)	176 (1.0%)	79 (4.1%)
	태양열	6376 (1.5%)	1638 (1.2%)	410 (2.1%)	555 (1.8%)	64 (0.4%)	27 (1.4%)
	해양	48 (0%)	-	-	-	46 (0.3%)	-
	풍력	28,243 (6.5%)	10,393 (7.8%)	392 (2.0%)	4,204 (13.5%)	1,052 (5.8%)	74 (3.9%)
	바이오	226,704 (52.4%)	81,037 (60.8%)	8,029 (41.1%)	20,320 (65.1%)	11,764 (64.3%)	910 (47.7%)
	폐기물	13,885 (3.2%)	3,612 (2.7%)	623 (3.2%)	2,404 (7.7%)	1,243 (6.8%)	375 (19.6%)
	합계	432,264	133,357	19,534	31,216	18,283	1,909
	비중 (%)	8.1	6.1	4.2	10.0	7.2	0.7

자료 : 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 『2012년 신·재생에너지 보급통계』, 2013.

- 지금 우리나라도 지구온난화 등 환경오염 문제를 해결할 수 있도록 화석연료를 대체할 수 있는 신·재생에너지 개발과 시장 확보를 위해 정부의 적극적인 정책과 국민의 협조가 필요한 시점임

3.2.2 국외 현황

세계 각국은 에너지를 이끄는 나라가 21세기를 주도한다는 생각으로 재생에너지에 국가 역량을 총집중하고 있다. 재생에너지 선진국인 유럽 연합 (EU)은 지난 2007년부터 (6.4%) 2020년까지 전체에너지의 20%를 재생에너지로 충당할 것을 합의하고 추진 중이다.

1) 미국

- 미국의 총 1차 에너지 소비는 2013년 기준 2,265.8 백만 toe로, 총 1차 에너지 소비량은 2012년에 비해 2.6% 증가하였음
- 2012년에 비해 석유, 가스, 수력의 소비 비중은 감소한 반면, 석탄과 재생에너지의 소비 비중은 증가하였음
- 2013년 미국의 재생에너지 소비량은 2012년 소비량에 비해 15.8% 증가한 58.6백만 toe로 나타났음
- 미국의 2013년 재생에너지 총 생산량은 전기 564,585 GWh, 열 51,602 TJ이며, 2013년 재생에너지 전기 생산량은 2012년도에 비해 3.2%, 열 생산량은 15.9% 증가함

〈표 3.4〉 미국의 1차 에너지 소비현황 (2013년)

(단위: million toe)

석유	가스	석탄	원자력	수력	신재생*	합계
831.0 (36.7%)	671.0 (29.6%)	455.7 (20.1%)	187.9 (8.3%)	61.5 (2.7%)	58.6 (2.6%)	2,265.8 (100.0%)

* 수력 제외 재생에너지 소비량

** 자료: BP, Statistical Review of World Energy 2014(2014)

- 전기 부문에 대해서는 수력의 비중이 51.5%로 가장 높으며, 풍력이 30.0%로 그 뒤를 잇고 있음. 2012년에 비해 태양광·태양열이 발전량이 21.8% 증가하였음
- 반면, 수력 및 폐기물 발전량은 감소하였으며, 특히 폐기물 발전량은 2012년에 비해 22.6% 감소하였음

- 열 부문에 대해서는 2012년에 비해 바이오연료 열 생산량은 24.6% 증가한 반면, 폐기물 열 생산량 증가는 0.2%임
- 미국의 전체 에너지 소비량은 감소한 반면 재생에너지의 소비는 7% 증가하였음. 2012년 미국의 재생에너지 소비량은 바이오연료와 태양광, 풍력발전의 증가에 힘입어 국가 전기 생산량의 10%를 재생에너지로 채웠으며, 이를 2025년까지 25%까지 확대할 계획임

〈표 3.5〉 미국의 재생에너지 생산량 현황

	전기생산량 [단위: GWh]	열 생산량* [단위: TJ]
수력	290,760 (51.5%)	-
지열	18,187 (3.2%)	-
태양광·태양열	12,219 (202%)	-
해양에너지(조력, 파력 등)	-	-
풍력	169,537 (30.0%)	-
폐기물	18,184 (3.2%)	15,812 (30.6%)
바이오연료	55,748 (9.9%)	35,790 (69.4%)
합계	564,585 (100.0%)	51.602 (100%)

* 전환 부문 열 생산량

자료: IEA, Renewable Information 2014(2014)

- 미국은 2019년까지 에너지 효율 향상과 재생에너지 연구 분야에 총 27.2 십억 달러가 투자될 예정임
- 특히 재생에너지 연구·개발 및 보급 관련해서 총 5개의 정책 프로그램에 8.9십억 달러가 투자될 예정임
- 미국은 연방수준에서 재생에너지 보급 목표를 정하고 있지는 않지만, 특정 주에서는 재생에너지 보급 목표를 설정하고 있음. 예를 들면: 하와이 주는 2030년까지 전력의 40%를 재생에너지 전력으로 보급하겠다는 목표를 설정. 캘리포니아 주는 2014년까지 20%, 2017년까지 25%, 2020년까지 33%의 재생에너지 전력을 보급하겠다는 목표를 설정. 콜로라도 주는 2020년까지 30%의 재생에너지 전력을, 뉴욕 주는 2015년까지 29%의 재생에너지 전력을 보급하겠다는 목표를 설정함
- 부문별 현황
 - 태양광: 2012년 3.2 GW의 태양광 설비를 설치하였으며, 2013년 미국

의 태양광 신규 설치 용량은 3.3~3.9 GW 수준인 것으로 파악됨. 미국의 태양광 시장은 소형발전소 대상 인센티브 제도와 함께 지속적으로 성장하였으며, 주 별로 세액공제 등의 프로그램이 시행 중임

- 풍력: 2013년 말 기준 풍력 보급이 활발한 텍사스 주 (12,355 MW), 캘리포니아 주 (5,830 MW), 아이오와 주 (5,178 MW), 일리노이 주 (3,568 MW), 오리건 주 (3,153 MW)의 총 풍력 발전 용량은 약 30 GW에 달한다. 미 에너지성은 2030년까지 미국 발전량의 20%를 풍력이 담당할 것으로 예상하고 있음
- 바이오연료: 미국은 5 GW의 바이오연료 발전설비를 추가하여 2013년 말 기준 총 88 GW의 바이오연료 발전설비를 확충하였음. 미국의 바이오연료 발전량은 2012년 대비 3.9% 증가한 60 TWh 수준에 달할 것이라 예상되고 있음

2) 일본

- 일본의 총 1차 에너지 소비는 2013년 기준 474.0백만 toe로, 총 1차 에너지 소비량은 2012년에 비해 0.8% 감소하였음
- 2012년에 비해 석유와 원자력의 소비 비중은 감소한 반면, 가스, 석탄, 수력, 재생에너지의 소비 비중은 증가하였음
- 2013년 일본의 재생에너지 소비량은 2012년 소비량에 비해 14.6% 증가한 9.4백만 toe로 나타났음

<표 3.6> 일본의 1차 에너지 소비현황 (2013년)

(단위: million toe)

석유	가스	석탄	원자력	수력	신재생*	합계
208.9 (44.1%)	105.2 (22.2%)	128.6 (27.1%)	3.3 (0.7%)	18.6 (3.9%)	9.4 (2.0%)	474.0 (100%)

* 수력 제외 재생에너지 소비량

** 자료: BP, Statistical Review of World Energy 2014(2014)

- 일본의 2013년 재생에너지 총 발전량은 413,493 GWh로 2012년에 비해 4.8% 증가하였음

- 재생에너지 발전원 중 수력의 비중이 58.8%로 절반 이상을 차지하고 있으며, 바이오연료가 20.7%로 그 뒤를 잇고 있음
- 2012년에 비해 발전량 증가가 두드러진 에너지원은 태양광 · 태양열 및 폐기물 에너지로 각각 45.6%, 39.0% 발전량이 증가함. 반면, 지열과 바이오연료의 발전량은 2012년에 비해 감소함

〈표 3.7〉 일본의 재생에너지 발전량 현황 (단위: GWh)

	2012년	2013년
수력	83,645 (61.1%)	84,356 (58.8%)
지열	2,609 (1.9%)	2,588 (1.8%)
태양광·태양열	6,963 (5.1%)	10,139 (7.1%)
해양에너지(조력, 파력 등)	-	-
풍력	5,094 (3.7%)	5,094 (3.5%)
폐기물	8,332 (6.1%)	11,585 (8.1%)
바이오연료	30,241 (22.1%)	29,731 (20.7%)
합계	136,884 (100%)	143,493 (100%)

* 전환 부문 열 생산량

자료: IEA, Renewable Information 2014(2014)

- 일본의 2013년 재생에너지 총 발전량은 413,493 GWh로 2012년에 비해 4.8% 증가함
- 재생에너지 발전원 중 수력의 비중이 58.8%로 절반 이상을 차지하고 있으며, 바이오연료가 20.7%로 그 뒤를 잇고 있음
- 2012년에 비해 발전량 증가가 두드러진 에너지원은 태양광 · 태양열 및 폐기물 에너지로 각각 45.6%, 39.0% 발전량이 증가함. 반면, 지열과 바이오연료의 발전량은 2012년에 비해 감소함
- 일본은 2050년까지 전기생산량의 10%는 풍력, 18%는 태양광, 10%는 지열, 14%는 바이오가스로 충당할 것을 목표로 하고 있음

3) 중국

- 중국의 총 1차 에너지 소비는 2013년 기준 2,852.4백만 toe로, 총 1차 에너지 소비량은 2012년에 비해 4.4% 증가하였음

- 2012년에 비해 석유와 석탄의 소비 비중은 감소한 반면, 가스과 재생에너지의 소비 비중은 증가하였음
- 2013년 중국의 재생에너지 소비량은 2012년 소비량에 비해 28.1% 증가한 42.9백만 toe로 나타났음

〈표 3.8〉 중국의 1차 에너지 소비현황 (2013년) (단위: million toe)

석유	가스	석탄	원자력	수력	신재생*	합계
507.4 (17.8%)	145.5 (5.1%)	1,925.3 (67.5%)	25.0 (0.9%)	206.3 (7.2%)	42.9 (1.5%)	2852.4 (100.0%)

* 수력 제외 재생에너지 소비량

** 자료: BP, Statistical Review of World Energy 2014(2014)

- 중국의 2012년 재생에너지 총 공급량은 316,066 ktoe으로 2011년에 비해 공급량이 6.5% 증가하였음
- 공급 비중이 가장 높은 재생에너지원은 바이오연료 및 폐기물로 2012년 기준 총 공급량의 68.3%를 차지하고 있음
- 수력과 지열·태양광 등의 재생에너지원은 2011년에 비해 2012년 공급 비중이 상승한 반면, 바이오연료 및 폐기물의 공급 비중은 감소한 것으로 나타났음
- 중국의 경우 정부주도로 풍력 및 태양력 에너지를 개발하고 있으며, 신·재생에너지 비중을 2010년 8%에서 2020년 15%로 증가시킬 계획임

〈표 3.9〉 중국의 재생에너지 공급량 현황 (단위: ktoe)

	2011년	2012년
수력	59,172 (19.9%)	74,201 (23.5%)
지열·태양광등	21,141 (7.1%)	25,954 (8.2%)
바이오연료 및 폐기물	216,409 (72.9%)	215,911 (68.3%)
합계	296,722 (100%)	316,066 (100%)

자료: IEA, Energy Balances of Non-OECD Countries(2014)

- 2013년과 2014년 중국은 약 23건의 재생에너지 관련 정책을 발표하였음. 이 중 태양광 관련 정책은 12건, 풍력 관련 정책은 3건, 지열 관련 정책은 1건, 수력 관련 정책은 1건이며, 나머지 정책들은 전체 재생에너지원을 대상으로 하고 있음. 이러한 정책 발표 현황은 중국정부가 태양광 육성에 많은 노력을 기울이는 것을 의미함 (태양광 관련 정책은 세제 혜택, 기술 및 시스템의 표준개발, 보급 목표 제시, 관세 조정 등의 내용들을 포함하고 있음)

4) 독일

- 독일의 총 1차 에너지 소비는 2013년 기준 325.0백만 toe로, 총 1차 에너지 소비량은 2012년에 비해 2.5% 증가하였음
- 1차 에너지에서 소비 비중이 가장 높은 에너지원은 석유로 34.5%의 비중을 차지하고 있으며, 석탄이 25.0%, 가스가 23.2%로 그 뒤를 잇고 있음
- 소비 비중이 가장 낮은 에너지원은 수력으로 1.4%의 비중을 차지하고 있다. 2012년에 비해 석유, 석탄, 원자력, 수력의 소비 비중은 감소한 반면, 가스와 재생에너지의 소비 비중은 증가하였음
- 2013년 독일의 재생에너지 소비량은 2012년에 비해 8.0% 증가한 29.7 백만 toe로 나타남

〈표 3.10〉 독일의 1차 에너지 소비현황 (2013년) (단위: million toe)

석유	가스	석탄	원자력	수력	신재생*	합계
112.1 (34.5%)	75.3 (23.2%)	81.3 (25.0%)	22.0 (6.8%)	4.6 (1.4%)	29.7 (9.1%)	325.0 (100%)

* 수력 제외 재생에너지 소비량

** 자료: BP, Statistical Review of World Energy 2014(2014)

- 독일의 2013년 재생에너지 총 생산량은 전기 164,320 GWh, 열 156,107 TJ 이며, 2013년 재생에너지 발전량은 2012년에 비해 5.3%, 열 생산량은 4.8% 증가함

- 재생에너지 발전원 중 풍력의 비중이 32.5%로 가장 높으며, 바이오연료가 25.9%로 그 뒤를 잇고 있음
- 2012년에 비해 발전량 증가가 두드러지는 에너지원은 태양광·태양열로 13.7%의 발전량이 증가하는 반면, 수력은 5.6%의 발전량이 감소함. 열 부문에 대해서는 폐기물이 69.6%, 바이오연료 30.3%로 재생에너지 열 생산량의 대부분을 차지하고 있으며, 두 에너지원의 열 생산량은 2012년에 비해 각각 3.9%, 6.9% 증가함

<표 3.11> 독일의 재생에너지 생산량 현황

	전기생산량 [단위: GWh]	열 생산량* [단위: TJ]
수력	26,300 (16.0%)	-
지열	40 (0.0%)	80 (0.1%)
태양광·태양열	30,000 (18.3%)	10 (0.01%)
해양에너지(조력, 파력 등)	-	-
풍력	53,400 (32.5%)	-
폐기물	11,940 (7.3%)	65,596 (69.6%)
바이오연료	42,640 (25.9%)	28,595 (30.3%)
합계	164,320 (100.0%)	94,281 (100%)

* 전환 부문 열 생산량

자료: IEA, Renewable Information 2014(2014)

- 독일은 1985년 ‘연방정부 재생에너지 지원정책 (Federal States Support for Renewable Energy)’을 발표한 이래 재생에너지를 보급하기 위한 다양한 정책들을 펼쳐옴
- 2010년에는 2020년까지 독일 재생에너지 보급의 기본계획이 되는 ‘국가 에너지실행계획 (National Energy Action Plan: NREAP)’을 발표하였다. 이에 따르면 독일은 2020년까지 최종 에너지 소비량의 18%, 냉·난방수요의 15.5%, 전력수요의 37%, 수송용 에너지의 13%를 재생에너지로 충당할 계획임. 이에 대한 구체적인 실행계획으로 ‘2012 Amendment of the Renewable Energy Sources Act’, ‘Market Incentive Program’ 등이 발표되었음

- ‘2012 Amendment of the Renewable Energy Sources Act’에서는 총전력 공급량에 대하여 2020년에는 35%, 2030년에는 50%, 2040년에는 65%, 2050년에는 100%를 재생에너지로 충당한다는 계획을 가지고 수립된 계획임
- 이 계획에서는 전력공급에 있어 재생에너지 비중을 증가시키기 위해서 시장, 시스템, 전력망의 통합이 강조되었다. FIT 기준가격은 육상풍력에 대해서 8.93 c€/kWh, 해상풍력에 대해서 15 c€/kWh, 수력에 대해서 3.4~12.7 c€/kWh, 바이오가스에 대해서 6~14.3 c€/kWh, 지열에 대해서 23~25 c€/kWh 수준으로 정해짐
- 독일 재생에너지 보급 확대의 핵심은 태양광의 보급이며, 태양광 발전 시스템 단가는 지속적으로 하락하였으며, 현재의 기술개발 노력이 견지된다면, 이 추세로 태양광 발전 시스템 단가는 계속 하락할 것으로 예상됨
- 그럼에도 불구하고 현재 태양광 LCOE 수준에서는 원자력 및 화석연료 등 타 에너지원과 경쟁할 수 없기 때문에 FIT 제도를 통해 독일은 태양광 보급을 추진하고 있으며, 2014년 6월 현재 태양광의 FIT 기준단가는 향후 20년 간 9.01~13.01 c€/kWh 수준에서 결정되고 있음

