

친환경에너지 정책 추진강화에 따른 항만의 신재생에너지 확대방안

A Study on Improvement for Transshipment Operations in
the Container Terminals at the Busan New Port with the
Change of Global Shipping Alliances

2017. 10.

심기섭·조지성·김영훈



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

보고서 집필 내역

<연구책임자>

심 기 섭 : 연구총괄, 제1장, 제2장, 제5장 일부, 제6장

<연구진>

조 지 성 : 제3장 일부, 제4장 일부, 제5장 일부

김 영 훈 : 제3장 일부, 제4장 일부, 제5장 일부

산·학·연·정 연구자문위원

김 한 필 (세광종합기술단 상무)

김 유 택 (한국해양대학교 교수)

오 철 (한국해양대학교 교수)

* 순서는 산·학·연·정 순임

연구감리자

이 성 우 (한국해양수산개발원 항만·물류연구본부장)



요 약 · i

제1장

서 론 · 1

제1절 연구의 배경 및 필요성	1
제2절 연구의 목적	2
제3절 연구 추진방법	3

제2장

국내 신재생 에너지정책과 향만의 확대 도입 가능성 · 4

제1절 국내 에너지 수급현황	4
1. 에너지 수급 여건	4
2. 에너지 수요전망	5
3. 신재생에너지 보급 확대 및 산업육성	6
제2절 향만구역 내에 도입가능한 신재생에너지	8
1. 신재생에너지의 정의	8
2. 향만구역 내 신재생에너지 도입요건	10

제3장

국내외 주요 향만의 신재생에너지 도입현황 · 18

제1절 국내 사례분석	18
1. 국내 주요 향만의 사례분석	18

2. 해수열 에너지의 도입 현황	25
3. 해상풍력의 도입현황	26
제2절 해외 사례분석	28
1. 해외항만에서의 신재생에너지 도입 현황	28
2. 해외 주요국의 해수열에너지 도입 현황	39
제3절 소결	42

제4장

항만구역 신재생에너지 도입 결정요소 분석 · 43

제1절 항만구역 내 신재생에너지 확대의 애로요인 분석	43
1. 제도적 측면	43
2. 기술적 측면	45
제2절 항만구역 신재생에너지 도입 결정요소	46
1. 선행연구 검토	46
2. AHP(Analytic Hierarchy Process) 모델 설정	48
3. AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석결과	52

제5장

항만구역 내 신재생에너지 확대방안 · 55

제1절 제도적 측면	55
1. 공유수면 점사용 허가제도 개선	55
2. 신재생에너지 도입 관련 절차 간소화	60
3. 관계기관별 역할분담 명확화	60
제2절 신재생에너지 사업의 경제적 수익성 제고	62
1. 공급의무화제도(RPS)와 발전차액지원제도(FIT)의 병행운용	62

2. 신재생에너지 사업비 보조금 지원 및 세제 우대방안 마련	63
제3절 신재생에너지 기술적 효율성 제고	66

제6장

결론 · 68



참고문헌 · 71

» 표목차

〈표 2-1〉 부문별 에너지 수요전망(2011~2035).....	6
〈표 2-2〉 신재생에너지의 특성분석.....	9
〈표 2-3〉 해양에너지의 입지조건	13
〈표 2-4〉 해양에너지 장기개발 목표.....	14
〈표 2-5〉 해상풍력의 장점과 단점	15
〈표 3-1〉 부산항의 신재생에너지 운영현황.....	19
〈표 3-2〉 부산항 신재생에너지 도입계획.....	20
〈표 3-3〉 인천항 햇빛·나눔발전소 설치현황.....	21
〈표 3-4〉 여수광양항 태양광발전설비 추진 현황.....	23
〈표 3-5〉 여수광양항 신재생에너지 추진실적 및 계획.....	24
〈표 3-6〉 한국해양대학교 설치대상 건물의 개요.....	25
〈표 3-7〉 로테르담항만 구역 내 풍력발전용 터빈 설치 현황 및 계획(2015년 기준).....	29
〈표 3-8〉 독일 에너지원별 kWh 당 보조금 (년 기준).....	33
〈표 3-9〉 미국 권역 별 해상풍력발전목표량 및 대상항만개수 (2015년 기준).....	36
〈표 3-10〉 국가별 해수열 냉난방 발전현황.....	41
〈표 4-1〉 AHP 의사결정요소 정의.....	51
〈표 4-2〉 항만구역 신재생에너지 도입 결정요인 중요도 분석 결과.....	53
〈표 5-1〉 항만법 제2조 5항에 의한 항만시설.....	59
〈표 5-3〉 일본 신재생에너지 산업 촉진 정책.....	65
〈표 5-4〉 제4차 신재생에너지 기본계획상 R&D 역량 강화 정책.....	67

〈그림 1-1〉 항만구역에서의 신재생에너지 도입을 위한 결정요소	3
〈그림 2-1〉 1차 에너지 공급 구성비(1990~2015)	5
〈그림 2-2〉 국내 신재생에너지 보급 목표	7
〈그림 2-3〉 세계 태양광에너지 시장의 현황	11
〈그림 2-4〉 태양전지 필요 요소기술	12
〈그림 2-5〉 지열에너지를 이용한 적용사례	17
〈그림 3-1〉 부산항 신재생에너지 이용 사례	19
〈그림 3-2〉 인천항 내 태양광 발전시설 설치 사례	21
〈그림 3-3〉 여수·광양항 태양광 발전사업 현황	24
〈그림 3-4〉 로테르담항만 구역 내 에너지원별 발전 계획	29
〈그림 3-5〉 로테르담항만 내 OCMV2 위치	30
〈그림 3-6〉 함부르크항 Eurogate 터미널 풍력발전 전경	32
〈그림 3-7〉 미국 권역 내 FiT 정책 시행 지역 및 FiT가격 산정방법	35
〈그림 3-8〉 일본의 해상풍력 개발계획	38
〈그림 4-1〉 항만구역에서의 신재생에너지 도입을 위한 결정요소	50
〈그림 5-1〉 국내 신재생에너지 보급 목표	56

요약

친환경에너지 정책 추진강화에 따른 향만의 신재생에너지 확대방안

■ 연구의 배경 및 목적

- 문재인정부가 발표한 “국정운영 5개년 계획(2017.7)”에서 「국민안전과 생명을 지키는 안심사회」 구현이라는 세부추진전략 하에 “탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지 전환” 정책을 지향함으로서 향만에서의 에너지 공급체제의 개편이 불가피한 실정
- 국제적으로는 2015년 12월에 채택된 파리기후협정(유엔기후변화협약)은 온실가스 감축에 대한 세계적인 합의를 도출하였으며, 참가국은 스스로 정한 자발적 기여방안(INDC: Intended Nationally Determined Contributions)을 제출하도록 규정하고 있으며, 우리나라는 2015년 10월에 2030년까지 CO₂ 배출량을 37%까지 감축시키는 목표를 제시
- 국내외 환경변화 및 국내 향만의 여건에 적합한 신재생에너지의 개발 및 보급, 향만 내 신재생에너지 산업의 확대방안을 제시함으로써 향만 내 에너지자립도의 제고를 통한 향만의 국제경쟁력 제고, 향만산업을 미래 성장산업으로 육성하기 위한 추진방안을 제시하고자 함

■ 국내 신재생에너지산업 시장의 현황

- 우리나라의 에너지소비량은 2013년 기준 264백만toe로 세계 8위이며, 석유 소비는 9위·전력소비는 8위를 차지하고 있음
- 에너지수입액은 2014년 기준 1,741억 달러로 국가 전체 수입액의 33.1%를 차지하고 있으며, 우리나라 공급에너지의 95.2%를 해외 수입에 의존

- 총 에너지수입액의 74.6%를 차지하는 석유의 경우, 중동 수입비중이 83.9%를 차지하고 있어 에너지안보에 매우 취약한 수급 구조를 갖고 있음
- 우리나라의 에너지 최종수요는 전망기간(2011~2035년) 중 연평균 0.88% 증가하여 2035년에 254.1백만toe에 달할 것으로 전망됨
- 이러한 국내외 환경변화에 대응하기 위해 정부는 2035년까지 1차 에너지 기준 11% 보급목표 구현을 위한 세부 이행방안을 담은 “제4차 신·재생 에너지 기본계획(2014.9월)”을 수립·발표

■ 항만구역 내 도입 가능한 신재생에너지 선정

- 한국신·재생에너지협회는 태양광, 태양열, 바이오에너지, 풍력, 소수력에너지, 연료전지, 석탄가스액화, 해양에너지, 폐기물에너지, 지열, 수소에너지 등 11개 에너지를 신재생에너지로 정의
- 해외 선진항만의 경우, 11개 신재생에너지 분류 중 태양광, 지열, 풍력에너지 및 해양에너지 등 4개 에너지를 주로 도입 및 사용하고 있음
- 지열에너지의 경우 기술개발의 불안정성, 지진유발에 따른 위험성 등 잠재적인 문제점이 있어 본 연구에서는 태양광, 풍력에너지 및 해양에너지 등 3개 부문에 대해서만 항만구역 내 도입가능성을 분석함

■ 국내외 항만의 신재생에너지 도입 현황

- (부산항) 태양광, 태양열, 지열 등의 신재생에너지를 항만구역 내 도입하여 운영 중
- (인천항) 2012년부터 인천광역시 및 한국남동발전과 함께 ‘인천항 태양광 발전소 건설사업’을 추진
- (여수·광양항) 2011년 국내 항만 최초로 컨테이너부두 내 대규모 태양광 발전설비를 구축
- (로테르담항) Port Vision 2030 사업(2010~2030년)의 주요 에너지 정책은 2030년까지 항만구역에서 필요한 에너지의 30%(2010년 10%)를 신재생에너지로 공급하려는 계획

- (함부르크항) 독일은 2000년 신재생에너지법(EEG)을 제정, 전체 에너지 중 신재생에너지의 발전전력 비중을 2020년 35%, 2030년 50%, 2040년 80%까지 확대하려는 목표를 수립하여 추진

- 함부르크항 Eurogate 터미널에서는 풍력과 태양광 발전 설비를 설치

■ 항만구역 신재생에너지 도입·확대의 애로요인 분석

- 우리나라의 신재생에너지정책은 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 근거하여 추진되고 있는 실정임
- 산·학·연 관련 전문가들을 대상으로 항만구역 내 신재생에너지 도입·확대 상의 애로요인을 분석한 결과,
 - 공유수면 점사용 허가 취득상 행정절차의 어려움
 - 초기 투자비 경감을 위한 융자지원제도의 개선(융자지원 → 보조금 지원)
 - 발전차액지원제도(FIT) 폐지
 - 태양광, 풍력에너지 등 일부 신재생에너지 분야에만 R&D 연구 집중 등
- 항만구역 내 신재생에너지 도입 결정요소

대분류	중분류	전체 9개 평가지표 중 가중치
기술적 측면 (0.275)	성숙도 (0.249)	0.068
	독점성 (0.089)	0.024
	효율성 (0.662)	0.182
경제적 측면 (0.569)	투자비용 (0.240)	0.137
	수익성 (0.602)	0.343
	성장성 (0.158)	0.090
사회적 측면 (0.156)	정부정책 (0.449)	0.070

대분류	중분류	전체 9개 평가지표 중 가중치
	정부지원 (0.452)	0.071
	민원여부 (0.100)	0.016

■ 항만구역 내 신재생에너지 확대방안

- 공유수면 점사용 허가제도 개선
 - 공유수면관리 및 매립에 관한 법률 시행규칙 제6조(공유수면 점용·사용 허가의 면제 범위)를 해상풍력단지 및 해수온도차 발전 등 신재생에너지 시설까지 확대하여 인허가 과정을 간소화할 필요 있음
 - 이는 사업체들의 초기 사업비 감소 효과를 유발하여 시장진입을 보다 원활히 할 수 있게 할 것으로 기대
- 발전차액지원제도(FIT)와 공급의무화제도(RPS) 병행 운용
 - 신재생에너지 발전 초기 단계인 우리나라는 시장논리에 따른 에너지 가격 결정은 수익률 미 보장으로 사업 리스크를 증가시켜 신생 기업 육성이 어려우며 기술개발 투자의 저해요인으로 작용
 - 안정적인 투자환경 조성을 위해 FIT 제도와 같은 가격지원제도가 필요할 것으로 판단되며, 실제 신재생에너지 선진국인 독일, 일본 등에서도 FIT 제도를 통해 산업을 육성
- 지속적인 R&D 사업 추진
 - 신재생에너지 설비의 낮은 효율성은 국내 신재생에너지 산업의 성장을 저해하는 것으로 판단됨
 - 지속적인 R&D 사업을 통해 설비의 효율성을 향상시켜야 하며, 신재생 에너지와 전력저장 장치 간 연결기술 개발 등 안정적인 에너지 공급이 가능하도록 지원

제1장

서론 ≪

제1절 연구의 배경 및 필요성

2017년 5월 출범한 문재인 정부가 발표한 “국정운영5개년 계획(2017.7)”에서 「국민안전과 생명을 지키는 안심사회」 구현이라는 세부추진전략 하에 “탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지 전환”정책을 지향하고 있다. 즉 원전 신규 건설계획(추가 6기) 백지화, 노후 원전수명 연장 금지 등 단계적 원전 감축계획을 전력수급 기본계획 등에 반영하는 정책을 추진 중이다. 공론화를 통해 사용 후 핵연료정책을 재검토하고, 고리1호기 영구정지를 원전해체 산업을 육성하는 계기로 활용할 계획이다.

한편, 「에너지 가격체계의 개편」과 동시에 「분산형 전원확대」정책을 적극적으로 추진하고 있다. 분산형 전원(신재생, 집단에너지, 자가발전)의 인허가, 연료구매, 요금 설정 등 전 과정에 대한 체계적인 지원을 강화할 예정이다.¹⁾

국제적으로는 2015년 12월에 채택된 파리기후협정(유엔기후변화협약)은 온실가스 감축에 대한 세계적인 합의를 도출하였으며, 참가국은 스스로 정한 자발적 기여방안(INDC: Intended Nationally Determined Contributions)을 제출하도록 규정하고 있으며, 우리나라는 2015년 10월에 2030년까지 CO₂ 배출량을 37%까지 감축시키는 목표를 제시하였다. 파리기후협정은 ‘교통의정서’를 대체하는 신 기후체제로 산업화 이전에 비하여 전기후체제로 산업화 이전에 비하여 전 세계 기온의 상승폭(2100년 기준)을 섭씨 2℃보다 훨씬 낮게 유지하고 더 나아가 온도 상승을 1.5℃ 이하로 제한할 계획이다. 세계 기온의 상승폭(2100년 기준)을 섭씨 2℃보다 훨씬 낮게 유지하고 더 나아가 온도 상승을 1.5℃ 이하로 제한할 계획이다. 이와 병행하여 국제해사기구(IMO)는 2020년까지

¹⁾ 국정기획자문위원회, 『문재인정부 국정운영 5개년 계획(에너지부문)』, 2017. 7

선박 연료유의 황 함유량을 강화할 예정이다. 해양환경보호위원회(MEPC)는 선박 연료유의 황 함유량을 현재의 3.5%에서 0.5%로 강화할 예정이다.

우리나라의 경우 「저탄소녹색성장 기본법」 제51조(녹색국토의 관리) 제2항에 “저탄소 항만의 건설 및 기존 항만의 저탄소 항만으로의 전환”이라는 규정이 있으나, 관련 제도는 미비한 상황이라고 할 수 있다. 여수·광양항만공사는 「에너지이용합리화법」 제8조 및 동법 시행령 제15조에 따라 공공기관으로서 에너지절약에 솔선수범하고 저탄소 녹색성장에 부응하여 여수·광양항을 “GREEN Port”로 만들기 위하여 에너지 절감대책을 수립하여 추진하고 있다.

정부는 신재생에너지 전력원으로 광양항의 유희부지를 활용한 태양광 발전사업을 4단계 구분하여 총 7,558천KWp/년을 생산할 예정이다. 2011년 11월 광양항 컨테이너부두 CFS(화물조작장) 8개동과 국제물류센터에 태양광발전 시설을 설치하는 1단계 사업을 준공하고 연간 263만kWh의 전력을 생산 중에 있다. 그러나 현재 항만은 소규모 태양광발전 위주로 보급중이며, 항만별 적정 신재생에너지원의 종류·규모·도입여건에 대한 검토 및 관련계획이 미비한 실정이다.

제2절 연구의 목적

본 연구는 국내외 환경변화 및 국내 항만의 여건에 적합한 신재생에너지의 개발 및 보급, 항만 내 신재생 에너지산업의 확대방안을 제시함으로써 항만 내 에너지자립도의 제고를 통한 항만의 국제경쟁력 제고, 항만산업을 미래 성장산업으로 육성하기 위한 추진방안을 제시하고자 하는 것이 목적이라고 할 수 있다.

이를 위해서, 우선, 국내 신재생에너지 관련 법제도를 조사분석하고, 신재생에너지의 유형별 특성 및 기술개발단계 등을 검토하여 항만 내 신재생 에너지산업의 도입여건을 검토하였다.

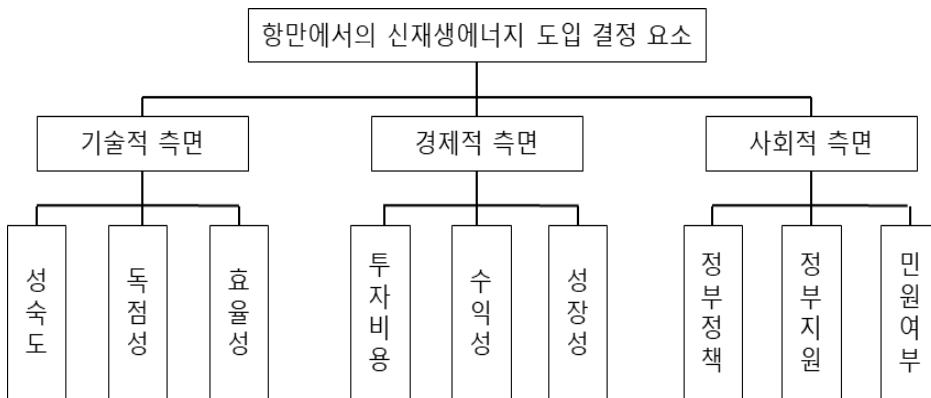
제3장에서는 국내외 항만구역 내에서의 신재생 에너지 도입현황을 조사분석하여 시사점을 도출하였다. 제4장에서는 항만구역신재생에너지 도입 결정요소 분석을 위하여 법제도적 측면과 AHP 분석을 통하여 결정요소의 중요도를 평가

하였다. 마지막으로 제5장에서는 이러한 국내외 사례검토 및 AHP 분석결과를 통한 문제점을 제시하고 향만구역 내에서의 신재생 에너지 확대 도입방안을 제시할 예정이며, 마지막으로 제6장에서는 본 연구의 결론을 요약 정리하였다.

제3절 연구 추진방법

본 연구에서는 문헌조사, 전문가 심층면담, 자문회의 및 실증분석을 통해 향만구역 내에서의 신재생에너지 확대방안을 제시하였다. 특히 신재생 에너지 확대와 관련하여 전문가 등을 대상으로 AHP 분석을 통하여 항목간의 중요도를 평가하였으며, 이러한 분석결과를 토대로 개선방안을 도출하고자 하였다.

〈그림 1-1〉 향만구역에서의 신재생에너지 도입을 위한 결정요소



자료 : KMI 작성

제2장

국내 신재생 에너지정책과 항만의 확대 도입가능성 《

제1절 국내 에너지 수급 현황

1. 에너지 수급 여건²⁾

우리나라의 에너지소비량은 2013년 기준 264백만toe로 세계 8위이며, 석유 소비는 9위·전력소비는 8위 규모이며, 이는 세계 10위권인 경제규모에 비해 높은 수준이라고 할 수 있다.³⁾

에너지수입액은 2014년 기준 1,741억 달러로 국가 전체 수입액의 33.1%를 차지하고 있으며, 우리나라 공급에너지의 95.2%를 해외 수입에 의존하고 있다. 또한, 총 에너지수입액의 74.6%를 차지하는 석유의 경우, 중동 수입비중이 83.9%를 차지하고 있어 에너지안보에 매우 취약한 수급 구조를 갖고 있다.⁴⁾

한편, <그림 2-1>에서 보는 바와 같이, 2015년 1차 에너지 공급량(285백만 toe)은 전년대비 0.7% 증가하였으며, 원별로 석유비중이 38.4%로 가장 높고, 다음으로 석탄 29.6%, 천연가스 15.3% 순이다.

2015년도 최종에너지는 전년대비 1.7% 증가한 217.5백만toe를 소비하였으며, 전년대비 에너지원별 소비증가율은 무연탄 △1.4%, △ 석유 4.1%, △ 도시가스 5.4%, △ 전력 1.3%, 열 및 기타가 △ 5.6%로 나타나 열 및 기타에너지의 소비증가율이 가장 높다. 특히, 2015년 최종에너지원별 비중은 석유가 49.3%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 전력 19.1%, 석탄 16.0%, 도시가스

2) 한국에너지관리공단, 『2016년 신재생에너지 백서』, 2017

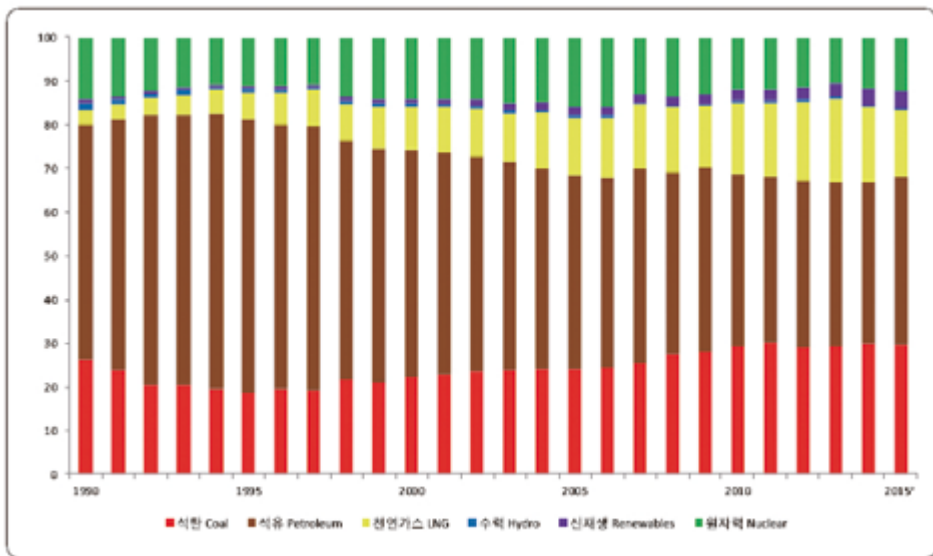
3) Energy Balances of OECD/Non-OECD Countries 2015년(IEA), 『Statistical Review of World Energy』, 2015년(BP)

4) 한국무역협회, 『에너지통계월보』, 2016. 6,

10.0% 순이다.

