

해상풍력 플랫폼 건설기술 기획보고서

2012 . 10 . 31

주관연구기관 / (사)한국선급

공동연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

해상풍력 플랫폼 건설기술 기획보고서

2012 . 10 . 31

주관연구기관 / (사)한국선급

공동연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 “해상풍력 플랫폼 건설기술 기획연구”의 보고서로 제출합니다.

2012. 10. 31

주관연구기관명 : (사)한국선급

주관연구책임자 : 장 화 섭

연구원 : 음 학 진, 김 범 석, 이 강 수
원 종 범, 김 호 선, 김 거 화
곽 연 민, 김 민 수

공동연구기관명 : 한국건설기술연구원

공동연구책임자 : 정 연 주

연구원 : 유 영 준, 최 창 호, 이 주 형
박 민 수

보고서 요약서

과제고유번호	2012-연구 기획-I01	해 당 단 계 연 구 기 간	2012.04.13~ 2012.11.12	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연 구 사 업 명	중 사 업 명	건설교통연구기획사업			
	세부사업명				
연 구 과 제 명	대 과 제 명				
	세부과제명	해상풍력 플랫폼 건설기술 기획			
연 구 책 임 자	장화섭	해당단계 참 여 연구원수	총 : 14명 내부 : 14명 외부 : 명	해당단계 연 구 비	정부 : 95,000천원 기업 : 0원 계 : 95,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 14명 내부 : 14명 외부 : 명	총연구비	정부 : 95,000천원 기업 : 0원 계 : 95,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	(사)한국선급 신성장기술지원팀		참여기관명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약 (연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	219
■ 연구필요성					
- 에너지원 확보 경쟁이 심화됨에 따라 유럽 풍력 선진국과 더불어 후발 국가들도 해상풍력 산업에 적극적인 참여를 하고 있음. 아·태지역 후발 국가들 역시 해상풍력 관련 원천기술 개발을 위해 정책적 지원을 아끼지 않고 있음 - 우리나라 역시 그린에너지 육성 정책에 따라 서남해 및 제주도에 해상풍력 발전단지 구축계획을 발표하고 사업 추진을 시작함. 하지만 '13년, '15년에 각각 2MW, 5MW급의 부유식 플랫폼 실증을 앞두고 있는 일본, 미국과 달리 기 개발된 해외 기술을 답습하는 형태를 띠 - 우리나라는 주변국과는 달리 해외 시장 진출을 목표로 차별화된 또는 특화된 기술 개발이 수행되고 있지 않음. 국내 원천기술 및 해외 선도 기술의 조기개발이 이루어지지 않을 경우 지속적인 기술 종속이 불가피함 - 현재 우리나라에서는 2019년까지 5MW급 해상풍력 플랫폼 500기에 달하는 발전 단					

지를 구축하고자 하고 있음. 하지만 국내 대응기술의 부재 상황에서 대규모 단지 구축 사업이 진행될 경우 해외기업의 국내 진출을 촉진시키는 계기가 될 수 있음

- 현재의 해상풍력 관련 IEC 기준은 선 개발 국가인 유럽의 사이트 환경을 바탕으로 표준화되어 있음. 최근 아·태지역으로 해상풍력 시장이 확대됨에 따라 아·태지역 사이트에 적합한 IEC 기준 부재가 주요 쟁점사항으로 떠오르고 있음
- 부유식 해상풍력 플랫폼의 경우 유럽 선도국가들 역시 개발 초기단계로써 현재 우리나라와 2~3년 정도의 기술격차가 나는 것으로 분석됨. 해상풍력 시장에 진입하는 후발국가로서 부유식 플랫폼 관련 원천기술 확보는 세계 해상풍력 시장을 선도할 수 있는 기회가 됨. 하지만 국가 차원의 지원 부재로 실질적인 상용화 기술은 개발되지 않고 있음

■ 본 기획과제에서 도출된 연구개발 범위는 다음과 같음

▪ 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄사업 및 기술관리

- 사업단 총괄 체계 사업관리
- 사업단 총괄 체계 기술관리

▪ 아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측 시스템 개발

- 아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제 표준화
- 해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측시스템

▪ 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발

- 자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술
- 자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술
- 연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술

▪ 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발

- 아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템
- 아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류시스템
- 아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템
- 부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술
- 부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증

▪ 실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발

- 기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술
- 플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술

■ 기대효과

① 기술적 측면

- 아태지역의 지역적 특성이 반영된 풍력발전 상호연동 가이드라인의 개발을 통해 아태지역 상호인증체계 구축이 가능하고, 상호인증 참여국가의 풍력산업 활성화 및 세계시장 진출을 위한 기술 경쟁력 확보가 가능함
- 부유식 해상풍력 플랫폼 관련 핵심 원천기술 확보를 통해 설치수심 한계를 극복하여 해상 풍력 플랫폼 분야 시장 확대 및 세계적 기술선도에 기여할 것으로 판단됨
- 현재 우리나라에서도 대형 풍력산업의 경쟁력을 확보하기 위하여 5MW급 풍력터빈 개발, 핵심요소기술인 베어링기술 등에 대한 연구개발이 진행되고 있으며 실증단지에 대한 타당성 연구도 진행 중에 있으므로 본 연구사업의 결과물을 적용하여 시너지 효과를 낼 수 있음

② 경제적 측면

- 아태지역 특성에 적합한 설계요건 및 설계기술 개발은 플랫폼 및 풍력 터빈의 공용수명과 직결되는 기술로서, 동일 투자비용으로 최대의 기회비용을 제공할 수 있으며, 단지의 운용 신뢰성과 가동률 향상을 통해 사업의 경제성을 극대화 시킬 수 있음
- 아태지역 뿐만 아니라 세계 각국 해상풍력발전단지의 낙뢰, 태풍, 지진 등의 자연재해에 대한 안전성 확보 기술을 선 개발하여 기술의 차별화를 통한 틈새시장 공략이 가능할 것으로 판단됨
- 해상풍력 플랫폼의 핵심기술 개발을 통해 기술개발-실증-인증서 획득-수출로의 연계가 가능케 함으로써 현재 해외의 해상풍력 플랫폼 시장규모 확대 및 수요 급증에 대응한 국가 기술 경쟁력을 확보 할 수 있으며, 아태지역을 포함한 해외 풍력발전단지 조성사업 수주를 통해 국가 경제 증진에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대됨

③ 사회적 측면

- 아·태지역 해상풍력 플랫폼의 안전성 및 경제성을 확보할 수 있고 IEC, ISO 등 국제 요건에 적합한 설계 가이드라인 확립 및 부유식 플랫폼 등 선진기술 개발을 통해 국제 표준화 활동 및 국제 해상풍력 관련 회의 주도가 가능해짐에 따라 우리나라 국가 위상을 드높일 수 있음
- 대단위 풍력단지 운영을 가능케 함으로써 발전사 등 RPS 해당기관의 신재생에너지 의무할당량 달성 및 국제 기후변화 협약 준수에 기여할 수 있으며, 에너지 환경, 에너지 안보 및 에너지 경제에 능동적인 대처가 가능해짐

색 인 어 (각 5개 이상)	한글	아시아-태평양, 풍력, 부유식, 플랫폼, 인증
	영어	Asia-Pacific, Wind Turbine, Floating, Platform, Certification

요 약 문

I. 기술의 정의 및 필요성

□ 해상풍력 플랫폼 건설기술의 정의

해상풍력 플랫폼 건설기술은 풍력 상부 기기(블레이드, 기어박스, 너셀 등) 및 타워가 공용 수명기간 동안 안전하게 운용될 수 있도록 지지해주는 플랫폼의 개발, 설계, 제작, 실증, 인증 등에 관련된 모든 기술을 의미함

□ 필요성



II. 국내외 동향 및 환경 분석



□ 아·태지역 환경 특성 관련

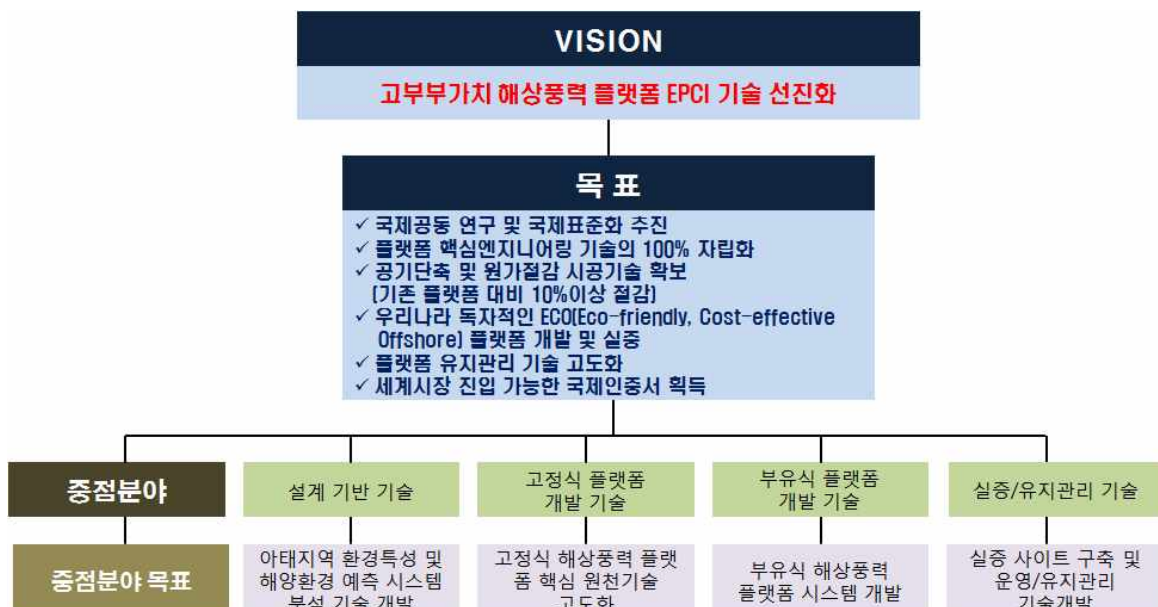
- 유럽 풍력 선도국가들은 대부분의 국제시장을 선점하고 있음
- 현재의 IEC 기준은 선 개발 국가인 유럽의 사이트환경을 바탕으로 표준화되어 있음
- 최근 아·태지역의 해상풍력 시장이 급속히 확대됨에 따라 아·태지역 사이트에 적합한 IEC 기준 부재가 주요 쟁점사항으로 떠오름
- 실제로 아·태지역의 빈번한 태풍, 낙뢰, 지진 등의 환경특성에 의한 사고가 발생하고 있으며, 이에 따른 막대한 경제적 손실이 발생함
- 아·태지역 해상 사이트 특성 분석에 대한 기술 선점 시 주요 쟁점 사항에 대한 국제 표준화 활동을 리드할 수 있음

□ 신형식 플랫폼 관련

- 고정식 해상풍력 플랫폼은 1990년대부터 유럽에서 주도적으로 개발해왔으나 부유식의 경우 유럽 선도국가들 역시 개발 초기단계임
- 고정식의 경우 해상풍력 선도국가에서 경제성과 대수심 가용성을 갖춘 플랫폼 형식이 끊임 없이 제안/개발되고 있음
- 따라서 국내 원천기술 미개발 시, 지속적인 기술 종석이 우려됨
- 부유식의 경우 현재 우리나라와 2~3년 정도의 기술격차가 나는 것으로 분석되고 있으나, 기술개발이 지체될 경우 격차는 더 벌어지게 될 것임
- 우리나라는 조선, 해양플랜트 및 건설 부문에 있어서 세계적 수준의 기술력을 갖추고 있음
- 따라서 해상풍력 플랫폼 개발에 즉시 착수할 경우, 빠른 시간 내 세계 해상풍력 플랫폼 기술을 선도할 수 있음

III. 연구개발과제 구성 및 추진전략

□ 비전 및 목표



□ 연구개발과제 구성

구 분	과 제 명
사업단 총괄	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단
총괄과제	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄사업 및 기술관리
핵심과제 1	아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발
1-1	아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제 표준화
1-2	해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측시스템 개발
핵심과제 2	자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발
2-1	자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술 개발
2-2	자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술 개발
2-3	연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술 개발
핵심과제 3	자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발
3-1	아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템 개발
3-2	아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류시스템 개발
3-3	아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발
3-4	부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술 개발
3-5	부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증
핵심과제 4	실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발
4-1	기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술 개발
4-2	플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술 개발

□ 주요 추진전략

구분	목표	추진전략 및 효과
	원천기술확보를 기반으로 상용화를 목표 중심의 연구과제 포트폴리오 구성 [Commercialization]	핵심원천기술 자립화를 기반으로 국제요구조건을 만족할 수 있도록 인증기관이 연구개발 초기부터 참여하여 국가연구개발사업의 ROI 제고
	오픈 이노베이션에 입각한 협업적 R&D 수행 [Collaboration]	목표달성을 위해 연구비용과 시간을 줄일 수 있도록 오픈 이노베이션에 입각하여 적극적인 국제공동연구 및 외부 협력 추진
	Smart R&D 관리 [Smart]	실패 비용을 최소화 및 연구업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 철저한 R&D관리 수행
	세계시장 선도 및 글로벌 마켓 선점을 위한 비즈니스 모델 창출 [Create a Model]	우리나라 고유 또는 국토해양부 R&D에 부합할 수 있는 최적의 플랫폼을 개발함으로써 국제 표준화 회의 선도 및 새로운 비즈니스 모델 창출

○ 총괄과제

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄 사업 및 기술관리	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 사업단 총괄 체계 사업관리	사업 총괄 사업관리(인력/일정/사업비)						
		연차별 진도점검, 일정관리, 예산조정, 관리 및 정산						
		연차별 중간연구결과 및 최종연구결과 점검						
		핵심과제간 상호 연계성 관리/ 내외부 위원회 운영						
		성과를 자료 공유 및 통합관리						
	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 사업단 총괄 체계 기술관리	국가연구개발사업 조사, 분석, 평가 관련 업무 협조						
		국외 협력기관 관련 총괄업무						
		설계 기술관리 계획 수립						
		체계 및 개발 기술 목표 등 검토, 확인						
		기술검토회의 참관 및 검증						
연구성과물 요구도/기술만족 추적관리								
연구중립정보관리시스템 운영 및 과제관리								
연구성과 및 개발자료 DB 구축 및 관리/ 유관기관 정책 협조								
국내외 전시회 참가 및 홍보 등 대외 관련 업무 협조								

○ 핵심과제 1

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 해양 환경 예측 분석 시스템 개발	아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제표준화	네트워크 구축						
		태풍, 낙뢰, 지진 등 데이터 분석						
				플랫폼 거동 특성 분석				
					IEC 논쟁의제 분석 및 협력방안 분석			
					IEC 국제표준화 의제 개발 및 표준화 활동			
	해양플랜트 개발을 위한 해양환경특성 분석 및 예측 시스템 개발				설계/인증 가이드라인 개발			
		해양환경(태풍, 풍황, 해황 등) 예측 모델 개발						
				해양환경 특성 추정				
				해상상태 예측시스템 개발				
		실해역 데이터 수집을 통한 예측 모델 검증 및 특성 분석						
			해상환경 DB 및 웹 정보시스템 개발					
							Feed-Back 및 최적화	

○ 핵심과제 2

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
자연재해 및 Repowering 대비 해상 풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술 개발	낙뢰 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발	지진 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발	태풍 바람 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발	선박충돌 대응 안전성 확보 기술 및 가이드라인 개발	ICE Load 고려 연안 플랫폼 설계 및 평가기술 개발
		콘크리트 플랫폼 피로 설계 및 수명 평가기술 개발	강재 플랫폼 SCF 산정 및 검증기술 개발			
		해양 세굴 설계 및 평가기술 개발	기초 성능평가 기술 고도화 및 신뢰성 향상기술 개발	GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발	장기 반복하중에 따른 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발	해양환경조사기법 신뢰성 향상기술 개발
		월방향 재하시험 방법 및 평가기술 개발	Repowering 대비 플랫폼 재료 또는 형식 성능개선기술 개발	Repowering 대비 플랫폼-타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선 기술 개발	플랫폼 수명연장을 위한 최적의 부식/방식 기술 개발	해양생물(Marine growth) 고려 플랫폼 구조거동 분석 및 성능개선 기술 개발
		고도화 기술 검증을 위한 국제인증 수행 및 평가	플랫폼 친환경 해체기술 및 활용방안/대체방안 분석	Weather Window를 기반으로 한 장비조립/운송/설치 기술 최적화		
	자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심설계/해석 기술 개발					
	연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술 개발					

○ 핵심과제 3

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상 풍력 플랫폼 개발	아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템 개발	운동저감형 부유식 플랫폼 (부유체, 운동저감 장치, TP)						
		부유식 플랫폼 통합하중 해석 기술 개발						
		해양환경-부유식 플랫폼-계류 상호연계 해석기술 개발						
		부유식 플랫폼 운동 저감 장치 개발 / 출몰, 지진 해석 및 안전성 평가 기술 개발						
		한계상태 설계 및 안전성 평가 기술 개발 / 플랫폼 구조시스템 및 연결부 설계기술 개발						
		축소모형 실험기법 및 성능평가 기술 개발 / 부유체 운동특성을 고려한 동한제어 기술 개발						
	아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류 시스템 개발	부유체 운동 저감형 계류시스템 개발 / 계류라인 피로설계 기술 개발						
		계류라인 정력 평가 및 조정 기술 개발						
		계류시스템 비선형 해석 및 거동 평가 기술 개발						
		계류시스템 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발						
	아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발	해저지반 고려 앵커링 시스템 개발 / 인발 및 횡지력 향상 앵커시스템 개발						
		불균질 해저지형(경사도 10도 이상)해저기초 설치기술 개발 / 앵커 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발						
	부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술 개발	대심도 급속 정밀 설치 기술 개발						
		부유식 플랫폼 급속 제작 기술 개발 / 시공단계별 시뮬레이션 및 안전성 평가 기술 개발						
		플랫폼, 계류시스템 설치 최적 공정 기술 개발						
		플랫폼 제작/설치 매뉴얼 개발						
	부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증	해상에서의 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발						
		부유식 플랫폼 설계/인증기준 개발						
		설계요건 및 통합하중 해석						
		부유식 플랫폼 운동성능/구조안전성/계류라인 설계평가						
부유식 플랫폼 제조검사 및 성능평가								

○ 핵심과제 4

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
실증 사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발	기술 검증을 위한 실증 사이트 구축 및 운영 관리 기술 개발	최적의 실증 사이트 평가						
		인프라 설계 및 시공기술 개발						
		운영 및 사업화 방안 분석						
		형상 및 성능이 개선된 고정식 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측						
		부유식플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측						
	플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술 개발	선박출몰/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템 개발						
		해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감 기술 개발						
		세군 모니터링 시스템 개발						
		플랫폼 유지관리 및 보수/보강 기술 통합 및 지원 개발						
		비상시 응급대처 (발라시팅, 정력조정 등) 가이드 개발						
		비파괴 검사기술 개발(수면 위, 수중 포함)						
		부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발						

IV. 사전타당성 검토

□ 정책적 타당성

- 정부는 신성장 동력 프로젝트의 일환으로 해상풍력 부문에 대한 정책적 지원을 아끼지 않고 있음
- 국토해양부는 해상풍력 플랫폼 건설기술을 적극 육성하여 국내외 해상풍력발전 플랜트 분야 시장을 선점하기 위해 적극적인 투자 및 추진 의지를 보이고 있음
- 전라남도, 전라북도, 제주도 지자체에서 추진하고 있는 해상풍력 프로젝트와 연계해 적극적인 협조가 가능함

□ 기술적 타당성

- 현재 국내 해상풍력 플랫폼 관련 기술은 풍력 선진국 대비 약 70%정도 수준인 것으로 분석되고 있지만 관련 기반기술(건설, 해양구조물 설계 등)은 이미 세계적 수준에 이른 상태임
- 따라서 정부 지원을 통해 관련 기술들을 잘 활용한다면 본 기술개발이 완료되는 시점에 세계 해상풍력 플랫폼 기술과 시장을 리드할 수 있음

○ 본 사업의 국내 해상풍력 플랫폼 기술 고도화 목표

구 분	As-is	To-be	
	2012년	2017년	2020년
국제표준화 선도(점유율)	30%	50%	90%
해상풍력 플랫폼 종합 엔지니어링 기술 자립화	해외기술 벤치마킹	원천기술 확보	실증을 통한 설계기술 100% 자립화
해상풍력 플랫폼 실증플랜트 건설 및 운영	테스트베드용 실증	실증플랜트 운영기술 확보	실증플랜트 사업화 추진
해상풍력 플랫폼 시장 선도	Top 10	Top 5	Top 3
해상풍력 플랫폼 기술력	개념설계	고부가가치 기술력 확보	세계3대 강국 진입

목 차

1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의 및 필요성	1
2절. 기술분류 및 내용	6
1. 기술분류	6
2. 기술내용	6
2장. 국내외 동향 및 환경 분석	8
1절. 국내외 정책동향	8
1. 국외 정책동향	8
1.1 유럽지역 정책 동향	10
1.2 아·태지역 정책 동향	14
2. 국내 정책동향	20
2.1 저탄소 녹색성장 기본법	21
2.2 제 1차 국가 에너지 기본 계획	22
2.3 생태계발전형 신 성장 동력 산업	22
2.4 RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생에너지 할당제) 제도 도입	23
2.5 그린에너지 전략로드맵	24
2.6 녹색항만 Green Port 정책	26
2.7 서남해안 대규모 해상풍력발전단지 구축	26
2절. 국내외 시장현황 및 전망	28
1. 국외 시장현황	28
1.1 개 요	28
1.2 유럽지역 시장 현황	31
1.3 아·태지역 시장 동향	34
2. 국내 시장현황	39
2.1 개 요	39
2.2 시장 투자현황	41
3절. 기술동향분석	46
1. 기술분류 및 정의	46
1.1 해상풍력 플랫폼 건설 기술 분류	46
1.2 기술 정의	46
2. 관련 기술개발 동향	49
2.1 기술개발 현황	49
2.2 특허동향 분석	56
2.3 논문동향 분석	78
4절. 연구개발 인프라 분석	81

1. 연구 인력 인프라.....	81
2. 연구 기자재 인프라.....	86
2.1 연구장비 인프라.....	86
2.2 연구 실험시설 인프라.....	87
2.3 풍력분야 국제공인인증기관.....	95
3. 해외 협력기관 인프라.....	97
4. 인프라 현황 조사결과.....	99
5. 선진국 대비 국내연구 인프라 수준.....	99
5절. 종합분석.....	100
1. 국내외 정책 및 시장분석.....	100
2. 기술개발 동향 및 인프라 분석.....	100
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략.....	102
1절. 후보과제 검토 및 사업추진체계의 결정.....	102
1. 기술수요조사.....	102
2. 후보과제 도출 및 검토.....	104
2.1 연구개발 목표.....	106
2.2 후보과제 평가 및 우선순위 도출.....	106
3. 중점추진분야의 도출.....	108
4. 사업추진체계의 결정.....	109
2절. 비전 및 목표.....	111
1. 설정 방법.....	111
2. STEEP 분석.....	112
3. 5 Force 분석.....	114
4. SWOT 분석.....	117
5. Keyword 도출.....	119
6. Issue Tree 작성.....	120
7. "자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단" 비전 및 목표.....	120
3절. 기술개발에 따른 미래상.....	122
1. 현황 및 미래상.....	122
2. 기술개발 전략 및 효과.....	122
3. 기술개발 지연시 문제점.....	123
4절. 연구개발과제 구성.....	124
5절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략.....	127
1. 총괄과제.....	127
2. 핵심과제 1.....	129
3. 핵심과제 2.....	134
4. 핵심과제 3.....	140
5. 핵심과제 4.....	148

6절. 세부과제 간 연계관계	153
1. 통합 기술 로드맵 및 성과 로드맵	153
2. 기술개발 목표와 과제의 연계관계	158
3. 핵심과제별 연계관계	159
7절. 성과의 활용방안	160
8절. 연구수행체계 제안	161
4장. 사전타당성 검토	162
1절. 정책적 타당성	162
1. 국가 전략적 중요성	162
2. 사업추진 의지 및 관련 기관 협조 체계	164
3. 사업추진사의 위협요인과 대응방안	164
4. 사업추진의 시급성	165
2절. 기술적 타당성	168
1. 기술수준 및 기술개발의 성공가능성	168
2. 기존 사업과의 중복성	169
3절. 경제적 타당성	170
1. B/C 분석의 일반적인 전제조건	170
2. 경제적 타당성 부분의 주요 검토 항목	170
3. B/C분석 절차	171
4. 주요 분석 지표 및 요율 산정	180
5. B/C 분석 결과	181
4절. 기술개발 필요성	182
5절. 정부지원 타당성	186
6절. 종합평가 및 결론	188
5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정	189
1절. 연구일정에 따른 인력 투입계획	189
1. 전체사업 인력투입계획	189
2. 세부과제별 인력투입	190
2절. 소요예산 산정	195
1. 예산 산정방법	195
2. 전체사업 소요예산	195
3. 세부과제별 소요예산	195
6장. 과제 제안요구서	206
1절. 사업단 과제 제안요구서(RFP)	206
2절. 일반과제 제안요구서(RFP)	211
3절. 평가기준 설정	216

표 목 차

<표 1-1> 유럽과 아·태지역 환경특성 비교	3
<표 1-2> 해상풍력 플랫폼 건설기술 범위	6
<표 2-1> 해상풍력 플랫폼 국외 정책동향(유럽)	8
<표 2-2> 해상풍력 플랫폼 국외 정책동향(아태지역)	9
<표 2-3> 해상풍력 발전분야 발전차액 지원 개선	12
<표 2-4> EEG 주요 변경 내용	12
<표 2-5> 중국 1차 해상풍력발전 특허권 낙찰 결과	15
<표 2-6> 일본 RPS제도 추진 현황	16
<표 2-7> 해상풍력 플랫폼 국내 정책 동향	20
<표 2-8> 생태계 발전형 10대 신 성장 동력 프로젝트	23
<표 2-9> 2022년 의무량 전체를 풍력설비로 이행할 경우 설비 요구량	23
<표 2-10> 녹색항만 Green Port 전략	26
<그림 2-12> 서남해 해상풍력 추진 로드맵	27
<표 2-11> 주요 국가 해상풍력 시장 전망(MW)	29
<표 2-12> 해상풍력 주요 업체의 부품 외부조달 현황(%)	30
<표 2-13> 영국의 해상풍력 개발 현황	32
<표 2-14> 3라운드 개발 프로젝트 현황	33
<표 2-15> 국내 신재생에너지 수요 전망 및 개발 목표 안(단위: 천 TOE) ..	39
<표 2-16> 국내 해상풍력 발전단지 추진 현황	40
<표 2-17> 국내 유관기관 R&D 투자 현황	44
<표 2-18> 해상풍력 지지구조 개발 현황	54
<표 2-19> 국내 해상풍력 지지구조에 대한 주요 기술개발 내용	55
<표 2-20> 경쟁자 Landscape	61
<표 2-21> General Electric Company와 Vestas Wind Systems의 특허 출원 성격	67
<표 2-22> MATSUSHITA ELECTRIC과 HITACHI Zosen의 특허 출원 성격	68
<표 2-23> 설계요소 관련 출원인 별 특허 점유율	69
<표 2-24> 해상풍력 지지구조 관련 출원인 별 특허 점유율	69
<표 2-25> 해상풍력 보수보강/유지관리 관련 출원인 별 특허 점유율	70
<표 2-26> 특허기술 Landscape 현황 정리표	75
<표 2-27> 고정식 지지구조 관련 R&D 현황 정리표	76
<표 2-28> 부유식 지지구조 관련 R&D 현황 정리표	77
<표 2-29> 기관별, 분야별, 학위별 연구인력현황(명)	82
<표 2-30> 기업체의 산업별·학위별 연구원 수(명)	84

<표 2-31> 포항공과대학교 풍력특성화대학원 입학생(명).....	86
<표 2-32> 연구 장비 분류별 구축 현황.....	86
<표 2-33> (사)한국선급의 국제표준화 활동 내역.....	96
<표 2-34> 해외 협력기관 현황.....	97
<표 3-1> 자문위원 리스트.....	102
<표 3-2> 수요조사 결과 도출된 기술개발 과제 리스트.....	103
<표 3-3> 최종후보과제 및 과제 정의.....	104
<표 3-4> 후보과제의 기술개발단계 및 국내/해외 기술 수준.....	106
<표 3-5> 우선순위 도출결과.....	107
<표 3-6> 중점추진분야 및 후보과제 검토 결과.....	109
<표 3-7> 연구단과 사업단 추진의 장단점.....	110
<표 3-8> 산업환경 분석(5 Forces) 설문지 내용.....	115
<표 3-9> 5 Force 분석 결과.....	116
<표 3-10> 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 구성 체계.....	124
<표 3-12> 부유식 플랫폼 프로젝트 예.....	141
<표 3-13> 연차별 세부기술 개발 내용 및 개발 계획.....	153
<표 4-1> 생태발전형 신성장동력 프로젝트.....	162
<표 4-2> R&D 추진 상의 Risk management 방안.....	164
<표 4-3> 본 사업의 국내 해상풍력 플랫폼 기술 고도화 목표.....	168
<표 4-4> 유럽과 아·태지역 환경특성 비교.....	184
<표 4-5> 해상풍력 플랫폼 및 발전단지 개발/조성을 위한 주요 인·허가.....	187
<표 5-1> 해상풍력 플랫폼 건설기술 개발 인력투입계획.....	189
<표 5-2> 총괄과제 인력투입계획.....	190
<표 5-3> 핵심과제1 인력투입계획.....	191
<표 5-4> 핵심과제2 인력투입계획.....	192
<표 5-5> 핵심과제3 인력투입계획.....	193
<표 5-6> 핵심과제4 인력투입계획.....	194
<표 5-7> 세부과제별 총액 산정 기준.....	195

그 림 목 차

<그림 1-1> 해상풍력 구성도 : (좌)터빈 시스템 (우)플랫폼	1
<그림 1-2> 해상풍력 플랫폼 건설기술의 정의	1
<그림 1-3> 연구개발 필요성	2
<그림 1-4> 태풍 및 낙뢰 피해사례	2
<그림 1-5> 부유식 플랫폼 관련 IEC 논쟁 의제	4
<그림 1-6> 일본에서 발표한 개발예정인 부유식 해상풍력	4
<그림 1-7> WINDSEA에서 개발한 모듈형 자켓 플랫폼	5
<그림 2-1> 유럽지역 풍력발전 개발 계획	10
<그림 2-2> 유럽지역 풍력발전 개발 로드맵(2010~2020년)	11
<그림 2-3> 덴마크의 풍력발전 개발 현황	13
<그림 2-4> 영국의 해상풍력 발전단지 개발 지역	14
<그림 2-5> 일본 국제전시회에서 제안된 부유식 해상풍력발전단지	17
<그림 2-6> 해상풍력 건설기술 발전회의	18
<그림 2-7> 미국 내 9개 해상풍력 개발 프로젝트	19
<그림 2-8> 녹색성장 정책과 본 과제와의 부합성	21
<그림 2-9> 국내 풍력시장의 시장매력도 및 산업화 효과	22
<그림 2-10> 그린에너지 전략로드맵 풍력발전 부문 시나리오	24
<그림 2-11> 그린에너지 풍력발전 부문 사업화 전략 및 기대효과	25
<그림 2-13> 전 세계 해상풍력 시장 규모	28
<그림 2-14> 해상풍력 시장동향 및 전망(MW)	28
<그림 2-15> 해상풍력 주요 업체의 시장 개발 현황(GW)	29
<그림 2-16> 세계 풍력업체 시장 점유율 현황	30
<그림 2-17> 덴마크 해상풍력 발전단지 구축 추진지역	32
<그림 2-18> 영국의 해상풍력 발전 계획	33
<그림 2-19> 일본의 풍력발전 연간 도입량	35
<그림 2-20> 일본 이바라키현 해상풍력 플랫폼	35
<그림 2-21> 일본 풍력발전 시장 규모 확대 전망치	36
<그림 2-22> 말레이시아의 복합플랜트 구축 및 풍력발전기 제조 공장 설립	37
<그림 2-23> 미국의 풍력발전 개발 현황	38
<그림 2-24> 미국의 Cape Cod Offshore Wind Farm 프로젝트	38
<그림 2-25> 신재생에너지 관련 정부 R&D 투자 현황	41
<그림 2-26> 국내 풍력발전기 설치 목표(안)	41
<그림 2-27> 서남해 해상풍력 발전단지 구축 계획(단위: MW)	42

<그림 2-28> 서남해 해상풍력 발전단지 구축 시나리오	42
<그림 2-29> 전라남도 5GW 풍력 프로젝트 비전	43
<그림 2-30> 제주도 해상풍력 발전단지 조감도	44
<그림 2-31> 신안군 복합발전단지 구상도	45
<그림 2-32> 해상풍력 플랫폼 건설기술 분류	46
<그림 2-33> 해상풍력 플랫폼 설치 사이트 분석 예	47
<그림 2-34> 해상공사 실시 예	48
<그림 2-35> 해상풍력 플랫폼 모니터링 시스템 예	48
<그림 2-36> 유럽의 대표적인 해상풍력 플랫폼 개발 프로젝트	49
<그림 2-37> OC3, OC4 프로젝트를 통한 해상풍력 플랫폼 거동 분석	49
<그림 2-38> UpWind 프로젝트를 통한 해상풍력 플랫폼의 경제성 분석	50
<그림 2-39> DeepWind에서 제안한 신형식 플랫폼	50
<그림 2-40> NOWITECH의 부유식 해상풍력 플랫폼 수치해석 모델	51
<그림 2-41> 최종 선정된 영국의 해상풍력 플랫폼 실증연구 모델	51
<그림 2-42> 국내 자켓형 지지구조 시공사례	55
<그림 2-43> 주요시장국 연도별 특허 동향	56
<그림 2-44> 주요시장국 내·외국인 특허출원 현황	57
<그림 2-45> 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황	58
<그림 2-46> 출원인수와 출원건수를 통해 본 기술 발전도	59
<그림 2-47> 세부기술별 추세선 분석	62
<그림 2-48> 세부기술별 점유율	63
<그림 2-49> 설계요건 기술의 주요 출원인의 동향	65
<그림 2-50> 해상풍력 지지구조 기술의 주요 출원인의 동향	65
<그림 2-51> 해상풍력 보수보강/유지관리 기술의 주요 출원인의 동향	66
<그림 2-52> 연도 구간별 세부기술 동향	78
<그림 2-53> 주요 발행기관/학술지별 세부기술 동향	79
<그림 2-54> 주요 저자별 세부기술 논문 동향(제 1저자 기준)	80
<그림 2-55> 공공연구기관 분야별 인력현황	82
<그림 2-56> 대학 분야별 인력현황	83
<그림 2-57> 기업 분야별 인력현황	83
<그림 2-58> 기업 산업별 인력현황	84
<그림 2-59> 제주대학교 풍력특성화대학원 비전	85
<그림 2-60> 포항공과대학교 풍력특성화대학원 비전	85
<그림 2-61> 지역별 연구장비 구축현황	87
<그림 2-62> 하이브리드 구조실험 센터	88
<그림 2-63> 지오센트리퓨지 실험센터	88

<그림 2-64> 침단 건설재료 실험센터	89
<그림 2-65> 다지점 가진 대용량 지진모사 실험센터	90
<그림 2-66> 대형풍동실험센터	90
<그림 2-67> 해양환경시뮬레이션실험센터	91
<그림 2-68> K-water 연구원의 지반시험장치	92
<그림 2-69> 대우건설 기술연구원의 지반시험장치	92
<그림 2-70> 블레이드 실험	93
<그림 2-71> 조선해양플랜트 글로벌 핵심 연구센터	94
<그림 2-72> 울산대학교 조선해양공학 실험실	95
<그림 2-73> (사)한국선급의 기술력	96
<그림 2-74> 부유식 해상풍력 플랫폼 Full scale 실증 모델 예	101
<그림 3-1> 중점추진분야	108
<그림 3-2> 비전 및 목표 설정 흐름도	112
<그림 3-3> 5 Forces 분석 항목	114
<그림 3-4> 이슈 트리(Issue Tree)	120
<그림 3-5> 비전 및 추진전략	121
<그림 3-6> “해상풍력 플랫폼 건설기술” 미래상	122
<그림 3-7> 성과로드맵	156
<그림 3-8> “자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단” 기술개념	158
<그림 3-9> 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 조직체계	161
<그림 4-1> 국내 주요 핵심기술 수준 및 본 사업 목표치	168
<그림 4-2> 경제성 분석 주요 검토 항목(일반적 사례)	170
<그림 4-3> 세부 편익 및 비용 항목(일반적 사례)	171
<그림 4-4> BC 분석 절차	171
<그림 4-5> 세계 해상풍력 시장동향 및 전망(MW)	182
<그림 4-6> 태풍 및 낙뢰 피해 사례	183
<그림 4-7> 세계 태풍 발생/이동경로	184
<그림 4-8> 세계 지진 발생 빈도	184



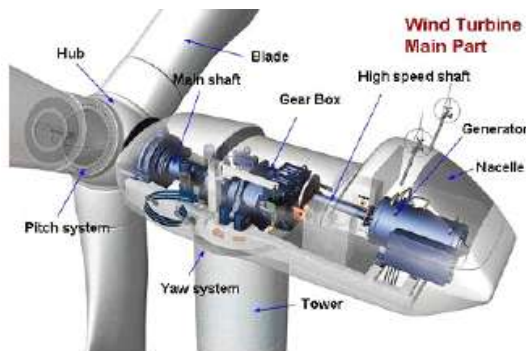
1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의 및 필요성

1.1 “해상풍력 플랫폼 건설기술”의 정의

- 풍력발전은 토목, 조선, 해양, 전기, 기계분야로 구성된 융,복합 기술로서 바람의 운동에너지를 블레이드에서 흡수, 회전에너지로 전환하여 전력을 생산하는 발전 플랜트임. 이러한 풍력발전 설치 위치에 따라 육상풍력발전과 해상풍력발전으로 구분할 수 있음
- 해상풍력과 관련된 기술은 크게 풍력터빈, 플랫폼, 전력계통 연계기술 구분할 수 있음
 - 풍력터빈 : 허브, 블레이드, 메인 샤프트, 피치 시스템, 요 시스템, 기어박스 등 주 기기 요소 개발 기술
 - 플랫폼 : 모노파일, 중력식, 트라이포드, 부유식 등 지지구조 개발 기술
 - 전력계통 연계 : HVDC연계, 변전소, 전력망설계 등 전력연계 기술



<그림 1-1> 해상풍력 구성도 : (좌)터빈 시스템 (우)플랫폼

해상풍력 플랫폼 건설기술의 정의

해상풍력 플랫폼 건설기술은 풍력 상부 기기(블레이드, 기어박스, 너셀 등) 및 타워가 공용 수명기간 동안 안전하게 운용될 수 있도록 지지해주는 플랫폼의 개발, 설계, 제작, 실증, 인증 등 관련 모든 기술

<그림 1-2> 해상풍력 플랫폼 건설기술의 정의



1.2 기술개발의 필요성

- 해상풍력 플랫폼 관련기술 개발은 정부가 추진하고 있는 ‘녹색성장’ 정책에 명확히 부합되는 기술로서, 추후 **국가의 에너지 안보 및 다각화**를 책임질 수 있는 사회기반시설 기술을 개발한다는 데에 국가적 의의가 있음



<그림 1-3> 연구개발 필요성

- 이에 정부는 ‘해상풍력 Top-3 로드맵’을 수립하고 2013년까지 100MW 규모의 해상풍력 실증단지를 구축하고자 하고 있으며, 이 외 다수의 해상풍력단지 조성 프로젝트를 계획/추진 중에 있음
- 그러나, 국내에서 추진 중인 해상풍력 프로젝트의 경우 설계요건 및 설계기준을 대부분 유럽에서 개발된 가이드라인을 근거로 시행되고 있으나, 특히 우리나라와 같은 아시아-태평양 지역의 경우 유럽의 북해지역과 달리 **지진, 낙뢰 및 태풍**에 의한 피해가 매우 높기 때문에 해상풍력 플랫폼 설계시 이에 대한 고려가 반드시 필요함



<그림 1-4> 태풍 및 낙뢰 피해사례



<표 1-1> 유럽과 아·태지역 환경특성 비교

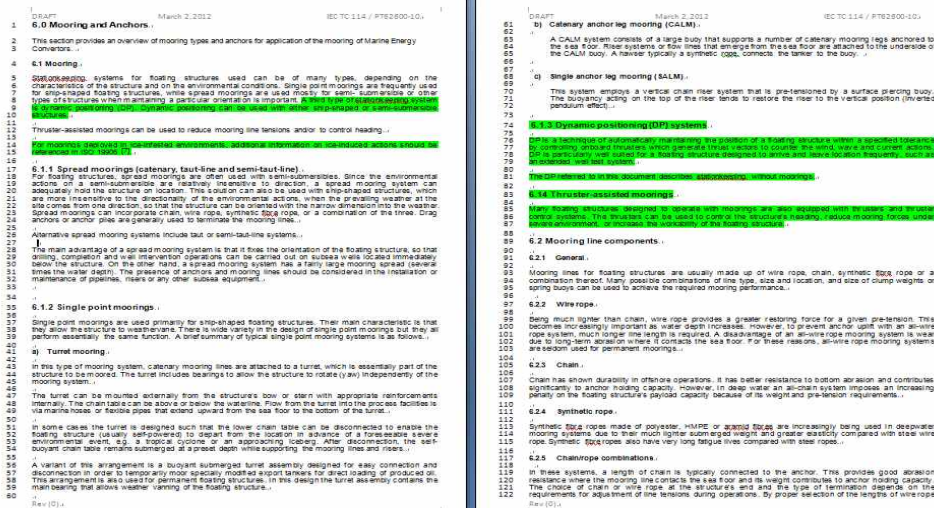
구 분		유럽지역	아·태지역	비 고
태풍	최대풍속 (10분 이상 지속 시)	16 ~ 24m/s	61 ~ 70m/s	
	발생빈도(년)	0 ~ 6건	14 ~ 39건	
지진	규모 7 이상급 발생횟수 (2011년 ~ 2012년)	0회	17회	해상풍력발전단지가 개발되는 북 유럽의 경우, 규모 7.0 이상의 지 진은 최근 6년간 한 건도 발생하 지 않음
	최대규모 (2006년 ~ 2012년)	규모 7.3	규모 7.9	
낙뢰	빈도(km ² /년)	영국 : 0~1회 덴마크 : 0~1회 독일 : 1~2회	미국 : 8회 이상 일본 : 0~2회 한국 : 1~2회	아·태지역에서, 한국과 일본은 유럽과 비슷한 빈도로 발생되나 낙뢰의 에너지가 높아 IEC 낙뢰 기준 보다 보수적인 기술기준을 적용해야 하며, 상세기준 분석이 필요함

- ☐ 전술한 기술 및 설계기준은 대부분 해외 기술에 의존하고 있어 해상풍력 프로젝트 추진시 해외 선진기업의 지속적인 기술 종속에 따른 국내 시장 잠식 및 국제 시장 장벽이 우려되는 상황임
- ☐ 우리나라와 환경 여건이 비슷한 일본, 미국 등에서도 이와 같은 문제점을 인식하여 자국적으로 관련 기술 개발을 통해 국제 시장 진입 및 국제 표준화 활동을 적극적으로 추진하고 있으나, 기 형성된 유럽 국가들의 장벽을 진입하기에는 어려움을 겪고 있음
- ☐ 따라서, 아시아-태평양 지역의 풍력 후발 국가들이 유럽과의 차별성 및 경쟁력을 확보하기 위한 기술(태풍, 낙뢰, 지진 등)을 공동으로 개발하여 공유함으로써 국제 시장에서 영향력을 확보할 수 있는 전략이 필요한 실정임
- ☐ 해상풍력발전은 일반 SOC(Social Overhead Capital) 구조물과 달리 전기를 생산하는 사업으로 **Low COE(Cost of Energy)**가 궁극적인 목표이며 핵심 이슈임. 따라서 Low COE를 확보할 수 있는 기술개발에 초점을 맞추어 추진하고 있으며 핵심기술을 정리하면 다음과 같음
 - 높은 발전량 생산 기술
 - 주 기기 및 플랫폼 가격 저가화 기술
 - 낮은 유지보수 비용 개발 기술
- ☐ 해상풍력 상부(블레이드, 너셀, 타워 등)를 지지하는 플랫폼의 경우 해상풍력 전체 공사비의 약 30%를 차지하는 구조물로서 풍력발전의 경제성 및 안전성

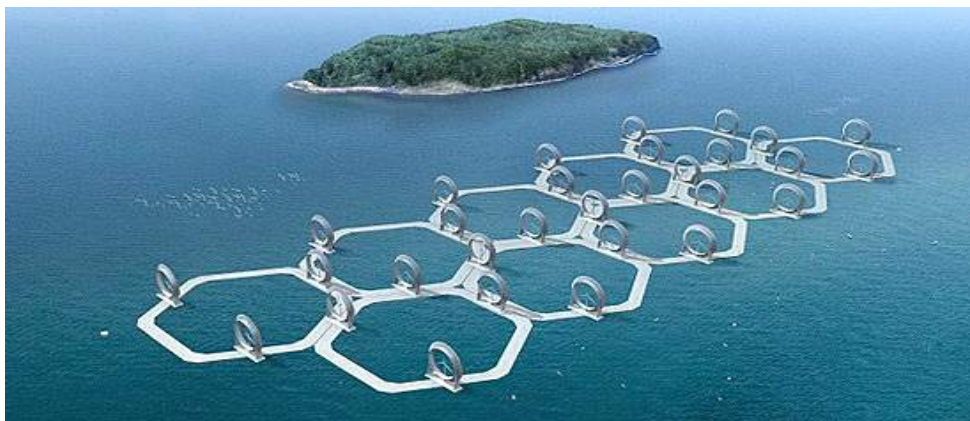


여부를 결정하는 핵심기술로서 그 중요성을 인식하여 국제적으로 관련기술 개발이 활발히 진행 중임

- 최근 IEC(International Electrotechnical Commission) 국제 표준회의에서는 플랫폼과 관련해 신형식 플랫폼과 부유식 플랫폼이 주요 이슈로 떠오르고 있으며, 관련 기준을 제정 중에 있음. 현재 주요 해상풍력 선도국가에서는 비록 개발 초기단계이긴 하나, 상업성을 갖는 해상풍력 플랫폼 개발을 위해 정부차원의 기술 지원을 아끼지 않고 있음

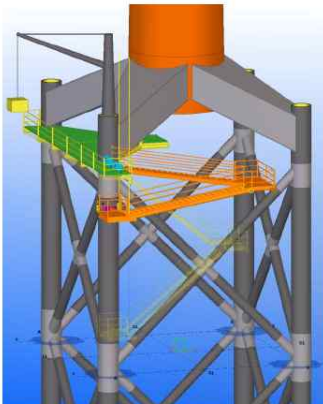


<그림 1-5> 부유식 플랫폼 관련 IEC 논쟁 의제



<그림 1-6> 일본에서 발표한 개발예정인 부유식 해상풍력



The WindSea jacket	Key facts
	Design ▪ Vertical legs ▪ Modular design ▪ Piling through legs
	Turbines ▪ All commercial offshore turbines
	Water depth: ▪ 20-50 meters
	Access system ▪ Effective and secure boat landing and staircase system
	Status ▪ Concept ready for commercial use

<그림 1-7> WINDSEA에서 개발한 모듈형 자켓 플랫폼

- 하지만, 국내에서는 기반 기술력(선박/해양구조물 엔지니어링 기술, 구조물 시공기술 등)이 충분히 확보되어 있음에도 불구하고 일부 추진 중인 R&D 기술 개발 사업이 전체 해상풍력 플랫폼 개발 사업을 포괄하고 있는 것처럼 인식되어 한정된 기술개발만이 진행 중에 있음
- 실제 국내에서 추진 중에 해상풍력 플랫폼 R&D의 경우 자체 핵심원천기술이 부족하여 해외의 기술을 벤치마킹하는 수준으로 국제 시장 진입을 위해서는 아태지역의 극한환경을 반영한 성능이 향상된 기술개발을 통해 지역적 환경적 틈새시장 발굴과 새로운 풍력시장 선도가 가능함
- 또한, 해당 기술을 바탕으로 관련 국제 표준을 선도할 수 있어 IEC 국제 표준 회의에서 국제적 영향력을 넓힐 수 있으며, 이는 다시 국내 기업의 해외 시장 진출에 긍정적 영향으로 작용하게 될 것임
- 해상풍력 발전 시장은 민간의 참여 의지가 높고 조기 산업화가 가능한 산업이나, 민간 투자만으로는 원천기술 확보를 위한 높은 비용과 Risk로 인해 기술개발이 쉽지 않음. 따라서, 국가 차원의 지원을 통해 민간 기업의 참여 기반을 마련해 주어야 하고 관련 기술개발을 통해 국가 발전에 크게 기여할 것임



2절. 기술분류 및 내용

1. 기술분류

- ☐ 해상풍력 플랫폼 건설기술의 분류 및 범위를 정리하면 아래 <표 1-2>와 같이 4가지 분류체계로 구분할 수 있음

<표 1-2> 해상풍력 플랫폼 건설기술 범위

기술 분류	기술의 범위
해상풍력 플랫폼 설계요건 기술	설계요건(Design Basis) 개발 기술 해양환경데이터 확보 및 평가 기술 국제 표준화 활동 및 의제 개발
해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심 원천 기술	신형식 해상풍력 플랫폼 개발 기술 엔지니어링 핵심 원천기술 핵심 요소기기 제작 및 통합성능 확보 기술
해상풍력 플랫폼 검증 및 실증 기술	성능 및 시험평가 기술 정밀/급속 시공 및 실증 기술 설계평가 및 인증기술
해상풍력 플랫폼 유지관리 및 운영 기술	유지관리 및 모니터링 기술 보수, 보강 기술 최적화 운영 기술

2. 기술내용

2.1 해상풍력 플랫폼 설계요건 기술

- ☐ 성격 : 원천기술 확보 및 국제시장 선도 기술
- ☐ 기술현황 : 선진국(유럽) 기술 의존, 국내 Raw Data 및 원천기술 확보 필요
- ☐ 기술내용
 - 아시아-태평양 지역에 적합한 극한환경(태풍, 낙뢰, 지진 등) 데이터 확보 및 분석 기술
 - 해상풍력 플랫폼 설계를 위한 제반사항 설계요건(Design Basis) 개발 및 분석 기술
 - IEC 국제 요건을 반영한 설계/인증기준 마련을 위한 기술
 - 국제표준화 활동 및 국제 해상풍력관련 회의를 주도할 수 있는 선진 기술 및 경쟁력을 갖춘 기술



2.2 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심 원천 기술

- ☐ 성격 : 국제시장 진입을 위한 신기술 개발 및 핵심기술 확보 기술
- ☐ 기술현황 : 유럽의 핵심기술 벤치마킹 및 컨설팅, 자체 엔지니어링 능력 부족
- ☐ 기술내용
 - 국제 경쟁력을 갖춘 신형식 타입 개발 기술
 - IEC 국제 요건에 의한 데이터 통계처리 및 통합하중 해석 기술
 - 해상풍력 플랫폼 상세 해석 및 설계 기술
 - 공용수명 확보를 위한 제작 및 구조성능 확보 기술
 - 풍력발전 상부시스템+플랫폼+기초+Mooring 등 상호 연결성능 검토 기술

2.3 해상풍력 플랫폼 검증 및 실증 기술

- ☐ 성격 : 성능 검증 및 실용화
- ☐ 기술현황 : 일부 실용화, 엔지니어링 중심 기술개발로 실용화 한계
- ☐ 기술내용
 - 플랫폼 구조성능, 수리성능 등을 검증할 수 있는 Lab. Test 검증 실험 및 해석 기술
 - 플랫폼 실증을 위한 Full. Test 검증 실험 및 해석 기술
 - 플랫폼을 시공성 및 경제성을 확보할 수 있는 정밀/급속 시공 기술
 - 해상 공사의 공정 프로세스의 효율화 및 Risk Management 기술
 - 국제적인 인증을 획득할 수 있는 설계평가 및 검증 기술

2.4 해상풍력 플랫폼 유지관리 및 운영 기술

- ☐ 성격 : 상용화 및 국제시장 선점
- ☐ 기술현황 : 운영 경험 부족, 상용화 및 국제시장 선점 전략 미흡
- ☐ 기술내용
 - 해상풍력 플랫폼 기술 실용화 및 관련 사업 육성이 가능한 기술
 - 해상풍력 플랫폼의 상태감시를 위한 모니터링 및 데이터 분석 기술
 - 해상의 안전과 인명을 보호 할 수 있는 플랫폼 운영 및 유지관리 기술
 - 내구성능을 확보할 수 있는 플랫폼 보수, 보강 기술



2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국외 정책동향

<표 2-1> 해상풍력 플랫폼 국외 정책동향(유럽)

유럽	전략적 에너지 기술계획 발표(SET-Plan) ◆ 신재생에너지에 대한 집중적인 개발 및 상용화 추진 ◆ 10~20MW급의 대형 터빈 개발, 설계기술 개발, 신뢰성 증진, 제작, 설치 및 실증 등 풍력산업 전반에 대한 계획을 수립/발표
독일	‘신에너지 법안’ 발효 ◆ 2020년까지 해상풍력 발전 용량을 10GW까지 확대 계획 ◆ 지방정부 지원하에 ‘Sky2000 Wind Farm)’ 프로젝트가 진행 중
덴마크	석유제로 프로젝트를 추진 ◆ 2050년까지 소요전력의 100%를 신재생에너지로 충당하는 계획 수립 ◆ 현재 소요전력대비 신재생에너지 공급 비중은 18%로써 2030년까지 전력 수요의 50%를 풍력발전으로 공급하는 계획
영국	ROUND 1 ~ 3 정책 ◆ Round 1 - 해상풍력 플랫폼 30기 설치 총 1.5GW의 발전 규모 확보 ◆ Round 2 - 15개 사이트에 총 6.0GW의 발전 규모를 갖는 발전 단지 구축 ◆ Round 3 - 202년까지 5,000~7,000기의 해상풍력 플랫폼을 추가 설치하여 25GW의 전력을 생산하고자 함



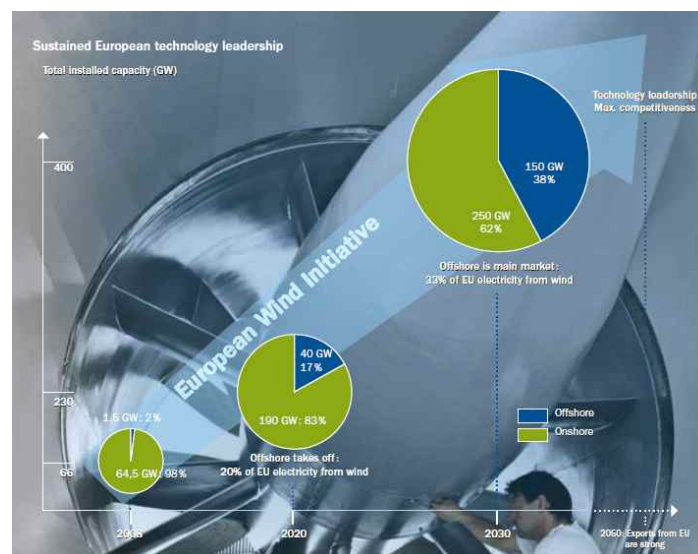
<표 2-2> 해상풍력 플랫폼 국외 정책동향(아태지역)

중국	풍력에너지를 전략적 신종산업으로 육성(5개년 과학기술 발전 계획) ◆ 신재생에너지 공급 비율을 2015년에 11.4%, 2020년에 15%까지 확대 - 추후 10년내 풍력에 의한 발전 목표량을 150GW 이상으로 산정 ◆ 해상풍력발전산업 규범화를 위한 ‘해상 풍력발전의 개발 및 건설에 관한 임시 조치’를 발표함
일본	‘에너지 확보’, ‘지구환경보호’, ‘경제성장’ 목표 추진 ◆ 2008년 7월 ‘저탄소 사회구축 행동 계획’을 수립하고 ‘50년까지 60~80%의 온실가스 감축 목표를 제시함 ◆ 2010년부터 해상풍력 부문에 매년 20억엔의 예산을 지원 ◆ 후쿠시마 앞바다에 약 60~120기의 대형 부유식 해상풍력 발전단지 개발 프로젝트를 진행 중
싱가포르	청정에너지를 미래 전략산업으로 육성 ◆ 풍력발전을 포함한 청정에너지 관련 연구개발과 인력양성 등에 향후 5년간 약 2,450억원 투입 계획 ◆ 대표 풍력제조업체인 Gamesa에서 싱가포르 최초 에코비즈니스단지인 클린테크파트로의 이전을 확정
말레이시아	장,단기 경제개발계획을 통해 환경 친화적인 청정에너지 활성화 ◆ 신재생에너지 활동을 촉진하기 위해 법적, 제도적(조세, 신탁기금 등) 지원 제도를 마련 ◆ 2011년 7월, 말레이시아는 인도와의 두 번째 협동과학기술위원회를 열고 풍력에너지를 포함한 대체에너지 개발 등에 관한 협력체계 구축
미국	해상풍력 산업 발전을 위한 국가전략을 수립 ◆ 2020년까지 해상풍력 발전 설비량을 10GW 규모로 확대, 공급가는 kWh 당 10센트까지 낮출 계획 ◆ 2030년에는 54GW의 설비 규모와 kWh 당 7센트의 공급가를 계획 ◆ 현재, 대서양 연안을 중심으로 2,322MW 규모의 9개 해상풍력 개발 프로젝트가 진행 중

1.1 유럽지역 정책 동향

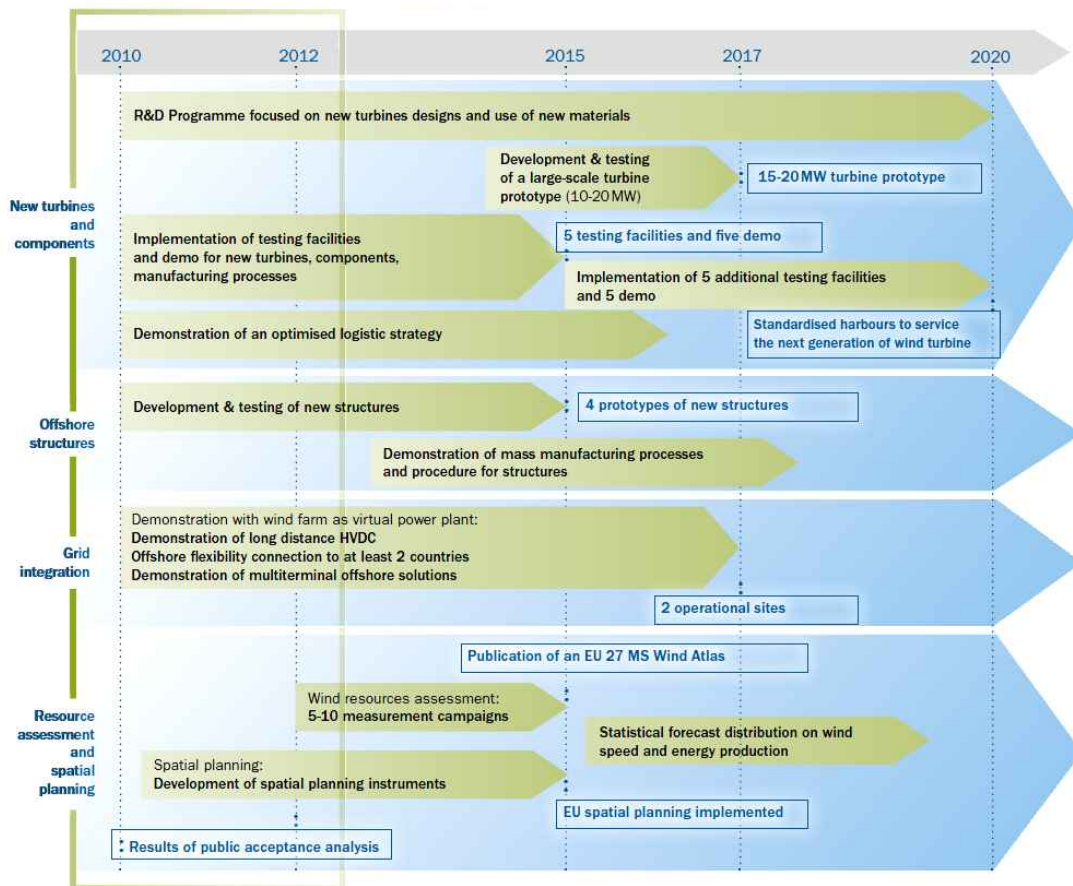
(1) 개 요

- 1990년대부터 해상풍력 플랫폼 단지를 구축하여 신재생에너지원으로 사용하고 있는 유럽 국가들은(독일, 덴마크, 영국 등) 화석연료를 대체하는 신재생에너지 원으로써 해상풍력 사업의 효용성과 잠재사업성을 먼저 파악하였으며 현재까지 풍력사업자의 풍력사업 추진에 대한 국가적 차원의 지원이 활발히 이루어지고 있음
- 특히 전 세계 풍력시장의 거의 대부분을 점유하고 있는 현 선도적 위치를 고수하기 위해 끊임없는 연구개발이 이루어지고 있으며, 이에 대한 정책적 지원 역시 지속적으로 이루어지고 있음



<그림 2-1> 유럽지역 풍력발전 개발 계획
(Source: EWEA, 2010)

- EU는 유럽의 에너지 정책의 기술적 토대로써 '전략적 에너지 기술 계획 (SET-Plan: Strategic Energy Technology Plan)'을 발표하고 2020년까지 해상풍력 부문을 포함한 신재생에너지에 대하여 집중적인 개발 및 상용화를 추진하도록 함. 특히 풍력발전은 2020년까지 가장 경쟁력 있는 에너지로 상용화 시킬 것을 표방함



<그림 2-2> 유럽지역 풍력발전 개발 로드맵(2010~2020년)
(Source: EWEA, 2010)

- 또한 풍력발전 개발 로드맵을 통해 10~20MW급의 대형 터빈 개발과 더불어 그에 따른 신뢰성 있는 설계기술을 개발하고 대형 풍력발전 단지의 신뢰성 증진, 해상풍력 플랫폼의 대량 제작, 설치 및 실증 등 풍력산업 전반에 대한 계획을 수립/발표함

(2) 독일의 정책 동향

- 2004년 '신에너지 법안'을 통해 해상풍력 부문의 세부 산업을 명확히 구분하여 투자자에게 개방함. 현재 해상풍력 발전을 포함한 신재생에너지를 통해 독일 전체의 연간 전기소비량의 약 9.4%(558kW/h)의 전기를 생산하고 있음



- 또한 2009년 ‘신재생에너지법(EEG)’을 개정하여 보다 높은 발전차액을 지원하고 있으며, 2011년에는 기술력 증진을 통해 해상풍력 발전 설치 단가를 매년 5%씩 감소시켜 2020년까지 해상풍력 발전 용량을 10GW까지 확대코자 함

<표 2-3> 해상풍력 발전분야 발전차액 지원 개선
(Source: 독일연방환경부, 2009)

개선 전 (EEG 2004)	개선 후 (EEG 2009)
2010.12.31까지 상용화 될 경우, 12년간 9.1Ct/kWh의 발전차액 지원	2015.12월 31일까지 상용화 될 경우, 12년간 15.0Ct/kWh의 발전차액 지원
이후, 6.19Ct/kWh의 발전차액 지원	이후, 12년간 연장하여 13.0Ct/kWh의 발전차액 지원
	이후, 8년간 연장하여 3.5Ct/kWh의 발전차액 지원

<표 2-4> EEG 주요 변경 내용
(Source: 독일연방환경부, 2011)

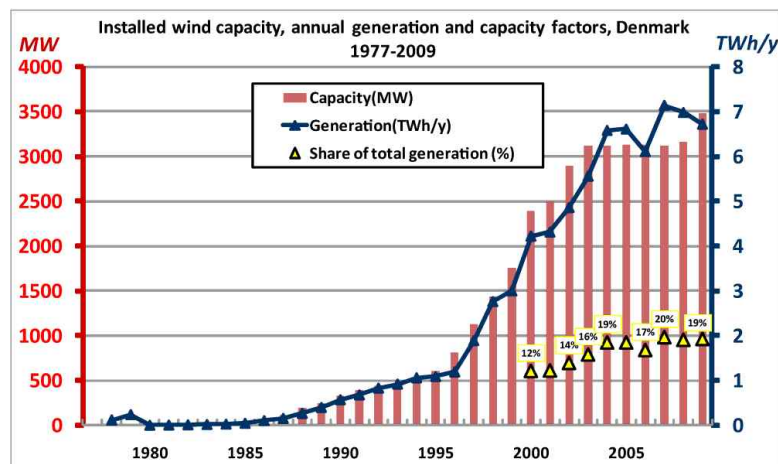
구분	항 목	구 신재생법(2009)	개정 신재생법(2012)	비 고
육상	SDL 보너스	0.49Ct/kWh (2013.12.31까지)	0.48Ct/kWh (2014.12.31까지)	1년 연장
	Repowering 보너스	0.49Ct/kWh	0.5Ct/kWh	'02년 이전 설치 시설 대상
	보조율 감가상각	1%	1.5%	0.5% 상승
해상	Sprint 보너스	13Ct/kWh(12년간) + 2Ct/kWh (2015년까지 완공 시설)	15Ct/kWh(12년간)	선택조항 삽입 : 19Ct/kWh(8년) - 2017년 말까지
	보조율 감가상각	5%(2015년부터)	7%(2018년부터)	