4) 기타

가) 영국

- 2013년 영국의 재생에너지 발전량은 2012년에 비해 5.3% 증가할 것으로 예상됨
- 신·재생에너지의 소비량은 전체 에너지의 5.5%이며, 재생에너지 발전원 중 풍력의 비중이 47.6%로 가장 높으며, 바이오연료가 28.8%로 그 뒤를 잇고 있음
- 2012년에 비해 발전량 증가가 두드러지는 에너지원은 태양광·태양열 및 풍력으로 각각 69.6%와 40.0%의 발전량이 증가하는 반면, 수력과 폐기물은 각각 7.6%와 6.5%의 발전량이 감소할 것으로 예측됨
- 영국은 2020년까지 최종 에너지 총 소비량의 15%를 재생에너지로

충당할 계획임 (열 소비량의 12%, 전력 수요의 31%, 수송용 에너지의 10%를 재생에너지로 충당할 계획임)

나) 스페인

- 소비 비중이 가장 낮은 에너지원은 수력으로 6.2%의 비중을 차지하고 있으며, 원자력도 9.6%로 소비 비중이 낮은 편임
- 2012년에 비해 석유, 가스, 석탄, 원자력의 소비 비중은 감소한 반면, 수력과 재생에너지의 소비 비중은 증가하였음
- 2013년 스페인의 재생에너지 소비량은 2012년에 비해 12.0% 증가한 16.8백만 toe로 나타나 전체 에너지 소비의 12.6%를 차지함

다) 덴마크

- 2013년 전체 에너지 소비량 중 신·재생에너지가 차지하는 비중은 20.4%이며, 2012년 대비 8.8%가 증가한 3.7백만 toe로 나타남
- 2013년 태양광·태양열 발전량은 2012년의 5배 이상에 달하며, 풍력 또한 2012년에 비해 그 발전량이 8.3% 증가함. 반면, 수력, 바이오연료, 폐기물은 2012년에 비해 각각 23.5%, 7.6%, 3.8%의 발전량이 감소함
- 덴마크는 2020년까지의 에너지·기후 관련 정책 프레임 및 2050년까지의 에너지 관련개요 (outline)를 제시하는 'Energy Agreement'를 지난 2012년 발표하였음. 즉, 2020년까지는 전체 전력사용량의 50%를 풍력으로 충당하겠다는 목표를 제시함. 또한 2050년까지 화석연료 사용량을 0으로 줄이겠다고 천명함

3.3 신·재생에너지의 전망

3.3.1 국외전망

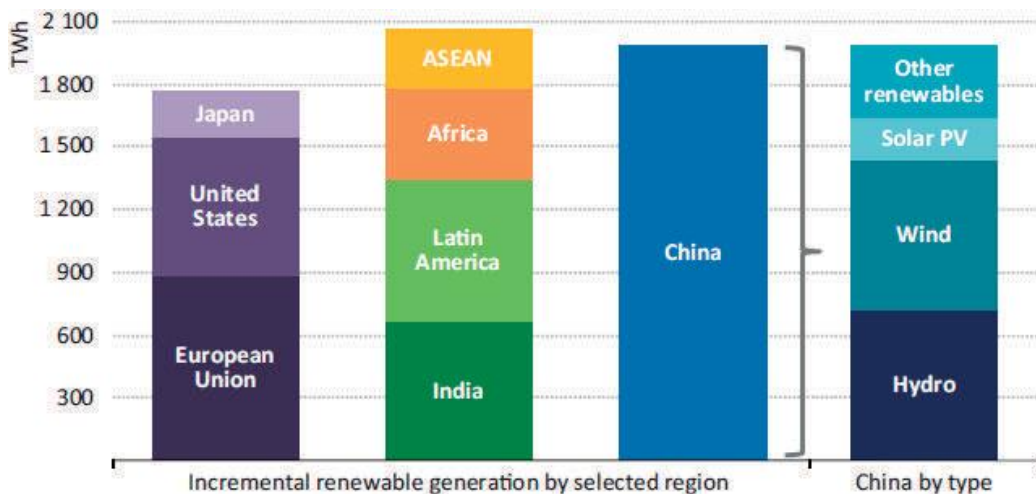
- IEA (International Energy Agency) 최신 보고서 ‘세계 에너지 전망 (World Energy Outlook: WEO) 2013년 보고서에 의하면 모든 시나리오에서 재생에너지의 비중이 큰 폭으로 확대될 것으로 전망하고 있음
- 에너지전망의 핵심인 신정책 시나리오에서는 1차 에너지 소비 중 재생에너지의 비중이 2011년 13%에서 2035년 18%로 증가할 것으로 전망하고 있음
- 이에 비해 450시나리오에서는 26%로 전망하는데 이는 어디까지나 기후 변화에 적극적인 대응, 모든 국가가 새롭게 저탄소 녹색에너지를 개발 보급하는 정책을 개발, 추진하는 것을 전제로 한 것임

〈표 3.12〉 세계 재생에너지 보급 전망 (자료: IEA, World Energy Outlook, 2013)

	New Policies			Current Policies		450 Scenario	
	2011	2012	2035	2020	2035	2020	2035
Primary energy demand (Mtoe)	1727	2193	3059	2130	2729	2265	3918
United States	140	196	331	191	282	215	508
Europe	183	259	362	250	326	270	452
China	298	392	509	373	445	405	690
Brazil	116	148	207	146	204	150	225
Share of global TPED	13%	15%	18%	14%	15%	16%	26%
Electricity generation (Twh)	4482	7196	11612	6844	10022	7528	15483
Bioenergy	424	762	1477	734	1250	797	2056
Hydro	3490	4555	5827	4412	5478	4667	6394
Wind	434	1326	2774	1195	2251	1441	4337
Geothermal	69	128	299	114	217	142	436
Solar PV	61	379	951	352	680	422	1389
Concentrating solar power	2	43	245	35	122	56	806
Marine	1	3	39	3	24	3	64
Share of total generation	20%	26%	31%	24%	25%	28%	48%
Heat demand*(Mtoe)	343	438	602	432	551	446	704
Industry	209	253	316	255	308	248	328
Buildings* and agriculture	135	184	286	177	243	198	376
Share of total final demand	8%	10%	12%	9%	11%	10%	16%
Biofuels (mboe/d)**	1.3	2.1	4.1	1.9	3.3	2.6	7.7
Road transport	1.3	2.1	4.1	1.9	3.2	2.6	6.8
Aviation***	-	-	0.1	-	0.1	-	0.9
Share of total transport	2%	4%	6%	3%	4%	5%	15%
Traditional biomass (Mtoe)	744	730	680	732	689	718	647
Share of total bioenergy	57%	49	37	50	40	47	29
Share of renewable energy demand	43%	33%	22%	34%	25%	32%	17%

*Excludes traditional biomass **Expressed in energy-equivalent volumes of gasoline and diesel ***Includes international bunkers. Note: Mtoe=million tonnes of oil equivalent; TPED=total primary energy demand; Twh=terawatt-hour; mboe/d=million barrels of oil equivalent per day

- 현재 정책을 유지하는 현 정책 시나리오의 경우 보급전망은 15%로 2011년의 실적 13%에 비해 별 차이가 없으나, 재생에너지 발전 전력은 2011년에서 2035년까지 7,000 TWh가 늘어나 전체 증가분의 거의 반을 차지하고 있음
- 재생에너지는 2015년까지 신규 발전원 중 2번째로 규모가 큰 위치를 점하고 그 이후로 수력발전과 바이오에너지, 풍력, 태양광발전의 확대에 힘입어 2035년에 이르러 1차 에너지 공급에서 석탄에 근접하는 비중을 차지할 것으로 전망됨
- 재생에너지발전의 2/3 정도가 비 OECD국가에서 발생할 것이고, 중국에서의 증가분은 EU와 미국, 일본을 합한 것보다 더 많을 것으로 예상됨



<그림 3.4> 지역별 재생에너지 발전설비 증설 (신정책 시나리오) (자료: IEA, World Energy Outlook, 2013)

- 바이오연료 소비는 2011년 1.2m boe에서 2035년 4.1m boe로 증가하여 도로수송 연료의 8%를 차지할 것으로 예상됨. 미국과 브라질, EU, 중국이 세계 총 바이오연료 수요의 80% 이상의 비중을 차지할 것으로 보임
- 고급 바이오연료는 재래식 바이오연료에 대한 지속가능성 문제를 해소하면서 2020년 이후 시장점유율을 확대하여 2035년에 이르러 보급률이 20%에 달할 것으로 전망하고 있음. 상기 보급전망을 달성하기 위해서 재생에너지 기술개발 및 보급 사업에 2035년까지 누적 6.5조 달러 상당의 투자비가 소요됨. 이중 5%만이 바이오연료에 투자되며, 나머지 재생에너지

지 발전설비 증설에 62%가 투자될 것임

- 또한 2,600억 달러에 상당하는 투자가 송배전망을 재생에너지 접속을 가능케 하는 인프라 건설에 투입될 것임. 풍력과 태양광 발전설비의 증설은 발전시장과 시스템 운영에 영향을 미쳐, 타 에너지원과의 경쟁구도와 발전시장의 디자인 개혁이 일어날 것임
- 재생에너지 발전기술은 전력도매가격 측면에서 경쟁력을 확보하고 있는 중이며, 더 많은 비용 저감과 시장점유율 확대를 위해서는 아직 보조금 공여와 정책적 지원이 필요함
- 에너지에 대한 보조금은 2012년에 1,010억 달러로서 2011년에 비해 11% 상승한 수치임. 이 중 60% 가까이가 EU에서 지급됨. 세계 전체 재생에너지 보조금은 2035년에 2,200억 달러에 이를 것으로 전망됨. 이러한 보급정책 지원에 힘입어 풍력의 경우 여러 지역에서 비용경쟁력을 확보했고, 태양광의 경우 일부 제한된 시장에서 경쟁력을 확보하는 중임
- 스웨덴에서 풍력개발이 주요 쟁점인 이유는 현재 재생에너지의 전체 전력생산량에서 차지하는 비율이 바이오매스에 비해 아직 작지만 향후 발전 가능성이 크기 때문이다. 특히 터빈의 급격한 발전과 함께 80년대 중반 이후로 스웨덴의 풍력발전은 매 4년마다 두 배로 성장해왔다. 스웨덴 정부는 2009년 봄, 2020년까지 풍력발전 생산량을 연간 30 TWh으로 증가한다는 목표를 제시하였으며, 2011년 말 기준으로 현재 풍력발전기 2039기가 운영 중이며 총 시설용량은 2899 MW이고 6.1 TWh의 전력을 생산하고 있음. 이는 전체 전력소비량의 4.5%를 차지함

3.3.2 국내 전망

- 정부는 제4차 기본계획을 통해 1차 에너지 대비 신·재생에너지 비중을 '20년 5.0%, '25년 7.7%, '30년 9.7%, '35년 11.0% 달성기로 목표를 제시함
- '14년 ~ '35년 기간 중 신·재생에너지 연평균 증가율은 6.2%로 동 기간 연평균 0.7% 증가에 그친 1차 에너지 수요를 상회하는 수치로 신·재생에너지에 대해 지속적으로 보급을 확대하는 방향성을 제시함

〈표 3.13〉 1차 에너지 기준 국내 신재생 에너지 비중 목표

구분	2012	2014	2020	2025	2030	2035
신·재생에너지 비중	3.2%	3.6%	5.0%	7.7%	9.7%	11%

- 구체적으로 폐기물의 비중이 크게 감소하는 반면, 동 감소분을 태양광과 풍력이 대체할 것으로 전망하고 있으며, 각각 '12년 기준 '35년 신·재생에너지 비중의 목표는 폐기물 (68.4→29.2), 풍력 (2.2→18.2), 태양광 (2.7→14.1)으로 각각 조정함

〈표 3.14〉 1차 에너지 기준 국내 신·재생에너지 비중 목표 (단위: %)

구분	2012	2014	2020	2025	2030	2035	연 평 균 증가율
태양열	0.3	0.5	1.4	3.7	5.6	7.9	21.2
태양광	2.7	4.9	11.7	12.9	13.7	14.1	11.7
풍력	2.2	2.6	6.3	15.6	18.7	18.2	16.5
바이오	15.2	13.3	18.8	19.0	18.5	18.0	7.7
수력	9.3	9.7	6.6	4.1	3.3	2.9	0.3
지열	0.7	0.9	2.7	4.4	6.4	8.5	18.0
해양	1.1	1.1	2.5	1.6	1.4	1.3	6.7
폐기물	68.4	67.0	49.8	38.8	32.4	29.2	2.0

3.4 신·재생에너지의 개발로 인한 환경영향 및 문제점

미래를 위하여 신·재생에너지를 개발해야 하는 당위성에 대해서는 이견이 없다. 그러나 신·재생에너지가 미래의 지속가능한 에너지 공급 체계를 위한 미래에너지원인지, 환경 친화적이며 온실가스를 감축할 수 있는 청정에너지인지에 대한 이견은 여전히 존재하고 있다. 국내 원자력발전 등 전통적인 발전원의 1kWh당 발전단가를 살펴보면 먼저, 원자력발전의 사업자 단가는 50원을 약간 하회하지만 사회적 비용을 합산한 단가는 55 ~ 255원 정도로서 평균 단가는 155원 수준인 것으로 추정된다. 그 외 외부비용을 반영하지 않을 경우 유연탄발전은 65원 미만으로 가장 저렴하며 액화천연가스발전 약 120원, 복합 발전 약 170원, 수력발전 약 180원, 양수발전 200원 이상 및 중유발전 약 250원의 순으로 각각 나타나고 있다. 이에 반해 국내 신·재생에너지 발전단가 추이를 살펴보면 태양광발전의 경우 1 kWh당 2014년 1분기에는 230 ~ 270원 수준인 것으로 나타났는데 2009년 1분기의 711원에 비해서는 대폭 하락하였으나 여전히 전통적인 발전원과 직접적으로 경쟁하기에는 충분한 원가경쟁력을 확보하지 못하고 있다. 또한 신·재생에너지는 유지·보수 및 친환경 측면에서 장점을 가지고 있으나 높은 초기 투자비용과 낮은 설비이용률이 단점이다. 즉 원자력발전은 92%, 석탄발전은 85% 그리고 가스발전은 60%의 높은 설비 이용률 (capacity factor)을 나타내고 있으나 주요 신·재생에너지원인 풍력은 32%, 태양광은 20% 등 낮은 설비이용률로 인해 전력생산량이 상대적으로 적을 수밖에 없다.

또한 신·재생에너지가 온실가스 감축을 위한 진정한 청정에너지인가에 대한 논의는 끊임없이 계속되고 있고, 시민단체와 환경단체들의 분쟁도 이어지고 있지만 신·재생에너지의 매카시즘에 묻혀버려 제 목소리를 내지 못하고 있는 실정이다. 풍력, 태양력, 바이오 에너지 등이 미치는 환경에 미치는 영향은 인간과 동식물에 다양하게 나타나고 있으며, 온실가스 감축을 위하여 시작된 신·재생에너지가 진정한 온실가스 감축에 기여하는지에 대한 본질적인 문제까지도 의문을 제기하고 있다.

3.4.1 풍력에너지

풍력발전은 태양 발전과 마찬가지로 유지 보수가 쉽고 그 비용이 저렴하며 매우 친환경적이라는 장점이 있다. 물론 풍력발전에도 단점이 존재하는데, 바람이란 존재가 항상 일정하게 부는 것이 아니며 언제, 어디서, 얼마만큼 불어올지 예측하기 힘들다는 점이다. 그러나 이러한 단점은 점점 기술로 보완되고 있다. 발전기 컨트롤 기술의 발전으로 일정한 바람을 가지고 만들어 낼 수 있는 전기 에너지의 양이 점점 많아지고 있는 것이다. 때문에 총 전기 생산 중 풍력 발전이 차지하는 비중을 높이려는 시도가 여러 나라에서 진행되고 있다. 하지만 아직 대체적인 에너지원이나 혹은 에너지 저장원이 추가로 필요하다는 것은 풍력 단독으로는 안정적인 전력 공급이 어렵다는 것이며, 이런 다른 에너지원이나 에너지의 저장 자체도 새로운 비용을 발생시키기 때문에 경제적이라고 볼 수 없다. 따라서 풍력 에너지에 다소 회의적인 주장을 하는 사람들은 결국 풍력 에너지가 기존의 전력 생산을 보조할 뿐이지 완전히 대체하기는 어려울 것으로 보는 의견도 있다.

