



연구보고서 17-27



# 국제 에너지시장 구조변화의 거시경제효과 분석

안성배  
김기환  
김수빈  
이진희  
한민수

# 국제 에너지시장 구조변화의 거시경제효과 분석

안성배·김기환·김수빈·이진희·한민수

연구보고서 17-27

## 국제 에너지시장 구조변화의 거시경제효과 분석

인 쇄 2017년 12월 20일  
발 행 2017년 12월 27일  
발행인 한정택  
발행처 대외경제정책연구원  
주 소 30147 세종특별자치시 시청대로 370  
세종국책연구단지 경제정책동  
전 화 044) 414-1179  
팩 스 044) 414-1144  
인쇄처 (주)한디자인코퍼레이션(02-2269-9917)

©2017 대외경제정책연구원

정가 7,000원  
ISBN 978-89-322-1694-2 94320  
978-89-322-1072-8(세트)



## 서 언

오늘날 에너지는 우리의 생활을 영위하는 데 필수적입니다. 공장을 돌리고 사무실을 운영하는 기업의 생산 활동뿐만 아니라, 적절한 냉난방을 유지하고 교통수단을 이용하는 등 가계의 소비 활동에도 빠지는 곳이 없습니다. 글로벌 금융위기 이후 선진국의 양적완화와 함께 원유의 가격 등락이 반복되면서 경기의 변동성이 증가하였습니다. 특히 2014년 중반부터 유가를 비롯한 원자재 가격의 급락은 지난 몇 년 간 러시아, 브라질을 위시한 자원부국의 경기침체를 가져왔으며, 고유가에 기대어 재정지출을 확대하던 사우디아라비아, 베네수엘라 등 산유국의 재정건전성을 크게 악화시켰습니다. 이렇듯 에너지는 수요와 공급, 양쪽 모두의 측면에서 국민경제에 미치는 영향이 지대하기 때문에, 관련 시장의 변화 요인을 바르게 파악하고 이에 대한 적절한 정책적 대응책을 마련하는 것이 중요합니다.

한편, 석탄과 석유 등 화석연료가 환경에 미치는 부정적인 영향이 가시화됨에 따라 국제사회는 온실가스 감축을 위한 공동의 노력에 합의하며 2015년 파리협정을 체결하였습니다. 선진국과 개발도상국은 경제발전 단계에 맞추어 각각 감축 목표치를 제시하고, 준비한 이행방안을 실행에 옮기고 있습니다. 이러한 과정에서 재생에너지의 효율적 이용에 대한 관심이 증가하고 관련 산업의 변화도 빠르게 진행되고 있어 국제 에너지시장의 구조 변화가 예상되고 있습니다.

본 연구에서는 먼저 석유시장과 신재생에너지시장의 동향을 파악하고 주요국의 에너지정책 변화에 대하여 살펴봄으로써, 국제 에너지시장의 변화 양상이 우리 경제의 에너지 수급에 영향을 미칠 수 있는 경로에 대해 알아봅니다. 또한, 통계적 분석을 통하여 유가 변동에 영향을 미치는 요인들을 식별하고 각 요인의 거시경제적 영향을 파악하며, 이를 기반으로 에너지부문을 고려한 경제

모형을 구축하여 각 요인의 전달 경로를 확인하였습니다. 마지막으로, 현재 우리나라에서 추진하고 있는 신재생에너지 공급 활성화 제도를 알아보고 이를 정부 목표에 맞추어 실행하기 위해 소요되는 비용을 도출하였습니다.

이 보고서는 본원의 안성배 박사가 연구책임을 맡고, 한민수 박사와 김수빈 전문연구원, 이진희 연구원이 공동으로 연구를 수행하였습니다. 그리고 현행 신재생에너지 제도 분석을 위해 에너지경제연구원의 김기환 박사가 외부 연구진으로 참여하였습니다. 이 연구의 수행과정에서 자문과 조언을 아끼지 않은 본원의 윤덕룡 선임연구위원과 문진영 부연구위원, 신꽃비 부연구위원, 그리고 단국대학교 조홍종 교수와 기획재정부 김이한 과장에게도 심심한 감사의 뜻을 전합니다. 아무쪼록 본 보고서가 국제 에너지시장의 향후 변화와 우리나라 거시경제의 관계에 대한 이해의 폭을 넓히고, 관련 정책 수립에 도움이 되기를 기대합니다.

2017년 12월

원장 **현정택**



## 국문요약

오늘날 경제 발전에 따라 에너지의 중요성은 점차 증가하고 있다. 자본재를 운용하는 기업의 생산 활동과 내구재를 사용하는 가계의 소비 활동에 에너지는 필수적이다. 2014년 중반 시작된 유가의 급락은, 글로벌 금융위기 이후 자원 가격의 강세와 더불어 빠르게 회복세를 찾아가던 러시아, 브라질 등의 신흥 자원부국의 성장세를 꺾어놓았으며 석유 판매 수입을 기반으로 복지정책을 늘려가던 사우디 아라비아, 베네수엘라 등 전통적인 산유국의 재정건전성을 크게 악화시켰다. 이렇듯 에너지는 수요와 공급, 양쪽 모두의 측면에서 국민경제에 미치는 영향이 지대하기 때문에, 관련 시장의 변화 요인을 바르게 파악하고 이에 대해 정책적으로 적절히 대응하는 것이 중요하다.

에너지 자원 중에서도 화석연료, 특히 원유 가격의 변동성이 거시 경제에 미치는 영향에 대한 연구는 꾸준히 이루어져왔다. 무엇보다도 유가의 변동요인에 따라 거시경제에 미치는 영향이 상이할 수 있다는 일련의 실증연구는 유가충격을 요인별로 분해 및 식별에 기반한 상황에 따른 적절한 정책대응의 필요성을 인식하는 계기가 되었다. 이를 위해서는 구조적벡터자기회귀(SVAR) 모형 등 통계적 접근법을 이용하여 도출한 실증결과를 개방경제 동태확률일반균형(DSGE) 모형 등의 구조적 경제모형을 이용하여 설명할 필요가 있다. 구조적 경제모형은 반사실적 모의 실험(counterfactual simulation)이 가능하다는 면에서 정책수단의 영향력을 평가하기에 적합하다.

우리나라는 '에너지 섬'이라고 불릴 정도로 외부의 에너지 공급에 전적으로 의존하고 있는 형편으로 안정적인 원유 도입선의 확보는 에너지정책의 가장 중요한 부분을 차지해왔다. 원유 도입과 관련한 우리경제의 또 다른 큰 특징은 1970년대 중화학공업 육성을 중심으로 한 적극적 산업정책의 결과로 정유 및

석유화학 산업의 비중이 크다는 데 있다. 에너지시장의 변화가 우리경제에 미치는 영향을 분석할 때 정유 및 석유화학 산업이 주요 산업으로서 수출입에 미치는 영향을 명시적으로 고려할 필요가 있다.

한편, 지구온난화 등 환경파괴의 주범으로 인식되어 온실가스로 불리는 이산화탄소 규제에 대한 국제적 논의가 오랜 시간 지속되어왔고, 2015년 파리협정을 통해 구체화되었다. 비용이 저렴하면서도 청정한 에너지로 인식되어왔던 원자력 발전에 대한 두려움이 2011년 일본의 도호쿠지방 태평양 해역 지진을 통해 확산되면서 재생에너지의 효율적 이용에 대한 관심이 증가하고 관련 산업의 변화도 빠르게 진행되고 있어 국제 에너지시장의 구조 변화가 예상된다. 우리나라도 신정부에 들어서며 탈원전의 정책적 방향성이 강화·제시되고, 화석연료를 넘어선 태양광 발전, 풍력 발전 등의 친환경성 재생에너지를 확충하기 위해 적절한 인센티브 제공 등의 정책적 고려가 요구되고 있다.

본 연구는 국제 에너지시장의 변화 양상을 파악하고 이러한 변화가 우리경제, 특히 대외부문에 미치는 영향을 분석한다. 먼저 제2장에서는 국제 에너지시장의 동향 파악을 위하여 석유시장과 신재생에너지시장에너지시장의 현황을 파악한다. 유가에 영향을 미치는 여러 가지 요인들을 공급 상황을 통해 살펴보고, 우리나라의 석유시장 현황에 대해서도 알아본다. 이어서 최근 대중의 관심이 증가하고 있는 신재생에너지시장의 현황을 파악하고 주요국의 관련 정책을 소개한다.

