『신기후체제』 시대

수력양수발전과 한국수력원자력 수력 R&D 현황

2024. 4. 25

박준관
(park.jungwan@khnp.co.kr)

KHNP 한국수력원자력㈜

목 차

- 글로벌 전력산업 현황
- 수력·양수발전 설비 및 운전 현황
- 한수원 수력·양수 R&D 추진전략
- 한수원 수력·양수 R&D 추진현황

1

글로벌 전력산업 현황

1 Some Numbers

25,000 TWh	2020년 글로벌 전력 수요량
143 GW	2022년 기준 국내 총 발전설비 용량
102 GW	2023년 국내 일평균 전력 공급능력(정비/고장/예비력 제외)
8,2 GW (**4,9** GW)	2020년 북한발전설비 전체용량 (수력발전 설비용량)
1,000 MW	세계최대 용량 수력발전기(Bai He Tan 수력(중))
1,400 MW	한국형 원전 APR1400 용량

산샤댐(중국) **22.5GW**
32기 프란시스 수차
1기당 출력: 700MW

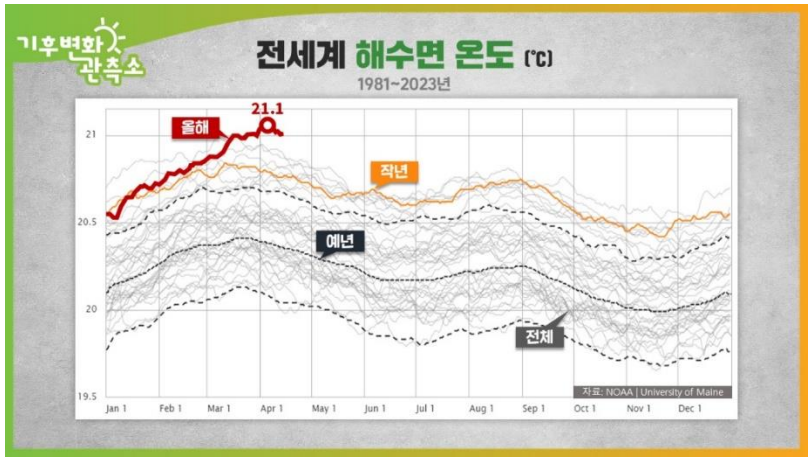
새울원자력발전: **5.6W**
4기 APR1400
1기당 출력: 1,400MW

1 기후변화 현장

1 기후변화 현장: Mt. Kilimanjaro

출처: Climate Change: The Evidence and Our Options, Lonnie G. Thompson, 2010

1 기후변화 현장: 한반도 남해안



남해 진해만 빈산소 발생, 출처: 중앙일보 사진 김일남 교수

출처: 2023 년 수산분야 기후변화 영향 및 보고서, 국립수산관학원

1 에너지산업 자주 사용되는 용어

안녕하세요, 이것은 Bing입니다. 세계 에너지시장에 대한 질문을 주셔서 감사합니다. 😊

현재 세계 에너지시장에서 많이 사용되는 단어는 다음과 같습니다:

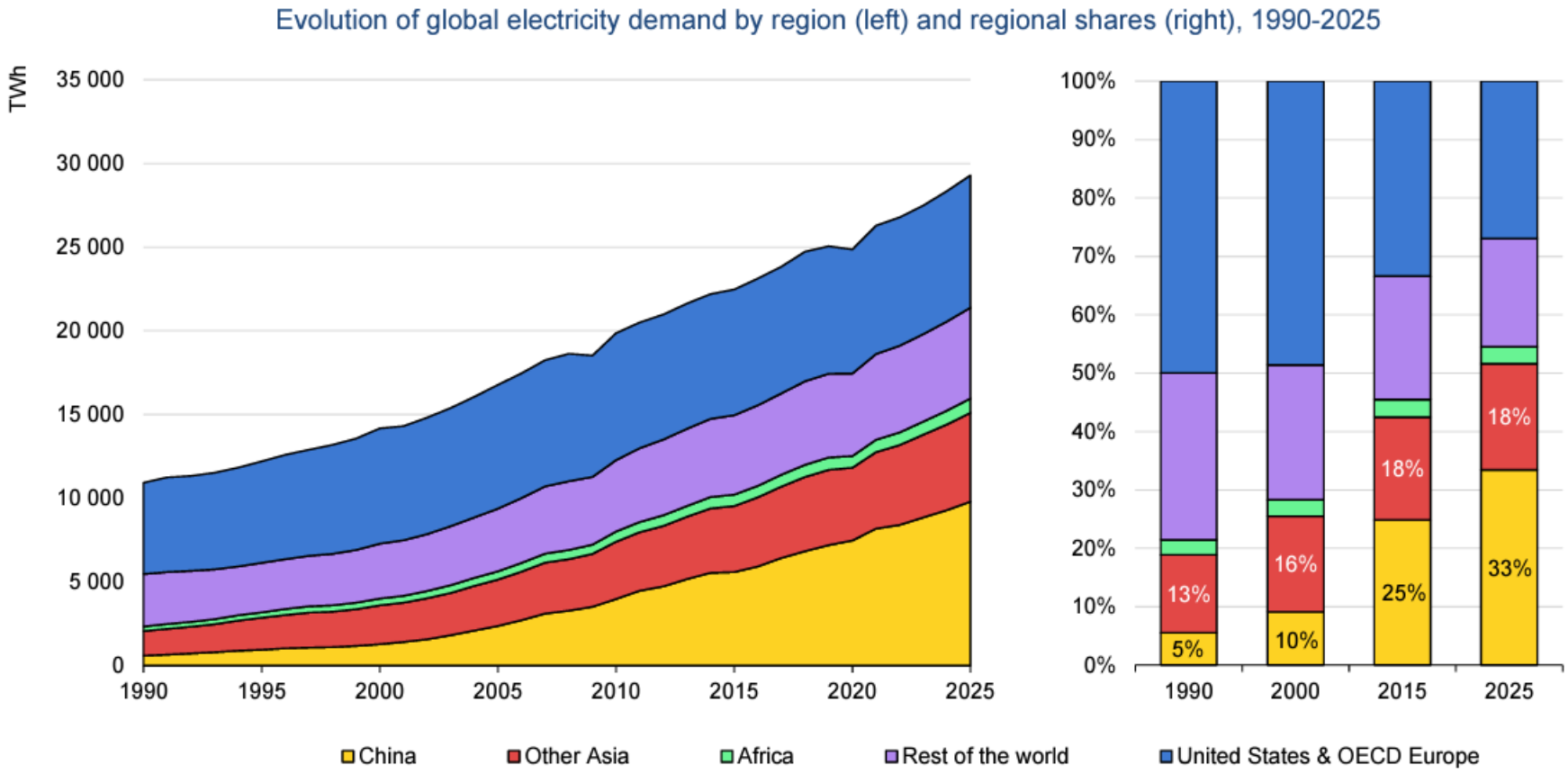
•**에너지 전환 (energy transition)**: 에너지 전환은 에너지 시스템이 화석 연료에서 재생 가능한 에너지로 전환하는 과정을 의미합니다. 에너지 전환은 기후 변화를 완화하고 지속 가능한 발전을 촉진하기 위해 필요합니다[12].

•**탄소 중립 (carbon neutrality)**: 탄소 중립은 인간 활동이 발생시키는 온실가스 배출량과 흡수량이 균형을 이루는 상태를 의미합니다. 탄소 중립을 달성하기 위해서는 에너지 효율을 높이고, 재생 가능한 에너지를 확대하고, 탄소 포집 및 저장 (carbon capture and storage) 등의 기술을 활용해야 합니다[13].

•**수소 경제 (hydrogen economy)**: 수소 경제는 수소를 주요한 에너지 저장 및 운반 매체로 사용하는 에너지 시스템을 의미합니다. 수소는 재생 가능한 에너지의 변동성을 보완하고, 교통, 산업, 난방 등 다양한 분야에서 화석 연료의 대체재로 사용될 수 있습니다[23].

이 외에도 **스마트 그리드 (smart grid)**, **전기차 (electric vehicle)**, **에너지 효율 (energy efficiency)** 등의 단어도 세계 에너지시장에서 자주 언급되고 있습니다.

