

2017. 2. 14 | 제 603 호 |

청정화력발전기술 테스트베드 유치 성과와 과제

- 육동한(원장)
- 이원학(연구위원)
- 김인중(선임연구위원)

2017. 2. 14 | 제 603 호 |

청정화력발전기술 테스트베드 유치 성과와 과제

- 육동한(원장)
- 이원학(연구위원)
- 김인중(선임연구위원)

TV, 냉장고, 세탁기, 컴퓨터, 에어컨, 핸드폰에서 최근 전기자동차에 이르기까지 거의 모든 인간의 삶이 전기에너지와 불가분의 관계를 맺고 있다. 전기에너지는 깨끗한 청정에너지로 가치를 더하지만 이를 생산하는 과정에서는 환경성·안정성·효율성 등 다양한 이슈와 연계되어 있다. 이러한 문제 때문에 친환경·고효율의 전기를 생산·저장하기 위한 새로운 기술개발에 글로벌 차원의 경쟁이 심화되고 있고, 각국은 관련 산업을 미래 고부가가치 성장동력으로 육성하기 위해 역량을 집중하고 있다.

우리나라의 전력 총발전량은 1985년 64,695GWh에서 2014년 521,971GWh로 약 9배, 1인당 소비량도 약 7.5배 증가하였다. 전체 최종에너지 소비에서 차지하는 전기의 비중은 9.3%에서 19.2%로 약 2배 증가할 정도로 電氣化가 가속되고 있다. 우리나라에서 전기는 석탄 39%, 원자력 30%, LNG 22%, 수력·신재생 4.3% 등을 통해 생산되고 있다. 아직까지 석탄이 전력생산의 핵심이고, 전 세계 많은 국가에서도 마찬가지이다. 따라서 석탄화력의 온실가스 및 대기오염 물질 배출 저감, 발전효율 증가 등은 해결해야 할 당면과제이다.

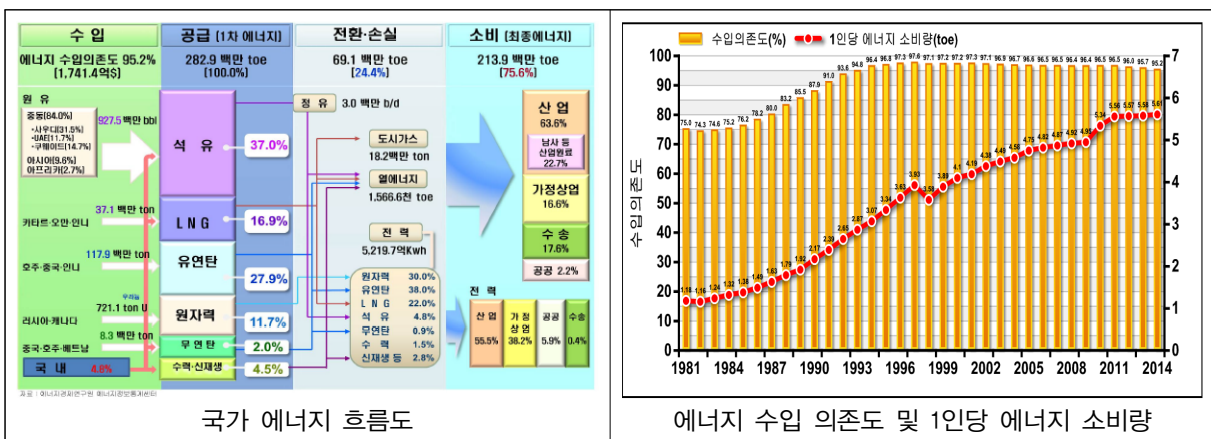
강원도에는 과거 일부의 석탄화력발전소가 위치해 있었지만, 최근 우수한 입지여건으로 새로운 발전소 건설이 활발히 이루어지고 있다. 동해 GS전력 1.19GW, 삼척 남부발전 2GW, 강릉에코파워 2GW, 삼척 포스파워 2GW 등이다. 이러한 신규 대규모 사업은 강원도의 새로운 에너지 산업으로 육성할 수 있는 기반이 될 것이다. 이에 더해 최근 강릉 영동화력발전소(1972년 1호기 125MW, 1979년 2호기 200MW)를 중심으로 “청정화력발전기술 테스트베드 구축”이 국가사업으로 선정되어 청정화·효율화·고도화된 화력 발전산업에 대한 관심을 불러일으키고 있다.