- 풍력 발전의 소음과 진동으로 인한 환경훼손과 동·식물에 악영향 발생
 - 풍력 발전기에서 발생하는 소음과 발전기 날개 그림자는 주변 주민과 농작물의 생육에 악영향을 미침
 - 제주 난산 풍력 발전소 단지 인근주민들은 소음유발, 환경훼손 등으로 재산가치가 하락한다는 행정소송을 제기함
 - 대형 풍력 발전기로 인하여 근처 1 km 이내에 거주할 경우 주택의 진동이 심하게 나타남 (마을의 방구들 진동이 심함)
 - 해마다 박쥐, 오리, 검독수리, 회귀 철새류 등이 풍력 터빈을 피하지 못해 연간 50만 마리 이상이 죽음을 당하고, 최근에는 바다에 세운 해상 풍력발전 시설의 저주파로 인하여 부리고래가 혼동을 일으켜 해변으로 올라와 죽는 현상이 나타남

- 소음으로 인하여 야생동물의 번식과 생활에 악영향을 줌
- 풍력이 원자력과 같은 에너지를 내기 위해서는 원전부지보다 60배나 넓은 토지가 필요함
- 풍력발전기를 설치할 때 대형 크레인의 진입로가 필요하며 송전탑 및 관리동 등의 시설도 들어서야 하므로 산림훼손 등의 환경 피해를 피할 수 없음



〈그림 3.5〉 풍력 발전기 설치장면

- 대형 발전기로 인하여 백두대간의 심각한 훼손과 발전기에서 새어나오는 기름으로 인한 오염, 사고로 문제가 발생할 가능성이 있음 (강릉 대기리)



〈그림 3.6〉 풍력발전기로 인한 백두대간 경관 훼손

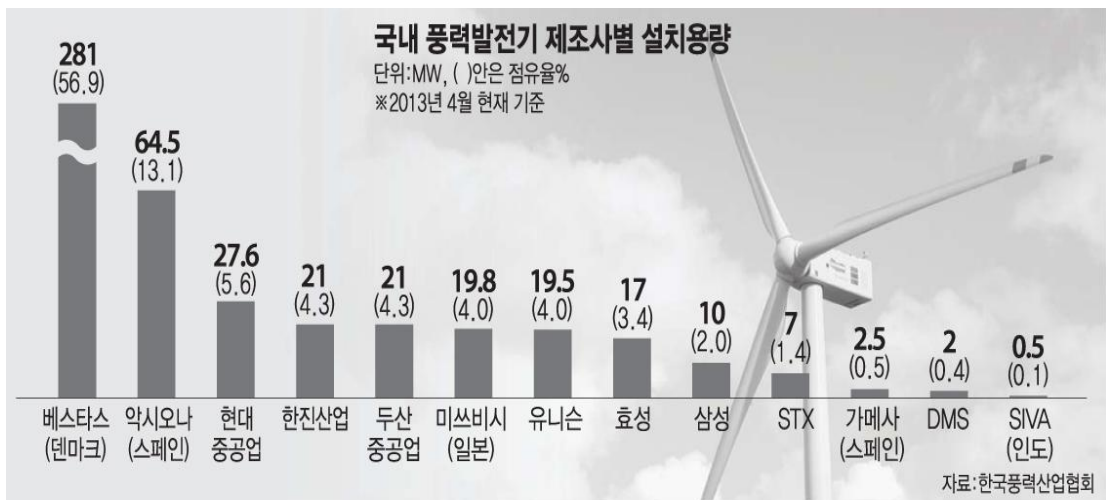


〈그림 3.7〉 거제 풍력발전단지 조감도

- 바람을 에너지원으로 하다 보니 자연적인 바람의 방향이나 강도의 변동 등에 따라 발전량에 가변성이 큼 (풍력발전기는 바람이 초속 4 m이하로 이면 발전을 할 수 없다. 반대로 25 m이상의 강풍이 불어도 발전기는 자동으로 멈추도록 설계됨. 따라서 풍력발전기는 평균 가동률이 25%일 경우 양호한 것으로 평가 받을 만큼 가동률이 낮음)
- 겨울에는 강풍이 불고 전력수요가 많은 여름에는 바람이 거의 불지 않는 우리나라의 경우 지형 특성상 풍력발전이 적합하지 않음
- 윈드 터빈 신드롬 (Wind Turbin Syndrome)으로 인하여 두통·메스꺼움의 증상이 나타나며, 저주파에 장기간 노출되면 기억능력 저하, 이명, 공황 장애, 불면, 두통, 불쾌감 등이 나타남
- 기후변화에 영향을 미침
 - 풍력단지의 규모가 점점 대규모화되어 감에 따라 지역의 기후변화를 야기 할 수 있다는 연구 결과가 나왔음. 내몽고의 Xilingo 지역에서는 2005년 이래 예상치 못한 최악의 가뭄이 촉발되었는데 풍력단지 지역에서 훨씬 빨리 진행되었음. 또한 미국의 San Gorgonio 풍력단지의 온도를 모니터링한 결과 거대한 풍력터빈은 표면온도를 밤에는 데우고 낮에는 식힘으로써 지역온도를 변화시키는 것을 확인하였음

■ 낮은 가동률과 고장에 대한 문제점

- 현재 국산 풍력 발전기는 소형 (750 kW)부터 대형 (2 MW, 3 MW) 까지 개발되었지만, 우리나라의 대부분의 풍력발전기는 덴마크의 베스타스, 스페인의 가메사 등 외제가 주종을 이루고 있음. 풍력발전사고의 대부분은 외국산 풍력 발전기에서 발생하고 있으며, 1-2년의 AS기간이 지난 후에 고장이 발생하면 대처하기가 어려움



<그림 3.8> 국내 풍력발전기 제조사별 설치 용량

- 우리나라는 2030년까지 신·재생에너지를 전체에너지의 11%까지 확대할 계획이며, 신·재생에너지 중 풍력발전을 2030년까지 12.6% 확대할 계획임. 하지만 우리나라 풍력발전의 효율은 낮은 편임. 제주도의 한경풍력과 성산풍력은 발전효율이 25.8%와 27.5%이지만, 중부발전의 양양풍력은 15%, 고리풍력과 영흥풍력의 효율은 7.3%정도에 불과함
- 최근 10년 동안 (2014년 기준) 풍력발전기의 사고건수는 32건에 달하며, 고장으로 풍력발전기를 완전히 철거한 경우도 5건에 해당됨. 사고의 원인별 분석을 보면 기계적 사고 32%, 낙뢰 23%, 폭풍 17%, 화재 6%, 단락 7% 그리고 기타 15% 임

〈표 3.15〉 우리나라 풍력발전기 사고 및 정지현황

위치	규 모 (MW)	건설비용	사업자	풍 력 터 빈 공급업체	사 고 (정 지) 일시	사 고 (정 지) 원인	사 고 처 리 결과 및 현재 운영
평창군 대관 령면 삼양목 장내	2.64	5 9 억 8,200만원	강원도	베스타스	2010.6.28	1,3호기 기 어박스 및 제네레이터 고장	수리
영월군 영월 읍 거운리 접 산	2.25	5 9 억 4700만원	강원도	유니슨	2010.11.11	1,2,3호기 변압기 및 발전기 꼬 장 (낙뢰)	수리
울릉군 북면 현포리 산 102-5	0.6	1 3 억 5000만원	울릉군	베스타스	2010.4.5	한 전 계 통 연계 불안 정	수리
태백시 창죽 동 매봉산	6.8	1 2 4 억 4100만원	태백시	가메사 (6호기)	2010.11.26	기 어 파 손 및 컨버터 불량	수리
				가메사 (7호기)	2010.10.27	오 일 쿨 러 파손 및 컨 버터 불량	수리
				베 스타 스 (1호기)	2010.11.1	상, 하부 통신 불량	수리
구좌읍 행원 리 행원풍력 발전단지	9.8 (15기)	203억 원	제주시	베스타스	2009.7.31	하부 컨트 롤 패널 고 장	2009년 12월22일 교체완료/ 철거
				베스타스	2010.10.25	나 셀 (Nacelle) 화재 발생	2010년 10월27일 철거완료
인천 영흥화 력발전소 부 지 내	2.0 (1기)	20억원	인천시	유니슨	2010.11	화재발생	철거
제주시 안덕- 신제주	7.5 (87기)	1740억원	제주시	유니슨	2015.07	15호 철탐 C상 애자 파손	철거
제주시 김녕 풍력단지	7.5 (87기)	1740억원	제주시	유니슨	2015.07	화 재 발 생 및 나셀파 손	철거



〈그림 3.9〉 불에 타고 있는 풍력 발전기
(제주시 구좌읍 행원리)



〈그림 3.10〉 강풍에 휘어버린 날개
(영양군 석보면 풍력발전단지)

- 우리나라의 풍력 발전기는 전문지식이 없는 공무원들이 관리를 하고 있는 실정이므로, 관리 및 운영에 한계가 있음. 전문 기술자가 없어 유지관리가 어려운 실정임. 지자체는 전문 기술자를 채용하기에는 비용적인 부담이 너무 크고, 이에 대해 정부는 지자체가 보유하고 있는 풍력 발전기에 대해 어떻게 운영되는지 정부차원에서 강제할 수 없다고 말하고 있음

3.4.2 태양광에너지

한때 각광을 받았던 태양광 발전은 여전히 기술 개발이 완료되지 않은 분야로 남아 있다. 태양전지는 대체 에너지 가운데 가능성이 가장 큰 것으로 여겨져 여러 분야에서 활용되고 있지만 여전히 경제성이 문제이다. 특히 전체 시장의 90%를 차지하는 실리콘 태양전지는 높은 가격 때문에 보급이 한계 상황에 직면했다. 또 최근 10년 동안 태양전지의 전력 생산효율은 거의 오르지 않은 반면 원자재 값은 계속 상승해 점점 경제성이 나빠지고 있다. 이 때문에 지상보다 최대 10배 많은 전력을 생산할 수 있는 우주 태양광 발전소라는 기발한 계획이 미국과 일본을 중심으로 진행되고 있다. 대기층이 없고 24시간 전기를 만들 수 있는 우주에 태양광 발전소 위성을 발사해 전기를 생산한다는 계획이다.

- 에너지 밀도가 낮고, 초기 설치비용이 많고, 전력 생산량이 지역별 일사량에 의존하며, 큰 설치 면적 필요하며, 설치장소가 한정적임
- 태양광 발전소 설립으로 주변 축산 농가의 생산성 감소, 주변 농산물의 소출 감소, 인근 거주자의 질병 문제 발생 (전남 장흥과 강진)
- 마을 경관 피해 (전남 영광군 영광읍 덕호리 덕림마을)
 - 일부 지자체에서는 주택과 축사에 인접한 지역에 마구잡이식 허가를 내줘 주민과 갈등을 유발하고 있음



〈그림 3.11〉 태양광설치로 인한 마을 경관 훼손

- 태양광 발전소에서 반사되는 빛과 열로 인하여 피해
 - 도시의 건물 일체형 태양광의 경우 빛의 반사로 인하여 새들이 부딪혀 죽는 경우가 발생



〈그림 3.12〉 태양광 일체형 건물

- 태양광 발전소는 주택, 축사등과 100 m 이상 거리를 두고 허가를 내주고 태양광 발전소와 마을 사이에 나무를 심는 제도적 장치가 필요함

- 산에 설치할 경우 심각한 산림훼손 (우리나라의 경우 현행법상 보전녹지만 아니면 모든 임야에서 태양광 발전 사업을 하는 것이 가능하다. 보전관리지역이나 자연환경 보전지역에서도 가능하다. 즉, 대부분의 임야의 경우 태양광발전을 할 수 있는 길이 열려있음)
- 무분별하게 대규모 임야를 훼손하고 태양광 발전소 건설로 인한 주변 농경지 침수 및 홍수 피해 발생



〈그림 3.13〉 태양광 설치로 인한 산림훼손

- 청정에너지로 알려진 태양광이 원자력보다 훨씬 더 환경 유해물질을 많이 배출함
 - 국제 에너지기구의 연구결과, 1 kWh 의 전력을 생산하는데 원자력은 온실 가스인 이산화탄소 (CO_2)를 20 g, 황산화물 (SO_2) 73 g, 질소산화물 (NO_x) 48 g 을 각각 배출하는데 반해 태양광은 CO_2 216 g, SO_2 433 g 그리고 NO_x 321 g을 배출하는 것으로 나타남. 독일의 연구결과에서는 약간 차이를 보였는데, 원자력은 CO_2 19.7 g, SO_2 32 g, NO_x 70 g 이었고, 태양광은 CO_2 53.3 g, SO_2 104 g 그리고 NO_x 99 g으로 나타남. 미국의 NEI 에서도 연구를 수행했는데 결과는 대동소이하였음. 배출량의 차이는 있지만 청정에너지로 알려진 태양광이 원자력보다 훨씬 더 환경 유해물질을 많이 배출하는 것을 알 수 있음

- 전력 에너지 생산을 위한 넓은 소요 부지가 필요함
 - 1,000 MWe급 원자력 발전소 1기를 건설하는데 약 20만평의 부지가 필요함. 반면에 동일한 용량의 태양광 발전소를 건설하려면 약 100배인 2,000만평이 필요하며, 풍력은 약 375배인 7,500만평의 부지가 필요함 (일본 자원 에너지청, Energy in Japan)
 - 따라서 원자력 발전소 1기를 태양광으로 대체하려면 여의도 면적 (2.9 km²)의 약 23배 크기의 부지가 필요함. 우리나라는 2012. 11월 현재 23기의 원자력 발전소가 가동 중이며, 2011년 말 기준 국내 전력의 31.3%를 공급하고 있다. 국토면적이 협소한 우리나라에서 태양광 발전소는 효율성이 있는지 고려해 봐야 함
- 에너지 회수율 측면
 - 투입된 에너지에 비해 생산된 에너지의 비를 나타내는 에너지 회수율이 원자력은 약 16 ~ 59%, 태양광은 3 ~ 12%정도임을 볼 때 태양광발전이 오히려 환경에 미치는 영향이 훨씬 더 크다는 것을 알 수 있음
- 전력공급의 안정성 측면
 - 굳이 설명할 필요도 없겠지만 풍력이나 태양광은 자연환경 조건에 전적으로 의존하므로 고품질의 안정적인 전력생산은 애초부터 기대할 수 없음
 - 이 외에도 전력수요 증가에 따른 공급 가능성, 전력 생산비용 등 여러 가지 요인을 종합적으로 검토해 볼 때 신·재생에너지는 현재까지는 보조적 수단으로서의 존재가치는 있으나, 주력 에너지 공급원으로는 부적합함

3.4.3 바이오에너지

바이오매스를 가공하면 메탄올, 에탄올, 바이오디젤 등의 액체 연료와 수소나 메탄 같은 기체 연료를 얻을 수 있다. 이러한 연료를 바이오연료 (biofuel)라고 하는데, 이것들은 대부분 수송용 연료나 발전용, 난방용 연료로 이용될 수 있다. 이러한 바이오매스를 에너지원으로 이용하면 에너지의 저장과 재생이 가능하고, 물과 온도조건만 맞으면 지구 어느 곳에서나 비교적 적은 자본으로도 얻을 수 있다. 원자력 등 다른 에너지 자원과 비교할 때 환경적으로 안전하고, 지구온난화의 주범인 이산화탄소 배출량이 상대적으로 적어 친환경 에너지로 꼽히며, 매장량이 한정된 석유에 비해 고갈될 위험도 적다. 휘발유, 경유 등과 혼합해 사용하면 기존의 차량과 주유시설을 그대로 활용할 수도 있다. 그러나 이러한 에탄올에 대한 반대 의견도 만만치 않다. 먼저 사탕수수, 옥수수 와 같은 식용식물을 연료 공급원으로 사용하고 있는 것은 바람직하지 못하다는 것이다. 480갤런의 에탄올을 생산하기 위해서는 1에이커의 옥수수 농장이 필요하다. 이는 지구상의 식량문제가 아직 해결되지 않은 상태에서 윤리적인 문제를 일으킬 수 있다. 또한 에탄올에서는 휘발유에 비해 3분의 2 정도의 에너지만 나와 자동차 연비가 낮아진다. 에탄올을 생산할 때 많은 양의 이산화탄소가 생성되는 데, 이것을 제대로 처리하지 못하면 역시 온실가스가 된다. 그리고 에탄올을 생산하는 데에는 많은 에너지가 필요하다.

- 20개의 유엔 산하기구 등으로 구성된 ‘유엔 에너지’는 최근 발간한 보고서에서 “바이오연료가 전 세계 토지와 수자원에 큰 부담을 줄 수 있으며, 바이오연료 생산이 급증하면 농산물 가격 역시 상승할 가능성이 크다”고 지적한 바 있다. 유엔 보고서의 지적대로 바이오 에너지는 단기적으로는 친환경적이지만 환경 파괴를 조장한다는 비판도 받고 있다. 사탕수수를 원료로 한 바이오에탄올 수출국인 브라질의 경우 아마존 삼림을 마구잡이로 개발하면서 전 지구적인 환경 위기를 고조시키고 있음

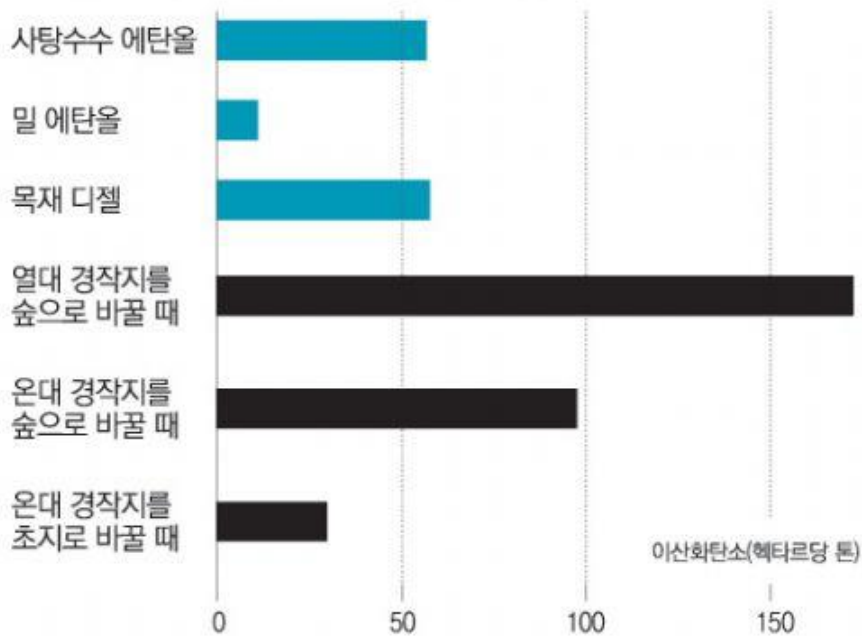


〈그림 3.14〉 바이오연료 생산을 위하여 파괴된 산림

- 바이오 에너지를 위하여 곡물을 사용함으로써 곡물 가격 급등 및 식량 문제 야기
 - 바이오에탄올의 원료가 되는 옥수수, 사탕수수, 밀 등에 대한 수요가 급증하면서 관련 곡물가격이 급등하고 있다. 그 결과 곡물가격의 상승이 일반 물가의 상승으로 이어지는 애그플레이션 (agriculture+inflation=agflation) 현상이 나타나고 있음
 - 옥수수 주 생산지인 미국 아이오와 주의 땅값은 지난해 1년 동안 35% 올랐다. 곡물 수출 2위 국가인 아르헨티나의 옥수수 농장 가격도 평균 27%나 뛰어올라 뉴욕 맨해튼의 아파트 값 상승폭 (11%)을 크게 웃돌았다. 미국에서는 향후에도 에탄올 제조의 원료로서 경쟁력이 있는 농산물인 옥수수의 이용이 확대되면서 그 수요도 늘어날 것이다. 또한 기후 변화에 따라 엘니뇨현상 등에 따른 가뭄, 홍수, 한파 등 세계적인 기상 이변과 투기 수요까지 가세하면서 곡물가격의 급등에 따른 일반 소비자 물가의 상승도 피하기 어려운 상황이다. 따라서 바이오에너지 개발은 적잖은 부작용도 수반한다는 점에서 적절한 보완책 마련이 요구됨
- 바이오에너지생산이 산림보다 오히려 이산화탄소 배출량이 높음

바이오연료와 숲의 이산화탄소 감축량 비교

경작지에서 작물을 재배해 바이오연료를 만드는 것보다 경작지를 숲이나 초지로 바꾸면 2~9배나 더 많은 이산화탄소를 줄일 수 있다.



