

2012. 12. 4 | 제 210 호 |

에너지 자급 모델 : 3MW를 위하여

- 김종민(원장)
- 이원학(부연구위원)
- 김승희(연구위원)

강원발전연구원
RESEARCH INSTITUTE FOR GANGWON

RIG

2012. 12. 4 | 제 210 호 |

에너지 자급 모델 : 3MW를 위하여

- 김종민(원장)
- 이원학(부연구위원)
- 김승희(연구위원)

기업과 개인 같은 에너지 소비자들이 자체적으로 에너지를 생산하고 소비·판매하는 분산형 전원이 미래 에너지 유형의 핵심으로 부각되고 있다. 풍력·태양광 같은 분산형 에너지원은 무한 재생 가능한 자연력을 기반으로 온실가스 배출 없이 청정에너지를 생산하지만 자연환경에 절대적으로 의존하기 때문에 운영 효율이 높지 않은 한계를 갖고 있다. 이에 반해 신재생에너지의 한 가지이면서 첨단 플라즈마 기술을 활용하는 PE-IGCC 발전은 석탄을 활용하지만 에너지 효율이 높고, 기술적으로 CO₂ 포집 후 재활용을 통해 카본프리 발전이 가능하다. 즉 신재생에너지의 장점을 확대하고, 단점을 해결할 수 있는 첨단 에너지 기술이다.

국가는 PE-IGCC 발전을 미래산업 선도기술로 인정하고 실증화를 위한 지원을 추진하고 있다. 이러한 기술의 실증과 산업화를 위해 국가핵융합연구소로부터 기술을 이전받은 창업기업이 강원도 탄광지역으로의 이전을 추진하고 있다. 더불어 대형발전사, 중화학 공장 등 신재생에너지가 꼭 필요한 기업에서 PE-IGCC 발전을 의뢰받는 등 관심이 집중되고 있다. 성장동력으로 활용 가능한 첨단 기술 산업이 부족한 탄광지역에 내리는 단비이다. 이러한 기술이 소통의 부족으로 무산될 수도 있다는 우려가 제기되고 있다. 당장의 이익보다 미래의 가치를 바탕으로 새로운 핵심 기술을 유지하는 발상의 전환이 낙후지역에서는 절실히 요구된다.

플라즈마 기술을 기반으로 하는 PE-IGCC 플랜트 산업은 동일한 원천기술을 사용하기 때문에 미래에너지 종결자 수소융합발전과도 밀접하게 연결된다. 강원도 탄광지역의 성장과 국가 미래 에너지를 책임질 수소융합 거점 조성을 위해서라도 단기적으로 PE-IGCC 산업화가 우선되어야 할 것이다. 미래 에너지 자원으로 조성하기 위한 첫 번째 디딤돌로 3MW 발전소를 탄광지역에 조성하여 카본프리 전기를 생산해 보자. 이로부터 폐광지역에서 새로운 희망이 피어날 수 있을 것이다.