테스트베드는 석탄화력발전 분야 소재·부품의 국산화와 해외수출을 위해 성능실험 및 평가를 진행하기 위한 핵심 연구개발 실증기술이다. 이러한 시설에서 평가 및 인증이 이루어져야 소재·부품은 국내 화력 발전소 및 해외 플랜트 건설·운영에서 활용이 가능하다. 강원도는 핵심 R&D 실증 사업을 기초로 관련 소재·부품산업을 육성할 수 있는 전략 마련이 필요하다. 특히 강원도에 조성되는 화력발전소, 동해안권 경제자유구역, 한국생산기술연구원 강원지역본부, 포항산업과학연구원 강릉분원, 지역대학 등이 연계될 수 있도록 역량을 집중해 보자.

I. 국내외 에너지 현황 및 정책 동향

■ 지속적인 에너지 소비 증가와 에너지 자급률 약화

- 경제성장과 삶의 질 향상에 따라 에너지 소비가 지속적으로 증가하지만, 석탄 합리화정책에 따라 국내 에너지 자원 생산 감소 ⇒ 에너지 자원의 수입 의존도가 꾸준히 증가
 - 우리나라의 에너지 수입의존도는 95.2%로 국가 전체 수입액(5,255억 달러)의 33.1%(1,741억 달러)를 차지(2014년 기준)
- 지속적으로 신재생에너지 보급 확대를 추진하고 있지만, 전체 에너지 소비량에서 차지하는 비중이 한계 존재 ⇒ 신재생에너지 확대 및 지속적 에너지 소비 증가에 대비하는 새로운 기술 확보 전략 마련 요구
 - 국내 1차 에너지 공급에서 수력·신재생이 차지하는 비중은 4.5%로 석유, 석탄, LNG, 원자력이 큰 비중을 차지하고 있음



자료 : 2015년 에너지통계연보(에너지경제연구원, 2016)를 바탕으로 재작성

<에너지 소비 관련 주요 현황>

⇒ 에너지기술 개발 및 신재생에너지 보급 확대 등 에너지 신산업에서 강원도가 추진 가능한 사업을 발굴하고, 이를 적극적으로 추진하기 위한 체계적인 노력 강화가 요구됨

■ **친환경·고효율 석탄화력 발전 요구 강화**

- 원료별 최종에너지 소비 변화를 살펴보면, 석유의 비중이 48.1%를 차지하고 있고, 석탄 16.6%, 천연&도시가스 11.0% 수준
 - 이 중 최종에너지에서 전력이 차지하는 비중은 1990년 10.8%에서 2014년 19.2%까지 증가 ⇒ 전력 소비량은 최근 30년간 약 9배 정도 증가

〈원료별 최종에너지 소비 변화〉

구분	석유		석탄		전력		천연&도시가스		열에너지		신재생		총계 (천TOE)
	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	
1985	22,580	48.0	17,940	38.2	4,363	9.3	84	0.2	-	-	2,031	4.3	46,998
1990	45,252	60.3	19,855	26.4	8,117	10.8	1,011	1.3	75	0.1	797	1.1	75,170
2000	93,596	62.5	19,847	13.2	20,600	13.7	12,561	8.4	1,119	0.7	2,130	1.4	149,852
2010	100,381	51.3	29,164	14.9	37,338	19.1	21,640	11.1	1,718	0.9	5,346	2.7	195,587
2014	102,957	48.1	35,412	16.6	41,073	19.2	23,395	11.0	1,567	0.7	9,466	4.4	213,870

자료 : 2015년 에너지통계연보(에너지경제연구원, 2016)

- 전기를 생산하는 원료에 따른 비중을 살펴보면, 석탄 → 원자력 → LNG 순임
 - 신재생에너지 보급이 지속적으로 확대되고 있지만, 향후 수십년간 석탄의 의존도는 어느 정도 유지될 것으로 판단됨 ⇒ 이러한 상황에서 석탄발전의 문제인 청정성, 효율성 확보를 위한 기술개발이 매우 중요한 상황임
 - ※ 전 세계 전력생산에서 석탄화력이 약 70% 정도를 차지하고 있음(전기신문)

〈원료별 발전 전력량 현황(2014년 기준)〉

구분	수력	원자력	대체	석탄	LNG	석유류 (중유, 경유)	총계
총발전량 (GWh)	7,820	156,407	14,695	203,446	114,654	24,951	521,971
비율(%)	1.5	30.0	2.8	39.0%	22.0	4.8	100.0