- 독일의 지방정부 역시 적극적으로 해상풍력 정책을 수용/추진하고 있으며 현재 지방정부 지원 하 ‘Sky2000 Wind Farm’ 프로젝트가 진행 중에 있음

(3) 덴마크의 정책 동향

- 현재 전 세계 풍력시장의 30%이상을 차지하고 있는 덴마크는 오일쇼크 당시 에너지 해외 의존율이 99%에 달하는 국가로써 막대한 타격을 입음. 이에 덴마크 정부는 에너지 문제를 국가 안보로 인식하고, 즉각 신재생에너지 개발에 나섰으며, 1970년대 중반부터 신재생에너지 사업 촉진을 위한 다양한 에너지 정책을 수립/추진해왔음

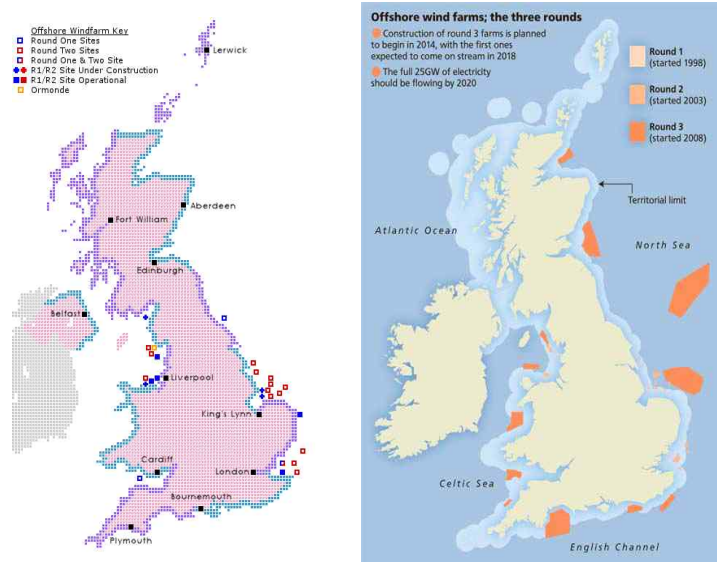
- 1991년 롤란섬 서쪽 빔더비에 세계 최초로 5MW급의 해상풍력 시범 발전단지를 구축하였으며(450kW급 발전기 11기 설치), 1997년 '해상풍력발전 가동 계획'을 발표하고 해상풍력발전을 통한 전기 공급 상용화를 본격적으로 추진함
- 1999년 전력개혁을 통해 개인 투자자의 해상풍력 시장 투자를 허가하였으며, 2007년 One stop 서비스를 건설부문에 제공하고, 석유 제로 프로젝트를 추진하여 2050년까지 소요전력의 100%를 신재생에너지로 충당하고자 함. 현재 덴마크의 소요전력대비 신재생에너지 공급 비중은 18%로써 다른 유럽 국가들 중에서도 압도적 우위를 점하고 있음
- 또한 새로운 에너지 전략 '에너지 21'을 수립하고 해상풍력 발전량을 4GW로 확대하는 등의 시행 계획을 통해 2030년까지 전력 수요의 50%를 풍력발전으로 공급토록 함



<그림 2-3> 덴마크의 풍력발전 개발 현황
(Source: en.wikipedia.org, 2010)

(4) 영국의 정책 동향

- 영국에서 추진 중인 주요 해상풍력 개발 정책으로 Round 1, Round 2 및 Round 3이 있음. Round 1은 2001년부터 13개 사이트에 각각 해상풍력 플랫폼 30기를 설치하여 총 1.5GW의 발전 규모를 확보토록 하며, Round 2는 2003년부터 15개 사이트에 총 6.0GW의 발전 규모를 갖는 해상풍력 발전단지를 구축하고자 함
- Round 3은 2020년까지 5,000~7,000기의 해상풍력 플랫폼을 추가 설치하여 25GW의 전력을 생산하고자 함. 이를 바탕으로 2020년부터는 영국 내 전 가구에 육·해상풍력발전을 통한 전력 공급이 가능토록 함



<그림 2-4> 영국의 해상풍력 발전단지 개발 지역
(Source: 지식경제부, 2008)

1.2 아·태지역 정책 동향

(1) 개 요

- 에너지원 확보 경쟁이 심화됨에 따라 유럽의 에너지 선진국과 더불어 아·태 지역의 후발 국가들도 해상풍력 산업에 적극적으로 참여하고자 하고 있으며 자국의 해상풍력 관련 원천기술 개발 및 세계 시장 진출을 위해 정책적 지원을 아끼지 않고 있음
- 특히 중국의 경우 해상풍력 플랫폼 관련 원천기술을 단기간에 확보하기 위해 국영기업의 해외 선진기업과의 협력, 국산부품 의무화 정책 등 강력한 정부지원 정책을 펴고 있으며 이를 바탕으로 아·태 지역에서 현재 가장 빠르고 규모 있게 성장하고 있음
- 일본의 경우, 후쿠시마 원전사태 이후 해상풍력에 대한 적극적인 정책 지원이 이루어지고 있으며, 육상 풍력 자원이 비교적 풍부한 미국 역시 최근 급속히 확대되는 해상풍력 시장에 관심을 갖고 원천기술 확보와 세계시장 진입/선도를 위해 다양한 정책적 지원을 도모하고 있음



(2) 중국의 정책 동향

- 중국은 12차 5개년 과학기술 발전 계획의 일환으로 풍력에너지를 전략적 신흥 산업으로 적극 육성할 계획을 밝힘. 특히 자국 내 소요전력 대비 신재생에너지 공급 비율을 2015년에 11.4%, 2020년에 15%까지 확대코자 하며, 추후 10년 내 풍력에 의한 발전 목표량을 150GW 이상으로 산정함
- 중국은 주로 육상풍력 발전을 집중적으로 개발하여 매년 100% 이상의 발전설비 용량 증가율을 기록해 왔으나, 최근 육상풍력의 부지 확보 한계를 인식하여 육상풍력보다 부지 확보가 용이하고 설비 당 에너지 출력이 높은 해상풍력 발전에 정책적 지원을 확대하기 시작함
- 특히 중국의 해안지역은 풍황조건이 우수해 풍력자원 부존량이 육상의 약 세 배인 750GW에 달하는 것으로 분석되었으며, 급속한 경제발전이 이루어지고 있는 동부 해안지역의 에너지 부족현상이 심화됨에 따라 연안 해상의 풍력발전 개발에 대한 정책 지원이 탄력을 받고 있음
- 중국 해양석유총공사(CNOOC)는 2007년 발해수이중유전에 1.5MW급의 연구목적형 풍력발전기 1기를 설치하였으며, 이 후 5억 위안을 투자하여 룡위안루둥 시범 풍력발전 프로젝트를 추진하고 2009년부터 1.5MW 풍력발전기 2기를 가동함
- 2010년 국가에너지국과 국가해양국은 해상풍력발전산업 규범화를 위한 ‘해상 풍력발전의 개발 및 건설에 관한 임시 조치’를 공동으로 발표함. 또한 국가에너지국은 최근 랴오닝, 광둥 등 11개 성의 관련부처에 해상풍력발전의 특허권 입찰 프로젝트를 추진토록 지시함

<표 2-5> 중국 1차 해상풍력발전 특허권 낙찰 결과
(Source: 상하이 KBC, 2010)

프로젝트	투자기업	설비제공업체
장쑤 빈하이 해상풍력발전사업(300MW)	따탕 신에너지원 유한책임회사	화루이 풍력발전
장쑤 서양 해상풍력발전사업(200MW)	중국전력투자유한공사	화루이 풍력발전
장쑤 따평 조간풍력발전사업(200MW)	룡위안 전력그룹	진핑 과학기술
장쑤 동타이 조간풍력발전사업(200MW)	산둥루닝 그룹	상하이 전기



(3) 일본의 정책 동향

- 일본의 풍력발전 등 신재생에너지와 관련된 정책은 '에너지 확보', '지구환경 보호', '경제성장'이라는 분명한 목표달성을 위하여 추진되고 있음. 일본은 2008년 7월 '저탄소 사회구축 행동 계획'을 수립하고 '50년 까지 60~80%의 온실가스 감축 목표를 제시함
- 또한 경제산업성을 중심으로 '신에너지 정책의 새로운 방향성'을 설정하고 환경성에서는 '저탄소사회 구축을 위한 재생가능에너지 보급 정책'을 수립하는 등 에너지, 환경, 경제성장이 복합된 정책방안을 지속적으로 제시하고 있음
- 일본 환경성은 2010년부터 해상풍력 부문에 매년 20억엔의 예산을 지원하고 있음. 또한 2017년의 자체 풍력 발전 능력을 2010년 대비 23배 이상 증가시킬 계획을 수립하고 관련 법제도(재생에너지 특별조치법 등) 준비를 시작함
- 일본의 전력회사가 풍력 에너지의 채산성과 사업상의 리스크 등으로 사업전개를 주저하는 움직임을 보이자 일본 경제성은 '석유대체 에너지 촉진법'을 근본적으로 재검토하여 전력회사 이외 석유, 가스회사에게도 풍력발전 등 신재생에너지 이용 촉진을 의무화 하고자 함
- 이러한 움직임에 맞춰 도호쿠(Tohoku), 규슈(Kyushu) 등 6개 전력회사가 풍력 발전에 의한 송전량을 증대시키고 있으며 석유제조회사와 도시가스회사 역시 풍력발전 사업에 참여하고 있음
- 또한 일본은 2003년 4월부터 RPS(Renewable Portfolio Standard) 제도를 시행하고 있으며, 기업의 신재생에너지 의무이용량 이행 시, 타 에너지원에 비해 풍력에너지의 이용이 두드러지게 증가하고 있음

<표 2-6> 일본 RPS제도 추진 현황
(Source: 일본주재사무소 정책보고서, 2010)

구 분		'03년	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년
이용목표량		73.2	76.6	80.0	83.4	86.7	92.7	103.3
이용목표율 ¹⁾ (%)		0.87	0.91	0.92	0.93	0.96	0.99	1.14
의무이용량 ²⁾		32.8	36.0	38.3	44.4	60.7	74.7	94.4
추진 실적	풍 력	9.9	14.4	19.1	21.4	27.4	30.6	
	태양광발전	2.0	3.5	4.6	5.4	6.6	7.6	
	수 력	8.4	9.1	7.0	9.4	8.5	9.6	
	바이오매스	20.4	22.1	25.0	28.6	31.7	31.3	
	소 계	40.6	49.1	55.8	65.1	74.3	79.2	
전년도 이월량			7.9	20.6	37.8	56.6	67.6	70.4

- 특히 후쿠시마 원전사태 이후 해상풍력발전단지 관련 기술 개발에 국가적 역량을 집중하고 있음. 현재 후쿠시마 앞바다에 약 60~120기의 대형 부유식 해상풍력 발전 단지를 Mitsubishi, Fuji, Shimazu 등의 대형 민간기업과 연계하여 2015년까지 운용/실증코자하는 프로젝트를 추진 중에 있음



<그림 2-5> 일본 국제전시회에서 제안된 부유식 해상풍력발전단지
(Source: 요코하마 신재생에너지 국제 전시회, 2010)

(4) 싱가포르의 정책 동향

- 싱가포르 정부는 2007년 3월 청정에너지를 미래 전략산업으로 육성하겠다는 방침을 발표한 이후, 현재까지 투자유치, 연구개발(R&D)과 인력양성, 국내 수요기반 조성 등 3가지 방향에서 적극적인 육성정책을 펼쳐나가고 있음
- 이에 따라 풍력발전을 포함한 청정에너지 관련 연구개발과 인력양성 등에 향후 5년간 약 2,450억원을 투입한다는 기본 계획 아래, 기초, 응용연구 분야에 서부터 상용화에 이르는 전 단계에 걸쳐 체계적인 지원이 이루어지고 있음
 - 기초, 응용연구 단계에서는 Clean Energy Research Programme과 Clean Energy R&D 센터 사업을 통해 청정에너지 관련 기초, 응용연구 과제를 발굴, 지원하고 있음
 - 시험, 상용화 단계에서는 Clean Energy Research and Test-bedding 프로그램을 통해 개발된 기술이 구체적으로 시험, 적용될 수 있는 기반을 제공하고 있음
- 또한 싱가포르는 경제발전 초기단계부터 외국인 투자를 유치하여 경제발전을 꾀하는 개방형 산업정책을 추구하여 온 바, 청정에너지 산업 육성에 있어서도 경제개발청 주도로 선진기술의 외국인 투자를 적극적으로 유치하고자 하고 있음
- 이에 대표적인 풍력 제조업체인 Gamesa에서 2012년 4월, 싱가포르에 신규 R&D센터 및 상용화 사무소를 개설하였으며, 정부차원에서 개발 중인 싱가포르 최초 에코비즈니스단지인 클린테크파크로의 이전을 확정함(The Business Times, 2012)

- 특히 싱가포르 주최의 ICESN(The International Clean Energy & Sustainability Network)에서 영국 등 유럽 업체 관계자들을 초빙하여 '해상풍력 건설기술 발전회의 2012'를 개최함. 본 회의를 바탕으로 해상풍력에 대한 많은 시행착오를 겪은 유럽 업체로부터 현재 기술에 맞는 시장형성에 대한 방향을 제시 받는 등 국제 해상풍력 분야의 흐름에 적극적으로 동참하고자 하고 있음



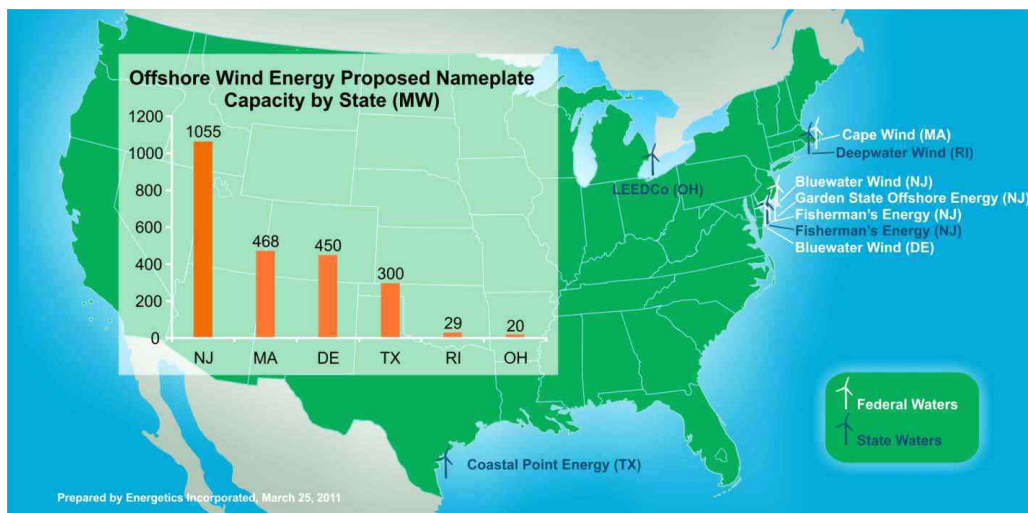
<그림 2-6> 해상풍력 건설기술 발전회의
(Source: 에너지경제, 2012)

(5) 말레이시아의 정책 동향

- 말레이시아는 장·단기 경제개발계획을 통해 풍력에너지를 포함한 환경 친화적인 청정에너지 이용을 활성화 하고자 노력하고 있음. 특히 에너지 위원회(Energy Commission)를 설립하여 제도적 인프라를 구축하는 등 신재생에너지 이용과 관련된 활동을 촉진시키기 위해 법적·제도적 지원제도를 마련하고 있으며 더불어 조세, 재정유인 및 신탁기금을 유치하는 등 많은 노력을 기울이고 있음
- 신재생에너지 이용 촉진을 위한 정책 중 하나로써 말레이시아의 과학기술혁신부(MOSTI)는 자국 풍력에너지의 적극적 활용을 위해 국가 바람지도 자료를 수집하고자 전국적인 바람지도사업을 수행함
- 실질적인 풍력사업 육성을 위해 SIRIM의 수석 선임연구원인 Dr. Baharum Ismail과 Dr. Mohd Zamri Ibrahim을 University of Malaysia Terengganu의 과학, 기술 학부의 연구, 수업석사 자리에 배정하는 등 국가 GDP에 기여하는 신산업으로서 풍력산업을 집중 육성하고 있음
- 2011년 7월, 말레이시아는 인도와의 두 번째 협동과학기술위원회를 열고 풍력 에너지를 포함한 대체에너지 개발 등에 관련한 과학기술 협력체계를 구축함

(6) 미국의 정책 동향

- 미 내무부(Department of Interior)는 2009년 신재생에너지 실무그룹을 설립하고 2010년 10개 연안 주와 대서양 해상풍력 컨소시엄 구성을 위한 MOU를 체결함
- 2011년 미 내무성 켄 살라자르 장관과 에너지부 스티븐 추 장관은 미국의 해상풍력 산업 발전을 위한 국가전략을 공동으로 수립하고, 해상풍력기술개발을 위해 5,050만 달러의 기금을 마련함
- 국가전략을 통해 미 내무부는 2020년까지 해상풍력 발전 설비량을 10GW 규모로 확대하고 공급가를 kWh 당 10센트까지 낮출 계획을 밝혔으며, 2030년에는 54GW의 설비 규모와 kWh 당 7센트의 공급가를 이루고자 함
- 이를 위해 고효율·고성능 대형 터빈 및 플랫폼 개발을 통한 자본 비용(capital costs) 절감과 지속적인 R&D 지원을 통한 설치, 운영, 유지관리 및 금융비용(financing costs) 절감에 주력하고 있음



<그림 2-7> 미국 내 9개 해상풍력 개발 프로젝트
(Source: 미 에너지부, 2011)

- 현재 대서양 연안을 중심으로 2,322MW 규모의 9개 해상풍력 개발 프로젝트가 진행 중에 있으며, 이 중 5개는 연방차원에서, 4개는 주차원에서 수행되고 있음



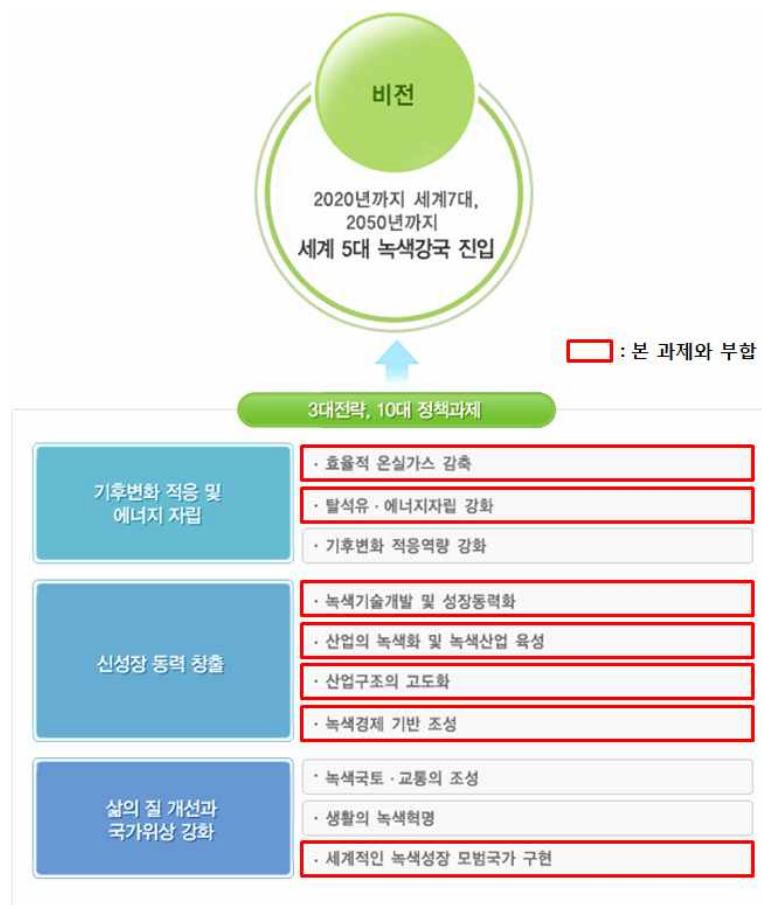
2. 국내 정책동향

<표 2-7> 해상풍력 플랫폼 국내 정책 동향

저탄소 녹색성장 기본법
◆ 2010년 ‘저탄소 녹색성장 기본법’(법률 제9331호)을 시행 ◆ 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계5대 녹색강국 진입 비전을 제시함 - 내부역량, 시장매력도, 산업화 효과를 분석한 결과 풍력시장의 성장 가능성이 매우 높게 나타남
제1차 국가 에너지 기본 계획
◆ 신재생에너지 비중은 현재 2.4%에서 2030년 11%로 약 4.6배 확대 계획 ◆ ‘녹색기술’ 등 에너지 기술 수준을 현재 선진 기술대비 60% 수준에서 2030년까지 세계 최고 수준으로 끌어올린다는 계획 ◆ 2030년까지 7,301MW 규모로 확대시킬 계획
생태계 발전형 신성장 동력 산업
◆ 2011년 9월 신성장동력 프로젝트로 선정된 10개 산업에 대해 2천억원 예산을 추가 지원할 계획
RPS 제도 도입
◆ 2012년부터 신재생에너지 할당제(RPS) 제도를 도입함 ◆ 2022년까지 약 54조원 규모의 신재생에너지 시장이 창출되며, 국내 풍력발전의 경우 약 2014년에 약 2조원 규모의 시장 창출
그린에너지 전략 로드맵
◆ 2015년까지 5MW급 해상풍력발전 시스템 실증을 추진 ◆ 중장기적으로 5~10MW급의 해상풍력발전 시스템 개발과 심해용 부유식 해상풍력 발전 기술을 확보하고자 함
녹색항만 Green Port 정책
◆ 국토해양부는 친환경 녹색항만을 구축하고자 하는 ‘Green Port’ 정책을 수립 후 지속적으로 추진하고 있음
서남해안 대규모 해상풍력발전단지 구축
◆ 총 10조 2천억원을 투자해 2019년까지 서남해안에 2.5GW 규모의 해상풍력 발전단지를 구축할 계획

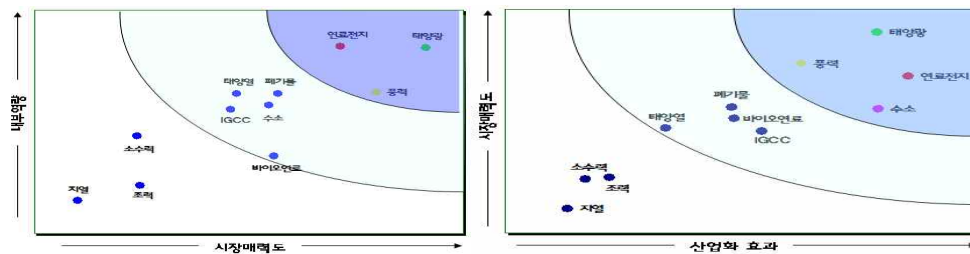
2.1 저탄소 녹색성장 기본법

- 정부는 녹색성장에 필요한 기반을 조성하고 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장 동력으로 활용하기 위한 목적으로 2010년 ‘저탄소 녹색성장 기본법’(법률 제9931호)을 시행함
- 녹색성장 정책 지원을 위해 총 107조원('09~'13년)의 정책 자금이 지원될 것으로 예상되며 신재생에너지 산업화 중점기술개발 프로그램의 일환으로 5MW급 해상풍력 발전 시스템 개발 및 실용화 기술 개발을 추진하고 있음



<그림 2-8> 녹색성장 정책과 본 과제와의 부합성

- 따라서 신재생에너지원 개발의 일환으로써 해상풍력 발전 부문에 대한 정부의 지속적인 지원이 예상되며, 특히 신재생에너지 산업기반 강화계획으로써 내부 역량, 시장매력도 및 산업화 효과를 검토한 결과 풍력시장의 성장 가능성이 높게 나타나 풍력발전에 대한 전폭적 지원이 예상됨



<그림 2-9> 국내 풍력시장의 시장매력도 및 산업화 효과

2.2 제 1차 국가 에너지 기본 계획

- 국가에너지위원회는 2008년 8월, 20년 단위의 장기 에너지계획으로써 ‘저탄소, 녹색성장’의 에너지 부문을 지원하고, 화석연료 고갈 이후 시대의 전략적 대응을 위한 장기 에너지 비전으로써 ‘제 1차 국가에너지 기본계획’(‘08~’30년)을 수립함
- 실행전략으로써 에너지단위(GDP 1천불을 생산하기 위해 소비된 에너지량, TOE)를 현재의 0.341에서 2030년 0.185 수준으로 46% 개선함으로써 ‘에너지 저소비 사회’를 구현하고 석유를 포함한 화석에너지 비중을 현재의 83%에서 2030년 61%로 축소하는 한편, 신재생에너지 비중은 현재 2.4%에서 2030년 11%로 약 4.6배 확대하여 에너지 공급의 탈 화석화를 실현하고자 함
- 또한, ‘녹색기술’ 등 에너지 기술 수준을 현재 선진 기술대비 60% 수준에서 2030년 세계 최고 수준으로 끌어올려 에너지산업을 우리나라 신 성장 동력으로 육성하고, 현재 7.8% 정도를 차지하고 있는 에너지 빈곤층을 모두 해소하는 등 에너지 자립·복지 사회를 구현하고자 함
- 화석연료를 대체하는 신재생에너지 산업의 지속적인 보급 확대 및 기술개발 지원을 통해 2030년에는 선진국 수준의 공급 규모를 달성코자 하며, 풍력 부문은 2008년 기준(199MW) 약 37배 증가한 7,301MW 규모로 확대시킬 계획을 밝힘

2.3 생태계발전형 신 성장 동력 산업

- 2009년 선정된 17개 신 성장 동력산업에 대한 지속적인 지원이 이루어지고 있으며, 2011년 9월 정부는 생태계발전형 신 성장 동력 프로젝트로 선정된 10개 산업에 대해 2천억원의 예산을 추가 지원할 계획을 밝힘
- 상기 10개 신 성장 동력 산업 분야 중 ‘해상풍력 수출산업화 기반 구축’ 부문이 그린분야에 선정됨에 따라 해상풍력 발전단지 및 플랫폼 기술개발에 대한 국가의 막대한 지원이 예상됨

- 100MW 규모의 부안-영광 해상풍력 실증단지 구축을 위한 배후단지 기반구축사업이 2014년 이전까지 완료될 예정이며 총 9개 육·해상 풍력발전단지에 대한 타당성 조사를 통해 선정된 4개 이상의 단지에 대해 개발 사업과 연계한(2014년 개발 마스터플랜 수립 완료) 지속적 지원을 계획함

<표 2-8> 생태계 발전형 10대 신 성장 동력 프로젝트
(Source: www.president.go.kr, 2011)

분 야	프로젝트명	소관부처
Green	막 여과 정수산업 육성 및 통합 물 관리 기술 해외 수출 지원	국토해양부/환경부
	해상풍력 수출산업화 기반 구축	지식경제부
	고효율 박막태양전지 기술 개발	지식경제부
	에너지 절약형 전력반도체 개발	지식경제부
	스마트 LED 시스템 조명 개발	지식경제부
	이차전지 핵심소재산업 육성	지식경제부
Soft	스마트 콘텐츠 산업 육성	문화체육관광부
	민간주도 차세대 SW 플랫폼 구축 지원	지식경제부
Life	의료시스템 수출 지원	보건복지부/지식경제부
	줄기세포 산업화 기반 구축	보건복지부

2.4 RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생에너지 할당제) 제도 도입

- 2010년 국회에서는 국내 민간업계의 녹색 산업 투자를 유도하기 위해 에너지 공급자에게 공급하는 에너지의 일정 비율을 신재생에너지로 의무 공급토록 하는 RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생에너지 할당제) 제도를 도입함(2012년 부 시행).
- 본 제도를 전격 도입함에 따라 2022년까지 약 54조원 규모의 신재생에너지시장이 창출될 것으로 예상되고 있으며, 국내 풍력발전의 경우 2014년에 약 2조원 규모의 시장이 창출 될 것으로 분석되고 있음
- RPS 제도 적용에 따른 2022년의 의무이행 발전량을 현재 가장 경제성 있고 실효성 있는 신재생에너지로써 가시적인 투자가 활발히 진행되고 있는 풍력발전으로 모두 활용할 경우, 2022년에 국내 약 21GW의 풍력발전 설비가 요구됨

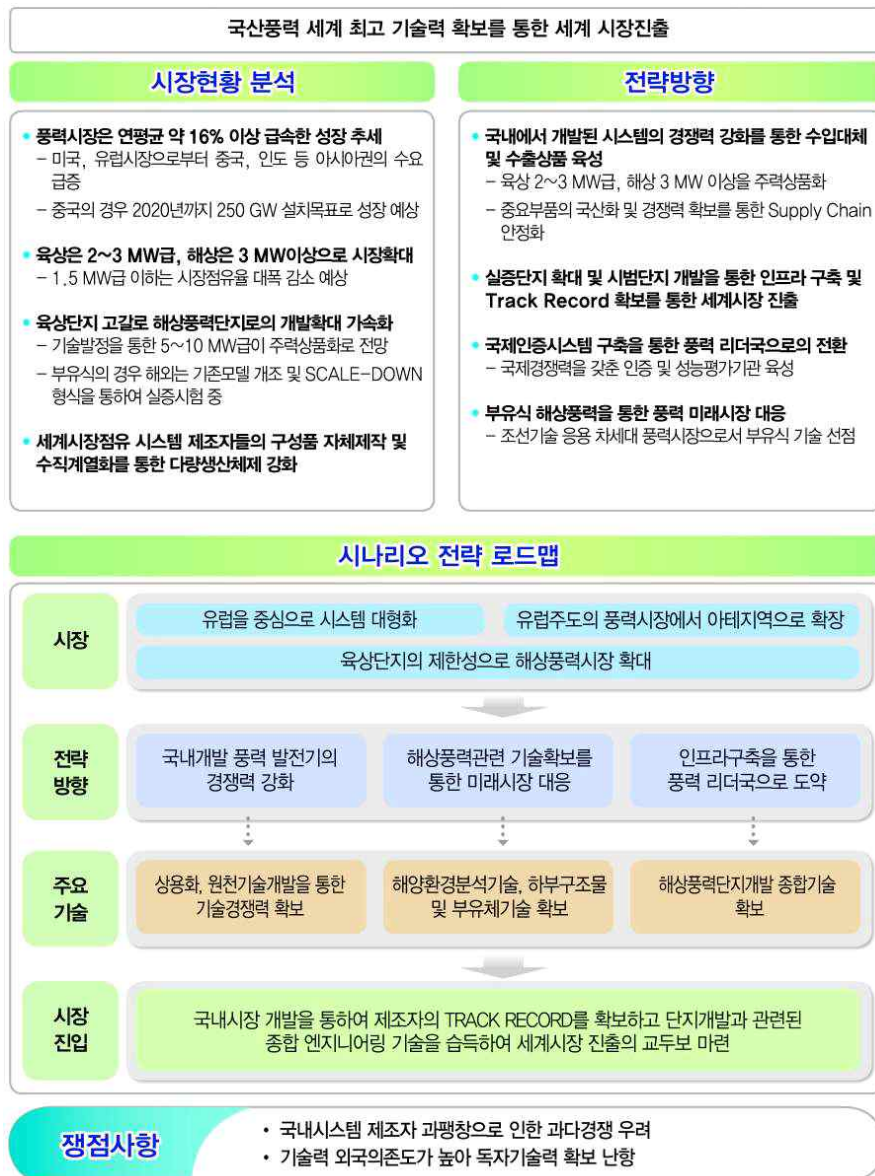
<표 2-9> 2022년 의무량 전체를 풍력설비로 이행할 경우 설비 요구량
(Source: KERI, 2009)

구 분		2012년	2017년	2022년
설비규모 (MW)	의무량 대안_1	1,459	8,978	21,415
	의무량 대안_2	2,441	8,978	21,415

주) 대안 1은 의무량 2.0~10.0%, 대안 2는 의무량 2.5%~10.0%

2.5 그린에너지 전략로드맵

- 정부는 2011년 가파르게 증가하는 미래 그린에너지 시장을 선점하기 위해 태양력, 풍력 등의 15개 신재생에너지 분야에 대한 중장기 R&D 이정표인 '그린에너지 전략 로드맵'을 수립함
- 풍력 부문에서는 2015년까지 5MW급 해상풍력발전 시스템 실증을 추진하여 단지 운영기술과 핵심부품의 국산화를 추진하고자 하고 있으며, 중장기적으로 5~10MW급의 해상풍력발전 시스템 개발과 심해용 부유식 해상풍력 발전 기술을 확보하고자 함



<그림 2-10> 그린에너지 전략로드맵 풍력발전 부문 시나리오



<그림 2-11> 그린에너지 풍력발전 부문 사업화 전략 및 기대 효과



2.6 녹색항만 Green Port 정책

- 국토해양부는 녹색성장 지원의 일환으로 항만개발 및 운영 전반에 걸쳐 저탄소, 친환경 녹색항만을 구축하고자 하는 'Green Port' 정책을 수립하여 지속적으로 추진하고 있음
- 정부에서도 본 정책을 주요 국정과제로 선정하여 종합 추진계획을 수립함. 주요 추진방향으로 항만 내 신재생에너지 도입과 탄소배출 저감 등이 있음. 이에 따라 항만 내 물류 에너지를 현 화석연료에서 신재생, 전기에너지로 전환하고자 하고 있으며 더불어 여러 가지 탄소배출 저감 전략을 통해 친환경 항만시스템을 구축하고자 함

<표 2-10> 녹색항만 Green Port 전략
(Source: 국토해양부, 2011)

구 분	현 행	감축전략
운송, 보관 등	•도로, 화물차	•철도, 해운
	•자가용, 소형화물차	•영업용, 대형 화물차
	•직접 운송	•거점 복합, 연계운송(Hub & Spoke)
물류기술	•대형 궤도, 단일모드	•소형궤도, 복합모드
물류산업	•영세, 제한적	•산업의 선진화, 전문화, 종합화, 글로벌화
수단 에너지효율	•저연비	•고연비
물류에너지	•석유에너지	•신재생, 전기에너지
물류경영방식	•개별물류	•공동물류
생산, 판매방식	•자가물류	•3자 물류
	•재고 제로(JT)	•탄력적 SCM 대응
	•개별, 회사별	•이해관계자 모두가 참여하는 그린 SCM

2.7 서남해안 대규모 해상풍력발전단지 구축

- 민·관 합동으로 총 10조 2천억원을 투자해 2019년까지 서남해안에 2.5GW 규모의 해상풍력발전단지를 단계적으로 구축할 예정임. 이를 통해 세계 3대 해상풍력 강국으로 도약하고자 함
- 이에 따라 2011년 11월 '서남해 2.5GW 해상풍력 협약'을 체결하고 '서남해 해상풍력 종합추진계획'을 발표함. 2012년 3월 한국전력과 6개 발전자회사를 중심으로 특수목적법인(SPC)을 구성하였으며, 1단계 사업에서 8개의 시스템 업체를 이용하여 100MW급 단지를 완성할 계획을 밝힘

- 1단계 사업에서는 대우조선해양에서 7MW급 1기, 두산중공업에서 3MW급 2기, 삼성중공업에서 7MW급 2기, 유니슨에서 5MW급 2기, 현대중공업에서 5.5MW급 2기, 효성에서 5MW급 2기, DMS에서 3.5MW급 1기, STX에서 7MW급 2기를 설치할 계획임



<그림 2-12> 서남해 해상풍력 추진 로드맵
(Source: 지식경제부, 2010)

2절. 국내외 시장현황 및 전망

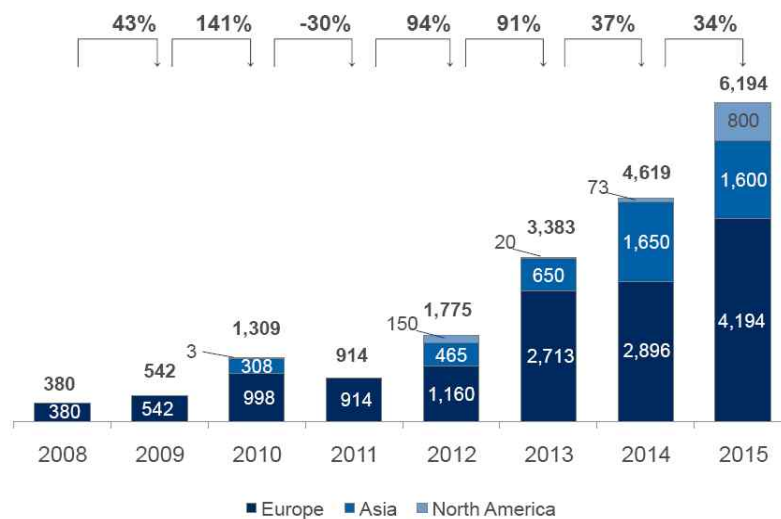
1. 국외 시장현황

1.1 개 요

- 해상풍력 플랫폼 시장은 현재까지 주로 유럽을 중심으로 형성되어 왔으며 (2010년 기준, 전 세계 해상풍력 시장의 78% 점유), 최근 화석연료 대체에너지 개발 필요성 증가에 따라 전 세계적으로 급속한 시장 확대가 이루어지고 있음



<그림 2-13> 전 세계 해상풍력 시장 규모



<그림 2-14> 해상풍력 시장동향 및 전망(MW)
(Source : New Energy Finance, 2010)

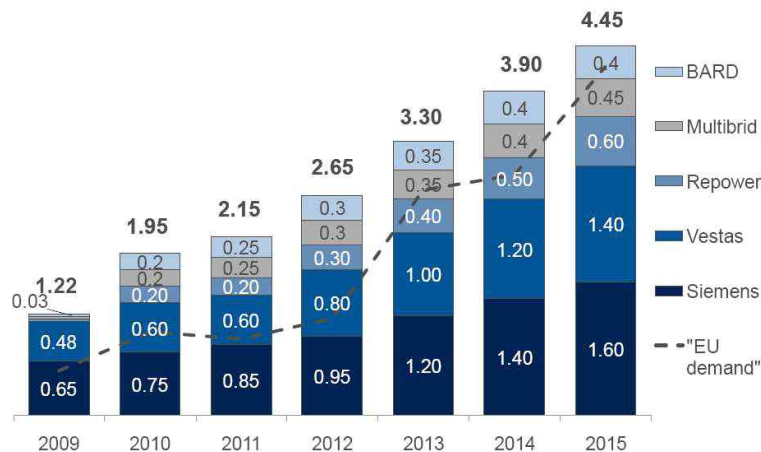


- 2015년까지 세계 해상풍력 시장은 유럽을 중심으로 성장할 전망이다, 유럽의 경제적 침체 및 높은 생산단가로 인해 풍력터빈 생산기지가 점차 아·태지역으로 이동하는 추세임. 특히 중국의 경우 2010년 해상풍력 발전 생산 용량은 7.7GW로 확대되었으며, 2011년에는 8.0GW 규모가 추가 설치되는 등 세계 풍력터빈 생산 기지로써의 위치를 형성해 가고 있음

<표 2-11> 주요 국가 해상풍력 시장 전망(MW)
(Source: New Energy Finance, 2010)

시장	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
영국	284	652	484	500	1,341	1,304	750	5,315
독일	-	138	266	288	972	1,040	1,892	4,596
덴마크	245	208	-	-	400	-	-	853
중국	13	308	-	405	650	1,600	1,500	3,826
미국	-	3	-	150	20	73	300	546
캐나다	-	-	-	-	-	-	500	500

- 해상풍력 시장은 현재 높은 기술력과 축적된 경험을 갖고 있는 유럽 메이저 업체들이 독점하고 있으며, 높은 진입장벽으로 현재의 과점 현상이 2015년까지 지속될 전망이다



<그림 2-15> 해상풍력 주요 업체의 시장 개발 현황(GW)
(Source: New Energy Finance, 2010)

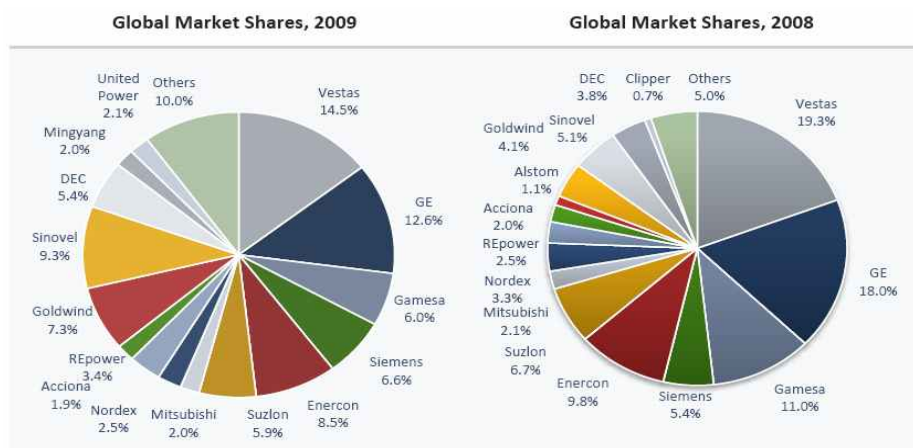
- 중국의 Sinovel, Goldwind와 같은 후발 풍력업체들도 5MW급 터빈을 개발하여 국제시장 진입을 시도하고 있으나 제품의 신뢰성을 검증받는 데에 어느 정도 시간이 필요할 것으로 예상됨



<표 2-12> 해상풍력 주요 업체의 부품 외부조달 현황(%)
(Source: Make Consulting, 2010)

Company	Blades	Generators	Gearboxes	Bearings	Castings	Forgings	Towers	Control Systems	Converters	Level
Acciona	10	0	0	0	0	0	0	0	0	Low
DEC	50	70	0	0	50	0	0	0	40	Medium
Enercon	100	100	n/a	0	15	50	5	100	100	High
Gamesa	75	30	20	0	10	40	4	50	0	Medium
GE	0	0	5	0	0	0	0	80	25	Low
Goldwind	0	0	0	0	0	0	0	30	0	Low
Mingyang	100	0	0	0	0	0	0	0	0	Low
Mitsubishi	100	80	100	0	0	0	0	100	0	High
Nordex	50	0	0	0	0	0	0	50	0	Low
REpower	5	0	0	0	0	0	0	20	0	Low
Siemens	100	80	80	0	0	0	0	20	0	High
Sinovel	0	0	20	0	20	0	0	0	0	Low
Suzlon	95	25	0	0	60	30	30	60	n/a	High
United Power	70	0	0	0	0	0	0	100	80	Medium
Vestas	95	50	0	0	0	40	40	100	30	High

- Vestas, Enercon 등 유럽 풍력 업체들의 경우 내부조달 비중이 높은 반면 Sinovel, Goldwind, Repower사의 경우 기술력이 완전히 확보되지 않아 주요 부품에 대한 외부조달이 이루어지고 있음
- Vestas, Siemens 등 메이저 풍력 업체들은 6MW급 해상풍력터빈을 개발하여 시험 가동 중에 있으며 중국업체인 Goldwind 역시 2010년 5.0MW급 풍력터빈을 개발하여 2.5~5.0MW에 걸친 제품 포트폴리오를 구축하고 있음
- 전반적인 세계 풍력업체 시장 동향으로써 아직까지는 시장 점유율 상위 15개 업체 중 유럽 업체들의 강세가 유지되고 있으나 내수시장을 바탕으로 한 중국 업체들의 성장세가 두드러지고 있음



<그림 2-16> 세계 풍력업체 시장 점유율 현황
(Source: Make Consulting, 2010)



- Vestas, GE, Gamesa 등 기존 시장 상위 업체들의 시장 점유율이 점차 하락하고 있는 반면, Sinovel, Goldwind 등 내수시장 확보에 따른 중국 업체들의 약진이 계속되고 있음. 중국 시장의 확대 추세로 볼 때, 이와 같은 현상은 당분간 지속될 것으로 전망됨
- 이에 따라 유럽의 시장 상위 업체들은 경제성 및 안전성이 우수한 신형식 플랫폼과 심해 적용이 가능한 부유식 해상풍력 플랫폼 개발 등 새로운 해상풍력 분야 시장 개척에 많은 노력을 쏟고 있으며, 추후 이러한 분야에 우수한 기술력을 가진 업체들의 시장 점유율이 증가할 것으로 예상됨

1.2 유럽지역 시장 현황

(1) 독일의 시장 현황

- 2001년 이후 뚜렷한 시장 확대가 이루어지지 않고 있었으나 최근 리파워링(repowering, 재설치) 및 해상풍력 분야 사업 활성화에 따른 새로운 시장 창출/확대로 시장 활성화가 이루어지고 있음
- 독일에는 약 2만 2,300기(총 발전용량 : 2만 9,100MW)의 풍력발전기가 설치되어 있으며, 현재 123MW의 발전량을 갖는 170개의 오래된 풍력발전기를 238MW의 발전량을 갖는 95개의 새로운 발전기로 리파워링하는 작업을 수행 중에 있음. 2011년 독일의 발전량은 2010년 대비 약 30% 증가함
- 해상풍력의 경우 2011년 108MW에 달하는 해상풍력 플랫폼이 전력망에 연결됨. 이는 2010년(50MW) 대비 2배 이상 증가한 발전용량으로써 최근 해상풍력 시장이 급속히 확대되고 있음. 현재까지 독일 전력망에 연결된 모든 해상풍력 플랫폼의 발전용량은 238MW에 이름

(2) 덴마크의 시장 현황

- 거의 대부분의 에너지를 수입에 의존했던 덴마크는 오일쇼크를 통해 막대한 타격을 입었으며, 그 후 정부 주도 하 대규모 풍력발전 단지 구축에 나섬. 이에 따라 다른 국가들보다 먼저 육상 풍력단지 건설의 공간적 한계를 깨달을 수 있었으며, 1991년 세계 첫 해상풍력 플랫폼을 설치한 이래 2008년까지 214기의 해상풍력 플랫폼(423MW)을 설치함
- 덴마크 정부는 2003년, 해상풍력발전 장기개발계획을 수립하고 2025년까지 북해의 해상전력 생산량을 5,200MW까지 증대시키고자 함. 특히 최근에는 심해 단지조성이 가능한 부유식 해상풍력 플랫폼 기술개발에 관심을 갖고 관련 기술에 대한 투자를 늘리고 있음



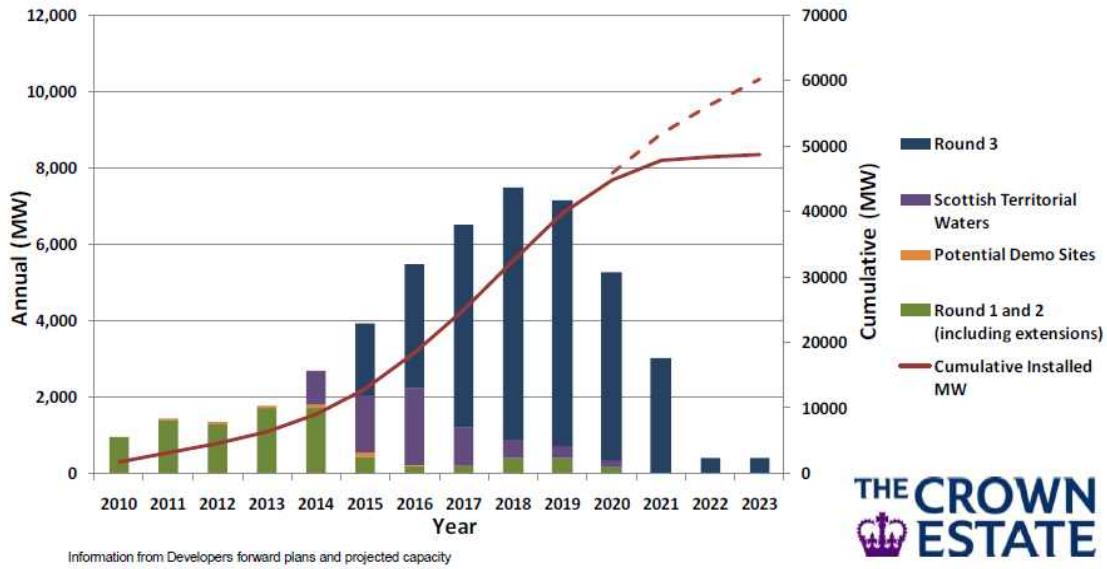
<그림 2-17> 덴마크 해상풍력 발전단지 구축 추진지역
(Source: Energinet, 2009)

(3) 영국의 시장 현황

- 영국은 3단계의 라운드 프로젝트를 통해 2023년까지 총 47GW 규모의 해상풍력 발전단지를 조성할 계획임

<표 2-13> 영국의 해상풍력 개발 현황
(Source: 주영대사관, 2011)

구 분		단지 수	발전용량(MW)
운영 중		13	1,341
건설 중		7	2,238
승인(미착공)		5	1,697
계획 중		4	1,960
Crown Estate 협의 중	3라운드	9	32,000
	1,2라운드 확장	4	1,539
	스코티쉬 해역	9	5,630
	실 증	4	-
	소 계	26	39,169
합 계		55	46,675



<그림 2-18> 영국의 해상풍력 발전 계획
(Source: 주영대사관, 2011)

- 3라운드 프로젝트는 2012년 하반기부터 turbine 등의 부품 발주를 개시하고 2015년 해상 설치를 시작하여 2023년 목표 발전용량인 32,000MW에 해당하는 발전단지를 추가 구축하며, 이를 통해 약 50,000MW의 전력을 해상풍력발전을 통해 공급하도록 함

<표 2-14> 3라운드 개발 프로젝트 현황
(Source: 주영대사관, 2011)

단지 명	개발자	발전용량 (MW)	착공	수심 (m)
Moray Firth	EDF, SeaEnergy	1,300	2015	30~57
Firth of Forth	SSE, Fluor	3,500	2015	30~80
Dogger Bank	SSE, RWE, Statoil and Statkraft	9,000	2014	18~63
Hornsea	Mainstream, Siemens, Hochtief Construction	4,000	2015	30~70
Norfolk Bank (Anglia Array)	Scottish Power, Vattenfall Vindkraft	7,200	2015	5~70
Southern Array (Hastings)	E.ON, Renewables UK	600	2015	19~62
West of Isle of Wight (Eneco Wind Park)	Eneco New Energy	900	2015	28~56
Bristol Channel (Atlantic Array)	RWE Npower	1,500	2013	20~71
Irish Sea	Centrica, RES Group	4,200	2016	28~78
Total	.	32,200	.	.



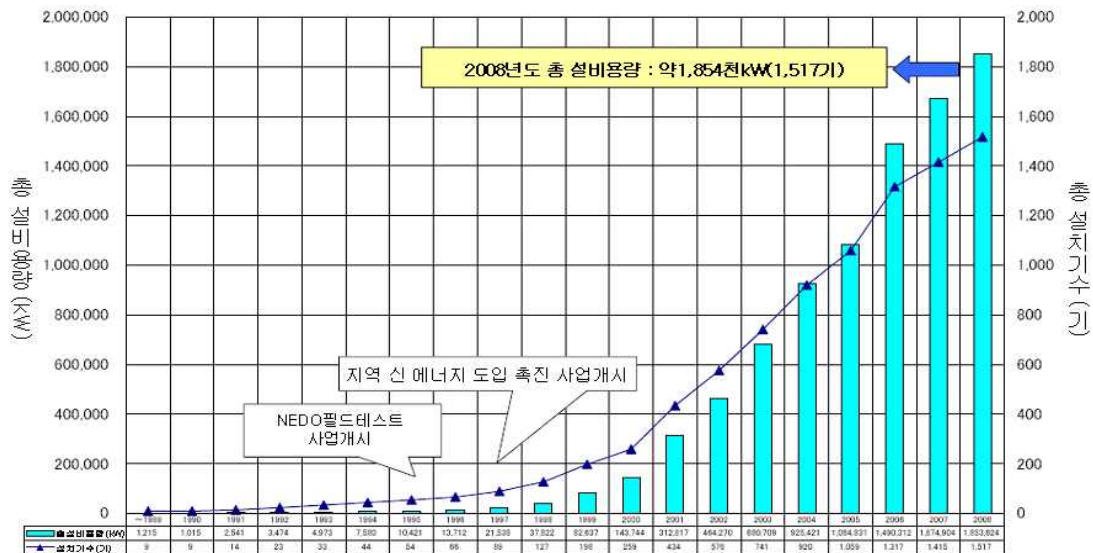
1.3 아·태지역 시장 동향

(1) 중국의 시장 현황

- ☐ 육상풍력발전을 지속적으로 개발하고 있는 중국은 최근 긴 해안과 우수한 풍황 조건을 갖춰 잠재 부존량이 풍부한 자국의 해상풍력발전 시장을 적극 확대해나가고 있음
- ☐ 중국의 해상풍력 관련 최초의 상업화 프로젝트인 상하이 동하이(東海) 대교 해상풍력 발전 사업이 현재 진행 중에 있음. 본 사업은 3MW급 해상풍력 플랫폼 34기를 설치해 총 102MW 규모의 발전량을 확보하는 것을 목표로 하고 있으며, 사업 완료시 발전단지의 연간 발전량은 267GW에 이를 것으로 추정됨
- ☐ 상해 푸둥(浦東), 산둥 창다오(長刀) 등에 해상풍력 플랫폼이 지속적으로 설치되고 있으며, 장쑤성의 경우 2020년까지 7GW 규모의 해상풍력 발전단지를 구축하고자 2010년 11월부 개발 사업이 진행 중에 있음.
- ☐ 중국의 해상풍력 발전 용량은 2015년에 15GW, 2020년에는 30GW를 넘어설 것으로 예상되고 있음. 중국 시장은 현재 아·태지역 내에서 매우 빠른 속도로 증대되고 있으며, 앞으로도 중국 정부의 강력한 지원 아래 지속적인 개발이 예상되고 있어 세계적 잠재 시장으로 부각되고 있음

(2) 일본의 시장 현황

- ☐ 일본 정부는 에너지 정책의 무게중심을 '탈 원전' 쪽으로 옮기고 있으며, 이에 따라 해상풍력발전 시장에 대한 기대치가 높아지고 있음. 일본 정부는 2012년 7월부터 자연 에너지 전량 매입제도를 도입하여 풍력발전을 통해 전력회사로 공급되는 전력을 1kW당 23.1엔에 구매할 계획을 밝히는 등 시장 활성화에 적극 참여하고 있음



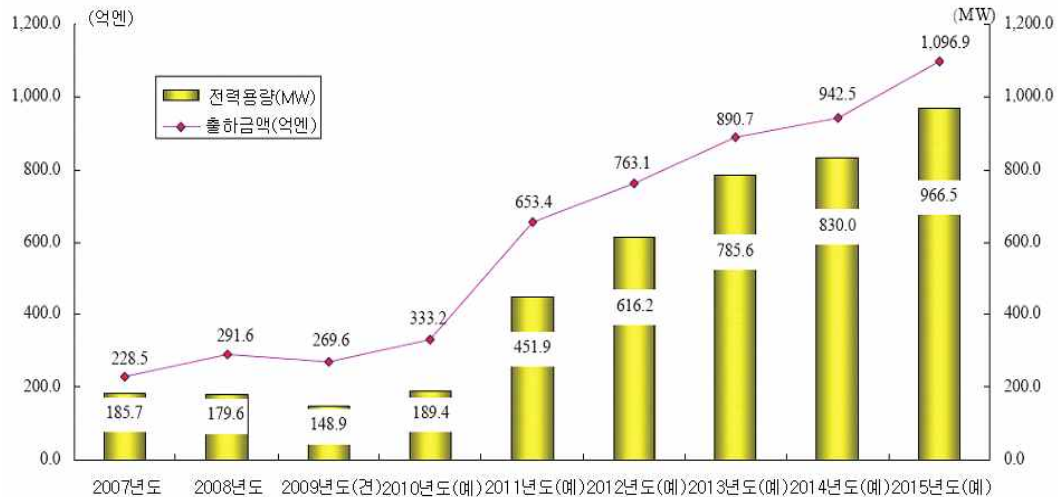
<그림 2-19> 일본의 풍력발전 연간 도입량
(Source: 일본주재사무소 정책보고서, 2010)

- 또한 2010년부터 해상풍력 부문에 매년 20억엔의 예산을 지원하고 있으며, 특히 후쿠시마 원전사태 이후 약 2억 5천달러 규모의 후쿠시마 해상풍력발전단지 구축 계획을 발표하고 Mitsubishi, Fuji, Shimazu 등의 대형 민간기업과 연계하여 사업을 진행 중에 있음
- 일본에서는 2009년 이바라키현 해상에 후지 중공업 히타치의 2MW급 해상풍력 발전기 7기가 설치된 바 있으며 신에너지 산업 기술 종합개발 기구(NEDO) 프로젝트의 일환으로 치바현 조시시 앞바다에 본격적인 해상풍력 플랫폼 실증 시험이 이루어질 예정임



<그림 2-20> 일본 이바라키현 해상풍력 플랫폼
(Source: www.nikkan.co.jp)

- 일본 내 풍력발전 시장은 주로 육상 소형 풍력발전 시스템 위주로 성장해 왔으나 최근 세계 해상풍력 시장 규모 증대와 국가 정책에 힘입어 점차 중대형 해상풍력 시장으로 범위가 확대되고 있음



<그림 2-21> 일본 풍력발전 시장 규모 확대 전망치
(Source: 야노경제연구소(矢野經濟研究所))

(3) 싱가포르의 시장 현황

- 아직까지 싱가포르의 풍력에너지 시장은 협소한 편이나, Gamesa 등 세계적인 풍력에너지 기술 기업들이 동남아시아 시장 진출을 위한 교두보로써 최근 관심을 갖고 진출하고 있음
- 싱가포르는 뛰어난 R&D 인프라스트럭처와 물류 기반, 고급인력, 대량생산 노하우 및 산업 역량, 유망한 아시아 시장과의 뛰어난 접근성 등을 갖추고 있어 최적의 해상풍력발전 시장 입지를 갖춘 것으로 분석되고 있음
- 이에 세계 최대 풍력기술업체인 덴마크의 Vestas는 2007년 싱가포르에 지역본부를 개소하였으며 향후 10년간 싱가포르에 약 5억 싱가포르 달러를 투자해 자국 외 최대 규모의 R&D센터를 구축할 계획을 밝힘
- 또한 스페인의 Gamesa 역시 2012년 4월 싱가포르에 신규 R&D센터와 상용화 사무소를 개소하고 NTU, NUS, A-Star 등의 연구진들과 협력하여 향후 18~24개월 내로 연구 상용화를 이루고자 함
- 이와 같은 시장 확대 추세는 풍력에너지를 포함한 청정에너지 R&D 중심지로 서 거듭나고자 하는 싱가포르 정부의 노력과 기업 R&D 및 동남아 시장진출



확대를 노리는 해외 우수 풍력업체들의 전략이 통합 반영된 효과로써 향후 지속적인 시장 확대가 이루어질 전망이다

(4) 말레이시아의 시장 현황

- 말레이시아의 녹색기술 수자원부는 화석연료에 대한 의존도를 줄이고자 풍력 발전을 포함한 신재생에너지 시장 창출에 힘을 기울이고 있음. 특히 국가적인 바람지도사업이 수행되는 동안 민간 기업들의 풍력시장 관심도가 증대되었음
- 이에 따라 TNB사는 Terengganu의 Pulau Perhentian Kecil에 풍력, 태양열 복합플랜트를 구축하였으며, 싱가포르 업체 Eco Tower사는 말레이시아에 8,000만 달러를 투자해 풍력발전기 제조 공장을 건설할 예정임

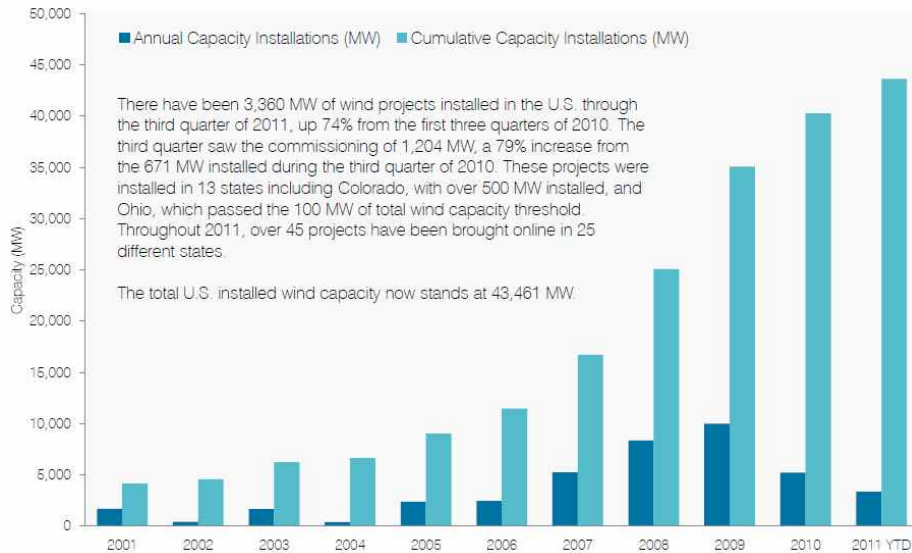


<그림 2-22> 말레이시아의 복합플랜트 구축 및 풍력발전기 제조 공장 설립
(Source: Business Times)

- 말레이시아 Pahang 주를 거점으로 연간 800개 규모의 풍력발전기를 설치할 예정이며 이를 바탕으로 미국, 유럽, 중국 등의 국제시장에 진출하고자 함

(5) 미국의 시장 현황

- 미국의 풍력발전에 의한 전력 공급량은 지속적으로 증가하고 있음. 2011년 3 분기에 신규 설치된 풍력발전 용량은 3,360MW로 전년대비 74% 증가되었으며, 2011년 9월 말 기준, 미국 내 풍력발전 용량은 총 4만 3,461MW로써 육상 풍력의 경우 이미 세계 최대의 풍력 시장이 형성되어 있음



<그림 2-23> 미국의 풍력발전 개발 현황
(Source: 미국 풍력발전협회, 2011)

- Cape Cod Offshore Wind Farm 프로젝트는 미국 최초의 해상풍력 발전단지 조성을 위한 프로젝트로써 총 17억 달러가 투자되어 2014년까지 1단계 프로젝트(330MW)가 완료될 예정임
- 현재 프로젝트 원천 업체(Cape Wind)와 현지 전력회사(National Grid) 간 전력공급계약(공급기간 15년)과 지멘스와의 터빈 공급 계약 체결이 완료됨



<그림 2-24> 미국의 Cape Cod Offshore Wind Farm 프로젝트



2. 국내 시장현황

2.1 개 요

- 국내에서는 1990년대 초부터 정부지원 하에 풍력설비 관련 연구가 이루어져왔으며 2002년부터 실질적인 시장이 형성되었으나, 아직 해외에 비해 규모가 작은 편임. 풍력산업 수출액은 2004년 5,800만 달러에서 2009년 7억 2,400억 달러로 약 12배 가까이 증가하였으며, 정부는 현재 2조 정도의 내수시장 규모가 2030년 12조 5천억 규모로 확대될 것으로 전망함
- 정부는 2011년 10개의 '생태계 발전형 신 성장 동력 프로젝트'를 발표하고 해당 분야에 2천억원의 예산을 집중 지원토록 함. 본 프로젝트의 한 축으로써 '해상풍력 수출산업화 기반 구축' 부문이 포함되어 있으며 이에 따라 해상풍력 플랫폼 개발에 대한 국가 차원의 전폭적인 지원이 예상되고 있음
- 현재 서해안과 남해안 일부에 해상풍력 플랫폼이 설치되어 있으며, 본격적인 해상풍력 발전단지 구축을 위한 프로젝트는 2012년에 시작할 예정임. 정부에서는 2030년까지 풍력발전을 통한 공급량을 연평균 18.1%로 증가시킬 계획을 밝혔으며, 국내 풍력시장은 지속적으로 활성화/확대 될 것으로 전망됨

<표 2-15> 국내 신재생에너지 수요 전망 및 개발 목표 안(단위: 천 TOE)
(Source: 지식경제부, 2008)

구 분	2008년	2010년	2015년	2020년	2030년	연평균 증가율(%)
태양열	33	40	63	342	1,882	20.2
태양광	59	138	313	552	1,364	15.3
풍 력	106	220	1,084	2,035	4,155	18.1
바이오	518	987	2,210	4,211	10,357	14.6
수 력	946	972	1,071	1,165	1,447	1.9
지 열	9	43	280	544	1,261	25.5
해 양	0	70	393	907	1,540	49.6
폐기물	4,688	5,097	6,316	7,764	11,021	4.0
합 계	6,360	7,566	11,731	17,520	33,027	7.8
1차에너지 (백만TOE)	247	253	270	287	300	0.9
비중(%)	2.58	2.98	4.33	6.08	11.0	·

- 특히 정부가 해상풍력 로드맵을 발표하고(2010년), 국내 각 지역 해상에 대한 풍력발전 단지 구축 계획이 가시화됨에 따라 주요 민간 기업을 중심으로 국내·외 시장 확보를 위한 움직임이 활발히 이루어지고 있음. 현재 추진 중인



