

# III

## 연구논단

- **국가소득과 정부 환경정책이 에너지환경 개선에 미치는 영향에 관한 분석** ..... 68  
김상식 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정
- **NBP를 깨운 영국의 가스 시장 자유화** ..... 84  
손승욱 | 고려대학교 그린스쿨대학원 석사과정
- **중국의 에너지 전략이 세계 에너지 수급에 미치는 영향과 시사점 : 중국의 에너지 전략이 글로벌 에너지 수급 불안정을 낮출 것이다** ..... 100  
위강순 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정
- **GIS를 이용한 테헤란로 주변 옥상녹화의 연결성에 관한 분석** ..... 116  
이민수 | 고려대학교 그린스쿨대학원 석사과정
- **러시아의 신뢰성과 우크라이나 가스잠금사태** ..... 129  
이민하 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정
- **한국, 일본 그리고 호주의 신재생에너지 정책 적용 비교 분석: 발전차액지원제도와 신재생에너지 의무할당제를 중심으로** ..... 147  
이흥구 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정



# 국가소득과 정부 환경정책이 에너지환경 개선에 미치는 영향에 관한 분석

김상식 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정

*Analysis of GDP and Government Environment Policy Impact on Energy & Environment Improvement*

Sangsik Kim | Ph.D. Student, Green School, Korea University

## 초록

전 세계적으로 환경오염은 날로 심해지고 있으며, 그 주원인으로 CO<sub>2</sub> 배출량 감축이 인류의 당면과제로 주목받고 있다. 하지만 이에 대해서 개발도상국과 선진국 간 반대 입장을 보이고, 더욱이 최근 선진국 사이에 환경정책들의 실효성이 뜨거운 감자로 떠오르고 있다. 이에 국가소득과 환경정책들이 CO<sub>2</sub> 배출에 어떻게 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 이를 통해 고소득일수록 환경오염이 감소하는 최근의 이론(쿠즈네츠 곡선)을 검증해 소득에 따라 환경오염 변화를 확인하였다.(선진국 vs 개도국) 또 환경정책 성격에 따라 환경오염 나아가 친환경적 소비(재생에너지 소비)에 미치는 영향의 차이를 분석했다.(정부주도 감축 vs 시장주도 자율유도) 그 결과, 전체국가·선진국은 GDP에 따라 CO<sub>2</sub>배출 증가 후 감소하는 역U자형을 보인 반면 개도국은 계속 CO<sub>2</sub>배출이 증가하여, 환경개선은 개도국의 상황을 신중히 고려해야 될 것으로 판단된다. 또한 환경정책들은 CO<sub>2</sub>감소에 유의미한 영향을 주지 못하였지만, 자율적 시장정책(배출권거래회사·EMAS인증기업)이 정부주도 감축(환경세) 보다 친환경 소비 유도에 효과적이었다. 이 결과는 국제적으로 소득에 따라 환경개선을 얼마나 이행하고, 국내적으로 탄소세 등의 정책을 고민하는 우리나라가 어떤 정책을 선택하고 해당정책이 실효성 크기를 판단하는데 활용할 수 있을 것이다.

## 1. 서론

20세기 세계적인 산업발달은 여행, 요리, 난방 등에서 편리한 생활을 가능하게 하였지만, 소득증가에 따라 에너지 소비가 매년 증가하고 있어<sup>1</sup> 온실가스 배출로 인한 대기오염, 인공세제 사용에 따른 수질오염 등 환경문제가 날로 심각해지고 있다. 그 중에서 무분별한 온실가스 배출은 피해지역이 가장 넓고 지구온도 상승으로 이어지는 등 부정적 영향이 매우 크다. 특히 지구평균온도 상승은 홍수, 해일 등 자연재해의 인명 및 재산 피해는 물론 어류멸종, 녹조현상 등 생태계 교란까지 피해범위가 다양하다. 이에 최근 선진국을 중심으로 온실가스 감축을 목표로 교토의정서(Kyoto Protocol) 등 국제협력을 다양하게 추진하고 있다. 하지만 개도국은 환경세 등이 가격경쟁력을 하락을 초래하고 경제성장을 저해할 것이라며 반대하고 있다. 더욱이 현재 일각에서는 이러한 환경오염은 너무나 다양한 요인이 복합적으로 영향을 주기 때문에 환경정책의 실제 효과가 거의 없다고 주장하고 있다.

<sup>1</sup> IEA(2014)는 세계 1차 에너지 소비(Primary Energy Demand)가 연평균 약 1.1%가 증가하여 2012년 13,400Mtoe에서 2040년에는 18,300Mtoe에 이를 것이라고 전망했다.

환경오염과 소득 간 관계는 상충관계와 보완관계로 대별된다. 먼저 상충관계에 대한 최초 인식은 인구증가, 자원고갈, 환경오염 등 세계 아젠다를 주요내용으로 하는 로마클럽 보고서(The Limits to Growth, 1972) 이후 80년대까지 경제성장이 환경오염을 유발한다는 논리로 현재까지 환경공학자, 경제학자 등을 중심으로 다양하게 연구되고 있다. 그 이후 Grossman외(1993) 와 Kuznets(1955) 가 소득에 따라 최초에는 오염이 악화되다가 특정소득부터 오염이 완화되는 ‘역U자형’곡선(일명, 쿠즈네츠환경곡선) 을 입증하면서부터, 소득과 환경오염 간 관계에 대한 연구가 전 세계적으로 재조명되고 있다. 최근 우리나라 역시 김정인외(1999), 유병철(2001) 등이 다양하게 연구하고 있으며 실제로 이를 입증하는 사례도 적지 않았다.

[표 1] 환경오염과 소득간의 관계에 관한 선행연구

구분	연구자	분석방법	주요결과 및 한계점
해외 연구	Holtz외 (1995)	'51~'86년 130개국 대상 CO <sub>2</sub> & 1인당GDP 2차항 분석	- 1인당GDP \$3만5천에서 전환되는 역U자형 입증 - 모형에 따라 큰 차이를 보여 일관성 부족
	Galeotti외 (1999)	개도국 대상 CO <sub>2</sub> & 1인당GDP 3차항 분석	- 일부 OECD 국가 N자형 곡선 도출 - 대상국가가 한정되어 보편적 연구에 한계
	김정인외 (1999)	'85~'94년 OECD 10개국 대상 5대 오염물질 & 1인당 GDP 분석	- CO <sub>2</sub> 가 4개 오염물질에 비해 전환점이 다소 높음 - 유의한 결과가 많지 않음
국내 연구	유병철 (2001)	OECD 대상 CO <sub>2</sub> & 1인당GDP 2차항 분석	- 소득전환점이 존재하지 않았음 - 경제성장애 따라 CO <sub>2</sub> 한계배출이 감소한다고 주장함
	김지옥외 (1998)	'80~'95년 수도권 대상 대기오염지표 & 경제지표 분석	- 역U자형 도출 - 총생산액의 제조업 비중 감소로 오염량 감소
	최종익외 (2006)	오류구성회귀모형(ECRM) 이용 3대 물질(CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , VOC) 검증	- 경제성장과 환경오염 역U자형 입증 - CO <sub>2</sub> 는 계속 상승추세에 있어 정책적 조치 필요
	김지옥 (2002)	수도권 대상 폐널데이터 아황산가스 & 소득 분석	- 역U자형이 존재하지 않음
	김미숙 (2000)	패널데이터, 5대 오염물질 & 수질, 폐기물, 산림면적 등 분석	- 1,200만원에서 소득 전환하는 역U자형 도출 - 다만 오염물질별 그래프 형태가 일정하지 않음

그간 환경정책의 효과성에 관한 연구는 탄소세, 배출권거래제 등 환경정책의 비용효율성, 산업경쟁력 등에 미치는 효과에 대한 것이 대부분이었다. 유승직(2004)은 환경세가 GDP 감소 효과가 가장 적고, 총량규제 정책에서 환경 친화적 기술에 대한 유인효과가 크다고 주장했다. 그 외 이윤상(2004)은 환경경영시스템 도입이 환경 및 재무성과에 긍정적 영향을 미쳤으며, 민혁기(2010)는 공해방지시설 투자비율이 높을수록 요소생산성과 시장집중도에 커져 환경 정책이 경제에 긍정적 영향을 준다고 주장했다. 또한 많지는 않지만 환경정책의 환경개선에 미치는 영향에 관한 연구로 김진열(2012)이 5년 간 국내 16개 광역자치단체를 대상으로 환경예산이 비선형적으로 환경개선에 기여함을 입증했고, 박배진(2012)은 에너지절약의 이득과 비용이 각각 지속가능 에너지소비행동 즉, 에너지절약에 유의미하게 영향을 준다고 밝혔다.

[표 2] 에너지환경 개선에 대한 선행연구

구분	연구자	분석방법	주요결과 및 한계점
국내 연구	유승직 (2004)	'00~'30년 완전동태적 일반 균형모형 구축	- 환경세가 GDP 손실이 가장 적었음 - 환경세 및 배출권거래제가 기술 유인에 영향을 줌
	장기윤 (2009)	국내 58개 기업 대상 델-파이, AHP 설문조사	- 환경경영 도입 단계 및 시기, 기업규모, 공기업일수록 지속가능 발전 가능성이 크게 나타남
	이윤상 (2004)	'93~'03년 기업 재무자료 국내 거래소·코스닥 기업 등 대상	- 환경경영시스템 도입이 재무성과에 긍정적 영향 - 이외 기업규모, 외국인지분율, 수출비율 등이 영향
	김진열외 (2012)	5개년 16개 광역자치단체 대상 종합 환경지표(EF) 도출	- 환경예산이 비선형적으로 환경 질(EF)에 긍정적 영향 - 이외 공업 및 주택용지도 긍정적 영향을 미쳤음
	김수이외 (2013)	국내 6개 권역 대상 2020년 예상 시뮬레이션	- 탄소세와 배출권 거래제의 지역별 영향력 차이 존재 - 또한, 경제적 비용도 상이, 지역·산업간 격차 가능성
	박배진 (2012)	서울시 304명 소비자 대상 설문조사 및 회귀분석	- 에너지 절약 이득은 에너지절약에 긍정적 영향 - 반면 관련 비용은 환경에 부정적 영향
	박준 (2014)	국내 도시공간특성 관련 자료 기술통계분석	- 어느 정도의 압축형 도시는 탄소배출 저감에 영향 - 다만 과도하게 집중될 경우 오히려 탄소배출 증가

본 연구는 국가소득과 여러 정부정책들의 CO<sub>2</sub> 배출과 같은 에너지 환경개선에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 한다. 소득과 환경오염 간의 관계에 관한 기존 연구들은 대부분 분석 대상국가가 100개 이내로 많지 않아 선진국만 대변하거나, 분석시점도 2000년 이전으로 현재 상황을 반영하기 힘든 측면이 있다. 이에 본 연구는 선진국과 개도국을 포함한 140개의 많은 국가를 대상으로 1990년부터 2011년까지 소득과 CO<sub>2</sub> 배출 간의 관계에 대해 분석하였다. 또 기존 연구는 환경정책이 공통적으로 수출패턴, 시장구조, 생산성 등 경제효과와 지속성장에 끼치는 영향을 주로 분석한데 반해, 본 연구는 정책변수의 성격에 따라 정부주도의 감독과 시장주도의 자율적 환경개선의 정책적 효과를 엄밀히 비교 가능하다는 점에서 기존 연구와 차별성이 있다. 특히 우리나라는 배출권거래제 도입(2015년) 등 정부 차원에서 환경오염에 적극 대응하고 있어 이에 대한 분석이 시급하다고 볼 수 있다. 구성은 2장에서 환경정책을 소개하고, 3장에서 실증분석으로 소득과 정책변수들의 환경개선 효과를 검증하여, 4장에서 결론 및 시사점을 도출로 마무리하고자 한다.

## 2. 에너지환경 분야의 정부정책

에너지환경 분야는 국가마다 상황이 달라 많은 관심에도 불구하고 합의점을 도출하기 쉽지 않지만, 특성에 맞게 각 정부는 환경정책을 수립하고 실행해가고 있다. 이러한 정책은 집행주체 등에 따라 정부 감독과 시장자율 정책으로 대별되고, 각각 대표하는 정책으로 탄소세와 환경감사제도와 함께 둘을 혼합한 배출권거래제를 다음과 같이 소개하고자 한다.

탄소세는 온실가스 배출에 대해 직접적으로 규제하는 정책으로, 현재 20개 남짓한 국가가 개별적으로 추진 중이며, 핀란드, 스웨덴 등 북유럽 국가들이 비교적 빠르게 1990년 초부터 도입하였다. 이 제도는 많은 국가가 필요성은 인정하나 도입을 주저하는 이유는 석유, 석탄 등 탄소배출이 많은 화석연료 소비에 직접 세금을 부과함으로써 가격을 높여 친환경연료로 바꾸기 힘든 대부분 산업에 큰 부담이 될 수 있으며, 연탄난로 등을 이용하는 저소득층 부담비율도 더 높아지기 때문이다. 하지만 여전히 탄소세는 화석연료 사용을 강제로 줄이고 세수확보가 가능해 여전히 매력적인 카드이기도 하다. 환경영감사제도는 기관·단체가 스스로 환경효율을 개선 관리하도록 유도하는 제도이다. 대표적으로 1993년부터 운영되는 EU EMAS(Eco-Management and Audit Scheme)가 있으며, 현재는 유럽을 넘어 세계적 민간·공공기관까지 확대 적용하고 있다. 기업 스스로 환경보호 적정 요건을 맞춰서 EMAS에 등록하면 인센티브를 제공하는 방식이며, 현재 EU 회원국들은 4가지 방식(법적 용통성 제고, 공공구매 인센티브 제공, 기술기금 제공, 기술·정보 지원)으로 인센티브를 제공하고 있다. 하지만 이 제도 역시 환경 보호에 대한 강제 장치가 없고 EMAS 등록 건수가 매년 감소하는 등 실효성 문제가 남아있다. EU 배출권거래제도(Emission Trading Scheme: ETS)는 EU 국가를 중심으로 2005년부터 시행되었으며<sup>2</sup>, 해당국 상황에 따라 일정 탄소배출 할당량을 부여하고 자유롭게 배출권을 사거나 팔수 있도록 하는 것이다. 특히 교토의정서를 통해 시장친화 온실가스 감축 메커니즘으로 각광받았으며, 우리나라도 2015년 1월 1일을 기점으로 추진하고 있다. 제도의 핵심은 할당량 대비 더 적은 온실가스 배출 기업이 잉여배출량을 초과 배출 기업에게 팔 수 있어, 친환경 기술 확보와 추가 수익을 얻어 스스로 환경보호를 한다는 것이다. 하지만 최근 투명성, 재생에너지투자, 탄소배출감소 등에 대해 반론이 제기되고 있다. 2기 탄소배출 감소는 ETS 결과가 아니라 세계경제위기 때문이며,<sup>3</sup> 산업경쟁력 약화로 배출권과잉할당<sup>4</sup>과 일률적 할당량 제공은 우수 환경기술 보유기업의 감축 약화 등 환경오염의 면죄부를 준다는 것이다.

2 17(‘05~‘07년), 27(‘08~‘12년), 37(‘13~‘20년), 47(‘21~‘28년)로 단계별로 진행될 예정이다.

3 세계 각국의 40개 단체가 함께 펴낸「유럽연합 배출권 거래제도 신화 깨기(2013)」참고.

4 우리나라는 벌써부터 가격경쟁력 하락 우려로 기업의 추가 할당 요구가 끊이지 않고 있다.

## 3. 실증분석

### 3.1 데이터 및 주요변수

본 연구는 대표적 온실가스인 CO<sub>2</sub> 배출량에 미치는 요인을 검증하고 각 요인이 재생에너지 소비에 어떻게 영향을 주는지 알아보려고 하였다. 이를 위해 1990년부터 2011년까지 140개 국가를 대상으로 CO<sub>2</sub> 배출량과 1인당 GDP로 구성된「Dataset I」를 구축하였으며, 2005년부터 2012년까지 26개 EU국가의 CO<sub>2</sub> 배출량과 1인당 GDP는 물론 배출권거래량, 환경세징수액, 인구밀도, 도시화율 등으로 구성된 다양한 변인들을 포함시킨「Dataset II」를 구축하였다.

첫 번째 실증연구는 「Dataset I」으로 140개국 다양한 국가에서 CO<sub>2</sub> 배출량과 1인당 GDP가 어떠한 관계를 가지는지 알아보았다. 둘 간의 관계에 대한 연구결과는 다양하지만, 소득에 따라 CO<sub>2</sub> 배출량이 증가하는 ‘증가형’과 증가하다가 특정지점부터 감소하는 형태의 ‘역U자형: 환경쿠르네츠크곡선’이 가장 대표적이라고 볼 수 있다. 본 연구는 소득의 순 효과를 분석하고자 데이터셋을 2개 변수로 구성하였으며,<sup>5</sup> 이 중 CO<sub>2</sub> 배출량은 이산화탄소 정보 분석센터(CDIAC), 1인당 GDP는 세계은행(World Bank)의 1인당 실질GDP(2011년 기준 PPP)를 활용하였다.

두 번째 실증연구는「Dataset II」으로 CO<sub>2</sub> 배출량과 함께 대표적 친환경에너지원인 ‘재생에너지’에 미치는 영향을 보다 엄밀하게 분석하였다. CO<sub>2</sub> 배출량[CO<sub>2</sub>]<sup>6</sup>은 유엔기후변화협약(UNFCCC)에서 의무감축국(Annex I)<sup>7</sup> 자료를 바탕으로 구축되었다<sup>8</sup>. 재생에너지 비중[RE]은 Euro자료에 따라 최종에너지소비 중 재생에너지가 차지하는 비중(%)을 의미하며, 각 요인이 다양한 에너지원, 특히 친환경 에너지 소비에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

배출권거래량(TD)은 에너지환경 분야에서 최근 환경오염을 감소시키는데 활용되는 정책적 변수로 직접규제와 경제적 인센티브의 혼합방식을 나타내는 변수이다. 본 연구는 대표적인 탄소배출권 거래시장인 EU ETS(Emission Trading System)의 자료를 바탕으로 배출권 이전과 매입 거래횟수를 합한 결과를 사용하였다<sup>9</sup>. 환경세징수액[TAX]은 환경보호가 필요한 분야를 대상으로 정부가 징수하는 세금으로 직접규제 방식을 의미한다. 당초 CO<sub>2</sub> 배출량 직접규제로 탄소세가 있지만, 핀란드(‘90년) 등 일부를 제외하고 대부분 2008년 이후 시행되어 기간이 짧고 국가 또한 많지 않으며, 통일된 기준으로 국가별 비교가 어려운 단점이 있다. 대신 환경세징수액은 EU 차원에서 국가별로 자료를 비교 검증해

5 Grossman과 Krueger(1995)는 한계 독립변수로 구성된 다항모형(Polynomial Model)의 추정은 오염관련 규제 등이 없어 환경오염과 국민소득 관계의 구조적 설명은 어려우나 추정치를 통해 국민소득의 순 효과를 알 수 있다고 하였으며, 김정인 외(2005) 등 여러 연구에도 자주 활용되었다.

6 본 절의 [ ]는 각 변수의 약어로, 편의를 위해 향후 모형에서 해당 약어로 변수를 표시했다.

7 지구온난화 규제 및 방지를 위한 유엔기후변화협약(UNFCCC)의 구체적 이행을 위해 제3차 총회(교토의정서, '97년)에서 의무감축국(Annex I, 선진국 26개국)을 선정해 '08년부터 '12년까지 6대 온실가스(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFC, HFC, SF<sub>6</sub>) 총배출량을 '90년 대비 평균5.2% 감축기로 합의했다.

8 특히 동분석의 시작점인 2005년은 EU 배출권거래의 최초 거래시점으로, 마지막 2012년은 <EU탄소배출권 2기>와 교토의정서 <제1차 감축공약기간('08~'12)>의 종료시점으로 기간을 정해 동 기간의 분석은 CO<sub>2</sub>감축의 정책적 효과를 잘 대변한다고 판단된다.

9 EU ETS 실적은 CO<sub>2</sub> 거래횟수와 거래량으로 나누며, 본고는 파액이 용이한 거래횟수를 사용했다.

발표하고 있어, 탄소 맞춤 정책은 아니지만 환경 전반의 직접규제 정책이 미치는 영향을 파악할 수 있어 직접규제 대리변수로 활용했다. 환경경영감사제[EMAS]는 대표적으로 독일 Blue Angel(79년) 등 다양한 환경마크 인증제도가 있지만, EU EMAS(Eco-Management & Audit Scheme)에 가장 많은 EU국가가 참여하기 때문에 국가별 비교가 용이하므로 이 제도를 환경경영감사제 변수로 사용했으며, 구체적으로 유럽연합에서 발표하는 EMAS 인증기업의 수를 지표로 활용하였다.

통계변수로 좁은 공간에 인구가 밀집될수록 환경오염이 발생하기 쉽다는 점을 고려해 인구밀도[PD]를 지표로 사용했으며, 데이터는 세계은행 자료를 바탕으로 국토면적 대비 인구(명/평방킬로)를 나타낸다. 구체적으로 인구밀도가 높아지면 교통 등이 복잡하게 되고, 더욱이 차량정체 등 불필요한 에너지 사용으로 인해 정상적 인구밀도일 때보다 오염이 더 심해지게 된다. 도시화율[UR] 역시 환경과 매우 밀접한 관계가 있다. 즉, 초기 산업화 과정에서 도시로 인구가 집중되고 정부제한 없이 무분별하게 개발을 하게 되면 많은 공장에서 환경오염물질이 대량으로 배출하게 된다. 이에 도시화는 산업화에 따른 결과로 환경에 부정적인 영향을 주는 대변하는 변수로 활용되며, 데이터는 세계은행에서 발표한 전체 인구 대비 도시인구 비중을 사용했다. 고령화 지수[AG]는 세계은행의 전체인구 대비 65세 이상 인구 비중을 활용하였다. 고령화는 의료기술이 발전한 선진국 중심으로 빠르게 진행되고 있으며, 환경적 측면에서는 건강이 취약한 노인이 많을수록 환경오염에 민감하므로 CO<sub>2</sub> 배출량 감소와 친환경에너지원에 대한 수요가 높을 것으로 판단된다. 에너지 원단위로도 불리는 에너지효율성[EI]은 소득을 창출하기 위해 사용되는 에너지양을 의미하고 이 값이 클수록 에너지효율이 떨어진다고 볼 수 있다. 즉, EI가 클수록(에너지효율성이 떨어질수록) CO<sub>2</sub> 배출량이 많을 것으로 예상된다. 1인당 GDP[GDP]는 「Dataset I」과 마찬가지로 세계은행의 1인당 실질GDP(2011년 기준 PPP)를 활용했다. 또한 분석 I에서 소득 순 효과를 다항식 형태로 동태적으로 엄밀히 분석하므로, 분석II에서는 소득의 영향을 정태적으로 다른 변수와의 비교 분석하기 위해 2차, 3차 변수변환 없이 1차식의 원형형태로 모형에 포함시켰다.

[표 3] 변수설명

	Variable	설명	출처
분석 I	CO <sub>2</sub> 배출량(천M/T)	1년간의 CO <sub>2</sub> 총배출량	CDIAC
	1인당 GDP(USD)	1인당 실질 GDP (2011년 기준 USD)	세계은행
분석 II	CO <sub>2</sub> 배출량(천M/T)	1년간의 CO <sub>2</sub> 총배출량	UNFCCC
	재생에너지 비중(%)	최종에너지소비 중 재생(renewable)에너지 비중	유럽연합
	배출권거래횟수(건)	EU 배출권거래시스템(Transaction log) 상의 거래횟수 (이전(Tranferring)과 매입(Acquiring)거래의 합)	
	환경세징수액(백만유로)	국가차원에서 환경보호를 위해 부가되는 환경세징수액	
	EMAS 인증기업 수(개)	환경경영감사제(EMAS) 인증기업 수	
	인구밀도(명)	국토 1평방킬로미터당 인구 수	세계은행
	도시화율(%)	전체인구 대비 도시인구 비중	
	고령화지수(%)	전체인구 대비 65세 이상 인구 비중	
	에너지효율성(TOE/백만유로)	최종에너지소비 / GDP	유럽연합
	1인당 GDP(USD)	1인당 실질 GDP (2011년 기준 USD)	세계은행

[표 4] 기초통계량

	Variable	약어	N	MIN	MAX	MEAN	STD
분석 I	CO <sub>2</sub> 배출량	CO <sub>2</sub>	3,080	22.0	9,019,518.2	155,672.6	641,298.5
	1인당 GDP	GDP	3,080	246.7	114,517.6	14,617.8	17,464.5
분석 II	CO <sub>2</sub> 배출량	CO <sub>2</sub>	208	2,640.3	873,246.6	149,637.6	200,756.2
	재생에너지 비중	RE	208	0.2	51.1	14.1	11.1
	배출권거래횟수	TD	208	0	163,490	5,793.9	14,898.9
	환경세징수액	TAX	208	158.28	58,675.26	11,384.51	16,112.0
	EMAS 인증기업 수	EMAS	207	0	1,619	149.2	352.0
	인구밀도	PD	208	17.2	1,310.7	178.7	244.7
	도시화율	UR	208	49.8	97.7	72.6	12.2
	고령화지수	AG	208	10.5	21.1	16.1	2.3
	에너지효율성	EI	208	82.5	849.4	242.5	150.0
	1인당 GDP	GDP	208	12,531.0	96,711.0	34,066.3	14,857.9

### 3.2 실증분석 모형

#### 3.2.1 분석 I 실증분석 모형

분석 I의 실증모형은 1인당 GDP에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량의 다양한 변화 감지를 위해 1인당 GDP를 3차 선형방정식으로 변환하였다. 또, 분석방법은 자료형태가 국가별(횡단면), 시간별(시계열) 성격을 갖는 패널 자료이므로, 이들의 효과를 동일하게 간주하는 최소자승법(OLS) 대신 이들을 국가와 시간 효과를 고려하는 고정효과모형과 확률효과모형을 활용한다. 고정효과모형(FEM)은 횡단면 특성을 상수



향의 차이로부터 알아낼 수 있다고 가정하고 이를 더미변수로 취급하여 지역별 차이를 알아보기 위해 취급한다(‘수식1. 고정효과’ 참고). 확률효과모형(REM)은 상수항의 변동원인을 추가 오차항 분포상태에서 찾는 것으로 고정모형 상수항 일부가 확률효과모형에서 지역 오차항이 된다(‘수식1. 확률효과’ 참고). 보통 고정효과모형과 확률효과모형은 어느 것이 설명력이 있는지 여부는 자료 구성에 따라 달라지며, 본 연구는 둘 간의 모형 선택을 위해 가장 대표적인 하우스만 테스트를 추가로 실시하고, 앞서 언급한 OLS와 패널분석 선택을 위해 LM 테스트를 추가 실시한다. 따라서 3.3 실증분석 결과에서는 이상의 모형검증으로 고정효과모형과 확률효과모형 중 적합한 것만 제시하고 해석하였으며, 다음의 분석II 에도 동일하게 적용하였다.

여기서  $i$ 는 140개 국가를,  $t$ 는 1990년부터 2011년까지의 시간을 나타낸다. 본 연구에서는 종속변수와 독립변수에 양변에 자연로그를 취해 이분산을 줄이고 변수 설명력을 확보하고자 하였다.(Double-log & Polynomial Analysis)(하단 ‘수식1’ 참조) 또 소득에 따른 국가 차이를 보다 엄밀히 알아보기 위해 전체국가 외에 개도국과 선진국으로도 비교 분석했다<sup>10</sup>.

$$\log(CO_{2\ it}) = \sum_1^{140} \alpha_i D_i + \beta_1 \log(GDP_{it}) + \beta_2 (\log(GDP_{it}))^2 + \beta_3 (\log(GDP_{it}))^3 + \epsilon_{it} \quad (\text{수식1}) \text{ 고정효과}$$

$$\log(CO_{2\ it}) = \alpha_0 + \beta_1 \log(GDP_{it}) + \beta_2 (\log(GDP_{it}))^2 + \beta_3 (\log(GDP_{it}))^3 + u_i + \epsilon_{it} \quad (\text{수식1}) \text{ 확률효과}$$

3차식에서 중요한 전환점을 본 모형에 대입하면,  $\log(CO_2)$ 와  $\log(GDP)$ 를 Y와 X로 하고 X로 1차 미분하면 「 $\frac{dY}{dX} = \beta_1 + 2\beta_2 X + 3\beta_3 X^2 = 0$ 」 형태의 2차함수가 되고, 이때 2개 X값이 소득에 따라  $CO_2$  부호(+ or -)가 변경되는 최저점과 최고점이 된다. 한편, 「 $ax^2 + bx + c = 0$ 」 형태의 함수에서 근의 공식은 「 $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ 」와 같고, 각각 「 $a = [3\beta_3]$ ,  $b = [2\beta_2]$ ,  $c = [\beta_1]$ 」로 대입하면, 아래와 같이 소득전환점이 도출된다<sup>11</sup>.

$$x = \frac{-[2\beta_2] \pm \sqrt{[2\beta_2]^2 - 4[3\beta_3][\beta_1]}}{2[3\beta_3]} \Rightarrow e^x = x_1^{tp}, x_2^{tp} \quad \{\text{소득전환점 } x^{tp}\}$$

<sup>10</sup> 소득에 따른 국가 구분은 세계은행에서 매년 제시하는 1인당 GNP 기준이 가장 널리 쓰이며, 본 연구는 세계은행에서 2012년에 제시한 기준치(\$12,475 이하의 개도국, 초과는 선진국 구분)를 사용한다. 또한,  $CO_2$  배출량이 국민보다 국가 단위로 파악되어 1인당 GNP 대신 GDP를 사용한다.

<sup>11</sup> 도출된 소득전환점은 양변에 자연로그를 취한 상태이므로, e를 밑으로 2개의 1차 소득전환점을 제공하면 최종적인 2개의 소득전환점(최저점과 최고점)이 도출된다.

덧붙여, CO<sub>2</sub> 배출량과 1인당 GDP간 관계는 국가별로 매우 다양한데 이를 하나의 그룹으로 해석하면 실제 관계를 과장하거나 축소하는 오류를 범할 수 있다. 따라서 본 연구는 140개 국가를 다양한 패턴으로 정리하여, 국가별로 추가 비교분석하여 연구의 완성도를 제고했다.

### 3.2.2 분석II 실증분석 모형

분석II 실증모형은 CO<sub>2</sub> 배출량과 재생에너지비중을 각각 종속변수로 모형을 구분하여 배출권거래 횟수 등의 설명변수가 미치는 영향을 분석했다. 분석방법은 분석 I 처럼 자료가 패널 자료이므로, 하우스만 테스트를 통하여 고정효과모형과 확률효과모형 중 적합한 모형을 택일했다. 여기서 i는 26개 국가, t는 2005년 2012년까지 EU 26개국을 나타낸다. 먼저 1인당 GDP 등 설명변수들이 대부분 이분산을 띄어 설명변수에 자연로그를 취해 이분산을 줄이고자 했다.(Linear-log) 또한, 탄력성으로 모형 설명력을 높이기 위해 종속변수에도 추가로 자연로그를 취해 분석하였으며,(Double-log) 2개 분석 모두 같은 방식으로 분석을 실시했다.

첫 번째 모형은 상기 논의대로 CO<sub>2</sub> 배출량을 종속변수로 그대로 사용하거나 자연로그로 취해서 분석하고, 데이터의 형태에 따라 고정효과모형 또는 확률효과모형 중 적합한 모형을 선택했다(하단 ‘수식 2’ 참조).

$$CO_{2\ it} \text{ or } \log(CO_{2\ it}) = \sum_1^{26} \alpha_i D_i + \beta_1 \log(TD_{it}) \text{ or } \log(TAX_{it}) \text{ or } \log(EMAS_{it}) + \beta_2 \log(PD_{it}) \quad (\text{수식2}) \text{ 고정효과} \\ + \beta_3 \log(UR_{it}) + \beta_4 \log(AG_{it}) + \beta_5 \log(EI_{it}) + \beta_6 (\log(GDP_{it})) + \epsilon_{it}$$

$$CO_{2\ it} \text{ or } \log(CO_{2\ it}) = \alpha_0 + \beta_1 \log(TD_{it}) \text{ or } \log(TAX_{it}) \text{ or } \log(EMAS_{it}) + \beta_2 \log(PD_{it}) \quad (\text{수식2}) \text{ 확률효과} \\ + \beta_3 \log(UR_{it}) + \beta_4 \log(AG_{it}) + \beta_5 \log(EI_{it}) + \beta_6 (\log(GDP_{it})) + u_i + \epsilon_{it}$$

두 번째 모형 역시 종속변수만 CO<sub>2</sub> 배출량에서 재생에너지비중으로 바꾸고 위와 동일한 방식으로 아래와 같이 분석을 실시했다(하단 ‘수식3’ 참조).

$$RE_{it} \text{ or } \log(RE_{it}) = \sum_1^{26} \alpha_i D_i + \beta_1 \log(TD_{it}) \text{ or } \log(TAX_{it}) \text{ or } \log(EMAS_{it}) + \beta_2 \log(PD_{it}) \quad (\text{수식3}) \text{ 고정효과} \\ + \beta_3 \log(UR_{it}) + \beta_4 \log(AG_{it}) + \beta_5 \log(EI_{it}) + \beta_6 (\log(GDP_{it})) + \epsilon_{it}$$

$$RE_{it} \text{ or } \log(RE_{it}) = \alpha_0 + \beta_1 \log(TD_{it}) \text{ or } \log(TAX_{it}) \text{ or } \log(EMAS_{it}) + \beta_2 \log(PD_{it}) \quad (\text{수식3}) \text{ 확률효과} \\ + \beta_3 \log(UR_{it}) + \beta_4 \log(AG_{it}) + \beta_5 \log(EI_{it}) + \beta_6 (\log(GDP_{it})) + u_i + \epsilon_{it}$$

### 3.3 실증분석 결과

#### 3.3.1 분석 I 실증분석 결과

CO<sub>2</sub> 배출량과 1인당 GDP와의 관계에 대한 실증분석 결과는 표 5에 나타난다. 전체그룹(140개국), 개도국(78개국), 선진국(62개국) 모두 LM 테스트 결과 패널 분석에 적합한 것으로 나타났으며, 하우스만 테스트 결과, 확률효과모형이 더 나은 모델이라고 판명되었다. 또한 공통적으로 1차 항의 추정계수는 음(-)의 부호, 2차 항은 양(+), 3차 항은 음(-)으로 유의하게 나타나 크게는 역N자형을 보이는 것으로 나타났다. 즉, 처음에는 감소하다가 특정소득(최저점)부터 CO<sub>2</sub>가 증가하다가 특정소득(최고점)에서 다시 감소한다는 것이다. 하지만 그룹별로 소득지점(소득전환점)과 소득의 범위가 달라 이를 고려해야 실제소득에 따른 CO<sub>2</sub>의 감소구간 존재여부를 판단할 수 있다. 예로, 전체그룹은 \$246부터 \$114,517에 속해 소득 \$52,240에서 CO<sub>2</sub> 배출량이 감소하는 결과가 나타날 수 있다. 이는 선진국도 마찬가지로 소득 \$47,279일 때 CO<sub>2</sub> 배출량이 감소할 것으로 예상된다. 하지만 개도국은 소득전환점이 \$23,905인데 반해 소득 최고점이 \$12,290로 더 작다. 종합하면 개도국은 1인당 GDP에 따라 CO<sub>2</sub> 배출도 계속 증가하는 형태를 보일 것이며, 소득이 높은 선진국과 전체국가는 크게는 역N자형이나 대개 CO<sub>2</sub> 배출이 증가하는 소득구간에 있어(특히, 선진국) 실제로는 역U자형을 보일 것으로 판단된다.

[표 5] 분석 I : 실증분석 결과

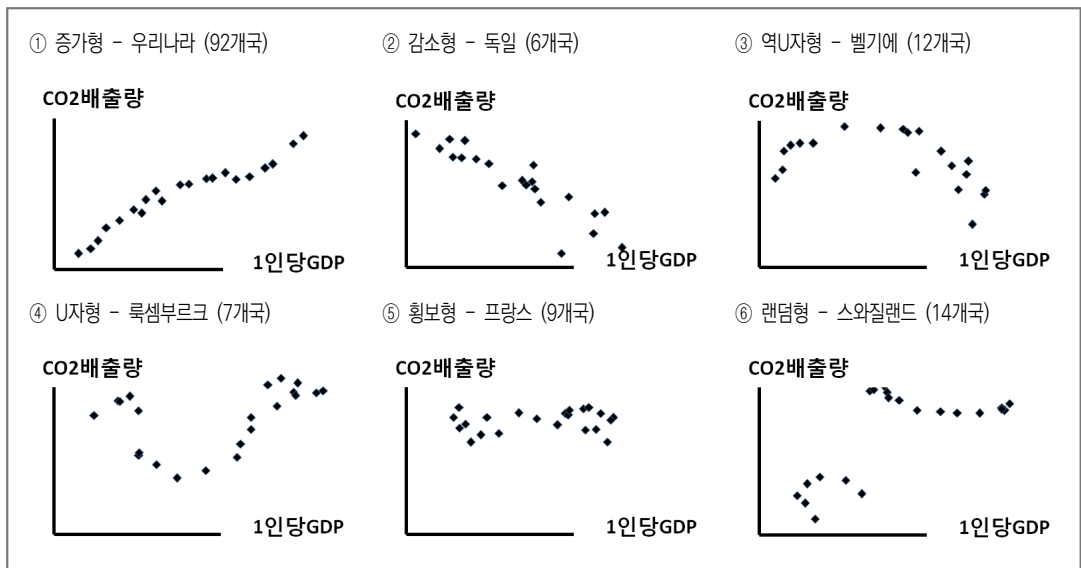
종속변수: log(CO <sub>2</sub> 배출량)	전체 140개국 모형(1):REM	개도국 78개국 모형(2):REM	선진국 62개국 모형(3):REM
log(1인당 GDP)	-9.452***	-14.256***	-30.636***
(log(1인당 GDP)) <sup>2</sup>	1.354***	2.039***	3.585***
(log(1인당 GDP)) <sup>3</sup>	-0.056***	-0.088***	-0.133***
상수항	26.038***	36.801***	92.441***
LM Stat	31,442.3(0.00)	17,454.5(0.00)	13,898.3(0.00)
Houseman stat	0.7(0.86)	0.5(0.91)	0.3(0.83)
소득데이터 범위	\$246 ↔ \$114,517	\$246 ↔ \$12,290	\$994 ↔ \$114,517
소득전환점	· 최저점: \$170 · 최고점: \$52,240	· 최저점: \$210 · 최고점: \$23,905	· 최저점: \$1,193 · 최고점: \$47,279
관측치	3,080	1,716	1,364

주1) \*P<0.10, \*\*P<0.05, \*\*\*P<0.01

추가적으로 140개 국가를 개별 분석한 결과, 계속 증가하는 형태가 우리나라를 포함해 92개국으로 가장 많았다. 이들 중 56개국은 개도국으로 개도국 78개국 중 72%를 차지하였고, 선진국도 36개국이 포함되어 선진국 62개국 가운데 58%로 과반 수 이상이 증가형을 보였다. 다음으로 많은 형태는 역U자형으로 벨기에를 포함해 12개국이 이러한 형태를 보였다. 이 중 선진국은 7개국으로 선진국 62개국

가운데 11%를 차지했으며, 개도국 가운데는 6개로 6%에 불과했다. 반대로 U자형은 룩셈부르크를 포함해 7개국으로 나타났고, 이 중 5개국이 선진국으로 분류되어 증가형과 마찬가지로 의외로 많은 국가가 선진국으로 포함되었다. 그 외 감소 또는 횡보하는 추세를 가진 국가는 각각 6개국과 9개국으로 나타났으며, 이 역시 선진국이 대부분을 차지했다. 끝으로 특정 형태를 가지지 않는 국가가 14개국으로, 대부분 개도국이고 포함된 선진국들도 대부분 국가규모가 작거나 소득으로는 선진국 기준에 속하지만 OECD에는 포함되지 않는 국가가 대부분이었다. 종합하면, 140개국 대부분 1인당 GDP에 따라 CO<sub>2</sub> 배출도 증가하는 상쇄적 관계에 있는 것으로 판단된다. 대신 감소·횡보·역U자형 등 이른바 환경오염이 어느 정도 진행이 더디거나 감소하는 국가들은 대부분 선진국이어서 이들을 중심으로 소득의 환경오염에 대한 일부 보완적 관계가 있다고 볼 수 있다.