자료 : 2015년 에너지통계연보(에너지경제연구원, 2016)

■ 글로벌 에너지 소비 전망

- 2011년 기준으로 석탄의 비중은 30.3%에서 29.7%로 약간의 감소는 있지만, 실제 소비량은 지속적으로 증가가 예상되고 있음

〈국가에너지기본계획의 총 에너지 전망〉

구분	2011	2025	2030	2035	연평균 증가율(%)
석탄(백만toe)	83.6 (30.3%)	100.2 (28.3%)	107.7 (29.1%)	112.4 (29.7%)	1.24
석유(백만toe)	105.1 (38.1%)	111.0 (31.3%)	107.1 (29.0%)	101.5 (26.9%)	△0.15
천연가스(백만toe)	46.3 (16.8%)	64.8 (18.3%)	69.8 (18.9%)	73.3 (19.4%)	1.93
수력(백만toe)	1.7 (0.6%)	1.7 (0.5%)	1.9 (0.5%)	2.0 (0.5%)	0.70
원자력(백만toe)	32.3 (11.7%)	59.6 (16.8)	65.3 (17.7%)	70.0 (18.5%)	3.28
신재생기타(백만toe)	6.6 (2.4%)	16.8 (4.7%)	18.0 (4.9%)	18.8 (5.0%)	4.44
계(백만toe)	275.7	354.1	369.9	377.9	1.32

자료 : 제2차 국가에너지기본계획(산업통상자원부, 2014)

- EIA의 전 세계 에너지 전망을 보면, 중국, 인도 등 신흥 경제성장국을 중심으로 글로벌 에너지 소비가 지속적으로 증가될 것으로 예측됨
 - 새로운 에너지의 확대에도 불구하고 화석연료인 석유, 석탄, 천연가스의 지속적인 소비 증가가 나타나고 있고, 전력에너지 소비도 지속적으로 증가하고 있음

Figure ES-1. World energy consumption by country grouping, 2012–40 (quadrillion Btu)

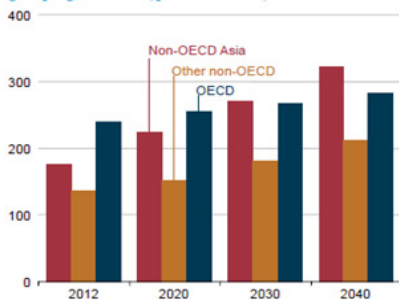


Figure ES-2. Total world energy consumption by energy source, 1990–2040 (quadrillion Btu)

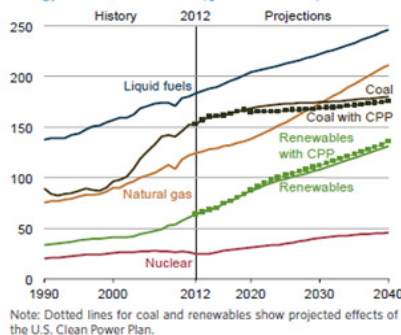
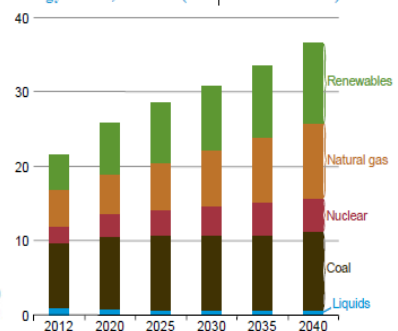


Figure 1-6. World net electricity generation by energy source, 2012–40 (trillion kilowatthours)



자료 : International Energy Outlook 2016(미국에너지성, 2016)

〈글로벌 에너지 소비 전망〉

■ 국가의 에너지 정책 방향 : 에너지 신산업 육성과 에너지 신기술 개발 확대

- 미래 에너지 사회의 여건은 ① 청정한 대형 에너지공급 시설의 증가, ② 수요 관리·분산형 발전 등으로의 전환, ③ 4차 산업혁명 및 소재부품 첨단기술 활용 에너지 환경 변화, ④ 에너지 신시장 창출 등으로 변화가 지속되고 있음
 - 특히 우리나라는 우수한 플랜트 산업의 해외진출 등을 지속적으로 강화하고 있고, 발전 분야의 경우 석탄화력 플랜트 해외수출 등을 지속적으로 추진하고 있음
 - ※ 두산중공업, 포스코건설, 한국전력, 현대건설, 대우건설, SK건설, 대림산업 등 많은 기업에서 해외 플랜트 수출을 진행하고 있음
- ⇒ 에너지 신산업과 해외 수출 역량 강화를 위한 발전플랜트 신기술 개발을 동해안을 중심으로 적극 추진할 필요가 있음