여러 해상풍력 관련 사업이 가시적인 성과를 나타낼 시점에 급속한 시장 확대가 이루어질 것으로 전망됨

- 최근 지자체 및 RPS 할당 기업을 중심으로 본격적인 해상풍력 발전단지 건설이 추진되고 있으며, 정부 또한 R&D 지원 및 관련법령 제정 등 해상풍력 산업 활성화를 위한 노력을 기울이고 있음

<표 2-16> 국내 해상풍력 발전단지 추진 현황

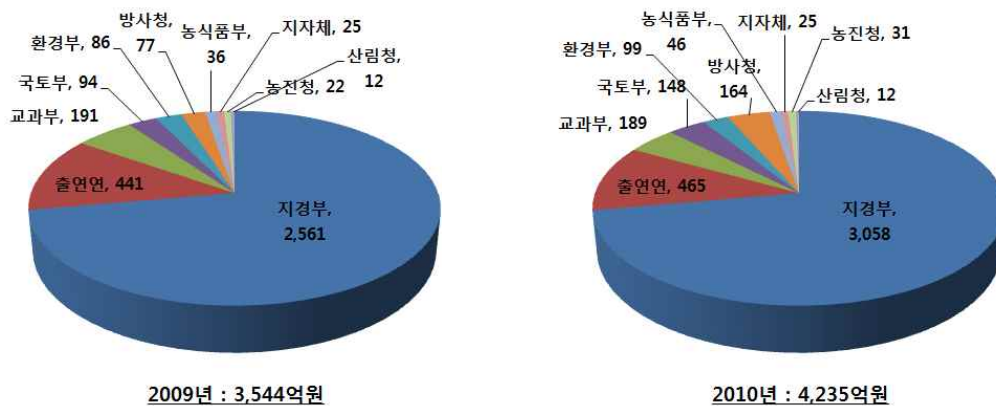
추진주체	추진지역	용량 (MW)	진행사항
전라남도 / SPC	전남 영광오도, 신안, 대노록도, 비금도	5,000	• 5GW 풍력프로젝트 실행로드맵 발표(2011)
지식경제부	전남 부안 ~ 영광	2,500	• 서남해 2.5GW 해상풍력 협약 체결(2011) • 특수목적법인(SPC) 구성(2012)
전라남도 / 포스코건설	전남 여수, 고흥, 영광, 완도, 신안	600	• 추진 중(2008 ~)
제주도 / 한국남부발전	제주 서귀포(대정해상풍력)	200	• 공동개발 양해각서 체결(2011)
경기도 / 농어촌공사	경기 시흥(시화방조제)	200	• 해상풍력발전시설 조성을 위한 업무협약 체결(2011)
경기도 / 유니슨	경기 안산	200	• 3기(누에섬 인근 해상) 설치(2009)
제주도 / 한국전력기술	제주 수원 ~ 귀덕	150	• 지구 지정 완료(2012) • 기상탑 설계 및 설치 추진 중(2012)
전라북도 / 포스코건설	전북 고창(상하면, 해리면)	100	• 추진 중(2008 ~)
인천시 / 한화건설	인천	97.5	• 조성 지역 선정 중(2011)
(주)태안 해상풍력	충남 태안	97.2	• 추진 중(2010 ~)
여주시 / 금호산업	전남 여수, 고흥	80	• 신재생 에너지 개발 사업에 관한 양해각서 체결(2009)
국토해양부	부산 강서(부산신항)	63	• 부산신항 앞 연도에 계측기 설치, 풍황조사 실시(2011)
부산시 / 한국남부발전	부산 다대포, 목도, 가덕도 등	60	• 부산신항에 사업 추진 예정 • 풍력부품의 해상수송을 위한 풍력 전용부두 건설 추진 중(2012)
전라북도	전북 군산(새만금)	40	• SPC 구성 추진 중(2011)
한국수자원공사 / 두산중공업	제주 월정리	30	• 시운전 예정(2012)



2.2 시장 투자현황

(1) 정부 R&D 투자 현황

- 신재생에너지 개발에 대한 국가적 필요성이 점차 증가함에 따라 관련 정부 R&D 투자 규모가 매년 증가하고 있음. 신재생에너지 관련 정부 R&D 투자 규모는 2010년 기준 약 4,235억원으로써 전년 대비 약 20%정도 증대되었음 (2009년 3,544억원).
- 2015년까지 신재생에너지 개발에 총 40조원(정부 7조원, 민간 33조원)이 투자 될 계획이며, 정부 투자액 7조원 중 R&D 분야에 3조원을 지원하여 기술 인프라를 구축할 계획임

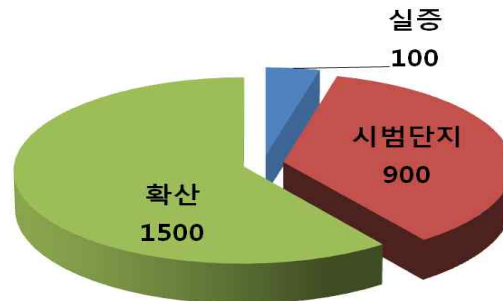


<그림 2-25> 신재생에너지 관련 정부 R&D 투자 현황

- 연구개발 대상 신재생에너지원 중 풍력발전은 타 에너지원에 비해 경제성 및 효율성이 가장 우수한 것으로 분석되어(에너지관리공단, 2006), 2010년 정부차원의 로드맵이 발표되는 등 실질적인 풍력발전단지 구축을 위한 투자가 활발히 이루어지고 있음

<그림 2-26> 국내 풍력발전기 설치 목표(안)
(그린에너지로드맵, 2009)

- 특히 현재 서남해안에 대규모 해상풍력 발전단지 구축 프로젝트가 진행 중에 있으며, 2013년까지 부안, 영광지역 해상에 5MW급 해상풍력 플랫폼 20기(100MW)로 구성된 실증단지를 조성할 예정임



<그림 2-27> 서남해 해상풍력 발전단지 구축 계획(단위: MW)

- 실증단지 운용을 수행함으로써 해외시장 진출을 위한 기술을 확보/검증하기 위해 국내 조선 및 중공업 업계에서 본 사업에 적극적으로 참여하고 있음. 본 사업에서는 2016년까지 5MW급 해상풍력 플랫폼 200기(1,000MW)를 설치한 시범단지를 구축하고 2019년까지 300기(1,500MW)를 추가로 설치해 대규모 해상풍력 발전단지를 구축하고자 함



<그림 2-28> 서남해 해상풍력 발전단지 구축 시나리오
(Source: 지식경제부, 2010)

- 또한 민간의 투자촉진을 유도하는 RPS 제도를 전격 도입함에 따라 2022년까지 약 54조원 규모의 신재생에너지시장이 창출될 것으로 예상되고 있으며, 국내 풍력발전의 경우 2014년에 약 2조원 규모의 시장이 창출 될 것으로 분석되고 있음

- RPS 제도 적용에 따른 2022년의 의무 이행 발전량을 현재 가장 경제성 있고 실효성 있는 신재생에너지로써 가시적인 투자가 활발히 진행되고 있는 풍력발전으로 모두 활용할 경우, 2022년에 국내 약 21GW의 풍력발전 설비가 요구될 것으로 분석됨

(2) 지자체 투자 현황

- 전라남도는 '미래 신산업 육성 및 R&D 인프라 확충'의 일환으로 전국 최고의 신재생에너지 산업 메카를 조성코자 하고 있음. 이에 따라 전남 서남부 도서 및 해상지역을 대상으로 '5GW 풍력 산업 프로젝트'를 추진하고 있으며, 2011년 11월 투자 기업과 지자체간 협의기구인 '전남풍력발전협회'를 발족하고 '5GW 풍력 프로젝트 실행 로드맵'을 발표함



<그림 2-29> 전라남도 5GW 풍력 프로젝트 비전
(Source: 전남 5GW 풍력 프로젝트, 2011)

- 이에 따라 2033년까지 총 20조 5,200억원을 투자하여 풍력설비 산업단지와 R&D 센터 등을 조성하고자 하며 본 추진 전략 상, 약 2만 5,500명의 고용창출 효과와 연간 2,000억원 상당의 탄소배출권 수익창출효과, 641억원의 지방세 수 확대를 기대함
- 제주도는 2011년 해상풍력 발전 생산 및 판매 서비스 유통업, 해상풍력 R&D 파생산업, 해상풍력 단지 MRO 산업 등을 포함한 '제주형 해상풍력 산업'을 주요 중핵 사업으로 선정함으로써 해상풍력 발전단지 개발에 적극적인 투자가 예상됨
- 전라북도는 새만금을 풍력 부품 제조단지 클러스터와 대형 풍력발전 시범 단지 구축을 포함한 신재생에너지 관련 제조, 설치, 시공 및 R&D 거점으로 육성하고자 함. 이에 따라 정부-전라북도-삼성그룹 간의 '새만금 사업 투자 및 협력을 위한 MOU'를 체결하였으며, 2021~2025년 까지 풍력발전기 등의 신재생에너지 사업에 7조 6천억원의 투자를 확정함



<그림 2-30> 제주도 해상풍력 발전단지 조감도
(Source: www.jejusori.net, 2011)

(3) 유관기관 R&D 투자 현황

- 해상풍력 플랫폼 관련 기술에 대한 유관기관의 R&D 투자는 2000년대 초부터 지속적으로 이루어져 왔으며, 최근 정부의 투자규모 확대에 따라 그 규모 역시 점차 증대될 것으로 전망됨

<표 2-17> 국내 유관기관 R&D 투자 현황

구 분	R&D 투자 과제 명	연구기간	연구금액 (억원)
한국에너지 기술평가원	부유식 해상풍력발전 시스템 동력학 시뮬레이션 기술개발	2009.04 ~ 2012.03	13.5
	국내 해역의 중형 해상풍력발전 플랜트 타당성 조사 연구	2008.10 ~ 2011.07	50.0
	5MW급 대형 해상풍력발전 시스템 개발	2009.10 ~ 2011.05	409.4
에너지 관리공단	해상풍력 실증연구단지 조성	2005.12 ~ 2009.12	213.7
	육/해상 풍력실증단지 조성 기획연구	2004.09 ~ 2005.08	-
전력기반 조성사업센터	항력식 수직축 터빈을 적용한 소형 풍력시스템 개발	2003.12 ~ 2004.12	0.4
한국산업 기술진흥원	5MW급 해상 풍력 윈드타워 개발, Jack-up 플랫폼 개발	2009.12 ~ 2012.04	47.2
한국연구재단	대심도 해상풍력 발전기 기초의 거동 특성 연구	2011.10 ~ 2012.09	0.3
	해양풍력 기초시스템 개발을 위한 해저지반 조사 및 평가기법 개발	2009.05 ~ 2011.04	1.1



- 또한 한국에너지기술평가원에서는 제주대학교와 포항공과대학교를 풍력특성화 대학원으로 선정하여 제주대에는 2014년까지 총 35억원을, 포항공대에는 연간 5억씩을 전문 인력 양성을 위해 지원하고 있으며 상기 대학에서는 풍력에 관련된 토목, 기계, 전기, 전자, 메카트로닉스, 해양시스템 공학의 전문 인력을 매년 배출하고 있음

(4) 민간 R&D 투자 현황

- 정부 및 유관기관의 R&D 투자가 증대됨에 따라 민간 투자 역시 2007년 약 1조원에서 2009년 3조원, 2010년 4조원의 규모로 점차 확대되고 있음
- R&D 투자 상위 40개 기업을 대상으로 조사한 결과, 67% 이상의 기업에서 신재생에너지 분야에 대한 R&D 투자를 계획하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 정부차원의 대규모 해상풍력발전 단지 개발 사업이 가시화됨에 따라 해상풍력 분야에 대한 조선, 중공업, 건설업계의 관심이 증대되고 있음
- 최근, 현대중공업과 현대건설, 포스코파워, STX에너지, 대우건설, 대림산업, 한화건설 대우조선해양 등 18개 민간 기업에서 전라남도 해상풍력발전 사업 부문에 대해 15조 6,500억원(4,670MW) 규모의 투자를 확정함
- 동양건설은 2012년 4월 전남 신안군과 육·해상풍력 시범단지 조성을 위한 양해각서(MOU)를 체결함. 2014년 완공 예정인 본 프로젝트는 기존 24MW 규모의 태양광발전소에 육상풍력발전기 9MW, 해상풍력발전기 54MW를 추가 건립하여 총 87MW급 신재생에너지 복합발전단지를 구축함을 목표로 함. 본 프로젝트 완료 시, 약 5만 가구가 매년 사용할 수 있는 전력량인 연간 15만MW의 전력 공급이 가능할 것으로 전망함



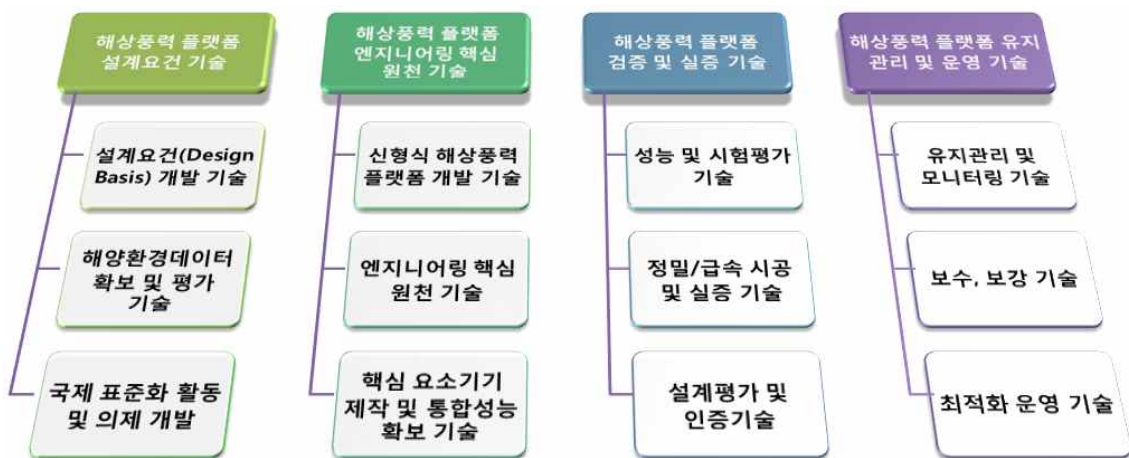
<그림 2-31> 신안군 복합발전단지 구상도
(Source: 중앙일보, 2012)

3절. 기술동향분석

1. 기술분류 및 정의

1.1 해상풍력 플랫폼 건설 기술 분류

- 해상풍력 플랫폼 건설 기술은 다음과 같이 “설계요건 기술”, “엔지니어링 핵심 원천 기술”, “검증 및 실증 기술”, “유지관리 및 운영 기술”로 분류할 수 있음

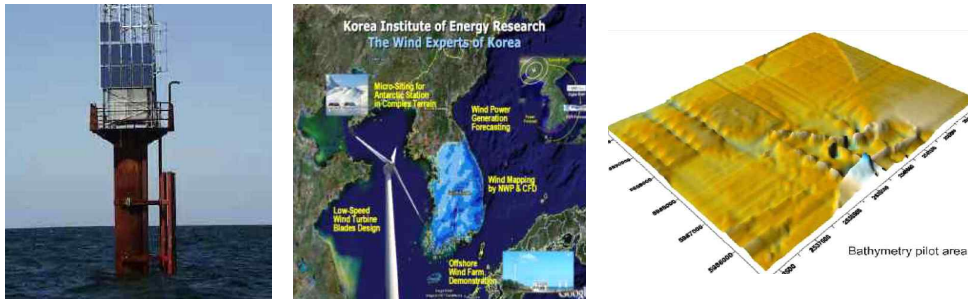


<그림 2-32> 해상풍력 플랫폼 건설기술 분류

1.2 기술 정의

(1) 해상풍력 플랫폼 설계 요건 기술

- “설계요건(Design Basis) 개발 기술” 정의
- 해상풍력 플랫폼 설계를 위한 설계 정수 분석(설계인자 분석 및 외부조건 정의) 기술
- “해양환경데이터 확보 및 평가 기술” 정의
- 해상풍력 플랫폼의 거동에 영향을 미치는 파랑, 조류 등의 해양수리 데이터, 풍향관측 자료 등의 풍향 데이터, 해양지반 물리 데이터 등과 더불어 아시아-태평양 지역에 적합한 극한환경(태풍, 낙뢰, 지진 등)에 대한 데이터를 수집하고 분석하는 기술



<그림 2-33> 해상풍력 플랫폼 설치 사이트 분석 예

□ “국제 표준화 활동 및 의제 개발” 정의

- IEC 국제 요건을 반영한 설계/인증기준 개발 등을 통해 국제표준화 활동과 국제 해상풍력 관련 회의를 주도함으로써 해상풍력 선도 국가로서의 국제적 입지를 확보하는 활동

(2) 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심 원천 기술

□ “신형식 해상풍력 플랫폼 개발 기술” 정의

- 기 개발된 해상풍력 플랫폼 대비 경제성, 구조 안전성, 시공성, 유지관리 용이성 등의 성능 개선을 통해 국제 경쟁력을 갖춘 신형식 해상풍력 플랫폼을 개발하여 국제 시장 확보를 이루는 기술

□ “엔지니어링 핵심 원천기술” 정의

- 해상풍력 플랫폼에 대한 상세 해석 및 설계 기술과 IEC 국제 요건에 의한 데이터 통계처리 및 통합하중 해석 기술 확보를 통해 우리나라의 자체 엔지니어링 기술력을 확보하는 기술

□ “핵심 요소기기 제작 및 통합성능 확보 기술” 정의

- 해상풍력 플랫폼 핵심 요소기기의 구조성능과 제작 기술을 확보하고 상부 시스템과 기초, Mooring 등에 대한 상호 연결성능 검토 기술을 증진시켜 해상풍력 플랫폼의 공용수명을 확보하는 기술

(3) 해상풍력 플랫폼 검증 및 실증 기술

□ “성능 및 시험평가 기술” 정의

- 해상풍력 플랫폼의 구조성능, 수리성능 등을 검증할 수 있는 Lab. Test 검증 실험 및 해석 기술



□ “정밀/급속 시공 및 실증 기술” 정의

- 해상공사의 공정 프로세스의 효율화 및 Risk Management 기술을 바탕으로 해상풍력 플랫폼의 시공성 및 경제성을 확보하는 정밀/급속 시공 기술



<그림 2-34> 해상공사 실시 예

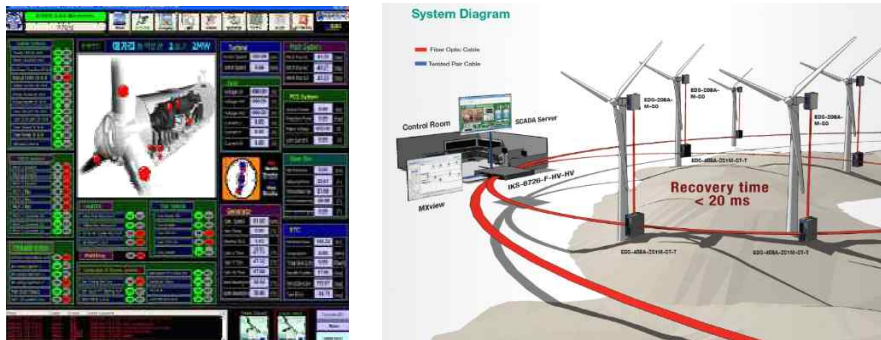
□ “설계평가 및 인증기술” 정의

- 해상풍력 플랫폼에 대한 국제적 인증을 획득할 수 있는 설계평가 및 검증 기술

(4) 해상풍력 플랫폼 유지관리 및 운영 기술

□ “유지관리 및 모니터링 기술” 정의

- 해상의 안전과 인명을 보호 할 수 있는 플랫폼 유지관리 기술 및 해상풍력 플랫폼의 실시간 상태 점검이 가능한 모니터링 및 데이터 분석 기술



<그림 2-35> 해상풍력 플랫폼 모니터링 시스템 예

□ “보수, 보강 기술” 정의

- 해상풍력 플랫폼의 내구성능을 확보할 수 있는 보수, 보강 기술

□ “최적화 운영 기술” 정의

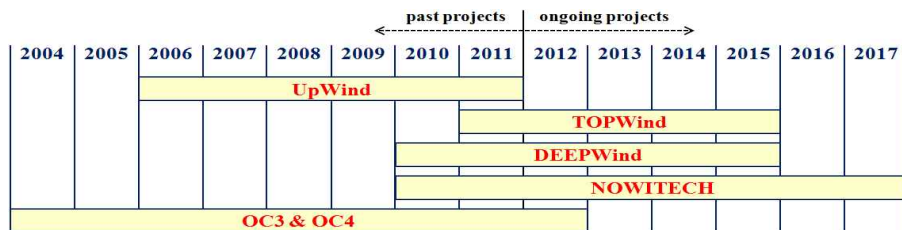
- “유지관리 및 모니터링 기술”과 “보수, 보강 기술”을 바탕으로 한 해상풍력 발전단지 최적 운영 시스템 체계 구축 기술

2. 관련 기술개발 동향

2.1 기술개발 현황

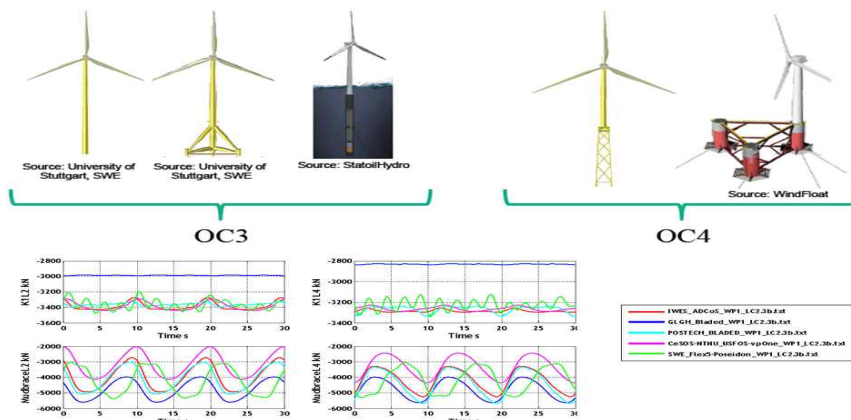
(1) 국외 연구개발 현황

- 최근 유럽지역 풍력 정책 상 집중적으로 육성되고 있는 기술 분야는 기 개발된 풍력발전기의 성능개선, 경제성 있는 신형식 플랫폼 개발, 대수심에 가용한 플랫폼 개발로 크게 분류할 수 있으며, 상기 기술들은 모두 대형화되고 있는 풍력 터빈 규모를 고려하여 개발되고 있음
- 특히 해상풍력 발전기의 상부구조(블레이드, 너셀, 타워 등)를 지지하는 플랫폼 관련 기술은 해상풍력 발전 단지 총 공사비의 약 30%를 좌우하는 주요 핵심기술로써 유럽은 많은 경험을 통해 그 중요성과 상품가치를 충분히 인식하고 2004년부터 OC3&4, UpWind, DeepWind 등의 프로젝트 수행을 통해 보다 경제적이고, 대수심 적용이 가능한 플랫폼 개발에 힘을 기울이고 있음



<그림 2-36> 유럽의 대표적인 해상풍력 플랫폼 개발 프로젝트

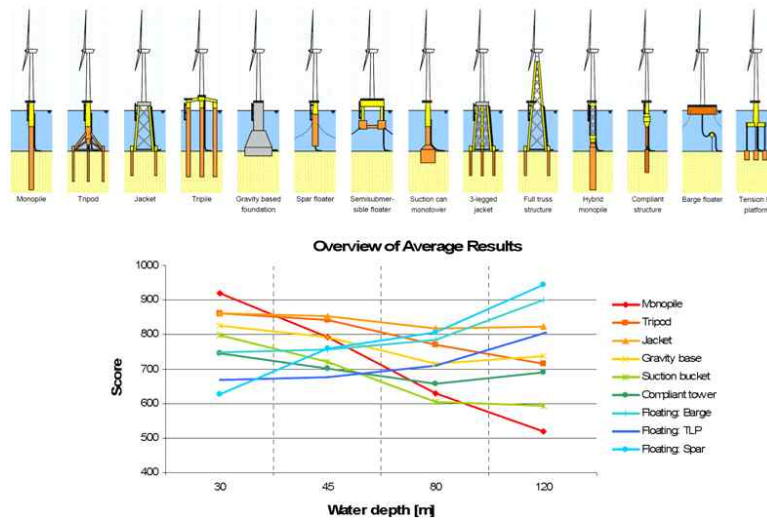
- NREL 등 유럽 10개국의 18개 기관이 참여한 OC3 & OC4 프로젝트(2004~2012)에서는 현재 제안 또는 운용 되고 있는 다양한 해상풍력 플랫폼 형식에 대한 성능평가를 다양한 해석 프로그램을 바탕으로 심층적으로 분석함



<그림 2-37> OC3, OC4 프로젝트를 통한 해상풍력 플랫폼 거동 분석

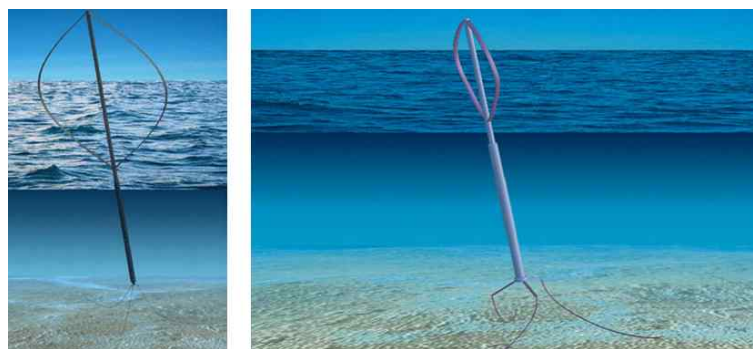


- UpWind 프로젝트(2006~2011)에서는 대형 해상풍력 발전기 및 심해에 가용한 플랫폼 형식으로써 현재 운용중이거나 구상단계인 플랫폼에 대해 기반 적용성, 구조안전성, 시공성, 해체 용이성, 유지관리측면을 종합적으로 검토해 수심에 따른 최적의 플랫폼 형식을 도출하였으며, Compliant 형식 등 해양환경에서 구조물 수명을 증진시킬 수 있는 신형식 플랫폼을 제안/검토함



<그림 2-38> UpWind 프로젝트를 통한 해상풍력 플랫폼의 경제성 분석

- DeepWind 프로젝트(2010~2014)에서는 수직축 풍력터빈을 이용한 부유식 발전시스템을 연구하였으며, 자체 설계 및 해석 툴을 개발하고 모델테스트를 통해 해당 신형식 플랫폼의 타당성 분석을 수행함



<그림 2-39> DeepWind에서 제안한 신형식 플랫폼

- NOWITECH 프로젝트(2010~2017) 추진을 통해 수심 30m 이상에서의 경제적인 고정식/부유식 해상풍력 플랫폼을 개발하고자 하고 있으며, 통합수치 해석/설계 프로그램을 개발하여 외부 조건에 대한 해상풍력 플랫폼의 정확한 거동을 진단하고자 함



<그림 2-40> NOWITECH의 부유식 해상풍력 플랫폼 수치해석 모델

- 또한 TopWind 프로젝트(2011~2014)를 통해 해상풍력 플랫폼의 통합 해석기술을 개발하고 경제성 있는 대수심 가용 신형식 플랫폼 개발과 플랫폼 자동화 제작 시스템을 개발하고자 함
- 영국의 Crown Estate에서는 수심 60m 이상의 대수심 적용이 가능한 해상풍력 플랫폼에 대한 국제 설계 공모를 실시한 바 있으며(2009~2010), 다양한 제안사항을 검토하여 현재 최종적으로 선정된 플랫폼 형상에 대한 실증 연구를 지원하고 있음



<그림 2-41> 최종 선정된 영국의 해상풍력 플랫폼 실증연구 모델

- 전술한 다양한 정책적 지원을 바탕으로 유럽의 풍력선진국들은 보다 경제적이면서 깊은 수심에 적용이 가능한 다양한 해상풍력 플랫폼 형식을 끊임없이 개발/검증하고 있음. 이를 통해 급속히 확대되고 있는 해상풍력 시장에서의 선도적 위치를 고수함과 동시에 후발 국가들의 신장 진입을 차단코자 함



(2) 국내 연구개발 현황

- 해상풍력 플랫폼 기술은 현재 일부 연구 추진 중에 있으나 아직까지 요소기술 확보 단계 수준인 것으로 파악됨. 또한 실증경험이 없어 기술력 확보에 어려움을 겪고 있으며 선진기술과의 격차 역시 비교적 큰 차이로 발생하고 있음. 요소기술 확보를 위한 연구개발 현황은 다음과 같음
- 대한전기협회(2011~2014)에서는 부유식 해상풍력시스템 기준의 국제 표준 개발을 통한 국내 기술기준의 국제 기술기준 선점 및 국내 기업들의 이익을 극대화 하고자 IEC/TC88 표준화 동향, EWEC, WWEC 등 유관기관의 기술 기준 개발 동향을 검토 중에 있음. 또한, 다양한 방식의 부유식 구조물에 따른 동적거동 및 상호작용의 해석, 평가 기술을 확보하여 부유식 해상풍력 시스템 설비의 해외시장 진출에 기반을 확보하고자 수행 중에 있음
- 목포대학교(2010~2013)에서는 해상풍력 발전용 플랫폼에 작용하는 파랑하중, 조류하중 및 풍하중 등 유체하중 해석기술을 개발하고자 플랫폼에 작용하는 유체하중을 산정하고 유체하중에 의한 구조변형 해석기술을 개발하고자 연구 중에 있음. 또한, Vortex-Induced Vibration(VIV)을 포함한 유탄성 해석기술을 개발하여 추후 개발 예정인 대규모 해상풍력단지에 유체성능 해석기술을 적용하고자 함
- 한국에너지기술연구원(2004~2005)에서는 해상풍력단지 설계 및 해양 기반 자료 구축 등의 국내 해상풍력발전 기술개발을 위한 선행연구를 수행함. 이를 위하여 해상풍력발전단지 설치를 위한 수심, 해양지질 및 해수유동 조사를 실시하여 경제성 분석 및 인허가 법령조사를 수행하여, 해상풍력단지 설계 및 해양 기반자료를 구축한 바 있음
- 연세대학교(2011~2012)에서는 국내 수심에 적용 가능한 모노파일과 평판앵커의 거동특성을 규명하고자, 기존 육상 하부기초에 적용이 가능했던 p-y곡선이나 q-w곡선과 같은 하중전이 기법으로 기초-지반 상호작용을 모델링하고, 재하시험자료 및 수치해석을 통한 보정을 수행하고 있음. 이를 이용하여 풍력발전기 하부기초 시스템의 거동 특성을 정립하고, 거동을 모사할 수 있는 기법을 개발하여, 추후 공사비 절감을 위한 최적 설계기법 기초자료로 제공하고자 함
- 두산중공업(2009~2012)에서는 3MW급 해상풍력시스템을 실증하고자 해양환경 사전조사 및 단지건설 범위를 선정하여 시뮬레이션 모델 선정, 구조물 지지지반 분석 및 설계를 수행 함으로써, 국내 기술로 기술개발이 완료된



국산제품의 성능 검증 및 실증을 수행한 바 있음

- 포항산업과학연구원(2011~2015)에서는 지식경제부의 실증단지용 Substructure의 Test Bed를 구축하기 위하여 기초구조물 설계, 자켓, 돌핀 구조시스템의 하중해석 등을 수행 중에 있음. 또한, Substructure 형식별 시공조건을 분석하여 해상풍력 추진단의 1단계 실증사업을 연계한 5MW 이상급 Track Record를 확보하고자 수행 중에 있음
- 건국대학교(2011~2012)에서는 우리나라 환경에 적합한 해상풍력 신형식 상/하부지지 구조물과 항만 해상풍력단지 설계/시공/인증/운영/유지관리 기술개발의 타당성을 분석하고, 기술개발의 계획을 수립하고자 수행됨.
- 한전전력연구원(2011~2014)에서는 서남해 2.5GW 해상풍력단지 개발을 위한 실증단계 연구로서 지지구조물의 설계요건을 정의하고, 기상탑을 이용한 데이터 계측 및 분석과 사업인증 관련 요소기술을 확보하고자 수행 중에 있음. 또한, 경제성 확보를 위한 기기 성능평가 기준 수립으로 Cost-Model 최적화를 통한 해상풍력 단지개발기술 및 운영 및 해외 수출의 기술적 기반을 마련하고자 수행 중에 있음
- 성진지오택(2009~2012)에서는 5MW급 해상 풍력 윈드타워, Jack-up 플랫폼 개발을 위하여 불확실성을 갖는 해양환경하중 파라미터를 결정하고 설계하중과 하중케이스를 제시함. 또한, IEC, API를 적용한 하중계산, 구조설계, 강도해석을 통한 대규모 건설예정인 해상풍력단지용 하부구조물의 국산화가 가능하도록 연구를 수행한 바 있음
- 한국기계연구원(2009~2012)에서는 부유식 해상풍력발전 시스템의 최적화 설계 및 경제성을 분석하기 위하여 동력학 해석프로그램을 개발하고 개념설계를 수행함. 또한, 검증시험을 위한 시험설계 및 모델제작 및 실험과 최적화 설계 및 경제성 분석을 실시하여 추후 개발되는 부유식 해상풍력발전 시스템의 설계 검증, 안전성 및 신뢰성 평가 기술을 확보하고자 수행된 바 있음
- 국내 전반적 플랫폼 관련 기술은 해외 풍력 선도국가 대비 60% 정도 수준으로써 약 4년 정도의 기술격차가 발생되고 있는 것으로 조사됨. 국토해양부와 지식경제부 지원 하에 자켓식, 모노파일, 버켓식 지지구조가 개발 중에 있음
- 현재 개발 완료 또는 개발 중인 국내 해상풍력 플랫폼은 대부분 기 개발된 해외 제품을 벤치마킹하는 수준에 머무르고 있음. 해외 시장 진출을 목표로 차별화된 기술 개발 및 부유식 플랫폼에 대한 연구는 수행되고 있지 않음



<표 2-18> 해상풍력 지지구조 개발 현황

구 분		모노파일 (Monopile)	중력식 (Gravity)	석션 (Suction)	트라이포트 (Tripod)	자켓 (Jacket)	
개념도							
특 징	적용 수심	10~30m	0~15m	10~50m	20~40m	20~50m	
	지반 조건	연약층	단단한 층	연약층	연약층	연약층	
개 발 현 황	국외 개발 현황		실증 및 상용화 단계 (31개 이상의 프로젝트 추진)	실증 및 상용화 단계 (8개 이상의 프로젝트 추진)	연구 및 실증단계 (1개 이상의 프로젝트 추진)	실증 및 상용화 단계 (5개 이상의 프로젝트 추진)	실증 및 상용화 단계 (5개 이상의 프로젝트 추진)
	국내 개발 현황	발주처	국토부	국토부	국토부	-	지경부
		관리 기관	KICTEP	KIMST	KICTEP	-	KETEP
		연구 기간	2010.09~ 2014.09	2011.08~ 2012.02	2010.09~ 2014.09	-	2011.07~ 2015.06
		주관 기관	KICT	건국대학교	KICT	-	RIST
		주요 연구 내용	천해용 대구경 모노파일 시공시스템 개발	항만해상 풍력단지 건설기술 개발	대수심 버켓기초 시공시스템 개발	-	천해용 (40m이내) 해상풍력 substructure 시스템 개발
		개발 단계	2차년도	기획단계	2차년도	-	1차년도



□ 해상풍력 지지구조 부문에 대한 국내 주요 기술개발 내용은 다음 표와 같음

<표 2-19> 국내 해상풍력 지지구조에 대한 주요 기술개발 내용

개발주체	기술개발 내용
국토해양부 (2010~2014)	▪ 대구경 대수심 해상기초시스템 개발 - 암반층 관입 가능한 장비 및 3MW급 모노파일 기초 개발 - 단단한 층 관입이 가능한 버켓기초 개발
지식경제부 (2011~2015)	▪ 천해용 해상풍력 Substructure 시스템 개발 - 수심 40m 이내의 해상에 설치되는 5MW급 이상의 풍력발전 Substructure 개발 - 자켓, 돌핀 구조시스템의 구조 성능 및 시공조건 검증/분석
지식경제부 (2011~2014)	▪ 서남해 2.5GW 해상풍력 개발을 위한 실증단계 연구 - 서남해 실증단지 구축 및 후속사업 추진을 위한 제반기술 구축
국토해양부 (2011~2012)	▪ 항만해상 풍력단지 건설기술개발 기획연구 - 우리나라 환경에 적합한 해상풍력 신형식 상, 하부구조물과 항만해상 풍력단지 설계/시공/인증/운영/유지관리 기술개발의 타당성 분석
GS건설	▪ 해양구조물 경량콘크리트 배합설계 및 시공기술 개발 - 강도, 내구성능 및 시공성을 갖춘 해양 경량 콘크리트 배합설계 및 최적 시공법 개발
GS건설	▪ 해상풍력 구조물 기초설계 및 시공기술 개발 - 해상풍력 지지구조로써 모노파일, 자켓형과 더불어 석션파일 및 부유식 하부구조의 Mooring system에 대한 설계/시공 기술 확보
연세대학교 (2011~2012)	▪ 국내 수심에 적용 가능한 모노파일과 평판앵커의 거동특성 규명 - 경제성 있는 최적설계를 위한 풍력발전기 하부구조의 거동 특성 정립 / 거동 모사 기법 개발
대우건설 (2010~2011)	▪ 해상풍력발전 하부기초 설계/시공 기술개발

□ 자켓형 해상풍력 지지구조는 2011년 제주도 해역에 시공된 바 있음. 2MW급 용량의 풍력발전기에 적용되었으며, 짧은 길이의 고정핀을 사용해 작은 용량의 크레인으로도 설치가 가능하도록 시공함

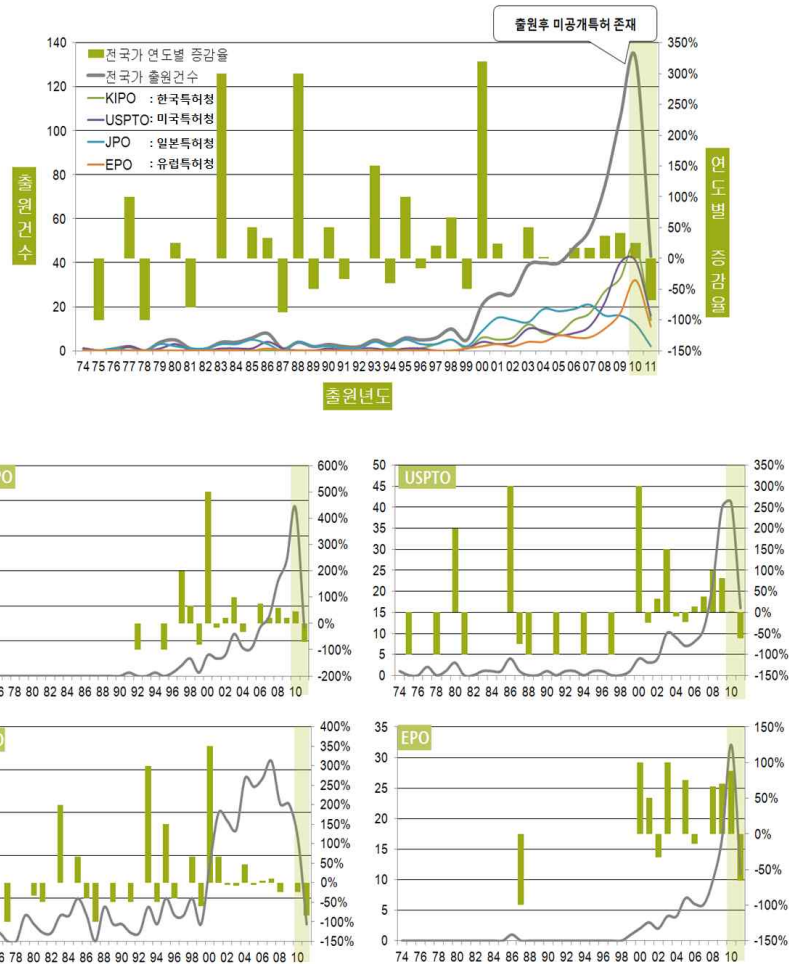


<그림 2-42> 국내 자켓형 지지구조 시공사례

2.2 특허동향 분석

(1) 주요 국가의 특허 동향 분석

1) 주요시장국 연도별 특허 동향



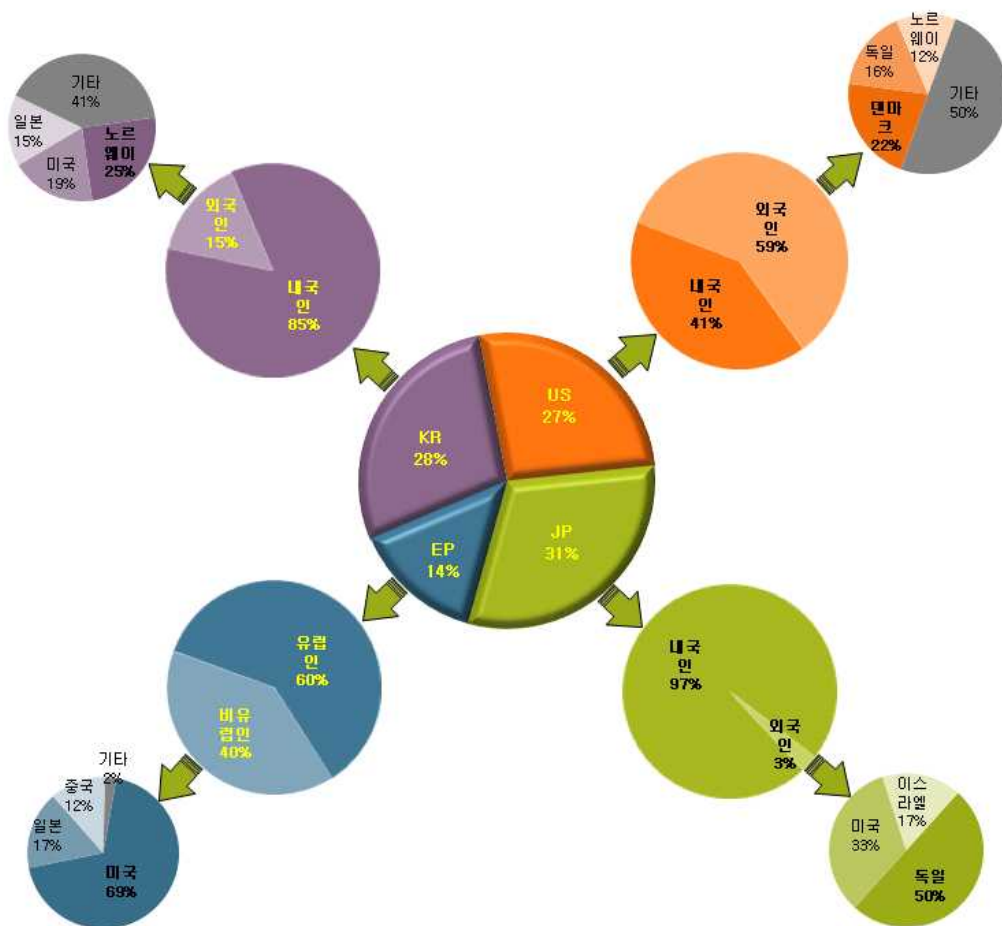
<그림 2-43> 주요시장국 연도별 특허 동향1)

- 대부분의 국가에서 2000년대에 들어서면서부터 관련 특허 출원 건수가 본격적으로 증대하기 시작함. 특히 2008년 이후 특허 출원 건수가 기하급수적으로 증가함
- 한국은 1990년대 중반부터 특허출원이 본격화되기 시작하여 2005년 이후부터 출원 건수가 급격하게 증가하였으며, 미국의 경우, 1970년대부터 꾸준한 특허출원 이후, 2005년부터 급격한 증가세를 보임

1) 2010년 이후 특허 출원 건수가 감소하는 경향은 특허출원 후 1년 6개월이 경과해야만 공개가 허용되는 특허 제도의 특성 상, 최근 특허출원 건수가 전체 데이터에 반영되지 못하기 때문이며, 이 때문에 2009년까지의 데이터만 유효특허로 신뢰할 수 있음

- 일본 역시 1970년대부터 꾸준한 특허 출원이 이어지고 있으나, 2000년 급격한 증가세 이후 2000년대 중반 이후부터 특허 출원 증가율이 감소하는 경향을 나타냄. 유럽의 경우 2000년 이후 본격적인 출원이 이루어지고 있으며, 2007년부터 특허 출원의 증가세가 나타나고 있음

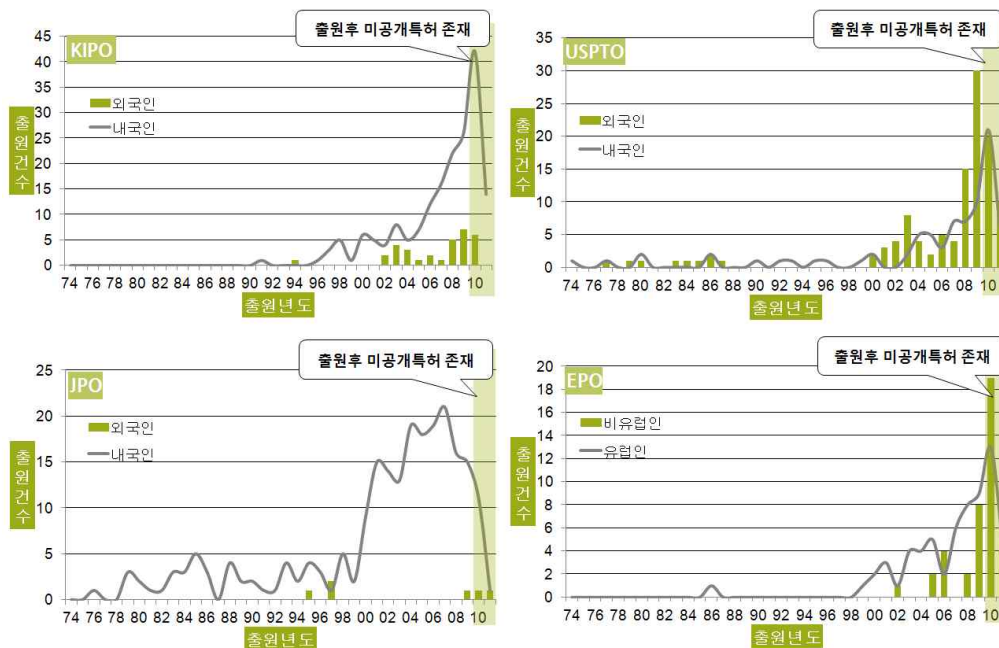
2) 주요시장국의 내·외국인 특허출원 현황



<그림 2-44> 주요시장국 내·외국인 특허출원 현황

- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야의 국가별 및 출원인 국적별 특허동향을 살펴 보면, 일본특허청에의 특허출원이 31%로 가장 많고, 한국특허청(28%)과 미국특허청(27%)에의 출원이 뒤를 잇고 있으나, 각각의 출원점유율 차이는 많지 않음
- 전체적으로 볼 때, 유럽특허청(14%)을 제외한 나머지 3국 특허청에서 비교적 균일하게 특허 출원이 이루어지고 있는 것으로 분석됨

- 일본특허청의 경우, 내국인(일본인)에 의한 특허점유율이 97%로 압도적으로 나타났으며, 외국인의 특허 출원은 주로 독일출원인(50%)과, 미국출원인(33%)에 의해 이루어진 것으로 나타남
- 한국특허청의 경우 주로 한국인에 의한 출원(85%)이 이루어졌으며, 외국인에 의한 출원은 약 15%로 나타남. 한국특허청에 출원한 외국 출원인으로써, 노르웨이의 출원점유율(25%)이 가장 높은 것으로 나타났으며, 이어서 미국출원인(19%), 일본출원인(15%) 순으로 나타남
- 미국특허청의 경우 내국인(미국인)의 출원점유율(41%)이 외국인의 출원점유율(59%)보다 낮게 나타났으며, 외국인의 출원 점유율은 덴마크출원인이 22%를, 독일출원인이 16%, 노르웨이출원인이 12%를 각각 점하고 있음
- 유럽특허청에 특허출원한 주체는 유럽인과 비유럽인이 6:4의 비율을 이루고 있으며, 비유럽인의 약 70%는 미국출원인, 17%는 일본출원인, 12%는 중국출원인인 것으로 나타남

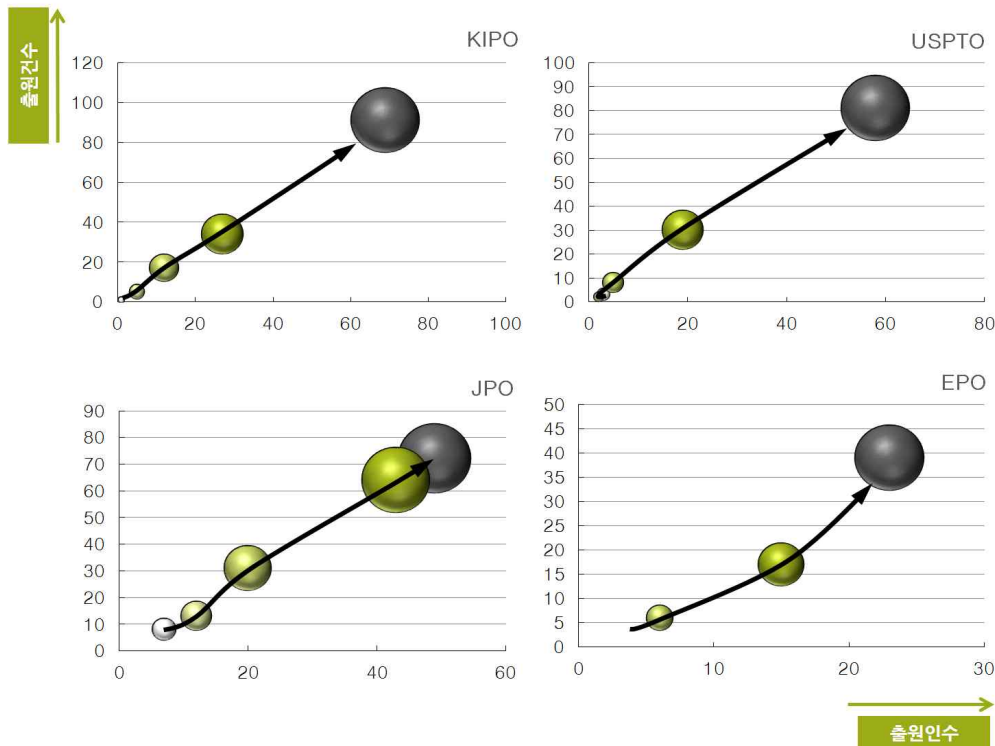


<그림 2-45> 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야에서의 출원현황을 보면, 한국특허청의 경우, 내국인(한국출원인)이 1990년대 말부터 출원이 본격화되면서 2005년도 이후에 급격한 증가세를 보이고 있음. 반면, 외국인에 의한 출원은 2000년 이후부터 수 건씩 이루어지고 있으나 한국출원인에 의한 출원 증가율에 미치지 못하고 있는 것으로 나타남

- 미국특허청에의 출원 현황을 볼 때, 외국기업이 매우 활발하게 특허활동을 하고 있는 것으로 분석되며, 내국인(미국출원인)에 의한 출원 경향이나 외국인에 의한 출원 경향이 유사하게 나타남. 내국인, 외국인 모두 2000년대 후반에 매우 많은 출원이 이루어지고 있는 것으로 나타남
- 유럽특허청의 경우, 2000년대 중반까지는 유럽인, 비유럽인 모두 두드러진 출원실적이 없으나, 최근 내외국인 모두 대폭 증가된 출원현황을 나타냄

(2) 기술시장 성장단계 파악



<그림 2-46> 출원인수와 출원건수를 통해 본 기술 발전도2)

2) [분석구간] 1구간: '90-'93 2구간: '94-'97 3구간: '98-'01 4구간: '02-'05 5구간: '06-'09



- 한국특허청의 경우, 4구간(2002년~2005년)까지 출원인수와 출원건수가 모두 연속적으로 약간씩 증가하는 추세를 보이다가, 최근 구간인 5구간(2006년~2009년)에서는 출원인수와 출원건수가 모두 대폭 증가된 양상이 나타나면서, 최근 들어 한국시장에서의 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야에 대한 관심도가 집중되고 있는 것으로 분석됨
- 1구간에서 5구간까지의 출원인수와 출원건수의 증가추이를 보면 추이선이 우상향인, 전형적인 발전 단계에 있는 것으로 나타남으로써, 본 해상풍력 플랫폼 건설기술에 대한 연구 기업과 연구 성과가 계속해서 증가하고 있는 것으로 판단됨
- 미국특허청의 경우, 초기 구간인 2구간(1994년~1997년)에서의 출원인수(2명)와 출원건수(2건)가 1구간에 비해 감소하기는 하였으나, 그 감소폭은 매우 미미하며, 2구간 이후부터는 전체적으로 발전단계의 양상을 보임
- 미국 역시, 4구간(2002년~2005년)까지 출원인수와 출원건수가 모두 연속적으로 조금씩 증가하는 추세를 보이다가, 최근인 5구간(2006년~2009년)에 들어서 출원인수와 출원건수가 모두 대폭 증가된 것으로 나타남. 따라서 최근 들어 미국 시장에서의 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야에 대한 관심도가 매우 높아지고 있는 것으로 분석됨
- 일본의 경우, 1구간부터 5구간까지 출원인수와 출원건수가 연속적으로 증가하고 있는 것으로 나타나면서 포트폴리오상 발전단계에 있음. 하지만, 최근 5구간에 들어서면서 출원인수 및 출원건수의 증가율이 상당부 감소한 것으로 나타남. 따라서 일본 시장에서의 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야에 대한 관심 기업 수 또는 연구 활동이 다소 둔화되고 있는 것으로 분석됨
- 유럽특허청에 대한 특허출원인수 및 출원건수는 많지는 않으나 추세선 상, 전형적인 발전단계를 구가하고 있으며, 관심 기업 수나 연구 활동량은 향후에도 계속적으로 증가할 것으로 전망됨

(3) 경쟁자 Landscape

<표 2-20> 경쟁자 Landscape

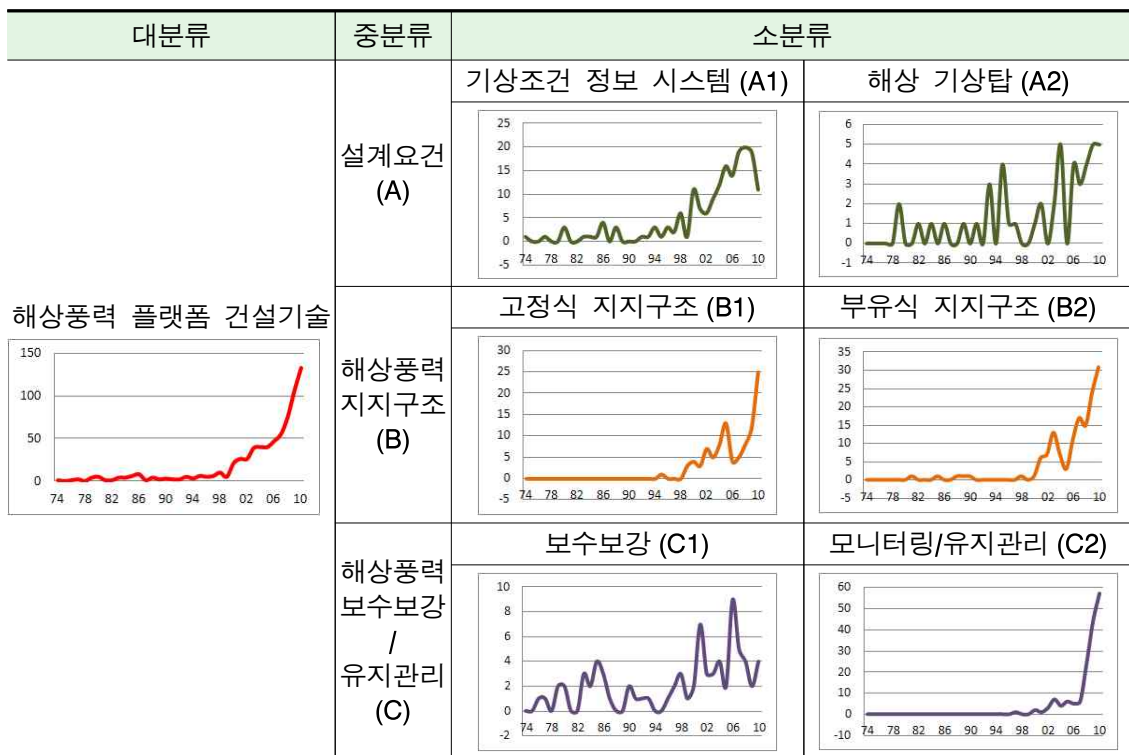
출원인	출원인 국적	주요 IP 시장국(건수,%)					주력기술분야
		한국	미국	일본	유럽	IP 시장국 종합	
General Electric	미국	0	25 (50%)	0	25 (50%)	미국, 유럽	모니터링/유지관리
Vestas	덴마크	0	16 (67%)	0	8 (33%)	미국	모니터링/유지관리
MITSUBISHI	일본	2 (11%)	6 (32%)	8 (42%)	3 (16%)	일본	모니터링/유지관리
Siemens	독일	0	3 (27%)	0	8 (73%)	유럽	모니터링/유지관리
Wobben Aloys	독일	4 (36%)	5 (45%)	1 (9%)	1 (9%)	미국	모니터링/유지관리
PENTA	일본	0	0	9 (100%)	0	일본	부유식 지지구조
HITACHI	일본	0	0	9 (100%)	0	일본	부유식 지지구조
대우조선해양	한국	8 (100%)	0	0	0	한국	부유식 지지구조 모니터링/유지관리
MATSUSHITA	일본	0	0	7 (100%)	0	일본	정보시스템
Sany	중국	0	3 (50%)	0	3 (50%)	미국, 유럽	고정식 지지구조
CHUGOKU	일본	0	0	6 (100%)	0	일본	정보시스템
Sway	노르웨이	3 (50%)	2 (33%)	0	1 (17%)	한국	부유식 지지구조
MITSUIENG	한국	0	0	6 (100%)	0	일본	감시탑
삼성중공업	일본	5 (100%)	0	0	0	한국	고정식 지지구조 보수보강
SHIMIZU	일본	0	0	5 (100%)	0	일본	정보시스템 부유식지지구조
FUJI	일본	0	1 (20%)	2 (40%)	2 (40%)	일본, 유럽	부유식지지구조
NEC	일본	0	0	5 (100%)	0	일본	정보시스템
OHBAYASHI	일본	0	0	5 (100%)	0	일본	보수보강
TOSHIBA	일본	0	0	5 (100%)	0	일본	정보시스템
Norak Hydro	노르웨이	3 (60%)	2 (40%)	0	0	한국	부유식지지구조

※ 해당 출원인의 출원 수 중 주요 출원국가의 출원비중 중 10% 이상인 국가
(대분류 대상 상위 20개 출원인)

- 해상풍력 플랫폼 건설기술 과제의 주요출원인 Top20를 추출한 결과, 미국의 General Electric Company가 50건으로 가장 많은 출원실적을 나타냄. General Electric Company는 주로, 미국과 유럽에서 특허활동을 하고 있으며 풍력발전의 모니터링/유지관리 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남
- 덴마크의 Vestas Wind Systems(24건), 일본의 MITSUBISHI HEAVY(19건), 독일의 Siemens(11건), 독일의 Wobben Aloys(11건)가 다음으로 많은 출원실적을 보유하고 있음. 이들 기업은 모두 모니터링/유지관리 분야의 기술로써 주로 미국과 유럽에 특허를 출원하고 있음
- 우리나라에서는 대우조선해양이 부유식 지지구조에 주력하고 있으며, 삼성중공업이 고정식 지지구조 부분에 특허 출원을 집중하고 있음

(4) 세부기술 분석

1) 세부기술별 출원증가율 분석

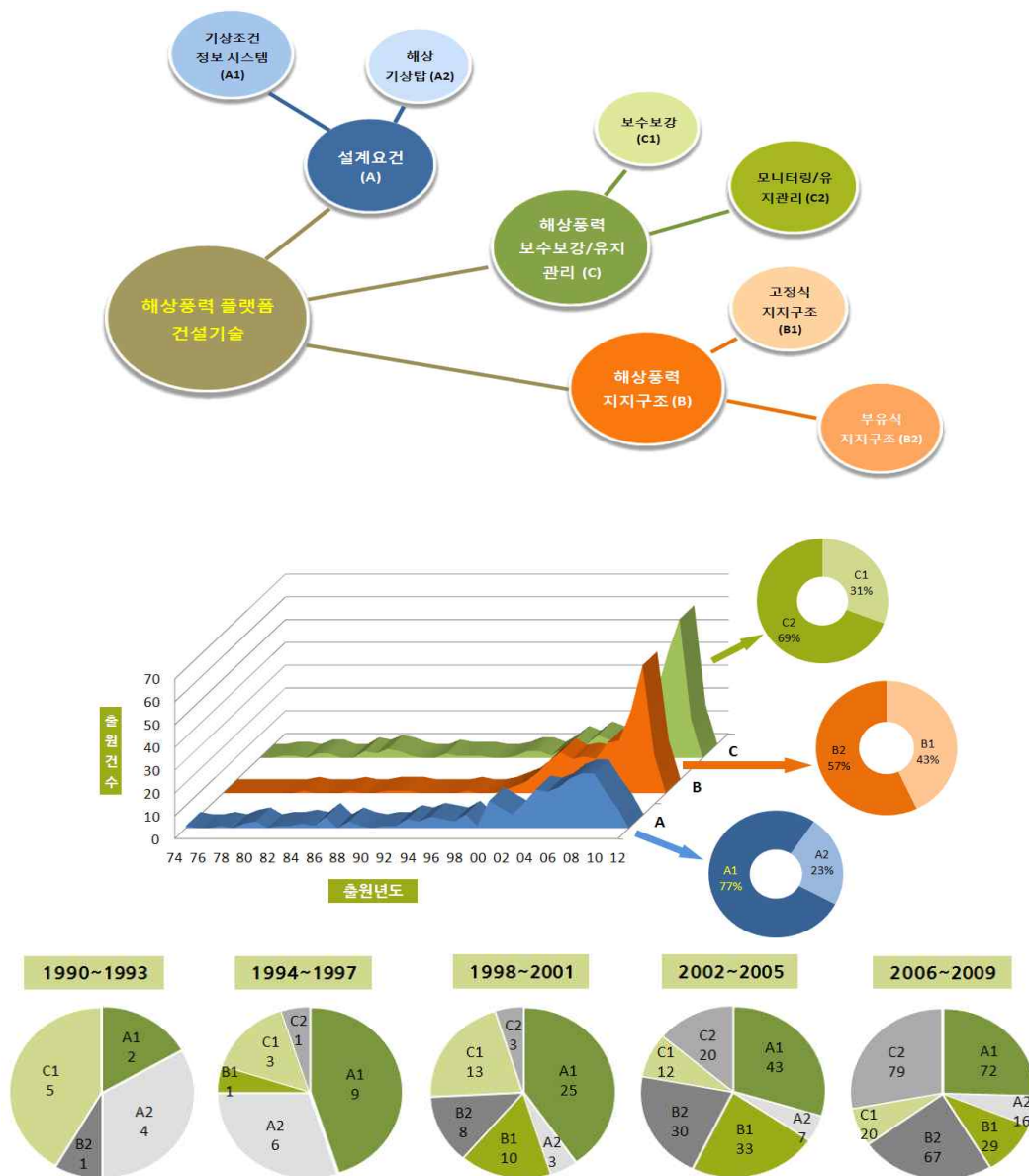


<그림 2-47> 세부기술별 추세선 분석

- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야의 소분류별 출원 추세에 따르면, 본 연구 분야 관련 특허는 2000년대에 들어서면서 출원이 증가하기 시작하였으며, 근 5~6년 간 특허출원건수가 대폭 증가하고 있음

- 특히 해상풍력 지지구조 기술 분야(중분류)의 경우에는, 고정식 지지구조나 부유식 지지구조 모두 최근 몇 년 사이에 특허출원이 비약적으로 증가함. 따라서 해당 기술분야에 많은 연구 및 특허활동이 이루어지고 있는 것으로 분석됨
- 해상풍력 보수보강/유지관리 기술 분야(중분류) 중, 모니터링/유지관리 분야 역시, 최근 많은 특허출원이 이루어지고 있는 것으로 나타남

