

한반도 르네상스 구현을 위한

VIP 리포트

■ 온실가스 감축 및 미세먼지 저감을 위한 전력정책 제안

목 차

■ 온실가스 감축 및 미세먼지 저감을 위한 전력정책 제언

Executive Summary	i
1. 연구배경	1
2. 온실가스 감축과 미세먼지 저감	2
3. 발전원별 중장기 전원믹스 제언	6
4. 전력정책 전환을 위한 제언	15

본 보고서에 있는 내용을 인용 또는 전재하시기 위해서는 본 연구원의 허락을 얻어야 하며, 보고서 내용에 대한 문의는 아래와 같이 하여 주시기 바랍니다.

총 괄 : 백 흥 기 이사대우 (02-2072-6228, hkback@hri.co.kr)

산 업 정 책 실 : 이 재 호 연구위원 (02-2072-6272, jhlee@hri.co.kr)

신 성 장 연 구 실 : 장 우 석 연구위원 (02-2072-6237, jangws@hri.co.kr)

Executive Summary

<요 약>

■ 연구배경

지금까지 우리나라 전력정책은 공급 안정과 경제성에 주된 초점이 맞춰져 있었으나, 최근 들어 환경을 고려해야 한다는 문제의식이 급증하고 있다. 이에 새 정부는 온실가스 감축과 미세먼지 저감을 위해, 에너지 정책 패러다임을 전환하고 국민의 환경권을 지키겠다는 공약을 전격 이행하기 시작하였다. 본 연구는 전력 정책에 있어 환경에 대한 고려를 구체화하여, ① 정부가 제출한 파리 기후변화 협약 발전부문 온실가스 감축목표 달성과 ② 현실적인 범위 내에서 미세먼지 배출 최소화를 위한 중장기 전원믹스를 제안하고자 한다.

■ 온실가스 감축과 미세먼지 저감

파리 기후변화협약이 2016년 11월 발효됨에 따라, 한국도 2030년을 기준으로 발전부문에서 6,450만 톤의 온실가스를 감축할 계획이다. 한편, 심각한 환경문제로 대두된 미세먼지 이슈에서 발전소는 발생원이 소수라는 점에서 감축을 위한 효과적인 관리대상으로 지목되고 있다. 본 연구는 파리협약이 적용되는 2021년부터 정부의 발전부문 온실가스 감축목표가 100% 달성되고, 미세먼지 발생원인 석탄화력발전소의 발전량을 2017년부터 연간 20% 이상 감축하는 것을 제약조건으로 중장기 전원믹스를 산출하였다.

■ 발전원별 중장기 전원믹스 제안

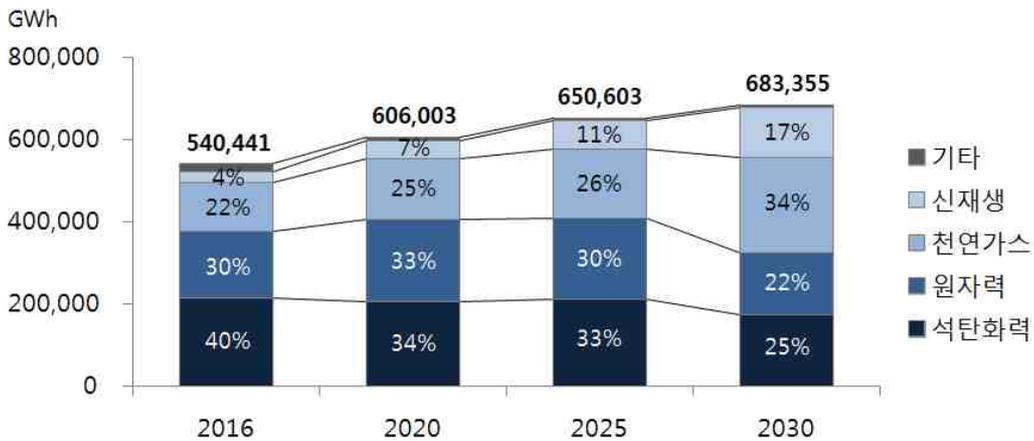
(**석탄화력발전**) 석탄화력은 낮은 발전단가로 인해 그 동안 기저발전원의 역할을 담당해 왔으나, 온실가스 감축과 미세먼지 저감을 위해서는 단계적 축소가 필수적이다. 2030년까지 전체 발전원에서 석탄화력이 차지하는 발전량 비중을 **현재 40%에서 25% 수준까지 축소할 것**을 제안한다.

(**원자력발전**) 원자력발전의 경우 사용후 핵연료 처리, 폐로·해체 비용 등 드러나지 않은 비용까지 감안할 경우 실질적 발전단가는 저렴하지 않다는 지적을 받고 있다. 또한, 후쿠시마 원전 사고와 경주 지진 이후 원전이 국민안전에 미치는 영향에 대한 우려가 확산되고 있어, 미래 에너지 대안으로는 부적절하다. 이에, 수명만료 원전의 연장을 제한하고 현재 건설 계획 단계인 원전 백지화를 통해, 2030년까지 전체 발전원에서 차지하는 발전량 비중을 **현재 30%에서 22% 수준으로 축소할 것**을 제안한다.

(천연가스발전) 천연가스발전은 석탄화력이나 원자력에 비해 친환경적 발전원임에도 불구하고, 상대적으로 높은 단가 때문에 이용률이 낮은 상황이다. 그런데 최근 천연가스 가격이 하락 추세를 보이고 있고, 국내 발전사들도 직도입을 통해 비용 부담을 낮추려는 노력을 하고 있다. 천연가스발전은 신재생이 본궤도에 오르기 전까지 브릿지 발전원으로서 기능할 필요가 있으며, 2030년까지 발전량 비중을 **현재 22%에서 34% 수준까지 확대**할 것을 제안한다.

(신재생발전) 신재생발전은 안전하고 친환경적이지만 지형적·환경적·기술적 한계로 인해 국내 발전량에서 차지하는 비중은 아직 미미한 수준이다. 신재생발전은 장기적 관점에서 비중을 지속적으로 증가시켜야 하며, 2030년까지 발전량 비중을 **현재 4%에서 17% 수준까지 대폭 확대**할 필요가 있다.

< 온실가스 감축 및 미세먼지 저감을 위한 중장기 전원믹스 제안 >



(연료전환 비용 추정) 전원믹스 전환을 위해 향후 5년 간 단기적으로 필요한 연료전환비용은, 석탄화력 일부를 천연가스발전으로만 전환한다고 단순 가정할 경우 **연간 23조~26조원** 수준으로 추산된다. 이를 가구 단위로 환산하면 **월 1,600원** 수준의 전기요금 인상 효과가 예상된다.