I. 에너지 트렌드 변화 : 에너지 자급과 분산형 전력생산

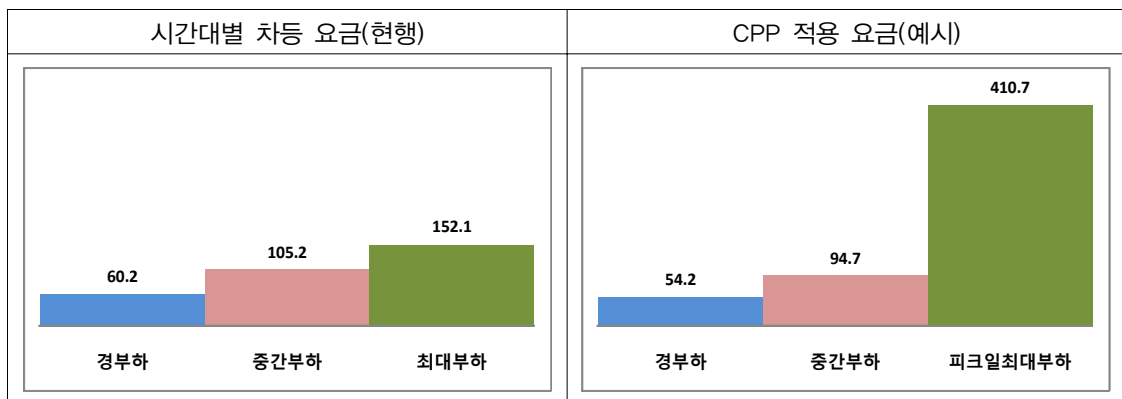
■ 에너지 정책 플랫폼의 변화

- 기획재정부 : 기후변화·에너지 부문 중장기전략보고서 발표('12.10.18)
 - 전력수요는 사용 편리성, 전기차 등 새로운 전기설비 보급 등으로 급증
 - 반면 화석연료 발전은 연료비 상승, 온실가스 등의 문제로 한계 봉착
 - 발전소·송전망 등 전력인프라 확충은 입지·환경·보상·안전 등 어려움 발생

- 지식경제부 : 피크타임 요금제, 절전 규제 등 수요 억제 정책 추진 예정
 - 피크타임 요금제 : 전력 소비가 많은 피크타임에 전력을 사용할 경우 3~5배 정도 높은 수준의 요금 부과
 - 절전 규제 : 1~2월 중에는 전기사용량이 많은 3,000kW 이상 6천여 개 대용량 수용가에 대해 전기사용량의 최대 10%까지 의무감축

※ 선택형 최대피크 요금제 개요

- (적용시기) 하루 전 수요예측을 통해 피크일과 피크시간대를 사전 지정하여 안내
- (적용대상) 일반용(을)·산업용(을), 계약전력 300kW 이상~3,000kW 미만 전력수용가 대상
- (도입계획) 11월 중 요금설계 → 12월 중 고객모집 → '13.1.1일부터 시행



- ☞ 연중 공장을 가동하는 기간산업, 대형건물 등에 요금 폭탄 발생 우려
- ☞ 전력 소비 감축과 전력 생산의 근본적인 패러다임 변화를 요구

■ 에너지 자급을 위한 분산형 전력생산의 확대

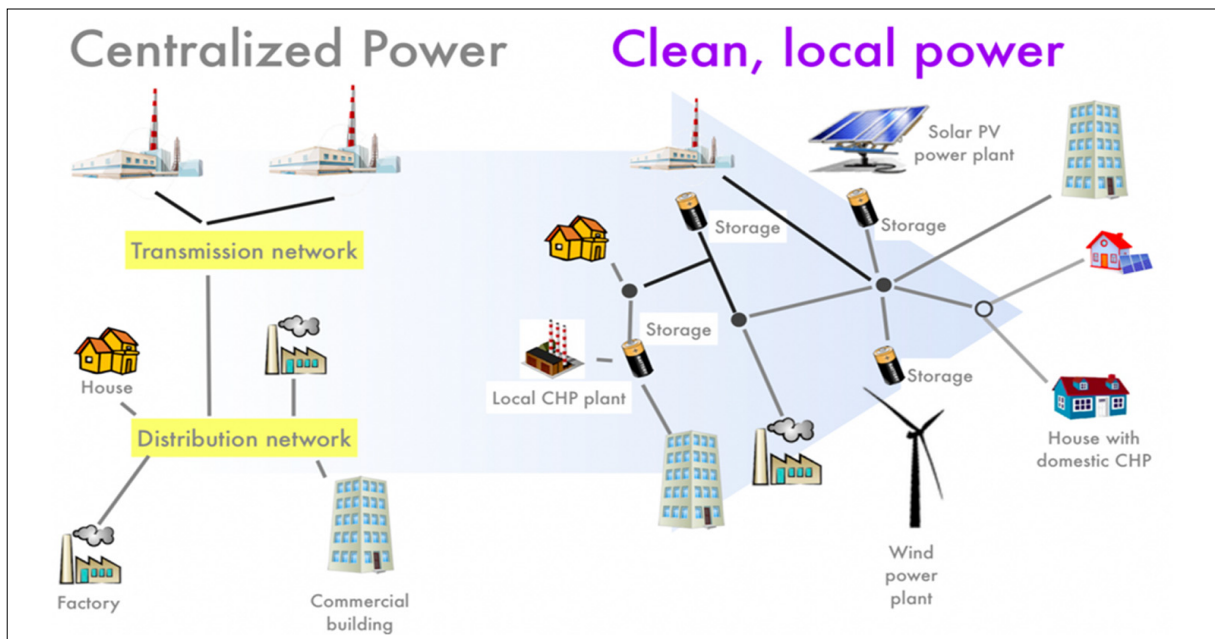
○ 집중형 대형 발전소 중심 → 신재생 에너지 중심의 분산형 자가발전의 대두