2) 세부기술별 점유율 분석



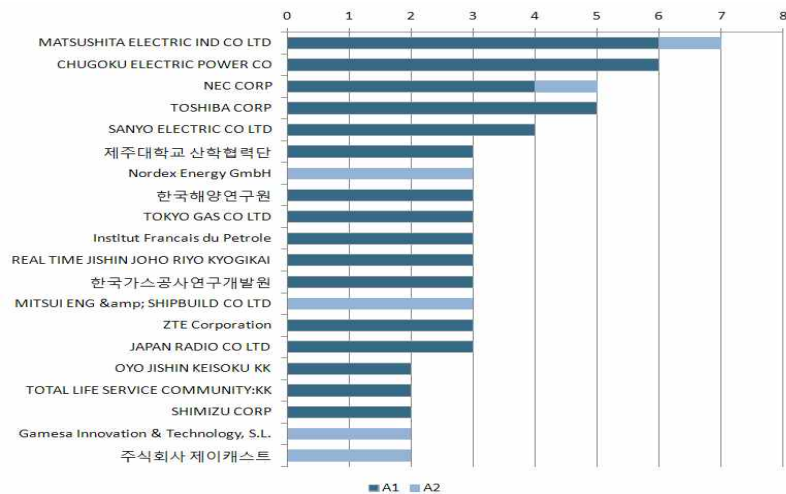
<그림 2-48> 세부기술별 점유율



- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야의 기술별 점유율을 살펴보면, 중분류 기술의 경우 해상풍력 지지구조(B)의 점유율(34.5%)이 가장 높고 그 뒤를 이어 해상풍력 보수보강/유지관리(C)와 설계요건(A)이 각각 점유율 34.1%와 31.4%로 2, 3위를 점하고 있음. 하지만 각 기술 간의 점유율 차이는 매우 작아서 전체적으로 3개의 중분류 기술이 비슷한 점유율을 가지는 것으로 나타남
- 설계요건 분야에서는 기상조건 정보 시스템(A1) 분야의 점유율(77%)이 해상 기상탑(A2) 분야의 점유율(23%)에 비해 매우 높은 점유율을 나타내고 있음. 해상풍력 지지구조 분야에서는, 부유식 지지구조(B2)와 고정식 지지구조(B1)의 점유율이 각각 57%, 43%로 나타나, 다른 분야에 비해 소분류 기술간 점유율 차이가 높지 않은 것으로 나타남
- 해상풍력 보수보강/유지관리 분야에서는 모니터링/유지관리(C2) 부분의 점유율이 69%로 높게 나타났으며, 보수보강(C1) 점유율은 31%로 나타남
- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야의 소분류 기술에 대하여 구간별 점유율을 살펴보면, 1990~1993년 구간에서는 보수보강(C1)과 해상 기상탑(A1)의 점유율이 매우 높게 나타났으나, 최근 들어 그 점유율이 감소하는 경향을 나타냄
- 또한 최근 부유식 지지구조(B2)의 점유율이 증가하고 있는 것으로 나타났으며, 고정식 지지구조(B1)의 경우 출원건수와 점유율이 다소 감소하기는 하였으나, 전체적으로는 계속 증가하고 있는 경향을 띠
- 모니터링/유지관리(C2)는 최근 2006~2009년 구간에 출원건수가 대폭 증가하면서 점유율 역시 크게 증가함

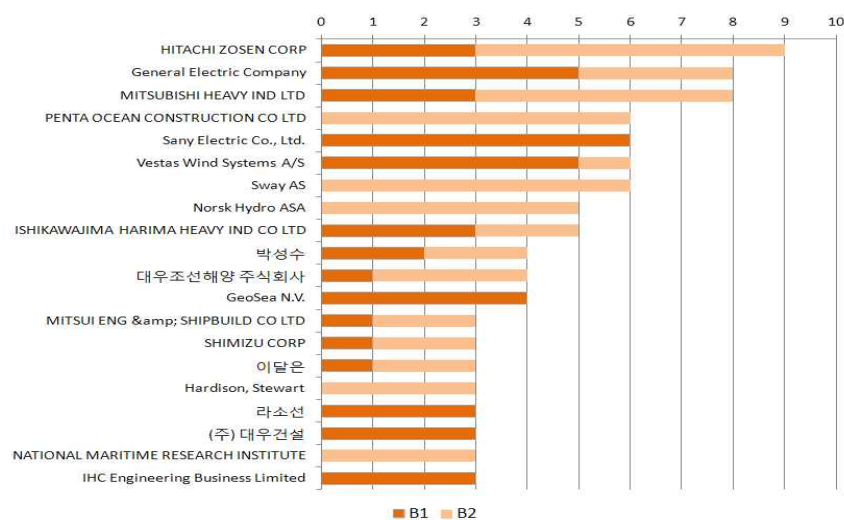
3) 세부기술별 주요출원인 기술 개발 동향분석

- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야의 3개의 중분류 기술 즉, 설계요건(A)과, 해상풍력 지지구조(B)와, 해상풍력 보수보강/유지관리(C) 분야의 각 소분류별 주요출원인이 각각 상이하게 나타남



<그림 2-49> 설계요건 기술의 주요 출원인의 동향

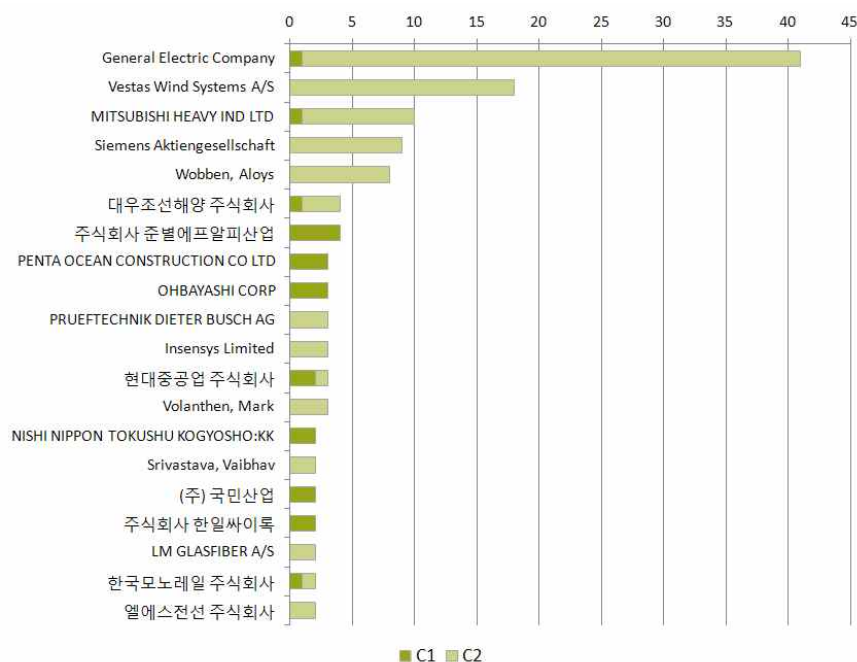
- 3개의 중분류 중 설계요건(A)의 경우, Matsushita Electric이 기상조건 정보시스템(A1) 분야에서 6건과 해상 기상탑(A2) 분야에서 1건 등 총 7건의 출원으로 가장 많은 실적을 갖고 있으며, 그 뒤를 이어, Chugoku Electric, NEC, Toshiba, Sanyo 등이 출원 상위권에 랭크되어 있음
- 한국의 출원인으로는 제주대학교, 한국해양연구원, 한국가스공사연구개발원이 각각 3개의 출원을 기상조건 정보시스템(A1)에 집중하여 출원함
- 대부분의 출원인이 기상조건 정보시스템(A1) 분야에의 특허출원을 집중하고 있으나, Nordex Energy, Mitsui Eng는 설계요건(A) 분야에서 해상 기상탑(A2) 분야에 특허출원을 집중하고 있는 것으로 나타남



<그림 2-50> 해상풍력 지지구조 기술의 주요 출원인의 동향



- 3개의 중분류 중 해상풍력 지지구조(B) 분야에서는, Hitachi Zosen이 고정식 지지구조(B1) 분야에서 3건, 부유식 지지구조(B2) 분야에서 6건을 출원하여 총 9건으로 가장 많은 특허 출원 실적을 보유하고 있음
- General Electric과 Mitsubishi Heavy가 8건, Penta Ocean Construction과 Sway는 부유식 지지구조(B2)에 6건의 출원을 집중하고 있으며, Sany Electric은 고정식 지지구조(B1)에 6건의 출원을 집중하고 있음
- 한국출원인으로서, 대우건설이 고정식 지지구조(B1)에 3건의 특허 출원을 한 바 있으며, 대우조선해양은 고정식 지지구조(B1)에 1건, 부유식 지지구조(B2)에 2건의 특허를 출원함



<그림 2-51> 해상풍력 보수보강/유지관리 기술의 주요 출원인의 동향

- 해상풍력 보수보강/유지관리(C) 분야에서는, General Electric이 41건으로 가장 많은 특허 출원 실적을 보유하고 있음. 그 중 대부분(40건)이 모니터링/유지관리(C2) 분야에 관련된 특허로써 해당 분야에 집중적인 기술개발을 하고 있음
- Vestas(18건), Mitsubishi Heavy(10건), Siemens(9건) 역시 모니터링/유지관리(C2) 분야에 집중적인 특허 출원을 하고 있음
- 우리나라의 경우 대우조선해양(4건), 준별에프알피산업(4건), 현대중공업(3건) 등이 해상풍력 보수보강/유지관리(C) 분야에 다수의 특허를 출원함



4) 세부기술별 주요출원인 포트폴리오 분석

- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야에서 가장 많은 특허 실적을 보유하고 있는 General Electric Company와 Vestas Wind Systems는 모두 해상풍력 보수보강/유지관리(C) 부문에 대한 특허 출원율이 높은 것으로 나타남. 특히 모니터링/유지관리(C2) 기술 분야에서 활발한 특허 활동을 펼치고 있는 것으로 분석됨

<표 2-21> General Electric Company와 Vestas Wind Systems의 특허 출원 성격

출원인	General Electric Company	Vestas Wind Systems
특징	· 해상풍력 보수보강/유지관리 · 모니터링/유지관리	· 해상풍력 보수보강/유지관리 · 모니터링/유지관리
출원동향	설계요건 (A) 해상풍력 보수보강/유지관리 (C) 해상풍력 지지구조 (B)	설계요건 (A) 해상풍력 보수보강/유지관리 (C) 해상풍력 지지구조 (B)
특허 포트폴리오 (소분류 기술)	기상조건 정보시스템 (A1) 해상 기상탑 (A2) 고정식 지지구조 (B1) 부유식 지지구조 (B2) 보수보강 (C1) 모니터링/유지관리 (C2)	기상조건 정보시스템 (A1) 해상 기상탑 (A2) 고정식 지지구조 (B1) 부유식 지지구조 (B2) 보수보강 (C1) 모니터링/유지관리 (C2)

- 설계요건(A) 분야의 최다 출원인인 Matsushita Electric은 출원빈도와 출원 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야에서의 모든 특허출원을 기상조건 정보시스템(A1) 분야에 집중시키고 있는 것으로 나타남. 하지만 출원빈도와 출원건수는 많지 않음
- 해상풍력 지지구조(B) 분야의 최다 출원인인 Hitach Zosen은 고정식 지지구조 보다는 부유식 지지구조에 많은 특허를 출원함



<표 2-22> MATSUSHITA ELECTRIC과 HITACHI ZOSEN의 특허 출원 성격

출원인	MATSUSHITA ELECTRIC IND	HITACHI ZOSEN CORP
특징	· 설계요건 · 기상조건 정보시스템	· 해상풍력 지지구조 · 부유식 지지구조
출원동향	설계요건 (A) 해상풍력 지지구조 (B) 해상풍력 보수보강/유지관리 (C)	설계요건 (A) 해상풍력 지지구조 (B) 해상풍력 보수보강/유지관리 (C)
특허 포트폴리오 (소분류 기술)	기상조건 정보시스템 (A1) 해상 기상탑 (A2) 부유식 지지구조 (B2) 모니터링/유지관리 (C2)	기상조건 정보시스템 (A1) 해상 기상탑 (A2) 부유식 지지구조 (B2) 모니터링/유지관리 (C2)

5) 세부기술별 시장점유율 분석(CR4)

- 기술독점 현황분석을 위한 지수 중 하나인 집중률 지수(CRn)을 통해 상위 출원인 4개사의 시장점유율을 살펴봄. 이 분석 보고서에서는 특허점유율을 통해 주요 출원인의 특허점유율로써 집중률 지수를 산정하였음



(가) 설계요소 (A)

<표 2-23> 설계요소 관련 출원인 별 특허 점유율

출원인	출원건수	특허 점유율	CRn	n
MATSUSHITA	7	3.0%		1
CHUGOKU	6	2.6%		2
NEC	5	2.1%		3
TOSHIBA	5	2.1%	9.9%	3
SANYO	4	1.7%		5
제주대학교	3	1.3%		6
Nordex Energy	3	1.3%		6
한국해양연구원	3	1.3%		6
TOKYO GAS	3	1.3%		6
ZTE	3	1.3%		6
기타 출원인 합계	191	82.0%		0
총 합계	233	100%	CR4=9.9%	

- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야에서 설계요소(A) 기술의 경우, 전체 출원건수를 기준으로 각 출원인별 특허점유율을 구한 뒤 상위 4개사의 점유율을 합한 결과가 CR4=9.9%로 나타남. 따라서 본 설계요소 분야의 경우 특허 독과점 현상이 아직 나타나고 있지 않는 것으로 분석됨

(나) 해상풍력 지지구조 (B)

<표 2-24> 해상풍력 지지구조 관련 출원인 별 특허 점유율

출원인	출원건수	특허 점유율	CRn	n
HITACHI	9	3.5%		1
General Electric	8	3.1%		2
MITSUBISHI	8	3.1%		2
PENTAOCEAN	6	2.3%	12.1%	4
Sany	6	2.3%		4
Vestas	6	2.3%		4
Sway	6	2.3%		4
Norsk Hydro	5	2.0%		8
ISHIKAWAMAHARMA	5	2.0%		8
박성수	4	1.6%		10
기타 출원인 합계	193	75.4%		0
총 합계	256	100%	CR4=12.1%	



- 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야에서 해상풍력 지지구조(B) 기술의 경우, 설계 요소 기술과 마찬가지로, 특허점유율 상위 4개사의 점유율을 합한 결과가 CR4=12.1%로 나타남으로써, 특허 독과점 상태는 아닌 것으로 분석됨

(다) 해상풍력 보수보강/유지관리 (C)

<표 2-25> 해상풍력 보수보강/유지관리 관련 출원인 별 특허 점유율

출원인	출원건수	특허 점유율	CRn	n
General Electric	41	16.2		1
Vestas	18	7.1		2
MITSUBISHI	10	4.0		3
Siemens	9	3.6	30.8	4
Wobben Aloys	8	3.2		5
대우조선해양	4	1.6		6
준별에프알피산업	4	1.6		6
Volanthen, Mark	3	1.2		8
PRUEFTECHN	3	1.2		8
OHBAYASHI	3	1.2		8
기타 출원인 합계	150	59.3		0
총 합계	253	100%	CR4=30.8%	

- 해상풍력 보수보강/유지관리(C) 기술의 경우, 특허점유율 상위 4개사의 점유율을 합한 결과가 CR4=30.8%로 나타남으로써, 타 기술 분야에 비해 CR4의 수치가 높게 나타났으나, 특허 독과점 상태는 아닌 것으로 파악됨. 하지만 현재 최적의 경쟁상태를 유발시키는 국면으로 진입할 가능성이 다른 기술들에 비해 높은 것으로 나타남



(5) 기술개발 분야의 R&D현황 분석

1) 고정식 지지구조

(가) 고정식 지지구조 관련 유사 선행문헌 LIST

조사대상 핵심기술					
고정식 지지구조 (핵심기술1)	요소기술				
	① 해저에 고정된 구조물을 이용하여 풍력발전기를 지지하는 구조 ② 아시아·태평양 지역의 환경(태풍·지진·낙뢰 등) 특성을 고려한 풍력발전기 지지구조				
국가	특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도 (중요도)
국내	KR 1,046,649	(주) 대우건설	2011.06.29	①, ②	★★☆
	KR 1,044,753	(주) 대우건설	2011.06.21	①, ②	★★☆
	KR 1,046,648	(주) 대우건설	2011.06.29	①, ②	★★☆
	KR 1,013,789	한국해양연구원	2011.02.01	①	★☆☆
	KR 2012-0012739	한국남부발전 주식회사	2010.08.03	①	★☆☆
	KR 2012-0001384	주식회사 디엠에스	2010.06.29	①	★☆☆
국외	JP 2007-092406	Mitsubishi Heavy	2005.09.29	①, ②	★★☆
	US 2011-006538	Vestas Wind Systems	2008.08.27	①	★☆☆
	US 2012-027523	GeoSea N.V.	2010.07.29	①	★☆☆
	JP 2002-129585	Hitachi Zosen	2000.10.23	①	★☆☆
	JP 2005-194792	Ishikawajima Harima Heavy	2004.01.08	①	★☆☆

(나) 고정식 지지구조(핵심기술 1) 관련 유사 선행문헌 분석

핵심기술1		연구개발방향(요소기술)		
고정식 지지구조 (핵심기술1)		① 해저에 고정된 구조물을 이용하여 풍력발전기를 지지하는 구조 ② 아시아·태평양 지역의 환경(태풍·지진·낙뢰 등) 특성을 고려한 풍력발전기 지지구조		
유사특허 비교분석				
구 분	특허(등록·출원) 번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	KR 1,046,649 (출원인: 대우건설)	유사점	①,②	해저에 고정된 구조물을 이용하며, 태풍·해일 등의 환경 특성을 고려하여 풍력발전기를 지지하는 구조에 대해 개시되어 있음
		차이점		아시아·태평양 지역의 환경을 고려한 것에 대해서는 언급되어 있지 않음
	K R 2012-0001384 (출원인: 디엠에스)	유사점	①	풍력발전기를 해상에 고정설치하기 위하여, 해저에 고정되는 구조물의 형성방법에 관한 기술이 개시되어 있음
		차이점		아시아·태평양 지역의 환경(태풍, 지진, 낙뢰 등)을 고려한 구조물이나 구조물 설치방법 등에 대해서는 개시하고 있지 않음
해외	JP2007-092406 (출원인: Mitsubishi Heavy)	유사점	①,②	해저에 고정된 구조물을 이용하는 고정식 지지구조이며, 폭풍·지진을 고려하여 풍력발전기를 지지하는 구조에 대한 기술
		차이점		아시아·태평양 지역의 환경을 고려한 기술에 대한 개시는 없음
	US 2011-006538 (출원인: Vestas Wind Systems)	유사점	①	풍력발전기를 해상에 고정설치하기 위하여, 해저에 고정되는 구조물(모노파일 기초)에 대한 기술
		차이점		아시아·태평양 지역의 환경(태풍, 지진, 낙뢰 등)을 고려한 구조물이나 구조물 설치방법 등에 대해서는 개시하고 있지 않음
검토 의견	풍력발전기를 해상에 고정 지지하기 위하여 해저에 고정된 모노파일 등의 고정식 지지구조에 관한 기술은 국내외 많은 선행특허에 개시되어 있으며, 태풍이나 지진, 해일 등 환경조건을 감안한 선행특허들도 있으나, 아시아·태평양 지역의 환경을 고려하여 설계되는 고정구조물이나 그러한 고정구조물의 시공방법 등에 대해서는 선행기술에 언급되어 있지 않음 따라서, 아시아·태평양 지역의 환경을 분석하여 그 아시아·태평양 지역 환경에 맞는 고정식 지지구조에 대한 구성을 구체적으로 도출해 냄으로써, 아시아·태평양 지역 맞춤형 고정식 지지구조에 대한 기술적 주도권을 확보할 필요가 있을 것으로 판단됨			



2) 부유식 지지구조

(가) 부유식 지지구조 관련 유사 선행문헌 LIST

조사대상 핵심기술					
부유식 지지구조 (핵심기술2)	요소기술				
	① 해상이나 해중에 부유하는 구조물을 이용하여 풍력발전기를 지지하는 구조 ② 아시아·태평양 지역의 환경(태풍·지진·낙뢰 등) 특성을 고려한 풍력발전기 지지구조				
국가	특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도 (중요도)
국내	KR 2012-0002184	성균관대학교 산학협력단	2010.06.30	①, ②	★★☆
	KR 2010-0057550	(주) 대우조선해양	2010.04.22	①	★☆☆
	KR 2012-0014657	현대엔지니어링	2010.08.10	①	★☆☆
	KR 947,788	삼성중공업	2007.10.24	①	★☆☆
	KR 2011-0133707	(주) 대우조선해양	2010.06.07	①	★☆☆
국외	US 7,156,586	Vestas Wind Systems	2007.01.02	①	★☆☆
	JP 2003-252288	Hitachi Zosen	2002.02.27	①	★☆☆
	EP 1994504	Sway AS	2003.05.16	①	★☆☆
	US 8,118,538	Floating Windfarms	2012.2.21	①	★☆☆
	EP 2267297	Fuji Jukogyo K.K.	2010.06.08	①	★☆☆

(나) 부유식 지지구조(핵심기술 2) 관련 유사 선행문헌 분석

핵심기술2		연구개발방향(요소기술)		
부유식 지지구조 (핵심기술2)		① 풍력발전기를 해상에 부유하는 상태로 지지하기 위한 구조 ② 아시아·태평양 지역의 환경(태풍·지진·낙뢰 등) 특성을 고려한 풍력발전기 지지구조		
유사특허 비교분석				
구 분	특허(등록·출원) 번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	KR 2012-0002184 (출원인: 성균관대학교 산학협력단)	유사점	①,②	풍력발전기를 해상에 부유식으로 지지하는 지지구조에 관한 것이며, 태풍 등의 기상 상황을 고려한 구조를 가짐
		차이점		아시아·태평양 지역의 환경을 고려한 것에 관하여는 개시하고 있지 않음
	KR 2010-0057550 (출원인: 대우조선해양)	유사점	①	풍력발전기를 해상에 부유하도록 지지하는 구조물에 관하여 개시되어 있음
		차이점		아시아·태평양 지역의 환경(태풍, 지진, 낙뢰 등)을 고려한 지지구조와 관련하여서는 언급되어 있지 않음
해외	US 7,156,586 (출원인: Vestas Wind Systems)	유사점	①,②	풍력발전기를 해상에 부유하도록 지지하는 플로팅 방식의 지지구조에 관한 기술이 개시되어 있음
		차이점		아시아·태평양 지역의 환경을 고려한 기술에 대한 개시는 없음
	JP 2003-252288 (출원인: Hitachi Zosen)	유사점	①	해중에 부유하는 구조물을 이용하여 풍력발전기를 지지하는 구조물에 관한 기술에 대하여 개시되어 있음
		차이점		아시아·태평양 지역의 환경(태풍, 지진, 낙뢰 등)을 고려한 구조에 대해서는 언급되어 있지 않음
검토 의견	풍력발전기를 해상에 플로팅 상태로 지지하기 위한 부유식 지지구조와 관련하여서는 국내외의 선행특허들이 다수 존재함 그러나, 아시아·태평양 지역의 환경을 고려하여 설계되는 플로팅 방식의 부유식 지지구조에 대하여 개시한 선행특허는 조사되지 않았음 따라서, 아시아·태평양 지역의 환경을 분석하고, 그 아시아·태평양 지역 환경에 맞는 계류 시스템 등의 부유식 지지구조에 대한 구성을 구체화함으로써, 아시아·태평양 지역 맞춤형 부유식 지지구조에 대하여 기술적 주도권을 신속하게 확보할 필요가 있을 것으로 판단됨			



(6) 특허분석 결론 및 시사점

1) 세부기술(소분류) 현황분석결과

<표 2-26> 특허기술 Landscape 현황 정리표

대분류	중분류	소분류	IP시장성 (구간별 외국인 출원 증가율)	출원증가율 및 점유율	상위출원인 동향	시사점
해상풍력 플랫폼 건설기술	설계요건 (A)	기상조건 정보 시스템 (A1)	외국인은 매우 간헐적으로 출원을 행하다가 09년에만 비교적 많은 출원을 행한 상태이므로, 향후의 추이를 살필 필요가 있음	70년대부터 약간씩의 출원이 이루어지다가 최근에 들어서면서 그 점진적으로 늘리고 있으나, 점유율은 다소 감소하고 있음	1출원인 :Matsushita 2출원인 :Chugoku Elec. 3출원인 :Toshiba	출원 추이를 볼 때, 최근 들어서 관심을 가지기 시작하는 분야로 보이나, 해외시장에 대한 관심도가 낮고 전체적인 점유율도 높지 않음. 따라서 아직은 활발한 기술개발이 이루어지고 있지 않는 상태인 것으로 판단됨
		해상 기상탑 (A2)	90년대에 들어서면서 간헐적으로 1건씩의 출원이 이루어지고 있는 경향을 보이며, 현재까지는 내국인의 출원에 대한 비율도 높지 않은 편임	다른 분야에 비하여, 출원건수의 증가폭이 작아서, 점유율이 계속 감소하고 있는 추세임	1출원인 :Mitsui Eng. 2출원인 :Nordex 3출원인 :제이캐스트	전체적인 출원 건수도 작고 외국인의 특허활동도 많지 않으며, 점유율도 감소하고 있음. 따라서 타 기술분야에 비해 기술개발 활동이 저조한 분야인 것으로 판단됨
	해상풍력 지지구조 (B)	고정식 지지구조 (B1)	'2000년대에 들어서면서 출원하기 시작하다가 09년에 7건, 10년에 그 이상의 출원을 함으로써, 최근에 외국 시장 개척을 위해 노력하는 것으로 보임	최근에 들어서 출원건수가 대폭 증가하였으나, 본격적인 출원이 행해진지 얼마 되지 않으므로, 최근의 년도구간별 점유율은 오히려 감소하는 것으로 나타남	1출원인 :Sany Elec. 2출원인 :General Elec. 3출원인 :Vestas Wind	특허 활동이 많아지고 있는 분야로 판단됨. 해외시장에 대한 관심도 역시 급격히 증가하고 있음. 향후 기술경쟁이 심화될 것으로 예상됨
		부유식 지지구조 (B2)	고정식 지지구조와 마찬가지로, 최근에 들어서면서 해외 시장에서 활발한 특허활동을 하고 있음	출원건수도 계속 증대하고 있고, 그에 따라 점유율도 계속 상승하고 있는 추세임	1출원인 :Penta Ocean 2출원인 :Hitachi Zosen 3출원인 :Sway AS	외국인의 특허활동이 많아지고 점유율 역시 증가하고 있음. 따라서 경쟁력 확보를 위한 연구개발이 필요한 분야인 것으로 판단됨
	해상풍력 보수보강 / 유지관리 (C)	보수보강 (C1)	보수보강 분야에서 외국인의 출원은 어쩌다 1건씩 행해지는 상태여서, 외국인의 특허활동이 매우 저조함	출원증가율이 정체 수준에 머물고 있어서, 상대적으로 점유율은 계속 감소되고있는 것으로 나타남	1출원인 :존엘에프알피 산업 2출원인 :Penta Ocean 3출원인 :Ohbayashi Co.	외국인의 출원현황이나 점유율의 추이 등에 비추어 볼 때, 사전 기술개발이 많이 진행된 분야여서 다른 분야에 비해 관심도가 낮아진 것으로 판단됨
		모니터링 / 유지관리 (C2)	90년대 말부터 몇 건씩 출원하다가 08년부터 출원건수를 급격히 늘리고 있어서, 외국시장에 대해 많은 관심을 표명하는 것으로 분석됨	출원건수도 급격히 상승하는 추세이며, 점유율도 계속 높아져가고 있음	1출원인 :General Elec. 2출원인 :Vestas Wind 3출원인 :Mitsubishi	출원추이, 외국인의 활동 등을 바탕으로 판단했을 때, 최근 크게 부상되고 있는 기술분야인 것으로 판단됨. 따라서 해당 기술분야에 대한 연구개발이 필요할 것으로 판단됨



- 해상풍력 플랫폼 건설기술 개발 분야에서 가장 점유율이 높은 세부기술 분야는 모니터링/유지관리 분야인 것으로 분석되었으며, 최근 해당 분야에 대한 관심도가 높아짐에 따라 관련 특허 출원건수도 급격히 증대되고 있음
- 부유식 지지구조 분야 및 고정식 지지구조 분야에 대한 특허 출원건수는 최근 급격히 증가하고 있으며 특히 부유식 지지구조 분야의 경우 외국 기업의 특허 활동이 증가하고 있음
- 특허활동으로 비추어 볼 때, 해상풍력 플랫폼 건설기술 개발 분야에 대한 주요 기술은 일부 출원인에 의한 독점이 이루어지고 있지는 않음. 따라서 특허 경쟁력의 확보 및 주도권 확보를 위해 연구개발에 투자할 가치가 충분한 것으로 판단됨

2) 기술 개발분야의 R&D현황분석

<표 2-27> 고정식 지지구조 관련 R&D 현황 정리표

핵심기술 1	내 용	
기술개발 goal	해저에 고정된 고정구조물을 이용하여 풍력발전기를 지지하고, 특히 아시아·태평양 지역의 환경(태풍·지진·낙뢰 등) 특성을 고려한 풍력발전기 고정식 지지구조의 구현	
국내 / 외 경쟁력	국내현황	(주) 대우건설 대한민국 특허공보 제1046649호
	국외현황	Vestas Wind Systems 미국 공개특허공보 제2011-006358호
대응방향	해저에 고정된 고정구조물을 이용하여 풍력발전기를 고정 지지하는 구조 즉, 고정식 지지구조에 관하여 개시하고 있는 특허는 많으나, 아시아·태평양 지역의 환경(태풍·지진·낙뢰 등) 특성을 고려하여 설계되거나 제조된 풍력발전기 고정식 지지구조와 관련이 있는 특허는 검색되지 않았음 따라서 아시아·태평양 지역의 환경 분석내용을 토대로 아시아·태평양 지역 환경에 맞는 해상 풍력발전기 고정식 지지구조에 대한 구성을 구체적으로 도출해 낼 경우, 해당 기술에 대한 특허권 확보가 충분히 가능하다고 판단됨	



<표 2-28> 부유식 지지구조 관련 R&D 현황 정리표

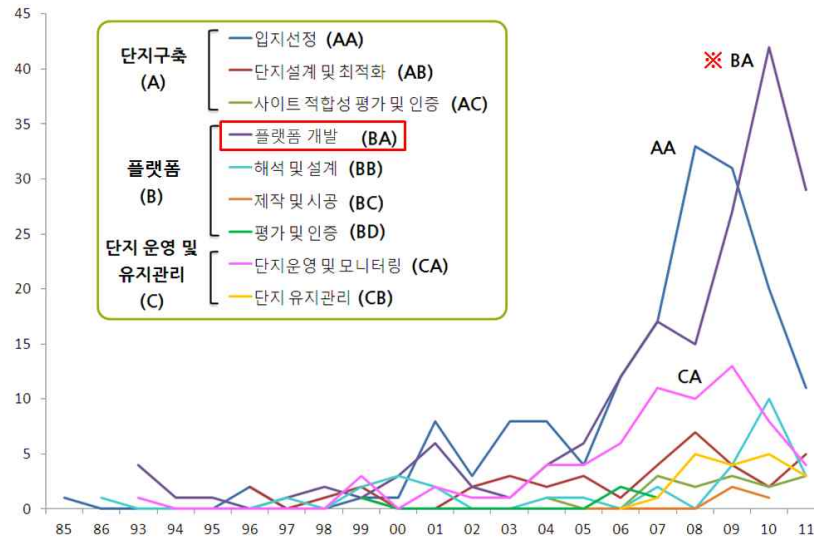
핵심기술 2	내 용	
기술개발 goal	풍력발전기를 해상에 부유하는 상태로 지지하며, 특히 아시아·태평양 지역의 환경(태풍·지진·낙뢰 등) 특성을 고려한 풍력발전기 부유식 지지구조의 구현	
국내 / 외 경쟁력	국내현황	성균관대학교 산학협력단 대한민국 특허공보 2012-0002184호
	국외현황	Hitachi Zosen 일본 공개특허공보 제2003-252288호
대응방향	풍력발전기를 해상에 부유하는 상태로 지지하기 부유식지지 구조에 관하여는 많은 특허문헌에 개시되어 있으나, 아시아·태평양 지역의 환경(태풍·지진·낙뢰 등) 특성을 고려하여 설계되거나 제조된 풍력발전기 부유식 지지구조와 관련이 있는 특허는 검색되지 않았음 따라서 아시아·태평양 지역의 환경을 분석하여 해당 분석내용을 토대로 아시아·태평양 지역 환경에 맞는 해상 풍력발전기 부유식 지지구조에 대한 구성을 구체적으로 도출해 낼 경우, 해당 부유식 지지구조에 대한 특허권 확보가 충분히 가능하다고 판단됨	

3) 종합결론 (세부기술(소분류) + 심층분석)

- ☐ 기상조건 정보 시스템 기술 및 해상 기상탐 기술은 주요 출원인들의 해외특허 확보에 대한 관심도가 높지 않으며 타 기술에 비해 특허 점유율 역시 낮은 것으로 분석됨
- ☐ 해상풍력 고정식 지지구조 및 부유식 지지구조 기술의 경우, 해상풍력 플랫폼 건설기술 분야 전체에서 차지하는 특허 점유율이나 특허활동량이 지속적으로 높아지고 있으며, 주요 출원인의 해외특허 확보를 위한 관심 또한 증대되고 있음
- ☐ 해상구조물의 보수보강 분야는 기 개발된 기술 분야로써 타 분야에 비해 특허 관심도가 떨어지는 것으로 분석되었으며, 모니터링/유지관리 기술은 특허출원 건수 및 점유율이 최근 급격히 증가하고 있는 것으로 나타남
- ☐ 고정식 지지구조 및 부유식 지지구조에 대해서는, 관련 특허출원이 많이 있음에도 불구하고, 아시아·태평양 지역의 환경 특성을 고려하여 설계되거나 제조된 대해서는 지지구조에 관한 특허는 검색되지 않음. 따라서 아시아·태평양 지역의 특성을 고려한 고정식, 혹은 부유식 지지구조에 대해 연구하여 구체적인 구성을 도출할 경우 그러한 구성에 대해 특허권을 확보할 가능성이 충분하다고 판단됨

2.3 논문동향 분석

(1) 연도 구간별 세부기술 동향

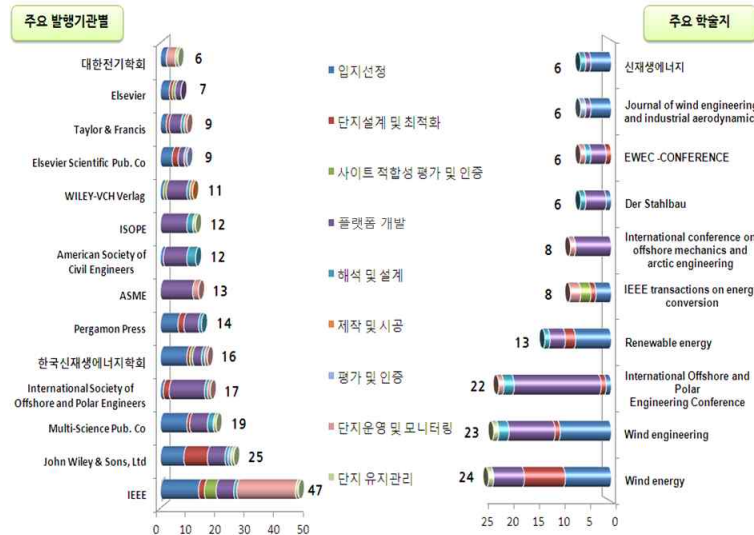


<그림 2-52> 연도 구간별 세부기술 동향

- 논문으로 본 연도 구간별 세부기술 동향에서는 기술트리에서 지정한 세부기술에 대한 논문 건수를 그래프로 나타낸 것이며, 최근 2010~2011년도 논문 건수가 급격히 감소하는 것은 최근 투고된 논문이 집계되지 않음에 따른 전체 데이터에 반영되지 못한 것으로 사료됨
- 전체적으로 2005년 이후부터 건수가 급격히 증가하는 경향을 보이고 있으며, 그 중 특허동향과는 다르게 입지선정 기술이 논문에서는 최근 연구가 두드러지는 것이 보였으며, 이는 기술특성상 특허로는 출원되기 어려운 부분이 논문으로 반영된 것으로 보여짐. 또한, 특허와 마찬가지로 지지구조 선정 기술에 대한 연구가 급증하는 것으로 보여 이에 대한 관심이 집중되고 있는 것으로 판단됨

(2) 주요 발행기관/학술지별 세부기술 동향

- 주요 발행기관/학술지별 세부기술 동향에서는 본 기술과 관련하여 가장 많은 논문이 발행된 발행기관별로, 가장 많은 논문이 게재된 학술지별로 세부기술의 논문 건수 현황을 누적막대 그래프로 나타내어 주요 발행기관 및 학술지명을 알아보고, 해당 기관 및 학술지별로 관심 기술 군을 나타내고자 함

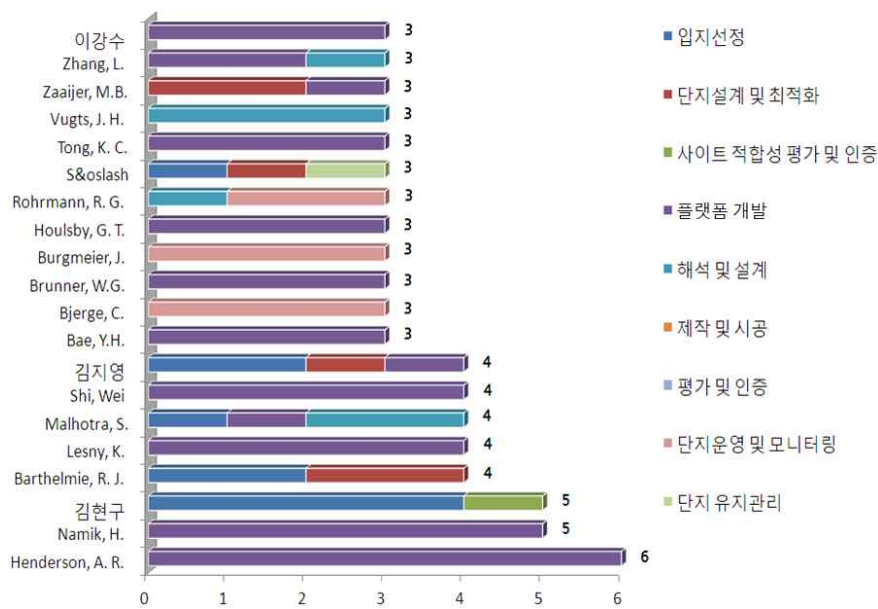


<그림 2-53> 주요 발행기관/학술지별 세부기술 동향

- 본 기술에 대해 가장 많은 논문이 발행된 기관은 IEEE 으로 총 47건의 논문이 본 기관에서 발행되었으며, 특히 임지선정 기술과 단지 운영 및 모니터링 기술에 대한 비중이 높았으며, 다음으로 John Wiley & Sons가 25건, Multi-Science Pub.가 19건, International Society of Offshore and Polar Engineers에서 17건으로 지지구조 선정 기술에 대한 비중이 높으며, 한국신재생에너지학회에서 16건으로 임지선정 기술에 대한 비중이 높았음
- 가장 많은 논문이 게재된 학술지로는 Wind energy가 24건, Wind engineering 이 23건, International Offshore and Polar Engineering Conference가 22건으로 지지구조 선정 기술에 대한 논문 비중이 높았으며, Renewable energy가 13건으로 많았음

(3) 주요 저자별 논문동향

- 아래의 그래프는 제 1 저자를 기준으로 가장 많은 논문을 투고한 주요 저자별 세부기술 동향을 통해 주요 저자가 어느 기술에 집중하고 있는지 알아 볼 수 있음



<그림 2-54> 주요 저자별 세부기술 논문 동향(제 1저자 기준)

- Henderson, A. R.이 총 6건으로 가장 많은 논문을 투고하였으며 모두 부유식 해상풍력 관련 기술에 대한 것이며, Namik, H. 또한 부유식 해상풍력과 관련하여 5건의 논문을 투고하였으며, 한국의 김현구는 입지선정 및 사이트 적합성 평가 및 인증 기술에 대해 5건을 투고함
- 이 외로 적은 건수지만 Barthelmie, R. J.가 입지선정 기술과 단지설계 및 최적화 기술에 대해 4건을, Lesny, K., Malhotra, S., Shi, Wei, 김지영 저자 모두 4건의 논문을, 다음으로 지지구조 선정 기술과 단지 운영 및 모니터링 등의 기술에 대해 적지만 3건 이하의 논문을 투고한 저자들이 대부분임



4절. 연구개발 인프라 분석

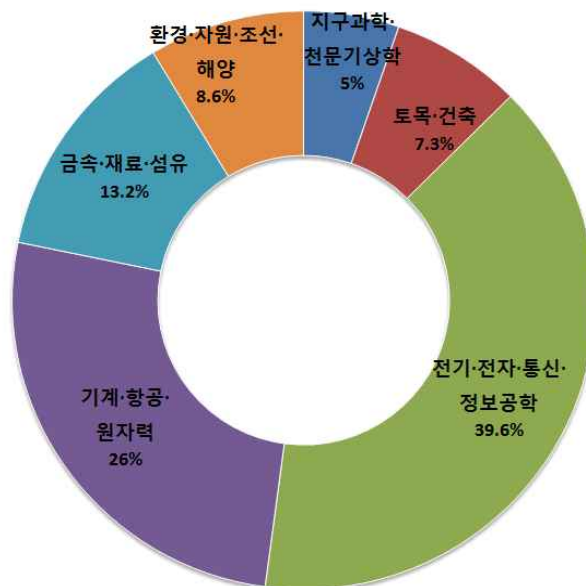
1. 연구 인력 인프라

- 관련 분야 중 국내 '공공연구기관의 분야별 연구인력'은 전체 11,384명으로서 지구과학·천문기상학이 5.3%(602명), 토목·건축이 7.3%(828명), 전기·전자·통신·정보공학이 39.6%(4,503명), 기계·항공·원자력이 26.1%(2,971명), 금속·재료·섬유가 13.2%(1,497명), 환경·자원·조선·해양이 8.6%(983명)로 조사되었으며, 전기·전자·통신·정보공학의 연구인력이 가장 많은 것으로 파악됨
- 관련 분야 중 국내 '대학의 분야별 연구인력'은 전체 25,190명으로서 지구과학·천문기상학이 3.3%(824명), 토목·건축이 13.8%(3,469명), 전기·전자·통신·정보공학이 40.8%(10,282명), 기계·항공·원자력이 18.8%(4,748명), 금속·재료·섬유가 11.2%(2,813명), 환경·자원·조선·해양이 12.1%(3,054명)로 조사되었으며, 전기·전자·통신·정보공학의 연구인력이 가장 많은 것으로 파악됨
- 관련 분야 중 국내 '기업의 분야별 연구인력'은 전체 161,758명으로서 지구과학·천문기상학이 0.3%(423명), 토목·건축이 5.7%(9,181명), 전기·전자·통신·정보공학이 55.8%(90,216명), 기계·항공·원자력이 27.6%(44,689명), 금속·재료·섬유가 8.3%(13,395명), 환경·자원·조선·해양이 2.4%(3,854명)로 조사되었으며, 전기·전자·통신·정보공학의 연구인력이 가장 많은 것으로 파악됨
- 관련 분야 중 국내 '분야별 연구인력'은 전체 198,332명으로서 지구과학·천문기상학이 0.9%(1,849명), 토목·건축이 6.8%(13,478명), 전기·전자·통신·정보공학이 52.9%(105,001명), 기계·항공·원자력이 26.4%(52,408명), 금속·재료·섬유가 8.9%(17,705명), 환경·자원·조선·해양이 4.0%(7,891명)로 조사되었으며, 전기·전자·통신·정보공학의 연구인력이 가장 많은 것으로 파악됨
- 관련 분야 중 국내 '학위별 연구인력'은 전체 198,332명으로서 공공연구기관의 경우, 박사 46.4%(5,284명), 석사 43.9%(4,994명), 학사 9.0%(1,025명), 기타 0.7%(77명), 대학의 경우, 박사 52.9%(13,318명), 석사 42.7%(10,746명), 학사 3.5%(889명), 기타 0.7%(186명), 마지막으로 기업의 경우, 박사 5.8%(9,430명), 석사 27.0%(43,737명), 학사 60.1%(97,236명), 기타 6.7%(10,783명)으로서 공공연구기관과 대학의 연구 인력은 박사학위가 가장 많은 것으로 파악되었으며, 기업의 연구 인력은 학사가 가장 많은 것으로 파악됨

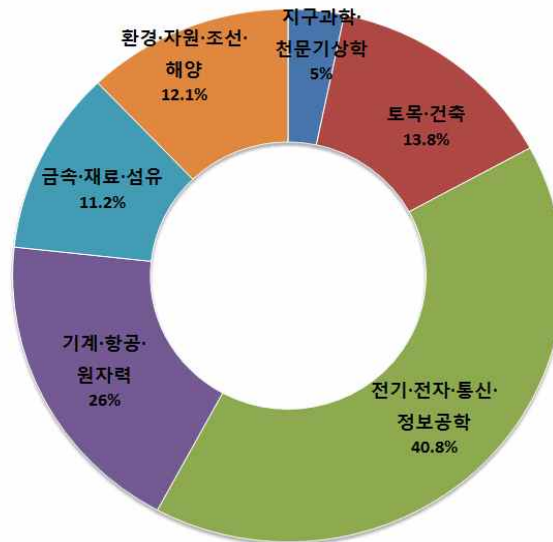


<표 2-29> 기관별, 분야별, 학위별 연구인력현황(명)
(Source : KISTEP, 2011)

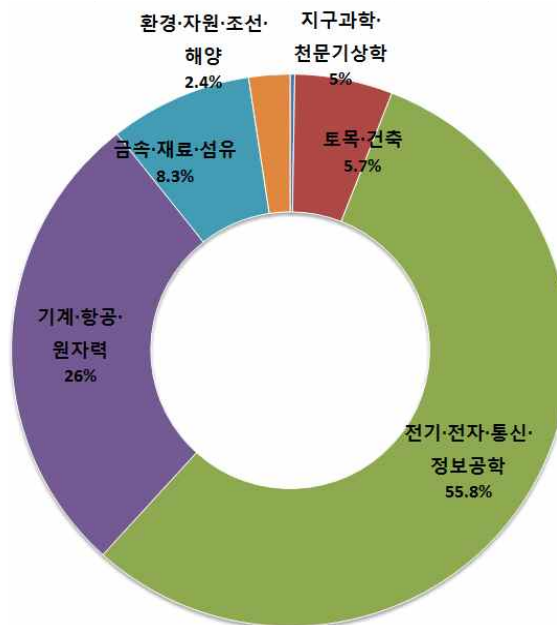
구 분		지구과학· 천문기상 학	토목·건축	전기·전자· 통신·정 보공학	기계·항공· 원자력	금속·재료· 섬유	환경·자원· 조선·해 양
공공 연구 기관	박사	421	429	1,440	1,623	910	461
	석사	156	342	2,536	1,129	399	432
	학사	25	53	480	203	179	85
	기타	-	4	47	16	9	5
	총계	602	828	4,503	2,971	1,497	983
	구성비율	5.3%	7.3%	39.6%	26.1%	13.2%	8.6%
대학	박사	454	2,075	5,222	2,517	1,393	1,657
	석사	346	1,281	4,666	2,030	1,274	1,149
	학사	21	65	292	174	131	206
	기타	3	48	102	27	15	42
	총계	824	3,469	10,282	4,748	2,813	3,054
	구성비율	3.3%	13.8%	40.8%	18.8%	11.2%	12.1%
기업	박사	44	728	4,288	2,226	1,757	387
	석사	169	2,678	24,550	10,362	4,677	1,301
	학사	209	5,204	55,332	27,965	6,518	2,008
	기타	1	571	6,046	4,136	443	158
	총계	423	9,181	90,216	44,689	13,395	3,854
	구성비율	0.3%	5.7%	55.8%	27.6%	8.3%	2.4%
총 계		1,849	13,478	105,001	52,408	17,705	7,891
구성비율		0.9%	6.8%	52.9%	26.4%	8.9%	4.0%



<그림 2-55> 공공연구기관 분야별 인력현황
(Source : KISTEP, 2011)



<그림 2-56> 대학 분야별 인력현황
(Source : KISTEP, 2011)

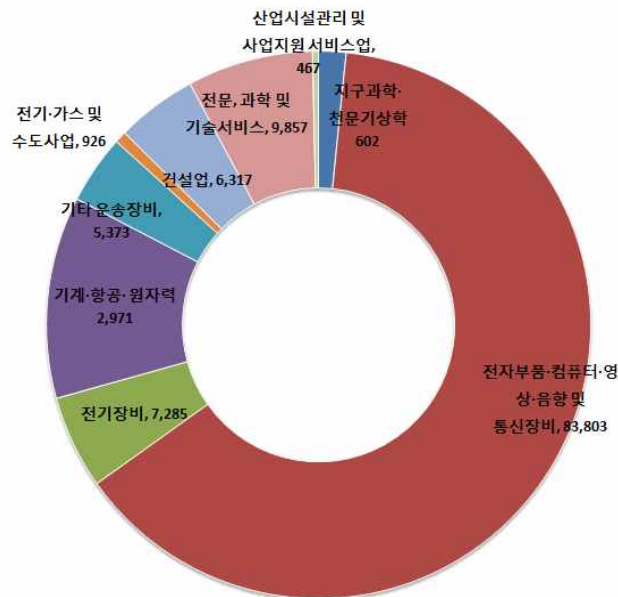


<그림 2-57> 기업 분야별 인력현황
(Source : KISTEP, 2011)

- 관련 분야 중 국내 '기업체의 산업별 연구인력'은 총 131,902명으로서 제1차 금속산업 1.6%(2,137명), 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비 63.5%(83,803명), 전기장비 5.5%(7,285명), 기타 기계 및 장비 11.9%(15,737명), 기타 운송장비 4.1%(5,373명), 건설업 4.8%(6,317명), 전문, 과학 및 기술서비스 7.5%(9,857명), 산업시설관리 및 사업지원 서비스업 0.4%(467명)로 조사되었으며, 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비의 연구 인력이 가장 많은 것으로 파악됨

<표 2-30> 기업체의 산업별·학위별 연구원 수(명)
(Source : KISTEP, 2011)

구 분	연구개발 수행기관 수(개)	박사	석사	학사	기타	총계	구성 비율
제1차 금속산업	274	415	599	1,011	112	2,137	1.6%
전자부품·컴퓨터·영상· 음향 및 통신장비	1,853	6,461	25,475	46,215	5,652	83,803	63.5%
전기장비	992	357	2,065	4,452	904	7,285	5.5%
기타 기계 및 장비	2,115	580	3,101	9,829	2,227	15,737	11.9%
기타 운송장비	161	312	1,857	2,991	213	5,373	4.1%
전기·가스 및 수도사업	18	225	468	222	11	926	0.7%
건설업	1,425	472	1,188	4,150	507	6,317	4.8%
전문, 과학 및 기술서비스	1,144	895	3,817	4,718	427	9,857	7.5%
산업시설관리 및 사업지원 서비스업	42	74	159	199	35	467	0.4%
총 계	8,024	9,791	38,729	73,787	10,088	131,902	



<그림 2-58> 기업 산업별 인력현황
(Source : KISTEP, 2011)

- 지식경제부산하의 한국에너지기술평가원(KEPEP)에서는 제주대학교와 포항공과대학교를 '풍력 특성화 대학원'으로 선정하여 제주대의 경우 2014년까지 총 35억원, 포항공대는 연간 5억씩 지원하고 있으며, 풍력과 관련된 기계공학, 전기공학, 전자공학, 메카트로닉스공학, 토목해양공학 및 해양시스템공학 등의 전문 인력을 매년 배출하고 있음

이론과 실무를 겸비한 풍력 특화인재 양성의 메카



<그림 2-59> 제주대학교 풍력특성화대학원 비전
(Source : gwe.jeju.ac.kr, 2012)



<그림 2-60> 포항공과대학교 풍력특성화대학원 비전
(Source : gwe.postech.ac.kr, 2012)



<표 2-31> 포항공과대학교 풍력특성화대학원 입학생(명)
(Source : gwe.postech.ac.kr, 2012)

구 분	시스템 구조 및 공력해석	블레이드 구조설계	전력변환	발전기 설계	총 계
2009년	5	2	1	2	10
2010년	6	-	2	3	11
2011년	4	1	3	2	10
2012년	6	1	3	2	12

2. 연구 기자재 인프라

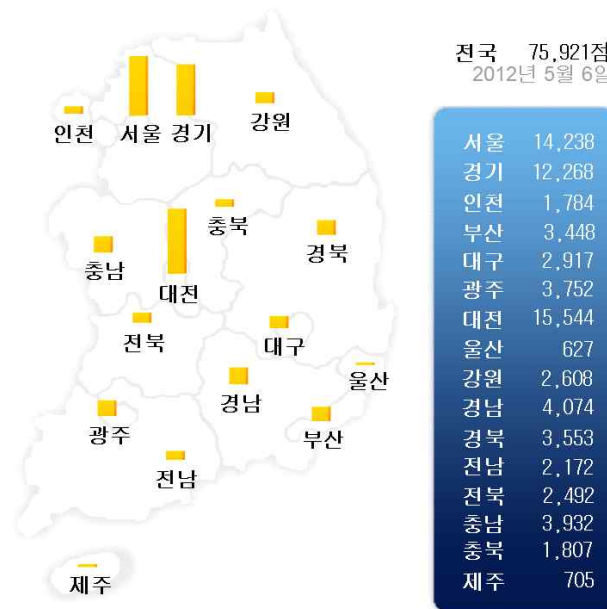
2.1 연구장비 인프라

- 연구장비의 경우 다양한 분야에서 공유될 수 있는 측면에 강하기 때문에 보유 장비를 기술분야별로 분류하기에는 다소 한계가 있음. 이로써 장비 분류별 구축현황을 조사한 결과, 총 39,230점으로서 광학·전자 영상 장비가 11.1%(4,368점), 화합물 전처리·분석 장비가 23.4%(9,197점), 기계가공·시험 장비가 22.8%(8,959점), 전기·전자 장비가 17.9%(7,005점), 데이터 처리 장비가 12.5%(4,899점), 물리적 측정 장비가 12.2%(4,802점)으로 조사되었으며, 화합물 전처리·분석 장비가 가장 많은 것으로 파악됨

<표 2-32> 연구 장비 분류별 구축 현황
(Source : NTIS, 2012)

연구 장비 분류	연구 장비 수(점)	비 율(%)
광학·전자 영상 장비	4,368	11.1
화합물 전처리·분석 장비	9,197	23.4
기계가공·시험 장비	8,959	22.8
전기·전자 장비	7,005	17.9
데이터 처리 장비	4,899	12.5
물리적 측정 장비	4,802	12.2
총 계	39,230	

- 지역별 연구장비를 조사한 결과, 총 75,921점으로 대전이 20.5%(15,544점)로 가장 많은 장비를 보유한 것으로 조사되었으며, 서울 18.8%(14,238점), 경기 16.2%(12,268점), 충남 5.2%(3,932점) 순으로 조사됨



<그림 2-61> 지역별 연구장비 구축현황
(Source : NTIS, 2012)

2.2 연구 실험시설 인프라

(1) 하이브리드 구조실험 센터

□ 시설개요

- 건축물, 장대교량 등 초대형 구조모형을 유압장치로 흔들어주면서 동시에 컴퓨터와 연동시켜 구조해석을 실시간으로 수행
- 주요기능으로 구조물 유사동적 실험, 교량구조물 및 건축물의 내진실험, 지진하중에 대한 지반·파일 상호작용 검증, 지진저감장치(Seismic Device)의 내진성능실험이 가능하며, 국내유일의 하이브리드 실험이 가능

□ 보유장비

- 유압가력시스템(Actuator)
- 만능시험기(UTM)
- 반력벽 시스템(Reaction Wall)
- 원격제어(Teleoperation) 및 동시실험 시스템



<그림 2-62> 하이브리드 구조실험 센터
(Source: www.koced.or.kr, 2012)

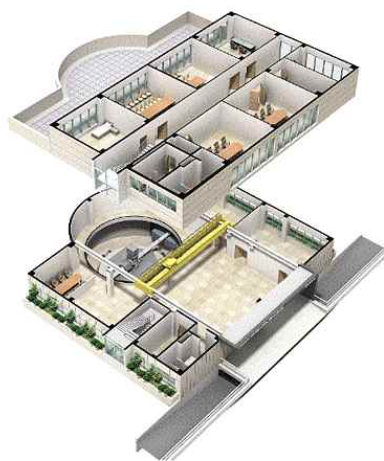
(2) 지오센트리퓨지 실험센터

□ 시설개요

- 시료를 고속으로 회전시킬 때 발생하는 원심력을 이용하여 모형지반 속의 압력 상황을 실제와 같이 구현할수 있으며, 인위적으로 중력가속도를 부여함으로써 실제 지반의 축적 및 응력상태의 재현이 가능함
- 지반심도 100m이상의 모사가 가능하고, 센트리퓨지 구동 중 지진 및 동적하중 시뮬레이션과 기초반복재하, 지반전단강도 측정 및 굴착(In-flight로봇)이 가능하며, 지하공간 굴착 및 지반기술, 간척사업 침하예측 및 연약지반의 개량에 관련된 실험이 가능함

□ 보유장비

- 지오센트리퓨지(Geotechnical Centrifuge)
- 2차원 진동대
- 4자유도 In-Flight 로봇



<그림 2-63> 지오센트리퓨지 실험센터
(Source: www.koced.or.kr, 2012)



(3) 첨단 건설재료 실험센터(대구)

□ 시설개요

- 콘크리트, 강재 및 신소재 등의 재료적 성질을 정밀분석 실험과 재료의 파괴, 화학성분 분석 및 미세현미경 관찰이 가능하며, 건설분야 부재 및 고성능재료를 체계적으로 검토할 수 있음
- 콘크리트/암석 실험과 강재/복합재료 실험, 장기거동 실험, 미세구조분석, 센서/비파괴 실험등의 7개의 세분화된 실험실에 45종의 실험장비를 구비하여 다양한 실험이 가능함

□ 보유장비

- 5MN 압축시험기
- 5MN 대형재료시험기
- 피로시험기
- 항온항습기
- X선 형광분석기(XRF)/X선 회절분석기(XRD)



<그림 2-64> 첨단 건설재료 실험센터
(Source: www.koced.or.kr, 2012)

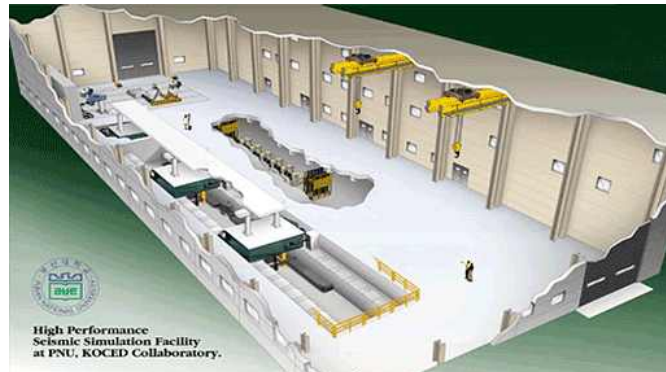
(4) 다지점 가진 대용량 지진모사 실험센터

□ 시설개요

- 3기의 다자유도 대형 진동대를 이용하여 지진파, 기계진동 등을 실시간으로 재현할 수 있고, 이에 의한 구조물의 동적거동에 대한 실험이 가능하며, 특히 3개의 진동대를 동시에 가동하여 최대 40M 길이의 연속된 구조물에 대한 내진실험을 수행 할 수 있음



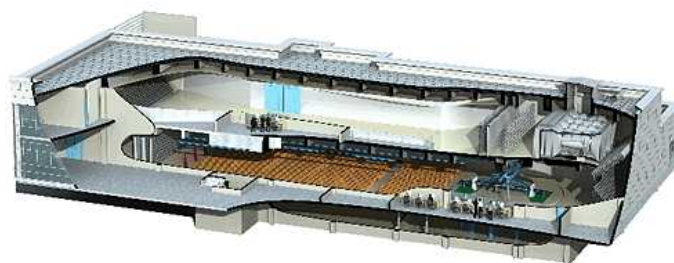
- 보유장비
 - 진동대
 - 6자유도 진동대, 1UNIT
 - 3자유도 진동대(BI-AXIAL TABLE), 2UNITs
 - 제어시스템 및 DAQ



<그림 2-65> 다지점 가진 대용량 지진모사 실험센터
(Source: www.koced.or.kr, 2012)

(5) 대형풍동실험센터

- 시설개요
 - 실내에 소형 터널을 만들고 인공적으로 바람을 발생시켜 고층건물 모형과 장대교량 모형 등의 바람에 대한 영향의 실험이 가능하고, 초고층 주상복합 건물의 내풍 안정성 평가 풍동실험 (최대높이 100층(400m) 건물의 축소시험)을 수행할 수 있음
- 보유장비
 - 대형풍동 저속시험부
 - 대형풍동 고속시험부
 - 소형풍동



<그림 2-66> 대형풍동실험센터
(Source: www.koced.or.kr, 2012)



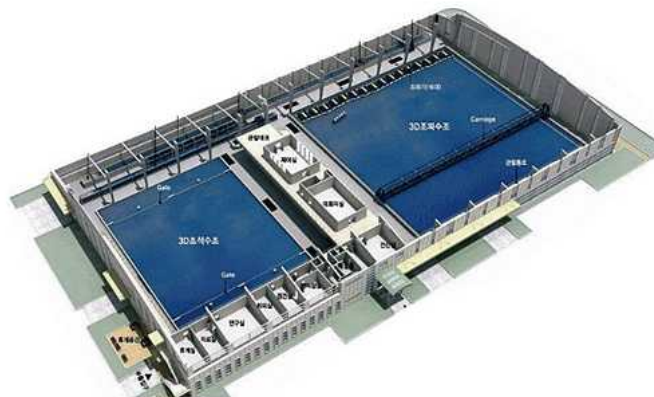
(6) 해양환경시뮬레이션실험센터

□ 시설개요

- 방파제 또는 부두 등의 모형을 대형 조파수조에 설치하고 인위적인 파도를 만들어 구조물 건설에 따른 해안에서의 파동현상을 연구하고, 해양 및 항만 구조물 모형 실험과 지진해일(쓰나미) 모형실험, 오염물 및 온·냉배수 확산 실험, 구조물 설치에 따른 해빈 변형 실험, 부유식 구조물 설치 부채 동요 실험, 항만·어망 정온도 실험 및 매립지·공항·도로 등의 호안 월판·전달파·반사파 실험이 가능함

□ 보유장비

- 3차원 불규칙 조파수조
- 2차원 파-흐름-조석 복합수조(대형, 중형, 미니)
- 3차원 조석수조



<그림 2-67> 해양환경시뮬레이션실험센터
(Source: www.koced.or.kr, 2012)

(7) K-water 연구원

□ 시설개요

- 수자원과 관련한 신재생에너지 기술개발(수력, 조력, 지열, 온도차, 전력IT, 태양광 등)을 통한 저탄소 녹색성장 구현과 수도 및 수자원 통합운영 시스템의 신뢰성 확보 및 에너지 효율향상을 위한 핵심기술 개발을 수행하고 있음

□ 보유인프라

- 유량계 교정시스템
- 유량계·수위계 교정시스템



- 품질시험 전문기관
- 시설물 안전관리 전문기관



<그림 2-68> K-water 연구원의 지반시험장치
(Source: K-water 연구원, 2009)

(8) 대우건설 기술연구원

□ 시설개요

- 대우건설 기술연구원은 외부 환경과 국내외 건설 관련 R&D 정책 동향을 분석하여 신성장 동력 견인기술을 발굴하고 개발하기 위한 비전 체계를 수립하고, 친환경 건설재료, 차세대교량, 원자력/LNG, 수처리, 신재생에너지/폐기물, 그린에너지 등의 연구분야를 구축함

□ 보유인프라

- 연구관리동
- 중앙실험동
- 대형구조 실험동
- 풍동실험동
- 지반공학실험동



<그림 2-69> 대우건설 기술연구원의 지반시험장치
(Source: 대우건설 기술연구원, 2011)



(9) 풍력핵심기술연구센터

- Infusion 시연용 금형설비 구축
 - Infusion 시연형 금형 - 투과성 계수 정량화 장비
 - 성형 온도 조절 시스템
 - 수지 사출기
- 블레이드 피로/정하중 시험설비 구축
 - 블레이드 피로시험기
 - 블레이드 정하중 시험기
 - 공력 설계/해석 S/W
 - 구조 설계/해석 S/W
 - 데이터 모니터링 시스템
- 5MW급 증속기 시험장비 및 기어트레인 해석/시험 기반 구축
 - 5MW급 증속기 성능 및 내구시험장치
 - 기어해석용 KissSoft S/W
 - 소음 진동 측정 장치
- 서브시스템 제어/모니터링 시스템 구축
 - 풍력시스템 응용 제어/모니터링 S/W
 - 제어/모니터링용 측정장비
 - 데이터 취득장치 및 S/W
 - 풍향/풍속 측정용 시스템
 - 유회시스템 제어장치



<그림 2-70> 블레이드 실험
(Source: 지식경제부, 2011)



(10) 부산대학교

□ 시설개요

- 부산대학교 조선해양플랜트 글로벌 핵심 연구센터는 글로벌 조선해양산업의 변화에 적극적, 능동적으로 대응하고, 글로벌 프리미엄급 인력 양성, 세계 1위 우리나라 조선해양산업의 지속적 기술 및 산업 경쟁력 강화에 기여하기 위하여 교육과학기술부의 지원으로 설립됨

□ 보유인프라

- 해양공학 수조 및 침단 다방향파 생성 조파기
- Platform for sloshing test
- Wet drop test rig
- Parallel computing system
- 부식시험장치
- 회류 수조 및 만능 축류 측정 장치