자료 : 제3차 에너지기술개발계획(산업통상자원부 등, 2014)

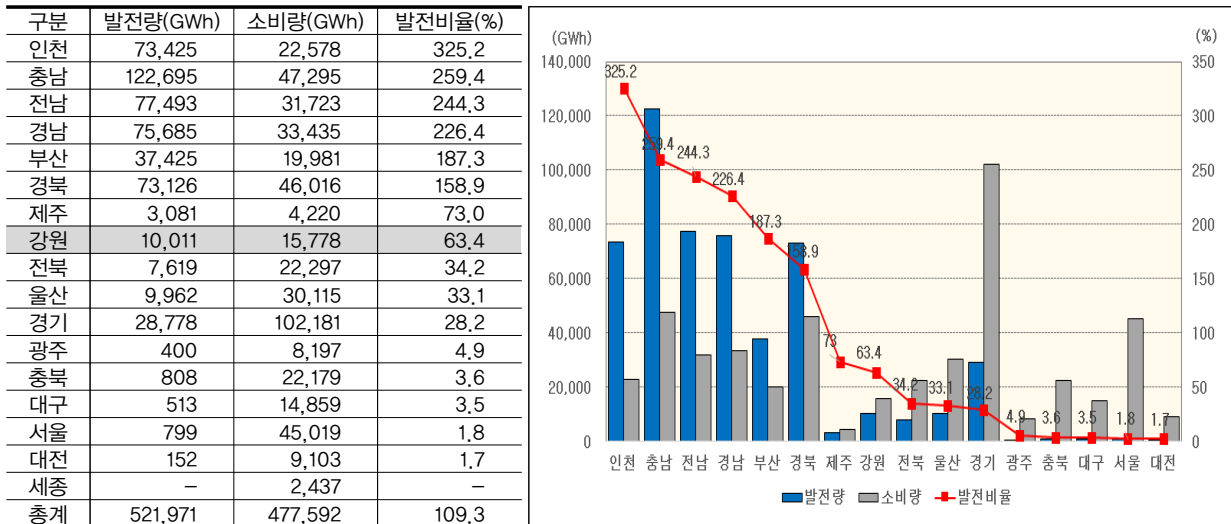
〈Energy Innovation Architecture 2025 프로그램 개념도〉

II. 강원도 에너지 산업 여건 : 전력 및 석탄화력 중심

■ 강원도의 전력 생산 현황

- 강원도에는 원자력 및 석탄화력, LNG 복합화력 등 대규모 전력 생산시설이 많이 위치하지 않기 때문에 소비량에 비해 발전량이 낮은 상황
 - 발전소의 경우도 몇몇 대규모 수력발전소와 과거 국내 무연탄 소비를 위한 석탄화력 발전소 중심으로 운영되고 있음

〈우리나라 지역별 전력 생산량 및 소비량(2014년 기준)〉



자료 : 2015년 에너지통계연보(에너지경제연구원, 2016)