**[그림 1]** 1인당 GDP에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량의 다양한 변화



### 3.3.2 <분석II> 실증분석 결과

표 6은 CO<sub>2</sub> 배출량과 에너지환경변수들 간의 관계를 실증 분석한 결과이다. 먼저 정책변수인 배출권거래횟수, 환경세징수액, EMAS 인증기업 수 모두 대부분 유의하지 않았다. 이는 주지하듯이 환경오염에 대한 원인이 워낙 다양하여, 어느 한 정책만으로는 통제하기 힘들다는 것이다. 다만 그 중에서 정부 감독과 시장 자율의 혼합방식인 배출권거래횟수만은 모형(4)에서 유의하게 나와 어느 정도 두 정책이 혼합될 때 환경오염 완화에 기여할 수 있다고 판단된다. 이 경우 추정계수가 -3,093으로, 배출권거래횟수가 1% 증가할 때 CO<sub>2</sub> 배출량이 약 3백만 M/T 이 감소한다고 할 수 있다. 이에 반해, 에너지효율성은 모든 모형에서 유의한 양의 값을 갖는 것으로 나타났다. 에너지효율성은 앞서 언급한 것처럼

클수록 GDP 당 에너지소비가 많으며, 그 나라 경제구조가 에너지 측면에서 비효율적인 것을 의미한다. 즉, 에너지 비효율적 생산시스템이 CO<sub>2</sub> 배출량에 악영향을 끼쳤다. 추정계수는 모형(5), (7), (9)에서 0.9~1.2 정도로 나타나 에너지비효율성이 1% 증가할수록 CO<sub>2</sub> 배출량이 평균 약 1% 증가한다고 할 수 있다. 1인당 GDP 역시 모든 모형에서 유의한 양의 값을 가졌으며, 추정계수는 에너지효율성과 같은 모형 사용 시 1인당 GDP 1% 증가가 CO<sub>2</sub> 배출량을 평균 약 1.1% 증가시킨다고 판단된다. 인구 밀도는 CO<sub>2</sub> 배출량의 증가요인으로 확인되었으나 모형별로 상이한 결과를 보이고 있다. 이외 도시화와 고령화지수는 대부분 CO<sub>2</sub> 배출량을 감소시키는 유인으로 작용했으나 이 역시 모든 모형에서 유의하게 나타나지는 않았다. 다만 이를 통해 최근의 도시화와 고령화 문제가 환경오염을 악화시키기는 것보다 오히려 이에 대한 문제 인식과 적극적 대처를 통해 CO<sub>2</sub> 배출과 같은 환경오염에 잘 대응할 수 있음을 시사한다. 특히 노인인구가 많은 유럽은 많은 사람이 환경오염에 대해 민감하게 반응하여 청년인구가 많은 타 대륙에 비해 오히려 CO<sub>2</sub> 배출에 더 주의를 기울인다고 판단된다<sup>12</sup>.

[표 6] 분석 II: 실증분석 결과 (CO<sub>2</sub> 배출량)

종속변수: CO <sub>2</sub> 배출량	CO <sub>2</sub> 모형(4):REM	log(CO <sub>2</sub> ) 모형(5):FEM	CO <sub>2</sub> 모형(6):FEM	log(CO <sub>2</sub> ) 모형(7):REM	CO <sub>2</sub> 모형(8):FEM	log(CO <sub>2</sub> ) 모형(9):REM
log(배출권거래횟수)	-3,093.295**	-0.0018				
log(환경세징수액)			27.5339	0.00026		
log(EMAS 인증기업 수)					-1,486.284	-0.0093
log(인구밀도)	32,727.73	-0.2884	-59,704.59	0.1187	65,741.09**	0.4062***
log(도시화율)	-99,110.93	-0.2210	-203,605.1	-0.9672***	-59,097.18	-0.5011
log(고령화지수)	-32,638.42	-0.5558***	-10,610.59	-0.3272***	-21,368.53	-0.3208***
log(에너지효율성)	144,375.7***	0.9364***	148,977.2***	0.9916***	209,761.8***	1.2499***
log(1인당 GDP)	171,596.8****	1.1387***	142,742.4***	1.0678***	211,239.4***	1.275***
상수항	-2,015,275***	-1.8007	-943,021.6	-0.8415	-3,149,516***	-7.695***
LM Stat	424.1(0.00)	142.6(0.00)	668.8(0.00)	690.9(0.00)	574.7(0.00)	426.6(0.00)
Houseman stat	6.2(0.39)	16.3(0.01)	17.6(0.01)	1.44(0.96)	30.1(0.00)	0.58(0.99)
관측치	189	189	208	208	180	180

주1) \*P<0.10, \*\*P<0.05, \*\*\*P<0.01

<sup>12</sup> 설명변수인 인구밀도, 도시화율, 고령화지수, 에너지효율, 그리고 <모형 II> 종속변수 중 하나인 재생에너지 비중은 모두 단위가 %로 되어있어, log를 이용한 탄력성 등이 혼합되면 변수자체가 1% 변하는지 단위 상으로 1% 변하는지 혼란스러울 수 있으므로 이에 본 연구는 이를 예방하고자 변수자체의 1% 변동 시 다른 변수들처럼 그냥 1%, 단위 상 1% 변화는 1%p로 표시한다.

다음으로 재생에너지 비중과 에너지환경변수 등과의 관계를 실증 분석한 결과는 표 7 과 같다. 먼저 배출권거래횟수가 재생에너지 소비를 증가시키는 것으로 나타났다. 특히 한 개의 모형만 유의했던 CO<sub>2</sub> 배출량에 비해 Linear-log와 Double-log 모두 유의한 양의 상관관계를 가졌다. 이는 배출권거래제가 환경오염을 예방하지 못 한다는 것보다는 친환경적 에너지 소비가 더 실천가능하고 피부에 와 닿는다는 것이다. 추정계수는 모형(10) 기준으로 0.528 로 배출권거래횟수가 1% 증가하면 재생에너지 비중이 약 0.5%p 늘어나는 것으로 나타났다. 다음 환경세징수액은 유의하게 나타나지 않은 반면, EMAS 인증기업 수는 재생에너지 비중과 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 즉 환경경영감사제와 같은 시장 자율형 정책이 환경세징수와 같은 정부감독 방식보다 친환경에너지 소비를 더 늘린다는 것이다. 구체적으로 모형(14)를 기준으로 추정계수가 0.982 로 EMAS 인증기업 수가 1% 증가하면 재생에너지 비중이 약 1%p 늘어나는 것으로 나타났다. 이를 배출권거래와 비교하면 2배 정도 큰데 이는 환경세와 마찬가지로 혼합방식인 배출권거래에 비해 조금 더 시장 자율 성격이 강한 환경경영감사제가 친환경 소비패턴에 더 큰 효과를 미친다는 것을 의미한다. 고령화지수는 모두 양의 부호를 나타냈으며, <표 6>처럼 노인이 많을수록 환경보존에 대한 관심이 커져 친환경 에너지소비 비중이 높아진다는 것을 의미한다. 구체적으로 모형(11), (13), (15) 추정계수를 평균하면 고령화지수가 1% 증가하면 재생에너지 비중이 약 4.4%p 늘어나는 것으로 나타났다. 인구밀도 역시 대부분 유의한 양의 상관관계를 보였으며, 고령화지수와 동일 모형 비교 시 인구밀도 1% 증가는 재생에너지 비중 약 4.5%p를 늘리는 것으로 나타났다. 기타 에너지효율성과 1인당 GDP는 Linear-log 3개 모형에서 유의한 음의 관계를 보였고, 도시화율도 역시 음의 관계를 가졌으나 대부분 유의하지 않은 것으로 나타났다.

[표 7] 분석 II: 실증분석 결과 (재생에너지 비중)

종속변수: 재생에너지 비중	재생에너지 모형(10):FEM	log(재생...) 모형(11):FEM	재생에너지 모형(12):REM	log(재생...) 모형(13):FEM	재생에너지 모형(14):FEM	log(재생...) 모형(15):FEM
log(배출권거래횟수)	0.5280***	0.041**				
log(환경세징수액)			0.0125	-0.0094		
log(EMAS 인증기업 수)					0.9822***	0.1191***
log(인구밀도)	10.9935**	3.8913***	-8.6946***	4.2416***	5.4889	5.4325***
log(도시화율)	-50.4989***	-0.2614	-0.6042	1.8054	-22.5552	1.3122
log(고령화지수)	48.8892***	3.8836***	38.1412***	4.6851***	42.5404***	4.7684***
log(에너지효율성)	-5.9488***	-0.3542	-9.4034***	-0.4026	-7.2109**	0.2494
log(1인당 GDP)	-13.3472***	-0.2848	-9.2153***	0.1827	-11.2225***	0.5853
상수항	209.4157***	-20.9641*	97.4888**	-38.2729***	117.9813	-50.3588***
LM Stat	511.8(0.00)	342.2(0.00)	632.1(0.00)	346.1(0.00)	527.3(0.00)	279.2(0.00)
Houseman stat	13.3(0.03)	57.14(0.00)	7.5(0.27)	119.9(0.00)	27.1(0.00)	63.7(0.00)
관측치	189	189	208	208	180	180

주1) \*P<0.10, \*\*P<0.05, \*\*\*P<0.01

## 4. 결론

본 연구는 에너지환경 개선에 미치는 요인을 분석하기 위해 2개 dataset를 구성하여 2 개의 실증연구를 실시했다. 첫 번째 dataset은 1990년부터 2011년까지 세계 140 개국을 대상으로 CO<sub>2</sub> 배출량과 1인당 GDP로 구성하였다. 분석방법은 둘의 관계가 동태적으로 움직인다는 선행연구 결과에 따라 설명변수인 1인당 GDP를 3차 항으로 구성하여 소득이 CO<sub>2</sub> 배출량에 미치는 영향을 다항분석(Polynomial Analysis)을 통해 분석했다. 또 소득그룹별 차이를 비교하기 위해 전체국가, 개도국, 선진국으로 구분하여 분석했다. 분석결과, 3개 그룹 모두 낮은 소득에서 U자형, 높은 소득에서 역U자형을 갖는 역 N자형 곡선이 도출되었다. 전체국가와 선진국에서는 각각 소득전환점이 \$52,240, \$47,279였으며, 이 소득 이후로 CO<sub>2</sub> 배출량이 감소하는 것으로 나타났다. 개도국은 \$23,905로 상대적으로 작았으나, 대부분 국가들이 \$10,000 이하에 속해 실제로는 계속 증가하는 형태로 분석되었다. 이를 보다 엄밀히 검증하기 위해 각 국가별로 비교한 결과, 개도국 중심으로 140 개국 중 약 90 개국이 계속 증가하는 형태를 보였으며 비록 많지는 않지만 일부 선진국 중심으로 소득이 감소와 정체하는 형태를 가진 것으로 나타났다. 두 번째 Dataset은 조금 더 다양한 변수가 에너지환경 개선에 미치는 효과를 알아보려고 2005년부터 2012년까지 EU 26개국을 대상으로 소득 외에 배출권거래횟수 등 여러 정책변수와 인구밀도, 에너지효율성 등 통제변수들을 설명변수로 포함시켰고, 이들이 CO<sub>2</sub> 배출량과 재생에너지 비중에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였다. 분석결과, CO<sub>2</sub> 배출량을 종속변수로 했을 때는 일부 배출권거래횟수가 CO<sub>2</sub> 배출량을 감소시켰으나 환경세, EMAS 등 대부분의 정책변수가 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 환경오염 유발요인이 워낙 다양하여 실질적인 CO<sub>2</sub> 감소효과를 보이기 어렵다는 것을 시사한다. 이 외 에너지효율성과 1인당 GDP는 각각 CO<sub>2</sub> 배출량에 긍정적 그리고 부정적 영향을 미쳤으며, 나머지 인구밀도 등 변수들은 모형별로 결과가 상이하여 별다른 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 다음 재생에너지 비중에 대한 분석에서는 배출권거래횟수와 EMAS 인증기업 수가 재생에너지 소비를 증가를 유도하였지만, 환경세는 별다른 영향이 없었다. 이는 시장 자율적 정책이 환경세와 같은 정부감독 방식보다 친환경 에너지에 대한 소비를 더 촉진시키는 것을 의미한다. 즉 환경세가 환경오염 규제를 통해 환경 친화적 에너지 소비를 유도하기 보다는, 오히려 환경세로 높아진 제품 가격만큼 소득이 줄어들고 그만큼 생산자와 소비자 모두에게 부담이 되어 도리어 친환경 에너지에 대한 투자와 소비가 감소한 것으로 판단된다. 또 고령화지수는 양(+)의 관계를 보여 노인인구가 많을수록 환경에 대한 관심이 높아 친환경 에너지에 소비욕구가 늘어나는 것으로 보인다. 그 외에 인구밀도, 에너지효율성, 1인당 GDP는 대부분 유의하게 나타났으나 그 결과가 모형마다 상이하게 나타났다.

이러한 추정결과를 여러 정책적 변수들이 환경오염을 개선시키기 보다는 환경개선에 대한 관심에 그친다는 것을 시사한다. 특히 정부감독의 대표변수로 환경세는 환경오염과 환경에 대한 관심에 모두 영향을 주지 못하므로 세금을 부과하는 정책이 실효성이 적다고 판단된다. 이에 반해 보다 자율적 방식인 배출권거래제와 EMAS(환경인증제)는 CO<sub>2</sub> 감소와 같은 직접적 환경문제를 해소하지는 못하지만

환경 친화적인 에너지에 대한 관심을 유발시키는데 충분히 효과를 발휘할 수 있다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구를 통해 환경개선을 위해서는 정부가 직접 규제하고 통제하는 것보다 자유로운 시장에 맡기는 것이 더 효과적이라고 판단된다.

연구의 한계점은 탄소세, 환경세 등 몇몇 변수들이 국가별 공통기준이 적용된 자료 확보가 어려울 뿐만 정책도입 시기가 짧은 이유로, EU국가만을 분석 대상으로 포함하여 미국, 일본, 중국 등 세계 CO<sub>2</sub> 배출량에 큰 비중을 차지하는 국가들을 포함시키지 못했다는 점이다. 즉, 주요국가가 빠진 분석은 표본의 대표성이 상대적으로 떨어져 해석을 일반화시키기 어려울 수 있다. 따라서 향후에는 이들 국가의 자료를 추가하고 2013년 이후 자료를 조금 더 확보하면 해석의 정합성과 조금 더 현실에 가까운 분석결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- 김명서, 김요환, 김법석. 2009. "환경친화기업의 환경투자액 및 지출액이 기업가치 평가에 미치는 영향" 『한국회계학회 학술발표논문집』.
- 김미숙. 2000. "한국의 경제성장과 환경오염의 관계: 환경의 쿠즈네츠곡선 검증". 『건국대학교 석사학위논문』.
- 김수이, 오인하, 조경엽. 2013. "탄소세와 배출권거래제의 지역 간 차별적 효과성 분석". 『한국혁신학회지』8(1).
- 김정인, 김진욱, 박창원. 1999. "주요 OECD 국가의 환경 쿠즈네츠 검증" 『자원환경경제연구』 8(1).
- 김지욱. 2002. "확률계수모형을 이용한 수도권 지역의 환경쿠즈네츠 가설에 대한 재고찰". 『자원환경경제연구』11(3).
- 김지욱, 정의철, 박상후. 1998. "수도권 환경오염과 지역경제발전에 관한 연구", 『서울시정연구』 6(2).
- 김진열, 정문기, 정규진. 2012. "환경예산이 환경용량에 미치는 영향관계 분석: 지역별 생태발자국 분석을 중심으로" 『한국행정학회 하계학술대회』.
- 민혁기, 김중호, 하봉찬. 2010. "환경규제준수의 경제적 효과 분석: 생산성·시장구조·수출을 중심으로" 경제·인문사회연구회 녹색성장 종합 연구 총서 10-02-22, 산업연구원 정책자료 2010-135.
- 박배진. 2012. "지속가능한 에너지소비행동에 영향을 미치는 요인에 관한 연구" 『상경연구』 37(1): 221-258.
- 박준. 2014. "도시구조와 탄소배출 간 관계에 대한 소고: 압축도시와 다핵도시 특성을 중심으로" 『부동산학연구』 20(1): 39-56.
- 세계은행. [www.data.worldbank.org](http://www.data.worldbank.org)
- 유병철. 2001. "OECD 국가들의 경제성장과 이산화탄소 배출: 패널공적분에 의한 분석" 『국제경제연구』 7(3): 125-143.
- 유승직. 2004. "조세 왜곡 하의 에너지·환경정책의 효율성 평가" 『에너지경제연구원기분연구보고서』04-11.
- 유엔기후변화협약. [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)
- 이윤상. 2004. "환경경영시스템이 기업의 재무성과에 미치는 영향에 관한 실증연구" 『한국회계학회 학술발표논문집』554-575.
- 장기윤. 2009. "기업의 환경경영이 지속가능한 발전에 미치는 실증분석" 『환경정책연구』 8(3): 81-113.
- 현성민. 2010. "지방탄소세 도입의 필요성과 구체화 방안에 관한 연구" 『지방행정연구』 24(4): 261-292.
- Copeland, B and T.M. Scott. 1995. "Trade, Spatial Separation and the Environment" *NBER Working Papers* 5242.
- Galeotti, M., A. Lanza. 1999. "Richer and cleaner? A study on carbon dioxide emissions in developing countries" *Energy Policy* 27(10): 565-573.
- D.H. Meadows, D.L. Meadows, Jørgen Randers, William W. Behrens III. 1972. *The Limits to Growth*: Universe Books: New York, NY.
- Galeotti, M and A. Lanza. 1999. "Richer and cleaner? A study on carbon dioxide emissions in developing countries" *Energy Policy* 27(10): 565-573.
- Galeotti, M., A. Lanza and Pauli. F. 2001. "Desperately seeking (environmental) Kuznets: A new look at the evidence"



*FEEM Working Paper 67.*

- Grossman, G.M. and A.B. Krueger. 1995. "Economic Growth and the Environment" *Quarterly Journal of Economics* 110: 353-377.
- Hauer, G and R.C. Ford. 2000. "Transboundary Pollution And The Kuznet'S Curve In The Global Commons" *University of Minnesota, Center for International Food and Agricultural Policy Working Papers* 14423.
- Holtz, E.D. and T.M. Selden. 1995. "Stoking the Fires? CO2 Emissions and Economic Growth" *Journal of Public Economics* 57: 85-101.
- IEA. 2014. 『World Energy Outlook 2014』.



## NBP를 깨운 영국의 가스 시장 자유화

손 승 옥 | 고려대학교 그린스쿨대학원 석사과정

### *The Origin of NBP*

Seungwook Son | Master Student, Green school, Korea University

#### 초록

본 연구는 영국 가스허브 시장의 개설 배경을 살펴보고, 유럽 최초의 가스허브 시장이 영국에서 개설될 수 있었던 원인에 대해 고찰하고자 한다. 유럽연합(EU)은 단일 가스 시장 창출과 에너지 공급의 안정화를 위해 1990년대 후반 가스 자유화 지침들을 제정하였다. 그리고 관련 규정들을 EU 회원국들의 국내법에 적용되도록 의무화시켜 2000년대 유럽 가스허브 시장들이 형성, 성장하는데 영향을 끼쳤다. 그러나 영국의 경우 EU 차원의 가스 시장의 자유화보다 앞서 국내 가스 시장의 자유화를 이루었다. 1980년대 민영화와 가스법(Gas Act, 1986) 제정을 시작으로 국내 가스 시장이 개방되었고, 1996년 유럽 최초로 가스허브 시장 NBP(National Balance Point)를 개설하였다. 영국이 유럽 대륙 국가들보다 가스 시장의 자유화와 가스허브 시장의 구축을 먼저 이뤄낼 수 있었던 것은 1980년대 영국정부의 민영화 정책이 가스 시장의 자유화를 가져왔고, 이것이 가스허브 시장을 구축하는데 영향을 끼쳤기 때문이다. 이렇듯 가스허브 시장을 구축하는데 영향을 끼친 가스 시장 자유화를 1996년 영국이 갖추고 있었는지 제도적, 구조적 요건들로 확인해보았다. 그 결과 규제 완화, 시장에 의한 시장가격 결정, 수송과 판매의 분리와 같은 정책들이 민영화 과정에서 이행됐다는 사실을 확인할 수 있었다. 본 연구는 영국 사례를 통해 가스허브 시장을 구축하기 위한 정책과 선행과제를 파악하는데 도움이 되고자 한다.

## 1. 서론

2015년 초, EU집행위원회(European Commission)는 ‘EU 회원국 간 에너지 분야 통합을 목표로 하는 에너지 연합 기본계획’을 발표하며 안정적이고 경쟁적이며 저렴한 에너지 공급을 위해 역내 에너지 연합의 필요성을 강조하였다. 주목할 점은 화석연료 기반 에너지 시스템 중에서 천연가스 시장 시스템의 개혁을 강조했다는 점이다. 총 21장의 본문 중 11장 가까이 단일 가스 시장을 위한 통합 계획에 대해 언급할 정도로 EU는 회원국들의 가스 시장 자유화를 적극 추진 중에 있다. 그러나 이러한 EU 차원에서 가스 시장의 자유화가 최근 들어 강조된 것은 아니다. 1990년대부터 EU에서는 에너지 안보 차원에서 안정적인 에너지 공급이 중요성이 강조되었다. 그 결과 1998년 안정적인 에너지 공급을 확보하고 단일 가스 시장을 창출하고자 ‘제 1차 에너지 패키지(the First Package)’<sup>1</sup>를 시행하면서 이러

<sup>1</sup> “제 1차 에너지 패키지”에서 가스와 관련한 지침으로 가스 시장 자유화에 관한 지침 Directive 98/30/EC of the European Parliament and of the Council of 22 June 1998 concerning common rules for the internal market in natural gas, Official Journal L 204 , 21/07/1998, P. 0001 - 0012.

원문: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0030:EN:HTML>

한 움직임이 구체화되기 시작했다. 그러나 이후 EU 집행위원회 (European Commission) 조사를 통해 1998년 가스 시장 자유화 지침이 단일 가스 시장을 창출하기 위한 가스 시장의 개방, 3자 접근제도<sup>2</sup> 등에 효과를 발휘하지 못한다는 지적을 받게 되었다. 이에 EU는 ‘제 2차 에너지 패키지(the Second Package)’<sup>3</sup>을 시행하게 된다. 이 과정에서 가스 시장의 개방과 관련된 규정을 관리하는 규제 기관의 설치와 ‘가스 수송계통 운영자-가스 생산업자’를 분리·독립시키는 것이 본격적으로 의무화되기 시작하였다. 이어 2009년에는 ‘제 3차 에너지 패키지(the Third Package)’<sup>4</sup>를 채택하여 단일 가스 시장의 네트워크를 구축하기 위한 법적 구속력이 더욱 강화되었다. 이렇듯 역내 단일 가스 시장을 창설하기 위한 EU의 가스 시장 자유화정책은 2000년대 유럽 내 허브시장들의 구축을 이끌었다. 그 결과 현재 유럽지역의 가스허브 시장<sup>5</sup>의 모습이 2009년에 구축되었다 (그림 1).

본 연구에서는 2000년대 EU 차원의 가스 시장 자유화라는 흐름 속에서 창설된 유럽 가스허브 시장들보다 영국의 가스허브 시장 NBP(National Balance Point)가 일찍 개설될 수 있었던 원인에 대해 고찰하고자 한다. 그리고 이를 통해 1996년 당시 영국의 가스허브 시장이 가스허브 시장의 구축을 위해 요구되는 조건들에 얼마나 부합했는지 살펴보고자 한다.

이를 위해 두 가지로 나누어 선행연구를 살펴보았다. 첫째, 영국 NBP와 영국 가스 시장의 자유화 현황과 특징에 관한 선행연구였다. 국내문헌의 경우, 영국 NBP만 다루는 문헌은 없었다. 대부분 각국의 가스 시장 환경을 다루면서 영국의 NBP를 언급한다거나 다른 나라의 가스 시장 환경을 비교하는 것으로 영국 가스 시장의 자유화를 간략하게 다루었다. 따라서 에너지경제평가원(2007)의 ‘대서양지역 가스가격 결정구조와 아태지역 LNG 도입조건 전망’, 남궁윤(2008)의 ‘영국 및 호주 가스 산업의 가격

2 Third Party Access(TPA): 자가 소비 또는 판매를 위해 천연가스를 수송하는 주체에게 공급시설 소유주가 자신의 공급시설을 의무적으로 또는 협의에 빌려주어야 하는 제도이다.

3 “제 2차 에너지 패키지”에서 gas와 관련한 지침으로, 2003년 개정된 가스 자유화 지침 2003/55/EC (Directive 2003/55/EC of the European Parliament and of the Council of 26 June 2003 concerning common rules for the internal market in natural gas and repealing Directive 98/30/EC, Official Journal L 176 , 15/07/2003, P. 0057 - 0078.)과 2005년 천연가스 수송 계통의 이용 조건에 관한 규칙 (EC) No 1775/2005 (REGULATION (EC) No 1775/2005 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 28 September 2005 on conditions for access to the natural gas transmission networks, Official Journal of the European Union L 289/1, 3/11/2005, P.01 - 13.)지침이 존재한다.

원문: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32003L0055&qid=1449820698850&from=EN>  
 원문: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32005R1775&qid=1449821796543&from=EN>

4 “제 3차 에너지 패키지”에서 gas와 관련된 지침으로는 2009년에 발효한 천연가스에 있어 역내시장을 위한 공동규정과 관련한 가스지침(DIRECTIVE 2009/72/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC, Official Journal L 211/55, 14/08/2009, P. 94 - 136.)과 천연가스운송네트워크에 접근하기 위한 조건에 관한 가스규칙 (REGULATION (EC) No 715/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 July 2009 on conditions for access to the natural gas transmission networks and repealing Regulation (EC) No 1775/2005, Official Journal of the European Union L 211/36, 14/08/2009, P.36 - 54.)가 있다. 지침 발효 후 18개월 이내 국내법에 적용하는 의무 조치를 추가함으로써 구속력을 강화시킨다.

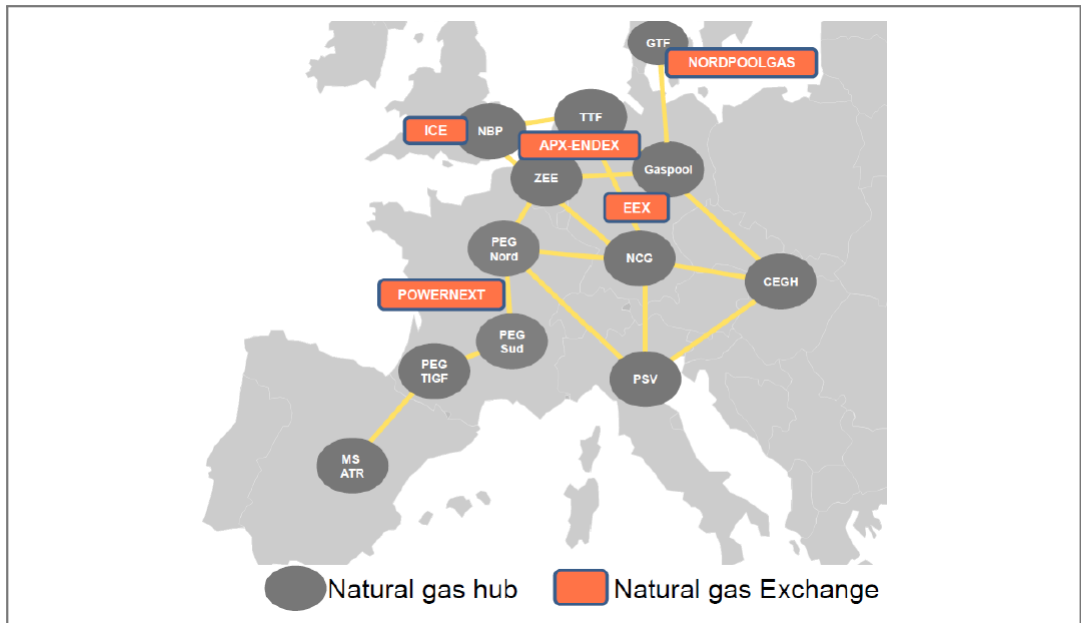
지침원문: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0072&qid=1449840455363&from=EN>  
 규칙원문: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R0715&from=EN>

5 영국 NBP(National Balance Point, 1996년 개설), 벨기에 ZEE(Zeebrugge, 2000년 개설), 네덜란드 TTF(Title Transfer Facility, 2003년 개설), 이탈리아 PSV(Punto di Scambio Virtuale, 2003년 개설), 프랑스 PEGs(Point d'Echange de Gaz, 2004년 개설), 오스트리아 CEGH(Central European Gas Hub, 2005년 개설), 독일 NCG(Net Connect Germany, 2009년 개설), 독일 Gaspool(2009년 개설) 등. 이외에도 최근에 남부유럽, 동부유럽 중심으로 거래시장이 성장중이다.

규제 사례 분석'과 최성수(2012)의 '영국과 유럽 대륙간 천연가스 거래에서 Interconnect (UK)의 운영특성 분석'을 통해 영국 가스 시장의 전반적인 특징과 현황을 정리하고자 하였다. 해외문헌의 경우, 국가들과의 비교 분석과 함께 영국 가스 시장과 NBP를 구체적으로 다룬 자료들이 많았다. 또한 영국 가스 시장을 파악할 수 있는 수치를 사용한 자료들이 대부분이었다. Patrick Heather(2014)의 'The Evolution of European Gas Hubs', Institute of Energy for South East Europe(2014)의 'The Outlook for a Natural Gas Trading Hub in SE Europe', Department of Energy & Climate Change(2015)의 'UK Energy Statistics 2015'를 통해 영국 NBP가 유럽 허브시장에서 차지하는 영향력과 영국 가스 시장이 지닌 계절성이라는 특징, 허브 시장이 성장할 수 있었던 수입의존도 구조 등을 수치를 통해 확인할 수 있었다. 둘째, 영국 가스허브 시장의 개설 배경과 가스허브 시장을 구축하기 위한 필요조건에 대한 선행연구였다. 국내문헌의 경우, 영국의 가스허브 시장의 개설 배경이라고 할 수 있는 민영화와 시장 자유화에 대해 다룬 자료는 거의 없었다. 직접적인 민영화에 대한 것은 다루지 않았지만 한국가스공사 연구개발원(1996)에서 다룬 '가스산업 조직 및 규제 동향의 국제비교'를 통해 영국 가스 시장이 점진적으로 자유화가 되어 가는 과정을 확인할 수 있었다. 가스허브 시장의 구축 요건과 관련해서는 한원희(2012)의 '국제 LNG 시장의 글로벌화 전망: 동북아 LNG 허브 가능성'과 같이 동북아 가스허브 시장 구축의 가능성에 초점을 맞춰 다뤄진 자료들이 대부분이었다. 해외문헌의 경우, 영국의 NBP 개설 전후 모습들과 가스허브 시장의 구축 요건들을 다룬 자료들이 많았다. IEA(2008)에서 발간한 'Development of Competitive Gas Trading In Continental Europe', Patrick Heather(2010)의 'The Evolution and Functioning of the Traded Gas Market in Britain'을 통해 1970년대부터 영국의 가스 시장의 자유화 과정과 NBP의 개설 전의 영국 가스 시장의 모습을 파악할 수 있었다. 또한 APX그룹(2007)에서 발표한 'European gas market and Gaspower integration', ERGEG(2010)의 'Gas hub Monitoring Report 2010', IEA(2013)의 'Developing a Natural Gas Trading Hub in Asia', EIA(2014)의 'Global Natural Gas Markets Overview', European Federation of Energy Traders(2015)에서 '가스허브 시장 평가자료'를 통해 가스허브 시장의 정의와 기능, 개설하기 위한 요구되는 조건들에 대해 정리할 수 있었다.

이 글의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 가스허브 시장의 정의와 기능을 살펴보는 것으로 영국 NBP가 가스허브 시장으로써 얼마나 기능을 하고 있는지를 확인하고자 한다. 또한 영국 NBP의 특징, 개설 과정을 살펴보는 것으로 유럽 가스 시장에서 영국 NBP가 차지하는 비중과 영국에서 가스허브 시장이 개설될 수 있었던 배경을 살펴보고자 한다. 3장에서는 역대 가스허브 시장을 개설하기 위한 필요조건이 무엇인지 정리하고 영국 NBP의 개설과정에서 얼마나 필요조건을 충족했는지 분석하고자 한다. 4장에서는 영국의 가스 시장 자유화가 가스허브 시장을 구축하는데 어떤 의미를 가지고 있는지를 서술하고 분석 결과를 통해 시사점을 말하고자 한다.

[그림 1] 유럽의 가스허브와 가스거래소



출처 : Heather(2012), p.4

## 2. 영국 가스허브 시장의 현재와 역사

### 2.1 가스허브 시장의 개념과 기능

유럽 전력·가스 시장규제자그룹(European Regulators' Group for Electricity and Gas: ERGEG)<sup>6</sup>의 2010년 보고서에 따르면, 가스허브 시장을 “소유권 이전이 보장되고, 시장가격 및 서비스가 자유롭게 거래되는 표준계약이 마련된 가스 거래 시스템 지점”으로 정의하고 있다. 또한 EIA(2014)의 Global Natural Markets Overview에서는 가스허브 시장을 “물리적인 교환과 가상적 교환이 이뤄지는 거래소”라고 정의하고 있다. 두 개의 정의를 종합해보면 가스허브 시장은 ‘시장 가격으로 거래가 보장되는 물리적, 가상적 가스 거래 시스템과 공간’을 가리키는 것으로 정의할 수 있다.

가스허브 시장의 기능은 크게 몇 가지로 나뉜다. 첫째, 자유로운 거래가 이뤄지도록 보장한다. 둘째, 수요와 공급의 수급 균형을 위해 물량을 거래가 안정적이게 많은 물량이 거래된다. 이러한 기능을 영국 NBP는 가스 시장 자유화 과정에서 규제를 완화하고 도매가격으로 자유롭게 거래될 수 있도록 규제기관을 설치하였다. 또한, 1997년 ICE 가스 선물시장을 통해 ‘NBP ’97’7계약에 근거하여 거래의

<sup>6</sup> 유럽 전력·가스 시장규제자그룹(European Regulators' Group for Electricity and Gas, ERGEG)은 유럽 가스 시장 단일화를 위한 규제 및 관리 사항을 조사하고 유럽 집행위원회에 진전 상황을 보고하는 역할을 담당한다.

표준화를 시켰다. 이는 시장 참여자들에게 NBP를 통한 거래가 안전하다는 신뢰성을 갖게 해주었다. 표 1 은 영국 NBP의 가스 거래량에 대한 종합적인 수치이다. 거래의 유동성이 많다는 것은 안정적인 거래가 전제되어야 가능하다. 따라서 Chrun<sup>8</sup> 15 이상인 영국 NBP에서는 안정적이고 자유로운 거래가 이뤄진다고 판단할 수 있고 이는 곧 가스허브 시장으로서 NBP가 기능을 하고 있음을 판단할 수 있다.