- 집중형 전력 구조에서는 송배전 손실률 4%, 전력 공급 예비율¹⁾ 10% 등 버려지는 전기가 상당 수준 발생

: '10년 송배전 손실률 3.99% : 19,000GWh 손실 발생
 ⇒ 평균전력단가 86원/kWh 적용시 1조 6,340억 원 손실 발생
 : '10년 전력공급 예비량 42,504GWh(생산 476,664GWh, 소비 434,160GWh)
 ⇒ 평균전력단가 86원/kWh 적용시 3조 6,553억 원 손실 발생

- 전력을 소비하는 기업·개인이 소규모 발전시설을 지역에 구축하여 자가 소비 시스템을 구축하고 남는 전력은 판매하는 구조로 변화

: 마을단위는 물론 산업체·공장, 리조트, 대학, 공공기관, 대형건물 등이 자체 에너지 생산을 추진 중



주 1) 집중형 : 소수의 대형 발전사가 석탄 등 대형발전소를 입지가 좋은 제한된 지역에 건설해 각 수요지에 송전
 주 2) 분산형 : LNG 등 중소형 발전소를 수요지 인근에 건설하거나, 기업·개인 등 전력소비자가 신재생 등 소규모 발전시설을 각 지역에 구축해 자가소비·판매

〈집중형 전력 구조와 분산형 전력 구조의 개념도〉

1) 안정적인 전력 공급이 유지될 수 있도록 비축하고 있는 예비 전력의 수준

II. 新 분산형 전력 생산 방식 : PE-IGCC (플라즈마 석탄 가스화 복합발전)

■ 분산형 전력 생산 방식은 세계적인 추세

- 미국, 일본을 중심으로 선진국들은 대규모 중앙집중식 발전 방식에서 탈피하여, 스마트 그리드와 연계한 소규모 분산 발전 형태로 옮겨가고 있는 추세
 - 분산 발전 방식에는 가스터빈, 마이크로터빈, 디젤엔진, 연료전지, 태양광, 풍력 발전 등이 있음
 - 우리의 경우 스마트그리드 확대, K-MEG²⁾ 사업으로 분산형 전원 확대 추진

<p>마이크로 터빈</p> <ul style="list-style-type: none"> • 항공기용 보조동력장치로부터 기술발전 • 소형 분산발전용으로 개발(30~50 kW) • 간단한 구조로 유지보수가 간편 • 열효율 높음 <p>가스터빈</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1~10 MW급 • 설치비용이 저렴 • 환경친화성 우수 • 열생산 성능이 우수 • 유지보수 비용이 저렴 • 열효율이 낮은 단점 <p>디젤엔진</p> <ul style="list-style-type: none"> • 가장 보편적인 분산발전용 동력장비(0.1 kW~수십MW) • 저렴한 비용과 높은 열효율 • 유지보수비용이 큼 • 환경친화성 약함 		<p>풍력</p> <ul style="list-style-type: none"> • 가장 경제적이고 친환경적 • 전력생산의 품질이 ممتاز 등 기후조건에 크게 좌우 • 장소 선정에 한계 <p>태양광</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전력생산 열효율이 약 40% • 열병합 발전을 할 경우 전체 에너지 이용률은 약 85% • 상용화 개발 중 • 공해물질의 배출이 적음
---	--	--

- 분산형 전력 공급 시장 매년 20% 성장
- 일본도매전력거래소 분산형 녹색전력판매 시장 창설
- 스마트그리드 세계시장 규모 '09년 76.2조 원 → '14년 188.5조 원으로 확대

