



세계 석탄 규제 현황과 영향 전망

김 화 년 제주대학교 산업응용경제학과 교수 (hnkim@jejunu.ac.kr)

1. 서론

2015년 12월 파리에서 개최된 기후변화협약 (UNFCCC) 당사국총회(COP21)에서 교토의정서 (Kyoto- Protocol)를 대체할 새로운 기후변화대응 체제(Post-2020)가 출범했다. 2011년 더반에서 개최된 기후변화당사국총회(COP17)에서 신기후체제를 2015년까지 도출하기로 합의했기 때문에 마침내 파리 COP21에서 신흥국을 포함한 주요국의 온실가스 의무 감축량이 확정되었다. 2016년 모로코에서 열린 COP22에서는 당사국들의 향후 이행규칙 마련을 위한 작업 일정과 계획 등에 합의했다.

신기후체제는 선진국과 신흥국이 모두 온실가스 감축 의무를 부담하게 되는 기후변화협약이라는데 의미가 있다. 교토의정서에서 신흥국은 감축 예외 적용을 받았기 때문에 유럽과 일본 등 선진국을 중심으로 의무 감축 목표를 설정했다. 교토의정서 체제 하에서 미국은 자국 산업계의 반발로 감축목표 이행에 부정적이었고, 중국은 신흥국으로 예외적용을 받는 등 에너지 多

소비국의 실제 참여는 저조했다. 그러나 COP21에서 체결된 신기후체제(파리협정)에서는 선진국 외에도 신흥국을 포함한 전 세계 대부분의 국가가 의무감축국으로 지정되거나 최소한의 감축 의무를 가지게 되었다. 따라서 미국, 중국을 포함한 주요국들은 2030년까지의 감축 목표(INDC: Intended Nationally Determined Contribution)를 제시했다. 한국을 포함해 187개국이 온실가스 감축 목표(INDC)를 제출했고 2016년에 공식 발표되었다.

제출된 INDC가 완전히 모두 이행되더라도 전 세계 온실가스 배출량은 2012년 현재 49기가톤(CO₂환산)에서 2025년 55기가톤, 2030년에는 57기가톤으로 증가가 예상된다. 하지만 총 배출량은 증가하지만 2010~2030년 배출증가율은 1990~2010년(24%)에 비해 하락하고, 1인당 온실가스 배출량은 1990년 배출량과 비교해 2025년 8%, 2030년 9% 감소할 전망이다.¹⁾ 세계 각국이 감축을 이행하더라도 2100년까지 지구 평균 기온이 2℃ 이상 상승할 것으로 추정되며,未 이행 시 지구 평균 기온은 더 크게 오를 것으로 전망된

1) INDC 제출 기일인 2015년 10월 1일까지 제출한 147개국만 대상 (아시아경제 (2015.11.03), "147개국 이산화탄소 배출 감축공약 제출")



다. 따라서 일부에서는 현재까지 제출된 INDC가 미흡하다고 지적하며 더욱 과감한 화석연료 규제와 온실가스 감축이 있어야 한다고 주장한다.

온실가스 감축의 핵심은 화석연료의 대표인 석탄의 사용을 규제하는 것이다. 화석연료 중에서는 석탄으로부터 발생하는 온실가스의 배출량이 가장 큰 비중을 차지한다. 석탄이 온실가스 배출의 주요 원인이 되고 있기 때문에 석탄은 악마(Demonization of Coal)라고 불릴 정도이다.

2013년 석탄 사용으로 인해 발생하는 온실가스의 비

중은 45.5%, 석유에서 발생하는 비중은 34%, 천연가스의 비중은 20.5%이다. 발전부문에서 온실가스 감축 잠재력이 가장 크고 산업, 수송, 건물 등의 순서이기 때문에 발전 부문에서 온실가스 감축이 필요하다. 특히 전력 생산을 위해 발생하는 온실가스 중 72.8%는 석탄 사용이 기여하기 때문에 전력 부문에서도 석탄을 규제하는 것이 중요하다. 2050년까지 지구 온난화로 인한 기온 상승을 산업혁명 이전 대비 2℃ 미만으로 억제하기 위해서는 전 세계 석탄 매장량 중 최소 80%가 땅속에 남아있어야 한다는 2015년 초 네이처²⁾의 연구도 있다.

〈표 1〉 화석연료별 온실가스 배출 총량과 비중

(단위: 백만톤CO₂eq, %)

구분	전체		전력 섹터 부문	
	배출량	비중	배출량	비중
석탄	14,413	45.5	9,781	72.8
석유	10,775	34.0	901	6.7
가스	6,458	20.5	2,760	20.5
총배출량	31,646	100	13,441	100

자료: IEA (2015), World Energy Outlook 2015

동일한 전기량을 생산 시 석탄발전으로부터 발생하는 온실가스는 가스발전의 약 2배, 신재생에너지의 10 배 이상이다. 발전원별 CO₂배출량(톤/GWh)은 1GWh 당 석탄 888톤, 석유 733톤, 천연가스 499톤으로 석탄이 동일한 에너지 생산 시 화석연료 중 이산화탄소 배출량이 가장 크다. 반면 대표적인 신재생에너지인 태양광의 배출량은 85톤, 최근 환경적 논란이 큰 원자력은 29톤이다. 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)이 제시

하는 석탄의 탄소 배출계수는 천연가스의 1.6배, 병커C 유에 비해 1.2배이다.

석탄 사용을 줄이는 것이 온실가스 감축의 핵심 방향이기 때문에 국제사회와 주요국은 석탄 규제를 본격화하고 있다. 2015년 미국은 청정발전계획(CPP: Clean Power Plan)을 발표하고 2030년까지 화력발전에서 배출되는 온실가스를 2005년 대비 32% 감축할 계획이다. 반면 중국 등은 석탄 사용 시 발생하는 대기오염

2) McGlade, Christophe and Paul Ekins (2015), The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2℃, Nature 517, 187 - 190 (08 January 2015)



〈표 2〉 발전원별 전력생산 단위 당 전주기 탄소 배출량

(단위: 톤/GWh)

구분	평균	최저	최고
석탄	888	756	1,310
석유	733	547	935
천연가스	499	362	891
태양광	85	13	731
바이오매스	45	10	101
원자력	29	2	130
수력	26	2	237
풍력	26	6	124

자료: World Nuclear Association (2011), Comparison of Life cycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources.