우리경제는 에너지 자립도가 매우 낮아 수출주도형 성장정책을 추진해왔으며, 1970년대 두 차례의 석유 파동을 겪으면서 에너지 가격 변동성에 민감하게 반응해왔다. 글로벌 금융위기 전후 유가의 반복적인 등락 또한 이러한 민감성

에 일조하였다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이, 유가의 변동성은 시기마다 상이한 요인에 의해 영향을 받는다. Kilian(2009)은 이를 원유공급충격, 총수요충격, 원유특정수요충격 등으로 구분하고 이에 따른 거시변수의 반응이 다름을 보였다. 본 연구의 제3장에서는 이러한 실증 결과를 한국의 자료를 이용하여 확장한다. 실증분석 결과 한국 경제에서도 이러한 상이한 충격들이 수출입과 경상수지 등 대외 변수의 다양한 반응을 나타내었다.

제4장에서는 앞의 실증결과를 설명하기 위한 개방경제 DSGE 모형을 구축하였다. 이 모형은 Huynh(2016)에 기반하고 있으며, 우리나라의 주요 산업인 정유 및 석유화학 산업을 모형화하여 에너지 생산의 상류부문과 하류부문을 포함하는 모형으로 확장하였다. 모형의 분석 결과 제3장의 실증 결과를 확인할 수 있었으며, 이를 통해 향후 정책 실험을 시행할 수 있게 되었다.

해외의 상류부문 생산성은 원유 채굴과 관련된 총요소생산성으로, 원유공급 충격으로 생각할 수 있다. 상류부문의 생산성은 기업들이 지닌 석유시추 기술의 발전뿐만 아니라, 장단기적으로 반복되는 OPEC의 감산조치 등 지정학적 요인을 포함한다. 원유가격의 상승을 가져오는 상류부문의 생산성 저하는 우리 경제에 불황을 야기하는데, 경기하락에 따른 수입의 감소로 인해 발생 초기 무역수지의 흑자를 발생시킨다. 이러한 결과는 재생에너지에 대한 관심 증가와 관련한 함의를 가진다. 단기적으로는 재생에너지의 생산성이 화석 에너지에 비해 떨어지기 때문에 에너지믹스에 있어 재생에너지 비율의 증가는 상류부문의 생산성 저하를 가져오는 것으로 해석할 수 있다.

상류부문을 제외한 경제 전반의 총요소생산성 향상은 소비와 투자를 증가시키며 경제활동의 원활유인 에너지 가격을 높인다. 전반적 생산성 향상에 따른

수요증가에서 발생한 에너지 가격 상승은 앞서 살펴본 원유공급 충격과 다른 함의를 갖는다. 특히, 경기 호황기에 투자재에 대한 수입 수요증가로 무역수지 적자가 단기적으로 지속되며 중장기적으로 흑자로 전환된다. 이러한 총요소생산성 향상이 해외부문에서 발생할 때는 해외의 호황이 무역통로를 통해 스페일오버(spillover) 효과를 발생시켜 비에너지 부문의 수출을 증가시키는 한편 해외 수입상품의 경쟁력 향상으로 수입 또한 증가한다.

원유특정수요충격에 해당하는 요소로, 본 모형에서는 내구재와 자본재의 에너지 효율성을 고려하였다. 일반적으로 기술발전에 따라 에너지 효율은 증가하나 새로운 제품이 등장하면서 에너지 소비를 부추기는 경우도 있다. 예를 들면, 최근 관심을 끌고 있는 비트코인의 채굴에 상당한 전기가 소모되고 있는데, 일반 생산 활동에서 사용되는 자본재의 에너지 효율성이 올라갈지라도 상품구성의 변화를 고려하면 산업 전체의 에너지 효율성이 증가하는 방향으로만 움직이지는 않을 수 있다. 본 모형에 따르면, 에너지 가격을 상승시키는 에너지 효율성의 저하는 수요충격임에도 원유공급충격과 유사한 효과를 가져오는 것으로 나타났다.

제5장에서는 우리나라에서 도입하고 있는 신재생에너지 공급의무화 제도와 이에 따른 정책 비용을 도출한다. 다만, 본 연구에서 구축한 DSGE 모형에서는 이러한 비용의 거시적 효과를 분석하는 데 한계가 있어 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 이상의 결과에 기반하여 다음과 같이 정책적 시사점을 제시하였다.

첫째, 에너지 가격의 변동성이 증가할 때 변동 요인에 맞춘 대응방안의 마련

이 요구된다. 에너지 가격의 변동요인을 대내외 공급 및 수요측면으로 나누어 분석한 결과에 따르면 거시변수, 특히 수출입에 미치는 영향이 각 요인별로 다르게 나타났다. 원유공급충격과 원유특정수요충격이 대체로 비슷한 방향성을 보여주는 가운데 반응의 시점 및 지속성에서 차이를 보이는 반면, 총수요충격은 다른 결과를 가져왔다. 즉, 국제 에너지 가격이 요동칠 때, 정부의 대응방안이 가격 변동 요인별로 달라야 함을 의미한다. 최근 중동 지역에서 일어나고 있는 역내 국가간 갈등 등 지정학적 문제나 2016년 말 합의되어 2018년까지 연장하기로 한 OPEC의 감산 등은 원유공급충격의 일종으로 생각할 수 있다. 또한 최근에는 기술개발과 확산이 가속화되며 타이트 오일과 신재생에너지 등 전통적인 원유의 대체재 공급이 증가하고 있는데 이 또한 원유공급충격으로 간주할 수 있다. 한편, 글로벌 금융위기 이후 달러화 약세가 지속되는 동안 원유가 투자자산으로 주목을 받아 가격이 지속적으로 상승하던 시기는 원유특정수요충격으로 유가변동이 발생한 것으로 나타났다. 총수요부진과 자원가격의 급락으로 경기둔화를 거친 후, 2017년 들어 글로벌 경기회복세가 시현되고 있으며 이러한 추세는 2018년에도 지속될 것으로 예측된다. 이는 총수요충격에 따른 에너지가격 상승으로 이어질 가능성이 있어 이에 대한 적절한 준비가 필요하다.

둘째, 각국의 신재생에너지정책 변화 및 기술 진보에 대한 지속적 모니터링이 필요하다. 원유의 채굴과 마찬가지로 재생에너지의 생산 또한 절대적으로 지리적 영향 아래에 놓여있다. 태양광, 풍력, 수력 발전 등은 기본적으로 최적의 입지가 존재한다. 미국, 중국, EU, 일본 등 세계 각국의 재생에너지정책이 디테일한 방향성이 다른 이유가 여기에 있다. 우리나라의 입지 조건에 맞는 재생에너지정책을 추진하기 위해서는 세계 각국의 에너지정책을 참고할 필요가

있으며, 관련 기술의 진보에 따라 유연한 정책 조정이 요구된다. 특히, 우리와 지리적으로 가까운 위치에 있는 중국은 급속한 경제 발전과 함께 최근 들어 대기오염 등의 환경 문제가 크게 대두되고 있으며 전통적 화석연료에 대한 의존성을 줄이기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 일례로, 북경 등 대도시를 중심으로 겨울철 난방으로 석탄의 사용을 제한하고 있으며 이를 LNG를 이용한 열병합 발전으로 대체하는 정책을 도입하였다. 이러한 변화는 세계 LNG 수급, 특히 계절적 수요에 유의미한 변화를 가져오고 있으며, 우리나라도 정책적으로 점차 LNG에 대한 의존도를 높여가고 있기 때문에 향후 정책비용에 미치는 영향이 커질 것으로 예상되고 있어 이에 대한 면밀한 모니터링이 요구된다.

셋째, 신재생에너지 공급의무화(RPS) 제도의 개선이 필요하다. 최근 많은 관심을 받으며 투자 및 공급량이 빠르게 증가하고 있는 태양광 발전의 경우도 RPS와 같은 일종의 생산비 보조를 받고 있다. 재생에너지 발전 비중 목표를 달성하는 편익과 비교해볼 때 RPS 이행비용이 감내할 수준인지에 대한 판단을 지금 이 시점에서 하기는 어려운 면이 있다. 왜냐하면, 재생에너지의 비중이 높아짐으로써 발생하는 편익은 경제적인 측면뿐만 아니라 사회구성원의 다양한 효용함수를 고려해야 하고 이를 위해서는 더욱 정교한 후생효과 분석이 필요하기 때문이다. 하지만 RPS 제도를 도입한 본래의 취지에서 볼 때 현행 제도가 가지고 있는 문제점을 명확히 인식할 필요가 있다. 무엇보다 일반 대중이 이상적으로 생각하는 재생에너지의 범주가 실제 법률에서의 정의와 동떨어진 면이 있음에 주의해야 한다. 이 제도의 가장 큰 문제점은 값싼 수입산 목재펠릿을 이용한 바이오·폐기물 에너지 발전 비중이 급격히 증가하고 있다는 데 있다. 이는 일종의 화력 발전으로 연소시 발생하는 환경 오염물질에 대한 통제가 추가

적으로 이루어질 필요가 있다. 결국 재생에너지 내에서도 각각의 에너지원이 환경에 미치는 비용을 고려하여 에너지원별로 차등적인 신재생에너지 공급인증서(REC)를 도입하는 정책을 고려해볼 만하다.