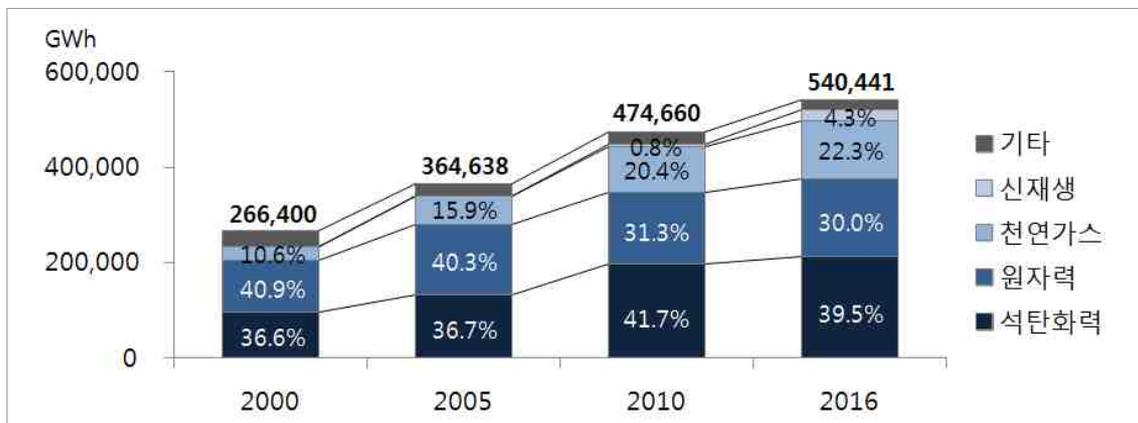
■ 전력정책 전환을 위한 제안

제안한 전원믹스가 실제 구현되기 위해서는 여러 가지 제도적·정책적 뒷받침이 필수적이다. 그 중에서도 첫째, **법·제도를 통한 환경급전 원칙 강화**, 둘째, **전기요금 인상에 대한 사회적 공감대 마련**, 셋째, **외부성을 고려한 에너지 세제 개편**이 우선적으로 필요하다.

1. 연구배경

- 지금까지 우리나라 전력정책은 공급 안정과 경제성에 주된 초점이 맞춰져 있었으나, 최근 들어 환경에 대한 고려를 확대해야 한다는 문제의식 급증
 - 현재 국내 전원믹스는 안정적·경제적 발전원 우선 원칙에 따라 석탄화력(39.5%), 원자력(30.0%), 천연가스(22.3%), 신재생발전(4.3%) 순으로 구성
 - 증가하는 전력수요에 대응하는 과정에서 원자력보다 신규건설이 상대적으로 용이한 석탄화력에 집중하면서 2007년부터 석탄화력이 원자력발전 추월
 - 그러나 석탄화력발전소가 배출하는 온실가스와 미세먼지가 사회문제화되면서 환경과 국민건강을 위해 석탄화력 퇴출을 주장하는 목소리가 확대
 - 이에 새 정부는 온실가스 감축과 미세먼지 저감을 위해 에너지 정책 패러다임을 전환하고 국민의 환경권을 지키겠다고 공약
 - 파리 기후변화협약의 온실가스 감축목표를 충실히 이행하고, 국민건강을 위협하는 미세먼지 문제를 적극적으로 해결하겠다는 공약
 - 취임 직후, 일부 석탄화력발전소의 일시적인 가동 중지를 전격 이행함으로써 에너지 정책 패러다임 변화를 위한 강한 의지를 표명
- 본 연구는 전력정책에 있어 환경과 건강에 대한 고려를 구체화하여, ① 정부가 제출한 파리협약 발전부문 온실가스 감축목표 달성과 ② 현실적인 범위 내에서 미세먼지 배출 최소화를 위한 중장기 전원믹스를 제안

< 우리나라 과거 전원믹스 변화 추이 >



자료 : 한국전력.

주 : 신재생에 수력은 미포함(이하 동일).

2. 온실가스 감축과 미세먼지 저감

○ (온실가스 감축) 파리 기후변화협약이 2016년 11월 발효됨에 따라, 한국도 2030년 기준으로 발전부문에서 6,450만 톤의 온실가스를 감축할 계획

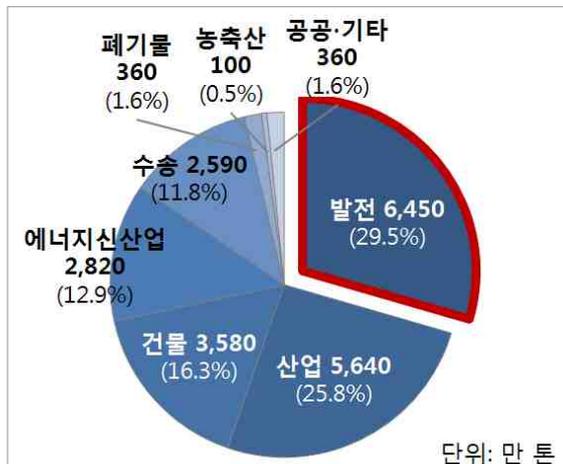
- 기존의 교토 의정서가 유럽과 북미의 선진국에만 온실가스 감축 의무를 부과하였던 반면, 파리협약은 195개 당사국 모두에게 감축 의무 부과
 - (교토 의정서) 대상시기 2008~2020년, 37개 주요 선진국에 한해 의무감축량을 할당, 한국은 개발도상국으로 분류되어 대상국에 미포함
 - (파리협약) 대상시기 2021년 이후, 전체 당사국 195개국이 자율적으로 감축 목표를 설정하여 제출, 한국도 대상국에 포함
- 한국은 2030년을 기준으로 2.19억 톤의 온실가스를 감축하겠다고 국제사회에 약속, 그 중 가장 많은 29.5%를 발전부문 감축을 통해 달성할 계획
 - 新기후체제 출범에 따른 온실가스 감축목표 달성을 위해서는 발전부문 배출량의 대폭적인 감축이 필수
 - 정부는 「제1차 기후변화대응 기본계획(2016.12)」에서, 전체 목표량 2.19억 톤 중 6,450만 톤(29.5%)을 발전부문 연료전환을 통해 감축하겠다고 발표
- 본 연구는 파리협약이 적용되는 2021년부터 정부의 발전부문 감축목표가 100% 달성되는 것을 제약조건으로 중장기 전원믹스를 산출

< 교토 의정서와 파리협약 비교 >

항목	교토 의정서	파리협약
발효	2005년 2월	2016년 11월
대상시기	2008~2020년	2021년 이후
대상국	선진 39개국	전체 당사국 195개국
목표	1990년 대비 온실가스 5.2% 감축	지구 온도 산업화 이전 대비 2℃ 이하 상승 유지
한국 포함	미포함	포함

자료 : 환경부(2016).