☞ 우리나라는 제주 스마트그리드 실증사업 및 K-MEG 사업 추진

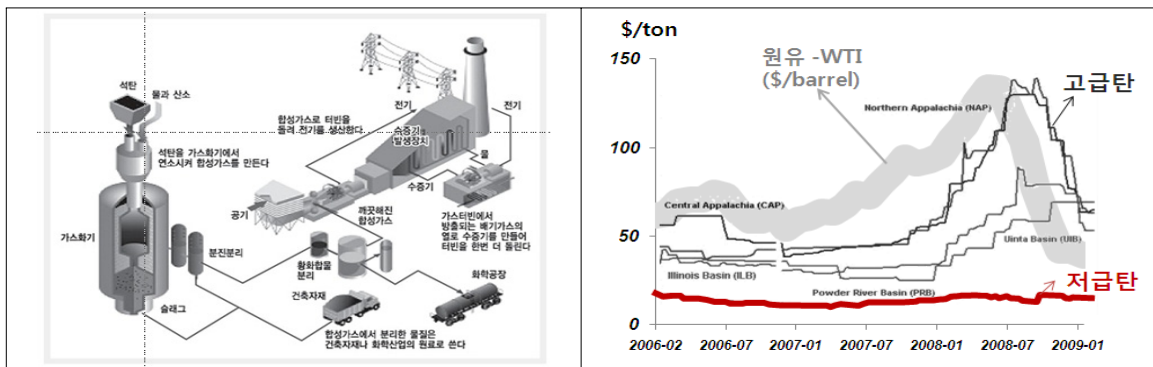
자료 : 국가 그린에너지로드맵 연료전지(2011)

■ PE-IGCC(플라즈마 석탄 가스화 복합발전)기술과 장점

- IGCC 기술이란 석탄 등 저급 연료를 가스화시켜 H₂와 CO가 주성분인 합성 가스를 제조하고, 생성된 합성가스를 연소시켜, 가스터빈과 증기터빈을 구동, 전기를 생산하는 기술로 황, 먼지 등 불순물이 없는 고정정 발전 기술
 - 우리나라 11개 신재생에너지원으로 선정되어 현재 태안에 300MW 규모 IGCC 발전소가 조성중에 있음
 - 기존 석탄화력 발전소에 비해 높은 발전효율, 친환경성을 보유하고 있지만, 고열량 석탄 요구 및 높은 건설/운영 비용 등의 단점이 있음

2) 지식경제부 지식경제 R&D 전략기획단 주관으로 에너지 생산과 사용을 효율적으로 운영하는, 에너지 자족 도시 및 건물을 구현할 수 있는 토털 에너지 솔루션 개발사업이 진행중, 한국형 마이크로 에너지 그리드 (K-MEG, Korea-Micro Energy Grid) 사업으로 삼성물산 외 55개 기관이 참여하고, 약 1,000억 원의 사업비 투자

- **장점 1 : 국내 매장량이 풍부한 저급 석탄 활용을 통한 에너지 문제 대처**
 - PE-IGCC(Plasma Enhanced Integrated Gasification Combustion Cycle) 기술은 기존 대형 IGCC 발전이 갖고 있는 문제점을 개선하기 위한 기술로, 국가핵융합연구소에서 보유한 플라즈마 관련 기술의 에너지 분야 산업화를 위해 개발
 - 고급석탄에 비해 매장량이 풍부하고 가격이 저렴한 저급 석탄의 활용을 통해 자원 및 에너지 문제에 대처하기 위한 기술로 평가받고 있음
 - : 기존 IGCC 발전소는 대용량, 고급석탄 사용 기반임에 비해, PE-IGCC는 플라즈마 기술을 활용해 소용량이고, 가격이 저렴하고 풍부한 저급석탄 사용 가능한 첨단 기술