물질이 다른 발전원보다 많기 때문에 환경오염을 줄이기 위해 석탄 사용을 규제한다. 석탄화력발전 시 질소산화물, 이산화황 등이 주로 배출되며, 공기 중 화학반응을 통해 초미세먼지도 생성되기 때문이다. 대표적으로 중국이 스모그 문제 등 대기오염이 심각해지자 본격적으로 석탄발전 규제를 시작했다.

OECD 등 국제회의에서 수출신용기관의 석탄 관련 프로젝트 파이낸싱의 금지를 논의하는 등 석탄 사용을 제한하려는 움직임이 있다. 2013년 미국 수출입은행은 해외 석탄화력발전소에 대한 정책금융지원을 제한하는 정책을 도입했다. 세계은행 등 국제기구와 프랑스, 네덜란드, 노르웨이 등의 공공투자기관도 석탄화력발전소에 대해 투자 규제 조항을 채택했다. 2015년 11월 열린 OECD 수출신용 작업반 회의(Export Credit Group)에서는 석탄화력발전소에 대한 수출신용기관의 금융 규제 방안이 논의되었다.³⁾

그러나 한국의 수출입은행, 무역보험 공사 등 수출신용기관은 2007~2014년 총 5건의 해외 석탄화력 프로젝트에 총 19억달러를 지원하여 OECD 내 1위를 기록했다.⁴⁾ 세계자연기금(WWF)은 OECD 회원국의 수출신용기관이 자금지원을 담당할 석탄화력 발전소의 환경피해 비용을 매년 77~321억달러로 추정할 정도로 석탄에 대한 부정적 인식이 확산되고 있다.

이러한 전 세계적인 석탄 규제에 대한 트렌드는 최근 한국에서도 나타나고 있다. 무엇보다도 전 세계적인 석탄 규제의 파급 영향을 사전에 파악하고 대응하는 것은 한국이 당면한 과제임을 인식해야 한다. Post-2020 신기후체제를 맞아 온실가스와 대기 오염물질을 가장 많이 배출하는 석탄에 대한 규제의 필요성이 커지고 있기 때문이다.

본고의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 온실가스 최다 배출국인 미국과 중국의 석탄 규제의 현황을 살펴

3) Financial Times (2015.11.9), Rich nations assess plan to slash billions from coal investment.

4) 환경운동연합 (2015), "한국이 금융 지원한 석탄화력의 피해비용 한해10조 원." 보도자료.



[Box] 석탄 채굴과 석탄 발전 기업에 대한 투자 회수 움직임

- ▶ 다양한 기관이 석탄 관련 투자의 회수를 개시
 - 2012년 350.org라는 NGO가 석탄산업에 대한 투자 회수를 주장하는 캠페인을 시작한 후 석탄 관련 투자 제한 움직임 본격화
 - 2015년 5월까지 약 220개의 기관이 석탄산업 등 화석연료와 관련된 투자를 중단할 것이라고 발표
- ▶ 캠페인 초반에는 주로 미국의 대학재단 등 교육기관을 중심으로 참여했으나 2015년부터는 영향력 있는 기관들이 동참
 - 2015년 4월 영국 성공회는 1,200만 파운드 규모의 발전용 석탄 및 타르 관련 투자를 회수하고, 앞으로도 해당 분야가 매출의 10%이상을 차지하는 기업들에 투자를 하지 않겠다고 발표
 - 8억 파운드 규모의 투자펀드를 보유하고 있는 영국의 언론 가디언 미디어 그룹도 화석연료 관련 자산을 매각을 발표
- ▶ 유럽계 금융기관들이 석탄 관련 투자를 축소 사업 계획을 발표
 - 약사는 2015년 말까지 약 5억 유로 규모의 석탄 관련 투자 회수를 발표했고, 그레딧아그리콜은 석탄 채굴업체에 대한 자금제공을 중단 선언
 - 스탠다드차타드는 호주 석탄 채굴 프로젝트에 대한 금융자문을 중단
- ▶ 노르웨이 정부연기금 등 주요 국부펀드도 석탄 투자 제한에 동참
 - 2015년 6월 노르웨이정부연기금(자산 규모 8,820억 달러)의 석탄 관련 투자 중단 방안이 노르웨이 국회에서 통과
 - 이로 인해 노르웨이 국부펀드가 투자하고 있는 122개 기업이 영향을 받고 87억 달러 규모의 투자가 회수될 것으로 예상
 - 2016년 1월부터 기업 활동 및 매출에서 석탄 관련 사업이 30% 이상을 차지하는 기업에 대한 투자를 회수할 계획이며 대상 기업에 채굴업체뿐만 아니라 전력회사도 포함
 - 네덜란드연기금 등 유럽의 대규모 기관투자자들도 노르웨이의 선례를 따를 것으로 예상

자료: 1) The Guardian (2015.5.19), The rise and rise of the fossil fuel divestment movement, ;
 2) 김경훈 (2015), “뜨거운 감자로 떠오른 석탄산업,”(EU Brief), 연세-SERI EU센터



보고, 3절에서는 석탄 규제의 영향을 제시하며, 4절에서는 한국 기업의 기회 등 시사점을 제시하고자 한다.

2. G2의 석탄 규제 현황

가. 미국

1) 석탄 규제가 지속될 것으로 예상하는 이유

2017년 트럼프 미국 대통령은 전임 오바마 대통령이 추진한 청정발전계획을 폐지하는 행정명령을 발표했다. 청정발전계획에는 석탄의 생산을 규제하고 석탄발전 비중을 줄이는 내용이 포함되었다. 그러나 다음과 같은 이유로 미국 내에서 석탄에 대한 규제가 계속될 것으로 예상된다. 첫째, 고용 측면에서 석탄의 중요도가 낮아지고 있다. 이미 미국 내 고용 창출 측면 등에서 이미 석탄은 신재생에너지에 뒤처지고 있다. 미국 내 태양광 발전산업에서 일하고 있는 노동자는 37만4000명이며 이중 정규직 인력도 26만명이다. 또한 풍력 발전산업에서 일하는 노동자도 10만 2000명이다.⁵⁾ 그러나 석탄 채굴 등에는 기계화가 이루어져 석탄 관련 고용은 16만명에 불과

하다. 태양광과 풍력 근로자 수가 화석연료 산업의 3배 이상이기 때문에 석탄보다는 신재생에너지 육성이 미국 경제에 도움이 될 것이다. 또한 가스가격 안정으로 가스발전의 경제성이 있기 때문에 석탄발전 보다는 가스발전으로의 전환이 지속적으로 진행될 것이다.