2015년도 부문별 최종에너지는 산업 136.3백만toe, 수송 39.9백만toe, 가정·상업 36.3백만toe, 공공 5.1백만toe 순으로 소비하였으며, 전년대비 부문별 소비증가율은 산업 0.1%, 수송 6.1%, 가정·상업 2.2%, 공공 8.8%로 공공 부문의 소비증가율이 가장 높다.

〈그림 2-1〉 1차 에너지 공급 구성비(1990~2015)



2. 에너지 수요전망

최종에너지 수요는 전망기간('11~'35년)중 연평균 0.88% 증가하여 2035년에 254.1백만toe에 달할 것으로 예상되고, 에너지 원단위 또한 2011년에 0.255 (toe/백만원)에서 매년 1.4%씩 개선되어 2035년에는 0.180(toe/백만원) 수준으로 하락할 것으로 전망된다.

다만, 정부는 수요관리 정책 강화, 개별 에너지원 가격·세율의 합리적 조정, R&D 확대 등으로 기준전망 대비(BAU) 최종에너지 소비를 2035년까지 13% 감축할 계획이다.

〈표 2-1〉 부문별 에너지 수요전망(2011~2035)

(단위 : 백만toe)

구분	2011	2025	2030	2035	연평균 증가율(%)
산업	126.9 (61.6)	151.6 (60.9)	152.3 (59.9)	148.4 (58.4)	0.66
수송	36.9 (17.9)	44.0 (17.7)	45.5 (17.9)	46.5 (18.3)	0.97
가정	21.6 (10.5)	24.2 (9.7)	24.6 (9.7)	24.9 (9.8)	0.59
상업	15.9 (7.7)	23.6 (9.5)	56.0 (10.2)	28.1 (11.0)	2.39
공공기타	4.6 (2.2)	5.4 (2.2)	5.8 (2.3)	6.2 (2.5)	1.31
합계	205.9 (100)	248.7 (100)	254.3 (100)	254.1 (100)	0.88

자료 : 제2차 에너지 기본계획.

3. 신재생에너지 보급 확대 및 산업육성

기존 에너지산업에 IT기술을 접목한 새로운 사업 모델이 만들어지고 있는 가운데 변화의 중심에는 신·재생에너지가 있다. 세계적인 기업들이 신·재생에너지에 대한 투자를 확대하는 이유는 신·재생에너지가 가진 미래 잠재력 때문이다. 지구의 기후변화와 우리나라의 에너지 안보, 향후 국가 성장 동력원으로 신·재생에너지의 중요성은 날로 커지고 있는 추세이다.

이러한 변화에 대응하기 위하여 정부당국은 2035년까지 1차 에너지 발전 목표량을 전체 발전량의 11% 보급목표 구현을 위한 세부 이행방안을 담은 “제4차 신·재생에너지 기본계획(14.9월)”을 수립·발표하였다. 폐기물 비중을 축소하는 한편 태양광과 풍력을 핵심 에너지원으로 육성하고, ‘정부주도’에서 ‘민관파트너십’으로 전환하기 위한 신·재생에너지 시장생태계 조성에 주력한다는 것이다.⁵⁾ 이를 위해 시장 친화적 제도설계, 수익형 비즈니스모델 제시, 규제완화, 신재생보급에 적합한 모델 발굴을 통한 자발적 민간투자를 제고하고, 협소한 국

5) 태양광 산업정보, 『신재생에너지 정책의 방향성 2』, 2016. 12

내시장을 넘어 적극적 해외진출을 통해 국내보급과의 상호 선순환창출을 도모 한다는 방안을 수립하였다.⁶⁾

〈그림 2-2〉 국내 신재생에너지 보급 목표



자료 : 제4차 신재생에너지 기본계획(2014년 9월)

⁶⁾ 산업통상자원부, 『신재생에너지 중장기 기본계획』, 2016

제2절 항만구역 내에 도입 가능한 신·재생에너지

1. 신·재생에너지의 정의

“신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법”은 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 태양광, 태양열, 바이오에너지, 풍력, 수력, 연료전지, 석탄 액화·가스화에너지 및 중질잔사유 가스화 에너지, 해양에너지, 폐기물에너지, 지열, 수열에너지, 수소에너지 등 12개 분야를 신재생에너지로 정의하고 있다.⁷⁾ 신재생에너지는 막대한 초기투자비와 낮은 가격 경쟁력 등으로 경제성이 미흡함에도 불구하고, 화석에너지 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 그 중요성과 개발 필요성이 점차 높아지고 있는 추세이다.⁸⁾

이러한 환경변화를 고려하여 정부는 제1, 2차 석유파동 이후 발전 에너지원의 다양화, 에너지 소비구조의 전환 등의 필요성을 실감한 정부는 1987년 「대체에너지개발촉진법」을 제정하고, 태양열과 폐기물 에너지에 대한 사업화 정책을 본격적으로 추진하고 본격적인 신재생에너지 기술개발을 시행하였다.

‘신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법(이하 신재생에너지법)’이라 한다 제2조(정의)에서는 신에너지와 재생에너지로 구분하여 정의하고 있다. 우선, “신에너지란 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 수소·산소 등의 화학 반응을 통하여 전기 또는 열을 이용하는 에너지로 정의하고 있다. 예를 들면, ① 수소에너지, ② 연료전지, ③ 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 중질잔사유(重質殘渣油)를 가스화한 에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지, ④ 그 밖에 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령으로 정하는 에너지 등 4개 범주로 구분하고 있다.

반면에 재생에너지는 “햇빛·물·지열(地熱)·강수(降水)·생물유기체 등을 포함하

7) 법제처 홈페이지(www.law.go.kr) 2018년 2월 2일

8) 통상자원부·한국에너지공단, 『2016년 신재생에너지백서』, p 69

는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다”로 정의하고 있다. 재생에너지로는 ① 태양에너지, ② 풍력, ③ 수력, ④ 해양에너지, ⑤ 지열에너지, ⑥ 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지, ⑦ 폐기물에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지, ⑧ 그 밖에 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령으로 정하는 에너지 등 8개 범주로 구분하고 있다.

한편, 한국신·재생에너지협회에서는 11개 신재생에너지에 대한 국내외 기술개발 현황 및 동향, 기술개발 결과 및 실용화 방안에 대해서 <표 2-2>에서 정리한 것과 같이 상세하게 기술하고 있다.⁹⁾

〈표 2-2〉 신재생에너지의 특성분석

구분	에너지원	주요 특성	실용화
1	태양광	- 태양광 발전은 태양광을 직접 전기에너지로 변환시키는 기술	●
2	태양열	- 태양광선의 파동성질을 이용하는 태양에너지 광열학적 이용분야로 태양열의 흡수·저장·열변환등을 통하여 건물의 냉난방 및 급탕 등에 활용하는 기술	●
3	바이오에너지	- 태양광을 이용하여 광합성되는 유기물(주로 식물체) 및 동 유기물을 소비하여 생성되는 모든 생물 유기체(바이오매스)의 에너지를 바이오에너지라 함	●
4	풍력에너지	- 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생하는 유도전기를 전력계통이나 수요자에게 공급하는 기술	●
5	소수력에너지	- 2005년 이전에는 시설용량 10,000kW이하를 소수력으로 규정하였으나, 신규 법(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법)에서는 소수력을 포함 수력 전체를 신재생에너지로 정의함	●
6	연료전지	- 연료의 산화(酸化)에 의해서 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 전지	●
7	석탄가스액화	- 가스화 복합발전기술은 석탄, 중질잔사유 등의 저급원료를 고온·고압의 가스화기에서 수증기와 함께 한정된 산소로 불완전연소 및 가스화시켜 일산화탄소와 수소가 주성분인 합성가스를 만들어 정제공정을 거친 후 가스터빈 및 증기터빈등을 구동하여 발전하는 신기술	●

9) 한국신재생에너지협회(<http://www.knrea.or.kr/energy/>), 2017년 11월.2일

구분	에너지원	주요 특성	실용화
8	해양에너지	- 해양에너지는 해양의 조수 · 파도 · 해류 · 온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 기술로써 전기를 생산하는 방식은 조력 · 파력 · 온도차 발전 등이 있음	●
9	폐기물에너지	- 사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 열분해에 의한 오일화 기술 성형고체연료의 제조기술, 가스화에 의한 가연성 가스 제조기술 및 소각에 의한 열회수 기술 등의 가공·처리 방법을 통해 고체 연료, 액체 연료, 가스 연료, 폐열 등을 생산하고, 이를 산업 생산활동에 필요한 에너지로 이용될 수 있도록 한 재생에너지	●
10	지열에너지	- 지열에너지는 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 이용하여 냉 · 난방에 활용하는 기술	●
11	수소에너지	- 수소에너지기술은 무한정인 물 또는 유기물질을 변환시켜 수소를 생산 또는 이용하는 기술	●

자료 : 한국신재생에너지협회(<http://www.knrea.or.kr/energy/>) 2017년 11월 2일

2. 항만구역 내 신재생에너지 도입요건

해외 선진항만들의 경우, 11개 신재생에너지 분류 중 태양광, 지열, 풍력에너지 및 해양에너지 등 4개 에너지원을 주로 사용하고 있다. 이에 본 연구에서도 국내 신재생에너지의 기술개발 정도, 항만구역의 특성 등을 고려하여 4개 에너지원의 국내 항만구역에서의 도입 확대 가능성을 검토하였다.

1) 태양광에너지

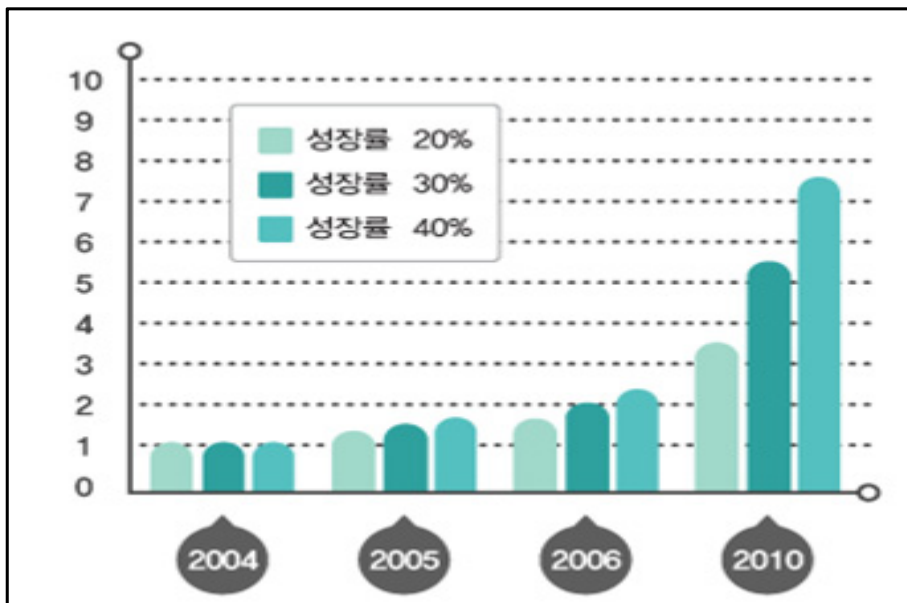
미국은 첨단기술의 전략적 개발과 시장개척 및 상업화를 지원하고 있다. DOE(Department Of Energy) 주도로 중앙정부 차원의 National Photovoltaic Program(5년 주기)를 지속적으로 추진 중이며, 최근에는 차세대를 위한 “Photovoltaic Beyond the Horizon” 사업으로서 다양한 태양전지 소재 및 공정을 광범위하게 연구하고 있다.

일본은 중앙정부 주도하에 신재생에너지의 상용화 기술개발과 보급촉진 및 수출시장의 확대를 도모하고 있다. 태양전지 원료의 저가화 및 신형 태양전지를

개발하였으며, 3kW 주택용 태양광발전시스템을 보급하고 133MW의 에너지를 보급하고 있다. 한편, 유럽은 분야별 컨소시엄 또는 EC를 통한 기술개발 및 실증시험 등을 공동으로 수행하며, 복합기능 태양전지 모듈개발 및 복합 발전시스템의 실용화를 적극적으로 추진하고 있다. 특히 태양전지 모듈과 시스템의 실증시험 및 규격화 등 국가별, 공동체별로 사업을 추진 중에 있다.

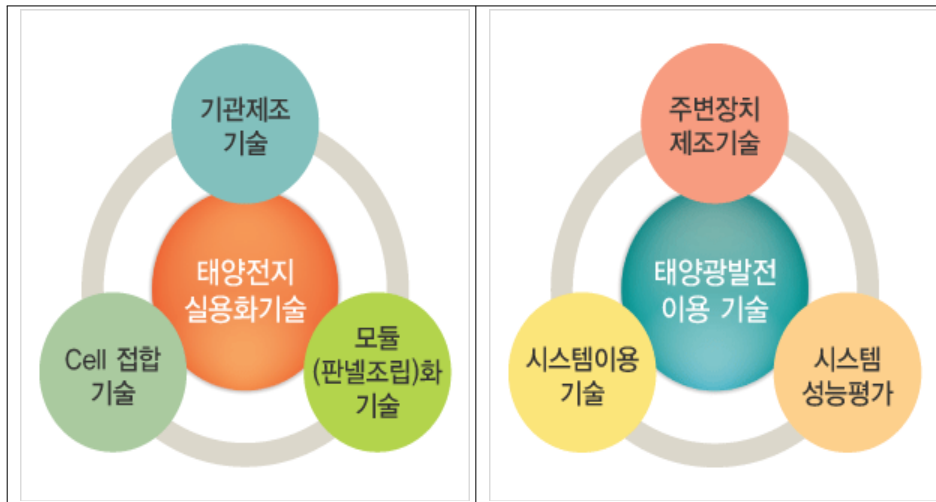
이처럼 태양광을 이용한 세계 에너지시장은 1995년 이후 연 평균 33% 이상의 급격한 성장추세를 보이고 있다. 태양전지 생산량은 2003년에 730MW에서 2004년에는 1,1GW, 2010년에는 6GW 이상을 생산할 것으로 예상된다.

〈그림 2-3〉 세계 태양광에너지 시장의 현황



한편, 국내에서도 1970년대 초부터 대학과 연구소를 중심으로 신재생에너지에 대한 연구를 시작하여 1988년부터 대체에너지개발촉진법에 따라 정부차원에서 기술개발을 추진하여 사업화에 성공했다. 현재는 공급가격의 저가화와 효율성 제고를 위한 태양전지 제조기술개발 및 시스템 이용기술개발을 동시에 추진 중에 있다. 특히 세방하이테크(주)에서는 태양광발전용 무보수 밀폐형 연축전지 개발 및 실용화를 추진 중에 있다.

〈그림 2-4〉 태양전지 필요 요소기술



최근에는 태양전지의 저가화를 위한 실리콘계 박막 태양전지는 현재 태양전지 자체보다는 박막성장법 연구가 수행 중에 있으며, 박막성장은 거의 진공상태에서 진행되므로 대단히 느린 공정이며, 양산화를 위한 고속 박막성장 기술 개발 시 사업화가 가능하다는 것이 전문가들의 공통된 견해이다.

이미 우리나라 주요 향만을 중심으로 태양광을 이용한 전기를 생산·이용하고 있다. 여수광양향만공사는 2011년 국내 향만 중 최초로 태양광발전사업의 도입을 통하여 연간 7MWh/년을 생산하고 있다. 따라서 태양광에너지는 향만구역에 확대 적용할 수 있는 신재생에너지원이라고 할 수 있다.

2) 해양에너지

해양에너지는 해양의 조수·파도·해류·온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 기술로써 전기를 생산하는 방식은 조력·파력·온도차 발전 등으로 구분할 수 있다. 조력발전은 조석을 동력원으로 하여 해수면의 상승하강운동을 이용하여 전기를 생산하는 발전 기술을 의미한다. 파력발전은 입사하는 파랑에너지를 터빈 같은 원동기의 구동력으로 변환하여 발전하는 기술이다. 마지막으로 온도차발전은 해양 표면층의 온수(예: 25~30℃)와 심해 500~1000m정도의

냉수(예: 5~7℃)와의 온도차를 이용하여 열에너지를 기계적 에너지로 변환시켜 발전하는 기술이다.

해양에너지는 에너지 이용방식에 따라 조력, 파력, 온도차 발전으로 구분되며, 기타 해류발전, 근해 풍력발전, 해양 생물자원의 에너지화 및 염도차발전 등이 있다. 이러한 해양에너지의 입지조건을 정리한 결과는 다음과 같다.

〈표 2-4〉 해양에너지의 입지조건

구분	조력발전	파력발전	온도차발전
입지 조건	<ul style="list-style-type: none"> - 평균조차: 3m 이상 - 폐쇄된 만의 형태 - 해저의 지반이 견고 - 에너지 수요처와 근거리 	<ul style="list-style-type: none"> - 자원량이 풍부한 연안 - 육지에서 거리 30km미만 - 수심300m미만의 해상 - 항해, 항만 기능에 방해되지 않을 것 	<ul style="list-style-type: none"> - 연중 표·심층수와 온 도차가 17℃ 이상인 기간이 많을 것 - 어업 및 선박 항행에 방해 되지 않을 것

현재 국내 해양에너지의 기술개발은 “대체에너지개발 및 이용·보급 촉진법”에 따라 1988년부터 기본계획을 수립하여 기술개발 수행을 지속적으로 해왔다. 해양특성 평가를 위해 다양한 현장조사, 자료 분석, 수치모델, 및 수리모형 실험기술 등의 개발기술을 보유하고 있으며, 첨단 IT기술과 다양한 센서를 이용하여 차세대 종합해양특성 조사 시스템을 수립 중에 있다.

조력·조류력·파력 개발을 위한 기초조사와 요소기술을 개발하여 우리나라 주변해역의 조력, 조류력, 파력 에너지 분포를 해석하고 변동특성을 분석하였으며, 현재 조력·조류력에 대한 핵심 요소기술의 실용화 연구를 수행 중에 있다.

그러나 항만구역의 특성을 고려할 경우 조력발전이나 파력발전의 도입은 불가능할 것으로 판단된다. 따라서 해양에너지원 중에서 유일하게 항만구역에 확대 도입할 수 있는 신재생에너지는 온도차발전을 활용하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

아직까지 국내 항만 중에는 온도차발전을 도입한 사례가 없다. 그러나 2016년 해양수산부와 선박해양플랜트연구소는 “해수열에너지 심포지엄”을 개최하여 해수열에너지 활용의 새로운 패러다임을 제시했다. 또한, 롯데그룹은 부산 광복

동에 위치한 부산롯데타운 엔터테인먼트동(롯데마트, 롯데백화점, 롯데시네마, 롯데하이마트)에 바닷물을 이용한 해수열 시스템을 도입해 냉난방 공급을 실현했다.¹⁰⁾ 이는 국내 최초로 상업시설 건축물에 해수열 시스템을 도입한 것으로, 이를 통해 환경보호는 물론 운영비 절감 등 다양한 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대된다.

롯데그룹은 해수열 시스템을 이용하면 기존 시스템에 비해 연간 운영비를 5억 6천만원 정도 절감할 수 있으며, 초기 투자비 차액을 10년 이내에 회수할 수 있다고 분석하고 있다. 또한, 이후로도 지속적인 운영비 절감 및 에너지 절감(연 9천 9백14Mwh)을 실현할 수 있다고 보았다. 즉 해수열 에너지를 이용해 전기 및 가스연료를 절감함으로써, 이산화탄소 배출을 줄여 연간 잣나무 38만 그루를 심는 것과 맞먹는 효과를 창출한다는 것이다.

이러한 사례를 보면, 항만구역에 해수열에너지 시스템을 도입할 경우, 우리나라 에너지 공급계획의 새로운 전환을 맞이할 것으로 예상된다. 정부의 해양에너지 장기개발 계획을 정리한 결과는 다음과 같다.

〈표 2-5〉 해양에너지 장기개발 목표

(단위: 천kw)

구분	1단계(2000~2010)	2단계(2011~2020)	1단계(2021~2030)
조력	720	1,320	2,040
조류에너지	100	200	400
온도차에너지	550	100	200
조력	870	1,620	2,640

자료: 해양수산부, 『해양한국(Ocean Korea) 21』

3) 해상풍력

풍력발전은 육상에서 시작되어 발전하였으나 육상풍력의 단점 즉, 새로운 부지 개발 및 확보의 문제, 육상운송의 어려움, 환경파괴 및 소음으로 인한 민원

¹⁰⁾ 롯데사보, 2014년 10월호. p 10

문제, 미관상의 문제 등으로 인해 해상풍력 발전으로 전환이 이루어지고 있다. 그리고 풍력발전의 대형화 추세는 해상풍력으로의 전환을 더욱 촉진시키는 계기가 되었다.¹¹⁾ 해상풍력의 장단점을 비교하면 다음과 같다.

