

2016년

학·연·산

연구성과
교류회



CONTENTS

신기후체제 하 미국의 기후-에너지 안보에 대한 정책 분석 및 전망

김효선 | 극지연구소 03

신기후체제와 독일의 재생에너지정책

박상철 | 한국산업기술대학교 23

파리협정에 따른 한국 석탄발전 산업의 추진 방향 및 전략

박희원 | 에너지홀딩스 51

신기후체제와 원자력에너지

안상욱 | 부경대학교 67

국제 에너지 기구와 글로벌 에너지 거버넌스의 변화 추이 및 전망

신상윤 | 에너지경제연구원 91

2016년

학·연·산 연구성과
교류회

> 신기후체제 하 미국의 기후-에너지 안보에 대한 정책 분석 및 전망

김효선 (극지연구소)



신기후체제 하 미국의 기후-에너지 안보에 대한 정책 분석 및 전망

김 효 선 (극지연구소)

I. 서론: 유가급락과 신기후체제 도래 이후 新글로벌 에너지 다이내믹스

국제원유시장은 실물경제에 기반을 두고 있지만 금융시장의 불확실성을 흡수하는데 취약한 구조를 가지고 있다. 따라서 유가의 변동성이 시장의 불확실성을 대변하는 프록시(PROXY)로 활용된다. 이러한 차원에서 글로벌 경제를 주도하는 주요 에너지상품 가격과 기후정책과 관련한 주요 경제지표를 비교하면, <표 1>과 같이 2014년과 2016년이 극명한 대조를 보인다. 유가2014년 11월은 2015년 경제전망을 위하여 유가에 대한 관심이 고조될 시기인데다 그 관심이 배럴 당 100달러를 상회할 것인지 아닌지에 집중되었었다. 이와는 대조적으로 2016년 2월 현재 유가는 2014년 11월의 1/3 수준인 배럴 당 30달러를 기준으로 하락할 것인지 아니면 반등할 것인지가 관건이다. 이렇게 유가를 비롯한 에너지가격은 2014년 11월 대비 크게 하락하였지만, 온실가스 규제에 대한 시장메커니즘 중의 하나인 배출권가격은 EU-ETS 배출권(EUA: EU Allowance)은 물론 청정개발체제 감축크레딧(CER: Certified Emissions Reductions)¹⁾ 또한 상승세에 있다. 물론 기후변화협약 당사국총회를 앞둔 11월 보다 하락한 가격이지만 2014년 보다 높은 가격을 유지하고 있다. 특히 CER은 2014년 보다 6배 가까이 가격이 상승함으로써 배출권시장의 연속성에 대한 지지대 역할을 하고 있다.

<표 1> 에너지 인덱스 비교: 2014 vs. 2016

| 주요 거래 상품 | Nov. 2014 | Feb. 2016 |
|---------------------|------------------------|--|
| 브렌트유 | \$91.75/bbl | \$33.56/bbl |
| 미국 서부텍사스 중질유(WTI) | \$88.58/bbl | \$30.94/bbl |
| 미국 헨리허브 가스 | \$3.93/MMBTU | \$1.93/MMBTU |
| 중국 석탄 | \$65.95/톤 | \$42.55/톤 |
| ICE 유럽 탄소배출권(EUA) | €5.74/tCO ₂ | €5.81/tCO ₂ (€8.67/tCO ₂) |
| ICE 청정개발체제 크레딧(CER) | €0.11/tCO ₂ | €0.63/tCO ₂ (€8.67/tCO ₂) |

출처: 블룸버그 ICE 거래가격(2016. 2. 3). 괄호안의 가격은 2015년 11월 거래가격임

2016년 2월 현재, 유가는 WTI 기준으로 배럴당 33.56달러로, 가장 근접한 가격대를 찾아 연도로 거슬러 올라가면 가장 최근이 1999년이다. 즉, 현재로 계산하면 사상유래 이러한 저유가 시대는 찾아보기 힘들다는 얘기가 된다. 그럼에도 불구하고 미국이 유가를 중심으로 에너지안보를 가장 중요한 정책이슈 중 하나로 다루는 이유는 에너지가격의 변동성이 자국 내 경제는 물론 군사, 외교, 정치, 사회에 미치는 파급효과가 광범위하기 때문이다.

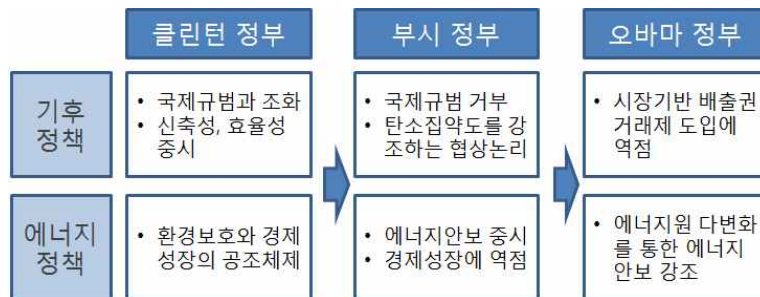
뿐만 아니라 신기후변화체제는 교토체제와는 달리 선진국 중심의 배출권거래가 아닌 글로벌

1) 유럽배출권 가격과 청정개발체제 크레딧 가격은 영국 상품거래소 ICE의 2016년 3월 만기물량에 대한 선물가격임.

탄소시장이 탄생하는 것을 의미하므로 미국도 여기에서 예외가 될 수 없다. 물론 신기후변화 체제에 대한 합의문 자체의 법적형태가 불분명한 상황이라 법적구속력에 대한 불확실성이 남아 있다.²⁾ 그러나, 법적 구속력이 없는 합의가 될지라도 당사국총회의 결정은 국가들의 행위에 영향력을 발휘하는 등 연성법(soft law)³⁾ 성격을 지닐 것으로 국제법 전문가들이 전망하고 있다. 특히 신기후변화체제에 대한 미국의 입장은 과거 교토의정서에 대한 태도와는 달리 중국과 기후변화에 관한 공동대응에 전격합의 하는 등 2025년까지 2005년 배출량 대비 26-28%를 감축하겠다는 계획을 발표하였다. 이는 지난 2001년 부시 정부가 교토의정서를 미국의 사회적 비용부담, 개도국 감축의무 배제, 의미있는 감축목표 수립의 실패 등을 이유로 탈퇴한 것과는 극명한 대조를 보인다.

이렇게 미국정부가 기후체제에 대해 선회한 배경에는 정하윤·이재승(2012)이 지적한 바와 같이, <그림 1>처럼 미 행정부의 기후정책과 에너지정책에 대한 기본적인 큰 틀의 변화를 들 수 있다. 오바마 정부는 과거 클린턴 정부와 같은 민주당 정권에 기반을 두고 있지만 보다 시장중심적인 정책기능에 역점을 두고 있다. 또한 신재생에너지 보급과 동시에 석탄사용을 규제하는 강제적 에너지원 다변화를 꾀하면서 에너지가격 안정성 보다는 공급안정성에 힘을 실어 주고 있다. 그 이유는 에너지가격의 변동성 또한 시장기능이 제대로 작동한다면 그 리스크를 시장에서 흡수할 수밖에 없고 셰일가스 영향으로 석유를 대체하는 효과가 과거대비 긍정적이기 때문이다. 즉, 에너지원간의 상대가격을 고려할 때 셰일가스의 등장이 연료대체를 용이하게 해줌으로써 전반적으로 감축비용을 줄여주는 효과를 가져왔기 때문이다.

<그림 1> 미 행정부의 기후정책과 에너지정책의 변화



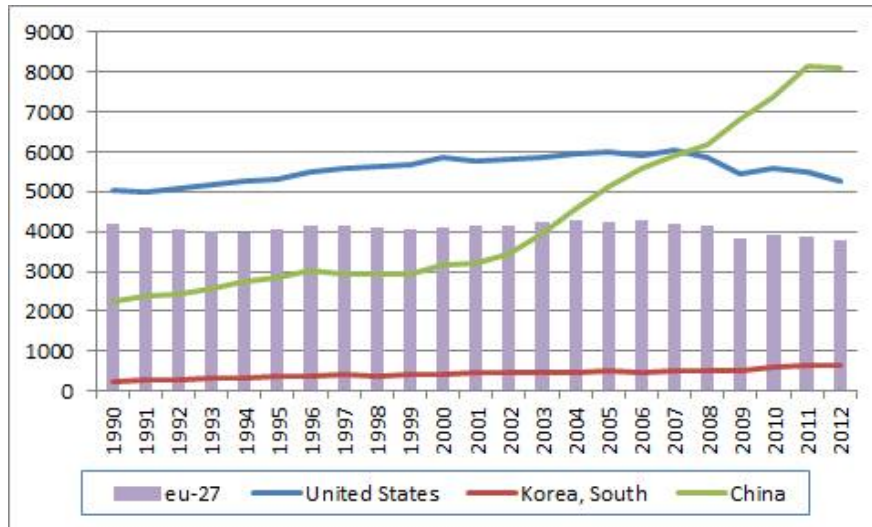
다음은 전 세계 온실가스 배출량 중 미국과 EU의 위상이 과거 대비 감소하고 있는 것도 미국이 지난 정부 대비 기후정책에 보다 적극적으로 대응하는 배경으로 작용한다. <그림 2>는 바로 이러한 현상을 보여주는 단면으로 미국과 중국의 배출추이가 극명한 대조를 이루고 있다. 즉, 셰일가스 수혜를 누린 미국이 온실가스 배출량이 급증하는 중국과 신기후변화체제에 공동대응키로 한 것은 단지 정치적인 합의만을 의미하지 않는다는 얘기다. 중국은 셰일가스

2) 신기후변화체제에 대한 합의문의 법적 형태는 기후변화협약과 교토의정서와의 관계 설정에 따라 달라질 수 있음. 예를 들어 의정서 또는 법적문서로 채택될 경우 법적 구속력이 발휘될 수 있음. 그러나, 신기후변화체제는 UNFCCC를 대체할 가능성은 낮으며 대신 교토의정서와 병렬적 형태 또는 교토의정서를 대체할 수 있음. 가장 유력한 것은 마라케쉬 합의문(2001년 제7차 당사국총회 합의문)과 같이 총회 결정으로 법적 구속력을 발휘하는 것임.

3) 준법률문서(quasi-legal instrument)를 지칭함. 연성법이라고 해서 법적 구속력이 전혀 없다는 것은 아니며, 국제입법과정의 산물은 아니지만 준입법과정(quasi-legislation process)에 속한다고 보는 것이 현실적인 인식이라 볼 수 있음.

매장량이 미국 다음으로 많다. 결국 미국은 중국으로의 셰일가스 관련 기술이전을 염두에 두고 있고, 중국은 온실가스 감축을 셰일가스로 실현한다는 수혜를 기대한다는 것이다.

<그림 2> 미국과 중국의 에너지 기반 온실가스 배출량 추이(단위: 백만톤)



출처: IEA(2015)

이와 같이 미국의 에너지정책과 기후정책은 에너지원의 다변화와 공급원의 다변화를 통한 에너지안보에 근간을 두고 있다. 단지 80년대와 90년대의 오일쇼크를 경험할 때의 에너지안보와 다른 점은 글로벌 경기침체로 인하여 달러강세가 더욱 심화되었다는 점이다. 즉, 유가가 미시적 차원의 에너지비용 상승 또는 감소를 뛰어넘어 주요 거시경제지표로 자리매김을 하게 됨에 따라, 달러화 대비 신흥국들의 환율변동성이 글로벌경제의 기초체력을 약화시키는 요인으로 작용하고 있다. 이러한 맥락에서 오바마 행정부는 2011년 12월 국무부 내에 에너지자원국(Bureau of Energy Resource)을 신설하는 등 에너지 협력외교를 추진하고 있다.

본 연구에서는 미국의 기후정책과 에너지정책 동향을 통하여, 그 근간이 되는 에너지안보 전략을 분석하고 국내 에너지협력 기반구축에 필요한 외교적 차원에서 시사점을 도출해보고자 한다.

II. 에너지안보의 경제사회적 의미

1. 정치·경제적 의미의 에너지안보

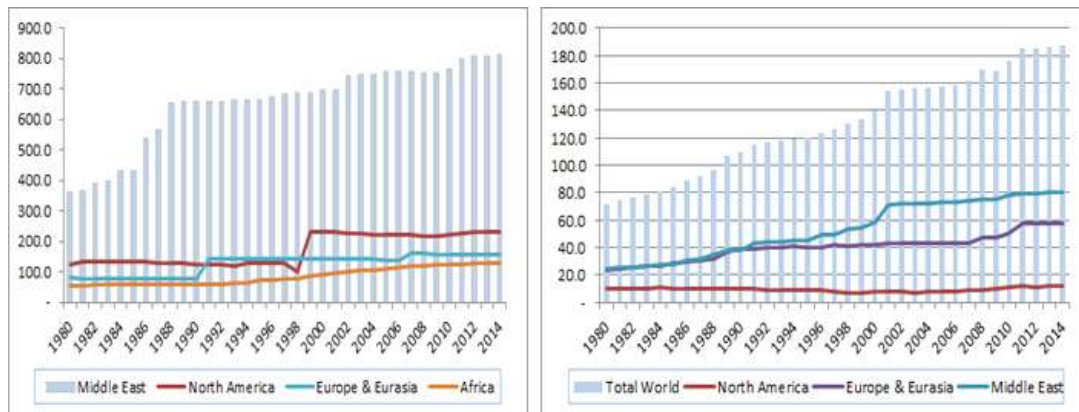
에너지안보의 정치·경제적 의미는 미시적 접근과 거시적 접근으로 나뉜다. Bohringer and Bortolamedi(2015)가 제시한 에너지안보 지표에는 1차 에너지에 대한 의존도, 1차 에너지 수입 의존도, 에너지 수송방식에 대한 의존도 등이 있다. 이러한 지표는 미시적 접근에서 에너지안보를 1차 에너지 수입비용과 수송에 따른 리스크로 정량화했다는 데 의의가 있다. 반면 공급과 관련한 에너지안보는 매장량 자체의 증감과 추가공급이 탄력적인지에 따라 달라질 수 있다. 이러한 미시적인 접근방식은 에너지안보 위협요인으로 인하여 에너지비용이 상승하고 궁

극적으로는 생산비용이 증가함에 따른 자국의 경쟁력 저하에서 그 효과를 제한하게 된다. 그러나, 에너지안보에 대한 재해석은 달러약세 혹은 달러강세로 이어지는 파급효과, 즉 글로벌 경제에 미치는 영향에 더 비중을 둔다. 따라서, 본 장에서는 미시적 접근과 거시적 접근방식을 통하여 미국의 에너지안보 위협요인과 파급효과에 대하여 인과관계를 설명하고자 한다.

미시적 접근 차원에서의 미국의 에너지안보는 공급안정성과 가격안정성에 주안점을 둔다. 미국은 에너지 집약적인 산업구조를 가진 세계적인 에너지 다소비국가로서, 높은 화석연료 의존도를 보이며, 그 대부분을 해외수입에 의존하고 있다. 따라서 에너지비용이 에너지수입원에 따라 크게 좌우되는 구조를 안고 있다. 이는 에너지안보가 자국의 경제에 미치는 영향이 직접적임을 의미한다.

미국의 공급안정성 차원의 에너지안보는 글로벌 에너지시장의 매장량 추이에 자국 내 유가스전의 매장량에 따라 변화한다. BP가 Energy Outlook 2035(2015)에서 제시하는 석유 매장량 추이는 다음 <그림 3>과 같이 1980년대 석유파동 이후 유전개발에 대한 투자급증을 보이다가 이후 완만한 증가세에 있다. 특히 북미지역의 증가세가 2000년을 기점으로 크게 두드러진다. BP(2015)에 의하면, 2035년 세계 원유시장의 1/3을 미국, 러시아, 사우디아라비아가 공급할 것으로 전망되고, 이러한 추세가 계속 될 경우 미국은 2021년에 에너지 자급자족이 가능할 것으로 전망된다. 한편 OPEC의 원유시장에서의 시장점유율은 2013년과 비슷한 수준인 40%를 2035년까지 유지할 것으로 보인다.

<그림 3> 세계 석유매장량(左) 및 가스매장량(右) 추이(단위: 십억 배럴(左), TCM(右))

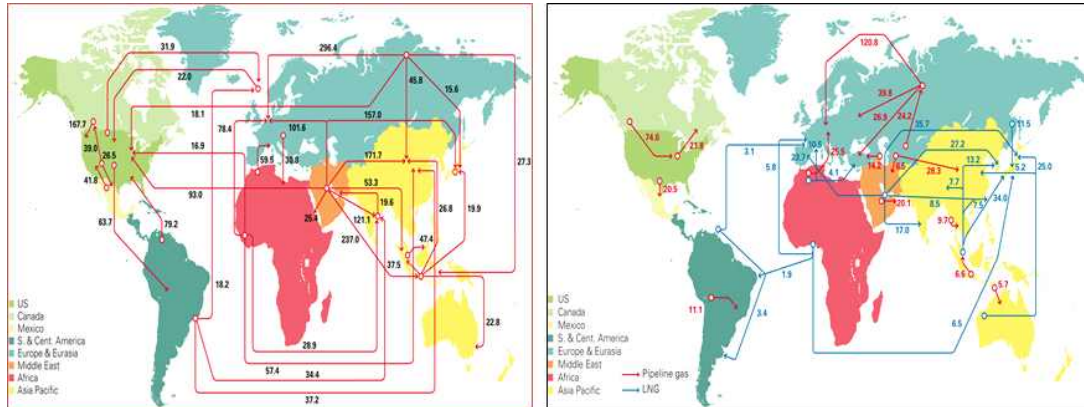


출처: BP(2015)

이와는 달리 천연가스 매장량은 북미 셰일가스 붐에도 불구하고 러시아와 중동의 매장량이 73.8%(2014년 기준)에 달한다. 특히 천연가스는 석유와는 달리 배관망 및 저장설비 등 역내 인프라가 충분히 마련되어야 공급안정성이 보장된다. 북미지역은 파이프라인 설치에 따른 정치적 리스크가 상대적으로 낮은 편이다. 따라서, 북미지역의 천연가스 공급안정성은 다른 지역 대비 양호한 편이다.

이를 <그림 4>의 석유와 천연가스의 세계 교역량을 통해 미국의 공급안정성을 비교하면, 천연가스 공급안정성이 석유의 공급안정성 대비 우수한 것을 알 수 있다. 즉, 좌측의 석유 교역량을 보면 미국은 아직 중동과 북아프리카로부터의 수입에 의존하고 있다. 이는 절대적인 물량공급은 물론 추가적인 공급여력이 천연가스에 비해 떨어짐을 의미한다. 이로 인하여 미국의 에너지안보는 석유 공급원의 다변화전략에 초점을 맞추고 있음을 유추할 수 있다.

<그림 4> 2014년 세계 석유(좌) vs. 천연가스(우) 교역량



출처: BP Statistical Review(2015)

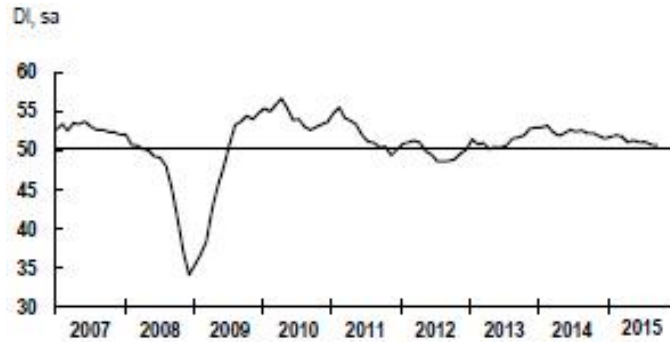
위의 그림이 시사하는 바는 에너지 패턴이 아직도 러시아와 중동에 집중되어 있음을 알 수 있다는 점이다. 이는 미국정부로서 에너지안보는 단지 자국의 에너지 자립도에만 초점을 맞출 수 없는 이유이기도 하다. 사실 최근에 있었던 우크라이나 사태만 하더라도 러시아에 천연가스 매장량이 없었다면 일어나지 않았을 수도 있는 정치상황이다.

물리적인 매장량과는 달리 가격변동성은 또 다른 에너지안보의 척도가 된다. 유가의 변동성은 다양한 원인과 경로를 통하여 세계경제로 파급된다. 과거 80년대와 90년 대 원유 파동은 중동지역의 정치리스크가 주도했다면 2000년대 후반 급격한 유가 상승은 미국 발 금융위기가 그 원인이었다. 이와는 대조적으로 최근의 저유가 현상은 유럽의 재정위기 이후 지속되고 있는 저성장 기조가 OPEC 산유국간의 갈등과 서방의 러시아 제재 등 국가 또는 지역 간 역학관계가 맞물려 발현되고 있다. 따라서, 과거와 달리 매우 복합적인 것이 특징이다. 게다가 최근 저유가는 달러 강세가 주도한다 해도 과언이 아니다.

가격안정성 차원의 에너지안보는 유가가 대부분의 에너지 계약의 가격공식에 포함되고 결제 시스템이 달러화로 된다는 태생적 문제에서 출발한다. 특히 에너지원 중 가장 가격변동성(volatility)이 큰 천연가스의 경우, 장기계약을 체결할 때 가격공식이 원유와 이자율에 연동하는 구조를 가지고 있어 거시적인 분석이 수반되어야 한다. 즉, 석유와 천연가스를 수입하는 국가는 물론 수출국 또한 유가의 변화에 민감할 수밖에 없다. 물론 천연가스 수출국가 입장에서 유가와 환율이 가장 큰 시장리스크로 작용한다.

여기에 IEA(2015) 등 미국이 사우디를 제치고 최대 원유생산국이 될 것이라는 전망 등이 나오면서 에너지정세에 미치는 미국의 영향력은 점차 확대 될 전망이다. 게다가 미국의 경우는 11월 기준으로 제조업 경기 PMI가 48.6으로 2009년 6월 이후 약 6년 만에 최저수준을 기록하면서 글로벌 경기 회복에 대한 기대감(<그림 5>)을 불편하게 만들고 있다. 그럼에도 불구하고 미국 연방준비제도의 금리인상이 기정사실화 됨에 금값 등 원자재 가격하락이 연이어지고 있다.

<그림 5> 글로벌 제조업 경기 PMI 동향



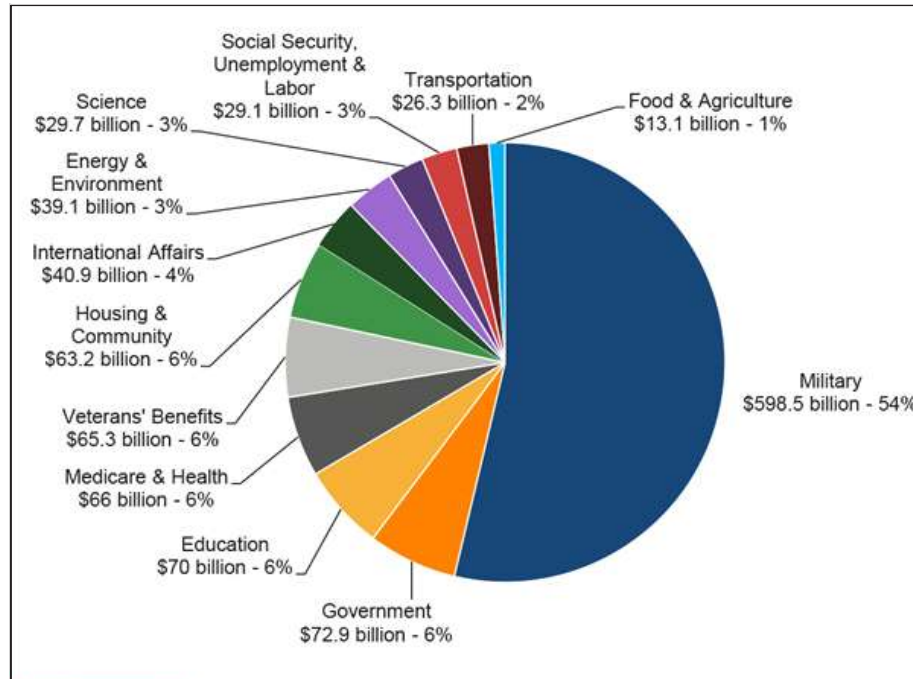
출처: JP 모건(2015)

미국이 경기불안에도 불구하고 금리인상을 확정한 이유는 유럽이 추가양정완화를 발표함에 따라 세계 금융시장이 통화정책면에서 비정상적으로 성장할 가능성이 우려되기 때문이다. 즉, EU와 대조적인 정책을 시도해서라도 세계경제를 정상화하는데 미국의 리더쉽을 놓지 않겠다는 것이 깔려있다. 이는 에너지안보 면에서 볼 때 미국이 달러를 무기로 에너지를 보유하고 있는 신흥국들을 제어할 폭이 확대됨을 의미한다.

2. 군사·외교적 의미의 에너지안보

미국의 에너지안보는 자국 산업의 경쟁력은 물론 군사력에도 영향을 끼친다. 이러한 단면을 보여주는 통계가 바로 미 국방부 예산규모와 구성이다. <그림 6>은 2015년 미국정부의 예산의 구성을 보여준다. 즉, 연방정부차원에서 사용하는 예산 중 54%가 군사가 차지하며 그 규모가 6,000억 달러에 이른다. 이와 같이, 에너지안보는 미국의 정치경제적 이슈와 군사안보적 이슈가 복합적으로 맞물린 국정 우선과제라 할 수 있다.

<그림 6> 2015년 미국 공공부문 재정 구성

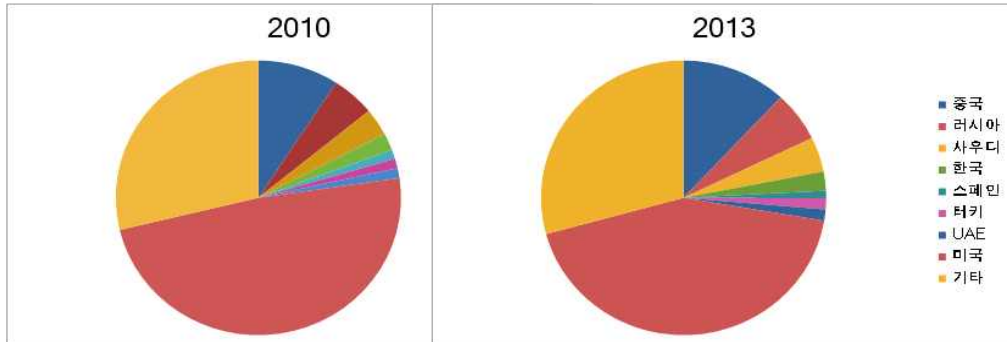


출처: 미국 국방부(2015)

오바마 정부의 에너지관련 외교정책은 앞에서 언급한 국제원유시장이 OPEC 중심에서 미국을 비롯한 다양한 시장참여자들의 비중이 증가함에 따라 중동과 관련한 지정학적인 이슈의 비중이 줄어드는 효과를 가져왔다. 이는 오바마 정부가 시장중심적인 정책을 에너지정책이나 기후정책에 적용한 결과이다. 그러나, 그렇다고 해서 군사 외교차원에서의 미국의 지배력을 포기했다는 것은 아니다. 즉, 대외환경에 덜 의존적인 에너지안보정책을 강조함으로써 외교적인 부담을 줄이는 효과를 가져왔다고 평가할 수 있다.

특히 부시 정부가 선제공격론의 이데올로기적 토대를 마련했다면, 오바마 정부의 외교정책은 “우리가 제일 좋은 망치를 갖고 있다고 세계의 모든 문제를 못으로 박아서 안된다”는 표현으로 함축된다. 그럼에도 불구하고 현재 미국을 비롯한 전세계가 처한 상황은 IS 테러 등 중동지역의 정세와 분리될 수 없는 정치외교적 문제에 직면하고 있다. 이를 반증하는 것이 오바마정부에 와서 미국이 전세계 국방비에서 차지하는 비중은 여전히 세계 1위 자리를 차지한다는 것이다(<그림 7>).

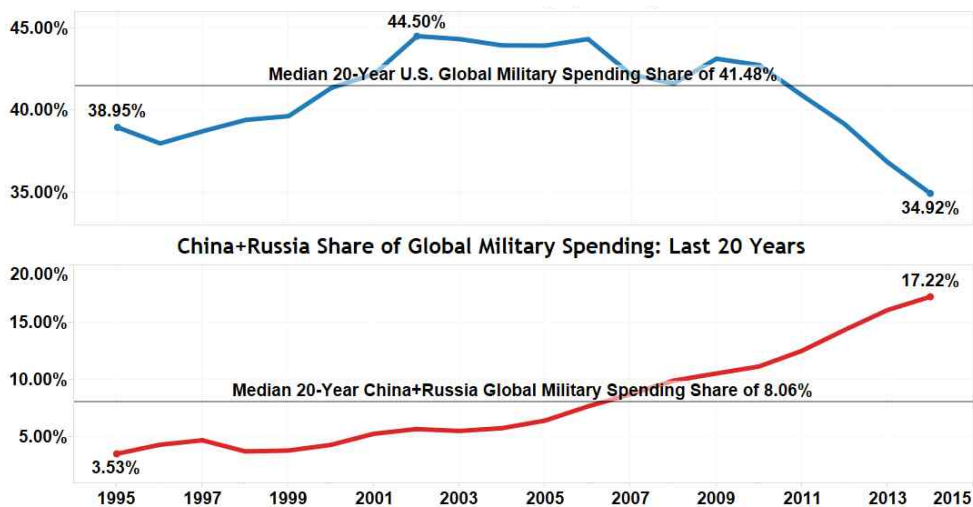
<그림 7> 전세계 국방비 중 미국이 차지하는 비중 변화



출처: 미국 국방부(2015)

그러나, 미국의 국방비는 <그림 8>에서 보는 것과 같이 러시아와 중국의 비중이 최근 5년 사이 급격히 증가한 것과는 대조적으로 감소추세에 있다.

<그림 8> 지난 20년 미국 vs. 러시아 + 중국의 군사목적 비용지출 추이



출처: 미국 국방부(2015)

III. 미국의 지역별 기후-에너지안보 차원의 외교정책 변화 및 특징

1. 미국의 에너지안보 리스크 지수 및 에너지안보 차원의 전략적 포지션

미국의 에너지외교정책을 살펴보기 전에 미국의 에너지안보 리스크의 수준을 알아보려 한다. <표 2>는 미국 상공회의소가 에너지다소비국가 25개국을 대상으로 2015년에 작성한 국제 에너지안보 리스크 지수(International Index of Energy Security Risk)이다. 이 자료에 의하면, 미국은 OECD 평균보다 에너지안보에 대한 리스크가 국가 중 6위를 차지한 것으로 나타났다. 한국은 22위로, 에너지안보에 대한 리스크가 취약한 것으로 나타났으며, 주목할 것은 중국과 러시아가 OECD국가 평균보다 에너지안보 리스크가 높다는 점이다. 이렇게 미국이 에

너지안보 성적이 양호하게 된 것은 자국 내 석유 수출이 북미시장을 대다수 점유하게 됨으로써 자국 내 공급여력은 물론 역내 수급균형을 위해 기여한 바가 크기 때문이다.

<표 2> 에너지다소비국가 대상 에너지안보 리스크 지수 순위

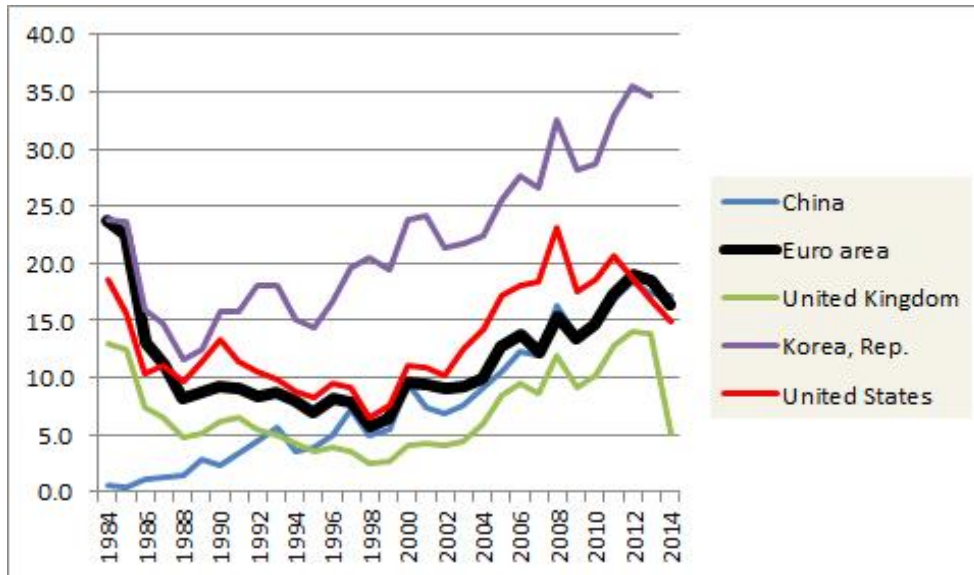
| 국가 | 리스크 지수 | 순위 | 국가 | 리스크 지수 | 순위 |
|---------|--------|----|-------|--------|----|
| 노르웨이 | 774 | 1 | 이태리 | 1,043 | 13 |
| 멕시코 | 802 | 2 | 터키 | 1,087 | 14 |
| 덴마크 | 819 | 3 | 일본 | 1,088 | 15 |
| 뉴질랜드 | 855 | 4 | 네덜란드 | 1,106 | 16 |
| 영국 | 866 | 5 | 러시아 | 1,115 | 17 |
| 미국 | 885 | 6 | 인도 | 1,164 | 18 |
| 캐나다 | 893 | 7 | 인도네시아 | 1,164 | 18 |
| OECD 평균 | 912 | | 중국 | 1,172 | 20 |
| 프랑스 | 942 | 8 | 남아공 | 1,175 | 21 |
| 독일 | 944 | 9 | 한국 | 1,306 | 22 |
| 호주 | 962 | 10 | 브라질 | 1,307 | 23 |
| 폴란드 | 987 | 11 | 태국 | 1,616 | 24 |
| 스페인 | 1,037 | 12 | 우크라이나 | 2,009 | 25 |

출처: 미국 상공회의소(2015)

※본 자료가 제시하는 리스크 지수는 수치가 높을수록 에너지안보에 대한 리스크에 취약하고, 리스크 지수가 낮을수록 에너지안보 리스크가 적음을 의미함.

그러나, <표 2>는 2010년 이후 급격하게 증가한 자국 내 비전통에너지 생산에 힘입어 리스크가 감소한 상황, 즉 2013년 데이터에 의거하여 작성된 것이다. 미국이 그동안 에너지안보를 강조할 수밖에 없었던 정황은 <그림 12>와 <그림 13>과 같이 경제성장에 있어 에너지비용에 대한 부담이 유로존보다 상대적으로 컸기 때문이다.

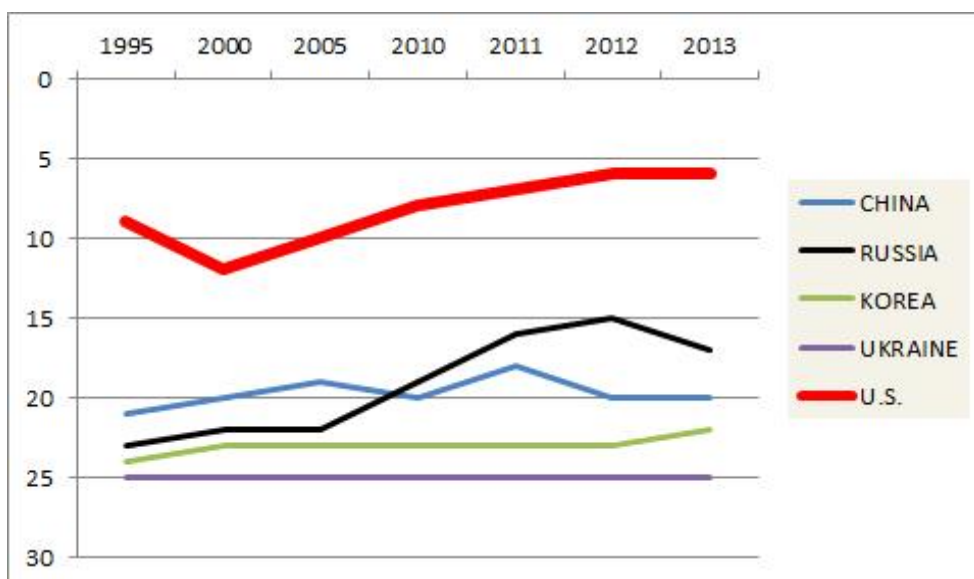
<그림 9> 전체 수입품목 중 에너지수입이 차지하는 비중(단위: %)



출처: World Bank(2015)

<그림 12>에서 보면, 미국의 경우 2010년 이후 전체 수입품목 중 에너지수입 비중이 급격히 감소하고 있다. 2012년부터는 유로존 보다 낮은 비중을 기록하게 된다. 즉, 에너지안보 리스크가 확연하게 감소한 것은 <그림 13>에서와 같이 최근이며, 200년에는 10위 밖으로 밀려났었다. 반면 러시아는 20위권에서 2005년 이후 10위권 내에 진입하게 된다.

<그림 10> 주요 에너지다소비국가의 에너지안보 리스크 순위



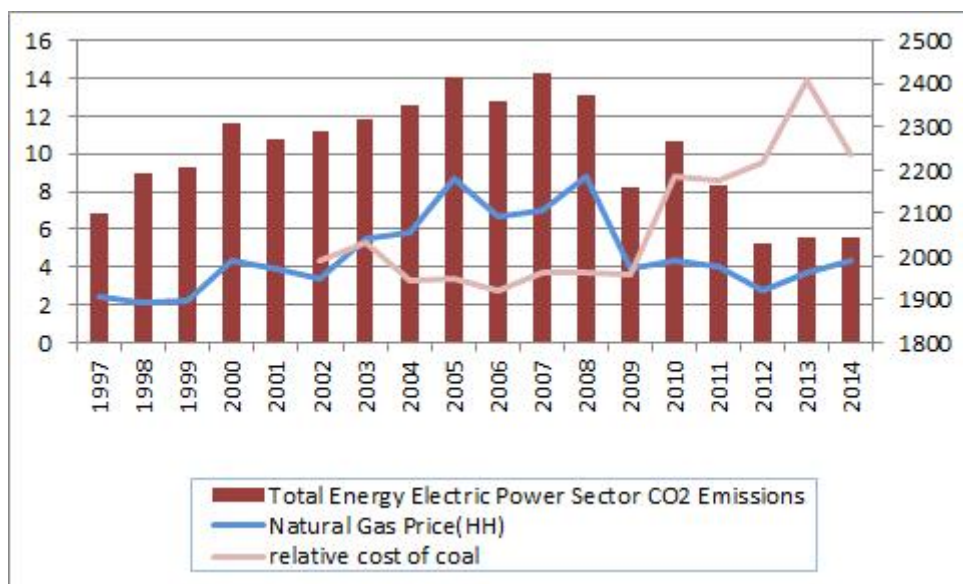
출처: World Bank(2015)

2. 新기후 체제 공조를 겨냥한 美國의 에너지정책 변화

대외적으로 미국정부는 2009년 코펜하겐 기후변화 회의에서 2020년까지 온실가스배출을 2005년 대비 17% 낮은 수준으로 줄이겠다고 약속하였다. 이번 제21차 기후변화협약 당사국 총회에서 오바마대통령은 실질적인 감축에 있어 개도국도 예외가 될 수 없음을 강조한 바와 같이 미국의 온실가스 감축정책은 에너지-기후 외교 차원에서 리더십을 놓치 않겠다는 강한 의지를 반영했다고 평가된다.