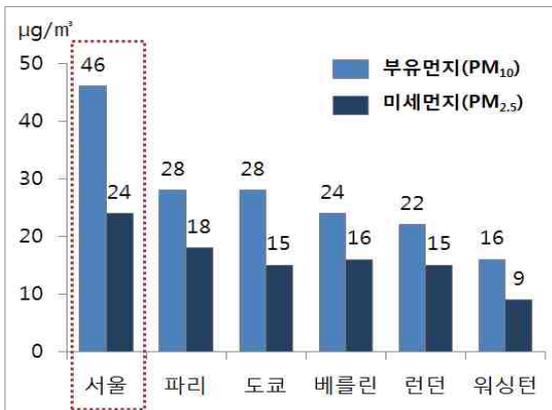
< 한국의 2030년 온실가스 감축목표 >



자료 : 제1차 기후변화대응 기본계획(2016).

- (미세먼지 저감) 한국의 미세먼지 문제는 국민건강을 위협할 정도로 심각한 수준이며, 발전소는 발생원이 소수라는 점에서 미세먼지 감축을 위한 효과적인 관리대상
 - 국내 미세먼지 농도와 공기의 질은 전세계 최하위권, 서울의 미세먼지 농도는 선진국 주요 도시 중 가장 높은 수준
 - 미세먼지는 호흡기, 심혈관, 피부, 안구질환 등을 유발, 세계보건기구 산하 국제암연구소는 미세먼지 중 블랙카본(black carbon)을 1급 발암물질로 규정
 - 서울의 미세먼지 농도는 세계보건기구의 권고기준($10\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 높을 뿐 아니라, 파리, 도쿄, 베를린 등 주요 선진국 도시에 비해서도 높은 편
 - 환경부와 국립환경과학원에 의하면, 국내에서 발생하는 미세먼지($\text{PM}_{2.5}$)의 14%가 발전소를 통해 배출
 - 국내에서 발생하는 미세먼지의 발생원별 배출 기여도는 사업장, 건설기계 등, 발전소, 경유차, 비산먼지 순
 - 발전소는 배출량 기여도에 비해 발생원이 소수라는 점에서 효과적 관리대상
 - 본 연구는 미세먼지 발생의 주원인인 석탄화력발전소의 발전량을 2017년부터 연간 20% 이상 감축하는 것을 제약조건으로 전원믹스 산출¹⁾

< 세계 주요 도시의 미세먼지 농도 >



자료 : 세계보건기구(2015).

주 : 도쿄 2012년, 런던 2013년, 나머지는 2014년 기준.

< 배출원별 미세먼지($\text{PM}_{2.5}$) 배출 기여도 >



자료 : 환경부·국립환경과학원(2016).

1) 20%라는 숫자는 학계 및 업계의 동향을 바탕으로 연구진이 가정하여 제시한 숫자, 본 연구에서 2023년 이후는 온실가스 감축목표가 더 엄격한 제약조건으로 작용하기 때문에 실질적으로 미세먼지 저감 조건은 2017~2022년까지의 발전량 제안에만 적용.

< 중장기 전원믹스 산정 과정 >

- **목표 : 환경과 국민건강을 고려한 중장기 전원믹스 제안**
 - (온실가스 감축 목표) 정부의 「제1차 기후변화대응 기본계획」 상의 발전부문 온실가스 감축계획 달성
 - (미세먼지 저감 목표) 석탄화력발전소 발전량을 연도별 예상치 대비 20% 이상 감축하여 현실적인 범위 내에서 미세먼지를 저감

- **전체 발전량 추정**
 - 「제7차 전력수급 기본계획」의 전력수요 예측치를 기준으로, 발전원별로 3~5%의 송배전 손실률을 고려하여 연도별 전체 발전량 추정

- **발전원별 발전량 산정**
 - 설비용량에 따라 발전량이 비례적으로 결정되는 원자력과 신재생발전량을 먼저 추정하여 고정
 - 이어서 온실가스 감축 목표와 미세먼지 저감 목표를 만족시킬 수 있는 석탄화력발전량을 산출한 뒤, 원자력과 석탄화력 감축으로 인한 전력공급 부족분을 천연가스발전으로 충당하는 구조

- ① **원자력발전량 산정**
 - 「제7차 전력수급 기본계획」의 원자력발전 설비용량 계획을 기준으로, (i) 건설 계획 단계인 신규 원전 6기 백지화, (ii) 건설 중인 원자력발전소의 공기지연 반영, (iii) 수명만료 원전의 연장 불허 등을 가정하여 원전의 연도별 설비용량 산정
 - 새 정부의 「더불어민주당 제19대 대선 공약집」에는 건설 중인 원전 중 공정률이 30% 수준으로 낮은 신고리 5·6호기도 백지화하는 것으로 계획되어 있으나, 본 연구에서는 두 발전소를 예정대로 완공하는 것으로 가정
 - 이렇게 산출된 설비용량에 2016년 기준 원자력발전 이용률을 적용하여 각 연도별 발전량 계산

② 신재생발전량 산정

- 「제7차 전력수급 기본계획」의 설비용량보다 50% 증설하여, 2030년 기준 전체 설비용량의 약 30%를 담당하는 것으로 가정
- 원자력과 마찬가지로 2016년 기준 신재생발전 이용률을 적용하여 각 연도별 발전량 계산

③ 석탄화력발전량 산정

- 정부가 「제1차 기후변화대응 기본계획」 상의 발전부문 온실가스 감축 목표를 100% 이행하는 것으로 가정(파리협약에 따라 2021년부터 적용)
- 「제7차 전력수급 기본계획」상의 석탄화력 설비용량과 2016년 기준 석탄화력발전 이용률을 기초로 연도별 예상 발전량을 산출하고, 미세먼지 저감을 위해 각 연도 예상치보다 20% 이상 발전량을 감축하는 것으로 가정
- 2023년부터는 온실가스 조건이 미세먼지 조건보다 더 엄격한 제약조건으로 작용하기 때문에, 실질적으로 미세먼지 조건은 2017~2022년까지의 발전량 산출에만 적용
- 석탄화력발전은 「제7차 전력수급 기본계획」을 기준으로 충분한 설비용량을 보유하고 있기 때문에, 발전량을 자유롭게 조정할 수 있음