〈표 2-6〉 해상풍력의 장점과 단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> - 장애물과 지형의 영향을 받지 않음 - 풍속이 높아 발전효율이 높음 - 대형발전기 날개를 이용할 수 있음 - 대단위 발전단지 설치가 가능함 - 소음 및 토지이용에 따른 민원이 없음 - 설치 및 유지관리 기술을 축적해 해외 수출할 기회가 많음 	<ul style="list-style-type: none"> - 건설비용이 많이 듦 - 수리 및 유지관리가 어렵고 비용도 많이 발생함 - 첨단기술을 요함 - 어업활동에 지장을 초래함 - 선박의 충돌 가능성이 있음 - 모든 부품의 부식에 대비해야 함

자료 : 김동욱 외(2012), 『대규모 해상풍력발전단지운용을 위한 SCADA 시스템설계』, 『정보처리학회지』, 제1권 제3호

해상풍력의 대표적인 장점은 소음 및 토지문제로 인한 민원 문제가 발생하지 않는다는 것과 장애물과 지형의 영향을 받지 않는다는 것, 그리고 육상 풍력에 비해 발전효율이 높다는 것을 들 수 있다. 단점으로는 건설비용이 육상풍력보다 많이 든다는 것, 첨단기술을 요하는 것, 그리고 수리 및 유지관리가 어렵고 비용도 많이 발생한다는 점을 들 수 있다. 해상풍력의 경우 육상풍력과 동일한 기술이 적용되지만 부품과 지지대가 염분으로 인한 부식을 고려해야 하는 것과 해저전력을 어떻게 관리할 것인지에 대한 기술력을 추가로 확보해야 하는 과제가 있다.

4) 지열에너지

지열에너지는 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 이용하여 냉·난방에 활용하는 기술을 의미한다. 태양열의 약 47%가 지표면을 통해 지하에 저장되며, 이렇게 태양열을 흡수한 땅속의 온도는 지형에 따라 다르지만 지표면 가까운 땅

11) 조성우 외, 『군산항의 해상풍력 지원항만으로서의 역할 및 전략에 관한 연구』, 무역학회지 제38권 제2호, 2013년 p 119~120

속의 온도는 개략 10℃~20℃ 정도 유지해 열펌프를 이용하는 냉난방시스템에 이용하여 새로운 에너지를 생산할 수 있다.¹²⁾

우리나라 일부지역의 심부(지중 1~2 km) 지중온도는 80℃ 정도로서 직접 냉난방에 이용이 가능하다. 또한, 전 세계적으로 다양한 분야에서 지열 에너지를 활용하고 있다.

2005년도를 기준으로 전 세계 지열에너지 이용 시설의 용량은 28,269MWt이며, 연간 273,372TJ(75,943 GWh)를 이용하고 있다. 2000년 대비 용량은 두 배 증가하였으며, 이용량은 43%(연간 7.5%)의 높은 증가세를 보이고 있다. 지열에너지원의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 분야가 지열원 열펌프시스템을 이용한 건물 냉난방시스템에 적용되고 있다. 즉 지열원 열펌프시스템이 전 세계 지열 에너지 이용량(시설용량 및 이용량)의 증가에 주도적 역할을 하고 있다.

우리나라의 경우, 일부 지역에 대한 지중온도 측정 결과 연중 13~15℃의 일정온도를 유지하고 있어 지열 열펌프 시스템의 열원으로 우수한 편이다. 우리나라의 기후조건에서는 최소 0.3이상의 가동률(연간 2,000~3,000시간 운용 가능)을 보이기 때문에 매우 양호한 보급 환경을 갖추고 있다고 할 수 있다. 국내에서도 지열에너지에 대해서 해마다 연구개발에 대한 투자가 증가하고 있으며, 아직은 주로 기초 연구와 실증 연구에 집중하고 있는 실정이다.

한편, 지열이 훌륭한 친환경 에너지로 알려져 있다. 태양광·풍력·조력과 달리 엄청난 규모의 부지가 필요하지도 않고, 24시간 안정적인 가동도 가능하다. 그렇다고 문제가 없는 것은 아니다. 역지로 만든 지열발전소가 지진을 유발시키기도 한다.¹³⁾ 2006년 시추 중에 지진이 발생한 스위스 바젤의 지열발전소는 영구 폐쇄됐다. 독일·호주·프랑스·미국도 같은 경험을 했다. 우리도 안심할 수 없다.

12) <http://kin.naver.com/>, 21C 자원순환 기술개발의 유망주, 2017년 11월 3일

13) 포항지열발전소는 녹색성장을 추구하던 2012년에 공사를 시작했다. 800억의 비용으로 4천 가구가 사용할 6.2MW의 전기를 생산하는 것이 목표였다. 지하 4킬로미터까지 내려가는 '주입정'과 '생산정'을 뚫어야 한다. 주입정을 통해 주입한 물이 160~180도의 지열에 의해 가열된다. 생산정을 통해 지하에서 만들어진 수증기를 회수해서 발전기를 돌린다. 발전기에서 배출된 수증기는 응축시켜서 다시 주입정을 통해 지하로 내려 보낸다. 지열발전소의 공사는 작년 6월에 끝났고, 시험 가동을 거쳐 12월부터 본격적인 가동을 시작할 예정이었다. 그런데 작년 12월부터 시험 가동을 위해 물을 주입하면서 이상 징후가 나타나기 시작했다. 물을 주입할 때마다 지열발전소 주변에서 규모 2.2~3.1의 지진이 발생했다는 것이다. 지열발전소 지역은 1978년 기상청이 지진 관측을 시작한 후 규모 2.0 이상의 지진이 발생한 적이 없는 곳이기 때문이다.

이는 최근에 발생한 포항 지진이 지열발전소 때문이라는 주장이 제기되고 있는 상황이다.¹⁴⁾

〈그림 2-5〉 지열에너지를 이용한 적용사례



5) 소결

본 장에서는 신재생에너지 11개 에너지원에 대해서 국내기술개발 수준 및 해외 향만사례 분석을 통하여 개략적으로 검토한 결과, 향만구역 내에 도입이 가능한 신재생에너지로는 태양광, 해수열을 이용한 온도차, 해상풍력 및 지열이 가능한 것으로 판단하였다.

그러나 향만구역은 대부분 바다를 매립해서 신규로 조성한 부지이기 때문에 지열에너지의 경우 도입의 불안정성 및 지진유발 가능성 등 잠재적인 문제점이 있어 신중한 접근이 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 향만에서 이용 가능한 신재생 에너지원을 태양광, 해수열 및 해상풍력으로 한정하고 해당 에너지원들의 향만구역 내 도입에 따른 애로요인 파악 및 정책적 대안을 제시하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 태양광, 해상풍력 및 해수열 온도차 등 3가지 에너지원을 대상으로 설정하여 분석하였다.

¹⁴⁾ http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2017120602101476788001&ref, 2017년 11월 3일

제3장

국내·외 주요 항만의 신재생에너지 도입 현황 《

제1절 국내 사례분석

1. 국내 주요 항만의 사례분석

국내 주요 항만들은 이산화탄소 절감뿐만 아니라 자체 전력을 생산하는 등 에너지 자립형 항만을 만들기 위해 태양광 등 신재생 에너지 시설을 구축하는 데 노력하고 있다. 2010년 이후 IMO의 환경규제가 강화되고, 2015년 파리기후변화협약이 체결됨에 따라 항만구역 내 창고 및 배후단지 건물들의 지붕을 활용해 태양광 모듈을 설치하는 등 구역 내 자체 전력생산을 위해 노력하고 있다.

그러나 아직까지는 대부분 태양광 발전소 건설사업을 통한 친환경 항만구축에만 집중되어 있으며, 이 또한 대부분 항만구역 전력의 대체용이 아닌 판매용으로 생산되고 있는 실정이다.

1) 부산항

부산항은 2008년 이후부터 태양광, 태양열, 지열 등의 신재생에너지를 항만 내 도입·운영하고 있다. 부산항만공사는 항만배후 단지 내 입주 건물에 대해서 태양광, 태양열, 지열 등 신재생에너지를 활용하여 전력을 공급하도록 하고 있다.

부산항은 2009년에 이미 부산 신항의 북컨테이너 운영건물에 지열을 이용한 냉난방 시스템을 도입하였다. 이후 부산항만공사는 한국남부발전과 태양광 사업에 대한 업무협약(MOU)을 체결하고, 2010년 부산신항 배후 물류단지 내 위치한 물류단지 지붕에 태양광 발전기를 설치하여 연간 81GWh의 전력을 생산하고 인근 일반 가정들과 부산항 신항에 전력을 공급할 계획을 수립하였다.¹⁵⁾

부산항 신항은 2016년까지 배후물류단지 건물 옥상에 66MW 규모의 태양광 발전설비를 설치하였다. 이를 통해 연간 8만 1,000MWh 태양에너지 발전이 가능하고 온실가스 약 3만 6,000톤의 감축이 가능할 것으로 예상된다.

〈그림 3-1〉 부산항 신재생에너지 이용 사례



〈표 3-1〉 부산항의 신재생에너지 운영현황

구분	위치		설치년도 / 비용	설치용량	비고
태양광	북항	국제선용품유통센터	'12 / 6.1억원	120 kW	
		신선대부두	'13 / 3.4억원	50 kW	
		신국제여객터미널	'15 / 33.3억원	600 kW	
	신항	업무지원시설	'09 / 2.3억원	20 kW	BIPV(박막형)
		북'컨'2-2단계	'09 / 5.1억원	50 kW	
		CFS 창고	'11 / 6.1억원	120 kW	시범사업
소 계 (56.3억 원)			960 kW		
태양열	북항	국제선용품유통센터	'12 / 3.6억원	290.7 kW	
		신국제여객터미널	'15 / 3.3억원	232.56 kW	
	소 계 (6.9억 원)			523.26 kW	
지열	북항	신국제여객터미널	'15 / 8.1억원	703.26 kW	
	신항	북'컨'2-1단계	'08 / 3.1억원	317.5 kW	
소 계 (11.2억 원)			1,020.76 kW		
합 계 (74.4억 원)			2,504.02 kW		

자료 : 부산항만공사 내부자료

15) 조은진, 『우리나라 항만의 신재생에너지 도입과 발전방안에 관한 연구 : 해상풍력과 태양광 에너지를 중심으로』, 성균관대학교 대학원, 2015. 2, p 47

부산항은 향후 2018년까지 24,285kW의 전력을 생산하기 위해 부산신항 옹동 배후단지와 배후단지 종사자 숙소 및 항만근로자 복지관 상옥에 태양광 시설을 설치할 계획이다. 또한, 해수열을 이용한 신재생에너지를 도입하기 위해 ‘해수열을 이용한 집단에너지사업 타당성연구 용역’을 진행할 계획이다.

〈표 3-2〉 부산항 신재생에너지 도입계획

구분	내 용		기간 / 비용	설치용량	비고
태양광	신항	옹동배후단지	'16 - '18 / 약 400억원	24,000 kW	
		배후단지 종사자 숙소 및 항만근로자 복지관	'17 - '18 / 약 8억원	285 kW	
해수열	해수열을 이용한 집단에너지사업 타당성연구용역		사업규모, 투입예산, 경제성 등에 대한 타당성 검토 중		냉난방용

자료 : 부산항만공사 내부자료

2) 인천항

인천항은 2012년부터 인천광역시와 한국남동발전 등과 함께 양해각서를 체결하고 ‘인천항 태양광 발전소 건설사업’을 추진하는 등 신재생에너지를 도입하기 위한 사업추진의 기틀을 만들었다. 2013년 8월, 인천항 내 태양광발전소 1단계 건설사업을 마무리하고 인천 내항에서 자체적으로 전기를 생산하고 있다. 해당 태양광 발전소는 총 공사비 120억 원을 투자해 건설된 발전설비로, 약 4MW급의 태양광 발전설비를 인천 내항 창고 상옥 13곳에 설치하였다. 이는 내항 8개 부두 48개 선석 전체 설비 전력수요 7.6MW의 약 52%에 해당하는 규모로 연간 4,818MWh, 4인 가구 기준 131가구가 1년간 사용할 수 있는 전기를 생산할 수 있는 규모이다. 이를 위해 20년이 넘는 노후화 창고지붕도 함께 보강하여 시설물 사용의 내구연한 증대와 안전성 제고 효과도 함께 달성하였다.

인천항은 1단계 사업으로 인천 내항에 태양광 발전설비를 설치한데 이어 북항에 2단계 사업을 진행해 7MW의 태양광 발전소를 건설했다. 이를 위해 총 170억 원의 민간자본을 유치했다. 이렇게 생산된 전기는 인천지역에 살고 있는 4,185가구가 1년간 사용할 수 있는 전력량으로 도심지역에서 소나무 200만 그루를 심어 이산화탄소를 줄이는 것과 같은 효과를 기대할 수 있는 규모이다.¹⁶⁾

또한 2016년 9월, 인천항만공사는 항만구역 내 신재생에너지의 도입 확대를 위해 한국 남동발전, 한국지역난방공사와 함께 ‘인천항 클린에너지 공동개발 협약’을 체결했다. 협약 내용상 인천항만공사와 한국남동발전, 한국지역난방공사와 협업을 통해 인천항 배후단지 내 유희부지에 친환경 신재생에너지 시설을 설치 및 운영하게 된다.

인천항만공사는 항만 유희자원을 활용해 10MV 규모의 햇빛발전시설을 도입한 바 있으며, 선박 육상전원공급시설 설치 및 LED 조명 보급사업 등 친환경 에너지 효율화 사업을 추진한 바 있다.

〈그림 3-2〉 인천항 내 태양광 발전시설 설치 사례



자료 : 인천항만공사 홈페이지, 2017년 11월 4일

〈표 3-3〉 인천항 햇빛·나눔발전소 설치현황

구분	연번	설치위치	총사업비 (백만원)	발전용량 (kW)	전력생산 (kW/연)
1단계 (2013년)	1	내항 27호 창고	12,000	945	881,732
		내항 28호 창고			
	2	내항 22호 창고		972	1,046,997
		내항 23호 창고			
		내항 24호 창고			
		내항 26호 창고			
	3	내항 20호 창고		729	680,242
		내항 29호 창고			
		내항 31호 창고			

16) 인천항만공사(IPA), 『인천항 햇빛발전소 건설사업' 민간사업자 공모』, 2015. 9.

22 친환경에너지 정책 추진강화에 따른 항만의 신재생에너지 확대방안

구분	연번	설치위치	총사업비 (백만원)	발전용량 (kW)	전력생산 (kW/연)
	4	내항 33호 창고		475	440,215
		내항 34호 창고			
	5	내항 12호 창고(IPA)		572	626,340
		내항 21호 창고(IPA)			
소 계			12,000	3,693	3,675,526
2단계 (2014년)	1	동부인천항만(주)	9,000	2,081	2,795,412
	2	인천북항부두(대주)		1,016	1,367,488
소 계			9,000	3,097	4,162,900
3단계 (2016년)	1	(주)프로젠스	4,053	443.54	615,190
	2	IPA 불파크		30.72	42,581
	3	연안여객터미널		374.4	519,293
	4	(주)우드뱅크		921.6	1,278,259
	5	(주)나무친구들		512.6	710,976
	6	인천여상 (나눔발전소, 취약층 장학금 지원)	193	100	142,350
소 계			4,246	2,382.86	3,308,649
4단계 (2017년)	1	북항화물차 주차장(IPA)	5,353.5	177.48	233,209
	2	(주)삼광목재		250.92	329,709
	3	태원목재(주)		299.88	394,042
	4	영성산업(주)		48.96	64,333
	5	(주)팀버마스타		238.68	313,626
	6	(주)대현목재		244.80	321,667
	7	(주)영림공사		195.84	257,334
	8	진성산업(주)		422.28	554,876
	9	(주)다정하이테크		104.04	136,709
	10	영도목재(주)		220.32	289,500
	11	(주)나무친구들		208.08	273,417
	12	(주)우드뱅크		342.72	450,334
	13	(주)듀얼로지스틱스		153	201,042
	14	북항화물차주차장 (나눔발전소-백혈병환우 지원)	146.5	79.56	104,542
소계			5,500	2,986.56	3,924,340
합계			총사업비 (백만원)	발전용량 (kW)	전력생산 (kW/연)
			30,700	12,159	14,441,415

자료 : 인천항만공사 내부자료

3) 여수·광양항

여수·광양항은 2011년 국내 항만 최초로 컨테이너부두 내에 대규모 태양광발전설비를 구축하였다. 한국동서발전에서 광양항 컨테이너부두 내 CFS(컨테이너조작장: Container Freight Station)와 국제물류센터 지붕(총 57천㎡)에 2.3MW 규모의 태양광발전시설을 설치해 연간 263만kWh의 전력을 생산하였다. 또한, 2013년에는 2단계 태양광발전 발전사업의 일환으로 한국동서발전과 협력하여 광양항 동측배후단지에 위치한 황금물류센터 옥상에 28억원의 사업비를 투입해 태양광발전 모듈을 설치하고 연간 126만kWh의 전력을 생산했다.

더불어 2014년에는 광양항 내 LME창고(금속저장창고) 지붕에 ‘광양항 4단계 태양광 발전사업’을 완료하였다. 전남도시가스에서 광양항 LME 창고 지붕을 임대하여 1.5MWp 용량의 설비를 갖춘 것으로 연간 1,832MWh의 전력을 생산하였다.

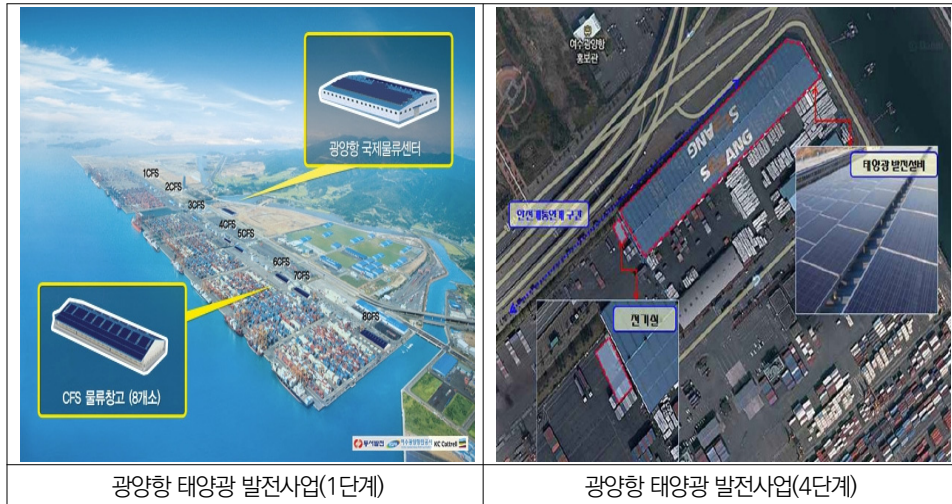
여수광양항만공사는 지난 2011년부터 총 4단계의 태양광 발전산업을 거쳐 총 8.6MWp의 태양광 설비를 갖추었다. 여수광양항의 경우, 부두에서 활용하는 전력 소요량은 약 30MW 수준으로 수치상으로는 약 28%의 전력이 신재생에너지로 대체가 가능하나 지금까지 생산된 태양광에너지는 전량 판매용으로 생산되고 있는 상황이다. 그 간 여수·광양항에서 추진한 태양광발전설비 및 용량은 다음 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> 여수광양항 태양광발전설비 추진 현황

구분	장소	준공시기	설비용량 (MWp)	연간 발전량 (MWh/년)	CO ₂ 저감효과 (ton/년)	비고
1	CFS(8개동) 국제물류센터	2011	2.3	2,630	1,115	YGPA
2	황금물류센터	2014	1.1	1,260	534	
3	CJ대한통운	2013	1.7	1,950	827	운영사
4	LME 창고	2014	1.5	1,718	729	YGPA
5	(주)KCTC 광양지점	2014	2	-	-	운영사
합계		-	8.6	7,558	3,205	

자료 : 여수광양항만공사 내부자료

〈그림 3-3〉 여수·광양항 태양광 발전사업 현황



여수광양항만공사는 향후 2020년까지 30억원을 투자하여 태양광발전시설을 더욱 확대할 계획에 있다.

〈표 3-5〉 여수광양항 신재생에너지 추진실적 및 계획

지표명	'16년까지		추진실적 및 계획			
			'17	'18	'19	'20
태양광발전	설치(MWp)	-	4	2.5	1	1
	누계(MWp)	8.6	12.6	13.6	14.6	15.6
	소요예산(백만원)	-	8,000	5,500	3,000	3,000
조명시설(LED)	설치(EA)	-	1,366	164	207	195
	누계(EA)	7,599	8,965	9,129	9,336	9,531
	소요예산(백만원)	-	184	32	40	38
육상전원(AMP)	설치(개소)	-	-	-	1	-
	누계(개소)	16	-	-	17	-
	소요예산(백만원)	-	-	96(설계)	10,000	-

자료 : 여수광양항만공사 내부자료

2. 해수열 에너지의 도입 현황

동해안에 있는 강원도 삼척시 근덕면 덕산리 소재 건물인 국립 강원대학교 삼척캠퍼스의 해양관광·레저스포츠센터에 해수를 이용한 냉난방시스템 연구를 위한 시제품을 설치하였다. 히트펌프의 설치 용량은 난방 시 약 70kW, 냉방 시 약 60kW의 출력으로서 아직은 소형 시스템 수준이다. 해수를 취수하는 방법으로는 필요한 취수량이 약 15m³/h이므로 해안에 구조물을 설치하여 취수하기에는 규모가 작다. 설치비용을 고려하여 직접 취수보다는 해안가의 모래사장에 약 4m 수준의 깊이를 파고 취수장비 및 스크린을 설치하여 바다의 어패류가 부착되어 막히는 현상을 해결하면서 파도 등에 의한 파손 등을 보호할 수 있도록 설계하였다.

부산에 위치한 한국해양대학교 국제교류협력회관 건물도 냉난방을 위해 해수열을 이용한 히트펌프를 설치하였으며, 취수배관으로는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 사용하였다. 열교환기의 적용은 원통다관식(shell&tube)을 사용하였으나, 개발된 제품은 판형(plate type)을 사용함으로써 효율을 대폭 증가시켰다.