〈그림 3.15〉 바이오에너지와 숲의 이산화탄소 감축량

- 1000억 L의 바이오디젤 생산하기 위해서는 4000만 ha의 콩 재배 농지가 요구되며 현재 브라질은 그 조건을 갖추고 있다. 그러나 2000만 ha의 저생산성 농지를 재개발하는 데는 400억 헤알(약 185억 달러)이 든다. 열대우림의 벌채가 비용이 훨씬 저렴하게 들기 때문에 이로 인한 개발은 환경문제를 야기할 수 있음
- 그러나 경작지에서 작물을 재배해 바이오 연료를 만드는 것보다 산림이나 초지로 바꾸면 2-9배 이상의 이산화탄소를 감축할 수 있음
- 바이오 연료는 농장 건설 과정에서의 산림 파괴로 화석연료를 사용하는 것보다 최대 420배나 많은 이산화탄소를 배출하고 있다. 또 경작 과정에서 사용하는 질소 비료에 의해 아산화질소가 생성, 화석연료보다 훨씬 많은 양의 온실가스가 발생함

바이오 연료는 바이오 연료 자체가 가지고 있는 열량보다 더 많은 에너지를 제조 과정에서 소모한다. 옥수수로 만든 에탄올의 경우 29%의 에너지가 더 소모되며, 해바라기로 만든 바이오 디젤의 경우 무려 118%의 에너지가 추가로 투입되는 것으로 조사된 바 있다. 바이오 에너지 연구팀은 미 정부가 계획대로 바이오에탄올 생산량을 현재 90억 갤런에서 2015년 150억 갤런까지 늘린다면 멕시코 만으로 유입되는 질소는 현재 10%에서 19%까지 증가해 이 지역을 회복 불가능한 상태로 만들 것이라고 경고했다.

■ 바이오 에너지 붐이 물 부족을 가속화시킴

- 2050년까지 개발도상국을 중심으로 인구 30억 명이 증가가 예상되고, 이에 따라 농산물 생산을 위한 물 소비량은 현재에 비해 80%이상이 증가할 것으로 예상됨
- 전 세계의 바이오연료 생산은 계속 증가 할 전망이며, 식량문제가 해결되지 않은 상태에서 바이오연료를 생산하기 위해 옥수수, 사탕수수의 재배 면적을 늘려가는 것은 물 부족을 가속화시킴

전 세계 바이오 연료 생산 현황과 전망(2000~2020년)



자료: OECD-FAO (2011). OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020.

〈그림 3.16〉 전 세계 바이오연료 증가 전망

- 음식 1 cal가공을 위해서는 1 L, 1 kg의 고기생산을 위해서는 1만 L의 물이 필요하고 곡물 1 kg을 생산하기 위해서는 4000 L의 물이 필요함. 농업용수는 생활용수의 70배가 넘는 물을 사용하고 있어 전 세계 물 부족의 주요한 원인임
- 95 L SUV자동차 연료탱크를 가득 채우는 바이오에탄올의 양은 한 사람이 1년간 먹을 수 있는 옥수수의 양임
- 세계의 물 수요는 지속적으로 증가 할 것임. 특히 농업용수는 2014년 대비 20%이상 증가 할 것으로 예상됨. 국제 물관리 연구소 (IWMI)는 2025년에는 전세계 인구의 3분의 1이 물 부족을 겪을 것으로 예측하였으며, 2011년 7억 9천 7백만 톤의 물 부족이 2020년에는 9억 7천 5백만 톤으로 증가할 것을 예상함



<그림 3.17> 전 세계 물 수요 예측

- 미국 농업부에 의하면 2012년 곡물 생산량은 2000만 t이 증가하였지만, 미국에서만 1400만 t이 바이오에탄올, 바이오디젤 등 바이오 연료 생산에 사용됨.
- 물 사용을 최소화하고, 대규모 경작지를 필요로 하지 않으며, 지구의 식

량문제에 영향을 미치지 않고 바이오에너지를 생산할 수 있는 대안이 필요함

- 토양의 침식, 물 사용, 비료나 농약의 투입, 생물 다양성, 자연경관 등의 면에서 부정적인 영향을 미칠 수 있음
- 바이오매스 식물을 경작하기 위해 농약이나 비료를 많이 사용하면 지하수에 영향을 주고 토양 속의 인 농도를 높이는 등 여러 가지 부정적인 결과를 가져올 수 있음
- 바이오매스를 경작으로 인한 식량 경작지가 줄어듦

브라질에서 대부분의 수송용 연료를 공급하는 에탄올을 얻기 위하여 대규모 사탕수수 플랜테이션이 식량생산 경작지를 감소시키고, 숲을 파괴하는 있음. 브라질의 에탄올 생산 과정에서는 또한 대규모 발효공장의 가동으로 하천과 토양이 크게 오염되는 결과도 나타남

3.4.4 지열에너지

지열 발전은 지각의 고온층으로부터 발생하는 증기를 활용하여 발전하는 방식이다. 따라서 지열 발전소는 어떠한 연료도 필요로 하지 않으며 어떠한 폐기물도 만들어내지 않는다. 전 세계 최초의 지열 발전소는 1911년 이탈리아 라테펠도에 건설된 발전소이다. 또 아이슬란드와 필리핀에서 사용하는 전체 전력 중 약 26%가 지열 발전으로 생산될 만큼 지열 발전의 역사는 꽤 오래 됐다. 하지만 지열 발전에는 한 가지 치명적인 제약 조건이 있다. 땅 속의 열을 이용하는 특성상 화산지대와 같은 곳에서만 가능하다는 점이다. 그러나 최근 우리나라와 같은 비화산 지대에서도 전력을 생산할 수 있는 인공 지열 저류층 생성기술 (EGS)이 개발되어 그 같은 문제점이 해결됐다. EGS는 지하 5 km 정도까지 시추한 뒤 인위적으로 물을 주입하여 지열에 의해 가열된 인공지열수가 내뿜는 증기를 이용해 터빈을 돌리는 방식이다. 최근 미국 에너지부는 지열 발전 관련 연구에 4천 300만 달러를 지원하는 등 지열발전 기술에 대해 관심을 보이고 있다.

- 지열발전을 위해서는 화석연료를 사용하는 것 보다 비용이 많이 들고, 발전을 위한 지역이 한정적임
- 주로 경관이 뛰어난 곳에 가능한 지역이 많으므로 주변경관을 해칠 수가 있음. 따라서 주변경관과의 조화로운 개발이 필요함
- 시설의 구동 중 이산화탄소, 황화수소, 암모니아, 메탄 등의 온실가스가 많이 배출됨. 이로 인하여 온실가스 감축이 아닌 온실가스를 배출하는 개발이 될 수 있음
- 지열 에너지 획득을 위하여 저류 층으로부터 많은 물을 펴 올리게 되면 지반침하나 싱크 홀이 발생할 가능성이 있음

3.4.5 수소에너지

■ 저장의 문제

- 부피가 커서 저장이 용이하지 않고 (프로판가스와 비교해보면 부피가 22배 이상 큼), 다른 가스 연료처럼 액체로 저장하면 좋지만 수소는 압력이나 온도를 끌어올려 액화하려면 많은 비용이 들며, 저장할 수 있는 양이 적음

■ 안전성 문제

- 수소의 확산성이 천연가스의 4배, 가솔린의 12배에 달하기 때문에 폭발 시 파괴력도 그만큼 강력함

■ 생산을 위하여 다른 에너지원이 필요함

- 수소는 대부분 다양한 원소와 화학적으로 결합된 상태임, 즉, 물을 분해하거나 탄화수소 (C_nH_m)에서 분리해야만 한다. 그러한 수소를 연료로 사용하면 수소가 다시 화합물로 돌아간다. 즉, 전기로 수소와 산소를 분리하고, 수소로 에너지를 얻기 위해 다시 결합을 시킨다. 수소와 산소가 물로, 물이 다시 수소와 산소로 형태를 바꾸는 순환형태이다. 열역학원리에 따르면 순환과정이 작동하기 위해서는 반드시 외부에서 에너지가 유입되어야만 함. 물을 분해한 수소를 사용할수록 물을 분해하기 위해 지속해서 비용을 투자해야 함.

=> 현재 가장 현실적인 방법은 천연가스 (CH_4)와 같은 탄화수소를 이용하는 것임. 그러나 천연가스는 화석연료이기 때문에 문제가 됨

■ 온실가스 (CO_2)의 배출

- 현재 생산되고 있는 대부분의 수소는 경제성의 이유로 천연가스, 석탄 등 화석연료에서 추출되고 있기 때문에 CO_2 가 부산물로 생성될 수밖에 없음

=> 전 세계 발전량 중 40% 이상을 차지하는 화력 발전을 이용하게 되면
화석연료를 사용할 때와 마찬가지로 CO₂가 발생됨

■ 효율성이 낮음

- 수소의 질량당 에너지 밀도는 142 kJ/g으로 다른 화석연료와 비교했을 때 휘발유의 4배, 천연가스의 3배 수준임. 단순 비교로 보면 같은 양으로 3~4배의 에너지를 낼 수 있음. 수소를 이용한 연료전지 발전 효율도 47%로 화력 35%, 태양광 17%보다 높음. 하지만 수소 제조에 필요한 에너지 소모량 등을 감안하면 총 발전 효율은 30% 이하임

3.4.6 해양에너지

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 해양기반 에너지 개발에 지형학적 이점을 가지고 있으며, 조력에너지 6.5GW, 파력에너지 6.5GW, 조류에너지 1GW의 잠재 해양에너지를 보유하고 있다(홍기용, 2009). 그뿐만 아니라 해수 열에너지, 해상풍력과 같은 무한한 에너지 자원이 존재하고 있어 지속적인 개발 및 상용화 계획을 추진 중이다. 현재 해상풍력, 조류에너지, 파력에너지, 해수온도차발전은 소규모 실증단지를 건설하여 성공적인 실험을 하였으나 이를 대규모 발전단지로 확대시키는 데에는 추가적인 연구와 시간이 필요할 것으로 예상된다.

■ 해상풍력발전

해상풍력발전 사업의 일반적인 환경적 영향으로 공사 시 파일 항타에 의한 해저지형 변화(세굴영향), 해양환경 피해, 해양생태계 교란 및 훼손 정도 등이 있으며, 운영 시 발전기 터빈의 소음 및 진동으로 인한 해양생태계와 어장에 미치는 영향, 해양경관 훼손, 해양보호구역 훼손, 풍력발전기와 새의 충돌, 철새의 이동장애 그리고 장기적인 서식지 손실 등이 있다.

양호한 입지의 고갈과 민원의 증가에 따라 추가적인 입지확보가 어려운 육상풍력에 비해 광활하면 서도 평균 수심이 약 40m에 불과한 황해가 있어 해상풍력발전 단지의 좋은 입지조건을 갖추고 있다. 따라서 환경적 영향을 분석하여 국내 해역에 적합한 분야별 현황조사, 영향예측, 저감방안과 사후조사 등이 필요하다(맹준호 외, 2012b).

■ 파력발전

파력발전과 조류발전은 해상풍력발전과 거의 유사한 환경적 영향을 줄 것으로 예상된다. 하지만 해상풍력발전은 터빈이 대기에 위치하는 반면에 파력발전이나 조류발전은 발전기가 해양에 위치하고 있어 해양

생물에 직접적인 영향을 미친다. 특히 발전기는 회유성 어류 이동에 장애물이 되며 물리적 손상, 압력변화, 전단력, 공동현상으로 인하여 피해를 준다. 어류는 터빈의 회전날에 걸리거나 부딪혀서 몸이 잘려나갈 수 있으며, 속도가 다른 흐름 사이에 어류가 들어갈 경우 전단력이 발생하여 눈이 빠지거나 아가미 덮개가 휘는 손상이 발생한다(천영진 외, 2011; Nietzel et al., 2000). 또한 터빈 주변으로 압력의 차이가 발생하는데 터빈 내부의 압력이 가장 크며 회전날을 통과하면서 압력이 급격히 떨어진다. 이러한 압력변화로 인하여 물고기의 눈이 튀어나오거나 부레가 터지게 된다(Turnpenny et al., 2000). 공동현상은 수압차이에 의해 기포와 충격파가 발생하는데, 이들에 의해 어류가 외상을 입거나 내출혈이 발생한다(Davies, 1988). 이러한 환경적 영향들은 각 발전기의 특성에 따라 차이가 나므로 발전방식에 따라 주요 환경적 피해를 파악하는 것이 필요하다.

■ 해수온도차발전

해수온도차발전은 해양심층수 또는 표층수를 취수하기 때문에 해양생물 및 해양생태계에 직간접적인 영향을 준다. 소형 발전기의 경우, 취수 및 배출되는 양이 크지 않기 때문에 환경적 영향이 비교적 적으나 상업적으로 활용하기 위해 대용량의 취수와 배출이 이루어질 경우, 환경적 문제가 야기될 수 있다. 특히 해양생물의 취수관 인입, 냉해수 및 온배수의 배출 시 주변 해역의 수온차로 인한 해양생물의 일시적 충격, 배출수에 함유된 영양염으로 인한 해양생태계의 균형 변화, 파울링 방지를 위해 주입된 물질로 인한 해양생물들의 피해 등을 신중히 검토하여야 한다(김현주 외, 2011). 연안 주변에 위치하는 발전소의 온배수 또는 냉배수 배출에 대한 예측평가와 개선방안에 관한 연구가 많이 진행되고 있기 때문에 이를 바탕으로 해수온도차발전 운영 시 환경적 문제를 최소화하는 방안을 모색하여야 한다(한국수력원자력, 2012).

■ 조력발전

조력발전은 다른 해양에너지와 달리 커다란 방조제 건설이 필요하기 때문에 방조제 내의 연안생태계가 크게 훼손될 것으로 예상된다. 특히 프랑스의 랑스 조력발전소의 경우 방조제 건설 기간 중 조지와 외해 간의 해수교환이 차단되어 해양 생물들이 거의 전멸하였다(Retiere, 1994; Kirby and Retiere, 2009). 운영 중인 시화호 조력발전소는 조력발전사업을 위해 방조제 건설이 진행된 것이 아니라 간척지를 확보하기 위해 건설되었으나 방조제 내측 수질이 점점 악화되는 문제가 발생하였다. 그리하여 방조제 내측 수질을 개선하고 에너지를 얻기 위하여 조력발전소를 건설하였다. 그러나 신규로 방조제를 건설하여 조력발전을 하는 것은 환경적인 영향이 지대하며 특히 다음과 같은 분야(연안물리 및 수질, 퇴적물, 해양 동·식물)에 대한 심각한 환경적 영향이 우려된다. 연안물리의 경우는 조간대 면적, 만 내 흐름 변화, 해수교환율, 조간대 노출시간, 수온·염분 변화 등의 우려가 있으며 방조제 건설 후 만 내 흐름이 줄어들어 부영양화와 저산소 현상 등 수질 악화가 발생할 것이다. 퇴적물은 만 입구를 통해 이송되는데 방조제 건설로 인하여 이송특성인자, 퇴적물 공급원과 공급량, 퇴적상, 해저·조간대 지형, 퇴적물 물성특성인자, 수층 부유사 농도 등의 변화가 예측된다. 조력발전사업으로 인해 해양생물에 미치는 영향을 파악하는 것은 매우 중요하며 주요 생물항목은 조류(鳥類), 어류, 저서동물, 난·자치어, 동물 플랑크톤, 식물 플랑크톤, 해조·해초류, 저서미세조류, 점박이물범 등이다. 이들 생물에 미치는 주요 영향은 만 내·외측의 흐름 변화, 염분도 변화, 해수교환율 변화, 수층의 탁도 변화, 조간대·조하대의 면적 및 노출시간 변화, 퇴적현상 변화, 수질 변화, 수문과 수차 운영으로 인한 영향 등 이 있으며 이런 영향들을 고려하여 각 해양생물에 미치는 환경적 영향을 파악하여야 한다(맹준호 외, 2012a). 위에 제시된 환경적 분야 이외에도 염생습지 감소 및 전이, 새로운 해양환경의 형성으로 인한 조류(새) 서식지 변화 등의 문제도 야기된다.