지난 2008년-2012년 동안 미국은 오바마정부의 발전부문에 대한 강력한 청정연료사용정책으로 발전부문의 석탄사용 비중이 49%에서 37%로 감소하였다. 반면 천연가스는 21%에서 30% 까지 증가하였다. 그 배경에는 석탄가격과 가스가격 간의 상대가격의 변화가 동인으로 작용하였는데 <그림 9>에서 보는바와 같이, 석탄의 상대가격이 2009년 이후 급격히 상승하였다.

<그림 11> 미국의 셰일가스 등장에 따른 발전부문 CO2 배출량 추이



출처: 미국 EIA(2015)

즉, <그림 10>의 기존 에너지정책(AEO로 표기) 대비 석탄발전을 과감히 줄이기로 한 청정 발전계획(Clean Power Policy: CPP)은 실질적인 정책효과를 발했다고 평가된다 (NERA(2014)). 즉, 이런 정책변화로 인하여 CO2 배출이 2005년 대비 11.7% 감소하였다.

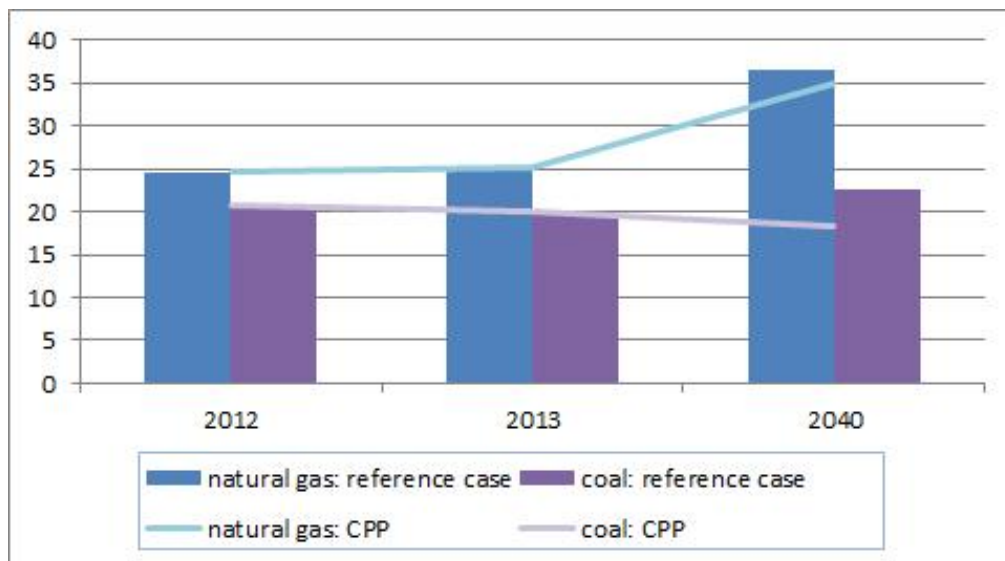
<그림 12> 미국의 석탄발전과 가스발전의 전력생산 변화 전망



출처: 미국 EIA(2015)

이로 인하여 <그림 11>과 같이 미국의 자국 내 석탄생산은 감소하는 대신 2040년 가스생산은 48% 증가할 것으로 전망된다. 특히 2014년 11월 APEC 회의 중 미국과 중국이 온실가스 감축에 공조하기로 합의한 이후 기후정책이 강화됨에 따라 향후 3년 내 신규전력 생산의 1/3을 신재생에너지로 감당할 계획이다.

<그림 13> 미국의 청정발전계획(CPP)에 따른 자국 내 석탄과 가스 생산 변화 예측치



출처: 미국 EIA(2015)

3. 미국의 에너지안보 차원의 지역별 에너지외교 전략

미국은 경제규모가 가장 큰 국가이자 인구가 세 번째로 크고, 두 번째로 에너지소비가 가장 큰 국가이다. 2013년 기준, 미국은 러시아와 사우디아라비아에 이어, 세계에서 세 번째로 큰 원유생산국이다. 게다가 천연가스 생산이 가장 많은 국가이면서 석탄생산은 중국에 이어 세계 2위를 차지하고 있다.

미국의 에너지외교정책은 이렇게 자국이 에너지수출국으로 돌아선 것과 최근 정세를 반영하듯, 복잡한 지정학적 이슈를 중심으로 변화하고 있다. 특히 미국으로서는 에너지소비국으로서 가장 큰 중국에 대해서는 셰일가스의 기술이전을 통해 경제적 이익을 챙기고 싶어한다. 또한 가스를 무기로 유럽은 물론 우크라이나 등 주변국을 압박하는 러시아에 대해서는 견제를 할 필요가 있다. 러시아에 대한 경제제재가 중국-러시아 공조를 공고히 하는 역효과를 우려하기 때문이다. 즉, 미국의 에너지외교 전략은 석유와 가스가 상이할 수밖에 없다. 즉, 석유시장에서 미국의 입장은 OPEC의 힘을 분산시키는데 있는 반면, 가스시장의 경우 러시아의 힘이 극동아시아까지 발휘되지 않도록 하는데 있다. 이런 연유로 인하여 미국은 아시아로 향하는 LNG 터미널 건설에 대해 승인을 서두르고 있다.

이러한 국제 에너지시장 내에서 미국의 입장을 고려하여 미국의 에너지외교 전략을 지역별로 나누며, 크게 미국과 중국의 기후-에너지 공조, 러시아-이란-터키 삼각구도 내 미국의 영향력 변화, 사우디-미국 등 중동 내 미국의 외교전략 변화, 아태지역 내 에너지시장 주도권 변화, 북극이사회 내 의장국으로서의 미국의 리더십 발휘 등으로 구분하여 살펴볼 수 있다. 지역별로 지역구도 내 미국이 처한 입장이 다르듯이 각각의 외교정책도 상이한 것은 사실이나, 전반적으로 미국이 군사력이나 정치력을 행사하기 보다는 경제적 제재와 시장지배력 강화 등 시장을 적극적으로 활용하는 전략을 취하고 있다. 이는 Brookings Institute(2015)가 지적한 바와 같이, 2014년 IS 사태가 증폭함에도 불구하고 원유가격이 하락하는 것만 봐도 에너지안보의 이슈메이커가 더 이상 중동 중심에서 중국, 러시아, 아태지역으로 분산되었다는 점이다.

특히, 12월 초에 있는 OPEC 회의에서도 대부분의 회원국들이 전반적인 생산 감축을 원하는 반면 이란의 생산개시가 가져오는 수급변화는 가격하락을 면하기 힘들 것으로 예상된다. 특히 OPEC 회원국의 원유생산이 세계 원유생산의 40%에 머물고 있다는 점도 미국을 위협하는 에너지안보 위협요인의 그 영향력이 줄어들고 있다는 점도 미국의 에너지외교정책이 변화를 가져오는 배경으로 작용하고 있다.

1) 미국-중국 기후-에너지 공조

제21차 기후변화협약 당사국총회에서 가장 주목을 받은 국가 중 하나는 미국이고, 다른 하나는 중국이다. 2013년 기준으로 이 두 국가의 배출량을 합하면 14,096MtCO₂로, 전세계 44%에 해당하며 OECD국가 총배출량(12,038MtCO₂) 보다 17% 많다. 이는 배출권거래라는 시장 면에서 볼 때, 시장지배력을 이 두 국가가 행사할 것이라는 것을 의미한다.

그럼에도 불구하고 미국과 중국이 온실가스정책에 있어 대립각을 세워 온 이유는 바로 Shui and Harris(2006)이 지적한 바와 같이, 미국과 중국 간 교역관계를 살펴보면 미국 내 소비를 위해 중국의 이산화탄소 배출이 증가하고 있다는 점이다. 즉, 중국으로부터 수입이 증

가할수록 중국의 공장이 늘어나는 효과를 지적인 것이다. 이는 규제가 있는 곳에서 없는 곳으로 공장이 이전하는 현상, 즉, 배출누수를 말한다.

그러나 구매력평가(PPP: Purchasing Power Parity) 기준 중국의 국내총생산이 2010년에 이미 미국의 수준을 추월했다는 주장이 있는 것처럼, 중국은 이미 경제규모 면에서 미국과 대등한 교역 파트너가 되었다. 게다가 중국은 자유무역협정(FTA: Free Trade Agreement)과 외국인 직접투자(FDI: Foreign Direct Investment)를 통해 동남아국가에 빠르게 침투하여 아세안과의 교역을 증진⁴⁾시키고 있다.

이렇게 빠르게 성장하는 중국을 의식하여 미국은 위안화 절상 및 러시아 경제제재 관련하여 중국과 대립각을 세워왔다. 그러나 2014년 7월 제6차 중·미 전략경제대화(Strategic and Economic Dialogue)에서 양국은 여러 쟁점들 가운데 기후변화에 대해서는 공동 대응하자는 데 합의를 도출했다. 이후 미국의 오바마 대통령과 중국의 시진핑 주석은 2014년 11월 APEC 정상회의에서「기후변화 및 청정에너지 협력에 관한 미·중 공동선언(Joint Announcement on Climate Change and Clean Energy Cooperation)」을 발표한다. 공동선언의 내용을 보면, 미국은 2025년까지 2005년 대비 온실가스 배출량을 26~28% 감축하고, 에너지효율 대폭 향상 및 신재생에너지 확대 등을 통해, 기존의 2005-2020년 연평균 탄소배출량을 1.2% 저감하고 2020-2025년 기간 중에는 2.3%-2.8%로 저감기로 약속했다. 중국은 2030년 이전에 온실가스 배출 정점(peak year)을 찍고 2030년까지 비(非)화석연료 비중을 20%까지 확대기로 약속했다. 이러한 분위기를 타고 2015년 파리회의에서 오바마 대통령은 기후변화 협상에 대한 양국의 공동대응을 다시 상기시키면서 당사국들의 협조를 촉구했다.

이렇게 양국이 전향적인 합의를 도출하게 된 배경은 양국 정상들이 2013년에 각각 “기후행동계획(Climate Action Plan)”과 “국가 기후변화 대응전략”을 발표한 데 있다. 이처럼 양국은 온실가스감축을 위한 정책도입을 적극적으로 추진하는데 그 일환으로 내세운 정책이 중국의 배출권거래제 도입과 미국의 발전용 연료규제라 할 수 있다. 현재 미국은 캘리포니아 및 동부 9개주에서 배출권거래를 시행하고 있으며, 중국은 2016년부터 전국단위의 배출권거래가 시행될 예정이다.

중국은 현재 발전용 연료의 80%를 석탄에 의존하고 있고 15%를 수력을 사용하고 있다. 중국 정부는 에너지안보 차원에서 에너지원을 다양하게 확대할 계획이며 원자력발전을 현재 15GW⁵⁾에서 2020년까지 58GW 규모로 확대할 전망이다. 즉, 앞으로 원자력발전이 15개가 더 증설되어야 한다. 이는 미국의 기술이전이 예상되는 분야이다. 즉, 미국과 중국의 신기후체제에 대한 공조는 양국 간에 기술협력을 확대하겠다는 복선이 깔려있다고 볼 수 있다. 또한 미국은 중국이 2013년 가스프롬과 CNPC(China's National Petroleum Corporation)의 천연가스를 둘러싼 장기계약을 의식하지 않을 수 없다. 이로써 러시아는 중국에 연간 38BCM을 공급하게 되어 중국은 현재 일본과 스페인에 이어 세 번째로 큰 가스수입국에서 2020년에는 가장 큰 수입국으로 성장할 전망이다.

이는 에너지안보 차원에서 중국의 리스크가 확대된다는 것을 의미한다. 따라서 중국은 자국내 셰일 오일과 가스 개발에 역점을 둘 것으로 추정된다. 현재 중국은 기술적으로 채굴가능한 셰일 오일과 가스 매장량이 각각 320억 배럴과 1,100Tcf에 이른다. 즉, 미국의 셰일가스 기술도입이 중국으로서는 간절할 수 있다. 이렇게 중국과 미국의 기후공조는 온실가스 감축이라는 대의명분을 통해 에너지안보를 향상시키고 기술이전을 통해 양국의 경제적 편익을 제고하

4) 김종길(2015)의 연구에 의하면, 2007-2008년 이후 동남아와 중국과의 교역규모가 미국보다 큼.

5) 원자력은 총발전량 중 2%에 지나지 않음.

고자 하는 의도가 내포되어 있다고 평가된다.

2) 러시아-이란-터키 에너지 트라이앵글과의 관계

최근 터키의 러시아 전투기 격추로 불거진 러시아-이란-터키 트라이앵글은 이란에 대한 경제제재가 내년에 풀리는 것과 맞물려 에너지관련 지정학적인 이슈 중 가장 큰 관심을 끌고 있는 지역이다.

터키는 이란과 러시아로부터 천연가스는 80%를 원유는 70% 정도를 각각 수입하고 있어 에너지안보 면에서 양국에 의존하는 것처럼 보이지만 실상은 그 반대이다. 물론 터키의 에너지 수입이 전체 에너지소비의 74%에 이르고 있지만, 터키는 러시아, 카스피해, 중동에서 생산되는 에너지를 이동하는 주요한 허브이다. <표 3>을 보면, 이란은 터키를 관통하는 '트랜스 아나톨리아 가스관'(TANAP)을 이용하지 않으면 유럽으로 천연가스를 수출하기 어렵고, 러시아 또한 마찬가지로 상황이다. 터키는 원전과 신재생에너지 보급으로 화석연료에 대한 해외의존도를 줄이고자 한다. 이러한 맥락에서 터키는 러시아와 Akkuyu 지역에 원전건설 계약을 체결한 바 있다.

<표 3> 터키를 경유하는 주요 천연가스 파이프라인

| Project | 상태 | 목적 | 길이 (miles) | 최대 수송용량 (Bcf/y) |
|-------------------------------|-----|--|------------|-----------------|
| Blue Stream | 운영중 | 러시아 가스 수입 | 750 | 565 |
| Iran-Turkey pipeline | 운영중 | 이란 가스 수입 | 750 | 495 |
| South Caucasus | 건설중 | 터키, 그리스, 이탈리아의 가스 pipeline network를 연결 | 430 | 700 |
| Turkey-Greece Inter-connector | 건설중 | 터키와 EU의 에너지 network 연결 | 186 | 407 |
| Nabucco | 계획중 | 불가리아, 루마니아, 헝가리를 통해 터키 가스를 오스트리아로 운송 | 2,050 | 460-1,130 |
| Arab Natural Gas pipeline | 계획중 | 요르단과 시리아를 통해 이집트 가스 수입 | NA | NA |
| Trans-Caspian pipeline | 계획중 | Turkmenistan과 Kazakhstan의 가스 수입 | 1,050 | 565 |

또한 터키는 러시아에게 있어 그동안 우크라이나에게 의존했던 공급루트를 분산하는데 일익을 한다. 동시에 터키는 NATO의 최전선으로 미국으로서는 터키를 유럽권에 있어서 군사적 요충지이기도 하다. 여기에 NATO 회원국인 터키는 미국이 지지하는 시리아 반군세력 YPG⁶⁾를 쿠르드족의 테러단체로 간주하고 있어 앞으로 시리아 내전관련하여 정치적 해결이 필요한 지역이다.

한편 미국의 중동과 북아프리카 지역 내 패권변화가 감지된 것은 2015년 2월에 있었던 제

6) IS에 대항하는 세력으로 시리아 반군 중 미국이 지지하는 세력을 통칭함. 쿠르드어로 Yekîneyên Parastina Gel으로 Kurdish People's Protection Units임.

네바 2회의의 협상이 실패하면서 더욱 불거졌다. 시리아 내전사태에 대한 평화협상이 사실상 결렬되었다는 것이다. 제네바 제2회의는 시리아 내전종결만을 위한 것이 아니라 시리아, 이라크, 팔레스타인, 레바논 그리고 심지어 사이프러스에까지 영향력을 줄 수 있는 레바논 지역과 지중해에 대한 지배력에 대한 문제가 미국과 러시아 간에 논의되었었다.

미국은 오바마 행정부에 들어서면서 아시아를 중시하는 정책을 추진하면서 유럽과 중동지역의 미국 병력을 아시아로 이동시킨다는 명목으로 동유럽과 중동을 안정시키고자 했다. 그러나, 문제는 러시아-중국-이란의 삼각동맹의 개입을 직면하면서 시리아 아사드 정권 전복은 물론 러시아-중국-이란 동맹을 해체할 능력이 부족하다는 현실을 인정해야 했다.

이러한 과정에서 미국은 중동과 북아프리카의 분할에 나토의 영국과 프랑스를 개입시킨다. 즉, 영국은 리비아를 프랑스는 시리아를 관할하기로 합의하게 된다. 그러나 리비아는 2011년 카다피 정권이 전복되었지만 시리아는 여전히 불씨로 남게 되었는데 이에 러시아-이란-중국 이 시리아 동맹으로 개입하면서 이 지역정세는 더욱 복잡해졌다.

게다가 미국이나 유로존이 재정위기를 겪으면서 시리아에 전력투구할 수 없었던 사정도 있었다. 여기에 제네바 1회의는 프랑스가 사르코지 집권 하에 있었고 제네바 2회의는 올랑드 정부가 프랑스 강경파들의 편을 들어주면서 문제가 복잡해졌다는 의견도 있다. 여기에 미국과 러시아가 평화협상을 추진하는데 사우디와 이스라엘이 협력관계를 구축하면서 미국의 입장을 난처하게 만들게 된다.

이렇게 이 지역이 분쟁의 중심이 된 이유는 중동의 레반트 지역과 인접한 지중해에 천연가스가 매장되어있기 때문이다. 그 규모는 카타르보다 많다는 의견도 있어 이 지역에 대한 패권 다툼이 계속되고 있다는 해석이 지배적이다. 즉, 현재의 시리아 사태는 에너지안보를 넘어서 에너지를 쟁취하려는 패권전쟁의 산물이라 할 수 있다. 이렇게 사태가 악화된 데는 미국이 에너지시장에서 주도권을 가지면서 러시아는 실리를 중시하는 외교정책이 필요했던 것이다. 즉, 러시아는 카스피 해와 이라크의 천연가스 채굴권을 확보하게 되면서 미국을 긴장시키게 되었다. 그 이유는 러시아의 영향권이 터키를 지나 이란과 이라크에 이르게 되면 유럽시장을 주요 고객으로 하는 사우디와 카타르에게 수송로를 차단하는 효과를 가져온다. 즉, 이 두 국가의 가스가격이 경쟁력을 상실하게 된다는 것을 의미한다.

이렇게 러시아와 미국의 대립이 중동과 북아프리카의 지중해를 둘러싸고 점차 첨예해질 것으로 전망되고 있어 미국이 에너지 외교전략은 수정을 거듭할 것으로 전망된다.

3) 중동과 북아프리카(MENA: Middle East and North Africa) 지역 내 미국 영향력 변화

미국의 중동과 북아프리카 지역 내 패권변화가 감지된 것은 2015년 2월에 있었던 제네바 2회의의 협상이 실패하면서 더욱 불거졌다. 시리아 내전사태에 대한 평화협상이 사실상 결렬되었다는 것이다. 제네바 제2회의는 시리아 내전종결만을 위한 것이 아니라 시리아, 이라크, 팔레스타인, 그리고 심지어 사이프러스에까지 영향력을 줄 수 있는 레바논과 지중해에 대한 지배력에 대한 문제가 미국과 러시아 간에 논의되었었다.

미국은 오바마 행정부에 들어서면서 아시아를 중시하는 정책을 추진하면서 유럽과 중동지역의 미국 병력을 아시아로 이동시킨다는 명목으로 동유럽과 중동을 안정시키고자 했다. 그러나, 문제는 러시아-중국-이란의 삼각동맹의 개입을 직면하면서 시리아 아사드 정권 전복은 물론 러시아-중국-이란 동맹을 해체할 능력이 부족하다는 현실을 인정해야 했다.

이러한 과정에서 미국은 중동과 북아프리카의 분할에 나토의 영국과 프랑스를 개입시킨다.

즉, 영국은 리비아를 프랑스는 시리아를 관할하기로 합의하게 된다. 그러나 리비아는 2011년 카다피 정권이 전복되었지만 시리아는 여전히 불씨로 남게되었는데 이에 러시아-이란-중국이 시리아 동맹으로 개입하면서 이 지역정세는 더욱 복잡해졌다.

게다가 미국이나 유로존이 재정위기를 겪으면서 시리아에 전력투구할 수 없었던 사정도 있었다. 여기에 제네바 1회의는 프랑스가 사르코지 집권하에 있었고 제네바 2회의는 올랑드 정부가 프랑스 강경파들의 편을 들어주면서 문제가 복잡해졌다는 의견도 있다. 여기에 미국과 러시아가 평화협상을 추진하는데 사우디와 이스라엘이 협력관계를 구축하면서 미국의 입장을 난처하게 만들게 된다.

이렇게 이 지역이 분쟁의 중심이 된 이유는 중동의 레반트지역과 인접한 지중해에 천연가스가 매장되어있기 때문이다. 그 규모는 카타르보다 많다는 의견도 있어 이 지역에 대한 패권다툼이 계속되고 있다는 해석이 지배적이다. 즉, 현재의 시리아 사태는 에너지안보를 넘어서 에너지를 쟁취하려는 패권전쟁의 산물이라 할 수 있다. 이렇게 사태가 악화된 데는 미국이 에너지시장에서 주도권을 가지면서 러시아는 실리를 중시하는 외교정책이 필요했던 것이다. 즉, 러시아는 카스피해와 이라크의 천연가스 채굴권을 확보하게 되면서 미국을 긴장시키게 되었다. 그 이유는 러시아의 영향권이 터키를 지나 이란과 이라크에 이르게 되면 유럽시장을 주요 고객으로 하는 사우디와 카타르에게 수송로를 차단하는 효과를 가져온다. 즉, 이 두 국가의 가스가격이 경쟁력을 상실하게 된다는 것을 의미한다.

이렇게 러시아와 미국의 대립이 중동과 북아프리카의 지중해를 둘러싸고 점차 첨예해질 것으로 전망되고 있어 미국이 에너지외교전략은 수정을 거듭할 것으로 전망된다.

4) 북극이사회 의장국으로서의 미국의 역할

미국 입장에서 바라본 북극의 에너지안보 차원의 의미는 <표 4>와 같이 북극해의 유가스전의 신규 매장량으로 추가공급원이 마련된다는 긍정적 의미도 있지만, 북극에 사는 자국민에 대한 에너지복지도 고려해야 할 대상이다. 즉, 북극이라는 이슈에 있어 미국은 에너지안보 면에서 세계 에너지시장에 공급여력을 부여한다는 의미와 동시에 에너지안보면에서 취약한 북극 지역의 문제를 함께 안고 있다. 따라서 미국은 2015년 4월부터 2년간 북극이사회 의장국을 역임하면서 북극이사회 전문가그룹인 지속가능개발 분과위(SDWG: Sustainable Development Working Group)에 분산형 전원(micro-grid) 보급사업을 제안한 바 있다. 북극은 에너지공급이 불안정한 지역으로 전력난이 발생할 경우 이를 백업할 수단이 많지 않다. 그러다보니 과도한 예비율로 인하여 경제성이 떨어지거나 폭설 등으로 비상사태에 대한 대응능력이 부족하다. 이는 에너지복지 차원에서 북극이사회 회원국들이 공통으로 감수하는 감내하는 부분이다. 따라서 의장국을 통한 미국의 리더십은 실질적이고 가능성 있는 에너지공급 정책을 시도하는 데 주안점을 두고 있다.

<표 4> 해상 유가스전 매장량(Undiscovered Technically Recoverable Resources)

| | OIL | GAS | OIL | GAS |
|----------------|-------|--------|-------|-------|
| | Bbo | Tcf | 비중 | 비중 |
| ALASKA | 26.61 | 132.06 | 31.0% | 31.5% |
| ATLANTIC | 3.82 | 36.99 | 4.4% | 8.8% |
| GULF OF MEXICO | 44.92 | 232.54 | 52.3% | 55.4% |
| PACIFIC | 10.53 | 18.29 | 12.3% | 4.4% |
| TOTAL | 85.88 | 419.88 | 100% | 100% |

출처: BOEMRE(2006) 재인용

특히 오바마 정부는 처키해(Chukchi)에 대한 유가스전 개발을 승인함으로써 에너지안보가 수입의존적인 공급체제로 위협받기보다는 북극을 엄격한 수준으로 개발하는 것이 바람직하다는 입장을 고수했다. 물론 쉘이 최근 북극사업을 접게 된 배경이 엄격한 환경영향평가 기준에 있기는 하지만 비용이 문제지 규제가 문제가 아니라는 것이다.

이와는 별도로 미국은 북극을 둘러싼 이해당사국들과의 관계에 있어 군사대치 등 대립각을 세우지 않는다는 점도 특이사항 중 하나이다. 특히 오바마 정부에 들어서 북극해를 경계로 러시아와의 관계가 악화되지 않았다는 점은 오바마의 외교정책이 실리위주라는 원칙을 지키고 있다고 평가된다.

IV. 결론 및 시사점

미국의 에너지안보는 양면적인 의미가 있다. 즉, 경제적 편익을 고려한 에너지외교 전략이 필요한 반면 지역별 역학관계에서 패권을 쥐고 러시아와 중국을 경계해야 하는 방어적 성격이 에너지외교에 반영되어야 한다.

이러한 점에서 오바마 행정부의 에너지외교 전략은 달러강세의 여세를 몰아 자국 내 유전과 가스전이 경제성을 확보하게 되면서 탄력을 받았다고 평가된다. 즉 국제원유시장을 주도하는 패권을 거머쥐게 되는 데 한편으로는 성공했다고 볼 수 있다. 그러나 지역별 역학관계에 있어서는 시리아를 둘러싼 헤게모니에 있어 중동 내에서의 미국의 영향력이 줄어든 것은 사실이다. 즉, 미국의 에너지안보는 외교전략 면에서 위협요인이 사라지지 않았음을 인정해야 한다.

즉, 이상의 위협요인을 고려할 때, 미국의 에너지외교는 시장에서의 영향력과 주변국과의 관계에 있어 러시아를 압박하는 전략을 지속적으로 유지할 것으로 전망된다. 특히 최근 부상하고 있는 북핵 이슈는 미국의 영향력을 다시 시험하는 기회가 될 것으로 사료된다.

< 참고문헌 >

- 김종길, 2015. “동남아에서의 미·중 경제관계의 변화,” 아시아리뷰 제1권 제2호, 79-108.
- 정하윤·이재승, 2012. “미국의 기후변화 및 신재생에너지 정책의 전개과정 분석: 행정부별 특징을 중심으로,”『국제관계연구』, 제17권 제2호, 5-45.
- CRS. 2011. U.S. Fossil Fuel Resources: Terminology, Reporting, and Summary. CRS Report for Congress R40872. Available at: <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R40872.pdf>.
- EIA, 2015. Short-Term Energy Outlook 2015.
- J.P.Morgan, 2015. Global Manufacturing PMI.
- Kim, Hyo-Sun, 2015. “New Nexus of Climate and Energy Security for the Sustainable Arctic Future,” Arctic Yearbook 2015, 422-426.
- NERA Economic Consulting, 2014. Potential Energy Impacts of the EPA Proposed Clean Power Plan. Available at: http://americaspower.org/sites/default/files/NERA_CPP%20Report_Final_Oct%202014.pdf.
- Shui, Bin, and Harris, Robert, 2006, “The Role of CO2 Embodiment in US-China Trade,” Energy Policy, Vol. 34, No. 18, 4063-4068.
- U.S. Chamber of Commerce, 2015. International Index of Energy Security Risk.
- World Bank, 2015. World Development Indicators, <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

2016년

학·연·산 연구성과
교류회

> 신기후체제와 독일의 재생에너지정책

박상철 (한국산업기술대학교)



신기후체제와 독일의 재생에너지정책

박 상 철 (한국산업기술대학교 교수)

I. 배경

21세기 환경 및 에너지문제가 글로벌 이슈로 부각되면서 우리 인류 최대의 글로벌 관심사로 자리 잡게 되었다. 따라서 에너지와 지구환경, 이산화탄소 배출 문제는 에너지, 경제, 환경 부문에 종사하는 모든 전문가를 막론하여 지구의 지속가능한 성장과 미래의 지구환경보존, 인류의 생존을 위하여 반드시 해결하여야 할 인류의 보편적이며 필수적인 관심사가 되었다. 그러나 불행하게도 전 인류적인 관심에도 불구하고 일정기간 내에 이산화탄소 배출삭감 대책을 강구할 수 있는 가능성은 적고 동시에 에너지 부문의 획기적인 전환을 의미하는 화석연료 중심에서 재생에너지 부문으로의 이전에 필요한 경제적 비용은 증가하게 되었다.

본 연구는 재생에너지 정책을 추진하면서 재생에너지 사용을 실질적으로 증가시키고 경제성장을 달성하여 기후변화에 대처하기 위한 환경에 미치는 부정적 영향을 최소화 하면서 지속가능한 발전이 현실적으로 가능한지에 대한 조사 및 분석에 관한 연구이다. 전통적인 경제학에서는 경제성장이 증가하면 에너지소비도 동시에 증가하여 환경에 미치는 총영향이 부정적일 수밖에 없다고 주장하지만 경제성장을 달성하면서 에너지 총 소비를 감소시킬 수 있다면 기후변화에 능동적으로 대처하고 지속가능발전은 현실적으로 가능하게 된다. 따라서 본 연구의 목적은 재생에너지정책 및 환경정책을 1980년대 중반부터 시작한 기술선진국인 독일이 재생에너지정책을 통하여 기후변화정책을 수행하고 지속가능발전이 전략적으로 가능한지를 실증적으로 분석하는 것이다.

연구의 접근방법은 기존의 계량경제학에서 사용하는 모형을 선택하여 가설을 설정하고 통계 자료를 조사 및 수집하여 가설의 정과 부를 검증하는 방식이 아니라 경제성장과 에너지소비의 상관관계를 실증적으로 분석한 Apergis & Payne(2009) 논문의 논리적 배경인 경제성장과 에너지소비는 비례적으로 작용한다는 논거를 근거로 하고 있다. 경제성장과 에너지소비와의 상관관계에서 가장 많이 인용되고 있는 Apergis & Payne(2009)의 논문에 의하면 경제성장을 달성하기 위해서는 에너지 소비가 필수적으로 증가하게 되어 환경문제를 발생시킬 가능성이 높아진다. 그러나 경제성장을 위해 증가하는 에너지소비를 재생에너지로 대체할 수 있거나 경제성장을 달성하면서도 에너지소비가 증가하지 않는다면 환경에 부정적인 영향을 미치지 않고 지속가능한 성장을 달성할 수 있을 것이다. 이러한 전제조건을 충족시킨다면 신 기후체제가 추구하는 지구온난화현상을 극복하고 기후변화로 인한 글로벌 환경의 부정적인 현상을 최소화시킬 수 있다. 그러한 모델사례가 독일의 에너지정책과 지속가능발전전략이며 이를 정책과 전략으로서 논리적으로 증명하는 것이 본 연구의 접근방법이다.

II. 글로벌 재생에너지 현황과 주요국가 재생에너지정책

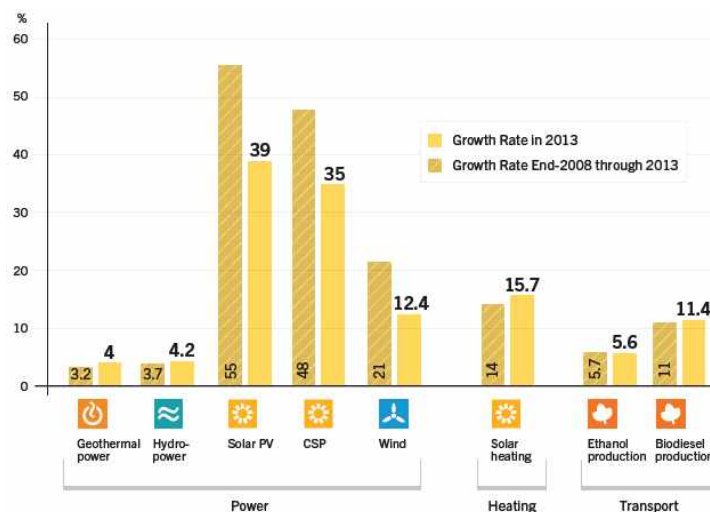
1. 글로벌 재생에너지 현황

2012년 재생에너지는 글로벌 총에너지 소비 중 19%에 이르고 있으며 지속적인 성장세를 보이고 있다. 이 중 9%는 바이오매스로 개발도상국의 농어촌지역에서 난방 및 취사용으로 소비되고 있으며 10%는 수력, 태양광, 풍력 등의 현대적 재생에너지 자원이다. 현대적 재생에너지가 빠르게 성장하고 있는 부문은 전력생산, 난방 및 운송, 농어촌 지역 전력수송 서비스 등이다(<그림 1> 참조).

글로벌 재생에너지 생산부문 중 가장 빠른 신장세를 보이는 부문은 전력생산부문이다. 2013년 글로벌 전력생산 중 재생에너지 사용 전력생산량은 1,560GW에 달하였으며 이는 2012년 대비 8%가 증가한 규모이다. 재생에너지 별 증가비율은 수력발전이 4% 증가한 1,000GW이고 이외의 재생에너지 사용 발전은 17% 증가한 560GW이다. 이중 발전설비 시설 증가는 수력발전과 태양광발전이 전체 증가분의 1/3을 차지하고 풍력발전 설비 증가는 29%를 차지하고 있다. 이로써 태양광 발전설비 증가가 풍력발전 설비증가를 최초로 넘어선 해로 기록되고 있다(REN21 2014).

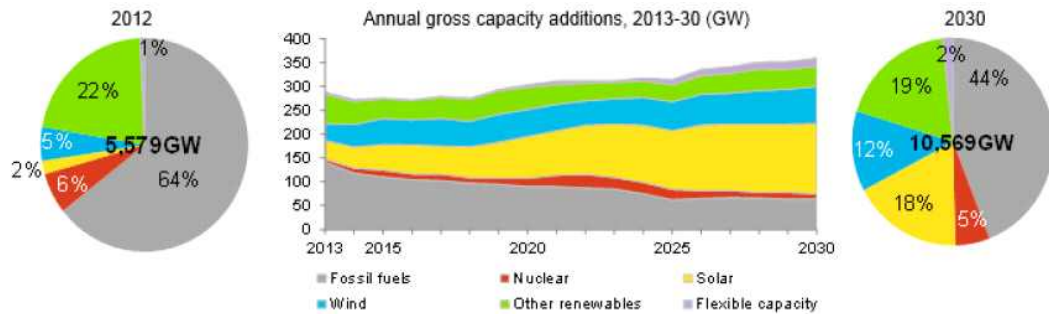
이외에도 글로벌 전력생산을 위한 발전설비 능력은 지속적으로 증가할 것으로 예상되어 2012년 글로벌 발전설비능력은 5,579GW에서 2030년 10,569GW로 증가하게 될 것이다. 이 기간 동안 연간 발전설비 증가 추이는 화석발전 비율은 빠르게 감소하는 반면 재생에너지 중 태양광 및 풍력발전 비중은 빠르게 증가하는 추이를 보일 것으로 예상하고 있으며 특히 풍력과 태양광 발전이 크게 증가 할 것이다(Bloomberg 2013; <그림 2> 참조).

<그림 1> 글로벌 재생에너지 사용 증가비율



출처: REN21(2014)

<그림 2> 글로벌 전력생산 발전설비 증가 추이(2012년~2030년)

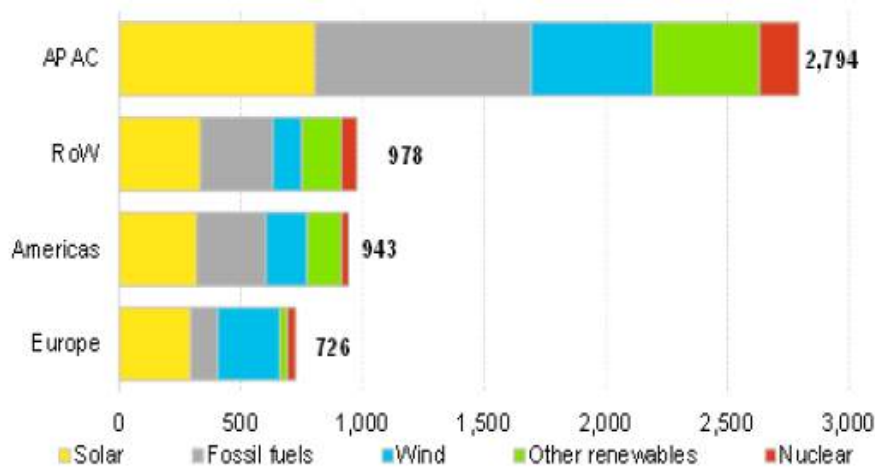


출처: Bloomberg(2013)

글로벌 전력생산량 증가의 지역별 추이를 보면 아시아 태평양지역이 재생에너지 추가 생산 용량이 2030년 1,743GW에 이를 예정이며 총 투자액도 2조 5,000억 달러에 이르러 세계 최대 재생에너지 생산지역으로 탈바꿈하게 될 것으로 예상하고 있다. 아시아 태평양지역은 2030년까지 2,794GW의 추가전력생산용량을 달성하여 이외 지역에서 생산되는 전력생산용량인 2,647GW를 초과하게 될 것이다. 특히 재생에너지 생산량은 약 4배 증가하고 이 중 약 50%가 태양광 발전으로 이루어 질 것으로 예상하고 있다. 특히 중국의 재생에너지 전력생산용량이 1,000GW 증가할 것으로 예상하여 역내 및 세계 최대 재생에너지 전력생산국이 될 것이다.

북미 및 중남미는 2030년까지 629GW의 재생에너지 발전용량이 추가로 건설될 것으로 예상되고 있으며 유럽은 재생에너지 발전용량 579GW가 추가로 건설될 것으로 예상하고 있다. 이를 위해 북미 및 중남미는 약 8,260억 달러를 투자할 예정이고 유럽은 9,670억 달러를 투자할 예정이다. 유럽의 재생에너지 추가발전용량 비용이 북미 및 중남미보다 높은 이유는 비용이 상대적으로 높은 해상풍력발전에 투자하기 때문이다(Bloomberg 2013; <그림 3> 참조).

<그림 3> 지역 및 기술별 총 추가발전 용량 (2013년~2030년, GW)



출처: Bloomberg New Energy Finance(2013)

2. 주요국 재생에너지정책

1) 미국

미국 재생에너지정책은 특히 오바마 정부 하에서 국가에너지전략이 모든 전략 중에서 최상위 전략으로 채택되면서 강력한 정책적 지원을 받게 되었다. 그 결과 재생에너지는 2013년 미국 전체 에너지 소비의 9.4%를 차지하고 전체 전력생산 중 12.9%를 차지하는 중요한 에너지자원으로서 자리 잡게 되었다. 재생에너지의 대부분은 수력 35%, 바이오연료 48%, 지열 2.5%, 풍력 13%, 태양에너지 2.0% 순이다. 특히 지열이 차지하는 비중이 2008년 대비 5%에서 2.5%로 감소하고 풍력이 차지하는 비율은 5%에서 13%로 두 배 이상 증가하였다. 2030년까지 미국 총에너지소비 전망은 화석연료의 비중이 2005년 대비 낮아질 전망이며, 재생에너지의 경우 2010년 7.5%에서 2030년 27%로 세배 이상 큰 폭으로 증가할 전망이다(IRENA 2015)

2012년 3월 미국 의회를 통과한 클린에너지기준법(Clean Energy Standard Act)에 의하여 미국 내 전력 소매판매업자가 2015년부터 판매전력 중 일정비율을 재생에너지로 생산한 전력을 판매하도록 하였다. 또한 재생에너지 최소 판매비율은 2015년 24%에서 2035년 84%까지 매년 높일 예정이다. 이 법안이 시행된 이후 천연가스, 재생에너지, 원자력 발전 비중이 증가하고 석탄 발전은 크게 감소하였다(White House 2013).