<IGCC와 PE-IGCC의 비교>

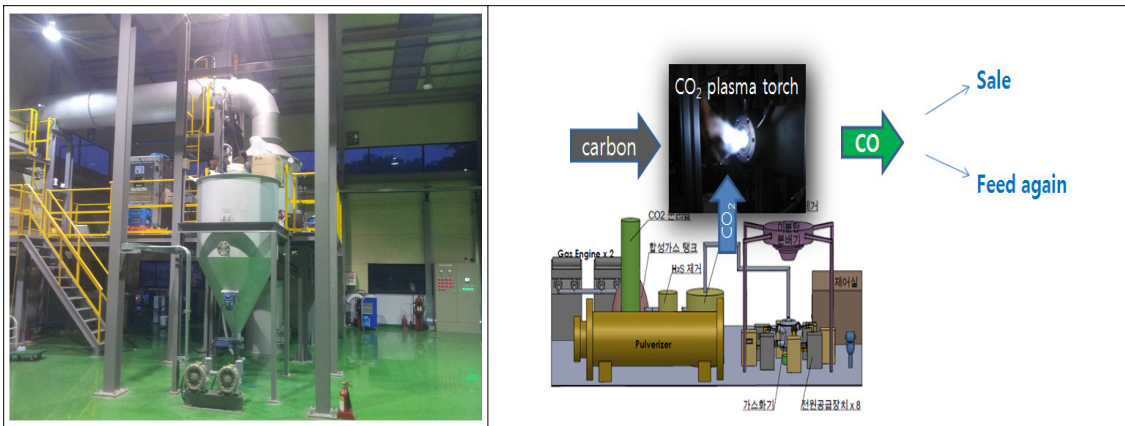
	IGCC	PE-IGCC
사용가능 탄종	고급탄(6,000Kcal 이상)을 주로 이용. 저급탄 경우 회재 성분 12% 이하, 고수분 가능	회재 성분 45%의 저급탄도 (4,000Kcal 이하) 가능
가스화의 유연성	고압/저온 운전으로 300MW 이상의 대형 플랜트에만 가능	Feeding 설비 교체로 바이오매스 가스화도 가능. 저압/고온 운전으로 25MW 이하 소형플랜트에 적합
가스화 온도	1,300~1,700℃	3,000℃
가스화기 압력	2~8MPa	0.1MPa(1기압)
O ₂ 설비	전체 설비비의 10%	-
전기 사용율	전체 발전량의 10% (O ₂ 발생 설비의 전기 사용량)	전체 발전량의 25~30% (플라즈마 토치 발생)
가스화에 필요한 에너지 공급	사용하는 석탄의 20~30% 연소열	플라즈마 토치
산화제	O ₂	스팀(H ₂ O)
비교	기존 가스화기의 O ₂ 설비와 전기사용을 플라즈마 토치로 대신하여 높은 회재 함량의 저급탄 가스화가 가능하므로 비용 관점에서 우수	

○ **장점 2 : 온실가스 배출 해결로 카본프리 발전**

- PE-IGCC 발전은 기존 석탄발전이 갖고 있는 온실가스 배출을 해결하여 카본프리 발전이 가능

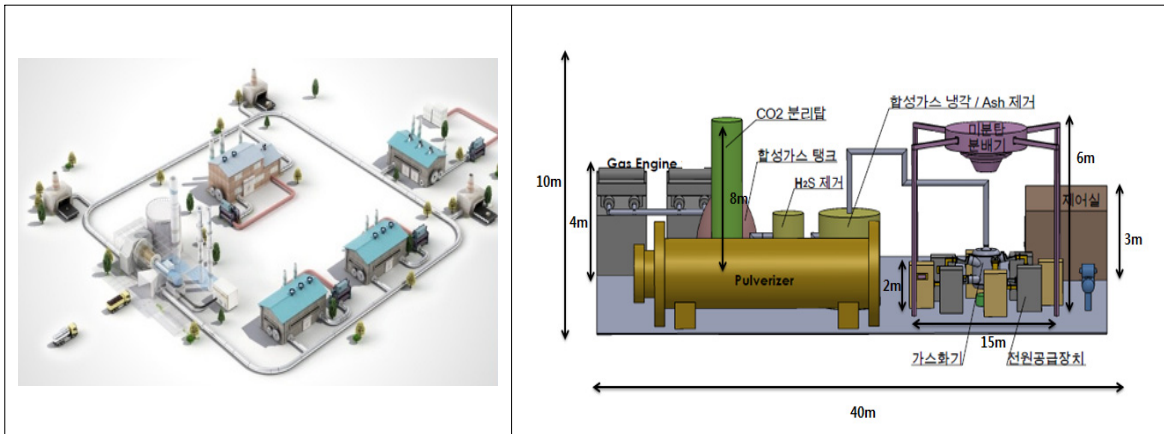
: CO₂를 포집 → CO₂+C=2CO 생산 → CO를 판매하거나 가스화 발전의 원료로 재활용하여 발전효율 증대 가능