1 글로벌 전력 소비량 변화

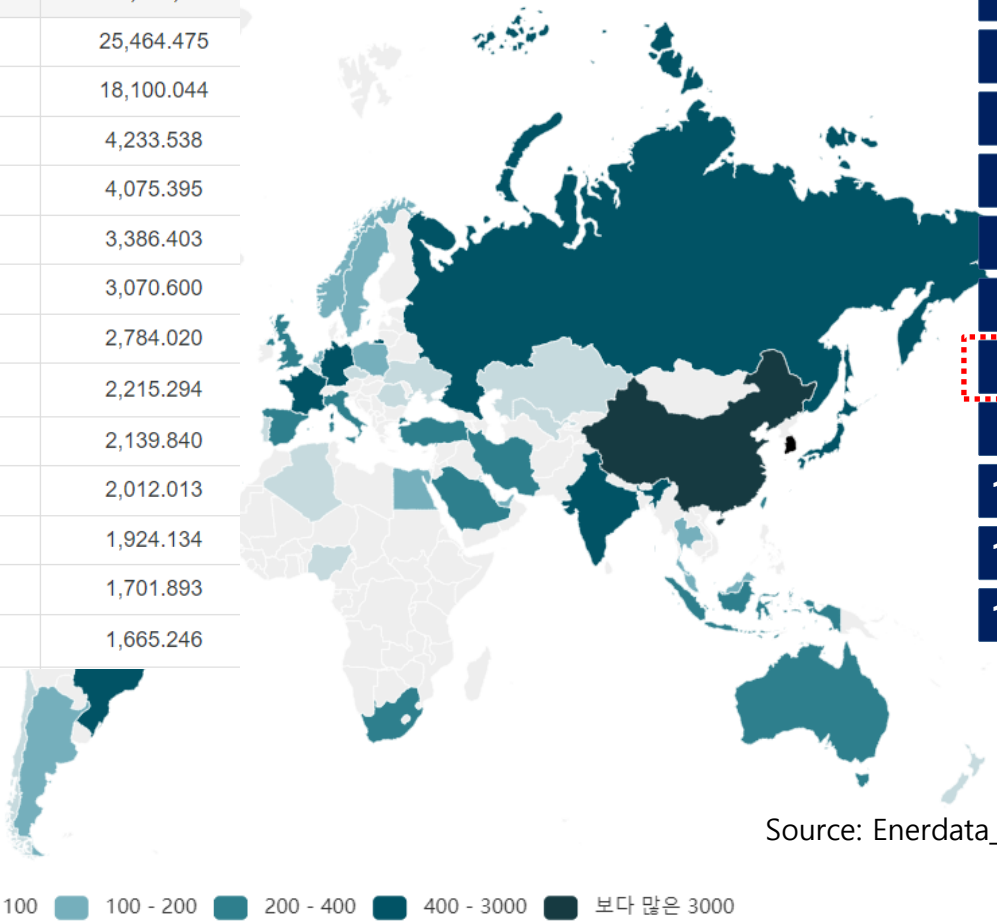


출처: Electricity Market Report 2023, IEA

- 2020년 글로벌 전력 소비량은 30년전 대비 약 2.5배 증가: 10,000➔25,000TWh
- 2025년 글로벌 전력 소비량 50%는 아시아가 차지
- 2025년 글로벌 전력 소비량 1/3은 중국에서 발생

1 국가별 전력소비량[TWh], '22년 기준

순위	국가/지역	GDP (US$million)
-	**세계**	**103,496,115**
1	미국	25,464.475
2	중국	18,100.044
3	일본	4,233.538
4	독일	4,075.395
5	인도	3,386.403
6	영국	3,070.600
7	프랑스	2,784.020
8	러시아	2,215.294
9	캐나다	2,139.840
10	이탈리아	2,012.013
11	브라질	1,924.134
12	호주	1,701.893
13	대한민국	1,665.246

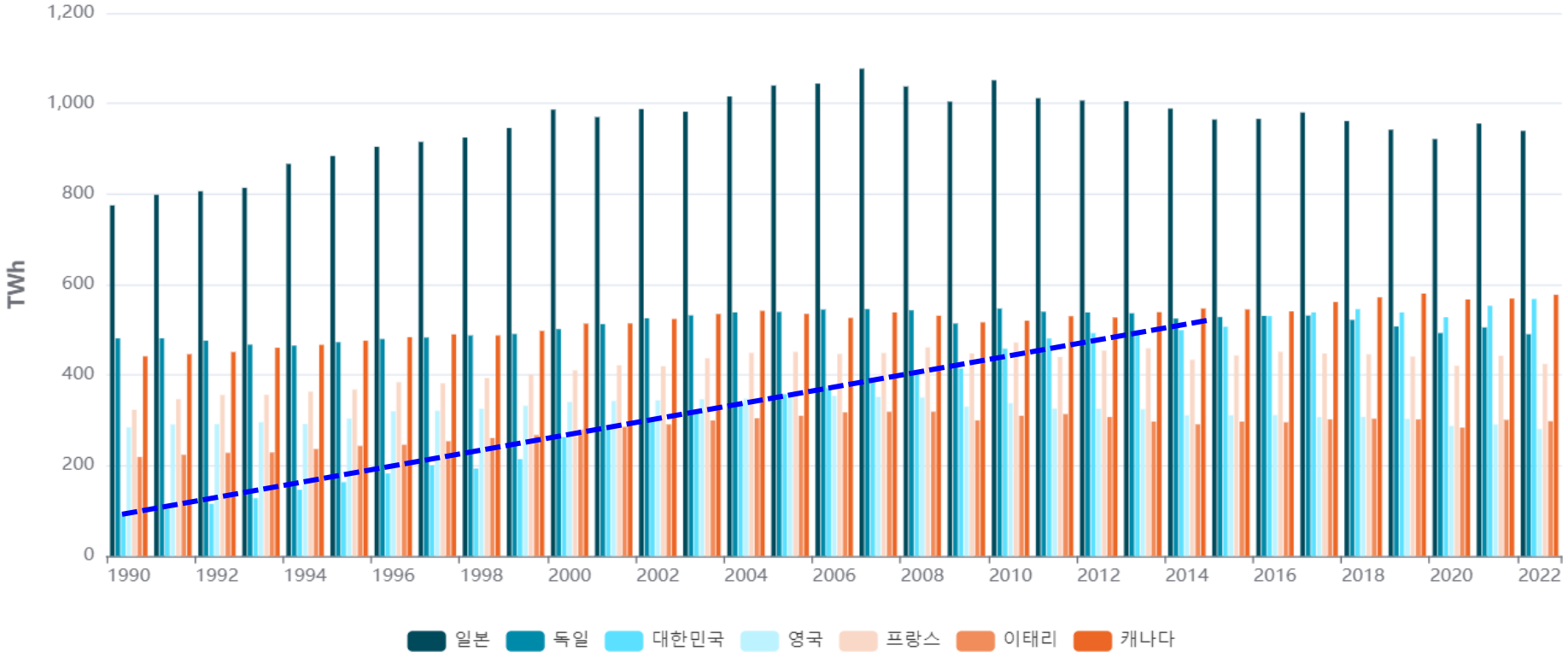


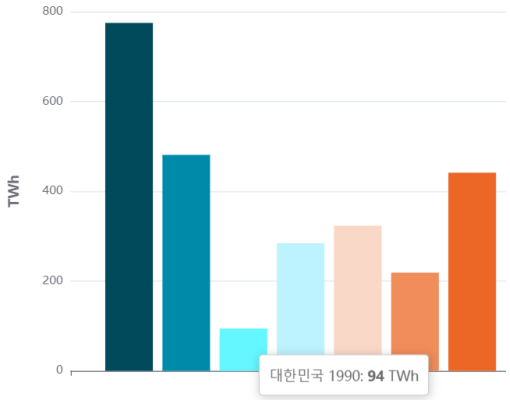
1	중국	8,090
2	미국	4,082
3	인도	1,392
4	러시아	979
5	일본	939
6	캐나다	577
7	브라질	570
8	대한민국	568
9	독일	490
10	프랑스	425
11	사우디아라비아	346
12	인도네시아	316

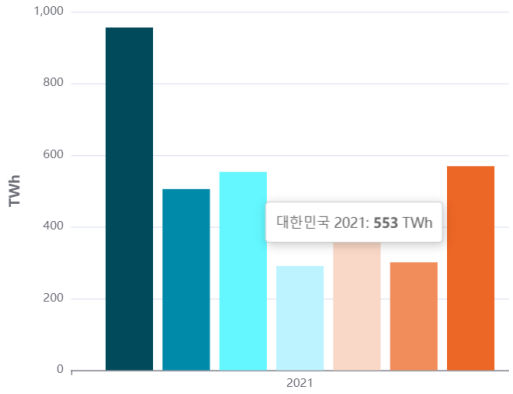
Source: Enerdata_Energy_Statistical_Yearbook_2023

- 최대 전력소비국 중국: 8,090TWh
- 우리나라 글로벌 국가별 전력 소비량 순위: 상위 8번째(568TWh)

