R&D-16R
DPP-010
7006-01

중규모수력플랜트건설기술개발기획보고서

2016

국토교통부 국토교통과학기술진흥원

Infrastructure R&D Report

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )

국토교통연구기획사업사업 최종보고서

발간등록번호
11-1613000-001490-01

R&D/16RDPP-0107006-01

중규모 수력플랜트 건설기술 개발 기획 최종보고서

2016. 07.

주관연구기관 / 한국수자원공사
공동연구기관 / (주)날리지웍스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 (국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'중규모 수력플랜트 건설기술 개발 기획연구' (연구개발 기간 : 2015. 12. 11 ~ 2016. 07. 10) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2016. 09. 23.

주관연구기관명 : 한국수자원공사 (사장) 이 학 수 (인)

공동연구기관명 : ㈜날리지웍스 (대표이사) 이 철 원 (인)

주관연구기관책임자: 김 영 준

공동연구기관책임자: 이 재 희

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>15RDPP-C107006-01</td><td>연구기간</td><td>2015.12.11
-2016.07.10</td><td>단계구분</td><td>(1)/(1)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">중규모 수력플랜트 건설기술 개발 기획</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>김영준</td><td>참여
연구원 수</td><td>총: 18명
내부: 18명
외부: 0명</td><td>총 연구비</td><td>정부: 75,000천원
민간: 0천원
계: 75,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="3">한국수자원공사 K-water연구원</td><td colspan="2">공동연구기관: ㈜날리지웍스</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">해당사항 없음</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">해당사항 없음</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">요약</td><td colspan="2">보고서 면수
262</td></tr>
</table>

- 현재 수력발전은 전세계 신재생에너지 발전량의 약 85%를 차지하며, 신 기후변화 체제에 따라 전세계 수력 발전 시장은 '35년까지 722GW 추가 증설이 예상됨
- 국내에서는 30년 이상 사용한 노후 중대규모 수력에 대해 K-water는 '35년까지 6,600억원 규모의 현대화 추진 예정임
- 국내외 수력발전 시장 증가에도 불구하고 국내 10MW 이상 수력(57대)은 전량 외산 설비로 원천기술 부재에 따른 외화유출과 해외 기술종속으로 에너지 안보 위협 우려
- 따라서, 국내외 수력플랜트 시장 진출 및 현대화 사업 참여를 위하여 적용 범위가 넓은 50MW급 프란시스 수력플랜트를 대상으로 설계, 시공, 시험, 평가, 품질관리 및 안정성 검토 등 독자적 기술력 확보로 선진 제작사 수준의 고효율(92%이상) 수차 및 저속 동기발전기(효율 96.5%이상) 개발을 통한 핵심기술의 국산화와 수력플랜트 종합 건설기술의 확보가 본 과제의 최종 목표임

색인어 (각 5개 이상)	한 글	수력발전소, 중규모, 현대화, 개보수, 현장 실증
	영 어	Hydropower, Medium sized, Modernization, Rehabilitation, On-site verification

요 약 문

Ⅰ. 제목 : 중규모 수력플랜트 건설기술개발 기획

Ⅱ. 개 요

1. 기술의 범위 및 정의

□ 본 연구는 최근 가시화되고 있는 국내 수력플랜트 현대화 사업 및 해외 수력발전사업에 적용이 가능하고, 100% 해외 기술에 의존하고 있는 **중규모(50MW급) 수력발전플랜트 건설기술 개발을 기획의 범위**로 함

- ○ (**중규모**) 통상적인 수력발전에 있어서는 10 ~ 100 MW 범위의 발전용량을 통칭하며, 본 기획 과제에서는 40 ~ 60 MW급으로 정의
- ○ (**수력플랜트**) 수력에너지를 전기에너지로 변환하는 수차(런너, 가이드베인 등), 발전기, 유압기기, 베어링 및 축계 등 일체의 시스템으로 정의
- ○ (**건설기술**) 건설공사에 관한 계획·조사·설계·시공·감리·시험·평가·측량·자문·지도·품질·관리·안전 점검 및 안전성 검토 등으로 정의

> **50 MW급 중규모 수력플랜트** 개발에 있어 계획, 설계, 시공, 시험, 평가, 품질관리 및 안정성 검토 등이 **복합적으로 연계된 기술**의 개발로 정의

2. 필요성

□ (**국내 수력시장 확대 대비**) 국내 중규모 수력플랜트 개대체 시기 도래로 K-water 기준 '35년까지 6,600억원 현대화 비용 발생 예상

□ (**세계 수력시장 확대 대응**) 신 기후변화체제에 따라 전세계 수력발전 시장은 지속 성장할 전망('35년까지 722GW 추가 증설 예상)

□ (**국외기술 종속 탈피**) 국내 중규모 수력플랜트는 100% 외국 기술에 의존하고 있어 고장 발생 시 복구시간 지연 및 비용 과다 소요

* 소수력급 위주의 단위 요소 기술은 국산화가 되어 있으나, 중규모급 이상은 기술 미확보

□ (**북한수력 개방 대비**) 북한 수력플랜트는 70% 이상이 50년 이상 경과된 노후 수력플랜트로 향후 북한 수력시장 개방을 대비한 기술 경쟁력 확보 필요

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경 분석

1. 국내외 정책 및 시장 동향

□ (**정책동향**) 新 기후변화체제에 대응한 정부 차원의 신재생에너지 사업 활성화 정책이 가시화되고 있으며, 국가 R&D를 중심으로 정부의 수력발전 국산화 R&D 투자*가 지속되고 있음

* 10MW급 이상 프란시스 수차발전기 개발 및 실증(「한국수력원자력(이하 한수원)」, '12.6~'16.6), 1MW 이하급 프란시스 수차발전시스템 기술개발 및 실증((주)신한정공, '13.6~'16.5) 등 최근 10년간 10여개 수력발전 R&D 지원

□ (**국내시장**) K-water와 한수원을 중심으로 노후 중규모 수력플랜트 16개 현대화 투자 예정(총 1조35억원)

< K-water 노후수력 현대화 사업 대상>

구 분	남강	소양강	안동	대청	충주	합천	주암	임하	용담	계
설비용량 (㎿)	14 (2기)	200 (2기)	90 (2기)	90 (2기)	400(4기) 12(2기)	100 (2기)	22.5 (2기)	50 (2기)	22.1 (2기)	1000.6
상업발전	'71	'73	'76	'80	'85	'89	'91	'92	'01	-
사용연수	43년	41년	38년	34년	29년	25년	23년	22년	13년	-

< 한국수력원자력(주) 노후수력 현대화 사업 대상 >

구 분	화천	춘천	섬진강	의암	청평	팔당	강릉	계
설비용량 (㎿)	108 (4기)	62.2 (2기)	34.8 (3기)	48 (2기)	139.6 (4기)	120 (4기)	82 (2기)	594.6
상업발전	'68	'65	'45~'85	'67	'43~'11	'73	'91	-
사용연수	46년	49년	49년	45년	62년	41년	24년	-

□ (**해외시장**) '26년까지 해외 신규 수력발전플랜트는 573GW(약 1조 달러)가 신규 설치될 전망이며, 플랜트 노후화로 연간 8.2조원의 현대화 시장 예상

□ (**북한시장**) 북한 수력플랜트는 약 70% 이상이 50년 이상 노후화 되어 있어 노후수력 현대화 사업이 진행 시 약 3조원의 시장 창출 전망

2. 국내외 기술동향 및 인프라 분석

□ (**안전성 강화**) 수력플랜트 대형화 추세에 따라 지진, 수충격, 진동 등을 고려한 안전성 기반의 설계·감시·진단 기술 강화가 요구

* (사고사례) '09년 러시아 Sayano 수력발전플랜트에서 수충격으로 운영중인 650MW급 10기중 9기 터빈이 완파되고, 76명 사상자 발생

□ (**국내 기술 인프라**) ① 고효율 수차 설계/제작 시 CFD·FEM과 같은 컴퓨터 활용 기술이 보편화되어 선진기관 수준의 기술력 향상이 용이해졌으며, ② 소수력 분야에 대한 정부 주도 R&D로 소수력 관련 요소기술이 확보되었고, ③ 세계적 수준의 조선, 중공업 플랜트 관련 기술을 고려할 때, 중규모 수력플랜트 국산화를 위한 기술 인프라가 일부 구축된 상태로 평가

□ (**성능평가 기술 확보**) K-water 중심으로 수력기자재 성능시험센터를 구축('13년)하여 국제 규정에 따라 수차 성능시험을 수행중이며, 선진기관 수준의 시험 정밀도 향상이 기대

Ⅳ. 연구개발과제 선정

1. 연구개발과제 선정 절차

□ (**1단계 : 기술분류체계 확립**) 연구개발과제 선정의 기초가 되는 기술분류체계는 수력발전설비 설계·제작·성능·실증시험 기술과 수력플랜트 안정성 평가·분석 기술을 접목하여 3개의 대분류와 11개의 중분류, 37개의 세분류로 구성

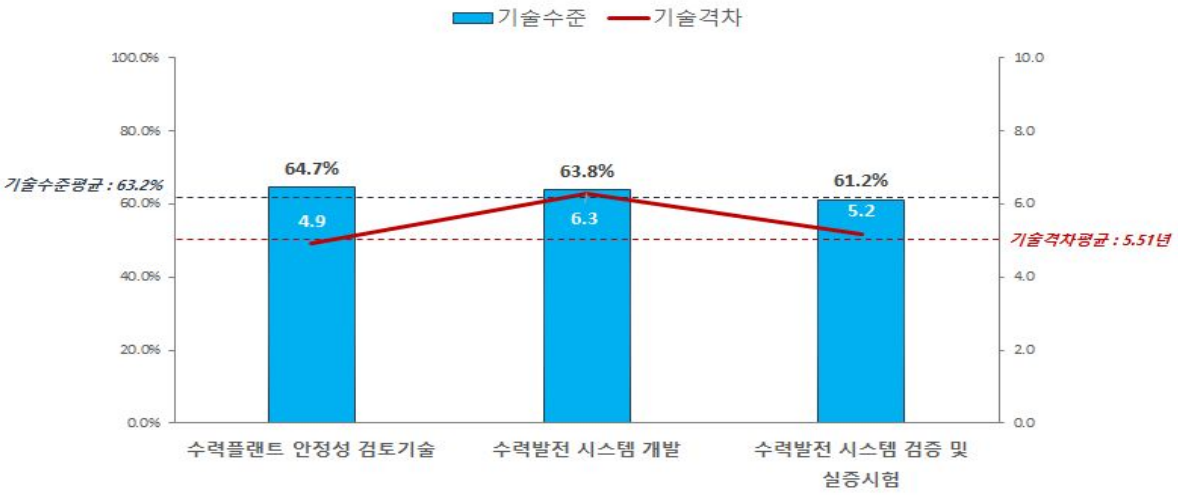
수력플랜트 안정성 검토기술	수력발전시스템 개발	수력발전시스템 검증 및 실증시험
① 수력플랜트 안정성 평가기술 ② 수력플랜트 진단 및 관리기술 ③ 수력플랜트 내진 안정성 평가 기술	④ 수차 설계 및 제작기술 ⑤ 발전기 설계 및 제작기술 ⑥ 제어/유압 시스템 설계 및 적용 기술	⑦ 모델 성능검증 및 시험 고도화 기술 ⑧ 수력발전 실증시스템 검증 및 운영관리 기술
세분류(12개)	세분류(13개)	세분류(12개)

□ (**2단계 : 기술수요조사**) 총 22명의 수력발전 산·학·연 전문가로 구성된 기획위원회를 구성하여 기술분류체계를 기준으로 기술수요조사를 실시하였으며, 이를 통해 총 51건*의 분야별 기술수요조사

* 수력플랜트 안정성 검토기술(11건), 수력발전시스템 개발(27건), 수력발전 시스템 검증 및 실증시험(13건)

□ (**3단계 : 기술수준 예측조사**) 산·학·연 전문가들을 대상으로 설문을 통해 국내 기술수준을 예측한 결과 선진기관 기술과 약 5.5년의 격차가 있으며, 사회경제적 실현 시기는 약 2-3년의 격차가 있는 것으로 분석

* 전체 기술수준 평균(63.2%), 기술격차는 5.51년에서 조금씩 축소중



□ (**4단계 : 추진방향 설정**) SWOT 분석 및 ISSUE TREE 분석 기법을 통해 추진방향 및 목표 설정

○ 추진방향 : 수력플랜트 안정성 강화, 수력플랜트 건설기술 독자 모델 개발, 시스템 검증 및 실증 기술 확보

○ 목표 : 50MW급 수력플랜트 건설 독자모델 개발 및 기반 기술 확보

□ (**5단계 : 과제선정**) 조사된 기술수요를 토대로 일부 중복과제를 통폐합하여 후보과제를 도출하였고, 산·학·연 전문가들을 대상으로 중요도 평가를 통한 우선순위 선정과 기획자문 회의를 통해 최종 3개 세부 8개 세세부 과제 도출

수력플랜트 안정성 검토 및 설계기술	수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술	수력플랜트 성능시험 및 평가기술
① 수리적 구조물 안전성 검토 및 설계기술 ② 수력플랜트 내진안전성 및 사고 저감기반 설계 기술 ③ 외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계 기술	④ 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술 ⑤ 수력플랜트 시스템의 정밀 시공기술 ⑥ 제어시스템 시공 및 시운전 기술	⑦ 실물 발전플랜트 검증기술 ⑧ 상태진단 및 평가기술

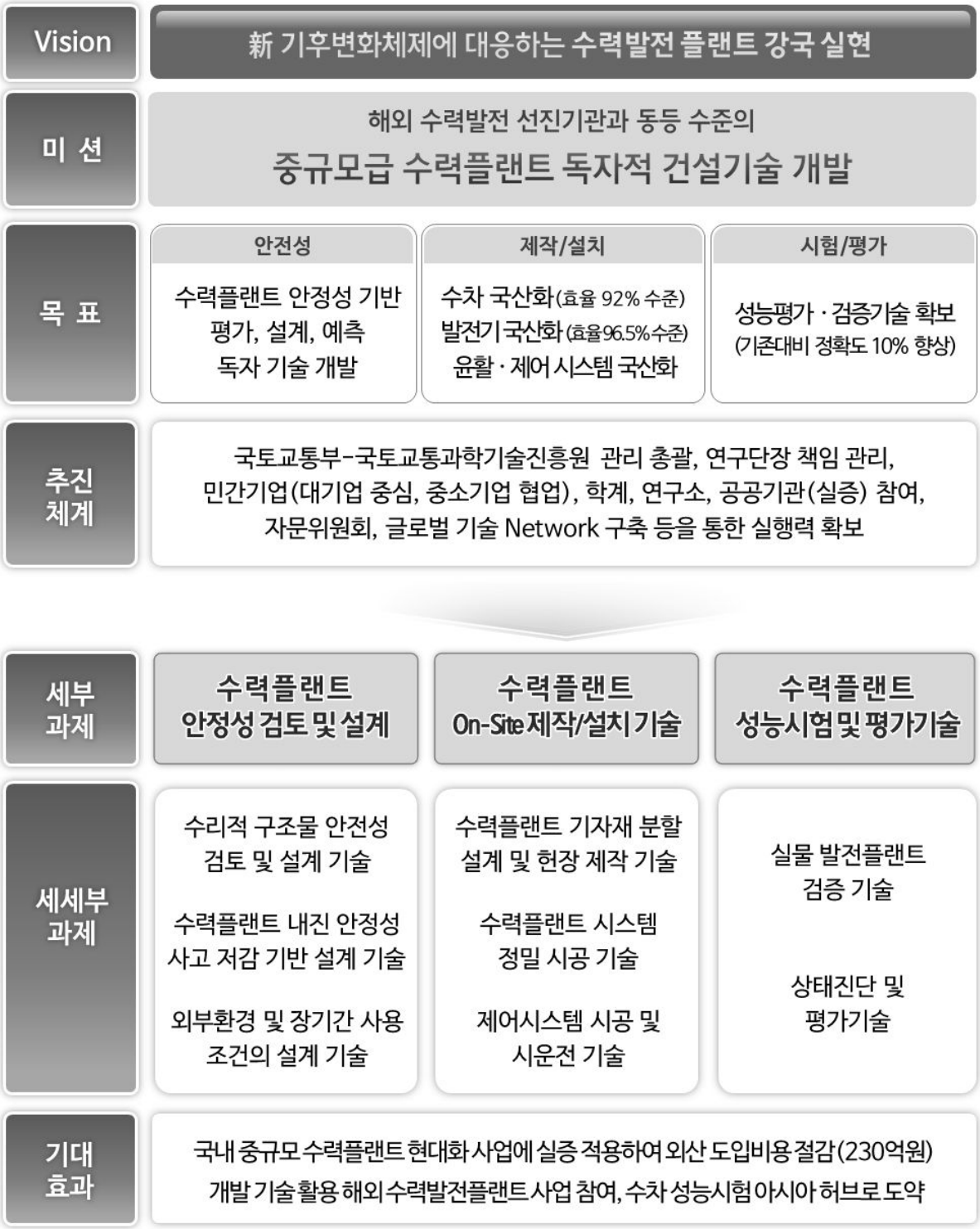
2. 연구개발 추진과제

□ 최종 연구개발 추진과제는 3개 세부과제, 8개 세세부과제로 구성

세부과제	세세부과제	세부 연구내용
1세부 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술	수리적 구조물 안전성 검토 및 설계기술	· 시나리오 기반의 수로터널, 주변지반, 인접 시설물 상호 안전도 평가 기술 · 발전설비 부재별 성능실험 및 수치해석 모델링 개발 · 수충격 및 수리진동 안전도 평가
	수력플랜트 내진안전성 및 사고 저감기반 설계 기술	· 지진안정성 평가 연구 시스템 개발 · 지진 취약성 기반 발전설비 위험 평가 기술
	외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계 기술	· 장기간 사용 조건 기반 설계 기술 개발 · 수압관로 및 수문진단, 상태평가
2세부 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술	수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술	· 수차의 수력 및 구조 진동 설계 기술 · 회전축계, 윤활계 및 실링 기술 · 발전기 분할 설계, 제작 및 설치 기술 · 수차 제작/설치 기술
	수력플랜트 시스템의 정밀 시공기술	· 구조 안정성을 고려한 시스템 통합 기술 · 수력플랜트 조립, 시공 및 검사 기술
	제어시스템 시공 및 시운전 기술	· 수력플랜트 제어시스템 제어기술 및 시공 · 수력플랜트 Dry/Wet Test 및 시운전 기술
3세부 수력플랜트 성능시험 및 평가기술	실물 발전플랜트 검증기술	· 실물 발전플랜트 성능평가기술 · CFD 활용 발전 플랜트 성능검증 기술 · 모델을 활용한 발전 플랜트 성능평가 기술 · 모델 Test-rig 최적 설계 및 운영 기술
	상태진단 및 평가기술	· 발전설비 절연진단을 통한 노후도 평가 및 개대체 의사결정 기술 · 운영단계 발전플랜트 안전성, 효율성 평가 기술 · 실시간 진동측정 및 성능진단기술

Ⅴ. 추진전략

1. 추진전략체계도



2. 실용화 방안

□ 실용화 기본 방향

○ 본 과제를 통해 개발되는 기술은 국내 노후수력 현대화 사업을 실증 플랜트 대상으로 선정하여 외산을 대체해 설치·적용함으로써 개발 기술의 실증을 완료할 예정이고, 향후 개발 완료한 기술은 해외 수력 발전사업 추진 시 적용하여 실용화를 확대할 계획임

□ 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술

주요 성과물	실용화 방안
· 수로터널 안전도 평가 기술 및 매뉴얼 · 발전설비 부재별 성능실험 및 수치해석모델 · 수충격/수리진동 해석모델 · 주요 발전설비 내진성능평가 및 보강안 매뉴얼 · 노후화 진단 및 상태평가 위한 설계 및 매뉴얼	· 수력플랜트 건설의 수리적 안정성 평가에 적용 · 국가 재난관리시스템(NEMS)내 각 시설물 인벤토리 및 대상 발전설비 취약도(손상) 함수를 피해예측 시스템에 활용 · 내진성능평가, 노후화 진단, 상태 평가 등은 수력플랜트 설계에 Feedback 활용

□ 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술

주요 성과물	실용화 방안
· 고하중 축 지지용 윤활베어링 및 실링 unit · 수차 회전체부의 축소 모델 및 설계 Tool · 제작 검사리스트 및 조립 보고서 · 50MW급 중규모 수력발전용 동기발전기 · 50MW급 중규모 수력발전용 수차 · 수력플랜트 정밀 제어시스템 · 최적 dry/wet test 및 시운전 표준 매뉴얼	· 50MW급 실물 수차에 적용 가능한 구성품 설계 및 제작 · 국내 노후수력 현대화 사업을 대상으로 한 실증 플랜트에 개발 제품 설치 및 성능 검증 · 해외 수력발전 건설 사업에 적용

□ 수력플랜트 성능시험 및 평가 기술

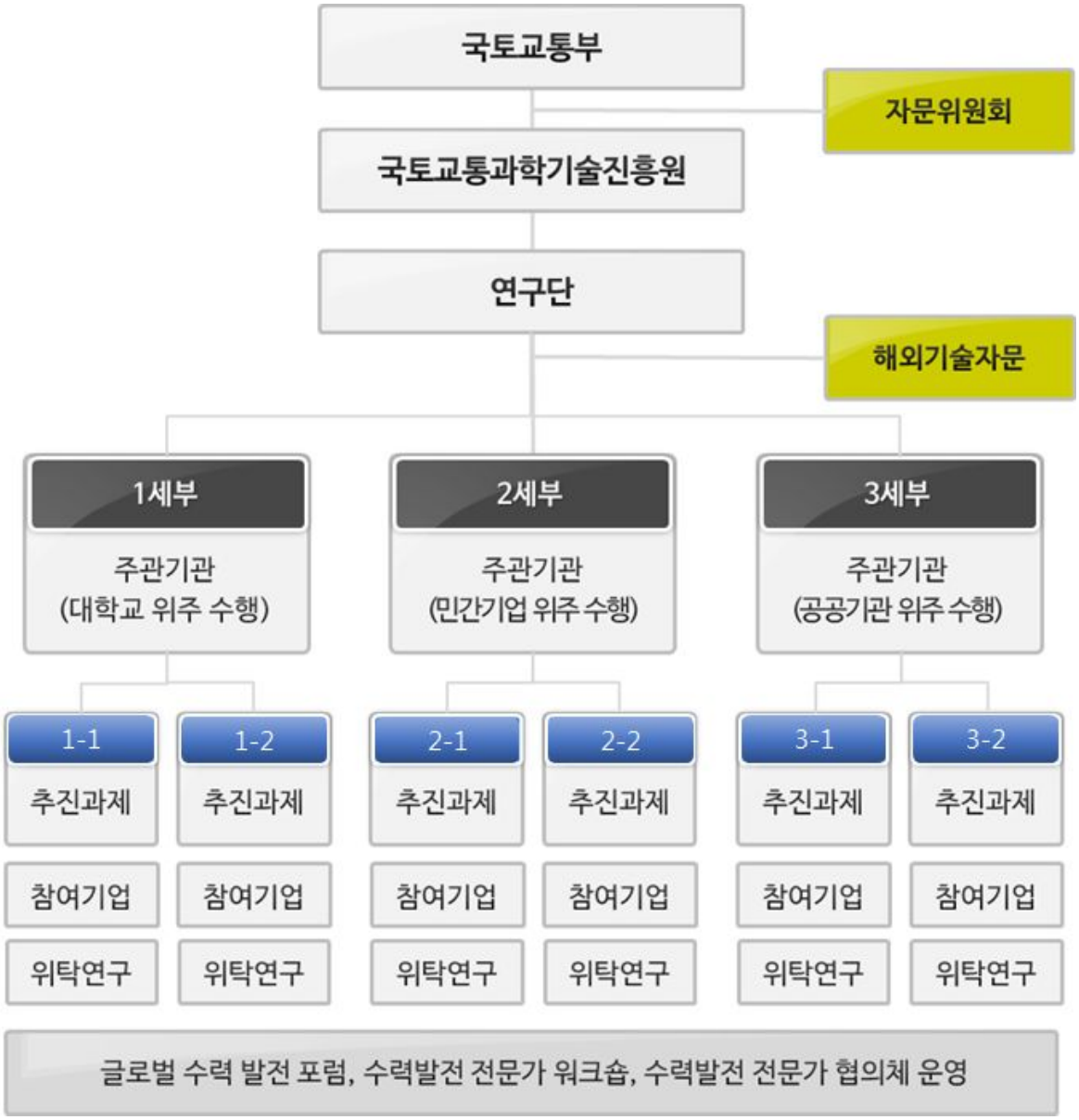
주요 성과물	실용화 방안
· 불확도 측정 표준 매뉴얼 및 시스템 · 모델 Test 불확도 측정 기준 및 S/W · 개대체 의사 결정 기술 기준 · 실시간 성능 진단 시스템	· 수력 발전 플랜트 성능평가를 통한 유지관리 의사결정 지원 · 수차 설계 및 성능 검증 지원 · 국내 노후수력 현대화 사업 진행 시 해외 수차 성능시험 대체

3. 연구 수행 체계

□ 중규모 수력발전플랜트 건설기술 개발 연구단은 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 과제관리를 받으며, 연구단장 책임하에 사업을 관리

□ 과업 성공 가능성을 높이기 위해서는 세부과제별 특성에 맞는 전문 기관을 주관기관으로 하여 수행체계를 구성할 필요가 있다고 판단

○ 본 과제는 민간(대형 중공업사, 수력발전 중소기업 등), 대학, 공공기관(K-water, 한수원) 등 다수의 기관이 참여의사를 밝힌 상태임



Ⅵ. 인력투입계획 및 소요예산 산정

1. 인력투입계획

(단위 : 명)

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원	11	28	31	31	28	129	
연구원	22	82	88	81	66	339	
연구보조원	6	11	11	11	11	50	
보조원	7	8	8	8	8	39	
합계	46	129	138	131	113	557	

* 소요인력의 연구원 1명이 1년간 30% 참여하는 것으로 계상

2. 과제별 소요예산 : 총 400억원(정부 270억원, 민간 130억원)

(단위 : 백만원)

분류	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
1.수력플랜트안정성검토및설계기술	280	140	820	410	1,250	580	850	420	600	280	3,800	1,830
1-1수리적구조물안전성검토및설계기술	80	40	300	150	400	190	300	150	150	80	1,230	610
1-2수력플랜트내진안정성사고저감기반설계기술	120	60	380	190	550	240	400	190	350	150	1,800	830
1-3외부환경및장기간사용조건의설계기술	80	40	140	70	300	150	150	80	100	50	770	390
2.수력플랜트기자재분할설계및현장제작 기술	500	240	2,480	1,190	7,200	3,480	7,650	3,690	2,110	970	19,940	9,570
2-1대형기자재분할설계및현장제작기술	340	160	2,300	1,100	5,000	2,440	6,000	2,900	1,100	500	14,740	7,100
2-2수력플랜트시스템의정밀시공기술	80	40	100	50	700	340	1,050	500	600	280	2,530	1,210
2-3제어시스템시공및시운전기술	80	40	80	40	1,500	700	600	290	410	190	2,670	1,260
3.수력플랜트성능시험및평가기술	220	110	1,200	580	1,050	500	500	260	290	150	3,260	1,600
3-1실물발전플랜트검증기술	100	50	600	290	550	260	250	130	140	70	1,640	800
3-2상태진단및평가기술	120	60	600	290	500	240	250	130	150	80	1,620	800
총괄	1,000	490	4,500	2,180	9,500	4,560	9,000	4,370	3,000	1,400	27,000	13,000

Ⅶ. 사전 타당성 검토

1. 정책적 타당성

□ (**新 기후변화 체제**) COP21 이후 新 기후변화체제 도입이 가시화됨에 따라 수력을 포함한 국가 신재생에너지 정책이 향후 확대될 전망으로 정부 정책방향에 부합함

□ (**정책적 의지**) 최근 10년간 수력 국산화 기술 개발에 R&D 투자가 지속 증가하고 있는 추세이고, 산업통상자원부, 국토교통부를 중심으로 국내 노후수력 현대화 사업 시점에 맞춰 국가 수력 경쟁력 향상을 위한 정책을 적극 추진중

2. 기술적 타당성

□ (**기술 잠재력**) 지난 10여년 국내 중소기업 위주로 소수력 분야 설계·제작 경험을 축적한 상태이고, K-water·한수원을 중심으로 대수력 운영관리 경험 보유, 조선, 중공업 기술을 토대로 설계·제작 기술 인프라를 보유하고 있어 종합적 협력체계 구축 시 세계수준의 기술력 확보 가능

□ (**유사 사업과의 차별성**) 본 과제는 기존 수력발전 R&D와 다르게 개별 설비의 설계·제작뿐만 아니라 크기의 Size-Up에 따른 현장 분할 제작·설치 기술 및 지진·수충격 등 내진 안전성을 고려하고 시험/평가 기술을 종합적으로 반영한 수력플랜트 건설 기술임

3. 경제적 타당성

□ 예산 총액(400억원)을 연차별로 투입한다고 가정하고, 성공적 과업수행을 전제조건으로 국내 수력플랜트 현대화 사업 1건 국산화 편익, 해외사업 수출 효과 편익, 수력발전설비 성능시험 자체수행 비용절감 편익을 시나리오별(개발기술 활용 정도)로 적용하여 경제적 타당성 분석한 결과, 경제성 양호

구 분	시나리오	B/C 분석 결과
긍정적 시나리오	기술 100% 활용	순편익 현재가치 16,633백만원, B/C 1.46
중립적 시나리오	기술 70% 활용	순편익 현재가치 8,920백만원, B/C 1.25
부정적 시나리오	기술 50% 활용	순편익 현재가치 393백만원, B/C 1.01

목 차

1장. 개요 ····· 1

1절. 기술의 정의 및 범위 ····· 1

1. 주요 기술의 정의 및 기획 필요성 ····· 1

2. 과제 추진 배경 및 필요성 ····· 4

2절. 기술분류 및 내용 ····· 7

1. 기술분류체계도 ····· 7

2. 기술분류별 기술내용 ····· 8

2장. 동향조사 및 환경분석 ····· 11

1절. 국내외 정책동향 ····· 11

1. 국외 정책동향 ····· 11

2. 국내 정책동향 ····· 23

2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 26

1. 국외 시장현황 및 전망 ····· 26

2. 국내 시장현황 및 전망 ····· 30

3절. 국내외 기술동향 ····· 34

1. 국외 기술동향 ····· 34

2. 국내 기술동향 ····· 38

3. 특허분석 ····· 46

4. 논문분석 ····· 78

4절. 연구개발 인프라 분석 ····· 90

1. 연구인력 인프라 ····· 90

2. 실험장비 및 관련 기자재 인프라 ····· 91

3. 해외 협력기관 인프라 ····· 99

5절. 종합분석 ····· 105

1. 국내외 정책동향분석 시사점 ····· 105

2. 국내외 시장동향분석 시사점 ····· 105

3장. 기술수요 및 수준 · 예측조사 ····· 109

1절. 기술수요조사 ····· 109

1. 개요 ····· 109

2. 기술수요조사 분석결과 ····· 111
2절. 기술수준 및 예측조사 ····· 115
1. 개요 ····· 115
2. 기술수준/예측조사 결과 ····· 122
3. 기술수준/예측결과 분석 ····· 125
4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 166
1절. SWOT / Issue-Tree 분석 ····· 166
1. SWOT 분석 ····· 166
2. Issue-Tree 분석 ····· 170
2절. 비전 · 목표 ····· 175
1. 비전 ····· 175
2. 목표 ····· 175
3절. 세부과제 선정 ····· 176
1. 세부과제 선정 절차 ····· 176
4절. 중점추진분야 선정 ····· 177
1. 중점추진분야 선정 ····· 177
5절. 연구개발과제 구성 ····· 178
1. 후보과제 Pool 구성 ····· 178
2. 후보과제 우선순위 평가 ····· 182
6절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 189
1. (1 세부과제) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 세부과제 ····· 189
2. (2 세부분야) 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 세부과제 ····· 195
3. (3 세부과제) 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 ····· 200
4. 세부과제간 연구내용 연계 구성 ····· 203
7절. 추진전략 체계도 ····· 205
8절. 과제별·연차별 기술로드맵 ····· 206
1. 총괄 로드맵 ····· 206
2. 과제별 로드맵 ····· 207
9절. 성과의 활용방안 ····· 209
1. (1 세부과제) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술분야 ····· 209
2. (2 세부과제) 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 분야 ····· 210
3. (3 세부과제) 수력플랜트 성능시험 및 평가기술 분야 ····· 211

10절. 연구수행체계 제안 ····· 212

5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정 ····· 213

1절. 연구일정에 따른 인력계획 ····· 213
1. 전체사업 인력투입계획 ····· 213
2. 세부과제별 인력투입계획 ····· 214

2절. 소요예산 산정 ····· 217
1. 예산 산정방법 ····· 217
2. 전체사업 소요예산 ····· 218
3. 세부과제별 소요예산 ····· 220

6장. 사전타당성 검토 ····· 223

1절. 정책적 타당성 ····· 223
1. 국가전략의 중요성 ····· 223
2. 상위계획 부합성 ····· 225
3. 정책적 추진의지 ····· 225

2절. 기술적 타당성 ····· 226
1. 기술개발 계획의 적절성 ····· 226
2. 기술수준 및 성공가능성 ····· 226
3. 기존 사업과의 중복성 ····· 229

3절. 경제적 타당성 ····· 235
1. 경제성 분석 ····· 235
2. 파급효과 ····· 239

7장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 ····· 241

1절. 과제 제안요구서(RFP) ····· 241
1. 연구단 RFP ····· 241
2. 1세부과제 RFP ····· 247
3. 2세부과제 RFP ····· 252
4. 3세부과제 RFP ····· 256

2절. 평가기준 설정 ····· 260
1. 평가항목 ····· 260
2. 가점 및 감점기준 ····· 261

표 차례

표 1-1-1 수력플랜트의 고장·사고로 인한 피해사례(한국수자원공사) ····· 5
표 1-1-2 중규모 수력플랜트 건설기술 기술분류 체계도 ····· 7
표 1-2-1 수력플랜트안정성 검토기술 분야 소분류 기술내용 ····· 8
표 1-2-2 수력발전 시스템 개발기술 분야 소분류 기술내용 ····· 9
표 1-2-3 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야 소분류 기술내용 ····· 10
표 2-1-1 미국 기후변화 액션플랜의 주요 내용 ····· 12
표 2-1-2 미국 주별 화력발전 온실가스 배출량 감축목표 현황 ····· 12
표 2-1-3 일본 경제산업성의 2030년 바람직한 전원구성 현황 ····· 14
표 2-1-4 HORIZON 2020의 안전, 청정, 고효율 에너지 세부분야 ····· 15
표 2-1-5 프랑스 ADEME의 '14~'20년의 주요 연구 분야 및 연구 프로그램 ····· 17
표 2-1-6 하이테크 전략 2020의 기후에너지 중점분야 정책 목표 ····· 18
표 2-1-7 2차 에너지 기본계획의 6대 중점과제 및 주요 목표와 과제 ····· 24
표 2-1-8 1차 에너지 기준 월별 비중 목표(%) ····· 24
표 2-1-9 국토교통부 기술 연구개발사업 플랜트 연구사업 세부 기술분야 ····· 25
표 2-2-1 '13년 수력발전 시설용량 및 발전량 상위 6개국 ····· 28
표 2-2-2 세계 수력 개발 잠재량 ····· 29
표 2-2-3 일반 수력발전소 현황 ····· 30
표 2-2-4 국내의 소수력 에너지 보급잠재량 ····· 31
표 2-2-5 국내 소수력 보급현황 ····· 31
표 2-2-6 K-water 관리 수력발전 설비현황 ····· 32
표 2-2-7 한국수력원자력 관리 수력발전 설비현황 ····· 32
표 2-2-8 북한 수력발전소 설비용량 ····· 33
표 2-3-1 중규모 수력플랜트 건설기술 검색식 ····· 46
표 2-3-2 분석대상 기술의 기술 유효특허 출원 건수 ····· 47
표 2-3-3 중규모 수력플랜트 건설기술에 대한 국가별 기술별 주요 출원인 ····· 53
표 2-3-4 텍스트 마이닝 대상 미국 및 유럽특허 목록 ····· 64
표 2-3-5 공백영역 내 주요 키워드 목록 ····· 70
표 2-3-6 공백영역 내 주요 키워드를 이용한 선행특허 검색결과 목록 ····· 70
표 2-3-7 수력플랜트 안정성 검토기술 분야 논문 검색식 ····· 78
표 2-3-8 수력발전 시스템 기술개발 분야 논문 검색식 ····· 78
표 2-3-9 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야 논문 검색식 ····· 79
표 2-4-1 연구인력 인프라 개요 ····· 90
표 2-4-2 인덕대학교 인프라 현황 ····· 91
표 2-4-3 대양수력 인프라 현황 ····· 92
표 2-4-4 두산중공업 인프라 현황 ····· 92
표 2-4-5 강릉원주대학교 인프라 현황 ····· 93
표 2-4-6 한국조선해양기자재연구원 에너지기술연구센터 인프라 현황 ····· 93
표 2-4-7 한국조선해양기자재연구원 에너지기술연구센터 인프라 현황 ····· 95

표 2-4-8 충남대학교 인프라 현황 ····· 96
표 2-4-9 한국기계연구원 인프라 현황 ····· 97
표 2-4-10 목포대학교 산학협력단 인프라 현황 ····· 98
표 2-4-11 신한정공 인프라 현황 ····· 98
표 2-4-12 와세대대학 인프라 현황 ····· 100
표 2-4-13 EBARA 인프라 현황 ····· 100
표 2-4-14 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (2) ····· 101
표 2-4-15 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (3) ····· 102
표 2-4-16 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (4) ····· 102
표 2-4-17 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (5) ····· 103
표 2-4-18 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (6) ····· 103
표 2-4-19 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (7) ····· 104
표 3-1-1 기술수요조사 발송 및 응답개요 ····· 110
표 3-1-2 기술분야별 아이템 ····· 112
표 3-2-1 기술수준/예측조사 방법 ····· 117
표 3-2-2 기술수준 평가기준 ····· 117
표 3-2-3 기술격차추세 평가 기준 ····· 118
표 3-2-4 기술성숙도 평가 기준 ····· 118
표 3-2-5 기술기반 성숙도 평가 기준 ····· 119
표 3-2-6 기술 핵심성 평가 기준 ····· 119
표 3-2-7 시급성의 평가 기준 ····· 120
표 3-2-8 과학기술적 파급효과 평가 기준 ····· 120
표 3-2-9 기술획득 방식의 항목 ····· 121
표 3-2-10 정부우선시행방안 항목 ····· 121
표 3-2-11 수력플랜트 안정성 검토기술 기술수준/예측조사 결과 ····· 122
표 3-2-12 수력발전 시스템 개발 기술수준/예측조사 결과 ····· 123
표 3-2-13 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술수준/예측조사 결과 ····· 124
표 3-2-14 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 최고기술 보유국 조사결과 ····· 145
표 3-2-15 수력발전 시스템 개발 분야의 최고기술 보유국 조사결과 ····· 146
표 3-2-16 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 최고기술 보유국 조사결과 ····· 147
표 3-2-17 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 기술획득 방식 조사결과 ····· 149
표 3-2-18 수력발전 시스템 분야의 기술획득 방식 조사결과 ····· 149
표 3-2-19 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 기술획득 방식 조사결과 ····· 150
표 3-2-20 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 정부우선 시행방안 조사결과 ····· 151
표 3-2-21 수력발전 시스템 개발분야의 정부우선 시행방안 조사결과 ····· 152
표 3-2-22 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 정부우선 시행방안 조사결과 ····· 153
표 4-1-1 SWOT 분석 및 포지션별 전략수립 ····· 169
표 4-3-1 세부과제 선정절차 및 과제 선정 ····· 176
표 4-5-1 수리적 구조물 안정성 검토 및 설계기술분야 기술아이템의 후보과제화 ····· 178
표 4-5-2 수력플랜트 내진 안정성 사고 저감기술 설계기술분야 기술아이템의 후보과제화 ····· 178
표 4-5-3 수리적 구조물 안정성 검토 및 설계기술분야 기술아이템의 후보과제화 ····· 179
표 4-5-4 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술 기술아이템의 후보과제화 ····· 180

표 4-5-5 수력플랜트 시스템 정밀 시공기술 기술아이템의 후보과제화 ····· 181
표 4-5-6 제어시스템 시공 및 시운전 기술분야 기술아이템의 후보과제화 ····· 181
표 4-5-7 실물 발전플랜트 검증기술 기술아이템의 후보과제화 ····· 182
표 4-5-8 상태진단 및 평가기술 기술아이템의 후보과제화 ····· 182
표 4-5-9 우선순위 평가항목 ····· 184
표 4-5-10 우선순위평가서 발송 및 응답개요 ····· 184
표 4-5-11 수력플랜트 안정성 검토 및 설계기술 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부 ····· 185
표 4-5-12 수력플랜트 내진안전성 사고 저감기반 설계기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부 ····· 185
표 4-5-13 외부환경 및 장기간 사용조건의 설계기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부 · 185
표 4-5-14 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부 ····· 186
표 4-5-15 수력플랜트 시스템의 정밀 시공기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부 ····· 187
표 4-5-16 제어시스템 시공 및 시운전 기술분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부 ····· 187
표 4-5-17 수력플랜트 성능시험 및 평가기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부 ····· 188
표 4-5-18 상태진단 및 평가기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부 ····· 188
표 4-9-1 1 세부과제 실용화방안 ····· 209
표 4-9-2 2 세부과제 실용화방안 ····· 210
표 4-9-3 3세부과제 실용화방안 ····· 211
표 5-1-1 연차별 투입 연구인력 ····· 213
표 5-1-2 상세 투입연구 인력 ····· 214
표 5-1-3 1세부과제 인력투입계획 ····· 214
표 5-1-4 2세부과제 인력투입계획 ····· 215
표 5-1-5 3세부과제 인력투입계획 ····· 216
표 5-2-1 총괄 소요예산 ····· 218
표 5-2-2 예산 항목별 소요예산 ····· 219
표 5-2-3 1세부과제 소요예산 ····· 220
표 5-2-4 2세부과제 소요예산 ····· 221
표 5-2-5 3세부과제 소요예산 ····· 222
표 6-2-1 K-water 수력발전시설 개대체 시기 ····· 226
표 6-2-2 기존 유사한 사업의 차별화 및 연계 방안 (수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술) ····· 230
표 6-2-3 기존 유사한 사업의 차별화 및 연계 방안 (수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술) ····· 231
표 6-2-4 기존 유사한 사업의 차별화 및 연계 방안 (수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술) ····· 231
표 6-3-1 긍정적 시나리오 B/C 분석 결과 ····· 237
표 6-3-2 중립적 시나리오 B/C 분석 결과 ····· 238
표 6-3-3 부정적 시나리오 B/C 분석 결과 ····· 238

그림 차례

그림 1-1-1 수력플랜트 건설기술 일반 구성도 ····· 1
그림 1-1-2 수력플랜트 건설기술 일반 구성도 ····· 2
그림 1-1-3 50MW급 수차발전 시스템 ····· 3
그림 1-1-4 모델성능시험 예시(한국수자원공사) ····· 4
그림 2-1-1 2015년 중남아시아 수차 설치 용량 및 발전량(IHA, 2016 Hydropower Status Report) 21
그림 2-1-2 2015년 동아시아 및 태평양 수차 설치 용량 및 발전량(IHA, 2016 Hydropower Status Report) ····· 22
그림 2-2-1 세계 수력발전 누적량 변천 흐름도 ····· 27
그림 2-2-2 세계 지역별 수력 설치 규모 현황(World Energy Council 2016) ····· 27
그림 2-2-3 수력발전용량 증가율 상위 9개국 ····· 29
그림 2-2-4 국내 전력설비 용량 및 발전량 ····· 30
그림 2-3-1 러시아 발전소 사고현장 ····· 37
그림 2-3-2 K-water 수차성능시험센터 내부 조감도 ····· 39
그림 2-3-3 상반전 펌프수차 개략도 및 시제품 모델 ····· 43
그림 2-3-4 상반전 펌프수차 단일목적 최적설계결과 예 ····· 44
그림 2-3-5 중규모 수력플랜트 건설 기술 전체의 국가별 출원동향 ····· 48
그림 2-3-6 수력플랜트 안정성 검토기술의 국가별 출원동향 ····· 49
그림 2-3-7 수력발전 시스템 개발기술의 국가별 출원동향 ····· 50
그림 2-3-8 수력발전 시스템 검증 및 실증시험기술의 국가별 출원동향 ····· 51
그림 2-3-9 중규모 수력 플랜트 건설기술 국가별 기술 출원동향 ····· 52
그림 2-3-10 AA기술에 대한 최다출원인 분석 ····· 54
그림 2-3-11 AB기술에 대한 최다출원인 분석 ····· 54
그림 2-3-12 AB기술에 대한 최다출원인 분석 ····· 55
그림 2-3-13 중규모 수력플랜트 건설기술의 국가별 기술수명 주기도 ····· 56
그림 2-3-14 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술별 기술수명 주기도 ····· 57
그림 2-3-15 중규모 수력 플랜트 건설기술 국가별 기술 출원동향 ····· 58
그림 2-3-16 중규모 수력 플랜트 건설기술 국가별 기술 출원동향 ····· 59
그림 2-3-17 수력플랜트 안정성 검토기술 기술흐름도 ····· 61
그림 2-3-18 수력발전 시스템 기술흐름도 ····· 62
그림 2-3-19 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술 기술흐름도 ····· 63
그림 2-3-20 중규모 수력 플랜트 건설 기술의 텍스트 마이닝 결과 thermo 그래프 ····· 67
그림 2-3-21 중규모 수력 플랜트 건설 기술 키워드들의 그룹별 분포도 ····· 68
그림 2-3-22 중규모 수력 플랜트 건설 기술 키워드들의 트리맵 ····· 69
그림 2-3-23 수력플랜트 안전성 검토기술 국가별 논문건수 ····· 79
그림 2-3-24 수력플랜트 안전성 검토기술 주요 저자별 논문건수 ····· 80
그림 2-3-25 수력플랜트 안전성 검토기술 논문 추이 ····· 80
그림 2-3-26 수력발전 시스템 개발기술 국가별 논문건수 ····· 81
그림 2-3-27 수력발전 시스템 개발기술 주요 저자별 논문건수 ····· 81

그림 2-3-28 수력발전 시스템 개발기술 논문 추이 ····· 82
그림 2-3-29 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 국가별 논문건수 ····· 82
그림 2-3-30 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 주요 저자별 논문건수 ····· 83
그림 2-3-31 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 주요 저자별 논문 추이 ····· 83
그림 2-4-1 한국기계연구원 인프라 현황 ····· 95
그림 2-4-2 숭실대학교 유동정보연구실 인프라 현황 ····· 96
그림 2-4-3 한국수자원공사 인프라 현황 ····· 97
그림 2-4-4 North Carolina State University(USA) 인프라 현황 ····· 99
그림 2-4-5 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (1) ····· 101
그림 3-1-1 기술수요조사 절차 ····· 110
그림 3-1-2 기술수요조사 분석결과 ····· 111
그림 3-2-1 기술수준조사 조사절차 ····· 116
그림 3-2-2 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술적 실현시기 예측결과 ····· 125
그림 3-2-3 중규모 수력플랜트 건설기술의 사회경제적 실현시기 예측결과 ····· 125
그림 3-2-4 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술적 실현시기 예측결과 ····· 126
그림 3-2-5 수력플랜트 안정성 검토기술의 사회경제적 실현시기 예측결과 ····· 127
그림 3-2-6 수력발전 시스템 개발의 사회경제적 실현시기 예측결과 ····· 128
그림 3-2-7 수력발전 시스템 개발의 사회경제적 실현시기 예측결과 ····· 129
그림 3-2-8 수력발전 시스템 검증 및 실증실험의 기술적 실현시기 예측결과 ····· 130
그림 3-2-9 수력발전 시스템 검증 및 실증실험의 사회경제적 실현시기 예측결과 ····· 131
그림 3-2-10 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술수준 및 기술격차 ····· 132
그림 3-2-11 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술격차 추세 ····· 132
그림 3-2-12 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술수준 및 기술격차 ····· 133
그림 3-2-13 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술격차 추세 ····· 134
그림 3-2-14 수력발전 시스템 개발의 기술수준 및 기술격차 ····· 135
그림 3-2-15 수력발전 시스템 개발의 기술격차 추세 ····· 136
그림 3-2-16 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술수준 및 기술격차 ····· 137
그림 3-2-17 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술격차 추세 ····· 137
그림 3-2-18 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술성숙도(TRL) ····· 138
그림 3-2-19 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술성숙도(TRL) ····· 139
그림 3-2-20 수력발전 시스템 개발의 기술성숙도(TRL) ····· 140
그림 3-2-21 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술성숙도(TRL) ····· 141
그림 3-2-22 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술기반(인프라) 성숙도 ····· 141
그림 3-2-23 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술기반(인프라) 성숙도 ····· 142
그림 3-2-24 수력발전 시스템 개발의 기술기반(인프라) 성숙도 ····· 143
그림 3-2-25 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술기반(인프라) 성숙도 ····· 144
그림 3-2-26 중규모 수력플랜트 건설기술 분야의 최고기술보유국 비중 ····· 144
그림 3-2-27 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 최고기술보유국 비중 ····· 145
그림 3-2-28 수력발전 시스템 개발 분야의 최고기술보유국 비중 ····· 146
그림 3-2-29 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 최고기술보유국 비중 ····· 147
그림 3-2-30 중규모 수력플랜트 건설기술 분야의 기술획득방식 비중 ····· 148

그림 3-2-31 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 기술획득 방식 비중 ····· 148
그림 3-2-32 수력발전 시스템 분야의 기술획득 방식 비중 ····· 149
그림 3-2-33 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 기술획득 방식 비중 ····· 150
그림 3-2-34 중규모 수력플랜트 건설기술 분야의 정부우선 시행방안 비중 ····· 151
그림 3-2-35 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 정부우선 시행방안 비중 ····· 151
그림 3-2-36 수력발전 시스템 개발분야의 정부우선 시행방안 비중 ····· 152
그림 3-2-37 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 정부우선 시행방안 비중 ····· 153
그림 3-2-38 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분 ····· 154
그림 3-2-39 수력플랜트 안정성 검토기술 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 ····· 155
그림 3-2-40 수력발전 시스템개발 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 ····· 156
그림 3-2-41 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 ····· 157
그림 3-2-42 기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분 ····· 158
그림 3-2-43 수력플랜트 안정성 검토기술 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 ····· 159
그림 3-2-44 수력발전 시스템 개발 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 ····· 160
그림 3-2-45 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 ····· 161
그림 3-2-46 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분 ····· 162
그림 3-2-47 수력플랜트 안정성 검토기술 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 ····· 163
그림 3-2-48 수력발전 시스템 개발 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 ····· 164
그림 3-2-49 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 ····· 165
그림 4-1-1 Issue Tree 분석결과 ····· 174
그림 4-2-1 비전과 목표 ····· 175
그림 4-4-1 중점추진분야 도출 결과 ····· 177
그림 4-5-1 우선순위평가 절차 ····· 183
그림 4-6-1 세부과제 간 연계성 ····· 203
그림 4-6-2 모델수차 설계·제작공정 ····· 204
그림 4-6-3 실물수차 설계·제작 및 현장 설치공정 ····· 204
그림 4-7-1 추진전략 체계도 ····· 205
그림 4-8-1 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 분야 총괄 로드맵 ····· 206
그림 4-8-2 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 분야 총괄 로드맵 ····· 206
그림 4-8-3 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 분야 총괄 로드맵 ····· 207
그림 4-8-4 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 분야 과제별 로드맵 ····· 207
그림 4-8-5 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 분야 과제별 로드맵 ····· 208
그림 4-8-6 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 분야 과제별 로드맵 ····· 209
그림 4-10-1 연구수행체계 ····· 212
그림 6-2-1 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술수준 및 기술격차 ····· 227
그림 6-2-2 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술기반(인프라) 성숙도 ····· 227
그림 6-2-3 K-water의 해외사업 현황 ····· 228

1장. 개요

1절. 기술의 정의 및 범위

1. 주요 기술의 정의 및 기획 필요성

가. “중규모 수력플랜트 건설기술”의 정의

□ 본 기획의 목적은 “중규모 수력플랜트 건설기술 개발”로 국내외 시장에서 보편적으로 사용되는 수력플랜트 기술개발을 기획하며 다음과 같이 정의함

그림 1-1-1 수력플랜트 건설기술 일반 구성도

- 중규모는 통상적인 수력발전에 있어서는 10~100MW 범위의 발전용량을 통칭하며, 본 과제에서는 40～60MW급으로 정의

- **수력플랜트**는 수력에너지를 전기에너지로 변환하기 위해 필요한 수차(런너, 가이드베인 등), 발전기, 유압기기, 베어링 및 축계 등으로 구성되는 일체의 시스템을 정의

- **건설기술**은 건설공사에 관한 계획·조사·설계·시공·감리·시험·평가·측량·자문·지도·품질·관리·안전 점검 및 안전성 검토 등으로 정의(건설기술진흥법 제2조)

- **건설공사**는 토목공사, 건축공사, 산업설비공사, 조경공사, 환경시설공사 그 밖에 명칭에 관계 없이 시설물을 설치·유지·보수하는 공사 및 기계설비나 그 밖의 구조물의 설치 및 해체공사 등으로 정의(건설산업기본법 제23조)

☞ 본 기획은 50MW급 중규모 수력플랜트의 개발에 있어 계획, 설계, 시공, 시험, 평가, 품질관리 및 안정성 검토 등이 복합적으로 연계된 기술 개발로 정의

나. 세부 요소 기술의 정의

□ 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술의 정의

○ 수리적 구조물 안정성 검토 및 설계 기술로 수력플랜트를 구성하는 구조물(수압철관, 수로터널 등)에 대해 수충격 등 수리진동 현상 발생에 대한 예측을 통한 안정적인 수력발전플랜트 설계 기술을 개발

○ 수력플랜트 내진안정성 사고 저감 기반 설계 기술은 지진 발생 시에 시나리오별로 중수력 플랜트 구조물에 대한 지진안정성을 평가하여 지진에 대한 사고 저감을 기반으로 한 설계 기술을 개발

○ 외부환경 및 장시간 사용 조건의 설계 기술은 수력플랜트의 각 구성 요소별 상태평가 및 노후화 진단 기술 개발로 정확한 보수, 교체시기를 판단하는 기술

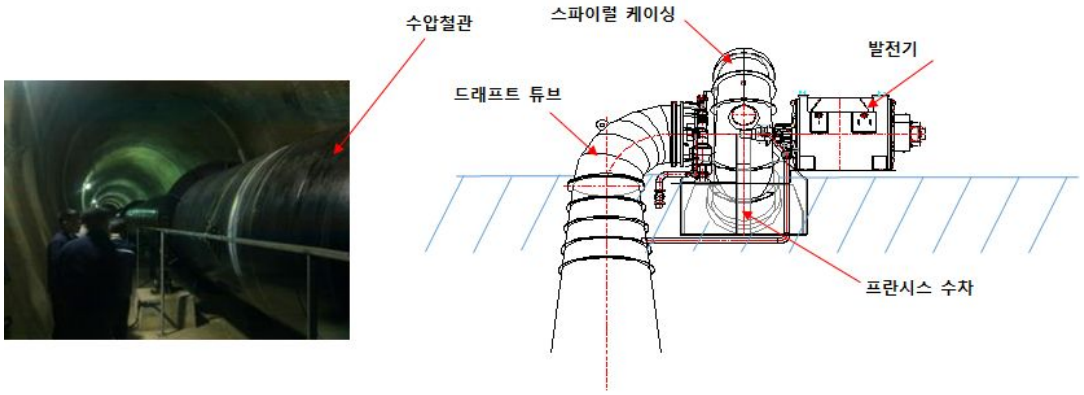


그림 1-1-2 수력플랜트 건설기술 일반 구성도

□ 수력플랜트 On-site 제작/설치 기술의 정의

○ 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작 기술은 설비의 대형화에 따라 3~4 분할로 공장 제작 후 현장에서 작업이 필요한 발전기의 설계 및 현장 설치 기술과 수차의 최적 효율 및 안정적 운영을 위한 설계 및 현장 설치 기술, 수차와 발전기를 연결하는 축계의 설계 기술 등을 포함함

○ 수력플랜트 정밀 시공기술은 설계, 제작된 각 요소 설비별로 현장에서 조립하고 검사하고 시공하는 기술과 구조 안정성을 고려해 개개 설비의 통합적인 시공 기술을 말함

○ 제어시스템 시공 및 시운전기술은 수력플랜트는 변경되는 유입유량에 대해 일정한 주파수의 안정적 전력 생산을 위해 필요한 유입유량 제어 시스템의 설계, 설치, 시운전 등을 통한 운영 안정성을 확보하는 기술을 말함

그림 1-1-3 50MW급 수차발전 시스템

□ 수력플랜트 성능시험 및 평가 기술의 정의

○ 실물 발전플랜트 검증 기술은 설계가 완료된 수차에 대해 기하학적, 역학적 상사성을 갖는 모델수차를 국제기준에 따라 제작, 충분한 시험을 통해 성능을 확인하는 기술과 실물 수차를 현장에 설치한 후 시험하는 실물 발전플랜트 성능평가 기술로 구성됨

○ 상태 진단 및 평가기술은 수력발전플랜트의 운영과 관련된 기술로 실시간으로 회전기기의 진동을 분석해 성능을 진단하는 시스템의 개발과 노후도 평가 기술을 개발하는 기술로 이루어짐

그림 1-1-4 모델성능시험 예시(한국수자원공사)

2. 과제 추진 배경 및 필요성

가. 수력플랜트 기술개발의 필요성

□ 중규모 수력플랜트의 원천기술 확보로 수력발전 산업의 기술역량을 제고

○ 국내외 활용도가 가장 높은 중규모급(50MW) 수력플랜트에 대한 설계/제작/현대화 기술 확보로 국내 기업의 국제적 경쟁력 확보

○ 국내 중·대수력 현대화 시 국산화 기술을 단계적으로 확대 적용하여 국내 기업의 기술 및 경험 축적을 통한 시장주도로 국내 수력산업 활성화

○ 현재 해외 전문기업에 의존하고 있는 국내 중대수력산업을 국내 기업이 선도해 수력발전 플랜트 설비 건설 기술 확보

○ 장기적으로 대형 수력기기의 현대화, 개발 및 성능 검증과정에서 수력 전문 기업을 유성하고, 해당 기업의 역량을 극대화하여 해외 수력시장 진출과 전문 인력 채용 확대 기대

- 수력발전플랜트의 설계/제작/설치/운영까지 전 주기적 기술 보유 및 무한 경쟁시대에 국제적 경쟁력을 확보하기 위한 원천기술 확보 절실

- 수요중심의 시장 요구형 고효율 수력플랜트 개발과 지능형 제어기술을 융합한 운전기술의 개발을 통한 고부가가치 시장 진입

□ 발전소 구조물 및 매설관로 등의 안정성 진단 및 평가기술 개발과 국가 기술 경쟁력 강화를 통한 에너지 안보 확립 요구

○ 국내 중·대형(10MW급 이상) 수력발전 플랜트 설비의 해외구입 및 종속 심각

○ 중대형 수력플랜트 원천기술 부재로 시화조력(254MW급), 4대강 수력(50MW)의 수력플랜트 설비는 해외조달로 약 2,500억원 국부 유출 발생

○ 수력플랜트 고장·사고 시 외자재 사용에 따른 복구자재 수급지연으로 발전 수익 손실

○ 운영 중인 설비의 유지관리 비용을 절감하고, 고장 발생 시 신속한 조치를 통한 국가 전력설비 안정성 확보를 위해서는 국산화 절실

- 수력발전플랜트와 유사한 가스터빈의 핵심기술 부재로 연간 2000억원 이상 유지보수 비용이 발생해 터빈 최초 제작비용을 초과해 원천기술 확보를 지적"발전소 대형 터빈 설계...외국 기술만 쳐다보는 한국(조선일보 보도, 16.4.19)"

표1-1-1 수력플랜트의 고장·사고로 인한 피해사례(한국수자원공사)

구분	설비용량 (MW)	업체	발전정지 일수	손실액 (백만원)	사고경위
안동	45	Fuji (일본)	17일(' 00년)	429	런너부 누유
남강	7	Alstom (프랑스)	109일(' 04년)	864	고정자 코일소손
대청	45	Toshiba (일본)	172일 (' 02~' 03년)	788	회전자 spoke jaw 균열 및 절단, 고정자 coil 소손

□ 정수력발전 플랜트 해외 전문기업은 다년간의 경험에 의한 특성화 전략으로 해외시장 점유율을 지속적으로 확대

○ 유량, 낙차, 용량별 설계시스템이 체계적으로 구축되어 있으며, 형상설계코드를 활용한 설계기간 단축, 유동해석 활용 등 고효율 설계시스템을 운영

나. 국내외 관련 시장 전망

□ 국내 시장전망

○ 국내 수력발전플랜트 용량은 양수를 포함하여 6,368MW(국내 전력설비의 7.4%, 발전량 1.65%)로, 순수 수력은 국내 수력자원 3,010MW 중 1,595MW(대수력 개발량)로 약 53%가 개발이 완료된 상태임

○ 국내 중대수력(10MW이상) 플랜트 시장은 신규 개발보다는 노후화된 설비의 개대체를 위한 현대화사업이 진행되고 있으며, K-water의 경우, 사용년수 30년 이상 경과한

중대수력에 대해 35년까지 6,600억원을 투자할 예정이며, 한국수력원자력도 3,800억원 투자 예정

- 국내외 K-water 수력발전(50MW) 사업현황(대수)은 합천댐(2), 대청댐(2), 필리핀 앙갓댐(4), 파키스탄 파트린드댐(3)

□ 해외 시장전망

○ 전 세계적으로 수자원을 활용한 수력발전은 총 1,000GW가 설치되어 있으며 2035년까지 722GW가 증설되는 등 중요한 청정 에너지원이 되고 있음

○ 수력설비 용량 증가를 주도한 국가는 중국이며 터키, 브라질, 베트남, 러시아가 나머지 신규 설치용량의 대부분을 차지하는 실정으로, 프로젝트 규모와 수력발전 단위 용량이 증가함에 따라 지역과 국제적 파트너십이 연계된 합작 투자 사업모델이 두드러지게 나타남

○ 북한 시장의 경우 총 설비용량은 6,920MW(70%, 50년 이상) 중 4,844MW가 노후화된 것으로 평가되며, 개대체를 위해서는 약 3조원의 비용이 필요한 것으로 분석됨

□ 기술현황 및 향후 전망

○ 국내 수력발전 플랜트 관련 기술력은 소수력 발전 플랜트 위주의 기술개발이 진행되었으나, 최근 개발 대상 규모가 증가하고 있으나, 15MW를 초과하는 중·대규모 기술 개발 실적은 없는 상태

- 중소기업 위주의 설계, 제작, 기반시설의 부족으로 국내외 수력시장 진출 어려움

- 중·대형 수력의 연구 인력의 확충 및 전문성을 강화하려 노력하고 있으나, 경험 및 원천기술의 부재가 걸림돌

○ 국내의 경우, 댐 성능개선을 위해 수력플랜트설비와 연계되어 운영되는 매설관로는 정밀 검토 없이 손상부에 대해 단순 보수만 실시하고 있는 실정

○ 수력발전 관련 기술은 대양수력, 금성E&C을 비롯한 몇몇 중소기업이 주도하고 있으며, 정부 주도의 연구과제 수행을 통한 개발에 주력하고 있는 실정

○ 수력플랜트에 대한 기술개발 경험은 해외 선진 제작사에 비해 적으나, 조선 및 중공업, 해양플랜트 기술 등의 유사 기술 기반을 토대로 정부 및 공기업 주도의 기술개발이 진행되면 빠른 시간에 국내 원천기술 확보가 가능할 것으로 기대

2절. 기술분류 및 내용

1. 기술분류체계도

표 1-1-2 중규모 수력플랜트 건설기술 기술분류 체계도

대분류		중분류		소분류	
1	수력플랜트 안전성 검토기술 분야	1-1	수력플랜트 안정성 평가기술	1-1-1	수로터널 안정성 평가
				1-1-2	수충격 안정성 평가
				1-1-3	주요 진동 원인별 안정성 평가
				1-1-4	매설관로 성능 및 안정성 평가
		1-2	수력플랜트 진단 및 관리기술	1-2-1	수차 진동에 의한 수력발전 플랜트 영향 진단 기술
				1-2-2	노후화에 따른 발전 시스템 진단 및 상태평가 기술
				1-2-3	수력플랜트 성능상태 진단 평가 기술
				1-2-4	발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체 기술
				1-2-5	유사 유입 영향을 고려한 설비 평가 기술
		1-3	수력플랜트 내진 안정성 평가기술	1-3-1	발전시설 내진 안전성 평가 기술
				1-3-2	발전설비 내진 안정성 평가 기술
				1-3-3	지진 시나리오 기반 발전설비 취약도 평가
2	수력발전 시스템 개발기술 분야	2-1	수차 설계 및 제작기술	2-1-1	수력 설계 및 해석기술
				2-1-2	구조건전성 평가기술
				2-1-3	축계 안정성 및 베어링 실링기술
				2-1-4	수차 제작 및 설치 기술
		2-2	발전기 설계 및 제작기술	2-2-1	발전기 설계 및 해석기술
				2-2-2	기계 구조 설계 및 해석 기술
				2-2-3	발전기 제작 및 현장 설치 기술
		2-3	제어/유압 시스템 설계 및 적용 기술	2-3-1	제어시스템 설계 및 적용기술
				2-3-2	유압시스템 설계 및 적용 기술
3	수력발전 시스템 검증 및 실증시험	3-1	모델 성능검증 및 시험 고도화 기술	3-1-1	모델 성능검증 시스템 설계 기술
				3-1-2	모델 설계 및 제작기술
				3-1-3	성능검증 및 최적설계 목적의 고정밀 계측 및 분석기술
				3-1-4	모델시험 평가 및 실증수차 성능환산법
		3-2	수력발전 실증 시스템 검증 및 운영관리 기술	3-2-1	설치, 시운전 절차 기술 표준화
				3-2-2	최적 운전조건 정립을 위한 계측 및 분석
				3-2-3	수력발전시스템 설치 및 시험 기술
				3-2-4	운영조건을 고려한 최적 운영기술

2. 기술분류별 기술내용

가. 수력플랜트 안정성 검토기술 분야

표 1-2-1 수력플랜트안정성 검토기술 분야 소분류 기술내용

중분류		소분류		기술 내용
1-1	수력 플랜트 안정성 평가기술	1-1-1	수로터널 안정성 평가	-수로터널 구조물 및 주변지반 특성치 평가기술 -압력 수로터널 내수압 해석 기술(수압-지반-구조물 상호거동)
		1-1-2	수충격 안정성 평가	-수충격을 고려한 송수관로 전산 유동해석 기술 -수충격에 의한 수압철관 안정성 진단기술
		1-1-3	주요 진동 원인별 안정성 평가	-수차에서 발생하는 진동특성의 원인을 분석하고 방지대책 또는 진동 저감에 대한 기술
		1-1-4	매설관로 성능 및 안정성 평가	-외부환경에 의한 매설관로 노후와 진단 및 평가를 위한 실험
1-2	수력 플랜트 진단 및 관리기술	1-2-1	수차 진동에 의한 수력발전플랜트 영향 진단 기술	-수차 진동을 측정하여 기계의 상태관리 및 분석을 통하여 수력발전시스템에 미치는 영향을 진단하는 기술
		1-2-2	노후화에 따른 발전시스템 진단 및 상태평가 기술	-부식, 미세균열에 따른 매설관로 안정성 평가기술 -노후화에 따른 수차 및 발전기의 현 상태를 평가 하는 기술
		1-2-3	수력플랜트 성능상태 진단평가 기술	-수차의 효율 및 출력을 측정하여 수차의 성능 및 상태를 분석/진단하는 평가기술
		1-2-4	발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체 기술	-부품별 적정 개대체 주기를 선정하여 발전정지 기간을 최소화하는 기술
		1-2-5	유사 유입 영향을 고려한 설비 평가 기술	-신규 수력발전소 건설시 해당 사이트의 수질 상태(유사포함)를 분석하여 설비에 미치는 영향을 최소화하는 평가 기술(설비에 대한 대책, 유사 및 점토 등의 1차 처리기술)
1-3	수력 플랜트 내진 안정성 평가기술	1-3-1	발전시설 내진 안전성 평가기술	-신규 발전시설 설치 전/후 발전시설 내진 안정성 평가
		1-3-2	발전설비 내진 안정성 평가기술	-펜스탁, 컨트롤게이트, 터빈, 트랜스포머, 파이프, 매설관로 내진 안정성 평가
		1-3-3	지진 시나리오 기반 발전설비 취약도 평가	-지진파 Set 시나리오 설정에 따른 발전설비 위험도 평가 및 예측

나. 수력발전 시스템 개발기술 분야

표 1-2-2 수력발전 시스템 개발기술 분야 소분류 기술내용

중분류		소분류		기술 내용
2-1	수차설계 및 제작기술	2-1-1	수력 설계 및 해석기술	-최적화 기반의 수력 설계 기술 -전산유동해석을 활용한 캐비테이션 예측 및 억제 기술 -프란시스 수차의 수력부품 형상설계(런너, 가이드베인, 스테이베인, 스파이럴 케이싱, 드래프트 튜브) -수차의 캐비테이션 및 비정상유동 해석기술 -2차원, 3차원 설계기법 융합을 통한 최적 형상 설계 기술 -수차의 주요 핵심 부품 설계 기술 -수력 성능 영향 요소에 대한 영상 전산해석 검증 및 설계분석 -수력성능 조건별 효율점 설정에 따른 설계 및 분석
		2-1-2	구조건전성 평가기술	-구조 건전성 설계를 고려한 유동-구조 연성해석기술 -러너와 스테이터의 비정상 상호작용에 의해 유발되는 진동해석기술 -수차의 주요품 적용을 위한 기술 분석 및 평가 -수차 구조적 안전성 검토를 위한 형상 설계 및 검토
		2-1-3	축계 안정성 및 베어링 실링기술	-축계 안정성 기법을 적용한 주축 설계 기술과 윤활 베어링 및 실링의 설계 제작 평가 기술 (Rotordynamics/Tribology)
		2-1-4	수차 제작 및 설치 기술	-수차 구성품 제작에 따른 검사와 설치 절차서 확보, 구성품의 이력관리 기법 정립 -수차의 주요품(러너, 가이드베인)제작 기술 및 제작 방법의 분석 -수차발전기 설치기술 체계적 절차 수립
2-2	발전기 설계 및 제작기술	2-2-1	발전기 설계 및 해석기술	-전자장 및 기계 구조를 고려한 철심 구조(외경, 내경, 공극, 스로트 형상)와 전압 등급에 최적인 절연 시스템 설계 및 전자기 특성 해석을 통한 고효율 설계 기술
		2-2-2	기계 구조 설계 및 해석 기술	-축계(베어링 구조 포함) 시스템, 회전자 진동해석, 열 유동해석 및 냉각 설계 해석을 통한 전기계 구조 설계 기술
		2-2-3	발전기 제작 및 현장 설치 기술	-발전기의 대형화에 따른 현장에서의 조립, 설치를 고려한 발전기 설계, 제작기술과 현장 설치 후 발전기 성능에 대한 시험 평가 기술
2-3	제어유압 시스템 설계 및 적용기술	2-3-1	제어시스템 설계 및 적용기술	-수력 설비용 정밀 제어 기술 설계 -중규모 수력 젱 알고리즘의 개발 -제어설비의 감시 이중화 안정 시스템 -진동 및 감시제어 시스템 분석기술
		2-3-2	유압시스템 설계 및 적용기술	-중수력용 유압의 연동제어 향상 설계 -유압설비의 제작 및 운용 성능 개선 -유압과 수력 효율점의 적용 분석

다. 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야

표 1-2-3 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야 소분류 기술내용

중분류		소분류		기술 내용
3-1	모델 성능검증 및 시험 고도화 기술	3-1-1	모델 성능검증 시스템 설계 기술	-IEC60193 규격에 적합한 프란시스 모델수차 성능 검증용 시스템 설계 기술
		3-1-2	모델 설계 및 제작기술	-실증 수차의 성능과 부합하는 모델수차의 표준 모델 설계 기술
		3-1-3	성능검증 및 최적 설계 목적의 고정밀 계측 및 분석기술	-모델수차의 시험 결과 도출을 위한 고정밀 계측 및 수차 설계 최적화를 위한 분석 기술
		3-1-4	모델시험 평가 및 실증수차 성능환산법	-IEC60193/62097에 부합되는 실증 성능 지표인 모델수차 성능평가/전환기술
3-2	수력발전 실증 시스템 검증 및 운영관리 기술	2-2-1	설치·시운전 절차 기술 표준화	-수력발전 시스템의 설치절차와 시운전에 대한 절차 표준화 기술
		2-2-2	최적 운전조건 정립을 위한 계측 및 분석	-수력발전시스템의 주요 성능 검증을 위한 고정밀 계측, 측정 결과 분석 및 활용 기술
		2-2-3	수력발전시스템 설치 및 시험 기술	-현장설치 및 수력발전시스템의 수차와 발전기의 효율, 출력 등 성능시험 기술
		2-3-4	운영조건을 고려한 최적 운영기술	-설계조건 및 전력계통에 따른 최고 효율점에서 운영으로 수명연장 및 발전손실 최소화를 위한 운영기술

2장. 동향조사 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국외 정책동향

□ `15년 파리기후변화협약 체결은 신재생에너지 이용증진을 촉진시키는 계기가 되나 최근의 저유가 추세는 재생에너지의 경제성을 저해하고 있음

○ 동 기후변화 협약은 신재생에너지 산업발전에 대해 장기적이고 지속적인 영향을 미치는 요인을 제공함

○ 에너지 가격은 주기적으로 등락을 반복하는 점에서 신재생에너지로 분류되는 수력자원의 이용 여건을 개선될 것으로 전망

가. 미국

□ 오바마 정부는 `신재생에너지 5대 정책`을 수립하고 에너지 수입의존도 축소를 목표함

○ 신재생에너지 5대 정책은 아래와 같음

- 깨끗하고 신뢰할 수 있으며 가격이 싼 에너지 공급확대
- 그린에너지 산업의 일자리 창출
- 원유 의존도 경감
- 주택과 건물의 에너지 효율증대
- 글로벌 기후변화에 선도적 대응 및 리더역할 강화임

□ 오바마 정부는 에너지 수입의존도를 축소하기 위해 비 전통 에너지 개발과 신재생에너지 공급을 증대하고 있음

○ 오바마 1기 정부에서는 '신에너지 정책'을 통해 에너지 해외 의존도를 축소하고 100년 동안 공급이 가능한 비전통 가스 개발을 추진

－2기 정부부터 '전방위 에너지 전략(All of the Energy Above Energy Strategy)'을 추진하며 석유, 천연가스, 원자력, 수력, 신재생에너지, 에너지 효율 등 가능한 모든 자원을 활용함으로써 에너지 자립도를 제고하며 환경오염 및 기후변화에 대해

적극적으로 대응

표 2-1-1 미국 기후변화 액션플랜의 주요 내용

항 목	주요 내용
온실가스 규제강화	▪ 발전소 온실가스 배출규제 ▪ 18년부터 대형차량의 연비기준 대폭강화
신재생에너지 확대	▪ 20년까지 풍력/태양광 설비용량을 13년 기준 2배로 확대 ▪ 청정에너지 핵심기술 투자 확대(79억 달러 추가배정) ▪ 화석연료 보조금 철폐
에너지효율과 기후변화 대응능력 제고	▪ 주택 · 상업 · 산업분야 에너지효율 2배증진 ▪ 건물 · 인프라시설 기후변화 가이드라인 개발 ▪ 14년 기후변화 대응 연구에 27억달러 예산 배정
기후변화 관련기술의 확대 적용	▪ 4,800억 달러 규모의 환경상품과 서비스 자유무역 추진 ▪ 중국, 인도, 브라질 등 주요국과 양자협력 체결

□ 미국 환경보호청(EPA)은 '기후변화 액션플랜'의 후속 작업으로 기존 화력발전소의 온실가스 배출 감축을 목표로 한 '청정전력계획'을 발표하였음

○ `기후변화 액션플랜'은 온실가스 규제 강화, 신재생에너지 확대, 에너지 효율성 강화 등을 추진

○ 화력발전소의 온실가스 배출 감축을 목표로 한 '청정전력계획'이 실현된다면 발전부문 온실가스 배출량의 '05년 대비 '20년까지 25%, '30년까지 30% 감축될 것으로 전망

- `청정전력계획` 을 통해 각 주별 원단위 감축목표와 이를 실행하기 위한 가이드라인을 제시하여, 각 주정부는 자율적으로 감축정책을 선택할 수 있으며, 구체적인 감축안을 '16년 6월까지 제출해야 함

표 2-1-2 미국 주별 화력발전 온실가스 배출량 감축목표 현황

감축목표	개수	해당 주
50% 이상	3개	워싱턴, 애리조나, 사우스캐롤라이나
41~50%	7개	오리건, 뉴햄프셔, 조지아, 아칸소, 뉴욕, 뉴저지, 미네소타
36%~40%	11개	노스캐롤라이나, 루이지애나, 테네시, 텍사스. 플로리다, 버지니아, 메사추세츠, 미시시피, 메릴랜드, 오클라호마, 콜로라도
31~39%	9개	사우스다코타, 네바다, 위스콘신, 뉴멕시코, 일리노이, 아이다호, 델라웨어, 미시건, 펜실베니아
21~30%	11개	코네티컷, 오하이오, 유타, 엘라베마, 네브레스카, 알레스카, 캘리포니아, 캔자스, 미주리, 몬태나, 인디애나
10~20%	8개	웨스트버지니아, 와이오밍, 캔터키, 아이오와, 하와이, 로드아일랜드, 메인, 노스다코타

□ DOE는‘ARRA(American Recovery and Reinvestment Act)’를 통해 기후변화 대응 및 경기 침체에 대응하기 위한 방안으로 재생에너지 보급 정책을 적극적으로 추진

○ 미국은 경기 침체에 대응하기 위한 ARRA 정책 내에서 재생에너지 보급을 추진하며, ‘09년부터 ‘19년까지 에너지 효율 향상과 재생에너지 연구 분야에 총 272억 달러를 투자할 예정

○ 기후변화 대응 관련 산업 육성을 통한 경제부양을 목표로 ‘15년 DOE의 R&D 투자 비중을 확대

○ 동 정책 추진 후 10년간 그린에너지에 1천500억 달러를 투자해 모두 500만개의 일자리를 창출할 계획임

□ DOE(에너지부), DOI(내무부), DA(미육군)는 ‘15년 혁신적인 수력발전 기술 개발을 위한 공동 협력 사업을 발표함

○ 동 사업은 5년 전인 ‘10년도에 연방정부 부처 간 맺은 ‘수력발전을 위한 양해각서 (Memorandum of Understanding for Hydropower)’을 통해 이룩한 1단계 사업의 성공에 기반 함

○ 동 사업은 2단계 사업을 기획하여 3개 부처간 성공적인 파트너쉽을 5년간 연장하는 것으로, 3개 부처 뿐만 아니라 수력 발전 산업계, 학계, 그리고 수많은 이해관계자들이 아래의 목표 달성을 위해 협력할 예정임

- 기존 및 미래의 수력 발전소 전력 생산성 향상을 위한 유체 측정 기술의 정확도를 향상시키고 비용을 절감함

- 발전기의 규모와 중량을 획기적으로 낮춰 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 발전 출력을 향상시킬 수 있는 초전도 발전 기술을 평가함

- 17,500GW (약 1.5백만 미국가정에 전기공급량) 용량의 잠재력을 갖춘 비(非)전력발전용 댐과 도관 등에 적합한 저비용, 저영향성 수력발전 기술을 개발함

- 친환경적 수력 터빈 디자인 툴을 개발하고, 기후 변화에 따른 미국 수력발전 및 수자원 인프라의 위험성을 보다 면밀히 평가함

□ 미국은 앞으로 10년간 그린에너지에 1,500억 달러를 투자해 모두 500만개의 일자리를 창출할 계획

○ 1978년부터 발전차액지원 제도를 통해 신재생에너지를 사용하는 소규모 발전소를 운영하는 인증시설사업자의 전력을 공익사업자가 의무적으로 구입하도록 규정하고 있음

나. 일본

□ `14년 `제4차 에너지기본계획` 을 통해 후쿠시마 원전 사고 이후 '원전 제로' 정책기조를 '원전 재가동'으로 전환하고 원자력을 주요 에너지원으로 활용하면서 재생에너지 보급 확대를 적극 추진

○ 장기적 관점에서 원전 의존도를 감소시키기 위해, 신재생에너지 도입을 최대한 촉진하며 계통 강화, 규제 합리화, 저비용화의 연구개발 추진을 주요 정책방향으로 설정

□ 일본은 2020년까지 신재생에너지 공급 비중을 20%로 늘리겠다는 목표를 가지고 있음

□ 일본의 경제산업성은 2030년 바람직한 전원 구성으로 태양열 등 재생에너지 발전량을 전체 20%이상 전망함

표 2-1-3 일본 경제산업성의 2030년 바람직한 전원구성 현황

구분	수력	바이오	지열	태양광	풍력	계
2030년 가능한 발전량 (억kW/시)	953	286	98	700	47	2084
총발전량에서 점하는 비율 (%)	10	3	1	7	0	21

□ 일본의 NEDO(New Energy Development Organization)는 제3차 기관 중장기 계획을 통해 신재생에너지와 청정석탄기술의 보급을 위해 에너지원별 연구개발사업을 추진

○ NEDO는 신재생에너지의 보급을 확대하기 위해 '15년도부터 추진되는 제 3기 중기 목표를 수립하고 신재생에너지 분야별 기술개발 계획을 수립

□ 일본 경제산업성은 원전사고 후 석탄화력발전 가동률 및 신설 계획이 증가하자 '에너지 절약 규제'를 도입하여 화력발전소의 이산화탄소 배출 규제를 강화

○ 원전 정지로 인한 전력 부족으로 소형 석탄 화력 발전소 신설 급증에 대응하기 위하여 CO2 배출량이 적으면서도 발전 효율이 높은 설비를 의무 설치해야하는 규제를 마련

○ 경제산업성은 특히 주택용 태양광발전시스템과 가정용연료전지의 보급을 촉진하기 위해 보조금 지원제도를 신설하고 가정용연료전지 1대당 600만엔을 지원하고 있으며, 여기에 LNG, LPG, 등유 등 에너지공급사가 300만엔을 추가로 지원함

□ 일본 정부는 전기·하이브리드 차 등 미래형 자동차의 생산과 보급 확대, 대규모 태양광발전소 확충사업 등에 예산을 집중적으로 투입하고 있으며 에너지절약을 위한 설비투자 지원 예산도 늘리고 있음

표 2-1-4 HORIZON 2020의 안전, 청정, 고효율 에너지 세부분야

세부 분야	내 용
에너지효율 및 탄소배출량 저감	▪ 스마트하고 효율적인 에너지 사용을 위한 대규모 시장기술, 서비스 개발 ▪ 효율적이고 재생 가능한 냉 · 난방 시스템의 잠재적 실현 ▪ 유럽의 스마트 도시 공동체 촉진
저비용, 저탄소 전기 공급	▪ 풍력 에너지를 100% 사용할 수 있는 기술개발 ▪ 효율적이고 가격경쟁력 있는 태양 에너지 시스템 개발 ▪ 이산화탄소 포집, 운송저장을 위한 환경적으로 안전한 기술개발 ▪ 지열, 수소, 해양 및 기타 재생 가능한 에너지 옵션개발
대체연료와 이동식 에너지원	▪ 바이오에너지 활용 지속가능한 친환경 연료에너지 개발 ▪ 세계 시장을 선도하는 수소와 연료전지 기술개발 촉진 ▪ 분말금속연료, 광합성미생물 에너지연료 등 새로운 대체연료 개발
유럽 단일의 스마트 전력망	▪ 20년까지 유럽 내 전력의 33%를 스마트 그리드로 제공 ▪ 전력망 송배전, 저장장치 관련 부품 및 관련 기술개발 지원 ▪ 효율적 전력망 관리 및 안전운영 시스템 구축
의사결정과 대중참여	▪ 에너지관련 주요 사회 · 경제적 이슈 평가방법론 및 모형개발 ▪ 에너지 관련 정책에 대한 데이터베이스 구축

다. EU

□ EU는 `10년 `2020전략`에 이어 `14년 `2030 기후·에너지정책 프레임워크`를 발표하며 온실가스 배출저감, 재생에너지 확충, 에너지 효율 개선의 정책기조를 유지

○ `30년까지 온실가스 배출량을 '90년 대비 40% 감축하는 목표를 설정하였으며, 국가별 목표 할당량을 제시 하였으며 재생에너지 소비목표를 최소

○ `30년까지 재생에너지 소비목표를 범 EU차원에서 최소 27%로 확대하겠다는 목표를 제시

□ EU는 '에너지 공급안보와 경쟁력 개선', '50년까지 온실가스 배출 감축률 80% 달성을 목표로 하는 '에너지 로드맵 2050'을 '11년부터 추진 중임

○ `에너지 로드맵 2050`에서는 에너지믹스, 신재생에너지, 에너지 효율성 및 신기술 관련 시나리오를 작성

○ 에너지원별 전망을 살펴보면 가스의 비중이 성장하고, 원자력 발전에 대해서는 중립적인 입장을 고수하고 있으며, 신재생에너지의 확대, 에너지효율성 증대를 통한

에너지 소비 감소를 예측

□ Horizon 2020에서는 '안전, 청정, 고효율 에너지' 개발을 중요시하며, 에너지 효율, 저탄소 기술, 대체연료 , 스마트 그리드 등의 기술개발을 추진