④ 천연가스발전량 산정

- 원자력과 석탄화력발전의 축소로 인해 발생하는 전력공급 부족분 계산
- 이 중, 신재생발전 확대로도 충당하지 못하는 수요를 모두 천연가스발전으로 충당한다고 가정하여 천연가스발전량 산정
- 천연가스발전도 석탄화력과 마찬가지로 충분한 설비용량을 보유하고 있기 때문에, 발전량을 자유롭게 조정할 수 있음

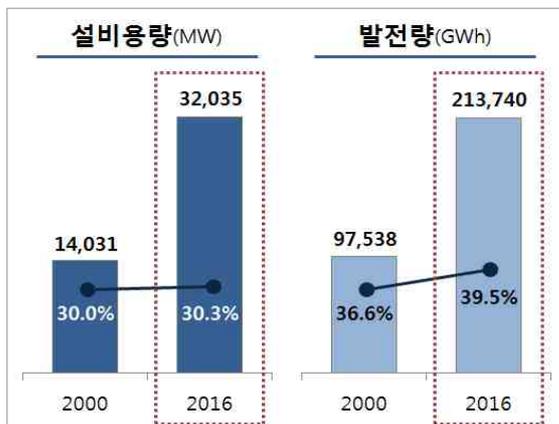
3. 발전원별 중장기 전원믹스 제안

(1) 발전원별 발전량 제안

① 석탄화력발전

- (현황) 석탄화력발전은 발전량 기준으로 국내 모든 발전원 중 가장 큰 비중을 담당하고 있으며, 설비용량은 전체 발전원의 30.3%(2016년말), 발전량은 39.5%(2016년)를 차지
- (이슈1: 온실가스 배출) 석탄화력은 낮은 발전단가로 인해 그 동안 기저발전원의 역할을 담당해 왔으나, 발전 과정에서 배출되는 온실가스의 양이 주요 발전원 중 가장 높다는 문제
 - 석탄화력발전을 통해 배출되는 전력량 당 온실가스는 0.8230kg-CO₂e/kWh로 주요 발전원 중 가장 높은 수준
 - 발전부문 온실가스 배출계수는 석탄화력, 석유화력, 천연가스 순
 - 반면 원자력과 신재생은 발전을 통해 배출되는 온실가스가 전혀 없음
 - 현행 경제급전 시스템²⁾ 하에서는 발전단가가 낮은 원자력과 석탄화력의 발전량이 높을 수밖에 없는 구조
 - 발전단가는 석유화력, 천연가스, 신재생, 석탄화력, 원자력 순

< 석탄화력발전 설비용량 및 발전량 추이 >



자료 : 한국전력.

주 : %는 전체 발전원 대비 비중(이하 동일).

< 발전원별 온실가스 배출계수 · 단가 · 발전량 >

발전원	온실가스 배출계수 (kg-CO ₂ e /kWh)	발전단가 (원/kWh)	발전량 (GWh)
석탄화력	0.8203	73.93	213,740
석유화력	0.7018	109.10	14,253
천연가스	0.3625	92.73	120,758
원자력	0	68.02	161,995
신재생	0	88.37	23,061

자료 : 제2차 에너지 기본계획(2014), 한국전력.

주 : 발전량, 발전단가는 2016년 기준.

2) 전력회사에서 전력 소비자에게 전력 공급시, 가장 적은 연료비용으로 소비자의 부하를 만족시킬 수 있도록 발전하는 시스템.

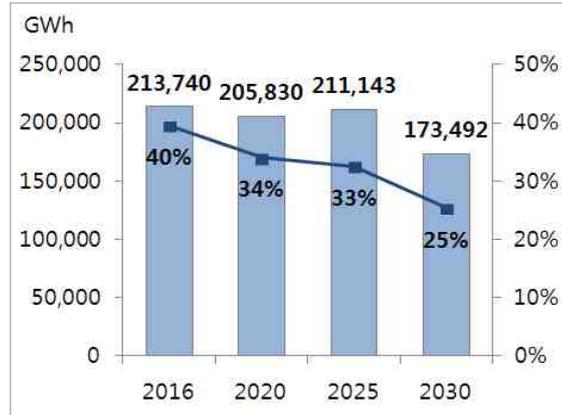
- (이슈2: 미세먼지 배출) 석탄화력은 온실가스 외에도 발전부문 미세먼지 배출의 주요 원인으로 지목
 - 석탄화력발전소는 타 발전원 대비 압도적으로 많은 양의 미세먼지를 배출
 - 유연탄을 사용하는 국내 석탄화력발전소가 배출하는 열량당 부유먼지량은 천연가스발전의 1,350배, 미세먼지량은 1,838배³⁾ 수준
 - 정부는 노후 석탄화력발전소 폐기와 더불어 미세먼지 저감설비 설치 검토
 - 노후 발전기 10기 폐기, 20년 이상 발전기 8기 성능개선 및 환경설비 전면 교체, 20년 미만 발전기 35기 미세먼지 저감시설 확충

- (제안) 발전부문 온실가스 감축과 미세먼지 저감을 위해서는 석탄화력발전의 단계적 축소가 필수적, 2030년까지 전체 발전원에서 석탄화력이 차지하는 발전량 비중을 현재 40%에서 25% 수준으로 축소 제안
 - 2017년부터 미세먼지가 다량 발생하는 11월~4월(6개월)⁴⁾에 석탄화력발전기를 70% 감발출력하여 연간 20% 이상 발전량을 감축하는 것으로 가정
 - 파리협약이 적용되는 2021년 이후는 온실가스 감축목표가 제약조건으로 추가, 원자력과 신재생 발전량을 먼저 산출하고(후술) 온실가스 감축목표를 제약조건으로 하여, 석탄화력을 천연가스발전으로 전환하는 것으로 추산⁵⁾

< 정부의 석탄화력발전 미세먼지 대책 >

대상	내용
노후 발전기	10기 폐기
20년 이상(8기)	성능개선과 환경설비 전면교체
20년 미만(35기)	저감시설 확충, 20년 이상 경과시 설비 확충
건설 중 발전기	강화된 배출기준 적용
신규 발전소	원칙적 진입 제한

< 석탄화력발전 발전량 제안 >



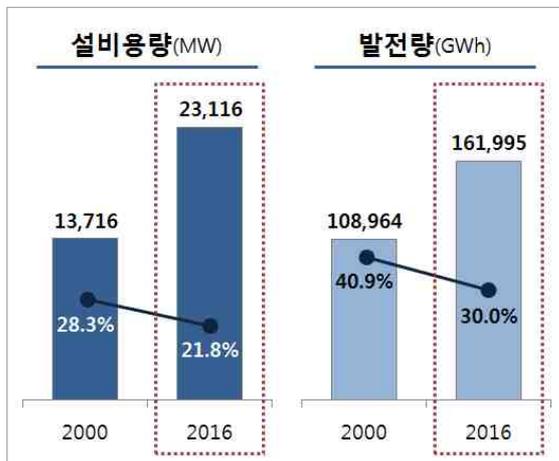
자료 : 산업통상자원부 내부자료(2016).

