

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "에너지 자립형 녹색항만 구축 기획연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2011 . 6 . 30

주관연구기관명 : 한국해양수산개발원

주관연구책임자 : 김우선 책임연구원

연구원 : 최상희 부연구위원
이주호 책임연구원
김근섭 책임연구원
원승환 책임연구원

협동연구기관명 : 한국해양연구원

협동연구책임자 : 한상훈 선임연구원

연구원 : 염기대 책임연구원
박우선 책임연구원
박진순 선임연구원
오명학 선임연구원
김건우 선임연구원
신승호 선임연구원

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2011.1.1 - 2011.6.30	단 계 구 분	해당없음
연구사업명	중사업명	해양연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	첨단항만건설기술			
	세부과제명	에너지 자립형 녹색항만 구축 기획연구			
연구책임자	김우선	해당단계 참여 연구원수	총 : 12 명 내부 : 12 명 외부 : 명	해당 단계 연구 비	정부 : 6천만원 기업 : 천원 계 : 6천만원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 12 명 내부 : 12 명 외부 : 명	총연 구비	정부 : 6천만원 기업 : 천원 계 : 6천만원
연구기관명및 소속부서명	한국해양수산개발원 항만·물류연구본부		참여기업명	해당없음	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
협동연구	연구기관명 : 한국해양연구원		연구책임자 : 한상훈		
<p>□ 에너지 자립형 녹색항만 기술개발의 타당성 분석 및 종합 연구계획 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 Technology-Tree, Macro 기술개발 로드맵, 기술분야별 Micro 기술개발 로드맵 <p>□ 기존 항만의 문제점 도출 및 대응방안 등 전략 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 항만의 에너지 사용량 검토 - 기존 항만의 에너지 소비량 비교 및 표준화 모델 제시 - 기존 항만의 문제점 대응방안 전략 수립 <p>□ 에너지 자립형 녹색항만 구축을 위한 방안(해양에너지, 에너지절감대안) 제시</p> <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 자립형 녹색항만의 에너지 기술 대안 검토 - 에너지 자립형 녹색항만의 에너지절감 기술 대안 검토 - 에너지 자립형 녹색항만의 시스템 엔지니어링 기획 - 에너지 자립형 녹색항만의 에너지 기술 대안 제시 - 에너지 자립형 녹색항만의 에너지절감 기술 대안 제시 <p>□ 본 사업 과제 제안: 세부과제 구성, 연구개발 추진체계, 본 사업 추진을 위한 RFP 작성</p> <p>□ 본 사업 타당성 분석: 정부 지원 타당성, 경제성 분석, 기술적-시의적-활용성 분석, 사업화 가능성-정책제안</p>				보 고 서 면 수	344
색인어 (각 5개 이상)	한글	신재생에너지, 에너지절감, 친환경하역시스템, 그린터미널기술, 녹색항만			
	영어	New Renewable Energy, Energy Saving, Eco-friendly Handling System, Green Terminal Technology, Green Port			

요 약 문

I. 제 목

에너지 자립형 녹색항만 구축 기획연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 국제유가가 지속적으로 상승하여 국내유가(경유) 1,600원에 달하여 항만업계 부담 가중
- 에너지비용 증가로 국내 항만업체 영업이익률 급감
- 항만 안벽 및 야드 영역의 환경오염 환경오염 심각
- 신재생에너지를 기반으로 한 항만 구축 필요
- 항만 운영에 대한 친환경 에너지 적용 연구 필요
- 본 사업 과제 제안: 세부과제 구성, 연구개발 추진체계, 본 사업 추진을 위한 RFP 작성
- 본 사업 타당성 분석: 정부 지원 타당성, 경제성 분석, 기술적-시의적-활용성 분석, 사업화 가능성-정책제안

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 에너지 자립형 녹색항만 기술개발의 타당성 분석 및 종합연구계획 수립
 - 기술개발 Technology-Tree, Macro 기술개발 로드맵, 기술분야별 Micro 기술개발 로드맵
- 기존 항만의 문제점 도출 및 대응방안 등 전략 수립
 - 기존 항만의 에너지 사용량 검토
 - 기존 항만의 에너지 소비량 비교 및 표준화 모델 제시
 - 기존 항만의 문제점 대응방안 전략 수립
- 에너지 자립형 녹색항만 구축을 위한 방안(해양에너지, 친환경항만시스템) 제시
 - 에너지 자립형 녹색항만의 에너지 기술 대안 검토
 - 에너지 자립형 녹색항만의 친환경 항만시스템 기술 대안 검토

- 에너지 자립형 녹색항만의 시스템 엔지니어링 기획
- 에너지 자립형 녹색항만의 에너지 기술 대안 제시
- 에너지 자립형 녹색항만의 에너지절감 기술 대안 제시

IV. 연구개발결과

- 「기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발」 과제
 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 안전성 평가 기술 개발
 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 설계 기술 개발
 - 풍력타워-방파제 접합 및 보강 형식 개발
 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 배치 기술 개발
 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 시공 기술 개발 및 현장 검증
- 「항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발」 과제
 - 지지 구조물 하중평가 기술 개발
 - 모노타워형 콘크리트지지 구조물 개발
 - 중력식 콘크리트지지 구조물 개발
 - 콘크리트 지지구조 해저기초 지반 기술 개발
 - 콘크리트 해상풍력 지지 구조물 실증단지 구축
- 「항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발」 과제
 - 갑문식 항만을 이용한 조력발전 시스템 개발
 - 갑조식 항만을 이용한 조력발전 시스템 개발
- 「에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발」 과제
 - 에너지 절감형 터미널 설계기술 개발
 - 에너지 절감형 터미널 성능평가기술 개발
 - 에너지 절감형 항만 환경평가기술 개발
- 「항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발」 과제

- 선박 육상전원공급기술 개발
- 전기식 터미널 이송차량 기술 개발
- 엔진 가변속 RTGC 제어 기술 개발

V. 연구개발결과의 활용계획

- 항만의 지속가능한 운영을 위해서는 친환경적인 청정에너지, 특히 향후에도 고갈 가능성이 낮은 신재생에너지를 적극 활용하여야 하고 자체적인 에너지 생산
- 친환경적으로 사용할 수 있는 에너지를 개발하여 항만에 적용하여, 항만의 환경오염을 해결하고, 화석연료의 소비를 최소화할 수 있는 친환경 에너지 활용 체계를 구축
- 기후변화에 대응한 항만의 활동역량을 강화하고 저탄소 에너지 자립화를 위한 종합적인 적응계획을 수립하여 온실가스 배출을 감축
- 항만시설과 연계한 ‘기존 항만구조물 활용 풍력발전시스템 개발’, ‘항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발’, ‘항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술개발’, ‘항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술개발’을 추진하여, 청정에너지원 개발, 기술자립화, 생태 친화적 항만공간 구축, 지속가능한 녹색성장에 기여
- 항만의 지속가능한 운영을 위해서는 항만 설계 및 운영단계에서 환경 친화적이며 에너지 절감이 가능한 항만을 구축하고 에너지 절감형 항만장비를 설치 운영
- 에너지 절감형 항만을 구축하기 위한 신개념 터미널 설계 및 핵심기술 개발을 통해 항만의 유류비용 및 전기비용의 최소화, 항만 운영비용 감소, 친환경 항만 건설
 - 항만 에너지 소비량을 기존 대비 20%, 항만 온실가스 배출량 20% 감축
- 또한 에너지 절감형 항만 운영장비 개발을 통해 유류를 사용하는 선박에너지원의 육상 전기에너지화 가능, 이송 차량의 전기에너지화를 통한 에너지 비용 절감, CO₂의 획기적인 절감 및 이송차량의 소음 감소 등 친환경 항만 운영환경 구축
 - 선박의 부두 접안시 선박유류비의 50%, 엔진구동방식 이송차량 대비 운영비 50%, RTGC 연료비 35% 절감

- 항만 설계 및 운영과 연계한 ‘에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발’, ‘항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발’을 추진하여, 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가, 에너지 절감형 항만 장비 개발, 생태 친화적 항만공간 구축, 지속가능한 녹색성장에 기여

S u m m a r y

I . Title

A planning study on constructing the green port capable of self-supplying energy

II. The objectives and necessity of R&D

- The pressure due to continuous increase of oil price has burdened the port business area.
- The ratio of operating profit of domestic port business has been dramatically decreased due to the increase of energy expense.
- The environmental pollution of port piers and yards has got serious.
- The establishment of port based on new renewable energy is needed.
- Green energy research regarding operation of ports is needed.
- Suggestions: to compose the detailed assignments, to formulate a system of R&D, and to draw RFP for the implementation of project
- Feasibility analysis: validity of government aid, economic feasibility analysis, technological-timely-function analysis, and the possibility of commercialization-policy proposals

III. The contents and scope of R&D

- To analyze the feasibility of technical development of the green port capable of self-supplying energy and to devise an overall R&D plan
 - Technology road map
- To draw problems of existing ports and establish counterplan strategies
 - To review the energy use of existing ports
 - To compare the energy consumption of existing ports and suggest a standard model

- To establish counterplan strategies for problems of existing ports
- To suggest a plan (marine energy and environment-friendly port system) for the establishment of the green port capable of self-supplying energy
 - To review alternatives of energy technologies for the green port capable of self-supplying energy
 - To review alternatives of environment-friendly port system technologies for the green port capable of self-supplying energy
 - To plan system engineering for the green port capable of self-supplying energy
 - To suggest an alternative of energy technology for the green port capable of self-supplying energy
 - To suggest an alternative of energy reduction technology for the green port capable of self-supplying energy

IV. Results of research and development

- Project of 'development of wind power generation system to apply existing port structures'
 - Development of safety evaluation technology for wind power generation system of seawall inosculation type
 - Development of design technology for wind power generation system of seawall inosculation type
 - Development of wind tower-seawall inosculation and reinforcement form
 - Development of optimal dispatching technology for wind power generation system of seawall inosculation type
 - Development of optimal construction technology for wind power generation system of seawall inosculation type and conduct of field test
- Project of 'development of new-type concrete supporting structure for sea wind power generation for installation of water area of port'
 - Development of weight evaluation technology for supporting structure
 - Development of mono-tower type concrete supporting structure

- Development of gravity type concrete supporting structure
- Development of submarine foundation ground technology of concrete supporting structure
- Construct field test complex for concrete supporting structure of sea wind power generation
- Project of 'development of tidal power generation system in port boundary'
 - Development of tidal power generation system using lock gate type port
 - Development of tidal power generation system using phatidal type port
- Project of 'development of design and evaluation for energy-reducing terminal'
 - Development of design technology for energy-reducing terminal
 - Development of performance evaluation technology for energy-reducing terminal
 - Development of environment evaluation technology for energy-reducing port
- Project of 'development of core technology for energy reduction of port resources'
 - Development of alternative marine power
 - Development of electronic terminal transfer vehicle technology
 - Development of engine adjustable varying speed RTGC control technology

V. Practical Application of Results

- To operate sustainable ports, environment-friendly clean energy should be used.
- To solve the pollution problem of ports, environment-friendly energy source should be developed.
- To prepare climate change, total adaptation plans should be established.
- To contribute the development of clean energy source, the self-support of technologies, the construction of ecology-friendly port space, and the sustainable green-growth

- To operate sustainable ports, energy-reducing port equipment should be developed and installed.
- To construct energy-reducing terminal, the design of new concept terminal, the minimization of energy costs, the reduction of operating costs, and the construction of environment-friendly ports are needed.
- Through the development of energy-reducing equipment, the reduction of the energy costs of vessels and vehicles, the reduction of CO₂, and the reduction of the noise of vehicles
- To contribute the design and evaluation of energy-reducing terminal, the development of energy-reducing equipment, the construction of ecology-friendly port space, and the sustainable green-growth

CONTENTS

Chapter 1. Outline	1
Section 1. Necessity of R&D	1
Section 2. Goal and contents of planning project	4
1. Goal of planning project	8
2. Contents of planning project	9
Section 3. Process and schedule of planning project	10
1. Strategy and system of planning project	10
2. Process of planning project	13
3. Schedule of planning project	15
Chapter 2. Analysis of energy use and demand of main ports in Korea	17
Section 1. Analysis of energy use of ports	17
Section 2. Analysis of energy consumption by purposes and types of ports	21
Chapter 3. Analysis of environment and capability	33
Section 1. New renewable energy	33
1. Trend and outlook of technologies	33
2. Trend of patent and paper	79
3. Technology level and capability	95
4. Strategy, policy, and law	98
5. Market	109
6. Research infra and researchers	130
7. Direction of development	134
Section 2. Energy-reducing	138
1. Trend and outlook of technologies	138

2. Trend of patent and paper	162
3. Technology level and capability	169
4. Strategy, policy, and law	175
5. Market	191
6. Research infra and researchers	196
7. Direction of development	205
Chapter 4. Goal and scope of R&D	209
Section 1. New renewable energy	209
1. Vision and final goal of R&D	209
2. Contents and scope of R&D	210
Section 2. Energy-reducing	233
1. Vision and final goal of R&D	233
2. Contents and scope of R&D	234
Chapter 5. R&D plan	255
Section 1. New renewable energy	255
1. Strategy	255
2. Schedule	256
3. System	258
Section 2. Energy-reducing	262
1. Strategy	262
2. Schedule	263
3. System	266
Chapter 6 Feasibility analysis of R&D	269
Section 1. New renewable energy	269
1. Strategic feasibility analysis	269
2. Technical feasibility analysis	271
3. Economic feasibility analysis	277

Section 2. Energy-reducing	284
1. Strategic feasibility analysis	284
2. Technical feasibility analysis	286
3. Economic feasibility analysis	288
Chapter 7. Effect analysis of R&D	295
Section 1. New renewable energy	295
1. Expected effect	295
2. Extended effect	295
Section 2. Energy-reducing	296
1. Expected effect	296
2. Extended effect	297
Chapter 8. Performance index and goal of R&D	299
Section 1. New renewable energy	299
Section 2. Energy-reducing	318
Section 3. Evaluation and management of project	324
Chapter 9. Business plan of R&D result	327
Section 1. New renewable energy	327
1. Business potential analysis	327
2. Business plan	328
Section 2. Energy-reducing	330
1. Business potential analysis	330
2. Business plan	331

Chapter 10. RFP of R&D project	333
Section 1. New renewable energy	333
Section 2. Energy-reducing	341

목 차

제1장 개요	1
제1절 연구개발의 필요성	1
제2절 기획연구의 목표 및 내용	4
1. 기획연구의 목표	8
2. 기획연구의 내용	9
제3절 기획연구의 추진 방법 및 일정	10
1. 기획연구의 추진 전략 및 체계	10
2. 기획연구의 추진 방법	13
3. 기획연구의 추진 일정	15
제2장 전국 주요항만 에너지 사용량 분석 및 수요	17
제1절 항만 에너지 사용량 분석	17
1. 항만의 화물 처리별 에너지소비 원단위 분석	17
2. 우리나라 항만의 에너지 사용원별 에너지 사용량	19
제2절 항만의 용도 및 규모에 따른 에너지 소비량 분석	21
1. 항만의 용도 및 규모에 따른 에너지 소비량 비교	21
2. 항만의 용도 및 규모에 따른 에너지 소비량 표준화 모델링	27
제3장 환경 및 역량 분석	33
제1절 신재생에너지 부문	33
1. 기술 동향 및 전망 분석	33
2. 특허 및 논문 동향 분석	79
3. 기술 수준 및 기술개발 역량 분석	95
4. 정책 및 관련 제도/계획 동향 분석	98
5. 시장 현황 분석	109
6. 연구 인프라 및 인력 현황 분석	130

7. 기술개발 추진방향	134
제2절 에너지 절감 부문	138
1. 기술 동향 및 전망 분석	138
2. 특허 및 논문 동향 분석	162
3. 기술 수준 및 기술개발 역량 분석	169
4. 정책 및 관련 제도/계획 동향 분석	175
5. 시장 현황 분석	191
6. 연구 인프라 및 인력 현황 분석	196
7. 기술개발 추진방향	205
제4장 연구개발 목표 및 범위	209
제1절 신재생에너지 부문	209
1. 연구개발 비전 및 최종목표	209
2. 연구내용 및 범위	210
제2절 에너지 절감 부문	233
1. 연구개발 비전 및 최종 목표	233
2. 연구내용 및 범위	234
제5장 연구개발 추진계획	255
제1절 신재생에너지 부문	255
1. 추진전략	255
2. 추진계획	256
3. 추진체계	258
제2절 에너지 절감 부문	262
1. 추진전략	262
2. 추진계획	263
3. 추진체계	266
제6장 연구개발 타당성 분석	269
제1절 신재생에너지 부문	269

1. 정책적 타당성 분석	269
2. 기술적 타당성 분석	271
3. 경제적 타당성 분석	277
제2절 에너지 절감 부문	284
1. 정책적 타당성 분석	284
2. 기술적 타당성 분석	286
3. 경제적 타당성 분석	288
제7장 연구개발 효과 분석	295
제1절 신재생에너지 부문	295
1. 기대효과	295
2. 파급효과	295
제2절 에너지 절감 부문	296
1. 기대효과	296
2. 파급효과	297
제8장 연구개발 성과 지표 및 목표	299
제1절 신재생에너지 부문	299
제2절 에너지 절감 부문	318
제3절 세부과제 평가 및 관리 방안	324
제9장 연구개발 성과의 사업화 방안	327
제1절 신재생에너지 부문	327
1. 사업화 가능성 분석	327
2. 사업화 방안	328
제2절 에너지 절감 부문	330
1. 사업화 가능성 분석	330
2. 사업화 방안	331

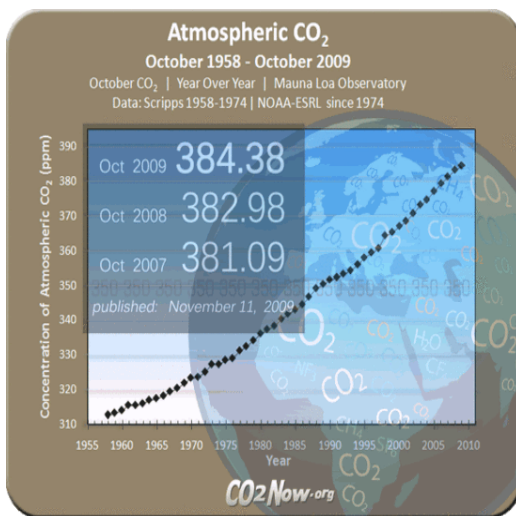
제10장 연구개발 RFP	333
제1절 신재생에너지 부문	333
1. 기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발	333
2. 항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발	335
3. 항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술개발	337
4. 항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술개발	339
제2절 에너지 절감 부문	341
1. 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발	341
2. 항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발	343

제1장 개요

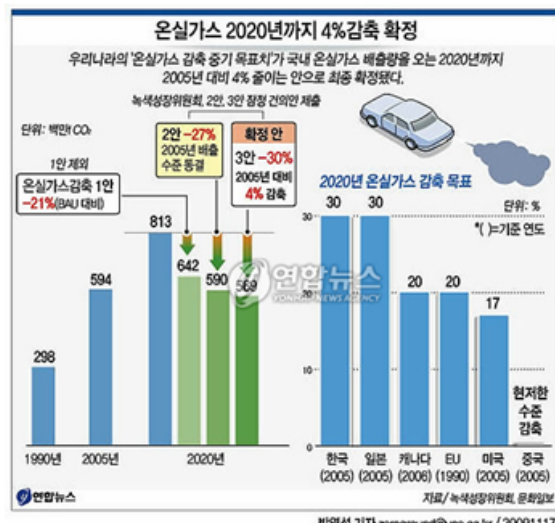
제1절 연구개발의 필요성

- 친환경 에너지의 항만 적용 가능성
 - 항만에서의 작업은 접안/하역/이송/보관/반·출입 등을 위한 영역이 사전에 계획되고, 한정된 영역에서의 작업이 일정한 주기로 반복됨
 - 항만에서는 시설 및 장비에 대량의 에너지를 공급하기 보다는 주기적으로 적절한 양의 에너지를 공급할 수 있는 특징을 가짐
 - 따라서, 항만의 시설 및 장비가 대용량의 에너지를 저장할 필요가 없으므로 대용량 에너지 저장과 관련된 초기 투자비용을 절감할 수 있으며, 이에 따라 친환경 에너지의 항만 적용 가능성은 매우 높음
- 항만은 대규모 물류거점으로서, 안벽에 접안하는 선박, 컨테이너를 하역/이송/보관하는 장비와 시설, 외부로부터 출입하는 트럭, 기타 항만의 운영/관리를 위한 설비 등 환경오염을 유발하는 요인들이 극도로 집중되어 있으므로 친환경 시설로의 변환 필요성이 매우 높음
- 최근에는 환경에 대한 고려와 고유가의 영향으로 기존 엔진을 장착하여 사용 중이던 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane) 및 YT(Yard Tractor)의 에너지절감 방안이 모색되고 있음
 - 홍콩 및 동아시아 지역의 많은 항만에서는 기존 엔진에서 전기를 발생시켜 사용하던 방식으로부터 육상의 전기를 직접 연결하여 사용하거나 엔진을 소형화하고 유틸리티 에너지를 저장하였다가 재생하여 사용하는 하이브리드 방식이 개발 및 적용되어지고 있음
- 항만의 지속가능한 운영을 위해서는 친환경적인 청정에너지, 특히 향후에도 고갈 가능성이 낮은 신재생에너지를 적극 활용하여야 하고 자체적인 에너지 생산이 가능하여야 함

- 따라서, 미래의 항만에서 친환경적으로 사용할 수 있는 에너지원을 개발하고 항만 운영에 적용하는 연구가 매우 시급히 요구됨
- 신재생에너지 사용 및 에너지절감으로 온실가스 배출 감축을 위한 국제협약 발효에 대응
 - 지구온난화의 규제 및 방지를 위한 국제협약인 유엔기후변화협약(UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change)의 구체적인 이행방안에 대한 국제적인 협약인 교토의정서 발효(2005. 2)로 선진국들의 온실가스 배출 감축 목표가 설정되면서 온실가스의 감축 노력이 진전되고 있음
 - 국제환경협약과 선진국의 환경규제 강화로 이어지면서 기업들은 온실가스 배출권 구매, 전력요금 상승, 공장 신설 및 이전의 제한, 환경세 도입가능성 등의 현실적인 제약에 직면하고 있어서 환경문제를 극복하지 않고서는 국제 교역과 산업발전을 지속적으로 유지할 수 없다는 인식이 확산되고 있음
 - 우리나라는 대외 교역에 크게 의존하는 경제구조를 가지고 있을 뿐만 아니라 OECD 국가 중 온실가스 절대배출량 6위, 연평균 증가율 1위(2005년 기준) 국가임
 - 이에 녹색성장위원회에서는 2020년 배출전망치(Business As Usual, BAU) 대비 30%(2005년 대비 4%)의 온실가스 감축 중기 목표를 설정함



〈대기 중 이산화탄소 농도 변화〉



〈온실가스 감축 목표〉

- 국내에서는 발전사업자에 총발전량에서 일정비율을 신재생에너지로 공급토록 의무화하는 RPS 제도를 시행하고 있으며, 기존 화력 등 온실가스를 내뿜는 화석연료 발전소에서 공급하는 전기 대신 태양광발전, 풍력발전, 조력발전, 바이오에너지, 연료전지 등 신재생에너지 설비에서 공급하는 발전량을 매해 전체 발전량에서 몇 퍼센트씩 반드시 공급하도록 경쟁하는 제도임. RPS제도에 따라 신재생에너지를 반드시 보급해야 하는 사업자는 발전 설비용량이 1~2기가와트(GW) 이상 또는 발전량이 전체의 0.5~1% 이상인 한전의 6개 발전자회사를 비롯해 포스코 파워, GS EPS 등 민간 발전사업까지 포함시키는 안이 거론되고 있음. RPS 대상 사업자는 신재생에너지 설비를 직접 구축하고 발전한 뒤 정부로부터 RPS 인증서(REC; Renewable Energy Certificate)를 받을 수도 있고, 외부 신재생에너지 민간사업자에 대가를 지불하고 REC인증서를 살 수도 있습니다. 민간 REC는 시장상황을 반영한 가격대로 일반 시장에서 거래할 수 있음.
- 항만의 지속가능한 운영을 위해서는 친환경적인 청정에너지, 특히 향후에도 고갈 가능성이 낮은 신재생에너지를 적극 활용하여야 하고 자체적인 에너지 생산이 가능하여야 함
- 따라서, 미래의 항만에서 친환경적으로 사용할 수 있는 에너지를 개발하고 항만 운영에 적용하는 연구가 매우 시급히 요구됨

제2절 기획연구의 목표 및 내용

1. 기획연구의 필요성

- 국제유가가 지속적으로 상승하여 국내유가(경유) 1,600원에 달하여 항만업계 부담 가중
 - 두바이 유가 추이(\$/BI)가. \$91.59 → \$108.75로 지속적인 상승
 - 2005년 대비 2010년에는 항만 유류비용 4,394억 추가 지출
 - 배출원별 유류사용량 : 하역(114,418kL), 선박(188,863kL), 예인(59,866kL), 외 부차량(126,283kL)

〈항만업계 유류비용 비교〉

연도	경유사용량(kL)	유가(L)	연간유류 비용	비고
2005	489,430	1,200	5,873억	-
2010	641,696	1,600	1조267억	4,394억 추가 지출
2020	836,920	1,600	1조3,391억	7518억 추가 지출

- 에너지비용 증가로 국내 항만업체 영업이익률 급감
 - 2011년 3월 현재 국제유가가 \$100을 넘어서면서 항만에서의 에너지비용 증가로 경쟁력 약화
 - 에너지비용 2005년 6% → 2010년 8%

〈항만업계 유류비용 비교〉

항목	비율	항목	비율
인건비	29%	경비료	1%
복리후생비	5%	기타직접비	10%
에너지비용	6%	감가상각비	6%
장비유지비	4%	시설임차료	35%
수선유지비	1%	판매관리비	3%
동산보험료	1%	비용계	100%

○ 항만의 환경오염 심각

- 항만 야드 영역의 환경오염

- 부산, 광양, 인천 등 국내 컨테이너 터미널에는 현재 약 1천대의 YT가 운행되고 있으며, YT에는 200~250마력의 대용량 디젤엔진이 탑재되어 있기 때문에 운행 중 다량의 CO₂ 가스가 배출되어 대기오염에 심각한 영향을 미치고 있음
- 기존 디젤엔진 구동방식의 YT에서 디젤엔진과 트랜스미션을 제거하여, 전기모터와 배터리에 의해 구동하는 전기식 YT의 연구개발이 필요
- 전기식 YT의 연구개발이 성공할 경우, 테스트베드(국내 컨테이너 터미널 대상)에 전기식 YT를 투입하여 CO₂ 가스 배출을 근본적으로 차단하고 또한 상당한 에너지 사용 절감효과도 기대할 수 있음

- 항만 안벽 영역의 환경오염

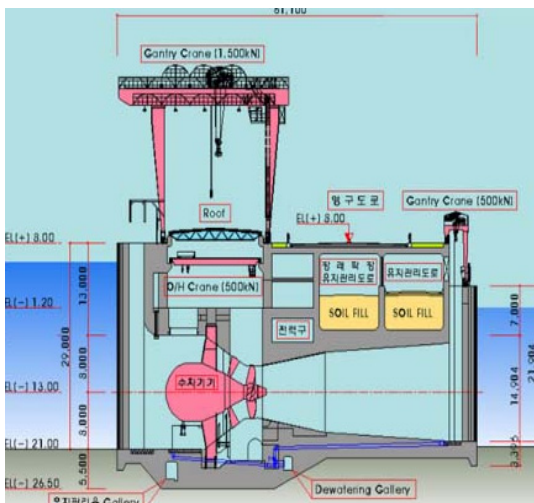
- 대형 선박이 항만에 접안하게 되면 주 엔진(main engine)은 끄고 선박 컨트롤 전원과 선실 내 accommodation 및 냉동 컨테이너 전원 공급을 위하여 보조엔진(auxiliary engine)을 작동 시켜야 함
- 이로 인해 선박이 부두에 접안하는 중에 각종 유해물질이 방출되고 항만 대기 환경을 오염시키는 원인으로 작용하고 있음
- 이러한 유해 물질을 근본적으로 차단하기 위해 선박이 접안하는 동안에 필요로 하는 전기를 육상전원 장치에서 선박에 공급하여 항만의 대기오염을 줄이는 방법이 효과적인 기술 대안으로 평가되고 있음

〈우리나라 항만별 CO₂ 발생량〉

권역	처리화물량(천톤)	CO ₂ 발생량(톤CO ₂)	CO ₂ 발생비율(%)
고현	2,494	10,261	0.4%
광양	198,189	481,767	17.1%
군산	17,686	66,349	2.4%
대산	53,516	95,645	3.4%
동해	22,168	91,069	3.2%
마산	13,193	48,858	1.7%
목포	14,203	55,655	2.0%
목호	2,236	8,778	0.3%
보령	9,213	38,350	1.4%
부산	243,565	469,709	16.6%
삼척	6,801	28,367	1.0%
삼천포	20,644	85,930	3.0%
서귀포	328	950	0.0%
속초	253	698	0.0%
여수	8,344	12,342	0.4%
옥계	6,463	26,157	0.9%
옥포	1,642	6,699	0.2%
완도	608	2,195	0.1%
울산	168,652	332,844	11.8%
인천	138,139	366,952	13.0%
장승포	0	0	0.0%
장항	1,384	5,755	0.2%
제주	2,071	5,788	0.2%
진해	850	3,512	0.1%
태안	11,346	47,244	1.7%
통영	228	732	0.0%
평택.당진	48,093	120,367	4.3%
포항	61,875	256,225	9.1%
기타	39,295	152,949	5.4%
합계	1,093,479	2,822,148	100.0

자료 : 국토해양부, 저탄소 항만 구축방안에 관한 연구, 2008. 12

- 신재생에너지를 기반으로 한 항만 구축 필요
 - 기후변화에 대비하여 항만계획 차원에서 온실가스 감축을 통한 종합적인 적응계획을 수립하여 대응할 필요성이 대두됨에 따라, 기후변화에 대응한 항만의 활동역량을 강화하고 저탄소 에너지 자립화를 위한 친환경 항만 구축이 필요
 - 화석연료의 고갈 및 가격 상승으로 인하여 신재생에너지 및 대체연료개발이 두드러지고 있는 가운데 항만에서 에너지의 효율적 사용의 중요성에 대한 각국의 관심이 매우 고조되고 있는 상황임
 - EU를 중심으로 항만의 탄소배출량 규제 압력이 증가하고 있어 조만간 항만에 대한 탄소배출량 규제가 이루어질 것으로 전망
 - 현재 항만에서는 화석연료를 중심으로 하는 경우 및 B-C 혹은 수력, 화력 또는 원자력을 이용하여 생산되는 전력으로 운영하고 있으며, 화석연료를 직접 에너지원으로 사용하는 경우에는 연료 변환효율이 낮으며, 항만 주위의 대기 및 기타 환경오염을 유발시키고 있음
 - 온실가스 감축과 자원절약형 항만운영을 위해서는 항만에서의 탄소 저감 물류활동과 더불어 신재생에너지를 활용하여 화석연료 등의 소비를 최소화 할 수 있는 친환경 에너지 활용 체계 구축이 필요



〈조력 발전〉



〈해상 풍력〉

- 항만 운영에 대한 친환경 에너지 적용 연구 필요
 - 세계적으로 추진되고 있는 그린 터미널 구축과 관련하여 현재까지 개발된 기술의 문제점을 해소하고 초기 투자비용이 과다하지 않은 기술 대안과 적용 방안에 대한 연구개발이 필요
 - 항만의 장비 및 시설을 전기식으로 운영하되 이에 대한 에너지원은 친환경적이고 지속적으로 사용 가능하여야 함
 - 항만 장비 및 시설의 운영 특성을 고려하여 높은 효율을 얻을 수 있는 방안이 연구개발 되어야 함

2. 기획연구의 목표

가. 기획연구의 최종목표

(1) 최종목표

- 에너지 자립형 녹색항만 기술개발의 타당성 분석 및 종합연구계획 수립
 - 기술개발 Technology-Tree, Macro 기술개발 로드맵, 기술분야별 Micro 기술개발 로드맵
- 기존 항만의 문제점 도출 및 대응방안 등 전략 수립
 - 기존 항만의 에너지 사용량 검토
 - 기존 항만의 에너지 소비량 비교 및 표준화 모델 제시
 - 기존 항만의 문제점 대응방안 전략 수립
- 에너지 자립형 녹색항만 구축을 위한 방안(해양에너지, 친환경항만시스템) 제시
 - 에너지 자립형 녹색항만의 에너지 기술 대안 검토
 - 에너지 자립형 녹색항만의 친환경 항만시스템 기술 대안 검토
 - 에너지 자립형 녹색항만의 시스템 엔지니어링 기획
 - 에너지 자립형 녹색항만의 에너지 기술 대안 제시
 - 에너지 자립형 녹색항만의 친환경 항만시스템 기술 대안 제시
- 본 사업 과제 제안: 세부과제 구성, 연구개발 추진체계, 본 사업 추진을 위한 RFP 작성
- 본 사업 타당성 분석: 정부 지원 타당성, 경제성 분석, 기술적-시의적-활용성 분석, 사업화 가능성-정책제안

3. 기획연구의 내용

세부목표	연구내용 및 범위
<ul style="list-style-type: none"> 에너지 자립형 녹색항만 구축 관련 국내외 관련 연구 현황 및 동향 조사 	<ul style="list-style-type: none"> 국내·외 기술동향 및 전망, 기술수준 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 논문, 특허 동향 및 전망 - 국내외 기술수준 및 국내 기술개발 역량 조사 국내·외 정책추진 동향, 시장 수요 및 현황, 관련 제도 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 정책추진동향 - 시장 수요 및 현황 - 관련 제도 조사 관련 연구 인프라 및 인력 현황 조사
<ul style="list-style-type: none"> 전국 주요항만의 에너지사용량 분석 및 수요조사 	<ul style="list-style-type: none"> 건설시기 및 규모에 따른 항만의 총에너지 사용량 분석(수송제외) <ul style="list-style-type: none"> - 항만 건설시기에 따른 총에너지 사용량 - 항만 규모에 따른 총에너지 사용량 항만의 용도/규모에 따른 에너지 소비량 비교 및 표준화 모델링 <ul style="list-style-type: none"> - 항만 용도별 에너지 소비량 및 표준화 - 항만 규모별 에너지 소비량 및 표준화
<ul style="list-style-type: none"> 에너지 자립형 녹색항만 구축을 위한 에너지원 확보 목표 달성을 위한 요소 기술 및 세부과제 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 및 해양에너지 세부요소기술 도출 신재생에너지 및 해양에너지 세부과제 도출
<ul style="list-style-type: none"> 에너지 자립형 녹색항만 구축을 위한 친환경 하역시스템 기술 확보 목표를 위한 요소기술 및 세부과제 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 친환경 하역시스템 세부요소기술 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 친환경 안벽하역시스템 기술 - 친환경 야드하역시스템 기술 - 친환경 이송시스템 기술 - 친환경 운영시스템 기술 친환경 하역시스템 세부과제 도출
<ul style="list-style-type: none"> 에너지 자립형 녹색항만 구축 기술(연구) 개발의 타당성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 정책적 타당성 분석(연구의 중요성 및 시급성, 정부지원의 필요성 등) 기술적 타당성 분석(타 연구과제와의 중복성, 기술개발의 가능성 등) 경제적 타당성 분석(경제성 및 사업화 가능성 분석, 시장분석 등)
<ul style="list-style-type: none"> 에너지 자립형 녹색항만 구축을 위한 연구목표 및 범위 설정 	<ul style="list-style-type: none"> 연구개발의 최종목표 및 성과물 제시 연구내용 및 범위 설정
<ul style="list-style-type: none"> 에너지 자립형 녹색항만 구축을 위한 연구개발 추진계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지원 확보 및 친환경 하역시스템 추진전략 및 연구개발 계획 수립 효율적 연구수행을 위한 추진체계 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 부문 - 친환경 하역시스템 부문 소요예산 및 적정연구기간, 소요인력 및 인력확보 방안
<ul style="list-style-type: none"> 에너지 자립형 녹색항만 구축 연구개발 성과의 사업화 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 사업화 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 부문 - 친환경 하역시스템 부문 - 통합 부문
<ul style="list-style-type: none"> 본 사업의 기대효과 및 파급효과를 구체적으로 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 기대효과 및 파급효과 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 부문 - 친환경 하역시스템 부문 - 통합 부문
<ul style="list-style-type: none"> 사업(과제)·단계별 정량적, 정성적 성과 지표 및 지표별 성과 목표치 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 성과지표: 연구수행 중 도출되는 예상 성과 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 부문 - 친환경 하역시스템 부문 - 통합 부문

제3절 기획연구의 추진 방법 및 일정

1. 기획연구의 추진 전략 및 체계

가. 연구개발 추진전략

○ 기본 추진전략

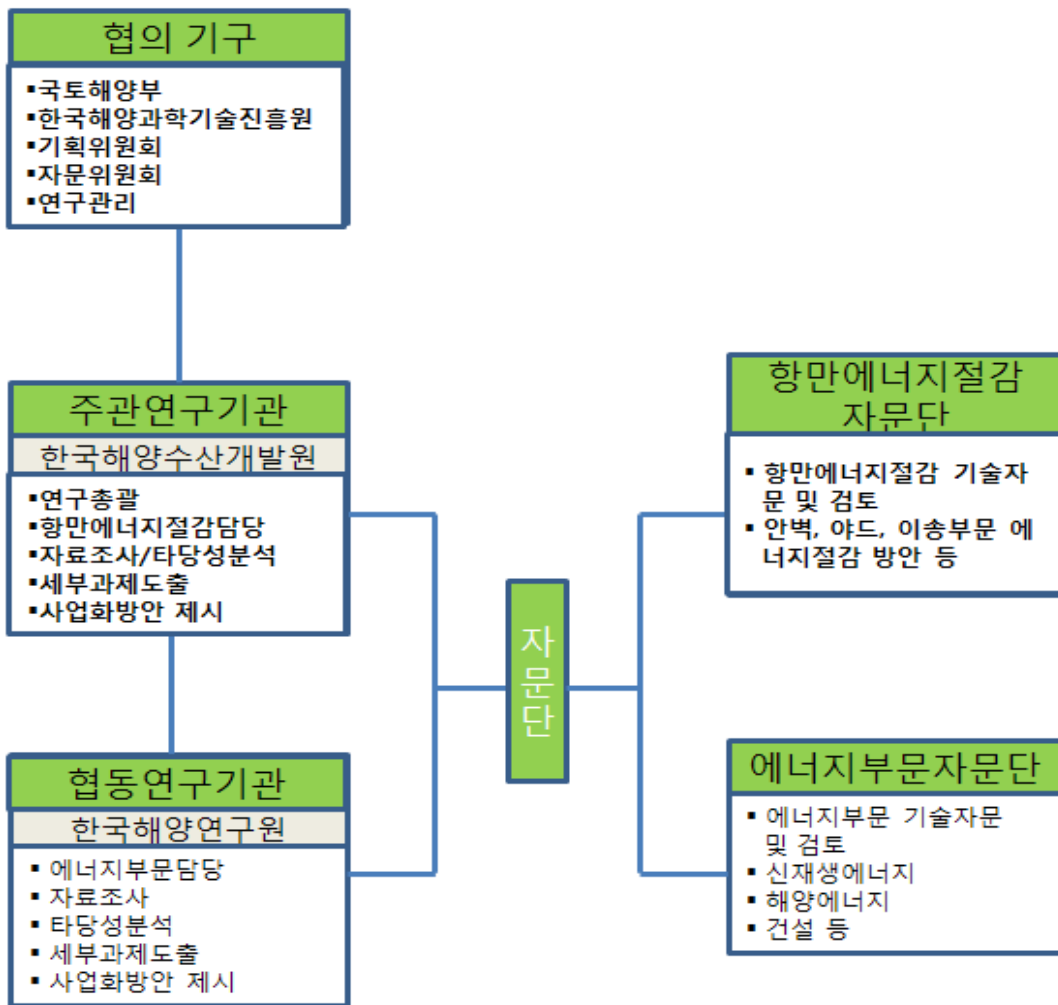
기본 추진전략

- 2020년 BAU 대비 30%의 온실가스 감축 목표를 만족시킬 위해 친환경적인 에너지 자립형 항만 구축을 위한 중장기 연구개발 비전과 목표를 명확성과 구체성을 바탕으로 수립
- 실용화·산업화 가능 기술로서 연구개발 완료 후 항만현장에 실제로 적용될 수 있고 차세대 성장동력산업으로서의 육성 가능한 중점기술 분야를 선정
- 산·학·연 전문가로 구성된 인적자원을 최대한 활용하여, 개발기술의 산업화와 실용화를 적극 유도할 수 있는 방안 마련

○ 추진체계

- 협의기구, 주관연구기관, 공동연구기관, 자문단으로 구성
 - 협의기구는 원활한 연구 추진을 위한 국토해양부 담당공무원, 한국해양과학기술진흥원 담당연구원, 기획위원회, 자문위원회로 구성
 - 주관연구기관은 한국해양수산개발원이 수행하며, 연구총괄, 친환경하역시스템부문의 자료조사/타당성분석, 세부과제도출, 사업화방안 제시
 - 공동연구기관은 한국해양연구원이 수행하며, 에너지부문의 자료조사/타당성분석, 세부과제도출, 사업화방안 제시
 - 자문단은 친환경하역시스템부문과 에너지부문으로 나누어 관련분야의 전문가로 구성

- 기술자문위원회 개최 시 연구진행 현황에 대한 세미나 및 워크숍을 실시함으로써 연구 중간 결과에 대한 자료를 공유한다. 보다 많은 전문가를 활용한 연구수행이 필요시 공청회를 갖을 수 있다. 본 사업을 위한 기술개발 사업 추진을 위해서 정부관계 부처의 전문가 및 연구관리기관(KIMST)과 긴밀하게 협의하여 진행한다.



〈연구 추진 체계〉

- 연구기획위원회 운영
 - 연구개발 최종목표 달성을 위해 추진하고자 하는 기획연구 내용에 대한 기술적 측면과 국가정책 및 산업과의 연계성을 고려하여 연구기획위원회를 구성
 - 연구기획위원회는 주관연구기관인 한국해양수산개발원 소속 참여 연구원을

주축으로 하는 내부기획위원 그룹과 각 분야별 외부전문 연구위원 그룹으로 구성하여, 주관연구기관은 연구의 전반적인 기획 및 진행을 담당하고 외부 전문가 그룹은 국내·외 기술동향 파악, 핵심기술 도출 및 기술로드맵 작성 등에 활발하게 참여할 수 있도록 함

- 『에너지 자립형 녹색항만 구축 기획연구』 사업의 비전 및 목표에 맞는 핵심 기술군에 대하여 내부 외부 기획위원들을 배정함
- 한국해양수산개발원과 한국해양연구원 내부 참여 연구위원은 핵심기술군별 기획연구의 실무를 담당하는 실무위원 11 명과 내부 자문위원 8 명으로 구성하여 운영함으로써 연구 효율을 극대화

〈기획 위원회 구성〉

핵심기술군		내부 기획위원	외부 기획위원
에너지 부문	총괄 및 조력발전	한상훈	
	조력/해수온도차 발전	박진순	
	해상풍력/염도차 발전	오명학	
	해상풍력/지열 발전	한택희	
	파력/해양바이오 발전	김건우	
	파력 발전	신승호	
	조력/해상풍력 발전		구분수(건화)
	해상풍력/파력 발전		고광오(현대건설)
	태양광/파력 발전		차광석(현대건설)
	해상풍력 발전		이종구(RIST)
에너지 절감 부문	총괄	김우선	
	항만분야	최상희	
	운영시스템	이주호	
	경제성분석	김근섭	
	하역시스템	원승환	
	전기식 장비		고영석(광진정보기술)
	항만운영		정승호(한진해운신항만)
	항만하역장비		정한욱(하나티앤이)
	항만엔지니어링		이선용(세일종합기술단)

- 외부전문자문위원회 운영
 - 주관연구기관의 연구계획에 따른 연구 진행 및 연구기획위원회에서 도출된 결과에 대한 세밀한 검토를 위하여 각 전공분야별로 풍부한 경험과 지식을 갖춘 전문가로 구성하고 기획 연구기간 중 정기적인 자문회의 개최 및 문서를 통한 자문의견을 수렴함
 - 시공사, 설계사, 항만하역장비 제작사, 항만운영사 등 실제 현장전문가 집단을 자문위원으로 구성하여 실용적인 기획연구 성과물이 도출될 수 있도록 함

〈전문 자문위원회 구성〉

이름	소속	이름	소속
염기대	한국해양연구원	김환성	한국해양대학교
이광수	한국해양연구원	한서진	GSI
박우선	한국해양연구원	권일준	두산중공업
손태원	파코특허사무소	최상화	한국허치슨터미널
김기두	건국대학교	이 훈	토탈소프트뱅크
지광습	고려대학교		
전영환	부산항만공사		
조해성	기술과 가치		
이철균	인하대학교		

2. 기획연구의 추진 방법

○ 연구 방법론

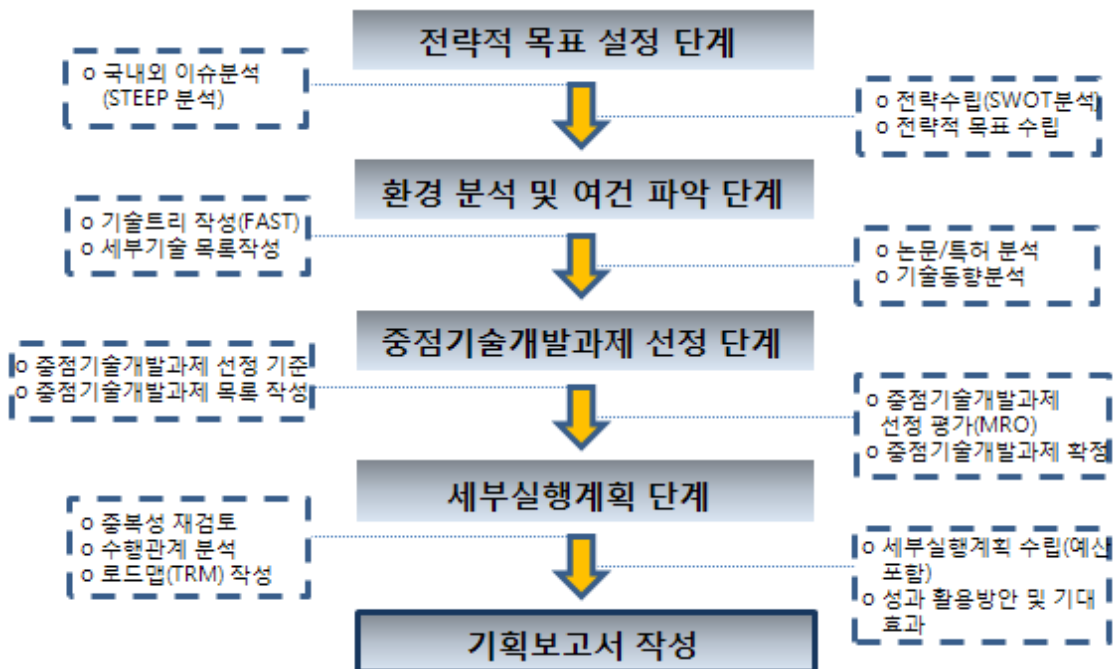
- 연구추진의 과정은 연구목표에 따라 전략적 목표, 환경 분석 및 여건파악, 대상 기술 검토 및 핵심기술 과제 선정, 세부실행계획 작성 등 크게 4단계로 구분할 수 있으며, 각 단계별로 다음표에 나타낸 것과 같은 경영분석기법을 사용함
 - 자료조사는 문헌조사, 전문가 설문조사/좌담회 등을 통해 수행
 - 참여 전문가로부터 도출된 내용들은 연구기획위원회의 조정과 정립을 거쳐 자문회에서 검토하고 최종 확정함

- 중점기술개발과제의 후보를 모집하기 위한 목적으로 항만 및 협회 등을 통한 항만 관련 전문가의 의견을 최대한 반영

〈연구 추진 방법론〉

단 계	주 요 테 마	주 요 방 법
전략적 목표 설정	국내외 이슈분석	STEEp 분석
	전략의 수립	SWOT 분석
환경분석 및 여건파악	기술트리 작성	FAST 적용
	논문/특허맵 작성	Web of Science, Aureka 활용
	역량 분석	선진기술 조사표 작성
핵심기술과제 선정	후보기술군 도출	후보기술군 도출, 선정기준표 작성
	선정평가	BMO 기법 적용
세부실행계획 작성	실행계획 수립	TRM 작성
	일정계획	Gantt Chart
	중점기술개발과제 제안요구서	RFP 작성

○ 단계별 추진 방법



3. 기획연구의 추진 일정

〈신재생에너지 부문 추진 일정〉

구분	세부내용	비고
2010/11/29	기획과제 공모 전략수립 회의	KORDI 원내회의
2010/12/01	과제준비회의	KORDI 원내회의
2010/12/22	과제선정평가	KORDI와 KMI
2011/01/28	착수회의 - 과제진행방향/진행일정/수행주체	신재생에너지분야 전원회의
2011/02/15	환경분석 기법/미래시장예측/기술동향분석 방향	KORDI 원내실무진
2011/03/02	KIMST에 과제 설명	KORDI와 KMI 책임자 및 간사
2011/03/04	STeEP 분석/기술트리 분류법/기술아이디어 공모	신재생에너지분야 전원회의
2011/03/14	공모기술아이디어 검토/기술트리 및 기술활용전략 작성/핵심요 소기술 도출	KORDI 원내실무진
2011/03/31	특허키워드 작성 및 특허분석 방향 회의	KORDI 원내실무진 및 손태권 변리사
2011/04/14	중점추진기술 도출 및 기술요약 작성	KORDI 원내실무진
2011/04/19	국토해양부에 과제 진행상황 설명	KORDI와 KMI 책임자 및 간사
2011/05/11	BMO 설문조사 결과 검토/중점추진과제 우선순위 선정	KORDI 원내실무진 (전체연구원 설문)
2011/05/30	작성 보고서 리뷰/세부연구추진계획 검토	신재생에너지분야 전원회의
2011/06/08	타당성분석/성과지표/기대효과 검토	KORDI 원내실무진
2011/06/14	사업화방안/최종RFP 검토	KORDI 원내실무진

〈에너지절감 부문 추진일정〉

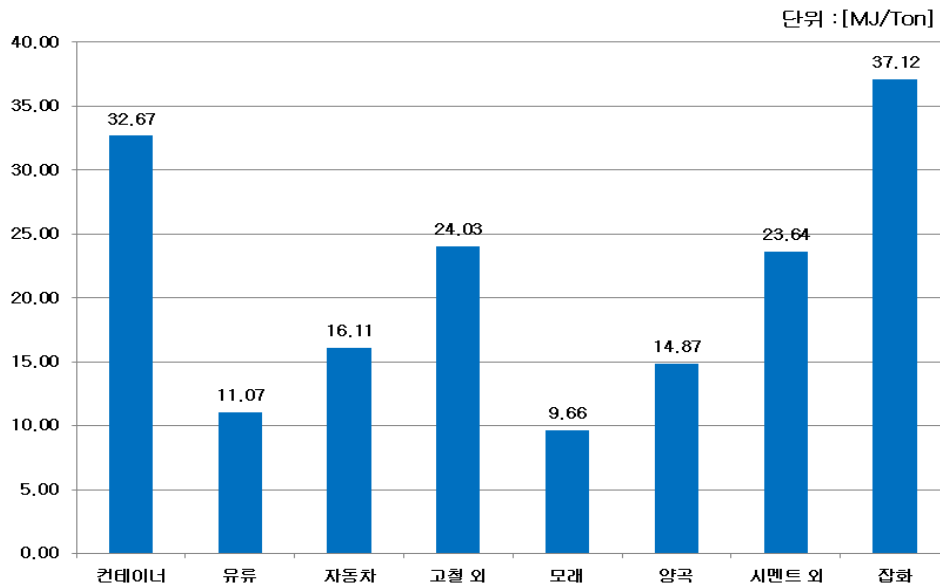
구분	세부내용	비고
2010/12/01	기획과제 공모 전략수립 회의	KMI 원내회의
2010/12/22	과제선정평가	KORDI와 KMI
2011/01/11	항만개발과 담당사무관 회의 - 연구진행 개요, 방향 등 -	KMI와 국토부
2011/02/10 ~11	우리나라 그린기술(제주)워크샵 참석	KMI 원내실무진
2011/03/02	KIMST에 과제 설명	KORDI와 KMI 책임자 및 간사
2011/03/10	자문회의 개최	KMI와 전문가문위원
2011/03/15	STEEp 분석/기술트리 분류법/기술아이디어 공모	KMI 원내연구진 및 자 문위원
2011/03/24	공모기술아이디어 검토/기술트리 및 기술활용전략 작성/핵 심요소기술 도출	KMI 원내실무진
2011/04/04	특허키워드 작성 및 특허분석 방향 회의	KMI 원내실무진
2011/04/14	중점추진기술 도출 및 기술요약 작성	KMI 원내실무진
2011/04/19	국토해양부에 과제 진행상황 설명	KORDI와 KMI 책임자 및 간사
2011/05/18	BMO 설문조사 결과 검토/중점추진과제 우선순위 선정	KMI 원내실무진
2011/05/30	작성 보고서 리뷰/세부연구추진계획 검토	에너지 절감 분야 전문회의
2011/06/02	타당성분석/성과지표/기대효과 검토	KMI 원내실무진
2011/06/16	사업화방안/최종RFP 검토	KMI 원내실무진

제2장 전국 주요항만 에너지 사용량 분석 및 수요

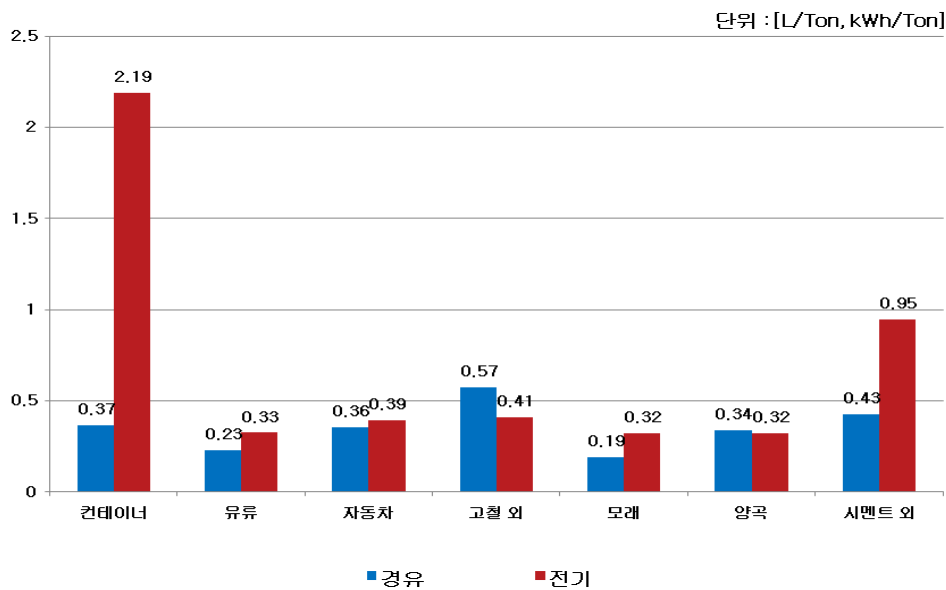
제1절 항만 에너지 사용량 분석

1. 항만의 화물 처리별 에너지소비 원단위 분석

- 기초 Data
 - 2008년 (국토해양부) 28개 무역항에 대한 자료 및 2009년(KMI) 조사자료 이용
 - 2009년 (KMI) 전국 항만물동량 예측결과를 바탕으로 분석
- 분석방법
 - 유사 하역체계에 의한 8종 화물별 분석
 - 에너지 사용원별로는 항만에서의 선박정박, 하역, 외부차량, 보관, 조명, 관리및 시설로 분류(항계선에서 부두까지의 선박 항해시 발생하는 부분은 포함시키지 않음)
 - 사용 에너지원은 경유와 전기로 분류(LPG 등은 경유로 환산함)
 - 항만에서의 이산화탄소 발생량을 에너지사용량으로 환산하여 계산함
- 화물처리별 에너지소비 원단위 분석
 - 단위 처리량 에너지 소비량을 전체적으로 에너지[MJ] 단위로 정리하며, 경유 및 전기를 포함하여 작성



〈우리나라 항만의 화물처리별 에너지소비 원단위〉



〈우리나라 항만의 화물처리별 · 에너지원별 원단위〉

- 단위 처리당 에너지소비 원단위는 잡화 > 컨테이너 > 고철·철광석 > 시멘트 외 > 자동차 > 양곡 > 유류 > 모래 순임
- 하역체계가 복잡한 순서 및 중량화물 처리 순으로 에너지 소비량이 많이 발생하고 있으며, 연속적 하역체계인 처리화물은 비교적 낮은 에너지 소비량이 요구됨

2. 우리나라 항만의 에너지 사용원별 에너지 사용량

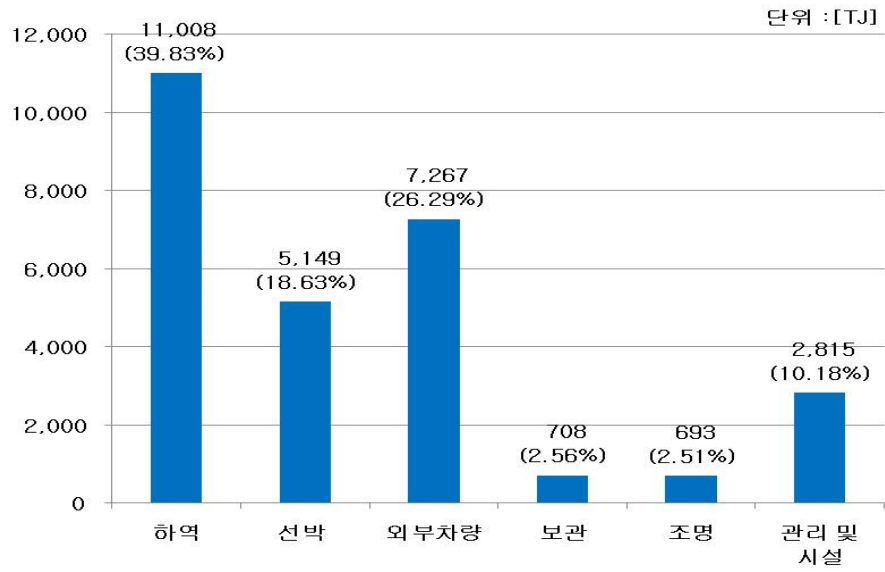
- 우리나라 항만의 에너지 사용원별 에너지 사용량은 8종 화물별로 행하였으며, 8종 화물에 대해서도 각각 에너지 사용원별로 구분하여 사용량을 산출하였음

〈우리나라 항만의 사용원별 에너지 사용량〉

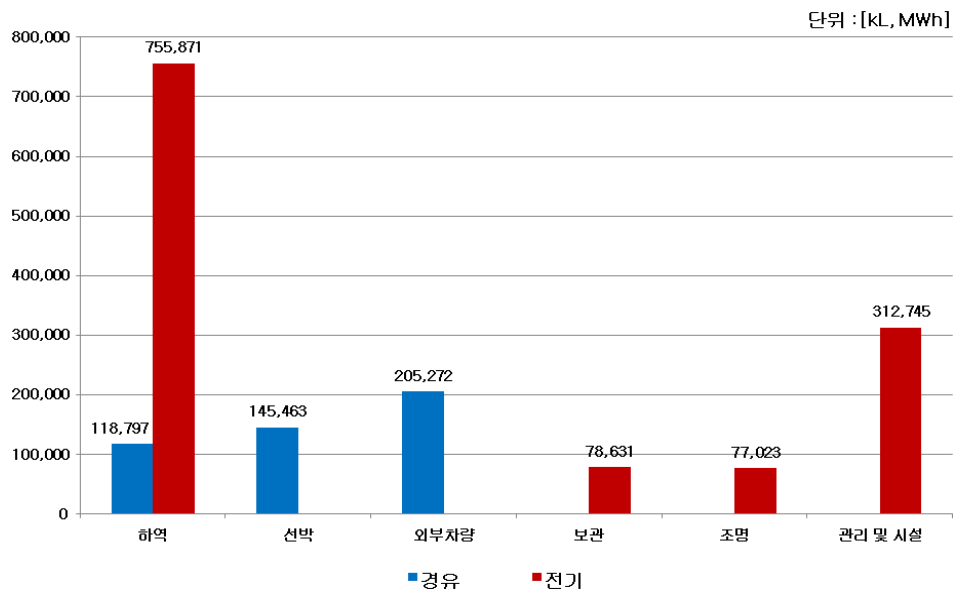
단위: [kl, MWh, GJ]

연도		하역	선박	외부차량	보관	조명	관리 및 시설	총계
2000년	경유	90,088	87,692	132,429	-	-	-	310,209
	전기	345,411	-	-	27,042	53,323	216,514	642,291
	소계	6,297,811	3,104,301	4,687,977	243,382	479,991	1,948,627	16,762,008
2005년	경유	100,298	116,477	163,208				379,983
	전기	584,781			60,210	62,980	255,723	963,693
	소계	8,813,565	4,123,274	5,777,570	541,886	566,819	2,301,509	22,124,624
2010년	경유	118,797	145,463	205,272				469,532
	전기	755,871			78,631	77,023	312,745	1,224,269
	소계	11,008,250	5,149,381	7,266,634	707,675	693,210	2,814,704	27,639,853

- 항만내의 하역시 소요되는 에너지는 전체의 40%를 차지하고 있으며, 이어서 외부차량(26.29%), 선박정박(18.63%), 관리 및 시설(10.18%), 보관(2.56%), 조명(2.51%) 순으로 나타남
- 외부차량의 경우는 항만 내에서의 이동 및 정차시에 소요되는 에너지임



〈2010년 우리나라 항만의 사용원별 에너지 사용량〉



〈2010년 우리나라 항만의 사용원별 · 에너지원별 사용량〉

제2절 항만의 용도 및 규모에 따른 에너지 소비량 분석

1. 항만의 용도 및 규모에 따른 에너지 소비량 비교

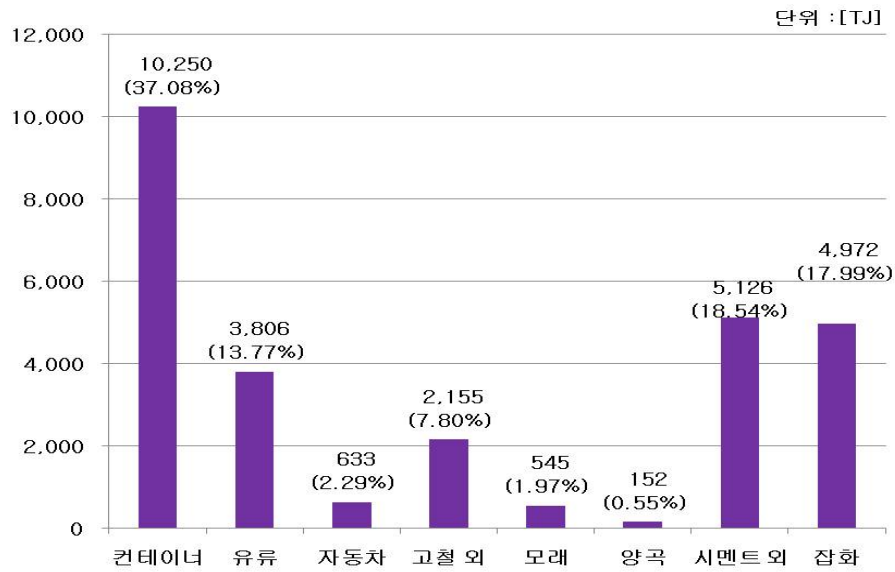
가. 우리나라 항만의 용도(화물)별 에너지 사용량

- 항만의 8종 화물별 에너지 사용량은 다음의 표로 산출되며, 화물처리량에 비하여 에너지사용량은 2010년 기준으로 컨테이너 화물처리 시 가장 많이 사용되었으며, 화물별 화물처리비율 대비 화물별 에너지 사용량에서도 높은 것으로 나타남

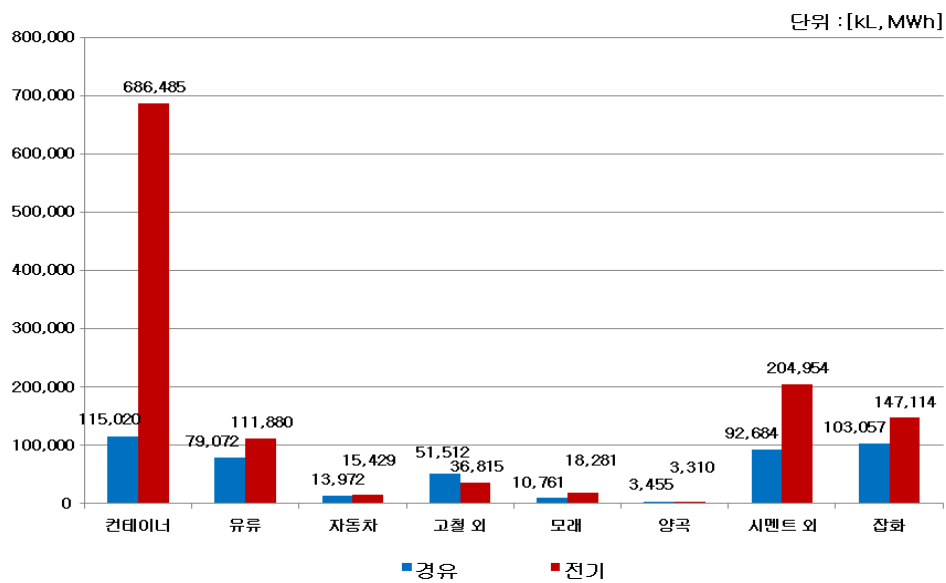
〈우리나라 항만의 화물별 에너지 사용량〉

단위: [kℓ, MWh, TJ]

연도	컨테이너	유류	자동차	고철, 철제	모래	양곡	시멘트, 석탄, 철광석	일반 잡화	총계	
2000년	경유	39,557	72,728	6,489	37,442	14,330	3,798	60,519	75,345	310,209
	전기	236,095	102,904	7,166	26,760	24,346	3,639	133,826	107,555	642,291
	소계	3,525	3,501	294	1,566	726	167	3,347	3,635	16,762
2005년	경유	88,074	70,857	10,706	41,674	9,273	3,289	69,425	86,686	379,983
	전기	525,660	100,257	11,822	29,785	15,755	3,151	153,520	123,744	963,693
	소계	7,849	3,411	485	1,743	470	145	3,839	4,182	22,125
2010년	경유	115,020	79,072	13,972	51,512	10,761	3,455	92,684	103,057	469,532
	전기	686,485	111,880	15,429	36,815	18,281	3,310	204,954	147,114	1,224,269
	소계	10,250	3,806	633	2,155	545	152	5,126	4,972	27,640



〈우리나라 항만의 화물별 에너지 사용량〉



〈우리나라 항만의 화물별 · 에너지원별 사용량〉

- 컨테이너 화물 처리 특성상, 화물 처리 시에는 타 화물에 비하여 정형화된 설비가 요구되고 있으며, 이러한 설비가 갖추지 않은 항만에서의 화물처리 시 에너지 사용량이 높게 나타난 것으로 기인됨

- 상대적으로 자동차, 고철·철제, 양곡 및 시멘트·석탄·철광석 화물은 전체화물 처리량에서 각 화물처리비율 대비 에너지소비량 비율이 유사하게 나타나고 있으며, 이는 특정 항만에서 주로 작업이 행해지고 있기 때문인 것으로 분석됨

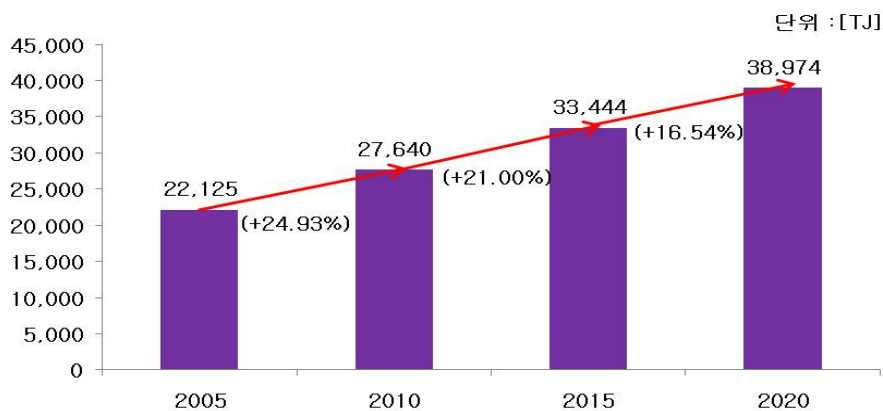
나. 우리나라 항만의 용도(화물)별 에너지 사용량 예측

- 2020년도 우리나라 항만에서의 화물별 물동량은 컨테이너가 31.50%를 점유하고 있으며, 처리 시 에너지 사용량은 전체사용량의 43.55%로서 크게 나타나고 있음.
- 이는 향후 에너지 절감을 위해서는 컨테이너 화물 처리시의 에너지 사용량을 크게 절감시키는 것이 효과적인 것을 의미함

〈우리나라 항만의 화물별 에너지 사용량 예측〉

단위: [kl, MWh, GJ]

연도		컨테이너	유류	자동차	고철, 철제	모래	양곡	시멘트, 석탄, 철광석	일반 잡화	총계
2015년	경유	148,386	87,736	14,657	54,269	18,750	4,168	108,060	123,377	559,403
	전기	885,627	124,140	16,185	38,786	31,855	3,993	238,956	176,122	1,515,664
	소계	13,223,490	4,223,122	664,510	2,270,196	950,455	183,476	5,975,947	5,952,650	33,443,846
2020년	경유	190,463	94,883	17,048	60,975	20,330	4,185	113,492	137,178	638,554
	전기	1,136,764	134,252	18,826	43,579	34,539	4,009	250,966	195,822	1,818,757
	소계	16,973,269	4,567,126	772,953	2,550,720	1,030,523	184,234	6,276,296	6,618,494	38,973,615



〈우리나라 항만의 에너지 사용량 예측〉

- 2005년도부터 2020년도까지의 화물증가율이 각각 22.30%, 20.09%, 14.06%(그림 참고)으로 나타나는 반면, 동일기간의 에너지 사용량이 24.93%, 21.0%, 16.54%(그림 참고)로서 에너지 사용량이 높게 나타나고 있으며, 이는 화물처리당 에너지소비 원단위가 높은 화물 처리비중이 증가하는 현상임
- 따라서 에너지소비 원단위를 낮출 수 있는 화물별 하역체계 및 장비개선이 필요함

다. 우리나라 6대 항만별 에너지 사용량

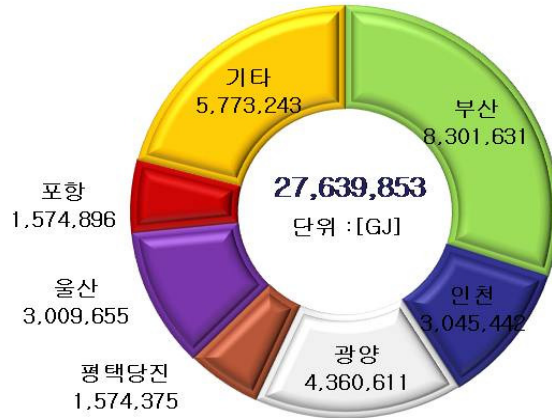
(1) 6대 항만별 에너지 사용량

- 우리나라 6대 항만에서의 에너지 사용량은 2000년도에 75.26%, 2005년도에 80.11% 및 2010년도 79.11%를 나타내어, 10년간 평균 78.16%를 사용하고 있음
- 이는, 우리나라 6대 항만의 10년간 평균 처리화물비율이 76.5%인 것에 대비하여 에너지 사용량비율이 약간 높은 것임

〈우리나라 6대 항만의 화물별 에너지 사용량〉

단위: [kl, MWh, GJ]

연도		부산	인천	광양	평택당진	울산	포항	기타	총계
2000년	경유	45,914	43,156	52,900	8,788	51,452	26,090	81,909	310,209
	전기	214,079	69,318	92,576	10,869	76,186	40,622	138,641	642,291
	소계	3,552,067	2,151,575	2,705,852	408,918	2,507,094	1,289,171	4,147,331	16,762,008
2005년	경유	83,180	45,365	66,639	13,689	56,617	27,833	86,660	379,983
	전기	437,031	91,754	136,153	22,615	85,703	42,356	148,083	963,693
	소계	6,877,835	2,431,695	3,584,379	688,139	2,775,566	1,366,498	4,400,511	22,124,624
2010년	경유	99,076	53,362	78,936	31,071	61,376	31,667	114,044	469,532
	전기	532,703	128,492	174,032	52,718	92,995	50,432	192,898	1,224,269
	소계	8,301,631	3,045,442	4,360,611	1,574,375	3,009,655	1,574,896	5,773,243	27,639,853

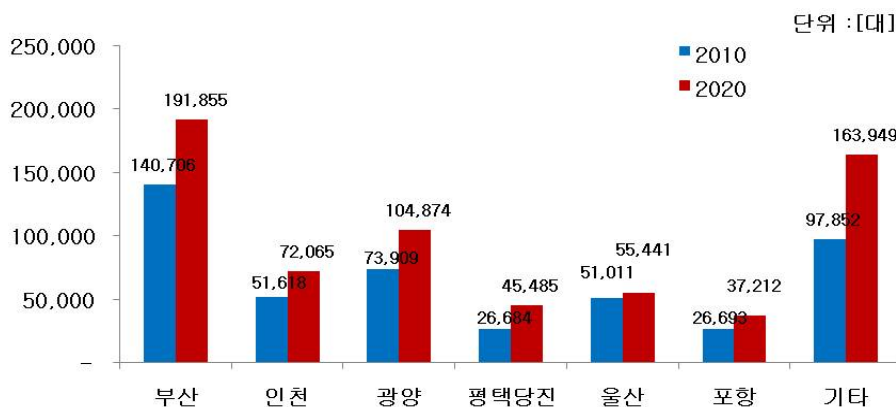


〈2010년 우리나라 6대항만의 화물별 에너지 사용량〉

- 각 항만별 에너지 소비량은 2010년 기준으로 부산항(30.04%) > 광양항(15.78%) > 인천항(11.02%) > 울산항(10.89%) 순으로 나타나고 있으며, 화물처리량이 높은 부산항이 에너지 사용량이 높게 나타나고 있음
- 각 항만별 처리물동량 비율 대비 에너지 소비량이 높은 항만으로는 부산항과 포항항임

(2) 6대 항만별 자동차대수로 환산한 에너지 사용량

- 우리나라 6대 항만별 에너지 사용량을 연간 자동차 사용량 대수로 환산한 결과는 다음 그림과 같음
- 연간자동차 사용시 에너지 소모량은 연비 12km/L인 휘발유 자동차로 연간 2만 Km 주행하는 것으로 가정

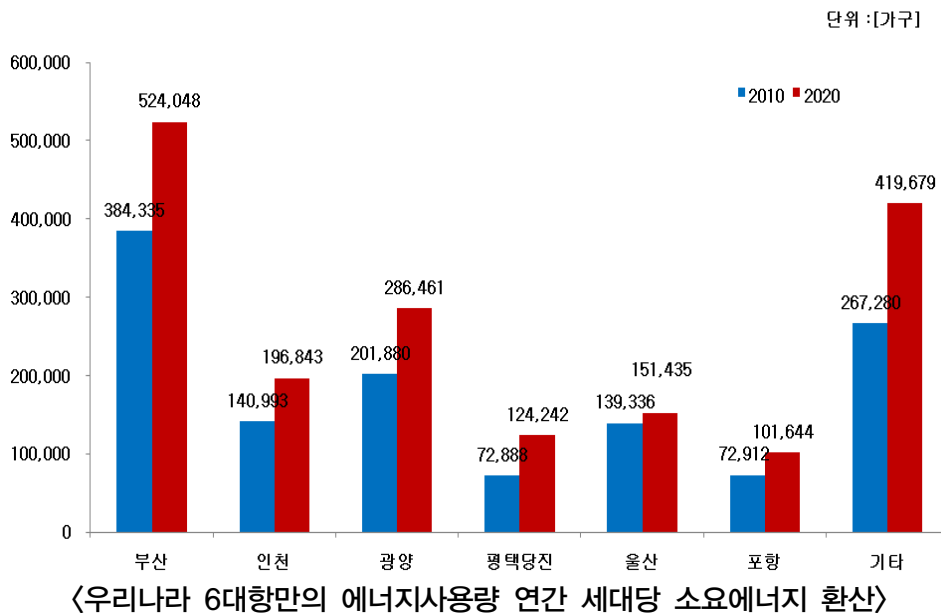


〈우리나라 6대항만의 에너지사용량 연간 자동차 소요에너지 환산〉

- 우리나라 항만에서는 2010년 에너지 사용량은 연간자동차 사용대수 468,472 대에 상당하며, 이중 부산항은 14만대에 상당함
- 우리나라 항만에서는 2020년 에너지 사용량은 연간자동차 사용대수 660,576 대에 상당하며, 2010년도에 비하여 41.0% 증가 예상

(3) 6대 항만별 에너지 사용량을 세대수로 환산한 에너지 사용량

- 우리나라 6대 항만별 에너지 사용량을 연간 세대당 평균 소요에너지로 환산한 결과는 다음 그림과 같음
- 연간 세대당 소요에너지 산출시 월 200 [kWh]사용으로 가정

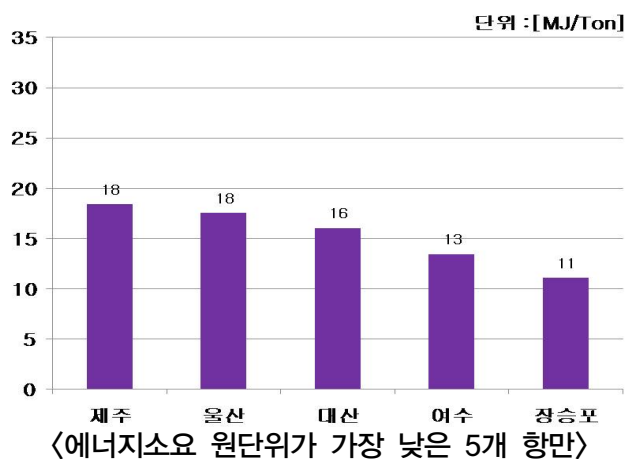
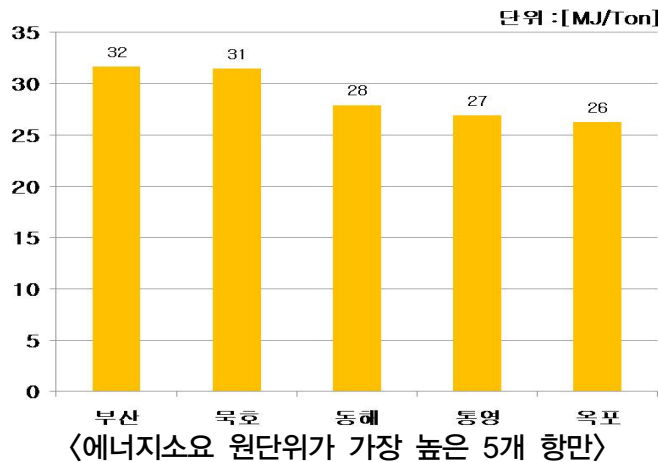


- 우리나라 항만에서의 2010년 에너지 사용량은 총 128만 세대에 상당하며, 2020년 도에는 180만 세대에 상당함

2. 항만의 용도 및 규모에 따른 에너지 소비량 표준화 모델링

가. 우리나라 항만별 에너지 사용 원단위

- 우리나라 전국 항만에서의 각 화물별 처리물동량 자료를 이용하여 각 항만에서의 에너지소비 원단위를 산출하였으며 아래 그림은 에너지소비 원단위가 가장 높은 5개 항만과 에너지소비 원단위가 가장 낮은 5개 항만을 각각 나타냄
- 에너지소비 원단위는 부산 > 목포 > 동해 > 통영 > 옥포 순으로 높게 나타났으며, 부산 이외의 항만은 중·소형항만으로서 에너지소비 원단위가 높은 화물을 처리하는 항만으로 분포



- 에너지소비 원단위는 낮은 항만은 장승포 < 여수 < 대산 < 울산 < 제주 순이며, 비교적 에너지소비 원단위가 낮은 화물을 처리하는 항만으로 분포되어 있음

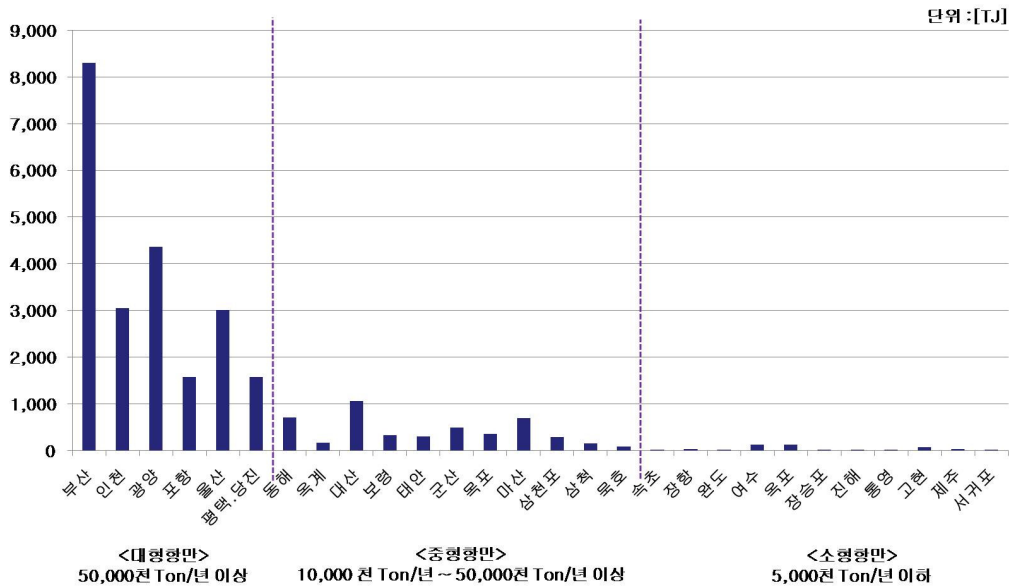
나. 우리나라 항만 규모별 에너지 사용량

- 우리나라 항만규모를 항만시설능력을 기준으로 다음 표와 같이 대형항만은 연간 50백만Ton을 처리하는 항만, 중형항만은 50백만Ton~10백만Ton 처리항만 및 소형항만은 10백만Ton 처리 이하 항만으로 정함

〈항만 규모별 구분〉

	항만 규모(항만시설능력)
대형항만	50,000천Ton/년 이상
중형항만	10,000천Ton/년 이상, 50,000천Ton/년 이하
소형항만	10,000천Ton/년 이하

- 우리나라 항만시설기준을 이용하여 항만규모별로 분류하였으며, 각 항만에서의 에너지 사용량 산출량은 다음 그림과 같음
- 대형항만에서는 부산항이 높게 나타나며, 중형항만에서는 대산항 및 마산항이 상대적으로 에너지 사용량이 많음



〈우리나라 항만 규모별 에너지 사용량〉

다. 우리나라 항만 권역별 에너지 사용량

- 우리나라 항만을 각 권역별로 분류하였으며, 각 항만 권역별 8종 화물 처리물동량을 이용하여 각 항만권역별 에너지 사용량을 도출하였음



〈우리나라 항만의 권역별 현황〉

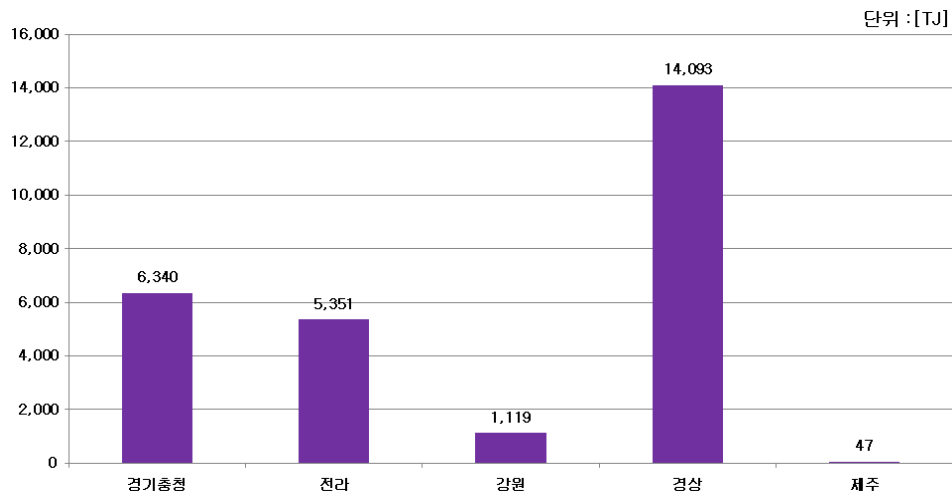
〈우리나라 항만 권역별 에너지 사용량〉

단위: [kl, MWh, GJ]

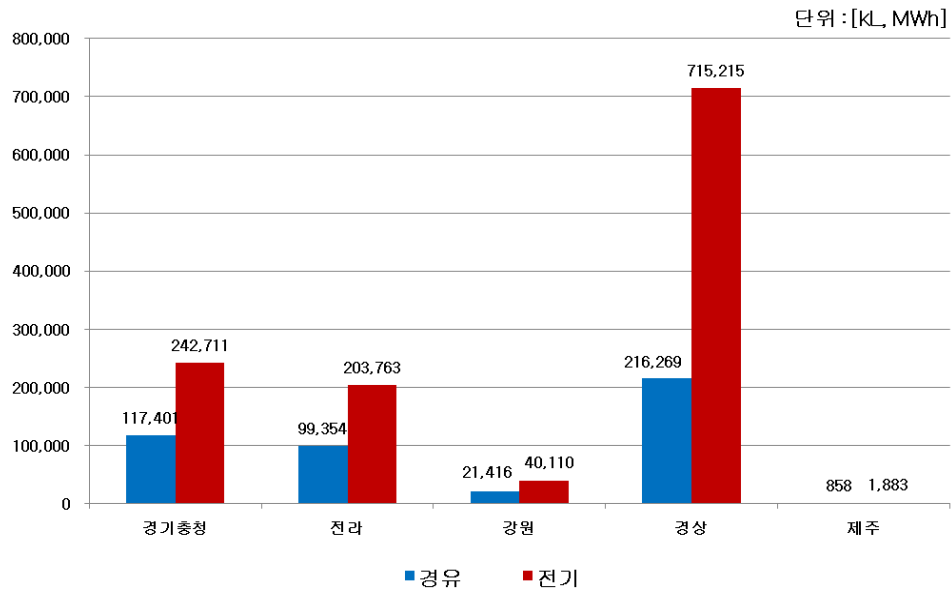
연도		경기충청	전라	강원	경상	제주	기타	총계
2000년	경유	72,226	63,847	16,531	137,889	1,349	18,336	310,209
	전기	115,012	107,897	107,897	356,998	2,011	28,725	642,291
	소계	3,591,924	3,231,252	870,027	8,094,260	65,867	908,678	16,762,008
2005년	경유	80,465	79,860	16,976	185,743	910	16,029	379,983
	전기	152,985	156,086	32,261	596,794	1,717	23,850	963,693
	소계	4,225,308	4,231,835	891,289	11,946,451	47,662	782,079	22,124,624
2010년	경유	117,401	99,354	21,416	216,269	858	14,234	469,532
	전기	242,711	203,763	40,110	715,215	1,883	20,588	1,224,269
	소계	6,340,401	5,350,981	1,119,110	14,092,870	47,310	689,181	27,639,853

- 2010년도 기준 경상권(50.99%) > 경기충청(22.94%) > 전라 (19.36%) > 강원(4.05%) > 제주(0.17%) 순으로 에너지를 사용하였음

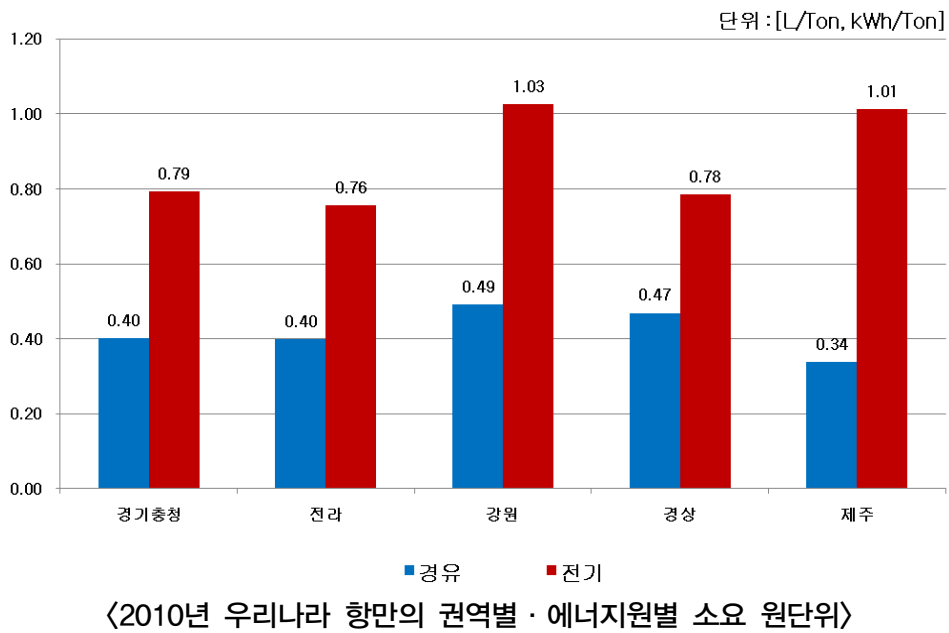
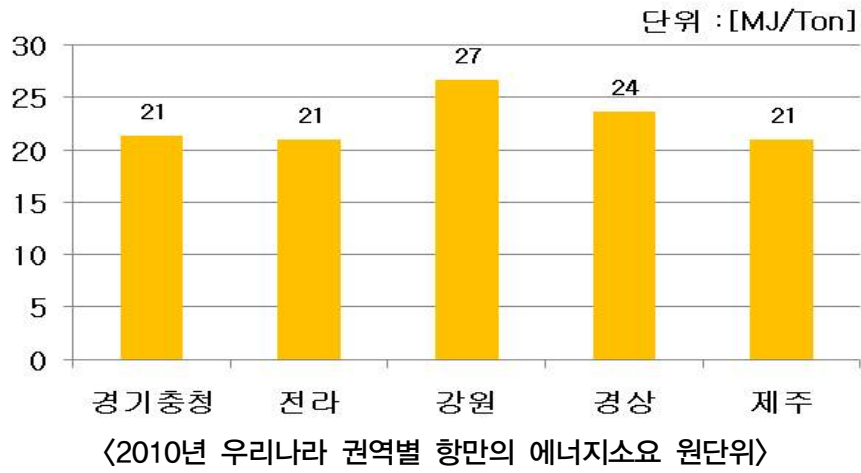
- 2010년도 기준 항만 권역별 처리물동량 비율 대비 에너지사용량 비율은 경상권이 높게 나타났으며, 경기충청권 및 전라권이 상대적으로 낮게 나타났으며, 이는 처리화물 종류에 기인하는 것으로 판단
- 2010년 기준에서 항만권역별 에너지소요 원단위는 강원권이 높게 경상권보다 높게 나타났으며, 이는 에너지소요 원단위가 높은 화물만을 집중적으로 처리한 것임
- 이에 비하여 경상권은 에너지소요 원단위가 높은 화물과 낮은 화물을 같이 처리한 것에 기인함



〈2010년 우리나라 권역별 항만의 에너지 사용량〉



〈2010년 우리나라 항만의 권역별 · 에너지원별 사용량〉



제3장 환경 및 역량 분석

제1절 신재생에너지 부문

1. 기술 동향 및 전망 분석

가. 국내 기술 동향 분석

(1) 해상 풍력 발전

- 국내기업들의 국산 개발 750kW 풍력발전기의 상품화는 완료되었고, 2MW 풍력발전기의 개발 및 실증연구가 진행 중임. 또한, 기술도입을 통한 1.65MW 및 2.5MW 등의 제품개발이 진행 중이며, 3MW급 해상풍력발전기 국산개발이 진행 중에 있는 등 국산기술과 해외도입기술을 이용한 풍력발전시스템 개발이 활발히 진행 중에 있음.
- 해상풍력의 경우 국내 1개 업체에서 3MW급 해상풍력 발전기 개발을 완료하여 실증 중인 상황이며, 그 밖의 업체에서도 해상풍력 발전기 및 전체 시스템 개발 추진 중임.
- 두산중공업은 국내 최초로 3MW급 해상풍력발전기 개발을 완성하고 최근 독일 데비오씨씨(DEWI-OCC) 인증 획득.
- 삼성중공업은 2.5MW급 제품을 생산하고 있으며, 2011년 9월까지 6~7MW급 시제품 제작이 완료 계획.
- 현대중공업은 2010년 글로벌 전력기술 업체인 아메리칸슈퍼컨덕트코퍼레이션(AMSC)과 전략적 제휴를 맺고 5MW급 해상풍력발전기를 공동 개발, 2011년부터 생산을 예정.
- 2MW급 제품을 생산하고 있는 STX도 3~5MW급 풍력발전기를 늦어도 2013년까지 개발할 계획.