○ 전체 Horizon 2020 예산 630억 유로 중 35%인 220억 유로를 '안전, 청정, 고효율 에너지' 개발에 투자

□ EU는 전략적 에너지 기술계획 (SET-Plan)을 실천하기 위해 저탄소 에너지기술 개발에 연간 32~54억 유로를 투자

○ SET-Plan은 저탄소 기술개발의 가속화와 시장 확장을 EU가 주도하기 위해 추진된 프로젝트로 청정·고효율 및 저탄소 에너지 기술 개발을 목표로 설정

○ `20년까지 CO2 20% 저감, 저탄소에너지원으로 20% 에너지할당, 에너지효율 증가를 통한 주 에너지사용 20% 감소를 목표로 기술개발을 추진

라. 영국

□ 영국은 2020년까지 신재생에너지의 비율을 15%까지 높인다는 목표를 가지고 있으며, 육상 및 해상의 풍력발전에 주목하고 있음

○ 전체 신재생에너지로 생산하는 전력의 약2/3를 풍력으로 얻고 나머지 부분을 biomass, 수력, 조력 및 파력으로 얻는다는 계획을 세웠음

○ 신재생에너지를 정책적으로 육성하기 위해 소규모 발전에 재정적 보상을 해주는 Feed-In-Tariff와 신재생에너지로 만들어진 열에 대한 보조금인 Renewable Heat Incentive등의 재정적 지원책을 추진하고 있음

표 2-1-5 프랑스 ADEME의 '14~'20년의 주요 연구 분야 및 연구 프로그램

항 목	주요 내용
지속가능한 도시 및 지역	▪ 지속가능한 도시를 위한 건축환경 ▪ 깨끗하고 에너지 효율적인 차량 ▪ 지능형 에너지 시스템과 환경
지속가능한 생산 및 신재생에너지	▪ 에코 디자인 및 생산 시스템의 환경 효율성 ▪ 신재생에너지의 생산 및 관리 ▪ CO2의 포집 및 회수 ▪ 폐기물의 처리, 분류, 재활용, 회수
농업, 토양 및 산림 바이오매스	▪ 농업 및 임업 원료의 지속가능한 생산 ▪ 바이오매스의 활용 ▪ 토양과 하층토, 오염지역의 지속가능한 관리 및 이산화탄소의 지질학적 저장
대기 질이 건강 및 환경에 미치는 영향	▪ 공기질 개선 및 보존 ▪ 환경과 건강에 미치는 영향 평가 및 우선순위 관리물질 연구
에너지, 환경, 사회	▪ 에너지, 환경, 사회

마. 프랑스

□ 프랑스는 2020년까지 에너지 소비에서 신재생 에너지원이 차지하는 비율을 두 배 늘릴 것이라고 밝힘

○ 향후 12년 동안 국내 태양 에너지 사용량을 400배로 늘리겠다는 야심한 목표를 추진함

○ 30평방미터를 넘지 않는 태양 전지판(solar panel)의 경우 복잡한 허가 체계를 간소화하고 세금을 면제하는 등 파격적인 조치를 취할 계획임

□ 프랑스 정부는 `20년까지 최종 에너지 소비에서 재생에너지가 차지하는 비중 23%로 향상시키는 것을 목표로 설정하고 재생에너지 확대에 관한 국가행동계획을 발표

- `20년까지 국가 총 에너지 소비량 중 23%를 재생에너지로 충당하겠다는 목표를 설정

□ 다년 투자계획(PPI : Programmation pluriannuelles des investissements)'을 통하여 재생에너지원별 구체적인 목표수치를 설정

○ `20년까지 수력발전은 71.7TWh, 풍력발전은 57.9TWh, 바이오매스는 17TWh, 태양에너지는 6.8TWh로 발전용량을 확대시킬 계획임

□ 재생에너지 확대에 대한 국가행동의 경우 사르코지 대통령이 수립한 계획이나, 이후 올랑드 대통령 또한 사회적 합의를 통해 도출된 목표인 만큼 재생에너지 확대에 대한 기존 정책 기조를 그대로 유지할 것으로 전망

□ 프랑스는 '20년까지 최종 에너지 소비량 중 재생에너지의 비중을 확대하기 위해 세제 혜택, FIT 제도 등을 정비

○ 설비 구입에 대한 세금공제, 소규모 태양열발전소 설비 투자금액에 인하된 부가세율(5.5%)을 적용하는 세제지원 혜택을 제공

○ 프랑스의 FIT 단가는 육상풍력 8.2c€/kWh, 해상풍력 13c€/kWh, 10.24~12.0c€/kWh, 바이오매스 8.121~9.745c€/kWh, 수력 6.07c€/kWh 수준

○ 태양광 발전차액지원을 상향 조정하고, 분기마다 조정하는 태양광 FIT 기준가격의 감축률을 제한하여 EU 권역에서 생산한 태양광 설비에 대한 보너스 혜택을 부여

□ ADEME(환경 및 에너지 관리청)에서는 재생에너지분야 연구개발을 증진하고 신기술 전파를 가속화하기 위한 연구개발 투자를 계획

○ ADEME에서는 '14~'20년간 '지속가능한 도시 및 지역', '지속가능한 생산 및 신재생에너지', '농업, 토양 및 산림 바이오매스', '대기질이 건강 및 환경에 미치는 영향', '에너지, 환경, 사회'의 다섯가지 주제로 연구를 수행

표 2-1-6 하이테크 전략 2020의 기후에너지 중점분야 정책 목표

중점분야	정책의 목표	단기시책	장기시책
친환경 및 고효율에너지 미래도시개발	국민의 삶의 질이 보장되는 미래도시개발	에너지 효율 매년 1%에서 2%로 증대, 2020년까지 난방수요 20%감축	2050년까지 모든 도시건축물 에너지 수요 80% 감축
바이오연료 자원개발	후세대를 위한 화석연료를 보완하고 대체하는 바이오 연료개발	2030년까지 화학비료를 대체할 바이오비료 개발	친환경 바이오 연료를 개발하여 고용창출 및 재료원료의 국산화
에너지공급 다변화	에너지공급 효율성 증대위한 새로운 에너지 기술개발	이산화탄소 배출량 90%까지 감축, 화석연료사용량 50%감축, 전기사용량 25%감축	2050년까지 모든 건물 난방량 80% 감축 및 교통분야 에너지 사용량 40%감축

바. 독일

□ `09년 메르켈 총리가 재선되면서 원자력 포기를 재천명하고 총 전기 소비량의 30%를 신재생에너지로 공급하겠다는 정책적 목표를 제시한 바 있음

○ 메르켈 정부는 '22년까지 원전의 완전 폐쇄, 화석연료 의존도 감축, 신재생에너지 비중을 증가시키는 에너지 전환 정책을 추진

○ 독일 정부는 에너지 전환을 위해 총 8개의 법안을 개정하여 원전 운영시기 제한, 신재생에너지 증대, 에너지 효율성 강화, 지능형 전력계량기 도입 등을 추진

○ 독일 정부는 '20년까지 독일 신재생에너지 보급의 기본계획이 되는 국가에너지 실행계획(NREAP : National Energy Action Plan)을 발표하고 신재생에너지 개발을 확대할 방침

○ 최종 에너지 소비량의 18%, 냉·난방수요의 15.5%, 전력수요의 37%, 수송용 에너지의 13%를 재생에너지로 충당할 계획

□ 신재생에너지 발전의 구체적인 실행계획으로 Amendment of the Renewable Energy Sources Act와 Market Incentive Program을 추진

○ Amendment of the Renewable Energy Sources Act를 통해 '12년 총 전력공급량 대비 '20년에는 35%, '30년에는 50%, '40년에는 65%, '50년에는 100%를 재생에너지로 충당할 계획

□ 전력공급에서 재생에너지 비중을 증가시키기 위해 시장·시스템·전력망의 통합을 강조하였으며, FIT제도를 도입

□ 지속가능한 에너지 개발, 에너지의 효율적 사용, 기후변화 대응을 위한 재생에너지 개발에 중점을 둔 연구개발 프로그램을 추진

○ 지속가능한 에너지 기술 개발을 위한 '지속가능한 발전을 위한 연구(FORNE)' 계획을 수립하여 '10년부터 '15년까지 20억 유로를 투입

○ 에너지의 효율적 생산, 전환, 저장, 이용, 수송 등과 관련한 기초연구를 위한 '에너지 기초연구 2020+'를 발표

□ `90년에서 `20년 사이에 에너지 생산성 2배에 기여하는 기술개발을 목표로 효율적 에너지생산 및 변환, 저장, 수송, 사용 및 온실가스 감소 관련 연구를 추진

□ `하이테크 전략 2020` 을 통해 기후에너지 분야에 대한 연구를 수행하며 고효율 에너지 미래 도시개발, 바이오연료 자원 개발, 에너지 공급 다변화 분야의 기술개발을 추진

□ 전체 전기소비량에서 신재생에너지가 차지하는 비율은 1998년 4.8% 에서 2008년 15.1%로 증가함

○ 신재생에너지로부터 공급되는 독일 전체의 에너지 공급량(전기 난방 연료 등)에선 바이오 에너지(Biofuels, Biogenic fuels)가 약 70%로 가장 큰 비중을 차지함

- 바이오 에너지가 68.9%, 풍력이 17.3%, 수력이 9.1%, 태양열이 1.8%, 태양광이 1.7%, 지열이 1.1%를 차지하고 있음

□ `20년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 40%로 감축할 계획으로 신재생에너지 비중도 2020년까지 전기 소비량의 30%로 높일 계획이며 2050년에는 1차 에너지 소비에서 신재생에너지의 비중을 2050년까지 50%로 늘릴 방침임

사. 이탈리아

□ 이탈리아 `신재생에너지 행동계획`에 따르면, `20년까지 신재생에너지비율 17% 달성을 목표로 하고 있으며 이를 위해 다른 EU 회원국들로부터 신재생에너지를 수입할 계획도 가지고 있음

아. 중국

□ 중국은 `12차 5개년 에너지발전 계획'을 수립하고 `15년까지 에너지소비 억제, 생산효율성 강화, 非 전통자원의 개발을 추진

○ 주요목표는 에너지 소비 총량 및 효율, 에너지 생산과 공급능력, 에너지 소비구조 최적화, 국가종합 에너지기지 건설, 생태환경보호임

○ `15년 까지 에너지 소비 총량을 40억 tce로 억제하고, 생산전력 당 에너지원 소모량을 `10년 대비 16% 감소시키며, 석탄 화력의 전력생산을 `15년까지 323g/kWh로 낮출 계획

○ 에너지 공급능력은 43억tce로 확대하고, 1차 에너지에서 석탄 비중은 65% 이하로, 非 화석에너지의 비중을 11.4%로 확대할 계획

□ `15년까지 수력 발전량 2.9억kW, 풍력 발전량 1억kW 등 전체 에너지소비의 9.5%를 신재생에너지로 보급하는 것을 목표로 설정

□ `13년과 `14년 중국은 약 23건의 재생에너지 관련 정책을 발표하였으며, 이 중 태양광 발전 정책이 12건으로 태양광 육성에 많은 노력을 기울이고 있음

○ 태양광 관련 정책은 12건, 풍력 관련 정책 3건, 지열 관련 정책 1건, 수력 관련 정책은 1건이며, 나머지 정책은 전체 재생에너지원을 대상으로 함

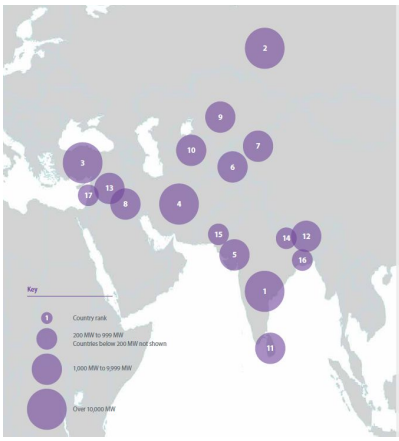
자. 중남 아시아

□ 남아시아의 상당한 수력 잠재성은 히말라야 지역에 집중되어 있으며 특히 네팔과 부탄의 신규 수력발전소는 인도의 증가하는 전력수요를 충족시키기 위해 건설되었고 부탄은 총 1,615MW의 신규 수력발전이 설치되었음

□ 부탄은 국내 전력수요는 상대적으로 낮지만, 인도로 전력을 수출함으로써 국내 수익의 중요한 요소를 차지하고 있으며 부탄 정부는 인도 정부와 민간 부분과의 협력으로 2020년까지 10,000MW 제공할 것으로 예상

□ 네팔은 현재 에너지 부족을 겪고 있으나 이론적으로 수력 잠재 가능성은 84,000MW이며, 이 중 43,000MW 경제성이 있을 것으로 예상되며 네팔의 현재까지 수력 설치 용량은 753MW임

□ 이란은 두 가지 중요 프로젝트(Khersan 3 (400MW), Rudbar Lorestan(450MW))가 2016년에 완료될 것으로 예상되며 총 5,831MW 용량의 14개 대규모 프로젝트가 투자방안을 찾는 중 : Ilam pumped-storage plan (1,000MW), Karun 2 (712MW), Khersan 1 (584MW)



SOUTH AND CENTRAL ASIA
CAPACITY BY COUNTRY

Rank	Country	Installed hydropower capacity (MW)*
1	India	51,494
2	Russia	50,624
3	Turkey	25,886
4	Iran	11,196
5	Pakistan	7,264
6	Tajikistan	5,190
7	Kyrgyzstan	3,091
8	Iraq	2,753
9	Kazakhstan	2,260
10	Uzbekistan	1,731
11	Sri Lanka	1,624
12	Bhutan	1,615
13	Syria	1,505
14	Nepal	753
15	Afghanistan	400
16	Bangladesh	230
17	Lebanon	221
18	Jordan	12
19	Israel	7
20	Turkmenistan	1

*includes pumped storage

SOUTH AND CENTRAL ASIA

Country	Total installed capacity including pumped storage (MW)	Pumped storage (MW)	Generation (TWh)
Afghanistan	400	-	0.91
Bahrain	-	-	-
Bangladesh	230	-	1.49
Bhutan	1,615	-	7.78
India	51,494	4,786	124.65
Iran	11,196	1,040	13.79
Iraq	2,753	240	4.40
Israel	7	-	0.03
Jordan	12	-	0.06
Kazakhstan	2,260	-	7.33
Kuwait	-	-	-
Kyrgyzstan	3,091	-	13.81
Lebanon	221	-	0.66
Nepal	753	-	3.64
Oman	-	-	-
Pakistan	7,264	-	31.18
Qatar	-	-	-
Russia	50,624	1,360	160.17
Saudi Arabia	-	-	-
Sri Lanka	1,624	-	5.12
Syria	1,505	-	2.77
Tajikistan	5,190	-	17.73
Turkey	25,886	-	66.90
Turkmenistan	1	-	-
United Arab Emirates	-	-	-
Uzbekistan	1,731	-	10.31
TOTAL	167,856	7,426	473

그림 2-1-1 2015년 중남아시아 수차 설치 용량 및 발전량(IHA, 2016 Hydropower Status Report)

차. 동아시아 및 태평양

□ 동아시아 및 태평양은 총 6개 지역에 설치된 수차용량이 세계적으로 가장 많으며, 중국은 단독으로 세계 수력 발전 용량의 세 번째 차지

□ 2015년 19.4GW의 신규 수차 용량이 신설되어 총 설치 용량은 319GW로 추정되며 중국을 제외하고 2015년에 2,717MW 용량이 추가됨

□ 인도네시아의 수력발전 기술 잠재량은 75,000MW이며 이는 Sumatra, Java, Sulawesi 섬에 집중되어 있는 것으로 추정되고 있으며 미개발 수차 용량 잠재량은 8GW(연간 33TWh 제공) 것으로 추정

□ 인도네시아 정부는 2025년까지 신재생에너지 점유율을 25%까지 높이기 위해 수차 발전 개발을 추진하고 있으며 2015년 수력 점유율은 5.87% 차지, 1,559MW의 7개 수력발전소가 건설 중이며 1,819MW에 달하는 10개 프로젝트가 전력구매동의(PPA) 협약대상으로 예정되어 있으며 2,131MW의 19개 프로젝트가 연구 또는 설계 단계

EAST ASIA AND PACIFIC
CAPACITY BY COUNTRY

Rank	Country	Installed hydropower capacity (MW)*
1	China	319,370
2	Japan	49,905
3	Vietnam	15,211
4	Australia	8,790
5	South Korea	6,447
6	Malaysia	5,472
7	Indonesia	5,258
8	New Zealand	5,254
9	North Korea	5,000
10	Chinese Taipei	4,683
11	Thailand	4,510
12	Philippines	4,235
13	Laos	4,168
14	Myanmar	3,140
15	Cambodia	1,267
16	Papua New Guinea	234
17	Fiji	125
18	New Caledonia	78
19	French Polynesia	47
20	Samoa	12

* includes pumped storage

EAST ASIA AND PACIFIC

American Samoa	-	-	-
Australia	8,790	740	13.63
Brunei	-	-	-
Cambodia	1,267	-	1.85
China	319,370	23,060	1,126.40
Chinese Taipei	4,683	2,602	4.19
Cook Islands	-	-	-
Fiji	125	-	0.30
French Polynesia	47	-	0.29
Indonesia	5,258	-	13.24
Japan	49,905	27,637	91.27
Kiribati	-	-	-
Laos	4,168	-	18.70
Malaysia	5,472	-	11.98
Marshall Islands	-	-	-
Micronesia, Federated States Of	-	-	-
Mongolia	-	-	-
Myanmar	3,140	-	5.78
Nauru	-	-	-
New Caledonia	78	-	0.33
New Zealand	5,254	-	24.29
Niue	-	-	-
North Korea	5,000	-	13.14
Papua New Guinea	234	-	0.86
Philippines	4,235	685	9.95
Samoa	12	-	0.05
Singapore	-	-	-
Solomon Islands	-	-	-
South Korea	6,447	4,700	5.86
Thailand	4,510	1,000	11.68
Timor-leste	-	-	-
Tonga	-	-	-
Tuvalu	-	-	-
Vanuatu	-	-	-
Vietnam	15,211	-	62.63
Wallis And Futuna	-	-	-
TOTAL	443,207	60,424	1,417

그림 2-1-2 2015년 동아시아 및 태평양 수차 설치 용량 및 발전량(IHA, 2016 Hydropower Status Report)

카, 기타국가

□ 발전 용량 면에서 보면 중국, 인도는 대규모 수력발전소 건설계획을 가지고 있으며 아프리카의 콩고, 나이지리아 아시아의 아프가니스탄, 인도네시아, 남미의 볼리비아, 브라질, 등도 상당한 수력발전소 건설 계획을 가지고 있음

□ `15년 스위스는 33개 수력발전소의 건설 및 개량 사업을 추진 중에 있는데, 이를 통해 2,100MW를 확보한다는 계획임

○ 스위스는 현재 전력생산량의 60%를 수력으로 충당하고 있으며, 신재생에너지 실행계획에 수력발전 확대정책을 적극적으로 반영하여 추진하고 있음

□ 아시아 국가 중 라오스의 수력발전계획에 관심을 기울일 필요가 있음

○ 라오스는 풍부한 수력자원을 가지고 있으며, 지난 수년간 전국의 전기공급정책의 일환으로 수력발전을 지속적으로 확대해옴

○ 전력 생산뿐 만아니라 홍수예방, 관광자원화, 지역 간 협력사업 수단 등 다목적으로 수력자원개발을 활용하고 있음

□ 브라질 에너지공사(EPE)가 '11년 6월 발표한 10개년 에너지계획 분석에 따르면, 브라질은 에너지 공급 확대를 위해 1조 헤알(약 6,250억 달러)를 투자할 계획이며, 이 중 수력발전의 비중을 67%까지 확대할 전망임

○ 브라질 에너지공사(EPE)는 석유, 에탄올, 전력, 수력, 재생에너지 등에 대한 10개년 에너지계획을 '11년 6월 발표함

○ 에너지보좌관의 동 보고서 분석에 따르면, 브라질은 2020년까지 에너지소비량이 약 60% 증가할 것으로 예상됨에 따라, 에너지 공급 확대를 위해 1조 헤알(약 6,250억불)을 투자할 계획임

○ 특히 친환경 전력의 비중을 83%(수력 67%, 태양력·풍력·바이오매스 16%)까지 확대할 전망이며, 브라질 정부는 2020년까지 24개의 수력발전소(설비용량 18,000MW 규모)를 추가 건설하기 위해, 약 1,000억 헤알(625억 달러 상당)을 투자할 계획임

2. 국내 정책동향

□ 박근혜 정부 140대 국정과제에서 신재생에너지의 보급 확대 및 신성장동력 산업화를 추진하는 국정과제가 제시되었음

○ 박근혜 정부 국정과제는 경제부흥, 국민행복, 문화융성, 평화통일 구축 등 4대 국정기조와 14대 추진전략 및 140개 국정과제로 구성됨

○ 국민행복 국정기조의 국민안전 추진전략 중 신재생에너지 보급을 가로막는 규제 및 제도개선, 산업화를 촉진하는 기술개발, 스마트그리드 구축 등에 주력하는'신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성'이 국정과제로 제시됨

- 신재생 에너지 보급을 가로막는 규제, 제도개선 필요사항을 발굴하여 보급시장의 병목해소를 추진함

- 대규모 해상풍력 프로젝트, 차세대 태양광 등 R&D 투자 확대 등을 통해 풍력·태양광 분야 기술경쟁력을 제고함

표 2-1-7 2차 에너지 기본계획의 6대 중점과제 및 주요 목표와 과제

중점과제	주요목표	주요과제
수요관리 중심의 에너지 정책전환	35년 전력수요의 15% 감축	에너지 세율조정, 전기요금 체계 개선, ICT 수요관리 시스템 구축 등
분산형 발전시스템의 구축	35년 발전량의 15% 이상을 분산형으로 공급	송전제약, 사전검토, 분산형 전원확대 등
환경, 안전과의 조화를 모색	신규 발전소에 대한 최신 온실가스 감축기술 적용	기후변화 대응제고, 안전 안전성 강화 등
에너지 안보의 강화와 안정적 공급	석유, 가스 등 전통에너지의 안정적 공급	도입선 다변화, 국내 비축여력 강화 등
국민과 함께하는 에너지 정책추진	15년부터 에너지 바우쳐 제도 도입	

□ 에너지 관련 최상위 정책인 '제 2차 에너지 기본계획'을 통해 에너지 자원의 효율적 배분과 수요중심의 에너지 정책을 추진

○ 2차 에너지 기본계획은 에너지원별, 부문별 에너지 관련 계획에 대해 원칙과 방향을 제시하는 성격의 최상위 계획으로 6대 중점과제를 제시

○ 중점 과제는 수요 관리 중심의 에너지 정책, 분산형 발전시스템 구축, 환경, 안전과의 조화, 에너지 안보의 강화와 안정적 공급, 원별 안정적 공급체계 구축, 국민과 함께 하는 에너지 정책을 추진

표 2-1-8 1차 에너지 기준 월별 비중 목표(%)

구분	2012	2014	2025	2035	연평균 증가율
태양열	0.3	0.5	3.7	7.9	21.2
태양광	2.7	4.9	12.9	14.1	11.7
풍력	2.2	2.6	15.6	18.2	16.5
바이오	15.2	13.3	19.0	18.0	7.7
수력	9.3	9.7	4.1	2.9	0.3
지열	0.7	0.9	4.4	8.5	18.0
해양	1.1	1.1	1.6	1.3	6.7
폐기물	68.4	67.0	38.8	29.2	2.0

*출처: 제4차 신재생에너지 기본계획, 산업통상자원부, 2014.9

□ 4차 신재생에너지 기본계획`을 통해 신재생에너지에 기반 한 지속가능한 에너지 시스템 구축을 위한 기술개발을 계획함

○ `35년까지 1차 에너지의 11.0%를 신재생에너지로 공급을 계획함

– ('12) 3.2% → ('14) 3.6% → ('20) 5.0% → ('25) 7.7% → ('30) 9.7%→ (35) 11%

○ `14년~`35년 기간 중 신재생에너지 연평균 증가율은 6.2%임

– 동 기간 연평균 0.7% 증가에 그친 1차 에너지 수요를 상회함

○ `35년에는 전체 전력량 중 13.4%를 신재생에너지로 공급할 계획임

○ `정부주도`에서 `민관파트너쉽`으로 전환하기 위한 신재생에너지시장 생태계 조성에 주력할 예정임

– 시장친화적 제도설계, 수익형 비즈니스 모델 제시, 규제완화, 신재생보급에 적합한 모델 발굴을 통한 자발적 민간투자를 제고함

○ 해외시장 진출을 통해 지속가능성장을 위한 자생력 확보에 주력할 예정임

– 협소한 국내시장을 넘어 적극적 해외진출을 통해 국내보급과의 상호 선순환 창출

표 2-1-9 국토교통부 기술 연구개발사업 플랜트 연구사업 세부 기술분야

연구 분야		투자실적 및 계획			
중점분야	세부기술 분야	13년	14년	15년	16년이후
플랜트 건설지원 인프라 기술	▪ 플랜트 사업수행 고도화 기술 ▪ 글로벌 진출 지원 시스템 기축 기술 ▪ 실증 인프라 기술	500	2,000	4,000	17,200

*출처: `15년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부 국토교통과학기술진흥원

□ `15년 국토교통기술 연구개발사업에서는 해외 플랜트 수주 경쟁력을 증대하기 위한 플랜트연구사업이 추진될 예정

□ 제7차 전력수급계획은 Post 2020 온실가스 감축을 위한 저탄소 전원믹스 강화를 목표로 함

– 석탄화력 비중 축소, 신규원전 반영, 신재생에너지 확대, 분산형 전원 활성화를 촉진하고자 인센티브를 강화한다는 계획을 제시함

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국외 시장현황 및 전망

가. 최근 에너지 이용환경의 변화

□ 신기후 변화체제 출범에 따른 최대 수혜 산업은 신재생에너지산업이 될 전망임

○ 세계 온실가스 배출량의 약 40%가 발전분야에서 발생하고 있으며, 발전분야의 80% 가량이 석탄발전에서 발생하고 있음에 따라 온실가스 감축을 위해선 석탄발전 비중 축소가 불가피함

○ 선진국을 중심으로 에너지패러다임이 석탄 등 화석에너지에서 신재생에너지로 빠르게 전환되고 있음

□ `16년 세계 신재생에너지 시장은 전년대비 14% 성장한 152GW에 달해 사상 최고치를 경신할 전망

○ 2014년 세계 신재생에너지 시장은 사상 첫 100GW를 돌파한 이후 성장세가 더욱더 가파르게 증가하고 있고, 2015년에도 29% 증가한 133GW 시장을 형성함

○ 파리 기후변화협약 체결로 우호적인 산업 분위기는 지속될 것으로 예상됨에 따라 2016년에도 양호한 성장세를 이어갈 전망임

□ `16년 세계 신재생에너지 산업 투자액은 사상 최고치를 기록할 전망임

○ `15년 저유가 상황으로 신재생에너지 투자가 위축 될 것이라는 우려가 많았으나, 저유가와 상관없이 세계 신재생에너지 산업에 대한 투자는 순항 중임

○ `16년 세계 신재생에너지 산업 투자액은 전년대비 7% 증가한 3,540억 달러로 사상 최고치를 기록할 전망

나. 수력발전소 건설 시장

□ 최근 선진국은 신재생 에너지에 대해 기준가격 의무 구매제도(FIT: Feed-In Tariff)를 도입하였으며 소수력 가속화를 위한 기술개발을 촉진하고 있음

○ 미국, 캐나다, 인도의 지자체는 신재생에너지 발전 의무 비율 할당제(RPS: Renewable Portfolio Standards)로 신재생 에너지 산업의 발전을 도모하고 있음

□ 유럽은 소수력을 포함한 수력발전 산업을 선도하고 있으며, 기술개발은 이미 세계

최고 수준의 표준화 및 상용화로 세계 수력발전 시장을 분할 선점하고 있음

○ 이탈리아, 프랑스, 독일, 스웨덴, 체코 등은 다수의 제조 전문기업들을 통해 중앙 아메리카 및 아시아 등으로 소수력 및 중·대수력 발전설비 수출을 활발히 진행하고 있음

□ 중국은 제2의 전력생산 및 소비국으로 수력발전 용량은 전체 발전용량의 약 20%를 차지하고 있으며, 수력발전의 설비용량, 생산량 및 증가율은 세계 1위를 기록함

○ 현재 중국의 소수력 및 양수식 발전에 대한 투자는 급증하고 있으며, 대략 800개 현이 주로 소수력을 활용해서 전력을 생산하고 있음

○ 중국의 수력발전 기업은 풍부한 내수시장 공략을 위해 독자적으로 기술개발을 추진해 왔으며, 그 결과 소수력 발전설비의 건설과 제조 분야는 세계적 수준으로 자체평가 되고 있음

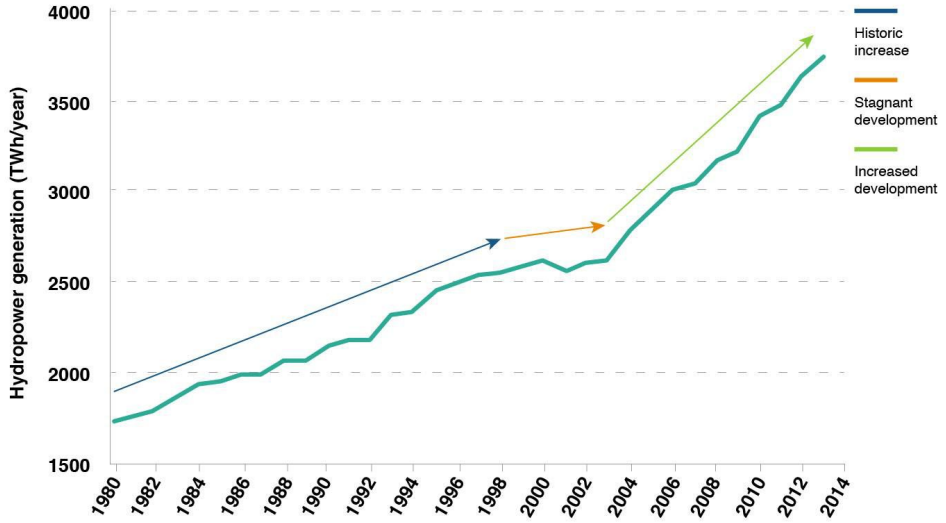


그림 2-2-1 세계 수력발전 누적량 변천 흐름도
(Renewables 2014 Global Status Report)

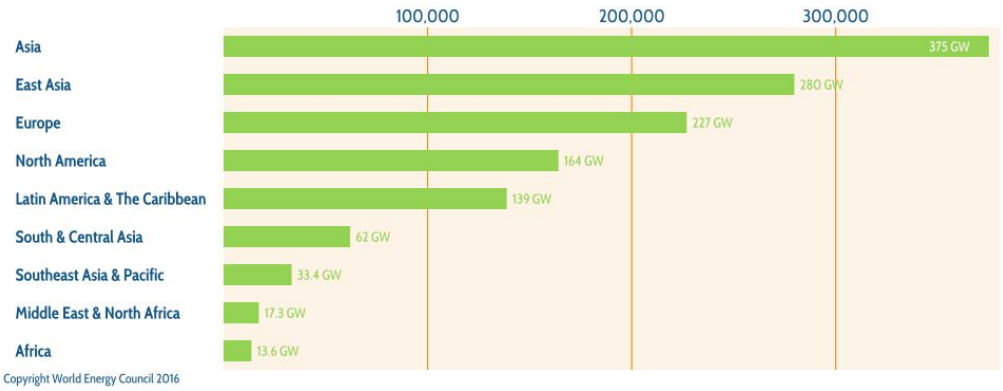


그림 2-2-2 세계 지역별 수력 설치 규모 현황(World Energy Council 2016)

표 2-2-1 '13년 수력발전 시설용량 및 발전량 상위 6개국

국가	시설용량(GW)	발전량(TWh)	시설용량 점유율(%)
중국	260.0	905.0	26.0
브라질	85.7	415.0	8.6
미국	78.4	269.0	7.8
캐나다	76.2	388.0	7.6
러시아	46.7	174.7	4.7
인도	43.7	143.0	4.4
기타	409.3	1,455.3	40.9
합계	1,000	3,750	100

□ `15년도 "WORLD HYDRO POTENTIAL AND DEVELOPMENT"에 따르면 가동 중 설비용량의 3배 내지 6배의 신규 수력발전소 건설이 계획 중에 있음

○ 전세계 가동중인 수력발전소는 1,098,893MW, 건설 중 발전소는 160,709MW, 계획중 발전소는 353,100~684,600MW임

- 현재 약 1,000GW가 설치되어 세계 발전량의 16%를 차지하고 있으며, 연간 발전량은 3,750TWh이고, 2035년까지 722GW로 증설 예정임

□ 국가별 수력발전소 시설용량/발전량을 살펴보면, 중국, 브라질, 미국 순이며, 시설용량 점유율은 상위 6개국이 전 세계의 59%를 차지함

□ 아시아 대륙은 전세계 5개 대륙 중 계획 중인 수력발전설비 용량이 가장 높은 것으로 조사됨

○ 대륙별로 비교해 보면 아시아는 수력 213~425GW, 남미 58~82GW, 아프리카 41~112GW, 북미 26~43GW, 유럽 15~21GW로 나타남

○ 중국, 인도 외에도 라오스, 타지키스탄, 말레이시아, 베트남을 비롯하여 대부분의 역내 국가들이 수력발전소 건설 계획을 적극적으로 추진하고 있어 비교적 큰 시장규모를 보이고 있음

○ 중국, 인도, 남미 등 개발도상국 중심으로 성장하여 특히 아시아는 370GW가 증설되어 성장을 주도하고 있음

- 대수력(50MW 이상)은 아시아 개발도상국 중심으로 '17년까지 연간 200GW가 증설될 예정임

- `20년까지 1GW이상의 프로젝트가 44개 이상 가동될 전망임

○ 중국은 신규 건설용량에서도 가장 앞서고 있으며, 브라질, 터키, 인도, 베트남, 캐나다, 인디아, 라오스, 콜롬비아도 개발이 활발하게 진행되고 있음

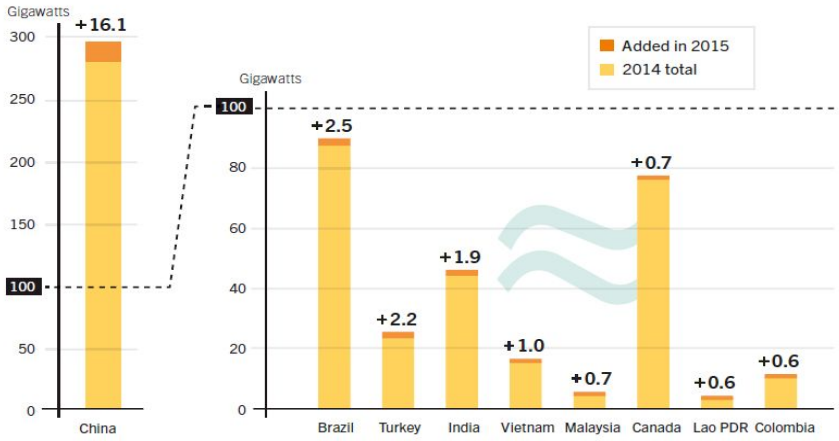


그림 2-2-3 수력발전용량 증가율 상위 9개국
(REN21, Renewables 2016 global status report)

표 2-2-2 세계 수력 개발 잠재량

(발전량 :Twh)

구분	아시아	남미	북중미	유럽	아프리카	합계
개발 잠재량	17,962	7,541	5,511	4,919	3,909	39,842
비중(%)	45.1	18.9	13.8	12.3	9.8	100

자료 : 신재생에너지 백서, 산업통산자원부, 2014

□ 수력개발의 잠재량은 아시아가 17,962TWh (45.1%)로 가장 높으며 이어 남미 7,541TWh (18.9%), 북중미 5,511 (13.8%) 순으로 높은 것으로 파악됨

□ 40년 이상 노후된 수력의 현대화 물량은 매년 대량으로 발생하고 있으며, 이에 따라, 연간 12~16GW의 현대화 시장이 발생하고 있음

□ 국내 발전회사들이 추진하고 있는 해외 수력발전소 건설사업은 K-water, 한국수력원자력, 중부발전, 서부발전을 중심으로 국내 대형 건설사들과의 협력을 통해 건설사업을 추진 중에 있음

○ K-water는 파키스탄의 파트린드, 발라콧, 넨스크라에 수력발전소 운영 및 건설사업을 주도하고 있음

○ 한국수력원자력은 파키스탄, 페루의 세로캄파나, 키르키즈스탄의 톡토굴, 베트남의 송마3, 후아나, 네팔의 차멜리야에서 수력발전소 건설사업을 주도 중에 있음

○ 중부발전은 인니, 파키스탄, 서부발전은 라오스, 남동발전은 파키스탄, 네팔에서

수력발전소 건설 사업을 추진하고 있음

- 해당 프로젝트에는 대우건설, 롯데건설, 포스코건설, SK건설 등 다수의 건설사들이 공동으로 참여중임

2. 국내 시장현황 및 전망

○ '13년 양수를 포함한 수력설비 용량은 6,454MW로 총 설비용량의 7.4%이며, 발전량은 8,483GWh로 1.65%를 점유하고 있음

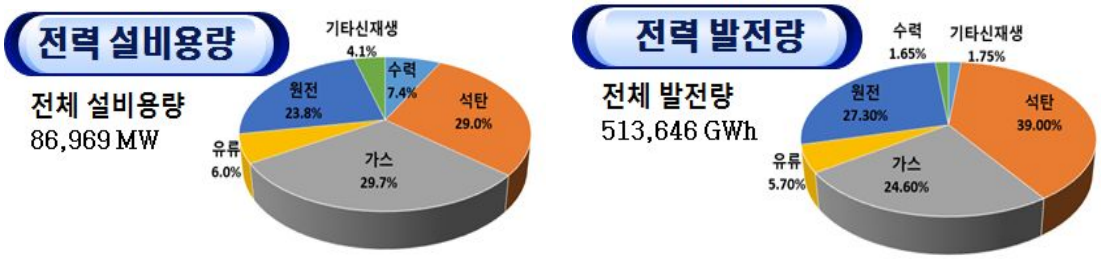


그림 2-2-4 국내 전력설비 용량 및 발전량

○ 일반 수력은 총 16개소로 발전량은 3,561GWh로 0.7%를 점유하고 있으며, 설비용량은 1,596MW로 총 설비용량의 1.8%를 점유하고 있음

표 2-2-3 일반 수력발전소 현황

구분	발전소명(용량 : mw)	설비용량 (mw)
계	16개소	1595.75
K-water (9개소)	소양강(200),충주(412),안동(90),합천(100),주암(22.5),임하(50),남강(14),용담(22.1)	1,000.6
한국수력원자력 (7개소)	화천(108),춘천(62.28),의암(48),청평(140.1) 팔당(120),섬진강(34.8),강릉(82)	595.18

○ 국내 소수력발전소는 108개소에 설비용량 159.4MW이며, '13년도 연간 662GWh의 전력을 생산하고 있음

○ 한국수자원공사 42개소, 한국전력공사 및 발전회사 17개소, 민간 발전사업자 23개소, 한국농어촌공사 13개소, 지자체 13개소(하수종말처리장 6개소, 정수장 4개소, 하천 3개소) 등 108개소가 운영 중임

○ 국내 수력발전 설비의 기술현황은 중/대수력의 경우 대부분 외산인 반면, 소수력 부문은

초기에 외국제품이 주류를 이루었으나 1986년 가동된 임기소수력부터 국산수차가 적용되어, 덕송, 대아, 경천, 포천, 성주, 한여울, 아산 및 천안소수력 등이 현재 가동 운영 중에 있음

○ 또한, 한국수자원공사의 광천, 반변, 부안 및 보령소수력은 초기에는 해외의 수차를 도입하였으나, 1997년 이후 운문, 횡성, 영천 및 밀양소수력 등은 국내에서 제작한 수차를 채용하여 운영 중에 있음

표 2-2-4 국내의 소수력 에너지 보급잠재량

구 분	개발 가능용량 (kw)
일반하천	1,412,500
하수처리장	5,300
정수장	2,500
농업용 저수지	48,000
농업용보	5,000
다목적의 용수로	6,744
양삭장의 순환수, 양수발전소 하부댐 이용 화력발전소의 냉각수 이용 등	10,956
산업용 폐수처리장, 대형 열처리 공장 냉각수 등	10,000
합계	1,510,000

* 출처 : 소수력발전용 20kw급 상반전 수차발전시스템 개발, 2011

표 2-2-5 국내 소수력 보급현황

구 분	설비 용량	점유율(%)
68개소	95,220	100
민간 발전사업자(18개소)	30,559	32.1
한국수자원공사(19개소)	18,054	19
한전 및 발전회사(13개소)	33,573	35.2
지자체(7개소)	2,375	2.5
한국농촌공사(11개소)	10,659	11.2

* 출처 : 소수력발전용 20kw급 상반전 수차발전시스템 개발, 2011

□ `13년 양수를 포함한 수력설비 용량은 6,454MW로 총 설비용량의 7.4%이며, 발전량은 8,483GWh로 1.65%를 점유하고 있음

□ 일반 수력은 총 16개소로 발전량은 3,561GWh로 0.7%를 점유하고 있으며, 설비용량은 1,596MW로 총 설비용량의 1.8%를 점유하고 있음

□ 국내 소수력발전소는 108개소에 설비용량 159.4MW이며, '13년도 연간 662GWh의 전력을 생산하고 있음

□ 수력발전 설비는 한국수자원공사 42개소, 한국전력공사 및 발전회사 17개소, 민간 발전사업자 23개소, 한국농어촌공사 13개소, 지자체 13개소(하수종말처리장 6개소, 정수장 4개소, 하천 3개소) 등 108개소가 운영 중임

□ 국내 수력발전 설비의 기술현황은 중/대수력의 경우 대부분 외산인 반면, 소수력 부문은 초기에 외국제품이 주류를 이루었으나 1986년 가동된 임기 소수력부터 국산수차가 적용되어, 덕송, 대아, 경천, 포천, 성주, 한여울, 아산 및 천안 소수력 등이 현재 가동 운영 중에 있음

□ 한국수자원공사의 광천, 반변, 부안 및 보령 소수력은 초기에는 해외의 수차를 도입하였으나, 1997년 이후 운문, 횡성, 영천 및 밀양 소수력 등은 국내에서 제작한 수차를 채용하여 운영 중에 있음

□ K-water는 `35년까지 전체 6,604억원을 현대화 사업에 투자할 예정임

○ K-water가 관리하고 있는 9개소의 수력발전설비의 평균 사용연수는 31.3년이며 동 설비에 대한 개대체 시기가 도래함

표 2-2-6 K-water 관리 수력발전 설비현황

구분	남강	소양강	안동	대청	충주	합천	주암	임하	용담	계
설비용량 (MW)	14 (2기)	200 (2기)	90 (2기)	90 (2기)	400(4기) 12(2기)	100 (2기)	22.5 (2기)	50 (2기)	22.1 (2기)	1000.6
상업발전	71	73	76	80	85	89	91	92	01	-
사용연수	43년	41년	38년	34년	29년	25년	23년	22년	13년	-

□ 한국수력원자력은 전체 3,746억원을 현대화 사업에 투자할 예정임

○ 한국수력원자력이 관리하고 있는 7개소의 수력발전 설비의 평균 사용연수는 43.3년이며 동 설비에 대한 개대체 시기가 도래함

표 2-2-7 한국수력원자력 관리 수력발전 설비현황

구분	화천	춘천	섬진강	의암	청평	팔당	강릉	계
설비용량 (MW)	106 (4기)	62.2 (2기)	34.8 (3기)	48 (2기)	139.6 (4기)	120 (4기)	82 (2기)	594.6
상업발전	68	65	45~85	67	43~11	73	91	-
사용연수	46	49	49	45	62	41	24	-

□ 북한 수력인프라 중 약 70%가 50년 이상 가동된 시설이며 통일 후 개대체가 필요한 실정임

○ 총 설비용량 약 6,920MW 중 70%인 4,844MW가 50년 이상 가동됨

○ 현재 북한의 설계기술, 시공기술, 설치기술의 종합적인 후진성으로 질적 건설이 어려움

표 2-2-8 북한 수력발전소 설비용량

발전소명	소제지	시설용량(KW)	발전소명	소재지	시설용량(KW)
수풍	평북 석주군	700,000	운봉	자강 자성군	400,000
허천강	자강 만포시	406,000	서두리	함북 청진시	420,000
장진강	함남 하천군	387,000	어지돈	황북 봉산군	15,000
장자강	함남 오로군	90,000	생리	자강 돈산군	8,000
강계청년	자강 자강군	224,600	연풍	평남 안주군	5,000
3월 17일 (구 서두수발전소)	청진부윤/ 함북부령	437,000	덕천	평남 덕천군	5,000
대동강	덕천시 금성	200,000	남강	황북 신천군	10,000
부천강	함남 신흥군	225,000	태평만	평북 삭주군	190,000
독로강	자강 만포시	90,000	태천	평북 태천군	710,000
부령	함북 천진시	36,000	금강산	강원 안벽군	810,000
금강산	강원 동천군	14,000	위원	자강 위원군	390,000
천마	평북 천마군	12,000	영원	평남 영원군	135,000
내중리	양강 풍산군	12,000	희천	자강 희천	300,000

3절. 국내외 기술동향

1. 국외 기술동향

□ 선진국의 경우 1970년대에 두 차례의 석유파동 이후 정부가 소수력 기술개발에 집중적으로 투자하여 1990년 초에 낙차와 유량에 따라 표준범위에 적합한 수차를 형식별로 표준화하고, 대량생산에 의한 수차 제작비용을 절감하여 경제성을 향상시켰으며 가능한 자원개발을 강력하게 지원하고 있음

○ 2000년대부터 기후변화 협약에 따른 환경문제와 신재생에너지 이용의 중요성이 강조되면서 청정에너지인 소수력을 개발하는 국가들이 증가됨

- 국가별 활성화 정책을 통해 수차발전기의 간소화·표준화 기술과 시스템 운용 자동화 기술개발로 경제성이 확보되어 보급이 확대되어 가는 추세임

○ 소수력발전은 다른 신재생에너지에 비해 개발 역사가 오래되었으며, 가동 실적도 많고 축적된 기술력도 높은 편임

□ 유럽은 발전설비, 시스템 감시 및 성능평가에서, 일본은 수차 설계, 제작, 시스템 감시 및 성능평가에서 우세를 보이며, 미국은 다양한 수차를 개발함

○ 선진국의 경우 원천 설계기술은 물론 오랜 운전경험과 풍부한 제작, 건설 경험을 보유하고 있으며 최근에는 환경적 인·허가 규제 강화 등으로 다양한 분야의 기술개발이 검토되고 있음

○ 선진국은 전 세계 소수력 발전소 시장을 분할 선점하고 있어 관련 산업이 번창하고 지속적인 기술개발과 인력양성이 가능한 선순환 구조를 가지고 있음

○ 지난 100년 동안 기본적인 수력발전의 기술은 큰 변화가 없었지만 소수력 효율을 높이는 설계제작 기술의 진전은 있었음

- 향후 새로운 소수력발전의 기술 개발은 저 낙차(6m 이하)와 조력·수류에너지 기술개발이 활성화 될 것으로 예상됨

○ 수력플랜트분야는 신규건설 보다 기존 노후 수력발전플랜트의 현대화가 추진되며 낙차식에서 유속을 이용한 수로식 수력발전 플랜트로 트렌드가 변화하고 있음

○ 위치에너지에 기반한 낙차식 수력발전 플랜트 건설은 지형환경적 요인에 따라 경제성이 좌우되며, 수력발전에 유리한 지형의 상당수에 수력발전플랜트가 건설됨에 따라 신규 발주물량은 감소추세임

○ 수로의 유속을 이용한 수력발전 플랜트 기술이 발전함에 따라 낙차식 수력발전플랜트 건설이 부적합한 지형에서도 경제성이 확보되어 점차 유속을 이용한 수력발전 플랜트로 트렌드가 변화하고 있음

□ 일본은 원전사태 이후 경제산업성 산하 신에너지 및 산업기술개발기구(NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization)를 중심으로 친환경·고효율 소수력 개발 프로젝트를 추진하고 있으며, 특히 미니 및 마이크로급 소수력 설비의 개발 및 보급·확산을 활발히 진행함

○ 개발지점의 경제성 확보와 개발 가능지점을 확대해 가기 위해 비용요인을 고려한 전략적 기술개발을 진행

○ 소규모 수력개발을 위한 경제성 확보를 위해 발전설비의 간소화, 표준화, 유지보수 간소화 등을 위한 기술개발

○ 개량형 러너와 가변속 수차발전기를 개발하여 발전효율 향상을 통해 ㎾당 경제성을 확보하고 미 활용된 자원을 지속적으로 개발하여 발전설비용량에 구애받지 않고 청정에너지 개발이 가능한 범위에서 마이크로급(100㎾이하) 및 피코급(5㎾이하) 소수력을 개발 하고 있음

○ 위치에너지에 기반한 낙차식 수력발전 플랜트 건설은 지형환경적 요인에 따라 경제성이 좌우되며, 수력발전에 유리한 지형의 상당수에 수력발전플랜트가 건설됨에 따라 신규 발주물량은 감소추세임

○ 수로의 유속을 이용한 수력발전 플랜트 기술이 발전함에 따라 낙차식 수력발전플랜트 건설이 부적합한 지형에서도 경제성이 확보되어 점차 유속을 이용한 수력발전 플랜트로 트렌드가 변화하고 있음

□ 미국에서는 댐 건설을 통한 전력 공급 프로젝트를 다수 수행하고 있음

○ 미시시피 강에 있는 댐은 지난 1987년 동력실이 고장난 이후, 재가동하는 것이 비실용적이라 판단돼 전력 생산이 중단됐으나 곧 16개의 터빈이 장착된 신형 발전소가 운영될 예정임

- 연간 7천500 가구에 공급이 가능한 6만3천㎿의 전력이 생산될 예정이고 미시시피 강의 신형 발전소 가동은 연방정부와 주정부의 재생에너지 활용을 위한 인센티브 부여 덕분이며 현재 미시시피 강과 비슷한 프로젝트가 북미지역에 걸쳐 진행되고 있음

○ 수력발전 허가서 발급도 증가하여 지난 2008년과 2009년 미국 연방에너지규제위원회(FERC)는 500개가 넘는 수력발전 건설을 위한 예비허가서를 발급했으며 지난 2년간 122개의 건축 허가서를 발급했음

○ FERC는 지난 2005년 말부터 현재까지 100개의 신규 수력발전 프로젝트를 승인했으며,

대부분이 현재 있는 연방정부의 댐 관련 프로젝트임

- 현재 미국 내에는 추가로 3만MW의 수력발전 전력을 생산할 수 있는 총 13만 개의 시설이 존재하며, 오는 2025년까지 2만3천MW의 전력이 개발될 수 있을 것으로 예상됨

○ 미국 알래스카 주는 최근 10년간 지어진 미국 내 댐 가운데 가장 높은 높이의 서시트나 강(Susitna River)댐 건설을 발표함

- 동 사업은 45억 달러 규모의 프로젝트로 연간 약 260만 MW의 전력을 생산할 것으로 기대되며 오는 2023년 완공 예정임

- 현재 건설에 필요한 허가와 자금을 준비중이며 알래스카 주의 지원 여부가 댐 건설에 중요한 역할을 담당할 것으로 전망됨

- 댐은 700피트 높이로, 앵커리지(Anchorage)와 페어뱅크스(Fairbanks) 중간에 세워질 예정이며 댐이 건설되면 알래스카 주의 모든 생산 전력의 절반 이상을 재생에너지로 대체하겠다는 목표를 달성할 것으로 기대됨

○ 미국의 대규모 수력발전 프로젝트의 하나인 오하이오 강(Ohio River)의 경우, 3개 발전소가 현재 건설 중으로 재생에너지의 사용이 늘어날 것으로 기대되고 있음

- 특히, 이 프로젝트는 강의 자연스러운 흐름과 상승을 이용하기 때문에 많은 물을 필요로 하지 않는 것이 특징임

○ 보스톤 지역의 경우, 지난 12월 메사추세츠 수자원국(MWRA, Massachusetts Water Resrouces Authoirty)은 지역의 50개 커뮤니티에 식수를 제공하는 로링 로드(Loring Road) 프로젝트라는 파이프라인 시스템 구축을 통해 전력 생산을 시작함

- 이 프로젝트는 물이 저장탱크에서 다른 저장탱크로 이동할 때의 물결을 이용한 수력발전으로 평균적으로 일년에 120만kWh의 전력을 생산할 수 있음

○ MHK시스템은 댐이나 다른 전환이 없이도 전력을 생성할 수 있는 시스템

- MHK의 에너지의 크기는 해류나 조류, 파도, 해양열에 의해 결정되나, 아직 연구 초기 단계이기 때문에 강이나 바다에 설치·테스트 중인 장치는 별로 많지 않음

- 관련 환경연구 결과도 적은 편이고, 또한, 현재 미국 에너지부(DOE)를 중심으로 MHK 장치들의 불확실한 환경영향을 밝히기 위한 연구가 진행 중임

□ 아프리카에서는 국가간에 걸쳐 분배되는 대규모 수력발전 프로젝트가 진행됨

○ 르완다의 경우 80MW 규모의 Rusumo Falls 수로식 수력발전 프로젝트는 르완다에 있는 카게라(Kagera) 강을 따라 건설되어 이웃 국가인 브룬디(Burundi)와 탄자니아(Tanzania)에도 전력을 제공하게 될 것임

－발전된 전력은 세 개 국가 간 동일하게 분배됨에 따라 98킬로미터(km: 61마일)에서 158킬로미터로 이어지는 220kV용 송전선을 통해 송전될 것임

○ 콩고민주공화국(Democratic Republic of Congo)은 `15년까지 4,800MW 규모의 Inga III 수력발전소를 건설할 준비를 하고 있음

－Inga III 수력발전소는 40,000MW 규모의 그랜드(Grand) Inga 수력발전단지의 건설 다음 단계로, 이는 세계에서 가장 큰 수력발전 프로젝트가 될 것임

그림 2-3-1 러시아 발전소 사고현장

□ 수력플랜트의 안전성 기술과 관련하여 “대형화로 하중을 고려한 설계와 감시/진단 기술”이 증가하고 있음

○ 러시아의 Sayano－Shushenskaya 발전소에서 Francis 650MW 10기 운영 중 수충격 발생으로 10기 터빈 중 9기의 터빈이 완파하여 76명의 사상자가 발생

□ 해외에서는 수력플랜트 관련 선진사를 중심으로 중규모 이상의 수력발전기에 대해 분할 설계, 설치/조립기술을 이미 확보하였음

□ 수력플랜트의 설계/제작 기술과 관련하여 “최고 효율 수차 설계기술 및 진동에 유연한 설계기술”에 박차를 가하고 있음

○ 중국의 Xianjiaba 발전소에서 세계 최대 수차용량인 기당 812MW 프란시스 수력발전 개발을 완료하였으며, 최고효율 96%(대수력) 프란시스 수차설계 기술을 확보하였음

○ 넓은 범위의 유량구간에서 높은 효율 유지가 가능한 가변속 제어 기술이 수차에 적용되었으며, 캐비테이션 완화와 운전범위 확대를 위한 X－Blade runner 개발완료

○ 침식 저감용 설계와 코팅 등의 표면 처리를 통한 내침식성을 증가시키기 위한 기술 개발

○ 수력플랜트의 성능평가 기술과 관련하여 “다양한 모델링 방법을 통한 분석기술” 개발

○ 수력발전 시스템 모형모델 성능시험센터 구축 및 성능평가(IEC 60193규격)

○ 해석기술의 발달로 CFD & FEM 등을 통한 구조/유동 특성 분석

○ Hill-Chart를 통한 프란시스 수력발전 운영 분석 기술

□ 성능설비의 안정성 고도화를 통한 다양한 시험방법을 제시 및 성능 평가 수행

○ EPFL, LMH 등 세계적으로 대표적인 성능 평가를 진행하는 시설로 스위스 로잔 연방공과대학내의 유체기계연구실에 있음

○ 세계 10대 수력발전 설비중 5개의 설비의 성능평가를 실시하였고, 미국, 일본, 유럽 등의 유명 수차 제작 회사 제품의 성능평가를 실시하였음

- 수차성능시험 불확도는 ±0.2% 이내임

○ MHYLab 등 스위스 소수력발전 연구소는 유럽 소수력 협회에서 자금을 지원받아 소수력 설비에 대한 연구 및 성능평가 시험을 수행, 수차 성능시험 불확도는 ±0.25% 이내임

○ TURBOINSTITUT 등의 기업체와 연계하여 런너의 개발 단계에서 참여하여 성능시험까지 진행하여, 연구 및 교육을 병행하는 기관으로서 수차 성능시험 불확도는 ±0.25% 이내임

○ IWHR 수력기계연구소에서 효율시험, 캐비테이션시험, 무구속시험, 압력요동시험, 출력시험, 토크 시험등 성능시험이 가능하며 수차 성능시험 불확도는 ±0.45% 이내임

2. 국내 기술동향

□ 현재 국내의 수력발전은 기술발전의 제약, 국부 유출에 대한 논란 등으로 국산화 기술개발에 대한 요구가 절실한 실정임

○ 수력발전은 국내 신재생에너지의 약 33%를 차지하고 있고 역사도 가장 오래되었음

- 그러나 일부 소수력설비를 제외하고는 국내 주요 수력발전설비와 시화조력, 4대강 발전설비 대부분이 외국에서 제작된 수차(Turbine)에 의존함

- 이에 국내 수력발전설비의 61%(1,070MW)를 차지하고 있는 K-water는 국가 R&D 사업의 일환으로 `11년부터 수차발전기 국산화 개발을 위한 연구를 진행하고 있으며, `14년 남강댐과 용담댐에 설치하는 실증을 계획 중에 있음

- `13년 11월에 수차 국산화에 필수적 시스템인 모델수차 성능시험을 위한 수차 성능시험센터를 구축하였음

□ 현재까지 국내에는 국제기준(IEC, International Electro-technical Commission)에 부합되는 수차 성능시험 설비가 갖추어지지 않았음

○ 설계 및 제작회사, 학계 및 연구소 등에서 많은 비용을 들여 해외에 성능검증을 의뢰하는 사례가 빈번함에 따라 수차분야 원천기술을 확보하는데 가장 큰 장애요인이 되어왔음

□ K-water 연구원에 설치되어 있는 수차성능시험센터는 수차의 효율시험, 케비테이션 시험, 무구속 측정, 압력맥동 측정, 추력 측정, 수류 관찰 등 설계수차에 대한 종합적인 성능시험이 가능함

○ 보유중인 교정측정능력 0.08%의 유량계 교정설비를 이용하여 전체 시스템 부정확도는 ±0.2% 이내로 성능시험을 할 수 있는 세계 최고수준임

○ 또한, 양수발전을 제외한 국내 대·소수력 발전소 모형수차에 대한 성능시험을 위한 최대유량 1㎥/s, 최대낙차 40m의 설비로 100MW급 수차모형에 대한 성능시험이 가능함

○ 동 성능시험센터를 활용한 국산 수차설비 제작 기술력 확보로 동남아 등 해외 수력발전사업 진출 확대에 기여할 것으로 기대됨

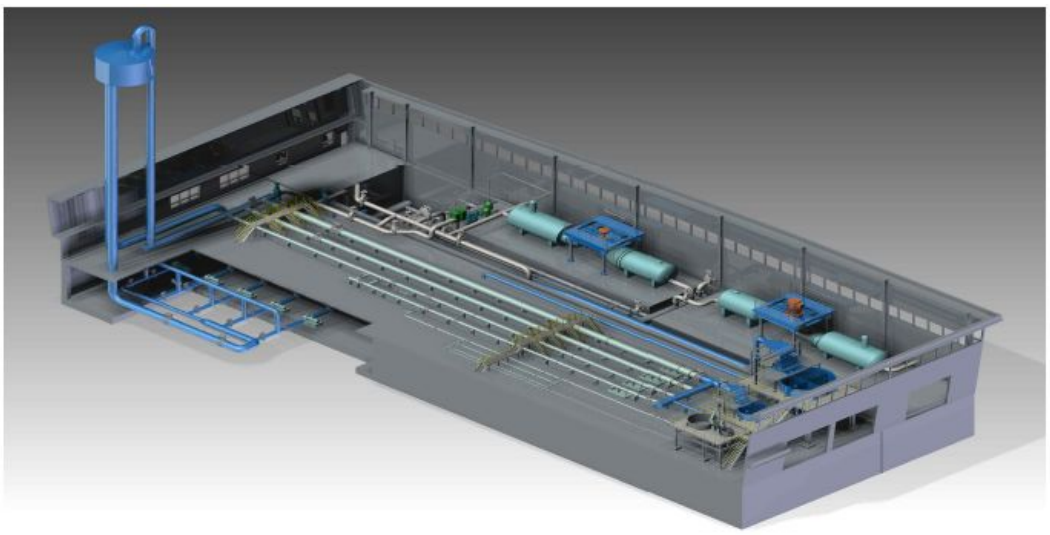


그림 2-3-2 K-water 수차성능시험센터 내부 조감도

□ 소수력발전 기술개발은 신재생에너지 개발의 필요성을 절감한 정부 주도로 기술개발에 관한 연구를 지원하여 주로 자원조사, 수차개발, 운용기술 등의 설계기술을 확보하고 실증연구를 추진

○ 수차개발은 처음부터 실물수차로 개발하기 어렵기 때문에 작은 규모의 모형 수차를 설계, 제작하고 주로 유체학적인 성능실험을 통하여 설계특성을 분석함

□ 국내 운용중인 중·대수력용 수차발전기는 전량 해외업체에서 제작/설치

○ 국내 발전기(Generator) 기술은 대량생산이 가능한 산업용 또는 선박용 발전기 위주 개발

○ 디지털 조속기는 삼창기업(주)에서 개발하여 섬진강수력 제2호기에 적용한 사례가 있음

□ 한국에너지기술연구원 주축으로 카프란 수차, 튜브라 수차, 프란시스 수차 국산화 및 수차 실증연구를 완료하여 1986년부터 가동된 임기 소수력에 국산 수차가 도입되고, 최근에 건설되고 있는 소수력발전소에 선정하고 있음

○ 수차의 일부 형식은 중소업체에서 설계기술과 제작기술의 국산화 및 실증이 완료되어 보급하고 있으며, 국내의 자본력과 기술력이 축적되어 있는 대기업에서 발전설비를 국산화하기 위하여 기술개발에 착수하였음

- 수차 및 관련 요소 부품을 국산 개발하기 위해서 대양전기, (주)일진전기, 효성 굿스프링스, 신한정공 등에서 외국 업체와의 기술제휴로 기술개발에 참여

□ 4대강 살리기 사업과 관련한 16개보의 소수력 발전소는 수차효율 보증 문제로 선진국에서 제작한 수차를 선정

○ 4대강 사업을 계기로 수차발전기 공급업체인 대양전기, 금성 E&C에서는 선진국 업체와의 기술제휴를 통하여 수차발전기를 설치하고 있으며, 향후 수차 제작사의 기술경쟁력 향상으로 해외시장 진출을 모색하고 있음

○ 소수력발전소는 30년 정도 사용 가능한 반영구적인 설비로써 개발입지의 선정, 발전가능량 평가, 주변입지, 환경조사 및 전력계통 연계성 등 사전조사가 필요

- 각 지역의 수계에 산재되어 있는 부존자원을 효율적으로 이용하고, 관련 산업을 육성하기 위하여 개발지점을 세밀히 조사하여 경제성 있는 입지가 선정되도록 국가주도의 사전조사와 기술지원 정책 필요

□ 소수력개발 지점의 특성에 적합한 발전설비 및 발전소 건물의 간소화·표준화 기술을 개발하여 건설비용을 절감시켜 경제성을 향상시키면 소수력 보급량 목표는 희망적임

○ 소수력 분야의 기술개발은 국내 부존자원의 최대 활용과 소수력발전기술 확보, 수차발전기 국산화 및 표준화로 보급 활성화, 소수력 발전 원천기술 확보를 기본 방향으로 설정

○ 다양한 자원조건에 적용할 수 있는 친환경적인 자원조사 및 활용기술, 발전설비의 국산화 및 표준화 기술, 계통보호 및 자동화 기술, 수차발전설비의 성능평가 및 현대화 기술 등 핵심 4개 분야에 대해 단기, 중기, 장기 3단계로 나누어 추진

○ 단계별 기술개발 전략을 수립하여 핵심기술 확보를 위한 기술개발을 우선적으로 추진하고, 실증연구를 통해 상용화보급을 확대하여 시장 안정화를 추구

- 국내 부존자원의 최대 활용과 소수력 발전 기술 확보
- 산학연 협력 네트워크 구축을 통해 선진국 수준의 핵심 기술 확보
- 발전설비 핵심 및 기반기술 육성으로 국제적인 경쟁력 확보
- 사업 밀착형 기술개발을 통해 기술의 효용성 및 실용화 위주의 소수력 발전 원천 기술 확보
- ICT 기반의 원격통합운영 및 관리능력 고도화
- 수차발전기 국산화 및 표준화로 보급 활성화
- 산학연 네트워크를 통한 신기술 개발 및 상품화 촉진으로 기술개발 활성화 및 실용성 제고
- 국내외 연구기관, 기업과의 전략적 제휴를 통한 핵심 기술 개발
- 수요 지향적인 맞춤형 기술개발로 제작기술 국산화 조기 달성
- 소규모(미니/마이크로/피코급) 수차 발전설비 패키지 제작기술 확보
- 표준화된 수차 발전설비 설계 및 제작 기술 국산화
- 수차 및 발전설비 성능 인증 센터 구축(효율 및 성능 국제공인평가)
- 소수력 발전설비 전문 교육기관 구축

□ 표준화, 고효율화 제품의 개발 실증을 통해 납품실적 및 운영 노하우 확보로 세계 시장 진입

○ 세계수준의 기술력 제고를 위해 기존 수차발전시스템의 고효율화 및 표준화가 가능하도록 전략적인 기술개발

○ 국내는 수력발전플랜트 수차제작 기술의 국산화와 성능 향상을 통한 효율증대 기술에 집중하고 있음

□ 지난 정부의 저탄소 녹생성장 정책의 일환으로 정부의 지속적인 기술개발 지원과 관련 연구소 및 제작사의 노력으로 현재 소수력 설비에 대한 국산화 기술자립은 일부가 확보된 상태임

○ 카프란 수차, 튜브라 수차, 프란시스 수차에 대한 국산화 기술자립은 일부 확보된 상태이며, 현재는 주로 소형 패키지형 수차의 국산화 개발이 진행되고 있음

○ 중·대 수력발전소에 사용되고 있는 동기발전기와 유도발전기의 제작기술은 선진국과 비교 시 동등 및 초과 수준이며, 소수력발전에 사용되고 있는 대부분의 발전기는 설비용량이 소형으로 주문 생산에 의존해서 기술력은 대형 발전기 대비 낮은 수준임

○ 기존 국내 수력발전 플랜트는 국외 수차제작 기술에 의존하였으며, 정부연구개발 사업을 통해 국내 수차제작기술을 향상시킴에 따라 국내 제작 수차가 적용된 수력발전 플랜트가 증가하고 있음

- 기존 국내에 수차성능시험 시설 부재로 해외에 의존하였으나, '13년 11월에 K-water 연구원에 수차성능 시험센터를 설치하여 국내 개발 수차의 성능시험이 가능해짐

- 국내 수차효율이 국외 수차의 80~90% 수준까지 근접함에 따라 국내 수차를 이용한 수력발전소가 증가하고 있음

□ 저낙차 수류식 초소형 수차가 개발됨에 따라 기존 개발조건으로 부적합한 것으로 판단되던 지점이 새로운 수력발전 플랜트 구축가능 지검으로 부각됨

○ 기존에는 물의 위치에너지와 유량만을 이용하여 수력발전을 하였으나, 기존 방식의 수력발전 가능 잠재 지역은 이미 포화상태에 도달하였음

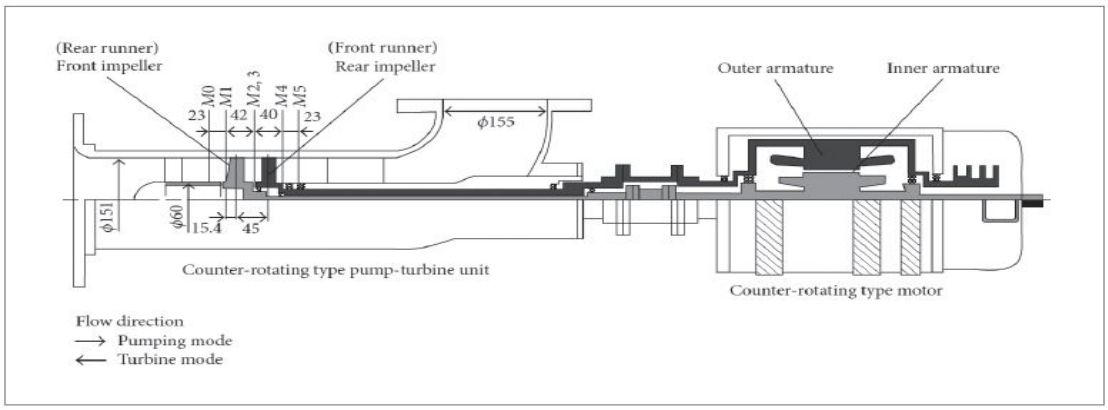
○ 저낙차 수류식 초소형 수차는 물속의 유속을 활용하여 저낙차 수력발전이 가능함

□ 수력발전은 풍부한 국내 잠재량과 청정자원으로 기술개발 가치가 큰 부존자원으로 평가받고 있음

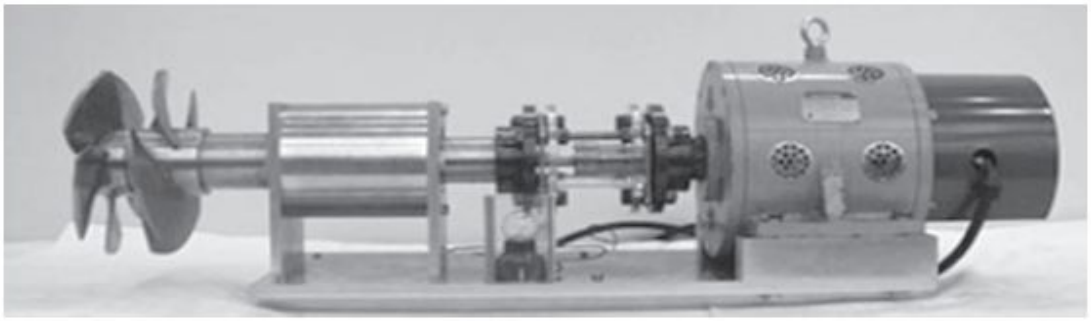
○ 과거 소수력은 낮은 경제성으로 기술개발이 미진했지만, 최근 전력 매입단가의 조정, 수차발전기의 국산화 및 정부 정책 등으로 소수력 개발에 유리한 여건이 조성됨

○ 국내는 주로 풍력 및 태양광 발전을 융합한 소규모 발전시스템이 주를 이루고 있으며, 소규모 단지 내 전력공급 및 가로등 등에 사용되고 있음

○ 방파제에 적용하여 전기를 생산할 수 있는 파력-태양광-풍력 융복합 발전 시스템도 개발되고 있음



(a) 펌프수차 개략도



(b) 세지품 모델

그림 2-3-3 상반전 펌프수차 개략도 및 시제품 모델

□ 최근 상반전 펌프수차에 대한 기술개발이 진행되고 있음

○ 상반전 펌프수차란 두 회전체 모듈을 상반전이 가능한 단일 축계에 장착해서 구동하는 시스템으로 작동 목적에 따라 펌프 및 터빈 모드로 제어 가능한 신개념 유닛임

- 펌프모드는 저유량 영역에서 불안정한 성능을 감소시키고, 고유량 영역에서 케비테이션을 감소시킬 수 있음

- 터빈모드는 다른 타입과 비교시, 직경을 감소(동일 회전수와 전압시)하거나, 전압력을 증가(동일한 회전수와 직경시) 시킬 수 있으며, 케이테이션 최소화 가능함

○ 상반전식(Counter-Rotating Type) 블레이드는 상반전 프로펠러(Contra-Rotating Propeller)라고도 불리며, 우수한 직진성과 토오크 균형성으로 항공기와 어뢰용 프로펠러에 활용되고 최근 대출력이 가능한 소형·경량화 설계기술로 주목받음

- 상반전 펌프수차는 비속도가 큰 대용량·저낙차 설치구간에서 한 개의 축류형 유로에 양방향성(2-way)의 소형·경량화 설계가 가능함

○ 상반전 모터-발전기로부터 앞뒤 블레이드 수가 다른 상반전 펌프수차는 다른 유량조건에서 작용·반작용 법칙으로 인한 토오크의 균형성으로 상호 회전수 조절에 따른 지능형 스마트 컨트롤이 가능함

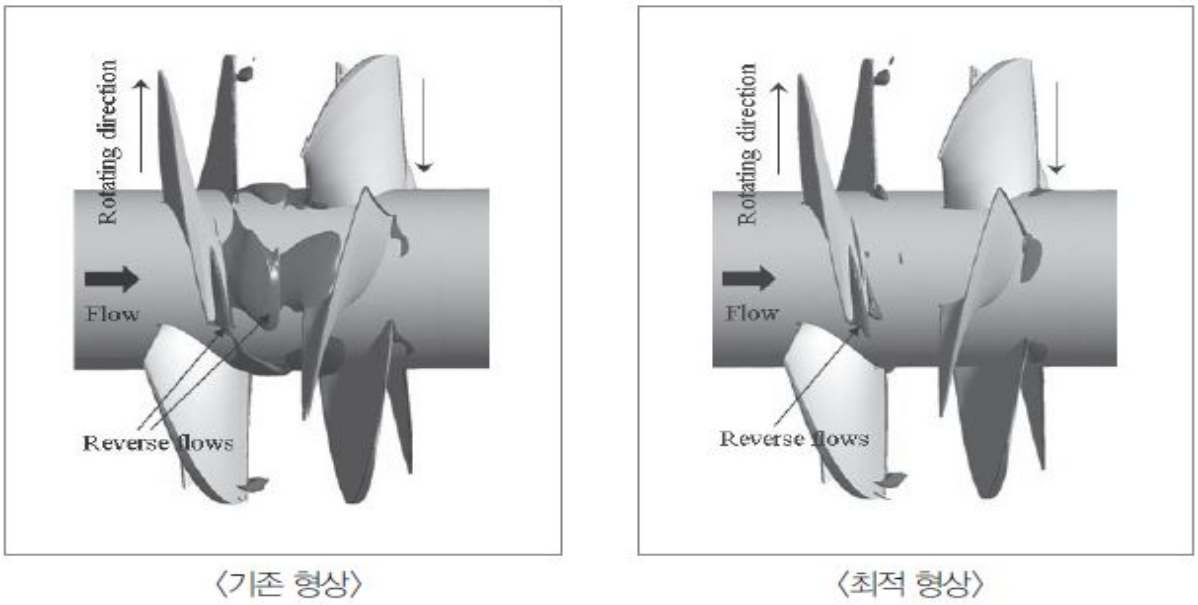
□ 상반전 펌프수차는 임펠러 블레이드가 역회전하기 때문에 다른 유체기계과 비교시 복잡한 3차원 내부 유동구조를 가지며, 3차원 유동해석기법을 통해 펌프 및 수차의 효율 향상을 목적으로 블레이드 형상 설계를 진행함

○ 수치해석과 최적화기법이 결합된 수치최적설계기법은 최적화에 소요되는 계산시간의 감소와 예측의 정확성 향상을 통해 복잡한 형상의 유체기계 고효율 설계에 활용됨

○ 아래의 그림은 수치최적설계를 통한 고효율 설계의 예로서, 기존 상반전 펌프수차 형상에서는 블레이드 사이의 허브 근처에서 역류가 발생하지만, 최적 형상에서는 역류가 감소한 것을 확인할 수 있음

○ 최적 설계된 상반전 펌프수차는 시제품을 제작하여 시험 및 측정항목과 관련된 수력성능을 평가하며, 정상상태 운전시험, 유효흡입수두(NPSH) 시험, 브레이크 모드를 포함한 4상한 성능시험 등이 있음

○ 입자 영상 유속계(PIV: Particle Image Velocimetry)를 이용한 평가기술은 유동을 따라 흐르는 입자에 레이저 등으로 가시화하고, 이를 연속적으로 촬영함으로서 속도분포를 확인하는 방법으로 수력성능을 극대화하는 설계기술에 활용됨



〈기존 형상〉 〈최적 형상〉

그림 2-3-4 상반전 펌프수차 단일목적 최적설계결과 예

□ 수력플랜트의 설계/제작 기술과 관련하여 "소수력급 발전설비의 제작능력 확보 및 중규모급 설계/제작"을 준비하고 있음

- 중수력급 발전설비 개발 경험은 전무하나 다양한 소수력급 발전설비 국책 과제를 통한 기술력 제고
- 역설계를 통한 해외 선진사 설계 DB를 활용 -> 원천설계 확보를 위한 지속적 노력중에 있음
  - 해외선진사 수준의 CFD & FEM의 다양한 방법의 최적설계 기술 확보
  - 캐비테이션 저감 방안 기술 및 진동에 대한 영향 분석으로 수력발전 기술 제고

□ 수력플랜트의 성능평가 기술과 관련하여 "세계 수준의 수력플랜트 모델 성능평가 기술력 확보"을 준비하고 있음

- 국내 최대 규모의 수력발전 시스템 모형모델 성능시험센터 구축 및 성능평가(IEC 60193규격) 수행
- K-water, KHNP의 50MW급 수력 플랜트 실증지 보유
- 해외선진사 수준의 CFD/FSI를 활용한 구조적 안정성 및 성능 평가기술 제고

3. 특허분석

가. 특허 조사방법

□ 중규모 수력 플랜트 건설기술의 국내외 특허동향을 분석함으로써, 대상기관이 연구개발 방향이나 목표를 설정하고 특허전략을 수립하기 위한 기초자료로서 활용할 수 있도록 함에 그 목적이 있음

□ 『중규모 수력 플랜트 건설기술』 분야와 직간접적으로 관련 있는 기술을 분석대상 기술로 설정하였고, 또한 주요 출원인을 대상으로 분석대상을 추가하였으며, 한국, 일본, 미국 및 유럽특허를 분석대상으로 함

□ 분석을 위한 유효 데이터를 획득하기 위한 검색식 및 국가별 검색 데이터 개수는 다음의 표에 개시된 바와 같음

표 2-3-1 중규모 수력플랜트 건설기술 검색식

대분류	중분류	검색식	검색건수					총계
			한국	미국	유럽	일본	합계	
중규모 수력플랜트 건설기술	수력플랜트 안정성 검토기술	(수력발전* 수력플랜트 수차발전* ((수력 수차 ((water hydraulic hydro) adj power)) adj2 (발전* 플랜트 터빈 generat* plant station turbine)) hydropower hydroelectric hydro-electric) and (매설관로 관로 수압관 내압관로 도수로 도수관 파이프 수로 내수로 내수관 penstock conduit pipe* tube 충격 진동 내진 지진 vibrat* earthquake 안전* 효율 안정화 상태 영향 위험* 수명 노후* superannuate* safe* stabili* risk condition state impact effect*) and (진단 평가 검증 조사 검토 분석 모니터링 감시 monitoring examin* check assessment investigat* inspect* verificat* analy*)	38	140	10	108	296	1,174
	수력발전 시스템 개발기술	((수력발전* 수력플랜트 수차발전* ((수력 수차 ((water hydraulic hydro) adj power)) adj2 (발전* 플랜트 터빈 generat* plant station turbine)) hydropower hydroelectric hydro-electric) and (캐비테이션 제어 시스템 수차 발전기 구조 (제어 adj 시스템)	144	370	83	79	676	

		유압 축베어링 저널베어링 ((축 journal axial) adj (베어링 bearing)) (water adj wheel) cavitation turbine screw waterwheel structure ((oil hydraulic water) adj pressure) axial-bearing) and (설계 제작 최적화 design* optimiz* build* construct* 해석 analysis))						
	수력발전 시스템 검증 및 실증시험	(수력발전* 수력플랜트 수차발전* ((수력 수차 ((water hydraulic hydro) adj power)) adj2 (발전* 플랜트 터빈 generat* plant station turbine)) hydropower hydroelectric hydro-electric) and (모델 시험 실험 테스트 시뮬레이션 시물레이션 시운전 성능 최적* model test simulation performance efficiency optimiz*) and (진단 평가 검증 조사 검토 분석 examin* check assessment investigat* inspect* verificat* analy* 시험 테스트 test*)	29	139	0	34	202	

□ 상술한 검색 기술을 필터링한 유효특허는 다음의 표에 개시된 바와 같음

표 2-3-2 분석대상 기술의 기술 유효특허 출원 건수

대분류	중분류	검색건수					총계
		한국	미국	유럽	일본	합계	
중규모 수력플랜트 건설기술	수력플랜트 안정성 검토기술 (AA)	9	14	1	26	50	204
	수력발전시스템 개발기술 (AB)	35	52	14	20	121	
	수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술 (AC)	11	4	0	18	33	

나. 특허 정량분석

(1) 국가별 출원동향

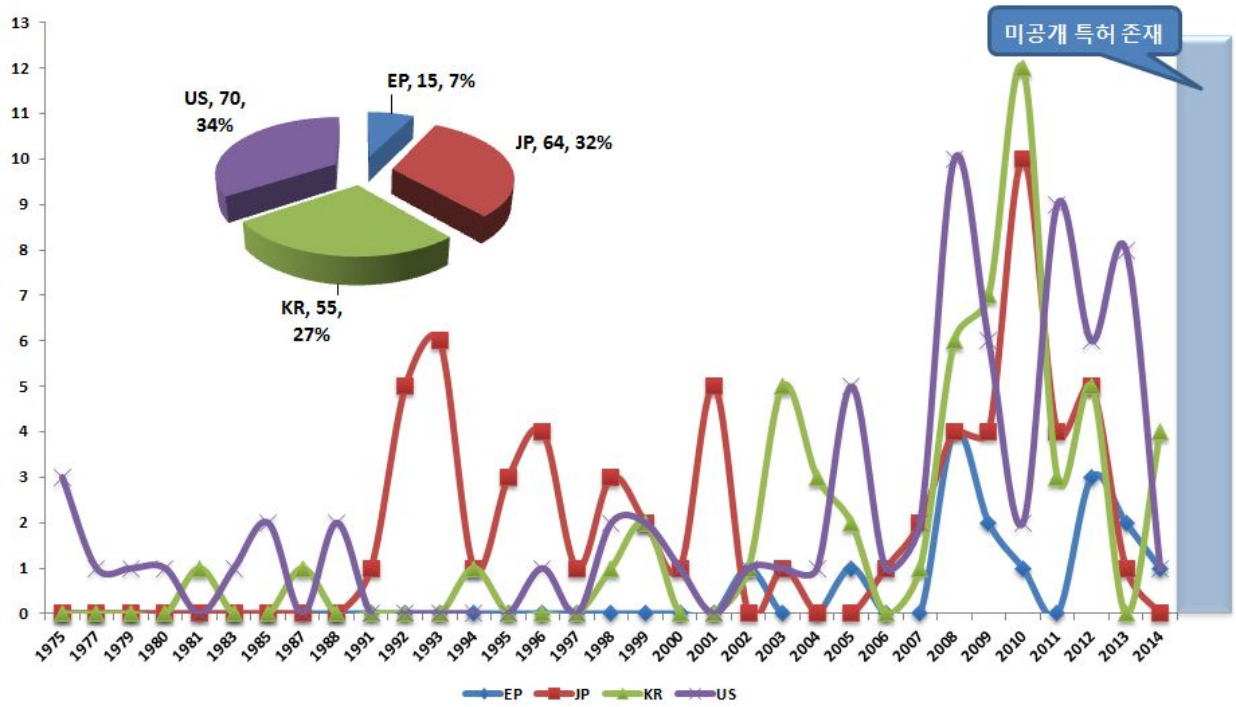


그림 2-3-5 중규모 수력플랜트 건설 기술 전체의 국가별 출원동향

□ 전체적으로, 미국, 일본, 한국 및 유럽의 순으로 출원을 많이 한 것으로 분석됨

○ 전반적으로 관련 특허의 출원율이 낮은 것으로 나타나며, 2103년 이후 출원이 감소하고 있는 것으로 나타남

○ 그 중 한국은 2000년대 초반부터 본격적인 출원인 시작된 것으로 나타나며, 2007년을 기점으로 출원율이 급격히 증가하였다가 2010년 이후 감소하고 있는 것으로 나타남

○ 일본은 '90년대 초반 기술이 시작되어 타국에 비하여 높은 출원율을 나타내고 있으나, 2000년대 초반 출원이 감소하다 2005년을 기점으로 다시 증가하기 시작하여 2010년 이후 감소하고 있는 것으로 나타남

