



강원도 첨단 청정에너지 클러스터 조성방안

이 원 학 강원발전연구원 부연구위원 (whlee@rig.re.kr)

김 승 희 강원발전연구원 연구위원 (shkim@rig.re.kr)

이 영 길 강원발전연구원 선임연구위원 (lyk@rig.re.kr)

1. 서론

자원빈국인 우리나라 산업발전의 동력이 된 석탄산업은 1960년대부터 강원도 탄광지역의 중흥기를 이 끌었으나, 1989년 정부정책에 따라 사양산업으로 지정된 이후 지역은 지속적으로 쇠락의 길을 걷게 되었다. 석탄합리화 정책¹⁾에 따라 지역산업의 급격하고도 장기적인 붕괴가 나타나자, 이를 방지하기 위해 정부는 1995년 폐광지역 개발 지원에 관한 특별법(이하, 폐특법)²⁾을 제정하였다. 이후 다양한 법·제도적 지원을 통해 탄광지역의 개발을 추진해오고 있다.

폐특법에 따라 탄광지역에는 재정적인 지원이 이루어졌는데 폐광지역 진흥지구 사업비, 탄광지역 개발 사업비, 폐광지역개발 기금사업, 비축무연탄관리기금 사업비가 대표적이라 하겠다. 이들 사업을 통해 지원된 규모는 1997년부터 2011년까지 공공 20,927억원, 민간 27,839억원으로 총 48,765억원이다.

이러한 재정적 지원에도 불구하고 대체산업 육성 미

비에 따라 지속적인 지역경제 침체가 나타났다. 지역주민의 요구로 2011년 12월 29일 만료시한이 10년 연장(2025년 만료)되었고, 폐광지역개발기금(강원랜드 사업 이익금) 규모도 20%에서 25%로 상향 조정되었다.

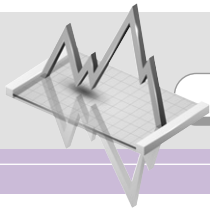
강원도는 폐특법 연장에 따른 체계적인 지역 개발을 추진하기 위해 “탄광지역 중장기 종합발전계획”을 2012년 수립하였다. 수립된 계획의 중장기 비전은 “탄광지역의 르네상스, e-자원지대 조성” 이고, 핵심 사업으로 청정석탄, 수소융합 등 첨단에너지 연구개발 거점 조성을 추진하고 있다.

이에 본고에서는 지금까지 진행되어온 탄광지역 사업여건을 살펴보고, 첨단 청정에너지 지대로의 전환을 위한 석탄 클러스터 조성사업의 추진방안에 대해 제시하고자 한다.

2. 강원도 탄광지역의 여건 및 그린에너지 육성의 필요성

1) 석탄산업합리화 정책은 석탄산업의 재산성 악화에 따른 폐광으로 인한 사회적 문제 발생을 방지하기 위하여 정부가 1989년 취한 비경제 탄광의 정리와 경제성이 높은 탄광의 집중 육성을 골자로 하는 석탄산업 조정정책을 말한다.

2) 폐특법은 탄광지역 대체산업 육성을 통해 경제진흥을 도모할 수 있도록 지원하기 위한 제도로 지역간의 균형있는 발전과 주민들의 생활안정을 목적으로 함.



가. 탄광지역 지원현황

1) 공공예산 투자 실적

폐광법 발효이후 탄광지역의 경제회생을 위해 <표 1>과 같은 내용으로 1997년 이후 다양한 개발사업이 추진되어 왔다.

탄광지역 개발지원 사업중 1997년~2011년까지 강원도 탄광지역 4개 시·군에 투입된 공공예산은 총 2,092,681백만원이고, 6개 항목별 시군별 투자액을 살펴보면 <표 2>와 같다. 탄광지역개발사업비의 비중이 711,284백만 원으로 가장 높고, 지역별로는 정선

군이 가장 많은 699,520백만원을 지원받았다. 그 다음으로 태백시, 삼척시, 영월군 순이고, 공통기금으로 87,675백만원이 사용되었다(<표 2> 참조).

기금의 분야별 사용실적을 살펴보면(<표 3> 참조), 지역의 열악한 공공기반시설(도로, 상하수도 등) 조성, 관광시설(리조트 개발, 관광단지조성 등) 확충, 생활환경(주거환경 개선, 문화예술 공간 조성 등) 개선을 위한 하드웨어분야에서 집중적이 투자가 이루어진 반면 주민소득 증대 및 지역 자생력 강화를 위한 특화 산업 육성부분이 미흡한 것으로 평가된다.

2) 민간예산 투자 실적

<표 1> 기금별 사업내용 및 지원근거

기금별	사업개요	지원근거
폐광지역 진흥지구 사업비 (진흥비)	- 기간 : '97~'05 - 사업규모 : 85개 사업 - 예산 : 총사업비 5,914억원 - 지원형태 : 지자체 자본보조(국비 80%, 지방비 20%)	폐광지역 개발지원에 관한 특별법 제3조, 제4조, 제15조 내지 제 19조
탄광지역 개발사업비 (탄개비)	- 기간 : '01~'10(10년) - 사업규모 : 4개 분야 60개 사업 - 예산 : 7,113억원(국비100%)	폐광지역 개발지원에 관한 특별법 제15조 제3항, 동법 시행령 제 19 조제2항, 정부와 태백시 주민 대표 간 합의문('99)
폐광지역개발 기금사업 (폐광기금)	- 기간 : '01~'15(15년) - 사업규모 : 4개 분야 109개 사업 - 예산 : 7,234억원 - '07이후 폐광기금 적용비율 증가(10%→20%)	폐광지역 개발지원에 관한 특별법 제11조 5항, 강원도 폐광지역개발 기금설치조례 등 시행규칙
비축무연탄관리기금 사업비 (비축기금)	- 기간 : 1단계 '10~'15(6년) / 2단계 '16년 이후 - 예산 : 774억원(1단계) - 지원형태 : 시군별 수요에 의한 사업별 배분 * 2단계는 비축무연탄 판매수입금에 따라 계획을 재수립 하여 추진 예정	강원도 비축무연탄관리기금 설치 조례

주: 사업비의 경우 강원도 이외 지역(보령, 화순, 문경)의 사업비가 포함되어 <표 2>와 다름.

자료: 탄광지역 중장기 종합발전계획



〈표 2〉 공공예산 투자실적

(단위: 백만원)

구 분	총계	진흥비	폐광기금	폐광기금 (도공통)	탄개비	개축(공공)	비축기금
합계	2,092,681	540,622	410,014	109,238	711,284	229,345	92,178
태백시	631,733	168,475	107,397	19,400	268,870	43,392	24,199
삼척시	394,228	83,953	98,611	9,852	159,807	30,978	11,050
영월군	279,525	66,484	96,045	13,102	29,381	63,978	10,535
정선군	699,520	221,710	107,961	13,446	253,226	91,021	12,155
공통	87,675	-	-	53,438	-	-	34,237

자료: 탄광지역 중장기 종합발전계획

〈표 3〉 시군별 사업현황

(단위: 개, 백만원, %)

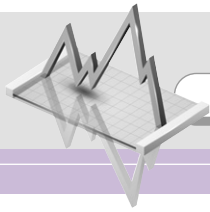
사업별	전체		태백		삼척		영월		정선		공통	
	사업수	사업비	사업수	사업비	사업수	사업비	사업수	사업비	사업수	사업비	사업수	사업비
공공기반	102 (31.3)	925,713 (44.2)	25 (35.2)	287,256 (45.5)	14 (28.6)	118,971 (30.2)	25 (32.9)	153,852 (55.5)	36 (37.5)	365,585 (52.3)	2 (5.9)	49 (0.1)
관광레저	48 (14.7)	531,513 (25.4)	19 (26.8)	281,166 (44.5)	6 (12.2)	79,081 (20.1)	11 (14.5)	53,282 (19.1)	11 (11.5)	112,984 (16.2)	1 (2.9)	5,000 (5.7)
생활환경	123 (37.7)	378,360 (18.1)	21 (29.6)	45,361 (7.2)	24 (49.0)	54,644 (13.9)	26 (34.2)	46,306 (16.6)	34 (35.4)	165,992 (23.7)	18 (52.9)	66,057 (75.3)
지역특화	53 (16.3)	257,095 (12.3)	6 (8.5)	17,950 (2.8)	5 (10.2)	141,532 (35.9)	14 (18.4)	26,085 (9.3)	15 (15.6)	54,959 (7.9)	13 (38.3)	16,569 (18.9)
전 체	326	2,092,681	71	631,733	49	394,228	76	279,525	96	699,520	34	87,675

자료: 탄광지역 중장기 종합발전계획

〈표 4〉처럼 민간예산은 1997년 이후 45개 총 2조 7,839억원의 사업비가 투자되었고, 이중 총 사업비의 95.9%가 관광분야에 해당한다. 지역별로는 정선군에 66%가 집중되었는데 이는 강원랜드 카지노 리조트 사업비 1조 8,363억원이 투입되었기 때문이다.