해양기반 에너지 사업을 위해서는 전력 케이블 공사가 필수적이다. 전력케이블은 크게 내부연결 케이블과 육지전송 케이블로 구성된다. 내부연결 케이블은 각각의 발전기로부터 해상변전소(substation)까지 연결하는 것이며, 육지전송 케이블은 각각의 발전기로부터 모인 전력을 해상변전소에서 초고압으로 승압한 후 육지까지 전송하는 역할을 한다. 일반적으로 해양기반 에너지 발전기는 서로의 간섭을 최소화하기 위해 일정 거리를 유지하고 있어 전력 케이블의 총 길이는 단지의 크기에 비례하여 증가된다. 따라서 해양에너지 발전 단지가 클수록 전력 케이블 공사로 인한 영향은 무시할 수 없을 만큼 크다. 따라서 전력 케이블 공사가 저서생물을 포함한 주변 해양생물에 직접적으로 미치는 영향을 충분히 고려해야 한다.

3.5 지속가능한 신·재생에너지 개발을 위한 개선방향

일본 원전 사고 이후 신·재생에너지에 대한 관심은 더욱 더 급증하였다. 후쿠시마 원전의 방사능 누출 이후 전 세계 주가가 급락하던 와중에도 오직 신·재생에너지 관련 기업들의 주식은 오히려 오름세를 나타내었다. 태양과 바람, 조류 등 자연 자원으로부터 생성되는 에너지를 통칭하는 신·재생에너지가 이처럼 관심을 끄는 이유는 공해물질을 배출하지 않는 청정에너지일 뿐만 아니라 안전하다는 점 때문이다. 하지만 그보다 더 큰 이유는 앞으로 40~50년 후에는 기존에 사용하던 화석 에너지가 거의 고갈될 것이라는 어두운 전망 탓이다. 따라서 원전 사고가 아니더라도 신·재생에너지는 모든 에너지원 가운데 수요가 가장 빠르게 늘어나고 있을 만큼 급성장하고 있다. 특히 경제 성장으로 전력 수요가 급증하고 있는 중국의 경우 태양광 모듈 분야에서 세계 시장 점유율 1위에 올라설 만큼 투자를 늘리고 있다. 유럽연합의 경우에도 2020년까지 전체 에너지 수요 중 재생에너지 비중을 20%까지 확대하는 것을 목표로 하고 있다. 국제에너지기구(IEA)에 의하면 신·재생에너지를 이용한 전력 생산은 전 세계적으로 풍력이 가장 큰 비중(67.2%)을 차지하고 있다. 그 다음으로는 지열이 30.6%, 태양에너지 1.9%, 조력 0.3% 등의 순이다. 그러나 아직까지 대부분의 국가에서 신·재생에너지 비중은 높지 않다. 또 기술 발전이 획기적으로 이뤄져 지금보다 에너지 효율이 2~3배 높게 나온다고 해도 화석 에너지와 원자력 에너지를 대체하기에는 제한적일 수밖에 없다. 신·재생에너지가 기존 에너지의 대안이 되기 위해서는 그만큼 극복해야 할 난제가 많다.

■ 지역, 시민단체와의 충분한 공유 필요

풍력은 화력과 원자력에 비해 상대적으로 거부감은 적지만, 육상 풍력발전의 대부분이 산 정상에 설치되면서 환경훼손이 불가피함. 이 같은 이유로 육상풍력발전은 대체에너지에 포함되기는 하지만, 태양광 발전

처럼 시민사회 및 환경단체들로부터 환영받지는 못하는 실정임. 이러한 부작용을 해소하기 위해 독일은 사회적 합의를 통해 재생에너지법을 제정하고 풍력발전을 성공적으로 보급해왔음. 2014년 기준 독일의 재생에너지 비율은 전체 발전량의 25.8% (1574억 kwh)을 차지하고 있으며, 이 가운데 풍력발전은 524억 kwh (약 33%)로 가장 높은 비중을 기록했음. 독일은 풍력발전 규제와 관련해, 중앙정부가 입지 조건을 정하는 대신 주정부 차원의 권고안을 참고하되 각 지자체가 자율적으로 '풍력발전 우선지역'을 지정하고 입지 가이드라인을 제시하는 방식을 취했고, 또, 독일에서 가동 중인 풍력발전을 살펴보면 (2012년 기준), 절반가량이 개인 (4%) 또는 에너지조합이 직접 소유 (21%)하거나 투자에 참여한 시민 (26%)들이 지분을 갖고 있음. 즉, 주민들이 풍력발전 투자로 이익을 보고 있다.

- 우리나라의 경우 풍력 발전기 중 상당수는 국유림에 설치가 되어 있음. 즉, 국가소유의 산림을 민간 기업에서 점유하고 풍력발전을 통해 이익을 올린 후, 팔고 떠날 수 있는 구조임. 따라서 우리나라도 신·재생에너지를 공공 개념의 시각으로 접근해야 함. 즉, 민간발전 사업 중심의 대규모 토건 개발 식으로는 사업을 성공할 수 없으며, 지역 분산형 소규모 풍력 발전단지를 조성해야 함. 또한 삼면이 바다인 강점을 이용하여 국가적인 연구개발과 체계적인 계획수립을 통해 대규모 해양 풍력발전을 육성해야 함.
- 해상풍력은 육상 풍력과 비교하여 또 다른 장점을 가지고 있는데, 스탠포드 대학의 연구소에 의하면 해상풍력 발전은 태풍의 피해를 줄일 수 있는 장점이 있음. 이는 풍력 발전을 위한 터빈을 광범위한 지역에 설치하면 바람이 분산되면서 터빈 설치 지역에 도달하기 전에 풍속이 떨어지기 시작하기 때문임. 반면 터빈 대부분은 폭풍이 치는 동안에도 별다른 지장 없이 발전을 계속할 수 있었음.



〈그림 3.18〉 삼성중공업이 제주도 해상에 추진 중인 7 MW 해상 풍력 발전단지

- 또한 태풍이 약해지는 것 뿐 아니라 해일의 파괴력도 약해진다고 함. 연구소의 모델링 연구 결과에 따르면 해일의 파괴력은 조건에 따라 차이가 크지만 6~80%까지 약해짐. 풍력 발전은 건설비용 자체가 높지만 오염 감소에 따른 건강 향상, 기후 변화 완화 효과, 태풍 억제와 이에 따른 방조제 건설비용 보완, 풍력 발전이라는 장점을 결합해 계산하면 더 저렴함.
- REN21 (Renewable Energy Policy Network for 21st Century)와 재생가능 에너지 국제 동향보고서 (GSR)의 세계 풍력발전 용량 증가 추이를 보면 세계의 풍력발전 용량 증가 추이는 2003년 39 GW에서 2013년 318 GW로 급등하였음. 그러나 우리나라의 신·재생에너지의 발전량은 전체 약 2%에 불과하며, 그중에서도 풍력이 차지하는 비중은 매우 작다. 2014년 기준으로 국내에 설치된 풍력발전기는 608.5 MW (한국 풍력산업협회)이며, 원자력의 절반도 안됨 (1400 MW).



〈그림 3.19〉 대규모 해상 풍력 단지

- 유엔기후협약 (UNFCCC)에 따라 우리나라는 2020년 배출전망치 (BAU)대비 30%감축을 목표로 설정했으나 현실은 온실가스 배출량 세계 7위이며, 연평균 (1990-2020년) 배출량 증가율이 3.9%로 OECD에서 1위 임. 따라서 원자력발전과 석탄발전이 전체 발전량의 약 70%를 차지하고 있는 우리나라는 신·재생에너지로의 전환이 필연적임. 이에 풍력발전을 포함한 신·재생에너지의 비율을 향상시키기 위한 정책이 필요하며, 지역 수용성을 만족시키기 위한 대안을 만들어 나가야 할 시기임.

■ 정부차원의 계획적인 투자 필요

- 원전과 풍력을 비교해보면 정부는 원전에 집중적으로 지원하는 반면, 풍력 같은 재생에너지는 거의 방치 상태임. 예를 들어 원전은 ‘원자력진흥법’을 만들어 각종 제도적, 재정적 지원을 하며, 1년에 원전에 지원되는 연구개발예산은 5천억 원에 달함. 그런데 풍력 같은 재생에너지는 민간업자가 입지를 정해서 사업을 하겠다고 하면 허가를 내주는 수준임. 그 결과 민간사업자들은 이윤을 위하여 환경이나 주민피해는 고려하지 않고 사업을 진행하여 갈등이 양산됨.
- 녹색 에너지라 불리는 풍력발전, 그 자체를 반대하는 것은 아니다. 범으

로 지역 수용성을 보장하고, 지역주민들과 의견교환을 통해 사업계획을 세워 대안을 만들어 간다면, 풍력발전 하나로 지역발전과 이윤 등 공동의 목표를 이룰 수 있을 것임.

■ 소음문제

- 최근 10여 년간 스웨덴에서 풍력발전이 급속히 증가함에 따라 이에 대한 찬반 논쟁도 계속되고 있음. 지난 5월 에너지부와 스웨덴 풍광보호협회(Föreningen Svenskt Landskapsskydd-FSL)간 풍력에너지 개발에 대한 논쟁에서 풍력 발전기 설치 장소에 대한 넘비현상과 기존 제한거리의 증가가 한 논점으로 거론되었음. 풍력발전의 경우 우선 거대한 구조물로 인해 자연 환경에 시각적으로 좋지 않은 영향을 끼치며 소음을 발생함. 따라서 스웨덴 환경법은 풍력발전기 설치 시 다른 서식지와는 일정 거리를 권고하고 있음. 건물과의 거리는 주로 400 ~ 1000 m인데 300 m 정도의 거리를 둘 경우 소음환경은 받아들일 수 있는 정도의 수준으로 판단하고 있음. 하지만 스웨덴 풍광보호협회 (FSL)는 시각적 손상과 풍력개발의 감소를 위해 설치 시 주변과 2 km 이상의 거리를 둘 것을 주장하고 있음.
- 또한 소음과 고장이 적은 수직형 풍력 발전기의 설치도 고려할 수 있음. 현재 우리나라의 대부분의 풍력 발전기는 수평형이어서 소음이 많이 발생함. 그러나 수직형 발전기는 수평형 발전기보다 상대적으로 전력량 수급이 적기는 하지만 소음이 2.5배 이상 적고 고층건물에 융합이 가능하여 환경파괴가 적고 장소에 구애 없이 도심지역에도 설치가 가능함.



〈그림 3.20〉 수직형 풍력발전기와 도심의 수직형 풍력발전기

■ 생태계 파괴 문제

- 풍력에너지 개발로 인한 내륙생태계의 파괴 사례는 기존의 소규모 비오톱 (생태 서식공간, biotope)이 사라지고 있음
- 스웨덴 농림부가 농업환경이 지배적인 풍력발전지역 세 곳 (Östra Herrestad, Kärragårde, Solvik)의 풍력발전기 20기를 연구·조사한 결과에 따르면 발전기 설치 시 대부분의 지역인 64,754 m²은 영향을 받지 않았으나 목장, 경계구역, 연못 등 15254 m²가 소실되었고 이들 중 대부분이 자연 가치가 높은 지역에 해당되었음. 자연 가치가 높은 지역이 사라지면서 종 다양성이 손실되는 것을 막기 위한 스웨덴 정부의 대처 방안은 오염자 부담원칙에 의거, 풍력발전사업자가 발전기 설치 시 비오톱 조성비용을 부담하게 하는 것임. 또한 비오톱 조성에 있어 Kreotop 개념을 도입해 종 다양성을 확보할 수 있는 서식환경을 조성하면, 생물종과 유기체로 구성하며 생태적, 합법적, 경제적, 실용적이어서 효과적인 건축이 가능함
- 스웨덴이 2020년까지 목표로 하는 30 TWh의 풍력개발을 위해선 600헥타르가 사용될 것임. 농림부는 국가 환경목표인 다양한 농지 풍광 (Varied Agricultural Landscape)에 부합하기 위해서는 소규모 비오톱이

최소한 500헥타르가 새로 만들어져야 하며 다년간의 휴면지, 습지와 같은 드넓은 초원형태로는 5만 헥타르 이상이 필요하다고 밝혔다

■ 야생동물의 피해 문제

- 풍력발전지역에서 새가 터빈에 충돌해 죽는 경우가 종종 발생함. 스웨덴에서는 대표적 풍력발전지역인 Gotland 섬의 Näsudden에서 1982년 하룻밤 사이 42마리가 죽은 사례가 있음. 당일 발전기는 운영하지 않았으나 조명이 켜져 있었음. 박쥐에 대한 피해는 스웨덴에서 정식으로 연구된 바는 아직 없으나 2002년 독일 학자가 Skåne, Blekinge 지역 및 Öland와 Gotland 두 섬을 방문 조사했을 당시 발전지역 내 17마리와 인근 500m 내 지역에 서 14마리의 죽은 박쥐를 발견한 사례가 있음. 이에 대해 스웨덴 환경부는 풍력발전기 설치장소 선정 시 조류서식지와 이동경로 등을 고려하도록 권고하고 있으며 풍력발전이 조류에 미치는 영향에 대한 여러 연구가 진행 중에 있음.
- 풍력 발전지역 조성 시 포유류에 미치는 영향은 현재 야생 사슴, 순록, 무스나 덩치가 큰 육식동물들의 경우 도로가 생기고 포장지역이 늘어나면서 서식지를 잃거나 소음으로 인해 의사소통에 있어 부정적인 영향과 번식의 문제가 발생함. 이에 대해 야생동물의 서식지와 이동경로를 파악하여 풍력 발전기를 설치할 수 있도록 하여 가능하면 피해상황을 감소시킬 수 있도록 환경평가를 철저히 해야 함. 하지만 많은 야생종의 경우 새로이 조성된 지역으로부터 이점을 얻는 경우도 있고 접근도로의 경우 동물들의 이동경로로 이용이 되는 점도 있음
- 마지막으로 해안에 설치된 풍력발전지역의 해양생태계의 영향을 살펴보면 발전기 설치 시 파일을 심는 과정에서 발생하는 소음이 우려되는데 대구나 청어의 경우 수심 80 km의 거리에서 실상 소음의 영향을 거의 받지 않고 있으며 설치구역 인접구간에서 적은 개체의 피해가 있는 것으로 조사되었음. 어류나 물개들은 설치과정에서 소음이 극대화되는

시기 이전에 자리를 피하기 때문에 소음에 대한 피해는 사실상 감소될 수 있었음. 장기간 소음으로 인한 스웨덴 물개의 개체 수에 대한 변화 조사는 아직 진행된 바가 없음. 소음에 대한 영향과 함께 발전기가 해안에 설치되면서 변화된 물리적 환경에 대한 영향을 스웨덴 환경부가 조사한 바에 따르면 풍력발전기 하부 구조물은 해양생물중에 새로운 서식지의 역할을 제공하기도 함. 발전기를 운영하면서 발생하는 소음과 보트 트래픽, 전자장 생성이 해양생태계를 파괴하는 가능성에 대해서는 관련연구를 계속하고 있는 중임.