: 대형 발전소에 비해 소형 발전소는 CO₂ 포집이 용이하며, 현재 파일럿 규모의 포집 기술개발 완료



○ **장점 3 : 저급석탄 외에 음식물이나 임산물 등 활용범위의 다양성**

- PE-IGCC 기술은 저급석탄뿐만 아니라 왕겨, 음식물, 임산물 등을 활용할 수 있기 때문에 활용범위가 다양. 플랜트 조성도 도시뿐만 아니라 농림어촌과 강원도 탄광지역에 조성할 수 있다는 장점이 있음



○ **장점 4 : 신재생에너지원들 중에서 가장 높은 경제성**

- PE-IGCC 기술은 다양한 연료를 활용할 수 있다는 장점과 더불어 신재생 에너지원들 중에서 가장 높은 경제성을 나타낼 수 있을 것으로 평가되고 있음

: 폐석탄 활용을 가정 시 풍력 및 태양광보다 높은 경제성 확보가 가능하고, 저급탄을 기반으로 할 경우 그보다 더 높은 수익 창출이 가능

〈주요 신재생에너지원과 본 기술의 경제성 비교〉

구 분	풍 력	태 양 광	PE-IGCC(폐석탄 가스화)
사업용량(시설용량)	18MW(2MW 9기) 태백 귀네미골 풍력단지	6MW 춘천 봉어섬 태양광 단지	3MW 계획 사업
투자비(부지매입비 제외)	508억 원	240억 원	124억 원(예상)
1MW당 단가	28.2억 원	40억 원	41.3억 원
부 지 규 모 ¹⁾	약 10만m ²	약 31만m ²	약 6,600m ²
발 전 효 율 ²⁾	24.4%	13.6%	75%
연간 발전량	38,473MWh	7,148MWh	16,940MWh
1MW 용량당 발전량	2,137MWh	1,191MWh	5,647MWh
1억 원당 연간 발전량	76MWh	30MWh	136MWh
투자비 회수기간 ³⁾	40년(50kw 기준)	80년(750kw 기준)	20년(3MW 기준)
장 점	- 국가 정책과 부합 - 시설단가 상대적 저렴 - 강원도 산간지역 바람 자원 풍부	- 국가 정책과 부합	- 국가 정책과 부합 - 폐석탄 활용을 통한 환경비용 절감 - 관련산업 육성 가능(기업유치 가능) - 적은 부지면적으로 용지확보 용이
단 점	- 산림훼손 및 과도한 부지 면적 - 관련 산업 연계성 부족	- 시설단가 상대적 높음 - 과도한 부지면적 필요 - 관련 산업 연계성 부족	- 새로운 기술로 정부 초기투자 필요

자료 1) 풍력의 환경에 대한 영향(한국과학기술정보연구원 모니터링 분석 자료)

- 소요부지 면적(m²/MW) : 석탄 330, 원자력 462, 풍력 5,597, 태양광 8,999

자료 2) 2010년 신·재생에너지 보급통계(에너지관리공단, 2011)에서 사업용 발전량 기준

- 풍력 시설 용량 379.3MW, 연간 발전량 811,772MWh(발전효율 24.4%)

- 태양광 시설 용량 533.5MW, 연간 발전량 637,359MWh(발전효율 13.6%)

자료 3) 신재생에너지보급사업 평가(국회예산정책처, 2010)에서 신재생에너지원별 비용효과분석 자료참고(p.63)