3) 투자 실적에 대한 평가 및 시사점

국가 및 강원도 종합계획을 살펴보면 “신재생에너지 지벨트 조성” 및 “남부권 고원관광휴양지대 조성”으로 정리될 수 있을 것이다. 지금까지 4조원에 가까운



<표 4> 시군별 민간투자 사업현황

(단위: 개, 백만원)

사업별	전체		태백		삼척		영월		정선	
	사업수	사업비	사업수	사업비	사업수	사업비	사업수	사업비	사업수	사업비
공공기반	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
관광레저	29	2,670,513	11	601,997	2	71,036	8	140,127	8	1,857,353
생활환경	9	65,366	2	24,366	1	18,500	-	-	2	22,500
지역특화	7	48,011	2	15,583	1	13,648	2	1,280	2	17,500
전 체	45	2,783,890	15	641,946	4	103,184	10	141,407	16	1,897,353

자료: 탄광지역 중장기 종합발전계획

자금이 투자되었지만, 경제 활성화의 성과가 나타나지 않은 것은 미래지향적인 상위개념의 설정보다는 지역의 요구를 반영하는 개별단위 사업위주의 정책이 추진되었기 때문으로 판단된다. 구체적으로는 4개 시군간 안배, 리조트·골프장 중복투자 등으로 폐특법의 본래 취지인 지역경제 활성화를 이루지 못했다는 평가에 도달할 수 있었다.

대체산업 육성보다는 기반시설 조성, 도시정비, 복지사업에 집중되었기 때문이다. 그리고 관광산업의 경우에도 리조트, 골프장 등을 조성하였는데, 대부분 4개 시군간 중복투자가 이루어졌다. 사업시행도 대부분 공적기관에 의하여 주도적으로 시행되어 민간의 다양성과 자율성의 장점이 제대로 반영되지 못하였기 때문에, 특수성이 있는 강원랜드의 경우를 제외하고는 경영에 상당한 어려움이 있는 것으로 판단된다.

이러한 지난날의 문제를 바탕으로 강원도에서는 최선의 계획을 수립하고자 노력하였다. 즉 탄광지역이 가장 잘할 수 있고, 국가의 미래전략과 부합하며, 미래의 성장동력으로 육성이 가능한 첨단 청정에너지분야에서 새로운 길을 찾고자 하였다.

나. 탄광지역의 여건

국가 석탄에너지 자원을 공급해오던 탄광지역은 정부의 석탄합리화 정책이후 점차적으로 탄광이 폐광되었고, 이로 인해 지역 경제는 몰락을 거듭하고 있다. <표 5>에서 보여지는 것처럼 국가 GDP는 꾸준히 증가하고 있는데 반해, 광업의 비중은 지속적으로 감소하고 있다. 그리고 탄광지역의 경우 석탄광산이 점차 폐광되어 석탄생산량 및 탄광 근로자수는 1985년에서 2010년까지 1/10 이하로 감소하였다.

석탄합리화 정책이후 국가와 강원도는 탄광지역의 경제 회생을 위해 지속적으로 노력하고 있지만 지역 자생의 기반은 더욱 악화되고 있는 것으로 평가된다. 대표적으로 탄광지역 4개 시군의 인구는 합리화사업 이후 절반으로 줄었고, 고령화율은 급격하게 증가했다. 그렇지만 폐특법에 따른 지원이후 인구감소 추세가 둔화되는 것으로 나타나고 있다. 따라서 앞으로도 폐광지역의 회생을 위해서 지속적인 지원이 필요할 것으로 판단된다(<표 6> 참조).³⁾

다음으로 지역내 경제여건의 변화를 살펴보면(<표



〈표 5〉 석탄산업의 변화

(단위: 10억 원, %)

구 분	1985	1988	1990	1995	2000	2005	2010
국민총생산	89,571 (100.0)	144,076 (100.0)	198,619 (100.0)	420,686 (100.0)	603,733 (100.0)	869,305 (100.0)	1,172,742 (100.0)
제 조 업	20,994 (23.44)	37,770 (26.22)	47,672 (24.00)	102,476 (24.36)	150,657 (24.95)	213,859 (24.60)	317,566 (27.08)
광업	740 (0.83)	801 (0.56)	854 (0.43)	1,220 (0.29)	1,709 (0.28)	2,027 (0.23)	2,247 (0.19)
석탄광수(개소)	361	347	215	27	12	8	5
근로자수(명)	64,745	62,259	38,101	11,735	8,207	5,736	4,050
생산량(천톤)	22,543	24,295	17,217	5,720	4,150	2,832	2,084
시기적 특징	활성화기	최고생산량	합리화사업	폐특법제정			

주: ()는 점유율

자료: 에너지경제연구원 에너지통계연보, 국가통계포털

〈표 6〉 탄광지역의 인구변화 특성

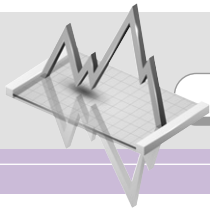
구분	탄광지역(합계)		태백		삼척		영월		정선	
	1989	2009	1989	2009	1989	2009	1989	2009	1989	2009
인구수(명)	410,456	205,123	105,858	51,170	130,525	72,431	68,839	40,522	105,234	41,000
세대당 인구수(명)	4.2	2.3	4.1	2.3	4.5	2.3	4.0	2.3	4.0	2.2
경제활동인구수	187,821	141,186	59,746	36,456	73,725	49,649	43,457	26,815	56,018	28,266
65세 이상 인구수	15,701	35,127	3,029	6,629	7,166	12,499	5,404	8,547	4,735	7,452
고령화율(%)	3.8	17.1	2.9	13.0	5.5	17.3	7.9	21.1	4.5	18.2

주: 1989년 경제활동인구수 및 65세 이상 인구수는 「국가통계포털」의 1990년 연령별 인구자료를 이용

자료: 각 시군별 통계연보(1990), 강원통계정보(2011)

7) 참조) 탄광지역의 평균 성장률은 연간 4.4%로 국 가 및 강원도 평균 성장률보다 낮다. 그러나 정선군의

3) 1989년~1996년의 연평균 -6.4% 인구변화가 나타난 반면, 재정지원이 시작된 1997년~2009년의 증감률은 -1.8%에 그침.



〈표 7〉 탄광지역의 지역내 총생산 변화 추이

(단위: 10억원)

구 분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	연평균증가율
국가	16,954	17,841	19,403	21,469	22,452	23,015	24,133	25,989	6.3%
강원도	16,954	17,841	19,403	21,469	22,452	23,015	24,133	25,989	6.3%
탄광 합계	3,043	3,296	3,495	3,748	3,718	3,693	3,868	4,101	4.4%
태백시	542	568	588	614	677	692	703	697	3.7%
삼척시	1,121	1,251	1,253	1,301	1,243	1,205	1,276	1,325	2.5%
영월군	805	783	899	936	885	858	875	846	0.9%
정선군	575	694	755	897	913	938	1,014	1,233	11.8%

자료: 강원통계연보(2011)

경우는 강원랜드 조성사업으로 국가 성장률보다도 상당히 높게 나타나고 있다. 따라서 지역별로 특화된 정책을 수립하여 균형발전이 이루어질 수 있도록 하는 것이 매우 중요할 것으로 판단된다.

다. 국가 에너지 주요 현황과 그린에너지 필요성

에너지는 우리에게 가장 중요한 요소로 국가 안보 차원에서 자립기반의 확보는 매우 중요한 과제이다. 이에 정부는 국가에너지기본계획을 수립하여 에너지 자립률을 향상시키기 위해 부단히 노력하고 있다.