## 차례

서언 .....	3
국문요약 .....	5
<b>제1장 서론 .....</b>	<b>19</b>
1. 연구 배경 및 필요성 .....	20
2. 연구 범위와 구성 .....	21
3. 선행연구와의 차별성 .....	23
<b>제2장 국제 에너지시장 동향 .....</b>	<b>27</b>
1. 석유시장 동향 .....	30
가. 국제 석유시장 현황 .....	30
나. 국내 석유시장 동향 .....	39
2. 신재생에너지시장 동향 .....	45
가. 세계 신재생에너지시장 및 정책 .....	47
나. 주요국 현황 .....	51
다. 우리나라 현황 .....	65
<b>제3장 유가 변동요인 분석 및 요인별 영향 분석 .....</b>	<b>77</b>
1. 연구의 필요성 .....	78
2. 선행연구 및 선행연구와의 차별성 .....	78
3. SVAR를 이용한 실증분석 .....	81
가. 원유시장 변동요인 분해 .....	84
나. 원유시장의 충격반응 분석 .....	85
다. 우리나라 거시경제변수에 대한 영향 .....	88
라. 타이트오일 생산에 미치는 영향 .....	95

<b>제4장 에너지 부문을 고려한 개방경제 DSGE 모형</b> .....	<b>97</b>
1. 연구의 배경 .....	98
2. 개방경제 DSGE 모형 .....	100
가. 모형의 구조 .....	100
나. 분석방법 .....	108
3. 실증분석결과 .....	111
4. 소결 .....	116
<b>제5장 국내 신재생에너지시장 제도 및 비용 전망</b> .....	<b>119</b>
1. 신재생에너지 공급의무화제도 .....	120
가. 신재생에너지 공급의무화제도 개요 .....	120
나. 국내 현황 및 RPS 제도의 문제점 .....	127
다. 신재생에너지 발전과 전력시장 .....	133
2. 신재생에너지 균등화 비용과 RPS 비용 전망 .....	136
가. 신재생에너지 균등화 비용 .....	137
나. RPS 이행비용 전망 .....	138
<b>제6장 결론 및 시사점</b> .....	<b>145</b>
1. 에너지 가격 변동요인에 맞춘 대응방안 마련 .....	146
2. 각국의 신재생에너지정책 변화 및 기술 진보에 대한 지속적 모니터링 .....	148
3. 재생에너지 공급 목표 달성을 위한 RPS 제도의 개선 .....	149
<b>참고문헌</b> .....	<b>150</b>
<b>Executive Summary</b> .....	<b>156</b>



## 표 차례

표 2-1. 글로벌 금융위기 이후 국제유가 변화 .....	31
표 2-2. 일차에너지 소비량 .....	39
표 2-3. 정유시설 규모와 생산량 .....	40
표 2-4. 지역별·제품별 석유 수출 현황(2016년) .....	43
표 2-5. 아시아 주요 석유제품 수출국의 수출 비중 .....	44
표 2-6. 부분별·제품별 국내 석유소비 현황(2016년) .....	45
표 2-7. 신재생에너지 특징 및 분류 .....	46
표 2-8. 2015년 세계 전력 생산 에너지원별 비중 .....	49
표 2-9. 신재생에너지 경매제도 운용방식 .....	51
표 2-10. 2016년 신재생에너지 관련 주요 항목별 국가 순위 .....	52
표 2-11. 중국 일차에너지 공급구조 .....	53
표 2-12. 중국 최종에너지 소비구조 .....	53
표 2-13. 중국 발전부문 에너지 투입구조 .....	54
표 2-14. 중국 전원 구성 .....	55
표 2-15. 미국 일차에너지 공급구조 .....	56
표 2-16. 미국 최종에너지 소비구조 .....	57
표 2-17. 미국 발전부문 에너지 투입구조 .....	58
표 2-18. 미국 전원 구성 .....	58
표 2-19. 일본 일차에너지 공급구조 .....	59
표 2-20. 일본 에너지원별 발전 .....	60
표 2-21. EU 주요국의 일차에너지 공급 중 재생에너지 비중 변화 .....	62
표 2-22. EU 주요국 재생에너지 소비 비중 목표치 .....	64
표 2-23. 일차에너지 공급구조 .....	66
표 2-24. 신재생균 원별 생산 비중 .....	67
표 2-25. 최종에너지 소비구조 .....	68

표 2-26. 에너지원별 발전 비중 .....	69
표 2-27. 신재생군 에너지원별 발전 비중 .....	70
표 2-28. 「국가에너지기본계획」 개요 .....	72
표 2-29. 「제2차 국가에너지기본계획」 주요 목표 및 과제 .....	73
표 2-30. 신재생에너지 관련 국가 목표 및 정책 방향 .....	74
표 2-31. 신정부의 에너지 관련 국정과제 요약 .....	76
표 3-1. Caldara, Cavallo, and Iacoviello(2016)와 Kilian(2009)의 비교 .....	80
표 3-2. 변수 설명 .....	82
표 3-3. 변수 설명 및 가용기간 .....	88
표 5-1. 비태양광 에너지원의 적용기준 및 기준가격(원/kWh) .....	121
표 5-2. 태양광 전원의 용량 및 적용기간별 기준가격(원/kWh) .....	122
표 5-3. 신재생에너지원별 가중치 .....	125
표 5-4. 연도별 의무비율 .....	127
표 5-5. FIT와 RPS의 신규 설비 차이 .....	128
표 5-6. FIT 정부 지출금액 .....	128
표 5-7. 2016년 태양광·비태양광 시장 통합 후 기준가격 산정식 .....	129
표 5-8. RPS 의무 이행 현황 .....	130
표 5-9. RPS 이행비용 보전 금액규모 .....	130
표 5-10. 국내외 에너지원별 LCOE 비교 .....	138
표 5-11. 기준발전량 산정식 .....	139



## 그림 차례

그림 2-1.	2015년 세계 일차에너지원별 공급 비중	28
그림 2-2.	2015년 최종에너지원별 소비 비중	29
그림 2-3.	개별 에너지원의 부문별 소비	29
그림 2-4.	국제유가 추이	30
그림 2-5.	세계 원유수급 변동과 국제유가	31
그림 2-6.	원유공급 추이	32
그림 2-7.	공급주체별 원유공급 추이	33
그림 2-8.	비OPEC 국가들의 원유공급 점유율	34
그림 2-9.	미국 타이트오일 공급	34
그림 2-10.	세계 원유수요 추이	35
그림 2-11.	원유수요와 GDP 추이	36
그림 2-12.	연료별 에너지 소비 비중	36
그림 2-13.	달러 가치와 유가	37
그림 2-14.	OPEC 여유생산능력	38
그림 2-15.	2016년 국내 석유수급	41
그림 2-16.	한국의 원유수입량	41
그림 2-17.	한국의 석유제품 수출액	42
그림 2-18.	신재생에너지 공급 증가율	48
그림 2-19.	2015년 부문별 신재생에너지 소비	49
그림 2-20.	일본 에너지원별 발전량 증가율 추이	60
그림 2-21.	EU 28개국 재생에너지원별 공급 비중	63
그림 2-22.	EU 주요국의 재생에너지 소비 현황 및 목표	63
그림 2-23.	EU 주요국 신재생에너지 전원 비중 변화	65
그림 2-24.	신재생에너지 발전량 추이	70
그림 3-1.	모형에 사용된 변수	82

그림 3-2. 원유시장의 수요·공급 곡선 .....	84
그림 3-3. 구조충격의 추이(1976. 2~2016. 12) .....	85
그림 3-4. 원유시장에서의 충격반응 분석결과 .....	86
그림 3-5. 유가 변동의 충격 분해 .....	87
그림 3-6. 구조충격에 대한 산업생산의 반응 .....	90
그림 3-7. 구조충격에 대한 수출입(전년동기대비)의 반응 .....	91
그림 3-8. 구조충격에 대한 인플레이션율의 반응 .....	92
그림 3-9. 구조충격에 대한 석유제품 수출입(전년동기대비)의 반응 .....	93
그림 3-10. 구조충격에 대한 석유화학 수출입(전년동기대비)의 반응 .....	94
그림 3-11. 구조충격에 대한 타이트오일의 반응 .....	96
그림 4-1. 상류부문의 생산성충격 $A_{o,t}^*$ 에 대한 충격반응함수 .....	112
그림 4-2. 국내부문 중요소생산성 $A_t$ 에 대한 충격반응함수 .....	113
그림 4-3. 해외부문 중요소생산성 $A_t^*$ 에 대한 충격반응함수 .....	114
그림 4-4. 내구재의 에너지 효율성 $\mu_t^*$ 에 대한 충격반응함수 .....	116
그림 5-1. SMP 가격 추이 .....	131
그림 5-2. REC 현물가격 추이 .....	132
그림 5-3. 시간별 전력수요 패턴과 시장가격 결정 발전기 .....	134
그림 5-4. 여름 시간별 전력수요곡선과 태양광 발전 .....	135
그림 5-5. California Duck Curve .....	136
그림 5-6. 총 REC 수요량 .....	141
그림 5-7. RPS 이행비용 전망 .....	142

# 제1장



# 서론

1. 연구 배경 및 필요성
2. 연구 범위와 구성
3. 선행연구와의 차별성



# 1. 연구 배경 및 필요성

2014년 중반 시작된 유가의 급락은 글로벌 금융위기 이후 자원가격의 강세와 더불어 빠르게 회복세를 찾아가던 러시아, 브라질 등 신흥 자원부국의 성장세를 꺾어놓았으며, 석유 판매수입을 기반으로 복지정책을 늘려가던 사우디아라비아, 베네수엘라 등 전통적인 산유국의 재정건전성을 크게 해쳤다. 세계 유수의 연구기관 및 금융기관에서 유가 예측을 꾸준히 내어놓고 있으나, 단기를 벗어난 유가 예측치는 종종 큰 폭으로 틀리고는 한다. 오늘날 경제가 발전해감에 따라 일반적으로 에너지의 중요성은 점차 증가하는 반면, 에너지 가격의 불확실성은 줄어들고 있지 않다.