〈국내 풍력발전기 용량별 기술개발 현황 (그린에너지 엑스포, 2010)〉

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	비고
풍력발전기	유니슨	750kW급 gearless type 풍력발전기 개발완료 / 상용화	
	효성중공업	750kW급 gearless type 풍력발전기 개발완료 / 상용화	
	한진산업	1.5MW급 풍력발전기 개발완료 / 상용화	
	효성중공업	2MW급 geared type 풍력발전기 개발완료 / 실증 중	
	유니슨	2MW급 PMSG type 풍력발전기 개발완료 / 실증 중	
	두산중공업	3MW급 풍력발전기 개발 완료 / 실증 중	
	현대중공업	1.65MW급 풍력발전기 개발 중	
	삼성중공업	2.5MW급 풍력발전기 개발 중	
	현대로템	2MW급 gearless type 풍력발전기 개발 중	
	효성중공업	5MW급 풍력발전기 개발 중	

〈선진국 대비 국내 요소 기술 수준(그린에너지 전략로드맵, 2009)〉

핵심기술내용		국외 현황	국내 개발 현황	수준
풍력발전 시스템	개념설계 및 통합기술	5MW급 상용화	2MW급 실증단계	80%
	시스템 하중해석 기술	평가항목에 알맞은 S/W의 조합	기술 자립도 부족	80%
	제어시스템 기술	제어 H/W 및 알고리즘 최적화	기술 자립도 부족	70%
	블레이드 기술	로터직경 120m급 개발	로터직경 90m 급 개발완료	75%
	피치/요 베어링 기술	5MW급 용량 개발	2MW급 용량 개발	90%
	증속기 기술	고효율 5MW급 실용화	설계 및 평가 기술 미흡	70%
	발전기 기술	6MW급 발전기 실용화	2MW급 발전기 개발	80%
	PCS 기술	6MW급 PCS 실용화	2MW급 PCS 개발완료	80%
	타워 기술	120m 이상급 하이브리드 타워 설치	80m급 타워 설치	90%
	해상용 기초 기술	부유구조 연구 중	해상 구조물 설계 단계	80%
	주물품 기술	6MW급 주물품 개발	2MW급 주물품 개발	90%
	변압기 기술	해상용 풍력터빈 변압기 개발	2MW Onshore	90%
	시험평가 기술	각 요소별 Lab 시험	시험 인프라 부족	60%
	인증기술	인증제도 보편화 국제 규격제정/참여국 증가	국외 인증 의존 인증 능력 확보 중	70%
	시스템 감시진단 기술	해석 및 계측 통한 시스템 검증 S/W 개발 및 실용화	시스템 감시 기술의 풍력시스템 적용단계	80%

(2) 파력발전

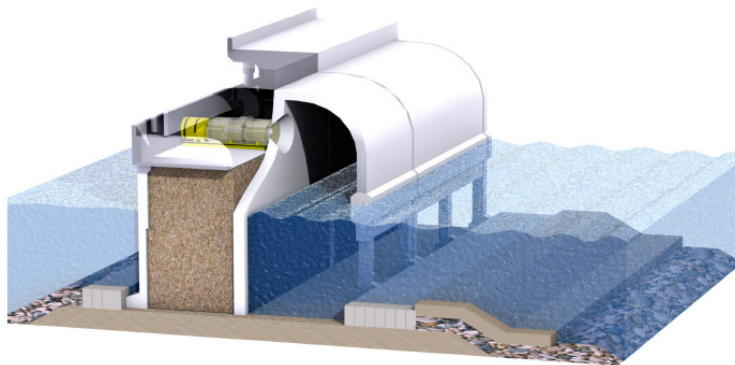
- 한국에서의 파력에너지 기술은 기술개발 및 실증 단계이므로 파력발전장치의 보급 및 전력생산 실적은 아직 없음.
- 국내에서 현재 개발이 진행 중인 파력발전 기술은 천해 연안역 적용에 유리한 착저식 파력발전장치가 주를 이루고 있으며, 케이슨을 이용한 진동수주형 및 수류식 파력발전 방식과 단일공 또는 자켓형의 지지구조물을 이용한 월파형 파력발전 방식도 개발되고 있음
- 60kW급 부유식 진동수주형 파력발전기와 BBDB(Backward Bent Duct Buoy)형 부유식 등부표 파력발전장치의 경우처럼 계류계를 사용하는 부유식 파력발전장치에 대한 연구개발도 수행된 바 있으며, 2011년에 시설용량 500kW급의 착저식 진동수주형 파력발전 실증플랜트의 설치를 계획하고 있음.



〈60kW급 부유식 진동수주형 파력발전기의 실해역 설치 전경〉



〈등부표용 BBDB형 부유식 파력발전장치 실해역 설치〉



〈500kW급 착저식 진동수주형 파력발전장치 개념도〉

(3) 조력 발전

- 조력발전은 조석을 동력원으로 하여 해수면의 상승하강현상에 의해 발생하는 위치에너지를 이용하여 전기를 생산하는 발전방식으로 일정중량의 부체가 받는 부력을 이용하는 부체식, 조위의 상승하강에 따라 밀실에 공기를 압축시키는 압축 공기식, 그리고 방조제를 축조하여 해수저수지(조지,潮池)를 조성하여 발전하는 조지식으로 분류됨.
- 현재 실용화된 조력발전방식은 조지식으로, 강한 조석이 발생하는 큰 하구나 만에 방조제를 설치하여 조지를 만들고 외해수위와 조지내의 수위차를 이용하여 발전함. 발전방식은 일반적으로 조지 수에 따라 단조지식과 복조지식으로 구분되며, 조석의 이용횟수에 따라 단류식과 복류식으로 분류됨.
- 우리나라의 조력발전 기술수준은 2008년 말 기준으로 선진국 대비 약 83.9%, 국산화율 약 85.5%로 평가되고 있으며(한국에너지자원기술평가원, 2009), 주로 단조지 창조(시화) 또는 낙조(가로림만, 인천만, 강화도)식 조력발전 방식을 채택 및 검토하고 있음.
- 현재 2011년에 완공된 세계 최대 시설용량의 254MW급 시화 조력발전소가 있으며, 가로림만(520MW) 조력발전소는 실시설계단계에 있음. 또한, 인천만(1,320MW), 강화도(840MW)에도 조력발전소를 건설할 계획으로 타당성조사 및 기본계획을 수립한 바 있음.



〈시화 조력발전소 조감도〉



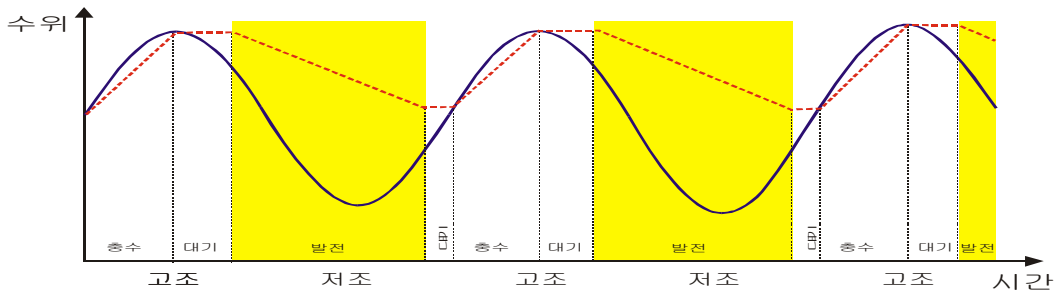
〈가로림 조력발전소 조감도〉



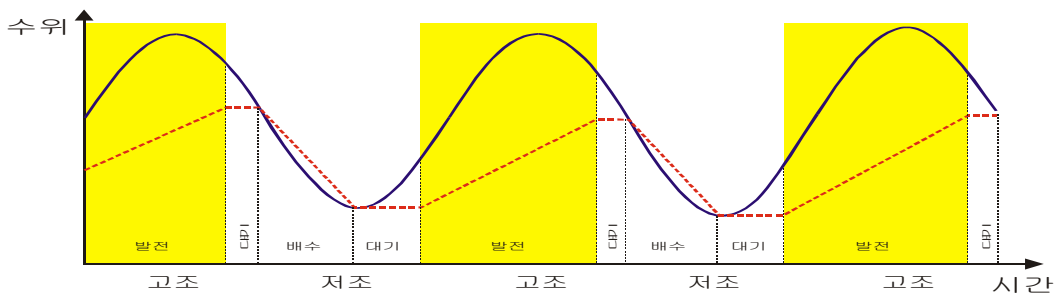
〈인천만 조력발전 조감도〉



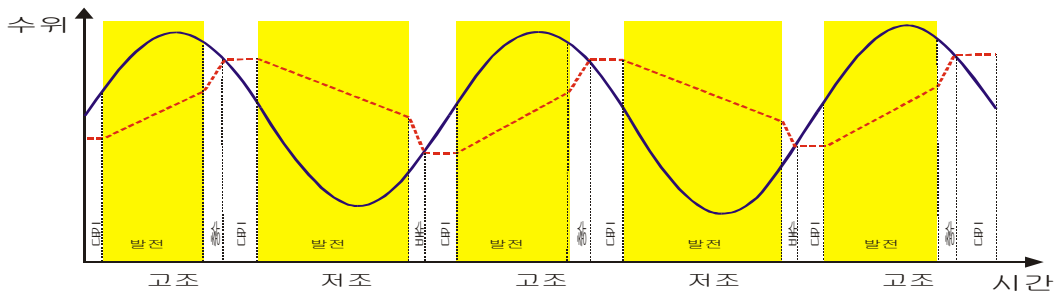
〈강화 조력발전 조감도〉



(a) 낙조식 단류발전



(b) 창조식 단류발전



(c) 복류식 발전

— : 외해수위
 - - - : 조지수위

〈조력발전 발전방식〉

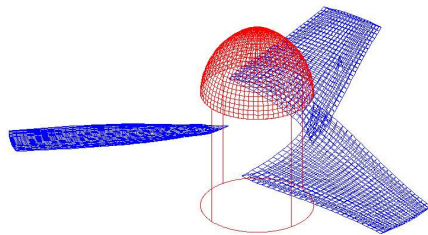
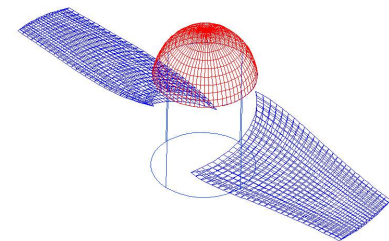
(4) 조류 발전

- 국토해양부 지원에 의해 2003년 울돌목에 해양연구소의 주관으로 헬리칼 조류발전이 건설되고 1MW급 시험조류발전소가 건설됨. 헬리칼 터빈 설계 및 제작 기업이 참여하였으며 전기제어, 발전기 제작 업체가 일부 국산화 제품을 개발하였고, 전력제어 및 모니터링 분야에도 국내 연구소와 기업이 참여함.
- 2006년 고효율 부유식 조류발전 과제는 지식경제부 에너지관리공단 지원으로 시작되었으며 이로 인해 3~4개 기업이 각 요소기술 국산화 연구를 수행 중임.
- 지식경제부 기초전력사업으로써 2006년 인하대학교에서 “인천지역에 적합한 조류발전연구”를 수행하였으며, 저수심용 다수 발전기 설치에 관련한 연구를 통해 수심이 낮은 지역에 적용이 가능한 개념과 여러 대의 증소형 발전기를 설치할 경우 그 간섭에 의한 효율에의 영향을 연구하였다. 또한 조류발전의 여러 블레이드 종류별 효율 및 성능을 연구하고 실험을 통한 결과를 발표함.
- 현재 조류발전설비와 관련하여 구조물 제작, 해양 시공, 터빈 제작 및 계통관련 기업들이 연구 사업에 함께 참여하고 있으며, 2009년 부유식 100kW 조류발전 실증과 2008년 울돌목 헬리칼 시험발전소건설과 더불어 향후 관련 산업체의 본격적인 참여가 전망됨.
- 한국남부발전은 조류발전 원리를 적용하여 하동 발전소 방수로에 헬리칼 발전시설을 2006년 설치하였고, 한국남동발전은 대방수도에 100kW 부유식 조류발전장치를 설치 중이며, 한국중부발전은 완도에 영국의 Lunar Energy의 발전설비를 도입하여 조류발전소를 건설하는 것을 추진 중임.
- 2008년 초에 경상남도 고성군의 삼천포 화력발전소 내부 방류수로에 100kW급 시험 조류 발전소를 설계 시공하여 시운전, 성능평가를 수행 중임.
- 경상남도와 한국남동발전(주)은 2010년부터 500억 원을 투자하여 발전시설을 개발한다는 양해각서를 교환하였는데 이 지역은 유속이 높아 조류발전에 매우 좋은 여건을 갖고 있으며 이 시설이 완성되면 약 2만kW의 전력생산이 가능하리라 예측됨.
- 한국 중부발전은 2008년 3월, 영국 Lunar Energy사와 양해각서를 체결하고, 2015년

까지 300MW 규모의 조류발전단지를 조성할 계획을 세웠으며, 성공적으로 수행될 경우 세계에서 가장 큰 조류발전단지가 될 전망이다.



〈울돌목 조류발전 계획도〉



〈블레이드 특성 연구(인하대학교)〉

(5) 염도차 발전

- 큰 강의 하구에서 담수와 해수가 만날 때, 삼투압 작용으로 농도가 낮은 강물이 농도가 높은 바닷물로 빨려 들어가는 압력을 이용하는 발전방식.
- 삼투압 또는 증기압을 이용하는 방식과 역전기분해에 의한 에너지 전환방식이 연구되고 있으나, 비용이 비싸서 경제성이 낮은 것으로 알려져 있음.
- 해수담수화 분야에서 Forward Osmosis (FO) 기술이 발전하면서, FO 응용기술인 Pressure Retarded Osmosis (PRO) 기술발전이 함께 이루어질 것으로 예상되나 현재까지 국내에서 개발된 기술은 없음.
- 아직 우리나라에서는 염도차 발전가능량에 대한 분석이 이루어진 바 없으나, 우리나라에서 염도차 발전이 가능할 것으로 예상되는 지역은 한강하류의 인천항, 금강하구의 장항항, 군산항, 낙동강 하류의 부산신항이 있음.

(6) 태양광 발전

- 태양전지는 에너지 전환 효율과 제조비용에 따라서 3단계로 구별하며, 결정형 Si (다결정 및 단결정) 태양전지를 I 세대, 화합물 반도체(III-V) 및 박막형 반도체 (a-Si, CdTe, CIGS) 태양전지를 II 세대, 그리고 유기 및 나노 반도체 소재를 이용한 것을 III 세대로 분류.

〈태양전지의 세대 간 기술 분류 및 특징〉

세대구분	1세대		2세대				3세대		
구분	결정형		박막형						
	단결정 Si	다결정 Si	III-V	박막 Si	CdTe	CIGS	염료감응	유기	나노
시장 점유율	42%	43%	<0.1%	12%	2.7%	0.2%	<0.1%	<0.1%	
모듈 효율	15%	12%	35%	8%	10%	12%	7%	<5%	
특징	신뢰성 확보, 안정된 생산공정		고효율	생산단가 저렴			생산단가 매우 저렴		
	고비용 공정, 소재 가격인하 한계		고비용 소재	저효율/내구성	독성 소재	고비용 소재	내구성 미확보	저효율	신개념

- 국내에서는 한국과학기술원에서 태양전지의 성능에 큰 영향을 미치는 pi 계면의 특성을 향상시키기 위하여 다양한 완충층 물질을 개발하고 물리적인 메커니즘을 규명, 초기효율 12%인 세계적인 수준의 태양전지 제작 기술을 보유.

- 90년대 중반부터 연구가 진행된 CIS(구리·인듐·황)/CIGS(구리·인듐·갈륨·셀레늄) 박막태양전지의 경우 최근 한국에너지기술연구원과 한국과학기술원의 공동연구를 통하여 태양전지 효율 17.6%를 달성.
- 국내 염료감응 태양전지는 각 요소 기술별로 분산 연구개발을 수행하고 있는 실정이며, 최근 요소기술들이 융합되어 고효율 신뢰성 있는 소자 개발을 위한 종합적인 체계를 구축하고 있음.
- 염료감응 태양전지는 KIST(한국과학기술연구원), ETRI(한국전자통신연구원), KRICT(한국화학연구원) 등에서 연구를 수행 중이며, KIST는 세계적 수준인 효율 11%의 염료감응 태양전지 요소기술을 확보하고 있음.
- 한국에너지기술연구원이 KAIST, 서울대학교의 연구팀과 공동으로 모든 단위 박막을 형성할 수 있는 장치를 구축하여 3단계 동시증발법 공정으로 실험실에서 소면적 태양전지에서 효율 15.4%를 달성한 바 있다. 그리고 이원화합물의 동시증발에서는 효율 13.4%를 달성하였으며, 동시 스퍼터링에 의한 Cu-In-Ga 합금 제조 및 셀렌화에 의한 CIGS 광흡수층 제조에 대한 공정 연구도 일부 추진된 바 있으나 아직 만족할 만한 효율을 얻지 못하고 있음.
- 유기전자 태양전지의 경우 2007년에 광주과학기술원에서 적층기법으로 티타늄 고분자 태양전지를 제작하여 셀 단위에서 세계최고수준인 6.5%의 효율을 달성, 상용화를 위한 공정기술은 아직 부족한 실적임.



〈염료감응 태양전지 기반의 투명 컬러 태양전지 창〉

- 한국에너지기술연구원에서 80년대 중반 3인치 단결정 및 다결정 실리콘 기판을 사용하여 결정계 실리콘 태양전지 기초연구를 수행하였으며, 시제품을 사용하여 광전자 연구소에서 실리콘 레진 방식으로 13W급 소형 태양전지 모듈 시제품 제작.
- 90년대 삼성전자 및 LS산전에서 0.5 MW/year 규모의 pilot line으로 등대용등 소규모 민수용 태양전지모듈 생산판매 하였음.
- 2001년 이전까지 국내에서는 태양전지모듈에 대한 연구개발이 전혀 없었으며, 2001년 한국에너지기술연구원에서 pilot 규모의 연구기반 구축을 시작으로 태양전지 모듈 연구 개발 본격 추진.
- 한국에너지기술연구원에서 BIPV(Building Integrated Photovoltaics)용 태양전지모듈 연구개발 과제 및 에스에너지에서 수행중인 지붕형 모듈 연구개발을 통하여 건물적용 태양전지 모듈제조 기술력 확보.
- 2008년 4월 현재 국내에서 태양광발전 사업을 하고 있거나 선언한 업체(설치분야 제외)의 수는 총47개사에 달하고 있으며, 이들 업체 중 대부분(전체의 46%)은 1세대 결정형 실리콘(Si) 소재분야에 집중되어 있으며, 대표적인 업체는 소디프신 소재(모노실란), 동양제철화학(폴리실리콘), 웅진에너지(잉곳), 스마트에이스(웨이퍼) 등이 있음.
- 태양전지 셀을 생산하는 업체는 11개 사에 불과하며, KPE, 현대중공업 등이 결정형 Si 태양전지를 생산하고 있음.
- 박막형 태양전지 생산을 목표로 하고 있는 업체는 5개 사이며, 그나마 차세대 소재로 인식되고 있는 CIGS 태양전지 생산을 고려하고 있는 업체는 단 두 회사뿐임.
- 실리콘 소재와 더불어 기술 장벽이 상대적으로 낮은 모듈 분야에는 에스에너지 등 11개의 업체가 몰려 있음.
- 공정 장비업체로서는 아바코, 주성엔지니어링 등 5개 업체가 있음.
- 최근 대기업에서도 태양광 발전 산업에 진출하여, LG Micron은 KIER와 CIGS 태양전지 기술 이전 협약을 체결하고, 현재 대면적 CIGS 상용화 사업 진행 중이며, 삼성전자(LCD 총괄)에서 CIGS 태양전지를 포함한 다양한 박막형 태양전지 연구를 수행 중에 있음.

〈국내 태양광 산업 관련 주요 업체 현황〉

분야	주요 업체명	업체 수	비고
소재(Si)	원재료	1	모노실란
		3	폴리실리콘
	잉곳	9	다결정 (렉서, 심포니에너지)
	웨이퍼	8	다결정 (켈리플로나라테크)
셀	결정형	6	
	박막형	5	CIGS: LG마이크론, 텔리오솔라
모듈	현대중공업, 에스에너지, 심포니에너지, (주)에타솔라, 경동솔라, 쏠라 테크, LG산전, Unison, 이견창호, 미리넷솔라, 경남알미늄	11	
장비	공정	3	Sputter, CVD, Etcher 등
	부품	1	성장장치용 흑연부품 및 SiC wafer

(7) 지열 발전

- 지열 에너지를 활용하는 방법은 직접이용과 간접이용 기술로 분류할 수 있음. 직접이용은 중, 저온 에너지(10-20℃)를 열펌프나 냉동기와 같은 에너지 변환기기의 열원으로 공급하여 건물 냉난방, 도로 융설, 지역난방 등에 활용하는 기술을 의미함. 반면, 간접 이용 기술은 심부지열 중 80℃ 이상의 고온수나 증기를 끌어올려 전기를 생산하기 위한 지열 발전(geothermal power plant)에 활용하는 기술임.
- 지열 발전(geothermal power generation)이란 시추공을 통하여 지하에 저류되어 있는 지열 유체를 분출시키거나 물을 주입시켜 고온의 물이나 수증기를 뽑아낸 후, 그 열에너지를 전기에너지로 변화하는 발전 방식임.
- 국내에서 지열 관련 업체가 사업을 시작한 것은 2000년 무렵이며, 열교환기 설치 면적 문제로 대부분 업체가 수직형 지중열교환기를 시공하고 있음. 현재는 (주)지오테크, 가스기술공사 등 100여개가 넘는 업체가 전문기업으로 활동 중에 있음.
- 국내에서는 내륙에서 3~10km의 심부 굴착이 가능한 기술개발이 이루어져야 하지만, 기존 굴착 업체들의 기술 수준은 아직 2.5km 심도 안팎의 굴착심도로서 지열 발전을 위한 충분한 심도를 굴착할 수 있는 기술을 보유하고 있지는 않음.
- 국내에서는 아직 지열 발전을 전문적으로 수행하는 기업은 없으나 1992년 현대엔

지니어링에서 인도네시아의 지열발전소 건설을 수행하였으므로 지열발전 설비
부문의 기술력은 어느 정도 보유하고 있는 것으로 판단됨.

(8) 해양바이오에너지

- 국내의 바이오 에너지에 대한 연구는 1970년대 초부터 대학과 연구소를 중심으로
연구 시작. 바이오에탄올, 메탄가스화 기술 위주로 추진되었으며, 1990년대부터
는 바이오디젤 및 바이오수소 생산기술 개발 등이 주요 연구 분야로 추진됨.
- 우리나라는 현재 오랜 연구를 통해 육상에서의 바이오디젤을 생산하기 위한 관련
된 기술들은 세계적 수준에 도달하였으며, 전분질계 에탄올 연료, 메탄발효, 바이
오고형연료는 이미 개발이 끝났으며, 바이오디젤 관련기술은 기술 개발 활동이
지속되어 상용화 단계
- 바이오매스에서 바이오에탄올이나 바이오디젤을 만드는 국내기술은 어느 정도
선진국 수준에 도달함.
- 해양생물인 해조류나 미세조류로부터 해양바이오에너지 생산의 실현 가능성이
가장 높은 것으로 보고되었으며, 우리나라 해조류 양식은 세계 최고의 수준이며,
미세조류의 대량배양도 높은 기술수준을 나타내고 있으므로 해양생물로부터 바
이오에너지 생산의 실현가능성은 높음.
- 우리나라는 2000년대 들어 특허활동이 활발하며, 특히 미세조류 분야, 거대조류
분야에서 활발하며, 미세조류와 대형해조류를 이용한 앞의 기술들을 앞세워 상
용화 단계와 연결되어 있는 ‘바이오연료 기술’만 더 개발시킨다면, 바이오에너지
선진국 대열에 빠르게 진입 가능할 것으로 판단됨.

나. 국외 기술 동향 분석

(1) 해상 풍력 발전

- 유럽은 기술영역의 핵심역량 확보를 위한 Framework Project, 구성기기 신뢰성 모
니터링 및 가격 경쟁력 향상을 위한 ReilaWind, 초대형(8~10MW) 풍력시스템의
설계를 목표로 하는 UPWIND 프로젝트를 통하여 연구를 진행하고 있음(그린에

너지 전략로드맵, 2009)

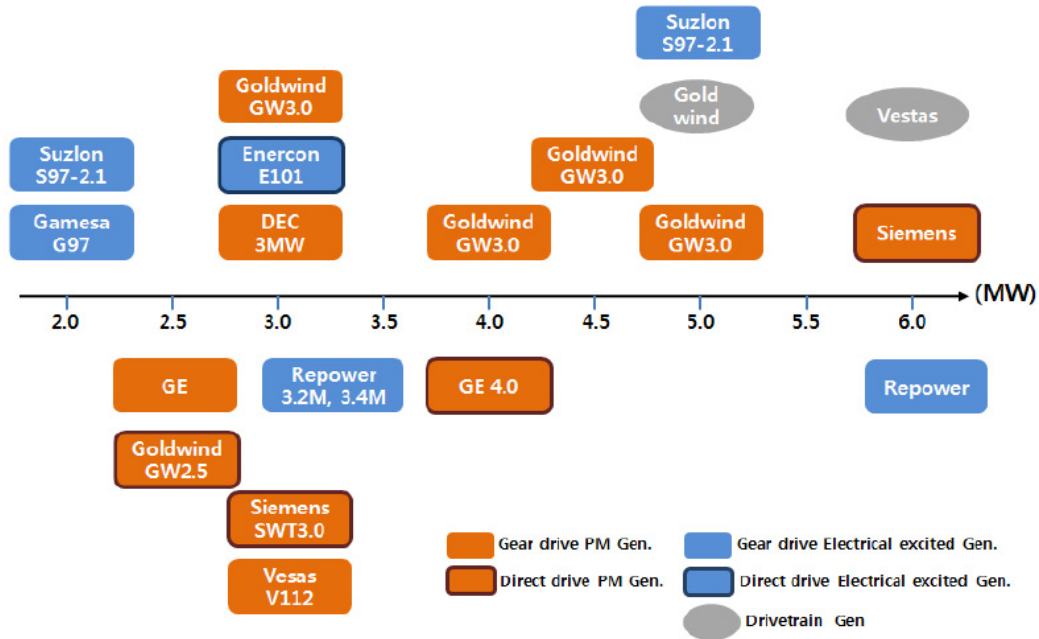
- UPWIND 프로젝트는 EU 레벨에서 체결된 대규모 풍력 프로젝트로 2006년 초부터 Risa National Laboratory 등을 중심으로 한 38개의 업체 및 연구소가 참여하고 있음(그린에너지 전략로드맵, 2009)
- 미국은 DOE Wind Energy 프로그램에 의해 풍력시스템의 발전 원가 절감, 성능 및 안정성 향상과 관련된 기술개발을 진행 중임(그린에너지 전략로드맵, 2009)

<해외 풍력발전기 업체별 기술개발 현황>

세부기술	업체명(국적)	보유 기술 또는 특허	비고
대형 풍력터빈 생산기술	Vestas (덴마크)	5MW급 풍력발전기 개발 완료 / 실증 중	기술수준 책정기준 • 2.5MW급 이하 생산 중 : 80% • 2.5MW급 이상 생산 중 : 85% • 3.0MW급 이상 개발 중 : 90% • 3.0MW급 이상 생산 중 : 95% • 4.0MW급 이상 생산 or 개발중 : 100%
	Gamesa (스페인)	4.5MW급 풍력발전기 개발 완료	
	GE Wind (미국)	5~7MW급 해상 풍력발전기 개발 중	
	Repower (독일)	5MW급 개발 완료 / 상용화 해상용 6MW급 개발 중	
	Enercon (독일)	6MW급 개발 완료 / 실증 중	
	Nordex (독일)	2.5MW급 풍력발전기 생산 중	
	Suzlon (인도)	2.1MW급 풍력발전기 생산 중	
	Siemens (덴마크)	3.6MW급 풍력발전기 생산 중	
	Acciona (스페인)	3MW급 풍력발전기 생산 중	
	Mitsubishi (일본)	6MW급 해상 풍력발전기 개발 중	

〈유럽의 상업운전 해상풍력 현황, 2009. 01 기준 (한국전력공사, 2009)〉

Wind farm	Nation	Year built	Capacity (MW)	Total cost (million)	Depth (m)	Developer	Foundation type	Turbine manufacturer	Turbine size (MW)	Hub Height (m)	Distance to shore (km)
Vindeby	DK	1991	5	11,2	3,5	SEAS	gravity	Bonus	0,45	38	1,5
Lely	NL	1994	2	4,8	7,5	Energie Nord West	mono	NED Wind	0,5	39	0,8
Tuno Knob	DK	1995	5	11,2	4	Midkraft		Vestas	0,5	40,5	3
Dronten	NL	1996	11	28,6	1,5	Nuon	mono	Nordtank	0,6	50	0,03
Bockstigen	SDN	1997	3	4,8	6		mono	wind world	0,55	41,5	
Blyth	UK	2000	4	7	8,5	Nuon, Shell, E.ON		Vestas	2	69	1
Middlegrunden	DK	2001	40	53	6	Energie E2	gravity	Bonus	2	64	2
Utgrunden	SDN	2001	10	14	8,6	Vattenfall	mono	Enron	1,425		
Yttre Stengrund	SDN	2001	10	18	8	Vattenfall	mono	NEG	2	60	
Horns Rev	DK	2002	160	500	10	Vattenfall	mono	Vestas	2	70	14
Nysted	DK	2003	165	373	7,75	DONG	gravity	Bonus	2,3	70	10
Samsø	DK	2003	23	52	20		mono	Bonus	2,3	63	3,5
North Hoyle	UK	2003	60	148	12	npower	mono	Vestas	2	67	7
Ronland	DK	2003	17,2	26	1			Bonus/Vestas	2,3	78	0,1
Scroby Sands	UK	2004	60	155	16,5	E.ON	mono	Vestas	2	68	2,5
Arklow	IRE	2004	25	70	3,5	Airtricity	mono	GE	3,6	74	10
Ems Emden	GMN	2004	4,5		3	Enova		Enercon	4,5	100	0,04
Kentish Flats	UK	2005	90	217	5	Vattenfall	mono	Vestas	3	70	10
Barrow	UK	2006	90	190	17,5	DONG	mono	Vestas	3	75	7,5
Egmond aan Zee	NL	2006	108	334	18	Nuon	mono	Vestas	3	70	10
Rostock	GMN	2006	2,5		2			Nordex	2,5	80	0,5
Burbo Bank	UK	2007	90	185	5	DONG	mono	Siemens	3,6	83,5	6,5
Beatrice	UK	2007	10	70	45	Talisman	Jacket	Repower	5	88	22
Lillgrund	SDN	2007	110	300	7	Vattenfall	gravity	Siemens	2,3	69	10
Ø7 (Princess Amalia)	NL	2007	120	590	21,5	Econcern	mono	Vestas	2	59	23
Thronton Bank	BEL	2008	30	197	20	C-Power	gravity	Repower	5	94	28
Kemi Ajos	FIN	2008	24			PVO-Innopower	Artificial island	WinWind	3	88	<1
Inner Dowsing	UK	2008	97	300	10	Centrica	mono	Siemens	3,6	80	5,2
Lynn	UK	2008	97	300	10	Centrica	mono	Siemens	3,6	80	5,2
Brindisi	ITL	2008	0,08		108	Blue H	Floating		0,08		20
Hooksiel	GMN	2008	5		2-8	BARD	Tripod	Enercon	5		<1



자료 : New Energy Finance(2010)

〈주요 풍력터빈 업체 제품개발 현황(2010년 기준)〉

- Vestas, Siemens 등 풍력 메이저 업체들은 6MW급 해상풍력터빈을 개발하여 시험 가동 중
- 중국 업체인 Goldwind도 2010년 5.0MW급 풍력터빈을 개발하여 2.5~ 5.0MW에 걸친 제품 포트폴리오를 구축함

(2) 파력발전

- 유럽에서는 1991년 EC가 공식적으로 해양에너지 분야를 신재생에너지 R&D 사업에 추가하면서 활발한 파력에너지 연구가 이루어져 왔고, 30여 개 이상의 프로젝트가 수행되었음.
- 지금까지의 상용화 사례는 대부분 소규모 발전소이나 2000년대 후반에 이르러 유럽뿐만 아니라 미국, 캐나다, 한국, 호주, 뉴질랜드, 브라질, 칠레, 멕시코 등을 중심으로 파력에너지 기술개발이 급격히 증가하고 연구가 활발하게 진행되고 있음.

○ 영국의 파력에너지 기술개발 현황

- 2000년에 설치된 영국 WaveGen사의 LIMPET은 500kW급 고정식 진동수주형 파력발전장치로 스코틀랜드의 Islay섬에서 설치되어 운용 중인 육전에 연결된 최초의 상용발전소임.
- 영국 WaveGen사의 Siadar Wave Energy Project(SWEP)는 2010년 스코틀랜드 Lewis섬 Siadar에 파력발전소 설치를 계획하는 것으로서, 길이 250m의 방파제에 40개의 100kW급 OWC(Oscillating Water Column) 파력발전터빈을 설치하여 총 4MW의 발전 단지를 조성하는 것을 목적으로 함.
- 영국 Ocean Power Delivery사의 Pelamis는 단위 모듈당 750kW 출력의 부유식 가동 물체형 파력발전장치로 실험역 실험 완료하였고, 22.5MW 규모의 상용단지를 구축할 계획임(단위 모듈당 2~3백만\$가 소요).
- 영국 Ocean Energy사의 AWS(Archimedes Wave Swing)는 2~3MW급의 부유식 가동 물체형 파력발전장치로 2004년 포르투갈 North of Porto 해역에서 실험역 실험을 완료하였고, 현재 상용화를 위한 최적화 연구를 수행하고 있음.



출처: <http://www.waterpowermagazine.com/>

〈영국 AWS Ocean Energy의 파력발전장치 AWS〉

- 덴마크 SPOK ApS의 Wave Dragon은 2005년 현재 실험역 실험이 진행 중인 20kW급 부유 월파형 파력발전장치로 향후 4MW 규모의 상용플랜트를 설치할 계획.
- 호주 Energetech사의 Energetech는 해역조건에 따라 변동하는 발전용량 0.5~2MW급의 고정식 파력발전장치로, 실증플랜트 실험역 실험이 완료되면 Kembla 항에 건설 예정 (단위 모듈당 2.5~3.0백만\$ 소요).

- 미국의 Aqua Energy Group이 개발한 Aqua Buoy는 250kW급 부유식 가동물체형 파력발전장치로 실험실 시험을 완료하고 2006년 상용화할 계획(단위 모듈당 3.0백만\$ 소요).
- 일본 JAMSTEC이 개발한 Mighty Whale은 110kW 발전용량의 부유식 진동수주형 파력발전장치로 2004년 미에현에서 실험실 시험을 완료.
- 캐나다의 파력에너지 기술개발 현황
 - SyncWave의 파력발전 프로젝트는 Tofino 인근 지역에 수행될 계획.
 - Canoe Pass Commercialization Project를 통해 Quadra Island와 Maude Island 사이의 tidal channel에 2개의 250kW급 조력발전 터빈을 설치할 계획.
 - Pacific Coastal Wave Energy Corp.는 Ucluelet 지방과의 파트너십을 통해 4MW 급의 파력발전 실증화 테스트를 수행할 계획.
- 대만은 현재 파력에너지 발전에 적합한 지역을 발굴하고, 2011년까지 파력에너지 변환 기술을 실험실에서 테스트하기 위한 준비를 진행 중이며, 이 계획이 성공적으로 수행될 경우, 2025년까지 75MW 규모의 파력에너지 발전시설을 확보할 것으로 전망.

(3) 조력 발전

- 프랑스는 1968년부터 240MW급 Rance 조력발전소를 운영(복류식)하여 연간 약 640GWh의 전기를 생산 중이며, 캐나다는 1984년부터 20MW급 Annapolis 시험 조력발전소를 운영하여 연간 약 30GWh의 전기를 생산하고 있음.
- 러시아는 1968년 Kislaya-Guba에 시설용량 400kW의 시험 조력발전소를 건설하여 운영하고 있으며, 2007년부터 Kislaya Bay의 새로운 시험 조력발전소를 건설하여 GidroOGK에서 개발한 1.5MW급 수직축 조력발전용 수차의 실증실험을 진행 중에 있음.
- 중국은 1958년 40개의 소규모 조력발전소(총 12kW)를 운영하였으며, 현재는 1980년대에 건설한 3.2MW급 Jiangxia 및 1.3MW급 Xingfuyang 조력발전소 등 총 7개의 조력발전소를 운영 중에 있음.



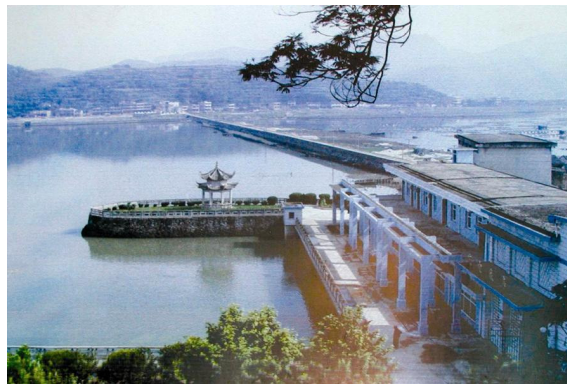
〈Rance 조력발전소〉



〈Annapolis 조력발전소〉



〈Kislaya Guba 조력발전소〉



〈Jiangxia 조력발전소〉

(4) 조류 발전

- 미국에서는 2010년까지 13.1%의 대체에너지 보급비율을 목표로 대체에너지 연구에 박차를 가하고 있음. 조류발전시스템은 영국이나 캐나다에 비해 많은 연구가 되고 있지는 않으나 Tidal Electric Inc.에서는 독자적인 기술을 개발하여 대상지역을 연구하고 있음.
- Alaska, Chile, Europe, India, Mexico에 이미 Project를 수주하여 실용화 시설을 연구하고 있으며 HAT 형태와 달리 헬리칼 발전기에 대한 연구도 활발하게 하고 있다.
- 1995년 미국 Northeastern대학의 Gorlov박사에 의해 개발된 헬리칼 터빈(helical turbine)이 개발되었고, Northeastern 대학의 Helical Turbine, M.I.T의 Schneider Turbine등이 개발되어 실험역 시험발전을 실시함.



〈헬리칼 수차를 이용한 조류발전 (미국)〉

- 미국의 Tidal Electric Inc.는 여러 가지 수차개발을 완료하였고 독자적인 모델로 사업화를 시도하고 있으며 최근에는 멕시코 Tijuana 지역에 조류발전을 설치하기 위해 합의 함.
- 미국의 Verdant Power사는 뉴욕의 동쪽 강변에 약 4.5Million 달러를 투자하여 조류발전을 계획하고 있으며 해저에 6기의 발전기를 설치하여 200kW 전력생산을 계획 중임.



〈Verdant Power 조류발전 조감도〉

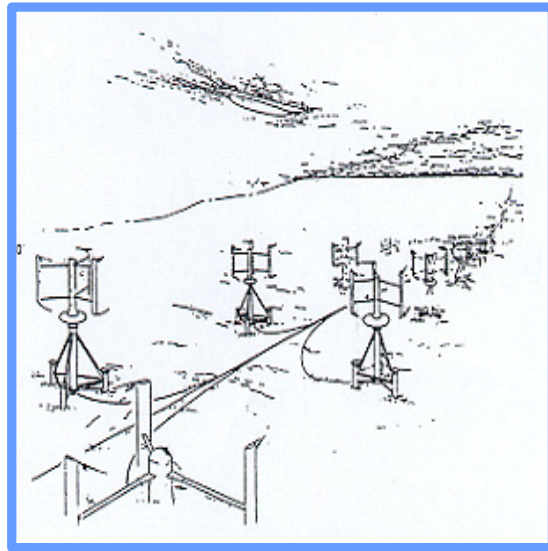
- 캐나다에서는 정부(National Research Council of Canada)의 지원으로 대체에너지 관련 연구가 오랫동안 꾸준히 진행되어 왔으며 The bay of Fundy에서 이미 발전 시스템을 설치하여 가동 중이다. 관련 대체에너지 개발 기술은 이미 실용화 단계로 접어들었으며 전문적인 대체에너지 회사들이 사업을 수행 중임.
- 캐나다 회사에서 Davis Turbine도 실용화 단계까지 개발이 완료되었고, 이들은 특히 기존의 조류발전 수차발전기에 비해 발전효율 측면에서 최고 약 50% 이상 향상된 성능을 보여준다고 발표함.
- 캐나다의 Blue Energy Canada Inc. 에서는 자체적인 Davis 터빈을 개발하여 필리핀, 멕시코 등지에 기술을 수출하여 시설물을 설치함.



〈Davis Turbine〉

- 2006년 캐나다의 빅토리아에서 약 10마일 남서쪽에 위치한 Race Rocks지역에 4Million의 비용을 들인 조류발전 시설이 건설 중이며, 약 20미터 수심 지역에 설치되는 발전설비는 65kW 발전기를 해양환경에서 실험하고 신뢰성을 입증할 예정이다며 이를 근거로 상용화를 계획 중임.
- 캐나다 캘거리에 있는 EnCana Corp 회사는 약 27억 (미화 3백만 달러)을 투자하여 해양환경에 최적인 조류발전 연구를 하고 있으며, Canoe Pass사는 250kW에서 500kW급 시험 발전을 2006년 완료하고 2007년 이후 상용화 시설을 공급할 계획에 따라 프로젝트를 추진 중임.

- 일본에서는 Nihon 대학을 중심으로 Darrieus 터빈을 이용한 조류발전시스템 연구가 1980년대부터 수행되어 왔으나 현재까지 실용화나 현장 적용에 대한 계획은 없음. 2020년 까지 온실가스 25% 삭감을 목표로 대체에너지 보급비율 확대를 위해 여러 가지 종류의 대체에너지 연구를 수행하고 있으며 조류발전 시스템은 1984년부터 연구가 시작되었고 조력발전과 연계하여 타당성 조사가 이루어졌다. 특히 Darrieus 터빈을 도입하여 많은 실험이 수행됨.



〈Darrieus 터빈 응용 개념도〉

- 필리핀에서는 1999년 5월 San Bernardino Strait에 캐나다의 Blue Energy Canada Inc.와 2,200MW 조류발전 시스템 개발을 추진하기로 합의 하였으며, 50년 동안 발전을 계획 중임.
- 영국에서는 1990년대 초부터 활발히 조류발전을 비롯한 대체에너지 연구가 진행되고 있으며, 모형실험 및 수치 시뮬레이션을 토대로 영국 남서부 Severn강 하구에 타당성 검사를 실시하고 실험 가동 중임.
- 영국 Scotland의 Glasgow, Strathclyde 및 Edinburg대학을 중심으로 해양에너지 연구가 활발히 진행되고 있고 현재는 EU 과제인 Supergen Project를 수행 중임.
- 영국에서는 2020년까지 스코틀랜드 에너지의 40%를 대체에너지로 공급한다는 정부의 확고한 정책과 지원으로 현재 많은 회사들이 창업되었고 관련 산업도 활

발히 팽창하고 있으며 특히 스코틀랜드 북쪽 빠른 조류가 있는 지역에 대규모 조류발전 단지를 계획하여 건설 중임.

- 영국에서는 2003년에는 5년 동안 5백만 유로를 투입하여 SEAFLOW과제를 성공적으로 완료하고 영국 남서부의 Lynmouth 지역의 Foreland Point 해안에 300kW급 파이로트 발전 시스템을 설치함.



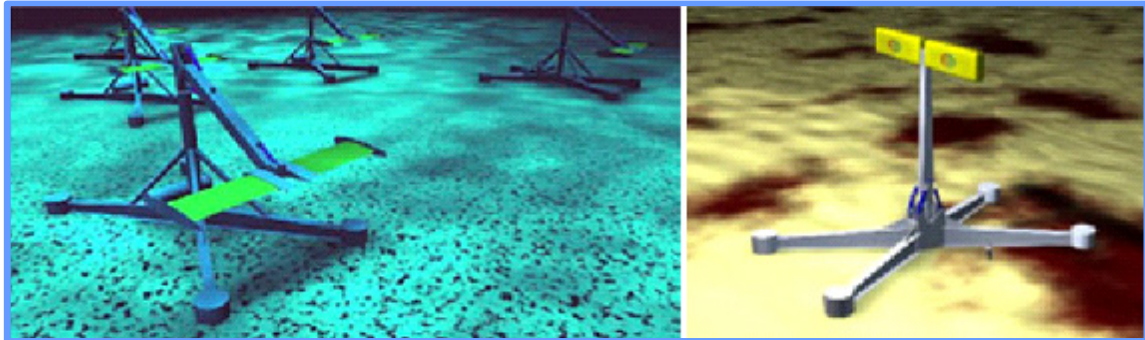
〈Seaflow 조류 발전〉

- 영국의 SeaGen 프로젝트에 의해 MCT사는 북아일랜드의 Stranford Narrows지역에 설치할 예정이며 영국 통상산업성의 지원을 받아 150억 원이 투입된 1.0MW 상업발전이 건설 중임. 향후 SeaGen의 운용과 성능개선을 통하여 1평방 킬로 당 약 37기의 설비를 설치할 계획.



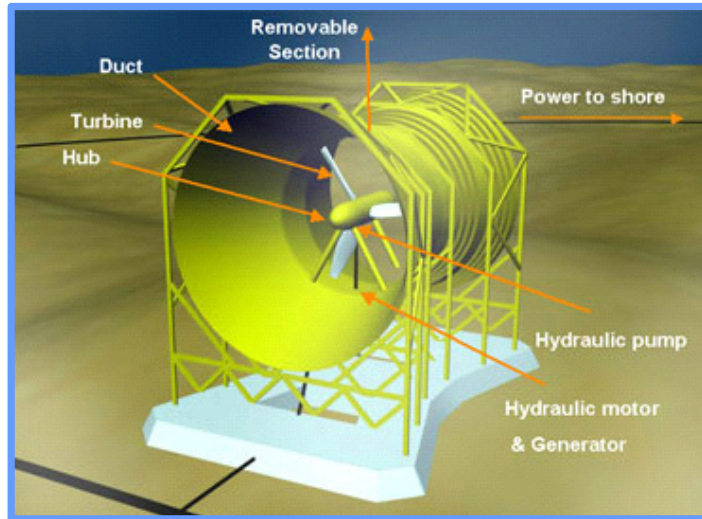
〈SeaGen 프로젝트 개념도〉

- 영국의 EB (Engineering Business)사는 2002년 Yell Sound 해역 35m 수심에서 150kW Stingray (가오리) 터빈형태의 조류발전 실험을 성공리에 수행하였으며 The Engineering Business (EB)사는 수심 100미터 내에서 설치가 가능한 Stingray 조류발전 시스템을 개발함.



〈Stingray 조류발전〉

- 영국 SMD Hydrovision사는 2개의 500kW급 로터를 사용한 부유식 조류발전을 시도하였으며, 이는 자체 부력으로 물위에 뜨며 해저에 계류체인으로 고정되고, 조류의 입사 방향 변화에 자체적으로 방향을 조절할 수가 있어 발전 효율을 높일 수 있는 장점이 있고 장치를 위한 추가적인 구조물이 필요 없는 특징을 가짐.
- 영국의 Lunar Energy사는 독자적으로 개발한 덕트형 조류발전장치를 개발하여 프로토타입의 현장 실험을 2007년 수행하였고, 추후 대형 용량으로 개발하여 현장에 투입할 계획을 갖고 있다. 한국의 전라도 완도지역에 적용하기 위해 한국 남부발전(주)과 전라남도과 협의가 진행되었던 것으로 알려짐.



〈Lunar Energy사의 조류발전 장치〉

- 영국 스코틀랜드의 University of Strathclyde 대학에서는 Contra rotating marine current turbine을 개발하였고, 2006년 2.5미터 프로토타입 실험을 실험역에서 성공리에 수행함.
- 영국의 EMEC에서 시도된 조류발전설비는 open hydro사의 원형 제트엔진 터빈 형태로 2006년 조류발전 실험역 실험을 수행한 바 있음.



〈Open hydro사의 원형 터빈〉

- 덴마크에서는 Seaflo에 의해 200kW급 조류발전설비가 2003년에 완성되었으며(phase 1), SeaGen사에 의해 1MW급 1기가 2007년 완성되었고(phase 2), 2007년부터 3기 이상의 설치를 추진(Phase 3) 중임.
- 노르웨이의 Hammerfest사는 세계 최초로 2003년 100kW급 조류발전 프로펠라형 수차를 개발하여 현장 실험을 실시하였고 생산된 전력을 그리드 시스템에 연결하는데 성공하였으며 그 후 시리즈로 13.3MW 조류발전을 계획 중임.



〈100kW 급 조류발전 프로펠라형 수차 (노르웨이)〉

- 노르웨이의 Kvalsundet는 2003년 0.3MW 조류발전 설치완료(Phase 1)하고, 2005/6년 0.7MW(Phase 2)에 이어 13.3MW(Phase 3) 조류발전을 계획하고 추진 중임.
- 호주의 G.I.Connection사에서는 후보지 해양특성 평가 및 예측 기술의 하나로 해안 인근의 관측을 위한 레이더 시스템인 COSRAD를 개발하여 사용 중이고 호주 Energetech사는 신형 Denniss-Auld 터빈을 개발 중에 있으며, 350kW급 설계를 완성하고, 실험실 실험을 진행 중에 있으며, New Jersey사는 호주에서 50kW급 Powerbuoy 20기의 설치를 계획 중임.

(5) 염도차 발전

- 노르웨이 Statkraft사에서 노르웨이 토프테(Tofte)에 시험용 염도차발전소를 만들어 2009년 11월 24일 첫 시험 가동
 - 노르웨이 시험발전소로 이번에 가동된 토프테 발전소의 경우 주전자의 물을 끓이는 정도
 - 토프테에서는 2000㎡짜리를 사용하고 있으며, 현재 다이어프램 1㎡당 3W 에너지를 생산할 수 있음
 - 해결할 가장 큰 문제는 다이어프램 1㎡당 5W의 에너지 생산이 목표 (이 목표치에 도달해야 이 발전소가 경제성이 있는지 평가됨)
- 노르웨이는 2015년에 25MW 염도차발전소를 건설해 1만 가구에 전력을 공급할 계획

(6) 태양광 발전

- 일본의 경우 1980년부터 1988년까지 신에너지 개발기구(NEDO)의 Sunshine Project에서도 poly-Si 제조업체들(Osaka Titanium, Shinetsu)과 대학의 참여하에 입자형 저가 poly-Si 연속 생산 기술개발에 주력하였음.
- 결정질 실리콘 태양전지 연구 분야에서 가장 앞선 기술을 보유하고 있는 일본은 실리콘 태양전지에 관한 연구를 강하게 드라이브 하고 있음.
- 비정질 실리콘 태양전지는 1평방미터 크기 대면적에 7-8% 수준의 상업생산 단계임.
- 일본의 Kaneka 사는 현재 연간 20MW급 비정질 실리콘계 태양전지 모듈 생산라인 보유중이며, 40MW급 모듈 생산라인 설치 예정.
- 일본의 Mitsubishi사는 현재 연간 10MW급 비정질 실리콘계 태양전지 모듈 생산라인을 보유중이며, 100W의 전력이 발생하는 1.55㎡의 비정질 실리콘계태양전지 모듈 생산 중.

〈일본의 대학과 연구소의 주요 연구내용〉

연구기관	주요 연구개발 내용	주요 성과	대표적 연구자
AIST	■ 유기염료 연구	■ 쿠마린계 염료 개발 (세계최고수준)	Dr. H. Sugihara
동경과대학	■ 유기염료 연구	■ 쿠마린계 염료 개발	Prof. H. Arakawa
오사카대	■ 전도성 고분자 연구 ■ 광전자전달 메카니즘 연구	■ 홀전도성 고분자 염료감응 고체전지 개발	Prof. S. Yanagida
큐슈기술대	■ 고분자 전해질 연구	■ 고분자 전해질 개발	Prof. S. Hayase
토인대	■ 플렉시블 태양전지 연구	■ 플라스틱 염료감응 태양전지 모듈 개발	Dr. T. Miyasaka
샤프	■ 염료감응 태양전지 모듈 연구	■ 염료감응 태양전지 등가회로 규명	Dr. L. Han
토요타	■ 염료감응 태양전지 모듈 연구	■ 모듈 안정성 평가	Dr. Morohito
후지쿠라	■ 염료감응 태양전지 모듈 연구	■ 저항 감소 그리드 코팅기술 개발	Dr. N. Tanabe
히다치막셀	■ 플렉시블 염료감응 태양전지 모듈 연구	■ 대면적 플라스틱 염료감응 태양전지 개발	Dr. T. Sekiguchi

- 일본은 1974년에 2030년을 목표로 장기 태양(광)전지 기술개발 계획 수립하여, 지난 30년 동안 기술수요/가능성추구형의 4~5년 기간의 단기 과제를 추진하여왔으며, 2005년 전체 기술개발 프로그램이 종료하며 초기 시장형성과 함께 세계 최대의 태양전지 생산 및 태양광 발전 보급의 성과를 얻었음.
- 일본의 경우 추진전략을 “Seeds 선행형 기술개발”에서 시장대응형 기술개발로 전환하고 에너지 공급기술로서의 이용확대를 위한 태양광 발전의 역할을 제시하며, 기술개발 전략으로 태양광 발전 로드맵(PV2030)을 수립함.
- 제약이 없는 태양광발전의 이용확대 실현을 목표로 2030년 누적보급량 100GW, 총발전량의 10% 공급을 목표로 함.

1974년 선사인계획수립

오일쇼크 이후 석유대체 기술개발목표 (태양광주요기술분야로 지정)

1980년 NEDO 설립 - 태양광기술개발 및 보급전담

태양광 통합기술개발을 통한 가격저감목표 추진
기초기술개발-공정기술개발-실용화개발

1993년 뉴선사인 계획으로 변경 - 적극적 보급사업추진

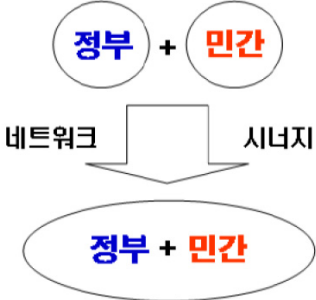
주로 주택용 시스템 보조금사업 - 2004년 종료

2001년 신에너지프로젝트로 이관

2004년 누적보급량 1GW 달성
태양광주택 22만호 보급

2005년 태양광2030 로드맵 수립

2006년 태양전지 생산량 900MWp
세계최대 태양전지생산국 확보



〈일본의 태양광 기술개발 추이〉

〈일본의 2030년 기술별 목표〉

항 목	목표 연도
모듈 가격	100엔/W (2010)
모듈 고효율화	75엔/W (2020)
	< 50엔/W (2030)
모듈 수명	30년 (2020)
재료의 안정 공급	약 1g/W (2030)
인버터 가격	15,000엔/W (2020)
축전지	10엔/W (2020)

(7) 지열 발전

- 2005년도 기준, 전 세계 지열 열펌프 시스템 보급대수는 12kW급 열펌프 유닛으로 환산하였을 때 약 130만대로 추정되며 지난 5년간 매년 10% 이상의 증가율을 보인 것으로 조사되었음. 특히 미국, 서유럽(오스트리아, 스위스, 스웨덴 등) 터키, 중국 등이 전 세계 지열 열펌프 시스템의 보급을 주도하고 있음.

〈항목별 지열 에너지 직접 이용 순위 (2005년 기준)〉

순위	이용량 (TJ/year)	시설용량 (MWt)	면적대비 이용량	인구대비 이용량	면적대비 시설용량	인구대비 시설용량	지난 5년간 이용량 증가율	지난 5년간 시설용량 증가율
1	중국 (45,373)	미국 (7,817)	아이슬란드	아이슬란드	아이슬란드	아이슬란드	노르웨이	노르웨이
2	스웨덴 (36,000)	스웨덴 (3,840)	이스라엘	스웨덴	스위스	스웨덴	덴마크	덴마크
3	미국 (31,239)	중국 (3,687)	스위스	뉴질랜드	스웨덴	노르웨이	칠레	네덜란드
4	터키 (24,840)	아이슬란드 (1,844)	덴마크	그루지야	덴마크	스위스	네덜란드	칠레
5	아이슬란드 (24,500)	터키 (1,495)	그루지야	덴마크	헝가리	헝가리	포르투갈	벨기에/ 체코

- 이용량 면에서 제일 앞서고 있는 중국은 텐진, 산시, 헤베이 및 베이징 부근 지역 (6,569 TJ/year)에 지하 열자원을 적극적으로 활용하고 있는 지열 에너지 직접 이용 선진국이라고 할 수 있음. 특히, 2008년에 개최되는 베이징 올림픽을 Green Olympic이라는 구호 아래 지열 열펌프 시스템 보급에 주력한 것으로 조사되었음.
- 면적대비 이용량에서 1위인 아이슬란드는 국토 자체가 대서양 판이 갈라지는 곳에 있기 때문에 지하 열자원이 풍부하며 아울러 국가 전체 난방의 87%를 지열로 공급하고 있음. 또한 이스라엘이나 스웨덴 등은 주로 심부 시추공을 이용한 지역 난방, 온천 및 농업, 양식업 등에 지열 에너지를 활용하고 있음.
- 미국은 지열 열펌프 시스템을 포함하여 전 세계 지열 에너지 직접 이용을 주도하고 있는 나라로서, 2005년 기준, 전체 직접 이용 시설용량은 7,817 MWt, 이용량은 31,239 TJ/year (8,678 GWh) 임. 이중에서 지열 열펌프 시스템이 용량 면에서는 92%(7,200 MWt), 이용량 면에서는 71%(22,214 TJ/year)를 차지하고 있음.



〈미국의 대표적인 지열 열펌프 시스템 설치 사례〉

설치 사례	시스템 설명
1. 주거용 사례(residential cases)	
	<ul style="list-style-type: none"> ·소재지: 하트포드 (Hartford), 코네티컷주, 개인 주택 ·냉난방 유닛: 4.2 RT 열펌프 ·지중 열교환기: 복수정(2 wells)의 지하수 이용 방식 ·지중 열교환기: 1000 ft 폴리에틸렌 튜브 ·지하수: 250 ft 깊이, 2개의 직립정 (well)
	<ul style="list-style-type: none"> ·소재지: 오션시 (Ocean city), 메릴랜드주, 아파트 ·건물 개요: 14층, 104 가구, 가구 당 900 ft² ·냉난방 유닛: 107개의 Heat Pump 사용 (총 222 RT) ·지중 열교환 방식: 수직 밀폐형 지중열교환기 ·지중열교환기: 160개의 보어홀(borehole)을 각각 175 ft 깊이로 건물 주차장에 설치. 폴리에틸렌 파이프를 사용하였으며, 파이프 총 길이는 10 miles.
2. 상업용 사례(commercial cases)	
	<ul style="list-style-type: none"> ·Phillips 66 Service Station ·소재지: 프레이리 빌리지(Prairie Village), 캔자스주 ·시스템 개요: 수직 밀폐형 지중 열교환 방식 10개의 보어홀을 각각 325 ft 깊이로 설치. 고밀도 폴리에틸렌 파이프 사용. ·시스템 용량: 5 RT, 1대의 열펌프 사용 (플로리다 히트 펌프) ·시스템 COP: 3.0 - 3.5, 시스템 EER: 11.6 - 13.5
	<ul style="list-style-type: none"> ·Hazleton St. Joseph Medical Center, 병원 ·소재지: Freeland, Luzerne County, 펜실베이니아주 ·건물 개요: 면적 6,500 ft², 설계 열 손실: 151,500 Btu/hr ·지열 열펌프 시스템 개요: 물 대 공기 방식 열펌프 유닛 설치 (5 RT 2대, 7.5 RT 1대) ·6개의 보어홀을 각각 220 ft 깊이로 설치. ·총 길이 3100 ft, 직경 1.5" 의 폴리에틸렌 파이프 사용.



2. 상업용 사례(residential cases) (계속)

	<p>·Wildlife Center of Virginia, 야생동물 센터 ·소재지: Waynesboro, 버지니아주 ·건물 개요: 5700 ft² ·시스템 개요: 4 RT 열펌프 유닛 (2대), 5 RT 열펌프 유닛 (2대), 총 18 RT. 총 길이 11530 ft의 폴리에틸렌 파이프를 슬링키 (slinky) 방식으로 구성, 2500 ft의 트렌치 (trench) 작업. ·공사 금액: 열펌프, 덕트, 배관 등: \$43,000, 지중 열교환기 설치: \$16,000</p>
	<p>·The Galt House East Hotel, 호텔 ·소재지: Louisville, 켄터키주 ·건물 개요: 870,000 ft², 600개의 객실, 100 가구의 아파트, 그 외 부대시설로 구성. ·시스템 개요: 총 4500 RT, 밀폐형 지하수 이용 시스템, 4개의 보어홀을 각각 130 ft 깊이로 설치 ·월 평균 25,000\$의 에너지 절약효과. ·공기 열원 열펌프와 비교시 연간 CO₂ 180만 파운드, SO₂ 44,000 파운드, NO_x 33,000 파운드 그리고 5,500 파운드의 미세 먼지 저감 효과 발생.</p>
	<p>·The Prairie Electric, 사무실 ·소재지: Vancouver, 워싱턴주 ·건물 개요: 전체면적 25,000 ft², 사무실과 창고로 구성. ·시스템 개요: - 밀폐형 표층수(연못) 이용 지열 열펌프 시스템 - 총 길이 9000 ft의 파이프를 지중 열교환기로 사용. - 2대의 6 RT 열펌프 유닛 사용.</p>
	<p>·Blue River Resort, 휴양시설 ·소재지: British Columbia ·건물 개요: 39600 ft², 객실과 부대 편의 시설로 구성. ·시스템 개요: - 밀폐형 수직 지중열 이용 지열 열펌프 시스템 - 23대의 열펌프 유닛 설치 (총 103 RT) - 34개의 보어홀을 각각 200 ft 깊이로 설치</p>

3. 학교 사례(school building cases)

	<p>·Neff Elementary School ·소재지: Lancaster, 펜실베이니아주 ·건물 개요: 총면적 148,530 ft²의 2층 건물. ·시스템 개요: - 140개의 보어홀을 각각 288 ft 깊이로 설치 - 350 RT 냉방용량 ·총 설치 금액: \$2,033,268</p>
	<p>·Onamia Elementary School ·소재지: Onamia, 미네소타주 ·건물 개요: 78,000 ft² ·시스템 개요: - 수직 밀폐형 시스템 - 총 193 RT 용량 (53개의 열펌프 유닛) - 50개의 보어홀을 각각 560 ft 깊이로 설치 - 지중 열교환기 내 열교환 유체의 유량: 400 gpm</p>

4. 공공기관 사례(government facilities)

	<p>·Northwest Louisiana Juvenile Detention Center ·소재지: Coushatta, 루지애나주 ·건물 개요: 총 면적 14,993 ft² ·시스템 개요: - 수직 밀폐형 지열 열펌프 시스템 - 총 34 RT의 냉방용량. - 44개의 보어홀을 각각 250 ft 깊이로 설치.</p>
	<p>·Clark County PUD Headquarters ·소재지: Vancouver, 워싱턴주 ·건물 개요: 32,000 ft² 면적의 건물을 리모델링 하면서 2,300 ft² 면적의 회의실에 지열 열펌프 시스템 적용. ·시스템 개요: - 개방형 지하수 이용 시스템 (open-loop water well) ·총 설치비: 11,600\$</p>

〈유럽 주요 국가에서 지열 직접 이용과 지열 열펌프 시스템 현황 (2005년 기준)〉

	지열 에너지 직접 이용 총시설용량 (MWt)	지열 열펌프 시스템 시설용량 (MWt)	총 용량 중 지열 열펌프 시스템의 비율(%)	총 지열 에너지 직접 이용량 (TJ/year)	지열 열펌프 시스템 이용량 (TJ/year)	총 이용량 중 지열 열펌프 시스템의 비율	설치 대수 (12 kW급 열펌프로 환산)
오스트리아	352.0	300	85.2	2,229.9	1,450	65.0	25,000
핀란드	260.6	260	99.8	1,950.0	1,950	100.0	40,000
독일	504.6	400	79.3	2,909.8	2,200	75.6	30,000
노르웨이	600.0	600	100.0	3,085.0	3,085	100.0	14,000
스웨덴	3,840.0	3,300	85.9	36,000.0	28,440	79.0	275,000
스위스	584.7	525.4	89.9	4,229.3	2,854	67.5	35,000

(8) 해양바이오에너지

- 미국에서는 '91년부터 '00년까지 등록건수가 급격하게 증가. 특히 미생물 분야와 거대조류 분야에 대한 특허활동이 활발함.
- 미국은 기술수준을 측정하는 3가지 지표인 특허등록건수, 영향력지수(PII) 및 기술력 지수(TS)가 1998~2002년간 모두 1위를 차지한 반면, 2003~2007년에는 영향력지수(PII)와 기술력지수(TS)에서 각각 4위, 2위를 차지하였으며, 해양바이오에너지 분야에서 영향력 수준에 비해 양적 수준과 질적 수준이 매우 높음.
- 일본은 1975~1983년에는 미생물 분야, 1981~1989년에는 미세조류 분야, 1987~2005년에는 거대조류 분야, 2005년 이후에는 해산식물 분야의 특허출원활동이 활발하였으며, 최근 특허출원활동이 전반적으로 감소
- 일본은 특허등록건수, 영향력 지수(PII) 및 기술력 지수(TS)가 1998~2002년간 모두 2위를 차지한 반면, 2003~2007년에는 기술력 지수(TS)에서 각각 1위를 차지하였으며, 해양바이오에너지 분야에서 양적수준과 영향력 수준에 비해 질적 수준이 높음.

〈미국특허에서 국가별 기술수준 순위 및 기술영향력의 추이 비교〉

특허등록건수				영향력 지수(PII)				기술력 지수(TS)			
'98~'02		'03~'07		'98~'02		'03~'07		'98~'02		'03~'07	
미국	131	미국	19	미국	4.367	아이슬란드	1.0	미국	40.78	일본	26.50
일본	26	일본	7	일본	1.13	일본	0.9	일본	8.09	미국	17.67
캐나다	26	캐나다	4	캐나다	1	캐나다	0.3	캐나다	0.31	캐나다	4.42
아이슬란드	1	아이슬란드	1	아이슬란드	0	미국	0.2	아이슬란드	0	아이슬란드	4.42

다. 기술 전망 분석

(1) 해상 풍력 발전

- 국토해양부의 “Green Port 구축 종합계획”에 의하면 수심, 지리적 제한조건(수심, 항로, 이안거리, 변전소 거리 등)과 풍력밀도 및 확정성을 고려하여 무역항 28개를 검토한 결과, 목포항, 포항항, 부산항이 실제 풍력 공급량을 갖춘 것으로 판단함
- 도입계획에 의하면, 목포항 18MW, 포항항 53 MW, 부산항 63 MW의 시설용량 설치가 가능한 것으로 파악

구 분		목포항	포항항	부산항
풍력밀도 W/m ²	50m	303	300	302
	80m	440	425	459
평균풍속 (m/sec)	50m	6.31	5.73	6.21
	80m	6.74	6.86	7.36
계통연계 거리(km)		7.30	8.90	11.50
H.W.L		DL(+).4.84m	DL(+).0.40m	DL(+).1.44m
사업화 가능 면적(km ²)		8.0	14.0	35.0
방파제 전면 활용(km ²)		-	4	1
총 기수(기)		6	11	13
배치계획		시범:3MW×1기(3MW) 사업:3MW×5기(15MW)	시범:3MW×1기(3MW) 사업:5MW×10기(50MW)	시범:3MW×1기(3MW) 사업:5MW×12기(60MW)

(2) 파력발전

- 우리나라 광역 파랑에너지 밀도를 살펴보면 계절별 해역별 차이가 크며, 겨울철이 상대적으로 큼. 우리나라 연안을 따라 근해는 4~8kW/m 정도의 단위길이 당 파랑에너지 밀도를 보이고 있으며, 제주 서남 해역이 가장 커서 12kW/m 정도의 에너지밀도가 분포하고 있는 것으로 나타남.

(3) 조력 발전

- 국내 조력발전 후보지는 가로림, 인천만, 강화 등이 있음. 시화조력발전소의 경우 2011년에 공사가 완공되었음. 가로림만(520 MW) 조력발전소는 실시설계단계에 있으며 이르면 2011년에 착공될 예정임. 인천만과 강화조력발전소는 타당성 분석 및 기본계획이 수립된 단계임.

구분	시화	가로림	인천	강화
대조차(m)	7.8	6.7	7.7	7.7
조지면적(km ²)	39	96	157	79
발전방식	창조식 단류발전	낙조식 단류발전	낙조식 단류발전	낙조식 단류발전
시설용량(MW)	254 (25.4MW×10)	520 (26MW×20)	1,320 (30MW×44)	840 (30MW×28)
연간발전량 추정값(GWh)	553	950	2,414	1,556

- 조력발전이 적합한 지역인 경기만과 천수만에 이르는 서해안 지역에 속하는 항만은 인천항, 평택·당진항, 대산항, 태안항 등이 있음
- 국토해양부의 “Green Port 구축 종합계획”에 의하면 평택·당진항에 서해대교 앞바다 서부두와 부곡산단 지역을 잇는 총 연장 2.49km 조력댐을 도입하면, 발전용량 254MW(25.4MW×10EA) 및 평균 연간발전량 545,000MWh/y(이용률 24.5%)의 조력발전이 가능한 것으로 제시
- 인천 내항의 경우에도 내항과 외해의 수두차를 이용한 조력발전이 가능할 것으로 제시되어 있음

(4) 조류 발전

- 조류발전은 해수의 흐름에 의한 운동에너지를 수차 등의 기계적인 운동에너지로 변환하여 전기를 생산하는 기술로서, 해수의 유속이 빠른 지역에 적용 가능함.
- 조류발전은 해양에 대규모 댐을 건설하지 않기 때문에 댐을 조성해야하는 조력발전이나 일부 파력발전 방식보다 상대적으로 건설비용이 적게 소요되며, 비교적 해수유통이 자유로워 해양환경에 미치는 영향이 작아 환경 친화적인 발전방식으로 인식됨.
- 조류발전 터빈은 터빈 축의 형태에 따라서 수평축터빈과 수직축터빈으로 분류되며, 수평축의 경우 하천과 같이 일정한 방향의 흐름을 유지하는 경우에 적용이 유리하고, 수직축의 경우에는 조류와 같이 흐름의 방향이 변하는 경우에 유리함. 일반적으로 조류발전은 유속이 1m/s 내·외인 곳에서도 가능하지만 경제성 있는 발전을 위해서는 최소한 2m/s 이상인 곳을 후보지로 선정해야 하는 것으로 알려짐.
- 우리나라 서·남해안은 세계적으로 보기 드문 조류발전 적지로서 서남해안에 약 100만 kW이상의 잠재자원이 추정되고, 에너지 부존량은 서해역의 조류에너지 약 6,500MW, 동해역의 조류에너지 약 5,500MW, 남해역의 조류에너지 약 600MW 등 총 12,600MW 정도로 추정됨.
- 지역별 예상되는 조류발전 용량은 울돌목 약 9만kW, 장죽수도 약 10만kW, 맹골수도 약 20만kW, 대방수도 약 10만kW이며, 서해안지역은 발표된 단일 지역보다 더 많은 발전량을 보유하고 있다고 판단됨.
- 우리나라는 조류속이 빠른 지역이 많아 조류발전의 시장성은 매우 높다고 판단되며 기업들의 참여가 증가하고 있고, 발전사업 회사들의 조력발전에 대한 관심과 참여가 증가하고 있어 대규모 산업화가 가능할 것으로 기대됨.

(5) 염도차 발전

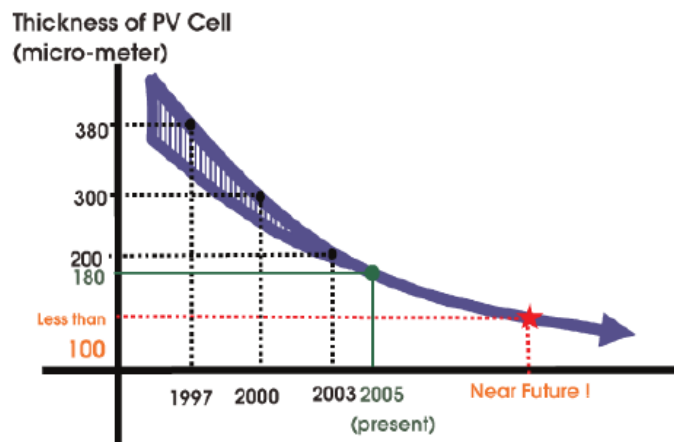
- 지구상에 있는 강에서 염도차발전에 적합한 강을 모두 계산하면 1600~1700TWh의 전력생산 잠재성이 있다고 보고.

- 노르웨이의 경우 총 12TWh가 생산 가능하며, 이는 국가 총 전력소비량의 10%에 해당
- 아직 우리나라에서는 염도차 발전가능량에 대한 분석이 이루어진 바 없으나, 우리나라에서 염도차 발전이 가능할 것으로 예상되는 지역은 한강하류의 인천항, 금강하구의 장항항, 군산항, 낙동강 하류의 부산신항이 있음.
- 해수와 담수가 섞이는 강 하구에 PRO 기술을 적용하여 에너지를 생산하는 염도차 발전은, 다음의 이유 때문에 그 사용 가능성이 매우 높을 것으로 예상됨.
 - 실용화될 경우, 전 세계적으로 연간 약 1600 TWh의 전기를 생산할 수 있음.
 - 염도차 발전은 풍력발전이나 태양광발전과 달리 계절이나 날씨의 영향을 전혀 받지 않아 전력 생산량이 매우 안정적이므로, 기저전력(base load)으로의 활용 가능성이 매우 높음.
 - 전 세계적으로 도시화가 진행된 강 하구(river mouth)에 발전설비가 위치하므로, 전력 생산처와 소비처의 이격거리가 짧아 전력망(electrical grid) 설치가 용이하고, 자연경관 훼손 가능성이 낮음.

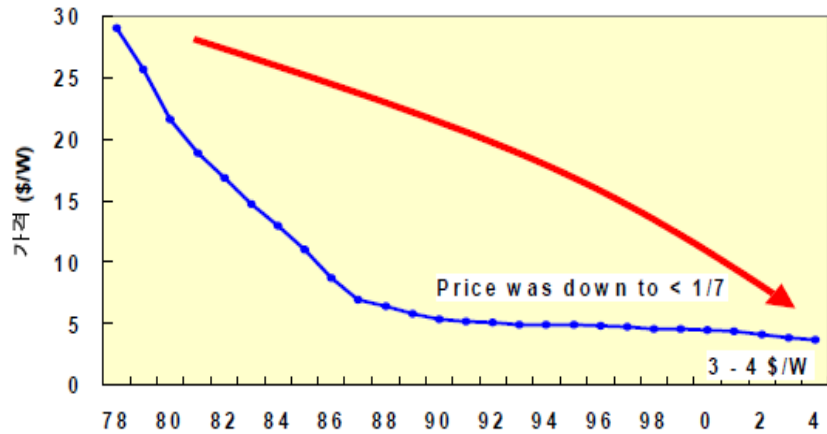
(6) 태양광 발전

- 현재 태양전지 분야 최대의 화두는 “가격을 어떻게 최소화 할 것이냐” 임. 특히 실리콘 원료의 공급과 함께 잉곳/웨이퍼 분야에 있어서의 이 명제는 i) 웨이퍼의 두께 감소와 ii) 수율과 생산성 증대를 극대화 하는 방안으로 기술개발을 유도하고 있음. 웨이퍼의 두께 감소는 차례로 후속공정인 셀 제조와 모듈 제조공정에 적용할 새로운 공정 기술이나 장치의 개발을 요구하고 있음.
- 현재 180 μ m 두께 수준까지 박형 웨이퍼와 결정질 태양전지의 제조가 가능하다고 알려지곤 있으나, 수율이 너무 낮아 여전히 200-300 μ m 수준의 웨이퍼가 주류를 이루고 있음.
- 최근 20여 년간 집중적인 기술개발의 결과 태양전지 가격이 1/7 이하로 대폭 하락.