〈표 3-6〉 한국해양대학교 설치대상 건물의 개요

설치위치	한국해양대학교 국제교류협력회관
열교환기 형식	판형열교환기
냉동능력	75RT
냉/온수 조건	20 → 10℃ / 12 → 50℃
해수유량	60m ³ /h
성능계수(냉방/난방)	7.0 / 6.8

자료 : 부산항만공사, '신재생에너지를 이용한 집단에너지시설 타당성 연구', 2017.8.31, p.71

또한, 강원도 고성에 위치한 KIOST 선박해양플랜트연구소 해수플랜트연구센터에 60RT 규모의 해수를 담수한 탠덤 히트펌프를 설치하여 실제 운영을 하고 있다. 탠덤히트펌프는 2대의 단일 히트펌프 유닛의 부하측 출구를 유닛A에서

유닛B로 연결하여 단계적으로 승온하여 냉온수를 생산해내는 히트펌프 시스템으로서, 500RT급 실증 모델 개발과 1,000RT급 탠덤히트펌프를 설계하였다.

이 외에 상업시설 건축물에 최초로 해수열 시스템을 도입한 사례로는 2017년 부산시 광복동에 위치한 롯데쇼핑몰을 들 수 있다. 바닷물을 이용한 해수열 시스템을 도입해 냉난방 공급을 실현하였으며, 환경보호는 물론 운영비 절감 등 다양한 효과를 볼 수 있을 것으로 기대되고 있다.

3. 해상풍력의 도입현황

우리나라의 풍력발전 기술개발은 『대체에너지개발촉진법』에 따라 1988년부터 풍력관련 기본계획을 시작으로 본격적인 기술개발이 수행되기 시작하였고, 특히 풍력분야의 연구개발에 대해서는 투자실적(1988~2008)은 56개 과제에 정부예산이 약 906억원 규모가 지원되었다.

그러나 국내 풍력발전설비는 육상이 대부분이며 해상풍력발전설비는 전무한 실정이다. 정부에서는 2008년~2011년에 걸쳐 국내의 해상풍력발 단지 타당성 조사를 하여 “국내 해역의 해상풍력발전 플랜트 타당성 조사 연구”를 수행하였다. 본 과제를 통하여 한반도 주변해역의 풍황, 수심, 계통연계, 항구 이격거리, 환경 보호, 향후 확장성 등을 고려하여 전라남북도에 걸친 서해 해역인 부안-해상일대를 국내의 본격인 첫 해상풍력단지인 “2.5GW 해상풍력발전 개발 로드맵”을 발표한 바 있다.¹⁷⁾

이러한 정책의 일환으로 정부에서는 군산항을 해상풍력단지 조성을 위한 전용 부두로 선정하고, (주)한진과 GS건설이 컨소시엄을 구성하여 추진하였으나, 서로 간의 이권문제로 인하여 좌절된 이후 항만과 관련된 해상풍력사업은 제대로 추진되고 있지 않은 실정이다. 물론 현재도 제주도 지역을 중심으로 해상풍력사업은 활발하게 추진되고 있다. 그러나 항만구역을 대상으로 한 해상풍력사업계획은 2011년 12월 국토해양부의 “항만해상풍력단지 도입을 위한 풍력자원조사 용역”이 유일한 실정이다.¹⁸⁾ 동 연구에서는 포항항, 새만금항 및 부산신항에 대한 기초자료 조

17) 황병선, 『국내 해상풍력 추진 현황』, 2011, p 8

18) 국토해양부, 『항만해상풍력단지 도입을 위한 풍력자원조사 용역』, 2011. 12

사 및 개발계획을 수립했다. 그러나 아직까지 지역주민들의 반대에 밀려 제대로 추진을 못하고 있는 실정이다.

최근 들어 우리나라의 해상풍력시장은 경기 회복 부진 및 저유가 상황에도 인허가 규제 완화, 고정가격계약제도 도입 등으로 국내 풍력발전 투자가 증가하는 추세에 있다. 그럼에도 불구하고 국내 풍력산업의 경쟁력은 낮은 수준이며, 협소한 시장규모로 인해 국내에서 성장하는데 한계가 있어 풍력시장 조성 및 참여유도를 위한 제도적인 뒷받침이 요구된다고 할 수 있다.

국내 풍력 발전설비는 최근 5년('12~'16년)동안 연평균 21.4% 증가하여 2016년 기준으로 1,031MW로 규모로 성장하였으며, 연간 신규 설치용량은 80MW('13년) → 48MW('14년) → 224MW('15년) → 201MW('16년)로 급격히 증가하였다. 정부의 “제4차 신재생에너지 기본계획”에 의하면, 2025년까지 국내 전력발전량의 1.7%를 풍력발전으로 확대 공급할 계획이다.

해상풍력시장의 초기 시장 형성은 정부가 주도하였으나 최근에는 기업, 금융기관 등의 투자 증가와 함께 풍력발전 사업 참여자가 다양해지고 있으며, 향후 시장 활성화를 견인할 것으로 예상된다. 2017년 3월 신재생에너지제도 시행으로 신재생에너지 생산전력을 안정적으로 판매할 수 있는 발판이 마련되어 신규 투자에 대한 관심이 더욱 증가할 것으로 예상된다.

이러한 사회적 환경의 여건변화로 항만구역 내에서의 해상풍력에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다. 국제사회의 황함유량(SOx)의 규제, 이산화탄소 배출의 규제 등으로 인하여 친환경 신재생에너지에 대한 수요는 더욱 증가 것이고, 그러한 생산 장소를 제공할 수 있는 곳이 항만구역이라고 판단된다.

제2절 해외 사례분석

세계 주요 선진항만에서는 에너지 안보 및 친환경 항만으로의 도약을 위해 신재생에너지 산업의 도입 및 확대하여 왔다. 해외 선진항만들은 각 항만의 장기 비전과 밀접한 관련성을 유지한 신재생에너지 발전 계획을 수립함으로써 정책의 체계성 및 실현가능성을 지속적으로 추진하고 있다.

1. 해외항만에서의 신재생에너지 도입 현황

1) 네덜란드 로테르담항

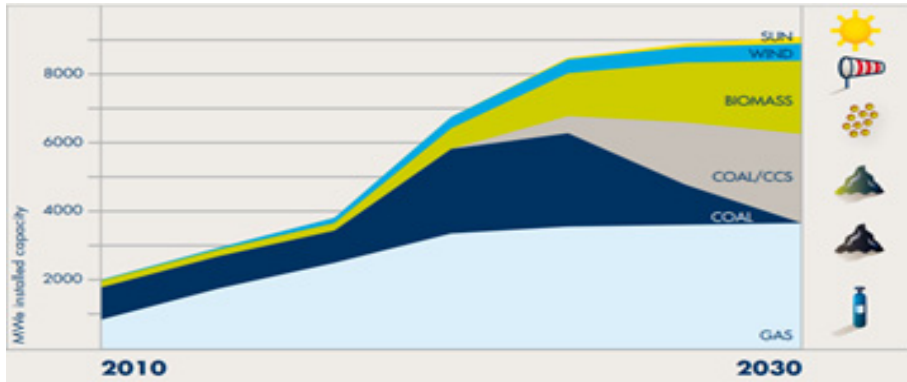
Port Vision 2030 사업(2010~2030년)의 주요 에너지 정책은 '신재생에너지 발전 비율 상승' 및 '화석연료의 깨끗한 사용'이다. 이에 로테르담항만청은 2030년까지 항만구역에서 발전하고자 하는 총 에너지 규모를 9,000MW로 설정하고 항만에서 필요한 에너지의 30%(2010년 10%)를 신재생에너지로 공급하려는 계획을 수립하였다.

또한, 이산화탄소 배출량이 가장 적은 화석연료인 천연가스를 전체 에너지 구성의 약 40%, 탄소중립석탄(carbon-neutral coal(carbon capture and storage 사용))의 비중을 30%로 설정하였다.¹⁹⁾ 로테르담항은 안정적으로 공급이 가능한 에너지원 확보를 통해 항만의 에너지 안보를 강화하고자 한다. <그림 3-4>는 로테르담항만의 2030년 에너지구성비를 요약한 것이다.

항만청에서 주력으로 공급하고자 하는 신재생에너지원은 풍력, 태양광, 바이오메스 등 3개 분야이다. 네덜란드의 편편한 지리적 입지 때문에 풍력발전 시설비 및 운영비가 타 에너지 발전에 비해 상대적으로 낮은 수준이다. Port vision 2030에 따르면 2020년까지 총 300MW급 풍력발전 시설을 설치할 계획이며, 2015년에 이미 200MW를 달성하였다. 이는 네덜란드 전체 풍력에너지 발전량의 6.5%에 해당하는 수준이다.

¹⁹⁾ City council of Rotterdam, 『Port Vision 2030 Port Compass』, 2011.12.15. p 15

〈그림 3-4〉 로테르담항만 구역 내 에너지원별 발전 계획



자료 : City council of Rotterdam, Port Vision 2030 Port Compass, 2017.12.15, p.36.

〈표 3-7〉은 2015년 기준 로테르담 항만 구역에 설치된 풍력발전용 터빈, 2020년까지 설치 계획 중인 터빈의 대수 및 발전용량을 요약한 것이다.

〈표 3-7〉 로테르담항만 구역 내 풍력발전용 터빈 설치 현황 및 계획(2015년 기준)

구분	터빈대수	발전용량 (MW)
설치된 풍력발전용 터빈	83	193.6
설치 계획 중인 풍력발전용 터빈	59	177
제거 계획 중인 풍력발전용 터빈	41	73
합계 (2020년)	102	297.6

자료 : www.portofrotterdam.com 참조하여 KMI 제정리.

육상풍력과 더불어 해상풍력은 네덜란드 신재생에너지 정책의 중요한 부분을 차지하고 있다. 네덜란드 정부는 신재생에너지 산업을 촉진시키기 위해 'Energy Agreement'를 체결하였다. 협약의 주체는 정부기관, 기업체, 사회단체이며, 2023년까지 최소 4,400MW의 해상풍력에너지 발전 장치를 마련하기 위한 계획을 수립하였다. 협약의 일환으로 로테르담항만청에서는 Maasvlakte 2구역(최대 70 헥타르)에 수력충전기술(hydraulic filling technique)을 활용한 유럽의 첫 해상풍력센터(Offshore Center Rotterdam, OCR)를 조성할 계

획이다. 해상풍력센터 (Offshore Center Maasvlakte 2, OCMV2)의 위치는 <그림 3-5>와 같이 Pioneering Spirit 안벽 근처, Princess Alexiahaven의 방파제 맞은편에 위치할 것이다. 항만청은 우선적으로 30헥타르, 600meters 규모의 a heavy load deep sea quay를 2019년에 설치하고 OCMV2의 규모를 40헥타르, 1000 metres of quay wall만큼 더 연장할 계획이다. OCMV2의 건설은 유럽해상풍력단지의 견인차 역할을 할 뿐만 아니라 파급효과의 일종으로 기존 클러스터에 위치한 기업 발전 및 새로운 일자리 창출에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

<그림 3-5> 로테르담항만 내 OCMV2 위치



자료 : <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/offshore-center-rotterdam-or-new-land-for-wind-farms-at-sea> (2017.12.1. 검색)

둘째, 로테르담 항만청은 발하펜(Waalhaven)에 대형 태양광 단지(solar park)를 조성하였다. 7,500m² 규모 FrigoCare 냉동창고 지붕에 총 3,100개의 태양전지판을 설치하여 연간 750,000 kWh를 생산하고 있다. 이는 로테르담항 물류창고 총 소비전력의 1/3을 처리할 수 있는 규모이다. 태양광 단지는 로테르담항만청이 FrigoCare, Zon Exploitatie Nederland (ZEN) 등의 사업체와 협력하여 조성한 사업으로, 약 650,000유로(약 764,000 달러)가 지붕 수리비용으로 투자되었다.

또한, ZEN은 백만 유로를 태양전지판, 운영 및 유지비용으로 투자하였다. 해당 투자비용은 10년 이내로 회수될 것으로 기대된다. 태양광 단지의 발전 능력은 현재 3GWh이나 이를 2020년 20GWh, 2030년 100GWh로 증가시킬 계획이다. 로테르담항만의 태양광발전 단지는 초기단계 수준이기는 하나 연간 약 325톤의 이산화탄소 배출량 감소효과를 보이고 있어, 친환경 항만조성을 위한 태양광 에너지 산업의 역할이 기대된다.

마지막으로 로테르담항만청은 항만구역 내 (Massvlakte2 구역) 바이오화학공단(new bio-based chemical industries)을 조성하였다. 2030년까지 대량의 바이오매스 에너지 발전이 이루어질 예정이며, 바이오 자원만을 활용하여 발전하는 기업뿐만 아니라 바이오매스, 석탄, 잔유 등을 바탕으로 하는 합성가스(syngas) 클러스터가 조성될 것이다.

로테르담항만청에서는 배후단지에 풍력터빈과 태양열 패널을 설치할 수 있는 부지를 마련하고 바이오매스 에너지의 원재료를 신속하게 공급할 수 있도록 함으로서 신재생에너지 기업 유치 및 발전을 확대하고 있다. 또한, 이들은 신재생에너지 사업을 추진함에 있어 지역 관련 사업체, 대학, 연구소 등과 상호 협력하여 관련 정책 및 기술 발전에 대한 연구를 함으로서 신재생에너지 사업 발전에 있어 현실성 및 지속가능성을 제고하고 있다.

2) 독일 함부르크항

독일은 2000년에 신재생에너지법(EEG)을 제정하여 전체 에너지 중 신재생에너지의 발전전력 비중을 2020년 35%, 2030년 50%, 2040년 80%까지 확대하려는 목표를 수립하였다. 이러한 독일 정부의 신재생에너지 정책과 더불어 함부르크항만청(HPA)에서는 지난 2012년, 항만 내 신재생에너지 사용을 활성화하기 위해 중앙정부기관인 함부르크시 도시개발 환경부(BSU) 및 경제교통부(BWVI)와 협력하여 SamrtPort logistics와 Smart Energy로 구성된 SmartPort 프로젝트를 수립하였다. 이 중, SmartPort Energy 프로젝트의 주요 목표는 기존 화석연료에 대한 의존도를 줄이고, 에너지 소비 및 비용을 저감하며 마지막으로 배출가스를 감소시키고자 하는 것이다. 이를 위한 주요 신재생에너지원으로는 풍력, 태양열, 바이오매스 등을 활용할 것이다.

함부르크항의 Eurogate 터미널에서는 풍력과 태양광 발전 설비를 설치하였다. 풍력발전의 경우, 시간당 2.4메가와트의 전력을 생산하는 터빈 3기가 설치되었으며 이를 활용하여 연간 8백만kWh의 전력을 공급한다. 이는(8,000MWh) 터미널 전체 전력 소비량(연간 20,000MWh)의 25~50% 수준으로 상당한 양이다. <그림 3-6>은 함부르크항의 Eurogate 터미널 풍력발전 전경이다.

<그림 3-6> 함부르크항 Eurogate 터미널 풍력발전 전경



자료 : <https://marketing.hamburg.de/energy-transition-in-hamburgs-port.html> (2017.12.3.. 검색)

태양광 발전을 위해 CTA(Container Terminal of Alsterwerder) 물류센터를 활용하고 있으며, 연간 500MW의 전력을 생산한다. 지열발전으로는 연간 56MW의 전력이 생산가능하며 이는 항만공사의 온수에 활용되고 있다. 또한, 함부르크시는 ‘신재생에너지 함부르크 클러스터, Renewable Energy Hamburg Cluster’를 조성하고, 태양열, 풍력, 바이오매스 등 신재생에너지 관련 기업들의 협력 강화를 통한 시너지 창출효과를 유발하고자 하였다. 이에 신재생에너지 관련 1,466개의 기업, 약 24,700여명이 클러스터에서 근무하며 산학연의 협력을 통한 신재생에너지에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.

독일 함부르크항만의 풍력에너지 기술은 세계 풍력에너지기술의 중심역할을 하고 있으며, 앞으로도 지속적인 발전이 기대되는 분야이다. 하지만 태양열 및

지열의 경우, 아직 초기단계로서 신재생에너지 구성의 전략적 분할 및 정책적 지원이 필요한 상황인 것으로 파악된다.

독일은 신재생에너지법(EEG)을 바탕으로 발전차액지원제도(Feed-in Tariff)를 도입하였다. FiT는 신재생에너지 발전전력의 거래가격과 정부가 고시한 기준 가격의 차액을 20년 동안 정부가 보조해 줌으로 사업자에게 안정적인 수익을 보장하는 제도이다. 즉, 신재생에너지 산업 진입장벽 및 투자 위험도를 최소화하여 산업을 성장시키려는 것이다. 특히, 독일의 FiT 제도는 발전비용과 적절한 이윤을 보장하는 장기적인 지원금 제도, 시간경과에 따른 인센티브 특혜의 감소, 특정 재생에너지 기술에 대한 인센티브제도의 도입, 정책 목표의 달성을 위한 인센티브제도 등의 요건을 만족함으로써 성공적인 FiT제도라는 평가를 받고 있다. <표 3-8>은 신재생에너지원 별 kWh 당 보조액을 요약한 것이다. 바이오매스의 보조액이 12.32유로 센트로 가장 높으며, 해상풍력발전이 3.9유로 센트로 가장 낮음을 알 수 있다.

〈표 3-8〉 독일 에너지원별 kWh 당 보조금 (년 기준)

신재생에너지원	보조금 (유로센트)
해상풍력발전	3.9
육상풍력발전	8.38
태양광	12.7
바이오매스	13.32

자료 : www.portofrotterdam.com 참조하여 KMI 제정리

FiT 제도와 더불어 함부르크 항만 근처에 조성된 신재생에너지 클러스터는 신재생에너지 항만으로의 도입을 가능하게 해 주는 또 다른 요인으로 언급된다. 신재생에너지 클러스터에는 신재생에너지 관련 기업 1,500여 개, 대학, 연구소 등이 위치하고 있다. 이에 독일 정부는 Hanburg Renewable Cluster Agency를 설립하여 기업들의 기술발전, 상용화, 서비스 등 전 분야에 대한 지원 및 체계적인 관리를 하고 있다. 또한 연구 클러스터 기반의 신재생에너지 클러스터이므로 산관 협력을 위한 지원도 이루어지고 있다.

3) 미국 LA항

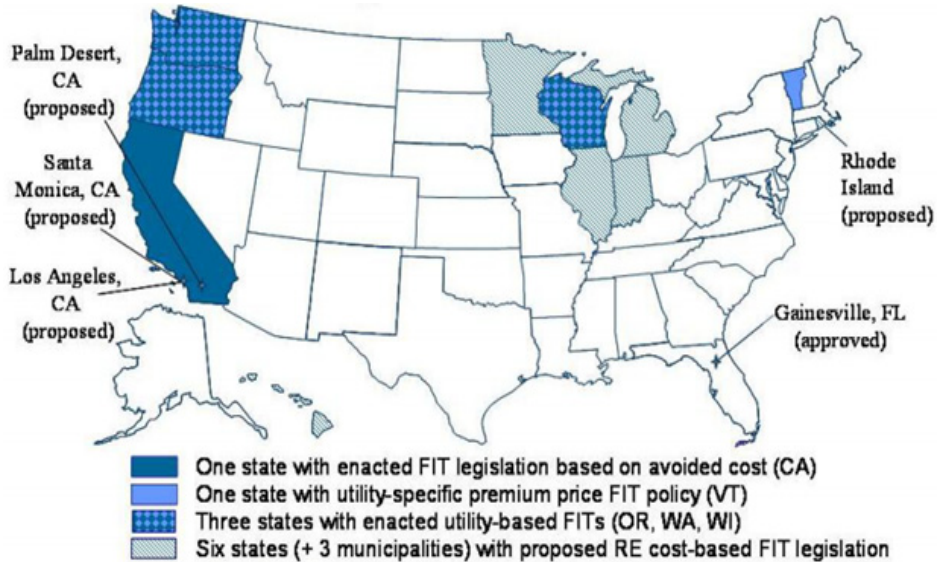
미국 LA 항만청은 LADWP(Los Angeles Department of Water and Power)의 FiT(Feed-in Tariff) 프로그램(일명 Westmont 프로그램)을 통해 세계 최대 규모의 태양광발전 단지를 건설할 계획을 수립하였다.²⁰⁾ 185,806m² 규모의 물류창고(Westmont Drive 빌딩) 지붕에 태양광 전지판이 설치될 예정이며 약 16.4MW의 전력 생산이 가능하다. 이는 5,000 가구의 전력소비량을 충족시킬 수 있으며 LA 동부에 위치하는 두 번째로 큰 FiT 프로젝트보다 세배 정도 큰 규모이다. Westmont 프로젝트의 기대수익은 7천6백만 달러이며, 500 개의 일자리 창출이 예상된다. 또한 태양광발전을 통해 차량 6,000대의 이산화탄소 배출량을 저감할 수 있을 것이다.

미국의 Feed-in Tariff 가격은 다음 3가지 기준을 바탕으로 산정된다. 첫 번째 기준은 신재생에너지 발전 비용이다. 이는 신재생에너지 투자의 수익성을 보장해주는 방법으로서 세계에서 가장 빈번히 사용되고 있다. 두 번째 기준은 신재생에너지 전력의 기회비용이다. 기회비용은 지리적 한계비용(Locational marginal pricing, LMP) 또는 공공전력규제정책(Public Utilities Regulatory Policies Act)에 따른 장기 화석 연료가격의 유틸리티에 따라 산정된다. 마지막 기준은 고정인센티브이다.

각 주별로 서로 다른 FiT 가격 산정방식을 적용하나, 하나의 주 내에서 이루어지는 모든 신재생에너지 발전에 대해서는 동일한 산정방식이 적용된다. <그림 3-7>은 FiT 정책을 시행하고 있는 미국 권역 내 지역과 각 지역별로 사용하는 FiT 산정방식을 요약한 것이다. LA항만이 포함된 캘리포니아의 경우, FiT 가격은 신재생에너지 전력의 기회비용을 바탕으로 산정된다.