예측이 아닌 유가의 변동성이 거시경제에 미치는 영향에 대한 연구는 꾸준히 이루어져왔다. 무엇보다도 유가의 변동요인에 따라 거시경제에 미치는 영향이 상이할 수 있다는 미시간대학교 Lutz Kilian의 일련의 실증연구는 유가충격을 요인별로 분해 및 식별에 기반한 상황에 따른 적절한 정책대응의 필요성을 인식하는 계기가 되었다. 이를 위해서는 구조적벡터자기회귀(SVAR: Structural Vector Autoregression)모형 등 통계적 접근법을 이용하여 도출한 실증결과를 개방경제 동태확률일반균형(DSGE: Dynamic Stochastic General Equilibrium)모형 등의 구조적 경제모형을 이용하여 설명할 필요가 있다. 구조적 경제모형은 반사실적 모의실험(counterfactual simulation)이 가능하다는 면에서 정책수단의 영향력을 평가하기에 적합하다.

특히 우리나라는 ‘에너지 섬’이라고 불릴 정도로 외부의 에너지 공급에 전적으로 의존하고 있는 형편으로 안정적인 에너지 공급을 위한 다각도의 정책적 노력이 있어왔다. 안정적인 원유 도입선의 확보는 에너지정책의 가장 중요한 부분을 차지해왔으며, 수송연료를 제외한 부문에서 전기에너지의 활용성이 점차 높아짐에 따라 원자력 발전을 기저로 한 전력수급정책이 수립되어왔다. 원

유 도입과 관련한 우리 경제의 또 다른 큰 특징은 1970년대 중화학공업 육성을 중심으로 한 적극적 산업정책의 결과로 정유 및 석유화학 산업의 비중이 크다는 데 있다. 원유정제능력으로 볼 때 2016년 기준 세계 6위로 3.3%의 점유율을 보이고 있으며 생산된 석유제품의 42.6%를 수출하고 있어 아시아의 어떤 나라들보다 수출 비중이 높다. 에너지시장의 변화가 우리 경제에 미치는 영향을 분석할 때 정유 및 석유화학 산업이 주요 산업으로서 수출입에 미치는 영향을 명시적으로 고려할 필요가 있다.

한편 지구온난화 등 환경파괴의 주범으로 인식되어 온실가스로 불리는 이산화탄소 규제에 대한 국제적 논의가 오랜 시간 지속되어왔고, 2015년 파리협정을 통해 구체화되었다. 비용이 저렴하면서도 청정한 에너지로 인식되어왔던 원자력 발전에 대한 두려움이 2011년 일본의 도호쿠지방 태평양 해역 지진을 통해 확산되면서 재생에너지에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 신정부에 들어서며 탈원전의 정책적 방향성이 강화·제시되고, 미국 테슬라사(Tesla Inc.)의 전기자동차가 대중의 집중적 관심을 받으면서 화석연료를 넘어선 태양광 발전, 풍력 발전 등의 친환경성 재생에너지를 확충하기 위해 적절한 인센티브 제공 등의 정책적 고려가 요구되고 있다.

## 2. 연구 범위와 구성

본 연구는 국제 에너지시장의 변화양상을 파악하고 이러한 변화가 우리 경제, 특히 대외부문에 미치는 영향을 분석한다. 먼저 제2장에서는 국제 에너지시장의 동향 파악을 위하여 석유시장과 신재생에너지시장의 현황을 파악한다. 유가에 영향을 미치는 여러 가지 요인들을 수급상황을 통해 살펴보고, 우리나라의 석유시장 현황에 대해서도 알아본다. 특히 우리나라의 경우 원유의 공급

을 전적으로 해외로부터의 수입에 의존하고 있지만 정유 및 석유화학 산업의 수출 비중이 커서 2016년 기준 석유제품 및 석유화학제품 수출액이 원유 및 석유제품 수입액을 초과하고 있다. 이어서 최근 대중의 관심이 증가하고 있는 신재생에너지시장의 현황을 파악하고 주요국의 관련 정책을 소개한다.

우리 경제는 에너지 자립도가 매우 낮아 수출주도형 성장정책을 추진해왔으며, 1970년대 두 차례의 석유 파동을 겪으면서 에너지 가격 변동성에 민감하게 반응해왔다. 글로벌 금융위기 전후 유가의 반복적인 등락 또한 이러한 민감성에 일조하였다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 유가의 변동성은 시기마다 상이한 요인에 의해 영향을 받는다. Kilian(2009)은 이를 원유공급충격, 총수요충격, 원유특정수요충격 등으로 구분하고 이에 따른 거시변수의 반응이 다름을 보였다. 본 연구의 제3장에서는 이러한 실증결과를 한국의 자료를 이용하여 확장한다. 실증분석결과 한국경제에서도 이러한 상이한 충격들이 대외변수의 다양한 반응을 나타내었다. 제4장에서는 앞의 실증결과를 설명하기 위한 개방경제 DSGE 모형을 구축하였다. 이 모형은 Huynh(2016)에 기반하고 있으며, 우리나라의 주요 산업인 정유 및 석유화학 산업을 모형화하여 에너지 생산의 상류부문과 하류부문을 포함하는 모형으로 확장하였다. 모형의 분석결과 제3장의 실증결과를 확인할 수 있었으며, 이를 통해 향후 정책실험을 시행할 수 있게 되었다. 제5장에서는 우리나라에서 도입하고 있는 신재생에너지 공급의무화 제도와 이에 따른 정책비용을 도출한다. 다만 본 연구에서 구축한 DSGE 모형에서는 이러한 비용의 거시적 효과를 분석하는 데 한계가 있어 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

### 3. 선행연구와의 차별성

기존의 연구에서는 에너지시장의 여건 변화를 주로 유가, 특히 원유의 가격 변화로 모형화한다. Kilian(2009)은 구조적벡터자기회귀(SVAR: Structural Vector Autoregressive)모형을 이용한 실증분석을 통해 유가 변동에 영향을 미치는 공급요인과 수요요인의 식별(Identification)이 중요함을 보였다. 유가 변화와 경기순환 사이의 인과관계를 정립하기 위해서는 세계 석유시장을 포함한 적절한 구조모형을 필요로 한다는 것이다. Hamilton(2003)은 대부분의 유가 파동이 미국 경제상황에 외생적인 해외, 특히 중동의 정치적 변화에 따른 공급충격에 기인하므로 식별문제를 따로 고려하지 않아도 된다고 하였으나, Barsky and Kilian(2002)은 1970년대 초반 전 세계적 경기호황으로 원유를 비롯한 원자재에 대한 누적된 수요증가가 유가 상승의 많은 부분을 설명함을 보였다. 즉 유가를 비롯한 에너지 가격이 수요와 공급에 의해 내생적으로 결정되는 것을 의미한다. 이러한 유가 변동이 공급요인에 따라 발생하는 경우, 기업의 생산 비용을 끌어올리거나 가계의 예산 제약을 압박하는 효과를 발생시켜 인플레이션과 경기침체를 가져온다. 반면 수요요인에 의한 유가 상승 또한 인플레이션을 유발하지만, 이는 기본적으로 경제 회복 혹은 호황을 동반하기 때문에 경제 전체에 미치는 부정적 효과가 비교적 작게 나타난다.