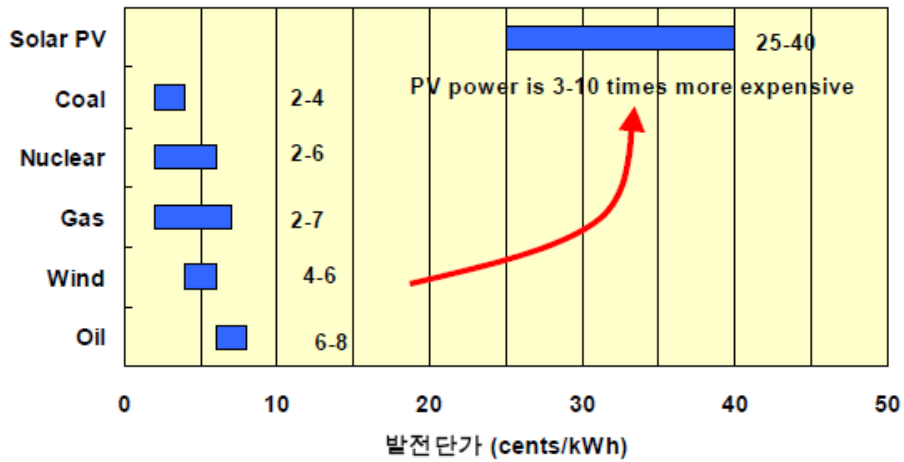
- 현재 태양전지 소재는 웨이퍼 형태의 결정질실리콘 태양전지가 주도하고 있으며, 태양 전지 단가는 약 3~4 \$/W로 특수용도 (등대, 도서 전화, 오지 전력공급, 통신, 의료 등)에서는 경제성이 확보되어 있으나, 기존의 발전방식(화력방식)과 경쟁 가능하기 위해서는 제조단가의 획기적인 절감 필요.
- 집중적인 연구개발 투자 시 전 세계 에너지 수요의 상당부분 태양광(PV)과 연료 전지로 충당 가능 전망.
- 연료감응 태양전지는 대학과 연구소 경우 고효율화를 위한 나노소재 전극개발, 염료 설계 및 합성, 산화-환원 전해질 개발, 고체 홀 전도체 개발, 금속 대전극 개발 등 주요 요소 기술개발을 통한 고효율화 및 메커니즘 연구에 주력하고 있으며, 일본의 경우 기업 중심으로 셀 제작 및 모듈화 기술개발 분야에 연구를 수행하고 있음.
- 태양광 발전 시스템의 확대 보급을 위해서는 시스템의 가격을 낮추는 것이 중요하며, 시스템의 저가화를 위해서는 태양전지의 고효율 화에 의한 저가화 제조기술과 인버터의 저가화 기술개발로 분류할 수 있으며, 태양전지의 저가화는 상당기간 어려울 것으로 예상하고 있어 인버터의 저가화에 기술개발을 주력하고 있음.



〈태양전지 두께 변화〉



〈태양전지 가격 변동〉



〈에너지별 발전단가 비교(cents/kWh)〉

- 현재 상용화되고 있는 태양전지의 대부분은 실리콘(Si) 결정을 이용한 것으로, 최근 태양전지 시장의 급성장으로 인하여 태양전지의 주원료인 실리콘 가격이 최근 2년 동안 3배 가까이 폭등함. 향후에도, 태양전지 설치는 지속적으로 증가하여 2010년에는 4.5GW에 달할 것으로 추정하고 있으며, 이는 2005년에 비하여 3배 정도 증가한 것임.
- 주재료인 실리콘을 생산하는 업체들은 증산투자에 매우 보수적인 입장을 취하고 있어 실리콘 가격의 급등은 당분간 지속될 것으로 전망됨.

- 태양전지는 전기에너지 생산에 특화된 대형 반도체이며, 따라서 반도체 관련 기술은 태양광 산업에도 적용이 가능하며, 최근 들어 반도체 기업들의 새로운 사업 영역으로 기존 기술의 활용이 가능한 박막형 태양전지 분야가 급부상하고 있음.
- 미국의 실리콘 밸리는 솔라 밸리로 빠르게 변신하고 있는 중이며, 우리나라는 세계 최고의 반도체 및 디스플레이 IT 기반 기술을 보유하고 있는 만큼, 이 기술 인프라를 태양광발전으로 전환하여 활용한다면 단시일 내에 세계적인 기술 수준에 도달할 수 있으리라 기대됨.
- 광양항 국제물류센터 지붕에 3,000㎡의 태양광발전설비를 설치 발전 용량 198KWp 규모로 연간 289MWh의 전력을 생산할 계획.
- 부산항 신항 남컨테이너터미널(2-2단계)에 태양광발전설비 설치 발주 (2009.06).
- 대한통운은 경남 양산 복합물류터미널에 건물 옥상을 활용한 태양광 발전시설로는 국내에서 가장 큰 규모인 총 면적 1만 5천㎡, 1MW의 태양광발전소 완공하여 온실가스 배출량을 연간 670톤 절감 (2010.09).
- 정부에서 신재생에너지 관련시설을 항만법상 항만지원시설에 포함하고, 건축물 옥상 등에 설치한 태양광발전시설의 도시계획시설 결정 절차 면제 계획 발표.(2011.01)



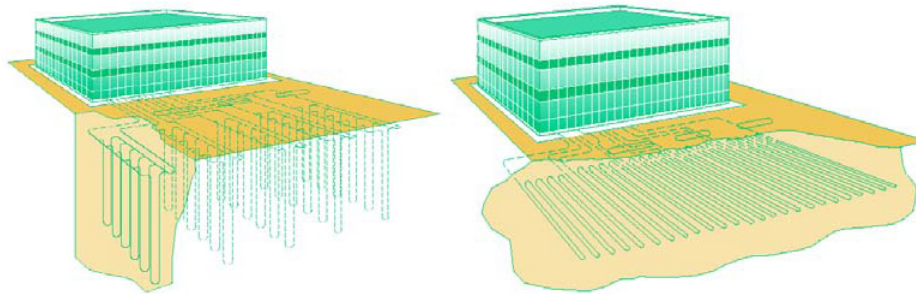
〈Flexible 태양전지 모듈을 이용한 BIPV〉

(7) 지열 발전

○ 지열 열펌프 시스템은 효율과 성능 면에서 상용 공기열원 열펌프 시스템보다 우수한 것으로 알려져 있음. 이는 냉난방 사이클에서 각각 냉열원과 온열원의 역할을 하는 지중의 연중 온도 병화가 외기의 변화보다 상대적으로 안정적이기 때문임. 그러나 시스템의 초기 투자비가 기존 설비보다 다소 큰 것이 단점으로 지적됨.

○ 지열 열펌프 시스템의 종류

- 토양 열원 열펌프 시스템 (Ground-Coupled Heat Pump Systems) : 지중열 교환기의 매설 형태에 따라 수직형과 수평형 시스템으로 분류됨.

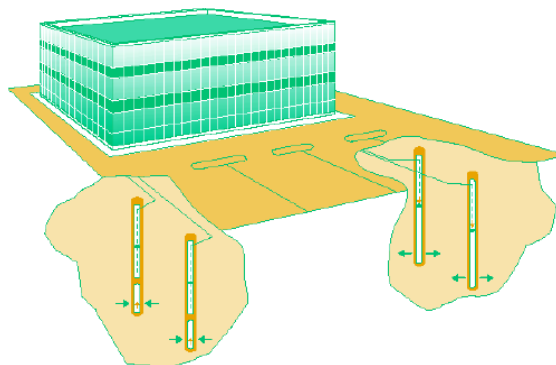


(a) 수직형 시스템

(b) 수평형 시스템

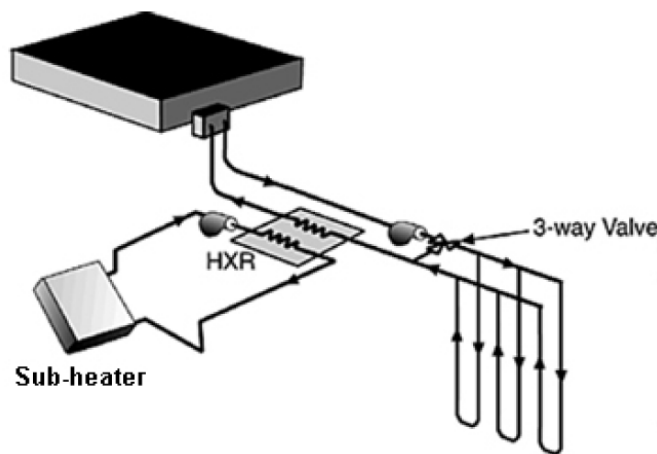
〈상업용 또는 중대형 건물에 적용된 토양열원 열펌프 시스템〉

- 지하수 열원 열펌프 시스템 (Ground Water Heat Pump Systems) : 이 시스템은 양질의 지하수가 풍부할 때 이를 열원이나 히트싱크로 활용하는 시스템임.



〈지하수 열원 열펌프 시스템〉

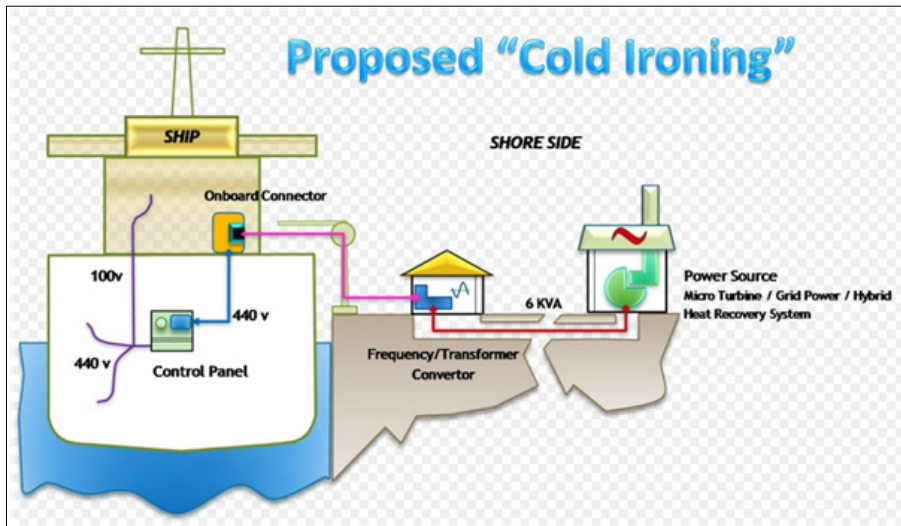
- 지표수 열원 열펌프 시스템 (Ground Water Heat Pump Systems) : 지표수열원 열펌프 시스템은 자연연못, 인공연못, 호수, 저수지, 원수 등을 냉열원과 온열원으로 활용.
- 하이브리드 지열 시스템 (Hybrid Geothermal Heat Pump Systems) : 이 시스템은 보조 냉열원(냉각탑 등)이나 보조 온열원(보일러, 태양열 집열판 등)을 병행함으로써 지중열교환기 개수나 길이 등을 줄일 수 있음.



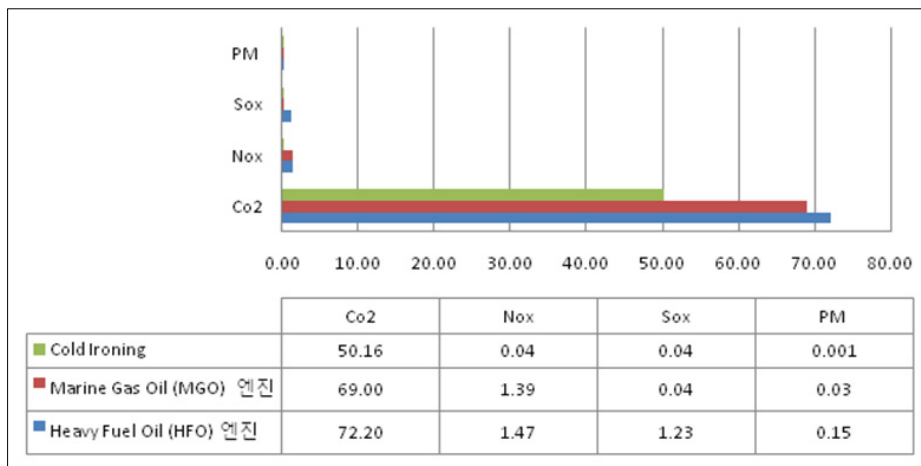
〈보조 열원을 병용하는 하이브리드 지열 열펌프 시스템〉

- 인천항만공사(IPA)에서 국제1여객터미널에 지열과 심야전기를 이용한 수축열 등 신재생에너지 활용 사업을 추진해 ‘그린 항만’을 구축하기로 하고, 지열 활용을 위한 현장 조사를 벌이고 2011년부터 본격적인 사업에 돌입한다는 방침 발표.
- 인천항만공사(IPA)는 인천항 내 북항과 내항, 남항, 연안항을 대상으로 태양광과 태양열, 풍력, 지열, 소수력, 해양에너지 등 신재생 에너지원 활용을 검토하여 사업성이 없는 것으로 결론 내렸으나, 국제1여객터미널의 경우 지열을 활용하게 되면 에너지 절감 효과가 탁월하고 사업성도 높다고 판단해 전국 항만 가운데 처음으로 신재생에너지를 도입하기로 결정. 이에 따라 16도~17도 수준인 국제1여객터미널 지하 온수를 끌어올려 순환시키는 방식으로 냉난방 시설을 가동하기로 함.
- 미국 시카고 당국은 지열을 이용한 냉난방 시설을 보급하여, 지열 냉난방 시스템으로 에너지 비용을 50~70% 절감 계획.

- 이탈리아에서는 지열과 태양광을 이용한 Cold Ironing 기술을 항만에 적용함으로써, 친환경 항만 건설 계획.



〈Cold Ironing 개념도〉



〈Cold Ironing 친환경 효과 비교〉

(8) 해양바이오에너지

- 해양 바이오연료 생산 기술은 식량작물들과의 경쟁 및 재배 경지의 잠식이 불필요하고, 기후에 따른 생산성 저하가 적어 에너지 생산 효율이 농산자원에 비해 획기적으로 높기 때문에 그 가능성 매우 큼.

- 특히 지구의 70%가 해양이기 때문에 생산 기반의 한계성은 없다고 할 수 있으며, 재생가능하고 지속가능한 해양바이오연료 자원은 이산화탄소 배출량 감축목표와 같은 환경 문제에 대한 해결까지 기대할 수 있는 대체 자원으로 주목 받음.
- 2008년 8월 국가에너지위원회는 장기 에너지 계획으로 "국가에너지 기본계획"을 수립하여 저탄소·녹색성장으로 에너지부문을 뒷받침하고 석유시대 이후의 시대에 대한 전략적 대응안을 제시.
 - 에너지단위를 2030년까지 2008년 대비 46%(42백만TOE)를 절감함으로써 에너지 저소비 사회구현
 - 화석에너지 비중을 2008년 83%에서 2030년까지 61%로 축소하고 신재생에너지를 현재대비 4.6배 확대하여 에너지공급의 탈화석화 실현
 - 녹색기술 등 에너지 산업을 최고수준으로 올려 신성장동력으로 육성
 - 석유·가스 개발을 확대하여 에너지 빈곤층 해소
- 2008년 9월 지식경제부는 녹색성장의 첫 번째 세부 실천계획으로 "그린에너지산업 발전전략"을 발표하였으며, 이 중 신재생에너지 분야 포함.
 - 그린에너지산업 중 신재생에너지 분야에 태양광, 풍력, 수소연료전지, IGCC가 있으며, 2030년까지 생산규모 1422억불, 고용규모는 81만 4천명에 이를 것으로 전망
 - 신재생에너지원 개발을 위해 해외자원개발 투자대상에서 바이오연료의 원료자물을 포함하여 지원하도록 되어있어 원료확보의 중요성을 나타냄
- 2009년 1월 국가기술위원회와 미래기획위원회에서 신성장동력으로 3대 분야 17개 신성장동력을 최종 선정했으며, 이 중 녹색기술산업분야에 해양바이오연료가 포함
 - 녹색기술산업분야의 신성장동력인 신재생에너지 부문은 태양전지, 해양에너지, 해양 바이오연료, 연료전지 발전시스템, 청정석탄에너지, 폐기물-바이오매스 에너지 등을 포함하고 있으며, 2018년까지 생산규모 190조원, 고용규모 30만 명 목표
- 미국은 바이오에너지를 개발하기 위해 지속적으로 관련 법규를 제정 및 강화함으로써 자국의 바이오에너지 개발을 지원

- 2005년 에너지 정책법 : 바이오연료 사용 규모를 2006년 40억 갤런에서 2012년 75억 갤런으로 확대하기 위해 가솔린에 에탄올 사용을 의무화하고, 2012년 이후에는 연간 2억 5,000만 갤런의 셀룰로오스 에탄올 생산을 의무화
 - 2007년 “10년 안에 20 (20 in 10)” : “20 in 10” 목표는 재생에너지와 대체 연료 공급처에 투자하고, 차량 효율성을 향상시키고, 대체 연료 차량을 개발함으로써 앞으로 10년 동안 미국의 석유 소비를 20%로 삭감하는 것을 목표로 10년간 미국의 에너지정책방향의 큰 틀을 보여줌
 - 2007년 에너지 독립 및 안보법 : 2022년까지 연간 360억 갤런의 바이오연료 사용을 의무화하는 新RFS(Renewable Fuel Standard) 일정 도입. 동 법안에 따르면 2013년부터 모든 에너지 연료는 일정 비율의 옥수수 외에, 발전된 형태의 바이오연료(가령 셀룰로오스 에탄올과 같은 2세대 바이오연료)나 바이오디젤을 의무적으로 함유
- 일본은 녹색산업기술 관련 정책 추진: 향후 경제운영의 핵심목표를 “저탄소 사회 구현”으로 설정하고, 신기술 개발·보급을 통한 사회경제의 패러다임 전환을 꾀함
- 2002년 ‘21세기 일본해양전략’은 해양에 대한 이해와 보전, 그리고 개발의 균형 달성을 통해 해양개발의 지속가능성을 확보하는 것을 목적
 - 2006년 3월: 바이오연료 이용·활용 현황과 교토의정서 발효 이후 정세 변화 등을 감안하여 일본산 바이오연료의 본격 도입과 미이용 바이오연료를 활용한 바이오연료타운 구축 가속화 등에 관련된 시책을 마련
 - 2007년 7월: 일본 정부의 “해양기본법” 제정 (EEZ의 해양자원 개발)
 - 2008년 5월 일본정부는 “쿨 어스(Cool Earth) 에너지 혁신기술계획” 수립: 이산화탄소 회수·저장, 셀룰로오스계 바이오 에탄올 제조 기술, 태양광 발전 등 21개 탄소저감기술을 집중 육성하겠다고 발표
- 독일은 곡물의 과잉생산을 억제하기 위해 바이오연료를 생산할 수 있는 대체작물(유채)을 이용함으로써 환경적 이유와 함께 농업정책적 배경을 가지고 바이오연료 보급정책을 육성
- 2000년부터 환경세가 3단계로 도입되어 석유제품에 환경세가 부과됨에 따라,

- BD100은 가격경쟁력 가짐
 - 매년 바이오디젤과 석유디젤의 시장가격차이를 점검하여 바이오디젤이 너무 쌀 경우 면세조치 조정
 - 세금감면(석유세, 환경세 등) 이외에 별도의 보급촉진제도는 없음
 - 2003년 EU의 ‘바이오 연료에 대한 지원과 사용에 관한 지침’에 의거, 바이오 연료에 대한 세금은 면제
 - 그러나 2006년 8월 1일부터 2007년 12월 31일까지 순수형태의 바이오 디젤(B100)에 대한 세금이 9센트/ℓ로 도입되었으며 2008년1월 1일부터 2012년까지는 단계적으로 45센트/ℓ까지 인상 예정
 - 또한 혼합형태의 바이오 디젤에 대한 세금 역시 2007년 1월1일부터 일반 디젤 연료와 동인한 세금이 47센트/ℓ로 적용되었고 이러한 개편 결과, 바이오 디젤의 가격 경쟁력이 매우 약화된 상황
- 중국은 재생에너지의 전체 에너지 구조 내 비중을 2010년까지 전체 에너지 소비의 10%, 2020년 15%까지 그 비중을 확대한다는 목표를 설정하고 현재 수력·풍력 등이 위주로 구성돼 있으나 바이오매스, 태양광 등도 기술의 발전과 함께 대체 에너지원으로 점차 각광을 받고 있음.

〈중국의 재생에너지의 전체 에너지 발전 목표〉

구분	2005년	2010(목표)	2020(목표)
수력(억kW)	1.17	1.9	3
바이오매스(만kW)	200	550	3,000
풍력(만kW)	126	500	3,000
태양광(만kW)	7	30	180

자료 : KOTRA 청두무역관 ‘재생에너지 중장기 발전 계획’ 정리 자료 재인용

- 필리핀은 바이오에너지법을 제정(Biofuel Act 2006, Republic Act 9367), 2007년 1월 발효해 식물을 이용한 바이오연료 개발에 박차를 가함

〈필리핀 바이오 연료 혼합 사용 의무화 내용〉

구분	의무화 내용	발효시기
바이오디젤	디젤의 최소 1%를 바이오디젤로 혼합 사용	2007.5
	디젤의 최소 2%를 바이오디젤로 혼합 사용	2009.2
바이오에탄올	가솔린의 최소 5%를 바이오에탄올로 혼합 사용	2009.2
	필리핀 바이오 연료산업에 대한 인센티브 내역	2011.2

2. 특허 및 논문 동향 분석

가. 특허 동향 분석

(1) 조사기준 및 방법

(가) 특허 분석 범위

- 본 분석에서는 에너지원별로 조력, 태양광, 해상풍력, 파력, 해수온도차, 염도차, 해양바이오, 지열에 대해서 출원공개 된 한국, 일본, 유럽 및 미국의 공개특허를 분석 대상으로 함. 특히, 향만 및 향만 구조물과 관련된 특허만을 분석함.

(나) 조사방향

- 향만에 적용된 신재생에너지의 분야별 관련 키워드를 바탕으로 1차 조사를 실시한 후, 조사된 선행기술 중 본 연구과제와 관련도가 높거나 응용적용될 수 있는 자료를 2차로 분류하였음.

(다) 검색식

- 한글 검색식

조 력	(항만* or 부두* or 방파제* or 안벽* or 호안* or 방조제*) and (조력* or 조류*) and (에너지* or 발전* or 연료* or 변환* or 전기*)
태양광	(항만* or 부두* or 방파제* or 안벽* or 호안* or 방조제*) and (태양광* or 태양열*) and (에너지* or 발전* or 연료* or 변환* or 전기*)
해상풍력	(항만* or 부두* or 방파제* or 안벽* or 호안* or 방조제*) and (풍력*) and (에너지* or 발전* or 연료* or 변환* or 전기*)
파 력	(항만* or 부두* or 방파제* or 안벽* or 호안* or 방조제*) and (파력*) and (에너지* or 발전* or 연료* or 변환* or 전기*)
해수온도차	(항만* or 부두* or 방파제* or 안벽* or 호안* or 방조제*) and (온도차*) and (에너지* or 발전* or 연료* or 변환* or 전기*)
염도차	(항만* or 부두* or 방파제* or 안벽* or 호안* or 방조제*) and (염도차* or 삼투* or 삼투압*) and (에너지* or 발전* or 연료* or 변환* or 전기*)
해양바이오	(항만* or 부두* or 방파제* or 안벽* or 호안* or 방조제*) and (바이오*) and (에너지* or 발전* or 연료* or 변환* or 전기*)
지 열	(항만* or 부두* or 방파제* or 안벽* or 호안* or 방조제*) and (지열*) and (에너지* or 발전* or 연료* or 변환* or 전기*)

○ 영문 검색식

조 력	((harbor* or port* or berth* or breakwater* or seawall* or quaywall*) and (tide* or tidal* or current* or stream*) and (energy* or power* or generation* or fuel* or plant* or converter* or conversion* or electricity*)) and (B02C* or B09B* or F03B* or F03D* or E02B* or C02F* or C25B* or F16D* or G06Q* or B63B* or F24J* or E01F* or G09F* or H05B* or C02F* or B63H*).IPC.
태양광	((harbor* or port* or berth* or breakwater* or seawall* or quaywall*) and (solar* or sun* or daylight*) and (energy* or power* or generation* or fuel* or plant* or converter* or conversion* or electricity*)) and (B02C* or B09B* or F03B* or F03D* or E02B* or C02F* or C25B* or F16D* or G06Q* or B63B* or F24J* or E01F* or G09F* or H05B* or C02F* or B63H*).IPC.
해상풍력	((harbor* or port* or berth* or breakwater* or seawall* or quaywall*) and (wind*) and (energy* or power* or generation* or fuel* or plant* or converter* or conversion* or electricity*)) and (B02C* or B09B* or F03B* or F03D* or E02B* or C02F* or C25B* or F16D* or G06Q* or B63B* or F24J* or E01F* or G09F* or H05B* or C02F* or B63H*).IPC.

파 력	((harbor* or port* or berth* or breakwater* or seawall* or quaywall*) and (wave*) and (energy* or power* or generation* or fuel* or plant* or converter* or conversion* or electricity*)) and (B02C* or B09B* or F03B* or F03D* or E02B* or C02F* or C25B* or F16D* or G06Q* or B63B* or F24J* or E01F* or G09F* or H05B* or C02F* or B63H*).IPC.
해수온도차	((harbor* or port* or berth* or breakwater* or seawall* or quaywall*) and (OTEC* or ocean* or thermal* or temperature*) and (energy* or power* or generation* or fuel* or plant* or converter* or conversion* or electricity*)) and (B02C* or B09B* or F03B* or F03D* or E02B* or C02F* or C25B* or F16D* or G06Q* or B63B* or F24J* or E01F* or G09F* or H05B* or C02F* or B63H*).IPC.
염도차	((harbor* or port* or berth* or breakwater* or seawall* or quaywall*) and (salinity* or osmosis*) and (energy* or power* or generation* or fuel* or plant* or converter* or conversion* or electricity*)) and (B02C* or B09B* or F03B* or F03D* or E02B* or C02F* or C25B* or F16D* or G06Q* or B63B* or F24J* or E01F* or G09F* or H05B* or C02F* or B63H*).IPC.
해양바이오	((harbor* or port* or berth* or breakwater* or seawall* or quaywall*) and (biofuel* or biomass*) and (energy* or power* or generation* or fuel* or plant* or converter* or conversion* or electricity*)) and (B02C* or B09B* or F03B* or F03D* or E02B* or C02F* or C25B* or F16D* or G06Q* or B63B* or F24J* or E01F* or G09F* or H05B* or C02F* or B63H*).IPC.
지 열	((harbor* or port* or berth* or breakwater* or seawall* or quaywall*) and (geotherm*) and (energy* or power* or generation* or fuel* or plant* or converter* or conversion* or electricity*)) and (B02C* or B09B* or F03B* or F03D* or E02B* or C02F* or C25B* or F16D* or G06Q* or B63B* or F24J* or E01F* or G09F* or H05B* or C02F* or B63H*).IPC.
비 고	영문검색시 키워드 중 다의어인 port 와 current 등으로 인해 본 연구과제와 전혀 관련이 없는 자료들이 검색되는 것을 방지하기 위해 국제특허분류(IPC)를 추가로 한정하여 검색하였음.

(라) 관련문헌 건수

분 야	국 가	검색건수(관련도 ↑)	분 야	국 가	검색건수(관련도 ↑)
조 력	한 국	49(21)	태양광	한 국	7(4)
	일 본	9(2)		일 본	5(3)
	미 국	93(4)		미 국	22(4)
	유 럽	27(0)		유 럽	4(0)
	PCT	44(8)		PCT	26(2)
해상풍력	한 국	7(3)	파력	한 국	34(15)
	일 본	6(2)		일 본	17(8)
	미 국	26(2)		미 국	38(5)
	유 럽	10(0)		유 럽	25(3)
	PCT	38(4)		PCT	38(6)
해수온도차	한 국	0	염도차	한 국	0
	일 본	0		일 본	0
	미 국	54(0)		미 국	7(1)
	유 럽	22(0)		유 럽	3(0)
	PCT	34(0)		PCT	6(0)
해양바이오	한 국	2(1)	지열	한 국	1(1)
	일 본	0		일 본	1(1)
	미 국	1(1)		미 국	1(1)
	유 럽	0		유 럽	2(1)
	PCT	1(1)		PCT	2(0)

(마) 조사결과

- 본 선행기술조사 결과 출원이 가장 활발한 부분은 조력과 파력 분야이고, 상기 두 분야에서 국내 검색건수가 상대적으로 많은 것은 선행기술자료를 다양하게 제공하기 위해 기술관련도를 넓게 본 것도 작용했지만 그럼에도 불구하고 우리나라도 조력과 파력분야에서는 기술선진국에 뒤지지 않을 정도로 출원이 이루어지고 있음.
- 상대적으로 태양광과 해상풍력 분야는 출원이 적고, 해수온도차, 염도차, 해양바이오 및 지열 분야는 출원이 극히 적음.

- 기술선진국 중 유럽에서는 항만에 적용될 수 있는 신재생에너지 관련 출원이 미미함.
- PCT와 유럽 또는 미국출원은 상호 중복된 특허가 있고, 분야별로 병행되는 경우가 있어 분야별로도 중복된 특허가 있음.
- 대부분의 자료가 2000년 이후의 자료이고 최근에 이르면서 점점 증가하는 추세임.

(바) 주요 선행기술 관련 특허리스트

○ 조력(한국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	0867547	조력발전과 해류 발전을 겸하는 통합발전 시스템	2008.10.31	장경수
02	0883756	수문발전과 해류 발전을 겸하는 복합 해양발전 시스템	2009.02.06	장경수
03	0928569	방파제를 활용한 조류력 및 파력발전 겸용 해상풍력 발전 장치	2009.11.18	주식회사 항도엔지니어링
04	2003-0050834	방파제 내부 설치식 해류발전 시스템	2003.06.25	학교법인 인하학원
05	2006-0069385	수문형 수차	2006.06.21	박용운
06	2007-0023186	조력발전 장치	2007.02.28	윤석한
07	2007-0061488	조력발전 방식	2007.06.13	박원일
08	2007-0061491	유속발전 장치	2007.06.13	박원일
09	2007-0092192	조력, 조류, 파력 발전을 병합한 전기분해 시스템	2007.09.12	이광석
10	2007-0099712	쌍 수차조력발전 장치	2007.10.10	박준태
11	2007-0102645	친환경 조력발전 방조제용 수로	2007.10.19	현대엔지니어링 주식회사
12	2009-0068514	부력을 이용한 발전 장치	2009.06.29	이병철
13	2009-0076534	부력을 이용한 발전 장치	2009.07.13	이병철
14	2009-0096586	조수부력을 이용한 공압발전 장치	2009.09.11	황인영
15	2009-0100607	조류의 유도수로를 이용한 회전동력 발생 장치	2009.09.24	정연진
16	2010-0033099	연속 프로펠러가 장착된 떠 있는 조력 발전 장치	2010.03.29	김형은
17	2010-0058079	공기와 수력을 이용한 발전 장치	2010.06.03	이병철
18	2010-0117875	고속 해류용 소형 대용량 해류발전기	2010.11.04	장경수
19	2010-0122008	해양발전 시스템과 연계한 해양도시	2010.11.19	장경수
20	2010-0123950	조력발전 장치	2010.11.26	이송우
21	2011-0023935	조수의 급 유속을 유도하는 조력발전용 이중방조제	2011.03.09	이송우

○ 조력(일본)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	1996-035479	부력 방파제를 겸한 물결조 수력 발전	1996.02.06	SUMIZAKI NORIMI
02	2007-009830	부체형 수력 발전 장치	2007.01.18	SOUKI SEKKI:KK

○ 조력(미국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	20020162326	Tidal/save compressed air electricity generation	2002.11.07	Brumfield
02	20030145586	Wave/blowhole electrical power generating plant	2003.08.07	Shields
03	20100145887	System and Method for the Achievement of the Energetic and Technological Self-Sufficiency of Sea and Inland Ports with the Full Exploitation of Port's Internal Resources (Zero Waste-Zero Energy System)	2010.06.10	Insol Ltd.
04	20100219639	TIDE ACTIVATED DEVICE TO OPERATE A TURBINE GENERATOR	2010.09.02	Thompson, JR

○ 조력(PCT)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	WO01/020163	A MODULAR FLOATING BREAKWATER FOR THE TRANSFORMATION OF WAVE ENERGY	2001.03.22	ZINGALE, Giuseppe
02	WO06/026838	POWER PLANT IN THE SEA, IN WHICH TIDAL MOVEMENTS, THE BEATING OF THE WAVES, WIND FORCE AND SUN RAYS ARE USED TO A VERY GREAT EXTENT (T,B,W,S)	2006.03.16	HENDRIKS, P.J.
03	WO08/049179	TREATMENT SYSTEM OF SHIPS BALLAST WATER, OFFSHORE PETROLEUM PLATFORMS AND VESSELS, IN GENERAL, THROUGH A PROCESS IN AN ELECTROCHEMICAL REACTOR	2008.05.02	CIRNE SILVA

04	WO08/084560	HYDROELECTRIC POWER GENERATION FACILITY	2008.07.17	ARRON HOLDINGS & Co., Ltd.
05	WO08/094171	FLOATING DOCK	2008.11.27	MUNSON
06	WO09/068712	MARINE ELECTRIC POWER PRODUCTION SYSTEM AND INSTALLATION METHOD	2009.06.04	ACCIONA ENERGIA, S.A.
07	WO10/104342	POROUS UNDERWATER BREAKWATER FOR PREVENTING SHORE EROSION AND FORMING A FISHING GROUND, AND METHOD FOR PRODUCING ENVIRONMENTALLY-FRIENDLY BLOCKS FOR THE UNDERWATER BREAKWATER	2010.12.23	WOOAM
08	WO94/016215	WATER-JET HYDRAULIC POWER GENERATION METHOD	1994.07.21	YASUDA, Toshitaka

○ 태양광(한국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	0597855	항만 해상 표시용 부이 구조	2006.06.30	주식회사 도화종합기술공사
02	0784506	발광부를 가진 차막이	2007.12.04	주식회사 한라엠에스
03	0926690	엘이디를 구비한 안내용 부표	2009.11.06	박은일
04	2003-0006640	청정에너지를 이용한 수중폭기장치	2003.01.23	방은하,유방훈

○ 태양광(일본)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	2001-262800	태양광 발전 장치	2001.09.26	KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD
02	2008-187987	태양광을 이용한 수질 정화 시스템	2008.08.21	NAKAMURA TAKAHIRO
03	2010-074130	태양광 발전에 의한 전력 발생 장치	2010.04.02	OTA TOSHIAKI

○ 태양광(미국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	20050067271	Process and structure for superaccelerating nature, producing a continuous supply of fresh water from salt water by using solar, wind, and wave energy	2005.03.31	Ciudaj
02	20090315330	FACILITY FOR REFUELING OF CLEAN AIR VEHICLES/MARINE CRAFT AND GENERATION AND STORAGE OF POWER	2009.12.24	Robert J.
03	20100145887	System and Method for the Achievement of the Energetic and Technological Self-Sufficiency of Sea and Inland Ports with the Full Exploitation of Port's Internal Resources (Zero Waste- Zero Energy System)	2010.06.10	Insol Ltd.
04	20100199975	Solar thermal collector cabinet and system for heat storage	2010.08.12	Wayne E.

○ 태양광(PCT)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	WO06/026838	POWER PLANT IN THE SEA, IN WHICH TIDAL MOVEMENTS, THE BEATING OF THE WAVES, WIND FORCE AND SUNRAYS USED TO A VERY GREAT EXTENT (T,B,W,S)	2006.03.16	HENDRIKS, P.J.
02	WO10/110772	SOLAR-BASED POWER GENERATOR	2010.09.30	LEE, John

○ 풍력(한국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	0928569	방파제를 활용한 주류력 및 파력발전 겸용 해상풍력 발전장치	2009.11.18	주식회사 항도엔지니어링
02	2003-0006640	청정에너지를 이용한 수중폭기장치	2003.01.23	방은하, 유방훈
03	2009-0033195	풍력발전기가 장착된 선박	2009.04.01	박정훈

○ 풍력(일본)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	2003-028046	풍력 발전용 풍차의 지지구조	2003.01.29	mitsubishi heavy ind ltd
02	2004-100518	전자식 파력 발전 장치	2004.04.02	enganken system kenkyusho:kk

○ 풍력(미국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	20100145887	System and Method for the Achievement of the Energetic and Technological Self-Sufficiency of Sea and Inland Ports with the Full Exploitation of Port's Internal Resources (Zero Waste-Zero Energy System)	2010.06.10	Insol Ltd.
02	20100320759	Method and apparatus for ocean energy conversion, storage and transportation to shore-based distribution centers	2010.12.23	Lightfoot

○ 풍력(PCT)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	WO06/026838	POWER PLANT IN THE SEA, IN WHICH TIDAL MOVEMENTS, THE BEATING OF THE WAVES, WIND FORCE AND SUN RAYS ARE USED TO A VERY GREAT EXTENT (T,B,W,S)	2006.03.16	HENDRIKS, P.J.
02	WO06/026838	FLOATING ENERGY CONVERTER	2008.11.27	HENDRIKS, P.J.
03	WO09/068712	MARINE ELECTRIC POWER PRODUCTION SYSTEM AND INSTALLATION METHOD	2009.06.04	ACCIONA ENERGIA,S.A.
04	WO10/026098	OFFSHORE STATION, FOUNDATION FOR AN OFFSHORE STATION, AND METHOD FOR BUILDING AN OFFSHORE STATION	2010.07.22	MAX BÖGL BAUUNTERNEHMUNG GMBH & CO. KG

○ 파력(한국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	0298307	방파제 내부에 중공상태를 형성시켜 파도의 풍랑, 너울을 이용한 공기압축 공급 시스템	2002.12.03	이석규
02	0662055	파에너지를 이용한 흐름발전 장치	2006.12.20	한국해양연구원
03	0748369	케이스 유수실내의 회전 와류를 이용한 파력발전 방파제	2007.08.06	대림산업 주식회사, 관동대학교산학협력단, 나카무라 다카유키
04	0928569	방파제를 활용한 조류력 및 파력발전 겸용 해상풍력 발전 장치	2009.11.18	주식회사 항도엔지니어링
05	2004-0027662	파도의 힘을 이용한 발전 시스템	2004.04.01	최창묵, 조재필
06	2006-0103792	파도의 수평운동 에너지를 이용한 파력발전 시스템	2006.10.04	박수양
07	2007-0077816	지속 발전을 가능케 하는 구동드라이브유닛에 의한 파력 발전 시스템형	2007.07.30	홍재호
08	2007-0092192	조력,조류,파력 발전을 병합한 전기분해 시스템	2007.09.12	이광석
09	2009-0013820	파력 발전	2009.02.05	하칠라코스, 콘스탄티노스, 에이.
10	2009-0131272	파력을 이용한 양수발전 시스템	2009.12.28	문병학
11	2010-0066028	파력발전 시스템	2010.06.17	삼성중공업 주식회사
12	2010-0092582	파력 발전 장치	2010.08.23	청호파워텍(주)
13	2010-0101820	플랩형 파력발전 장치	2010.09.20	한국해양연구원
14	2011-0007474	부양식 방파제 겸용 파력발전 시스템	2011.01.24	한국해양대학교 산학협력단
15	2011-0016095	파력발전 장치	2011.02.17	박준국

○ 파력(일본)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	1994-022570	파력 장치	1994.03.25	mitsubishi heavy ind ltd
02	1996-035479	부력 방파제를 겸한 물결조 수력발전	1996.02.06	sumizaki norimi
03	2001-329938	파력 발전 장치	2001.11.30	kobayashi akira
04	2004-100518	전자식 파력 발전 장치	2004.04.02	enganken system kenkyusho:kk
05	2004-218623	전자식 파력 발전 장치	2004.08.05	yamaguchi haruyoshi
06	2007-002778	파력 발전 장치	2007.01.11	toa harbor works co ltd
07	2008-536045	파력 장치를 가진 설비 및 그 서포트 구조	2008.09.04	wave star energy
08	2010-275853	해수를 양수하는 장치	2010.12.09	nakayamada koji

○ 파력(미국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	20030145586	Wave/blowhole electrical power generating plant	2003.08.07	Shields
02	20050207844	Oscillating water column wave energy converter incorporated into caisson breakwater	2005.09.22	Boccotti, Paolo
03	20090317212	Remote Docking Port	2009.12.24	Munson
04	20100320759	Method and apparatus for ocean energy conversion, storage and transportation to shore-based distribution centers	2010.12.23	Lightfoot
05	20110002739	TEMPORARY FLOATING BREAKWATER AND CAUSEWAY WITH SIMULATED BEACH AND KELP	2011.01.06	WARWICK MILLS, INC.

○ 파력(유럽)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	1131557	A MODULAR FLOATING BREAKWATER FOR THE TRANSFORMATION OF SAVE ENERGY	2001.09.12	Zingale, Giuseppe
02	1439306	Wave energy converter	2004.07.21	Wavebob Limited
03	1518052	OSCILLATING WATER COLUMN WAVE ENERGY CONVERTER INCORPORATED INTO CAISSON BREAKWATER	2005.03.30	Boccotti, Paolo

○ 파력(PCT)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	WO00/031412	WAVE ENERGY IMPROVEMENT UNIT TO BE CONVERTED INTO ELECTRIC POWER	2000.06.02	MARQUES CRAVEIRO LOPES PRETO, Virgilio
02	WO01/020163	A MODULAR FLOATING BREAKWATER FOR THE TRANSFORMATION OF WAVE ENERGY	2001.03.22	ZINGALE, Giuseppe
03	WO07/037401	STRUCTURE OF WATER RETARDING CHAMBER IN MOVABLE OBJECT WAVE FORCE ENERGY CONVERTER	2007.04.05	YAMAGUCHI UNIVERSITY
04	WO08/094171	FLOATING DOCK	2008.11.27	MUNSON
05	WO10/067177	WAVE ENERGY CONVERTOR	2010.06.17	STELLENBOSCH UNIVERSITY
06	WO99/013218	SEA-WAVE POWER PLANT	1999.03.18	LYNGSTAD, Per

○ 염도차(미국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	20090315330	FACILITY FOR REFUELING OF CLEAN AIR VEHICLES/MARINE CRAFT AND GENERATION AND STORAGE OF POWER	2009.12.24	Robert J.

○ 바이오(한국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	2010-0118669	폐기물 중 가연물 및 유기물의 선별 및 활용	2010.11.08	이주형

○ 바이오(미국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	20070017864	Process and system for converting biomass materials into energy to power marine vessels	2007.01.25	Price

○ 바이오(PCT)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	WO07/002371	PROCESS AND SYSTEM FOR CONVERTING BIOMASS MATERIALS INTO ENERGY TO POWER MARINE VESSELS	2007.01.04	Price

○ 지열(한국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	2010-0028455	하천구역을 활용한 바이너리 지열발전 시스템 및 방법	2010.03.12	이시우

○ 지열(일본)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	2011-033233	지중열 이용 공기 조절 시스템	2011.02.17	SUMITOMO FUDOSAN KK

○ 지열(미국)

NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/공고일	출원인
01	20080169084	Geothermal energy system	2008.07.17	Bullivant

○ 지열(유럽)

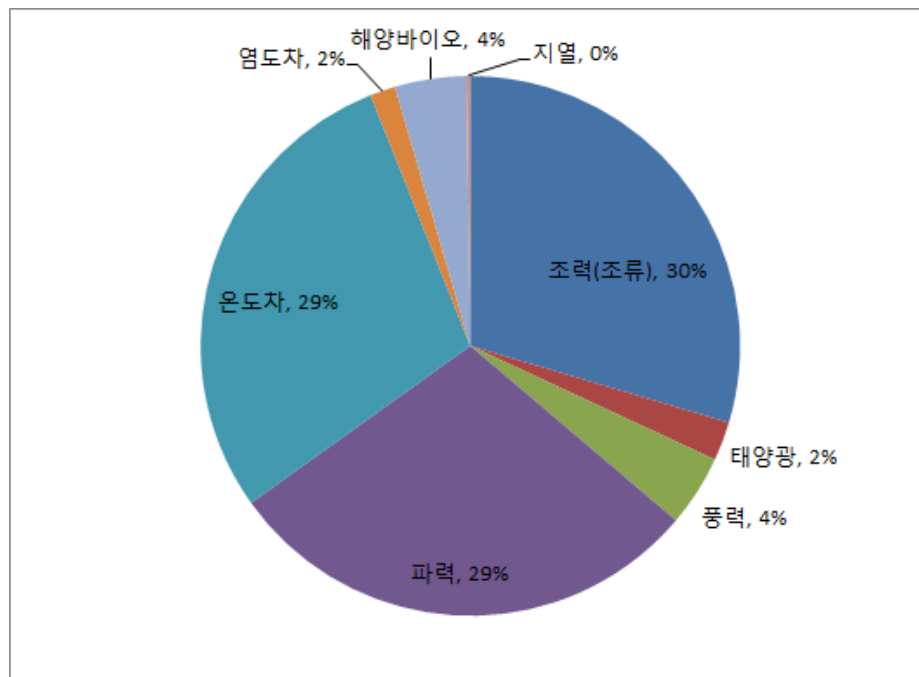
NO	공개/등록번호	발명의 명칭	공개/광고일	출원인
01	1808652	Geothermal energy system	2008.05.28	Roxbury Limited

나. 논문 동향 분석

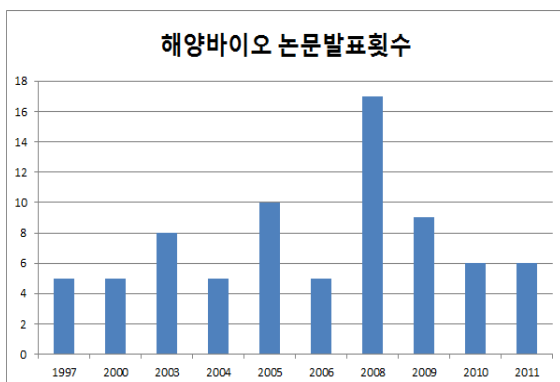
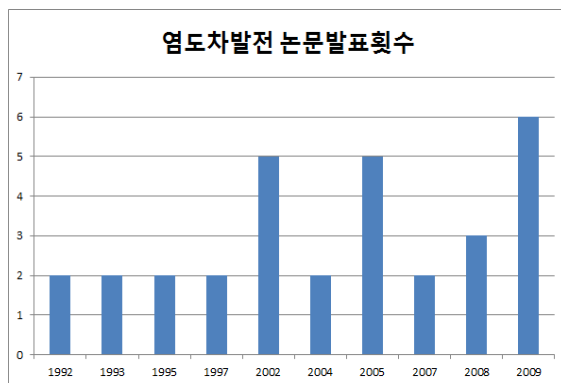
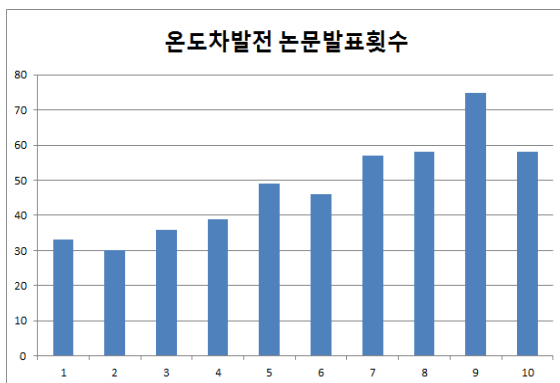
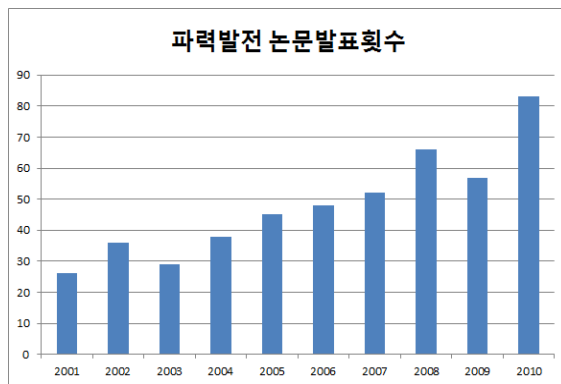
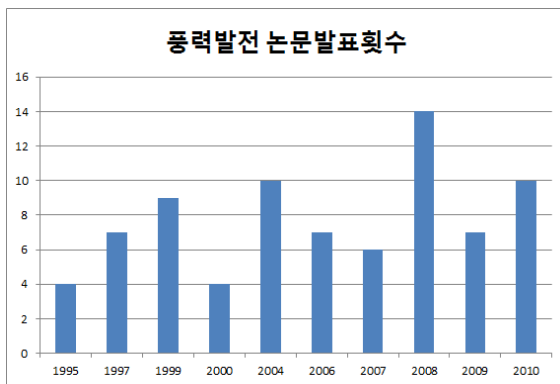
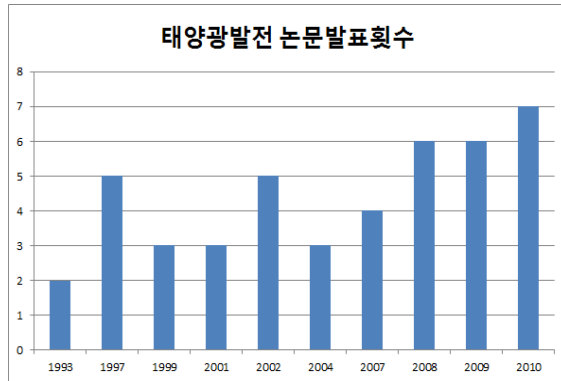
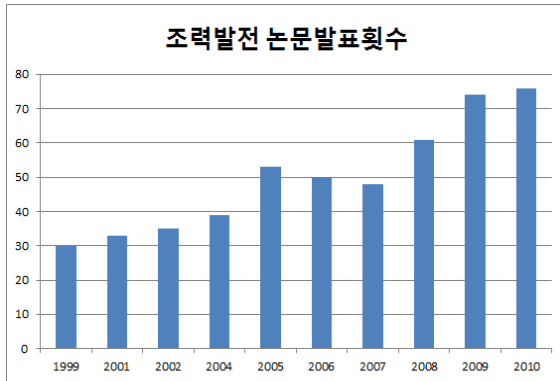
(1) 논문 동향 분석 방법

- Web of Science를 활용
- 발전원별로 영어로 출간된 논문을 대상으로 함
- 논문 동향 분석용 키워드는 특허 동향 분석용 키워드와 동일

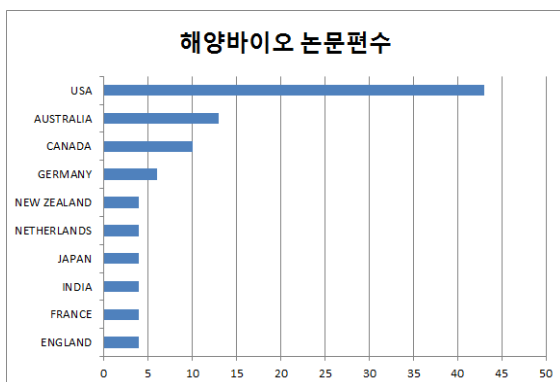
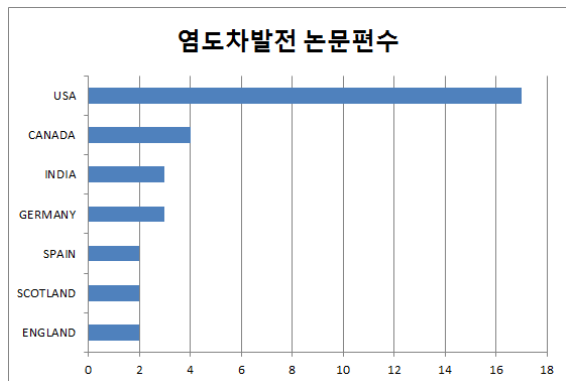
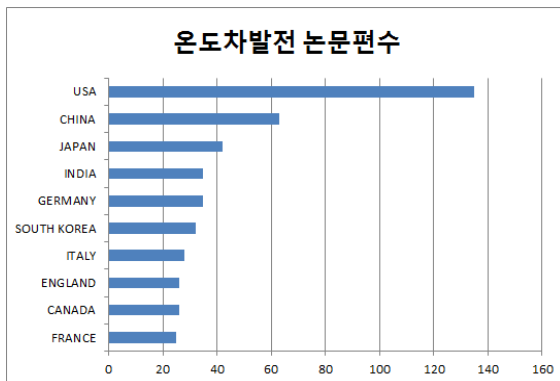
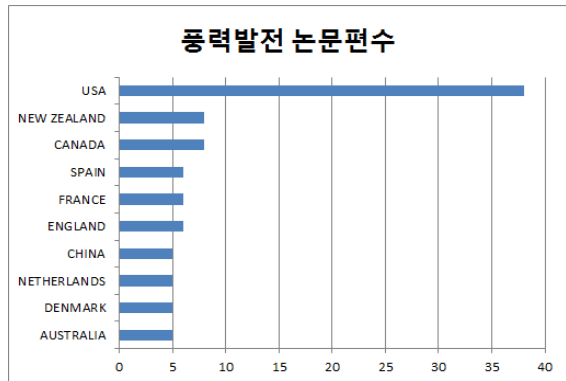
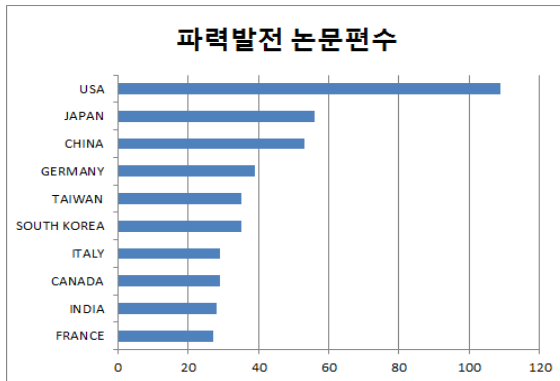
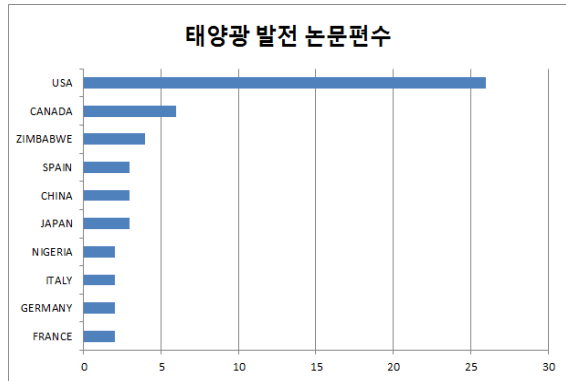
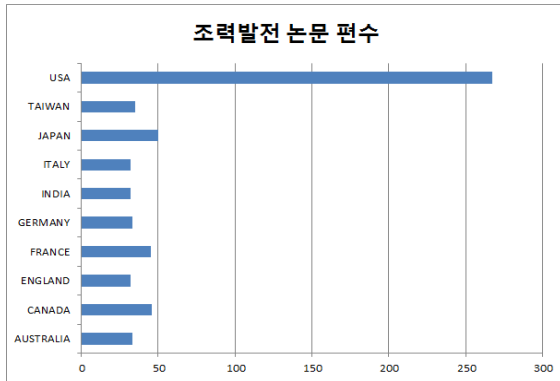
(2) 분야별 논문 발표 현황



(3) 연도별 논문 발표 현황



(4) 국가별 논문 발표 현황



(5) 논문 분석 결론

- 에너지원 별로 차이는 있지만 점차적으로 논문 발표 횟수가 증가하고 있음.
- 모든 에너지 원에 대하여 미국의 논문 발표 횟수가 가장 많으며, 그 뒤로 캐나다와 독일, 중국의 순서로 나타남
- 한국의 경우에는 논문 발표 횟수가 상대적으로 저조한 편이나, 파력발전과 관련한 논문 발표가 많음
- 또한, 특허와는 달리 일본의 비중이 상당히 줄어들음. 이는 논문 분석의 경우, 영어로 발표된 국외 논문에 근거한 때문인 것으로 판단.
- 각 에너지원별로 논문 발표 결과를 비교 분석하면, 조력(조류) 발전(30%), 파력발전(29%), 온도차발전(29%)이 가장 큰 비중을 차지하고 있음.

3. 기술 수준 및 기술개발 역량 분석

가. 국내·외 기술수준 분석

(1) 시화호 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발

(가) 기술개발 개요

- ① 개발 기간 : 2000~2002년 (2년)
- ② 개발 비용 : 5억원
- ③ 수행 기관 : 한국해양연구원

(나) 기술개발 내용

- 시화호 해양특성조사 및 시화호 조력발전 개념설계
- 기존에 있던 댐을 활용하는 형태이며, 10개의 26MW급 벌브형 터빈으로 구성.

(다) 기술개발 특징 및 성과

- 시화호에 대한 창조식 조력발전 시스템 기반기술을 개발하여 시화호 조력발전소 건설 토대 마련
- 에너지변환 장치 설계 기술 및 전력제어/계통연계 기술 개발

(라) 본 연구와의 차별성 및 연계방안

- 본 연구는 항만에 적용 가능한 신재생 에너지 기술을 개발하는 것으로서, 조력발전하여 단순 송전하는 것과는 차별되며, 기존의 연구에서 개발된 조력발전의 개념을 항만의 신재생 에너지원으로 도입할 수 있음.

나. 국내 기술개발 역량 분석

(1) 가로림만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발

(가) 기술개발 개요

- ① 개발 기간 : 2000~2002년 (2년)
- ② 개발 비용 : 6억원
- ③ 수행 기관 : 한국해양연구원

(나) 기술개발 내용

- 가로림만 해양특성조사 및 가로림만 조력발전 개념설계

(다) 기술개발 특징 및 성과

- 가로림만에 대한 낙조식 조력발전 시스템 기반기술을 개발하여 가로림만 조력발전소 건설 토대 마련
- 에너지변환 장치 설계 기술 및 전력제어/계통연계 기술 개발

(라) 본 연구와의 차별성 및 연계방안

- 본 연구는 항만에 적용 가능한 신재생 에너지 기술을 개발하는 것으로서, 조력발전하여 단순 송전하는 것과는 차별되며, 기존의 연구에서 개발된 조력발전의 개념 및 해양특성 조사 기술을 도입할 수 있음.

(2) 인천만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발

(가) 기술개발 개요

- ① 개발 기간 : 2006~2008년 (2년)
- ② 개발 비용 : 60억원 (민간 33억원 포함)
- ③ 수행 기관 : 한국해양연구원

(나) 기술개발 내용

- 인천만 해양특성조사 및 분석
- 1,440MW급 친환경 조력발전시스템 개념설계
 - 기존안: 연간발전량 2,325GWh, 갯벌감소 38.9%
 - 수정안: 연간발전량 2,271GWh, 갯벌감소 18.1%
- 조력발전이 주변 환경에 미치는 영향 연구

(다) 기술개발 특징 및 성과

- 조력발전 해양환경영향 예측 및 저감 기술 개발
- 조력발전 시스템 기능고도화(수문성능향상, 발전최적화 등) 기술개발
- 에너지변환 장치 설계 기술 및 전력제어/계통연계 기술 개발

(라) 본 연구와의 차별성 및 연계방안

- 본 연구는 항만에 적용 가능한 신재생 에너지 기술을 개발하는 것으로서, 조력발전하여 단순 송전하는 것과는 차별되며, 기존의 연구에서 개발된 조력발전의 개념 및 해양특성 조사 기술을 도입할 수 있음.

4. 정책 및 관련 제도/계획 동향 분석

가. 국내 정책 및 관련 제도/계획 동향 분석

(1) 신재생에너지 관련 정책

- 2008년 7월, 우리나라는 G8확대정상회의에서 국제사회의 온실가스 감축정책 노력에 적극적으로 동참하겠다는 의지를 표명함
- 2008년 8월 15일 이명박 대통령은 '저탄소·녹색성장'을 국가 비전으로 제시하였고, 이에 따라 탄소 배출을 줄이고 신성장동력으로 활용할 수 있는 신재생에너지의 보급이 확대될 것으로 전망됨
- 국가에너지위원회는 2008년 8월 국가에너지기본계획(2008~2030)에서 2030년 신·재생에너지 보급률을 총 1차에너지 대비 11%(2006년 2.24%)로 확대하기로 함
 - 2006년에는 선진국대비 70% 수준에 그치고 있는 신·재생에너지 기술을 2030년에는 선진국과 동등한 수준으로 향상시키고 태양광, 풍력, IGCC, 연료전지 등 4대 핵심 분야를 중심으로 수출산업화를 추진기로 함
- 2008년 12월 발표된 지식경제부의 제3차 신재생에너지기술개발 및 이용·보급기본계획(2009~2030)에서도 국가에너지기본계획과 동일하게 보급목표를 설정함
 - 신·재생에너지는 발전부문을 중심으로 확대되어 2030년 39,517GWh를 발전하여 총 발전량 대비 7.7%를 차지할 것으로 전망함
- 지식경제부의 제4차 전력수급기본계획(2008~2022년)에서는 2022년까지의 전원구성 및 발전소 건설계획을 수립하였는데, 전체 발전설비용량 중 신재생에너지 설비용량비율을 2008년 2.7%에서 2022년 4.0%까지 늘려 발전량 점유율 2007년 1.1%에서 2022년 4.7%로 확대할 계획임
- 2009년 8월 녹색성장위원회는 국가 온실가스 중기 감축목표를 설정하고 국민여론을 수렴하여 확정하기로 함
 - 신재생에너지는 녹색성장위원회가 제시한 3개 시나리오에서 주요 감축수단으로 고려되고 있어 신재생에너지에 대한 기술개발 및 보급이 더욱 가속화될 것으로 예상됨

〈국가 온실가스 중기 감축목표(안)〉

시나리오	감축목표		감축정책 선택기준	주요 감축수단 예시 (각각은 이전 시나리오의 정책수단을 포함)
	BAU 대비	'05년 기준		
1	△21%	+8%	비용효율적 기술 및 정책 도입	- 그린홈, 그린빌딩 보급 확대 - LED등 고효율제품 보급 - 저탄소·고효율 교통체계 개편 - 산업계 고효율 공정혁신(green process) - 신재생에너지 및 원전확대, 스마트그리드 일부 반영
2	△27%	동결	국제적 기준의 감축비용 부담	- 지구온난화지수가 높은 불소계가스 제거 - 하이브리드카 보급 - 바이오연료 혼합비율 확대 - CCS 일부 도입
3	△30%	△4%	개도국 최대 감축수준	- 전기차·연료전지차 등 차세대 그린카 보급 - 최첨단 고효율제품 확대 보급 - CCS 도입 강화

출처: 녹색성장위원회(2009.8.), 국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표 설정 추진계획

- 국가의 저탄소 녹색성장을 위한 저탄소 녹색성장 기본법(2010. 1.) 수립·시행함

비전

2020년도까지 세계 7대

2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입

3대 전략, 10대 정책방향

I. 기후변화 적응 및 에너지 자립

II. 신성장 동력 창출

III. 삶의 질 개선과 국가위상 강화

1. 효율적 온실가스 감축
2. 탈석유·에너지 자립 강화
3. 기후변화 적응 역량 강화
4. 녹색기술개발 및 성장동력화
5. 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성
6. 산업구조의 고도화
7. 녹색경제 기반 조성
8. 녹색국토·교통의 조성
9. 생활의 녹색혁명
10. 세계적인 녹색성장

주: 저탄소 녹색성장 국가전략(2009, 녹색성장위원회)

- 국가과학기술위원회(2007.4)는 국토해양부의 융합기술 R&D 역할에 대해 ‘해양산업, 자원, 환경 등의 융합기술 및 인프라를 구축’하는 것으로 설정함
- 동 위원회는 융합기술 R&D의 중점추진영역으로 ‘새로운 에너지자원 확보’ 영역을 선정하였으며 2030과학기술예측 결과 중의 주요 융합기술에도 ‘미래에너지·환경기술’을 포함시킴

(2) 해양에너지 관련 정책

- 국가에너지위원회는 2008년 8월 국가에너지기본계획(2008~2030)에서 2030년 신·재생에너지 보급률을 총 1차에너지 대비 11%(2006년 2.24%)로 확대하기로 함
- 해양에너지를 바이오에너지 및 폐기물에너지와 더불어 투자대비 보급효율이 높아 대량보급체제를 구축할 수 있는 미래 산업화 대상 에너지원으로 평가하였으며 지속적인 기술개발 및 보급지원을 계획함
- 2008년 12월 발표된 지식경제부의 제3차 신재생에너지기술개발 및 이용·보급기본계획(2009~2030)에서도 국가에너지기본계획과 동일하게 보급목표를 설정함
- 발전량 중 해양에너지의 기여도는 2015년에는 풍력과 대수력이 이어 3위(12.1%)를 차지하며 2030년에는 대수력을 앞질러 2위(15.6%)를 차지할 것으로 전망함
- 열과 전력을 포함한 1차에너지 기준의 원별 전망에서 전체 신재생에너지 중 해양에너지가 차지하는 비중은 2030년 기준 4.7%로 5위에 그치지만 연평균증가율은 가장 높아 향후 성장 잠재력이 매우 클 것으로 예상됨
- 지식경제부의 제4차 전력수급기본계획(2008~2022년)에서는 2022년까지의 전원구성 및 발전소 건설계획을 수립하였는데, 전체 발전설비용량 중 신재생에너지 설비용량비율을 2008년 2.7%에서 2022년 4.0%까지 늘려 발전량 점유율 2007년 1.1%에서 2022년 4.7%로 확대할 계획임
- 2022년까지 신재생에너지 누적 설비용량 목표 8,399MW 중 37%에 해당하는 3,081MW를 해양에너지가 담당하며 향후 신규 건설될 신재생에너지 설비용량(6,456MW) 중에서는 47.7%를 조력, 조류, 파력 등 해양에너지 설비로 충당할 계획임

(3) 관련법령

(가) 저탄소녹색성장기본법(안)

- 여러 부처에서 개별적·부분적으로 실시하고 있는 기후변화와 지구온난화, 신·재생에너지 및 지속가능발전대책 등을 유기적으로 연계·통합하여 추진하기 위해 제안됨
 - 저탄소녹색성장기본법(안)은 국가적 차원에서 범세계적 녹색성장 시대를 대비하고, 경제와 환경의 조화로운 발전을 통해 환경과 자원에너지 위기를 슬기롭게 극복하기 위한 초석을 마련하기 위해 제안되었음
 - 또한, 현재 존재하는 「에너지기본법」, 「지속가능발전기본법」 등 녹색성장 관련법들의 상위법으로 법적 지위를 부여함으로써 저탄소 녹색성장의 개념을 정확히 부여하고, 분산된 녹색성장 정책을 일관되게 추진하기 위함임
 - 온실가스를 획기적으로 감축하기 위하여 온실가스 배출 중장기 감축목표 설정 및 부문별·단계별 대책, 에너지 수요관리 및 안정적 확보대책 등을 포함한 「기후변화대응 기본계획」과 「에너지기본계획」을 수립·시행하도록 함
 - 온실가스 감축, 에너지 절약과 에너지 이용효율 향상 및 신·재생에너지 보급 확대를 위하여 중장기 및 단계별 목표를 설정하고, 일정수준 이상의 온실가스 다배출업체 및 에너지 다소비업체로 하여금 매년 온실가스 배출량 및 에너지 사용량을 정부에 보고하도록 하며, 정부는 온실가스 종합 정보관리체계를 구축·운영하도록 함
 - 시장기능을 활용하여 효율적으로 온실가스를 감축하고 국제적으로 팽창하는 온실가스 배출권 거래시장에 대비하기 위하여 온실가스 배출허용총량을 설정하고 배출허용량을 거래하는 ‘총량제한 배출권 거래제’ 등을 실시하되, 배출허용량의 할당·등록 및 관리방법 등은 따로 법률로 정하도록 함

〈저탄소녹색성장기본법(안)〉

소관사항	관계법령
저탄소녹색성장 국가전략 수립	제9조
녹색경제, 녹색산업의 육성 및 지원	제23조
녹색기술의 연구개발 및 사업화 등의 촉진	제26조
기후변화 대응	제38조~42조
온실가스 감축 및 종합정보관리체계 구축	제43조~46조
교통부문의 온실가스 관리	제47조
저탄소 교통체계의 구축	4제55조

(나) 해양수산발전기본법

- 해양에너지 개발과 이용을 위한 시책마련과 시행은 국토해양부 장관 소관
 - 정부조직법 제37조에서 “국토해양부장관은 국토종합계획의 수립·조정, 국토 및 수자원의 보전·이용 및 개발, 도시·도로 및 주택의 건설, 해안·하천·항만 및 간척, 육운·해운·철도 및 항공, 해양환경, 해양조사, 해양자원개발, 해양과학기술연구·개발 및 해양안전심판에 관한 사무를 관장한다.”는 원칙을 밝힘
 - 해양수산발전기본법 제16조에서 “해양자원의 관리·보전과 개발·이용을 위하여 필요한 시책을 마련하고, 이를 시행하여야 한다”고 하였으며, 여기서 "해양자원"이라 함은 개발·이용이 가능한 해양생물자원·해양광물자원·해양에너지·해양관광자원 및 해양공간자원 등 국가경제 및 국민생활에 유용한 자원을 말한다고 동법 제3조에 명시되어 있음
 - 해양에너지 생산시설의 입지선정과 발전소 건설에 필요한 해양수산관계 법령
 - 해양에너지 생산시설은 『연안관리법』에 의한 연안관리지역계획에 반영되어야 함
 - 발전 플랜트와 같은 시설물 설치를 위해서는 「공유수면관리법」에 따라 국토해양부 장관의 허가가 필요함
- 항만구역 내 신재생에너지 발전시설을 설치 관련 법령
 - 항만법 제2조(정의)에서 항만기능을 지원하는 시설을 항만의 지원시설로 분류하

- 여 항만시설의 하나로써 규정하고 있으며, 제42조에서 항만배후단지의 지정을 규정하고 있음
- 신·재생에너지 발전 시설을 통해 항만에 전기를 공급할 경우 이는 항만기능을 지원하기 위한 시설에 해당하므로 항만시설로 분류할 수 있음
 - 미래지향적인 해양수산 계획의 틀을 재확립하고 해양에 대한 발전 전략을 재수립하는 등 해양행정체계의 역할과 기능을 재정립하기 위해 정부는 법정국가계획인 「해양수산발전기본계획」을 10년 단위로 수립하고 있음(담당기관 : 국토해양부 해양정책과)
 - 근거 : 「해양수산발전기본법」 제6조(해양 및 해양자원의 합리적인 관리, 보전, 개발이용, 해양산업의 육성 등에 관한 중장기 정책목표 및 방향을 설정하고 10년마다 해양수산발전기본계획을 수립)
 - 정부는 2008년 9월 [저탄소 녹색성장을 위한 실천계획]을 발표
 - 2007년 12월 수립된 제4차 기후변화 종합대책의 2008~2012년간 추진할 구체적인 정책
 - 온실가스를 저감하는 지속가능한 성장으로서 녹색성장을 신국가 발전 패러다임으로 설정
 - 이에 「제2차 해양수산발전기본계획(2020)」에 녹색성장 패러다임에 기반하여 계획을 수립(2009)하고 각종 정책을 추진할 예정으로 있음(적용기간 : 2011~2020)

나. 국외 정책 및 관련 제도/계획 동향 분석

(1) 신재생에너지 관련 정책

(가) 미국

- 신재생에너지 분야에서는 수소연료전지 등 차세대 기술개발에 대한 투자 확대('02~'07 17억불) 및 수소경제 국제파트너십(IPHE, '03) 등 세계 주도권 선점
- CCTP(Climat Change Technology Program, '06.9)를 통해 국가 차원의 기후변화 대응을 위한 장·단기별 목표기술을 설정하고, R&D 프로그램과 투자에 대한 민간

부문의 협력을 강조

- 시장 메커니즘을 통한 에너지 효율 개선과 세금 인센티브 제도를 활용
- 오바마 정부의 그린에너지 정책에 따라 상정된 2009년 미국 청정에너지 안보 법안(American Clean Energy and Security Act of 2009, ACESA)에 따르면, 2012년까지 재생에너지 비율을 6%까지 높이고, 2025년까지는 25%까지 대폭 높이는 것을 목표로 세우고 있음
- 법안의 목적은 수백만 개의 청정에너지 일자리를 창출하고, 수천억 달러의 에너지 소비를 줄이며, 국가 에너지 자립도를 높이고 지구온난화를 방지하는 것임

(나) EU

- EU 국가의 총 에너지 소비 중 신재생에너지 비율은 '05년 기준 조사결과 스웨덴이 39.8%로 가장 높았고, EU 국가 평균은 11.64%로 나타났으며, EU 국가의 절반 이상이 '20년까지 재생에너지 비율을 20% 이상으로 높이려는 목표를 수립
- EU는 2010년까지 전체 에너지 소비량 중 재생에너지의 비중을 12%까지 올리겠다는 목표를 세웠고, 대부분 달성한 것으로 평가됨

〈EU 국가의 재생에너지 사용 현황과 목표 (상위 5개국)〉

국가	총 에너지소비 중 재생에너지 비율	
	2005년	2020년(목표)
스웨덴	39.8%	49%
라트비아	34.9%	42%
핀란드	28.5%	38%
오스트리아	23.3%	34%
포르투갈	20.5%	31%

- 2006년 3월 그린페이퍼(“A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy”)에서 에너지 시장 자유화의 촉진, 에너지 안정공급, 에너지 공급의 다양화, 지구 온난화 대책, 에너지 기술개발, 에너지 외교정책의 공통화를 우선 과제로 선정

- 2050년까지 온실가스 배출을 80% 감축하겠다는 목표를 세우고 있고, 이를 위해서는 에너지 기술 개발과 혁신이 필수적이라는 인식을 공유하고 있음
- EC는 SET Plan(Strategic Energy Technology Plan, '07.11)을 통해 전 유럽이 공유할 수 있는 신재생에너지 연구 아젠다를 수립하였으며, 기술개발을 위한 인적, 물적 지원을 늘리고 미래 저탄소 에너지기술 개발을 가속화시키겠다는 의지를 보임
 - 위 계획을 통해 EC는 유럽지역 연구자들의 공동연구를 늘리고, 유럽지역의 연구 잠재력을 극대화하며, 인터넷 시장에 이르기까지 시장개척의 가능성을 열어 둠
 - 온실가스 감축 목표 달성을 위한 전략적 에너지 기술계획을 발표하고, 기술맵(기술현황, 장애요인, 기술가능성)과 능력맵(재정, 인력) 작성을 함께 추진함

(다) 일본

- Cool Earth('08.4)를 통해 '50년까지 온실가스 감축 목표(50%) 달성을 위한 21개 혁신기술 발표
 - 에너지 효율 향상과 저탄소 에너지 이용 확대를 위한 세부 기술 제시
- 신재생에너지 분야에서는 국가 주도 R&D 프로그램(NEDO)으로 산업적·기술적 우위 선점 및 수출산업화 추진
 - 일본은 태양광과 연료전지에 중점을 두고 있으며, 태양광발전 보급 세계 2위임

(라) 독일

- 성장성이 큰 태양광과 보급효율이 높은 풍력 등에 대해 기술개발과 보급 추진하여 풍력발전 및 태양광발전 보급 세계 1위, 세계 1위 태양광 제조업체 (Q-Cells)보유, 세계 3위의 풍력발전기 제조업체 (Enercon) 보유

(마) 기타

- 중국은 수력, 인도는 풍력, 브라질은 바이오 등 풍부한 신재생 자원을 바탕으로 적극적인 보급정책 추진 중

(2) 해양에너지 관련 정책

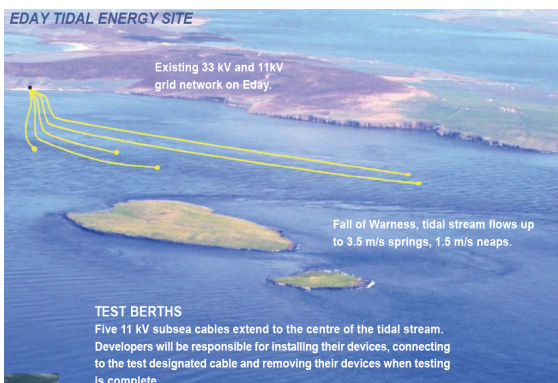
(가) 미국

- DOE(Department of Energy)의 National Renewable Energy Laboratory (NREL)은 1999년부터 해양에너지 연구를 시작했고, 2004년부터 IEA(International Energy Agency)의 해양에너지시스템 분과에 참여하고 있음
- 2005년 US Energy Act에 의해 해양에너지 분야가 공식적으로 재생에너지 분야로 채택됨
- DOE는 2007년에 처음으로 파력, 조류, 조력, 온도차에너지 등을 포함한 해양에너지 연구 프로그램을 공식 승인하였고, 2008년에도 계속해서 해양에너지 분야의 연구활동과 관심이 지속적으로 증가하였음
 - 2008년 한 해 동안 1,000만 달러를 해양 수력에너지 분야에 지원하였고, 그 중 대부분이 해양에너지에 투입되었음
 - 2009년에는 최대 3,000만 달러 규모로 해양에너지 R&D 지원이 증가할 전망
- 미 해군에서 파력, 조력, 온도차 등 각 분야별 해양에너지 기술개발을 계속해서 지원하고 있고, 정부차원에서는 Federal Energy Regulatory Commission(FERC)과 Department of the Interior's Minerals Management Service(MMS)의 두 부처에서 해양에너지 연구개발 관리 및 지원을 담당하고 있음
 - 연구개발 사업을 통해 해양에 대한 이해와 기술개발 뿐만 아니라, 사회·환경적 영향 평가, 기술표준화 등도 함께 수행하고 있음
- 연방정부 차원에서 미국의 해양에너지 관련 기업이나 조직 14군데에 700만 달러 이상의 재정적 지원을 하였음
 - 해양에너지 기술의 넓은 범위를 모두 커버하는 다양하고 우수한 프로젝트를 대상으로 함
- 타 신재생에너지에 비해 해양에너지에 대한 정책적 지원은 다소 미비한 상태이며, 2008년에 들어서서 처음으로 신재생에너지에 대해 부여하는 세액공제혜택 (production tax credit, PTC)을 해양에너지도 받게 되었으나, 세율은 풍력, 태양광, 바이오에너지 등 타 신재생에너지의 절반정도인 0.01달러/kWh 수준임

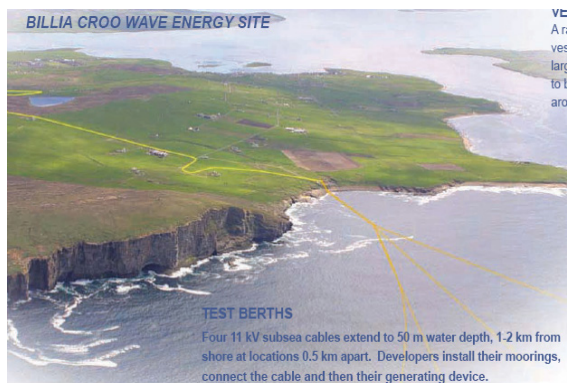
- 2009년 5월에 해양에너지 진흥법과 관련 법률을 승인하고, 해양에너지 협의회 (Ocean Renewable Energy Coalition, OREC)에 이를 발표했음
 - 위 진흥법을 통해 2억 5천만 달러를 해양에너지 연구, 개발, 실증 실용화 (RDD&D)에 투입할 계획이고, 시설 검증 프로그램, 설치적용 프로그램 등을 통해 환경영향평가도 실시할 계획

(나) EU

- 2008년 11월, 해상풍력 뿐만 아니라, 파력, 조력 등의 연안 해양에너지 자원 활용 기술 개발과 시장진입을 지원하는 전략계획인 'Offshore Wind Energy: Action Needed to Deliver on the Energy Policy Objectives for 2020 and Beyond'를 수립함
 - 유럽의 신재생에너지 정책과 해양관련 정책이 서로 시너지 효과를 내어 경제성장과 환경 보호에 동시에 기여할 수 있을 것으로 기대
- 1990년부터 현재까지 EC는 총 6번의 해양에너지 Framework 프로그램을 제공하였고, 현재는 2007년부터 2013년 까지를 타겟으로 하는 제7차 Framework 프로그램 (FP7)을 운영하고 있음
 - EC는 현재까지 총 31개 프로젝트에 대해 총 사업비 6,249만 유로 중 47.7%에 해당하는 2,982만 유로를 지원하였음
- 유럽에서는 EMEC(European Marine Energy Centre)를 통해 영국 Orkney Island에서 파력 및 조류 에너지의 full-scale grid-connected prototype 장비의 시험이 가능함



〈EMEC tidal energy site〉



〈EMEC wave energy site〉

(다) 영국

- 영국은 세계적으로 해양에너지 개발에 최적화된 지리 환경적 조건을 갖추고 있는 것으로 평가되고 있어, 잠재적으로는 영국 전체 전력사용량의 15~20%를 해양에너지로 공급할 수 있을 것이라고 전망하고 있고, 이 때 수천 톤의 이산화탄소 저감 효과도 동반될 것으로 예상
- 영국은 자본투자 확대, 구매 의무제(purchase obligation), 탄소거래제와 같은 tradable renewable certificate(TRC) 등 시장기반 에너지 정책을 통해 해양에너지 개발을 가장 적극적으로 장려하고 있는 해양에너지 선도 국가로 손꼽힘
 - 2002년부터 시행 중인 영국의 재생에너지 의무화(Renewables Obligation) 제도는 재생에너지 분야 기술개발과 시장 성장을 지원하는 주요 정책임
 - 재생에너지 발전량 1MWh 단위로 재생에너지 인증(ROCs36)을 발급하며, 이를 전력공급처에 전력량과 함께 거래할 수 있고, 이 때 일정한 혜택을 부여함
- 2004년 8월에 해양신재생에너지 프로그램기금(MRDF: Marine Renewable Deployment Fund)이 설립되어 조력 및 파력발전 등 해양신재생에너지 연구개발 결과물을 사업자들이 시장에 내놓을 수 있도록 지원
- 2006년 영국 정부는 Wave and Tidal Stream Energy Demonstration Scheme을 설립하여 해양에너지 시스템의 상용화 전 단계를 지원하게 함
- 2008년 6월, 3달 동안 임시로 운영하는 재생에너지 전략 협의회를 출범하여, 해양 에너지를 포함한 재생에너지의 공급목표와 기술개발 전략 등을 수립하였고, 이를 통해 2020년까지 재생에너지 비율을 20%까지 올린다는 목표를 달성하고, 기후변화에 대응하기 위한 방안을 수립함
- 해양에너지 개발의 경쟁력을 높이기 위해 영국 정부가 투자하여 카본 트러스트(Carbon Trust)라는 독립적인 회사 설립
 - 카본 트러스트사를 주축으로, 파력 및 조력에너지 기술에 대한 이해를 높이고, 발전단가를 낮추는 것을 목표로 2004년부터 18개월 동안 300만 파운드를 지원하는 Marine Energy Challenge(MEC) Program을 기획 수행

(라) 포르투갈

- 2007년 파력에너지에 대해 첫 20MW에 대해 €0.26/kWh의 특별 세율을 정하고, 추가 설치용량에 대해서는 세율을 더 줄이는 정책을 발표함
- 2008년에는 중앙 포르투갈 지역에 파일렛 지역을 지정하였으며, 면적 320km², 250MW 규모이고, 초기 모델 단계부터 실증, 상용화 단계에 이르기 까지 다양하게 실험할 수 있게 설계함
- 2008년 5월, 미국 에너지국(Secretary of Energy)과 포르투갈 경제혁신부(Minister of Economy and Innovation)는 파력발전 기술개발을 위한 협조체제를 구축하는 양해각서를 체결함

(마) 기타국가

- 중국: 국가해양국(State Oceanic Administration) 주도로 해양자원의 지속가능한 개발 과 보호를 촉진하기 위해 1996년 「해양의제 21」을 수립·시행중
- 아일랜드: 2006년에 국가 해양에너지 RD&D 전략(National Ocean Energy RD&D Strategy)을 발표하여 현재 초기 단계 미션을 수행하고 있으며, 앞으로 몇 기의 Full scale 파력발전장치의 초기모델의 실증 연구를 수행할 계획임
- 덴마크: 2002년 덴마크 파력에너지 개발 프로그램을 종료한 후 특별한 해양에너지 관련 후속 정책을 내놓고 있지는 않으나, 일부 R&D지원 프로그램을 통해 파력에너지 기술개발을 지원하고 있음

5. 시장 현황 분석

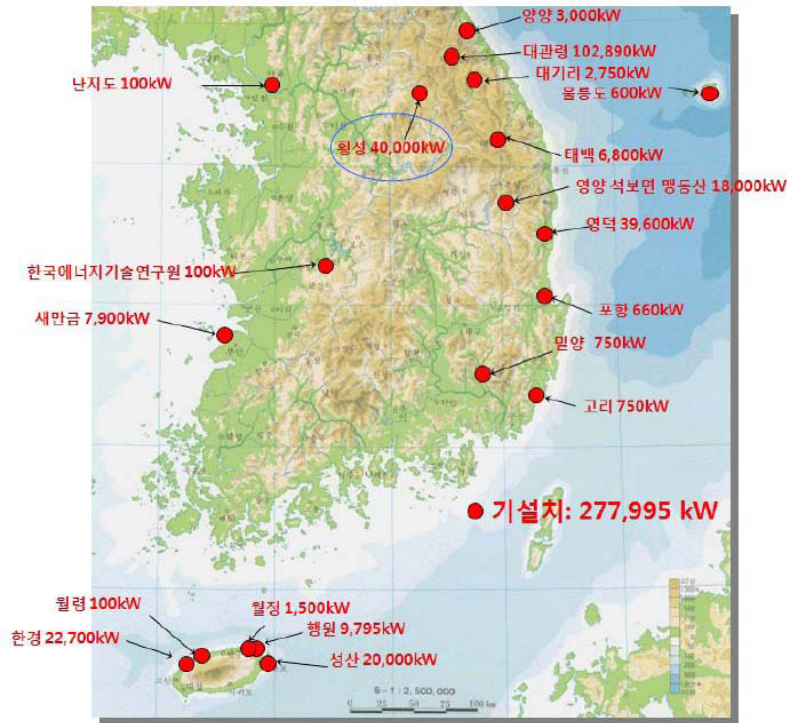
가. 국내 시장 현황 분석

(1) 해상 풍력 발전

- 2007년 기준으로 국내 풍력발전 누적규모는 193MW이며, 풍력에 의한 전기생산량은 399GWh이었음. 이는 전체 전력수요량의 0.1%에 해당하는 수준에 불과하지만 정부는 향후 2012년 까지 풍력발전 규모를 2,250MW로 키우려는 목표를 가지고 있기 때문에 국내 풍력발전 시장은 이제부터 본격적으로 확대될 전망이다.(하나

금융경영연구소, 2009, 산업연구시리즈)

- 국내에 기 설치된 풍력발전기의 대부분은 해외 업체의 제품이며, 이는 발전기와 타워 등의 요소부품들은 어느 정도의 기술력을 확보하였지만, 아직도 블레이드나 제어시스템에 관한 기술은 선진 외국에 비해 뒤떨어져 있는 실정으로 국내 고유 모델 개발의 초기단계이기 때문임. (신재생 에너지 백서, 2008)
- 2008년 9월 기준 국내 풍력발전 단지는 공사 중인 곳을 포함하여 약 278 MW인 것으로 알려져 있으며, 이 통계가 과거 보고서와 일관성을 유지한다면, 2007년 이후 약 85MW가 설치된 것으로 추정됨.(하나금융경영연구소, 2009, 산업연구시리즈)

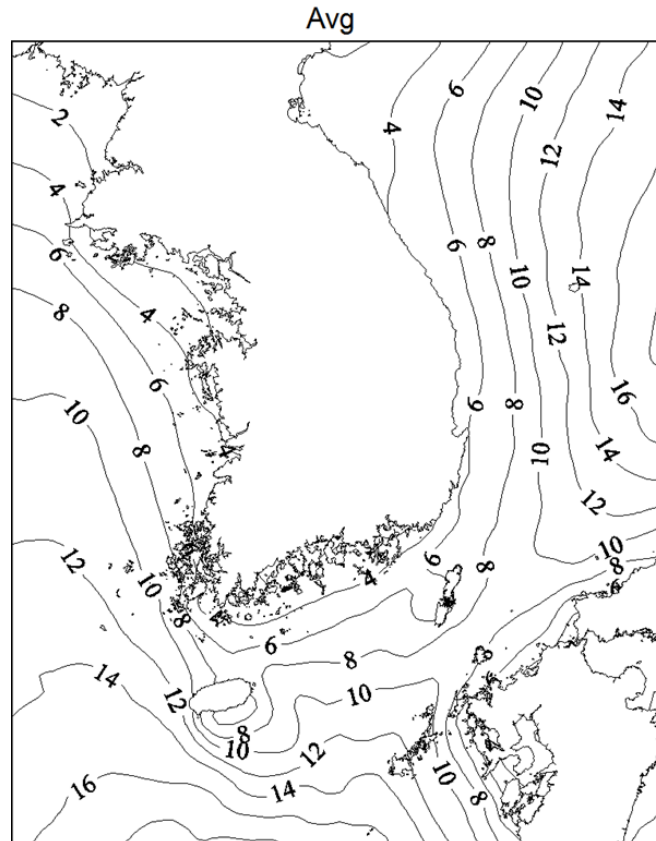


〈국내 풍력발전 단지 개발 현황(경남호, 2009)〉

(2) 파력발전

- 2015년까지는 현재 기술개발이 진행 중인 다양한 형식의 파력발전장치들이 실해역 실증을 거쳐 실용화될 것으로 기대되고 있으며, 이에 따라 보급 및 생산 또한 활발해질 전망이다.