²⁰⁾ <http://www.businesswire.com/news/home/20160429005938/en/Private-Warehouses-Port-LA-Anchor-Nation%E2%80%99s-Largest> (2017.12.3. 검색)

〈그림 3-7〉 미국 권역 내 FIT 정책 시행 지역 및 FIT가격 산정방법



자료 : National Renewable Energy Laboratory, *State Clean Energy Policies Analysis (SCEPA) Project: An Analysis of Renewable Energy Feed-in Tariffs in the United States*, 2009, p 8

지난 2008년 U.S. Department of Energy(DOE)에서는 2030년도까지 국가 전체 전력소모량 중 20%를 풍력발전에너지로 충당하겠다는 목표를 발표하였으며, 이를 위해 해상풍력발전의 개발이 필수적인 요소임을 강조하였다. 하지만, 육상풍력과는 달리 해상풍력산업에 있어 초기단계인 미국은 해상풍력산업 육성을 위해 2030년도까지 28GW 해상풍력에너지를 발전하는 것을 목표로 설정하였으며, 목표 달성을 위해서 항만 역할을 강조하고 있다.

2015년 GL Garrad Hassan(GL GS)은 2030년 해상풍력발전 목표량 달성을 위해 미국5개 권역에 최소 1~5개의 항만에 해상풍력단지를 설립할 것을 제안하였다. <표 3-9>는 5개 권역과 권역별 목표발전량 및 항만 개수를 요약한 것이다. 미국 북동해안지역(뉴햄프셔, 매사추세츠, 뉴욕 등)과 서해안지역(워싱턴, 오레곤, 캘리포니아)에서 전체 60% 이상의 목표발전량인 18GW를 발전할 계획이며, 대상 항만 개수는 총 9개이다.

〈표 3-9〉 미국 권역 별 해상풍력발전목표량 및 대상항만개수 (2015년 기준)

권역	해당 주	목표발전량 (GW)	대상항만 개수
North Atlantic	Maine, New Hampshire, Massachusetts, Rhode Island, Connecticut, New York, New Jersey, Delaware, Maryland	10	4
South Atlantic	Virginia, North Carolina, South Carolina, Georgia, Florida (Atlantic Coast)	2	1
Gulf of Mexico	Florida, Alabama, Mississippi, Louisiana, Texas	4	3
Pacific	California, Oregon, Washington	8	5
Great Lakes	Minnesota, Wisconsin, Illinois, Indiana, Michigan, Ohio, Pennsylvania, New York	4	3

자료 : <https://energy.gov> 참조하여 KMI 재정리

LA 항만청은 친환경 신생기업 육성을 지원하기 위해 PortTech LA 프로그램을 실시하고 있다. PortTech LA 프로그램은 롱비치항, 산페드로항, 월링튼 상공회의소와의 협력하에 운영되는 것으로서 LA 지역의 중소기업개발센터(LA Basin SBDC)와 협력관계의 체결을 통해 중소기업 은행대출 지원 및 컨설팅 서비스 무료 제공 등의 제도를 지원하고 있다.

또한, PortTech LA 프로그램은 자체적으로 지적소유권, 벤처자금, 전기 기술 등의 전문분야에 대한 상담 서비스를 제공하고 있다. 이 프로그램은 중소기업이 태양, 풍력, 조력 등과 같은 신재생에너지를 항만에 도입하는 기업들에 대한 친환경 기술상용화 및 상품화를 위한 전 과정을 지원해 주는 것으로 초기 자금만을 지원했던 기존의 신기술 보조프로그램과 차별성이 있다. 현재 PortTech LA는 산 페드로 지역에 10~15개의 친환경 신생기업을 육성하기 위해 필요한 약 400평에 이르는 부지를 확보하고 있다.

구체적인 서비스 지원 기술 분야를 살펴보면, 디젤 미세먼지(CPM), 질산화물(NO_x), 황산화물(SO_x)의 배출이 낮은 디젤엔진 제조업체, 디젤 미세먼지 필터 장비 업체, 구형 엔진 재활용업체, 태양·풍력·조력 등과 같은 신재생에너지를 항만에 도입하는 기업, 항만에서 스마트 그리드 기술을 접목시키는 기술 개발 업체 등이 있다.

4) 일본

일본은 동일본 대지진 이후 에너지 제약을 감안하여 향후 신재생 에너지의 활용이 정부에서 중요한 과제가 되고 있는 가운데, 국토교통성은 특히 항만시설 등의 사회간접시설의 공간, 하천유수, 안정적이고 풍부한 하수도 바이오 매스와 같은 재생 가능한 신재생 에너지에 대해서 민관 합동으로 해양 자원의 잠재력을 이용하는 정책을 추진하는 것이 매우 중요하다는 것을 인식하게 되었다.

이러한 관점에서 일본은 재생 가능한 에너지 이용의 추진(해상풍력발전, 해양 온도차·해류·파력·조력 등을 활용한 해양 발전), 소수력 발전의 추진(물이권 절차의 간소화·원활화 프로젝트 형성 지원, 댐 관리 발전 등), 하수도 바이오매스 이용의 추진(하수슬러지의 고체연료화 및 바이오 가스발전의 혁신 기술 개발 등)을 중심으로 한 정책을 적극적으로 추진하고 있다.

2012년 6월 국토교통성은 항만관리자 및 풍력발전사업자에 의한 절차의 원할화를 위해 항만구역 내에서 도입 가능한 구역 설정 및 사업자의 공모·선정까지 통일적인 지침서를 작성하여 고시하였으며, 현재 4개 항만역에 총 19기의 해상풍력발전시설이 입지하고 있으며, 연간 발전량은 총 35,200kW 규모에 달한다. 향후 항만관리자가 해상풍력발전시설의 점용 허가를 함에 있어 항만기능에 미치는 영향을 판단하기 위해 필요한 기술 기준을 정한 지침을 제정하여 고시할 예정이다. 예를 들면, 기존 시설물의 안정성, 선박운항의 안정성, 수역이용자, 경관, 자연환경 및 생태계 등에 미치는 영향 등에 대해서 종합적으로 고려할 것이다.

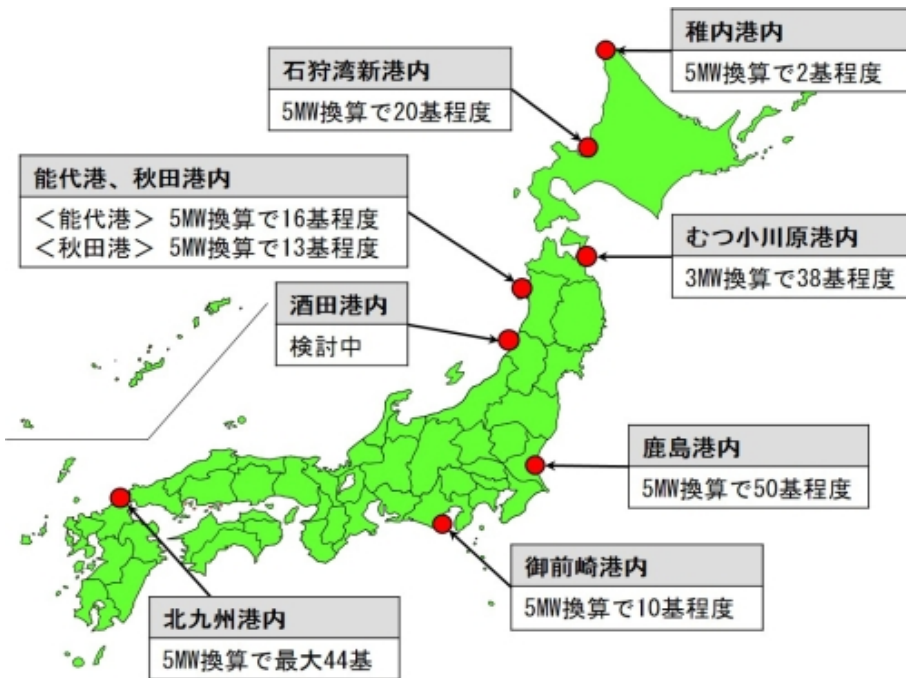
또한, 이와 더불어 부유식 해상풍력발전시설의 안전성에 관한 연구개발의 지속적 추진 및 부유식 신재생 에너지의 이용촉진을 위한 안전·환경대책에 관한 기술적 지침을 제정·고시할 예정이다.

일본은 2030년의 전원 구성 중 재생 에너지 비율이 22~24%(그 중 풍력은 1.7% 정도)로 전망되며, 정부 전체에서 재생 가능 에너지의 도입을 위한 정책을 추진하고 있다.

이 중 해상 풍력 발전은 해상은 육상에 비해 강하고 안정된 바람이 불기에서 설비 이용률이 높은 등의 장점이 있다. 또한, 해상 입지에 제약이 적기 때문에,

예를 들어 5MWh급 해상 풍력 발전 시설(높이 : 약 150m, 회전 날개의 직경 : 약 130m)처럼 매우 큰 시설을 항만구역에 설치하는 정책을 적극적으로 추진하고 있다.

〈그림 3-8〉 일본의 해상풍력 개발계획



현재 일본정부는 왓카나이항(稚内港), 이시카리만항(石狩湾新港), 무츠오가와항(むつ小川原港), 노시로항(能代港), 기타큐슈항(北九州港) 등 9개 항만에 대해서 3MW에서 5MW급 등 총 193개의 풍력발전시설을 설치할 계획이다. 일본이 이처럼 대단위 해상풍력단지를 도입하는 이유로는 항만구역이라는 특수성에 근거를 두고 있다. 첫째, 항만은 "해륙경계입지특성"을 활용하여 다양한 산업이 많이 입지하고 있는 공간이며, 높은 전력 수요가 예상되기 때문에 송전선등의 전기설비가 확보가 되어 있다는 점이다. 둘째, 해상 풍력 발전시설의 건설 및 유지관리에 사용되는 항만인프라가 존재한다는 점이다. 마지막으로 항만법에 따른 항만관리자가 존재하여 관계자 간의 합의형성이나 점용 허가에 관한 일정한 절차

등이 정비되고 있는 것 등에서 해역의 관리 및 이용 조정 메커니즘이 체계적으로 구축되어 있다는 점을 들 수 있다.²¹⁾

2. 해외 주요국의 해수열에너지 도입 현황²²⁾

1) 일본

일본 후쿠오카시에 위치하고 있는 모모치지구는 ‘하카타’만을 끼고 있는 해안 지역이며, 상업, 업무, 문화기능 등이 집적해 있다. 서일본환경에너지(주)는 이 지구의 열공급에 있어서 해수를 열원으로 하여 자원, 에너지, 공간 등을 절약하기 위해 축열시스템을 적용하여 저비용 시스템을 구축하고, 해수열원 히트펌프 등과 같은 축열식 전기기기와 가스기기를 조합한 에너지 활용을 수행하고 있다.

2) 노르웨이

노르웨이 Fornebu라는 반도지역에서는 이전에 국제공항이 위치했던 자리에 전화국을 건설하면서 미활용에너지이용을 위한 지역냉난방 시스템을 도입하였다. Telenor 해수 히트펌프 플랜트는 인근 앞바다로부터 해수를 취수하여 히트펌프의 에너지원으로 사용하고 있다. 플랜트는 겨울철 6~9도 이상의 해수는 히트펌프의 열원으로 작용하며, 여름철 10~12도 미만의 해수는 직접 냉방매체로 사용되며, 여름철 12~15도 이상의 해수는 응축기의 냉각용으로 활용하고 있다. 본 플랜트의 히트펌프는 R-134a를 사용하며 난방능력 6.7MW, 냉방능력 8MW로 설계되었다.

3) 스웨덴

스웨덴의 Vartan 플랜트는 1995년에 가동을 시작하여 스톡홀름 지역 전력 소비량의 70%를 공급하고 있으며, 이 중 해수/하수 히트펌프의 비중은 17% 수준이다. 이 플랜트는 정부의 보조 없이 Fortum에 의해 건설되었으며, 투자비 회수 기간을 10년 이내로 예상하고 있다. Vartan 플랜트에서 사용하고 있는

21) 국토교통성 홈페이지(<http://www.mlit.go.jp/>), 2017년 11월 5일 검색.

22) 부산항만공사, 『신재생에너지(해수열)를 이용한 집단에너지사업 타당성 연구 보고서』, 2017.8.31.

해수/하수 히트펌프 시스템은 Trigeration 방식을 사용한다. Trigeration은 전기 생산 후 여열을 난방과 냉방에 이용하는 방식으로서 냉방의 경우 증발기를 통과한 바닷물이 2도로 매우 낮아지므로 이를 열교환 방식을 통하여 냉수를 공급한다.

4) 핀란드

핀란드 헬싱키시 에너지공사는 헬싱키시 거주민 48만 명을 대상으로 전기 및 지역난방을 공급하는 지역 독점적 헬싱키 시영회사이다. 에너지공사는 헬싱키 시내에 도시 근접형의 열병합발전소 및 열공급 플랜트, 그리고 운반가능형 열공급 플랜트를 소유하여 시내에 열을 공급하고 있다. Katri Vala 플랜트는 배관 네트워크로 접속되어 있으며 에너지공사 네트워크에는 열병합 발전소 3개소 및 열공급 플랜트 6개소 그리고 축열설비가 연계되어 지역난방 중앙 제어소의 지시에 따라 가장 효율적인 운전이 되도록 각 플랜트의 운전 밸런스를 제어하고 있다. 이러한 헬싱키 해수이용 지역열공급시스템의 규모는 연간 열판매량 5808GWh/년이며 back-up 시스템을 사용함으로써 배관 네트워크에 의해 각 플랜트사이의 상호 인접 도시 지역난방과도 열교환기를 통해 배관으로 공급하고 있다.

이 밖에 최근, 해수열에너지 발전을 활용하는 사례는 계속적으로 증가하고 있다. OTE는 2016년 8월 Bahamas 지역에 위치한 2,000개의 객실 규모 리조트에 SWAC를 적용하였으며 20년간 에너지 서비스 계약(ESA)을 체결하였다. 또한, 싱가포르 파워 컴퍼니의 경우, 빌딩 냉각을 위해 5도의 냉각수를 운반하는 배전망 파이프 네트워크로 구성된 지구 냉각 시스템을 운영 중에 있다. 하와이 호놀룰루에서는 2016년 해수열 냉난방 시스템을 도입하여 약 77,000MWh의 전력을 감소시켰다. 뿐만 아니라 와이키키 연안에서는 해수냉방을 통한 지역냉방시스템을 적용하여 48,000,000 kWh의 연간 발전량에 달하는 에너지를 절감하였다. 마지막으로 캐나다 Halifax에서는 1986년 세계 최초로 SWAC 시스템을 도입하였으며, 2010년에 이를 증설하여 1,030,000ft²를 냉각하고 있으며, 약 40만 달러의 비용 절감 효과를 누리고 있는 실정이다.

〈표 3-10〉 국가별 해수열 냉난방 발전현황

지역	가동시기	열공급 규모	이용대상
스웨덴 스톡홀름, Ldingo	1982.12	11MW+3MW	지역난방
스웨덴 스톡홀름, Ropsten	-	344,000Gcal/yr	지역난방
스웨덴 Visby	1983.02	-	-
스웨덴 Vaertan	1995	-	지역냉난방
노르웨이 Harstad	1982.11	200kW	오피스빌딩 난방
노르웨이 Telenor Fornebu	-	난방 6.7MW, 냉방 8MW	지역냉난방
핀란드 헬싱키 Katri Vala	1988	-	전기 및 지역난방
일본 후쿠오카 Seaside Momochi	1993.04	냉수 76Gcal/h, 온수 58Gcal/h	상가, 업무시설 등 공공시설
일본 후쿠오카 Cosmo square	1994.04	냉수 71Gcal/h, 온수 49Gcal/h	상가, 업무시설, 호텔
일본 후쿠오카 Sunport	2001.04	-	오피스빌딩, 호텔
캐나다 Halifax	2010	냉각 1,030,000 ft ²	-
카리브제도 Bahamas	2016	-	리조트
싱가포르 파워 컴퍼니	2016	-	오피스빌딩
미국 하와이 호놀룰루	2016	77,000MWh	지역냉난방
미국 하와이 와이키키	2016	48,000,000kWh	지역냉방

자료 : 부산항만공사, 『신재생에너지(해수열)를 이용한 집단에너지사업 타당성 연구 보고서』, 2017.8.31. p 76 참조하여 KMI 재정리

제3절 소결

로테르담항, 함부르크항, LA항 등 세계 주요 항만에서는 이미 국가 목표인 신재생에너지 발전 촉진에 있어 항만의 역할을 확고히 하고 있다. 항만은 태양광, 풍력 등 주요 신재생에너지 기업을 배후단지에 유치하기 위한 유인책을 마련하고 중소 신재생에너지 기업을 육성하며 산업체와 연구기관과의 협력을 추진하는 매개체 역할을 하고 있다.

또한, 정부는 FIT 제도를 통해 사업의 리스크를 감소시킴으로서 기업들이 신재생에너지 시장에 진입할 수 있는 여건을 마련하였다. 태양광, 풍력과 더불어 유럽, 미국, 일본 등 많은 국가들은 해안지역에서 해수열에너지 발전 시설을 적극적으로 도입하고 이를 지역냉난방 등에 활용하여 상당한 규모의 전력비용 절감 및 이산화탄소 배출 저감 등의 효과를 보이고 있다.

그러나 국내의 경우 항만에서의 신재생에너지 산업은 초기단계 수준일 뿐 아니라 태양광, 풍력 중심의 신재생에너지발전 계획만이 수립되어 있는 실정이다. 국내 항만들이 태양광 및 풍력 등 이미 상용화 단계인 신재생에너지원 발전 촉진에 대한 단계적인 계획뿐만 아니라 해수열에너지와 같이 10년 이내에 상용화가 가능한 신재생에너지원에 대한 장기적인 신재생에너지 개발 계획을 함께 수립한다면 보다 안정적이고 지속가능한 신재생에너지 발전 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

제4장

항만구역 신재생에너지 도입 결정요소 분석 《

제1절 항만구역 내 신재생에너지 확대의 애로요인 분석

항만구역 내 신재생에너지 확대방안을 수립하기 위하여 산·학계 관련 전문가를 대상으로 법·제도 부문과 기술 부문 등 다각적인 측면에서 문제점 및 한계점을 조사하였다. 조사는 2017년 11~2018년 1월 기간 동안 직접방문을 통한 면담 조사 형태로 실시하였다. 앞서 선정한 풍력, 해양에너지, 태양광 등 각 에너지원 별 산·학계 관련 전문가인 교수, 관련 협회, 연구원 등의 전문가들을 대상으로 인터뷰를 실시하였으며, 인터뷰 결과를 바탕으로 다음과 같이 애로요인을 분석해 보았다. 그 결과 국내 항만구역 내 신재생에너지를 확대하는 데 제한사항으로 작용하는 가장 큰 요인으로 공유수면 점사용 허가의 어려움이 지적되었다. 또한 초기 투자비의 부담, 국내 기술개발의 낮은 수준 등이 있었으며 세부 내용들을 기술하면 다음과 같다.

1. 제도적 측면

1) 공유수면 점사용 허가

최근 부산 광복동에 위치한 롯데엔터테인먼트 건물은 상업시설 최초로 해수열 에너지를 활용한 냉난방 시스템을 도입하였다. 해수열 시스템은 여름에 해수 온도가 18~23℃로 대기온도보다 낮고 겨울에는 해수 온도가 11~16℃로 대기온도보다 높아 온도차를 이용한 기계적 장치(해수열 히트펌프, 해수 열교환기)를 설치해 에너지 절감을 실현하는 시스템이다. 이를 위해 해수면에 기계적 장치를 설치해야 하기 때문에 행정상 공유수면 점사용 허가를 취득해야 한다. 그

러나 실제 사업을 진행한 롯데 측에 문의해 본 결과, 공유수면 점사용 허가를 취득하는 행정절차가 복잡하고 까다로워서 많은 애로사항이 있는 것으로 조사되었다.

예를 들면, 항만구역 내 점사용가권자는 해양수산부장관이, 항만구역 외에는 지방자치단체장이 허가권을 행사하고 있다. 항만구역은 항만법에 따른 각종 의 제조항으로 행정절차가 간편한 반면에, 항만구역 이외지역은 행정절차가 매우 복잡하고 까다로운 실정이다. 이 경우 비관리청 항만공사로 사업시행이 불가능 하기 때문에 이에 대한 개선방안이 필요하다.

2) 초기 투자비 경감을 위한 융자지원

신재생에너지시설은 초기 투자비가 많이 소요되는 단점이 있다. 이에 정부에서는 시설 설치자 및 생산자를 대상으로 투자비 부담을 경감시키기 위하여 장기 저리의 융자를 지원하고 있다. 경제성을 확보하여 신재생에너지 설비의 설치 및 관련 산업을 육성하기 위함이다. 해당 지원은 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 의거하여 실시된다. 그러나 정부 지원은 시설 설치비에 대한 보조금 지원이 아닌 융자 지원 형태로 이루어지고 있다. 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행규칙」 제15조(신·재생에너지 기술 사업화의 지원절차 등)에 의거하면, 시험제품 제작 및 설비투자의 경우 필요한 자금의 100퍼센트 범위에서 융자 지원을 할 수 있도록 되어 있다. 그러나 초기 투자비가 적지 않은 점을 감안하면 융자지원보다는 보조금 형태의 직접 자금 지원이 더 효과적일 것으로 판단된다.

3) 발전차액지원제도(FiT) 폐지

발전차액지원제도는 정부가 일정기간 정해진 가격을 보장하여 투자의 불확실성을 제거해주고 초기 시장 확대에 매우 효과적인 제도이다. 우리나라 역시 한국형 FiT 제도인 ‘태양광 발전차액지원제도’를 2001년부터 도입하였으나, 2012년에 ‘신재생 에너지 공급 의무화제도’인 RPS로 전환하였다. 이유는 정부의 많은 재정적인 부담과 자원배분의 비효율성을 초래할 수 있기 때문이다.