[표 1] 영국의 가스 거래물량 수치

(단위: TWh)

Volumes in TWh	ΣOTC (less cleared)	Σ Each. futures	Σ Each. spot	Σ Traded	Net traded Physical	Re-trading ratio	Σ NET Physical	Net market churn	Σ GROSS Physical	Gross market churn
NBP 2012	11,624.71	6,724.75	137.36	18,486.82	499.04	38	864.52	21.4	998.07	18.52
NBP 2013	10,025.72	5,853.01	145.68	16,024.42	481.72	33	855.66	18.7	963.45	16.63
A Britain	-14%	-13%	+6%	-13.3%	-	-	-	-	-3.5%	-

출처 : Heather(2014). p.5

## 2.2 영국 NBP의 현황

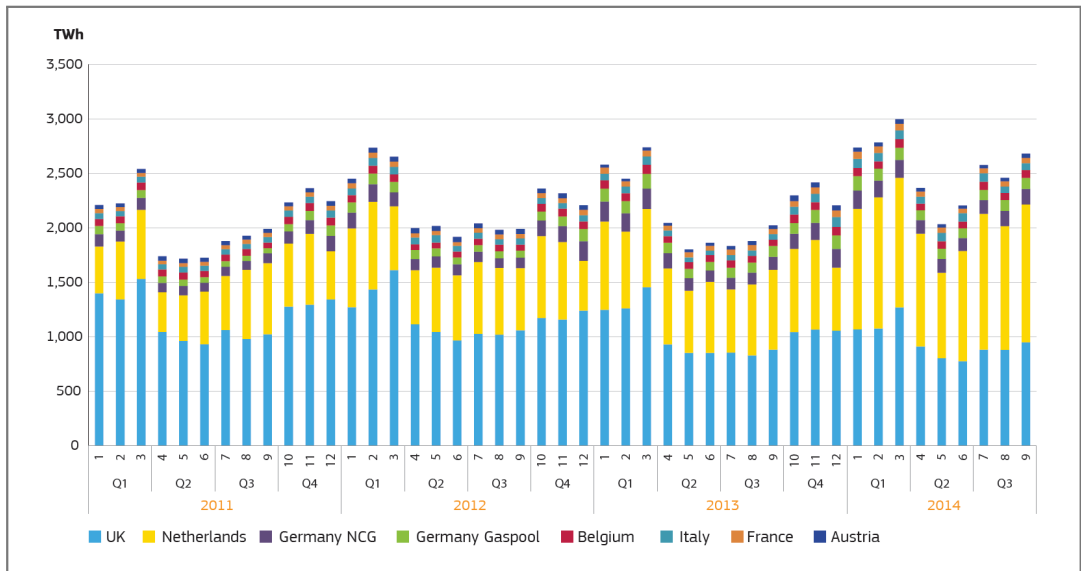
영국 NBP 는 유럽 내에서 가장 먼저 가스허브 시장(1996)이 된 곳이자 표 1을 통해 확인할 수 있듯이 유럽 내 가장 가스 거래량이 많은 허브 시장이다. 구체적으로 영국 NBP 에서 2012년 OTC(장외거래시장) 에서 11625 TWh, Exchange(거래소)에서 686TWh의 거래가 이뤄졌고, 2013년에는 OTC 10026 TWh, 거래소 5999 TWh의 거래가 이뤄졌다. 이는 유럽에서 두 번째로 거래량이 많은 네덜란드의 TTF 보다 OTC 부문에서 약 1.5배, 거래소 부문에서 약 10배 더 높은 거래량이다. 이러한 영국 NBP 의 유럽 내 독보적인 위치는 그림 2 에서 보는 바와 같이 유럽 내 다른 가스허브 시장의 가스 거래량에서도 앞서는 것에서 확인할 수 있다.

<sup>7</sup> 정식 명칭은 "Short Term Flat NBP Trading Terms & Condition - 1997". NBP에서 거래되는 가스의 표준계약에 관한 지침으로 모든 시장 참여자가 자유롭게 거래할 수 있는 거래량을 보장해주고, 거래가 끊이지 않도록 안정적으로 공급해주고, 불가항력에 기인한 계약의 불이행 또는 지연에 대해서는 매도인은 면책하게 해주는 내용을 담고 있다.

<sup>8</sup> Churn은 거래물량과 실제 수송물량간의 비율을 뜻하는 것으로 시장의 유동성 지표로 활용되며, 일반적으로는 Churn 15 이상인 경우를 유동성 있는 시장으로 평가한다.

[그림 2] 유럽의 가스허브 거래량 비교

(단위: TWh)



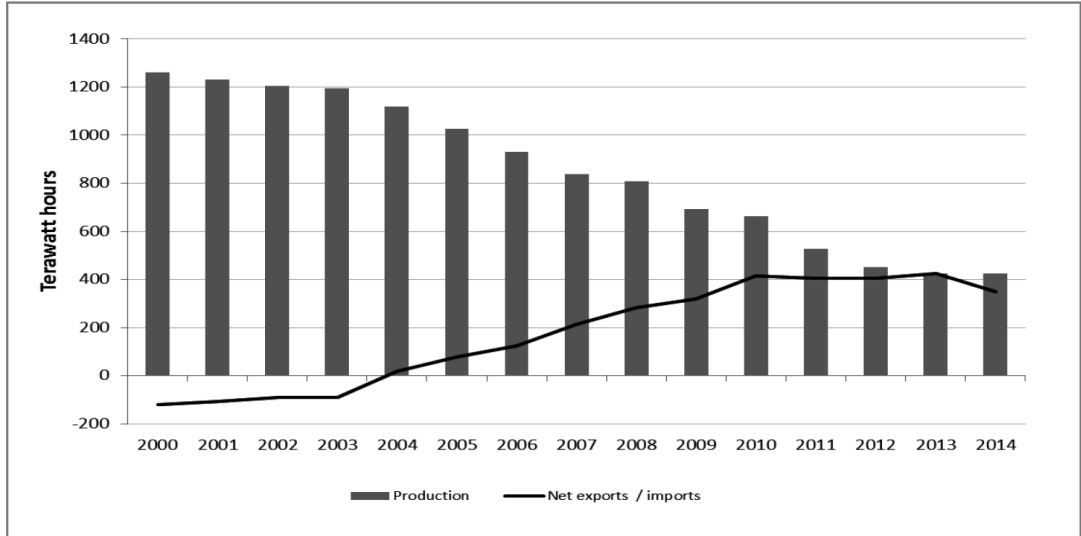
출처 : European Commission(2014), p.21

영국의 NBP가 유럽 내 가스허브 시장에서 성장할 수 있었던 것은 영국 국내의 환경과 특징에서 기인한다. 이를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 2000년 중반에 이르러 영국 내 가스 생산량보다 가스 소비량이 늘어났기 때문이다. 이러한 생산-소비 구조는 가스의 수입의존도가 높은 시장 구조를 갖게 만들었다. 그림 3 에서 보는 바와 같이 가스 수입의존도가 증가하는 추세는 1997년~2003년 순수출국에서 이후 2004년 순수입국으로 전환되면서 두드러졌다. 이러한 영국의 수입의존도가 높은 가스시장 구조와 추세는 허브시장을 통한 거래량의 증가를 가져왔다. 둘째, 영국의 천연가스 소비 부문 구성에서 표 2 에서 보는 것과 같이 주거-발전 부문이 소비의 60~70%를 차지하고 있기 때문이다. 주거 부문에 천연가스 소비량이 많은 것은 그림 4 와 같이 겨울철인 1~2월에 천연가스 소비가 급증하는 높은 계절성을 갖고 있기 때문이다. 겨울철 천연가스의 소비는 주로 난방용으로 사용되어 겨울철 유럽 대륙과의 거래가 급증하는 현상을 보인다. 발전 부문에서는 석탄 소비를 천연가스가 대체했기 때문에 천연가스 소비량이 증가한 것이다. DECC의 발전연료별 전력공급량 비교(2012)에 따르면, 석탄의 전력공급량은 213.4 TWh(1990), 114.7 TWh(2000), 97.8 TWh(2009), 102.3 TWh(2010)로 점점 주는 추세인데 비해 천연가스의 전력공급량은 0.4 TWh(1990), 144.9 TWh(2000), 163.5 TWh(2009), 172.5 TWh(2010)으로 점점 증가하는 추세를 보인다. 이는 기후변화에 따른 요인과 함께 1991년 Eron社가 열병합 발전 사업을 시작하면서 석탄 화력발전소가 복합가스터빈 발전소로 대체되면서 시작한 것이다. 셋째, 유럽 대륙과 연결된 파이프라인 연결이 가스허브 간 거래를 늘리는데 기여했기 때문이다. 전체 가스 거래 수출량의 67% 를 차지하는 유럽대륙과의 거래는 대부분 벨기에로 연결된 IUK(Interconnector UK, 1998) 로 거래된다. 2006년 공급선 증설을 결정 후 2010년 네덜란드와 BBL(Balgzand-Bacton Line) 신설, 북해 노르웨이-영국의 Langeled 라인, 벨기에와 IUK의 확장으로 유럽과의 가스 거래량

을 늘리는 중이다(별첨 1 참고). 이렇듯 늘어나는 소비를 뒷받침하는 시설이 구축되었기에 거래가 증가할 수 있었던 것이다.

[그림 3] 영국 천연가스 생산량과 수출 대비 수입량

(단위: TWh)



출처 : DECC(2015). p.95

[표 2] 영국의 부문별 천연가스 소비량 비교

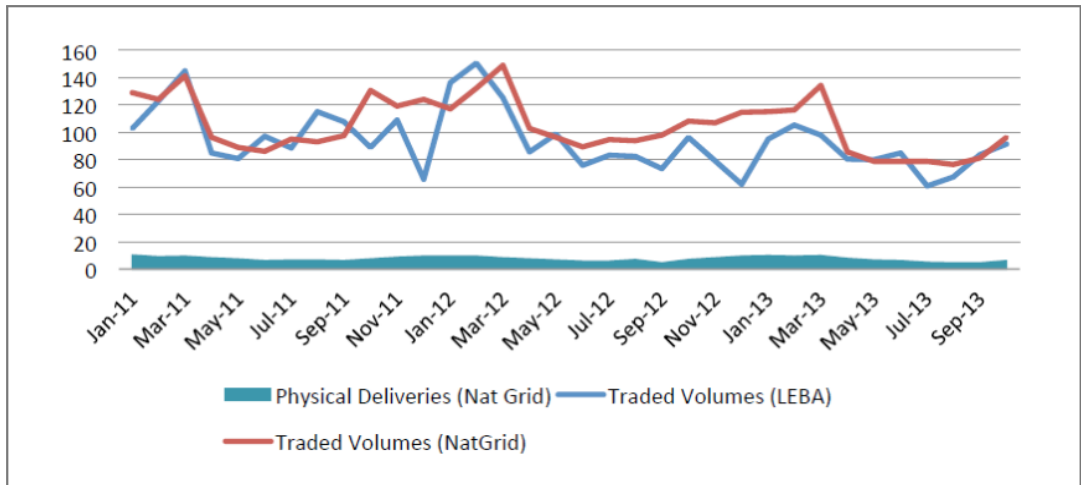
(단위: TWh)

Fuel Type	1980	1990	2000	2009	2010
Electricity Generators	4.0	6.5	324.6	359.3	371.1
Energy Industries	19.1	39.2	102.1	91.4	93.3
Industry	177.5	164.6	198.5	124.9	129.7
Domestic	246.8	300.4	369.9	332.5	389.6
Services	60.4	86.5	110.5	83.7	88.6
Total	507.8	597.0	1,105.5	991.8	1,072.3

출처 : UK Energy in Brief (2012); DECC(2012) p.27



[그림 4] 영국 NBP 월별 거래량 추이



출처 : IEF(2014). p.31

## 2.3 영국 NBP의 탄생

영국 NBP의 개설과정을 살펴보기 위해서는 NBP가 개설된 1996년의 이전 영국 국내시장의 현황과 어떤 변화과정이 있었는지를 살펴봐야 한다. 이를 위해 1980년대 초 민영화 과정과 1980년 후반 가스 시장의 자유화로 나누어 살펴보고자 한다.

### 2.3.1 민영화의 시작

1979년 영국의 보수당이 집권하게 된 시기는 기존의 국영으로 운영되었던 모든 국영기업을 민영화로 전환되었다. 과거의 노동당에서 유지했던 주요 기간산업인 석탄, 철도, 철강, 석유, 천연가스, 상수도, 통신 등에 대한 국영화는 경제 성장을 위한 계획 아래서 진행되었다기보다는 파산 위기에 몰린 국가 핵심 산업을 국가가 보호하는 목적에서 이루어졌다. 하지만 정부의 지원 아래 파산 위기를 비켜나갈 수 있었던 국영기업들은 시장에 적절하게 대응하지 못하고 잦은 노사 분규를 야기함에 따라 낮은 생산성과 서비스로 영국 경제의 하락세를 가져오게 된다. 그 결과 1970년대 영국 정부는 국영화가 국가 경제에 적절한 구조가 아니라는 공감대를 이루었고 시장 자유화를 추진하기 위한 맥락에서 국영기업의 민영화를 정책으로 추진하게 된다. 1976년 국영기업이었던 영국 석유회사(Britain Petroleum: BP)의 주식을 강제로 매도한 것을 시작으로 영국 주요 기간산업의 국영기업들은 민간기업으로 전환되는 과정을 겪는다. 또한 영국 정부는 민영화 과정에서 독점 민간기업 형태로 전환되는 것을 방지하기 위해 공개 광고를 통해 일반인들에게도 주식을 매도하는 결정을 내린다. 일반인들에게 주식 매도를 통해 민영화된 대표적 사례로 600만 명이 청약을 신청하여 민간기업으로 전환된 영국가스(British Gas plc: BG)가 있다. 이러한 영국 정부의 노력으로 1992년에는 거의 대부분의 영국 국영기업들이 매각되는 결과를 얻는다.

민영화로 인해 시장 경제가 활성화되고 공공재의 서비스 수준이 향상되는 결과를 얻었지만 영국 정부는 민영화 초기에 민간 기업의 독과점을 우려하여 시장에 경쟁을 유발시키고자 한다. 그러한 전략으로 택한 것이 바로 하나의 국영기업을 여러 기업으로 나누어 소비자들의 선택할 수 있는 시장 구조를 만든 것과 정부 차원에서의 시장의 자유화 유지하기 위한 규제를 시행한 것이었다. 1986년 가스법(Gas Act)으로 설립된 가스공급청(Office of Gas Supply: Ofgas)이 가스 산업에서 시장 자유화를 위한 규제 역할을 담당하게 된다.

### 2.3.2 독점 방지를 위한 1986년 가스 법안 시행. 그리고 가스 시장의 자유화

정부의 민영화 정책이 큰 틀에서 어떻게 이루어졌는지를 1986년 가스법(Gas Act)을 통해 확인해 볼 수 있다. 한마디로 요약하면 정부의 규제완화와 시장가격으로 거래될 수 있도록 시장을 투명화시킨 것이다. 1986년 BG를 주식상장으로 민영화한 것을 시작으로 1988년에는 BG가 북해 가스전을 통해 가스를 90% 이상 구매할 수 없도록 하였다. 또한 BG의 가스 가격 공시를 의무화하였다. 1990년에는 설비공동이용 계약을 체결하여 민간 기업에서도 정부의 가스 설비를 사용할 수 있도록 하였다. 또한 1993년까지 BG의 산업용 시장점유율을 30%까지 축소할 것을 강제하였다. 1992년에는 경쟁을 확대하기 위한 방안으로 경제시장 범위를 확대하고 Ofgas를 통해 BG가 보유한 가스 계약물량의 일부를 다른 사업자들에게 양도하는 프로그램을 발표하였다. 1993년에 Ofgas는 경쟁 활성화 방안을 발표하여 소매경쟁 도입하고자 하였다. 이 과정에서 BG는 설비부문과 판매부문의 회계과 분리되는 과정을 겪게 된다. 그리고 1995년, 98년까지 단계적인 소매경쟁을 법제화시킨 신 가스법을 제정하였고 96년까지 표준설비이용계약을 마련할 것을 의무화하였다. 이러한 정부의 지속적인 민영화 정책으로 1996년 Network Code 제정과 가스허브 시장이 개설되었다.

## 3. 영국 NBP 구축의 성공요건: 시장의 자유화

위에서 언급했듯이 1996년 전까지 영국에서는 사회 전반에 걸쳐 민영화가 진행되고 있었다. 즉, 민영화 과정에서 영국 가스 시장도 자유화되었고, 이러한 가스 시장의 자유화가 영국의 NBP를 개설하는데 중요한 영향을 미치게 된 것이다. 가스 시장의 자유화가 가스허브 시장을 구축에 필수조건이라는 사실은 가스허브 시장을 구축하기 위한 필요조건으로 자유로운 거래를 통한 공급량의 확보, 시장 가격의 투명성과 금융기관과의 연계, 자유로운 설비시설의 사용 등 시장의 자유화와 관련된 항목을 통해서도 확인해볼 수 있다. 본 장에서는 가스 시장의 자유화가 실제로 1996년 영국 가스 시장에 어떤 정책 내용으로 진행되고 있었는지를 확인하고자 한다. 이를 통해 민영화가 시장의 자유화를 가져왔고, 시장의 자유화가 가스허브 시장을 구축하는데 영향을 끼쳤다는 사실을 구체적인 정책 내용으로 확인할 수 있을 것이다. 특히, 가스허브 시장을 개설하기 위한 필요조건 중 시장 자유화에 해당하는 경쟁적인 도매시장의 형성과 관련된 정책 내용을 얼마나 진행하고 있었는지를 살펴보고자 한다.

### 3.1 가스허브 시장을 구축하기 위한 요건

IEA 에서 2013년 발표한'LNG 트레이딩 허브 창설에 고려해야 하는 제도적·구조적 필요조건'에 따르면 가스허브 시장을 구축하기 위해 경쟁적인 도매시장의 구축을 통한 시장의 자유화와 플랫폼의 형성이 이뤄져야 한다고 말한다. 그러나 가스허브 시장의 구축요건을 일반화하기 위해 경쟁적인 도매시장의 구축을 통한 시장의 자유화가 이뤄졌는지에 초점을 맞추고자 한다. 왜냐하면 플랫폼의 형성 여부는 각 국의 산업구조와 국내 상황에 따라 다를 수 있고, 형성의 유무로 단순 평가되기 때문이다. 또한 '정확한 수급균형의 반영, 신뢰할만한 가격신호의 전달'이 가스허브 시장의 목표라는 것을 봤을 때, 경쟁적인 도매시장이 구축되어 시장의 자유화가 됐는지가 가스허브 시장의 목표에 더 부합하기 때문이다. 표 3은 IEA 의'LNG 트레이딩 허브 창설에 고려해야 하는 제도적·구조적 필요조건'에서 제시한 경쟁적인 도매시장을 구축하기 위한 제도적 필요조건과 구조적 필요조건에 대한 항목과 내용들이다. 이와 같이 경쟁적인 도매시장을 구축하기 위한 내용을 확인하는 것으로 가스허브 시장을 구축하기 위한 환경을 파악할 수 있다.

EFET(European Federation of Energy Traders) 에서 제시한 '유럽 가스허브 시장 평가(2014, 2015)'항목표(별첨 2) 를 보면 대부분의 평가 항목들이 플랫폼과 같은 인프라의 구축 여부보다 경쟁적인 도매시장의 기능이 하고 있는지에 초점을 두고 있다는 것을 확인할 수 있다. 이는 앞서 언급한 IEA 의'LNG 트레이딩 허브 창설에 고려해야 하는 제도적·구조적 필요조건'에서 경쟁적인 도매 시장 구축을 통한 시장의 자유화의 제도적, 구조적 필요조건이 가스허브 시장의 구축하는데 더 중요한 요건들이란 것을 의미한다.

[표 3] 국가별 제도적·구조적 필요조건 평가

제도적 필요조건	정부의 직접적인 활동 및 영향 축소
	수송과 판매의 분리
	시장에 의한 도매가격 결정
구조적 필요조건	충분한 공급설비용량과 비차별적인 접근 허용
	경쟁적인 시장 참여자의 확대
	금융제도 연계

출처 : IEA(2013). p.32-35

### 3.2 1996년 영국 NBP 구축의 필요조건

경쟁적인 도매시장이 가스 시장의 자유화를 의미하고, 가스 시장의 자유화가 가스허브 시장을 구축하는데 필수조건이라는 것을 전제로 1996년 영국의 경우 이러한 필요요건을 충족했는지 확인해보고자 한다. 또한 경쟁적인 도매시장을 만들기 위한 제도적, 구조적 요건들이 실제 영국 내 민영화 과정에서 어떤 정책내용으로 진행되었는지 확인하는 것으로 가스허브 시장을 구축하는데 시장의 자유화가 얼마나 중요한지 재확인해보고자 한다.

### 3.3.1 제도적 필요요건

제도적 필요요건은 정부의 직접적인 활동 및 영향이 축소되었는지, 수송과 판매가 분리되었는지, 시장에 의한 도매가격으로 결정되었는지를 통해 확인해볼 수 있다. 1970년대부터 영국 산업 전반의 민영화는 가스 산업에도 영향을 미쳤다. 1978년 천연가스정책법(NGPA)의 제정과 1986년 가스법(Gas Act)으로 영국 가스 주식회사(BG plc)가 설립되면서 정부의 조정, 통제 기능이 줄어들고 가스 시장이 경쟁체제로 전환되었던 것이다.

수송과 판매 부문에 있어서도 분리되는 변화를 보였다. 수송 부문에 있어 과거에 BG가 독점적으로 수송하고 판매하던 구조에서 BG의 배관망을 제 3자가 자유롭게 이용할 수 있는 공동수송제(Common Carriage, 가스법 19조)를 제정하여 시장 경쟁자에서 수송자로 변화하는 모습을 보인다. 판매 부문에 있어서는 1992년에 대량으로 가스를 소비하는 산업용 가스 시장에 경쟁을 허용하였고, 1996년에는 소규모 가정용 가스 시장에서도 경쟁을 허용하였다.

이러한 정부의 규제 완화를 통한 경쟁시장 기능의 활성화와 수송-판매의 분리과정에서 3자 수송을 허용하게 한 것은 시장에 의해 가스 가격이 결정되도록 이끌었다. 즉, 시장 참여자들이 생산자로부터 가스를 직접 구입할 수 있게 됨에 따라 시장에 의해 가격 결정이 이뤄지게 된 것이다. 특히, 1996년 가스공급의 과잉현상은 기존에 원유에 의해 가스 가격이 연동되는 방식에서 벗어나 가스 시장의 수급 상태에 따라 가스 가격이 형성되는 모습을 띄게 된다.

1990년대 독일의 경우 정부가 직접적인 통제가 없었고, 수송-판매 부문에 있어 분리가 존재했다는 점에서 당시 영국과 공통점이 있었다. 하지만 영국이 정부 주도로 적극적으로 시장의 자유화와 독점을 방지했던 것에 달리 독일은 시장에 시장의 자유화를 맡기고 정부는 시장 경쟁이 이뤄지도록 규제 역할만 담당했다는 점에서 차이가 있다. 독일의 이러한 모습은 시장 참여자가 지역 단위로 분산되어 소규모 시장 안에서만 경쟁이 이뤄지고, 민간과 국영이 혼재되어 있는 공급-수송-판매 구조로 인해 하나의 시장가격이 형성되기에 어려움이 따랐던 한계와 결합되어 영국보다 가스허브 시장을 구축하는데 오래 시간이 걸리는 것으로 이어졌다.

### 3.3.2 구조적 필요요건

구조적 필요요건에는 충분한 공급설비용량과 비차별적인 접근이 허용되었는지, 경쟁적인 시장 참여자의 확대가 이뤄졌는지, 금융제도와 연계되었는지를 통해 확인해볼 수 있다. 영국의 경우 플랫폼 형태에 있어 가상적 허브(virtual hub) 형태로 개설되었다. 이는 특정지역으로 공급되는 천연가스의 가격을 설정해주는 물리적 허브(Physical hub) 형태가 아니라 지역 내 수급균형을 확보하는데 목적을 둔 플랫폼 형태라는 것을 의미한다. 또한 가상적 허브의 경우, 수송비용을 고려하지 않고 가격을 설정하는 허브 형태였다. 따라서 1인당 소비가 원활하게 이뤄질 수 있는 시설을 갖추고 있을 정도로 공급시설이 원활한지로 공급설비용량의 충분성을 판단할 수 있겠다<sup>9</sup>. 1인당 가스 소비량은 소비가 용이하도록 설

<sup>9</sup> LNG시설 설비용량의 경우, 2005년 기준 스페인과 프랑스가 유럽 총 설비용량의 71%를 차지하고 있다. 영국의 경우 2005년 Isle of Grain 터미널을

비망이 잘 구축됐는지를 판단할 수 있는 지표이다. 또한 파이프라인 길이는 파이프라인을 통한 도입이 원활히 이뤄진 것을 판단할 수 있는 지표로써 이 두 지표를 통해 공급설비용량이 충분했는지를 판단할 수 있다. 표 4 에서 보는 바와 같이 영국의 1인당 가스 소비량은 독일보다 많은 것을 확인할 수 있다. 표 5 에서는 보는 바와 같이 영국 국내 시장에서 자유롭게 거래할 수 있는 배관 파이프라인의 공급설비가 존재했다는 것을 확인할 수 있다.

**[표 4]** 1994년 가스 소비량

	영국	독일
가스 소비량 (Billion Cubic metres)	67.7	67.9
1인당 가스 소비량 (Cubic metres/capital)	1168.9	834.1

출처 : BP(1995)

**[표 5]** 주요 국가의 가스산업 현황

	영국	독일
수송 파이프라인 길이(1,000Km)	17.9	62.7
배관 파이프라인 길이 (1,000Kml)	242.9	167.8

출처 : IEA/OECD(1994)

비차별적인 접근 허용되었고. 경쟁적인 시장 참여자의 확대가 이뤄졌는지는 앞서 제도적 필요조건에서 설명했듯이 3자 접근을 허용했다는 사실과 산업용 가스 시장에서 가정용 가스 시장으로 경쟁을 확대했다는 사실을 통해서 확인할 수 있다.

NBP가 금융제도와 연계되었는가는 표준계약서가 존재하고, 선물거래가 이루어졌는지를 판단할 수 있다. 1997년 이후 NBP'97를 통해 표준계약서가 존재하고 ICE와 같은 거래소가 등장했다는 점을 미루어 봤을 때 1996년 당시에는 금융제도와 연계된 구조적인 조건은 갖추지 못한 것으로 판단할 수 있다.

## 4. 결론

영국 NBP에 대한 연구는 유럽 최초로 역내 가스허브 시장으로 등장했다는 점과 유럽 차원에서의 시장 자유화로 수동적인 시장의 개방이 이뤄진 것이 아니라 그보다 앞서 대내적 차원에서 가스 시장의 자유화가 이뤄졌다는 점에서 의미가 있다. 영국 NBP 개설과정과 1980~1990년대 가스 시장의 환경을

통해 처음으로 LNG 인수저장설비를 개시하여 4.9 Bcm을 연간 설비처리용량으로 운영하였다. LNG시설 설비용량으로도 공급설비용량의 충분성을 판단할 수 있는 근거가 되나 1996년 당시 영국에 LNG 설비시설이 없었음에도 가스허브 시장이 개설될 수 있었다는 점을 고려하여 파이프라인 구축을 중심으로 논하려고 한다.

살펴봤을 때, 영국 NBP는 가스허브 시장이라는 목적 아래 개설된 것은 아니었다. 영국 국내 시장의 불황의 여파로 경영 효율성과 시장의 자유화를 위해 민영화 정책을 시행하면서 가스 시장도 자유화되었고, 그 결과 1996년에 영국 NBP가 개설된 것이다. 본래 목적 아래 가스허브 시장이 개설된 것은 아니지만 영국 NBP의 개설과정은 가스허브 시장을 구축하기 위해 어떤 선결과제와 요건들을 갖춰야 하는지를 말해주고 있다.

표 6 은 앞서 1996년 영국 사례에 시장의 자유화를 위한 제도적, 구조적 필요조건을 적용하여 정리한 표이다. 표를 통해서 확인할 수 있듯이 시장의 자유화를 위해 제도적, 구조적 필요조건에 상당 부분 해당되는 것을 확인할 수 있다. 독일의 경우에도 제도적, 구조적 필요조건에 1996년 당시 환경에 상당 부분 해당되었다. 하지만 영국이 시장 경쟁이 이뤄지는지 규제하는 역할로 물러나는 것으로 시장에서의 영향력과 직접적인 활동을 축소한데 비해 독일의 경우 정부가 간접적으로 수직통합 형태로 공급, 수급 시장을 관리하고 있다는 점에서 영향력의 축소 범위가 영국과 현저히 차이가 난다고 할 수 있겠다. 따라서 단순히 필요조건에 해당되는지 여부보다 얼마나 해당되는지가 향후 추가 연구가 이뤄져야 할 부분이라고 생각한다.

**[표 6]** 1996년 영국의 가스 시장에 대한 제도적·구조적 필요조건 평가

제도적 필요조건	정부의 직접적인 활동 및 영향 축소	+
	수송과 판매의 분리	+
	시장에 의한 도매가격 결정	+/-
구조적 필요조건	충분한 공급설비용량과 비차별적인 접근 허용	+
	경쟁적인 시장 참여자의 확대	+
	금융제도 연계	-

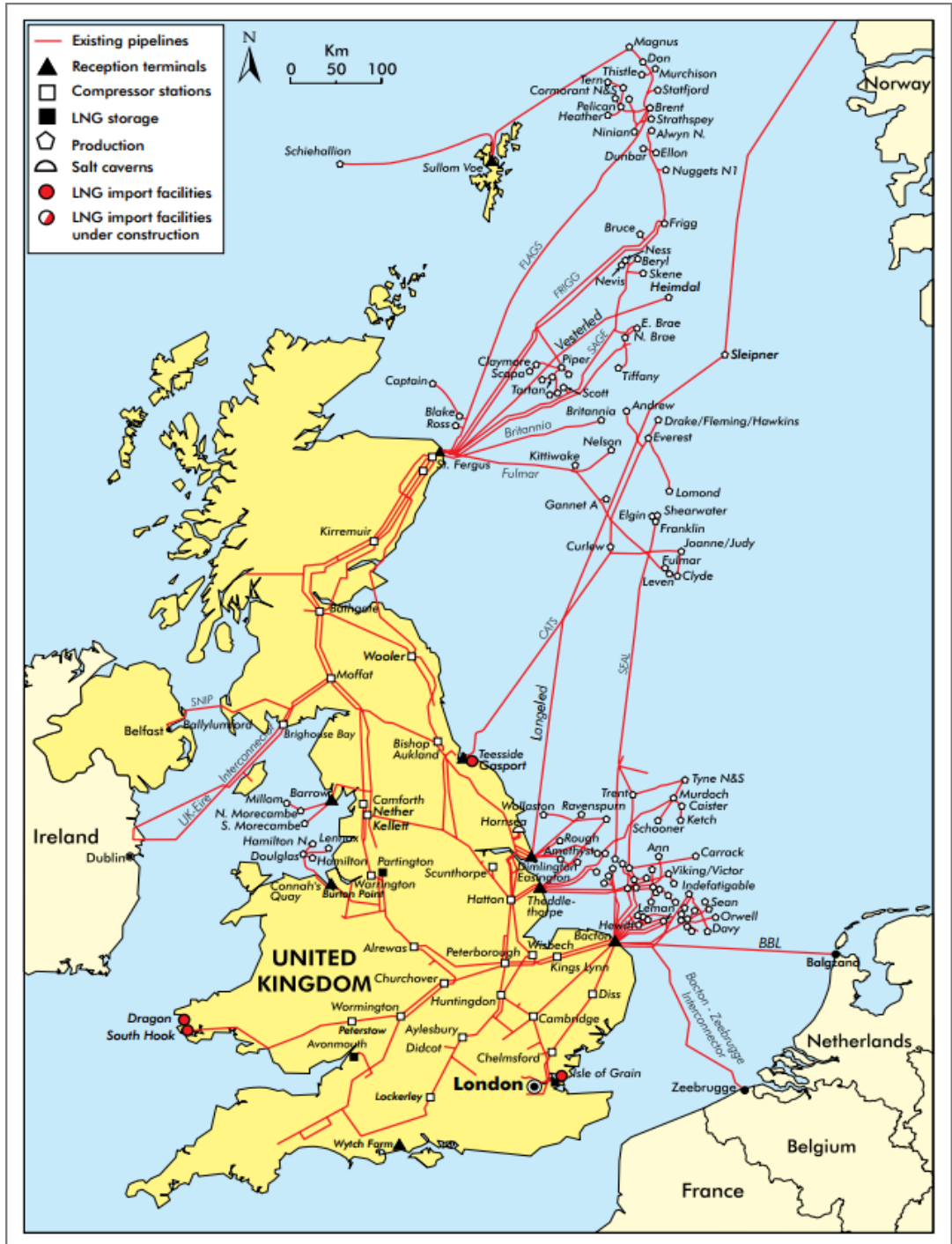
주) “+”는 현재 해당요건에 해당한다; “-”는 현재 해당요건에 해당하지 않는다; “+/-”는 현재는 불확실하다

영국의 가스허브 시장을 개설 과정을 살펴보면 정부의 규제가 완화되고 시장 경쟁이 활발하도록 정부가 지원하는 형태로 이뤄졌다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 모습은 영국이 민영화되는 과정에서 독점 민간 기업 형태를 낳지 않기 위해 가스법(1986)을 제정하고, 점진적으로 국영기업의 시장 점유율을 줄이는 모습에서도 확인할 수 있다. 가스허브 시장 구축을 위한 선결과제를 언급할 때 대부분 설비시설의 완비와 충분한 공급량의 확보에 집중하는 경향이 있다. 하지만 스페인, 프랑스와 달리 1996년 당시 영국 내 LNG 설비시설이 존재하지 않았고, 독일보다 수송 파이프라인 설비가 부족하여 국가 간의 거래에 한계가 있었음에도 유럽 최초로 가스허브 시장이 개설되었다는 사실은 정부의 시장 규제 완화가 가스허브 시장의 구축에 얼마나 중요한지를 말해준다고 생각한다. 따라서 가스 시장에 대한 정부 규제를 완화하고, 시장 경쟁을 활성화하는 정책을 도입하는 것이 향후 가스허브 시장을 개설하고자 하는 지역과 국가들에게 선결과제가 되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 남궁운. 2008. "영국 및 호주 가스산업의 가격규제 사례 분석." 『계간 가스산업』: 18-33.
- 서정규. 2013. "아시아 가스트레이딩 허브 개설: 장애요인과 기회요인". 『세계 에너지현안 인사이트』 제13-2호: 1-37.
- 서정규. 2013. "유럽의 유가연동 가스가격 결정 관련 논의". 『세계 에너지현안 인사이트』 제13-10호: 3-11.
- 에너지경제연구원. 2006. "가스산업의 진입장벽 완화와 경쟁정책" 『연구보고서』: 32-76.
- 에너지경제연구원. 2007. "대서양지역 가스가격 결정구조와 아태지역 LNG 도입조건 전망". 『기본연구보고서』 07-: 60-77.
- 에너지경제연구원. 2012. "LNG 거래역량 강화방안 연구": 1-85.
- 이대연, 윤영주. 2015. "EU 에너지정책 평가 및 에너지동맹 추진전략". 『세계 에너지현안 인사이트』 제15-2호: 1-51.
- 이성규. 2013. "최근 유럽 가스허브 역할 증대와 시사점". 『세계 에너지현안 인사이트』 제15-17호: 3-16.
- 이재승. 2011. "유럽연합(EU) 공동에너지정책의 전개과정에 대한 연구-시기적 고찰을 중심으로". 『국제관계연구』 16(1): 31-68.
- 최형복. 2013. "EU 공동에너지정책의 현황과 법적 과제". 『녹색성장 연구』 13-23-⑤: 71-81.
- 최성수. 2012. "영국과 유럽대륙간 천연가스 거래에서 Interconnect(UK)의 운영특성 분석". 『계간 가스산업』 제11권 제4호: 31-54.
- 한국가스공사 연구개발원. 1996. "가스산업 조직 및 규제 동향의 국제비교". 『한국에너지공학회지』 제5권 제2호: 93-107.
- 한원희. 2012. "국제 LNG 시장의 글로벌화 전망: 동북아 LNG 허브의 가능성". 『계간 가스산업』 제11권 제4호: 7-30.
- APEX Group. 2007. "Europea Gas Markets and Gaspower Intergration". in *APEX Conference* :1-21.
- BP. 1995. "Statistical Review of World Energy 1995".
- Cronshaw, I., J. Marstrand, M. Pirovska, D. Simmons and J. Wempe. 2008. "Development of Competitive Gas Trading in Continental Europe: How to achieve workable competition in European gas markets?". IEA Information : 9-60.
- Department of Energy & Climate Change(DECC). 2012. "UK Energy in Brief 2012". Nathional Statistics Publication.
- Department of Energy & Climate Change(DECC). 2015. "Digest of United Kingdom Energy Statistics 2015". A National Statistics Publication : 93-112.
- EFET. 2014. "European Gas Hub Development". Presented at 25th meeting of the European Gas Regulatory Forum : 1-7.
- EIA. 2014. "Global Natural Gas Markets Overview: A Report Prepared by Leidos, Inc., Under Contract to EIA". Working Paper Series : 38-40.
- Energy Union Package, 2015. Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy, 80 final. Brussels.
- ERGEG. 2010. "Monitoring Report 2010 on the regulatory oversight of natural gas hubs". Ref: E10-GMM-11-03 1-52. Council of European Energy Regulators ASBL.
- European Commission. 2014. "A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Locking Climate Change Policy". Energy Union Package : 1-21.
- European Commission. 2015. "Quarterly Report on European Gas Market". DG Energy Vol. 7 : 1-32.
- Heather, P. 2010. "The Evolution and Functioning of the Traded Gas Market in Britain". NG 44 :1-62. Oxford institute for Energy Studies.
- Heather, P. 2012. "Continental European Gas Hubs: Are they fit for purpose?". NG 63 :1-36. Oxford institute for Energy Studies.
- Heather, P. 2014. "The Evolution of European Gas Hubs". OIES Gas Research Program :1-7. Oxford institute for Energy Studies.
- IEA. 1994. "National Gas Transportation".
- IEA. 2007. Natural Gas Market Review.
- IEA. 2013. "Developing a Natural Gas Trading Hub in Asia: Obstacles and Opportunities" Parter country Series : 32-44.
- IEA. 2014. "Energy Supply Security". in Emergency Reponse of IEA Countries 2014 : 462-476.
- Institute of Energy for South East Europe(IENE). 2014. "The Outlook for a Natural Gas Trading Hub in SE Europe". An IENE Study Project(M19) : 20-198.
- Panbianco, G. 2012. "Gas Spot Market: How does it work and who are the players?". CEPMLP Annual Review Vol. 17:1-10. The Centre for Energy, Petroleum and Mineral Law and Policy Gateway.
- Stern J., H.V Rogers. 2014. "The Dynamics of a Liberalised European Gas Market: Key determinants of hub prices, and roles and risks of major players". NG 94 :1-77. Oxford institute for Energy Studies.