〈그림 3.21〉 해상 풍력 발전기

■ 태양광 발전

- 태양광 발전소는 1년 8,760시간 중 14%에 해당하는 1,200시간 정도만 전기를 만들 수 있다. 즉, 1년에 전기를 만들 수 있는 8,760시간 중 7,560시간은 전기를 만들지 못하는 고철단지와 다를 바 없는 신세이다. 이에, 태양광업계는 기후변화로 생기는 발전효율 저하 및 운영비 상승으로 사업 환경 악화가 지속될 것으로 내다보고 있다. 국내 태양광 기업들도 글로벌 경쟁에서 살아남기 위해선 태양광 발전설비의 건설에 치중하기 보다는, 태양광 발전의 근본적인 한계성을 극복할 수 있는 신기술 개발에 더욱 박차를 가해야 한다. 즉, 새로운 소재와 기술개발을 통하여 에너지 효율을 높이면, 지금처럼 넓은 발전소 부지가 필요하지 않으며 날씨에 구애받지 않고 많은 양의 전기를 생산해 낼 수 있다.
- 최근에는 이에 대한 대안으로 압전소자 발전과 태양광발전과의 기술 융합이 주목받고 있음. 진동 및 충격, 압력 등으로부터 전기를 생산하는 압전효과를 이용해 주·야간에 상관없이 비가 오는 날, 흐린 날에도 빗방울과 바람에 의한 진동으로 추가적인 전기를 생산해 태양광 발전의 단점을 보완할 수 있는 기술임. 현재 국내·외에서도 태양광 발전의 기술적 단점을 보완해 줄 압전소자의 에너지 변환효율을 높이기 위한 연구와 개발이 이루어지고 있음. 압전소자는 다양한 산업분야에 적용과 응용이 가능함. 실제, 현재 압전소자 발전과 태양광 발전의 융합을 시도해 태양광발전의 에너지 생산 효율 상승을 이끌어내고 있는 연구결과 발표가 활발한 것도 주목해 볼 사안임
- 이에, 국내 태양광 기업들도 세계 시장의 경쟁에서 도태되지 않기 위해서라도, 발빠른 신기술 선점과 꾸준한 연구개발의 필요성이 제기되고 있음
- 우리나라는 천연에너지 자원이 풍부하지 않은 만큼 국가경제 및 에너지 안보를 위해 에너지원 간 비중을 적절하게 운영하고 기술개발을 위한 지속적인 투자가 필요함

- 신·재생에너지 보급 확대는 일관되고 신뢰할만한 정부의 보급 정책, 재생에너지 보급에 필요한 자원의 안정적 조달 구조, 신·재생에너지에 대한 사회적 수용성 등 여러 여건이 잘 맞물려야 할 것임

■ 태양광 발전, 경제성이 관건

- 태양광은 햇빛이 있는 곳이면 어느 곳이나 간단히 설치 가능하고, 한번 설치해 놓으면 유지비용이 거의 들지 않는다는 장점을 지닌다. 또 별도의 기계 가동이 없어 환경오염을 일으키지 않으며 수명이 20년 이상으로 길다는 장점이 있다. 이로 인해 한때 각광을 받았던 태양광 발전은 여전히 기술 개발이 완료되지 않은 분야로 남아 있다. 태양전지는 대체 에너지 가운데 가능성이 가장 큰 것으로 여겨져 여러 분야에서 활용되고 있지만 여전히 경제성이 문제임
- 특히 전체 시장의 90%를 차지하는 실리콘 태양전지는 높은 가격 때문에 보급이 한계 상황에 직면했음. 또 최근 10년 동안 태양전지의 전력 생산효율은 거의 오르지 않은 반면 원자재 값은 계속 상승해 점점 경제성이 나빠지고 있음.
- 이 때문에 지상보다 최대 10배 많은 전력을 생산할 수 있는 우주 태양광발전소라는 기발한 계획이 미국과 일본을 중심으로 진행되고 있음. 대기층이 없고 24시간 전기를 만들 수 있는 우주에 태양광 발전소 위성을 발사해 전기를 생산한다는 계획임. 그러나 우주에서 만든 전력을 다시 지구로 보내는 문제와 엄청난 양의 자재를 우주에 쏘아 올리는 데 드는 천문학적인 비용이라는 난제가 남아 있음.

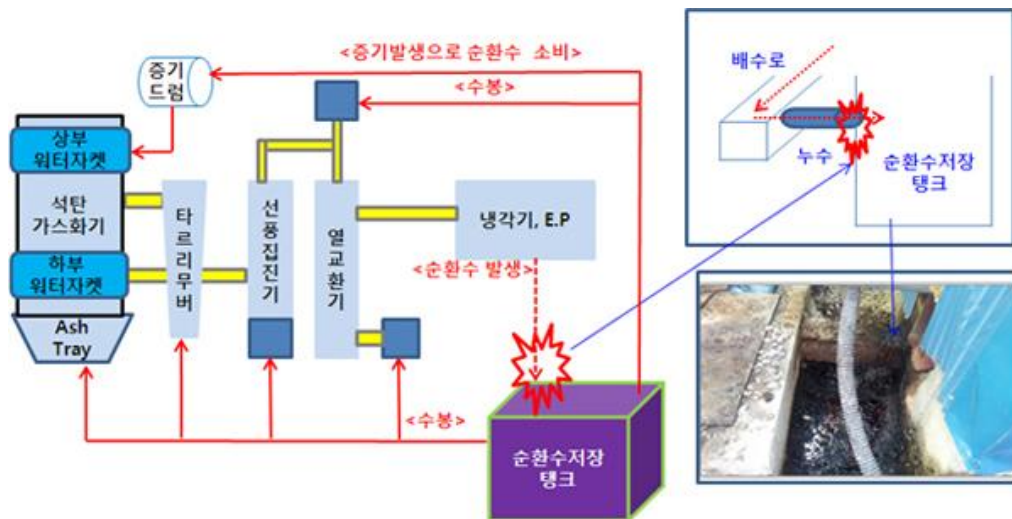
■ 바이오매스로 인한 환경문제

- 토양침식은 단작에 의존하는 농업에서도 일어나는 현상으로 일년생 바이오매스를 경작할 경우에도 나타난다. 그러므로 침식을 적게 유발하는 다년생 식물로 뿌리가 그대로 살아있고 곡물보다 땅을 훨씬 잘 보호하는 바이오매스를 경작하는 것이 좋음.
- 아열대나 열대에서 바이오매스를 경작할 경우 경작에 들어가는 물이 너무 많아서 문제가 발생할 수 있는데, 이런 지역에서는 물의 이용 효율이 높은 바이오매스 식물을 경작하는 것이 중요하다. 유칼립투스 나무는 들어가는 물의 양에 비해 높은 바이오매스를 만들어내지만, 이 나무도 넓은 지역에 심을 경우에는 그 지역의 물을 많이 빨아들여서 지하수면을 낮추는 결과를 가져온다. 따라서 바이오매스를 생산하기 위한 경작지의 면적도 고려해야만 함.
- 바이오매스 식물을 경작하기 위해 농약이나 비료를 많이 사용하면 지하수에 영향을 주고 토양 속의 인 농도를 높이는 등 여러 가지 부정적인 결과를 가져올 수 있음. 따라서 농약이나 비료를 별로 필요로 하지 않는 식물을 잘 선택하는 것이 중요함.
- 한국에서도 바이오매스의 잠재량은 상당하다고 할 수 있다. 바이오매스를 따로 경작하지 않더라도 음식물 쓰레기, 축산 분뇨, 식품산업으로부터 나오는 찌꺼기, 도시에서 폐기되는 나무찌꺼기, 농촌의 짚 등만 잘 이용해도 상당한 에너지를 얻을 수 있다. 우리나라에서도 음식물 쓰레기를 발효시켜서 비료로 만드는 일은 하고 있지만, 에너지를 얻는 시도는 미미하다. 유럽 등지에는 음식물 쓰레기나 축산분뇨를 이용해서 전기와 열을 생산하는 시설이 매우 많이 보급되어 있다. 독일의 프라이부르크시에서는 도시의 음식물 쓰레기를 모두 모아서 발효기에 넣어 가스를 생산하고, 이것을 가지고 전기와 열을 생산하는 시설을 돌리고 있으며, 여기서 생산되는 전기의 양은 650만 킬로와트시이고, 열의 양은 1200만 킬로와트시 정도 된다. 유럽의 축산 농가에서는 분뇨를 발효시

켜 가스를 얻고 이것으로 전기와 난방열을 생산하여 자체 소비하거나 전력망에 보내기도 한다. 발효기 속에서 남는 찌꺼기는 숲의 부엽토나 다름없는 고품질의 퇴비로 사용할 수 있다.

■ 기타 환경문제

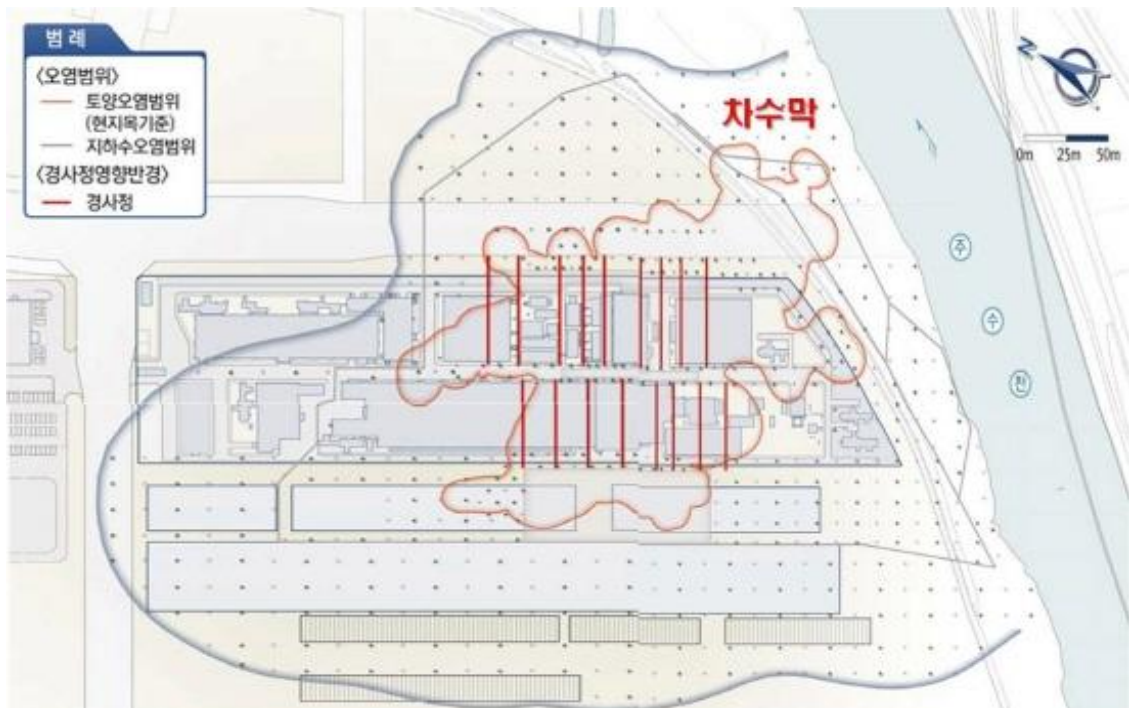
- 포스코 옥계 마그네슘 제련공장은 2012년 11월 준공하였음
- 강릉 옥계는 마그네슘의 원료인 돌로마이트 (백운석)의 매장량이 2억 톤에 달해 세계 2위 규모임
- 2013년 6월, 하천 교각 공사장에서 터파기 공사를 진행하던 중 폐놀 등 심각한 오염물질이 발견되었음. 2013년 4월부터 폐놀 등이 혼합된 폐수 누출 추정량은 353.7톤 그 중 폐놀 27톤과 발암성물질인 석유계화학물질 267톤이 인근 주수천으로 흘러들어 주변 3만 m²이 오염되었음. 이 오염물질은 현장에서 200여 m 떨어진 포스코 옥계 마그네슘 제련공장에서 유출된 것임



〈그림 3.22〉 옥계 포스코 폐놀 유출 상황

- 포스코는 폐놀 유출을 확인하고 발견한 이후 특별한 조치 없이 반년동안 방치하였고, 포스코 주변 바닷가의 조개류 집단 폐사와 주민들의 고통 호소 등으로 조사에 착수 하게 되었음

- 포스코가 설치한 차수막에서 50 m 떨어진 곳의 페놀 측정치는 78.8 mg/L로 지하수 기준치 (0.005 mg/L)의 1만 5760배를 초과하였고 (환경운동연합 강릉추진 위원회), 500 m 떨어진 금진 해수욕장에서 0.01 mg/L 농도의 페놀이 검출되었음 (원주지방환경청). 주민들의 소변검사를 실시한 결과 85.87 mg/gCr의 페놀이 검출되어 일반인과 비교하여 최대 4배 이상의 수치가 측정되어 페놀중독 진단을 받았음
- 이후 포스코는 토양정화는 당초 4년 (2014. 06 ~ 2018. 06)에서 2.5년 (2014. 06 ~ 2016. 12)으로, 지하수정화는 11년 (2014. 09 ~ 2025. 09)에서 8.5년 (2014. 09 ~ 2023. 03)으로 각각 단축시켜 정화사업 시작 하였고, 2015. 09월 말 현재 환경오염정화는 토양세척과 지하수 처리가 계획의 24%와 27%까지 진척되었으나, 페놀 유출 현장은 아직도 심한 악취가 나고 있음



〈그림 3.23〉 토양과 지하수의 오염범위 및 차수막의 위치 (출처: 환경운동연합 강릉추진위원회)

- 그러나 주변 해수욕장 등에는 경고 문구가 없고 옥계지역에서 생산되는 농산물 등은 아무런 대책 없이 판매중임



〈그림 3.24〉 페놀이 유출된 강릉 옥계 지역과 페놀유출로 인한 조개 폐사

3.6 신·재생에너지 정책 동향 및 개선방안

3.6.1. 국외 정책동향

1) 미국

- 1978년 ‘국가에너지법 (NEA, National Energy Act)을 제정하였고, 공공 시설규제 정책법 (PURPA, Public Utility Regulatory Policies Act of 1978)의 제정을 통하여 재생에너지 개발을 본격화하였음
- 1978년 태양, 풍력, 지열에너지 등 재생에너지 생산설비를 구입, 설치한 사업자에게 일정비율의 세액을 공제해주는 ‘에너지세법’ (ETA, Energy Tax Act)이 제정됨
- 1992년 제정되고 2005년 개정된 ‘에너지 정책법’ (Energy Policy Act)은 생산세액공제 (PTI, Renewable Electricity Production Tax Credit), 재생에너지 생산 인센티브 (REPI, Renewable Electricity Production Incentive)제도 등 현재 시행되고 있는 재생에너지 지원제도의 핵심내용을 담고 있음.
- 이밖에 재생에너지 보급 확대를 위하여 공급의무화제도 (RPS, Renewable Portfolio Standard)를 시행하고 있음
- 2012년 3월 ‘클린에너지기준법 (Clean Standard Act of 2012)에 따라 미국 내 전력 판매업자가 2015년부터 판매전력 중 일정비율을 클린에너지로 생산한 전력을 판매하도록 하고 최소 판매비율을 2015년 24%에서 2035년까지 84%까지 연차적으로 높일 계획임. 이에 따라 가스, 신·재생에너지, 원자력 발전 비중이 증가하고 석탄발전을 감소할 것으로 예상됨

2) 중국

- 2006년 1월 1일부터 ‘재생에너지법’이 시행되었고 2009년 개정됨. 핵심내용은 총량목표제도, 재생에너지의 강제접속제도, 강제적 전력망 연

계 (재생에너지의 발전량 전량을 구매하고 재생에너지 발전에 대해 온라인 서비스를 제공함) 및 정부가 총량목표의 요구와 기술발전의 수준에 근거하여 특정시기 내 특정기술의 전력요금수준을 규정하는 재생에너지의 전력요금제도와 전국적 비용분담제도 임

- 2012년 8월 중국 에너지국은 수력, 풍력, 태양광 및 바이오에너지 부문별 발전목표와 대규모 개발사업 내용이 담긴 ‘신·재생에너지 발전 12차 5개년 계획 (2011-2015년)’을 발표함
- 12차 5개년 계획기간 동안 전체 에너지 소비에서 신·재생에너지의 소비 비중을 9.5%이상으로 확대할 예정임

3) 일본

- 일본의 신에너지 정책은 에너지절약 정책과 함께 오일 쇼크를 계기로 시작되었고, 1970년대 두 번의 오일 쇼크로 일본의 경제는 크게 영향을 받아 석유 대체에너지로서의 신에너지의 중요성을 인식하게 됨. 1980년에 ‘석유 대체에너지의 개발 및 도입 촉진에 관한 법률’을 제정함
- 석유대체에너지 중 경제성의 제약 때문에 보급이 되지 않는 상황이 발생함에 따라 특히 필요한 신에너지의 이용, 보급촉진을 목적으로 1997년에 ‘신에너지 이용 등의 촉진에 관한 특별조치법’이 제정됨
- 2002년 5월 ‘전기사업자의 신에너지 등의 이용에 관한 특별 조치법’ 제정됨. 즉 전력을 소매하는 사업자에 대해 그 판매하는 전력량에 따라 신에너지 등에 의해 발전된 전기를 일정 비율 이용할 것을 의무화(RPS) 하는 내용임
- 2002년 ‘에너지 정책 기본법’은 지금까지 개별적으로 대응해 온 시책을 종합적으로 추진하기 위한 것으로 에너지 수급정책의 기본방침을 정하고, 국가·지방공공단체의 책무를 규정하고 에너지 수급정책의 장기적·종합적 추진을 통하여 지구 환경보전 및 지속적 사회발전에 대한 기여를 목표로 하고 있음

- ‘신·재생에너지 전기조달에 관한 특별 조치법’을 통하여 2003년 4월부터 시행해 오던 ‘신·재생에너지 공급의무화제도 (RPS)’를 폐지하고 2012년 7월 1일부터 전력회사가 재생에너지를 일정가격에 의무적으로 전량 구매하는 ‘재생가능에너지 고정가격구매제도 (FIT)’를 도입함
- 2012년 9월 2030년대에 원전에 의존하지 않는 사회를 최대한 빠른 시일 내에 실현한다는 장기에너지 정책인 “혁신적 에너지·환경전략”을 의결하고 탈 원전 사회의 조속한 실현, 신·재생에너지 사용촉진 그리고 에너지의 안정 공급 확보를 3대 주요과제로 설정함
- 고정가격구매제도(FIT)를 통해 민간 투자를 유도하여 전체 발전에서 차지하는 신·재생에너지의 비율을 2030년에 2010년 대비 3배로 확대하는 목표를 제시했음