Ⅲ. 강원도형 분산형 전력 생산 “3MW 활성화”를 위한 제언

■ 3MW 가스화 발전소 조성과 대규모 산업시설에의 적용

- 동해안 경제자유구역 지정, 포스코 마그네슘 제련공장, 2018 동계올림픽, 대규모 리조트 시설 등 도내 굵직한 산업시설에서 에너지 소비가 급속하게 증가할 것으로 추정
 - 에너지 소비량 증가에 비해 전력 기반시설이 부족하여 에너지 문제가 지속적으로 발생(※ 포스코, 마그네슘 제련공장 전력 난항... 특단 대책 ‘시급’ (노컷뉴스, 2012. 11. 21))
- 포스코 마그네슘 제련공장 시범가동에 필요한 전력은 10MW이며, 2018년까지 10배 확대 시 100MW 규모의 전력이 필요
 - 저급석탄을 10MW 플라즈마 가스화 발전소 10개 조성으로 해결 가능
- 강원랜드는 2010년 77,138MWh를 소비한 것으로 조사되었으며, 이는 3MW 가스화 발전소 3개 조성으로 해결 가능

-
- ☞ 다시 말해 소형 개별 발전소 조성으로 전력문제 자체 해결 가능
: 강원도는 3MW 규모의 소형가스화발전소를 기본모형으로 추진하여 에너지 자급화로 자가발전 추진
 - ☞ 신재생에너지 보급을 통한 전력 생산으로 탄소배출권 거래제 대응
-

■ 신재생에너지 의무공급제도 및 온실가스 목표관리제와 연계한 보급 확대

- 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용 보급 촉진법」에 따라 설비규모 500MW 이상의 13개 발전사업자³⁾는 전체 생산 전력 중 일부(발전량 기준 '12년 2% → '22년 10%)를 신재생에너지로 공급해야 함

3) 한국수력원자력, 남동발전, 중부발전, 서부발전, 남부발전, 동서발전, 지역난방공사, 수자원공사, SK E&S, 포스코에너지, GS EPS, GS파워, MPC 울촌전력

- 이들 발전사업자는 신재생에너지 보급 확대를 위해 지자체와 다양한 사업을 추진 중에 있음. 석탄을 청정하게 활용할 수 있는 PE-IGCC 활성화를 위해 강원도내 발전사업자(남동발전, 남부발전, 동서발전) 및 민간 발전사업자(STX 발전, 포스코에너지, 삼성물산 등) 등과 협력체계를 구축하여 추진
 - 일례로 삼척에 민간발전을 추진하는 D사는 2,000MW 석탄화력 발전소 조성을 추진중에 있고, 신재생에너지 할당 부분인 200MW는 PE-IGCC로 추진하는 것을 검토중에 있음

- 정부의 온실가스 감축 정책(2020년 배출전망치 대비 30% 감축)에 따라 483개 사업장이 온실가스 목표관리 대상으로 지정됨. 강원도내 시멘트 회사, 대형 리조트 등은 온실가스 감축 대상기업으로 본 사업 추진시 탄소배출권으로 활용이 가능할 것으로 판단됨

		매출액(백만 원)	온실가스배출량 (톤 CO ₂ eq)	에너지사용량(TJ)
시멘트회사	동양시멘트	477,818	7,550,545	37,972
	라파즈한라시멘트	-	5,590,942	28,455
	쌍용양회공업	-	12,189,236	60,354
	현대시멘트	-	3,573,353	19,755
리조트	강원랜드	1,256,700	101,063	1,820
	용평리조트	88,010	33,950	649
	보광휘닉스파크	70,100	27,084	510
	대명레저산업	164,000	49,618	955

자료 : 온실가스 종합정보센터 홈페이지(2011년 자료)

- ☞ 국가 정책과 연계하여 대형 발전사업자의 신재생에너지 분야 사업으로 참여 유도
- ☞ 국가 온실가스 감축 정책과 연계하여 대형 온실가스 배출사업장 참여 유도

■ 강원도 e-자원지대 핵심 산업으로 육성

- PE-IGCC 기술은 저급석탄, 바이오매스(팜스킨, 쌀겨 등) 등이 풍부하면서 전력 공급이 어려운 인도, 중국, 인도네시아, 칠레 등 부락단위에 소형 발전기 수출을 추진하기 위해 개발되었음
 - 관련 플랜트 수출 활성화를 위해 강원도 차원의 적극적인 지원책 마련이 필요할 것임
 - 중국, 인도, 인도네시아 등에는 소규모 지역단위 발전시설이 필요한 마을이 200,000만 개 이상 존재
 - 인도네시아는 3MW 석탄가스화발전소 300개 조성을 추진중에 있음