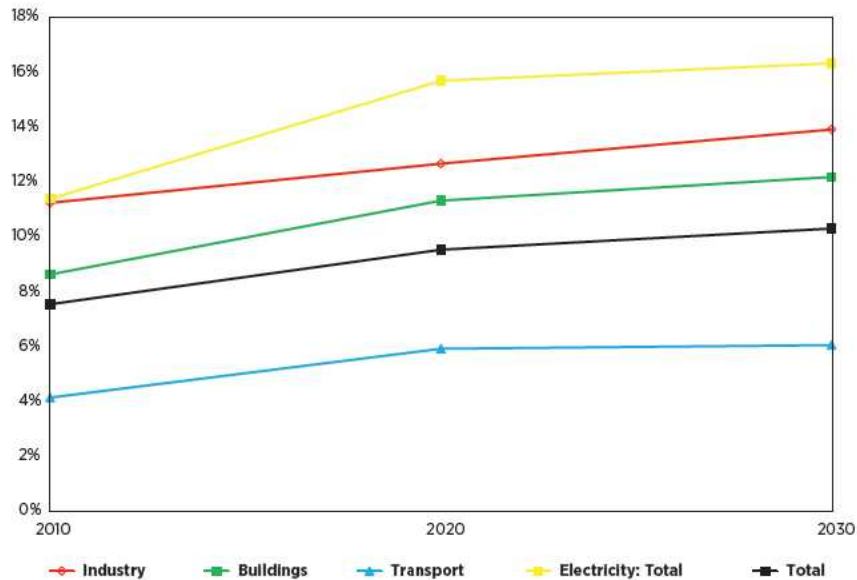
2011년 5월에는 에너지부에서 국가의 미래 청정에너지인 재생에너지 경쟁력 확보를 위해 6대 전략분야인 청정전력생산, 전력망 현대화, 빌딩 및 산업 에너지효율 향상, 대체연료 생산, 수송용 배터리, 수송수단 효율 향상 등을 설정하고 이에 대한 기술개발 및 보급 계획인 전략계획(Strategic Plan)을 공표하였다. 이를 통해 2020년까지 온실가스 배출량을 2008년 대비 28% 감축하는 것을 목표로 하고 있다. 또한, 수소연료전지, 태양광, 풍력, 지열, 수송기술, 빌딩기술, 제조기술 등 주요 재생에너지 분야에 대한 연구개발을 지속적으로 추진하기 위해 예산을 29.1% 증가할 것을 요청하였다.

재생에너지산업 중 특히 바이오연료 생산을 촉진하기 위해 재생연료기준(Renewable Fuel Standard: RFS)을 2005년 에너지법 정책에 처음 도입하여 2007년 제정된 에너지독립보안법에서 2022년까지 360억 갤런 생산을 의무화하였다. 그 결과 에너지부는 바이오연료를 2022년에 300억 갤런, 2030년에 400억 갤런 생산할 것으로 전망하고 있다.

재생에너지공급의무화제도 (Renewable Energy Portfolio Standard: RPS)는 현재 29개 주 정부, 워싱턴DC 등 지자체에서 이미 시행 중이며 연방차원에서 도입을 검토 중이다. 각 주마다 2009~2025년까지 전체 발전량에서 재생에너지가 차지하는 의무적 목표치와 연도를 설정하고 있으며, 목표치는 현재 전체 발전 수급상황과 재생에너지산업 발전 수준 등을 고려하여 각 주 의회에서 심의하여 결정하고 재생에너지인증(Renewable Energy Certificate: REC)제도를 통해 달성여부를 검증하고 있다. 29개주 평균 목표 달성비율은 94%로 매우 높은 편이다.

세금지원제도로써 재생에너지에 의해 발전된 단위전력 생산량 당 일정 금액의 법인세를 공제해 주는 생산세액공제 (PCT)제도를 1992년 에너지법정책에 의거 시행하고 있으며, 재생에너지 생산설비에 의해 생산되어 판매되는 전력에 대해 일정금액을 생산 시작시점부터 10년간 인센티브로 지급하는 재생에너지 생산 인센티브제도(REPI)도 시행하고 있다. 최근 미국은 2030년까지 재생에너지 발전 비중을 총에너지소비 중 2010년 11.5%에서 4.5% 상향 조정하여 16%로 높였다(IREN, 2015; <그림 4> 참조)

<그림 4> 미국 총에너지소비 중 재생에너지 사용 비율(2010년~2030년)



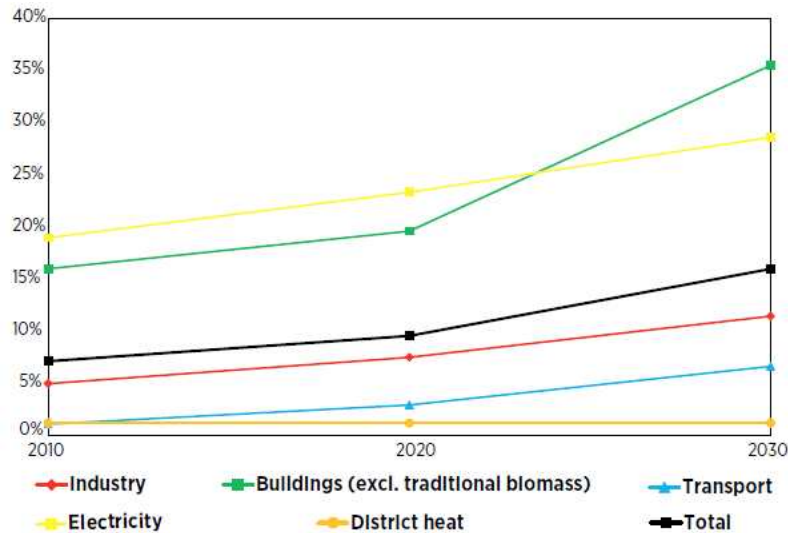
출처: IREN(2015)

2) 중국

중국의 재생에너지정책은 2004년 중국정부가 재생에너지법을 제정하고 재생에너지개발기금을 확보하면서 시작되었다. 이후 소형 수력발전 및 태양광발전이 핵심 육성부문으로 설정되고 지역을 중심으로 개발되는 프로젝트를 진행하였다(IRENA 2014).

화석연료의 최대 소비국인 중국은 최근 재생에너지 분야에서 적극적인 에너지정책을 펼치고 있다. 이미 재생에너지의 발전, 수력, 풍력, 태양열 온수 및 난방, 지열 등의 분야는 누적용량 기준으로 세계 1위이다. 중국 국가에너지국은 2012년 8월 재생에너지발전 12차 5개년 계획을 발표하고 이 분야의 대규모 개발 계획을 제시했다. 중국정부는 2010년 재생에너지 소비 비중이 7.1%, 2015년 9.5%에 도달하고 2030년 총 에너지소비 가운데 비 화석 에너지 비중을 15.8%까지 늘리겠다는 목표를 발표했다. 특히 재생에너지 사용 전력생산은 2030년 27%까지 증가시킬 것을 목표로 하고 있다(IRENA 2014;<그림 5> 참조)

<그림 5> 중국 총에너지소비 중 재생에너지 사용 비율(2010년~2030년)



출처: IREN(2014)

특히 풍력발전은 2015년 100GW, 2020년 200GW로 확대할 예정이다. 이중 해상풍력발전 설비용량은 2020년 30GW 수준으로 육성할 계획이다. 태양광 발전은 2015년까지 2,500억 위안(약 45조 원)을 투자해 전체 발전설비 용량의 1.5% 수준인 21GW로 증가시킬 계획이다. 수력발전의 경우 풍부한 수자원과 개발여건이 좋은 하천을 우선 개발해 2020년 설비용량 420GW를 구축한다는 계획이다. 이와 함께 재생에너지 시범도시 100곳을 선정하고, 녹색에너지 시범 현을 200개 조성할 계획이다. 수력 발전분야는 풍부한 수자원과 개발여건을 갖춘 하천을 우선 개발한다는 방침으로 2011~2015년 기간 동안 수력발전 분야의 대규모 확대가 이루어질 것으로 보이며, 수력발전 설비 목표는 2015년 290GW와 2020년 420GW로 각각 설정하였다(CNREC 2012).

이외에도 태양광분야에는 중국 국가에너지국이 12차 5개년 계획의 일환으로 태양에너지발전 개발계획을 2012년 9월 발표하였다. 이 계획기간에 총 2,500억 위안을 투자하여 태양에너지 발전 설비용량을 2015년 전체 발전 설비용량의 1.5%인 50GW까지 증가시키고 이를 2020년에는 100GW로 확대할 계획이다(산업통상자원부 2015; CNREC 2012).

3) 유럽연합 (EU)

유럽연합의 재생에너지정책은 유럽연합 위원회(EU Commission)가 2009년 제정한 유럽연합 재생에너지지침에 의하여 수행되고 있다. 이 지침에 의하면 유럽연합은 회원국은 2020년까지 국내 총에너지소비 중 재생에너지 사용비율을 20%까지 증가시키는 목표치를 달성하는데 초점이 맞추어져 있다. 이 목표치를 달성하기 위하여 28개 회원국은 자국 경제 사정에 맞게 목표치를 설정하여 재생에너지정책을 수행하는 것이다(Directive 2009)

유럽연합 재생에너지지침은 각 회원국이 자국 사정에 적합한 재생에너지부문을 개발하고 생산하여할 의무목표치를 요구하고 있으며 이 목표치는 유럽연합 차원에서 국내 총 에너지소비 중 재생에너지 사용 비중이 2020년 20%에 도달하는데 주력하고 있다. 최종 재생에너지 소비

는 전력생산 이외에도 난방 및 온방, 운송, 바이오연료 등을 포함한 전 에너지소비를 의미한다.

각 회원국은 재생에너지 생산 및 소비 의무목표치를 설정한 후 각 회원국별로 목표치를 달성하는 구체적인 방법론을 위한 국가재생에너지행동계획(National Renewable Energy Action Plan: NREAPs)을 유럽연합위원회에 제출하여야 한다. 동시에 유럽연합위원회는 각 회원국에게 재생에너지 의무목표치를 달성하기 위한 방법은 전적으로 회원국의 국내 사정에 맞게 자율적으로 선택하여 운영할 수 있는 정책의 유연성을 제공하고 있다. 각 회원국이 재생에너지 의무목표치를 달성하는 과정을 검증하는 방법은 2년마다 회원국이 자국의 국가재생에너지 행동계획 실행에 관한 보고서 제출을 의무화하고 있다. 따라서 유럽연합은 검증작업을 통하여 체계적인 재생에너지정책을 수행하고 있으며 이는 유럽연합 재생에너지정책의 핵심 거버넌스 체제이다(Wyns et. al. 2014).

유럽연합 위원회는 각 회원국 국가재생에너지행동계획에 관한 정보를 공유할 수 있는 공식 문서를 제정하여 각 회원국이 자율적으로 제정한 의무목표치를 달성할 수 있는 가이드라인을 제정하여 회원국에게 제공하고 있으며 28개 전 회원국이 상호 조화롭게 정책목표를 달성할 수 있도록 실행보고서를 주의 깊게 관찰하는 활동을 지속하고 있다. 이를 위하여 각 회원국은 국가재생에너지행동계획 보고서를 제출 시 정책목표, 성과, 달성방법, 재생에너지 개발관련 행정상의 문제 등을 구체적으로 제시할 것을 요구하고 있다(Directive, 2009).

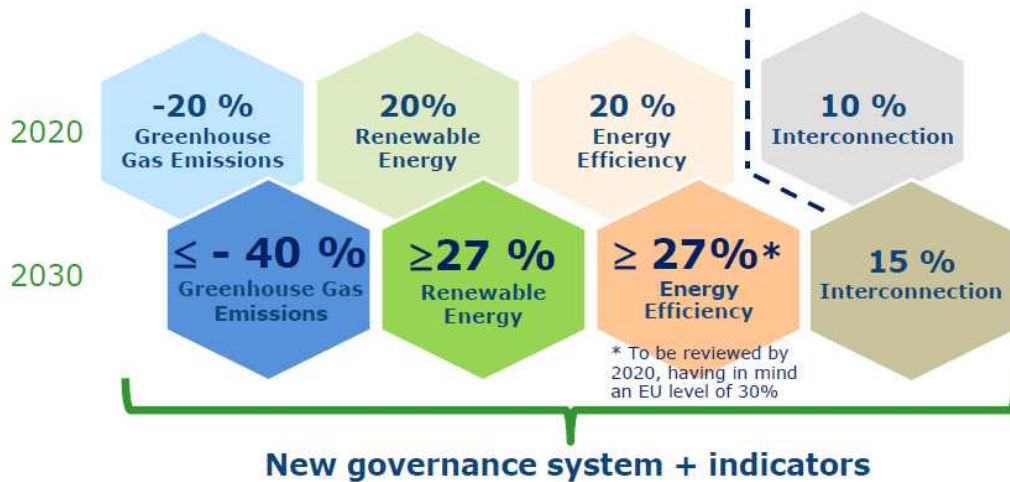
그 결과 유럽연합 28개 회원국의 2012년 총에너지소비 중 재생에너지 사용비율이 14.1%에 달하였다. 이는 2004년 8.3%에서 약 70% 증가한 수치이며 유럽연합 재생에너지지침이 시작된 2009년의 11.9%와 비교할 때도 18.5% 증가하였다. 따라서 2020년 총에너지소비 중 재생에너지 사용 목표치인 20%는 무난하게 달성할 것으로 예상된다. 따라서 유럽연합 정상회의(European Council)는 2014년 10월 유럽연합의 총에너지소비 중 재생에너지 사용비율 및 에너지 효율성을 2030년에 각 27%로 증가시킬 것을 결정하였다(European Council 2014: (<그림 6>과 <그림 7> 참조)

<그림 6> 유럽연합 28개 회원국 총 에너지소비 중 재생에너지 소비 비중 (2004~2012, %)



출처: Eurostat(2014)

<그림 7> 유럽연합 2030년 에너지 및 기후변화 기본계획



출처: European Council(2014)

III. 독일 에너지정책

1. 에너지정책과 지속성장

에너지정책과 지속성장은 매우 상이한 부문으로 이해할 수도 있으나 글로벌 경제제체에서는 매우 긴밀하게 연계되어 있는 것이 현실이다. 1970년대 두 차례 발생한 석유위기와 2014년 중반 이후 글로벌 수요와 공급의 격차에서 발생하는 석유가격 하락이 글로벌경제에 미치는 영향에서 이해할 수 있듯이 에너지자원이 글로벌 경제에 미치는 영향은 매우 크다. 따라서 에너지존도에 관계없이 합리적이며 효율적인 에너지정책을 추진하는 국가가 경제적으로 지속성장을 달성할 수 있는 가능성이 높아지게 된다.

에너지정책과 지속성장이 상호 밀접하게 연계되어 있으며 글로벌 환경문제와도 관련이 깊은 이유는 다음과 같다.

첫째: 과도한 온실가스 배출로 인한 지구온난화현상 해소

21세기는 환경 및 에너지에 관한 이슈가 인류의 최대 화두로 인식되고 있으며 이를 해결하기 위한 다양한 방법론 등이 글로벌 차원에서 제기되고 있는 실정이다. 또한 지난 20세기는 18세기 서유럽에서 시작된 지역적 산업화와는 달리 세계적으로 산업화가 실시된 세기로 모든 국가에서 경제 및 산업의 발전을 위하여 화석연료를 무차별적으로 사용하여 과도한 온실가스를 배출하여 결과적으로 지구온난화현상을 발생시켰다.

이로 인하여 1997년에 발효된 교토의정서(Kyoto Protocol)를 준수하기 위한 각 국가의 노력이 실행되고 있으며 이는 각 국가의 에너지 정책에 중요한 역할을 하기 시작하였다. 이후

오랜 준비 작업에도 불구하고 2009년 12월 덴마크 코펜하겐 기후변화정상회의에서 선진국 및 개발도상국 간 합의점을 찾지 못하였으나 2010년 11월 멕시코 칸쿤 기후변화정상회의에서는 당사국 간의 의견조율에 상당한 진전을 보게 되었다. 그 결과 2014년 12월 페루 리마에서 개최된 제 20차 기후변화협약 당사국총회에서 2020년 이후 국가별 온실가스 감축목표 제출지침을 확정지었다. 따라서 2020년 이후 각 회원국은 스스로 결정하는 온실가스 감축목표를 설정하여 2015년 12월 프랑스 파리에서 개최되는 제 21차 기후변화 당사국총회에 제출하여야 한다.

둘째: 에너지정책이 지속성장의 핵심

21세기 에너지정책은 화석연료 사용 중심의 20세기 에너지정책과는 근본적으로 상이한 형태로 진행되고 있다. 즉, 화석연료 사용중심의 20세기 에너지정책은 공급자 위주의 에너지정책이었으나 친환경 중심의 21세기 에너지정책은 수요자 중심으로 정책의 핵심이 전환되었다.

친환경 에너지정책을 수행하기 위하여 독일정부는 수요자 중심 에너지자원이 태양광 및 태양열, 풍력, 바이오 등과 같은 재생에너지 자원개발에 1980년대부터 정책적인 관심과 시행, 자본 및 기술축적 등을 이룩하여 국가경쟁력을 강화하고 있다. 따라서 에너지정책과 기후변화정책이 지속성장을 견인하는 가장 중요한 정책요소로 자리 매김하기 시작하였다. 이는 새로운 성장산업의 진입을 가능하게 하여 국가의 신 성장 동력의 역할수행과 환경 친화적인 국가이미지 향상에 크게 기여하고 있다.

셋째: 지속가능한 경제발전 전략

에너지정책을 기초로 지속적인 경제성장을 달성하기 위한 방안으로 핀란드, 스웨덴, 덴마크, 노르웨이, 네덜란드 등 5개국 북유럽국가와 독일, 영국 등 유럽연합 (EU) 회원국을 중심으로 이미 1990년대 초와 중후반에 탄소세를 도입하였다.¹⁾ 탄소세 도입 및 운영을 약 10년 이상 실시한 후 이를 기초로 효율적인 이산화탄소 배출 감소를 극대화하기 위하여 이산화탄소 배출권시장을 2005년부터 유럽연합 차원에서 운영하고 있다. 따라서 탄소세 도입과 이산화탄소 배출권시장은 환경 친화적인 에너지정책을 수행하는데 가장 중요한 정책수단 중 하나로 인식되고 있으며 이 정책의 수행을 통하여 에너지 및 환경부문의 첨단기술혁신 창출과 고용창출의 성과를 나타내고 있다.

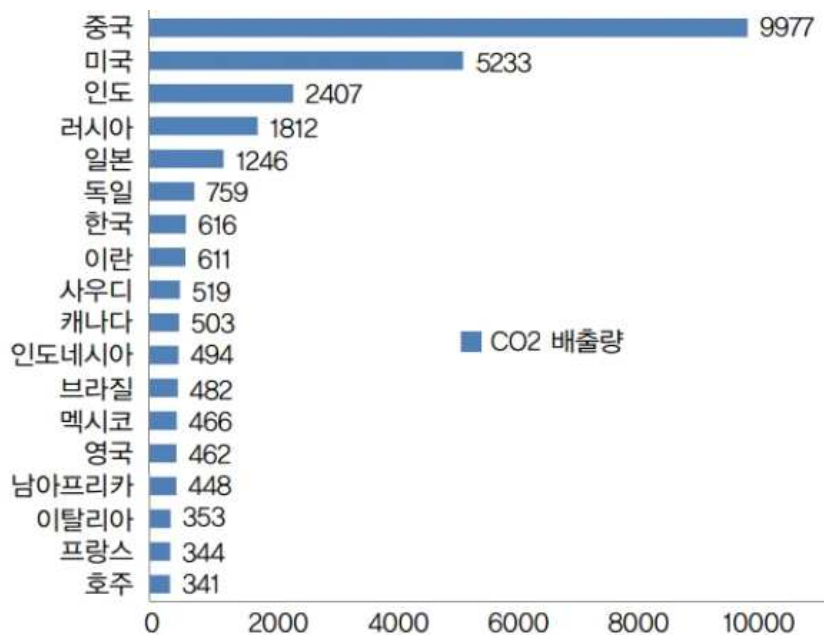
실제로 독일의 경우 생태적 에너지세(일명 탄소세) 시행 및 이산화탄소 배출권시장으로 재생 에너지자원 개발에 박차를 가하는 결과로 작용하게 되어서 재생에너지 자원의 핵심 부문인 태양광 및 태양열, 풍력, 바이오 산업부문에서 2009년까지 약 30만 명의 신규노동인력을 창출하여 국가경제에 기여뿐만이 아니라 이산화탄소 배출량 감축에도 직접적으로 핵심역할을 수행하고 있다. 따라서 독일은 제조업 중심의 산업 국가이며 세계 제 4위의 경제국가임에도 불구하고 이산화탄소 배출 감축을 성실하게 수행하여 2013년 이산화탄소 총배출량은 세계 6위에 불과하다. (Federal Ministry of Economics and Technology, 2010)(그림 8 참조)

넷째: 기후변화정책에 대비

1) 독일은 설명한 것처럼 탄소세라는 명칭으로 도입한 것이 아니라 생태적 에너지세라는 제도를 도입하여 에너지세뿐만이 아니라 환경세의 역할도 수행하고 있다.

에너지정책과 기후변화정책은 매우 밀접하게 연관되어 있다. 에너지정책이 에너지 수요와 공급에 관한 전반적인 사항을 취급하는 반면에 기후변화정책은 지구 온난화 현상에 대비하여 이를 유발시키는 주요원인인 이산화탄소, 메탄, 이산화질소 등의 배출을 감축하는 사항에 정책적인 초점이 맞추어져 있다(Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety 2010)²⁾

<그림 8> 주요국가 별 이산화탄소 배출량 (백만 톤, 2013)



출처: Global Carbon Project(2014)

2. 에너지정책 추진 배경

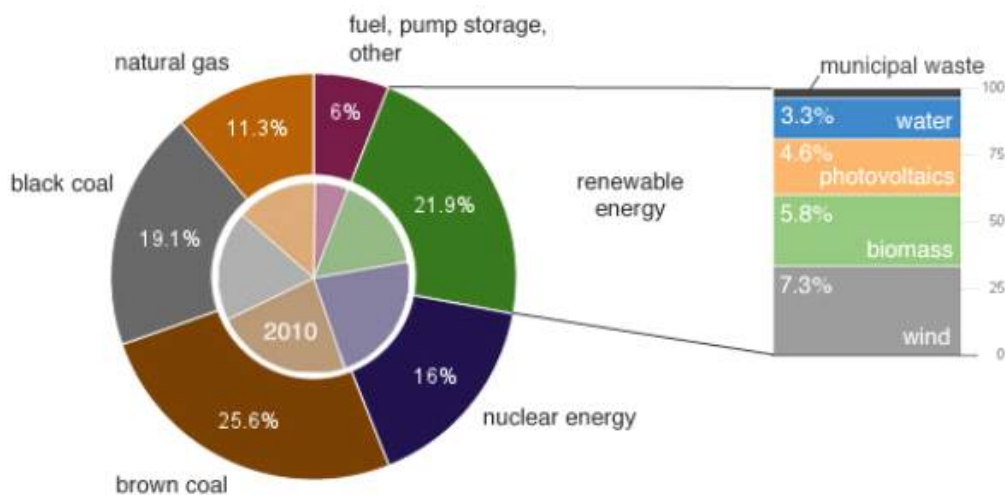
독일은 2014년 세계 제5위의 에너지 시장국가이다. 그럼에도 불구하고 재생 에너지를 제외한 거의 대부분의 주요 에너지소비 자원을 수입에 의존하고 있다. 2012년 말 독일 주요 에너지 소비구조를 살펴보면 석유 36%, 천연가스 22%, 석탄 25%, 원자력 7%, 재생 에너지 10% 등으로 이루어 졌다. 1970년대 초까지는 석유가 주요 에너지자원 소비 중 가장 많은 부분을 차지하고 있었으나 1973년과 1979년 제 1차 및 2차 석유위기를 겪으면서 과도한 석유수입 의존도를 대체하기 위하여 원자력 발전과 천연가스 수입의 비중을 높이게 되었다.

석탄은 독일이 국내에 보유하고 있는 유일한 에너지자원으로 1950년대 및 1960년대의 고도 경제성장의 원동력 역할을 수행하였으나 환경 및 경제적인 측면에서 타 에너지 자원으로 대체 되는 경향을 보이고 있다. 그러나 2002년 이후 석유가격이 400%, 천연가스의 가격이 300%

2) 지구온난화현상을 발생시키는 온실가스(Green House Gas: GHG)는 이산화탄소, 메탄, 이산화질소 등으로 이루어 졌다. 이 중 메탄의 위험성이 가장 높으나 배출량은 대량이 아니다. 이산화탄소가 전체의 약 90% 이상을 차지하고 있기 때문에 편의상 이산화탄소 배출 감축을 가장 중요하게 간주하고 있다.

이상 급등하면서 발전용 석탄소비가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 따라서 전력생산용 주요 에너지자원 사용비율은 2012년 석탄 44.7%, 원자력 16%, 천연가스 11.3%, 석유 6%, 재생 에너지 21.9% 등으로 이루어 졌다(Bundesministerium für Umwelt, 2013:<그림 9> 참조)

<그림 9> 독일 전력생산 주요 에너지자원 비율 (2012년)



출처: Federal Ministry of Economics and Technology(2013)

또한 독일의 경우 에너지 의존도가 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 2012년도 국내 에너지자원 소비구성은 서비스부문이 19%, 일반가정 22%, 수송부문 28%, 산업부문 31% 등으로 이루어 졌다. 이처럼 산업부문의 에너지 소비비중이 OECD 평균인 31%이나 독일이 타 OECD 회원국과 비교할 때 제조업 비중이 상대적으로 높은 현실을 감안한다면 주요 에너지 소비구조가 고도로 발전된 지식기반 경제체제를 구축하고 있는 국가의 특성으로 인식되고 있다.

그럼에도 불구하고 자체적인 주요 에너지 자원보유는 석탄이외에는 전무한 실정이기 때문에 주요 에너지자원 수입의존도는 1990년 56.8%에서 2008년 74.6%, 2010년 77%로 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 이후 에너지자원 수입의존도는 감소추세에 있다. 이 중 특히 2010년 기준 석유 소비의 98%, 천연가스는 87%, 석탄 77%, 갈탄 100%를 수입에 의존하여 총 에너지자원 수입의존도는 77%에 달하였다. 이처럼 높은 총 에너지자원 수입의존도는 2013년까지 71%까지 감소하였다(Westphal 2011: www.unendlich-viel-energie.de; AGEB 2014)³⁾

2012년 말 주요 에너지자원 수입 국가를 살펴보면 석유의 경우 최대 수입국가인 러시아로부터 37%, 석유수출국기구(OPEC)로부터 16%, 영국 14%, 노르웨이 10%, 기타 23% 등으로 이루어졌다. 천연가스의 경우 러시아 36%, 네덜란드 26%, 노르웨이 25%, 기타 13% 등으로 이루어졌으며 석탄의 경우 CIS 31%, 미국 23%, 콜롬비아 9%, 남아프리카공화국 9%, 폴란드 8%, 기타 15% 등으로 이루어 졌다(<표 1> 참조).

3) 총 에너지자원 수입의존도 비율은 추정 기관에 따라서 차이를 나타내고 있다. 독일통계청의 자료에 의하면 2012년 독일의 총 에너지자원 수입의존도는 61.1%로 기록하고 있으나 이는 원자력 에너지를 국내용 에너지로 계산한 반면에 에너지 전문기관인 AGEB는 원자력 에너지를 수입용 에너지로 계산하고 있다.

<표 1> 독일 주요 에너지자원 수입국가 (2012년)

| 석유 | | 천연가스 | | 석탄 | |
|------|-----|------|-----|----------|-----|
| 러시아 | 37% | 러시아 | 36% | CIS | 31% |
| OPEC | 16% | 네덜란드 | 26% | 미국 | 23% |
| 영국 | 14% | 노르웨이 | 25% | 콜롬비아 | 14% |
| 노르웨이 | 10% | 기타 | 13% | 남아프리카공화국 | 9% |
| 기타 | 23% | | | 폴란드 | 8% |
| | | | | 기타 | 15% |

출처: IEA(2014); www.coalspot.com

유럽연합 회원국 중 독일은 에너지수입 의존도가 가장 높은 국가 중 하나이다. 특히 유럽연합 내 가장 규모가 큰 경제회원국으로 이처럼 높은 에너지 의존도를 나타내는 것은 에너지의 안정적인 수급에 위험이 상존할 수 있다. 러시아는 독일의 주요 에너지자원 수입의 약 40%를 차지하는 가장 중요한 에너지자원 공급 국가이다. 특히 천연가스의 경우 수입국가의 수가 상대적으로 적으면서 러시아에 의존하고 있는 비율은 매우 높은 것이 구조적인 문제점으로 지적되고 있다. 천연가스 이외의 석유 및 석탄의 주요 수입원은 상대적으로 다원화 되어 있어서 에너지 공급에 위험성이 상대적으로 적게 노출되어 있다.

그러나 전반적으로 주요 에너지자원 수입의존도가 매우 높기 때문에 에너지공급 안정을 장기적이며 지속적으로 유지하는 것이 에너지정책 수행에 가장 중요한 요소이다. 또한 1970년대 두 차례에 걸친 세계 석유위기를 경험하고 2006년 및 2009년 우크라이나에서 발생한 천연가스 공급중단 문제 등을 경험하면서 에너지 자원의 안정적이며 지속적인 공급이 국가경제 발전에 필수적이라 판단하여 국가적 차원에서 에너지정책을 수행하고 있다(박상철 2014)

3. 에너지정책 방향 및 전략

에너지정책의 기본방향은 주요 에너지자원의 절대적인 부족으로 인하여 주요 에너지 수입의존도가 매우 높은 상태를 장기적인 차원에서 지속적으로 감소시켜 나가면서 대외 의존도를 극소화 시키는 것이다. 이는 단순히 에너지 공급안정에 정책적 초점을 맞추는 것이 아니라 장기적인 차원에서 주요 에너지자원의 수입의존도를 감소시키고 주요 에너지 소비구조를 변화시켜서 환경 친화적인 에너지 소비구조를 정착시키는 것이다.

이러한 에너지정책의 기본방향을 추진하기 위하여 독일정부는 2010년 에너지개념(Energiekonzept)을 발표하였으며 2011년 3월 일본 후쿠시마 원자력발전소 폭발사고 이후에는 에너지전환(Energiewende)이라는 명칭을 사용하여 환경 친화적이며 지속가능하고 안정적인 에너지공급을 위한 가이드라인을 제시하였다. 이로써 독일은 재생에너지 시대를 위한 로드맵을 최초로 작성하였다.⁴⁾ 독일정부가 발표한 에너지개념은 2050년까지 장기적 전략을 디자인하고 이를 시행하는 것이다(Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety 2010; Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

4) 에너지개념(Energy Concept)은 에너지전환(Energiewende)이라는 독일어를 영어식으로 표현한 것이다.

2011).

독일의 에너지정책은 독립국가로서 독자적으로 수행하는 부분도 존재하지만 독일이 유럽연합의 회원국으로서 유럽연합에서 28개 회원국가가 전체적으로 합의한 에너지정책 가이드라인을 준수하여야 할 의무도 동시에 갖는다. 실제로 유럽연합 차원의 공통적인 에너지정책은 2007년에 시작하여 역사가 매우 짧다. 그 이유는 각 회원국 차원에서 자체적인 에너지정책을 수행하고 있어 왔으며 현재도 수행하고 있기 때문이다. 그러나 유럽연합은 각 회원국의 에너지시장 형성에 실질적으로 막대한 영향을 미치고 있다. 그 이유는 유럽연합이 유럽연합 차원의 내부 시장관련 법률제정, 경쟁, 환경정책 등을 통하여 각 회원국의 에너지시장 형성에 직접적인 영향력을 행사할 수 있기 때문이다(EC 2010; Westphal & de Graaf 2011).

독일 내 독자적인 에너지부는 존재하지 않지만 에너지정책을 주관하는 부서인 경제기술부(Federal Ministry for Economy and Technology)가 에너지 정책방향을 설정하면 재무부(Federal Ministry of Finance), 환경, 자연보존 및 원자력안전부(Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety) 이외 총 14개 에너지관련 부서와 공고한 협력 체제를 구축하여 긴밀하게 에너지정책을 시행하고 있다. 이러한 정책적 협력을 기초로 독일 에너지정책 방향은 유럽연합 20/20 전략적 종합계획을 채택하여 적극적인 이산화탄소 배출 감소, 에너지효율 향상, 재생에너지 사용비율 증대 등의 방향으로 운영되고 있다(Eissel & Park 2010).

독일은 에너지정책을 수행하는 전략으로 유럽연합 회원국 차원에서 에너지정책 및 기후정책의 통합을 강화시키고 있으며 국제에너지 관계에서도 유럽연합의 에너지정책 목표를 공유하고 있다. 이를 위하여 다자간 협력체제 구축에 적극적으로 동참하고 있으며 국가 간 에너지 교역에서 세계무역기구(World Trade Organization: WTO) 규칙을 적용시키는 핵심적인 역할을 수행하고 있다.

또한 유럽연합의 에너지시장연합체를 구축하기 위하여 독일은 국내 에너지시장 자유화 및 규제완화를 단행하여 경쟁체제를 유도하였다. 이로써 석유, 가스, 전력 등 주요 에너지자원 공급이 과거에는 국가, 지방정부, 국가기관 소유에서 사유화 과정을 거치면서 국내 에너지시장 구조 개혁을 1990년대 중반부터 추진하여 에너지시장의 경쟁 체제를 도입하였다. 특히 에너지시장의 자유화 및 규제완화를 단행하면서 기존의 지역적 에너지시장 영토가 소멸되고 소유권이 재구성되면서 전력시장에 전력을 공급할 때 재생에너지 사용에 우선권을 부여하는 전략을 추진하여 재생에너지 사용비율을 획기적으로 향상시킬 수 있었다(Westphal & de Graaf, 2011).

4. 에너지정책 목적, 수행방법 및 정책수단

1) 에너지정책 목적

에너지정책 수행의 제 일차적인 목적은 주요 에너지자원 수입의존도를 감축시키기 위한 것이다. 이미 설명한 것처럼 2010년 주요 에너지자원 수입의존도가 석유는 약 98%, 천연가스 약 87%, 석탄 약 77%로서 매우 높다. 따라서 독일정부는 에너지정책 수행 목적 중 에너지수입 의존도를 감축하여 에너지 안보를 우선적으로 관리할 수 있는 상황을 유지하는 것이다. 이외에도 주요 에너지자원 수입의존도를 감소시키면서 국내 에너지자원이 절대적으로 부족한 상황 하에서 에너지 공급안정을 지속적으로 확보하는 것도 에너지정책 수행의 주요 목적이라 할

수 있다.

독일은 에너지정책을 수행하면서 3대 주요목표를 설정하고 있다. 독일정부가 설정하고 있는 3대 목표 중 첫째 목표는 경제적 효율성을 극대화 시키는 것으로 이를 달성하기 위하여 시장 경제구조 및 효율적 경쟁을 강조하고 있다. 이로써 에너지 수요와 공급에 있어서 경제적 효율성을 향상시키는 것이다. 즉, 현재에도 진행 중인 유럽연합 내 전력 및 천연가스 시장의 자유화로 인하여 경쟁이 치열해 지고 있기 때문에 이 부문에서 효율성을 강화하여 가격경쟁력을 확보하는 것이 주요 목표이다. 이는 독일 내 가정 및 산업계에게 경제적 이익이 환원되며 동시에 관련 독일의 에너지산업이 유럽연합 에너지시장에 원활하게 진입할 수 있는 가능성을 높여줄 것으로 기대하고 있다.

두 번째 목표는 주요 에너지자원 공급의 안정성 확보이다. 이는 세계 에너지시장의 수요와 공급 상황에 영향을 미치지 않도록 에너지 수요를 충족할 수 있는 에너지 공급을 항상 제공할 수 있도록 하는 것이다. 국내 에너지자원이 절대적으로 부족한 상황 하에서 에너지공급의 안정을 확보하기 위해서는 주요 에너지자원의 확보도 중요하지만 보유자원의 적절한 배합(Energy Mix)과 에너지 공급원의 다양화를 창출하여야 한다. 또한 원자력 에너지 사용이 시기적으로 제한되고 있는 상황이기 때문에 에너지 절약, 에너지사용 효율성 및 합리화를 극대화 시키고 총에너지 소비를 감소시키는 것이 목표이다.

세 번째 목표는 환경과의 호환성(Environmental Compatibility)이다. 현재 진행 중인 전 지구 차원의 기후변화는 우리 인류와 에너지정책이 직면한 가장 커다란 문제 중 하나이다. 이를 위하여 에너지소비 감소뿐만이 아니라 재생에너지사용이 총에너지 수요에서 차지하는 비중을 높이는데 주력하고 있다. 또한 기후변화에 대처하기 위하여 이산화탄소 배출을 감축하는데 주력하며 그 결과가 산업계에 미치는 영향을 최소화하고 국내뿐만이 아니라 유럽연합 그리고 글로벌 차원에서 이 활동을 지속적으로 수행하고 있다(www.bmwi.de).

2) 수행방법

에너지정책을 수립하고 목표를 설정하여 이를 수행하기 위하여 다양한 접근방법이 활용되고 있다. 특히 21세기는 주요 에너지 자원의 지속적이며 안정적인 확보뿐만이 아니라 이를 통한 경제활동의 활성화에도 충분히 기여하여야 하며 동시에 환경에 부정적인 영향을 미치지 않아야 하는 복잡한 전제조건을 충족시켜야 한다. 따라서 이러한 조건을 충족시키기 위해서는 특정 중앙부서가 단독으로 에너지정책을 수립하고 목표를 설정하여 이를 수행하는 것은 적절하지 않다. 그 이유는 에너지와 관련된 이슈가 단순히 개인소비 혹은 산업계에만 영향을 미치는 것이 아니라 국가 경제활동에 전반적으로 영향을 미치고 있기 때문이다.

따라서 독일에서는 이미 설명한 바처럼 에너지정책을 수립하는 경제기술부와 기후변화에 대응하고 환경보호를 주관하는 환경, 자연보존 및 원자력안전부 등 총 14개 정부기관이 협력하여 수행하는 공동수행방식을 채택하고 있다. 이처럼 환경 친화적이며 산업계의 경쟁력을 지속적으로 유지하기 위한 에너지정책을 수행하기 위하여 가장 중요한 요소는 미래 에너지 공급체계를 위한 중추적 정책목표를 설정하는 것이다. 이를 위하여 독일정부는 에너지개념을 수립하여 시행하기로 결정하였다(Federal Ministry for Economy and Technology 2010; Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety 2010).

에너지정책 수행 기본방법은 에너지시장의 경쟁력 강화와 시장중심의 접근방법을 통하여 지속적인 경제성장 달성뿐만이 아니라 직장창출, 에너지 기술혁신 유발 등을 유도한다. 독일은

에너지 수입의존도가 유럽연합 회원국 중 가장 높은 국가 중 하나이며 전체 에너지 소비량의 80%가 기후변화의 주범인 지구온난화를 유발시키는 이산화탄소를 배출하고 있다. 따라서 현재의 에너지 공급구조를 중장기 차원에서 획기적으로 변화시켜 에너지 안정을 달성하기 위해서는 기후정책과도 긴밀하게 협력하여 운영하여야 한다.

이를 위하여 에너지 관련 장기 로드맵을 작성하여 각 주요과정마다 에너지 기술혁신 창출, 신규용량창출 등을 달성하려하고 있다. 에너지정책을 수행하기 위하여 독일정부가 작성한 에너지 개념은 친환경적 에너지정책을 수행하기 위한 가이드라인으로서 지속적이며 안정적인 에너지 공급뿐만 아니라 재생에너지시대 진입에 관한 장기적 로드맵을 담고 있다.