둘째는 미국 기업의 에너지 관련 기술 장악력 때문이다. 미국 기업인 GE는 가스발전용 터빈에 대한 시장 장악력이 강하다. 석탄 발전용 터빈은 비교적 기술 수준이 낮아 중국 기업들이 시장을 장악했으나, 가스발전용 터빈은 기술 수준이 높아 GE(미), 지멘스(독) 등 선진국 기업이 주도하고 있기 때문이다. 또한 대형 풍력발전용 모터도 GE윈드가 세계3위 점유율(9.1%)로 신재생에너지 수요가 커질 경우 GE가 대표적 수혜를 받을 수 있다. 따라서 부가가치가 낮고 환경오염 등의 문제가 있는 석탄 생산에서는 손해를 볼 수 있지만 고부가 산업인 가스터빈과 풍력발전기 등에서는 이익을 얻을 수 있어 미국 전체로 보면 경제적 이익은 커질 수 있다. 이렇듯 미국은 고용과 기업의 이익 측면에서 석탄을 규제하는 것이 여전히 유리하다. 따라서 본고에서는 기존의 청정발전계획 하에 중장기적으로 석탄의 위축이 지속될 것으로 예상하고 현황 및 전망을 제시하고자 한다.

〈표 3〉 주요 기업의 가스터빈(대형+중소형) 시장 점유율 (2007~2011)

GE	지멘스	MHI	MAPNA	Alstom	Ansaldo	기타
39%	24%	8%	6%	5%	3%	15%

주: MHI와 히타치의 화력발전 사업부문이 2014년에 통합되어 시장점유율은 11%로 증가
 자료: 이미혜, 박동원(2014), "세계 전력산업의 주요Player 분석," 한국수출입은행.

5) US Department of Energy (2017), 2017 U.S. Energy and Employment Report.



2) 석탄 사용과 온실가스 배출 현황

미국은 2000년대 중반까지 세계 최대 온실가스 배출국이었으나 2007년 이후 배출이 감소세로 전환되어 현재는 중국의 배출량을 하회하고 있다. 2013년 미국의 온실가스 배출량은 66억 7,300만톤으로 사상 최고치를 기록했던 2007년의 74억톤 대비 9.8% 감소한 수준이다. 산업별로 배출되는 온실가스의 경우, 발전부문이 31.3%, 운송 부문 27.1%, 제조업 20.9%, 농업 8.8%의 비중을 차지한다. 발전부문에서 발생한 이산화탄소의 77% 이상을 석탄 발전에서 배출하고 있다. 미국의 2013년 발전 원료별 이산화탄소 배출량을 살펴보면 석탄 15.8억CO₂톤, 가스 4,419만CO₂톤, 석유 224만CO₂톤의 순서이다.⁶⁾

2014년 미국의 석탄 생산량은 10억톤, 수출량은 생산 대비 9.7%로 미국은 주요 석탄 생산국이다. 1차 에너지 소비(Primary Energy Demand) 중 석탄은 19.8%를 차지한다.⁷⁾ 특히 선진국임에도 불구하고 전력 생산 중 석탄이 차지하는 비중이 약 40%로 1위 전력 공급원이다. 미국의 발전원별 비중을 살펴보면 석탄 38.8%, 가스 27.6%, 석유 0.7%, 원자력 19.5%, 수력 6.2%, 신재생 6.8%, 기타 0.3%의 순서이다.⁸⁾ 그러나 셰일가스 개발로 천연가스 가격이 낮아져 가스발전이 늘어나고 석탄발전 비중은 감소하고 있는 것이 특징이다.⁹⁾

3) 석탄 규제 정책과 영향

2013년 6월 오바마 전 미국 대통령은 배출량 감축과 청정에너지 확대 정책의 일환으로 기후행동계획(Climate Action Plan)을 발표했다. 기후행동계획은 미국 내 탄소배출량을 줄이고 기후변화의 영향에 대비하며 국제사회의 기후변화 대응 노력을 주도하는 것을 목표로 한다. 배출량 감축방안으로 발전부문 배출량 감축 및 청정에너지 활용, 운송 분야의 혁신, 에너지 낭비 개선, 이산화탄소 외 온실가스 배출 감축 등을 제시하였다.¹⁰⁾ 전력 부문에서 석탄 등 화석 연료의 사용 규제도 시작되었다. 2013년 9월 EPA는 기후행동계획 발표 이후 세부 정책으로 신규 발전소에서 발생하는 탄소 배출량을 제한하기 위한 탄소 배출량 규제안(Carbon Pollution Standard)을 발표했다.

미국은 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 2025년 온실가스 배출량을 2005년 대비 26~28% 감축한다는 계획을 제출했다. 기존 계획에 더하여 2015년 11월 백악관은 2025년까지 연방정부 관련 기관에서 배출되는 온실가스를 2005년 대비 41.8% 감축할 것을 선언했다. 연방정부의 감축계획은 36만개 연방건물과 65만개 차량, 관련 공급 네트워크에 일괄적으로 적용될 계획이다.

미국 환경보호청(EPA)은 2030년 미국 내 발전소의 온실가스 배출량을 2005년 대비 32% 감축하겠다는 CPP를 발표했다. 2014년 발표한 기존안에서는 2005년 대비 30% 감축이었으나, 2015년 8월 수정안에서 32%로 확대한 것이다. 발전부문의 탄소 배출

6) EPA (2015), Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks:1990-2013
7) IEA(2015), World Energy Outlook 2015
8) EIA (2015), Short-term Energy Outlook (November).
9) 발전 비중(06년 →14년): 석탄 49.1%→38.8%, 가스 20.2%→27.6%
10) 황은주, 최윤혁, 김종대 (2016). "기후변화정책 우선순위 연구." 한국환경과학회지 25(4), 589-601.



감축량을 늘린 반면, 재생 가능 에너지 발전 비중 목표를 기존의 22%에서 28%로 상향 조정했다.