- 우리나라 광역 파랑에너지 밀도를 살펴보면 계절별 해역별 차이가 크며, 겨울철이 상대적으로 큼. 우리나라 연안을 따라 근해는 4~8kW/m 정도의 단위길이 당 파랑에너지 밀도를 보이고 있으며, 제주 서남 해역이 가장 커서 12kW/m 정도의 에너지밀도가 분포하고 있는 것으로 나타남.



〈우리나라 주변의 연평균 파랑에너지 밀도 (단위: kW/m)〉

- 파력발전이 적합한 지역은 제주도의 제주항, 서귀포항과 남서해안 지역에 속하는 태안항, 군산항, 장항항, 완도항 등이 있음

(3) 조력 발전

- 우리나라는 1979년에 실시된 “서해안 조력 부존자원조사”(한국전력공사)를 통하여 서해안 중부 일대에 선정된 조력자원개발 입지 10개 지점에 대해 약 6,500MW

의 부존 조력자원량이 확인되었으며, 2006년 “한반도 조력자원 개발 타당성 검토”(한국해양연구원, 산업자원부)에서 해주만, 인천만 및 가로림만 등을 포함한 주요 8개 후보지를 검토하였음.

- 국토해양부(구 해양수산부)에서는 “해양수산발전기본계획(2004)”를 통해 2000년에서 2030년까지 약 4,080MW의 조력에너지 개발목표를 제시하였으며, 지식경제부에서는 이를 보완하여 “제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획(2008)”을 발표하였음.
- 우리나라는 2011년초에 254MW급(연간발전량 553GWh) 시화 조력발전소(한국수자원공사)가 건설하였으며, 가로림(한국서부발전(주)), 인천만(한국수력원자력(주), GS건설(주)) 및 강화도(한국중부발전(주), 대우건설(주)) 조력발전소 등의 건설을 추진 중에 있음.
- 조력에너지 개발은 대규모 토목공사를 수반하여, 이로 인한 산업적 파급효과가 클 것으로 예상됨. 또한 조력발전소의 핵심인 조력발전용 수차 및 발전시스템 시장의 큰 성장이 기대되며, 이 부분의 국산화가 필요한 실정임.

(4) 조류 발전

- 현재까지 국내에서는 조류발전설비의 상업화는 이루어지지 않고 있으며 국책과제에 의한 연구 개발 활동이 이루어지고 있는 단계이며 유사 업종의 기업이 조류발전 관련 과제나 필요시 장치를 제작하는 정도에 머무르고 있는 실정임.
- 대기업으로 조류발전 관련 사업을 시작했거나, 계획 중인 회사는 포스코, 삼성, GS, SK, 삼호중공업, 현대중공업 등이며 중소기업으로는 오션스페이스, 이노앤파워, 레네테크, 에코션 등이 있음.
- 현재까지 국내에서 보급한 조류발전 중 최대 규모로는 1MW급 울돌목 시험 조류발전소로 현재 시험 운전 중에 있고, 그 이외 규모에 100kW급 부유식 조류발전기가 설치 중에 있으며, 발전소 방수로에 설치된 25kW급, 30kW급 발전설비 등이 있음.

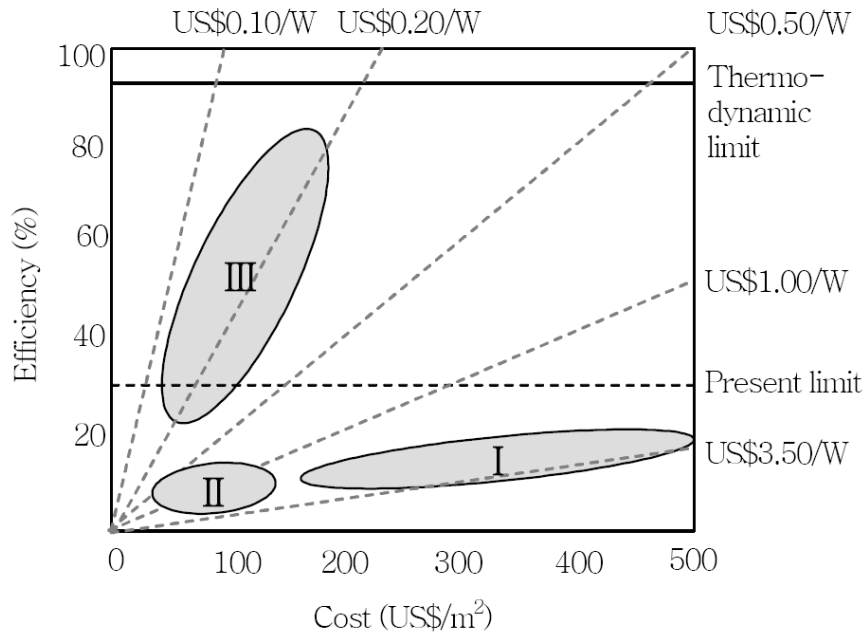
- 국내는 조류발전의 핵심 요소기술과 유사한 산업 및 인력이 잘 갖추어져 있으므로 정부의 기술개발 의지와 지원정책 그리고 매우 복잡한 해양 구조물 설치에 요구되는 인허가 절차가 현실적으로 수정된다면 많은 기업이 조류발전 시장에 진출할 것으로 기대됨.
- 이미 대기업을 중심으로 미래 산업 분야로 대체에너지 분야가 선언된 상태이며 특히 해양 자원이 풍부한 해양 에너지 분야에의 투자가 계획되어 있는 상황이다. 지식경제부 및 국토해양부 등 정부 부처의 과제를 통해 발전사 및 중소기업들이 조류에너지 산업화에 참여하고 있고 가시화된 성과가 기대됨.

(5) 염도차 발전

- 현재까지 국내에 형성된 시장은 없음.

(6) 태양광 발전

- 국내 태양광 시장 규모는 2007년부터 2010년까지 연평균 137%의 높은 성장세를 나타낼 것으로 예상되며, 2007년 5억 달러 규모에서 2010년에 53억 달러 규모로 3년 만에 10배 이상 성장할 것으로 전망.
- 태양광발전 시장의 주력인 I 세대 결정형 Si 태양전지 모듈은 약 10~18%의 모듈 효율을 내고 있는 반면, 2세대 박막형 화합물 반도체 및 3세대 태양전지는 각각 7~13%와 5% 미만의 상대적으로 낮은 효율에 머물러 있다. 제조비용 면에서는 I 세대가 가장 비싸며, II 세대인 박막태양전지가 효율은 낮더라도 저가화 할 수 있는 가능성을 보이고 있음.



〈태양전지 세대 구분(Ref. M. Green, Univ. New South Wales)〉

(7) 지열 발전

- 국내에서 지열 관련 업체가 사업을 시작한 것은 2000년 무렵이며, 열교환기 설치 면적 문제로 대부분 업체가 수직형 지중열교환기를 시공하고 있음. 현재는 (주)지오테크, 가스기술공사 등 100여개가 넘는 업체가 전문기업으로 활동 중에 있음.
- 국내에서는 내륙에서 3~10km의 심부 굴착이 가능한 기술개발이 이루어져야 하지만, 기존 굴착 업체들의 기술 수준은 아직 2.5km 심도 안팎의 굴착심도로서 지열 발전을 위한 충분한 심도를 굴착할 수 있는 기술을 보유하고 있지는 않음.
- 국내에서는 아직 지열 발전을 전문적으로 수행하는 기업은 없으나 1992년 현대엔지니어링에서 인도네시아의 지열발전소 건설을 수행하였으므로 지열발전 설비 부문의 기술력은 어느 정도 보유하고 있는 것으로 판단됨.

(8) 해양바이오에너지

- 국내 바이오에너지 사용량은 국내 대체에너지 사용량의 3.7%(2005년 기준)를 차지하며, 향후 지속적으로 증가할 전망.
- 바이오디젤이 국내 바이오연료 중 가장 주목을 받고 있음. 2002년 5월부터 BD206이 168개 지정 주유소에서 시범적으로 공급되었으며, BD5는 2006년 7월부터 일반 주유소에 보급. 기존 바이오디젤 생산기업은 대부분 중소기업이었으나, 2007년 들어 SK케미칼과 애경유화 등 대기업이 생산업체 허가 획득
- 바이오에탄올의 국내 보급전망은 불투명함. 저장과 유통 인프라 구축비용 및 원료수입 문제로 연료용으로 사용된 실적은 없음. 향후 바이오에탄올 생산기술 확보와 보급을 위하여 휘발유 규격 개정 등 정부차원의 노력이 진행되고 있음. 현재 지식경제부는 “바이오에탄올 혼합연료유 도입을 위한 실증평가 연구사업”을 진행
- 바이오연료 개발에 있어 EU와 미국에 5~10년 정도의 격차를 보이고 있음을 감안하여 2030년까지 경유 및 휘발유의 20%를 바이오디젤과 바이오에탄올이 대체할 것으로 전망

〈국내 바이오디젤 및 바이오에탄올 보급량 및 비중전망 (단위:1,000TOE)〉

연도	2005	2010	2015	2020	2025	2030
경유소비량	16,301	18,635	20,016	22,437	24,531	25,942
바이오디젤	8	373	1,001	2,244	3,680	5,188
경유 중 BD 비중 (%)	0.05	2	5	10	15	20
휘발유 소비량	7,512	7,818	8,945	9,001	9,158	9,403
바이오에탄올	-	78	447	900	1,374	1,881
휘발유 중 BE 비중 (%)	0	1	5	10	15	20

자료: 바이오연료의 보급전망과 사회적 편익, 에너지연구센터, 2007

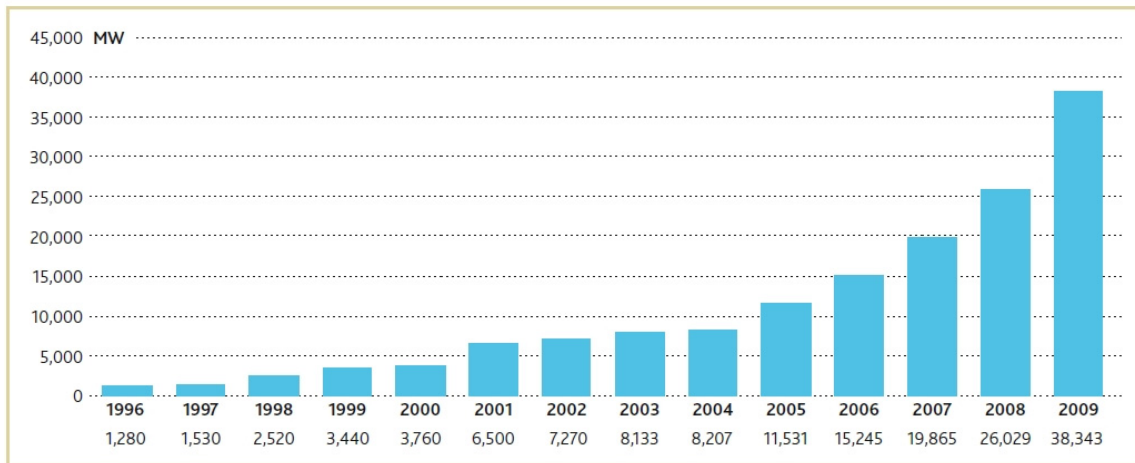
- 해양바이오에너지의 산업화는 아직 초기단계로 많은 회사가 관심을 가지고 있으나, 아직 연구 단계이므로 관련 산업은 형성되어 있지 않음.

나. 국외 시장 현황 분석

(1) 해상 풍력 발전

- 2009년 연간 풍력발전 시장은 2008년 대비 41.5% 성장하였으며, 38 GW 이상의 새로운 풍력발전 설비가 설치됨. 총 풍력발전 용량 158.5 GW에 달함.

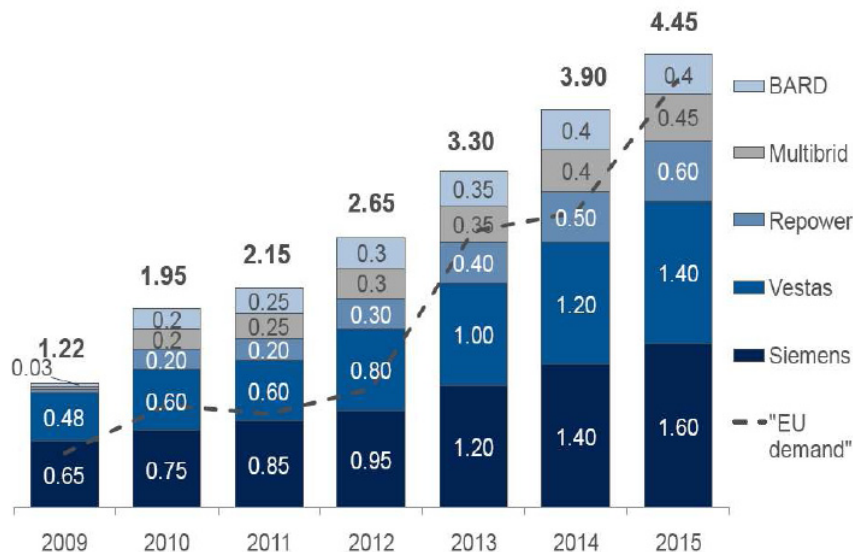
GLOBAL ANNUAL INSTALLED CAPACITY 1996-2009



〈연간 풍력발전 설치용량(GWEC, 2009)〉

- 풍력에너지는 현재 국제 에너지 시장에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며, 2009년 터빈 설치 시장은 약 450 억 유로 또는 630 억 US\$ 가치이며 약 50만 명의 사람들이 풍력발전 산업에서 종사하고 있음
- 2002~2007년의 5년간 풍력시장의 동향을 살펴보면 연평균 24%(누적설치용량대비)의 고성장률을 나타내었으며, 연간 설치 용량 대비 연평균 성장률은 22.3%로 높은 성장률을 보였음
- 풍력시장은 소규모에서 대규모로 넘어가는 추세로 풍력발전단지도 처음에는 소규모로 추진되었으나 점차 100MW단위로 대형화되고 있음. 풍력발전시스템도 마찬가지로 초기 시장에서는 1MW급 이하 제품밖에 없었으나 이후 기술이 발전하면서 multi-MW급 제품들이 시장에 보편화 되고 있음. 이에 따라 해상풍력이 급격하게 발전하고 있는 추세로 유럽에서는 이미 대단위의 해상풍력단지가 몇 년 전부터 운용되고 있음

- 2009년 유럽에 설치된 풍력발전용량은 총 10,526 MW임. 그 중 10,163 MW가 유럽연합 국가에서 설치함. 유럽연합 내 풍력발전 시장규모는 2008년 대비 23% 증가함. 유럽연합국가 설치 용량 중 9581 MW가 지상에, 582 MW가 해상에 설치됨. 2009년 지상 풍력발전 시장은 전년 대비 21%, 해상 풍력발전 시장은 56% 성장함.
- 2009년 유럽연합의 풍력발전단지 설비 투자비용은 130억 유로이며, 그 중 육상 풍력발전단지 설비투자는 115억 유로이고, 해상 풍력발전단지 설비에는 15억 유로가 투자됨
- 해상풍력발전 해외시장전망 및 주요업체 현황
 - 2010년 기준으로 해상풍력 시장의 70%를 Siemens와 Vestas가 과점.
 - 해상풍력 시장은 초기 시장단계로 높은 기술력을 보유한 메이저 업체가 독점하고 있으며, 높은 진입장벽으로 인해 현재의 과점현상이 2015년까지 지속될 전망.
 - 후발주자 특히 Sinovel, Goldwind 등 중국 풍력업체들도 5MW급 터빈을 개발하여 시장에 진입하려고 하나 제품 신뢰도를 검증받는데 상당한 시간이 소요될 전망임.
 - 주요 업체의 해상풍력 공급능력은 현재 시장의 수요를 초과하고 있으나, 2013년 이후 해상풍력 수요증가로 공급과잉 상태는 상당부분 해소될 전망.



자료 : New Energy Finance(2010)

〈해상풍력 시장 주요업체 현황 (GW)〉

(2) 파력발전

- 국외의 경우 파력에너지를 이용한 발전 기술 연구는 파력 자원이 풍부한 일본, 영국, 노르웨이 등에서 활발하게 추진되고 있음. 파력 발전은 심한 출력 변동과 대규모 발전 플랜트를 해상에 계류시키는데 기술적인 어려움이 있으나 상용 발전이 가능할 것으로 전망되고 있음.
- 일본은 Kaimei에 240kW급의 해안 고정식 파력 발전 장치를 설치하여 시험 가동하고 있으며, 해양 과학 기술 센터 주관으로 540kW급의 부유식 파력 발전소 건설을 진행하고 있음.
- 영국은 벨파스트의 Queen's 대학에 75kW급 파력 발전 장치를 설치하여 가동 중이고, 덴마크는 34kW급 발전소에 대한 실증 실험을 진행하고 있으며, 노르웨이도 500kW급 발전소를 건설하고 있음.

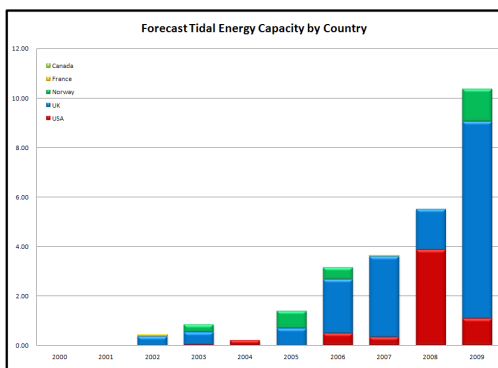
(3) 조력 발전

- 현재 프랑스의 240MW급 랑스 조력발전소가 세계에서 유일하게 운전 중인 상업 조력발전소이며, 유럽에서는 영국의 Severn Estuary와 Solway Firth가 유력한 조력 발전 후보지로 평가되고 있음. 실제로 영국에서는 Severn 조력발전소 건설을 판단하기 위한 연구가 진행되고 있음.
- 캐나다의 Fundy Bay는 세계에서 가장 조차가 큰 지역으로 약 17TWh의 조력에너지 부존량을 가지고 있는 것으로 평가되고 있으며, 이 지역의 조력에너지를 개발하기 위한 20MW급 Annapolis 시험 조력발전소를 운영하고 있음.
- 인도는 Kutch와 Khambhat에 각각 900MW와 7,000MW의 조력에너지를 보유하고 있으며, 이 지역에 조력발전소를 건설하기 위한 계획을 진행 중에 있음.
- 중국은 3.2MW 규모의 Jiangxia Plant를 포함하여 총 6개 조력발전소가 운영되고 있음.
- 러시아에서는 1960년대 초반부터 KisloGubskaya 지역의 400kW 규모의 조력발전소가 간헐적으로 운영되고 있음.

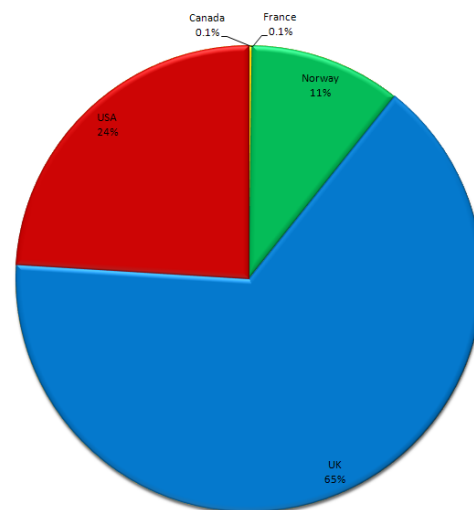
- 러시아는 Mezenski Bay에 15GW 그리고 Tugurki Bay에 7.98GW 규모의 조력발전소 건설을 계획 중에 있으며, 2020년까지 약 4,500MW의 조력에너지 개발을 목표로 하고 있음.
- 위 국가는 물론 영국, 인도, 아르헨티나, 호주, 스웨덴 등에서도 조력에너지 실용화를 추진하고 있음.
- 영국은 Severn Estuary 지역의 14m 높이의 조차를 활용하여 조력발전소를 건설할 수 있을 것으로 보고, 2009년~2010년까지 2년 동안 환경에 미치는 영향, 투입대비 성과 등에 대한 타당성 조사와 구체적인 설비계획을 수립할 계획임.
 - 2008년 5월, Severn 조력발전소 공개입찰에 10여개의 업체가 지원했으며, 제안한 설비규모는 625MW에서 14,800MW까지 다양한 범위로 나타났음

(4) 조류 발전

- 주요 국가의 조류에너지 개발 용량을 살펴보면 2005년부터 2009년까지 전체 24MW 정도로 분석되며 2009년 한해만 약 10MW 정도의 조류발전설비가 개발된 것으로 파악됨.

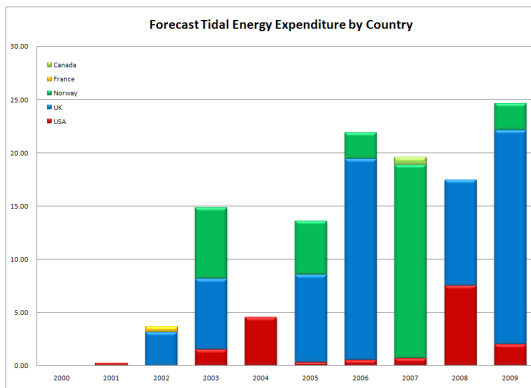


〈주요 국가의 조류에너지 용량 전망(2007년 기준)〉

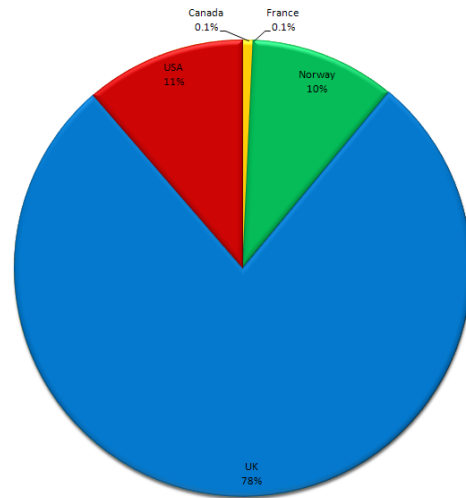


〈주요 국가의 2005-2009년 조류에너지 용량시장 점유율 전망(2007년 기준)〉

- 2005년부터 2009년까지 조류발전 사업규모는 약 97백만 불로 추정되고 2009년에 가장 많은 사업비가 소요된 것으로 추측되며 약 24.6백만 불이 투입된 것으로 추정 됨.



〈주요 국가의 조류에너지 사업 전망(2007년 기준)〉



〈주요 국가의 2005-2009년 조류에너지 사업시장 점유율 전망(2007년 기준)〉

(5) 염도차 발전

- 현재까지 형성된 시장은 없으며, 노르웨이는 2015년에 25MW 염도차발전소를 건설해 1만 가구에 전력을 공급할 계획을 발표함.

(6) 태양광 발전

- 2007년 말 현재 전 세계 양산 태양전지 업체의 총생산규모는 약 3 GW 수준이며, 양산 1위 업체는 독일의 Q-cells로서 389 MW를 생산함.
- 박막형 CdTe 태양전지를 생산하는 미국의 First Solar가 207 MW를 생산하여 4위를 차지하였음.
- 2008년 현재 전 세계의 톱 10 태양전지 업체들은 독일, 일본, 중국, 대만, 미국 등 5개국이며, 특히 중국 업체의 약진이 두드러짐.

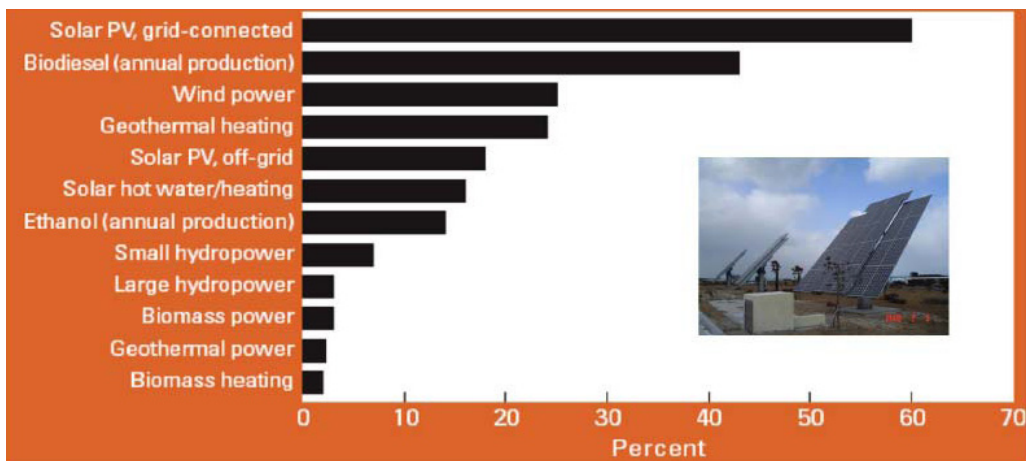
- 유일한 박막 태양전지 양산 업체인 First Solar Inc.는 연속 컨베이어 공정(end-to-end conveyer)을 이용하여 유리기판에 모듈을 생산하고 있으며, 모듈 생산에 소요되는 시간은 단지 2.5시간에 불과함. 이 회사는 모듈 생산비용과 부대비용을 획기적으로 낮추어 2012년에 그리드-패리티를 달성하겠다고 공언하여, 소비자의 발전단가 8~10 cents/kWh, 모듈가격 \$1.0~1.25/W를 달성할 수 있을 것이라고 주장.

〈주요 글로벌 태양전지 양산업체 비교〉

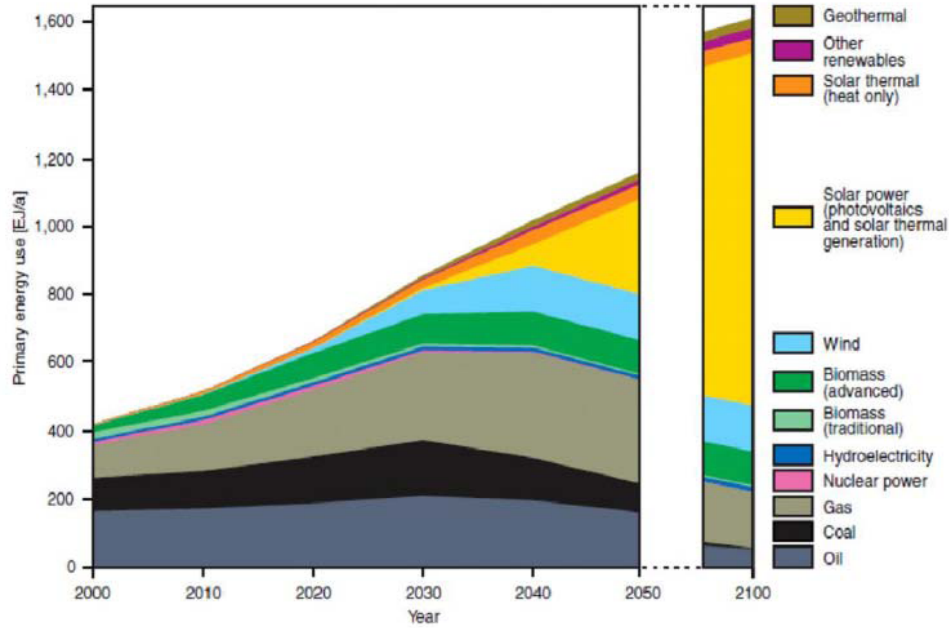
국가	회사명	생산 규모(MW)	Capacity(MW)	'06~'07 성장률(%)	순위
독일	Q-cells	389	516	54	1
	Sharp	363	710	-16	2
일본	Kyocera	207	240	15	4
	Sanyo	165	265	6	7
	Mitsubishi	127	150	9	12
	Suntech	327	540	108	3
중국	Baoding Yinghi	143	200	307	9
	JA Solar	113	175	113	13
대만	Motech	196	240	92	6
미국	First Solar	120(207)	135(308)	100	4
	Sun Power	150	214	139	8
한국	경동 PV 에너지	19	30	50	-

- 현재 전 세계 태양전지 시장의 절반을 일본 기업이 보유.
 - Sharp : 단결정, 다결정 실리콘 태양전지 양산
 - Kanaka : 이중접합 실리콘 박막 태양전지 기술
 - Sanyo : 이중접합 신기술 개발 시장 진출
 - Mitsubishi 중공업 : 박막 실리콘 태양전지 양산기술 보유
 - Fuji Electric : a-Si 태양전지를 개발
 - Hitachi : 2003년 9월 새로운 구조의 bi-facial 결정질 실리콘 생산
- 설비 연평균 증가율 : 2002-2006년까지 5년간 풍력, 태양열 온수기, 지열, 독립형 태양광을 포함한 세계 신.재생에너지 설비규모는 연간 15-30%의 성장세를 나타내고 있으며, 이중 계통연계형 태양광발전설비는 연평균 60%의 성장세를 보이고 있음.

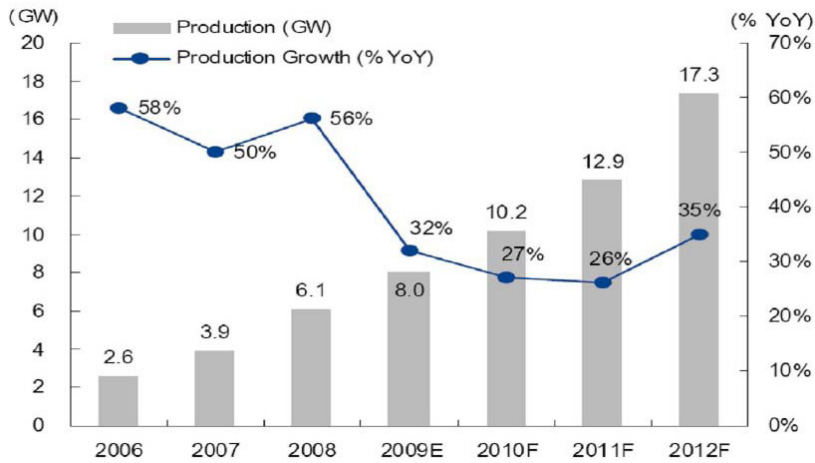
- 산업 현황 및 전망 : 2006년 기준 세계 전력생산량 중 신재생에너지 비중은 4%에 불과 했으나, 2040년 이후 생산량은 50% 이상 확대될 것으로 예상. 이중 태양에너지 비중이 가장 클 것으로 전망됨.
- 시장 규모 전망 : 2008년 이후 금융위기에 따른 수요 감소 및 투자 축소 등으로 일시적인 하향세를 보이고 있으나, 정책적인 지원과 꾸준한 기술 개발을 통한 발전단가 절감 효과로 연평균 30% 내외의 성장을 지속할 것으로 예상.
- 폴리실리콘부터 잉곳, 웨이퍼, 셀, 모듈, 발전시스템에 이르기 까지 태양광산업의 시장규모는 2008년 약 507억 달러에서 2009년 960억 달러로 89%성장하는 데 이어 2011년 2,283억 달러로 성장한 뒤 2012년에 2,744억 달러에 이를 것으로 예측.
- 2006년부터 Austria의 Solar Systems는 빅토리아 주에 154MW 용량의 태양광 발전 시스템 프로젝트를 진행하고 있음. 이 프로젝트에서는 500배 집광을 이용하는 초고효율 III-V 화합물 반도체 다중접합 태양전지 모듈을 채택하여 프로젝트 수행 중. 2013년 설치 완료 예정.
- 일본 오사카항은 2009년에 일본 내 페리를 대상으로 한 육상 전원공급장치, 컨테이너부두 내 태양광 발전설비 설치, 전기식 하역기기 도입하고, 일본 내 페리를 대상으로 한 육상전원공급장치는 도쿄항과 마찬가지로 2009년 말에 실제 실험을 실시.
- 일본 히카타항은 컨테이너터미널에서 많은 전력을 소모하는 냉동컨테이너의 전원공급을 위해 태양광 발전을 위한 패널을 냉동컨테이너 상층에 설치하여 야드 크레인과 함께 2010년 12월에 운용할 계획임.



〈세계 신재생에너지 설비 연평균 증가율〉



〈2000 ~ 2050년 세계 신재생에너지 산업 현황 및 전망〉



〈세계 태양광 시장 규모 전망〉

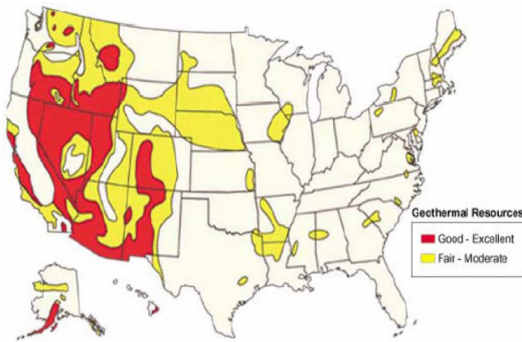
(7) 지열 발전

- 미국의 경우, 1990년대까지는 관공서나 군부대, 학교 등 공공기관에 주로 설치되었으며, 1999년도를 기준으로 약 35만 대의 지열 열펌프가 설치된 것으로 추정됨. 미국 내 전체 지열 열펌프 시스템 중, 수직형이 46%, 수평형은 38% 그리고 15%가 개방형 방식인 것으로 조사되었음.

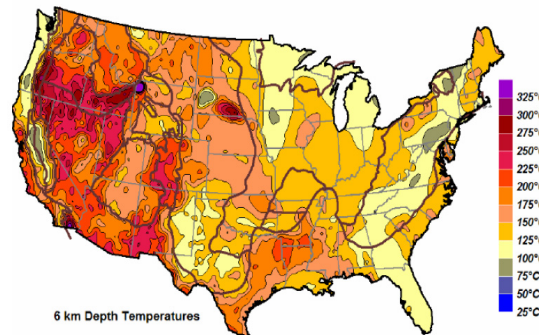
〈미국의 주별 지열 열펌프 시스템 설치 용량 현황 (2006)〉

Alaska	California	Hawaii	Nevada	Utah
400 kW	2,492 MW	35 MW	276 MW	26 MW

※ 출처: Geothermal Energy Association



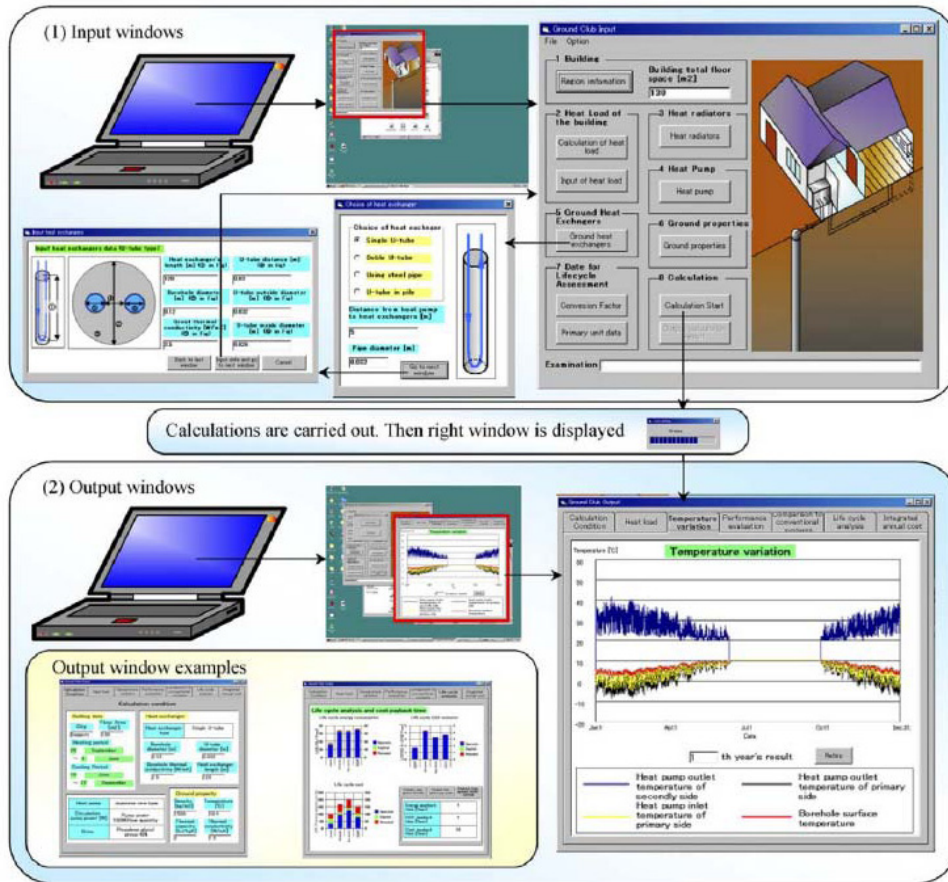
〈미국 내 지하 열자원 분포 특성〉



〈미국 내 지하 6km 심도에서의 온도 분포〉

- 캐나다의 경우는 기후 특성상 주로 건물난방에 지열 열펌프 시스템을 활용하고 있음. 미국과 인접해 있다는 지리적 특성 상, 캐나다의 지열 열펌프 관련 기술은 거의 미국과 동일한 수준을 보이고 있음.
- 캐나다는 몬트리올 엑스포에 사용하였던 건물을 보수하여 박물관으로 활용하고 있으며, 이 건물에 지열 열펌프를 설치하여 운전한 결과 약 21%의 에너지 절감 효과를 보았다는 보고가 있음. 캐나다에서 지열 열펌프 시스템은 주로 마니토바와 온타리오 주에 설치되고 있음.
- 캐나다의 지열 열펌프 시장은 2000년대부터 10 ~ 15% 비율로 증가한 것으로 조사되었음. 지열 열펌프 시스템은 약 36,000대(435MWe)가 설치되었으며, 이를 통해 2004년까지 매년 약 600백만 kWh(2,160 TJ/년)의 에너지 절감과 약 20만 톤의 온실가스 배출을 줄인 것으로 조사됨.
- 일본에서는 온천과 발전을 중심으로 지열을 이용하고 있음. 일본 정부는 지구 온난화를 억제하는 노력의 일환으로 지열 열펌프 시스템을 적용하는 프로그램을

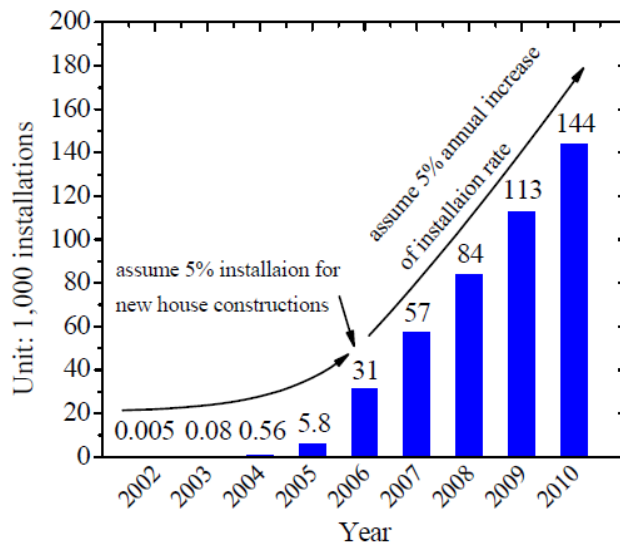
시작하였으며, 이 프로그램에 따라 고효율 지열 열펌프 병원, 도서관, 시청 등 공공시설 60여 곳에 시범적으로 적용하였음.



〈일본에서 개발된 지열 열펌프 시스템 설계 및 성능 예측 프로그램〉

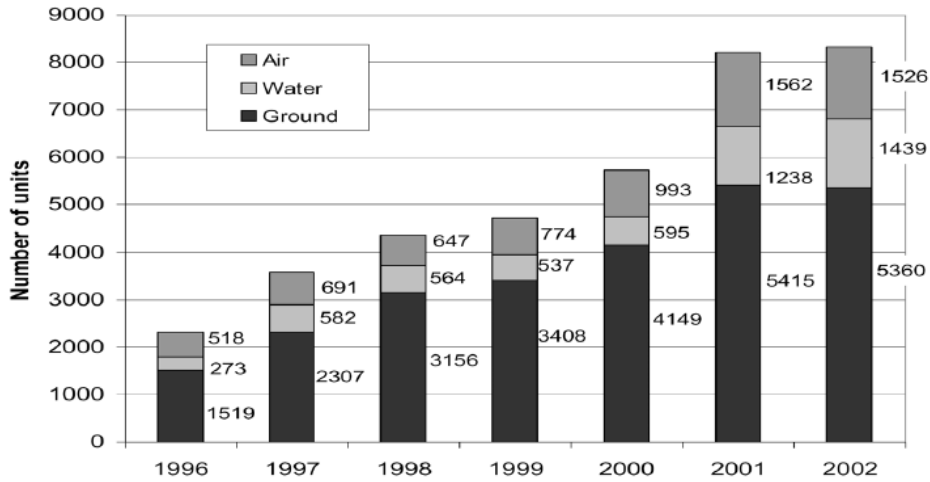
- 일본에서도 과도한 시추비용 (약80\$/m)이 지열 열펌프 시스템 보급에 가장 큰 걸림돌임. 따라서 시스템의 효율을 증대시켜 과도한 시추비용에 의한 초기투자비의 회수기간을 줄이려는 노력이 경주되고 있음. 일본의 경우, 지하수가 풍부하여 이를 열원으로 직접 이용하거나 지중에서 지하수의 흐름 등이 있을 경우의 지열 시스템 성능 등에 대한 연구가 이루어지고 있음.
- 일본에 지열 열펌프 시스템이 도입된 것은 우리와 거의 비슷한 시기이지만, 공조, 냉동 산업과 열펌프 기술이 발달한 나라답게 최근 들어 높은 보급률을 보이고 있으며, 많은 연구개발 결과들이 발표되고 있음.

- 일본에서는 에너지 절약과 환경보호 차원에서 고효율 냉난방 설비를 비롯하여 지열 열펌프 시스템의 사용을 적극 권장하고 있으며, 이에 따라 보급률도 지속적인 성장세를 보이고 있음. 여기에 지열 열펌프 시스템을 설치할 경우, 설치비의 일부를 지원하거나 관련 세금을 절감해주는 지열 시스템 설치 장려 프로그램을 시행하고 있음.

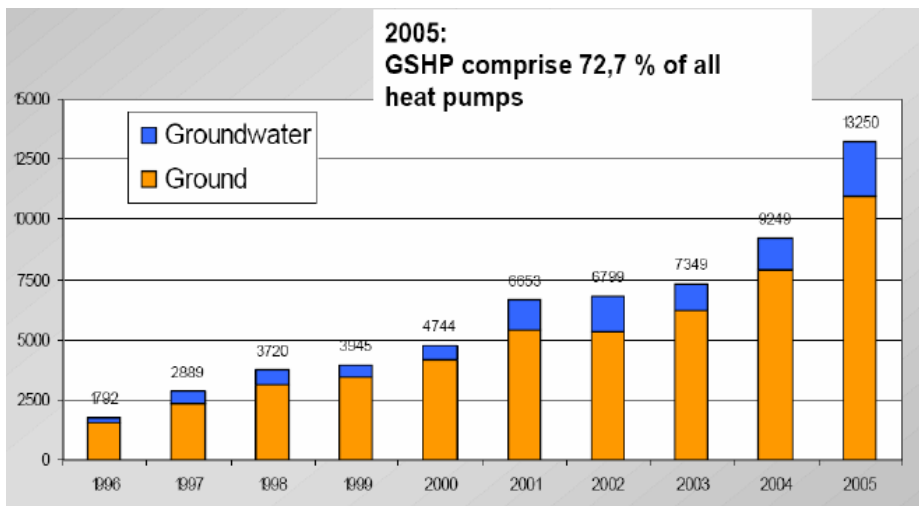


〈일본의 지열 열펌프 시스템 보급 목표〉

- 독일의 히트펌프 시장에서 GSH(Ground Source Heat) 시스템의 점유율을 살펴보면, 1980년대에는 30% 미만이었으나, 1996년에는 78%, 그리고 2002년에는 82%에 이른 것으로 나타났음. 심지어 2001-2002년 경제침체에 의한 전체적인 건설경기의 불황에도 불구하고 GSHP(Ground Source Heat Pump) 시스템의 판매가 증가하기도 하였음.
- 독일에서는 1970년대 후반까지 열펌프 설치 사례가 거의 없었음. 건물 냉난방을 위한 열펌프 설치가 붐을 이룬 1980년대부터 공기 열원 열펌프 시장이 형성 되었으나, 이후 1990년대 중반까지 감소하였음. 이는 연료 가격이 다시 감소하였기 때문임. 그러나 1990년대 중반 이후부터 에너지 절약과 환경보호 차원에서 신/재생 에너지를 이용해야 한다는 인식이 대두되면서 다시 증가하였으며, 이러한 추세는 현재도 유지되고 있음.



〈독일의 열원별 연간 열펌프 판매 대수〉



〈독일의 지열 열펌프 판매 대수〉

(8) 해양바이오에너지

- 미국에서는 바이오에너지 국가비전 제정, 정부주도의 기술개발과 보급이 이루어지고 있어 2002년 이후 바이오에탄올과 바이오디젤의 생산량이 지속적으로 증가.

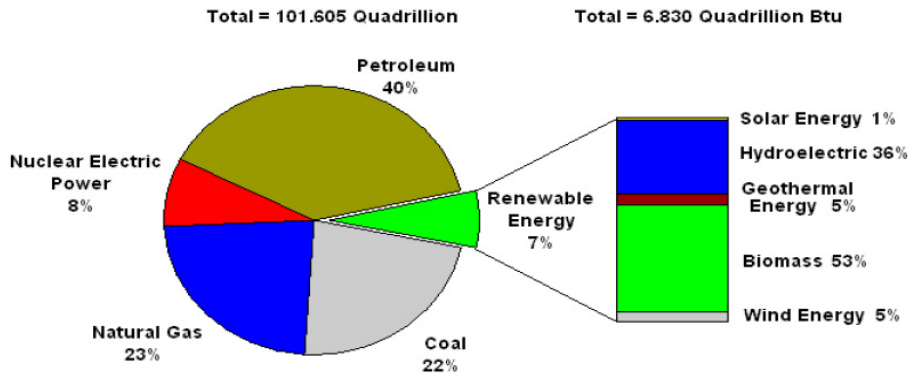
〈미국의 바이오에너지 국가비전〉

	2001	2010	2020	2030
전기 열 생산 점유율	-	4%	5%	5%
운송용 연료 점유율	0.5%	4%	10%	20%
제품 생산 점유율*	5%	12%	18%	25%

주: 화학제품 생산량 대비

자료: Vision for Bioenergy & Bio-based products in the US

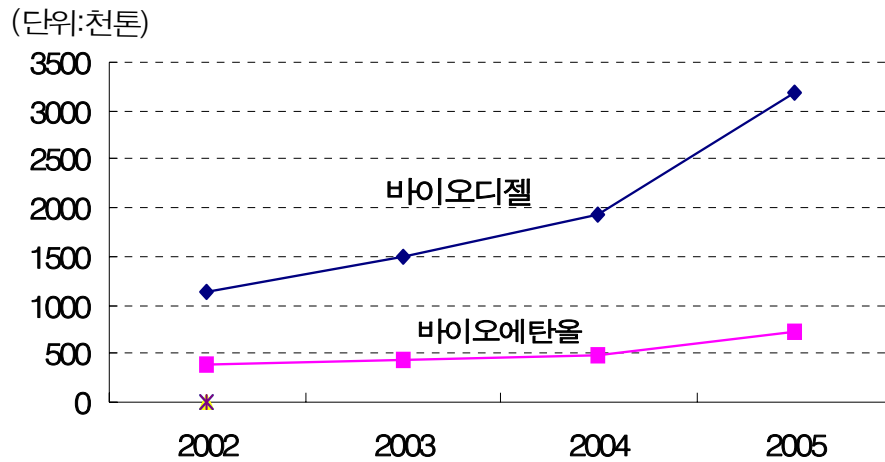
- 2007년 기준, 미국 재생에너지 소비시장 규모는 전체 에너지 시장의 약 7%에 불과한 172백만TOE(6,830조 Btu)를 기록.



〈2007년 미국 에너지 소비 규모 (자료: 미 에너지부, 2007)〉

- 현재 미세조류로부터 바이오디젤을 연구하는 미국 벤처회사로는 Verdium, Algae Biofuels(a subsidiary of PetroSun Drilling), Energy Farms Inc., New Mexico(part of Nanoforce Technologies Inc.), Solix Biofuels, Solazyme, CEHMM Biodiesel, Kai BioEnergy Corp., Valcent's Vertigro Technology 등
- 미국에서는 미세조류를 원료로 사용한 바이오디젤의 경우 제트유로 사용하려는 시도가 이루어지고 있으며, 2008년 5월 PetroSun Biofuels에서 실제 적용하여 디젤과 동일한 성능을 나타내고 있다는 것을 증명
- 미국의 바이오에탄올 생산동향
 - 바이오 에탄올은 미국의 바이오연료 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며, 미국은 세계 1위의 바이오에탄올 생산국으로 2007년 기준, 바이오에탄올 생산량은

- 65억 갤런에 달함, 미국에 이어 브라질(50억 갤런), EU(5.7억 갤런), 중국(4.8억 갤런), 캐나다(2.1억 갤런) 순
- 2008년 1월 기준, 미국에서 가동 중인 바이오에탄올 정제소는 139개이며, 건설 중인 정제소는 62개
 - 텍사스 주를 제외한 상위 10대 바이오에탄올 생산 주가 미국 중서부에 위치하고 있으며, 이들 10개 주의 생산 규모는 미국 전체 생산 규모의 85%를 차지
- 미국의 주요 기업 동향
- McKinsey Global Institute에 따르면 미국 바이오에탄올 업체의 2005년 영업 이익률은 50~60%에 달하며, 투자 회수 기간도 단축되고 있음
 - 바이오에탄올은 연비에 비해 값이 비싸 경제성이 떨어지는 것으로 평가되었으나, 최근 몇 년간 국제유가가 급등하면서 가격 경쟁력을 갖추기 시작하여 부정적인 인식이 많이 사라짐.
 - 세계 최대의 바이오에탄올 생산 업체인 POET은 경쟁 기업의 적극적인 규모 확대와 M&A에 대한 대응으로 셀룰로오스 기술을 상용화하고, 2억 달러에 달하는 공장 설립. 프로젝트인 'Project Liberty'를 마련하여 2011년 말 가동을 준비.
 - 바이오연료와 유전자 변형 식품의 관계에 관심이 고조되면서 대형 농산물 가공 유통업체와 바이오테크 회사 간에 합작회사가 많이 설립되고 있음. 바이오에탄올에 대한 수요가 높아지면서 유전자 변형(genetically modified)기술로 에너지 효율성이 높은 작물을 개발하여 수익을 높이려는 움직임이 커짐 (※ 미국 옥수수 생산의 50% 이상이 유전자변형 제품임)
- 미국 에너지부는 2008년부터 4년간 3억 8,500만 달러를 지원하여 2세대 바이오연료로 알려진 셀룰로오스 에탄올 상용화를 적극 추진하고 있음. 이를 통해 2012년까지 연간 1억 3,000만 갤런의 셀룰로오스 에탄올을 생산할 계획
- 유럽연합(EU)에서는 교토의정서 발효 이후 관심 집중, 최근 연간 50% 안팎의 높은 증가세를 보이고 있으며, 2005년 EU에서 생산된 바이오연료는 391.4만 톤으로 2004년에 비해 65.8% 증가, 바이오연료의 수송연료시장 점유율을 2020년까지 최소 10%가 되도록 할 계획



〈EU내 바이오 연료 생산량 추이; 자료 : EC, Fact Sheet (Biofuels in the European)〉

- EU의 정책적 권고를 바탕으로 EU 각국은 바이오에너지 지원정책을 수립하여 바이오연료에 대하여 최소한의 부가가치세율을 적용 혹은 면제하고 있으며, 바이오에너지 작물 재배지에 대한 자금지원, 의무혼합제 시행 및 바이오에너지 생산국에 대한 최혜국 관세를 시행.
- 시장 판매 연료 중 일정비율을 바이오연료로 공급하도록 연료공급회사에 의무화하는 제도.
- 프랑스는 도시지역에서 판매되는 디젤연료에 바이오디젤을 30% 이상 혼합하도록 의무화하였으며, 독일은 2007년부터 자동차 연료에 바이오에탄올을 2% 이상 의무적으로 혼합하도록 함.

6. 연구 인프라 및 인력 현황 분석

가. 한국해양연구원

(1) 연안개발·에너지 연구부

- 주요 연구 분야
 - 첨단항만 개발 및 항만시설 안전성 연구



〈부유식 하이브리드 안벽 현장 적용도〉



〈무인 착저형 해양 콘관입시험기〉

- 해양에너지 실용화 기술 개발



〈울돌목 조류발전소 조감도〉



〈시화호 조력발전 조감도〉

- 연안구조물 및 워터프론트 개발 기술



〈부산 북항 재개발 개념도〉

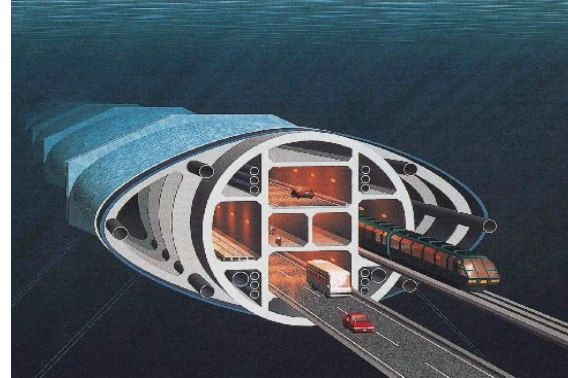


〈석션파일기초 방파제 현장 시험시공〉

- 해양 신공간 자원 개발 및 이용기술



〈두바이의 인공섬 개발〉



〈해저터널 개발 개념도〉

(2) 본 연구관련 시설

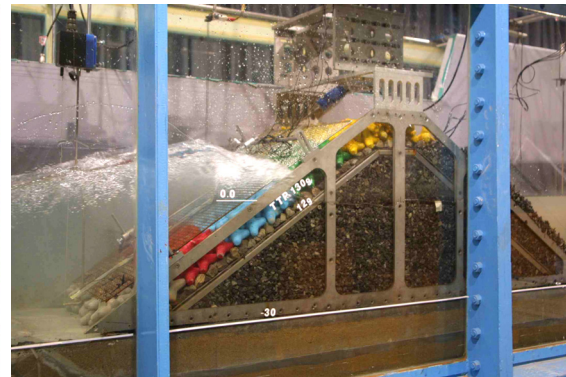
○ 연구부 보유 수조

- 중형 2차원 다면수조 (파랑·흐름 복합수조)

- 건설: 1990년
- 규모: 53.2m(L)×1.0m(W)×1.25m(H)
- 유압식 피스톤형 조파기 (최대파고: 0.3m, 재현주기: 0.5~5.0s)
- 흐름 발생장치 (최대유속: 수심 50cm에서 0.4m/s)



〈중형 단면수조 건설 후 전경〉



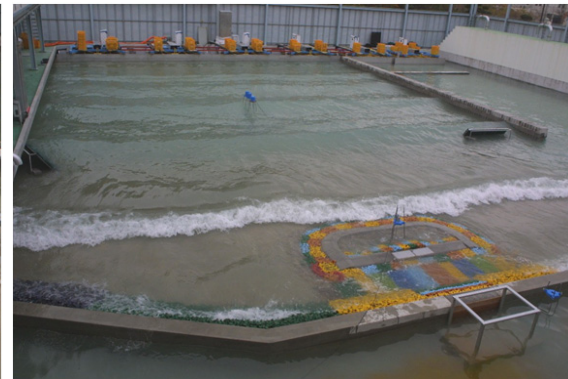
〈경사식 방파제 총파력 계측 장면〉

- 3차원 평면수조

- 건설: 2005년 시설비 일부 지원으로 건설
- 규모: 33m(L)×30m(W)×1.2m(H)
- 전기 서보식 피스톤형 조파기(조파관 폭 4.6m) 6대 설치
- 최대파고: 0.2m, 재현주기: 0.5~5.0 s
- 조석 발생장치: 최대조차: 10cm



〈부산-거제 침매터널 인공섬 실험〉



〈묵호항 해수교환방파제 실험〉

(3) 본 연구관련 조직 및 인력

○ 부서 인력 현황

구분	정규직			비정규직						합계
	책임 연구원	선임 연구원	기술원	자문위원	연수 연구원	사업 인력	파견직	계약직기 술직	협동 연구생	
인원	12	5	6	3	3	10	1	1	2	43
소계	23			20						

○ 전공별 연구직 인력 현황

구 분	Coastal Engineering	Structural Engineering	Geotechnical Engineering	Mechanical Engineering	Coastal Oceanography
책임연구원 (12)	8	1	3		
선임연구원 (5)	2	2	1	1	1
계	10	3	4	1	1

7. 기술개발 추진방향

가. STEeP 분석

- 사회경제적 이슈와 분석은 STEeP 분석 틀을 활용하여, 각 분야별 주요 이슈를 체계적으로 해당 프로그램과 연관시키도록 함.
- 해당 프로그램과 관련된 제품의 시장 니즈, 즉 어떠한 도전과제, 개념 또는 성능의 기술개발을 요구하고 있는지를 파악.
 - 앞으로 해당 프로그램과 관련된 제품의 국내외 시장, 산업의 성장 규모 및 시장 특성과 경쟁 환경 등에 대한 분석.
 - STEeP : 국내·외적으로 현재사회와 2020년까지의 미래사회를 지배할 결정인자(혹은 이슈)들을 사회(Social), 과학기술(Technological), 경제(Economic), 생태(ecological), 정치(Political) 및 기타로 구분하여 선정하고 그 영향을 분석, 기술한 후, 이를 표로 요약함.
- 본 기획에서는 각 이슈항목을 아래와 같이 정리함.
 - 사회적 이슈 : 환경친화적인 경제성장, 깨끗한 환경에 대한 국민 요구 증대, 지속 가능한 신에너지원 개발 필요, 건전한 국토자원보전
 - 기술적 이슈 : 항만신재생에너지 활용 신기술 개발, 핵심 원천기술 자립화, 연관 산업기술 발전
 - 경제적 이슈 : 신재생에너지 산업 관련 일류상품 개발, 녹색성장을 통한 신부가 가치 창출, 고용 창출, 에너지 수입비용 절감
 - 환경적 이슈 : 국제환경규제 대응, 청정에너지원 활용, 깨끗한 항만인프라 구축
 - 정치적 이슈 : 대외환경 변화, 정부 정책의 변화, 국민의 여론, 민간기업 유도
- 에너지 자립형 녹색항만 구축 (신재생에너지 활용 부문)에 영향을 미치는 요인을 다음과 같이 도출하였음.
 - 사회적 이슈
 - 환경 친화적인 경제성장 : 환경 친화적인 녹색항만 구축 필요

- 깨끗한 환경에 대한 국민 요구 증대 : 항만산업에서의 오염물질 최소화
 - 지속가능한 신에너지원 개발 필요 : 항만공간에서의 신재생에너지 확보
 - 건전한 국토자원보전 : 환경오염 없는 항만공간
 - 기술적 이슈
 - 항만신재생에너지 활용 신기술 개발 : 항만신재생에너지 활용기술 확보
 - 핵심 원천기술 자립화 : 신재생에너지 활용을 위한 핵심원천기술 확보
 - 연관산업기술 발전 : 해양신재생에너지 활용기술 증진
 - 경제적 이슈
 - 신재생에너지 산업 관련 일류상품 개발 : 신재생에너지 관련산업 증진 통한 경제 활성화
 - 녹색성장을 통한 신부가가치 창출 : 녹색기술을 통한 지속가능한 성장
 - 고용 창출 : 환경 친화적인 산업을 통한 고용 창출
 - 에너지 수입비용 절감 : 신재생에너지 활용을 통한 에너지 수입 감소
 - 환경적 이슈
 - 국제환경규제 대응 : 교토의정서 2차 의무 감축국
 - 청정에너지원 활용 : 청정에너지원 활용을 통한 항만오염 최소화
 - 깨끗한 항만인프라 구축 : 생태친화적인 항만환경 조성
 - 정치적 이슈
 - 대외환경 변화 : 국제물류증대 및 환경규제 심화
 - 정부 정책의 변화 : 지속가능한 녹색성장
 - 국민의 여론 : 환경에 대한 관심 증대
 - 민간기업 유도 : 신재생에너지 개발에 민간자본 유치
- 다음 표에 가중치에 따른 도출된 순위 제시

〈STEEp 분석 결과〉

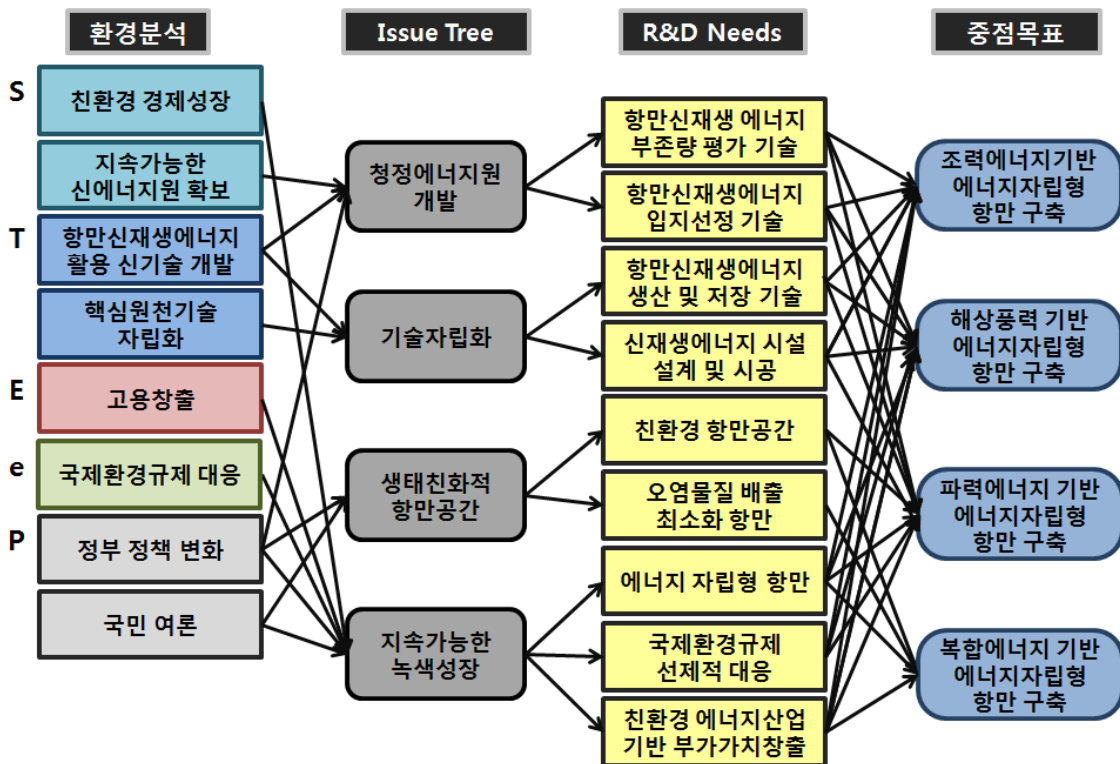
	주요 이슈		해당 프로그램이 미치는 영향요인	영향요인의 가중치			
				단기	중기	장기	평균
S	S1	환경친화적인 경제성장	환경친화적인 녹색항만 구축 필요	2.5	2.7	2.9	2.7
	S2	깨끗한 환경에 대한 국민 요구 증대	항만산업에서의 오염물질 최소화	2.4	2.4	2.4	2.4
	S3	지속가능한 신에너지원 개발 필요	항만공간에서의 신재생에너지 확보	2.8	2.8	2.7	2.8
	S4	건전한 국토자원보전	환경오염없는 항만공간	2.2	2.2	2.3	2.2
T	T1	항만신재생에너지 활용 신기술 개발	항만신재생에너지 활용기술 확보	2.8	2.8	2.7	2.8
	T2	핵심 원천기술 자립화	신재생에너지 활용을 위한 핵심원천 기술 확보	2.5	2.6	2.8	2.6
	T3	연관산업기술 발전	해양신재생에너지 활용기술 증진	1.9	1.9	2.2	2.0
E	E1	신재생에너지 산업 관련 일류상품 개발	신재생에너지 관련산업 증진 통한 경제활성화	2.3	2.3	2.3	2.3
	E2	녹색성장을 통한 신부가가치 창출	녹색기술을 통한 지속가능한 성장	2	2.3	2.3	2.2
	E3	고용 창출	환경친화적인 산업을 통한 고용 창출	2.3	2.4	2.7	2.5
	E4	에너지 수입비용 절감	신재생에너지 활용을 통한 에너지 수입 감소	2.1	2.3	2.3	2.2
e	e1	국제 환경규제 대응	교토의정서 2차 의무 감축국	2.9	2.9	2.9	2.9
	e2	청정에너지원 활용	청정에너지원 활용을 통한 항만오염 최소화	2.1	2.2	2.2	2.2
	e3	깨끗한 항만인프라 구축	생태친화적인 항만환경 조성	1.9	2.1	2.1	2.0
P	P1	대외환경 변화	국제물류증대 및 환경규제 심화	2.1	2.1	2.2	2.1
	P2	정부 정책의 변화	지속가능한 녹색성장	2.9	2.7	2.7	2.8
	P3	국민의 여론	환경에 대한 관심 증대	2.3	2.5	2.8	2.5
	P4	민간기업 유도	신재생에너지 개발에 민간자본 유치	2.4	2.4	2.4	2.4

* 단기: 2015년 이내, 중기: 2016~2020년, 장기: 2021년 이후

* 가중치는 1, 2, 3점을 부여 (1: 미미, 2:보통, 3: 중요)

나. 이슈트리(Issue Tree)

- 환경분석(STEeP)을 통해 이슈 트리 산정
 - 청정에너지원 개발, 기술자립화, 생태친화적 항만공간, 지속가능한 녹색성장
- 에너지자립형 녹색항만 구축을 위해 주요 R&D 수요에 근거하여 중점목표 선정
 - 조력에너지기반 에너지자립형 항만 구축
 - 해상풍력 기반 에너지자립형 항만 구축
 - 파력에너지 기반 에너지자립형 항만 구축
 - 복합에너지 기반 에너지자립형 항만 구축



〈이슈 트리(Issue Tree)〉

제2절 에너지 절감 부문

1. 기술 동향 및 전망 분석

가. 국내외 기술 동향 분석

(1) 에너지 비용 절감 사례

(가) ECO-RTG

- Siemens Cranes과 APM 터미널은 새로운 RTG 드라이브 시스템을 공동 개발
 - ECO-RTG 시스템은 에너지 효율이 매우 높아서 터미널 운영에 필요한 연료 소비를 줄이게 되고, 이로 인해 오염물 배출 및 운영비가 줄어들게 됨.
 - 스페인 알제시라스항의 APM 터미널에서 ECO-RTG 시제품을 현장 테스트 해본 결과, 연료 소비가 50% 이상 감소. 또한 소음 감소, 오염물 배출 감소, 유지보수 감소, 연료 보충 횟수 감소 등의 효과를 나타냄.



〈스페인 알제시라스항의 ECO-RTG〉

- APM 터미널에서는 기존 RTG와 ECO-RTG의 성능을 비교하는 실험이 실시
 - 1시간 45분 동안 미리 정의된 순서대로 30개의 컨테이너를 처리. 기존 RTG는 총 28.1리터의 연료(시간당 16.1리터)를, ECO-RTG는 14.2리터(시간당 8.1리터)를 소비
 - 이 실험을 기초로 터미널은 ECO-RTG 드라이브 시스템이 장착된 20대의 RTG를 발주했고 2006년 말에 첫 번째 크레인이 인도
 - 현재 운영중인 ECO-RTG의 실제 성능 데이터는 다음의 표와 같음. ECO-RTG가 연속된 9일 동안 모니터링 되었음. 이 기간 동안 ECO-RTG는 시간당 평균 9.2리터의 연료를 소비하였으며, 기존 RTG는 운영시간당 16~25리터를 소비

〈ECO-RTG의 연료소비 성능 데이터(2007. 2. 20 ~ 2007. 2. 28)〉

RTG No.	Total 리터s	Total Hours	Total Moves	리터s/Hour	리터s/Move
56	1,252	171	959	7.32	1.31
57	1,342	136	1,067	9.87	1.26
58	1,551	178	1,249	8.71	1.24
59	1,984	181	1,636	10.96	1.21
60	1,620	188	1,500	8.62	1.08
61	1,915	183	1,217	10.46	1.57
62	1,347	171	1,207	7.88	1.12
63	1,290	165	876	7.82	1.47
64	1,683	177	923	9.51	1.82
65	1,887	178	1,327	10.60	1.42
합계	15,871	1,728	11,961	91.75	13.5
평균	1,587.1	172.8	1,196.1	9.175	1.35

자료: Kuilboer, R., Evaluating the ECO-RTG concept, Port Technology International, Issue 33, pp. 75-76, 2007

(나) 하이브리드 야드 트랙터

- Siemens Cranes과 APM 터미널은 새로운 RTG 드라이브 시스템을 공동 개발
 - 미국 LA/LB(Los Angeles/Long Beach)항에서는 하이브리드 에너지 기술을 적용한 야드 트랙터를 시험 운영. 하이브리드 장비를 사용함으로써 대기 오염을 93% 가

량 감소시킬 것으로 예상되며, 이는 산화질소 19톤에 해당되는 양임.

- 하이브리드 장치는 청정 디젤엔진 기술과 전기 모터를 융합하는 하이브리드 전기 시스템, 혹은 청정 디젤엔진 기술과 유압 유체 압축 기술(에너지 저장에 사용)을 융합하는 하이브리드 유압 시스템을 적용.
- 신기술 적용을 통하여 연료 소비, 공해, 유지보수 등을 줄일 수 있으며, 미국에서는 연료비가 상대적으로 저렴한 편이지만 향후 연료비는 계속 상승할 것이므로 대체 연료에 대한 요구와 긴급성은 증가.
- 또한, 하이브리드 기술은 트랙터의 유험 기간동안 발생하는 공해를 대폭 절감할 것으로 예상됨. 야드 트랙터의 유험 시간은 전체 작업시간의 50% 이상
- 특히, 하이브리드 기술은 차량의 제동을 위한 에너지를 줄여주기 때문에, 자주 멎었다 가는 방식으로 운행되는 야드 트랙터에 적합한 기술로 평가. 하이브리드 기술의 또 다른 장점은 기존의 운영방식과 기반시설을 그대로 사용할 수 있도록 유지. 시스템이 디젤 엔진으로 운영되므로 새로운 유형의 연료 보급소가 필요 없음.



〈미국 LA/LB항의 하이브리드 야드 트랙터〉

(다) 바이오 디젤 연료

- 미국 타코마항의 허스키 터미널에서는 공해 배출을 줄이고 청정 환경에서 엔진을 구동하기 위하여 컨테이너 취급장비와 이송장비에 바이오 디젤 연료 사용

- 2006년 4월에 바이오 디젤을 20% 혼합해서 사용했는데 당시 산업계의 일반적인 수준은 2~5%. 그 후 혼합 비율은 단계적으로 확대되어 50%까지 증가.
- 허스키 터미널은 2006년에 18만 TEU를 처리 가능하도록 93에이커로 새롭게 확장. 터미널의 장비는 터미널 트랙터 31대, 야드 크레인 6대, 탑핸들러 9대, 포크 리프트 3대로 구성되고, 이들 장비 모두가 바이오 디젤 연료로 전환.
- 바이오 연료의 사용은 엔진의 성능 향상에 도움을 줌. 초저유황 디젤, 야채 기름, 콩 등으로부터 만들어지는 바이오 디젤은 기계에 대한 마모를 줄이고 장치에 대한 수명을 연장시켜서 엔진의 성능을 향상. 또한 기존 디젤 연료에 바이오 연료가 추가되면 매끄러움이 향상. 바이오 디젤의 비율이 1%대로 낮더라도 증류 연료의 매끄러움을 65%까지 향상.
- Puget Sound Clean Air Agency는 순수 바이오 디젤 연료 및 혼합 바이오 디젤 연료를 사용하는 차량이 보통의 디젤보다 대기 오염 방출이 낮다고 발표. 순수 바이오 디젤과 혼합 바이오 디젤 모두 지구 온난화를 야기하는 디젤 입자상 물질, 탄화수소, 이산화탄소의 방출 비율을 10~50%만큼 감소.
- 바이오 디젤의 운영비용은 혼합 비율에 따라서 달라지며, 운영비용은 6~7센트가 소요되지만 1갤런을 넘으면 추가비용이 발생하지 않음. 현재 바이오 연료의 판매자는 정부로부터 보조금을 받고 있고 이로 인해 최종 사용자는 가격 면에서 혜택을 보고 있음. 바이오 디젤의 사용으로 인해 추가적으로 발생하는 비용은 기계의 수명 증가로 인해 타당성을 얻음.



〈미국 타코마항의 스트래들 캐리어(디젤 산화 촉매장치 장착)〉

(라) 야드크레인 전기구동

- 부산의 신감만, 자성대, 신선대, 감만 등의 컨테이너터미널에서는 야드에 설치된 RTGC의 에너지 공급 체계를 유류에서 전기로 전환하는 방안을 추진
 - 자성대 터미널의 경우 2008년부터 RTGC 34대 가운데 15대에 대해서 에너지 공급 체계를 전환할 예정이며, 신감만 터미널은 17대 중 12대, 우암 터미널은 13대 중 8대를 전환. 감만, 신선대 터미널도 에너지 전환
 - 부산항만공사는 2007년 8월, 자성대 터미널에 RTGC 2대에 대한 에너지 공급을 전기로 전환하여 에너지 절감 정도를 측정. 비용은 유류비의 10% 수준. 부산항만공사는 케이블 설치 작업 등을 위해 대당 약 3억 6천만 원의 비용이 소요되지만 대당 약 1억 3천만 원의 에너지 절감 효과를 거둘 수 있으므로 3년 후면 투자비를 회수.



〈부산항에서 운영 중인 야드 크레인〉

(마) 국내외 에너지비용 절감 사례 요약

- 국내외의 항만에서 에너지비용을 절감하기 위한 많은 노력들이 있어왔으며 이러한 노력의 결과 에너지비용 절감을 위한 많은 기술의 발전이 있어왔다.

- 외국의 경우 지멘스사에서 ECO-RTG를 개발하여 스페인의 알제시라스항에 적용한 사례가 있으며, 미국 LA/LB항의 경우 컨테이너터미널의 이송장비에 하이브리드 전기시스템/유압시스템을 운영중에 있음. 또한, 미국 타코마항의 허스키 터미널에서는 바이오디젤 연료를 허스키항에서 사용하여 연료비절감을 하고 있음.
- 국내의 경우 부산항 및 광양항 등에서 기존의 디젤엔진 RTGC를 전기식 RTGC로 변환하여 운영 중에 있음.

〈국내외 에너지비용 절감 사례 요약〉

사례	ECO-RTG	하이브리드 야드 트랙터	바이오 디젤 연료	야드크레인 전기구동
대상	·컨테이너 터미널 야드 장비	·컨테이너 터미널 이송 장비	·컨테이너 터미널 하역 장비, 이송장비	·컨테이너 터미널 야드 장비
지역	·스페인 알제시라스항	·미국 LA/LB항	·미국 타코마항	·부산항
특징	·새로운 RTG 드라이브 시스템 개발 ·APM 터미널에서 시제품 테스트 완료 후 사용 중	·하이브리드 전기시스템/유압시스템 적용 ·시험 운영 중	·바이오 디젤을 혼합하여 사용 ·허스키 터미널에서 사용 중	·RTG 에너지 공급을 유류에서 전기로 전환 ·자성대 터미널에서 에너지 절감 정도 측정 ·자성대, 신감만, 우암 터미널 등에서 적용 검토 중
효과	·연료 소비 감소 ·소음, 오염물 배출 유지보수, 연료 보충횟수 감소	·연료 소비 감소 ·대기 오염, 유지보수 감소	·엔진 성능 향상 ·기계 수명 증가 ·대기 오염 감소	·연료 소비 감소

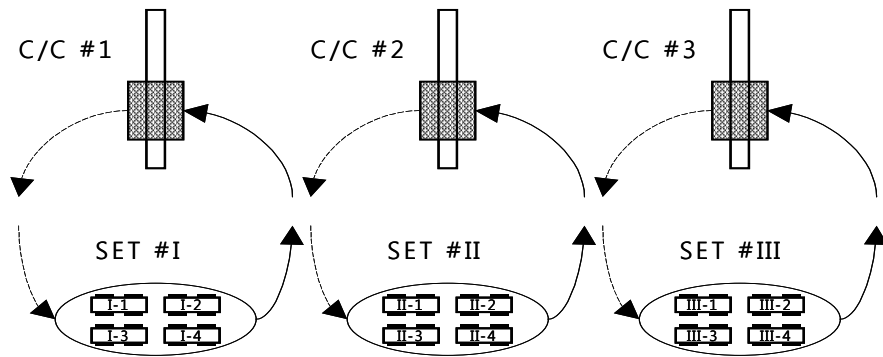
(2) 에너지 절감 대안

(가) 운영(Operatation)

① 야드트럭 풀링운영제

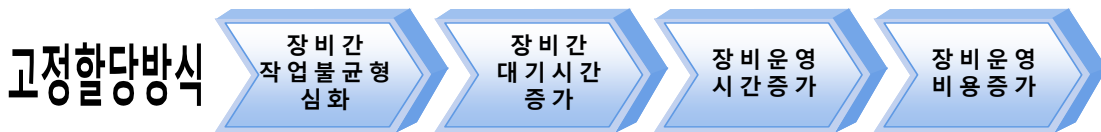
- 일반적으로 컨테이너터미널에서 안벽과 야드간의 컨테이너 운반작업에 있어 이송장비에 대해 고정할당방식(Static Assignment Method, SA)을 채택

- 이는 다수의 이송장비를 하나의 작업조로 편성하여 특정 C/C에 대해 전담 지원하는 방식



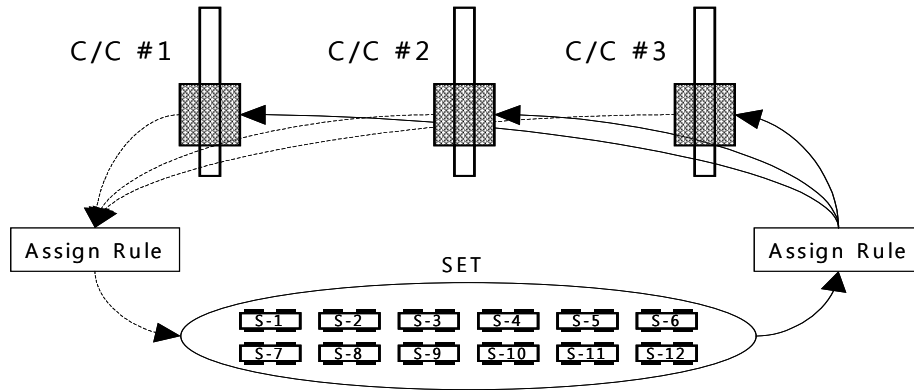
〈이송장비 고정할당방식 개념도〉

- 이러한 방식하에서는 특정한 이송장비는 하나의 안벽장비에 대해서만 지원작업을 하기 때문에 작업용통성이 떨어질 뿐만 아니라 장비상호간의 작업싸이클의 불균형이 심화되는 현상을 초래
- 장비상호간의 작업싸이클의 불균형은 곧 장비간의 대기시간을 증가시키는 요인으로 작용하며 이는, 결국 동일한 작업량을 처리하는데 있어 이송장비의 운영시간을 증가시켜 이에 필요한 각종 운영비(연료비)의 부담을 증가하는 현상을 발생



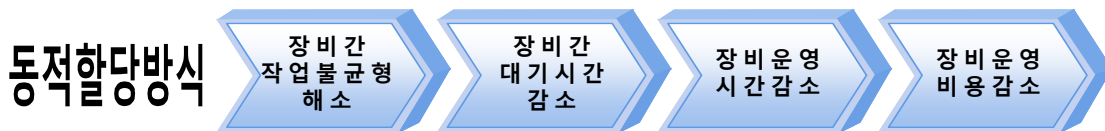
〈고정할당방식과 이송장비 운영비용 관계〉

- 이러한 단점을 보완하기 위해 이송장비의 할당방식으로 동적(Dynamic Assignment Method, DA)으로 할당하는 풀링운영제(Pooling System)를 들 수 있음. 풀링방식은 이송장비에 대해 작업조를 편성하지 않는 방식으로 운행상황이나 C/C의 작업 상황에 따라 선별적으로 C/C 작업을 지원하는 방식.