(a) 해양공학수조 내부전경



(b) 침단 다방향파 생성 조파기



(c) Platform for sloshing test



(d) Parallel computing system

<그림 2-71> 조선해양플랜트 글로벌 핵심 연구센터

(Source: 부산대학교, 2012)



(11) 울산대학교

□ 시설개요

- 울산대학교 조선해양공학부에서는 조선해양공학과 관련된 연구를 수행하는데에 필요한 실험시설을 갖추고 있으며, 그 중 해양공학수조(Square Tank)와 풍수조(Wind-Water Tank)는 국내 유일의 실험 시설임

□ 보유인프라

- 구조실험실
- CIM 연구센터
- 열변형 실험실
- 해양공학수조 실험실
- 회류수조 실험실
- 진동 실험실
- 용접 실험실
- 선박유체역학 실험실



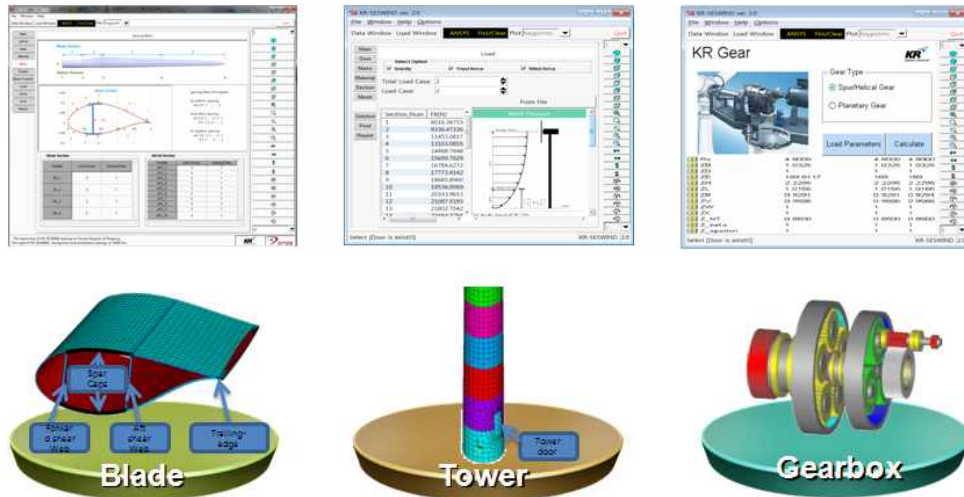
<그림 2-72> 울산대학교 조선해양공학 실험실
(Source: 울산대학교, 2012)

2.3 풍력분야 국제공인인증기관

- 국내의 풍력발전기 관련 인증업체는 (사)한국선급이 유일하게 존재하며, 2008년에 풍력발전 시스템의 기술기준, 2011년에 해상풍력발전 시스템의 기술기준을 발간하여 기술력 확보를 검증함
- (사)한국선급은 2011년 7월에 국제 인증기관을 획득(Korea Accreditation System, KAS)하여 해상풍력 관련 프로토타입, 부품, 형식 및 프로젝트의 국제



적인 인증 수행이 가능함. 또한, 풍력 및 해양에너지 관련 국제표준화 활동을 활발히 수행하고 있음



<그림 2-73> (사)한국선급의 기술력
(Source: 한국선급, 2012)

<표 2-33> (사)한국선급의 국제표준화 활동 내역
(Source: 한국선급, 2012)

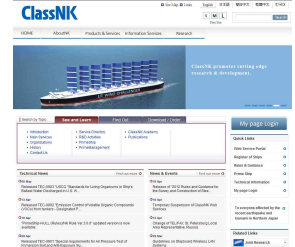
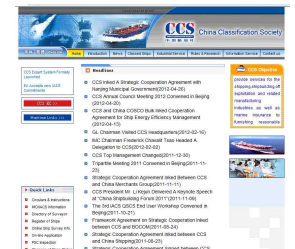
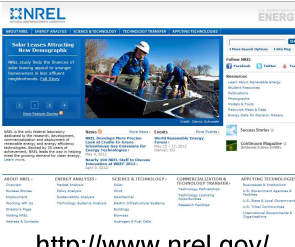
구 분		회의명	자 격
풍력	TC 88	총회	한국대표
		MT1(설계요건)	한국대표
		MT3-1(해상풍력 기술기준)	한국대표
		MT12(성능평가)	한국대표
		MT22(인증 및 성능평가)	한국대표
		PT5(블레이드 기술기준)	한국대표
		WG3-2(부유식 풍력 기술기준)	의장
			한국대표
			참관
		CAC(상호인증회의)	한국대표 겸 인증위원회 위원
		Roadmap(풍력 로드맵 작성 위원회)	국제대표
해양 에너지	TC 114	총회	한국대표
		PT2(설계기준)	한국대표
			참관
		PT10(계류설비)	의장
			참관
		CAB(인증제도)	한국대표
		PT200(사이트 평가)	한국대표
		ad-hoc Group(전력품질)	한국대표



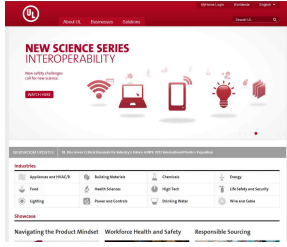
3. 해외 협력기관 인프라

- IEC의 기본적인 방침인 기준의 통합을 통한 상호인증체계 구축을 달성하기 위하여, 아태지역 국가의 공동대응을 통한 IEC 국제 표준화 기준에 아태지역의 환경조건에 대한 고려사항을 삽입하고자, 국제공동연구를 추진하고 있음

<표 2-34> 해외 협력기관 현황
(Source: 한국선급, 2012)

국가	해외 협력기관	주요 웹사이트
일본	JEMA (Japan Electrical Manufacturer's Association,)	 http://www.jema-net.or.jp/English/
	NK (Nippon Kaiji Kyokai)	 http://www.classnk.or.jp/
중국	CCS (China Classification Society)	 http://www.ccs.org.cn/en/
미국	NREL (National Renewable Energy Laboratory)	 http://www.nrel.gov/



미국	UL (Underwriters Laboratories)	 http://www.ul.com/
	ABS (American Bureau of Shipping)	 http://www.eagle.org
유럽	ECN (The Energy research Centre of the Netherlands)	 http://www.ecn.nl/nl/



4. 인프라 현황 조사결과

구 분	선진국 대비 인프라 수준
관련분야인력	국내의 관련 공공연구기관, 대학, 기업의 연구 인력은 충분할 것으로 판단되나, 해상풍력 플랫폼은 기계, 전기, 해양, 토목 등 모든 분야의 융·복합 기술로서, 각 분야의 공동 연구 수행이 필수임
전문인력	국내의 관련 전문 인력은 부족한 실정이나, 본 프로젝트에서는 서남해 해상풍력 등 국내의 대형 해상풍력 프로젝트에서 구축되어질 전문 인력 인프라의 활용이 가능하리라 사료됨
연구장비	국내의 관련 공공연구기관, 대학, 기업에서 활용 가능한 연구 장비는 충분할 것으로 판단됨
연구시설	국내의 관련 공공연구기관, 대학, 기업에서 활용 가능한 연구 시설은 충분할 것으로 판단되며, 이를 이용하여 해상풍력 플랫폼 관련 연구시설로서 활용이 가능할 것으로 판단됨
국제공인인증기관	국내의 국제공인인증기관인 (사)한국선급은 관련 기술력이 확보되어 있으며, 관련 분야에 국제 표준화 활동을 활발히 수행하고 있어, 본 프로젝트의 인증기관으로 활용 가능할 것으로 판단됨
국제기술협력기반	해외 협력 기관을 검토한 결과, 국가의 공동대응을 통한 아태지역의 IEC 국제표준화 기준을 선도할 수 있으리라 판단됨

5. 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

구 분	선진국 대비 인프라 수준				
	부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
관련분야인력			◎		
전문인력		◎			
연구장비			◎		
연구시설		◎			
국제공인인증기관			◎		
국제기술협력기반			◎		



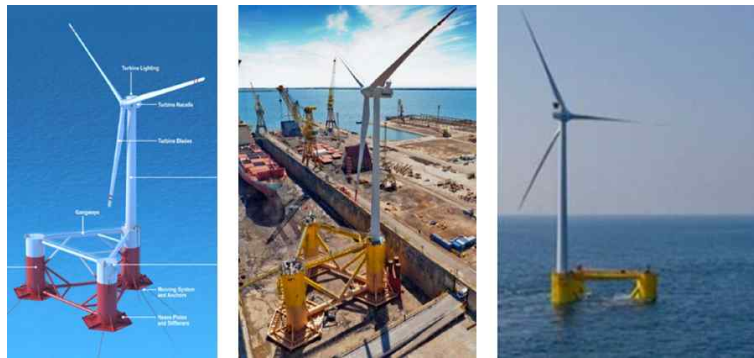
5절. 종합분석

1. 국내외 정책 및 시장분석

- ☐ 최근 유럽지역 풍력 정책 상 집중적으로 육성되고 있는 기술 분야는 기 개발된 풍력발전기의 성능개선, 경제성 있는 신형식 플랫폼 개발, 대수심에 가용한 플랫폼 개발로 크게 분류할 수 있으며, 상기 기술들은 모두 대형화되고 있는 풍력 터빈 규모를 고려하여 개발되고 있음
- ☐ 특히 해상풍력 발전기의 상부구조(블레이드, 너셀, 타워 등)를 지지하는 플랫폼 관련 기술은 해상풍력 발전 단지 총 공사비의 약 30%를 좌우하는 주요 핵심기술로써 유럽은 많은 경험을 통해 그 중요성과 상품가치를 충분히 인식하고 2004년부터 OC3&4, UpWind, DeepWind 등의 프로젝트 수행을 통해 보다 경제적이고, 대수심 적용이 가능한 플랫폼 개발에 힘을 기울이고 있음
- ☐ 전술한 다양한 정책적 지원을 바탕으로 유럽의 풍력선진국들은 보다 경제적이면서 깊은 수심에 적용이 가능한 다양한 해상풍력 플랫폼 형식을 끊임없이 개발/검증하고 있음. 이를 통해 급속히 확대되고 있는 해상풍력 시장에서의 선도적 위치를 고수함과 동시에 후발 국가들의 신장 진입을 차단코자 함
- ☐ 아시아-태평양 시장의 경우 아직까지 그 규모가 유럽에 비해 크지 않으나 정책 은행의 저금리 파이낸싱 제공 등의 강력한 정부지원 정책을 바탕으로 한 중국을 중심으로 빠르게 성장하고 있으며, 2014년을 전후하여 세계적 시장으로써 가시적 규모를 갖출 것으로 전망되고 있음
- ☐ 국내시장의 경우 현재까지 개발된 해상풍력 발전단지가 없기 때문에 대규모 사업과 연계된 시장은 아직까지 형성되지 않고 있으나, 관련 기반기술 시장은 꾸준히 성장하고 있음
- ☐ 신재생에너지 개발의 필요성이 점차 증대됨에 따라 최근 정부주도 하 국내 해상풍력발전 관련 R&D 지원 및 대규모 프로젝트(서남해 2.5GW 프로젝트, 전라남도 5GW 프로젝트, 제주도 프로젝트 등)가 추진 중에 있음

2. 기술개발 동향 및 인프라 분석

- ☐ 현재 해외 풍력 선진 국가에서는 많은 해상풍력 플랫폼을 설치/운영하면서 축적된 경험을 바탕으로 구조적, 경제적으로 보다 우수한 신형식 플랫폼 개발에 전력을 기울이고 있음



<그림 2-74> 부유식 해상풍력 플랫폼 Full scale 실증 모델 예

- ☐ 국내의 해상풍력 플랫폼 건설기술과 관련된 핵심원천 기술은 선진기술 대비 약 70%수준으로써 약 2년 정도의 기술격차가 발생되고 있는 것으로 분석되며, 본 과제를 성공적으로 수행한다면 새로운 해상풍력 시장에 대한 기술 선도가 가능함
- ☐ 실제로 현재 국내에서 개발 중인 해상풍력 플랫폼의 대부분은 기 개발된 해외 기술을 답습하는 수준에 불과하나 일본, 미국과 같은 아·태지역의 주요 후발 국가들은 기술력 증진을 통한 자국 및 세계 시장 확보의 필요성을 깨닫고 2013년과 2015년 각각 2MW, 5MW 급의 부유식 플랫폼 실증 프로젝트를 수행하는 등 신기술 확보에 주력하고 있음
- ☐ “국내외 정책 및 시장분석” 부문에 기술한 바와 같이 화석연료의 대체에너지 개발 필요성 증가와 함께 신재생에너지 개발과 해상풍력 발전단지 구축을 위한 다양한 정책이 발표되고 있지만 해상풍력 플랫폼의 경제성 및 안전성 확보를 위한 원천기술에 대한 지원은 부족한 실정임
- ☐ 본 프로젝트를 통해 국내 조선, 중공업 업계의 해외시장 진출을 위한 기술 개발 및 성능 검증이 이루어 질 수 있을 것으로 기대되며 국내 본격적인 해상풍력 플랫폼 시장 확대의 교두보가 될 것으로 예상됨



3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 후보과제 검토 및 사업추진체계의 결정

1. 기술수요조사

- ☐ 연구기획위원회 및 기술자문위원과의 브레인스토밍, 자문회의, 워크숍 등을 거쳐 본 기획연구 목표와 부합하는 기술수요조사를 실시하였음
- ☐ 연구기획위원 및 기술자문위원은 해상풍력과 관련된 국내 연구소, 건설사, 설계사, 중공업, 학계 등 전문가들로 구성되어 있음

<표 3-1> 자문위원 리스트

No.	구분	소속	성명	직급	전공
1	학계	울산대학교	신현경	교수	부유체/조선
2		건국대학교	김기두	교수	해양구조/토목
3		고려대학교	지광습	교수	해양구조/토목
4		한양대학교	이종세	교수	강구조/토목
5		경남과기대	오홍섭	교수	재료/토목
6		원광대학교	정신택	교수	해양/토목
7	기업	삼성중공업	나성원	차장	해양구조/토목
8		삼성중공업	송명관	차장	해양구조/토목
9		한국전력공사	오명종	차장	정책/토목
10		대우조선해양	이광민	부장	풍력터빈/조선
11		대우건설	배경태	선임	지반/토목
12		포스코건설	이병훈	부장	개발/토목
13		현대건설	정광희	차장	구조/토목
14		건일엔지니어링	김보준	이사	항만/토목
15		GS건설	박종현	부장	구조/토목
16		KT MOS	김희옥	이사	유지관리/전기
17		포스코 ICT	박찬규	부장	사업/전기
18		아라기술	조영구	상무	지반/토목
19		VSL Korea	심별	부장	지반/토목
20	연구소	한국해양과학기술원	권오순	책임	지반/토목
21		한국기계연구원	임채환	책임	부유체/기계
22		한국기계연구원	송진섭	선임	부유체/기계
23		포항산업과학연구원	이대용	책임	강구조/토목



- 해상풍력 플랫폼과 관련된 차기 기술개발사업에서 개발이 필요한 기술로 아래와 같은 아이템이 도출됨

<표 3-2> 수요조사 결과 도출된 기술개발 과제 리스트

No.	기술명
1	에너지 저장장치 및 시스템 개발
2	해상풍력 단지 최적화 설계기술 개발
3	아태지역 사이트특성 분석을 위한 국제공동연구
4	아태지역 사이트 특성을 고려한 설계/인증기준 개발
5	해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측 시스템 개발
6	연근해용 신형식 고정식 플랫폼 개발
7	3차원 파랑 하중 해석 기술 개발
8	수리모형 시험에 의한 플랫폼 구조시스템 및 연결부 성능평가
9	구조 및 피로시험을 통한 플랫폼 구조시스템 및 연결부 성능평가
10	고정식 플랫폼 설계 및 평가기술 개발
11	계통연계 및 스마트 그리드 기술 개발
12	해양환경 조사 신뢰성 확보방안 기술 개발
13	기초/지반 핵심설계 기술 및 평가기술 고도화
14	기개발된 고정식 플랫폼 성능개선 기술 개발
15	고정식 플랫폼 유지관리(해양생물, 부식 등) 기술 개발
16	부유식 플랫폼 구조시스템 개발
17	지반환경 특성을 고려한 계류시스템 개발
18	지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발
19	부유식 플랫폼 제작 및 설치기술 개발
20	고정식 플랫폼 제작 및 설치기술 개발
21	플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검사 기술 개발
22	고성능 TP기술 개발
23	부유식 플랫폼 상시 모니터링 및 진단 기술 개발
24	입지선정 및 환경영향 평가 기술 개발
25	부유식 플랫폼 통합제어기술 개발
26	바람-해양외력-지반 연계 통합하중 해석 프로그램 개발



27	Risk Analysis 및 신뢰도 평가 기술 개발
28	해상풍력 플랫폼 운영기술 개발
29	해상풍력단지 사이트 선정 및 해석 기술 개발
30	플랫폼 보수,보강 기법 개발
31	기상탑(Met Mast) 설계 및 시공기술 개발
32	변전소(Substation) 설계 및 시공기술 개발
33	해저 케이블 시공 및 연결방안 연구
34	복합에너지(신재생에너지/해양에너지) 발전단지 개발
35	플랫폼 시공을 위한 장비조합/운송/설치/시공 공정 최적화 기술 개발
36	해저케이블 긴급 복구기술 개발
37	실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발
38	실증 Site 운영 및 사업화 방안 연구
39	해상풍력발전에 따른 환경특성 분석 및 환경영향평가 방법 개발

2. 후보과제 도출 및 검토

- 기술수요조사를 통해 도출된 39개의 기술개발 과제에 대해, 도출된 시장의 요구사항과 차기기술개발사업의 방향성과의 부합성, 기존 연구와의 중복성을 기준으로 검토한 결과 19개의 후보과제가 도출됨

<표 3-3> 최종후보과제 및 과제 정의

번호	후보 과제명	과제정의
1	아태지역 사이트특성 분석을 위한 국제공동연구	아태지역 극한환경(태풍, 낙뢰, 지진 등) 데이터 확보 및 분석을 위한 국제 공동연구 및 아태지역 공동 협의체간 전략적 협력 추진
2	아태지역 사이트 특성을 고려한 설계/인증 기준 개발	아태지역 극한환경 특성을 고려한 국제적 해상풍력 플랫폼 설계요건(Design Basis) 및 인증기준 개발
3	해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측 시스템 개발	해양 플랜트 설계, 운영, 유지관리를 위한 한반도 연안 고해상도 해상 환경(태풍 바람, 파랑, 조류 등) 모델 및 해상상태 예측 시스템 개발
4	해양환경 조사 신뢰성 확보방안 기술 개발	해상 풍력 플랫폼 설계를 위한 바람, 파랑, 조류, 지반조건 등의 해양 환경 특성 추정 및 분석 기술 고도화
5	기초/지반 핵심설계 기술 및 평가	해양 세굴 설계 및 평가기술, 기초 성능평가 기

	기술 고도화	술, 지반 피로 안전성 평가 및 검증 기술 등의 기초/지반 핵심 설계기술 고도화
6	기 개발된 고정식 플랫폼 성능개선 기술 개발	해상풍력 플랫폼 대용량화에 따른 기존 고정식 플랫폼 및 플랫폼-타워 연결부의 재료/형식 성능 개선 기술 개발 및 국제 인증 수행/평가
7	고정식 플랫폼 유지관리(해양생물, 부식 등) 기술 개발	고정식 플랫폼 수명 연장 및 유지관리를 위한 최적 부식/방식 기술 및 비파괴 검사기술, 보수/보강 기술 등의 제반 기술 개발
8	부유식 플랫폼 구조시스템 개발	운동저감형 부유식 플랫폼 형상/구조시스템 개발 및 해양환경-플랫폼-계류 상호연계 해석기술 개발/성능검증
9	지반환경 특성을 고려한 계류시스템 개발	지반환경 특성을 고려한 운동 저감형 계류시스템 개발 및 장력평가/조정 기술, 피로설계 기술, 계류시스템 비선형 해석 및 거동 평가기술 개발
10	지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발	해저지반 특성이 고려된 인발/횡 지지력 향상 앵커시스템 개발 및 대심도 급속 정밀 설치 기술, 불균질 해저지형 설치기술 개발
11	부유식 플랫폼 제작 및 설치기술 개발	10MW급 이상의 부유식 플랫폼, 계류시스템 핵심 엔지니어링 원천기술 자립화 및 급속 제작/설치 최적 공정기술 개발
12	고정식 플랫폼 제작 및 설치기술 개발	5MW급 이상 규모의 고정식 플랫폼 제작 및 설치 기술 고도화
13	플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검사 기술 개발	고정식 및 부유식 플랫폼 평가 기술 고도화 및 국제적 설계/인증 가이드라인 개발
14	부유식 플랫폼 상시 모니터링 및 진단기술 개발	부유식 해상풍력 플랫폼의 선박충돌/조류/해양생물 알람 및 플랫폼-계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발
15	플랫폼 보수, 보강 기법 개발	해상풍력 플랫폼의 합리적인 건전성 평가 및 운영/유지관리(해양생물, 부식 등), 보수/보강 시스템 개발
16	실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발	해상풍력 플랫폼 성능/안전성 실증 Site 구축을 위한 사이트 평가 및 최적 인프라 설계/시공기술 개발
17	실증 Site 운영 및 사업화 방안 연구	실증 Site 및 플랫폼의 안전성 확보 및 경제적인 운영을 위한 효율적 운영관리 기술 개발, 사업화 방안 연구
18	플랫폼 시공을 위한 장비조합/운송/설치/시공 공정 최적화 기술 개발	플랫폼 공기단축/원가절감을 위한 Weather Window 기반 장비조합, 운송, 설치 기술 개발 및 최적화
19	해상풍력발전에 따른 환경특성 분석 및 환경영향평가 방법 개발	해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 분석, 평가 기술 개발



2.1 연구개발 목표

- ☐ 후보과제로 도출된 19개 과제의 현재 기술개발 단계 및 국내/해외 기술수준을 분석하며 다음과 같음

<표 3-4> 후보과제의 기술개발단계 및 국내/해외 기술 수준

후보과제명	기술개발 단계	해외 기술수준	국내 기술수준
아태지역 사이트특성 분석을 위한 국제공동연구	기초원천	70%	30%
아태지역 사이트 특성을 고려한 설계/인증 기준 개발	기초원천	80%	20%
해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측 시스템 개발	기초원천	80%	20%
해양환경 조사 신뢰성 확보방안 기술 개발	상용화	80%	60%
기초/지반 핵심설계 기술 및 평가기술 고도화	응용개발	90%	70%
기 개발된 고정식 플랫폼 성능개선 기술 개발	응용개발	90%	75%
고정식 플랫폼 유지관리(해양생물, 부식 등) 기술 개발	상용화	80%	50%
부유식 플랫폼 구조시스템 개발	응용개발	60%	30%
지반환경 특성을 고려한 계류시스템 개발	응용개발	60%	30%
지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발	응용개발	60%	30%
부유식 플랫폼 제작 및 설치기술 개발	상용화	80%	60%
고정식 플랫폼 제작 및 설치기술 개발	상용화	90%	80%
플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검사 기술 개발	기초원천	90%	60%
부유식 플랫폼 상시 모니터링 및 진단기술 개발	상용화	80%	70%
플랫폼 보수, 보강 기법 개발	상용화	70%	20%
실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발	상용화	80%	35%
실증 Site 운영 및 사업화 방안 연구	상용화	80%	30%
플랫폼 시공을 위한 장비조합/운송/설치/시공 공정 최적화 기술 개발	상용화	70%	30%
해상풍력발전에 따른 환경특성 분석 및 환경영향평가 방법 개발	응용개발	60%	30%

2.2 후보과제 평가 및 우선순위 도출

- ☐ 후보과제의 기술 중요도와 파급효과 및 기술개발 위험도를 기준으로 분석한 후보과제의 우선순위는 다음과 같음
- “최종점수 = 기술중요도 + 파급효과 - 위험도”와 같이 산출함(5점 기준)

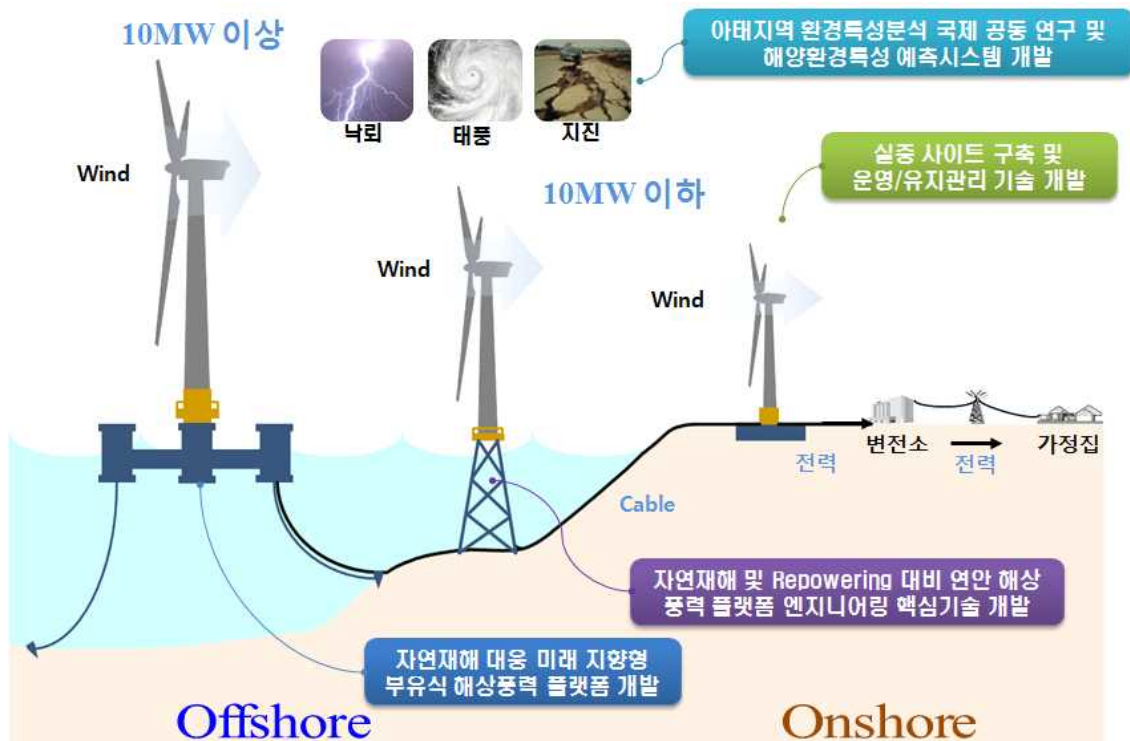


<표 3-5> 우선순위 도출결과

번호	과제명	중요도	파급효과	위험도	최종점수	순위
1	아태지역 사이트특성 분석을 위한 국제공동연구	4.5	4.5	2.5	6.5	1
2	아태지역 사이트 특성을 고려한 설계/인증 기준 개발	4.0	4.5	2.0	6.5	1
3	해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측 시스템 개발	4.5	4.5	3.0	6.0	3
4	해양환경 조사 신뢰성 확보방안 기술 개발	3.5	3.0	2.5	4.0	16
5	기초/지반 핵심설계 기술 및 평가 기술 고도화	3.5	3.0	2.0	4.5	12
6	기 개발된 고정식 플랫폼 성능개선 기술 개발	3.5	3.5	2.0	5.0	9
7	고정식 플랫폼 유지관리(해양생물, 부식 등) 기술 개발	3.5	3.5	2.0	5.0	9
8	부유식 플랫폼 구조시스템 개발	4.0	4.5	2.5	6.0	3
9	지반환경 특성을 고려한 계류시스템 개발	4.0	4.0	2.5	5.5	5
10	지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발	4.0	4.0	2.5	5.5	5
11	부유식 플랫폼 제작 및 설치기술 개발	3.5	4.0	2.0	5.5	5
12	고정식 플랫폼 제작 및 설치기술 개발	3.5	3.5	3.5	3.5	19
13	플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검사 기술 개발	3.5	3.0	2.0	4.5	12
14	부유식 플랫폼 상시 모니터링 및 진단기술 개발	3.5	3.5	2.5	4.5	12
15	플랫폼 보수, 보강 기법 개발	3.0	3.0	2.0	4.0	18
16	실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발	4.0	4.5	3.0	5.5	5
17	실증 Site 운영 및 사업화 방안 연구	4.0	3.5	2.5	5.0	9
18	플랫폼 시공을 위한 장비조합/운송/설치/시공 공정 최적화 기술 개발	4.0	3.0	2.5	4.5	12
19	해상풍력발전예 따른 환경특성 분석 및 환경영향평가 방법 개발	3.0	3.0	2.0	4.0	16

3. 중점추진분야의 도출

- 중점추진분야는 후보과제에 대한 검토결과와 기 검토된 요구사항(기술개발 이슈) 및 차기기술개발 사업의 방향을 기준으로, 해상풍력 플랫폼 개발에 필요한 핵심기술에 따라 4개 분야로 설정하였음
- 아태지역 환경특성분석 국제 공동 연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발
- 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발
- 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발
- 실증 사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발



<그림 3-1> 중점추진분야

- [중점추진분야 1] 아태지역 환경특성분석 국제 공동 연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발
- 아시아-태평양지역의 태풍, 낙뢰, 지진 특성 분석을 위한 국제공동연구 및 공동협의체 구성을 통한 국제회의 및 시장 리드
- 조류, 해양에너지, 해상풍력, 해양 플랜트 등 해양 구조물 최적 설계를 위한 해양환경 예측시스템 구축



- [중점추진분야 2] 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발
 - 자연재해 대응 연안 플랫폼 개발에 필요한 핵심 엔지니어링 원천기술 100% 자립화 및 선진화
 - Repowering 대비 기 개발된 고정식 플랫폼의 성능 개선 및 형상 최적화 (5MW급 이상, 기존 플랫폼 대비 10%이상 비용 절감, 운송/설치/시공 공정 최적화, 기존 플랫폼 대비 성능 10%이상 향상)를 기반으로 시장진입을 통한 사업화 추진
- [중점추진분야 3] 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발
 - 10MW 이상 안정적이고 경제적인 부유식 플랫폼 토탈 솔루션 기술개발 및 검증
 - 부유식 해상풍력 플랫폼 핵심 엔지니어링 원천기술 자립화 및 국제화
- [중점추진분야 4] 실증 사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발
 - 개발된/될 플랫폼 성능 및 안전성 검증을 위한 실증 사이트 구축기술 개발
 - 실증 사이트 및 플랫폼의 효율적, 경제적 운영을 통한 안전성 확보기술 검증

4. 사업추진체계의 결정

- 도출된 19개 후보과제를 기술특성 및 목표 등으로 그룹핑 하면 다음과 같이 4개의 중점추진분야로 정리할 수 있음

<표 3-6> 중점추진분야 및 후보과제 검토 결과

구분	중점추진분야	기술특성	최종목표	후보과제
중점추진 분야 1	아태지역 환경특성분석 국제 공동연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발	기초원천	기초/핵심 엔지니어링 기술 확보	후보과제 1~3
중점추진 분야 2	자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	상용화	플랫폼 단가 저감	후보과제 4~7
중점추진 분야 3	자연재해 대응 미래지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발	응용개발	발전량 증대	후보과제 8~13
중점추진 분야 4	실증 사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발	상용화	효율성 및 안전성 증대	후보과제 14~19



- 기획된 기술개발의 내용은 기계, 조선, 해양, 전기, 토목 등 관련 기술이 모두 포함된 형태이므로 기술개발사업의 형태는 연구단 또는 사업단 형태가 가능하나, 파급효과, 기술적 발전 속도, 시장 현황, 기업의 관심도 및 Risk 측면을 모두 고려해 볼 때 사업단 형태가 적합할 것으로 판단됨

<표 3-7> 연구단과 사업단 추진의 장단점

구분	장점	단점	선택
사업단	· 해외 풍력시장의 개발가능성 증대 · 통합적인 기술개발 용이 · 연구결과의 기술적 검증 및 실증 가능 · 원천기술부터 검증 및 실증까지 모든 연구 결과의 총결집 가능 · 국토부의 해상풍력 분야 R&D 영역 확보 · Risk의 분산가능	· 연구결과에 대한 부담발생 · 모든 연구결과의 공유가 가능해야만 시너지 효과 창출 가능하며, 세부간 연계가 없을 경우 개별적인 연구 성과만 창출 · 연구외적 손실발생(사업단 운영 및 홍보, 마케팅 등) · 높은 기업부담금에 따른 기업참여의지 · 예비타당성 통과여부에 따른 과제 추진 타이밍 결정	●
연구단	· 선택과 집중이 가능해짐 · 연구개발 결과에 대한 부담완화 · 기술개발이 필요한 타이밍을 선택 가능 · 원천기술연구 확대를 통한 원천기술 확보 용이	· 검증 및 실증에 대한 어려움 · 상부 풍력터빈의 확보 및 연계방안이 어려움 · 기술적 검증이 없어 원천기술 확보에 그칠 수 있음 · Paper work로 전략 가능	

- 본 연구를 통해 기획된 해상풍력 플랫폼 건설기술 사업은 핵심기술 자립화 및 선진화를 목표로 “자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단”으로 구성됨



2절. 비전 및 목표

1. 설정 방법

- 비전과 목표는 사회 전반의 다양한 시각(경제, 산업, 사회, 문화, 철학 등)을 반영함으로써 과학기술의 역할과 책임에 대해 종합적으로 조망하는 것임
 - 비전이란 전략적으로 지향하고자 하는 미래상으로 막연한 꿈이나 희망과는 다른 장기적 관점에서 현실과 미래 목표를 연결시키는 전략적 가치관의 틀임. 미래의 이상과 목표를 명확하게 제시함으로써 급변하는 환경에 능동적으로 대처할 수 있는 내재적 에너지의 근원임
 - 비전과 목표는 추진 대상이 되는 기술영역의 지향점을 제시함으로써 다양한 이해당사자 설득 및 전략 수립의 기반을 마련함

- 비전과 목표 설정을 위해 다음 5가지 원칙을 중심으로 설정함
 - Cascading의 원칙 : 상위목표의 기대특성을 파악하고 상위목표와 연계된 목표 설정
 - SMART의 원칙 : Specific(구체적), Measurable(측정가능), Attainable(달성 가능), Result-oriented(결과 지향적), Time-bound(달성 기한을 정해야) 등의 요건을 만족
 - 합의의 원칙 : 설정한 목표는 반드시 합의를 통해 확정
 - 조정의 원칙 : 환경의 변화로 수정이 필요한 경우 합의를 거쳐 조정
 - 균형의 원칙 : 편중되지 않도록 전략적 중요도, 사회적 이슈/니즈 등을 고려하여 균형 유지

- 본 기획연구 과제의 비전 및 목표설정을 위하여 STEEP 분석, 5 Forces 분석, SWOT 분석, Keyword 도출, Issue Tree를 작성하여 기술니즈와 중점목표를 도출하고 최종적으로 연구비전 및 목표를 설정한, 설정 방법의 흐름을 도식하면 <그림 3-3>과 같음



<그림 3-2> 비전 및 목표 설정 흐름도

2. STEEP 분석

- ☐ 산업내 경쟁력에 영향을 끼칠 수 있는 거시적 환경요인을 파악하여 기술개발 방향 설정을 위한 프레임워크 제시를 목적으로 분석함
- ☐ “해상풍력 플랫폼 건설기술”의 경쟁력에 영향을 미치는 요소로는 5가지 거시적 환경 요인인 사회적(Social), 기술적(Technological), 경제적(Economic), 환경적(Environmental), 정책적(Political) 요인이 있음
- ☐ 2장에서 분석된 기술개발 동향 및 환경 분석 결과를 토대로 STEEP 분석을 실시하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같음

2.1 사회적(Social) 요인

- ☐ 저탄소녹색성장을 위한 청정에너지와 녹색기술 개발 필요성 증대
- ☐ 화석연료의 고갈 및 고유가로 인한 에너지 및 자원 절약의 필요성 증대
- ☐ 지속가능한 발전을 위한 지구환경보전의 중요성 인식 확산
- ☐ 화석에너지의 지속적인 의존에 따른 인류의 복지의 중대한 위기 의식 발생
- ☐ 국민생활과 경제활동을 유지해주는 에너지의 안정적 확보와 에너지수요를 억제하는 소비구조의 변혁의 필요성 인식



2.2 기술적(Technological) 요인

- ☐ 온실가스 배출량 저감을 위한 핵심 기술 개발 추진
- ☐ R&D의 성공적 수행을 위한 중복성 방지 및 선행기술과의 연계성 분석
- ☐ 선진 기술의 벤치마킹이 아닌 경쟁력 있는 신기술 개발의 필요성
- ☐ 국제 시장 진입이 가능한 Raw data 및 원천기술 확보 필요
- ☐ 신기술, 신제품의 국제적 인증을 통한 국제시장 진입
- ☐ 학문적 융·복합 기술 개발을 통한 시너지 효과 유발
- ☐ 국제회의에 주도적 참여를 통한 국가 이미지 제고 및 기술력 표준화 활동 요구

2.3 경제적(Economic) 요인

- ☐ 산유국들의 정세 불안 및 개도국의 수요 급증 등에 따른 국제유가 불안정
- ☐ 녹색성장 및 자원개발 사업에 대한 기업의 관심과 투자의욕 증가
- ☐ 탄소시장 확대에 따른 국가간 공조
- ☐ 신재생에너지 활용 및 에너지 Saving에 따른 원가절감효과 기대
- ☐ 경제성을 확보할 수 있는 최적화 공법, 설계 및 시공능력 요구

2.4 환경적(Environmental) 요인

- ☐ 해수면 상승 및 기후변화로 인한 불안감 증대
- ☐ 교토의정서에 의한 온실가스 감축 의무
- ☐ 기후변화 협약 및 온실가스 저감 필요성 확대
- ☐ 우리나라의 온실가스 배출량 저감 목표량은 BAU대비 30%
- ☐ 온실가스 배출권 거래제도 시행에 따른 감축의무 이행

2.5 정책적(Political) 요인

- ☐ 신재생에너지, 탄소저감, 첨단수자원, 그린 IT, 그린차량·선박, 첨단그린주택 도시, 신소재, 청정생산, 친환경농식품, 환경보호 및 보전의 10대분야 녹색기술 인증제도 시행
- ☐ 신성장 동력을 과학기술의 진흥에서 찾아내고자 기초, 원천분야 국가 R&D 투자 확대
- ☐ 저탄소 녹색성장을 국가발전 패러다임으로 뒷받침할 저탄소녹색성장기본법 시행
- ☐ 신재생에너지 공급의무화제도(RPS)에 따른 신재생에너지 시장 확대
- ☐ 선진국 도약을 위한 새로운 비전 제시를 위한 신성장동력산업 확정
- ☐ 신재생에너지 기본계획 등 환경 친화적 에너지정책 추진



2.6 종합검토

- 국제적으로 저탄소 녹색성장이 화두인 현재 시점에서 신재생에너지가 그 중심에 서 있음. 특히, 풍력산업은 에너지 산업분야에서 가장 잠재량 높고 경제적인 에너지원으로 빠른 성장을 보이고 있음
- 풍력산업은 제조와 설치/운영까지 기계, 전기, 해양, 조선, 토목 산업뿐만 아니라 많은 분야의 산업이 복합된 산업구조 특성상 풍력산업의 성장이 산업 전반에 미치는 파급효과가 매우 크며 고용효과도 다른 산업에 비해 매우 높음
- 우리나라의 CO2 배출량 저감 목표량은 BAU 30%를 목표로 정부차원에서의 신재생에너지 분야와 관련된 녹색에너지기술 역량강화를 위해 적극적인 지원이 이루어지고 있음

3. 5 Force 분석

3.1 목적

- 마이클포터의 5 Forces(Poter's Five Forces) 분석 방법에서 정의한 산업 매력도를 결정하는 5가지 요인에 대한 설문 평가를 통해 기술개발전략 수립의 기초 자료로 활용하고자 함

3.2 방법

- 아래 <그림 3-4>의 5가지 평가항목과 각 항목별 결정요인에 대한 강도를 5점 단위로 표시하도록 설문지를 작성하여 설문을 수행함



<그림 3-3> 5 Forces 분석 항목

- 설문지의 응답대상은 기획위원 및 자문위원들을 대상으로 e-mail 발송 후 회신하는 방식으로 진행함

<표 3-8> 산업환경 분석(5 Forces) 설문지 내용

항목	결정요인	검토사항	매우 아니다 1	2	보통 3	4	매우 그렇다 5
진입 장벽 분석	규모의 경제	기술개발의 성패가 연구비 규모에 영향을 받는가?	()	()	()	()	()
	기술의 차별성	경쟁자에 의한 모방이 용이하여 기술차별화가 어려운가?	()	()	()	()	()
	소요자본	사업화 및 R&D를 위한 초기투자 비용이 높은가?	()	()	()	()	()
	비용우위	기술개발시 원가를 낮추기 위한 난이도가 높은 편인가?	()	()	()	()	()
	정부정책	정부정책상 기술개발참여에 대한 규제는 심한 편인가?	()	()	()	()	()
산업내 경쟁 강도 분석	기술보유 업체	유사한 기술을 가지고 있는 경쟁기업이 많은 편인가?	()	()	()	()	()
	기술의 차별성	성공적인 사업화를 위해서는 기술의 차별화가 필요한가?	()	()	()	()	()
	전환비용	기존의 기술에서 해당기술로의 전환비용이 높은 편인가?	()	()	()	()	()
기술제 공처의 교섭력 분석	기술적용 범위	기술 적용범위가 넓은 편인가?	()	()	()	()	()
	대체기술 유무	해당 기술의 대체기술이 존재하는가?	()	()	()	()	()
	교체비용	기존의 기술을 본 기술로 교체시 비용이 많이 드는 편인가?	()	()	()	()	()
기술수 요처의 교섭력 분석	정보보유 정도	수요자들이 해당 기술의 정보를 많이 보유하고 있는가?	()	()	()	()	()
	비용민감도	기술 수요에 기술 비용의 영향이 크게 작용하는가?	()	()	()	()	()
	기술니즈의 구체성	본 기술의 니즈가 높은 편인가?	()	()	()	()	()
대체 기술 위협	대체 기술의 시장점유 수준	다른 대체 기술의 시장점유율이 높은 편인가?	()	()	()	()	()
	수요처의 성향	해당 기술의 수요자들이 비용에 대한 민감한 편인가?	()	()	()	()	()
	대체기술 성능	다른 대체 기술의 성능이 우수한 편인가?	()	()	()	()	()



3.3 결과 및 분석

- ☐ 설문지는 총 20명에게 발송하였으며, 회신 대상은 총 10명으로 그 결과를 정리하면 아래 <표 3-9>와 같음

<표 3-9> 5 Force 분석 결과

설문 대상	진입장벽 분석					산업내 경쟁강도			기술제공처 교섭력			기술수요처 교섭력			대체기술 위협		
	규모의 경제	기술의 차별성	소요 자본	비용 우위	정부 정책	기술 보유 업체	기술의 차별성	전환 비용	기술의 적용 범위	대체 기술 유무	교체 비용	정보 보유 정도	비용 민감도	기술 니즈의 구체성	대체 기술의 시장점유율	수요처의 성향	대체 기술 성능
1	4	3	3	4	4	4	5	5	4	2	4	3	4	5	3	5	1
2	4	4	4	3	5	4	4	3	5	3	3	2	4	4	3	5	4
3	5	5	3	4	5	1	5	3	4	2	3	2	4	5	3	4	2
4	3	5	3	5	4	2	5	4	5	3	5	4	5	3	3	3	3
5	5	4	4	3	2	3	4	4	4	4	2	3	3	4	4	4	3
6	4	2	5	2	5	5	5	2	5	3	2	3	2	4	3	5	3
7	5	3	5	3	3	4	4	3	5	4	2	2	4	5	3	4	2
8	5	4	5	4	4	3	5	4	5	2	3	3	5	5	2	4	2
9	4	3	4	2	4	2	4	2	4	4	2	2	3	4	2	2	3
10	5	4	2	4	5	3	4	4	4	2	3	1	4	4	3	5	4
평균	4.40	3.70	3.80	3.40	4.10	3.10	4.50	3.40	4.50	2.90	2.90	2.50	3.80	4.30	2.90	4.10	2.70

- ☐ 해상풍력 플랫폼 건설기술의 5 Forces 분석결과 진입장벽 분석 항목에서 전반적으로 중요성이 높게 분석되었음. 특히, 진입장벽 분석에서는 연구비 규모의 문제, 소요자본, 비용우위 등 전반적으로 비용문제가 중요 변수인 것으로 분석됨
- ☐ 산업내 경쟁강도 분석에서는 차별화된 기술 개발의 필요성이 매우중요한 것으로 분석됨
- ☐ 기술 제공처 교섭력으로는 해당 기술의 적용범위에 대해 민감도가 매우 높은 것으로 나타나 활용방안이 중요한 변수로 작용할 것으로 분석됨
- ☐ 대체기술의 위협분석 결과 해당 기술의 수요자들의 비용에 대한 민감도가 매우 높은 것으로 분석되었으며, 기술의 비용절감에 관한 기술 개발이 가장 중요한 핵심 요소인 것으로 조사됨



3.4 시사점

- ☐ 해상풍력 플랫폼의 경우 높은 사업비용을 절감할 수 있는 플랫폼 기술 개발이 절대적으로 필요하며, 해당 기술의 자립화 및 선진화가 필요할 것으로 판단됨
- ☐ 해외 시장 진입을 위해 해상풍력 플랫폼의 경우 가격 경쟁력 및 기술적 차별성을 바탕으로한 우위를 선점할 수 있는 특화된 기술개발이 필요하며, 관련 기술의 검증/실증 및 운영 경험의 필요할 것으로 판단됨
- ☐ 해상풍력 플랫폼과 관련된 연구 및 사업화는 수요처의 요구조건에 의해 기술 개발 범위 및 수준의 변동성이 큼으로 수요처의 요구조건을 정확히 파악한 후 관련 기술개발을 수행해야 함

4. SWOT 분석

4.1 목적

- ☐ 내부환경과 외부환경 요인을 명확히 분석하여 기술개발 전략을 수립하기 위한 방향 제시를 목적으로 수행함

4.2 방법

- ☐ Brain storming, 기획회의, 워크샵 등의 결과를 근거로 SWOT 분석 실시

4.3 결과 및 분석

- ☐ SO전략 : 외부환경에서의 기회를 확보하기 위해 내부역량의 강점을 극대화 할 수 있는 성장 지향적 전략 수립
- ☐ WO전략 : 외부환경에서의 기회를 이용하기 위해 내부역량의 약점을 극복 할 수 있는 전략 수립
- ☐ ST전략 : 외부환경에서의 위험을 회피하기 위해 내부역량의 강점을 극대화, 확산시킬수 있는 전략 수립
- ☐ WT전략 : 외부환경에서의 위험을 회피하기 위해 내부역량의 약점을 할 수 있는 전략 수립



SWOT분석	강점(S)	약점(W)
	• 국가적 차원에서 신재생 에너지 보급 정책 강한 의지 • 해양구조물, 부유체, 조선, 시공 기술은 세계 Top 수준으로 높은 잠재력 보유 • 삼면의 다양한 해양환경 조건에 따라 다양한 형상 및 재료 적용 가능 • 국제 표준화 및 기술위원으로 적극 참여 중	• 핵심 원천기술의 높은 해외 의존도 • 유럽 선진국들에 의해 기형성된 무역 및 시장 장벽 • 풍력 등 신재생에너지 신기술의 실증 및 운영 경험 부족 • 설계를 위한 Raw data 및 해양환경 데이터 분석 기술 부족
기회(O)	SO 전략	WO 전략
• 사업다각화를 위한 국내 기업들의 적극적인 투자 • 해상풍력 등 신재생에너지 관련 R&D 투자 확대 • 온실가스저감 관련 기술의 정부주도 지원강화 및 확대 • 에너지 다각화 및 에너지 안보를 위한 정부의 다각화 정책 추진	• 부유체, 시공, 해양구조물과 관련된 신기술 및 원천기술 확보를 통해 국제 표준화 회의 주도적인 참여와 함께 국제시장 진입	• Raw data 확보를 통한 기반기술 구축 및 플랫폼 관련 신기술 국제 인증 획득을 통한 무역장벽 탈피
위협(T)	ST 전략	WT 전략
• 선진국과의 관련 핵심기술 경쟁 심화 • 대규모 프로젝트에 따른 높은 Risk 및 실패에 대한 부담감 • 선진국의 기술패권주의로 시장참여 기회 부족 • 중국, 일본, 미국 등 풍력 후발 국가들의 적극적인 기술개발 및 국제시장 진입	• 정부의 주도적인 지원하에 국내 기업(연구기관, 중공업, 건설사, 엔지니어링, 학계, 인증기관)을 중심으로 국제시장 진입 가능한 핵심기술 육성	• 해상풍력 후발 국가들과의 공동 기술 개발 및 공유를 통해 틈새시장 진입 및 유럽중심의 기술 표준을 아태지역 중심으로 전환



5. Keyword 도출

5.1 목적

- 사회, 기술, 경제, 환경, 정책적 동향분석 및 기술수요 등의 분석 내용을 대표할 수 있는 키워드를 도출함으로써 효과적인 기술개발전략 수립방향 제시를 목적으로 함

5.2 방법

- 자문위원회 및 기획위원회의 세미나, 워크샵, 브레인스토밍 결과를 바탕으로 사회, 기술, 경제, 환경, 정책적 환경을 고려한 키워드를 도출함

5.3 결과 및 분석

- 사회, 기술, 경제, 환경, 정책적 이슈별 키워드 도출 결과는 다음과 같음

사회적 (Social)	기술적 (Technical)	경제적 (Economic)	환경적 (Environmental)	정책적 (Political)
에너지 저감	중복성 방지	국제유가 불안정	해수면 상승	녹색기술인증 제도
지속 가능한 발전	신기술 개발	탄소시장 확대	기후변화	R&D투자 확대
저탄소 녹색성장	Raw data 및 원천기술 확보	기업의 관심과 투자유욕	온실가스 저감	신성장동력 산업
인류의 복지의 위기 의식	국산화	최적화 공법 요구	교토의정서	RPS에 따른 신재생에너지 시장 확대
녹색기술 개발	실증기술	최적화 설계, 시공능력 요구	기후변화협약 (UNFCCC)	환경 친화적 에너지 정책
	학문적 융복합 기술		온실가스 배출권 거래제도	
	국제적인 기술력 확보			
	안전성 확보			

6. Issue Tree 작성

6.1 목적

- 도출된 Keyword를 이용하여, 해상풍력 플랫폼 건설기술의 전체 Frame work와 전략수립에 적합한 항목을 추출하고자 함

6.2 방법

- 연구책임자, 공동연구책임자, 기획위원 및 자문위원등의 회의를 토대로 도출된 Keyword로부터 이슈도출, 기술 니즈도출, 중점목표 도출 순으로 결정함

6.3 결과 및 분석

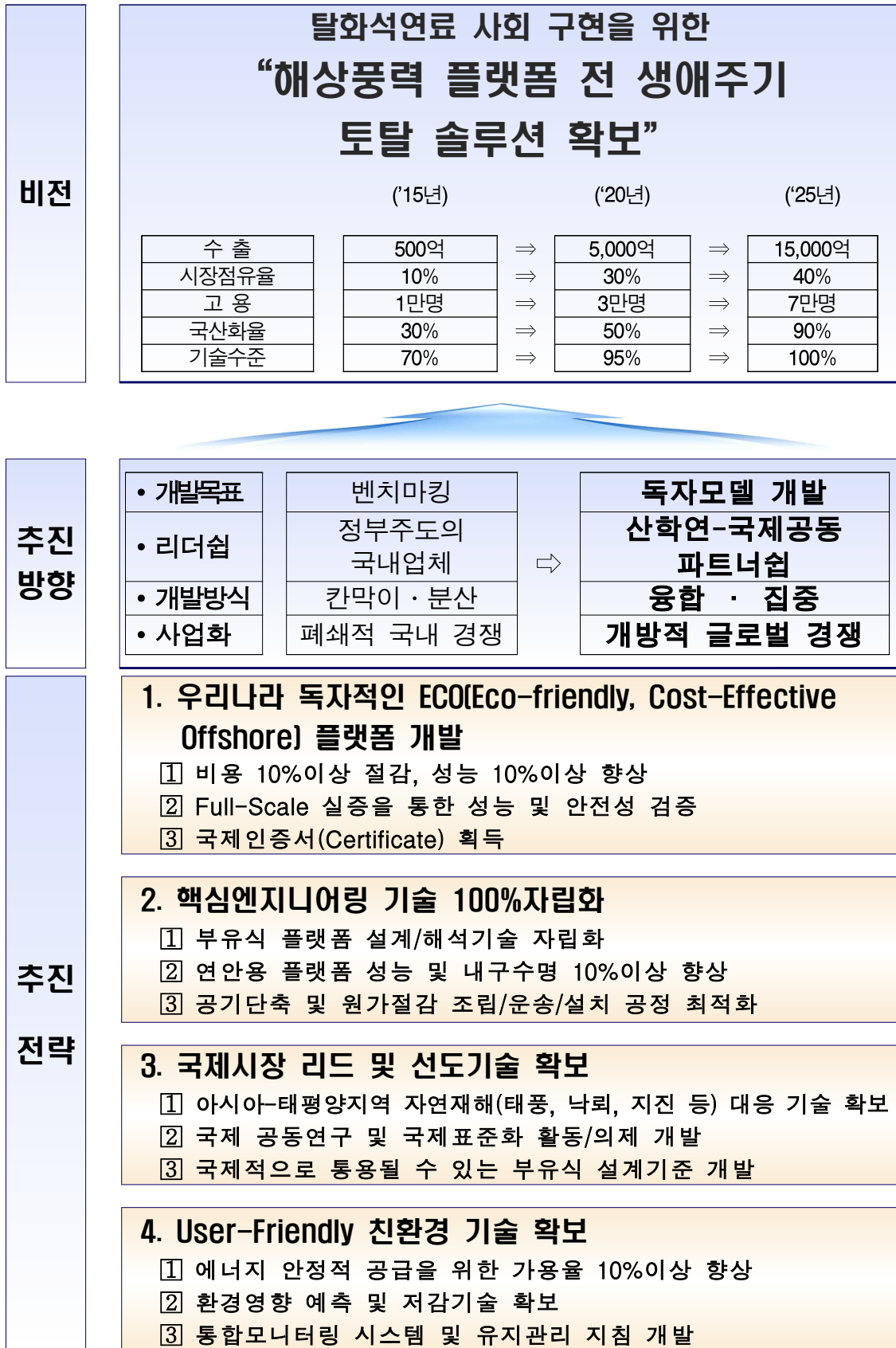
- 도출된 이슈트리는 <그림 3-5>와 같이 “아태지역 환경특성 및 해양환경 예측 시스템 분석 기술 개발”, “고정식 해상풍력 플랫폼 핵심 원천기술 고도화”, “부유식 해상풍력 플랫폼 시스템 개발”, “실증 사이트 구축 및 운영/유지관리 기술개발”의 4가지 중점목표를 설정함



<그림 3-4> 이슈 트리(Issue Tree)

7. "자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단" 비전 및 목표

- 본 연구의 참여연구진, 기획위원 및 자문위원들이 국내외 동향 및 환경 분석에 근거한 STEEP 분석, 5 Forces 분석, SWOT 분석을 수행하여 해상풍력 플랫폼 건설기술이 추구하는 비전과 추진전략은 아래와 같이 제시함



<그림 3-5> 비전 및 추진전략

3절. 기술개발에 따른 미래상

1. 현황 및 미래상

- “자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단”은 아태지역 환경특성분석 국제 공동연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발, 자연재해 대응 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발, 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발, 실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술이 개발될 것으로 예상됨



<그림 3-6> “해상풍력 플랫폼 건설기술” 미래상

2. 기술개발 전략 및 효과

- 성공적인 연구 수행을 위해 풍력관련 연구 경험이 풍부한 산/학/연 전문 연구팀과 발전사, 시스템 업체 및 인증기관과의 상호 유기적인 협력체계 구축이 절대적으로 필요하며, 연구팀간의 긴밀한 정보 공유 및 커뮤니케이션이 필요함
- 또한, 본 연구의 성공적인 수행을 위해 “원천기술 확보를 위한 기반으로 상용화를 목표 중심의 연구과제 포트폴리오 구성”, “오픈 이노베이션에 입각한 협

업적 R&D 수행”, “Smart R&D 관리”, “세계시장 선도 및 글로벌 마켓 선점을 위한 비즈니스 모델 창출” 총 4가지 목표를 설정한 후 각각의 목표에 맞는 추진전략 수립함

구분	목표	추진전략 및 효과
	원천기술확보를 기반으로 상용화를 목표 중심의 연구과제 포트폴리오 구성 (Commercialization)	핵심원천기술 자립화를 기반으로 국제요구조건을 만족할 수 있도록 인증기관이 연구개발 초기부터 참여하여 국가연구개발사업의 ROI 제고
	오픈 이노베이션에 입각한 협업적 R&D 수행 (Collaboration)	목표달성을 위해 연구비용과 시간을 줄일 수 있도록 오픈 이노베이션에 입각하여 적극적인 국제공동연구 및 외부 협력 추진
	Smart R&D 관리 (Smart)	실패 비용을 최소화 및 연구업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 철저한 R&D관리 수행
	세계시장 선도 및 글로벌 마켓 선점을 위한 비즈니스 모델 창출 (Create a Model)	우리나라 고유 또는 국토해양부 R&D에 부합할 수 있는 최적의 플랫폼을 개발함으로써 국제 표준화 회의 선도 및 새로운 비즈니스 모델 창출

3. 기술개발 지연시 문제점

- 해상풍력 플랫폼 개발의 기반기술인 조선, 해양 및 토목분야의 국내 기술력은 이미 세계적 수준에 도달했으나, 경험부족으로 인해 실질적인 해상풍력 플랫폼 기술은 선진기술 대비 20~30% 가량 뒤쳐져 있음. 특히 현재 국내에서 개발 중인 플랫폼의 대부분은 기 개발된 해외 기술을 모방하는 수준으로 기술력 증진을 위한 정부의 적극적인 R&D지원이 없을 경우 그 격차는 점점 더 벌어져 지속적인 기술 중속이 불가피함
- 국내에서 개발 중인 해상풍력 플랫폼의 경우 북해지역을 대상의 유럽의 설계 가이드라인(IEC, DNV, GL 등)을 이용해 설계하고 있으나 이는 아·태지역의 특수 환경요소인 지진, 태풍, 낙뢰에 대한 설계 검토는 포함되어 있지 않아 국내에 바로 적용할 경우 추가적인 안전성 검토가 필요함



4절. 연구개발과제 구성

- “자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단”은 총 4개의 핵심과제, 12개의 세부과제로 구성됨. 풍력발전 플랫폼 과제의 경우 일반 과제와 달리 특정분야 기술개발 하나만 수행될 수 없고 통합적으로 전체 시스템 운영을 토대로 핵심기술을 개발하고 기존 개발 기술 및 유사기술은 선행 기술을 활용해야 함

<표 3-10> 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 구성 체계

구분	과제명
사업단 총괄	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단
총괄과제	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄사업 및 기술관리
핵심과제 1	아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발
세부과제 1-1	아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제 표준화
세부과제 1-2	해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측시스템 개발
핵심과제 2	자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발
세부과제 2-1	자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술 개발
세부과제 2-2	자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술 개발
세부과제 2-3	연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술 개발
핵심과제 3	자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발
세부과제 3-1	아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템 개발
세부과제 3-2	아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류시스템 개발
세부과제 3-3	아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발
세부과제 3-4	부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술 개발
세부과제 3-5	부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증
핵심과제 4	실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발
세부과제 1	기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술 개발
세부과제 2	플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술 개발



<표 3-11> 세부과제별 구성기술 트리

과제명	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단
개발형태	원천/상용화
기술수준	70
기술필요성	대
연구형태	기업+연구소+인증기관+학계

핵심과제명	사업단 총괄사업 및 기술관리	아태지역 환경특성 분석 국제 공동 연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발	자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발	실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발
개발형태	관리	원천/상용화	원천/상용화	원천/상용화	상용화
기술수준	90	70	80	60	70
기술필요성	중	대	중	대	대
연구형태	사업단	기업+연구소+ 인증기관+학계+ 국제공동연구	기업+연구소+ 인증기관+학계	기업+연구소+ 인증기관+학계	기업+인증기관+ 학계

자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄사업 및 기술관리		
과제구성기술	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄 체계 사업관리	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄 체계 기술관리
개발형태	관리	관리
기술수준	90	90
기술필요성	중	중
연구형태	사업단	사업단

아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발		
과제구성기술	아태지역 환경특성 분석 국제 공동 연구 및 국제 표준화	해양플랫폼 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측 시스템 개발
개발형태	원천	원천/상용화
기술수준	70	70
기술필요성	대	대
연구형태	연구소+인증기관+학계+국제공동연구	기업+연구소+인증기관+학계

자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발			
과제구성기술	자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술 개발	자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술 개발	연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술 개발
개발형태	원천/고도화	원천/고도화	고도화/상용화
기술수준	80	80	70
기술필요성	대	대	대
연구형태	기업+연구소+학계	기업+연구소+학계	기업+연구소+인증기관+ 학계



자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발					
과제구성기술	아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템 개발	아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류시스템 개발	아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발	부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술 개발	부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증
개발형태	원천/상용화	원천/상용화	원천/상용화	원천/상용화	원천/고도화
기술수준	70	60	60	60	60
기술필요성	대	대	대	대	대
연구형태	기업+연구소+학계	기업+연구소+학계	기업+연구소+학계	기업	인증기관+학계

실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발		
과제구성기술	기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술 개발	플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술 개발
개발형태	상용화	상용화
기술수준	70	70
기술필요성	대	대
연구형태	기업+연구소+인증기관+학계	기업+연구소+인증기관+학계



5절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 총괄과제

1.1 과제명

“자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단”

1.2 연구개발 목표

- 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 산하 4개의 핵심과제의 유기적 운영체계를 정립하고 체계적, 효율적 총괄 사업관리 및 기술관리를 수행하여 국제 최고 수준의 해상풍력플랫폼 개발 및 실증을 통해 성공적인 연구 성과 도출

1.3 연구개발 필요성

- 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단은 4개 핵심과제에 하부에 총 12개 세부과제로 구성된 형태로 수십개 기관이 참여하는 대규모 사업단이 구성되므로, 각 기관사이의 유기적 협조 체제 구축과 사업 목표에 대한 일괄된 협력체제 형성이 필요함

1.4 연구개발 주요내용

- 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄 체계 사업관리
 - 사업 총괄 사업관리(인력/일정/사업비)
 - 연차별 진도점검 및 일정관리
 - 연차별 예산조정, 관리 및 정산
 - 연차별 중간연구결과 및 최종연구결과 점검
 - 핵심과제간 상호 연계성 관리
 - 성과물 자료 공유 및 통합관리
 - 내외부 위원회 운영
 - 전문 연구사업관리 시스템 구축
 - 국가연구개발사업 조사, 분석, 평가 관련 업무 협조
 - 국외 협력기관 관련 총괄업무



□ 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 사업단 총괄 체계 기술관리

- 설계 기술관리 계획 수립
- 체계 및 개발 기술 목표 등 검토, 확인
- 기술검토회의 참관 및 검증
- 연구성과물 요구도/기술 만족 추적관리
- 연구종합정보관리시스템 운용 및 과제관리
- 연구성과 및 개발자료 DB 구축 및 관리
- 유관기관 정책 협조
- 국내외 전시회 참가 및 홍보 등 대외 관련 업무 협조

1.5 연구개발과제 TRM

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업 및 기술관리	지속가능발전 해상풍력 플랫폼 사업단 총괄 체계 사업관리	사업 총괄 사업관리(인력/일정/사업비)						
		연차별 진도점검, 일정관리, 예산조정, 관리 및 정산						
		연차별 중간연구결과 및 최종연구결과 점검						
		핵심과제간 상호 연계성 관리 / 내외부 위원회 운영						
		성과물 자료 공유 및 통합관리						
		국기연구개발사업 조사, 분석, 평가 관련 업무 협조						
		국외 협력기관 관련 총괄업무						
	지속가능발전 해상풍력 플랫폼 사업단 총괄 체계 기술관리	설계 기술관리 계획 수립						
		체계 및 개발 기술 목표 등 검토, 확인						
		기술검토회의 참관 및 검증						
		연구성과물 요구도/기술만족 추적관리						
		연구종합정보관리시스템 운용 및 과제관리						
		연구성과 및 개발자료 DB 구축 및 관리 / 유관기관 정책 협조						
		국내외 전시회 참가 및 홍보 등 대외 관련 업무 협조						



2. 핵심과제 1

2.1 과제명

“아태지역 환경특성 분석 국제공동연구 및 해양환경 특성 예측분석 시스템 개발”

2.2 연구개발 목표

- ☐ 아시아-태평양지역 해상환경특성(태풍, 낙뢰, 지진 등) 분석을 통한 국제표준화 추진 및 신형식 플랫폼 개발에 필요한 해양환경 통계 D/B 시스템 및 예측시스템 구축