[별첨 1] 영국의 천연가스 배관망 현황(수입/수출 및 국내공급)



출처 : IEA(2014), p.465



**[별첨 2] 유럽 가스허브 시장 평가표**

Responsible Party	What should be done	Scoring mechanism
NRA	Establish a consultation mechanism	1 if group set up and English language
TSO	Entry-exit system established	1/2 for Entry Exit; 1 if a single VTP
TSO	Title Transfer	
TSO	Cashout rules	
TSO	Accessible to non-physical traders	1 if trade without signup to physical rules
TSO	Firmness of hub	0 if not firm; 1/2 if firmness "managed" by TSO; 1 if Back-up-Back-down; 2 if fully market-based
TSO	Credit arrangements non-punitive	
NRA	Resolve market structural issue(defined role for historical player)	1/2 for release etc; 1 if market marker
NRA	Role of Hub operator	1-role defined; 2-gov'nce addressed
NRA	Agree regulatory jurisdiction if cross border	0 if cross border and no agreement; 1 if not cross border or does have agreement
Market	Establish a reference price at the hub for contract settlement	1 if price always available; 1/2 if deemed
Market	Standardized contract	1if specialized contract - EFET or equivalent (or standard is sufficient)_
Market	Price Reporting Agencies at the hub	1 if several, 1/2 if only one PRA
Market	Commercial/Voluntary market maker	
Market	Brokers	1 if voice or few; 2 if systems and many
NRA	Establishment of Exchange	1 if exchange appointed and hub is liquid; 1/2 if exchange appointed and hub liquid
Market	Index becomes reliable and used	1 if Market parties frequently requested

출처 : EFET(2014). p.4



# 중국의 에너지 전략이 세계 에너지 수급에 미치는 영향과 시사점 : 중국의 에너지 전략이 글로벌 에너지 수급 불안정을 낮출 것이다

위강순 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정

*China's Energy Policy : Positive Implications for Global Demand and Supply of Energy*

Wi Kang Soon | Ph.D Student, Green School, Korea University

## 초록

오늘날 에너지는 세계 경제의 기반재화로서 핵심적 역할을 하고 있는 반면, 자급률이 낮은 에너지 특성상 에너지 수급 불균형은 날로 심화되고 있는 실정이다. 이러한 배경 하에 세계 에너지 최대 소비국으로 부각된 중국의 에너지 전략은 글로벌 에너지 수급에 매우 중요한 영향을 미치고 있다. 2000년대부터 본격적으로 제기된 중국의 에너지 위험론을 현재 시점에서 보다 객관적인 시각으로 재분석한 결과 중국의 에너지 전략이 세계 에너지 수급 불안정을 낮추는 역할을 할 것으로 분석되었다. 향후 안정적인 수요확보가 더욱 중요시 될 것으로 보이는 세계 에너지 시장, 특히 석유시장에서 중국은 안정적인 수요자로서 에너지 수급조절에 중요한 역할을 할 것으로 전망되며 또한 향후 세계 에너지 믹스에서 증가추세를 보일 것으로 예상되는 천연가스, 셰일가스, 원자력 및 신 재생에너지분야에서 일부 공급자 역할을 분담함으로써 세계 가용 에너지 공급량을 증가하는데 기여할 것으로 보인다. 더불어 중국은 기존의 중동 위주의 경직되고 불안정한 에너지 교역구조를 협력을 기반으로 한 보다 유연한 형태의 에너지 거래시스템으로 변경하는데 일조할 것으로 분석된다.

## 1. 서론

오늘날 에너지는 단순한 경제발전에 필요한 자원이라는 개념을 넘어서 세계 경제의 기반이라는 상위 개념으로 정의되고 있으며 또한 전반적으로 에너지 자급률이 낮고 석유수입의 대부분을 불안정한 중동에 의존하고 있는 취약점을 갖고 있는 에너지 시장현황에 비추어 볼 때 에너지 수급의 불균형은 날로 심화되고 있다고 말할 수 있다. 이러한 배경 하에 경제 발전과 더불어 전 세계 석유 소비량의 16%를 차지하고 2020년경에는 세계 최대의 석유 소비국으로 등장할 것으로 보이는 중국의 에너지 전략은 특히 세계 에너지 수급 및 시장 안정여부에 기폭제로 작용 할 것으로 보인다. 이에 따라 현재 중국의 에너지 정책 그리고 향후의 정책방향이 세계 에너지 수급과 시장안정에 과연 어떠한 요인으로 작용할 것인가를 세심하게 분석하고 살펴보는 것이 필요한 시점이라 하겠다.

본 연구에서는 세계 1차 에너지 공급원의 61%를 차지하고 있는 석유 및 천연가스를 중심으로 하되

여타 에너지원 또한 분석 대상으로 하며 사례와 통계분석을 근거로 논제를 입증하고자 한다. 논문의 구성 체계를 요약하면 다음과 같다. 제 1장은 서론으로서 본 연구의 배경 및 연구방법에 대해 기술하고자 한다. 제 2장에서는 중국의 에너지 정책 현황과 전망에 대해 살펴보고자 한다. 이를 위해서 현재 중국 에너지 전략을 국내와 해외부분으로 나누어 살펴보고 최근 발표된 중국 에너지 발전전략 행동계획을 통해 향후 정책방향을 전망해 보고자 한다. 제 3장에서는 중국의 에너지 전략이 세계 에너지 시장 수급의 불안정을 초래한다는 요지의 기존 주장을 인용을 통해 고찰해 보고자 한다. 제 4장은 본 논문에서 제기한 논제로서 중국의 에너지 전략이 글로벌 에너지 수급에 불안정을 완화한다는 주제를 가지고 사례 및 통계분석을 통해 논제를 입증할 예정이다.

## 2. 중국의 에너지 정책 현황과 전망

중국은 90년대까지는 석유 및 석탄 수출국이었으나 경제 성장 이후 50% 이상을 수입에 의존하는 에너지수입국으로 변화하여 2002년 이미 세계 2위의 석유 소비국이 되었다. 현재 중국의 에너지 전략 핵심은 “두발로 걸어라”라는 그들의 표어처럼 국내와 해외 양 부분에서 모두 균형 있게 에너지 확보를 추구하는 것인데 해외측면에서는 주요 에너지 생산국을 회유하여 미국의 영향권을 대체하면서 에너지 기반시설 및 교역루트를 확보함과 동시에 이를 보호하는 것이라고 요약할 수 있고 국내에서는 기술개발과 에너지 효율화를 통한 공급과 수요관리라고 말할 수 있다. 중국의 에너지 정책을 국내와 해외로 나누어 간략히 살펴보고 최근 발표된 중국 에너지 발전 전략(2014~2020년)을 분석해 봄으로써 향후 정책을 전망해 보고자 한다.

### 2.1 중국의 에너지 해외전략

중국의 해외전략은 원유수입에 대한 중동의존에 대한 우려로 다양한 해외 지분을 획득하고 미국 및 유럽의 영향이 덜 미치는 에너지 생산지를 주 대상으로 중국의 영향력을 증가시키는 것을 기본으로 하고 있다. 주요 지역별 에너지 전략 추진내역을 세부적으로 살펴보면 다음과 같다. 우선 중국 에너지 수입의 80%가 통과하는 곳으로 국가안보의 최대역점지역인 말라카 해협은 테러, 해적, 납치, 미국의 잠재적 위협 등에 대처하기 위해 중앙아시아에서 육로를 통한 석유 확보, 말레이시아 및 미얀마의 오일 파이프라인 건설 및 해당지역의 해군력 증강 등에 역점을 두고 있다.

중앙아시아는 중국의 에너지 수송안보문제를 해결할 수 있는 첫 번째 대안지역으로 고려되고 있는 지역으로 중앙아시아에서 러시아 세력을 저지하려는 미국의 시도는 중국의 동 지역진출 및 영향력 확보에 긍정적 요인으로 작용할 것으로 보인다. 카자흐스탄과 동 시베리아 지역은 중국의 해외전략이 저지당한 이력이 있는 지역으로, 카자흐스탄은 파이프라인 건설 (중앙카자흐스탄 Atasu에서 Xinjiang의 Alashankou까지)과 더불어 2006년까지 일일 2십만 배럴을 중국 Dushanzi 정유소까지 수송하였으나 카자흐스탄 자원 민족주의와 국제 석유회사들의 입김으로 저지당하였고 동시베리아지역에서

1993년 중국은 일본 및 러시아와 파이프라인 건설시 외교 및 기술적 난관에 봉착하여 프로젝트를 중단한 바 있다.

중국과 대상국 간의 리베이트가 뚜렷하게 드러나고 있는 대표적인 지역으로는 미얀마와 파키스탄을 들 수 있는데, 미얀마의 경우 미얀마를 통한 파이프라인 건설로 말라카의 문제를 해결하고자 미얀마 Kyaukphy에 오일탱크항구(에너지 뿐 아니라 해군훈련용으로도 사용)를 건설하였고 이를 위해 중국은 UN에서 미얀마 제재조치에 대한 거부권을 행사하고 미얀마는 그 대가로 가스를 Petrochina에 판매하도록 압력을 행사한 바 있다. 파키스탄에서는 걸프지역으로부터 오일을 공급받고 해군력 영향력을 넓히기 위해 Gwadar지역에 항구를 건설하고 이란으로부터 가스를 육상으로 공급받기 위해 IPI (이란-파키스탄-인도) 가스 파이프라인건설에 관심을 표명한 바 있다. 파키스탄은 중국이 외부강대국으로부터 파키스탄을 보호해 준다는 기대 하에 중국의 전략을 지지하는 입장이다.

잠재지역으로 부각되는 지역 중 하나인 중남미에서는 쿠바에서 석유 개발 및 생산권을 획득하고 '08년 중국-베네수엘라 Fund에 40~60억 달러를 제공하였으며 이를 대가로 석유 수입량 증가 및 신규 유전 개발에 우선권을 부여받았다. 또한, Sino- US경쟁의 주 무대인 아프리카는 중국 정부가 자금을 대는 개발패키지 전략을 주로 구사하는 지역으로 제공된 차관 등은 여러 해에 걸쳐 석유나 가스로 갚는 방식이다. 그 중에서도 수단은 중국의 아프리카 진출의 대표적인 국가로서 예를 들어 CNPC의 GNPOC의 40% 지분을 획득하고 1999년 석유 파이프라인을 건설하였다. 그러나 수단에 대한 정책은 중국에게 국제인권과 글로벌 에너지 안보에 위협요소라는 비판과 외교적 문제를 야기하는 지역이 되었다. 앙골라에도 중국은 원조와 차관을 제공하고 대가로 Shell과 Total의 지분을 획득하였으나 앙골라가 계약을 얼마나 잘 이행할지는 의문점으로 남는다.

이러한 지역별 접근 외에 SCO(Shanghai Cooperation Organization)<sup>1</sup> 와 같은 기구가 향후 중국의 해외 에너지 확보 전략의 중심점이 될 것이라는 의견도 대두되고 있다.

## 2.2 중국의 에너지 국내전략

해외전략이 시장인센티브와 군사적인 전략을 중심으로 한다면 국내는 에너지 과학기술 발전개념으로 설명할 수 있으며 에너지 공급측면보다는 저장이라는 효율적인 수요관리 측면에 주안점을 두고 있다. 주요사안별 세부내용은 다음과 같다.

국내전략 중 하나는 석탄 액화 및 메탄올화를 들 수 있는데 석탄매장지의 상당수 도시들이 메탄올 연료 택시 및 버스를 운영하고 있으며 국내자동차 회사들은 메탄올 차량을 제조 중이다. 2020년까지 자동차 연료의 15% 를 바이오 연료가 차지하도록 하는 정책을 추진하고 옥수수 에탄올 생산 및 Oily Seed 로부터 기름 생산 등을 시도했으나 곡물 상승여기라는 부작용을 산출하여 현재는 비 곡류 가축사

<sup>1</sup> SCO : 2001년 구성, 중국, 러시아, 카자흐스탄, 우즈베키스탄, 타지키스탄, 키르기스스탄이 회원, 이란, 파키스탄, 인도, 몽골이 옵저버/ 현재 기구 역할분명하나 중국 에너지 안보에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예측된다. (예: 이란-인도-중국까지 육상 파이프라인 건설 가능성 등)

료와 폐기물 바이오매스에 집중하고 있는 실정이다.

천연가스 발전 능력 제고를 위해서 파이프라인을 통해 가스를 전역으로 공급하고 액화 천연가스 터미널을 통해 해외로부터 천연가스 수입을 추진하고 있으나, 파이프라인을 통한 서방의 천연가스수입은 고가이기 때문에 싸고 풍부한 에너지를 국민들에게 공급한다는 현실적 정책에 밀리고 있다.

중국은 또한 2020년까지 전력공급의 4%를 원자력이 담당하는 것을 목표로 하고 있는데 고가의 우라늄이 블랙마켓을 형성하고 원자력 기술 안전기준 미흡 및 투명성 부족 등 사고의 위험성 역시 상존하고 있는 것으로 평가되고 있다.

재생에너지는 2020년까지 1차 에너지원의 15% 담당을 목표로 하고 있으며 특히 수력은 청정하고 저렴한 에너지원으로서의 장점으로 인해 투자 증가가 예상되고 있다. 풍력은 풍력터빈의 55%를 중국 국내에서 생산되고 태양열 시스템은 중국이 제조부분의 리더로 부상되고 있다.

한편 국내 에너지 전략과 관련 해결해야 할 난제로 2006년 이산화탄소 최대 배출국으로 등장한 중국의 상황에서 환경문제와의 상충측면과 국제 원유가와 국내 생산가의 격차를 해소해야 하는 과제를 안고 있는데 이를 위해 시장기반의 에너지 가격 시스템 구축과 Diversification, Advanced electricity generation, Energy conservation의 중요성을 내세우고 있다.

## 2.3 향후 정책 전망

2014년 11월 발표된 에너지 발전전략 행동계획(2014~2020년)을 중심으로 본 중국의 에너지 정책 전망은 다음과 같이 요약할 수 있겠다.

### ① 다원화된 공급체계 구축

에너지믹스 최적화를 통한 에너지 공급체계의 다원화를 위하여 수력, 원자력, 풍력 등 비 화석 에너지를 적극 개발하며 특히 풍력과 태양력 에너지 개발에 중점을 둔다는 전략이다. 또한 자국 내 에너지 공급 우선전략으로서 중국내 에너지 자원의 탐사개발을 강화하여 2020년까지 에너지 자급률을 85%선에서 유지하며 매장량 대비 채굴량 비율을 14~15 까지 높일 예정이다.

### ② 에너지 기술 혁명

석탄, 바이오매스, 교통 연료를 대체할 에너지를 적극 개발하여 2020년까지 석유 대체능력 4천만톤 이상 확보를 목표로 2020년까지 셰일가스와 CBM 각각 30 Bcm 이상 생산할 예정인데 실제적으로 2014년 에너지 실적을 보면 심해 석유, 가스의 탐사 및 개발이 상당한 진전을 이루고 있다.

### ③ 국제협력 확대를 통한 개방적인 에너지 안보 확보

에너지 국제협력을 통해 에너지 안보를 확보하며 “일대일로 (실�크로드 경제 벨트와 21세기 해양실�크로드)” 전략을 중점적으로 진행하고 국내·외 상황을 종합적으로 판단해 에너지 국제협력을 지속적으로 추진하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 향후에는 에너지 확보 방향이 협력을 통한 에너지 안보 전략으로 변경할 가능성이 크다고 볼 수 있다(예: 러시아 동 시베리아 유전의 러시아·중국의 win-win 협력 등).

### ④ 에너지 소비혁명

과거 에너지 공급위주에서 탈피하여 에너지 수요관리에 중점에 두어 에너지 절약과 효율제고를 최우선 과제로 하여 60만 kW이상 발전기에서의 석탄소비 수준을 5년 내 약 300 g/kWh 미만으로 억제한다는 방침이다.

## 3. 기존 주장 고찰

이은명(2004)은 원유확보를 위한 중국의 공격적인 행보는 세계 원유시장의 물리적 수급 상황을 압박하여 유가의 장기적인 상승추세를 유지시키는 주요요인이 될 뿐 아니라 국제 정치적 갈등을 불러일으킬 수 있는 불안요인으로 작용할 우려가 있다고 하였다.

구체적으로는 우선 에너지 공급안보측면에서 보면 중국이 공격적으로 유전개발과 원유공급 확보에 치중함으로써 여타국이 유전개발 참여와 안정적인 석유공급선 구축에 곤란을 겪을 우려가 있으며 다음으로 중국의 수요증가로 국제 석유시장에서의 수급압박에 따른 시장기능에 의한 가격상승과 중국의 높은 가격의 유전매입 등 비경제적 투자로 인한 가격상승을 예상할 수 있음을 언급하였다.

### 3.1 중국의 석유수급전망

중국의 1차 에너지 수요는 2002년~2030년 기간 중 연평균 2.6%씩 증가하여 2030년에는 2002년 수요량의 2배 정도에 달하는 2,539 Mtoe에 달하게 될 것으로 전망하고 있다. 석유 수요는 전망기간 중 연평균 3.4% 씩 증가하여 2030년에는 636 Mtoe에 이르고 1차 에너지 중 구성비는 2002년의 20% 수준에서 25% 로 높아질 것으로 예측하고 있다.

[표 1] 중국의 1차 에너지 수요 추이 및 전망

(단위 : Mtoe)

구분	실 적		전 망		증가율 <sup>2</sup>
	1971년	2002년	2020년	2030년	
석탄	192 (47.4)	713 (57.4)	1,119 (54.0)	1,354 (53.3)	2.3%
석유	43 (10.6)	247 (19.9)	503 (24.3)	636 (25.0)	3.4%
가스	3 (0.7)	36 (2.9)	107 (5.2)	158 (6.2)	5.4%
원자력	- (0.0)	7 (0.6)	47 (2.3)	73 (2.9)	9.0%
수력	3 (0.7)	25 (2.0)	50 (2.4)	63 (2.5)	3.4%
기타	164 (40.5)	216(17.4)	246 (11.9)	256 (10.1)	0.6%
합계	405	1,242	2,072	2,539	2.6%

출처 : 이은명(2004), p.47

위에서 본 바와 같이 중국의 1차 에너지 수요 증가율은 세계 전체의 증가율 보다 1.5배 정도 높을 것으로 전망됨에 따라 세계 전체 1차 에너지 수요 중 중국의 점유율은 2002년 12%에서 2030년 15.4%로 높아지고 석유수요 중 중국의 점유율은 2002년의 6.7%에서 2030년에는 11%에 이르러 세계 석유시장에서 미치는 영향력이 더욱 커지게 될 것이라고 하였다.

중국전체의 원유 생산량은 2010년경까지는 정체상태를 보이다가 그 이후에는 점차 감소하여 2030년경에는 현재의 2/3수준인 2.2백만 b/d에 그칠 것이며 따라서 EIA의 전망치를 종합하면 중국의 석유수요는 2025년까지 12.8백만 b/d로 크게 증가하는 반면 석유생산은 3.4백만 b/d로 정체 내지는 감소하여 석유 순수입규모는 2025년에 9.4백만 b/d에 달하게 될 것이라고 기술하고 있다.

### 3.2 중국의 원유 확보 전략

중국은 2000년대 들어서는 해외진출에 공격적으로 나서기 시작했는데 CNPC 등 중국 석유회사 들은 중동 의존도 축소 및 자국의 석유수요 충족을 위해 향후에도 아프리카, 카스피해 지역 등에서 유전 개발을 적극 추진할 것으로 예상하고 있다. 한편 미국, 유럽은 각각 인근지역인 미주 및 북해, 러시아지역에서 원유를 안정적으로 수입하고 있는 반면, 중국을 위시한 일본, 한국 등 동북아 국가들은 아시아 지역의 빈약한 석유 매장량 및 생산정체로 정정이 불안한 중동지역의 수입의존도 확대가 불가피한 상황에 있다. 따라서 특히 동북아 지역 국가들의 높은 석유소비 비중과 중국의 석유수요 급증으로 인해 중동의존도가 높은 동북아 국가들의 석유자원 확보경쟁은 갈수록 심화될 것으로 예상하였다.

관련하여 중국의 해외유전개발 참여과정에서 경제성을 무시한 행보는 국제 석유업계에 충격을 안겨 주고 있다고 언급하면서 유전확보에 급급한 중국의 해외유전 매입가격은 시세에 비해 상당히 높으며 유전개발과 해외투자의 경험축적을 위해 적극적인 투자를 꺼리지 않고 있는 것으로 알려지고 있다고 주장하였다. 결론적으로 중국의 공격적인 행보는 세계 원유시장의 물리적 수급현황을 압박하여 유가의 장기적인 상승추세를 유지하는 주요 요인으로 작용할 것이라고 논술하고 있다.

<sup>2</sup> 증가율은 2002~2030년 기간중 연평균 증가율 / ( )내 수치는 1차 에너지원별 소비구성비(%)이다.

## 4. 논제 : 중국 에너지 전략이 글로벌 에너지 수급 불안정을 낮출 것이다

### 4.1. 근거 1. 공급자시장에서 안정적인 수요확보가 보다 더 중요시되고 있는 최근 에너지 시장에서 지속적이고 안정적인 수요자 역할 담당

세계적으로 화석에너지를 대표하는 석유는 녹색성장정책과 기후변화에 따른 각국의 대응으로 인해 소비가 제약을 받고 있으며 세계 원유시장은 과거 OPEC가 주도하던 공급자 위주의 시장에서 변화하여 수요의 안정적인 확보가 더욱 중요한 양상으로 변경되고 있다. 이러한 시장여건에서 에너지 수요국으로 부각되고 있는 중국의 역할이 세계 에너지 수급조절과 안정에 매우 중요하게 되었고 향후 이러한 부분의 역할의 비중은 더욱 증가될 전망이다.

**[표 2] 석유산업 구조변화 과정과 전망**

시기구분	1970 ~ 1985 (고유가)	1986 ~ 2004 (저유가)	2005 ~2014 (고유가)	향후전망 (저유가)
시장 특징	OPEC주도의 공급자시장	시장침체로 소비국이 주도권 확보	OPEC주도의 공급자 시장	소비국 중심의 시장
OPEC 정책	감산	증산	증산 억제	산유량 유지
유가 견인 요인	OPEC에 의한 공급량 조절	수요 감소에 따른 과잉 공급발생	신흥국 수요증가로 초과 수요발생	공급 경쟁 심화로 과잉 공급 발생
산유국간 경쟁	OPEC 중심	러시아 등 비OPEC 부상	-OPEC 중심 -비전통/심해오일의 부상	-OPEC 내 경쟁심화 -비전통석유 생산 지속
석유회사	-국영석유회사(NOC)부상 -자원민족주의대두	국제석유회사(IOC)와 국영석유회사(NOC)협력	-NOC 독점 -신 자원민족주의 부상	IOC의 재부상
주요기술	전통석유개발/생산기술 발달		-전통석유 회수율 증대기술 -비전통석유생산기술 발전	비전통석유의 경제성확보 (생산성 증대 기술 발전)

출처 : 권성욱(2015). p.26



#### 4.1.1 공급과잉

최근 미국은 중국의 에너지개발에 뒤처지는 것을 우려하여 세일을 위시한 에너지 골드러시에 합세 하면서 세계 원유시장은 공급과잉 추세를 나타내고 있다. 또한 미국정부는 그동안 환경오염 등을 우려 해 연안지역의 석유시추를 금지해오던 정책을 변경하여 대서양 연안과 가스 시추를 승인하고 멕시코만 쪽의 석유와 천연가스 탐사를 허용한데 이어 북극해 개발까지 허용하면서 원유개발을 통한 경기부양을 본격 도모하고 있다.

이에 대응하여 OPEC은 원유가격을 떨어트렸지만 (예: 2014년 6월 배럴당 110달러에서 2014년 11월, 70달러수준으로 인하) 생산량은 줄이지 않고 있어 공급과잉 현상이 지속되고 있다. 이는 시장 점유율을 지키기 위한 중동 산유국들의 경쟁이 지속되고 있는 것으로 풀이된다. 전문가 들은 대다수 유가가 중장기적으로 80달러 이하로 하락할 것으로 예측하고 있다.

문제는 이러한 공급초과가 단기적인 현상으로 끝날 것이라는 전망보다는 비 전통에너지 개발 확대 를 필두로 향후에도 지속될 가능성이 높다는 점이다. 실제로 2013년~2015년 동안 세계 석유 수요 공급추이를 살펴보면 2013년에는 수요초과분이 0.7b/d였으나 2014년에는 공급초과 1 b/d, 2015년 에는 1.7 b/d 의 공급초과를 예상하고 있다. 최근 석유시장의 혁명으로 불리고 있는 세일 오일은 미국 외에도 러시아, 중국 등 비 OPEC 지역에 2천억 배럴 가까이 매장되어 있는 것으로 파악되어 IEA 중기 전망에는 반영되어 있지 않지만 2018년 이후에 비 OECD의 석유공급은 보다 증가할 가능성이 농후하 다. 반면 세계원유수요는 2012~13년에 평균 113만 b/d 로 증가하였지만 2014년에는 증가폭이 70만 d/b 로 급격히 둔화되는 모습을 보였고 2015년에 140만 b/d 로 증가할 것으로 전망되지만 향후에는 이러한 수요의 등락의 변동가능성은 충분한 여지가 있다할 것이다.

[표 3] 세계 석유 수급 현황 (2013~2015년)

(단위: 백만b/d)

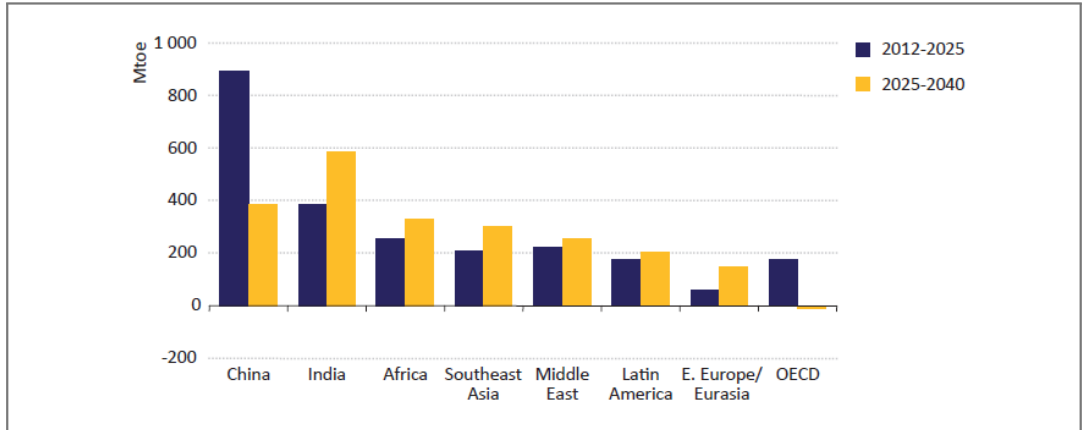
구분	2013	2014					2015(전망)				
		1/4	2/4	3/4	4/4	연간	1/4	2/4	3/4	4/4	연간
OECD수요	46.0	45.7	44.7	45.7	46.3	45.6	46.6	45.1	45.9	46.5	45.9
비OECD수요	45.9	46.0	47.1	47.4	47.6	47.0	47.1	48.4	48.3	48.6	48.1
세계수요	91.9	91.8	91.8	93.1	93.8	92.6	93.6	93.5	94.2	95.1	94.0
비OPEC공급	54.6	55.9	56.6	57.2	58.3	57.0	58.2	58.4	57.5	57.7	57.9
OPEC NGL	6.2	6.3	6.3	6.4	6.4	6.4	6.5	6.6	6.6	6.7	6.6
대OPEC 수요	31.1	29.6	28.8	29.5	29.1	29.3	28.8	28.5	30.1	30.7	29.5
OPEC 공급	36.6	36.3	36.4	36.9	36.9	36.6	37.0	38.1	38.0	37.9	37.8
세계공급	91.2	92.2	93.0	94.1	95.2	93.7	95.3	96.5	95.5	95.6	95.7
재고증감	-0.7	0.4	1.2	1.0	1.4	1.0	1.6	3.0	1.3	0.5	1.7

출처 : 오세신(2015). p.130

#### 4.1.2 수요에서의 중국의 위치

IEA(2013)에서는 2035년까지의 세계 에너지 수요 증가분 중 중국이 31% 를 차지하며 2035년에는 미국보다 80% 더 많은 에너지를 소비할 것으로 전망하고 있다.

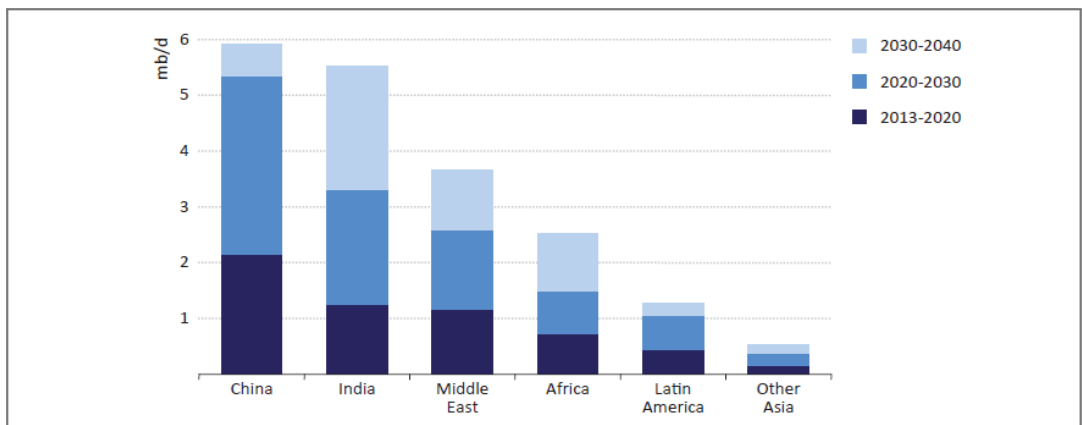
[그림 1] 주요 지역에서의 1차 에너지 수요 증가



출처 : World Energy Outlook(2014). p.64

대표적인 1차 에너지인 석유의 경우 IEA (2014) 전망에 따르면 2040년까지 1차 에너지 구성에서 가장 비중이 큰 에너지원으로서 위치를 유지하지만 그 비중은 31%에서 26% 로 감소할 것으로 예상되며 중국은 빠른 수요증가와 2020년 이후 미국의 수요 감소로 2030년경에는 세계최대의 석유 소비국이 될 전망이다.

[그림 2] OECD 비 회원국에서의 석유 수요 증가



출처 : World Energy Outlook(2014). p.59

이는 수요 증가속도가 2020년까지 연평균 약 0.9%, 2030년대에는 0.3% 로 하락하게 될 것으로 전망되는 석유의 시장에서의 OECD 수요 감소를 중국 등 아시아와 비 OECD시장의 수요증가가 상쇄하여 나타나는 결과를 보여주고 있다. 이러한 상태에서 중국은 향후 국제에너지 수급 및 가격안정에 결정적인 역할을 할 것으로 보이며, 예를 들어 현재 저유가임에도 불구하고 2014년에 이어 또 다시 석유수요가 둔화될 수 있다는 우려가 확산되고 있는 것은 세계 두번째 석유소비국인 중국의 경제적 불확실성이 높아졌기 때문으로 세계 수급 및 유가에 미치는 중국의 영향력을 알 수 있는 단면이라고 할 수 있다.

## 4.2 근거 2. 중국은 세계 에너지 시장에 일부 공급처 역할 분담

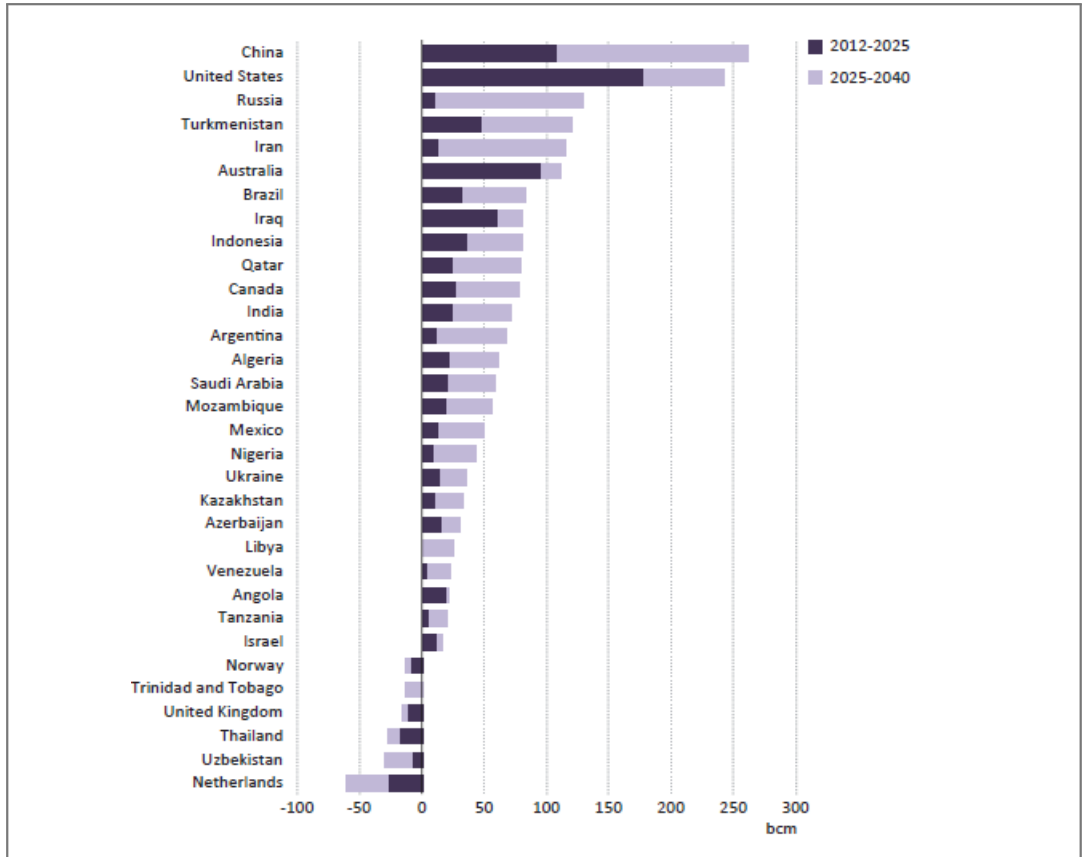
중국은 천연 및 셰일가스, 신재생에너지 및 원전 등 향후 에너지 믹스에서 증가추세를 보일 것으로 예상되는 분야에 대해서 주요 공급처로서 자국수요 충족 뿐 아니라 글로벌 에너지 공급안정에도 기여할 것으로 보여 진다. 덧붙여 중국은 매장 잠재력이 풍부한 신규지역에 장기적 관점으로 과감한 투자를 하고 서방국에서 기피하였던 지역을 집중 공략하므로 결과적으로는 세계 가용 에너지 공급량을 증가시키는 핵심 역할을 담당하고 있다고 할 수 있다.

### 4.2.1 천연가스

친환경적이고 저유가의 영향으로 인해 향후 경쟁력이 더욱 상승될 것으로 전망되는 천연가스 관련, IEA 신정책 시나리오<sup>3</sup>에서 2012~2040년까지 중국의 천연가스 생산량이 전 세계 1위를 차지할 것으로 전망하며 중국의 천연가스 생산은 2012년 107 bcm에서 약 3배이상 증가하여 2040년에는 368 bcm에 달할 것으로 예측하고 있다.

<sup>3</sup> 신정책 시나리오 : 기존 정책들이 전망기간동안 지속되며, 아직 시행되지 않았지만 각국 정부가 도입 하기로 공식발표한 에너지 관련 정책들이 강력히 시행되는 경우를 가정한 시나리오

[그림 3] 주요국별 천연가스 생산량



출처 : World Energy Outlook(2014), p.156

#### 4.2.2 비 전통 에너지

EIA 자료에 의하면 중국은 세계 최대 셰일가스 보유국으로 36.1 Tcm(1,275 Tcf) 가 매장 되어 있으며 비록 아직은 관련된 개발기술이 부족한 상황으로 수 년내 개발전망은 다소 불투명하나 2014년 푸링 등 셰일가스 시범지역에서 셰일가스 생산이 이미 개시되었고 관련 핵심기술 및 장비가 획기적으로 개선된 실적이 있어 향후의 개발가능성이 높아지고 있다. 비전통 자원개발확대는 화석에너지 공급량과 가격 뿐 아니라 국제 에너지시장의 교역구도를 뒤바꾸고 셰일자원의 생산증가는 국제 LNG시장 및 원유시장에서 공급량 확대와 가격 안정화를 이룰 것으로 기대되고 있으며 자원민족주의 성향의 자원보유국들이 에너지를 국제정치적 영향력 제고의 수단으로 이용하는 에너지 무기화의 가능성에 대비하여 시장안정의 효과를 더하게 될 것이다.

[표 4] 국가별 셰일가스 및 전통가스 부존규모

(단위:조㎥)

순위	국가	셰일가스 가체자원량	전통가스 확인매장량
1	중국	36.10	3.03
2	미국	24.41	7.72
3	아르헨티나	21.92	0.38
4	멕시코	19.28	0.34
5	남아프리카공화국	13.73	-
6	호주	11.21	3.11
7	캐나다	10.99	1.76
8	리비아	8.21	1.55
9	알제리	6.54	4.50
10	브라질	6.40	0.37
11	폴란드	5.30	0.16
12	프랑스	5.10	0.01

출처 : 이권형 외(2012). p.5

#### 4.2.3 원자력 및 신재생 에너지

중국은 2020년까지 70 GW가 넘는 원자력 용량이 추가될 것으로 예측되며 EIA자료에 의하면 중국의 원자력 연 평균 발전 증가량은 8.4%로 2035년까지 약 598 Bkwh 증가되어 총 발전에서 차지하는 비중이 2009년 2%에서 2035년에는 35%로 증가할 것으로 보고 있다. 따라서 EIU는 중국이 앞으로 수년간 세계 원자 에너지 산업의 동력이 될 것으로 전망하고 있다. 또한 중국은 세계 최대 수력 발전 및 세계 다섯 번째 풍력발전(2009년 기준) 국가이자 재생에너지프로젝트에서 세계 최대의 투자국가(2007~2010년간 120십억 달러 투자)로서 2020년까지 수력용량은 380 GW로 증가시키고 2005년부터 매년 2배 씩 성장률을 보이고 있는 풍력은 180 GW로 증가시킬 계획이다. 중국 전력기업 연합회는 2020년까지 중국 풍력기술이 세계 선두에 오르게 될 것으로 전망하고 있다.