○ 미국의 경우 기술 초기부터 3건 미만의 출원율을 간간히 나타내고 있으며, 2000년 이후 10건 미만의 출원율을 꾸준히 기록하고 있음

○ 유럽은 타국에 비하여 그 출원율이 극도로 미비한 것으로 나타남

□ 결론적으로, 2000년대 중반에 들어서며 전체적으로 출원율이 높아지고 있는 것으로 나타남

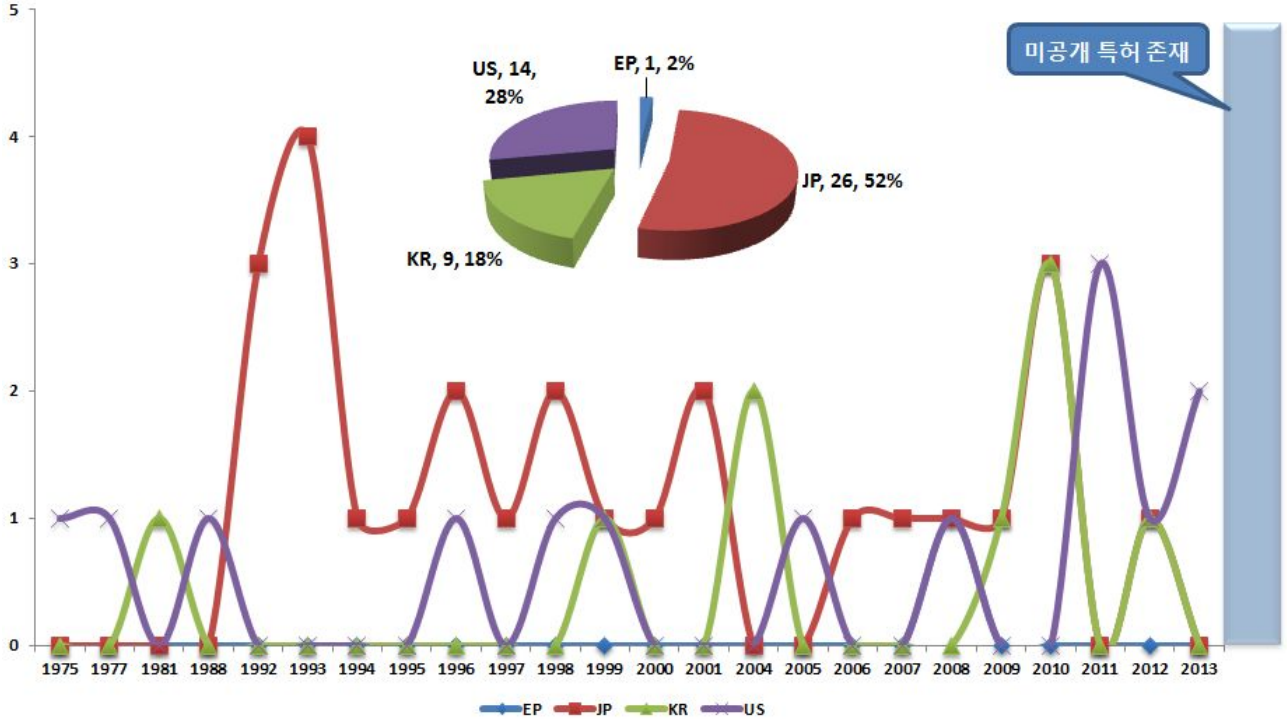


그림 2-3-6 수력플랜트 안정성 검토기술의 국가별 출원동향

□ 전체적으로, 일본, 미국, 한국 및 유럽의 순으로 출원을 많이 한 것으로 분석됨

○ 전체적으로 년 4건 미만의 저조한 출원율을 나타내고 있음

○ 2013년 이후 관련기술의 출원이 이루어지지 않는 것으로 나타남

○ 일본은 년 1~4건 미만의 출원율을 보이고 있음

○ 한국과 미국에서 2009년을 기점으로 관련기술들의 출원이 높아진 것으로 나타나나, 전반적이 출원건수가 극히 미비하여 분석에 있어 큰 의미를 둘 수 없다고 판단됨

□ 수력플랜트 안정성 검토기술의 경우 관련 기술의 개발이 거의 이루어지지 않고 있는 것으로 나타남

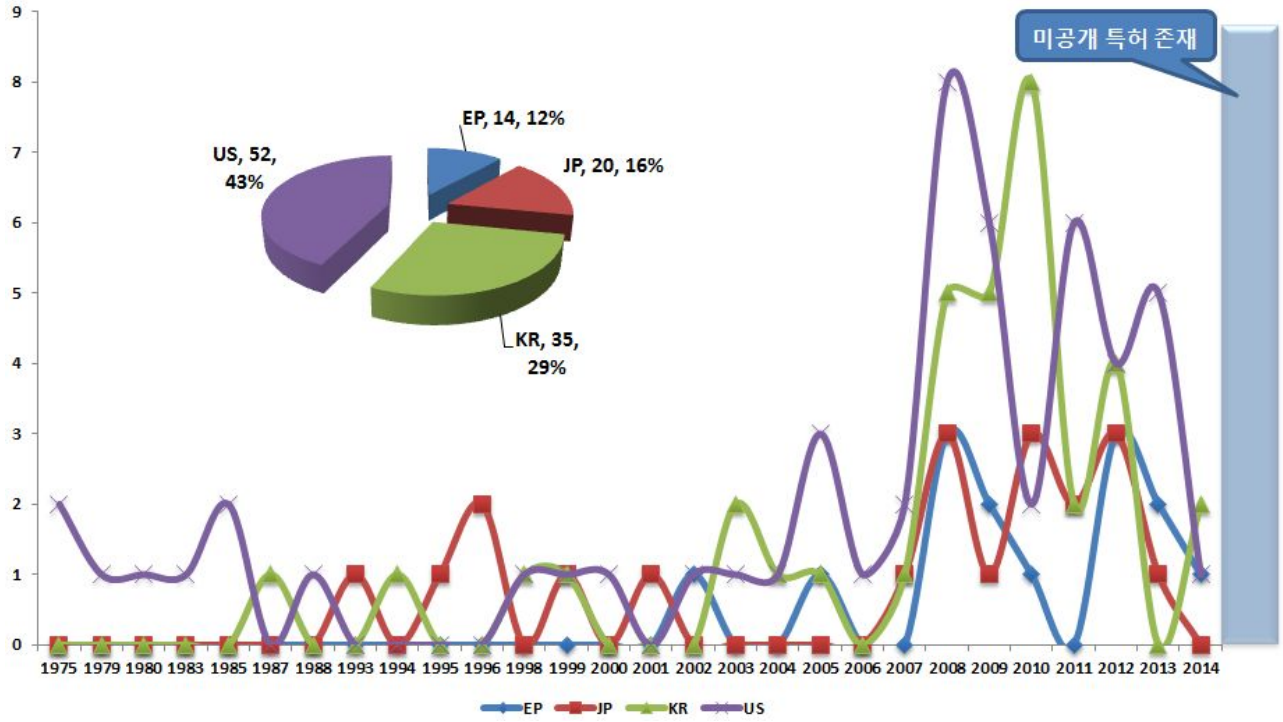


그림 2-3-7 수력발전 시스템 개발기술의 국가별 출원동향

□ 전체적으로, 미국, 한국, 일본 및 유럽의 순으로 출원을 많이 한 것으로 분석됨

○ 전체적으로 2000년대 중반 이후 관련 기술에 대한 기술개발이 이루어지고 있는 것으로 나타남

○ 수력발전 시스템 개발기술 역시 년 10건 미만의 저조한 출원율을 나타내고 있음

○ 한국과 미국에서 기술 개발이 활발히 이루어졌으나, 현재 관련 기술의 출원율은 감소하고 있는 것으로 나타남

□ 전 세계적으로 신재생 에너지의 중요성이 부각되고 있으며, 중국 및 아프리카 등의 수력발전 보급률이 낮은 지역을 중심으로 중수력 이상의 발전소 건설이 활발히 진행되고 있는 바, 수력발전 관련 설계기술의 출원은 차차 증가할 것으로 예상됨

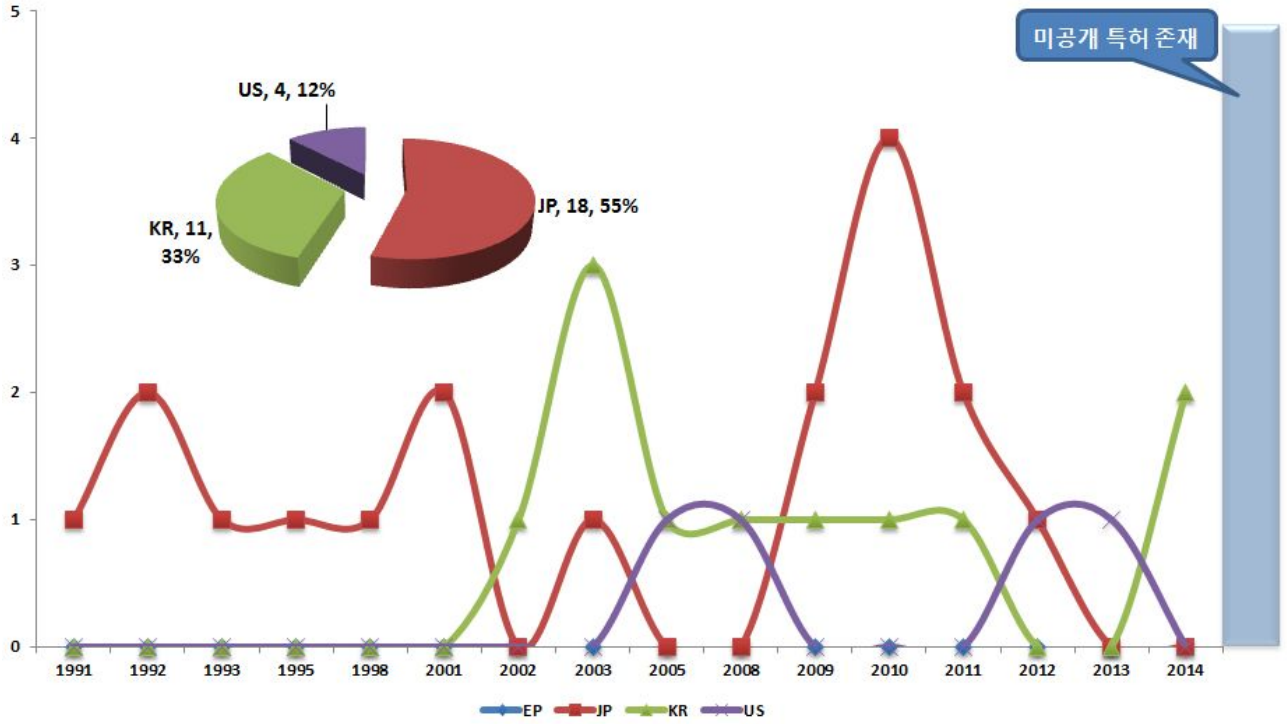


그림 2-3-8 수력발전 시스템 검증 및 실증시험기술의 국가별 출원동향

□ 전체적으로, 일본, 한국 및 미국의 순으로 출원을 많이 한 것으로 분석됨

○ 전체적으로 년 4건 미만의 저조한 출원율을 나타내고 있음

○ 유럽의 경우 관련 기술의 출원이 이루어지지 않고 있는 것으로 나타남

○ 특히, 중규모 수력발전의 경우 스케일의 차이로 인한 오차를 극복하기 힘들기 때문에 관련 기술의 출원이 미비한 것으로 판단됨

○ 한국의 경우 2003년 3건의 출원이, 일본의 경우 2010년 4건의 출원이 가장 높은 출원율 인 것으로 나타남

○ 한국의 경우 2013년 이후 증가하는 그래프를 나타내고 있으나, 이후의 출원이 없거나, 현재까지 공개되지 않는 것으로 나타남

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술의 개발이 거의 이루어지지 않고 있는 것으로 나타남

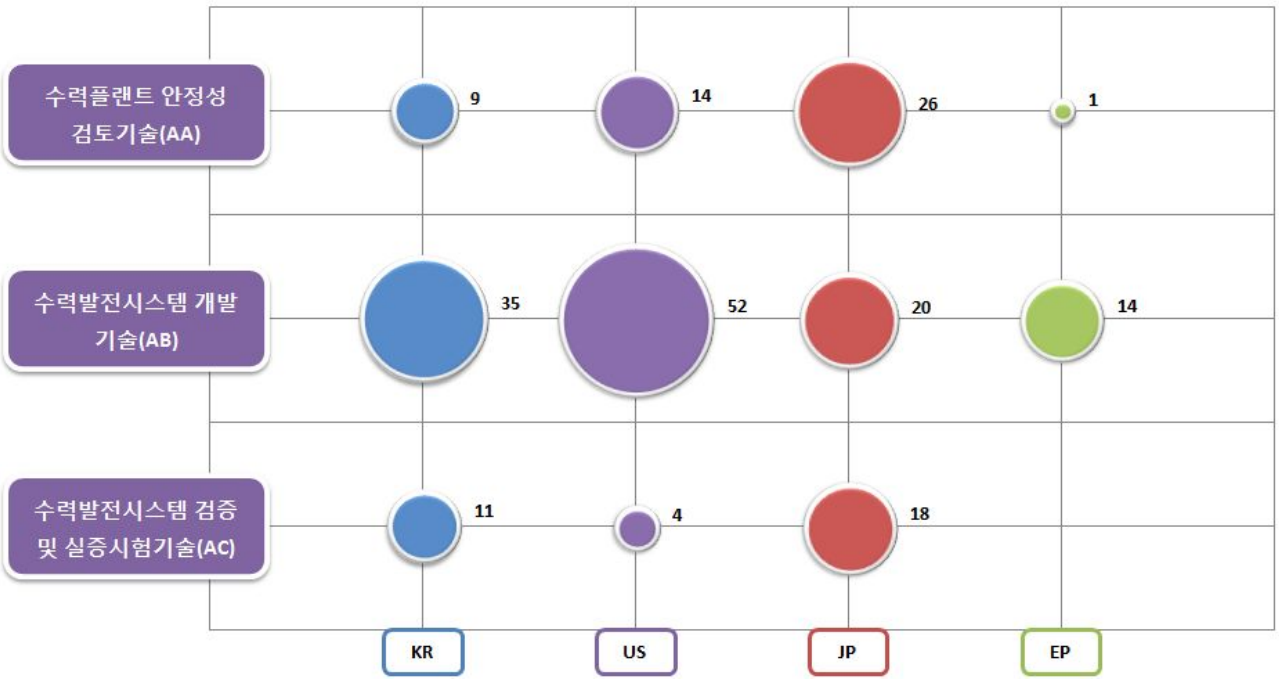


그림 2-3-9 중규모 수력 플랜트 건설기술 국가별 기술 출원동향

□ 전체적으로, 수력발전 시스템 개발기술(AB)기술에 집중하고 있는 것으로 나타남

○ 일본의 경우 수력플랜트 안정성 검토기술(AA)의 출원율이 가장 높은 것으로 나타남

○ 수력플랜트 안정성 검토기술(AA) 및 수력발전 시스템 검증 및 실증시험기술(AC)의 경우 일본이 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타났으며, 수력발전 시스템 개발기술(AB)의 경우 미국이 52건으로 가장 높은 출원율을 보이고 있음

○ 유럽의 경우 수력발전 시스템 검증 및 실증시험기술(AC)에 대한 출원이 이루어지지 않고 있음

(2) 주요 출원인 분석

(가) 국가별/기술별 출원인 분석

□ 본 분석은 『중규모 수력 플랜트 건설기술』에 대하여 국가별 주요 출원인을 도시함으로써, 국가별 『중규모 수력 플랜트 건설기술』의 주요 출원인 분석뿐만 아니라, 외국 국적의 출원인의 동향을 고찰 할 수 있도록 함

표 2-3-3 중규모 수력플랜트 건설기술에 대한 국가별 기술별 주요 출원인

		수력플랜트 안정성 검토기술(AA)	수력발전 시스템 개발 기술(AB)	수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술(AC)
미국	1	Pelin; Charles	Avista Corporation	Moncada; Oscar Edgardo
	2	Behm; Hans Christian|Stout; Gerald Michael	NATURE AND PEOPLE FIRST	Matthews; Robert Richard
	3	Hydro Resource Solutions LLC	Santana; Jose Ramon	Chen; Tien-Chuan
	4	JIANGXI ELECTRIC POWER COMPANY|STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE	Timcang; Mary Grace Soriano	Tandemloc, Inc.
	5	Tennessee Valley Authority	WRH WALTER REIST HOLDING AG	-
유럽	1	CHING JOSE	TOSHIBA	CHING JOSE
	2	-	CHING JOSE	TOSHIBA
	3	-	ENTRY TECHNOLOGY HOLDING B.V.	ENTRY TECHNOLOGY HOLDING B.V.
	4	-	Bilfinger Water Technologies GmbH	Bilfinger Water Technologies GmbH
	5	-	OPENHYDRO IP	OPENHYDRO IP
일본	1	TOSHIBA	ALSTOM HYDRO FRANCE	CHUGOKU ELECTRIC POWER
	2	CHUGOKU ELECTRIC POWER	TOSHIBA	TOSHIBA
	3	HITACHI	CHUGOKU ELECTRIC POWER	HITACHI
	4	ACCESS BUSINESS GROUP	HITACHI	TOKYO ELECTRIC POWER
	5	MEIDENSHA CORP	FUJI ELECTRIC	P F AUTOM KK
한국	1	한국수자원공사	홍문표	두산중공업
	2	HITACHI	김용수	수자원기술 주식회사
	3	보이트 파텐트	주식회사 지앤지테크놀러지	보이트 파텐트
	4	안종율	HITACHI	OPENHYDRO IP LIMITED
	5	한국수력원자력	보이트 파텐트	한국수자원공사

(나) 기술별 다출원인 분석

□ 상술한 바와 같이 수력플랜트 안정성 검토기술(AA)과 관련한 주요 출원인은 TOSHIBA, HITACHI, CHUGOKU ELECTRIC POWER, 한국수자원공사 등으로 분석됨

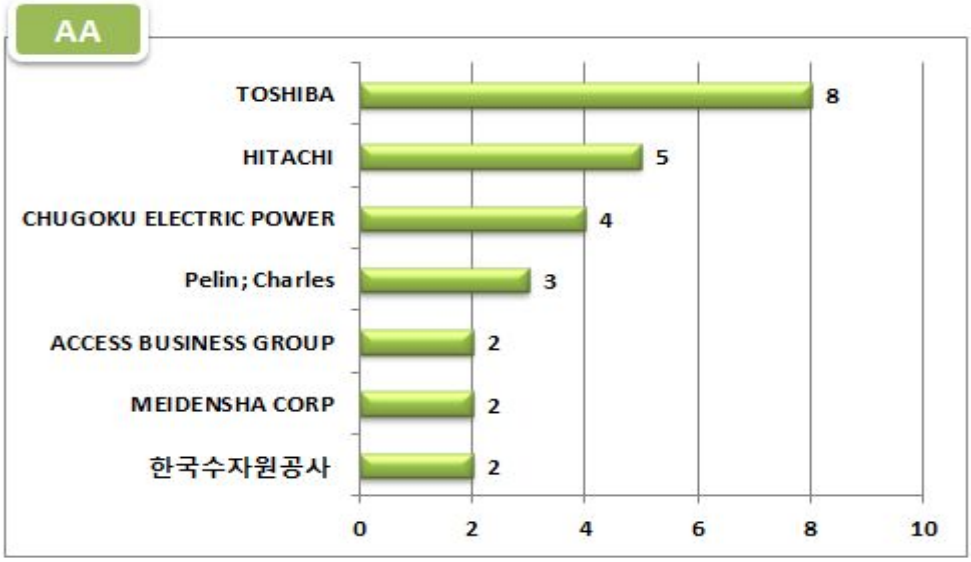


그림 2-3-10 AA기술에 대한 최다출원인 분석

○ 수력플랜트 안정성 검토기술(AA)에서는 일본 기업의 출원인이 가장 많이 출원하는 것으로 파악됨

□ 수력발전 시스템 개발기술(AB)과 관련한 주요 출원인은 TOSHIBA, HITACHI, ALSTOM HYDRO FRANCE등으로 분석됨

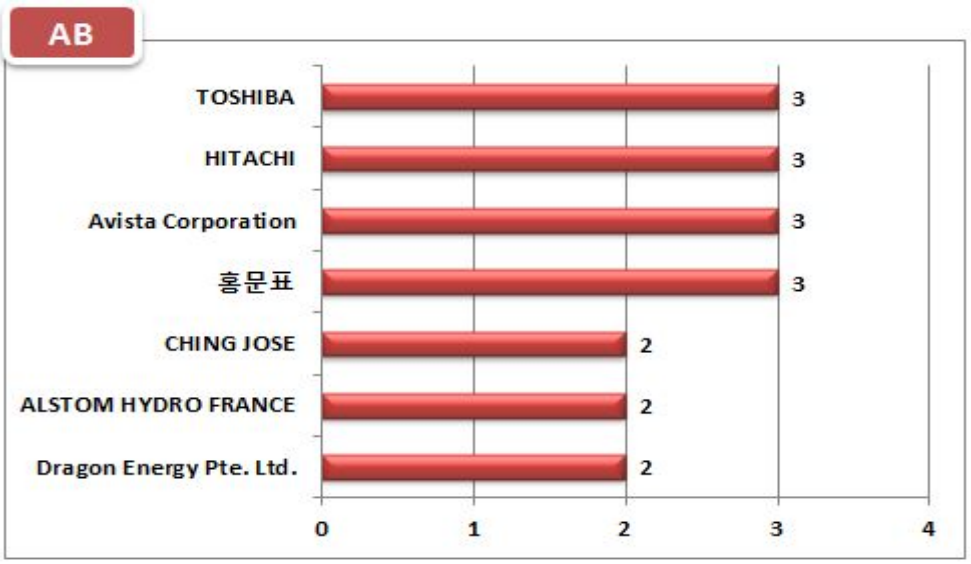


그림 2-3-11 AB기술에 대한 최다출원인 분석

○ 수력발전 시스템 개발기술(AB) 역시 일본 기업의 출원인이 가장 많이 출원하는 것으로 파악됨

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험기술(AC))과 관련한 주요 출원인은 CHUGOKU ELECTRIC POWER, 두산중공업, 수자원기술 주식회사, TOSHIBA, HITACHI, 한국수자원공사 등으로 분석됨

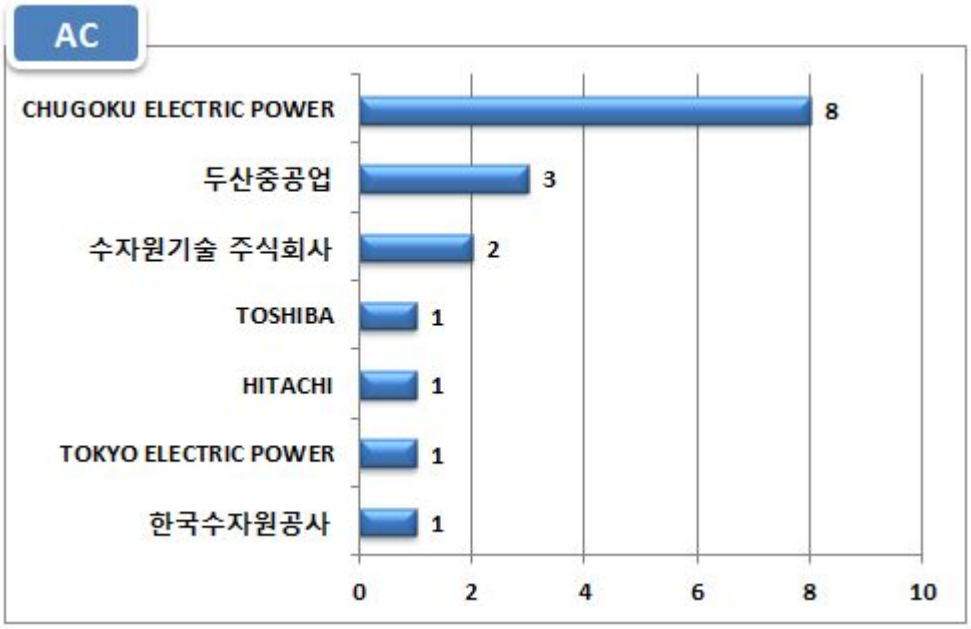


그림 2-3-12 AB기술에 대한 최다출원인 분석

○ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험기술(AC)) 은 일본의 CHUGOKU ELECTRIC POWER가 8건으로 가장 많은 출원을 하였으며, 한국의 두산중공업, 수자원기술 주식회사, 한구 수자원공사도 주요출원인으로 선정되었으나, 1~3건의 미비한 출원율을 나타내고 있음

(3) 기술수명 주기 분석

(가) 국가별 기술수명주기

□ 중규모 수력플랜트 건설기술의 국가별 기술수명 주기는 다음의 그림에 도시된 바와 같음

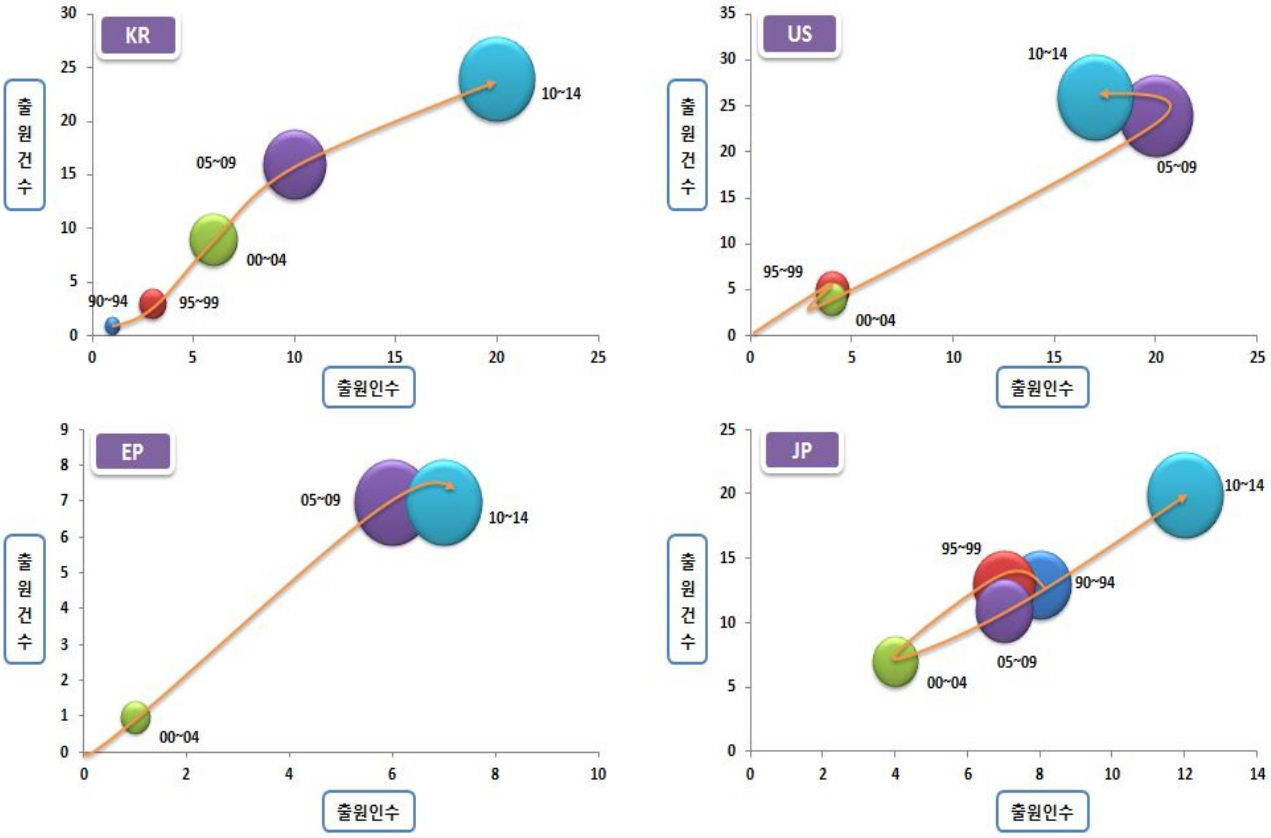


그림 2-3-13 중규모 수력플랜트 건설기술의 국가별 기술수명 주기도

○ 현재 유럽, 일본 및 한국은 수력플랜트 건설기술이 발전기 상태인 것으로 분석되고, 미국은 성숙기에 있는 것으로 분석됨

○ 전체적으로 건수가 미비하여 구간별 기술수명주기 분석의 정확성이 떨어지나, 최근 기존 수력 플랜트의 안정성 검사 및 중수력 발전의 확대로 기술개발이 이루어지고 있는 상태로 판단됨

□ 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술별 기술수명 주기는 다음의 그림에 도시된 바와 같음

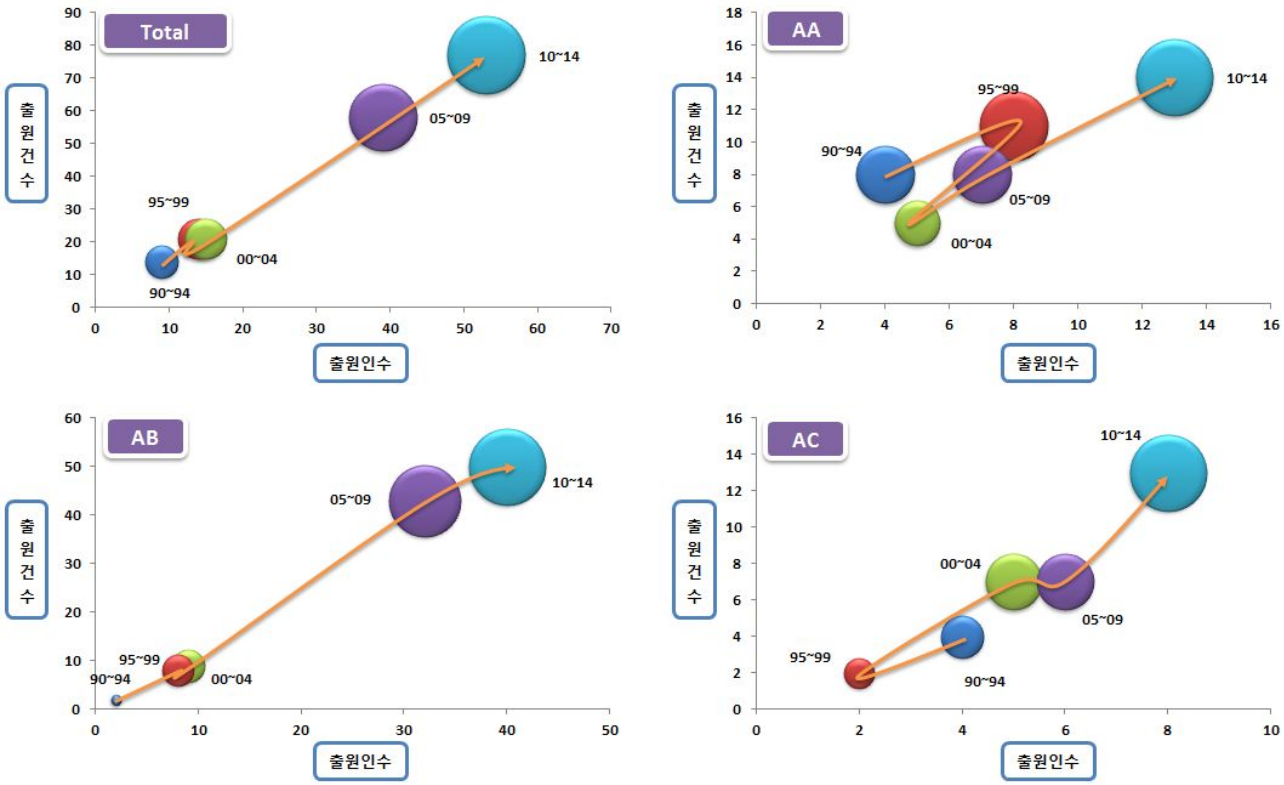


그림 2-3-14 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술별 기술수명 주기도

○ 현재 수력플랜트 안정성 검토기술(AA), 수력발전시스템 개발기술(AB) 및 수력발전시스템 검증 및 실증시험 기술(AC)모두 발전기 상태에 있는 것으로 나타남

○ 위에서 언급하였듯이, 전체적으로 건수가 미비하여 구간별 기술수명주기 분석의 정확성이 떨어지나, 최근 기존 수력 플랜트의 안정성 검사 및 중수력 발전의 확대로 기술개발이 이루어지고 있는 상태로 판단됨

(4) 지수 분석

□ 본 분석은 미국 등록 특허를 대상으로 진행되며, 패밀리 특허 분석을 통하여 시장확보력을, 피인용 지수 분석을 통하여 기술력을 파악할 수 있음

□ 『중규모 수력 플랜트 건설기술』의 출원인 국가별 지수분석은 다음과 같음

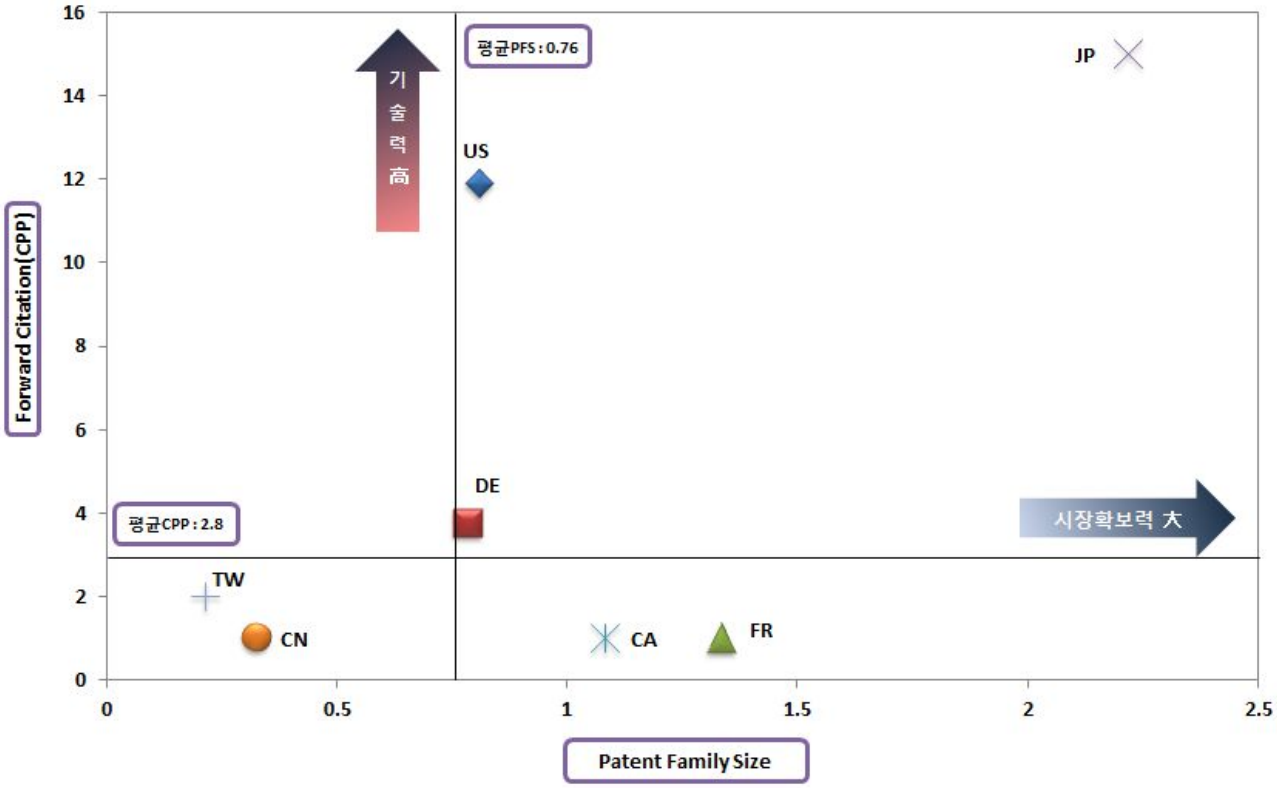


그림 2-3-15 중규모 수력 플랜트 건설기술 국가별 기술 출원동향

○ 현재 1사분면에 위치하여 기술력과 시장확보력을 동시에 갖춘 국가는 일본, 미국, 독일로 나타나며, 특히 일본의 시장확보력 및 기술력이 높은 것으로 나타남

○ 기술력은 관련 특허를 타 특허에서 인용한 횟수를 통하여 파악할 수 있으며, 일본, 미국 독일이 평균 이상인 것으로 나타나고, 미국과 일본의 기술력이 타국에 비하여 높은 것으로 나타남

○ 시장확보력은 관련 특허의 패밀리 특허 개수를 통하여 파악할 수 있으며, 일본, 미국, 독일, 캐나다, 프랑스의 시장확보력이 평균 이상인 것으로 나타나고, 일본이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 프랑스, 캐나다, 미국, 독일 순으로 나타났음

□ 『중규모 수력 플랜트 건설기술』의 기술별 지수분석은 다음과 같음

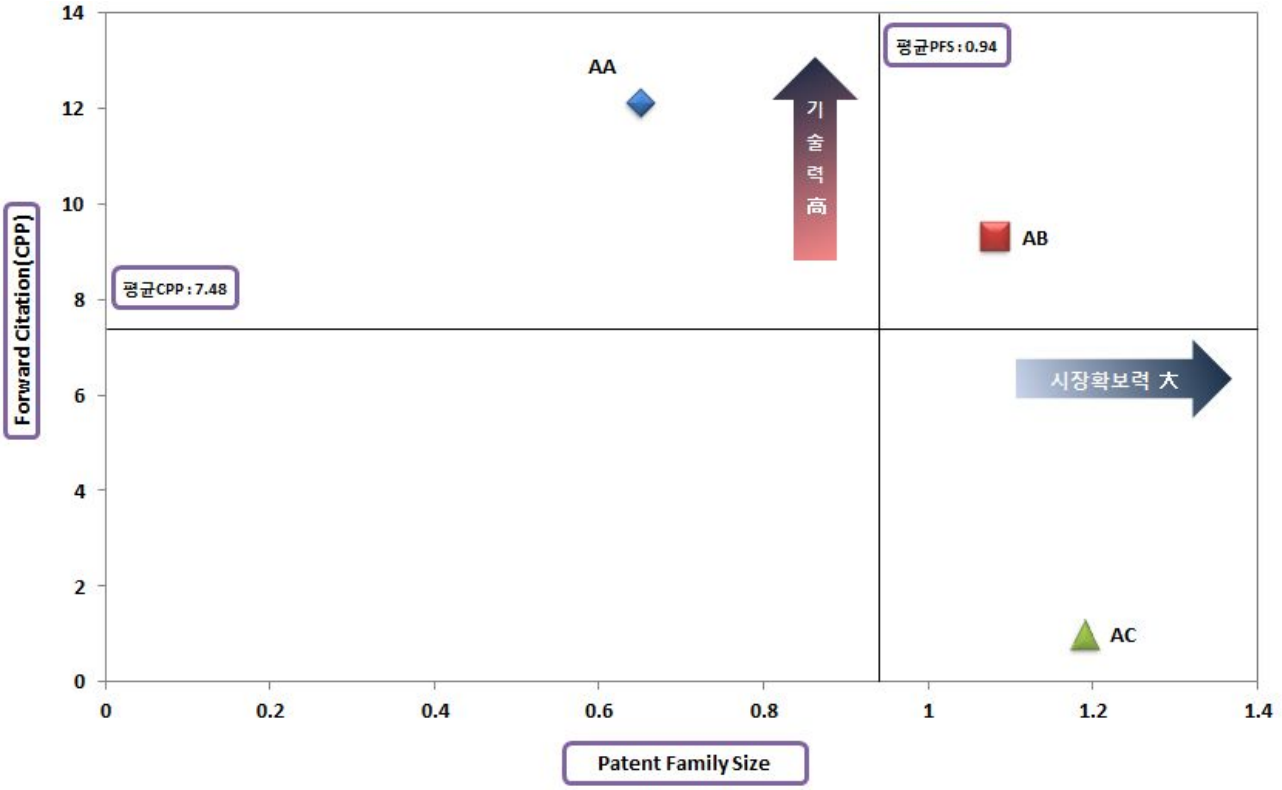


그림 2-3-16 중규모 수력 플랜트 건설기술 국가별 기술 출원동향

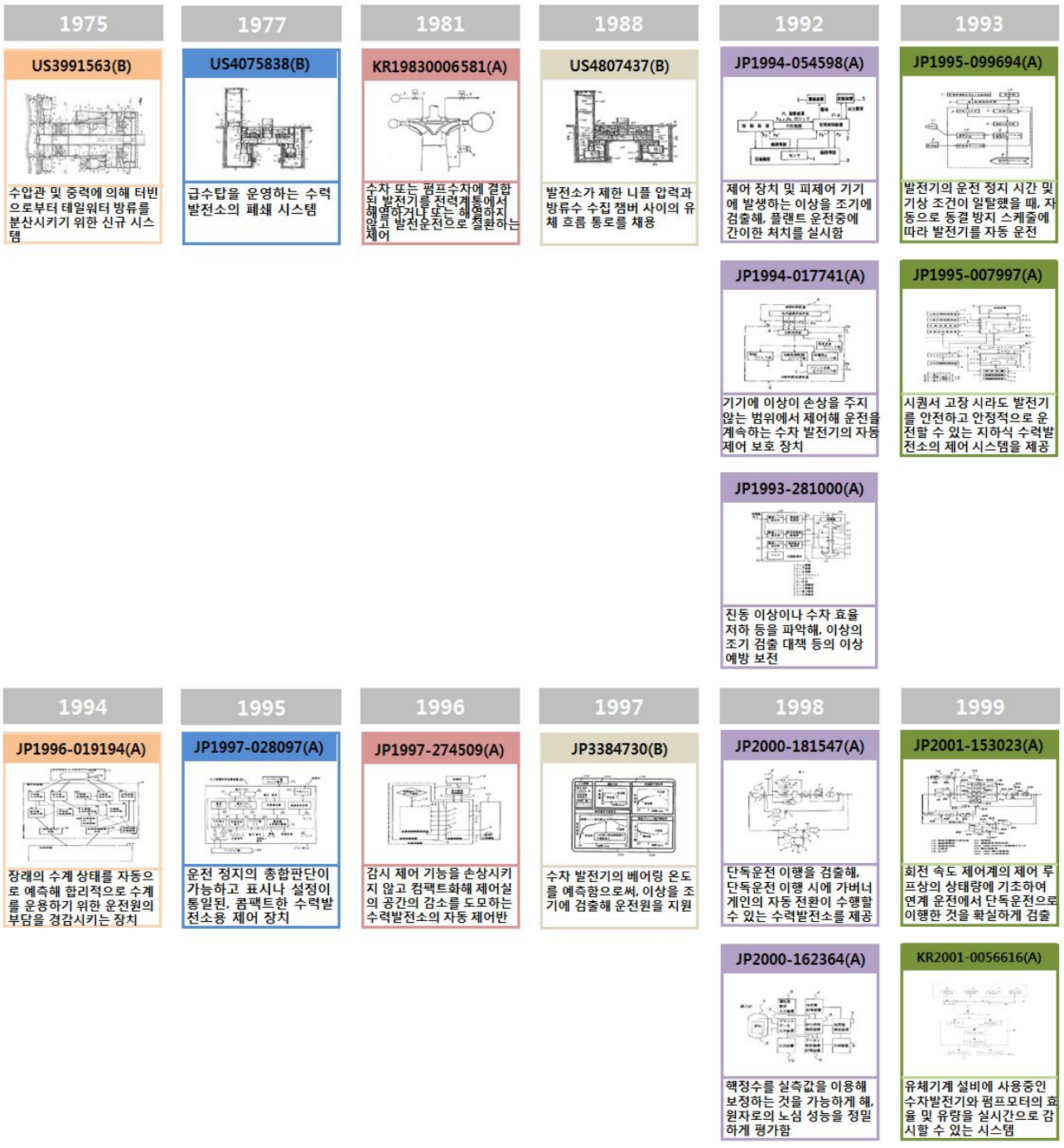
○ 수력발전 시스템 개발 기술(AB)이 현재 1사분면에 위치하여 기술력과 시장확보력이 타 기술에 비하여 높은 것으로 나타남

○ 기술력은 관련 특허를 타 특허에서 인용한 횟수를 통하여 파악할 수 있으며, 수력 플랜트 안정성 검토기술(AA)가 가능 높은 것으로 나타나며, 다음으로 수력발전 시스템 개발 기술(AB)이 높은 것으로 나타남

○ 시장 확보력은 관련 특허의 패밀리 특허 개수를 통하여 파악할 수 있으며, 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술(AC)이 관련 특허당 패밀리 특허의 수가 높아 시장 확보력이 가장 큰 것으로 나타남

(5) 주요 특허의 기술 흐름도

□ 수력플랜트 안정성 검토기술(AA)의 최다 출원인인 TOSHIBA, HITACHI, CHUGOKU ELECTRIC POWER, Pelin; Charles, ACCESS BUSINESS GROUP, MEIDENSHA CORP, 한국수자원공사에 대한 기술 흐름도는 다음과 같음



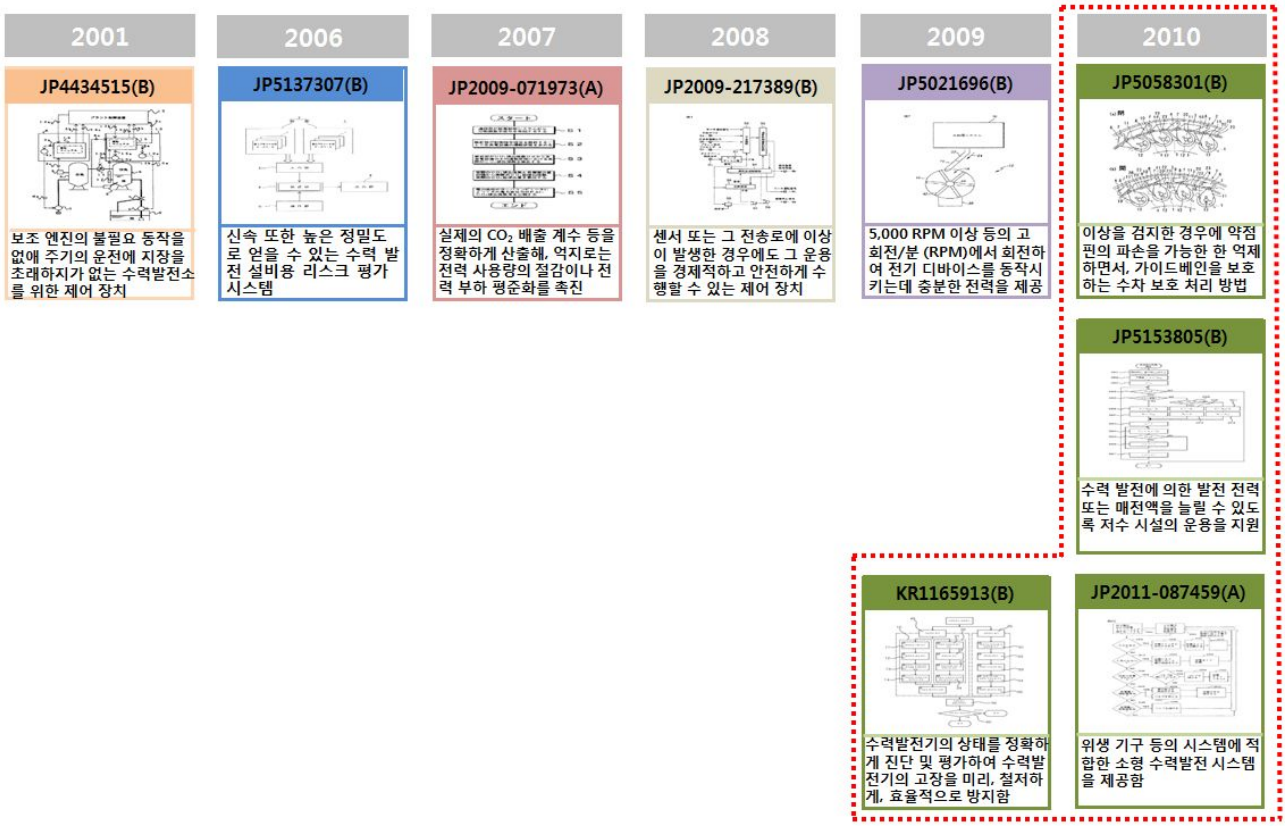


그림 2-3-17 수력플랜트 안정성 검토기술 기술흐름도

□ 수력발전 시스템 개발 기술(AB)의 최다 출원인인 TOSHIBA, HITACHI, Avista Corporation, 홍문표, CHING JOSE, ALSTOM HYDRO FRANCE, Dragon Energy Pte. Ltd.에 대한 기술 흐름도는 다음과 같음

그림 2-3-18 수력발전 시스템 기술흐름도

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술(AC)의 최다 출원인인 CHUGOKU ELECTRIC POWER, 두산중공업, 수자원기술 주식회사, TOSHIBA, HITACHI, TOKYO ELECTRIC POWER, 한국수자원공사에 대한 기술 흐름도는 다음과 같음

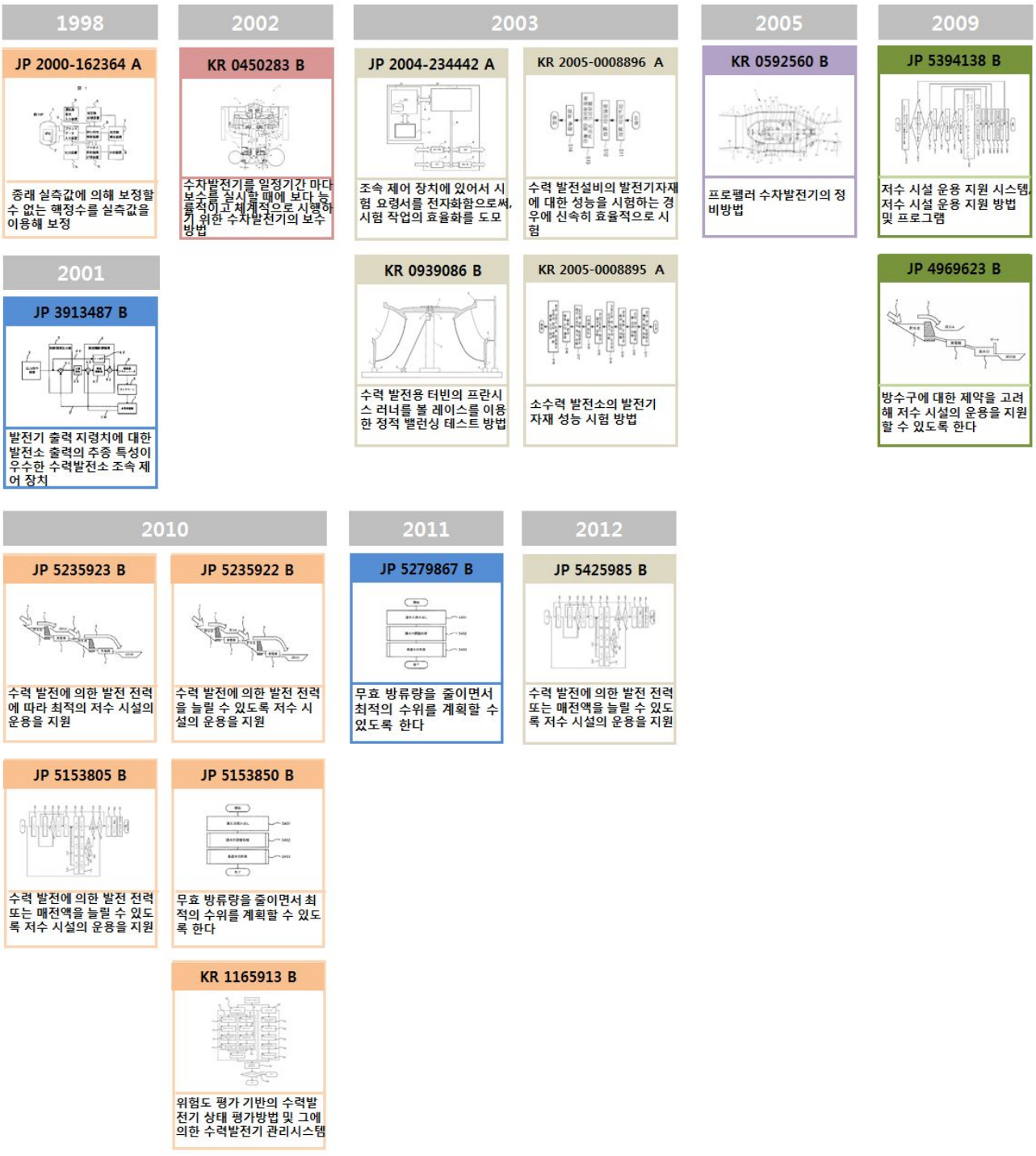


그림 2-3-19 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술 기술흐름도

다. 국내외 핵심특허

(1) 텍스트 마이닝을 통한 시각화

□ 텍스트 마이닝 대상 미국 및 유럽특허 85건의 구체적인 목록은 아래의 표에 기재된 바와 같음

표 2-3-4 텍스트 마이닝 대상 미국 및 유럽특허 목록

공개(등록)번호	명칭	공개(등록)번호	명칭
US20150211476A1	DEVICE FOR TAPPING ELECTRICAL ENERGY FROM HYDROPOWER	US7944072	High-rise building hydro-electric co-generation device and method
US20150159620A1	DEVICE FOR OBTAINING ELECTRICAL ENERGY FROM HYDROPOWER	US20140178513A1	Non ionic/electrolyte, liquid/gaseous, mechanically refined/nanoparticle dispersion Building Materials/High Wear-Heat Resistant Part Brushes, Windings, Battery Cells, Brake Pads, Die Cast Molding, Refrigeration, Polarized/Integrated Optical, Spectrometric Processors, Central Processor Unit Processors, Electronic Storage Media, Analogous Series/Parallel Circuit Generators/Transceivers, Particulate Matter PM Carbonaceous-Polyamide, Crystalline Silica, and Cellulosic Filament Extraction/Miners Suit
US4255787	System and method for controlling the power generated by a system of hydro-plants and thermal units	US20140178513A1	Non ionic/electrolyte, liquid/gaseous, mechanically refined/nanoparticle dispersion Building Materials/High Wear-Heat Resistant Part Brushes, Windings, Battery Cells, Brake Pads, Die Cast Molding, Refrigeration, Polarized/Integrated Optical, Spectrometric Processors, Central Processor Unit Processors, Electronic Storage Media, Analogous Series/Parallel Circuit Generators/Transceivers, Particulate Matter PM Carbonaceous-Polyamide, Crystalline Silica, and Cellulosic Filament Extraction/Miners Suit
US3958130	Hydroelectric generating system	US20140178513A1	Non ionic/electrolyte, liquid/gaseous, mechanically refined/nanoparticle dispersion Building Materials/High Wear-Heat Resistant Part Brushes, Windings, Battery Cells, Brake Pads, Die Cast Molding, Refrigeration, Polarized/Integrated Optical, Spectrometric Processors, Central Processor Unit Processors, Electronic Storage Media, Analogous Series/Parallel Circuit Generators/Transceivers, Particulate Matter PM Carbonaceous-Polyamide, Crystalline Silica, and Cellulosic Filament Extraction/Miners Suit
US4352025	System for generation of electrical power	EP0230220281	Hydraulic propulsion for increases of hydroelektric power station capacity
EP02706192A1	Method for creating a pressure	US8051637	Heat energy recapture and recycle

	tunnel in segment-based construction for hydro-electric plant construction		and its new applications
EP02773037B1	Control system of variable speed pumped storage hydropower system and method of controlling the same	US7348685	Method and apparatus for supplying fresh water and generating electricity by collected rainwater
US20140197638A1	CONTROL SYSTEM OF VARIABLE SPEED PUMPED STORAGE HYDROPOWER SYSTEM AND METHOD OF CONTROLLING THE SAME	US20160076509A1	POTENTIAL ENERGY-BASED POWER GENERATION SYSTEM
US6051892	Hydroelectric power system	US9239816	Method of power system preventive control candidate measures identification self-adaptive to external environment
US20090308061A1	Cangrier-M1 machine or C-M1 the powerful miracle perpetual motion machine designed for hydroelectric power generation water recycling concept	EP02685088A1	Floating water power station
US20110074163A1	Cangrier-M87 machine or C-M87 a very powerful synchronized multi-lever perpetual motion machine designed for hydroelectric (hydraulic) power generation water recycling concept	US6490506	Method and apparatus for monitoring hydroelectric facility maintenance and environmental costs
US4698516	Hydro-electric power plant	US4647250	Canadian flexible dams
US5800077	Method and apparatus for monitoring a hydroelectric facility trash rack	US4920277	Control system for a variable speed hydro-power plant apparatus
US6269287	Methodandapparatusformonitoringa hydroelectricfacilitytrashrackand optimizing performance	US20130009469A1	Hybrid energy system
US8546965	Reduced pressure differential hydroelectric turbine system	US20130009469A1	Hybrid energy system
US7703335	Load test system	US8082067	Method and system of controlling a hydroelectric plant
US6281597	Hydroelectric installation and method of constructing same	US8234861	Free flow hydro-powered hydraulic ram
EP02531719B1	HYDROELECTRIC POWER PLANT	EP02848801A1	Enhanced hydroelectric plant of the submerged-turbine type and corresponding control method of said plant
US7487637	Submerged run of river turbine	US7975482	Method and device for the utilization of supercritical subsurface steam in combination with supercritical thermal and hydraulic power stations
US4283648	Synchronous electric machine with salient poles in the rotor	EP01815135B1	APPARATUS FOR UTILISING THE ENERGY PRESENT IN FLOWING WATER
US8581430	Hydro turbine generator	US20080122224A1	Apparatus For Utilising the Energy Present In Flowing Water
US8125096	Hydro turbine generator	EP02048303B1	Hydroelectric system
US8475113	Hydroelectric power device	US20090097961A1	Hydroelectric System
US20110080002A1	Controlled momentum hydro-electric system	US20160025063A1	ALTERNATIVE HYDROELECTRIC POWER PLANT
US20110081250A1	Hydro-kinetic transport wheel	US20090320394A1	Safe energy-and water-independent building
US6472768	Hydrokinetic generator	US20110266804A1	ANCIENT HYDROELECTRIC COMPANY
EP01377750B1	MOVEABLE, OVER-FLOWABLE AND UNDER-FLOWABLE HYDRO-ELECTRIC POWER PLANT	US20090152871A1	Multiple energy inputs hydropower system
US7089190	System and method for managing utility power use	US20090152871A1	Multiple energy inputs hydropower system
US4807437	Closed system, standpipe operated hydroelectric power plant	EP02071182B1	A multiple energy inputs hydropower system
US4075838	Closed system, standpipe operated hydroelectric power plant	EP0207182B1	A multiple energy inputs hydropower system
US3991563	Hydro-electric power plant	US20060267346A1	Hydraulic power plant driven by

			gravity and buoyancy circulation
US8092674	Traveling band screen machine	US20060267346A1	Hydraulic power plant driven by gravity and buoyancy circulation
EP02199199B1	A hydroelectric turbine support system	US20120061967A1	OCEAN WATER RUN AND VERTICAL DROP IS GREEN POWER GENERATION
US20110304148A1	HYDROELECTRIC TURBINE SUPPORT SYSTEM	EP02873853A1	Plant for exploiting wave power, particularly for the production of electrical energy
US8262315	Hydroelectric generating station and method of constructing same	EP02321026B1	TRAVELLING BAND SCREEN MACHINE
US4641040	Low-head hydroelectric installation	US9217233	Adjustable weir for hydroelectric dam installations
US9194360	Method and installation for producing supplementary electrical energy	US9026257	Real-time optimization of hydropower generation facilities
US8766469	Method and installation for producing supplementary electrical energy	US8626352	Hydroelectric power optimization service
US20140250879A1	Water Gravity Loop Power Plant (WGLPP)	US20120191264A1	HYDROELECTRIC POWER OPTIMIZATION
US20140250879A1	Water Gravity Loop Power Plant (WGLPP)	US8820063	Hydroelectric power generation system
US20140250879A1	Water Gravity Loop Power Plant (WGLPP)	US8426992	Self-powered miniature liquid treatment system with configurable hydropower generator
EP02710255A1	HYDRO-ELECTRIC POWER PLANT COMPRISING A GRATING ASSEMBLY FOR TAKING WATER INTO THE TURBINE, WHICH IS DESIGNED TO DISCHARGE FLOATING DEBRIS STOPPED BY THE GRATING	US6990809	Hydroelectric power plant designed to transform the potential energy of compressed gas into mechanical and electrical energy through the potential energy of liquids
US20140102989A1	HYDRO-ELECTRIC POWER PLANT COMPRISING A GRATING ASSEMBLY FOR TAKING WATER INTO THE TURBINE, WHICH IS DESIGNED TO DISCHARGE FLOATING DEBRIS STOPPED BY THE GRATING		

□ 85건의 특허를 텍스트 마이닝 후, 그 결과를 시각화 하면 다음과 같음

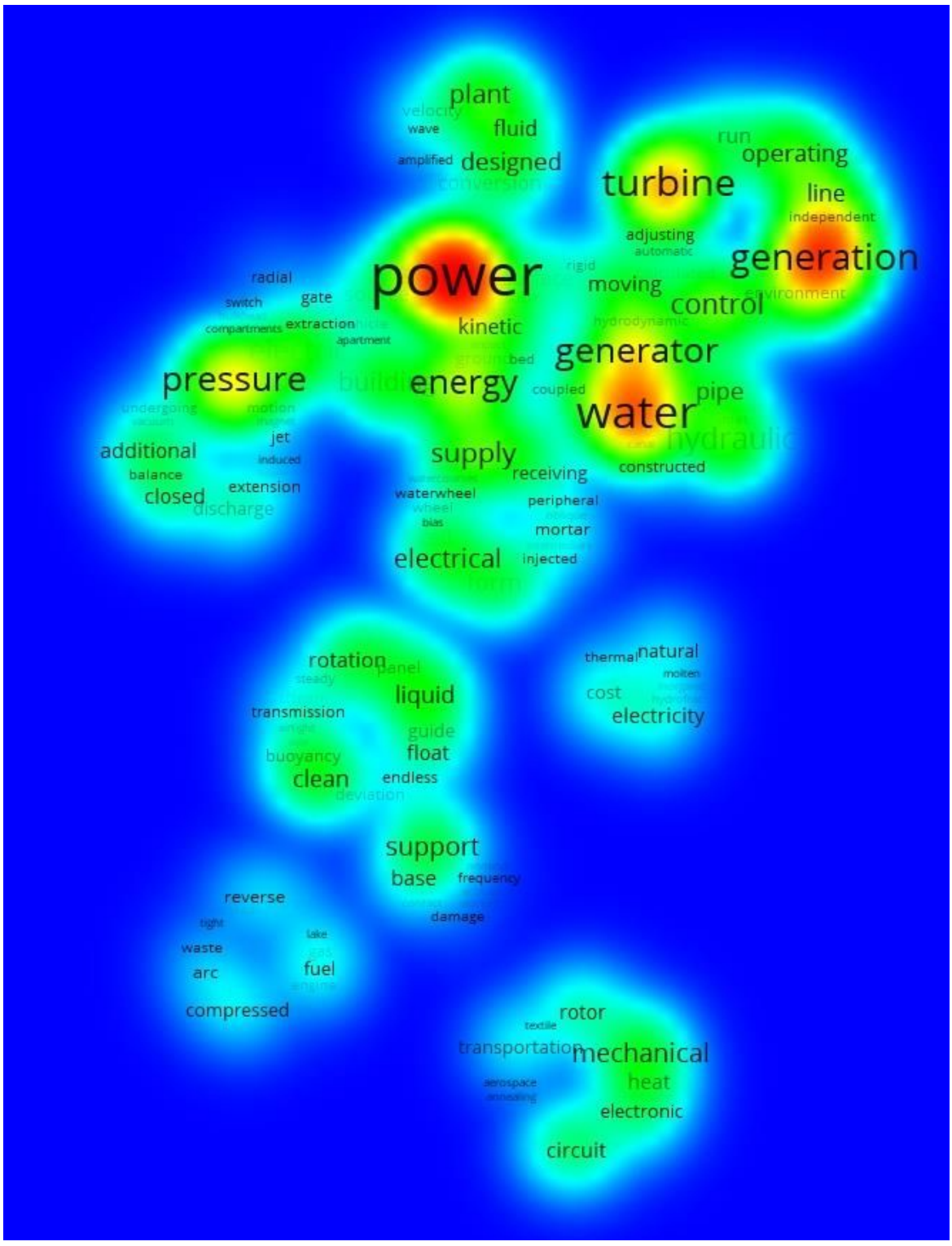


그림 2-3-20 중규모 수력 플랜트 건설 기술의 텍스트 마이닝 결과 thermo 그래프

□ 상기 thermo 그래프를 구성하는 각 키워드들의 그룹별 분포를 확인하기 위한 분포도는 다음과 같음

그림 2-3-21 중규모 수력 플랜트 건설 기술 키워드들의 그룹별 분포도

□ 상기 thermo 그래프 및 키워드 분포도를 고찰하면, 자율주행 가능 배관의 진단·성능평가 기술은 제1 그룹~제13 그룹으로 클러스터링 되고, water, wave, energy, control, turbine, reservoir 등과 같은 키워드들이 출현빈도가 높음을 알 수 있음

□ 각 그룹별 키워드들의 출현빈도를 면적으로 표시하는 트리맵(treemap)을 이용하여 공백영역을 발굴하면 다음과 같음

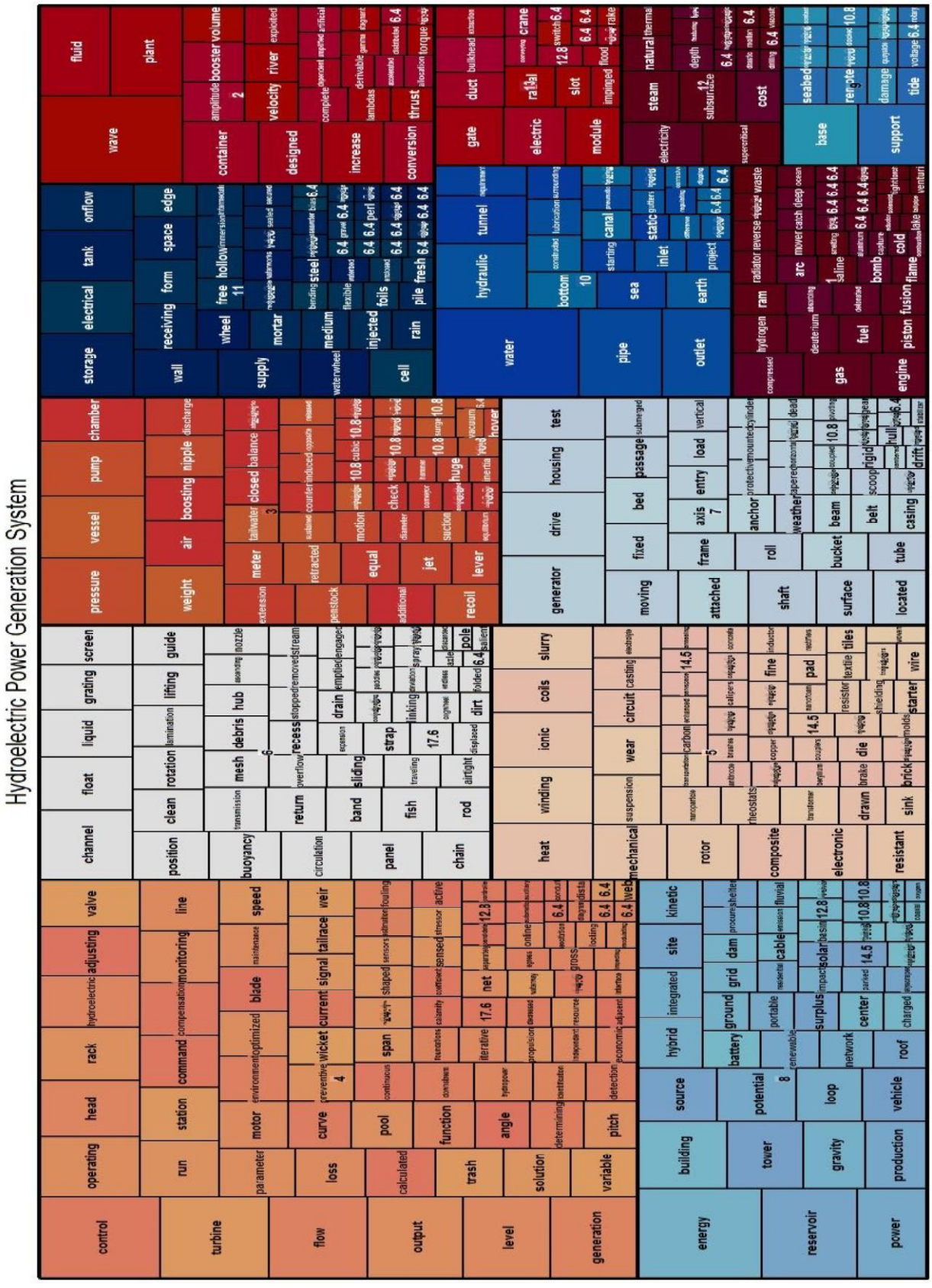


그림 2-3-22 중규모 수력 플랜트 건설 기술 키워드들의 트리맵

□ 트리맵에 도시된 바와 같이, 제9 그룹, 제12 그룹 및 제13 그룹이 상대적으로 작은 면적을 점유하고 있는바, 이들 그룹이 텍스트 마이닝 분석 결과 공백영역으로 도출됨

□ 이들 그룹에 속하는 키워드들 중 그룹 내에서 영향력이 있고 기술적으로 의미가 있는 키워드들을 정리하면 다음과 같음

표 2-3-5 공백영역 내 주요 키워드 목록

	제9 그룹	제12 그룹	제13 그룹
주요 키워드	* base * seabed * tide * converter	* electricity * supercritical * steam * subsurface	* gate * electric * duct * bulkhead

(2) 선행특허 검색 및 검색 결과

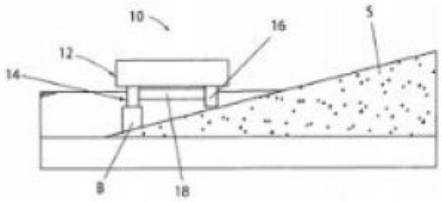
□ 상술한 공백영역별 주요 키워드들을 이용하여 선행특허를 검색한 후, 본 과제와 관련있는 특허만을 정리하면 같음

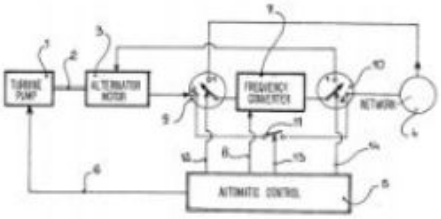
표 2-3-6 공백영역 내 주요 키워드를 이용한 선행특허 검색결과 목록

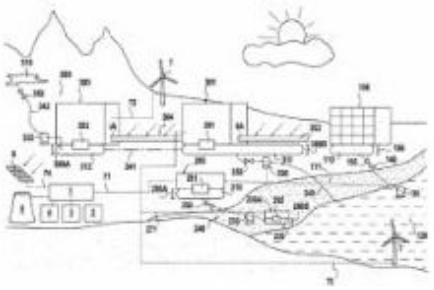
그룹	주요 키워드	검색결과
9	base seabed tide converter	① US20110304148(A): HYDROELECTRIC TURBINE SUPPORT SYSTEM ② US4641040(B): Low-head hydroelectric installation
12	electricity supercritical steam subsurface	① US9194360(B): Method and installation for producing supplementary electrical energy ② US7975482(B): Method and device for the utilization of supercritical subsurface steam in combination with supercritical thermal and hydraulic power stations
13	gate electric duct bulkhead	① US20150211476(A): DEVICE FOR TAPPING ELECTRICAL ENERGY FROM HYDROPOWER ② EP2873853(A): lant for exploiting wave power, particularly for the production of electrical energy ③ US6281597(B): Hydroelectric installation and method of constructing same

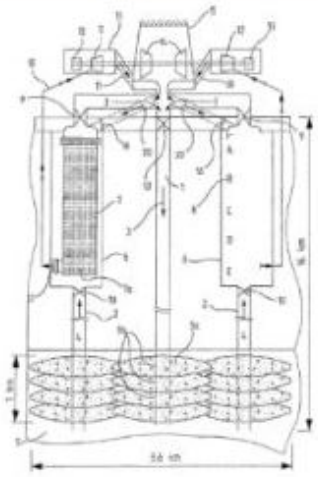
□ 선행특허 검색결과, 7건의 참고특허가 공백영역에 속하는 특허로서, 대상기관이 연구개발시 참고할 수 있는 특허로 검색됨

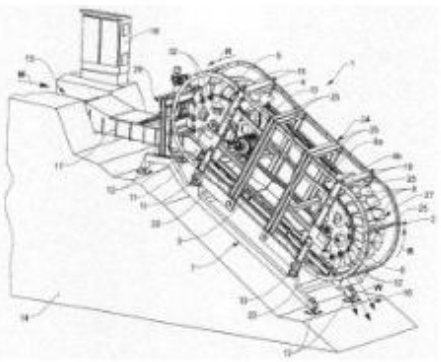
○ 결론적으로, 중규모 수력 플랜트 건설 기술 특허 중 미국 및 유럽특허 85건을 대상으로 텍스트 마이닝을 수행하여 시각화 한 결과, 3개의 출현빈도가 낮은 공백영역의 키워드 그룹을 도출하고, 이들 공백영역에 속하는 주요 키워드를 이용하여 선행특허를 검색한 결과, 7건의 참고특허를 검색하였는바, 그 내용은 다음과 같음

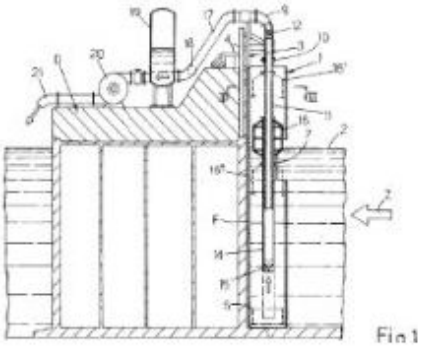
일련번호	텍스트 공백-1	대표도면
기술분야	AB	
기술등급	A	
대표 IPC	F03B-013/10	
국가	US	
대표출원인	OPENHYDRO IP LIMITED	
출원번호	US13/133504	
출원일자	2009.12.14	
공개번호	US20110304148	
공개일자	2011.12.15	
등록번호	-	
등록일자	-	
최우선권번호	EP20080021970(2008.12.18)	
패밀리 특허	AT536304T, AU2009328527A1, AU2009328527B2, CA2746958A1, CN102256867A, CN102256867B, EP2199199A1, EP2199199B1, JP2012512349A, JP5358690B2, KR20110103419A, NZ593259A, SG171970A1, US2011304148A1, WO2010069537A1	
명칭	HYDROELECTRIC TURBINE SUPPORT SYSTEM	
대표청구항	1. A hydroelectric turbine support system comprising a vessel for transporting the turbine to a deployment site; a base on which the turbine is supportable, the base and vessel being designed to allow the base to be retained beneath the vessel; wherein the base and vessel are adapted to facilitate the stable support of the vessel above the base when the system is partially or fully out of water.	

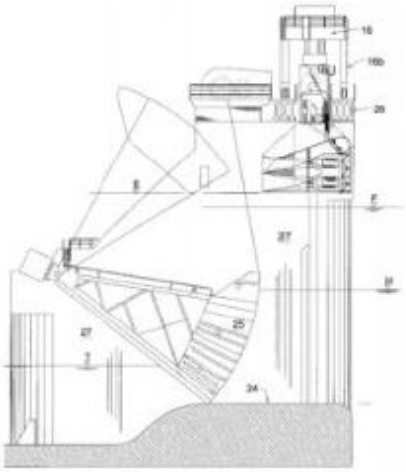
일련번호	텍스트 공백-2	대표도면
기술분야	AB	
기술등급	A	
대표 IPC	H01D-015/10	
국가	US	
대표출원인	Neyrpic	
출원번호	US06/704981	
출원일자	1985.02.25	
공개번호	-	
공개일자	-	
등록번호	US4641040	
등록일자	1987.02.03	
최우선권번호	FR19840002814(1984.02.24)	
패밀리 특허	CA1225118A, FR2561718A1, FR2561718B1, GB2154807A, GB2154807B, GB8432077D0, US4641040A	
명칭	Low-head hydroelectric installation	
대표청구항	1. In a low-head hydroelectric installation, of the type including at least one hydraulic turbo-machine (1) constructed to give optimum efficiency under a defined head of water or pressure head (Hn), called the nominal head, corresponding to a nominal power (Pn) of the installation and for a speed of rotation corresponding to the speed of synchronism (ns) with the frequency of an electric network (4), and at least one rotary electrical machine (3) drive-coupled to said turbo-machine and electrically connected to said network, the improvement comprising automatic control means (5) enabling rotation of said turbo-machine at its speed of synchronism with the frequency of said network, comprising means (5, 9 to 11) making it possible, when said head of water or pressure head is less than a value (Hd) equal to a defined fraction less than one-half of said nominal head (Hn), to cause said turbo-machine to rotate at a speed lower than said synchronous speed, and consequently to insert between said network and said electrical machine a frequency matching device (7) of maximum power at least less than one-half of said nominal power.	

일련번호	텍스트 공백-3	대표도면
기술분야	AB	
기술등급	A	
대표 IPC	F01D-015/10	
국가	US	
대표출원인	NATURE AND PEOPLE FIRST	
출원번호	US14/215548	
출원일자	2014.03.17	
공개번호	US20140246860	
공개일자	2014.09.04	
등록번호	US9194360	
등록일자	2015.11.24	
최우선권번호	FR20100057756(2010.09.27)	
패밀리 특허	AR083125A1, CL2013000830A1, CN103124845A, EA201390395A1, EP2622209A1, FR2965310A1, FR2965310B1, JP2013537954A, KR20130139245A, MX2013003494A, TW201229383A, US2012274070A1, US2014246860A1, US8766469B2, US9194360B2, WO2012045952A1	
명칭	Method and installation for producing supplementary electrical energy	
대표청구항	1. An installation for producing supplementary electrical energy for an electricity network, including at least first and second water reservoirs, the first water reservoir being situated at a first level and the second water reservoir being situated at a second level lower than the first level with a level difference of at least 5 meters, at least one communicating pipe between the first water reservoir and the second water reservoir having a slope of at least 3% and being provided with at least one remote-controlled valve, a hydro-electric generating system, a pumping installation, and a control circuit, the installation being wherein at least said first water reservoir comprises one or more individual reservoirs that are integrated in underground or semi-underground manner in the foundations of artificial buildings that need to be built for a primary function of sheltering goods or people independently of a secondary function of producing electricity, in that said first water reservoir integrated in underground or semi-underground manner in the foundations of artificial buildings has a cumulative volume in the range 1000 m3 to 150,000 m3, in that said second water reservoir is likewise situated at ground level using a natural slope of the ground, and in that the hydro-electric generating system has a power rating in the range 100 kW to 4 MW.	

일련번호	텍스트 공백-4	대표도면
기술분야	AB	
기술등급	A	
대표 IPC	F03G-007/00	
국가	US	
대표출원인	Franz-Josef Radermacher	
출원번호	US12/298348	
출원일자	2007.04.25	
공개번호	US20100031653	
공개일자	2010.02.11	
등록번호	US7975482	
등록일자	2011.07.12	
최우선권번호	DE20061018215(20060425)	
패밀리 특허	DE102006018215A1, EP2010831A1, US2010031653A1, US7975482B2, WO2007122003A1	
명칭	Method and device for the utilization of supercritical subsurface steam in combination with supercritical thermal and hydraulic power stations	
대표청구항	1. A process for creating and/or operating an supercritical geosteam system by several boreholes constructed by a metal-melt boring process that each comprise a metal borehole lining consisting of a casting and continuously produced from the metal-melt medium and in which the boreholes are sunk to depths at which supercritical conditions prevail and the spaced boreholes are connected to each other by fissure formations in the lower shaft area and form a primary circuit wherein the supercritical geosteam system is operated in combination with a hydraulic power plant and that an injection shaft for transporting subcritical primary fluid into the earth is formed by at least one borehole and a production shaft for transporting supercritical primary fluid from the earth is formed by at least one further borehole, which primary fluid is present in the injection shaft in subcritical liquid phase and is present supercritically in the production shafts down to the lower area of the secondary heat exchangers, and that the supercritical primary fluid transmits its heat to secondary heat exchangers for the production of current, power or the production of process steam and/or heat, which secondary heat exchangers are arranged in the upper part of the production shafts, and that subcritical and cooled-down primary fluid develops again from supercritical primary fluid by the removal of heat which subcritical and cooled-down primary fluid still has the same pressure as the supercritical primary fluid.	

일련번호	텍스트 공백-5	대표도면
기술분야	AB	
기술등급	A	
대표 IPC	F03B-013/10	
국가	US	
대표출원인	WRH WALTER REIST HOLDING AG	
출원번호	US14/416490	
출원일자	2013.07.22	
공개번호	US20150211476	
공개일자	2015.07.30	
등록번호	-	
등록일자	-	
최우선권번호	CH20120001181(2012.07.27)	
패밀리 특허	CH706768A1, EP2880302A2, JP2015522756A, TW201422907A, US2015211476A1, WO2014015446A2, WO2014015446A3	
명칭	DEVICE FOR TAPPING ELECTRICAL ENERGY FROM HYDROPOWER	
대표청구항	1. A plant for extracting electric energy from water power,said plant comprising an energy extraction module designed as an assembly unit, which comprises: a drive arrangement with a multiplicity of flow-impinged components that can be driven in a circulating direction by water power; at least two spaced-apart deflection elements that serve to guide the drive arrangement in a circulating manner; at least one electric power, which is driven by the circulating drive arrangement, for extracting electric energy; a water conveying duct for forming water receiving compartments by interacting with the flow-impinged components; and a module frame, to which are connected the drive arrangement, the deflection elements, the at least one electric power generator and the water conveying duct, wherein the module frame comprises an interface via which the energy extraction module is connected to a sub-structure.	

일련번호	텍스트 공백-6	대표도면
기술분야	AB	
기술등급	A	
대표 IPC	F03B-013/18	
국가	EP	
대표출원인	Bozano, Enrico	
출원번호	EP2014193532	
출원일자	2014.11.17	
공개번호	EP02873853	
공개일자	2015.05.20	
등록번호	-	
등록일자	-	
최우선권번호	IT2013GE00113(2013.11.19)	
패밀리 특허	EP2873853A1, ITGE20130113A1	
명칭	Plant for exploiting wave power, particularly for the production of electrical energy	
대표청구항	1. Plant for exploiting wave power, particularly for the production of electrical energy, of the type that comprises a float connected with the movable lower component of a pumping unit which runs axially in a fixed body that draws from the sea and is designed to suck in water after lowering of the float and which, simultaneously with the raising of said float by the wave, pumps water and conveys it to operating equipment, for example hydroelectric conversion means (20,22), characterised in that said float (16) moves, guided laterally, in a large-diameter guide tube (1,1') with its lower end immersed in the sea and the other end facing upwards, fixed to any suitable support means and provided laterally with at least one window (7) positioned at sea level, in which said float is normally located and through which the wave enters to raise and lower the same float which is axially integral with a movable duct (14) which extends downwards to draw water from the sea through suction valve means (15) and which axially crosses said float to allow entry into the same of a fixed pumping duct (11) which, via discharge valve means (12), is connected at the top to a fixed pipe (9) positioned on the upper end of said guide tube (1,1') for delivery of the water pumped by said system of fixed and movable ducts (11,14) operated by the float (16) and provided with said valve means (12,15), it being provided that said fixed pipe (9) be shaped with an elbow shape or other equivalent shape and that said pipe (9) and/or said fixed duct (11) be sustained by a supporting structure (3,10) positioned in the upper surfaced part of said guide tube (1,1'), so that by easily acting on said supporting structure (3,10) the pump-float assembly can be removed for maintenance and the inside of said guide tube (1,1') can be accessed for all maintenance and/or cleaning requirements.	

일련번호	텍스트 공백-7	대표도면
기술분야	AB	
기술등급	A	
대표 IPC	F03B-013/00	
국가	US	
대표출원인	Syndicated Technologies, LLC.|VA Tech Hydro GmbH & Co.	
출원번호	US09/373679	
출원일자	1999.08.13	
공개번호	-	
공개일자	-	
등록번호	US6281597	
등록일자	2001.08.28	
최우선권번호	US19990373679(1999.08.13)	
패밀리 특허	US6281597B1	
명칭	Hydroelectric installation and method of constructing same	
대표청구항	1. A combination comprising: (a) a gated dam structure including (1) spaced-apart vertical piers, (2) opposing vertical slots in said piers, (3) a spillway sill extending between said piers, (4) spaced-apart crane girders extending between said piers, and (5) a single crane supported on said crane girders; and (b) a generating module comprising a plurality of hydromotive machines, and draft tubes extending downstream from said hydromotive machines, wherein said module includes guide means positioned within said vertical slots, and wherein said module further includes lifting points, attachable to said service crane for enabling said service crane to raise and lower said generating module relative to said spillway sill.	