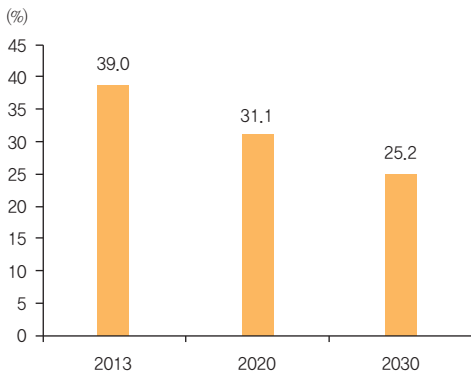
CPP는 모든 화석연료를 이용한 발전을 대상으로 하고 있지만 현실적으로 석탄발전을 감소시킬 것이다. 우선 CPP는 석탄발전에 대한 신규 및 수명 연장허가를 제한했다. 신규 석탄발전소에 대해 온실가스 배출 계수 상한선을 천연가스 발전 수준으로 설정해 이를 충족하는 석탄 발전소에 한해서만 신규 건설을 허용함으로써 사실상 신규 석탄 발전소의 건설을 금지한 것이다. 가스발전은 상대적으로 석탄발전에 비해 온실가스 배출량이 작고 세일봄으로 인해 가스가격이 낮아졌기 때문에 확대가 기대된다. 이미 2013년 미국 수출 입은행은 해외 석탄화력 발전에 대한 금융지원을 제한했다.

미국의 청정발전계획이 계획대로 진행되면 석탄 발전 비중은 하락하고, 가스발전과 신재생에너지 비

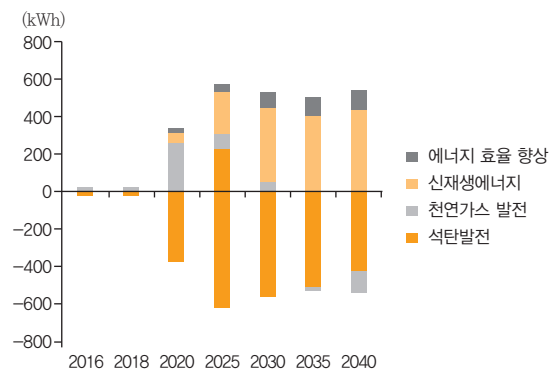
중이 크게 증가할 것이다. 미국 전력 생산(Electric Generation) 중 석탄발전이 차지하는 비중은 2013년 39%에서 2030년 25.2%로 하락할 전망이다. 2030년 가스발전이 차지하는 비중은 31.2%, 신재생에너지(수력 제외) 비중은 18.7%¹¹⁾로 증가할 것이다.

2020년까지는 가스발전 증가가 석탄발전의 대체를 주도하고, 2025년 이후에는 신재생에너지 증가가 두드러질 것이다. 미국 에너지정보청(EIA)의 기존 전망(AEO 2015)에서 2020년 가스발전량은 1조 1,170 억kWh이었으나 청정발전계획 실행 시(CPP시나리오) 2,650억kWh 더 증가할 것으로 전망된다. 청정발전계획에 따라 2030년으로 갈수록 신재생에너지 증가가 전체 전력 생산 증가를 이끌 것이다. 기존 전망(AEO 2015)에서 2030년 풍력과 태양광 발전량은 각각 2,450억kWh, 710억kWh이었으나 청정발전계획 실행 시(CPP시나리오) 각각 5,620억kWh, 1,480

[그림 1] Clean Power Plan 하의 석탄 발전 비중



[그림 2] 기존 발전량 전망치와의 비교



자료: EIA (2015). Analysis of the Impacts of the Clean Power Plan.

11) 발전 비중(13년 →30년): 풍력 4.1%→12.3%, 태양광 0.5% → 3.2%



억kWh로 약 2배 이상 증가할 것으로 전망된다. 또한 2030년 가스발전량도 1조 4,290억kWh으로 증가할 것이다. 이렇게 CPP의 이행으로 석탄발전이 줄어들면서 미국 내 전력 생산으로 배출되는 이산화탄소는 2013년 20억 5,300만톤에서 2020년 18억 1,400만톤, 2030년 15억 9,600만톤으로 감소할 것으로 전망된다.

나. 중국

1) 석탄 사용과 온실가스 배출 현황

중국은 2000년대 고성장으로 인해 온실가스 배출도 급증하여 2007년부터 미국을 제치고 세계 1위 온실가스 배출국이 되었다. 2011년 중국의 이산화탄소 배출량은 90억 1,952만톤, 2014년 91억 3,490만톤으로 세계 1위 배출국이다.¹²⁾ 2002~2011년까지 기간 중 전 세계 온실가스 증가의 1/3 이상을 기여했다.

또한 중국은 세계 1위의 석탄 소비국이자 세계 1위 수입국으로 석탄에 대한 에너지 의존도가 높다. 2014년 중국의 석탄 소비량은 19억 6,240만TOE로 2위 소비국인 미국(4억 5,340만TOE)의 4배 이상이며, 2013년 석탄 수입은 3.6억톤으로 세계 1위이다.¹³⁾ 전체 에너지 소비(Primary Energy Demand) 중 석탄 소비가 67.6%를 차지하고 있고, 특히 전력 생산 중 석탄발전이 차지하는 비중은 절대적이다. 중국의 석탄 발전 비중은 2013년 75.4%로 압도적인 1위 전력 공급원이다.¹⁴⁾

2) 석탄 규제 정책과 영향

중국의 석탄규제는 석탄에 대한 에너지 의존도 감소와 사용하는 석탄에 대한 품질관리의 2대 과제로 구분할 수 있다. 중국정부는 석탄소비 총량 통제, 석탄화력 발전소 신규 건설 규제 등을 통해 석탄의존도를 낮추겠다는 목표를 세웠다. ‘에너지발전전략 행동계획(2014~2020)’, ‘대기오염방지 행동계획(2012~2017)’ 등 중장기 계획에 다수의 석탄 규제가 포함된다. 또한 채굴되거나 발전에 사용되는 석탄의 품질을 관리하여 과도한 석탄사용으로부터 야기되는 대기오염 억제와 탄소배출 감축을 실현할 방침이다. 석탄 채굴, 수입, 판매 유통, 사용 등의 과정에 대한 관리규정을 마련하였다.

가) 석탄 의존도 하락을 위한 중장기 정책

중국정부는 석탄의존도를 낮추려는 중장기 전략도 세웠다. 2014년 11월 중국정부는 에너지 발전 및 구조 개선을 위한 ‘에너지발전전략 행동계획(2014~2020)’을 발표했다.¹⁵⁾ 석탄소비 총량을 제한하여 2020년까지 중국 내 석탄소비 비중을 62% 이하로 억제하려는 계획이다. 석탄소비 비중을 2014년 68%에서 2017년에 65%로 2020년에는 62% 이하로 줄이는 것을 목표로 하였다.

이를 위해 경제발전지역과 중대형 도시를 중심으로 석탄을 사용하는 주요 분야에서의 석탄소비를 제한할 것이다. 중국 석탄 사용의 44%를 차지하는 12개 지역의

12) 외교부 (2017), 전세계 CO₂ 배출량 통계 (2014년 기준).