〈최근 3년간 강원도내 주요 발전소의 발전량 현황〉

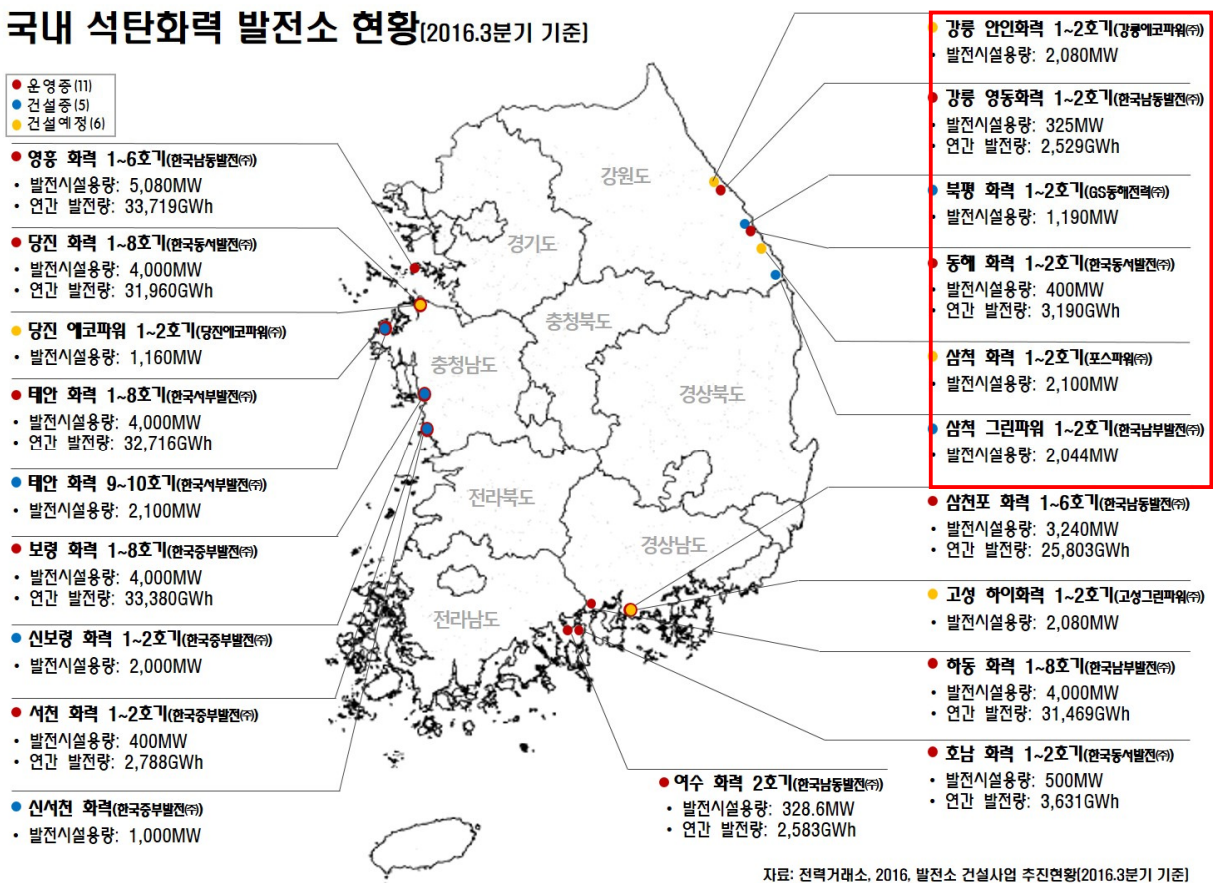
	설비용량 (MW)	2013		2014		2015	
		발전량(MWh)	이용률(%)	발전량(MWh)	이용률(%)	발전량(MWh)	이용률(%)
화천수력발전소	108	221,559	23.4	88,943	9.4	90,088	9.5
춘천수력발전소	62.28	128,641	23.6	52,119	9.6	63,451	11.6
의암수력발전소	48	133,707	31.8	91,467	21.8	69,884	16.6
강릉수력발전소	82	-	-	-	-	-	-
안흥수력발전소	0.48	2,205	52.4	1,220	29.0	1,076	27.3
양양양수발전소	1,000	859,279	9.8	1,001,675	44.4	841,469	9.6
양양소수력발전소	1.4	3,124	25.5	3,553	29.0	2,277	18.6
소양강댐발전소	200	591,192	33.7	356,866	20.4	159,597	9.1
횡성댐발전소	1.3	7,741	68.0	2,156	18.9	526	4.6
영월복합화력발전소	848	4,526,676	60.9	2,045,693	27.5	1,221,966	16.4
영동화력발전소	325	2,386,635	83.8	2,528,751	88.8	2,378,469	83.5
동해화력발전소	400	2,744,698	78.3	3,180,584	91.0	2,532,532	72.3
총계	3,076.46	11,605,457	40.93	9,353,027	32.48	7,361,335	23.26

자료 : 각년도 한국전력통계(한국전력공사)

■ 대규모 석탄화력 발전소 건설 확대와 산업생태계 조성

- 최근 전력수급계획에 따라 대규모 석탄화력 발전소의 신규 건설이 강원도 동해안에서 적극 확대되고 있음
 - 삼척 남부발전(2,044MW), 동해 GS전력(1,190MW)은 마무리 단계에 있고, 강릉 에코파워(2,080MW), 삼척 포스코파워(2,100MW)는 건설을 준비 중에 있음
 - ⇒ 동해안이 새로운 석탄화력발전의 중심으로 조성되고 있기 때문에 이들과 연계한 지역의 성장동력을 발굴하는 것은 매우 중요한 부분임
 - ⇒ 고효율·고청정이라는 석탄화력발전의 트렌드를 반영한 첨단 산업과 결합하고, 특히 동해안경제자유구역의 소재·부품 산업과 연계한다면 높은 시너지효과를 창출할 수 있을 것임