4. 논문분석

가. 논문 조사방법

□ 수력플랜트 안정성 검토기술 분야

표 2-3-7 수력플랜트 안정성 검토기술 분야 논문 검색식

검색기간	1995 - 2016, 국내외 논문 한정
	수력플랜트 안전성 평가 기술
사이트	NDSL.kr
키워드	hydraulic or hydropower or hydroelectric 수력발전 assessment 평가 안전 stability 안정
검색식	(수력 or "수력발전" or (hydraulic power plant) or (hydropower plant) or (Hydroelectric Power Plant)) (평가 or 검사 or assessment or inspect or verification) (안전 or 안정 or 위험 or safe or risk or stability or stabl*)
검색건수	83
유효논문	16

□ 수력발전 시스템 기술개발 분야

표 2-3-8 수력발전 시스템 기술개발 분야 논문 검색식

검색기간	1995 - 2016, 국내외 논문 한정
	수력발전 시스템 개발기술 분야
사이트	NDSL.kr
키워드	hydraulic or hydropower or hydroelectric efficiency francis turbine
검색식	(수력 or "수력발전" or hydraulic or hydropower or hydroelectric) (효율 or 제어 or efficienc* or control) (발전기 or 발전 or generator) or ((프랜시스 or 프란시스 or fran* or francis) (수차 or turbin* or turbine))

검색건수	1807
유효논문	197

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

표 2-3-9 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야 논문 검색식

검색기간	1995 - 2016, 국내외 논문 한정
	수력발전 시스템 검증 및 실증시험
사이트	NDSL.kr
키워드	hydraulic or hydropower or hydroelectric CFD computer francis turbine
검색식	(수력 or “수력발전” or hydraulic or hydropower or hydroelectric) (프란시스 or 프랜시스 or francis or fransis) turbine (유체 or 모의 or “모의실험 or cfd or (컴퓨터 or 모의 or computer or simulat*))
검색건수	116
유효논문	76

나. 논문 정량분석

□ 수력플랜트 안정성 검토기술 분야

그림 2-3-23 수력플랜트 안전성 검토기술 국가별 논문건수

○ 영국에서 발행하는 저널에 투고된 논문의 수가 6건의 가장 높은 점유율을 나타내고 있으며, 다음으로 중국 3건, 독일 및 미국이 각 2건씩으로 나타났음

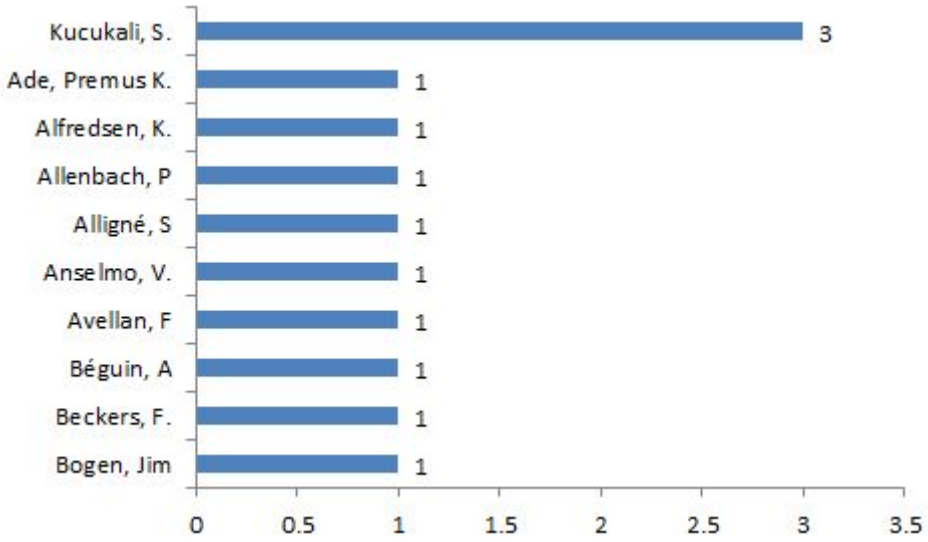


그림 2-3-24 수력플랜트 안전성 검토기술 주요 저자별 논문건수

○ 논문 투고 건수에 따른 주요저자로는 Kucukali S 가 3건으로 가장 많은 논문을 투고하였으며, Ade Premus K. , Alfredsen K 등이 있음

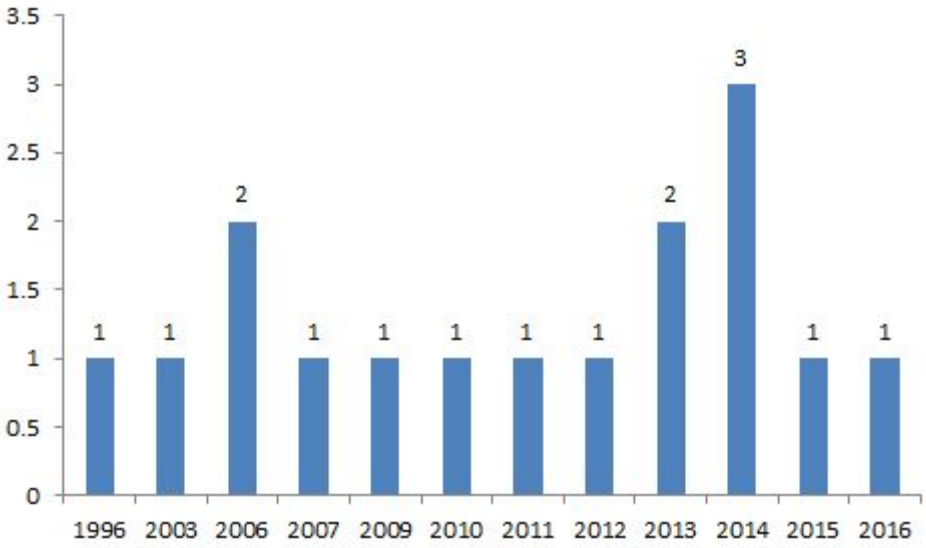


그림 2-3-25 수력플랜트 안전성 검토기술 논문 추이

○ 연도별 투고 논문수를 살펴본 바, 2014년 3건으로 가장 높은 투고율을 보이고 있으며,

일반적으로 평이하게 투고되고 있는 상태로 나타남

□ 수력발전 시스템 개발기술 분야

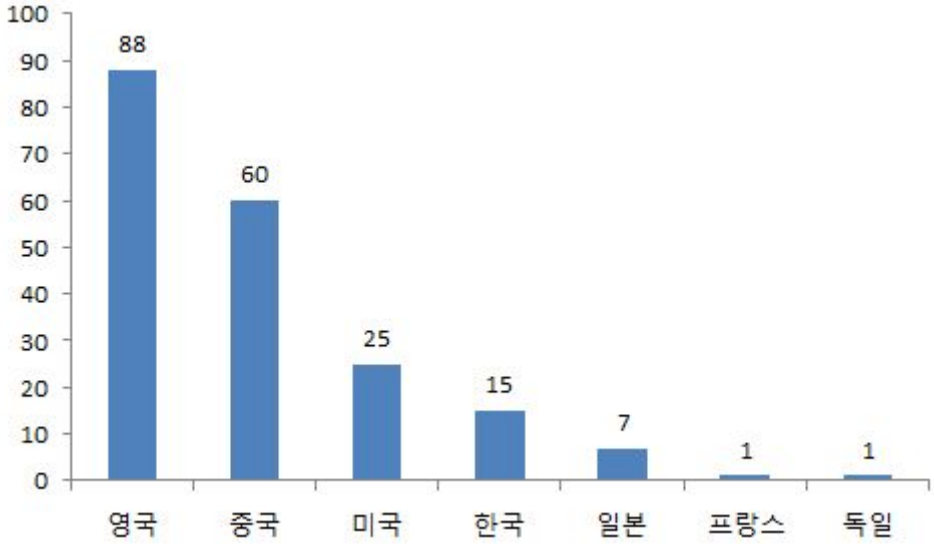


그림 2-3-26 수력발전 시스템 개발기술 국가별 논문건수

○ 영국에서 발행하는 저널에 투고된 논문의 수가 88건의 가장 높은 점유율을 나타내고 있으며, 다음으로 중국 60건 미국 25건 한국 15건 등의 순으로 나타났음

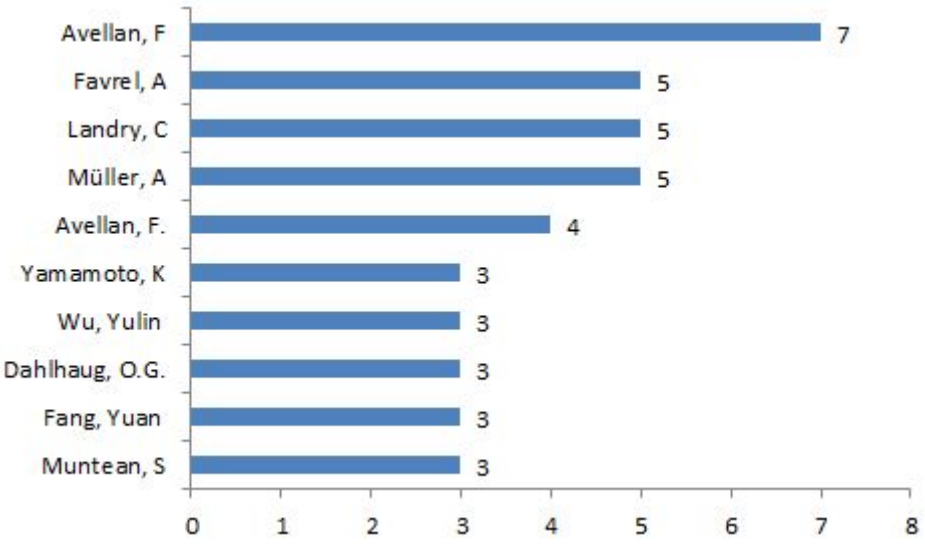


그림 2-3-27 수력발전 시스템 개발기술 주요 저자별 논문건수

○ 논문 투고 건수에 따른 주요저자로는 Avellan F, Favrel A.등이 있음

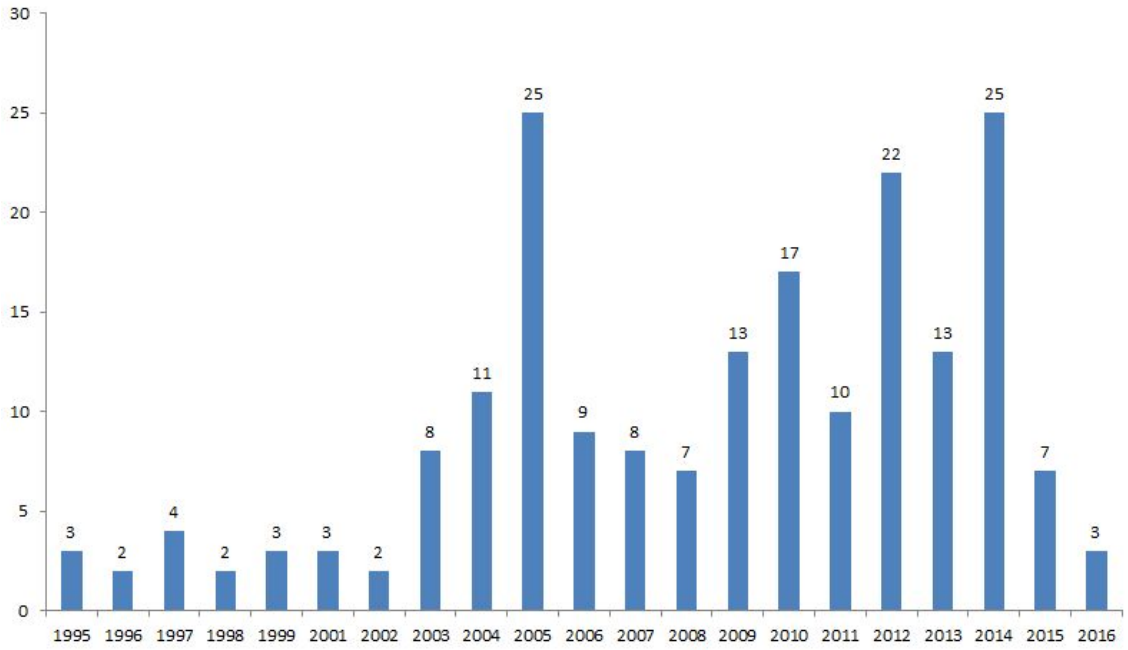


그림 2-3-28 수력발전 시스템 개발기술 논문 추이

○ 연도별 투고 논문수를 살펴본 바, 2005년 논문수가 급증한 후 감소하였다가 2009년을 기점으로 증가하고 있는 것으로 나타남

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

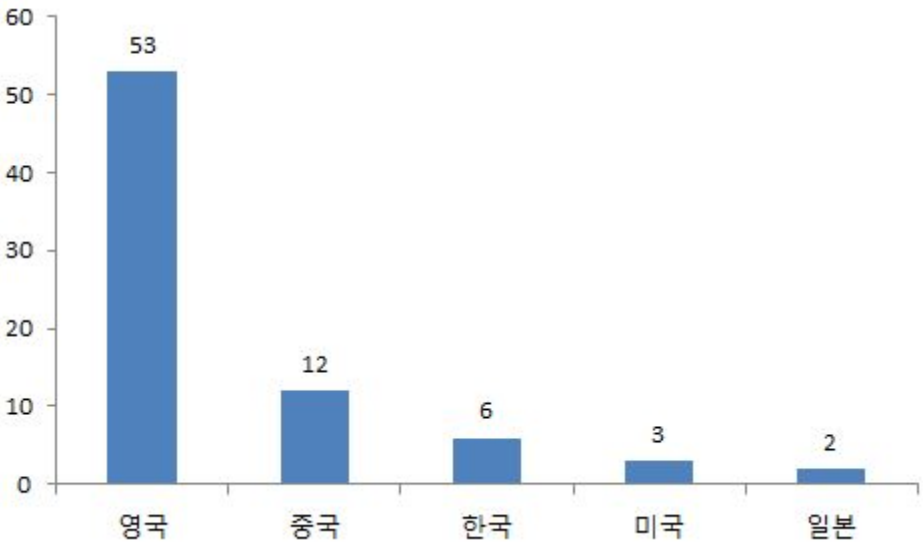


그림 2-3-29 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 국가별 논문건수

○ 영국에서 발행하는 저널에 투고된 논문의 수가 53건의 가장 높은 점유율을 나타내고

있으며, 다음으로 중국 12건, 한국 6건 등의 순으로 나타남

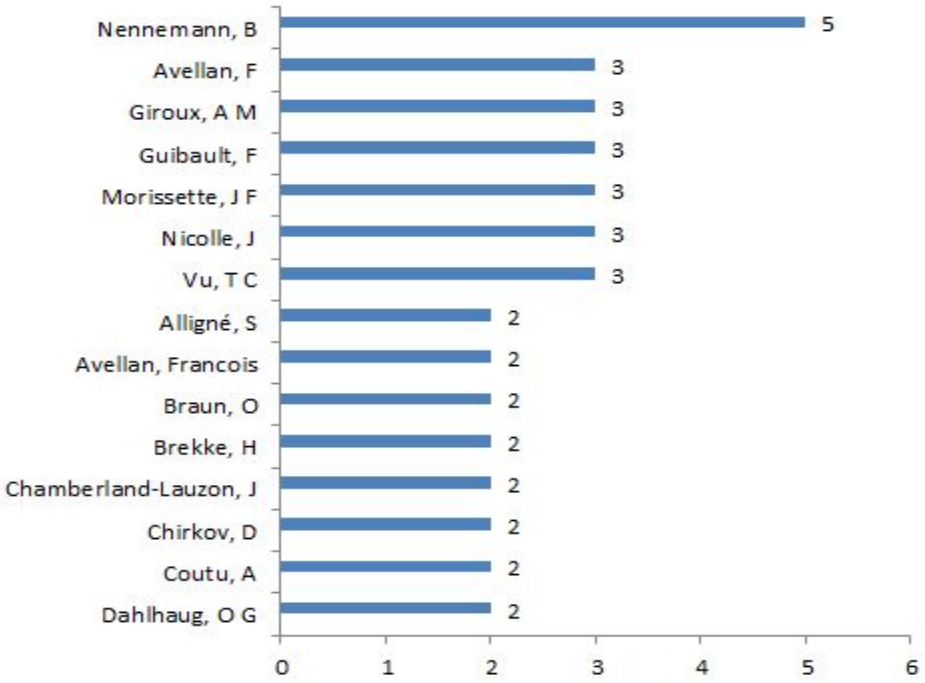


그림 2-3-30 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 주요 저자별 논문건수

○ 논문 투고 건수에 따른 주요저자로는 Nennemann B., Avellan F, Giroux A.M.등이 있음

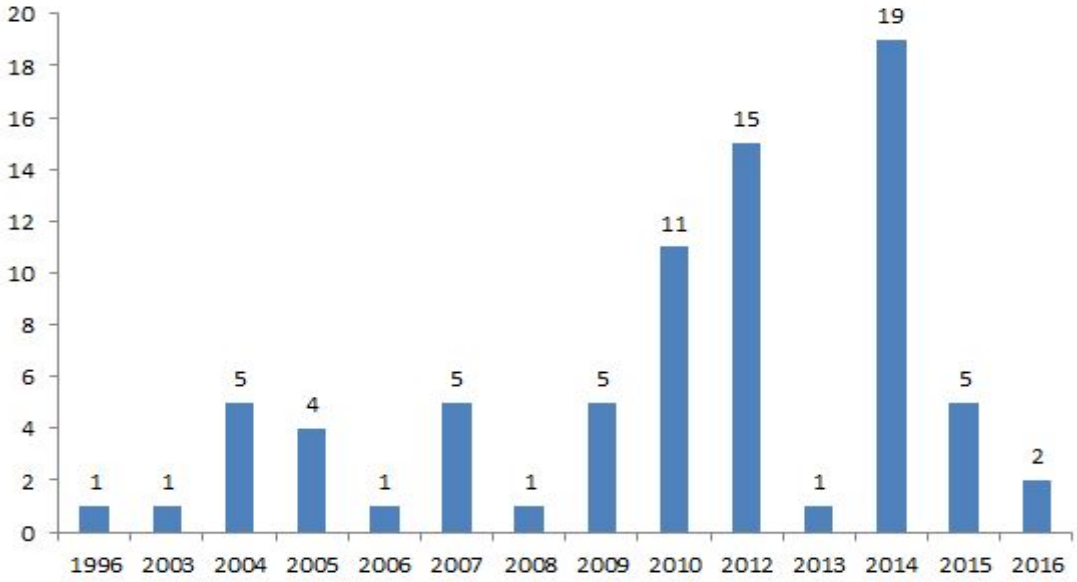


그림 2-3-31 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 주요 저자별 논문 추이

○ 연도별 투고 논문수를 살펴본 바, 2010년까지 5건 이하의 투고율을 나타내고 있으나, 2010년을 기점으로 투고율이 증가하고 있음

다. 국내외 핵심논문

□ 수력플랜트 안정성 검토기술 분야

발행	Cold regions science and technology / v.122, 2016년, pp.1-9
제목	Modelling winter operational strategies of a hydropower system
저자	Timalsina, N. ; Beckers, F. ; Alfredsen, K.
요약	The ice conditions in regulated rivers can be very complicated due to both intake and release of water to and from hydropower plants. The optimal operational strategies for the hydropower system must involve ice management in the river basin and finding a balance can be a challenge for the hydropower operator. Issues with ice occur during both freezeup and breakup, and at certain conditions both situations can occur in a basin at nearly the same time. In this study, a series of modelling tools have been used to investigate the consequences of a forced shutdown of a power plant in the Orkla River. The associated impacts on the stability of the ice cover in a downstream bypass reach and the ice and ecological conditions in the reaches upstream of the power plant have been explored. The reason for this is that there are restrictions on upstream water releases during the shutdown period given in the regulation permit to prevent ice breakup in the downstream bypass reach and subsequent flooding problems downstream. The study demonstrates a wide application of numerical tools for environmental impact assessment, providing knowledge for better decision-making and for optimal operational strategies for hydropower systems during winter. In summary, the analysis shows that a shutdown period shorter than the travel time of water from the upstream hydropower plants to the bypassed reach does not guarantee a reduction of the ice problems in the bypass reach. Since the intake pond is too small to store already released water from the upstream power plants, spill and ice breakup will occur. It is rather found that a shutdown of the upstream power plants can induce environmental problems due to the rapid dewatering of the river, and an ice breakup during the restart of the upstream power plants.

발행	CEnergy policy / v.39 no.10, 2011년, pp.6683-6688
제목	Risk assessment of river-type hydropower plants using fuzzy logic approach
저자	Kucukali, , S.
요약	In this paper, a fuzzy rating tool was developed for river-type hydropower plant projects, and risk assessment and expert judgments were utilized instead of probabilistic reasoning. The methodology is a multi-criteria decision analysis, which provides a flexible and easily understood way to analyze project risks. The external risks, which are partly under the control of companies, were considered in the model. A total of eleven classes of risk factors were determined based on the expert interviews, field studies and literature review as follows: site geology, land use, environmental issues, grid connection, social acceptance, macroeconomic, natural hazards, change of laws and regulations, terrorism, access to infrastructure and revenue. The relative importance of risk factors was determined from the survey results. The survey was conducted with the experts that have experience in the construction of river-type hydropower schemes. The survey results revealed that the site geology and environmental issues were considered as the most important risks. The new risk assessment method enabled a Risk Index (R) value to be calculated, establishing a 4-grade evaluation system. The proposed risk analysis will give investors a more rational basis to make decisions and it can prevent cost and schedule overruns.

○ 수력발전 시스템 개발기술 분야

발행	IOP conference series : Earth and environmental science / v.22 no.2, 2014년, pp.022011-
제목	Pressure measurements and high speed visualizations of the cavitation phenomena at deep part load condition in a Francis turbine
저자	Yamamoto, K ; M□ller, A ; Favrel, A ; Landry, C ; Avellan, F
요약	In a hydraulic power plant, it is essential to provide a reliable, sustainable and flexible energy supply. In recent years, in order to cover the variations of the renewable electricity production, hydraulic power plants are demanded to operate with more extended operating range. Under these off-design conditions, a hydraulic turbine is subject to cavitating swirl flow at the runner outlet. It is well-known that the helically/symmetrically shaped cavitation develops at the runner outlet in part load/full load condition, and it gives severe damage to the hydraulic systems under certain conditions. Although there have been many studies about partial and full load conditions, contributions reporting the deep part load condition are limited, and the cavitation behaviour at this condition is not yet understood. This study aims to unveil the cavitation phenomena at deep part load condition by high speed visualizations focusing on the draft tube cone as well as the runner blade channel, and pressure fluctuations associated with the phenomena were also investigated.

발행	IOP conference series : Earth and environmental science / v.22 no.3, 2014년, pp.032035-
제목	Hydro-acoustic resonance behavior in presence of a precessing vortex rope: observation of a lock-in phenomenon at part load Francis turbine operation
저자	Favrel, A ; Landry, C ; Müller, A ; Yamamoto, K ; Avellan, F
요약	Francis turbines operating at part load condition experience the development of a cavitating helical vortex rope in the draft tube cone at the runner outlet. The precession movement of this vortex rope induces local convective pressure fluctuations and a synchronous pressure pulsation acting as a forced excitation for the hydraulic system, propagating in the entire system. In the draft tube, synchronous pressure fluctuations with a frequency different to the precession frequency may also be observed in presence of cavitation. In the case of a matching between the precession frequency and the synchronous surge frequency, hydro-acoustic resonance occurs in the draft tube inducing high pressure fluctuations throughout the entire hydraulic system, causing torque and power pulsations. The risk of such resonances limits the possible extension of the Francis turbine operating range. A more precise knowledge of the phenomenon occurring at such resonance conditions and prediction capabilities of the induced pressure pulsations needs therefore to be developed. This paper proposes a detailed study of the occurrence of hydro-acoustic resonance for one particular part load operating point featuring a well-developed precessing vortex rope and corresponding to 64% of the BEP. It focuses particularly on the evolution of the local interaction between the pressure fluctuations at the precession frequency and the synchronous surge mode passing through the resonance condition. For this purpose, an experimental investigation is performed on a reduced scale model of a Francis turbine, including pressure fluctuation measurements in the draft tube and in the upstream piping system. Changing the pressure level in the draft tube, resonance occurrences are highlighted for different Froude numbers. The evolution of the hydro-acoustic response of the system suggests that a lock-in effect between the excitation frequency and the natural frequency may occur at low Froude number, inducing a hydro-acoustic resonance in a random range of cavitation numbers.

발행	Journal of fluids and structures / v.22 no.5, 2006년, pp.699-712
제목	Experimental investigation of added mass effects on a Francis turbine runner in still water
저자	FRodriguez, C.G. ; Egusquiza, E. ; Escaler, X. ; Liang, Q.W. ; Avellan, F.
요약	Abstract The mechanical design of hydraulic turbines is conditioned by the dynamic response of the runner that is usually estimated by a computational model. Nevertheless, the runner has complex boundary conditions that are difficult to include in the computational model. One of these boundary conditions is the water in which the runner is submerged. The effect of the added mass and damping of water can modify considerably the natural frequencies of the runner. An experimental investigation in a reduced scale model of a turbine runner, using modal analysis, was carried out. Several impact tests with the runner freely suspended in air and in water were done. The response was measured with accelerometers located in different positions of the runner. From the modal analysis, the natural frequencies, damping ratios, and mode-shapes were determined. The same mode-shapes obtained in air were obtained in water but with lower natural frequencies and higher damping ratios in water. The difference in the natural frequencies is shown to be dependant basically on the added mass effect of the water and not on its added damping. This difference also depends on the geometry of the mode, presenting different values for different mode-shapes. Using nondimensional values, the reduction in the natural frequencies can be extrapolated to other Francis runners presenting similar geometrical characteristics.

발행	한국기계가공학회지 = Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology 저널 지식맵 / v.11 no.5, 2012년, pp.104-108
제목	Experiments on Efficiency of Standing Type Waterwheel with Narrow Canal for Micro/Small Scale Hydro Power Plant
저자	Dong-Jin Kim ; Kyong-Ho Lee ; Kook-Chan Ahn ; Bong-Hwan Kim
요약	Recently, small scale hydropower needs to be developed due to its clean, renewable and abundant energy resources. However, suitable draft of hydro-turbine body in combination with differences in wheel blade shapes is not determined yet in the range of small hydropower and it is necessary to study for the effective draft in combination with type. Therefore, watermill shaped of 250mm diameter. hydro-turbine aiming 20 watt class generator is adopted in this study because of its simple structure and high possibility of applying to small hydropower. The result shows that effective draft for the turbine body is variable concerning the size of turbine and flow rate of water. Thus, the difference of water depth between fore and aft turbine body contributes to the increase of torque, angular momentum and power output.

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험주요논문

발행	IOP conference series : Earth and environmental science / v.22 no.3, 2014년, pp.032027-
제목	A steady-state simulation methodology for predicting runaway speed in Francis turbines
저자	Hosseinimanesh, H ; Vu, TC ; Devals, C ; Nennemann, B ; Guibault, F
요약	Runaway speed is an important performance factor for the safe operation of hydropower systems. In turbine design, the manufacturers must conduct several model tests to calculate the accurate value of runaway speed for the complete range of operating conditions, which are expensive and time-consuming. To study runaway conditions, the application of numerical tools such as unsteady CFD simulations can help to better understand the complex flow physics during transient processes. However, unsteady simulations require significant computational effort to compute accurate values of runaway speed due to difficulties related to unsteady turbulent flow modelling and instabilities. The present study presents a robust methodology based on steady-state RANS flow simulations capable of predicting the runaway speed of a Francis turbine with an adequate level of accuracy and in a reasonable simulation time. The simulations are implemented using a commercial flow solver and an iterative algorithm that relies on a smooth relation between turbine torque and speed coefficient. The impact of friction has been considered when estimating turbine torque, in order to improve the accuracy. The results of this study show good agreement with experiments.

발행	IOP conference series : Earth and environmental science / v.22 no.3, 2014년, pp.032021-
제목	CFD configurations for hydraulic turbine startup
저자	Nicolle, J ; Giroux, AM ; Morissette, JF
요약	This paper presents various numerical setups for modelling Francis turbine startups involving moving meshes and variable runner speed in order to help define best practices. During the accelerating phase of the startup, the flow is self-similar between channels, thus making single sector configuration appropriate. Adding the draft tube improves the results by allowing pressure recovery midway during in the startup. At the speed no-load regime, a rotating stall phenomenon occurs and can only be capted with the full runner included in the simulation. Comparison with experimental data, such as runner speed and strain gauge measurements, generally shows good agreement.

발행	IOP conference series : Earth and environmental science / v.12 no.1, 2010년, pp.012025-
제목	Prediction of a Francis turbine prototype full load instability from investigations on the reduced scale model
저자	Alligné, S ; Maruzewski, P ; Dinh, T ; Wang, B ; Fedorov, A ; Iosfin, J ; Avellan, F
요약	The growing development of renewable energies combined with the process of privatization, lead to a change of economical energy market strategies. Instantaneous pricings of electricity as a function of demand or predictions, induces profitable peak productions which are mainly covered by hydroelectric power plants. Therefore, operators harness more hydroelectric facilities at full load operating conditions. However, the Francis Turbine features an axi-symmetric rope leaving the runner which may act under certain conditions as an internal energy source leading to instability. Undesired power and pressure fluctuations are induced which may limit the maximum available power output. BC Hydro experiences such constraints in a hydroelectric power plant consisting of four 435 MW Francis Turbine generating units, which is located in Canada's province of British Columbia. Under specific full load operating conditions, one unit experiences power and pressure fluctuations at 0.46 Hz. The aim of the paper is to present a methodology allowing prediction of this prototype's instability frequency from investigations on the reduced scale model. A new hydro acoustic vortex rope model has been developed in SIMSEN software, taking into account the energy dissipation due to the thermodynamic exchange between the gas and the surrounding liquid. A combination of measurements, CFD simulations and computation of eigenmodes of the reduced scale model installed on test rig, allows the accurate calibration of the vortex rope model parameters at the model scale. Then, transposition of parameters to the prototype according to similitude laws is applied and stability analysis of the power plant is performed. The eigenfrequency of 0.39 Hz related to the first eigenmode of the power plant is determined to be unstable. Predicted frequency of the full load power and pressure fluctuations at the unit unstable operating point is found to be in general agreement with the prototype measurements.

4절. 연구개발 인프라 분석

1. 연구인력 인프라

표 2-4-1 연구인력 인프라 개요

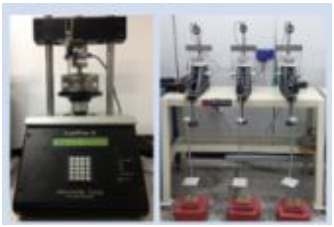
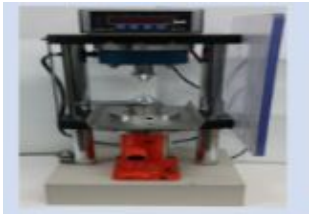
대분류	중분류	기관명	연구인력
안정성 검토	안정성 평가 및 진단관리	North Carolina State University	15인
		경희대학교	7인
		인덕대학교	12인
		유신	15인
	내진 안전성 평가	강릉원주대	10인
		안동대학교	9인
		한국원자력연구원	3인
		경상대학교	7인
		지진방재연구센터	15인
수차 + 성능시험	설계기술 (형상, 유동해석, 안정성 등)	목포대학교	5인
		한국해양대학교	교수2인외 13인
		㈜신한정공	연구소 5인
		한국기계연구원	15인
		한국조선해양기자재연구원	7인
		한국과학기술연구원	12인
		대양수력	20인
	제작 및 조립	㈜신한정공	연구소 5인
		반석엠에스	1인
		주연정공	1인
		강산정밀	1인
		금성E&C	14인
	수차 성능시험	K-water 연구원	15인
		한국기계연구원	15인
		목포대학교	4인
		한국해양대학교	교수2인외 6인
		㈜신한정공	연구소등 6인
발전기	설계기술 (형상, 유동해석, 안정성 등)	디엔디이	3명 이상
		한국과학기술연구원	8인
		충남대학교	13인
		두산중공업	40인
	제작 및 조립	효성중공업	
		한국씨스코	4인
		대양수력	20인
제어시스템	알고리즘 및 시퀀스 개발	㈜사이버네이션	2인이상
		전력연구원	6인
		두산중공업 연구원	11인
	설비(여자기, 보호계전기 등)	두산중공업 전기제어설계팀	30인
수력발전 시스템	현장설치 (수차/발전기)	㈜신한정공	연구소등 6인
		수자원기술주식회사	건설본부 2인이상
	운영 최적화 (시운전, 유압제어, 부대설비 운영)	수자원기술주식회사	건설본부 2인이상

2. 실험장비 및 관련 기자재 인프라

□ 수력플랜트 안정성 검토기술

○ 인덕대학교 시설 및 장비 보유 현황

표 2-4-2 인덕대학교 인프라 현황

대형 토조시험 장치	복합 통수능 시험장치	전자동 삼축압축시험기/CRS
전자동 압밀 시험기	투수 시험기	자동 다짐 및 CBR 시험기
		
토질 역학 시험기	대형 건조 장치	자동 항온항습 장치
암석 시료 조성 장치	암석 점하중 시험기	암석 역학 시험기
		

□ 수력발전 시스템 개발

○ ㈜대양수력

- 시설 및 장비 보유 현황 : 수차 모델시험 설비, 발전기 특성시험 설비, 수차발전기 설계, 분석용 워크스테이션(CPU96개), 터닝가공머신(직경10m), 발전기 코일 성형기 등 생산설비 다수, 전력분석기, 열화상카메라, 진동소음 주파수 분석기 등 보유

표 2-4-3 대양수력 인프라 현황

수차모델시험설비	설계용 병렬컴퓨터

○ ㈜두산중공업

– 시설 및 장비 보유 현황 : 화력/원자력 Balancing Bunker, 발전기 제작공장, 발전기 성능시험장, TCS(Turbine Control System), Engineering Room, Excitation System Simulator Room, Excitation System Test Shop 등 보유

표 2-4-4 두산중공업 인프라 현황

정삭공장	조립공장
고속발란싱장	발전기 성능시험장

○ 강릉원주대학교

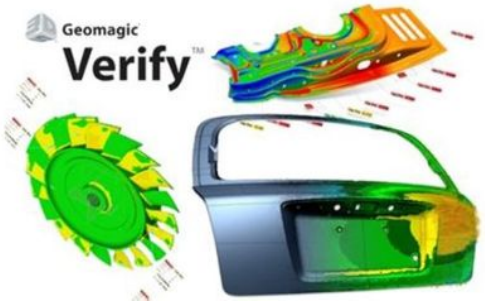
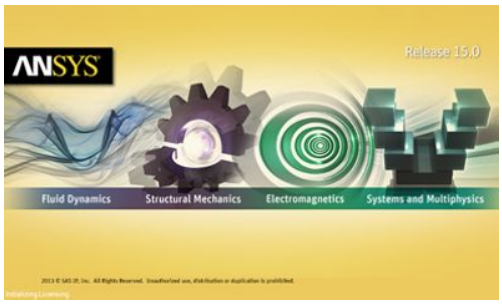
- 시설 및 장비 보유 현황 : 3상 부하시험기, 주파수 및 전압 변환장치, 오실로스코프(고압/대전류측정), 3상 전력분석기 등 보유

표 2-4-5 강릉원주대학교 인프라 현황

○ 한국조선해양기자재연구원 에너지기술연구센터

표 2-4-6 한국조선해양기자재연구원 에너지기술연구센터 인프라 현황

3D 스캐너	Design X

Design Verify	ANSYS
	
Turbo Design Suite	**ADINA**

- 시설 및 장비 보유 현황 : 3D 스캐너 3종(수차 역설계 용도), Design X(역설계 모델링 용도), Design Verify(역설계 모델 검증 용도), ANSYS/ADINA(유동해석 프로그램), Turbo Design Suite(최적 설계 프로그램) 등 보유

○ ㈜금성이앤씨

- 시설 및 장비 보유 현황 : 수차 성능시험센터 보유(Micro급 100kW 이하 - 펠톤, 프란시스, 카프란 수차 출력 시험), 설계기구(Fine-Turbo, Solid Work 외), 제작설비(CNC 머시닝 센터 외 77종), 검사설비(축 정렬 측정기 외 62종) 등 보유

표 2-4-7 한국조선해양기자재연구원 에너지기술연구센터 인프라 현황

○ 한국기계연구원

- 시설 및 장비 보유 현황 : 수력설계/해석/소프트웨어, 구조해석 S/W, 회전체 동역학 설계/해석, 수력성능시험 설비 등 보유

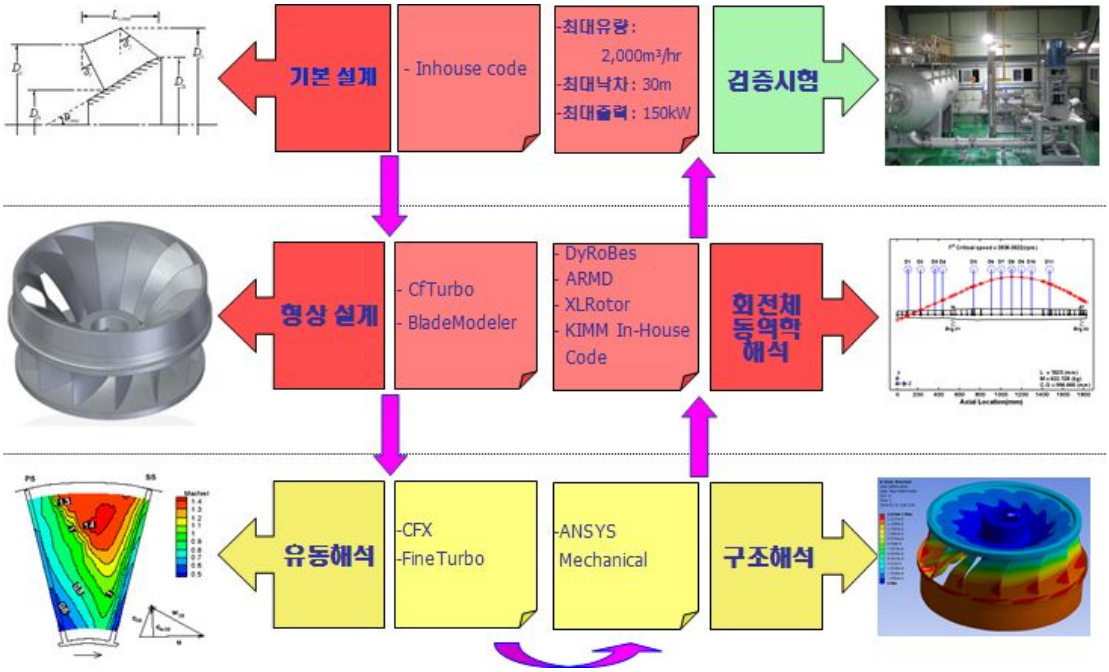


그림 2-4-1 한국기계연구원 인프라 현황

○ 숭실대학교 유동정보연구실

- 시설 및 장비 보유 현황 : 펌프 성능시험장치, PCP 시험장치, 유동해석 소프트웨어, Ansys CFX, Ansys ICEM, BladeGen 등 보유

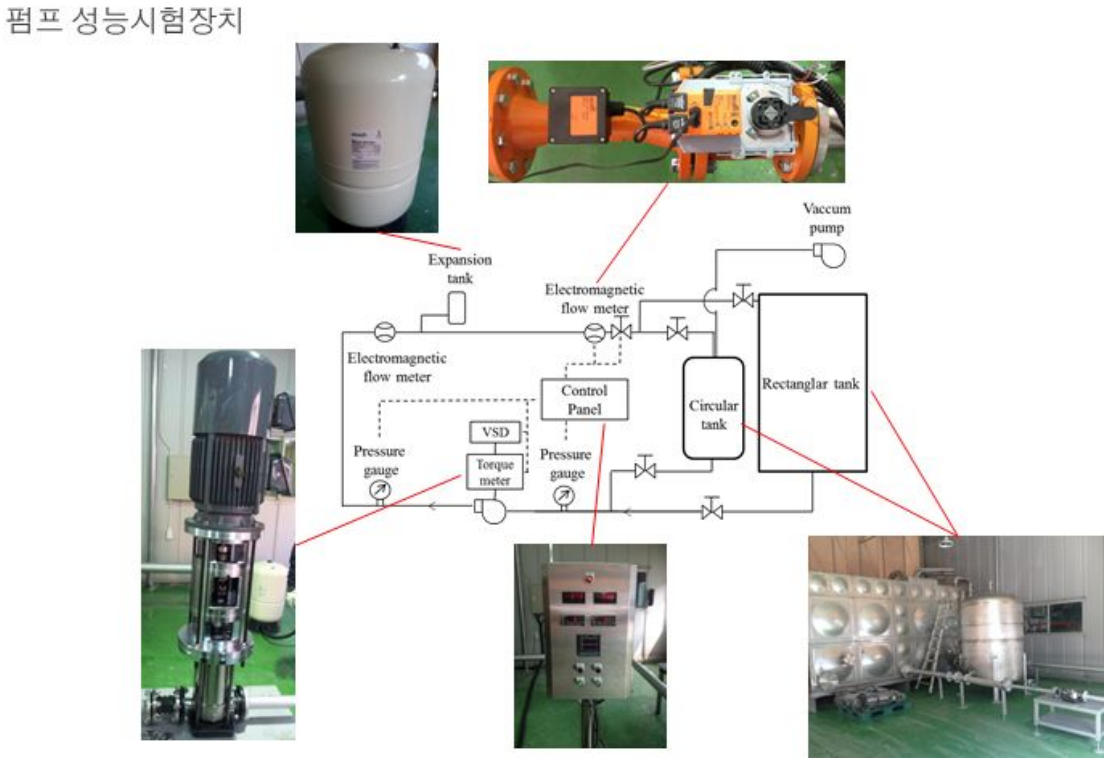
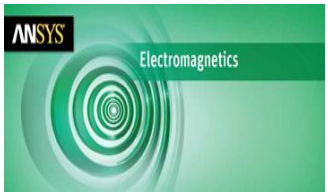
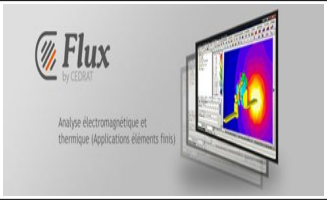


그림 2-4-2 숭실대학교 유동정보연구실 인프라 현황

○ 충남대학교

- 시설 및 장비 보유 현황 : 발전기 전자기 성능해석 및 손실 해석 장비(ANSYS EM, ANSYS Mech, Flux 2D/3D) 등 보유

표 2-4-8 충남대학교 인프라 현황

ANSYS EM	ANSYS Mech	Flux
		

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

○ 한국수자원공사

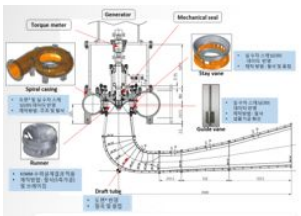
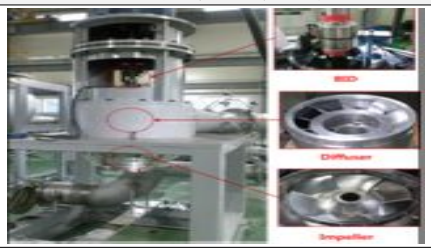
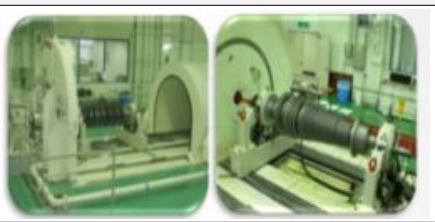
- 시설 및 장비 보유 현황 : 수차 성능시험센터 보유(1기), '17년 1기 추가(총 2기) 구축 예정, 국제 규격(IEC60193)에 따른 성능시험 가능

그림 2-4-3 한국수자원공사 인프라 현황

○ 한국기계연구원

- 시설 및 장비 보유 현황 : 모델수차 설계 기술, 모델 수차 조립 기술, 밸런싱 설비, 수력성능시험설비(최대출력 150kW, 최대낙차 30m)

표 2-4-9 한국기계연구원 인프라 현황

모델 수차 설계 기술	모델 수차 조립 기술
	
밸런싱 기술	수력 성능 검증 설비
	

○ 목포대학교산학협력단

– 시설 및 장비 보유 현황 : 수차 설계 및 전산해석 기술, 수차 성능시험장치 (3kW급 프란시스 수차 1기), 전산해석(CFD, 구조해석)용 계산기 등 보유

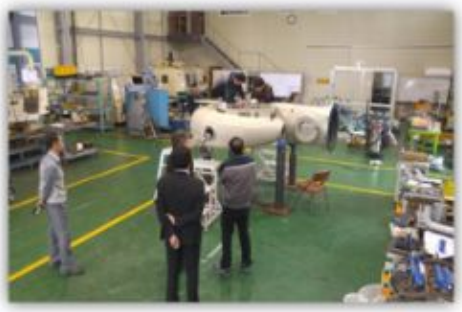
표 2-4-10 목포대학교 산학협력단 인프라 현황

수차 성능 시험장치	원심펌프 성능 시험장치

○ ㈜신한정공

– 시설 및 장비 보유 현황 : 수차 성능시험설비(1식, 자체 기준에 따른 수차 성능시험가능), 수차 제작용 공작기계류 외 제조설비 등 보유

표 2-4-11 신한정공 인프라 현황

수차 성능시험설비	
	

3. 해외 협력기관 인프라

□ North Carolina State University(USA)

○ 시설 및 장비 보유현황

- Center for Nuclear Energy Facilities and Structures 구축
- 구조물 안정성 평가 전문기관 및 전문가 확보
- Constructed Facilities Laboratory-Full scale structural system 구축

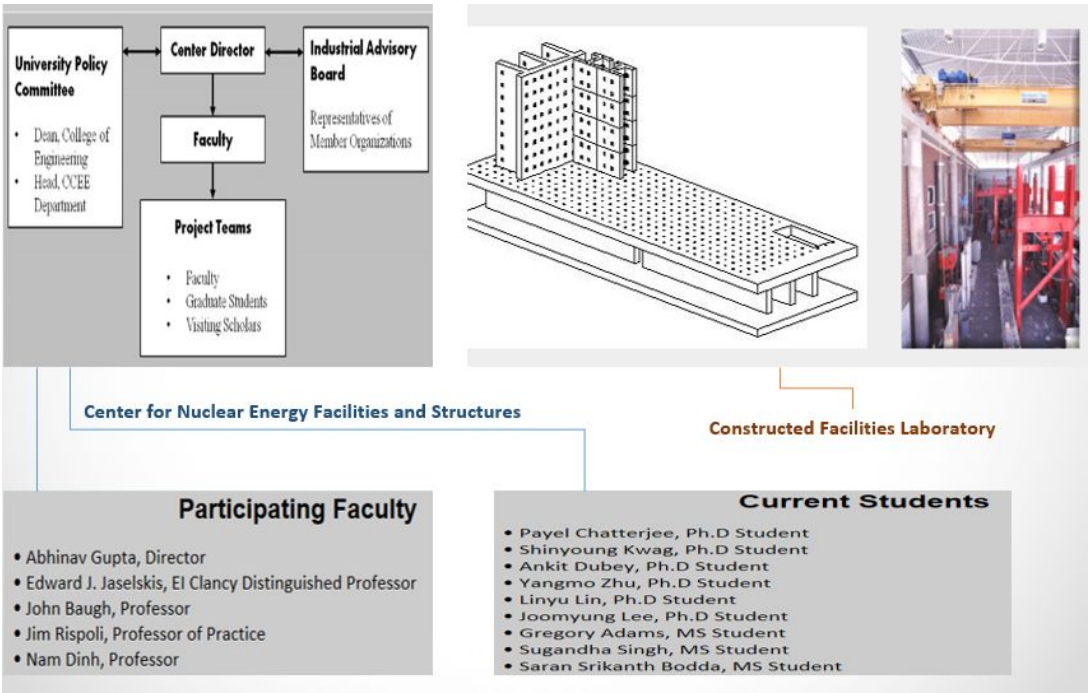


그림 2-4-4 North Carolina State University(USA) 인프라 현황

□ 와세다대학(일본)

○ 시설 및 장비 보유현황

- Waseda대학의 경우 다양한 수력 성능시험장비를 갖추고 있어 년 5건 이상의 국책과제를 수행하는 등 국가 기술을 주도
- 특히, Miyagawa 교수의 경우 미쯔비시 중공업에서 수력발전기 설계·제작 경험이 있는 실무전문가로서 수력분야 일본내 기술인프라 구축의 중심 역할을 수행하고 있음, 이는 우리나라도 기술 인프라 확보를 위해서는 대학교·공공기관을 중심으로 실무기술 기반의 노력이 필요

표 2-4-12 와세대대학 인프라 현황

와세다대학 업무협의	와세대대학 실험설비 견학

□ EBARA(일본)

○ 시설 및 장비 보유현황

- 에바라 연구소에서는 연구원의 50% 이상이 CFD 해석 능력을 보유하고 있어, 펌프 성능시험과 병행하여 CFD 분석을 통해 고효율 펌프 설계를 위한 다양한 활동을 하고 있음

- 관련분야 국내 기술 경쟁력 향상을 위해서는 유체유동분야 전문인력 양성이 국내 인프라 확보를 위한 핵심 사항으로 판단됨

표 2-4-13 EBARA 인프라 현황

에바라 업무협의	수차제작 및 성능시험설비 견학

□ TOSHIBA(일본)

○ 시설 및 장비 보유현황

- 성능시험설비 구축 Layout

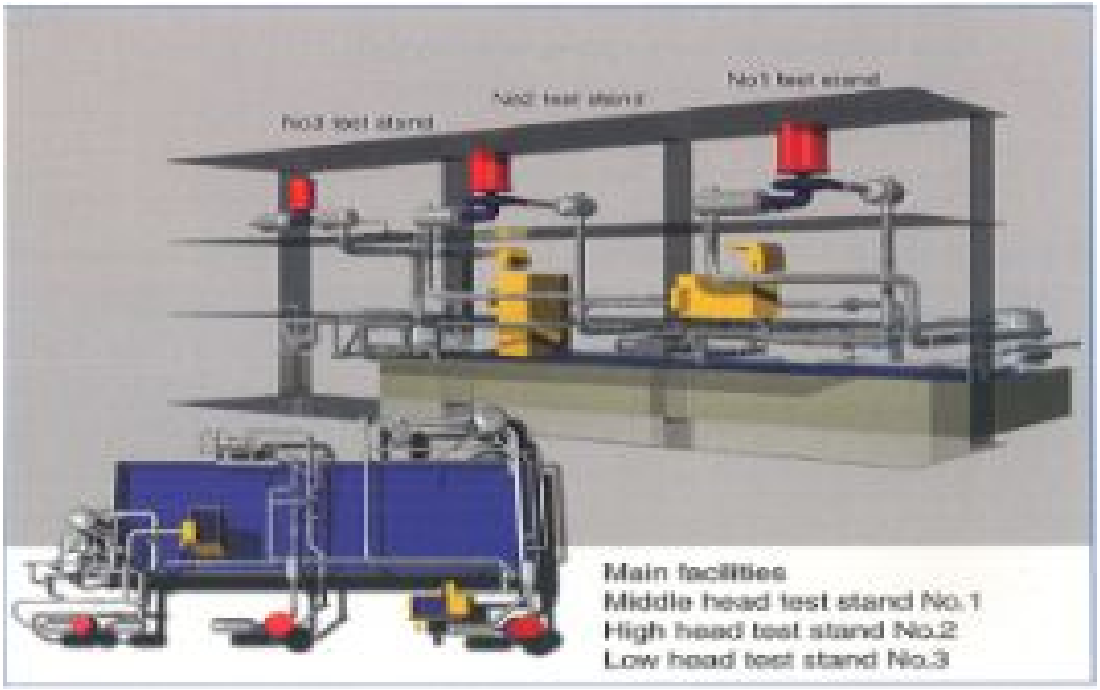
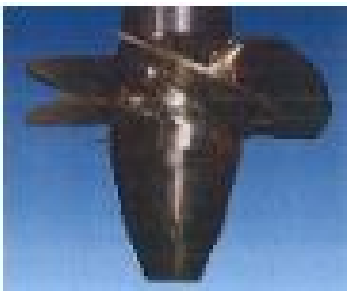


그림 2-4-5 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (1)

○ 도시바社(일본) 내 3개의 모델수차 성능시험설비 구축

- Test facility No.1 (中落差用)

표 2-4-14 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (2)

		
프란시스(Francis) 수차	사류(Diagonal) 수차	카플란(Kaplan) 수차

- ○ 최대 시험낙차 : 80m
- ○ 최대 시험유량 : 0.7㎥/s
- ○ 동력계 최대 용량 : 460kW
- ○ 동력계 최대 회전속도 : 2,200rev/min
- ○ 성능시험설비 전경 및 설비사양

표 2-4-15 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (3)

1. 설비명 : 토크측정장치 2. 사양 : 2kN	1. 설비명 : 유출유량계 2. 사양 : 0.3~10m/s	1. 설비명 : 유출압력계 2. 사양 : -0.1~0.4MPa	1. 설비명 : 유입압력계 2. 사양 : 0~1.0MPa

- Test facility No.2 (高落差用)

표 2-4-16 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (4)

프란시스 펌프 수차	프란시스 수차	펠톤(Pelton) 수차

- ○ 최대 시험낙차 : 170m
- ○ 최대 시험유량 : 0.8㎥/s
- ○ 동력계 최대 용량 : 500kW
- ○ 동력계 최대 회전속도 : 2,000rev/min
- ○ 성능시험설비 전경 및 설비사양

표 2-4-17 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (5)

1. 설비명 : 토크측정장치 2. 사양 : 2kN	1. 설비명 : 유출유량계 2. 사양 : 0.3~10m/s	1. 설비명 : 유출압력계 2. 사양 : 0~0.3MPa	1. 설비명 : 유입압력계 2. 사양 : 0~1.0MPa

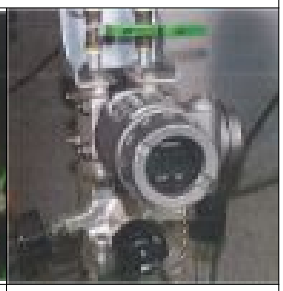
- Test facility No.3 (低落差用)

표 2-4-18 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (6)

벌브(Bulb) 수차	카플란 수차	프란시스 수차

○ 최대 시험낙차 : 80m
○ 최대 시험유량 : 1.0㎥/s
○ 동력계 최대 용량 : 200kW
○ 동력계 최대 회전속도 : 2,200rev/min
○ 성능시험설비 전경 및 설비사양

표 2-4-19 TOSHIBA(일본) 인프라 현황 (7)

			
1. 설비명 : 토크측정장치 2. 사양 : 2kN	1. 설비명 : 유출유량계 2. 사양 : 0.3~10m/s	1. 설비명 : 유출압력계 2. 사양 : 0~0.5MPa	1. 설비명 : 유입압력계 2. 사양 : 0~0.65MPa

5절. 종합분석

1. 국내외 정책동향분석 시사점

가. 주요국가 정책분석 시사점

□ 미국, 일본을 비롯한 주요국가는 수력을 비롯한 기타 신재생 에너지 산업을 촉진시키기 위한 다양한 정책과 목표를 설정하였음

- ○ 미국의 오바마 정부는 `신재생에너지 5대 정책`을 수립하였으며 비 전통 에너지 개발과 신재생에너지 공급을 증대하고 있음
- ○ 일본은 `20년까지 신재생에너지 공급 비중을 20%로 늘리겠다는 목표를 설정하고 신재생에너지와 각 에너지원별 연구개발 사업을 추진함
- ○ EU는 `2030 기후·에너지정책 프레임워크`,`에너지 로드맵 2050`,`Horizon 2020`을 통해 신재생에너지 확충, 온실가스 배출저감, 에너지 효율 개선의 정책기조를 유지함
- ○ 독일은 `22년까지 원전의 완전폐쇄, 화석연료 의존도 감축, 수력 등 신재생 에너지 비중을 증가시키는 에너지 전환정책을 추진함
- ○ 중국은 `12차 5개년 에너지 발전계획을 수립하여 에너지 소비억제, 생산효율성 강화, 비 전통자원의 개발을 추진함

나. 국내 정책분석 시사점

□ 국내는 박근혜 정부 140대 국정과제에서 신재생에너지의 보급 확대 및 신성장동력 산업화를 추진하는 국정과제가 제시됨

- ○ 제 4차 신재생에너지 기본계획을 통해 신재생에너지에 기반한 지속가능한 에너지 시스템 구축을 위한 기술개발을 계획함
- ○ `15년 국토교통기술 연구개발사업에서는 해외 플랜트 수주 경쟁력을 증대하기 위한 플랜트연구사업이 추진될 예정

2. 국내외 시장동향분석 시사점

가. 세계시장 동향분석 시사점

□ `16년 세계 신재생에너지 시장은 전년대비 14% 성장한 152GW에 달해 사상 최고치를 경신할 전망이며 동 년말 까지 세계 신재생에너지 산업 투자액은 사상 최고치를 기록할 전망임

□ `15년도 “WORLD HYDRO POTENTIAL AND DEVELOPMENT"에 따르면 가동 중 설비용량의 3배 내지 6배의 신규 수력발전소 건설이 계획 중에 있음

□ 수력개발의 잠재량은 아시아가 17,962 TWh (45.1%)로 가장 높으며 이어 남미 7,541TWh (18.9%), 북중미 5,511 (13.8%) 순으로 높은 것으로 파악됨

○ 중국, 인도, 남미 등 개발도상국 중심으로 성장하여 특히 아시아는 370GW가 증설되어 성장을 주도하고 있음

- 대수력 (50MW이상)은 아시아 개발도상국 중심으로 ‘17년까지 연간 200GW가 증설될 예정임

- `20년까지 1GW이상의 프로젝트가 44개 이상 가동될 전망임

□ 40년 이상 노후된 수력의 현대화 물량은 매년 대량으로 발생하고 있으며, 이에 따라, 연간 12~16GW의 현대화 시장이 발생하고 있음

나. 국내시장 동향분석 시사점

□ 국내 발전회사들이 추진하고 있는 해외 수력발전소 건설사업은 K-water, 한국수력원자력, 중부발전, 서부발전을 중심으로 국내 대형 건설사들과의 협력을 통해 건설사업을 추진 중에 있음

□ K-water와 한국수력원자력은 각각 `35년까지 전체 6,604억원, 3,746억원을 국내 수력발전설비 현대화 사업에 투자할 예정임

□ 북한 수력인프라 중 약 70%가 50년 이상 가동된 시설이며 통일 후 개대체가 필요한 실정임

다. 해외 기술동향분석 시사점

□ 유럽은 발전설비, 시스템 감시 및 성능평가에서, 일본은 수차 설계, 제작, 시스템 감시 및 성능평가에서 우세를 보이며, 미국은 다양한 수차를 개발함

□ 일본은 원전사태 이후 경제산업성 산하 신에너지 및 산업기술개발기구(NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization)를 중심으로 친환경·고효율 소수력 개발 프로젝트를 추진하고 있으며, 특히 미니 및 마이크로급 소수력 설비의 개발 및 보급·확산을 활발히 진행함

□ 수력플랜트의 안전성 기술과 관련하여 “대형화로 하중을 고려한 설계와 감시/진단 기술”이 증가하고 있음

○ 러시아의 Sayano-Shushenskaya 발전소에서 Francis 650MW 10기 운영 중 수충격

발생으로 10기 터빈 중 9기의 터빈이 완파하여 76명의 사상자가 발생

□ 수력플랜트의 설계/제작 기술과 관련하여 “최고 효율 수차 설계기술 및 진동에 유연한 설계기술”에 박차를 가하고 있음

○ 중국의 Xianjiaba 발전소에서 세계 최대 수차용량인 기당 812MW 프란시스 수력발전 개발을 완료하였으며, 최고효율 96%(대수력) 프란시스 수차설계 기술을 확보하였음

○ 넓은 범위의 유량구간에서 높은 효율 유지가 가능한 가변속 제어 기술이 수차에 적용되었으며, 캐비테이션 완화와 운전범위 확대를 위한 X-Blade runner 개발완료

○ 침식 저감용 설계와 코팅 등의 표면 처리를 통한 내침식성을 증가시키기 위한 기술개발

○ 수력플랜트의 성능평가 기술과 관련하여 “다양한 모델링 방법을 통한 분석기술” 개발

○ 수력발전 시스템 모형모델 성능시험센터 구축 및 성능평가(IEC 60193규격)

○ 해석기술의 발달로 CFD & FEM 등을 통한 구조/유동 특성 분석

○ Hill-Chart를 통한 프란시스 수력발전 운영 분석 기술

라. 국내 기술동향분석 시사점

□ 수력플랜트의 설계/제작 기술과 관련하여 “소수력급 발전설비의 제작능력 확보 및 중규모급 설계/제작”을 준비하고 있음

□ 수력플랜트의 성능평가 기술과 관련하여 “세계 수준의 수력플랜트 모델 성능평가 기술력 확보”을 준비하고 있음

□ K-water 연구원에 설치되어 있는 수차성능시험센터는 수차의 효율시험, 케비테이션 시험, 무구속 측정, 압력맥동 측정, 추력 측정, 수류 관찰 등 설계수차에 대한 종합적인 성능시험이 가능함

□ 지난 정부의 저탄소 녹생성장 정책의 일환으로 정부의 지속적인 기술개발 지원과 관련 연구소 및 제작사의 노력으로 현재 소수력 설비에 대한 국산화 기술자립은 일부가 확보된 상태임

□ 소수력발전 기술개발은 신재생에너지 개발의 필요성을 절감한 정부 주도로 기술개발에 관한 연구를 지원하여 주로 자원조사, 수차개발, 운용기술 등의 설계기술을 확보하고 실증연구를 추진함

□ 한국에너지기술연구원 주축으로 카프란 수차, 튜브라 수차, 프란시스 수차 국산화 및 수차 실증연구를 완료하여 1986년부터 가동된 임기 소수력에 국산 수차가 도입되고, 최근에 건설되고 있는 소수력 발전소에 선정하고 있음

3장. 기술수요 및 수준 · 예측조사

1절. 기술수요조사

1. 개요

가. 기술수요조사의 목적

□ 동 기술수요 조사는 50MW급 중규모 수력플랜트의 설치에 있어 계획, 설계, 시공, 시험, 평가, 품질관리 및 안정성 검토 등이 복합적으로 연계된 기술을 개발하는 데에 필요한 기술아이템 도출을 목적으로 함

○ 산·학·연 전문가를 대상으로 세계적 수준의 중규모 수력플랜트 건설기술개발을 위해 필요한 기술아이템에 대한 기술수요를 조사함

○ 기술수요조사는 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발 과제간의 효율적인 자원 배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당됨

- 50MW급 중규모 수력플랜트 건설기술의 분류체계를 제시하고 수요조사를 실시하였으며, 기술분류체계 상 연구개발 아이템이 많이 제안된 기술분야는 기술개발 니즈가 높은 기술분야로 볼 수 있음

- 연구개발 아이템이 제안되지 않은 기술분야는 기술개발 니즈가 없는 기술분야로 볼 수 있음

나. 기술수요조사의 절차

□ 기술수요조사는 기술수요조사 설계, 기술수요조사 수행, 기술수요조사 결과분석, 기술수요조사 결과 활용 순으로 추진함

○ 기술수요조사 설계단계에서는 기술수요조사서 항목을 결정하고 기술수요조사 대상자를 설정함

○ 기술수요조사 수행단계에서는 기술수요조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함

○ 기술수요조사 결과분석단계에선 기술분류체계별로 회신된 기술아이템을 분류하고, 응답현황 및 기술분류체계별 기술수요를 분석함

○ 기술수요조사 결과활용단계에서는 회신 조사서 내용으로 동향 및 환경분석 내용을 보완하고, 기술아이템은 중점분야별 후보과제 구성에 활용함

그림 3-1-1 기술수요조사 절차

다. 기술수요조사 발송 및 응답개요

□ 기술수요조사는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가를 대상으로 E-mail을 통해 조사함

표 3-1-1 기술수요조사 발송 및 응답개요

구 분	내 용
조사기간	2016년 3월 3일 ~ 3월 16일(2주간)
조사대상	내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	E-mail을 통한 설문조사

2. 기술수요조사 분석결과

□ 제안 받은 기술아이템은 총 51건이며, 3개 대분류별로 구분할 경우 수력발전 시스템 개발 분야에서 가장 많은 27건의 기술아이템을 제안 받음

○ 기술분야별로 수력플랜트 안정성 검토기술 11건, 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 13건, 수력발전 시스템 개발에 대해 27건을 제안 받음

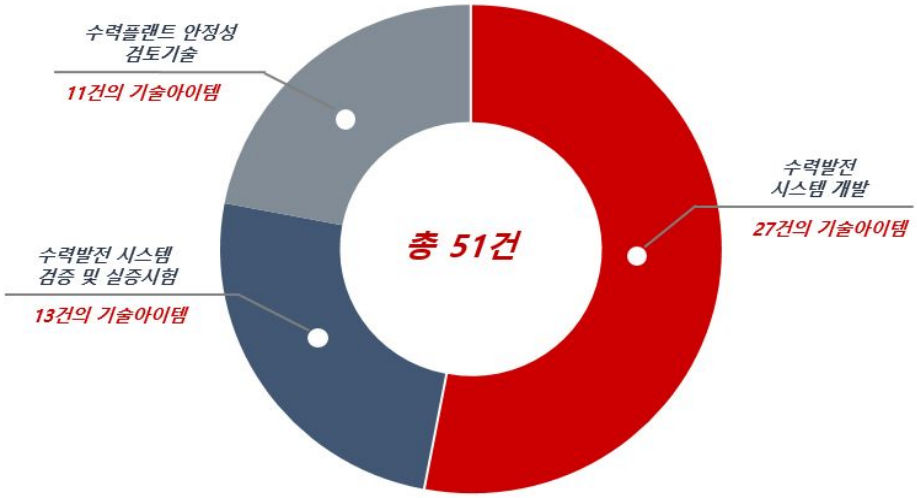


그림 3-1-2 기술수요조사 분석결과

표 3-1-2 기술분야별 아이템

기술 분야	기술 아이템
수력플랜트 안정성 검토기술	▪ 압력 수로터널 내수압 해석 및 안정성 평가 기술
	▪ 수충격에 의한 송수시설의 안정성 평가기법 개발
	▪ 주요 진동 원인별 안정성 평가
	▪ 외부환경에 의한 매설관로 안전성 평가 및 수치해석 모델 검증
	▪ 중수력 프란시스 수차의 진동기반 상태감시 및 고장진단 분석기술
	▪ 수차 진동에 의한 수력발전플랜트 영향 진단 기술
	▪ 노후화에 따른 발전시스템 진단 및 상태평가 기술
	▪ 수력플랜트 성능상태 진단평가 기술
	▪ 발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체 기술
	▪ 유사 유입 영향을 고려한 설비 평가 기술
	▪ 신규 발전시설 설치 전/후 발전시설 내진 안전성 평가
	▪ 매설관로 기반시설 (팬스탁, 컨트롤게이트, 터빈, 트랜스포머, 파이프 등) 내진 안전성 평가
	▪ 포괄적 확률론적 위험도 기반 발전소 내진 안전성 검토 기술
수력발전 시스템 개발	▪ 50 MW 급 프란시스 수차의 최적화 기반의 수력 설계 기술
	▪ 50 MW 급 프란시스 수차의 전산유동해석을 활용한 ▪ 캐비테이션 예측 및 억제 기술
	▪ 중수력 프란시스 수차의 캐비테이션 및 비정상 유동특성 해석기술
	▪ 중수력 프란시스 수차의 캐비테이션 유동 특성 해석 및 ▪ 가시화 검증 기술
	▪ 중수력 프란시스 수차의 주요 수력부품에 대한 고효율 형상 설계기술
	▪ 2차원 및 3차원 설계를 활용한 수차 구성품 설계 및 검증 기법
	▪ 중규모 프란시스 수차의 고성능실현을 위한 주요부 설계기술
	▪ 수차 주요부의 전산유동특성 해석을 통한 중규모 수차의 설계 기법개발
	▪ 중규모 프란시스 주요부 제작기술 확보를 위한 실증

기술 분야	기술 아이템
	▪ 중규모 프란시스 수차의 설치 및 실증으로 절차와 기술 정립
	▪ 50 MW 급 프란시스 수차의 구조 안정성을 위한 유동-구조 연성(FSI)해석 기술
	▪ 유체가진력을 고려한 프란시스수차 러너의 구조건전성 평가기술
	▪ 프란시스 수차의 러너와 스테이터의 비정상 상호작용에 의해 유발되는 진동해석 기술
	▪ 중수력 프란시스 수차의 회전축계 안정성 해석기술 및 베어링/시일 설계기술
	▪ 50 MW 급 프란시스 수차의 축계 안정화 설계 기술
	▪ 50 MW 급 프란시스 수차의 고성능 윤활 베어링 및 실링 기술
	▪ 프란시스 수차의 제작과 설치에 따른 검사 기술
	▪ 50 MW급 중규모 수력발전시스템용 고효율 저속 동기 발전기의 전자기 설계 및 손실을 고려한 전자기 해석기술
	▪ 50 MW 급 프란시스 수차의 발전기 구조 설계 및 해석기술
	▪ 50MW급 중규모 수력발전시스템용 고효율 저속 동기발전기의 현장설치를 고려한 국산화 플랜트 설계 및 제작기술 확보
	▪ 발전기 제어시스템 알고리즘 개발 및 적용/운영 기술
	▪ 원격감시제어시스템(SCADA, HMI) 설계/구축기술
	▪ 제어시스템에 대한 성능 진단 및 평가 기술
	▪ 중규모 수력설비용 제어시스템의 설계와 실증 적용
	▪ 중규모 수력설비용 제어 알고리즘 개발 및 실증
	▪ 중규모 수력설비 정밀 제어형 유압설비의 설계, 제작 및 실증
수력발전 시스템 검증 및 실증시험	▪ 중규모 수력설비용 스크류 유압설비 기술의 설계 및 제작
	▪ 유동 안정도 향상 기술
	▪ 성능 검증용 모델 수차 설계 기술
	▪ 수차 모델 최적설계 기술
	▪ 모델 수차 케비테이션 손상의 예측과 평가기술
	▪ 모델 수차의 고정밀 계측 및 데이터 기술 플랫폼 구축

기술 분야	기술 아이템
	▪ 모델 수차의 성능환산법
	▪ 수치해석적 기법을 이용한 모델 수치의 성능 상사성 검증
	▪ 실증 수차설비 성능 검증/개선을 위한 정밀 계측/분석 및 평가 기술
	▪ 수차의 최적 운용 조건 구현을 위한 수차 조립기술
	▪ 시운전에 따른 수차발전설비 개량 및 최적화 기술
	▪ 최적 장비수명 관리 기술 개발

2절. 기술수준 및 예측조사

1. 개요

가. 기술수준/예측조사의 목적

□ '중규모 수력플랜트 건설기술개발기획'연구의 기술수준/예측조사는 관련 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술혁신 동향을 정량적으로 평가하여 과제우선 순위 평가를 위한 기초자료로 활용하는 것을 목적으로 함

○ 산·학·연 전문가를 대상으로 중규모 수력플랜트 건설기술개발의 실현시기, 기술수준, TRL단계, 중요도 등을 조사함

○ 연구개발 사업 계획과 전략 수립에 활용하기 위해 적합한 자료와 다양한 예측방법을 사용하여 미래의 기술변화 파악에 필요한 정보를 수집함

○ 현재 기술의 수준을 살펴봄으로써 기술변화를 예측하고, 이를 기반으로 기술개발의 방향을 설정함

나. 기술수준/예측조사의 절차

□ 기술수준/예측조사는 기술수준/예측조사 설계, 기술수준/예측조사 수행, 기술수준/예측조사 결과분석, 기술수준/예측조사 결과 활용 순으로 추진함

○ 기술수준/예측조사 설계단계에서는 기술수준/예측조사서 항목을 결정하고 기술수준/예측조사 대상자를 설정함

- 조사항목은 기술수준/예측조사를 수행한 선행연구의 기술수준/예측조사항목을 검토하여 기술개발 추진방향 설정에 시사점을 줄 수 있는 항목으로 구성함

- 세부 기술분야별 최고기술보유국과 국내의 기술적/사회경제적 기술실현시기, 최고기술보유국 대비 국내 기술수준, 기술격차, 격차년도, TRL, 인프라 성숙도, 기술적 중요도, 기술획득방식, 정부우선시행방안 등을 조사항목으로 설정함

○ 기술수준/예측조사 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신하며, 2Round에 걸친 Mini-델파이 방법을 활용함

- 2Round 조사에서는 응답자별로 본인의 1Round 응답결과와 전체 조사대상자 응답 통계자료를 함께 제공하고 통계자료를 확인 후 1Round 응답결과를 수정할 수 있도록 하여 조사항목별로 전문가의 합의를 유도함

- 2Round 응답결과 중 양 극단 값을 평가한 조사자의 응답결과를 배제한 값의 평균치를 최종 결과 값으로 설정함

○ 기술수준/예측조사 결과분석단계에선 기술분류체계별 조사 결과에 대한 통계분석과 기술수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술기반 성숙도-중요도의 포트폴리오 분석을 수행함

○ 기술수준/예측조사 결과활용단계에서는 분석결과를 기반으로 세부과제기획 또는 RFP 작성시 연구개발추진전략 설정에 활용하고 사전타당성(기술수준 및 성공가능성, 사업추진의 시급성, 기술개발 계획의 적절성) 작성 시 근거자료로 활용함

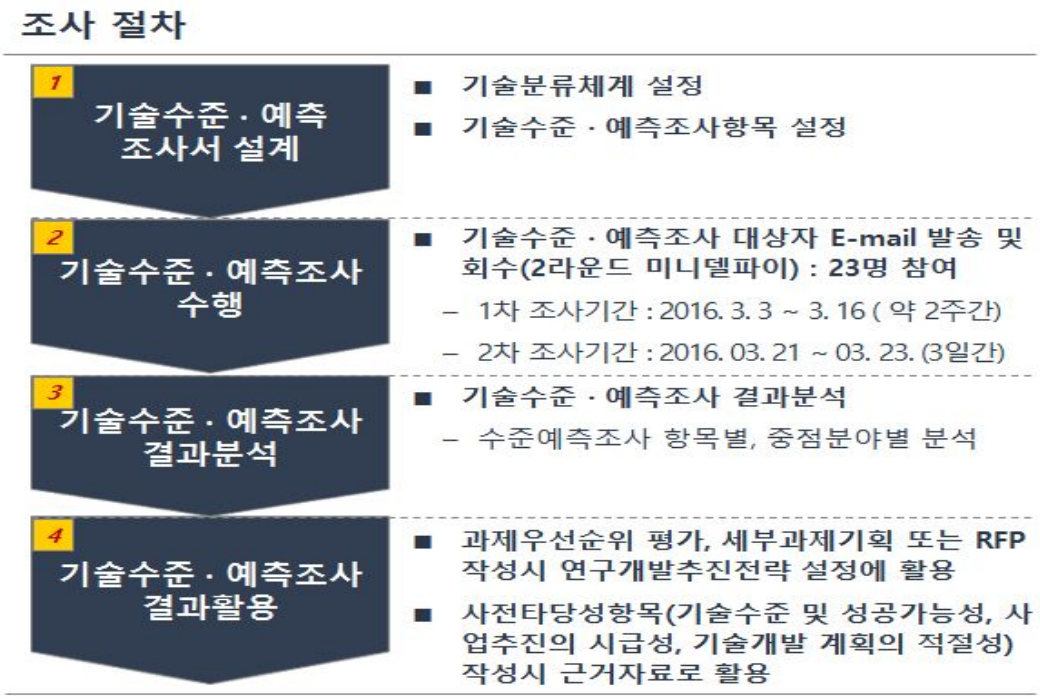


그림 3-2-1 기술수준조사 조사절차

다. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

□ 기술수준/예측조사는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 E-mail을 발송하여 조사함

표 3-2-1 기술수준/예측조사 방법

구 분	내 용
조사기간	- 1차 조사기간 : 2016년 3월 3일 ~ 3월 16일 (약 2주간) - 2차 조사기간 : 2016년 3월 21일 ~ 3월 23일 (3일간)
조사대상	- 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	- E-mail을 통한 설문조사

라. 기술수준/예측조사 항목 설정

(1) 기술 실현시기

□ '기술적 실현시기'는 해당기술의 기술적인 문제가 해결되어 기술이 적용된 최초의 시작품 등이 실험실 수준에서 완료되는 예상시점 (Single Point Time)임

□ '사회경제적 실현시기'는 해당기술의 경제성이 확보되어 기술을 적용한 제품 등이 상업화되거나 해당기술이 사회적으로 널리 활용되는 예상시점 (Single Point Time) 임

(2) 국내 기술수준 및 기술격차

□ '국내 기술수준'은 `16년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술보유국 대비 국내 기술수준임

○ 기술수준의 평가 기준은 다음과 같음

표 3-2-2 기술수준 평가기준

기술 수준	설 명
100%	- 독보적 세계 최고
81% ~ 99%	- 기술 분야를 선도
61% ~ 80%	- 선진기술의 모방개량이 가능
41% ~ 60%	- 선진기술의 도입적용이 가능
1% ~ 40%	- 연구개발능력이 취약
0%	- 우리나라에서 관련 연구가 전혀 진행되고 있지 않음

□ ‘기술격차’는 국내 기술수준이 세계최고기술에 도달하기까지 소요되는 시간(단위:년)임

□ ‘기술격차추세’는 세계 최고기술과 국내 기술수준 격차가 어떻게 변화하고 있는지를 나타내는 지표로 5점 척도로 평가함

○ 기술격차추세의 평가 기준은 다음과 같음

표 3-2-3 기술격차추세 평가 기준

구 분	설 명
5	- 최고기술과 기술격차가 “빠르게 확대 중”
4	- 최고기술과 기술격차가 “확대 중”
3	- 최고기술과 기술격차가 “유지되고 있음”
2	- 최고기술과 기술격차가 “축소 중”
1	- 최고기술과 기술격차가 “빠르게 축소 중”

(3) 기술성숙도(TRL)

□ ‘기술성숙도(TRL)’는 `16년 현재 시점에서 해당기술의 국내외 기술성숙도를 나타내는 지표임

○ 기술성숙도(TRL)의 평가 기준은 다음과 같음

표 3-2-4 기술성숙도 평가 기준

기술성숙도 단계	설 명
1단계	- 기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계
2단계	- 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계
3단계	- 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계
4단계	- 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계
5단계	- 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
6단계	- 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
7단계	- 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이뤄지는 단계
8단계	- 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계
9단계	- 사업화가 완료된 단계

(4) 최고기술 보유국

□ '최고기술 보유국'은 `16년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술을 보유한 국가임

(5) 기술기반 성숙도

□ '기술기반 성숙도'는 `16년 현재 시점에서 해당 기술과 관련된 국내 산업/기술 연구인력, 장비 등 인프라 수준을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 기술기반 성숙도의 평가 기준은 다음과 같음

표 3-2-5 기술기반 성숙도 평가 기준

구 분	설 명
5	- 세계선도 연구인력 및 장비 등 확보
4	- 최고기술보유국과 동등한 수준
3	- 최고기술보유국보다 낮지만 자체연구개발 수행가능 인력 장비 확보
2	- 국내 관련 연구인력, 장비가 매우적어 해외협력연구가 필요한 수준
1	- 국내 관련 연구인력, 장비 인프라 전무

(6) 기술적 중요도

□ '기술 핵심성'은 해당기술이 '중규모 수력플랜트 건설기술'내에서 차지하는 상대적인 중요도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 기술 핵심성의 평가 기준은 다음과 같음

표 3-2-6 기술 핵심성 평가 기준

구 분	설 명
5	해당기술이 '중규모 수력플랜트 건설기술' 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 높음
4	해당기술이 '중규모 수력플랜트 건설기술' 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 높음
3	해당기술이 '중규모 수력플랜트 건설기술' 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 보통임
2	해당기술이 '중규모 수력플랜트 건설기술' 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 낮음
1	해당기술이 '중규모 수력플랜트 건설기술' 내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 낮음

□ ‘시급성’은 해당 기술이 적정 수준을 구현해야 하는 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 시급성의 평가 기준은 다음과 같음

표 3-2-7 시급성의 평가 기준

구 분	설 명
5	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 매우 시급함
4	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급함
3	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급한 정도가 보통임
2	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급하지 않음
1	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 전혀 시급하지 않음

□ ‘과학기술적 파급효과’는 해당 기술이 타 요소기술 개발에 미치는 영향력을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 과학기술적 파급효과의 평가 기준은 다음과 같음

표 3-2-8 과학기술적 파급효과 평가 기준

구 분	설 명
5	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 높음
4	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 높음
3	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 보통임
2	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 낮음
1	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 낮음

(7) 기술획득방식

□ ‘기술획득방식’은 해당 기술의 기술개발을 위해 적합한 연구 주체를 나타냄

○ 기술획득방식은 아래 4개 항목 중 하나를 선택하여 조사함

표 3-2-9 기술획득 방식의 항목

구 분		설 명
자체 개발	민간	- 기술이 사업에 직접 적용될 수 있거나 민간의 역량이 우수하여 민간이 주도하는 것이 바람직함
	정부	- 기술의 공공성이 강하거나 민간의 역량이 부족하고 기초 단계 연구개발이 필요하여 정부출연 연구소 또는 기관을 중심으로 정부가 주도하는 것이 바람직함
	공동	- 정부와 민간이 매칭펀드 또는 역할분담을 통하여 공동으로 개발을 추진하는 것이 바람직함
기술도입 및 국제공동연구		- 국내 개발 역량이 미흡하거나 해외 우수 기술의 도입을 통하여 비용을 크게 절감할 수 있어 독자적 개발보다는 국제공동개발 또는 해외 기술을 도입하는 것이 바람직함

(8) 정부우선시행방안

□ '정부우선시행방안'은 해당 기술의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 정책을 의미함

○ 정부우선시행방안은 아래 5개 항목의 중요도 비중을 조사함

표 3-2-10 정부우선시행방안 항목

구 분	설 명
인력양성	- 해당기술에 인력이 절실히 부족하여 인력양성을 위한 정책적 지원 필요
협력교류 활성화	- 기술의 성격상 다학제적 연구 또는 산학연 및 국제공동연구가 필요하며 협력교류 활성화를 위한 정책적 지원 필요
인프라구축	- 기술 개발을 위해 설비투자 등의 인프라구축이 필요
연구비확대	- 기술 개발을 위해 연구개발비 확대 및 신규 투자가 필요
제도개선	- 규제 완화/정책 수립/법규 제정/표준화 지원 등 연구개발을 촉진하기 위한 제도의 수립 또는 개선이 필요

2. 기술수준/예측조사 결과

가. 수력플랜트 안정성 검토기술

표 3-2-11 수력플랜트 안정성 검토기술 기술수준/예측조사 결과

구 분		1. 수력플랜트 안정성 검토기술		
		1.1 수력플랜트 안정성 평가기술	1.2 수력플랜트 진단 및 관리기술	1.3 수력플랜트 내진 안정성 평가기술
기술수준(%)		66.8%	66.9%	58.2%
기술격차(년)		4,42년	4.24년	6.64년
기술적중요도(5점척도)		3.92	4.26	4.17
시급성(5점척도)		3.94	4.04	4.00
파급효과(5점척도)		3.80	3.64	4.08
기술적 실현시기(년)	최고기술국	15	16	16
	국내	20	20	22
사회경제적 보급시기(년)	최고기술국	16	16	16
	국내	22	22	25
기술획득 방식(%)	민간	11.8%	13.3%	14.2%
	정부	17.6%	23.3%	42.8%
	정부/민간 공동	52.9%	46.7%	42.8%
	기술도입 및 국제공동연구	17.6%	16.7%	0%
정부우선 시행방안(%)	인력양성	25.9%	17%	7.6%
	협력교류 활성화	29.6%	36.1%	19.2%
	인프라구축	7.4%	2.1%	19.2%
	연구비 확대	37%	42.5%	53.8%
	제도개선	0%	2.1%	0%

나. 수력발전 시스템 개발

표 3-2-12 수력발전 시스템 개발 기술수준/예측조사 결과

구 분		2. 수력발전 시스템 개발		
		2.1 수차 설계 및 제작기술	2.2 발전기 설계 및 제작기술	2.3 제어/유압시스템 설계 및 적용 기술
기술수준(%)		63.9%	60.5%	68.5%
기술격차(년)		5.83년	7.33년	5.62년
기술적중요도(5점척도)		4.82	4.36	4.52
시급성(5점척도)		4.75	4.36	4.27
파급효과(5점척도)		4.75	4.24	4.50
기술적 실현시기(년)	최고기술국	16	16	16
	국내	24	22	21
사회경제적 보급시기(년)	최고기술국	16	16	18
	국내	23	24	24
기술획득 방식(%)	민간	6.2%	0%	21.9%
	정부	8.3%	12.5%	6.3%
	정부/민간 공동	81.3%	75%	62.5%
	기술도입 및 국제공동연구	4.2%	12.5%	9.4%
정부우선 시행방안(%)	인력양성	14.8%	4.8%	7.7%
	협력교류 활성화	42%	26.2%	44.2%
	인프라구축	3.4%	23.8%	0%
	연구비 확대	39.8%	45.2%	46.2%
	제도개선	0%	0%	1.9%

다. 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

표 3-2-13 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술수준/예측조사 결과

구 분		3. 수력발전 시스템 검증 및 실증시험	
		3.1 모델성능 검증 및 시험 고도화 기술	3.2 수력발전 시스템 실증 및 운영관리 기술
기술수준(%)		58.7%	63.8%
기술격차(년)		5.8년	4.54년
기술적중요도(5점척도)		4.82	4.92
시급성(5점척도)		4.82	4.75
파급효과(5점척도)		4.70	4.58
기술적 실현시기(년)	최고기술국	16	16
	국내	21	20
사회경제적 보급시기(년)	최고기술국	18	18
	국내	24	24
기술획득 방식(%)	민간	0%	0%
	정부	16.7%	20%
	정부/민간 공동	83.3%	80%
	기술도입 및 국제공동연구	0%	0%
정부우선 시행방안(%)	인력양성	28.6%	16.6%
	협력교류 활성화	17.9%	30.6%
	인프라구축	3.6%	0%
	연구비 확대	50%	47.2%
	제도개선	0%	5.6%

3. 기술수준/예측결과 분석

가. 국내·외 기술 실현시기

(1) 총괄

□ 전체 기술 관점에서 최고기술 보유국은 국내보다 약 3년 앞서 기술적으로 실현될 것으로 보이며, 기술적 실현 이후 2~3년의 격차를 두고 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨

○ 최고기술국의 기술적 실현 시기는 `17년까지 모든 기술이 실현될 것으로 보이며, 국내는 `19년 이후에야 기술이 실현될 것으로 예측됨

그림 3-2-2 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술적 실현시기 예측결과

○ 최고기술국은 `18년까지 모든 기술이 사회경제적으로 실현될 것으로 보이며, 국내는 `21년 이후에야 실현될 것으로 예측됨

그림 3-2-3 중규모 수력플랜트 건설기술의 사회경제적 실현시기 예측결과

(2) 수력플랜트 안정성 검토기술

(가) 기술적 실현시기

□ 최고기술 보유국은 `17년 이전에 모든 기술이 기술적으로 실현될 것으로 예측되었으며, 국내는 `19년~`22년에 기술적 실현이 이루어질 것으로 예측됨

○ "1.1.1 수로터널 안정성 평가"기술의 경우 `22년에 이루어질 것으로 예측되어 국내에서는 전체 기술 분야 중 가장 늦게 기술적으로 실현될 것으로 나타남

○ "1.1.2 수충격 안정성 평가"기술은 `19년에 기술적으로 실현되어 수력플랜트 안정성 검토기술 중 가장 먼저 기술적으로 실현될 것으로 조사됨