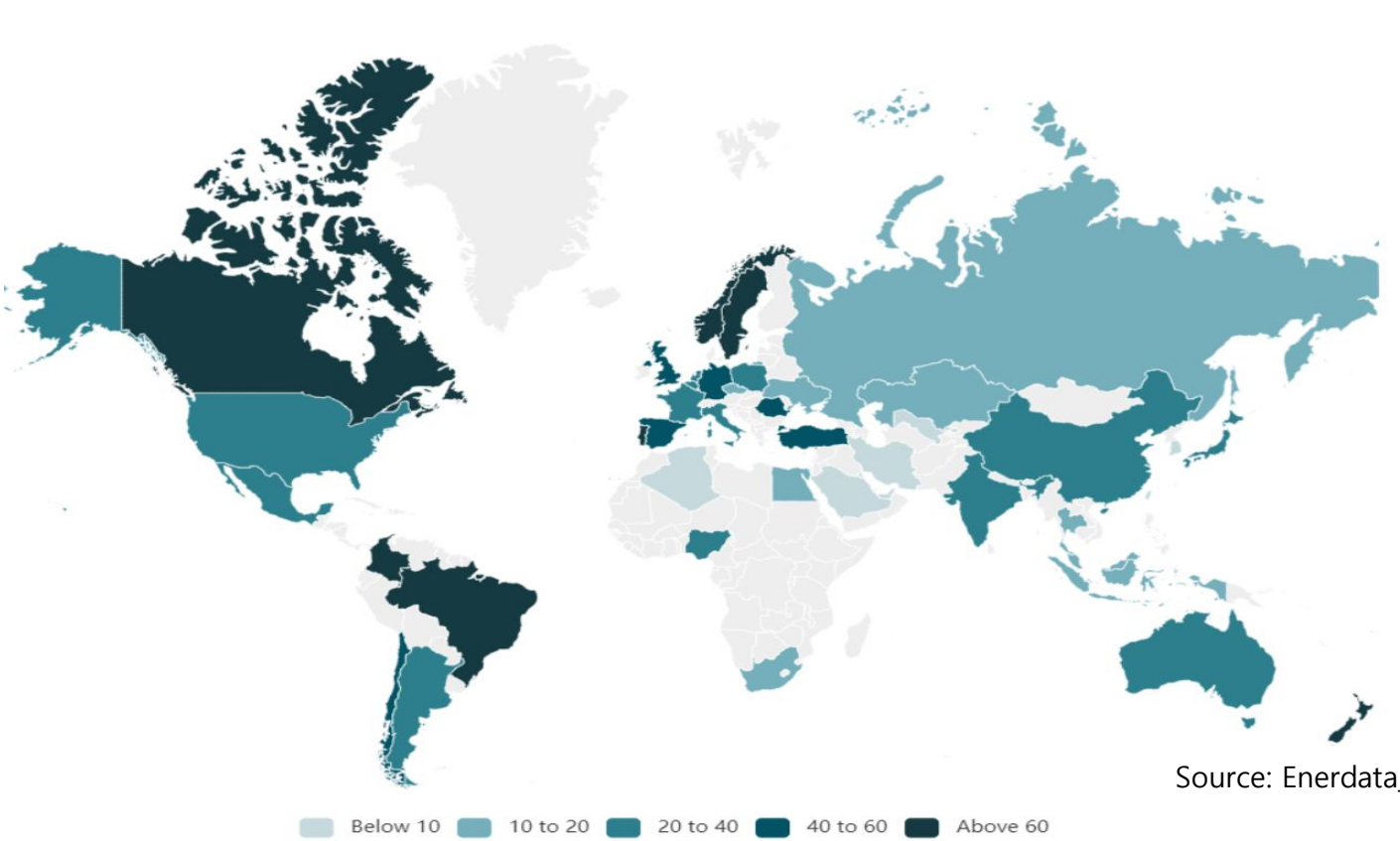
1 주요 국가별 전력 소비량 변화 추이(30년)

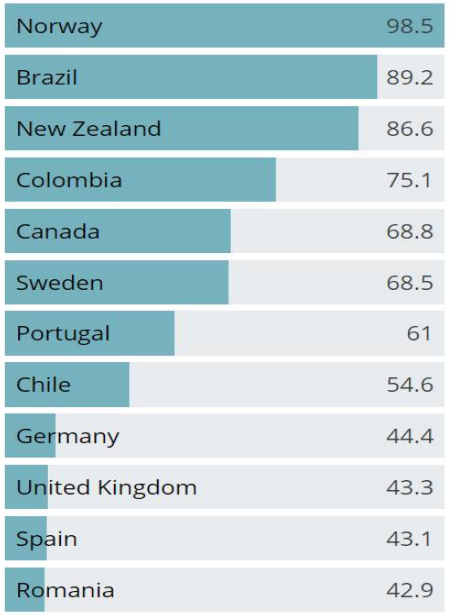






1 국가별 신재생에너지 생산 비율(2022)





Source: Enerdata_Energy_Statistical_Yearbook_2023

구분	2018	2019	2020	2021	2022
World	25.4	26.4	28.3	28.4	29.8
OECD	25.9	27.3	30.1	29.9	31.4
G7	24.4	25.6	28.0	27.6	29.2
Europe	36.3	38.6	42.8	41.3	43.0
South Korea	**4.6**	**5.3**	**6.4**	**7.0**	**8.1**

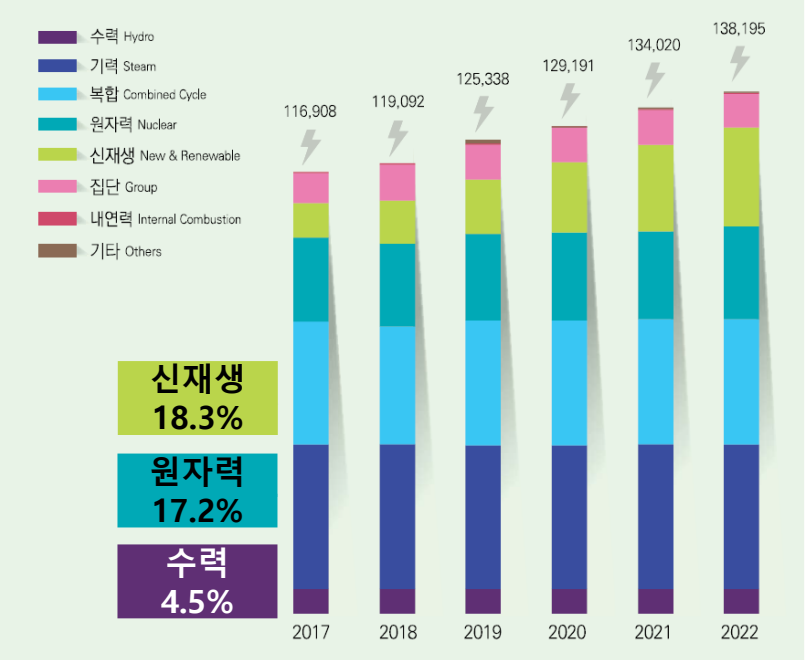
2

국내 수력 · 양수발전 설비 및 운전현황

2 전력설비 및 발전량 현황

'22년 전원별 설비용량 현황

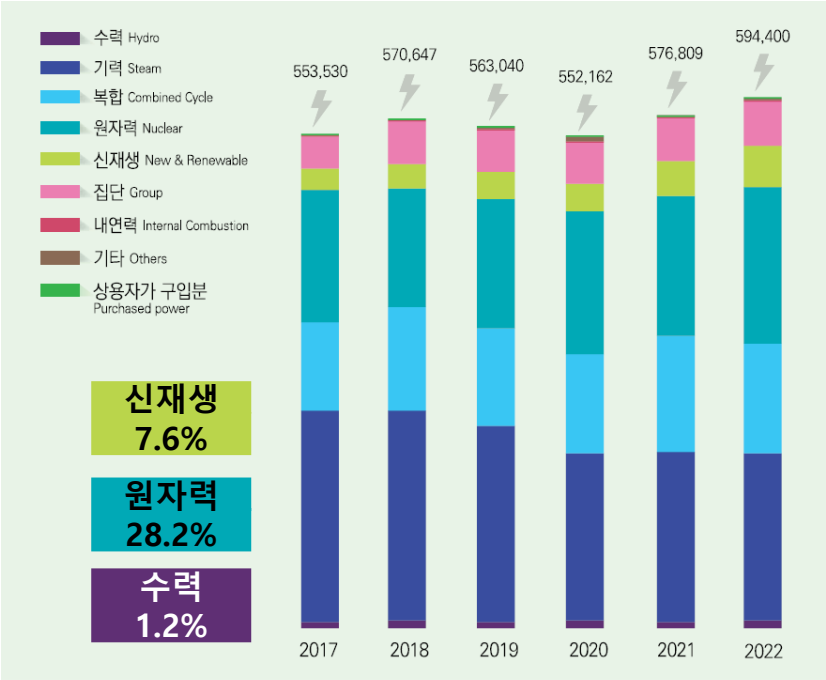
제92호(2022) 한국전력통계



(단위 : MW)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022
수력 Hydro	6,489	6,490	6,508	6,506	6,541	6,513
기력 Steam	38,265	38,358	38,101	37,951	38,429	38,269
복합 Combined Cycle	32,416	31,224	32,846	33,013	33,013	33,013
원자력 Nuclear	22,529	21,850	23,250	23,250	23,250	24,650
신재생 New & Renewable	9,187	11,623	14,250	18,739	23,014	26,326
집단 Group	7,682	9,208	9,191	9,191	9,229	8,919
내연력 Internal Combustion	339	339	341	176	177	137
기타 Others	-	-	852	366	367	369
사업자 Public Utility	116,908	119,092	125,338	129,191	134,020	138,195
상용자가 Non-utility in common use	3,941	3,821	4,410	4,464	5,424	5,290
합계	120,848	122,913	129,748	133,655	139,443	143,485

'22년 전원별 발전량 현황

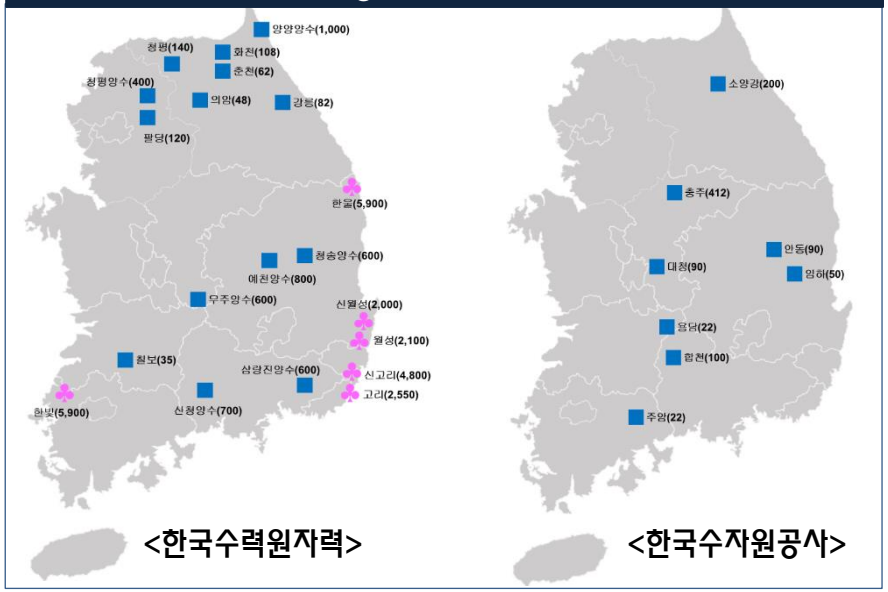


(단위 : GWh)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022
수력 Hydro	6,995	7,270	6,247	7,148	6,737	7,256
기력 Steam	237,332	237,498	220,918	189,426	191,575	188,477
복합 Combined Cycle	99,619	116,836	110,289	111,759	130,358	123,996
원자력 Nuclear	148,427	133,505	145,910	160,184	158,015	176,054
신재생 New & Renewable	24,145	27,177	30,526	31,057	39,102	47,266
집단 Group	36,194	47,033	46,058	45,567	48,326	49,159
내연력 Internal Combustion	513	528	579	405	491	570
기타 Others	-	-	1,367	4,940	1,181	1,172
상용자가 구입분 Purchased power	305	799	1,146	1,676	1,024	451
사업자 Public Utility	553,530	570,647	563,040	552,162	576,809	594,400
상용자가 자가소비 Self consumption	22,882	22,258	23,766	24,950	30,958	30,200
합계	576,412	592,905	586,806	577,112	607,768	624,600