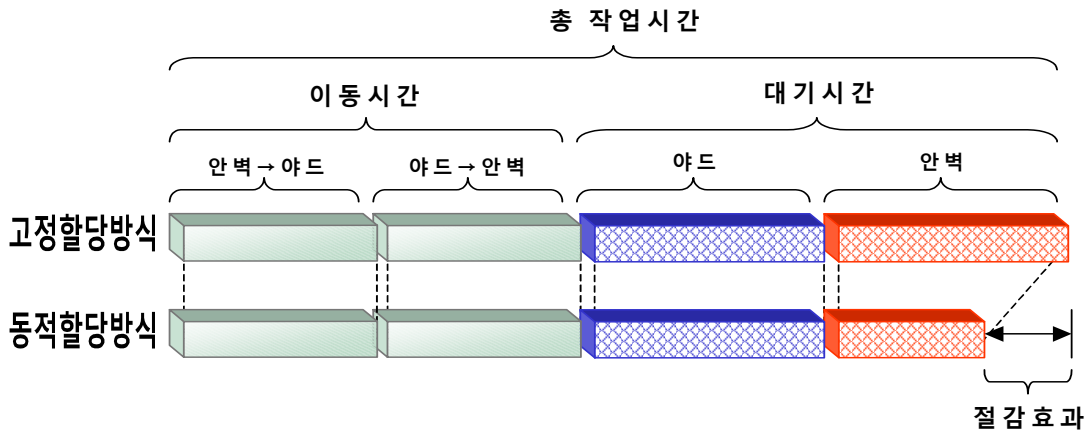
〈이송장비 동적할당방식 개념도(풀링제)〉

- 특히, 선박의 양·적하작업시 C/C의 작업상황에 따라 이송장비의 배차를 동적으로 할당하기 때문에 안벽작업의 지원에 융통성이 발휘할 수 있어 작업시 이송장비의 대기시간을 줄일 수 있으므로 총작업시간의 단축을 기대할 수 있음.
- 따라서, 작업시간 단축으로 인한 이송장비의 운영비용을 상당부분 절감할 수 있는 효과를 가짐.



〈동적할당방식과 이송장비 운영비용 관계〉

- 이송장비의 작업에 대해 각 작업단계별 시간구성을 보면, 안벽과 야드간의 운행 횟수와 운행거리는 총작업물량과 야드작업지점이 동일할 경우에는 2가지 할당방식 모두 동일한 이동시간을 가지게 됨.
- 그러나, 안벽과 야드에서의 대기시간은 안벽처리능력과 야드처리능력에 따라 달라질 수 있음.



〈할당방식에 따른 이송장비 작업시간 절감효과〉

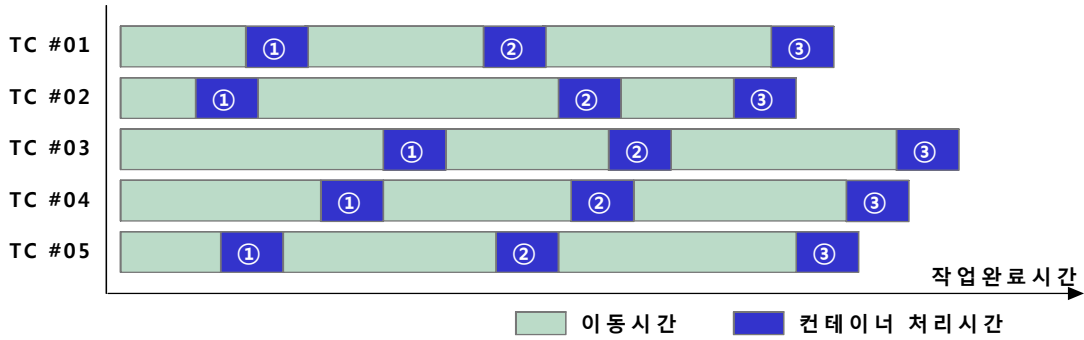
- 특히, 안벽에서의 대기시간은 안벽작업상황을 고려한 동적할당이 기존의 고정할당에 비해 상당부분 유리한 방식이기 때문에 대기시간 절감효과를 기대할 수 있음. 따라서, 이송장비의 총 작업시간이 단축되며, 이로 인해 이송장비의 운영비용을 절감할 수 있음¹⁾.

② 야드크레인 작업동선최소화

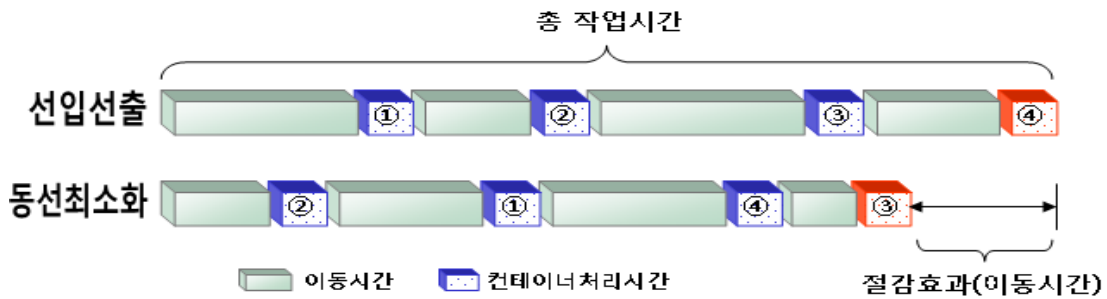
- 터미널 하역작업에 있어 이송장비 다음으로 가장 작업동선비율이 큰 것이 야드크레인(Transfer Crane, TC)의 하역작업 임.

- TC의 경우 작업에 소요되는 시간은 『이동시간+컨테이너 처리시간』으로 구분할 수 있는데, 이 경우 컨테이너 처리시간은 모든 TC에 대해 동일한 소요시간이 발생하지만, 목표지점까지의 블록이동, 베이이동은 각 TC의 현위치에 따라 달라짐.

1) 야드의 처리능력이 안벽의 처리능력보다 클 경우에는 2가지 할당방식에서 야드 대기시간은 동일하다고 할 수 있음

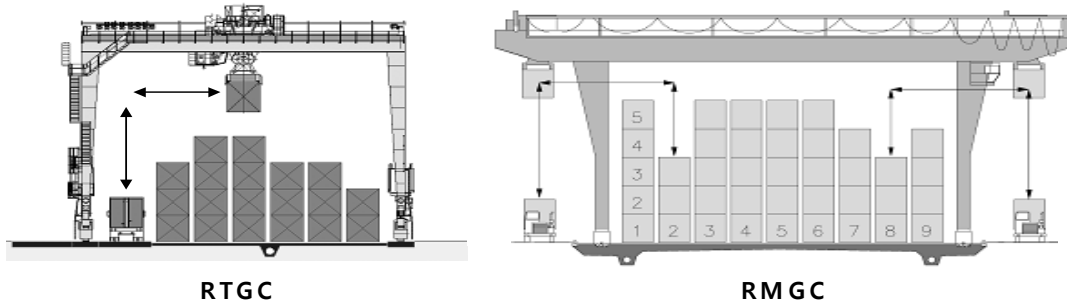


〈터미널 야드크레인 하역작업시간〉



〈야드크레인 동선최소화에 따른 비용절감효과〉

- 따라서, 가급적 목표지점까지 이동하는데 소요시간이 최소가 되는 위치에 있는 TC에 작업을 배정함으로써 야드크레인의 동선을 최소화하고 이동에 따른 연료 비용을 절감할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있음.
- 일반적으로 터미널의 TC는 크게 2가지 종류가 사용되고 있는데, RTGC의 경우에는 작업지점에 따라 수평 및 수직이동이 가능하지만, 수직이동시에는 상당히 많은 시간과 비용이 발생하기 때문에 가급적 수직이동이 배제된 작업할당이 이루어질 때 이동에 따른 연료비용을 절감할 수 있음. 이에 반해, RMGC의 경우는 수평 이동만이 가능하므로 이에 맞는 작업할당이 이루어져야 함.

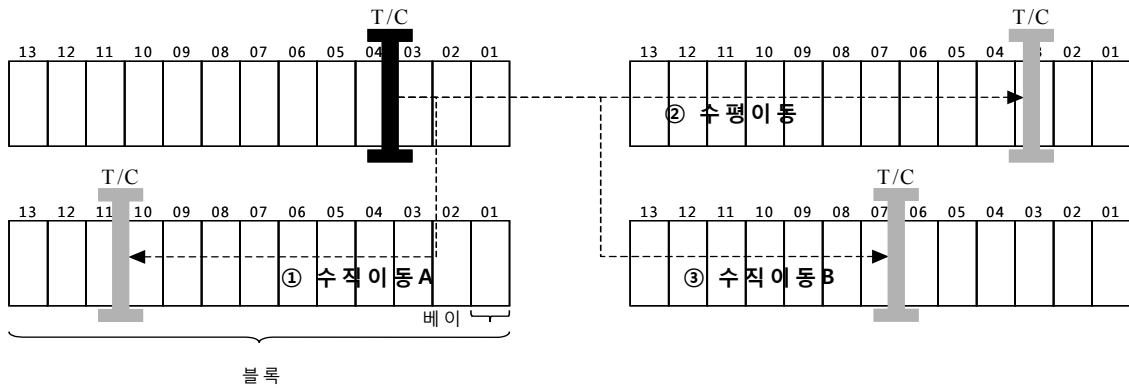


〈터미널 야드크레인 유형(RTGC vs RMGC)〉

〈야드크레인 유형별 이동형태〉

구분	장비유형		비고
	RTGC	RMGC	
수평이동	가능	가능	안벽을 기준으로 수평으로 주행
수직이동	가능	불가	안벽을 기준으로 수직으로 주행

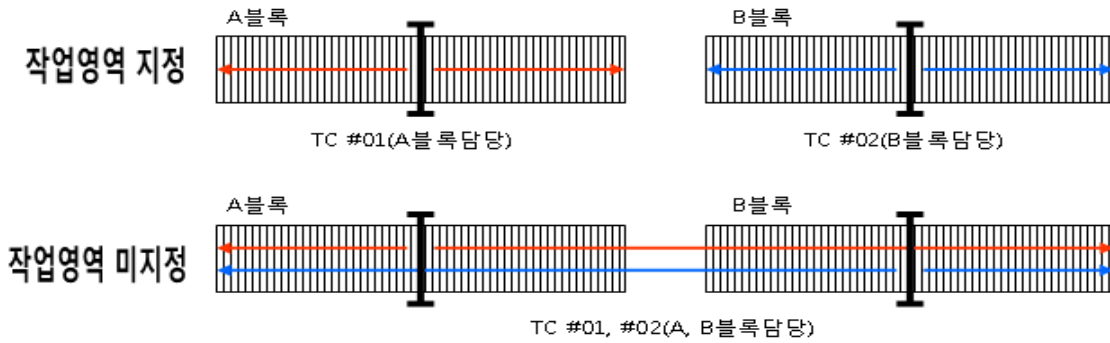
- 따라서, 동일한 작업을 처리하는데 있어서 TC의 이동거리를 최소화하도록 야드에 배치된 다수의 T/C에 대한 위치정보를 참조하여 효율적인 작업배정을 함으로 전체 T/C의 총이동거리를 단축시킬 수 있고, 이에 따른 비용을 절감할 수 있음.



〈터미널 야드크레인의 이동형태〉

- 일반적으로 터미널에서 야드작업을 운영하는 방안에는 각 TC마다 작업영역을 사전에 지정하는 방안과 작업영역을 특별히 지정하지 않는 방안 2가지임. 작업

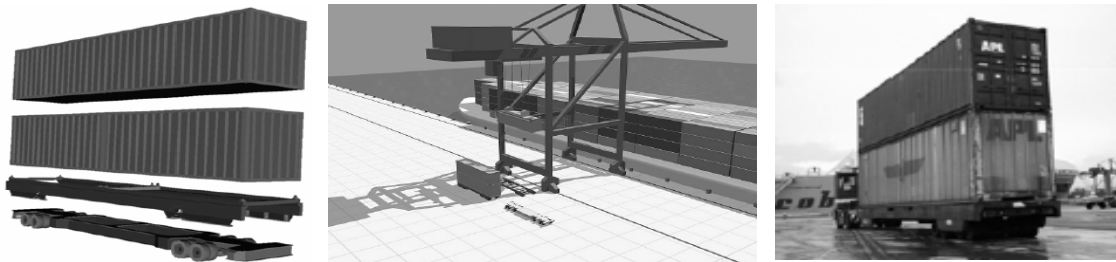
영역을 지정하지 않는 경우에는 신규작업이 발생할 때마다 가장 효과적으로 해당 작업을 처리할 수 있는 TC에 작업을 배정.



〈터미널 야드크레인 운영방안〉

③ 2단적재차량 도입

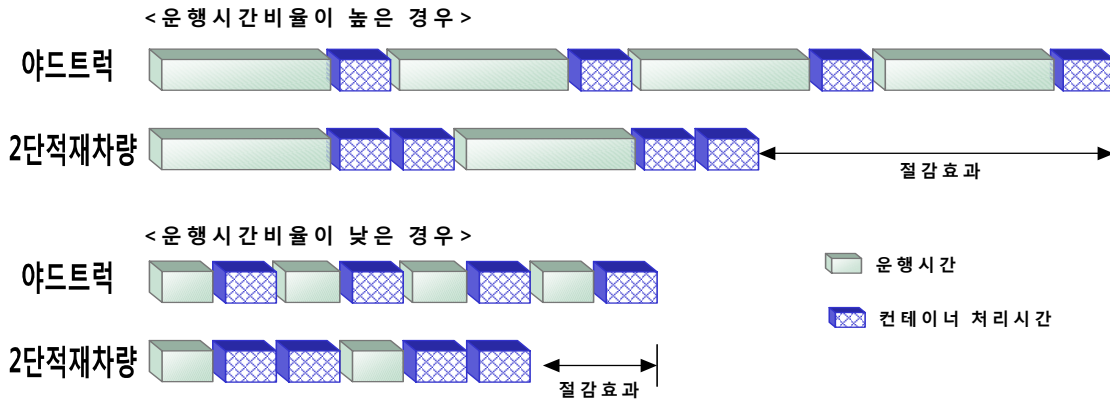
- 2단적재차량(Double Stack Vehicle, DSV)은 일반 야드트럭에 비해 적재용량이 2배가 됨. 야드트럭의 경우에는 한번에, 20피트 2개 또는 40피트 1개를 운반할 수 있으나, 2단적재차량은 이의 2배인 20피트 4개 또는 40피트 2개를 동시에 운반.



〈2단적재차량 기능〉

- 산술적인 측면에서 보면, 2단적재차량이 일반 야드트럭에 비해 동일한 물량의 컨테이너를 안벽에서 야드로 운반하는데 1/2수준의 운반거리를 가지기 때문에 연료비에 있어서도 50%의 비용을 절감할 수 있음.
- 다만, 중량에 따른 연료소비량을 고려하면 실제 절감비용은 50%보다 낮을 수 있으나, 2단적재차량을 이용함으로써 동일한 작업물량을 처리하는데 드는 상당부분의 차량동력비를 절감할 수 있다는 측면에서 에너지 절감효과가 높은 대안됨.

- 2단적재차량을 사용함으로써 하역시간을 일부 단축시킬 수 있는 효과가 있으며, 이송장비의 전체 작업시간중 운행시간비율이 높을수록 그 효과가 증가하는 특징을 가지고 있음²⁾.



〈2단적재차량 적용시 운행거리 및 하역시간 절감효과〉

④ 컨테이너 재조작 감소

- 컨테이너터미널에서 처리되는 모든 컨테이너는 야드에서 최소한 2번의 하역작업을 받게 됨³⁾. 보통의 경우는 수입, 수출, 환적에 대해 최소 2회의 하역작업이 필요하며, 경우에 따라서는 재조작 등의 추가작업이 발생.

〈터미널 야드에서의 하역작업 횟수〉

구분	기본작업횟수	추가작업횟수	총 작업횟수	처리물량
수입컨테이너	2회 (양하, 반출)	0.48 (재조작)	2.48	1TEU
수출컨테이너	2회 (반입, 적하)	0.08 (마살링)	2.08	1TEU
환적컨테이너	2회 (양하, 적하)	0.86 (마살링)	2.86	2TEU
평균			1.997회	

2) 하역시간을 단축하면 이송장비를 작업에 투입하는데 드는 관련제비용을 줄일 수 있기 때문임. 이는 작업에 투입된 이송장비는 작업투입시간동안 엔진을 구동시킨 상태에 있으므로 이에 따른 연료소비가 발생함.
 3) 직반입 또는 직반출일 경우에는 터미널 내에서의 하역작업은 C/C에 의해서만 1회 발생하며, 야드에서의 하역작업은 없음.

- 수입컨테이너의 경우 양하, 반출시 2번의 TC작업이 발생하며, 수출컨테이너의 경우 그 반대인 반입, 적하작업, 환적컨테이너의 경우 양하, 적하 2회가 기본적으로 하역작업을 요구.
- 여기에 수입의 경우에는 해당 컨테이너의 반출을 위해 불가피하게 상단에 적재된 컨테이너를 재조작 해야될 경우가 발생하기 때문에, 재조작 작업을 터미널 입장에서 통제하기란 매우 힘든 점이 많이 있음⁴⁾.
- 그러나, 수출과 환적의 경우에는 적하순서에 맞게 컨테이너를 재정렬하거나, 사전에 장치순서를 결정하여 적재하는 경우가 대부분이므로, 이와 관련하여 TC의 작업횟수를 최대한 줄일 수 있는 작업계획을 수립하는 것이 불필요한 재조작작업에 따른 취급비용을 절감할 수 있는 방안임.

(나) 장치(Device)

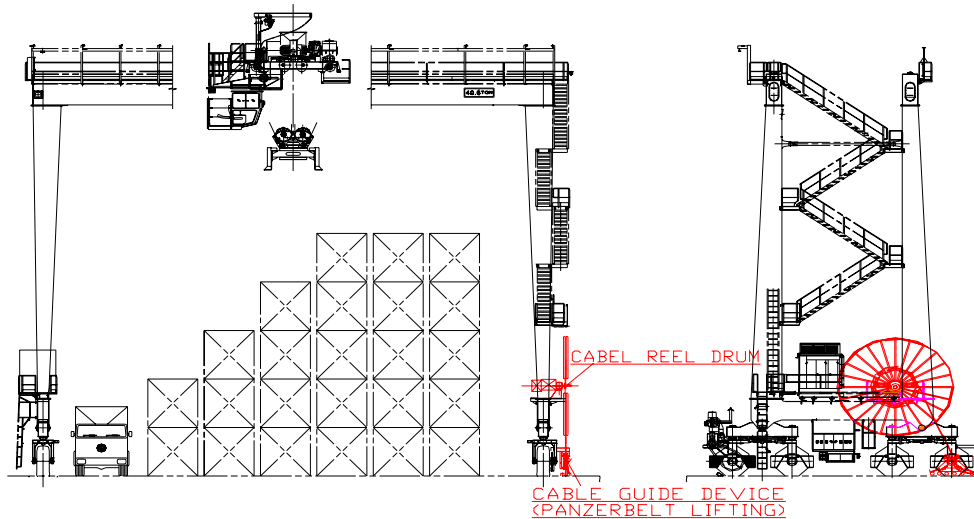
- 장치부분에서는 야드크레인(RTGC)의 에너지비용 절감을 위한 E-RTG와 에너지 세이빙 기술에 대해서 설명한다.
 - E-RTG는 Electronic-RTG의 약자로 기존의 디젤엔진을 사용하여 동력을 발생시키는 방식을 전기 컨버터를 이용해서 동력을 전달하는 방식으로 개조하는 것임.
 - 또한 에너지 세이빙 기술은 슈퍼카파시터를 이용하는 방식, 플라이휠(Fly Wheel) 방식 및 변동 스피드(Variable Speed)방식.

① 외부전원 공급방식(E-RTG)

- Electronic-RTG의 약어로 기존의 디젤방식의 RTG를 전기방식으로 변환하는 것을 말한다.
 - 기존의 RTG는 야드운영시 유연성이 양호하고 장비가격이 상대적으로 저렴하여 초기 컨테이너터미널 개발 시 및 작업의 유연성이 필요한 경우 주로 사용되어 왔음.

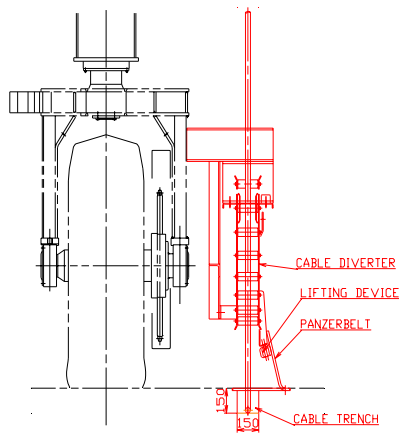
4) 수입컨테이너의 경우 반출될 순서를 사전에 알 수 없으므로, 블록에 임의적으로 적재할 수밖에 없음. 따라서 특별한 장치계획이나 적재순서가 무의미함.

- 그러나, 최근의 고유가 및 환경오염문제가 대두됨에 따라 국내의 경우 자성대터 미널에서 기존의 디젤엔진식 RTG를 전기식 RTG로 2대 변경하여 사용.
- E-RTG의 적용방식은 크게 케이블 릴 방식과 Bus-Bar 방식으로 나눌 수 있으며, 케이블 릴 방식은 케이블 트렌치 방식과 케이블 가이드 방식으로 나눌 수 있음.
- Cable Trench + Panzerbelt 방식
 - 크레인 주행로와 차량의 통행로 전구간에 케이블 트렌치 및 판저벨트를 설치하는 방식으로 전구간에 판저벨트를 설치하므로 케이블 파워 보호 및 차량 이동이 용이하며, 또한 변전실에서 야드 전구간에 지중관로를 통한 파워케이블을 포설
- Cable Guide + Panzerbelt 방식
 - 크레인 주행로에 케이블가이드를 설치하고 차량 통행로 구간에는 케이블 트렌치 및 판저벨트를 설치. 크레인 케이블 릴 장치쪽에는 차량이동이 없어 케이블 보호가 가능하고 차량통행로는 판저벨트 설치로 케이블 파워 보호 및 차량이동을 용이하게 함. 또한 변전실에서 야드 전구간에 걸쳐 지중관로를 통한 파워 케이블을 포설.

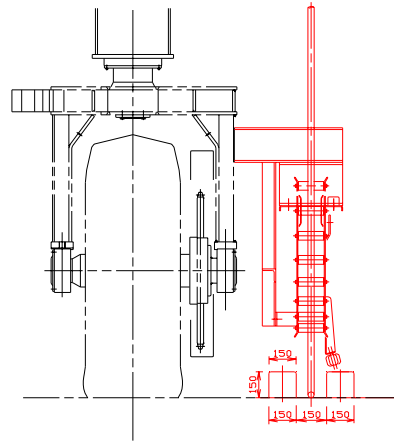


〈트랜스퍼 크레인(RTG) 적용도(Cable Trench + Panzerbelt 방식, Cable Guide + Panzerbelt 방식)〉

이동 장비 주행로



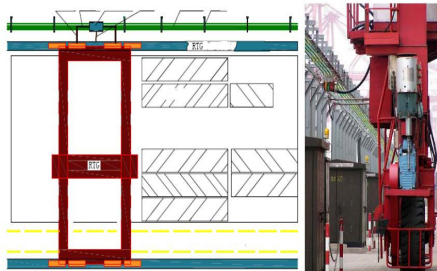
RTGC 주행로



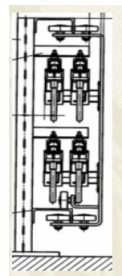
〈트랜스퍼 크레인(RTG) 적용시 이동장비 주행로〉

○ Bus Bar 방식

- 야드에 가공으로 파워 송전용 철구조물과 Bus-Bar를 설치하는 방식으로 크레인 상부구조물에 사람키 높이보다 높거나 낮은 안전위치에 Bus-Bar를 설치함. 야드 장비와 간섭이 우려되며 고압전류에 따른 위험성 상존하며 변전실에서 라인파워 포인트마다 지중관로를 통한 파워케이블을 포설함.



오버헤드 콘덕터 바 시스템



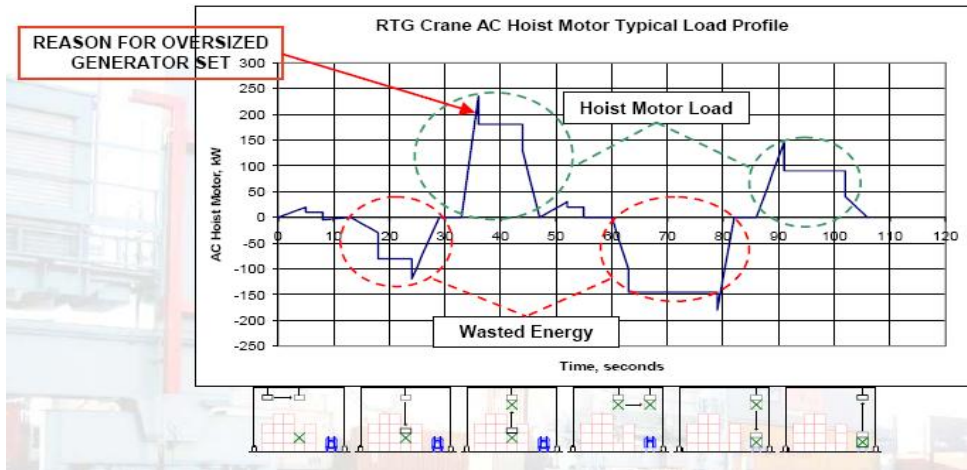
그라운드 레벨 콘덕터 바 시스템

〈Bus Bar 방식의 E-RTG〉

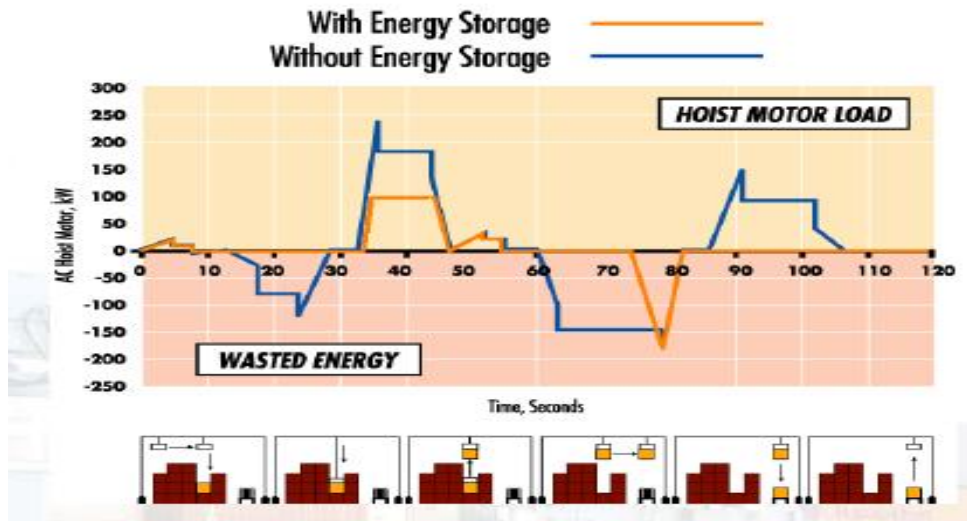
② 에너지 세이빙 기술

- 에너지 세이빙 기술은 기존의 동력방식을 디젤엔진에서 전기 동력으로 변환하는

E-RTG와는 달리 디젤엔진의 연소효율을 향상시키거나 발생된 에너지를 저장하여 재사용하거나, 회생전력⁵⁾과 같이 역으로 발생된 전류를 이용하는 방식과 엔진의 RPM을 효율적으로 제어하는 방식을 사용. 전통적인 RTG의 운영상황과 비교해서 보면 스프레다의 하강 시 및 호이스트의 좌우 이동시 에너지의 낭비가 발생하는 것을 최소화 하는 기술.



〈전통적인 RTG 운영 사이클〉

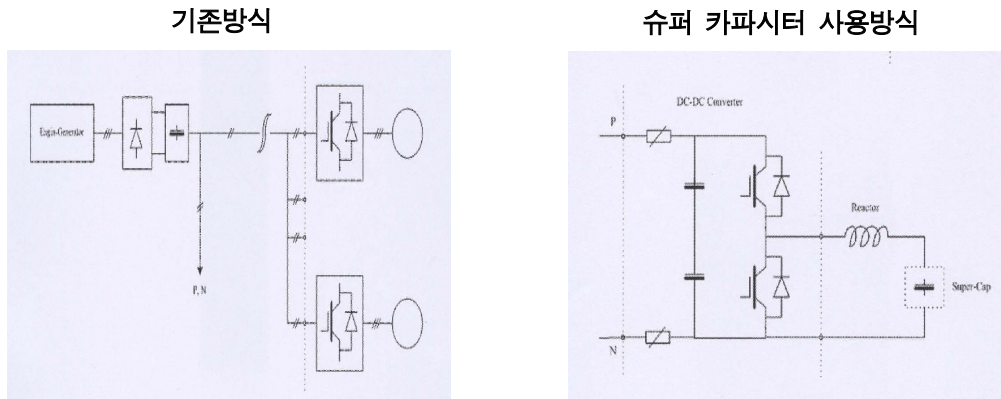


〈전통적 방식과 에너지세이빙 방식의 운영 사이클 비교〉

5) 크레인의 스프레더 하강시, 브레이킹 시 발생하는 역전류

㉠ Super Capacitor

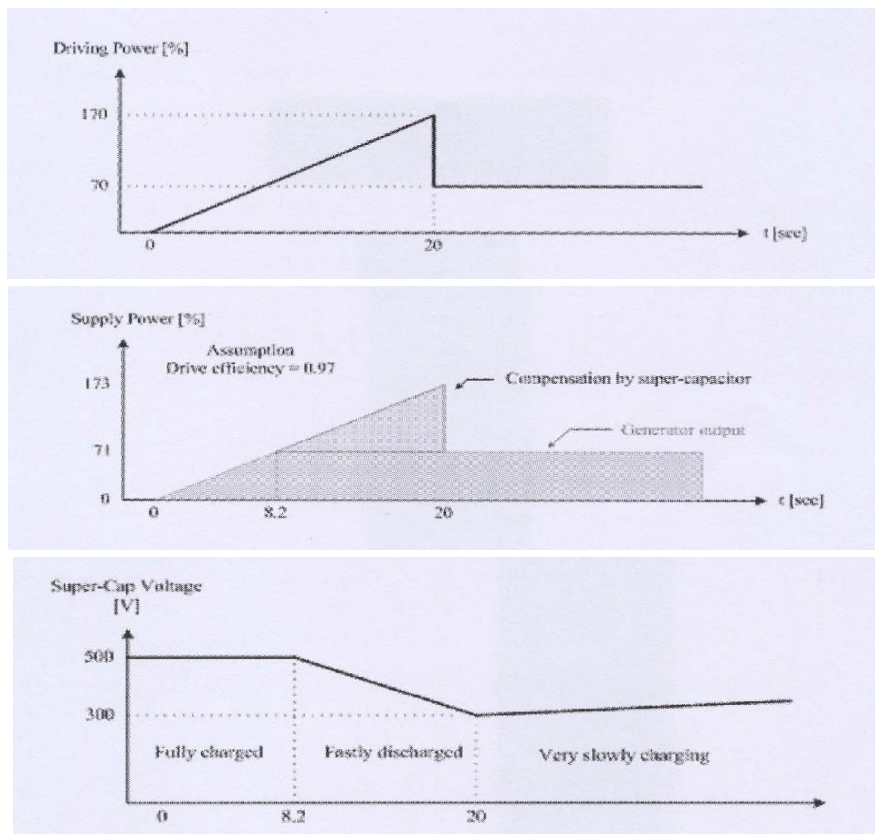
- 전기화학 이중층형 카파시터(Electrochemical Double Layer Capacitor)의 다른 명칭으로 다공성 전극 재질을 사용하여 일반 카파시터보다 많은 전하를 저장할 수 있도록 제작되었으며, 현재 에너지 밀도 7Wh/kg, 출력밀도 2,000W/kg의 제품까지 상용화.
- 이러한, 슈퍼 카파시터는 기존의 카파시터의 단점이었던 충전속도가 낮고, 방전이 빠르게 이루어지는 단점을 보완하여 충전 속도를 빠르게 하고, 방전 속도를 느리게 하였으며, 반복 사용수명을 길게하여 하이브리드 차량의 2차 전원으로 사용이 용이하도록 개발.



〈 기존 방식과 슈퍼 카파시터를 이용한 전기배선도 〉

- 슈퍼 카파시터 작동원리는 기본적으로 하역장비가 움직이는 단계는 가속단계, 정속 또는 등속단계, 감속단계의 세 가지로 구분.
- 가속단계에서는 최대속도까지 도달하기 위해서 지속적인 동력의 증가가 필요하며, 일정속도에 도달하게 되어 정속단계에 도달하면 최대파워의 50% 이하의 동력으로 정속단계를 유지.
- 따라서, 기존 방식에서는 엔진 제너레이터가 최대속도까지 도달할 수 있는 드라이빙 파워를 가지고 있어야 함. 그러나 슈퍼 카파시터를 이용하는 방식에서는 등속에 필요한 드라이빙 파워를 초과하는 동력은 카파시터에 저장했다가 재사용하는 방식을 사용.

- 최대속도에 도달하기 위해서 드라이빙 파워가 170%가 필요하다고 가정할 경우, 등속단계의 유지를 위해서는 70%의 드라이빙 파워가 필요. 이때, 가속단계에서 필요한 170%와 등속단계에서 필요한 70%의 차이인 100%의 동력을 슈퍼 카파시터에서 동력을 제공하는 방식.
- 슈퍼 카파시터는 완전 충전된 500볼트의 전원이 빠르게 300볼트로 방전되고 감속시나 적양하시 발생하는 회생전력을 이용해서 느리게 충전.



〈슈퍼 카파시터의 작동원리〉

㉞ 플라이 휠(Fly Wheel)

- 일반적으로 전력의 가장 큰 단점은 저장하기가 어렵다는 것임. 일례로 400파운드 무게의 자동차 배터리는 겨우 1파운드 가솔린에 함유된 정도의 에너지만을 저장할 수 있으며, 손쉽게 저장할 수 있는 석탄, 석유 등과는 달리 전기는 필요 시점에 필요한 곳에서 생산돼야 함.

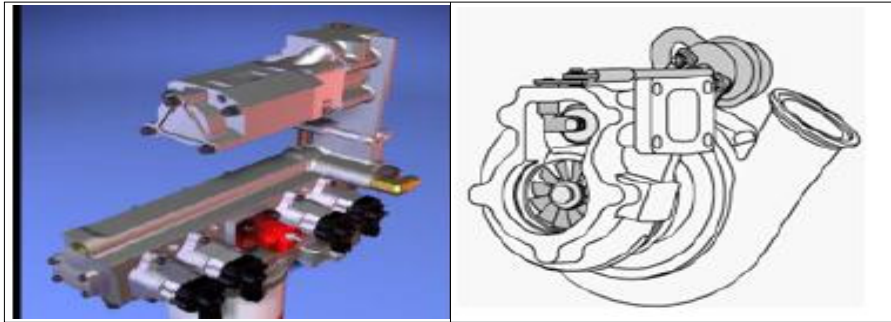
- 하지만 이러한 상황은 플라이휠 배터리 덕분에 수요가 많은 시간에 사용할 수 있도록 훨씬 더 많은 에너지를 더 작은 공간에 저장하는 방향으로 변하고 있음.
- 플라이휠 에너지 저장 시스템은 입력되는 전기에너지를 플라이휠의 회전 운동에너지를 변환하여 저장하고 필요시 전기에너지로 재출력하는 장치.
- 최근 재료, 자기 베어링, 전력 전자학 등 관련 기술의 발전에 힘입어 미국, 일본, 독일 등의 선진국에서 이 장치의 활발한 연구가 진행.
- 이 장치는 무정전 전원 공급 장치, 기차 및 버스와 같은 대형 수송 차량에서의 제동 에너지 회생장치 등과 같은 여러 제품에서 이미 실용화가 진행 또는 완료되어 있음.
- 다른 에너지 저장 분야에 비해 잉여 에너지의 저장을 통한 에너지 절약효과, 높은 전력밀도, 높은 에너지밀도, 짧은 충전 시간, 반영구적 수명, 환경 친화성 등과 같이 뛰어난 장점을 가진 플라이휠 시스템은 고속회전을 위한 복합재 플라이휠 설계/제작기술, 초고속 전동기/발전기 설계/제작 기술, 손실 최소화를 위한 자기 베어링 설계/제작 기술, 고주파 전력변환 기술 등 선진국으로부터 기술이전이 어려운 첨단기술의 집합체로 관련기술의 대외 종속 탈피를 위한 국내 개발이 절실.



〈플라이휠 방식〉

㉔ Variable Speed

- RTGC를 이용해서 하역작업을 수행하게 되면 양하 및 적하작업에 따라 동력이 많이 필요한 상황과 동력이 적게 필요한 상황에 발생. 이러한 상황에 따라 엔진의 출력을 변환하여 동력의 낭비를 막고자 하는 방식.



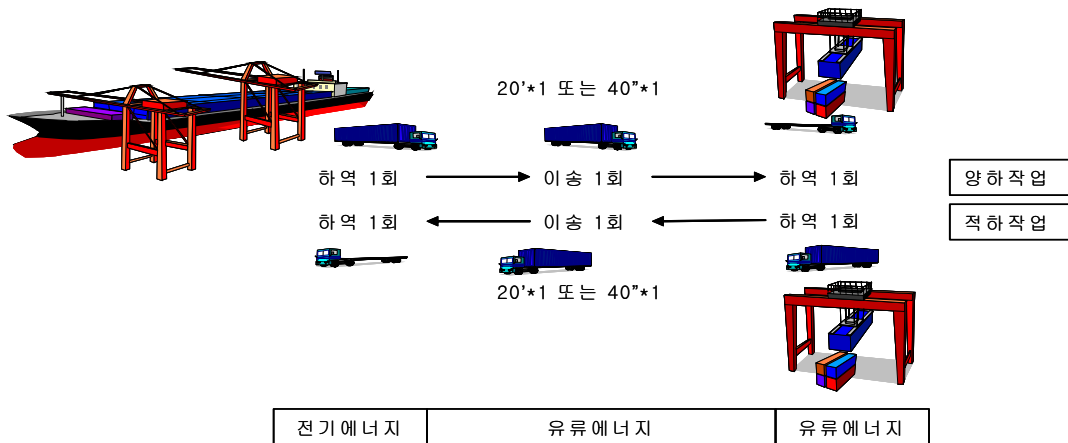
〈Variable Speed 디젤엔진〉

- Variable Speed 방식의 적용은 이송장비와 야드장비의 모두에 사용이 가능.
 - 이송장비와 야드장비의 아이들 시간동안에 RPM을 낮춰서 연료비를 절감하고 이송장비의 가속시 또는 야드장비의 로딩 및 언로딩시 추가동력이 필요한 경우 RPM을 높임.
 - 반대로 이송장비의 감속시 또는 야드장비의 빈작업시 RPM을 낮추게 됨. 이러한 방식으로 엔진의 RPM을 변화시켜서 연료소비량을 줄일 수 있으며, 시스템 구입 비용 및 추가적인 엔진의 부가비용 등을 고려하면 대략 US\$110,000 수준의 비용이 추가

나. 기술 전망 분석

(1) 항만의 에너지 소비패턴

- 일반적으로 C/C의 1회 양하작업시 20피트 컨테이너 1개 또는 40피트 컨테이너 1개를 처리할 경우 이는 YT의 이송작업 1회를 야기시키며, 또한 야드에서 TC의 하역작업 1회를 유발
 - 반대로 C/C의 1회 적하작업은 이미 YT의 1회 이송작업과 TC 1회 하역작업이 선행
- 하역작업의 상호작용상 컨테이너 1단위의 하역은 2회 크레인 작업과 1회 이송작업이 수반된 작업을 수행하게 되므로 장비의 작업은 반드시 연계되어야 하므로 1회의 하역작업은 이에 따른 일련의 에너지 소비를 유발



〈하역체계 상호관계 정의도〉

(2) 운영부문

- 운영 영역에서 YT 풀링 대안은 YT의 운영비인 유류비용을 절감하는 효과를 가지면서 단기적으로 적용이 가능한 반면, TC 운영비 절감효과가 있는 TC 작업동선 최소화 및 컨테이너 재조작 감소는 운영시스템의 기술적 지원으로 단기적으로 적용이 가능한 기술이며, 운영 영역의 에너지비용 절감대안은 하역장비 중 TC 및 YT의 유류비 절감을 위한 효과적인 대안을 제시할 수 있음.

〈에너지비용 운영대안별 적용단계〉

대안 영역	세부대안	절감 유형	적용단계	비고
운영 (운영시스템)	YT 폴링(동적할당)	YT 운영비 절감	단기	적용가능
	TC 작업동선 최소화	TC 운영비 절감		
	2단적재차량	차량 유류비 절감		
	컨테이너 재조작 감소	TC 운영비 절감		

(3) 장치부문

- 장치 영역에서는 유류비의 절감에 효과적인 것으로 특정한 장치를 개발해서 적용하는 것으로 개발 및 검증에 일정 기간이 소요되는 대안

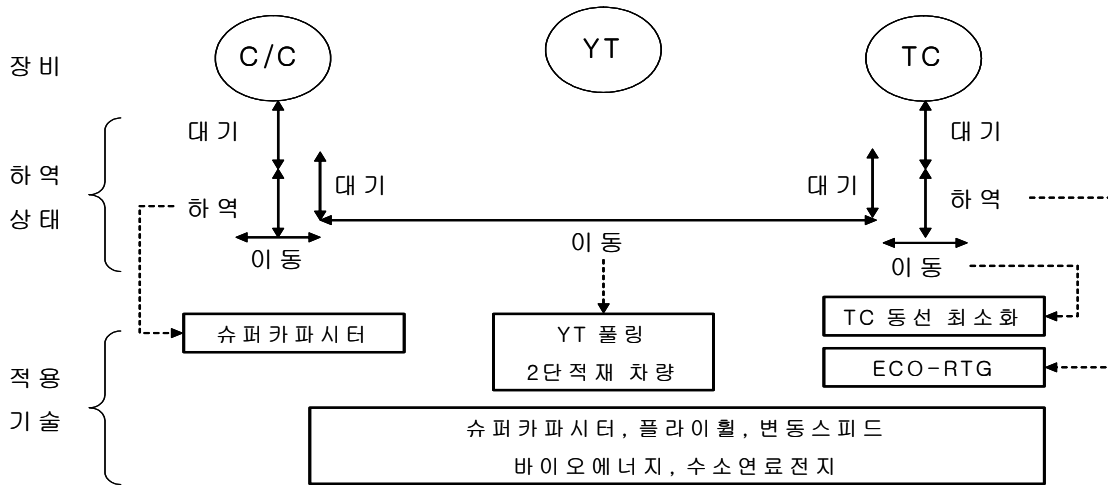
〈에너지비용 장치대안별 적용단계〉

대안 영역	세부대안	절감 유형	적용단계	비고
장치 (전기전자)	ECO-RTG	유류(전기)비, 엔진유지비 절감	중기	장치개발
	슈퍼 커패시터	TC 유류비 절감		
	Fly Wheel	연료절감		
	Variable Speed	-		

(4) 관련기술의 적용 전망

- 하역시스템을 구성하는 장비를 C/C, YT, TC로 하여 각 장비별 하역상태를 C/C(이동, 대기, 하역), YT(이동, 대기), TC(이동, 대기, 하역)으로 구분하여 해당되는 상태별 에너지비용 절감기술의 적용가능한 기술을 분류
- C/C의 경우 하역상태에서 슈퍼커패시터가 적용 가능하며, YT의 경우 이동상태에서 YT 폴링 및 2단적재 차량이 적용 가능하며, TC의 경우 이동상태에서 TC 동선 최소화, 하역상태에서 ECO-RTG가 적용이 가능

- 그리고 공통적으로 YT와 TC에는 슈퍼카파시터, 플라이휠, 변동스피드 등이 적용 가능하며, 바이오에너지 및 수소연료전지는 공통적으로 YT 및 TC에 적용 가능하다고 할 수 있으며 장기적인 기술개발을 통해 그 적용가능성은 더 넓어질 것임



<미래 기술 적용 전망도>

2. 특허 및 논문 동향 분석

가. 특허 동향 분석

(1) 조사기준 및 방법

(가) 특허 분석 범위

- 본 분석은 그린 항만 이송차량, 그린 항만 하역장비, 선박 전력 공급, 그린 터미널 개발·계획·운영 분야에서 출원공개된 한국, 일본, 미국, 유럽 및 PCT의 공개특허를 대상으로 함.

(나) 검색 방법

- 한글 검색식

분야	검색어
그린 항만 이송차량	(전기* or 친환경* or 에너지*) and (컨테이너* or 화물*) and (트럭* or 차량*)
그린 항만 하역장비	(전기* or 친환경* or 에너지*) and (컨테이너* or 화물*) and (장비* or 크레인*)
그린 터미널 개발·계획·운영	((전기* or 친환경* or 에너지*) and (컨테이너* or 화물*) and (터미널*))

- 영문 검색식

분야	검색어
그린 항만 이송차량	(electric* or eco* or energy*) and (container* or freight* or cargo*) and (truck* or vehicle*)
그린 항만 하역장비	(electric* or eco* or energy*) and (container* or freight* or cargo*) and (equipment* or crane*)
그린 터미널 개발·계획·운영	(electric* or eco* or energy*) and (container* or freight* or cargo*) and (terminal*)

(다) 관련특허 건수

분야	구분	건수
그린 항만 이송차량	한국	0
	미국	5
	일본	0
	유럽	4
	PCT	3
	소계	12
그린 항만 하역장비	한국	0
	미국	4
	일본	0
	유럽	13
	PCT	6
	소계	23
그린 터미널 개발·계획·운영	한국	0
	미국	0
	일본	0
	유럽	0
	PCT	0
	소계	0
합계		35

(라) 조사결과

- 그린 항만 이송차량, 그린 항만 하역장비 분야에서는 관련 특허가 일부 출원되었으나, 그린 터미널 개발·계획·운영 분야에서는 관련 특허가 출원되지 않았음.
- 미국, 유럽, PCT 특허가 활발히 출원되었고, 한국과 일본에서는 특허 출원이 이루어지지 않았음.

(라) 선행기술 관련특허리스트

① 그린 항만 이송차량

○ 미국

NO	번호	발명의 명칭	발행일
1	20060087279	Battery container for an electric vehicle	20060427
2	7221123	Battery container for an electric vehicle	20070522
3	6213327	Container for a rail vehicle for the installation of electronic and electrical equipment	20010410
4	4566322	Apparatus for electrically measuring the level of a liquid in a container, particularly in the gasoline tank of a vehicle	19860128
5	4523078	Portable electrically heated warming container for transporting infusions in a rescue vehicle	19850611

○ 유럽

NO	번호	발명의 명칭	발행일
1	1433546	Production method and device for producing an annular container for an electric winding for assembly to a pulley of a motor vehicle air conditioning system	20040630
2	0900682	Container for the traction battery of an electric vehicle	19990310
3	0599031	Roof container for accomodation of electric and electromechanical components of the drive and vehicle control of railway vehicles and trolley buses	19940601
4	0047722	Control device for the displacement of independent vehicles electrically driven along a traffic line, especially motorized freight cars as part of an airfreight handling installation	19820317

○ PCT

NO	번호	발명의 명칭	발행일
1	WO11/058253	METHOD AND SYSTEM FOR REPLACING A CONTAINER OF INPUT ENERGY FOR A DRIVE MOTOR OF A MOTOR VEHICLE	20110519
2	WO11/001073	REMOVABLE CONTAINER EXCHANGE DEVICE FOR ELECTRIC VEHICLE ELECTRIC BATTERY, ASSOCIATED REMOVABLE CONTAINER, ASSOCIATED ELECTRIC VEHICLE AND ASSOCIATED REMOVABLE CONTAINER EXCHANGE STATION	20110106
3	WO11/001067	DEVICE FOR EXCHANGING A REMOVABLE CONTAINER FOR AN ELECTRIC BATTERY OF AN ELECTRIC VEHICLE, ASSOCIATED REMOVABLE CONTAINER, ASSOCIATED ELECTRIC VEHICLE, AND ASSOCIATED REMOVABLE CONTAINER EXCHANGE STATION	20110106

② 그린 항만 하역장비

○ 미국

NO	번호	발명의 명칭	발행일
1	20110094899	Container for Waste Electrical and Electronic Equipment	
2	20070176490	Energy-saving control system of rubber-tyred container gantry crane	
3	6213327	Container for a rail vehicle for the installation of electronic and electrical equipment	
4	4451693	Combined ballast container and wall plug for portable electrical equipment	

○ 유럽

NO	번호	발명의 명칭	발행일
1	2265103	Container for electric and/or electronic equipment provided with heat dissipation means and frequency converter housed in said container.	20101222
2	2254811	CONTAINER FOR WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT	20101201
3	1962037	ELECTRICAL EQUIPMENT BOX OF FREEZING DEVICE FOR CONTAINER	20080827
4	1813462	Energy-saving control system of rubber-tyred container gantry crane	20070801
5	1484827	BURIED CONTAINER FOR ELECTRICAL, ELECTRONIC AND SIMILAR EQUIPMENT	20041208
6	0818861	Sealed door for containers of electrical equipment	19980114
7	0748017	Container for electrical equipment with compartments	19970312
8	0748017	Container for electrical equipment with compartments	19961211
9	0610689	Container for electrical or electronic equipments	19940817
10	0525532	Wiring for the connection of the electric motors of a crane, particularly a container crane	19930224
11	0525532	Wiring for the connection of the electric motors of a crane, particularly a container crane	19930203
12	0466264	Earthing device especially for protective panels of containers for electrical equipment	19920115
13	0130291	Container with an equipment for electrically measuring the level or the liquid contained therein	19850109

○ PCT

NO	번호	발명의 명칭	발행일
1	WO09/095699	CONTAINER FOR WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT	20091022
2	WO09/095699	CONTAINER FOR WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT	20090806
3	WO07/069546	ELECTRICAL EQUIPMENT BOX OF REFRIGERATION DEVICE FOR CONTAINER	20070621
4	WO07/069545	ELECTRICAL EQUIPMENT BOX OF FREEZING DEVICE FOR CONTAINER	20070621
5	WO03/077392	BURIED CONTAINER FOR ELECTRICAL, ELECTRONIC AND SIMILAR EQUIPMENT	20030918
6	WO90/015709	PROCESS AND EQUIPMENT FOR EMBEDDING THE INSIDE OF AN ELECTRIC APPARATUS IN RESIN, SUCH AS A PROXIMITY DETECTOR, THE RELATED ELECTRIC APPARATUS AND CONTAINERS FOR SAID APPARATUS	19901227

③ 그린 터미널 개발·계획·운영

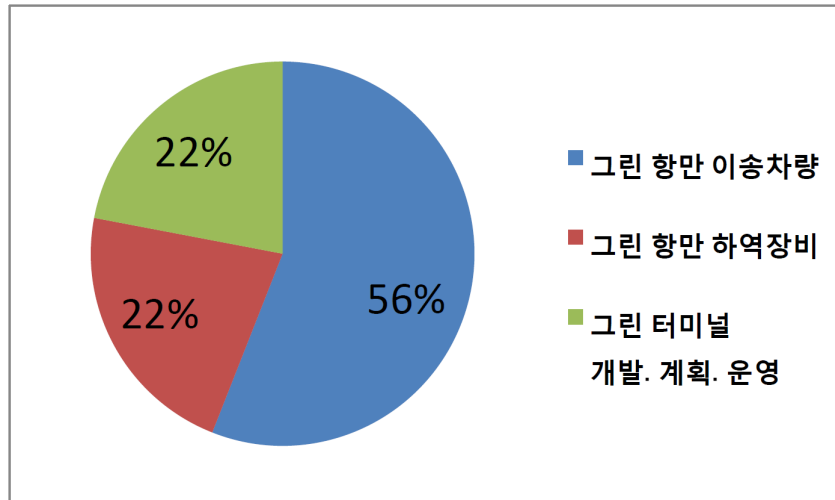
○ 관련 특허가 존재하지 않음.

나. 논문 동향 분석

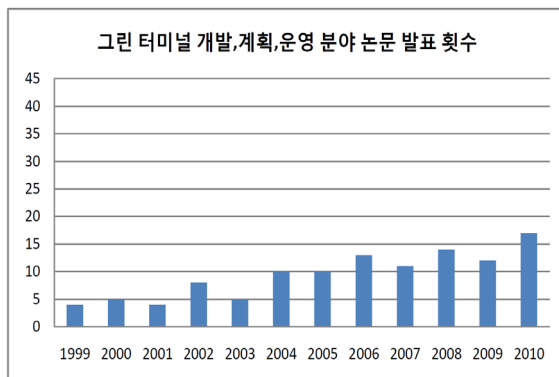
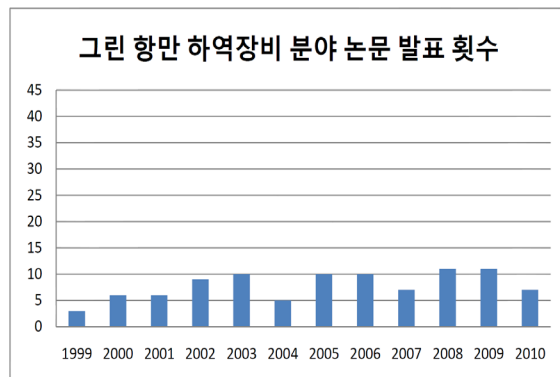
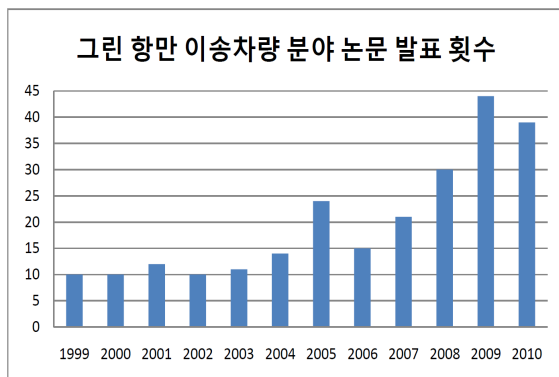
(1) 논문 동향 분석 방법

- 'Web of Science'를 활용
- 특허 동향 분석과 동일한 검색식을 사용

(2) 분야별 논문 발표 현황



(3) 연도별 논문 발표 현황



(4) 논문 분석 결론

- 대체적으로 논문 발표 횟수는 점진적으로 증가하고 있음
- 그린 항만 이송차량 분야의 논문이 가장 높은 비중(56%)을 보이고 있으며 그린 항만 하역장비, 그린 터미널 개발·계획·운영 분야의 논문은 비슷한 비중을 나타냄
- 검색된 전체 논문의 70% 이상이 최근 10년 이내에 발표된 것으로 보아, 최근 들어서 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있음

3. 기술 수준 및 기술개발 역량 분석

가. 국내외 기술수준 분석

(1) 녹색 항만 기술 적용의 유형

- 녹색 항만의 기술 적용은 정책 기반 적용과 프로그램 기반 적용으로 나누어짐. 정책 기반 적용은 조직 전체적으로 전략적인 목표와 목적을 명백히 공표하는 방식이고, 프로그램 기반 적용은 세분화된 환경 척도를 목표로 삼는 방식임.
- 정책 기반으로 녹색 항만을 추진하는 항만 리스트
 - Port of Los Angeles
 - Port of Houston Authority
 - Vancouver Port Authority
 - Ports of Auckland Limited
 - Port Hedland Authority
 - Port of Rotterdam
 - Associated British Ports
 - Port of Brisbane
 - Port of Long Beach

- Freemantle Ports
- Port of Portland
- Sydney Ports
- 프로그램 기반으로 녹색 항만을 추진하는 항만 리스트
 - Hong Kong Marine Department
 - Port Authority of NY/NJ
 - Unified Port of San Diego
 - Port of Barcelona
 - Port Everglades
 - Port of Galveston
 - Port of Seattle
 - Port of Tacoma
 - Port Canaveral
 - Port of Oakland

(2) 녹색 항만 기술 적용 사례

- 연료전지(크루즈 터미널)
 - 미국 텍사스 Port of Galveston
- 현장 풍력 및 태양열 발전
 - 미국 텍사스 Port of Galveston
 - Sydney Ports
- 원격 풍력발전
 - 호주 Freemantle Ports
- 신재생 에너지
 - Sydney Ports

- 미국 오레곤 Port of Portland
- Port of Rotterdam
- LNG 야드 트랙터
 - Port of Los Angeles
- 기관차 엔진 교체
 - Port of Long Beach/Los Angeles
- 녹색 건물 표준화
 - Port of Long Beach

(3) 기술 평가 지표

- 대기
 - 연간 NO_x, CO/CO₂, SO₂, 입자상 물질 배출량
 - 화물의 트럭 운송을 비 트럭 운송(철도, 바지 등)으로 전환한 비율
- 수질
 - 용존 산소량 수준
 - 수온
 - 유거수 및 지하수의 오염 물질 존재 여부
 - 선명도
- 야생동물/서식지/토양/침전물
 - 외래 유해 동물의 수
 - 신규 및 복구 서식지 면적
 - 생산 지역으로 전환된 오염 지역 면적
- 지속가능성
 - 신재생 에너지 비율

- 재활용된 물의 양
- 지역 사회
 - 소음 수준

나. 국내 기술개발 역량 분석

(1) 항만물류 기후변화 협약 대응방안

- 수행 기관 : 한국해양수산개발원
- 수행 시기 : 2009년
- 주요 내용
 - 항만의 온실가스 배출량 측정
 - 항만부문 온실가스 저감목표치 설정 및 로드맵 작성
 - 온실가스 저감에 따른 경제성 분석

(2) 친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구

- 수행 기관 : 한국해양수산개발원
- 수행 시기 : 2008년
- 주요 내용
 - 친환경 항만운영 기술대안의 검토
 - 친환경 항만운영기술 우선순위 및 타당성 분석
 - 시뮬레이션에 의한 기술적용(탄소배출저감) 효과분석

(3) 컨테이너터미널 에너지비용 절감 방안 연구

- 수행 기관 : 한국해양수산개발원

- 수행 시기 : 2007년
- 주요 내용
 - 컨테이너터미널의 에너지비용 절감을 위한 에너지 사용 패턴분석 및 저감대안 도입에 따른 저감효과 분석

(4) 물류분야 온실가스 감축효과 분석 연구

- 수행 기관 : 한국교통연구원
- 수행 시기 : 2009년
- 주요 내용
 - 온실가스 감축목표 설정 시나리오에 따른 물류분야 온실가스 및 에너지 절감 목표 설정 및 관리방안 제시
 - 외국의 물류분야 온실가스등 감축사례 조사 및 분석
 - 녹색성장 5개년 계획의 물류분야 온실가스등 감축효과 분석
 - 녹색성장 5개년 계획 중 녹색물류사업 투자우선순위 제시

(5) 기후변화대비 선박배출 온실가스 통계구축 및 저감기술개발

- 수행 기관 : 인하대학교
- 수행 시기 : 2008~2010년
- 주요 내용
 - 선박배출 온실가스 배출량 산정 방법론 개발
 - 선박배출 온실가스 배출량 산정 로직 개발
 - 선박배출 온실가스 배출량 현황 및 통계 시스템 개발

(6) 우리나라 항만 및 배후물류단지의 친환경 물류체계 구축에 관한 연구

- 수행 기관 : 한국해양수산개발원
- 수행 시기 : 2008~2009년
- 주요 내용
 - 우리나라 항만 및 배후물류단지의 친환경적 물류체계 현황 및 문제점 분석
 - 해외의 선진 항만 및 배후물류단지의 친환경적 물류체계 분석
 - 항만 및 배후물류단지 오염발생원별 관리 목표기준 및 통제방법 설정
 - 항만 및 배후물류단지 친환경 물류체계 평가지표 구축
 - 우리나라 항만 및 배후물류단지의 친환경적 물류체계 구축 방안

(7) 저탄소 항만구축방안에 관한 연구

- 수행 기관 : 현대건설
- 수행 시기 : 2008년
- 주요 내용
 - 해외 저탄소 항만 추진사례 및 실태조사
 - 국내 항만의 대기오염물질 발생량 추정
 - 저탄소 녹색 항만 정책수립 및 실행계획(안) 마련

(8) 국토해양부 첨단항만건설기술개발사업

- 1999년 첨단항만건설기술개발사업에 대한 법적 근거를 마련하고, 이를 체계적으로 수행하기 위하여 「중장기 항만기술 발전 기본계획」이 수립된 바 있음
- 동 계획은 2006년 「중장기 항만기술 발전 기본계획(변경)」을 통하여 변화된 국제

환경 등을 반영하여, 항만기술 추진전략을 ‘기초 및 기반기술 개발 전략’, ‘실용화 기술 개발 전략’, ‘사업화 기술 개발 전략’의 3개 전략으로 재구분하고, 이들에 대하여 ‘항만물류기술’, ‘항만계획 및 설계기술’, ‘항만 및 해양구조물 기술’, ‘항만 및 해양장비 기술’의 4개 기술 분야 31개 사업을 계획

- 2006년 수립된 『중장기 항만기술 발전 기본계획(변경)』 역시 2010년까지의 중장기 기본계획이 포함되어 있음
- 국토해양부에서는 2010년 이후 “첨단항만건설기술개발사업 중장기 실행계획” 수립을 위한 연구용역을 수행중임

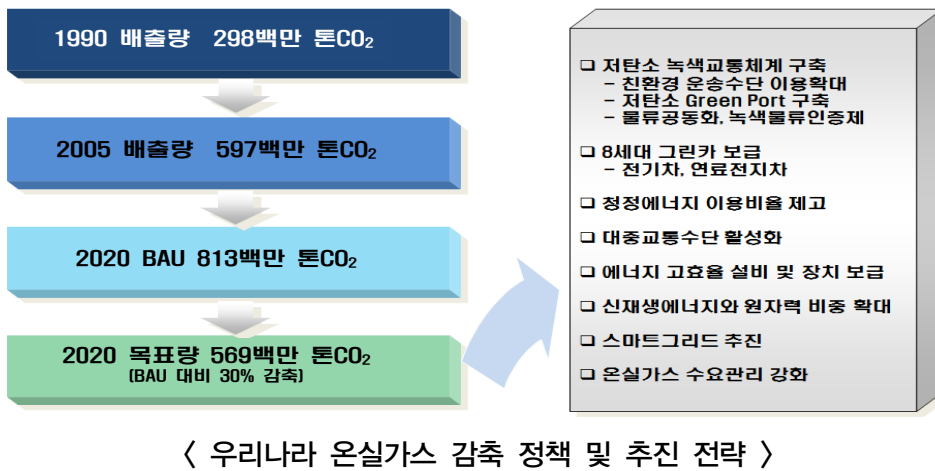
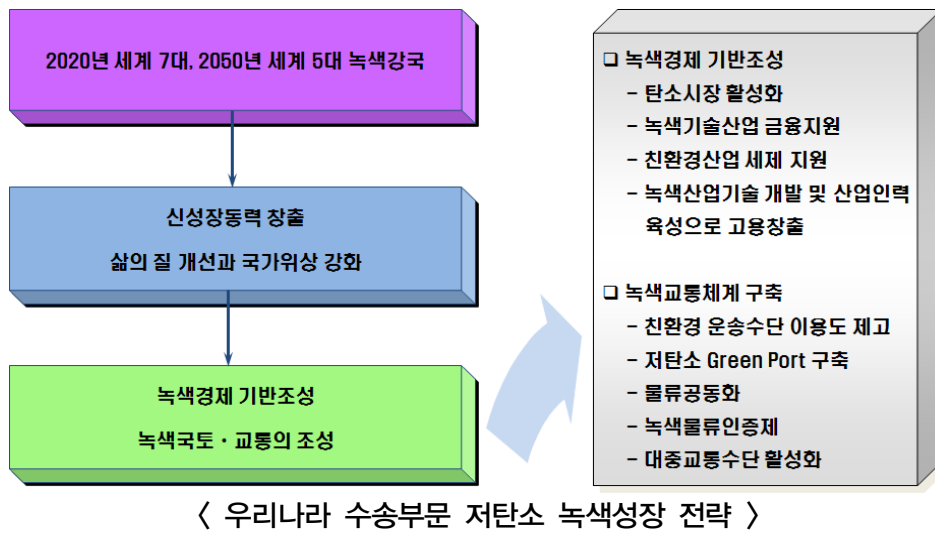
4. 정책 및 관련 제도/계획 동향 분석

가. 국내 정책 및 관련 제도/계획 동향 분석

(1) 우리나라 녹색성장 전략

- 우리나라의 저탄소 녹색성장전략을 수송 부문과 관련하여 살펴보면, 녹색성장의 비전으로 ‘2020년 세계 7대, 2050년 세계 5대 녹색강국’을, 이를 달성하기 위한 추진전략으로 녹색성장을 통한 ‘신성장동력 창출과 삶의 질 개선’을, 그리고 이를 추진하기 위한 정책방향으로 ‘녹색경제 기반조성 및 녹색·국토교통 조성’을 설정.
- 또한 녹색경제기반 조성을 위해서는 탄소시장 활성화, 녹색기술산업 금융지원, 친환경산업 세제지원, 녹색산업기술 개발 및 산업인력 육성 등을 추진하며, 녹색교통체계 구축을 위해서는 친환경 운송수단 이용 확대, 저탄소 Green Port 구축, 물류공동화, 녹색물류 인증제, 대중교통 활성화 등을 추진.
- 2009년 11월 17일 국무회의에서 이명박 대통령은 우리나라의 온실가스 감축목표를 2020년 BAU 대비 30%로 확정하였음을 발표.
 - 2020년 우리나라의 BAU는 8억 1,300만 톤CO₂로 목표량은 BAU 대비 30%를 차감한 5억 6,900만 톤CO₂.

- 2020년 우리나라의 온실가스 목표량은 2005년 발생량의 95.8%에 해당.
- 정부가 2020년 온실가스 목표량을 달성하기 위해 수송^{확대} 부문에서 추진하는 주요 정책을 보면 저탄소 녹색교통체계 구축, 8세대 그린카 보급, 청정에너지 이용 확대, 대중교통수단 활성화, 에너지 고효율 시설 및 장비 보급, 신재생에너지 및 원자력 비중 확대, 스마트그리드, 온실가스 수요관리 강화 등이 있음.



- 수송 부문의 저탄소 녹색정장에 관련된 법률은 ‘저탄소녹색성장기본법’, ‘지속가능교통물류발전법’이 있음.
- ‘저탄소녹색성장기본법’은 저탄소 녹색성장에 대한 국가 비전과 전략을 달성하기 위한 기본법.

- ‘지속가능교통물류발전법’은 교통 부문 저탄소 녹색성장에 대한 정책을 총괄하는 법으로 수송 부문 저탄소 녹색성장에 대한 세부내용을 포함.

○ 또한 저탄소 녹색성장 관련 법의 주요 내용을 살펴보면 다음과 같음.

- ‘저탄소녹색성장기본법’은 제53조 제3항에서 친환경 운송수단 이용 확대를 위한 지원내용을 규정하고 있으나 구체성이 없고 선언적인 의미를 보이고 있음.

- ‘지속가능교통물류발전법’에서는 친환경 운송수단의 이용 확대를 위해 보조금 등의 지원방안을 규정하고 있다. 수송 부문의 저탄소 녹색성장 관련법을 정리.

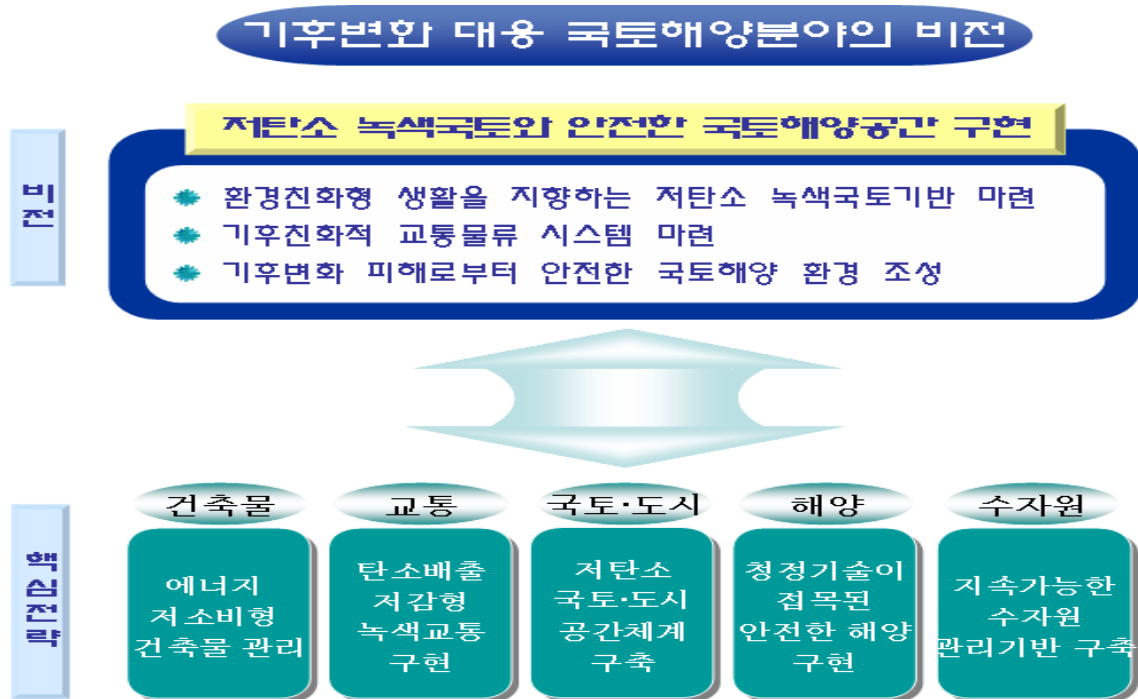
〈우리나라 수송부문의 저탄소 녹색성장 관련법〉

관련 법	조항	법규정 내용
저 탄 소 녹색성장 기 본 법	제53조	③ 정부는 철도투자를 지속적으로 확대하고 버스·지하철·경전철 등 대중교통수단을 확대하며, 자전거 등의 이용 및 연안해운을 활성화하여야 한다.
지속가능 교통물류 발 전 법	제20조	① 국가 및 지방자치단체는 대통령령으로 정하는 대형중량 화물에 대해 환경친화적이고 효율적인 운송대책을 마련하여야 한다. ② 국토해양부장관 및 지방자치단체는 환경친화적이고 효율적 대형 중량화물 운송대책을 수립하기 위해 교통물류운영자에게 다음의 조치를 준수하도록 요청할 수 있다. ③ 그밖에 환경친화적이고 효율적인 운송을 위하여 대통령령으로 정하는 조치
	제21조	① 국가 및 지방자치단체는 전환교통을 촉진하기 위해 환승·환적 시설 및 장비 설치대책을 마련하여야 한다. ③ 국토해양부장관 및 지방자치단체는 교통물류운영자 및 교통물류 이용자, 화주(貨主) 등과 전환교통에 관한 협약을 체결하고 예산의 범위에서 보조금 등을 지원할 수 있다. ④ 제3항에 따른 전환교통협약의 체결, 보조금 등 지원기준 및 절차 등에 관해 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
	제22조	③ 국토해양부장관 및 지방자치단체는 제1항과 2항의 따른 전환교통대책에 따라 교통물류운영자에게 다음의 조치를 요청할 수 있다. 3. 그밖에 전환교통을 위한 조치로서 대통령령으로 정하는 조치

관련 법	조항	법규정 내용
	제28조	국토해양부장관 및 지방자치단체는 관계 중앙행정기관의 장과의 협의를 거쳐 환경친화적 교통수단의 운행 확대를 위한 다음 각호의 조치를 하여야 한다. 1. 환경친화적 교통수단에 대한 교통물류가격의 감면 등 지원 2. 환경친화적 교통수단 구매자에 대한 교통물류 관련사업 인가·허가 등에서의 우대 3. 그밖에 환경친화적 교통수단 운행 확대를 위해 대통령령으로 정하는 조치

(2) 국토해양분야 기후변화대응 종합대책(2008)

- 우리나라 정부는 “저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현”을 목적으로 2008년 『국토해양분야 기후변화대응 종합대책』을 마련하였다. 이를 실현하기 위해 건축물, 교통, 국토·도시, 해양, 수자원 등 5개 분야에 대한 세부 실천과제를 설정.



〈국토해양분야 기후변화대응정책의 비전과 전략〉

- 「국토해양분야 기후변화대응 종합대책」에서 항만과 관련한 내용을 정리하면 다음과 같음. 그러나 항만시스템과 직접적으로 연계되는 대책 방안은 저공해형 물류장비의 보급 확대로 LNG화물차로 전환과 e-RTGC 전환 등이 있음.

〈직간접적 항만관련 종합대책〉

추진전략		세부내용
국토/도시 공간의 재편	저탄소 도시조성을 위한 도시공간계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도시의 공간 및 산업구조 특성을 고려한 온실가스 저감 및 에너지계획 수립을 제도화 - 도시기본계획의 「환경보전계획」, 「공원·녹지계획」 부문에 탄소배출량, 온도 및 풍향에 대한 조사·분석을 포함
	건물·주택의 에너지 절약·효율화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건축허가시 연간에너지 실제 사용 총량을 평가하여 총량한도 내에서 설계하도록 하는 에너지소비총량제도 도입 - 신기술 도입 등을 통해 소비총량 이내로 절감할 경우 다른 항목에서 완화를 허용하는 Trade-off 인센티브 방식 도입 ○ 건축기계·전기설비·조명기기 등 건축물에 내장되는 각종 설비나 기기를 고효율 제품으로 사용토록 권장 또는 의무화 ○ 에너지절약형 건축물 확대를 위한 인증제 활성화 - 에너지절약 성능이 높은 건축물에 대해 높이제한, 용적률 완화 등의 인센티브를 제공하여 건축물 에너지효율등급 인증제 활성화
	친환경 교통·물류 시스템의 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화 대응 교통물류정책 추진 기반 조성 - 교통·물류의 에너지 절감과 온실가스 감축을 위한 제도 마련을 위한 「지속가능 교통물류 발전법」 제정('08년) - 지속가능 교통물류 기본계획·시행계획 수립('09년) ○ 교통물류 온실가스 관측·보고·검증시스템 구축 - 교통분야 온실가스 배출계수, 배출량 관리 DB 구축('09~'12년) ○ 자발적 협약에 의한 자동차 통행량 관리제도 도입 - 지자체장이 국토부장관과 자발적 협약에 의해 통행량 총량관리를 하는 경우 재정 지원 등 인센티브 제공('10) ○ 친환경 교통수단으로 전환교통 추진 - 연안해운의 활성화를 위해 연안화물선 유가보조금 계속지원('08.7~), 선박 담보조건부 지급보증제도* 마련('08.12) ○ 기업의 CO₂ 감축을 위한 자발적 유대 촉진 - 화주·물류기업, 환경단체, 지자체, 정부 합동의 「녹색물류 파트너십(그린물류합동회의)」을 구축('09)

추진전략	세부내용
	<ul style="list-style-type: none"> - 화주·물류기업간 파트너십을 통해 오염 감소가 명확히 예견되는 사업을 인증(녹색물류 인증제)하고 보조금 등 지원 ○ 저공해형 물류장비의 보급 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 경유차를 CO₂ 배출량이 약 30% 절감되는 LNG화물차로 전환할 경우 비용(대당 2,000만원)을 '08년 하반기부터 지원 - 기존 RTGC보다 연료비를 80%정도 절감할 수 있는 e-RTGC 전환 비용을 '09년부터 지원('09년 42억원, 24대) ○ 화물차 운행횟수 감소 및 적재효율 향상 <ul style="list-style-type: none"> - 의왕 ICD 등 주요물류거점에 RFID기반 물류거점정보시스템(차량에 전자태그, 게이트에 리더기 부착)을 구축, 신속한 진출입 도모 - 육상·해상·항공, 통관 등 민·관의 물류정보망을 종합연계한 「국가물류 통합정보센터」 구축('11) - 공동 수·배송 확대를 위해 '10년까지 현재 3개 권역(수도·부산·호남권)에서 운영 중인 내륙물류기지를 5대 권역(중부·영남권 추가)으로, 3개 물류단지(대전, 부산, 울산)도 13개로 확대
에너지 절약적인 생활교통체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중장기적으로 교통량 감축을 위한 종합 교통수요관리 추진 - 실제 교통혼잡을 유발하는 정도에 따라 교통유발부담금 부과 및 기업체의 적극적인 교통량 감축 유도 - 불법 주정차 단속 강화, 도심주차장 상한제 확대, 공공주차장 유료화 전환 등 주차제도 개선
철도물류 활성화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 6×6 격자형 국가간선철도망 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 남북 6축, 동서 6축의 간선철도망을 구축하여 네트워크 효율성 제고를 통한 철도의 여객·화물 수송분담률 제고 ○ DMT(Dual Mode Trailer) 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 철도화물의 경쟁력 강화를 위해 철도-도로를 연계 운송할 수 있는 DMT* 시스템 개발추진('11년) ○ 철도물류시설 확충 및 운영시스템 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 철도화물 취급시설을 확충하고, 화물수요에 따라 열차 및 인력을 배치하는 화차운용 최적화 시스템 구축('09) ○ 장대 화물열차 편성·운영 <ul style="list-style-type: none"> - 경부선 등 주요 노선의 축선*확대 등 시설개량을 통해 열차 1편성당 연결화차 수 확대 (현재 28량 → 장대화 37량)
해양분야 첨단기술을	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양에너지 기술개발 확대 - 조력·조류 및 파력 등 해양에너지 실용화기술 개발을 통하여 청정에

추진전략		세부내용
	이용한 온실가스 저감·흡수	<p>너지 공급 및 에너지 자급도 제고</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ CO₂ 해양 처리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발전소·제철소 등에서 포집된 CO₂를 해양 퇴적층(가스전, 대수층 등) 등에 저장하여 대규모 온실가스 감축 추진 ○ 해조류를 이용한 CO₂ 흡수원 상용화를 통하여 신규 해양 CDM(청정 개발체제) 사업으로 개발 ○ 선박부분 연료효율 향상 및 온실가스 저감방안 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 해운수송에서 선박부분에 대한 온실가스 산정방식 설정 및 배출저감 기술 개발('08~'12) - 이산화탄소 배출통계 구축 및 저감 잠재량 산정을 위한 기초자료 제공 - 선박의 온실가스 발생 매카니즘 규명 및 선박규모별 최적 배출저감 방안 수립 - 선박에서 발생하는 CO₂ 포집기술 개발로 온실가스 저감('10~'14) - 에너지 절약형 선박(Energy Saving Ship) 기술 개발('10~'14)
기후변화 적용	국토·도시 적응체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화에 대응한 도시계획 제도 개편 <ul style="list-style-type: none"> - 신도시계획 수립지침에 바람길, 생태면적을 확대, 옥상 및 벽면 녹화, 친수공간 활용을 통한 미기후 조성을 강화하여 기후변화에 대응한 쾌적한 도시공간 조성
	안전한 해양공간 조성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화대응 해양분야 시나리오 마스터플랜 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 해양의 기후조절 역할을 정량적·정성적으로 정립하여 기후변화 적응에 필요한 최적의 해양분야 중장기계획 수립 - 기후변화에 따른 영향을 평가하고 분야별 시나리오 개발('10)

자료 : 국토해양부, “국토해양분야 기후변화대응 종합대책”, 2008.

나. 국외 정책 및 관련 제도/계획 동향 분석

(1) IAPH : C40 World Ports Climate Conference

① 개요

- C40(C40 Cities Climate leadership group)은 세계 온실가스 80% 이상을 배출하고 있는 대도시들이 기후변화에 적극 대응하기 위해 2005년 발족시킨 세계 대도시 협의체로, 런던·뉴욕·파리 등 40개 정회원 도시(6)와 16개 협력회원 도시(7)로 구성

되었다. 1차 회의는 2005년 런던에서, 2차 회의는 2007년 뉴욕에서 개최되었으며, 제3차 C40 정상회의는 2009년 5월 서울에서 개최

- C40는 2005년 10월 케네스 리빙스톤 전 런던시장의 제안에 따라 기후 변화에 대응하는 대도시 그룹(Large Cities Climate Leadership Group)이라는 이름으로 결성. 세계의 18개 대도시의 대표자가 런던에 모여 제1차 총회를 개최하였으며, 2006년 8월 클린턴 재단과 파트너십을 체결하고 C40로 개칭하였다. 2007년 5월 뉴욕에서 제2차 총회를 개최하여 51개 도시에서 참가하였으며, 2009년 5월 18일~21일 서울에서 제3차 총회가 개최.
- C40는 초기에는 대도시를 중심으로 실시되었으나, 항만 및 항만도시의 온실가스를 줄이고, 대기질을 개선하기 위한 책임을 가지고 항만 및 항만도시로 확장·분리하였다. 제1회 C40 World Ports Climate Conference⁸⁾는 네덜란드 로테르담에서 2008년 7월 9~11까지 3일간 개최.

② 선언문 주요 내용

- 제1회 로테르담 C40 WPCC에서는 다음의 7가지 항목에서 대해서 전 세계 55개 항만에서 합의. 합의 내용은 C40 WPCC의 행동강령을 다루고 있으며, 구체적인 내용은 아래와 같음
 - 전 세계 항만은 대기질 향상과 지구온난화 방지에 함께 협력. 모든 확인 가능한 CO₂ 저감방안에 대해서 전적으로 동의
 - WPCC 선언문은 필요한 모든 노력의 가이드로 이용
 - 모든 항만들은 변화의 필요성을 깨닫고, 더 이상 정부와 국제적인 규제를 기다리지 않고 능력범위 내에서 협력을 시작

6) 델리, 다카, 도쿄, 뭄바이, 방콕, 베이징, 상하이, 서울, 자카르타, 카라치, 하노이, 홍콩, 뉴욕, 로스앤젤레스, 리마, 리우데자네이루, 멕시코시티, 보고타, 부에노스아이레스, 상파울로, 시카고, 카라카스, 토론토, 필라델피아, 휴스턴, 런던, 로마, 마드리드, 모스크바, 바르샤바, 베를린, 아테네, 이스탄불, 파리, 아프리카(4개 도시), 라고스, 아디스아바바, 요하네스버그, 카이로, 멜버른, 시드니

7) 창원, 요코하마, 오스틴, 쿠리치바, 뉴올리언스, 포틀랜드, 솔트레이크시티, 샌프란시스코, 시애틀, 암스테르담, 바르셀로나, 코펜하겐, 하이델베르크, 로테르담, 스톡홀름, 바젤

8) 2008년 7월 로테르담에서 개최된 “C40 World Ports Climate Conference”에서는 항만 및 항만도시에서의 온실가스 감축을 위한 방안이 논의되었음. C40은 기후변화에 대응하는 대도시들의 모임으로 정회원 도시가 40개이기 때문에 붙여진 이름으로 이들 도시에서 전 세계 온실가스 배출량의 80%가 배출되고 있기 때문에 온실가스 감축에 대한 행동과 협조를 위한 방안 마련에 주력하고 있음.

- 모든 항만들 사이에서는 다음을 결정
 - IMO, 선주, 화주들은 크린 선박 도입에 따른 인센티브를 제공
 - 육상전원장치의 적용을 위한 개발과 실행을 노력
 - 각 항만들의 더 많은 경험을 얻고 중복된 행위를 피하기 위해서 지식을 공유
 - CO₂ 발자국의 감사와 양을 정하기 위한 장비와 정보를 교환
 - IMO, 정부기관의 변화를 위한 규제와 절차의 효율을 높이기 위해서 상호 협력
- CCI(Clinton Climate Initiative)는 새로운 법령 및 기존 장비의 개보수를 통한 에너지 세이빙을 위한 도구를 지원
- 합의된 행동은 IAPH와 ESPO, AAPH와 같은 지역연합이 조율
- 선도항만을 포함하는 지부는 2008년 11월 LA항에서 다시 만나서 법령과 주체적인 향후 행동을 점검

③ 향후 방향

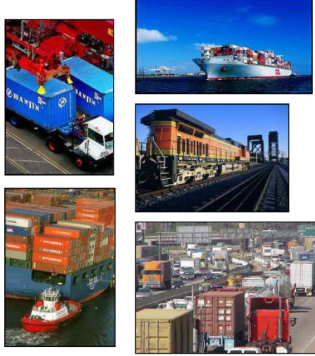
- C40 WPCC는 2009년 11월 LA에서 제2차 회의를 개최. 향후 지속적인 노력을 기울이기 위해서 IAPH, IMO 등의 국제기구와 클린턴 재단 등의 민간기구와 긴밀한 협조를 수행. 또한, C40 WPCC의 선도항만, 지역 항만 연합과 긴밀한 협조체계를 구축하여 기후변화에 대응.

(2) 주요 국가별 항만 동향

① LA/LB 항만

- 미국 남부 연안의 산 페드로(San Pedro)만 안에 남북으로 맞닿아 있는 로스엔젤레스 항만(Port of Los Angeles, LA)과 롱비치 항만(Port of Long Beach, LB)은 항만의 대기오염 물질을 감소시켜 청정항만을 실현한다는 목표아래 캘리포니아 대기자원국과 환경보호청과 협력하여 청정대기행동 5개년 계획을 추진.
- 본 추진사업은 회계 연도 2006~2007에서 2010~2011년까지 5개년 동안 항만을 이용하는 항해선박, 중장비 차량, 하역장비 및 철도 기관차 등에 대해 대기오염 물질의 방출제한 기준을 수립. 그리고 자발적 유도과 각종 인센티브 및 통제정책을 통해 청정 항만을 실현하는 정책을 추진.