4) 독일

- 1991년 ‘전력 공급법’ 제정. 이 법은 수력, 풍력, 태양에너지, 폐기물 가스, 진흙가스 및 농업 혹은 임업에 의한 생산물 또는 생물 유래의 찌꺼기로부터 생산된 전력의 매입의무를 전력공급사업자에게 부과하는 것을 주요내용으로 함
- 2000년 3월 ‘재생에너지법’을 제정하여 기후보호, 환경보호, 지속적인 발전차원에서 재생에너지의 우선적인 지위를 인정하고 전력공급에서 재생에너지의 확장을 위한 강력한 법임
- 2004년 ‘재생에너지법’의 전면개정을 통해 재생에너지가 총전력의 공급에서 차지하는 비율을 최소한 2010년까지 12.5%, 2020년까지 20%로 한다는 목표를 세움. 2009년 1월 전면개정을 통해 태양광분야의 보전액을 축소하고 바이오 에너지와 풍력분야에 대한 투자 유인책을 도입함
- 2009년 1월 ‘재생에너지 난방촉진법’을 제정하여 2020년까지 독일 내 건물 난방에 있어서 재생에너지에 의한 난방비율을 14%까지 확대하도록 규정함

- 독일은 ‘재생에너지법’과 ‘재생에너지 난방촉진법’을 통해 발전차액지원, 재생에너지 투자지원 프로그램 등의 재생에너지 이용확대 프로그램을 시행하고 있음
- 태양광 및 풍력발전을 중심으로 2012년 상반기에 재생에너지 발전비중이 총 발전량의 25%를 초과함
- 독일은 재생에너지 발전량이 현재 속도로 확대될 경우 2020년까지 50%를 초과할 것으로 예상됨

3.6.2 국내 정책동향

- 에너지원의 다양화와 대체에너지의 기술개발을 종합적으로 추진하기 위하여 1987년 ‘대체에너지 개발촉진법’을 제정함
- 1998년 06월 기후변화에 관한 국제연합 기본협약이 발효됨에 따라 환경 친화적인 대체에너지의 이용 보급을 촉진하고, 시범사업을 보다 적극적으로 추진하기 위하여 ‘대체에너지 개발 및 이용 보급 촉진법’으로 전면 개정함
- 2002년 9월 ‘대체에너지 개발 및 이용 보급 촉진법’을 개정하여 국가 기관 지방자치 및 정부투자기관의 신축건물에 대하여 대체에너지 이용을 의무화하고, 대체에너지 설비 인증 제도를 마련하며, 발전차액 지원 제도를 신설함
- 2005년 07월 ‘대체에너지 개발 및 이용 보급 촉진법’을 ‘신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법’으로 변경하여 신·재생에너지설비의 설치전문기업 등록 제도를 도입하고, 개발된 신·재생에너지기술의 사업화를 촉진하기 위하여 정부가 투자 금융자, 산업재산권의 무상인여, 교육홍보 등을 지원할 수 있는 근거를 마련함
- 2010년 04월 ‘신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법’ 개정하여 국제유가의 불안한 변동 및 기후변화협약 등 에너지 관련 주변여건의 변화에 적극 대응하고, 환경 친화적인 신·재생에너지의 보급을 확대하기 위하여 국가 및 지방자치단체 등이 건축하는 건축물의 경우 그 건축물에 사용되는 에너지의 일정 비율 이상을 신·재생에너지 사용을 의무화하고, 일정규모 이상의 발전사업자는 발전량의 일정 양을 신·재생에너지로 공급하도록 의무화하는 제도를 도입함

3.6.3. 국내 신·재생에너지 보급 관련 정책 개선방안

■ 신·재생에너지 발전비중 확대 및 분류체계 개선을 위한 입법과제

- 신·재생에너지 발전 비중을 2020년까지 EU는 20%, 미국 20-30%로 정한 반면 우리나라는 2020년까지 10%를 목표로 하고 2015년까지 11%를 유지하기로 함 (2014년 1월 14일 국무회의 “제2차 에너지 기본계획”). 그러나 국제기준의 재생가능에너지 분류기준을 적용하면 우리정부의 목표는 4%도 안 되는 수준임
- 2011년 기준 우리나라의 신·재생에너지 보급비중은 0.7%로 OECD 34개 국가 중 최하위임 (IEA). 따라서 우리나라의 신·재생에너지 보급 확대를 위하여 정부의 적극적인 의지가 필요함 (2011년 기준 독일 10%, 프랑스 7.2%, 미국 6.1%, 일본 4.2%임)
- 신·재생에너지 분류기준을 국제기준에 부합하도록 개선할 필요가 있음. 현재 우리나라에서 인정하고 있는 재생에너지 (renewable energy)는 대부분 국제기준의 범주에 들어가나, 신에너지는 국제적으로 공통되게 인정되고 있는 에너지원이 아님 (우리나라의 신에너지와 폐기물 중 비재생폐기물 등은 국제기준에서 제외되어 있음)
- 현재 우리나라는 신에너지와 재생에너지를 동일한 법체계로 운영하고 있는데 신에너지가 신·재생에너지원에 포함되면 “신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법”에 규정하고 있는 다양한 지원을 받을 수 없으며 신·재생에너지 보급률 계산에 직접적인 영향을 미침
- 따라서 신기술을 이용하여 화석연료 등을 효율적으로 사용하는 ‘신에너지’와 화석연료를 대체하고 자연에너지를 사용하는 ‘재생에너지’는 성격이 다르므로 분리하여 별도의 법체계를 마련할 필요가 있음

■ 신·재생에너지 재정지원확대

- 모든 산업이 정부의 정책에 영향을 받지만 특히 신·재생에너지 산업은 정부의 정책에 매우 민감함. 이는 신·재생에너지 산업이 시장경제의 원리보다는 정부 정책에 따라 수요와 가격에 결정적인 영향을 미치기 때문이다.
- 신·재생에너지 산업의 육성을 위해서는 정부의 적극적인 재정지원이 필요하나 신·재생에너지 관련 정부예산은 해마다 줄어들고 있으며, 일관성이 없고 정권에 따라 바뀜

〈표 3.16〉 신·재생에너지에 대한 정부의 예산 지원 현황 (자료: 산업통상자원부, 2014. 03)

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
R&D	219,480	252,751	267,655	277,304	271,963	249,305
보급	578,044	623,840	735,800	720,936	579,206	553,409
합계	797,524	876,591	1,003,455	998,240	851,169	802,714

- 미국은 연방정부가 연방세액공제제도를 운용하고 주정부는 RPS제도를 운용하여 재생에너지 보급 확대 정책을 추진하고 있고, 일본은 정부가 직접 재정 지원하는 고정가격매입제도 (FIT)를 활용하여 2030년에 전체 발전에서 차지하는 신·재생에너지의 비율을 2010년 대비 3배로 확대하고자 함
- 따라서 우리나라도 향후 신·재생에너지의 원별 균형발전, 소규모 발전 사업자 지원을 통한 신·재생에너지 분야 사업 활성화 및 기술개발에 보다 적극적인 재정 투입이 필요함
- 온실가스의 증가로 인하여 발생하는 지구 온난화를 억제하기 위하여 저탄소 에너지원 사용, 에너지 효율성 증대, 이산화탄소 채집 등 신기술 개발에 적극적인 재정 투입이 필요함. 특히 신·재생에너지의 상용화를 위한 지원은 계속 확대되어야 함

■ 신·재생에너지 공급의무화제도의 보완을 위한 입법 개선과제

- 우리나라는 발전차액지원제도 (FIT)에서 2012년부터 공급의무화제도 (RPS)로 전환함. 그런데 RPS는 대규모 발전사업자 위주의 정책으로 전력시장가격이 시장에서 결정되기 때문에 수익이 불확실함. 이는 소규모 발전 사업가가 설비투자 등을 통한 신·재생에너지 공급을 확대하는데 저해요인이 됨

〈표 3.17〉 FIT와 RPS의 장단점 비교 (자료: 미래의 신·재생에너지 역할, 2015)

구분	FIT	RPS
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 시장 확대에 효과적 • 중소기업 발전 촉진 • 신·재생에너지의 분산배치 효과 • 사업위험도가 낮아 RPS보다 PF용자 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> • 공급규모 예측이 용이 • 시장경쟁을 통한 효율성 제고 • 재정 부담이 없음
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 보급규모 예측이 어려워 정책효과나 소요예산 규모 판단이 어려움 • 적정 가격 수준 책정이 어려움 • 재정 부담이 큼 • 안정적 사업으로 기술개발 유인이 적어 신·재생에너지 기술개발 저해 • 에너지원별 불균형 발생 • 중소기업 중심의 산발적 발전소 난립으로 환경훼손 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술기반이 없는 상태에서 경쟁체제 도입 시 외국기술에 시장 선점 우려 • 공급비용이 낮은 에너지 선호로 일부 신·재생에너지 편중우려 • 사업의 위험도가 높아 중소기업 참여율 저조 • 제도설계, 정책준수감사 및 확인에 많은 비용과 시간이 소요됨 • FIT에 비해 위험도가 높아 PF장식의 용자가 어려움

- 미국, 영국 등은 RPS를 운용하고, 독일, 일본 등은 FIT를 운용하며, 이탈리아는 양 제도를 병행하여 실시하고 있음
- 제도의 우월성 문제가 아니라 우리나라는 RPS의 경제성 위주의 특정 신·재생에너지로 편중될 가능성이 있는 단점을 보완하여, 신·재생에너지 전반의 활성화를 위하여 소규모 민간사업자의 투자활성화를 유도할 필요가 있음. 즉 RPS 틀에서 소규모 발전사업자에 유리한 FIT를 병행하는 실시하는 방안을 고려해야 함

■ 열과 수송용 연료 분야의 공급확대 방안 강구

- 생산된 신·재생에너지는 외국의 경우 전기, 열, 수송 등에 사용되지만, 우리 정부는 주로 전기 분야에서 신·재생에너지 공급을 활성화할 수 있는 정책을 실시하고 있음. 따라서 열 및 수송용 연료분야에 신·재생에너지 공급을 활성화할 수 있는 정책이 필요함
- 미국, 유럽 등 대부분의 선진국에서는 수송 분야에서 바이오연료 혼합을 의무화하는 RFS (Renewable Fuel Standard)제도를 운영하고 있고, 독일은 수송 분야 및 열 분야에서도 의무화제도 (RHO, Renewable Heat Obligation)를 시행하고 있음
- 우리나라는 2013년 7월 30일 ‘신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법’을 개정하여 2015년 7월 31일부터 석유정제업자 또는 석유수출업자에게 일정비율이상의 RFS 신·재생에너지 연료를 수송용 연료에 혼합할 수 있도록 하고 있음. 그러나 신·재생에너지의 공급을 보다 체계적으로 갖추기 위해서는 열과 수송 분야에서 신·재생에너지의 공급을 확대할 수 있는 방안을 모색하여야 함

온실가스 배출로 문제가 되고 있는 화석에너지를 줄이고 신·재생에너지 개발을 촉진하기 위해서는 정부의 일관성 있는 지원정책과 시민들의 적극적인 참여가 필수적이며, 신·재생에너지 보급의 확대를 위해서는 정부의 신뢰할 만한 보급 정책, 재생에너지 보급에 필요한 재원의 안정적인 조달 구조 그리고 신·재생에너지에 대한 사회적 수용 등 여러 가지 요건의 조화가 필요함

>>>

제4장 결 언

제 4 장 결 언

연안을 통해 사람들은 바다의 다양한 자원을 얻어내기도 하고, 해운을 통한 물자의 이동 역시 모두 연안을 통해 이루어진다. 특히, 전국 국가산업단지의 78%가 연안에 위치할 정도로 국가 경제의 측면이나 다양한 이용의 측면에서도 중요한 공간이다. 그러나, 연안은 기후변화라는 전 지구적인 현상에 가장 큰 영향을 받는 곳이며, 가장 직접적인 변화인 해수면 상승은 직접적으로 연안지역에 침식, 침수와 범람의 위험을 증가시켜 연안의 환경과 현재의 이용방식에 큰 영향을 미칠 수밖에 없다.

기후변화 문제에 대처하고자 설립한 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)는 이미 1991년 보고서에서 21세기의 해수면 상승률을 연평균 0.6cm까지 예측했고, 최근 발표한 제5차(2014년) 보고서에서 1901년~2010년 세계의 해수면은 평균 19cm 상승했으며, 온실가스 감축 노력 없이 지금과 같은 추세가 계속된다면 21C 말에는 해수면이 최대 98cm, 평균 63cm 가량 상승할 것으로 예상했다. 이러한 예측이 사실로 도래할 경우, 앞서 언급한 바와 같은 연안역의 중요 국가산업시설은 심각한 피해를 입게 될 뿐 아니라, 그로 인해 유발되는 환경문제는 자연환경 및 인간의 사회생활환경에 까지 다양한 영향을 미치게 될 문제임에도 불구하고, 그에 대한 대책은 수립되지 못한 상황이며 구체적인 검토도 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 이에 대한 문제점 파악과 국가차원의 정책방향 수립을 위한 기초적인 연구가 절실하다.

실제로 제주도 용머리 해안은 1987년 해안산책로 조성 당시엔 만조 때에도 바닷물에 잠기는 일이 없었으나 최근에는 하루 8시간 이상 침수되고 있다. 이 때문에 최근에는 용머리해안은 관광객들의 접근이 금지되고 있다. 그 이외에도 최근 동해 연안에서는 해수면 상승과 파고증가로 인한 연안침식이 발생되고 있으며 국토유실이라는 문제에 봉착하고

있으며 그 피해정도는 계속 증가하고 있는 것으로 알려져 있다.

한편, 연안에 건설되는 화력 및 원자력 발전소는 향후 더욱 확대될 것으로 전망되며, 그에 따른 연안환경의 영향에 대한 구체적인 검토와 대책방안 수립이 필요한 실정이다.

아울러, 기후변화의 주범인 온실가스를 감축하고 청정에너지 수급을 목적으로 개발되고 있는 그린에너지는 그 이면에 발생될 수 있는 환경영향요소가 다분히 내재되어 있으나, 이에 대한 검토도 미미한 실정이다. 우리나라는 청정그린에너지의 개발이 선진국에 비하여 상당부분 뒤쳐져 있는 현실이지만, 차제에 이에 대한 환경영향을 조사·검토하여 향후 발생될 수 있는 환경악영향을 최소화 시킬 정책적 대안이 필요하다.

■ 하천, 하구 및 연안인근의 국가산업단지 개발에 따른 연안환경변화

물리적인 변화는 수질의 변화, 해안 및 주변 저질의 퇴적상의 변화, 이와 관련된 생물상의 변화 등을 유발하게 되어 연안환경 및 생태계에 큰 영향을 미칠 수 있다. 이와 같이 해양 관련 사업은 거의 모든 분야에서 유동장의 변화 등과 같은 물리적 환경변화를 유발할 수 있으며 특히, 갯벌을 매립하면 매립한 면적만큼 갯벌 생물의 서식처는 파괴되어, 갯벌 생태계에 서식하는 각종 해양생물들이 사라지고, 갯벌 생태계의 다양한 기능이 상실되어, 주변 생태계는 물론 인간도 그 영향을 받게 된다.

각종 매립 및 준설사업 등으로 인한 유속 감소는 성층 구조를 더욱 증대시켜 사업해역의 수질을 더욱 악화시킬 것으로 예상된다. 또한, 해양매립사업의 경우 사업을 실시함에 따라 해양수질오염을 일으키는 요인 중 가장 직접적인 원인은 시설물 설치로 인한 해수의 원활한 교환의 저해이다. 항만개발에 따라 방파제를 설치함으로써 인해 항내를 폐쇄시킴으로 해수교환이 원활히 이루어지지 못하게 되어 해양수질이 악화된

다. 정체성 구역에서는 부영양화가 촉진되고, 그 결과 플랑크톤이 증식·대량 발생(적조), 플랑크톤의 사체 등(유기 현탁물질)의 침강·퇴적에 의한 수질 오염이 진행되고, 해저 퇴적물의 분해를 통한 산소의 대량 소비로 인한 저층부의 빈산소화가 발생, 빈산소 수괴의 형성에 수반한 생태 환경의 파괴(사멸)가 발생하게 된다.

해안에서의 각종 매립사업(항만, 산업단지, 도로 등)으로 인한 환경영향 중 가장 큰 환경영향 중의 하나가 해안의 퇴적상 변화라 할 수 있다. 특히, 강원 및 경북이 인접한 동해안에서 이루어지고 있는 기존항만의 확장 또는 정온도 개선을 목적으로 하는 방파제 연장공사, 임해발전소 건설과 항만 및 어항에서는 자연적 과정에 의해 이동된 해저퇴적물이 지형적 영향으로 항만의 입구 부근 및 접근항로에서 매몰현상으로 수심을 유지하기 위한 유지준설 등은 인접 지역에 심각한 해안선 변형(주로 침식)을 초래한다.

최근 연안개발과 더불어, 기후변화에 대응하기 위해 그 수요가 정책적으로 증가하고 있는 해양에너지개발사업의 친환경성을 확보하려면, 환경적 측면에서의 입지선정과 영향에 대한 대책이 충분히 진단되는 것이 필요하다. 특히, 사전평가단계인 전략 환경영향평가서 또는 공유수면매립기본계획서를 제출할 경우에는 해당 사업에 따른 입지, 규모, 시기 등의 타당성을 통한 계획의 적정성 여부가 초점이다. 따라서 환경영향 최소화를 위한 실질적인 대안분석이 이루어져야 할 것이다. 이러한 환경영향평가를 개선하기 위해서는 첫째, 경제성분석(B/C 분석)에서 개발편익을 늘리고, 환경비용은 저평가되는 등 문제점이 내포되고 있는 상황을 고려하여, 해양개발계획에 대한 보다 합리적인 평가기준과 근거를 보완하여 보편화될 수 있는 가이드라인 설정이 필요할 것으로 판단된다. 둘째, 해당 계획의 입지특성을 분석할 때, 육상위주의 정보보다는 실제 사업의 영향권인 해양공간이용에 대한 정보분석이 충분히 이루어

져야 한다. 셋째, 환경영향과 관련된 평가에서 사업유형특성을 고려한 평가·항목 및 검토체계 정비가 필요하다.