그러나 FiT 제도가 시행된 2006년부터 2011년까지 우리나라의 신재생에너지

시장 규모는 40% 이상 확대되는 등 많은 효과를 얻을 수 있었다. 이에 독일, 일본 등 많은 선진국에서 신재생에너지의 도입 및 활성화를 위해 운영하고 있다. 다만, 재정적인 부담을 줄이기 위하여 소비자에게 발전차액을 일부 분담시키는 등 관련 제도를 보완하고 있으며, 이탈리아의 경우 FiT 제도와 RPS 제도를 병행 운영하고 있다. 우리나라의 경우도 신재생에너지 시장의 성장이 아직 미흡한 수준이기 때문에 시장규모의 확대가 필요하다. 따라서 FiT 제도를 부활시켜 기존 RPS 제도와 병행 운용하는 방안의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

2. 기술적 측면

1) 태양광, 풍력에너지 R&D 연구 집중

국내 신재생에너지 관련 기술은 그간 태양광과 태양열, 풍력에 집중되어 왔다. 이에 관련 R&D 연구도 집중될 수밖에 없었다. 그러나 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 지리적 특성상 바다를 이용한 해양에너지 개발의 중요성은 말로 형용할 수 없다. 특히, 국내에는 해양에너지와 관련된 업체도 많지 않은 상황에 있어 원천기술 확보가 어려운 상황이다. 이에 해상풍력을 비롯하여 해수열, 조력, 파력 등 바다를 이용한 해양에너지 관련 연구가 보다 활발하게 이루어질 필요가 있다.

2) 산·학·연 연구협력 사업 부족

우리나라 항만배후단지에는 신재생에너지 클러스터가 조성되어 있지 않으며, 산업체와 연구기관과의 협력이 미흡한 상황이다. 신재생에너지가 활발히 도입된 독일 함부르크항의 경우 항만 배후단지에 신재생에너지 클러스터가 조성되어 항만구역 신재생에너지 확대 도입의 경제성 및 효율성을 향상시킨다. 또한, 신재생에너지 사업체와 대학 및 연구기관들이 클러스터에 집적되어 있음으로써 이들 간의 협력을 용이하게 하고, 지속적인 기술개발을 가능하게 한다. 그러나 국내 항만의 경우 배후단지에 신재생에너지 관련 기업들을 위한 공간이 계획되어 있지 않으며, 사업체와 연구기관과의 협력을 증진시키기 위한 제도도 마련되어 있지 않은 실정이다.

3) 기업 육성 및 기술개발관련 지원제도 미비

국내 항만에서의 신재생에너지 발전 확대 전략은 신생 신재생에너지 기업 육성 및 기술 개발보다는 에너지 발전량 증대에 집중하는 경향이 있다. LA항만은 LADWP(Los Angeles Department of Water and Power) 프로그램을 통해 항만구역에 세계 최대 규모의 태양광발전 단지를 건설할 계획을 수립하고 태양광발전량 증대 목표를 수립함과 동시에 PortTech LA 프로그램을 통해 신재생에너지 관련 중소기업을 육성하고 있다. 그러나 국내항만의 경우 항만구역으로의 기업 유치를 위한 인센티브제도 또는 기업 육성을 위한 지원책이 마련되어 있지 않는 실정이다.

제2절 항만구역 신재생에너지 도입 결정요소

제3절에서는 앞서 살펴 본 기존 신재생에너지 관련 제도·법률 및 전문가 자문 결과 등을 바탕으로 항만구역에서 신재생에너지발전을 촉진시키기 위해 고려되어야 할 결정요소들을 선정하고, AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법을 활용하여 요소들의 중요도를 평가하였다.

1. 선행연구 검토

항만구역 내 신재생에너지 도입방안 연구로 조성우 외(2013)는 장래 신재생에너지의 중요한 위치를 차지하게 될 해상풍력의 발전에 필수요소인 지원항만의 역할과 전략을 제시하였다. 최근의 해상풍력 지원항만의 동향과 현황을 파악하기 위해 국내외 선행연구를 검토하였으며, 다양한 해외사례를 검토 분석하여 지원항만의 개발과 운영 시 고려해야 할 사항에 대해서 제시하였다. 연구결과 지원항만은 해상풍력단지와 지리적으로 가까운 것이 유리하고, 중량물 운송이 수반되기 때문에 충분한 공간의 선석 및 배후부지가 필요할 것으로 주장하였다. 그리고 중량물 운송에 필요한 전용장비와 설비가 중요하며 각종 부품을 생산하는

기업이 항만 인근에 위치하는 것이 경제적으로 유리하다. 마지막으로 선박의 형태와 수급에 대한 것도 고려해야 한다고 주장하였다.²³⁾

한편, 고현정 교수(2017)는 “서남해안 해상풍력단지 2.5GW 조성을 위한 설치 일정계획”연구에서 지구 온난화에 대처하는 일환으로 신재생에너지 가운데 세계 각국은 해상풍력단지 개발에 투자를 집중하고 있다. 그러나 해상풍력단지 개발은 해상에서의 구조물 운송, 설치 등의 해상작업이 요구됨에 따라 투자비용이 육상풍력단지 보다 높은 단점이 있다. 특히 해상기상 여건으로 인한 설치기간 지연은 해상풍력단지 운영의 경제성에도 영향을 끼치는 요소이다. 따라서 동 연구에서는 국내 해상의 기상여건을 고려하여 해상풍력단지 조성의 최적 일정계획을 거시적 측면에서 분석하고자 하였다. 이를 위해 수리적 모델을 개발하였고, 이를 이용하여 국내 서남해안 2.5GW 해상풍력단지 조성사업에 적용하였다. 해상기상여건은 기상청의 자료를 활용하였고, 모델에 사용된 입력 자료는 해외의 선행 사례를 바탕으로 현실성을 최대한 반영하고자 하였다. 그 결과 해상풍력터빈 35기를 설치하는데 6개월이 소요되는 것으로 분석되었다. 특히 겨울을 피하여 작업하는 것이 비용을 최소화할 수 있는 것으로 분석되었다.²⁴⁾

또한, 고현정 교수(2012)는 “해상풍력 전용항만 입지선정 평가항목에 관한 연구”에서 세계 각국은 신재생 에너지 가운데 해상풍력 발전에 국가적 역량을 집중하면서 해상풍력 터빈의 용량을 대형화하고 있다.²⁵⁾ 특히 해상풍력 터빈은 부피와 중량이 큰 특징이 있어 육상운송에 어려움이 있어 해상풍력 전용항만이 필요하다고 주장하고 있다. 따라서 동 연구에서는 국내 해상풍력 단지가 성공적으로 조성 및 운영될 수 있도록 최적의 전용항만 입지선정에 영향을 끼치는 평가항목을 분석하여 국가정책 의사결정에 올바른 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 Fuzzy-AHP 기법을 적용하여 평가항목 별 중요도를 도출하였다. 평가항목은 상위수준에서는 5가지, 즉 집적 요인, 지역 요인, 경제 요인, 입지 요인, 컨소시엄 요인 등이 선정되었다. 이 가운데 집적 요인 37.4%, 입지 요인 34.2%, 경제 요인 24.5%가

23) 조성우 외, 『군산항의 해상풍력 지원항만으로서의 역할 및 전략에 관한 연구』, 2013, 무역학회지 38(2), p 129~130

24) 고현정, 『서남해안 2.5GW 해상풍력단지 조성을 위한 설치 일정계획』, 한국항만경제학회지(제33지 제2호), p 94

25) 고현정, 『해상풍력 전용항만 입지선정 평가항목에 관한 연구』, 한국항만경제학회지(제28지 제3호), p 41

주요한 항목으로 분석되었다. 분석 결과를 보면, 해상풍력 전용항만 입지선정에 있어서 핵심적으로 고려되어야 할 항목은 풍력산업의 집적도, 항만운영의 경제성을 확보하는 물동량 규모, 해상풍력 관련 산업의 발달 정도, 그리고 개발될 해상풍력 단지와의 근접성으로 나타났다. 또한, 정부가 해상풍력 전용항만을 건설함에 있어서 풍력터빈 제조기업의 의견을 충분히 반영하는 것이 요구된다고 주장하였다.

한편, 부산발전연구원의 최윤찬 박사(2016)²⁶⁾는 해상풍력발전에 대하여 부산 지역의 제반 여건을 진단해보고, 향후 부산시가 해상풍력에 대하여 어떠한 정책 방향을 설정하는 것이 타당한지 그 근거를 찾고자 하였다. 즉 해상풍력발전동향, 부산지역 해상풍력발전 입지 및 도입여건 분석을 통하여 해상풍력발전의 정책방향을 제시하였다. 또한, 해상풍력발전은 신해양산업화로 전개되어야 함에도 불구하고 그렇지 못한 여건을 극복해야 하고, 수산자원 조성 가능 여부, 정부의 지원정책 강화라는 과제를 가지고 있다고 주장하였다.

홍정만(2010)의 연구에서는²⁷⁾ 민간기업의 신재생에너지 투자 의사결정과 관련된 주요 평가항목을 도출하고 각 항목의 가중치를 분석하였다. 분석결과, 경제성, 정부정책, 설비투자 규모관련 항목이 높게 평가되었다.

마지막 변수영 외(2010) 연구에서는 신재생에너지의 복합적용에 따른 신재생에너지시스템을 선정하기 위해서는 시스템의 기술성, 경제성 등 정량적인 기준 이외에도 환경성, 사회성 등 정성적인 평가기준이 필요하다고 주장하였다. 분석결과, 신재생에너지 시스템 도입 시 경제적 항목이 가장 먼저 고려되어야 하며, 하위항목에 대해서는 유지관리비, 투자회수기간, 보조금 지원, 초기투자비 등의 순으로 나타났다.²⁸⁾

2. AHP(Analytic Hierarchy Process) 모델 설정

Pohekar et al.(2004)에 따르면 AHP 방법론은 신재생에너지 계획, 에너지

26) 최윤찬양진우, 『부산지역 해상풍력 도입여건과 정책방향』, 부산발전연구원, 2015

27) 홍정만, 『AHP 기법을 적용한 민간 기업의 신재생에너지 평가에 대한 연구』, 에너지경제연구 제10권 제1호, p 135

28) 변수영, 정민희, 박진철, 이언구, 『신재생에너지 복합 적용 시 중요도 평가에 관한 연구』, 대한건축학회논문집(계획), 제26권 제6호, 2010, pp.333-340.

자원할당, 에너지관리체계 마련, 에너지전송 관리, 에너지사업 계획, 전력설비 계획 등에 널리 활용되고 있다. Hoe et al.(2010)에서는 한국의 신재생에너지 확산정책을 위한 평가 요소를 AHP기법을 활용하여 분석하였으며, 신재생에너지 확산 및 평가 정책 수립을 위한 기술적, 수요, 경제적, 환경적, 정책적 5가지 주요 기준을 제시하였다. Lee et al.(2009)은 태양발전 프로젝트 선정을 위한 기회비용, 위험 평가를 위해 AHP 적용 모델을 제시하였으며, 변수영(2010)은 신재생에너지를 복합 적용할 경우 신재생에너지 시스템 선정에 영향을 미치는 요인의 중요도를 평가하였다. 이 외에도 다수의 연구에서 신재생에너지 의사결정 문제에 AHP기법을 적용하였다(이지영²⁹⁾, 2010; Wang et al,2003³⁰⁾). 이처럼 AHP 방법론은 신재생에너지 관련되어 복잡한 의사결정 모델의 평가내용 계량화, 다양한 전문가들의 의견 종합 등을 가능하게 함으로서 유용하게 사용되고 있는 의사결정기법이다.

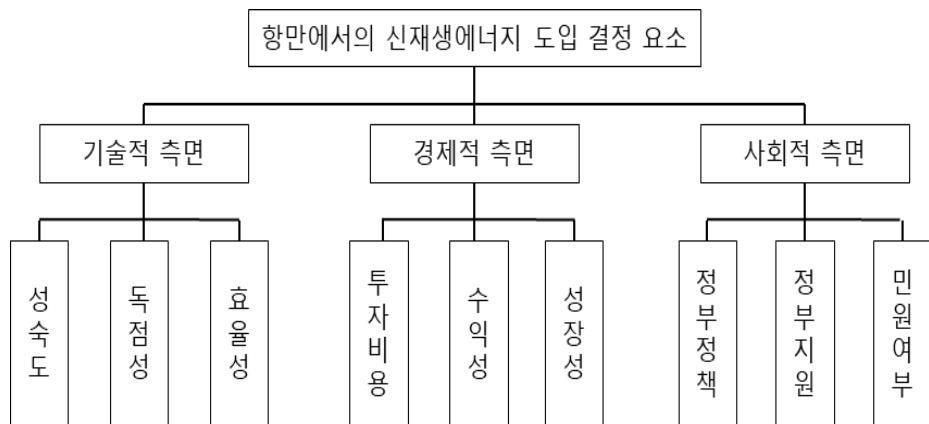
AHP는 1972년 Satty(1998)에 의해 개발된 다기준 의사결정(Multi-Criteria Decision Making: MCDM)기법 중 하나로써 다수의 속성들을 분류하고 각각의 중요도를 파악함으로써 의사결정에 도움을 준다. AHP는 의사결정의 여러 요소들을 계층 구조화하고 같은 계층에 있는 요소들에 대한 1:1 상대 평가를 통해 각 요소들이 가지는 중요도(weight)를 산출하는 방법이다. 즉, 여러 가지 요소들을 단계적으로 평가함으로써 복잡한 의사결정을 단순화하여 비용 효율성 및 의사결정의 질을 높일 수 있다는 장점이 있다.

AHP 방법의 적용은 ‘AHP모델 정의’, ‘설문을 통한 관련 요소간의 쌍대비교 판단(Comparative Judgement)’, ‘가중치(중요도) 계산’, ‘복합 가중치 계산’, ‘대안 평가 및 분석’의 총 5단계로 구성된다. 본 연구의 AHP 모델은 <그림 4-1>과 같다. 항만에서의 신재생에너지 도입을 위한 상위 결정요소로서 기술적, 경제적, 사회적 측면을 고려하였으며, 각 대분류는 세 가지 하위분류로 구성되어 있다.

29) 이지영·강인주, 『GSIS 기술을 활용한 태양광시설 입지선정에 관한 연구』, 한국지형공간정보학회지 18(2), 2010, pp 99~105

30) Wang, S and Shreshtha, 『Multicriteria approach for selection of alternative option for environmentally sustainable transport system in Delhi』, Transportation Research part A 37(8), 2003, pp 717~729

〈그림 4-1〉 향만구역에서의 신재생에너지 도입을 위한 결정요소



자료 : KMI 작성

다음 <표 4-1>은 각 하위 항목들의 정의를 정리한 것이다. 성숙도는 신재생에너지 발전 기술의 수준을 의미하며, 독점성은 기업이 향만구역에 신재생에너지 사업을 도입함에 있어 기술적인 장벽이 있는지 또는 원천기술을 확보 여부가 중요한지를 의미한다. 기술적 효율성은 기술개발에 따른 설비의 효율성 향상 가능성 여부를 뜻한다. 경제적 측면의 경우, 투자비용, 수익성, 성장성 등의 세 가지 하위 요소로 이루어져 있다. 투자비용은 향만구역에 초기 신재생에너지 시설 투자규모, 수익성은 신재생에너지 사업추진에 따른 수익률, 성장성은 신재생에너지 전반적인 시장의 확대 가능성을 각각 의미하고 있다. 사회적 측면은 정부정책, 정부지원, 민원여부 등 세 가지 하위요소로 구성되어 있다. 정부정책은 국가차원의 신재생에너지 개발 계획 및 이와 관련된 제도에 관련된 것이며, 정부지원 신재생에너지사업에 있어 재정적인 지원에 대한 것이다. 마지막으로 민원여부는 향만구역에 신재생에너지 시설을 설치하는데 있어 시민들의 반대 등이 있는가를 의미한다.

〈표 4-1〉 AHP 의사결정요소 정의

대분류	중분류	정의
기술적 측면	성숙도	기술의 성숙 수준
	독점성	시장 진입에 있어서의 기술 장벽 또는 원천기술 확보 여부
	효율성	기술개발에 따른 설비의 효율성 향상 여부
경제적 측면	투자비용	초기시설투자비용의 규모
	수익성	사업추진에 따른 수익률
	성장성	신재생에너지 시장 확장 가능성
사회적 측면	정부정책	신재생에너지법, 제4차 신재생에너지 기본계획 등 신재생에너지 산업 촉진과 관련된 정부의 장기적 계획
	정부지원	초기시설투자비 지원, RPS 등 정부지원 여부
	민원여부	설비설치 반대 등 민원여부

자료 : KMI 작성

두 번째 단계는 쌍대비교 판단이다. 의사결정 속성들 간의 선호도 상대 평가를 통해 쌍대 비교 자료를 수집한다. 쌍대비교를 위해 Satty는 9점 척도를 사용하고 있으며, 심리학의 ‘자극-반응 이론’에서도 9점 척도가 적절함을 밝히고 있다. 따라서 본 연구에서도 쌍대비교를 위해 9점 척도를 사용하였으며, 다섯 명의 신재생에너지 전문가 그룹을 구성하여 설문조사를 실시하였다.

세 번째 단계에서는 고유벡터법(Eigen Value)을 활용하여 평가지표 간 상대적 중요도를 추정하였다. 먼저 개별 평가자의 설문 평가를 종합하기 위하여 개인의 쌍대비교행렬에 고유벡터 계산법을 적용하여 가중치와 평점에 대한 우선 순위 벡터를 구한다.

평가항목 i 를 평가항목 j 와 비교하여 어느 정도 중요한지를 나타내는 상대적 중요도를 a_{ij} 라 할 경우 대분류 쌍대비교 행렬 A 는 다음과 같다.

$$A = [a_{ij}] = \begin{pmatrix} a_{\text{기술, 기술}} & a_{\text{기술, 경제}} & a_{\text{기술, 사회}} \\ a_{\text{경제, 기술}} & a_{\text{경제, 경제}} & a_{\text{경제, 사회}} \\ a_{\text{사회, 기술}} & a_{\text{사회, 경제}} & a_{\text{사회, 사회}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{w_{\text{기술}}}{w_{\text{기술}}} & \frac{w_{\text{기술}}}{w_{\text{경제}}} & \frac{w_{\text{기술}}}{w_{\text{사회}}} \\ \frac{w_{\text{경제}}}{w_{\text{기술}}} & \frac{w_{\text{경제}}}{w_{\text{경제}}} & \frac{w_{\text{경제}}}{w_{\text{사회}}} \\ \frac{w_{\text{사회}}}{w_{\text{기술}}} & \frac{w_{\text{사회}}}{w_{\text{경제}}} & \frac{w_{\text{사회}}}{w_{\text{사회}}} \end{pmatrix}$$

여기서, w_i (i =기술, 경제, 사회)는 i 번째 평가항목의 가중치를 의미하며, 이 행렬은 원소 a_{ij} 에 대하여 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ 관계가 성립하는 역수 행렬이 된다. 일반적으로 $n \times n$ 의 쌍대비교행렬 A 에 대해 $AW = \lambda W$ 를 만족하는 스칼라 λ 와 그에 대응하는 $n \times 1$ 의 고유벡터 $W = [w_i]$ 가 존재하는데 고유벡터 W 의 합이 1을 만족하는 정규화된 고유벡터가 상대적 가중치가 된다.

네 번째 단계인 복합가중치에서는 개별평가자의 결과를 종합하여 상대적 가중치를 계산한다. 마지막의 대안 평가 및 분석에서는 산출된 복합가중치를 대상으로 전체적으로 동일 기준을 적용하기 위해 표준화 시키며 표준화된 복합가중치를 토대로 대안에 우선순위를 부여한다.

3. AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석결과

1) AHP 일관성비율 검증

AHP 방법론에서는 설문자료의 신뢰도를 판단하기 위해 각 설문지의 오차 정도를 측정할 수 있는 일관성비율(Consistency ration: CR)을 산출한다. Saaty(1980)는 일반적으로 일관성비율이 0.1 이하일 경우 판단의 일관성이 있는 합리적인 평가이며, 설문 결과가 의미 있는 것으로 간주한다. 또한 0.2 이하일 경우는 허용할 수 있는 평가라고 하였다.

본 연구의 각 계층별 분석결과, 대분류의 경우 $CI = -0.9006$, 기술적 측면의 하위항목 $CI = -0.905$, 경제적 측면의 하위항목 $CI = -0.902$, 사회적 측면의 하위항목 $CI = -0.892$ 로 모두 0.1 이하이다 즉, 이후 설문 결과 분석을 통한 본 연구의 제언은 합리적이며 의미가 있는 것으로 간주될 수 있다.

2) 종합분석 결과

향만구역 신재생에너지 도입 결정요소에 대한 중요도 분석을 위해 엑셀(Excel) 프로그램을 사용하였다. <표 4-2>는 결정요인의 중요도를 분석한 결과이다. 향만구역 신재생에너지 도입에 있어 대분류 수준에서 가장 중요하게 고려되는 요소는 경제적 측면으로 0.569이며, 그 다음이 기술적 측면 0.275, 사회적 측면 0.156인 것으로 분석되었다. 이는 선행연구 결과와 거의 유사한 분석 결과를 보여주고 있다. 따라서 향만구역에 신재생에너지를 도입하기 위해서는 일정 수준 이상의 경제성이 마련되어야 함을 시사하고 있다

<표 4-2> 향만구역 신재생에너지 도입 결정요인 중요도 분석 결과

대분류	중분류	전체 9개 평가지표 중 가중치
기술적 측면 (0.275)	성숙도 (0.249)	0.068
	독점성 (0.089)	0.024
	효율성 (0.662)	0.182
경제적 측면 (0.569)	투자비용 (0.240)	0.137
	수익성 (0.602)	0.343
	성장성 (0.158)	0.090
사회적 측면 (0.156)	정부정책 (0.449)	0.070
	정부지원 (0.452)	0.071
	민원여부 (0.100)	0.016

자료 : KMI 작성

경제적 측면의 중분류인 투자비용은 0.240, 수익성은 0.602, 성장성은 0.158인 것으로 조사되었다. 향만구역 내 신재생에너지 사업 도입에 있어서 수익률을 가장 중요시 하는 것으로 나타났으며, 신재생에너지 시장 확장 가능성은 상대적으로 덜 중요한 것으로 평가되었다. 수익성이 투자비용보다 중요하게 고려된다는 분석 결과는 수익성이 보장되는 경우 높은 초기시설투자비용은 사업의 진입장벽으로 작용하지 않을 수 있음을 시사한다.

기술적 측면의 중분류에 대한 중요도 분석결과를 살펴보면, 대부분이 효율성을 가장 중요하다고 판단한다는 것을 알 수 있다. 효율성의 중요도가 0.662로 가장 높으며, 그 다음이 성숙도(0.249), 독점성(0.089) 순이다. 이는 신재생에너지 설비의 낮은 효율성 개선이 사업추진에 직접적인 영향을 미친다는 점에서 기술적 측면에서 효율성을 강조한 것으로 판단할 수 있다.