2.3 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- ☐ 현재 국내에서 추진 중인 해상풍력 프로젝트의 경우 설계요건 및 설계기준을 대부분 유럽에서 개발된 가이드라인을 근거로 시행되고 있으나, 특히 우리나라와 같은 아시아-태평양 지역의 경우 유럽의 북해지역과 달리 **지진, 낙뢰 및 태풍**에 의한 피해가 매우 높기 때문에 해상풍력 플랫폼 설계시 이에 대한 고려가 반드시 필요함
- ☐ 우리나라와 환경 여건이 비슷한 일본, 미국 등에서도 이와 같은 문제점을 인식하여 자국적으로 관련 기술 개발을 통해 국제 시장 진입 및 국제 표준화 활동을 적극적으로 추진하고 있으나, 기 형성된 유럽 국가들의 장벽을 진입하기에는 어려움을 겪고 있음
- ☐ 따라서, 아시아-태평양 지역의 **풍력 후발 국가들이 유럽과의 차별성 및 경쟁력을 확보하기 위한 기술(태풍, 낙뢰, 지진 등)을 공동으로 개발하여 공유함**으로써 국제 시장에서 영향력을 확보할 수 있는 전략이 필요한 실정임
- ☐ 또한, **해상 환경(풍황, 해황 등) 데이터**는 플랫폼, 풍력발전단지 및 해양플랜트 개발에 핵심이 되는 데이터로서 **경제성 및 안정성에 직접적인 영향**을 미치는 중요한 자료임
- ☐ 이러한 해상 환경 데이터를 획득하기 위해서는 일반적으로 해당 사이트에 기상탑 또는 부표등을 설치하여 해상 환경 데이터를 동시에 계측하여 분석해야



하나 이러한 방법은 우리나라 전 해상(동해, 남해, 서해)의 해상 환경 특성을 대표 할 수 없으며 비경제적인 방법임

- 따라서, 우리나라 전 해상 환경 데이터를 획득할 수 있는 통합관리 시스템을 구축하여 Raw data를 확보하여 각종 해양에너지(파력, 조류, 풍력 등) 플랜트 개발과 해양 안전 및 재해 방지를 위한 종합자료로 활용 가능함

(2) 정부지원 필요성

- 아·태지역 주변 국가의 경우 중국은 국영기업의 해외 선진기업과의 협력과 정부의 국산부품 의무화 정책 등 강력한 정부지원에 힘입어 기술력을 단기간에 확보할 수 있었으며, 일본 역시 후쿠시마 원전 사태 이후 정부의 대폭적인 지원에 힘입어 해상풍력 플랫폼 개발에 박차를 가하고 있음. 따라서 **우리나라가 아·태지역 시장을 확보하기 위해서는 주변국의 주력 기술을 뛰어 넘는 기술개발 대응이 시급히 필요함**
- 해상풍력 발전 시장은 민간의 참여 의지가 높고 조기 산업화가 가능한 산업이나, 민간 투자만으로는 원천기술 확보를 위한 높은 비용과 Risk로 인해 기술개발이 쉽지 않음. 따라서, **국가 차원의 지원을 통해 민간 기업의 참여 기반을 마련해 주어야 하고 관련 기술개발을 통해 국가 발전에 크게 기여할 것임**
- 해상 풍력발전 프로젝트는 녹색 신성장 산업으로 일자리 창출과 지속가능 발전 기반 산업으로서 정부의 적극적 지원이 필요함
 - 다양한 분야의 대기업 및 중소기업이 상생협력 분야로 일자리 창출의 원천이 되고, 대기업의 인수종 사업으로 발전하여 중소기업의 성장을 견인 할 수 있음
 - 고유가, 세계적인 **자원 확보 경쟁에서 에너지자립을 통한 자원안보 확보**가 가능함



2.4 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

유사 과제명	발주처	수행기관	내용 및 주요기술	구분		연계 및 차별화 방안
아태지역 기후 네트워크 구축	기상청	APEC 기후센터	• 아태지역 이상기후 감시 및 최적의 기후 예측정보 생산 및 제공 서비스 고도화 • 아태지역 기후예측/변화 중심센터 역할 수행을 위한 과학기술 네트워크 기반 확대	중복없음	●	‘아태지역 기후 네트워크 구축’은 기후변화에 대비한 기후예측 모델 개발을 위한 국제공동연구로서 본 과제와는 중복성이 없으나 국제공동연구 추진방법 등에 대한 내용은 벤치마킹 가능
				연계가능		
				고도화		
				중복됨		
수출 주도형 해양 기상 관측 부이 개발	한국산업 기술평가원	(주)신동디지텍	• 파고25미터, 풍속 75미터의 태풍상황에서 해양기상관측이 가능한 성능의 제품 개발	중복없음		개발된 제품을 이용하여 해상환경 데이터를 측정, 수집할 수 있는 시스템 구축이 가능
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
대형 풍력 인증시스템 구축강화 방안 마련	한국에너지 기술평가원	한국풍력 에너지학회	• 대형풍력 인증체계의 구축방안 • 인증 및 성능검사기관의 육성전략 도출	중복없음	●	인증체계 구축을 토대로 인증기술력을 확보해야하며 국제적인 인증기관이 될 수 있도록 관련 기술 개발을 통한 육성이 필요함
				연계가능		
				고도화		
				중복됨		
풍력발전시스템 성능평가 및 형식인증 기반구축 연구	에너지관리공단	한국에너지기술평가원	• 풍력기기에 대한 성능시험 및 이에 대한 국가 표준 규격(안)과 성능평가를 위한 종합계획(안) 도출	중복없음	●	풍력발전기(기계요소+타워+플랫폼)의 경우 인증은 국제시장에서 필수요구조건으로 중복성 논쟁이 아닌 상업성 및 국제 경쟁력 확보를 위해 필수사항임
				연계가능		
				고도화		
				중복됨		

2.5 연구개발 주요내용

□ 아태지역 환경특성 분석 국제 공동 연구 및 국제표준화

- 아태지역(한국, 미국, 일본 등) 공동협의 구성 및 운영을 위한 네트워크 구축
- 아태지역 태풍, 낙뢰, 지진 특성 분석
- 태풍, 낙뢰, 지진 등을 고려한 플랫폼 거동 특성 분석
- 해상풍력 관련 IEC 논쟁의제 자료 분석 및 아태지역 공동 협의체간 전략적 협력방안 분석
- 국제적인 상호인정을 위한 합의안 도출 및 IEC 국제표준화 의제 개발/활동
- 아태지역 사이트 특성을 고려한 국제적인 설계/인증 가이드라인 개발

□ 해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측 시스템 개발

- 해양 플랫폼 설계를 위한 한반도 연안 고해상도 해상 환경(태풍 바람, 파랑, 조류 등) 모델 개발
- 해상 풍력 플랫폼 설계를 위한 바람, 파랑 조류 특성 추정 및 분석
- 한반도 연안 해양 플랫폼 운영 및 유지관리를 위한 해상상태 예측 시스템 개발
- 실험역 데이터 수집/분석을 통한 예측 모델 검증 및 특성 분석
- 해양환경 통계처리 DB 및 웹 정보시스템 개발
- 시스템 검증/보완 및 Feed-Back을 통한 최적화

2.6 연구개발과제 TRM

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 해양 환경 예측 시스템 개발	아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제표준화	네트워크 구축	연계	연계				연계
		태풍, 낙뢰, 지진 등 데이터 분석						
		연계		플랫폼 거동 특성 분석	연계			
					설계/인증 가이드라인 개발			
					IEC 논쟁의제 분석 및 협력방안 분석			
					IEC 국제표준화 의제 개발 및 표준화 활동			
	해양플랜트 개발을 위한 해양환경특성 분석 및 예측 시스템 개발	해양환경(태풍, 풍랑, 해황 등) 예측 모델 개발						
		활용		해양환경 특성 추정				
		활용		해상상태 예측시스템 개발				
		연계			예측 모델 검증 및 특성 분석			
					실험역 데이터 수집을 통한 예측 모델 검증 및 특성 분석			
					해양환경 DB 및 웹 정보시스템 개발			
							연계	
							연계	
							연계	
								Feed-Back 및 최적화



2.7 최종성과물 및 성과지표

(1) 성과지표 및 검증방법

세부과제	성과지표	검증방법
아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제표준화	- 설계/인증 가이드라인 개발 - IEC 국제표준화 의제 개발	- 국내외 관련기준 반영 여부 - 국제표준화 의제 반영 여부
해양플랜트 개발을 위한 해양환경특성 분석 및 예측 시스템 개발	- 해양환경 예측 모델 개발 - 해상상태 예측시스템 개발 - 해양환경 DB 및 웹 정보시스템 개발	관련기관 의견 수렴 (운영기관, 제작사, 인증기관 등)

(2) 성과 목표

성과물	성과 기준	단위	목표치	목표치 설정근거
학술적 성과	국내외 학술지 게재 여부	건	30	기초기술로 기술의 학술 가치 인정 필요
지적재산권	특허등록/출원여부	건	3	기술보호를 위한 지식재 산권 획득
기획/계획 수립	기술동향 조사 실적 여부	건	5	기술동향 분석을 통한 선 택과 집중 연구분야 설정
표준	표준/시방서 개정 참여 건수	건	3	실용화 및 국제화를 위 한 표준 개정 필요
국제협력 및 협약	국제공동연구 개발 건수	건	2	선진기술 영입 필요
시제품	개발 제품의 시제품 생산	건	3	시제품 생산에 대한 생 산성 분석 필요
현장적용 효과	현장적용 여부	건	3	개발기술 현장 실증
연구성과 확산 노력	연구개발 홍보 건수	건	15	연구개발 홍보를 통한 기술력 홍보 필요
기술성능 목표 달성	원천기술 확보율	%	100	선진 기술력 확보

2.8 연구개발 추진 상 위험요인 / 대응방안

□ 위험요인

- Raw data 및 해양환경 데이터 분석 기술 부족
- 높은 Risk 및 실패에 대한 부담감
- 중국, 일본, 미국 등 풍력 후발 국가들의 적극적인 기술개발 및 국제시장 진입

□ 대응방안

- 아·태지역(한국, 미국, 일본 등) 공동협의 구성 및 운영을 위한 네트워크 구축
- 국제적인 상호인정을 위한 합의안 도출 및 국제표준화 활동
- 해상풍력 후발 국가들과의 공동 기술 개발 및 공유를 통해 틈새시장 진입 및 유럽중심의 기술 표준을 아태지역 중심으로 전환



3. 핵심과제 2

3.1 과제명

“자연재해 및 Repowering 대비 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발”

3.2 연구개발 목표

- ☐ 아시아-태평양지역 특성을 고려하여 성능 및 엔지니어링 원천기술 확보 및 고도화를 통해 경쟁력 있는 플랫폼을 개발하여, 아시아-태평양 지역의 시장진입을 통한 사업화 추진

3.3 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- ☐ 지구 온실가스 문제 해결을 위해 국제적으로 다양한 신재생에너지 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 중에서도 풍력발전은 경제성면에서 경쟁력이 높아 설치용량이 가장 빠르게 증가하고 있는 신재생에너지원임
- ☐ 향후 5년내 아시아 및 북아메리카의 풍력발전 플랜트 시장 규모의 증가율은 유럽의 증가율을 앞지를 것으로 예상되며(GWEC, 2010), 이에 따라 유럽계 선진 풍력 기술업체로부터 아태지역 풍력시장을 보호할 수 있는 기술적 안전장치를 마련하고 동시에 핵심기술 조기개발을 통해 시장을 선점하기 위한 노력이 필요한 시점임
- ☐ 해상풍력의 경우 플랫폼 및 기초의 제작, 시공, 유지관리비용의 비율이 시스템 전체 설치비용의 약 30%로써 경쟁력 있는 고정식 플랫폼 시스템 개발시 경제성면에서 그 파급효과가 매우 커질 수 있음
- ☐ 그러나, 대부분 플랫폼 개발과제가 실증에 대한 연구비 부담으로 인해 핵심 엔지니어링 원천기술 확보보다는 실증을 위한 설계 업무 및 제반사항 분석에 초점이 맞추어져 진행되고 있음
- ☐ 아시아-태평양지역의 새로운 마켓에 진입하기 위해서는 핵심 엔지니어링 원천기술을 고도화 하여 경쟁력 있는 플랫폼을 개발할 필요가 있으며, 고도화된 기술의 Test Bed 실증을 통해 확보한 국내 기업의 Track Record 실적을 기반으로 아태지역 해상풍력 시장을 선점하기 위한 기술전략 마련이 시급한 상황임



(2) 정부지원 필요성

- ☐ 해상풍력은 미래 국가 비전으로 선포된 저탄소 녹색성장 정책에 부합하는 기술개발 분야에 해당됨
- ☐ 아시아-태평양지역 해양환경(태풍, 낙뢰, 지진 등) 및 지반특성을 고려한 미래형 해상풍력 고정식 플랫폼 시스템 기술의 조기 확보를 위해서는 설계, 제작, 설치 등 다양한 분야에서 많은 전문기관의 기술개발 참여가 전제 되어야 하며, 또한 개발된 기술의 검증을 위해 필요한 Test Bed 실증이 조기에 완료되어야 함. 이에 따라 핵심기술 조기선점을 위한 정부주도의 중장기 사업화계획 수립과 이의 추진을 위한 전문기술인력 활용 및 구체적인 R&D 비용 지원방안 마련이 시급함
- ☐ 개발기술의 인증을 위해 진행되어야 하는 Test Bed의 경우, 높은 비용부담 뿐 아니라 해상 지역 사용에 따른 인허가 등 제도적 문제해결이 필요하며 이를 위해 정부기관의 지원이 반드시 전제되어야 함
- ☐ 국내의 우수한 해상 플랜트 시공기술을 바탕으로 조기에 고정식 해상풍력 플랫폼 시스템 핵심기술의 확보가 가능할 것으로 판단되며, 이를 바탕으로 국내 풍력시장 활성화 및 국내기술의 해외수출을 위한 기술적 기반마련 시기를 앞당길 수 있을 것으로 판단됨



3.4 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

유사 과제명	발주처	수행기관	내용 및 주요기술	구 분		연계 및 차별화 방안
대구경 대수심 해상기초시스템 기술개발	한국건설 교통기술 평가원	한국건설기술 연구원, 한국해양연구원	모노파일 및 석션파일 형식의 해상기초 또는 해상풍력 Substructure 실무적용을 위해 필요한 지반정수 산정 및 평가, 시험을 통한 거동분석, 설계프로세스 정립, 해상 급속시공을 위한 장치/장비개발 등이 주요 연구내용임	중복없음		- 해당과제의 경우 아태지역의 태풍, 지진 등의 다양한 해양환경하중 및 지반환경 조건에 대한 검토가 전무함 - 연구 대상이 모노파일과 석션파일에만 국한되어 있으므로, 아태지역 환경특성을 고려한 신개념 고정식 해상풍력 플랫폼 기술 개발시 중복성 문제 없음 - 해당과제의 연구성과 활용을 통해 불필요한 연구내용의 중복을 피할 수 있으며, 개발기술의 사업화 시기단축 가능
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
천해용(40m)이내 해상풍력 Substructure 시스템 개발	한국에너지 기술평가원	포항산업과학 연구원	5MW 이상급 풍력발전 Substructure(자켓식 또는 파일식)을 대상으로 지경부 해상풍력 프로젝트 1 단계 실증단계에 Test Bed를 구축하고, 이에 대한 개선안을 도출하여 기존 Substructure 구조시스템 대비 경제성 및 안전성이 우수한 Substructure 시스템을 개발하는 것이 주요 내용임 - 지경부 실증단지용 Test Bed 구축기술 - 기초구조물 지반지지력 확보 기술 - 제작 생산성 향상 및 급속설치 기술	중복없음		- 해당과제의 경우 아태지역의 태풍, 지진 등의 다양한 해양환경하중 및 지반환경 조건에 대한 검토가 전무함 - 연구 대상이 자켓식 또는 파일식 Substructure에만 국한되어 있으므로, 아태지역 환경특성을 고려한 신개념 고정식 해상풍력 플랫폼 기술개발시 중복성 문제 없음
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
서남해 2.5GW 해상풍력 개발을 위한 실증단계 연구	한국에너지 기술평가원	한국전력 전력연구원	- 사업에 필요한 단지·기기 기본 사양 제시 및 성능평가 계획 수립 - 실증 기기·단지 성능평가 절차 및 기술 개발 - 실증 기기·단지 성능평가 및 검증 - 서남해 해상풍력 실증단지 해양환경 및 지반환경에 적합한 해상풍력 Substructure 형식 검토	중복없음		- 해당과제의 경우 아태지역의 태풍, 지진 등의 다양한 해양환경하중 및 지반환경 조건에 대한 검토가 전무함 - 아태지역 환경특성을 고려한 신개념 고정식 해상풍력 플랫폼 기술개발시 중복성 문제 없음
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		



3.5 연구개발 주요내용

□ 자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술 개발

- 낙뢰 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발
- 지진 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발
- 태풍 바람 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발
- 선박충돌 대응 안전성 확보 기술 및 가이드라인 개발
- Ice Load 고려 연안 플랫폼 설계 및 평가기술 개발
- 콘크리트 플랫폼 피로 설계 및 수명 평가기술 개발
- 강재 플랫폼 SCF(Stress Concentration Factor) 산정 및 검증기술 개발

□ 자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술 개발

- 해양 세굴 설계 및 평가기술 개발
- 기초 성능평가 기술 고도화 및 신뢰성 향상기술 개발
- GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발
- 장기 반복하중에 따른 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발
- 해양환경조사기법 신뢰성 향상기술 개발
- 횡방향 재하시험 방법 및 평가기술 개발

□ 연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술 개발

- Repowering 대비 플랫폼 재료 또는 형식 성능개선기술 개발
- Repowering 대비 플랫폼-타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선 기술 개발
- 플랫폼 수명연장을 위한 최적의 부식/방식 기술 개발
- 해양생물(Marine Growth) 고려 플랫폼 구조거동 분석 및 성능개선 기술 개발
- 고도화 기술 검증을 위한 국제인증 수행 및 평가
- 플랫폼 친환경 해체기술 및 활용방안/대체방안 분석
- Weather Window를 기반으로 한 장비조합/운송/설치 기술 최적화

3.6 연구개발과제 TRM

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
자연재해 및 Repowering 대비 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술 개발	ICE Load 고려 연안 플랫폼 설계 및 평가기술 개발			연계			
		낙뢰 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발			연계			
		지진 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발			연계			
		태풍 바람 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발			연계			
					기술 통합 및 고도화			
		콘크리트 플랫폼 피로 설계 및 수명 평가기술 개발						
		강재 플랫폼 SCF 산정 및 검증기술 개발						
		선박충돌 대응 안전성 확보 기술 및 가이드라인 개발						
	자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심설계/해석 기술 개발 (개발 기술 개발)	해양 세굴 설계 및 평가기술 개발						
		기초 성능평가 기술 고도화 및 신뢰성 향상기술 개발						
		GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발						
		정기 반복하중에 따른 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발						
		해양환경조사기법 신뢰성 향상기술 개발						
		침방향 재하시험 방법 및 평가기술 개발						
	연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술 개발	플랫폼 수명연장을 위한 최적의 부식/방식 기술 개발						
		해양생물(Marine growth) 고려 플랫폼 구조거동 분석 및 성능개선 기술 개발						
		플랫폼 친환경 해체기술 및 활용방안/대체방안 분석						
		Repowering 대비 플랫폼-타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선기술 개발						
		Repowering 대비 플랫폼 재료 또는 형식 성능개선기술 개발						
		Weather Window를 기반으로 한 장비조합/운송/설치 기술 최적화						
		고도화 기술 검증을 위한 국제인증 수행 및 평가						

3.7 최종성과물 및 성과지표

(1) 성과지표 및 검증방법

세부과제	성과지표	검증방법
자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술 개발	- 콘크리트 및 강재 연안 플랫폼의 자연재해대응 설계/해석 기술 개발 - 선박충돌 대응 가이드라인 개발	- 시스템 적용을 통한 성능 검증 - 국내외 관련기준 반영 여부
자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심설계/해석 기술 개발	- GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발 - 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발 - 침방향 재하시험 방법 및 평가기술 개발 - 해양 세굴 설계 및 평가기술 개발	- 각 기술을 실제 개발 사업에 적용하여 성능 검증 - 관련기관 의견 수렴 (운영기관, 제작사, 인증기관 등)
연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술 개발	- Repowering 대비 플랫폼-타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선기술 개발 - Repowering 대비 플랫폼 재료 또는 형식 성능개선기술 개발 - Weather Window를 기반으로 한 장비조합/운송/설치 기술 최적화	- 국제인증 여부 - 관련기관 의견 수렴 (운영기관, 제작사, 인증기관 등)



(2) 성과 목표

성과물	성과 기준	단위	목표치	목표치 설정근거
학술적 성과	국내외 학술지 발표/게재 여부	건	60	기초기술로 기술의 학술 가치 인정 필요
지적재산권	특허출원/등록여부	건	5	기술보호를 위한 지식재산권 안전장치 필요
기획/계획 수립	기술동향 조사 실적 여부	건	5	기술동향 분석을 통한 선택과 집중 연구분야 설정
표준	표준/시방서 개정 참여 건수	건	2	실용화 및 국제화를 위한 표준 개정 필요
시제품	개발 제품의 시제품 생산	건	5	개발기술의 사업화 실현을 위한 시제품 생산 필요
현장적용 효과	현장적용 여부	건	1	개발기술 실무적용성 확인 필요
연구성과 확산 노력	연구개발 홍보 건수	건	10	개발기술 확산을 위한 홍보활동 필요
기술성능 목표 달성	공인기관 시험결과 (성적서) 확인	%	100	선진 기술력 확보

3.8 연구개발 추진 상 위험요인 / 대응방안

□ 위험요인

- 핵심 원천기술의 높은 해외 의존도
- 유럽 선진국들에 의해 기 형성된 무역 및 시장 장벽
- 선진국과의 관련 핵심기술 경쟁 심화
- 중국, 일본, 미국 등 풍력 후발 국가들의 적극적인 기술개발 및 국제시장 진입

□ 대응방안

- 권역별 해양환경 특성분석 및 해양환경 하중산정 기술 개발
- 정부의 주도적인 지원 하에 국내 기업(연구기관, 중공업, 건설사, 엔지니어링, 학계, 인증기관)을 중심으로 국제시장 진입 가능한 핵심기술 육성
- 권역특성별 플랫폼 구조/기초시스템 최적 Concept 개발
- 고정식 해상풍력 플랫폼 시스템 제작생산성 향상 기술 개발



4. 핵심과제 3

4.1 과제명

“자연재해 대응 미래지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발”

4.2 연구개발 목표

- 대용량 해상 풍력발전을 위한 안정적이고 경제적인 부유식 플랫폼의 토탈 솔루션 기술개발 및 검증을 통한 차세대 글로벌 마켓 선점

4.3 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- 풍력발전기 발전 효율은 일차적으로 풍질과 발전기 용량에 비례하기 때문에 발전기가 점차 대형화 되어 가고 있으며(로터직경 1985년 15m, 2001년 112m, 2010년 126m), 설치위치 또한 육상에서 해상으로 변하고 있어 상부 발전기(블레이드, 너셀, 타워 등)를 지지하기 위한 플랫폼에도 변화가 일고 있음
- 현재까지 해상 풍력발전을 위한 플랫폼의 형식은 99% 이상 고정식이며, 공사비는 수심이 25m인 경우 5MW급 해상 풍력발전을 위한 고정식 플랫폼의 공사비는 전체 공사비의 약 24% 수준이고, 3MW급인 경우 34%에 달하고, 수심이 깊어질수록 기하급수적으로 증가함
- 풍력발전기 위치가 해상인 경우 발전효율은 수심이 깊어질수록 유리하고, 해안에서 멀어질수록 자연경관 훼손, 소음으로 인한 주민 민원, 주변어민과의 마찰, 선박의 진로확보 등 다양한 장점을 가질 수 있음
- 그러나 수심이 깊어질수록, 육지에서 멀어질수록 기하급수적으로 증가하는 공사비, 기술한계 등으로 인해 고정식 플랫폼을 이용하여 설치할 수 있는 수심에는 한계가 있음. 현재, 해상 풍력발전 시스템에 대한 **경제적, 기술적 한계는 20:20 한계선(수심<20m, 해안으로부터 거리<20km)**으로 알려져 있음
- 현재의 기술적 한계를 극복하고 발전효율을 증대시키기 위해 부유식 플랫폼에 대한 관심이 증가하고 있음. 플랫폼이 부유식인 경우 고정식에 비해 공사비가 상대적으로 크지만, 수심 증가에 따른 공사비 증가율이 고정식에 비해 작고 양질의 풍력을 얻을 수 있기 때문에 일정 수심 이상에서는 고정식에 비해 경제성 있는 발전을 할 수 있음
- **부유식 해상 풍력발전은 발전효율을 증대시킬 수 있으며, 굴착이나 매립과 같은 공사가 필요하지 않기 때문에 친환경적이며, 천해에서는 제한될 수 있는**



풍력발전단지(Wind Farm) 조성에 유연하게 대응할 수 있음

- 또한 부유식 해상 풍력발전은 터빈과 같은 기계·전기분야 외에 바람과 파랑에 의한 부유체의 거동 평가를 위한 **조선·해양분야**, 고성능 부유체, 계류시스템의 **건설 분야** 등 여러 분야가 조화를 이루어야 하는 **융합기술**이므로 **새로운 시장 창출**이 가능하고 설치 제약이 상대적으로 적기 때문에 시장 규모가 막대한 **블루오션**임
- 부유식 해상 풍력발전 시스템은 세계 최초의 실크기 테스트가 2009년 (HyWind, 2.3MW)에 이루어졌을 정도로 **세계적으로** 현재 개념정립 단계 수준의 **도전 기술**이므로 다양한 기술에 대한 연구개발이 필요함. 그러나 이는 곧 **원천 기술개발에 유리한 환경**이므로, 집중적이고 신속한 연구개발을 통해 독자기술을 획득함으로써 선진국에 대한 **기술적 종속을 회피**할 수 있으며, 국가 발전을 위한 **새로운 신성장 동력**을 얻을 수 있고 세계 시장에서 **주도권**을 선점할 수 있음
- 해상 풍력을 포함한 거의 모든 해양에너지(파력, 조류, 풍력 등) 설비/구조물은 강제적인 인증제도에 의해 상용화 되고 있으며, 이에 따라 국내에서 개발할 플랫폼의 경우 상업화 및 실용화를 위해서 **인증기관이 개발초기단계부터 참여함**으로써 설계검토 및 평가를 병행하여 효율적인 설계 및 신뢰성을 검증함으로써 국제 경쟁력 향상을 적극 유도할 수 있음

<표 3-12> 부유식 플랫폼 프로젝트 예

Project Name	Country	Minimum required Water Depth (m)	Current Development Stage
HyWind	Norway	120-700	Full scale testing since 2009
WindFloat Floater	USA	50	Full scale testing started 2011
Sasebo Hybrid Spar	Japan	100	1:100, 1:25, 1:10 Scale test
Blue H TLP	Netherlands	N/A	Phase 2 Full scale test in 2012
GICON TLP	Germany	25	Fabrication study
WinFlo Floater	France	50	Fabrication planning
IHI Semisub	Japan	N/A	1:50 model test completed
HITZ	Japan	N/A	Full scale planned for 2013
Nautica AFT	USA	N/A	Simulations in process
Sway Floating Tower	Norway	55-400	Concept development
Wind Lens Floater	Japan	N/A	Scale Pilot Test started in 2011
Vertiwind Floater	France	N/A	1:2 scale model with 35kW
Mitsui TLP	Japan	60	Design for use with 5MW
WindSea Floater	Norway	25-30	Tank Tests and simulations
TriFloater Semisub	Netherlands	50	Tank Tests completed



(2) 정부지원 필요성

- ☐ 지금은 “에너지 전쟁시대”라 일컬어질 정도로 에너지는 국가 안보와 직결되는 사안으로 수급이 원활하지 않은 국가는 에너지 소유국에 대해 정치·사회·문화적으로 종속될 수밖에 없는 실정이므로 에너지원 확보는 국민 안녕을 위한 국가의 책무임
- ☐ 우리나라는 에너지 수입의존도는 약 96%로 에너지 수입을 위한 천문학적 국가예산이 매년 지출되고 있음. 또한 2008년 기준 온실가스 배출량은 1.39억 톤(온실가스 배출량 세계 10위, 탄소배출권 금액 \$60/ton 고려시 약 10조원)으로 탄소배출권 거래로 인한 소요 국가 예산은 더욱 늘어날 것이므로 에너지 자립화를 위한 신재생 에너지에 대한 과감한 투자가 필요한 시기임
- ☐ 세계 각 국은 해상 풍력발전 기술개발에 대해 조직적으로 대응하고 있음
 - 일본의 경우 2012년부터 경제산업성의 지원으로 10여개의 산·학·연·기관으로 구성된 컨소시엄을 구성하여 해상 풍력발전 시스템의 각 요소기술 개발을 위한 프로젝트를 진행 중에 있음
 - 미국은 에너지국(U.S. DEPARTMENT OF ENERGY) 내에 신재생에너지연구구(NREL, National Renewable Energy Laboratory)를 두어 해상 풍력발전 연구개발을 지속적으로 지원하고 있음
 - 유럽연합은 SETIS (Strategic Energy Technologies Information System)이라는 연합조직을 두어 에너지 기술을 선도하기 위한 투자를 지속하고 있음. 2002년~2006년까지 약 6조원(€43 million)의 예산을 풍력발전 연구개발과 상용화를 위한 프로젝트에 투입하였음
- ☐ 부유식 해상 풍력발전 시스템은 세계적으로 도전 기술이므로 막대한 시장 선점을 위해 집중적이고 신속한 연구개발을 통한 원천기술 획득이 필요함. 특히 최근 발전계통에 대한 국내 기업의 도약이 가속화되고 있는 바, 부유식 플랫폼은 개척지인 심해 풍력발전과 새로운 시장을 개척할 수 있는 교두보 역할을 담당할 수 있음
- ☐ 부유식 플랫폼 개발을 위해서는 막대한 비용과 위험을 감수해야 하므로 민간 주도의 개발에는 무리가 있으며, 기술개발을 통해 궁극적으로 달성하기 위한 목표는 지속적인 국가 에너지원 확보이므로 현재가 아닌 미래를 위한 투자차원에서 접근할 필요가 있음
- ☐ 부유식 하부 플랫폼 개발은 미래시장과 기술 선점을 위한 것으로 이는 국내 기업이 새로운 부를 창출할 수 있는 기회(영역)를 제공하게 되므로 국가와 기업이 상호 윈-윈할 수 있는 기술임. 이의 해당 기술 영역이 아직 미개척지인 것을 고려할 때 체계적이고 신속한 연구개발이 필요한 바, 정부주도형 집중적인 R&D 투자가 필요



4.4 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

유사 과제명	발주처	수행기관	내용 및 주요기술	구 분		연계 및 차별화 방안
심해용 부유식 풍력발전	지식경제부	부산대학교	- 심해용 부유식 substructure/platform기술 개발 - 혹심 해양환경 극복용 계류장치 및 소재/부방식 기술 개발	중복없음	●	기존 기술(재료 및 형식)의 일부 개선 수준으로 신재료/신형식 활용으로 안전성 확보와 건설비용 절감을 추구하는 본 과제와는 중복성이 없음. 해석 등 일부 기술에 대해서는 벤치마킹 가능
				연계가능		
				고도화		
				중복됨		
콘크리트 부유식 해상 인프라 건설기술 개발	지식경제부	한국건설기술 연구원	- 대면적 해상 부지 확보를 위한 운동저감형 하이브리드 부유구조체 개발 - 고내구성 콘크리트 재료 기술 개발	중복없음		컨테이너 터미널 등 대면적 해상 부지 확보를 위한 기술개발이므로 본 과제와는 중복성이 없으나 해석 및 재료 기술은 연계 가능
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
부유식 해상구조물의 3차원 유탄성 해석 프로그램 개발	교육과학기술부	한국과학 기술원	- 빔, 평판의 3D 유탄성 해석 기술 구축 3D 지배방정식 정립 및 유탄성 해석틀 구축	중복없음	●	본 과제의 목표 구조물에는 유탄성해석이 적용되지 않으므로 중복성 없음
				연계가능		
				고도화		
				중복됨		
부유식 해상풍력발전 시스템 동력학 시뮬레이션 기술 개발	지식경제부 한국에너지 기술 평가원	한국기계 연구원	부유식 해상풍력발전 시스템 동력학 해석프로그램 개발	중복없음		개발된 동력학 해석프로그램을 이용하여 본 연구에서 개발하고자하는 신형식 플랫폼 해석 및 설계에 활용 가능
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		



4.5 연구개발 주요내용

□ 아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조시스템 개발

- 운동저감형 부유식 플랫폼 형상 개발
- 부유식 플랫폼 통합하중 해석 기술 개발
- 해양환경-부유식 플랫폼-계류 상호연계 해석기술 개발
- 부유식 플랫폼 운동 저감 장치 개발
- 충돌, 지진 해석 및 안전성 평가 기술 개발
- 한계상태 설계 및 안전성 평가 기술 개발
- 플랫폼 구조시스템 및 연결부 설계기술 개발
- 축소모형 실험기법 및 성능평가 기술 개발
- 부유체 운동특성을 고려한 통합제어기술 개발

□ 아태지역 지반환경 특성을 고려한 계류시스템 개발

- 부유체 운동저감형 계류시스템 개발
- 계류라인 장력 평가 및 조정 기술 개발
- 계류라인 피로설계 기술 개발
- 계류시스템 비선형 해석 및 거동 평가 기술 개발
- 계류시스템 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발

□ 아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발

- 해저지반 특성을 고려한 앵커시스템 개발
- 인발 및 횡지지력 향상 앵커시스템 개발
- 불균질 해저지형(경사도 10° 이상) 해저기초 설치기술 개발
- 앵커 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발
- 대심도 급속 정밀 설치 기술 개발

□ 부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술 개발

- 부유식 플랫폼 급속 제작 기술 개발
- 시공단계별 시뮬레이션 및 안전성 평가 기술 개발
- 플랫폼, 계류시스템 설치 최적 공정 기술 개발
- 부유식 해상풍력 플랫폼 시스템 제작/설치매뉴얼 개발
- 해상에서의 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발

□ 부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증

- 부유식 플랫폼 설계/인증 기준 개발
- 국제요건에 적합한 부유식 플랫폼 설계요건 및 통합하중 해석

- 부유식 플랫폼 운동성능 설계평가(유체 정역학적 및 동역학적 등)
- 부유식 플랫폼 구조안전성 설계평가(극한, 피로, 사고 등)
- 계류라인의 설계평가(극한, 피로, Mooring failure 등)
- 부유식 플랫폼 제조검사 및 성능평가

4.6 연구개발 TRM



4.7 최종성과물 및 성과지표

(1) 성과지표 및 검증방법

세부과제	성과지표	검증방법
아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템 개발	- 한계상태 설계 및 안전성 평가 기술 개발 - 플랫폼 구조시스템 및 연결부 설계기술 개발 - 운동저감형 부유식 플랫폼 개발	- 기존 부유식 플랫폼 대비 운동저감 성능 비교 평가 - 축소모형 실험을 통한 운동성능 평가/검증
아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류시스템 개발	부유체 운동 저감형 계류 시스템 개발	- 개발 계류라인 장력 평가 - 비선형 해석 및 축소모형 실험을 통한 거동 평가
아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 개발	- 앵커시스템 개발 - 대심도 급속 정밀 설치 기술 개발	- 앵커 시스템 인발 및 횡 지지력 평가 - 불균질 해저지형(경사도 10도 이상)해저지초 설치 가능 여부 검토
부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치 기술 개발	- 플랫폼, 계류시스템 설치 최적 공정 기술 개발 - 플랫폼 제작/설치 매뉴얼 개발	- 시공단계별 시뮬레이션 및 안전성 평가 - 국내외 관련 기준 반영 여부
부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증	- 부유식 플랫폼 설계/인증 기준 개발 - 부유식 플랫폼 운동성능/구조안전성/계류라인 설계 평가 기술 개발	- 국내외 관련 기준 반영 여부 - 부유식 플랫폼 제조검사 및 성능평가

(2) 성과 목표

성과물	성과 기준	단위	목표치	목표치 설정근거
학술적 성과	국내외 학술지 게재 여부	건	50	기초기술로 기술의 학술 가치 인정 필요
지적재산권	특허등록/출원여부	건	8	기술보호를 위한 지식재산권 획득
기획/계획 수립	기술동향 조사 실적 여부	건	3	기술동향 분석을 통한 선택과 집중 연구분야 설정
표준	표준/시방서 개정 참여 건수	건	5	실용화 및 국제화를 위한 표준 개정 필요
시제품	개발 제품의 시제품 생산	건	8	시제품 생산에 대한 생산성 분석 필요
현장적용 효과	현장적용 여부	건	2	개발기술 현장 실증
연구성과 확산 노력	연구개발 홍보 건수	건	10	연구개발 홍보를 통한 기술력 홍보 필요
기술성능 목표 달성	원천기술 확보율	%	100	선진 기술력 확보



4.8 연구개발 추진 상 위험요인 / 대응방안

□ 위험요인

- 실증 및 운영 경험 부족
- 설계를 위한 Raw data 및 해양환경 데이터 분석 기술 부족
- 선진국과의 관련 핵심기술 경쟁 심화
- 대규모 프로젝트에 따른 높은 Risk 및 실패에 대한 부담감

□ 대응방안

- 부유체, 시공, 해양구조물과 관련된 신기술 및 원천기술 확보를 통해 국제 표준화 회의 주도적인 참여와 함께 국제시장 진입
- 해양환경-부유식 플랫폼-계류 상호연계 해석기술 개발 / Test Bed 실증연구
- Raw data 확보를 통한 기반기술 구축 및 플랫폼 관련 신기술 국제 인증 획득을 통한 무역장벽 탈피
- 정부의 주도적인 지원 하에 국내 기업(연구기관, 중공업, 건설사, 엔지니어링, 학계, 인증기관)을 중심으로 국제시장 진입 가능한 핵심기술 육성



5. 핵심과제 4

5.1 과제명

“실증 사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발”

5.2 연구개발 목표

- ☐ 개발된 플랫폼의 성능평가 및 실증/인증을 위한 최적의 사이트 및 인프라시설 구축 연구를 수행. 또한, 해상에 설치되는 플랫폼의 합리적인 건전성 평가 및 내구수명 확보를 위한 유지관리 매뉴얼을 개발하고, 해상풍력 발전기 전체 시스템의 위험도를 바탕으로 한 체계적인 해상풍력 플랫폼 모니터링 시스템을 구축하고자 함

5.3 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- ☐ 신재생에너지 원 중 현재 가장 경제성이 뛰어난 기술이 해상풍력발전임. 특히 정부의 신재생에너지 산업 육성과 맞물려 정부, 기업 및 각 지자체에서도 풍력발전단지 건설에 주력하고 있음
- ☐ 해상풍력 터빈 및 플랫폼의 경우 실증을 통한 성능 및 안전성이 검증되어야만 인증서를 획득할 수 있으며, 이를 통해 시장에 진입이 가능해짐. 따라서, 개발되고 있는 또는 개발되어질 플랫폼의 실증을 위해서는 실증사이트 구축이 반드시 필요하며, 실증에 필요한 기본 인프라가 구축되어 있어야 함
- ☐ 또한, 성공적인 풍력발전을 운영하기 위해서는 고장이나 손상에 의한 손실을 최소화해야 함. 해상풍력발전 플랫폼에서 예측하지 못한 갑작스런 사고가 발생하는 경우 경제적 손실 뿐만 아니라 해양환경 오염 및 인명피해 등의 심각한 문제가 발생됨
- ☐ 풍력발전 블레이드, 기계요소(너셀, 기어박스 등)의 경우에는 일부 모니터링 시스템 및 건전성 평가 연구가 진행 중에 있으나, 풍력발전기의 기반구조인 플랫폼 관련 건전성 평가 및 통합 유지관리에 관한 연구는 현재 전무한 실정임
- ☐ 사고를 미연에 방지하고 플랫폼을 적절하게 관리함으로서 내구수명을 확보하



고 플랫폼의 효율성을 높이기 위해서는 지속적인 감시와 안전성 평가가 반드시 수행되어야 함

- 특히 해양에서는 해양변화에 대한 플랫폼의 구조거동의 신속한 변화를 알아내고, 향후 어떤 변화가 일어날 것인지를 시의 적절하게 예측하기 위해서는 상시적이고 연속적으로 운영되는 플랫폼 상태 결과를 보여주는 모니터링 시스템 및 통합 유지관리 시스템이 선행되어야 함
- 해외 선진국에서는 해상풍력 손상과 고장에 따른 안전성 확보에 관한 연구에 많은 시행착오 과정을 거치며 관련 기술과 노하우를 쌓고 있지만 국내에는 관련 지침뿐만 아니라 연구가 수행되고 있지 않음

(2) 정부지원 필요성

- 해상에서의 작업은 안전성 문제로 한번 고장 시 막대한 시간과 천문학적 비용이 소모됨. 따라서 국내 해상풍력 발전단지 구축에 대한 가시적인 계획이 발표되고 있는 현 시점에서 정부 주도로 설치될 해상풍력 플랫폼의 경제적인 운용을 위하여 체계적인 모니터링과 유지관리 기술, 보수 보장 시스템에 대한 정부 지원이 필요함
- 현재 해외 풍력 선진국에는 이미 체계적인 유지관리 및 모니터링 시스템이 정착되어 있으며, 전문 인력 양성 캠프를 운영하면서 세계 각국의 해상풍력 및 offshore 유지관리를 지원하고 있음
- 우리나라의 경우 아직 운용중인 해상풍력 발전단지가 없기 때문에 관련 기술과 노하우를 습득할 수 없음. 따라서 정부지원 하에 해상풍력 플랫폼 실증과제를 통해 관련 원천 기술을 습득하지 않으면 현실적으로 해외 기업에 의존한 국내 해상풍력 발전단지 유지관리가 이루어 질수 밖에 없음
- 현재 개발 초기단계인 국내 해상풍력 플랫폼 시장 특성 상, 민간 주도의 본 기술개발은 어려운 실정이기 때문에 정부지원을 통해 기술 확보 기반을 마련 해주어야 함
- 본 기술은 추후 구축될 우리나라 해상풍력 발전단지 운용에 지속적으로 이바지할 수 있으며, 국내 주요 해상구조물에도 직접 적용이 가능하기 때문에 기술 개발 시, 국가 재산 및 환경 보호에 큰 도움이 될 수 있음



5.4 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

유사 과제명	발주처	수행기관	내용 및 주요기술	구 분		연계 및 차별화 방안
풍력발전기용 SCADA 시스템 설계 및 실증 개발	중소기업 기술정보 진흥원	(주)엘시스	• 풍력발전기의 수명과 풍력발전기의 효율적인 운영을 위해 WT Operation, WT Error-code Level, WT Status Monitoring 개발	중복없음		선행된 풍력발전 시스템(기계요소, 블레이드)의 제어 및 모니터링 시스템 개발 기술을 바탕으로 본 연구에서 개발하고자 하는 플랫폼 모니터링 및 통합유지관리 시스템과 연계할 경우 풍력발전기 전체 시스템(기계요소+타워+플랫폼)의 안전성을 확보할 수 있음
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
풍력발전 설비 지능형 원격 상태 모니터링 시스템 개발	한국산학연합회	경희대학교	• 기계요소 인공지능형 상태감지 시스템 개발	중복없음		
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
Self-Referencing 광섬유 센서를 이용한 풍력발전 블레이드 상태 모니터링	한국연구재단	전북대학교	• Self-Referencing 광섬유 센서 구조를 기반으로 풍력발전 블레이드의 strain, crack 및 delamination을 실시간으로 측정	중복없음		
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
풍력발전용 타워-블레이드 연성계의 구조 건전도 감시 기술	한국연구재단	경북대학교	• 무선 센서 기반 계측 시스템을 이용한 풍력발전용 타워-블레이드 연성계의 구조 건전도 감시 기술 개발	중복없음		타워-블레이드 연성계의 구조 건전도 감시 기술을 연계해 플랫폼-타워-블레이드 통합 유지관리 시스템 개발이 가능함
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		



5.5 연구개발 주요내용

□ 기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술 개발

- 최적의 실증 Site 구축을 위한 사이트 평가
- 실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발
- 실증 Site 운영 및 사업화 방안 분석
- 형상 및 성능이 개선된 고정식 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측
- 부유식 해상풍력 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측

□ 플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술 개발

- 선박충돌/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템 개발
- 해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감 기술 개발
- 세굴 모니터링 시스템 개발
- 플랫폼 유지관리 및 보수/보강 기술 통합 및 지침 개발
- 비상시 응급대처(발라시팅, 장력조정 등) 가이드 개발
- 플랫폼 비파괴 검사기술 개발(수면 위, 수중 포함)
- 부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발

5.6 연구개발과제 TRM

		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
실증 사이트 구축 및 운영/ 지관리 기술 개발	기술 검증을 위한 실증 사이트 구축 및 운영 관리 기술 개발	최적의 실증 사이트 평가						
			연계↓	운영 및 사업화 방안 분석		↑연계		
				인프라 설계 및 시공기술 개발				
		다 액심과제 연계		형상 및 성능이 개선된 고정식 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측				
		다 액심과제 연계		부유식플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측				
	플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술 개발 (개발 기술 개발)	선박충돌/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템 개발						
		비상시 응급대처 (발라시팅, 장력조정 등) 가이드 개발						
		해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감 기술 개발						
		세굴 모니터링 시스템 개발						
		부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발						
		비파괴 검사기술 개발(수면 위, 수중 포함)						
		플랫폼 유지관리 및 보수/보강 기술 통합 및 지침 개발						



5.7 최종성과물 및 성과지표

(1) 성과지표 및 검증방법

세부과제	성과지표	검증방법
기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영 관리 기술 개발	▪ 인프라 설계 및 시공기술 개발	▪ 실제 고정식 및 부유식 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측을 통한 운영 평가
플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술 개발	▪ 선박충돌/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템, 세굴 모니터링 시스템 개발 ▪ 부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발	▪ 각 기술을 실제 개발 사업에 적용하여 성능 검증 ▪ 관련기관 의견 수렴 (운영기관, 제작사, 인증기관 등)

(2) 성과물 계

성과물	성과 기준	단위	목표치	목표치 설정근거
학술적 성과	국내외 학술지 게재 여부	건	15	기초기술로 기술의 학술 가치 인정 필요
지적재산권	특허등록/출원여부	건	3	기술보호를 위한 지식재산권 획득
기획/계획 수립	기술동향 조사 실적 여부	건	3	기술동향 분석을 통한 선택과 집중 연구분야 설정
표준	표준/시방서 개정 참여 건수	건	2	실용화 및 국제화를 위한 표준 개정 필요
시제품	개발 제품의 시제품 생산	건	3	시제품 생산에 대한 생산성 분석 필요
현장적용 효과	현장적용 여부	건	2	개발기술 현장 실증
연구성과 확산 노력	연구개발 홍보 건수	건	5	연구개발 홍보를 통한 기술력 홍보 필요
기술성능 목표 달성	원천기술 확보율	%	100	선진 기술력 확보

5.8 연구개발 추진 상 위험요인 / 대응방안

□ 위험요인

- 유럽 선진국들에 의해 기 형성된 무역 및 시장 장벽
- 풍력 등 신재생에너지 신기술의 운영 경험 부족
- 선진국과의 관련 핵심기술 경쟁 심화

□ 대응방안

- 해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감 기술 개발
- 고정식/부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발
- 세굴 모니터링 시스템 개발

6절. 세부과제 간 연계관계

1. 통합 기술 로드맵 및 성과 로드맵

<표 3-13> 연차별 세부기술 개발 내용 및 개발 계획

핵심과제	단계별 개발목표 및 내용	'14				'15				'16				'17				'18				'19				'2020											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
	기술개발목표	세부기술내용	해상풍력 플랫폼 원천기술확보								해상풍력 플랫폼 기술자립화 및 선진화																해상풍력 플랫폼 신뢰성 향상 및 사업화										
사업단 총괄사업 및 기술관리	사업단 총괄 체계 사업관리	사업총괄 사업관리																																			
	사업단 총괄 체계 기술관리	사업총괄 기술관리																																			
아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측 시스템 개발	아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제 표준화	국제공동협의체 구성																																			
		아태지역 태풍, 낙뢰, 지진 특성 분석																																			
														플랫폼 거동 특성 분석																							
																		IEC 자료 분석 및 협력방안																			
																		상호인증 협력 및 IEC 국제 표준화 의제 개발/활동																			
	해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측시스템																	아태지역 사이트 특성고려 설계/인증 가이드라인 개발																			
		고해상도 해상환경(태풍 바람, 파랑, 조류 등) 모델 개발																																			
																		바람, 파랑, 조류 특성 추정 및 분석																			
														플랫폼 운영 및 유지관리를 위한 해상상태 예측 시스템 개발																							
																		실해역 데이터 수집/분석을 통한 예측 모델 검증 및 특성 분석																			
																해양환경 통계처리 DB 및 웹정보 시스템 개발																					
Feed-Back을 통한 최적화																																					
자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술	낙뢰 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발																																			
		지진 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발																																			
		태풍 바람 대응 연안 플랫폼 안전성 확보 기술 및 검증기술 개발																																			
		선박충돌 대응 안전성 확보 기술 및 가이드라인 개발																																			
		Ice Load 고려 연안 플랫폼 설계 및 평가기술 개발																																			
		콘크리트 플랫폼 피로 설계 및 수명 평가기술 개발																																			
		강재 플랫폼 SCF(Stress Concentration Factor) 산정 및 검증기술 개발																																			
	자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술	해양 세굴 설계 및 평가기술 개발																																			
기초 성능평가 기술 고도화 및 신뢰성 향상기술 개발																																					
GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발																																					

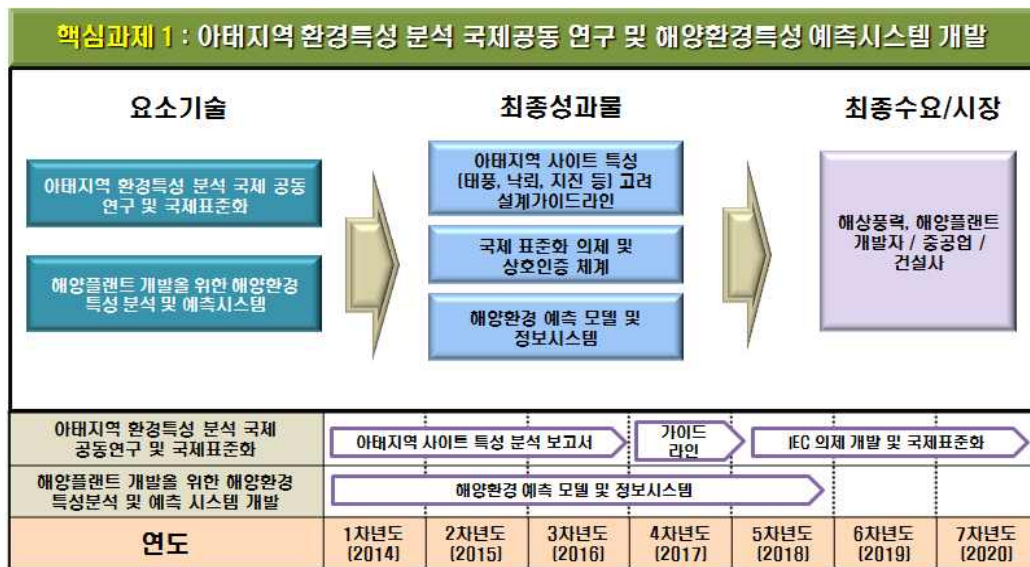
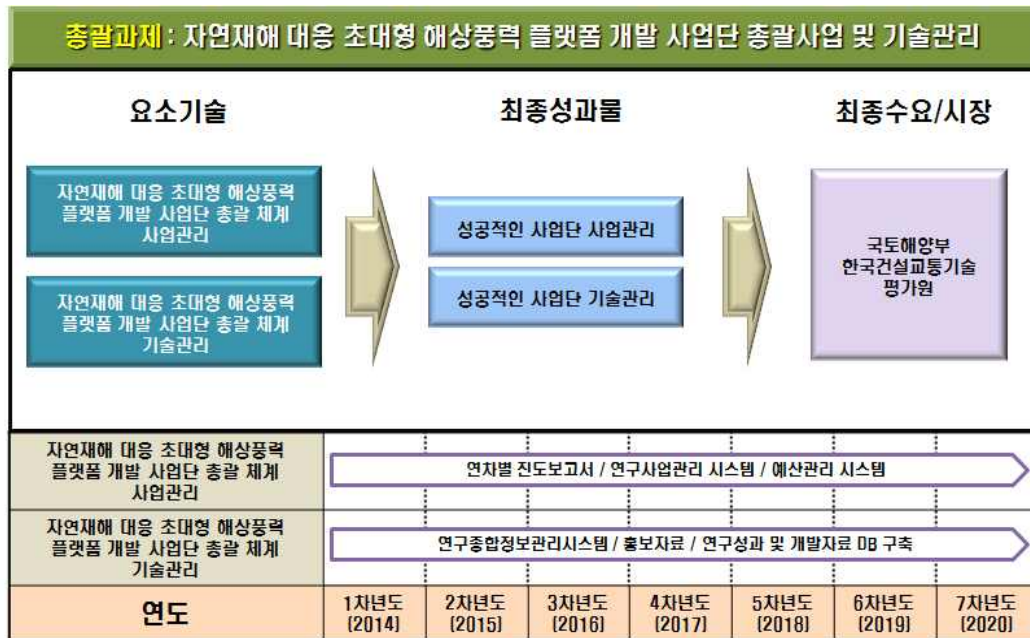


핵심과제	단계별 개발목표 및 내용	'14				'15				'16				'17				'18				'19				'2020										
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
	기술개발목표	해상풍력 플랫폼								해상풍력 플랫폼 기술자립화 및 선진화																해상풍력 플랫폼 신뢰성 향상 및 사업화										
	세부기술내용	원천기술확보																																		
	연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술	장기 반복하중에 따른 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발																																		
		해양환경 조사기법 신뢰성 향상기술 개발																																		
		항파향 재하시험 방법 및 평가기술 개발																																		
		Repowering 대비 플랫폼 재료 또는 형식 성능개선기술 개발																																		
		Repowering 대비 플랫폼 타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선 기술 개발																																		
		플랫폼 수명연장을 위한 최적의 부식/방식 기술 개발																																		
		해양생물(Marine Growth) 고려 플랫폼 구조거동 분석 및 성능개선 기술 개발																																		
		고도화 기술 검증을 위한 국제인증 수행 및 평가																																		
		플랫폼 친환경 해체기술 및 활용방안/대체방안 분석																																		
		Weather Window 기반 장비조함/운송/설치 기술 최적화																																		
자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발	아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템	운동저감형 부유식 플랫폼 형상 개발																																		
		부유식 플랫폼 통합하중 해석 기술 개발																																		
		해양환경-부유식 플랫폼 계류 상호연계 해석기술 개발																																		
		부유식 플랫폼 운동 저감 장치 개발																																		
		충돌, 지진 해석 및 안전성 평가 기술 개발																																		
	아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류시스템	한계상태 설계 및 안전성 평가 기술 개발																																		
		플랫폼 구조시스템 및 연결부 설계기술 개발																																		
		축소모형 실험기법 및 성능평가 기술 개발																																		
		부유체 운동특성을 고려한 통합제어기술 개발																																		
		부유체 운동저감형 계류시스템 개발																																		
아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템	계류라인 장력 평가 및 조정 기술 개발																																			
	계류라인 피로설계 기술 개발																																			
	계류시스템 비선형 해석 및 거동 평가 기술 개발																																			
	계류시스템 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발																																			
	해저지반 특성을 고려한 앵커시스템 개발																																			
부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술	인발 및 횡지지력 향상 앵커시스템 개발																																			
	불균질 해저지형(경사도 10도 이상) 해저 기초 설치 기술 개발																																			
	앵커 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발																																			
	대심도 급속 정밀 설치 기술 개발																																			
	부유식 플랫폼 급속 제작 기술 개발																																			
		시공단계별 시뮬레이션 및 안전성 평가 기술 개발																																		
		플랫폼, 계류시스템 설치 최적 공정 기술 개발																																		

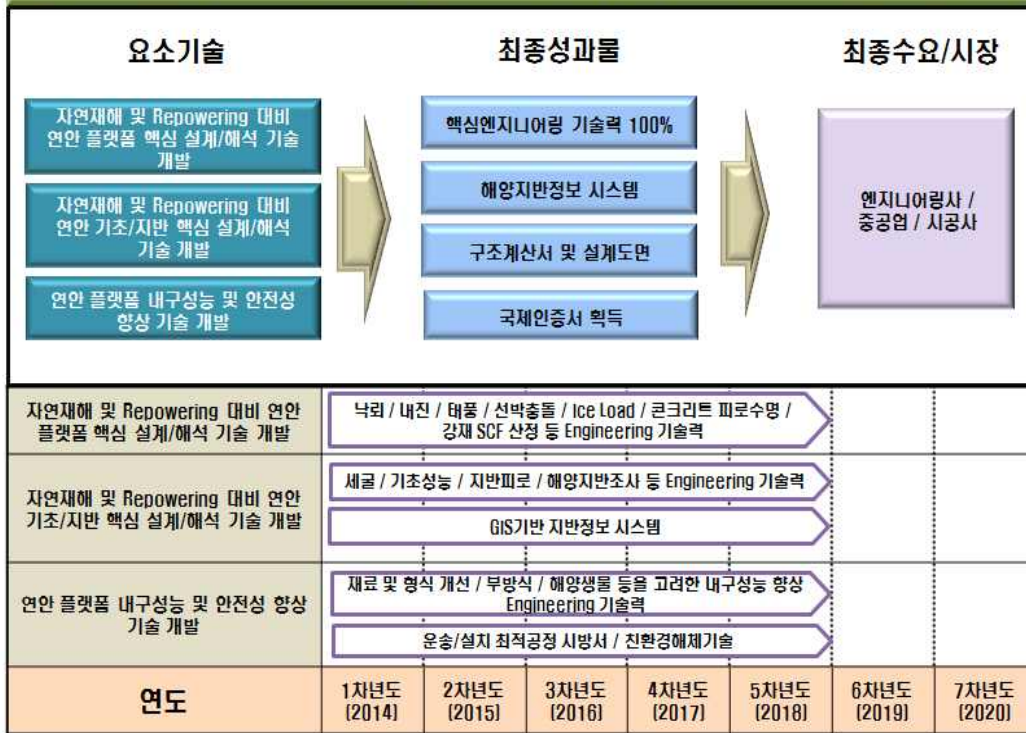


핵심과제	단계별 개발목표 및 내용	'14				'15				'16				'17				'18				'19				'2020			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	기술개발목표 세부기술내용	해상풍력 플랫폼 원천기술 확보								해상풍력 플랫폼 기술자립화 및 선진화								해상풍력 플랫폼 신뢰성 향상 및 사업화											
		부유식 해상풍력 플랫폼 시스템 제작/설치 매뉴얼 개발																											
		해상에서의 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발																											
	부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증	부유식 플랫폼 설계/인증 기준 개발																											
		국제요건에 적합한 부유식 플랫폼 설계요건 및 통합하중 해석																											
		부유식 플랫폼 운동성능 설계평가(유체 정역학적 및 동역학적 등)																											
		부유식 플랫폼 구조안전성 설계평가(극한, 피로, 사고 등)																											
		계류라인의 설계평가(극한, 피로, Mooring Failure 등)																											
		부유식 플랫폼 제조검사 및 성능평가																											
실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발	기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술	최저의 실증 Site 구축을 위한 사이트 평가																											
		실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발																											
		실증 Site 운영 및 사업화 방안 분석																											
		형상 및 성능이 개선된 연안 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측																											
	플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술	부유식 해상풍력 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측																											
		선박충돌/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템																											
		해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감기술 개발																											
		세굴 모니터링 시스템 개발																											
		플랫폼 유지관리 및 보수/보강 기술 통합 지침 개발																											
		비상시 응급대처(발라스팅, 장력조정 등) 가이드 개발																											
플랫폼 비파괴 검사기술 개발(수면 위, 수중 포함)																													
부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발																													

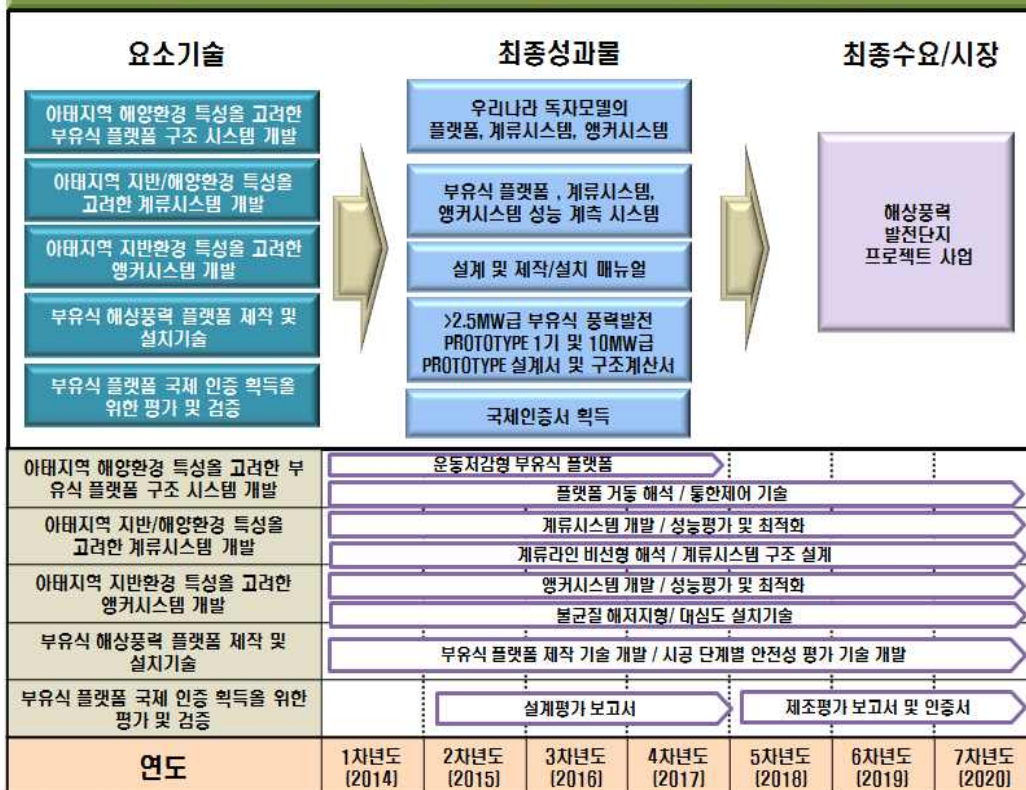
<그림 3-7> 성과로드맵

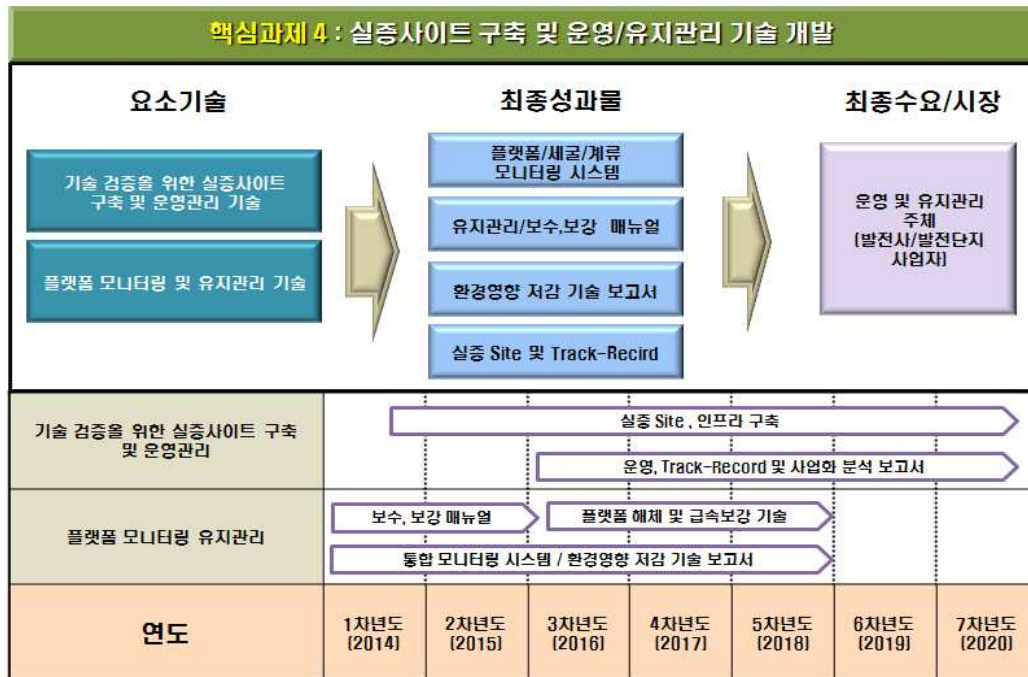


핵심과제 2 : 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발



핵심과제 3 : 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발





2. 기술개발 목표와 과제의 연계관계

- 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발을 위한 각 핵심과제는 아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 해양환경 특성 예측시스템 개발, 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발, 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발, 실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발임



<그림 3-8> “자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단” 기술개념



3. 핵심과제별 연계관계

- “자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단” 성공적인 R&D 성과를 위해서는 각 세부과제별 정보공유 및 연계가 절대적으로 필요한 과제임. 특히, 해상풍력 특성상 토목, 전기, 기계, 해양 조선 분야의 각 세부 연구팀간의 협력체계 구축을 위해 기술개발 형태로서 아래와 같이 5가지 형태로 구분할 수 있음