3) 서울과학기술대 에너지환경대학원(2017), 「국가 에너지시스템에서의 열병합발전 역할」.
 4) 석탄화력발전량이 특별히 많은 시기.
 5) 2017~2022년은 미세먼지 저감 조건, 2023년 이후는 온실가스 감축목표가 더 엄격한 조건으로 적용. 전체 전력수요는 「제7차 전력수급 기본계획」을 기준으로 송배전 손실률을 고려하여 조정하였음을 밝혀 둠.

② 원자력발전

- (현황) 우리나라는 원자력발전의 비중이 매우 높은 국가 중 하나, 설비용량 기준으로 전체 발전원의 21.8%(2016년말), 발전량은 석탄화력 다음으로 많은 30.0%(2016년)를 차지
- (이슈1: 원전의 숨겨진 비용) 원전 역시 발전단가가 저렴하여 기저발전원의 역할을 담당해 왔으나, 직접비용 일부가 과소산정되었고 간접비용까지 고려하는 경우 실질적 단가는 매우 높다는 주장이 지속적으로 제기
 - 직접비용 중에는 발전단가 산정에 반영된 폐로·해체비용이 과소산정되었다는 의문이 제기
 - 한국수력원자력이 발표한 폐로·해체비용은 원전 1기당 6,473억원에 불과, 원전 해체 경험이 있는 다른 국가들에 비해 매우 낮게 산정된 편
 - 독일 그라이프스발트 원전의 경우 20년째 해체 작업이 진행되면서 현재까지 5조원 이상 투입, 예상치 못한 변수가 발생하는 경우 천문학적 비용 상승
 - 발전단가 산정에 고려되지 않은 사고위험 비용, 정책비용 등 사회적 비용까지 포함하는 경우 실질적 발전단가는 더욱 상승
 - 환경정책평가연구원에 따르면 정부보조금과 사고위험비용 등 사회적 비용을 반영하는 경우, 원전의 실질단가는 현재 통용되는 수준의 2~6배 수준⁶⁾

< 원자력발전 설비용량 및 발전량 추이 > < 주요국의 원전 1기당 폐로·해체비용 추정 >



자료 : 한국전력.



자료 : 한국수력원자력(2015), 더미래연구소(2016).

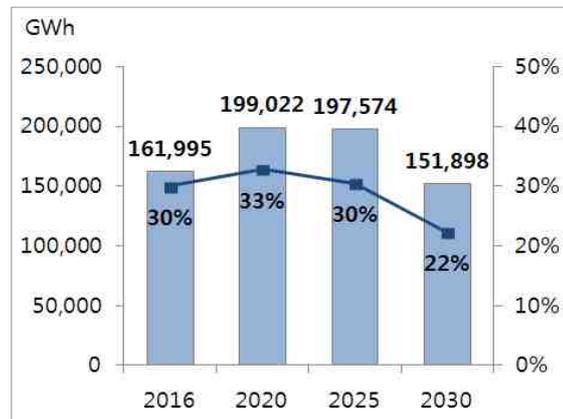
6) 환경정책평가연구원(2016), 「화석연료 대체에너지원의 환경경제성 평가(1차년도)」

- (이슈2: 원전과 국민안전) 후쿠시마 원전 사고와 경주 지진 이후 원전이 국민안전에 미치는 영향에 대한 우려 확산, 온실가스 및 미세먼지 배출량이 거의 없음에도 불구하고 미래 에너지 대안으로는 부적절
 - 2011년 3월 발생한 후쿠시마 원전 사고로 원전에 대한 국민적 신뢰 추락
 - 지진 발생 2년이 경과한 2013년 2월 도쿄 신문이 추정한 전체 사망자 중 원전 사고로 인한 사망자는 789명
 - 2016년 9월 경주 지진 이후, 한국도 원전 사고 발생 가능성 제기
 - 영남 해안지역에 양산단층, 울산단층, 일광단층 등 17개 활성단층과 수십개의 단층노두 존재 확인(한국지질자원연구원, 2012)
 - 현재 운영 중인 원전 25기 중 19기가 영남 해안지역에 위치, 신규원전 건설도 대부분 기존지역 인근으로 계획
- (제안) 수명만료 원전의 연장을 제한하고 현재 건설 계획 중인 원전 백지화를 통해, 2030년까지 전체 발전원에서 원자력이 차지하는 발전량 비중을 현재 30%에서 22% 수준으로 축소 제안
 - 연도별로 수명만료 원전은 연장 없이 폐기하는 것으로 가정
 - 건설 중인 신고리 4·5·6호기, 신한울 1·2호기는 완공되는 것으로 가정하되 공기 지연 반영, 계획 단계인 신한울 3·4호기 포함 신규원전 6기는 백지화

< 국내 원자력발전소 위치 >



< 원자력발전 발전량 제안 >



자료 : 한국수력원자력.

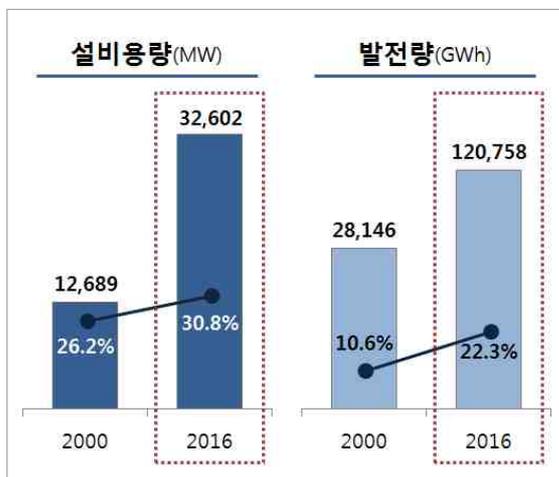
주 : 2016년 말 기준, 괄호 안은 건설 중.

7) 새 정부의 공약에 따르면 건설 중인 원전 중 공정률이 30% 수준으로 낮은 신고리 5·6호기도 백지화하는 것으로 계획되어 있으나, 본 연구에서는 현실적인 여건을 감안하여 예정대로 완공하는 것으로 가정.