우리나라의 에너지분야 주요 수치를 살펴보면(〈그림 1〉 참조) 그린에너지 개발은 상당히 중요한 부분이라는 사실을 알 수 있다. 에너지의 수입의존도를 살펴보면 1981년 75.0%에서 2010년 96.5%로 급격하게 증가하였다. 이는 국내에서 생산하는 석탄의 비중이 감소하고 수입에 의존하는 석유 및 천연가스 비중이 증가하였기 때문이다. 에너지 소비량의 경우

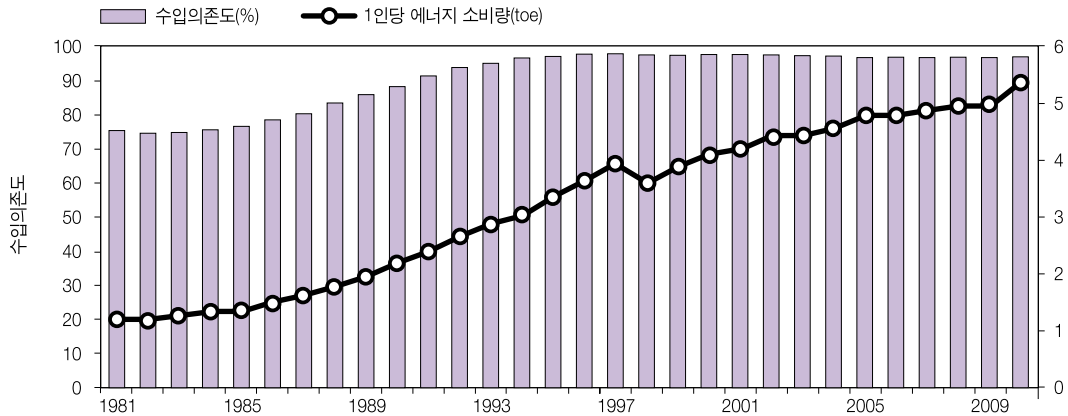
국가 경제의 지속적인 성장에 따라 꾸준히 증가하여 1981년 1.2toe에서 2010년 5.4toe로 4배 이상이 되었다.

이러한 에너지 해외의존도 및 소비량 증가로 에너지의 수입량은 지속적으로 증가하여 1985년 73억달러에서 2010년 1,217억달러로 17배 정도 증가하였다(〈표 8〉 참조). 전체 수입에서 에너지가 차지하는 비중도 28.6%로 증가하였다. 이처럼 에너지 소비 및 수입 의존도가 증가함에 따라 국가는 에너지자립률 증대를 위해 그린에너지 개발과 같이 새로운 에너지를 개발하는 정책을 적극 추진하고 있다.

국가 그린에너지분야 정책에 대해 살펴보면, 2009년 그린에너지 전략 로드맵을 수립한 이후 2011년 미래 그린에너지 시장을 선점하기 위해 제2차 로드맵을 수립하였다. 〈표 9〉와 같이 로드맵은 우리나라가 핵심적으로 역량을 집중해서 개발해야 할 15개 분야를 선정하였고, 88개 전략품목 및 288개 핵심기술을 획득하기 위한 전략 방향, 연도별 R&D



[그림 1] 우리나라 에너지 수입의존도 및 1인당 에너지 소비량 규모



자료: 에너지경제연구원, 지역에너지통계연보, 2011

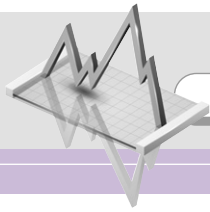
〈표 8〉 에너지 수입량 및 수입액 규모

구 분	석탄		석유		천연가스(LNG)		원자력 연료		에너지 수입 총액	
	수입량 (1,000톤)	수입액 (백만달러)	수입량 (천배럴)	수입액 (백만달러)	수입량 (1,000톤)	수입액 (백만달러)	수입량 (톤 U)	수입액 (백만달러)	수입액 (백만달러)	전체 수입 대비 비율(%)
1985	19,961	1,039	222,408	6,257	-	-	207	22	7,322	23.5
1990	24,119	1,286	409,616	9,160	2,291	460	170	1	10,908	15.6
1995	44,074	2,081	849,449	25,482	7,060	1,275	310	215	19,053	14.1
2000	64,170	2,186	1,104,110	31,594	14,578	3,882	576	226	37,888	23.6
2005	77,153	5,443	1,030,681	52,321	22,341	8,646	714	286	66,697	25.5
2010	119,304	13,131	1,151,515	90,902	32,604	17,006	824	615	121,654	28.6

자료: 에너지경제연구원, 지역에너지통계연보, 2011

일정, 사업화 전략, 투자 소요액 등을 포함하고 있다. 이를 통해 국가는 그린에너지 세계시장 점유율을 2030년 약 18%(현재 1.2% 수준)까지 확대하고, 고용 150만명, 내수시장 94조원, 해외 수출 328조원, CO₂ 감축 2.1억톤의 기대효과를 창출할 것으로 기대하고

있다. 또한 녹색기술을 적극 육성하기 위해 2009년 저탄소 녹색성장을 견인할 “녹색기술 연구개발 종합 대책(안)”을 수립하였고, 핵융합로 설계 및 건설기술, 석탄가스화복합발전기술 등 27대 중점육성기술을 발표하였다. 이처럼 정부는 그린에너지분야가 미래의



〈표 9〉 그린에너지 전략 로드맵 주요내용

분 류	1차 전략로드맵 (2009년)	변경사항	2차 전략로드맵 (2011년)	분 류
신재생에너지 (4)	태양광		태양광	신재생에너지 (5)
	풍력		풍력	
	연료전지		연료전지	
	IGCC		IGCC	
		청정연료에서 분리	바이오연료	
에너지효율 향상/온실가스 감축 (8)	CCS		CCS	에너지효율 향상/온실가스 감축 (7)
	청정연료		청정연료	
	에너지저장		에너지저장	
	LED	→ (변경) →	고효율 신광원	
	그린카		그린카	
	에너지절약형 건물		에너지절약형 건물	
	히트펌프		히트펌프	
	소형열병합	→ (제외) →		
전력/원자력 (3)	원자력		원자력	전력/원자력 (3)
	전력IT	→ (변경) →	스마트그리드	
		→ (추가) →	청정화력발전	
	초전도	→ (제외) →		

자료: 지식경제부 보도자료

핵심 성장동력이라는 기초아래 적극적인 기술개발을 추진하고 있다.

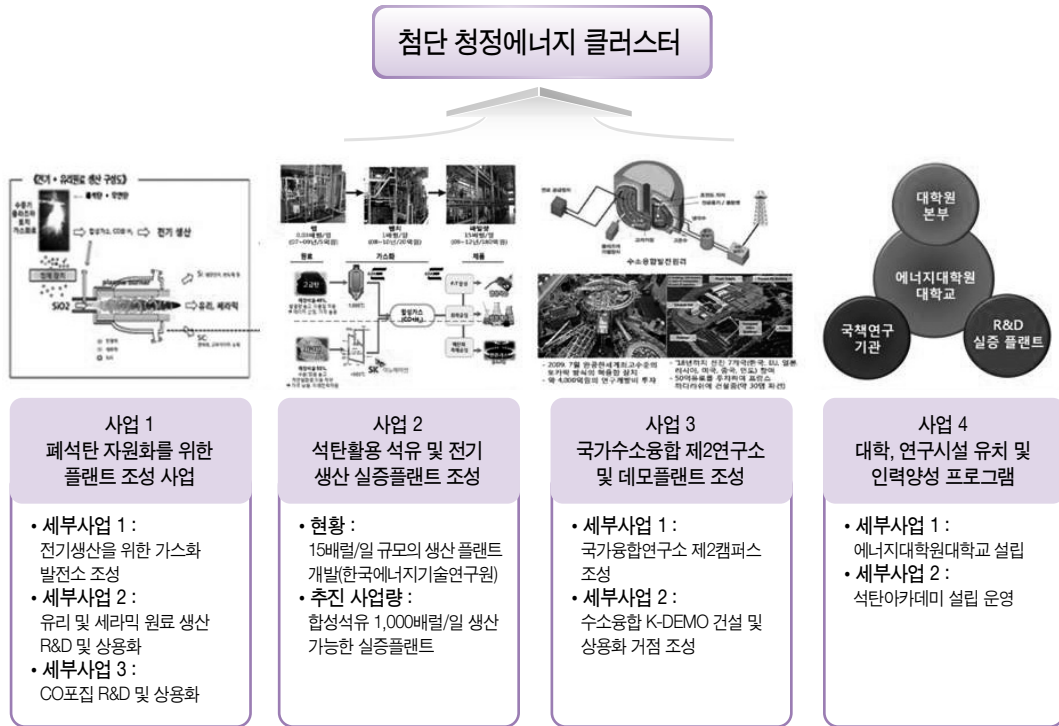
따라서 강원도는 과거 국가 에너지 공급 거점을 미래 에너지 거점으로 새롭게 조성하기 위해 에너지분야 로드맵(e-자원지대)을 수립하였다. 이를 바탕으로 다음 3절에서는 첨단 청정에너지 클러스터 중심으로 추진하고자 하는 사업 추진방안에 대해 자세히 제시하고자 한다.