〈LA & LB 청정 대기 행동 계획 추진 전략〉

구분	추진 내용	
중장비 트럭/장비	<ul style="list-style-type: none"> 노후화된 시설 교체 및 업그레이드 대체 연료 및 청정 연료 사용 권장 대체 연료 개발을 위한 예산 지원 	
해양선박 /예인선	<ul style="list-style-type: none"> 항내 선박 운항속도 감소 정박 중 육상전기 공급 지원 저유황 연료 사용(주보조엔진) 	
항만 하역장비	<ul style="list-style-type: none"> 기존 1단계에서 2단계 엔진 장착 	

자료 : 한국해양수산개발원, 「친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구」, 2008.12

- 중장비 차량 통제 정책의 경우 2011년까지 2007년 배출기준을 충족시키는 것을 의무화. 차량교체 및 개조 시 NOx 배출을 최소화. 또한, 기준 미달 트럭의 항만접근을 금지시켜 자발적으로 차량의 교체를 유도. 또한, 16,000대를 대상으로 노후 차량의 교체계획을 수립하여 2012년까지 교체를 완료할 계획을 수립. 자원조달을 위해 2009년 2월부터 화주대상으로 20ft 35달러, 40ft 70달러의 청정트럭 부담금을 부과.
- 항만하역장비의 경우 2007년 이후 배출가스 저감 엔진구입 의무화를 실시. 청정 디젤 배출통제장치 부착으로 대체 가능. 야드트럭의 경우 2010년을 시한으로 시행. 포크리프트, 리치스태커, 야드크레인, 스트레들 캐리어 등의 하역장비는 2012년 까지 시행할 예정.

② 뉴욕·뉴저지항

- 뉴욕·뉴저지항에서는 CO₂ 배출저감 환경정책을 수립.
 - 정책의 내용은 첫째, PM, SOx 3%, CO₂ 5%씩 매년 감축
 - 둘째, 정박선박 대상 청정 저유황연료 이용 의무화
 - 셋째, 정박선박의 육상전원 공급
 - 넷째, 하역장비의 현대화

- 다섯째, 트럭 교체 촉진
- 여섯째, 항내 선박 엔진 개량
- 일곱째, 향후 10년 내 90억 달러 투자 결정
- 여덟째, 하이브리드 장비 투자·소유(325대)
- 아홉째, 주요 컨테이너부두(APMT, NYCT)에 하이브리드 트럭 설치 등.

③ 시애틀항

- 시애틀항에서는 2005년 해상대기환경 개선 결의를 채택하였다.
 - 결의의 내용은 첫 번째, Puget Sound Maritime Air Forum 결성 및 정박 크루즈선에 1개의 AMP로 2척에 동시 육상전원 공급이 가능한 배출가스 저감시설 설치를 완료
 - 두 번째, 디젤 구동식 겐트리 크레인의 전기 구동식 전환 완료
 - 세 번째, 바이오디젤, 디젤 산화촉매제를 사용하는 디젤 배출 저감프로그램 실시
 - 네 번째, 트럭 배기가스 배출기준 강화 및 아이들링(Idling)시간 최소화
 - 한편 미국의 북서부 시애틀항, 타코마항은 캐나다 벤쿠버항만과 공동으로 북서항만 청정대기전략(Northwest Ports Clean Air Strategy)를 추진

④ 오클랜드항

- 오클랜드항에서는 2008년 노후트럭 교체계획을 수립하여 2008년에 200만 달러를 공급하였으며, 2007년 배출가스 기준 충족을 요구
 - 또한, 항만뿐만 아니라 항만배후지역 화물운송 프로그램을 실시하여 항만당국이 대기관리위원회와 파트너십을 결성하였으며, 청정기술을 활용한 화물운송차량 인센티브를 제공

〈미국 북서항만 청정대기 전략의 주요 내용〉

구분	단기(2010)		장기(2015)	
	저감 목표	시행 방안	저감 목표	시행 방안
외항 선박	<ul style="list-style-type: none"> -정박 중 보조엔진 가동 시 최대 황함유량 0.5% 인 정제연료 사용을 통해 PM감축 -정박 중 주엔진 가동 시 최대 황함유량 1.5% 인 정제연료 사용을 통해 PM감축 	<ul style="list-style-type: none"> -대체연료, 청정연료 사용 -엔진개조 및 후처리장치 -인센티브 프로그램 -선박속도저감 프로그램 	<ul style="list-style-type: none"> -연안지역 내 NOx배출량 80% 삭감을 위해 0.1% 저유황 연료 사용 	<ul style="list-style-type: none"> -선측 또는 육상전원 공급장치 설치 -사후처리 장치(정박 중) -환경친화형 선형 개발
하역장비	<ul style="list-style-type: none"> -초저유황 디젤유 또는 바이오디젤 사용을 통해 PM 감축 	<ul style="list-style-type: none"> -경량 및 에너지 효율적 장비로 현대화 -배출가스처리장치 설치 -초저유황 디젤유 및 바이오디젤의 표준화 -재생에너지 기술검토 	<ul style="list-style-type: none"> -하역장비 80%에 대해 Tier 4 엔진기준 충족 -신규장비 구입 	<ul style="list-style-type: none"> -기존 하역장비의 개조 -하이브리드 혹은 전기 동력형 하역장비 사용 -터미널 디자인 최적화
철도	<ul style="list-style-type: none"> - SmartWay 프로그램 시행(시애틀, 타코마) 	<ul style="list-style-type: none"> -청정엔진으로 전환, 후처리 장비 개조 -초저유황 및 바이오연료 사용 -공회전 통제교육 실시 	<ul style="list-style-type: none"> -미국 EPA 2007엔진 규정 준수 	<ul style="list-style-type: none"> -하역장비 동력의 전기화 -모든 기관차의 공회전 통제기술개발·적용
트럭	<ul style="list-style-type: none"> -1994년 수준으로 PM 배출량 삭감 	<ul style="list-style-type: none"> -트럭 현대화 -DPF 및 DOC장착 -웹기반부킹시스템과 RFID를 활용한 Paperless 게이트 시행 -게이트 운영시간 연장 -웹기반 예약시스템도입 	<ul style="list-style-type: none"> -중량트럭 80%에 대해 2007년 PM수준 준수 (2017년 100% 시행) 	<ul style="list-style-type: none"> -트럭 라이선싱 프로그램 시행 -트럭 전기화 및 하이브리드화 -터미널 내 RFID 기술 적용
항만선박	-	<ul style="list-style-type: none"> -초저유황디젤유 혹은 대체연료 사용 -연료효율성 개선 -도선의 하이브리드화 	-	<ul style="list-style-type: none"> -육상전원공급 장치 설치 -엔진 개조

⑤ 로테르담항

- 유럽 최대 터미널인 로테르담 항만의 경우 CO₂ 저감을 위한 다양한 노력을 기울이고 있음. 로테르담 항만의 경우 CO₂ 절감량을 1990년 대비 2025년까지 50%를 절감 목표로 설정하고 저감 계획을 추진하고 있음. 저감을 위한 활동에는 탄소발자국(Carbon footprint), 육상전원장치 등의 방법이 있음.

㉔ 탄소발자국

- 탄소발자국이란 우리가 살아가는데 있어서 활동이나 하나의 상품을 생산, 소비하는데 직·간접적으로 발생하는 이산화탄소의 총량. 다시 말하면 우리가 일상생활에서 환경에 미치는 수치를 나타낸 것. 우리가 땅을 걸을 때 발자국을 남기듯 우리 눈에는 보이지는 않지만 지구 환경에도 또 하나의 발자국을 더 남기는 셈.
- 이 단어는 지난 2006년 영국의회 과학기술처(POST)에서 만들어 냈음. 우리가 특정 제품을 소비하기까지 이산화탄소가 얼마나 발생하는지를 탄소 발자국으로 표시를 하도록 한 것으로 표시 단위는 무게 단위인 kg 또는 우리가 심어야 하는 나무그루 수로 나타냄.

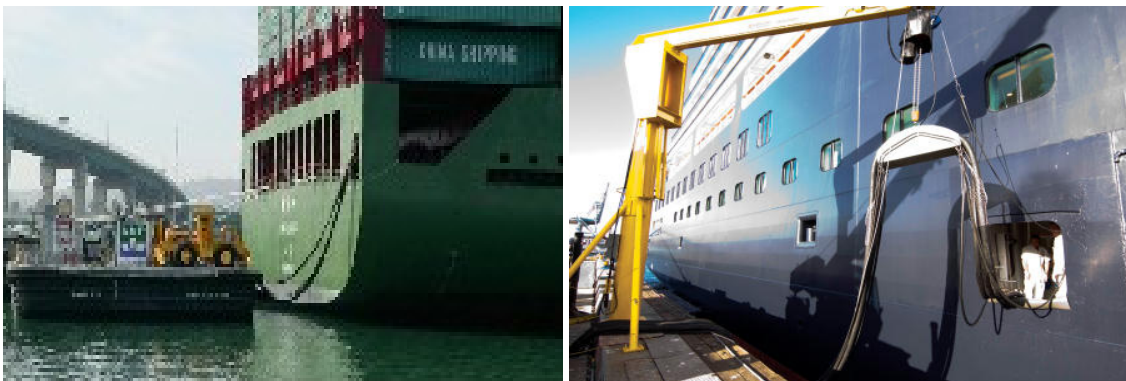


자료 : <http://blog.coway.co.kr/438>
 <탄소 발자국>

- 항만에서의 탄소발자국은 항만에서 컨테이너 1TEU를 처리할 때 발생하는 CO₂의 양을 표시하는 것으로 배출원별로 탄소 배출량을 추적 관리하는 시스템. 로테르담항과 오슬로항에서 시범적으로 추진. 이러한 탄소발자국은 항만 이용자로 하여금 환경에 대한 관심을 높이고, 항만간의 비교를 통하여 경쟁을 촉진. 로테르담항만에서는 2011년 말까지 2007년 대비 35%까지 CO₂를 절감할 계획.

㉔ 육상전원장치

- 육상전기장치 기술은 선박이 항만에 접안하는 동안에 필요한 동력을 육상으로부터 공급받는 방식. 기존에 선박이 항만에 접안하는 동안 선박의 자체 발전기를 통해 전기를 사용하였으며 이로 인해 각종 유해물질이 방출되고 항만 대기환경을 악화시키는 원인으로 작용. 이러한 유해물질을 근본적으로 차단하기 위해 선박이 접안하는 동안에 사용하는 전기를 육상전원장치에서 공급하여 항만내 대기오염을 줄이는 방법이 효과적인 기술 대안으로 평가되어 적용.
- 로테르담항의 경우 2008년까지 훅(The Hook) 지역에서 육상전원장치 도입에 관련된 협약을 체결하였으며, 2009년 3월까지 자금 및 법률 관련 내용을 확정하여 시행. 현재 내수로 바지 터미널인 Stena Line에서 로테르담 최초로 육상전원장치를 설치하여 시행.9)



〈Barge & Cruise AMP〉

㉕ 기타

- 항만 부문에서는 마스블라테(Maasvlakte) 2단계 임대조건에 트럭킹 운송비율 인하, 환경부하 저감형 하역장비 활용을 포함하여 계약. 또한, 시·항만당국·중앙 정부와 함께 항만대기 오염방지 합의서에 서명(2008). 합의서에는 2025년까지 CO₂ 배출량을 1990년의 50% 삭감, 바이오매스 연료 사용, CO₂ 포획 수장 실시 등의 내용을 담고 있음.10)

9) 로테르담 항만청, “로테르담 연차보고서”, 2008

10) 한국해양수산개발원, “2009 해양 물류 동향과 전망 : 해운항만부문의 글로벌 녹색물류 추진동향과 전망” 2009.2. 참조

⑥ 기타 항만

- 세계 여러 국가의 항만에서 친환경 구축을 위한 노력을 추진 중에 있다. 스페인의 알제시라스항, 모로코의 탕헤르항, 중국의 샤먼항, 인도의 구자라트 피파바프항, 지부티의 지부티항, 베트남의 호치민항 등 많은 국가에서 전기식 RTGC를 도입

〈ECO RTG 도입 현황〉

터미널	국가	도입대수	도입년도
Algeciras, Maersk Espana S.A.	Spain	1	2004
		17	2006
		3	2007
		4	2008
Tangiers, APMT	Morocco	15	2006
		11	2008
Xiamen, Xiamen Songyu C.T.	China	8	2007
		8	2008
Gujarat Pipavav Port Ltd (GPPL)	India	10	2007
Djibouti, DPWorld	Djibouti	6	2008
Saigon, DPWorld	Vietnam	13	2009
Total		96	2004~2009

자료 : 한국해양수산개발원, 「친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구」, 2008.12

- 홍콩 허치슨 터미널의 경우에도 육상전기공급장치가 도입되어 있으며, 전기식 RTG 보급 강화, 하이브리드 컨테이너 트럭 및 바이오 디젤 차량의 보급률을 높이고 있음.
 - 이와 더불어 기존 차량의 연료를 대체연료인 CNG/LNG로 교체하고 있음. 또한, 태양광 에너지, 풍력발전 등을 이용한 친환경 에너지를 개발하여 항만 환경개선에 노력.
- 이외에도 노르웨이의 오슬로 항만, 독일의 HHLA항만에서도 E-RTG, ATC 등의 전기식 하역장비를 도입

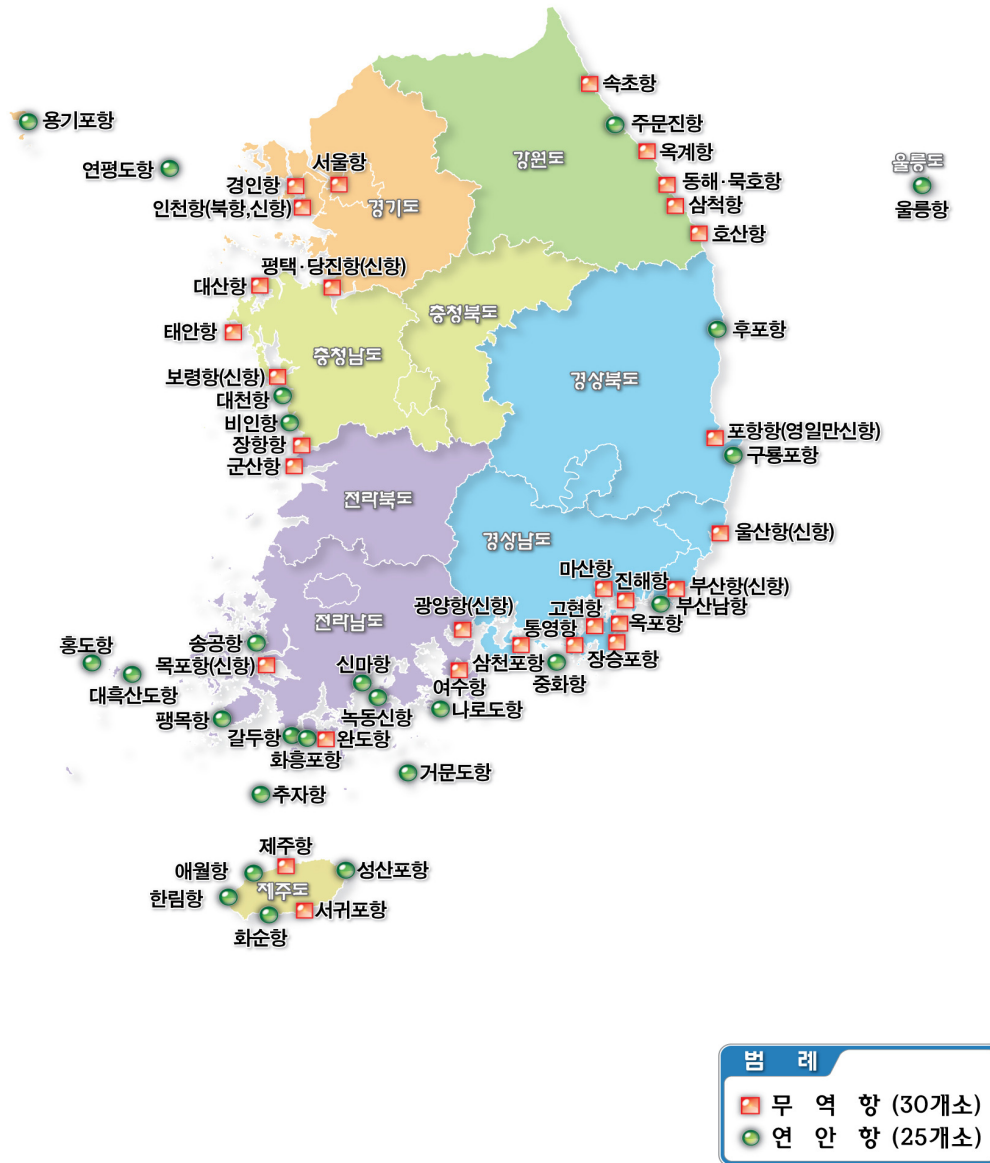
〈각국의 친환경 항만 구축 사례〉

구분	추진 내용
홍콩 (중국)	<ul style="list-style-type: none"> · 육상전기공급장치 구축 · E-RTC , 하이브리드 차량 도입 · 바이오디젤, 재생에너지, CNG, LNG 대체연료 사용
오슬로(노르웨이)	<ul style="list-style-type: none"> · Zero Emission RTG, 전기 트랙터 도입 · INRS(Impact Noise Reduction System) 도입
CTB(독일)	<ul style="list-style-type: none"> · ASC(Automatic stacking crane) · Battery AGV 시험적용
알제시라스(스페인)	<ul style="list-style-type: none"> · ECO-RTG, Tandem-lifts crane

5. 시장 현황 분석

가. 국내 시장 현황 분석

(1) 국내 시장 시설 현황



<전국 항만 위치도>

① 항만현황

○ 무역항 30개항과 연안항 25개항을 지정항만으로 운영

- 무역항 : 인천, 평택·당진, 대산, 태안, 보령, 장항, 군산, 목포, 완도, 여수, 광양, 제주, 서귀포, 삼천포, 통영, 고현, 옥포, 장승포, 마산, 진해, 부산, 울산, 포항, 삼척, 동해, 묵호, 옥계, 속초, 경인항, 호산항(30개)

- 연안항 : 용기포, 연평도, 대천, 비인, 대흑산도, 홍도, 팽목, 송공, 신마, 화홍포, 녹동신, 나로도, 거문도, 갈두, 한림, 화순, 성산포, 애월, 추자, 부산남, 구룡포, 후포, 울릉, 주문진, 중화(25개)

○ 지정항은 국민경제와 공공의 이해에 밀접한 관계가 있는 항만

② 시설현황

○ 부두시설 : 175km(일본 1,800km, 북한 14km)

○ 접안능력 : 742척(부산 132, 울산 97, 인천 86, 광양 78 등)

○ 하역능력 : 729백만톤/년(부산 165, 광양 164, 인천 79, 울산 52 등)

○ 취급화물량 : 1,093백만톤/년(유류제외 시설소요 760백만톤)

(2) 국내 터미널 시장 현황 분석

○ 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸인 반도국가로서 무역항 30개, 연안항 25개를 지정하고 있음. 현재 각 항만별로 에너지를 사용하는 항만 하역장비는 약 3천대에 이룸

- 안벽하역장비, 야드하역장비, 이송장비, 기타 하역장비(포크리프트, 리치스태커 등)

○ 각 항만에서 에너지 비용은 큰 문제로 대두되고 있음. 따라서, 항만별 에너지 절감을 위한 시장은 큰 시장임.

- 2020년 유류비용이 1조 3천4백억원에 달할 것으로 분석되어, 에너지비용 절감을 위한 대안 마련이 시급함
- 향후 국내의 항만 에너지절감 시장은 3천억원 규모에 달할 것으로 분석 됨. 따라서, 에너지절감 시장 증가에 따른 빠른 대응이 필요함

〈항만업계 유류비용 비교〉

연도	경유사용량 (kL)	유가(L)	연간유류 비용	비고
2005	489,430	1,200	5,873억	-
2010	641,696	1,600	1조267억	4,394억 추가 지출
2020	836,920	1,600	1조3,391억	7518억 추가 지출

나. 국외 시장 현황 분석

(1) 현황

- 컨테이너 터미널의 시장에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 컨테이너 물동량이며 지속적으로 증가하고 있음
 - 연평균 증가율은 10% 이상을 나타냄

〈세계 컨테이너 물동량 추이〉

단위 : 1,000 TEU

구분	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	평균
물동량	174,880	203,207	231,689	243,815	276,553	299,280	351,060	391,883	433,253	480,945	-
증가율	8.8%	16.2%	14.0%	5.2%	13.4%	8.2%	17.3%	11.6%	10.6%	11.0%	11.6%

자료 : Containerisation International Yearbook.

- 컨테이너 물동량이 지속적으로 증가함에 따라서, 운송에 있어서 규모의 경제를 누리기 위한 초대형 선박의 발주도 지속적으로 증가하고 있음

- 이와 같이 증가된 물동량과 대형화된 선박을 처리하기 위한 터미널 개발 요구도 증가하고 있으며, 터미널의 규모는 점점 대형화되고 있음
 - 터미널 개발을 위해서는 하부의 토목 공사, 상부의 시설 및 장비 구축이 필요함
- 컨테이너 터미널의 운영을 위해서는 다수의 작업자가 필요하지만, 미래에는 노동력 부족이 예상되므로 무인 자동화 컨테이너 터미널 개발이 주류를 이룰 것으로 예상됨
 - 네덜란드 ECT, 독일 CTA, 부산신항 등 세계 유수의 터미널들은 자동화로 운영되고 있음
 - 세계 항만 하역장비의 절반 이상을 공급하는 중국 ZPMC는 하역시스템 자동화에 연구개발을 집중하고 있음
- 2008년 기준, 전 세계의 글로벌 컨테이너 터미널 운영사 상위 24개가 운영 중인 컨테이너 터미널 가운데 연간 처리능력이 100만 TEU 이상인 대형 컨테이너 터미널은 196개에 이르며, 개발 계획을 가진 컨테이너 터미널은 101개에 이룸
- 개발 계획을 가진 대부분의 컨테이너 터미널들은 경쟁에서 우위를 점하기 위해 하역, 이송, 보관 등에 첨단 기술을 앞 다투어 적용하고 있음
- 현재, 컨테이너 터미널 개발에 관련된 세계 시장 규모는 60조 6천억 원으로 추정됨
 - 하부의 토목 공사, 상부의 시설 및 장비 등을 포함한 금액임
 - 컨테이너 터미널 하나는 3개의 선석으로 구성되고, 선석 1개를 개발하는데 2천억 원이 소요된다고 가정
- 2006년부터 2009년까지, 컨테이너 하역 및 이송장비의 세계 시장은 점진적으로 증가하고 있음
 - 2009년에는 글로벌 경제 불황으로 일시적으로 감소하였음

〈컨테이너 하역 및 이송장비 세계 시장 현황〉

구분	2006	2007	2008	2009
컨테이너크레인	339기	368기	430기	384기
야드 크레인	967기	798기	1,063기	994기
이송차량	1,695대	1,840대	2,150대	1,920대

주1 : 컨테이너크레인과 야드 크레인은 수주잔량(order book) 기준

주2 : 이송차량은 컨테이너크레인 1기당 5대로 가정하여 계산

자료 : Cargo Systems, 2006-2009.

(2) 시장예측

- 컨테이너 터미널 개발에 관련된 세계 시장은 컨테이너 물동량 증가, 초대형 선박 발주 증가, 컨테이너 터미널 규모 대형화 등에 기반을 둘 수 있으며, 이를 기반으로 한 세계 시장 규모는 2015년 77조 3,427억 원, 2020년 98조 7,110억 원, 2025년 125조 9,830억 원으로 예측됨

〈컨테이너 터미널 개발 세계 시장 예측〉

단위 : 억 원

2015	2020	2025
773,427	987,110	1,259,830

주 : 현재의 시장 규모에서 연평균 증가율 5%를 가정하여 계산

- 컨테이너크레인의 세계 시장 규모는 2015년 4조 3,943억 원, 2020년 5조 5,755억 원, 2025년 6조 7,568억 원으로 예측됨
- 야드 크레인의 세계 시장 규모는 2015년 2조 6,120억 원, 2020년 3조 880억 원, 2025년 3조 5,640억 원으로 예측됨
- 이송차량의 세계 시장 규모는 2015년 6,278억 원, 2020년 7,965억 원, 2025년 9,653억 원으로 예측됨

〈컨테이너 하역 및 이송장비 세계 시장 예측〉

단위 : 억 원

구분	2015	2020	2025
컨테이너크레인	43,943	55,755	67,568
야드 크레인	26,120	30,880	35,640
이송차량	6,278	7,965	9,653

주1 : 컨테이너크레인은 2003년부터 2009년까지의 세계 수주잔량을 사용하여 회귀 분석

주2 : 야드 크레인은 2005년부터 2009년까지의 세계 수주잔량을 사용하여 회귀 분석

주3 : 이송차량은 컨테이너크레인 1기당 5대로 가정하여 계산

주4 : 장비의 단가는 컨테이너크레인 70억 원, 야드 크레인 20억 원, 이송차량 2억 원으로 가정

자료 : Cargo Systems, 2005-2009.

6. 연구 인프라 및 인력 현황 분석

가. 한국해양수산개발원 항만·물류연구본부

(1) 주요 연구 분야

- 항만·물류 관련 미래기술개발 정책에 관한 연구
- 물류기술관련 대형 R&D에 관한 연구
- 항만·물류자동화시스템에 관한 연구
- 지능형·고효율 첨단물류장비·기술의 개발에 관한 연구
- 첨단 항만·물류시스템 개발 및 브랜드화에 관한 연구
- 하역장비의 현대화 및 기계화에 관한 연구
- 녹색항만기술에 관한 연구
- 조선, 선박 등 해양교통시설에 관한 연구

(2) 연구인력 구성

- 책임급 6명, 선임급 9명, 원급 8명으로 구성
- 구성원의 전공은 물류시스템공학, 산업공학, 경영공학, 경영정보학 등

나. 부산대학교 차세대물류IT사업단**(1) 주요 연구 분야**

- 차세대 물류정보 소자를 위한 고성능 다기능 미들웨어 기술
- 유비쿼터스 물류를 위한 wireless mesh network 및 RTLS 기술
- 항만 및 해상운송 시스템 최적화 기술
- 무인자율주행 이송장치 기술

(2) 연구인력 구성

- 부산대학교 19명, 부경대학교 3명, 동아대학교 3명, 한국해양대학교 1명의 교수로 구성
- 구성원의 전공은 컴퓨터/전자/전기/전파/통신공학 17명, 산업공학 5명, 기계공학 2명, 경영정보학 2명

다. 싸이버로지텍**(1) 주요 연구 분야**

- 솔루션 개발
 - 물류 솔루션 개발
 - 해운 항만 물류 솔루션 제작 최적화
 - 물류 RFID/RTLS 개발

- 항만/해운, 제조, 공공 등의 산업에서 전략 컨설팅, 프로세스 혁신 컨설팅, 전략 실행 컨설팅
- 연구·개발
 - 소프트웨어 제품 패키지방법론 연구
 - 정보시스템 프로세스 개선 및 국제 IT 품질표준 모델 연구
 - 신기술 정보 수집, 분석 및 보고서 발간

(2) 조직 구성

- 직원 498명 중 기술 인력 396명(80%)
- 연구소 구성
 - 품질관리(QM) 파트
 - 플랫폼 지원 및 교육 파트
 - 플랫폼 R&D 파트
 - 방법론 파트

라. 토탈소프트뱅크

(1) 주요 연구 분야

- 항만 터미널 분야
 - 컨테이너 터미널 생산성과 효율성 향상을 위한 자동화 터미널 운영 시스템
 - 무인 자동화 터미널 운영을 위한 차세대 자동화 장비 제어 시스템
 - 최적화된 야드 관리 및 게이트 운영을 위한 ICD 운영 시스템
 - 업무 프로세스 향상 및 서비스 전산화를 위한 멀티 터미널 운영 시스템
- 해운 분야

- 선박 탑재 컴퓨터
- 선박 운영 시스템
- 운항 모니터링 및 보고를 위한 종합 선대 관리 시스템
- 효율적인 선박 자재관리 및 유지보수를 위한 선박자재관리 시스템
- 항만 커뮤니티 분야
 - 통합적인 항만 물류 네트워크를 제공하는 웹 기반의 항만 정보 관리 시스템
- 시뮬레이터 분야
 - 터미널 운영 시스템과 연계하여 최적화된 터미널 운영안 도출을 위한 터미널 운영 개선 시뮬레이터
 - 반 몰입형 가상현실을 활용한 기사 훈련용 시뮬레이터

(2) 연구인력 구성

- 직원 143명 중 연구개발 인력 98명(70%)

마. 케이엘넷

(1) 주요 연구 분야

- 전자물류 분야
 - 정부기관과 기업이 각종 수출입 인허가 업무를 EDI 방식으로 처리하도록 하는 서비스
 - 화주, 해운회사, 포워더, 운송회사, 터미널 등 수출입 물류 공급자 및 수요자간 booking, 운송장, 운송결과, 선적서류, 검수 업무를 EDI 방식으로 교환/활용
- SI 컨설팅 분야
 - IT 서비스 : 정보시스템 구축, 해양환경, 물류분야 IT 컨설팅, 하드웨어 장비공급

- 정보화 사업 : 해운/항만/해양, 종합물류, 어업/수산
- 해외사업 분야
 - 물류 정보의 인프라를 구축하여 종합적인 IT 항만 네트워크를 구현
 - 선사, 대리점이 화주, 운송사, 터미널, 검수사 등과의 수출입 화물 선적처리 및 컨테이너 관리 업무 등을 EDI를 통해 전자적으로 처리
 - 항만운영정보시스템, 컨테이너터미널 운영시스템, 일반화물터미널 운영시스템
- 솔루션 분야
 - 컨테이너 터미널의 자원들을 효율적으로 활용하여 터미널 운영효율 및 생산성을 최대화하는 운영 시스템
 - 일반부두의 운영효율성을 높이고, 선사 및 화주에게 실시간으로 작업내용을 제공할 수 있는 자동화 시스템
 - 선박 및 화물 입출항을 전자적으로 처리하는 운영 시스템
 - RFID 미들웨어 플랫폼
 - 물류정보 표준 프레임워크
 - e-commerce, c-commerce, u-commerce 등 다양한 환경 하에서 EAI, B2BI 등을 지원하는 XML 기반 솔루션
- 연구·개발 분야
 - 물류IT 표준화 활동
 - 차세대 서비스 플랫폼 개발
 - 신기술 동향 파악/전파
 - 연구개발 과제 참여 및 수행
 - 국제 표준화 활동 참여
 - 산업 표준화 활동 참여
 - 서비스 및 비즈니스 모델 발굴
 - 물류IT 신기술 개발

- 차세대 서비스 플랫폼
- 컨테이너 화물 안전수송
- 국가물류 표준화 연구
- 물류IT 특허 및 인증

바. 두산중공업 운반설비 파트

(1) 주요 연구 분야

- 컨테이너 취급설비
 - container handling rail mounted quayside crane
 - container handling rail mounted gantry crane
- 원료이송설비
 - bulk material handling system
- 특수크레인
 - electrical overhead gantry crane 및 기타 크레인

사. 현대삼호중공업 산업설비사업 파트

(1) 주요 연구 분야

- 컨테이너 크레인
 - container crane
 - portainer
 - transtainer
 - 무인 자동화 크레인

- 벌크 운송설비
 - loading & unloading equipment
 - conveyor and auxiliary equipment
 - stockpiling, blending and reclaiming, screening and crushing equipment
 - control and instrumentation of bulk terminal

- 산업용 크레인
 - jib crane
 - overhead crane
 - goliath crane
 - BTC
 - LLC

- 산업 플랜트
 - 갑문 설비
 - 신재생에너지 설비

아. 서호전기

(1) 주요 연구 분야

- 인버터 분야
 - AC 인버터
 - DC 컨버터
 - 회생 컨버터
 - 기타 : 정전압 정주파수 장치, DC/DC 컨버터 등

- 시스템 분야
 - 크레인 제어 시스템
 - 컨테이너 크레인 제어 및 자동화 시스템
 - ship loader/unloader 제어 시스템
 - 골리앗 및 해상크레인 제어 시스템
 - 산업설비 제어 시스템
 - 철강 설비용 시스템
 - 전선 설비용 시스템
- 연구·개발 분야
 - 광케이블을 사용한 대용량 인버터 개발
 - 대용량 PWM regenerative converter
 - 자가하역차량 기술개발
 - 2MW급 풍력발전용 피치시스템 개발

자. 광진정보기술

(1) 주요 연구 분야

- 항만크레인 자동화
 - automatic gantry steering system
 - container number recognition system
 - chassis positioning system
 - rubber-tired gantry crane 무인화
 - rail-mounted gantry crane 무인화
 - rail-mounted quayside crane 무인화

- 철강공장 자동화
 - 코일 상하차 시스템
 - 차량 충돌방지 시스템
 - 슬라브 무게중심 시스템
 - cabin HMI
 - strip cut monitoring
- hybrid system for RTGC
- CCTV
 - 외각경비 및 라인 감시
 - 원격조정 수중 감시
 - 다중조정 매트릭스 시스템
 - 무선전송 및 control CCTV
 - 출입통제 시스템
 - paging system

7. 기술개발 추진방향

가. STEeP 분석

- 본 기획에서는 각 이슈항목을 아래와 같이 정리함.
 - 사회적 이슈 : 환경 친화적인 경제성장, 깨끗한 환경에 대한 국민 요구 증대, 지속가능한 에너지절감 기술 필요, 건전한 국토자원보전
 - 기술적 이슈 : 항만에너지절감 신기술 개발, 핵심 원천기술 자립화, 연관산업기술 발전
 - 경제적 이슈 : 에너지절감 산업 관련 일류상품 개발, 녹색성장을 통한 신부가가치 창출, 고용 창출, 에너지 수입비용 절감
 - 환경적 이슈 : 국제환경규제 대응, 청정에너지원 활용, 깨끗한 항만인프라 구축
 - 정치적 이슈 : 대외환경 변화, 정부 정책의 변화, 국민의 여론, 민간기업 유도
- 에너지 자립형 녹색항만 구축(에너지 절감 부문)에 영향을 미치는 요인을 다음과 같이 도출하였음.
 - 사회적 이슈
 - 환경친화적인 경제성장 : 환경친화적인 녹색항만 구축 필요
 - 깨끗한 환경에 대한 국민 요구 증대 : 항만산업에서의 오염물질 최소화
 - 지속가능한 신에너지원 개발 필요 : 항만공간에서의 에너지 효율적 관리
 - 건전한 국토자원보전 : 환경오염 없는 항만공간
 - 기술적 이슈
 - 항만신재생에너지 활용 신기술 개발 : 항만에너지절감 기술 확보
 - 핵심 원천기술 자립화 : 에너지절감을 위한 핵심원천기술 확보
 - 연관산업기술 발전 : 에너지절감 기술 증진
 - 경제적 이슈
 - 신재생에너지 산업 관련 일류상품 개발 : 신재생에너지 관련 산업 증진 통한 경제 활성화

- 녹색성장을 통한 신부가가치 창출 : 녹색기술을 통한 지속가능한 성장
- 고용 창출 : 환경 친화적인 산업을 통한 고용 창출
- 에너지 수입비용 절감 : 에너지절감을 통한 에너지 수입 감소
- 환경적 이슈
 - 국제환경규제 대응 : 교토의정서 2차 의무 감축국
 - 청정에너지원 활용 : 청정에너지원 활용을 통한 항만오염 최소화
 - 깨끗한 항만인프라 구축 : 생태친화적인 항만환경 조성
- 정치적 이슈
 - 대외환경 변화 : 국제물류증대 및 환경규제 심화
 - 정부 정책의 변화 : 지속가능한 녹색성장
 - 국민의 여론 : 환경에 대한 관심 증대
 - 민간기업 유도 : 에너지절감 기술 개발에 민간자본 유치
- 다음 표에 가중치에 따른 도출된 순위 제시

〈STEEp 분석 결과〉

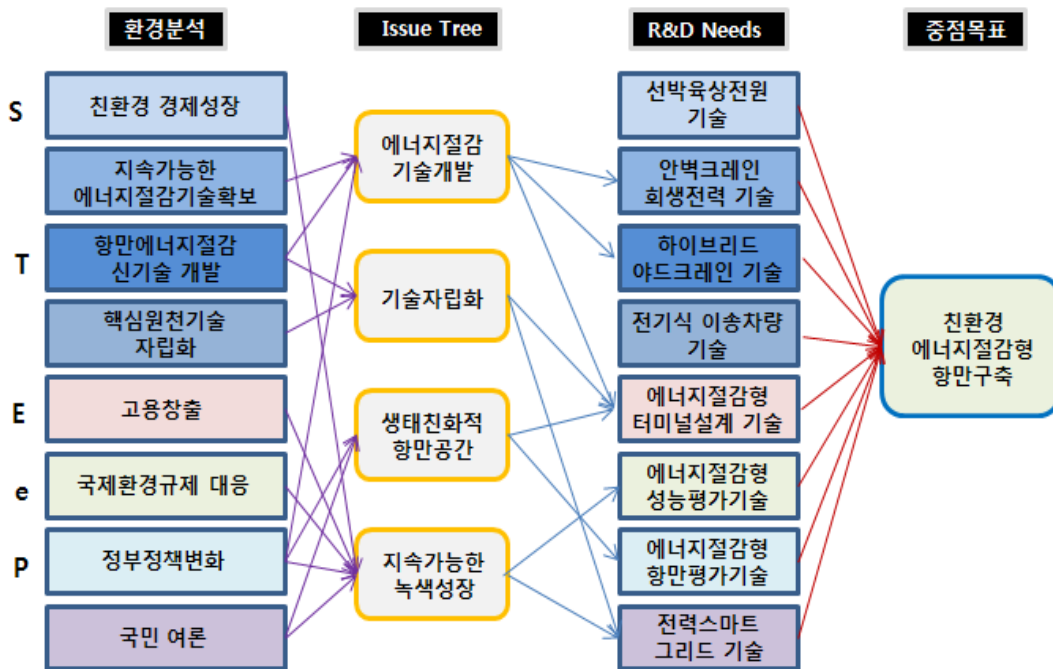
	주요 이슈	해당 프로그램이 미치는 영향요인	영향요인의 가중치				
			단기	중기	장기	평균	
S	S1	환경친화적인 경제성장	환경친화적인 녹색항만 구축 필요	2.5	2.7	2.9	2.7
	S2	깨끗한 환경에 대한 국민 요구 증대	항만산업에서의 오염물질 최소화	2.4	2.4	2.4	2.4
	S3	지속가능한 에너지절감 기술 필요	항만공간에서의 에너지 효율적 관리	2.8	2.8	2.7	2.8
	S4	건전한 국토자원보전	환경오염 없는 항만공간	2.2	2.2	2.3	2.2
T	T1	항만에너지절감 신기술 개발	항만에너지절감 기술 확보	2.8	2.8	2.7	2.8
	T2	핵심 원천기술 자립화	에너지절감을 위한 핵심원천기술 확보	2.5	2.6	2.8	2.6
	T3	연관산업기술 발전	에너지절감 기술 증진	1.9	1.9	2.2	2.0
E	E1	에너지절감 산업 관련 일류상품 개발	에너지절감 관련 산업 증진 통한 경제 활성화	2.3	2.3	2.3	2.3
	E2	녹색성장을 통한 신부가가치 창출	녹색기술을 통한 지속가능한 성장	2	2.3	2.3	2.2
	E3	고용 창출	환경 친화적인 산업을 통한 고용 창출	2.3	2.4	2.7	2.5
	E4	에너지 수입비용 절감	에너지절감을 통한 에너지 수입 감소	2.1	2.3	2.3	2.2
e	e1	국제 환경규제 대응	교토의정서 2차 의무 감축국	2.9	2.9	2.9	2.9
	e2	청정에너지원 활용	청정에너지원 활용을 통한 항만오염 최소화	2.1	2.2	2.2	2.2
	e3	깨끗한 항만인프라 구축	생태친화적인 항만환경 조성	1.9	2.1	2.1	2.0
P	P1	대외환경 변화	국제물류증대 및 환경규제 심화	2.1	2.1	2.2	2.1
	P2	정부 정책의 변화	지속가능한 녹색성장	2.9	2.7	2.7	2.8
	P3	국민의 여론	환경에 대한 관심 증대	2.3	2.5	2.8	2.5
	P4	민간기업 유도	에너지절감 기술개발에 민간자본 유치	2.4	2.4	2.4	2.4

* 단기: 2015년 이내, 중기: 2016~2020년, 장기: 2021년 이후

* 가중치는 1, 2, 3점을 부여 (1: 미미, 2: 보통, 3: 중요)

나. 이슈트리

- 환경분석(STEeP)을 통해 이슈 트리 산정
 - 청정에너지원 개발, 기술자립화, 생태 친화적 항만공간, 지속가능한 녹색성장
- 에너지자립형 녹색항만 구축을 위해 주요 R&D 수요에 근거하여 중점목표 선정
 - 친환경 에너지절감형 항만 구축



〈에너지 절감 부문 이슈 트리(Issue Tree)〉

제4장 연구개발 목표 및 범위

제1절 신재생에너지 부문

1. 연구개발 비전 및 최종목표

가. 비전



〈에너지자립형 녹색항만 구축(신재생에너지 활용) 기획연구 비전〉

나. 최종 목표

『에너지 자립형 녹색항만 구축을 위한 신재생에너지 활용 기술』의 확보를 위한 추진 계획 수립

- 조력에너지기반 에너지자립형 항만구축 기술
- 해상풍력기반 에너지자립형 항만구축 기술
- 파력에너지기반 에너지자립형 항만구축 기술
- 복합에너지기반 에너지자립형 항만구축 기술

2. 연구내용 및 범위

가. 기술 기능전개(FAST: Function Analysis System Technique) 및 기술트리

(1) 기술 기능전개

- FAST(Function Analysis System Technique)는 총괄목표(R&D 과제)의 세부목표(단계별목표, 중점기술개발과제, 핵심기술과제, 요소기술)를 도출하기 위한 기본적인 분석활동임.
- FAST 전개방법
 - 목표(R&D 과제)의 ‘원리구조/프로세스’에 따라 ‘목적기능’과 ‘기본기능’의 2계층으로 구조화함.
 - 기능 레벨을 낮추어 ‘기본기능 - 2차기능 - 3차기능’ 등의 다계층 구조화도 가능함.
- 『에너지자립형 녹색항만 구축 기획연구 - 신재생에너지 적용』의 기술 기능전개는 항만에 신재생에너지를 도입하기 위한, 입지선정, 에너지 생산 및 저장, 기반시설 설계 및 시공, 유지관리와 관련하여 설정함.
 - 기본 기능을 입지 선정, 에너지 생산 및 저장, 기반시설 설계 및 시공, 모니터링 및 유지관리의 4단계로 구분
 - 4가지 기본 기능에 대해 총 10개의 2차 기능, 37개의 3차 기능으로 구성되어 있음.
 - 3차 기능에 대해서는 세부기술과 연계하여 추후 세부기술 분석에 활용함.



〈기술기능전개(FAST)〉

(2) 기술트리 (Technology Tree)

- 기술트리는 FAST에 의해 정의된 기본기능의 세부기능들을 구현하고, 최하위 세부 기능들의 기술을 도출하기 위해 수행.
 - 기본기능에 맞추어, 관련기능을 2차기능 - 3차기능 - 4차기능 관계로 구성
 - 도출된 최하위 세부 기능별로 세부 기술 도출
 - 기본기능별로 FAST와 도출된 기술을 트리 형태로 제시

(가) 기본 기능 #1 : 입지 선정

기본기능	1차기능	2차기능	세부요소기술	
입지선정	입지조사	에너지부존량 평가	조력발전 에너지 부존량 평가기술	
			조류발전 에너지 부존량 평가기술	
			해상풍력 에너지 부존량 평가기술	
			태양광 에너지 입지 평가기술	
			파력발전 에너지 부존량 평가기술	
			해양바이오 입지 평가 기술	
			해수온도차 에너지 부존량 평가 기술	
			지열 에너지 부존량 평가 기술	
			염도차 에너지 부존량 평가 기술	
		해양 지반조사	해양지반 원위치 시험 기술	
			해저토사 및 해저암반용 시료채취 기술	
			국내 연안 지반정보 지도 제작 기술	
		해양특성분석	해양환경(파랑, 조류, 조석) 특성 분석 및 수치모형실험	
			해상풍 특성 분석 및 해상풍력 풍하중 해석 기술(CFD 및 풍동실험)	
		육상연계	해저케이블 설계 및 시공 기술	
			변전소 계통 연계 기술	
		환경영향 평가 및 예측	해양환경조사및분석	파랑, 조석, 부유사, 수질, 바람 관측 기술
				관측 데이터 분석 기술
	해양환경영향 예측		부유사 이송확산 수치모형실험 기술	
			수질변화 수치해석 기술	
			해양생태변화 예측 기술	
	환경영향 저감		오탁방지막 설계 및 시공기술	
			해양환경 모니터링 및 운용기술	
			친환경 준설 및 기초 시공 기술	
파일 항타 소음 저감 대책 기술				
GBS(gravity base Structure)에 의한 해저생물 생태변화 대책 기술				

(나) 기본 기능 #2 : 에너지생산 및 저장

기본기능	1차기능	2차기능	세부요소기술
에너지 생산 및 저장	에너지 생산	조력발전	조력발전 발전구조물 설계 및 시공기술
			만내외 흐름 해석 기술
			조력발전 부대시설(배수갑문, 방조제 가물막이 등) 설계 및 시공기술
		조류발전	CFD/FSI를 이용한 조류발전 블레이드 설계 기술
			조류에너지 변환 및 에너지 저장 기술
			조류발전 구조물 설계 및 시공 기술
			조류발전 단지화 설계 및 시공기술
		해상풍력발전	해상풍력 풍하중 평가 기술
			해상풍력 타워, 블레이드, NACELL 설계 기술
			해상풍력 하부구조 설계 및 시공 기술
			해상풍력 전체 구조물 해석 및 안정성 평가 기술
			풍력발전기초 설계/시공
		태양광(태양열) 발전	태양광및태양열규모별발전효율최적화기술
			건축물hybrid통합에너지시스템구축기술개발
			태양열 발전 축열조 및 Tracking 기술 구축
			에너지및탄소Net제로화,재생에너지분야별최적화
		파력발전	파력발전 장치 설계 기술
			파력에너지 변환 및 에너지 저장 기술
			파력발전 구조물 설계 및 시공 기술
			파력 발전 단지화 설계 및 시공기술
		해양바이오에너지	해양생물 개량 및 대량배양 기술
			에너지 추출 및 전환기술
			부산물처리기술
		해수온도차발전	심층수 취수구 설계 및 시공기술
			온도차 발전 구조물 설계 시공기술
			온도차 에너지 변환 및 열교환기 설계 기술
			온도차 에너지 발전 계통 설계 기술
			3차원 CFD를 활용한 열유체 해석 기술
		지열 발전	저심도/대심도지열효율적활용설계기술
			축열 매체 순환에너지 저감을 위한 기술개발
			수열원과지하열원하이브리드구축활용기술
			항만 도로 및 건축물 계절별 활용 기술 시뮬레이션 분석
		염도차 발전	담수내 부유물 및 유기물 제거를 위한 전처리 기술
			PRO전용(혹은FO전용)막(membrane)제조기술및최적구성(configuration)기술
			Pressure Exchanger 설계 및 제작기술

			시스템 구성 최적화 기술		
			Brackish water 배출에 따른 생태환경 영향성 평가기술		
	에너지 저장	압축공기저장		MICRO-CAES를 이용한 에너지 저장 기술	
				에너지원별 에너지 저장 및 변환 계통 기술	
		양수발전			Searaser를 이용한 에너지 저장 기술
					해상풍력타워를 이용한 고낙차 양수발전 기술
					파력/조류/해상풍력등복합발전양수기술
					지속가능한 일정 발전 복합 계통 설계 기술
		수소생산 및 저장			생물 광분해 기술
					광발효기술
					암발효기술
	전력변환 및 제어	전력변환		전력 DC/AC Inverting & Converting 변환 기술	
				전력 품질 평가 기술	
		복합발전 제어		복합발전 최적화 제어 기술	
		계통연계			해저케이블 설계 및 시공 기술
변전소 계통 연계 기술					

(다) 기본 기능 #3 : 기반시설 설계 및 시공

기본기능	1차기능	2차기능	세부요소기술	
기반시설 설계 및 시공	기존구조물 활용	방파제 활용	방파제 활용 풍력기초시스템 설계 및 시공 기술	
			방파제 활용 파력시스템 설계 및 시공 기술	
			방파제 활용 해양바이오 양식장 설계 및 시공 기술	
		안벽 활용	안벽 활용 풍력기초시스템 설계 및 시공 기술	
		건축물 활용	건축물 지붕활용한 태양광 발전시스템	
		매립식	준설/매립	친환경 고효율 준설 매립 기술
	매립재료의 공학적, 환경적 특성 표준화 기술			
	준설 장비 운용 및 유지보수 기술			
	연약지반처리및 조기안정화		고효율 급속 표층처리 기술	
			준설토사 활용 지반개량 고도화 기술	
			친환경 반응성 연직배수공법 기술	
			매립지반 조기안정화 기술	
	호안 설계 및 시공		저비용 급속 시공 가물막이 시스템 기술	
			신속 설치 해체 가능한 가설 방파제 설계 기술	
			가물막이 실시간 모니터링 기술	
	잔교식		기초시스템 설계/시공	해양 파일 기초 설계 및 시공기술
				FRP 합성형 기초 설계 및 시공기술
		세굴방지공 및 흙막이공, 사면 설계 및 시공 기술		
		데크시스템 설계/시공	데크시스템 설계 및 시공 기술	
			PRECAST BEAM, SLAB & INSITU SLAB 설계 및 시공 기술	
			상부 FACILITIES 설계 및 시공기술	
	부유식	부체 설계/제작	데크 하부 충격양압력 해석 및 설계 기술	
			3차원 CFD를 활용한 부유체 안정성 검토 기술	
			부유체 유탄성 해석 기술	
			부유체 Fluid-Structure Interaction 기술	
			프리캐스트 부유체 제작 및 시공기술	
		모듈 접합 시공	전체 구조물 안정성 검토 및 설계 기술	
모듈 접합 설계 및 시공기술				
모듈접합시 안정성 확보 기술				
계류시스템		수밀성 확보 기술	부유체 계류 안정성 해석 기술	
			계류라인 설계 및 시공기술	
		돌핀식/자켓식 계류 구조물 설계 기술		

			석션기초를 활용한 계류시스템 개발 기술
			소파구조를 활용한 부유체 거동 제어 기술
	해상풍력 단지	풍력타워 배치 설계	풍력타워 풍하중 간섭해석 기술
			풍력단지 Grid 배치 및 시공기술
		풍력발전기초 설계/시공	세굴방지공 설계 및 시공기술
			지반별 최적 기초 설계 및 시공기술
			기초구조물 이송, 진수, 설치 안정성 검토 기술
			기초구조물 안정성 평가 및 해석 기술
			신형식 기초구조물 해석 및 설계 기술
			외해가두리양식장 구조물 설계 기술
	양식단지 조성	외해가두리 양식장조성	생태 간섭 영향 평가 기술
			양식규모산정기술
			양식 단지화 기술
			첨단양식시스템 기술
			해조류 양식장 구조물 설계 기술
해조류바이오에너지 생산단지		해조류 이용 이산화탄소 포집기술	
		해조류 바이오에탄올 및 바이오디젤 생산기술	

(라) 기본 기능 #4 : 모니터링 및 유지관리

기본기능	1차기능	2차기능	세부요소기술
모니터링 및 유지관리	구조물 유지관리	구조물 상태평가	구조물 염해 내구성 평가기술
			콘크리트 구조물 내구성 평가기술
			구조물 안정성 평가 기술
			실시간 구조물 모니터링 기술
		보수보강	FRP를 이용한 급속 보강 기술
			구조물 해체 및 보강 기술
			호안구조물 소파블록 보강 및 설치기술
			방파제/호안 천단 상치공 보강 기술
	발전/저장 시스템	발전 모니터링	발전효율 조사 및 분석 기술
		저장시스템 모니터링	저장시스템 효율 분석 및 측정 기술
	환경관리	생태환경영향 모니터링/평가	해양생태환경영향 조사, 분석, 예측, 평가 및 저감 기술
			저서생물 생태환경 모니터링 및 평가기술
			수질변화 모니터링 및 예측 기술
			소음모니터링및저감기술
			흐름 변화로 인한 생태환경 모니터링 및 대책 기술
		오염원 관리	오염원 발생 평가 기술 및 제어 기술
유입총량 관리 기술			
해수유동장 수치모형 기술			
해양수질변화 수치모형실험 기술			

나. 핵심요소기술 도출

- 세부요소기술들에 대한 기술개발전략 전문가 자문을 통해 도출
- 기존 기술 적용과 기술개발 시급도가 낮은 기술은 핵심요소기술에서 제외

(1) 기본 기능 #1 : 입지 선정

기본기능	세부요소기술	기술개발전략				핵심요소기술
		기존 기술 적용	기존 기술 보완	기술개발 중요 도	시급 도	
입지선정	조력발전 에너지 부존량 평가기술		v	5	5	항만경계내의조력발전 부존량평가기술
	조류발전 에너지 부존량 평가기술	v				
	해상풍력 에너지 부존량 평가기술		v	5	5	항만경계내의해상풍력발전 부존량평가기술
	태양광 에너지 입지 평가기술	v				
	파력발전 에너지 부존량 평가기술		v	5	4	항만경계내의파력발전 부존량평가기술
	해양바이오 입지 평가 기술		v	4	1	
	해수온도차 에너지 부존량 평가 기술		v	4	1	
	지열 에너지 부존량 평가 기술		v	4	1	
	염도차 에너지 부존량 평가 기술		v	4	1	
	해양지반 원위치 시험 기술	v				
	해저토사 및 해저암반용 시료채취 기술	v				
	국내 연안 지반정보 지도 제작 기술	v				
	해양환경(파랑, 조류, 조석) 특성 분석 및 수치모형실험	v				
	해상풍 특성 분석 및 해상풍력 풍하중 해석 기술(CFD 및 풍동실험)	v				
	해저케이블 설계 및 시공 기술	v				
	변전소 계통 연계 기술	v				
	파랑, 조석, 부유사, 수질, 바람 관측 기술	v				
	관측 데이터 분석 기술	v				
	부유사 이송확산 수치모형실험 기술	v				
	수질변화 수치해석 기술	v				
	해양생태변화 예측 기술	v				
	오탁방지막 설계 및 시공기술	v				
	해양환경 모니터링 및 운용기술	v				
	친환경 준설 및 기초 시공 기술	v				
	파일 항타 소음 저감 대책 기술	v				
	GBS(gravity base Structure)에 의한 해저생물 생태변화 대책 기술	v				

(2) 기본 기능 #2 : 에너지생산 및 저장

기본기능	세부요소기술	기술개발전략				핵심요소기술
		기존 기술 적용	기존 기술 보완	기술개발 중요도	시급도	
에너지 생산 및 저장	조력발전 발전구조물 설계 및 시공기술		v	5	5	갑문운영과 조력발전 연계기술
	만내외 흐름 해석 기술	v				
	조력발전 부대시설(배수갑문, 방조제 가물막이 등) 설계 및 시공기술	v				
	CFD/FSI를 이용한 조류발전 블레이드 설계 기술	v				
	조류에너지 변환 및 에너지 저장 기술	v				
	조류발전 구조물 설계 및 시공 기술	v				
	조류발전 단지화 설계 및 시공기술	v				
	해상풍력 풍하중 평가 기술	v				
	해상풍력 타워, 블레이드, NACELL 설계 기술	v				
	해상풍력 하부구조 설계 및 시공 기술	v				
	해상풍력 전체 구조물 해석 및 안정성 평가 기술		v	5	5	항만시설물 이용 해상풍력 구조물 해석 및 안정성 평가 기술
	풍력발전기초 설계/시공	v				
	태양광및태양열규모별발전효율최적화기술	v				
	건축물hybrid통합에너지시스템구축기술개발		v	4	5	항만건축물이용hybrid통합에너지시스템구축기술개발
	태양열 발전 축열조 및 Tracking 기술 구축		v	4	5	타 에너지원별 통합 발전 저장 프로세스 구축
	에너지및탄소Net제로화,재생에너지분야별 최적화	v				
	파력발전 장치 설계 기술		v	5	4	항만시설물 이용 파력발전 시스템 설계 기술
	파력에너지 변환 및 에너지 저장 기술		v	5	4	파력에너지 변환 및 에너지 저장 기술
	파력발전 구조물 설계 및 시공 기술	v				
	파력 발전 단지화 설계 및 시공기술		v	5	4	부유식 파력발전 시스템 설계 및 시공 기술
해양생물 개량 및 대량배양 기술	v					
에너지 추출 및 전환기술	v					
부산물처리기술	v					
심층수 취수구 설계 및 시공기술	v					

온도차 발전 구조물 설계 시공기술	v				
온도차 에너지 변환 및 열교환기 설계 기술	v				
온도차 에너지 발전 계통 설계 기술	v				
3차원 CFD를 활용한 열유체 해석 기술	v				
저심도/대심도지열열효율적활용설계기술	v				
축열 매체 순환에너지 저감을 위한 기술개발	v				
수열원과지하열원하이브리드구축활용기술	v				
항만 도로 및 건축물 계절별 활용 기술 시뮬레이션 분석	v				
담수내 부유물 및 유기물 제거를 위한 전처리 기술	v				
PRO전용(혹은FO전용)막(membrane)제조 기술및최적구성(configuration)기술	v				
Pressure Exchanger 설계 및 제작기술	v				
시스템 구성 최적화 기술	v				
Brackish water 배출에 따른 생태환경 영향성 평가기술					
MICRO-CAES를 이용한 에너지 저장 기술					
에너지원별 에너지 저장 및 변환 계통 기술					
Searaser를 이용한 에너지 저장 기술					
해상풍력타워를 이용한 고낙차 양수발전 기술					
파력/조류/해상풍력등복합발전양수기술					
지속가능한 일정 발전 복합 계통 설계 기술					
생물 광분해 기술					
광발효기술					
암발효기술					
전력 DC/AC Inverting & Converting 변환 기술					
전력 품질 평가 기술					
복합발전 최적화 제어 기술					
해저케이블 설계 및 시공 기술					
변전소 계통 연계 기술					

(3) 기본 기능 #3 : 기반시설 설계 및 시공

기본기능	세부요소기술	기술개발전략				핵심요소기술
		기존 기술 적용	기존 기술 보완	기술개발 중요 도	시급 도	
기반시설 설계 및 시공	방파제 활용 풍력기초시스템 설계 및 시공 기술		v	5	5	방파제 활용 풍력기초시스템 설계 및 시공 기술
	방파제 활용 파력시스템 설계 및 시공 기술		v	5	4	방파제 활용 파력시스템 설계 및 시공 기술
	방파제 활용 해양바이오 양식장 설계 및 시공 기술		v	4	4	방파제 활용 해양바이오 양식장 설계 및 시공 기술
	안벽 활용 풍력기초시스템 설계 및 시공 기술		v	5	5	안벽 활용 풍력기초시스템 설계 및 시공 기술
	건축물 지붕활용한 태양광 발전시스템	v				
	친환경 고효율 준설 매립 기술	v				
	매립재료의 공학적, 환경적 특성 표준화 기술	v				
	준설 장비 운용 및 유지보수 기술	v				
	고효율 급속 표층처리 기술	v				
	준설토사 활용 지반개량 고도화 기술	v				
	친환경 반응성 연직배수공법 기술	v				
	매립지반 조기안정화 기술	v				
	저비용 급속 시공 가물막이 시스템 기술	v				
	신속 설치 해체 가능한 가설 방파제 설계 기술	v				
	가물막이 실시간 모니터링 기술	v				
	해양 파일 기초 설계 및 시공기술	v				
	FRP 합성형 기초 설계 및 시공기술	v				
	세굴방지공 및 흙막이공, 사면 설계 및 시공 기술	v				
	데크시스템 설계 및 시공 기술	v				
	PRECAST BEAM, SLAB & INSITU SLAB 설계 및 시공 기술	v				
	상부 FACILITIES 설계 및 시공기술	v				
데크 하부 충격양압력 해석 및 설계 기술	v					
3차원 CFD를 활용한 부유체 안정성 검토 기술		v	5	4	해상풍력 발전용 부유체 기초구조물 설계 및 시공 기술	
부유체 유탄성 해석 기술		v	5	4		

부유체 Fluid-Structure Interaction 기술		v	5	4	
프리캐스트 부유체 제작 및 시공기술		v	5	4	
전체 구조물 안정성 검토 및 설계 기술		v	5	4	
모듈 접합 설계 및 시공기술	v				
모듈접합시 안정성 확보 기술	v				
수밀성 확보 기술	v				
부유체 계류 안정성 해석 기술	v				
계류라인 설계 및 시공기술	v				
돌핀식/자켓식 계류 구조물 설계 기술	v				
석션기초를 활용한 계류시스템 개발 기술	v				
소파구조를 활용한 부유체 거동 제어 기술	v				
풍력타워 풍하중 간섭해석 기술		v	5	5	항만시설물 이용 해상풍력 시스템 배치 기술
풍력단지 Grid 배치 및 시공기술	v				
세굴방지공 설계 및 시공기술	v				
지반별 최적 기초 설계 및 시공기술	v				
기초구조물 이송, 진수, 설치 안정성 검토 기술	v				
기초구조물 안정성 평가 및 해석 기술	v				
신형식 기초구조물 해석 및 설계 기술		v	5	5	항만수역시설에 설치하는 신형식 해상풍력지지 기술
외해가두리양식장 구조물 설계 기술					
생태 간섭 영향 평가 기술	v				
양식규모산정기술	v				
양식 단지화 기술	v				
첨단양식시스템 기술	v				
해조류 양식장 구조물 설계 기술		v	5	5	해상풍력단지 이용 해조류 양식장 설계 기술
해조류 이용 이산화탄소 포집기술	v				
해조류 바이오에탄올 및 바이오디젤 생산기술	v				

(4) 기본 기능 #4 : 모니터링 및 유지관리

기본기능	세부요소기술	기술개발전략				핵심요소기술
		기존 기술 적용	기존 기술 보완	기술개발		
				중요 도	시급 도	
모니터링 및 유지 관리	구조물 염해 내구성 평가기술	√				
	콘크리트 구조물 내구성 평가기술	√				
	구조물 안정성 평가 기술	√				
	실시간 구조물 모니터링 기술	√				
	FRP를 이용한 급속 보강 기술	√				
	구조물 해체 및 보강 기술	√				
	호안구조물 소파블록 보강 및 설치기술	√				
	방파제/호안 천단 상치공 보강 기술	√				
	발전효율 조사 및 분석 기술	√				
	저장시스템 효율 분석 및 측정 기술	√				
	해양생태환경영향 조사, 분석, 예측, 평가 및 저감 기술	√				
	저서생물 생태환경 모니터링 및 평가기술	√				
	수질변화 모니터링 및 예측 기술	√				
	소음모니터링및저감기술	√				
	흐름 변화로 인한 생태환경 모니터링 및 대책 기술	√				
	오염원 발생 평가 기술 및 제어 기술	√				
	유입총량 관리 기술	√				
	해수유동장 수치모형 기술	√				
	해양수질변화 수치모형실험 기술	√				

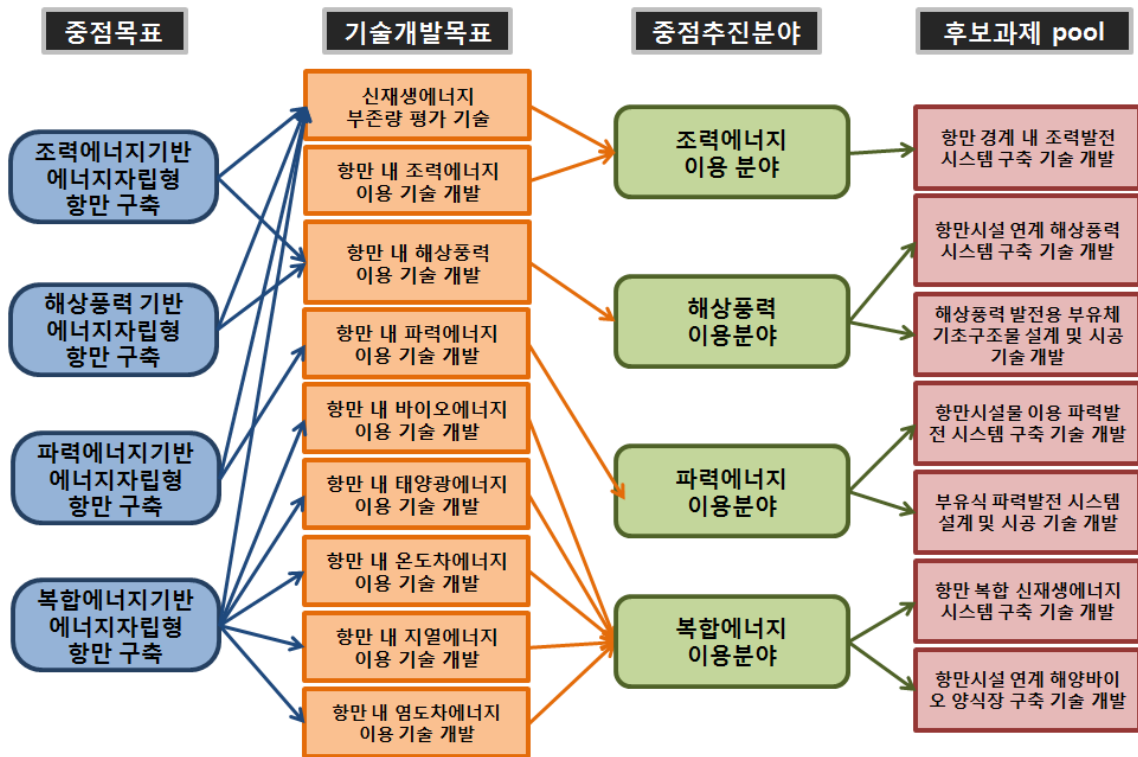
〈핵심요소기술〉

대분류	핵심요소기술
입지선정	항만경계내의 조력발전 부존량 평가기술
	항만경계내의 해상풍력발전 부존량 평가기술
	항만경계내의 파력발전 부존량 평가기술
에너지 생산 및 저장	갑문운영과 조력발전 연계기술
	항만시설물 이용 해상풍력 구조물 해석 및 안정성 평가 기술
	항만건축물 이용 hybrid 통합에너지시스템 구축기술 개발
	타 에너지원별 통합 발전 저장 프로세스 구축
	항만시설물 이용 파력발전 시스템 설계 기술
	파력에너지 변환 및 에너지 저장 기술
	부유식 파력발전 시스템 설계 및 시공 기술
기반시설 설계 및 시공	방파제 활용 풍력기초시스템 설계 및 시공 기술
	방파제 활용 파력시스템 설계 및 시공 기술
	방파제 활용 해양바이오 양식장 설계 및 시공 기술
	안벽 활용 풍력기초시스템 설계 및 시공 기술
	해상풍력 발전용 부유체 기초구조물 설계 및 시공 기술
	항만시설물 이용 해상풍력 시스템 배치 기술
	항만수역시설에 설치하는 신형식 해상풍력지지 기술
	해상풍력단지 이용 해조류 양식장 설계 기술

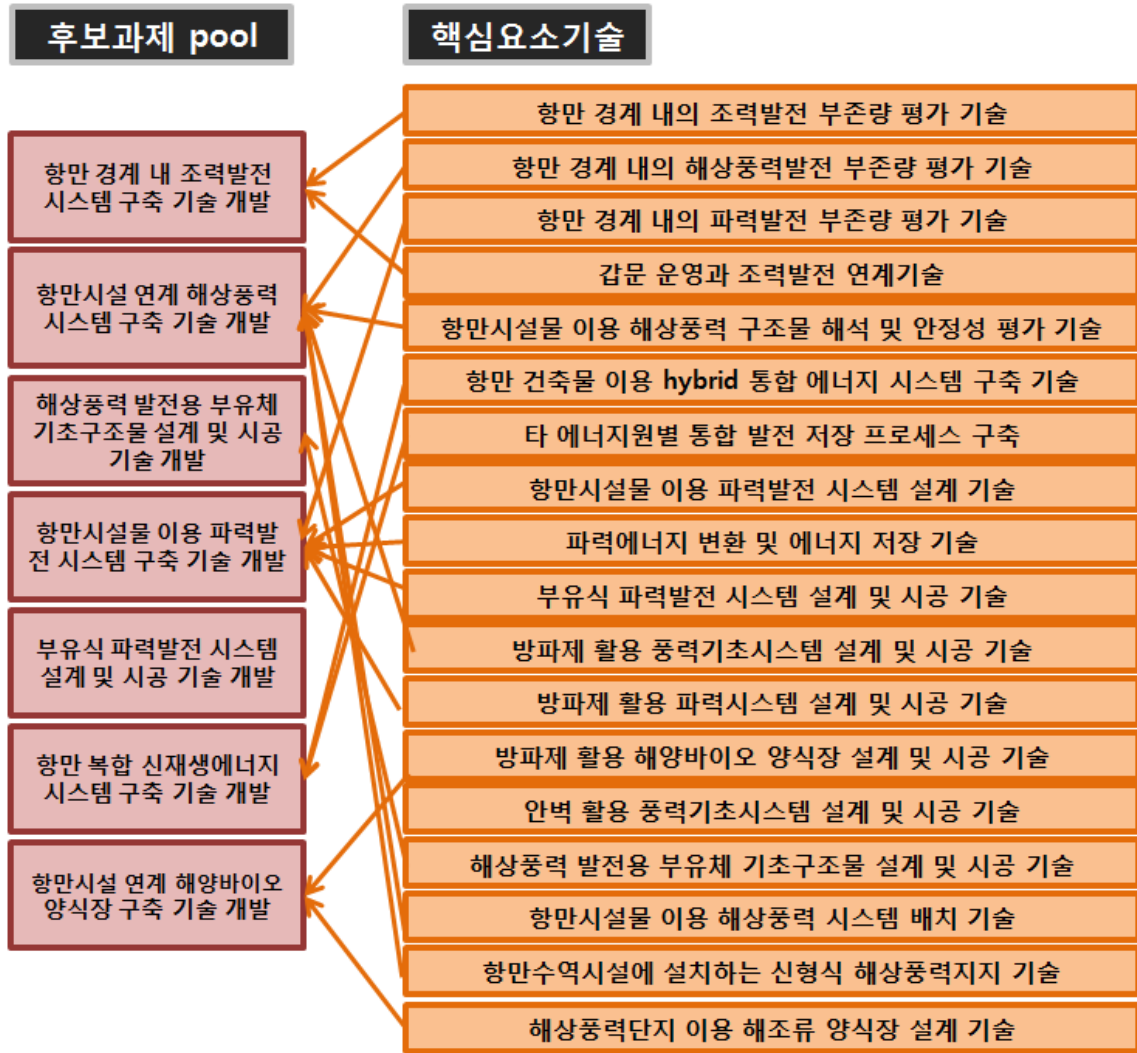
다. 중점추진 후보과제 도출

(1) 후보과제 pool 선정

- 이슈 트리에서 도출된 중점 목표를 바탕으로 기술개발 목표, 중점추진분야를 선정 후 후보과제 pool 선정
- 중점 목표를 토대로 개발이 필요한 기술의 목표를 선정함
- 도출된 기술개발목표와 앞서 수행한 환경 분석 결과를 토대로 조력에너지 이용 분야, 해상풍력 이용 분야, 파력에너지 이용 분야, 복합에너지 이용분야로 중점추진분야를 범주화
- 중점추진분야와 핵심요소기술을 바탕으로 후보과제 pool 도출



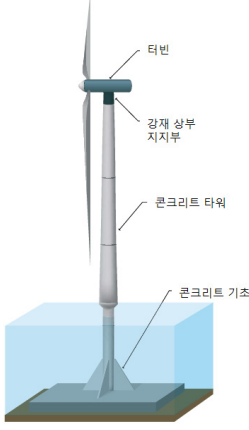
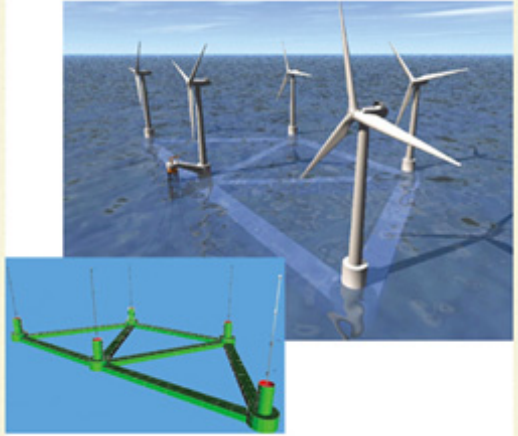
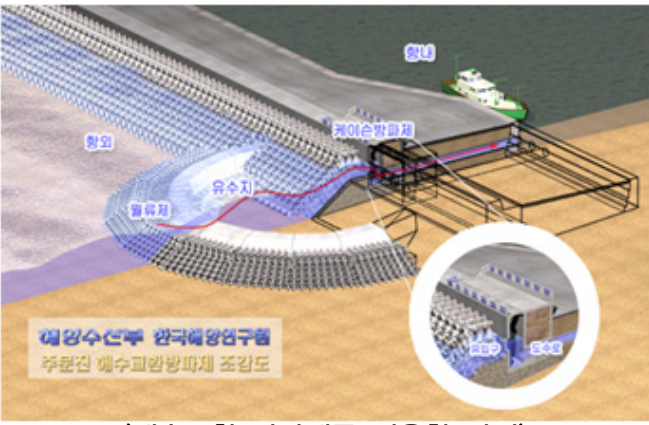
〈선정된 후보과제 pool〉



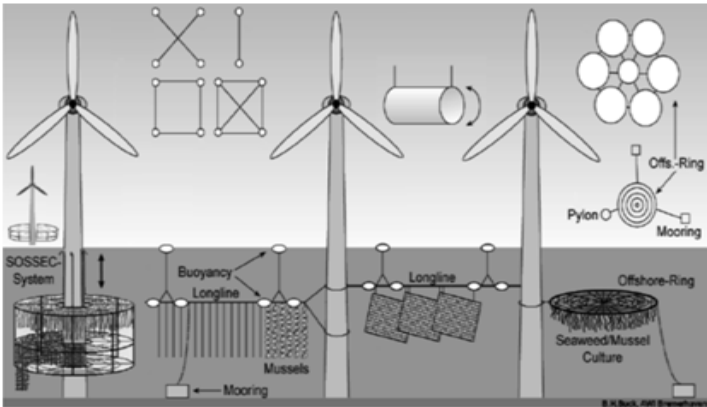


〈후보과제 pool과 핵심요소기술〉

〈선정된 후보과제 및 과제 정의〉

연번	후보과제명	후보과제 개요
1	항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 세계적인 조력발전 입지에 위치한 갑문형 항만인 인천내항과 평택항의 조력 에너지를 활용하기 위한 현장실증 연구 추진 - 조력에너지 기반 녹색항만 표준모델 개발을 통한 세계 관련 시장 선도 <div data-bbox="675 608 1260 1148" style="text-align: center;"> <p>인천내항 ·내수면 관리수위 : 7m-12m ·내수면적 : 1,848 km²</p> </div> <p style="text-align: center;">〈인천내항 조력에너지 이용 (안)〉</p>
2	항만시설 연계 해상풍력 시스템 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 항만에 해상풍력 발전기를 경제적으로 설치할 수 있는 기술 도출 1) 기존 항만구조물(방파제, 안벽 등)을 기초로 이용하는 풍력발전 시스템 개발 2) 항만수역시설에 설치하는 신형식 해상풍력 콘크리트 지지 구조물 개발 <div data-bbox="721 1377 1211 1894" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">〈방파제를 활용한 풍력발전기초〉</p>

		 <p style="text-align: center;"><콘크리트 풍력타워와 기초 구조물></p>
<p>3</p>	<p>해상풍력 발전용 부유체 기초구조물 설계 및 시공 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 풍력발전기 설치를 위한 부유식 기초구조물 설계 및 시공 기술 개발. 대용량/경제성을 충족하는 미래 풍력발전 필수 기술  <p style="text-align: center;"><부유식 풍력 기초></p>
<p>4</p>	<p>항만시설물 이용 파력 발전 시스템 구축 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 항만에 기 설치되어 있는 방파제를 활용한 발전 기술 연구 추진 - 파력에너지 기반 녹색항만 표준모델 개발을 통한 세계 관련 시장 선도  <p style="text-align: center;"><해수교환 방파제를 이용한 발전></p>

<p>5</p>	<p>부유식 파력발전 시스템 설계 및 시공 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 황해와 남해의 높은 파력에너지를 활용하기 위한 현장 실증 연구 추진 - 항만 외부의 파력에너지를 활용한 발전 기술 연구 추진 - 파력에너지 기반 녹색항만 표준모델 개발을 통한 세계 관련 시장 선도  <p>〈JAMSTEC – KAIME〉</p>
<p>6</p>	<p>항만 복합 신재생에너지 시스템 구축 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 개별 신재생에너지의 융합을 통한 효율 증대  <p>〈풍력과 파력의 복합발전〉</p>
<p>7</p>	<p>항만시설 연계 해양 바이오 양식장 구축 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 항만시설 및 해상풍력단지와 연계한 해양바이오 양식장 구축 기술 연구 - 해양 바이오에너지 기반 녹색항만 표준모델 개발을 통한 세계 관련 시장 선도  <p>〈해상풍력단지와 연계한 해조류 양식장〉</p>

라. 후보과제 우선순위 선정

(1) 선정 방법

- BMO Process에 따라 사업 매력도와 회사 적합도로 구분하여 세부 항목을 설정하고, 이에 따른 가중치를 정하는 선정 기준표를 마련함.
- 선정 기준표에 맞추어 전문가 설문을 통해 각 전략개발상품에 대한 우선순위를 결정함.
- 전략개발상품에 대하여 관련 전문가에 의한 경제성 분석 수행 결과 포함

(2) BMO Process

- 미국의 펜실베니아대 와튼 스쿨에서 연구개발 주제평가를 위해 개발한 기법 (Constraint Analysis)임.
- 일본 大江사무소가 신규 사업 및 ITEM 선정을 위한 SCREENING 기법(BMO : Bruce-Merrifield-Ohe Method)으로 발전
- 사업의 매력도와 사업 적합도를 계량화, 단순화함으로써 객관성이 높음.
- 미 상무성, 기업, Business School 등에서 널리 활용

(3) 매력도-적합도 선정 기준표

- 매력도 (100점 만점)
 - 각 전략개발상품에 대해 수행하였던 특허 분석 결과나 시장성 분석 결과가 포함
 - 시장성(55점)에는 시장규모와 시장성장률, 시장요구도, 예상시장점유율 등의 항목이 포함
 - 기술 분야(35점)에는 요소기술 확보정도, 기술파급효과, 기술개발개발의 어려움 정도 등의 항목이 포함
 - 이 외에 정책지원(10점)에 대한 항목이 포함

○ 적합도 (100점 만점)

- 앞서 수행한 선진기술 수준표나 TRL 분석, SWOT 분석 등의 역량분석 결과가 포함
- 연계성(35점)에는 보유기술능력과 적합성, 비전과 적합성 등의 항목이 포함
- 재정 분야(45점)에는 국가 재정 투입의 타당성, 5년 뒤 기술의 경제적 가치 등의 항목이 포함
- 이 외에 도입이 아닌 기술개발의 필요성 항목이 요구조건(20점)으로 포함

○ 현재 후보과제의 매력도 및 적합도를 분석하기 위하여 평가표는 아래 그림과 같음

〈후보과제의 (a) 매력도 분석표 및 (b) 적합도 분석표〉

	Attractiveness								Total (100)
	Market (55)				Technology (35)			Policy (10)	
Project Name	시장규모 (15)	시장성장률 (15)	시장요구도 (10)	예상시장점유율 (10)	요소기술 확보 정도 (15)	기술파급효과 (10)	기술개발의 어려움 정도 (10)	정책 지원(10)	합계
항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발									
항만시설 연계 해상풍력 시스템 구축 기술 개발									
해상풍력 발전용 부유체 기초구조물 설계 및 시공 기술 개	v								
항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술									
부유식 파력발전 시스템 설계 및 시공 기술	v								
항만 복합 신재생에너지 시스템 구축 기술	v								
항만시설 연계 해양바이오 양식장 구축 기술	v								

(a)

구분	Project Name	Fitness					Total (100)
		Alignment (35)		Finance (45)		Requirement (20)	
		보유기술능력과 적합성 (20)	비전과 적합성 (15)	국가 재정 투입의 타당성 (25)	5년 뒤 기술의 경제적 가치 (15)	도입이 아닌 기술개발의 필요성 (25)	합계
1	항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발						
2	항만시설 연계 해상풍력 시스템 구축 기술 개발						
3	해상풍력 발전용 부유체 기초구조물 설계 및 시공 기술 개						
4	항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술						
5	부유식 파력발전 시스템 설계 및 시공 기술						
6	항만 복합 신재생에너지 시스템 구축 기술						
7	항만시설 연계 해양바이오 양식장 구축 기술						

(b)

(4) 선정 결과

- 연구 참여자들과 관련 연구자들의 설문을 통한 과제별 우선순위는 아래의 표와 같음
- ‘항만시설 연계 해상풍력 시스템 구축 기술 개발’이 가장 많은 지지를 받았고, 다음으로 ‘항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술 개발’, ‘항만 복합 신재생에너지 시스템 구축 기술 개발’, ‘항만 경계내 조력발전 시스템 구축 기술 개발’ 순임. 이 중 ‘항만 복합 신재생에너지 시스템 구축 기술 개발’에 대해서는 별도의 기획연구가 진행 중이므로 본 기획과제에서 과제세부추진계획 수립은 제외 함.
- 상대적으로 점수 차이가 큰 5위에서 7위 연구과제는 세부추진계획수립 대상 과제에서 제외함.
- 따라서, 아래 3개의 과제에 대한 세부추진계획 수립.
 - 항만시설 연계 해상풍력 시스템 구축 기술 개발
 - 항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술 개발
 - 항만 경계내 조력발전 시스템 구축 기술 개발

-	Project Name	Attractiveness	Fitness	Opportunity
1	항만시설 연계 해상풍력 시스템 구축 기술 개발	78	90	168
2	항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술 개발	74	87	161
3	항만 복합 신재생에너지 시스템 구축 기술 개발	68	82	150
4	항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발	65	79	144
5	항만시설 연계 해양바이오 양식장 구축 기술 개발	61	74	135
6	해상풍력 발전용 부유체 기초구조물 설계 및 시공 기술 개발	53	64	117
7	부유식 파력발전 시스템 설계 및 시공 기술	52	64	116

(5) 기존 기술과의 차별성

- 각 도출과제는 핵심 요소기술 도출 시에 기술개발 전략에 따라, ‘기존기술적용’, ‘기존기술보완’, ‘기술개발’ 로 나누어 설문을 조사하여 과제 차별성과 중복성을 검토함

- 기존기술적용에 해당되는 세부요소기술은 핵심요소기술에서 제외하였고, 기술개발 중요도와 시급도 분석(5점 척도 기준)에서 4점 이상의 기술에 대해서만 핵심요소기술로 분류
- 따라서, 이렇게 도출된 핵심요소기술을 바탕으로 구성된 중점추진 기술개발 후보 과제들은 기존 기술과의 차별성과 신규성을 확보하고 있다고 판단됨

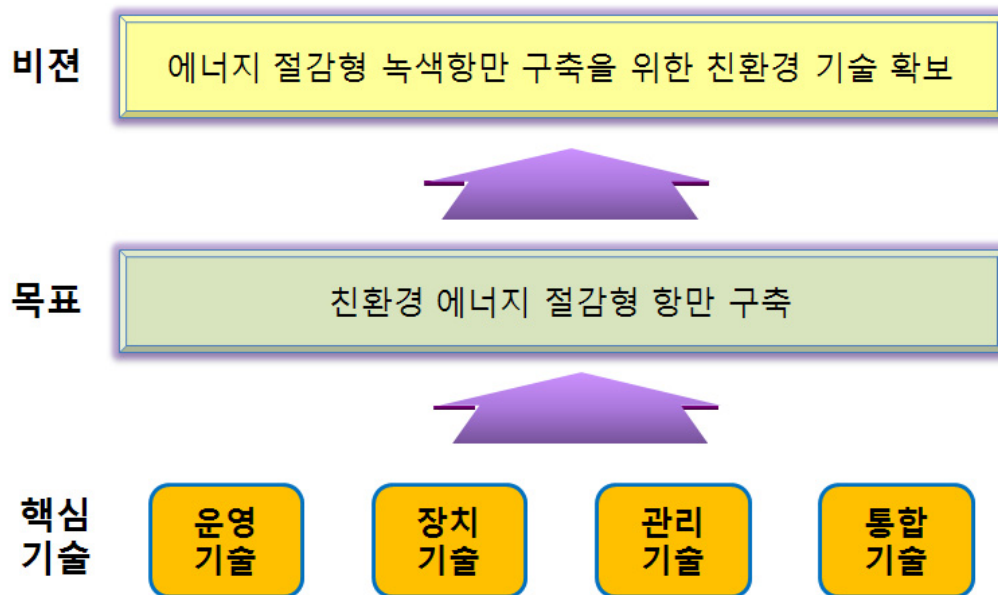
(6) 세부과제간 차별성 및 연계성

- 도출된 세부과제는 입지 선정 및 에너지원에 따라 차별적으로 도출되어, 해상풍력발전, 파력발전, 조력 발전, 해양바이오 에너지 등으로 차별화 되며, 입지 조건별로 기존 항만시설 내 적용과 부유식 발전 구조물로 차별화 할 수 있음.
- 에너지원별로 차별화된 각 도출 과제의 경우, 복합적인 건설 및 계통연계로 해양 복합에너지 발전 시설로 연계하여 구성할 수 있음.