2 수력발전소 설비현황(1,581MW)

수력양수발전소 위치



<한국수력원자력> <한국수자원공사>

발전소명		낙차(m)	용량(kW)	수차형식
한국수력원자력	화천	74.5	108,000	프란시스
	춘천	28.8	62,280	카플란
	의암	15.9	48,000	카플란
	청평	26.2	140,100	카플란
	팔당	11.8	120,000	벌브
	칠보	155	82,000	프란시스
	강릉	640	35,000	펠턴
	소계	**595,380[kW]**		
수자원공사	소양강	110	200,000	프란시스
	충주	57.5	412,000	프란시스
	대청	47.5	90,000	프란시스
	안동	57	90,000	사류
	합천	95	100,000	프란시스
	임하	48.4	50,000	프란시스
	주암	69.2	22,500	프란시스
	용담	147	22,100	프란시스
	소계	**986,600[kW]**		
합계		**1,581,980[kW]**		

2 양수발전소 설비현황(4,700MW)

위치	용량(kW)	낙차(m)	제작사
삼랑진	600,000	345	Fuji-Hitachi
무주	600,000	580	Alstom
예천	800,000	449	Alstom
청송	600,000	348	GE
산청	700,000	427	Alstom
청평	400,000	473	Fuji
양양	1,000,000	819	Alstom
합계	**4,700,000 [kW]**		

양수발전 설비현황(7개 사업소, 16기, 4.7GW)

2023년.현재

구 분	청 평	삼랑진	무 주	산 청	양 양	청 송	예 천
설비용량(MW)	200×2	300×2	300×2	350×2	250×4	300×2	400×2
발전가능시간	6:19	6:00	7:30	9:06	9:24	8:52	8:10
최고낙차(m)	498.5	347.9	589.0	429.5	819.0	347.5	484.2
발전효율(%)	72.3	76.3	76.5	78.7	80.0	81.6	84.2
준공시기	'80.1	'85.12	'95.5	'01.12	'06.8	'06.12	'11.12
공사비(억원)	680	1,532	2,997	6,228	8,344	4,256	7,470

추가 계획(6개 발전소, 3.60GW)

구 분	설비용량	위치	세부내용(형식)	비 고
건설 중	1,800MW	영동, 홍천, 포천	3개소 6기(가변속)	2030~2034년 준공
건설준비 중	1,700MW	미정	2~3개소 4~6기(미정)	2036년 준공 예정
합 계	8,300MW		최대 13개소 28기	

2 북한전력 현황

'20년 북한 전력설비 현황

설비 용량 (MW)	수력	4,865	59%
	화력	3,360	41%
	합계	8,225	
발전량 (MW)	수력	128	53%
	화력	112	47%
	합계	240	

출처: 국가통계포털

2 전력계통과 수력양수발전소 운전현황

❖ 변동성 큰 신재생에너지원 계통유입 증대

표1. 재생에너지 설비용량 변화('19년 이후 큰 폭으로 상승) (unit : GW)

구분	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21
용량	4.1	5.3	6.2	7.4	9.3	11.0	13.4	14.9	20.5	24.5

❖ 양수발전소 기동정지 횟수 및 운전시간 증가, 지속적 부분부하운전 지속

구 분	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22
기동횟수	325	329	383	411	433	752	657	856	1060	1528	1145
운전시간	974	1010	1184	1103	1101	1751	1651	2054	2337	3340	2648

신재생에너지원 증대로 인한 계통안정성 저하에 대응하기 위한 양수발전소 역할 변화

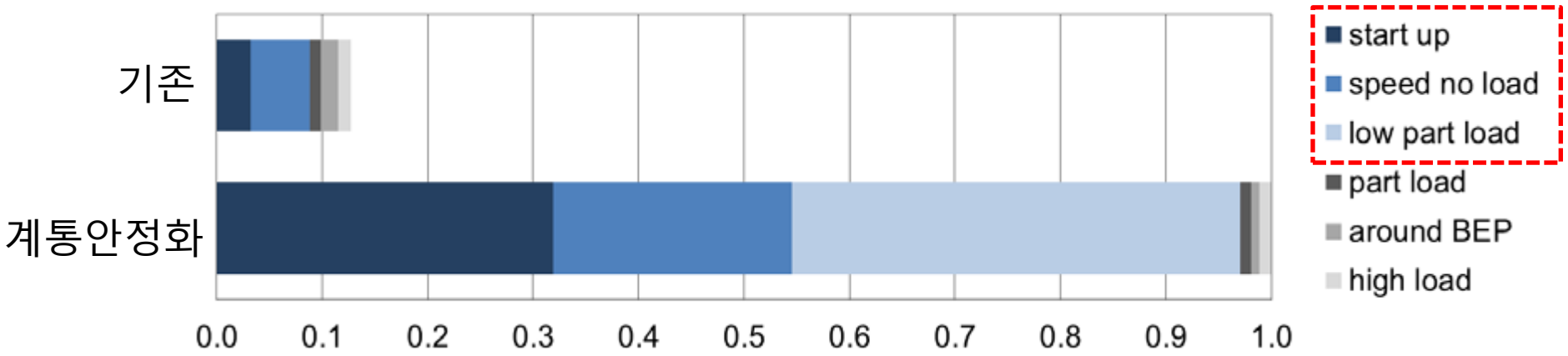
➔ **유연화 운전 증대 ➔ 설비노후화 가속, 내구도 저하로 수명감소**

2 유연화 운전에 따른 설비 영향

❖ **수력양수 역할 변화에 따른 유연화 운전 특성**

역할	Start-up [횟수/일]	SNL [%]	Low Part Load [%]	Part Load [%]	BEP [%]	High Load [%]
기존	1	1	**0**	**25**	49	25
계통안정화	10	4	**24**	**24**	24	24

❖ **수력양수 역할 변화에 따른 설비 손상**(Seidel, 2014)



계통안정을 위한 유연화 운전시 잦은 **기동정지**와 **저부하 운전에 따른 손상이 많이 발생**

손상영향도: 저부하>기동>SNL>부분부하=과부하>BEP

2 유연화 운전 특성

구분	운전특성	비고
정상 상태	**저부하** (Low part load)	50%미만 부하 운전
	부분부하 (part load)	정격출력 이하 운전
	BEP운전	최고 효율점 운전
	과부하운전 (High load)	정격출력 이상 운전
	무구속속도운전 (Runaway condition)	부하 차단시 Governor 미작동 상태에서 수차의 회전속도가 평형상태 도달(회전속도>정격속도)
과도 상태	**기동/정지** (Start/Stop)	정지 → 기동, 기동 중 → 정상 정지
	부분부하차단 (load rejection)	출력 감발시
	전부하차단 (Total load rejection)	출력 운전 중 비상상황으로 계통단락위한 가이드베인 차단
	무부하운전 (**SNL**: Speed-no-load)	계통 미연계 상태에서 정상속도 회전중인 상태(Stand by) - Governor작동 중

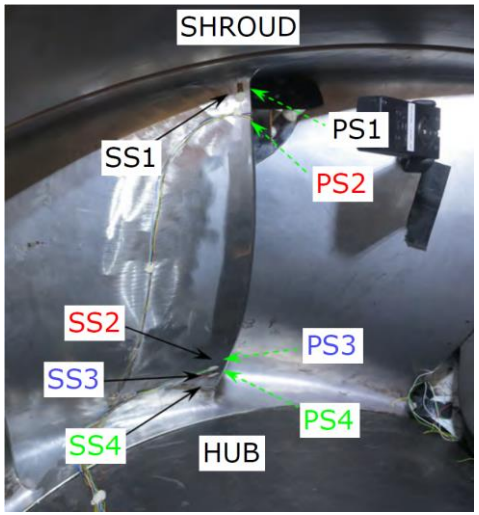
2 Effect of Flexible operation

구분	Affected Operation	effect	Effected components	Resulted in
Turbine	**Frequent starts/stops**	Increase of **vibration, dynamic stress**	▪ runners ▪ shafts ▪ wicket gates ▪ headcovers ▪ headcover bolts	reducing **the fatigue life**
		Increasing **wear**	▪ guide bearings ▪ thrust bearings ▪ shear pins ▪ Brakes ▪ wicket gate bushings	reducing **the maintenance interval**
Generator	**Increased cycling**	increased **vibrations, dynamic stresses, thermal stresses**	▪ rotors ▪ stators ▪ end windings ▪ spider arms ▪ support brackets	reducing **the fatigue life**
		increasing **wear**	▪ guide bearings ▪ thrust bearings ▪ generator cooling systems	increasing **the probability of insulation failure**