- 사업단 총괄사업 및 기술관리(총괄과제)에서 사업단 전체 운영 및 핵심과제간 연결고리 역할을 수행하며, 아태지역 환경특성분석 국제 공동연구 및 해양환경특성 예측시스템 개발(핵심과제 1)에서 해상풍력 플랫폼 설계 및 인증에 필요한 원천기술을 아태지역 국가와의 공동개발을 통해 기술선도를 추진하며, 자연재해 및 Repowering 대비 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발(핵심과제 2), 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발(핵심과제 3)에서는 플랫폼 내구성능 확보 및 부유식 신형식 플랫폼 개발하는 업무를 담당함. 마지막으로 실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술(핵심과제 4)에서는 개발된 플랫폼의 기술검증 및 실증을 통한 구조적 성능을 검증하며, 공용수명 및 신뢰성 확보를 위한 유지관리 기술을 개발함으로써, 국내 해상풍력 플랫폼 건설기술의 자립화 및 선진화를 실현할 수 있음

7절. 성과의 활용방안

구분	과제명	최종 성과물	활용방안
총괄 과제	자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄 사업 및 기술관리	- 연구성과 및 개발자료 DB - 연구종합정보관리시스템	홍보용으로 활용
핵심 과제 1	아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경 특성 예측분석 시스템 개발	- 아태지역 특성환경(태풍, 낙뢰, 지진 등) DB 및 정보시스템 - 아태지역 상호인증 체계 - 해양환경 DB 및 웹 정보시스템 - 기상탐/부표 실증 - 국제표준화 활동 - 플랫폼 최적 설계를 위한 설계요건	- 해상풍력발전단지 프로젝트의 기본 자료로 활용 - 국제 표준회의 활동을 위한 기술 자료로 활용 - 해양플랜트 핵심기술 개발에 필요한 기초자료로 활용
핵심 과제 2	자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	- 성능이 개선된 새로운 형상/재료의 연안 플랫폼 실증 - 연안 플랫폼 설계도 및 구조계산서 - 자연재해 대응 설계/해석 기술 - 국제 인증서 획득	경제성 및 안전성을 확보할 수 있는 신형식 플랫폼 개발에 따라 해외시장 진출 기반 기술로 활용
핵심 과제 3	자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발	- 성능이 개선된 새로운 형상/재료의 부유식 플랫폼 실증(>2.5MW급 부유식 풍력발전 PROTOTYPE 1기 및 10MW급 PROTOTYPE 설계서) - 부유식 플랫폼 설계도 및 구조계산서 - 계류시스템 설계도 및 구조계산서 - 부유식 플랫폼 최적공정 시스템 및 시공 시방서 - 국제 인증서 획득	- 국내 건설사/설계사 등 관련 기업의 해외 진출시 필요한 실증 및 인증 실적 자료로 활용 - 해상풍력발전단지 플랫폼 선정을 위한 기초 자료로 활용 - 핵심원천기술 확보에 따라 산학기관의 위탁교육 및 기술교육자료로 활용
핵심 과제 4	실증 사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발	- 실증사이트 인프라 구축 - 통합 모니터링 시스템 - 유지관리 매뉴얼 - 보수, 보강 매뉴얼	- 향후 개발되는 풍력발전기, 조류발전 등 해양에너지 실증사이트로 활용가능 - 통합 모니터링에서 측정된 데이터를 바탕으로 플랫폼 최적화 가능 - 손상 및 열화현상 통계 데이터를 기반으로 플랫폼의 표준화된 진단지표 개발에 활용 - 플랫폼 유지관리에 대한 예산신청 및 배정에 있어서 우선순위 산정에 활용

8절. 연구수행체계 제안

- “자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단”은 기초·원천기술, 상용화 기술, 다학제간 융·복합기술 등의 다양한 분야의 연구를 총괄해야 하므로 산업계, 학계, 연구소와의 유기적인 협력 체제를 유지하고 국제 기술 동향 및 표준화 활동이 가능하며 **다양한 기술 분야(토목, 기계, 전기, 해양, 조선 등)의 전문가들로 구성된 연구기관 및 총괄 연구책임자 필요**
- 사업단의 총괄 운영 및 지원, 홍보를 위한 사무국을 구성하고 사업단 운영을 위한 운영위원회와 전체적인 연구과제 추진을 위한 과제총괄위원회를 사업단에 구성
- 설계요건 개발 및 국제 표준화 활동 연구는 국제 회의(IEC)에 참여가 가능한 기관 및 인증기관에서 주도하도록 추진. 기초·원천성격의 기술은 이론정립, 실험 등의 위주로 기술정립이 필요하므로 학교 또는 연구기관에서 주도하도록 추진. 실증연구의 경우 전체 사업단에서 계획하고 기업체에서 주관하되 실증을 위한 추진계획 및 관리가 가능한 적정 규모의 기업으로 구성하도록 함
- 전체 사업단 연구조직은 풍력발전 특성상 발전사, 건설사, 엔지니어링사, 시스템 제조업체, 연구소, 인증기관이 연계되어 상호보완 및 지원이 이루어지도록 구성



<그림 3-9> 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 조직체계



4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

1. 국가 전략적 중요성

□ 생태계발전형 신성장동력 프로젝트 추진

- 정부는 2011년 11월 신성장동력지원협의회를 개최하여 “생태계발전형 신성장동력 프로젝트” 10개를 확정하여 추진하기로 함

<표 4-1> 생태발전형 신성장동력 프로젝트

분야	프로젝트명	소관부처
GREEN	이차전지 핵심소재산업 육성	지식경제부
	고효율 박막태양전기 기술 개발	지식경제부
	에너지절약형 전력반도체 개발	지식경제부
	스마트 LED 시스템조명 개발	지식경제부
	해상풍력 수출산업화 기반 구축	지식경제부
	막여과정수산업 육성 및 통합물관리기술 해외수출 지원	환경부/국토해양부
SOFT	스마트콘텐츠산업 육성	문화체육관광부
	민간주도 차세대 SW플랫폼 구축 지원	지식경제부
LIFE	의료시스템 수출 지원	보건복지부/지식경제부
	줄기세포 산업화 기반 구축	보건복지부

- 공생발전을 위한 동반성장의 관점에서 새롭게 형성되고 있는 Green, Soft, Life 산업분야에서의 건전한 기업생태계 육성에 가장 큰 중점을 두고, 중소기업 성장과 창업 가능성, 양질의 일자리 창출 기여도, 미래 글로벌 경쟁력 확보 등의 중요성을 고려해 선정

- 2009년부터 추진하고 있는 3대 분야 17개 신성장동력 200개 세부추진 과제와는 별도로 **조기성과 창출**이 가능하도록 집중 지원할 계획임

□ 그린에너지 전략 로드맵 2011 수립

- 정부가 향후 20년을 좌우할 15대 녹색분야의 육성 로드맵을 발표함. 2030년까지 태양광, 풍력 등 15대 녹색분야에 총 26조원의 민간 투자를 함으로써 내수 94조원, 해외 328조원의 시장을 창출한다는 계획임



- 그린에너지 세계시장 점유율을 지금의 1.2% 수준에서 2030년 18%까지 확대하기로 하고 5대 전략방향을 설정함
- 저탄소 에너지자립형 그린포트(Green Port) 구축
 - 항만내에 신재생에너지 도입 기반을 조성하여 에너지자립형 항만과 저탄소 항만을 구축하기 위한 항만 내 신재생에너지 사업 시행근거를 마련함
 - 또한, 항만내 해상풍력발전단지 도입을 위한 기본조사 용역을 수행하여 목포항, 부산항, 포항항 등의 후보지에 대한 사업경제성 및 타당성을 분석함
- 제주도, 2030년까지 2GW 해상풍력 추진
 - 제주특별자치도가 **2030년까지 2GW 규모의 해상풍력** 단지를 개발해 전체 전력 사용량의 100%를 재생에너지로 충당할 계획임
 - 제주도는 제주형 저탄소 녹색성장 모델 ‘Carbon Free Island Jeju by 2030’ 계획을 발표하고 제주도를 재생에너지만 사용하는 탄소 없는 섬으로 조성하겠다는 계획을 발표함
 - **2020년까지 해상풍력 1GW, 육상풍력 300MW, 태양광 30MW** 등을 각각 보급, 전체 전력량의 68%를 재생에너지로 전환하고 **2030년까지 해상풍력을 1GW 더 늘려 100% 자립**을 실현키로 함
- 서남해 2.5GW 해상풍력단지 구축
 - 지식경제부는 전북 부안 위도에서 영광 안마도 해상에 오는 2019년까지 총 2.5GW규모의 대규모 해상풍력단지 구축을 위한 ‘서남해 2.5GW해상 풍력 종합 추진계획’을 발표함
 - 서남해 해상풍력단지 프로젝트는 2020년까지 세계 3대 해상풍력 강국으로 도약한다는 목표 아래 정부와 지방자치단체 및 업계가 함께 추진하는 대규모 사업으로 2010년 로드맵이 처음 발표됨
 - 2019년까지 3단계로 나눠 총 2.5GW 규모의 해상풍력발전단지를 건설하는데 정부 예산 290억원을 포함해 약 10조 2천억원이 투입됨



2. 사업추진 의지 및 관련 기관 협조 체계

☐ 국토해양부의 추진 의지

- 국토해양부는 해상풍력 플랫폼 건설기술을 적극 육성하여 국내외 해상풍력 발전 플랜트 분야 시장을 선점하기 위해 적극적인 투자 및 추진 의지를 보이고 있음

☐ 관련 기관 협조 체계

- 전라남도, 전라북도, 제주도 지자체에서 추진하고 있는 해상풍력 프로젝트와 연계해 적극적 협조
- 국내 기업들의 관심 증대
 - 본 과제 기획 및 워크샵에 다수의 기업 참여(건설사, 설계사, 중공업 등)

3. 사업추진사의 위험요인과 대응방안

- ☐ 다양한 분야의 융,복합 기술개발이 필요한 본 R&D과제에서 나타날 수 있는 다양한 위험요인을 발굴하여 체계적으로 관리할 계획임

<표 4-2> R&D 추진 상의 Risk management 방안

리스크	세분류	리스크 관리방안
R&D 수행 단계	환경변화 대응 실패	국제공동연구 및 국제표준화 활동을 통해 국제 시장의 변화 및 기술동향을 적극적으로 파악
	R&D수행 역량 부족	성공적인 R&D 수행을 위한 기술전문가들을 적극적으로 활용하여 과제 수행능력 강화. 필요시 해외 전문기관과의 정보교류 추진
	과제수행 중 운영 실패	과제 목표 및 방향에 대한 부처별, 연구팀별 공감대가 부족할 수 있으므로 연구책임자들간의 주기적인 회의 및 정보공유 추진
R&D관리 단계	사업화 추진 실패	사업화가 추진되고 있는 프로젝트에 본 연구개발 성과를 적용할 수 있도록 사전에 협의체를 구성함
	시너지 효과 창출 실패	주기적인 세미나, 컨퍼런스 및 연구성과 발표회등을 추진함으로써 연구팀간 정보 공유 및 시너지 효과 창출 기회 마련
	개발, 경쟁 부족	관련분야 우수연구그룹 및 연구자들이 적극적으로 차명할 수 있도록 기술 정보 교류장을 마련함 다부처 및 지자체가 적극 참여할 개발 체제 구축
R&D평가 단계	엄정한 평가 부족	객관적인 평가가 될 수 있도록 성과목표지표를 정량적으로 명확히 설정함
	평가결과 활용부족	평가과정에서 홍보에 필요한 자료를 확보하고 홍보자료로 활용



4. 사업추진의 시급성

□ 아·태지역 사이트 특성(낙뢰, 태풍, 지진 등) 및 부유식 플랫폼 기술 글로벌 표준화 선점

- 현재의 IEC 기준은 선 개발 국가인 유럽의 사이트환경을 바탕으로 표준화되어 있음. 유럽 풍력 선도국가들은 대부분의 국제시장을 선점하고 있으며 국제 회의기구에서 리더역할을 수행하고 있음. 최근 아·태지역에도 해상풍력 시장이 형성됨에 따라 아·태지역 사이트에 적합한 IEC 기준 부재가 주요 쟁점사항으로 떠오름
- 실제로 아·태지역의 빈번한 태풍, 낙뢰, 지진 등의 환경특성에 의한 사고가 발생하고 있으며, 이에 따른 막대한 경제적 손실이 발생함. 아·태지역 해상 사이트 특성 분석에 대한 기술 선점 시 주요 쟁점 사항에 대한 국제 표준화 활동을 리드할 수 있음
- 고정식 해상풍력 플랫폼은 1990년대부터 유럽에서 주도적으로 개발해왔으나 부유식의 경우 유럽 선도국가들 역시 개발 초기단계임. 현재 우리나라와 2~3년 정도의 기술격차가 나는 것으로 분석되고 있으나, 기술개발이 지체될 경우 격차는 더 벌어지게 될 것임
- 우리나라는 조선, 해양플랜트 및 건설 부문에 있어서 세계적 수준의 기술력을 갖추고 있음. 따라서 부유식 해상풍력 플랫폼 개발에 즉시 착수할 경우, 빠른 시간 내 국제회의의 리더로써 세계 해상풍력 플랫폼 기술을 선도할 수 있음

□ 아태지역 틈새시장 공략

- 2015년까지 세계 해상풍력 시장은 유럽을 중심으로 성장할 전망이나, 유럽의 경제적 침체 및 높은 생산단가로 인해 풍력발전기 생산기지가 점차 아·태지역으로 이동하는 추세임. 특히 중국의 경우 2010년 해상풍력 발전 생산 용량은 7.7GW로 확대되었으며, 2011년에는 8.0GW 규모가 추가 설치되는 등 세계 풍력발전기 생산 기지로써의 위치를 형성해 가고 있음
- 중국의 풍력발전용량 계획을 보면 2020년 200GW, 2030년 400GW, 그리고 2050년 1,000GW를 목표로(현재 40GW정도) 약 1조 9천억원 달러를 투자할 계획을 발표함



- 일본 역시 후쿠시마 원전 사태 이후 재생에너지로의 전환을 위해 해상풍력 용량을 후쿠시마 연안에 16MW 규모의 유동성 풍력발전단지를 설치하며, 이 프로젝트는 1,00MW 까지 확대할 전망이다
- 육상 풍력자원이 풍부한 북미 역시 최근 해상풍력 시장에 관심을 갖고 관련 기술 개발에 힘을 기울이고 있으며 오대호를 중심으로 400MW급의 대규모 해상풍력 발전단지(Trillium Power Wind I) 구축을 기획하는 등 아시아-태평양 지역의 해상풍력 기술 개발 관련 움직임이 급속히 확산되고 있음
- 따라서 아·태지역 시장을 확보하기 위해서는 주변국의 주력 기술을 뛰어넘는 기술 개발 대응이 시급히 필요함

□ 후발국가로서의 기술격차 해소

- 현재 대부분의 세계 해상풍력 플랫폼 시장을 점유/선도하고 있는 유럽의 경우, 1990년대부터 정부 주도하에 고정식 및 부유식 해상풍력 플랫폼의 원천 기술을 축적함. 유럽은 현 시장 점유율을 고수하고 후발 국가의 시장 진출을 차단하기 위해 플랫폼의 경제성 확보를 위한 지속적인 연구개발/실증을 수행하고 있음
- 또한 고정식 해상풍력 플랫폼의 설치환경 한계와 심해의 풍력에너지 잠재 부존량 가치를 충분히 인식하고 있으며, 여러 장기 프로젝트를 바탕으로 부유식 해상풍력 플랫폼을 개발/실증(2009년, 2010년 실 규모 테스트 모델 설치) 중에 있음
- 따라서 국내 원천기술 및 해외 선도기술의 조기 개발이 이루어지지 못할 경우, 세계적으로 급속히 확장되고 있는 해상풍력 시장에 도태되어 지속적인 기술 종속이 불가피함

□ 국내외 진행되고 있는 프로젝트에 활용 및 적용

- 현재 추진 중인 해상풍력 발전단지 구축 시점을 고려했을 때, 현 시점에서 우리나라 고유의 해상풍력 플랫폼 관련 원천기술 및 핵심기술 확보가 반드시 필요함
- 즉, 현재 정부에서 성장 잠재력이 큰 국내 해상풍력 시장 육성을 위해 총 9조원을 투자하여 2019년까지 5MW급 해상풍력 플랫폼 500기(2.5GW)에 달하는 발전단지를 구축하고자 하고 있으나, 국내 대응기술의 부재상황에서 본 사업들이 진행될 경우 역으로 해외기업의 국내 진출을 촉진시켜 국내 기술 육성과 기업 성장에 악영향을 미치게 될 것임



- 특히 해상풍력 발전기의 상부구조(블레이드, 너셀, 타워 등)를 지지하는 플랫폼 관련 기술은 해상풍력 발전 단지 총 공사비의 약 30%를 좌우하는 주요 핵심기술로써 다수의 해상풍력 발전단지 조성 프로젝트가 계획/추진되고 있는 현 시점에서 정부지원을 통한 기술 자립화 및 잠재적 국가예산 절감 노력이 필요함
- 또한 정부 및 지자체에서 추진하고 있는 다수의 해상풍력 발전단지 구축 과제와 관련하여 본 과제에서 개발코자 하는 통계분석 통합관리, 국내 해상 극한환경 데이터 분석 기술 등은 향후 대단위로 구축될 국내 해상풍력 플랫폼 및 발전기의 운용기간 연장에 직결돼 정부 추진 사업의 경제성을 극대화시킬 수 있음
- 현 시점에서 사이트 특성 통합 분석 시스템을 개발함으로써 추후 조성될 단지의 입지선정과 운용, 단지 확장 시 막대한 국가 비용을 효율적으로 사용할 수 있음

2절. 기술적 타당성

1. 기술수준 및 기술개발의 성공가능성



<그림 4-1> 국내 주요 핵심기술 수준 및 본 사업 목표치

- 현재 국내 해상풍력 플랫폼 관련 기술은 풍력 선진국 대비 약 70%정도 수준인 것으로 분석되고 있지만 관련 기반기술(건설, 해양구조물 설계 등)은 이미 세계적 수준에 이른 상태임. 따라서 정부 지원을 통해 관련 기술들을 잘 활용한다면 본 기술개발이 완료되는 시점에 세계 해상풍력 플랫폼 기술과 시장을 리드할 수 있음

<표 4-3> 본 사업의 국내 해상풍력 플랫폼 기술 고도화 목표

구 분	As-is	To-be	
	2012년	2017년	2020년
국제표준화 선도(점유율)	30%	50%	90%
해상풍력 플랫폼 종합 엔지니어링 기술 자립화	해외기술 벤치마킹	원천기술 확보	실증을 통한 설계기술 100% 자립화
해상풍력 플랫폼 실증플랜트 건설 및 운영	테스트베드용 실증	실증플랜트 운영기술 확보	실증플랜트 사업화 추진
해상풍력 플랫폼 시장 선도	Top 10	Top 5	Top 3
해상풍력 플랫폼 기술력	개념설계	고부가가치 기술력 확보	세계3대 강국 진입



2. 기존 사업과의 중복성

유사 과제명	발주처	수행 기관	내용 및 주요기술	구분		연계 및 차별화 방안
대구경 대수심 해상기초시스템 개발	국토해양부, 한국건설교통기 술평가원	한국 건설 기술 연구원	- 암반층 관입 가능한 장비 및 3MW급모노 파일 기초 개발 - 단단한층 관입이 가 능한 버켓기초 개발	중복없음		모노파일, 버켓기초 개발 경험을 토대 로 플랫폼 관련 기 술력 극대화 가능
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
천해용 해상풍력 Substructure 시스템 개발	지식경제부, 한국에너지기술 평가원	포항 산업 과학 연구원	- 수심 40m 이내의 해 상에 설치되는 5MW 이상급 풍력발전 Sub -structure 개발	중복없음		자켓형 플랫폼 개발 에 이용된 설계조건 및 범위 활용
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
서남해 2.5GW 해상풍력 개발을 위한 실증단계 연구	지식경제부, 한국에너지기술 평가원	한국 전력 공사	- 서남해 2.5GW급 해 상풍력 발전 단지 개 발을 목표로 실증단 지 구축을 위한 제반 기술을 공급하고 후 속사업 추진에 필요 한 기반기술 확보	중복없음		서남해 해상풍력 실 증을 위한 설계요건 을 활용하여 국제표 준화 및 시방서화 연 계 가능
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
항만해상 풍력단지 건설기술개발 기획연구	국토해양부, 한국해양과학기술 진흥원	건국 대학교	- 항만에 설치 가능한 콘크리트 지지구조 및 설계기준 개발	중복없음		콘크리트 지지구조 및 설계기준과 아· 태지역 사이트 특성 가이드라인을 병합 하여 국제표준 선도 역할 가능
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		
심해용 부유식 풍력발전 Substructure/ platform 기반기술개발	지식경제부, 한국에너지기술 평가원	부산 대학교	- 심해용 부유식 sub- structure/platform 설 계/건조/설치/평가/검 증 혁신기술 개발 - 혹심 해양환경 극복 용 계류장치 및 소재/ 부방식기술 개발	중복없음	●	강재 부유식 플랫 폼 해석 및 설계기 술을 활용하여 신 형식 플랫폼 개발 에 활용하여 효율 극대화 가능
				연계가능		
				고도화		
				중복됨		
부유식 해상풍력발전 시스템 동역학 시뮬레이션 기술 개발	지식경제부, 한국에너지기술 평가원	한국 기계 연구원	- 부유식 해상풍력발전 시스템 동역학 해석 프로그램 개발	중복없음		개발된 동역학 해 석프로그램을 부유 식 플랫폼 해석 및 설계에 연계 가능
				연계가능	●	
				고도화		
				중복됨		

3절. 경제적 타당성

1. B/C 분석의 일반적인 전제조건

- ☐ 본 분석의 신뢰성을 확보하기 위해서 KDI에서 발간한 “예비타당성조사 표준 지침연구(2004)’의 지침 및 권고사항에 준하여 분석을 실시함
- ☐ 가장 기본적인 경제성 분석의 내용으로 유형(Tangible) 편익을 가능한 정확하게 추정하고, 동시에 개발 시스템과 부수적 항목들에 대한 비용을 추정한 후, 편익비용분석(Cost-Benefit analysis)을 수행함
- ☐ 경제적 타당성 분석의 기본사항으로 할인율은 5.5%(KDI, 2009)를 일반적으로 적용하고 있으며, 경제적 활용연수는 기술수명을 기준으로 정함

2. 경제적 타당성 부분의 주요 검토 항목

- ☐ 경제적 타당성 분석의 기본 항목으로는 비용과 수요, 편익으로 분류할 수 있음. 비용은 R&D 비용과 외부 기술 및 시스템 도입 비용, 시설구축비용 등으로 분류할 수 있으며, 이외 사업의 특성에 따라 과제별로 투입되는 비용 항목을 결정함
- ☐ 해당 과제별 기술개발을 통해 실질적으로 혜택을 받게 되는 수요(기업, 대국민 등)를 추정하고 편익을 산정함. 분석된 비용과 편익을 현재가치화 시켜 BC를 분석하고 분석 값이 1이상일 경우 사업성이 있는 것으로 판단함

대항목	중항목	소항목	주요 검토 내용
경제적 타당성 분석	비용 추정	R&D 비용	- 사업 운영 기간 동안의 인건비, 연구비, 운영비, 시설장비비 추정 - 연구비는 순수 연구인력수를 기준으로 산정 - 시설장비비는 필수 장비 구매비와 범용 장비 및 시설노후화에 따른 교체 비용도 포함
		외부 시스템 구입 비용	- 외부 시스템 혹은 기술 도입의 경우 객관적 기반의 산정 어려움 - 기존 사례를 바탕으로 적절성 판단
		시설구축 비용	부지 매입 및 조성비, 건축공사비, 기타 부대시설비 등을 검토
	수요 추정 및 편익 산정	수요 추정	해당 연구개발을 통해 실질적으로 혜택을 받을 수요를 추정
		편익 산정	- 對 국민 경제적 편익, 연구개발 편익, 과학기술 및 산업적 응용 편익 등을 고려 - 연구개발 편익: 핵심 기술 및 노하우, 경험 확보 -> 무형적 편익 - 편익 범위 명확화 필요 - 직접 편익과 간접 편익 고려
	경제성 분석 (B/C 분석) ※ 1>이상일 경우 사업성이 있는 것으로 판단	비용 및 편익의 현재 가치화	- 사회적 할인율 5.5% 적용, 총비용 및 총편익의 현재 가치화 - 할인율은 미래의 비용과 편익을 현재가치로 환산하는데 사용하는 이자율 - 시나리오 별로 BC 분석
		민감도 분석	- 투입 요소 변동에 따른 순현재가치의 변화 정도를 분석하기 위해 민감도 분석을 실시(할인율 ±2%, 비용/편익 ±20%) - 민감도가 클수록 위험한 사업으로 인식

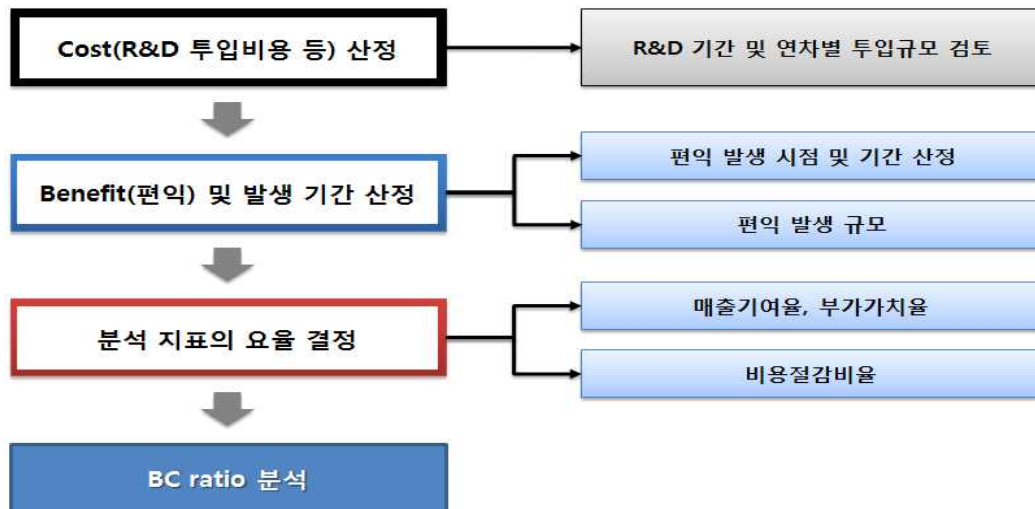
<그림 4-2> 경제성 분석 주요 검토 항목(일반적 사례)

구 분	주요항목	세부 내용
편익 (Benefit)	직접 편익	- 기술개발에 따른 관련 제품의 국내외 시장 창출 규모 - 관련 기업 추가 매출액에서의 영업 이익 - 조건부가치측정법(CVM)에 따라 WTP(지불의사)의 측정값 - 신규 제품 혹은 서비스에 대한 추가 지불금액 의향 - 기존 시설구축비 및 임대료 등을 대체/개선함에 따른 절감액 - 기존 방식을 대체함으로써 발생하는 비용 절감액(정부 예산 절감 등)
	간접 편익	- 타 산업으로의 경제적 파급효과 - 생산유발효과, 고용유발효과, 부가가치유발효과 등 ※ 간접 편익은 BC분석 시 활용하지 않고 참고용으로 별도 산정함
비용 (Cost)	연구개발비	- 기술개발에 소요되는 인건비, 직/간접비, 위탁연구비 등을 포함한 전체 연구비 - 인건비 : 내부 인원 투입 부분 산정 - 직접비 : 국내외 업체 외주비, 연구장비/재료 구입비, 기타 등 - 간접비 : 해당 출연연의 간접비(교과부, 국가연구개발사업 간접비 계상기준 참고) - 위탁연구비 : 외부로 위탁 연구를 의뢰하는 비용(인건비/직접비/간접비 산정)
	운영 및 유지보수비	편익을 발생시키기 위해 지속적으로 운영/유지보수가 필요한 경우에는 편익이 발생하는 기간 동안 운영비를 산정해야 함

<그림 4-3> 세부 편익 및 비용 항목(일반적 사례)

3. B/C분석 절차

□ B/C 분석 Process



<그림 4-4> BC 분석 절차

□ Cost 산정

- 전체 연차별 사업예산을 기준으로 할인율 5.5%로 현재가치화 시켜 최종 Cost를 산정함



○ 총괄과제에 대한 R&D 비용 산정 결과(정부출연금)

구분	기술목표	기술내용	연구금액(백만원)							소계
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도	
총괄과제 사업단 총괄사업 및 기술관리	사업단 총괄 체계 사업관리	사업 총괄 사업관리(인력/일정/사업비)	20	20	30	30	30	30	30	190
		연차별 진도점검 및 일정관리	20	20	20	20	20	20	20	140
		연차별 예산조정, 관리 및 정산	20	20	30	30	30	30	30	190
		연차별 중간연구결과 및 최종연구결과 점검	20	20	30	30	30	30	30	190
		핵심과제간 상호 연계성 관리	20	20	30	30	30	30	30	190
		성과물 자료 공유 및 통합관리	20	20	20	20	20	20	20	140
		내외부 위원회 운영	20	20	30	30	30	30	30	190
		전문 연구사업관리 시스템 구축	100	160						260
		국가연구개발사업 조사, 분석, 평가 관련 업무 협조	20	20	30	30	30	30	30	190
		국외 협력기관 관련 총괄업무	20	20	30	30	30	30	30	190
	소계	280	340	250	250	250	250	250	1870	
	사업단 총괄 체계 기술관리	설계 기술관리 계획 수립	20	20	30	30	30	30	30	190
		체계 및 개발 기술 목표 등 검토, 확인	20	20	20	20	20	20	20	140
		기술검토회의 참관 및 검증	20	20	30	30	30	30	30	190
		연구성과물 요구도/기술 만족 추적관리	20	20	30	30	30	30	30	190
		연구종합정보관리시스템 운용 및 과제관리	20	20	30	30	30	30	30	190
		연구성과 및 개발자료 DB구축 및 관리	70	20	30	30	30	30	30	240
		유관기관 정책 협조	20	20	30	30	30	30	30	190
		국내외 전시회 참가 및 홍보 등 대외 관련 업무 협조	30	20	50	50	50	50	50	300
		소계	220	160	250	250	250	250	250	1,630
합계			500	500	500	500	500	500	3,500	



○ 핵심과제 1에 대한 R&D 비용 산정 결과(정부출연금)

구분	기술목표	기술내용	연구금액(백만원)							소계
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도	
핵심과제1 아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경 특성 예측 시스템 개발	아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제 표준화	아태지역(한국, 미국, 일본 등)공동협의 구성 및 운영을 위한 네트워크 구축	300							300
		아태지역 사이트 특성 데이터(태풍, 낙뢰, 지진 등) 분석	300	800	800					1,900
		태풍, 낙뢰, 지진 등을 고려한 플랫폼 거동 특성 분석			100	100				200
		해상풍력 관련 IEC 논쟁의제 자료 분석 및 아태지역 공동 협의체간 전략적 협력방안 분석				100	100			200
		국제적인 상호인정을 위한 합의안 도출 및 IEC 국제 표준화 의제 개발/활동				100	100	100	100	400
		아태지역 사이트 특성을 고려한 국제적인 설계/인증 가이드라인 개발				200	200	200		600
		소계	600	800	900	500	400	300	100	3,600
	해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측시스템	해양 플랫폼 설계를 위한 한반도 연안 고해상도 해상 환경(태풍 바람, 파랑, 조류 등) 모델 개발	300	300	300					900
		해상 풍력 플랫폼 설계를 위한 바람, 파랑, 조류 특성 추정 및 분석			150	150				300
		한반도 연안 해양 플랫폼 운영 및 유지관리를 위한 해상상태 예측 시스템 개발		150	300	300	150			900
		실해역 데이터 수집/분석을 통한 예측 모델 검증 및 특성 분석	100	500	900	500	300			2,300
		해양환경 통계처리 DB 및 웹 정보시스템 개발		150	150	150	150			600
		개발된 시스템 검증/보완 및 Feed-Back을 통한 최적화						100	100	200
		소계	400	1,100	1,800	1,100	600	100	100	5,200
합계			1,000	1,900	2,700	1,600	1,000	400	200	8,800



○ 핵심과제 2에 대한 R&D 비용 산정 결과(정부출연금)

구분	기술목표	기술내용	연구금액(백만원)							소계
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도	
핵심과제2	자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술	낙뢰특성 고려 설계 및 평가기술 개발	100	200	200	100	100			700
		내진설계 및 평가기술 고도화	100	200	200	100	100			700
		태풍특성 고려 설계 및 평가기술 고도화	100	200	200	100	100			700
		선박충돌 설계 및 평가기술 고도화	100	200	200	100	100			700
		ICE Load 고려 설계 및 평가기술 개발	100	200	200	100	100			700
		콘크리트 플랫폼 피로수명 평가기술 개발	100	200	200	100	100			700
		강재 플랫폼 SCF 산정기술 개발	100	200	200	100	100			700
		소계	700	1,400	1,400	700	700			4,900
자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술	세굴 설계 및 평가기술 개발	100	150	150	150	100			650
		기초 성능평가 기술 고도화	100	100	100	100	100			500
		GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발	100	200	200	200	100			800
		장기 반복하중에 따른 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발	100	100	100	100	100			500
		해양환경조사기법 신뢰성 향상기술 개발	100	100	100	100	100			500
		횡방향 재하시험 방법 및 평가기술 개발	100	500	500	100	100			1,300
		소계	600	1,150	1,150	750	600			4,250
		연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술	대용량화에 따른 기존 플랫폼 대비 재료 또는 형식 성능 개선기술 개발	100	200	200	200	100		
플랫폼 수명연장을 위한 최적의 부식/방식 기술 개발	150		200	200	200	100			850	
해양생물(Marine growth) 고려 플랫폼 구조거동 분석 및 성능개선 기술 개발	200		300	300	200	100			1,100	
플랫폼-타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선 기술 개발	150		300	300	300	150			1,200	
고도화 기술 검증을 위한 국제인증 수행 및 평가	150		150	150	150	150			750	
플랫폼 친환경 해체기술 및 활용방안/대체방안 분석	100		150	150	150	100			650	
Weather Window 기반 장비조합/운송/설치 공정 최적화	100		150	150	150				550	
소계	950		1,450	1,450	1,350	700			5,900	
합계			2,250	4,000	4,000	2,800	2,000			15,050



○ 핵심과제 3에 대한 R&D 비용 산정 결과(정부출연금)

구분	기술목표	기술내용	연구금액(백만원)							소계
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도	
핵심과제3 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발	아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템	운동저감형 부유식 플랫폼 형상 개발	100	120	120	100				440
		부유식 플랫폼 통합하중 해석 기술 개발	150	200	200	200	150	150	100	1,150
		해양환경-부유식 플랫폼-계류 상호연계 해석기술 개발	150	200	200	200	150	150	50	1,100
		부유식 플랫폼 운동 저감 장치 개발	150	300	300	200	200	150	150	1,450
		충돌, 지진 해석 및 안전성 평가 기술 개발	50	50	50	100	100	50	50	450
		한계상태 설계 및 안전성 평가 기술 개발	50	50	50	100	100	50	50	450
		플랫폼 구조시스템 및 연결부 설계기술 개발	150	300	300	200	200	150	100	1,400
		축소모형 실험기법 및 성능평가 기술 개발	100	100	100	100	100	100	100	700
		부유체 운동특성을 고려한 통합제어기술 개발	100	200	200	300	200	100	100	1,200
		소계	1,000	1,520	1,520	1,500	1,200	900	700	8,340
	아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류시스템	부유체 운동저감형 계류시스템 개발	100	200	200	200	100	100	100	1,000
		계류라인 장력 평가 및 조정 기술 개발	150	300	200	200	120			970
		계류라인 피로설계 기술 개발	100	200	200	200	100	100	100	1,000
		계류시스템 비선형 해석 및 거동 평가 기술 개발	100	200	300	200	100	50		950
		계류시스템 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	50	50	50	100	50	50	50	400
		소계	500	950	950	900	470	300	250	4,320
	아태지역 지반환경 특성을 고려한	해저지반 특성을 고려한 앵커시스템 개발	200	350	350	250	200	200	100	1,650
		인발 및 횡지지력 향상 앵커시스템 개발	50	100	200	150	150	50	80	780



해상풍력 플랫폼 건설기술 기획

	앵커시스템	불균질 해저지형(경사도 10도이상) 해저기초 설치 기술 개발	140	200	330	330	200	70	70	1,340
		앵커 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	50	50	50	100	80	60	50	440
		대심도 급속 정밀 설치 기술 개발	70	100	150	200	80	80		680
		소계	510	800	1,080	1,030	710	460	300	4,890
	부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술	부유식 플랫폼 급속 제작 기술 개발	70	100	200	100	100	70	50	690
		시공단계별 시뮬레이션 및 안전성 평가 기술 개발	50	80	150	200	150	120	50	800
		플랫폼, 계류시스템 설치 최적 공정 기술 개발			50	50	70	50	50	270
		부유식 해상풍력 플랫폼 시스템 제작/설치매뉴얼 개발			50	50	50	50		200
		해상에서의 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발		50	50	80	50	50		280
		소계	120	230	500	480	420	340	150	2,240
	부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증	부유식 플랫폼 설계/인증기준 개발	150	150	150	150				600
		국제요건에 적합한 부유식 플랫폼 설계요건 및 통합하중 해석		100	100	100	100			400
		부유식 플랫폼 운동성능 설계평가(유체 정역학적 및 동역학적 등)	100	100	100	100	100	100	100	700
		부유식 플랫폼 구조안전성 설계평가(극한, 피로, 사고 등)	100	100	100	100	100	100	100	700
		계류라인의 설계평가(극한, 피로, Mooring failure 등)	100	100	100	100	100	100	100	700
		부유식 플랫폼 제조검사 및 성능평가		50	50	50	50	50	100	350
		소계	450	600	600	600	450	350	400	3,450
	합계		2,580	4,100	4,650	4,510	3,250	2,350	1,800	23,240



○ 핵심과제 4에 대한 R&D 비용 산정 결과(정부출연금)

구분	기술목표	기술내용	연구금액(백만원)							소계
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도	
핵심 과제4 실증 사이트 구축 및 운영/ 유지 관리 기술 개발	기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술	최적의 실증 Site 구축을 위한 사이트 평가	200	200						400
		실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발		1,700	3,250	3,200				8,150
		실증 Site 운영 및 사업화 방안 분석			150	150	150			450
		형상 및 성능이 개선된 고정식 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측		500	500	1,000	1,000	1,000	150	4,150
		부유식 해상풍력 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측		2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	15,000
		소계	200	4,900	6,400	6,850	3,650	3,500	2,650	28,150
	플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술	선박충돌/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템 개발	100	200	200	200	100			800
		해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감기술 개발	100	200	200	200	100			800
		세굴 모니터링 시스템 개발	100	150	150	100	100			600
		플랫폼 유지관리 및 보수/보강 기술 통합 지침 개발	100	100	100	100	100			500
		비상시 응급대처(발라시팅, 장력조정 등)가이드 개발	100	100	100	100	100			500
		플랫폼 비파괴 검사기술 개발(수면 위, 수중 포함)	100	150	150	150	100			650
		부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발	150	200	200	200	200	100		1,050
		소계	750	1,100	1,100	1,050	800	100		4,900
합계			950	6,000	7,500	7,900	4,450	3,600	2,650	33,050



○ 각 핵심과제들의 취합한 연차별 전체 R&D 투입비용 산정결과

비용 유형 구분	핵심과제	연차별 연구비(백만원)							소계
		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도	
정부 출연 금	(총괄과제) 사업단 총괄 사업 및 기술관리	500	500	500	500	500	500	500	3,500
	(핵심과제 1) 아태지역 환경 특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예 측 시스템 개발	1,000	1,900	2,700	1,600	1,000	400	200	8,800
	(핵심과제 2) 자연재해 및 Repowering 대비 연 안 해상풍력 플랫폼 엔지 니어링 핵심기술 개발	2,250	4,000	4,000	2,800	2,000			15,050
	(핵심과제 3) 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발	2,580	4,100	4,650	4,510	3,250	2,350	1,800	23,990
	(핵심과제 4) 실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발	950	6,000	7,500	7,900	4,450	3,600	2,650	32,300
	민간 부담금	2,460	5,500	6,500	5,800	3,800	2,300	1,800	28,160
합계		9,740	22,000	25,850	23,110	15,000	9,150	6,950	111,800

□ Benefit 산정 및 B/C ratio 도출 Cost 산정

- 해상풍력 기술 활용 산업부분(품목분류별 사업체 수, 생산액, 출하 및 연말 재고액, 2009) 관련 기업의 평균 매출액, 매출 증가율, 매출원가 비율을 산정
- 산정된 수치를 기준으로 매출기여율, 비용절감비율, 부가가치율 등을 산정하여 편익 대상 규모를 산정함
- 편익 대상 규모를 기준으로 할인율 5.5%를 적용하여 2012년 기준으로 현재 가치화 시키고 NPV를 산정한 후 최종적으로 B/C ratio를 도출함
- B/C ratio가 “1”보다 큰 값을 가지는 경우 투입대비 수익을 창출할 수 있는 과제로 볼 수 있는데 예를 들어 B/C ratio가 “10”일 경우 투입대비 10배 이상의 수익을 창출하는 것임
- B/C ratio가 클수록 경제적 파급효과가 높은 과제라 할 수 있으며 B/C 가 충분히 확보된 과제를 발굴하여 지원함으로써 정부 사업의 ROI 향상에 기여



○ 품목분류별 사업체 수, 생산액, 출하 및 연말재고액(2009년 자료) 관련 업체 활용

품목별	2009			높으면 3점, 보통이면 2점, 관련성이 낮으면 1점		
	사업체수 (개)	출하금액 (백만원)	생산액 (백만원)	1세부과제	2세부과제	3세부과제
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	221	79,366,964	79,262,453	1	1	1
화학물질 및 화학제품 제조업:의약품 제외	3,691	109,147,236	108,770,374	1	1	1
비금속 광물제품 제조업	2,623	29,840,468	29,726,120	1	1	1
1차 금속 제조업	2,505	110,053,302	108,995,355	1	1	1
금속가공제품 제조업:기계 및 가구 제외	6,691	55,595,441	55,588,559	1	1	1
전자부품, 컴퓨터, 통신장비 제조업	3,653	200,406,827	200,646,363	3	3	3
전기장비 제조업	4,374	54,111,735	54,190,678	2	3	3
기타 기계 및 장비 제조업	9,320	75,479,883	75,436,226	2	3	3
자동차 및 트레일러 제조업	3,276	112,696,730	112,393,581	1	1	1
기타 운송장비 제조업	625	61,552,389	61,593,493	1	2	2
기타 제품 제조업	1,047	3,596,882	3,607,960	1	1	1
건물 건설업	6,046	21,369,058	65,025,276	1	1	1
토목 건설업	4,421	11,491,092	33,359,078	3	3	3
기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	20,388	18,303,642	38,035,299	2	2	2
건물설비 설치 공사업	8,991	6,443,672	15,121,386	2	3	3
전기 및 통신 공사업	15,463	9,660,634	20,670,507	2	2	2
실내건축 및 건축마무리 공사업	10,021	8,030,291	19,279,566	1	1	1
화합물 및 화학제품	2,230	51,738,302	51,690,524	1	1	1
일반용 도료 및 관련제품	252	3,690,181	3,682,938	1	1	1
그외 기타 화학제품	837	5,986,569	6,003,057	1	1	1
고무 및 플라스틱제품	3,730	23,914,825	23,900,058	1	2	2
제1차플라스틱제품	1,509	8,221,381	8,252,505	1	1	1
기계장비 조립용 플라스틱제품	1,928	10,226,620	10,260,742	1	2	2
그외 기타 고무제품	145	504,861	506,705	1	1	1
비금속광물	1,041	7,477,270	7,493,635	1	1	1
기타 비금속광물제품	299	835,493	835,901	1	1	1
제1차금속	1,965	67,031,735	67,675,966	1	1	1
조립금속제품	5,278	17,938,183	18,054,292	1	2	2
일반기계부품	8,927	36,849,263	36,933,040	1	3	3
금형	2,348	5,272,140	5,283,427	1	2	2
기타일반기계부품	421	751,164	755,357	1	3	3
컴퓨터 및 사무기기부품	430	5,043,561	5,057,371	2	2	2
전기기계부품	4,766	33,678,530	33,819,417	2	3	3
전동기, 발전기, 전기변환장치	1,290	8,003,631	8,024,283	1	3	3
전기공급 및 전기제어장치	2,163	9,910,861	9,921,599	1	3	3
배전반 및 전기자동제어반	1,295	3,709,884	3,719,530	1	3	3
절연선 및 케이블	553	7,056,916	7,074,766	1	3	3
절연 금속선 및 케이블	553	7,056,916	7,074,766	1	3	3
기타 전기장비 부품	534	5,515,236	5,534,433	1	3	3
전자, 영상, 음향, 통신기기부품	2,729	79,883,427	79,975,132	2	3	3
통신기기 및 방송장비	1,043	6,564,273	6,592,642	2	3	3
정밀기기부품	1,118	4,731,818	4,750,557	2	3	3
수송기계부품	3,708	50,566,062	50,723,390	1	1	1
기타자동차부품	1,899	27,019,598	27,111,061	1	1	1



4. 주요 분석 지표 및 요율 산정

□ 분석 지표 요약

편익발생기간	사업 종료 후부터 20년간 산정 각 세부 과제별 별도 적용
평균 매출액 및 매출액 증가율	"2009년 기술통계조사" 자료를 기반으로 평균 매출액 및 매출액 증가율 산출 - 평균 매출액 : 10,108백 만원, 연평균 매출 증가율 : 10.44%
매출 원가율	"2009년 기업경영분석" 자료를 기반으로 평균 매출 원가율 산출 - 매출 원가율 : 81.95%
매출 기여율	"2010년 R&D가 기업의 생산에 미치는 영향에 관한 연구"에서 발체 - 매출 기여율 : 1.99%
비용 절감비율	R&D 기술 활용에 따른 비용 절감 비율은 전문가 의견을 반영하여 관련성 정도에 따라 0.1 ~ 0.3% 자동 적용
부가 가치율	생산성 지표에서 3개년(2008~2010) 평균치인 23.39% 적용
할인율	5.5%(KDI)적용

□ 편익 산출 방안에 따른 산출 공식

- 발생 가능한 편익은 크게 2가지로 분류됨. 해상풍력 기술 개발을 통해 완성된 R&D 기술을 관련 산업들이 효율적으로 활용함으로써 원가를 절감하게 하는 비용 절감 편익
- 기업들은 추가적인 R&D 개발 없이 본 기술을 활용함으로써, 매출을 증대시키는 부가가치 창출 편익

비용절감 편익	서비스 기업수 × 평균 매출액 × 매출원가율 × 비용절감비율
부가가치 창출 편익	서비스 기업수 × 평균 매출액 × 연평균 매출 증가율 × 매출기여율 × 부가가치율

<그림 3-173> 편익 산출 방안에 따른 산출 공식

- 사회적 편익 및 부가가치 편익을 해상풍력 발전기 공용수명기간동안 분석해서 정리하면 다음과 같음

구분	1. 사회적편익(비용절감효과, 백만원)				2. 부가가치효과(백만원)			3. R&D 비용(백만원)		종합 효과의 현재가치 (1+2-3)
	원가 절감	기타 편익 (전력 판매수익 + CER 수익)	합계	순 편익의 현재 가치	매출액	부가 가치의 합계	순 부가 가치의 현재 가치	R&D 비용	R&D 비용의 현재 가치	
1차년도	0	0	0	0	0	0	0	7,280	6,900	-6,900
2차년도	0	0	0	0	0	0	0	16,500	14,824	-14,824
3차년도	0	0	0	0	0	0	0	19,350	16,479	-16,479
4차년도	0	0	0	0	0	0	0	17,310	13,973	-13,973
5차년도	0	0	0	0	0	0	0	11,200	8,570	-8,570
6차년도	0	2,158	2,158	1,483	0	0	0	6,850	4,968	-3,484
7차년도	0	2,158	2,158	1,406	0	0	0	5,150	3,540	-2,134
8차년도	805	2,158	2,963	1,830	1,959	355	219	0	0	2,050
9차년도	1,611	2,158	3,769	2,206	3,918	710	416	0	0	2,622
10차년도	2,416	2,158	4,574	2,538	5,877	1,065	591	0	0	3,129
11차년도	3,222	2,158	5,380	2,830	7,836	1,420	747	0	0	3,577
12차년도	4,027	2,158	6,185	3,084	9,796	1,775	885	0	0	3,969
13차년도	4,833	2,158	6,991	3,304	11,755	2,130	1,007	500	249	4,061
14차년도	5,638	2,158	7,796	3,492	13,714	2,485	1,113	200	95	4,511
15차년도	6,444	2,158	8,602	3,652	15,673	2,840	1,206	0	0	4,858
16차년도	7,249	2,158	9,407	3,786	17,632	3,196	1,286	1,800	764	4,308
17차년도	8,055	2,158	10,213	3,896	19,591	3,551	1,354	2,650	1,066	4,184
18차년도	8,860	2,158	11,018	3,984	21,550	3,906	1,412	0	0	5,396
19차년도	9,666	2,158	11,824	4,052	23,509	4,261	1,460	0	0	5,513
20차년도	10,471	2,158	12,629	4,103	25,469	4,616	1,499	0	0	5,602
21차년도	11,276	2,158	13,434	4,137	27,428	4,971	1,531	0	0	5,667
22차년도	12,082	2,158	14,240	4,156	29,387	5,326	1,554	0	0	5,711
23차년도	12,887	2,158	15,045	4,162	31,346	5,681	1,572	0	0	5,734
24차년도	13,693	2,158	15,851	4,157	33,305	6,036	1,583	0	0	5,739
25차년도	14,498	2,158	16,656	4,140	35,264	6,391	1,589	0	0	5,729
26차년도	15,304	0	15,304	3,606	37,223	6,746	1,589	0	0	5,195
27차년도	16,109	0	16,109	3,598	39,182	7,101	1,586	0	0	5,183
합계		43,160	196,198	70,005		74,562	24,200	88,790	71,429	87,555

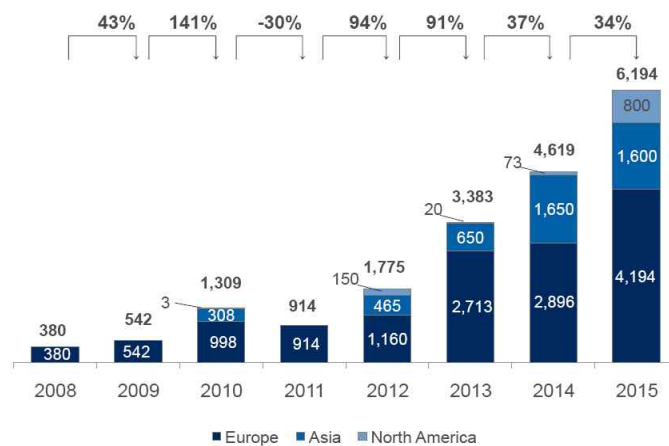
5. B/C 분석 결과

- ☐ 각 핵심과제에 대한 비용절감 편익과 부가가치 창출 편익을 산정하여 종합적으로 B/C 분석결과 1.32로서 경제성이 있는 것으로 분석됨

4절. 기술개발 필요성

□ 에너지 다각화 및 자립화 측면

- 화석연료 고갈에 대비한 각 국의 신재생에너지 개발이 활발해지고 탄소배출에 대한 국제 환경 규제가 심화되고 있는 가운데 세계 해상풍력 발전 보급 용량은 빠른 속도로 증대되고 있음(2012년 보급률 : 2005년 대비 약 12배). 따라서 관련 기술력 증진과 기술 자립화에 대한 국가적 차원의 조직적인 대비가 필요함



<그림 4-5> 세계 해상풍력 시장동향 및 전망 (MW)
(Source : New Energy Finance, 2010)

- 우리나라는 대부분의 에너지를 수입에 의존하고 있기 때문에 **신재생에너지 개발을 통한 에너지 “다각화”와 “자립화”가 반드시 필요함**. 현재 우리나라에서 가장 경제성 있는 대체에너지로 평가받고 있는(에너지관리공단, 2009) 해상풍력 발전부문에 대한 국가적 지원이 활발히 이루어지고 있으나 플랫폼 전반에 관한 핵심 원천기술의 부재상황에서 국내 상용을 서두를 경우 해외 “의존형” 에너지 다각화를 이룰 수 있음

□ 대단위 국가 예산 절감 측면

- 정부는 ‘해상풍력 Top-3 로드맵’을 수립하고 2013년 까지 100MW 규모의 해상풍력 플랫폼 실증단지를 구축하고자 하고 있음. 신재생에너지원으로써 점차 그 정책적 비중이 커질 해상풍력 플랫폼 기술의 100% 자립화 및 세계시장 진출을 위해서는 아·태지역 특성을 고려한 신개념 플랫폼 개발이 필요함

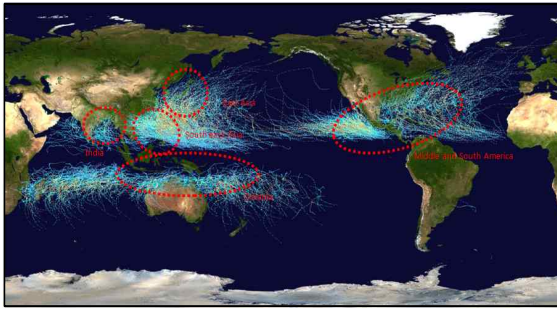


- 특히 해상풍력 발전기의 상부구조(블레이드, 너셀, 타워 등)를 지지하는 플랫폼 관련 기술은 해상풍력 발전 단지 총 공사비의 약 30%를 좌우하는 주요 핵심기술임. 유럽은 많은 경험을 통해 해상풍력 플랫폼 관련 기술의 중요성과 상품가치를 충분히 인식하고 있으며, 이에 2004년부터 OC3, UpWind, DeepWind 등의 프로젝트 수행을 통해 보다 경제적이고, 대수심 적용이 가능한 플랫폼 개발에 힘을 기울이고 있음
- 해외 선진국의 경우 정부로부터 적극적인 지원을 받아 자국 내 특성을 고려한 실증단지를 운영하고 있으며, 관련 요소기술을 기 확보한 상태임. 현재 우리나라에서 적용코자 하는 해상풍력 플랫폼은 대부분 유럽의 기술을 벤치마킹하여 개발된 것으로써 기술 자립과 국가예산 절감을 위해서는 **우리나라의 지역적 특성이 합리적으로 반영된 신형식 플랫폼 개발에 대한 국가적 지원이 필요함**
- 특히 우리나라와 일본, 미국과 같은 아시아-태평양 지역의 경우 **태풍, 낙뢰, 지진 등의 극한하중에 대한 신중한 검토가 필요함**. 이는 해상에 설치되는 풍력발전기의 안전성에 직결되는 문제로써 막대한 경제적 손실과 해양오염 등의 문제를 사전에 방지하기 위해 전술한 환경특성을 고려한 해상풍력 플랫폼 개발이 필요함

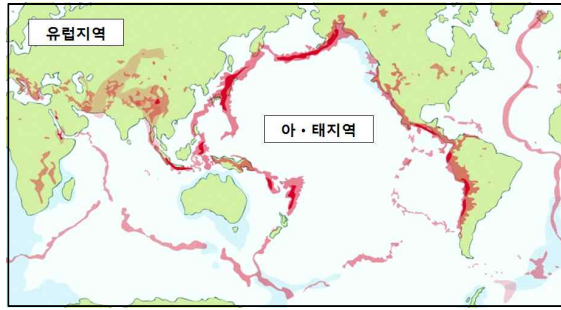


<그림 4-6> 태풍 및 낙뢰 피해 사례

- 현재 국내 및 해외에서 개발된 해상풍력 플랫폼은 대부분 선 개발주체인 유럽·대서양 지역의 설계기준을 준용하여 개발/실증되고 있으나, 우리나라와 같은 아시아-태평양 지역의 경우 태풍, 낙뢰, 지진 등 특수 해양 환경 하중에 대한 영향이 큰 지역이므로 이를 고려한 설계검토가 반드시 선행되어야 함



<그림 4-7> 세계 태풍 발생/이동경로



<그림 4-8> 세계 지진 발생 빈도

<표 4-4> 유럽과 아·태지역 환경특성 비교

구 분		유럽지역	아·태지역	비 고
태풍	최대풍속 (10분 이상 지속 시)	16 ~ 24m/s	61 ~ 70m/s	
	발생빈도(년)	0 ~ 6건	14 ~ 39건	
지진	규모 7 이상급 발생횟수 (2011년 ~ 2012년)	0회	17회	해상풍력발전단지가 개발되는 북 유럽의 경우, 규모 7.0 이상의 지 진은 최근 6년간 한 건도 발생하 지 않음
	최대규모 (2006년 ~ 2012년)	규모 7.3	규모 7.9	
낙뢰	빈도(km ² /년)	영국 : 0~1회 덴마크 : 0~1회 독일 : 1~2회	미국 : 8회 이상 일본 : 0~2회 한국 : 1~2회	아·태지역에서, 한국과 일본은 유럽과 비슷한 빈도로 발생되나 낙뢰의 에너지가 높아 IEC 낙뢰 기준 보다 보수적인 기술기준을 적용해야 하며, 상세기준 분석이 필요함

□ 미래 핵심 원천기술 확보 측면

- 에너지원 확보 경쟁이 심화됨에 따라 유럽의 에너지 선진국과 더불어 아·태지역의 후발 국가들도 해상풍력 산업에 적극적으로 참여하고자 하고 있으며 자국의 해상풍력 관련 원천기술 개발 및 세계 시장 진출을 위해 정책적 지원을 아끼지 않고 있음
- 특히 중국의 경우 해상풍력 플랫폼 관련 원천기술을 단기간에 확보하기 위해 국영기업의 해외 선진기업과의 협력, 국산부품 의무화 정책 등 강력한 정부지원 정책을 펴고 있으며 이를 바탕으로 아·태 지역에서 현재 가장 빠르고 규모 있게 성장하고 있음
- 일본의 경우, 후쿠시마 원전사태 이후 해상풍력에 대한 적극적인 정책 지원이 이루어지고 있으며, 육상 풍력 자원이 비교적 풍부한 미국 역시 최근 급속히 확대되는 해상풍력 시장에 관심을 갖고 원천기술 확보와 세계시장 진입/선도를 위해 다양한 정책적 지원을 도모하고 있음



- 해외 해상풍력 선도국가에서는 이미 다양한 고정식 해상풍력 플랫폼을 개발하여 원천기술을 확보하였으며, 대부분 실증을 완료하여 상업화를 시작한 단계임. 부유식의 경우 현재 개발 초기단계로써 형식 검토와 해석기법에 관련된 연구, 테스트 모델의 상업성 확보에 관한 연구가 진행 중에 있음
- 국내의 고정식 해상풍력 플랫폼 기술은 개발 초기단계로써 현재 정부/민간 차원의 플랫폼 개발이 진행 중에 있으나, 대부분 해외 기술을 벤치마킹 하는 수준에 머무르고 있음. 따라서 다양한 플랫폼 형식이 꾸준히 제안되고 있는 세계 해상풍력 시장의 주도권을 확보하기 위해서는 **우리나라 고유의 시공성과 경제성을 확보할 수 있는 신형식 플랫폼 개발이 필요함**
- 부유식 해상풍력 플랫폼은 심해의 높은 풍력에너지 잠재 부존량과 수심에 제약받지 않고 대단위 단지 구축이 가능하다는 점 때문에 최근 국제적으로 이슈화 되고 있는 개발 분야로써 대용량/대단위 해상풍력 단지 조성을 위해 필연적으로 개발되어야 할 미래 원천기술임. 따라서 우리나라가 아·태지역의 대규모 잠재시장에 진출하기 위해서는 본 사업을 통한 **원천기술 확보가 반드시 필요함**

□ 기술개발의 시의적 측면

- 현재 정부 및 지자체에서 추진하고 있는 다수의 해상풍력 발전단지 구축 과제와 관련하여 본 과제에서 개발코자 하는 통계분석 통합관리, 국내 해상극한환경 데이터 분석 기술 등은 향후 대단위로 구축될 국내 해상풍력 플랫폼 및 발전기의 운용기간 연장에 직결돼 정부 추진 사업의 경제성을 극대화시킬 수 있음
- 국내의 경우, 1단계 해상풍력 발전단지 조성 이후에는 입지적 조건과 풍력 자원의 분포 특성 및 부존량 가치를 감안해 점차 깊은 수심으로 발전단지 사이트가 확장될 전망이나, 타 산업에서의 부유식 플랫폼 기술은 기 확보된 상태인데 반해(부유식 시추선 등), 아직까지 해상풍력 부문에 적용 가능한 실질적인 상용화 기술은 개발되지 않은 상황임
- 따라서 추후 국내 해상풍력 시장에서의 외국기술 의존도를 최소화하고 **세계 기술 선도를 위해 해상풍력 부문에 상용 가능한 부유식 플랫폼 기술 개발이 필요함**



5절. 정부지원 타당성

- 해상풍력 개발 사업의 경우 녹색 신성장 산업으로 일자리 창출 및 기업 상생이 가능한 사업임. 해상풍력 기술은 다양한 분야의 대기업 및 중소기업이 상생협력 할 수 있는 분야로써, **일자리 창출**과 대기업의 신수종 사업 발전을 통해 **중소기업의 성장 견인**을 기대할 수 있음.
- 원유와 가스 등 에너지를 수입에 의존하는 우리나라로서는 안정적인 에너지 확보를 위한 새로운 에너지 개발이 더욱 더 중요함. 해상풍력 개발 사업의 경우 친환경 에너지 확보는 물론 고도의 풍력기술도 축적하게 됨. 이 축적된 기술을 바탕으로 우리 기업의 세계 풍력발전 시장 진출도 가능함에 따라 해상풍력으로 **에너지 확보와 세계풍력시장 진출**이라는 두 마리 토끼를 잡을 수 있음
- 우리나라는 현재 세계 10위의 온실가스 배출국가로서 2020년까지 BAU대비 30%이상 감축 및 2030년까지 에너지 수요의 11%를 신재생에너지로 대체하는 목표를 설정함. 이러한 의무감축을 대비하기 위해 풍력과 같은 신재생에너지원이 필요하게 되며, 50MW급 해상풍력발전단지를 건설하면 **이산화탄소는 연간 약 67,000톤이 감소**하는 효과를 볼 수 있음
- 해상풍력 플랫폼의 설치비용은 전체 공사비의 약 30%이상을 차지함. 이러한 막대한 자금의 축감 여부는 전적으로 건설사와 엔지니어링 회사의 기술력에 달려있으며, 경제성 확보 여부에 따라 국제시장에서의 기업 입지가 달라짐. 해상풍력 플랫폼 관련된 국내 민간기업의 기반 기술은 이미 세계적 수준에 이르렀으나, 응용 및 실증경험 부족으로 전술한 기술력 확보에 어려움을 겪고 있음. 따라서, **국내 산업계의 국제시장 경쟁력 확보**를 위해 국토해양부의 지원이 반드시 필요함
- 해상풍력 플랫폼 시장은 조기 산업화가 가능하기 때문에 민간의 참여의지가 매우 높음. 하지만 민간투자만으로는 원천기술 확보를 위한 높은 비용과 Risk로 인해 기술개발이 쉽지 않아 지속적인 기술 종속이 불가피함. 따라서 국가 차원의 지원을 통해 민간기업 참여 기반을 마련해주어야 하며 이는 유럽 등에서의 경우에서 볼 수 있듯이 국가 발전에 크고 지속적으로 기여할 것임
- 아태지역의 극한환경에서도 플랫폼의 경제성 및 안전성을 확보할 수 있는 기준을 확립함으로써 **국제 표준을 적극적으로 리드**할 수 있음. 이에 따라 국가와 국토해양부의 위상을 높일 수 있으며, 국제 표준화 분야와 더불어 해상풍력 국가 공동체에서 보다 큰 영향력을 행사할 수 있음. 이는 급속히 확대되고 있는 해상풍력 시장에 진출하는 우리나라의 기술 지원에 큰 힘이 될 수 있음



- **해상 안전 및 오염방지**에 관한 국토해양부의 고유 업무로써 부유식 해상 구조물의 경우 반드시 국토해양부령으로 지정하는 기준에 따라 그 안전성을 확보하도록 되어 있음. 본 연구개발 사업은 부유식 해상풍력 플랫폼에 대한 실증평가가 이루어지는 대규모 과제으로써 국토해양부 주도의 과제 지원이 타당함