국내 석탄화력 발전소 현황(2016.3분기 기준)



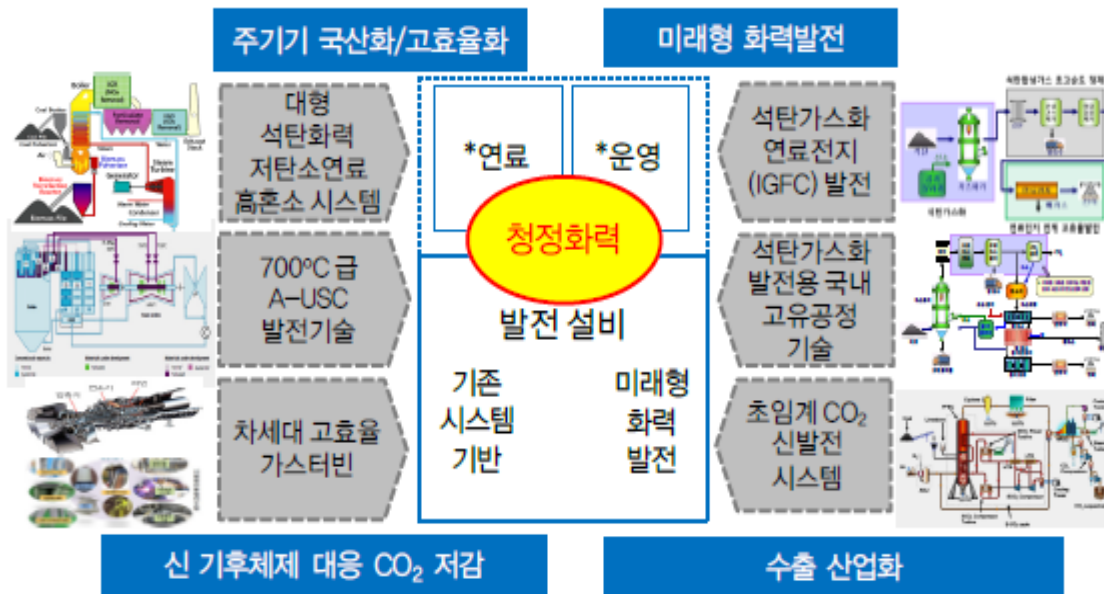
자료: 전력거래소, 2016. 발전소 건설사업 추진현황(2016.3분기 기준)
전력거래소, 2016. 2015년도 발전설비 현황(2015.12.31 기준)

<국내 석탄화력발전소 건설 현황>

Ⅲ. 청정화력발전기술과 강원도

■ 청정화력발전기술은 무엇인가?

- 청정화력발전기술은 기존 화력 대비 고효율화, CO₂ 저감 및 연료 다변화를 달성할 수 있는 미래형 기술
- IPCC COP21에서 제출한 “2030년 BAU 대비 온실가스 37% 감축” 목표 달성, 에너지 신산업 확산 전략의 “저탄소 발전 확대” 세부계획 이행 및 국제 사회가 추진하고 있는 강력한 환경정책에 대응하기 위한 효율적인 新기술(발전시스템 효율 향상, 온실가스 배출 저감)을 국내에서 개발·적용하고, 국외(선진국, 개도국)의 화석연료 기반 전력(설비)시장에 진출하기 위해 필요한 기술
- 국가에너지기본계획, 국가에너지기술개발계획 등의 핵심 과제로 선정되어 추진되고 있음. 이러한 핵심기술 개발을 위한 다양한 연구개발 성과품을 실증·평가할 수 있는 역할을 수행하는 것인 “청정화력발전기술 테스트베드”일 것임



자료 : 신기후체제의 에너지 R&D 투자 포트폴리오 청정에너지기술 로드맵, 청정화력(2016, 관계부처합동)
 <청정화력발전기술의 주요 핵심 내용>

■ **테스트베드 과정과 경위 : 2015년 1월 공동연구 시작 → 2016년 11월 선정**

- **청정화력발전기술 테스트 베드¹⁾**는 ① 기자재 국산화율 제고를 위한 발전플랜트 기술 자립 필요, ② 발전분야 대형 연구성과물 실증 애로에 따른 신기술 개발 지원, ③ 국내 석탄화력발전 설비 지속적 증가에 따른 CO₂ 배출 증가 예상에 따른 국가 화력발전기술 강화 방안에 따라 정부 핵심 에너지 사업으로 추진되었음