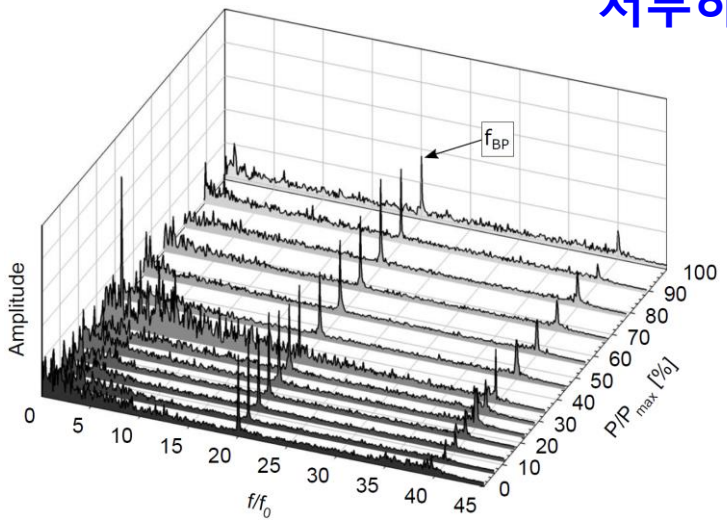
2 Effect of Flexible operation

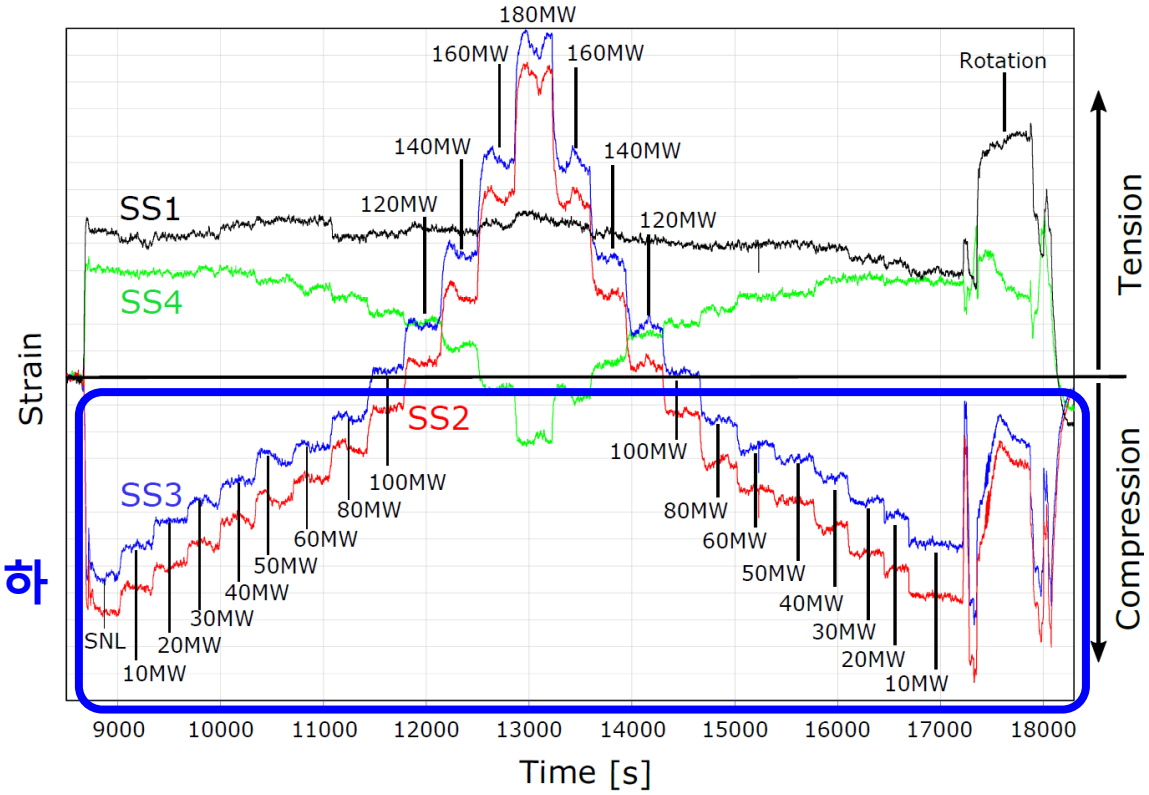
구분	Affected Operation	effect	Effected components	Resulted in
보조 기기	**Low-load, intermediate -load**	Increase of Pressure pulsations, vibrations, dynamic stresses	▪ gates and valves ▪ associated studs ▪ bolts, shafts ▪ actuators ▪ penstocks ▪ penstock rivets	**reducing the fatigue life**
		Increasing wear	▪ gates ▪ valves	**reducing the life time**
		Increase of vibrations	▪ Instrumentation ▪ controls	**reducing the life** of instrumentation, controls
	Frequent starts/stops	Increase of vibrations, dynamic stresses, thermal stresses	▪ Circuit breakers ▪ Switchgear ▪ transformers	**Reducing the life** of circuit breakers, Switchgear, Transformers

2 Strain on blade according to Loads(by Doujak)



저부하





Trailing Edge	Shroud	Hub
Suction Side	SS1	SS2, SS3, SS4
Pressure Side	PS1, PS2	PS3, PS4

3

한수원 수력·양수 R&D 추진전략

3 수력양수 R&D 추진배경

한국수력원자력

- 30년 이상 사용으로 수명 도래된 노후 **수력·양수발전소 성능개선사업** 추진 중
- 9~10차 전력수급 기본계획에 따른 **신규 양수건설 추진 중**(1.8GW + 1.75GW)
- 수력양수 설비의 **기동/정지 빈도 증대**로 **설비 노후도 가속화** 및 **고장발생 빈도 증가**
- 성능현대화/신규양수건설 사업시 **해외사 의존**(국내 주기기 공급사 부재)으로 **사업성 저하**
- 발전소 고장시 신속한 복구 및 **근본원인분석 위한 국내기술 부족**으로 **재발방지대책 수립 한계**

수력 산업계

- 소수력개발 위주의 **중소기업위주 산업구조**로 대용량 수력/양수 **국산화 기반 미약**
- 발전소 신규건설 부재로 **주기기 공급 생태계 부재** 및 복제 보조기기 위주 시장 형성
- 산업계 규모로 인한 산·학·연 연계활동 미비로 **전문인력 공급 체계 부재**

전력 산업계

- 탄소중립/RE100/신기후체제 대응위한 **재생에너지원의 지속적 증대**
- 변동성 재생에너지원의 계통유입 증대 및 **장주기 ESS설비 부족**으로 **계통 불안정 심화**
- 계통한계로 생산된 **재생에너지 전원의 출력제한 증대** 및 재생에너지원 **공급증대 한계**
- 발전 외 수자원 이용 기능추가로 발전전용 댐의 다목적화 및 **수력발전소의 역할 다변화**

3 수력양수 R&D 추진 필요성

한국수력원자력

- 발전소 고장시 국내 기술력을 통한 기술지원으로 **신속복구** 및 RCA를 통한 **고장 예방 체계 구축**
- 신규 양수건설 및 노후수력 현대화사업 **주기기 성능/품질 검증** 엔지니어링 능력 확보
- 지속적인 성능개선사업과 신규양수 건설사업시 **외산구매**에 따른 대규모 **국부유출 방지**
- 주기기 제작사 육성을 통한 **국내 수력산업 생태계 구축** 및 공급망 확보로 **사업성 제고**
- 해외사업 수행시 국내산업계 동반진출로 사업성 제고 및 국내 산업계 **동반성장 기반 구축**

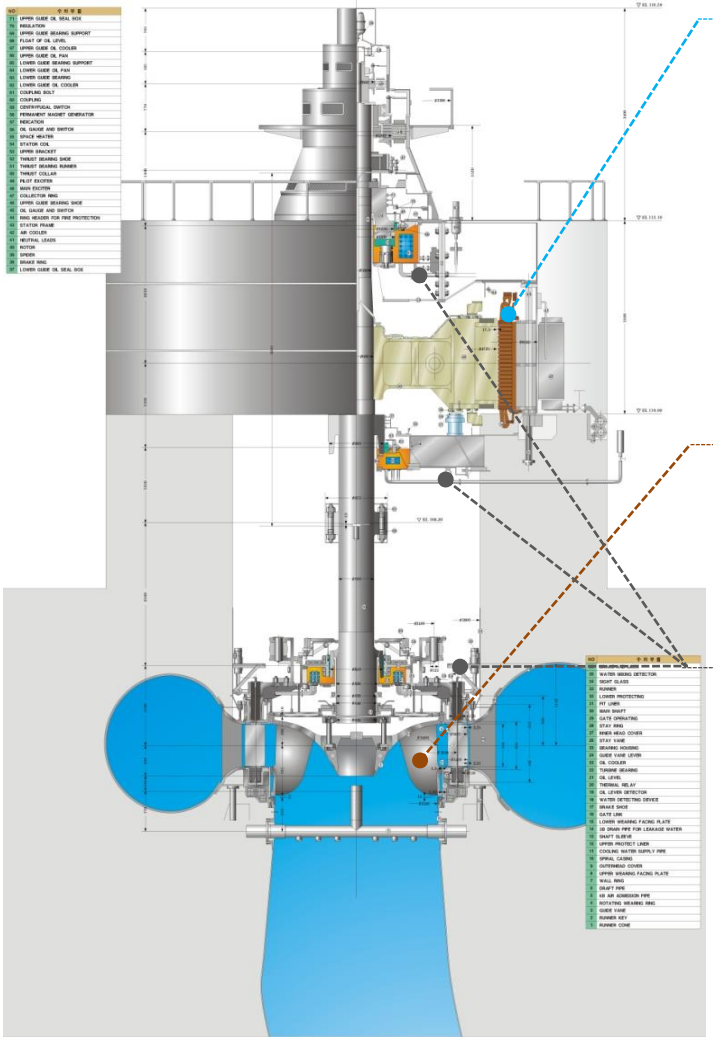
수력 산업계

- 증가하는 수력양수 시장에 대한 산업계 대응력 확보로 **국내산업계 중심 거버넌스 구축**
- 중대규모 수력 원천기술 확보로 **신규 양수**발전소 건설시 **주기기 국산화**를 위한 **기반 구축**
- 국내 산업계 위주의 수력·양수 **전주기**(설계/제작/시험/진단/운영)**기술력 확보**로 **산업계 육성**
- 글로벌 대규모 수력양수 시장 확대에 따른 **해외시장 진출**위한 **수력 핵심기술력 확보**