즉, 에너지개념은 2050년까지 장기전망 하에서 에너지관련 이슈에 대한 전반적인 디자인을 설정하고 이를 실행하는 방안을 설정하고 있다. 우선 수행방법은 장기적 안목에서 에너지 이슈를 전반적으로 접근하면서 동시에 기술개발과 경제성장을 달성할 수 있도록 정책수행의 유연성을 도입하여 운영하도록 하고 있다.

또한 장기 에너지정책 중 가장 중요한 수행과제는 재생에너지 사용비율을 획기적으로 향상 시키는데 초점이 맞추어져 있으며 특히 에너지 배합 (Energy Mix) 부문에 기존 에너지 자원과 비교할 때 가장 높은 비율을 차지할 수 있도록 하는 것이다. 이로서 화석연료인 기존 주요 에너지자원 사용을 점진적으로 감소시켜 나가면서 그 부족분을 2020년까지 사용할 수 있는 원자력 에너지로 대체하는 방법을 채택하고 있는 에너지개념을 수립하여 시행하기로 결정하였다(Federal Ministry for Economy and Technology 2010; Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety 2010).

이를 수행하는 방법론은 설명한 것처럼 시장중심의 에너지정책을 채택하는 것이며 이는 전력, 운송, 난방 등 에너지 사용 전 분야와 과정에 현존하는 모든 기술부문에 개방되어 있는 에너지 자유경쟁 시장을 의미한다.

3) 정책수단

독일 에너지정책 수행은 중앙정부와 지방정부와의 분명한 역할분담이 설정되어 있다. 우선 관련 중앙정부 부서는 에너지정책을 기획하여 이를 수립하고 지방정부는 이를 전반적으로 수행한다. 그리고 중앙정부기관은 중앙정부부서가 에너지정책을 수립하는데 중요한 싱크탱크의 기능을 수행하며 동시에 지방정부와 협력하여 에너지정책이 충실하게 수행될 수 있도록 지원하는 역할을 수행하고 있다(Eissel & Park 2010).

에너지정책을 수립하는 주요 중앙정부 부서로는 전반적인 에너지정책을 수립하는 경제기술부(Federal Ministry for Economics and Technology), 재생에너지 부문의 시장진입 및 연구개발 부문의 정책을 수립하는 환경, 자연보존 및 원자력안전부(Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety), 주택 및 건물 등의 에너지 사용 효율화에 관한 정책을 수립하는 운송주택도시부(Federal Ministry for Transportation, Building and Urban Affairs), 바이오연료와 관련된 모든 정책을 담당하는 산림농업문화부(Federal Ministry of Forest, Agriculture and Culture), 에너지관련 세금정책을 담당하는 재무부(Federal Ministry of Finance) 등이다.

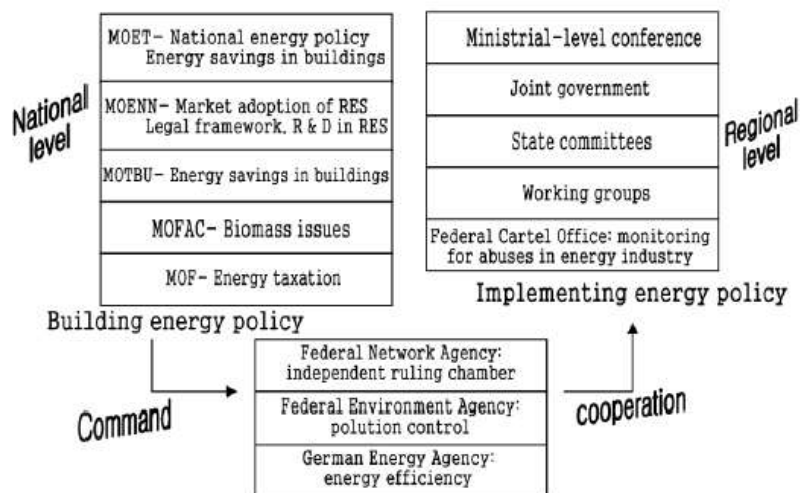
에너지정책을 지역차원에서 직접적으로 수행하는 지방정부기관으로는 독일중앙정부 상원(Bundesrat)에서 에너지정책과 관련하여 결정되는 최종 에너지 정책을 직접 수행하는 각 지방정부, 지방정부 위원회, 정책수행 실무그룹, 에너지산업의 사업수행을 감시하는 연방 카르텔

국(Federal Cartel Office) 등이 있다.

중앙정부의 에너지정책 수립을 기획하고 지방정부의 에너지정책 수행을 지원하는 중앙정부 기관으로는 독자적인 규정을 확보하고 있는 연방네트워크청(Federal Network Agency), 오염 규제를 담당하는 연방환경청(Federal Environment Agency), 에너지사용 효율성을 담당하는 연방에너지청(Federal Energy Agency) 등이 있다(<그림 10> 참조).

재생에너지 사용비율을 증대시키기 위하여 독일정부는 2000년 재생에너지 자원법(Renewable Energy Resources Act)을 제정하였으며 이를 2004년 개정하였다. 이 법률제정으로 2007년 유럽연합위원회가 결정한 2020년 주요 총에너지자원 공급에서 재생에너지 사용이 차지하는 비율을 10%로 목표를 확정할 수 있었으며 가장 중요한 정책수단으로 활용되고 있다. 재생에너지자원법은 최근 2014년에 재개정 되었다.

<그림 10> 독일 에너지정책 수행주체



출처: Eissel & Park(2010)

이외에도 정책수단으로 활용되는 것은 난방 및 교통부문에 적용되고 있는 재정적 인센티브가 있다. 특히 교통부문에 바이오연료 사용을 증대시키기 위하여 이를 적극적으로 장려하고 있다. 그 결과 2000년도 바이오연료 사용비율이 0.5%에서 2005년 4.5%로 증가되었다. 독일정부는 유럽연합이 제정한 2020년 바이오연료 사용비율 10%를 달성하기 위하여 2007년 바이오연료 일정비율 의무사용제도(A Bio Fuels Quota)를 도입하였다.

또한 전력부문에는 1990년에 제정된 법령에 의하여 적용되는 발전차액 보조금제도(Feed in Tariff System: FIT)가 있다. 발전차액보조금지원법에 의하면 재생에너지 자원으로 생산한 전력공급자에게 의무적으로 재정지원을 하는 것으로서 전력회사는 이들에게 전력소매가격의 65 ~ 85%를 지불하도록 규정하였다. 이후 10년 후인 2000년 재생에너지지원법(EEG)이 채택되면서 재생에너지 자원별, 지역, 자원기술설치규모 등에 따라서 전력생산량에 대한 보장을 발전차액으로 지원해 주고 있다.

재생에너지지원지원법은 세 단계를 거치면서 발전하여 왔다. 제1단계인 2000 ~ 2009년까지는 독일정부는 재생에너지로 국내 전력생산량을 증가시키는데 정책적 초점을 맞추었다. 특히 첨단기술부문과 밀접한 연관이 있는 태양광 전력생산 단가가 기존의 화석연료 사용 전력생산

비용보다는 월등하게 높은 관계로 발전차액지원정책을 투자자들에게 투명성, 지속성, 확실성 등을 제공하는데 치중하였다. 제2단계인 2009 ~ 2011년에는 지속적인 연구개발의 결과 태양광 전력생산비용이 급격하게 낮아지게 되어 발전차액지원정책을 태양광 전력생산을 극대화 시키는데 초점을 맞추었다. 제3단계인 2012년 이후에는 태양광, 풍력, 바이오매스 등 재생에너지 전력생산비용이 지속적으로 감소되어 화석연료 사용 전력생산비용과의 격차가 현격하게 줄어들어 발전차액지원 비율을 낮추는데 정책적 초점을 맞추고 있다(Fulton & Capalino 2012).

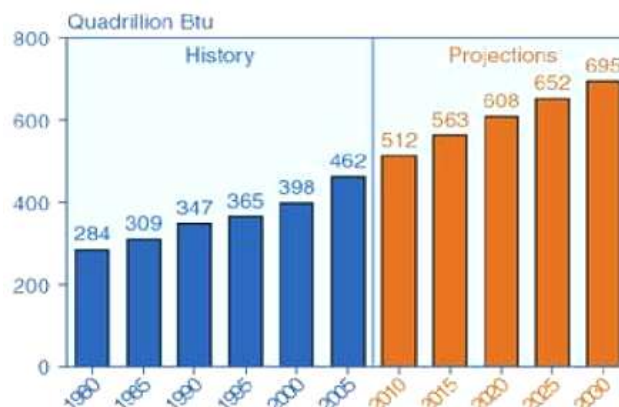
IV. 경제성장과 에너지정책

1. 경제성장과 에너지 상관관계

경제성장과 에너지 소비에 관한 상관관계는 다양한 학문적 연구가 있으나 아직까지는 다수의 가정이 존재하는 상황이다. 이 중 가장 많이 인용되는 것이 경제성장과 에너지 소비는 상호 비례하는 방향으로 움직인다는 것이다. 즉, 에너지 소비가 생산을 위한 하나의 투입요소로 작용하여 에너지 소비가 증가하게 되면 경제성장도 증가한다는 주장으로 가장 일반적으로 인정되고 있다(Apergis and Payne 2009a; 2009b).

실제로 글로벌경제에서 1980년부터 2030년까지 전 세계 에너지소비량과 그 예측치 그리고 동 기간의 글로벌 경제성장률을 비교하여 보면 2005년까지 에너지 소비량이 지속적으로 증가하면서 글로벌 경제성장률도 증가한 것으로 나타나고 있다. 또한 향후 2010년 이후에도 중국, 인도, 브라질 등 신흥국의 높은 경제성장률로 인하여 에너지 소비량과 경제성장률이 동시에 증가하리라 예측되고 있다. 이러한 장기전망은 2008년 글로벌 금융위기, 2011년 유럽연합 재정위기 등을 거치면서 주요 선진국들의 비전통적인 금융정책인 양적완화(Quantity Easing: QE)를 거치면서 선진국의 경기가 예상했던 것만큼 성장하지 못하고 신흥국인 중국의 경제정책마저 내수중심으로 전환하는 관계로 글로벌 에너지수요를 예상한 만큼 충족하지 못하게 되었다. 따라서 주요 에너지자원인 석유의 공급과잉으로 인하여 2014년 하반기부터 석유가격이 급격하게 하락하는 상황에 직면하게 되었다(IEA 2007; Energy Information Administration 2006; Financial Times 2014, The Economist 2015; <그림 11> 참조)

<그림 11> 세계 에너지 소비량 추이 (1980 - 2030년)



출처: U.S. Energy Information Administration(2006)

따라서 글로벌 경제체제에서 경제성장, 에너지소비, 에너지가격 간의 상관관계는 분명하게 존재하는 것으로 이해되고 있다. 지난 1981년부터 2007년까지 OECD 회원국 25개국의 경제 성장과 에너지소비를 비교분석한 결과를 보면 경제성장, 에너지소비, 에너지 가격은 회원국 간 상호 매우 밀접한 관계를 갖고 있다는 것이 증명되었다. 즉, 각 회원국의 경제성장이 높으면 에너지 소비도 증가하기 때문에 에너지 정책 담당자는 이를 에너지정책 수립에 반드시 반영하여야 한다(Belke et al. 2011).

이외에도 에너지 생산기업은 높은 경제성장을 달성하는 시기에는 에너지 소비증대로 인한 미래의 에너지생산 증대에 대비하여야 하며 에너지 소비의 특성 중 하나가 가격탄력성이 상대적으로 매우 낮다는 점을 명심하여 사업계획을 추진하여야 한다. 에너지소비 균형은 한 국가 내 에너지 소비 총격보다는 글로벌 에너지시장 소비총격 이후에 재형성 되는 경향이 매우 강하기 때문에 한 국가 내 에너지정책이 국내 에너지소비에 미치는 영향은 상대적으로 적은 것으로 평가되고 있다. 이는 한 국가의 에너지보존정책(Energy Conservation Policy)이 경제성장에 미치는 영향이 상대적으로 크지 않음을 의미한다.

2. 경제성장과 재생에너지정책

에너지소비와 경제성장 간의 상호관계는 일반적으로 에너지 소비가 증가할 때 경제성장이 더불어서 높아지고 에너지 소비가 감소할 때는 경제성장도 감소하여 양자는 종속관계를 명확하게 유지하고 있다. 따라서 에너지 소비는 경제성장에 직접적인 영향을 미쳐 직접적으로 발생하는 지구적 문제는 지구온난화로 인한 기후변화문제이기 때문에 이를 해결하기 위해서는 다른 방법을 도입하여야 한다(Lee and Lee 2010).

즉, 일방적인 에너지소비 감소를 추구하면 궁극적으로 경제성장이 저하되기 때문에 경제성장은 지속화하고 동시에 기후변화문제를 해결하기 위해서는 이산화탄소 배출감축에 직접적으로 기여하는 재생에너지 소비를 증가하는 것이다. 이것이 에너지소비와 경제성장의 상관관계에 존재하는 구조적인 문제를 해결하고 기후변화 문제도 해결할 수 있는 유일한 대안 중 하나로 인정받고 있다(Costantini and Martini 2010).

재생에너지 소비를 증가시키기 위하여 독일정부는 재생에너지 자원으로 전력생산을 2025년까지 40 ~ 45% 생산하고 2035년에는 이를 55 ~ 60% 생산하려고 추진하고 있다. 재생에너지 전력생산은 2050년 총 전력생산의 80%에 이르도록 정책적 목표를 설정하고 있다. 이를 위하여 독일정부는 2014년 신규 재생에너지자원법(Renewable Energy Sources Act: EEG)을 채택하였다.

이외에도 지속적인 경제성장이 가능한 에너지정책을 추진하는 독일정부는 여타의 기술선진국과 차별적인 정책수단을 시도하고 있다. 이는 재생에너지 소비를 증가시키는 것과 동시에 에너지소비 효율화를 병행하여 추진하는 것이다. 이를 위하여 정부는 에너지효율화 행동계획을 추진하고 있다. 이 계획은 최적의 에너지 효율화를 달성하기 위하여 에너지기후기금(Energy Climate Fund)이 재정지원을 수행하여 건축물의 에너지절약을 강화하고 비효율적인 투자에 대한 자문수행, 에너지사용 효율화를 위한 저소득층 무료상담, 에너지효율인증제도 실시 등을 추진하고 있다. 이외에도 독일정부는 에너지효율화를 국내뿐만이 아닌 유럽연합 차원에서 에너지효율이 높은 제품에 대한 표준화를 추진하고 있다(Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety 2014)

V. 산업구조와 재생에너지정책 분석

1. 산업구조

독일의 산업구조는 OECD 국가 중에서도 상대적으로 제조업의 비중이 높다. 또한 제조업이 창출하는 부가가치의 비율도 타 선진국과 비교할 때 매우 높은 것으로 나타나고 있다. 이는 독일 산업이 전문화된 첨단기술 산업분야의 제조업이 세계적인 경쟁력을 보유하고 있음을 의미한다.

구체적으로 설명하면 2008년도 독일 제조업이 창출한 부가가치는 전체의 23.1%를 차지하였으며 이는 중국 34.4%, 한국 27.9% 보다는 낮지만 일본 20.6%, 프랑스 11.9%, 영국 12.3%, 미국 13.3%보다 월등하게 높은 수치이다. 최근 통계인 2012년을 기준으로 보면 독일 23%, 중국 32%, 한국 31%, 일본 18%, 프랑스 11%, 영국 10%, 미국 13%로 독일의 경우 제조업의 부가가치 창출에는 거의 변화가 없는 반면에 한국을 제외한 세계 주요국가에서 제조업의 부가가치가 하락하고 있는 경향을 나타내고 있다(www.worldbank.org).

이는 독일산업의 글로벌 경쟁력은 첨단제조업에서 창출되고 있음을 나타내고 있으며 이는 기후변화, 고령화시대 대두 등 지식기반사회 구축에 필요한 첨단기술을 확보하고 있는 독일산업 미래에 더욱 강력한 경쟁력을 지속해 나갈 수 있을 가능성을 의미한다(Federal Ministry for Economics and Technology 2010)

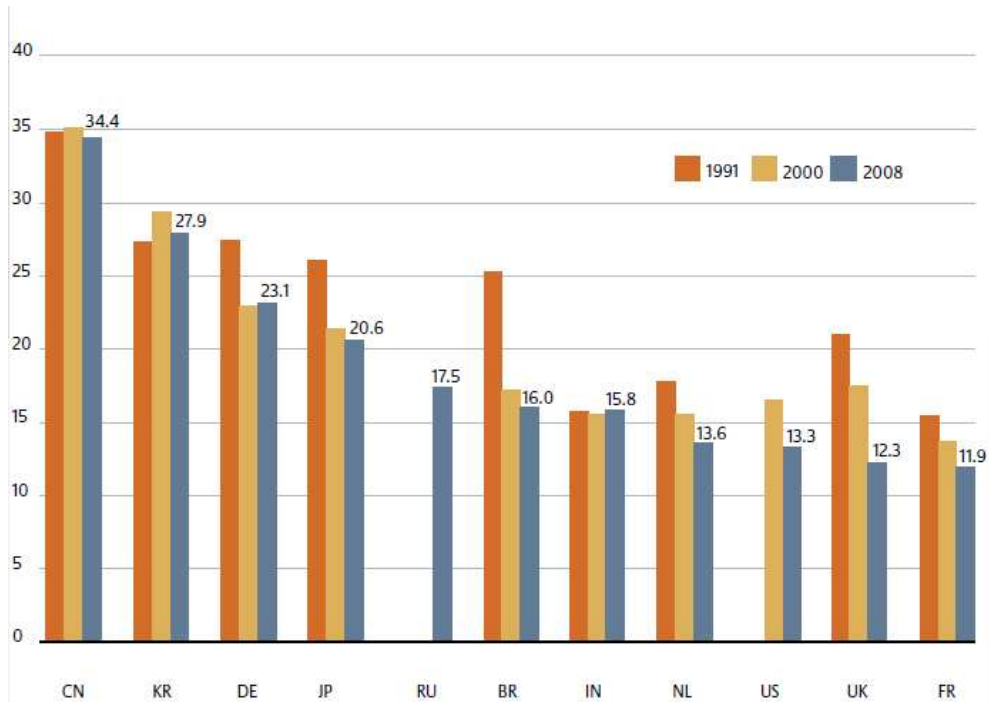
타 기술선진국과 달리 제조업중심 산업을 유지하고 있는 독일의 산업구조는 매우 특색이 있다. 1990년대 미국, 영국, 프랑스 등 구미선진국은 서비스업 중심으로 산업 구조조정을 하면서 제조업 전략을 자국의 국제 비교우위가 있는 특정부문만을 전략산업화 하는 과정을 거치면서 제조업부문에서 창출된 부가가치의 절대비율이 감소하는 경향을 나타내고 있다.

그러나 독일의 경우 1990년대 이후 산업구조조정 수행하는 전략을 구미 선진국이 추진한 비교우위를 확보한 제조업의 특정부문에 집중한 것이 아니라 보유제조업의 전문화를 통하여 제조업 부가가치창출을 지속화 하였다. 따라서 부가가치 창출비율이 1991년 27.3%에서 2008년 23.1% 소폭 감소하는데 그쳤으며 이는 2012년에도 거의 변화가 없는 상태이다(<그림 12> 참조).

독일의 제조업 부가가치 창출은 전 산업 대비 비율뿐만이 아니라 그 창출액수도 타 선진국과 비교할 때 압도적으로 높다. 우선 유럽연합 28개 회원국과 2007년도 산업별 부가가치 창출액을 비교해 보면 독일이 약 4,600억 유로(약 690조 원)에 이르러 이태리 약 2,190억 유로, 영국 약 2,180억 유로, 프랑스 약 2,160억 유로 등과 월등한 차이를 보이고 있다(Eurostat 2010).

이는 독일의 제조업 비중이 타 회원국과 비교할 때 상대적으로 높은 것도 사실이나 부가가치 창출측면에서 매우 높은 효율성을 나타내고 있어서 기술능력의 비교우위뿐만이 아니라 장기적 차원에서 국가경쟁력을 나타내주고 있다. 이외에도 제조업의 높은 부가가치 창출능력은 안정적인 고용창출 및 유지 등 지속발전 가능성을 뒷받침해 주고 있다고 할 수 있다.

<그림 12> 주요국가 제조업 부가가치 창출비율 (1991-2008년) (%)



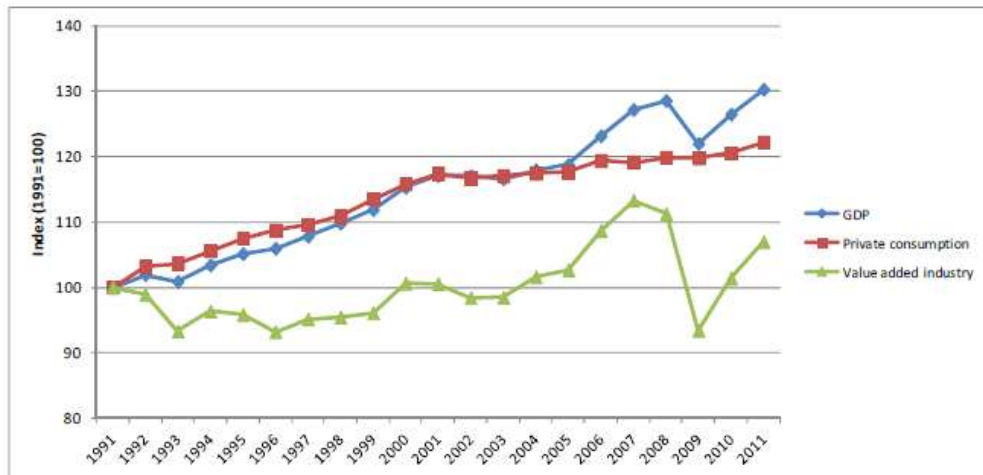
출처: Federal Ministry of Economics and Technology(2010).

2. 에너지소비 패턴과 지속가능성장

제조업을 포함한 전 산업부문을 기준으로 살펴보면 1990년 이후 산업부문 부가가치가 1990년대에는 하락하는 추세를 보이다 2000년대 중반 이후 급격하게 상승하는 패턴을 나타내고 있다. 동시에 2009년에는 글로벌 금융위기로 인하여 전 산업부문의 부가가치가 하락추세를 면치 못하다가 2010년 이후에는 빠르게 회복하는 추세를 나타내고 있다. 이는 1990년부터 2011년까지 총 에너지소비는 지속적으로 감소하는데 국가경제는 성장하고 산업의 부가가치도 증가하는 매우 독특한 독일경제의 특성을 나타내고 있다.

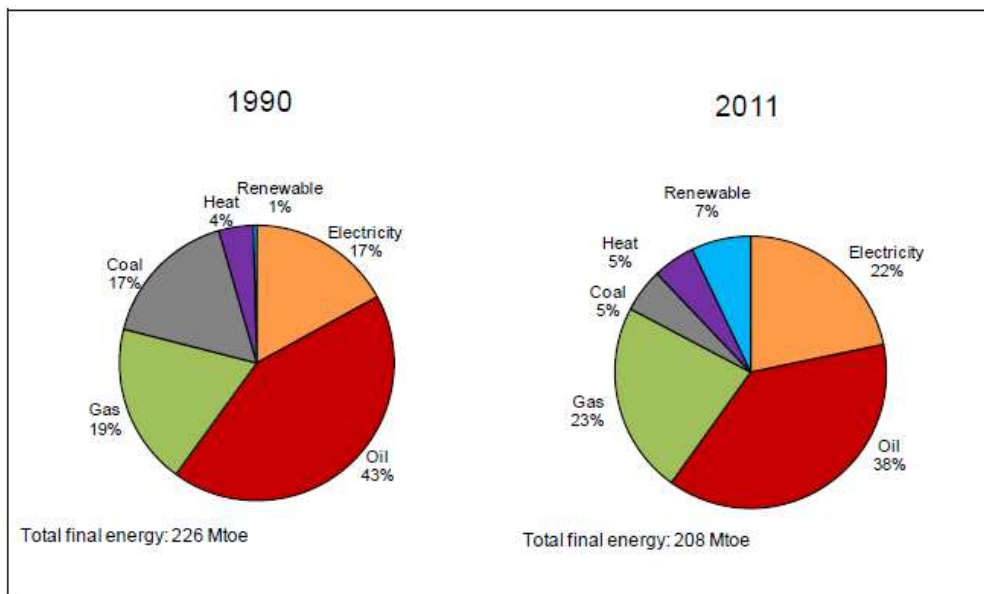
즉, 1990년 독일의 총 에너지소비는 226 Mtoe에서 2011년 208 Mtoe로 약 8% 감소하였으나 국내총생산은 1990년 1조 7,650달러에서 2011년 3조 7,520달러로 213% 증가하였으며 1991년 가격기준으로는 31% 증가하였다. 전 산업의 부가가치도 1990년도 대비 2007년에는 약 12% 증가하였고 2011년과 비교할 때는 약 8% 증가하였다(Schlomann & Eichhammer 2012; www.worldbank.org; <그림 13>과 <그림 14> 참조).

<그림 13> 독일거시경제 및 산업부가가치 발전추이 (1991 ~ 2011년)



출처: Federal Statistical Office(2012)

<그림 14> 국내 총 에너지소비량 비교 (1990 ~ 2011)

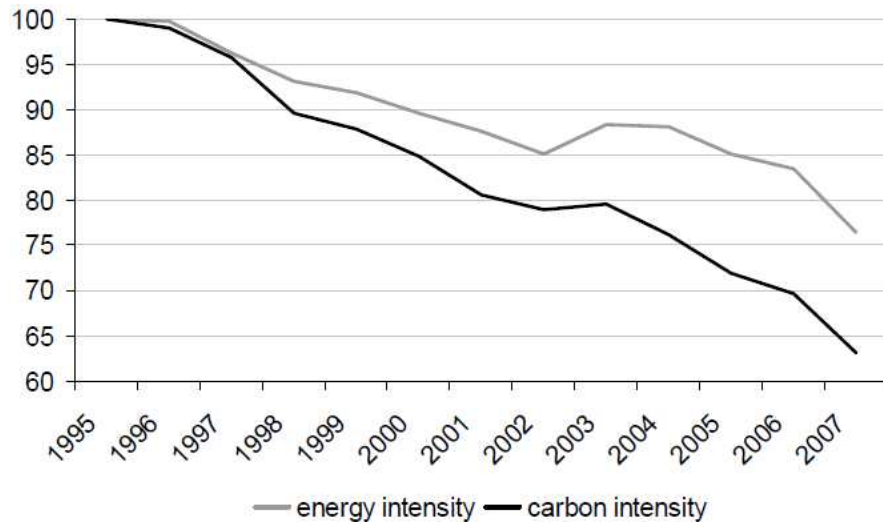


출처: AGEB(2012)

그러나 제조업을 전체로 분석하여 보면 에너지 집중도가 1995년 이후 2002년까지 지속적으로 낮아지고 있다. 2003년에는 예외적으로 증가하는 현상을 보이고 있으나 이는 일시적인 현상으로 2004년 이후에는 다시 낮아지고 있다. 이는 제조업 전체적으로 에너지 소비를 감소시키면서 제품의 경쟁력을 확보하려는 노력의 결과라고 판단된다.

이외에도 이산화탄소 배출집중도 역시 1995년 이후 감소하는 현상을 나타내고 있다. 특히 이산화탄소 배출 집중도는 1998년 이후 에너지 집중도보다 감소비율이 더욱 낮은 상태로 지속적으로 감소되고 있는데 이는 제조업부문에서 에너지소비 감소뿐만이 아니라 이산화탄소 배출감소 기술개발부문에 자본투자와 기술혁신 활동의 결과로 판단된다(<그림 15> 참조).

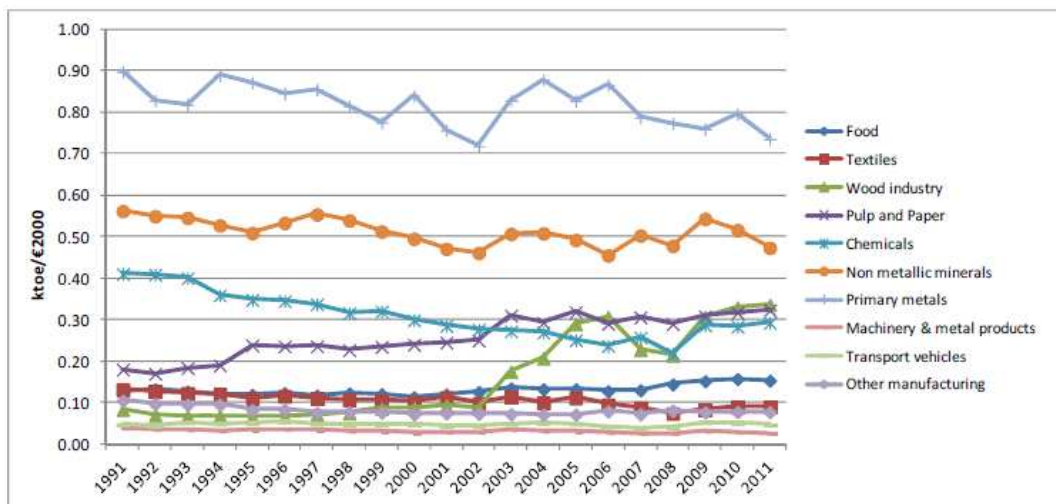
<그림 15> 제조업 에너지 및 이산화탄소 배출 집중도 (1995년 기준)



출처: Statistisches Bundesamt(2010)

독일 제조업의 에너지 집중도를 1991년부터 2011년까지 20년 간 분석해 보면 에너지 집중도가 가장 높은 산업부문은 에너지 사용비율이 가장 높은 철강산업이다. 철강산업은 에너지 사용비율이 가장 높음에도 불구하고 1991년 이후 지속적인 에너지 집중도가 감소하였다. 이외에도 모든 산업부문에서 에너지 집중도가 감소하는 경향으로 나타나고 있다. 위에서 설명한 바처럼 2003년과 2004년에 에너지 집중도가 다시 증가하는 현상을 나타내고 있는데 이는 화학 및 비금속산업의 에너지 집중도 증가로 인한 결과로 분석되고 있다. 그러나 전통적으로 에너지 집중도가 낮은 산업부문인 식품, 기계 및 부품, 섬유산업 등은 에너지 집중도가 상대적으로 균형을 지속하였다(Schlomann & Eichhammer 2012; <그림 16> 참조)

<그림 16> 제조업 에너지 집중도 변화추이 (1991 ~ 2011년)



출처: Schlomann & Eichhammer 2012

재생에너지자원을 개발하고 소비하기 위해서 독일은 다양한 재생에너지 관련법을 제정하였으며 독일 재생에너지 관련법은 유럽연합 차원에서 재생에너지를 개발하고 육성하는 벤치마킹으로 활용되고 있다. 독일의 재생에너지 정책은 짧은 시간 내에 괄목할만한 성과를 내고 있다. 우선 총 주요에너지공급에서 재생에너지 부문이 차지하는 비율이 1995년 1.9%에서 2008년 8.0%, 2010년 9.9%로 1995년 대비 약 다섯 배 넘게 증가되었으며 전력소비부문에서는 같은 기간 4.8%에서 15.2%, 17%로 대폭 증가되었다. 이로서 이산화탄소 배출은 1990년도 기준으로 2010년 20%, 2012년 20.6%가 감소하는 성과를 나타내고 있다. 따라서 독일의 재생에너지정책은 타 국가에 모범사례로 인용되고 있다. (Europolitics Energy, 2010; Oliver et. al. 2013)

VI. 독일 모델의 정책적 시사점

1. 우리나라 재생에너지정책과 지속가능발전전략

우리나라 재생에너지정책은 기술선진국이 선정한 7개의 재생에너지부문과 3개의 신에너지인 연료전지, 석탄액화가스, 수소 등을 포함시켜 신재생에너지정책으로 명명하고 있다. 신재생에너지 소비확대를 통하여 화석연료 소비를 감소시키고 그 결과 이산화탄소 배출량을 감축하여 글로벌 기후변화에 능동적으로 대응하는 것이 정책의 주요 목적이다.

이를 위하여 우리나라도 2002년부터 독일에서 시행되어 온 재생에너지발전 및 소비증대를 위한 재생에너지 발전차액지원제도 (Feed in Tariff)를 시행하였다. 그러나 이 제도는 풍력 및 태양광 발전설비가 단기간에 과도하게 집중되는 관계로 인한 예산부족으로 2011년 정책시행이 중단되었다. 그 결과 재생에너지 자원개발을 위한 기반여건이 성숙되지 않은 상태에서 발전사업자에게 총발전량에서 일정비율을 신재생에너지로 의무적으로 공급하는 재생에너지의무할당제(RPS)를 2012년부터 실시하고 있다. 그러나 문제는 재생에너지로 생산된 전력이 발전사업자에게 판매되는 것보다는 신에너지부문에서 생산된 전력이 판매되므로 경제적 효용성이 매우 낮다.

지속가능발전전략은 UN, OECD, 세계은행(World Bank) 등 국제기구에서 선정한 경제발전전략의 최상위 개념이다. 따라서 독일의 경우 정권교체에도 불구하고 지속가능발전전략을 지속적으로 국가발전전략의 최 상위개념으로 채택하고 있다. 그러나 우리나라의 경우 정권교체와 함께 최상위 발전전략은 지속적이지 못하고 정권차원에서 한시적으로 추진되고 있다. 따라서 정책의 일관성 및 지속성이 매우 취약한 것이 큰 단점으로 지적되고 있다.

2. 독일모델의 시사점

독일 에너지정책과 지속가능발전전략의 시사점은 에너지정책과 지속가능발전전략이 긴밀하게 연계되어 있다는 점이다. 에너지정책은 기후변화정책의 연장선에서 추진되고 있으며 최종목적이 지속가능발전전략으로 활용되고 있는 점이다. 에너지정책은 에너지 의존도가 매우 높은 독일의 에너지안보를 확립하고 동시에 재생에너지개발을 통하여 에너지 수입의존도를 획기적으로 감소시키고 에너지 총 소비를 감소시키면서 경제성장을 달성할 수 있는 지속가능발전전략의 핵심적인 역할을 수행하고 있다.

이외에도 에너지정책의 거버넌스가 14개 정부기관이 협업을 통하여 추진됨에도 불구하고 합리적인 의사결정이 진행될 수 있고 중앙정부와 지방정부 간 역할분담이 분명하게 그리고 효율적으로 작동하고 있는 점이다. 또한 우리나라가 간과하고 있는 에너지소비 효율화에 정책적 관심을 집중시켜 총에너지 소비가 지속적으로 감소할 수 있고 이를 기초로 지속가능발전전략을 실행하고 있는 점이다.

VII. 결론

지속가능발전전략은 1997년 도쿄의정서가 채택되면서 기후변화를 능동적으로 대처하기 위한 각 국가의 환경 및 에너지정책에도 많은 영향을 미쳤다. 즉, 에너지정책 및 기후정책을 강력하게 추진하여야 환경문제를 해결할 수 있고 이를 기초로 한 국가의 경제가 지속가능하게 발전할 수 있다는 논리가 형성되었다.

에너지정책을 환경정책과 긴밀하게 연계하여 추진한 국가는 북유럽 5개 국가이다. 핀란드, 스웨덴, 덴마크, 노르웨이, 네덜란드 5개 국가는 1990년대 초부터 에너지정책의 일환으로 탄소세를 도입하여 지구온난화현상의 주범인 자국 내 이산화탄소 배출을 감축시키기 위하여 노력하였다. 이후 탄소세를 독일은 1990년대 후반 생태적 에너지세라는 명칭으로 채택하여 현재까지 운영하고 있다. 독일의 경우 북유럽 5개 국가보다 탄소세 도입을 조금 늦게 시작한 가장 커다란 이유는 유럽연합(EU) 최대 경제 국가이며 동시에 제조업 중심의 산업국가인 관계로 고에너지소비산업의 비중이 타 유럽국가보다 상대적으로 높기 때문에 에너지부문에 새로운 명목의 세금을 부과한다는 것이 산업경쟁력에 미치는 영향이 매우 크기 때문이다.

그러나 독일이 유럽연합의 주요 회원국이며 유럽연합의 미래를 이끌고 있는 선두국가로서 지구온난화현상으로 인한 기후변화에 무관심할 수는 없는 상황이었다. 따라서 1997년 도쿄의정서가 채택되면서 유럽연합 중 특히 독일이 기후변화문제에 관해서는 글로벌 선도국가가 되어야 한다는 전략적 측면에서 에너지정책의 방향을 설정하였다. 이처럼 독일이 에너지정책 및 기후정책에 전략적 방향전환을 결정한 이유는 타 유럽연합 회원국가보다 에너지수입의존도가 매우 높기 때문에 에너지 안보에 민감하고 제조업중심의 산업구조에서 에너지수급문제를 유럽연합 차원에서 근본적으로 해결해야만 하기 때문이다. 동시에 이를 기초로 자국 산업의 글로벌 경쟁력을 향상시키는 것이 가장 커다란 목적이었다.

따라서 독일은 생태적 에너지세를 도입하면서 기후변화에 적극적으로 대처하고 산업에 부정적인 영향을 최소화시키기 위하여 장시간 산업계와 대화, 양보, 설득과정을 진행하면서 에너지정책을 수행하였다. 동시에 자국의 최대 약점인 에너지자립도를 향상시키고 이산화탄소 배출을 획기적으로 감축시키기 위하여 재생에너지 개발에 주력하였다. 이외에도 에너지소비 효율화도 추진하여 총에너지 소비를 감소시키면서 경제성장을 달성하는 세계 유일의 국가가 되었다. 즉, 지속성장 가능성을 최초로 제시한 모범적 사례가 된 것이다. 이처럼 독일의 기후 및 에너지정책은 생태적 에너지세 실시, 재생에너지개발, 에너지소비 효율화 극대화로 요약할 수 있다.

독일 에너지정책의 핵심은 2010년 9월 채택한 장기 에너지정책인 에너지전환을 확정지으면서 2050년까지 전반적인 에너지전략을 설정하였다. 즉, 에너지전환은 두 가지의 정책방향으로 구성되었다. 첫째는 에너지 효율성 향상을 통하여 총 에너지소비를 감소시키고 둘째 총 에너지소비에 재생에너지부문을 확대하는 것이 주요 내용이다. 따라서 재생에너지정책을 추진하기 위하여 재생에너지자원법을 제정하여 정책적인 지원을 지속적으로 추진하였다. 즉 재생에너지

자원법은 재생에너지자원 소비를 장려하고 동시에 에너지소비의 효율화를 증진하는데 크게 기여하였다.

이처럼 장기적 안목에서 국가발전 전략의 일환으로 추진된 재생에너지정책의 결과 독일은 재생에너지로 생산한 전력비율이 2014년 총 전력 생산량의 31%에 달하였다. 독일은 재생에너지 생산 전력비율을 2025년까지 40 ~ 45%, 2035년에는 55 ~ 60% 생산하려고 추진하고 있다. 재생에너지 전력생산은 2050년 총 전력생산의 80%에 이르도록 정책적 목표를 설정하고 있다.

<참고문헌>

국내문헌

박상철 (2015) 독일 재생에너지정책과 지속가능발전전략, 서울: 이담

이상윤 & 최도현 (2015) 신 기후체제 설계의 특징과 신 기후체제에서 차별화 적용방안, 환경 정책연구, 14권 3호, 쪽 95~119

산업통상자원부 (2015) 2030 에너지 신산업 확산전략, 세종: 산업통상자원부

Bloomberg New Energy Finance (2013) BNEP 2030 에너지시장 전망

국외문헌

AG Energiebilanzen e.V. (AGEB) (2012) German Energy Balances 1990-2010 and Summary Tables 1990-2011, As of August 2012, DIW Berlin: AGEB
<http://www.ag-energiebilanzen.de>

AG Energiebilanzen e.V. (AGEB) (2014) Energieverbrauch in Deutschland, Berlin: AGEB
http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=20&archiv=13&year=2014

Apergis, N. and Payne, J.E. (2009a) Energy Consumption and Economic Growth in Central America: Evidence from a Panel Co-integration and Error Correction Model. Energy Economics Vol. 31, pp. 211-216

Apergis, N. and Payne, J.E. (2009b) Energy Consumption and Growth: Evidence from the Commonwealth of Independent States. Energy Economics Vol. 31, pp. 641-647.