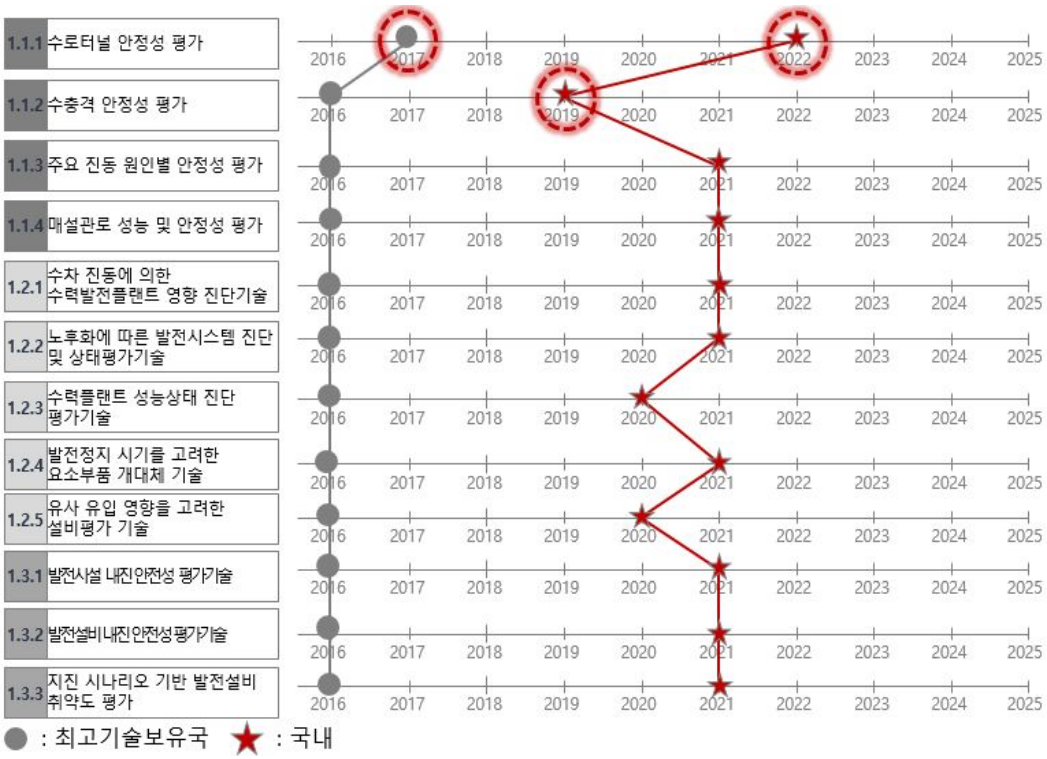


그림 3-2-4 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술적 실현시기 예측결과

(나) 사회·경제적 실현시기

□ 최고기술 보유국은 수로터널 안정성 평가기술을 제외한 모든 기술이 상용화가 되었으며 국내는 기술적 실현 이후 대부분 1년~4년 정도 소요되는 것으로 예측됨

○ "1.1.1 수로터널 안정성 평가" 기술의 경우 해외에서는 기술개발 이후 사회경제적 실현까지 1년이 소요될 것으로 예측됨

○ "1.1.1 수로터널 안정성 평가","1.2.2 노후화에 따른 발전시스템 진단 및 상태평가기술"은 국내는 기술이 실현된 후 사회경제적 실현이 1년 정도 소요되는 것으로 예측됨

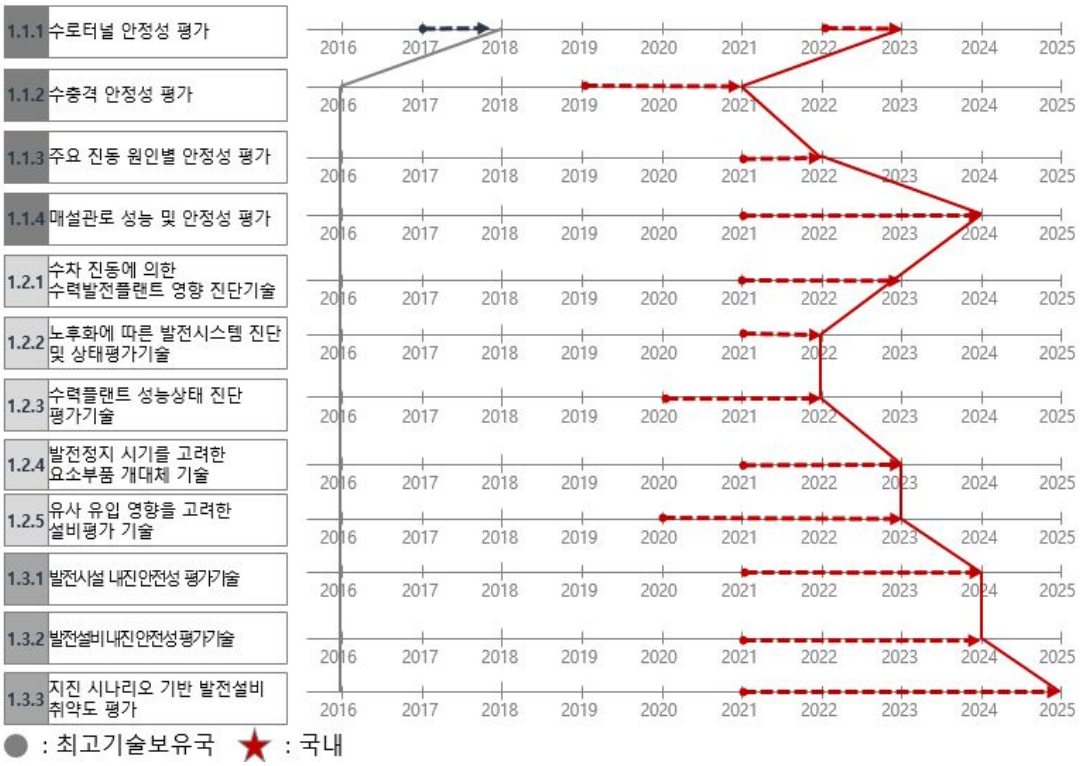


그림 3-2-5 수력플랜트 안정성 검토기술의 사회경제적 실현시기 예측결과

(3) 수력발전 시스템 개발

(가) 기술적 실현시기

□ 최고기술보유국은 모든 기술개발이 완료되었으며 국내는 `20년~`22년에 기술적 실현이 이루어질 것으로 예측됨

○ “2.2.1 발전기 설계 및 해석기술”,“2.2.2 기계 구조 설계 및 해석기술”의 경우 국내에서는 전체 기술 분야 중 가장 늦게 기술적으로 실현될 것으로 나타남

○ “2.3.1 제어시스템 설계 및 적용기술”,“2.3.2 유압시스템 설계 및 적용기술”의 경우 국내의 전체 기술분야 중 가장 먼저 기술적으로 실현될 것으로 나타남

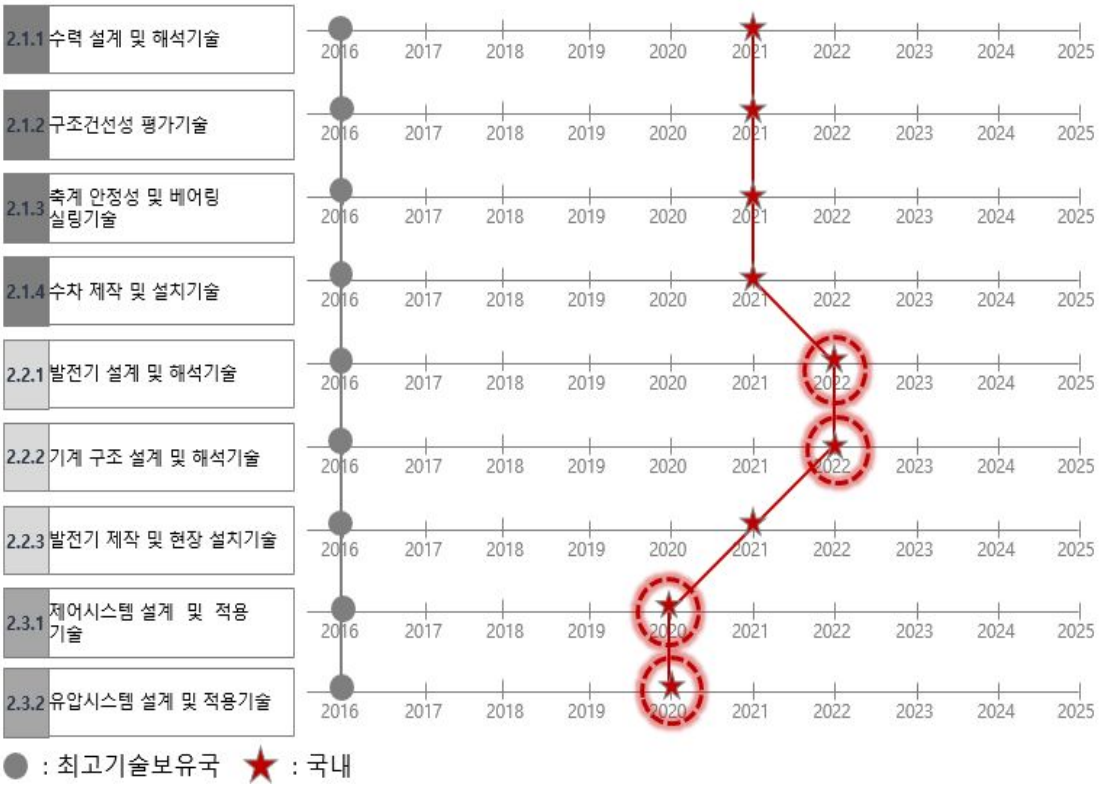


그림 3-2-6 수력발전 시스템 개발의 사회경제적 실현시기 예측결과

(나) 사회·경제적 실현시기

□ 최고기술 보유국은 `17년까지 모든 기술이 사회경제적으로 실현될 것으로 보이며, 국내는 대부분 1년~3년 정도 소요되는 것으로 예측됨

○ “2.1.1 수력 설계 및 해석기술”, “2.1.3 축계 안정성 및 베어링 실링 기술”의 경우 국내는 기술실현 이후 사회경제적 실현까지 1년 정도 소요될 것으로 예측됨

○ “2.2.2 기계 구조 설계 및 해석 기술”,“2.2.3 발전기 제작 및 현장 설치기술”,“2.3.1 제어시스템 설계 및 적용기술”, “2.3.2 유압시스템 설계 및 적용기술”

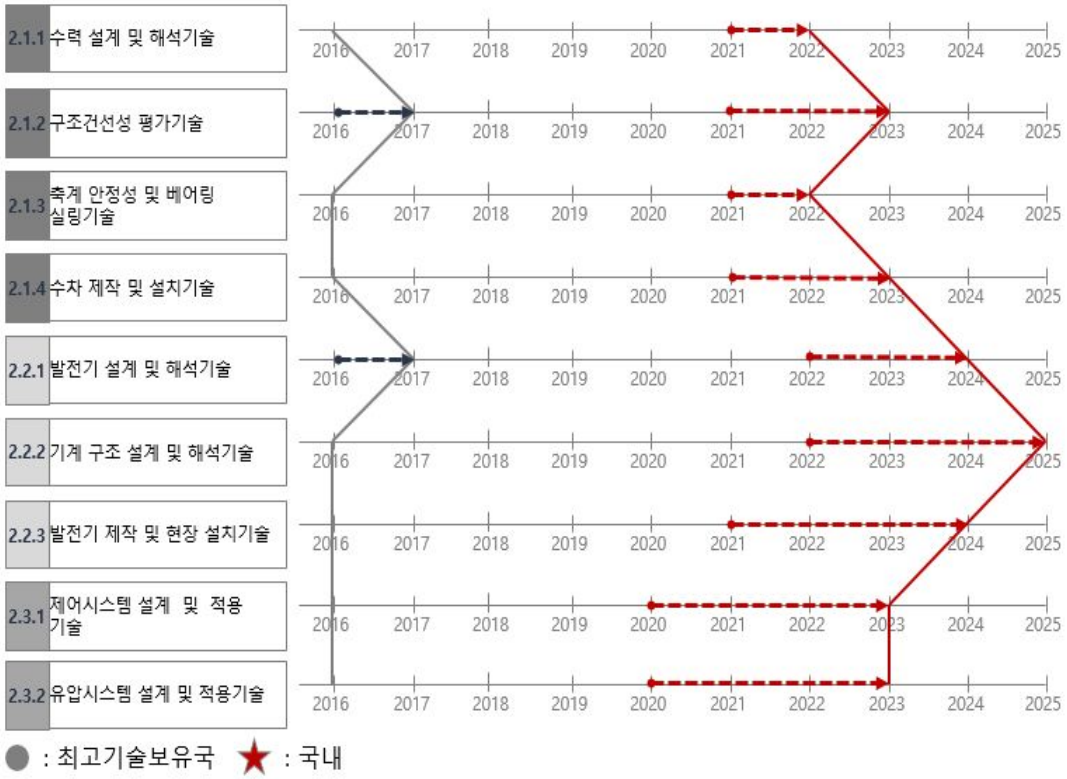


그림 3-2-7 수력발전 시스템 개발의 사회경제적 실현시기 예측결과

(4) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

(가) 기술적 실현시기

□ 최고기술 보유국은 `16년까지 모든 기술이 기술적으로 실현될 것으로 예측되었으며 국내는 `20년~`21년에 기술적 실현이 이루어질 것으로 예측됨

○ "3.1.2 모델 설계 및 제작기술","3.2.2 최적 운전조건 정립을 위한 계측 및 분석기술","3.2.4 운영조건을 고려한 최적 운영기술"은 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술 중 기술적 실현이 가장먼저 이루어질 것으로 예상됨

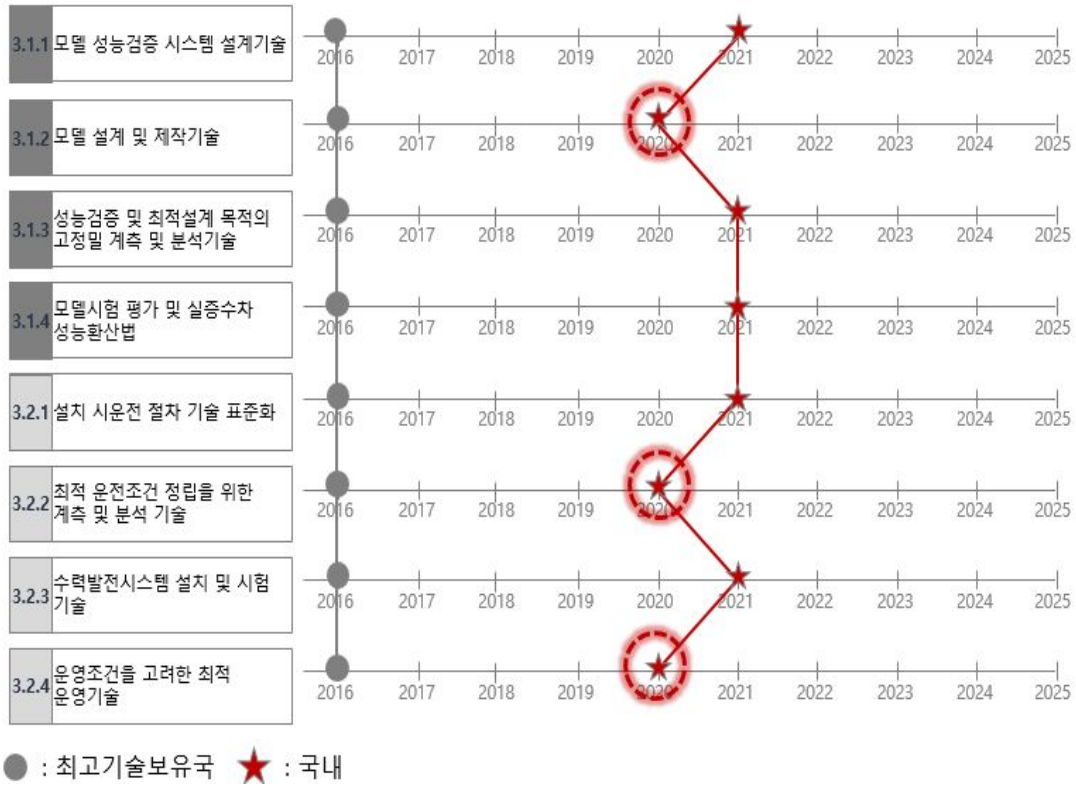


그림 3-2-8 수력발전 시스템 검증 및 실증실험의 기술적 실현시기 예측결과

(나) 사회·경제적 실현시기

□ 최고기술 보유국은 `18년까지 모든 기술이 실현될 것으로 보이며, 국내는 기술 실현 이후 사회경제적 실현까지 3년~4년이 소요되는 것으로 예측됨

○ “3.1.2 모델 설계 및 제작기술”,3.2.2 최적 운전조건 정립을 위한 계측 및 분석기술”,“3.2.4 운영조건을 고려한 최적 운영기술”의 국내 사회경제적 실현시기는 기술실현 이후 4년이 소요될 것으로 예상되며 타 세부기술 대비 늦게 이루어질 것으로 보임

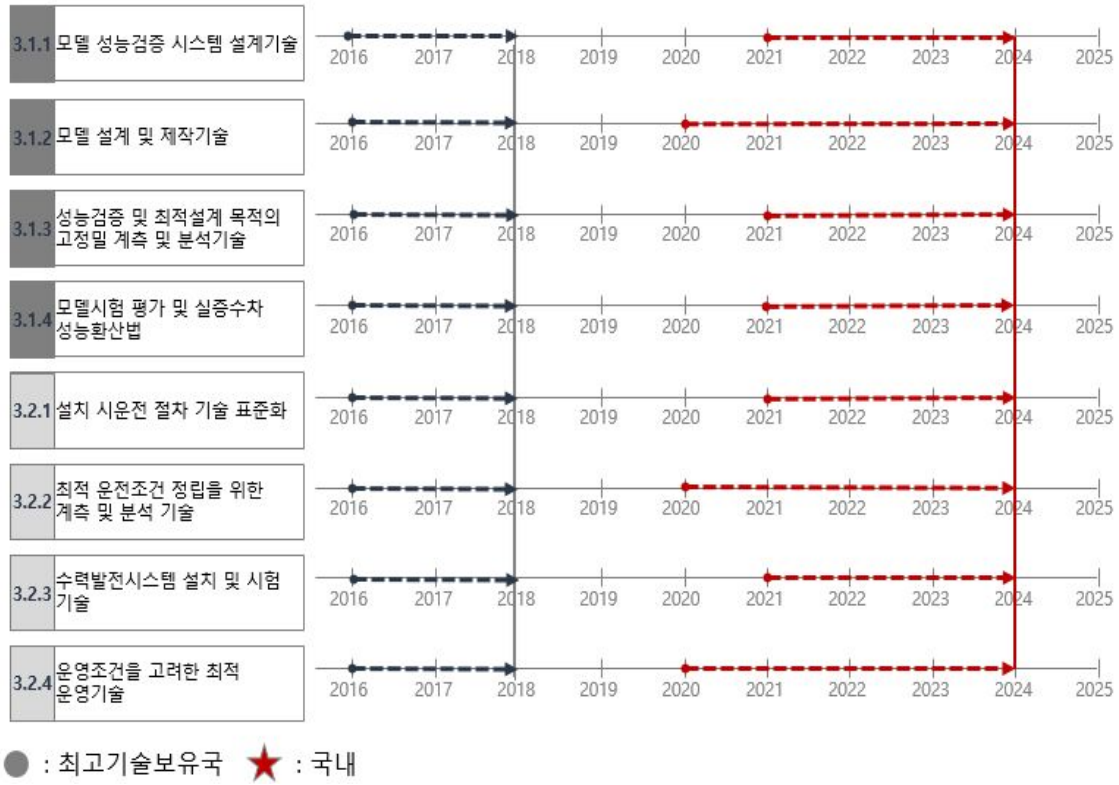


그림 3-2-9 수력발전 시스템 검증 및 실증실험의 사회경제적 실현시기 예측결과

나. 기술수준 및 기술격차

(1) 총괄

□ 전체 기술수준 평균은 63.2%, 기술격차는 5.51년으로 전반적으로 기술격차가 유지중인 것으로 나타났으며 상대적으로 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술수준이 높은 것으로 분석됨

○ 수력플랜트 안정성 검토기술은 타 기술대비 상대적으로 기술수준이 가장 높고 격차가 가장 적은 것으로 나타남

○ 수력발전 시스템 개발기술은 기술격차가 6.3년으로 타 기술대비 기술격차가 가장 큰 것으로 나타남

○ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술은 기술수준은 가장 낮은 것으로 나타남

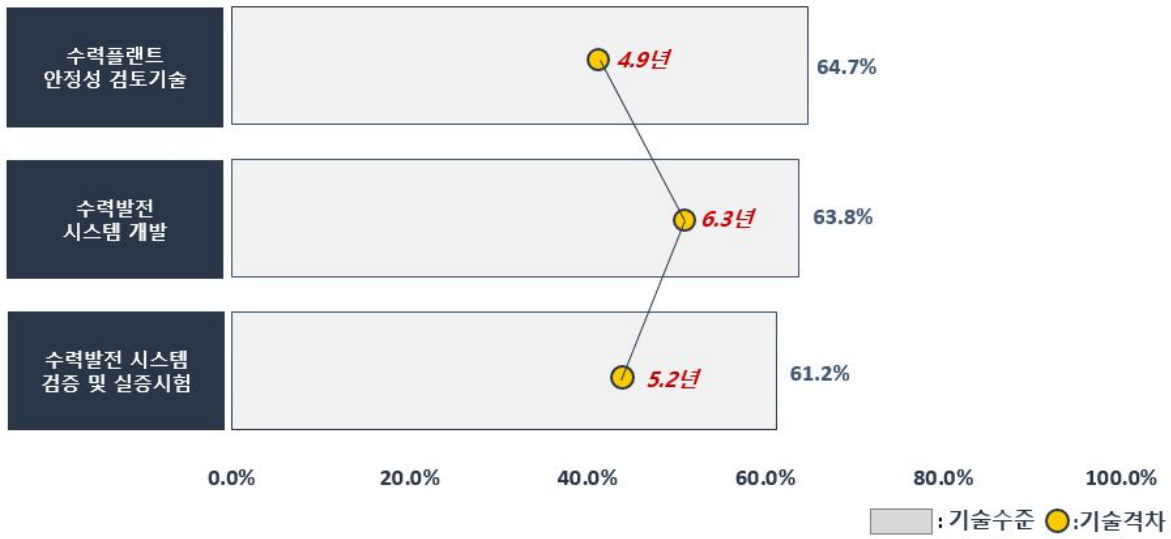


그림 3-2-10 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술수준 및 기술격차

□ 전반적인 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술격차추세는 유지중인 것으로 나타났으며 수력발전 시스템 개발 분야의 기술격차는 타 기술대비 상대적으로 축소중인 것으로 나타남

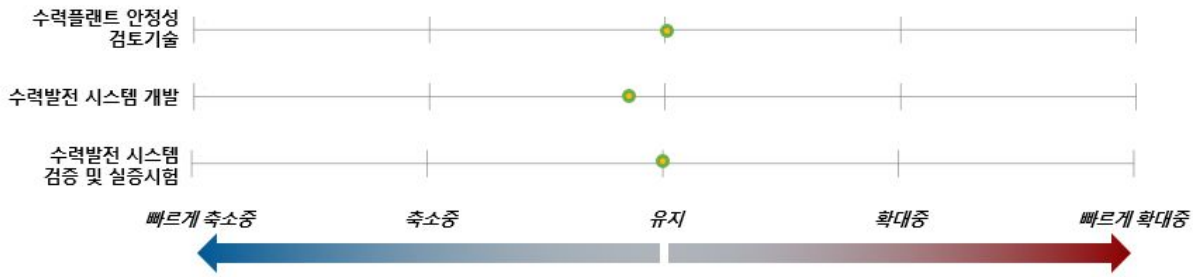


그림 3-2-11 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술격차 추세

(2) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 수력플랜트 안정성 검토기술의 평균기술 수준은 64.7%, 평균 기술격차는 5.1년이며 상대적으로 수력플랜트 내진 안정성 평가기술의 기술수준이 낮은 것으로 분석됨

○ 수력플랜트 진단 및 관리 기술의 경우 수력플랜트 안정성 검토기술의 평균 기술수준보다 높은 것으로 조사됨

○ 수력플랜트 내진 안정성 평가기술의 기술수준은 상대적으로 가장 낮으며 기술격차는 평균 6.64년으로 상대적으로 가장 높은 것으로 파악됨

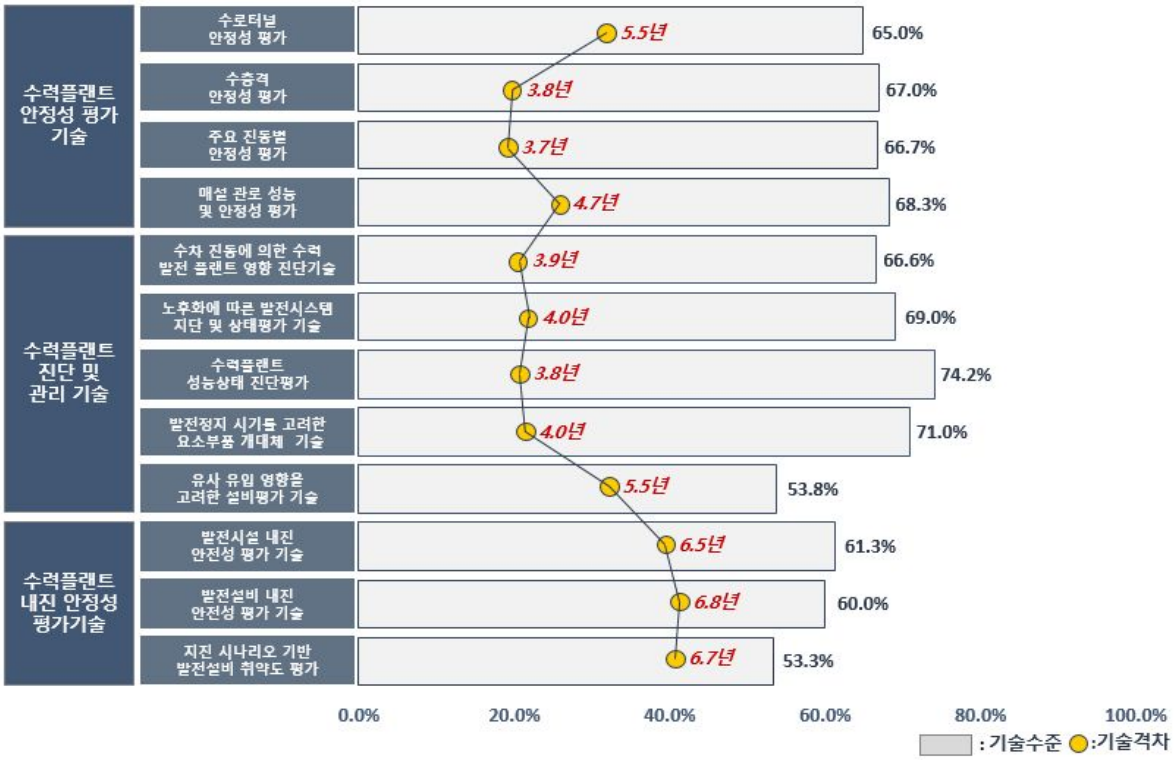


그림 3-2-12 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술수준 및 기술격차

□ 수력플랜트 안정성 검토기술의 전반적인 기술격차 추세는 유지중인 것으로 나타남

○ 수로터널 안정성 평가기술과 지진 시나리오 기반 발전설비 취약도 평가기술은 기술격차 추세가 상대적으로 확대중인 것으로 나타남

○ 주요진동 원인별 안정성 평가, 수차 진동에 의한 수력발전 플랜트 영향 진단기술 및 발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체 기술은 상대적으로 기술격차 추세가 축소중인 것으로 나타남

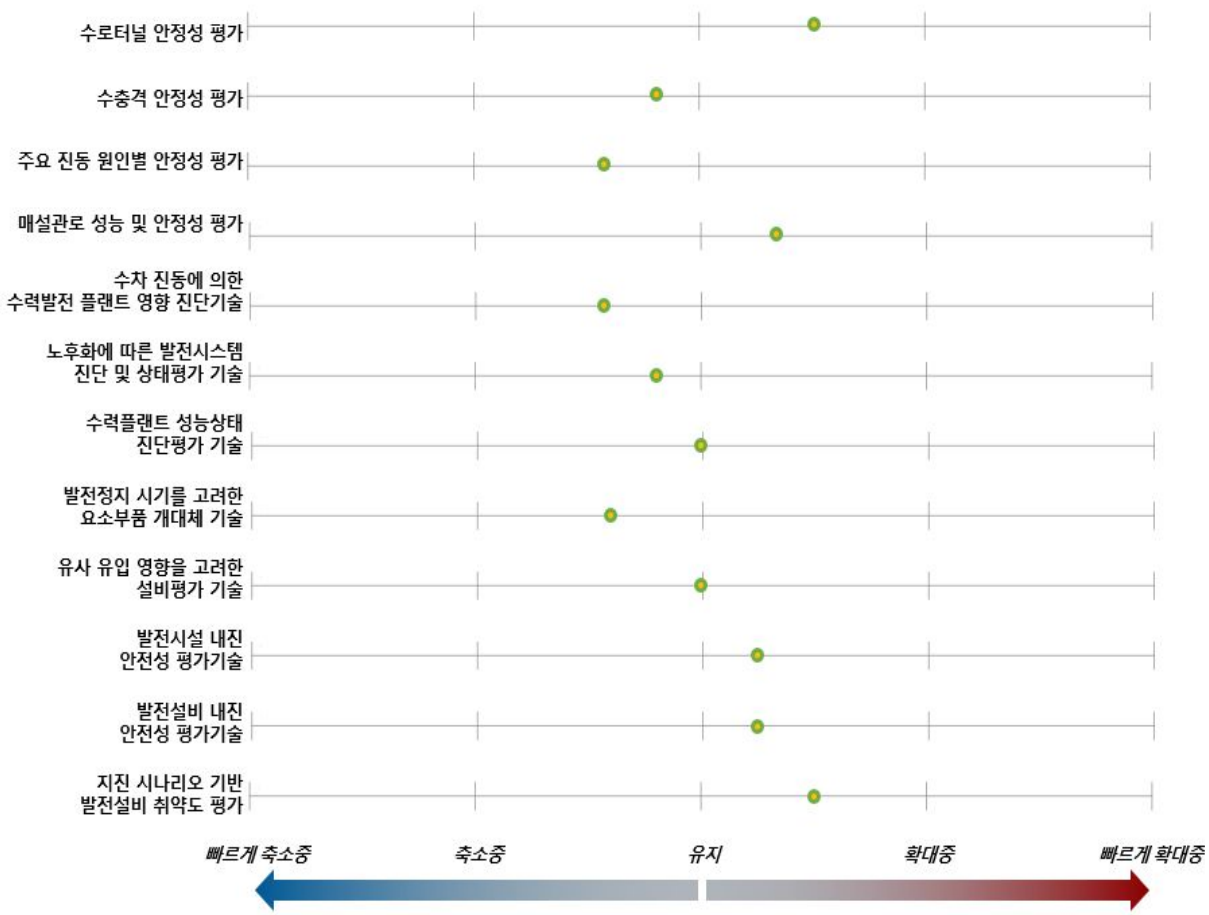


그림 3-2-13 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술격차 추세

(3) 수력플랜트 시스템 개발

□ 수력플랜트 시스템 개발 분야의 평균 기술수준은 63.8%, 평균 기술격차는 6.3년이며 상대적으로 발전기 설계 및 제작 기술의 기술수준이 낮은 것으로 조사됨

○ 발전기 설계 및 제작 기술의 기술격차는 평균 7.33년으로 타 세부기술 대비 상대적으로 가장 높은 것으로 파악됨

○ 제어/유압 시스템 설계 및 적용 기술의 기술수준은 평균 68.5%로 타 세부기술 대비 상대적으로 가장 높은 것으로 파악됨

그림 3-2-14 수력발전 시스템 개발의 기술수준 및 기술격차

□ 수력플랜트 시스템 개발 분야의 전반적인 기술격차 추세는 축소중인 것으로 나타남

○ 발전기 설계 및 해석기술과 제어시스템 설계 및 적용기술의 기술격차 추세는 타 세부기술 대비 상대적으로 축소양상을 보이는 것으로 파악됨

○ 유압시스템 설계 및 적용기술의 기술격차 추세는 타 세부기술 대비 상대적으로 확대중인 것으로 파악됨

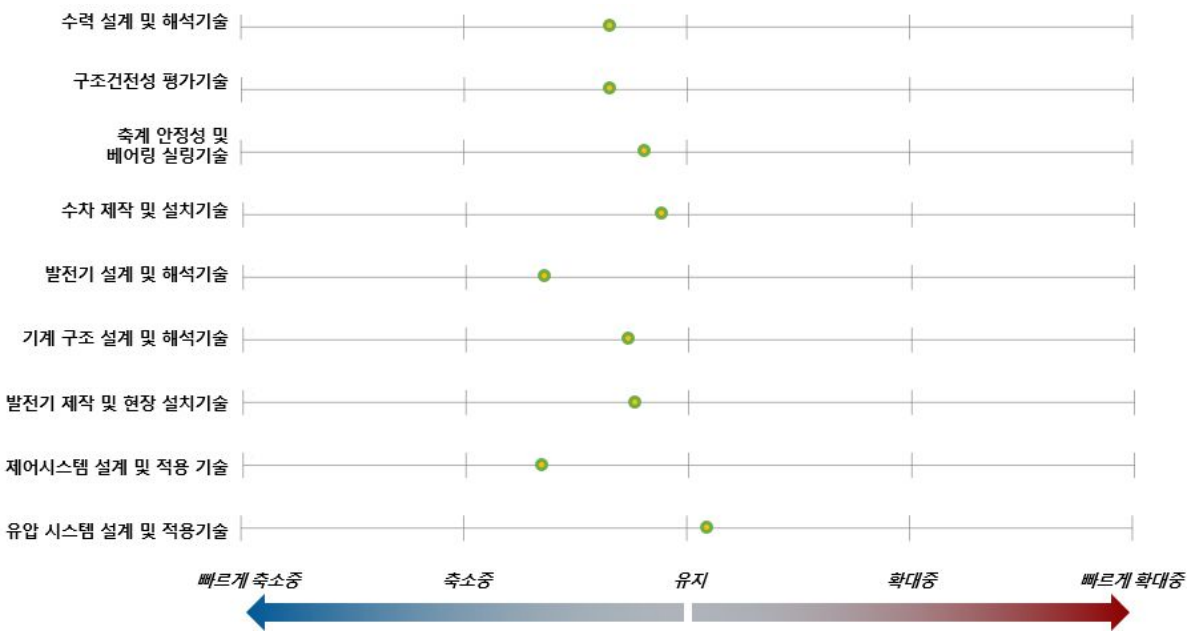


그림 3-2-15 수력발전 시스템 개발의 기술격차 추세

(4) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술수준은 61.2%, 기술격차는 5.2년이며 상대적으로 수력발전 시스템 실증 및 운영관리 기술의 기술수준이 높은 것으로 나타남

○ 모델 성능검증 및 시험 고도화 기술 분야의 기술격차는 평균 5.8년이며 이는 수력발전 시스템 실증 및 운영관리 기술의 기술격차 평균인 4.54년과과 비교하여 상대적으로 높은 것으로 나타남

○ 운영조건을 고려한 최적 운영기술의 기술격차는 3.2년으로 타 세부기술 대비 상대적으로 가장 낮은 것으로 나타남

그림 3-2-16 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술수준 및 기술격차

□ 수력발전 시스템 실증 및 운영관리 기술의 전반적인 기술격차는 축소추세인 것으로 나타남

○ 운영조건을 고려한 최적 운영기술 분야의 경우 타 세부기술 대비 상대적으로 빠른 축소추세를 보임

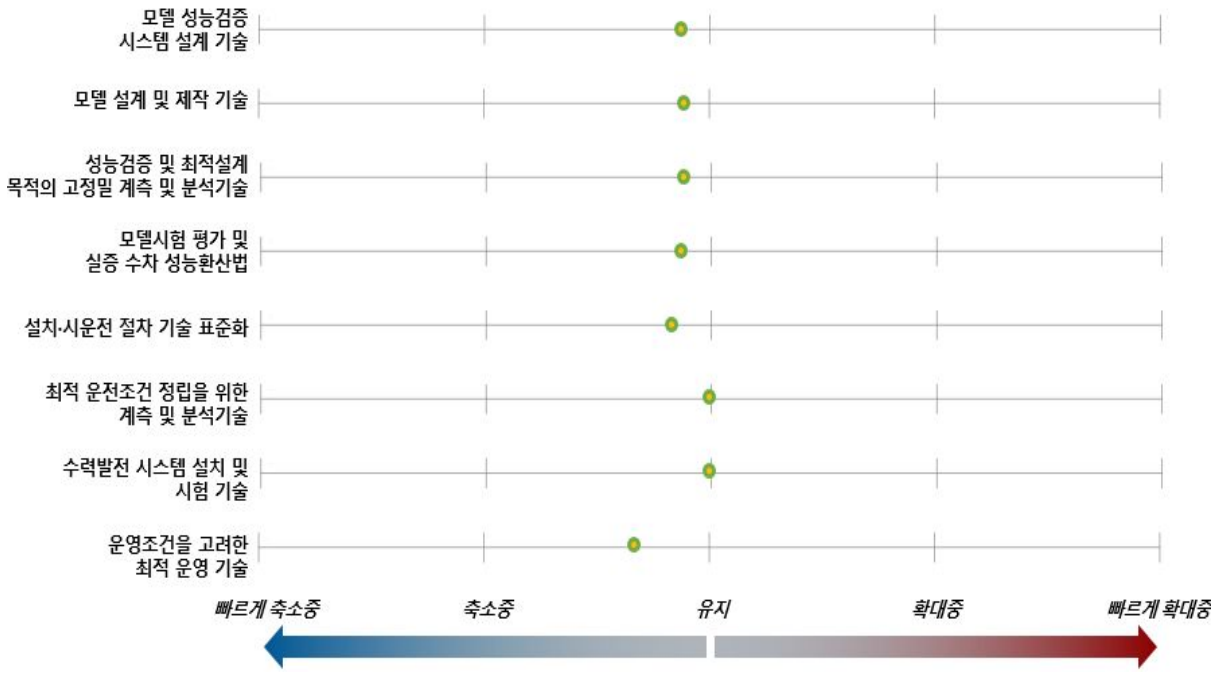


그림 3-2-17 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술격차 추세

다. 기술성숙도(TRL 단계)

(1) 총괄

□ 중규모 수력플랜트 건설기술의 국외 TRL은 8~9단계, 국내는 3~5단계에 있는 것으로 나타남

○ 국내 중규모 수력플랜트 건설기술의 TRL 단계는 3단계에서 5단계로 실험실 규모의 기본성능 평가가 수행되는 단계에서 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계로 파악됨

○ 현재 국외의 경우 파일럿 규모의 시작품 제작단계가 완료되고 사업화가 완료된 단계로 분석됨

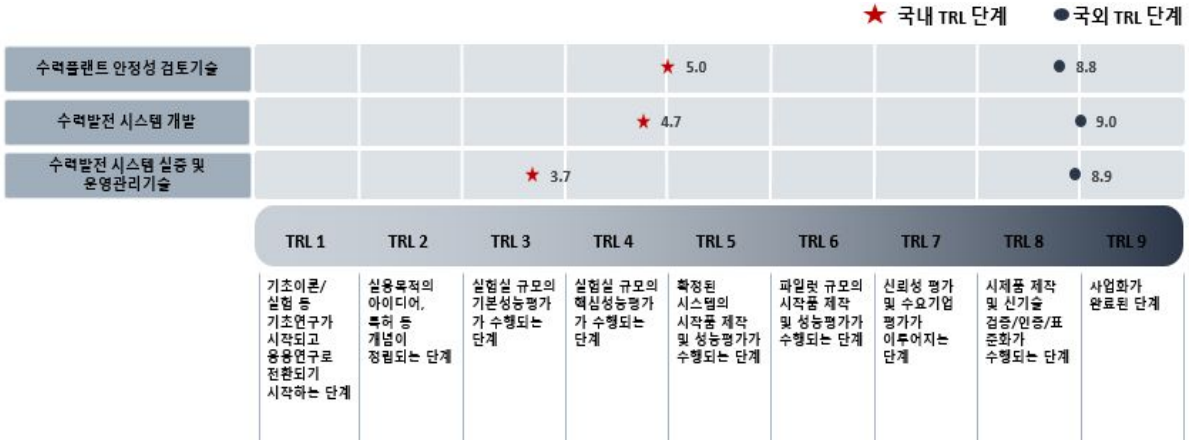


그림 3-2-18 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술성숙도(TRL)

(2) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 수력플랜트 안정성 검토기술의 국외 TRL은 8~9단계, 국내는 4~5단계에 있는 것으로 나타남

○ 수로터널 안정성 평가기술에 대한 최고기술 보유국의 TRL단계는 8단계로써 타 세부기술 대비 상대적으로 낮은 TRL단계에 있는 것으로 파악됨

- 당 기술의 국내 TRL은 5단계로써 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 것으로 파악됨

○ 지진 시나리오 기반 발전설비 취약도 평가기술은 국내 TRL 단계는 4.3단계로 상대적으로 가장 낮은 기술성숙도를 보임

그림 3-2-19 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술성숙도(TRL)

(3) 수력발전 시스템 개발

□ 수력발전 시스템 개발기술의 전반적인 TRL 단계는 최고기술보유국의 경우 8~9단계, 국내의 경우 4~5단계에 있는 것으로 나타남

○ 구조건전성 평가기술의 경우 타 기술대비 상대적으로 가장 낮은 3.7단계에 있는 것으로 조사됨

- 당 기술의 최고기술 보유국 TRL 단계는 사업화가 완료된 단계임

○ 제어시스템 설계 및 적용기술의 국내 기술성숙도 수준은 상대적으로 가장 높은 5.9단계이며 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계로 파악됨

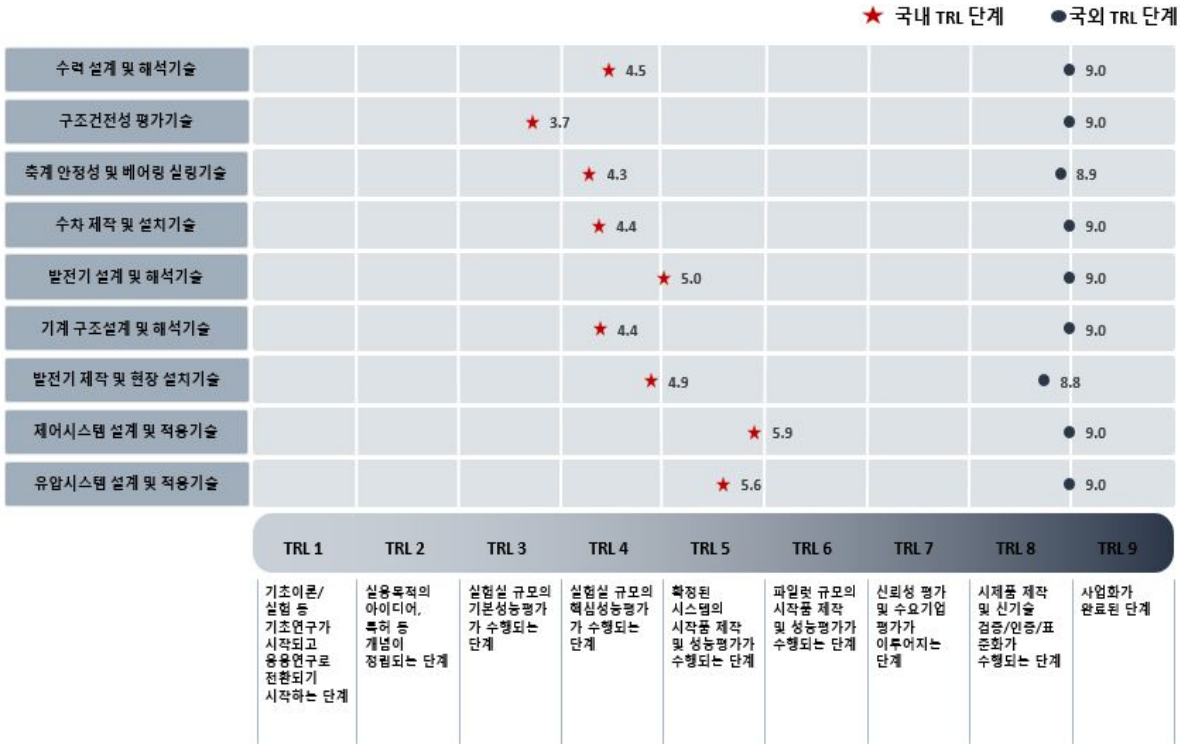


그림 3-2-20 수력발전 시스템 개발의 기술성숙도(TRL)

(4) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술의 최고기술 보유국 TRL 단계는 8~9단계, 국내는 3단계에 있는 것으로 나타남

○ 성능검증 및 최적설계 목적의 고정밀 계측 및 분석기술, 설치·시운전 절차 기술 표준화 및 수력발전 시스템 설치 및 시험기술의 경우 3.2단계로 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계로 파악됨

○ 운영조건을 고려한 최적 운영기술의 경우 상대적으로 가장 높은 5.3단계로 나타났으며 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계임

그림 3-2-21 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술성숙도(TRL)

라. 기술기반(인프라) 성숙도

(1) 총괄

□ 전반적으로 자체수행이 가능한 수준의 인프라를 보유하고 있으나 일부는 해외 협력이 필요하며, 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 인프라 수준이 상대적으로 미흡함

○ 수력플랜트 안정성 검토기술은 상대적으로 인프라 성숙도(산업기술, 연구인력, 장비 등)가 높은 것으로 나타남

○ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험은 상대적으로 인프라 성숙도(산업기술, 연구인력, 장비 등)가 낮은 것으로 나타남

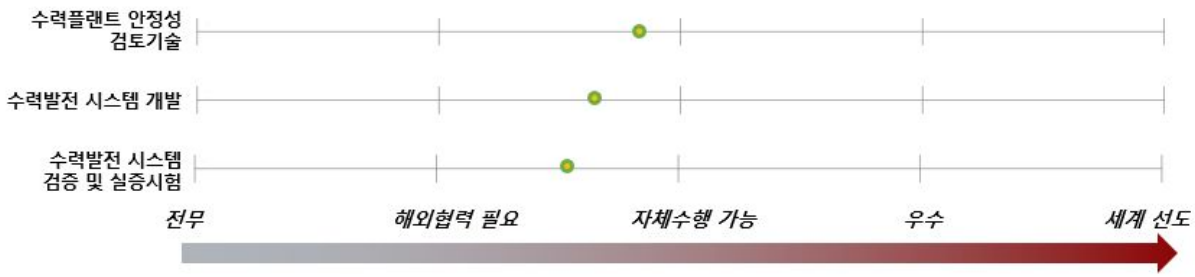


그림 3-2-22 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술기반(인프라) 성숙도

(2) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 전반적으로 자체수행이 가능한 수준의 인프라를 보유하고 있으나 일부는 해외협력이 필요하며 수력플랜트 내진 안정성 평가기술 분야의 인프라 수준이 상대적으로 미흡함

○ 지진 시나리오 기반 발전설비 취약도 평가에 대한 기술기반 성숙도는 수력플랜트 안정성 검토기술의 세부기술 중 가장 낮은 것으로 나타남

○ 수력플랜트 성능상태 진단평가 기술의 경우 상대적으로 가장 높은 기술기반 인프라를 보유하고 있는 것으로 파악됨

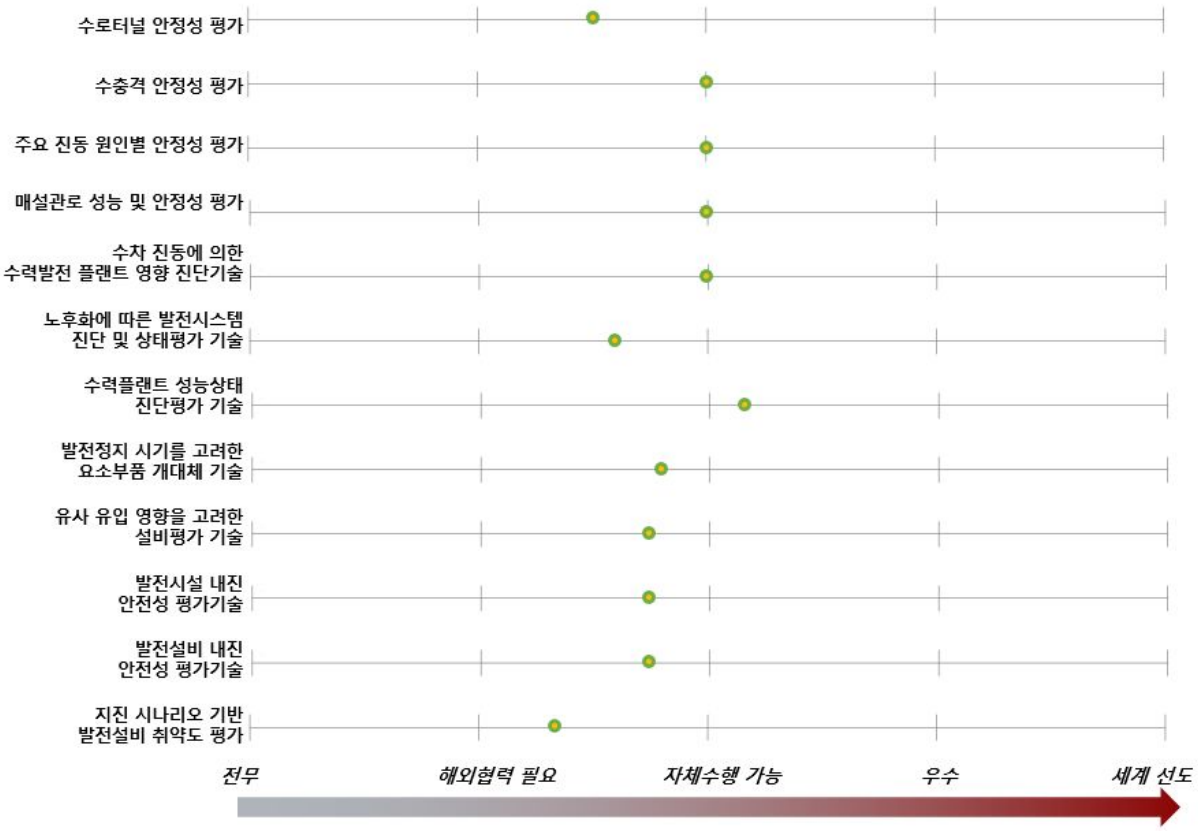


그림 3-2-23 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술기반(인프라) 성숙도

(3) 수력발전 시스템 개발

□ 발전기 설계 및 제작기술분야의 기술기반이 낮아 일부 해외협력이 필요하며, 제어/유압 시스템 설계 및 적용기술 분야는 자체수행 가능 수준의 인프라를 보유한 것으로 조사됨

○ 구조건전성 평가기술 및 발전기 제작 및 현장설치기술의 경우 기술기반 인프라에 대한 해외협력이 필요한 것으로 나타남

○ 제어시스템 설계 및 적용기술과 유압시스템 설계 및 적용기술의 기술기반 성숙도는 전반적으로 자체수행이 가능하며 일부는 해외협력이 필요한 것으로 나타남

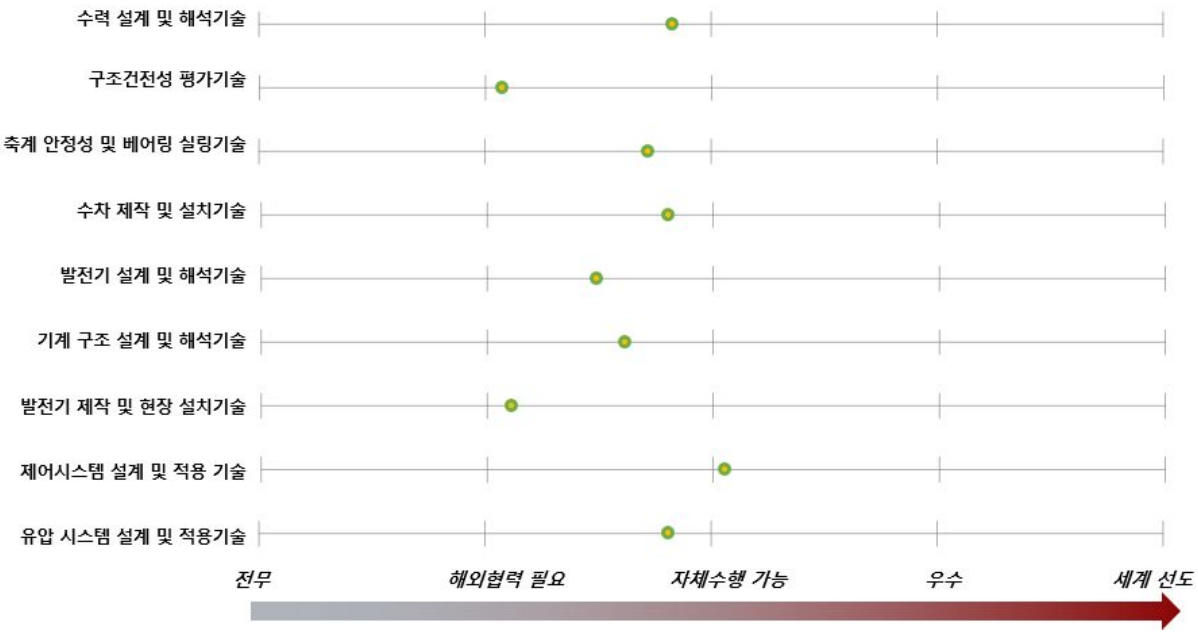


그림 3-2-24 수력발전 시스템 개발의 기술기반(인프라) 성숙도

(4) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 일부 인프라는 자체 연구수행이 가능하지 못한 수준으로 일정부분 해외협력이 필요한 것으로 조사됨

○ 수력발전 시스템 설치 및 시험 기술은 상대적으로 가장 낮은 기술기반을 보유하여 해외협력이 필요한 것으로 파악됨

○ 운영조건을 고려한 최적 운영기술의 경우 자체수행이 가능하며 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 세부기술 중 가장 높은 기술기반 성숙도를 가지고 있는 것으로 나타남

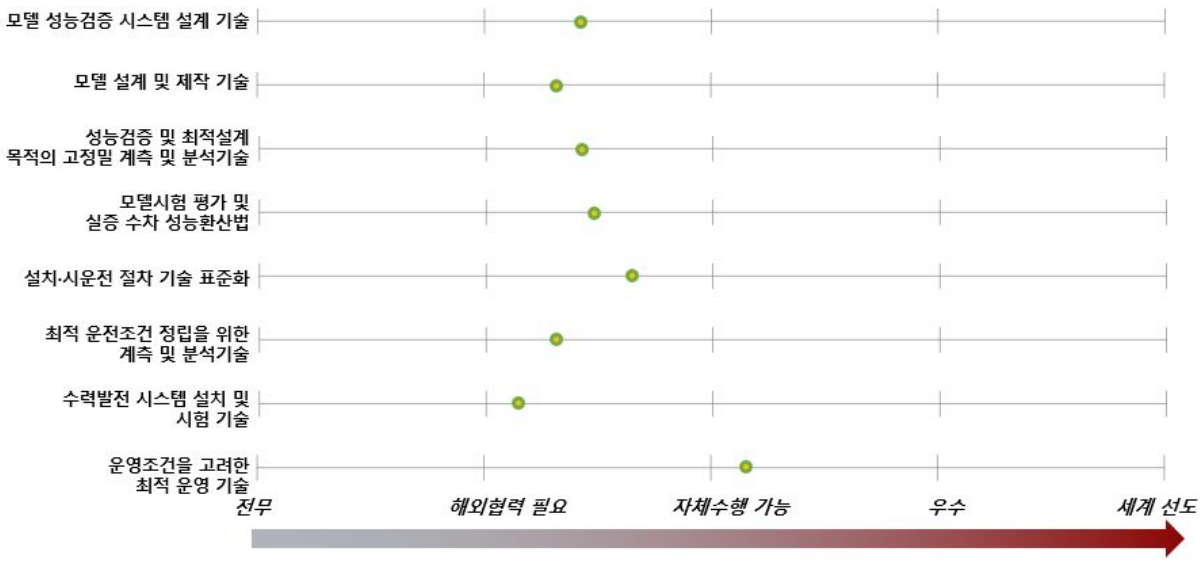


그림 3-2-25 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술기반(인프라) 성숙도

마. 최고기술보유국

(1) 총괄

□ 중규모 수력플랜트 건설기술의 최고기술 보유국을 조사한 결과 오스트리아가 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

○ 8개의 중분류 기술별 최고기술보유국을 조사한 결과 오스트리아(38%), 프랑스(22%), 일본(16%)순으로 조사되었으며 이를 동향 및 환경분석 대상국가로 고려함

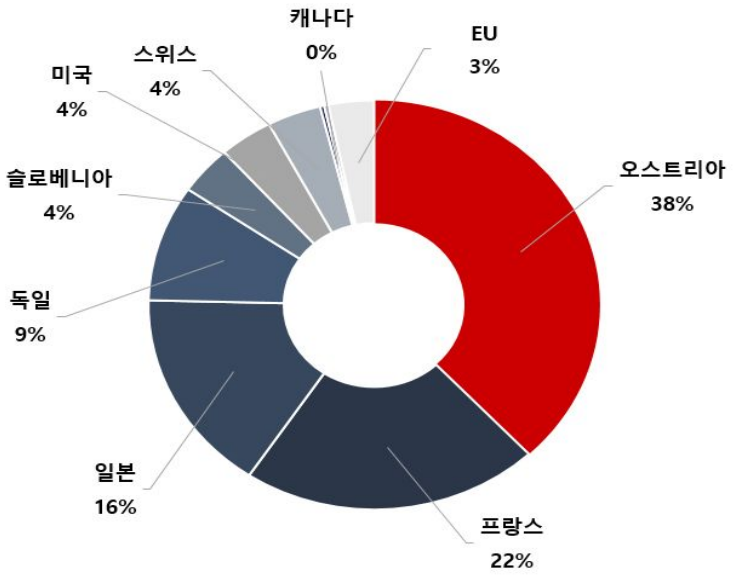


그림 3-2-26 중규모 수력플랜트 건설기술 분야의 최고기술보유국 비중

(2) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 수력플랜트 안정성 검토기술의 최고기술 보유국을 조사한 결과 오스트리아가 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

○ 최고기술 보유국은 오스트리아(28%), 일본(28%), 프랑스(14%) 순으로 조사됨

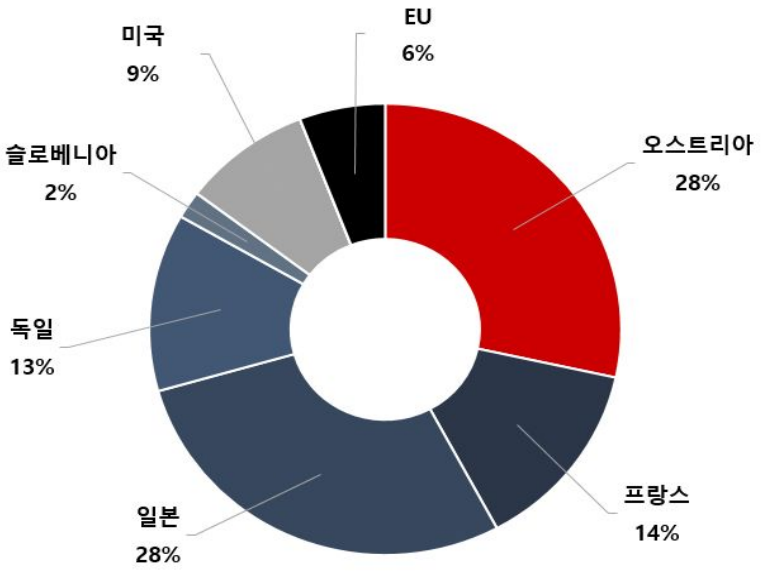


그림 3-2-27 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 최고기술보유국 비중

표 3-2-14 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 최고기술 보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중)									
	오스트리아	프랑스	일본	독일	슬로베니아	미국	스위스	캐나다	중국	EU
1.1 수력플랜트 안정성 평가기술	30.8%	15.4%	26.9%	15.4%	3.8%	7.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1.2 수력플랜트 진단 및 관리기술	32.7%	13.5%	26.9%	11.5%	1.9%	7.7%	0.0%	0.0%	0.0%	5.8%
1.3 수력플랜트 내진 안전성 평가기술	16.7%	12.5%	33.3%	12.5%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%

(3) 수력발전 시스템 개발

□ 수력발전 시스템 개발의 최고기술 보유국을 조사한 결과 오스트리아가 가장 많은 기술을 보유하고 있는 것으로 나타남

○ 최고기술보유국은 오스트리아(42%), 프랑스(31%), 일본(11%)순으로 조사됨

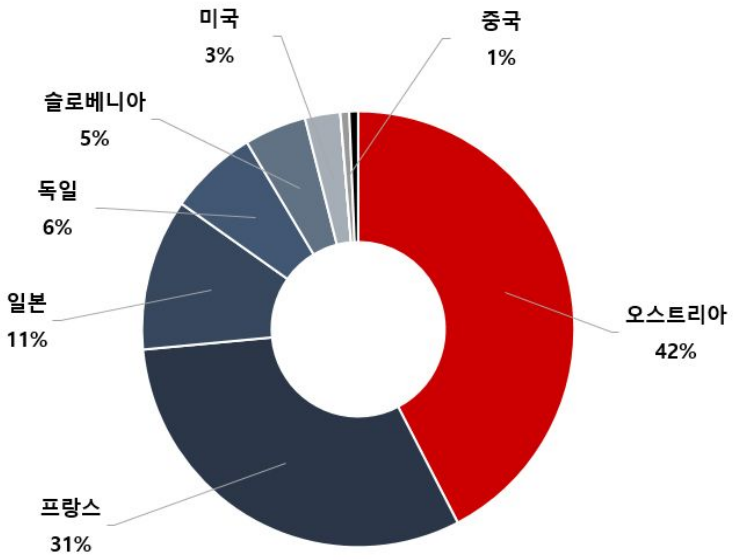


그림 3-2-28 수력발전 시스템 개발 분야의 최고기술보유국 비중

표 3-2-15 수력발전 시스템 개발 분야의 최고기술 보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중)									
	오스트리아	프랑스	일본	독일	슬로베니아	미국	스위스	캐나다	중국	EU
2.1 수차 설계 및 제작기술	37.1%	30.6%	6.5%	6.5%	11.3%	4.8%	0.0%	0.0%	1.6%	1.6%
2.2 발전기 설계 및 제작기술	45.3%	37.7%	7.5%	7.5%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.3 제어/유압 시스템 설계 및 적용기술	47.2%	22.2%	25.0%	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

(4) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 최고기술 보유국을 조사한 결과 오스트리아가 가장 많은 기술을 보유하고 있는 것으로 나타남

○ 최고기술보유국은 오스트리아(42%), 프랑스(13%), 일본(9%)순으로 조사됨

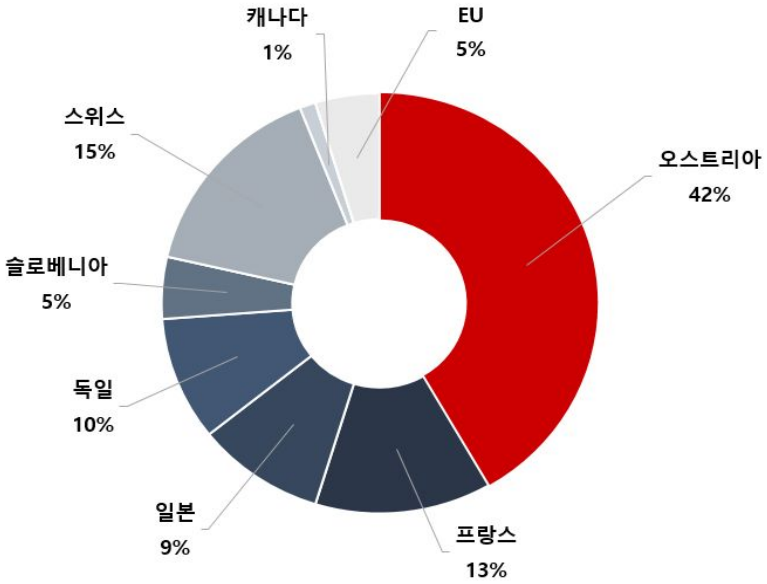


그림 3-2-29 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 최고기술보유국 비중

표 3-2-16 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 최고기술 보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중)									
	오스트리아	프랑스	일본	독일	슬로베니아	미국	스위스	캐나다	중국	EU
3.1 모델 성능검증 및 시험 고도화 기술	41.7%	14.6%	8.3%	8.3%	0.0%	0.0%	27.1%	0.0%	0.0%	0.0%
3.2 수력발전 시스템 실증 및 운영관리 기술	41.7%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	11.1%

바. 기술획득 방식

(1) 총괄

□ 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술획득 방식은 정부/민간 공동추진(69%), 정부주도추진(16%) 순으로 높게 나타났으며, 향후 연구개발 추진주체 및 매칭펀드 설정 시 고려해야 함

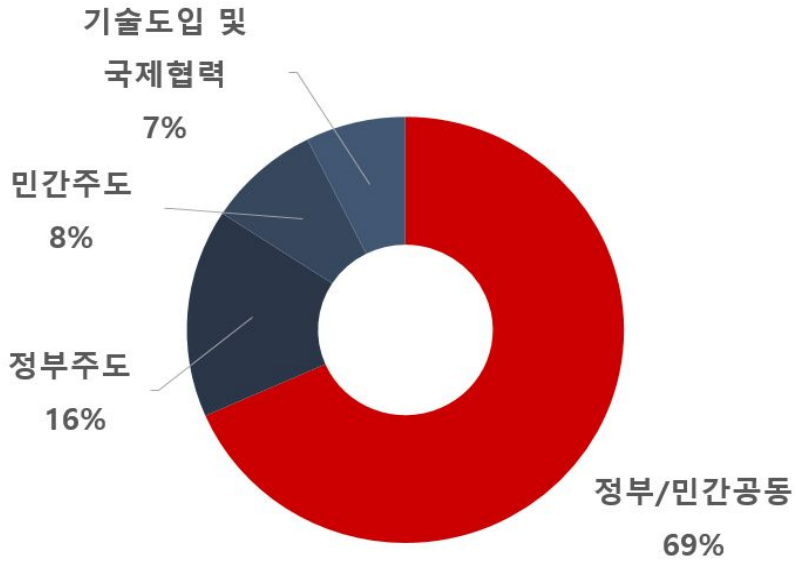


그림 3-2-30 중규모 수력플랜트 건설기술 분야의 기술획득방식 비중

(2) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부/민간 공동(48%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

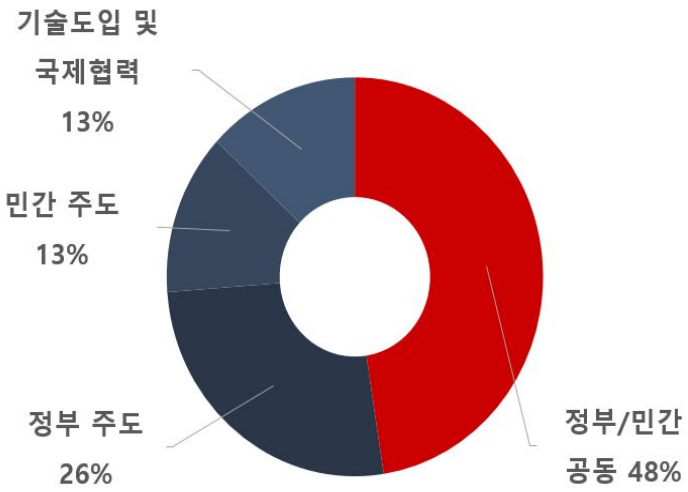


그림 3-2-31 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의
기술획득 방식 비중

표 3-2-17 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 기술획득 방식 조사결과

중분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
1.1 수력플랜트 안정성 평가기술	11.8%	17.6%	52.9%	17.6%
1.2 수력플랜트 진단 및 관리기술	13.3%	23.3%	46.7%	16.7%
1.3 수력플랜트 내진 안전성 평가기술	14.3%	42.9%	42.9%	0.0%

(3) 수력발전 시스템 개발

□ 수력발전 시스템 개발기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부/민간 공동(75%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

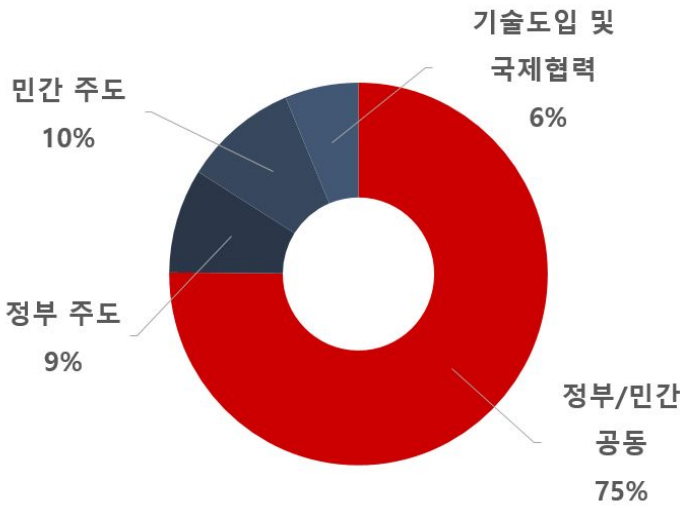


그림 3-2-32 수력발전 시스템 분야의 기술획득 방식 비중

표 3-2-18 수력발전 시스템 분야의 기술획득 방식 조사결과

중분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
2.1 수차 설계 및 제작기술	6.3%	8.3%	81.3%	4.2%
2.2 발전기 설계 및 제작기술	0.0%	12.5%	75.0%	12.5%
2.3 제어/유압 시스템 설계 및 적용기술	21.9%	6.3%	62.5%	9.4%

(4) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술획득 방식은 정부/민간 공동(82%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

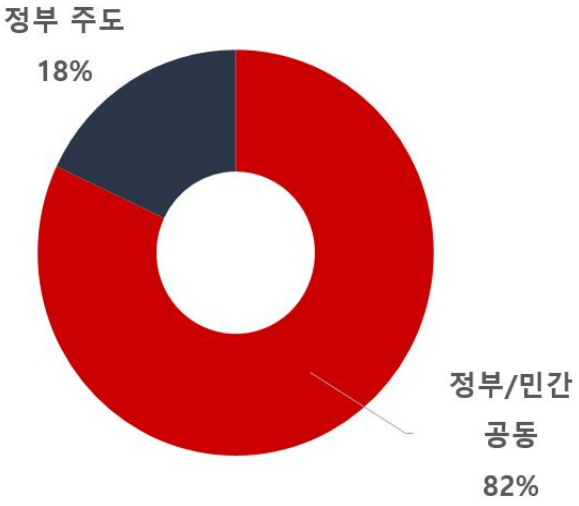


그림 3-2-33 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의
기술획득 방식 비중

표 3-2-19 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 기술획득 방식 조사결과

중분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
3.1 모델 성능검증 및 시험 고도화 기술	0.0%	16.7%	83.3%	0.0%
3.2 수력발전 시스템 실증 및 운영관리 기술	0.0%	20.0%	80.0%	0.0%

사. 정부우선 시행방안

(1) 총괄

□ 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비확대(45%), 협력교류(33%), 인력양성(15%)이 필요한 것으로 나타남

○ 연구비 확대 외에 “협력교류 활성화”의 이슈가 부각된 것은 기획 시 정부-수요처-기술개발자 등 이해관계자간의 협력 및 역할제시가 필요함을 의미함

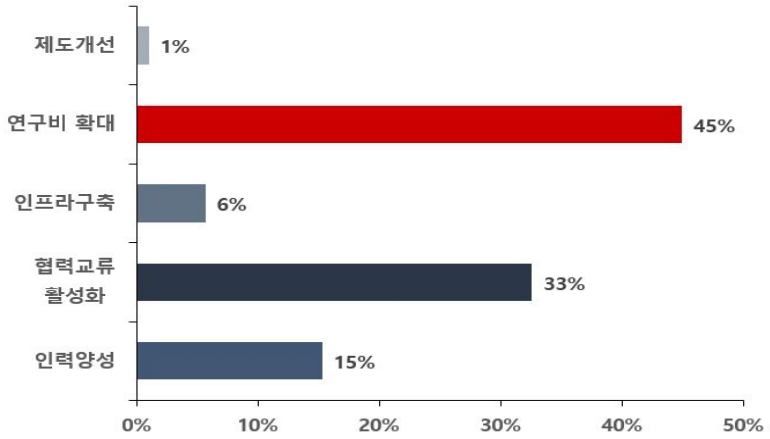


그림 3-2-34 중규모 수력플랜트 건설기술 분야의 정부우선 시행방안 비중

(2) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남

○ 수력플랜트 안정성 검토기술을 위한 하위기술 모두가 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남

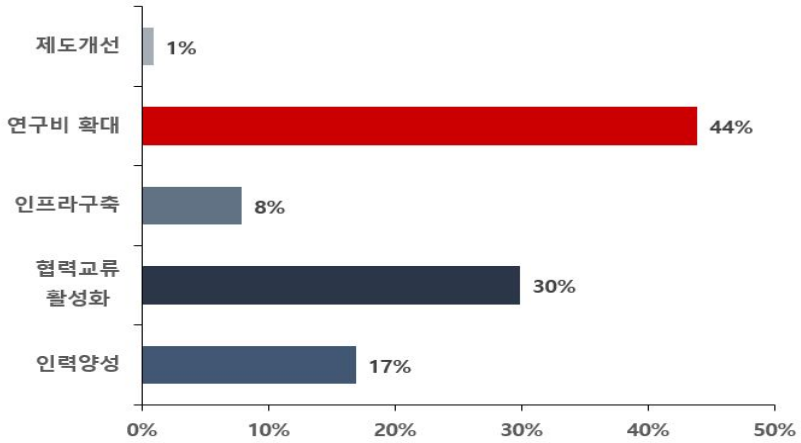


그림 3-2-35 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 정부우선 시행방안 비중

표 3-2-20 수력플랜트 안정성 검토기술 분야의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	정부 우선 시행방안				
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도개선
1.1 수력플랜트 안정성 평가기술	25.9%	29.6%	7.4%	37.0%	0.0%
1.2 수력플랜트 진단 및 관리기술	17.0%	36.2%	2.1%	42.6%	2.1%
1.3 수력플랜트 내진 안전성 평가기술	7.7%	19.2%	19.2%	53.8%	0.0%

(3) 수력발전 시스템 개발

□ 수력발전 시스템 개발분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남

○ 수차 설계 및 제작기술의 경우 협력교류 활성화가 가장 우선적으로 시행해야 할 방안으로 나타남

○ 제어/유압 시스템 설계 및 적용기술의 경우 연구비 확대와 함께 협력교류 활성화가 우선적으로 시행되어야 할 방안으로 나타남

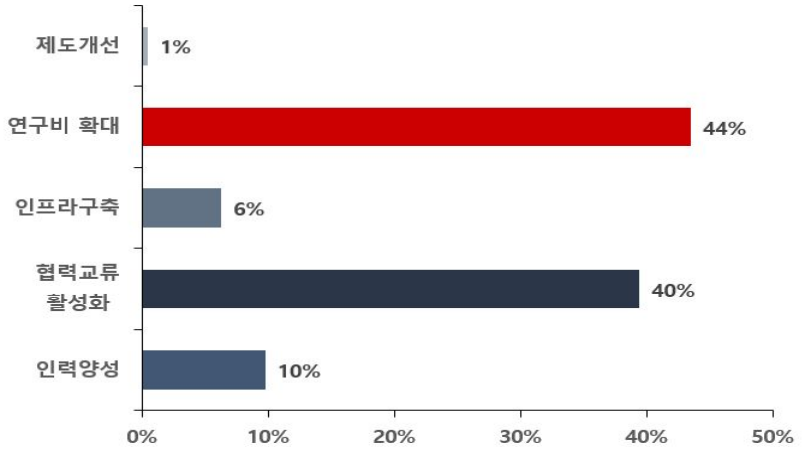


그림 3-2-36 수력발전 시스템 개발분야의 정부우선 시행방안 비중

표 3-2-21 수력발전 시스템 개발분야의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	정부 우선 시행방안				
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도개선
2.1 수차 설계 및 제작기술	14.8%	42.0%	3.4%	39.8%	0.0%
2.2 발전기 설계 및 제작기술	4.8%	26.2%	23.8%	45.2%	0.0%
2.3 제어/유압 시스템 설계 및 적용기술	7.7%	44.2%	0.0%	46.2%	1.9%

(4) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비확대 인 것으로 나타남

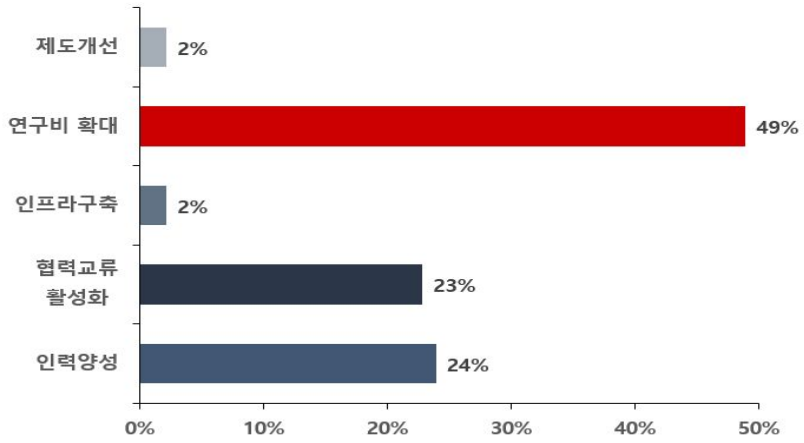


그림 3-2-37 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 정부우선 시행방안 비중

표 3-2-22 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	정부 우선 시행방안				
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도개선
3.1 모델 성능검증 및 시험 고도화 기술	28.6%	17.9%	3.6%	50.0%	0.0%
3.2 수력발전 시스템 실증 및 운영관리 기술	16.7%	30.6%	0.0%	47.2%	5.6%

아. 기술수준-중요도 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술 수준과 기술의 중요도를 축으로 함

○ Ⅰ : 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 하는 영역

○ Ⅱ : 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망한 영역

○ Ⅲ : 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 영역

○ Ⅳ : 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역

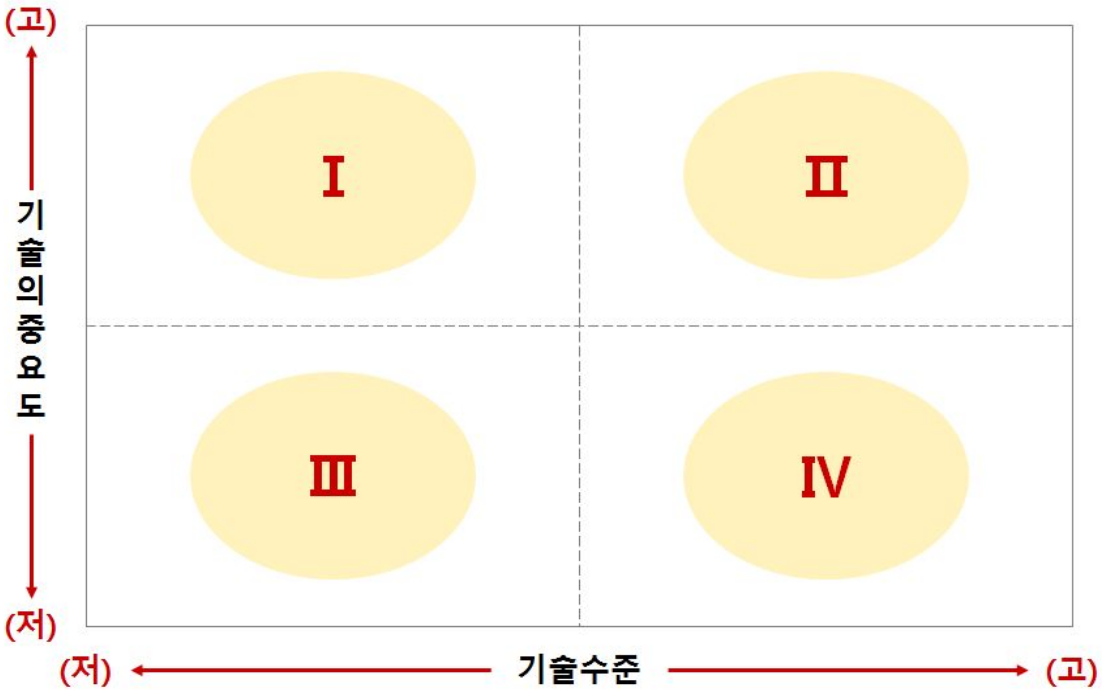


그림 3-2-38 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분

(1) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 수력플랜트 안정성 검토기술 분야는 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과Ⅰ, Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ 영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ A11(발전설비 내진 안정성 평가기술), A12(지진 시나리오 기반 발전설비 취약도 평가)는 Ⅰ영역에 속하며 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 함

○ A1(수로터널 안정성 평가), A5(수차 진동에 의한 수력발전 플랜트 영향 진단기술), A6(노후와에 따른 발전시스템 진단 및 상태평가 기술), A7(수력플랜트 성능상태 진단평가 기술),A8(발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체기술)은 Ⅱ영역에 속하며 기술혁신을 통해 더 넓은 시장장출이 가능한 유망한 영역임

○ A9(유사유입 영향을 고려한 설비평가 기술), A10(발전시설 내진 안정성 평가기술)은 Ⅲ영역에 속하며 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 영역임

○ A2(수충격 안정성 평가), A3(주요 진동 원인별 안정성 평가),A4(매설관로 성능 및 안정성 평가)은 Ⅳ영역에 속하며 기술시급성이나 파급효과는 높지않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역임

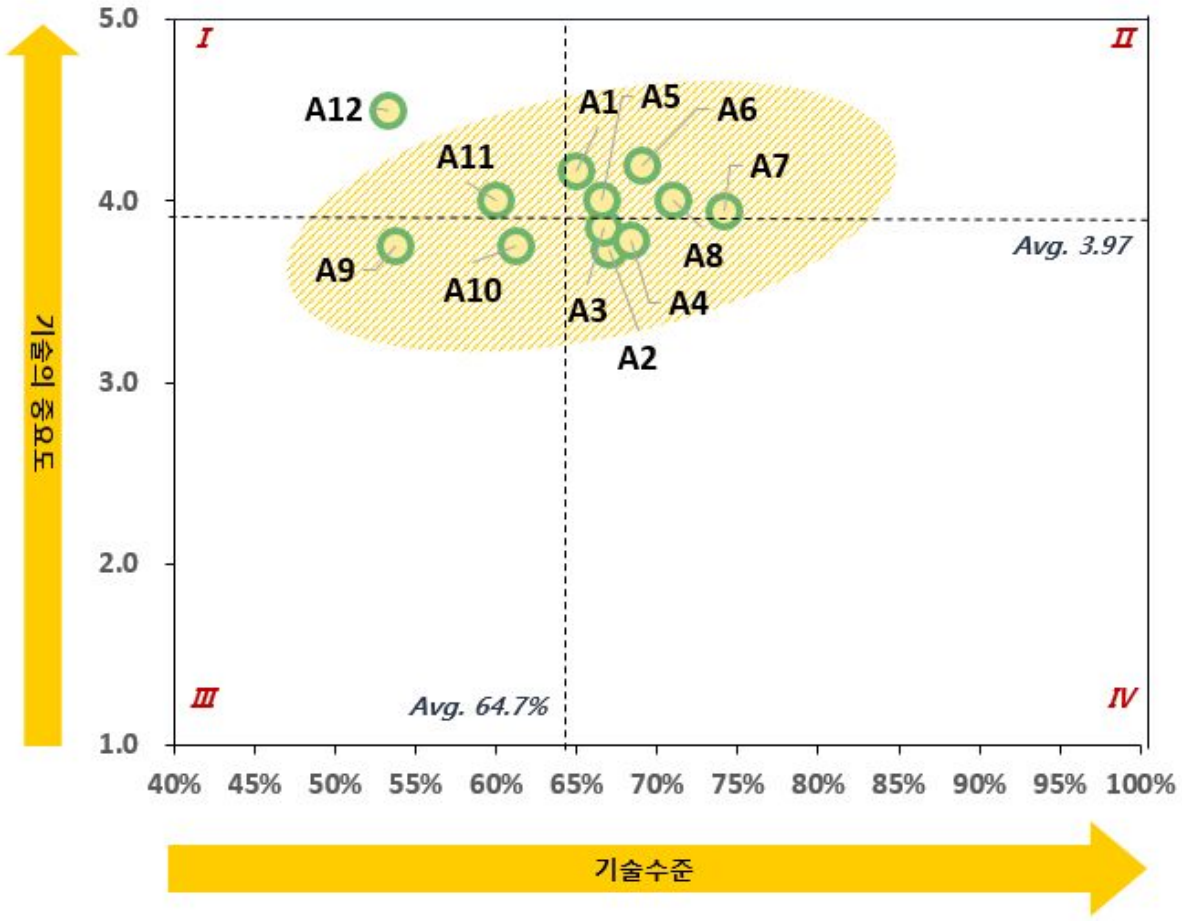


그림 3-2-39 수력플랜트 안정성 검토기술 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과

(2) 수력발전 시스템 개발

□ 수력발전 시스템 개발분야는 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ 영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ B2(구조건전성 평가기술), B4(수차 제작 및 설치기술), B9(유압시스템 설계 및 적용기술)은 Ⅰ영역에 속하며 재원에 따르 적극적인 투자로 기술수준향상을 추구해야하는 영역임