사회적 측면의 경우에는 정부지원이 0.452로 가장 중요하다고 고려되며, 정부정책이 0.449, 민원여부가 0.100으로 조사되었다. 육상 발전과는 달리 해상 발전의 경우, 시민들의 주거공간 및 생활공간과 분리되어 있어 민원여부가 중요하지 않다고 해석할 수 있다.

마지막으로 전체 9개 평가지표 간의 중요도를 비교해 보면, 경제적 수익성이 0.343으로 가장 중요하며, 기술적 효율성 0.182, 경제적 투자비용 0.137 순임을 알 수 있다. 즉, 우리나라 향만에서의 신재생에너지 도입에 있어 사업 수익률 및 초기투자비용과 더불어 기술적 효율성이 직접적인 영향을 미친다는 것을 시사한다. 반면, 기술 성숙도 0.068, 기술 독점성 0.024, 민원여부 0.016 등은 가장 덜 중요하게 고려되는 요소이다. 이는 본 연구에서 고려하는 태양광, 해상 풍력의 경우 어느 정도 기술의 상용화가 이루어진 상태이며, 상대적 기술 독점도가 낮기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 민원여부가 가장 덜 중요하다는 결과는 신재생에너지 발전을 향만구역에 도입해야 하는 주요 요인으로 해석할 수 있다.

제5장

항만구역 내 신재생에너지 확대방안 《

제1절 제도적 측면

1. 공유수면 점사용 허가제도 개선

1) 기존 법제도 및 정책 검토

(1) 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법

「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(이하 “신재생에너지법”이라고 함)은 기존의 화석연료를 변화시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 태양광, 태양열, 바이오에너지, 풍력, 수력, 연료전지, 석탄 액화·가스화에너지 및 중질잔사 유 가스화 에너지, 해양에너지, 폐기물에너지, 지열, 수열에너지, 수소에너지 등 12개 분야를 신재생에너지로 정의하고 있다. 신재생에너지법의 목적은 신에너지 및 재생에너지의 기술개발 및 이용·보급 촉진과 신에너지 및 재생에너지 산업의 활성화를 통하여 에너지원을 다양화하고, 에너지의 안정적인 공급, 에너지 구조의 환경 친화적인 전환 및 온실가스 배출의 감소를 추진함으로써 환경보전, 국가 경제의 건전하고 지속적인 발전 및 국민복지의 증진에 이바지함을 목적으로 한다.

법에서 규정하고 있는 주요 내용으로는 우선 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급을 위한 기본계획을 5년 단위로 수립하도록 규정하고 있다. 산업통상자원부장관은 기본계획의 목표 및 기간, 신재생에너지원별 기술개발 및 이용·보급의 목표, 총 전력생산량 중 신재생에너지 발전량이 차지하는 비율의 목표, 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급에 관한 지원방안 등 기본계획을 수립하여야 한다. 또한 공기업, 정부출연기관 등 공공기관 건축물에 대하여 일정 비율 이상을

신재생에너지로 이용하도록 신재생에너지 설비를 의무적으로 설치하도록 규정하고 있다.

더불어 신재생에너지 도입 활성화를 위하여 신재생에너지 발전에 의하여 공급되는 전기의 전력거래가격이 고시한 기준가격보다 낮은 경우 그 전기를 공급한 신재생에너지 발전사업자에게 기준가격과 전력거래가격의 차액(발전차액)을 지원하도록 규정하고 있다. 그러나 이 조항은 부칙 제2조제1항에 의거하여 2011년 12월 31일부로 폐지되었다.

(2) 제4차 신재생에너지 기본계획

「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 의거하여 2014년 9월 산업통상자원부에서는 ‘제4차 신재생에너지 기본계획’을 수립·발표하였다. 해당 계획에서는 2035년까지 1차 에너지 기준 11% 보급목표 구현을 위한 세부 이행방안을 담고 있다. 폐기물 비중을 감소하는 한편 태양광과 풍력을 핵심 에너지 지원으로 육성·발전시키고, ‘정부주도’에서 ‘민관파트너십’으로 전환하기 위한 신재생에너지 시장의 생태계 조성에 집중할 계획이다. 이를 위해 시장 친화적 관련 법제도 개선, 수익형 사업모델 제시, 규제완화, 신재생보급에 적합한 사업모델 개발을 통한 자발적 민간투자를 유도하고, 국내시장을 넘어 적극적인 해외시장 진출을 통해 신재생에너지의 국내보급과의 상호 선순환 창출을 모색한다는 내용을 포함하고 있다.

〈그림 5-1〉 국내 신재생에너지 보급 목표



제4차 신재생에너지 기본계획에서는 총 6가지의 중점추진과제를 제시하고 있으며 각 추진과제별 세부내용은 다음과 같다.

가. 수요자 맞춤형 보급·확산정책 추진

주민이 참여하여 성과를 공유하고, 신재생에너지 확산에 일조하는 ‘소비자 중심’의 새로운 신재생에너지 정책을 추진하는 것이다. 도서지역, 농업기반시설, 환경기초시설, 유희부지, 교육시설 등 수요자 요구가 높은 지역의 신규투자를 도모하기 위함이다. 특히 신재생 도입효과가 높은 지역에는 중점지원을 하는데 현재 울릉도에 풍력, 태양광, 매립열, ESS 등을 연계한 시범사업이 실시되고 있으며, 인천 백아도, 해남 삼마도에도 태양광, 풍력, ESS 등 시범사업을 진행하고 있다.³¹⁾

나. 시장친화적 제도운영

의무이행여건을 고려하여 RPS 의무공급량을 재조정하고, 의무이행을 위한 수단을 다양화하여 이행여건을 개선하기 위함이다. 신재생에너지의 투자확대를 위해 해상풍력, 조력, 지열 등 초기 투자비가 많이 소요되는 에너지원에 선택가능한 변동형 가중치를 도입하여 투자 경제성을 확보하고자 한다.³²⁾ 또한 공공기관의 신재생에너지 설비 설치의무화 의무비율을 2020년 기준 20%에서 30%로 상향 조정하여 신재생에너지 도입의 확대를 도모하고자 한다.

다. 신재생에너지 해외시장 진출확대

정부차원의 지원체계를 구축하고, 관련 국제기구 등과의 협력체계 구축을 통한 공동 해외진출 등 다양한 사업모델을 마련하는 것이다. 해외진출 관련기업에 대한 융자사업을 새로이 신설하고, 보증·보험 지원을 통한 자금조달을 활성화하여 현행 국내로 한정되어 있는 신·재생 금융지원사업의 지원범위를 확대하고자 한다. 또한, 각국 정부와의 양자 협력외교 및 국제기구와의 협력을 통해 국내 신재생산업의 해외진출 여건을 마련하고자 한다. 이를 위해 현재 24개국과 구성·

31) 산업통상자원부, 『제4차 신·재생에너지 기본계획』, 2014

32) 전라남도, 『제2차 전라남도 신재생에너지 산업육성 기본계획 수립 연구용역』, 2015. 12

개최 중인 자원협력위원회의 신재생에너지 협력체계의 운영을 보다 확대하여 신재생에너지 협력사업을 적극적으로 발굴하고 있다.

라. 새로운 신재생에너지 시장 창출

기존에 잘 활용되지 않던 발전소 온배수 등을 활용한 새로운 신재생에너지원을 발굴하여 활용방안을 모색한다. 또한 운송용 연료에 일정비율 이상의 신재생에너지연료를 혼합하여 공급하는 신재생에너지 연료 혼합제도(Renewable Fuel Standard)를 추진하고자 한다. 규정된 혼합비율 이상 혼합하는 경우 신재생에너지 공급인증서를 발급하여 RPS 이행실적으로 활용할 수 있는 방안을 모색하기 위함이다. 중장기적으로는 신재생에너지 통합의무화제도 도입을 검토함으로써 신재생에너지의 시장을 확대하고자 한다.

마. 신재생에너지 R&D 역량 강화

신재생에너지의 조기보급에 활용할 수 있는 발전단가저감, 사업화 실증, 정책 연계형 등 실용적 기술개발에 집중 투자를 하고자 한다. 특히, 기술개발 사업화 촉진을 위해 전주기 지원체계 구축, 사업화 단계 중 애로기술·사업성 제고 기술 개발 지원하는 등 기술개발 로드맵을 수립할 계획에 있다. 또한 국가자격증 발급을 통해 기술자격을 갖춘 전문인력 양성 및 고용창출을 연계하고자 한다.

바. 제도적 지원기반 확충

신재생에너지 도입 관련 규제·제도를 시장 친화적으로 개선하여 민간의 적극적인 투자를 유도하고자 한다. 특히 국내 기업의 세계적 기술경쟁력 제고를 위해 국제 표준, 국내외 인증기반을 강화할 계획을 수립할 계획이다. 이를 위해 태양광, 풍력, 연료전지 등 신재생 기업이 개발한 기술·제품의 시험·평가·신뢰성장비가 포함된 1단계 테스트베드를 구축하고, 이를 거점으로 전문 중소·중견기업의 창업과 기업성장을 지원하는 2단계 산·학·연 통합 클러스터를 구축하고자 한다.

3) 향만법

기존 향만법에서 향만시설의 구분 중에 신재생에너지 관련 시설은 포함되어 있지 않았다. 그러나 2012년 향만법이 개정되면서 제2조 5항에 의하면 신재생

에너지 관련 시설이 지원시설로 포함되었으며 신재생에너지 관련 시설을 항만 구역 내 도입할 수 있는 기본적인 제도적 기반은 마련이 되어있다고 할 수 있다.

〈표 5-1〉 항만법 제2조 5항에 의한 항만시설

구분	주요 내용
가. 기본시설	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로·정박지·선유장·선회장 등 수역시설 ▪ 방파제·방사제·파제제·방조제·도류제·갑문·호안 등 외곽시설 ▪ 도로·교량·철도·궤도·운하 등 임항교통시설 ▪ 안벽·물양장·잔교·부잔교·돌핀·선착장·램프 등 계류시설
나. 가능시설	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선박의 입항·출항을 위한 항로표지·신호·조명·항무통신에 관련된 시설 등 항행 보조시설 ▪ 고정식 또는 이동식 하역장비, 화물 이송시설, 배관시설 등 하역시설 ▪ 대합실, 여객승강용 시설, 소하물 취급소 등 여객이용시설 ▪ 선박을 위한 연료공급시설과 급수시설, 얼음 생산 및 공급 시설 등 선박 보급시설 ▪ 항만의 관제·정보통신·홍보·보안에 관련된 시설 ▪ 항만시설용 부지 ▪ 방음벽·방진망·수림대 등 공해방지시설
다. 지원시설	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 보관창고, 집배송장, 복합화물터미널, 정비고 등 배후유통시설 ▪ 선박기자재, 선용품 등을 보관·판매·전시 등을 하기 위한 시설 ▪ 화물의 조립·가공·포장·제조 등을 위한 시설 ▪ 공공서비스의 제공, 시설관리 등을 위한 항만 관련 업무용시설 ▪ 항만시설을 사용하는 자, 여객 등 항만을 이용하는 자 및 항만에서 일하는 자를 위한 휴게소·숙박시설·진료소·위락시설·연수장·주차장·차량통관장 등 후생복지시설과 편의제공시설 ▪ 항만관련 산업의 기술개발이나 벤처산업 지원 등을 위한 연구시설 ▪ 신·재생 에너지 관련 시설, 자원순환시설 및 기후변화 대응 방재시설 등 저탄소 항만의 건설을 위한 시설 ▪ 그 밖에 항만기능을 지원하기 위한 시설로서 해양수산부령으로 정하는 것
라. 항만친수시설	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 낚시터, 유람선, 낚시어선, 모터보트, 요트, 윈드서핑용 선박 등을 수용할 수 있는 해양레저용 시설 ▪ 해양박물관, 어촌민속관, 해양유적지, 공연장, 학습장, 갯벌체험장 등 해양 문화·교육시설 ▪ 해양전망대, 산책로, 해안 녹지, 조경시설 등 해양공원시설 ▪ 인공해변·인공습지 등 준설토를 재활용하여 조성한 인공시설
마. 항만배후단지	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 다목부터 라목까지의 시설과 일반업무시설·판매시설·주거시설 등 대통령령으로 정하는 시설이 모여있는 항만배후단지

자료 : 법제처(<http://www.moleg.go.kr/main.html>)

그러나 해상풍력단지가 항만구역과 아닌 해역에 동시에 걸치는 경우, 허가권자에 대한 명확한 제도적 기준이 없는 실정이다. 일본의 경우에는 중장정부와 지방정부간의 협력체제를 구축하여 사업을 추진하는 것이 일반적인 것이기 때문에 이러한 현상은 발생하지 않는다.

따라서 우리나라 역시 중장정부와 지방정부 간의 협력체제 구축을 통하여 사업을 추진하는 방안을 모색하거나, 사업구역이 겹치는 경우에는 항만법에 우선하여 적용할 수 있는 법·제도적 보완이 필요하다.

2. 신재생에너지 도입 관련 절차 간소화

상기 제시된 대안들과 더불어 정책적으로 인·허가 절차의 간소화 또한 이루어져야 할 것이다. 공유수면관리 및 매립에 관한 법률 시행규칙 제6조 공유수면 점용·사용허가의 면제 범위를 해상풍력단지 및 해수온도차 발전 등의 신재생에너지 시설까지 확대하여 인·허가 과정을 간소화할 필요가 있다. 이는 결국 사업체들의 초기 비용 감소 효과를 유발하여 시장진입을 보다 원활히 할 수 있게 할 것으로 기대된다.

또한, 해상풍력단지가 해양수산부 관할 구역인 항계를 벗어나는 경우 행정 인·허가 업무가 지방자치단체로 이관되며, 이는 비관리청 항만공사로 시행이 어려울 것으로 예상된다. 이에 해상풍력단지 계획 단계에서부터 항계선 변경을 함께 고려하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

3. 관계기관별 역할분담 명확화

항만구역 내 신재생에너지 확대를 위한 사업주체는 정부(지자체), 민간사업자 또는 제3섹터(민관공동개발방식)로 크게 구분할 수 있다. 각 추진방법별 역할 및 장단점을 비교한 결과는 <표 5-2>와 같다.

우선, 국가 또는 지방자치단체가 시설을 직접 개발하는 방식 일관성 있는 개발로 효율성 및 공공성이 확보되는 장점이 있으나, 수익사업에 공공 예산이 과도하게 집행되는 문제점이 있다. 신재생에너지를 공공으로 개발할 경우에는 「신에

너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」제 27조 1항 3호의 “지방보급사업(정부 50 : 지자체 50)”으로 추진하는 것이 효율적이라고 할 수 있다. 이 경우 사업에 대한 모든 권리가 지방자치단체로 이관되어 해양수산부의 역할이 상실되는 문제점이 있다.

둘째, 민간개발방식은 공공기관과 민간사업자간 계약을 통해 공공기관은 부지조성 및 진입도로 등 기반시설을 조성/임대하고, 민간사업자는 시설을 건설/운영하는 방식이다. 조성비와 공급시기를 수요자의 의도대로 정할 수 있는 장점은 있으나, 정부의 항만개발방향과 달리 개발될 가능성이 있다. 해상풍력발전 등 신재생에너지 발전사업은 수익시설로써 기반시설 등의 정부 지원에 대한 법적 근거가 불충분하므로 모든 사업비 지출은 전적으로 민간에서 부담하는 것을 원칙으로 하고 있다.

〈표 5-2〉 항만구역 내 신재생에너지 확대관련 사업추진 방식

구 분	정부 (지방자치단체)	민간개발방식	공동개발방식 (제3섹터)
시행주체	• 지방자치단체	• 발전회사, 발전기 제작사	• 공공기관, 민간 각각 분리시행
해양수산부	• 발전사업 직접 참여 • 시설물 관리 운영은 위탁시행	• 항만구역 내 공유수면 제공 및 인허가 지원	• 사업 직접 참여(적극적 참여)
추진법률	• 항만법」제 9조 1호에 의한 항만공사	• 「항만법」제 9조 2호에 의한 비관리청 항만공사 • 「사회기반시설에 대한 민간투자법」제 8조의2에 의한 민간투자사업	• 정부 : 「항만법」제 9조 1호에 의한 항만공사
장 점	• 일관성 있는 개발로 효율성 및 공공성 확보 • 항만내 신재생에너지 도입 및 에너지 자립효과 • 개발이익의 공공귀속	• 민간자본 투입으로 사업추진 원활 • 민간의 창의력 도입 가능 • 공공기관 공유수면 점사용료 수익 • 발전시설 운영의 전문성 기대	• 상호 시너지 창출효과 기대 • 정부투자자 위험도 분담효과 기대 • 정부 직접 참여로 공공성 확보 가능
단 점	• 발전시설 운영에 대한 전문성 부족 • 운영 및 유지보수 등 전문인력 필요	• 사업시행에 대한 공신력 부족 • 개발이익의 특정기업 독점가능성 • 항만내 개발계획과 별개의 건설우려, 공공성 부족	• 참여주체간 이견 발생시 사업추진 지연 • 공공기관의 위험도 부담 크며, 초기 투자비 회수에 장기간 소요

마지막으로, 사업을 민간과 공공기관(해양수산부, 항만공사)이 분리하여 각각 주도적으로 진행하는 방식으로 상호 시너지 창출효과 및 위험도 분담효과를 기대할 수 있다. 참여 주체 간 이견 발생 시 사업추진 지연 등의 문제가 발생할 수 있으며, 수익사업에 공공 예산이 과도하게 집행되는 문제점이 있을 수 있다.

특히 해상풍력발전의 경우 하부 기초구조물에 대한 것은 해양수산부에서, 상부 타워 및 풍력발전기에 대한 것은 민간에서 각각 분담하여 시행하는 것이 타당할 것으로 판단되며, 조성이 완료된 이후에는 정부시설을 민간에 임대하여 임대료를 지불하는 방식으로 운영할 수 있다.

이러한 사업추진 방안 중 본 연구에서는 민간투자개발방식을 제안하고자 한다. 즉 민간의 창의력 도입 및 발전시설 운영의 전문성을 기대할 수 있다. 그러나 신재생에너지 발전사업의 경우 초기 투자금이 크기 때문에 항만구역 내 신재생에너지 발전사업의 정착 및 확대 발전을 위해서는 제2절에서 언급한 것처럼 정부차원의 지원제도가 마련되어야 할 것이다.

제2절 신재생에너지 사업의 경제적 수익성 제고

AHP 분석 결과 경제적 측면이 기술적, 사회적 측면보다 더욱 중요하며, 9개 하위항목 간 중요도 비교에서도 수익성 및 투자비용이 높은 순위를 차지하였다. 즉, 항만구역 내 신재생에너지 도입확대를 위해서는 에너지 사업의 경제성을 제고하는 방안 마련이 선행되어야 한다. 이에 본 연구에서는 다음 두 가지 방안을 제시하고자 한다.

1. 공급의무화제도(RPS)와 발전차액지원제도(FIT)의 병행 운용

현 신재생에너지 보조 정책인 공급의무화제도(RPS)는 우리나라 신재생에너지 산업 현황을 고려할 때 적절하지 않은 것으로 판단된다. RPS 제도는 에너지 발전량에 대한 정책으로써 발전량을 사전에 결정하고 결정된 발전량에 대해 시장

에서 가격을 결정하는 시스템이다. 또한 REC(Renewable Energy Certificate) 시장을 구성하여 발전 사업자들 간의 REC 거래를 허용하고 있다. 정부차원에서 보면, RPS 제도는 신재생에너지 공급량을 의무적으로 할당함으로써 정책 목적 달성에 효과적이며 시장에서 가격이 결정됨에 따라 정부재정의 부담이 완화될 수 있다는 장점이 있다.

그러나 아직 신재생에너지 발전 초기 단계인 우리나라의 경우, 시장논리에 따른 에너지 가격 결정은 수익률 미 보장으로 사업 리스크를 증가시켜 신형 기업 및 다양한 에너지원의 개발을 어렵게 하는 원인이 되며, 기술개발에 대한 투자를 저해하는 요소로 작용한다. 또한 완전경쟁시장에서의 과도한 사업자 간 경쟁은 대기업 및 외국 선진 기업 위주의 산업을 조성할 가능성을 높게 만든다. 즉 신재생에너지 신생기업의 육성 및 일부 편중된 신재생에너지 기술 개발을 유도하기 위해서는 장기적인 가격보장을 통해 사업의 리스크를 낮추고 안정적인 투자환경을 조성하는 FIT제도와 같은 가격지원제도가 RPS와 병행되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 RPS 공급량에 의해 결정된 에너지 시장거래 가격과 FiT에 의한 에너지 고시가격의 차액을 20년(장기) 동안 정부가 보조해 주는 방안을 제안하고자 한다. 이때 시간경과에 따른 정부의 인센티브 강도 조절 등의 방안을 활용한다면 시장 자원배분의 비효율성을 최소화하면서 가격 리스크 및 사업의 불확실성을 제거할 수 있을 것이다. 실제로 신재생에너지 선진국인 일본과 이탈리아 등에서는 RPS와 FIT제도를 병행 운영하여 신재생에너지 산업을 육성하고 있다. 또한 임형우·조하현(2017)은 1990년부터 2014년까지의 104개국 연간 자료를 활용하여 FiT 및 RPS 정책의 효과를 확률효과 토빗모형(Tobit Model)으로 분석하였다. 분석결과 특히 풍력에너지 발전의 경우 RPS와 FIT 정책을 동시에 시행했을 때 정책의 효과가 개별 정책 효과보다 큼을 밝혔다.

2. 신재생에너지 사업비 보조금 지원 및 세제 우대 방안 마련

해상풍력 및 해수열에너지의 경우 타 에너지원에 비해 초기투자비용이 높다. 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제28조 1항 “산업통상자원부장

관은 자체 개발한 기술이나 제 10조에 따른 사업비를 받아 개발한 기술의 사업화를 촉진시킬 필요가 있다고 인정하면 다음 각 호의 지원을 할 수 있다.”에 근거하여 시험제품 제작 및 설비투자에 드는 자금을 융자해주는 제도가 마련되어 있다.