<표 4-5> 해상풍력 플랫폼 및 발전단지 개발/조성을 위한 주요 인·허가

구 분	근거 법령	주요내용	관련 인·허가 사항
연안관리 계획 협의	연안관리법 제17조, 제20조, 시행령 제10조	연안의 효율적인 보전/이용 및 개발에 관한 사항을 규정함	해상풍력 플랫폼 실증을 위한 연안 사업계획/시행 시, 국토해 양부가 정하는 바에 따른 협의 가 이루어져야 함
풍력설비 사용 허가	공유수면 관리 및 매립에 관한 법률 시행령 제4조, 제6조, 제21조	공유수면의 점용 및 사용에 대한 허가 사항을 규정함. 허가 대상은 신재생에너지 개발/이용/보급 촉진법에 따 른 풍력설비와 전기사업법에 따른 송전선로 및 구 부대설 비를 포함함	해상풍력 플랫폼 개발/실증에 사용되는 풍력설비와 송전선로 를 포함한 부대설비 설치 시, 국토해양부령으로 정하는 바에 따른 허가 및 준공검사가 이루 어져야 함
해상교통 안전진단	해사안전법 제15조	해상의 선박 항행 위험요소 와 장애를 제거하기 위한 안 전진단 기준사항을 규정함	해상풍력 플랫폼 설치 시, 국 토해양부령으로 정하는 해상교 통안전진단 기준에 따라야 함
해역이용 협의	해양환경관리 법 제84조	해양환경의 보전 및 관리에 관한 기본사항을 규정함	공유수면상의 해상풍력 플랫폼 설치/변경/제거 시, 국토해양부 령으로 정하는 바에 따라 공유 수면의 점용 및 사용 허가를 받아야 함
	공유수면 관리 및 매립에 관한 법률 제8조	공유수면의 지속적 이용을 위한 보전/관리 사항과 환경 친화적 매립에 관한 사항을 규정함	

- 아·태지역의 환경특성 분석을 위해 개발되는 통합 환경 분석 시스템은 영리를 취하는 목적이 아닌 기술 특성 상, 기술개발을 위한 정부의 지원이 필요함. 본 기술은 세계 해상풍력 분야에서 최초 도입되는 개념으로써 국토해양부 전용의 시스템 도입을 통해 해상풍력분야 뿐만 아니라 해양환경에 영향을 받는 타 산업 분야 및 주변국가에 파급효과를 가져와 국가와 국토부의 위상을 높일 수 있음



6절. 종합평가 및 결론

- 해상풍력 플랫폼 부문의 기반 기술이라고 할 수 있는 조선, 해양 및 토목분야의 국내 기술력은 현재 세계적 수준에 도달하였으나, 실질적인 해상풍력 플랫폼 기술은 선진 기술 대비 약 20~30% 가량 뒤쳐져 있음
- 현재까지의 이러한 기술력의 차이는 경험 부족에 의한 것으로 볼 수 있으나, 전 세계 풍력시장의 거의 대부분을 점유하고 있는 유럽 국가에서는 현 선도적 위치를 고수하기 위해 보다 경제적이고 구조성능이 우수하며 심해에 적용이 가능한 해상풍력 플랫폼을 개발하기 위해 끊임없는 노력을 기울이고 있음
- 따라서 차기 신재생에너지원으로써 세계적 시장이 급속히 확대되고 있는 해상풍력 플랫폼 분야의 기술력 증진을 위한 정부의 적극적인 R&D 지원이 없을 경우, 경험을 갖춘 후에도 급변하는 해상풍력 플랫폼 시장에서의 기술경쟁력 부재로 지속적인 기술 종속이 불가피함
- 아·태지역의 특수 환경을 고려한 경제적인 플랫폼을 개발하고 현재 세계 풍력시장에서 크게 이슈화 되고 있는 부유식 해상풍력 플랫폼 관련 기술 개발 시, 지역적/환경적 틈새시장 발굴과 새로운 풍력시장 선도가 가능함. 또한 해당 기술을 바탕으로 관련 국제 표준을 선도할 수 있어 IEC 국제 표준회의에서의 국제적 영향력을 넓힐 수 있으며, 이는 다시 국내 기업의 해외 시장진출에 긍정적 영향으로 작용하게 될 것임
- 본 기술 개발을 통해 세계 해상풍력 시장에 대한 국내 해상풍력 플랫폼의 기술 경쟁력을 갖추 수 있으며 100% 국산화된 본 원천 기술을 바탕으로 점차 국가적 중요성이 커지고 있는 에너지 안보 및 에너지 경제에 대한 능동적인 대처가 가능함
- 또한 국내 해상풍력 플랫폼의 경제성을 확보함으로써 단지 구축 및 해상풍력 발전 보급 활성화에 기여함. 이는 거시적으로 건설부문의 고용 및 소득효과, 지역관광 진흥 효과, 관련 연구 인력 및 기술력 축적으로 인한 기술 수출, 파생적 사업 분야 창출 등 다양한 사회적 기여를 제공함
- 해상풍력 플랫폼의 핵심기술 개발을 통해 기술개발-실증-인증서 획득-수출로의 연계를 가능케 함으로써 급속히 확대되고 있는 세계 해상풍력 플랫폼 시장에 대응한 국가 기술 경쟁력을 확보할 수 있음. 또한 아·태지역을 포함한 해외 풍력발전단지 조성사업 수주를 통해 국가경제 증진에 크게 기여할 수 있을 것으로 전망됨



5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력 투입계획

1. 전체사업 인력투입계획

- 4개의 세부과제별 주요 업무를 토대로 총 소요인력을 산출하였으며, 인건비 적용단가는 책임연구원 5,607,488원, 연구원 4,299,744원, 연구보조원 2,874,238원(학술연구용역인건비기준단가)을 적용함

<표 5-1> 해상풍력 플랫폼 건설기술 개발 인력투입계획

기술구분		소요인원			비용 (백만원)
		책임급	원급	보조원	
총괄 과제	사업단 총괄사업 및 기술관리	82.7	105.7	126.9	3,500
핵심 과제1	아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측 시스템 개발	200.0	312.0	264.6	8,800
핵심 과제2	자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	348.0	545.0	423.4	15,050
핵심 과제3	자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발	543.4	832.7	655.8	23,240
핵심 과제4	실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발	236.0	395.0	283.8	33,050
합 계		1,410.1	2,190.4	1,754.5	83,640



2. 세부과제별 인력투입

□ (총괄) 사업단 총괄사업 및 기술관리

<표 5-2> 총괄과제 인력투입계획

기술구분		소요인원			비용 (백만원)
		책임급	원급	보조원	
사업단 총괄 체계 사업관리	사업 총괄 사업관리(인력/일정/사업비)	4.5	5.8	6.3	190
	연차별 진도점검 및 일정관리	3.5	2.8	6.3	140
	연차별 예산조정, 관리 및 정산	4.5	5.8	6.5	190
	연차별 중간연구결과 및 최종연구결과 점검	4.5	5.8	7.0	190
	핵심과제간 상호 연계성 관리	4.5	5.8	7.0	190
	성과물 자료 공유 및 통합관리	3.5	2.8	7.0	140
	내외부 위원회 운영	4.5	5.8	7.0	190
	전문 연구사업관리 시스템 구축	6.0	8.9	8.1	260
	국가연구개발사업 조사, 분석, 평가 관련 업무 협조	4.5	5.8	7.0	190
	국외 협력기관 관련 총괄업무	4.5	5.8	7.0	190
	소계	44.5	55.1	69.2	1,870
사업단 총괄 체계 기술관리	설계 기술관리 계획 수립	4.5	5.8	6.4	190
	체계 및 개발 기술 목표 등 검토, 확인	3.5	2.8	6.4	140
	기술검토회의 참관 및 검증	4.5	5.8	7.0	190
	연구성과물 요구도/기술 만족 추적관리	4.5	5.8	7.0	190
	연구종합정보관리시스템 운용 및 과제관리	4.5	5.8	7.0	190
	연구성과 및 개발자료 DB구축 및 관리	6.0	7.4	8.0	240
	유관기관 정책 협조	4.5	5.8	7.0	190
	국내외 전시회 참가 및 홍보 등 대외 관련 업무 협조	6.2	11.4	8.9	300
	소계	38.2	50.6	57.7	1,630
합계		3,500			



□ (핵심1) 아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측 시스템 개발

<표 5-3> 핵심과제1 인력투입계획

기술구분		소요인원			비용 (백만원)
		책임급	원급	보조원	
아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제 표준화	아태지역(한국, 미국, 일본 등)공동협의의 구성 및 운영을 위한 네트워크 구축	7.0	10.0	9.6	300
	아태지역 사이트 특성 데이터(태풍, 낙뢰, 지진 등) 분석	41.0	68.0	60.6	1,900
	태풍, 낙뢰, 지진 등을 고려한 플랫폼 거동 특성 분석	4.0	7.8	6.0	200
	해상풍력 관련 IEC 논쟁의제 자료 분석 및 아태지역 공동 협의체간 전략적 협력방안 분석	4.0	7.8	6.0	200
	국제적인 상호인정을 위한 합의안 도출 및 IEC 국제표준화 의제 개발/활동	8.0	15.6	12.0	400
	아태지역 사이트 특성을 고려한 국제적인 설계/인증 가이드라인 개발	15.0	21.0	15.9	600
	소계	79.0	130.2	110.1	3,600
해양 플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측 시스템	해양 플랫폼 설계를 위한 한반도 연안 고해상도 해상 환경(태풍 바람, 파랑, 조류 등) 모델 개발	21.0	30.0	28.5	900
	해상 풍력 플랫폼 설계를 위한 바람, 파랑, 조류 특성 추정 및 분석	8.0	10.0	7.8	300
	한반도 연안 해양 플랫폼 운영 및 유지관리를 위한 해상상태 예측 시스템 개발	22.0	30.0	27.0	900
	실해역 데이터 수집/분석을 통한 예측 모델 검증 및 특성 분석	50.0	84.0	69.9	2,300
	해양환경 통계처리 DB 및 웹 정보시스템 개발	16.0	20.0	15.3	600
	개발된 시스템 검증/보완 및 Feed-Back을 통한 최적화	4.0	7.8	6.0	200
	소계	121.0	181.8	154.5	5,200
합계		8,800			

□ (핵심2) 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발

<표 5-4> 핵심과제2 인력투입계획

기술구분		소요인원			비용 (백만원)
		책임급	원급	보조원	
자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술	낙뢰특성 고려 설계 및 평가기술 개발	16.0	25.7	19.6	700
	내진설계 및 평가기술 고도화	16.0	25.7	19.6	700
	태풍특성 고려 설계 및 평가기술 고도화	16.0	25.7	19.6	700
	선박충돌 설계 및 평가기술 고도화	16.0	25.7	19.6	700
	ICE Load 고려 설계 및 평가기술 개발	16.0	25.7	19.6	700
	콘크리트 플랫폼 피로수명 평가기술 개발	16.0	25.7	19.4	700
	강재 플랫폼 SCF 산정기술 개발	16.0	25.7	19.4	700
	소계	112.0	179.9	136.8	4,900
자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술	세굴 설계 및 평가기술 개발	16.0	22.8	17.7	650
	기초 성능평가 기술 고도화	10.0	19.5	15.0	500
	GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발	19.0	28.8	21.6	800
	장기 반복하중에 따른 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발	10.0	19.5	15.0	500
	해양환경조사기법 신뢰성 향상기술 개발	10.0	19.5	15.1	500
	횡방향 재하시험 방법 및 평가기술 개발	26.0	51.7	37.5	1,300
	소계	91.0	161.8	121.9	4,250
연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술	대용량화에 따른 기존 플랫폼 대비 재료 또는 형식 성능 개선기술 개발	19.0	28.8	21.6	800
	플랫폼 수명연장을 위한 최적의 부식/방식 기술 개발	21.0	29.9	22.5	850
	해양생물(Marine growth) 고려 플랫폼 구조거동 분석 및 성능개선 기술 개발	26.0	37.9	32.2	1,100
	플랫폼-타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선 기술 개발	29.0	40.0	36.2	1,200
	고도화 기술 검증을 위한 국제인증 수행 및 평가	20.0	25.0	19.6	750
	플랫폼 친환경 해체기술 및 활용방안/대체방안 분석	16.0	22.8	17.8	650
	Weather Window 기반 장비조합/운송/설치 공정 최적화	14.0	18.9	14.8	550
	소계	145.0	203.3	164.7	5,900
합계		15,050			

□ (핵심3) 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발

<표 5-5> 핵심과제3 인력투입계획

기술구분		소요인원			비용 (백만원)
		책임급	원급	보조원	
아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템	운동저감형 부유식 플랫폼 형상 개발	8.0	17.8	14.2	440
	부유식 플랫폼 통합하중 해석 기술 개발	29.0	39.9	30.6	1,150
	해양환경-부유식 플랫폼-계류 상호연계 해석기술 개발	28.0	38.0	28.9	1,100
	부유식 플랫폼 운동 저감 장치 개발	36.0	49.0	41.4	1,450
	충돌, 지진 해석 및 안전성 평가 기술 개발	9.0	17.8	12.9	450
	한계상태 설계 및 안전성 평가 기술 개발	9.0	17.8	12.9	450
	플랫폼 구조시스템 및 연결부 설계기술 개발	34.0	47.9	40.6	1,400
	축소모형 실험기법 및 성능평가 기술 개발	14.0	27.3	21.0	700
	부유체 운동특성을 고려한 통합제어기술 개발	28.0	42.7	34.2	1,200
소계		195.0	298.2	236.7	8,340
아태지역 지반/해양 환경 특성을 고려한 계류시스템	부유체 운동저감형 계류시스템 개발	23.0	36.6	28.0	1,000
	계류라인 장력 평가 및 조정 기술 개발	23.2	33.2	28.9	970
	계류라인 피로설계 기술 개발	23.0	36.6	28.0	1,000
	계류시스템 비선형 해석 및 거동 평가 기술 개발	22.0	33.8	27.6	950
	계류시스템 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	8.0	15.9	11.1	400
	소계	99.2	156.1	123.6	4,320
아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템	해저지반 특성을 고려한 앵커시스템 개발	44.0	52.9	45.3	1,650
	인발 및 횡지지력 향상 앵커시스템 개발	19.0	27.4	21.2	780
	불균질 해저지형) 해저기초 설치기술 개발	36.0	43.0	36.7	1,340
	앵커 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	9.5	16.9	12.0	440
	대심도 급속 정밀 설치 기술 개발	17.0	23.9	17.3	680
	소계	125.5	164.1	132.5	4,890
부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술	부유식 플랫폼 급속 제작 기술 개발	16.0	25.2	19.3	690
	시공단계별 시뮬레이션 및 안전성 평가 기술 개발	18.7	28.2	23.3	800
	플랫폼, 계류시스템 설치 최적 공정 기술 개발	6.0	10.5	7.0	270
	부유식 해상풍력 플랫폼 시스템 제작/설치매뉴얼 개발	4.0	8.0	5.4	200
	해상에서의 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	6.0	11.0	7.2	280
	소계	50.7	82.9	62.2	2,240
부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증	부유식 플랫폼 설계/인증기준 개발	16.0	20.0	15.5	600
	국제요건에 적합한 부유식 플랫폼 설계요건 및 통합하중 해석	8.0	15.6	12.3	400
	부유식 플랫폼 운동성능 설계평가	14.0	27.3	21.1	700
	부유식 플랫폼 구조안전성 설계평가	14.0	27.3	21.0	700
	계류라인의 설계평가	14.0	27.3	21.0	700
	부유식 플랫폼 제조검사 및 성능평가	7.0	13.9	9.9	350
	소계	73.0	131.4	100.8	3,450
합계		23,240			



□ (핵심4) 실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발

<표 5-6> 핵심과제4 인력투입계획

기술구분		소요인원			비용 (백만원)
		책임급	원급	보조원	
기술 검증을 위한 실증 사이트 구축 및 운영관리 기술	최적의 실증 Site 구축을 위한 사이트 평가	10.0	14.0	10.7	400
	실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발	25.0	44.0	27.1	8,150
	실증 Site 운영 및 사업화 방안 분석	12.0	15.0	11.7	450
	형상 및 성능이 개선된 고정식 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측	33.0	60.0	44.5	4,150
	부유식 해상풍력 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측	42.0	84.0	53.4	15,000
	소계	122.0	217.0	147.4	28,150
플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술	선박충돌/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템 개발	19.0	28.8	22.0	800
	해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감기술 개발	19.0	28.8	22.0	800
	세굴 모니터링 시스템 개발	14.0	21.7	16.9	600
	플랫폼 유지관리 및 보수/보강 기술 통합 지침 개발	10.0	19.5	15.1	500
	비상시 응급대처(발라시팅, 장력조정 등)가이드 개발	10.0	19.5	15.1	500
	플랫폼 비파괴 검사기술 개발(수면 위, 수중 포함)	16.0	22.8	17.4	650
	부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발	26.0	36.9	28.0	1,050
	소계	114.0	178.0	136.5	4,900
합계		33,050			

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정방법

- ☐ 요소기술 별 주요 업무를 토대로 세부과제 소요인력을 산정 한 후 최종적으로 사업단에 소요되는 인력을 산정함
- ☐ 비목별 총액 산정은 소요되는 인건비를 기준으로 제경비와 기술료를 산정하여 총액을 계상함

<표 5-7> 세부과제별 총액 산정 기준

구분	기준	적용기준	비율(100%)
직접인건비	학술연구용역인건비기준단가	· 책임연구원 : 5,607,488원 · 연구원 : 4,299,744원 · 연구보조원 : 2,874,238원	36.63%
제경비	직접인건비의 110~120%	· 직접인건비의 110% (단, 실증 연구의 경우, 위 기준을 상회하여 산정함)	40.29%
기술료	(직접인건비+제경비)의 20~40%	· (직접인건비+제경비)의 30%	23.08%

주) SW산업협회의 SW 개발대가 산정 기준 준용

- 실증 사이트 구축 등 인건비 대비 제경비가 많이 소요되는 일부 세부과제에 대하여는 비목별 비용 산정 비율을 조정함(인건비 : 36.63% → 5% / 제경비 : 40.29% → 71.92%)

2. 전체사업 소요예산

- ☐ 전체사업 소요예산

단위 : 백만원

기술구분	인건비 (참여율 100% 가정 시 참여인력)				제경비	기술료	합계
	책임급	원급	보조원	계			
사업단 총괄사업 및 기술관리	464	454	386	1,282	1,410	808	3,500
아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측 시스템 개발	1,121	1,342	761	3,223	3,546	2,031	8,800
자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	1,951	2,343	1,217	5,513	6,064	3,473	15,050
자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발	3,047	3,581	1,885	8,513	9,364	5,363	23,240
실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발	1,323	1,698	816	3,835	21,587	7,627	33,050
합계	22,366				41,971	19,302	83,640



□ 년차별 소요예산

단위: 백만원

연구내용			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도
총괄 과제 사업단 총괄사 업 및 기술관 리	사업단 총괄 체계 사업관 리	사업 총괄 사업관리(인력/일정/사업비)	20	20	30	30	30	30	30
		연차별 진도점검 및 일정관리	20	20	20	20	20	20	20
		연차별 예산조정, 관리 및 정산	20	20	30	30	30	30	30
		연차별 중간연구결과 및 최종연구결과 점검	20	20	30	30	30	30	30
		핵심과제간 상호 연계성 관리	20	20	30	30	30	30	30
		성과물 자료 공유 및 통합관리	20	20	20	20	20	20	20
		내외부 위원회 운영	20	20	30	30	30	30	30
		전문 연구사업관리 시스템 구축	100	160					
		국가연구개발사업 조사, 분석, 평가 관련 업무 협조	20	20	30	30	30	30	30
		국외 협력기관 관련 총괄업무	20	20	30	30	30	30	30
	사업단 총괄 체계 기술관 리	설계 기술관리 계획 수립	20	20	30	30	30	30	30
		체계 및 개발 기술 목표 등 검토, 확인	20	20	20	20	20	20	20
		기술검토회의 참관 및 검증	20	20	30	30	30	30	30
		연구성과물 요구도/기술 만족 추적관리	20	20	30	30	30	30	30
		연구종합정보관리시스템 운용 및 과제관리	20	20	30	30	30	30	30
		연구성과 및 개발자료 DB구축 및 관리	70	20	30	30	30	30	30
		유관기관 정책 협조	20	20	30	30	30	30	30
		국내외 전시회 참가 및 홍보 등 대외 관련 업무 협조	30	20	50	50	50	50	50
소계			500	500	500	500	500	500	
핵심 과제1 아태지 역 환경특 성 분석 국제 공동연 구 및 국제 표준화 해양환 경특성 예측 시스템 개발	아태지 역 환경특 성 분석 국제 공동연 구 및 국제 표준화	아태지역(한국, 미국, 일본 등)공동협의의 구성 및 운영을 위한 네트워크 구축	300						
		아태지역 사이트 특성 데이터(태풍, 낙뢰, 지진 등) 분석	300	800	800				
		태풍, 낙뢰, 지진 등을 고려한 플랫폼 거동 특성 분석			100	100			
		해상풍력 관련 IEC 논쟁의제 자료 분석 및 아태지역 공동 협의체간 전략적 협력방안 분석				100	100		
		국제적인 상호인정을 위한 합의안 도출 및 IEC 국제표준화 의제 개발/활동				100	100	100	100
		아태지역 사이트 특성을 고려한 국제적인 설계/인증 가이드라인 개발				200	200	200	
	해양플 랫폼 개발을 위한	해양 플랫폼 설계를 위한 한반도 연안 고해상도 해상 환경(태풍 바람, 파랑, 조류 등) 모델 개발	300	300	300				



	해양환경 특성 분석 및 예측시스템	해상 풍력 플랫폼 설계를 위한 바람, 파랑, 조류 특성 추정 및 분석			150	150			
		한반도 연안 해양 플랫폼 운영 및 유지관리를 위한 해상상태 예측 시스템 개발		150	300	300	150		
		실해역 데이터 수집/분석을 통한 예측 모델 검증 및 특성 분석	100	500	900	500	300		
		해양환경 통계처리 DB 및 웹 정보시스템 개발		150	150	150	150		
		개발된 시스템 검증/보완 및 Feed-Back을 통한 최적화						100	100
소계			1,000	1,900	2,700	1,600	1,000	400	200
핵심 과제2 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발	자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술	낙뢰특성 고려 설계 및 평가기술 개발	100	200	200	100	100		
		내진설계 및 평가기술 고도화	100	200	200	100	100		
		태풍특성 고려 설계 및 평가기술 고도화	100	200	200	100	100		
		선박충돌 설계 및 평가기술 고도화	100	200	200	100	100		
		ICE Load 고려 설계 및 평가기술 개발	100	200	200	100	100		
		콘크리트 플랫폼 피로수명 평가기술 개발	100	200	200	100	100		
		강재 플랫폼 SCF 산정기술 개발	100	200	200	100	100		
	자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술	세굴 설계 및 평가기술 개발	100	150	150	150	100		
		기초 성능평가 기술 고도화	100	100	100	100	100		
		GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발	100	200	200	200	100		
		장기 반복하중에 따른 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발	100	100	100	100	100		
		해양환경조사기법 신뢰성 향상기술 개발	100	100	100	100	100		
		횡방향 재하시험 방법 및 평가기술 개발	100	500	500	100	100		
	연안 플랫폼 내구성 및 안전성 향상 기술	대용량화에 따른 기존 플랫폼 대비 재료 또는 형식 성능 개선기술 개발	100	200	200	200	100		
		플랫폼 수명연장을 위한 최적의 부식/방식 기술 개발	150	200	200	200	100		
		해양생물(Marine growth) 고려 플랫폼 구조거동 분석 및 성능개선 기술 개발	200	300	300	200	100		
		플랫폼-타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선 기술 개발	150	300	300	300	150		
		고도화 기술 검증을 위한 국제인증 수행 및 평가	150	150	150	150	150		
		플랫폼 친환경 해체기술 및 활용방안/대체방안 분석	100	150	150	150	100		
		Weather Window 기반 장비조합/운송/설치 공정 최적화	100	150	150	150			
	소계			2,250	4,000	4,000	2,800	2,000	



핵심 과제3 자연재 해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍 력 플랫폼 개발	아태지 역 해양환 경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템	운동저감형 부유식 플랫폼 형상 개발	100	120	120	100			
		부유식 플랫폼 통합하중 해석 기술 개발	150	200	200	200	150	150	100
		해양환경-부유식 플랫폼-계류 상호연계 해석기술 개발	150	200	200	200	150	150	50
		부유식 플랫폼 운동 저감 장치 개발	150	300	300	200	200	150	150
		충돌, 지진 해석 및 안전성 평가 기술 개발	50	50	50	100	100	50	50
		한계상태 설계 및 안전성 평가 기술 개발	50	50	50	100	100	50	50
		플랫폼 구조시스템 및 연결부 설계기술 개발	150	300	300	200	200	150	100
		축소모형 실험기법 및 성능평가 기술 개발	100	100	100	100	100	100	100
		부유체 운동특성을 고려한 통합제어기술 개발	100	200	200	300	200	100	100
	아태지 역 지반/ 해양환 경 특성을 고려한 계류시 스템	부유체 운동저감형 계류시스템 개발	100	200	200	200	100	100	100
		계류라인 장력 평가 및 조정 기술 개발	150	300	200	200	120		
		계류라인 피로설계 기술 개발	100	200	200	200	100	100	100
		계류시스템 비선형 해석 및 거동 평가 기술 개발	100	200	300	200	100	50	
		계류시스템 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	50	50	50	100	50	50	50
	아태지 역 지반환 경 특성을 고려한 앵커시 스템	해저지반 특성을 고려한 앵커시스템 개발	200	350	350	250	200	200	100
		인발 및 횡지지력 향상 앵커시스템 개발	50	100	200	150	150	50	80
		불균질 해저지형(경사도 10도이상) 해저기초 설치기술 개발	140	200	330	330	200	70	70
		앵커 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	50	50	50	100	80	60	50
		대심도 급속 정밀 설치 기술 개발	70	100	150	200	80	80	
	부유식 해상풍 력 플랫폼 제작 및 설치기 술	부유식 플랫폼 급속 제작 기술 개발	70	100	200	100	100	70	50
		시공단계별 시뮬레이션 및 안전성 평가 기술 개발	50	80	150	200	150	120	50
		플랫폼, 계류시스템 설치 최적 공정 기술 개발			50	50	70	50	50
		부유식 해상풍력 플랫폼 시스템 제작/설치매뉴얼 개발			50	50	50	50	
		해상에서의 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발		50	50	80	50	50	
	부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및	부유식 플랫폼 설계/인증기준 개발	150	150	150	150			
		국제요건에 적합한 부유식 플랫폼 설계요건 및 통합하중 해석		100	100	100	100		
		부유식 플랫폼 운동성능 설계평가(유체 정역학적 및 동역학적 등)	100	100	100	100	100	100	100



	검증	부유식 플랫폼 구조안전성 설계평가(극한, 피로, 사고 등)	100	100	100	100	100	100	100
		계류라인의 설계평가(극한, 피로, Mooring failure 등)	100	100	100	100	100	100	100
		부유식 플랫폼 제조검사 및 성능평가		50	50	50	50	50	100
소계			2,580	4,100	4,650	4,510	3,250	2,350	1,800
핵심 과제 4 실증 사이 트 구축 및 운영/ 유지 관리 기술 개발	기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술	최적의 실증 Site 구축을 위한 사이트 평가	200	200					
		실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발		1,700	3,250	3,200			
		실증 Site 운영 및 사업화 방안 분석			150	150	150		
		형상 및 성능이 개선된 고정식 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측		500	500	1,000	1,000	1,000	150
		부유식 해상풍력 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측		2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
	플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술	선박충돌/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템 개발	100	200	200	200	100		
		해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감기술 개발	100	200	200	200	100		
		세굴 모니터링 시스템 개발	100	150	150	100	100		
		플랫폼 유지관리 및 보수/보강 기술 통합 지침 개발	100	100	100	100	100		
		비상시 응급대처(발라시팅, 장력조정 등)가이드 개발	100	100	100	100	100		
		플랫폼 비파괴 검사기술 개발(수면 위, 수중 포함)	100	150	150	150	100		
		부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발	150	200	200	200	200	100	
	소계			950	6,000	7,500	7,900	4,450	3,600
합계			7,280	16,500	19,350	17,310	11,200	6,850	5,150
총계(정부출연금)			83,640						



3. 세부과제별 소요예산

□ (총괄) 사업단 총괄사업 및 기술관리

기술구분		인건비 (참여율 100% 가정시 참여인력)				제경비	기술료	합계
		책임급	원급	보조원	계			
사업단 총괄 체계 사업관리	사업 총괄 사업관리(인력/일정/사업비)	25	25	18	70	77	44	190
	연차별 진도점검 및 일정관리	20	12	18	51	56	32	140
	연차별 예산조정, 관리 및 정산	25	25	19	70	77	44	190
	연차별 중간연구결과 및 최종연구결과 점검	25	25	20	70	77	44	190
	핵심과제간 상호 연계성 관리	25	25	20	70	77	44	190
	성과물 자료 공유 및 통합관리	20	12	20	51	56	32	140
	내외부 위원회 운영	25	25	20	70	77	44	190
	전문 연구사업관리 시스템 구축	34	38	23	95	105	60	260
	국가연구개발사업 조사, 분석, 평가 관련 업무 협조	25	25	20	70	77	44	190
	국외 협력기관 관련 총괄업무	25	25	20	70	77	44	190
	소계	250	237	199	685	753	432	1,870
사업단 총괄 체계 기술관리	설계 기술관리 계획 수립	25	25	18	70	77	44	190
	체계 및 개발 기술 목표 등 검토, 확인	20	12	18	51	56	32	140
	기술검토회의 참관 및 검증	25	25	20	70	77	44	190
	연구성과물 요구도/기술 만족 추적관리	25	25	20	70	77	44	190
	연구종합정보관리시스템 운용 및 과제관리	25	25	20	70	77	44	190
	연구성과 및 개발자료 DB구축 및 관리	34	32	23	88	97	55	240
	유관기관 정책 협조	25	25	20	70	77	44	190
	국내외 전시회 참가 및 홍보 등 대외 관련 업무 협조	35	49	26	110	121	69	300
	소계	214	218	166	597	657	376	1,630
합계		1,282				1,410	808	3,500



□ (핵심1) 아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측 시스템 개발

기술구분		인건비 (참여율 100% 가정시 참여인력)				제강비	기술료	합계
		책임급	원급	보조원	계			
아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제 표준화	아태지역(한국, 미국, 일본 등)공동협의 구성 및 운영을 위한 네트워크 구축	39	43	28	110	121	69	300
	아태지역 사이트 특성 데이터(태풍, 낙뢰, 지진 등) 분석	230	292	174	696	766	438	1,900
	태풍, 낙뢰, 지진 등을 고려한 플랫폼 거동 특성 분석	22	34	17	73	81	46	200
	해상풍력 관련 IEC 논쟁의제 자료 분석 및 아태지역 공동 협의체간 전략적 협력방안 분석	22	34	17	73	81	46	200
	국제적인 상호인정을 위한 합의안 도출 및 IEC 국제표준화 의제 개발/활동	45	67	34	147	161	92	400
	아태지역 사이트 특성을 고려한 국제적인 설계/인증 가이드라인 개발	84	90	46	220	242	138	600
	소계	443	560	316	1,319	1,451	831	3,600
해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측시스 템	해양 플랫폼 설계를 위한 한반도 연안 고해상도 해상 환경(태풍 바람, 파랑, 조류 등) 모델 개발	118	129	82	330	363	208	900
	해상 풍력 플랫폼 설계를 위한 바람, 파랑, 조류 특성 추정 및 분석	45	43	22	110	121	69	300
	한반도 연안 해양 플랫폼 운영 및 유지관리를 위한 해상상태 예측 시스템 개발	123	129	78	330	363	208	900
	실해역 데이터 수집/분석을 통한 예측 모델 검증 및 특성 분석	280	361	201	842	927	531	2,300
	해양환경 통계처리 DB 및 웹 정보시스템 개발	90	86	44	220	242	138	600
	개발된 시스템 검증/보완 및 Feed-Back을 통한 최적화	22	34	17	73	81	46	200
	소계	679	782	444	1,905	2,095	1,200	5,200
합계		3,223				3,546	2,031	8,800



□ (핵심2) 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발

기술구분		인건비 (참여율 100% 가정시 참여인력)				제경비	기술료	합계
		책임급	원급	보조원	계			
자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해 석 기술	낙뢰특성 고려 설계 및 평가기술 개발	90	111	56	256	282	162	700
	내진설계 및 평가기술 고도화	90	111	56	256	282	162	700
	태풍특성 고려 설계 및 평가기술 고도화	90	111	56	256	282	162	700
	선박충돌 설계 및 평가기술 고도화	90	111	56	256	282	162	700
	ICE Load 고려 설계 및 평가기술 개발	90	111	56	256	282	162	700
	콘크리트 플랫폼 피로수명 평가기술 개발	90	111	56	256	282	162	700
	강재 플랫폼 SCF 산정기술 개발	90	111	56	256	282	162	700
	소계	628	774	393	1,795	1,974	1,131	4,900
자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지 반 핵심 설계/해 석 기술	세굴 설계 및 평가기술 개발	90	98	51	238	262	150	650
	기초 성능평가 기술 고도화	56	84	43	183	201	115	500
	GIS 기술을 활용한 지반정보시스템 개발	107	124	62	293	322	185	800
	장기 반복하중에 따른 지반피로 안전성 평가 및 검증기술 개발	56	84	43	183	201	115	500
	해양환경조사기법 신뢰성 향상기술 개발	56	84	43	183	201	115	500
	횡방향 재하시험 방법 및 평가기술 개발	146	222	108	476	524	300	1,300
	소계	510	696	350	1,557	1,712	981	4,250
연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술	대용량화에 따른 기존 플랫폼 대비 재료 또는 형식 성능 개선기술 개발	107	124	62	293	322	185	800
	플랫폼 수명연장을 위한 최적의 부식/방식 기술 개발	118	129	65	311	342	196	850
	해양생물(Marine growth) 고려 플랫폼 구조거동 분석 및 성능개선 기술 개발	146	163	93	403	443	254	1,100
	플랫폼-타워 연결부 재료 및 형식 성능 개선 기술 개발	163	172	104	440	484	277	1,200
	고도화 기술 검증을 위한 국제인증 수행 및 평가	112	107	56	275	302	173	750
	플랫폼 친환경 해체기술 및 활용방안/대체방안 분석	90	98	51	238	262	150	650
	Weather Window 기반 장비조합/운송/설치 공정 최적화	79	81	43	201	222	127	550
	소계	813	874	473	2,161	2,377	1,362	5,900
합계		5,513				6,064	3,473	15,050



□ (핵심3) 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발

기술구분		인건비 (참여율 100% 가정시 참여인력)				제경비	기술료	합계
		책임급	원급	보조원	계			
아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템	운동저감형 부유식 플랫폼 형상 개발	45	77	41	161	177	102	440
	부유식 플랫폼 통합하중 해석 기술 개발	163	172	88	421	463	265	1,150
	해양환경-부유식 플랫폼-계류 상호연계 해석기술 개발	157	163	83	403	443	254	1,100
	부유식 플랫폼 운동 저감 장치 개발	202	211	119	531	584	335	1,450
	충돌, 지진 해석 및 안전성 평가 기술 개발	50	77	37	165	181	104	450
	한계상태 설계 및 안전성 평가 기술 개발	50	77	37	165	181	104	450
	플랫폼 구조시스템 및 연결부 설계기술 개발	191	206	117	513	564	323	1,400
	축소모형 실험기법 및 성능평가 기술 개발	79	117	60	256	282	162	700
	부유체 운동특성을 고려한 통합제어기술 개발	157	184	98	440	484	277	1,200
	소계	1,093	1,282	680	3,055	3,360	1,925	8,340
아태지역 지반/해 양환경 특성을 고려한 계류시스 템	부유체 운동저감형 계류시스템 개발	129	157	80	366	403	231	1,000
	계류라인 장력 평가 및 조정 기술 개발	130	143	83	355	391	224	970
	계류라인 피로설계 기술 개발	129	157	80	366	403	231	1,000
	계류시스템 비선형 해석 및 거동 평가 기술 개발	123	145	79	348	383	219	950
	계류시스템 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	45	68	32	147	161	92	400
	소계	556	671	355	1,582	1,741	997	4,320
아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스 템	해저지반 특성을 고려한 앵커시스템 개발	247	227	130	604	665	381	1,650
	인발 및 횡지지력 향상 앵커시스템 개발	107	118	61	286	314	180	780
	불균질 해저지형(경사도 10도이상) 해저기초 설치기술 개발	202	185	105	491	540	309	1,340
	앵커 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	53	73	34	161	177	102	440
	대심도 급속 정밀 설치 기술 개발	95	103	50	249	274	157	680
	소계	704	706	381	1,791	1,970	1,128	4,890



부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술	부유식 플랫폼 급속 제작 기술 개발	90	108	55	253	278	159	690
	시공단계별 시뮬레이션 및 안전성 평가 기술 개발	105	121	67	293	322	185	800
	플랫폼, 계류시스템 설치 최적 공정 기술 개발	34	45	20	99	109	62	270
	부유식 해상풍력 플랫폼 시스템 제작/설치매뉴얼 개발	22	34	16	73	81	46	200
	해상에서의 성능검증 및 안전성 평가 기술 개발	34	47	21	103	113	65	280
	소계	285	355	179	821	903	517	2,240
부유식 플랫폼 국제 인증을 위한 평가 및 검증	부유식 플랫폼 설계/인증기준 개발	90	86	45	220	242	138	600
	국제요건에 적합한 부유식 플랫폼 설계요건 및 통합하중 해석	45	67	35	147	161	92	400
	부유식 플랫폼 운동성능 설계평가(유체 정역학적 및 동역학적 등)	79	117	61	256	282	162	700
	부유식 플랫폼 구조안전성 설계평가(극한, 피로, 사고 등)	79	117	60	256	282	162	700
	계류라인의 설계평가(극한, 피로, Mooring failure 등)	79	117	60	256	282	162	700
	부유식 플랫폼 제조검사 및 성능평가	39	60	28	128	141	81	350
	소계	409	565	290	1,264	1,390	796	3,450
합계		8,513				9,364	5,363	23,240



□ (핵심4) 실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발

기술구분		인건비 (참여율 100% 가정시 참여인력)				제경비	기술료	합계
		책임급	원급	보조원	계			
기술 검증을 위한 실증사이 트 구축 및 운영관리 기술	최적의 실증 Site 구축을 위한 사이트 평가	56	60	31	147	161	92	400
	실증 Site 구축을 위한 인프라 설계 및 시공기술 개발	140	189	78	407	5,861	1,881	8,150
	실증 Site 운영 및 사업화 방안 분석	67	64	34	165	181	104	450
	형상 및 성능이 개선된 고정식 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측	185	258	128	571	2,621	958	4,150
	부유식 해상풍력 플랫폼 제작/설치 및 Performance 계측	236	361	153	750	10,788	3,462	15,000
	소계	684	932	424	2,040	19,612	6,497	28,150
플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술	선박충돌/조류/해양생물 알람 통합 모니터링 시스템 개발	107	124	63	293	322	185	800
	해상풍력 플랫폼 설치에 따른 환경영향 예측 및 저감기술 개발	107	124	63	293	322	185	800
	세굴 모니터링 시스템 개발	79	93	49	220	242	138	600
	플랫폼 유지관리 및 보수/보강 기술 통합 지침 개발	56	84	43	183	201	115	500
	비상시 응급대처(발라시팅, 장력조정 등)가이드 개발	56	84	43	183	201	115	500
	플랫폼 비파괴 검사기술 개발(수면 위, 수중 포함)	90	98	50	238	262	150	650
	부유식 플랫폼, 계류시스템 통합 모니터링 시스템 개발	146	159	80	385	423	242	1,050
	소계	639	765	392	1,795	1,974	1,131	4,900
합계		3,835				21,587	7,627	33,050



6장. 과제 제안요구서

1절. 사업단 과제 제안요구서(RFP)

1. 지속가능발전 해상풍력 플랫폼 시스템 개발 사업단

후보과제명	지속가능발전 해상풍력 플랫폼 시스템 개발
1. 연구개발 목표	○ 고부가가치 해상풍력 플랫폼 시스템 기술 자립화 및 선진화 - 국제공동 연구 및 국제표준화 활동/의제 개발 - 플랫폼 핵심엔지니어링 기술의 100% 자립화 - 핵심엔지니어링 기술 선진국 대비 100% 이상 확보 - 기 개발된 고정식 플랫폼 대비 10%이상 비용절감, 성능 10%이상 향상 - 우리나라 독자적인 ECO(Eco-friendly, Cost-effective Offshore) 플랫폼 개발 및 실증 - 플랫폼 국제인증서(Certificate) 획득 - 공기단축 및 원가절감 조립/운송/설치 공정 최적화 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	○ 해상풍력 플랫폼 관련기술 개발은 정부가 추진하고 있는 ‘녹색성장’ 정책에 명확히 부합되는 기술로서, 추후 국가의 에너지 안보 및 다각화를 책임질 수 있는 사회기반시설 기술을 개발한다는 데에 국가적 의의가 있음 ○ 국내에서 추진 중인 해상풍력 프로젝트의 경우 설계요건 및 설계기준을 대부분 유럽에서 개발된 가이드라인을 근거로 시행되고 있으나, 특히 우리나라와 같은 아시아-태평양 지역의 경우 유럽의 북해지역과 달리 지진, 낙뢰 및 태풍에 의한 피해가 매우 높기 때문에 해상풍력 플랫폼 설계시 이에 대한 고려가 반드시 필요함 ○ 우리나라와 환경 여건이 비슷한 일본, 미국 등에서도 이와 같은 문제점을 인식하여 자국적으로 관련 기술 개발을 통해 국제 시장 진입 및 국제 표준화 활동을 적극적으로 추진하고 있으나, 기 형성된 유럽 국가들의 장벽을 진입하기에는 어려움을 겪고 있음 ○ 따라서, 아시아-태평양 지역의 풍력 후발 국가들이 유럽과의 차별성 및 경쟁력을 확보하기 위한 기술(태풍, 낙뢰, 지진 등)을 공동으로 개발하여 공유함으로써 국제 시장에서 영향력을 확보할 수 있는 전략이 필요한 실정임 ○ 해상풍력발전은 일반 SOC(Social Overhead Capital) 구조물과 달리 전기를 생산하는 사업으로 Low COE(Cost of Energy)가 궁극적인



	목표이며 핵심 이슈임. 따라서 Low COE를 확보할 수 있는 기술개발에 초점을 맞추어 추진하고 있으며 핵심기술을 정리하면 다음과 같음 - 높은 발전량 생산 기술 - 주 기기 및 플랫폼 가격 저가화 기술 - 낮은 유지보수 비용 개발 기술 ○ 해상풍력 상부(블레이드, 너셀, 타워 등)를 지지하는 플랫폼의 경우 해상풍력 전체 공사비의 약 30%를 차지하는 구조물로서 풍력발전의 경제성 및 안전성 여부를 결정하는 핵심기술로서 그 중요성을 인식하여 국제적으로 관련기술 개발이 활발히 진행 중임 ○ 최근 IEC(International Electrotechnical Commission) 국제 표준회의에서는 플랫폼과 관련해 신형식 플랫폼과 부유식 플랫폼이 주요 이슈로 떠오르고 있으며, 관련 기준을 제정 중에 있음. 현재 주요 해상풍력 선도국가에서는 비록 개발 초기단계이긴 하나, 상업성을 갖는 해상풍력 플랫폼 개발을 위해 정부차원의 기술 지원을 아끼지 않고 있음 ○ 하지만, 국내에서는 기반 기술력(선박/해양구조물 엔지니어링 기술, 구조물 시공기술 등)이 충분히 확보되어 있음에도 불구하고 일부 추진 중인 R&D 기술개발 사업이 전체 해상풍력 플랫폼 개발 사업을 포괄하고 있는 것처럼 인식되어 한정된 기술개발만이 진행 중에 있음 ○ 실제 국내에서 추진 중에 해상풍력 플랫폼 R&D의 경우 자체 핵심원천기술이 부족하여 해외의 기술을 벤치마킹하는 수준으로 국제 시장 진입을 위해서는 아태지역의 극한환경을 반영한 성능이 향상된 기술개발을 통해 지역적 환경적 틈새시장 발굴과 새로운 풍력시장 선도가 가능함 ○ 또한, 해당 기술을 바탕으로 관련 국제 표준을 선도할 수 있어 IEC 국제 표준회의에서 국제적 영향력을 넓힐 수 있으며, 이는 다시 국내 기업의 해외 시장진출에 긍정적 영향으로 작용하게 될 것임
□ 기술동향	○ (정책동향) - 중국의 경우 해상풍력 플랫폼 관련 원천기술을 단기간에 확보하기 위해 국영기업의 해외 선진기업과의 협력, 국산부품 의무화 정책 등 강력한 정부지원 정책을 펴고 있으며 이를 바탕으로 아태지역에서 현재 가장 빠르게 규모 있게 성장하고 있음 - 일본의 경우 후쿠시마 원전사태 이후 해상풍력에 대한 적극적인 정책 지원이 이루어지고 있으며, 육상 풍력자원이 비교적 풍부한 미국 역시 최근 급속히 확대되는 해상풍력 시장에 관심을 갖고 원천기술 확보와 세계시장 진입/선도를 위해 다양한 정책적 지원을 도모하고 있음 ○ (시장동향) - 아시아-태평양 시장의 경우 아직까지 그 규모가 유럽에 비해 크지 않으나 국책 은행의 저금리 파이낸싱 제공 등의 강력한 정부지원 정책을 바탕으로 한 중국을 중심으로 빠르게 성장하고 있으며,



2014년을 전후하여 세계적 시장으로써 가시적 규모를 갖출 것으로 전망되고 있음

- 국내시장의 경우 현재까지 개발된 해상풍력 발전단지가 없기 때문에 대규모 사업과 연계된 시장은 아직까지 형성되지 않고 있으나, 관련 기반기술 시장은 꾸준히 성장하고 있음
- 신재생에너지 개발의 필요성이 점차 증대됨에 따라 최근 정부주도 하에 국내 해상풍력발전관련 R&D 지원 및 대규모 프로젝트(서남해 2.5GW 프로젝트, 전라남도 5GW 프로젝트, 제주도 프로젝트 등)가 추진 중에 있음

○ (기술동향)

- 해상풍력 발전기의 상부구조(블레이드, 너셀, 타워 등)를 지지하는 플랫폼 관련 기술은 해상풍력 발전 단지 총 공사비의 약 30%를 좌우하는 주요 핵심기술로써 유럽은 많은 경험을 통해 그 중요성과 상품가치를 충분히 인식하고 2004년부터 OC3&4, Upeind, DeepWind 등의 프로젝트 수행을 통해 보다 경제적이고, 대수심 적용이 가능한 플랫폼 개발에 힘을 기울이고 있음
- 실제로 현재 국내에서 개발 중인 해상풍력 플랫폼의 대부분은 기 개발된 해외 기술을 답습하는 수준에 불과하나 일본, 미국과 같은 아태지역의 주요 후발 국가들은 기술력 증진을 통한 자국 및 세계 시장 확보의 필요성을 깨닫고 2013년과 2015년 각각 2MW, 5MW 급의 부유식 플랫폼 실증 프로젝트를 수행하는 등 신기술 확보에 주력하고 있음

3. 연구개발 내용

○ 총괄과제 : 자연재해 대응 초대형 해상풍력 플랫폼 개발 사업단 총괄 사업 및 기술관리

- 사업단 총괄 체계 사업관리
- 사업단 총괄 체계 기술관리
- 핵심과제별 기술개발 동향 조사

○ 핵심과제 1 : 아태지역 환경특성 분석 국제공동 연구 및 해양환경특성 예측 시스템 개발

- 아태지역 환경특성 분석 국제 공동연구 및 국제 표준화
- 해양플랜트 개발을 위한 해양환경 특성 분석 및 예측시스템

○ 핵심과제 2 : 자연재해 및 Repowering 대비 연안 해상풍력 플랫폼 엔지니어링 핵심기술 개발

- 자연재해 및 Repowering 대비 연안 플랫폼 핵심 설계/해석 기술
- 자연재해 및 Repowering 대비 연안 기초/지반 핵심 설계/해석 기술



- 연안 플랫폼 내구성능 및 안전성 향상 기술 ○ 핵심과제 3 : 자연재해 대응 미래 지향형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발 - 아태지역 해양환경 특성을 고려한 부유식 플랫폼 구조 시스템 - 아태지역 지반/해양환경 특성을 고려한 계류시스템 - 아태지역 지반환경 특성을 고려한 앵커시스템 - 부유식 해상풍력 플랫폼 제작 및 설치기술 - 부유식 플랫폼 국제 인증 획득을 위한 평가 및 검증 ○ 핵심과제 4 : 실증사이트 구축 및 운영/유지관리 기술 개발 - 기술 검증을 위한 실증사이트 구축 및 운영관리 기술 - 플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술	
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 각 세부 연구책임자 및 실무자는 지속적인 정보고유 및 업무협의를 통해 스마트한 R&D를 추진해야 함 ○ 아태지역 사이트 특성 분석은 국제공동 협의체를 구성하여 국제공동 연구로 추진 ○ 본 과제에서 개발된 기술 및 성과물이 국제 표준화로 추진될 수 있도록 IEC, ISO 위원들과의 협력체계를 구축하여 과제를 추진해야 함
□ 추진체계	○ 사업단장은 단계별 목표를 수립하고, 이에 적합한 추진전략 및 일정 계획을 수립함 ○ 연구 성격별 각각의 산/학/연/인증기관 연구 그룹을 구성하고, 요소 기술 및 해당 성과물의 특성에 적합하도록 주도적 역할 할당 ○ 신속한 기술 확보를 위한 참여 연구기관 및 위탁 기관의 참여 기간을 유동적으로 설정함 ○ 해외 우수 연구그룹 및 선도국가 연구소와의 MOU 체결을 통한 국제 공동연구 추진 및 기술교류를 활성화 함
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 아태지역 특성환경(태풍, 낙뢰, 지진 등) DB 및 정보시스템 ○ 아태지역 상호인증 체계 및 국제표준화 의제/활동 ○ 성능이 개선된 새로운 형상/재료의 고정식 플랫폼 실증 ○ 고정식 플랫폼 최적공정 시스템 및 시공시방서 ○ 성능이 개선된 새로운 형상/재료의 부유식 플랫폼 실증(>2MW급 부유식 풍력발전 PROTOTYPE 1기 및 10MW급 PROTOTYPE 설계서) ○ 국제인증서 획득



6. 기대효과 및 파급효과	○ 아태지역을 포함한 해외 풍력발전단지 조성 프로젝트 사업 수주를 통한 국가 경제 증진 ○ 에너지 환경, 에너지 안보 및 에너지 경제에 능동적으로 대처 가능 ○ 해상풍력 고정식/부유식 플랫폼 기술개발-검증-실증-인증서 획득-수출화로의 연계가 가능하여 국가 수입 증대 및 해외 풍력시장에서 선도적인 역할 가능 ○ 아태지역 뿐만 아니라 세계 각국 해상풍력발전단지의 낙뢰, 태풍, 지진 등의 자연재해에 대한 안전성 확보 기술을 선 개발하여 기술의 차별화를 통한 틈새시장 공략이 가능
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구기간 : 2014. 03 ~ 2021. 02 (7년) - 당해연도 연구기간 : 2014. 03 ~ 2015. 02 (1년) ○ 총 정부출연금 : 83,640백만원 - 당해연도 정부출연금 : 7,280백만원 ※ 세부과제별 정부출연금은 별첨 기획보고서의 예산편성에 준하여 제시할 것 ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능
8. 기타	○ 연구신청자는 제안요청에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구 개발 계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 필요하다고 판단되는 경우 충분한 관련근거를 제시하고 연구내용을 수정하여 제안 할 수 있음



2절. 일반과제 제안요구서(RFP)

후보과제명	해상풍력 발전기 통합유지관리 시스템 개발 연구
1. 연구개발 목표	○ 해상풍력 플랫폼 모니터링 및 유지관리 기술 개발 - 해상풍력 플랫폼의 사용성 및 안전성을 공용수명기간 동안 확보 - 통합유지관리 시스템 국제인증 획득을 통한 사업화 - 유지관리 및 보수·보강 지침서 개발을 통한 국내 해상풍력 산업부문에 대한 기술기준 체계 정립
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	○ 연구개발의 필요성 ○ 해상풍력 모니터링 및 유지관리 관련 기술은 현재 풍력 선진국인 유럽에서 주도적으로 개발하고 있으며, 해상풍력 후발국 역시 많은 관심을 갖고 관련 기술개발 확보에 주력하고 있음 ○ 반면 해상풍력 발전단지 구축이 점차 가시화되고 있는 우리나라에서는 아직 관련 지침과 기술이 확보되지 않은 상태임 ○ 이는 현재까지 국내 풍력발전기 시스템 개발 시, 단기간의 기기개발 연구에 역량을 집중하여 단지 구축 후에 요구되는 운용 및 유지보수에 관한 핵심기술 개발에 대한 투자가 미흡했기 때문임 ○ 이와 같은 국내 기술 부재로 인해 국내에 기 도입된 상당수의 풍력발전기는 해외 업체와의 계약 및 기술 제약을 받고 있으며 그에 따라 운용 및 유지관리에 상당한 어려움을 겪고 있음. 더불어 추후 구축될 국내 해상풍력 발전단지에의 해외 기업 진출이 우려되는 상황임 ○ 따라서 현재 구축되어 있는 국내 우수한 기반기술을 바탕으로 해상풍력 지지구조 모니터링 및 유지관리 기술 개발이 필요함 ○ 또한, 최근 풍력발전기가 대형화 및 대규모화됨에 따라 환경에 미치는 영향과, 외부 돌발 상황으로부터 얻는 피해의 규모 역시 증대되고 있음 ○ 따라서 해상풍력 발전기와 조류 및 선박과의 충돌을 미리 감지하여 발전기 운용 및 안전성, 환경피해 최소화를 이룰 수 있는 모니터링 기술 개발이 필요함 ○ 해상풍력 발전기의 지지구조는 상부구조를 포함한 풍력터빈 전체의 구조적 안전성을 담당하는 구조물으로써 지속적인 유지관리 및 상태평가가 이루어져야 함 ○ 특히 해상풍력 지지구조를 비롯한 해양구조물은 구조물 표면에서 증식하는 Marine growth에 대한 대책 마련이 필요함. Marine growth를 방치하는 시간이 길수록, 더 큰 구조적 결함을 야기할 수 있으며, 이에 따른 손실 비용이 크게 증가하게 됨 ○ 현재 해양구조물의 Marine growth에 관한 이론적 연구가 일부 수행



	중에 있으나, 지지구조의 안전성 확보 및 효율적인 유지관리 시스템 구축 차원에서 이를 모니터링 하는 기술은 개발되고 있지 않음 ○ 따라서 지지구조물의 Marine growth를 모니터링 하는 복합 모니터링 시스템 구축이 필요하며 상기 모니터링 및 유지관리 시스템 기술로부터 얻어진 데이터를 온전히 평가할 수 있는 구조 건전성 평가 기술과 유지관리 및 보수·보강 지침서 개발이 필요함 ○ 또한 현재 국내 개발 중인 지지구조의 대부분은 강재를 주재료로 함. 따라서 추후 설치될 국내 해상풍력 지지구조의 상태평가를 원활히 수행하기 위해서는 부식 평가에 대한 기술 개발이 필요하며, 해상풍력 강재 지지구조의 부식 평가 및 다양한 코팅 층 선정에 대한 기술 개발이 필요함
□ 기술동향	○ (정책동향) - 신재생에너지 개발에 대한 국가적 필요성이 점차 증가함에 따라 관련 정부 R&D 투자 규모가 매년 증가하고 있음. 신재생에너지 관련 정부 R&D 투자 규모는 2010년 기준 약 4,235억원으로써 전년 대비 약 20%정도 증대되었음(2009년 3,544억원) - 2015년까지 신재생에너지 개발에 총 40조원(정부 7조원, 민간 33조원)이 투자될 계획이며, 정부 투자액 7조원 중 R&D 분야에 3조원을 지원하여 기술 인프라를 구축할 계획임 - 연구개발 대상 신재생에너지원 중 풍력발전은 타 에너지원에 비해 경제성 및 효율성이 가장 우수한 것으로 분석되어(에너지관리공단, 2006), 2010년 정부차원의 로드맵이 발표되는 등 실질적인 풍력발전단지 구축을 위한 투자가 활발히 이루어지고 있음 - 해상풍력 관련 기술에 대한 유관기관의 R&D 투자는 2000년대 초부터 지속적으로 이루어져 왔으며, 최근 정부의 투자규모 확대에 따라 그 규모 역시 점차 증대될 것으로 전망됨 ○ (시장동향) - 유럽위원회(European Commission)는 WT-OMEGA, CONMOW, Offshore M&R, CleverFar, SIMU-Wind 등의 다양한 대형 프로젝트를 통해 해상풍력 상태 모니터링 기법을 실증하고 첨단 센서, 알고리즘 및 시스템 통합 등의 유지관리 관련 기술개발에 지속적인 지원을 아끼지 않고 있음 - 국내의 경우, 한국전력공사에서 육상풍력발전 유지보수 관련 연구를 수행한 바 있으며('05~'08), 최근 동국 S&C에서는 육상풍력발전기 유지보수 기술 부문에의 사업 확장을 시도하고 있음 - 특히 정부가 해상풍력 로드맵을 발표하고(2010년), 국내 각 지역 해상에 대한 풍력발전 단지 구축 계획이 가시화됨에 따라 주요 민간 기업을 중심으로 국내·외 시장 확보를 위한 움직임이 활발히 이루어지고 있음. 현재 추진 중인 여러 해상풍력 관련 사업이 가시적인 성과를 나타낼 시점에 급속한 시장 확대가 이루어질 것으로 전망됨



○ (기술동향)

- 해상풍력 지지구조 유지관리 관련 기술은 점차 대규모화 되고 있는 해상풍력 산업에서 경제성 및 안전성을 확보하기 위한 필수 기술임. 해외 풍력 선진국에서는 이미 많은 시행착오를 거치면서 해상풍력 구조물의 손상 및 상태평가에 관한 폭넓은 기술과 경험을 쌓고 있으며 관련 시스템을 실제 해상풍력 발전단지에 운용하고 있음
- 이는 세계 해상풍력 산업에서 최근 이슈화 되고 있는 주요 기술로써 세계 해상풍력 시장을 선도하고 있는 주요 기업들(Vestas, Siemens 등)은 관련 기술 개발을 통해 해상풍력 Total Solution 제공 업체로서의 기업 입지를 구축하고자 하고 있음
- 해외 유지관리 관련 기술은 동력전달계와 블레이드 등의 타 기술에 비해 상대적으로 작은 비중을 차지하고 있으나, 기 구축된 해상풍력 발전단지의 운용기간이 증적됨에 따라 최근 유럽, 미국, 중국을 중심으로 이에 대한 특허 출원이 급증하고 있음
- 하지만 해상풍력 발전에 대한 실증/운용 및 유지관리 경험은 전무한 상태로써 현재 지식경제부 주관 하, “해안 복합 풍력단지 최적설계 및 신뢰도 향상기술 개발” 연구를 통해 해상풍력 발전단지용 상태 감시 시스템을 개발 중에 있으나, 풍력 선진국 대비 기술수준은 낮은 상태임

3. 연구개발 내용

○ 핵심과제 1 : 영상 모니터링 기술 개발

- 해상 및 수중 영상감시시스템 개발
- 해상 장애물 감시시스템 개발
- Pilot Test 실증

○ 핵심과제 2 : 유지관리 시스템 개발

- 통합 유지관리 시스템 모듈(Module) 개발
- 통합 유지관리 시스템 Modeling 및 구축
- Pilot Test를 통한 통합 유지관리 시스템 검증
- 통합 Data 후처리 기술 개발 및 Image Processing 통합 개발

○ 핵심과제 3 : 구조 건전성 평가

- 국내외 지지구조 건전성 평가기술 개발기반 구축
- 지지구조 건전성 평가방안 도출
- 지지구조 건전성 평가지침서 개발

○ 핵심과제 4 : 강재 구조물의 부식 평가

- 해양환경 하에서 강재의 부식거동 해석 및 손상도 분석
- 고내구성 코팅기술 개발
- 해양환경에 노출된 강재와 코팅시편의 강도 특성 평가에 따른 내구



성 향상기술	
○ 핵심과제 5 : 유지관리 기술 개발 부문 - 유지관리 기술 제반 조사 - 유지관리 및 보수·보강 기술 체계 정립 - 지지구조 상태평가 툴 개발 및 기술 정립 - Pilot Test 실증 지원 - 유지관리 및 보수·보강 매뉴얼 개발 - 부식시뮬레이션 평가를 통한 보수주기 결정 및 수명예측 - 해양생물에 따른 부식거동 분석 및 메커니즘 해석	
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 성공적인 사업 수행을 위해서 풍력관련 연구 및 실무 경험이 풍부한 산/학/연 전문 인력팀과 인증기관과의 상호 유기적인 협력체계 구축이 절대적으로 필요함 ○ 본 연구에서는 인증기관이 연구개발지원 관련 업무 연계협력을 이루고 종합적인 기술 지원을 수행함 ○ 학교에서는 구조물의 건전성 평가 및 부식 평가에 관한 원천 기술을 각각 제공하며, 산업체에서는 실질적인 산업계 수요를 반영하고 사업화가 가능토록 기술개발 방향성을 제시하도록 함 ○ 더불어 해상풍력과 관련하여 본 연구진과 밀접한 업무협력 관계를 이루고 있는 전문가 pool을 적극 활용하여 기술자문을 이끌어내도록 함
□ 추진체계	○ 사업단장은 단계별 목표를 수립하고, 이에 적합한 추진전략 및 일정 계획을 수립함 ○ 연구 성격별 각각의 산/학/연/인증기관 연구 그룹을 구성하고, 요소 기술 및 해당 성과물의 특성에 적합하도록 주도적 역할 할당 ○ 신속한 기술 확보를 위한 참여 연구기관 및 위탁 기관의 참여 기간을 유동적으로 설정함 ○ 해외 우수 연구그룹 및 선도국가 연구소와의 MOU 체결을 통한 국제 공동연구 추진 및 기술교류를 활성화 함
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ Pilot Test 실증 ○ 해상풍력발전 구조물 체크리스트 ○ 건전성 평가 알고리즘 ○ 영상/레이더 접목 시스템 ○ 유지관리 시스템 및 무선모뎀 시스템 ○ 해상풍력 발전기 통합유지관리 시스템 ○ 유지관리 및 보수보강 매뉴얼 ○ 국제 인증서



6. 기대효과 및 파급효과	○ 영상 모니터링 결과와 해상풍력발전 지지구조물 부식손상 단계의 상호 비교·분석을 통해 해양생물에 따른 부식손상의 거동을 관찰하고 각 단계별 풍력발전 하부 구조물의 수명을 예측할 수 있음 ○ 수심, 온도 및 시간 등의 다양한 환경적 변수에 따른 단계별 부식 특성을 평가함으로써 해양생물 부착에 의한 재료손상 거동 관찰의 어려움을 해소하며 정확한 유지보수 시점을 결정할 수 있음 ○ 국내 해상풍력발전 단지 유지관리 관련 제도 및 규정에 대한 개선방향을 제시할 수 있으며, 추후 구축될 국내 해상풍력발전 단지의 유지관리 시스템으로 활용 가능함 ○ 현재 국내 개발 추진 중인 해상풍력발전 단지의 운용 유지비를 절감할 수 있으며, 운영 신뢰성을 제고할 수 있음
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구기간 : 2014. 03 ~ 2018. 02 (4년) - 당해연도 연구기간 : 2014. 03 ~ 2015. 02 (1년) ○ 총 정부출연금 : 5,400백만원 - 당해연도 정부출연금 : 1,350백만원 ※ 세부과제별 정부출연금은 별첨 기획보고서의 예산편성에 준하여 제시할 것 ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능
8. 기타	○ 연구신청자는 제안요청에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구 개발 계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 필요하다고 판단되는 경우 충분한 관련근거를 제시하고 연구내용을 수정하여 제안 할 수 있음



3절. 평가기준 설정

- 국토해양부, 한국건설교통기술평가원의 일반 지침을 준수하되, 해상풍력 플랫폼 건설기술 특성을 반영하여 일부 조정하여 설정함

기준항목		세부평가항목	점수
연구개발 계획평가 (60점)	연구개발 목표 (10점)	최종 목표/성과목표의 명확성, 타당성	10
		연차별 연구목표/성과목표(지표) 설정의 적절성	10
	연구개발 내용 (20점)	최신 기술동향 분석 및 사전계획의 충실성	5
		목표달성을 위한 연구내용의 적절성	5
		세부과제 구성의 타당성 및 연계성	5
		연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성	5
	추진전략 및 계획 (15점)	연구개발 추진전략 및 방법의 적정성, 구체성, 타당성	5
		연구수행체계 구성의 타당성 및 연구진 전문성 ¹⁾	10
		연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성	5
	활용방안 및 실용화(정책제안) 가능성 (15점)	연구성과 활용방안의 적절성 및 구체성	5
		연구성과 실용화 및 정책제안 가능성	5
		개발 기술의 기대효과(기술적, 경제적) 및 파급효과	5
사업단장 평가 (40점)	연구책임자 기획·관리 능력 (10점)	연구수행체계 관리 능력	5
		연구개발과제 성과도출 능력	5
	연구수행실적 및 가치 (30점)	해당분야 연구수행 실적	15
		해당분야 국제표준화(IEC) 활동 실적	15

※ 총점 및 연구개발계획, 연구단장 평가 점수 중 하나라도 만점의 60% 미만인 경우는 탈락

- 1) 연구신청자는 참여기관 수 과다편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모하여야 함. 또한, 과제 특성상 토목, 전기, 기계, 조선, 해양 분야의 관련 기술의 전문가들이 연구진에 포함되어야 함

해
상
풍
력

플
랫
폼

건
설
기
술

기
획
보
고
서

2012

국
토
해
양
부

한
국
건
설
교
통
기
술
평
가
원

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.