Kilian(2009)은 원유생산량, 유가, 실질경제활동지수를 이용하여 3변수 SVAR을 추정하고, 식별된 충격이 미국 GDP와 인플레이션에 미치는 영향을 살펴보았다. Kilian(2009)의 분석은 두 단계로 구성되어 있는데 첫 번째 단계에서 원유시장의 충격을 원유공급충격, 세계총수요충격, 원유특정수요충격으로 구분하였다. 이때 원유공급충격은 현재 원유에 대한 물리적인 이용가능성에 대한 충격이며 세계수요충격은 세계 경기변동에 의해 유도된 현재 원유에 대한 충격을 의미한다. 원유특정수요충격은 원유공급충격과 세계수요충격으로 설

명되지 않는 충격으로 정의되는데 Kilian(2009)은 이 충격을 원유에 대한 예비적 수요의 변동에서 유도되는 충격으로 해석하였으며 예비적 수요충격이라고도 한다. 식별된 각 충격이 유가에 미치는 영향을 살펴본 결과, 역사적으로 원유공급충격이 실질유가에 미치는 영향은 상당히 작았으며 총수요충격은 장기적으로 실질유가에 영향을 미치는 반면 원유특정수요충격은 유가의 급격한 상승과 하락에 기여했다는 결론을 내렸다. 두 번째 단계에서는 SVAR 모형의 구조충격이 미국 인플레이션, 실질 GDP 등 미국 경제변수와 어떤 관련이 있는지 연구하였다. 예상치 못한 원유공급 감소는 일시적인 실질 GDP 감소를 야기하지만 물가에 대한 효과는 거의 없는 것으로 나타났다. 양의 세계수요 충격은(만약 있다면) 초기에는 경제에 양의 순효과를 지니지만 높은 유가로 인해 상쇄된다. 양의 예비적 수요충격은 실질 GDP를 감소시키고 물가를 상승시킨다는 결과가 도출되었다.

Kilian, Rebucci, and Spatafora(2009)에서는 동일한 분석방법을 사용하여 각기 다른 종류의 유가 충격이 원유수출국과 주요 원유수입국의 경상수지에 미치는 영향을 분석하였다. 원유수입국의 경우 총수요충격이 비원유 무역수지에 미치는 영향은 크지 않았으나, 주요국의 경우 여러 산유국에서 다양한 원유 채굴사업을 벌이고 있는 이유로 자산평가효과가 크게 나타났다.

Caldara, Cavallo, and Iacoviello(2016)도 세계 원유공급, 유가, 선진국과 신흥국 산업생산, IMF 금속가격지수로 구성된 SVAR을 이용하여 원유시장의 충격을 원유 수요·공급 및 세계수요 충격으로 식별하였다. 유가 변동의 50%는 원유공급충격에 의해 설명되고 원유특정수요충격과 세계수요충격이 각각 15%와 35%를 설명한다. 또한 생산량 변동에 대해서는 원유공급충격이 40%, 원유특정수요충격이 33%, 세계수요충격이 25%를 설명한다고 분석하였다. 또한 원유시장충격이 세계경제에 미치는 영향은 선진국과 신흥국에 따라 상이하게 나타났다. 신흥국 경제는 유가 하락이 원유공급충격인지 원유특정수요충격인지에 관계없이 위축되었으나 선진국 경제는 원유공급충격에 의한 유

가 하락 시 경제활동이 촉진되었다.

국내에서도 원유시장 충격이 거시경제에 미치는 영향에 대해 많은 연구가 이루어져왔다. 이근영(2011), 김동현, 황영식(2012), 김기화(2012) 등은 유가 충격이 한국경제에 미치는 영향을 분석하였으나 국제유가의 수요와 공급 충격이 국내 거시경제변수에 미치는 영향이 상이할 수 있음을 간과하였다.

노진영, 이광원(2012)과 이준상, 신석하(2012)는 SVAR 모형으로 원유충격을 수요 및 공급으로 식별하였으나 노진영, 이광원(2012)은 국내경제에 대한 영향을 살펴보지 않았으며, 이준상, 신석하(2012)는 요인별 유가 상승이 우리 경제에 미치는 영향을 분석하였으나 국내 GDP와 소비자물가에 대한 영향만을 분석하였다.

한편 이와 같이 유가 결정에서 수요요인의 중요성이 강조됨에 따라 시장 참여자의 최적화 행위에 기반한 구조적 경제모형인 DSGE 모형에도 유가의 내생성을 도입하기 위한 다양한 시도가 있었다. Kim and Loungani(1992)와 Rotemberg and Woodford(1996)를 비롯한 초기 모형에서는 실질유가를 외생적으로 정의하여 유가의 변동요인에 대한 구분을 두지 않았다. Leduc and Sill(2007)과 Bodenstein, Erceg, and Guerrieri(2011)에서는 가격에 반응하지 않는 비탄력적 원유공급이 외생적으로 주어졌다고 가정한 후 원유수요의 변화에 따라 유가가 결정되는 모형을 사용하였다. Nakov and Pescatori(2010)는 지배적 원유공급자의 시장지배력이 내생적으로 결정되게 모형화함으로써 원유공급의 높은 가격탄력성을 도출하였는데, Kilian(2009) 등의 실증분석에서 나타나는 원유공급의 가격탄력성과는 괴리가 있다. Backus and Crucini(2000)는 비탄력적 OPEC 공급자와 탄력적 비OPEC 공급자로 나누어 원유가격의 내생화를 시도하였다. Huynh(2016)는 Dhawan and Jeske(2008)를 따라 내구재 소비에 에너지 사용이 뒤따르도록 모형화하였다. 또한 생산을 위한 자본의 운전에도 에너지 사용이 필요한 것에 착안하여 에너지 사용을 생산비용의 일부로 도입하고, 에너지 생산부문을 명시적으로 도입함으로써 에너지 공급

을 내생화하였다. 한편 지정구, 배병호(2016)는 원유에 대한 투기적·예비적 수요를 모형화하기 위하여 Unalmis, Unalmis, and Unsal(2012)를 따라 원유 저장기술을 모형에 포함하고 소규모 개방경제에서 유가 충격이 GDP, 물가상승률에 미치는 영향을 살펴보았으나 이준상, 신석하(2012)와 같이 대내변수에 대한 영향을 살펴보는 데 그쳤다. Melek, Plante, and Yucel(2017)에서는 경질유와 중질유 등 원유의 유종에 따라 정유공정의 차이가 있음에 주목하고 이를 아우르는 하류부문을 모형화함으로써, 미국에서 타이트오일의 증산과 미국의 원유수출금지정책 변화에 따른 효과를 분석하였다.

본 연구에서 구축한 에너지부문을 고려한 DSGE 모형은 Huynh(2016)의 모형을 바탕으로 에너지 생산부문을 해외경제의 원유채굴과 관계된 상류부문과 석유제품 및 석유화학제품을 생산하는 하류부문으로 나누어 모형화하였다. 이는 우리나라의 부존자원 상황과 해당 부문의 산업 비중을 고려한 것으로 구축된 모형을 이용하여 상이한 유가 충격이 우리나라 수출입에 미치는 영향의 파급경로를 살펴볼 수 있다.

신재생에너지 측면에서 본 연구는 각국의 정책을 비교하고, 재생에너지의 공급 확대를 달성하기 위하여 우리나라에서 채택하고 있는 신재생에너지 공급의무화 제도를 소개, 분석하며 향후 정책목표에 따라 해당 제도가 발생시킬 예상비용을 살펴보았다. 그러나 화석원료의 대안으로 관심을 끌고 있는 태양광이나 풍력 등의 재생에너지가 전체에서 차지하는 비중이 아직 작고 충분한 데이터가 쌓이지 않아 본격적인 모형 분석결과를 제시하지 못한 한계점을 안고 있다.

## 제2장

K

PM

# 국제 에너지시장 동향

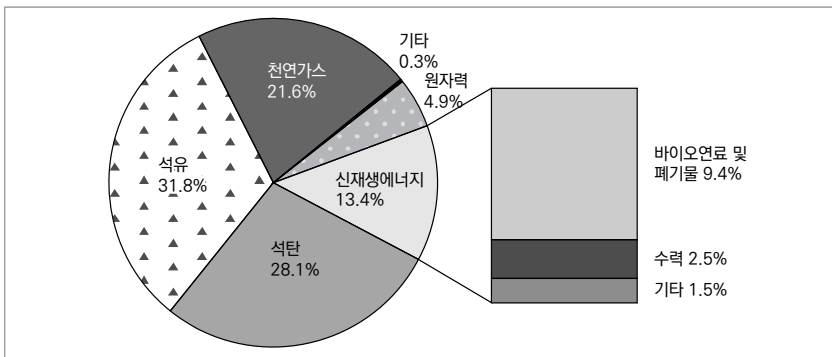
1. 석유시장 동향

2. 신재생에너지시장 동향



2015년 세계 일차에너지<sup>1)</sup> 공급량(TPES: Total Primary Energy Supply)은 136억 4,700만toe(ton of oil equivalent)<sup>2)</sup>이다. [그림 2-1]에 따르면 에너지원별 비중은 석유 31.8%, 석탄 28.1%, 천연가스 21.6%로 화석연료가 전체의 80% 이상을 차지했다. 2015년 신재생에너지 공급량은 전년대비 3,900만toe 증가한 18억 2,300만toe로 일차에너지 공급 점유율이 13.4%에 해당했다. 신재생에너지 공급에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 바이오연료 및 폐기물<sup>3)</sup>로 그 비중은 70.7%에 이르렀다. 수력은 신재생에너지 공급의 18.3%를 차지했으며 지열, 풍력, 태양 및 조력이 각각 4.1%, 4.0%, 3.0%를 차지했다.