3 수력양수 핵심기술 및 국산화 수준

❖ 수력양수 전주기 기술은 설계·제작·설치·시험·시운전으로 구성되며 **설계기술이 핵심임**

❖ 국내 수력양수 주기기 **외산 의존도 약 98%, 기술수준 약 58%**로 추정



발전기
- 전자계/절연 설계
- 구조/냉각 설계
- 기술 수준

제어기
- AVR/GOV/DCS/SFC 통합
- 제어 알고리즘 설계
- 기술 수준

수차
- 수력 설계/해석/시험
- 구조/회전체 동역학/윤활
- 기술수준

BOP
- 공기/냉각 계통 : 압축기, 밸브
- 오일 계통: 오일펌프, 필터
- 기술수준

설치/실증/시험
- Centering & Alignment
- 효율, 성능 시험 기술
- 기술 수준

설계원천기술
- 수차 수력 설계 기술
- 수차 /발전기 성능평가 기술
- 발전기 전자계 설계 기술
- 회전체/베어링 설계/해석 기술
- 통합 제어기 설계 기술

엔지니어링기술
- 수차/발전기 효율 성능시험
- 발전기 절연진단 및 특성시험
- 설비 모니터링 기술
- 진동 측정/분석 기술
- 회전체 센터링/Alignment기술

3 수력양수 R&D 추진전략

수력 산업 생태계 조성

(Supply Chain 구축)

수력 ENG 기술 내재화

- 수력 원천 설계 기술 확보
- 성능시험, 진단, 수자원 시스템

수력 설비 국산화

- 수차, 발전기 국산화
- 제어시스템, 보조기기 국산화

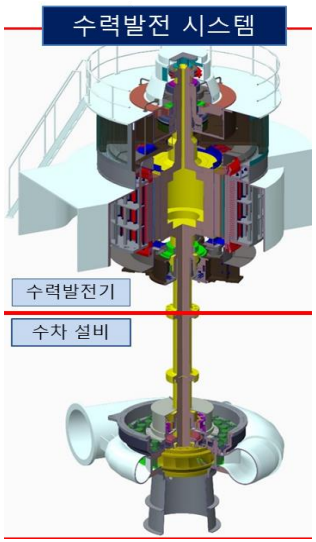
❖ **(ENG 기술)** 원천설계 기술, 성능/효율시험, 진단 기술, 유연성 운전 기술 등 설계검증, 시험/진단 등 기술 내재화 추진

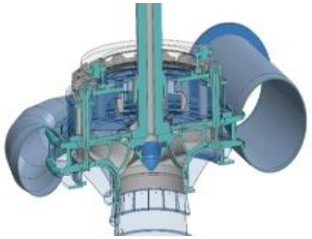
❖ **(설비 국산화)** 내재화된 엔지니어링 기술을 통해 단계적으로 수력양수 설비(수차, 발전기, 보조기기 등) 국산화 추진

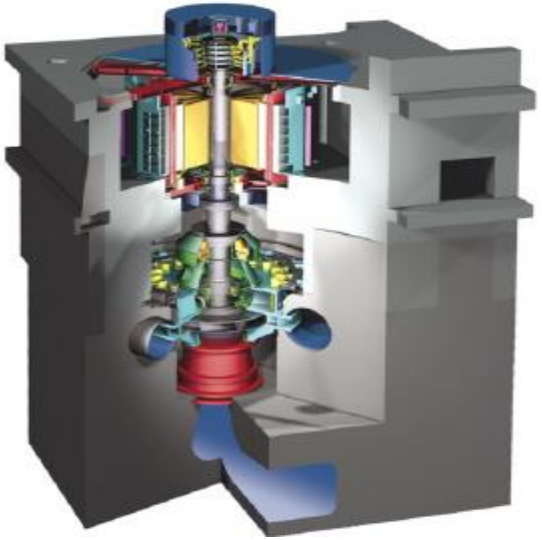
3 수력 주기기 국산화관련 기술개발 로드맵

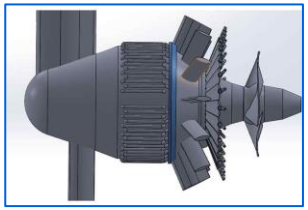
01 수력 주기기 국산화

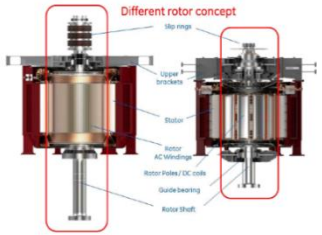
	과거	단기	중기		장기
	2012 ~ 2020	2021	2026	2030	2036 ~
국산화 목표	15㎿급 수력 (칠보수력)	30㎿급 수력 (화천수력)	소형 펌프수차 (화천, 제주 등)	대형 펌프수차 (무주,산청 등)	조력(벌브)용 수차 대형 가변속 양수
국산화 실증 (정부 R&D)	수력발전 시스템				양수 가변속 기술
자체 기술개발	•절연 진단 •발전기 현장효율시험	•펌프수차 모델시험 •수차 현장효율시험	•발전기 전자계 해석 •안정성해석	•수차발전기 상태감시 및 예측진단	











❖ 한국수력원자력 R&D 추진 절차

- 자체과제(중장기 과제/현안과제/사외과제) 및 정부과제로 구성

구분		추진내용	과제기간
자체과제	중장기과제	회사 자체 중장기 기술개발 로드맵에 따라 추진	3~5년
	현안과제	현장에서 요구되는 현안사항 해결위해 추진	1~2년
	K-Cloud	사외공모를 통한 Open-Innovation형 과제	~2년
	중기협력과제	연구개발 능력을 보유한 중소기업에게 위탁	~3년
정부과제		미래기술개발, 대형 실증위주의 연구개발	3~4년

❖ 개방형 연구과제 선정 등 연구개발 방향 다각화 ('17년~)

- 외부의 혁신적인 아이디어와 한수원의 기술 수요를 접목
- 수력/신재생 분야 외부 연구개발 활성화 필요

한수원 중심 R&D

- 폐쇄형/독점적 연구개발
- 한수원(중앙연구원) 수행
  - 사외 일부 위탁/공동연구

개방형 R&D

- 개방형 R&D, 경쟁체계 도입
- 필요기술 사외 공모
  - 우수 사업계획 채택 → 100% 위탁연구

사외공모과제

◆ 배경

- ○ 산학연 전문가 집단지성을 활용한 개방형 R&D 추진
- ○ 대학 및 연구기관과의 협력확대를 통한 동반성장 모델 개발

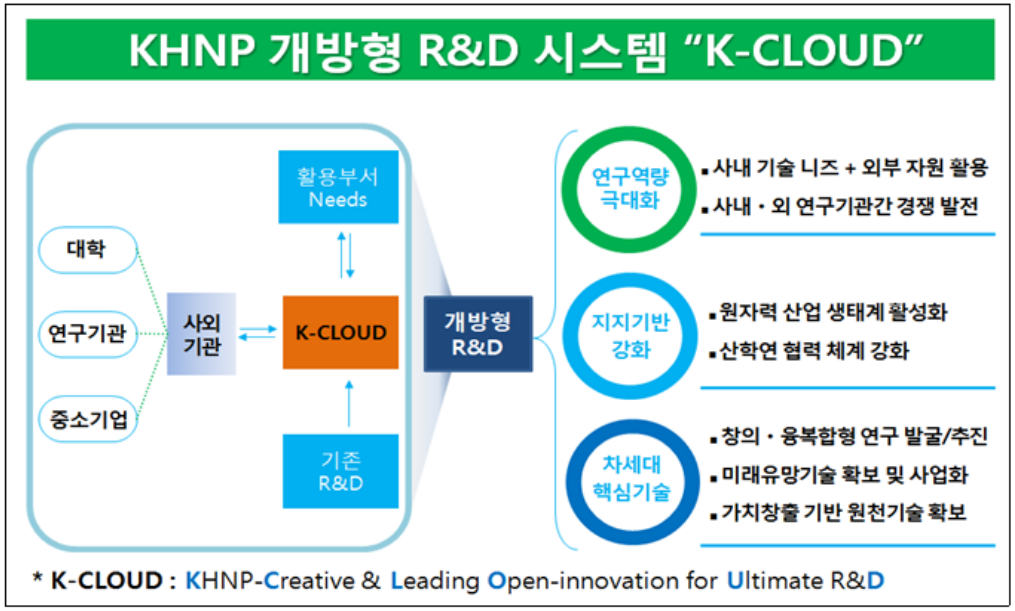
◆ 추진 방향 및 제도 체계

한수원 중심 R&D

- ▪ 폐쇄형/독점적 연구개발
- ▪ 한수원(중앙연구원) 수행
  - 사외 일부 위탁/공동연구
- ▪ Fast Follower 형 R&D

개방형 R&D

- ▪ 개방형 R&D, 경쟁체계 도입
- ▪ 필요기술 사외 공모
  - 우수 사업계획 채택 → 100% 위탁연구
- ▪ First Mover 형 R&D 전환