Belke, A., Dreger, C., De Haan F. (2011) Energy Consumption and Economic Growth, Essen: Rhur Economic Paper

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2012): Memorandum für eine Green Economy. Eine gemeinsame Initiative des BDI und BMU www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/memorandum_green_economy_bf.pdf/

China National Renewable Energy Centre (CNREC) (2012) Key Information at a Glance: China 12th Five Year Plan for Renewable Energy Development (2011-2015), September, Beijing: China National Energy Administration

Costantini, V. and Martini, C. (2010) The Causality between Energy and Consumption and Economic Growth: A Multi Sectoral Analysis Using Non Stationary Co-integrated Panel Data, Energy Economics, Vol. 32, No. 2, pp.591-603

Directive (2009) 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council, 23 April

European Commission (EC) (2010) Energy 2020, A Strategy for Competitive, Sustainable and Secure Energy, COM 639 Final, Brussee: EC

European Council (2014) Conclusions on 2030 Climate and Energy Policy framework, Brussels, 23. Oct. SN 79/14.

Eissel, D. & Park, S-C (2010) Journal of Contemporary European Studies, Vol. 18, No. 3, pp.323-340

Eurostat (2010) Europe in Figures: Eurostat Yearbook 2010, Brussel: Eurostat

Federal Ministry of Economics and Technology (2010) In focus: Germany as a Competitive Industrial Nation, Berlin: MOET

Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2010) Energy Concept, Berlin & Bonn: MOET & MOE

Federal Ministry of Economics and Technology (2013) National Reform Program, March 2013

Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2011) The Federal Government Energy Concept of 2010 and the Transformation of the energy System of 2011, Berlin: MOE

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (2014) Climate Protection in Figures, Berlin: BMUB

Financial Times (2014) Nov. 24

Fulton, M. and Capalino, R. (2012) The German Feed in Tariff: Recent Policy Changes, New York: DB Research

International Energy Agency (IEA) (2007) Energy Policies of IEA Countries:

Germany, Paris: IEA

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2015) Renewable Energy Prospects: USA, Re Map 2030 Analysis, Abu Dahbi: IRENA

Lee, C. & Lee, J. (2010) A Panel Data Analysis of the Demand for total Energy and Electricity in OECD Countries, Energy Journal, Vol. 31, No. 1, pp. 1-23

Morel, R & Shishlov, L. (2014) Ex-Post Evaluation of Kyoto Protocol: four Key Lessons for the 2015 Paris Agreement, Climatee Report, No. 44, May, http://www.cdcclimat.com/IMG/pdf/14-05_climate_report_no44_-_analysis_of_the_kp-2.pdf

Oliver, J. G. J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M. and Peters, J. (2013) Trends in Global CO2 Emissions: 2013 Report, The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency

REN21 (2014) Renewables 2014: Global Status Report, Paris: REN21 Secretariat

Schlomann, B., and Eichhammar, W. (2012) Energy Efficiency Policies and Measures in Germany, Karlsruhe: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI

Stern, N. (2006) The Stern Review on the Economics of Climate Change, London: the British Government

The Economist (2015) Jan. 15

US Energy Information Administration (2010) International Energy Outlook, Washington D. C.: US EIA

Westphal, K. & de Graaf, T-V (2011) The G-8 and G-20 as Global Steering Committee for Energy: Opportunities and Constraints, Global Policy, Vol. 2, No.1, pp. 19-30

White House (2013) President Obama's Plan to Wind the Future by Producing More Electricity Through Clean Energy, The White House, Washington, D.C., www.c2es.org/docUploads/SOTU%20factsheet%20CES.PDF

Wyns, T., Khatchadourian, A. and Oberthur, S. (2014) EU Governance of Renewable Energy : Post 2020 - Risks and Options, Brussels: Institute for European Studies - Vrije Universiteit

Web sites

www.bmwi.de

www.worldbank.org

2016년

학·연·산 연구성과
교류회

> 파리협정에 따른 한국 석탄발전 산업의 추진 방향 및 전략

박희원 (에너지홀딩스)



파리협정에 따른 한국 석탄발전 산업의 추진 방향 및 전략

박 희 원 (에너지홀딩스)

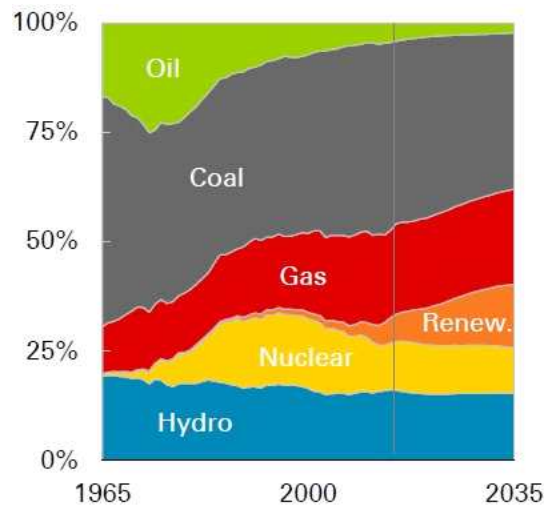
I. 신기후체제에서 석탄 산업 동향

1. 세계 주요 에너지 믹스 동향

세계 에너지 수요의 주된 증가 요인은 인구 증가와 함께 인구당 수입의 증가이다. 에너지아웃룩 2030보고서 (Dale 2015)에 따르면 2035년까지 세계 인구는 87억 명에 달할 것이며, 이는 늘어나는 16억명 인구에 대한 에너지 수요의 증가가 있을 것을 의미한다. 또한, 인구당 국내 총생산(Gross Domestic Product: GDP)은 2035년에 현재 GDP대비 75% 이상 증가할 것이며 특히, 비 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) 국가의 증가분이 전체의 60% 가까이 차지할 것으로 예상된다. 비 OECD 국가 성장의 주요인은 중국과 인도로 2013~2035년 사이 매년 평균 5.5%의 경제 성장이 기대된다. 그에 따라 2035년 중국과 인도는 각각 세계에서 첫 번째와 세 번째로 큰 경제 대국이 될 것이며, 전 세계 인구와 전체 GDP의 3분의1을 차지할 것으로 예상된다.

2013~2035년 사이 일차에너지(primary energy) 소비량은 연 평균 1.4%씩 증가하여 2035년 약 37%까지 증가할 것이다. 사실 일차에너지 소비량 증가의 대부분 (96%)은 비 OECD 국가에서의 에너지 소비 증가로 발생하며, 이와 대조적으로 OECD 국가의 에너지 소비는 전체 기간 동안 연간 0.1%의 증가율을 보이며 2030년 이후에는 사실상 감소하는 양상을 보일 것으로 예상된다. 이는 2000~2013년 사이 세계 에너지 소비 성장률 (연간 2.4%)과 비교할 때 훨씬 느린 성장세로 이러한 에너지 소비 성장의 둔화는 비 OECD 아시아 국가에서 그 원인을 찾을 수 있다. 특히, 아시아 에너지 소비 성장의 중심에 있는 중국이 현재 산업화와 전력화에 따른 에너지 수요의 급격한 성장의 마지막 단계에 있기 때문이다. 또한 향후 느린 경제성장과 에너지집약 산업 감소의 가속화가 에너지 성장의 둔화를 초래할 것이다. 세계적으로 산업화 감소 경향이 각 분야별 일차에너지 소비량 변화에서 분명하게 드러난다. 2000년 이후로 가장 빠른 성장세를 보인 산업분야는 연 평균 2.7%의 성장률을 보였으나, 2013년 이후 연 평균 1.4% 수준으로 감소할 전망이다. 특히 석탄은 2000년 이후 화석연료 중 가장 빠른 성장세(연 평균 3.8%)를 보인 연료였으나, 2013~2035년 사이 가장 느린 성장률(연 평균 0.8%)을 보이게 될 연료로 급격한 변화를 보인다. 이는 셰일가스 혁명으로 인한 천연가스의 낮은 공급 가격과 환경규제에 따른 영향과 함께 아시아에서 석탄기반 산업화의 둔화를 반영한 결과이다. 천연가스는 화석연료 중 가장 빠른 증가세를 보이고 있으며, 신재생 에너지(연 평균 6.3%)와 원자력 에너지(연 평균 1.8%) 및 수력발전(연 평균 1.7%) 역시 전체 에너지 산업의 성장률 대비 빠른 성장을 보이고 있다.

<그림 1> 세계의 에너지수요 전망



출처: Energy Outlook 2035

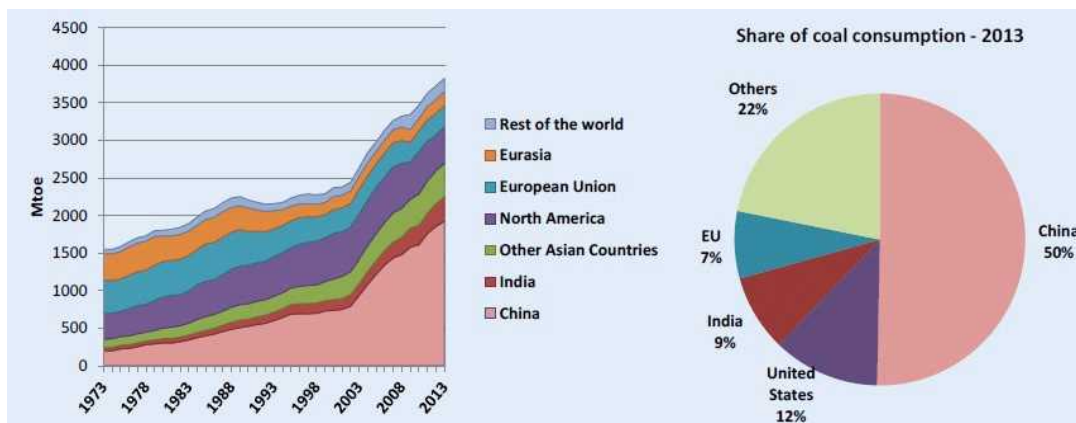
산업혁명 이래로 에너지 산업에서 지배적 역할을 하던 화석연료는 그 점유율이 2013년 86%에서 2035년 81%로 감소하겠지만, 여전히 가장 우세한 에너지 형태일 것이다 (McCollum et al. 2014). 그 중 석탄과 석유의 점유율은 감소하는 양상을 보이는 반면 천연가스는 꾸준히 그 비중이 커지고 있다. 비 화석연료 가운데는 신재생 에너지가 빠르게 성장하여 현재 3%에서 2035년 8%까지 증가할 것이며, 2030년 원자력 에너지와 수력발전량을 초월할 것으로 예상된다. OECD 국가의 석유와 석탄 에너지의 감소는 유사한 양의 천연가스와 신재생 에너지 증가로 상쇄될 것이며, 비 OECD 국가의 에너지 성장은 석유, 천연가스, 석탄 및 비 화석연료에서 거의 균등하게 발생할 것으로 보인다. 특히, G7(미국, 독일, 프랑스, 영국, 일본, 이탈리아, 캐나다) 정상들은 오는 2100년까지 이산화탄소 감축을 위해 화석연료 사용을 완전히 종식할 것을 제안하고, 이를 위해 사용 중인 화석연료를 점진적으로 태양광이나 풍력 발전 등의 신재생 에너지로 대체할 것을 제안했다. 이는 세계경제의 64%를 차지하는 산업국들의 탈 화석연료 정책이라는 점에서 그 의미가 크다.

2. 석탄산업의 현황과 온실가스 감축 전망

세일가스혁명으로 인한 원자재 가격 급락과 신기후체제 협약의 체결에 따른 탄소배출감소의무에 따라 세계의 석탄시장은 큰 변화를 겪고 있다. 실제로 많은 나라들이 기후변화에 영향을 미치는 이산화탄소 배출에 대한 우려로 석탄발전을 단계적으로 폐지하기 위한 노력을 시작하고 있다. 미국은 오는 2035년까지 신규발전의 60%는 가스발전으로 확충하려하고 있고, 중국은 올해까지 총 6천만 톤의 석탄 생산을 줄이고 2020년까지 석탄 생산량을 5억톤 정도 줄일 계획이며 이는 전체 생산량의 9%에 해당되는 양이다. 특히 영국 정부는 2025년까지 자국내 석탄발전소를 모두 폐쇄하겠다는 방침을 발표하고 이에 석탄발전소가 완전히 폐쇄되기 전까지 신규의 천연가스와 원자력 및 해상풍력발전소를 추가로 건립해 대체 전력원으로 사용할

계획이다. 반면, 많은 개발도상국에서는 여전히 석탄이 가장 저렴한 연료 중 하나로 급증하는 전력 수요를 충족하기 위한 에너지원으로 사용되고 있다(Boersma & Ebinger 2015). 환경적 영향에 대한 우려의 증가에도 불구하고 석탄은 지난 40년간 세계 일차 에너지 공급원의 30%를 차지해왔다(Sylvie 2014). 2013년 석탄을 주 에너지원으로 사용하는 나라의 수가 적다하더라도 주요 소비국 (중국, 미국, 인도, EU)은 세계 전체 석탄 소비량의 78%를 소비하였으며, 중국이 그 중 절반을 차지하였다. 특히, 인도, 인도네시아, 파키스탄, 중국 등 일부국가에서는 석탄이 단지 저렴한 연료가 아니라 석탄 산업을 통해 국가 주요 수익원과 고용의 기회를 제공하고 화물 수송 대안이 되고 있다. 따라서 석탄을 이용한 발전은 1970년대 이후 환경적인 정책 등으로 인해 에너지원으로써 40% 가까이 비중이 감소하였지만, 그 사용량은 3배 이상 증가하였다.

<그림 2> 주요 석탄 소비국에 의한 세계 석탄 소비량 (1973~2013)



출처: BP, 2014

신기후체제 하에서 지속가능한 발전을 위해서는 풍부하면서도 안전하고 친환경적인 에너지원의 공급이 필수적이다. 향후 높은 에너지 수요와 경제개발과정에서 급격히 증가하는 에너지 수요를 만족하면서도 세계 기후변화의 위험을 효과적으로 대응할 수 있는 에너지원을 찾는 것이 국제적으로 중요한 도전으로 인식되고 있다. 그럼에도 불구하고 전 세계적인 분포와 매장량, 이용의 용이성, 발전면에서 고도화된 기술을 통한 대규모 발전의 용이성, 타 발전원 대비 낮은 연료 가격 등을 고려하면 석탄은 앞으로도 중요한 에너지원일 수밖에 없다(Mandil, 2005). SBI report에 따르면, 2010년 약 70억 톤에 달하는 석탄이 생산되었으며, 국제 전력의 40% 이상이 석탄 발전에 의해 이루어졌다. 발전원가기준으로 석탄화력 발전소의 시장 가치는 4,000억 달러 규모를 넘어서고 있다. 하지만 기존 석탄화력 발전소는 비산재와 미립자 등을 포함한 유해오염물질과 이산화탄소와 같은 온실가스 발생의 주범으로 지목되고 있으며, 이에 따른 규제와 디인센티브제가 강화되고 있는 추세이다(문덕대 2012). 게다가 청정·신재생 에너지 자원 역시 화석 연료 시장의 경쟁 기술로 부상하고 있다.

따라서 세계의 미래 에너지 수요 충족을 위해 석탄을 포함한 상당량의 화석연료를 어떻게 지속할 것이며, 동시에 신재생 에너지 산업으로 대체해 나가야할지는 2015년 12월 파리에서 개최되는 유엔기후변화협약 당사국총회의 중요한 과제이다. 회의를 통해 의미있는 합의가 도

출될지 여부에 관계없이 사실상 OECD 국가 외 거의 모든 시장에서 석탄 소비는 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 아시아 시장에서 에너지 수요가 꾸준히 증가할 것이다. 풍부한 에너지는 개발도상국가들에게 경제와 사회의 목표를 위해, 선진국들에서는 지속적인 성장과 에너지 안보를 위해 필수적이다. 따라서 중국, 인도 등과 같은 주요 국가의 에너지 동향을 파악하고 미래의 저탄소 사회에 대응하기 위한 석탄 기반기술의 개발이 매우 중요하며, 이는 에너지 분야에서 중요한 장기적 도전이며 긴 안목과 기술 집중적 접근이 필요하다.

석탄화력 발전소의 환경적 능력을 향상시켜주는 청정석탄기술(Clean Coal Technology: CCT)은 석탄을 미래 전력 자원으로써 그 자리를 유지하게 만들어 줄것으로 기대된다(배국진 2013). 청정 석탄기술들은 석탄 발전소의 효율성을 증대시킴과 동시에 유해가스 배출을 감소시키는 기술로, 저렴한 에너지의 안정적인 공급을 통해 지속적인 성장과 발전이 가능하도록 도와준다. 따라서 이러한 기술들의 적용과 발전은 증가되고 있는 추세이며 청정석탄기술을 이용한 전력생산의 시장 가치는 2010년 630억 달러, 2020년까지 850억 달러에 달할 것으로 기대된다. 대표적인 청정석탄기술에는 가압유동층연소기술, 초초임계 발전, 석탄가스화 복합발전, 비이산화탄소 저감기술 및 이산화탄소 포집 저장 기술 등이 있다. 가압유동층연소기술은 유럽에서 상당기간 연구되었지만 구매시장이 없어 포기한 상태이며, 일본이 기술을 도입하여 자체기술화하는 중이다. 초초임계 발전이나 석탄가스화 복합발전기술은 투자비용 대비 온실가스 감축 효과가 크지만, 신규 발전소 설계 시에만 적용할 수 있어 기존 발전소의 온실가스 감축에는 효과가 없다. 온실가스 감축 기술로 주목받고 있는 이산화탄소 포집·저장기술(CCS)은 아직 기술개발 단계로 2020년이나 상용화가 가능할 전망이다.

1) 석탄가스화 복합발전 (Integrated Gasification Combined Cycle: IGCC)

고온(1300°C)과 고압(40~80기압) 상태에서 저가의 석탄을 기체나 액체 상태로 정제하여 이를 통해 합성석유(CTL), 합성천연가스(SNG), 전력(IGCC), 암모니아, 메탄올 등의 화학제품(CTC)을 생산하여 가스터빈과 증기터빈을 이용해 전기를 생산하는 발전방식이다. 이는 기존의 석탄 연소방식에 비해 평균 3~10% 높아진 발전효율을 얻을 수 있으며, 최고 50%까지 효율을 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다. 기존 석탄발전 방식에 비해 아황산가스와 질소산화물을 각각 95%와 90% 이상 줄일 수 있으며, 기존 석탄화력 발전소 대비 15%의 이산화탄소 저감 효과가 있어 환경규제 수치를 만족하면서 에너지원으로 활용할 수 있는 가장 상업적으로 실용화에 근접한 차세대 발전방식으로 평가받고 있다.

2) 초초임계압(Ultra-Super Critical: USC) 석탄화력발전 기술

이 발전기술은 작동 유체인 물을 초임계압력 보다 높은 고압(246kg/cm²이상)과 고온(593°C 이상)으로 가열해 발전시키는 신기술이다. 두산중공업이 대책과제로 실증을 위해 건설하고 있는 USC 석탄화력발전소인 1000MW급 신보령 1,2호기 기준으로, 국내 석탄화력발전 설비를 모두 USC로 대체할 경우 2030년 국가온실가스 감축 목표량의 약 4.8% 저감 및 효율 향상에 따른 연간 약 200억 이상의 연료비 절감도 가능할 것으로 전망되고 있으며 이미 독일 등 유럽 발전 선진국에서는 USC의 압력, 온도 조건을 더욱 향상 시킨 Advanced-USC 기술을 개발하고 있다. 최근 한전이 중국화능집단과 USC 화력발전사업을 공동으로 추진하기로 합의한 것은 특히 고효율 초초임계압 기술이 상대적으로 뛰어난 중국의 기술을 국내에 활용할 수 있

계될 것으로 전망된다.

3) 비이산화탄소(Non-CO₂) 저감 기술

비이산화탄소 온실가스란 6대 온실가스 중 이산화탄소(CO₂)를 제외한 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 염화불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)을 말하며, 이를 처리하거나 온실가스 효과가 적은 물질로 대체하는 기술이다. 이산화탄소가 온실가스 배출량의 대부분을 차지하지만, 수치상으로 얼마 되지 않은 비이산화탄소 온실가스는 이산화탄소에 비해 지구온난화지수가 21~23,900배 높아 이를 저감시킬 경우 더 큰 온실가스 저감 효과를 기대할 수 있고 촉매기술 등 단일기술만으로도 적은 비용으로 단기적으로 신속한 저감효과를 가져올 수 있는 장점이 있다.

4) 이산화탄소 포집 저장 기술(Carbon Capture and Storage: CCS)

석탄화력 발전소의 배기가스 배출구에서 액체 상태의 특정 화학 물질을 분사하여 이산화탄소 분자만을 선별적으로 포집하여 저장하는 기술이다. 이때 분사되는 화학물질은 탄소에 대한 흡착력이 매우 강하기 때문에, 배출되는 가스 가운데 탄소를 포함하고 있는 이산화탄소 분자들을 효과적으로 흡착한다. 이렇게 포집된 이산화탄소와 화학물질 결합체는 별도의 열처리 과정을 통해 화학물질과 이산화탄소로 재분리가 가능하며, 분리된 이산화탄소는 액화과정을 거친 후 지하 깊은 곳에 영구적으로 저장되고 화학물질은 재활용된다. 이를 통해 대기 중으로 배출되는 이산화탄소를 최대 90%까지 저감할 수 있다. 그러나 CCS 기술의 상용화를 위해서는 설치 및 운전에 고비용이 소요되는 단점이 있다. 화학물질에서 이산화탄소를 분리하는 열처리 과정에 사용되는 에너지량은 총 발전량의 20%까지 차지하며, 기존 석탄화력 발전소에 CCS를 설치하기 위해서는 막대한 비용이 소요될 것으로 예상된다. 뿐만 아니라 지하에 저장된 이산화탄소가 지진과 같은 특정 상황에서 지상으로 누출될 위험이 있다. 따라서 이를 관리·감독하는 추가비용이 소요될 수 있다.

3. 주요국의 석탄 배출 온실가스 감축 노력

2013~2035년 사이 전 세계의 석탄 수요는 연평균 0.8% 수준의 증가를 보일 것이며 이는 전체 연료 중 가장 느린 성장률이다. 그럼에도 비 OECD 국가의 석탄 소비량은 꾸준히 증가할 것이며, 특히 중국은 일본의 현재 소비량의 4배, 인도에서는 2.5배에 상당하는 새로운 석탄 수요가 발생할 것으로 예측된다(Froggatt 2013). IEA 보고서(2015)에 따르면, 향후 25년간 인도를 포함한 동남아시아 지역에서는 석탄 발전용량 급증, 전력보급률 상승 등의 요인으로 2040년까지 자국 내 석탄 수요가 현재의 3배 수준으로 급증할 것으로 전망된다.

1) 중국

중국의 석탄 소비량 증가는 발전부문(연 평균 1.4%)과, 산업부문(연 평균 0.4%)의 수요에 따른 것으로, 이 두 분야는 2035년 중국의 석탄 소비량의 97%를 차지할 것이며 2025년까지 석탄 소비의 최대치를 기록할 것으로 예상된다. 물론, 중국에서도 2013년 이후 석탄 소비 성

장이 상당히 더덕지고 있으며 2013~2035년 사이 일차에너지원으로써 석탄의 비중이 상당히 감소할 것으로 예상되지만, 2015년 중국의 석탄 사용량은 전체 에너지 사용량의 64%를 차지할 정도로 여전히 에너지 산업에서 석탄 비중이 가장 높은 점유율을 가지고 있다.

따라서 중국은 석탄화력 발전소의 효율을 개선하고 온실가스 배출 저감을 위해 상당한 노력을 기울이고 있다. 많은 연구에 따르면, 온실가스 감축 정책 하에서 중국의 이산화탄소 배출 속도는 감소하겠지만 배출 절대량은 지속적으로 증가할 것으로 예측된다. 따라서 2030년까지 이산화탄소 배출량을 지속적으로 감소시키기 위해서는 초초임계 기술 및 이산화탄소 포집·저장 기술과 같은 청정석탄기술 도입의 필요성을 인식하고 있다(Gupta 2009). 중국의 신규 석탄화력 발전소에서 초임계 보일러가 설치되고 있으며, 특히 고효율 초초임계 기술을 상당히 현지화하고 있다. 또한, 중국은 저탄소 배출 집약적 청정석탄기술 확립을 위한 중장기적 전략과 함께 다양한 이산화탄소 포집·저장 기술을 개발하고 활용을 위한 시운전 단계에 있다. 현재 진행 중인 대규모 시운전을 통해 확보된 에너지 비용 절감 등에 따라 추후 이산화탄소 포집·저장 기술의 적용여부는 달라질 수 있다. 중국과 북미를 포함한 많은 나라들에서 이산화탄소 포집·저장 기술이 적용된 대규모 석탄화력 발전소의 실증실험이 진행 중이다. 그 외에도 중국은 석탄가스화 복합발전 기술개발에도 적극적이며 여러 시범 프로젝트가 건설 중이거나 계획 중에 있다. 국가 개발 개혁 위원회(NDRC)가 승인한 그린젠(GreenGen) 프로젝트의 최초의 석탄가스화 복합발전소 건설이 2009년 6월 시작되었으며, 현재 15개 이상의 석탄가스화 복합발전 프로젝트가 승인을 위해 준비 중에 있다.

2) 인도

인도는 세계 3위의 석탄 생산국이자 4번째로 큰 석탄 수입국으로, 풍부하고 저렴한 화석연료가 인도 국내 전력 출력의 69%를 담당할 정도로 석탄 의존도가 상당히 크다(전용길 2015). 미래에도 석탄은 인도 전력 생산의 주요 에너지원으로 사용될 것이며, 화석연료 기반의 에너지 발전은 인도의 에너지 믹스의 주요한 부분을 차지할 것이다. 2035년 인도의 석탄 소비량은 360 Mtoe 수준까지 증가하여 중국에 이어 세계에서 두 번째로 큰 시장이 될 것으로 예측된다. 이에 국제에너지기구 보고서에 따르면, 빠르게 증가하는 인구가 에너지 수요로 인해 인도는 2030년 세계 온실가스 최대 배출국 중 하나가 될 것이다. 그에 따라 인도 정부에서도 세계적인 에너지 지식 및 기술에 발맞춰 이산화탄소 포집·저장 기술과 같은 청정석탄기술의 연구 개발에 관심을 갖고 있지만, 이는 아직까지도 인도 정부의 최우선 과제로 다뤄지지 않고 있다. 2010년 국내생산 및 수입된 석탄을 포함한 모든 석탄을 대상으로 청정에너지세금이 도입되었으며, 확보된 세금을 바탕으로 국가청정에너지기금을 설립하여 신재생 에너지와 청정석탄기술의 연구, 개발 및 상용화를 위해 투자되고 있다. 2012년 인도 정부는 기존의 기후변화 문제에 대한 국가행동계획(National Action Plan on Climate Change: NAPCC)에 석탄화력 발전소의 이산화탄소 배출 저감을 위한 청정석탄기술 및 청정탄소기술 등의 새로운 계획을 추가하였다 (Hribernik 2013). 세부적으로 석탄화력 발전소 내 초초임계(USC) 보일러 및 석탄가스화 복합발전 기술을 적용한 차세대 석탄화력 발전소 개발 등을 포함하고 있다. 그러나 인도 석탄의 경우 회분함유량이 높아 석탄가스화 복합발전 기술을 적용하는데 한계가 있다. 따라서, 인도 정부는 제12차 5개년 계획(2012~2017)에서 초임계 발전 설비에 대한 연구개발의 필요성을 강조하고 있다. 국제에너지기구에 따르면, 석탄 발전소는 초임계 조건 하에서 운전될 때 에너지 효율을 46%까지 올릴 수 있다. 따라서, 인도정부는 울트라메가파워프로젝트

(UMPP)를 통해 전국 16개 지역에 건설되는 4,000MW급 규모의 석탄화력 발전소에 이산화탄소 감축 및 발전효율을 높이기 위해 초임계 발전 시스템 사용을 의무화하고 있다.

3) 호주

호주에서 석탄은 안정적으로 공급 가능한 가장 경쟁력 있는 에너지원이며, 특히 흑탄(black coal)과 갈탄(brown coal)은 주요 에너지원으로써 일차에너지의 34%, 전기부문의 75%를 차지한다. 초임계 기술을 적용한 석탄발전소는 기존 대비 30%까지 이산화탄소 배출 절감을 이루어내고 있다. 또한 호주의 중기 에너지 정책의 핵심요소는 이산화탄소 포집·저장 기술의 개발과 구축에 있다. 이산화탄소 포집·저장 기술을 통해 배출되는 이산화탄소의 제거 뿐 아니라 에너지 비용의 경쟁력을 확보할 수 있다(Michelmores 2015). 호주의 석탄산업은 온실가스 배출을 완화하기 위한 세계적인 노력에 동참하고자 최선을 다하고 있다. 2006년 세계 최초로 온실가스 감축 지원을 위한 10억 달러의 COAL21 기금을 설립하였으며, COAL21 기금은 이산화탄소 포집·저장기술(CCS)과 같은 저탄소 석탄기술의 시범사업을 지원하고 있다. 현재 기금의 4분의1 이상이 시범사업에 사용되고 있으며, 일부 사업은 정부나 국내외 업계에 의해 공동 지원되고 있다. 호주 정부는 라트로브밸리 화력발전소 부근의 깁스랜드 분지에 대규모 이산화탄소 포집·저장 기술 네트워크를 형성하고자 조사를 진행중에 있다. 현재 이산화탄소 저장 가능성을 지닌 지역에 대한 모델링 등을 포함한 광범위한 조사와 공학적, 경제적 차원에서 연구가 진행중이다. 또한 호주의 흑탄산업은 석탄 생산과정에서 발생하는 비산재 문제 해결을 우선사항으로 놓고 있다. 사실 석탄 생산과정에서 발생하는 비산재의 배출량은 석탄 사용에 의해 발생하는 것보다 훨씬 적지만, 다른 석탄 수출국과는 달리 비산재 배출에 따라 세금을 부과하는 호주의 탄소세 때문에 석탄산업이 크게 영향을 받고 있다.

호주는 전체 탄광에서 생산되는 석탄의 80%를 수출하는 수출 주도적 석탄산업체계를 가지고 있으며, 2020년 호주가 인도네시아를 제치고 세계 1위의 석탄 수출국이 될 것으로 전망된다(박주현 2015). 호주 석탄의 경우 높은 에너지 함량과 낮은 황 함량의 고품질 석탄으로 고효율 화력발전이 가능하며, 이는 전통적인 화력발전예 비해 이산화탄소 배출량을 최대 3분의1 수준까지 줄일 수 있을 것으로 평가받는다. 따라서 호주의 석탄산업은 중국과 인도와 같은 주 수입국들의 2035년까지의 이산화탄소 배출목표 수준에 따라 심각한 타격을 받을 수도 있다. 호주의 석탄 산업은 사실상 자국의 온실가스 배출 목표가 아닌, 세계적인 기후변화에 대한 합의에 의해 좌우될 수 있다.

4) 북미

석탄은 미국 전기 공급의 절반 이상을 담당하고 있으며 향후 200년 동안 전기 수요를 충족할 만큼 충분한 석탄을 보유하고 있다. 따라서 미국은 신기후체제에 대비하여 향후 10년간 20억 달러를 투자해 낮은 비용으로 청정석탄기술을 통해 전기로 전환하는 연구를 지원하고 있다. 특히, 석탄 에너지를 청정석탄발전 방식으로 사용하는데 대한 세제지원은 미국이 가장 적극적이는데, 2001년 7월에 제정된 'SAFE(Securing America Future Energy) Act of 2001'과 2002년 4월에 제정된 'Energy Policy Act of 2002' 법안에는 청정석탄기술 도입 활성화를 위한 기술방향과 인센티브 지원방안 등이 명시되어 있다. 특히, 미국은 2017년까지 이산화탄소 포집·저장 기술(CCS)을 상용화 하겠다는 목표를 설정하고 에너지부 산하 '국립탄소포집

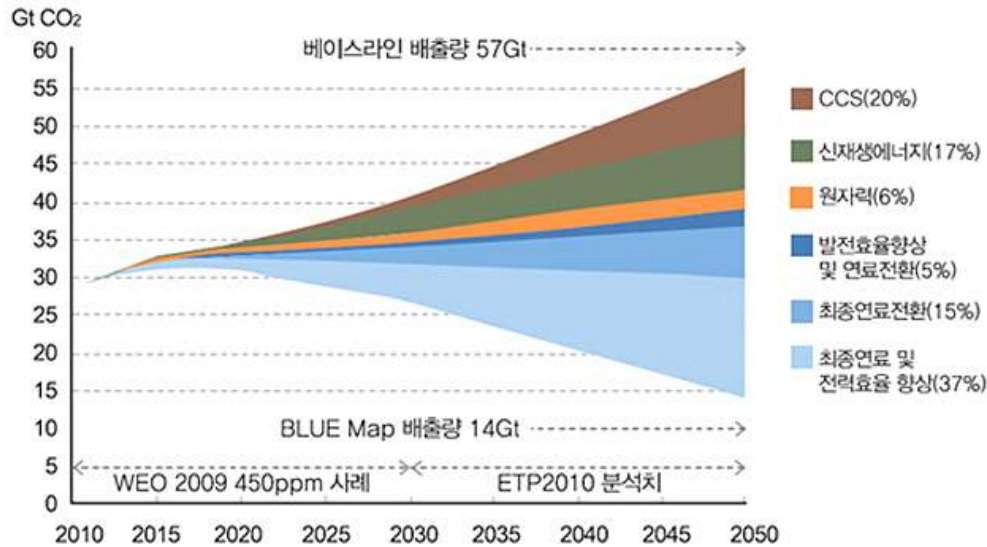
센터(NCCC)’를 설립하여 청정석탄기술개발과 연계한 이산화탄소 포집·저장 기술 투자를 본격화하고 있다(이준승 2012). 화석에너지 기술개발 프로그램을 통해 이산화탄소 포집·저장 기술 분야 6개 세부사업에 10년간 총 34억 달러를 지원하고 있다. 또한, 미국은 석탄가스화 복합발전을 통한 전기 생산을 목적으로 한 최초의 프로젝트인 Cool Water Project를 1984년부터 1988년까지 추진하였다. 이후 GE에너지사와 Conoco-Phillips사에서 미국 정부의 자금 지원을 받아서 300 MW급 석탄가스화 복합발전소를 실증설비로 건설하여 10여년 동안 운전 중에 있다.

미국 등 다른 국가들과 마찬가지로 캐나다의 주요 에너지원은 화석연료이며, 이중 석유, 천연가스, 석탄은 캐나다 전체 1차 에너지의 77%를 차지하고 있다. 캐나다는 화석연료가 풍부하고 이를 이용한 산업이 발전했기 때문에 화석연료를 보다 안정적으로 사용하기 위한 이산화탄소 포집·저장기술이 주요 전략적 기술자원으로 인식되고 있다(고희재 2011). 캐나다 정부는 탄소감소 정책을 지구온난화 정책 중에서도 가장 중요한 정책으로 인식하고 있으며, 특히 탄소 포집 및 저장기술은 캐나다 내 온실가스 감소정책에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 이에 캐나다는 유럽과 더불어 이산화탄소 포집·저장기술 상용화를 온실가스 감축의 핵심 대책으로 인식하고 막대한 예산을 투입해 기술개발 및 실증 프로젝트를 추진하고 있다. 2011년 4월 전 세계에서 가장 큰 규모의 이산화탄소 포집·저장기술 실증프로젝트 추진 계획을 발표하였다. 특히 이 시설은 세계에서 처음으로 석탄화력 발전설비와 이산화탄소 포집·저장 설비가 완전히 연계된 시설로 주목받았다.

II. 온실가스 감축을 위한 한국의 석탄 정책과 전망

우리나라는 2030년 국가 온실가스 감축목표를 배출전망치 (8억5천1백만 톤) 대비 37% 감축하는 것을 유엔기후변화협약 사무국에 제출하였다. 이는 2009년 이명박 정부의 저탄소녹색성장 정책 하에서 제시한 2020년 배출전망치 대비 30% 감축안과 비교했을 때 상향된 수치로 현재 한국이 세계 7위의 이산화탄소 배출국에 해당하는 만큼 목표를 상향 조정한 것이다(Chung, 2015). 이를 두고 산업계에서는 국내 경제성장을 고려하여 유연한 설정을 마련해야 한다고 주장하는 반면, 환경단체 및 기후변화 전문가들은 2009년 코펜하겐에서 열린 제15차 유엔기후변화협약 당사국총회에서 2020년 온실가스 감축 목표를 자발적으로 제출하였고, 2012년 녹색기후기금 (GCF) 사무국을 유치한 우리나라에 대해 세계에서 요구하는 기대가 클 뿐 아니라, 기후정상회의와 G20에서 영향력 있는 외교를 펼치기 위해서는 보다 적극적인 감축목표를 세워야한다고 주장하고 있다(Saleh 2015). 이에 정부는 양측의 주장을 수렴하여 25.7%는 국내 신재생에너지 공급 등의 감축을 통해 달성하고, 11.3%는 국제 탄소시장 매커니즘을 통해 배출권을 사들여 추가 감축잠재량을 확보하는 방안으로 37%로 확정하였다. 특히 국제 경쟁력을 고려하여 산업부문에서 12% 감축을 목표로 하고 그 외 발전, 건물 부문 등에서 30% 이상의 감축을 목표로 하였다. 목표 달성을 위해 에너지신산업 육성특별법 제정을 추진하고, 시장과 기술을 통해 산업계가 온실가스 감축 노력을 할 수 있도록 규제를 완화한다는 계획이다. 또한 신기후체제를 새로운 도약의 기회로 삼기 위해 미래창조과학부는 외교부, 환경부 등 7개 부처와 합동으로 ‘기후변화대응을 위한 글로벌 기술협력 전략’을 마련하였다. 이 전략은 유엔기후변화협약 기술협력에서 한국의 역할 강화, 기후변화대응 분야 기술협력 프로젝트 활성화 및 국내 효율적 민·관 협업체계 구축 등을 골자로 하고 있다.

<그림 3> 이산화탄소 감축 시나리오



출처: SK energy

현재 우리나라의 대표적인 온실가스 감축 정책은 2015년 1월 1일부터 시행중인 탄소 배출권 거래제이다(김누리 외 2015) 배출권 거래제란 정부가 기업들에게 배출할 수 있는 온실가스 허용량을 부여하고 기업들은 허용량 범위 내에서 산업 활동을 하는 제도로 탄소 배출권거래제라고도 한다. 이때 각 기업이 온실가스 감축에 따라 허용량이 남을 경우 다른 기업에게 남은 허용량을 판매할 수 있으며, 반대로 온실가스 감축량이 적어 허용량의 범위보다 부족할 경우 다른 기업으로부터 부족한 허용량을 구매할 수 있다. 기업들은 교토의정서 지정 6대 온실가스를 줄인 실적을 유엔기후변화협약에 등록하면 감축한 양만큼 탄소배출권을 받게 된다. 이는 경제적 유인을 통해 온실가스 감축을 유도하는 정책으로 향후 2년간 세계적으로 약 70조원 규모의 배출권이 거래될 것으로 전망된다. 배출권 거래제는 이미 EU 등에서 약 10년간 운영해온 제도이며 우리나라를 포함한 전 세계 39개국에서 시행하고 있다. 현재 온실가스 배출권 거래제를 통해 배출권 할당에 따른 감축 지침을 따르고 있으므로 이를 바탕으로 실현가능한 현실적인 온실가스 감축을 위한 지침 마련이 요구된다.