- 기자재 국산화율 제고 및 신기술 Track Record 확보를 위한 실증설비 구축
- 국내 석탄화력 고충정·고효율 기술 기반 Test Bed 구축(요소 및 종합 기술 평가)

- 강원발전연구원은 지난 2년간 지자체 및 유관기관들과 함께 강릉 영동화력 발전소를 국가 유일의 “청정화력발전기술 테스트베드”로 조성하기 위한 노력을 추진
 - 한국전력공사 전력연구원, 한국남동발전 강릉 영동화력발전소, 한국생산기술연구원, 한국기계연구원, 중앙대학교, 목포해양대학교 공동의 사업
- 2016년 11월 산업통상자원부의 청정화력핵심기술개발사업으로 선정되었음
 - 3년간 약 177억 원의 사업비가 투입되고, 향후 조성할 테스트베드를 중심으로 청정화력기술분야 거점으로 육성하기 위한 연구개발을 진행할 예정임

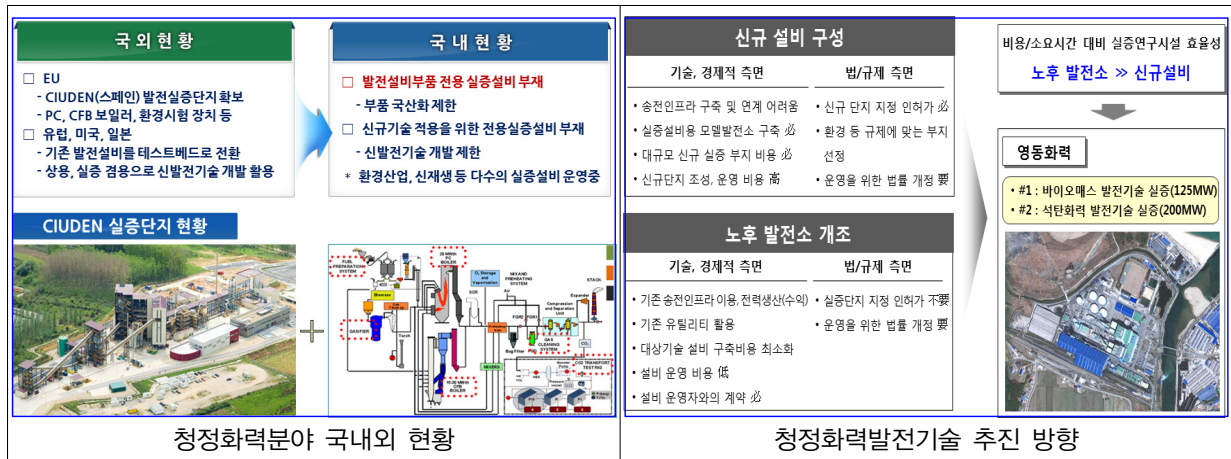
⇒ 다양한 검토 결과 결과 노후 발전소를 테스트베드로 조성하는 것이 가장 타당하다는 결론이 도출되었고, 강릉 영동화력발전소가 핵심시설로 선정되었음

- 강원발전연구원은 본 사업이 추진되기 위한 **국비 확보 노력**(산업통상자원부 및 기획재정부 설득 논리 개발) 및 사업 추진의 가장 큰 애로사항인 **발전사 경영평가 지표 개선을 위한 노력** 등에 적극 기여하였음
- 향후에도 3년간의 실증연구로 영동화력발전소가 글로벌 수준의 평가인증 기관으로 발전, 우리나라의 화력분야 소재·부품·장비 관련 선도기관으로서의 역할을 할 수 있도록 지속적으로 노력할 계획임