③ 천연가스발전

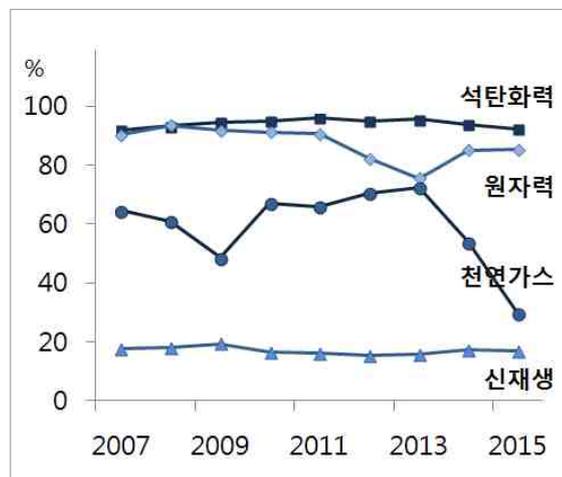
- (현황) 국내 천연가스발전의 설비용량은 전체 발전원의 30.8%(2016년말)에 달하는데 반해, 발전량은 22.3%(2016년)에 불과하여 가동률이 매우 낮은 상황
- (이슈1: 높은 발전단가와 이용률 감소) 천연가스발전은 석탄화력이나 원자력에 비해 친환경적 발전원임에도 불구하고, 상대적으로 높은 단가 때문에 경제급전 우선순위에서 밀려 이용률 감소
 - 온실가스 및 미세먼지 배출량은 석탄화력에 비해 매우 낮으나, 발전단가는 석탄화력 및 원자력에 비해 높은 편
 - 천연가스의 발전량당 온실가스 배출계수는 석탄화력의 44%, 미세먼지 배출량은 1,350분의 1 수준으로 상대적으로 친환경적인 발전원
 - 반면에 발전단가는 석탄화력의 1.25배, 원자력의 1.36배로 높은 편
 - 석탄화력과 원자력이 기저전력원으로서 일정한 이용률을 유지하는데 반해, 천연가스발전 이용률은 급속하게 하락
 - 천연가스발전 이용률은 평년 60% 내외를 유지했으나, 최근 2년간 급격하게 감소하여 2015년 29.5%까지 하락
 - 전력소비 증가세 둔화로 발전설비 과잉 발생, 경제급전 원칙 하에서는 발전단가가 높은 천연가스발전의 이용률이 감소할 수 밖에 없는 구조

< 천연가스발전 설비용량 및 발전량 추이 >



자료 : 한국전력.

< 발전원별 설비 이용률 추이 >



자료 : 한국전력, 한국수력원자력.

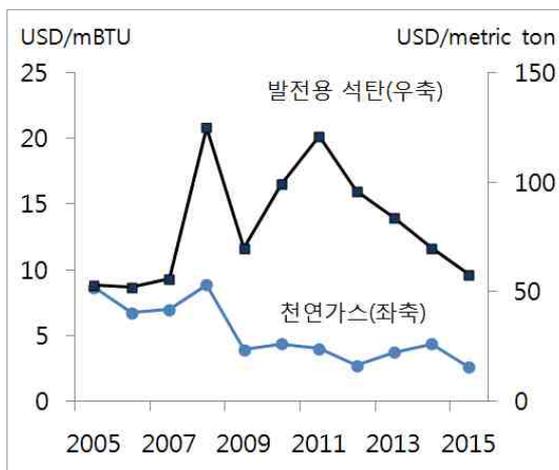
○ (이슈2: 천연가스 단가 하락 가능성) 현재는 천연가스 발전단가가 높지만, 생산량 증가와 직도입 확대 등으로 향후 단가 하락의 가능성

- 천연가스 생산량이 지속적으로 증가하면서 가격은 장기적 하락 추세
 - 천연가스는 원유 생산 과정에서 파생적으로 생산, 미국 셰일오일 개발이 확대되면서 천연가스 생산량도 동반하여 증가
 - 천연가스 가격은 미국 루이지애나 헨리 허브(Henry Hub) 가격 기준으로 백만 BTU당 2005년 8.69달러에서 2015년 2.62달러까지 하락
- 과거에는 발전사들이 한국가스공사 도매를 통해 높은 가격으로 천연가스를 구매하였으나, 최근에는 직도입을 통해 저렴하게 구매하기 시작
 - 지난 2017년 1월, 국내에서는 최초로 SK E&S가 미국 루이지애나 셰일가스를 직도입, 타 발전사들도 유사한 형태의 직도입 검토

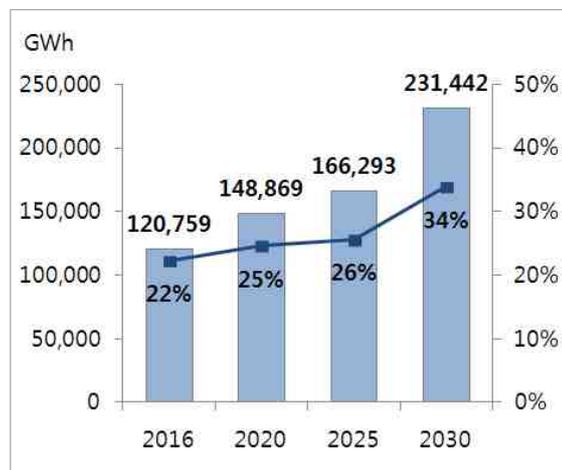
○ (제안) 천연가스발전은 신재생이 본궤도에 오르기 전까지 브릿지 발전원으로서의 기능을 해야 하며, 2030년까지 전체 발전원에서 차지하는 발전량 비중을 현재 22%에서 34% 수준으로 확대할 것을 제안

- 석탄화력 및 원자력 발전량 축소에 따른 전력공급 부족분 중에, 신재생발전으로 공급 가능한 양(후술)을 제외한 나머지를 천연가스발전으로 충당
- 석탄화력발전의 환경오염 유발, 원전의 숨겨진 비용 및 위험성, 신재생발전의 더딘 발전속도를 고려할 때, 천연가스발전 확대가 현실적 대안

< 천연가스 및 석탄 가격 추이 >



< 천연가스발전 발전량 제안 >



자료 : Thomson Reuters, Statista.