○ B1(수력설계 및 해석기술), B3(축계 안정성 및 베어링 실링기술)은 Ⅱ영역에 속하며 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망한 영역임

○ B5(발전기 설계 및 해석기술),B6(기계 구조 설계 및 해석기술), B7(발전기 제작 및 현장 설치 기술)은 Ⅲ영역에 속하며 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 영역임

○ B8(제어시스템 설계 및 적용기술)은 Ⅳ영역에 속하며 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역임

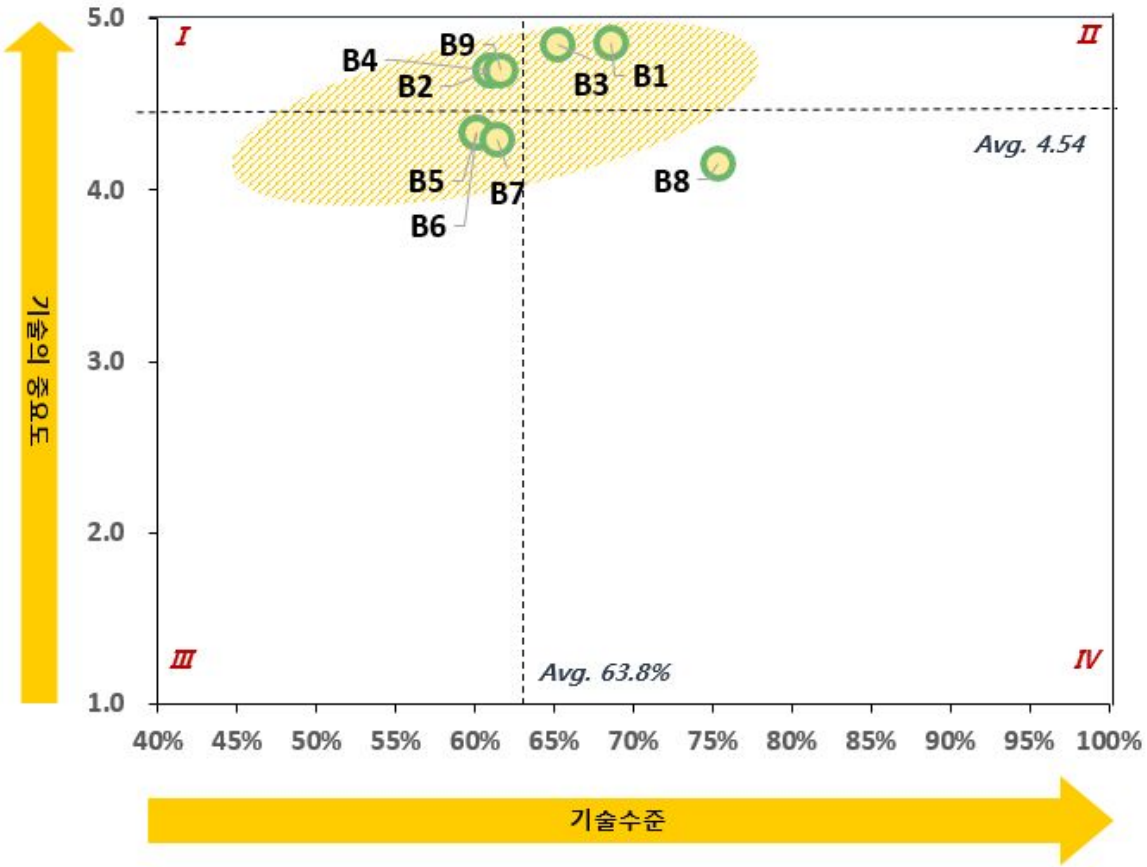


그림 3-2-40 수력발전 시스템개발 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과

(3) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험은 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 Ⅰ,Ⅱ, Ⅳ 영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ C1(모델성능검증 시스템 설계기술), C3(성능검증 및 최적설계 목적의 고정밀 계측 및 분석기술), C4(모델시험 평가 및 실증 수차 성능 환산법)은 Ⅰ영역에 속하며 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 하는 영역임

○ C2(모델 설계 및 제작기술), C5(설치·시운전 절차 기술 표준화), C6(최적 운전조건 정립을 위한 계측 및 분석기술), C7(수력발전시스템 설지 및 시험기술)은 Ⅱ영역에 속하며 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망한 영역임

○ C8(운영조건을 고려한 최적 운영기술)은 Ⅳ영역에 속하며 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역임

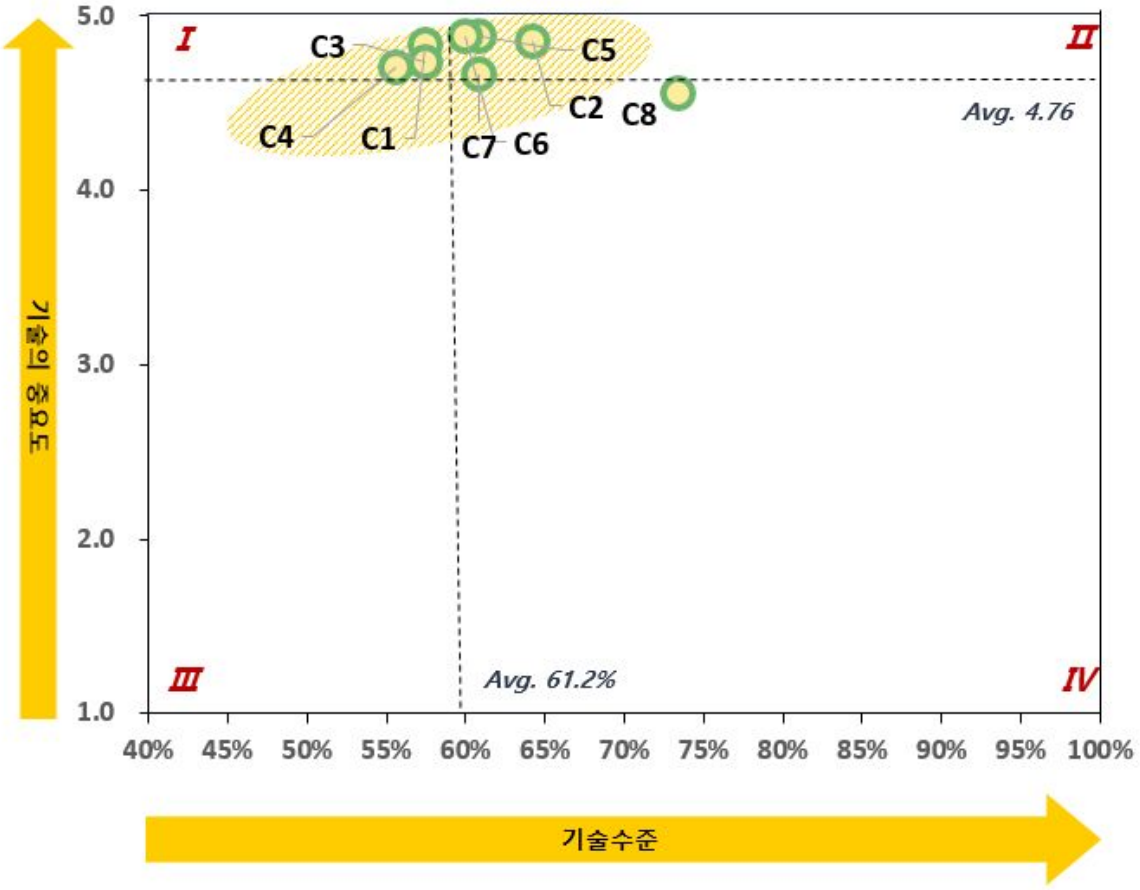


그림 3-2-41 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과

자. 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술격차추세와 기술격차를 축으로 함

○ Ⅰ : 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요한 영역

○ Ⅱ : 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역

○ Ⅲ : 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려하는 영역

○ Ⅳ : 기술개발을 가속화할 필요가 있는 영역

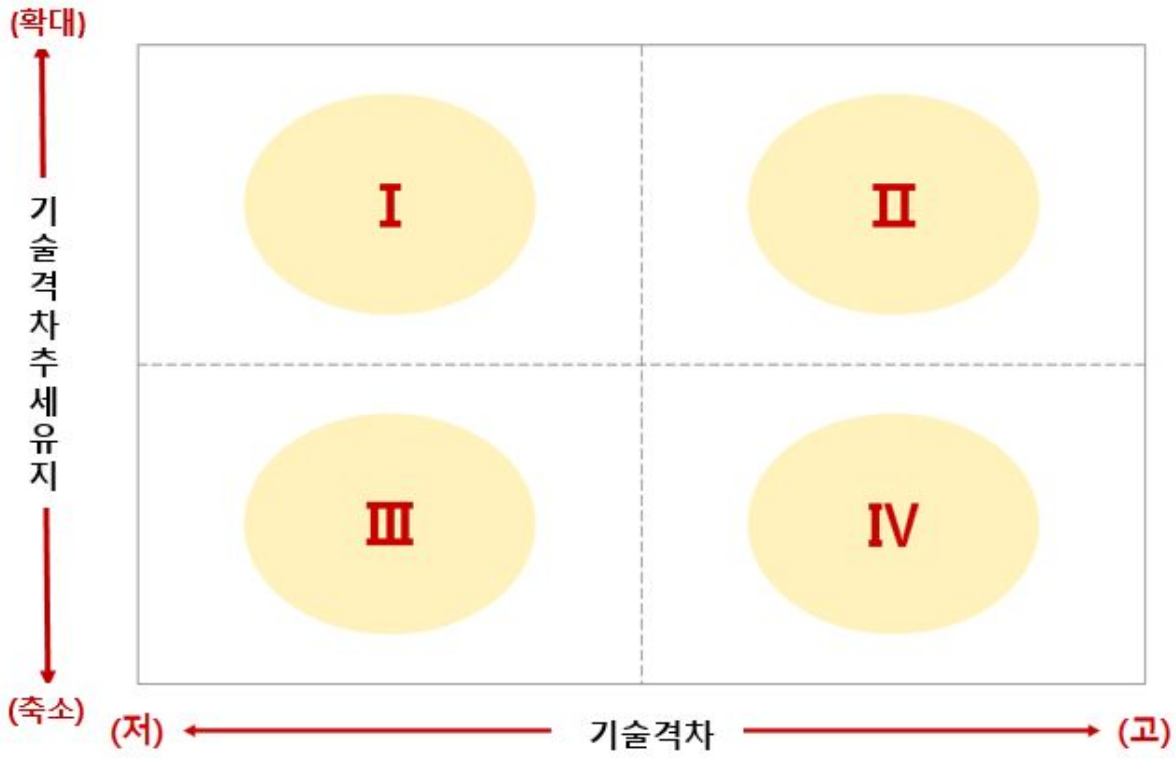


그림 3-2-42 기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분

(1) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 수력플랜트 안정성 검토기술은 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ, Ⅳ영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ A4(매설관로 성능 및 안정성 평가)은 Ⅰ영역에 속하며 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요한 영역

○ A1(수로터널 안정성 평가), A10(발전시설 내진 안정성 평가기술), A11(발전설비 내진 안정성 평가기술), A12(지진 시나리오 기반 발전설비 취약도 평가)은 Ⅱ영역에 속하며 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역

○ A2(수충격 안정성 평가), A3(주요 진동 원인별 안정성 평가), A5(수차 진동에 의한 수력발전 플랜트 영향 진단기술), A6(노후와에 따른 발전시스템 진단 및 상태평가 기술), A7(수력플랜트 성능상태 진단평가 기술), A8(발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체기술)은 Ⅲ영역에 속하며 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려하는 영역

○ A9(유사유입 영향을 고려한 설비평가 기술)은 Ⅳ영역에 속하며 기술개발을 가속화할 필요가 있는 영역

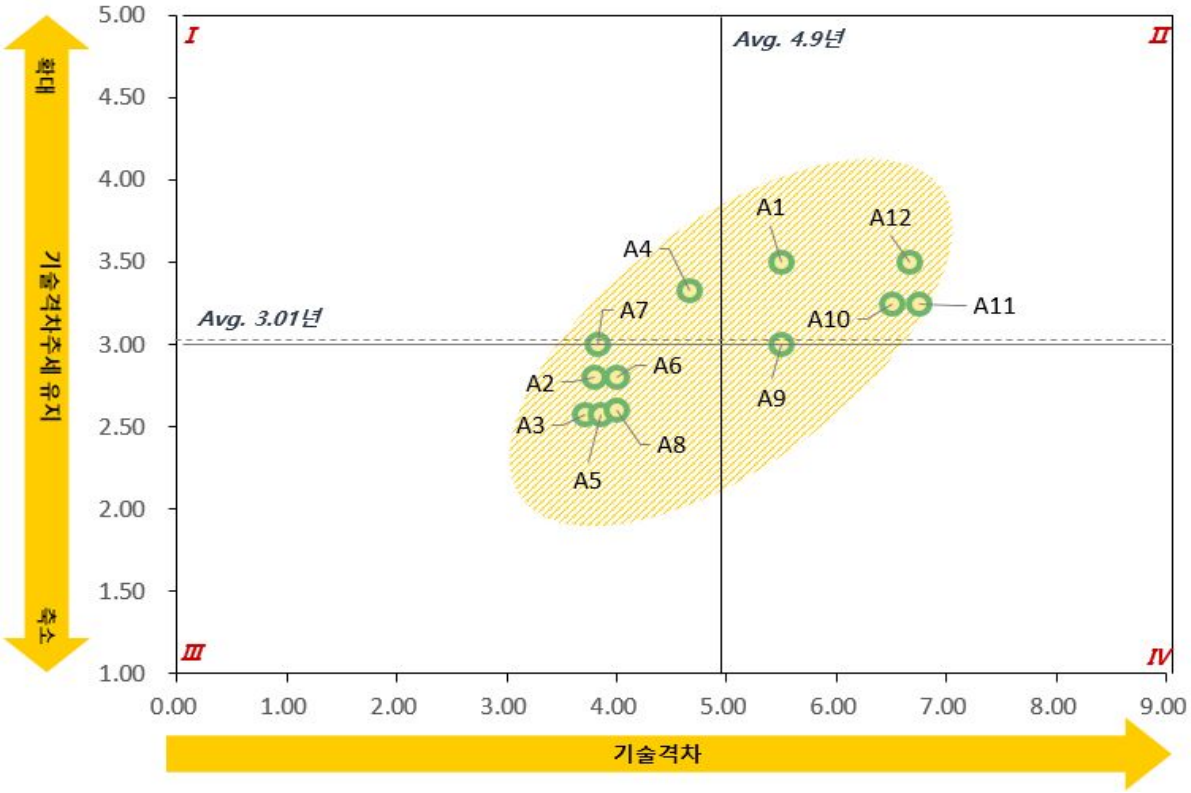


그림 3-2-43 수력플랜트 안정성 검토기술 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과

(2) 수력발전 시스템 개발

□ 수력발전 시스템 개발 기술은 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 Ⅰ,Ⅲ,Ⅳ 영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ B9(유압시스템 설계 및 적용기술)은 Ⅰ영역에 속하며 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요한 영역

○ B1(수력설계 및 해석기술), B2(구조건전성 평가기술), B3(축계 안정성 및 베어링 실링기술),B4(수차 제작 및 설치기술),B8(제어시스템 설계 및 적용기술)은 Ⅲ영역에 속하며 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려하는 영역

○ B5(발전기 설계 및 해석기술),B6(기계 구조 설계 및 해석기술), B7(발전기 제작 및 현장설치 기술)은 Ⅳ영역에 속하며 기술개발을 가속화할 필요가 있는 영역

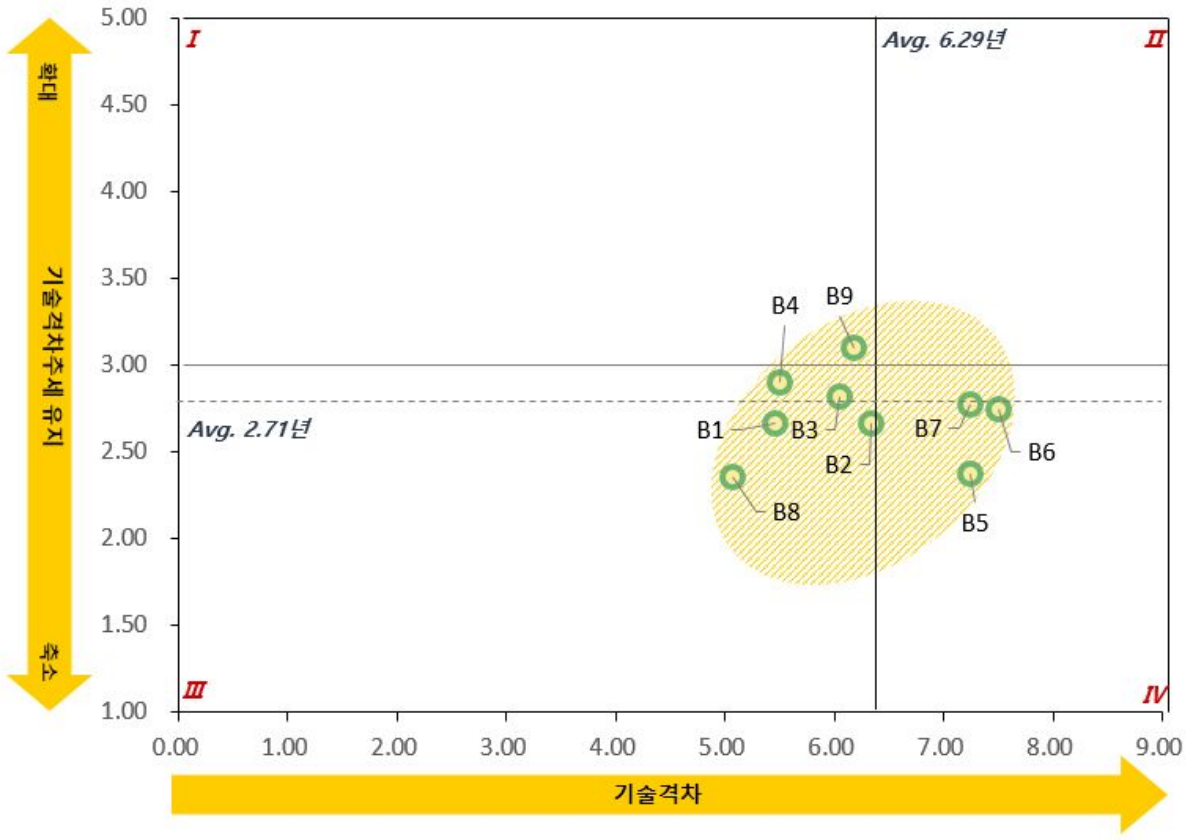


그림 3-2-44 수력발전 시스템 개발 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과

(3) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험은 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 Ⅲ,Ⅳ 영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ C5(설치·시운전 절차 기술 표준화), C6(최적 운전조건 정립을 위한 계측 및 분석기술), C7(수력발전시스템 설지 및 시험기술), C8(운영조건을 고려한 최적 운영기술)은 Ⅲ영역에 속하며 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술 수준에 이르기 위한 기술개발을 고려하는 영역

○ C1(모델성능검증 시스템 설계기술), C2(모델 설계 및 제작기술), C3(성능검증 및 최적설계 목적의 고정밀 계측 및 분석기술), C4(모델시험 평가 및 실증 수차 성능 환산법)은 Ⅳ영역에 속하며 기술개발을 가속화할 필요가 있는 영역

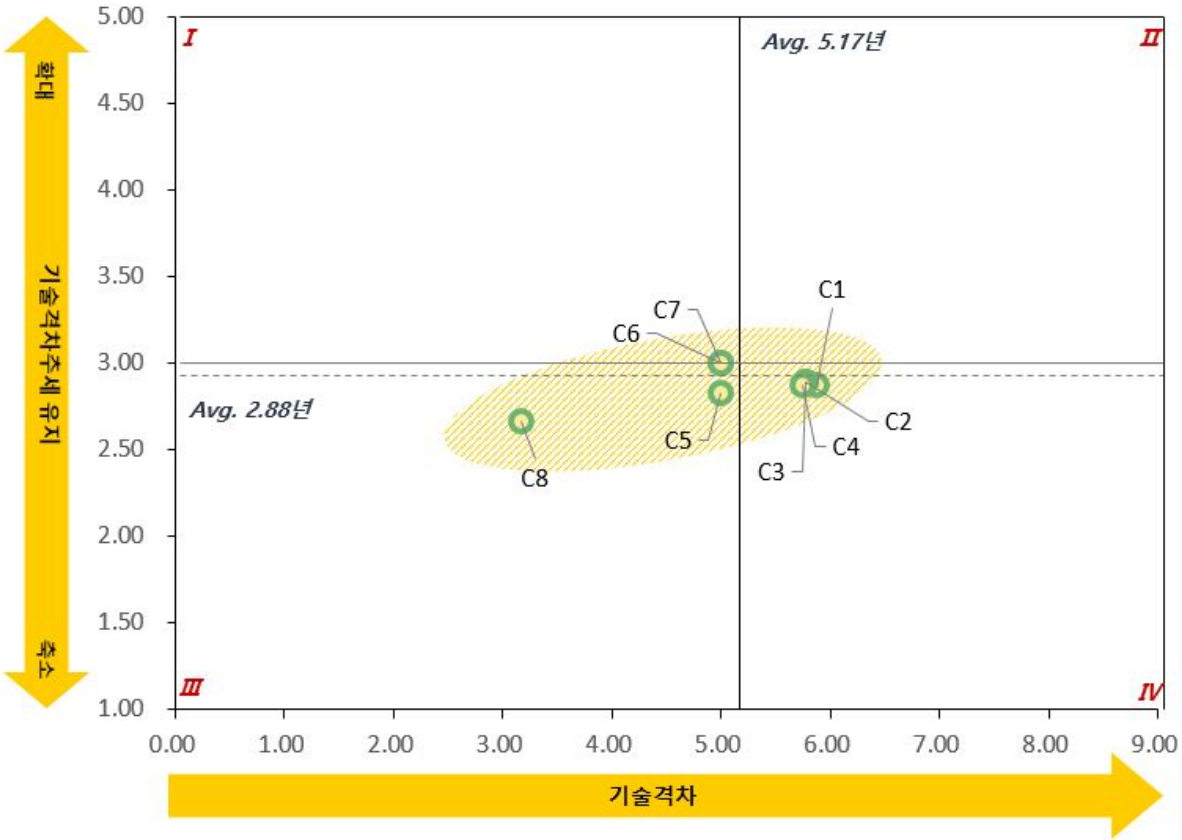


그림 3-2-45 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과

차. 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술기반성숙도과 평균 중요도를 축으로 함

○ Ⅰ : 기술기반 관리-유지 영역

○ Ⅱ : 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있는 영역

○ Ⅲ : 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 영역

○ Ⅳ : 기술기반 확보가 시급한 영역

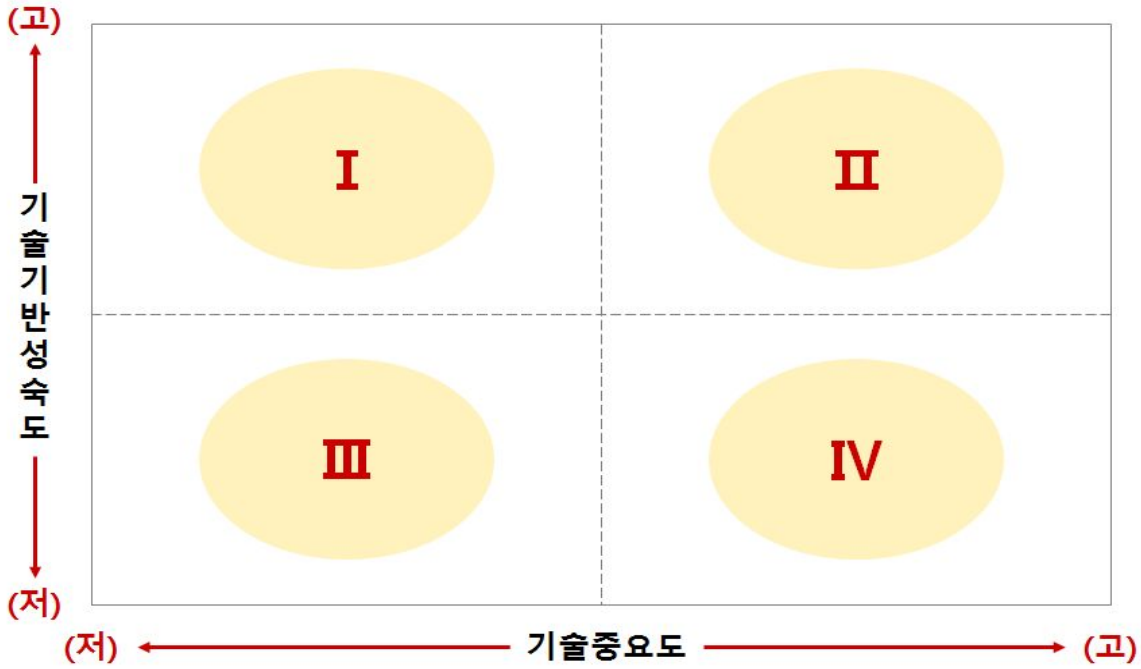


그림 3-2-46 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분

(1) 수력플랜트 안정성 검토기술

□ 수력플랜트 안정성 검토기술의 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 Ⅰ,Ⅲ,Ⅳ 영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ A7(수력플랜트 성능상태 진단평가 기술)은 Ⅰ영역에 속하며 기술기반 관리 – 유지해야할 영역임

○ A2(수충격 안정성 평가), A3(주요 진동 원인별 안정성 평가), A4(매설관로 성능 및 안정성 평가), A5(수차 진동에 의한 수력발전), A8(발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체기술), A9(유사유입 영향을 고려한 설비평가 기술), A10(발전시설 내진 안정성 평가기술), A11(발전설비 내진 안정성 평가기술)은 Ⅲ영역에 속하며 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 영역임

○ A1(수로터널 안정성 평가), A6(노후와에 따른 발전시스템 진단 및 상태평가 기술), A12(지진 시나리오 기반 발전설비 취약도 평가)은 Ⅳ영역에 속하며 기술기반 확보가 시급한 영역임

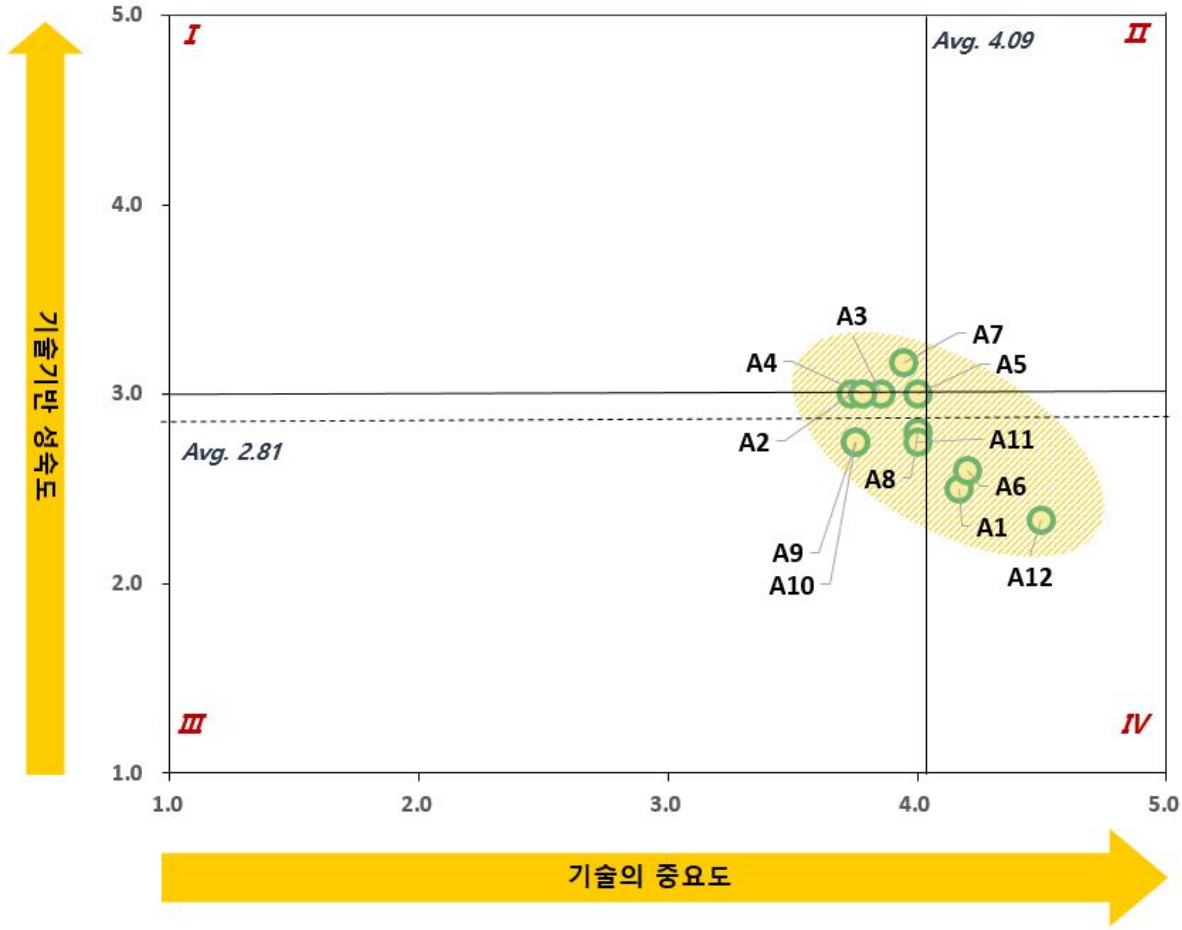


그림 3-2-47 수력플랜트 안정성 검토기술 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과

(2) 수력발전 시스템개발

□ 수력발전 시스템개발 분야의 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 Ⅰ, Ⅲ,Ⅳ 영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ B8(제어시스템 설계 및 적용기술)은 Ⅰ영역에 속하며 기술기반 관리-유지해야할 영역임

○ B5(발전기 설계 및 해석기술),B6(기계 구조 설계 및 해석기술), B7(발전기 제작 및 현장설치 기술)은 Ⅲ영역에 속하며 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 영역임

○ B1(수력설계 및 해석기술), B2(구조건전성 평가기술), B3(축계 안정성 및 베어링 실링기술),B4(수차 제작 및 설치기술), B9(유압시스템 설계 및 적용기술)은 Ⅳ영역에 속하며 기술기반 확보가 시급한 영역임

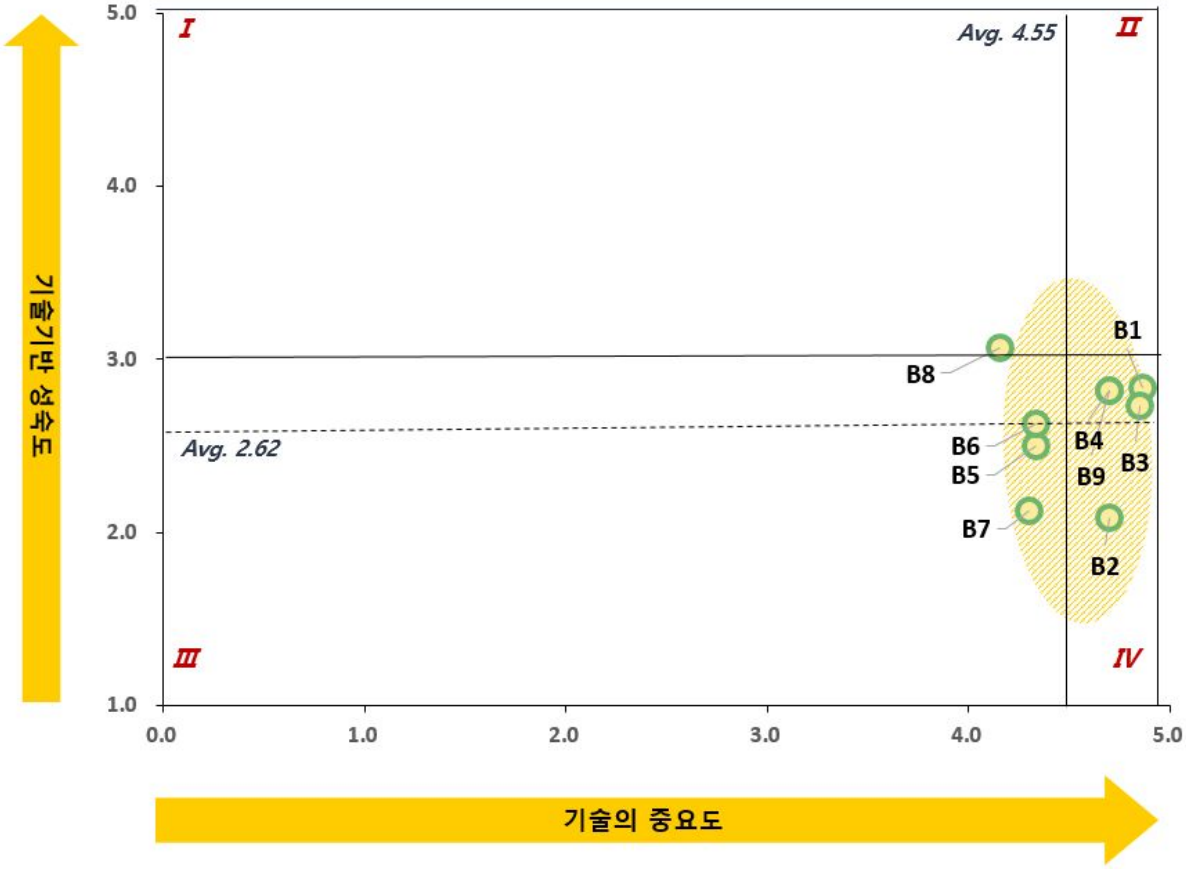


그림 3-2-48 수력발전 시스템 개발 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과

(3) 수력발전 시스템 검증 및 실증시험

□ 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 분야의 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 Ⅰ,Ⅳ 영역에 해당되는 것으로 분석됨

○ C8(운영조건을 고려한 최적 운영기술)은 Ⅰ영역에 속하며 기술기반 관리-유지 해야할 영역임

○ C1(모델성능검증 시스템 설계기술), C2(모델 설계 및 제작기술), C3(성능검증 및 최적설계 목적의 고정밀 계측 및 분석기술), C4(모델시험 평가 및 실증 수차 성능 환산법),C5(설치·시운전 절차 기술 표준화), C6(최적 운전조건 정립을 위한 계측 및 분석기술), C7(수력발전시스템 설지 및 시험기술), C8(운영조건을 고려한 최적 운영기술)은 Ⅳ영역에 속하며 기술기반 확보가 시급한 영역임

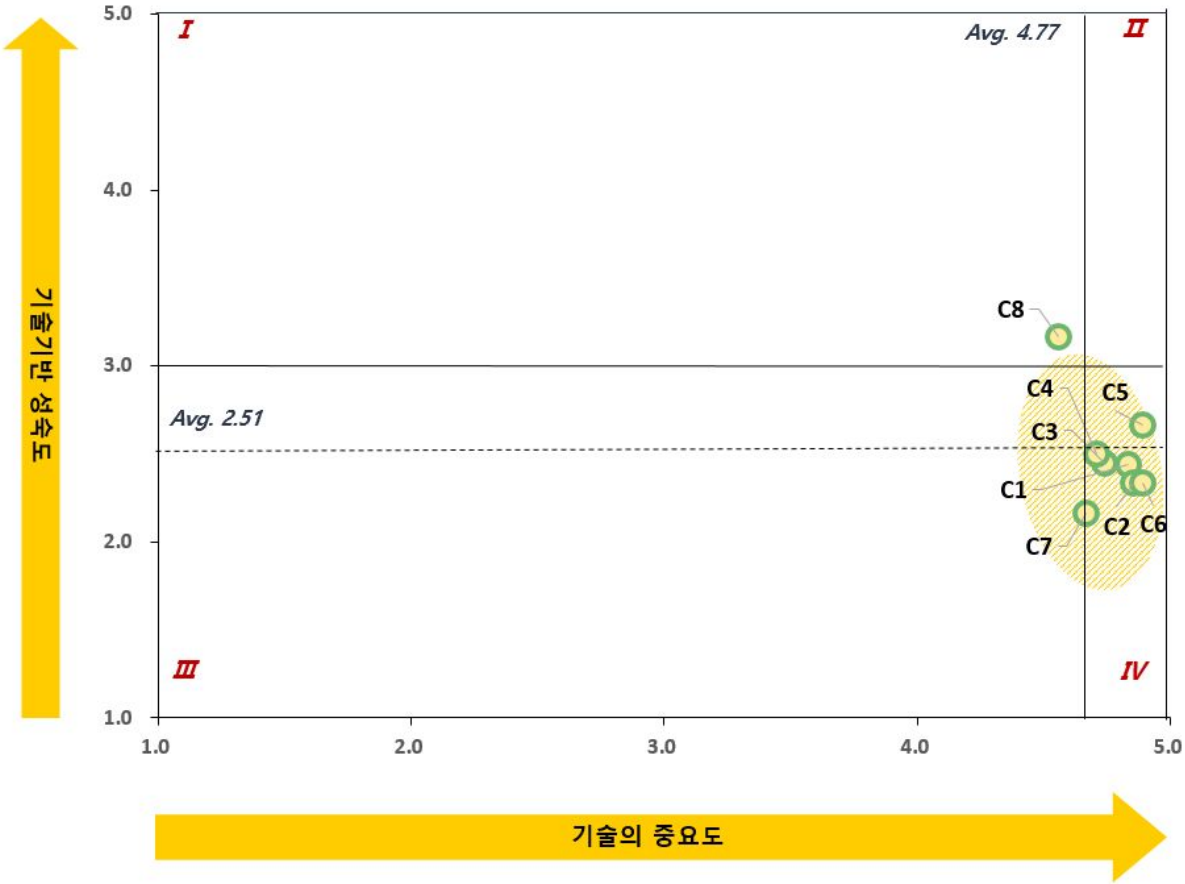


그림 3-2-49 수력발전 시스템 검증 및 실증시험 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과

4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. SWOT / Issue-Tree 분석

1. SWOT 분석

가. 내외부 요인 분석

□ 주요 선진국 및 ·경쟁 국가, 기관과 비교하여 상대적으로 우수하거나 부족한 부분을 제시함

□ 강점 및 약점은 “동향조사 및 환경분석" 결과를 내/외부 요인으로 구분하고 내부요인을 강점과 약점으로 다시 구분하여 키워드를 작성함

○ 강점 및 약점은 주요 선진·경쟁 국가 및 기관 대비 핵심경쟁력, 노하우, 자원, 전문인력 등의 관점에서 정리할 수 있음

(1) 강점(Strength) 및 약점(Weakness) 분석

□ 15MW급 프란시스 수차발전기 개발 경험확보, 세계적인 수차성능시험센터 보유 및 30년 넘는 수력플랜트 운영 노하우로 운영관리, 제어시스템 기술기반이 성숙되었으나 중수력 플랜트 건설기술의 전문성이 부족

○ 한국수자원연구원 주관으로 15MW급 프란시스 수차발전기 개발이 연내 완료예정

○ `13년 K-water 연구원 내에 세계적인 수준의 수차성능시험 센터를 설치함

○ K-water는 30년 넘게 안동, 대청, 충주, 합천, 주암, 용담, 소양강, 임하댐의 수력플랜트 운영 및 제어시스템을 관리하여 노하우를 축적함

○ 소수력 발전설비 분야는 국내 기업이 노하우와 원천기술을 보유하고 있으나 중규모 수력 플랜트 건설기술에 관하여 시공실적과 전문성이 부족

□ 전반적인 국내 제조업 분야는 상대적으로 빠르게 고도화가 진행되었으나 수력발전 건설기술 분야의 인프라는 미흡하며 동 분야의 연구개발 투자 또한 부족한 상황

○ 전반적인 국내 제조업 분야의 고도화 지수는 `13년 조사결과 독일, 일본과 비슷한 수준으로 조사되었음

○ 수력발전 건설기술 분야의 전문설계 및 제작업체가 전무하며 교육기관 및 연구

기관 또한 부족한 실정임

○ 국내 부존 수자원 부족으로 정부의 중규모 수력플랜트 연구개발 의지가 낮음

(2) 기회(Opportunity) 및 위협(Threat) 요인 분석

□ 세계적인 온실가스 감축을 위한 정책으로 신재생에너지 분야인 수력분야에 대한 지원이 증가추세이나 해외 선진업체와의 기술격차가 존재하며 기술개발 경쟁력 확보에 장기간 소요됨

○ 미국, 일본, 독일 등 주요 선진국은 대기 온실가스를 줄이기 위한 신재생에너지 지원정책을 확대중에 있음

○ 해외 선진업체의 경우 원천 설계기술과 오랜 운전경험과 건설경험으로 지속적인 기술개발과 인력양성이 가능한 선순환 구조를 가지고 있음

□ 국내 기존 수력설비와 통일 후 잠재시장인 북한 노후 수력설비 개대체 시기가 도래 하였으며 중국 내의 수력플랜트 수요가 증가추세임

○ 중국의 수력발전 용량은 전체 중국내 발전용량의 약 20%를 차지하고 있으며 수력발전의 설비용량, 생산량, 및 증가율은 세계 1위를 차지함

○ K-water는 수력설비 현대화를 위해 `35년까지 전체 6,604억원을 투자할 예정이며 한국수력원자력 또한 전체 3,746억원을 투자할 계획임

○ 북한의 총 수력발전 용량 중 70%인 4,844MW가 50년 이상된 노후 수력발전소이며 현재 북한의 설계기술, 시공기술, 설치기술의 후진성으로 고도화된 건설이 어려움

□ 중국 내 수력발전 원천기술 개발이 활발히 진행중임

○ 중국의 수력발전 기업은 내수시장 공략을 위해 독자적으로 기술개발을 추진해 왔으며 발전설비의 건설과 제조분야는 세계적인 수준으로 자체 평가됨

나. 포지션별 전략 수립

□ 국내 수력발전 설비 현대화 사업과 15MW급 수력설비 기술을 기반으로 50MW급 수력플랜트 건설기술 확보와 시공실적으로 해외시장 진출기회를 마련함

○ K-water와 한국수력원자력이 관리하는 수력설비의 현대화 사업으로 중규모 수력플랜트 건설기술 실증을 통한 시공실적 확보

○ 현재 기 개발된 15MW급 설계기술을 활용한 50MW급 중규모 수력플랜트 건설기술을 개발

□ ICT 기술역량을 통한 차별화된 50MW급 중수력 플랜트 모델 및 사업모델 확보로

해외시장 진출을 도모

○ 국내 ICT 기술역량을 발판삼아 해외 선진업체 및 후발업체와 차별화되는 중수력 플랜트 건설기술 발굴

○ 국내 ICT 기술역량을 토대로 수력발전 종합컨설팅 등의 新사업을 발굴함

□ 국내 수력현대화 사업을 활용한 선진업체 기술이전과 공동연구로 수력분야의 기술 네트워크 역량 강화

○ 해외 선진업체와의 지속적인 교류로 중규모 수력플랜트 건설기술 전문성 제고

□ 중수력 플랜트 분야의 선진업체와의 교류로 해외수력시장 진출 기반조성

○ 국내 수력발전 건설기술분야의 미흡한 인프라를 강화하기 위해 선진업체 및 기관과의 교류로 인프라 고도화 전략을 마련

표 4-1-1 SWOT 분석 및 포지션별 전략수립

	【 강 점(S) 】	【 약 점(W) 】
내부 환경 분석	▪ 제조업 분야 인프라 성숙 ▪ 15MW급 프란시스 수차발전기 개발 경험확보(`16.11) ▪ 운영관리, 제어시스템 기술기반 성숙 ▪ 세계적 수준의 수차성능시험센터 보유 ▪ 국내 ICT 기술수준 및 인프라 성숙	▪ 수력발전 건설기술분야인프라 전문가,교육기관,연구기관) 미흡 ▪ 중규모 수력플랜트 건설기술 전문성 결여 ▪ 국내 부존 수자원부족으로 중규모 수력플랜트에 대한 정부의 연구개발 투자의지 부족 ▪ 중규모 수력플랜트 해외사업 수행경험 부족
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】	【 위 협(T) 】
	▪ 온실가스 감축정책으로 수력분야 정책적 지원확대 ▪ 국내 수력설비 현대화 사업진행 ▪ 해외시장(신규, 현대화) 및 북한 노후수력현대화 도래	▪ 기술개발, 경쟁력 확보에 장기간 소요 ▪ 해외 선진업체와의 기술격차 ▪ 중국, 동구권 업체와의 가격경쟁 ▪ 중국 자국내 수력발전 개발확대 수력분야 급부상

SO 전략	▪ 기 보유중인 성능시험센터 고도화 전략수립 ▪ 15MW급 수력설비 기술개발을 활용한 50MW급 수력플랜트 건설기술 확보 ▪ 현대화 사업을 통한 중규모급 수력플랜트 해외진출 마련	WO 전략	▪ 국내 수력 현대화 사업을 활용한 선진 기술이전 ▪ 해외 인프라를 활용한 수력분야 전문성 강화 ▪ 선진기관과 기술협력 및 공동연구를 통한 기술 네트워크 강화
ST 전략	▪ 해외사업 진출용 50MW급 수력 플랜트 독자모델 확보 ▪ 수력분야 新사업(종합컨설팅)발굴 ▪ ICT 기반의 차별화된 건설기술 발굴	WT 전략	▪ 글로벌 기술교류를 통한 인프라 자원 고도화 ▪ 글로벌 전문인력 양성, 프로그램 강화를 통한 해외수력시장 진출 기반 마련 ▪ 글로벌 기술 네트워크 확대로 해외 전문성 강화

2. Issue-Tree 분석

가. 정책 · 기술 · 시장 동향 핵심 Keyword

(1) 정책동향 핵심 Keyword

□ 주요 선진국의 경우 신재생 에너지 비중 확대 정책을 추진 중임

○ 미국은 에너지 수입의존도 축소 및 환경오염, 기후변화 대응을 위해 수력발전 등 신재생 에너지 비중 확대 정책을 추진 중임

○ 일본, 프랑스, 독일 등은 원전의 단계적 또는 완전폐쇄를 목표로 신재생 에너지 비중을 단계적으로 확대하기 위한 정책을 추진중임

□ 국내는 신규 수력발전 보다 기존 설비 현대화에 초점을 맞추고 있음

○ 국내는 수력자원 부존량이 미미하여 정부차원에서의 신규발전 정책에는 다소 소극적이나, 기존 수력설비 성능개선 및 현대화를 위한 기술개발을 지원 중

(2) 기술동향 핵심 Keyword

□ 국내는 중규모 수력플랜트 설계, 시공기술이 부족함

○ 국내는 15MW급 이상의 중규모 수력발전 플랜트 건설기술이 부재

○ 중수력 이상 규모의 국내 수력발전소는 한수원과 수자원 공사가 운영중이나, 주기기는 전량 해외에 의존하는 실정임

○ 그간 국내에서는 역설계를 통해 해외 선진사 DB를 확보하고 추가적인 해설절차가 추진되어 최종 제품의 성능 한계가 존재

□ 해외는 중대형 수력설비를 고려한 설계, 시공기술개발이 활발하게 추진중임

○ 중수력 발전은 소수력발전과 달리 하중을 고려한 해석 및 설계가 필수적이며, 규모상 공장에서 완제품 제조가 불가

○ 해외는 최고 효율 수차 설계 기술 및 진동에 유연한 설계기술 박차를 가하고 있음

□ 국내는 다양한 해석기술의 발달 및 성능평가 인프라를 보유하고 있어, 중규모 수력플랜트 기술개발 역량을 일부 확보하고 있는 것으로 판단됨

○ 최근 해석기술 발달 및 보급으로 CFD 해석을 통한 수력설계, FEM 구조해석 및 다양한 모델링 방법을 통한 분석 기술의 적용이 가능함

○ 국내는 세계 수준의 수력플랜트 모델 성능평가 인프라를 보유함

(3) 시장동향 핵심 Keyword

□ 수력발전 플랜트 시장은 신규시장 및 기존 노후화 플랜트 현대화 시장으로 구분됨

○ 중국, 인도, 동남아시아, 남미 등은 비교적 규모가 큰 수력발전 시장이 형성되어 있으며, 미국, 캐나다 , 유럽 등은 용량 증대 및 노후설비 현대화 시장이 형성됨

□ 저개발국가의 신규 수력플랜트 시장이 가속화 될 전망이며, 국내에서는 기존 노후화 플랜트 현대화 시장이 증가할 것으로 예상됨

○ 최근 World bank가 중대형 수력 발전프로젝트 지원의사를 밝힘에 따라 저개발국의 수력 프로젝트 추진 가속화가 예상됨

○ 국내에서는 K-water (6,604억원), 한수원(3,746억원) 등 국내 수력설비 현대화사업 투자를 계획하고 있음

□ 수력플랜트를 포함한 해외 플랜트시장에서는 제작/건설/운영실적을 요구하고 있음

나. 핵심이슈

□ 해외 중수력 플랜트 시장진출 활성화를 위한 국내 독자적인 기술 확보가 필요함

○ 선진국의 신재생에너지 비중확대정책, World bank의 중대형 수력플랜트 지원의사에 따라 향후 중수력 플랜트 시장은 확대될 것으로 예상

○ 국내는 역설계를 통해 일부 기술을 확보하는 등 중수력 플랜트 설계 및 시공기술이 미흡하며, 대부분의 주기기는 전량 해외에 의존하고 있음

□ 소수력 발전 대비 하중 증가에 따른 안전성 확보 필요

○ 중수력 플랜트는 소수력 발전 대비 하중이 크기 때문에 하중을 고려한 해석 및 설계가 필수적임

○ 중수력 이상의 설비들에 있어서는 기기에서 발생하는 하중(수력, 구조동역학, 전자기력)의 크기와 고려해야 하는 하중의 종류에서 차이가 나기 때문에 설계시 이러한 인자들을 고려한 설계가 진행되어야 함

○ 2000년 스위스 Bieudron발전소(Penton 423MW, 3기) 사고는 1,000m 이상의 낙차에서 발생하는 고압에 의한 도수로 파괴 사고로 3명의 사상자가 발생하였으며 9년 동안의 보수와 발전정지를 초래함

○ 2009년 발생한 러시아 Sayano-Shushenskaya 발전소(Francis 650MW, 10기)는 사고로 10기의 터빈 중 9기 이상이 완파되었으며 76명의 사상자 발생함

□ 소수력 대비 플랜트 대형화에 따른 기자재 모듈화 제작 및 설치기술 확보필요

○ 특히 30MW 이상의 수력 발전기는 그 규모로 인해 공장에서 완제품으로 제조가 불가하므로 현장가공 및 조립기술이 필수적임

□ 노후설비 현대화 시장진출을 위한 성능평가, 노후도 평가기술 확보 및 기자재 국산화 필요

○ 미국, 캐나다, 유럽 및 국내에서는 노후 수력플랜트의 현대화 및 용량증대 시장이 증가할 것으로 예상됨

○ 국내에서는 한수원과 수자원 공사가 중수력 이상 규모의 수력발전을 운영하고 있으나 대부분의 주기기는 해외에 의존하고 있어, 향후 주기기 교체시 많은 비용이 발생할 것으로 예상됨

□ 다양한 해석기술을 활용한 안전도 해석 및 위험도 평가, 설계역량 확보 필요

○ 최근에는 해석기술의 발달과 광범위한 보급으로 설계과정 전 단계에 걸쳐 광범위하게 활용되고 있음

○ 특히 CFD 해석을 통한 수력설계와 FEM 등의 구조해석을 통한 구조건전성 평가, 진동 및 회전체 동역학 해석 기술을 적용한 진동 설계 및 축설계 등을 통해 설계기간의 단축뿐만 아니라 다양한 설계변수들에 대한 영향도를 파악하고 성능을 예측할 수 있음

□ 개발기술의 T/B 적용을 통한 현장 성능검증 경험 확보 필요

○ 수력플랜트를 포함한 해외 플랜트 시장 진출을 위해서는 제작/건설/운영실적 확보가 필요함

○ 실험실 규모의 해석은 많은 가정 하에 이루어지므로 반드시 모델시험이나 실증 등을 통한 검증과정이 필요함

다. R&D Needs

□ 중규모 수력 플랜트 구조물 안전성 검토, 해석 및 노후화 진단기술

○ 중규모 수력 플랜트는 소규모 플랜트 대비 상대적인 하중 (수력, 구조 동역학, 전자기력 등) 증가에 따른 구조물의 안전성 확보가 중요함

○ 최근 ICT 기술 발달에 따라 대형 구조물에 대한 해석기술이 급속도로 발전하고 있어, 이를 활용한 중규모 수력 플랜트의 해석, 진단 기술의 선점이 필요함

○ 국내 및 선진국의 경우 노후화 수력 플랜트에 대한 진단 및 기기 교체 수요가 증가할 전망으로 이에 대한 기술역량 확보가 필요함

○ 해외시장 진출 시 여러 국가의 상이한 외부환경을 고려한 사용조건의 설계기술과 내진 안정성을 위한 저감기술 필요함

□ 안전성 기반 설계기술 및 정밀 시공 기술

○ 중수력 플랜트의 경우 소수력 플랜트와 달리 기기에서 발생하는 하중의 크기가 상이하기 때문에 하중의 종류 및 규모를 고려한 다양한 인자들을 고려한 설계가 필요함

○ 중수력 플랜트의 구조적 안전성을 고려한 ICT 기술 기반의 정밀시공제어 시스템 구축이 필요함

□ 대형 기자재 분할 설계, 제작 및 현장 시공 기술

○ 10MW급 이상 중규모 수력 플랜트의 경우 규모상 문제로 인해 공장에서 완제품 제조가 불가함

○ 공장제작, 운송 및 현장 조립을 고려한 수차, 회전 축계, 발전기 등의 주기기 분할 설계, 제작 및 현장 시공기술 확보가 필요

□ 실규모 중수력 플랜트 운영, 제어 및 검증 기술

○ 대규모 인프라 구축 사업에 대해서는 대부분의 국가가 설계, 제작, 운영 등의 실적을 요구하고 있음

○ 30년 이상의 수력발전 플랜트 운영 및 제어시스템 운영 Know-how를 통해 개발기술의 T/B 적용을 통한 실규모 플랜트 시운전을 통한 기술 검증 역량 확보가 필요

□ 중규모 수력 플랜트 발전설비 내진안전성 평가기술

○ 미국, 일본 등 주요 선진국은 발전설비에 대한 실측 내진실험 수행 및 기준마련을 위해 노력중임

○ 국내는 플랜트 발전설비에 대한 내진설계기준이 마련되어 있지 않으며 실측 진동대 실험 및 수치해석 모델개발로 내진안전성 평가기술 확보가 요구됨

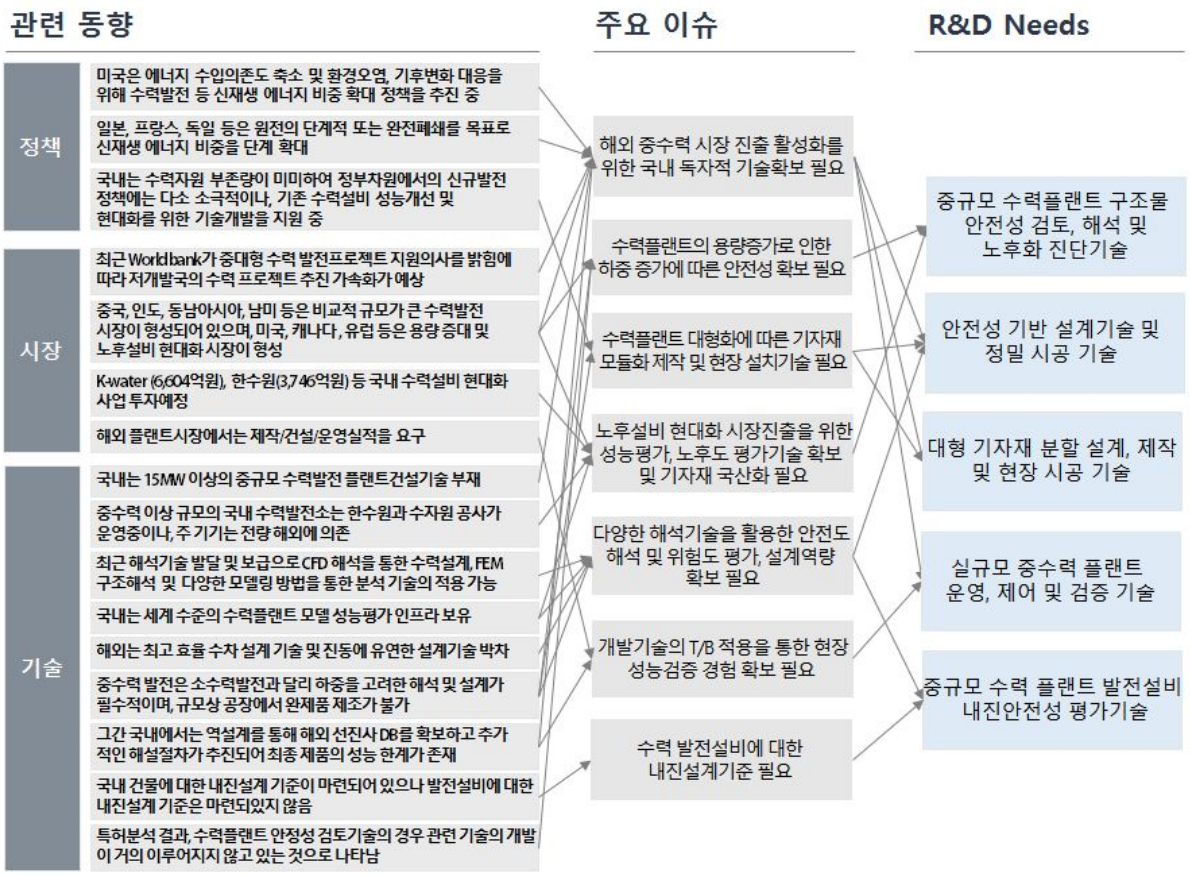


그림 4-1-1 Issue Tree 분석결과

2절. 비전 · 목표

1. 비전 : 기후변화체제에 대응하는 수력발전 플랜트 강국 실현

□ COP21이후 新 기후변화체제가 도입될 예정임에 따른 수력발전을 중심으로 한 신재생에너지 사업이 지속 증가할 전망에 있어 중규모 수력발전플랜트의 종합 건설기술 확보를 통해 수력발전 플랜트 강국을 실현

2. 목표 : 50MW급 고효율(최대 수차 92%, 발전기 96.5% 이상) 설계·제작 기술을 포함한 안전성 기반 성능평가, 검증 등 독자적 건설기술 개발

□ SWOT분석, ISSUE-Tree 분석 등을 통해 결정된 중점추진 방향을 기준으로 3개 분야 목표 설정

□ (안전성) 최근 수력플랜트가 대형화되며 안전성에 대한 기술적 검토가 중요한 이슈로 떠오르고 있어 수력플랜트 안정성 기반의 평가, 설계, 예측 분야의 독자적 기술 개발 목표 설정

□ (제작/설치) 향후 국내 현대화사업 및 해외사업 진출을 위해서는 선진기관 수준의 기술 개발이 필요하므로, 수차는 최대효율 92%, 발전기는 최대효율 96.5% 이상의 목표 설정

□ (시험/평가) 수력플랜트 성능평가 및 검증기술은 기존 성능검증 능력 대비 정확도를 10% 향상시켜 선진기관 수준의 기술을 확보하는 것으로 목표 설정

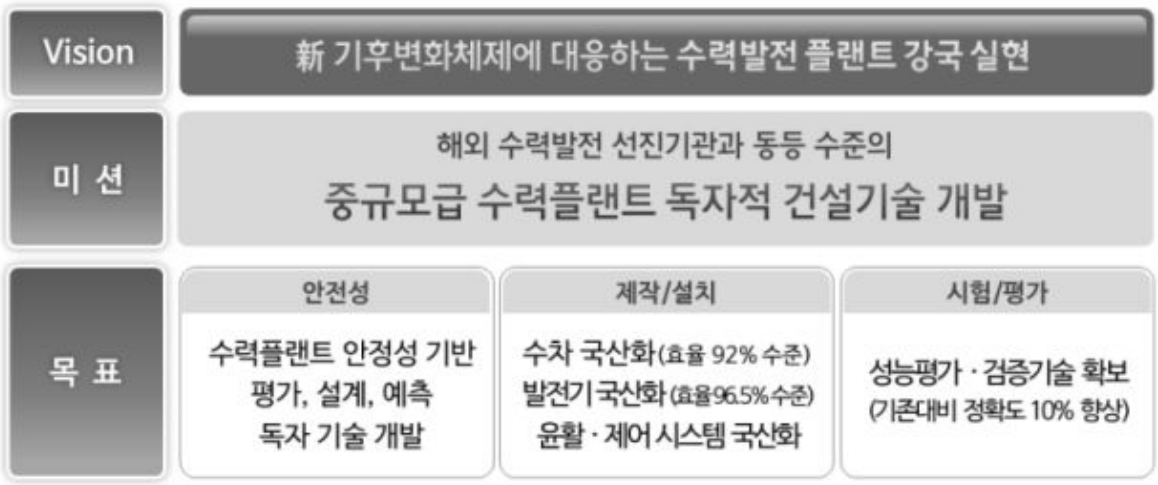


그림 4-2-1 비전과 목표

3절. 세부과제 선정

1. 세부과제 선정 절차

□ 중점 추진방향을 기반으로 4단계의 과제 선정 절차를 거쳐 최종 3세부, 8세세부 추진 과제 선정

표 4-3-1 세부과제 선정절차 및 과제 선정

1단계 기술분류 체계 확립	○ 연구개발과제 선정의 기초가 되는 기술분류체계는 수력발전설비 설계, 제작, 성능, 실증시험 기술과 수력플랜트 안정성 평가·분석 기술을 접목하여 3개의 대분류와 11개의 중분류, 37개의 세분류로 기술분류체계를 구성하였음
2단계 기술수요 조사	○ 총 22명의 수력발전 산·학·연 전문가로 구성된 기획위원회를 구성하여 기술분류체계를 기준으로 기술수요조사를 실시하였으며, 이를 통해 총 51건*의 분야별 기술수요조사 * 수력플랜트 안정성 검토기술(11건), 수력발전시스템 개발(27건), 수력발전 시스템 검증 및 실증시험(13건)
3단계 기술수준 예측조사	○ 산•학•연 전문가들을 대상으로 설문을 통해 기술분류체계를 기준으로 국내 기술수준을 예측한 결과 선진기관 기술과 약 4년의 격차가 있으며, 사회경제적 실현 시기는 약 5년의 격차가 있는 것으로 분석되었음
4단계 사업추진 방향 및 목표설정	○ SWOT 분석 및 ISSUE TREE 분석 기법을 통해 추진방향 및 목표를 선정하였음 * (추진방향) 수력플랜트 안정성 강화, 수력플랜트 건설기술 독자 모델 개발, 시스템 검증 및 실증 기술 확보 * (목표) 50MW급 수력플랜트 건설 독자모델 기술 확보 및 수출용 모델 개발

(1세부) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계기술	(2세부) 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술	(3세부) 수력플랜트 성능시험 및 평가기술
① 수리적 구조물 안전성 검토 및 설계기술 ② 수력플랜트 내진안전성 및 사고 저감기반 설계 기술 ③ 외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계 기술	④ 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술 ⑤ 수력플랜트 시스템의 정밀 시공기술 ⑥ 제어시스템 시공 및 시운전 기술	⑦ 실물 발전플랜트 검증기술 ⑧ 상태진단 및 평가기술

4절. 중점추진분야 선정

1. 중점추진분야 선정

□ Issue Tree에서 도출된 R&D Needs를 기반으로 동 사업의 목표달성을 위한 중점추진분야를 도출함

○ 국내외 시장/정책/기술동향을 기반으로 핵심 Keywords와 연계한 R&D Needs를 도출함

○ R&D Needs와 연계하여 8개의 연구영역을 도출 하였으며, 이를 기반으로 3개의 중점추진분야를 도출함

○ 3개의 중점추진분야는 동 사업의 핵심 목표인 수력플랜트 안정성, 수력플랜트 대형화로 인한 제작/설치, 수력플랜트의 시험 및 평가 달성을 위해 중점적으로 추진되어야 하는 연구 분야임

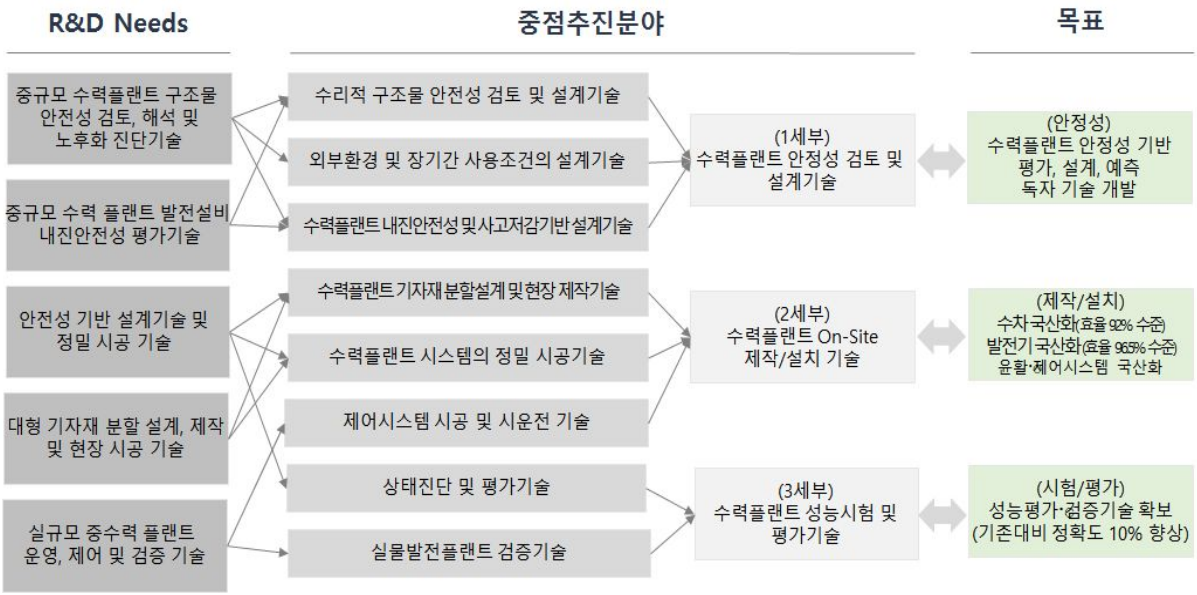


그림 4-4-1 중점추진분야 도출 결과

5절. 연구개발과제 구성

1. 후보과제 Pool 구성

가. 후보과제 Pool 구성 방법

□ 기술수요조사로부터 발굴된 과제간의 중복성/유사성/위계 검토 및 조정을 통해 중점추진분야에 부합하는 후보과제 Pool을 구성함

나. 후보과제 Pool 중복성 · 유사성 · 위계 검토

□ 중점추진 분야별로 필요한 요소기술을 아이템화 하여 후보과제 Pool을 구성한 후에 유사성을 검토하여 기술개발 영역이 유사한 후보과제는 병합 및 명칭변경을 수행함

다. 후보과제 Pool list

(1) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계기술

□ 수력플랜트 안정성 검토 및 설계기술 분야의 기술아이템 중 위계성과 중복성을 고려한 유사후보과제 병합 및 명칭변경을 수행함

○ 수리적 구조물 안전성 검토 및 설계기술분야

표 4-5-1 수리적 구조물 안정성 검토 및 설계기술분야 기술아이템의 후보과제화

기술아이템	후보과제	비고
▪ 압력수압터널 내수압 해석 및 안정성 평가	▪ 압력수압터널 내수압 해석 및 안정성 평가	유지
▪ 수충격에 의한 송수시설의 안정성 평가기법 개발	▪ 수충격에 의한 송수시설의 안정성 평가기법 개발	유지
▪ 수차진동에 의한 수력발전플랜트 영향진단 기술	▪ 수차진동에 의한 수력발전플랜트 영향진단 기술	유지
▪ 주요진동 원인별 안정성 평가	▪ 주요진동 원인별 안정성 평가	유지

○ 수력플랜트 내진 안정성 사고 저감기술 설계기술

표 4-5-2 수력플랜트 내진 안정성 사고 저감기술 설계기술분야 기술아이템의 후보과제화

기술아이템	후보과제	비고
▪ 포괄적 확률론적 위험기반 발전소 내진 안정성 검토기술	▪ 포괄적 확률론적 위험기반 발전소 내진 안정성 검토기술	병합
▪ 신규발전 시스템 설치 전/후 발전시스템 내진 안정성 평가		
▪ 매설관로 기반시설(팬스탁, 컨트롤게이트, 터빈, 트랜스포머, 파이프 등) 내진 안전성 평가	▪ 매설관로 기반시설(팬스탁, 컨트롤게이트, 터빈, 트랜스포머, 파이프 등) 내진 안전성 평가	유지

○ 외부환경 및 장기간 사용조건의 설계기술

표 4-5-3 수리적 구조물 안정성 검토 및 설계기술분야 기술아이템의 후보과제화

기술아이템	후보과제	비고
▪ 노후화에 따른 발전시스템 진단 및 상태 평가 기술	▪ 노후화에 따른 발전시스템 진단 및 상태 평가 기술	유지
▪ 외부환경에 의한 매설관로 안전성 평가 및 수치해석 모델검증	▪ 외부환경에 의한 매설관로 안전성 평가 및 수치해석 모델검증	유지
▪ 수력플랜트 성능상태 진단평가 기술	▪ 수력플랜트 성능상태 진단평가 및 설계 기술	기술명 변경
▪ 유사유입 영향을 고려한 설비평가 기술	▪ 유사유입 영향을 고려한 설비평가 기술	유지

(2) 수력플랜트 On-Site 제작 및 시공기술

□ 수력플랜트 On-Site 제작 및 시공기술의 기술아이템 중 위계성과 중복성을 고려한 유사후보과제 병합 및 명칭변경을 수행함

○ 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술

표 4-5-4 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술 기술아이템의 후보과제화

기술아이템	후보과제	비고
▪ 50MW급 프란시스 수차의 최적화 기반의 수력 설계 기술	▪ 50MW급 프란시스 수차의 최적화 기반의 수력 설계 및 제작 기술	유사 기술 병합
▪ 중수력 프란시스 수차의 주요 수력부품에 대한 고효율 형상 설계기술		
▪ 중규모 프란시스 수차의 설치 및 실증으로 절차와 기술 정립		
▪ 50MW급 프란시스 수차의 구조 안정성을 위한 유동-구조 연성(FSI)해석 기술	▪ 50MW급 프란시스 수차의 구조 안정성을 위한 유동-구조 연성(FSI)해석 기술	유지
▪ 중수력 프란시스 수차의 회전축계 안정성 해석 기술 및 베어링/시일 설계기술	▪ 중수력 프란시스 수차의 회전축계 안정성 해석기술 및 베어링/시일 설계기술	유사 기술 병합
▪ 50MW급 프란시스 수차의 축계 안정화 설계 기술		
▪ 50MW급 프란시스 수차의 고성능 윤활 베어링 및 실링 기술		
▪ 50MW급 프란시스 수차의 발전기 구조 설계 및 해석기술	▪ 50MW급 프란시스 수차의 발전기 구조 설계 및 해석기술	유지
▪ 50MW급 중규모 수력발전시스템용 고효율 저속 동기 발전기의 전자기 설계 및 손실을 고려한 전자기 해석기술	▪ 50MW급 중규모 수력발전시스템용 고효율 저속 동기 발전기의 전자기 설계 및 손실을 고려한 전자기 해석기술	유지
▪ 50MW급 중규모 수력발전시스템용 고효율 저속 동기발전기의 현장설치를 고려한 국산화 플랜트 설계 및 제작기술 확보	▪ 50MW급 중규모 수력발전시스템용 고효율 저속 동기발전기의 현장설치를 고려한 국산화 플랜트 설계 및 제작기술 확보	유지
▪ 50MW급 프란시스 수차의 전산유동해석을 활용한 캐비테이션 예측 및 억제 기술	▪ 50MW급 프란시스 수차의 전산유동해석을 활용한 캐비테이션 예측 및 억제 기술	유지
▪ 2차원 및 3차원 설계를 활용한 수차 구성품 설계 및 검증 기법	▪ 유체 가진력을 고려한 프란시스 수차 러너의 구조건전성 평가기술	유사 기술 병합
▪ 중규모 프란시스 수차의 고성능실현을 위한 주요부 설계기술		
▪ 수차 주요부의 전산유동특성 해석을 통한 중규모 수차의 설계 기법 개발		
▪ 중수력 프란시스 수차의 캐비테이션 및 비정상 유동특성 해석기술		
▪ 중수력 프란시스 수차의 캐비테이션 유동 특성 해석 및 가시화 검증 기술		
▪ 프란시스 수차의 러너와 스테이터의 비정상 상호작용에 의해 유발되는 진동해석 기술		
▪ 유체 가진력을 고려한 프란시스 수차 러너의 구조건전성 평가기술		
▪ 중규모 수력설비 정밀 제어형 유압설비의 설계, 제작 및 실증	▪ 중규모 수력설비 정밀 제어형 유압설비의 설계, 제작 및 실증	유지
▪ 중규모 수력설비용 스크류 유압설비 기술의 설계 및 제작	▪ 중규모 수력설비용 스크류 유압설비 기술의 설계 및 제작	유지

○ 수력플랜트 시스템 정밀 시공기술

표 4-5-5 수력플랜트 시스템 정밀 시공기술 기술아이템의 후보과제화

기술아이템	후보과제	비고
▪ 수차의 최적운용조건 구현을 위한 수차 조립기술	▪ 수차의 최적 운용조건 및 구조안정성을 고려한 시스템 통합 조립기술	기술명 변경
▪ 프란시스 수차의 제작과 설치에 따른 검사기술	▪ 프란시스 수차의 제작과 설치에 따른 검사기술	유지
▪ 발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체 기술	▪ 발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체 기술	유지

○ 제어시스템 시공 및 시운전 기술

표 4-5-6 제어시스템 시공 및 시운전 기술분야 기술아이템의 후보과제화

기술아이템	후보과제	비고
▪ 중규모 프란시스 주요부 제작기술 확보를 위한 실증	▪ 중규모 프란시스 수차의 설치 및 실증으로 절차와 기술 정립 (Dry/Wet Test 및 시운전 기술)	기술명 변경
▪ 발전기 제어시스템 알고리즘 개발 및 적용/운영기술	▪ 중규모 수력설비용 제어시스템의 설계와 실증	유사 기술 병합
▪ 중규모 수력설비용 제어시스템의 설계와 실증		
▪ 중규모 수력설비용 제어 알고리즘 개발 및 실증	▪ 중규모 수력설비용 제어 알고리즘 개발 및 실증	유사 기술 병합
▪ 제어시스템에 대한 성능 진단 및 평가기술		
▪ 시운전에 따른 수차발전설비 개량 및 최적화기술	▪ 시운전에 따른 수차발전설비 개량 및 최적화 기술	유지
▪ 원격감시제어시스템(SCADA, HMI) 설계/구축기술	▪ 원격감시제어시스템(SCADA, HMI) 설계/구축기술	유지

(3) 수력플랜트 성능시험 및 평가기술

□ 수력플랜트 성능시험 및 평가기술의 기술아이템 중 위계성과 중복성을 고려한 유사후보과제 병합 및 명칭변경을 수행함

○ 실물 발전플랜트 검증기술

표 4-5-7 실물 발전플랜트 검증기술 기술아이템의 후보과제화

기술아이템	후보과제	비고
▪ 수차 모델 최적설계	▪ 수차 모델 최적설계 및 성능평가 기술	유사 기술 병합
▪ 모델 수차 케비테이션 손상의 예측과 평가기술		
▪ 모델 수차의 고정밀 계측 및 데이터 기술 플랫폼 구축		
▪ 모델 수차의 성능환산법		
▪ 수치해석적 기법을 이용한 모델 수차의 성능 상사성 검증		
▪ 실증 수차설비 성능 검증/개선을 위한 정밀 계측/분석 및 평가기술	▪ 실증 수차설비 성능 검증/개선을 위한 정밀계측/분석 및 평가기술	유지
▪ 성능검증용 모델수차 설계기술	▪ 성능검증용 모델수차 설계기술	유지
▪ 유동 안정도 향상기술	▪ 유동 안정도 향상기술	유지

○ 상태진단 및 평가기술

표 4-5-8 상태진단 및 평가기술 기술아이템의 후보과제화

기술아이템	후보과제	비고
▪ 중수력 프란시스 수차의 진동기반 상태감시 및 고장진단 분석기술	▪ 중수력 프란시스 수차의 진동기반 상태감시 및 고장진단 분석기술	유지
▪ 최적 장비수명 관리기술 개발	▪ 최적 장비수명 관리기술 개발	유지

2. 후보과제 우선순위 평가

(1) 개요

□ `중규모 수력플랜트 건설기술 개발기획`연구에서 도출된 후보과제 중 동 사업 수행에 필요한 과제를 선정하고, 선정과제 중 추진 우선순위를 설정하기 위함임

○ 산·학·연 전문가를 대상으로 동 기술개발 기획에서 도출된 후보과제의 기술적 측면, 시장적 측면에 대한 평가를 수행함

(2) 우선순위 평가 절차

□ 우선순위 평가는 우선순위평가 항목도출, 우선순위평가 수행, 우선순위평가 분석 및 과제선정 순으로 추진됨

○ 우선순위 평가항목 도출단계에서는 동 사업의 최종목표를 고려하여 평가 항목을 도출함

- 우선순위평가시 참고자료로 후보과제에 해당하는 기술분류체계의 기술수준, 격차, 기술적 중요도, 시급성, 파급효과, 포트폴리오 분석결과를 제공하여 우선순위 평가자에게 일관된 기준 하에 평가할 수 있도록 유도함

- 우선순위평가 수행단계에서는 우선순위평가 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함

○ 우선순위평가 분석 및 과제 선정단계에서는 6개 항목별 평가점수에 따라 우선순위를 부여하고, 동 과제의 예산을 고려하여 추진과제를 선정함

- 전문가 자문회의를 통해 목표달성에 필요한 과제체계를 설정하였으며, 설정된 과제체계별로 연계되는 후보과제 우선순위 평가결과에 따라 추진과제를 선정함

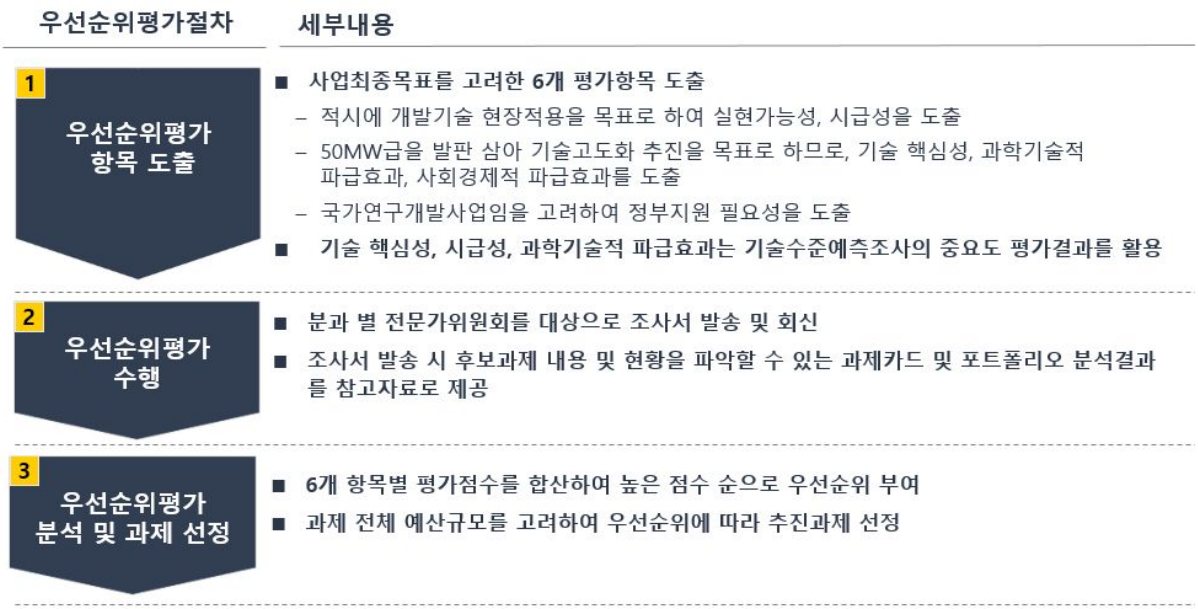


그림 4-5-1 우선순위평가 절차

가. 우선순위 평가항목 도출

□ 우선순위 평가항목은 동 사업의 최종목표를 고려하여 '기술 핵심성', '시급성', '과학기술적 파급효과', '기술개발 실현가능성', '정부지원 필요성', '사회경제적 파급효과' 6개의 평가항목을 도출함

○ 연구기간 중 현장실증시설에 적용을 목적으로 하는 과제의 특성을 감안하여 연구개발사업 종료시점에서의 실현가능성, 실증시설로 검토 중인 대청댐의 개대체 시기가 연구개발 종료 시점임을 고려하여 시급성을 평가항목으로 설정함

○ 50MW급 수력플랜트를 발판삼아 기술고도화를 도모하므로 기술 핵심성, 과학기술적 파급효과, 사회경제적 파급효과를 평가항목으로 설정함

○ 국가연구개발사업임을 고려하여 정부지원 필요성을 평가항목으로 설정함

표 4-5-9 우선순위 평가항목

항 목	비 고
기술개발 실현가능성	현장실증시설 적용 고려
시급성	
기술 핵심성	기술고도화 고려
과학기술적 파급효과	
사회경제적 파급효과	
정부지원 필요성	국가연구개발사업 고려

나. 우선순위평가 수행

□ 우선순위평가는 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 메일을 발송하여 조사함

표 4-5-10 우선순위평가서 발송 및 응답개요

구 분	내 용
조사기간	- 2016년 3월 29일 ~ 2015년 4월 8일 (11일간)
조사대상	- 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사

다. 후보과제 우선순위 평가분석 및 과제선정

(1) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계기술

□ 수리적 구조물 안정성 검토 및 설계 기술분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정여부는 아래와 같음

표 4-5-11 수력플랜트 안정성 검토 및 설계기술 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부

후보과제	우선순위 평가점수						소계	우선순위	선정여부
	핵심성	시급성	과학기술적 파급효과	실현가능성	정부지원 필요성	사회경제적 파급효과			
▪ 압력수압터널 내수압 해석 및 안정성 평가	4.0	4.5	4.0	4.3	3.7	3.3	23.8	1	O
▪ 수충격에 의한 송수시설의 안정성 평가기법 개발	4.0	3.4	3.8	4.3	4.0	3.7	23.2	2	O
▪ 수차 진동에 의한 수력발전 플랜트 영향 진단기술	4.3	4.0	3.7	3.7	3.0	3.0	21.7	3	O
▪ 주요진동 원인별 안정성 평가	4.0	3.9	3.7	3.3	3.3	2.7	20.9	4	X

□ 수력플랜트 내진안전성 사고 저감기반 설계기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제 선정여부는 아래와 같음

표 4-5-12 수력플랜트 내진안전성 사고 저감기반 설계기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부

후보과제	우선순위 평가점수						소계	우선순위	선정여부
	핵심성	시급성	과학기술적 파급효과	실현가능성	정부지원 필요성	사회경제적 파급효과			
▪ 포괄적 확률론적 위험도 기반 발전소 내진 안전성 검토기술	4.5	4.5	4.5	4.3	4.3	3.7	25.8	1	O
▪ 매설관로기반시설(팬스탁, 컨트롤게이트, 터빈, 트랜스포머, 파이프 등) 내진 안전성 평가	4.0	4.0	4.0	4.7	4.3	4.0	25.0	2	O
▪ 신규 발전시설 설치 전/후 발전시설 내진 안전성 평가	4.0	3.5	3.8	4.7	4.3	3.3	23.6	3	X

□ 외부환경 및 장기간 사용조건의 설계기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제 선정여부는 아래와 같음

표 4-5-13 외부환경 및 장기간 사용조건의 설계기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부

후보과제	우선순위 평가점수						소계	우선순위	선정여부
	핵심성	시급성	과학기술적 파급효과	실현가능성	정부지원 필요성	사회경제적 파급효과			
▪ 노후화에 따른 발전시스템 진단 및 상태평가 기술	4.4	4.4	3.8	4.3	4.7	4.3	25.9	1	O
▪ 수력플랜트 성능상태 진단 평가 및 설계 기술	4.2	3.8	3.8	4.0	4.0	3.3	23.1	2	O
▪ 외부환경에 의한 수압 관로 안전성 평가 및 수치해석 모델 검증	3.7	4.0	3.7	4.0	4.0	3.3	22.7	3	X
▪ 유사유입 영향을 고려한 설비평가 기술	4.3	3.8	3.3	3.3	3.0	2.7	20.3	4	X

(2) 수력플랜트 On-Site 제작 및 시공기술

□ 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술분야의 우선순위 평가점수 및 과제 선정여부는 아래와 같음