[표 5] 중국 원자력 신재생 에너지 공급전망

구분	2013	2014	2015	2020
원자력 (MW)	23,058	30,058	37,058	70,000
수력 (mwe)	229,500	242,500	254,500	380,000
지열 (mwe)	1,508	1,948	2,258	-
풍력 (mwe)	84,000	92,000	104,000	180,000

출처 : EIU & EIA(2014, 2015)

2012년 중국 전력기업 연합회가 발표한 “중국 대체에너지 연구 보고서”에 의하면 중국은 대체 에너지 개발을 더욱 적극적으로 추진할 전망이다. 2020년 태양광 에너지 저장량은 2,500만 kw로 예상하고 있다. 중국의 대체에너지는 2005년부터 빠른 진전을 보이고 있으며 2014년말까지 중국 대체 에너지 저장량은 5,159만 킬로와트에 달해 전체 에너지 저장량의 4.89%를 차지하고 있다.

#### 4.2.4 기피지역 개발 및 신규 잠재지역 투자

중국은 해외석유자원 확보에 있어 후발주자인 까닭에 메이저 석유회사들이 기피하는 지역을 집중 공략하고 있는데, 예를 들어 미국의 금수조치 지역인 수단 1/24광구의 석유개발, 이란 Yadaravan 개발 등을 들 수 있다. 또한 신규 매장 잠재력이 큰 지역에 장기적인 관점에서 투자를 하고 있으며 중앙아시아의 석유보고로 불리는 카스피해 지역, 막대한 비 전통원유 매장량 확인으로 주목받는 베네주엘라, 중질원유, 브라질 심해유전 등에 과감히 투자하고 있다.

[표 6] 중국의 해외 주요 기피 및 신규잠재지역 개발 주요 이력

구 분	개발내용 (개발시기)
미국 금수조치 지역	수단 GNPOC사 보유 1/24광구 지분 40%인수 (1997)
	이란 Yadaraven 유전 개발권 확보 (2007)
	러시아 천연가스 공급 계약 체결 (2014)
신규 매장지역	브라질 Marlim 심해유전 개발 및 공급 (2005)
	캐나다 오일샌드 지분 인수 (2009)
	카자흐스탄 PetroKazakhstan 인수 (2005)
	우즈베키스탄 Mangistaumunaugas 유전개발 (2008)
	베네주엘라 중질원유 (Petropair)인수 협상 (2011~)

출처 : 박용덕 외(2014)

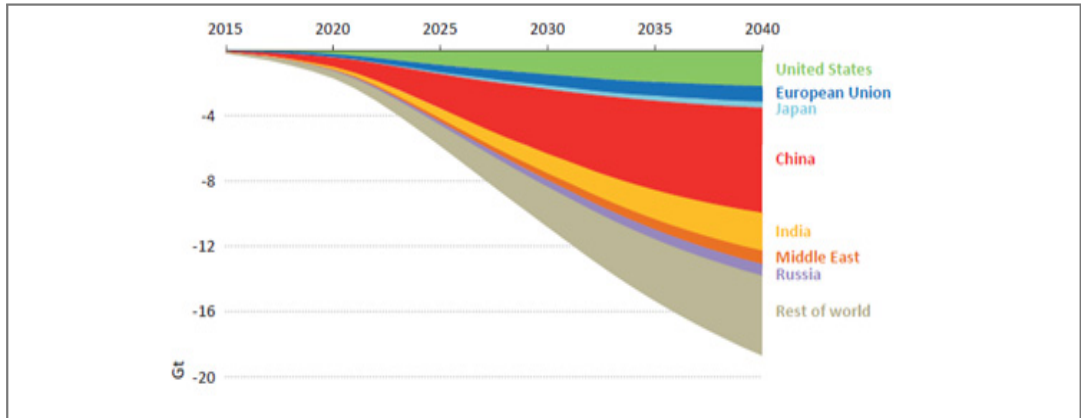
#### 4.3. 근거 3. 세계 에너지 믹스 및 에너지 거래 유연화에 기여할 가능성

중국은 대기오염과 연료소비 제한 등으로 대다수의 전문가들이 예측하고 있는 바와 같이 거의 서방의 화석연료 기반한 발전패턴을 따라가지 않고 향후 이산화탄소 감축에 가장 큰 역할을 할 것으로 보이며 미·중간의 환경오염 완화 협력강화를 통해 에너지 거래 유연화에 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다. IEA (2014) 자료에 의하면 450 시나리오<sup>4</sup>에서 이산화탄소 배출은 2020년 전에 33.0 Gt로 정점에 달하다가 2030년에 25.4 Gt, 2040년 19.3 Gt 떨어지며 이 중, 중국의 감소분은 가장 큰 비중으로 누계기준 CO<sub>2</sub>배출 세계 총 감소분의 1/3을 차지하면서 이산화탄소 감축의 가장 큰 기여를 할 것으로 내다보고 있다.

실제 세계 1위의 온실가스 배출국인 중국은 최근 대기오염과 환경문제가 심각해짐에 따라 석탄발전 감축 필요성과 더불어 감축목표 설정을 적극 논의하는 등 기후변화에 대한 소극적인 대응에서 적극적인 입장으로 선회하는 전략적 변화를 보여주고 있다.

<sup>4</sup> 450 시나리오 : 공기중 이산화탄소 농도를 450ppm으로 제한함을 통해 온실효과로 인한 기온상승을 섭씨 2도까지로 제한한다는 목표를 위한 시나리오

[그림 4] Reduction in energy-related CO<sub>2</sub> emission in 450 scenario relative to the new policies scenario



출처 : World Energy Outlook(2014), p.91

2014년 9월 19일 중국 국가 발전개혁 위원회는 기후변화 대응계획을 발표하였으며 2020년까지 GD 단위당 CO<sub>2</sub> 배출량을 40~45% 감축하고 시멘트와 철강과 같은 다량의 탄소배출 산업부문의 배출량을 2020년까지 2011~2015년 수준으로 제한하겠다는 내용을 발표하였다. 또한 모든 산업부문을 대상으로 온실가스 감축 목표를 설정하여 실행할 예정이며, 제13차 5개년 계획기간(2016~2020)에 탄소집약도 기준뿐 아니라 배출 절대량 규제도 도입할 것으로 알려져 획기적인 변화가 감지되고 있다. 주목할 점은 미·중간의 에너지 효율제고, 탄소 포집 및 저장기술, 청정석탄 등 기술 협력 사업이 활발해짐에 따라 더불어 중국을 비롯한 아시아 지역 수요처와 석유가스의 안정적 공급지역으로 부상된 북미지역 공급처간의 에너지 교역이 대폭 확대될 전망이다. 이는 상대적으로 경직된 관행이 유지되어 오던 에너지 거래가 앞으로 더욱 유연화 될 수 있다는 점을 의미한다고 할 수 있다.

## 5. 결론 요약

2000년대부터 본격적으로 부각된 중국의 에너지 위협론은 미국을 비롯한 서방의 의견이라는 측면도 부정할 수 없으므로 보다 객관적인 시각에서 세계 경제의 핵심으로 떠오르고 있는 중국의 에너지 정책과 미치는 영향에 대해 분석해 보고자 하는 것이 이 논문의 주요 목적이라고 할 수 있다. 이러한 관점에서 동 논문에서는 우선 연구 대상인 중국의 에너지 정책에 대해서 현황 뿐 아니라 향후 정책방향에 대해서 살펴보았다. 주목해야 될 부분은 2014년 이후 중국의 에너지 정책이 국내외 필요에 의해 협력을 통한 공급기반 확보와 기술혁명 그리고 수요관리 측면에 중점을 두는 방향으로 발전해 가고 있다는 점이다.

다음으로 중국의 에너지 전략이 세계 에너지 수급에 불균형을 초래한다는 기존주장에 대해 인용을 통해 논지와 근거 등을 고찰해 보았다. 본문에서는 본 논문에서 주장하고자 하는 논제인 “중국의 에너지 전략이 글로벌 에너지 수급안정에 기여할 것이다”에 대해 통계와 전망치 그리고 사례분석 등 객관적 자료를 근거로 기술하였다.

논제의 첫 번째 근거로서 향후 안정적인 수요확보가 더욱 중요시 될 것으로 보이는 세계 에너지 시장, 특히 석유 시장에서 중국은 안정적인 수요자 역할을 담당함으로써 에너지 수급조절에 중요한 역할을 할 것으로 전망하였다. 이를 위해 IEA, BP 등에서 발표한 관련 통계 및 전망치 등을 예로 들어 설명하였다.

다른 근거로 향후 세계 에너지 믹스에서 증가추세를 보일 것으로 예상되는 에너지 분야에서 중국은 글로벌 에너지 시장 전체관점에서 일부 공급자 역할을 분담함으로써 세계 가용에너지 공급량을 증가시키는 주요 역할을 할 것으로 보았다. IEA 신정책 시나리오에서 2012~2040년 세계 1위의 생산량을 차지할 것으로 예측되는 중국의 천연가스, 중국이 세계 최대의 보유량을 자랑하는 셰일 가스, 원자력 및 신재생 에너지 발전속도 그리고 중국의 기피지역 및 신규 잠재지역에 대한 과감한 투자실적 등을 근거를 뒷받침하는 예로 제시하였다.

마지막으로 중국은 기존의 중동 위주의 경직되고 불안정한 에너지 교역구조를 협력을 기반으로 한 보다 유연한 형태의 에너지 거래 시스템으로 변경하는데 일조를 할 것으로 예측하였다. 예를 들어 세계 최대의 산화탄소 배출국으로서 심각한 환경문제에 직면한 중국은 최근 미국과의 환경오염원화 협력을 강화하고 있는데 이는 비 전통에너지 개발로 석유가스의 안정된 공급지역으로 부상된 북미지역과 세계 최대의 에너지 수요처인 중국 간의 에너지 교역이 확대되는 기반이 될 것이며 이를 통해 보다 유연하고 안정적인 에너지 거래의 축이 구축 될 것이라고 보았다.

중국이 이미 세계 에너지 시장에서 Swing Power 역할을 하고 있다는 점은 반론 제기의 여지가 없는 부분이나 부정적인 영향만을 강조해야 하는 시점은 지난 것으로 보이며 긍정적인 영향력도 분석하여국내외 에너지 정책 등에 적용하는 것이 타당할 것으로 보인다. 다만 주장논제에 대한 보다 과학적이고 세심한 근거 분석이 미흡한 측면이 있으므로 향후 보완해 나갈 사안으로 생각된다.



## 참고문헌

- 권성욱. 2015. "저유가에 따른 석유산업 구조변화 전망과 시사점". 『Energy Focus』여름호: 21-37.
- 대니엘 예긴(Daniel Yergin)저, 이경남 역. 2013. 『2030 에너지 전쟁』. (주)사피엔스21.
- 대양양. 2012. "중국의 에너지 확보전략에 관한 연구". 『대구대학교 석사학위논문』: 46-67.
- 도현재. 2014. "세계 에너지 시장 여건변화에 따른 에너지 안보 리스크 평가와 대책". 『에너지경제연구원 연구보고서』.
- 박기현, 김진경. 2013. "부분별 에너지 소비와 경제성장의 인과관계분석". 『에너지경제연구원 연구보고서』
- 박용덕 외. 2014. "중국 해외 석유가스 개발 추진현황과 한·중간 해외자원 개발 협력전략". 『경제인문사회연구회 중국종합연구 협동연구총서』.
- 박향단. 2010. "중국과 일본의 에너지 안보비교연구". 『고려대학교 대학원 논문』.
- 오세신. 2015. "원유시장동향" 『Energy Focus』가을호: 127-133.
- 에너지경제연구원. 2012. 『주요국 에너지 Profile - 중국』.
- \_\_\_\_\_. 2014.11.28. 『세계 에너지시장 인사이트』
- \_\_\_\_\_. 2015. 2.13. 『세계 에너지시장 인사이트』
- 이권형, 강부균, 이시은. 2012. "주요국의 셰일가스 개발 동향과 시사점". 『KIEP』: 3-21.
- 이은명. 2004. "중국의 원유확보전략이 원유시장에 미치는 영향과 시사점". 『에너지경제연구원 연구보고서』.
- 임상범. 2015. 『한중일 에너지 삼국지』. 좋은땅.
- 정준환, 김재경. 2015. "국제 석유시장 환경변화와 국내 정유산업의 대응방안". 『Energy Focus』여름호: 4-14.
- Goldhau, Andreas. (ed) 2013. *The handbook of Global Energy Policy* 391-406. John Wiley & Sons Inc: West Sussex .
- IEA, *World Energy Outlook, 2014*
- Luft.Gal and Anne Korin. 2009. *Energy Security Challenges for the 21st Century* 191-218. Praeger Security International : Santa Barbara .
- Paik, Keun- Wook. 2015. "Sino-Russian Gas and Oil Coopertation : Entering into a New Era of Strategic Partnership?". The Oxford Institute for Energy Studies.
- Kim Suyi. 2015. "Energy Consumption, GDP and Trade in East Asian Countries : A cointegrated panel anaysis". *Korean Energy Economic Review* Volumn 14(1) : 35-38/59-60.



## GIS를 이용한 테헤란로 주변 옥상녹화의 연결성에 관한 분석

이 민 수 | 고려대학교 그린스쿨대학원 석사과정

*Analysis of the Connectivity of the Green Roof using GIS around Teheran Rd.*

Minsoo Lee | M.S. Student, Green School, Korea University

### 초록

근래에 들어 대도시를 중심으로 기후변화에 대응하기 위하여 도시녹화사업을 적극적으로 전개하고 도시녹지 보전에 역점을 두고 있으나 대도시의 경우 녹화를 할 만한 토지를 확보하기가 어려운 실정이다. 이러한 상황에서 도심부내 녹지를 확보하기 위하여 건축물의 상부에 녹화를 하는 옥상녹화 방안이 가장 큰 대안으로 떠오르고 있다. 옥상녹화는 부족한 도심의 녹지를 늘리고 도심 환경을 개선하는 좋은 대책으로 인식되면서 여러 광역 지자체 등이 일부 대형 신축 및 기존 건물의 옥상녹화사업에 적극 동참하고 있다. 서울수도 건물의 옥상녹화사업을 희망하는 건물주에게 정책적 지원을 통해 옥상녹화를 촉진하고 있으나, 상호연관성의 부족으로 효과가 미비한 실정이다. 이에 ArcGIS 프로그램을 이용한 시뮬레이션을 통해 테헤란로 주변을 중심으로 옥상녹화 건물의 네트워크 연결성을 분석함으로써, 옥상녹화 조성 계획 시 건물간의 거리의 편차를 줄이고 일정간격으로 건물을 분포시킨 뒤 가능한 면적이 넓은 옥상면적을 가진 건물을 녹화 시키는 것이 가장 효율적으로 그 지역을 녹화시키는 방법임을 확인한다.

## 1. 서론

도시로의 인구집중은 토지부족 및 지가상승으로 불러왔고 고밀화를 통한 토지이용의 극대화가 추진되어 잔여공지가 줄어들게 됨에 따라 녹지공간의 확보가 점차 어려워져 가고 있으며, 이에 대한 해결책으로 토지의 입체적인 이용으로 인해 발생한 인공지반의 녹화가 불가피하게 되었다. 근래에 들어 대도시를 중심으로 도시녹화사업을 적극적으로 전개하고 도시녹지 보전에 역점을 두고 있으나 대도시의 경우는 녹화를 할 만한 토지를 확보하기가 어려운 실정이다. 특히 녹지가 절대적으로 부족한 도심부의 경우는 거의 모든 토지가 건물이 들어서 있어서 건물을 허물지 않으면 녹지로 조성하기가 불가능하다. 그리하여 도심부에서 녹지를 만들 만한 가능성 있는 장소를 찾아보면 건물의 옥상을 비롯하여 건물부지 내에 확보된 옥외주차장 외에는 적당한 장소를 물색하기 어렵다. 이러한 상황들 속에서 도시 내, 특히 도심부에서 녹지를 확보하기 위하여 건축물의 상부에 녹화를 하는 옥상녹화 방안이 도시 녹화사업 대안 중 가장 현실성 있는 대안이 되었다. 옥상녹화가 부족한 도심의 녹지를 늘리고 생활환경을 개선하는 좋은 대책으로 인식되면서 여러 광역 지자체와 서울시 등 공공기관 및 일부 대형 신축건물들의 옥상녹화사업에 적극 동참하고 있다.

또한 도심 및 주거지역과 같은 생활권을 중심으로 악화되고 있는 녹지의 연결성 부족은 도시 내부와 자연생태계 환경을 악화시켜 생물 다양성에 악영향을 주고 있으며, 열섬현상의 심화, 불투수층의 확대 및 대기질의 악화 등으로 삶의 질을 열악하게 하고 있다.

이에 옥상녹화의 조성 계획수립 시 녹화지역을 네트워크 형식으로 구축하여 같은 비용을 소요하지만 최대한의 효과와 연결성을 이룰 수 있는 방안에 대해서 알아보기로 한다.

## 2. 옥상녹화의 개념 및 효과

### 2.1 개념

옥상녹화란 인공적인 구조물위에 인위적인 지형, 지질의 토양층을 새로이 형성하고 식물을 주로 이용한 식재를 하거나 수공간을 만들어서 녹지공간을 조성하는 것을 말한다. 대표적인 인공지반인 옥상에 녹화를 하는 것은 도심지역의 부족한 녹지공간을 확보하기 위한 인공대지의 활용이라는 측면과 함께 도시환경에 자연적인 요소를 도입함으로써 생물이 서식할 수 있는 공간을 마련해 주며, 도시 미관을 증진시키고 여가 공간을 확보해 주는 등 다양한 공익적 기능과 역할을 할 수 있다.

서울시의 경우 시민 1인당 도시 내 생활권 공원면적 1 m<sup>2</sup>를 늘리기 위해서는 약 10 km<sup>2</sup> (서울시 면적의 약 1.67%)의 녹지가 필요하다. 이는 m<sup>2</sup>당 지가를 최소 1,500,000원으로 계산하더라도 150 조가 넘는다. 그러므로 서울시에서 시민 1인당 1 m<sup>2</sup>의 지상녹지면적을 더 확보하기란 현실적으로 불가능하다고 볼 수 있다. 이처럼 옥상녹화는 지상에서 확보하기 어려운 녹지 확보 대안 중 실현 가능한 최고의 대안이라 사료된다.

이러한 긍정적인 효과를 가져 오는 옥상녹화의 조성 계획 시 각각의 녹화지역에 네트워크를 구축하여 최소한의 비용으로 최대한의 효과를 낼 수 있는 방안이 필요하다는 것이 본 연구의 연구 목적이다.

### 2.2 효과

건축물의 옥상공간을 녹화하는 옥상녹화에 따른 효과는 크게 환경적, 경제적, 사회적 효과로 구분할 수 있다.

#### 2.2.1 환경적 효과

건축물 옥상녹화를 함으로써 얻어지는 환경적 효과로는 환경오염방지, 도시생태계 복원, 기후조절, 에너지 절약, 소음감소 등이 있다.

**[표 1] 옥상녹화를 통한 환경적 효과**

구 분	효 과
도시열섬 완화	옥상의 토양층과 식생층으로 온도 저감효과를 가짐
홍수 예방	우수 저장효과와 우수 유출 지연효과로 도시 홍수를 예방
대기 정화	식생층이 이산화탄소 및 질소화합물, 벤젠, 분진 등을 흡수
수질 정화	식생과 토양층이 우수의 분진과 오염물질을 여과시킴
소음 경감	식생과 토양층의 소리파장 흡수
도시 경관 향상	건물 외관 향상
생물서식처 제공	도시의 조류 및 곤충 등의 서식처 제공

출처 : 박은진 외(2010). p.9-11

### 2.2.2 경제적 효과

건축물 옥상녹화를 함으로써 얻어지는 경제적 효과로는 지상의무 조경면적을 대체하고 건물 지가를 상승시키며, 에너지 비용의 절감 및 건축물의 보호효과를 가지고 있다.

**[표 2] 옥상녹화를 통한 경제적 효과**

구 분	효 과
건물 지가 상승	건물의 외관, 이미지 향상으로 지가 상승
에너지 비용절감	토양층이 단열효과를 가지므로 냉난방 비용절감
건물 내구성 향상	산성비, 자외선 등에 의한 방수층과 벽면 열화현상 경감 토양층의 콘크리트 노화 방지

출처 : 박은진, 강규이, 남미아 (2010). p.9-11

### 2.2.3 사회적 효과

건축물 옥상녹화를 함으로써 얻어지는 사회적 효과로는 도시경관의 향상, 도시민의 휴식 공간 제공, 시민환경교육 등이 있다.

**[표 3] 옥상녹화를 통한 사회적 효과**

구 분	효 과
휴식 공간 제공	이용자에게 휴식과 교류의 공간 제공
환경교육 장소 제공	교육기관(학교, 유치원) 및 공공기관(주민센터 등)의 옥상녹화를 이용한 환경교육의 장 제공

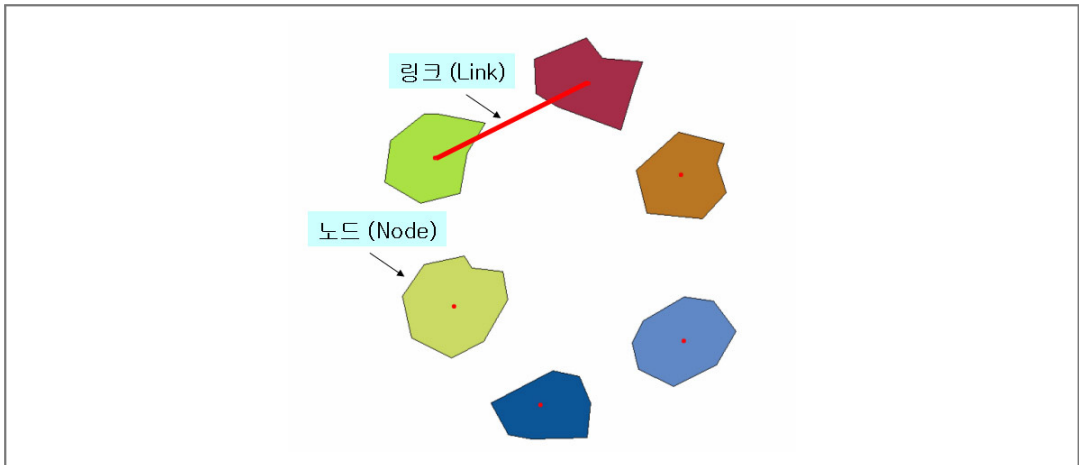
출처 : 박은진 외(2010). p.9-11

### 3. 연구의 이론적 고찰

#### 3.1 네트워크

네트워크의 사전적 의미는 “방송망. 컴퓨터의 데이터 통신 시스템에서, 컴퓨터와 단말기를 접속하기 위하여 쓰이는 기기·선로 따위로 구성되는 일체의 전송 매체” 로 되어 있으며, 경관생태학적인 의미는 “통로들이 상호 연결된 조직”(Forman, 1995: 39), 통계물리학적 의미는 “노드와 링크로 연결된 모든 것”으로 각각 정의되어 있다.

[그림 1] 링크(Link)와 노드(Node)



#### 3.2 토지 모자이크

토지 모자이크는 오직 패치-통로-기질의 세 가지 공간요소로만 구성된다고 인식되면서 패치-통로-기질 모델이 형성되었다. 모든 중점은 패치, 통로, 기질에 있으며, 이들은 모든 토지 모자이크에 공통적이다. 이 간단한 모델은 비교와 분석을 위한 수단뿐 아니라 일반적인 유형과 원리를 찾기 위한 가능성을 제공한다. 토지 모자이크는 척도에 관계없이 패치, 통로, 기질로 구성되기 때문에 이들은 모든 토지 형태의 기본적인 공간요소이다.

[표 4] 주요 용어 해설

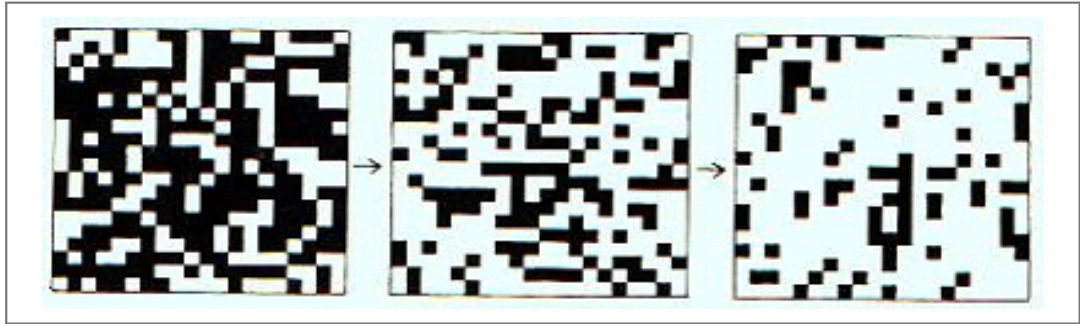
구 분	효 과
모자이크(Mosaic)	패치, 통로, 기질로 이루어진 토지형태 각 요소들은 작고 비슷한 물체의 집합
패치,조각(Patch)	주변과는 구별되며 비교적 균일하고 선형이 아닌 지역 패치지역 전체에 걸쳐 내부의 미세한 불균일성은 반복적이고 유사한 형태
통로(Corridor)	양쪽에 접하는 토지와는 다른 특정한 띠 형태의 토지 이동로, 장애물, 서식지를 포함하는 중요한 기능 보유
기질,바탕(Matrix)	토지모자이크의 배경이 되는 생태계 또는 토지이용 유형 폭넓은 지표면 피복, 높은 연결성 및 주요 조절자로서의 특성
네트워크(Network)	통로들이 상호 연결된 조직

출처 : Forman(1995). p.38-40

### 3.3 녹지 네트워크

서울과 같은 도심에서 녹지는 도시라는 커다란 ‘바탕(Matrix,기질)’에 분절된 작은 ‘조각(patch,패치)’에 불과하다. 이러한 녹지 조각들의 연결성을 ‘녹지 네트워크’라고 할 수 있다. ‘녹지 네트워크’는 인간의 휴식 공간, 새들의 이동 통로, 수목 유전정보의 이동통로 등이 될 수 있다.

[그림 2] 모자이크의 변화



출처 : Forman(1995). p.273

위의 그림에서 검은 바탕에 흰색조각들이 적을 때에는 격자를 횡단하는 경로조차 불가능하며 연결성은 매우 낮음을 알 수 있다. 하지만 흰색조각이 늘어남에 따라 통로 또한 늘어나고 연결성이 증가한다는 것을 알 수 있다. 위와 같은 그림을 우리는 위성사진에서 얻을 수 있다. 실세계 공간형성을 격자(cell)들의 집합으로 표현한 래스터(Raster)화된 자료는 토지의 최소단위가 하나의 격자로 나타나며, 흰 격자를 녹지로 생각해 볼 수 있다.

### 3.4 네트워크 연결성

네트워크의 연결성은 모든 마디가 연결되어 있는 정도를 의미한다. 이 값은 0.0에서 1.0까지 변하며 하나의 연결된 시스템을 갖기 위해 더해져야 할 연결체의 비율을 역으로 나타낸 것이다. 예를 들면, 두 개의 분리된 조각으로 떨어져 있는 네트워크 즉, 연결체 하나가 끊겨있는 네 개로 분리된 네트워크 보다는 더 잘 연결된다. 지리학에서 연결성은 '감마지수'로 나타내는데 이는 네트워크 내에 있는 실제 연결체 수를 가능 연결체 수의 최대값으로 나누어 계산한다.

네트워크 연결성을 나타내는 감마지수( $r$ )를 이용하여 연결성을 조사한다.

$$r(\text{감마지수}) = \text{연결체 수} \div \text{가능 연결체 수의 최대값} = L / 3(V-2) \quad (\text{식-1})$$

$L$ 은 연결체 수이고,  $V$ 는 마디 수이다.

### 3.5 중력모형을 이용한 녹지연결성 분석

노드간의 상호작용을 평가하는 가장 일반적인 방법은 중력모델이다. 노드간의 상호작용 레벨은 잠재적인 녹색길 링크의 중요성을 나타내는데 사용될 수 있다. 일반적으로 더 큰 크기 (또는 다른 속성의 성질), 더 가까운 거리와 더 적은 마찰도는 더 높은 레벨의 상호작용이 된다. 유효한 녹색 네트워크를 결정하는 것을 돕는 것뿐만 아니라 그럴듯하게 접근하기 쉬운 어떤 적당한 서식영역을 결정하는데도 사용된다. 간단한 형태에서 중력모델은 각각 노드  $a$ 와  $b$ 에서 다음 공식에 의해 계산된다.

$$G_{ab} = (N_a \times N_b) / (D_{ab}) \quad (\text{식-2})$$

$G_{ab}$ 는 노드  $a$ 와  $b$ 간의 상호작용이고  $N_a$ 는 노드  $a$ 의 무게,  $N_b$ 는 노드  $b$ 의 무게,  $D_{ab}$ 는 노드  $a$ ,  $b$  중점간의 거리이다.

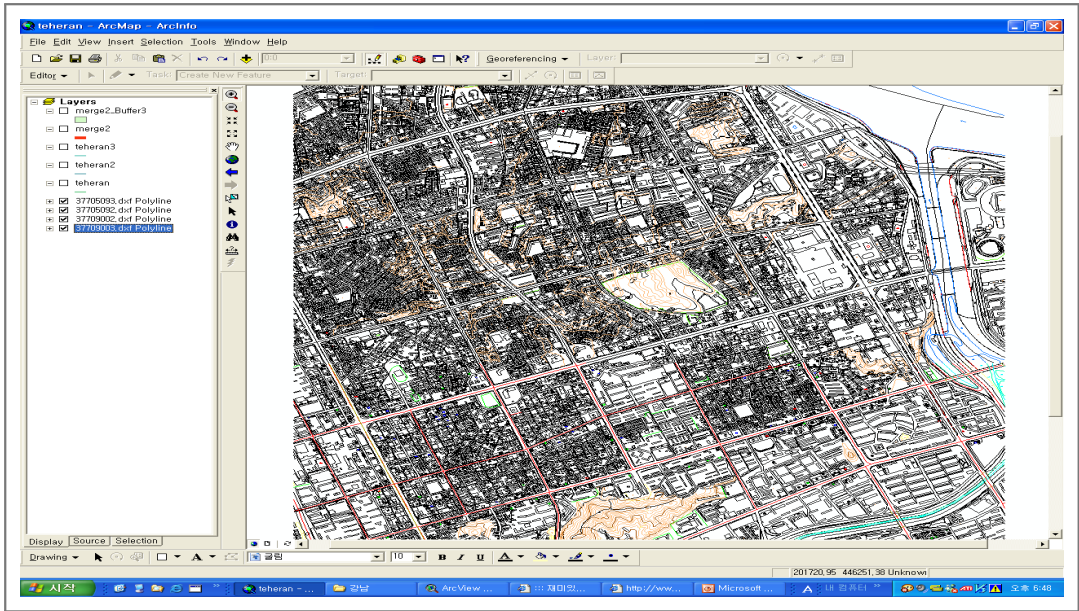
## 4. 연구방법

강남구 수치자료를 연결하여 테헤란로 일대 버퍼링을 설정하고 옥상녹화 건물 폴리곤을 설정한다. 이어서 각각의 건물간 거리를 측정하여 영향력 지수를 산출하고 나아가 건물의 수를 변경하여 측정한다. 이를 토대로 각각의 연결성 정도를 비교하여 결과를 도출한다.

### 4.1 강남구 수치자료 연결

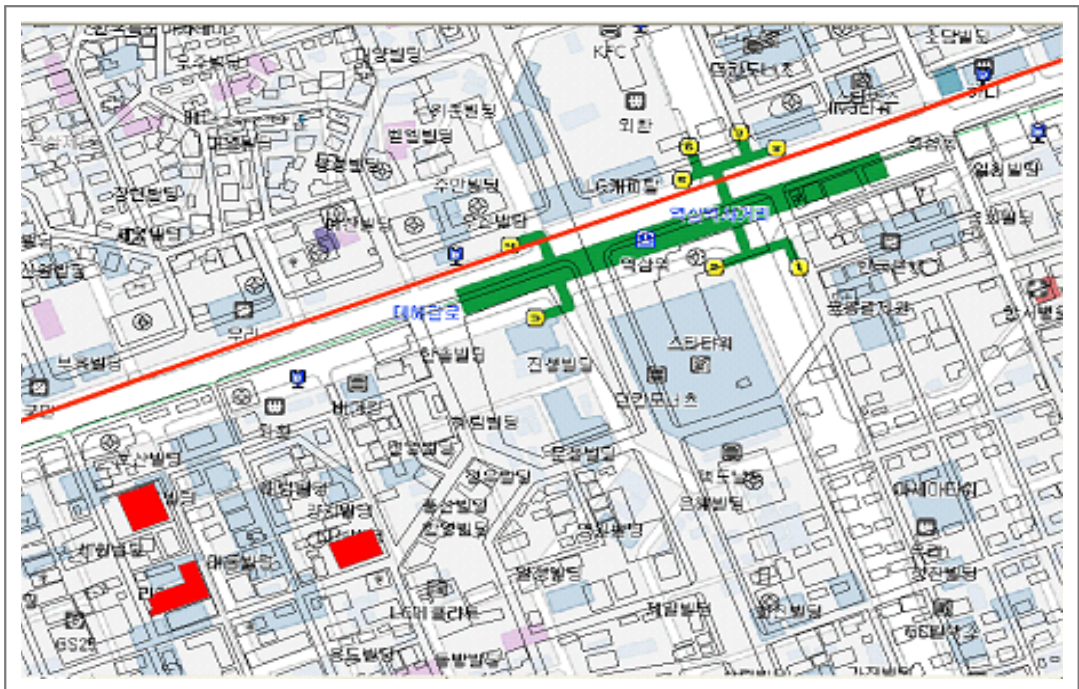
- 1) ArcGIS 프로그램을 이용하여 테헤란로 지역 (삼성 ~ 강남역) 일대의 GIS(Geographic Information System) 수치자료를 잘라 내고 이것을 하나로 연결한다.

[그림 4] 수치자료 연결



2) 이후 인터넷 지도에서 얻은 강남구 일대 건물 자료와 수치자료를 하나로 연결시킨다.

[그림 5] 수치지도와 건물지도 연결

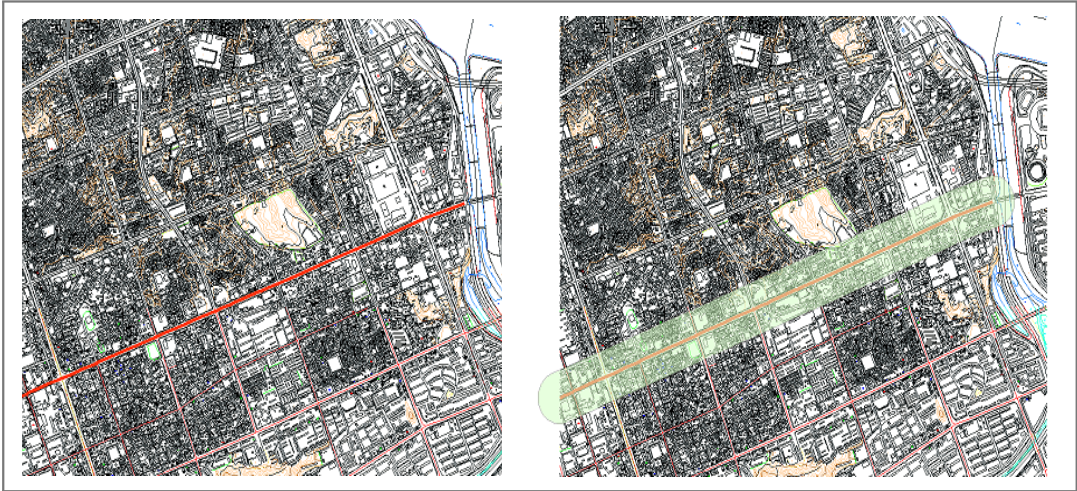




## 4.2 테헤란로 일대 버퍼링 설정

중심선 표시 후 버퍼링을 통해 테헤란로 양측으로 200미터까지의 범위를 설정한다.

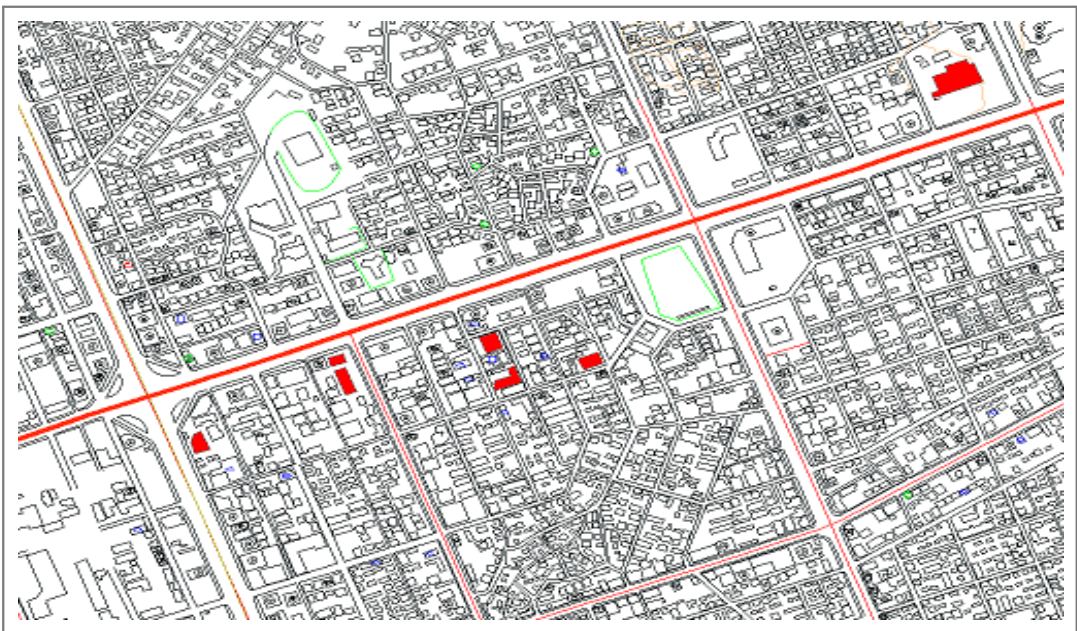
[그림 6] 버퍼링 설정



## 4.3 옥상녹화 건물 폴리곤 설정

설정 범위 지역 내의 건물의 옥상녹화 현황을 조사하여 옥상녹화된 건물 패치를 폴리곤으로 표시한다.