그러나 신재생에너지 사업 실현의 실효성 제고를 위해서는 저리융자정책 뿐 아니라 민간 사업자 및 지방공공단체에 대한 초기 투자 보조금이 병행되어야 한다. 또한, 금융기관으로부터의 차입에 대한 채무보증을 국가가 담당함으로써 사업체가 자금을 원활히 융통할 수 있도록 하는 방안 마련이 필요하다. 이와 더불어 신재생에너지 신생기업, 중소기업 육성을 위해 세액 공제 등의 세제 우대 방안 마련도 필요할 것으로 판단된다.

일본의 경우, 신재생에너지 산업 촉진방안으로 재생에너지 사업자 사업비 보조금, 세제 우대 조치, 재생에너지 설비 자금 대출 등을 시행하고 있다. 우선, 보조금 정책은 자가소비용 재생에너지 발전 설비 또는 지열 이용 설비를 도입하는 민간 사업자를 대상으로 하며, 민간 사업자에 의한 재생에너지 이용설비 도입의 경우 보조대상 경비의 1/3, 민간 사업자가 지방 공공 단체와의 제휴·지정 등을 받아들이는 재생에너지 이용설비를 도입하고자 할 경우에는 대상 경비의 2/3 이내를 보조금으로 지급할 수 있다.

세제 정책으로는 녹색 투자 감세 및 재생에너지 발전 설비와 관련되는 과세 표준의 특례 조치(고정 자산세) 등 이 있다. 녹색 투자 감세 정책은 청색 신고서를 제출하는 개인 또는 법인을 대상으로 하며, 대상자들은 중소 기업자 등에 대한 기준 취득 가격의 7% 상당의 세액 공제 또는 보통 상각과 기준 취득 가격의 30% 상당액을 한도로 상각할 수 있는 특별 상각 중 하나의 세제 우대 조치를 받을 수 있다. 재생에너지 발전 설비와 관련되는 과세 표준의 특례 조치(고정 자산세)의 경우, 재생에너지 발전 설비를 취득한 사업자를 대상으로 한다. 해당 정책에 따르면 고정자산세가 부과되게 된 연도부터 3년분의 고정 자산세에 대한 과세 표준을 자가 소비형 태양광 발전 설비 및 풍력 발전 설비의 경우, 과세 표준이 되어야 하는 가격의 2/3, 나카 소수력 발전 설비, 지열 발전 설비, 바이오매스 발전 설비의 경우, 과세 표준 가격의 1/2 수준으로 경감 받을 수 있다. 마지막으로, 일본에서는 중소기업이나 개인 사업주를 대상으로 비화석에너지

설비 및 개조·갱신에 필요한 설비자금을 20년 이내, 저리로 대출해주는 정책을 시행하고 있다. 중소기업 사업의 대출한도는 7억 2천만엔이며, 태양광 발전 설비의 경우 기준금리가 적용되며, 지중열 이용 설비의 경우 이자율 0.9%, 태양열, 풍력, 온도차 등 기타 에너지 발전설비의 경우 0.4%를 적용받는다. 국민 생활 사업의 경우에도 대출한도는 7억 2백만 엔으로 중소기업 사업과 유사하며 이자율은 각 기준금리, 0.85~1.45%, 0.35~0.95%가 적용된다.

〈표 5-3〉 일본 신재생에너지 산업 촉진 정책

구분	사업비 보조금	녹색투자감세	고정자산세 경감	환경·에너지 대책 대출
대상자	• 자가 소비용 재생에너지발전 설비 또는 지열 이용 설비를 도입하는 민간사업자	• 청색 신고서를 제출한 개인 또는 법인	• 재생에너지 발전설비를 취득한 사업자	• 중소기업/개인사업주
대상 설비	• 재생에너지 지열이용설비: 태양열, 지중열, 온도차 에너지, 바이오매스열, 설빙열, 바이오매스 연료 제조 • 재생에너지 발전설비: 태양열, 풍력, 바이오매스, 소수력, 지열발전 촉진지 등 재생에너지 발전 설비와 겹쳐서 설치하며, FIT 대상이 아닐 경우	• 10kW 이상의 자가 소비형 태양광 발전 설비 (FIT적용대상제외), 1만kW 이상 풍력 발전 설비, 3만kW 미만 나카 소수력 발전 설비, 2만 kW 미만 목질 바이오매스발전설비, 1,000kW 이상 지열 발전 설비 등 • 단, 태양광 및 목질 바이오매스설비는 요건에 대한 증명제 도입	• 자가소비형태양광(FIT적용대상제외), 풍력, 나카소수력, 바이오매스, 지열발전 설비 등 • 태양광 발전설비에 대해서는 재생에너지 사업비 보조금 취득한 것에 한함 • 태양광 발전설비 외 대상 설비에 대해서는 FIT에 의해 인정 받는 것에 한함	• 태양광발전설비: 기준금리 적용, [1.3%, 1.25~1.85%] ¹⁾ • 지열 이용설비: [0.9%, 0.85~1.45%] • 태양열(지열), 풍력, 온도차(열이용), 바이오매스 에너지, 빙설(지열이용), 지열, 수력: [0.4%, 0.35~0.95%]
주요 정책 내용	• 민간사업자에 의한 재생에너지 이용설비 도입: 보조 대상 경비의 1/3 이내 • 민간 사업자가 지방 공공 단체와의 제휴 지정 등을 받아들이는 재생가능 에너지 이용 설비 도입: 보조 대상 경비의 2/3 이내	• 이하 하나의 세제우대를 받을 수 있음 1) 중소기업자 등에 대한 기준 취득 가격의 7% 상당 세액 공제 2) 보통 상각과 기준 취득가격의 30% 상당액을 한도로 상각할 수 있는 특별상각	• 조정과세가 부가된년도부터 3년분의 고정 자산세에 대한 과세표준을 이하의 가격에 경감 1) 자가 소비형 태양광, 풍력 발전 설비: 과세 표준 가격의 2/3 2) 나카 소수력, 지열, 바이오매스 발전 설비: 과세 표준 가격의 1/2 • 경감률에 대해서는 각 지자체가 $\pm 1/6$ 내 독자적으로 설정가능	• 대출기간: 20년 이내 • 대출한도 1) 중소기업사업: 7억 2천만 엔 2) 국민생활사업: 7억 2백만 엔

자료 : <https://meti.jp> 참조하여 KMI 재정리

주 1) [중소기업사업이자율, 국민생활사업이자율], 2010.8. 기준 금리

제3절 신재생에너지 기술적 효율성 제고

제4차 신재생에너지 기본계획(2014~2035년)에서는 R&D 역량 강화를 위해 “기술의 성숙도”를 기준으로 단기 및 중장기 계획을 구분하여 신재생에너지 기술 개발을 지원하고, 전문인력 양성과 신재생 고용창출을 연계하는 방안을 제안하고 있다. 우선, 기술개발 단기추진과제로는 가장 우선적으로 보급이 가능한 제도로서 발전단가저감, 사업화지원, 해외진출·실증, 보급정책 연계형 R&D 등을 추진할 것이며, 중장기 추진과제로 세계적 기술경쟁력 확보를 위한 미래선도 기술 및 융·복합형 기술개발을 추진할 계획이다. 또한 인력양성을 위하여 국가 자격증, R&D 연계 고급인력 양상 및 표준·인증 전문 인력 등의 정책을 수립하였다. 즉, <표 5-4>에서도 확인할 수 있듯이 4차 신재생에너지 기본계획에서는 신재생에너지 설비의 효율성 증진을 위한 R&D 투자를 이미 포함하고 있다.

그러나 항만에서 적용 가능한 해상풍력 및 해수열 온도차 에너지원의 경우, 현재 기술수준이 상용화되기에 충분하지 않기 때문에 태양광 대비 기술적 효율성 제고가 시급함에도 불구하고 단기적으로 장비의 효율성 제고를 위한 기술 개발을 하기 힘든 상황이다. 최근 5년간(2013~2017년) 수열 부문 정부 지원금은 태양광 부문 지원금의 2% 수준인 55억 원이며, 향후 5개년(2018~2022년) R&D 투자 예산에서도 수열에 대한 투자금은 태양광의 1% 수준이다. 또한 장비 효율성 저하의 원인으로 지적되고 있는 에너지원의 불안정한 공급 문제를 해결하기 위해 필요한 신재생에너지와 전력저장 장치 간 연결 등 융·복합 기술도 중장기적으로 추진해야 하는 과제로 분류되어 있다. 실제로 2013~2017년 간 신재생 융합 부문 투자금액이 전체 신재생에너지 분야 R&D 투자금에서 차지하는 비중은 3.6%에 불과하다.

본 연구에서는 항만부문에 도입하고자 하는 신재생에너지의 기술적 효율성 제고를 위해 R&D 단기 및 중장기 계획 수립 시, “기술의 성숙도” 대신 “기술개발의 시급성”을 가중치로 활용하여 에너지원별 예산을 배분하는 방안을 제안하고자 한다. 즉, 에너지원의 발전 단계가 미흡한 경우라도 장기적 측면에서 안정적인 에너지 공급을 위해 시급하다고 판단되는 기술에 대해서는 예산을 우선적으로 배정하는 것이 필요하다.

〈표 5-4〉 제4차 신재생에너지 기본계획상 R&D 역량 강화 정책

R&D 역량강화 정책		추진과제	추진방향
기술개발	단기	발전단가저감	• 투자비용최소화를 통해 원활히 시장진입 할 수 있도록 신재생에너지원별 연도별 단가목표를 제시하고 이와 연계한 기술개발 로드맵 수립
		사업화지원	• 기술개발 사업화 촉진을 위해 전주기 지원체계 구축, 사업화 단계 중 애로기술, 사업성 제고 기술개발 지원 * 공정기술, 패키징화, 자동화, 대량생산장비기술, 신뢰성검증 등이 이에 해당 * 우수 R&D 성과에 대해서는 보급사업, 금융지원 등과 연계하여 패키지로 지원함으로써 사업화를 촉진
		해외진출·실증	• 기술개발-상용화 전 단계에서 해외진출 지원 유망 진출국 현지 사정에 특화된 수출주도형 R&D과제 확대 * BIPV(건물일체형 태양광), 대형 풍력, IGCC 등의 수출산업화를 위해 신뢰성 확보 등을 포함한 실증 R&D 확대
		보급정책 연계형 R&D	• 정책에 부합하는 R&D과제를 추진하고 개발제품을 보급과 연계하는 'R&D↔보급' 선순환체계 구축 * 보조금사업, 의무화 등 보급정책의 원활한 추진을 위해 필요한 R&D 과제를 발굴하고 시장에서 즉시 활용 가능한 제품개발 지원
	중장기	미래기술	• 10년이내 산업화를 목표로 신재생 분야 핵심 유망기술을 확보하기 위한 장기 투자 확대 * 태양광, 연료전지, 바이오 등 핵심기술분야와 부유식 초대형 해상풍력기술 등에 집중 투자
		융복합	• 기존 원별로 구분하여 지원하던 방식에서 벗어나, 원간, 시스템간 융복합형 R&D 추진 * 신재생에너지 발전시스템과 에너지저장 시스템을 결합한 신재생 하이브리드 시스템에 대한 기술개발 및 실증 추진
인력양성		국가자격증	• 기술자격을 갖춘 전문인력을 양성하고, 취업연계 · 2013년, 태양광 발전기사 국가기술자격증 발급
		R&D 연계 고급인력양성	• 신재생 중소, 중견기업의 기술 경쟁력을 확보하고 애로기술 해결을 위한 R&D 연계 고급 인력양성 신규추진
		표준·인증 전문인력	• 표준 인력이 부족한 중소, 중견 기업을 지원하기 위해 '신재생에너지 표준·인증 아카데미' 운영

자료 : 산업통상자원부, 제4차 신·재생에너지 기본계획, 2014. 참조하여 KMI 재정리

제6장

결론 ≪

현 정부의 “탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지 전환” 정책의 추진으로 인하여 항만에 있어서도 새로운 에너지원의 개발이 절실히 필요한 실정이다. 특히, IMO 등 국제기구들을 중심으로 이산화탄소의 감축계획, 온실가스의 저감을 위한 다양한 규제정책을 적극적으로 추진하고 있다. 우리나라의 에너지 소비량은 2013년 기준으로 세계 8위를 차지하고 있으며, 에너지 수입액은 2014년 기준으로 1,741억 달러로 국가전체 수입액의 33.1%를 차지하고 있는 실정이다.

특히 우리나라 공급에너지의 95.2%를 해외 수입에 의존하고 있다. 또한, 총 에너지수입액의 74.6%를 차지하는 석유의 경우, 중동 수입비중이 83.9%를 차지하고 있어 에너지안보에 매우 취약한 수급 구조를 갖고 있다. 또한, 항만을 포함한 수송부문의 소비증가율은 6.1%를 기록하여 다른 선진국에 비하여 높은 수준을 보이고 있다.

사실 항만시설과 관련한 전체 에너지 소비량에 대한 통계는 없는 실정이다. 사실 이러한 통계시스템의 미구축은 향후 개선해야 할 사안이라고 할 수 있다. 이러한 한계점은 다음 과제로 넘기고 본 연구에서는 기존의 에너지원 의존체계에서 탈피하여 환경 친화적이면서도 우리가 주변에서 쉽게 접할 수 있는 환경자원을 이용하여 새로운 에너지원으로 생산·소비할 수 방안을 제시하였다.

최근 들어 전 세계적으로 신재생에너지에 대한 깊은 연구와 집중적인 투자를 하고 있는 실정이다. 물론 우리나라도 예외는 아니다. 그러나 국내 관련 산업의 기술은 아직 초기 단계이며 상용화를 위해서는 상당한 법제도의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 국내외 항만들을 중심으로 신재생에너지의 도입현황을 분석하였으며, 우리나라 신재생에너지 관련 산업의 현황에 대해서 조사·분석을

시행하였다. 우리 정부는 신재생에너지를 11개 분야로 구분하고 그와 관련한 기술개발 및 관련제도의 개선을 지속적으로 추진하고 있다.

본 연구에서 신재생에너지산업과 항만 또는 인접지역 간의 역학관계를 분석한 결과, 대부분의 국가에서 태양광·해상풍력·지열·해양에너지를 이용하는 것으로 나타났다. 이에 이들 4개 분야의 신재생에너지에 대한 항만구역 내 확대 도입가능성을 정성적으로 분석했다. 그 결과 항만구역 내 도입이 가능한 신재생에너지로는 현재의 기술수준 및 시장동향을 고려했을 때 태양광·해상풍력·해양에너지 등 3개 분야가 가장 현실적이라고 결론을 내렸다.

항만구역 내 신재생에너지를 확대 도입하기 위해서는 다양한 문제점이 존재하는 것이 사실이다. 이에 본 연구진은 다양한 전문가들과의 면담조사를 토대로 신재생에너지의 항만구역 내 확대 도입을 위한 주요 요소를 추출하기 위하여 AHP 분석을 실시하였다. AHP 분석 결과를 토대로 신재생에너지의 확대 도입을 제시하였다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 항만부문에서 신재생에너지 확대 도입에 있어서 가장 중요하게 생각하는 요소는 경제적 측면으로 나타났으며, 그 다음이 기술적 측면으로 분석되었다.

경제적 측면에서 보면, 수익성, 투자비용, 성장성 순으로 조사되었다. 수익성이 투자비용보다 중요하게 고려된다는 분석 결과는 수익성이 보장되는 경우 높은 초기시설투자비용은 사업의 진입장벽으로 작용하지 않을 수 있음을 시사한다. 기술적 측면의 중분류에 대한 중요도 분석결과를 살펴보면 대부분이 효율성을 가장 중요하다고 판단한다는 것을 알 수 있다. 사회적 측면의 경우에는 정부 지원이 0.452로 가장 중요하다고 고려되고 있음을 알 수 있다.

이러한 전문가 면담결과와 AHP 분석을 통하여 항만구역 내 신재생에너지 도입 확대를 위해서는 우선, 신재생에너지 사업의 경제성 제고를 위한 정책이 필요한 것으로 나타났다. 이를 위해서는 가격보장을 통해 사업의 리스크를 낮추고 안정적인 투자환경을 조성하는 FiT제도와 같은 가격지원제도가 필요한 것으로 판단된다. 또한, 재생에너지 사업 실현의 실효성 제고를 위해서는 저리용자정책과 더불어 민간 사업자 및 지방공공단체에 대한 초기 투자금에 대한 중앙정부의 직접적인 보조금제도의 도입이 필요하다.

둘째로는 신재생에너지에 대한 지속적인 기술개발이 필요하다. 즉, 지속적인

R&D 사업을 통해 설비의 효율성을 향상시켜야 하며, 신재생에너지와 전력저장 장치 간 연결 기술 개발 등을 통해 안정적인 에너지 공급이 가능하도록 제도 개선이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

마지막으로 신재생에너지관련 관련제도의 절차간소화가 필요하다. 즉 「공유수면관리 및 매립에 관한 법률」시행규칙 제6조 공유수면 점용·사용허가의 면제 범위를 해상풍력단지 및 해수온도차 발전 등의 신재생에너지 시설까지 확대하여 인·허가 과정을 간소화할 필요가 있다. 또한, 해상풍력단지 기본계획 수립단계에서부터 항만구역의 항계선 변경을 함께 고려하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참고문헌 《

〈국내 문헌〉

- 고현정, 『서남해안 2.5GW 해상풍력단지 조성을 위한 설치 일정계획』, 한국항만경제학회지(제33지 제2호), 2017.6, pp.83-96.
- 고현정, 『해상풍력 전용항만 입지선정 평가항목에 관한 연구』, 한국항만경제학회지(제28지 제3호), 2012.9, pp.27-44.
- 국정기획자문위원회, 『문재인정부 국정운영 5개년 계획(에너지부문)』, 2017.7
- 국토해양부, 『항만 해상풍력단지 도입을 위한 풍력자원조사 용역』, 2011. 12.
- 김동욱 외3(2012), 『대규모 해상풍력발전단지운용을 위한 SCADA 시스템설계』, 정보처리학회지, 제1권 제3호
- 변수영, 정민희, 박진철, 이언구, 『신재생에너지 복합 적용 시 중요도 평가에 관한 연구』, 대한건축학회논문집(계획계), 제26권 제6호, 2010, pp.333-340.
- 부산항만공사, 『신재생에너지(해수열)를 이용한 집단에너지사업 타당성 연구 보고서』, 2017.8.31.
- 산업통상자원부, 『제4차 신·재생에너지 기본계획』, 2014
- 산업통상자원부, 『신재생에너지 중장기 기본계획』, 2016
- 이지영, 강인주, 『GSIS 기술을 활용한 태양광시설 입지선정에 관한 연구』, 한국지형공간정보학회지, 제18권 제2호, 2010, pp.99-105.
- 인천항만공사(IPA), 『인천항 햇빛발전소 건설사업' 민간사업자 공모』, 2015. 9.
- 임형우, 조하현, 『RPS 및 FIT 제도가 신재생에너지 보급에 미치는 효과 분석: 104개국 패널토빗분석』, 에너지경제연구, 제16권 제2호, 2017, pp.1-31.
- 장기운, 『신재생에너지 사업성 평가를 위한 지표선정에 관한 연구』, POSRI 경영경제연구, 제10권 제1호, 2010.6, pp.116-140.

- 전라남도, 『제2차 전라남도 신재생에너지 산업육성 기본계획 수립 연구용역』, 2015. 12
- 조성우 외, 『군산항의 해상풍력 지원항만으로서의 역할 및 전략에 관한 연구』, 2013
- 조은진, 『우리나라 항만의 신재생에너지 도입과 발전방안에 관한 연구 : 해상풍력과 태양광 에너지를 중심으로』, 성균관대학교 대학원, 2015. 2, p 47
- 최윤찬, 양진우, 『부산지역 해상풍력 도입여건과 정책방향』, 부산발전연구원, 2015.12
- 태양광 산업정보, 『신재생에너지 정책의 방향성 2』, 2016. 12
- 한국무역협회, 『에너지통계월보』, 2016. 6,
- 한국에너지관리공단, 『2016년 신재생에너지 백서』, 2017
- 홍정만, 『AHP 기법을 적용한 민간 기업의 신재생에너지 평가항목에 대한 연구』, 에너지경제연구원, 제10권 제1호, 2011.3, pp.115-142.
- 황병선, 『국내 해상풍력 추진 현황』, 2011, p. 8

〈해외 문헌〉

- City council of Rotterdam, 『Port Vision 2030 Port Compass』, 2011.12.15. p 15
- Energy Balances of OECD/Non-OECD Countries 2015년(IEA), 『Statistical Review of World Energy』, 2015년(BP)
- Heo,E., Kim,J. and Boo, K-J., 2010. 『Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP』, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(8), pp.2214-2220.
- Lee, AHI, Chen, HH and Kang, H-Y., 2000. 『Multi-criteria decision making on strategic selection of wind farms』, Renewable Energy, 34(1), pp.120-126.

- Pohekar, S.D. and Ramachandran, M., 2004. 『Application of multicriteria decision making to sustainable energy planning-A review』, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8(4), pp.365-381.
- Saaty, T.L., 1980, 『The analytic hierarchy process』, New York : McGraw-Hill.
- Wang, S and Shreshtha, 『Multicriteria approach for selection of alternative option for environmentally sustainable transport system in Delhi』, Transportation Research part A 37(8), 2003, pp 717~729
- Wang, X. and Feng, Z., 2002. 『Sustainable development of rural energy and its appraisal system in China』, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 6(4), pp.395-404.

친환경에너지 정책 추진강화에 따른 항만의 신재생에너지 확대방안

• 인 쇄	2017년 10월 23일 인쇄
• 발 행	2017년 10월 25일 발행
• 발 행 인	양 창 호
• 발 행 처	한국해양수산개발원 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)
• 연 락 처	051-797-4800 (FAX 051-797-4810)
• 등 록	1984년 8월 6일 제313-1984-1호
• 조판·인쇄	영진피앤피

판매 및 보급 : 정부간행물판매센터 Tel : 394 - 0337

정가 6,000원