표 4-5-14 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부

후보과제	우선순위 평가점수						소계	우선순위	선정여부
	핵심성	시급성	과학기술적 파급효과	실현 가능성	정부지원 필요성	사회경제적 파급효과			
▪ 50MW급 프란시스 수차의 최적화 기반의 수력 설계 및 제작 기술	4.9	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	28.8	1	O
▪ 중수 력프란시스 수차의 회전축계안정성 해석기술 및 베어링/시일 설계기술	4.9	4.8	4.8	5.0	4.5	4.3	28.3	2	O
▪ 50MW급 중규모 수력발전시스템용 고효율 저속 동기발전기의 현장설치를 고려한 국산화 플랜트 설계 및 제작기술 확보	4.3	4.3	4.2	5.0	4.8	4.5	27.1	3	O
▪ 50MW급 프란시스 수차의 발전기 구조 설계 및 해석기술	4.4	4.4	4.3	4.8	4.3	4.3	26.3	4	O
▪ 50MW급 중규모 수력발전시스템용 고효율 저속 동기 발전기의 전자기 설계 및 손실을 고려한 전자기 해석기술	4.4	4.4	4.3	4.8	4.3	4.3	26.3	4	O
▪ 50MW급 프란시스 수차의 구조 안정성을 위한 유동-구조 연성(FSI) 해석 기술	4.8	4.7	4.7	4.5	4.0	3.8	26.3	4	O
▪ 50MW급 프란시스 수차의 전산유동해석을 활용한 캐비테이션 예측 및 억제 기술	4.9	4.8	4.8	4.5	3.6	3.5	26.1	7	X
▪ 유체 가진력을 고려한 프란시스 수차 러너의 구조건전성 평가기술	4.8	4.7	4.7	4.3	4.0	3.8	26.1	7	X
▪ 중규모 수력설비 정밀 제어형 유압설비의 설계 제작 및 실증	4.9	4.6	4.6	4.5	3.3	3.3	25.1	9	X
▪ 중규모 수력설비용 스크류 유압설비 기술의 설계 및 제작	4.9	4.6	4.6	4.3	3.0	3.3	24.6	10	X

□ 수력플랜트 시스템의 정밀 시공기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제 선정여부는 아래와 같음

표 4-5-15 수력플랜트 시스템의 정밀 시공기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부

후보과제	우선순위 평가점수						소계	우선순위	선정여부
	핵심성	시급성	과학기술적 파급효과	실현 가능성	정부지원 필요성	사회경제적 파급효과			
▪ 수차의 최적 운용 조건 및 구조안정성을 고려한 시스템 통합 조립 기술	5.0	4.5	4.5	4.8	3.8	3.8	26.3	1	O
▪ 프란시스 수차의 제작과 설치에 따른 검사 기술	4.7	4.7	4.7	5.0	3.5	3.3	25.9	2	O
▪ 발전정지 시기를 고려한 요소부품 개대체 기술	4.2	4.2	3.6	4.0	4.0	3.3	23.3	3	X

□ 제어시스템 시공 및 시운전 기술분야의 우선순위 평가점수 및 과제 선정여부는 아래와 같음

표 4-5-16 제어시스템 시공 및 시운전 기술분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부

후보과제	우선순위 평가점수						소계	우선순위	선정여부
	핵심성	시급성	과학기술적 파급효과	실현 가능성	정부지원 필요성	사회경제적 파급효과			
▪ 중규모 프란시스 수차의 설치 및 실증으로 절차와 기술 정립 (Dry/Wet Test 및 시운전 기술)	4.9	4.8	4.8	4.8	4.0	4.0	27.3	1	O
▪ 시운전에 따른 수차 발전설비 개량 및 최적화 기술	4.7	4.5	4.5	4.3	3.5	4.0	25.4	2	O
▪ 중규모 수력설비용 제어시스템의 설계와 실증	4.1	3.9	4.4	5.0	4.0	3.8	25.2	3	O
▪ 중규모 수력설비용 제어 알고리즘 개발 및 실증	4.1	3.9	4.4	4.8	3.8	3.5	24.5	4	O
▪ 원격감시 제어시스템(SCADA, HMI) 설계/구축기술	4.1	3.9	4.4	4.8	3.5	3.5	24.2	5	X

(3) 수력플랜트 성능시험 및 평가기술

□ 수력플랜트 성능시험 및 평가기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제 선정여부는 아래와 같음

표 4-5-17 수력플랜트 성능시험 및 평가기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부

후보과제	우선순위 평가점수						소계	우선순위	선정여부
	핵심성	시급성	과학기술적 파급효과	실현 가능성	정부지원 필요성	사회경제적 파급효과			
▪ 수차 모델 최적설계 및 성능 평가 기술	4.9	4.9	4.8	4.8	4.8	4.5	28.6	1	O
▪ 실증 수차설비 성능 검증/개선을 위한 정밀 계측/분석 및 평가 기술	5.0	5.0	4.7	4.5	4.3	3.8	27.2	2	O
▪ 모델 수차의 고정밀 계측 및 데이터 기술 플랫폼 구축	4.8	4.8	4.7	4.5	4.3	4.3	27.2	2	O
▪ 성능검증용 모델 수차 설계기술	4.9	4.9	4.8	4.3	4.0	4.0	26.9	3	X
▪ 유동 안정도 향상 기술	4.9	4.9	4.8	4.8	4.0	3.5	26.8	4	X
▪ 모델 수차 케비테이션 손상의 예측과 평가기술	4.8	4.8	4.7	4.3	4.5	3.8	26.7	5	X
▪ 수치해석적 기법을 이용한 모델 수차의 성능 상사성 검증	4.8	4.8	4.6	4.5	4.3	3.8	26.6	6	X
▪ 모델 수차의 성능환산법	4.8	4.8	4.6	4.3	4.0	3.3	25.6	7	X

□ 상태진단 및 평가기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제 선정여부는 아래와 같음

표 4-5-18 상태진단 및 평가기술 분야의 우선순위 평가점수 및 과제선정 여부

후보과제	우선순위 평가점수						소계	우선순위	선정여부
	핵심성	시급성	과학기술적 파급효과	실현 가능성	정부지원 필요성	사회경제적 파급효과			
▪ 중수력 프란시스 수차의 진동기반 상태감시 및 노후화 진단,고장진단 분석기술	4.3	4.0	3.7	4.0	4.3	4.0	24.0	1	O
▪ 최적 장비수명 관리 기술 개발	4.3	4.0	4.0	4.0	3.8	3.8	23.9	2	X

6절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. (1 세부과제) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 세부과제

가. 1-1 세세부과제

(1) 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세세부과제명	▪ 수리적 구조물 안전성 검토 및 설계기술
배경 및 필요성	▪ 수력플랜트의 수리적 충격 영향에 대한 종합적 검토를 통해 발생 시 대형 사고의 위험요소를 예방
정부지원 필요성	▪ 안정적인 전력공급원의 역할을 수행하고 있는 수력발전설비의 에너지 안보 차원에서 구조물 안정성 확보를 위한 정부 지원 필요
세세부과제의 개념 및 범위	▪ 회전 기기의 기동 및 급정지 시에 발생할 수 있는 수충격에 대한 안정성을 확보할 수 있는 매커니즘 규명 및 회피 설계 기술 확보
세세부과제의 목표	▪ 시나리오 기반의 수충격 발생 및 수리 진동 현상에 대한 영향 인자 도출 ▪ 수충격 및 수리 진동 발생의 저감할 수 있는 설계 기술 개발 ▪ 수압관로 시스템 손상에 대한 영향인자 도출 및 종합 안전도 평가 기술 개발
주요내용	▪ 시나리오 기반의 수로터널, 주변지반, 인접 시설물 상호 안전도 평가 기술 ▪ 발전설비의 부재 별 성능실험 및 수치해석 모델링 개발 ▪ 시나리오 기반 수충격 및 수리진동 안전도 평가
기술적 위험요인	▪ 개발된 설계 기술에 대한 현장 실증의 어려움(기존 배관 및 설비 노후화로 인한 사고 위험성 존재)
연구개발 추진전략	▪ 충분한 시뮬레이션을 통한 실증과 유사한 효과 기대 ▪ 유사한 구조물 안정성 검토 경험이 많은 대학, 엔지니어링社, 수력발전 운영 공기업 등과의 협업을 통한 연구 추진
기대효과 및 파급효과	▪ 수충격을 고려한 수력플랜트 설계 기술 확보로 에너지 안보 강화 ▪ 운영 중에 발생할 수 있는 수충격에 대한 안정적 평가 기술 확보 기대

(2) 연차별 목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도	수로터널 안정도 평가를 위한 적정 시나리오 확정	수로터널 안전도 평가 시나리오 구축
2차년도	발전설비 부재 수치모델 개발 수로터널의 손상 진전 평가기술 개발 수충격 해석모델 개발 및 적용	발전설비 부재 수치해석 모델 개발 및 성능시험 수로터널의 수리-역학 특성 및 손상 진전 평가기술 개발 수충격을 고려한 관로시설 해석모델 개발
3차년도	주변 지반 안전도 평가 기술 관로시설 해석기법 확정	주변 지반의 안전도 평가 기술 개발 관로시설 해석기법 개발
4차년도	발전설비 부재별 안정성 평가	발전설비 부재 별 성능 평가
5차년도	수충격 및 수리진동 안정성 평가	수충격 및 수리진동에 의한 수압철관 안정성 평가기법 개발

(3) 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
시나리오 기반의 수로터널 안전도 평가 기술 및 매뉴얼 개발	1	논문발표(전문학술지) 특허출원 특허등록 수로터널 안전도 평가 매뉴얼 개발	논문건수 특허출원건수 특허등록건수 개발건수	건 건 건 건	3 1 1 1	0.2 0.2 0.3 0.3	국내 안전도 평가 기술 확보
발전설비 부재별 성능실험 및 수치해석 모델 개발	2	논문발표(전문학술지) 수치해석모델 개발 내진성능평가 가이드라인 제시	논문건수 개발건수 제시건수	건 건 건	5 1 1	0.3 0.3 0.4	수력플랜트 부재별 내진 안정성 확보

나. 1-2 세세부과제

(1) 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세세부과제명	▪ 수력플랜트 내진안정성 및 사고 저감 기반 설계 기술
배경 및 필요성	▪ 최근 빈번히 인근 지역에서 발생하고 있는 지진에 대한 내진 안정성을 고려한 설계 기술의 확보가 필요
정부지원 필요성	▪ 지진에 의한 사고 발생 시 안정적인 전력공급원의 역할을 계속 수행하고, 2차 사고를 예방하기 위해 국가적 지원이 필요
세부과제의 개념 및 범위	▪ 지진 발생 유형별 시나리오에 의거한 피해 예측 모델 개발과 이에 대한 발전 설비별 내진 특성과 안정성을 평가
세부과제의 목표	▪ 발생 가능한 지진 시나리오별로 발전설비별로 내진 특성을 평가해 유사 시 예측 가능한 설비 운영을 통한 안정성 확보
주요내용	▪ 중수력 플랜트 구조물 발전설비 지진안정성 평가 연구 시스템 개발 ▪ 중수력 플랜트의 위험분석 및 지진 취약성 기반 발전 설비 위험 평가 기술 개발
기술적 위험요인	▪ 수력발전설비에 대한 내진 특성에 대한 평가 경험 없음 ▪ 내진에 대한 평가 항목 및 대상이 다양해 적정 결과 도출에 경제적, 시간적으로 많은 노력이 요구될 위험성
연구개발 추진전략	▪ 경험이 많은 해외 선진 기관의 내진 고려사항 및 평가 등에 대한 협력 ▪ K-water를 비롯한 발전설비 운영 공기업에서 진행중인 현대화 사업에 참여하는 해외 제작사와의 협력 추진 ▪ 유사한 연구 수행 경험이 많은 대학, 엔지니어링 기업과의 협업
기대효과 및 파급효과	▪ 발생 가능한 지진을 고려한 수력플랜트 설계 기술 확보로 에너지 안보 강화

(2) 연차별 목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도	발생가능 지진 시나리오 선정 기존 발전설비의 내진성능 평가	시나리오 기반 지진 피해예측 모델 개발 진동대 실험을 통한 발전설비 내진성능 평가
2차년도	수력플랜트 내진 평가 시스템 개발	중수력 플랜트 구조물 발전설비 지진 안정성 평가 연구 시스템 개발 면진 장치가 적용된 발전설비의 진동대 실험을 통한 내진성능 평가 및 매뉴얼 개발
3차년도	안정성 평가 취약도 함수 개발	발전설비 안정성 평가를 위한 취약도 함수개발
4차년도	수력플랜트별 위험 평가 모델 개발	중수력 플랜트의 Hazard Analysis and Seismic Fragility 기반 발전설비 Risk Assessment 개발
5차년도	수력플랜트 내진성능 평가 수치해석 모델 개발	진동대 실험 기반 발전설비 수치해석 모델 개발

(3) 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
발전설비 내진성능평가 및 안정성 예측기술 개발	1	논문발표(전문학술지) 안정성 평가 취약도 함수 개발 발전설비 안정성 평가를 위한 취약도 함수개발 보고서	논문건수 개발건수 연구보고서	건 건 건	3 1 1	0.3 0.3 0.4	취약도 함수개발을 통한 발전설비 안정성 기술 수준 고도화
	2	논문발표(전문학술지) 특허출원 특허등록 주요 발전설비 내진성능평가 및 보수 및 보강안 제시	논문건수 특허출원건수 특허등록건수 연구보고서	건 건 건 건	2 1 1 1	0.2 0.2 0.3 0.3	기술 영역 확대

다. 1-3 세세부과제

(1) 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세세부과제명	▪ 외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계 기술
배경 및 필요성	▪ 국내 수력발전설비의 운영 경험이 축적되고 있으나, 과학적인 상태평가를 통한 보수 혹은 교체 등의 의사결정 시스템 부족
정부지원 필요성	▪ 과학적 의사결정 과정을 통한 운영 효율화를 통한 유지관리 비용의 절감을 도모하는 내용으로 기대되는 성과는 국가적 이익으로 연결되어 정부지원 필요
세세부과제의 개념 및 범위	▪ 운영 중인 수력플랜트에 대한 상태 진단 기술 개발 ▪ 수압 관로, 수문 등에 대한 상태평가 기법 개발
세세부과제의 목표	▪ 표준화된 수력플랜트 상태평가 기술 개발 ▪ 유지 보수 및 현대화에 대한 과학적 타당성 검토 기술 개발
주요내용	▪ 노후도 기반 수력플랜트 설계 기술 개발 ▪ 수압 관로 및 수문진단 및 상태평가 기술 ▪ 수력플랜트(수압 관로, 수문, 대형 밸브류) 설계 기술
기술적 위험요인	▪ 축적된 기존 설비의 세부 기술적 자료 부재의 우려
연구개발 추진전략	▪ 국내외 플랜트 분야 산학연 전문가 활용 ▪ 안정성에 대한 기준이 엄격한 원자력 발전플랜트 유사 기술의 활용
기대효과 및 파급효과	▪ 수력플랜트에 대한 체계적이고 과학적인 유지관리 의사결정 가능으로 유지관리 비용의 절감 기대

(2) 연차별 목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도	기존 수력플랜트 현황 파악	제조사별 상태평가 자료 분석 국내외 수력플랜트 진단 관련 자료조사/분석
2차년도	진단 및 평가 체계 구축	진단, 평가 기준 수립 50MW급 수력플랜트 설비에 진단 및 평가에 대한 기준 구축 발전설비의 다양한 Parameter에 대한 영향 분석
3차년도	노후도를 감안한 설계 기술 확보	노후도 기반 설계 기술 개발
4차년도	수력플랜트 상태평가 기술 확보	수압 관로 및 수문진단 및 상태평가 기술개발
5차년도	유사(Sand) 등 외부환경을 고려한 설계 기술 확보	외부환경을 고려한 중수력 플랜트 설계기준 개발

(3) 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
장기간 사용조건 기반 설계 기술 개발	1	노후화 설비 진단평가 관련	SW등록	건	1	0.5	평가기술 개발
		플랜트 설비 설계 매뉴얼 개발	연구보고서	건	1	0.5	
수력플랜트 성능상태 평가기술	2	논문발표(전문학술지)	발표건수	건	3	0.1	평가 가이드라인 제시
		특허출원	특허출원건수	건	1	0.1	
		특허등록	특허등록건수	건	1	0.2	
		성능상태 평가 SW개발	SW등록	건	1	0.3	
		성능상태 가이드라인 제시	연구보고서	건	1	0.3	

2. (2 세부분야) 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 세부과제

가. 2-1 세세부과제

(1) 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세세부과제명	▪ 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작 기술
배경 및 필요성	▪ 국내외 시장 등을 고려해 활용도가 높은 중규모 수력플랜트 개발에 있어 가장 중요한 수차, 발전기, 축계설비에 대한 설계, 제작 기술 확보 필요
정부지원 필요성	▪ 중국 등 국외 사례를 참고할 때, 기존 수력 해외 선진기업과의 기술격차를 줄이기 위해서는 정부가 주도해 미래 시장을 개척할 필요
세세부과제의 개념 및 범위	▪ 수차, 발전기, 축계에 대한 설계, 공장 및 현장 제작 기술
세세부과제의 목표	▪ 주요 수력플랜트(수차, 발전기, 축계)에 대한 원천 설계, 공장 및 현장 제작 기술 확보
주요내용	▪ 수차의 수력 및 구조 진동을 고려한 설계 및 해석 기술 ▪ 발전기 분할 설계 및 해석 기술 ▪ 회전축계, 윤활계 및 실링 기술 ▪ 발전기 분할 제작 및 설치 기술 ▪ 수차 제작/설치 기술
기술적 위험요인	▪ 중규모급 발전기 원천 설계 기술 부재 ▪ 50MW 이상 규모의 수차, 발전기, 축계 개발 경험 부재
연구개발 추진전략	▪ 기존 연구개발을 통해 축적된 기술의 최대한 활용 ▪ 유사한 회전 기계 등에 대한 개발 경험이 있는 국내 산학연 관계 기관의 적극적 참여 유도 ▪ 해외 수력 선진기관과의 협업을 통한 중요 사항에 대한 Risk 저감
기대효과 및 파급효과	▪ 수력플랜트 주요 요소 구성품에 대한 자체적 설계, 제작 기술 확보로 국내 수력 현대화 시장 및 해외 시장 진출 기대

(2) 연차별 목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도	기존 기술 및 현 기술수준 평가	수력플랜트 기존 설계기술 활용 방안 검토 중규모급 수력플랜트 설계기술 현황조사 회전축계, 윤활계 및 실링 기술 현황조사
2차년도	수차 수력 설계 현장 설치 고려 발전기 설계	중규모 수차의 수력 및 구조 진동을 고려한 설계 분할설치를 고려한 중규모 발전기 설계 수차의 하중 및 진동저감을 고려한 지지베어링 및 실링 설계
3차년도	설계 완료된 수차, 발전기 검증 축 및 베어링 시작품 개발	수차 해석 기법 및 검증 기법 개발 수력플랜트 발전기 해석기법 및 검증 기법 개발 고하중 수차용 지지베어링 및 실링 시제품 제작
4차년도	실증용 수차, 발전기, 축계 제작	수차 핵심 시제품 제작 발전기 분할 시제품 제작 50MW 프란시스 수차용 베어링 및 실링 제작
5차년도	주요 설비 현장 제작 완료	수차, 발전기 조립/제작 매뉴얼 수립

(3) 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
50MW급 수력플랜트 시제품 제작	1	수차 효율	IEC 60041 JEC 4002	%	92	0.5	실증지 개대체 전 수차 효율 이상
	2	발전기 효율	IEC 60034-1	%	96	0.3	실증지 개대체 전 발전기 효율 이상
	3	발전기 출력	IEC 600198	MW	45	0.2	실증지 개대체 발전기 출력
50MW급 수차 축계 설계, 윤활계 설계 및 제작	1	회전축 계(발전기, 수차 및 축 등) 안정화	ISO 10816-1,2	%	20이상 설계 마진	0.5	축계 안정성 확보를 위한 윤활계의 진동 및 온도 영역 확보
	2	베어링 하중지지 및 허용진동	ISO 15312 ISO TC123	kPa mm/s	규격허용 기준만족	0.5	

나. 2-2 세세부과제

(1) 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세세부과제명	▪ 수력플랜트 시스템의 정밀 시공 기술
배경 및 필요성	▪ 수력플랜트는 설계, 제작, 현장 시공이 연계되어 일관된 기술적 연장선상에서 검토되어야 하는 기술로 설계 등 선행기술과 함께 확보 필요
정부지원 필요성	▪ 기술, 사회적 인프라가 성숙되지 않은 단계에서는 정부의 지원을 통한 기술 기반 형성이 선진기업과의 기술격차를 줄이기 위한 최선의 방법이므로, 정부의 주도하에 관련 시장 성장을 위한 생태계 조성이 필요
세세부과제의 개념 및 범위	▪ 수차, 발전기, 축계, 제어시스템 등에 대한 정밀 현장 시공 기술
세세부과제의 목표	▪ 수차, 발전기, 회전축, 베어링 등을 종합적으로 고려한 구조적 안정성 기반의 수차 및 발전기 정밀 시공 기술 확보
주요내용	▪ 구조 안정성을 고려한 시스템 통합 기술 ▪ 수력플랜트 조립, 시공 및 검사 기술
기술적 위험요인	▪ 수차, 발전기, 회전축, 베어링 등을 종합적으로 고려한 구조적 안정성 검토 기술 부재 ▪ 50MW 이상 규모의 수차, 발전기, 축계 정밀 시공 경험 부재
연구개발 추진전략	▪ 최근 한수원을 통해 추진한 유사 연구개발을 통해 축적된 관련 기술을 최대한 활용하여 기술개발 비용 및 기간 단축 ▪ 국내 현대화 사업 및 해외 수력발전 사업 추진 시 수행하는 선진기업의 시공기술을 벤치마킹하여 국내 기술로 발전시킬 수 있도록 적극 활용 ▪ 해외 수력 선진기관과의 협업을 통해 기술개발 Risk 저감
기대효과 및 파급효과	▪ 자체 시공기술 확보를 통해 국내 현대화사업 실증 플랜트에 적용하여 외화 유출 비용 절감 가능 ▪ 수력플랜트 자체 시공기술을 확보하여 국내 수력 현대화 시장 및 해외 수력발전 시장 진출 기대

(2) 연차별 목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도	수력플랜트 시공 계획 표준 가이드라인 수립	수력플랜트 시공 계획 수립
2차년도	수차, 발전기, 축계 등을 고려한 구조적 안정성 검토기술 확보	수차, 발전기, 회전축 베어링 융합 구조적 안정성 검토 수력플랜트 분할 시공 절차 수립
3차년도	분할 시공 독자 기술 확보	수력플랜트 시공 도면 수립 수력플랜트 시공 기술 개발
4차년도	시공과정 정밀 제작·설치·검사 기술 확보	제작/설치/검사 기술 개발
5차년도	발전기 분할 시공 기술 확보	수력플랜트 발전기 분할 시공 및 수차 시공 기술 개발

(3) 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
50MW급 수차 실링 유닛 설계 제작	1	실(Seal) 설치 후 누설 유량 감소 비교	ISO 7986	%	10	1.0	축계 안정성을 위한 누설량

다. 2-3 세세부과제

(1) 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세세부과제명	▪ 제어시스템 시공 및 시운전 기술
배경 및 필요성	▪ 제어시스템은 변경되는 유입유량에 대해 안정적 전력 생산을 위해 필요한 기술이고, 종합시운전은 수력플랜트의 운영 안정성 확보를 위해 필수적인 기술로 향후 좋은 품질의 전략생산 및 운영 안정성 확보를 위해 국산화가 필요한 요소 기술임
정부지원 필요성	▪ 제어시스템 및 시운전 기술은 수차, 발전기와 더불어 수력플랜트의 핵심 기술로서 선진기관과의 기술격차를 줄이기 위해서는 기술 인프라 조성이 필수적이므로 현재 국내 기술 인프라를 고려했을 때 정부 주도하의 연구 지원이 필요한 것으로 판단됨
세세부과제의 개념 및 범위	▪ 변경되는 유입유량에 대해 안정적 전력 생산을 위한 유량 제어 장치 및 관련 시스템

세세부과제의 목표	▪ 제어시스템의 핵심 부품 설계 기술 확보를 통한 국산화 실현 및 dry/wet test 국제 기준에 맞는 표준화된 기준 정립 및 현장 검증
주요내용	▪ 구조 안정성을 고려한 시스템 통합 기술 ▪ 수력플랜트 조립, 시공 및 검사 기술
기술적 위험요인	▪ 수력플랜트 제어시스템 제어기술 및 시공기술 ▪ 수력플랜트 dry/wet test 및 시운전 기술
연구개발 추진전략	▪ 산·한·연 협업체계 구축을 통해 활용이 가능한 유사 기술을 최대한 적용하여 기술개발 비용 및 기간을 단축하고, 국내 기술 인프라 확보 추진 ▪ 최근 한수원을 통해 추진한 유사 연구개발을 통해 축적된 관련 기술을 최대한 활용하여 기술개발 비용 및 기간 단축 ▪ 해외 선진기업의 제어시스템 기술 및 시운전 기술을 벤치마킹하여 기술개발 Risk 저감
기대효과 및 파급효과	▪ 제어시스템 및 시운전 자체 공유 기술 확보를 통해 국내 현대화 사업 및 해외 수력발전사업 참여를 통해 국익 창출 ▪ 선진기관 수준의 제어시스템 및 시운전 기술 확보를 통해 발전 효율 향상 및 운영 안정성 확보 가능

(2) 연차별 목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도	시운전 국내 기술수준 분석 체계 확보	Dry/Wet Test 국내외 기준 분석
2차년도	제어시스템 기술수준 분석 체계 확립	제어시스템 국내 기술 수준 분석
3차년도	제어시스템 설계 기술 확보 및 종합 시운전 운영 기준 수립	제어시스템 핵심 부품 설계 Dry/Wet Test 기술 수립 종합시운전 운영 기준 설계
4차년도	제어시스템 성공적 제작 및 실증	제어시스템 국산화 제작
5차년도	성공적 종합시운전 실증	종합시운전 운영 기준 수립 및 현장 적용 검증

(3) 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
제어시스템 국산화	1	제어시스템 국산화율	국산화율	%	기존대비 20%향상	1.0	핵심부품의 국산화 추진
시운전 기술 표준화	2	시운전 운영 매뉴얼	매뉴얼	-	매뉴얼 표준화	1.0	시운전 기술 표준화 미흡

3. (3 세부과제) 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술

가. 3-1 세세부과제

(1) 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세세부과제명	▪ 실물 발전플랜트 검증 기술
배경 및 필요성	▪ 92% 수준의 수력플랜트 설계, 제작을 위해서는 선진기관 수준의 성능시험 기술 확보가 필수요소이고, 현재 K-water에는 수력 성능시험 설비는 갖추고 있으나 측정불확도, 기술숙련도 등 선진기관 수준의 기술력 확보를 위해서는 추가 연구개발이 필요
정부지원 필요성	▪ 수력 성능시험은 별도의 성능시험설비 및 이를 운영할 수 있는 전문인력 확보가 기술 성패의 핵심이지만 정부의 연구지원 없이 민간기업 중심으로 추진하기에는 불가능한 실정이므로 정부 주도의 기술 인프라 확보가 필요
세세부과제의 개념 및 범위	▪ 수력플랜트 중 수차의 성능을 검증하기 위한 Test-rig 구축 및 CFD를 활용한 모델수차 설계·제작·검증, 3D 스캐닝 기술을 활용한 실물 수차 검증기술 등을 포함한 실물 발전플랜트 검증 기술
세세부과제의 목표	▪ 수력수차 성능시험 종합 불확도 기존 대비 10% 향상, 성능시험 표준화 및 시스템 개발
주요내용	▪ 실물 발전 플랜트 성능 평가 기술 ▪ CFD 활용 발전 플랜트 성능검증 기술 ▪ 모델을 활용한 발전 플랜트 성능평가 기술 ▪ 모델 Test-rig 최적 설계 및 운영 기술
기술적 위험요인	▪ 기 구축 운영중인 K-water의 성능시험 테스트 장비의 측정 불확도가 선진기관 수준이 미치지 못하고 있고, 성능시험 세부 분야별 전문인력이 부재 ▪ 소수력 및 일부 모델 성능시험 경험은 있으나 모델 최적 설계 및 CFD를 활용한 고도화된 성능시험 기술은 부족한 실정
연구개발 추진전략	▪ 선진기관 기술 MOU를 활용하여 성능시험장비 개선 및 분야별 전문인력 확보를 통해 성능시험 정확도 향상 ▪ 국내 추진중 현대화 사업 및 해외 사업 진행 시 시행되는 선진기관의 성능시험을 벤치마킹하여 국내 기술력 축적의 기회로 활용
기대효과 및 파급효과	▪ 자체 성능시험 기술 확보를 통해 국내에서 성능시험을 수행하여 수력플랜트 설계를 위한 모델테스트 기간 및 비용 절감 ▪ 선진기관 수준의 성능시험 기술 확보를 통해 아시아권 수력플랜트 현대화 및 신규 건설 시 성능시험 대행을 통한 수익 창출 기대

(2) 연차별 목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도	현행 성능시험장치 정밀 진단	현행 모델 Test Rig 자료조사/진단 기술개발 현황조사 및 방향 설정
2차년도	성능시험장비 성능개선 및 CFD 활용 기술 모델 설계기술 확보	Test Rig 성능 개선 가하학적 상사성 평가 기법 개발 CFD를 활용한 성능검증
3차년도	모델 성능시험 분석 기법 정립	유량, 토크 등 측정 기법 비교평가 모델 성능 시험 및 분석
4차년도	데이터 분석 S/W 개발	측정 Data 분석 S/W 개발
5차년도	종합 불확도 측정 시스템 개발	종합 불확도 측정 기준 수립 불확도 측정 표준화 및 시스템 개발

(3) 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
실물 수력설비 성능 평가 및 검증기술 고도화	1	효율 등 측정불확도 개선	측정불확도 산출 IEC 60041	%	기존대비 10% 향상	1	해외 선진기관 수준 기술 90% 이상
모델수차 성능평가 및 검증기술 제고	2	효율 등 측정불확도 개선	측정불확도 산출 IEC 60193	%	기존대비 10% 향상	0.5	해외 선진기관 수준 기술 90% 이상
	3	실물과 모델의 기하학적 상사	주요부 치수	mm	주요부 오차율 0.1% 이하	0.5	주요부 오차율

나. 3-2 세세부과제

(1) 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세세부과제명	▪ 상태 진단 및 평가 기술
배경 및 필요성	▪ 수력발전플랜트 상태 진단 및 평가 기술은 향후 수력발전플랜트 구축 후 최적의 운영관리 전략 수립을 위해 필요한 기술로 향후 운영관리 의사결정지원을 위해 필수적으로 확보가 필요한 기술임
정부지원 필요성	▪ 상태진단 및 평가 기술은 기술개발은 물론 실증 플랜트를 통한 검증이 중요한 기술로 현재 관련 분야 국내 기술수준은 선진국 대비 다소 미흡한 수준으로 기술 인프라 확보 차원에서 정부의 지원이 필수적이라 판단됨
세세부과제의 개념 및 범위	▪ 수력플랜트의 노후도, 마모도, 안전성, 효율성 등을 평가할 수 있는 시스템 개발 및 이를 활용한 개대체 의사결정 최적 지원 기술

세세부과제의 목표	▪ 수력플랜트의 안전성, 효율성을 평가하고 개대체 최적 의사결정을 지원할 수 있는 시스템 개발 및 관련 기술기준 수립
주요내용	▪ 발전설비 절연진단을 통한 노후도 평가 및 개대체 의사결정 기술 ▪ 운영단계 발전플랜트 안전성, 효율성 평가 기술 ▪ 실시간 진동측정 및 성능 진단 기술
기술적 위험요인	▪ 수력플랜트 상태 진단 및 평가 기술은 실증 경험과 과거 축적 데이터를 기반으로한 분석 결과의 신뢰성 확보가 중요하나 아직 국내 적용 기술은 선진기관 대비 분석 신뢰성, 분석 Tool의 다양성, 전문성 측면에서 다소 부족
연구개발 추진전략	▪ 상태 진단 및 평가기술은 향후 운영관리 의사결정을 지원하는 기술로 타 플랜트에 적용하고 있는 선진 기술을 접목하여 기술 개발이 가능할 것으로 판단되므로, 산·학·연 협업체계 구축을 통해 타 산업분야에서 적용하고 있는 선진 기술을 적용하여 개발 기간 및 비용 단축 추진
기대효과 및 파급효과	▪ 상태평가를 기반으로한 운영관리 의사결정 이원을 통해 안정적 수력발전플랜트 운영 및 개대체 비용 절감 ▪ 실시안 성능진단 시스템 및 노후도, 안전성, 효율성 평가기술 개발을 통해 플랜트 운영관리 안전성 강화

(2) 연차별 목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도	국내 성능진단 및 상태평가 기술 진단	노후도 평가 기술 현황 조사 마모도 평가 기술 분석 성능 진단 시스템 기초 조사
2차년도	상태평가 기술 표준화 확보	상태평가 기술 표준화 수립
3차년도	실시간 성능진단 시스템 개발	발전플랜트 안전성, 효율성 평가 기술 개발 실시간 성능 진단 시스템 설계
4차년도	상태평가 기반 의사결정지원 체계 구축	상태평가 S/W 개발 및 개대체 의사 결정 지원 기술기준 수립
5차년도	성능진단/상태평가 시스템 개발	성능평가/진단 시스템 개발

(3) 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
노후화 평가 기법 개발	1	개대체 의사결정 지표	지표개발 유/무	–	지표개발	1.0	주요부 개대체 필요성
실시간 성능진단 시스템 개발	2	시스템 Software 개발	Software 등록	–	S/W 개발	1.0	국내 실시간 성능진단 S/W 부재

4. 세부과제간 연구내용 연계 구성

□ 세부과제 간 연계성

○ 1세부 과제는 연구과제 초기 실증대상지인 대청댐의 노후도 및 구조물의 지진 안정성에 대한 검토를 수행하여, 그 결과를 2세부 과제에서 수행할 수력발전설비의 설계·제작에 활용할 계획

○ 2세부 과제에서 수행하는 수력플랜트(수차, 발전기 등) 모델수차 설계 결과는 3세부 과제에서 수행하는 모델성능시험으로 충분한 성능을 확인한 이후 실물수차의 제작을 수행해야 하며, 2세부 과제에서 실물수차의 제작 및 현장 설치가 완료되면 다시 3세부 과제의 실물 플랜트 검증 기술을 활용하여 수정·보완하는 상호 유기적인 피드백이 필요

○ 중규모 수력플랜트 Total Solution 건설기술 확보를 위해서는 1세부 과제인 구조물 안정성 검토와 2세부 과제 수력플랜트 설계·제작·설치 기술, 3세부 과제인 수력플랜트(모델 및 실물) 성능 시험 및 평가 상호 연계된 기술 개발이 필요하며, 이를 통한 국내 기업의 해외 수력플랜트 건설기술 사업 참여를 위한 발판 마련 가능

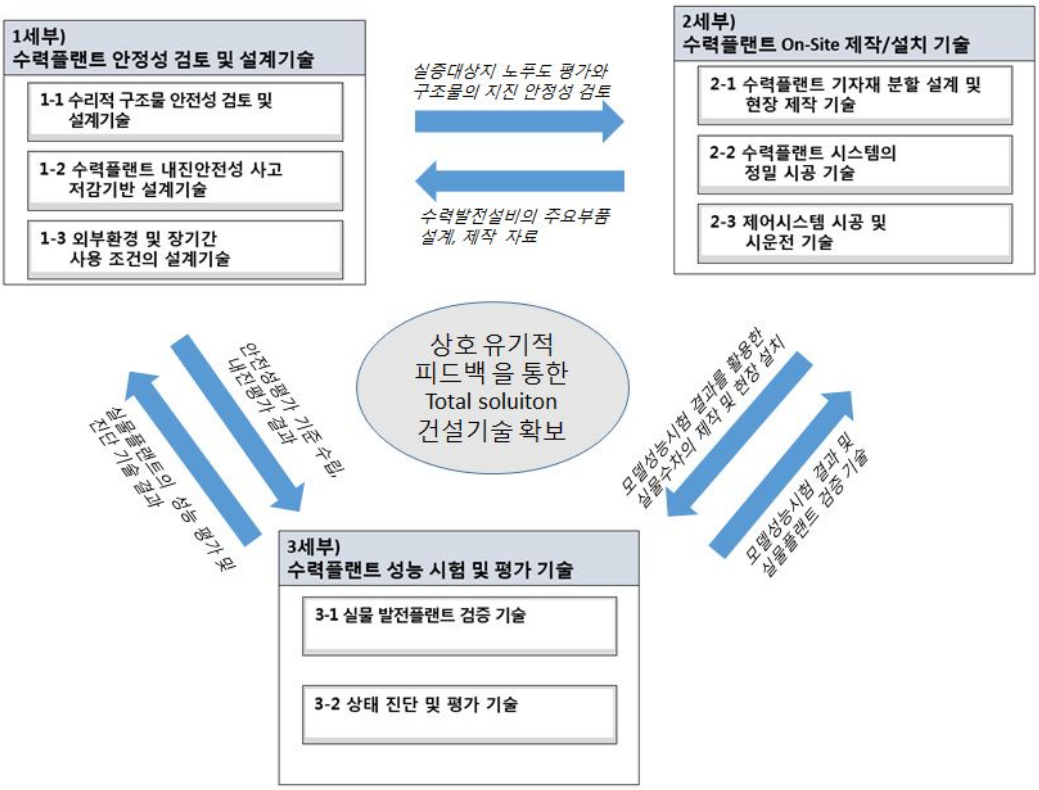


그림 4-6-1 세부과제 간 연계성

○ 수력발전플랜트 건설기술의 핵심 공정을 크게 분류하면 ①모델수차 설계·제작공정, ②실물수차 설계·제작 및 현장 설치공정으로 나눌 수 있으며 각 공정에 대한 연계성은 다음과 같음

① 모델수차 설계·제작공정

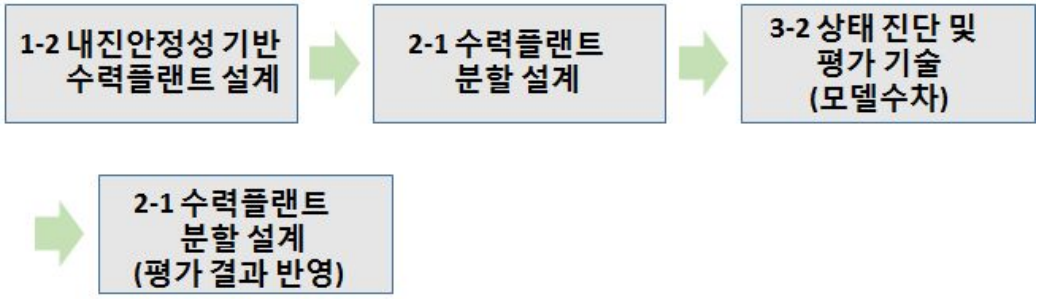


그림 4-6-2 모델수차 설계·제작공정

② 실물수차 설계·제작 및 현장 설치공정

그림 4-6-3 실물수차 설계·제작 및 현장 설치공정

7절. 추진전략 체계도

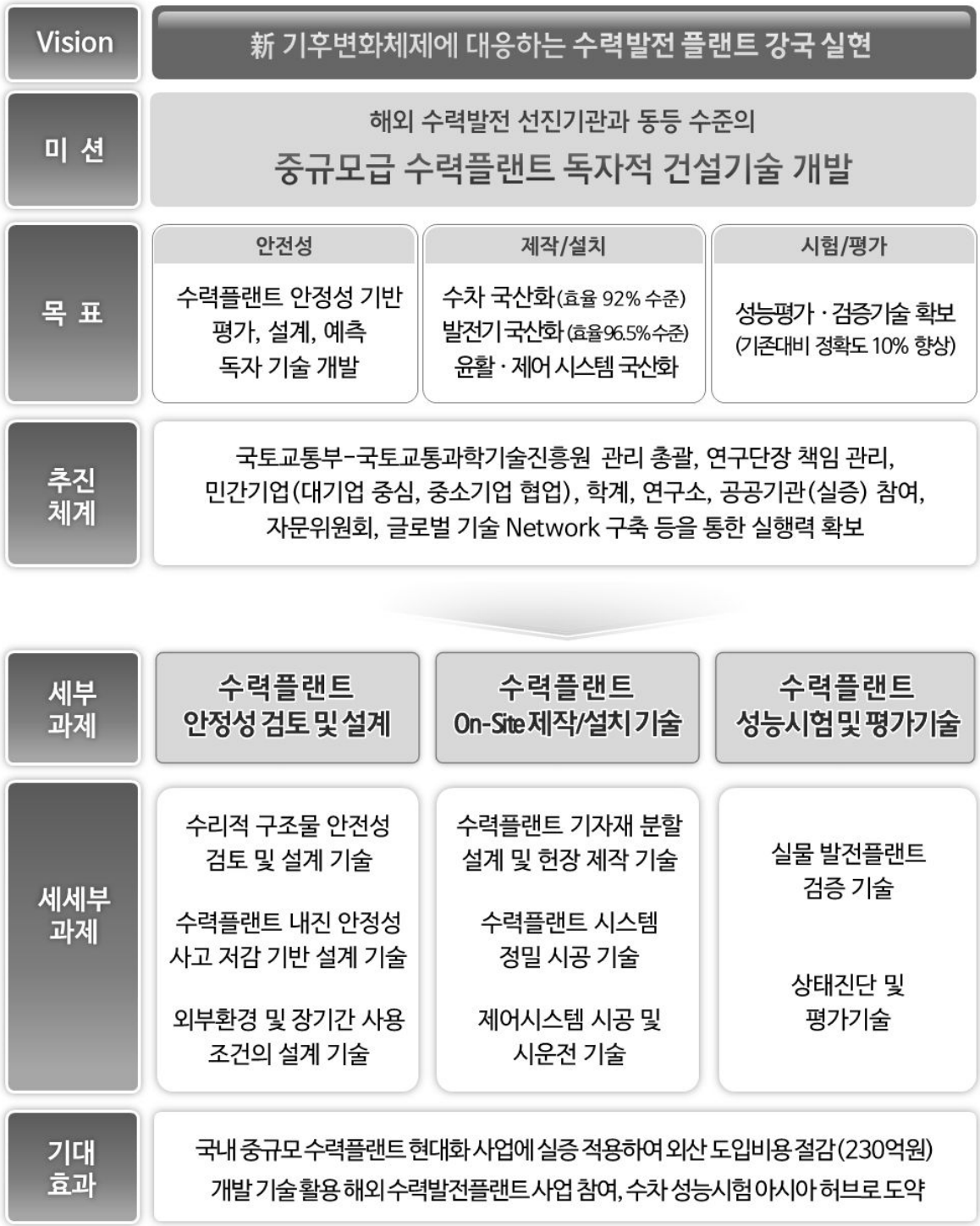


그림 4-7-1 추진전략 체계도

8절. 과제별·연차별 기술로드맵

1. 총괄 로드맵

가. (1 세부과제) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 분야

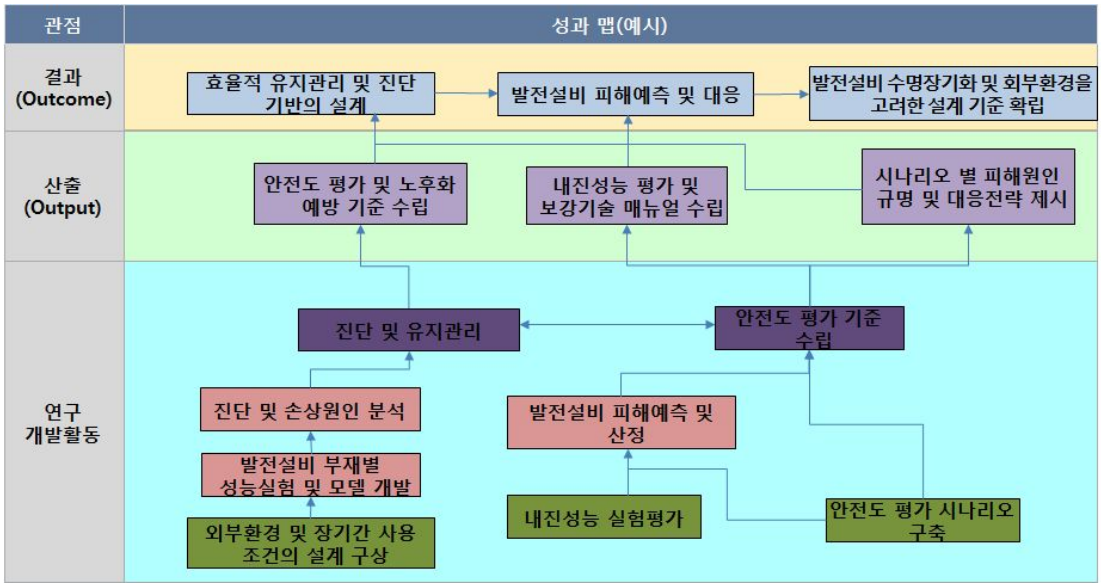


그림 4-8-1 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 분야 총괄 로드맵

나. (2 세부과제) 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 분야

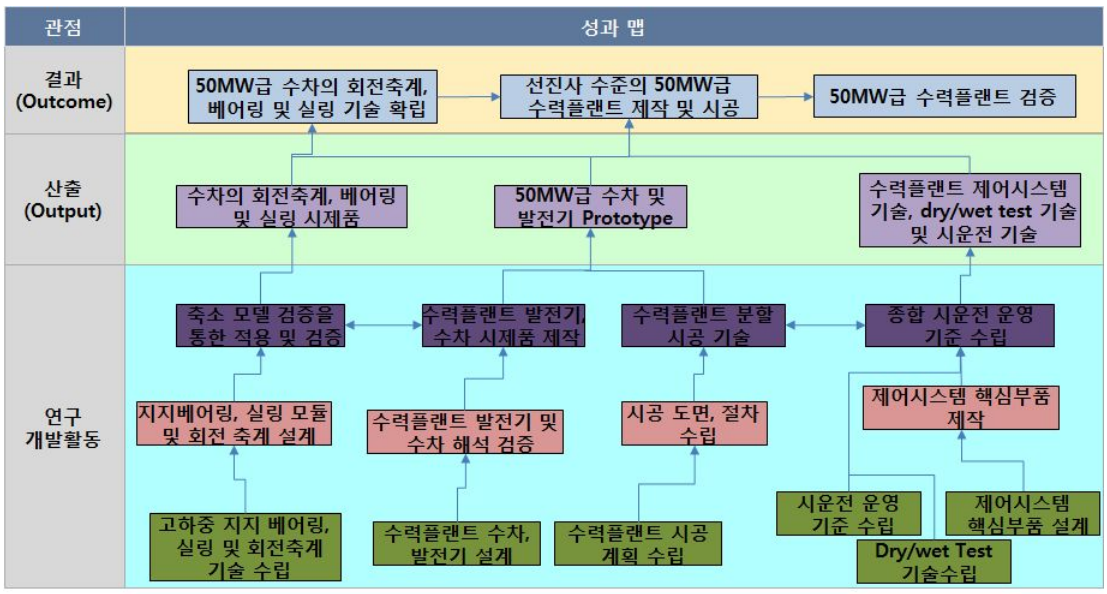


그림 4-8-2 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 분야 총괄 로드맵

다. (3 세부과제) 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 분야

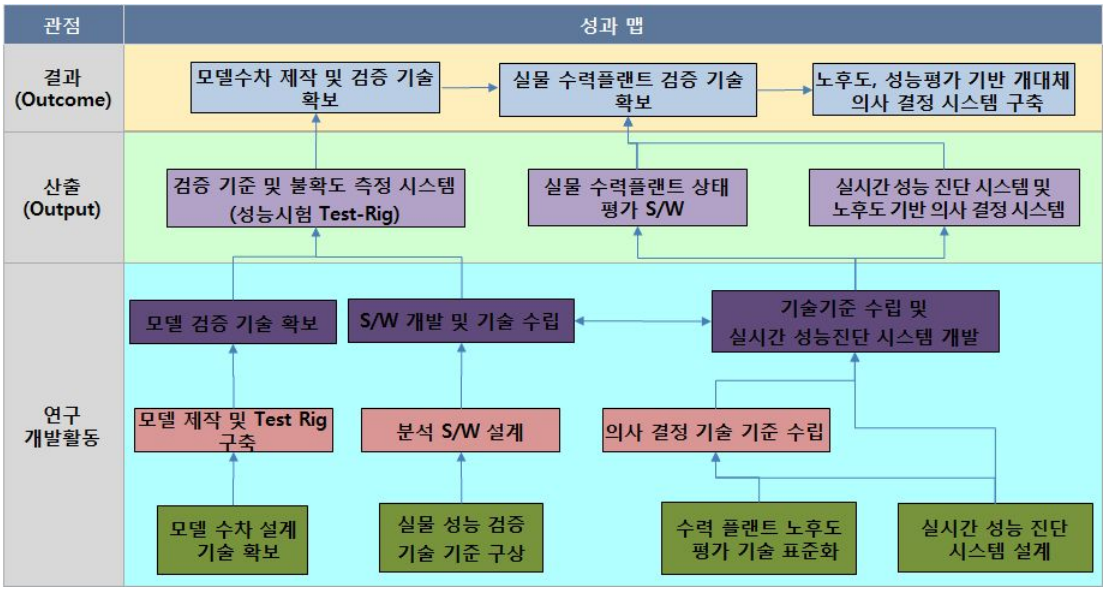


그림 4-8-3 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 분야 총괄 로드맵

2. 과제별 로드맵

가. (1 세부과제) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 분야

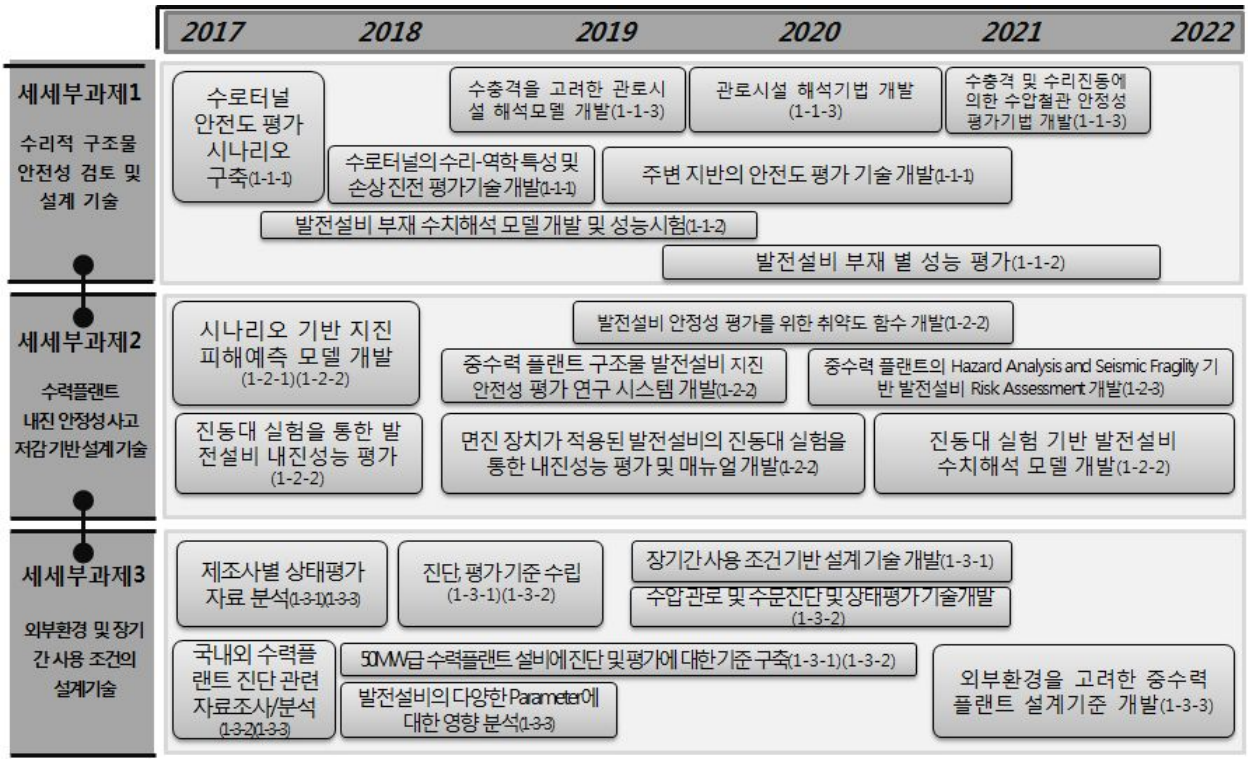


그림 4-8-4 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 분야 과제별 로드맵

나. (2 세부과제) 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 분야

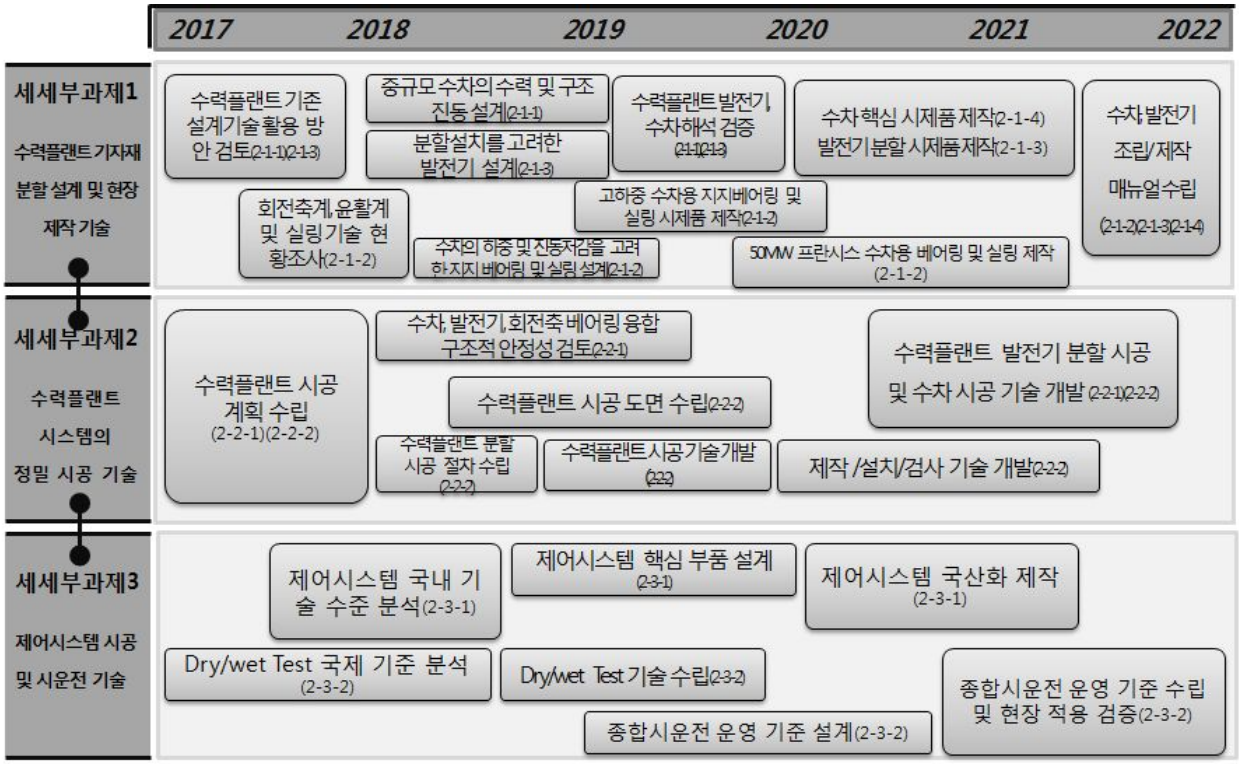


그림 4-8-5 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 분야 과제별 로드맵

다. (3 세부과제) 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 분야

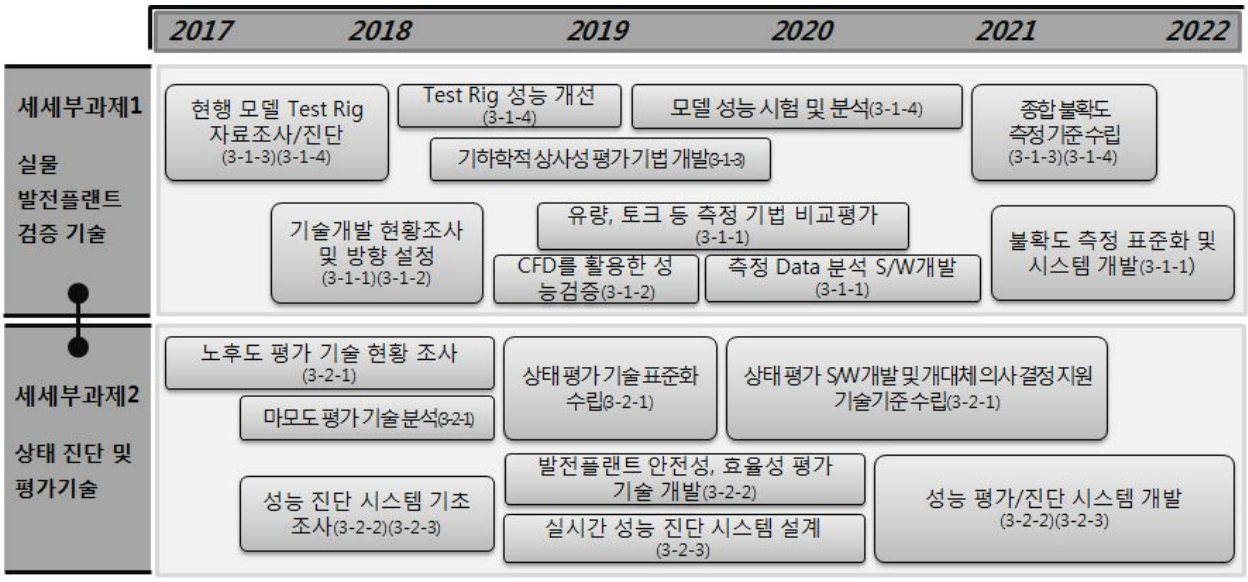


그림 4-8-6 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 분야 과제별 로드맵

9절. 성과의 활용방안

1. (1 세부과제) 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술분야

표 4-9-1 1 세부과제 실용화방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술	수리적 구조물 안정성 검토 및 설계 기술	시나리오 기반의 수로터널 안전도 평가 기술 및 매뉴얼	– 수력발전 운영사 – 국내외 수력발전 설계사	– 수력플랜트 건설의 수리적 안정성 평가 적용
		발전설비 부재별 성능실험 및 수치해석모델 개발	– 수력발전 운영사 – 국내외 설계사 등	
		수충격/수리진동 해석모델	– 수력발전 운영사	
	수력플랜트 내진 안정성 사고 저감 기반 설계 기술	시나리오 기반 주요 발전설비 피해예측을 위한 취약도 함수 개발	– 수력발전 운영사 – 국민안전처 – 국내외 수력발전 설계사	– 국가 재난관리시스템(NEMS) 내 각 시설물 안전등급 및 대상 발전설비 취약도(손상) 함수를 피해예측 시스템 내 탑재
		주요 발전설비 내진성능평가 및 보강안 매뉴얼 제시		
	외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계기술	각종 가이드라인, 문헌, 설계자료 조사	– 수차 제작사 – 수력발전 운영사 – 수력발전 설계사	– 수력플랜트 설계 활용
		노후화 진단 및 상태평가 위한 설계 및 매뉴얼		

2. (2 세부과제) 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 분야

표 4-9-2 2 세부과제 실용화방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술	수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작 기술	고하중 축 지지용 윤활베어링 및 실링 unit	- 수력발전 운영사	- 실제 베어링 및 실링 제작 및 수차에 적용
		수차 회전체부의 축소 모델 및 설계 Tool 개발	- 수력발전 운영사	- 실제 50MW 수차 축 설계 및 적용
		제작 검사리스트	- 수력발전 운영사; 건설사	- 수력설비의 제작
		조립 보고서	- 수력발전 운영사; 시공사	- 주요부품의 제작
		제작 메뉴얼	- 수력발전 운영사; 건설사 - 수력발전 제작사	- 소재 선정 활용
		50MW급 중규모 수력발전용 동기발전기	- 수력발전 운영사	- 노후화 수력발전기 국산화 개대체
	수력플랜트 시스템의 정밀 시공 기술	시공 계획서	- 수력발전 운영사; 건설사 - 수력발전 제작사	- 수력설비 현대화 활용 - 설비의 개보수 적용 - 신규 수력의 설치 적용
		시공도면	- 수력발전 운영사; 건설사 - 수력발전 제작사	
		시공절차서	- 수력발전 운영사; 건설사 - 수력발전 제작사	
	제어시스템 시공 및 시운전 기술	수력플랜트 제어시스템 정밀제어 기술	- 수력발전 운영사	- 중대형 플랜트설비에 활용 - 고효율 현대화 사업에 활용 - 노후화 수력발전기 국산화 개대체 - 해외 전력개발에 활용
		최적 dry/wet test 기술	- 수력발전 운영사	
		수력플랜트 시운전 기술	- 수력발전 운영사	

3. (3 세부과제) 수력플랜트 성능시험 및 평가기술 분야

표 4-9-3 3세부과제 실용화방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
수력플랜트 성능시험 및 평가기술	실물 발전플랜트 검증기술	불확도 측정 표준 매뉴얼	– 수력발전 운영사	– 수력 발전 플랜트 성능 평가를 통한 유지관리 의사 결정 활용 – 수차 설계 검증 활용
		불확도 측정 시스템	– 수력발전 운영사	
		모델 Test 불확도 측정 기준 및 S/W	– 모델 수차 성능 시험기관	
	상태 진단 및 평가기술	개대체 의사 결정 기술 기준	– 수력발전 운영사 – 수력발전 설계사	– 수력 발전 플랜트 개대체 의사결정 활용
		상태평가 S/W	– 수력발전 운영사	
		실시간 성능 진단 시스템	– 수력발전 운영사	

10절. 연구수행체계 제안

□ 중규모 수력발전플랜트 건설기술 개발 연구단은 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 과제관리를 받으며, 연구단장 책임하에 사업을 관리함

□ 세부과제 수행기관은 세부과제별 특성에 맞게 1세부는 내진 및 진동 연구 능력을 보유한 대학 등의 기관에서 수행하고, 2세부는 수차/발전기의 실제 설계, 제작, 시공이 가능한 산업계 주관으로 수행하고, 3세부는 실증시험을 할 수 있는 공공기관이 수행하는 것을 고려할 수 있음

□ 성공적 과업 성과 달성을 위해 국내외 자문위원회를 구성하여 운영하고, 해외기술자문, 글로벌 수력발전 포럼, 수력발전 전문가 워크숍, 수력발전 전문가 협의체 운영 등을 통해 핵심 기술 개발에 대한 검증을 강화하고, 개발 기술의 품질 향상을 도모

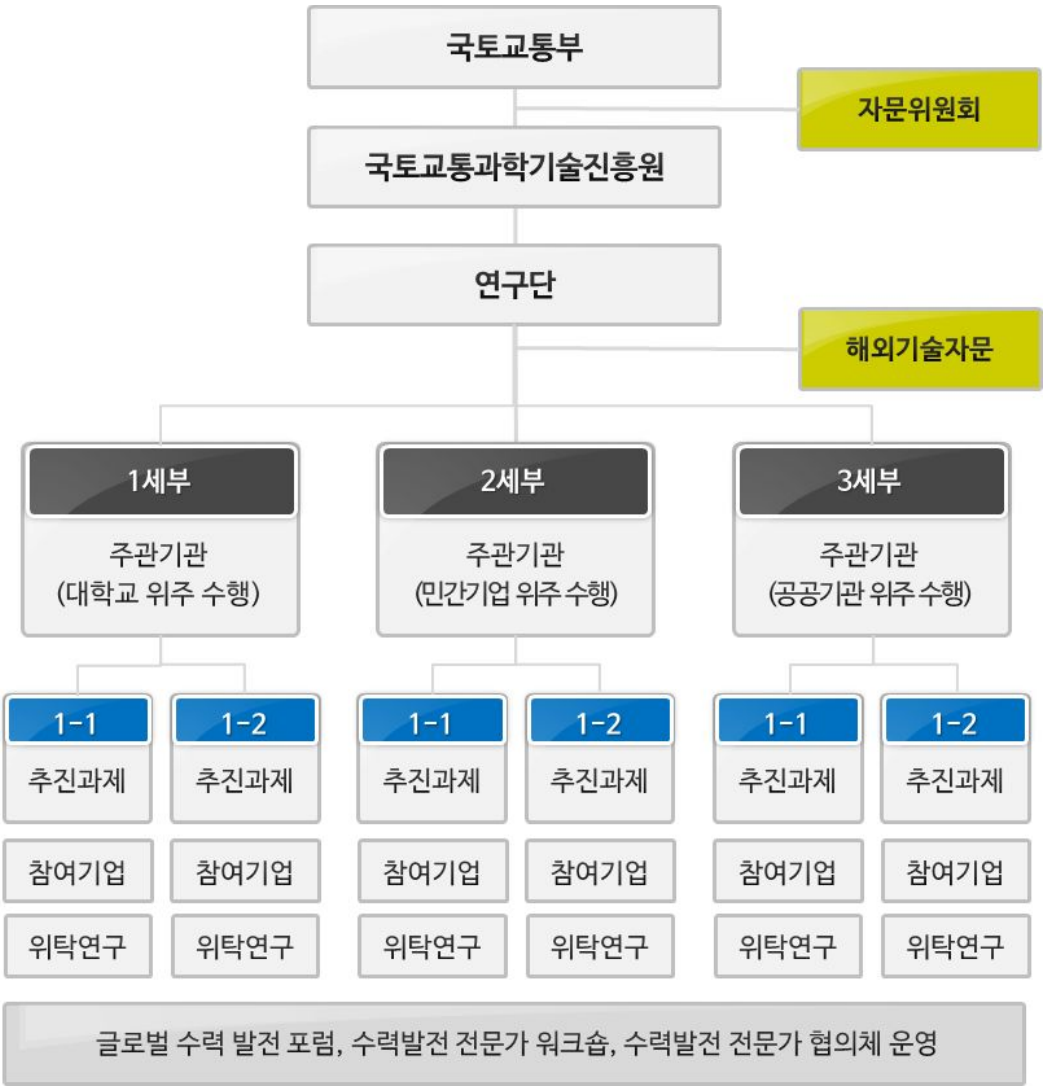


그림 4-10-1 연구수행체계

5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력계획

1. 전체사업 인력투입계획

가. 연차별 투입 연구인력

- 소요인력의 단위 1명은 1M/Y에 해당되며, 연구원 1명이 1년간 30% 참여함을 뜻함

- 세세부과제별 연차별 연구수행 Activity를 고려하여 소요되는 연구인력을 제시함

- 아래 '나. 상세 투입연구인력'의 직급별 소요연구인력의 합산으로 산정함

표 5-1-1 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

분류		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술	수리적 구조물 안전성 검토 및 설계 기술	4	8	9	8	7	36
	수력플랜트 내진 안정성 사고 저감기반 설계 기술	5	8	9	8	7	37
	외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계 기술	4	8	9	8	7	36
	계	13	24	27	24	21	109
수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술	대형기자재 분할 설계 및 현장 제작 기술	9	27	29	29	26	120
	수력플랜트 시스템의 정밀 시공 기술	9	27	29	29	26	120
	제어시스템 시공 및 시운전 기술	8	27	29	29	26	119
	계	26	81	87	87	78	359
수력플랜트 성능시험 및 평가기술	실물 발전플랜트 검증 기술	4	12	12	10	7	45
	상태 진단 및 평가기술	3	12	12	10	7	44
	계	7	24	24	20	14	89
총괄		46	129	138	131	113	557

나. 상세 투입연구인력

표 5-1-2 상세 투입연구 인력

(단위 : 명)

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원	11	28	31	31	28	129	
연구원	22	82	88	81	66	339	
연구보조원	6	11	11	11	11	50	
보조원	7	8	8	8	8	39	
합계	46	129	138	131	113	557	

2. 세부과제별 인력투입계획

가. 1세부과제 - 수력플랜트 안정성 검토 및 설계

표 5-1-3 1세부과제 인력투입계획

(단위 : 명)

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
수리적 구조물 안전성 검토 및 설계 기술	책임연구원	1	2	2	2	2	9	
	연구원	1	4	5	4	3	17	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	4	8	9	8	7	36	
수력플랜트 내진 안정성 사고 저감기반 설계 기술	책임연구원	1	2	2	2	2	9	
	연구원	2	4	5	4	3	18	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	5	8	9	8	7	37	
외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계 기술	책임연구원	1	2	2	2	2	9	
	연구원	1	4	5	4	3	17	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	4	8	9	8	7	36	
계	책임연구원	3	6	6	6	6	27	
	연구원	4	12	15	12	9	52	
	연구보조원	3	3	3	3	3	15	
	보조원	3	3	3	3	3	15	
	합계	13	24	27	24	21	109	

나. 2세부과제 - 수력플랜트 On-Site 제작/설치기술

표 5-1-4 2세부과제 인력투입계획

(단위 : 명)

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
대형기자재 분할 설계 및 현장 제작 기술	책임연구원	2	6	7	7	6	28	
	연구원	5	18	19	19	17	78	
	연구보조원	1	2	2	2	2	9	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	9	27	29	29	26	120	
수력플랜트 시스템의 정밀 시공 기술	책임연구원	2	6	7	7	6	28	
	연구원	5	18	19	19	17	78	
	연구보조원	1	2	2	2	2	9	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	9	27	29	29	26	120	
제어시스템 시공 및 시운전 기술	책임연구원	2	6	7	7	6	28	
	연구원	4	18	19	19	17	77	
	연구보조원	1	2	2	2	2	9	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	8	27	29	29	26	119	
계	책임연구원	6	18	21	21	18	84	
	연구원	14	54	57	57	51	233	
	연구보조원	3	6	6	6	6	27	
	보조원	3	3	3	3	3	15	
	합계	26	81	87	87	78	359	

다. 3세부과제 - 수력플랜트 성능시험 및 평가기술

표 5-1-5 3세부과제 인력투입계획

(단위 : 명)

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
실물 발전플랜트 검증 기술	책임연구원	1	2	2	2	2	9	
	연구원	2	8	8	6	3	27	
	연구보조원	0	1	1	1	1	4	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	4	12	12	10	7	45	
상태 진단 및 평가기술	책임연구원	1	2	2	2	2	9	
	연구원	2	8	8	6	3	27	
	연구보조원	0	1	1	1	1	4	
	보조원	0	1	1	1	1	4	
	합계	3	12	12	10	7	44	
계	책임연구원	2	4	4	4	4	18	
	연구원	4	16	16	12	6	54	
	연구보조원	0	2	2	2	2	8	
	보조원	1	2	2	2	2	9	
	합계	7	24	24	20	14	89	

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정방법

- 세세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 확정함

- 인건비는 '2016년 학술연구용역 인건비 기준단가'를 기준으로 작성

[참고] 학술연구용역인건비기준단가('16)

등 급	월 임금('16)
책임연구원	월 6,158,870원
연구원	월 4,722,536원
연구보조원	월 3,156,858원
보조원	월 2,367,724원

주1) 본 인건비 기준단가는 1개월을 22일로 하여 용역 참여율 100%로 산정한 것이며, 용역 참여율을 달리하는 경우에는 기준단가를 증감시킬 수 있다.

※ 상기단가는 2016년도 기준단가로 계약예규 「예정가격 작성기준」 제26조 제2항에 따라 소비자물가 상승률(2015년 0.7%)을 반영한 단가이며, 소수점 첫째자리에서 반올림한 금액임

- 항목별 예산은 '국토교통부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 2 연구개발 비 비목별 계상기준'을 작성기준으로 활용

2. 전체사업 소요예산

가. 총괄 소요예산

- 정부, 민간 부담금은 '국토교통부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 1 연구개발비 출연·부담기준'을 참조하여 정부부담금 67%, 민간부담금 33%로 계상

표 5-2-1 총괄 소요예산

(단위 : 백만원)

분류	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
1.수력플랜트안정성 검토및설계기술	280	140	820	410	1,250	580	850	420	600	280	3,800	1,830
1-1수리적구조물 안전성검토및설계 기술	80	40	300	150	400	190	300	150	150	80	1,230	610
1-2수력플랜트내 진안정성사고저감 기반설계기술	120	60	380	190	550	240	400	190	350	150	1,800	830
1-3외부환경및장 기간사용조건의설 계기술	80	40	140	70	300	150	150	80	100	50	770	390
2.수력플랜트기자재 분할설계및현장 제작 기술	500	240	2,480	1,190	7,200	3,480	7,650	3,690	2,110	970	19,940	9,570
2-1대형기자재분 할 설 계 및 현 장 제작기술	340	160	2,300	1,100	5,000	2,440	6,000	2,900	1,100	500	14,740	7,100
2-2수력플랜트시 스템의정밀시공기 술	80	40	100	50	700	340	1,050	500	600	280	2,530	1,210
2-3제어시스템시 공및시운전기술	80	40	80	40	1,500	700	600	290	410	190	2,670	1,260
3.수력플랜트성능시 험및평가기술	220	110	1,200	580	1,050	500	500	260	290	150	3,260	1,600
3-1실물발전플랜 트검증기술	100	50	600	290	550	260	250	130	140	70	1,640	800
3-2상태진단및평 가기술	120	60	600	290	500	240	250	130	150	80	1,620	800
총괄	1,000	490	4,500	2,180	9,500	4,560	9,000	4,370	3,000	1,400	27,000	13,000

나. 예산 항목별 소요예산

- 인건비는 '2016년 학술연구용역 인건비 기준단가'를 기준으로 작성

- 소요인력의 연구원 1명이 1년간 30% 참여하는 것으로 계상하여 작성

- 항목별 예산은 '국토교통부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 2 연구개발비 비목별 계산기준'을 작성기준으로 확용

표 5-2-2 예산 항목별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	73.9	243	621	621	688	621	2,794	7.0
	연구원	56.6	374	1,394	1,495	1,376	1,122	5,761	14.4
	연구 보조원	37.8	68	125	125	125	125	568	1.4
	보조원	28.4	61	69	69	69	69	337	0.8
소계			746	2,209	2,310	2,258	1,937	9,460	23.7
직접비	연구장비/ 재료비		247	2,828	8,710	8,209	1,253	21,247	53.1
	연구활동비		184	553	870	837	465	2,909	7.3
	연구수당		205	441	462	451	387	1,946	4.9
소계			636	3,822	10,042	9,497	2,105	26,102	65.3
간접비			108	649	1,708	1,615	358	4,438	11.1
합계			1,490	6,680	14,060	13,370	4,400	40,000	100.0
*인건비=소요인력(ManPower) × 단가 × 참여율 30% 적용									

3. 세부과제별 소요예산

가. 1세부과제

표 5-2-3 1세부과제 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	73.9	66	133	133	133	133	598	10.6
	연구원	56.6	68	204	254	204	153	883	15.7
	연구 보조원	37.8	34	34	34	34	34	170	3.0
	보조원	28.4	26	26	26	26	26	130	2.3
소계			194	397	447	397	346	1,781	31.6
직접비	연구장비/ 재료비		80	460	692	300	152	1,684	29.9
	연구활동비		74	173	400	367	235	1,249	22.2
	연구수당		39	79	90	79	69	356	6.3
소계			193	712	1,182	746	456	3,289	58.4
간접비			33	121	201	127	78	560	9.9
합계			420	1,230	1,830	1,270	880	5,630	100.0

나. 2세부과제

표 5-2-4 2세부과제 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	73.9	133	399	399	466	399	1,796	6.2
	연구원	56.6	238	918	969	968	867	3,960	13.4
	연구 보조원	37.8	34	68	68	68	68	306	1.0
	보조원	28.4	26	26	26	26	26	130	0.4
소계			431	1,411	1,462	1,528	1,360	6,192	21.0
직접비	연구장비/ 재료비		98	1,369	7,236	7,710	1,048	17,461	59.1
	연구활동비		80	280	350	370	150	1,230	4.2
	연구수당		86	282	292	306	272	1,238	4.2
소계			264	1,931	7,878	8,386	1,470	19,929	67.5
간접비			45	328	1,340	1,426	250	3,389	11.5
합계			740	3,670	10,680	11,340	3,080	29,510	100.0

다. 3세부과제

표 5-2-5 3세부과제 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	73.9	44	89	89	89	89	400	8.2
	연구원	56.6	68	272	272	204	102	918	18.9
	연구 보조원	37.8	0	23	23	23	23	92	1.9
	보조원	28.4	9	17	17	17	17	77	1.6
소계			121	401	401	333	231	1,487	30.6
직접비	연구장비/ 재료비		69	999	782	199	53	2,102	43.3
	연구활동비		30	100	120	100	80	430	8.8
	연구수당		80	80	80	66	46	352	7.2
소계			179	1,179	982	365	179	2,884	59.3
간접비			30	200	167	62	30	489	10.1
합계			330	1,780	1,550	760	440	4,860	100.0

6장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

1. 국가전략의 중요성

가. 산업개발정책적 중요성

□ 동 연구단은 해외 전문기업에 전적으로 의존하고 있는 중수력 플랜트 건설기술을 국산화를 목적으로 하며, 국내 관련 산업의 기술역량 확보 및 외화유출 방지에 기여함

○ 소수력 플랜트 건설기술은 자립화하여 독자적으로 신규건설이 가능하나, 중수력 이상의 플랜트 건설기술은 부재하여 전적으로 해외 전문기업에 의존

- 실제 중규모급 이상의 플랜트 설계/제작/설치를 한 경험이 부재하며, 경험 및 실적이 부재한 상황에서 국내 관련 기업이 참여할 여지가 없음

- 해외 전문기업은 여러 사업을 수행하며, 지속적으로 설계/제작/설치 기술역량을 축적하고 있어 기술격차는 더욱 확대되고 있음

○ 동 연구단 사업은 중규모 플랜트 건설기술을 개발하여 실제 현장에 적용함으로써, 개발한 중규모 플랜트 건설기술을 검증하고, 관련 경험을 축적하는 것으로 목적으로 하고 있음

○ 기존 해외 전문기업에 의존하던 중규모 수력플랜트 건설기술을 국내 개발기술로 대체하여 해외로 외화유출을 방지하고, 국내 산업계의 매출 증대에 기여함

- 동 연구단 사업이 추진되지 않는다면 해외 전문기업으로 지급될 구매비, 운송비, 설치비 등이 국내 기업으로 지급됨

□ 국내 중규모 수력플랜트 설비 개대체가 지속적으로 이루어질 전망이며, 이에 대한 실적을 축적하여 해외시장 진출 기반을 마련함

○ 해외 진출을 위해서는 관련 실적이 요구되며, 개발기술 적용이 가능한 중규모 수력플랜트의 개대체 실적을 기반으로 해외 진출을 도모할 수 있음

- 해외 진출은 K-water 주도 컨소시엄을 구성하여 K-water의 해외 네트워크를 활용한 진출을 고려할 수 있음

□ 동 연구단에서 중규모 수력플랜트 건설기술을 확보하면, 북한의 수력플랜트 설비에도 적용이 가능하고 향후 남북한 통일시대에서 대두될 것으로 보이는 북한의 전력공급문제 해소에 기여할 것으로 보임

○ 북한의 수력플랜트 총 설비용량은 6,920MW이며, 이중 약 70%인 4,844MW는 50년 이상 경과하여 동 연구단의 개발기술이 적용하여 개대체가 가능할 것으로 보고 있음

나. 정부지원의 타당성

□ 동 연구단 개발기술은 중규모 수력플랜트 건설에 필요한 제반 기술을 모두 개발하는 대규모 예산이 투입되어야 하는 기술로 민간에서 단독 수행이 어려우며, 정부지원이 필요함

○ 동 연구단 개발기술은 주변 시설물 및 발전설비의 안정성 검토, 내진성능 평가, 발전설비 설계, 제작, 설치, 성능평가 등 중규모 수력플랜트 건설에 필요한 제반기술을 모두 포괄하고 있음

- 기존의 발전플랜트 기술개발사업은 요소기술 단위로 개별적으로 추진되어, 발전설비의 진동이 발전소 구조물에 미치는 영향, 지진 등의 요인에 따라 발전설비의 안정성에 미치는 상호 영향 등에 대한 검토가 미흡하였으며, 실용화 실적이 부진하였음

- 동 연구단에서는 기존 연구개발사업에서의 문제점을 극복하고자, 각 요소기술 간 상호영향을 고려하여 수력발전플랜트 건설에 필요한 제반기술을 함께 개발하는 방향으로 추진함

□ 민간기업 입장에서 국내시장은 규모가 크지 않아, 민간기업에서 시장진출에 대한 매력도가 떨어져 민간주도 기술개발은 어려울 것으로 보임

○ 국내 시장은 낙차식 수력발전플랜트 시장은 포화상태로 국내에서는 주로 개대체 시장에 적용이 가능할 것으로 보임

○ 예상되는 소요예산에 비해 실제 시장에서 창출가능한 매출이익은 크지 않아 민간 기업입장에서 적극적인 연구개발 추진은 어려움

다. 사업 추진의 시급성

□ 연구단 사업이 타겟으로 하고 있는 대청댐의 발전플랜트 개대체 시점을 고려할 때, 동 연구단 사업은 즉각적으로 추진되어야 함

○ K-water는 2022년에 대청댐의 발전플랜트 교체를 고려하고 있으며, `22년에 연구단 개발성과가 적용되기 위해서는 `17년부터 연구개발사업이 추진되어야함

□ 향후 해외 대수력 플랜트 시장 진출을 고려한다면, 대수력플랜트 건설기술의 기반이 될 동 연구단의 중규모 수력플랜트 건설기술이 우선적으로 확보되어야 함

○ 연구단 개발기술은 50MW급을 타겟으로 하는 수력플랜트 건설 제반기술이며, 이를 기반으로 대수력 플랜트 건설기술 확보가 가능함

2. 상위계획 부합성

가. 상위유관계획과의 부합성

□ 동 연구단은 안정적인 전력공급 및 청정 무공해 발전을 추구하는 중규모 수력발전의 지속에 기여하는 기술이며, 신재생에너지 보급확대 및 신성장동력 산업화를 추진하는 박근혜 정부 국정과제의 방향성에 부합함

○ 국민행복 국정기조의 국민안전 추진전략 중 신재생에너지 보급을 가로막는 규제 및 제도개선, 산업화를 촉진하는 기술개발, 스마트그리드 구축 등에 주력하는 '신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성'이 국정과제로 제시됨

- 신재생 에너지 보급을 가로막는 규제, 제도개선 필요사항을 발굴하여 보급시장의 병목해소를 추진함

□ 동 연구단은 안정적으로 전력을 공급하는 중규모 수력발전의 지속에 기여하는 기술이며, 에너지 자원의 효율적 배분과 수요중심의 에너지 정책을 추진하는 '제2차 에너지 기본계획'의 방향성에 부합함

○ 2차 에너지 기본계획은 에너지원별, 부문별 에너지 관련 계획에 대해 원칙과 방향을 제시하는 성격의 최상위 계획으로 6대 중점과제를 제시함

- 중점 과제는 수요 관리 중심의 에너지 정책, 분산형 발전시스템 구축, 환경, 안전과의 조화, 에너지 안보의 강화와 안정적 공급, 원별 안정적 공급체계 구축, 국민과 함께 하는 에너지 정책 추진 등으로 구성됨

□ 동 연구단은 안정적으로 전력을 공급하는 청정에너지원인 중규모 수력발전의 지속에 기여하는 기술이며, 신재생에너지에 기반한 지속가능한 에너지 시스템 구축을 추구하는 '4차 신재생에너지 기본계획'의 방향성에 부합함

○ 동 기본계획에서 수력발전에 대한 비중은 감소하나 발전량은 매년 0.3% 증가율로 완만하게 증가시킬 계획임

3. 정책적 추진의지

□ 국토부는 동 연구단 사업에 관심을 갖고 적극 추진의지를 보이고 있음

○ 국토부는 K-water에서 운영 중인 대청댐과 합천댐의 수력발전설비 교체시점에 맞춰 개발기술을 적용하기 위해, 동 연구단 기술개발사업의 `17년도 예산반영을 적극 추진하고 있음

2절. 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

□ 기대되는 성과의 활용도 및 활용계획

표 6-2-1 K-water 수력발전시설 개대체 시기

대상(기간)	투자(억원)	'15	'20	'25	'30
남강(14~18)	417				
안동(15~19)	625				
소양강(13~35)	1,122				
대청(15~22)	698				
충주(18~28)	2,451				
합천1(24~29)	568				
합천2(14~17)	45				
주암(26~31)	255				
임하(27~32)	423				
계	6,604				

○ K-water 노후수력 현대화 사업만 고려하여도 2032년까지 9건(총 6,600여억원의 예산소요)을 추진하는 것으로 계획되어 있음

2. 기술수준 및 성공가능성

□ 보유기술수준, 기술개발 역량 및 잠재력

○ 40여년 된 국내 수력발전 역사에도 불구하고 반도체, 자동차 등 대표산업과 비교할 때 아직 세계 수준의 기술력 및 인프라가 성숙하지 못한 상태임