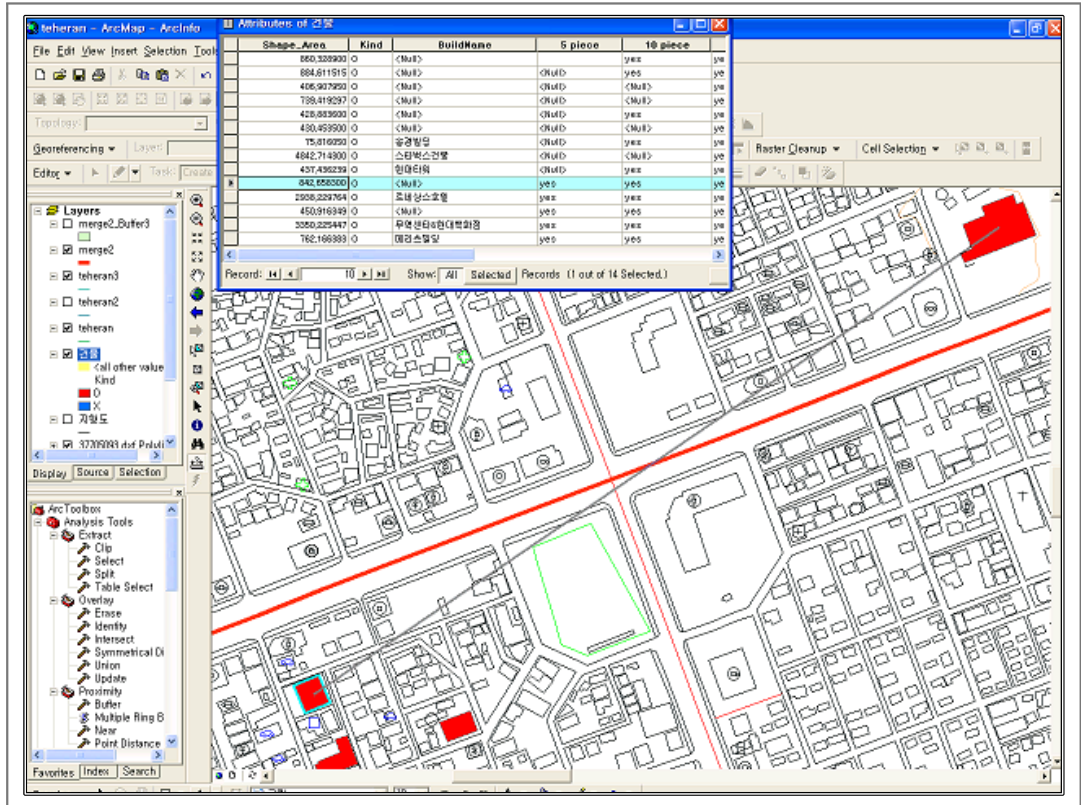
[그림 7] 폴리곤 만들기



#### 4.4 폴리곤 정보 표시 후 건물 패치 간 거리 측정

폴리곤으로 표시된 건물 패치의 이름을 적고 옥상녹화 건물 현황을 5개, 10개, 14개를 각각 순서대로 설정한 후 형성된 폴리곤의 각각의 면적과 각 폴리곤 간의 거리를 산출한다.

[그림 8] 폴리곤 정보 표시 후 건물 간 거리 측정



#### 4.5 영향력 지수 산출

테헤란로 일대 각 지역의 옥상 녹지 면적간의 영향력 지수를 산출하여 표로 정리한다.

$$R = k \times (s_1 \times s_2) / d_{12}^2 \quad (\text{식-3})$$

R은 영향력 지수, k는 상수이며  $s_1$ 은 시작점 넓이,  $s_2$ 는 끝점 넓이,  $d_{12}$ 는  $s_1$ ,  $s_2$ 사이의 거리이다. (연구목적 상 k는 1로 가정)

**[표 5] 영향력 지수 산출 표**

link	시작점	끝점	s1	s2	거리	영향력 지수
1	1	2	842.6583	2938.23	852.82	3.404258286
2	1	3	842.6583	450.9163	1234.74	0.24922778
3	1	4	842.6583	3350.225	2577.76	0.424854845
4	1	5	842.6583	762.1664	480.92	2.776870427
5	1	6	842.6583	860.3289	231.06	13.57895899
6	1	7	842.6583	884.6115	76.73	126.6116576
7	1	8	842.6583	428.8836	1038.11	0.335354542
8	1	9	842.6583	75.81605	1456.32	0.030123056
9	1	10	842.6583	437.4362	1908.83	0.101165343
10	2	3	2938.23	450.9163	427.43	7.25189879
11	2	4	2938.23	3350.225	1742.55	3.241822932
12	2	5	2938.23	762.1664	1324.85	1.275857359
13	2	6	2938.23	860.3289	1077.38	2.177772188
14	2	7	2938.23	884.6115	879.08	3.363423413
15	2	8	2938.23	428.8836	249.72	20.20777701
16	2	9	2938.23	75.81605	655.44	0.51853852
17	2	10	2938.23	437.4362	1081.95	1.097959018
18	3	4	450.9163	3350.225	1317.17	0.870735706
19	3	5	450.9163	762.1664	1739.05	0.11363749
20	3	6	450.9163	860.3289	1488.78	0.17502474
21	3	7	450.9163	884.6115	1276.52	0.244789803
22	3	8	450.9163	428.8836	234.4	3.519817992
23	3	9	450.9163	75.81605	245.78	0.565931746
24	3	10	450.9163	437.4362	653.06	0.462492371
25	4	5	3350.225	762.1664	3060.69	0.272574443
26	4	6	3350.225	860.3289	2806.87	0.365842324
27	4	7	3350.225	884.6115	2590.1	0.441767292
28	4	8	3350.225	428.8836	1534.13	0.610504891
29	4	9	3350.225	75.81605	1131.04	0.198554282
30	4	10	3350.225	437.4362	665.1	3.312950113
31	5	6	762.1664	860.3289	246.44	10.79672155
32	5	7	762.1664	884.6115	479.1	2.937311705
33	5	8	762.1664	428.8836	1510.37	0.143292192
34	5	9	762.1664	75.81605	1923.18	0.015623239
35	5	10	762.1664	437.4362	2382.88	0.058716506
36	6	7	860.3289	884.6115	247.51	12.4231463
37	6	8	860.3289	428.8836	1267.49	0.229675605

link	시작점	끝점	s1	s2	거리	영향력 지수
38	6	9	860.3289	75.81605	1683.92	0.023002909
39	6	10	860.3289	437.4362	2138.72	0.082275667
40	7	8	884.6115	428.8836	1042.49	0.349098701
41	7	9	884.6115	75.81605	1455.32	0.031666258
42	7	10	884.6115	437.4362	1920.15	0.104953526
43	8	9	428.8836	75.81605	421.07	0.183396901
44	8	10	428.8836	437.4362	876.71	0.244085667
45	9	10	75.81605	437.4362	475.81	0.146490271
Average						2.2

#### 4.6 네트워크 연결 정도 확인

네트워크 연결성을 나타내는 감마지수( $r$ )를 이용하여 연결성을 조사한다.(식-1 참조)

#### 4.7 결과 도출

현지 조사를 통해 테헤란로 일대의 옥상녹화 건물을 14개 확인하였다. 건물수가 증가하였을 때 옥상 녹화 건물간의 영향력 지수 및 연결성 지수를 비교 하였으며, 다음과 같은 결과가 나왔다.

[표 6] 영향력 지수 및 연결성 지수 산출표<sup>1)</sup>

건물 수	5개	10개	14개
영향력 지수	1.9881738	2.2	4.1
연결성 지수	44.4%	54.1%	50%

건물 수를 5개, 10개, 15개로 변화시켜 보면서 각각의 영향력 지수와 연결성 지수를 산출하였다. 어느 건물을 선택하느냐가 이 연구에 매우 중요한 부분이다. 그러나 본 연구는 그 일대에 고루 퍼져있다고 가정하는 것이 연구의 목적에 맞을 것으로 판단하여 임의로 그 옥상녹화된 건물을 설정하고 각각의 영향력 지수와 연결성 지수를 산출하였다. 영향력 지수는 건물의 개수와 비례하여 증가하였으나, 연결성 지수는 건물수가 5개에서 10개로 증가할 때는 44.4% 에서 54.1%로 9.5%p 증가하였으나 10개에서 14개로 건물수가 증가하였을 때에는 54.1%에서 50%로 오히려 4.1%p 감소하였다.

이는 다시 어느 한 지점을 기준으로 최대한 등간격 내 면적이 큰 건물들을 선정해 영향력 및 연결성 지수를 산출하는 과정에서 연결성 지수가 늘어나는 것을 볼 때, 본 연구자 임의로 건물을 산출한 오류로 발생한 결과일 것이다.

<sup>1)</sup> 영향력지수를 구할 시에 극값을 제외하여 편차 최소화. 전체적인 값보다 상대적으로 월등히 큰 값인 1160, 205, 126을 제외함으로써 편차를 줄였다.

## 5. 결론 및 고찰

지금까지 옥상녹화에 대한 개괄을 하였고 모자이크의 네트워크 연결화를 통하여 연결성 지수와 영향력 지수를 산출을 하였으며, 이를 바탕으로 테헤란로 일대의 옥상녹화 건물을 대상으로 각각 연결성 지수와 영향력 지수를 산출해 보았다. 그리고 테헤란로 일대는 지도에서 보는 바와 같이 직사각형의 지역이며 전체적으로 넓은 공간이 아니기에, 그것이 네트워크를 형성함으로써 가질 수 있는 효과에 대한 고찰이 연구에 도움이 되리라 생각하여 이 지역을 중심으로 연구를 진행하였다.

앞으로 도심의 회사 지역 일대에 옥상녹화 계획을 수립한다고 가정한다면, 전체건물을 옥상녹화 하는 것이 가장 효과가 높을 것이다. 그러나 그것은 경제적인 면에서 비효율적이며 현실성도 없다고 판단 된다. 그러므로 추후에 할당된 수의 건물만 옥상녹화를 조성할 시 가장 최적의 연결성을 가지고 최대의 효과를 내는 옥상녹화 계획을 수립하는데 효과적인 자료로 활용될 수 있도록 하는 것이 본 연구의 실효성을 높이는 길이 될 것이다.

문제점으로 부각된 것은 앞의 결과와 마찬가지로 옥상녹화 건물을 5개, 10개, 14개로 나누어서 각각의 영향력 지수를 산출하였으나 그것의 효과는 건물수의 증가와 비례하지 않는 결과였다. 이는 본 연구자가 건물을 지정할 시에 연구자 임의로 무작위 선정한 것이 그 이유일 것이다. 이를테면 옥상녹화 건물을 10개 선정할 시에는 전체적으로 가까운 거리에 있는 건물들을 선정하여 지수를 산출하였고, 14개의 경우는 10개의 경우와는 달리 건물간의 거리가 전체적으로 멀게 되어 오히려 건물수가 증가함에도 불구하고 평균적인 연결성 지수가 감소하였다. 그러나 이 결과는 수치상으로는 증명을 하지 못하였으나, 오히려 역으로 옥상녹화 시 건물의 수보다 건물간의 위치나 면적이 그것의 연결성을 좌우 한다는 사실을 증명한다고 할 수 있을 것이다.

또한 두 번째 문제점으로는 테헤란로와 같은 직사각형의 협소한 지역에서의 녹지 네트워크를 형성함으로써 가질 수 있는 효과에 대한 의문과 연결성 지수의 정확한 기준이었다. 최적의 효과를 내기 위하여 앞으로 어느 건물에 옥상녹화를 하여야 연결성 지수를 높일 수 있으며, 또한 얼마의 기준을 가지고 그 이상의 연결성 지수를 이뤄내야 할지에 대한 제시는 이 연구만으로는 부족하다고 볼 수 있겠다.

다만 계획적인 녹지 조성이 아니라 각 기업별로 취향 및 경제적 여건에 따라 조성된 것으로 보이는 현 테헤란로 일대의 옥상녹화의 경우에는 영향력 및 연결성 지수가 불량할 수 있다는 판단은 내릴 수 있다. 그리고 영향력 지수 및 연결성 지수의 건물 수 증가에 따른 변화로 보아, 옥상녹화 건물 개수는 많을수록 좋다는 결론도 내릴 수 있을 것으로 사료된다.

이러한 결론은 나아가 국가정책예산으로 일정한 공공기관에서 옥상녹화 사업을 시행하는 계획에서 활용가능 할 것이다. 계획을 세워 예산에 맞추어 건물 수를 제한했을 시에 지정된 구역을 건물 수만큼 분할 한 뒤, 즉 건물간의 거리의 편차를 줄이고 일정간격으로 건물을 분포시킨 뒤 가능한 면적이 넓은 옥상면적을 가진 건물을 녹화 시키는 것이 가장 효율적으로 그 지역을 녹화시키는 방법일 것이다.

## 참고문헌

- 김귀곤, 최희선, 홍수영. 2004. "도시생태네트워크 측면에서의 옥상녹화 입지를 위한 목표종 선정에 관한 연구." 『한국조경학회지』 32(3) : 18-21.
- 반영운, 정지형, 우혜미, 백종인. 2009. "GIS를 활용한 청주시 생활권 생태네트워크 구축 방안." 『한국환경복원기술학회지』 12(4) : 1-10.
- 박은진, 강규이, 남미아. 2010. "도시열섬 완화를 위한 옥상녹화 활성화 방안." 『정책연구』 2010-25 : 1-172.
- 송원경, 김은영, 이동근. 2012. "이질적 경관에서의 연결성 측정:리뷰 및 적용." 『환경영향평가』 21(3) : 391-407.
- 안동만, 김명수. 2003. "환경친화적인 도시공원녹지계획 연구-생물서식처 연결성 향상을 위한 서울시 녹지조성 방안을 중심으로-." 『한국조경학회지』: 31(1) : 34-41.
- 오규식, 김희주. 2003. "도시생태공간의 안정성 추구를 위한 경관조각 네트워크." 『한국조경학회지 춘계학술논문발표회 논문집』: 49-52.
- 이동근, 김명수, 구분학, 김경훈, 김동성, 나정화, 윤소원, 이명우, 전성우, 정홍락, 조경두, 제종길, 홍선기. 2004. 『경관생태학』. 보문당.
- 이은희. 2000. "녹색 도시공간을 위한 방안으로서의 건축물녹화." 『K티환경정보지』 6 : 2-6.
- 한국인공지반녹화협회 [www.ecoearth.or.kr](http://www.ecoearth.or.kr)
- Forman R.T.T and M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons:New York, NY.
- Forman R.T.T. 1995. *Land Mosaics : the Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University press:Cambridge, U.K.
- \_\_\_\_\_. 2000. 『토지 모자이크』. 성균관대학교 출판사.



# 러시아의 신뢰성과 우크라이나 가스잠금사태

이민하 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정

## *Is Russia's Gas Cut to Ukraine a Sign of Unreliability?*

Minha Lee | Ph.D Student, Green School, Korea University

### 초록

The concept of energy security listed itself at the top of political agenda once more due to the ongoing chain of events among the European Union (EU), Ukraine and Russia over the natural gas trade. As such tension is destructive for all – it is questionable whether the EU can find alternative gas that is as cheap as Russian while the national economic stability is at the stake for Russia and Ukraine – the logic behind Russian authorities and Gazprom in repeated gas cut to Ukraine is worthy of research. Three main groups of studies include Blamaceda, who argues that the Russian leadership resorted to “energy weapon,” Stern, who directly rejects the geopolitical motivation and emphasizes economic drive involved, and Guillet, who focuses on the urgent needs for internal unity in both Russia and neighboring CIS countries. This paper, however, presents 9 reasons to illustrate how Russia employing energy as a political weapon, either domestically or internationally, is unlikely. While supporting the view that the gas cut in 2009 was economically-driven strategy in general, this paper suggests politically motivated responses from the EU (and the US) has complicated the situation further and pressed Russia, a novice in the market economy, into extreme choices.

## 1. Introduction

The Royal Navy's transition from coal to oil is one of the most historic decisions made by Winston Churchill as First Lord of the Admiralty between 1911 and 1915. The choice was made for the military superiority against its German counterpart, in spite of expected insecurity arising from international oil supply in comparison to traditional reliance on coal from Wales.<sup>1</sup> Churchill made it clear that such transition can only succeed under premise of ‘safety and certainty in oil supply’ in his note to then-former

<sup>1</sup> Churchill was fully aware of the risks he was taking in this conversion: To build any large additional number of oil-burning ships meant basing our naval supremacy upon oil. But oil was not found in appreciable quantities in our islands. If we required it we must carry it by sea in peace or war from distant countries. We had, on the other hand, the finest supply of the best steam coal in the world, safe in our mines under our own land. To commit the Navy irrevocably to oil was indeed to take arms against a sea of troubles. Yet, he pursued the conversion because he believed that the gains outweighed risks – and many account this decision to have led final German surrender in 1918.

First Sea Lord Admiral Jackie Fisher: “You have got to find the oil; to show how it can be stored cheaply; how it can be purchased regularly and cheaply in peace, and with *absolute certainty* during war.” Admiral Fisher responded to Churchill by leading the newly created Royal Commission on Oil Supply through which the British government acquired a 51% stake in the Anglo-Persian Oil Company, appointed two directors to its board, and negotiated a clandestine contract to provide the Admiralty with a 20-year supply of oil under attractive terms. With oil-powered battleship of the Royal Navy, the Britain contributed significantly to the surrender of Germany in 1918 and led the Western world’s quick transition to oil. In only a few decades, the dependency on oil became so evident in industrialized world that oil emerged as a new weapon: the United States pressed Japan through oil embargo in 1941 to end the Second World War, and the Arab nations managed to damage the whole world economy with two Oil Shocks in 1973 and 1979.

Since then, energy went beyond economic sphere and placed itself at the top of political agenda as one of few items that can cause mega-chaos with just a temporal cut and without which a nation can no longer survive. Simultaneously, the concept of *energy security*, “to prioritize assurance of adequate, reliable supplies of energy at reasonable prices and in ways that do not jeopardize major national values and objectives,” emerged in the industrialized world at both the national and international level. The term further evolved with the transformation of the world’s energy regime: the growing dominance of non-renewable fossil fuels(mainly oil and gas), the liberalization of energy markets, the development of nuclear energy, the escalating energy demands in developing countries, and the impacts of political instability and large-scale natural events. Today, the term is multifaceted to denote differently for each country in their unique situation amid three major stances(buyer, supplier, and transit nation). For example, the US focus on the reduction of vulnerability to political extortion, while a self-sufficient country like Brazil emphasizes the shift away from renewable energy to promote energy security; some emphasize the importance of protecting domestic economy against disruptions of energy service supplies, and others concern with the protection of the poor against commodity price volatility.

The European Union, whose total import bill for energy exceeded €1 billion per day in 2014 to cover 53% of its total energy consumption including crude oil(90% import dependency) and natural gas(66% import dependency), clearly is not an exception. The EU designed its energy policy as a consumer to address three objectives of economic



competitiveness, *security of supply* and environmental sustainability. The emphasis, which had been on the environmental sustainability since 1990s, has recently shifted towards economic competitiveness and security of supply. This is greatly owing to:

1) the Global Financial Crisis of 2008, which resulted in the decline of the indigenous oil and gas production and refining capacity faster than the fall in energy demand;

2) complicating global energy development, including sharply increasing energy demand in developing countries, the turmoil in North Africa, Middle East and Ukraine, the surge of unconventional oil and gas production in North America, abundant and cheap international coal supplies, the nuclear accident in Fukushima Daiichi, and advancement of the global liquefied natural gas(LNG) market; and

3) the supply risks posed by ongoing Russia-Ukraine conflicts, which had already resulted in severe energy shortage in member countries in 2006, 2009 and 2014.

On the other hand, Russia, who holds the world's largest proven reserves of natural gas and continually alternates with Saudi Arabia as the top oil producer, is also concerned with energy security. The objectives of Russia's energy security, however, differ from that of the EU: energy security corresponds to national security as the energy sector serves as one of the pillars of national stabilization and international positioning: the energy industry accounts more than 25% of gross domestic product(GDP), 70% of export revenue and 25% of total investment in 2014. Traditionally, Russia had enjoyed their absolute supplier power by fully taking advantage of essentiality and transport difficulty of energy resources. Especially during the Cold War, Russia employed energy to undercut Western regimes and strengthen its position in its own periphery by maintaining the price lower than the international market and subsidizing political 'friend nations.' Today, Russia has become a single largest energy supplier for Europe(39% of gas, 29% of coal and 34% of crude oil imports for EU-28 in 2013).

Besides, the natural gas trade between Russia and the EU involves a number of transit nations for its physical characteristics of delivery through pipeline. Considering the large capital and long building period required for pipelines, the transit nations predictably gained the 'controlling power' over the gas delivery from the supplier to buyer. Especially upon the dissolution of former Soviet Union, the energy transit became a critical issue in ensuring energy security at both ends.<sup>2</sup> For that matter, one of the first actions made

<sup>2</sup> During the 2009 Russia-Ukraine crisis, Gazprom replaced up to half of the resulting gas shortage to Poland, Germany and Czech Republic by increasing supply via the Yamal pipeline passing through Belarus.

by the West was to draft Energy Charter Treaty, finally signed in 1994, to facilitate trade and cooperation in energy sector between Europe and the former Soviet Union by setting out a sectoral legal framework in the areas of investment, trade, transit, competition and environmental concerns. Jenkins(1996) emphasized that “it is not an exaggeration to say that the success of all Western oil and gas investment in the former Soviet Union effectively hangs on the reliable provision of economically viable transit routes from the point of production to hard currency market,” since “the transit laws remain largely non-existent or immature while the potential transit routes cross hostile terrain” as Walde and Andrews-Speed(1996) explained. Accounting the vulnerable industry structure of Russian energy sector, such high transit risk always had been of the major concern that Russian authorities yearned for the stake over the transit operator in the major transit nations: namely, Belarus and Ukraine.

Moreover, the complication of the industry and advancement of technology has slowly enhanced the buyers’ position in the energy market globally. It is particularly the case for the EU against Russia in energy trade as it has become the only commercial consumer to Gazprom(the state-owned Russian gas group). The EU contributed 59% of Gazprom revenue for 22% gas volume share; whereas domestic market only turned to profit in 2009 and the Commonwealth of Independent States(CIS) market still remains at the margin due to long history of discounts and subsidies. Fully acknowledging this status, the EU not only has declared its intention to rearrange its energy mix should Russia adhere to the supplier power at unacceptable level, but also implemented various economic and political sanctions, aligned with the US, as the retaliation against Russia annexation of Crimea.

While Russia emphasized its plan to diversify customer portfolio, in response,<sup>3</sup> this ongoing chain of events between the EU and Russia is undesirable for both. On the EU’s side, finding alternative gas that is as cheap and as transportable as Russian is still questionable(a replacement of coal and oil is relatively doable) considering high price of Liquefied natural gas(LNG) and heavy investment required for new pipelines. For Russia, on the other hand, seeking for new partner to replace the role of the EU in its energy industry under such pressurized conditions diminishes its supplier power and present

<sup>3</sup> Russian government newsroom on *Meeting to discuss draft Russia’s energy strategy until 2035* published on March 18, 2015 [<http://government.ru/en/news/17269/>]. Russia presented its draft of new energy strategy to 2035, of which overarching aim is to uphold its leading position in global energy production, with heavy emphasis on the *diversifying customer portfolio* to include fast-growing Asia-Pacific market, measures to make energy production a modern, efficient and safe industry, and decision to be taken in the sphere of tariffs, taxes and investments.

high risk of cheap bargain(as has been the case in recent Sino-Russian gas and oil cooperation).

Under these circumstances, the logic behind Russian authorities and Gazprom in cutting gas to Ukraine in 2009, which led to ongoing military conflict between Russia and Ukraine, despite of the lessons learnt in 2006 is worthy of research. This paper attempts to thoroughly analyze the circumstances that led Russia to execute hard action on Ukraine at the expense of long-term interdependent relations with the EU to understand motivations, or incentives, behind the scene. From this, the paper will draw conclusion whether Russia indeed has become an unreliable supplier. In the following section, the key events that resulted in today's EU-Ukraine-Russia gas trade relations will briefly illustrated. In the literature review section, a number of previous studies will be introduced to build up to the analyses covering the issue and close with conclusion.

---

## 2. Literature Review

As this complex and delicate situation continues for a decade, much scholarly research has focused on the analysis of the possible motivations behind each actor: some emphasize geopolitical - possibly an extension of Cold War - aspects, while others say it was economically-driven strategy, and third group points at the internal power struggle and effort to establish domestic stability in Russia and neighboring CIS countries since the fall of Soviet Union.

Among those who highlighted geopolitical aspect of current Russia-Ukraine-EU conflict, some scholars argued that the Russian leadership resorted to using Russia's vast energy resources in order to put pressure on political opponents in the former Soviet Union. Balmaceda(2008), for instance, stressed that the Russian government was 'using energy dependencies in order to pressure former Soviet republics into not pursuing "too close" relations with the West and into agreeing to Russian-led integration initiatives and otherwise following policies considered desirable by the Russian leadership.' This group of scholars, while acknowledging interdependence nature of Russia-EU gas relation, views Russia to still hold substantial leverage over the EU. Baran(2007) and Monaghan(2007), to name a few, argue that Russian authority is employing energy 'to obtain economic and political gains,' and can be interpreted as an indication of the

Kremlin's intentions to turn Russia into an energy superpower.

In this regard, this group of scholars, including Smith(2006), unflinchingly accused Russia's action to be unacceptable and portrayed Ukraine a victim of the Kremlin's aggression. Thus, this group generally supports current Russia-hostile intervention from the EU(and the US). Andres and Kofman(2011), in particular, presented two major supportive reasons: firstly, it is a simple fact that Europe suffers when negotiation fails between Russia and Ukraine. On this front, as Marsh(2008) points out, the emphasis of Russian authority on their willingness to defend the country's national interests, and, particularly, a far more proactive policy in the states of the former Soviet Union, fosters growing concerns over the future of its relations with the EU, not Ukraine. Secondly, the intended solution of Russia - increasing its control over gas transit infrastructure in Ukraine - connects Europe directly to Russia, which, in turn, will increase Russia's control on European energy system to impair its vulnerability further.

On the other hand, scholars including Rutland(2008) and Goldthau(2008) argue that the vision of Russia becoming an energy superpower 'exaggerates Russia's ability to use oil and gas "weapons" to augment Russian influence over its neighborhood and on the world stage.' Stern(2006) and Trenin(2007) also deny geopolitical motivation and suggest genuine economic drive behind the hard line against Ukraine. A former high-ranking British diplomat interviewed in Feklyunina(2012) also stressed that Russia's decision to raise the price for Ukraine, which initiated this long lasting conflict, was economically rational conclusion, only that "the way they did it got them the worst publicity they could think of."<sup>4</sup>

Lastly, the third group, where Guillet(2007) belongs, points to the urgent needs to establish internal unity in both Russia and neighboring CIS countries since the fall of Soviet Union rather than the potential of energy as a weapon in international politics. This group highlights that Russian political elites have considered energy trade as one of the most effective ways to recover from political chaos, economic hardship and vanished international presence: the *Energy Strategy of the Russian Federation for the Period until 2020* (adopted in 2003) articulates that vast energy resources were 'an instrument of domestic and foreign policy.'

Having summarized existing various opinions on possible motivation behind Russia's hard line against Ukraine, following section will present arguments to illustrate how

<sup>4</sup> Anonymous interview with a former high-ranking British diplomat by Feklyunina in London on December 14, 2006.

Russia employing energy as a political weapon, either domestically or internationally, is unlikely. While supporting the view that the gas cut in 2009 was economically-driven strategy in general, this paper suggests politically motivated responses from the EU (and the US) has complicated the situation further and pressed Russia, a novice in the market economy, into extreme choices.

---

### 3. Tension Building and Russia's Choice

#### 3.1 EU-Ukraine-Russia Gas Relations

Back in July 2006, Claude Mandil, the then Executive Director of the International Energy Agency (IEA) commented that "Russia has been a reliable supplier of oil and especially of gas over decades through politically turbulent times." This note was taken without any surprise as Kremlin earned the title through the chilliest days of the Cold War. For example, West Germany got half of its natural gas from Russia, via "Brotherhood" and "Soyuz(union)" pipelines, even before the fall of the Berlin Wall. Appropriately, tied with Kremlin's strategic prioritization to supply energy to its former allies of the Warsaw Pact, Russia has long been the largest energy supplier to Europe with 39% share in natural gas alone in 2013.

[Table 1] Top 5 Natural Gas Suppliers to EU-28

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Russia	39.3	38.7	37.6	33.0	29.5	31.5	32.0	39.0
Norway	25.9	28.1	28.4	29.3	27.5	27.4	31.2	29.5
Algeria	16.3	15.3	14.7	14.2	14.0	13.0	13.6	12.8
Qatar	1.8	2.2	2.3	5.5	9.7	11.0	8.5	6.7
Nigeria	4.3	4.6	4.0	2.4	4.1	4.3	3.6	1.8
TOTAL	87.6	88.9	87.0	84.4	84.8	87.2	88.9	89.8
Import Dependency (%)	60.3	59.5	61.7	63.4	62.2	67.1	65.8	65.3

Source: Eurostat(2014).(online data codes: nrg\_122a, nrg\_123a and nrg\_124a)

Not long after, in January 2009, IEA downgraded Russia's credibility as a gas supplier saying that "Russia has cut off its status as being a reliable gas supplier to Europe. The Russia-Ukrainian gas crisis is another wake up call to European Union (EU) countries to restructure their energy issues." It was outcry of the thin layer of trust, what was left from completely unexpected turn down experience of 2006, being blown yet again amid subzero temperatures in many parts of Europe.

[Table 2] Share of Russian Natural Gas Import in EU-28 in comparison to Norway

	Norway*	Russia*	Russian Share**		Norway*	Russia*	Russian Share**
Austria	16.1	55.8	75-100	Italy	27.5	254.0	25-50
Belgium	71.4	2.0	0-25	Latvia	0	15.0	75-100
Bulgaria	0	27.0	75-100	Lithuania	0	28.0	75-100
Croatia	0	0	0-25	Luxembourg	7.4	2.9	0-25
Cyprus	0	0	0-25	Malta	0	0	0-25
Czech Republic	9.9	55.7	75-100	Netherlands	168.9	22.1	0-25
Denmark	4.2	0	0-25	Poland	0	102.3	75-100
Estonia	0	7.0	75-100	Portugal	2.8	0	0-25
Finland	0	36.8	75-100	Romania	0	20.3	75-100
France	191.8	90.0	0-25	Slovakia	0	58.3	75-100
Germany	225.0	436.0	25-50	Slovenia	0	5.5	75-100
Greece	0	27.6	50-75	Spain	13.4	0	0-25
Hungary	0	86.0	75-100	Sweden	1.1	0	0-25
Ireland	0	0	0-25	UK	306.6	0	0-25

\* Units: terawatt hour (gross calorific value) best estimates as of Dec. 2014; \*\* Units: percentage in May 2014

Source: Eurogas Statistical Report(2014); Eurostat Trade in Energy Products(2014)

**[Table 3]** Russia's Major Western Natural Gas Pipelines

Name	Transit	Capacity*	Length**	Origin	Destination	Date
Soyuz	Ukraine	0.6	1,600	Central Asia	Western Russia, Central and Northern Europe	Soviet era (1978)
Brotherhood	Ukraine	2.9	2,800+	West Siberian Urengoy field	Northern and Southern Europe	Soviet era (1984)
Northern Lights	Belarus	0.5	4,500	West Siberian Urengoy field	Poland, Lithuania in parallel to Yamal-Europe	Soviet era (1985)
Yamal-Europe	Belarus	1.2	1,000+	West Siberian Urengoy field	Poland, Germany, Northern Europe	1999
Blue Stream	Black Sea	0.6	750	West Siberian Urengoy field	Turkey	2003
Nord Stream	Baltic Sea	1.9	760	West Siberian Urengoy field	Germany, Northern Europe	2011
Bovanenkovo-Ukhta, Ukhta-Torzhok		1.2	2,400+	Bovanenkovo and Yamal field	Central Russia	1st string since 2012; 2nd by 2016
Southern Corridor lines	Black Sea	2.2	West 550; East 1,000	West Siberian Urengoy field	Turkey and Europe via Turkish Stream	Construction since 2012
Turkish Stream	Turkey	2.5	1,000+	West Siberian Urengoy field	Southeast Europe	Planning
South Stream	Black Sea	2.2	560 (offshore)	West Siberian Urengoy field	Southeast Europe	Replaced with Turkish Stream

\* Units: trillion cubic feet per year; \*\* Units: miles

Source: US EIA; Russian government; European Commission

The situation was on repetition of 2006: Ukraine's company Naftogaz Ukrainy failed to clear its debt to Gazprom in the last months of 2008. On failure to reach an agreement on 2009 gas prices and transit tariff between Russia and Ukraine, Russia's exports to Ukraine were cut on January 1, 2009 without any change in gas to Europe. Gazprom was, then, reported of siphoning off gas from the pipe connected to Europe, which significantly reduced gas exports to 16 member states and Moldova by January 6. Moreover, not only that simultaneous accusation and efforts to pacify Ukraine yielded no fruits but worsened, when Gazprom learnt that Ukraine had blocked pipeline to the EU altogether, Russia's gas export was halted altogether. The gas flow to Ukraine and Europe finally resumed on the on January 20, reaching normal levels on January 22, as a 10-year supply and transit contract between Moscow and Kyiv was signed, under mediation of the EU, on January 19. In consequence of this ongoing Russia-Ukraine conflict made the prospect of another Gazprom shutoff an annual event for European consumers.<sup>5</sup>

[Figure 1] Russian gas pipeline to Europe



Source: Financial Times(2014)

Despite of Russian authorities' strong assert that the series of incidents in question are, in principle, bilateral disputes between Russia and Ukraine, and, thus, the Russia-EU gas relation should be inert to consequences; the EU members are pressed to find a way-out from this unwarranted chain reactions for the consequent devastating damage. This intertwined EU-Ukraine-Russia relation went beyond question of energy security when the Russian Federation annexed Crimea. As Russia declined the EU's call to immediate withdrawal of Russian armed forces to the areas of their permanent stationing, in accordance with the Agreement on the Status and Conditions of the Black Sea Fleet stationing on the territory of Ukraine of 1997, the EU has imposed the first travel bans and asset freezes against Russian and Ukrainian officials on March 17, 2014. The situation further worsened when the Minsk Protocol of September 2014 collapsed in January 2015. Although the leaders of Ukraine, Russia, France and Germany agreed to a package of measures to alleviate the ongoing war in the Donbass region of Ukraine on 11 February 2015, the EU decided to align the existing sanctions regime to the complete

<sup>5</sup> There had been good sets of indicators pointing to potential crisis early in 2010, but was averted via a Russia-Ukraine deal reached with great difficulty. The latest gas cut to Ukraine in June 2014 was practiced amid military conflict between two nations: although the incident fell short of disrupting the EU energy system, it was enough to heighten anxiety in the region.



implementation - hence, most of the sanctions are to last until 2016(the longest is the EU restrictive measures in response to the illegal annexation of Crimea and Sevastopol which is extended until June 23, 2016). In addition to direct measures imposed to pressure Russia, the EU made a clear signaling that it will turn to Iran as an alternative to Russian gas as soon as it becomes available. The Bloomberg news on December 2, 2014, summarized the situation quoting Fyodor Lukyanov, the head of the Moscow-based Council on Foreign and Defense Policy; "Europe for some years has seen Russia not as a source of energy security, but as a *source of energy risk*."

This unfortunate development of Russia-Ukraine conflicts has damaged long-lasting energy cooperative relation between the EU and Russia, which always had been simply: Europe's cash(sale revenue plus investment capital required in energy industry development) in return for Russia's oil and gas.

### 3.2 Russia as a Rational Player

Indeed the second gas cut from Russia in 2009 shocked the world as the EU had its damages widely known and had made it clear that the EU will not tolerate reoccurrence. When focused on the highlighted damages caused to a number of European countries who have been paying gas bill regularly especially in preparation for the subzero temperature, it is natural to accuse Russia for being unreliable supplier and untrustworthy nation craving to become superpower once more or just being evil.

Going back few months to have a close review on the development of crisis as an observer, however, may lead to a different conclusion. First of all, the gas cut in 2009 was not an abrupt event as many might have thought. Russian authorities executed intensive information campaign warning the EU of the likelihood of conflict. As the dates approached, Alexander Medvedev, Deputy Chairman of Gazprom and Director General of Gazprom Export, visited Brussels and a number of national capitals in the EU for consultations about the developments of Moscow's negotiations with Kyiv regarding Ukraine's debt and difficulties in Gazprom's negotiations with Naftogaz. The official documents made accessible on GazpromUkraineFacts.com dating back to November 2008 were one of ways Russia employed to reach out for help from the international society, mainly the EU. This few months prior notice is critical as it gave opportunity to the European leaders: one, they could have planned emergency package in case of gas shortage, and/or two, they could have played an active role in shaping Russia-Ukraine

negotiation before arriving at the extreme end.