3. 첨단 청정에너지 클러스터 조성방안

가. 첨단 청정에너지 클러스터 조성 기본방향

최근 정부의 에너지정책을 살펴보면 에너지효율 향상, R&D 기술개발을 통한 그린에너지 육성 및 인력양성, 신재생에너지 및 스마트그리드를 활용한 분산형 전력 확대, 석유 및 천연가스의 자주개발을 확대, 온실

[그림 2] 강원도 첨단 청정에너지 클러스터 조성방안(안)



자료: 강원발전연구원 작성

가스 감축 등으로 요약될 수 있을 것이다. 이러한 정책과 부합하는 내용을 바탕으로 아래의 사업을 핵심으로 하는 강원도 지역에 대한 “첨단 청정에너지 클러스터” 조성방안을 제시하고자 한다(강원발전연구원, 2012).

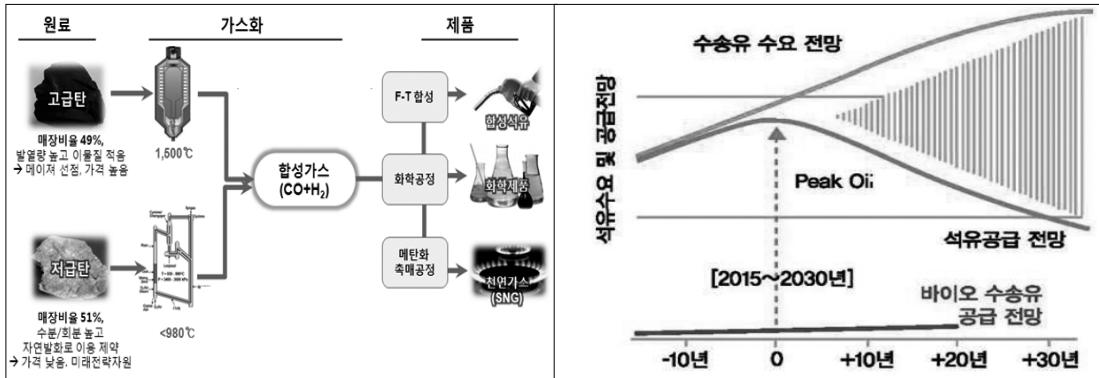
- 1) 분산형 전원으로 활용이 가능한 폐석탄 플라즈마 가스화 발전소 조성 및 산업화
- 2) 석유자원 안보 확립을 위한 석탄으로부터 합성 석유를 생산하는 실증플랜트 조성
- 3) 미래 전력에너지 핵심인 수소융합에너지 거점 조성

4) 첨단 에너지분야 인재양성을 위한 기반 조성

나. 석탄 합성석유 생산 실증플랜트 조성

석탄 가스화 및 액화는 신재생에너지 11개 분야중 한가지이다. 그리고 국가에서 중점 육성해야할 그린 에너지로 선정되어 기술이 개발중에 있다. 재래 화석 연료인 석탄으로부터 공해 유발 물질이 없는 석탄합성석유(Coal To Liquid, CTL)를 생산하는 기술은 에너지 수급 위기에 대응할 수 있는 새로운 에너지 자원으로 평가받고 있다. CTL 기술은 석탄을 원료로 이

[그림 3] CTL 개념도 및 기대효과



자료: 그린에너지 전략 로드맵 - 청정연료(한국에너지기술연구원, 2011)

용하여 가스화기를 통해 제조된 합성가스(CO, H₂)로부터 Fisher-Tropsch(F-T) 합성 액화반응으로 액체연료인 합성석유를 제조하는 기술이다.

[그림 4]는 청정연료분야 국가 그린에너지 로드맵이다. 현재 한국에너지기술연구원에서 개발한 15배럴/일 합성석유 생산 파일럿 플랜트를 300배럴/일 규모의 데모플랜트로 확대할 예정으로 있고, 이러한 연구결과를 바탕으로 2020년대 이후 민간주도로 상용화할 예정이다. 이를 통해 고유가에 대비한 안정적 석유 확보기반을 마련하고, 세계 플랜트 기술 시장 진출을 통해 국가 경제에 기여할 것으로 판단된다. 현재 한국에너지기술연구원에서는 고급탄을 위주로 기술이 개발되고 있고, SK이노베이션에서는 저급탄을 활용하기 위한 가스화기를 개발하고 있다.

이러한 기술이 계획대로 진행된다면 향후 북한의 저급탄 및 국내 무연탄도 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

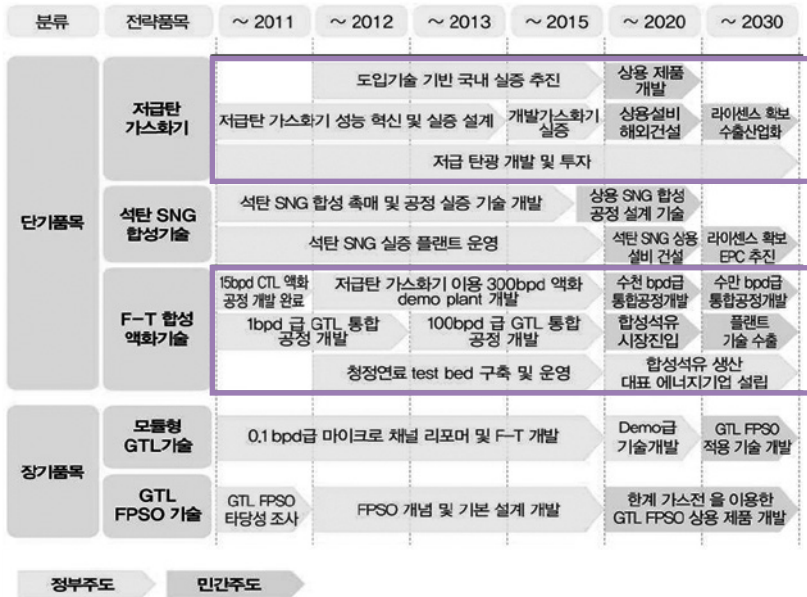
2010년 미국에너지부의 세계 에너지수요전망 자료([그림 5] 참조)를 살펴보면 신재생에너지 비중이 증가하지만 여전히 석유, 석탄, 천연가스 등의 화석연료

가 전체 에너지 소비량의 약 75% 이상을 차지할 것으로 예상하고 있다. 이 자료는 2035년의 석유가격이 배럴당 210 달러로 증가할 경우 CTL을 통한 석탄합성석유 공급 또한 2007년 15만 배럴/일에서 2035년 331만 배럴/일로 약 20배 증가하여 전체 비재래형 석유시장의 약 23%를 차지할 것으로 예상하고 있다. 즉 합성석유의 비중 증가로 CTL과 관련된 시장은 지속적으로 증가하여 2035년 300조원에 달할 것으로 전망하고 있다.

현재 전 세계적으로 CTL 사업은 [그림 5]와 같이 제한적으로 추진되고 있다. 최고의 상용화 기술을 보유하고 있는 남아프리카공화국 SASOL은 15만 배럴/일 규모의 합성석유 생산시설을 보유하고, 자국 석유 수요의 약 27%를 충당하고 있다. 우리나라의 경우 한국에너지기술연구원을 중심으로 기술개발을 추진하여 15배럴/일 규모의 파일럿 플랜트를 개발하였다.

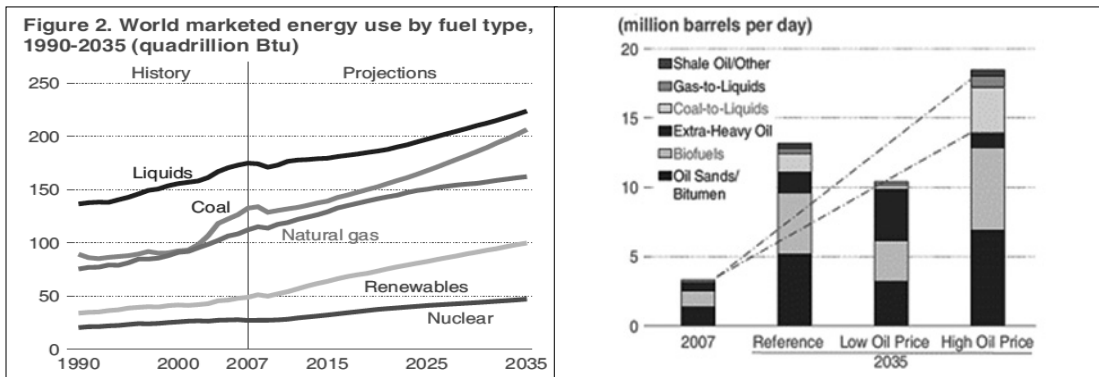
이러한 국내 기술을 바탕으로 강원도에서는 [그림 7]과 같이 관련기관과 공동으로 1,000배럴/일 실증플랜트 조성을 통하여 상용화를 위한 기술개발을 추진할 방침이다.