그림 2-1. 2015년 세계 일차에너지원별 공급 비중

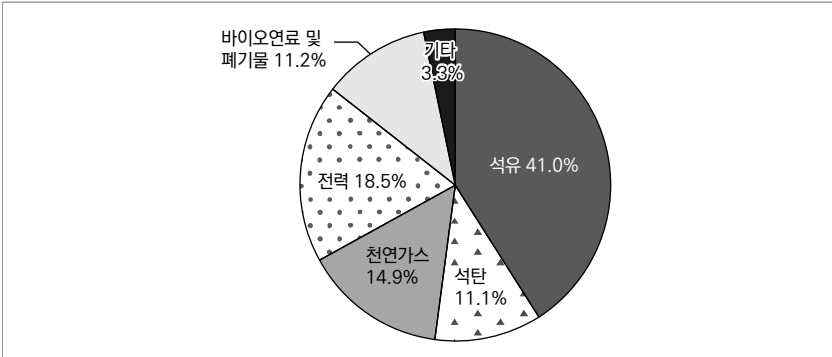


자료: IEA(2017a), "Renewables Information: Overview."

2015년 세계 최종에너지<sup>4)</sup> 소비량은 93억 8,400만toe로, 에너지원별 및 부문(용도)별 에너지 소비 비중을 통해 소비구조를 알 수 있다. [그림 2-2]의 에너지

- 1) 자연이 제공한 그대로의 가공하지 않은 에너지를 의미한다. 재생가능형태와 재생불가능형태로 나누는 경우 전자는 수력, 태양열, 풍력, 지열, 조력 등이고, 후자는 나무, 석탄, 석유, 천연가스, 우라늄 등을 포함한다.
- 2) 직역하면 '석유 환산 톤'을 의미한다. 에너지의 가치를 석유를 기준으로 환산할 때 쓰는 단위로 서로 다른 형태의 에너지를 비교할 때 사용된다. 즉 열량 비교를 위해 타 연료의 열량을 원유 기준으로 환산한 양으로 '원유 1kg=10,750kcal'로 환산하며, 1toe는 107kcal이다.
- 3) 액체 및 고체 바이오연료, 바이오가스, 목탄, 도시폐기물 등을 포함한다. 주로 개발도상국에서 난방, 취사 등 비상업적 용도로 사용하는 에너지이다.
- 4) 최종적으로 소비부문에서 사용하는 에너지를 뜻한다. 산업, 수송, 가정 및 상업 부문 등 최종소비자가 직접 사용한 일차에너지와 전환과정을 거친 이차에너지가 여기에 해당한다.

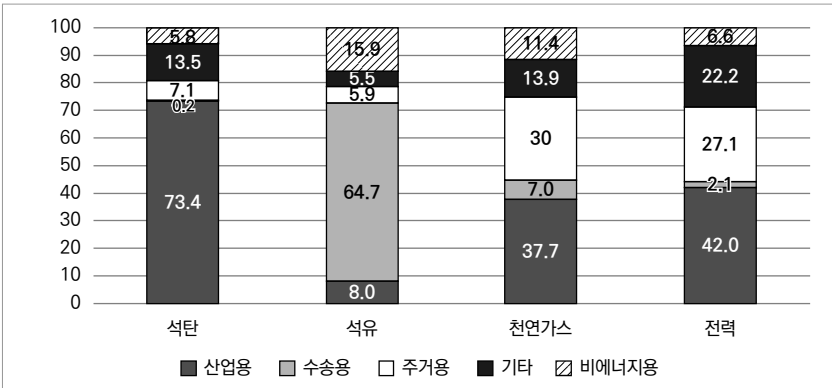
그림 2-2. 2015년 최종에너지원별 소비 비중



주: 기타는 지열, 태양에너지, 풍력, 열에너지 등을 포함.  
 자료: IEA(2017b), "Key World Energy Statistics."

그림 2-3. 개별 에너지원의 부문별 소비

(단위: %)



주: 기타는 농업, 가정·상업·공공 부문 등에서의 소비를 의미.  
 자료: IEA(2017b), "Key World Energy Statistics."

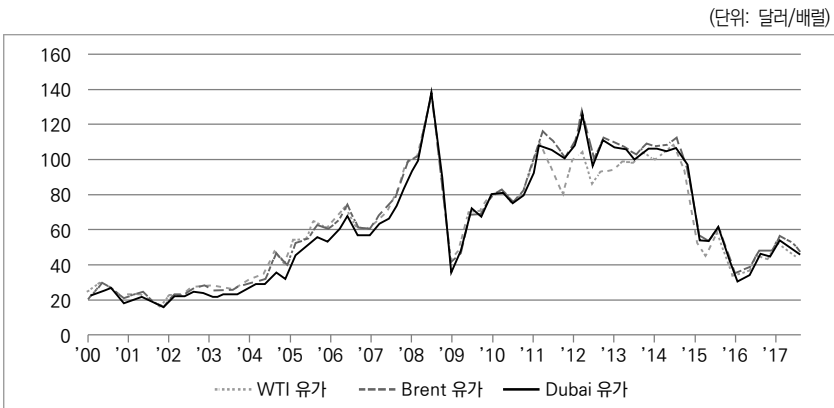
원별 소비 비중을 살펴보면 석유가 41.0%로 가장 높았고, 전력, 천연가스, 바이오연료 및 폐기물, 석탄이 각각 18.5%, 14.9%, 11.2%, 11.1%로 그 뒤를 이었다. 또한 석탄, 천연가스와 전력의 경우 산업용으로, 석유의 경우 수송용으로 가장 많이 소비되었다(그림 2-3 참고).

# 1. 석유시장 동향<sup>5)</sup>

## 가. 국제 석유시장 현황

### 1) 글로벌 금융위기 이후 국제유가 동향

그림 2-4. 국제유가 추이



자료: Bloomberg DB(검색일: 2017. 8. 2, 2017. 8. 31).

[그림 2-4]가 보여주듯이 국제유가는 글로벌 금융위기 이후 상승과 하락을 모두 경험하였다. 먼저 2009년 1월 44.86달러/배럴이었던 두바이유는 2011년 4월 말 118.65달러/배럴까지 상승하며 가파른 오름세를 보였으나 2011년 중반 이후 2014년 6월 말까지 110달러/배럴 내외에서 비교적 안정적인 움직임을 보였다. 그러나 [표 2-1]에 나타나듯이 2014년 6월을 기점으로 2015년 1월까지 월평균 -11.4%의 큰 폭의 하락을 보였으며 2016년 1월 저점 29.5달러/배럴을 기록하였다. 이후 2016년 상반기부터 2017년 8월 현재까지 40~50달러/배럴 범위에서 등락을 거듭하고 있다.

5) 석유(Petroleum 혹은 oil)라는 용어는 원유 및 석유제품과 통용되어 사용되기도 하나 원유(crude oil), 천연가스(natural gas), 석유제품(petroleum products) 등을 포함하는 광의의 개념이다(한국석유공사, 2014. p. 11).

표 2-1. 글로벌 금융위기 이후 국제유가 변화

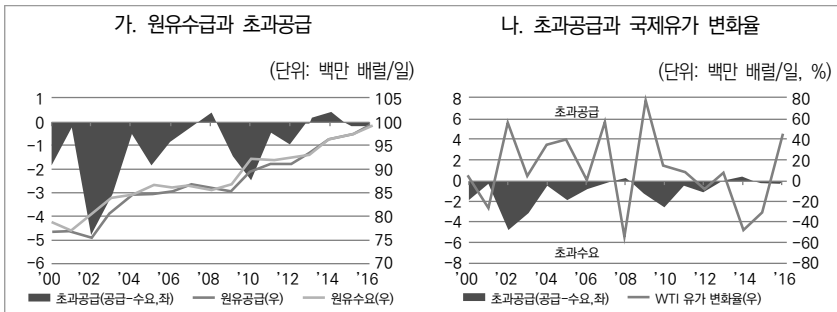
(단위: 달러/배럴, %)

구분	국면	기간	기간 평균 유가	기간 평균 변화율
상승기	상승기	2009. 1~2009. 6	53.76	12.14
	정체기	2009. 7~2010. 8	74.27	0.39
	상승기	2010. 9~2011. 4	95.11	6.33
유지기	높은 수준 유지	2011. 5~2014. 6	107.02	-0.10
하락기	1차 하락기	2014. 7~2015. 1	78.72	-11.43
	반등기	2015. 2~2015. 6	59.27	6.85
	2차 하락기	2015. 7~2016. 2	40.26	-8.29
유지기	낮은 수준 유지	2016. 3~2017. 7	47.17	3.74

주: Dubai유 기준.  
 자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 2).