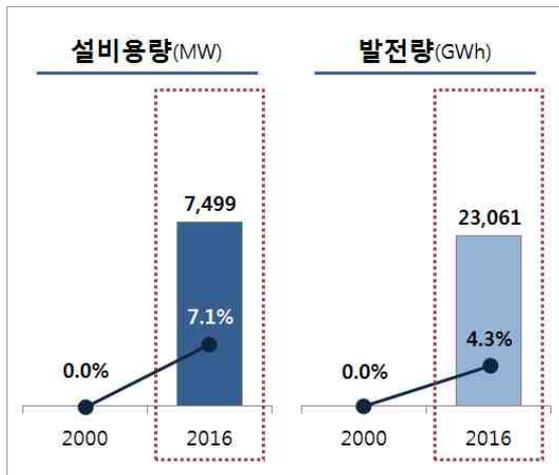
④ 신재생발전

○ (현황) 안전하고 친환경적이며 지속가능한 에너지원이지만 국내 발전에서 차지하는 비중은 아직 미미한 수준, 설비용량은 전체 발전원의 7.1%(2016년말), 발전량은 4.3%(2016년)에 불과

○ (이슈1: 지형·환경·기술적 한계) 국내 여건상 주된 발전원으로 기능하기에는 어려움이 산재, 주요 선진국에 비해 발전량이 매우 뒤쳐진 수준

- 국내 여건상 지형적 한계, 환경문제 발생, 더딘 기술개발 속도 등의 이슈
 - 대표적인 신재생발전인 태양광과 풍력발전은 대규모 부지가 필요하므로, 국내 지형적 여건을 감안할 때 주된 에너지원으로 활용하기에는 현실적 한계
 - 태양광, 풍력발전의 경우 건설 및 운영 과정에서 산림 파괴, 생태계 파괴, 소음(풍력) 등 환경문제 발생, 이로 인한 민원·인허가 문제로 확대 난항
 - 신재생은 인위적인 출력 조정이 어려우므로, 안정적 공급을 위해서는 에너지 저장 시스템, 스마트 그리드 등이 필수적이거나 기술적으로 아직 미흡
- 한국의 재생에너지 발전량 비중은 2013년 기준으로 OECD 평균인 21.3%에 크게 미치지 못하는 1.6%에 불과
 - 캐나다(62.8%), 스페인(38.9%), 이탈리아(38.9%), 독일(24.3%)은 물론 일본(13.0%), 미국(12.6%)보다도 크게 낮은 OECD 최하위

< 신재생발전 설비용량 및 발전량 추이 >



자료 : 한국전력.

< 주요국 재생에너지 발전량 >

국가	발전량(GWh)	비중
캐나다	409,097	62.8%
스페인	108,667	38.9%
이탈리아	112,012	38.9%
독일	152,366	24.3%
프랑스	96,529	17.0%
영국	53,669	15.1%
일본	135,332	13.0%
미국	541,591	12.6%
한국	8,783	1.6%

자료 : International Energy Agency(2015).
주 : 2013년 기준.

○ (이슈2: 정책 추진을 위한 예산 감소) 정부는 다양한 정책을 통해 신재생 분야를 육성·발전시키겠다고 밝혀 왔으나, 관련 예산은 오히려 감소

- 정부는 「제2차 에너지 기본계획」, 「제4차 신재생에너지 기본계획」 등을 통해 신재생에너지를 적극적으로 보급시키겠다는 청사진 제시

· 2014년 「제2차 에너지기본계획」에서 2035년까지 1차 에너지 기준 신재생에너지의 보급률을 11%까지 확대하고, 세계 5대 신재생에너지 산업강국으로 도약하겠다는 비전 제시

· 같은 해 「제4차 신재생에너지 기본계획」에서는 과감한 규제완화와 집중지원을 약속하며, 2020년까지 총 30조원을 투자하여 13GW 규모의 신재생발전소를 확충할 것이라고 발표

- 그러나 관련 예산은 2012년 9,713억원에서 2016년 7,208억원으로 오히려 감소하는 등 정책 추진에 있어 실질적 동력 확보가 부족

○ (제안) 신재생발전은 장기적 관점에서 그 비중을 지속적으로 증가시켜야 하며, 2030년까지 전체 발전원에서 차지하는 발전량 비중을 현재 4%에서 17% 수준까지 대폭 확대할 것을 제안

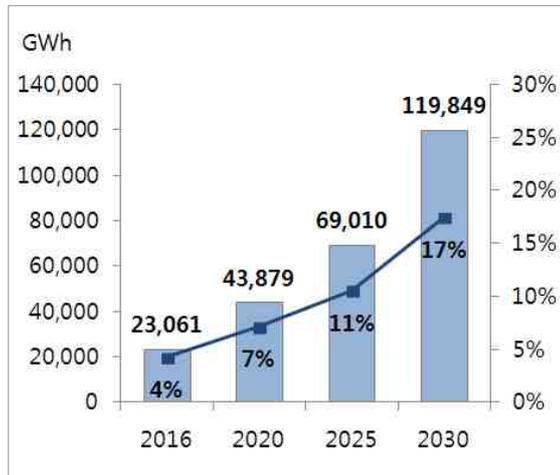
· 2030년까지 「제7차 전력수급 기본계획」 대비 설비용량과 발전량이 50% 할증되는 것으로 가정

· 지속적인 보급지원 및 기술개발을 통해 비중 확대 노력이 계속된다는 전제

< 신재생에너지 관련 정부 예산 추이 >



< 신재생발전 발전량 제안 >

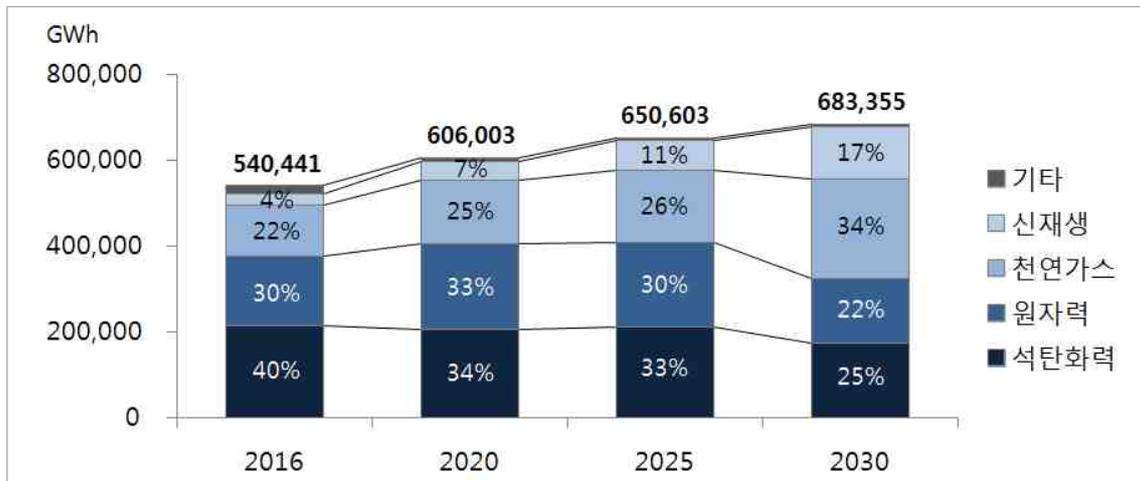


자료 : 산업통상자원부(2016).