13) BP (2015), BP Statistical Review of World Energy June 2015

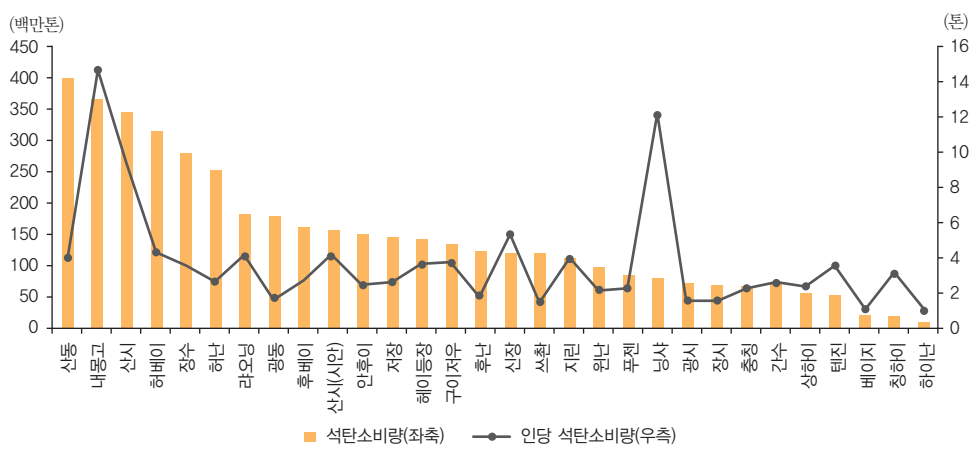
14) 발전원별 비중: 석탄 75.4%, 수력 16.6%, 신재생(바이오에너지 포함) 3.8%, 원자력 2.1%, 가스 2%, 기타(석유 포함) 0.1%

15) 中國國務院, “能源發展戰略行動計劃(2014~2020年),” (2014.11.19)



석탄 소비를 줄이고 2020년까지 655Mt의 석탄 소비량 감축 목표를 발표했다. 2017년까지 베이징시 1,300만 톤, 텐진시 1,000만 톤, 허베이성 4,000만 톤, 산둥성은 2,000만 톤의 석탄소비를 줄일 것을 명령했다.

[그림 3] 중국 지역별 석탄소비 규모 및 인당 소비량



자료: CEIC

나) 석탄화력 발전 직접 규제

또한 석탄화력 발전소의 신규건설을 금지하는 동시에 풍력 등 대체 청정에너지 발전을 확대할 계획이다. 2013년 중국정부는 ‘대기오염 방지 행동계획’을 발표하고 석탄화력 발전소 신규건설 비준 금지, 석탄 연소 보일러 퇴출 등의 조치를 시행했다. 중국 3대 오염심각 지역 내 석탄 자가발전소를 구비한 신규 건설 프로젝트를 불허하고 석탄화력 발전소 신규건설 비준을 금지했다. 또한 기존 석탄화력 발전소의 노후 발전설비 개조를 통해 석탄소비 효율성을 제고하여 소비총량을 억제한다는 방침이다. 기존 석탄화력 발전소의 60만kW(풍

냉식 제외)이상 발전기를 대상으로 노후 발전설비를 개조하여 석탄 소비수준을 5년 이내 약 300g/kWh 미만으로 억제할 것이다.

다) 석탄 품질 개선 정책

중국정부는 석탄 품질개선 정책도 시행하고 있다. 중국에서 판매, 유통되는 석탄의 품질관리 규정을 강화하여 낮은 품질의 석탄이 무분별하게 유통 및 소비되는 것을 억제하고 있다. 2015년부터 석탄의 품질관리와 석탄 수입업체에 대한 규제를 강화하는 ‘상품석탄 품질관리임시방법(商品煤質量管理暫行办法)’을 시행했다.¹⁶⁾

16) “《商品煤質量管理暫行办法》明年1月1日起施行.” (2014.9.16), 『中國政府網』, (http://www.gov.cn/xinwen/2014-09/16/content_2751170.htm)



단번에 석탄소비량을 줄이는 것에는 한계가 있어, 소비되는 석탄의 품질규제를 통해 무분별한 사용 및 오염 문제를 개선하려는 의도이다. 유통되는 모든 석탄에 대한 품질검사 및 보고의무를 강화하고, 불이행시 형사처벌까지 가능한 강도 높은 규정을 마련했다. 갈탄의 회분과 유황 함량은 각각 30%와 1.5% 이하, 기타 상품석탄의 경우 회분과 유황 함량은 40%와 3% 이하로 규정하고, 수은, 비소, 인, 염소, 불소 등의 함량도 제한했다. 특히, 수입석탄의 경우에는 항구 검수 및 검역기관이 매년 1회 품질을 분석해 결과를 품질 검수검역부처에 보고하도록 의무화했다.

2015년에는 석탄의 생산과 수입까지 규제하는 '대기오염방지법(大氣汚染防治法)'을 15년만에 개정¹⁷⁾하고 석탄 품질관리 수준을 강화했다. 2015년 9월 대기오염방지법을 개정하고, 오염을 야기하는 일정 기준 품질 이하의 석탄에 대한 채굴 또는 수입을 금지했다. 특히 관련

법률 위반시의 처벌수위 및 벌금규모를 기존 대비 더욱 강화하여 저품질의 석탄소비 억제를 도모하고 있다. 각 지방정부에 기존 이하의 석탄을 채굴하는 광산에 대한 폐쇄 명령 권한을 부여했다. 또한 불법으로 저품질의 석탄을 수입한 수입업자 및 관련 유통업자들에게 상품가치의 1~3배까지를 벌금으로 부과한다.