[그림 4] 국가 그린에너지 로드맵 - 청정연료분야



자료: 그린에너지 전략 로드맵 - 청정연료(한국에너지기술연구원, 2011)

[그림 5] 세계 에너지수요전망과 비재래형 석유시장 규모

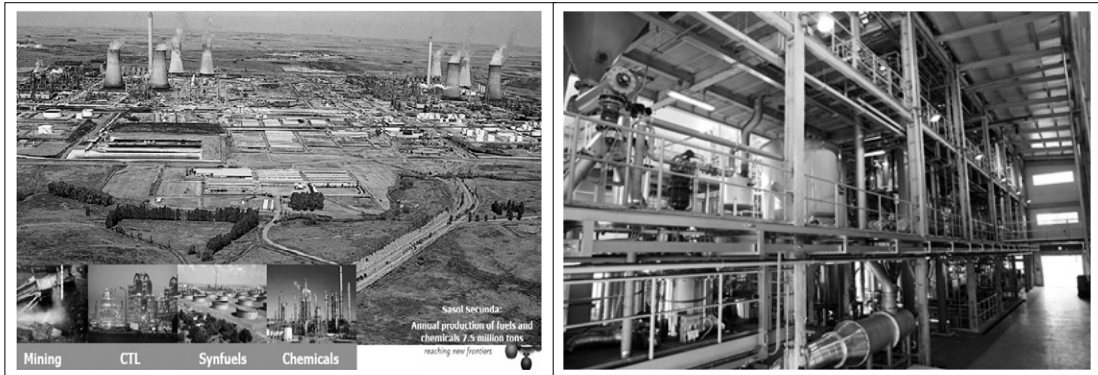


자료: 청정연료 Testbed 구축 및 활용사업 추진을 위한 기획보고서(한국에너지기술연구원, 2011)

2010년 기준 최종에너지 소비의 약 52%를 차지하고, 909억불 상당을 수입하는 석유의 일부를 석탄합

성석유로 대체하는 것은 석유의 안정적 공급기반 확보 차원에서 매우 중요하다. 석유의 안정적 공급기반

[그림 6] 남아공 SASOL의 상용 플랜트와 한국에너지기술연구원의 파일럿 플랜트



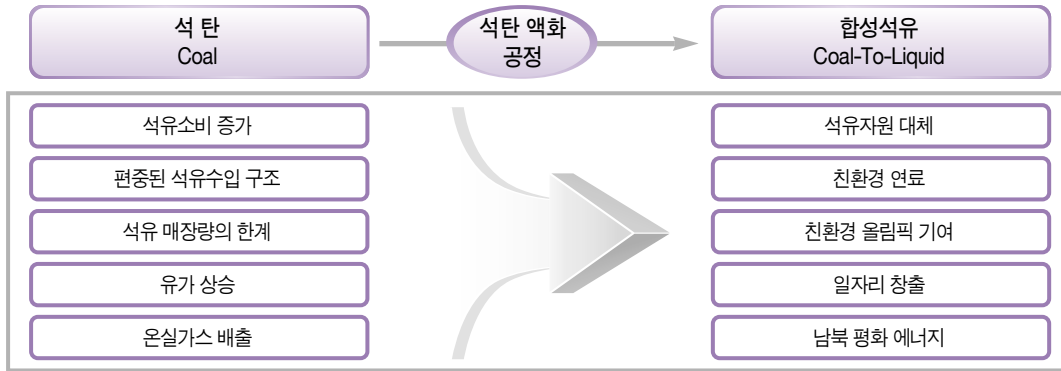
자료: 청정연료 Testbed 구축 및 활용사업 추진을 위한 기획보고서(한국에너지기술연구원, 2011)

[그림 7] 강원도 CTL 실증플랜트 조감도



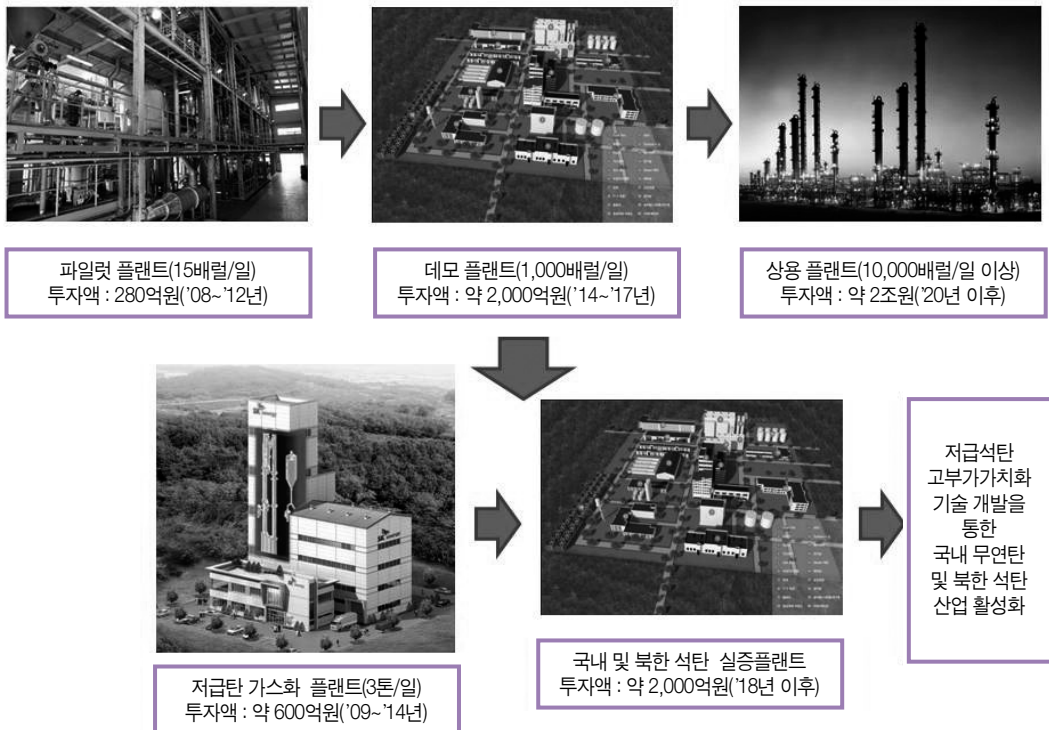
자료: 강원발전연구원 작성

[그림 8] CTL 사업의 필요성 및 기대효과

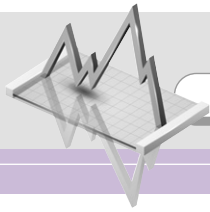


자료: 강원발전연구원 작성

[그림 9] CTL 사업 로드맵



자료: 강원발전연구원 작성



확대를 위해 정부는 30년간 2조 4,600억원을 투입하여 146만 배럴(약 158일 사용 규모)을 비축할 수 있는 기지를 조성하였다.

CTL 사업의 기대효과에 대해 살펴보면([그림 8] 참조), CTL 기술은 비축기지 역할을 대신할 뿐만 아니라, 15만 배럴/일 규모의 상용화 플랜트 조성시 국내 디젤 소비의 약 40%(2011년 13,396만 배럴)를 확보할 수 있기 때문에 국가운영에 필수적인 석유의 자체 생산이 가능하고, 약 5,000억원 정도의 무역수지 개선에 기여할 수 있을 것이다. 또한 관련기술 개발로 플랜트 수출 등을 통해 일자리 창출도 가능할 것으로 판단된다. 또한 석유에 비해 골고루 분포되어 있는 석탄을 활용하는 것은 국내 및 북한 석탄을 고부가가치화 할 수 있다는 장점이 있다. 추가적으로 강원도 및 북한 석탄 자원의 효율적 활용을 통한 지역경제 활성화와 2018 평창동계올림픽 친환경 수송연료 공급이 가능할 것이다.