- 기술수준조사 결과 우리나라의 기술수준은 63.2%로 선진기술의 모방개량이 가능한 수준으로 조사됨

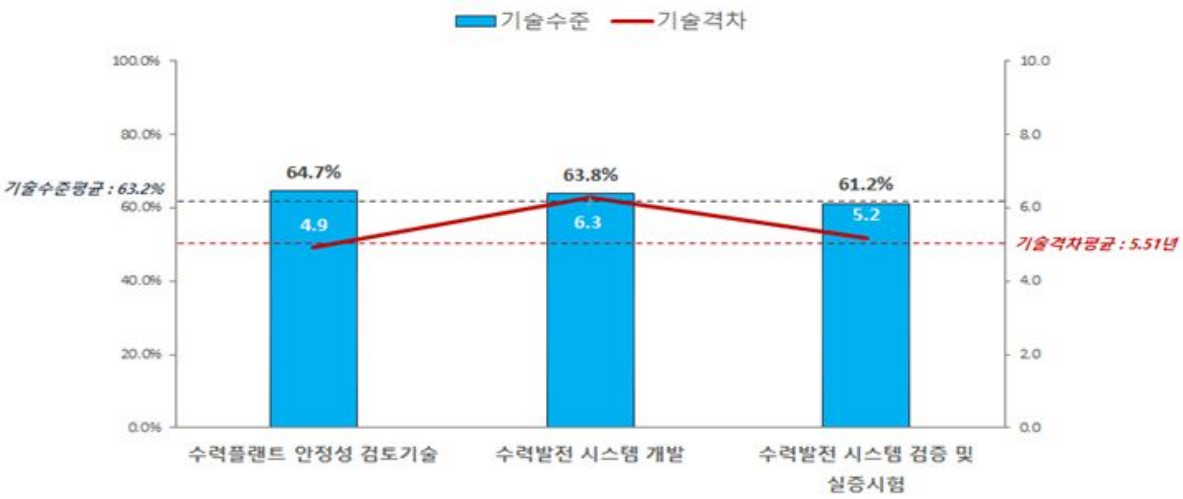


그림 6-2-1 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술수준 및 기술격차

- 기술수준조사 결과 우리나라의 인프라 성숙도 수준은 일정수준 해외협력이 필요한 것으로 조사됨

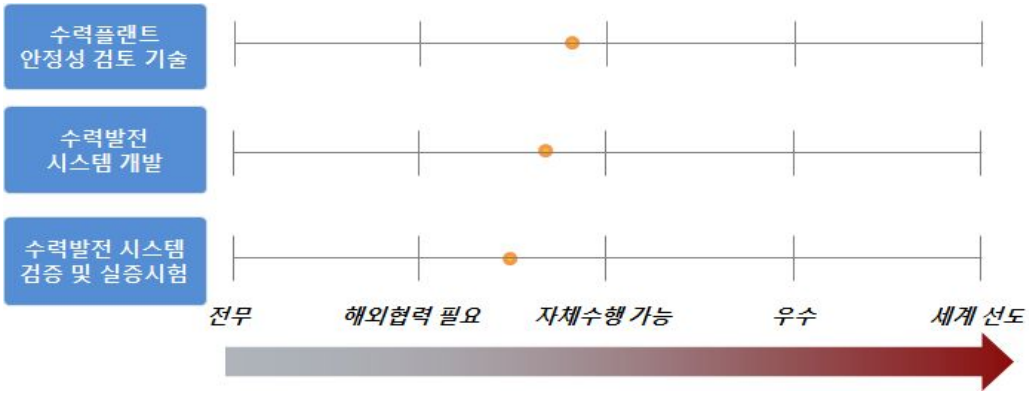


그림 6-2-2 중규모 수력플랜트 건설기술의 기술기반(인프라) 성숙도

○ 지난 10여년 금성이앤씨, 신한정공 등 국내 중소기업 위주로 소수력 분야 기술개발 및 설계·제작 경험이 계속 축적되어 오고 있으며

○ 공기업(K-water, 한수원)을 중심으로 대수력에 대한 운영관리 경험 및 보유 기술인력 활용 가능성 등 기술개발 잠재력을 보유하고 있음

○ 현 시점에서 국가 주도 R&D로 중규모 수력 기술개발이 체계적으로 수행되고 설계·시험·제작·시공 등 수력 플랜트 산업 전분야 인프라 구축 추진을 통하여 세계수준의 기술력 확보도 가능할 것으로 전망됨

□ 기술개발성공가능성

○ K-water 에서는 아시아, 남미, 아프리카 등 지역에서 투자사업, 수주사업, ODA

사업, MDB 사업 등에서 활발히 참여하고 있음

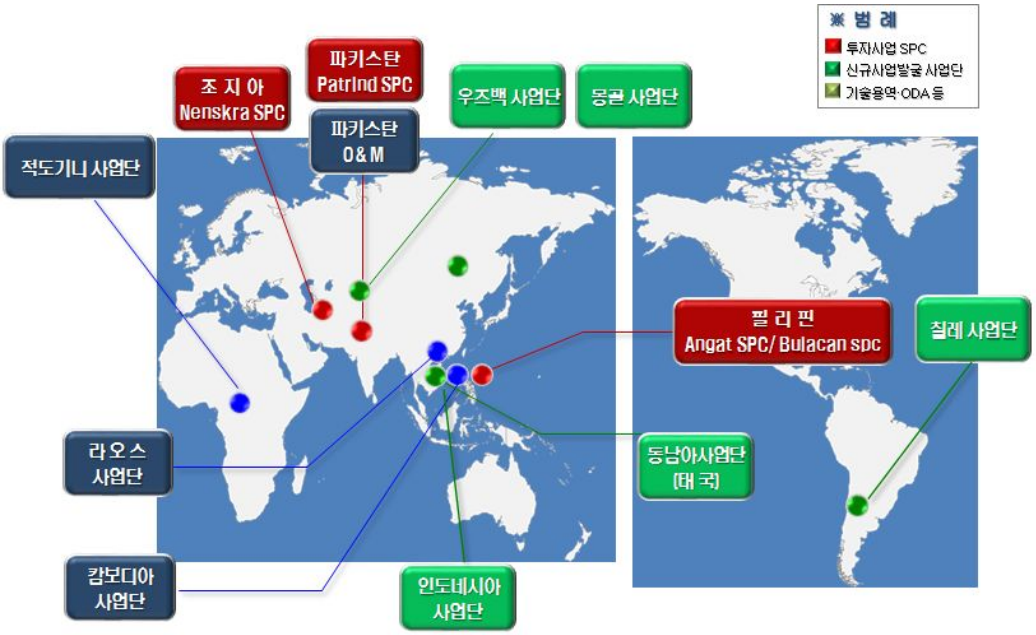


그림 6-2-3 K-water의 해외사업 현황

○ 국내 노후수력 현대화 사업으로 중규모 수력플랜트 기술개발의 성공여부를 검증할 수 있는 실증 Test Bed의 확보가 매우 양호함

○ 정부의 예산지원, 연구기관/대학의 기술력, 수공/한수원의 실증 Test Bed, 소수력 전문기업/주조·가공 전문기업 제조기반 등 국내 보유 자원 및 産·學·硏·官 협업체계를 최대한 활용함으로써 중규모 수력플랜트 기술개발의 성공가능성이 보장될 것으로 판단됨

○ 국내 50MW급 수차 개발 과정은 설계→(설계자문)→제작도면→모델시험→제작→현장설치 순이며 각각의 단계에 개발 가능한 산•학•연은 그림 6-2-4와 같이 조사됨

- 수차의 설계능력은 기존 연구를 통해 중소기업 및 국책연구기관이 보유
- 제작능력은 조선 및 중공업 기술의 활용을 통해 보완 가능
- 수차 모델 및 현장성능시험 기술은 국내 기술 기반 확보
- 실증을 위한 설치, 품질관리에 대해서는 기반 확보

○ 국내 50MW급 발전기 개발 과정은 설계→(해외 설계자문)→제작도면→공장제작(요소부품제작)→(현장설치 해외 협력)→현장조립 및 설치 순이며 각각의 단계에 개발 가능한 산•학•연은 그림 6-2-5와 같이 조사됨

- 50MW급 발전기의 설계 능력은 부족한 상태이며, 제작능력은 기반확보 상태

- 설계 기술에 대해서는 관련 유사기술 확보 기업을 통해 확보 추진

- 제어기술은 기반 확보된 상태임

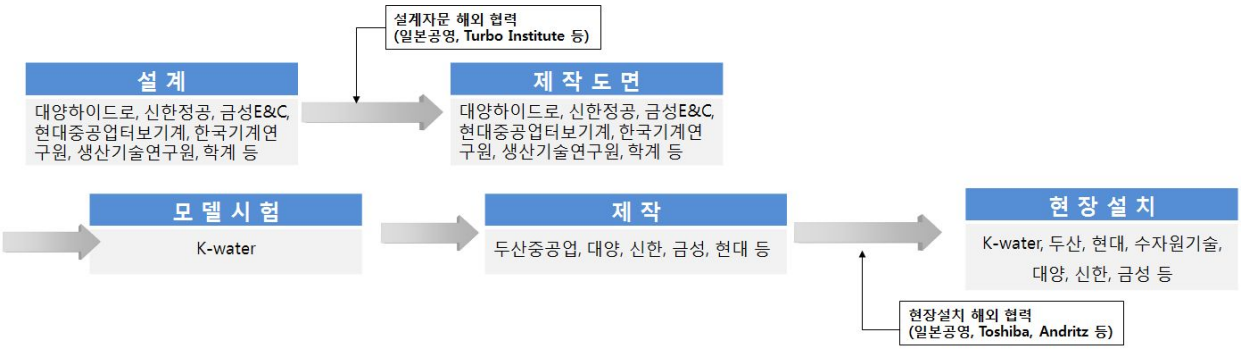


그림 6-2-4 50MW급 수차 개발 과정

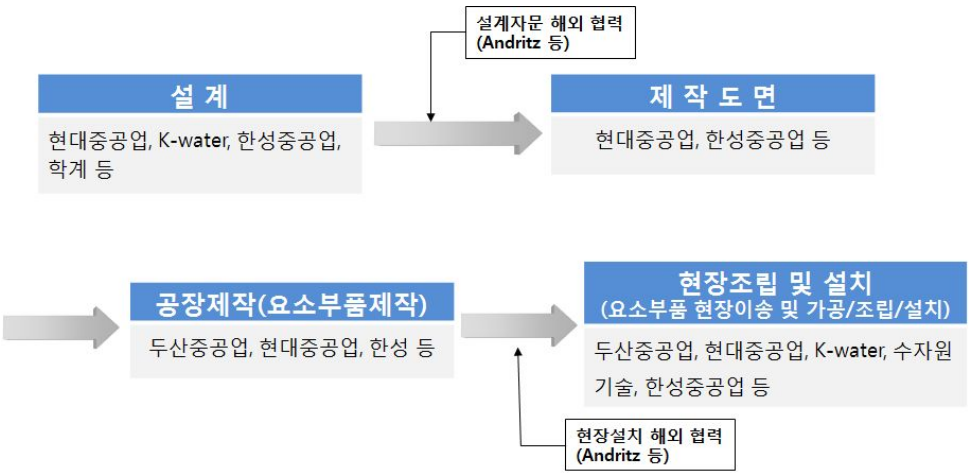


그림 6-2-5 50MW급 발전기 개발 과정

3. 기존 사업과의 중복성

□ 중복성 검토

○ 기존 유사한 사업과의 차별성 검토

10MW급 이상 프란시스 수차 발전기 개발과제 ('19년 9월 완료 예정)	중규모 수력플랜트 건설 기술 개발	
◦ 실증지 : 섬진강 수력 2호기 ◦ 용량 : 15MW ◦ 수차 형태 : 프란시스 수차 ◦ 런너 직경 : 1.525m ◦ 발전기 로터 회전수 : 514rpm ◦ 발전기 로터 크기 : 2.21m ◦ 유효낙차 : 151m	◦ 실증지 : 대청댐 ◦ 용량 : 45MW ◦ 수차 형태 : 프란시스 수차 ◦ 런너 직경 : 4.53m ◦ 발전기 로터 회전수 : 150rpm ◦ 발전기 로터 크기 : 7.3m ◦ 유효낙차 : 38m	수력플랜트 (내진)안정성 검토 기술 회전축계, 윤활계 및 실링 기술 현장 제작/ 설치 기술

유사과제와의 차별성

※ 수차 및 발전기 크기의 대폭적 Size Up에 따른 설계, 제작(현장 제작 등) 차별성 발생
☞ 수차 런너 직경 : 1.525m → 4.53m, 발전기 로터 직경 : 2.21m → 7.3m
※ 각 요소설비의 설계, 제작뿐만 아니라 현장 제작을 비롯한 설치, 시험/평가 기술 포함
※ 지진, 수충격 등의 내진 안정성을 고려한 수력플랜트 설계, 제작 기술 반영

□ 기존 유사한 사업의 차별화 및 연계 방안

○ 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술

표 6-2-2 기존 유사한 사업의 차별화 및 연계 방안 (수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술)

세세부과제	유사 과제명		활용고도화 및 차별화방안		
수리적 구조물 안전성 검토 및 설계기술	부처명	국토교통부	활용		도로터널에 대한 외수압 조건을 주 내용으로 하는 타 연과제와 달리, 내수압 작용의 수로터널 특성 및 시나리오 기반 항목이 주 연구내용으로 반영된 차별화 과제임
	사업명	건설기술연구사업 (국토교통과학기술진흥원)	고도화		
	과제명	고수압 초장대 해저터널 기술자립을 위한 핵심요소 기술개발	차별화	○	
	부처명	국토교통부	활용		플랜트의 장치 및 유닛을 표준화하여 설계 및 시공기술을 기획하는 기존 연구와는 달리, 본 과제는 수력플랜트 설비에 특화하였으며 각종 설비의 성능실험을 통한 내진성능평가 수치해석모델 개발을 주 연구내용으로 반영된 차별화된 과제 수행
	사업명	건설기술연구사업 (국토교통과학기술진흥원)	고도화		
	과제명	PLM(Plant Lifecycle Management)기반 모듈화 설계기술 기획	차별화	○	
수력플랜트 내진 안정성 사고저감 기반 설계기술	부처명	국토교통부	활용	○	대형 SOC 건설구조물에 대한 지진 취약도 평가에 관한 연구로서 지진 안전도 평가를 위한 시나리오 기법 활용
	사업명	건설기술연구사업 (국토교통과학기술진흥원)	고도화		
	과제명	재난시나리오(태풍, 호우, 지진)기반 수변구조물 통합안전관리 기술 개발	차별화		
	부처명	국토교통부	활용		일반 건물이 아닌 대형 SOC 구조물(수력 플렌트)내의 배전 설비 및 파이핑 시스템 등의 실 대형 모델의 실험을 통한내진 성능평가
	사업명	건설기술연구사업 (국토교통과학기술진흥원)	고도화		
	과제명	건물내 정보통신설비의 지진피해 보호장치 개발	차별화	○	
외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계기술	부처명	유사연구과제 없음	활용		50MW급의 중규모 수력발전설비에 대한 국내 자체의 진단 및 설계 기술이 없음
	사업명		고도화		
	과제명		차별화	○	

○ 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술

표 6-2-3 기존 유사한 사업의 차별화 및 연계 방안 (수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술)

세세부과제	유사 과제명		활용고도화 및 차별화방안		
수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작 기술	부처명	산업통상자원부	활용		프란시스 수차발전기 기본 설계활용
			고도화		
			차별화	○	
수력플랜트 시스템의 정밀 시공 기술	사업명	신재생에너지핵심기술개발사업	활용		본 과제 참여기업 유도 제작/시공에 필요한 기술활용
			고도화		
			차별화	○	
제어시스템 시공 및 시운전 기술	과제명	10MW급 이상 프란시스 수차발전기 개발 및 실증	활용	○	50MW급의 제어시스템 적용 및 필요기술 향상 시운전에 필요한 제반사항 향상
			고도화		
			차별화		

○ 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술

표 6-2-4 기존 유사한 사업의 차별화 및 연계 방안 (수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술)

세세부과제	유사 과제명		활용고도화 및 차별화방안		
실물 발전플랜트 검증기술	부처명	산업통상자원부	활용		실물 발전플랜트를 검증하기 위한 모델수차 성능검증 방법 및 선진사 수준의 성능검증 기술확대
	사업명	지식경제 기술혁신사업	고도화	○	
	과제명	국산수차발전기의 성능향상을 위한 1MW이하급 프란시스 수차발전시스템 기술개발 및 실증	차별화		
	부처명	지식경제부	활용		최대 5MW급 길이 70M에 대한 성능평가 기술기준으로 본 과제에서는 실물 수력 설비 효율 등 측정 불확도 개선을 통한 검증기술 고도화
	사업명	신재생에너지 설비보급 기반구축사업	고도화	○	
	과제명	풍력발전 시스템 성능평가 기술기반 구축	차별화		
상태진단 및 평가기술	부처명	산업통상자원부	활용		원자력용 원심펌프 상태 예측 진단/평가 및 제어벨브의 결함 진단기술 개발로써 부품의 정비주기를 결정하는 기술에서 수차의 노후도 평가 및 개대체 의사결정기술과 차별화되는 기술임
	사업명	원자력융합핵심기술 개발사업	고도화		
	과제명	원전기기 진단신뢰도 향상 및 표준형 통합 상태기반 정비기술개발	차별화	○	
	부처명	지식경제부	활용		원자력 발전기의 운전 중 고정자 이상 상태 진단기술을 대상으로 하며, 본과제에서는 발전설비 절연 진단을 통한 노후도 평가 및 개대체 의사결정 기술을 개발하는 것임
	사업명	전력산업원천기술개발사업	고도화		
	과제명	발전기 고장자 권선의 운전중 이상상태 진단기술 개발	차별화	○	

□ 세부과제별 기존 연구과제(산업부) 및 개발내용

구분	산업부 기술내용	국내 기술 수준	연계방안 및 개발내용	비고
안전성 검토 및 설계 기술	– 수력플랜트 안전성 기반 설계기술 적용 사례는 없으나, 원자력 설비시설에 대한 안전성 기반 설계기술 개발	– 안전성 기반의 설계 기술은 원자력분야 설비시설에 대하여 주로 적용 및 개발된 기술임 – 수력플랜트 적용사례 전무	– 수충격, 캐비테이션, 과도현상을 고려한 수력 플랜트 설비에 대한 안전성 기반 설계 기술 개발 – 타 분야 내진안정성 기반 설계 기술 연계하여 수력 플랜트 안정성 검증	•설비의 대형화에 따른 수력플랜트 안전성 대두 • 수충격발생으로 Sayano-Shushenskaya 발전소 터빈 9기 완파, 76명사고로 국제적 수력플랜트 안전성 부각
수차설계	– 기존 수차 역설계 기반 기술(15MW급, 국내 최대) – 고속(514rpm)의 고효율 수차설계기술 – 수차제작을 위한 치공구 설계	– 15MW급 이하의 역설계 기반 수차 설계 기술 보유 – 수차, 발전기 단위 요소 기술 보유 (15MW급 이하)	– 15MW급 기본 설계방법을 활용한 50MW급 수차의 세부설계 기술 검증 – 저속(150rpm)의 고효율 수차설계검증 – 수차–발전기 연계한 회전축계, 윤활계 및 실링 설계 기술 개발	•수차 직경 – 15MW급 : 1.53m – 50MW급 : 4.53m ☞ Size 증가에 따른 중력, 원심력 등의 설계 factor를 고려한 설계 검증
발전기설계	– 고속(514rpm) 15MW급 발전기 설계기술 – 발전기제작을 위한 치공구 설계	– 15MW급 이하의 발전기 설계 기술 보유 – 대형화에 따른 현장 설치 未고려 설계 기술	– 발전기 기본 설계 기술을 활용한 50MW급 세부설계 기술 검증 – 저속(150rpm) 고효율 발전기 설계검증 –수력 플랜트의 발전기 대형화에 따른 현장 분할 설치를 고려한 설계기술 개발	•발전기 직경 – 15MW급 : 2.21m – 50MW급 : 7.3m ☞ 발전기 대형화에 따른 현장설치를 고려한 설계기술 필요

수력플랜트 해석기술	– 수차의 유로특성, 캐비테이션 특성, 효율특성 해석 기술 – 발전기 전자기장 해석을 통한 설계의 적절성 검토기술	– 해석적 기반의 결과를 통한 설계 반영 – 설계 검증 중심의 해석 기술 – 해석적 접근 방법은 선진기관 수준 대비 90% 수준	– 해석적 방법론(15MW급 이하)을 활용하여 50MW급 수력플랜트의 설계기술의 적절성 검토 및 검증 – CAE를 통한 수력플랜트 내부 캐비테이션 영향 및 수충격 발생에 따른 수력플랜트의 수압관로, 수문, 대형 밸브류 설계 기술 반영	
수력 플랜트 On-Site 제작/설치 기술	– 공장제작 -> 운송 -> 설치 순으로 제작 및 설치(15MW급 이하)	– 수력플랜트 On-Site (현장) 제작/설치기술 無	– 수력플랜트의 대형화에 따른 On-Site 제작/설치 기술 개발 – On-Site 제작/설치 시 품질관리기술 개발	•15MW급 이하 수력설비 경우 On-Site 제작/설치 기술은 未적용대상
수력플랜트 성능시험	– K-water 보유중인 수차성능시험센터를 통한 모델성능시험 (1MW급이하) – 국외 선진기관 수차성능시험센터를 통한 모델성능시험 (15MW급)	– K-water 모델성능 시험장치 보유 및 운영 中	– 50MW급 수력플랜트 개발시 선진기관 국제협력을 통한 성능시험 제고 – K-water의 수차성능시험 센터를 활용한 모델성능 시험 수행 – 선진기관 수준의 수차 성능시험 설비 제고(불확도 향상)	
수력플랜트 실증시험	- 기존 설비 철거 및 신규 설비 설치 기술 - 기존설비와 국산화 설비의 출력 및 효율등을 비교분석(15MW급) - 성능시험 절차 수립 (15MW급)	- 시운전, 운영기술은 세계 동등 수준 (K-water)	- 시운전, 운영기술 외 유지보수 및 진단 관리 기술의 추가 기술 개발 - 발전설비 노후도 평가 및 실시간 진동측정을 통한 성능진단 기술 개발 - dry/wet test 기술 수립	

- 수력플랜트 : 수차발전을 위해 수차, 발전기, 유압기기, 베어링 및 축계 등으로 구성되는 일체의 시스템
- 수력플랜트용 수차, 발전기 → 현장 낙차, 유량 등 설치 환경 조건 별로 설계/제작 및 설치
- 수차 주요 부품 : Head cover, 런너, 가이드 베인, 주축, 베어링, 유압설비, servomotor등
- 발전기 주요 부품 : 고정자, 회전자, upper/lower bracket, 베어링 등

3절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석

가. 경제성 분석 방법론

□ 일반 개요 및 본 사업의 경제성 분석 방법론

○ 경제성 분석은 비용·편익 분석에 근거하여 경제성 여부를 판단하되 순현재가치, 편익/비용비율, 내부수익률의 3가지 기준을 적용할 수 있음

- 3가지 기준은 적용목적과 사업특성에 따라 장단점이 있으므로, 경제성을 평가하는 상호 보완적 기준으로 사용할 수 있음
- 기본적으로 할인율, 분석기간, 기준년도 등을 결정해야함
- 순현재가치, 편익/비용 비율, 내부수익률에 의한 경제성 분석 결과는 다를 수 있으며, 각각의 분석방법은 장단점을 가짐

○ 동 사업의 사전타당성조사에서는 순현재가치와 편익/비용 비율을 활용하여 사업의 경제성을 분석함

- 비용·편익 분석은 특정 프로세스에 소요되는 총비용과 총편익을 비교하는 방법으로 미래의 상황에 대해서 얼마나 정확하게 추정하는가의 정도에 따라 효용성이 결정됨
- 비용·편익 분석이 정확하게 이루어지기 위해서는 모든 비용 요소와 모든 편익 요소를 정확하게 파악해야 함
- 이를 위해서는 비용요소와 편익요소를 가능한 세분화시켜 분류해야 함
- 비용·편익 분석에 있어서 가장 어려운 점은 편익 요소를 경제적 가치로 환산하는 일임
- 많은 편익요소들 가운데에는 경제적 가치로 환산하기 어려운 요소들이 존재함

□ 비용·편익 요소 분류

○ 동 사업 추진에 따른 비용 요소

- 동 사업에 투입되는 정부 R&D 투자
- 동 사업에 투입되는 민간 R&D 매칭 투자

○ 동 사업 추진에 따른 편익 요소

- (직접편익) 국내 중규모 수력발전설비(수차, 발전기, 부속설비 등) 외산 대체에 따른 비용절감, 수력발전설비 성능시험 자체수행에 따른 비용절감, 중규모 수력발전플랜트 해외 수출

- (간접편익) 수력발전플랜트 설계·제조 기술 경쟁력 확보, 수력발전플랜트 설계·제조 관련 기술 인프라 확보, 참여기업간 기술 협력네트워크 구축

나. 경제성 분석을 위한 가정

□ 비용 및 편익 분석방법

○ (비용) 소요되는 비용은 연구 기간(5년) 동안 투입되는 예산 총액(400억원)을 예산투입계획에 따라 연차별로 투입한다고 가정함

○ (편익) 본 연구가 종료되는 시점에 국내 중규모 수력플랜트 기술이 성공적으로 완료되어 국내 수력플랜트 현대화 사업 1개를 국산기술로 대체하여 이에 따른 비용절감(외산적용비용) 편익을 적용하고, 개발된 기술을 활용하여 연구 종료 후 동일 규모의 해외사업을 수주하는 것으로 가정하여 수출 효과 편익 적용, 연구를 통해 개발된 수력발전설비 성능시험 기술을 활용하여 자체 성능시험 수행에 따른 비용절감 편익 적용

□ 기타 가정

○ (공통 가정) 기술개발은 100% 성공한다고 가정, 개발된 기술로 국내 중규모 수력플랜트 현대화 사업 1개를 국산화 성공한다고 가정, 5년 내 해외 수력플랜트 수출에 개발된 기술을 활용하는 것으로 가정, 수력발전설비 성능시험은 자체 수행하는 것으로 가정

○ (긍정적 시나리오) 연구 종료 시점에 중규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화 성공, 연구 종료 후 5년 이내 유사 규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화(개발 기술 90% 활용), 유사 규모의 해외 수력플랜트 수출 1건(개발기술 100% 수출), 수력발전설비 성능시험 10회/년 자체 수행

○ (중립적 시나리오) 연구 종료 시점에 중규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화 성공, 연구 종료 후 5년 이내 유사 규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화(개발 기술의 70% 활용), 유사 규모의 해외 수력플랜트 수출 1건(개발기술의 70% 수출), 수력발전설비 성능시험 7회/년 자체 수행

○ (부정적 시나리오) 연구 종료 시점에 중규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화 성공, 연구 종료 후 5년 이내 유사 규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화(개발 기술의 50% 활용), 유사 규모의 해외 수력플랜트 수출 1건(개발

기술의 50% 수출), 수력발전설비 성능시험 5회/년 자체 수행

□ 할인율 : 한국개발연구원(KDI) 예비타당성조사 수자원부문 사회적 할인율(3%) 적용

다. B/C 분석 결과

□ 긍정적 시나리오

○ 연구가 성공적으로 완료되어 종료 시점에 중규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화 성공, 연구 종료 후 5년 이내 유사 규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화(개발 기술 90% 활용), 유사 규모 해외 수력플랜트 수출 1건(개발 기술 100% 수출), 수력발전설비 성능시험 10회/년 자체 수행 편익 조건으로 분석한 결과 순편익 현재가치는 16,633백만원이고 B/C는 1.46으로 나타나 경제적 타당성이 충분한 것으로 분석되었음

표 6-3-1 긍정적 시나리오 B/C 분석 결과

항 목	합 계 (천원)	평균 (천원)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
증분비용(A)	40,000,000	2,000,000	2,690,000	6,900,000	14,020,000	11,620,000	4,770,000	-	-	-	-	-
국가 R& 투자비	27,000,000	1,350,000	1,820,000	4,680,000	9,450,000	7,830,000	3,220,000	-	-	-	-	-
민간 R&D 매칭 투자비	13,000,000	650,000	870,000	2,220,000	4,570,000	3,790,000	1,550,000	-	-	-	-	-
현재가치(A')	**36,384,712**	**1,819,236**	**2,611,650**	**6,503,912**	**12,830,286**	**10,324,219**	**4,114,644**	-	-	-	-	-
증분편익(B)	67,500,000	3,375,000	-	-	100,000	100,000	23,100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	43,800,000
수력설비 국산화 대체 편익	43,700,000	2,185,000	-	-	-	-	23,000,000	-	-	-	-	20,700,000
성능시험 자체수행(10회/년) 편익	800,000	40,000	-	-	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
해외 수출 편익(1건/5년, 100%)	23,000,000	1,150,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,000,000
현재가치(B')	**53,018,579**	**2,650,929**	-	-	**91,514**	**88,849**	**19,926,263**	**83,748**	**81,309**	**78,941**	**76,642**	**32,591,313**
순편익(B-A)	27,500,000	1,375,000	(2,690,000)	(6,900,000)	(13,920,000)	(11,520,000)	18,330,000	100,000	100,000	100,000	100,000	43,800,000
NPV(B'-A')	**16,633,868**	**831,693**	(2,611,650)	(6,503,912)	(12,738,772)	(10,235,371)	15,811,619	83,748	81,309	78,941	76,642	32,591,313

☞ 적용 할인율	3.00%	B/C	1.46	경제적 타당성 있음

□ 중립적 시나리오

○ 연구가 성공적으로 완료되어 종료 시점에 중규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화 성공, 연구 종료 후 5년 이내 유사 규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화(개발 기술 70% 활용), 유사 규모 해외 수력플랜트 수출 1건(개발기술 70% 수출), 수력발전설비 성능시험 7회/년 자체 수행의 편익 조건으로 분석한 결과 순편익 현재가치는 8,920백만원이고 B/C는 1.25로 나타나 중립적 시나리오에서도 경제적 타당성이 충분한 것으로 분석되었음

표 6-3-2 중립적 시나리오 B/C 분석 결과

항 목	합 계 (천원)	평균 (천원)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
증분비용(A)	40,000,000	2,000,000	2,690,000	6,900,000	14,020,000	11,620,000	4,770,000	-	-	-	-	-
국가 R& 투자비	27,000,000	1,350,000	1,820,000	4,680,000	9,450,000	7,830,000	3,220,000	-	-	-	-	-
민간 R&D 매칭 투자비	13,000,000	650,000	870,000	2,220,000	4,570,000	3,790,000	1,550,000	-	-	-	-	-
현재가치(A')	**36,384,712**	**1,819,236**	**2,611,650**	**6,503,912**	**12,830,286**	**10,324,219**	**4,114,644**	-	-	-	-	-
증분편익(B)	57,160,000	2,858,000	-	-	70,000	70,000	23,070,000	70,000	70,000	70,000	70,000	33,670,000
수력설비 국산화 대체 편익	39,100,000	1,955,000	-	-	-	-	23,000,000	-	-	-	-	16,100,000
성능시험 자체수행(7회/년) 편익	560,000	28,000	-	-	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
해외 수출 편익(1건/5년, 70%)	17,500,000	875,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,500,000
현재가치(B')	**45,304,729**	**2,265,236**	-	-	**64,060**	**62,194**	**19,900,385**	**58,624**	**56,916**	**55,259**	**53,649**	**25,053,642**
순편익(B-A)	**17,160,000**	**858,000**	**(2,690,000)**	**(6,900,000)**	**(13,950,000)**	**(11,550,000)**	**18,300,000**	**70,000**	**70,000**	**70,000**	**70,000**	**33,670,000**
NPV(B'-A')	**8,920,017**	**446,001**	**(2,611,650)**	**(6,503,912)**	**(12,766,226)**	**(10,262,025)**	**15,785,741**	**58,624**	**56,916**	**55,259**	**53,649**	**25,053,642**

☞ 적용 할인율	3.00%	B/C	1.25	경제적 타당성 있음

□ 부정적 시나리오

○ 연구가 성공적으로 완료되어 종료 시점에 중규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화 성공, 연구 종료 후 5년 이내 유사 규모 수력플랜트 현대화 사업 1개 국산화(개발 기술 50% 활용), 유사 규모 해외 수력플랜트 수출 1건(개발 기술 50% 수출), 수력발전설비 성능시험 5회/년 자체 수행의 편익 조건으로 분석한 결과 순편익 현재가치는 393백만원이고 B/C는 1.01로 나타나 부정적 시나리오에서도 경제적 타당성은 있는 것으로 나타났다.

표 6-3-3 부정적 시나리오 B/C 분석 결과

항 목	합 계 (천원)	평균 (천원)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
증분비용(A)	40,000,000	2,000,000	2,690,000	6,900,000	14,020,000	11,620,000	4,770,000	-	-	-	-	-
국가 R& 투자비	27,000,000	1,350,000	1,820,000	4,680,000	9,450,000	7,830,000	3,220,000	-	-	-	-	-
민간 R&D 매칭 투자비	13,000,000	650,000	870,000	2,220,000	4,570,000	3,790,000	1,550,000	-	-	-	-	-
현재가치(A')	**36,384,712**	**1,819,236**	**2,611,650**	**6,503,912**	**12,830,286**	**10,324,219**	**4,114,644**	-	-	-	-	-
증분편익(B)	45,400,000	2,270,000	-	-	50,000	50,000	25,050,000	50,000	50,000	50,000	50,000	20,050,000
수력설비 국산화 대체 편익	37,500,000	1,875,000	-	-	-	-	25,000,000	-	-	-	-	12,500,000
성능시험 자체수행(5회/년) 편익	400,000	20,000	-	-	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
해외 수출 편익(1건/5년, 50%)	7,500,000	375,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,500,000
현재가치(B')	**36,777,935**	**1,838,897**	-	-	**45,757**	**44,424**	**21,608,350**	**41,874**	**40,655**	**39,470**	**38,321**	**14,919,083**
순편익(B-A)	**5,400,000**	**270,000**	**(2,690,000)**	**(6,900,000)**	**(13,970,000)**	**(11,570,000)**	**20,280,000**	**50,000**	**50,000**	**50,000**	**50,000**	**20,050,000**
NPV(B'-A')	**393,223**	**19,661**	**(2,611,650)**	**(6,503,912)**	**(12,784,529)**	**(10,279,795)**	**17,493,706**	**41,874**	**40,655**	**39,470**	**38,321**	**14,919,083**

☞ 적용 할인율	3.00%	B/C	1.01	경제적 타당성 있음

2. 파급효과

□ 경제사회적 파급효과

○ 국내 중규모 수력플랜트 국산화를 통한 수입 대체 효과

- 현재 100% 외산으로 구성되어 있는 국내 수력플랜트 기술의 국산화를 통해 K-water에서 보유하고 있는 수력플랜트 국산화를 위해 '35년까지 투입될 예정인 6,600억원의 현대화 사업의 일부를 국산 기술로 대체할 수 있어 수입 대체 효과가 기대됨

○ 글로벌 수력발전사업 수주 시 국내 기술 활용율 향상 효과

- 최근 K-water를 중심으로 파키스탄 파트린드('12년), 필리핀 앙갓('14년), 조지아 넨스크라('15년) 등 다양한 해외 수력발전사업 수주 실적을 보이고 있으나, 국내 기술이 부족하여 국내 기술 활용율은 아주 저조한 실정임

- 향후 신 기후변화체제 도입에 따라 글로벌 수력발전 시장은 점차 성장 확대될 전망에 있으므로 국내 중규모 수력발전플랜트 기술이 확립될 경우 급성장하고 있는 해외 수력발전 사업에 국내 기술 활용율을 높일 수 있음

○ 안정적 시설물 운영관리를 통한 수력발전량 향상

- 본 연구를 통해 개발되는 수력발전플랜트 안전성 향상 관련 기술들을 활용하여 수력발전 운영관리 수준을 향상시킬 수 있어 안정적 수력발전설비 운영을 통한 수력발전량 향상이 가능

□ 과학기술적 파급효과

○ 과학기술 수준 증진 효과

- 본 연구를 통해 개발되는 수력발전플랜트 안전성 진단, 평가 기술, 수력발전설비 설계, 제작, 성능진단 기술 등은 수력발전뿐만 아니라 플랜트 안전성 설계, 대용량 기계설비 제작, 유체기계 유동해석, 추계 안전성 및 베어링 제조기술 등의 분야에서 수준 높은 기술들이 개발될 것으로 기대됨에 따라 국내 과학기술이 한 단계 진일보하는 계기가 될 것으로 기대

○ 수력발전플랜트 설계, 제작, 성능검증 인프라 확보

- 기존 국내 수력발전 설계, 제작, 성능검증 인프라가 소규모 플랜트에 적용 가능한 규모로 구축되어 있었다면, 이번 연구를 통해 중규모 이상의 수력 발전플랜트 설계, 제작, 성능검증이 가능한 규모와 수준으로 인프라가 구축될 예정으로 향후 수력발전 관련 국내 기술향상의 기반이 될 수 있음

○ 수력발전분야 전문 인력양성

- 기존 소규모 수력플랜트를 설계, 제작, 성능검증하는 전문 인력은 있었으나, 중규모 이상의 수력발전플랜트를 직접 설계하고, 제작, 설치 및 성능검증한 국내 사례가 없어 전문인력이 전무한 수준이었다면, 본 연구를 통해 각 분야별 전문인력양성이 가능함에 따라 중규모 수력플랜트 전 공정의 경험을 가지는 전문인력을 양성가능하며, 관련 산업계 및 연구소, 학계도 자연스럽게 수력발전분야 전문성을 갖추게 됨

7장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

1절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 RFP

과제명(연구단)	중규모(50MW급) 수력플랜트 건설기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 중규모(50MW급) 수력플랜트 설계/제작 기술 개발 및 실증을 통한 수력발전 플랜트 건설기술 개발 – (안전성) 수력플랜트 안정성 기반 평가, 설계, 예측, 독자기술 개발 – (제작/설치) 수차 국산화(효율 92%수준), 발전기 국산화(효율 96.5%수준), 윤활·제어시스템 국산화 – (운영/평가) 성능평가·검증기술 확보 및 상태진단/평가기술 확보
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 중규모 수력발전 플랜트의 원천기술 확보로 수력발전 산업의 기술역량을 제고 – 국내외 활용도가 가장 높은 중규모급(50MW) 수력플랜트 대한 설계/제작/현대화 기술 확보로 국내 기업의 국제적 경쟁력 확보 – 현재 해외 전문기업에 의존하고 있는 국내 중대수력산업을 국내 기업이 선도함으로써 수력 발전플랜트 설비 건설기술 확보 * 설계/제작/설치/운영까지 全 주기적 기술 보유 및 무한 경쟁시대에 원천기술 확보 절실 ** 수요중심의 시장 요구형 고효율 수차부품과 지능형 제어기술을 융합한 운전기술의 개발을 통한 고부가가지 시장 진입 ○ 발전소 구조물 및 매설관로 등의 안정성 진단 및 평가기술 개발과 국가 기술경쟁력 강화를 통한 에너지 안보 확립 – 국내 중·대형(10MW급 이상) 수력발전 플랜트설비의 해외 구입 및 종속이 심각 – 시화조력(254MW급), 4대강 수력(50MW)의 수력플랜트 설비는 해외조달로 약 2,500억원 국부 유출 – 수력플랜트 고장·사고 시 외자재 사용에 따른 복구자재 수급지연으로 발전 수익 손실 – 운영 중인 설비의 유지관리 비용을 절감하고 고장 발생 시 신속한 조치를 통한 국가 전력설비 안정성 확보

<발전수익 손상 사례>

구분	설비용량 (MW)	업체	발전정지 일수	손실액 (백만원)	사고경위
A	45	Fuji (일본)	17일('00년)	429	• 러너부 누유
B	7	Alstom (프랑스)	109일('04년)	864	• 고정자 코일소손
C	45	Toshiba (일본)	172일 ('02~ '03년)	788	• 회전자 spoke jaw 균열 및 절단 • 고정자 coil 소손

○ 국·내외 수력플랜트 시장 진출 및 현대화 사업 참여를 위하여 적용범위가 넓은 50MW급 수차발전기(프란시스 수차 및 동기발전기)의 전략적인 기술개발 필요

* (해외) ' 35년까지 722GW 설치예정으로 약 1,700조원 신규 투자, 노후 수력플랜트설비는 300GW(사용연수 40년 이상)로 연간 8.2조원(12~16GW)의 개선 및 대체 투자 전망
** (북한) 용량 6,920㎿ 중 4,844㎿(약 70%)가 노후화되어 약 3조원 투자 필요

○ 글로벌 경쟁력을 갖춘 수력플랜트 분야 국내기업을 국가 차원에서 발굴·육성하고, 확대 전망되는 세계 수력시장 진출을 통해 국부창출 및 국가브랜드 제고

– 중대규모 수력발전 플랜트설비 국산화 인프라 확충, 인적자원 역량강화 등 핵심기술 개발에 대한 기업 투자부담 완화 절실, 국산화 기술개발을 기반으로 국내외 수력산업 진출 기반 조성 필요

□ 기술동향

○ 수력발전 플랜트 해외 전문기업은 다년간의 경험에 의한 특성화 전략으로 해외시장 점유율을 지속적으로 확대

– 유량, 낙차, 용량별 설계시스템이 체계적으로 구축되어 있으며, 형상설계 코드를 활용한 설계기간 단축, 유동해석 활용 등 고효율 설계시스템을 운영

– 유럽, 일본 등 선진 기업은 설계, 제작, 수력 성능검증에 기반한 기술전략 및 대중소기업 통합형 전문기술로 무한경쟁의 국제시장을 독과점

* 중국은 산샤 수력발전소 건설을 통해 기술축적에 성공하여 나이지리아 Kainji 수력발전소 건설사업 등을 성공시키며, 수력발전사업 기반을 마련
* 빠른 경제성장과 에너지 수요 증대로 '09년 약 200GW 수력 설치

– 프랑스 Alstom 및 독일 Voith 등은 다년간의 경험을 통한 설계, 제작기술을 보유

○ 수력발전 플랜트의 국내 업체 기술력은 미흡하고, 소수력발전 플랜트 위주의 기술개발이 진행 중이며, 최근 15MW급 수차발전기를 개발중이나, 30MW 이상의 중·대규모 기술은 전무한 상태

○ 국내의 경우, 댐 성능개선을 위해 수력발전 플랜트설비와 연계되어 운영되는 매설관로는 정밀 검토 없이 손상부에 대해 단순 보수만 실시하고 있는 실정임

○ 국내 운용중인 30MW 이상의 중·대수력용 수차발전기는 전량 해외업체에서 제작/설치
  - 국내 발전기(Generator) 기술은 대량생산이 가능한 산업용 또는 선박용 발전기 위주 개발

○ 소수력발전은 몇몇의 중소기업이 주도하고 있으며, 정부 주도의 연구과제 수행을 통한 개발에 주력
  * 국내 중대수력 발전관련 기자재는 과거 공급한 사례 있음

3. 연구개발 내용

[1세부과제]

○ 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 개발
  - 수리적 구조물 안전성 검토 및 설계 기술 개발
  - 수력플랜트 내진안전성 및 사고 저감 기반 설계 기술 개발
  - 외부환경 및 장기간 사용 조건의 설계 기술 개발

[2세부과제]

○ 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 개발
  - 수력플랜트 기자재 분할 설계 및 현장 제작 기술 개발
  - 수력플랜트 정밀 시공 기술 개발
  - 제어시스템 시공 및 시운전 기술 개발

[3세부과제]

○ 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 개발
  - 실물 발전플랜트 검증 기술 개발
  - 상태 진단 및 평가 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 수력플랜트 실증대상 및 범위 설정
  - 실증대상지를 선정하여 중규모(50MW급) 수력플랜트 건설기술 개발 수행
  - 수력플랜트의 개대체가 가능한 부품으로 제시(프란시스 수차런너, 가이드베인, 발전기 회전부 등)

○ 목적별 · 기관별 · 사용자별 다양한 활용 용도를 반영하여 현재 기술 및 제도를 분석하고 활용가능한 연구성과가 도출될 수 있도록 하며, 단 · 중 · 장기 단계별 연구성과도 함께 제시

○ 연차별 연구목표와 성과물 중심의 기술개발 및 연구내용은 상호 유기적으로 연관되도록 추진

○ 국내외 기존 연구성과를 최대한 활용하고 현재 진행중인 유사 연구과제와 상호 연계가 될 수 있도록 추진

○ 선진기술을 보유하고 있는 국내외 연구자 및 실무자, 기관과의 네트워크

	확보 및 국제공동 연구 및 연구 협업 시스템 구축 ○ 상용화 목표 중심의 연구과제 포트폴리오 구성 – 사업화 주체가 연구개발 초기부터 참여하여 연구개발의 사업모델을 명확히 설정하여 국가연구개발사업의 ROI(Return On Investment) 제고 ○ 시스템 최적화를 통한 비즈니스 모델 창출 – 개별 요소 시스템의 조합을 최적화하는 System of Systems형 기술 개발을 통한 수력플랜트 산업 비즈니스 모델 창출 ○ 목표 달성을 위해 연구비용과 시간을 줄일 수 있도록 국내외 선도기관과 적극적 외부 협력을 추진 ○ 정부기관의 수력플랜트에 필요한 연구개발 방향과 일관성 유지 ○ 보유중인 성능시험 Test-rig를 활용, 보완하여 중복투자를 최소화하고, 선진기관 기술이전 등을 촉진하여 단기간 성능시험 고도화 달성
□ 추진체계	○ 중규모 수력플랜트 건설기술 연구단은 국토교통과학기술진흥원의 과제 관리를 받으며, 연구단장 책임하에 연구단에서 관리함 ○ 산학연 중심의 국내외 연구 기관들의 공동 연구할 수 있는 협업체계를 구축함 – 학연: 미흡한 요소기술 개발을 통해 상용기술 보완 – 산업계 : 개발기술의 상용화 추진 ○ 연구책임자는 단계별 연구목표를 수립하고 이에 적합한 추진전략 및 일정 계획을 수립하여야 함 ○ 기술개발 주체간의 협동 연구체계 구축 및 수행 ○ 연구단의 전체적 연구방향에 부합하는 단계별 연구 수행 ○ 분야별 연구자, 총괄 연구단과의 수시 상호 연계 및 연구정보 공유 ○ 설계사/제작사/설치/운영사 간의 협업 추진 체계 필요 ○ 연구개발 내용과 관련한 연구진의 인적 능력 구축으로 연구성과 도출 ○ 국내외 공동 연구 및 자문 인력 확보를 통한 전문가 그룹 구성 및 연계 연구 수행 ○ 국내외 산·학·연 연구자 및 연구기관과의 전문가 네트워크 구성 및 공동 워크숍 개최 ○ R&D 연구 기관과의 네트워크 구축을 통한 전주기적 연구 관리
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	**[1세부과제]** ○ 수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 개발 – 시나리오 기반의 수로터널 안전도 평가 기술 매뉴얼 – 주요 발전설비 내진 성능평가 보강기술 매뉴얼 – 외부환경 및 장기간 사용조건 기반 설계기술 매뉴얼 **[2세부과제]** ○ 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술 개발 – 수력플랜트(수차, 발전기) 원형 모델 – 수력플랜트 조립, 제작, 시공 매뉴얼

	– 수력플랜트 운영 및 모니터링 소프트웨어 **[3세부과제]** ○ 수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술 개발 – 모델성능 시험 설비 – 측정 Data 분석 프로그램 – 개대체 의사 결정 상태 평가 프로그램
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 (2017~2021) ○ 총 연구비 : 40,000백만원 (정부출연금: 27,000백만원) ※ 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명학하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능
7. 기 타	
	○ 본 과제의 보안등급은 “연구단 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구소(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.nits.go.kr의 유사과제목록 참조 – 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 – 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 – 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술–성과물간 연계성 – 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 지도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발 결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

2. 1세부과제 RFP

과제명	수력플랜트 안정성 검토 및 설계 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 내진·수충격·진동·노후화 등에 대한 평가 기술개발과 이를 바탕으로 한 설계 기술 개발 – 시나리오 기반 수충격, 수리진동에 의한 수리적 구조물 안전도 평가 및 설계 기술 개발 – Seismic hazard analysis 기반 중규모 수력 플랜트의 세계수준 내진 안전성 확보를 위한 지진 시나리오 분석 기술 확보, 지진 시나리오 기반 설계 기술 확보 및 시스템 구축 – 발전설비 수명 장기화 및 외부환경을 고려한 설계 기준 확립
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 발전용 수력플랜트 분야는 기후변화 및 에너지 확보를 고려해 향후 지속적인 성장이 전망되므로 구성설비에 대한 안전성 진단기술 확보가 시급한 문제로 대두됨 ○ 발전설비에서 발생할 수 있는 수충격 및 수리진동을 고려한 관로유동에 대한 부정류 해석을 통해 수압철관의 안정성을 고려한 기술개발의 필요성이 증가하고 복잡한 수리현상으로 야기되는 안정성 평가가 요구됨 ○ 1990년 후반 이후 국내에서 중소 규모의 지진활동이 증가 추세에 있어 발전시설을 비롯한 지진피해 발생시 파급효과가 큰 주요 산업설비에 대한 정부 및 산업계의 체계적인 대책 수립이 요구되고 있음 ○ 지진 발생시 운영중인 시설물의 안전성 뿐 아니라 중요 전기설비의 손괴로 인하여 전력공급에 지장이 발생할 수 있는 내진 취약설비를 대상으로 내진성능 평가를 수행하고 그에 따른 대책이 수립되어야 함 ○ 현 국가 인프라 시스템의 재난 대응의 경우 홍수등과 같은 재난 시나리오에 집중하여 지진과 같은 다양한 시나리오에 대응 체계를 구축할 필요성 대두, 중수력 구조물과 같은 수력 구조물의 피해 및 복구비용 최소화 필요 ○ 수력 플랜트 구조물의 경우 지진발생시 또는 지진 발생 전/후에 안정적 전력공급을 위해 반드시 정상 운영 되어야 하는 구조물로서 지진에 대한 안전성 확보가 우선되어야 함 ○ 지진 취약에 대비한 수력 플랜트 구조물의 사전가능 시나리오를 구축 미래 지형 지진에 대비한 플랜트 구조물 지진 대응 체계 구축 필요 ○ 중수력 플랜트 구조물의 각 주요 요소 별 주요 부재별 정확한 내진 성능 평가를 통한 중수력 플랜트 성능 개선 확보 필요 ○ 세계적 수준의 내진 성능 확보를 위한 발전 설비 시설의 성능 평가 필요 ○ 국내외 운영 중에 있는 수력 플랜트 설비별 열화 및 노후화 진단 가이드라인 설정 및 상태평가 기법 개발 필요 ○ 수력플랜트 설비별 열화, 노후화 진단을 통한 정확한 잔여수명 확보로 최적의 개대체 시기 결정으로 설비의 경제적 손실 최소화 ○ 수차효율시험 가이드라인 및 성능개선방안을 통하여 설비의 현대화 타당성

검토필요

□ 기술동향

○ 국외에서는 관로시스템 운영상에서 발생하는 수충격 및 서징 등 다양한 수리현상을 해석할 수 있는 수치해석 연구가 지속적으로 수행되고 있으며 발전설비 운영 중 수압관로 시스템의 유지 관리 및 설계에 반영함으로써 기술수준 향상을 이루고 있으나 국내에서는 압력 관수로의 대한 연구가 정상류 흐름을 기본 가정으로 하는 수치모사가 대부분이며 부분적으로 부정류 모형에 대한 연구가 수행되어 왔으나 다양한 동역학적 조건을 유동해석에 능동적으로 고려할 수 있는 보다 진보된 해석적 방법론이 부족한 실정임

○ 상수관망 시스템 위주의 특정조건하에서 수격압이나 서징 등 부분적인 부정류 해석연구에 그치고 있으며 수력플랜트 시스템의 경우 터빈이나 펌프등에 대한 국부적 정밀해석 위주로 연구가 진행되고 있는 실정임 수압설계에서 영향요소와 조건별 시나리오 기반의 표준화된 수로터널 안전도 평가 연구는 미비한 실정임

○ 압력 수로터널과 수직부에 대한 세부 항목별 연구 및 설계지침 마련 등의 기술적 노력이 지속적으로 수행되고 있으며, 이를 바탕으로 기 운용중 수로터널의 안정적 관리와 신규 설치시의 기술수준 향상을 이루고 있음

○ 압력 수로터널 및 장대 도수터널 등에 대한 안전도 평가기술 연구 및 이에 기반한 설계 지침, 기술 가이드라인 제정 등의 노력이 부재되어 있음

- 한국수자원공사에 제정하여 사용하고 있는 「수력발전설비 설계지침(2015)」 중 수로터널에 대한 기술사항은 제2편 발전설비 내용에 공사계획인가 및 사용 전 검사 항목이 기존 터널공사 체크리스트 위주로 극히 일부분 언급되어 있음
- 수로터널 특성을 반영한 독자적 설계지침(「수로터널 설계 및 시공 지침」, 2007, 한국수자원공사) 마련 등의 기술적 노력이 진행되었으나, 대부분의 내용은 과거 도로터널 등의 기존 터널기술을 준용하였으며, 수로터널 설계 및 안전도 평가에 이용할 수 있는 기술사항은 매우 미비한 것이 현실임

○ 수력플랜트 설치시 소요되는 경제적 비용 중 토목공사에 소요되는 비용이 최대 70%까지 육박(IEA 2012)하고 있는 바, 수로터널 등의 건설 및 유지관리 비용을 최소화 하여 수력플랜트의 전체적 편익을 향상시키는 노력이 진행되고 있음

○ 선진국에서는 수압관(Penstock)과 수계 관로(Pipeline)을 중심으로 실험과 해석을 병행한 연구 및 설계 지침 마련 등이 지속적으로 수행되고 있으며, 그 운용의 향상과 신설 설비에 대한 기술향상을 위해 노력하고 있으며, 국내에서는 수력 및 원자력발전소의 내진설계 기준이 마련되어 있지만 성능평가기술을 기반 한 내용이 부재하며, 설비의 시뮬레이션은 단편적인 기본 모델만을 제시하고 있음.

○ K-water의 수변구조물(보, 교량, 옹벽) 지진 취약도 평가에 따른 통합안전관리 시스템 기술이 구축 및 소방 방재청의 지진 해일 대응 시스템을 통한 한반도 지역 주요시설물에 대한 정보를 탑재한 시스템을 구축하였으나 선진사(미국:HAZUS-MH)는 자연재해 국가 대응 시스템인 HAZUS-MH 구축하여 구조물별(발전소/병원/학교 등) 시스템을 구축하여 효율적인 사전 대응 시스템을 구축하여 구조물 안전성을 확보하고 있음

○ 국·내외 위험분석 및 취약도 평가 연구는 원자력 발전소 내 펌프, 패널, 밸브, 탱크 등과 같은 요소들에 대한 취약도 평가가 주로 진행되고 있음
○ 선진사의 경우 산학연 연구를 통하여 자체적으로 진단 및 설계기술이 정립되어 있으며, 국내의 경우 노후화된 수력설비에 대한 진단기술을 체계화하려는 움직임이 있으며 노후화된 수력설비 개대체 및 출력시험에 대한 명확한 기준이 미미한 실정임

3. 연구개발 내용

○ 시나리오 기반의 수로터널, 주면지반 인접 시설물 상호 안전도 평가 기술개발
- 수충격, 유체-구조물간의 상호작용을 고려한 송수관로 해석기법 및 모델 개발
- 주변 지반의 안전도 평가 기술 개발
- 인접 시설에 대한 시나리오 기반의 종합 안전도 평가 매뉴얼 구축

○ 발전설비의 내진 성능평가를 위한 부재 별 성능실험 및 수치해석 모델링 개발
- 유체 반복 압력 실험을 통한 수압관의 고유진동특성 평가
- 수압관 계측 센서 설치를 통한 실제 거동특성 변화 측정 및 평가
- 터빈, 변압기, 수압관 및 배전반 등의 설비 고정용 콘크리트 앵커의 인발 및 전단 성능평가
- 내진성능 평가를 위한 변압기, 배전반, 수차, 수계용 파이프, 압력조절수조의 수치해석 모델 개발
- 구조물 및 발전설비 시스템의 면진장치에 의한 효과를 고려한 수치해석 모델 개발

○ 시나리오 기반 수충격 및 수리진동 안전도 평가
- 시나리오 기반 수력플랜트 시스템의 안전도 평가 기술 개발

○ 중수력플랜트 구조물 발전설비 지진안전성 평가 연구시스템 개발
- 발전설비 정밀구조해석을 통한 내진 안전성 확보 및 시나리오 기반 파괴확률 분석
- 중수력 플랜트 구조물 지진취약도 기반 내진 안전성 설계기준안 제시
- 중수력 플랜트 구조물 발전설비 시스템의 내진 안전성 기반 한계상태 분석
- 진동대 실험을 통한 발전설비 내진성능 평가
- 면진장치가 적용된 발전설비의 진동대 실험을 통한 내진 성능 평가
- 진동대 실험 기반 발전설비 수치해석 모델 개발

○ 중수력 플랜트의 위험분석 및 지진 취약성 기반 발전설비 위험 평가 기술 개발
- 지진 시나리오에 따른 파이프라인과 같은 발전설비 리스크 평가
- 중수력 플랜트 발전설비 리스크 평가에 따른 설계 가이드라인 제시

○ 장기간 사용조건 기반 설계 기술 개발
- 수력플랜트 설비의 제조사별 설계 기술 및 상태 평가자료를 수집 및 분석
- 수력플랜트 설비 진단 및 평가에 대한 기준을 마련

○ 수압관로, 수문진단 및 상태평가 기술 개발
○ 수력플랜트(수압관로, 수문, 대형 밸브류) 설계 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략
○ 목적별·기관별·사용자별 다양한 활용 용도를 반영하여 현재 기술 및 제도를 분석하고 활용가능한 연구성과가 도출될 수 있도록 하며, 단·중·장기 단계별

	연구성과도 함께 제시 ○ 기존 수력플랜트 시스템에 대한 유지관리 및 평가, 신규 수압관로 설계 및 시공, 해외 수력플랜트 사업 설계 및 시공 등에 활용될 수 있는 실용화 연구성과 도출 ○ 국내외 수력플랜트 설비에 대한 손상 · 파괴 사례를 조사하고 이 결과를 본 연구의 방향설정 및 세부 연구내용에 반영 ○ 국내외 기존 연구성과를 최대한 활용하고 현재 진행중인 유사 연구과제와 상호 연계가 될 수 있도록 추진 ○ 기 수행 및 현재 수행 중인 과제와의 연구 차별화가 가능하도록 연구 추진 ○ 연차별 연구목표와 성과물 중심의 기술개발 및 연구내용은 상호 유기적으로 연관되도록 추진 ○ 선진기술을 보유하고 있는 국내외 연구자 및 실무자, 기관과의 네트워크 확보 및 국제공동 연구 및 연구 협업 시스템 구축 ○ 세부 요소기술별 국내외 전문가를 적극적으로 연구에 포함시켜 활용 ○ 국내외 기존 연구성과를 최대한 활용하고 현재 진행중인 유사 연구과제와 상호 연계가 될 수 있도록 추진 ○ 시스템 최적화를 통한 설계기술 개발로 비즈니스모델 창출에 기여 ○ 수력플랜트 건설 독자모델기술 확보 및 수출용 모델 개발의 사전적용 연구를 수행하며, 연구개발의 사업모델을 명확히 설정하여 국가연구개발사업의 ROI제고 ○ 시스템 최적화를 통한 설계기술 개발로 비즈니스모델 창출에 기여
□ 추진체계	○ 정부기관의 수력플랜트 사업 추진 방향과 일관성 유지 ○ 국내외 산 · 학 · 연 전문가 네트워크 구축 및 활용 ○ 연구책임자는 단계별 연구목표를 수립하고 이에 적합한 추진전략 및 일정계획을 수립하여야 함 ○ 기술개발 주체간의 협동 연구체계 구축 및 수행 ○ 연구단의 전체적 연구방향에 부합하는 단계별 연구 수행 ○ 분야별 연구자, 총괄 연구단과의 수시 상호 연계 및 연구정보 공유 ○ 연구개발 내용과 관련한 연구진의 인적 능력 구축으로 연구성과 도출 ○ 연차 및 단계별 목표를 수립하여 실험과 해석모델 개발 병행 ○ 국제 기술에 부합하도록 실험 및 수치해석 모델에 대한 국제공동 연구개발 추진 ○ 실수요 기관 연구자의 의견을 수렴하여 계획단계부터 평가단계까지의 의견을 수렴하여 보다 실용적인 결과 도출 전략 추진 ○ 국내외 공동 연구 및 자문 인력 확보를 통한 전문가 그룹 구성 및 연계 연구 수행 ○ 국내외 산 · 학 · 연 연구자 및 연구기관과의 전문가 네트워크 구성 및 공동 워크숍 개최 ○ R&D 연구 기관과의 네트워크 구축을 통한 전주기적 연구 관리
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 시나리오 기반의 수로터널 안전도 평가 기술 개발 매뉴얼 ○ 부재별 내진 성능평가 가이드라인 ○ 주요 발전설비 내진 성능평가 보강기술 매뉴얼 ○ 외부환경 및 장기간 사용조건 기반 설계기술 개발 매뉴얼
6. 연구기간 및 지원예산	

□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 (2017~2021) ○ 총 연구비 : 5,630백만원 (정부출연금: 3,800백만원)

7. 기 타

○ 과제별 주요 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 “과제제안요구서(이하 ‘RFP’)를 참조하여 작성

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.nits.go.kr의 유사과제목록 참조

– 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

– 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 공모과제 관련 연구개발 결과의 구체적인 연계·활용방안을 연구계획에 포함

○ 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

– 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

– 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

– 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 지도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료 활용

– 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발 결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

– 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용 계획을 연구계획에 포함

○ 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발 사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

3. 2세부과제 RFP

과제명	**수력플랜트 On-Site 제작 및 시공 기술 개발**
1. 연구개발 목표	
	○ 수차(92%)·발전기(96.5%)·제어시스템 설계/제작/시공/시운전 종합기술력 확보 – 중규모 수력플랜트의 건설을 위한 수력기자재 분할 설계 및 현장 제작 기술 개발 – 구조 안정성을 고려한 수력플랜트 시스템의 통합기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 중규모 수력플랜트용 고효율 동기 발전기 설계 · 제작기술을 확보한 국내 기업이 전무한 상태로, 국산화를 위해 단순 제작/조립기술의 확보뿐만 아니라, 이송/설치를 고려한 플랜트 설계 · 제작기술이 반드시 선행되어야 함. 이를 통한 국산화 기술 확보 및 수출산업 육성이 기대됨 ○ 고효율수차 설계기술을 통한 국내기술의 자립 및 수출산업 육성이 가능하고, 누유에 따른 환경오염문제를 실링기술로 원천 봉쇄가 가능함 또한 국내 기술의 자립 및 수출산업화를 통한 일자리 창출이 가능함 ○ 선진 수력기기 효율 92%이상 실현되었으나 국내의 경우 선진 대비 60% 수준으로 중규모 수력에 대한 실증 경험이 전무하며, 중국, 인도 등 후발국자들도 중규모 이상의 수력발전기에 대해 분할설계/설치/조립기술을 이미 확보하였음 ○ 기존 국내 수자 주축의 노후화 및 내외 활용도가 가장 높은 중규모급(50MW) 수력플랜트용 주축 설계, 베어링 및 실링 기술의 개선이 필요함 ○ 고하중의 수력의 축계 안정성 및 하중지지에 따른 안정성, 신뢰성 확보를 통한 운전 필요 ○ 윤활 베어링계의 설계 및 제작 기술은 축계의 동력학적 설계와 맞물려 전체 시스템 운영에 주요한 신뢰성과 안정성을 보장 ○ 국외의 선행기술과 동일한 성능의 수력기기 제작기술의 확보로 기술 경쟁력 확대 ○ 국내 개발 사례는 한수원의 15MW급 수력플랜트가 최대 용량으로 이 기술을 50MW급에 적용하기는 어려움, 향후 노후수력 현대화시 국부유출 방지 및 글로벌 경쟁력 확보를 위해 국내 자체 설계/제작/시공 기술 필요 – ‘35년까지 K-water 노후 수력현대화 사업 50MW급 이상 12기 ○ 수차, 발전기, 베어링이 결합된 수력플랜트 시스템의 구조 안정성 설계 및 평가 기술의 융합 연구 필요
□ 기술동향	○ 유럽 및 일본은 100년 이상 축적된 수력발전 설계/제작 기술을 보유한 선진 기업이 고효율화, 가혹조건하에서의 운전기술, 타 에너지원과의 연계기술 개발 등 고부가가치 연구 집중. 중국은 중공업 회사를 중심으로 수력플랜트 기술 확보 후 내수시장 및 해외시장 진출 – 수력플랜트 개발시 자국내 기업을 육성하여 현재 1,2위로 중국기업(DEL, HEC)의 기술력 급성장 ○ 해외에서는 수력플랜트 관련 선진사를 중심으로 중규모 이상의 수력발전기에 대해, 분할 설계, 설치/조립기술을 이미 확보하였음

○ 국내 수차 설계 및 제작은 10~15MW급의 소수력 위주의 개발 및 적용을 위한 최종 단계에 있지만, 고하중의 50MW급 수력의 설계 제작 경험은 전무한 상태임
○ 국내에서 개발되거나 개발중인 발전기의 용량은 15MW이하로, 분할 설계 및 설치/조립 기술이 필요 없어, 기존의 설계 기술을 그대로 50MW급의 발전기에 적용하기 어려움
○ 단위기기로는 중국 Xianjiaba 발전소에 설치된 세계 최대인 812MW/기의 프란시스 수차로 오일, 윤활계, 틸팅패드 형식의 변형된 강성 베어링으로 고하중을 지지하고 있음.
○ 회전기기의 주요 윤활요소 가운데 베어링은 동력 전달을 원활히 하기 위한 요소로 틸팅패드 베어링의 경우 고(高)하중의 지지가 가능하고, 고속 회전에서도 안정된 작동이 가능
○ 한국과학기술연구원(KIST) 도시에너지연구단 RoMin 연구실에서는 2005년 현대중공업과 “고하중 이중반전 축계를 갖는 선박의 축계안정성에 관한 연구"를 통해 기본적인 FDM을 사용하여 저널/스러스트 베어링을 디자인하였고, 실증실험을 통해 기술을 검토하였으며, 터보파워텍㈜와 공동협업한 “발전용 증기터빈 효율향상을 위한 Brush seal 개발(2013~2016)”을 통해 실링 기술의 국산화 및 선진화

3. 연구개발 내용

○ 수차의 수력 및 구조 진동 설계기술 개발
  – 수차의 주요부(러너, 가이드베인, 케이싱, 베어링 등) 소재의 선정 기술
  – 기존 기술을 활용한 형상에 대한 기본설계, 상세 설계
  – 수차의 수력설계, 해석 기법 정립
  – 캐비테이션 유동특성 해석 및 가시화 성능시험 기술 개발
  – 유체 가진력을 고려한 런너의 구조 건전성 평가기술 개발
  – 런너 및 스테이터의 비정상 상호작용 유발 진동해석 기술 개발
○ 회전축계, 윤활계 및 실링기술 개발
  – 고하중, 저rpm 과정에서 회전체(수차/발전기 등의 회전체) 진동 안정화 기술 개발
  – 고하중, 저rpm 과정에서 윤활계 및 실링 유닛의 정적(Static) 및 동적(Dynamic) 안정성 향상을 위한 설계평가 기술 개발
○ 발전기 분할 설계, 제작 및 설계기술 개발
  – 계자 및 전기자 설계·제작 기술: 분할을 고려한 자기회로 설계, 철심 가공/조립기술, Frame 구조 제작기술, 회전자 밸런싱 및 고정자 센터링 적용 기술 개발
  – 계자 및 전기자 권선 관련 설계·제작기술: 권선 사양 결정 및 권선도 모델링, 다이아몬드 코일 성형기술, 함침 기술, 권선 진동 방지 기술, 절연기술 개발
  – 분할을 고려한 발전기 특성해석기술 : 철손 해석기술, 전자기 가진원 및 이를 고려한 진동 해석기술 개발
  – 현장 설치를 고려한 설계·제작 및 설치용이 기술 개발
○ 구조 안정성을 고려한 시스템 통합기술 개발
  – 수력플랜트 시스템의 구조 안정성 설계 및 평가 기술 개발

	– 유체동역학적 특성을 고려한 수력플랜트 설계 기술 개발 – 수력플랜트 시스템의 진동해석 및 베어링 설계 기술 개발 – Stacking control (sweep과 lean)을 이용한 효율향상 설계 기술 개발 – 시스템 통합시 성능변화 분석기술 개발 ○ 수력플랜트 조립, 시공 및 검사 기술 개발 – 수력플랜트 시공을 위한 시뮬레이션 절차 수립 – 수차, 베어링, 발전기 등 주요부 정밀 조립 기술 체계적 절차 구축 – 수력플랜트 설비의 조립 안정성 및 시공 상태 평가 기술 개발 – 수력플랜트 안정적 운영을 위한 조립, 시공, 검사 기술의 절차 확립 ○ 수력플랜트 제어시스템 제어기술 및 시공 기술 개발 – 제어시스템 국내 기술 분석 및 핵심부품 설계 – 구조 및 운영 안정성을 고려한 수력플랜트 시스템의 통합 운영 제어기술의 개발 ○ 수력플랜트 dry/wet test 및 시운전 기술 개발 – Dry/wet test 국제 기준 분석 및 기술 수립 – 종합 시운전 운영 기준 설계 – 종합 시운전 운영 기준 수립 및 현장 적용 검증
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 선진기술을 보유하고 실용화 과업을 수행한 경험이 있는 국내외 실무자 및 기관과의 네트워크 확보 ○ 기업·학계·공공기관이 역할 분담하여 국내 기술 인프라 강화 ○ 설계·제작 인프라를 갖춘 국내 대표 기업을 적극 참여시켜 과업 성공 실행력 확보 ○ 해외 선진기관(기업, 연구원) 기술협력을 통한 신뢰성 제고 ○ 기존의 국내외 연구성과를 최대한 활용하고, 단기간 내에 결과를 확보하기 위해 관련 기관과 공동연구체계 구축 – 산자부, “10MW급 이상 프란시스 수차 발전기 개발” 연구 ○ 타 세부과제와의 긴밀한 연계에 의한 기술 개발 효율성 제고 ○ 개발기술의 실용화 및 상용화에 주안점을 둔 연구개발 추진
□ 추진체계	○ 산학연 중심의 국내외 연구 기관들의 공동 연구할 수 있는 협업체계를 구축함 – 학연: 기술개발의 방향제시 및 요소기술 개발 – 산업계 : 개발기술의 상용화 추진 ○ 국내에 수요가 있는 지자체와 공기업을 포함하여 실증사업이 추진될 수 있도록 구성함 ○ 세부과제 연구결과들이 상호 연계될 수 있도록 추진함
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 수력플랜트(수차, 발전기) 원형 모델 ○ 저진동/고효율 수차 회전축계 원형 모델 ○ 수차 회전체부의 축소 모델 및 설계 Tool ○ 발전기 대형화에 따른 발전기 분할 기술 분할 설계 매뉴얼 ○ 수력플랜트 조립, 제작 매뉴얼 ○ 시공 계획서, 도면, 절차 매뉴얼

	○ Dry/Wet Test 기술 매뉴얼 ○ 수력플랜트 운영 소프트웨어 ○ 종합시운전 운영 기준 및 현장 적용 매뉴얼
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 (2017~2021) ○ 총 연구비 : 29,510백만원 (정부출연금: 19,940백만원)
7. 기 타	
	○ 과제별 주요 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 “과제제안요구서(이하 ‘RFP’)를 참조하여 작성 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.nits.go.kr의 유사과제목록 참조 – 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 – 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 공모과제 관련 연구개발 결과의 구체적인 연계·활용방안을 연구계획에 포함 ○ 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 – 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술–성과물간 연계성 – 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 – 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 지도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료 활용 – 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 ○ 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발 결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 – 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용 계획을 연구계획에 포함 ○ 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발 사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

4. 3세부과제 RFP

과제명	**수력플랜트 성능 시험 및 평가 기술**
1. 연구개발 목표	
	○ 해외 선진기관 수준의 수력플랜트 성능검증 기술력 확보 – 성능 검증용 모델 수차 시스템 설계 기술 고도화 – 실물 수차의 비속도와 성능에 부합하는 표준 모델 수차의 개발 – 측정 안정도 향상을 통한 수력 검증 시험 설비의 정확도 확보 – 노후도 평가 및 개대체 의사결정 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 92% 수준의 수력플랜트 설계를 위해 현재 국내 성능시험 기술을 선진기관 수준까지 향상 필요 ○ 수력 검증 설비의 기술 수준 향상을 통해 국내 수력 설비의 가격 경쟁력 확보 ○ 모델 수차의 성능시험은 실물 수차 제작 전 선행단계로서 이를 통하여 대형 수력발전사에 공급 시 수차발전기의 효율, 출력, 과속도, 캐비테이션, 수류 안정화, 압력맥동 등에 대해 사전 종합적인 모델 시험을 수행하는 시험 단계를 통해 수차의 효율 및 발전량 예측, 수명의 증가, 수차 발전기의 안정성 확보, 진동 및 소음 저감 등을 예측 할 수 있는 국외 선진 제작사에서도 필수로 수행하는 고성능 수력 성능 측정을 위한 기술임 ○ 국제규격(IEC 60193)에 기준한 성능 검증용 프란시스 모델 수차 설계 기술 필요 ○ 실증설비의 성능검증/개선에 필요한 계측/분석 기술 제고를 통한 ○ 선진 수준의 주요 인자(정적/동적 응력 및 압력, 인터액션, 진동)에 대한 계측 기술 확보 필요 ○ 계측 장비/기술 표준 정립 및 통합 시스템 구축 필요 ○ 발전설비의 수명 연장 및 돌발사고 저감으로 연간 발전량 증대 기여 ○ 국제적인 공인 가능한 시험 인프라 구성으로 국외 성능시험 재의뢰 해소에 따른 국내 업체의 부담 경감, 제작 기간 단축, 신뢰성 있는 결과 분석으로 원천기술 확보 및 경쟁력 확보, 발주처의 수차 성능 요구사항 충족에 따른 수차 제작업체의 제품의 국내외 상용화
□ 기술동향	○ 성능설비의 안정성 고도화를 통한 다양한 시험방법을 제시 및 성능 평가 수행 – EPFL, LMH) 세계적으로 대표적인 성능 평가를 진행하는 시설로 스위스 로잔연방공과대학내의 유체기계연구실에 있으며, 세계 10대 수력발전 설비중 5개의 설비의 성능평가를 실시하였고, 미국, 일본, 유럽 등의 유명 수차 제작 회사 제품의 성능평가를 실시하였음, 수차성능시험 불확도는 ±0.2% 이내임 – MHyLab) 스위스 소수력발전 연구소는 유럽 소수력 협회에서 자금을 지원받아 소수력 설비에 대한 연구 및 성능평가 시험을 수행, 수차 성능시험 불확도는 ±0.25% 이내임 – TURBOINSTITUT) 기업체와 연계하여 런너의 개발 단계에서 참여하여 성능시험까지 진행하여, 연구 및 교육을 병행하는 기관으로서 수차 성능시험

불확도는 ±0.25% 이내임
- IWHR) 수력기계연구소에서 효율시험, 캐비테이션시험, 무구속시험, 압력요동시험, 출력시험, 토크 시험등 성능시험이 가능하며 수차 성능시험 불확도는 ±0.45% 이내임

○ 해외 기술 수준은 이미 수력 설비의 개발을 위한 모델 수차 설계 기법 및 제작 기술 보유, 시험설비의 국제적 규격설비와 인증으로 자국 시장은 물론 해외 시장을 개척, 공격적으로 해외 마케팅을 실시하고 있음
○ 선진사는 고도화된 진단기술을 개발 중이며 실물 수력플랜트 유량 측정 정확도 향상 방법을 개발하여 적용 중임
○ 국외 선진국은 수차발전기의 형식, 발전방식, 규모, 설비용량 등 여러 분야에 대해 표준화된 기술개발이 완료되어 상용화 보급을 확대해 가는 추세임
○ 모델 수차 성능시험을 위한 성능시험 설비는 국내에서는 유일하게 K-water에서 2013년 보유하였으며, 성능 시험 전 각종 계측기 교정 및 불확도 산출, 시험설비의 수류 안정화를 통해 성능시험을 수행하고 있음
○ 효율 등 측정불확도 개선을 위해 CFD를 활용한 모델 수차 성능평가 및 검증 기술 필요
○ 실증설비의 시운전 관련 계측, 분석, 평가의 해외 업체 의존도가 큼
○ 수차의 성능을 국제적으로 인정받기 위해서는 국제기준(IEC등)에서 요구하는 ±0.5% 이내의 성능시험설비 불확도를 보유해야하며, 현재 K-water는 유량 측정 능력을 세계적인 수준인 ±0.08%를 보유하고 있음
○ 중규모급 수력설비에 대한 전량 수입사용으로 인한 성능검증을 위한 기반과 기술이 개발된 사례가 없음
○ 노후된 수력을 교체 및 보수를 위한 국내외의 시장 확대로 인한 기존 시설의 보수 및 교체는 외국 선진사가 주도 하고 있는 실정임

3. 연구개발 내용

○ 실물 발전 플랜트 성능 평가 기술 개발
- IEC 60041을 기준으로 실물 플랜트 성능시험 절차 수립
- 수차 및 부속 설비에 대한 응력/압력/진동/피로 등 주요인자의 측정을 위한 계측 기술 개발
- 모델수차 성능평가 기술과 연계한 불확도 측정 시스템 개발
- 실물 수력플랜트 상태 평가 S/W 개발

○ CFD를 활용한 발전 플랜트 성능 검증 기술 개발
- CFD 성능 검증용 모델 및 해석기술 개발
- 전산유동해석을 이용한 원형 수차와 성능(효율, 캐비테이션등) 비교 검토
- 실물 수력플랜트 유로 및 Test-rig 유로 안정화 분석 및 유로 개선
- 시험과 CFD 성능평가 결과를 통한 검증

○ 모델을 활용한 발전 플랜트 성능 평가 기술 개발
- IEC 60193을 기준으로 모델수차 성능시험 절차 수립
- 모델수차 제작, 측정 방법의 정립
- 원형 수차와 부합하는 모델수차 표준모델 개발
- 원형 수차와 모델수차의 기하학적 상사성 평가기법 및 성능환산법 개발
- 모델수차 런너/베인 및 부속설기(스파이럴케이싱, 드래프트튜브)에 대한 정밀측정기술(센서, 설치, 측정, 수집) 확보 및 표준수립

	○ 모델 Test-rig 최적 설계 및 운영기술 개발 – 유동안정화를 위한 Test-rig 최적 구성도 수립 – 성능평가를 위한 Test-rig 운영 절차 수립 ○ 발전설비 절연진단을 통한 노후도 평가 및 개대체 의사결정 기술 개발 – 수차발전설비 단위 요소별 개·대체 주기조사 및 산정 – 통계적 기법을 적용한 수차발전 설비 단위 요소별 개·대체 주기 산정 – 설비 사고사례, 주요부재 운영보수실적 분석평가 등 운영상태 분석 – 단위설비별 노후도 평가기법 및 설비전체 종합적 노후도 평가기법 개발 – 설비 상태를 고려한 기술적 평가기법과 경제적 잔여수명을 고려한 경제적 평가기법을 포함하는 종합적 평가기법 개발 – 노후도 기반 의사 결정 시스템 개발 ○ 운영단계 발전플랜트 안전성, 효율성 평가 기술 개발 – 운전조건, 안정성 조건에 따른 계측 데이터의 분석 및 평가기술 개발 ○ 실시간 진동측정 및 성능 진단 기술 개발 – 실시간 성능 진단 시스템 개발 – 진동 및 성능 진단을 위한 모니터링 기법 기술 개발 – IoT 기술을 기반으로 하는 시스템 진단 기술 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 보유중인 성능시험 Test-rig를 활용, 보완하여 중복투자를 최소화하고, 선진기관 기술이전 등을 촉진하여 단기간 성능시험 고도화 달성 ○ 타 세부과제에서 연구 개발된 성과물과의 연계 연구 강화 ○ 다양한 기술 조합(운전조건, 환경변화 시나리오 등) 조건을 설정하여 성능평가 수행을 통한 문제점 도출 및 해결방안 모색 ○ 국내외의 전문가, 실무자 및 기관과의 네트워크 조직을 통해 기술 발전 도모 ○ 호환성 및 확장성을 확보하여 향후 다른 형태 수력플랜트의 성능평가시험 대비 ○ 국내외 실용화/표준화 유경험 실무자와 전문 연구진으로 이뤄진 전문가 그룹을 구성하여 표준화 진행
□ 추진체계	○ 모델 설계, 제작 경험이 있는 중소기업과 협업하여 중소기업 기술력 증진 ○ 연구기관 및 학계 등과 공동으로 성능평가 기술 체계화·고도화 촉진 ○ 해외 우수 연구 그룹의 국제적 자문 활용 및 기술교류를 활성화 함 ○ 세부과제 연구결과들이 상호 연계될 수 있도록 추진함 ○ 연구 책임자에 의한 연차별 세부목표가 수립되고, 핵심 요소기술 개발 및 사업화 일정을 고려하여 추진전략 및 일정 계획을 수립 ○ 신속한 기술 확보를 위하여 참여 연구 기관 및 위탁 기관의 참여 기간을 유동적으로 설정함 ○ 국내외 산 · 학 · 연 전문가 네트워크 구축 및 활용
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 실시간 성능진단 시스템 ○ 모델성능 시험 설비

	○ 측정 Data 분석 소프트웨어 ○ IoT 기술을 기반으로 하는 진단 기술 시스템 ○ 개대체 의사 결정 지원 상태 평가 소프트웨어
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 (2017~2021) ○ 총 연구비 : 4,860백만원 (정부출연금: 3,260백만원)
7. 기 타	
	○ 과제별 주요 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 “과제제안요구서(이하 ‘RFP’)를 참조하여 작성 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.nits.go.kr의 유사과제목록 참조 – 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 – 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 공모과제 관련 연구개발 결과의 구체적인 연계·활용방안을 연구계획에 포함 ○ 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 – 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술–성과물간 연계성 – 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 – 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 지도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료 활용 – 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 ○ 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발 결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 – 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용 계획을 연구계획에 포함 ○ 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발 사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

2절. 평가기준 설정

1. 평가항목

평 가 항 목		점수(○표시)				
		아주 우수	우수	보통	미흡	불량
가) 연구개발의 필요성(10)	①연구개발 대상기술의 중요성 및 필요성	5	4	3	2	1
	②국토교통 R&D정책과 연구내용과의 장기적 연계성	5	4	3	2	1
나) 연구개발의 목표 및 내용(30)	①최종·연차별 목표 및 분야별 목표와의 적합성, 명확성, 창의성	10	8	6	4	2
	②성과목표 및 성과지표 설정의 명확성 및 타당성	10	8	6	4	2
	③RFP와의 적합성 ※자유공모과제의 경우 “연구개발내용의 완성도 및 실현가능성” 평가항목의 배점을 10점 기준으로 변경(동 평가항목 삭제)	5	4	3	2	1
	④연구개발내용의 완성도 및 실현가능성	5	4	3	2	1
다) 연구개발추진전략·체계 및 연구수행 방법(20)	①추진전략 및 연차별 추진체계의 합리성	10	8	6	4	2
	②연구수행방법의 적합성	10	8	6	4	2
라) 연구성과 활용 가능성(10)	①활용방안의 적절성 및 구체성	10	8	6	4	2
	②개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)	10	8	6	4	2
마) 연구수행 능력(10)	①연구책임자의 연구수행·관리능력 및 관련분야 연구경험	5	4	3	2	1
	②참여연구인력의 적정성 및 전문성	5	4	3	2	1
바) 연구시설 확보 및 연구개발비 계상의 합리성(10)	①연구장비·시설 확보 및 활용의 적합성	5	4	3	2	1
	②연구개발비 계상·집행 및 개발기간의 합리성	5	4	3	2	1
평 가 점 수		점				

2. 가점 및 감점기준

구 분	내 용
평가결과 등에 따른 가·감점	○ 최종평가 결과, 최우수등급(상대평가시 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 2점 가점 ○ 최종평가결과 최하위등급(상대평가 시 하위 10% 등급, 절대평가시 만점의 50% 이하)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종 평가 후 (연구개발참여제한에 해당되는 경우에는 참여제한 기간 만료 후) 2년간 2점 감점 ○ 최종평가결과 하위등급(상대평가 시 하위 30% 등급, 절대평가시 만점의 60% 이하)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정 평가점수의 1점 감점
	○ 추적평가 결과, 최우수등급(상대평가 시 만점의 80%이상으로서 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 추적평가 후 2년간 2점 가점
논문실적에 따른 가점	○ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15이상)실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 가점 1점
보안과제 수행에 따른 가점	○ 최근 3년 이내에 협약한 연구개발과제로서 협약 시 보안과제로 분류된 연구개발과제의 연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 가점 1점
기술실적에 따른 가점	○ 최근 3년 이내에 기술실시계약을 체결하여 징수한 기술료 총액이 2천만원 이상이거나, 같은 기간 내에 2건 이상의 기술이전 실적이 있는 연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 가점 1점
연구성과 포상에 따른 가점	○ 최근 3년 이내에 공동관리규정 제17조제9항에 따라 국가과학기술위원회로부터 우수한 연구성과로 포상을 받은 연구자의 경우 가점 1점
신기술 또는 녹색인증에 따른 가점	○ 국토교통연구개발 결과를 활용하여 최근 2년 이내에 R&D사업 연구결과로 건설·교통신기술을 받은 중소·중견기업이 관련분야의 신규 신기술 지정분야와 동일한 기술분야의 연구개발과제를 신청하는 경우 가점 1점(단, 참여기업 또는 위탁연구기관으로 참여하는 경우는 제외하고, 기술분야 분류는 전문기관의 장이 별도로 정한다.) o 최근 2년 이내에 「저탄소 녹색성장 기본법 시행령」 시행령」제19조에 따른 녹색인증을 받은 중소·중견기업이 연구개발과제를 신청하는 경우 가점 1점
연구부정행위에 따른 감점	○ 전문기관의 장은 연구개발과제를 선정하는 경우 최근 3년 이내에 운영규정 제55조제1항 각 호의 연구부정행위를 한 경우 4점 감점
협약 또는 연구 포기에 따른 감점	○ 연구개발과제 선정 후 협약을 포기하거나, 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 3년간 2점 감점
기업의 연구수행 형태에 따른 가점	○ 대기업이 주관연구기관으로서 – 중견·중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점 – 중견기업은 참여하고, 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1.5점 – 중소기업이 참여하는 경우 : 2점 ○ 중견기업이 주관연구기관으로서 – 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1.5점 – 중소기업이 참여하는 경우 : 2점 ○ 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점 ○ 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점

구 분	내 용
총 연구비에 대한 연구신청기관의 연구비 부담비율에 따른 가점	○ 총 연구비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여 (단, 경쟁응모인 경우에 한함) - 신청기관 중 연구비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점 - 그 외 기관은 최대 연구비(현금) 부담비율을 기준으로 연구비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여 · 부여가점 = $1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 현금 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 현금 부담비율}}$
기 타	○ 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 조기성공 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 0.5점 ○ 「하도급거래 공정화에 관한 법률」을 최근 3년 이내에 상습적으로 위반한 기업이 연구개발과제를 신청한 경우에 그러한 위반 사실이 같은 법 제26조에 따른 공정거래위원회로부터 관계 행정기관의 장에의 통보 등을 통하여 확인될 경우, 2점 감점

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

비매품

93550

9 791187 701002

ISBN 979-11-87701-00-2