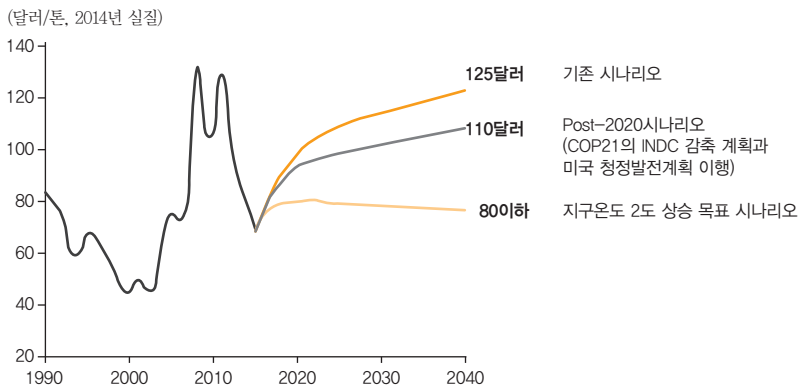
3. 석탄규제의 영향

가. 석탄 수출국 경제에 충격

1) 석탄 가격의 완만한 상승과 수출 둔화가 예상

각국이 제출한 INDC 감축 계획과 미국의 청정발전계획이 목표대로 이뤄진다면 2040년까지 석탄가격은 기

[그림 4] 시나리오별 석탄 가격 전망



자료: IEA (2015), World Energy Outlook 2015

17) 1988년 제정된 이후, 1995년, 2000년에 이어 3번째 개정



존 전망에 비해 완만히 상승할 것이다. 2040년 석탄가격은 기존의 수급과 온실가스 감축 계획을 고려 시(기존 시나리오) 125달러/톤으로 전망되지만 새로 도입될 석탄 규제를 고려하면(Post-2020 시나리오) 110달러/톤으로 전망된다.

국제에너지기구(IEA)의 Post-2020 시나리오 하에서 전 세계 석탄 수출량은 기존 전망 보다 2020년 6.4%, 2040년 27.5% 감소할 것으로 전망된다. 세계 석탄 수출량(Net Export 기준)은 2013~2020

년 연평균 0.8%, 2020~2040년 0.6% 증가해 지금까지(2000~2013년)의 증가율 6.6% 보다 증가세가 크게 둔화될 전망이다. 전 세계 석탄 수출량은 2013년 1,084Mtce, 2020년 1,143Mtce, 2040년 1,291Mtce 증가하는데 그칠 것이다. Post-2020 시나리오 하에서 2040년 석탄 수출량은 기존 시나리오에 비해 489Mtce 감소할 것으로 예상된다. 2040년 석탄 소비와 생산 모두 기존 시나리오 전망치에 비해 21.4% 감소할 것으로 전망된다.

〈표 4〉 석탄 규제 시나리오별 전 세계 석탄 수급 전망

(단위: Million Metric Tons of Carbon Equivalent)

구분	2013	Post-2020 시나리오(A)		기존 시나리오(B)		차이 (A-B)	
		2020	2040	2020	2040	2020	2040
소비	5,613	5,762	6,306	6,040	8,026	-278	-1,720
생산	5,723	5,762	6,305	6,039	8,026	-277	-1,721
수출	1,084	1,143	1,291	1,221	1,780	-78	-489

자료: IEA (2015), World Energy Outlook 2015

2) 석탄수출국 경제의 부진 지속 가능성

석탄 사용 둔화로 인해 석탄 수출 비중이 큰 자원부국인 인도네시아, 호주 경제의 부진이 우려된다. 인도네시아, 호주는 각각 석탄 생산에 있어 세계 3, 4위 국가이지만, 석탄 수출은 세계 1, 2위 국가이다. 인도네시아와 호주는 2013년 전 세계 석탄 수출에서 각각 33%, 30%의 비중을 차지한다. 인도네시아는 2013년 5억 3,861만톤의 석탄을 생산하여 86.8%(4억 6,774만

톤)을 수출했다. 호주는 2013년 4억 5,147만톤의 석탄을 생산하여 87.4%(3억 9,470만톤)을 수출했다.¹⁸⁾

인도네시아와 호주 경제는 자원의존도가 높아 주요 수출 품목인 석탄가격의 안정세와 석탄 수출 둔화로 인해 장기 부진에 빠질 우려가 있다.

나. 발전원의 변화

1) 가스발전 증가

18) EIA, international Energy data and analysis (www.eia.gov/beta/international).



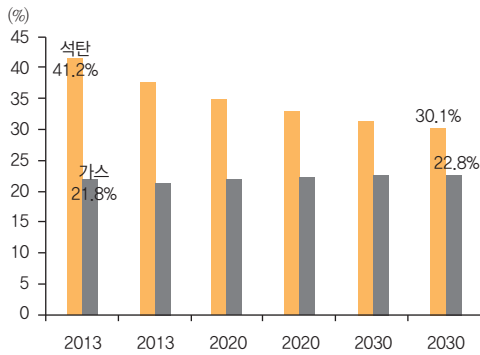
석탄발전 규제로 인해 전 세계에 신규 가스발전이 증가할 것이다. 전 세계 석탄발전 비중은 2013년 41.2%에서 2040년 30.1%로 하락하지만 2040년 가스발전 비중은 22.8%로 증가할 것으로 전망된다. 가스발전은 2013~2040년 전체 발전량 증가분의 24.4%를 기여할 것이다. 기간을 조금 더 구분해 본다면 2025년까지 가스발전이 신규 발전설비 증가를 주도할 것이다. 2025년까지 가스발전 신규 설치는

705GW로 전체 증가분의 25.7%를 기여할 것이다.

2) 신재생에너지 발전 증가

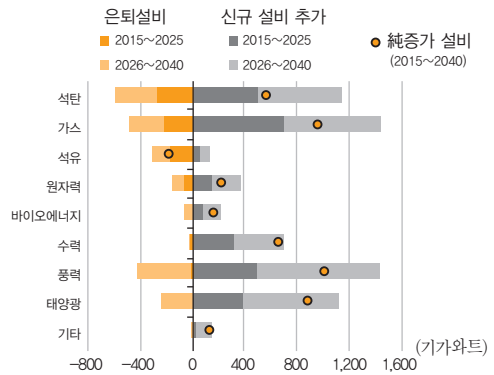
석탄사용 규제로 인해 가스발전이 증가하겠지만 결국 온실가스 배출이 적은 신재생에너지가 중장기적인 대안으로 부상하며 발전량과 비중이 급증할 것이다.

[그림 5] 석탄 발전과 가스 발전 비중 전망



자료: IEA (2015), World Energy Outlook 2015

[그림 6] 발전원별 설비 추가 비교



<표 5> 전 세계 신재생에너지 전력 생산량(Electricity generation)

(단위: TWh, %)

구분	2013	2020	2030	2040	비중		연평균 증가율
					2013	2040	2013~40
풍력	635	1,407	2,535	3,568	2.7	9.0	6.6
태양광	139	494	976	1,521	0.6	3.9	9.3
바이오에너지	464	728	1074	1,454	2.0	3.7	4.3
지열	72	116	229	392	0.3	1.0	6.5
태양열	5	27	96	262	0.0	0.7	15.4

자료: IEA (2015), World Energy Outlook 2015



2013~2040년 신재생에너지 발전량은 연평균 6.5% 증가할 것으로 예상된다. 대표적 신재생에너지인 풍력과 태양광은 각각 연평균 6.6%, 9.3%의 고성장이 전망된다.