<표 1> 제1기 (2015~2017년) 온실가스 감축 총 할당량

| 할당량 | 이행년도 | | | 총량 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | 15년 | 16년 | 17년 | |
| 배출권 총수량 (ton,CO ₂ -eq) | 573,460,132 | 562,183,138 | 550,906,142 | 1,686,549,412 |
| 사전할당량 (ton,CO ₂ -eq) | 543,227,433 | 532,575,917 | 521,924,398 | 1,597,727,748 |
| 예비분 (ton,CO ₂ -eq) | - | - | - | 88,821,664 |

우리나라는 2009년 감축목표를 설정한 이후 온실가스 배출량이 예상보다 빠르게 증가하여 2012년 총 배출량이 6억8천8백만 톤에 이르렀다. 초기 예상됐던 2020년 배출전망치는 7억7천6백만 톤이었으며, 30% 감축을 고려한 목표배출량은 5억4천3백만 톤으로 설정되었다. 이는 2012년 실제 배출량 대비 21% 낮은 수준으로 현재 에너지 소비 및 온실가스 배출 추이를 고려했을 때 감축 목표 달성이 어려울 것으로 여겨진다. 그러나 제1기(2015~2017년) 정부의 배출권 할당이 이러한 감축 지침에 근거하여 이루어졌으며(표 1), 제2기(2018~2020년)의 할당도 기존 지침을 따를 경우 산업계는 상당한 양의 감축 부담을 지게 될 것이다. 따라서 제2기 할당에서는 신기후체제 국가기여방안의 감축목표에 따라 업종별 배출 전망치를 면밀히 산정하고 이를 근거로 현실적인 배출권 할당량이 이루어져야한다. 또한 온실가스 배출량은 경제상황에 따라 유동적이므로 경제활동 변수를 고려하지 않는 할당방식은 경기가 좋을 때 배출권 초과 수요를 발생시키고, 경기가 나쁠 때 초과공급을 일으킬 수 있다. 이는 온실가스가 다른 대기오염물질과는 달리 현재 기술수준에서 감축할 수 있는 양이 제한적이기 때문이다. 그러므로 국내 경제상황을 고려한 배출권 할당이 이루어져야한다. 뿐만 아니라 대외의존도가 높은 국내 산업 특성을 고려하여 현실적이고 유연한 할당방식의 도입과 함께 온실가스 감축기술개발 지원, 인센티브제도 도입 등의 정책전환이 필요하다.

2030년까지 INDCs를 이행하려면 전력부문에서만 500MW급 석탄화력 10~24기를 축소하는 동시에 석탄발전량을 대폭 줄이는 제약발전이 불가피하다. 그러나 석탄화력 대신 온실가스 배출이 적은 LNG발전소를 가동하는 대안 역시 적잖은 비용이 발생하는데다 사회적 수용성이 낮은 원전을 증설하거나 단기간에 신재생에너지를 확충하는 방안이 현실적으로 어렵다. 우리나라의 전력수요는 1990~2013년에 걸쳐 162% 증가하였으며, 이는 석탄발전(2013년 45%)과 원자력 발전(2013년 26%)이 대부분을 차지하였다(IEA 2014). 2015년 6월 새로 계획된 4개의 석탄화력 발전소(3740 MW 전력 생산)를 취소하고, 동시에 2개의 새로운 원자로를 포함 총 13개의 원자력 발전소를 가동할 것이라 발표하였다. 제7차 전력수급기본계획 회의에서 2029년까지 원자력 에너지 18.5%, 석탄 32.2%, 천연가스 24.7%, 신재생 에너지 4.6%, 열병합 발전 5.8% 및 석유 4.2%로 전기 공급 목표를 발표하였다. 현재의 전기 수급과 비교하였을 때 신재생 에너지의 비중이 크게 증가하였으나, 여전히 석탄이 주요한 에너지 공급원으로 사용될 것으로 보인다(IEEJ 2015). 따라서 신재생 에너지 발전소 건설 외에도 향후 신규 석탄화력 발전소 증설이 불가피할 것으로 예상된다. 이는 석탄화력 발전소의 발전단가가 상대적으로 저렴하다는 현실적 측면을 고려한 계획안이라 볼 수 있다. 이에 새로운 석탄화력 발전소 건설 계획에 따른 온실가스 저감 대책의 일환으로 환경부와 지방자치단체가 업무협약을 맺고, 환경기초시설 탄소중립 프로그램 사업을 추진하여 태양광 및 풍력 등 신재생 에너지 발전 설비를 설치·운영 중에 있다(조용성 2013).

우리 정부는 신기후체제 하에서 온실가스 감축 목표를 발표하면서 에너지 효율 개선 및 온실가스 감축을 위한 청정석탄기술 개발 등 다양한 수단을 도입할 예정이다(박년배 외 2012). 지식경제부는 2009년 9월 11일 그린에너지산업 발전전략을 수립하고 9대 분야에 석탄가스화 복합발전(IGCC), 석탄액화(CTL) 기술을 포함하였다(김완진 2009). 또한, 그린에너지 기술로드맵 15대 과제에 석탄가스화 복합발전과 청정연료(CTL 또는 SNG)를 포함하여 추진 중이다. 이를 위해 태안 석탄가스화 복합발전이 2015년 10월 시운전에 들어갔으며, 이는 정부가 참여해 상용화를 주도한 국내 대표 청정석탄화력 실증플랜트이다(이상복 2015). 정부와 서부발전, 두산중공업 등이 1조4334억원을 투자해 2011년 11월 착공했으며, 2016년 3월부터 실증운전을

시작할 예정이다. 태안 석탄가스화 복합발전의 설비용량은 380MW로 2013년 준공된 618MW급 미국 애드워드포트 플랜트와 2015년 말 가동예정인 524MW급 캠퍼카운티 플랜트에 이어 규모면에서 세계 3위이며, 발전효율면에서 세계 최고수준(42%)을 목표로 하고 있다. 서부발전 에 따르면, 기존의 석탄화력발전소인 태안 7,8호기 대비 황산화물, 질소산화물 및 미세먼지 등 환경오염물질을 각각 96%, 78%, 58% 수준으로 낮출 수 있고 이산화탄소는 최대 11% 감축 가능하다. 후속호기 건설 시 발전단가를 현재보다 30% 가량 절감할 수 있으며, 석유화학 연료나 합성천연가스, 석탄가스화연료전지복합발전 등 다양한 연계 파생기술 개발로 고부가가치 산업 창출과 원천기술 확보로 해외진출도 계획하고 있다. 정부와 민간은 태안 석탄가스화 복합발전 실증 운전을 통해 석탄가스화 복합발전 설계기술 자립과 한국형 표준모델 개발을 동시 추진한다는 계획이다. 뿐만 아니라, 정부는 기존 석탄화력 발전에서 발생하는 온실가스 저감을 위해 환경부의 차세대에코이노베이션사업의 일환으로 Non-CO₂ 온실가스저감기술개발사업단을 구성하여 연구개발 사업을 추진하고 있다. 지구온난화 지수가 높은 Non-CO₂ 온실가스 저감기술 개발을 위해 향후 4년간 약 2조원을 전략적으로 집중투자 해 세계 최고수준의 Non-CO₂ 배출 저감 기술개발, 개발기술의 조기 사용화 및 수출사업화, 친환경기업 배출을 통해 INDCs의 온실가스 저감 목표를 달성하고자 한다.

III. 신산업 창출을 위한 거버넌스 체계 구축

신기후체제에 따른 온실가스 저감 노력에 더하여 한국은 이 새로운 도전의 시대에 위기를 기회로 전환시켜 신산업 창출을 하기를 권한다. 신기후체제에 주요 이산화탄소 오염원인 석탄은 그야말로 ‘공공의 적’으로 취급 받고 있고 각국은 석탄 사용 저감을 위한 각종 노력과 정책을 내놓고 있다. 실제로 온실가스 감축여파와 이에 따른 각국의 규제 강화, 신재생 에너지의 약진 및 중국 등 주요 소비국의 소비 둔화로 인하여 미국 1위 석탄생산업체인 피바디에너지가 파산 위기에 몰리고 있으며, 중국의 경우도 동북 3성 최대 국유 석탄 기업인 룡메이그룹도 위기설에 싸여있다. 한국은 각국의 석탄 사용 저감 노력에도 불구하고 지금까지는 석탄화력발전소 건설을 적극적으로 추진해왔다. 따라서 이 방향을 완전히 뒤집지 않는 한 신기후체제의 된 서리를 맞을 위기에 봉착할 가능성이 높아졌다.

파리협약과 연계해 한국의 석탄 발전 기업들에게 더 큰 시련은 OECD 수출신용기관(ECA)의 석탄화력 발전소 건설에 대한 금융지원을 제한하는 가이드라인이 작년 11월에 채택된 것이다. 아임계업 석탄화력은 일부 최빈국들 대상의 300MW 미만 발전소, 초임계업 석탄화력은 500MW 용량 이하 발전소에만 수출금융이 허용되므로 한국 기업들이 주력으로 수주하는 동남아 660MW 초임계업 발전소는 앞으로 JBIC, KEXIM등 수출신용기관의 자금이 일절 들어갈 수 없게된 것이다.

2004년부터 해외 석탄화력발전소 사업에 41억7000만 달러를 제공해 OECD 국가 가운데 지원 규모가 가장 큰 수출입은행, 무역보험공사 등 국내 ECA가 동 OECD 가이드라인에 따라서 해외 석탄화력발전소 건설 사업에 수출신용을 줄이게 되면 국내 중공업 및 건설사의 해외 석탄발전소 수주 전선에 많은 어려움이 예상된다. 그야말로 석탄 발전 산업에 있어서는 위기이다. 따라서 이 위기를 잘 극복하고 역으로 새로운 시장 창출의 기회가 되도록 정부는 전략을 수립하고 실천 체계를 구축하여야 한다.

앞서 이야기하였듯이 파리협약 체결 후의 신기후체제는 분명 석탄 산업의 후퇴를 가져올 것이지만 국가의 형편과 상황에 따라 그 양상은 매우 다를 것이다. 개발도상국에서 석탄화력발

전은 여전히 매력적인 기저부하이며 또한 석탄 자원개발은 여러 나라의 주요 수익원이므로 쉽게 사라질 자원이 아니다. 따라서 오히려 신기후체제에 맞춤형 석탄산업발전 전략을 잘 수립하면 이들 개도국과 윈-윈하는 새로운 차원의 석탄협력시대를 창출할 수 있다.

먼저 한국이 청정석탄 개발 및 활용 기술을 적극 개발하여야 한다. 앞서 언급하였듯이 초초임계발전(USC)과 석탄가스화복합발전(IGCC), 비이산화탄소저감기술, 이산화탄소 포집 및 저장 기술은 좋은 예이다. 이 기술들은 이미 건설되고 운영중인 석탄발전소와 앞으로 건설 운용될 발전소에 두루 이산화탄소 저감에 기여할 것이며 이 기술을 석탄이 국가 경제에 기여도가 큰 저개발국이나 개발도상국가들에 기술 이전, 석탄 자원 개발과 연계한 패키지 딜, 현장 서비스 제공 등 다양한 형태로 제공할 수 있는 중요 핵심 기술들이다.

그러나 내부적으로 발전원간 경쟁 아닌 경쟁과 이기주의가 팽배하여 유관 기술의 개발과 효율적이고 순발력 있는 정책 추진에 많은 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다.

따라서 신기후체제에 대응하는 석탄 자원 청정 활용기술의 글로벌 시장 진출과 사업화를 위한 전략의 수립이 시급하다. 석탄 자원의 확보와 친환경 개발, 청정 석탄 발전, 그리고 발생된 이산화탄소 및 비이산화탄소의 저감 또는 저장은 하나의 통합체계로 이해해야 하며 각 분야에 해당하는 유관 기관 전문가들이 한자리에 모여 통합 추진 전략을 수립하여야 한다. 특히 자원 개발기업과 발전 기업들 간의 공동 진출 또는 패키지 사업화 등 융합사업모델은 앞으로 중요한 진출 모델이 될 것이다.

또한 중국을 위시하여 인도, 인도네시아 등 동남아시아 주요 석탄 국가와 꾸준한 국제 협력과 기술교류 등 통합전략에 따른 신산업 창출과 진출을 도모하여야 한다. 특히 이 분야는 기술에 대한 이해 없이는 현실적이고 경쟁력 있는 전략과 정책이 나올 수 없으므로 자원개발 전문가와 청정발전전문가를 아우르는 민관 통합 실행 체계 구축이 필수적이라 할 것이다.

V. 결론

세계 각국은 산업화 이전 대비 지구 평균 기온의 2°C 이내로 상승을 억제하고자 2020년을 목표로 온실가스 배출 감소를 위한 신기후체제를 마련하고 기후변화에 공동으로 대응하기로 하였다. 또한 전 세계 온실가스 배출의 70~80%를 차지하는 미국, 중국, EU, 러시아 등 온실가스 다량 배출국을 포함하여 총 80개국이 온실가스 감축을 위한 다양한 에너지 거버넌스를 담고 있는 INDCs를 제출하였다. 대부분의 OECD 국가들은 이산화탄소 배출량을 고려하여 석탄발전을 단계적으로 폐지하기 위한 노력을 기울이고 있는 반면, 많은 개발도상국에서는 여전히 급증하는 전력 수요를 충족하기 위한 가장 우세한 기저부하원으로 석탄발전이 사용되고 있다. 전 세계적인 분포와 매장량, 저렴한 가격 등을 고려하면 석탄은 앞으로도 많은 나라에서 중요한 에너지원일 수밖에 없다. 따라서 세계의 미래 에너지 수요 충족을 위해 석탄을 포함한 상당량의 화석연료를 어떻게 지속할 것이며 동시에 신재생 에너지 산업으로 대체해 나가야 할지는 전 세계적인 중요한 과제이다.

이에 신기후체제 하에서 석탄을 미래 전력 자원으로 활용할 수 있도록 석탄 발전소의 효율성을 증대시킴과 동시에 유해가스 배출을 감소시키는 청정석탄기술(석탄가스화 복합발전, 비이산화탄소 저감기술 및 이산화탄소 포집 저장 기술 등)의 개발 및 실증 프로젝트가 추진되고 있다. 우리나라의 경우도 2030년까지 INDCs를 이행하려면 석탄발전량을 대폭 줄이는 제약발전이 불가피하지만, 단기간에 온실가스 배출이 적은 천연가스 및 원자력 발전, 신재생 에너지로의 전환은 현실적으로 어려운 실정이다. 이에 우리 정부는 석탄화력 발전소 건설 및 운

영 계획에 따른 온실가스 저감 대책의 일환으로 그린에너지 산업 발전 전략을 수립하여 석탄 가스화 복합발전, 석탄액화 기술, 초초임계발전기술 등의 청정석탄기술 개발을 추진 중이다. 또한 비이산화탄소 온실가스저감기술개발, 이산화탄소 포집 및 저장기술 등 석탄화력 발전에서 발생하는 온실가스 저감을 위한 연구개발 사업을 국가적 차원에서 진행하고 있다. 신기후 체제 하에서는 에너지 수요관리 및 기후변화 대응을 위해서는 장기적인 목표의 에너지정책 설립이 필요하다. 특히, 다른 선진국과 달리 한국의 경우 에너지 기본계획에 의거 발전 분야에서의 석탄 활용은 더 늘어나겠지만 파리협약을 고려하여 효율증가 및 탄소배출저감 운영 기술을 포함한 각종 친환경 기술의 개발에 집중해야 할 것이며, 개발된 기술은 신기후체제에도 불구하고 석탄이 국가 주요 경제 요소일 수 밖에 없는 많은 저개발 또는 개도국 석탄 생산 및 발전 국가에 전수되고 이의 대가로 발전용 석탄을 국내로 들여오는 새로운 차원의 원원전력이 요구되며 이에 따른 거버넌스도 새롭게 구축 되어야한다. 특히 이 분야는 기술에 대한 이해 없이는 현실적이고 경쟁력 있는 전략과 정책이 나올 수 없으므로 자원개발 전문가와 발전전문가를 아우르는 민관 통합 실행 체계 구축이 필수적이라 할 것이다.

<참고문헌>

강광규. 2013. “제6차 전력수급기본계획(안) 관련 주요 쟁점 이슈.” 제6차 전력수급기본계획 토론회. 기후변화행동연구소.

고희재, 이준규, 오민아, 이보람. 2011. 『미국·캐나다의 녹색성장 전략과 시사점』. 대외경제정책연구원.

김누리외. 2015. “Post-2020 온실가스 감축목표.” 온실가스종합정보센터.

김완진. 2009. “녹색기술을 말한다 - 석탄가스화부문.” 투데이에너지. <http://www.todayenergy.kr/> (검색일 : 2015. 11. 7)

문덕대. 2012. “국제 청정석탄(Clean Coal) 기술시장과 트렌드.” <http://blog.naver.com/mbapcokr/60155153924> (검색일 : 2015. 11. 7)

박년배, 이상훈. 2012. “2030 에너지대안 시나리오.” 『에너지대안포럼』. 기후변화행동연구소.

박주현. 2015. 『세계 에너지시장 인사이트 15~39호』. 에너지경제연구원.

배국진. 2013. “석탄 화력 발전 시장 전망.” *KISTI market report* 3:15-19.

이상복. 2015. “전력부문 CO₂ 감축, 석탄화력 발전제약 불가피.” <http://www.e2news.com/> (검색일 : 2015. 11. 7)

이준승. 2010. 『Green-Tech』. 한국과학기술기획평가원.

전응길. 2015. “아시아 에너지안보의 열쇠, 인도네시아.” 『Indonesia 2015』. 산업통상자원부.

조용성. 2013. “석탄화력발전의 환경·사회적 쟁점.” 『제6차 전력수급기본계획 토론회』. 기후변화행동연구소.

Boersma, Tim, Charles K. Ebinger. 2015. “The role of coal in future global energy needs.” BROOKINGS.

Chung, Suh-Yong. 2015. “Looking Ahead to COP21:What Korea has done and what Korea should do.” Actuelles de l’Ifri.

Dale, Spencer. 2015. 『BP Energy Outlook 2035』. BP Global Group.

Kim, Yong-Gun, Yoo, J., and Oh, W. 2015. “Driving forces of rapid CO2 growth: A case of Korea.” *Energy Policy* 82:144-155.

King, M. DuBois and Jay Gullede, 2014. “Climate change and energy security: an analysis of policy research.” *Climate Change* 123:57-68.

Froggatt, Antony. 2013. “The climate and energy security implications of coal demand and supply in Asia and Europe.” *Asia Eur J* 11:285-303.

Gupta, M. Das. 2009. 『Emerging Asia contribution on issues of technology for Copenhagen』. The Energy and Resources Institute.

Hare, Bill. 2015. “Climate Action Tracker.” <http://climateactiontracker.org> (검색일 : 2015. 10. 16)

Hoeven, M. Van der. 2014. “CO2 Emissions from Fuel Combustion.” International Energy Agency.

Held, David. 2013. 『The Handbook of Global Climate and Environment Policy』. Wiley-Blackwell.

IEEJ 저·Lim Eui Soon 역. 2015. “신정세하의 원유가격, 기후변화대책을 어떻게 생각하는가?.” 『에너지 전망 2015』. The Institute of Energy Economics, Japan.

Mandil, Claude. 2005. “Reducing Greenhouse Gas Emissions:The Potential of Coal.” Coal Industry Advisory Board.

McCollum, David, Nico Bauer, Katherine Calvin, Alban kitous and Keywan Riahi. 2014. “Fossil resource and energy security dynamics in conventional and carbon-constrained worlds.” *Climate Change* 123:413-426.

Michelmores, Andrew. 2015. "Australia Does Not Have To Choose Between Coal And A Low Emissions Future." <http://www.minerals.org.au/> (검색일 : 2015. 11. 5)

Hribernik, Miha, Abu Anwar, Alberto Turkstra, Maria Chiara Zannini. 2013. 『Potential Of Clean Coal Technology In India:An Sme Perspective』. European Business and Technology Centre.

Saleh, N. Kareem, 2015. "신기후체제, 한국의 창조적 리더십 기대." <http://http://www.hkbs.co.kr> (검색일 : 2015. 11. 5)

Sylvie cornot-Gandolphe, 2014.『China's coal market: Can Beijing Tame 'King Coal' ?』. Oxford institute for energy studies.

Umbach, Frank. 2015. 『The Future Role of Coal:International Market Realities vs Climate Protection?』. The European Centre for Energy and Resource Security (EUCERS).

2016년

학·연·산 연구성과
교류회

> 신기후체제와 원자력에너지

안상욱 (부경대학교)



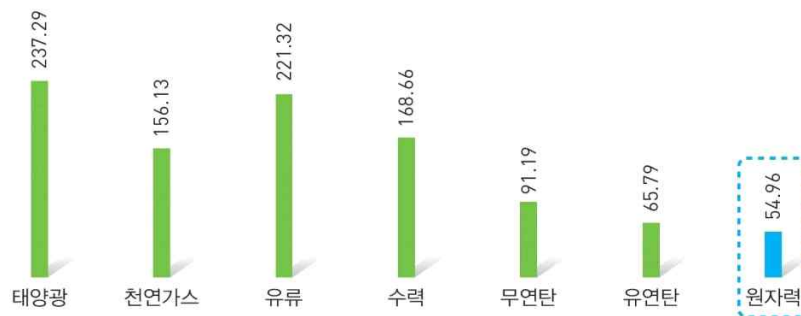
신기후체제와 원자력에너지

안 상 옥 (부경대학교 국제지역학부)

I. 서론

원자력에너지는 발전단가나 효율성의 측면에서 다른 에너지원에 비해서 비할 수 없을 정도로 저렴한 에너지원이며, 소량의 에너지 자원으로도 대량의 전력생산이 가능하다는 점에서 에너지자원 수입국의 안정적인 전력수급을 가능하게 하는 큰 장점이 있다. 한국수력원자력의 자료인 <그림 1>에서 볼 수 있듯이, kWh당 발전단가는 태양광이 237.29원, 천연가스가 156.13원, 석유가 221.32원, 수력이 168.66원, 무연탄이 91.19원, 유연탄이 65.79원, 원자력이 54.96원이었다. 이는 원자력에너지의 발전단가가 다른 에너지원보다 압도적으로 낮은 것을 의미한다.

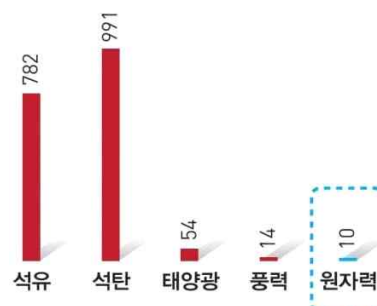
<그림 1> 전원별 발전단가 (단위: 원/kWh, 2014년)



출처: 한국수력원자력¹⁾

물론, 석탄의 경우 원자력처럼 발전단가가 낮지만 온실가스 배출량이 가장 많은 에너지원이 석탄이라는 점을 고려할 때, 석탄사용의 확대는 어려움이 있다.

<그림 2> 발전원별 이산화탄소 배출량 (단위: g/kWh)



출처: 한국수력원자력²⁾

1) 한국수력원자력. 2015. “전원별 발전단가.” <http://blog.khnp.co.kr/blog/archives/20175> (검색일: 2016. 1. 20).

<그림 2>에서 볼 수 있듯이, 석탄의 이산화탄소 배출량은 원자력 발전의 99배에 이르고 있다. 지구온난화 문제로 세계 각국이 온실가스 배출을 감축해야하는 상황에서 석탄사용을 증대시킬 수는 없다. 이와 같이, 경제성과 이산화탄소 배출 억제라는 점에서 원자력 발전은 매력적인 대체에너지원이다.

그러나 원자력에너지는 다른 에너지와는 차원이 다른 치명적인 약점을 가지고 있다. 이는 안전성의 문제이다. 1979년 미국의 스리마일 섬(Three Mile Island) 원자력발전소 방사능 누출사고, 1986년 소련의 체르노빌 원자력발전소 방사능 누출사고, 2011년 후쿠시마 원자력발전소 방사능 누출사고에서 볼 수 있듯이, 문제가 발생했을 경우에 심각한 재앙이 발전될 수 있다. 원자력발전의 장점과 단점이 극명하게 대비되는 상황에서 대부분의 국가에서 원자력발전은 정치적 판단에 따라서 이루어지는 경우가 많았다.

그러나 지구온난화 문제에 따라서 온실가스 감축에 전 세계적인 관심이 증대하고 있는 가운데, 원자력에너지는 다시 크게 주목을 받고 있다. 특히 미국과 같은 선진국에서의 정책변화 뿐만 아니라 중국, 인도, 중동, 동남아시아, 라틴아메리카 등의 개발도상국에서 원자력에너지 발전시장 규모가 증대하고 있다.

이를 가능할 수 있는 실례가 2015년 6월 1일부터 6월 3일까지 러시아 모스크바에서 열린 ‘아톰엑스포-2015(ATOMEXPO-2015) 총회’였다. 아톰엑스포-2015는 원자력 에너지 발전에 관련한 다양한 주제들과 세계 원자력 에너지 산업 발전 동향에 대한 견해와 경험을 교환하는 장을 마련하였다. 아톰엑스포-2015에 참석한 에너지 전문가들에 따르면, 원자력에너지는 기후변화와 온실가스 감축, 경제성, 에너지 안보 등 다양한 환경변화에 능동적으로 대응할 수 있는 에너지자원이다. 안전성이 확보된다면 온실가스 감축이라는 목표를 달성하는 데 가장 효율적인 전력생산원이 원자력이다.³⁾ 포럼의 전문가들에 따르면, 최근 동향은 원자력 에너지의 이용이 선진국에서 개발도상국으로 확산되고 있다는 점이다. 현재 원자력 에너지 시장 성장을 주도하고 있는 시장은 중국, 인도, 방글라데시, 동남아시아(인도네시아, 베트남, 말레이시아), 한국, 라틴아메리카, 중동, 아프리카(이집트, 요르단, 튀니지, 남아프리카 공화국, 나이지리아)이다.

프랑스 파리에서 열린 제21차 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP21)가 2015년 12월 13일 폐막하고 신기후체제 합의문인 '파리 협정'(Paris Agreement)을 채택하여, 2020년 만료 예정인 기존 교토의정서 체제를 대체하였다. 협정이 발효되면 선진국과 개발도상국의 구분 없이 195개 협약당사국 모두가 기후변화문제를 해결하기 위한 대응에 동참한다. 신기후체제는 세계 온실가스 배출량의 90% 이상을 차지하는 세계 195개 국가가 참여했다. 파리협정은 2005년 2월에 발효되어 2012년 만료될 예정이었지만 2020년까지 적용기간이 연장된 교토의정서를 대체하였다.

파리협정의 중심내용은 ‘장기목표’, ‘감축’, ‘시장 메커니즘’, ‘적응’, ‘이행점검’, ‘재원’. ‘기술’ 등이 핵심내용이며, 이를 위해 각국은 온실가스 감축목표를 스스로 이행하고 점검해야한다. 국제사회의 장기목표로 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 '2°C보다 상당히 낮은 수준으로 유지'하기로 하고 '1.5°C 이하로 제한하기 위한 노력을 추구'하기로 했다. 온실가스 감

2) 한국수력원자력. 2015. “발전원별 이산화탄소 배출량.”
<http://blog.khnp.co.kr/blog/archives/10695> (검색일: 2016. 1. 20).

3) “아톰엑스포-2015.”
<http://ep-bd.com/online/details.php?cid=31&id=18597> (검색일: 2015. 12. 1).

축과 관련, 국가별 목표(기여방안·INDC)를 스스로 정하기로 했다. 기여방안 제출은 의무로 하 되, 이행에는 국제법적 구속력을 두지 않는다. 목표 실천을 위해 각국은 국내적으로 노력한다. 기여방안 내용은 협정에 담지 않고, 별도의 등록부로 관리한다. 파리협정은 ‘55개국 이상’, ‘글로벌 배출량의 총합 비중이 55% 이상에 해당하는 국가가 비준하는 두 가지 기준을 충족하 면 발효된다.

신기후체제의 출범과 함께, 산업생산에 큰 충격을 주지않고 온실가스 배출감축을 할 수 있 지만, 각국마다 운용환경 및 여론이 다르기 때문에, 세계 주요국의 원자력에너지 정책에 대해 서 조사를 진행하였다.

II. 세계 주요국의 원자력 에너지 정책

1. 미국의 사례

군사용 또는 민간용으로 최초로 원자력에너지를 운영한 국가는 미국이었다. 1945년 핵폭탄 을 제조하려는 맨하탄 프로젝트의 일환으로 원자력에너지 개발이 미국정부차원에서 개시되었 다. 1951년 12월 아이다호에 있는 국립원자로시험장(NRTS: National Reactor Testing Station)에서 원자력 발전기를 통한 전력생산이 이루어졌다. 1953년에는 아이젠하워 대통령이 ‘원자력의 평화적 이용(Atoms for Peace)’을 언급하면서, 민간의 원자력 이용의 물고를 열었 다. 1954년에는 민간이 원자로를 소유하고 운전할 수 있도록 원자력법이 개정되었다. 1957년 12월에는 미국 최초의 상업용 원자력발전소인 시핑포트(Shipping port)가 상업 발전을 개시 하였다. 이와 같은 미국정부의 조치에 힘입어, 현재 미국의 대부분의 상업용 원자로는 민간기 업이 소유하고 있다.

원자력발전 강화를 강력하게 추진할 목적으로, 1962년 미국 원자력위원회(AEC: Atomic Energy Commission)는 케네디 대통령에게 “민간 원자력 에너지에 대한 대통령 보고서 (Report to the President on Civilian Nuclear Power)”를 제출하였다. 이에 따라 미국 내 전력회사들은 원자력발전을 유망 사업으로 인식했었다. 1964년에는 존슨 대통령이 특수 핵물 질 보유에 대한 법률에 서명함으로써, 원자력 발전회사가 핵연료를 보유하는 것을 허락했다.

1973년 제1차 오일쇼크가 발생하자, 미국에서는 연간 최고 기록인 무려 41기의 신규 원전 이 발주되었다. 1974년 포드 대통령은 원자력위원회(AEC)를 에너지연구개발청(ERDA: Energy Research Development Administration)과 원자력규제위원회(NRC: Nuclear Regulatory Commission)로 개편했다. 그 후 ERDA는 연방에너지청을 합병해 지금의 에너지 부 (DOE: Department of Energy)로 발전하였다. 그러나 오일쇼크의 여파로 1970년대 말과 1980년대 초 미국 경기가 후퇴하고, 에너지 소비감소와 에너지 절약으로 전력 수요가 감소했 다. 그리고 경제적으로 급격한 인플레이션 현상이 일어나 거액을 투자해야 하는 대규모 프 로젝트가 위축되었다. 특히 1979년 스리마일 섬에서 미국 원자력 사상 초유의 사고가 발생함으 로써 원자력발전에 대한 국민의 우려가 깊어졌다.

스리마일 발전소의 방사성 물질 유출사고는 미국원자력 정책에 큰 방향전환을 가져왔다. 1979년 3월 28일 펜실베이니아의 스리마일섬(Three Mile Island)의 원자력발전소에서 원자로의 냉각수 장치가 고장나면서 방사성 물질이 대거 외부로 유출되기 직전까지 사태가 진행되었고, 이후 미국에서 신규원전 건설사업에 대한 허가가 중단되었다. 이후 국내에서 원자력발전소 건 설을 할 수 없게 된 미국 원자력기업인 WEC는 원자력발전의 원천기술을 프랑스로 수출하였

다. 그리고 이를 바탕으로 프랑스정부는 프랑스의 원자력발전을 가속화시킬 수 있었고, 프랑스의 원자력기업인 아레바(AREVA)는 세계 최대의 원자력기업이 되었다.

2001년 5월 부시 대통령은 국가에너지정책개발(NEPD: National Energy Policy Development) 그룹이 만든 보고서인 '신(新)국가 에너지 정책'을 성명으로 미국 내에서 원자력발전은 다시금 각광을 받게 되었다. 부시 대통령의 '신 국가 에너지 정책' 성명은 원자력 이용 확대 지원정책을 포함하여, 전체 에너지 분야에 대한 권고사항 포함하고 있다. 입법화 과정을 거쳐서 2005년 8월 에너지정책법이 발효되었다. 이 법은 미국 에너지원의 다양화, 에너지 효율성의 증대, 새로운 에너지 생산기술 개발, 에너지 인프라 보강 등에 초점을 맞추고 있다. 2005년 에너지정책법이 담고 있는 원자력과 관련 주요 내용은 다음과 같다.

- 원자력 손해배상법인 '프라이스 앤더슨법'의 효력을 2025년 말까지 연장한다⁴⁾.
- 원전 인허가 지연으로 인한 산업체의 재정적 손실을 보상한다.
- 차세대 원전에 대해서는 가동 후 8년 동안 kWh당 1.8센트의 세금을 감면한다.
- 에너지부의 원자력 핵심 프로그램으로 NERI와 원자력에너지 2010(Nuclear Power 2010) 프로그램, Gen-IV('젠포'로 읽음, 제4세대 원자로) 개발한다.

<그림 3> 미국 내 원전 100기의 위치 (기준: 2015. 11. 13)



출처: 미국원자력규제위원회(U.S. NRC: United States Nuclear Regulatory Commission)⁵⁾

후쿠시마 원전사태가 발생한지 8개월 뒤인 2011년 12월 22일 미국 원자력규제위원회(NRC: Nuclear Regulatory Commission)가 만장일치로 신규원전 허가를 결정되면서 미국원자력 발전은 스리마일 섬 사고 이후 다시금 큰 방향전환을 가져왔다.⁶⁾ 2011년의 신규 원전건설 허가는 스리마일 섬 원전 사고가 터지기 1년 전인 1978년에 원자력발전소 건설을 승인한 이후

4) 프라이스 앤더슨법(Price-Anderson Act)은 1957년 미국에서 제정된 세계 최초의 원자력 손해배상법으로, 원전 공급자의 손해배상 책임 면제와 원전 운영자의 유한책임을 규정하고 있다. 따라서 이 법은 전력회사와 원전 공급자의 원전 건설 리스크를 줄여주는 구실을 해왔다. 이 법은 2006년 만료될 예정이었는데 이 법이 만료되면 원전 사업자들의 원전 건설 의지가 저하될 것이란 지적이 제기됐다.

5) 미국원자력규제위원회. 2015. "미국 내 원전 100기의 위치."

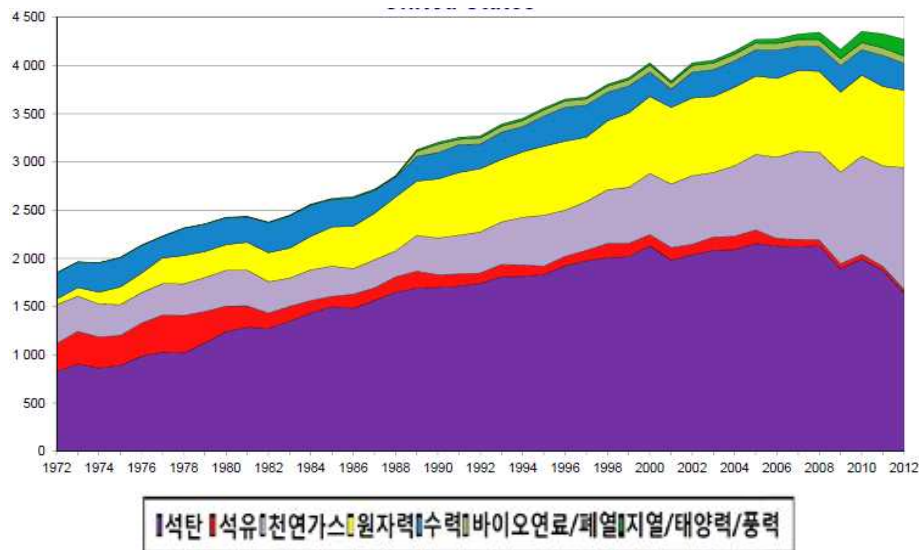
<http://www.nrc.gov/reactors/operating/map-power-reactors.html> (검색일: 2016. 1. 20).

6) "뉴욕타임스 (2012년 12월 22일자)."

http://www.nytimes.com/2011/12/23/business/energy-environment/nrc-clears-way-for-new-nuclear-plant-construction.html?_r=0 (2015년 12월 1일 검색)

미국에서 33년만에 원자력 발전소 신규건설⁷⁾을 허가한 조치였다. 미국 원자력규제위원회는 만장일치로 미국 남부 조지아주와 캘리포니아 남부에 각각 2기씩 총 4기 신규 원자력발전소 건설을 허가하였다. 미국정부에 의해 승인된 원전의 운영기간은 40년이며, 20년간 연장이 가능한 조건이었다. 그리고 미국의회는 신규원전 건설을 위해서 185억 달러의 대출보증을 승인하기까지 하였다. 미국정부가 기후변화에 보다 적극적으로 대응하면서 향후 미국 내에서 원자력발전은 더 강화될 것으로 예상된다.

<그림 4> 미국 전력 생산의 에너지원별 구성비율 (단위: GWh)



출처: International Energy Agency

비록 스리마일 사고 이후 오랫동안 미국 내에서 원자력 발전소 건설이 제한되었지만 미국은 현재 100여기의 원자력발전소를 가동하고 있는 세계 최대의 원자력발전 운영국이다. 2013년 말 미국원자력 규제위원회는 원전건설과 운영에 관련된 9건의 신청을 검토하였다. 2014 회계년도에 100여기의 미국내 원전에 대한 점검예산으로 10억 5500만 달러를 배정하였다.

<그림 3>은 미국내 원자력 발전의 배치도이다. 미국 내 원전은 미국의 동부지역에 집중배치되어 있다. 이는 지진 등의 자연재해 문제와 1976년에 제정된 캘리포니아 내 신규 원전 건설 금지법이 때문이다. 캘리포니아의 신규 원전 금지법은 캘리포니아 주 에너지자원 보전 및 개발 위원회가 인정하는 고준위방사성폐기물 해결책이 마련될 때까지 신규 원전 건설을 금지하고 있다. 이와 같은 제약에도 불구하고, 최근까지 석탄에 이은 미국 내 제 2에너지원은 원자력 발전이었다. 이는 <그림 4>에 잘 나타나있다.

7) “연합뉴스 (2012년 9월 16일자),”

<http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2012/09/15/0200000000AKR20120915058100003.HTML>
(2015년 12월 1일 검색)

2. 벨기에 사례

벨기에에서도 원자력에너지 정책의 연속성에 문제가 있었다. 후쿠시마 원전사고 이후 벨기에에서는 노후한 3개 원자로를 2015년까지 폐기하고, 나머지 원자로 4곳도 대체에너지원을 찾을 경우 2025년까지 폐기한다고 벨기에 주요 6개 정당이 합의하였다.⁸⁾ 전국에서 7개의 원전을 운영하고 있으며, OECD 원자력기구(NEA: Nuclear Energy Agency)회원국 중 프랑스, 슬로바키아 다음으로 전력생산에서 원자력발전에 대한 의존이 가장 큰 벨기에에서는 이미 2003년 녹색당 주도로 벨기에 연방의회에서 원자력발전소를 2015년부터 2025년까지 단계적으로 폐쇄하는 방안을 의결했다. 그러나 2009년 헤르만 반 롬푸이 총리 정부 시절에 대체 전력공급원의 문제로 30년 된 노후 원전 3기의 가동 시한을 10년 연장하는 것으로 2003년의 원자력 발전소 폐기 정책이 전환되었다. 이런 상황에서 후쿠시마 원전사태는 벨기에의 원자력 정책을 다시 2003년의 상황으로 되돌려 놓은 것이다.