Secondly, what was not as well known as gas leakage in Ukraine was the fact that Gazprom had increased supply through alternative routes, including Blue Stream towards Turkey and gas transport system through Belarus, as well as buying more gas at the spot market to meet the urgent needs in Bulgaria, Moldova and Slovakia since they first became aware of the ‘gas thefts’ in Ukraine. Perhaps more importantly, Gazprom had resumed gas supply to Europe on January 13, which never reached its destination being blocked in Ukraine. Although these facts were included in the article Alexander Medvedev published on the Wall Street Journal on January 16, 2009, urging the Ukrainian to come to its senses, the public attention remained at the resulting gas cut in Europe. Such open pledge is also important, as much as Gazprom’s various attempts to minimize the damage caused to its European consumers, as it signals against suspected craving for superpower.

Instead, such open pledge should be understood along the same line as the fact that the non-Ukraine-transit-pipelines have never been tapped off. As previously mentioned, Russia rejected the idea of employing energy as a weapon even during the Cold War to build good business relationship with the European counterparts. Kremlin is fully aware of the significance of European financial input in maintaining market leadership in energy industry and, thus, domestic stability through secured steady revenue inflow. In this light, it is very unlikely that Kremlin would choose to risk the hard earned domestic stability over price dispute against Ukraine. It is worth noting that Russia has never cut gas or raise price in short notice to paying customers – which is the major difference from how the Middle East oil producing countries used ‘oil as political weapon’ during the First and Second Oil Shock in 1973 and 1979.

Furthermore, one fact that cannot be overlooked is that, while the EU is dependent on Russian energy supplies, Russia is more dependent on the EU for its government revenue flow as Laurent Ruseckas, a senior associate at HIS CERA, emphasized. It is also true that Russian siloviki (officials from the security sector) have always called this an “asymmetric interdependency,” insisting that “Russia can live at least one year without any European/Western investments and technologies, while Europe cannot survive even 30 days without Russian gas.”<sup>6</sup> If the Russian leaders dared to ‘play with gas solely

<sup>6</sup> NATO Review Magazine on “Russian-Ukraine-EU gas conflict: who stands to lose most?” released in 2014 available at [<http://www.nato.int/docu/review/2014/nato-energy-security-running-on-empty/Ukrainian-conflict-Russia-annexation-of-Crimea/EN/index.htm>]

politically’ on the basis of such arrogant approach by siloviki(that the EU is incapable of retaliation for the sake of national energy stability), Kremlin should have learnt better that it was a simple miscalculation and, hence backed down when the EU imposed a series of economic sanctions.<sup>7</sup> The economic sanctions tied with the timely price collapse in the commodity market(especially oil and natural gas) is hurting Russian economy badly enough that the national economy has entered a serious recession – deeper than the world average – already.<sup>8</sup>

Besides, Ukraine should have anticipated gas price rise when it demanded for “European” level of gas transit tariffs to be paid in dollars back in March/April 2005. Especially tied with Ukraine’s political intention to move towards the West, it was logical choice for Russia to call for “market price” of between \$160-300/mcm in 2006(e.g. \$290 for Germany), rather than the traditionally subsidized price for political allies at the range of \$40-80/mcm(e.g. \$46 for Belarus). In Putin’s own words, “Everyone should understand that these are, above all, our national resources, and should not start looking at them as their own. But at the same time, we have always behaved responsibly with regard to these resources and we will continue to do so. The rules must be fair and they must take into consideration of all the different aspects of energy security. This covers energy production, transportation and also consumption. The principle is that energy security means not just security for the consumers but also for the producers.”

While some view Russia’s claim for the stake over transit facility as aggression against energy-poor Ukraine and Belarus, it must be assessed in light of the complication arose from the dissolution of the Soviet Union. The pipeline in dispute today originated in the Soviet era meaning that the whole system had belonged to Kremlin for its internal use (distribution among Soviet states) as well as gas export to Europe. The collapse of the Soviet Union, thus, cased economic hardship, a vicious cycle of non-payment of debt for Russian gas leading up to constant haggling over debt settlement, prices and transit fees, between Russia and the newly independent states, namely Ukraine and Belarus. The dispute began as early as 1992, and, while continuous negotiation with the transit

<sup>7</sup> The downing of a Malaysia Airlines in July 2014 had successfully united the EU nations, including Germany and others who were initially reluctant to the sanction packages posed by the US, into a stronger economic sanction against Russia

<sup>8</sup> Having had the ban for more than a year, some very powerful entities, such as Shell, E.ON and Austria’s OMV Group, are slipping away from the sanction to sign a memorandum last June 2015 for a joint venture deal involving a new pipeline that will hopefully one day have the capacity to ship 55 billion cubic meters to Europe each year (that is more than the existing Nord Stream). Although this kind of action provides positive signaling to Russia, it is still a long-term planning that it is ineffective to immediate nullifying of the effects of sanction.

nations, Russia persistently worked to diversify its gas export routes to Europe to escape these bottlenecks(the Blue Stream to Turkey in 2003, the Nord stream under Baltic Sea to Germany in 2011).<sup>9</sup> As the result, Russia's Ukraine-dependency in gas export declined dramatically from 93% in 2000 to 49% in January, 2014. Despite of such changes in the circumstances, Ukrainians were fixed on the idea of having a transit monopoly along with cheap gas(in spite of its political diversion), that Ukraine escalated the tension to the extreme end by rejecting all negotiable options Russia once suggested. Under these circumstances, Russia's claim for the stake over transit facility may be a mean to end the unproductive dispute against Ukraine, especially with no help from the EU-side in building new pipelines circumventing Ukraine(e.g. South Stream), rather than aggression of Russia using energy as a political weapon.

Moreover, aforementioned frequent suspicion raised against Gazprom proposed pipeline projects, such as the Nord Stream and South Stream can be interpreted as lack of trust on the EU's side. Baran(2008), for instance, insisted to drop the project arguing that 'South Stream does not enhance European energy security'; instead, it increases Russian influence over Europe, creating vulnerability for member states in taking decisions on issues relevant to the Kremlin. Milov(2008) pointed that the world collectively have underachieved in building greater trust and cooperation among Europe, Russia and the US despite many accomplishments over the 20 years since the collapse of the Berlin Wall. He further highlighted the urgent need to "increase the level of trust and cooperation among the transatlantic allies and Russia and that this cooperation must rest on a firm economic and political grounding" as the lack of political trust invites various kinds of conflicts, including the EU-Ukraine-Russia gas crises.

On the other hand, the recent rapid development of Sino-Russia cooperation in energy sector further denotes Russia's economically driven energy policy. Should Russia has been employing energy as a political tool, China, the strongest rival for G2 position if Russia's ultimate goal is to regain its superpower status from the Cold War era, would not have been Russia's choice to escape from strangling relations with the EU. The structure of the two major energy deals undoubtedly made China the biggest beneficiary of the Ukraine crises(the energy price under these two deals are explored to be well below global market price) that such move has no way to assist Russia's becoming superpower in world politics.

<sup>9</sup> Gazprom acquired 50% stake in the Belarusian gas pipeline operator Beltransgaz for 2.5 billion USD over the gas price dispute with Belarus back in January 2007.

Last but not the least, the unchanging attitude of the Germany business circle, still adhering to its traditional stance as an advocate of Russian interest in the EU, is of noteworthy as they will be the first to abandon Russian card if economic feasibility plunge under today's market economy. To name a few, Ost-Ausschuss der Deutschen Wirtschaft,<sup>10</sup> in contrary to political propagation in mass-media, is maintaining its pro-Russia stance; while Burckhard Bergmann, Chairman of the Executive Board of E.ON Ruhrgas(a shareholder in the Nord Stream project together with Wintershall) stipulated Russia as a reliable energy supplier and that there is no danger in the increasing dependence of the EU on Russian gas. As recent as September 4, 2015, two agreements were concluded among Western companies and Gazprom to extend the Nord Stream pipeline and to exchange assets with corporations from Germany and Austria at the Economic Forum in Vladivostok. This clearly indicates unbroken trust between German-Russian business circle that finally earned the consent of Berlin(and other Western European capitals) to revive cooperation with Russia in the gas sector despite the difficult political relations with the EU, the Western sanctions regime and Brussels' declaration that it will diversify the EU's sources of supply and reduce its dependence on Russian gas. On completion of the proposed extension of the Nord Stream by the end of 2019,<sup>11</sup> Russia will be able to achieve longed zero gas export through Ukraine to put an end to this wearisome price/tariff dispute against Ukraine.

<sup>10</sup> It is so called Eastern Committee of the German Economy representing German economic interests in Eastern and Southern Europe, the Baltic States and Central Asia consisting of a good portion of German companies that do business with Russia

<sup>11</sup> The shareholders' agreement concerning the construction of two new Nord Stream legs was signed by Gazprom and five major European companies: Germany's BASF, Austria's OMV, Germany's E.ON, the Dutch-British Shell and French Engie (formerly GDF Suez). The draft envisages the construction of a gas pipeline with a total capacity of 55 bcm running from Russia to Germany. The cost of construction is estimated at 9.9 billion Euro. This project is to be undertaken by the New European Pipeline AG design company, in which Gazprom will have a 51% stake, BASF/Wintershall, OMV, E.ON and Shell 10% each, and Engie 9%.

---

### 3. Conclusion

Energy in today's industrialized world means more than fuel for civilized activities that it has successfully placed itself at the top of political agenda. With simple truth that no industrialized society can survive a week without energy, securing a sustainable and reliable energy supply at affordable cost became top priority to energy short countries. On the contrary, energy-rich nations became increasingly dependent on the guaranteed revenue flow from the energy sector that it is critical to secure reliable market and transport route at reasonable cost. In general, as is the case in other economic goods, such demand and supply needs meet naturally to form a global market through which energy is traded at the price of the day.

Unfortunately, however, in case of the natural gas trade, the subject item in dispute, the third player, transit nation, often complicates the market economy. Being neither supplier or buyer, the transit nation has no right to interfere in the gas trade other than enjoying extra revenue generated from pipeline tariff, and this is clearly noted in the Energy Charter Treaty. Yet, due to long complex history between CIS and Russia, going back to the Soviet Union era, the transit nations, namely Ukraine and Belarus, have economic incentives to blackmail Russia for continuous special discounts and subsidies for domestic gas supply.

These three different, somewhat contradicting, positions of the EU-Ukraine-Russia inevitably give rise to conflicts given lack of political trust built in the region. In a nutshell, Russia simply wanted to raise the energy price for CIS countries, especially Ukraine who were demonstrating its political intention to move towards the West, as the heavily subsidized energy supply to those countries became burden to its economic growth. Unfortunately, however, such move was too purely economically driven, for Russia to adopt, that the neighboring nations, mostly the EU and Ukraine, found it difficult believe sticking to its suspicious view in search for political motivation behind the scene.

In this light, many scholars and politicians have rushed into haste conclusion of accusing Russia becoming unreliable supplier in efforts to regain its forgotten superpower status from the Cold War era. Baran(2007) and Monaghan(2007), to name a few, argued that Russian authority is employing energy 'to obtain economic and political gains,' and can be interpreted as an indication of the Kremlin's intentions to turn Russia

into an energy superpower. Guillet(2007) also raised possibility of Russia using energy as a political tool pointing to the urgent needs to establish internal unity in both Russia and neighboring CIS countries since the fall of Soviet Union.

On the contrary, this paper presented nine reasons to reject such political motivation behind Russia's hard line against Ukraine. Instead, this paper blame the lack of trust among three players to take Russia's 'too purely' economic-driven actions plainly:

- 1) Russia's effort to mitigate the repeated gas cut in 2009,
- 2) Gazprom's attempt to meet the gas shortage in Europe by increasing the supply through other routes,
- 3) no case of gas cut for paying customers for decades including the Cold War era,
- 4) Russia's economic and political damage is too large to be strategically planned,
- 5) Russia's right to discontinue subsidizing Ukraine, who chose to go pro-West,
- 6) Russia's constant effort to circumvent Ukraine in gas trade with Europe since late 1990s,
- 7) lack of trust on the EU's side,
- 8) turning to China to escape from strangling Europe mismatches Russia gaining superpower status, and finally,
- 9) unbroken business relations between Germany and Russia.

## References

- Andres, R. B. and M. Kofman. 2011. "European energy security: Reducing volatility of Ukraine-Russia natural gas pricing disputes." *INSS Strategic Forum*, No. 264, February.
- Balmaceda, M. M. 2008. *Energy Dependency, Politics and Corruption in the Former Soviet Union*. Routledge: London & New York.
- Baran, Z. 2007. "EU Energy Security: Time to End Russian Leverage." *The Washington Quarterly*. 30(4). Autumn.
- \_.2008. "Security Aspects of the South Stream Project." Report Commissioned by the Committee on Foreign Affairs of the European Parliament, Hudson Institute. Center for Eurasian Policy.
- Chester, Lynne. 2010. "Conceptualizing energy security and making explicit its polysemic nature." *Energy Policy*. 38: 887-895.
- CIMSEC. 2013. "Coal to Oil and the Great Green Fleet." Capability Analysis published on May 7, 2013 [<http://cimsec.org/coal-to-oil-and-the-great-green-fleet/5145>].
- Clark, Bryan. 1998. "Transit and the Energy Charter Treaty: Rhetoric and Reality." *Web Journal of Current Legal Issues* in association with Blackstone Press Ltd.
- EUROGAS. 2013. *Statistical Report 2014*. December. Eurogas: Brussels.
- Feklyunina, V. 2012. "Russia's International Images and its energy policy: An unreliable supplier?." *Europe-Asia Studies*. 64(3): 449-469.
- Financial Times. 2014. 4. "Ukraine raises fears of gas price war with Russia"

Gazprom homepage: <http://www.gazprom.com/>

Gazprom's Ukraine gas dispute homepage: <http://www.gazpromukrainefacts.com/>

Goldthau, A. 2008. "Resurgent Russia? Rethinking Energy Inc." *Policy Review*. 147. February–March.

Goodrich, Lauren and Marc Lanthemann. 2013. "The past, present and future of Russian energy strategy." *Geopolitical Weekly*. February 12. [<https://www.stratfor.com/weekly/past-present-and-future-russian-energy-strategy>].

Guillet, J. 2007. "Gazprom as a Predictable Partner. Another Reading of the Russian-Ukrainian and Russian-Belarusian Energy Crises." *Russie. Nei. Visions*, 18. IFRI Russia/NIS Center: Paris.

IEA. 2014. *Energy Policies of IEA Countries: European Union 2014 Review*. IEA Publications. France: Paris.

\_. 2014. *Russia 2014: Energy policies beyond IEA countries*. IEA Publications. France: Paris.

Jenkins, D. 1996. "An Oil and Gas Industry Perspective." in Walde, T. (ed.) *The Energy Charter Treaty: An East-West Gateway for Investment and Trade*. Kluwer Law International: London/Hague/Boston.

Kropatcheva, E. 2011. "Playing both ends against the middle: Russia's geopolitical energy games with the EU and Ukraine." *Geopolitics*. 16: 553–573.

Marsh, S. 2008. "EU–Russia security relations and the survey of Russian Federation Foreign Policy: One year on." *European Security*. 17(2–3): 185–208.

Milov, Vladimir, 2008. *Russia and the West (The Energy Factor): Europe, Russia, and the United States Finding a New Balance*. CSIS: Washington. July.

Monaghan, A. 2007. "Russia's Energy Diplomacy: A Political Idea Lacking a Strategy?" *Southeast European and Black Sea Studies*. 7(2). June.

Paik, Keun-Wook. 2015. "Sino-Russian Gas and Oil Cooperation: Entering into a New Era of Strategic Partnership?" *The Oxford Institute for Energy Studies*. OIES Paper: WPM 59. April.

Protasov, V. 2010. "EU–Russia gas relations: a view from both sides." *International Association for Energy Economics*. Fourth Quarter. pp.27–30.

Rutland, P. 2008. "Russia as an Energy Superpower." *New Political Economy*. 13(2). June.

Sauvageot, E. 2011. *Energy disputes between Russia and Ukraine: A case study of Russian decision-marking*. Davis Center Publication.

Smith, K.C. 2006. *Security Implications of Russian Energy Policies*. CEPS Policy Brief 90. Center for European Policy Studies: Brussels.

Stern, J. 2006. "The Russian-Ukrainian Gas Crisis of January 2006." *Oxford Energy Comment*. Oxford Institute for Energy Studies: Oxford.

The European Commission page on energy: <https://ec.europa.eu/energy/en>

The European Statistics: <http://ec.europa.eu/eurostat>

The Russian Government: <http://government.ru/en/>

The US Energy Information Administration homepage: <https://www.eia.gov/>

Trenin, D. 2007. "Russia Redefines Itself and Its Relations with the West." *The Washington Quarterly*. 30(2). Spring.

Walde, T. and Andrews-Speed, P. 1996. "Will the Energy Charter Treaty help international investors?" 12<sup>th</sup> Biennial Conference on International Energy and Resources Law. International Bar Association. Prague. 24–29 March.

Yegorov, Y and Franz Wirl. 2008. "Energy relations between Russia and EU with emphasis on natural gas." *OPEC Energy Review*. December 2008. pp. 301–322.

Yergin, D. 1988. "Energy security in the 1990s." *Foreign Affairs Courtesy Reuters Essay*. Fall.





# 한국, 일본 그리고 호주의 신재생에너지 정책 적용 비교 분석: 발전차액지원제도와 신재생에너지 의무할당제를 중심으로

이 흥 구 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정

*Comparative Analysis on Adoption of Renewable Energy Policy in South Korea, Japan and Australia: between Feed-in-Tariff(FIT) and Renewable Portfolio Standard(RPS)*

Lee Heungkoo | Ph.D. Student, Green School, Korea University

## 초록

This paper concentrated on analysis of why South Korea and Japan have changed their renewable energy policies from FIT to RPS or RPS to FIT, and why Australia has used RPS mixed with FIT. This paper used three important factors such as the diversification of energy supply in the broad sense of energy security, financial burden of government as economic factor and the reduction of greenhouse gas as the environmental factor in order to analyze major cause of change their renewable energy policies and main cause of using RPS mixed with FIT.

## 1. Introduction

The supply of renewable energy, focused on solar photovoltaic, wind and biogas, has been rapidly accelerated in the world. The annual average supply rate of increase in total renewable energy in the world was 2.1% between 1990 and 2012, and it was higher than primary supply, which was 1.9%, at the same period. The annual average supply rate of increase in global solar photovoltaic was 45.5%, wind was 22.9% and biogas was 11.9% between 1990 and 2013(Park,2014a). These statistical data clearly proved that renewable energies have continuously developed and expanded in last over two decades.

It is expected that renewables will increase from 8% to 15% in the share of global primary energy demand between 2012 and 2040, and coal and oil will respectively decrease from 29% to 24% and from 31% to 25% at the same period. The share of renewables in total power generation between 2012 and 2040 will increase from 21% to 33%, and about half of this growth rate will be occupied by solar and wind. Renewables

with hydro and bioenergy in compound average annual growth rate between 2012 and 2040 will respectively show 6.9%, 1.9% and 1.4%, and both coal and gas will present 0.5% at the same period(IEA, 2014c; Park, 2014b). It is argued that using of renewable sources will be expanded due largely to financial supports, like providing subsidies and incentives, advancement of technology, and relatively higher price of fossil fuels(Park, 2014b). Thus, there is no doubt that importance of renewable energies in global primary energy supply will be continuously raised.

Although above researches based on statistical data could seem to provide positive future in terms of sustainable energy supply and demand, much more swift development of renewable energies has become the most urgent challenge because of large scale of energy crisis and environmental issues such as global warming. The fostering of renewable energy started in earnest at major developed countries based on Feed in Tariff (FIT) and Renewable Portfolio Standard(RPS)(Lee, 2009), and these two representative policies have been adopted in numbers of countries in order to development and diffusion of renewable energies.

Numbers of researches have shown critical analysis of renewable energy policies, and the most analyzed renewable policies in not only European countries and North America but also Asia and Middle East countries were focused on FIT and RPS. Although some countries have not used those two policies, fundamental factors for their slightly different policies, such as providing incentives and obligation of using renewable energy sources, are ultimately based on FIT and RPS. In other words, FIT and RPS have been widely used as representative policies for development of renewable energy in the world.

Following introduction, section II will provide a specific research question and method of analysis of this paper based on literature review, section III will show three countries case study, and section IV will be conclusion.

---

## 2. Literature review

Choi(2009) analyzed theoretical basis of FIT and RPS and trend of those two policies in foreign countries and South Korea, and provided some implications based on comparing of strengths and weaknesses of FIT and RPS. Interesting point is that Choi suggested flexible implementation of both RPS and FIT. Kwon(2014) analyzed cases of

regulation created by mix of price and quantity policy in South Korea and various overseas countries. In this analysis, price and quantity policy could be represented by FIT and RPS respectively. Kwon suggested that policies are necessary to be continuously evaluated and modified in order to reinforce practical effectiveness of policies.

Tsai(2014) showed an experience of rise in electricity generation through expansion of renewable energies in Taiwan. Main analysis of this paper concentrated on continuous development of renewable energy policies and laws such as Renewable Energy Development Act, tax and subsidy incentives. Tsai interestingly argued that the Act and reasonable measures based on FIT have been regarded as strong cornerstone for encouragement of renewable energy investment and development technologies. Liou(2015) analyzed implementation of FIT in Germany and Taiwan, and attempted to find out dissimilarities and resemblances between two countries' FIT. Through comparison analysis, Liou provided some implications for further development of Taiwan's FIT from Germany's accumulated experience, such as clear medium and long term goals, tariff degression, diversification of energy policies and regulations, and an increase in price competitiveness in market.

Xin-gang et al.(2013) presented comparative analysis focused on experience of implementing RPS in some developed countries and provided significant obstacles to implement RPS in China such as regionally unbalanced economic development, relatively small size of renewable industries, inadequate power grid and market base, and insufficient incentive and supervision mechanisms. They also suggested institutional arrangements of RPS to solve those barriers such as implementation of renewable energy target policy, quota allocation, cooperation between China and developed countries, expansion of power grid, and improvement of market circumstance and incentive and supervision mechanisms. Zhang and He(2013) analyzed incentive policies focused on solar photovoltaic, especially about the national FIT scheme in China, and interestingly provided some policy challenges recommendations on not only about further development of FIT but also diversification of supporting systems and policies including imposition of RPS.

Boo et al(2005) reviewed some countries where have implemented RPS, and discussed ways to increase efficiency of renewable energy such as systems, plans, markets and institutionalization. In particular, they interestingly believed that RPS could be regarded as an essential system for market expansion of renewable energy based on market mechanism. Jenner et al.(2013) evaluated the strength and effectiveness of renewable electricity FIT for photovoltaic and wind power in European Union countries based on

rigorous econometric study of FIT efficacy. They strongly believed that policies for renewable energy development, not only FIT but also RPS, are necessary to reflect on market context together. In other words, economic factors in renewable energy production and market condition need to be considered for the design of renewable energy policies. Abdmouleh et al.(2015) reviewed on background information for renewable energy policy makers and project developers, analysis of renewable energy policies, and examples of successful and failed experiences through comparative analysis of a number of countries. They discovered some main challenges for expansion of renewable energy such as de-centralization of renewable energy systems, continuous technological development and improvement of infrastructure.

Kim(2011) concentrated on quantitative analysis of what factors have affected on growth of renewable energy in the many countries through panel data. In this analysis, policy means was a core variable. Result of this analysis provided not only substantiation of efficiency of policy means but also effective strategic directions for expansion of renewable energy such as reforming management structure of energy with strengthening transparency, improvement of recognition about environmental value by promotion and education, and regulatory and institutional reform. Sun and Nie(2015) analyzed the differences of R&D input, market price, social welfare, quantity of renewable and depletable energies, and consumer surplus by comparison RPS with FIT. In this analysis, they used a two-stage game model, and quantity of energy and R&D input were included in this model in order to analyze effect of mechanisms of the RPS and FIT. Outcome of this analysis showed two interesting points. Firstly, FIT seems to be more efficient than RPS in terms of a rise in quantity of renewable energy and encouragement of R&D input. Another point is that FIT seems to be less effective than RPS in terms of improvement of consumer surplus and the decrease in greenhouse gas emission.

Above all researches showed review and analysis of renewable energy polices, and qualitative comparative case study has relatively been more widely used as the most common research method than quantitative analysis. Many studies, including above researches, have largely attempted to explain a number of specifically different advantages and disadvantages of implementing RPS and FIT in different national circumstances, and provided significant implications for when countries are necessary to deliberate implementing or choosing renewable energy policy between RPS and FIT. However, it is relatively difficult to find a research concentrated on why countries have changed their renewable energy policy from RPS to FIT or FIT to RPS, or why countries

have used RPS mixed with FIT, based on comparative case study.

According to the REN 21(2015), 108 countries, including national or state level, have used FIT, and 26 countries, including 72 states, have used RPS. South Korea, Japan and Australia are included in 46 high-income countries, and not many countries have changed their renewable energy policy in last decade, except South Korea and Japan. Moreover, among 46 high-income countries, 6 countries, Australia, Israel, Lithuania, Portugal, Sweden and United Kingdom, have used RPS mixed with FIT, and only one country, Australia, has interestingly used RPS as national level and mixed with FIT as state level.

Hence, this paper will focus on analysis of why South Korea and Japan have changed their renewable energy policies from FIT to RPS or RPS to FIT, and why Australia has used RPS mixed with FIT. As way of analysis, this paper will focus on three important factors such as energy security, economic and environmental factors. First, the diversification of energy supply will be examined as the most significant factor of energy security. Second, the reduction of greenhouse gas emission will be considered in terms of the primary environmental factor. Third, the financial burden of government will be checked with regard to fundamental economic factor.

---

### 3. Case study: South Korea, Japan and Australia

#### 3.1.1 Change of renewable energy policy in South Korea

According to Ministry of Trade, Industry and Energy(2014a), the Alternative Energy Development Promotion Act was established in December 1987 due largely to the great level of dependency on domestic energy supply from foreign countries. MOTIE noted that the purpose of this Act is to contribute on development of national economy and stability of national life through the diversification of energy sources based on the promotion of technology development of alternative energy. In fact, it could say that the main cause of enactment of this Act was ultimately to solve instability of domestic energy security in a broad sense, and it was directly and indirectly linked with the influence of wide-ranging fluctuation of international oil prices such as the first and second oil crisis. In addition, it is also believed that this Act has been deemed as the starting point and a cornerstone of legal system for development of renewable energy in South Korea. It is mentioned that this Act became the legal foundation for promotion of a

commercialization and diffusion of solar heat and waste energy and development of renewable energy technologies in earnest (Noh, 2012).

Because some part of alternative energies, representatively solar power, swiftly became commercialization by achievement of technology development, further wide promotion of utilization and diffusion of environmentally friendly alternative energies was needed. Thus, broad range of amendment of the Alternative Energy Development Promotion Act was inevitably required. Before revision of this Act, the 1st Basic Plan for Renewable Technology Development and Deployment was established in January 1997, and main aim of this plan was that 2% of the total primary energy is supplied by renewable energy in 2006(Noh,2012). In December 1997, the Act on the Promotion of the Development, Use, and Diffusion of New and Renewable Energy revised and replaced the Alternative Energy Development Promotion Act. This revision was focused on provision of legal basis for various development projects of alternative energy such as financial incentives, taxation support, and the use of national and public properties in order to expand alternative energy (Bang, 2006). This Act was amended in 2002 again, and it is important to note that renewable energy procurement of public sector, certification of renewable energy facilities and introduction of FIT were included in this revision(Lee et al., 2013).

As mentioned above, FIT was introduced in South Korea in 2002, and it was replaced by RPS in 2012. FIT provided a fixed financial support for electric power suppliers generated from renewable energy sources such as sun, wind, water, biomass and waste. Under FIT, ratio of renewable energy production in total energy production from 2002 to 2011 had increased from 1.40% to 2.74%. Moreover, electricity production of renewable energy had dramatically increased from 203,287MWh to 17,345,647MWh at the same period(Byun, 2015a). Furthermore, according to statistical data from Korea Energy Agency(2013), number of total renewable energy company had increased from 49 in 2004 to 225 in 2011, and especially solar photovoltaic company had risen from 12 to 99 at the same period. Lee(2010) showed that level of subsidy for solar photovoltaic in total subsidy for renewable energy under FIT also had incredibly grown from 0.2% in 2004 to 91.0% in 2009. In order to avoid expenditure exceeding the budget, capacity cap for solar photovoltaic was conducted, and installation of solar photovoltaic was each limited in 50MW in 2009, 70MW in 2010, and 80MW in 2011(Lee,2010a). Kwon(2015) referred that if capacity cap was not conducted, expansion of solar photovoltaic and its subsidy would be continuously increased. Above all statistic data could prove that FIT had clearly contributed on development and expansion of renewable energy, particularly

solar photovoltaic, in South Korea.

In 2003, the 2nd Basic Plan for Renewable Technology Development and Deployment was established. Main points of this plan were the establishment of 5% renewable energy supply in total primary energy supply in 2011, and concentrated support on solar photovoltaic, wind and fuel cells. According to the Ministry of Government Legislation (2015), in 2004 the Alternative Energy Development Promotion Act was completely amended by Act on the Promotion of the Development, Use, and Diffusion of New and Renewable Energy. This amendment was focused on the change of renewable energy definition and an addition of public obligation of renewable energy and support of international standardization. The Ministry of Knowledge Economy(2008) announced the 3rd Basic Plan for Renewable Technology Development and Deployment in December 2008. Major changes were that 5% renewable energy supply of total primary energy supply in 2011 was regarded as an unattainable goal, and thus 5% in 2011 revised 11% in 2030, and industrialization of renewable energy was also encouraged. Ministry of Trade, Industry and Energy(2014b) announced the 4th Basic Plan for Technology Development, Application, and Deployment of New & Renewable Energy in September 2014. It revised 11% renewable energysupply of total primary energy supply in 2035, and focused on development ofsolar photovoltaic and wind as core renewable energy sources.

As referred to earlier, FIT was replaced by RPS in 2012. RPS is another representative renewable energy policy to offer obligation to electricity producers, who can generate more than 500MW, need to generate fixed rate of electricity by renewable energy sources in total electricity production. 17 electricity producers, such as the Korea Hydro & Nuclear Power Company, the Korea Water Resources Corporation, POSCO Energy, GS Power, SK E&S, and more, have been obligated to produce a fixed amount of electricity generated from renewableenergy sources(Kim,2014; Byun2015b). Electricity producers, who have been obligated under RPS, need to produce electricity generated by renewable energy sources directly, or purchase electricity from renewable energy plants. In RPS, Renewable Energy Certificate(REC) has been given for electricity producers as another option instead of generating electricity by renewable energy sources directly. REC is certificate that proves electricity producers generate electricity from renewable energy sources, and electricity producers can purchase this REC and can cover their institutional obligation(Haas et al.,2011; Kim, 2014). According to statistical data from Korea Energy Agency(2013), there were fluctuations of number of total renewable energy company

between 2011 and 2013. Number of total renewable energy company in 2011 was 225, but it reduced to 200 in 2012, and it increased to 245 in 2013. In same period, share of biomass in total renewable energy had increased from 21% to 26%, however share of solar photovoltaic had declined from 44% to 36%. However, it is noted that as significant achievement under implementation of RPS, 64.7% of obligation to produce electricity generated by renewable energy sources was implemented in 2012 and 64.7% was also implemented in 2013(Byun2015b). Furthermore, after RPS implemented in 2012, new power generation facilities increased about 3.4 times compared with capacity of existing power generation facilities under implementation of FIT.

### 3.1.2 Analysis of switching factors of renewable energypolicy in South Korea

Amongst three significant factors, the most significant factor of the change from FIT to RPS was financial burden of government. In fact, the basic way of renewable energy development and expansion in South Korea was considerably focused on financial supports, such as provisions of incentive and taxation support. Before FIT was introduced in 2002, the Act on the Promotion of the Development, Use, and Diffusion of New and Renewable Energy was enacted. This Act could be regarded as legal and policy foundations for introduction of FIT, and this was largely concentrated on various ways of financial supports for development and diffusion of renewable energies. Thus, it is thought that financial strain of government was already started before implementation of FIT. Furthermore, it is important to note that a fixed financial support in FIT system of South Korea for electricity power suppliers was paid by government budget, not paid by electricity consumers. It is argued that the most practical and influential factor to change from FIT to RPS was too much of financial burden of government (Lee et al., 2013). Moreover, Lee(2014) also believed that the increase in financial burden and institutional problems such as functional insufficiency for an encouragement of technological development were the major cause to change FIT to RPS.

It is difficult to say that the diversification of energy supply was considerable factor to deliberate for the change from FIT to RPS. Looking at the results, as already explained above, all statistical data in period of implementing FIT clearly describe much more positive outcomes in terms of development and expansion of renewable energies, especially solar photovoltaic, than period of implementing RPS. Yoon and Sim(2015) pointed out that largely owing to financial pressure of government, examinations of many aspects including comparing advantages and disadvantages between RPS and FIT



were not included in the process of change from FIT to RPS. It means that diversification of energy supply seemed to be relatively less critical factor to consider for the shift from FIT to RPS. It is thought that as natural resource poor country, the diversification of energy supply is imperatively necessary to consider for an establishment and implementation of medium and long-term energy policy. Nevertheless, due largely to continuous heavy financial burden of government, aspect of the diversification of energy supply seemed to be relatively less considered as the primary factor to change renewable energy policy from FIT to RPS.

In terms of reduction of greenhouse gas emission, almost all renewable energy policies of South Korea, including FIT, have fundamentally focused on the fostering of manufacturing sector and industrial technology related to climate change and renewable energy development rather than the decrease in greenhouse gas emission itself(Koo, 2013). It could be argued that the reduction of greenhouse gas emission is one of essential purposes for renewable energy policies. However, it is thought that industrial development related to renewable energies through competitive market, which could largely contribute on the decline in financial budget for industrial sector for renewable energy, seemed to be the most crucial reason to change from FIT to RPS. In other words, the decrease in greenhouse gas emission was not regarded as main element to create the shift from FIT to RPS.

### 3.2.1 Change of renewable energy policy in Japan

Due largely to the occurrence of the 1st Oil Crisis in 1974, the Sunshine Project was established as a long term national research and development program by the Japanese government, and it concentrated on development of solar, geothermal, coal, and hydrogen energy technologies(Noguchi,1985; Takahashi,1989). According to Jang et al.(2009), the Law Concerning the Promotion of the Development and Introduction of Alternative Energy was enacted in 1980, and it focused on clear description about definition and role of renewable energy. Moreover, it was fundamentally aimed at the decline in dependency of oil and encouragement of alternative energy development in Japan. This law is deemed as the starting point of renewable energy policy in Japan. In fact, geothermal and water were the major renewable energy sources at the beginning of renewable energy development in Japan, and it has formed the basis of an approximately 95% of recent capacity of small hydropower and geothermal energies(Japan Renewable Energy Policy Platform,2010). Largely because of the necessity of an acceleration of research and

development growth for renewable energies, the New Sunshine Program was newly established in 1997 based on the success of Sunshine Project in 1974(Watanabe,1995; Tatsuta, 1996).

The Voluntary Action of Surplus Power Purchasing by Power Company was started in 1992. It was a support system that power companies could voluntarily purchase electricity generated by solar photovoltaic and wind with fixed price(Cho, 2010). This support system is meaningful in terms of renewable energy policy in Japan because it could be regarded as a starting point of implementation of FIT in Japan. However, it is said that as its name of this policy system indicates, due to the dependence on voluntary purchase of power supplier, risk of solar photovoltaic and wind power business were high. In addition, purchasing price for residential electricity was about 24 yen per kWh and for non-residential electricity was around from 11 to 15 yen per kWh in this support system(Cho, 2012). Therefore, it is difficult to say that incentive of this support system was very effective for expansion of solar photovoltaic and wind power. The Residential photovoltaic system Dissemination Program Subsidies was introduced in 1994. The Great amount of incentive for the encouragement and expansion of residential solar photovoltaic installation was given by this support program. It is reported that incentive budget of this program had largely increased from 2 billion yen in 1994 to 17.8 billion yen in 2000(Geller,2003; Bradford,2006). More than fifty thousand solar powers could be installed by this policy, and total capacity of solar photovoltaic became around 350MW in 2001(Miller,2009). Above two policies, the Voluntary Action of Surplus Power Purchasing by Power Company in 1992 and the Residential photovoltaic system Dissemination Program Subsidies in 1994, had undoubtedly contributed on Japan became one of leading countries in the field of solar energy generation in the world between mid 1990s and mid 2000s. In other words, it could be argued that providing incentives or subsidies for development and diffusion of renewable energies, especially solar energy, were successfully effective in Japan. Unfortunately, providing subsidies for installation of solar photovoltaic had steadily decreased, and it discontinued by 2005. Due largely to reduction and abrogation of providing subsidies, amount of solar photovoltaic installation had declined as well, and it led to Japan could not be one of first runners in the sector of solar photovoltaic in the world(Shin,2011; Bradford,2006).

The Basic Guidelines for New Energy Introduction was adopted in 1994. This policy was largely aimed at installation of solar photovoltaic with capacity about 4,820MW by 2010 in Japan(Palz,2011). The reinforcement of energy supply and demand and the

enhancement of environmental protection, especially focused on the reduction of greenhouse gas emission, were main points of this policy. In particular, provision of subsidy system for further diffusion of solar photovoltaic and expansion of incentives for local government to develop new energy technologies were noticeable financial supports in this policy(EIA,1997). In order to accelerate the development of the introduction of new energy, the Law Concerning Special Measures for Promotion of New Energy Use, which is so-called New Energy Law, was legislated in 1997. This act was focused on measures for providing financial supports and clear division for effective development of new energies in each different sector such as roles of local and central government, private companies(IEA,2015a).

Act on Special Measures concerning New Energy Usage by Electric Utilities was enacted in 2002, and RPS in Japan was established under this law in 2003. Basically, RPS was concentrated on an enlargement of diffusion of new energies. It imposed a responsibility to a number of designated electricity companies to use a fixed quantity of electricity generated by new energies. Electricity companies had three options to fulfill their legal responsibility to use a fixed amount of electricity produced from renewable energies; first, they could produce electricity by renewable energy sources; second, they could purchase electricity generated by new energies from other companies or power plants; third, they could purchase New Energy Certificate from other companies(IEA,2015b). The beginning stage of RPS set a goal of 12.2 billion kWh by 2010, which was approximately 1.35% of total amount of electric power production, however it was amended 13.43 billion kWh by 2014. Until the RPS was abolished in 2012, target amount of renewable energy electricity, which was set by government goal as shown above, was exceeded(Ito,2015). According to IEA(2015c) statistic data, production of total renewable energy in Japan from 2002 to 2012, which was a period of implementing RPS in Japan, showed fluctuations as below table presents.