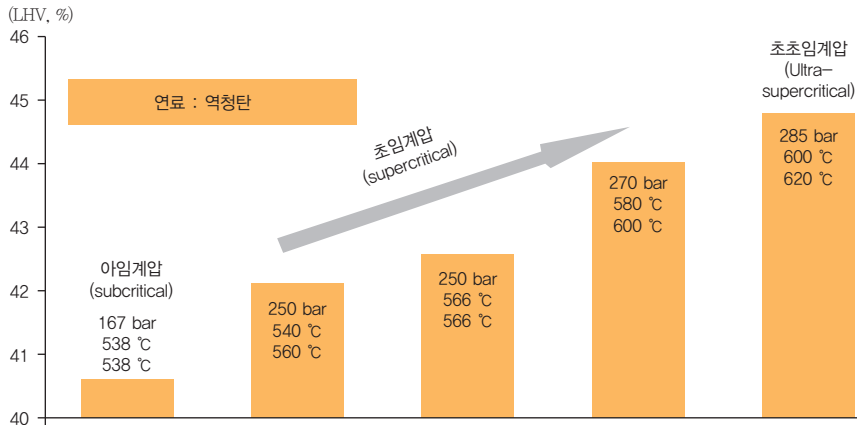
이로 인해 전 세계 발전 중 신재생에너지(풍력, 태양광, 바이오에너지, 지열, 태양열) 발전 비중은 2013년 5.6%에서 2020년 10.2%, 2030년 14.8%, 2040년 18.2%로 증가할 것이다. 2040년 신재생에너지의 발전 비중은 풍력 9%, 태양광 3.9%, 바이오에너지 3.7%, 지열 1%, 태양열 0.7%로 전망된다.

다. 온실가스 배출 감축 기술 보급 확대

1) 석탄의 온실가스 배출을 줄이는 기술 발달

석탄을 사용하더라도 온실가스, 대기 오염 물질을 적게 배출하게 하는 친환경 석탄발전 기술의 보급이 확대될 것이다. 초초임계(Ultra-supercritical) 석탄화력 등 석탄을 사용하더라도 효율성을 높여 온실가스 배출과 오염물질 배출을 줄이는 석탄발전이 증가할 것이다. 터빈에 유입되는 증기의 온도와 압력이 높을수록 발전

[그림 7] 석탄발전 종류별 발전 효율성



자료: Power-technology(<http://www.power-technology.com/projects/yuhuancoal/yuhuancoal6.html>)

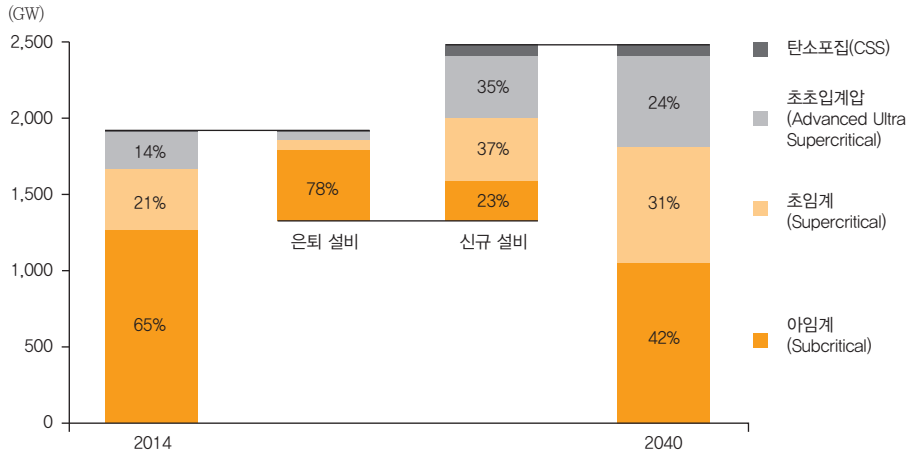
효율이 높아지며, 통상 초초임계압은 압력이 285kg/cm² 이상, 증기온도가 600도 이상이다.

전체 석탄발전 중 초초임계압 발전 비중은 2013년 14%이나, 2040년 24%로 증가할 것으로 전망된다. 2013~2040년까지 신규 설치되는 석탄발전 설비 중 초초임계압 발전이 35%를 차지할 것이다.

또한 화석연료를 일정 조건에서 가스화하여 오염물질이 대폭 감소된 상태로 연료화해 발전 효율을 향상시키는 석탄가스화 복합발전(IGCC)도 늘어날 것이다. IGCC는 기존의 석탄연소방식에 비해 3~10%의 발전효율을 향상시키고, 아황산가스와 질소산화물을 90% 이상 감소시키는 것으로 추정된다.



[그림 8] 석탄발전 기술별 전력 생산량과 비중



자료: IEA (2015), World Energy Outlook

저품위 석탄에서 수분을 제거하고 사탕수수, 당밀, 글리세롤 등 바이오연료로 채워 발전 효율을 높이는 하이브리드 석탄의 개발도 늘어날 것이다. 하이브리드 석탄을 50만kW급 석탄발전소에 이용하면 발전효율은 2% 향상되고 이산화탄소 배출량은 6~10% 감소한다.¹⁹⁾ 기존 화력발전 설비를 그대로 이용할 수 있는 장점이 있다.

2) 탄소포집 기술의 발전

기배출된 이산화탄소를 줄일 수 있는 방안인 탄소포집저장(CCS: Carbon Capture and Storage) 기술과 관련 플랜트 설치가 증가할 것이다. CCS는 대량 발생