[그림 2-5]는 이와 같은 가격변화가 세계 원유의 수요와 공급에 의해서 대체적으로 잘 설명되고 있음을 보여준다. 2009년부터 2011년까지는 수요가 공급보다 빠르게 증가하며 초과수요가 확대되어 국제유가가 상승(양의 유가 변화율)하였다. 그러나 2013년 하반기 이후에는 초과공급이 확대되면서 국제유가가 하락(음의 유가 변화율)하였다.

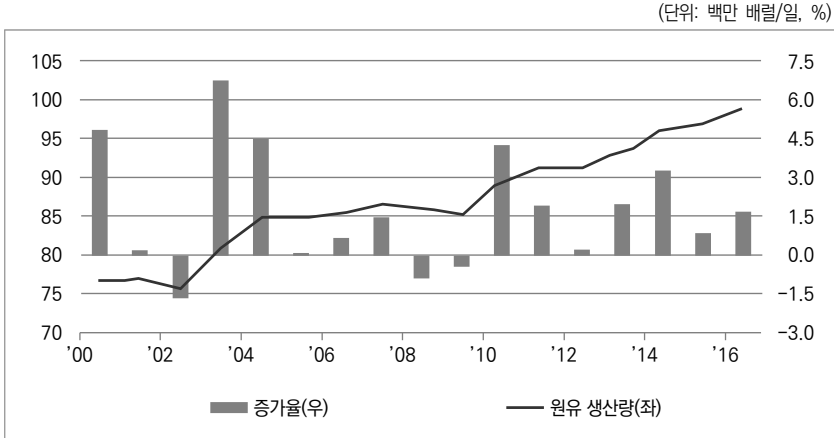
그림 2-5. 세계 원유수급 변동과 국제유가



주: 원유초과공급 = 원유공급-원유수요.  
 자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 2).

## 2) 원유공급 동향

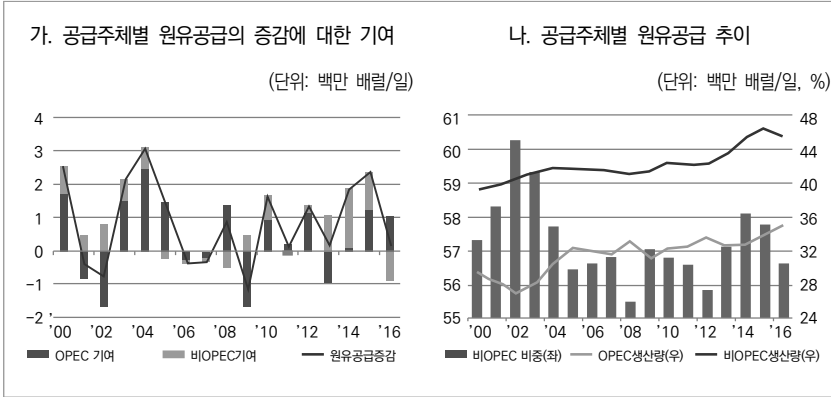
그림 2-6. 원유공급 추이



자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 2).

[그림 2-6]은 2000년 이후 원유공급의 변화추이를 보여준다. 원유공급은 2010년 이후 1.45%에 이르는 높은 증가율(2005~09년 연평균 0.082%)을 보였다. 2010년부터 2011년까지는 원유수요 및 초과수요가 확대되고 국제유가가 상승하며 원유공급도 확대되었다. [그림 2-7]의 가는 OPEC(Organization of the Petroleum Exporting Countries, 석유수출국기구)과 비OPEC 공급주체별 기여를 보여준다. 2011년 이후 원유초과수요가 완화되었음에도 2013년부터 2015년까지는 비OPEC을 중심으로, 2015년 이후에는 OPEC을 중심으로 원유공급 확대가 지속되었다. [그림 2-7]의 나는 공급주체별 원유공급 추이를 보여준다. 2013년 이후 비OPEC 생산량이 크게 증가하였으나 최근 들어 비OPEC의 생산량이 감소하고 OPEC의 기여가 증가하였다.

그림 2-7. 공급주체별 원유공급 추이



자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 2).

자료: U.S. EIA(검색일: 2017. 8. 11).

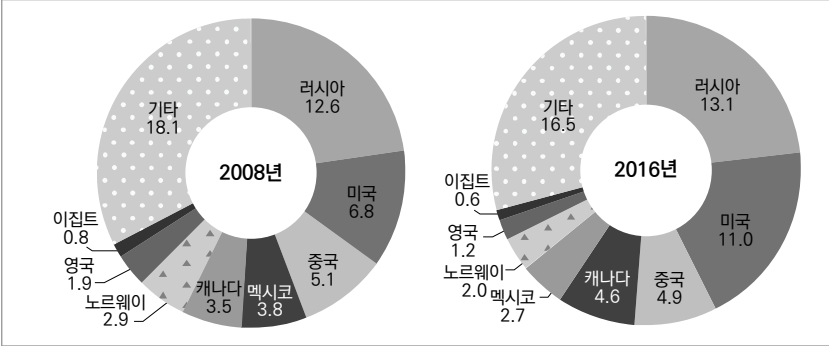
먼저 비OPEC에서는 2011~14년 상반기 중 유가가 100달러/배럴을 상회 하면서 2011년 6월 4,170만 배럴/일에서 2014년 12월 4,700만 배럴/일로 생산이 크게 증가하였다. 특히 해당 기간 중 [그림 2-8]과 같이 미국의 비중이 2008년 6.8%에서 2016년 11.0%로 크게 증가하였다. 미국의 비중이 증가한 배경에는 비전통 원유의 생산기술 발달과 고유가가 있다. 기술개발로 타이트오일(Tight Oil 혹은 Light Tight Oil)<sup>6)</sup> 생산비용이 낮아지고 고유가가 지속되자 손익분기점을 넘어 타이트오일 생산이 활발하게 이뤄지기 시작했기 때문이다.<sup>7)</sup> 이를 보여주듯이 [그림 2-9]에서 미국의 타이트오일 생산은 2011년부터 2015년까지 가파르게 증가하였다.

6) 타이트오일은 셰일층에서 채굴한 석유로 초기에 '셰일오일(Shale Oil)'로 불렸으나 비전통 석유의 일종인 '오일셰일(Oil Shale)'과의 혼란을 피하기 위해 타이트오일(LTO: Light Tight Oil)로 부르고 있다 (조용권 2013. p. 21).

7) 이재원, 조인우(2016), p. 5.

그림 2-8. 비OPEC 국가들의 원유공급 점유율

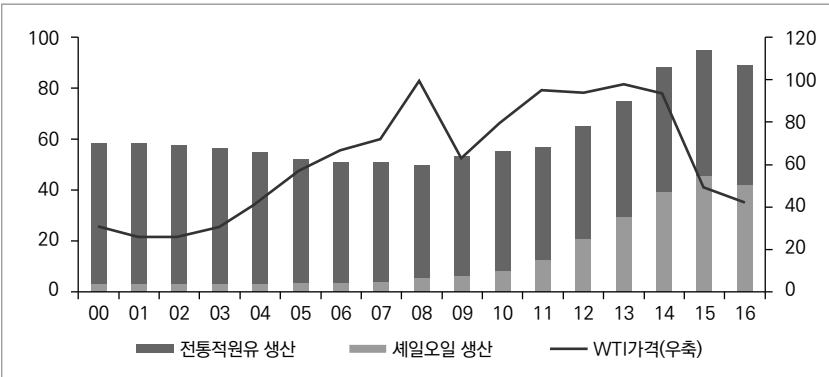
(단위: %)



주: 비OPEC 원유공급량 중 각국의 비중.  
 자료: U.S. EIA(검색일: 2017. 8. 11).

그림 2-9. 미국 타이토일 공급

(단위: 십만 배럴/일, 달러/배럴)



자료: 오현희(2017). p. 23.