제2절 에너지 절감 부문

1. 연구개발 비전 및 최종 목표

가. 비전



나. 최종 목표

『에너지 절감형 녹색항만 구축을 위한 친환경 기술』의 확보를 위한 추진 계획 수립

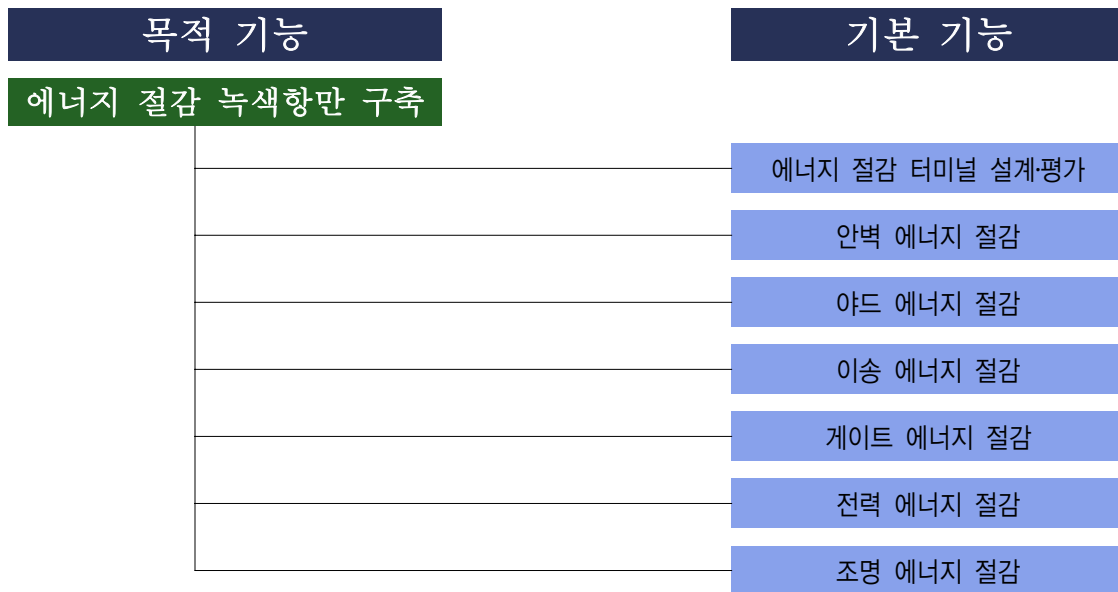
- 친환경 에너지 절감형 항만 구축
 - 항만 에너지 소비량 기존 대비 20% 감소
 - 항만 온실가스 배출량 기존 대비 20% 감소
 - 선박 부두접안시 에너지비용(선박유류비) 50% 절감
 - 엔진구동방식 이송차량 대비 운영비용(유류비 및 정비비) 50% 절감
 - RTGC 연료비 35% 절감

2. 연구내용 및 범위

가. 기술 기능전개 및 기술트리

(1) 기술 기능전개

- 『에너지자립형 녹색항만 구축 기획연구 - 에너지 절감 부문』의 기술 기능전개는 항만의 에너지를 절감하기 위한 터미널 설계·평가 부문, 안벽 부문, 야드 부문, 이송 부문, 게이트 부문, 전력 부문, 조명 부문으로 나누어 설정함.
- 기본 기능을 에너지 절감 터미널 설계·평가, 안벽 에너지 절감, 야드 에너지 절감, 이송 에너지 절감, 게이트 에너지 절감, 전력 에너지 절감, 조명 에너지 절감의 7단계로 구분.
- 7가지 기본 기능에 대해 28개의 2차 기능, 81개의 세부 요소기술로 구성.
- 3차 기능에 대해서는 세부기술과 연계하여 추후 세부기술 분석에 활용함.



〈기술 기능전개〉

(2) 기술트리

(가) 기본 기능 1 : 에너지 절감 터미널 설계·평가

기본 기능	1차 기능	2차 기능	세부 요소기술
에너지 절감 터미널 설계·평가	소프트웨어 접근	에너지 절감형 터미널 설계	신개념 터미널 설계 기술
			시설 및 장비 규모 최적화 기술
			레이아웃 최적화 기술
		에너지 절감형 터미널 성능 평가	단위 생산성 평가 기술
			통합 생산성 평가 기술
		에너지 절감형 항만 환경 평가	에너지 소비 측정 기술
			에너지 소비 예측 기술
			에너지 소비 검증 기술
			에너지 소비 통합관리 기술
			온실가스 배출 측정 기술
			온실가스 배출 예측 기술
			온실가스 배출 검증 기술
			온실가스 배출 통합관리 기술

(나) 기본 기능 2 : 안벽 에너지 절감

기본 기능	1차 기능	2차 기능	세부 요소기술
안벽 에너지 절감	하드웨어 접근	선박 육상전원 공급	선박 육상전원 고압 파워 인버터 기술
			선박 육상전원 주파수 변환 기술
		대량 하역	화물 대량 취급 기술
			고속 하역 기술
			하중 분산 기술
		안벽 크레인 회생전력	회생전력 저장 기술
	회생전력 인버터 기술		
	소프트웨어 접근	대량 하역 계획	적재 계획 기술
			크레인 작업 일정계획 기술

(다) 기본 기능 3 : 야드 에너지 절감

기본 기능	1차 기능	2차 기능	세부 요소기술
야드 에너지 절감	하드웨어 접근	전기식 야드 크레인	쇼어 파워 리시빙 기술
			컨버터 및 인버터 기술
		하이브리드 야드 크레인	variable speed 엔진 제너레이터 셋 기술
			슈퍼 배터리 기술
			배터리 모니터링 시스템 기술
		온라인 전기 야드 크레인	RTGC용 급전시스템 기술
			픽업 시스템 기술
			전원 관리 시스템 기술
			배터리 및 배터리 관리 시스템 기술
		야드 크레인 무인화	무인 운전시스템 기술
			원격 운전시스템 기술
			자동 야적 및 하역시스템 기술
	대량 하역	화물 대량 취급 기술	
		고속 하역 기술	
		하중 분산 기술	
	야드 크레인 회생전력	회생전력 저장 기술	
		회생전력 인버터 기술	
	엔진 가변속 RTGC 제어	엔진 가변속 연료절감 시스템 기술	
소프트웨어 접근	야드 크레인 에너지 절감 운영	주행 최소화 기술	
		재취급 최소화 기술	
		크레인 배치 운영 기술	

(라) 기본 기능 4 : 이송 에너지 절감

기본 기능	1차 기능	2차 기능	세부 요소기술
이송 에너지 절감	하드웨어 접근	전기식 이송차량	수랭식 견인 모터 기술
			컨버터 및 인버터 기술
			배터리 응용 시스템 기술
			배터리 모니터링 시스템 기술
			배터리 충전 스테이션 및 충전기 기술
		하이브리드 이송차량	배터리 적용 기술
			트랙션 모터 및 인버터 기술
			보조 드라이브 소형 엔진 제너레이터 기술
		온라인 전기 이송차량	이송차량용 급전시스템 기술
			픽업 시스템 기술
			전원 관리 시스템 기술
			배터리 및 배터리 관리 시스템 기술
		이송차량 무인운전시스템	무인 운전시스템 기술
			충돌방지 장치 기술
			정위치 정차시스템 기술
		대량 이송	다량 화차 견인 기술
	다단 적재 기술		
	소프트웨어 접근	이송차량 에너지 절감 운영	듀얼 사이클 배차 기술
			더블 사이클 배차 기술
			풀링 배차 기술
경로 최적화 기술			
공차 최소화 기술			

(마) 기본 기능 5 : 게이트 에너지 절감

기본 기능	1차 기능	2차 기능	세부 요소기술
게이트 에너지 절감	하드웨어 접근	압력 발전	게이트 자가발전 기술
			축전 기술

(바) 기본 기능 6 : 전력 에너지 절감

기본 기능	1차 기능	2차 기능	세부 요소기술
전력 에너지 절감	하드웨어 접근	전력 인프라	충전 스테이션 기술
			소프트웨어 접근
	지능형 소비자 기술		
	지능형 운송 기술		
	지능형 신재생 기술		
	소프트웨어 접근	전력 인프라 계획	지능형 전력서비스 기술
충전 스테이션 배치 최적화 기술			

(사) 기본 기능 7 : 조명 에너지 절감

기본 기능	1차 기능	2차 기능	세부 요소기술
조명 에너지 절감	하드웨어 접근	크레인 및 조명탑 LED 전환	LED 모듈 기술
			전원 공급 기술
			기구물 설계 및 제작 기술
	하드웨어 접근	크레인 작업 연계 조명 컨트롤	작업위치 연계 LED 조명 온오프시스템 기술
			작업위치 연계 조명 이동 및 제어 기술
	소프트웨어 접근	조명탑 에너지관리	작업위치 연계 이동식 서치라이트 기술
			작업유형 연계 조명컨트롤 기술

나. 핵심 요소기술 도출

- 세부 요소기술들에 대한 전문가 자문을 통해 핵심 요소기술을 도출.
- 기존 기술 적용과 기술개발 시급도가 낮은 기술은 핵심 요소기술에서 제외.

(가) 기본 기능 1 : 에너지 절감 터미널 설계·평가

기본 기능	세부 요소기술	기술개발 전략			
		기존기술 적용	기존기술 보완	기술개발	
				중요도	시급도
에너지 절감 터미널 설계·평가	신개념 터미널 설계 기술		√	5	5
	시설 및 장비 규모 최적화 기술		√	5	5
	레이아웃 최적화 기술		√	5	5
	단위 생산성 평가 기술		√	5	5
	통합 생산성 평가 기술		√	5	5
	에너지 소비 측정 기술		√	5	5
	에너지 소비 예측 기술		√	5	5
	에너지 소비 검증 기술		√	5	5
	에너지 소비 통합관리 기술		√	5	5
	온실가스 배출 측정 기술		√	5	5
	온실가스 배출 예측 기술		√	5	5
	온실가스 배출 검증 기술		√	5	5
	온실가스 배출 통합관리 기술		√	5	5

(나) 기본 기능 2 : 안벽 에너지 절감

기본 기능	세부 요소기술	기술개발 전략			
		기존기술 적용	기존기술 보완	기술개발	
				중요도	시급도
안벽 에너지 절감	선박 육상전원 고압 파워 인버터 기술		√	5	5
	선박 육상전원 주파수 변환 기술		√	5	5
	화물 대량 취급 기술	√			
	고속 하역 기술	√			
	하중 분산 기술	√			
	회생전력 저장 기술		√	5	4
	회생전력 인버터 기술		√	5	4
	적재 계획 기술	√			
	크레인 작업 일정계획 기술	√			

(다) 기본 기능 3 : 야드 에너지 절감

기본 기능	세부 요소기술	기술개발 전략			
		기존기술 적용	기존기술 보완	기술개발	
				중요도	시급도
야드 에너지 절감	쇼어 파워 리시빙 기술	√			
	컨버터 및 인버터 기술	√			
	variable speed 엔진 제너레이터 셋 기술	√			
	슈퍼 배터리 기술	√			
	배터리 모니터링 시스템 기술	√			
	RTGC용 급전시스템 기술		√	5	4
	픽업 시스템 기술		√	5	4
	전원 관리 시스템 기술		√	5	4
	배터리 및 배터리 관리 시스템 기술		√	5	4
	무인 운전시스템 기술	√			
	원격 운전시스템 기술	√			
	자동 야적 및 하역시스템 기술	√			
	화물 대량 취급 기술	√			
	고속 하역 기술	√			
	하중 분산 기술	√			
	회생전력 저장 기술		√	5	4
	회생전력 인버터 기술		√	5	4
	엔진 가변속 연료절감 시스템 기술		√	5	5
	주행 최소화 기술		√	5	4
	재취급 최소화 기술		√	5	4
크레인 배치 운영 기술		√	5	4	

(라) 기본 기능 4 : 이송 에너지 절감

기본 기능	세부 요소기술	기술개발 전략			
		기존기술 적용	기존기술 보완	기술개발	
				중요도	시급도
이송 에너지 절감	수랭식 견인 모터 기술		√	5	5
	컨버터 및 인버터 기술		√	5	5
	배터리 응용 시스템 기술		√	5	5
	배터리 모니터링 시스템 기술		√	5	5
	배터리 충전 스테이션 및 충전기 기술		√	5	5
	배터리 적용 기술	√			
	트랙션 모터 및 인버터 기술	√			
	보조 드라이브 소형 엔진 제너레이터 기술	√			
	이송차량용 급전시스템 기술		√	5	4
	픽업 시스템 기술		√	5	4
	전원 관리 시스템 기술		√	5	4
	배터리 및 배터리 관리 시스템 기술		√	5	4
	무인 운전시스템 기술	√			
	충돌방지 장치 기술	√			
	정위치 정차시스템 기술	√			
	다량 화차 견인 기술	√			
	다단 적재 기술	√			
	듀얼 사이클 배차 기술		√	5	4
	더블 사이클 배차 기술		√	5	4
	풀링 배차 기술		√	5	4
경로 최적화 기술		√	5	4	
공차 최소화 기술		√	5	4	

(마) 기본 기능 5 : 게이트 에너지 절감

기본 기능	세부 요소기술	기술개발 전략			
		기존기술 적용	기존기술 보완	기술개발	
				중요도	시급도
게이트 에너지 절감	게이트 자가발전 기술	√			
	축전 기술	√			

(바) 기본 기능 6 : 전력 에너지 절감

기본 기능	세부 요소기술	기술개발 전략			
		기존기술 적용	기존기술 보완	기술개발	
				중요도	시급도
전력 에너지 절감	충전 스테이션 기술	√			
	지능형 전력망 기술		√	5	4
	지능형 소비자 기술		√	5	4
	지능형 운송 기술		√	5	4
	지능형 신재생 기술		√	5	4
	지능형 전력서비스 기술		√	5	4
	충전 스테이션 배치 최적화 기술	√			

(사) 기본 기능 7 : 조명 에너지 절감

기본 기능	세부 요소기술	기술개발 전략			
		기존기술 적용	기존기술 보완	기술개발	
				중요도	시급도
조명 에너지 절감	LED 모듈 기술	√			
	전원 공급 기술	√			
	기구물 설계 및 제작 기술	√			
	작업위치 연계 LED 조명 온오프시스템 기술	√			
	작업위치 연계 조명 이동 및 제어 기술	√			
	작업위치 연계 이동식 서치라이트 기술	√			
	작업유형 연계 조명컨트롤 기술	√			

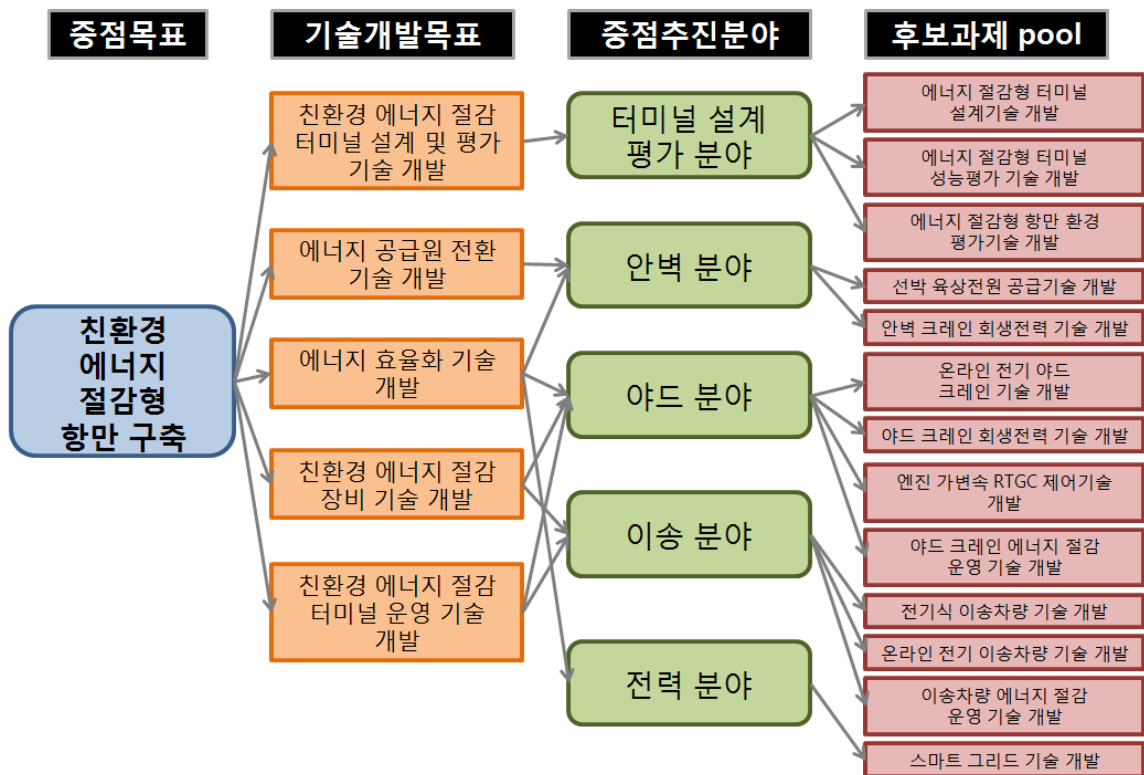
(아) 핵심 요소기술

기본 기능	핵심 요소기술
에너지 절감 터미널 설계·평가	신개념 터미널 설계 기술
	시설 및 장비 규모 최적화 기술
	레이아웃 최적화 기술
	단위 생산성 평가 기술
	통합 생산성 평가 기술
	에너지 소비 측정 기술
	에너지 소비 예측 기술
	에너지 소비 검증 기술
	에너지 소비 통합관리 기술
	온실가스 배출 측정 기술
	온실가스 배출 예측 기술
	온실가스 배출 검증 기술
	온실가스 배출 통합관리 기술
	안벽 에너지 절감
선박 육상전원 주파수 변환 기술	
회생전력 저장 기술	
회생전력 인버터 기술	
야드 에너지 절감	RTGC용 급전시스템 기술
	픽업 시스템 기술
	전원 관리 시스템 기술
	배터리 및 배터리 관리 시스템 기술
	회생전력 저장 기술
	회생전력 인버터 기술
	엔진 가변속 연료절감 시스템 기술
	주행 최소화 기술
	재취급 최소화 기술
	크레인 배치 운영 기술
이송 에너지 절감	수랭식 견인 모터 기술
	컨버터 및 인버터 기술
	배터리 응용 시스템 기술
	배터리 모니터링 시스템 기술
	배터리 충전 스테이션 및 충전기 기술
	이송차량용 급전시스템 기술
	픽업 시스템 기술
	전원 관리 시스템 기술
	배터리 및 배터리 관리 시스템 기술
	듀얼 사이클 배차 기술
	더블 사이클 배차 기술
	풀링 배차 기술
	경로 최적화 기술
	공차 최소화 기술
전력 에너지 절감	지능형 전력망 기술
	지능형 소비자 기술
	지능형 운송 기술
	지능형 신재생 기술
	지능형 전력서비스 기술

다. 중점추진 후보과제 도출

(1) 후보과제 pool 선정

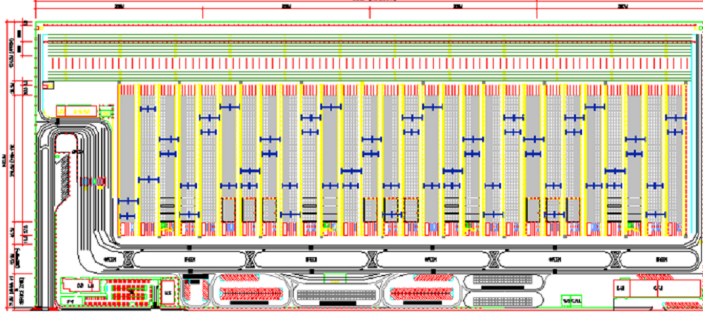
- 이슈 트리에서 도출된 중점 목표를 바탕으로 기술개발 목표, 중점추진분야를 선정 후 후보과제 pool 선정
- 중점 목표를 토대로 개발이 필요한 기술의 목표를 선정함
- 도출된 기술개발목표와 앞서 수행한 환경 분석 결과를 토대로 터미널 설계·평가 분야, 안벽 분야, 야드 분야, 이송 분야, 전력 분야로 중점 추진분야를 범주화
- 중점 추진분야와 핵심 요소기술을 바탕으로 후보과제 pool 도출

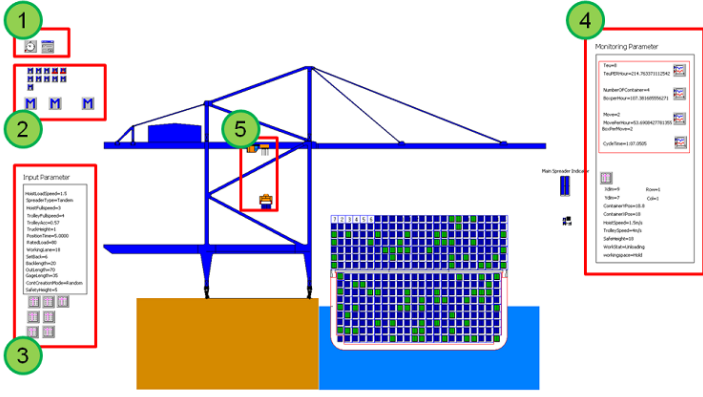


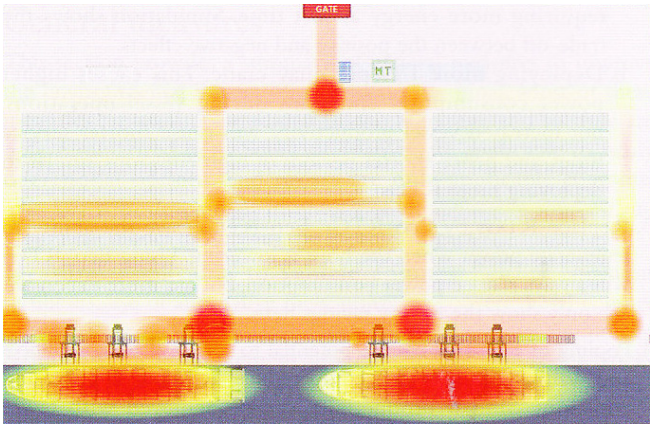
〈선정된 후보과제 pool〉

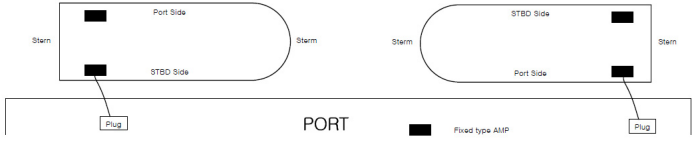
후보과제 pool	핵심 요소기술
에너지 절감형 터미널 설계기술 개발	신개념 터미널 설계 기술
	시설 및 장비 규모 최적화 기술
	레이아웃 최적화 기술
에너지 절감형 터미널 성능평가 기술 개발	단위 생산성 평가 기술
	통합 생산성 평가 기술
에너지 절감형 항만 환경 평가기술 개발	에너지 소비 측정 기술
	에너지 소비 예측 기술
	에너지 소비 검증 기술
	에너지 소비 통합관리 기술
	온실가스 배출 측정 기술
	온실가스 배출 예측 기술
	온실가스 배출 검증 기술
	온실가스 배출 통합관리 기술
선박 육상전원 공급기술 개발	선박 육상전원 고압 파워 인버터 기술
	선박 육상전원 주파수 변환 기술
안벽 크레인 회생전력 기술 개발	회생전력 저장 기술
	회생전력 인버터 기술
온라인 전기 야드 크레인 기술 개발	RTGC용 급전시스템 기술
	픽업 시스템 기술
	전원 관리 시스템 기술
	배터리 및 배터리 관리 시스템 기술
야드 크레인 회생전력 기술 개발	회생전력 저장 기술
	회생전력 인버터 기술
엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발	엔진 가변속 연료절감 시스템 기술
야드 크레인 에너지 절감 운영기술 개발	주행 최소화 기술
	재취급 최소화 기술
	크레인 배치 운영 기술
전기식 이송차량 기술 개발	수랭식 견인 모터 기술
	컨버터 및 인버터 기술
	배터리 응용 시스템 기술
	배터리 모니터링 시스템 기술
	배터리 충전 스테이션 및 충전기 기술
온라인 전기 이송차량 기술 개발	이송차량용 급전시스템 기술
	픽업 시스템 기술
	전원 관리 시스템 기술
	배터리 및 배터리 관리 시스템 기술
이송차량 에너지 절감 운영기술 개발	듀얼 사이클 배차 기술
	더블 사이클 배차 기술
	풀링 배차 기술
	경로 최적화 기술
	공차 최소화 기술
스마트 그리드 기술 개발	지능형 전력망 기술
	지능형 소비자 기술
	지능형 운송 기술
	지능형 신재생 기술
	지능형 전력서비스 기술

(2) 선정된 후보과제 및 과제 정의

연번	후보과제명	후보과제 개요
1	에너지 절감형 터미널 설계기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 신개념 터미널 설계기술 개발 - 시설 및 장비 규모 최적화기술 개발 - 레이아웃 최적화기술 개발 

연번	후보과제명	후보과제 개요
2	에너지 절감형 터미널 성능평가 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 단위생산성 평가기술 개발 - 통합생산성 평가기술 개발 

연번	후보과제명	후보과제 개요
3	에너지 절감형 항만 환경 평가기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 소비 측정기술 개발 - 에너지 소비 예측기술 개발 - 에너지 소비 검증기술 개발 - 에너지 소비 통합 관리기술 개발 - 온실가스 배출 측정기술 개발 - 온실가스 배출 예측기술 개발 - 온실가스 배출 검증기술 개발 - 온실가스 배출 통합 관리기술 개발 

연번	후보과제명	후보과제 개요
4	선박 육상전원 공급 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 선박이 부두에 접안하는 기간 동안 육상전원을 공급함으로써 선박의 엔진을 가동하지 않는 근본적인 대안 제시 

연번	후보과제명	후보과제 개요
5	안벽 크레인 회생전력 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 안벽 크레인의 에너지 사용을 효율화하는 기술 개발

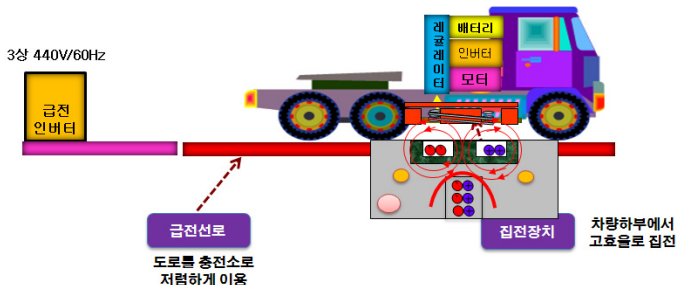
연번	후보과제명	후보과제 개요
6	온라인 전기 야드 크레인 기술 개발	- 온라인 전기 자동차 기술을 야드 크레인에 적용

연번	후보과제명	후보과제 개요
7	야드 크레인 회생전력 기술 개발	- 야드 크레인의 에너지 사용을 효율화하는 기술 개발

연번	후보과제명	후보과제 개요
8	엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발	- 엔진 속도 가변으로 연료를 절감하는 시스템 개발

연번	후보과제명	후보과제 개요
9	야드 크레인 에너지 절감 운영기술 개발	- 야드 크레인의 주행 최소화, 재취급 최소화, 크레인 배치 운영 기술 개발

연번	후보과제명	후보과제 개요
10	전기식 이송차량 기술 개발	<p>- 기존 디젤엔진 구동 이송차량을 배터리 전원에 의한 전기모터 구동방식으로 전환하기 위한 기술 개발</p> 

연번	후보과제명	후보과제 개요
11	온라인 전기 이송차량 기술 개발	

연번	후보과제명	후보과제 개요
12	이송차량 에너지 절감 운영기술 개발	<p>- 이송 차량의 듀얼 사이클 배차, 더블 사이클 배차, 풀링 배차, 경로 최적화, 공차 최소화 기술 개발</p>

연번	후보과제명	후보과제 개요
13	스마트 그리드 기술 개발	<p>- 지능형 전력망, 지능형 소비자, 지능형 운송, 지능형 신재생, 지능형 전력서비스 기술 개발</p>

라. 후보과제 우선순위 선정

(1) 매력도-적합도 선정 기준표

- 매력도 (100점 만점)
 - 각 전략개발상품에 대해 수행하였던 특허 분석 결과나 시장성 분석 결과가 포함
 - 시장성(55점)에는 시장규모와 시장성장률, 시장요구도, 예상시장점유율 등의 항목이 포함
 - 기술 분야(35점)에는 요소기술 확보정도, 기술파급효과, 기술개발개발의 어려움 정도 등의 항목이 포함
 - 이 외에 정책지원(10점)에 대한 항목이 포함
- 적합도 (100점 만점)
 - 앞서 수행한 선진기술 수준표나 TRL 분석, SWOT 분석 등의 역량분석 결과가 포함
 - 연계성(35점)에는 보유기술능력과 적합성, 비전과 적합성 등의 항목이 포함
 - 재정 분야(45점)에는 국가 재정 투입의 타당성, 5년 뒤 기술의 경제적 가치 등의 항목이 포함
 - 이 외에 도입이 아닌 기술개발의 필요성 항목이 요구조건(20점)으로 포함

○ 현재 후보과제의 매력도 및 적합도를 분석하기 위하여 평가표는 아래 그림과 같음

〈후보과제의 (a) 매력도 분석표 및 (b) 적합도 분석표〉

프로젝트명	Attractiveness								
	Market (55)				Technology (35)			Policy (10)	Total (100)
	시장 규모 (15)	시장 성장률 (15)	시장 요구도 (12.5)	예상 시장 점유율 (12.5)	요소 기술 확보 정도 (15)	기술 파급 효과 (10)	기술 개발 어려운 정도 (10)	정책 지원 (10)	합계
에너지 절감형 터미널 설계 기술 개발									
에너지 절감형 터미널 성능 평가 기술 개발									
에너지 절감형 항만 환경 평가기술 개발									
선박 육상전원 공급기술 개발									
안벽 크레인 회생전력 기술 개발									
온라인 전기 야드 크레인 기술 개발									
야드 크레인 회생전력 기술 개발									
엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발									
야드 크레인 에너지 절감 운영기술 개발									
전기식 이송차량 기술 개발									
온라인 전기 이송차량 기술 개발									
이송차량 에너지 절감 운영 기술 개발									
스마트 그리드 기술 개발									

(a)

프로젝트명	Fitness					
	Alignment (35)		Finance (45)		Requirement (20)	Total (100)
	보유기술능 력과 적합성 (20)	비전과 적합성 (15)	국가 재정 투입의 타당성 (25)	5년 뒤 기술 의 경제적 가치 (20)	도입이 아닌 기술개발의 필요성 (20)	합계
에너지 절감형 터미널 설계기술 개발						
에너지 절감형 터미널 성능평가 기술 개발						
에너지 절감형 항만 환경 평가기술 개발						
선박 육상전원 공급기술 개발						
안벽 크레인 회생전력 기술 개발						
온라인 전기 야드 크레인 기술 개발						
야드 크레인 회생전력 기술 개발						
엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발						
야드 크레인 에너지 절감 운영기술 개발						
전기식 이송차량 기술 개발						
온라인 전기 이송차량 기술 개발						
이송차량 에너지 절감 운영기술 개발						
스마트 그리드 기술 개발						

(b)

(2) 선정 결과

- 연구 참여자들과 관련 연구자들의 설문을 통한 과제별 우선순위는 아래의 표와 같음
- ‘에너지 절감형 항만 환경 평가기술 개발’이 가장 많은 지지를 받았고, 다음으로 ‘전기식 이송차량 기술 개발’, ‘에너지 절감형 터미널 설계기술 개발’ 순임.
- 상대적으로 점수 차이가 큰 7위에서 13위까지의 연구과제는 세부추진계획수립 대상 과제에서 제외함.
- 따라서, 아래 6개의 과제에 대한 세부추진계획 수립.
 - 에너지 절감형 터미널 설계기술 개발
 - 에너지 절감형 터미널 성능평가 기술 개발
 - 에너지 절감형 항만 환경 평가기술 개발
 - 선박 육상전원 공급기술 개발
 - 엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발
 - 전기식 이송차량 기술 개발

프로젝트명	Attractiveness	Fitness	Opportunity
에너지 절감형 터미널 설계기술 개발	85	92	177
에너지 절감형 터미널 성능평가 기술 개발	85	89	174
에너지 절감형 항만 환경 평가기술 개발	87	96	183
선박 육상전원 공급기술 개발	78	92	170
안벽 크레인 회생전력 기술 개발	71	87	158
온라인 전기 야드 크레인 기술 개발	76	82	158
야드 크레인 회생전력 기술 개발	71	86	157
엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발	85	91	176
야드 크레인 에너지 절감 운영기술 개발	75	82	157
전기식 이송차량 기술 개발	86	93	179
온라인 전기 이송차량 기술 개발	76	82	158
이송차량 에너지 절감 운영기술 개발	75	82	157
스마트 그리드 기술 개발	72	81	153

(3) 기존 기술과의 차별성

- 각 도출과제는 핵심 요소기술 도출 시에 기술개발 전략에 따라, ‘기존기술적용’, ‘기존기술보완’, ‘기술개발’ 로 나누어 설문을 조사하여 과제 차별성과 중복성을 검토함
- 기존기술적용에 해당되는 세부요소기술은 핵심요소기술에서 제외하였고, 기술개발 중요도와 시급도 분석(5점 척도 기준)에서 4점 이상의 기술에 대해서만 핵심요소기술로 분류
- 따라서, 이렇게 도출된 핵심요소기술을 바탕으로 구성된 중점추진 기술개발 후보 과제들은 기존 기술과의 차별성과 신규성을 확보하고 있다고 판단됨

(4) 세부과제간 차별성 및 연계성

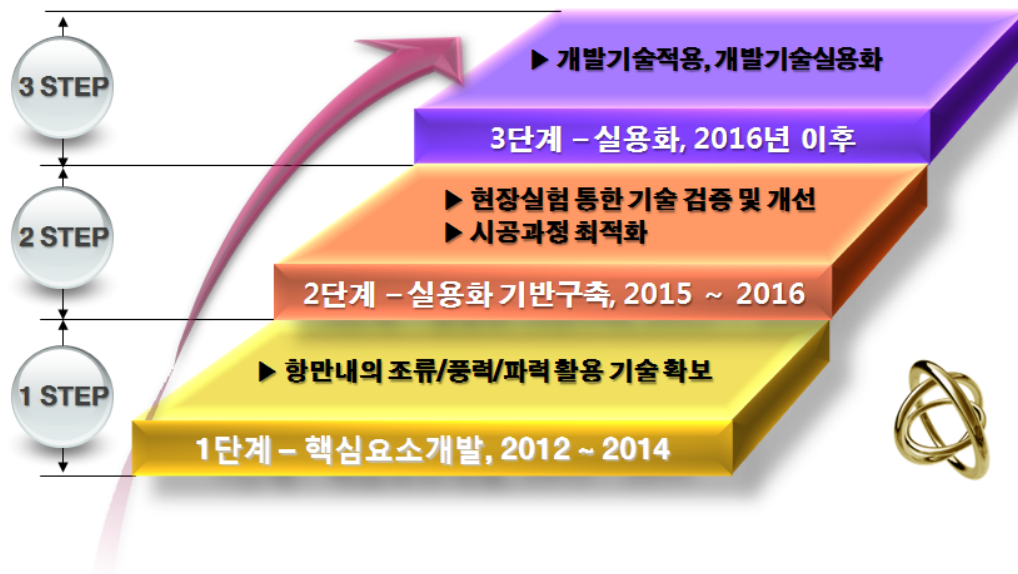
- 도출된 6개의 세부과제 각각은 중복성 없이 차별성을 가지고 있으나, 과제의 특성상 터미널 전체의 설계와 평가에 관한 것과 터미널 개별 자원의 에너지 절감에 관한 것으로 분류될 수 있음
- 따라서 터미널 전체의 설계와 평가에 관련된 에너지 절감형 터미널 설계기술 개발, 에너지 절감형 터미널 성능평가 기술 개발, 에너지 절감형 항만 환경 평가기술을 하나의 과제로 묶고, 터미널 개별 자원의 에너지 절감에 관련된 선박 육상 전원 공급기술 개발, 엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발, 전기식 이송차량 기술 개발을 하나의 과제로 묶어서 개발할 경우 연구개발의 시너지를 향상시킬 수 있을 것으로 예상됨

제5장 연구개발 추진계획

제1절 신재생에너지 부문

1. 추진전략

- 에너지자립형 녹색항만구축을 위한 신재생에너지 활용기술의 확보를 위해 단계별 추진전략 수립
- 1단계에서는 핵심요소기술을 확보하고, 2단계에서는 현장 테스트를 통한 개발기술의 유효성을 검증. 마지막으로 3단계에서는 개발기술을 실제 에너지자립형 녹색항만구축에 적용



2. 추진계획

가. 소요예산 (정부출연금)

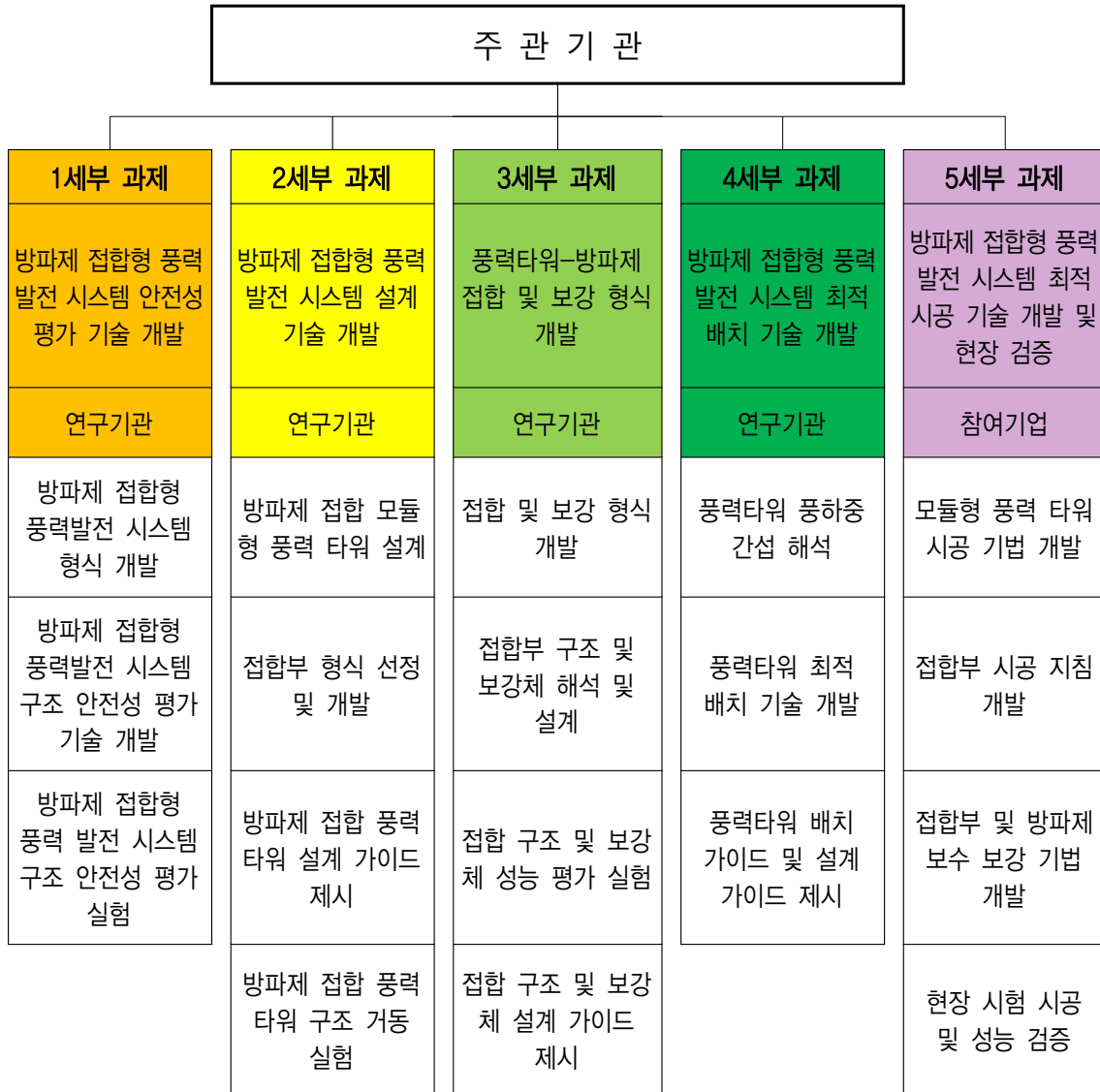
연구과제	세부과제	정부출연금 (억원)					
		1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 안전성 평가 기술 개발	1.3	1.5	3.0	3.2	3.0	12
	방파제 접합형 풍력 타워 개발 및 구조 거동 해석/설계 기술 개발	1.2	1.8	2.3	2.5	3.2	11
	풍력타워-방파제 접합 구조 개발 및 접합부 안전성 평가 기술 개발	1.5	2.0	2.7	2.3	3.0	11.5
	풍력타워 풍하중 간섭 해석 기술 개발 및 최적 배치 기술 개발	0.7	1.8	2.6	4.5	2.2	11.8
	방파제 접합형 풍력 타워 최적 시공 기술 개발 및 현장 검증	0.3	0.9	1.4	2.5	8.6	13.7
	계	5	8	12	15	20	60
항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발	지지 구조물 하중평가 기술 개발	4	7	7	8		26
	모노타워형 콘크리트지지 구조물 (상단 강재부 포함) 개발	6	9	9	14		38
	중력식 콘크리트지지 구조물 (상단 강재부 포함)개발	6	9	9	15		39
	콘크리트 지지구조 해저기초 지반 기술 개발	6	8	8	15		37
	콘크리트 해상풍력 지지 구조물 실증 단지 구축	3	7	7	23		40
	계	25	40	40	75		180
항만 경계 내 조력 발전 시스템 구축 기술 개발	갑문식 항만을 이용한 조력발전 시스템 설계 기술개발	6	14	60	60	20	160
	감조식 항만을 이용한 조력발전 시스템 설계 기술개발	5	5				10
	계	11	19	60	60	20	170
항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술 개발	해수교환 방파제를 이용한 월파형 파력 발전 시스템 설계 기술 개발	5	5	20	20	10	60
	기존 방파제 시설을 활용한 파력발전 시스템 기술 개발	5	5	20	20	10	60
	계	10	10	40	40	20	120

나. 소요인력

연구과제	세부과제	소요인력 (MY)			
		책임급 이상	선임급	원급 이하	합계
기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 안전성 평가 기술 개발	5	10	5	20
	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 설계 기술 개발	5	10	5	20
	풍력타워-방파제 접합 및 보강 형식 개발	5	5	10	20
	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 배치 기술 개발	5	10	5	20
	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 시공 기술 개발 및 현장 검증	5	5	15	25
	계	57	87	144	288
항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발	지지 구조물 하중평가 기술 개발	10	15	25	50
	모노타워형 콘크리트지지 구조물 (상단 강재부 포함) 개발	11	18	28	57
	중력식 콘크리트지지 구조물 (상단 강재부 포함)개발	12	18	30	60
	콘크리트 지지구조 해저기초 지반 기술 개발	10	16	26	52
	콘크리트 해상풍력 지지 구조물 실증 단지 구축	14	20	35	69
	계	26	30	45	101
항만 경계 내 조력 발전 시스템 구축 기술 개발	갯문식 항만을 이용한 조력발전 시스템 설계 기술개발	4	5	10	19
	감조식 항만을 이용한 조력발전 시스템 설계 기술개발	4	5	5	14
	계	8	10	15	33
항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술 개발	해수교환 방파제를 이용한 월파형 파력 발전 시스템 설계 기술 개발	5	5	5	15
	기존 방파제 시설을 활용한 파력발전 시스템 기술 개발	5	5	10	20
	계	10	10	15	35

3. 추진체계

가. 항만시설 연계 해상풍력 시스템 구축 기술 개발

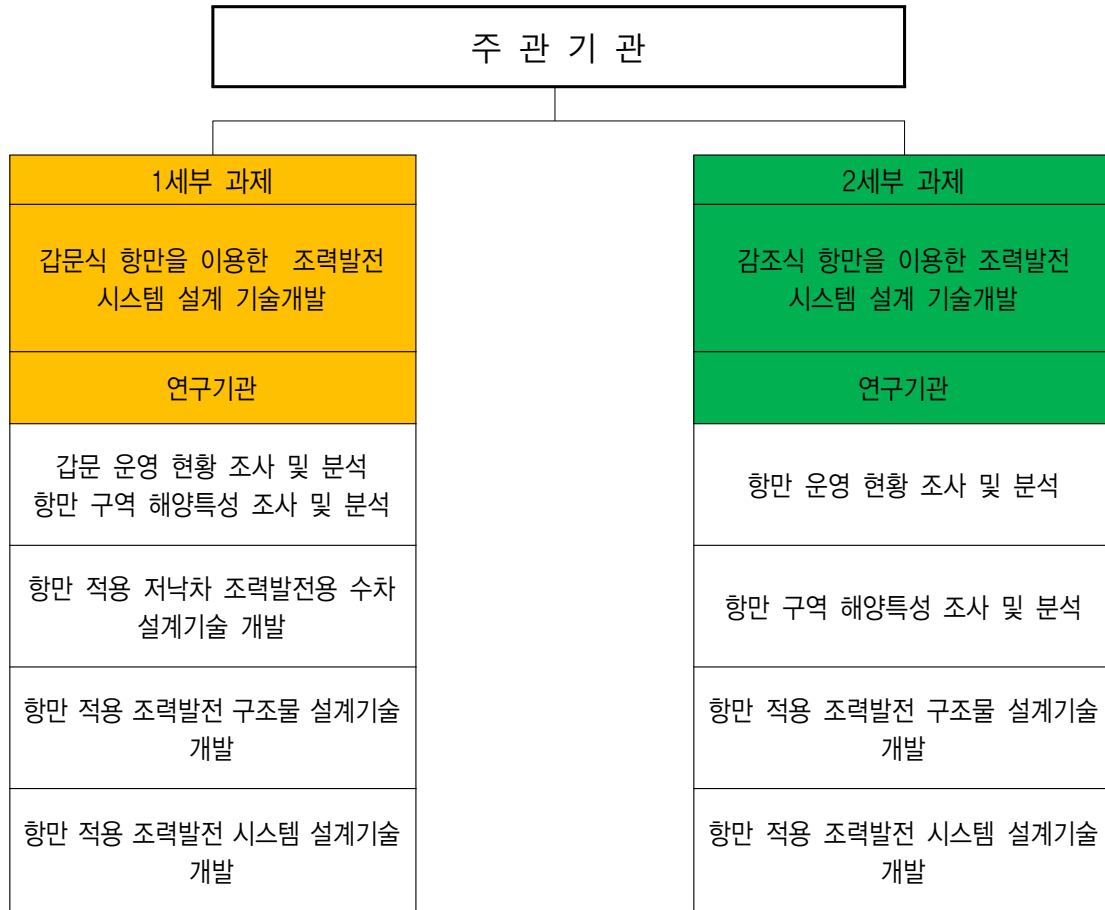


※ 본기획에서 도출된 과제들은 연구단이나 사업단으로 통합되어 추진될 과제가 아니며, 각과제(가~라 과제) 단독으로 추진되며, 타 기획과제와 같이 세부과제별 상호 연계성이 중요한 사항은 아님.

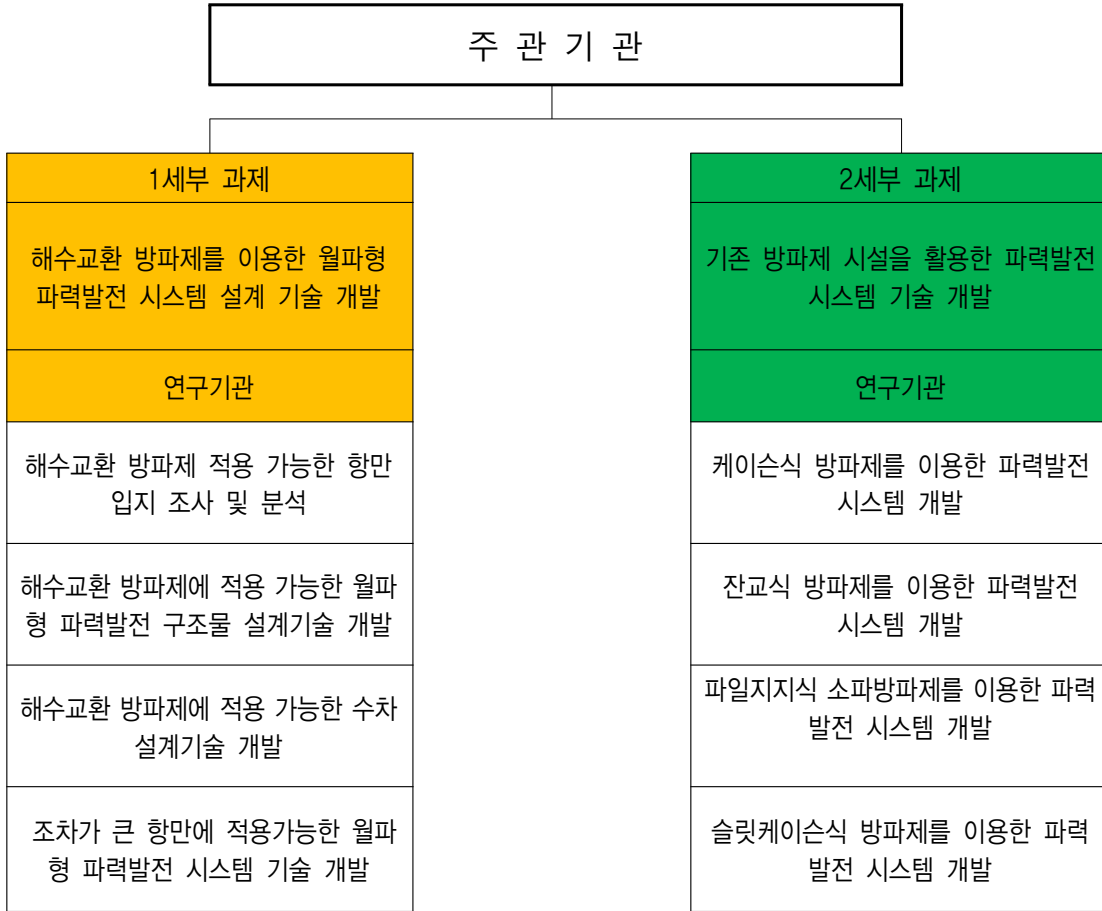
나. 항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발

주 관 기 관				
1세부 과제	2세부 과제	3세부 과제	4세부 과제	5세부 과제
지지 구조물 하중 평가 기술 개발	모노타워형 콘크리트 지지 구조물 (상단 강재부 포함) 개발	중력식 콘크리트 지지 구조물 (상단 강재부 포함) 개발	콘크리트 지지구조 해저기초 지반 기술 개발	콘크리트 해상풍력 지지 구조물 실증 단지 구축
연구기관	연구기관	연구기관	연구기관	연구기관
풍하중, 조류하중 등 환경하중 평가 기술 개발	모노타워형 콘크리트 지지구조 개발	중력식 콘크리트 지지구조 개발	콘크리트 구조 지지용 해저기초 지반 해석 기술 개발	지지 구조물 1기 이상 시공
풍력발전 블레이드와 지지 구조물 간의 상호 작용 평가 기술 개발	모노타워형 콘크리트 지지 구조물 해석/설계 기술 개발	중력식 콘크리트 지지 구조물 해석/설계 기술 개발	콘크리트 구조 지지용 해저기초 지반 설계 기술 개발	풍력 발전기 및 전력계통 연결
지반과 구조물과의 거동 평가 기술 개발	모노타워형 콘크리트 지지 구조물 시공기술 개발	중력식 콘크리트 지지 구조물 시공 기술 개발	해저기초 보호기술 개발	유지관리 및 운용 기술 개발
	모노타워형 콘크리트 지지 구조물 인증기술 개발	중력식 콘크리트 지지 구조물 인증 기술 개발	해저기초 인증기술 개발	운영 및 유지관리 상세 인증기술 개발

다. 항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발



라. 항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술 개발



제2절 에너지 절감 부문

1. 추진전략

- 글로벌 시장에서 경쟁력을 가질 수 있는 에너지자립형 기술이 개발되도록 기획의 연구개발 목표를 명확하고 구체적으로 수립
- 산업화 가능 기술로서 연구개발 완료 후 국내뿐만 아니라 해외 시장 수요에도 선도적으로 대응할 수 있는 중점기술 개발 분야를 선정
- 산학연관 관련 전문가로 구성된 국내외 인적자원을 최대한 활용하여 개발기술의 산업화와 실용화를 적극 유도할 수 있도록 추진
- 기 수행 연구개발 과제 및 실용화 기술과 연계하여 연구를 추진함으로써 연구개발사업의 연속성이 확보되도록 함
- 각 기술들을 종합적으로 테스트할 수 있는 Test-Bed를 구축하여 실제 환경 적용 전 예외 및 오류에 대해 사전 검증할 수 있도록 지원
- 기반조성단계, 도입(적용)단계, 확산단계, 자립화단계로 나누어 추진
 - 각 단계를 기술부문, 수요부문, 공급부문 및 성장전략으로 나누어 추진함



〈사업화 로드맵〉

· 단계별 주요 활동은 아래와 같음

단 계	주요 활동
기반조성단계 (사업화 준비)	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지자립형 기술개발 사업 착수 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 핵심부품에 대한 특허 추진 · 고객요구수렴을 통한 사업 진행에 대한 타당성 검토 및 계획 구상 · 기술개발을 위한 교류활동 등 R&D 기반 구축
도입(적용)단계 (시장 활성화)	<ul style="list-style-type: none"> · 1단계 개발된 기술에 대한 고도화 · 기술개발 결과물의 수요기업 파악 · 에너지 자립형 기술규격 표준화 및 인증관련 추진 · 상품개발 및 자체 브랜드 구축 · 개발기술의 수요기업 대상 기술이전 · 상용화 기반 신규법인 설립
확산단계 (해외시장진출단계)	<ul style="list-style-type: none"> · 개발된 기술에 대한 응용기술 개발 · 공동마케팅 및 해외로의 시장확대 · 제품 생산 양산체제 구축
자립화단계	<ul style="list-style-type: none"> · 지속적인 기술개발 · 수익창출 및 자립화

2. 추진계획

가. 연구기간

과제명	기술명	연구기간			
		1차년도	2차년도	3차년도	총기간
에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발	에너지 절감형 터미널 설계기술 개발	■	■		2년
	에너지 절감형 터미널 성능평가기술 개발		■	■	2년
	에너지 절감형 항만 환경평가기술 개발	■	■	■	3년
항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발	선박 육상전원 공급기술 개발	■	■	■	3년
	전기식 터미널 이송차량 기술 개발	■	■	■	3년
	엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발	■	■		2년

나. 소요예산

과제명	기술명	소요예산 (억원)			합계
		1차년도	2차년도	3차년도	
에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발	에너지 절감형 터미널 설계기술 개발	4	6	-	10
	에너지 절감형 터미널 성능평가기술 개발	-	4	4	8
	에너지 절감형 항만 환경평가기술 개발	3	6	3	12
항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발	선박 육상전원 공급기술 개발	2	8	4	14
	전기식 터미널 이송차량 기술 개발	4	4.5	4.5	13
	엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발	3	3	-	6

다. 소요인력

(1) 소요인력 산정 총괄

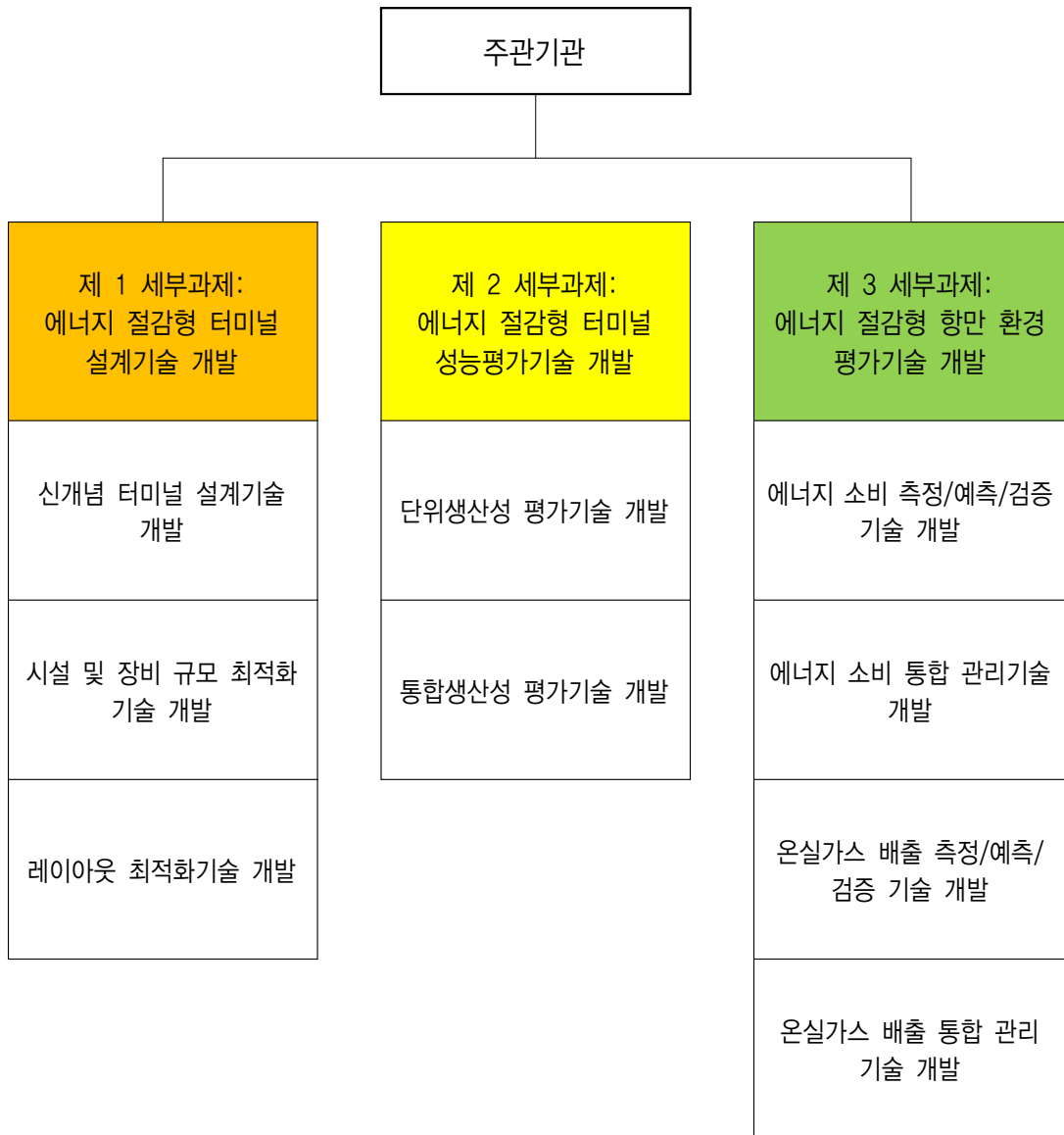
과제명	기술명	1차년도			2차년도			3차년도			합계
		책임급 이상	선임 급	원급 이하	책임급 이상	선임 급	원급 이하	책임급 이상	선임 급	원급 이하	
에너지 절감형 터미널 설계 및 평가 기술 개발	에너지 절감형 터미널 설계기술 개발	0.8	3.2	0.8	1.2	4.8	1.2	-	-	-	12
	에너지 절감형 터미널 성능평가기술 개발	-	-	-	0.8	3.2	0.8	0.8	3.2	0.8	9.6
	에너지 절감형 항만 환경 평가기술 개발	0.6	2.4	0.6	1.2	4.8	1.2	0.6	2.4	0.6	14.4
항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발	선박 육상전원 공급기술 개발	0.4	1.6	0.4	1.6	6.4	1.6	0.8	3.2	0.8	16.8
	전기식 터미널 이송차량 기술 개발	0.8	3.2	0.8	0.9	3.6	0.9	0.9	3.6	0.9	15.6
	엔진 가변속 RTGC 제어 기술 개발	0.6	2.4	0.6	0.6	2.4	0.6	-	-	-	7.2

(2) 소요인력 확보 방안

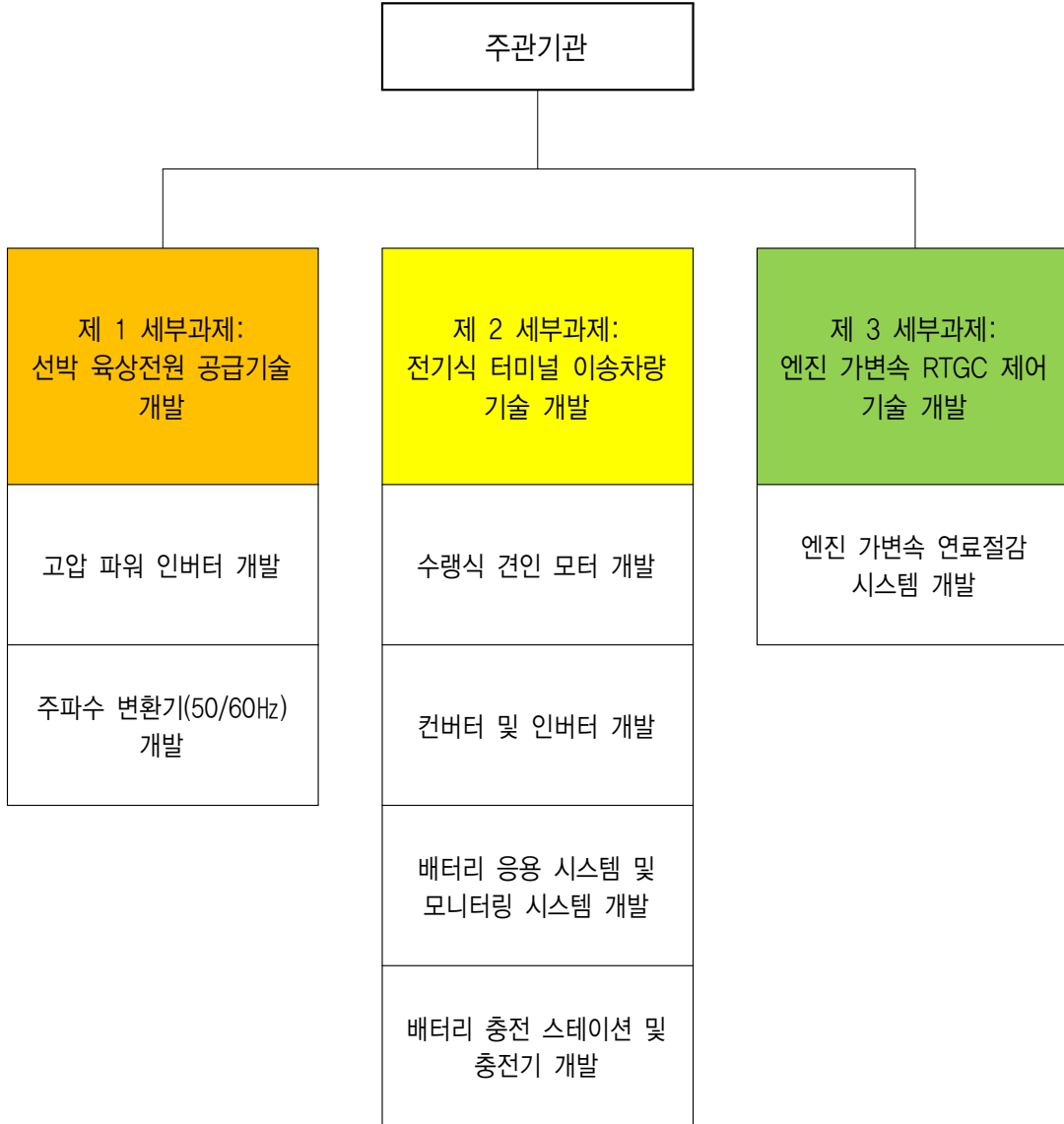
- 기존 전문가 집단 활용
 - 에너지 자립형 기술 분야 기존 전문가 풀 확보
 - 정기적인 자문 또는 사업 참여 유도를 통한 인력 확보 추진
 - 책임급 이상 고급 인력으로 활용 가능
- 관련 경험자 재교육
 - 에너지 자립형 기술 유사 분야의 경험을 가지고 있는 인력을 재교육하여 전문가로 확보
 - 사업 참여 유도 후 재교육 실시 가능
 - 선임급 이상 중급 인력으로 활용 가능
- 신규 인력 교육
 - 대학 및 연구소를 활용하여 관련 기술에 대한 집체 교육 실시
 - 에너지 자립형 기술 교육센터 개소를 통한 적극적인 인력 교육 실시
 - 주임급 이상 초급 인력으로 활용 가능

3. 추진체계

가. 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발



나. 항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발



제6장 연구개발 타당성 분석

제1절 신재생에너지 부문

1. 정책적 타당성 분석

가. 국가 전략적 중요성

- 정부는 저탄소 녹색성장을 위한 저탄소 녹색성장 기본법(2010.1)을 수립 및 시행하고 있으며, 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국에 진입한다는 비전을 구현하기 위해, 3대 전략, 10대 정책방향을 수립하였음
- 또한, 2020년까지 국가 온실가스 감축목표를 설정하고 2012년부터 발전회사 등을 상대로 발전량의 일정비율을 신재생에너지로 충당하도록 하는 의무할당제(RPS)를 도입할 계획임
- 항만은 국가 온실가스 배출량 중 2008년 기준 190만톤을 배출하고 있으며, 연간 에너지 사용비용은 1조원을 넘고 있음. 따라서, 이의 저감을 위한 대안으로 해양 에너지 및 신재생에너지를 사용하는 친환경 항만시스템의 개발이 필요함

나. 상위 계획과의 부합성

- 2008년 7월, 우리나라는 G8확대정상회의에서 국제사회의 온실가스 감축정책 노력에 적극적으로 동참하겠다는 의지를 표명함
- 국가에너지위원회는 2008년 8월 국가에너지기본계획(2008-2030)에서 2030년 신재생에너지 보급률을 총 1차에너지 대비 11%(2006년 2.24%)로 확대하기로 함
- 선진국대비 70% 수준(2006년 기준)에 그치고 있는 신재생에너지 기술을 2030년에는 선진국과 동등한 수준으로 향상시키고 태양광, 풍력, IGCC, 연료전지 등 4대 핵심 분야를 중심으로 수출산업화를 추진기로 함

- 2009년 8월 녹색성장위원회는 국가 온실가스 중기 감축목표를 설정하고 국민여론을 수렴하여 확정하기로 함
- 신재생에너지는 녹색성장위원회가 제시한 3개 시나리오에서 주요 감축 수단으로 고려되고 있어 신재생에너지에 대한 기술개발 및 보급이 더욱 가속화될 것으로 예상됨
- 항만에 다양하게 존재하는 신재생에너지를 활용한 에너지자립형 항만 기술 개발은 이상의 상위계획에 부합함.

다. 사업 추진상의 위험 요인과 대응방안

- 최근 선진국을 중심으로 기후변화협약과 교토의정서를 통해 환경파괴와 지구온난화를 극복하기 위해 신재생에너지가 부상하고 있고 이산화탄소 등 온실가스 배출에 대한 소유권이 설정되어 수급에 따라 온실가스 배출권이 형성되고 있음. 즉, 기존의 화석에너지로 대표되는 기존의 에너지를 대체할 수 있는 다양한 신재생에너지원에 대한 수요가 증가하고 있음. 이와 같은 배경에서 저탄소 녹색성장을 중심으로 정책기조가 형성되었음
- 신재생에너지에 대한 정책적 기조가 바뀔 경우, 사업 추진에 어려움이 예상되나, 최근 독일 등 선진국에서 원전을 단계적으로 포기하기로 결정하는 등, 신재생에너지 활용에 우선하고 있는 점으로 보아, 정책적 기조가 원자력 발전 또는 화석연료 발전으로 변경될 가능성은 적음

라. 사업 특수 평가항목

- 에너지 자립형 녹색항만 구축을 통한 그린 마켓 창출 가능
 - 연간 항만에서 사용되는 에너지 비용은 컨테이너 선석당 10억원 이상으로 전체 항만 운영비의 6.1% 차지
 - 국내 29개 무역항 및 25개 연안항의 연간 에너지 비용은 1조원 이상으로 추정됨
 - 따라서, 향후 에너지 자립형 녹색항만의 구축에 따라 매년 항만에서의 에너지 비용이 절감 가능

- 첨단 에너지 자립형 녹색항만 구축을 통해 신산업 개척 효과
 - 부족한 부존자원의 단점을 극복하고, 항만에서의 에너지 자립도를 높여 국가 녹색 성장에 기여

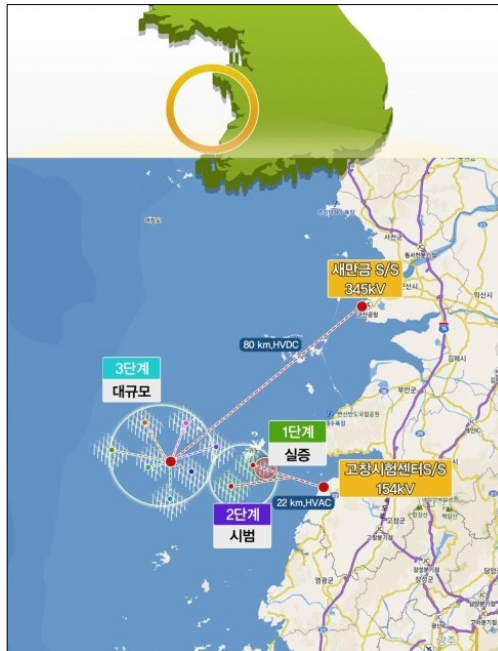
2. 기술적 타당성 분석

가. 기존 사업과의 중복성

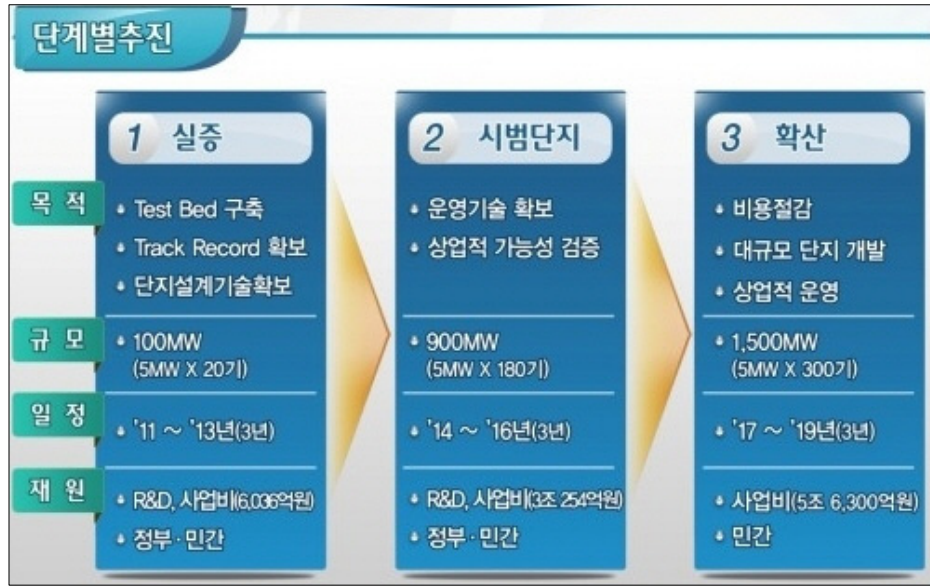
- 현재까지 국내에서 해양신재생에너지에 대해 이루어진 주요 연구로는 ‘시화호 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’, ‘가로림만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’, 그리고 ‘인천만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’이 있으며, 해상풍력발전으로는 부안-영광에 조성되는 대규모 풍력단지가 있음.
- ‘시화호 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’ 연구는 2000년부터 2002년까지 2년간 연구비 약 5억원이 투자되어 한국해양연구원에서 수행되었으며, 시화호의 해양특성조사 및 시화호 조력발전 개념설계에 대하여 연구 됨.
- 시화호 조력발전소는 10개의 26MW급 벌브형 터빈으로 구성된, 기존에 있던 댐을 활용하여 발전하는 형태이며, 시화호에 대한 창조식 조력발전 시스템 기반기술을 개발하여 시화호 조력발전소 건설 토대 마련하고, 에너지변환 장치 설계 기술 및 전력제어/계통연계 기술 개발 함.
- ‘시화호 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’은 조력발전 자체에 대한 연구로서 항만과 연계한 연구는 수행되지 않았으며, 현재 본 기획에서 도출하고자하는 과제와는 차별됨.
- ‘가로림만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’은 2000년부터 2002년까지 2년간 6억원의 연구비를 투입하여 한국해양연구원에서 수행되었으며, 가로림만의 해양특성조사와 가로림만에 설치될 조력발전에 대한 개념설계를 완성함.
- 가로림만에 대한 낙조식 조력발전 시스템 기반기술을 개발하여 가로림만 조력발전소 건설 토대 마련한데 큰 의의가 있으며, 이를 위한 에너지변환 장치 설계 기술 및 전력제어/계통연계 기술 개발을 수행함.

- ‘가로림만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’ 또한, 조력발전 자체와 해양 특성 조사 기술에 대한 연구로서, 본 기획에서 추구하고자하는 항만과의 연계된 해양신재생 에너지의이용 기술 개발과는 차별화 됨.
- 최근에 이루어진 해양신재생에너지 활용에 관한 연구인 ‘인천만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’은 2006년부터 2008년까지 2년간의 개발기간동안 60억원의 연구비를 투입하여 한국해양연구원에서 추진됨.
- ‘인천만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’에서는 인천만의 해양특성조사 및 분석하고, 1,440MW급 친환경 조력발전시스템 개념설계를 수행하였으며, 조력발전이 주변 환경에 미치는 영향을 연구함.
- ‘인천만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’을 통하여, 조력발전 해양환경 영향 예측 및 저감 기술을 개발하고, 조력발전 시스템 기능고도화 기술을 개발하였으며, 에너지변환 장치 설계 기술 및 전력제어/계통연계 기술을 개발함.
- ‘인천만 조력발전소 건설을 위한 실용화 기술개발’ 또한, 조력발전 자체와 해양특성 조사 기술에 대한 연구로서, 본 기획에서 추구하고자하는 항만과의 연계된 해양신재생 에너지의이용 기술 개발과는 차별화 됨.
- 해상풍력단지로서는 부안-영광지역 해상에 총 2,500MW 규모의 대규모 해상풍력발전단지 건설을 계획 중이며, 2008년 10월부터 2년 동안 우리나라 전체 해상을 대상으로 풍황, 수심, 계통연계조건, 해안과의 이격거리, 변전소 이격거리, 확장성 등을 조사하여 서남해안권중 부안-영광지역 해상을 최적지로 선정 됨.
- 부안-영광지역 해상에서의 바람 등급은 Class 3(6.9~7.5m/s)이며, 수심 20M 이내, 변전소 이격거리 15km, 300MW 이상의 대규모 단지 개발 가능하다고 판단되어, 부안-영광지역 해상에 실증단지 조성을 시작으로 2019년까지 3단계로 나누어 총 2,500MW 규모의 대규모 해상풍력발전단지 건설하는 계획이 수립됨.
- 부안-영광지역 해상풍력단지의 1단계는 2013년까지 100MW(5MW급 20기) 실증단지를 건설하여 Track Record 확보에 중점을 두었으며, 2단계는 2016년까지 900MW(5MW급 180기) 시범단지 건설하고, 3단계는 2019년까지 1,500MW(5MW급 300기) 해상풍력발전단지 추가 건설 계획임.

- 부안-영광지역 해상풍력단지의 전력계통은 1·2단계는 전북 고창변전소로, 3단계는 새만금 변전소로 연결할 계획이며, 총 투자 규모는 9조 2,590억 원으로서, 이중 정부는 해상구조물 등의 기술개발에 290억 원을 지원하고, 나머지 발전기 개발·설치, 지지구조물 설치·계통연계 등 대부분의 예산은 민간에서 투자할 계획임.
- 부안-영광지역 해상풍력단지 계획 또한, 해상풍력단지를 조성하여 육상으로 송전하는 부분에 초점이 맞추어져 있으며, 본 기획에서 추구하고자 하는 항만과의 연계된 해양신재생 에너지의이용 기술 개발과는 차별화된다고 할 수 있음.
- 그간 국내 풍력발전 관련 기술개발은 발전 터빈 제작 기술에 집중되어 왔으며 상당한 수준의 연구개발과 실용화가 이루어진 단계임. 현재 5MW급 이상을 목표로 기술 개발에 집중하고 있음.
- 중공업 분야에서 석유시추 구조물 제작에 성과가 있으나 해상 풍력 설계 기술은 해외에 의존하고 있음
- 하부 해저지반에 가설 기술은 취약하며, 강재 구조물이 주종을 이루고 있음. 강재 지지구조 타워 및 천해용 기초 기술 중 일부의 요소기술이 연구 개발되고 있으나, 초기 단계이며 전체 지지 구조물 시스템에 관한 연구는 없음.



〈부안-영광지역 해상풍력단지의 배치도〉



〈부안-영광지역 해상풍력단지 추진 로드맵〉

나. 기술 수준 및 개발 성공 가능성

- 국내 신재생에너지 기술의 수준은 선진국 대비 50~70%로 알려져 있으나 풍력, 조력, 파력 등 해양 분야 신재생에너지 기술은 이보다 떨어짐. 따라서 해양 신재생에너지는 즉각적인 실용화가 힘들기 때문에 핵심요소기술 확보, 현장 테스트를 통한 개발기술의 유효성 검증을 거쳐 개발기술을 실제 에너지자립형 녹색항만 구축에 적용하는 단계적 실용화 전략이 필요함.
- 본 과업에서 기획된 4개의 도출과제인, 「항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발」, 「기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발」, 「항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발」 및 「항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술 개발」 과제는 모두 해양 신재생에너지를 항만에 연계할 있는 새로운 아이디어를 기반으로 하여, 현재 수준에서 활용할 수 있는 모든 기술과 연구 추진 시 개발의 성공이 확실시 되는 기술에 의해 과업 기간 내에 성공적으로 완수될 수 있도록 설정됨.
- 「기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발」 과제는 다음과 같은 연구로 구성되며, 각각의 연구에서 개발된 방파제, 접합부, 접합형 풍력타워를 최종적으로 조립하여 결과물을 도출함.

- 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 안전성 평가 기술 개발
 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 설계 기술 개발
 - 풍력타워-방파제 접합 및 보강 형식 개발
 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 배치 기술 개발
 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 시공 기술 개발 및 현장 검증
- 「항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발」 과제는 다음과 같은 연구로 구성되며, 각각의 연구는 순차적으로 수행되며, 각각의 연구 결과가 누적되어 최종 결과물이 도출됨.
- 지지 구조물 하중평가 기술 개발
 - 모노타워형 콘크리트지지 구조물 개발
 - 중력식 콘크리트지지 구조물 개발
 - 콘크리트 지지구조 해저기초 지반 기술 개발
 - 콘크리트 해상풍력 지지 구조물 실증단지 구축
- 「항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발」 은 크게 갑문이 있는 경우와 갑문이 없는 경우에 대한 조력발전 시스템을 구축하는 기술로 다음과 같은 연구로 구성되며, 각각의 연구는 순차적으로 수행되며, 각각의 연구 결과가 누적되어 최종 결과물이 도출됨.
- 갑문식 항만을 이용한 조력발전 시스템 개발
 - 갑조식 항만을 이용한 조력발전 시스템 개발
 - 관련 분야의 핵심 연구기관과 기업이 참여하는 산·학·연 협동연구로 추진
 - 테스트베드를 통한 연구개발 결과 실증
- 「항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술 개발」 은 기존의 방파제 제작기술과 파력 발전 기술을 융합하여, 해수교환 방파제를 이용한 월파형 파력발전 시스템 설계 기술 개발 및 기존 방파제 시설을 활용한 파력발전 시스템 기술을 개발하며, 다음과 같은 연구로 구성 됨.

- 파력에너지를 활용하여 에너지 자립형 항만을 구축하기 위해 기존 방파제를 활용한 파력발전 시스템을 설계
- 이에 관련된 성능을 평가하는 핵심기술을 개발
- 관련 분야의 핵심 연구기관과 기업이 참여하는 산·학·연 협동연구로 추진
- 테스트베드를 통한 연구개발 결과 실증
- 참여기업을 통한 연구개발 결과의 상용화 추진

다. 사업 특수 평가항목

○ 본 기획에서 도출된 연구 사업은 모두 순수 국내 기술로 수행되며, 사업 성공시 국내에서 개발된 에너지 절감형 기술, 친환경 기술을 해외 시장으로 수출할 수 있는 발판을 마련한다고 할 수 있음. 따라서 본 도출 연구사업의 평가 시에는 국외의 기술을 단순히 도입하는 것이 아닌 순수 국내 기술로 개발하여, 국내의 에너지 저감형 기술, 친환경 기술 개발의 기본 발판을 마련하고 국제특허를 취득하여, 해외 시장을 개척할 수 있는 가능성을 평가시 고려하여야 한다고 판단됨. 따라서 다음과 같은 항목으로 사업을 평가할 수 있음.

- 기술 독립성 : 일정 비율이상의 국내 기술 적용 및 특허 건 수
- 실용화 가능성 : 현장 검증과 테스트 베드를 통한 실용화 검증
- 시장 확보 가능성 : 시공 능력과 경제성을 고려한 시장 개척 및 확보
- 기술 수출 가능성 : 국내에서 개발된 기술의 해외 수출 또는 해외 건설 시장 개척

3. 경제적 타당성 분석

가. 기본가정

(1) 기본전제

- 본 분석에서는 가능한 한 투자비용은 탄력적으로 책정하는 반면 투자편익은 보수적으로 산출하여 정부투자자와 같은 공공투자가 범하기 쉬운 제2종 오류(Type II Error)¹²⁾의 가능성을 최소화하도록 경주
- 그린포트 기술개발에 대한 경제성분석의 모든 비용과 편익은 2011년도(1월1일) 불변가격으로 계상

(2) 분석기간

- 경제적 비용과 편익에 대한 추정기간을 설정하는데 있어서 가장 중요한 요소는 주요시설에 대한 경제적 내용연수(Economic Life)를 결정하는 사항
 - 추정기간을 장기로 하였을 경우에 동일한 사업의 순현재가치(NPV)나 내부수익률(IRR)이 높아지는 효과가 나타날 수 있으므로 투자 타당성을 의도적으로 높이기 위해 장기의 추정기간을 선정할 가능성도 상존
- 추정기간을 설정하는데 있어서 가장 중요한 요소는 주요시설의 경제적 수명(Economic Life)
 - 그러나 주요시설별로 경제적수명이 각기 다르기 때문에 각 시설의 투자비를 가중치로 하여 평균 경제적 수명(Average Economic Life)을 구하여 추정기간으로 설정하는 방법이 있음
 - 또 다른 방법으로서 주요시설의 투자 사업에서 통상적으로 적용하는 기간을 사용하는 방법이 있음
 - 실제로 추정기간은 사업별, 투자분석 목적별로 각각 다르게 사용하고 있으며, 국내에서는 통상적으로 20~40년을 기준으로 평가

12) 가설검정에서 발생하는 두 가지 오류 중에 귀무가설 H가 사실이 아닌데도 그 가설 H를 수용함으로써 발생하는 오류를 말함.