◆ 사외공모제도 추진내용

분 야	세부사항
신재생	수력과 양수를 포함한 신재생 에너지 기술
융·복합	한수원 사업과 관련된 4차 산업혁명 기술

- ○ 기간/금액 : 24개월 이내 / 과제당 최대 6억원(연 3억원 이하)
- ○ 응모대상 : 4년제 대학 또는 연구기관(중소기업 등 참여기관 확대 추진 예정)

중소기업 협력과제

◆ **사업개요**

○ 한수원 주관 R&D 사업 중 일부를 연구개발 능력을 보유한 중소기업에게 위탁함으로써 중소 기업 기술혁신을 촉진

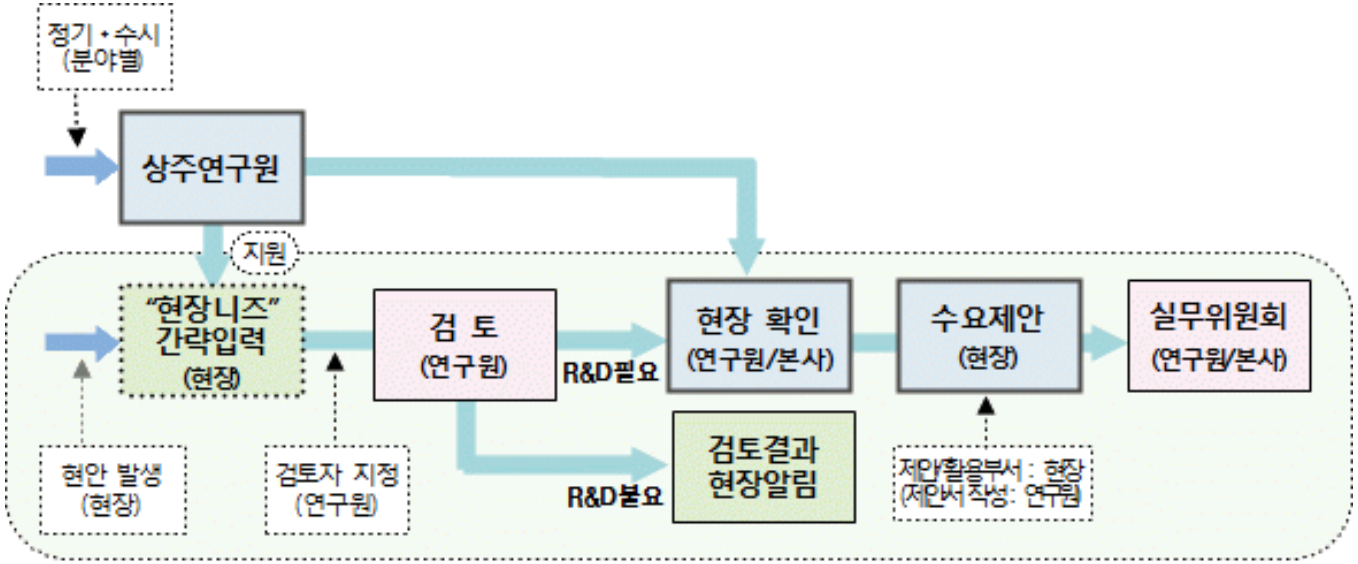
◆ **지원대상**

○ 기업부설연구소 또는 연구개발전담부서를 보유한 중소기업

◆ **지원분야 :** 원자력 및 수력(양수 포함) 관련 기술개발

◆ **지원조건**

○ 지원형태 : 출연



4

한수원 수력·양수 R&D 추진 현황

4 수력 엔지니어링 기술개발 추진현황: 자체과제

양수발전용 펌프수차 모델 성능시험 기술개발

- ☐ 목표 : 양수발전용 펌프 수차 모델시험 기술 확보
- ☐ 기간/연구비 : 2020.4. ~ 2023.3. (36개월) / 41.9억원 * 외국 기술자문
- ☐ 시험센터 건립 : 2020.7. ~ 2022.6. (24개월) / 51억원

수차/펌프수차 효율시험 기술개발

- ☐ 목표 : 수차/펌프 수차 효율시험 기술개발
- ☐ 기간/연구비 : 2020.6. ~ 2023.5. (36개월) / 20.7억원
- ☐ 추진체계 : 효율시험장비 구축 및 시험기술 개발(자체) * 외국 기술자문

CI기반 수력양수 정량적 상태진단 및 평가기술 개발

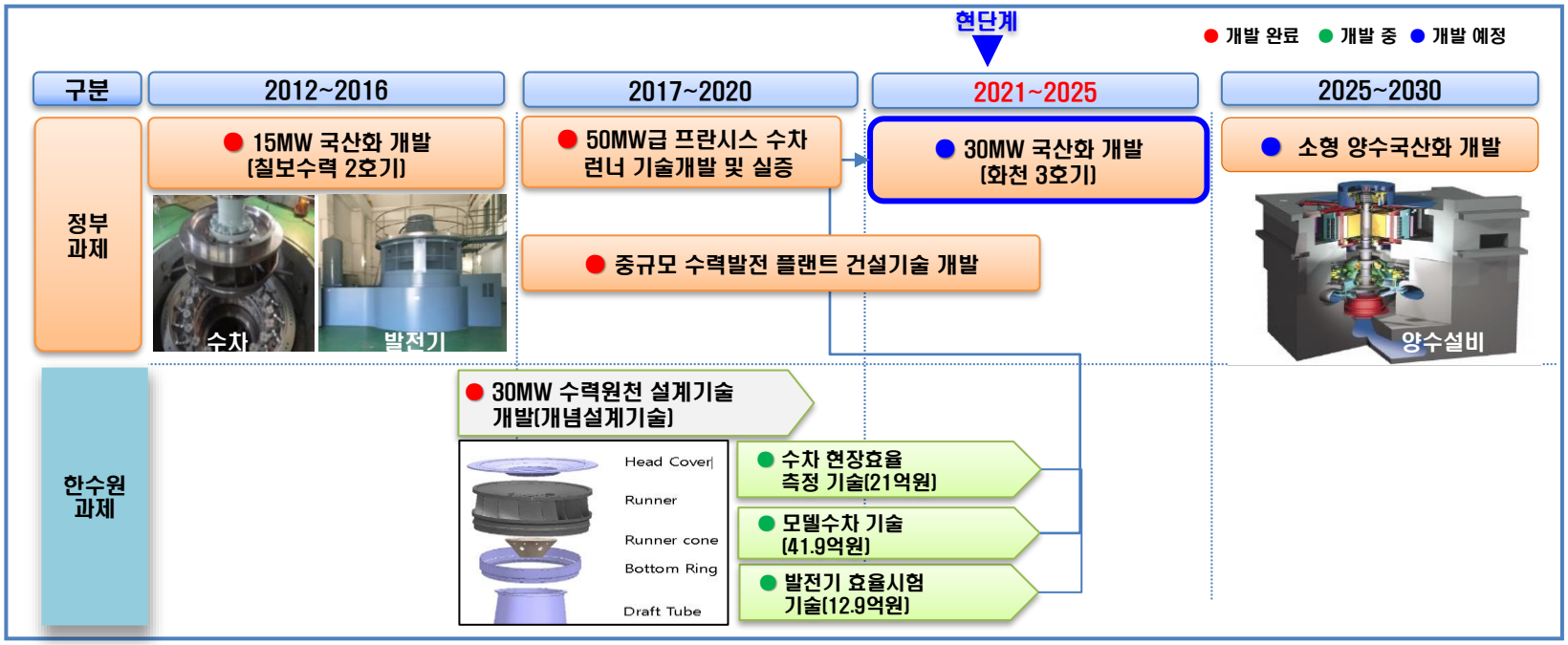
- ☐ 목표 : 수력 전력설비 정량적 상태진단 평가기술 개발 (발전기 효율시험 기술 개발 병행)
- ☐ 기간/연구비 : 2019.9 ~ 2022.10 (38개월) / 12.9억원
- ☐ 추진체계 : 시험장비 구축 및 시험기술 개발(자체) * 외국 기술자문

통계 및 물리모형 기반 댐 유역 초단기 강우예측기술 개발

- ☐ 목표 : 안정적 댐 운영 및 수재해 예방을 위한 초단기 강우예측 기술 개발
- ☐ 기간/연구비 : 2021.6 ~ 2024.5 (36개월) / 10.8억원
- ☐ 추진체계 : 강우예측 AI 활용기술 개발(자체), 강우예측 시스템 개발(위탁)