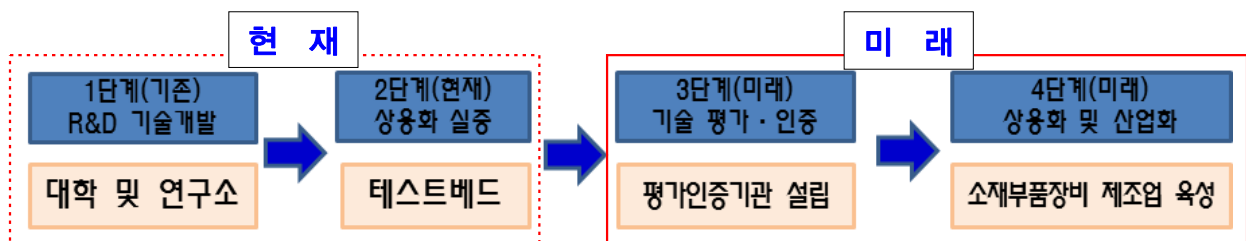
1) 청정화력발전기술 테스트베드는 청정화력발전 시장의 요구를 달성하기 위한 다양한 기술을 실험하는 “시험공간”으로 향후 국산 청정화력기술 개발의 핵심으로 역할을 수행할 예정임

■ 향후 과제 : 동해안 청정화력발전기술 관련 산업생태계 조성

- 스페인 CIUDEN과 같은 발전실증단지 확보를 통해 청정화력기술분야 산업 생태계 조성을 적극 추진할 계획임



- 현재 2단계 정도로 추진되고 있는 청정화력발전기술 분야 육성을 위해서는 테스트베드 운영 활성화 이후, 영동화력발전소를 거점으로 평가인증기관을 설립하고, 관련 분야 제조업 육성을 위한 노력을 적극 추진할 계획
- 청정화력 분야 육성을 위해 향후 “청정화력발전기술 육성 협의회”를 구성하여 운영할 계획임. 협의회는 사업 참여기관은 물론 강원도 및 강릉시, 동해안권 경제자유구역청, 대학 및 연구기관, 동해안에 조성되는 화력발전소 등이 참여
- 협의회를 통해 지역 성장동력산업으로 육성하기 위한 계획을 수립하고, 이를 바탕으로 동해안 지역을 청정화력 분야 거점으로 육성하고자 함. 특히 국내는 물론 해외 선진국과의 교류협력 확대를 통해 글로벌 거점으로 확대 추진



<강원도 청정화력발전기술 육성 방안 로드맵>

IV. 강원도 에너지 산업의 육성 및 R&D 기반 확충을 위한 제언

- 강원도는 풍력 및 태양광을 중심으로 신재생에너지 공급을 지속적으로 확대하고, 최근에는 소수력 및 해양심층수를 활용한 분야의 전력 공급도 적극 추진하고 있는 등 추진 가능한 새로운 에너지 사업의 적극적 발굴
 - 특히 최근 정부의 “신재생에너지 활성화 대책(2016. 11)”에서 제시한 주민 참여형 태양광 보급 및 농민참여형 태양광 보급 사업 등을 적극 추진할 필요가 있음
- 또한 8대 에너지 신산업의 핵심인 화력발전소 온배수열 활용, 친환경 에너지 타운 확대 추진은 물론 수열에너지(소양강댐 활용), 설빙에너지(동계올림픽 연계), 수상태양광(호수 등 풍부한 내수면 활용) 등의 적극 추진도 필요함
- 정부는 “에너지기술 실증연구 활성화 방안(2017. 2. 14)”을 발표하였음. 이는 에너지 신산업의 수출 사업화를 위해 대형 융복합 에너지 실증연구를 촉진하기 위한 전략임
 - 강원도는 최근 정부에서 적극 추진 중인 대규모 실증연구 사업 유치를 위한 노력을 강화할 필요가 있음. 동해안을 중심으로 조성된 청정화력발전 기술 실증 테스트베드, 강릉 해수리튬연구센터, 고성 해양심층수연구센터, 강릉 한국생산기술연구원 분원 유치 등은 좋은 선례
- 국가 핵심 에너지 기술개발 사업으로 추진 중인 핵융합에너지, 고효율 청정 화력기술, 차세대 청정연료(BTL, CTL 등) 개발, CCUS(이산화탄소 포집·활용·저장) 등의 대형 실증사업도 인구가 밀집된 도시보다는 동해안지역이 입지여건이 유리하기 때문에 적극 유치
- 이들 사업을 체계적으로 육성하기 위한 강원과학기술원 유치, 마이스터고등학교 지정 등도 설립하여 전문인력 양성 및 연구개발 역량 강화를 도모할 필요가 있음

“청정화력발전기술 테스트베드 조성사업”이 강원도에 선정될 수 있도록 애써 주신 전력연구원 김범수 박사 이외에 다양한 참여기관의 노력에 다시 한 번 깊은 감사를 드립니다.

※ 이 정책메모는 여건변화 등에 따라서 추후 내용이 일부 보완·수정될 수 있습니다.