- 현재 국가핵융합연구소로부터 기술을 이전받은 창업기업의 본사 및 공장이 탄광지역으로 이전을 추진하고 있음. 플라즈마 가스화 발전소 보급 확대로 관련 산업이 성장할 수 있도록 강원도 차원의 지원이 절실히 요구됨
 - 탄광지역 경제 활성화 및 일자리 창출에 기여할 수 있도록 적극적인 지원이 필요할 것임

- 플라즈마 기술을 활용하는 PE-IGCC 산업화는 수소융합에너지 거점으로 가는 중간다리이자 필수적인 원천으로, 에너지 자원지대 완성을 위해 선점해야 할 분야임

- 우선적으로 많은 관련기업에 플랜트 시설을 홍보할 수 있는 기반 조성이 필요한데, 강원도 차원의 실증플랜트 건설 지원이 필요
 - 3MW 규모 조성시 약 120억 원 필요. 국비 및 지방비 지원을 위한 노력이 우선 요구됨

☞ 3MW 규모 실증플랜트 조성 및 산업 육성을 위한 강원도의 전폭적인 지원이 필요

- **탄광지역의 첨단 전기 생산 → 지역 주민의 에너지 life-style 전환 시범사업**
 - ※ 강원발전연구원 정책메모 136호 탄촌의 에너지 자립 그리고 행복 2배 참조
 - 통상적인 에너지 라이프스타일 발전 성장단계를 뛰어넘어, 외진 탄촌마을을 전화(電化, electrification) 하여 최첨단 선도적 라이프 스타일 제시
 - 구공탄(연탄) → 도시가스 → 전기로의 에너지 라이프스타일 변화가 아닌, 구공탄(연탄)에서 바로 전기 에너지 이용으로의 뿔뿔기로 지역 성장을 압축적으로 유도
 - **카본 프리(Carbon-Free)마을 조성으로 글로벌 스탠다드형 명품마을 조성**
 - 플라즈마 기술과 CO₂ 리사이클링 기술로 전기에너지 생산 → 냉난방과 조리 등 전기에너지 라이프 스타일로 전환 → 명실공히 카본 프리 스마트한 명품마을 실현
 - 세계 최초의 자력에너지 공급을 통한 카본 프리 마을 조성으로, 글로벌 스탠다드형 명품마을로의 도약
 - **2018년 평창동계올림픽을 앞두고 도민의 삶의 질을 획기적으로 바꾸는 모델로서의 역할**
 - 지역환경 오염요인(폐석+폐기물)에 첨단기술 활용 → 에너지 자립 → 에너지 비용절감으로 간접소득 창출 → 카본 프리 → 행복 증진으로 연계되는 탄촌지역의 삶의 질 향상에 기여
 - 올림픽을 대비함에 있어서 전향적으로 수용해야 할 프로젝트로 활용
-
- ☞ 국가의 600개 저탄소 녹색마을 조성 계획과 연계한 탄광지역 모델 개발을 통해 전 세계적 대표 저탄소 녹색마을 조성
-

■ 북한 석탄을 평화에너지로 활용

- 강원도는 동해안을 평화의 공단으로 조성할 예정. 이것의 핵심 개념은 풍부한 북한 자원을 효율적으로 활용하여 상호 윈-윈을 추진하는 것
 - 북한에 풍부하게 매장된 갈탄을 효율적으로 활용하기 위한 기술개발이 필요한 시점으로 본 기술이 유용하게 활용될 것임
 - 북한의 동해안을 중심으로 분포하는 저급 갈탄의 활용이 가능

〈북한의 석탄 매장량 현황〉

광종	기준 품위	매장량(억 톤)		잠재가치(억 원)	
		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)

〈북한 탄전별 석탄 매장량 현황〉

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

자료 : 북한 광물자원 개발 전망과 정책방안(통일연구원, 2005)

☞ 북한 지하자원을 평화적으로 활용하는 사업으로 적극 추진

※ 이 정책메모의 내용은 연구자의 견해이며, 우리 원의 공식 입장과는 다를 수 있습니다.