3. 이탈리아 사례

이탈리아는 1986년 체르노빌 원전사고 이후 원자력발전을 전면중단하였다. 그러나 2000년대 후반의 가파른 유가상승에, 이탈리아 정부는 2008년 5월 22일 급격한 유가상승에 원자력발전을 재개한다고 밝혔다.⁹⁾ 클라우디오 스카올라 경제개발부 장관은 법률 제정 등을 거쳐, 2013년 원자력발전소 건설을 재개할 계획이라고 공표하였다.¹⁰⁾ 그러나 원자력발전소 건설 재개와 같은 정치적 판단을 다른 국내 정치적 이슈와 묶어서 국민투표에 맡겼고, 국민투표에서 정부안이 부결됨에 따라 정부의 원자력에너지 정책은 다시 급격하게 수정될 수밖에 없었다. 1986년 체르노빌 원전 사고 뒤에 원자력발전을 전면 중단했던 그러나 이탈리아에서 6월 12일부터 6월 13일 양일간 실시된 국민투표에서 ‘원전 재도입 정책’, ‘총리직 수행과 재판출석 양립불가’, ‘공공수도사업의 민영화’, ‘수도사업의 수익성에 기초한 수도요금 책정’ 등 정부 주도로 추진 등에 관련한 4개 법령의 폐기 여부가 유권자들의 선택에 놓여졌고, 투표결과 총 투표자 95%의 압도적인 찬성으로 위의 법령들을 폐기하기로 결정하였다. 이탈리아정부는, 2013년부터 원자력발전소건설에 착수하여, 2020년까지 총 400억 유로를 투자하여 신형원자로 4기를 건설하고 2030년까지 전체 전력 생산량에서 원자력발전의 비중을 25%로 높인다는 계획이었지만, 이탈리아는 1987년 우크라이나 체르노빌 원자력 발전소 사고 때 국민투표를 거쳐 원자력발전을 폐기한 이후, 다시 한 번 국민투표를 통해 원자력발전 재도입 정책이 폐기되어 이탈리아 정부의 에너지 정책에 재수정이 불가피해졌다.¹¹⁾

8) “르몽드 (2011년 10월 31일자),”

http://www.lemonde.fr/europe/article/2011/10/31/la-belgique-va-sortir-du-nucleaire_1596364_3214.html (2015년 12월 1일 검색)

9) “한국경제 (2013년 3월 8일자),”

<http://www.hankyung.com/news/app/newsview.php?aid=2013030861801&sid=0106&nid=009<ype=1> (2015년 12월 1일 검색)

10) “한겨레 (2008년 5월 23일자),” <http://www.hani.co.kr/arti/international/europe/289277.html> (2015년 12월 1일 검색)

11) “주 이탈리아 대한민국 대사관,”

http://ita.mofat.go.kr/webmodule/htsboard/template/read/korboardread.jsp?typeID=15&boardid=10993&seqno=814790&c=&t=&pagenum=1&tableName=TYPE_LEGATION&pc=&dc=&wc=&lu=&vu=&iu=&du= (2015년 12월 1일 검색)

4. 독일 사례

독일 역시 벨기에와 같이 에너지정책에서 연속성이 없어서 문제가 발생하고 있다. 단적인 사례가 정권교체 및 여론에 대한 인기영합주의에 따라서 독일의 원자력정책이 뒤죽박죽된 사실이다. 독일 연방정부는, 1998년 사민당-녹색당 연정 출범 이후, 원자력발전에 부정적인 견해를 갖고 있는 녹색당의 이해를 반영하여 장기적으로 독일 내에 있는 원자력발전소를 폐쇄하기로 결정하였다. 한 걸음 더 나아가 사민당-녹색당 연립정부는 2002년 4월 원자력법을 개정하여 독일에 신규 원전 건설을 중단하고 전력생산이 만료된 원자력발전소는 2021년까지 단계적으로 폐쇄하기로 결정한 것이다. 이는 전력생산에서 석탄에 대한 의존도가 지나치게 높은 독일의 사정을 전혀 고려하지 않은 정치적인 결정이었다.

그러나 2009년 9월의 총선으로 기민/기사연합과 친기업 성향의 자민당 연립정부가 출범함에 따라, 양당은 재생에너지로의 전환 과정에서 원전가동 기한 연장이 필요하다는데 합의하였다. 또한 기민/기사연합과 자민당 연립정부는 노후원전의 수명을 12년 연장하고 독일 내에서 원전가동도 사민당-녹색당 정권에서 결정된 기한보다 1년 뒤인 2022년에 중단하기로 결정하였다. 하지만 이와 같은 독일 우파 연립정부의 원자력 발전에 대한 결정 역시 후쿠시마 사태이후 원자력발전에 대한 독일 내부에서 부정적인 시각이 증대하여 변화하게 되었다. 후쿠시마 원전 사고 직후인, 2011년 3월 15일, 독일정부는 건설된 원전 17기 중 노후 원전 7기와 크루에멜 발전소에 대한 가동중단을 선언하였다. 이는 2011년에 예정되어 있던 7개의 지방선거에서 기민/기사연합이 승리하기 위한 전략에 하나였다. 그러나 기민/기사연합은 지방선거에서 참패하였고, 독일의 에너지정책의 안정성도 심각한 손상을 입었다. 2011년 9월 19에는 독일 최대 기업이자 세계 선두 원전사업 기업인 지멘스가 모든 원전사업에서 철수하기로 결정한다고 발표하였다. 이는 독일 정부의 오락가락하는 에너지정책에 대한 독일 기업의 응답이었다.

독일 정부는 이런 오락가락하는 에너지정책으로 에너지 기업에 의해 줄 소송을 당하고 있다. 단적인 사례가 스웨덴 에너지기업인 바텐팔(Vattenfall)이 독일정부의 원전 중단정책으로 피해를 입은데 대해서 10억유로 상당의 소송을 하였다. 바텐팔은 2011년 독일정부의 조치로 폐쇄된 브룬스뷔텔(Brunsbüttel)원전의 지분 66.7%와 크루에멜(Krümmel) 원전의 지분 50%를 보유하고 있다.¹²⁾ 독일의 원자력 기업인 RWE¹³⁾은 독일정부의 원전 취소를 중단시키기 위해 2011년 4월 1일 소송을 제기하였고, 독일의 원자력 기업은 에온(E.ON) 역시 2011년 11월 14일 원전폐지를 요구하는 독일정부의 원자력법 개정이 위헌임을 주장하며, 독일 최고법원인 연방헌법재판소에 독일 정부를 상대로 소송을 제기하였다. 이와 같이 독일정부의 섣부르고 인기영합주의의 에너지 정책은 국내 에너지 산업 및 외국의 에너지기업으로 큰 발발을 샀다.

5. 프랑스 사례

프랑스는 1956년 수에즈 위기이후, 중동으로 부터의 석유수급 등 에너지 안보에 정부차원에서 관심을 기울였다. 이로 인해 원자력 에너지 개발에 드골 정권이후 프랑스 정권은 지속적인 관심

12) “슈피겔(2011년 11월 2일자),”

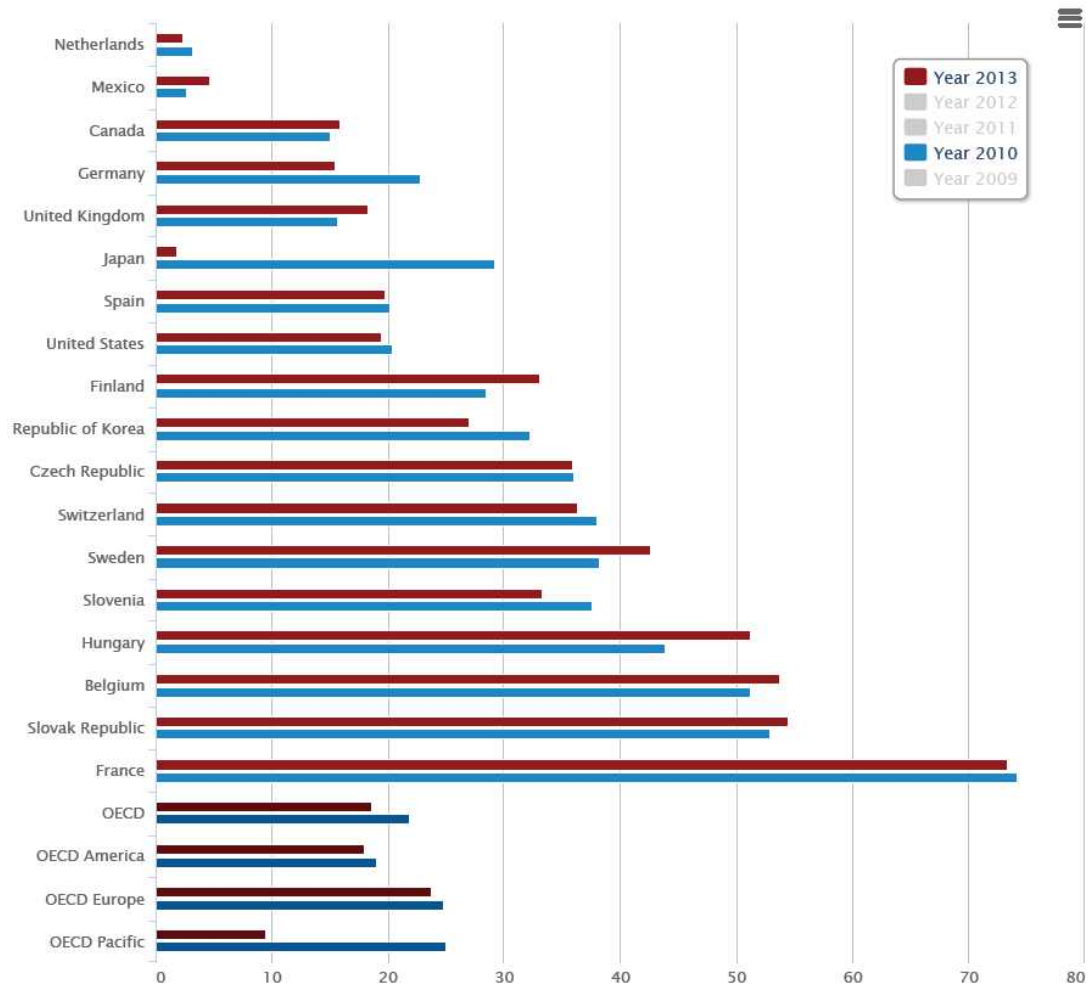
<http://www.spiegel.de/international/germany/vattenfall-vs-germany-nuclear-phase-out-faces-billion-euro-lawsuit-a-795466.html> (2015년 12월 1일 검색)

13) “연합뉴스 (2011년 4월 1일자),”

<http://www.yonhapnews.co.kr/international/2011/04/01/0606000000AKR20110401208300082.HTML> (2015년 12월 1일 검색)

을 보였다.

<그림 5> OECD 회원국의 전력생산에서 원자력 발전이 차지하는 비중(단위: %)



<그림 5>에서 볼 수 있듯이 프랑스는 OECD 원자력기구(NEA: Nuclear Energy Agency) 회원국 중에서 전력생산에서 최고 수준의 원자력 발전 의존성을 보이고 있다. 특히 2011년 후쿠시마 원자력발전소 방사능 유출 사고 이후에도 한국에서 원자력에너지 운용이 감소한 반면에 프랑스에서는 안정적으로 운용되었다.

OECD NEA 2012년 보고서에 따르면, 프랑스에서 전력소비는 2012년 보고서의 기준년도인 2011년에 전년대비 6.5%감소하였고, 전체 전력생산 역시 1.5%감소했는데, 특히 화력발전에 의한 전력생산이 14% 감소해서 그 결과 원자력에너지를 이용한 전력생산이 증가했다고 분석되었다.¹

현재 프랑스는 보는 바와 같이, 58개의 원자력 발전소가 가동 중이다. 원자력 발전소의 숫적인 측면에서, 프랑스는 원자력 발전소 104개를 운영하고 있는 미국 다음으로 많은 원자로를 보유하고 있는 OECD회원국이다.

<표 1> OECD NEA 회원국 전력생산의 원자력 발전 의존도

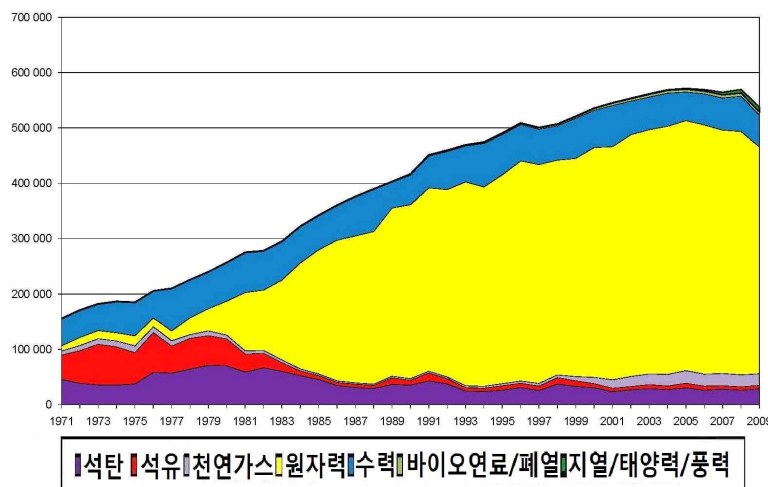
| 국가 | 전력망에 연결된 원자력 발전소 | 원자력 에너지 이용 전력생산 (net TWh) 2013 | 전체 전력생산 대비 원자력 발전 비율 |
|-------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 호주 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 오스트리아 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 벨기에 | 7 | 42.5 | 53.7 |
| 캐나다 | 19 | 97.0* | 15.9 |
| Chile | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 체코 | 6 | 29.0*** | 35.8 |
| 덴마크 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 에스토니아 | 0 | 0.0** | 0.0 |
| 핀란드 | 4 | 22.6 | 33.1 |
| 프랑스 | 58 | 403.7 | 73.3 |
| 독일 | 9 | 91.8 | 15.4 |
| 그리스 | 0 | 0.0** | 0.0 |
| 헝가리 | 4 | 14.4 | 51.2 |
| 아이슬란드 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 아일랜드 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 이스라엘 | 0 | 0.0** | 0.0 |
| 이탈리아 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 일본 | 48 | 13.9** | 1.7 |
| 룩셈부르크 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 멕시코 | 2 | 11.4* | 4.6 |
| 네덜란드 | 1 | 2.6* | 2.3 |
| 뉴질랜드 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 노르웨이 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 폴란드 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 포르투갈 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 대한민국 | 23 | 138.8* | 27.0 |
| 슬로바키아 | 4 | 14.7 | 54.4 |
| 슬로베니아 | 1 | 5.0 | 33.3 |
| 스페인 | 8 | 54.3* | 19.7 |
| 스웨덴 | 10 | 63.6* | 42.6 |
| 스위스 | 5 | 24.8 | 36.3 |
| 터키 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 영국 | 16 | 64.1 | 18.3 |
| 미국 | 100 | 789.0* | 19.4 |

출처: OECD NEA 2013년 자료¹⁴⁾ * 임시통계, ** OECD NEA 추정치

14) "OECD NEA," <http://www.oecd-neo.org/general/facts/> (2015년 12월 1일 검색)

프랑스의 경우 <그림 6>에서 볼 수 있듯이 1970년대 이후 전력생산에서 석유가차지하는 비중을 급격하게 줄여나갔다. 1973년 오일쇼크 직전에는 프랑스의 전력생산에서 가장 큰 비중을 차지한 에너지원은 석유였다. 한편 1980년 이후 프랑스에서 원자력 발전에 의한 전력 생산이 급격하게 증가하였고, 원자력 발전의 증가와 함께 전력생산에서 석유를 이용한 화력발전의 비중은 급격하게 감소하였다.

<그림 6> 프랑스 전력 생산의 에너지원별 구성비율 (단위: GWh)



출처: International Energy Agency¹⁵⁾

그 결과 프랑스 원자력청(CEA: Commissariat à l'énergie atomique)의 자료에 따르면 독일은 프랑스보다 1인당 온실가스 배출량이 1.8배 더 많은 상황이다. 미국의 경우 프랑스보다 1인당 온실가스 배출량이 2.9배 더 많다.

실제로 CEA는 프랑스가 원자력 발전을 중지할 경우 온실가스 배출이 12% 증가할 것으로 예측하고 있다.¹⁶⁾ 현재 프랑스는 58개의 원자력 발전소가 가동 중이다. 원자력 발전소의 수적인 측면에서, 프랑스는 원자력 발전소 104개를 운영하고 있는 미국 다음으로 많은 원자료를 보유하고 있는 OECD회원국이다.

프랑스는 현재 OECD 회원국 중 미국 다음으로 많은 원자료를 운영하고 있으며, 전력생산에서 원자력발전 의존이 가장 높은 국가이다. 사민당-녹색당 좌파정권에 의해 원자력 발전 감축에 뒤이은 기민당-자민당 우파연정에 의해 원자력 발전소 감축 계획 축소가 있었던 독일과 달리 프랑스는 원자력 정책은 드골정권 이후 정권교체의 변화와 관련없이 지속되어왔다. 프랑스에서 운영되는 원자력의 대부분이 미테랑 대통령의 임기(1981년 5월 21일-1995년 5월 17일) 중에 가동을 시작하였다.

좌파정권인 미테랑 정권시기에 원자력 발전소 건설 및 운용에 박차를 가하였고, 우파정권인

15) "IEA," http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/FRELEC.pdf (2015년 12월 1일 검색)

16) "CEA," http://www.cea.fr/jeunes/themes/l_energie_nucleaire/questions_sur_le_nucleaire/l_energie_nucleaire_en_france (2015년 12월 1일 검색)

시라크 정권 당시에는 민간분야 원자력 에너지 운영에서 세계 최대의 원자력 기업인 프랑스 국영기업 아레바 (AREVA)를 설립하였다.

전 세계에서 유일하게 AREVA만이 원자력 에너지 운용에 필수적인 우라늄 광산개발부터 시작하여, 원자력 터빈 제작, 원자력 발전소 건설 및 전력공급 등 원자력 에너지에 관련된 모든 사업을 하나의 기업에서 관장하고 있다.

이와 같은 거대 원자력기업은 탄생은 프랑스 정부의 정책에 따른 것이다. 프랑스 정부 정책에 따라, 2001년 9월 원자로 제작사인 프라마툼(Framatom: Franco-Américaine de Constructions Atomiques), 프랑스핵연료공사인 코제마(Cogema: Compagnie générale des matières nucléaires) 그리고 원자력 발전소 설계 및 제작사인 테크니카툼(Technicatome: Société Technique pour l'Energie Atomique)이 합병하여 AREVA가 설립되었다.

<표 2> 프랑스 원자력발전소 현황

| 발전소명 | 노형 | 위치 | 출력 (MWe) | 설비용량 (MWe) | 가동 시기 |
|---------------|-----|----------------|-------------|---------------|------------|
| BELLEVILLE-1 | PWR | CHER | 1,310 | 1,363 | 1987/10/14 |
| BELLEVILLE-2 | PWR | CHER | 1,310 | 1,363 | 1988/07/06 |
| BLAYAIS-1 | PWR | GIRONDE | 910 | 951 | 1981/06/12 |
| BLAYAIS-2 | PWR | GIRONDE | 910 | 951 | 1982/07/17 |
| BLAYAIS-3 | PWR | GIRONDE | 910 | 951 | 1983/08/17 |
| BLAYAIS-4 | PWR | GIRONDE | 910 | 951 | 1983/05/16 |
| BUGEY-2 | PWR | AIN | 910 | 945 | 1978/05/10 |
| BUGEY-3 | PWR | AIN | 910 | 945 | 1978/09/21 |
| BUGEY-4 | PWR | AIN | 880 | 917 | 1979/03/08 |
| BUGEY-5 | PWR | AIN | 880 | 917 | 1979/07/31 |
| CATTENOM-1 | PWR | MOSELLE | 1,300 | 1,362 | 1986/11/13 |
| CATTENOM-2 | PWR | MOSELLE | 1,300 | 1,362 | 1987/09/17 |
| CATTENOM-3 | PWR | MOSELLE | 1,300 | 1,362 | 1990/07/06 |
| CATTENOM-4 | PWR | MOSELLE | 1,300 | 1,362 | 1991/05/27 |
| CHINON-B-1 | PWR | INDRE-ET-LOIRE | 905 | 954 | 1982/11/30 |
| CHINON-B-2 | PWR | INDRE-ET-LOIRE | 905 | 954 | 1983/11/29 |
| CHINON-B-3 | PWR | INDRE-ET-LOIRE | 905 | 954 | 1986/10/20 |
| CHINON-B-4 | PWR | INDRE-ET-LOIRE | 905 | 954 | 1987/11/14 |
| CHOOZ-B-1 | PWR | ARDENNES | 1,500 | 1,560 | 1996/08/30 |
| CHOOZ-B-2 | PWR | ARDENNES | 1,500 | 1,560 | 1997/04/10 |
| CIVAUX-1 | PWR | VIENNE | 1,495 | 1,561 | 1997/12/24 |
| CIVAUX-2 | PWR | VIENNE | 1,495 | 1,561 | 1999/12/24 |
| CRUAS-1 | PWR | ARDECHE | 915 | 956 | 1983/04/29 |
| CRUAS-2 | PWR | ARDECHE | 915 | 956 | 1984/09/06 |
| CRUAS-3 | PWR | ARDECHE | 915 | 956 | 1984/05/14 |
| CRUAS-4 | PWR | ARDECHE | 915 | 956 | 1984/10/27 |
| DAMPIERRE-1 | PWR | LOIRET | 890 | 937 | 1980/03/23 |
| DAMPIERRE-2 | PWR | LOIRET | 890 | 937 | 1980/12/10 |
| DAMPIERRE-3 | PWR | LOIRET | 890 | 937 | 1981/01/30 |
| DAMPIERRE-4 | PWR | LOIRET | 890 | 937 | 1981/08/18 |
| FESSENHEIM-1 | PWR | HAUT-RHIN | 880 | 920 | 1977/04/06 |
| FESSENHEIM-2 | PWR | HAUT-RHIN | 880 | 920 | 1977/10/07 |
| FLAMANVILLE-1 | PWR | MANCHE | 1,330 | 1,382 | 1985/12/04 |

| | | | | | |
|---------------|-----|-----------------|-------|-------|------------|
| FLAMANVILLE-2 | PWR | MANCHE | 1,330 | 1,382 | 1986/07/18 |
| GOLFECH-1 | PWR | TARN-ET-GARONNE | 1,310 | 1,363 | 1990/06/07 |
| GOLFECH-2 | PWR | TARN-ET-GARONNE | 1,310 | 1,363 | 1993/06/18 |
| GRAVELINES-1 | PWR | NORD | 910 | 951 | 1980/03/13 |
| GRAVELINES-2 | PWR | NORD | 910 | 951 | 1980/08/26 |
| GRAVELINES-3 | PWR | NORD | 910 | 951 | 1980/12/12 |
| GRAVELINES-4 | PWR | NORD | 910 | 951 | 1981/06/14 |
| GRAVELINES-5 | PWR | NORD | 910 | 951 | 1984/08/28 |
| GRAVELINES-6 | PWR | NORD | 910 | 951 | 1985/08/01 |
| NOGENT-1 | PWR | AUBE | 1,310 | 1,363 | 1987/10/21 |
| NOGENT-2 | PWR | AUBE | 1,310 | 1,363 | 1988/12/14 |
| PALUEL-1 | PWR | SEINE-MARITIME | 1,330 | 1,382 | 1984/06/22 |
| PALUEL-2 | PWR | SEINE-MARITIME | 1,330 | 1,382 | 1984/09/14 |
| PALUEL-3 | PWR | SEINE-MARITIME | 1,330 | 1,382 | 1985/09/30 |

이와 같이 프랑스에서 거대원자력 기업이 탄생할 수 있었던 이유는 프랑스 정부가 1974년 이후 원자력에너지 개발에 에너지 정책의 초점을 맞추고 일관성 있게 발전시켰기 때문이다. 특히 프랑스의 국영 원자로 제작사인 프라마툼(Framatome)과 미국 원자로제작사인 웨스팅하우스(Westinghouse)간의 1981년 “원자력 기술협력 협정(Nuclear Technical Agreement)”을 통해서, 프라마툼(Areva NP의 전신)은 원자로 제작의 원천기술을 확보할 수 있었다.

이 협약에 따라, 웨스팅하우스에서 프라마툼으로 이전된 기술은 프라마툼이 관련 기술에 대해 모든 권한을 갖게 되었다.¹⁷⁾

이미 1972년에 프랑스의 프라마툼은 프랑스 정부의 주도로 1972년 미국의 웨스팅하우스(WEC: Westinghouse Electric Company) 기술을 도입해 원전을 건설하였다. 당시 프랑스 정부는 기술자립을 목표로 WEC의 한 기종만 6개를 연속으로 건설하여 원전건설에서 경험을 축적하였다. 프라마툼이 웨스팅하우스를 기술을 도입하여 원전건설을 시작한 초기에는, 웨스팅하우스가 프랑스 내 원전건설에 국한해서만 프라마툼에 기술을 이전하였다.

<표 3> 전 세계 주요 원자로 제작업체

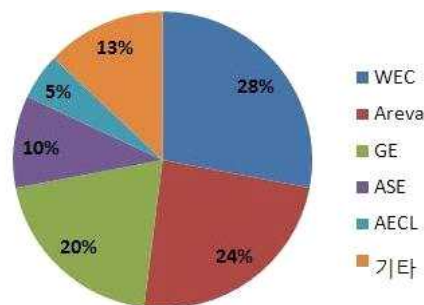
| 원자로형 | 개발국가 및 업체 | | 원천기술보유 | 기술개발 |
|-------|-----------|-------------------|--------|------------------------------|
| 가압경수로 | 미국 | Westinghouse(WEC) | ○ | 독자개발 |
| | 프랑스 | ArevaNP | ○ | WEC로부터 기술사용권구입 |
| | 한국 | 한국수력원자력 | × | 미국GE기술지원, WEC, Areva로부터 기술도입 |
| | 일본 | Mitsubishi | × | WEC로부터 기술 이전 |
| | 러시아 | AEP | ○ | 독자개발 |
| 비등경수로 | 미국 | GE-Hitachi | ○ | 독자개발 |
| | 일본 | Toshiba | × | GE로부터기술이전 |
| 가압중수로 | 캐나다 | AECL | ○ | 독자개발 |

출처: 해외경제연구소 산업투자조사실 2010, p.1.

17) “Areva NP,” http://www.areva-np.com/common/liblocal/images/historique/Fra_en.htm
(2015년 12월 1일 검색)

그러나 1979년 스리마일 원전사고로 미국 내에서 신규 원전건설이 금지됨에 따라 원전시장의 침체 및 향후 원전시장의 발전가능성을 낮게 판단한 웨스팅하우스가 1981년 프랑스에 원천기술 사용권을 판매하여 프라마토는 원천기술을 확보하게 되었다. 다시 말해, 1979년 미국의 스리마일 원전사고 이후 미국 내에서 원자로 건설이 힘들어지자 웨스팅하우스가 관련 분야의 사업을 축소하기로 결정한 것을 프라마토가 적절하게 활용한 것이다.

<그림 7> 세계 주요 원자로 제작업체



출처: 해외경제연구소 산업투자조사실 2010, p.15.

이와 같은 원자력 에너지 발전에 대한 프랑스의 정책적 연속성 덕분에, <그림4>과 같이, 프랑스의 원자력기업인 Areva는 전 세계 주요 원자로 생산업체로 성장할 수 있었다. Areva는 현재 원자로 제작에서 웨스팅하우스를 뒤 이은 전 세계 2위의 시장점유율을 확보하고 있다.

또한 미국의 원자로 제작사인 제네럴일렉트릭(GE), 독일의 원자로 제작사인 지멘스가 민간 기업인 것과는 달리, <표 7>에서 볼 수 있듯이, 프랑스의 원자로 제작사인 Areva는 지분의 대부분을 정부 혹은 정부기관이 소유한 국영기업이다. Areva의 최대 주주는 프랑스 정부기관인 원자력청(CEA: Commissariat à l'énergie atomique)이다. 프랑스 정부기관인 CEA와 프랑스 정부의 지분은 83.20%에 달할 정도로 Areva의 경영에 프랑스 정부의 정책은 결정적인 영향을 미칠 수 밖에 없다. 따라서 프랑스 정부의 원자력 정책에 대한 현재와 같은 의지가 지속되는 한 Areva의 원자력 사업운영도 안정적으로 지속될 것이다.

<표 4> 프랑스 핵기업 AREVA의 지분구조 변화 (단위: %)

| AREVA 대주주 | 2011 | | 2009 | | 2001-2008 | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | 지분 | 투표권 | 지분 | 투표권 | 지분 | 투표권 |
| CEA | 73.03 | 73.03 | 78.96 | 83.16 | 78.96 | 82.99 |
| 프랑스정부 | 10.17 | 10.17 | 8.39 | 8.41 | 5.19 | 5.19 |
| KIA* | 4.82 | 4.82 | - | - | - | - |
| CDC | 3.32 | 3.32 | 3.59 | 3.59 | 3.59 | 3.59 |
| EDF | 2.24 | 2.24 | 2.42 | 2.42 | 2.42 | 2.42 |
| Framépargne | 0.26 | 0.26 | 0.42 | 0.42 | 0.62 | 0.62 |
| CALYON | 0.89 | 0.89 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | - |
| Total** | 0.95 | 0.95 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |
| AREVA자체보유 | 0.31 | 0.31 | 0.20 | - | - | - |

출처: AREVA¹⁸⁾

물론 이와 같은 프랑스 에너지 정책의 연속성이 위협을 받은 적도 있었다. 대표적인 사례가 2012년 프랑스 대선 당시에 프랑스 사회당이 후쿠시마 사태 이후 원자력 발전의 불안감을 이용하고, 원자력 발전에 부정적인 프랑스 녹색당과의 연대를 위해서 1977년에 가동된 페센하임(Fessenheim)과 같은 낡은 원자력 발전소를 당장 폐쇄하고, 2025년까지 프랑스 전력생산에서 원자력이 차지하는 비중을 75%에서 50%로 낮추겠다는 공약을 발표하였다.¹⁹⁾ 사회당이 녹색당과 연대를 모색하는 과정에서 마르틴 오브리(Martine Aubry) 사회당 당수는 원자력 발전소의 전면폐쇄를 주장하는 녹색당 노선에 동조하여 2025년까지 프랑스에서 원자력 발전소를 24개 폐쇄하겠다는 공약을 발표하였다.

사회당과 녹색당 간의 합의에 대해, 세실 뒤플로(Cécile Duflot) 녹색당 대표는 원자력 발전에 대한 프랑스 내에서 사고의 혁명적 전환'이라고 언급하면서 좌파와 환경주의자들이 대선에서 승리할 경우 프랑스 에너지 정책의 전환점이 될 것이라고 공언하였다. 그러나 2012년 대통령 선거이전에 원자력발전 문제는 대통령 선거에서 한 번도 주요현안이 되지 않았고, 원자력 발전에 대한 의존도가 지나치게 높은 프랑스에서 이와 같은 정책은 대단히 과격한 위험하고 위험한 것으로 간주되었다.

우파진영은 사회당의 공약을 대대적으로 비판하였다. 우선 사르코지 대통령은 사회당과 녹색당의 합의로 에너지 안보와 수십만 명의 일자리가 위협받게 됐다며 우려를 표명했다. 또한 올랑드가 폐쇄하기로 한 페센하임(Fessenheim)원전을 방문하여 프랑스의 원자력 발전의 중요성을 역설하며, 원자력발전에 대한 지속적인 지지를 표명하였다.²⁰⁾ 발레리 페크레스 (Valérie Pécresse) 예산장관은 사회당의 주장대로 원자력발전이 축소되면 전기요금이 50% 오르고 결국 부담은 프랑스 국민들에게 돌아갈 것이라고 비난했다.²¹⁾

결국 사회당의 원자력발전 축소 공약으로 여론의 지지가 올라가지도 않고 오히려 궁지에 몰린 올랑드 당시 대통령 후보는 24개의 원전 폐쇄 결정이 자신이 동의한 사항이 아니라 사회당 당수인 마르틴 오브리(Martine Aubry)가 단독으로 결정한 것이며 자신은 입장이 다르다며 기존의 입장에서 뒤로 물러섰다. 그리고 올랑드는 대통령이 되어도 노후된 페센하임(Fessenheim) 원전만을 폐쇄할 것이라고 공약하였다. 이로써 프랑스에서 원자력발전 축소라는 담론은 2012년에 등장하자마자 효과를 발휘하지도 못하고 후퇴되었다. 이는 프랑스의 전력생산이 거의 전적으로 원자력발전에 의존하고 있고, 독일에 비해 원자력발전에 대한 국민의 반감이 적은 상황에서 원자력발전 축소 공약은 현실성이 없어 보였고 오히려 프랑스 국민에게 미래에 대한 불안감을 증대시킬 수 있었다. 이와 같은 사회분위기 아래서 사회당의 원전 축소 공약은 후퇴될 수 밖에 없었다. 올랑드 후보의 원자력발전 축소공약의 부인에 따라 다시 프랑스에서 원자력발전의 연속성은 유지될 수 있었다.

18) "Areva,"

<http://www.areva.com/EN/finance-402/shareholding-structure-of-the-world-leader-in-the-nuclear-industry-and-major-player-in-bioenergies.html> (2015년 12월 1일 검색)

19) "르몽드 (2012년 1월 18일자),"

http://www.lemonde.fr/election-presidentielle-2012/article/2012/01/18/hollande-s-engage-a-ne-fermer-que-la-centrale-de-fessenheim_1630990_1471069.html (2015년 12월 1일 검색)

20) "렉스프레스,"

http://lexpansion.lexpress.fr/election-presidentielle-2012/nucleaire-l-accord-ps-verts-est-il-irresponsable_271260.html (2015년 12월 1일 검색)

21) "렉스프레스,"

http://www.lexpress.fr/actualites/2/actualite/des-ministres-tirent-a-vue-sur-l-accord-ps-ee-lv-sur-le-nucleaire_1051859.html (2015년 12월 1일 검색)

<표 5> 주요국 산업용 전기요금 (단위: Current USD/toe²²⁾)

| | 1978 | 1980 | 1990 | 2000 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Australia | 311.8 | 357.9 | 534.3 | 525.3 | .. | .. | .. | 1605.3 | 1641.4 | 1571.1 |
| Austria | 459.2 | 588.8 | 760.2 | 444.8 | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Belgium | 518.1 | 673.6 | 814.9 | 555.1 | 1613.8 | 1447.7 | 1609.5 | 1472.2 | 1491.1 | 1489.6 |
| Canada | 177.4 | 227.7 | 436.4 | 447.1 | 711.1 | 848.8 | 941.7 | 990.3 | 1120.9 | .. |
| Chile | .. | .. | .. | 553.3 | 1830.9 | 1762.2 | 1794.7 | 1473.2 | 1372.3 | 1207.4 |
| Czech Republic | .. | .. | 343.3 | 499.6 | 1717.2 | 1673.1 | 1857.9 | 1684.6 | 1730.7 | 1428.4 |
| Denmark | 569.5 | 580.8 | 723.6 | 670.8 | 1286.6 | 1330.0 | 1374.0 | 1291.3 | 1390.9 | 1183.8 |
| Estonia | .. | .. | .. | .. | 981.6 | 1083.3 | 1173.8 | 1174.0 | 1451.8 | 1370.8 |
| Finland | 543.5 | 633.4 | 734.2 | 449.0 | 1133.0 | 1102.9 | 1320.5 | 1208.0 | 1239.7 | 1215.3 |
| France | 376.9 | 557.9 | 655.6 | 415.8 | 1240.7 | 1243.6 | 1412.2 | 1351.4 | 1465.3 | 1464.6 |
| Germany | 551.4 | 669.6 | 1061.4 | 471.5 | 1622.7 | 1579.4 | 1827.0 | 1729.2 | 1968.9 | 2084.3 |
| Greece | 312.2 | 493.0 | 756.8 | 491.7 | 1324.7 | 1324.5 | 1459.1 | 1555.1 | 1650.1 | 1660.0 |
| Hungary | .. | .. | 864.6 | 566.5 | 1857.4 | 1542.7 | 1594.6 | 1529.8 | 1543.2 | 1433.6 |
| Ireland | 437.4 | 592.7 | 785.8 | 569.1 | 1964.8 | 1595.6 | 1770.8 | 1804.6 | 2015.4 | 1934.6 |
| Israel | .. | .. | .. | 745.2 | 1122.3 | 1009.9 | 1128.4 | 1254.7 | 1411.2 | .. |
| Italy | 501.8 | 757.7 | 1134.6 | 1034.2 | 3211.0 | 3001.1 | 3245.5 | 3392.9 | 3740.6 | 3811.4 |
| Japan | 723.8 | 1005.3 | 1421.4 | 1665.0 | 1926.3 | 1885.1 | 2189.4 | 2371.9 | 2127.2 | 2187.5 |
| Korea | 497.8 | 943.7 | 813.0 | 599.6 | 672.1 | .. | .. | .. | .. | .. |
| Luxembourg | 406.5 | 546.9 | .. | .. | 1586.4 | 1347.6 | 1371.0 | 1298.8 | 1239.5 | 1149.4 |
| Mexico | 256.1 | 355.4 | 465.0 | 591.4 | 1002.5 | 1209.8 | 1341.0 | 1334.2 | 1413.1 | 1412.3 |
| Netherlands | 362.3 | 688.4 | 608.1 | 663.4 | 1612.2 | 1349.9 | 1376.7 | 1273.4 | 1312.1 | 1373.1 |
| New Zealand | 235.5 | 345.0 | 396.9 | 328.6 | 744.6 | 819.2 | 946.8 | 993.8 | 1090.7 | .. |
| Norway | 135.3 | 212.0 | 408.8 | 226.0 | 682.3 | 857.6 | 826.6 | 669.3 | 798.9 | 634.8 |
| Poland | .. | .. | 295.0 | 428.9 | 1392.3 | 1399.8 | 1413.8 | 1332.4 | 1273.0 | 1162.0 |
| Portugal | 313.3 | 527.7 | 1141.5 | 779.1 | 1481.3 | 1432.3 | 1618.0 | 1712.8 | 1768.2 | 1813.5 |
| Slovak Republic | 241.3 | 284.1 | 339.3 | 491.3 | 2264.8 | 1966.7 | 2073.9 | 1973.8 | 2082.2 | 1825.1 |
| Slovenia | .. | .. | .. | .. | 1563.3 | 1411.5 | 1468.5 | 1369.4 | 1462.0 | 1338.5 |
| Spain | 325.4 | 515.3 | 1132.4 | 495.1 | 1199.5 | 1533.5 | 1728.7 | .. | .. | .. |
| Sweden | 334.7 | 467.4 | 579.6 | .. | 961.8 | 1119.7 | 1210.3 | 1037.1 | 1051.6 | 950.3 |
| Switzerland | 596.3 | 654.9 | 1036.5 | 803.3 | 1087.7 | 1304.8 | 1533.4 | 1514.4 | 1541.3 | 1497.0 |
| Turkey | 715.1 | 704.9 | 954.0 | 929.7 | 1600.5 | 1754.9 | 1609.5 | 1723.5 | 1705.0 | 1521.1 |
| United Kingdom | 441.6 | 729.8 | 822.0 | 644.2 | 1561.5 | 1407.7 | 1506.6 | 1560.4 | 1616.8 | 1828.3 |
| United States | 324.4 | 429.1 | 552.3 | 534.9 | 792.0 | 789.4 | 793.1 | 775.8 | 795.1 | 815.6 |
| OECD | 423.3 | 579.1 | 772.5 | 681.6 | 1248.2 | 1308.0 | 1403.0 | 1388.4 | 1427.4 | .. |

출처: OECD Energy Information 2015, Part III, p. III57.

이와 같은 원자력발전예 기반을 둔 에너지 정책의 연속성에 힘입어 <표 5>와 <표 6>에서 보는 바와 같이 프랑스의 전기세는 다른 국가에 비해서 비교적 낮은 수준으로 유지되었다.