■ 온실가스 감축을 위한 청정그린 에너지개발에 따른 환경영향

온실가스로 인한 지구 온난화가 진행되고, 이에 따라 기상이변이 속출하면서 지구의 이상한파와 이상난동은 더 이상 일시적인 현상이 아니다. IEA의 550 시나리오에 의하면 기술의 발달로 인하여 에너지의 사용은 증가되지만 세계 각 나라의 온실가스 감축을 위한 대체에너지 개발과 새로운 기술의 발달로 인하여 CO₂의 배출은 감소될 것이며 현재의 시나리오가 실현이 된다면 2020년 이후에는 연간 33G ton으로 20%이상이 감축될 것으로 예측된다. 신·재생에너지, 원자력, 생화학연료, 이산화탄소 포집기술 (Carbon Dioxide Capture and Sequestration) 등은 현재 온실가스 저감을 위한 적극적인 기술이다. 그러나 화석연료의 연소로 발생하는 이산화탄소 후처리는 아직 기술이 미진할 뿐 아니라 화석연료의 고갈이라는 문제를 고려하면 이산화탄소를 후처리하는 포집기술에 중점을 두기보다는 이산화탄소의 배출을 감소시키고, 에너지의 효율 향상과 절약에 우선순위를 두어야 한다. 원자력의 경우 발전과정에서 이산화탄소 배출이 거의 없어 기후변화시대에 새롭게 주목받았으나 원전 사고의 발생이나 방사성폐기물 (특히 사용 후 핵연료) 처리의 문제점 등 기후변화 대처와는 반대로 환경 생태적 문제를 야기할 가능성이 농후하여 기후변화의 대응을 위한 대안으로는 바람직하지 않다. 특히, 최근 들어 원자력발전의 연료인 우라늄의 가격이 1kg 당 7달러 (2000년)에서 113달러 (2012년)으로 약 20배 이상 상승하고, 우라늄 또한 광물자원으로 고갈가능성이 있다는 것을 고려한다면 원자력에 대한 기대와 의존은 기후변화의 해법이 되기 힘들다. 이로 인하여 신·재생에너지로 에너지 공급원을 다변화해 원자력 발전 의존도를 낮추자는 의견이 개진되고 있지만 전망이 밝지만은 않다. 왜냐하면 국내 신·재생에너지 분

야의 기술수준은 너무나 취약하기 때문이다. 지식경제부는 우리나라의 기술수준이 선진국 대비 70%~90% 수준에 달한다고 발표했지만 이는 아주 긍정적인 지표만을 활용한 결과로 실제 기술 수준은 분야마다 기술 수준이 다르긴지만 풍력발전 같은 경우는 외국의 것을 조립해서 파는 정도의 초보적인 수준이다. 또한 우리나라 원전 발전량 비중은 현재 40%에 육박하고 있으며, 이를 신·재생에너지가 따라잡기는 사실상 어렵다. 정부는 3차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획에서 2008년 2.5%이던 신·재생에너지 비중을 2015년까지 4.3%, 2030년까지는 11%를 달성하도록 설정했다. 하지만 현재 신·재생에너지 총량의 75%는 폐기물 에너지가 차지하고 있고, 화석연료인 석유나 석탄의 정제과정 중 나오는 공정상 부산물인 폐가스를 모두 재생에너지원으로 포함하고 있다. 이를 제외할 경우 통계치는 절반인 1%대로 줄어들게 되고, 2030년까지 11%의 보급률을 달성한다는 것은 더욱 어려워지는 것이다. 우리나라의 지리적 여건을 감안했을 때 온 국토를 태양광패널, 풍력발전기 등의 발전시설로 뒤덮지 않는 한 원전만큼의 에너지 생산은 불가능하며, 신·재생에너지가 주요 에너지원이 되기는 거의 불가능하다. 이러한 문제점을 타개하고 에너지 공급 다변화를 위해서는 미비한 기술의 확충이 일차적 과제이다. 독일, 스페인, 미국 등 기술을 선점한 여러 나라들은 꾸준히 기술 경쟁력을 높이고 수출도 활발히 하고 있는 단계에 이르렀다. 우리는 기술 선진국들을 따라가는데 조바심 내기보다는 미래를 바라보는 자체 기술 개발에 힘쓰고 선진 기술을 적극적으로 유치해야한다.

신·재생에너지의 개발과 더불어 반드시 고려해야할 부분은 신·재생 에너지의 개발로 나타나는 환경문제이다. 기후변화는 환경문제이자 에너지의 문제이다. 지금 세계는 온실가스로 인한 기후변화를 최소화하기 보다는 탄소배출권거래제를 비롯한 시장메커니즘의 작동으로 경제문제로 확장되면서 지구생태계의 지속가능성은 도외시되고 있는 양상이다.

우리나라에서의 태양광 발전에 의한 환경·사회적 문제는 주로 무분별한 산지 개발과 주민과의 협의절차 소홀로 인해 발생한다. 태양광 패널을 소규모로 설치하는 경우는 별로 문제가 안 되겠지만 대형 태양광 발전시설은 상대적으로 넓은 면적을 필요로 하게 되며 이를 건설하는 과정에서 산림을 파괴한다. 또한 태양광 패널 자체에는 유해물질을 포함하고 있어 이것이 파손되거나 합부로 처분하는 과정에서 오염이 진행될 수 있는 위험성을 가지고 있고, 태양광 발전시설에서 주로 사용되는 먼지억제제, 유전용액 등 화학물질들이 토양과 지하수 오염의 원인으로 작용하기도 한다. 풍력 발전시설의 경우도 여러 가지 부정적인 환경문제를 야기한다. 가장 흔히 발생하는 사례는 풍력발전 터빈의 회전날개에 조류가 희생되는 것이다. 또한 풍력 발전시설은 바람에너지를 보다 효율적으로 이용하기 위해 주변의 지형이나 건물 등과는 상관없이 홀로 우뚝 서 있는 경우가 많은데, 주변 경관 훼손과 풍력 발전기에서 발생하는 소음으로 주민들의 민원 대상이 되어 갈등을 야기하고 있다.

지금과 같은 개발방식으로 앞으로도 재생에너지사업이 추진된다면, 환경적 이점으로 각광받아온 재생에너지원이 활성화를 기대하기 어려울 뿐만 아니라 재생에너지원에 환경파괴라는 역설적인 오명이 씌워지게 될 수 있다. 재생에너지의 환경문제를 최소화하는 데 합리적인 원칙과 합의에 바탕을 둔 국가적 계획이 필요한 시점이다. 신·재생에너지 발전 방향은 재생에너지의 특성과 정확한 이해를 토대로 정책을 결정해야 하며, 에너지구조 변혁에서 야기되는 불편함을 감수하더라도 친환경에너지를 추구할 수 있는 의식수준의 신장이 이뤄져야 하고, 더불어 국민들도 함께 바람직한 에너지정책을 위한 고민이 필요하다. 저에너지로 고효율의 에너지를 획득할 수 있고, 환경파괴와 온실가스 배출을 최소화한다면 대체에너지 개발을 위한 최적의 방안이 될 것이다. 기후변화의 문제에 대처하는 것은 이제 협약이나 협상의 문제가 아니라 인류의 생존의 문제이다.

>>>

참 고 문 헌

참고문헌

- 강신원. New Renewable Energy Policies and Its Economic Efficiency: Based on Tidal Power, 과학기술법연구, 19(2): 259-282, 2013
- 권혁수, 미래의 신·재생에너지 역할, 과학과 기술, 2015
- 기상청, 기후변화 2014 종합보고서, 2014
- 김건식, 국내 신·재생에너지 보급의 문제점과 개선방안, 국회입법조사처, 2014
- 김규한 외, 안정해빈 형성에 의한 해안침식제어. 대한토목학회 학술발표논문집, 2001
- 김규한, 유형석, 현장관측에 의한 침식해안의 표사이동분석, 대한토목학회 논문집, 23(2B), pp.115-121, 2003
- 김규한 외, 해안침식 관리시스템과 그 적용, 한국해안·해양공학회 논문집, 20(6), pp.602-610, 2008
- 김귀영 외. 해상풍력개발사업의 바다환경영향평가 개선방안. 환경영향평가, 21(1): 1-13, 2012
- 김대경, 에너지 정책 분야, 새 정부의 과제와 역할, 신·재생에너지 & 스마트그리드를 중심으로, 2013
- 김봉주·김건식, 신·재생에너지 공급의무 제도의 운용 현황과 과제, 국회입법조사처, 이슈와 논점 제753호, 2013.
- 김인호, 신·재생에너지에 기초한 녹색성장과 사회통합, 2013.
- 김소연, 풍력에너지 개발과 환경적 영향, KOSEN Expert Review, 2012.
- 데이코, 에너지 신·재생에너지 산업실태와 연구개발동향, 2013.
- 국회 신성장산업포럼, 「신·재생에너지 현황 및 발전방안」 2013.
- 맹준호 외. 조력 및 해상풍력사업 환경평가방안 연구 I 조력발전사업, 한국환경정책·평가연구원. pp. 227, 2012a
- 맹준호 외. 조력 및 해상풍력사업 환경평가방안 연구 II 해상풍력발전사업, 한국환경정책·평가연구원. pp. 264, 2012b

- 법제처, 기후변화 대응을 위한 재난·재해 관련 법제에 관한 연구, 2013
- 배정환, 안지운, 지역 신재생에너지 시설물이 지역사회에 미치는 영향 및 사회적 가치 추정: 풍력단지를 중심으로, 에너지경제연구원. pp. 07-16, 2007
- 산업통상자원위원회, 제2차 에너지기본계획, 2014.
- 산업통상자원부·에너지경제연구원, 2013 에너지통계 연보, 2013.
- 산업통상자원부, 신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법 일부개정 법률안 보고서, 2013
- 산업통상자원부, 신·재생에너지 백서 2014, 에너지관리공단 신·재생에너지 센터, 2014.
- 삼척시, 삼척생산기지 해안선변화 모니터링 보고서, 2014
- 수자원공사, 시화개발사업 및 조력발전소, 세미나 발표자료, 2012
- 신범식, 김규한, 대규모 매립에 대한 환경영향예측과 저감방안에 관한 연구, 한국해안·해양공학회 논문집, 22(2), pp.95-100, 2010
- 신승호, 해양에너지 기술개발의 필수 관문, 실향역 시험, Coastal and Ocean, 6(1): 20-35, 2013
- 신철오 외, 해상풍력발전의 환경적·경제적 영향 연구, 한국해양수산개발원, 2011
- 안지운, 국제 신·재생에너지 정책 변화 및 시장 분석, 에너지경제연구원, 2012.
- 안영환, 오인하, 에너지 부문의 기후변화 적응전략에 대한 탐색적 연구, 에너지 경제연구, 9(2), 2010.
- 에너지관리공단 신·재생센터, 『국내 신·재생에너지 산업현황』, 2013.
- 에너지관리공단, 『2012년 신·재생에너지 보급통계』, 2013.
- 오철 외, 해양온도차를 이용한 냉난방시스템 및 발전시스템의 현황과 미래전망, 대한설비공학회 2011 하계학술발표대회 논문집. pp. 154-159, 2011
- 오 철, 해수온도차를 이용한 냉난방시스템 및 발전시스템의 현황과 미래전망, Coastal and Ocean, 6(1): 9-19, 2013
- 오진규, 에너지부문의 기후변화 대응과 연계한 녹색성장 전략 연구: 녹색성장 정책수단의 효과 분석, 에너지 경제 연구원, 2010

- 유승훈, 이주석, 가로림만의 환경가치 평가, 경제학연구, 56(3): 5-28, 2008
- 윤진숙 외, 한국해양과학기술진흥원 중장기 발전전략, 한국해양수산개발원, . 2012.
- 이대인 등, 해양에너지개발사업 환경영향평가 검토유형 및 중점평가사항 진단, 한국해안환경·에너지학회지, 18(3), 179-188, 2015
- 이상훈, 한국의 재생에너지 보급 확대 방안, 지소가능경제 연구회 정책 세미나, 2012.
- 장두석. 조력·조류·파력 발전의 최근 동향과 전망, 이슈분석, 2010
- 조운수, 에너지원의 위기와 미래, 일진사, 2013.
- 지식경제부, 기후변화대응을 위한 신·재생에너지 로드맵 및 지원체계 연계 전략, 에너지경제 연구원, 2010.
- 천영진 외, 조력발전소 건설사업에 의한 해양생물상 영향 사례 고찰, 한국환경정책·평가연구원. pp. 70, 2011
- 한명식, 권력주, 이종섭, 항만에서의 기후변화 대응 방안, (주) 유신 기술회보 제 18호, 2012
- 한국환경정책·평가연구원, 해양매립사업으로 인한 환경영향의 효율적인 저감방안에 관한 연구, 2005
- 한국환경정책·평가연구원, 국가 해수면 상승 사회.경제적 영향평가, 2012
- 환경부, 기후변화대응 R&D 추진을 위한 경제성 분석, 2012
- 한경섭, 국내외 해상풍력 현황 및 전망, 제 5회 강관사업발전 세미나, 2009
- 한국서부발전(주), 가로림만 조력발전소 건설 환경영향평가, 2007
- Beatley, T., Brower, D.J. and Schwab, A.N., An Introduction to Coastal Zone Management, Washington, Island Press, pp., p210, 1994
- BNEF (Bloomberg New Energy Fiance), Global Trends in Clean Energy Investment 2014, BNEF, London, UK, 2014
- BNEF (Bloomberg New Energy Fiance), Bloomberg New Energy Finance hosts first-ever Asia Summit 2015, BNEF, Shanghai, China, 2015
- Christensen, N.L. et al., The report of the ecological society of America

- committee on the scientific basis for ecosystem management, *Ecological Applications*, 6(3) , pp.665-691, 1996
- Clark, J.R., Coastal zone management for the new century, *Ocean & Coastal Management*, 37(2), pp.191-216, 1998
- Cortner, H.J. and Moote, M.A. The politics of ecosystem management, U.S.A., Island Press, pp., p179, 1999,
- Coughanowr, C.A. Ngoile, M.N. and Linden, O., Coastal Zone Management in Eastern Africa Including the Island States: A Review of Issues and Initiatives, *AMBIO*, 24(4) , pp.448-457, 1995
- Cullen P., Coastal Zone Management in Australia, *Coastal Zone Management Journal*, 10(3), pp.183-212, 1982
- DRL (Deutscher Rat für Landespflge), Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft, Heft 79, 2006.
- EEFIG (Energy Efficiency Financial Institutions, Energy Efficiency-The first fuel for the EU economy, EEFIG, Brussels, 2014
- Edwards, S.D., Jones, P.J.S., and Nowell, D.E., Participation in coastal zone management initiatives: a review and analysis of example from the UK, *Ocean & Coastal Management*, pp.143-165, 1997
- Engelhardt Udo, The Crown-of-Thorns Starfish, *Coralines*, G. Brice4 (2), pp.9-11, 1984
- G30 (Group of Thirty), Long-term finance and economic growth, 630, Washington, DC., 2013
- Gupta, S., et al., Cross-cutting investment and finance Issues, in Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom., 2014
- Healy, R.G. and Zinn, J.A., Environment and development Conflicts in Coastal Zone Management, *Journal of American Planning Association*, Summer 1985, pp.299-311, 1985

- Hershman, M.J. et al., The effectiveness of coastal zone management in the United States, *Coastal Management*, 27(2-3) , pp.113-138, 1999
- Hildebrand, L.P. and Norrena, E.J., Approaches and progress toward effective integrated coastal zone management, *Marine Pollution Bulletin*, 25(1-4), pp .94-97, 1992
- IEA (International Energy Agency) World Energy Investment Outlook, OECD/IEA, Paris, 2014
- IPCC, 2014: Climate Change, Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014
- Kim, K. H., Yoo, H. S., Kobayashi, N., Mitigation of Beach Erosion after Coastal Road Construction, *Journal of Coastal Research*, 27(4), pp.645-651, 2011
- Lundin, C.G. and Linden, O., Coastal Ecosystems: Attempts to Manage a Threatened Resource, *AMBIO*, 22 (7) , pp.468-473, 1993
- NREL (National Renewable Energy Laboratory), Financing US Renewable energy projects through public capital vehicles: Qualitative and quantitative benefits, Technical Report NREL/TP-6A20-58315, NREL, Golden, United States.
- Shands, W.E. Leadership in a community of interests, *Ecosystem Management*, Jennifer, A. et al., U.S.A, Taylor and Francis, pp.117-124, 1999
- Wescott, Geoff., The development and implementation of Australia's oceans policy, *Tropical Coasts*, pp.58-65, 2000
- Visser, L.. The social-institutional dynamics of coastal zone management, *Journal of Coastal Conservation*, 5, pp.145-148, 1999