[Table 1] Total renewable energy in Japan

(Unit: GWh)

Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Amount	113109	127536	127484	115223	127063	115286	114221	114895	137340	141462	136583

Source : IEA(2015c)

Furthermore, it is also reported that rate of renewable energies as share of total electricity production in Japan from 2000 to 2006 was in stasis, between 9.0% and 10.0%. Moreover, annual shift in renewable energies as share of total electricity generation in

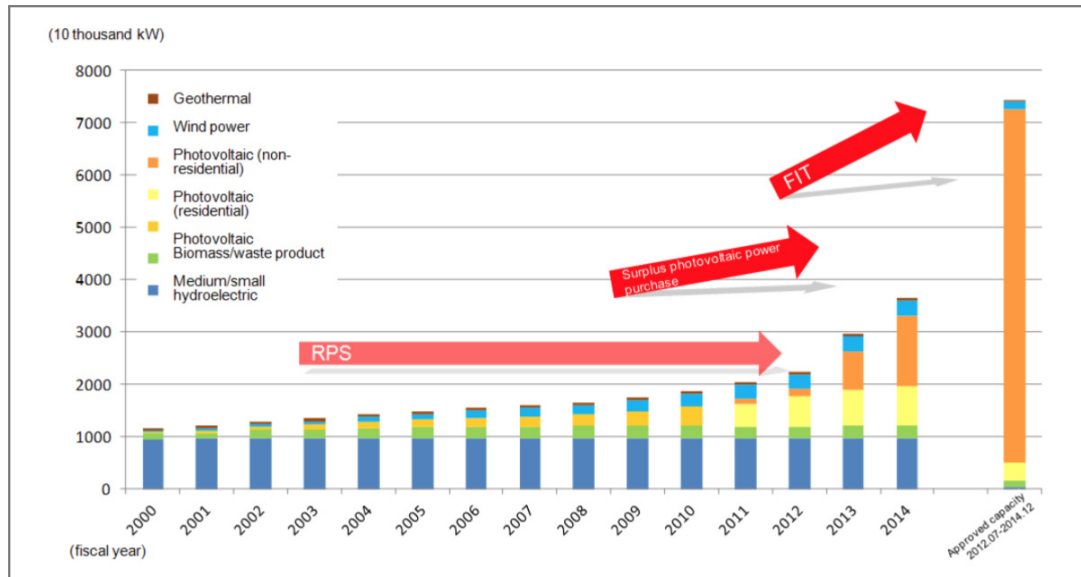
Japan at the same period was around 2.0%(IEA,2008).

The Purchase Program of Surplus Solar Power, which is so-called the solar FIT scheme, was launched on November 2009 in Japan. This solar FIT scheme had provided to a number of electricity companies a responsibility to purchase surplus electricity produced from solar photovoltaic with a fixed prices(Dent,2014). This solar FIT scheme was based on the Law on the Promotion of the Use of Non-fossil Energy Resources and the Efficient Use of Fossil Energy Resources by Energy Supply Business Operators in 2009. This law was focused on the promotion of using non-fossil fuel energy sources and the increase in effectiveness and efficiency of using fossil fuel energies(Ogimoto et al.,2013). In fact, this solar FIT scheme was supposed to be implemented in 2010, however the necessity of immediate promotion of an extensive use of photovoltaic generation was increased, and therefore this solar FIT scheme was conducted earlier than expected. It is referred that the responsibility of electricity companies to purchase surplus photovoltaic electricity under this FIT scheme was for a decade with a fixed price, 48 yen per kWh, and it is about double price compared with price of electricity market in 2009(Chen et al., 2014). Around 1.4 billion kWh was purchased by electricity companies as annual surplus solar electricity in 2010, and Japan had installed capacity of 4.9 GW by solar photovoltaic, and it made Japan become the country to possess the third largest solar photovoltaic capacity in the world in the end of 2011(European Photovoltaic Industry Association,2012). This solar FIT scheme was regarded as very successful program in terms of not only enlargement of solar photovoltaic once more but also the contribution of the rise in acceleration of overall renewable energy development in Japan.

The Act on Special Measures concerning the Procurement of Renewable Electric Energy by Operators of Electric Utilities, which is so-called Special Renewable Energy Act, was legislated in 2011. It was aimed at the expansion of new investment for facilities of electricity generation based on renewable energy sources and the promotion of diffusion of electric energy produced by renewable energy sources. Under this law, a number of electricity companies had obligation to purchase electricity generated by renewable energy sources, especially biomass, hydro, solar, geothermal and wind, in a certain period with a fixed price(Graffagna and Mizutani, 2011). In 2012, Japanese FIT was introduced based on Special Renewable Energy Act in 2011, and it was expanded from solar FIT scheme. According to IEA(2015d), the existing RPS and solar FIT scheme were respectively replaced and amended by this Japanese FIT. Under this expanded FIT, the responsibility for a number of designated electricity companies is to purchase electricity

produced by renewable energy sources, particularly wind and solar photovoltaic, with a given period of time and a fixed price. Moreover, costs of purchased electricity produced by renewable energy sources have been paid by all electricity consumers in Japan, and it means that these costs have not been covered by Japanese government budget.

[Graph 1] Changes in renewable energy power generation capacity in Japan



Source: Ito(2015)

Above graph clearly and directly shows how the Japanese FIT has been successfully implemented compared with RPS. In addition, according to the Japan Renewable Energy Foundation(2015a), cumulative renewable power generation capacity certified by the FIT from mid 2012 to early 2013 had continuously increased from 1,300 MW to 13,059 MW. Furthermore, the generating capacity of solar between 2003 and 2008 was from 0.9 GW to 2.1 GW, however, after implementing solar FIT scheme and the Japanese FIT, generating capacity of solar between 2009 and 2014 had largely increased from 2.6 GW to 23.3 GW (Japan Renewable Energy Foundation, 2015b).

### 3.2.2 Analysis of switching factors of renewable energypolicy in Japan

As stated earlier, the Voluntary Action of Surplus Power Purchasing by Power Company in 1992 was regarded as beginning point of implementation of FIT in Japan. Introduction

of the Residential photovoltaic system Dissemination Program Subsidies in 1994 reinforced FIT system. FIT based on above two major legal actions was deemed as very effective for enlargement of solar photovoltaic in Japan. However, similar with case of South Korea, Japan also abolished FIT because of financial burden of government. Furthermore, cost inefficiency, which was highly interlinked with financial pressure, was also another main cause of the shift from FIT to RPS in terms of economic aspect. It is mentioned that Japan government believed that RPS would be more efficient than FIT in terms of certainty of substitution effect, flexibility of power selection, incentive of cost reduction, and utilization of market function(Lee,2010b). It is also referred that the decrease in cost of renewable energy development and diffusion based on principle of market and the standardization of burden of expense between electricity producers were main causes of the change from FIT to RPS(Kim and Park,2011). In addition, it is also pointed out that emphasis on voluntary actions in law related to FIT was also inefficient for development and expansion of renewable energy, and it was connected to cost inefficiency as well(Cho,2012). However, when Japan reintroduced FIT in 2012, inadequacy of incentives and financial supports was ironically another significant cause to change RPS to FIT. In fact, as mentioned previously, very positive outcomes of development and expansion of renewable energy was not shown during implementation of RPS, and it is argued that undesirable result of renewable energy development and diffusion in the period of RPS system was substantially caused by insufficient financial supports and incentives and the low level of legal obligation to produce electricity from using renewable energy sources (Lee and Park,2008; Cho,2012).

The Fukushima daiichi nuclear disaster in 2011 was the most significant cause to consider the diversification of energy supply, and it directly affected on the shift of renewable energy policy from RPS to FIT again in Japan (Lee,2015; Huenteler et al., 2012). In fact, similar case of South Korea, as natural resource poor country, Japan was necessary to consider various ways to improve diversification of energy supply, and renewable energy could be one of imperative options to reinforce the diversification of energy supply. Nevertheless, it is noted that before Japan experienced the Fukushima daiichi nuclear disaster, they had largely relied upon nuclear as major source of electricity production because it is inexpensive, considerably efficient and low carbon emission (Huenteler et al.,2012). After the the Fukushima daiichi nuclear disaster was occurred, importance of diversification of energy supply has been substantially emphasized, and therefore as one of ways of strengthening for diversification of energy

supply, role of renewable energy has been also magnified. Thus, in order to promote and expand renewable energies, Japan reintroduced FIT instead of RPS as main renewable energy policy in 2012. Moreover, as one single renewable energy source, biomass has occupied relatively large share of renewable energy sources to generate electricity. Hence, the necessity of increase in share of other renewable energy sources has increased (Lee and Park,2008). In other words, the diversification of renewable energy sources to generate electricity has also needed, and it could be directly and indirectly linked to the reinforcement of energy security in the broad sense.

An aspect of decline in greenhouse gas emission in renewable energy policy of Japan has been also relatively overlooked compared with other significant aspects such as financial issues and energy security. Due largely to the Fukushima daiichi nuclear disaster, not only importance of diversification of energy supply but also the need of clean energy have been also emphasized (Lee,2015). It means that as significant part of clean energies, the necessity and importance of renewable energy have been escalated. However, it is thought that although the Fukushima daiichi nuclear disaster has directly and indirectly affected on the shift of renewable energy policy from RPS to FIT in terms of the need of clean energies, it is difficult to say that the reduction of greenhouse gas emission has been regarded as major reason to reintroduce FIT as much as financial issues and diversification of energy supply. As similar case of South Korea, it could be difficult to argue that reduction of greenhouse gas emission has been regarded as the most critical reason for changes of renewable energy policy, including both cases from FIT to RPS in 2003 and from RPS to FIT in 2012.

### 3.3.1 Change of renewable energy policy in Australia

Renewable Energy(Electricity) Act 2000 has been regarded as the legal foundation of renewable energy policy in Australia. It was enacted January 2001. The main purposes of this Act are “to encourage the additional generation of electricity from renewable sources; and to reduce emissions of greenhouse gases in the electricity sector; and to ensure that renewable energy sources are ecologically sustainable”(Australian Government legislation, 2015a). Mandatory Renewable Energy Target(MRET), which is the first renewable energy target in Australia and it is very similar with RPS, was established in 2001 based on the Renewable Energy(Electricity) Act 2000. MRET was aimed at the annual production of 9,500 GWh by renewable energy sources until 2010, and MRET provided the obligation targeted at all electricity wholesalers could purchase electricity

from power plants in order to sell over 100 MW electricity on grid and all electricity retailers could sell electricity directly to consumers(IEA,2014a; Buckman,2010). Electricity wholesale purchasers and retailers could produce electricity by renewable energy sources or they could purchase Renewable Energy Certificates(RECs) from others. One REC is identical to 1 MWh of electricity produced by renewable energy sources(Parliament of Australia, 2010). This MRET was not only focused on using of renewable energy sources but also the decline in greenhouse gas emission.

The Renewable Energy(Electricity) Amendment Act 2009 was legislated in order to revise the Renewable Energy(Electricity) Act 2000. In addition, MRET was also replaced by Renewable Energy Target(RET) with this amendment. Main purpose of RET is that 20% of total electricity production in Australia generated from renewable energy source by 2020. Moreover, as MRET was replaced by RET, target was also changed from 9,500 GWh by 2010 to 45,000 GWh by 2020(Froome,2009). In 2010, the Renewable Energy(Electricity) Amendment Act 2010 was enacted, and a separation of RET; the Large-scale Renewable Energy Target(LRET) and the Small-scale Renewable Energy Scheme(SRES), was created by this legislation. LRET is focused on the large-scale generators to produce 41,000 GWh of electricity generated from renewable energy sources by 2020. SRES is concentrated on the small scale or household generators, such as small-scale hydro or wind systems, solar water heaters, solar panel systems, and heatpumps, to theoretically produce 4 GWh in each year(Commonwealth of Australia,2014). In terms of RECs, both LRET and SRES give one certificate for 1MWh of electricity produced by renewable energy sources. However, certificates of LRET could be sold or tradable in the market, and changes of supply and demand is reflected in variations of price of certificate. Contrariwise, price for certificates of SRES is not changeable, which means that there is no price change based on variations in market (IEA, 2014b). Recently, the Renewable Energy(Electricity) Amendment Act 2015 was enacted on June 2015, and there area few noticeable revisions. Amongst some variations in this Act, the major change of this legislation in respect of RET is that LRET of 41,000 GWh in 2020 has decreased to 33,000 GWh in 2020(Australian Government legislation, 2015b).

Australia has set RET as renewable energy policy of federal level, and FIT has been set as renewable energy policy of the state level. FIT has been implemented from 2008 in the state level, and it has largely focused on the provision of supplementary support for installation of rooftop photovoltaic in household(Szuster and Mountain,2014). The type of FIT could be divided by gross FIT and net FIT, and the each state in Australia has adopted



each different form of FIT. It is noted that gross FIT is that all electricity produced by renewable energy sources in household is purchased from the generator based on a fixed tariff, and net FIT is that surplus electricity produced by renewable energy sources in household is purchased from generator(Mendonca,2010). Queensland and South Australia respectively introduced net FIT in June and July 2008 with 44 cents per kWh (Australian Bureau of Statistics,2015; Government of South Australia,2015). Tasmania started gross FIT with one for one rate per kWh for electricity produced (The Office of the Tasmanian Economic Regulator, 2015). In January 2009, Victoria began FIT with 60 cents per kWh and the Australia Capital Territory started gross FIT with 50.5 cents per kWh(State Government of Victoria,2015; SKM MMA,2013). In January 2010, New South Wales introduced gross FIT with 60 cents per kWh, and Western Australia began net FIT with 40 cents per kWh in July 2010(NSW Department of Industry,2015; Medlen,2013). Northern Territory is only one state, where has not begun FIT by the state government(Parliament of Australia,2011). A several states announced individual renewable energy target, and FIT has been regarded as considerably effective renewable energy policy to achieve their own renewable energy target. It is mentioned that Tasmania presented very ambitious target that is 100% electricity production generated by renewable energy sources by 2020(Fitzpatrick, 2013). Furthermore, it is referred that 50% electricity generation produced from renewable energy sources by 2050 in South Australia and by 2030 in Queensland (Parkinson,2015).

**[Table 2]** Primary energy production and consumption in Australia from 2000 to 2012

	(Unit: Quad Btu)												
Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Production	9.657	10.248	10.456	10.24	10.389	10.969	11.097	11.697	11.777	12.204	12.906	12.353	12.925
Consumption	4.833	5.003	5.158	5.302	5.525	5.823	5.898	5.931	5.989	6.025	5.944	6.15	5.991

Source: EIA(2015)

As above table2 shows, primary energy production and consumption in Australia between 2000 and 2012 had steadily increased. It is difficult to find substantial fluctuations in terms of both production and consumption of primary energy in Australia.

[Table 3] Electricity generation of major energy sources in Australia from 2000 to 2012

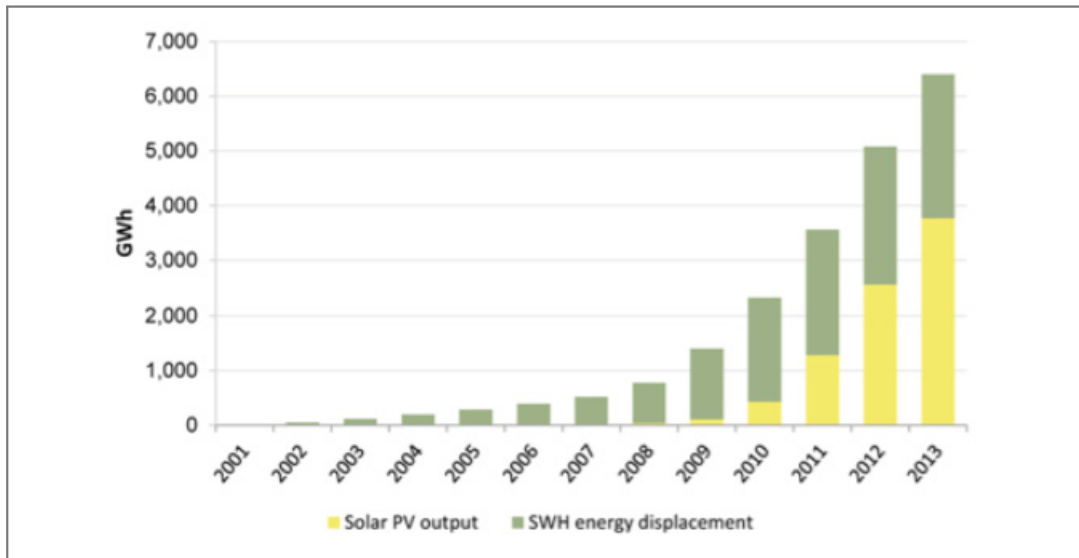
(Unit: Billion kWh)

Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Generation	198	212	215	214	223	215	220	229	229	236	239	240	235
Renewables	17	18	18	19	19	20	21	21	20	20	22	27	24
Hydro	16	16	16	16	16	15	21	21	20	20	22	27	24
Fossil Fuels	181	194	197	195	205	196	198	209	210	216	217	213	211

Source: EIA(2015)

Above table3 directly presents electricity generation of main energy sources in Australia between 2000 and 2012. It clearly shows some noticeable features of electricity production in Australia. The most notable point is that fossil fuels had extraordinarily occupied large share of electricity production amongst major energy sources. It had been over 90% in total electricity generation as main energy source at that period. Moreover, according to the statistical report from IRENA(2012), comparison of total primary energy supply in 2000 and 2009 described that there was no significant change in the supply of energy sources in Australia. The share of coal and peat, oil and natural gas was 95% and others including renewables was 5% in total primary energy supply in both 2000 and 2009. In 95% of fossil fuels, coal and peat was decreased from 45% to 42%, natural gas was increased from 18% to 21%, and 32% of oil was identical in 2009 compared with 2000. In 5% of others including renewables, 0.1% of wind was added and wastes was declined from 0.2% to 0.1% in 2009 compared with 2000. Thus, it could be argued that due largely to abundant fossil fuel resources such as coal and natural gas, although Australia has one of finest natural environment for development of solar and wind energies(Commonwealth of Australia,2014a), fossil fuels have still occupied the largest share of both primary energy production and electricity generation. Nevertheless, it is difficult to conclude that renewable energy policies, such as RET and FTI, of Australia in over decade could be regarded as relatively inefficient for expansion of renewable energy. This is because, another notable point in table3 is that there was no dramatic variation of renewables in electricity generation, and even if it has been very small scale, it has continuously increased.

[Graph 2] Historical generation and displacement from small-scale photovoltaic and solar heat waters (SHW) between 2001 and 2013



Source: Commonwealth of Australia(2014b)

In addition, above graph2 shows, generation of small-scale photovoltaic and SHW energy displacement have largely risen, particularly between 2009 and 2013. Besides, as table3 presented, the period of the great increase in renewables in electricity generation was also between 2009 and 2012. Hence, it could be argued that FIT of state level, largely focused on small-scale photovoltaic as mentioned previously, in Australia has been relatively effective.

### 3.3.2 Analysis of switching factors of renewable energy policy in Australia

As referred to earlier, Australia's legal basis of renewable energy policy is the Renewable Energy(Electricity) Act 2000, and MRET and RET have been revised and replaced based on amendment of this Act. The promoting dissemination of renewable energy, continuous utilization of renewable energy sources, and reduction of greenhouse gas emission were main aims of this Act and RET(Australian Government legislation,2015a). It is important to note that the decline in greenhouse gas emission has been clearly proposed as one of significant aims of renewable energy policy and its related legislations(Kim,2015). In fact, the decrease in greenhouse gas emission has been deemed as one of main purposes of renewable energy policies in South Korea and Japan as well. However, they have not

been considerably concentrated on the reduction of greenhouse gas emission in their renewable energy policies and its related laws compared with Australia. It could be argued that the decline in greenhouse gas emission could be spontaneously included in development and diffusion of renewable energies. Nevertheless, although development and expansion of renewable energy has been commonly regarded as main aim of renewable energy policies in South Korea, Japan and Australia, the practical purposes of each three countries through development and dissemination of renewable energies have been different. Amongst three countries, only Australia has clearly shown their apparent will of the reduction of greenhouse gas emission in major aims of renewable energy policies and its related legislations.

It is difficult to argue that RET and FIT of Australia have largely focused on the aspect of the diversification of energy supply. It could be argued that because the promoting dissemination of renewable energy has been included in one of main aims of RET and its related laws, the aspect of the diversification of energy supply could not be neglected in renewable energy policies of Australia. However, RET and FIT of Australia have shown the clear intention point, and it has not seemed to largely concentrate on the diversification of energy supply. In fact, the diversification of energy supply could be very important for South Korea and Japan as natural resource poor countries. However, as mentioned previously, Australia has abundant natural resources such as coal, gas and oil to produce electricity(IEA,2012). It is difficult to imagine that although Australia also has one of the best environment for using solar and wind power in the world, using of existing plentiful natural resources has been much more cost effective and efficient than using of expensive renewable energy sources at present, and therefore it has been directly connected to financial issues, such as pressure of the government's budget, as well. Furthermore, it is important to note that using FTI at the state level in Australia has been essentially focused on the development of technology in small-scale of renewable energies(Byrnes et al.,2013). In other words, it is hard to believe that the diversification of energy supply could be the most significant aspect in renewable energy policies of Australia. Thus, it is thought that not only the diversification of energysupply but also financial issues in government could not be major aspects of renewable energy policies in Australia.

## 4. Conclusion

This paper concentrated on analysis of why South Korea and Japan have changed their renewable energy policies from FIT to RPS or RPS to FIT, and why Australia has used RPS mixed with FIT. This paper used three important factors such as the diversification of energy supply in the broad sense of energy security, financial burden of government as economic factor and the reduction of greenhouse gas as the environmental factor in order to analyze major cause of change their renewable energy policies and main cause of using RPS mixed with FIT.

South Korea changed renewable energy policy from FIT to PRS in 2012. Amongst three important factors, it is thought that the most significant factor to create the shift FIT to RPS in 2012 was financial pressure of government. Too much financial pressure of government from implementing FIT affected on less consideration of various aspects including the diversification of energy supply. FIT and RPS in South Korea have seemed to much more concentrate on fostering of renewable energy industries than the climate issues such as the decline in greenhouse gas emission.

Japan changed FIT to RPS in 2003 and reintroduced FIT in 2011 again. Financial burden of government was clearly shown as the major cause of the swift FIT to RPS. The Fukushima daiichi nuclear disaster in 2011 was the most critical factor to abolish RPS and reintroduce FIT, and it has been directly linked to the diversification of energy supply. The Fukushima daiichi nuclear disaster in 2011 also has partly affected on the reduction of greenhouse gas emission through the emphasis on development of clean energies, and therefore it is difficult to argue that the decline in greenhouse gas emission could be regarded as the most crucial factor to change from RPS to FIT in 2011.

Australia started to use RET as the main renewable energy policy at the federal level from 2001 and adopt FIT at the state level from 2008. The reduction of greenhouse gas emission has been clearly shown as the major aims of the renewable energy policies and its related laws. As natural resource abundant country, even if Australia also has one of the finest circumstance for solar and wind power, using RET rather than FIT for main renewable energy policy has provided less pressure on government budget. In addition, development and diffusion of renewable energies could partly contributed on the diversification of energy supply. In other words, Australia has not seemed to consider for energy security issues as much as South Korea and Japan.

## References

- Bang, K. Y. 2006. "에너지정책변천사." 에너지경제연구원.
- Boo, K. J., Heo, E. Y. and Byrne, J. M. 2005. "신재생에너지발전 의무비율 할당제(RPS) 도입 국제비교 연구." 『신재생에너지』, 1(3): 14-23.
- Byun, J. R. 2015a. "2014년 신재생에너지 보급통계 (2015년판)." 한국에너지공단 신재생에너지센터.
- Byun, J. R. 2015b. "2015 대한민국 에너지 편람." 에너지관리공단.
- Cho, H. I. 2010. "일본 신재생에너지 산업 현황 및 전망." 『Global Business Report』, 10-015. KOTRA.
- Cho, S. M. 2012. "일본의 신재생에너지 규제완화 현황 및 시사점." 『수시연구보고서』, 12-05. 에너지경제연구원.
- Choi, H. K. 2009. "신재생에너지 의무할당제(RPS)와 발전차액지원제도(FIT)의 비교와 시사점." 『KIEP 산업경제』.
- Jang, W. J., Jeon, M. H. and Kim, Y. K. 2009. "일본과 중국의 신재생에너지정책 조사 연구." 『한국신재생에너지학회』.
- Kim, J. H. 2015. "호주 신재생에너지정책 개선배경 및 향후 추진방향." 『KEMRI 전력경제 review』, 8.
- Kim, K. S. 2014. "국내 신재생에너지 보급의 문제점과 개선방안." 국회입법조사처.
- Kim, S. T. and Park, J. W. "일본 RPS법의 법적정책 시사점." 『한양법학』, 33: 143-165.
- Kim, T. E. 2011. "신재생에너지 성장의 영향요인 연구: FIT와 RPS의 효과성 검증을 중심으로." 『한국행정정보』, 45 (3): 305-333.
- Koo, M. K. 2013. "우리나라 발전차액지원제도 사례 분석: 신산업정책론시각에서." 『한국행정연구』, 22(1): 1-27.
- Korea Energy Agency. 2013. "국내 신재생에너지 산업현황 통계 (2013년판)." <https://www.renewableenergy.or.kr/spc/stats/indust/selectIndust.do> (accessed 15December 2015).
- Kwon, T. H. 2014. "신재생에너지 시장 확대를 위한 정책수단의 비교: 가격정책과 수량정책의 정책결합." 『한국정책과학학회보』, 18(2): 1-23.
- Lee, C. H. 2010a. "2011년 태양광 등 발전차액지원제도 개선방안." 『한국전기연구원』.
- Lee, C. H. 2010b. "해외주요국의 신재생에너지 의무할당제(RPS) 운영사례." 『전기의 세계』, 59(12): 22-27.
- Lee, J. Y., Yoon, K. B. and Park, W. S. 2013. "신재생에너지의 공급무회제도." 『한국환경법학회』, 35(1): 279-316.
- Lee, K. J. 2015. "일본 신재생에너지 부가금의 파급효과." 『KEMRI 전력경제 review』, 2015년 가을호.
- Lee, M. S. 2009. "FIT와 RPS제도 비교와 시사점: 태양광을 중심으로." 산은경제연구소.
- Lee, S. C. and Park, S. J. 2008. "한국의 신재생에너지전력 지원정책: EU와 일본의 제도 비교분석을 통한 지원정책의 현상과 과제." 『환경정책연구』, 7(4): 1-34.
- Lee, S. H. 2014. "한국에서 재생에너지 확대를 위한 정책적 과제." 『환경법과정책』, 12: 63-82.
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2014. "Promotion of new and renewable energy." <http://english.motie.go.kr/?p=5444> (accessed 13November, 2015).
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2014b. 『제4차 신재생에너지기본계획』.
- Noh, S. Y. 2012. "2012 신재생에너지 백서." 지식경제부. 에너지관리공단 신재생에너지센터.
- Park, A. H. 2014b. "IEA의 World Energy Outlook-2014." 에너지경제연구원. 『World Energy Market Insight Weekly』, 14(42): 17-34.
- Park, J. S. 2014a. "국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석." 에너지경제연구원. 『기본 연구 보고서』, 14(36).
- Shin, J. H. 2011. "에너지공급에 있어서 국가의 과제와 지속가능한 재생에너지 보급촉진제도: 현행 발전차액제도와 2012년 도입되는 발전 비율할당제." 『법학연구』, 52(4): 27-51.
- The Ministry of Government Legislation. 2015. "신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법." <http://www.law.go.kr/main.html> (accessed 15 December 2015)
- The Ministry of Knowledge Economy. 2008. 『제 3차 신재생에너지기술개발 및 이용 보급 기본계획 (2009~2030)』.
- Abdmouleh, Z., Alammari, R. A. M., and Gastli, A. 2015. "Review of policies encouraging renewable energy integration & best practice." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 45: 249-262.
- Australian Bureau of Statistics. 2015. "Employment in Renewable Energy Activities, Australia, 2013-14." <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/mf/4631.0>(accessed 14 December 2015).

- Australian Government legislation. 2015a. "Renewable Energy (Electricity) Act 2000." No. 174, 2000.
- Australian Government legislation. 2015b. "Renewable Energy (Electricity Amendment Act 2015." No. 90, 2015.
- Bradford, T. 2006. *Solar revolution: the economic transformation of the global energy industry*. The MIT Press. Cambridge.
- Buckman, G. 2010. "Weakness and reform of Australia's renewable electricity support." *Journal of Australian Political Economy*. 66:71-97.
- Byrnes, L., Brown, C., Foster, J. and Wagner, L. D. 2013. "Australian renewable energy policy: Barriers and challenges." *Renewable Energy*. 60: 711-721.
- Chen, W. M., Kim, H. and Yamaguchi, H. 2014. "Renewable energy in eastern Asia: Renewable policy review and comparative SWOT analysis for promoting renewable energy in Japan, South Korea, and Taiwan." *Energy Policy*. 74: 319-329.
- Commonwealth of Australia. 2014a. "Australian energy resource assessment: Second edition."
- Commonwealth of Australia. 2014b. "Renewable energy target scheme: Report of the expert panel."
- Dent, C. M. 2014. *Renewable Energy in East Asia: Towards a new developmentalism*. Rouldege. New York.
- EIA. 1997. "Renewable Energy Annual 1996."
- EIA. 2015. "International energy statistics: International energy data and analysis."  
<http://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#?iso=AUS&c=004&ct=0&ord=CR&cy=2013&v=H&vo=0&so=0&io=0&start=1980&end=2013&vs=INTL.44-1-AUS-QBTU.A>(accessed 14 December 2015).
- European Photovoltaic Industry Association. 2012. "Global market outlook for photovoltaic until 2016."
- Fitzpatrick, E. 2013. "Tasmania aims for 100% renewables by 2020, 35% carbon cuts." *Reneweconomy*. 27 November 2013. <http://reneweconomy.com.au/2013/tasmania-aims-100-renewables-2020-35-carbon-cuts-42951>(accessed 13 December 2015).
- Frøome, C. 2009. "Renewable energy in Australia: 20% by 2020 - Can this be achieved?" *Environmental Research Event*. Noosa. Queensland.
- Geller, H. 2003. *Energy Revolution: Policies for a sustainable future*. Island Press. Washington, DC.
- Government of South Australia. 2015. "Solar feed-in scheme."  
<http://www.sa.gov.au/topics/water-energy-and-environment/energy/energy-supply-and-sources/renewable-energy-sources/solar-energy/solar-photovoltaic-systems/solar-feed-in-scheme>(accessed 14 December 2015).
- Graffagna, M. C. and Mizutani, Y. 2011. "Outline of Japan's Feed-In Tariff Law for Renewable Electric Energy." Morrison & Foerster LLP.
- Haas, R., Panzer, C., Resch, G., Ragwitz, M., Reece, M. and Held, A. 2011. "A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(2): 1003-1034.
- Huenteler, J., Schmidt, T. S. and Kanie, N. 2012. "Japan's post-Fukushima challenge - implications from the German experience on renewable energy policy." *Energy Policy*. 45: 6-11.
- IEA. 2008. "Energy policies of IEA countries: Japan 2008 Review."
- IEA. 2012. "Energy policies of IEA countries Australia: 2012 review."
- IEA. 2014a. "Mandatory Renewable Energy Target (MRET)."  
<http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/australia/name-22211-en.php>(accessed 14 December 2015).
- IEA. 2014b. "Renewable Energy Target."  
<http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/australia/name-24138-en.php>(accessed 13 December 2015).
- IEA. 2014c. "World Energy Outlook 2014."
- IEA. 2015a. "Special Measures law for Promoting the Use of New Energy."  
<http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/index.php>(accessed 14 December 2015).
- IEA. 2015b. "Green Power: Renewable Portfolio Standard (RPS)."  
<http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/index.php>(accessed 15 December 2015).
- IEA. 2015c. "Japan statistics." <http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/?country=Japan>(accessed 13 December 2015).

- IEA. 2015d. "Feed-in tariff for electricity from renewable energy sources."  
<http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/japan/name-30660-en.php>(accessed 14 December 2015).
- IRENA. 2012. "Renewable energy country profiles: Pacific."
- Ito, Y. 2015. "A brief history of measures to support renewable energy: Implications for Japan's FIT review obtained from domestic and foreign cases of support measures." IEEJ. <https://eneken.ieej.or.jp/data/6330.pdf>(accessed 14 December 2015).
- Japan Renewable Energy Policy Platform. 2010. "Renewables Japan status Report 2010."
- Japan Renewable Energy Foundation. 2015a. "General Renewable Energy Statistics."  
<https://jref.or.jp/en/energy/general.php>(accessed 13 December 2015).
- Japan Renewable Energy Foundation. 2015b. "Annual Statistics in Japan." <http://jref.or.jp/en/statistics/annual.php>(accessed 14 December 2015).
- Jenner, S., Groba, F. and Indvik, J. 2013. "Assessing the strength and effectiveness of renewable electricity feed-in tariffs in European Union countries." *Energy Policy*. 52: 385-401.
- Kwon, T, H. 2015. "Is the renewable portfolio standard an effective energy policy?: Early evidence from South Korea." *Utility Policy*. 36: 46-51.
- Liou, H, M. 2015. "Comparing feed-in tariff incentives in Taiwan and Germany." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 50: 1021-1034.
- Medlen, P. 2013. "Solar power users considering legal action against WA government after it announces cut to feed-in tariffs." ABC. 9 August 2013. <http://www.abc.net.au/news/2013-08-09/solar-panel-feature/4877136>(accessed 14 December 2015).
- Mendonca, M., Jacobs, D. and Sovacool, B, K. 2010. *Powering the green economy: The Feed-in Tariff Handbook*. Earthscan. New York. USA.
- Miller, D. 2009. *Selling solar: the diffusion of renewable energy in emerging markets*. Earthcan. London.
- Mountain, B. and Zuster, P. 2014. "Australia's million solar roofs: Disruption on the fringes or the beginning of the new order?" In *Distributed Generation and its Implications for the Utility Industry*. (eds. Sioshansi, F, P.) Academic Press. UK.
- Noguchi, T. 1985. "Overview on thermal application of solar energy in Japan." *Solar & Wind Technology*. 2(3/4): 155-171.
- NSW Department of Industry. 2015. "Solar bonus scheme."  
<http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/energy-consumers/solar/solar-bonus-scheme/solar-bonus-scheme>(accessed 14 December 2015).
- Ogimoto, K., Kaizuka, I., Ueda, Y. and Oozeki, T. 2013. "A Good Fit: Japan's solar power program and prospects for the new power system." *IEEE power & energy magazine*.
- Palz, W. 2011. *Power for the World: the emergence of electricity from the sun*. Pan Stanford Publishing Pte. Ltd. Singapore.
- Parkinson, G. 2015. "Queensland to aim for 50% renewables, 1 million solar homes by 2030." Solar Choice. 15 May 2015. <http://www.solarchoice.net.au/blog/news/queensland-to-aim-for-50pc-renewables-1-million-solar-homes-by-2030-150515>(accessed 14 December 2015).
- Parliament of Australia. 2010. "Mandatory renewable energy target."  
[http://www.aph.gov.au/About\\_Parliament/Parliamentary\\_Departments/Parliamentary\\_Library/Browse\\_by\\_Topic/ClimateChange/Governance/Domestic/national/Mandatory](http://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/Browse_by_Topic/ClimateChange/Governance/Domestic/national/Mandatory)(accessed 13 December 2015).
- Parliament of Australia. 2011. "Feed-in tariffs."  
[http://www.aph.gov.au/About\\_Parliament/Parliamentary\\_Departments/Parliamentary\\_Library/Browse\\_by\\_Topic/ClimateChange/Governance/Domestic/national/tariffs](http://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/Browse_by_Topic/ClimateChange/Governance/Domestic/national/tariffs)(accessed 13 December 2015).
- REN21. 2015. "Renewables Global Status Report 2015."
- SKM MMA. 2013. "Small-scale technology certificates data modeling for 2013 to 2015."  
<http://www.cleanenergyregulator.gov.au/DocumentAssets/Documents/Sinclair%20Knight%20Menz-MMA%20-%20February%202013.pdf>(accessed 14 December 2015).



- State Government of Victoria. 2015. "Closed Feed-in-Tariff schemes."  
<http://www.energyandresources.vic.gov.au/energy/environment-and-community/victorian-feed-in-tariff/closed-schemes>(accessed 14 December 2015).
- Takahashi, K. 1989. "Sunshine project in Japan: Solar photovoltaic program." *Solar Cells*. 26: 87-96.
- Tatsuta, M. 1996. "New sunshine project and new trend of PV R&D program in Japan." *Renewable Energy*. 8(1): 40-43.
- The Office of the Tasmanian Economic Regulator.2015. "Feed-in Tariffs."  
<http://www.economicregulator.tas.gov.au/domino/otter.nsf/elect-v/30>(accessed 14 December 2015).
- Tsai, W, T. 2014. "Feed-in tariff promotion and innovation measures for renewable electricity: Taiwan case analysis." *Renewable and Sustainable Energy Review*. 40: 1126-1132.
- Watanabe, C. 1995. "Identification of the role of renewable energy - A view from Japan's Challenge: The New Sunshine Program." *Renewable Energy* 6(3): 237-274.
- Xin-gang, Z., Tian-tian, F., Lu, C. and Xia F. 2013. "The barriers and institutional arrangements of the implementation of renewable portfolio standard: A perspective of China." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 30: 371-380.
- Yoon, J. H. and Sim, K. H. 2015. "Why is South Korea's renewable energy policy failing? A qualitative evaluation." *Energy Policy*. 86: 369-379.
- Zhang, S. and He, Y. 2013. "Analysis on the development and policy of solar PV power in China." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 21: 393-401.