<표 5> 주요국 산업용 전기요금을 비교한 OECD통계인데, 프랑스는 비슷한 소득수준의 선진국인 오스트리아, 독일, 영국, 이탈리아, 아일랜드, 일본, 스페인에 비해서 산업용 전기요금이 매우 저렴하였다. 심지어 터키, 슬로바키아 등의 신흥국에 비해서도 산업용 전기요금이 저렴한 편이었다. 가정용 전기요금의 경우도 프랑스 가정용 전기요금의 가격은 오스트리아, 독일, 영국, 이탈리아, 아일랜드, 일본, 스페인 다른 선진국에 비해서 저렴한 편이었다.

<표 6>은 주요국의 가정용 전기요금을 비교한 OECD 통계자료이다. 프랑스는 비슷한 1인당 GDP를 가진 일본, 이탈리아, 영국, 독일에 비해서 가정용 전기요금이 압도적으로 저렴하였다. 유럽 내 신흥국가인 슬로바키아, 슬로베니아, 아일랜드에 비해서도 프랑스의 가정용 전기요금은 저렴한 상황이다.

<표 6> 주요국 가정용 전기요금 (단위: Current USD/toe²³⁾)

22) 석유환산톤(toe: Ton of Oil Equivalent)

23) 석유환산톤(toe: Ton of Oil Equivalent)

| | 1978 | 1980 | 1990 | 2000 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Australia | 450.4 | 503.8 | 833.7 | 734.8 | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Austria | 928.3 | 1177.6 | 1810.3 | 1366.4 | 2973.0 | 2995.7 | 3170.5 | 2952.6 | 3161.6 | 3103.8 |
| Belgium | 1335.5 | 1639.1 | 1937.0 | 1537.9 | 2704.2 | 2693.7 | 3071.9 | 2906.2 | 3067.1 | 2835.6 |
| Canada | 280.3 | 330.1 | 617.7 | 615.4 | 964.7 | 1084.7 | 1220.3 | 1216.1 | 1209.0 | .. |
| Chile | .. | .. | 479.4 | 993.3 | 2478.9 | 2428.2 | 2451.1 | 2155.6 | 2003.6 | 1760.9 |
| Czech Republic | 399.7 | 448.2 | 310.9 | 632.0 | 2234.0 | 2157.4 | 2447.7 | 2313.3 | 2390.4 | 2028.4 |
| Denmark | 789.5 | 1181.2 | 1912.5 | 2295.8 | 4241.6 | 4142.9 | 4758.0 | 4458.4 | 4580.5 | 4687.4 |
| Estonia | .. | .. | .. | .. | 1439.1 | 1477.8 | 1587.7 | 1615.7 | 2032.1 | 1964.0 |
| Finland | 671.4 | 806.2 | 1195.3 | 904.5 | 2020.1 | 2039.4 | 2482.2 | 2265.9 | 2352.0 | 2341.3 |
| France | 936.3 | 1327.1 | 1745.6 | 1182.1 | 1851.3 | 1921.8 | 2174.0 | 2036.5 | 2248.4 | 2408.4 |
| Germany | 993.0 | 1169.0 | 1904.7 | 1402.9 | 3696.1 | 3706.3 | 4089.7 | 3939.0 | 4507.3 | 4593.6 |
| Greece | 732.1 | 865.1 | 1378.3 | 823.4 | 1765.7 | 1842.0 | 2011.3 | 2099.2 | 2516.1 | 2740.0 |
| Hungary | .. | 369.2 | 450.7 | 759.4 | 2398.0 | 2542.2 | 2541.0 | 2373.9 | 2116.4 | 1839.7 |
| Ireland | 655.2 | 891.8 | 1526.2 | 1178.9 | 2965.3 | 2704.5 | 3015.0 | 3143.3 | 3403.0 | 3549.7 |
| Israel | .. | .. | .. | 1081.8 | 1590.3 | 1626.0 | 1729.7 | 1763.0 | 1994.1 | .. |
| Italy | 581.4 | 894.5 | 1822.1 | 1575.4 | 3304.9 | 3060.1 | 3240.5 | 3353.5 | 3553.1 | 3567.6 |
| Japan | 1083.0 | 1364.4 | 2055.8 | 2488.8 | 2779.3 | 2834.5 | 3191.0 | 3379.0 | 2956.4 | 2944.9 |
| Korea | 773.6 | 1140.9 | 1118.4 | 974.1 | 894.4 | 967.1 | 1031.2 | 1082.3 | 1179.3 | 1274.5 |
| Luxembourg | 796.5 | 994.4 | 1439.1 | 1154.2 | 2743.0 | 2504.2 | 2569.1 | 2433.2 | 2404.9 | 2539.4 |
| Mexico | 409.8 | 609.3 | 532.9 | 794.0 | 928.8 | 1042.7 | 1106.6 | 1048.8 | 1056.4 | 1047.4 |
| Netherlands | 957.9 | 1331.7 | 1362.7 | 1524.0 | 3000.3 | 2571.6 | 2764.3 | 2770.2 | 2990.7 | 2935.2 |
| New Zealand | 292.5 | 418.1 | 639.2 | 699.4 | 1668.8 | 2037.9 | 2361.4 | 2517.6 | 2630.0 | 2744.8 |
| Norway | 330.5 | 412.2 | 852.8 | 672.3 | 1541.9 | 2045.4 | 1982.8 | 1581.2 | 1726.9 | 1478.0 |
| Poland | .. | 263.1 | 120.0 | 761.2 | 1947.5 | 2082.8 | 2304.8 | 2219.5 | 2282.5 | 2234.3 |
| Portugal | 541.6 | 826.6 | 1713.1 | 1390.0 | 2505.5 | 2502.7 | 2857.7 | 3031.0 | 3250.8 | 3390.3 |
| Slovak Republic | 399.7 | 447.9 | 321.9 | 582.8 | 2684.9 | 2476.5 | 2808.8 | 2670.2 | 2768.0 | 2488.1 |
| Slovenia | .. | .. | .. | .. | 2128.5 | 2156.6 | 2345.5 | 2249.3 | 2473.9 | 2473.5 |
| Spain | 665.9 | 930.8 | 2206.1 | 1362.1 | 2469.0 | 2868.8 | 3431.5 | .. | .. | .. |
| Sweden | 540.6 | 687.4 | 1021.7 | .. | 2256.3 | 2534.8 | 2882.7 | 2604.2 | 2716.9 | 2493.6 |
| Switzerland | 767.3 | 843.6 | 1287.6 | 1294.4 | 1906.0 | 2092.9 | 2589.8 | 2374.0 | 2368.5 | 2433.6 |
| Turkey | 895.3 | 728.2 | 588.8 | 981.6 | 1919.7 | 2141.2 | 1966.0 | 2148.3 | 2208.8 | 1972.0 |
| United Kingdom | 606.6 | 1013.6 | 1377.6 | 1240.9 | 2223.3 | 2138.8 | 2433.4 | 2532.2 | 2673.8 | 2972.8 |
| United States | 501.2 | 623.3 | 912.8 | 953.5 | 1338.0 | 1346.1 | 1362.4 | 1381.2 | 1409.7 | 1453.8 |
| OECD | 641.8 | 793.3 | 1190.9 | 1173.7 | 1821.0 | 1855.1 | 1984.4 | 1963.1 | 1995.3 | .. |

출처: OECD Energy Information 2015, Part III, p. III57.

물론 이와 같은 프랑스 정부의 원자력에너지 정책의 연속성에는 원자력정책에 대해, <표 7>에서 보는 바와 같이, 비교적 호의적인 여론이 밀바탕이 되었다.

<표 7> 독일과 프랑스의 원자력 에너지 운용에 대한 여론조사 결과 (단위:%)

| | 축소되어야함 | 유지되어야함 | 증가되어야함 | 의견 없음 |
|-----|--------|--------|--------|-------|
| 프랑스 | 37 | 45 | 12 | 6 |
| 독일 | 52 | 37 | 7 | 4 |

출처: European Commission, Special Eurobarometer 324, p26.

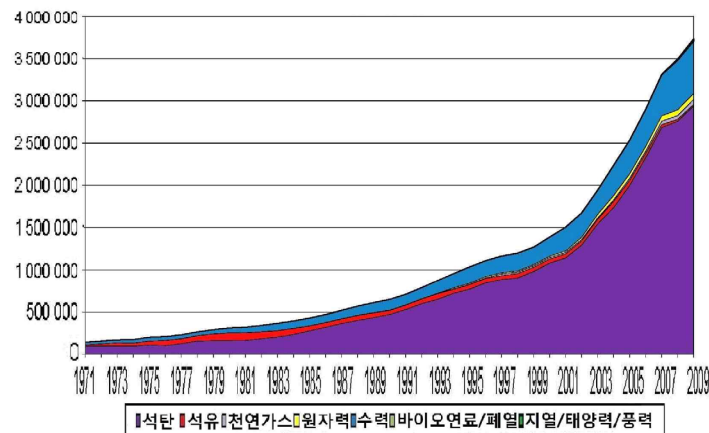
6. 중국 사례

중국 역시 후쿠시마 원전사고 이후, 원자력발전소 신규건설을 1년 동안 중지하였었다. 후쿠시마 원자력발전소 사고 발생 5일 뒤인 2011년 3월 16일 중국 국무원은 원자바오 총리 주재로 상무회의를 열어 일본 후쿠시마 원전사고 관련 대응책을 논의했다. 그 결과 중국 내에서 가동 중이거나 건설 중인 원자력발전 시설에 대해 전면 안전검사를 실시하고 핵안전계획 제정 때까지 신규 건설허가를 일시 중단하는 것이 결정되었다.²⁴⁾ 그러나, 2012년 10월 24일 중국 원자바오 총리가 “중국은 정상적인 건설로 되돌아가 ‘질서 정연하게’ 신규 원자력발전소의 건설을 계속한다”고 발표하면서 원자력발전소 건설을 재개하였고 2013년 2월 17일 라오닝(遼寧)성에서 신규원전인 홍옌허(紅沿河) 1호기를 통한 발전을 시작하였다.²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾

24) “파이낸셜뉴스 (2011년 3월 17일자).”

http://www.fnnews.com/view?ra=Sent1101m_View&corp=fnnews&arcid=00000922254913&cDateYear=2011&cDateMonth=03&cDateDay=17 (2015년 12월 1일 검색)

<그림 8> 중국 전력생산의 에너지원별 구성비율 (단위: GWh)



출처: International Energy Agency²⁸⁾

중국의 전체 전력생산에서 원자력 발전이 차지하는 비중은, IAEA 통계에 따르면, 2011년 기준으로 1.9%로 미미한 편이지만, 중국은 원자력 발전을 의욕적으로 추진하고 있다(대외경제정책연구원 2010, 4). 그 이유는 중국은 현재 에너지 운용에서 석탄에 대해 매우 높은 의존도를 보이고 있으며, 온실가스 배출 감축문제나 대기오염 억제를 위해서도 다른 에너지원으로 대체해야하는 상황이기 때문이다.

<그림 8>에서 볼 수 있듯이, 현재 중국은 전력생산에서 석탄과 수력을 제외한 다른 에너지원이 차지하는 비중은 지극히 낮은 편이다. 특히 중국의 전력생산에서 석탄이 차지하는 비중은 다른 에너지원과는 비교가 안 될 정도로 압도적이다.

<표 8>의 유엔통계국 통계는 주요국의 탄소 배출량 및 각국 정부의 탄소 배출량 감축의지를 알아보기 위한 1990년 이후 탄소배출량 변화, 그리고 각 국 시민 개개인이 지구온난화에 미치는 영향을 측정하기 위한 일인당 탄소 배출량을 제시하고 있다. 독일이 1990년 이후 온실가스 배출을 22.2% 축소하여 프랑스에 비해 큰 감소 폭을 보였지만 아직도 독일의 일인당 온실가스 배출은 프랑스에 비해 높은 편이다. 중국의 경우는 유엔통계국의 자료가 1994년 통계여서 비교에 어려움이 있다.

25) “한국원자력 산업회의.”

http://www.kaif.or.kr/know/01_2.asp?mode=view&pid=12294000&schk=&skey=&nP=
(2015년 12월 1일 검색)

26) “아주경제 (2013년 2월 18일자).”

<http://www.ajunews.com/kor/view.jsp?newsId=20130218000698>
(2015년 12월 1일 검색)

27) “연합뉴스 (2013년 2월 18일자).”

<http://www.yonhapnews.co.kr/international/2013/02/18/0601050100AKR20130218169000074.HTML>
(2015년 12월 1일 검색)

28) “IEA,” http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/14ELEC.pdf (2013년 6월 1일 검색)

<표 8> 주요국의 탄소 배출량 비교

| | 기준년도 | 탄소 배출량 (CO ₂ 백만 입방 톤) | 1990년 이후 변화(%) | 일인당 탄소 배출량 (CO ₂ 입방 톤) |
|------|-------|-------------------------------------|----------------|--------------------------------------|
| 프랑스 | 2008년 | 531.80 | -6.1 | 8.57 |
| 독일 | 2008년 | 958.06 | -22.2 | 11.65 |
| 중국 | 1994년 | 4057.62 | 자료 없음 | 3.39 |
| 미국 | 2008년 | 6924.56 | 13.3 | 22.22 |
| 대한민국 | 2001년 | 542.89 | 87.6 | 11.62 |

출처: 유엔통계국(UNSTAT)²⁹⁾

공신력 있는 UN통계국 자료에서 중국의 탄소 배출량에 대한 최신정보가 제공되지 않아서, 중국의 탄소배출량에 대한 최신정보 분석을 진행하기 위해서 <표 9>는 미국에너지정보청의 자료를 활용하였다. 미국 에너지부(Department of Energy) 산하기관인 미국 에너지정보청은 각국의 통계자료를 수집하여 탄소 배출량 변화를 분석하였다.

<표 9> 주요국의 탄소 배출량 변화 추이 (단위: 백만 입방 톤)

| | 1991년 | 1993년 | 2009년 | 2010년 | 2011년 |
|------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 미국 | 4997.43 | 5093.41 | 5,435.28 | 5,636.74 | 5,490.63 |
| 대한민국 | 269.67 | 330.64 | 524.43 | 581.10 | 610.95 |
| 독일 | 928.95 | 892.93 | 772.42 | 793.30 | 748.48 |
| 중국 | 2295.67 | 2498.76 | 7,573.38 | 7,997.04 | 8,715.31 |
| 프랑스 | 392.79 | 368.56 | 386.15 | 388.66 | 374.32 |

출처: 미국에너지정보청(U.S. EIA)³⁰⁾

<표 9>의 미국 에너지정보청 자료에 따르면, 미국에서 탄소 배출은 최근 들어 감소 추세에 있다. 그리고 독일에서는 1990년대 초반이후, 프랑스에서는 2010년 이후 탄소 배출이 감소하고 있는 추세이다. 반면에 한국과 중국에서 탄소 배출은 크게 증가하여 왔다. 중국은 2006년 이후 과거 세계 최대였던 탄소 배출국가였던 미국을 훨씬 앞지르게 되었다.

<표 10> 각국의 인구 (단위: 백만 명, 2011년)

| 미국 | 중국 | 한국 | 프랑스 | 독일 |
|---------|-----------|--------|--------|--------|
| 311.592 | 1,136.718 | 48.755 | 65.296 | 81.472 |

출처: 미국에너지정보청(U.S. EIA)³¹⁾

하지만 중국의 인구규모는 미국의 3.6배, 프랑스의 17.4배, 독일의 13.9배에 이르고 있다. 이를 토대로 각국의 1인당 탄소 배출량을 계산하면 2011년 중국의 1인당 탄소 배출량은 7.66

29) "UNSTAT," http://unstats.un.org/unsd/ENVIRONMENT/air_greenhouse_emissions.htm (2013년 2월 25일 검색)

30) "미국에너지정보청(U.S. Energy Information Administration)," <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=93&pid=44&aid=33> (2013년 2월 25일 검색)

31) "미국에너지정보청(U.S. Energy Information Administration)," <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8> (2013년 2월 25일 검색)

입방 톤으로 이는 <표 8>에서 선진국 중 가장 낮은 1인당 탄소 배출량을 보인 프랑스보다도 훨씬 낮은 수치라는 것을 알 수 있다. 이는 중국의 산업화가 더 진행될 경우 인구 1인당 에너지 소비가 더욱 증가하여, 중국에서 탄소배출이 더욱 큰 폭으로 확대될 수 있는 여지가 있음을 보여주는 것이다.

따라서 중국정부는 이에 대한 정책적 대안을 만들 필요가 있었고, 그 방안 중 하나가 중국의 전력생산에서 높은 비중을 차지하고 있는 석탄을 다른 에너지원으로 대체하는 것이다. 이러한 방안 중 하나가 원자력발전이었다.

실제로 2011년 3월 개최된 전국인민대표대회(전인대)에서 제 12차 5개년 계획(12·5계획)이 승인되고, 12·5계획의 7대 전략 신흥사업³²⁾을 확정되었고, 7대 전략 신흥산업의 하나인 '신에너지산업' 분야에서 원자력에너지의 중요성이 크게 부각되었다(정책통신산업진흥원 정책연구팀 2011).

현재 중국은 2013년 2월 17일 랴오닝(遼寧)성에서 신규원전인 홍옌허(紅沿河) 1호기 가동과 함께 17개의 원전을 가동 중이고 28개의 원전이 건설 중에 있다. 미국에너지정보청의 자료에 따르면, 중국은 2010년에 원자력발전을 통해서 70TWh의 전력생산을 하였고, 전체전력 생산에서 원자력발전이 차지하는 비율은 2%였다.

<표 11> 중국의 전력생산에서 원자력 발전 비율 (2010년)

| 원자력 에너지 이용 전력생산 (net TWh) | 전체 전력생산에서 원자력 발전 비율 |
|------------------------------|------------------------|
| 70 | 2% |

출처: 미국에너지정보청(U.S. EIA)³³⁾

<표 12>의 OECD의 NEA(원자력기구: Nuclear Energy Agency)자료에 따르면, 중국의 원자력 발전량은 현재 한국의 절반 수준에 불과하며, 프랑스의 1/6 수준이고, 미국의 1/10 수준이며, 최근 원자력발전을 축소하고 있는 독일에 비해서도 현저하게 작은 편이라고 할 수 있다.

<표 12> OECD NEA 회원국 전력생산의 원자력 발전 의존도

| 국가 | 전력망에 연결된 원자력 발전소 수 | | 원자력 에너지 이용 전력생산 (net TWh) | | 전체 전력생산에서 원자력 발전 비율 | |
|-------|-----------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------|-------|
| | 2012년 | 2011년 | 2012년 | 2011년 | 2012년 | 2011년 |
| 그리스 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 네덜란드 | 1 | 1 | 3.9 | 4 | 3.6 | 3.2 |
| 노르웨이 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 뉴질랜드 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 덴마크 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 독일 | 9 | 17 | 102.0 | 133 | 17.6 | 22.8 |
| 룩셈부르크 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 멕시코 | 2 | 2 | 9.7 | 5.6 | 4.2 | 2.6 |
| 미국 | 104 | 104 | 786.0 | 803 | 19.7 | 20.3 |

32) 에너지 절약과 환경보호, 신에너지, 신에너지자동차, 바이오, 차세대 정보기술, 첨단장비 제조업, 신소재

33) "미국에너지정보청(U.S. Energy Information Administration),"

<http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=CH> (2013년 2월 25일 검색)

| | | | | | | |
|-------|----|----|-------|-------|------|------|
| 벨기에 | 7 | 7 | 45.9 | 45.7 | 50.5 | 51.2 |
| 스웨덴 | 10 | 10 | 58.0 | 55.1 | 39.6 | 38.1 |
| 스위스 | 5 | 5 | 26.0 | 25.2 | 39.4 | 38 |
| 스페인 | 8 | 8 | 54.9 | 59.2 | 19.5 | 20.1 |
| 슬로바키아 | 4 | 4 | 14.3 | 13.5 | 55.2 | 52.9 |
| 슬로베니아 | 1 | 1 | 5.9 | 5.4 | 41.8 | 37.5 |
| 아이슬란드 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 아일랜드 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 에스토니아 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 영국 | 18 | 19 | 62.7 | 56.4 | 17.8 | 15.7 |
| 오스트리아 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 이스라엘 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 이탈리아 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 일본 | 50 | 0 | 156.2 | 0 | 18.1 | 0 |
| 체코 | 6 | 54 | 26.7 | 279.3 | 33.0 | 29.2 |
| 칠레 | 0 | 6 | 0.0 | 26.4 | 0.0 | 35.9 |
| 캐나다 | 17 | 0 | 90.0 | 0 | 17.0 | 0 |
| 터키 | 0 | 17 | 0.0 | 85.3 | 0.0 | 15 |
| 포르투갈 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 폴란드 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 |
| 프랑스 | 58 | 0 | 421.1 | 0 | 77.7 | 0 |
| 핀란드 | 4 | 58 | 22.3 | 407.9 | 31.6 | 74.1 |
| 한국 | 21 | 4 | 149.2 | 21.9 | 32.7 | 28.4 |
| 헝가리 | 4 | 21 | 14.7 | 142 | 43.2 | 32.2 |
| 호주 | 0 | 4 | 0.0 | 14.8 | 0.0 | 43.8 |

출처: OECD NEA 2012년 자료³⁴⁾, OECD NEA 2011년 자료; 안상욱(2013)에서 재인용

이는 중국이 1964년 첫 핵실험을 통해 군사분야에서 핵강국으로 부상했지만, 민간 분야에서 원자력을 통한 전력생산에는 그동안 큰 관심을 기울이지 않았음을 의미한다고 볼 수 있다.

중국의 전력생산에서 지나치게 높은 석탄의존은 중국 내에서의 대기오염 및 지구온난화를 초래하는 탄소배출의 주요 원인 중 하나가 되었다. 중국정부도 이를 의식하여 석탄 등 화석에너지 사용을 다른 에너지원으로 대체하려고 하고 있다.

이와 같은 중국정부의 노력을 파악할 수 있는 것이 중국 국무원 보도판공실은 2012년 10월 24일 발표한 “중국에너지정책(2012)” 백서이다. ³⁵⁾ 중국에너지정책 백서에 따르면, 중국은 기존 화석에너지 이용의 효율성을 증진하여 화석에너지 사용을 억제하고, 지나치게 석탄에 의존한 에너지자원의 이용을 원자력, 신재생에너지의 이용으로 다원화하려고 하고 있다.

예를 들어 중국정부는 8,000만 kw이하의 발전설비를 갖춘 효율성이 낮은 소규모 화력발전소를 정리하여 연간 6,000만 톤의 석탄사용을 절감할 수 있었다. **그 결과 kwh를 생산하는데 사용된 석탄이 37그램만이 필요하게 되었다.** 이는 2006년과 비교하면 10%가 절감된 수치이다. 중국은 수력에너지 개발에도 박차를 가하여 2011년에 수력 발전장비 용량 규모는 2억 3000만 kw에 달하여, 수력энер지를 전력생산 규모에서 전 세계 1위로 부상하였다. 개발 가능한 수력발전량이 5.42억 kw인 것을 감안하면, 중국의 수력에너지 개발의 잠재력을 주목할 만한 것이다.

34) “OECD NEA,” <http://www.oecd-neo.org/general/facts/> (2015년 12월 12일 검색)

35) “중국에너지정책(2012)백서,” http://www.gov.cn/english/official/2012-10/24/content_2250497.htm (2015년 9월 12일 검색)

또한 중국에너지정책 백서에서 중국정부는 12차 5개년 계획기간 중에 1차 에너지 소비 중 비화석에너지 비중을 11.4%로, 비화석에너지 발전장비용량 비중을 30%로 제고시킬 계획이다. 이를 통해서 2020년까지 비화석 에너지 소비비중을 15%까지 향상시키려 하고 있다.

이와 같이 비화석 에너지 다변화 차원에서 중국정부는 원자력에너지에 접근하고 있다.

중국에너지정책 백서³⁶⁾에서 중국 정부는 원자력энер지를 “양질, 청정 및 높은 효율성의 현대 에너지자원 (high-quality, clean and efficient modern energy source)”이라고 정의하였다. 이는 중국정부의 원자력 에너지에 대한 시각을 잘 보여주는 사례라고 할 수 있다. 본 보고서에서 중국정부는 1.8%에 불과한 전력생산에서 원자력에너지 비중을 높이려는 의지를 피력하였다.

다만 중국에너지정책(2012)백서에서 중국정부가 세계의 원자력에너지 전력생산 비중의 평균이 14%라고 아래와 같이 언급하였는데, 전 세계 대부분의 국가에서 아직 원자력 발전이 이루어지고 있지 않은데 근거 자료와 부연설명 없이, 에너지 정책 백서에 관련 문구를 삽입한 것은 아직 중국정부의 에너지정책에 대한 전문성이 다른 에너지강국에 비해서는 뒤떨어지는 것으로 파악할 수 있다.

At present, nuclear power only accounts for 1.8 percent of China's total power output, far below the world average, which is 14 percent. (현재 원자력에너지는 중국 전력생산에서 1.8%의 비중을 차지하고 있을 뿐이다. 이는 전 세계 평균인 14%에 훨씬 못 미치는 수치이다.)

이는 중국이 최초 핵실험을 1964년에 하였지만, 원자력에너지의 민간부문에서의 활용에는 그동안 관심을 안 기울여 온 사례 중 하나일 것이다. 중국에너지정책(2012)백서는 후쿠시마 원전 사태 이후 중요 이슈가 된 원자력에너지의 안전성에 대해서도 언급을 하고 있다. 중국정부가 후쿠시마 원전 사태 직후 중국정부가 중국 내에서 가동 중이거나 건설 중인 원자력 발전 시설에 대해 전면적인 안전검사를 실시한 사례를 들면서, 중국정부의 원자력발전 안정성 관리의 우수성에 대해 설명을 하였다.

그리고 중국이 원자력발전소를 운영한 지난 20년간 중요 원자력발전 사고가 일어나지 않았던 점과 원자력발전소의 안전상태가 세계 평균 이상이라는 점을 강조하고 있다. 이처럼 후쿠시마 원전사태 이후 중국이 원자력발전에 대한 전면적인 안전검사를 실시했을 때, 중국정부의 원자력 정책에 변화가 있을 것이라는 예상과는 달리 중국은 현재 꾸준히 원자력발전을 확대하고 있다.

III. 시사점

후쿠시마 원전사고 이후에 독일정부는 원자력발전에 대한 재검토를 진행하고, 독일 내에서 8개 원전의 폐쇄를 단행하였다. 이전에 이미 독일정부의 원자력발전 정책은 정권교체에 따라 뒤죽박죽으로 진행되었다. 반면에 프랑스의 원자력에너지 정책은 드골정부이후 안정적으로 정권교체에 관계없이 추진되었다. 좌파정권인 미테랑 정권당시에 프랑스에서 가장 많은 원자력 발전소가 가동되었고, 우파정권인 시라크 정권 아래서 세계 최대의 원자력 기업인 프랑스 국영기업 Areva가 탄생하였다.

에너지 정책은 다른 산업 분야에 비해 대규모의 투자가 필요한 장치산업이기 때문에 장기적인

36) “중국에너지정책(2012)백서,” http://www.gov.cn/english/official/2012-10/24/content_2250497_5.htm (2015년 9월 12일 검색)

국가 차원의 전략이 필요하다. 그러나 탈원전이라는 인기영합식의 방법을 사용한 독일 정부의 정책 때문에 독일의 원자력기업은 막대한 손실을 입게 되었다. 또한 신재생 에너지 기업역시 장기적인 관점이 결여된 독일정부의 신재생 에너지 보조금 정책 때문에 경영문제에 직면해 있는 경우가 많다. 또한 신재생 에너지를 확대하려고 사용했던 강력한 보조금 정책은 결국 시장이 정부가 보조금 정책을 유지할 수 없을 정도로 확대되자 결국 축소할 수밖에 없었다. 또한 신재생 에너지가 원자력 에너지 분야에 비해 개발도상국의 기술적 추격이 훨씬 수월해서 중국기업이 급부상하면서, 결국 독일의 쿨셀은 심각한 적자를 내고 파산하였다. 현재 풍력 및 태양력에서 전 세계 선두기업은 모두 중국기업이 되었다. 관련 분야에서의 기술추격이 원자력 에너지보다 훨씬 수월하기 때문이다.

따라서 한 국가의 에너지정책을 보다 효율적으로 안정적으로 운영하기 위해서는 프랑스와 같이 정부가 좀 더 장기적인 안목으로 에너지정책을 운용하고, 학계 차원에서도 원자력에너지와 신재생에너지에 대해 보다 입체적인 연구가 수행될 필요성이 있다. 그리고 이를 위해서는 정치권 역시 인기영합식의 에너지 정책을 지양하고 보다 장기적인 안목으로 최적의 에너지 정책 실현을 위해 힘써야 하는 것이 얼마나 중요한가를 파악할 수 있었다.

중국정부는 중국에서 운영 중인 원전 및 신규원전 건설에 대해 전면적인 재검토를 하였다. 이는 독일정부가 원자력발전에 대한 재검토를 진행하고, 독일 내에서 8개 원전의 폐쇄를 단행한 것과 일면 유사성을 갖고 있다. 그러나 독일정부의 원자력에너지 정책이 사민당-녹색당의 좌파연정에서 기민당-자민당의 우파연정으로 정권교체에 따라 일관성 없이 진행된 반면에 중국의 원자력 에너지 정책은 프랑스와 같이 일관성을 가지고 추진되었다.

또한 원자력발전이 민간기업 주도로 진행된 독일, 미국 등의 사례와는 달리 중국은 프랑스처럼 국영원자력기업이 원자력발전을 주도해나가고 있다. 이는 정부의 강력한 지지아래 국영 원자력기업을 중심으로 세계 최대의 원자력기업을 창출해나간 프랑스의 사례와 유사성을 가진다.

또한 미국의 스리마일 원전사고 이후 원자력발전 시장 축소를 우려한 웨스팅하우스로부터 원자력발전 원천기술을 매입한 프랑스의 사례에서처럼, 중국은 현재 미국과 프랑스 기업의 최신 원자력발전 기술의 각축장이 되고 있다. 이를 통해 중국이 원자력발전 기술을 습득할 수 있다면, 향후 중국의 원자력기업들은 전 세계를 주도하는 원자력기업으로 거듭날 수 있을 것으로 예상된다.

그리고 이와 같은 원자력발전의 확대와 신재생에너지 이용의 확대는 장기적으로 중국의 석탄 의존도를 낮추어, 현재 전 세계 탄소배출 1위를 차지하고 있는 중국의 탄소배출이 경감되어 지구온난화를 완화시키는데 기여할 것으로 예상된다.

<참고문헌>

- 강유덕, <일본의 원전사고 발생 이후 주요국의 원전 정책 방향과 시사점>, 《지역경제포커스》 11:14호(2011.4).
- 김경일, <냉전이후의 핵비확산문제>, 《사회과학연구》 4:2(1997.12).
- 김면희, <기후변화 대응의 정치경제>, 《EU연구》 26(2010)
- 대외경제정책연구원, <중국의 원자력, 풍력산업 현황과 발전계획>, 《KIEP 북경사무소 브리핑》 13:21(2010.12).
- 박균성, <프랑스에서의 원자력발전소 및 방사성폐기물처분장의 건설에 있어서의 주민의 수용실태에 관한 연구>, 《토지공법연구》 7(1999).
- 서운석, <중국의 기후변화 대응정책 분석>, 《현대중국연구》 9:1(2007.8).
- 심의섭, <한국의 UAE 원전사업 수주의 평가와 과제: 경제적 측면>, 《중동연구》 29:3(2011).
- 신호상, <원전의 가동중검사 관련 각국의 기술기준 비교고찰>, 《한국비파괴검사학회지》 24:2(2004).
- 안상욱, <프랑스 원자력 에너지 정책의 연속성과 변화가능성>, 《프랑스학 연구》 63(2013).
- 안상욱, <프랑스 원자력 에너지 운영 및 에너지 정책의 연속성: 독일과의 비교>, 《유럽연구》 31:1(2013).
- 안병역, <1960년대 초 유럽주의와 대서양주의: 드골의 “유럽” 대 미국의 “유럽”> 《유럽연구》 26:1(2008).
- 이승근, <La France et la première étape de sa politique de sécurité européenne : De la fin de la seconde guerre mondiale au début de la cinquième République>, 《한국프랑스학논집》 46(2004).
- 전동진, <프랑스의 외교정책>, 《부산정치학회보》 8:2(1998).
- 전재성, <프랑스 드골 대통령의 자주외교 연구>, 《한국정치외교사 논총》 30:1(2008).
- 전진호, <후쿠시마 원전사고의 국제정치>, 《국제정치논총》 51:2(2011).
- 정보통신산업진흥원 정책연구팀, <중국 신성장동력 주요 정책 분석>, 《정책분석》 16(2011.7.28.).
- 진상현, 박진희, <한국과 독일의 원자력정책에 대한 비교연구 -정책흐름모형을 중심으로>, 《한국정책학회보》 21:3(2012).
- 최관규, <원자력의 상업화를 통한 핵군사력의 합리화>, 《동서연구》 10:1(1998).
- 홍기원, <원자력의 위험관리에 관한 최근 프랑스 정치계의 쟁점>, 《경제규제와 법》 4:2(2011).
- 해외경제연구소 산업투자조사실, <원자력산업동향보고서>, 《이슈 브리핑》 2010-4 (2010).
- European Commission, 《Europeans and Nuclear Safety》 Special Eurobarometer 324(2010).
- Debontride, B, <Ling Ao nuclear power plant: a new step in China/France cooperation>, 《Revue Générale nucléaire》 4(2002).
- Le Guelte, G, <France in its Quest for a Nuclear Doctrine>, 《Revue internationale et stratégique》 59(2005).
- Schneider, M. and Froggatt, A. and Thomas, S, 《THE WORLD NUCLEAR INDUSTRY STATUS REPORT 2010-2011: Nuclear Power in a Post-Fukushima World》 (2011).
- Tessier, H, <France keeps its nuclear options open>, 《Energy economist》 268:10(2004).
- Tetiarahi, G, <French Nuclear Testing in the South Pacific, or When France Makes Light of Its Duty to Remember>, 《Contemporary Pacific》 17:2(2005).
- Thiebaud, P, <Nuclear security: France's view>, 《Plasma physics and controled nuclear fusion》 1232(2005).

2016년

학·연·산 연구성과
교류회

▶ 국제 에너지 기구와 글로벌 에너지 거버넌스의 변화 추이 및 전망

신상윤 (에너지경제연구원)



Agenda



- I Introduction
- II International Energy Organizations and the G20
- III Limitations, Requests for Reformation, and Responses
- IV Four Scenarios of the Evolution
 - 1. Two Main Factors on the Evolution
 - 2. Four Scenarios
 - 3. SWOT Analysis
- IV Conclusions and Implications

Why this study?



- 1 What is “global energy governance”?
 - ➡ A structure or system composed of countries or organizations for international energy cooperation
- 2 Why is it an issue?
 - ➡ Limitations and requests for reformation of the current global energy governance

Global Energy Governance



Natures of Global Energy Governance:

- 1 Fragmented vs. Coordinated
- 2 Competitive vs. Cooperative
- 3 Bilateral vs. Multilateral

International Energy Organizations



International Energy Agency

- ▶ Founded by oil consumption countries, within the OECD, in 1974
- ▶ Non-inclusive membership (29 oil consumption & OECD countries)
- ▶ Energy security (Collective response to oil supply disruption)
 - + Renewables, climate change responses, access, efficiency, and etc.
- ➔ The most representative IEO thanks to its analytical power (240 staffs)
- ➔ Association: China, Indonesia, Thailand / Russia, India, South Africa

International Energy Organizations



Organization of the Petroleum Exporting Countries

- ▶ Founded by 5 oil exporting countries in 1960
- ▶ Non-inclusive membership (13 oil exporting countries)
- ▶ Collective actions for benefits of member countries
- ▶ Market information provider
- Less influential power than before

International Energy Organizations



International Energy Forum

- ▶ Founded in Riyadh in 1991
- ▶ 72 member countries including 31 board members
- ▶ Platform for dialogue between energy consumers and producers
- ▶ Operation of JODI (oil and gas)
- Different positions of the member countries
- Insufficient staffs

International Energy Organizations



Energy Charter

- ▶ Founded in 1991 to manage the energy charter treaty
- ▶ 52 member countries (Europe and the Central Asia) and 38 observers
- ▶ Legal framework for international energy cooperation and dispute settlement
- ▶ Withdrawal of Russia
- Transition into the "International energy charter"
- Less engagement of major countries and energy exporting countries

International Energy Organizations



International Renewable Energy Agency

- ▶ Founded in Abu Dhabi 2011 through the leadership of Germany
- ▶ 147 member countries and 29 countries in the process
- ▶ Support for transition into sustainable energy future
- ▶ Active engagement of small countries
- Limitation as a comprehensive IEO
- But, located in the growth stage with the global trend

International Energy Organizations



International Partnership for Energy Efficiency Cooperation

- ▶ Founded in 2009 to manage the energy charter treaty
 - ▶ 15 member countries and close relationship with IEA
 - ▶ Facilitation of international energy efficiency cooperation
 - ▶ Operation through initiatives such as appliance, transport, building, and etc.
- Limitation in terms of members
- The role will be enlarged.

G20



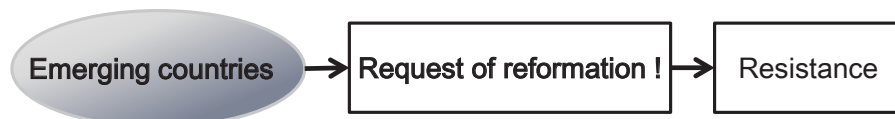
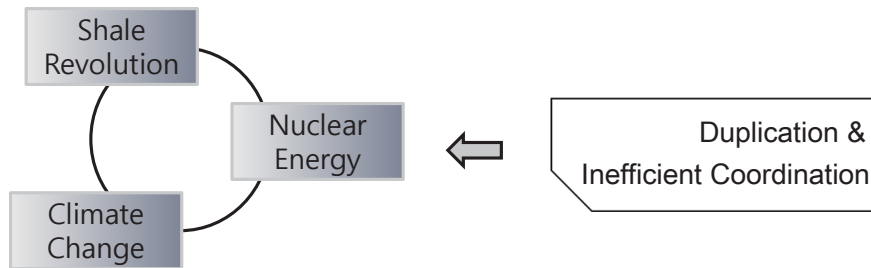
- ▶ 19 major countries and the EU
- ▶ The first G20 in 2008, Washington. D.C., Annual summit
- ▶ Energy Sustainability Working Group since 2009, Pittsburgh



Current Agenda

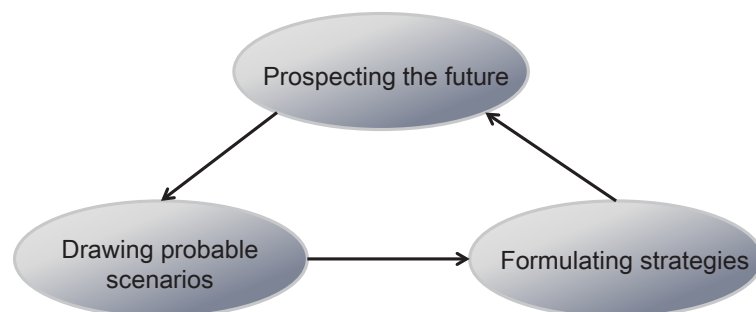
- ▷ Energy access
- ▷ Clean energy
- ▷ Energy efficiency
- ▷ Inefficient fossil fuel subsidy
- ▷ Global energy governance

Limitations and Requests



(The global energy share of OECD countries:
60% in 1975 -> 40% in 2011 -> 33% in 2035)

Scenario Planning



One
practical
method

1. Factors affecting the future outcome?
2. The two most critical factors?
3. 2x2 matrix from the two factors
4. 4 scenarios