(2) 중장기 전원믹스 제안 및 연료전환 비용

- (중장기 전원믹스) 앞의 논의를 종합하여, 2030년까지 석탄화력(40%→25%)과 원자력발전(30%→22%) 비중 축소, 신재생(4%→17%)과 천연가스발전(22%→34%) 비중 확대 제안
 - 정부의 발전부문 온실가스 감축목표를 완전히 이행하고, 실현 가능한 범위 내에서 미세먼지 저감을 달성할 수 있는 환경 친화적인 전원믹스

< 온실가스 감축 및 미세먼지 저감을 위한 중장기 전원믹스 제안 >



- (연료전환 비용) 석탄화력 일부를 천연가스발전으로만 전환한다고 단순 가정할 경우, 추가되는 연료전환 비용은 연간 2.3조~2.6조원 수준으로 추산
 - 5년간 단기 추정, 전환비용은 발전량 변화에 따른 연료비 부담 증가 기준⁸⁾
 - 가구당 월평균 1,600원 내외의 전기요금 인상 효과가 발생할 것으로 추산

< 온실가스 감축 및 미세먼지 저감을 위한 연료전환 비용 추정 >

항목	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년
전환대상 전력(TWh)	50.73	50.20	51.53	52.20	57.98
연료전환 비용(조원)	2.3	2.3	2.4	2.4	2.6
가구당 월평균 부담액(원/월)	1,616	1,546	1,550	1,539	1,652

8) 5년 단기 내에는 설비용량 변화가 크지 않기 때문에 설비용량에 따라 발전량이 정해지는 원자력, 신재생발전은 고정하고, 이용률 조정이 용이한 석탄화력과 천연가스발전만 고려하여 약식으로 산정하였음을 밝혀 둔.

4. 시사점

- 제안한 전원믹스가 실제 구현되려면 (1) 법·제도를 통한 환경급전 원칙 강화, (2) 전기요금 인상에 대한 사회적 공감대 마련, (3) 외부성을 고려한 에너지 세제 개편 등의 정책적 노력 필요

(1) 법·제도를 통한 환경급전 원칙 강화

- 「전기사업법」 부속법령과 「제8차 전력수급 기본계획」에 석탄화력발전량 상한을 설정하는 방안을 포함

- 전력공급시 경제성과 함께 환경과 안전을 고려하여야 한다는 「전기사업법 일부개정안」이 국회 본회의를 통과(2017년 3월)한 이후, 법안의 실효성을 제고하기 위한 부속법령 마련 필요

- 시행령 및 시행규칙에 석탄화력발전 상한을 설정하고 이를 단계적으로 추진하는 방안 포함⁹⁾

- 석탄화력발전 상한 설정 과정에서 일반적 상한 및 계절적 상한(미세먼지가 집중 발생하는 봄철에는 더욱 엄격한 상한) 등을 종합적으로 검토

- 또한 올해 내에 수립 예정인 「제8차 전력수급 기본계획」에도, 석탄화력발전 상한 설정을 포함하여 환경과 국민건강 및 안전을 고려한 중장기 전원믹스를 반영

(2) 전기요금 인상에 대한 사회적 공감대 마련

- 발전단가가 상대적으로 높은 신재생 및 천연가스발전의 비중이 증가하면 전체 발전단가 및 전기요금 인상이 필연적, 정부는 요금인상이 환경과 국민건강 및 안전을 위한 불가피한 조치임을 국민들에게 설득

- 추가되는 비용에 대해서는 한국전력 일부 부담, 전기요금 인상 등을 종합적으로 검토

9) 참고적으로 홍영표 의원 등 18인 발의한 전기사업법 일부개정안(2016.11)에 ‘온실가스 및 미세먼지 감축을 위하여 석탄화력발전설비의 발전량을 전체의 30% 이내로 제한하는 조항을 전력수급 기본계획에 반영’한다는 내용이 포함된 바 있음.

- 공기업인 한국전력이 발전단가 인상분의 일부를 흡수할 여력 보유¹⁰⁾
- 그러나 궁극적으로는 산업용·가정용 전기요금 인상 불가피, 전기요금 인상에 대한 사회적 합의를 이끌어내기 위한 정책적 노력 필요

(3) 외부성을 고려한 에너지 세계 개편

○ **현행 에너지 세계는 환경과 국민건강, 안전 등 외부성에 대한 고려 미흡, 전원믹스 전환을 실현하기 위해서는 이를 과세 기준에 적절하게 반영**

- **에너지원의 외부성을 고려했을 때 현행 세계는 외부성이 큰 석탄화력과 원자력발전에 과소한 세금 책정**
 - 외부성이란 경제활동 과정에서 당사자가 아닌 다른 주체에게 의도하지 않은 편익이나 비용을 발생시키는 것을 의미, 정부는 과세를 통해 이를 통제
 - 주요 전문기관들의 연구에 의하면 외부성을 고려했을 때 유연탄과 우라늄의 세금 부담은 과소하고, 천연가스의 세금 부담은 과중한 것으로 분석¹¹⁾
- **외부성을 적절하게 반영하는 방안으로, 탄소 배출량을 기준으로 한 과세 표준 신설, 지역자원시설세 조정 등을 검토**
 - 온실가스 및 미세먼지 배출량 등 환경과 국민건강에 미치는 외부성을 고려한 새로운 과세표준 신설 검토
 - 발전량에 따라 일괄 부과되고 있는 현행 지역자원시설세를 조정하여, 에너지효율이 월등하게 높은 천연가스발전이나 지역내 자가소비를 위한 열병합발전의 경우 세율 경감 검토 **HRI**

이 재 호 연구위원 (02-2072-6272, jhlee@hri.co.kr)

장 우 석 연구위원 (02-2072-6237, jangws@hri.co.kr)

10) 한국전력의 2016년 영업이익은 12조원(영업이익률 19.9%).

11) 시장경제연구원(2013), 「에너지 가격구조 합리화를 위한 정책·제도 개선방안」; 한국자원경제학회(2013), 「수송용 유류세 개편 연구」; 서울대학교(2016), 「통합에너지세 도입을 위한 에너지원별 외부비용 산정 연구」; 서울대학교(2016), 「국가 감축목표 달성을 위한 발전부분 사회적 비용의 적정수준 및 바람직한 부담방안 도출」.