CTL 기술개발 로드맵을 정리하면 [그림 9]와 같다. 즉 현재 유연탄 기반 기술을 상용화까지 추진하고, 향후 유연탄 기반 실증플랜트는 국내 및 북한 석탄 연구개발 시설로 활용하여 미래 에너지환경에 대비하는 것이다.

이러한 전체적인 효과를 살펴보았을 때 CTL 기술 개발은 강원도뿐만 아니라 국가 차원에서도 적극 추진해야 할 과제라고 판단된다.

다. 폐석탄 자원화를 위한 분산형 플라스마 가스화 발전소 조성

기획재정부는 최근 기후변화·에너지부문 중장기 전략보고서를 발표한 바 있다. 이중 에너지부문의 핵

심은 에너지 수급구조·연관산업 재편과 분산형 전력 공급체계 확산이다. 이중 후자는 급증하는 전력수요에 대비하기 위해 스마트그리드와 신재생에너지를 근간으로 개인과 기업 등 전력소비자가 직접 전력을 생산하여 자가소비 및 판매를 하는 개념이다.

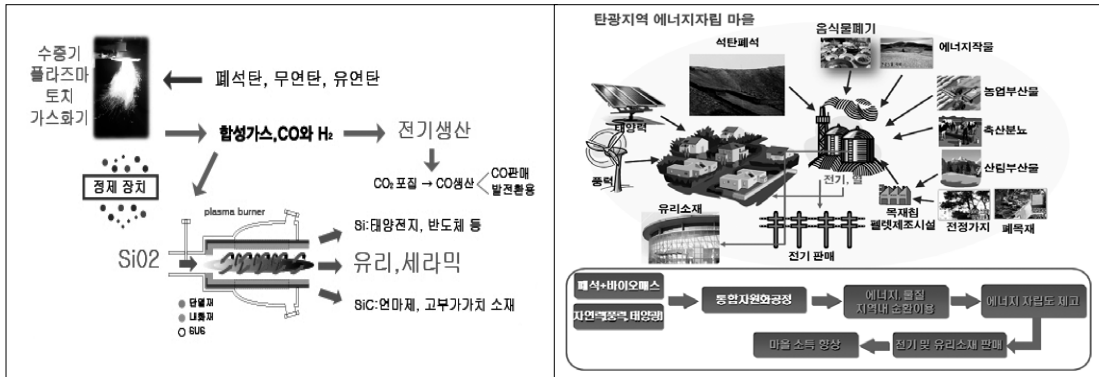
강원도는 지금까지 풍력을 중심으로 우리나라 신재생에너지 보급을 선도해오고 있지만, 이들 에너지원은 자연환경에 의존하는 불안정성으로 20% 이상을 공급하기에는 한계를 보일 것으로 전망하고 있다. 그러나 본고에서 추진하고자하는 플라스마 석탄가스화 복합발전(Plasma Enhanced-Integration of Gasification and Combined Cycle, PE-IGCC)은 24시간 전력을 생산할 수 있기 때문에 공장, 대형건물, 공공기관 등 전력을 많이 소비하는 분야에서 최고의 분산형 전원으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

국가핵융합연구소에서 국무총리실 산하 “기초기술연구회”의 국가 아젠다 사업으로 저급탄을 활용한 PE-IGCC 기술개발을 완료하였다. 개발된 기술의 확대 보급을 위해 지식경제부는 조기성과 창출형 에너지 산업분야 과제인 K-MEG(Korea-Micro Energy Grid) 사업의 일환으로 본 기술을 선정하였다.

PE-IGCC 사업은 1) 석탄산업을 통해 발생하는 폐기물인 폐석탄의 처리가 가능하고, 2) 화석연료고갈, 환경오염 등에 대비하여 온실가스 배출감소 등 국가 녹색성장 정책에 부합하는 새로운 기술이다. 또한 본 기술은 중국, 인도, 인도네시아 등 석탄이 풍부하고 대형 화력발전소 건설이 어려운 지역에 수출이 가능한 에너지기술로도 평가되어지고 있다. 강원도 탄광 지역에서 경제 활성화를 위한 육성 가능한 대체산업으로 판단된다.

강원도에서 조성하고자 하는 실증모델은 폐석탄,

[그림 10] 3MW PE-IGCC 발전소와 연관산업 및 에너지 자립마을 개념도



자료: 강원발전연구원 작성

무연탄, 유연탄 등을 혼합해 전력을 생산하고, 이로부터 발생하는 회재를 유리 및 세라믹 산업의 원료로 사용하는 것이다. 또한 발생하는 CO₂는 전량 포집을 통해 CO로 전환해 발전 및 원재료로 판매하여 수익을 창출하는 개념이다. 강원도에서는 3MW 규모의 발전소를 조성해 탄광지역을 전 세계 최고의 에너지 자립 마을로 조성하여 저탄소 녹색마을의 성공모델로 조성 방안을 추진할 계획이다.

이러한 실증플랜트 조성과 연계하여 관련 플랜트를 제작하는 기업유치를 통해 플랜트 수출로 지역경제 활성화 및 일자리 창출을 추진할 수 있을 것이다. 궁극적으로 폐광지역의 이미지를 탈피, 대체산업 육성을 통해 탄광지역 경제 활성화를 목표로 하고 있다.

라. 수소융합 에너지 거점 조성

원자력발전, 화석연료를 이용한 발전은 지금까지 인류의 삶을 윤택하게 만들어왔지만 다양한 문제를 야기하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 인류는

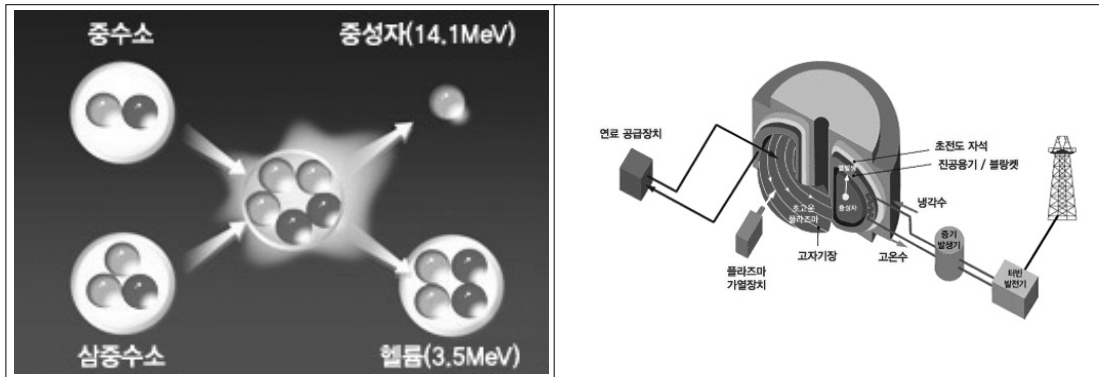
다양한 에너지자원을 개발해왔고, 이들 중 미래의 핵심에너지로 인공태양을 지구에 만드는 “수소융합 (Fusion Energy, 핵융합) 발전”을 가장 유망한 에너지원으로 판단하고 있다.

수소융합은 1억도 이상의 초고온 플라즈마 상태인 별들에서 수소와 같은 가벼운 원자핵들이 융합해 무거운 헬륨 원자핵으로 바뀌는 과정에서 방출되는 에너지를 이용하는 첨단 에너지기술이다. 이러한 기술을 이용해 에너지를 얻기 위해서는 자기장이나 레이저를 이용해 태양과 같은 초고온·고압 상태의 환경을 인공적으로 만들 수 있는 핵융합로를 만들어야 한다.

이러한 수소융합에너지가 미래 에너지원으로 판단되는 이유는 다음과 같이 21세기 에너지원이 가져야 할 모든 조건을 충족시키는 친환경 녹색에너지이기 때문일 것이다.