01 수력 주기기 국산화

연구개발과제명	과제기간	주관연구개발기관	과제구분
10MW급 이상 프란시스 수차발전기 개발 및 실증	'13.06~'16.05	한국수력원자력	정부과제
50MW급 프란시스 수차 런너 기술개발 및 실증	'15.06~'19.05	한국수자원공사	정부과제
중규모 수력발전 플랜트 건설기술 개발	'17.04~'22.04	한국수자원공사	정부과제
6MW급 벌브형 수차 국산화 개발	'16.12~'19.09	신한정공	정부과제
신시장 창출을 위한 대용량 프란시스 수차/동기발전기 설계 및 진단 원천기술 개발	'16.12~'19.11	KOMERI	정부과제

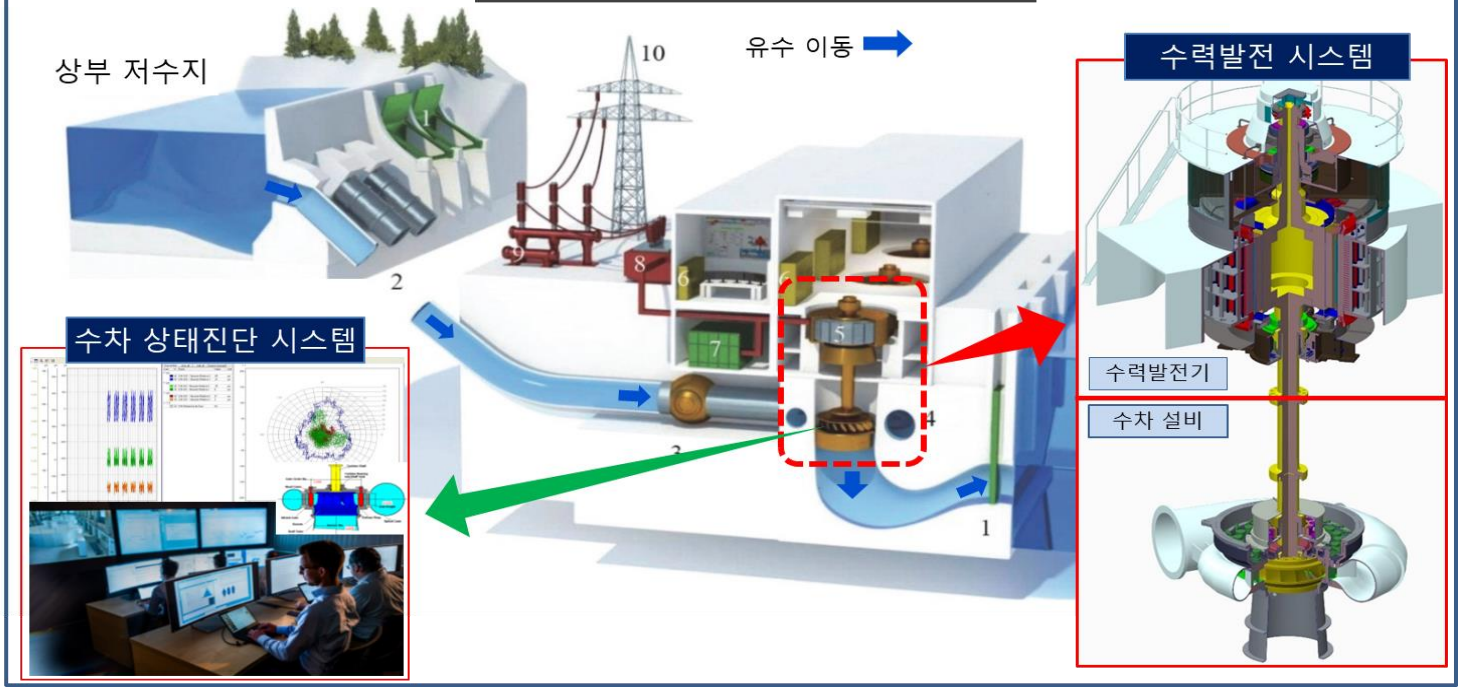


02 수력 주기기 국산화

■ 30MW 프란시스 수차발전기 개발 (산업부 과제, 진행 中)

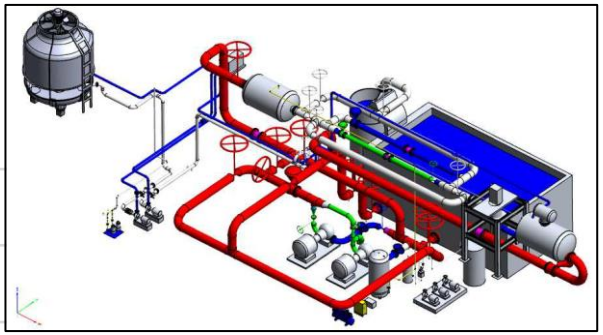
사 업 명	노후 수력발전시스템 성능개선 및 상태진단 기술개발
개발기간	2021.12 ~ 2026.2 (52개월)
투입비용	총 447억원 [정부출연 (242억원), 민간출연 (205억원)]
참여기관	한국수력원자력(주관), 두산중, 한국수력산업협회, 생산기술연구원, 연세대학교 등

수력발전소 단면도와 기술개발 범위



■ 모델수차 시험기술 개발

과 제 명	양수발전용 펌프수차 모델성능시험 기술개발
개발기간	2020.4 ~ 2024.10 (00개월)
과 제 비	41.9 억원



과제내용 구분		상세내용
모델수차 시험장비		• IEC-60193 국제표준에따른 모델수차 성능시험설비 구축
시험기술	효율/성능	• 성능평가를 위한 Hill chart작성, 설계안 검증
	캐비테이션	• 운전조건에 따른 σ_i값 측정 ➔ 캐비테이션-성능 상관관계 파악
	압력맥동	• 운전조건에 따른 압력 변동과 이에 따른 시스템 진동평가
	최대무구속속도	• 무부하 상태 최고 회전속도 측정 ➔ 시스템 동적 안정성 파악
	축추력시험	• 수차운전시 최대 축하중 평가 ➔ 구조물 안전성 평가자료 확보
	유동관찰	• 부하변동에 따른 수차 입구 저압부 캐비테이션 발생 여부 • 유량 및 낙차 변화에 따른 수차 내부 유동특성 파악(Vortex rope)
	공기주입시험	• 최고 압력 진동점에서의 진동저감을 위한 공기주입 유량 결정
	가이드베인토크	• 가이드베인 제어 알고리즘 및 유량별 가이드베인 토크 측정

4 펌프수차 모델 성능시험센터 신축 추진

시험동 규모 1,460㎡ / 지상2층 / 철골·철근 콘크리트

총 사업비 약 110억원(건축물 51억, 시험설비 59억

활용 계획

- ❖ (연구개발) 일반수력과 양수 등 주기기 국산화 필수 인프라
- ❖ (수력사업) 신규양수/현대화사업 주기기 설계검증
- ❖ (시험인증) 산업협회 연계, 제조사들의 시제품 성능 인증
- ❖ (거버넌스) 산학연 대상 주기기 시험 인프라 제공
- ❖ (인력양성) 수력 전문인력 양성, 위수탁 교육 시행

4 수차발전기 성능검증 기술 개발

배경 : 주기기 계약의 인수시험에서 필수 항목이며 손해배상금(Liquidated Damage) 항목인 터빈과 발전기 효율시험 기술 부재로 주기기 납품사가 직접 수행

펌프수차 효율성능시험 기술개발

- 예산/기간 : 총 20.7억원 / '20.6~'24.5
- 다양한 수차형식 대응 효율시험 방법 개발
- 추진전략:
  - 해외 시험전문기관 협력을 통한 장비개발
  - 운전중 발전소 대상 성능시험 실증 추진

발전기 효율성능시험 기술개발

- 예산/기간 : 총 12.9억원 / '19.9~'22.10(완료)
- 화천수력 4호기 대상 효율시험 실증성공
- 기대효과 :
  효율시험 자체수행으로 연 8.5억원 절감 *
  * 총 51기/6년×1억원/기 = 8.5억원/년

자체 성능시험 기술 내재화

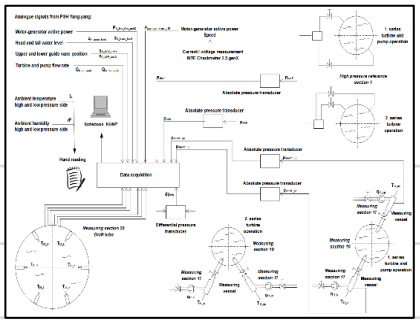
건설 주기기 /성능개선 성능 품질 검증

해외수력사업 진출가능 영역 확대 !

4 핵심기술 내재화: 자체 R&D

■ 수차 현장효율 성능시험기술 개발

과 제 명	수차/펌프수차 효율시험 기술개발
개발기간	2020.6 ~ 2024.11 (42개월)
과 제 비	20.6 억원



과제 내용구분	상세 수행내용
현장 효율성능시험장비 구축	▪ 측정시스템 구축 ▪ 측정-분석 시스템 통합 소프트웨어 개발 ▪ 오류 분석, 측정시스템 에러 및 불확도 평가
수차 현장 성능시험 기술개발	▪ 열역학적법을 이용한 수차 성능측정기술 개발 ▪ 유속계를 이용한 효율측정법 ▪ 이동시간 초음파법 ▪ 압력-시간법: 배관 비노출 저낙차형 수차
수차 성능진단 기술개발	▪ 노후수력 유량측정설비 정밀도 평가 ▪ 씰 누설량 증가에 따른 수차 성능평가 ▪ 캐비테이션 발생에 따른 수차 성능변화 예측
수차 성능시험 절차서 개발	▪ 성능시험 방법에 따른 절차서

감사합니다

Q&A

KHNP