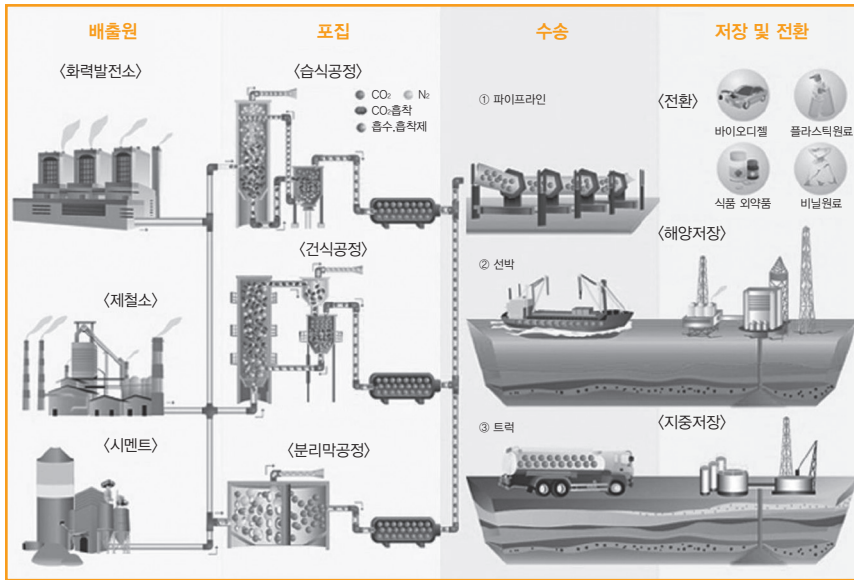
원으로부터 포집한 CO₂를 압축·수송한 후에 육상 또는 해양 地中에 저장하거나 유용한 물질로 전환하는 일련의 과정을 통칭한다. 지금까지는 천연가스 채굴 시 배출되는 이산화탄소 포집을 위해 주로 사용되고 있지만, 발전 분야에도 적용되는 추세이다.

2015년 전 세계적으로 42개의 대규모 CCS 프로젝트가 추진 단계에 있으며, 2021년 CCS 플랜트 용량은 2014년 대비 4배 이상 늘어날 전망이다.²⁰⁾ 2014년 9개의 CCS 플랜트가 건설 중이며, 33개 CCS 프로젝트가 기획 중이었다. 운영 중인 CCS 플랜트는 2014년 13개에서 2021년 55개로 증가할 전망이다. CCS 설비 용량은 2014년 2,660만톤에서 2021년 1억 780만톤으로 확대될 것이다.

19) 이동욱 (2014), "하이브리드 석탄의 개발 현황," 「유기성자원학회 춘계학술대회」, 2014년5월, 서울: 동국대
 20) Global CCS Institute (2014), The Global Status of CCS 2014



[그림 9] CCS 개념도



자료: 한국 이산화탄소포집및처리 연구개발센터 홈페이지(www.kercr.re.kr)

4. 시사점

석탄의 사용을 규제하는 것은 전 세계적인 흐름이다. 트럼프 대통령이 파리 기후변화협약의 탈퇴를 선언했지만, 심지어 미국에서조차 석탄발전에서 가스발전 증가의 중간 단계를 거쳐 중장기적으로 신재생에너지로의 이동하는 흐름은 막을 수 없을 것이다. 최근 논란이 되고 있는 석탄발전 규제 시의 전기 가격 상승은 단기적으로는 미국, 중국을 포함한 전 세계 주요국에도 발생할 것이다. 그러나 신재생에너지 보급이 확대되면서 신재생 발전 단가가 하락하여 에너지 믹스의 변화(석탄→신재생)가 전체 전기가격 상승에 미치는

영향은 미미해질 것이다. 이미 태양광이나 해양 풍력은 많은 국가에서 그리드 패리티(Grid Parity)에 도달했다. 또한 석탄 규제로 인한 전기 가격의 추가 상승은 기후변화로 인해 발생할 다양한 사회적 비용을 고려해볼 때 감내할만한 수준일 것으로 판단된다. Holland & Watkiss (2002)의 연구 결과²¹⁾에서는 이산화탄소 배출의 사회적 비용을 18.49유로/톤CO₂로 추정할 정도이다.

따라서 한국은 석탄 규제를 글로벌 트렌드로 인식하고 이에 대응해 다양한 기회요인을 포착할 필요가 있다. 우선적으로 석탄 규제로 인한 가스발전 증가로 복합화력 발전소 건설, LNG 개발/생산/저장 플랜트 수

21) Holland, M and Watkiss, P. (2002), Benefits Table Database: Estimates of Marginal External Cost of Air Pollution in Europe, Created for the European Commission DG Environment.



요 증가할 것이다. 한국은 가스발전 관련 기술 노하우를 축적해 복합화력발전의 수주를 늘리도록 노력하고, LNG선에 대한 수요 증가에도 대비해야 한다. 신재생에너지 수요 증가로 풍력, 태양광 설치 및 개발 사업과 한국 기업이 경쟁력이 있는 에너지저장장치(ESS)의 사업 기회가 커질 것이다. 석탄 규제가 한국 기업에 기회가 되도록 민관이 함께 노력해야 할 것이다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

김경훈, “뜨거운 감자로 떠오른 석탄산업,” 「EU Brief」, 연세-SERI EU센터, 2015

아시아경제, “147개국 이산화탄소 배출 감축공약 제출,” 2015.11.03.

이미혜·박동완, “세계 전력산업의 주요Player 분석,” 한국수출입은행, 2014

외교부, “전세계 CO₂ 배출량 통계 (2014년 기준),” 2017

환경운동연합, “한국이 금융 지원한 석탄화력의 피해 비용 한해 10조 원,” 2014

황은주·최윤혁·김종대, “기후변화정책 우선순위 연구,” 한국환경과학회지 25(4), 2016, 589~601.

〈외국 문헌〉

BP, BP Statistical Review of World Energy June 2015, 2015

EIA, Short-term Energy Outlook (November), 2015

EIA, Analysis of the Impacts of the Clean Power Plan, 2015

EPA, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks:1990-2013, 2015

Financial Times, Rich nations assess plan to slash billions from coal investment., 2015.11.9

Holland, M and Watkiss, P., Benefits Table Database: Estimates of Marginal External Cost of Air Pollution in Europe. Created for the European Commission DG Environment, 2002

IEA, World Energy Outlook 2015, 2015

McGlade, Christophe and Ekins, Paul, The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C., Nature, 517, 2015, pp. 187~190

The Guardian, The rise and rise of the fossil fuel divestment movement., 2015.5.19.

US Department of Energy, 2017 U.S. Energy and Employment Report, 2017

World Nuclear Association (2011). Comparison of Life cycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources.

中國政府網, “〈商品煤質量管理暫行办法〉明年1月1日起施行,” 2014.9.16.(http://www.gov.cn/xinwen/2014-09/16/content_2751170.htm)

中國國務院, “能源發展戰略行動計劃(2014~2020年),” 2014.11.19

〈웹사이트〉

EIA, International Energy data and analysis (www.eia.gov/beta/international).



CEIC (중국 데이터 전용 DB)

Power-technology (<http://www.power-technology.com/projects/yuhuancoal/yuhuancoal6.html>)

한국 이산화탄소포집및처리 연구개발센터 홈페이지
(www.kcrc.re.kr)