- 1) 화석연료와 달리 이산화탄소 발생이 없어, 지구 온난화를 야기하는 온실가스를 배출하지 않음
- 2) 수소와 삼중수소의 혼합가스가 연료로 공급되어

[그림 11] 수소융합 원리 및 발전 개념도



자료: 국가핵융합연구소 홈페이지

연료 공급이 중단되면 1~2초 내에 바로 운전이 자동 정지되므로 안전성도 매우 높으며, 폭발이나 방사능 누출 등의 위험이 전혀 없음

- 3) 바다 속에 있는 중수소, 리튬(핵융합로 내에서 삼중수소로 핵변환)을 원료로 하여 앞으로 1,500만년 이상 사용 가능한 매장량이 있음. 특히, 3면이 바다이고 삼중수소 추출 기술이 뛰어난 우리나라에게 매우 유리한 에너지
- 4) 중소는 바닷물 1리터당 0.03그램이 존재하며 이 양만 가지고도 서울-부산 간을 세 번 정도 왕복할 수 있는 300리터의 휘발유와 동일한 에너지를 낼 수 있음
- 5) 중수소와 리튬(삼중수소 추출 가능)은 국가 간 지역 편중 및 에너지 확보를 위한 국제적 분쟁이 없으며,

핵융합 기술은 군사적으로 사용될 가능성이 없음

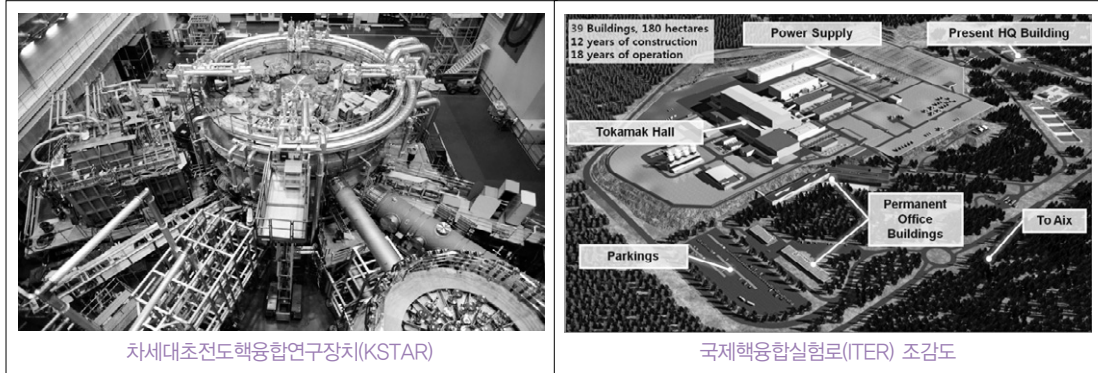
이러한 이유 때문에 선진국들을 중심으로 수소융합 에너지 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라도 1990년대 중반 이후 수소융합 연구를 적극 추진하였고, 2008년에는 세계 최고수준의 초전도 핵융합 연구 장치인 KSTAR⁴⁾을 개발하였다. 이러한 기술력을 바탕으로 선진 7개국이 공동개발하는 국제핵융합실험로 ITER⁵⁾ 공동개발사업에 참여하고 있다([그림 12] 참조).

ITER 사업을 통한 국제적 공동연구와 더불어 각국은 기술개발을 선점하기 위해 노력하고 있다. 우리나라는 중점 녹색기술로 수소융합 상용화 개발을 선정하고 36년까지 실증플랜트 개발을 목표로 추진하고 있다([그림 13] 참조).

4) Korea Superconducting Tokamak Advanced Research : 21세기 수소융합에너지 상용화를 선도하기 위해 국내 기술로 개발·제작된 세계 최고수준의 토카막 방식의 핵융합 장치로 약 4,000억원을 투자하여 개발.

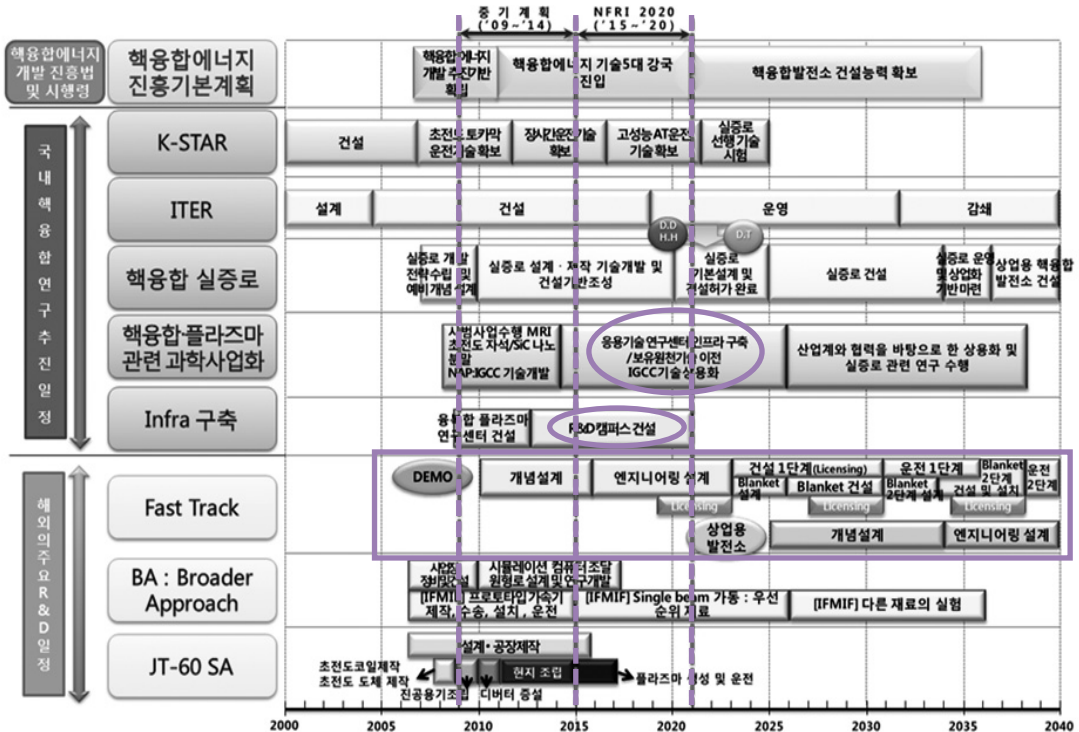
5) International Thermonuclear Experimental Reactor : 40년간의 수소융합에 대한 과학적 실험결과를 종합하여 상용화를 위한 과학적 실증단계로 열출력 500MW급 핵융합 실험로 건설을 목표로 '18년까지 7개국(한국, EU, 일본, 러시아, 미국, 중국, 인도)이 약 50억 유로 투자하여 프랑스 까다라쉬에 건설중에 있음.

[그림 12] KSTAR 모습과 ITER 조감도

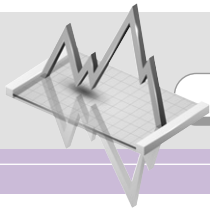


자료: 국가핵융합연구소 홈페이지

[그림 13] 국가핵융합연구소 중장기 R&D 추진전략



자료: 국가핵융합연구소 홈페이지



[그림 14] 국가핵융합연구소 제2캠퍼스 및 실증플랜트 조감도



자료: 국가핵융합연구소 홈페이지

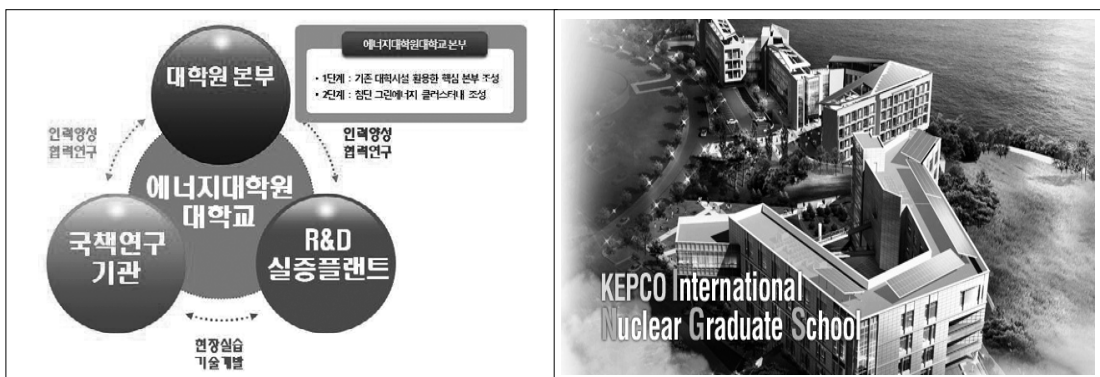
수소융합 실증플랜트 개발을 위해서는 국가적 차원에서 장기간의 투자와 노력이 절실히 요구되고 있다. 이러한 국가 계획과 연계하여 강원도에서는 e-자원 지대 조성의 핵심으로 수소융합에너지 연구개발 거점 조성을 추진하고 있다.