- 이는 정확한 장기 수요예측이 어려울 뿐만 아니라 30년 이후에는 예상수익의 현재가치가 영에 수렴하기 때문
- 본 과업에서는 편익의 발생기간을 투자완료 후 30년으로 전제

(3) 사회적 할인율

- 기술연구 사업의 타당성을 결정하기 위해서는 산출된 편익과 비용을 비교해야 하는데 비용은 주로 사업 초기, 편익은 후기에 장기적으로 거쳐 발생하게 되므로 매년도의 비용과 편익을 단순 합계하여 비교할 경우에는 시간요소를 무시하게 되는 문제점이 존재
- 따라서 미래의 비용과 편익을 현재가치라는 공통단위로 바꾸어야 할 필요성이 있는데 이는 미래의 비용과 편익의 흐름을 하나의 적절한 할인율을 통하여 할인함으로써 가능
- 할인율은 자원의 기회비용(Opportunity Cost), 즉 투자 사업에 사용된 자본이 다른 투자 사업에 사용되었을 경우 얻을 수 있는 수익을 추정하게 할 뿐 아니라 사람에 따라, 혹은 사회에 따라, 그리고 시대에 따라 다를 수 있는 시간의 객관적인 가치를 평가
- 대부분의 국가에서는 투자사업의 특성에 따라 할인율을 자국의 경제성장률, 물가상승률, 경제적 잠재능력 등을 고려하여 개괄적인 방법으로 정부가 추정하여 사용하고 있는데, 일반적으로 개발도상국의 경우는 7~8% 이상, 선진국의 경우는 보통 5~6% 수준이 적용되고 있음
- 기획재정부의 「예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 연구」에서는 우리나라 사회적 할인율을 9~10%(명목기준) 정도로 추정하고, 90년대의 물가상승률을 감안하여 실질할인율을 5% 내외로 추정하였음
- 본 연구에서는 마지막으로 조정된 KDI 연구결과를 통대로 사회적 할인율을 5.5%로 적용하여 분석하였음

(4) 비용의 산정

- 본 연구의 경제적 비용은 테스트베드 비용을 제외하고, 기술개발을 위한 연구비로 적용
 - 기술개발을 위한 사업비로서 유지운영비는 없는 것으로 산정
- 풍력설비 : 2012~2017년 6년간 185억 단계별 투자
- 파력설비 : 2013~2017년 5년간 80억 단계별 투자
- 조력설비 : 2013~2017년 5년간 70억 단계별 투자

〈기술별 단계별 투자비〉

단위 : 억원

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	합계
풍력설비	20	40	43	47	15	20	185
파력설비		10	10	20	20	20	80
조력설비		11	19	15	15	10	70

(5) 편익의 산정

- 본 연구의 편익은 기술 개발의 목적에 부합하도록 산정함
- 즉, 조력, 파력, 풍력과 관련한 본 연구의 기술 개발은 공사비 절감을 목적으로 하기 때문에 관련 부문의 총 공사비 절감분을 편익으로 설정
- 기술 분야별 총 공사비는 다음과 같음

〈기술분야별 총 공사비(2020년 기준)〉

단위 : 억원

구 분	풍력설비	파력설비	조력설비
풍력설비	5,915	640	640

- 기술개발을 통해 가능한 공사비 절감비율은 다음과 같이 적용함
 - 풍력 : 공사비 중 30%를 차지하는 ‘기초 및 타워비용’ 부분 공사비의 30% 절감

- 파력 : 5MW 파력설비 공사비의 25% 절감
- 조력 : 5MW 조력설비 공사비의 25% 절감
- 경제성 분석에서 편익에 R&D 기여도 및 사업화 성공률을 고려하여 경제성 분석을 수행
 - R&D 기여도는 사업의 시행결과 발생하는 편익 중에서 순수하게 R&D 활동에 의해 이루어지는 비율을 의미
 - 사업화 성공률은 상업화를 목표로 추진되는 R&D 사업의 결과물이 경제적인 편익이 발생 가능한 상태로 출하되거나 수요자에게 공급될 수 있는 상태로 전화되는 비율을 의미(R&D 과제의 사업화율은 28~34%로 추정)

(6) 경제적 타당성 판단 기준

- 경제적 타당성의 판단은 순현재가치법, 내부수익률법 및 편익/비용의 비율법 등으로 구분할 수 있으며, 각 방법을 개괄하면 다음과 같음.

(가) 편익/비용의 비율법

- 편익/비용의 비율(B/C ratio : Benefit/Cost Ratio)이란 미래의 현금유입의 현재 대비 현금유출의 현재를 말함.
 - 이를 식으로 표현하면 다음과 같음.

$$\sum_{t=1}^n \frac{CBt}{(1+IRR)^t} / \sum_{t=1}^n \frac{CCt}{(1+IRR)^t}$$

여기서, CBt : t시점의 편익의 현금흐름
 CCt : t시점의 비용의 현금흐름
 IRR : 내부수익율

- 의사결정기준
 - 상호배타적인 투자안의 의사결정방법으로 편익/비용의 비율법을 사용할 때는 이

비율이 가장 큰 투자안을 선택

- 독립적인 투자안의 경우에는 투자안의 편익/비용의 비율이 1보다 큰 모든 투자안을 투자가치가 있는 것으로 평가

(나) 순현재가치법

- 순현재가치(NPV : Net Present Value)법은 투자로 인하여 발생할 미래의 모든 현금흐름을 적절한 할인율로 할인하여 현재로 나타내어서 투자결정에 이용하는 기법
- 일반적으로 투자로 인하여 발생할 미래의 모든 현금흐름의 현재는 다음 계산식에 의해 산출

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

여기서, PV(Present Value) : 현금흐름의 현재가치

CF_t : t시점의 현금흐름

R : 할인율

- 순현재가치는 위의 산식에 의해 구해진 현금유입의 현재(편익의 현재)에서 현금유출의 현재(비용의 현재)를 차감한 값
- 의사결정기준
 - 상호배타적인 투자안의 의사결정방법으로 순현재가치법을 사용할 때는 순현재가가 가장 큰 투자안을 선택
 - 독립적인 투자안의 경우에는 투자안의 순현재가가 영(0)보다 큰 모든 투자안을 투자가치가 있는 것으로 평가

(다) 내부수익율법

- 내부수익율(IRR : Internal Rate of Return)이란 미래의 현금흐름의 순현재가를 영(0)으로 만드는 할인율을 말하며, 이를 달리 표현하면 현금유입의 현재와 현금유출의 현재를 동일하게 만드는 할인율이라 할 수 있음.
- 이를 식으로 표현하면 다음과 같음.

$$\sum_{t=1}^n \frac{CB_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{CC_t}{(1+IRR)^t}$$

여기서, CB_t : t시점의 편익의 현금흐름
 CC_t : t시점의 비용의 현금흐름
 IRR : 내부수익율

○ 의사결정기준

- 상호배타적인 투자안의 의사결정방법으로 내부수익율을 사용할 때는 내부수익율이 가장 큰 투자안을 선택
- 독립적인 투자안의 경우에는 투자안의 내부수익율이 사회적 할인율(본연구에서는 5.5%)보다 큰 모든 투자안을 투자가치가 있는 것으로 평가

(7) 민감도 분석

- 다음으로 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 수행하게 되는데, 이는 투자 안에 영향을 끼칠 수 있는 변수들에 변화가 발생할 경우 당해 투자안의 경제성 분석결과에 어떠한 영향을 줄 수 있는지를 분석하기 위한 절차
- 본 분석에서는 비용 및 편익 항목의 가변성을 검토하여 분석
 - 즉, 비용 5% 증가(민감도 A), 편익 5% 감소(민감도 B), 비용 5% 증가와 편익 5% 감소(민감도 C)의 3개 대안을 구성하여 분석을 수행

나. 경제성 분석 결과

○ 기술분야별 경제성 분석 결과는 다음과 같음

(1) 풍력설비

구 분	원 안	민감도 A	민감도 B	민감도 C
		비용 5% 증가	편익 5% 감소	비용 5% 증가 편익 5% 감소
비용의 현가	155	163	155	163
편익의 현가	329	329	313	313
순현재가치(NPV)	-26	-33	-31	-37
비용-편익비(B/C Ratio)	0.79	0.75	0.75	0.72
내부수익율(IRR,%)	1.57	0.77	0.77	-0.02

(2) 파력설비

구 분	원 안	민감도 A	민감도 B	민감도 C
		비용 5% 증가	편익 5% 감소	비용 5% 증가 편익 5% 감소
비용의 현가	63	67	63	67
편익의 현가	99	99	94	94
순현재가치(NPV)	1.2	1.1	1.1	0.9
비용-편익비(B/C Ratio)	0.47	0.45	0.44	0.40
내부수익율(IRR,%)	-0.05	-0.07	-0.08	-0.12

(3) 조력설비

구 분	원 안	민감도 A	민감도 B	민감도 C
		비용 5% 증가	편익 5% 감소	비용 5% 증가 편익 5% 감소
비용의 현가	57	60	57	60
편익의 현가	99	99	94	94
순현재가치(NPV)	-16	-18	-18	-20
비용-편익비(B/C Ratio)	0.52	0.50	0.50	0.47
내부수익율(IRR,%)	-0.019	-0.024	-0.024	-0.020

제2절 에너지 절감 부문

1. 정책적 타당성 분석

가. 국가 전략적 중요성

- 정부는 저탄소 녹색성장을 위한 저탄소 녹색성장 기본법(2010.1)을 수립 및 시행하고 있으며, 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국에 진입한다는 비전을 구현하기 위해, 3대 전략, 10대 정책방향을 수립하였음
- 2020년까지 국가 온실가스 감축목표를 BAU 대비 30% 절감으로 설정하고 에너지 사용량 절감 및 친환경 에너지원로의 전환을 위해 노력하고 있음
- 항만은 국가 온실가스 배출량 중 2008년 기준 190만톤을 배출하고 있으며, 연간 에너지 사용비용은 1조원을 넘고 있음. 따라서, 이의 저감을 위한 대안으로 에너지 사용량을 절감할 수 있는 친환경 항만시스템의 개발이 필요함
- 항만에서의 에너지 유류비용은 2020년 1조3천억원을 넘어설 것으로 판단되며, 항만 비용증가는 우리나라 항만의 경쟁력을 떨어뜨리는 중요한 요인임. 따라서, 향후 항만 경쟁력 강화를 위한 에너지비용 절감 대책이 필요함

나. 상위 계획과의 부합성

- 2008년 7월, 우리나라는 G8확대정상회의에서 국제사회의 온실가스 감축정책 노력에 적극적으로 동참하겠다는 의지를 표명함
- 우리나라에서는 온실가스 저감을 2020년 BAU 대비 30% 감축안이 국무회의에서 의결됨에 따라, 항만을 포함한 전 산업분야에서의 2005년 기준으로 2020년 BAU 배출량 30% 저감 목표를 수립
- 정부의 저탄소 녹색성장 기본법의 추진원칙에 따라 “정부는 사회·경제활동에서 에너지와 자원 이용의 효율성을 높이고 자원순환을 촉진한다.” 항만내 에너지와 자원 활용 제고 필요

- 항만에 다양하게 존재하는 에너지 절감 대안을 활용한 에너지절감형 항만 기술 개발은 이상의 상위계획에 부합함.

다. 사업 추진상의 위험 요인과 대응방안

- 최근 선진국을 중심으로 기후변화협약과 교토의정서를 통해 환경파괴와 지구온난화를 극복하기 위해 신재생에너지가 부상하고 있고 이산화탄소 등 온실가스 배출에 대한 소유권이 설정되어 수급에 따라 온실가스 배출권이 형성되고 있음. 즉, 기존의 화석에너지로 대표되는 기존의 에너지를 대체할 수 있는 다양한 신재생 에너지원에 대한 수요가 증가하고 있음. 이와 같은 배경에서 저탄소 녹색성장을 중심으로 정책기조가 형성되었음
- 신재생에너지에 대한 정책적 기조가 바뀔 경우, 사업 추진에 어려움이 예상되나, 최근 독일 등 선진국에서 원전을 단계적으로 포기하기로 결정하는 등, 신재생에너지 활용에 우선하고 있는 점으로 보아, 정책적 기조가 원자력 발전 또는 화석연료 발전으로 변경될 가능성은 적음

라. 사업 특수 평가항목

- 에너지 자립형 녹색항만 구축을 통한 그린 마켓 창출 가능
 - 연간 항만에서 사용되는 에너지 비용은 컨테이너 선석당 10억원 이상으로 전체 항만 운영비의 6.1% 차지
 - 국내 30개 무역항 및 25개 연안항의 연간 에너지 비용은 1조원 이상으로 추정됨
 - 따라서, 향후 에너지 자립형 녹색항만의 구축에 따라 매년 항만에서의 에너지 비용 절감 가능
- 첨단 에너지 자립형 녹색항만 구축을 통해 신산업 개척 효과
 - 부족한 부존자원의 단점을 극복하고, 항만에서의 에너지 자립도를 높여 국가 녹색 성장에 기여

2. 기술적 타당성 분석

가. 기존 사업과의 중복성

- 기존 연구 사업은 첨단항만핵심기술개발사업, 지능형항만물류시스템기술개발, 고효율 항만하역시스템 기술개발 등의 과제가 있으나, 에너지 절감 사업 연구는 수행실적이 없음
 - ‘첨단항만핵심기술개발사업’은 자동화터미널 건설을 위한 연구개발 사업임
 - ‘지능형 항만물류시스템 기술개발사업’은 초대형선에 대비한 고생산성 항만하역 장비 및 운영시스템 개발 사업임
 - ‘고효율 항만하역시스템 기술개발’은 자동화 RTGC 및 비산먼지 방지 등을 위한 연구임
 - 아직까지 항만의 에너지절감을 위한 연구 수행실적이 없음.

〈기존 연구사업 검토〉

주관 부처	연구사업명	내용	예산 (억 원)
해양수산부 과학기술부	첨단항만 핵심기술개발	첨단항만무인장비제어 및 통합운영핵심기술개발	145
국토해양부	지능형 항만물류 시스템 기술개발	세부과제 9개	391
국토해양부	-	고효율 항만하역시스템 기술 개발	150

나. 기술 수준 및 개발 성공 가능성

- 국내 항만 에너지 절감 기술의 수준은 2007년에 선진국 대비 65%로 조사되었고, 그 후 여러 실용화 사업을 통해 많은 향상이 이루어지고 있음. 따라서 항만 에너지 절감 기술은 단기적인 실용화 과제로 적용할 필요가 있으며, 핵심기술을 빠르게 확보하고 현장 테스트를 거친다면 실제 에너지자립형 녹색항만 구축에 적용할 수 있음

- 본 과업에서 기획된 2개의 도출과제인 「에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발」, 「항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발」 과제는 모두 항만의 에너지 사용량 절감을 위한 새로운 아이디어를 기반으로 하여, 현재 항만과 연계해서 활용할 수 있는 모든 기술과 연구 추진 시 개발의 성공이 확실시 되는 기술에 대해 과업 기간내에 성공적으로 완수 될 수 있도록 설정하였음
- 「에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발」 과제는 다음과 같은 연구로 구성되며, 각각의 연구에서 개발된 설계기술, 성능평가기술, 환경평가기술 등의 종합하여 결과물을 도출함.
 - 에너지 절감형 터미널 설계기술 개발
 - 에너지 절감형 터미널 성능평가기술 개발
 - 에너지 절감형 항만 환경평가기술 개발
- 「항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발」 과제는 다음과 같은 연구로 구성되며, 각각의 연구에서 개발된 설계기술, 성능평가기술, 환경평가기술 등의 종합하여 결과물을 도출함.
 - 선박 육상전원공급기술 개발
 - 전기식 터미널 이송차량 기술 개발
 - 엔진 가변속 RTGC 제어 기술 개발

다. 사업 특수 평가항목

- 본 기획에서 도출된 연구 사업은 모두 순수 국내 기술로 수행되며, 사업 성공시 국내에서 개발된 에너지 절감형 기술, 친환경 기술을 해외 시장으로 수출할 수 있는 발판을 마련한다고 할 수 있음. 따라서 본 도출 연구사업의 평가 시에는 국외의 기술을 단순히 도입하는 것이 아닌 순수 국내 기술로 개발하여, 국내의 에너지 절감형 기술, 친환경 기술 개발의 기본 발판을 마련하고 국제특허를 취득하여, 해외 시장을 개척할 수 있는 가능성을 평가 시 고려하여야 한다고 판단. 따라서 다음과 같은 항목으로 사업을 평가할 수 있음.
 - 기술 독립성 : 일정 비율이상의 국내 기술 적용 및 특허 건 수

- 실용화 가능성 : 현장 검증과 테스트 베드를 통한 실용화 검증
- 시장 확보 가능성 : 시공 능력과 경제성을 고려한 시장 개척 및 확보
- 기술 수출 가능성 : 국내에서 개발된 기술의 해외 수출 또는 해외 건설 시장 개척

3. 경제적 타당성 분석

가. 기본가정

(1) 기본전제

- 본 분석에서는 가능한 한 투자비용은 탄력적으로 책정하는 반면 투자편익은 보수적으로 산출하여 정부투자자와 같은 공공투자가 범하기 쉬운 제2종 오류(Type II Error)¹³⁾의 가능성을 최소화하도록 경주
- 그린포트 기술개발에 대한 경제성분석의 모든 비용과 편익은 2011년도(1월1일) 불변가격으로 계상

(2) 분석기간

- 경제적 비용과 편익에 대한 추정기간을 설정하는데 있어서 가장 중요한 요소는 주요시설에 대한 경제적 내용연수(Economic Life)를 결정하는 사항
 - 추정기간을 장기로 하였을 경우에 동일한 사업의 순현재가치(NPV)나 내부수익률(IRR)이 높아지는 효과가 나타날 수 있으므로 투자 타당성을 의도적으로 높이기 위해 장기의 추정기간을 선정할 가능성도 상존
- 추정기간을 설정하는데 있어서 가장 중요한 요소는 주요시설의 경제적 수명(Economic Life)
 - 그러나 주요시설별로 경제적수명이 각기 다르기 때문에 각 시설의 투자비를 가중치로 하여 평균 경제적 수명(Average Economic Life)을 구하여 추정기간으로 설정하는 방법이 있음

13) 가설검정에서 발생하는 두 가지 오류 중에 귀무가설 H₀가 사실이 아닌데도 그 가설 H₀를 수용함으로써 발생하는 오류를 말함.

- 또 다른 방법으로서 주요시설의 투자 사업에서 통상적으로 적용하는 기간을 사용하는 방법이 있음
- 실제로 추정기간은 사업별, 투자분석 목적별로 각각 다르게 사용하고 있으며, 국내에서는 통상적으로 20~40년을 기준으로 평가
- 이는 정확한 장기 수요예측이 어려울 뿐만 아니라 30년 이후에는 예상수익의 현재가치가 영에 수렴하기 때문
- 본 과업에서는 편익의 발생기간을 투자완료 후 30년으로 전제

(3) 사회적 할인율

- 기술연구 사업의 타당성을 결정하기 위해서는 산출된 편익과 비용을 비교해야 하는데 비용은 주로 사업 초기, 편익은 후기에 장기적으로 거쳐 발생하게 되므로 매년도의 비용과 편익을 단순 합계하여 비교할 경우에는 시간요소를 무시하게 되는 문제점이 존재
- 따라서 미래의 비용과 편익을 현재가치라는 공통단위로 바꾸어야 할 필요성이 있는데 이는 미래의 비용과 편익의 흐름을 하나의 적절한 할인율을 통하여 할인함으로써 가능
- 할인율은 자원의 기회비용(Opportunity Cost), 즉 투자 사업에 사용된 자본이 다른 투자 사업에 사용되었을 경우 얻을 수 있는 수익을 추정하게 할 뿐 아니라 사람에 따라, 혹은 사회에 따라, 그리고 시대에 따라 다를 수 있는 시간의 객관적인 가치를 평가
- 대부분의 국가에서는 투자사업의 특성에 따라 할인율을 자국의 경제성장률, 물가상승률, 경제적 잠재능력 등을 고려하여 개괄적인 방법으로 정부가 추정하여 사용하고 있는데, 일반적으로 개발도상국의 경우는 7~8% 이상, 선진국의 경우는 보통 5~6% 수준이 적용되고 있음
- 기획재정부의 「예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 연구」에서는 우리나라 사회적 할인율을 9~10%(명목기준) 정도로 추정하고, 90년대의 물가상승률을 감안하여 실질할인율을 5% 내외로 추정하였음

- 본 연구에서는 마지막으로 조정된 KDI 연구결과를 통대로 사회적 할인율을 5.5%로 적용하여 분석하였음

(4) 비용의 산정

- 본 연구의 경제적 비용은 테스트베드 비용을 제외하고, 기술개발을 위한 연구비로 적용
 - 기술개발을 위한 사업비로서 유지운영비는 없는 것으로 산정
- 설계 및 평가기술 : 2012~2014년 3년간 30억 단계별 투자
- 핵심기술 : 2012~2014년 3년간 33억 단계별 투자

〈기술별 단계별 투자비〉

단위 : 억원

구 분	2012년	2013년	2014년	합계
설계 및 평가	7	16	7	30
핵심기술	9	15.5	8.5	33

(5) 편익의 산정

- 본 연구의 편익은 기술 개발의 목적에 부합하도록 산정함
- 즉, 설계 및 평가, 핵심기술과 관련한 본 연구의 기술 개발은 유사 외국기술과 국내 개발기술의 도입비용 및 운영비용 절감을 목적으로 하기 때문에 관련 부문의 절감분을 편익으로 설정(10개 터미널에 설치 시 편익)
- 기술별 도입비용 및 운영비용은 다음과 같음.

〈기술별 도입비용 차이(2020년 기준)〉

단위 : 억원

구 분	도입비용	운영비용
설계 및 평가	15	7.5
핵심기술	20	10

- 기술개발을 통해 가능한 공사비 절감비율은 다음과 같이 적용함
 - 설계 및 평가 : 20% 절감
 - 핵심기술 : 25% 절감
- 경제성 분석에서 편익에 R&D 기여도 및 사업화 성공률을 고려하여 경제성 분석을 수행
 - R&D 기여도는 사업의 시행결과 발생하는 편익 중에서 순수하게 R&D 활동에 의해 이루어지는 비율을 의미
 - 사업화 성공률은 상업화를 목표로 추진되는 R&D 사업의 결과물이 경제적인 편익이 발생 가능한 상태로 출하되거나 수요자에게 공급될 수 있는 상태로 전화되는 비율을 의미(R&D 과제의 사업화율은 30% 적용)

(6) 경제적 타당성 판단 기준

- 경제적 타당성의 판단은 순현재가치법, 내부수익률법 및 편익/비용의 비율법 등으로 구분할 수 있으며, 각 방법을 개괄하면 다음과 같음.

(가) 편익/비용의 비율법

- 편익/비용의 비율(B/C ratio : Benefit/Cost Ratio)이란 미래의 현금유입의 현재 대비 현금유출의 현재를 말함.
 - 이를 식으로 표현하면 다음과 같음.

$$\sum_{t=1}^n \frac{CB_t}{(1+IRR)^t} / \sum_{t=1}^n \frac{CC_t}{(1+IRR)^t}$$

여기서, CB_t : t시점의 편익의 현금흐름

CC_t : t시점의 비용의 현금흐름

IRR : 내부수익율

- 의사결정기준
 - 상호배타적인 투자안의 의사결정방법으로 편익/비용의 비율법을 사용할 때는 이

비율이 가장 큰 투자안을 선택

- 독립적인 투자안의 경우에는 투자안의 편익/비용의 비율이 1보다 큰 모든 투자안을 투자가치가 있는 것으로 평가

(나) 순현재가치법

- 순현재가치(NPV : Net Present Value)법은 투자로 인하여 발생할 미래의 모든 현금흐름을 적절한 할인율로 할인하여 현가로 나타내어서 투자결정에 이용하는 기법
- 일반적으로 투자로 인하여 발생할 미래의 모든 현금흐름의 현가는 다음 계산식에 의해 산출

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

여기서, PV(Present Value) : 현금흐름의 현재가치

CF_t : t시점의 현금흐름

R : 할인율

- 순현재가치는 위의 산식에 의해 구해진 현금유입의 현가(편익의 현가)에서 현금유출의 현가(비용의 현가)를 차감한 값
- 의사결정기준
 - 상호배타적인 투자안의 의사결정방법으로 순현재가치법을 사용할 때는 순현재가가 가장 큰 투자안을 선택
 - 독립적인 투자안의 경우에는 투자안의 순현재가가 영(0)보다 큰 모든 투자안을 투자가치가 있는 것으로 평가

(다) 내부수익율법

- 내부수익율(IRR : Internal Rate of Return)이란 미래의 현금흐름의 순현재가를 영(0)으로 만드는 할인율을 말하며, 이를 달리 표현하면 현금유입의 현가와 현금유출의 현가를 동일하게 만드는 할인율이라 할 수 있음.
- 이를 식으로 표현하면 다음과 같음.

$$\sum_{t=1}^n \frac{CB_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{CC_t}{(1+IRR)^t}$$

여기서, CB_t : t시점의 편익의 현금흐름

CC_t : t시점의 비용의 현금흐름

IRR : 내부수익율

○ 의사결정기준

- 상호배타적인 투자안의 의사결정방법으로 내부수익율을 사용할 때는 내부수익율이 가장 큰 투자안을 선택
- 독립적인 투자안의 경우에는 투자안의 내부수익율이 사회적 할인율(본연구에서는 5.5%)보다 큰 모든 투자안을 투자가치가 있는 것으로 평가

(7) 민감도 분석

- 다음으로 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 수행하게 되는데, 이는 투자 안에 영향을 끼칠 수 있는 변수들에 변화가 발생할 경우 당해 투자안의 경제성 분석결과에 어떠한 영향을 줄 수 있는지를 분석하기 위한 절차
- 본 분석에서는 비용 및 편익 항목의 가변성을 검토하여 분석
 - 즉, 비용 5% 증가(민감도 A), 편익 5% 감소(민감도 B), 비용 5% 증가와 편익 5% 감소(민감도 C)의 3개 대안을 구성하여 분석을 수행

나. 경제성 분석 결과

○ 기술분야별 경제성 분석 결과는 다음과 같음

(1) 설계 및 평가

구 분	원 안	민감도 A	민감도 B	민감도 C
		비용 5% 증가	편익 5% 감소	비용 5% 증가 편익 5% 감소
비용의 현가	27	28	27	28
편익의 현가	33	33	31	31
순현재가치(NPV)	-17	-19	-18	-19
비용-편익비(B/C Ratio)	0.36	0.35	0.35	0.33
내부수익율(IRR,%)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

(2) 핵심기술

구 분	원 안	민감도 A	민감도 B	민감도 C
		비용 5% 증가	편익 5% 감소	비용 5% 증가 편익 5% 감소
비용의 현가	30	31	30	31
편익의 현가	54	54	52	52
순현재가치(NPV)	-13	-15	-14	-16
비용-편익비(B/C Ratio)	0.55	0.52	0.52	0.50
내부수익율(IRR,%)	-17.72	-19.80	-19.80	#DIV/0!

제7장 연구개발 효과 분석

제1절 신재생에너지 부문

1. 기대효과

- 항만의 지속가능한 운영을 위해서는 친환경적인 청정에너지, 특히 향후에도 고갈 가능성이 낮은 신재생에너지를 적극 활용하여야 하고 자체적인 에너지 생산이 가능하여야 함
- 따라서, 친환경적으로 사용할 수 있는 에너지를 개발하여 항만에 적용하여, 항만의 환경오염을 해결하고, 화석연료의 소비를 최소화할 수 있는 친환경 에너지 활용 체계를 구축함
- 기후변화에 대응한 항만의 활동역량을 강화하고 저탄소 에너지 자립화를 위한 종합적인 적응계획을 수립하여 온실가스 배출을 감축함
- 항만시설과 연계한 ‘기존 항만구조물 활용 풍력발전시스템 개발’, ‘항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발’, ‘항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술개발’, ‘항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술개발’을 추진하여, 청정에너지원 개발, 기술자립화, 생태 친화적 항만공간 구축, 지속가능한 녹색 성장에 기여

2. 파급효과

- 항만시설물을 이용한 발전 시스템의 경우 항만시설물 이외의 조건으로 확장이 가능하며, 이 경우 항만 경계 외에서의 복합발전단지의 구축에 기여할 것임
- 해상풍력 콘크리트지지 구조물 해석/설계 기술은 저탄소 에너지 자립형 항만 및 연안 대규모 해상풍력 실증단지에 활용될 수 있으며, 에너지 아일랜드 기술개발에 활용될 수 있음

- 항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술개발을 통해 개발되는 저낙차 조력발전 용 수차 설계기술은 소수력발전 등에 활용 될 수 있음
- 기존 항만시설물 이용 파력/풍력 발전 시스템의 개발은 기존 방파제의 기능을 고 파랑으로부터의 방어에 제한했던 한계를 극복하고, 신재생에너지를 활용할 수 있는 기초구조물로서의 기능으로 확장함

제2절 에너지 절감 부문

1. 기대효과

- 항만의 지속가능한 운영을 위해서는 항만 설계 및 운영단계에서 환경 친화적이며 에너지 절감이 가능한 항만을 구축하고 에너지 절감형 항만장비를 설치 운영해야함
- 에너지 절감형 항만을 구축하기 위한 신개념 터미널 설계 및 핵심기술 개발을 통해 항만의 유류비용 및 전기비용의 최소화, 항만 운영비용 감소, 친환경 항만 건설 등이 가능함
 - 항만 에너지 소비량을 기존 대비 20%, 항만 온실가스 배출량 20% 감축 가능
- 또한 에너지 절감형 항만 운영장비 개발을 통해 유류를 사용하는 선박에너지원의 육상 전기에너지화 가능, 이송 차량의 전기에너지화를 통한 에너지 비용 절감, CO₂의 획기적인 절감 및 이송차량의 소음 감소 등 친환경 항만 운영환경 구축 가능
 - 선박의 부두 접안시 선박유류비의 50%, 엔진구동방식 이송차량 대비 운영비 50%, RTGC 연료비 35% 절감 가능
- 항만 설계 및 운영과 연계한 ‘에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발’, ‘항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발’을 추진하여, 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가, 에너지 절감형 항만 장비 개발, 생태 친화적 항만공간 구축, 지속가능한 녹색성장에 기여

2. 파급효과

- 에너지 저감형 터미널 설계 및 평가기술 개발을 통해 건설 및 설계관련 산업인 건설, 엔지니어링, IT 업체 등의 친환경 설계 및 평가 능력 향상 가능함. 또한 상용화를 통해 축적된 기술을 이용하여 해외 항만 개발 사업 추진을 통해 국부 창출에 기여
- 친환경 항만장비 개발을 통해 항만 장비업계의 기술력 향상 가능. 축적된 기술을 통해 해외 항만 장비시장 진입 및 확대 가능함
- 또한 컨테이너를 처리하는 내륙의 ICD, IFD에 에너지 절감형 장비 운영을 통해 운영비용 감소, 소음 및 CO₂ 절감으로 민원 발생 감소 등 가능
- 기후변화에 대응한 항만의 기능을 재정립하는 동시에 운영비용 감소, 화주의 친환경 물류 요구 수준 만족 등을 통해 항만 경쟁력 강화 가능

제8장 연구개발 성과 지표 및 목표

제1절 신재생에너지 부문

가. 기존 항만구조물 활용 풍력발전시스템 개발

(1) 1차년도 정량적, 정성적 성과지표 및 목표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
1 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	1편	1.6건/10억
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	0편	0.16건/10억
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	2편	4건/10억
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	0건	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	0건	해당 사업을 통해 산출된 시제품 제작
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	0건	해당 사업을 통해 사업화/제품화된 건수
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	0건	해당 사업을 통해 신시장이 창출된 건수
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	0%	해당 사업을 통해 증가한 민간 투자 증가율
	6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	2인	해당연구를 통한 전문 인력 양성

(2) 2차년도 정량적, 정성적 성과지표 및 목표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
2 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	1편	1.6건/10억
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	0편	0.16건/10억
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	3편	4건/10억
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	2건	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	0건	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	0건	해당 사업을 통해 산출 된 시제품 제작
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	0건	해당 사업을 통해 사업 화/제품화된 건수
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	0건	해당 사업을 통해 신시 장이 창출된 건수
		해당 사업의 민간투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	0%	해당 사업을 통해 증가 한 민간 투자 증가액 또는 증가율
	6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	2인	해당연구를 통한 전문 인력 양성

(3) 3차년도 정량적, 정성적 성과지표 및 목표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
3 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2편	1.6건/10억
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	0편	0.16건/10억
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	5편	4건/10억
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	2건	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	1건	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	0건	해당 사업을 통해 산출 된 시제품 제작
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	0건	해당 사업을 통해 사업 화/제품화된 건수
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	0건	해당 사업을 통해 신시 장이 창출된 건수
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	5%	해당 사업을 통해 증가 한 민간 투자 증가액 또는 증가율
	6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	3인	해당연구를 통한 전문 인력 양성

(4) 4차년도 정량적, 정성적 성과지표 및 목표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
4 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2편	1.6건/10억
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	1편	0.16건/10억
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	6편	4건/10억
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	1건	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	2건	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	2건	해당 사업을 통해 산출 된 시제품 제작
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	0건	해당 사업을 통해 사업 화/제품화된 건수
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	2건	해당 사업을 통해 신시 장이 창출된 건수
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	15%	해당 사업을 통해 증가 한 민간 투자 증가액 또는 증가율
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	2인	해당연구를 통한 전문 인력 양성	

(5) 5차년도 정량적, 정성적 성과지표 및 목표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
5 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	3편	1.6건/10억
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	1편	0.16건/10억
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	8편	4건/10억
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	1건	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	1건	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	3건	해당 사업을 통해 산출 된 시제품 제작
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	3건	해당 사업을 통해 사업 화/제품화된 건수
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	3건	해당 사업을 통해 신시 장이 창출된 건수
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	45%	해당 사업을 통해 증가 한 민간 투자 증가액 또는 증가율
	6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	3인	해당연구를 통한 전문 인력 양성

나. 항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발

(1) 1차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
1 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	8	대한토목학회논문집 등 게재 8건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	4	
		학술회의 발표 논문 건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	12	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 12건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	4	환경하중 평가 기술 개발 세미나, 지반거동 평가 기술 개발 관련 세미나 등
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	4	지지구조물 하중평가 기술 개발 관련 특허 4건
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수		
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수		
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시		
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우		
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율		
6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적			

(2) 2차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
2 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문게 재 건수 제시	10	대한토목학회논문집 등 게재 10건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	5	Engineering Structures (예정) 5건
		학술회의 발표 논문 건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	15	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 15건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	5	모노타워형 콘크리트 지지구조 기술 개발 세미나, 구조물 해석/ 설계 기술 관련 세미나
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	5	모노타워형 콘크리트 지지 구조물 관련 특허 5건
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수		
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수		
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시		
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우		
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율		
	6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적		

(3) 3차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
3 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	10	대한토목학회논문집 등 게재 10건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	5	Engineering Structures (예정) 5건
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	15	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 15건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	5	중력식 콘크리트 지지 구조 기술 개발 세미나, 시공기술 및 인증기술 관련 세미나
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수		
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	5	지지구조물 하중평가 기술 개발 관련 특허 5건
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수		
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시		
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우		
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율		
	6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적		

(4) 4차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
4 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문게재 건수 제시	12	대한토목학회논문집 등 게재 12건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	6	Engineering Structures (예정) 6건
		학술회의 발표 논문 건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	18	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 18건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	4	해저기초 지반 해석/설계 기술 개발 세미나, 해저기초 보호기술 관련 세미나
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수		
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	5	모노타워형 콘크리트 지지 구조물 관련 특허 5건
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	1	콘크리트 해상풍력 지지 구조물 실증단지 구축
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	1	지지 구조물 1기 이상 시공
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	1건	신형식 콘크리트 지지 구조물 신 시장 창출
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율		
	6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성된 인력의 전공분야별 배출실적		

다. 항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술개발

(1) 1차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
1 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2	대한토목학회논문집 등 게재 2건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시		
		학술회의 발표 논문 건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	2	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 2건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2	항만을 활용한 조력 발전 기술 개발 세미나 등
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수		
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수		
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수		
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시		
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우		
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율		
	6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적		

(2) 2차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
2 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2	대한토목학회논문집 등 게재 2건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	1	Renewable Energy 등
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	2	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 5건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2	항만을 활용한 조력 발전 기술 개발 세미나 등
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	2	항력식 수차 등 관련 기술 특허 출원
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수		
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수		
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시		
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우		
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율		
	6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적		

(3) 3차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
3 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2	대한토목학회논문집 등 게재 2건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	1	Renewable Energy 등
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	2	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 5건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2	항만을 활용한 조력 발전 기술 개발 세미나 등
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수		
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수		
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수		
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시		
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우		
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율		
	6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적		

(4) 4차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
4 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2	대한토목학회논문집 등 게재 2건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	1	Renewable Energy 등
		학술회의 발표 논문건수 (국내/ 국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	2	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 5건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 흥 보건수	세미나, 워크샵 개최	2	항만을 활용한 조력 발전 기술 개발 세미나 등
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수		
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수		
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	1	해당사업을 통해 산출된 시제품/현장 시험 건수
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시		
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우		
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대 응비율 및 증가율		
	6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성된 인력의 전공 분야별 배출실적		

(5) 5차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
5 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2	대한토목학회논문집 등 게재 2건
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	2	Renewable Energy 등
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	2	대한토목학회 정기 학술대회 등 발표 5건
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2	항만을 활용한 조력 발전 기술 개발 세미나 등
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수		
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	2	항력식 수차 등 관련 기술 특허 출원
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수		
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시		
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우		
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율		
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적			

라. 항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술개발

(1) 1차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
1 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	1편	
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	-	
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	2편	
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	-	
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	-	
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	-	
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	-	
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	
	6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	-	

(2) 2차년도 정량적, 정성적 성과지표

성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2편	
	SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	-	
	학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	3편	
2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	2건	해당사업을 통해 산출된 특허등록 건수
	특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	-	
4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	-	
	사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	
5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	
	해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성된 인력의 전공분야별 배출실적	1인	해당사업을 통한 전문 인력 양성

(3) 3차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
3 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2편	
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	-	
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	3편	
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	2건	해당사업을 통해 산출 된 특허등록 건수
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	1건	해당사업을 통해 산출 된 특허 출원 건수
	4. 실용화 및 상용화	신제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	1건	해당사업을 통해 산출 된 신제품/현장시험 건 수
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	
	6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	1인	해당사업을 통한 전문 인력 양성

(4) 4차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
4 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2편	
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	1편	
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	3편	
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	1건	해당사업을 통해 산출 된 특허등록 건수
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	2건	해당사업을 통해 산출 된 특허 출원 건수
	4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	2건	해당사업을 통해 산출 된 신제품/현장시험 건 수
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	2건	해당사업을 통해 산출 된 사업화/제품화 건수
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	2건	해당사업을 통해 창출 된 신규사업
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	1인	해당사업을 통한 전문 인력 양성	

(5) 5차년도 정량적, 정성적 성과지표

	성과 분야	성과지표	측정방법	목표치	목표치 설정 근거
5 차 년 도	1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	2편	
		SCI 급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	1편	
		학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	3편	
	2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크샵 개최	2건	연구개발성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
	3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허출원 건수	1건	해당사업을 통해 산출 된 특허등록 건수
		특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출 된 특허등록 건수	1건	해당사업을 통해 산출 된 특허 출원 건수
	4. 실용화 및 상용화	신제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	2건	해당사업을 통해 산출 된 신제품/현장시험 건수
		사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	2건	해당사업을 통해 산출 된 사업화/제품화 건수
	5. 산업발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	2건	해당사업을 통해 창출 된 신규사업
		해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	1인	해당사업을 통한 전문 인력 양성	

제2절 에너지 절감 부문

가. 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발

(1) 에너지 절감형 터미널 설계기술 개발

성과 분야	성과지표	측정방법	목표치			목표치 설정 근거
			1차년도	2차년도	3차년도	
1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	0.64편	0.96편	-	1.6건/10억
	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	0.064편	0.096편	-	0.16건/10억
	학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	1.6편	2.4편	-	4건/10억
2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보건수	세미나, 워크숍 개최	1건	1건	-	연구개발 중간성과에 대한 대국민. 정부 대상 홍보
3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	1건	1건	-	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수
	특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	-	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수
4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	-	2건	-	해당 사업을 통해 산출된 시제품 제작
	사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	1건	-	해당 사업을 통해 사업화/제품화된 건수
5. 산업 발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	1건	-	해당 사업을 통해 신시장이 창출된 건수
	해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	5%	-	해당 사업을 통해 증가한 민간 투자 증가액 또는 증가율
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성된 인력의 전공분야별 배출실적	1인	1인	-	해당연구를 통한 전문인력 양성

(2) 에너지 절감형 터미널 성능평가기술 개발

성과 분야	성과지표	측정방법	목표치			목표치 설정 근거
			1차년도	2차년도	3차년도	
1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	-	0.64편	0.64편	1.6건/10억
	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	-	0.064편	0.064편	0.16건/10억
	학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	-	1.6편	1.6편	4건/10억
2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크숍 개최	-	1건	1건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	-	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수
	특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	-	-	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수
4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	-	-	2건	해당 사업을 통해 산출된 시제품 제작
	사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	-	1건	해당 사업을 통해 사업화/제품화된 건수
5. 산업 발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	-	1건	해당 사업을 통해 신시장이 창출된 건수
	해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응비율 및 증가율	-	-	5%	해당 사업을 통해 증가한 민간 투자 증가액 또는 증가율
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성된 인력의 전공 분야별 배출실적	-	1인	1인	해당연구를 통한 전문인력 양성

(3) 에너지 절감형 항만 환경평가기술 개발

성과 분야	성과지표	측정방법	목표치			목표치 설정 근거
			1차년도	2차년도	3차년도	
1. 논문	학술지 게재 논문 건수 (국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	0.48편	0.96편	0.48편	1.6건/10억
	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	0.048편	0.096편	0.048편	0.16건/10억
	학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	1.2편	2.4편	1.2편	4건/10억
2. 연구성과 확산 노력	연구개발 관련 홍보건수	세미나, 워크숍 개최	1건	1건	1건	연구개발 중간성과에 대한 대국민. 정부 대상 홍보
3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	1건	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수
	특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	-	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수
4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/ 현장시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	-	2건	2건	해당 사업을 통해 산출된 시제품 제작
	사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	1건	1건	해당 사업을 통해 사업화/제품화된 건수
5. 산업 발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	1건	1건	해당 사업을 통해 신시장이 창출된 건수
	해당 사업의 민간투자 증가액	총사업비 중 민간 대응비율 및 증가율	-	5%	15%	해당 사업을 통해 증가한 민간 투자 증가액 또는 증가율
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성된 인력의 전공 분야별 배출실적	1인	1인	1인	해당연구를 통한 전문인력 양성

나. 항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발

(1) 선박 육상전원 공급기술 개발

성과 분야	성과지표	측정방법	목표치			목표치 설정 근거
			1차년도	2차년도	3차년도	
1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	0.32편	1.28편	0.64편	1.6건/10억
	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	0.032편	0.128편	0.064편	0.16건/10억
	학술회의 발표 논문 건수 (국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	0.8편	3.2편	1.6편	4건/10억
2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크숍 개최	1건	1건	1건	연구개발 중간성과 에 대한 대국민. 정부 대상 홍보
3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	1건	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수
	특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	-	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수
4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	-	2건	2건	해당 사업을 통해 산출된 시제품 제작
	사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	1건	1건	해당 사업을 통해 사업화/제품화된 건수
5. 산업 발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	1건	1건	해당 사업을 통해 신시장이 창출된 건수
	해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	5%	15%	해당 사업을 통해 증가한 민간 투자 증가액 또는 증가율
6. 인력양성	전공분야별 인력 양성 배출실적	해당사업을 통해 양성 된 인력의 전공분야별 배출실적	1인	1인	1인	해당연구를 통한 전문인력 양성

(2) 전기식 터미널 이송차량 기술 개발

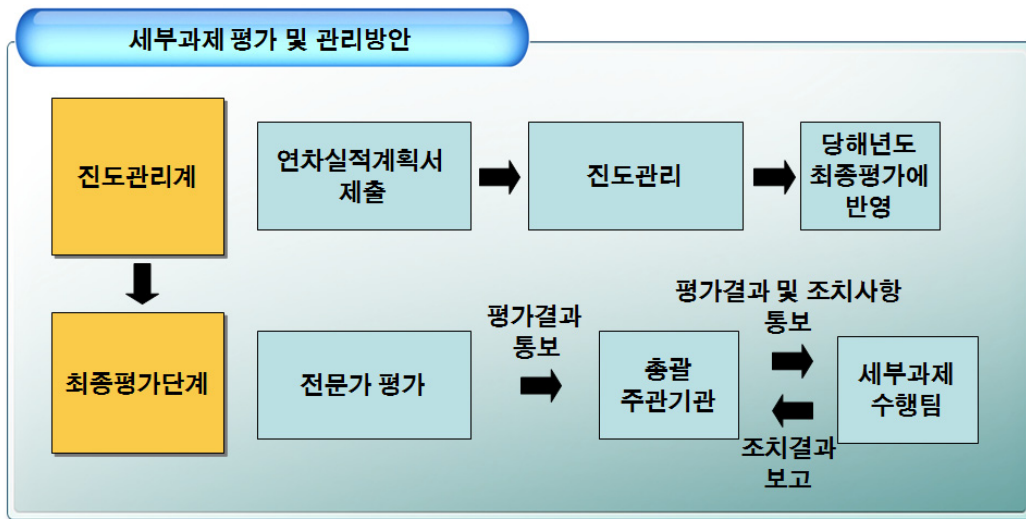
성과 분야	성과지표	측정방법	목표치			목표치 설정 근거
			1차년도	2차년도	3차년도	
1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	0.64편	0.72편	0.72편	1.6건/10억
	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	0.064편	0.072편	0.072편	0.16건/10억
	학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	1.6편	1.8편	1.8편	4건/10억
2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크숍 개최	1건	1건	1건	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	1건	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수
	특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	-	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수
4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	-	2건	2건	해당 사업을 통해 산출된 시제품 제작
	사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	1건	1건	해당 사업을 통해 사업화/제품화된 건수
5. 산업 발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	1건	1건	해당 사업을 통해 신시장이 창출된 건수
	해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	5%	15%	해당 사업을 통해 증가한 민간 투자 증가액 또는 증가율
6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성된 인력의 전공분야별 배출실적	1인	1인	1인	해당연구를 통한 전문인력 양성

(3) 엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발

성과 분야	성과지표	측정방법	목표치			목표치 설정 근거
			1차년도	2차년도	3차년도	
1. 논문	학술지 게재 논문 건수(국내/국외)	국내외 학술지 논문 게재 건수 제시	0.48편	0.48편	-	1.6건/10억
	SCI급 학술지 게재 논문 건수	SCI급 학술지 게재 논문 건수 제시	0.048편	0.048편	-	0.16건/10억
	학술회의 발표 논문 건수(국내/국외)	학술회의에 참가해 발표한 건수	1.2편	1.2편	-	4건/10억
2. 연구성과 확산노력	연구개발 관련 홍보 건수	세미나, 워크숍 개최	1건	1건	-	연구개발 중간성과에 대한 대국민, 정부 대상 홍보
3. 특허	특허출원 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수	1건	1건	-	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수
	특허등록 건수 (국내/국외)	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수	-	1건	1건	해당 사업을 통해 산출된 특허등록 건수
4. 실용화 및 상용화	시제품 출시/현장 시험 건수	신기술의 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 건수	-	2건	-	해당 사업을 통해 산출된 시제품 제작
	사업화/제품화 건수	제품화 사례 제시	-	1건	-	해당 사업을 통해 사업화/제품화된 건수
5. 산업 발전효과	신시장 창출 기여도	신규산업이 창출된 경우	-	1건	-	해당 사업을 통해 신시장이 창출된 건수
	해당 사업의 민간 투자 증가액	총사업비 중 민간대응 비율 및 증가율	-	5%	-	해당 사업을 통해 증가한 민간 투자 증가액 또는 증가율
6. 인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적	해당사업을 통해 양성된 인력의 전공분야별 배출실적	1인	1인	-	해당연구를 통한 전문인력 양성

제3절 세부과제 평가 및 관리 방안

- 본 기획에서 제안하는 연구개발 과제의 추진 유형은 일반과제로서, 연구개발은 세부과제 진도관리단계, 최종평가단계로 구분하여 체계적으로 관리함



〈세부과제 평가 및 관리방안〉

- 진도관리단계
 - 연차실적계획서 작성 및 진도관리
 - 연차실적계획서에 따라 실행위원회에서 매월 사업 진도에 대한 관리
 - 연 2회(전·후반기) 연구진행 상황 평가
 - 후반기 진도관리는 연차실적·계획서와 전반기 진도관리 결과를 종합하여 계속지원여부 결정
 - 차기년도 과제에 반영
 - 진도관리 결과를 차기년도 과제수행 예산 및 추진여부에 반영
- 최종평가단계
 - 전문가 평가
 - 세부연구과제별 공개발표회 개최

- 공개발표 시 전문가가 참여하여 결과평가 병행 실시
- 평가결과 및 조치사항 통보
 - 전문가 평가결과 및 조치사항을 통보
 - 세부연구과제별 조치결과 통보
 - 연구과제의 목표 및 성과관리 수행

제9장 연구개발 성과의 사업화 방안

제1절 신재생에너지 부문

1. 사업화 가능성 분석

- 기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발
 - 현재 해상풍력 구조물의 공사비 중 많은 부분이 하부구조의 건설에 소요되고 있으며, 이는 육상풍력발전 시설에 비해 해상풍력 발전시설 건설의 비용을 상승시키는 요인이 되고 있음.
 - 따라서 항만시설인 방파제를 하부구조로 이용하는 해상풍력시스템은 고비용이 소요되는 하부구조의 건설비를 절감하여 경제적인 해상풍력발전 시스템을 구성할 수 있음.
 - 또한, 본 과업에서 연구되는 방파제 접합형 풍력발전 시스템의 개발은 기존의 방파제에 직접 해상풍력발전타워를 건설할 수 있도록 하며, 이 기술은 다른 풍력발전 타워에도 적용 가능한 요소 기술임.
 - 따라서 항만시설 접합형 풍력타워, 풍력타워 지지형 방파제, 기존 방파제에 풍력타워의 연결을 가능케 하는 연결부 장치의 개발은 새로운 시장을 창출하며, 기존의 해상풍력발전 시장을 확대할 수 있음.
 - 본 기술은 급속 시공이 필요한 타 구조물에도 적용이 가능하여, 시장의 확대를 꾀할 수 있음.
- 항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발
 - 남서해안 연안의 경우, 남서해안의 해저지반(퇴적층) 특성상 깊은 퇴적층으로 인해 시공성은 다소 불리하나 상대적으로 환경피해가 적고, 경제적 측면에서 유리한 Jacket식 기초형식이 적정 형식으로 판단됨
 - 상기 검토 결과에서 보는 바와 같이 해상풍력 기초구조물은 수심조건 뿐만 아니라 해저지반 조건에 따라서도 상당한 영향(구조형식, 시공성, 경제성 등)을 받음.

- 저수심대 또는 사질층 등 지지력 확보가 다소 용이한 해저지반의 경우, 콘크리트 중력식 기초가 상대적으로 적정한 구조형식일 것으로 사료됨. 콘크리트 중력식 기초의 경우, 육상 제작장에서 공장형 시스템폼 또는 슬립폼에 의해 제작되어 품질확보가 용이하며 또한 대형 케이슨(W=10,000~15,000톤)의 제작 및 운반(F/D 선 국내업체 보유)이 가능하여 안정성, 경제성 확보가 타 구조형식보다 유리함.

○ 항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술개발

- 우리나라 서해안 특히 경기만 해역은 지형적인 영향으로 세계적인 조수간만차를 보유하고 있는 해역이며, 높은 조수간만차를 이용하여 인천만, 강화만, 가로림만 등의 위치에서 조력발전소 건설이 다각적으로 추진되고 있는 실정임을 감안하면, 항만 경계 특히 갑문을 이용하는 인천항을 대상으로 갑문식 조력발전 시스템 기술 개발을 사업화 가능성이 매우 높음.
- 또한, 갑문식 조력발전 시스템 기술개발 역시 높은 조위차가 발생하는 평택항을 대상으로 기술개발을 추진할 경우 사업화 가능성은 있는 것으로 판단됨.

○ 우리나라의 연간 파력 부존량은 영국, 포르투갈 등 서유럽국가에 비해서 낮은 편이지만, 지형적, 계절적 변동성이 커서, 편서풍이 지배적인 겨울철에는 서남해안을 중심으로 높은 파력에너지가 존재하는 것으로 알려짐. 대규모 파력발전 단지보다, 소규모 발전시설에 대한 연구가 진행된다면, 서남해에 위치한 항만의 친환경 발전에 큰 도움이 될 것으로 예상됨. 또한, 해수교환방파제를 이용한 월파형 파력발전 시스템은 항내 수질정화 기능까지 갖춘 발전시스템으로써, 친환경 방파제 시스템의 표준 역할을 할 수 있을 것으로 예상됨.

2. 사업화 방안

○ 기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발

- 본 도출 과업의 핵심 기술은, 항만시설 접합형 풍력타워, 풍력타워 지지형 방파제, 기존 방파제에 풍력타워의 연결을 가능케 하는 연결부 장치이며, 이 기술들은 해상풍력발전 시설 건설비를 경감할 수 있는 기술인 동시에, 항만의 에너지 소비를 경감하고, 청정 항만을 구축할 수 있는 기술임.

- 본 개발 기술의 최종 수요자는 항만운영자이며, 건설사 및 중공업업체가 본 기술을 이용하여 사업을 수행하는 구조임.
 - 따라서 본 개발 기술의 사업화는 1) 건설사 및 중공업 업체에 개발 기술을 라이선싱하고 기술 지원을 하는 사업 구조, 2) 항만시설 연계 해상풍력시설 건설사업에 특화된 전문 기업의 설립의 두 가지를 고려할 수 있으며, 3) 전술된 두 가지 역할을 모두 수행하는 전문 기술 기업 또한 고려할 수 있음.
 - 본 사업의 규모와 기술 특성을 고려할 때, 특허를 바탕으로 기술지원을 수행하고 기술료를 취득하는 방법이 현실성이 있다고 판단 됨.
- 항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발
 - 국내 해상풍력 여건에 적합한 신형식 콘크리트지지 구조물 개발을 위해, 설계기준 및 설계기술 확립, 시공기준 및 건설기술 확보, 운영 및 유지보수 기술 확보. 또한, 건설 예정인 해상풍력단지와 연계한 콘크리트 지지구조물 실증단지 구축
 - 사업화 전략으로, 해상풍력 지지구조물 연구개발 성과 활용을 위한 범부처 간 협력체계 구축하고, 국내 관련업체의 참여를 통해 경험 및 기술 노하우 전수함. 또한, 산학연 및 국내 인증기관과의 협동연구 추진체계를 구축하여 진행.
 - 항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술개발
 - 갑문식 조력발전 시스템 기술 개발은 높은 조수간만차가 발생하고, 갑문 시설이 있는 인천항의 충수 시설을 이용하여 현장실증 방안의 일환으로 항만용 조력발전용 수차·발전기를 설치하여 사업화 추진 예정임.
 - 갑조식 조력발전 시스템 기술개발은 평택항을 대상으로 기술개발을 추진하고, 기술의 타당성을 제시하여 해당기관에서 사업화를 추진할 수 있도록 적극 지원을 통하여 사업화 방안 강구.
 - 항만 구조물을 이용한 파력발전의 기초기술인 천해역 착저식 파력발전 시스템 기술은 2000년대 초중반 이래 진행된 선행 연구를 통해 국내에 관련 기반기술이 확보되어 있음. 선행기술의 고도화 및 실해역 실증을 통해 기술의 실용화가 가능하며, 참여기업에 개발기술을 이전하여 전문기업으로 육성함으로써 상용화 단계에서 전문기업에 의한 사업화가 가능함.

제2절 에너지 절감 부문

1. 사업화 가능성 분석

- 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발
 - 지속 가능한 친환경 항만에 대한 필요성과 수요가 증대되고 있으나 현재 항만 설계시 하부구조, 상부구조, 시설물, 장비 규모 및 스펙, 생산성 등에 대해 지역특성, 항만 특성과 친환경성을 고려하지 않고 일률적으로 설계되고 있음.
 - 항만 설계시 에너지 절감이 가능한 설계 기술, 시설 및 장비 최적화기술과 에너지 소비 측정 및 예측기술을 개발할 경우 운영비용의 절감이 가능함
 - 따라서 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술을 설계 단계에서 적용한다면 많은 비용이 소요되는 항만운영비 절감이 가능하므로 항만 처리량을 증가시켜 운영사의 수익 극대화가 가능함
 - 또한, 본 과업에서 연구되는 친환경 설계 및 평가기술은 내륙 IFD, ICD 등 컨테이너를 처리하는 물류단지에 적용 가능한 요소 기술이며 시장 확대 가능.
 - 따라서 평가 및 설계기술은 기존 및 신규 터미널에 모두 적용 가능함. 현재 운영 중인 세계 대형항만은 수백 개에 달하며, 해외 항만 또한 친환경환경 구축이 반드시 필요하므로 해외 시장 진출 가능성이 매우 높음
- 항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발
 - 본 사업의 핵심 기술인 선박 육상전원 공급기술, 전기식 터미널 이송차량 기술, 엔진 가변속 RTGC 등 친환경 기술을 적용하는 항만은 극소수에 불과함
 - 선진 항만에서는 친환경화와 에너지 절감을 통한 항만운영비를 감소를 적극적으로 추진하고 있으며 이와 관련된 기술 개발을 추진하고 있음. 항만운영비 절감과 친환경화는 세계항만의 트렌드로, 관련 기술을 개발할 경우 적용 가능 항만과 시장 규모는 1,000여개 항만에 달함
 - 또한 에너지 절감형 장비 기술 개발은 컨테이너를 처리하는 모든 물류단지에 적용 가능하므로 시장 확대가 가능함

- 국내의 경우 항만을 신규로 건설할 인천 신항, 새만금 신항, 부산 신항, 광양항 뿐만 아니라 운영 중인 부산, 광양항 등에 친환경 장비 적용을 통해 녹색 항만 개발 및 항만 운영비 절감이 가능하므로 에너지 절감 핵심기술개발의 사업화 가능성이 매우 높음

2. 사업화 방안

○ 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발

- 본 도출 과업의 핵심 기술은, 에너지 절감형 터미널 설계 기술 개발, 에너지 절감형 터미널 성능평가 기술 개발, 에너지 절감형 항만 환경 평가 기술 개발로 이 기술들은 에너지 절감형 항만 건설과 평가 기술로 항만 에너지 소비를 경감하고 청정 항만을 구축할 수 있는 기술 임.
- 본 개발 기술의 최종 수요자는 항만운영자이며, 건설사, 엔지니어링사, IT업체가 본 기술을 이용하여 사업을 수행하는 구조임.
- 따라서 본 개발 기술의 사업화는 1) 건설사, 엔지니어링, IT 업체에 개발 기술을 라이선싱하고 기술 지원을 하는 사업 구조, 2) 항만 설계 및 운영 계획 관련 컨설팅 및 마케팅 전문 기업의 설립 3) 사업화 효율성을 위해 컨설팅 전문기업과 기술개발업체의 특수목적법인 설립 등 고려 필요
- 본 사업의 규모와 기술 특성을 고려할 때, 특허를 바탕으로 기술지원을 수행하고 기술료를 취득하는 방법이 현실성이 있다고 판단됨.
- 본 기술개발의 사업화는 신규 터미널과 기존에 운영하는 터미널로 구분하여 추진 가능함.
 - 새롭게 건설하는 터미널의 경우 친환경 터미널 설계 기술 및 평가기술을 모두 적용 가능함. 현재 사업화 가능한 대상지역은 항만개발 계획이 수립되어 추진중인 지역으로 친환경 항만 요구와 필요성이 높은 인천 신항만, 친환경 도시 설립이 추진되는 새만금 신항, 우리 나라 최대 항만인 부산 신항 서측부두, 광양항 등임
 - 기존 운영 터미널의 경우, 친환경 평가기술 도입을 통해 항만의 지속가능성

을 높일 수 있는 터미널이 대상지역임. 특히 도심에 위치하여 소음 및 CO₂ 배출이 많은 터미널인 부산 북항, 인천항, 광양항 등에 적용 가능함

○ 항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발

- 본 도출 과업의 핵심 기술은, 선박 육상전원 공급기술 개발, 전기식 터미널 이송 차량 기술 개발, 엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발 등으로 항만운영시 대량의 에너지가 소비되는 장비의 에너지와 CO₂를 절감하는 기술임
- 본 개발 기술의 최종 수요자는 항만운영자이며, 중공업, IT업체가 본 기술을 이용하여 사업을 수행하는 구조임.
- 따라서 본 개발 기술의 사업화는 1) 중공업, IT 업체에 개발 기술을 라이선싱하고 기술 지원을 하는 사업 구조, 2) 친환경 항만 운영 관련 컨설팅 및 마케팅 전문 기업의 설립 3) 사업화 효율성을 위해 컨설팅 전문기업과 기술개발업체의 특수 목적법인 설립 등 고려 필요
- 본 사업의 규모와 기술 특성을 고려할 때, 특허를 바탕으로 기술지원을 수행하고 기술료를 취득하는 방법이 현실성이 있다고 판단됨.
- 본 기술개발의 사업화는 운영 및 신규 터미널로 구분 없이 추진 가능하나 신규터미널의 경우 친환경 터미널 설계 및 평가기술과 동시에 적용 가능함
 - 신규 터미널 건설 예정지역은 인천 신항만, 새만금 신항, 부산 신항 서측부두, 광양항 등임
 - 기존 운영 터미널의 경우 현재 운영 중인 모든 항만에 적용 가능하며 특히 대형 항만인 부산 북항, 인천항, 광양항 등에 적용 가능함

제10장 연구개발 RFP

제1절 신재생에너지 부문

1. 기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발

과제명	기존 항만구조물 활용 풍력발전 시스템 개발
사업기간	2012 ~ 2017 (5년)
추정사업비	80억원 (정부 60억 + 민간 20억)
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 국제유가가 지속적으로 상승하여 항만업계 부담 가중 <ul style="list-style-type: none"> - 2005년 대비 2010년에는 항만 유류비용 4,394억 추가 지출 • 2020년 BAU 대비 30% 온실가스 감축 국가목표 달성을 위해 부문별 목표의 설정 및 감축 이행 <ul style="list-style-type: none"> - VIP 주재 제49회 국무회의에서 국가 온실가스 감축목표 결정(2009.11.17) • 2020년 온실가스 배출량은 277만톤CO₂로 예상되며, 감축량은 83만톤CO₂에 달함 <ul style="list-style-type: none"> - 지속적인 항만물동량 증가가 예상됨에도 2009년 수준 배출량으로 저감 필요 • 고유가 및 온실가스 배출저감을 위한 에너지 절감형 녹색항만 구축 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 항만에서 탄소저감 물류활동을 통하여 친환경 에너지 활용체계 구축 필요 • 청정에너지 활용을 통한 항만오염 최소화 및 생태친화적 항만환경 조성 • 항만신재생에너지 활용기술 확보 및 증진 • 기존 항만 구조물의 풍력발전 지지 구조물 이용에 따른 저렴한 신재생에너지 발전 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 해상풍력발전 시스템 건설비의 대부분이 지지구조물의 건설에 소요.
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지자립/절감형 항만을 구축하기 위한 항만시설 연계 풍력발전 시스템을 개발하고, 이에 관련된 지지구조물, 접합구조물, 타워 구조물의 해석/설계/시공 핵심기술 개발 • 관련 분야의 핵심 연구기관과 기업이 참여하는 산·학·연 협동연구로 추진 • 테스트베드를 통한 연구개발 결과 실증 추진 • 참여기업을 통한 연구개발 결과의 상용화 추진
연구개발의 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 방파제 활용 해상 풍력발전 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 안전성 평가 기술 개발 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 설계 기술 개발 - 풍력타워-방파제 접합 및 보강 형식 개발 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 배치 기술 개발 - 방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 시공 기술 개발 및 현장 검증

	세부과제 제목		예산 (억원)					합계
			1단계					
			1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	
세부과제 구성 및 예산	1	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 안전성 평가 기술 개발	1.3	1.5	3.0	3.2	3.0	12
	2	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 설계 기술 개발	1.2	1.8	2.3	2.5	3.2	11
	3	풍력타워-방파제 접합 및 보강 형식 개발	1.5	2.0	2.7	2.3	3.0	11.5
	4	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 배치 기술 개발	0.7	1.8	2.6	4.5	2.2	11.8
	5	방파제 접합형 풍력 발전 시스템 최적 시공 기술 개발 및 현장 검증	0.3	0.9	1.4	2.5	8.6	13.7
	계		5	8	12	15	20	60
기대효과 및 활용계획	<ul style="list-style-type: none"> 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> 항만의 유류비용 및 전기비용을 합리적으로 절감 항만에너지 관련 산업의 발전으로 외국 신규항만 수요에 대응 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> 에너지 절감 관련 기술 확보로 선도 기술국가 도약 첨단 기술의 적용으로 관련 기술의 파급효과 극대화 정책적 효과 <ul style="list-style-type: none"> 에너지 절감으로 항만의 온실가스 배출량을 저감하여 녹색성장에 기여 에너지 비용 절감을 통한 항만 경쟁력 강화로 컨테이너 물동량 증가 							
성과지표 및 목표치	<ul style="list-style-type: none"> 기존 지지구조와 기초 대비 해상풍력 토목 시공비 20%이상 절감 항만 온실가스 배출량 기존 대비 20% 감소 연구개발 결과에 대한 특허 등록 및 논문 게재 							

2. 항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발

과제명	항만수역시설 설치 신형식 해상풍력 콘크리트지지 구조물 개발
사업기간	2012 ~2016 (4년)
추정사업비	220억원 (정부 180억 + 민간 40억)
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력발전용 터빈 제작 기술의 연구개발과는 달리 발전 터빈을 설치해야 할 지지 구조물의 개발, 설계, 시공 관련 연구개발은 크게 미진한 상황임. - 발전터빈 및 설비의 개발 후에도 풍력발전의 실용화를 위해서는 지지 구조물과 결합 후 전체 구조물 시스템을 검증하는 단계가 반드시 필요함. - 국내 상황에 적합한 발전 시스템 개발을 위해서는 지지 구조물도 국내 상황에 적합하게 개발할 필요가 있음. - 국내 기술수준의 미달로 인해 해외 기술에 지지구조 설계를 의존하고 있는 상태임. • 해상풍력 실적이 없는 현 상황에서 곧바로 사업을 시행할 경우 해외 기술력에 의한 국내 시장잠식 우려 - 국내 산업계의 국제적 경쟁력 확보를 위한 건설기준 및 운영경험(track record)을 확보 및 축적할 수 있는 발판 필요 - 국내 해상풍력 국내 인증실적 미비 • 강재 지지 구조물의 경우에는 타 부처에서 일부 연구개발이 진행 중이나, 국내 여건에 적합한 콘크리트 지지 구조물에 대한 연구는 진행된 적이 없음. • Green Port 정책의 일환으로 정부의 정책적인 지원이 필요
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력에 대한 국제적인 추세에 부응하고 국내 시장을 육성하기 위한 연구 추진 - 산학연 및 국내 인증기관과의 협동연구 추진체계를 구축하여 진행 - 국제적인 인증시장 진입 대책 마련 • 연구개발 비용을 최소화하고 최대의 성과를 도출하기 위해 타 부처에서 추진 중인 연구개발 사업과 협력 - 해상풍력 지지구조물 연구개발 성과 활용을 위한 범부처 간 협력체계 구축 - 강재 지지 구조물 관련 요소기술은 타부처 연구개발 성과 활용을 통한 중복 연구개발 투자 방지 - 선진 기술 습득을 위해 국제 공동연구 체계 구축 • 실증단지 구축용 부지 및 인가는 국토해양부에서 제공
연구개발의 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 발전시스템의 설치 및 검증용 신형식으로된 콘크리트 지지 구조물 기술개발 - 국내 해상풍력 여건에 적합한 신형식 콘크리트 지지 구조물 개발 - 해상풍력 지지 구조물 관련 설계 기술 - 해상풍력 지지 구조물 시공 기술 - 해상풍력 지지 구조물 유지관리 기술

	세부과제 제목		예산 (억원)					합계
			1단계					
			1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	
세부과제 구성 및 예산	1	지지 구조물 하중평가 기술 개발	4	7	7	8		27
	2	모노타워형 콘크리트지지 구조물 (상단 강재부 포함) 개발	6	9	9	14		40
	3	중력식 콘크리트지지 구조물 (상단 강재부 포함) 개발	6	9	9	15		42
	4	콘크리트 지지구조 해저기초 지반 기술 개발	6	8	8	15		41
	5	콘크리트 해상풍력 지지 구조물 실증단지 구축	3	7	7	23		45
	계		25	40	40	75	0	180
기대효과 및 활용계획	<ul style="list-style-type: none"> 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 개발 발전설비의 신속한 검증을 통한 풍력발전 산업화 촉진 - 발전설비 수출에 필수적인 운영경험 축적을 위한 기본 조건 해결 - 하이브리드 형식 채택으로 인한 풍력발전기 건설비용 절감 - 기술자립을 통한 해외 기술료 유출 절감 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 최적 신형식 풍력발전 지지구조 개발능력 확보 - 풍력발전 지지구조 설계 및 시공기술 자립화 정책적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 풍력발전 기술 실용화 및 관련 사업 육성 기반 확보 - 저탄소 에너지 정책 실현 구체화 - 세계 시장개방에 따른 새로운 설계 및 시공 기법에서의 국제적 경쟁력 우위 확보 - 국내 해상풍력 인증기술 확보 							
	<ul style="list-style-type: none"> 저탄소 에너지 자립형 항만 및 연안 대규모 해상풍력 실증단지 구축에 활용 해상풍력 발전 실증용 지지 구조물 건설에 직접 활용 에너지 아일랜드 기술개발에 해상풍력 발전기 지지구조 설계 및 시공에 활용 발전설비 개발 완료와 동시에 발전설비 운영경험(track record) 확보에 직접 활용 							
성과지표 및 목표치	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트 해상풍력 지지 구조물 실증 지지 구조물 작용 하중평가 기술 개발 국내 해상풍력 여건에 적합한 해상풍력용 신형식 콘크리트 지지 구조 시스템 개발 콘크리트 해상풍력 지지 구조물 해석/설계기술 및 설계 지침서 콘크리트 해상풍력 지지 구조물 시공 기술 및 시공 지침서 콘크리트 해상풍력 지지 구조물 국내 인증 지침서 							

3. 항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술개발

과제명	항만 경계 내 조력발전 시스템 구축 기술 개발
사업기간	2012 ~ 2017 (5년)
추정사업비	170억원 (정부지원 170억 + 민간 억)
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 우리나라 에너지 자급도 제고를 위하여 항만 경계 내 이용가능한 신재생에너지 개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 2009년 기준 국내 일차에너지 소비량은 237.5백만 TOE로 세계 9위(석유소비 세계 9위)이고, 수요에너지의 96.4%(수입액 949.8억불)를 수입에 의존 - 우리나라 온실가스 배출은 2008년 기준 501.27백만톤으로 세계 10위의 온실가스 배출국임. 기후변화 저감을 위한 온실가스 감축에 매진 필요 • 우리나라 서해안 특히 경기만에 위치한 항만은 조수간만차가 커 이를 이용한 조력에너지 개발 필요 • 고유가 및 온실가스 배출저감을 위한 에너지 절감형 녹색항만 구축 필요
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> • 항만을 이용한 조력발전 시스템 구축 기술개발을 위하여 해양특성조사 등 기초 조사를 통하여 신개념 수차를 설계하고 이에 관련된 성능과 환경을 평가하는 핵심기술 개발 • 관련 분야의 핵심 연구기관과 기업이 참여하는 산·학·연 협동연구로 추진 • 연구단계를 2단계로 구분하여 1단계에서 기초연구, 2단계에서는 실증연구 추진 • 테스트 베드를 통한 연구개발 결과 실증 추진
연구개발의 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 갑문식 항만을 이용한 조력발전 시스템 설계기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 갑문 운영 현황 조사 및 분석 - 항만 구역 해양특성 조사 및 분석 - 항만 적용 저낙차 조력발전용 수차 설계기술 개발 - 항만 적용 조력발전 구조물 설계기술 개발 - 항만 적용 조력발전 시스템 설계기술 개발 • 감조식 항만을 이용한 조력발전 시스템 설계기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 항만 운영 현황 조사 및 분석 - 항만 구역 해양특성 조사 및 분석 - 항만 적용 조력발전 구조물 설계기술 개발 - 항만 적용 조력발전 시스템 설계기술 개발

세부과제 구성 및 예산	세부과제 제목		예산 (억원)					합계
			1단계 2년, 2단계 3년					
			1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	
1	갑문식 항만을 이용한 조력발전 시스템 설계 기술개발		6	14	60	60	20	160
2	감조식 항만을 이용한 조력발전 시스템 설계 기술개발		5	5				10
계			11	19	60	60	20	170
기대효과 및 활용계획	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 항만내 조력발전을 통한 청정 자연에너지 생산 - 항만에너지 관련 산업 활성화를 유도하여 해외 수출 기반 마련 • 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 항만 적용형 조력발전 수차 설계기술 능력 확보 - 항만 활용 조력발전 구조물 설계 및 시공기술 자립화 • 정책적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 조력발전 기술 실용화 및 관련 사업 육성 기반 확보 - 저탄소 에너지 정책 실현 구체화 - 세계 시장개방에 따른 새로운 설계 및 시공 기법에서의 국제적 경쟁력 우위 확보 • 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> - 갑문형 항만(인천항) 내 신재생에너지 공급 - 항만내 조력발전 시스템 설계기술 수출 기반 마련 - 에너지 자립형 항만의 표준 모델 제시 							
성과지표 및 목표치	<ul style="list-style-type: none"> • 항만 시설을 활용한 조력발전 실증 • 갑문식 항만 시설을 활용한 조력발전 구조물 해석/설계 기술 및 설계 지침서 • 항만 적용형 조력발전 시스템 설계 시스템 해석/설계기술 및 설계 지침서 							

4. 항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술개발

과제명	항만시설물 이용 파력발전 시스템 구축 기술
사업기간	2012 ~ 2017 (5년)
추정사업비	160억원 (정부 120억 + 민간 40억)
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 방파제는 외해에서 전파해오는 파랑으로부터 항내 정온도를 유지하고, 선박을 보호하기 위한 시설로써, 강한 파력을 지지하는 구조물이지만, 방파제 시설물을 이용해서 발전하는 시스템의 개발은 미진함. • 국내의 파력에너지는 영국과 포르투갈 등 서유럽 국가에 비해서 낮은 편이어서, 파력발전 시스템의 경제성이 낮으나, 기존의 방파제 구조물을 활용하면 건설단가를 낮추어 경제성을 제고할 수 있음. • 아직 파력발전 기술은 국제적으로 표준화되지 않았기 때문에 구조물 형식 별로 특화된 파력발전 기술을 개발할 여지가 많음. • 방파제는 고파랑 뿐만 아니라, 해수의 유통도 차단하기 때문에 항내 수질 저하를 가져옴. 이를 극복하기 위해서 고안된 해수교환 방파제는 지속적으로 일방향 흐름을 유도하여 항내 수질 개선 효과가 탁월함. 일방향 흐름을 발전에 사용하면, 친환경적이며 신재생에너지 이용의 측면에서 의미가 있음.
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> • 파력에너지를 활용하여 에너지 자립형 항만을 구축하기 위해 기존 방파제를 활용한 파력발전 시스템을 설계하고 이에 관련된 성능을 평가하는 핵심기술 개발 • 관련 분야의 핵심 연구기관과 기업이 참여하는 산·학·연 협동연구로 추진 • 테스트베드를 통한 연구개발 결과 실증 추진 • 참여기업을 통한 연구개발 결과의 상용화 추진
연구개발의 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 해수교환 방파제를 이용한 월파형 파력발전 시스템 설계 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 해수교환 방파제 적용 가능한 항만 입지 조사 및 분석 - 해수교환 방파제에 적용 가능한 월파형 파력발전 구조물 설계기술 개발 - 해수교환 방파제에 적용 가능한 수차 설계기술 개발 - 조차가 큰 항만에 적용가능한 월파형 파력발전 시스템 기술 개발 • 기존 방파제 시설을 활용한 파력발전 시스템 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 케이슨식 방파제를 이용한 파력발전 시스템 개발 - 잔교식 방파제를 이용한 파력발전 시스템 개발 - 파일지지식 소파방파제를 이용한 파력발전 시스템 개발 - 슬릿케이슨식 방파제를 이용한 파력발전 시스템 개발

	세부과제 제목		예산 (억원)					합계
			1단계					
			1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	
세부과제 구성 및 예산	1	해수교환 방파제를 이용한 월파형 파력발전 시스템 설계 기술 개발	5	5	20	20	10	60
	2	기존 방파제 시설을 활용한 파력발전 시스템 기술 개발	5	5	20	20	10	60
	계		10	10	40	40	20	120
기대효과 및 활용계획	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 파력발전 단가를 낮추어 파력발전 산업화 촉진 - 발전항만에너지 관련 산업의 발전으로 외국 신규항만 수요에 대응 • 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 신형식 파력발전 구조물 개발능력 확보 - 방파제 활용 파력발전 구조물 설계 및 시공기술 자립화 • 정책적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 파력발전 기술 실용화 및 관련 사업 육성 기반 확보 - 저탄소 에너지 정책 실현 구체화 - 세계 시장개방에 따른 새로운 설계 및 시공 기법에서의 국제적 경쟁력 우위 확보 							
성과지표 및 목표치	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 방파제 시설을 활용한 파력발전 실증 • 방파제 형식별로 기존 방파제 시설을 활용한 파력발전 구조물 해석/설계 기술 및 설계 지침서 • 해수교환 방파제를 이용한 월파형 파력발전 시스템 해석/설계기술 및 설계 지 침서 							

제2절 에너지 절감 부문

1. 에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발

과제명	에너지 절감형 터미널 설계 및 평가기술 개발
사업기간	2012 ~ 2015 (3년)
추정사업비	40억원 (정부지원 30억 + 민간 10억)
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 국제유가가 지속적으로 상승하여 국내유가(경유)가 1,600원에 달하여 항만업계 부담 가중 <ul style="list-style-type: none"> - 2005년 대비 2010년에는 항만 유류비용 4,394억 추가 지출 • 에너지비용 증가로 국내 항만업체 영업이익률 급감 <ul style="list-style-type: none"> - 2011년 3월 현재 국제유가가 \$100을 넘어서면서 항만에서의 에너지비용 증가로 경쟁력 약화 • 2020년 BAU 대비 30% 온실가스 감축 국가목표 달성을 위해 부문별 목표의 설정 및 감축 이행 <ul style="list-style-type: none"> - VIP 주재 제49회 국무회의에서 국가 온실가스 감축목표 결정(2009.11.17) • 2020년 온실가스 배출량은 277만톤CO₂로 예상되며, 감축량은 83만톤CO₂에 달함 <ul style="list-style-type: none"> - 지속적인 항만물동량 증가가 예상됨에도 2009년 수준 배출량으로 저감 필요 • 고유가 및 온실가스 배출저감을 위한 에너지 절감형 녹색항만 구축 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 항만에서 탄소저감 물류활동을 통하여 친환경 에너지 활용체계 구축 필요
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 절감형 항만을 구축하기 위한 신개념 터미널을 설계하고 이에 관련된 성능과 환경을 평가하는 핵심기술 개발 • 관련 분야의 핵심 연구기관과 기업이 참여하는 산·학·연 협동연구로 추진 • 테스트베드를 통한 연구개발 결과 실증 추진 • 참여기업을 통한 연구개발 결과의 상용화 추진
연구개발의 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 절감형 터미널 설계기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 신개념 터미널 설계기술 개발 - 시설 및 장비 규모 최적화기술 개발 - 레이아웃 최적화기술 개발 • 에너지 절감형 터미널 성능평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 단위생산성 평가기술 개발 - 통합생산성 평가기술 개발 • 에너지 절감형 항만 환경평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 소비 측정기술 개발 - 에너지 소비 예측기술 개발 - 에너지 소비 검증기술 개발 - 에너지 소비 통합 관리기술 개발

	<ul style="list-style-type: none"> - 온실가스 배출 측정기술 개발 - 온실가스 배출 예측기술 개발 - 온실가스 배출 검증기술 개발 - 온실가스 배출 통합 관리기술 개발 					
세부과제 구 성 및 예산	세부과제 제목		예산 (억원)			
			1단계			합계
	1차년	2차년	3차년			
	1	에너지 절감형 터미널 설계기술 개발	4	6		10
	2	에너지 절감형 터미널 성능평가기술 개발		4	4	8
3	에너지 절감형 항만 환경평가기술 개발	3	6	3	12	
	계		7	16	7	30
기대효과 및 활용계획	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 항만의 유류비용 및 전기비용을 합리적으로 절감 - 항만에너지 관련 산업의 발전으로 외국 신규항만 수요에 대응 • 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 절감 관련 기술 확보로 선도 기술국가 도약 - 첨단 기술의 적용으로 관련 기술의 파급효과 극대화 • 정책적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 절감으로 항만의 온실가스 배출량을 저감하여 녹색성장에 기여 - 에너지 비용 절감을 통한 항만 경쟁력 강화로 컨테이너 물동량 증가 					
성과지표 및 목표치	<ul style="list-style-type: none"> • 항만 에너지 소비량 기존 대비 20% 감소 • 항만 온실가스 배출량 기존 대비 20% 감소 • 연구개발 결과에 대한 특허 등록 및 논문 게재 					

2. 항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발

과제명	항만 자원 에너지 절감 핵심기술 개발
사업기간	2012 ~ 2015 (3년)
추정사업비	44억원 (정부지원 33억 + 민간 11억)
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 선박이 부두에 접안하는 기간 동안 육상전원을 공급함으로써 선박의 엔진을 가동하지 않는 근본적인 대안 제시가 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 컨테이너 터미널에 입항하는 대형 선박들은 부두에 접안하는 동안, 선내 전원공급과 선적된 냉동컨테이너에 전력을 공급하기 위해 주엔진은 끄고 보조엔진을 가동하여 필요한 전기를 발전하고 있음 • 기존 디젤엔진 구동 이송차량을 배터리 전원에 의한 전기모터 구동방식으로 전환하기 위한 연구개발이 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 부산, 광양 및 인천항 등의 컨테이너 터미널에서 현재 약 1,200대의 디젤엔진 구동방식 이송차량이 운행되고 있음 • 전 세계적으로 연료의 가격 상승과 공해 감소 요구에 따라, 항만의 하역장비에도 연료 절감의 필요성이 지속적으로 요구되고 있으며 이러한 요구에 대한 다양한 기술들이 개발되고 있음 • CO₂ 배출을 획기적으로 감소시켜 온실가스 감축에 대응 • 탈석유 에너지 목표달성과 청정에너지로 전환 • 저탄소 녹색성장으로 녹색산업육성 • 해외 항만에 에너지 절감 핵심기술을 수출하기 위한 기반 구축 • 국내에 선진화된 녹색항만 구현 필요
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> • 국내외 관련 자료를 수집하여 선행 연구 성과 분석 • 산·학·연 및 정부부처 등의 전문가 자문결과를 적극반영 • 국내 조선소 관계자와 선박 육상전원 공급 관련 국제표준화 추진 • 상용 전기차량의 배터리 기술개발(니켈수소전지, 리튬이온 전지 등)과 연계하여 시너지효과 제고
연구개발의 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 선박 육상전원 공급기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 고압 파워 인버터 개발 - 주파수 변환기(50/60Hz) 개발 • 전기식 터미널 이송차량 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수랭식 견인 모터 개발 - 컨버터 및 인버터 개발 - 배터리 응용 시스템 및 모니터링 시스템 개발 - 배터리 충전 스테이션 및 충전기 개발 • 엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 엔진 가변속 연료절감 시스템 개발

세부과제 구 성 및 예산	세부과제 제목		예산 (억원)			
			1단계			합계
			1차년	2차년	3차년	
1	선박 육상전원 공급기술 개발	2	8	4	14	
2	전기식 터미널 이송차량 기술 개발	4	4.5	4.5	13	
3	엔진 가변속 RTGC 제어기술 개발	3	3		6	
계		9	15.5	8.5	33	
기대효과 및 활용계획	<ul style="list-style-type: none"> 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 선박 에너지를 육상 전기에너지로 전환하여 유류비 절감 - 이송차량의 디젤연료를 전기에너지로 전환하여 운영비 절감 - 이송차량의 엔진정비 및 부품교환비용 절감 - RTGC의 연료비 절감 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - CO₂ 배출의 획기적 절감으로 항만지역 공기청정에 기여 - 이송차량의 소음공해 문제를 해결하여 쾌적한 환경 조성 정책적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 온실가스 규제에 효과적으로 대응 - 녹색기술을 국가 성장 동력 기술화 - 기술의 국제경쟁력 확보를 통한 수출 증대에 기여 					
성과지표 및 목표치	<ul style="list-style-type: none"> • 선박 부두접안시 에너지비용(선박유류비) 50% 절감 • 엔진구동방식 이송차량 대비 운영비용(유류비 및 정비비) 50% 절감 • RTGC 연료비 35% 절감 • 연구개발 결과에 대한 특허 등록 및 논문 게재 					