1단계로는 수소융합발전 실증을 위한 연구기반의 확대가 필요하기 때문에 국가핵융합연구소의 제2연

구소(본부 캠퍼스)를 조성할 방침이다. 2단계로는 이들 연구를 바탕으로 2036년까지 500MW 규모의 실증플랜트 조성을 추진할 것이다. 그 이후 상용화 플랜트를 동해안에 설치하여 미래에너지를 공급하고자 한다.

마. 에너지분야 인력양성 기반 조성

[그림 15] 에너지대학원대학교 개념도 및 KEPCO INGS 조감도



자료: 강원발전연구원 작성

우리나라의 에너지분야 R&D 예산은 지속적으로 증가하고 있고, 많은 부분이 인력양성에 활용되고 있다. 그러나 아직까지 에너지분야 인력을 주도적으로 양성하는 교육기관이 부족하다. 이에 강원도에서는 에너지대학원대학교를 설립하여 미래에너지 인재를 양성하고자 한다.

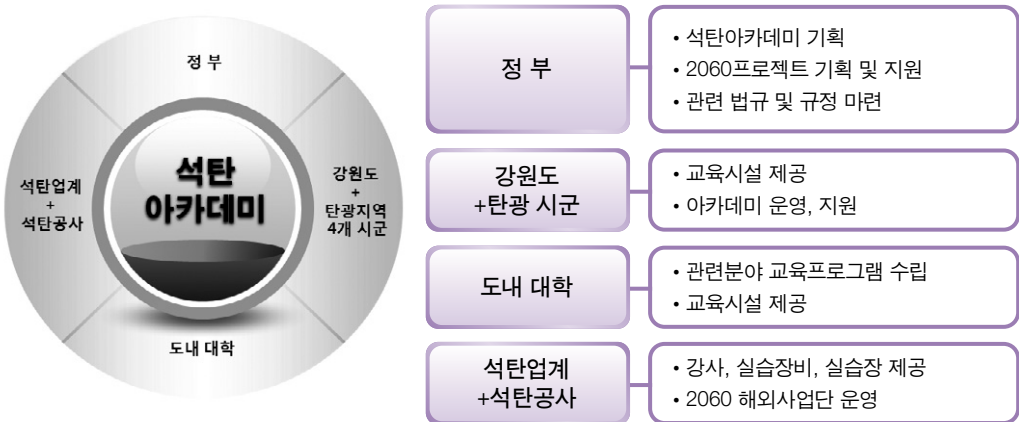
강원도에서 추진하고자 하는 에너지대학원대학교는 캠퍼스 조성과 같은 외형적인 부분보다는 인력과 장비 등 실질적인 현장 중심형 교육을 수행하는 UST⁶⁾와 KEPCO INGS⁷⁾를 모델로 조성할 계획이다. 1단계로 에너지분야 실증플랜트 및 테스트베드를 적극 유치하고 이를 기반으로 국책연구기관의 분원(센터)을 조성하고자 한다. 2단계는 관련기관을 유기적으로 연계해 대학원대학교로 확대 발전시키는 것이다. 여기에는 에너지 기술개발 뿐만 아니라 자원의 개발 및 활

용과 같은 부분으로도 확대시킬 예정으로 있다.

석탄은 미래에도 중요한 에너지원으로 활용될 것으로 전망되고 있다. 우리나라는 석탄의 자주개발을 확대하기 위하여 해외탄광을 적극 개발하고 있다. 해외탄광 개발과 연계하여 지식경제부는 “석탄산업 경쟁력제고 방안”으로 60년간 축적된 우리나라의 우수한 채탄기술(탐사, 시추, 탄질분석 등)을 유지·발전시키기 위해 “2060 해외탄광사업단”을 발족하였다. 본 사업은 60대 숙련인력과 20대 청년이 팀을 이뤄 기술을 전수하는 맞춤형 교육프로그램이라 하겠다.

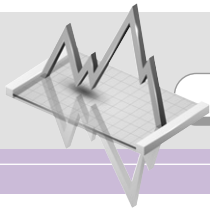
또한 정부는 체계적인 석탄 자원분야 인력양성을 위해 석탄아카데미를 설립한다는 계획을 수립하였다. 아카데미를 통해 배출된 인력은 해외탄광 개발에 활용되어지고, 미래에는 북한 석탄의 개발에도 유용한 인재로 활용될 것으로 전망하고 있다.

[그림 16] 석탄아카데미 운영체계(안)



자료: 강원발전연구원 작성

6) 과학기술연합대학원대학교로 신생융합기술분야 이공계 전문인력 양성을 위해 29개 이공계 정부출연연구기관이 공동으로 설립한 연구중심 대학원대학교.
7) 국제원자력대학원대학교로 한국전력 등 5개사가 원자력분야 전문가를 양성하기 위해 설립한 대학원대학교.



국내에 있는 5개의 가행탄광 중에서 4개는 강원도에 있다. 또한 교육에 활용할 수 있는 대학 및 공공기관 등도 많이 보유하고 있다. 이에 강원도에서는 이들 자원을 효율적으로 활용하여 인재를 양성하기 위해 정부와 연계하여 석탄아카데미 운영체계 구상내용을 설정하고 추진할 방침이다.

바. 북한 지역 석탄 활용방안

기획재정부의 기후변화·에너지부문 중장기전략보고서에 의하면 통일을 대비하여 북한의 석탄 및 신재생에너지를 활용하는 방안도 중요한 아젠다로 선정하였다. 북한에는 45억톤의 무연탄과 160억톤의 갈탄이 매장되어 있고, 이들 중 상당수는 동해안을 따라 매장된 것으로 알려져 있다. 그러나 북한은 채탄 기술력의 부족 등으로 자원개발에 어려움이 있고, 활용하는 기술에서도 많이 부족한 것으로 평가받고 있다. 따라서 우리의 앞선 기술

을 활용하여 남북 평화 에너지활용을 추진한다면 상당히 큰 경제적 파급력을 갖출 수 있을 것으로 전망된다.

4. 결론

미래사회는 에너지수급이 가장 중요하다. 특히 에너지자원이 거의 없는 우리나라와 같은 경우는 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 기술의 개발이 국가의 명운을 결정할 수 있다. 이에 정부는 에너지 로드맵을 수립하여 정책을 추진하고 있다. 강원도가 탄광지역에 조성하고자 하는 첨단 청정에너지 클러스터는 국가의 장기적인 에너지 로드맵을 기반으로 하고 있다. 1단계로는 석탄을 고부가가치화할 수 있는 R&D 거점인 청정석탄 클러스터를 조성하고자 한다. 2단계는 수소융합 에너지 거점 조성을 통해 미래 첨단에너지 자원지대를 완성하고자 한다.

〈표 10〉 북한의 석탄 매장량 현황

광종	기준품위	매장량(억톤)		잠재가치(억원)	
		북한	남한	북한	남한
무연탄	각급	45	13.7	5,194,350	1,569,848
갈탄	각급	160	-	21,434,720	

자료: 북한의 주요통계지표(통계청, 2009)

〈표 11〉 북한 탄전별 석탄 매장량 현황

탄전	평남북부탄전	평남남부탄전	고원-금야지구	함북북부탄전	함북남부탄전	평남안주탄전
매장량(백만톤)	3,720	1,230	310	1,880	480	117

자료: 북한 광물자원 개발 전망과 정책방안(통일연구원, 2005)



청정석탄 클러스터의 개념은 청정석탄 연구를 하는 모든 기관이 융복합 연구를 수행할 수 있는 기반을 구축하는 것이다. 클러스터는 청정석탄 연구의 테스트 베드 역할을 수행할 수 있을 것이다. 수소융합 에너지 거점은 미래에너지를 개발하고 실증하는 역할을 수행할 수 있을 것이다.

지난 100년간 국가 산업발전에 기초적인 에너지를 공급한 지역이 국가의 석탄합리화 정책으로 지금은 폐광지역으로 전락하였다. 지난 시간 국가 경제성장의 기여에 대한 보상과 지역균형 발전의 시각으로 강원도 탄광지역을 국가 청정석탄 클러스터 거점으로 조성하는 사업에 대해 전향적인 자세와 지원이 필요한 시점이 아닌가 생각한다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

강원발전연구원, 탄광지역 중장기 종합발전계획, 2012

국가과학기술위원회, 녹색기술 연구개발 종합대책 (안), 2009

통계청, 북한의 주요통계지표, 2009

통일연구원, 북한 광물자원 개발 전망과 정책방안, 2005

한국에너지기술연구원, 청정연료 Testbed 구축 및 활용사업 추진을 위한 기획보고서, 2011

한국에너지기술평가원, 그린에너지 전략 로드맵 - 청정연료, 2011