OPEC에서도 산유국간 시장점유율 경쟁이 지속되면서 원유공급 과잉상태가 지속<sup>8)</sup>되었다. 사우디아라비아는 2014년 11월 OPEC 총회에서 글로벌 과잉공급과 유가 하락에도 감산을 거부<sup>9)</sup>하였으며, 2015년 12월에도 OPEC의

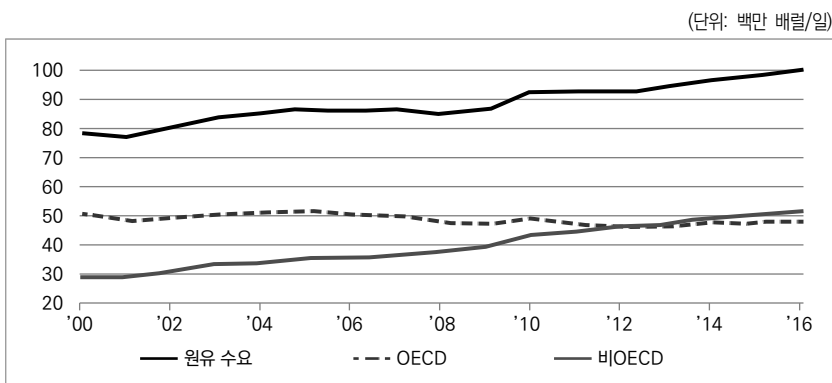
8) 이재원, 정준우, 조인우(2016).

9) 오정석, 김권식(2015), p. 4.

감산 합의가 실패하였다. 또한 2016년 1월 이란의 경제제재가 해제되어 원유 수출을 재개하면서 OPEC 산유국의 원유공급 확대가 지속되었다.

### 3) 원유수요 동향

그림 2-10. 세계 원유수요 추이

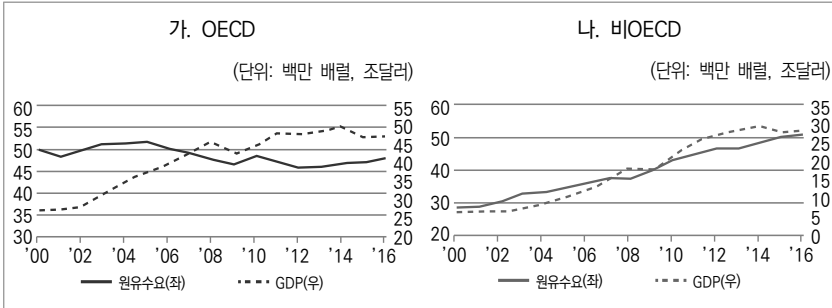


주: Energy Intelligence Group<sup>10)</sup>의 Monthly Oil Market Intelligence에서 제공하는 Oil Product Demand Data.  
 자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 2).

[그림 2-10]은 세계 원유수요가 글로벌 금융위기 직후 급증하여 증가세를 유지하고 있음을 보여준다. 원유수요는 미국, 유럽, 일본 등 선진국을 중심으로 한 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development, 경제협력개발기구) 수요와 중국, 인도 등을 중심으로 한 비OECD 수요로 구분할 수 있는데 [그림 2-10]과 같이 OECD 석유수요는 정체된 반면 비OECD 석유수요는 확대되는 모습을 보였다. 이를테면 2000년 비OECD 국가의 원유수요는 2,850만 배럴/일로 OECD 원유수요 5,010만 배럴/일의 절반 수준에 그쳤으나 2016년 기준 비OECD와 OECD 원유수요가 각각 5,090만 배럴/일과 4,820만 배럴/일로 비OECD 수요가 OECD 수요를 추월하였다.

10) 에너지 인텔리전스(Energy Intelligence)는 글로벌 에너지에 대한 이슈와 자료 및 분석을 제공하는 기업이다.

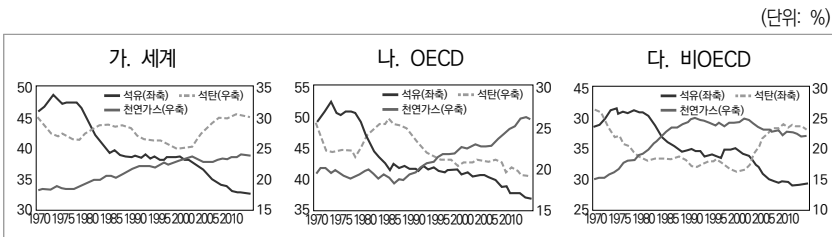
그림 2-11. 원유수요와 GDP 추이



자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 2); World Development Indicators(검색일: 2017. 8. 18).

OECD 국가들의 원유수요 감소는 경기순환적 요인과 구조적 요인이 복합적으로 결합된 결과이다. [그림 2-11]의 가에서 보듯이 글로벌 금융위기 이후 유럽과 일본 등 선진국의 경제회복 지연은 석유수요 감소로 이어졌다. 실제 2010년 이후 2013년까지 두 국가의 원유수요가 소폭 감소하기도 하였다. 이를 반영하듯 2009년부터 2016년간 연평균 OECD 원유수요 증가율이  $-0.26\%$ 를 보이며 위축된 모습을 보였다.

그림 2-12. 연료별 에너지 소비 비중



자료: BP(2016); 재인용: 이재원, 조인우(2016). p. 19.

하지만 보다 근본적으로 선진국을 중심으로 환경 및 기후 변화에 대한 사회적·경제적 관심이 고조되며 경제의 원유 의존도가 하락하였다. [그림 2-12]는 EU를 중심으로 하는 OECD 국가에서는 청정에너지에 대한 선호가 증가하고

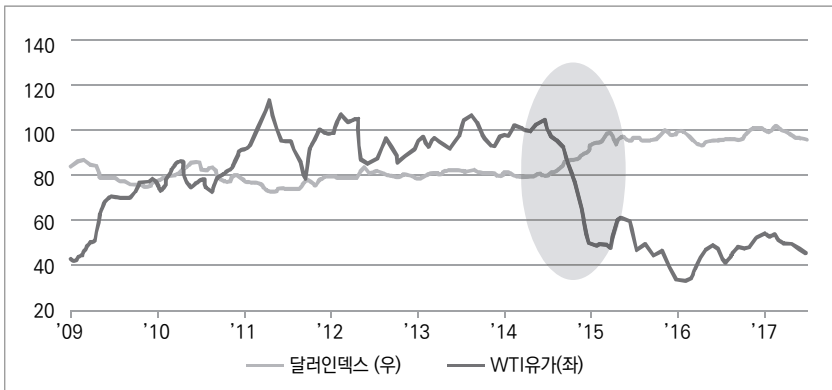
환경규제가 강화되어 탈석유화 추세가 전개되는 양상을 보여준다.<sup>11)</sup> 특히 일본, 유럽에서 고연비 차량 보급이 확대되고 환경규제가 강화되며 그린카에 대한 수요가 확대되며 전체 원유수요의 54.3%(2015년 기준)<sup>12)</sup>를 차지하는 수송용 원유수요가 감소하였다.<sup>13)</sup>

반면 비OECD 국가의 원유수요는 지속적으로 증가해왔다. 중국, 인도 등 비OECD 국가는 지속적으로 인구가 증가하고 있으며 도시화, 산업화에 따라 자동차 보급대수가 확대되어<sup>14)</sup> 원유에 대한 수요가 확대되고 있다. 또한 [그림 2-11]의 나와 같이 경제규모가 확대되며 원유에 대한 수요가 지속되고 있다.

#### 4) 기타 요인

그림 2-13. 달러 가치와 유가

(단위: 달러/배럴, 지수)



자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 2); U.S. EIA(검색일: 2017. 8. 11).

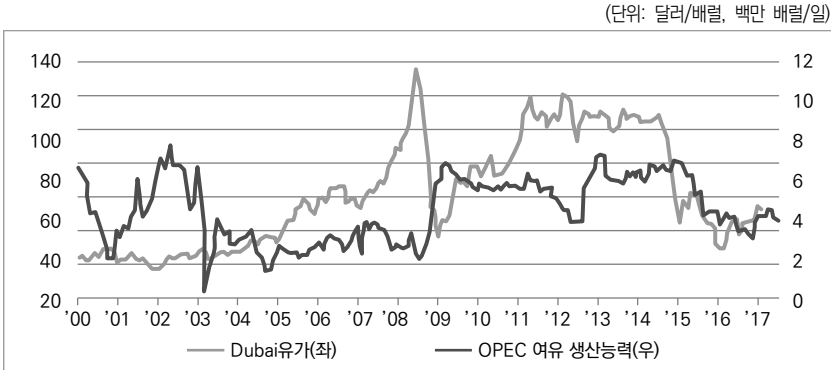
11) 이지평(2016), p. 38.

12) British Petroleum(BP), 이재원, 정준우, 조인우(2016) 재인용.

13) 이지평(2016), p. 39.

14) 이지평(2016), p. 37.

그림 2-14. OPEC 여유생산능력



주: OPEC 여유생산능력=OPEC 생산가능량-OPEC 생산량.

자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 2).

[그림 2-13]에서 보듯이 원유수급요인 이외에 달러화 강세도 저유가를 심화시키는 요인으로 작용하였다. 유가가 달러화의 움직임에 영향을 받는 이유로는 크게 두 가지 측면을 생각할 수 있다. 원유의 결제통화가 미달러화이기 때문에 달러화가 강세일 때 원유수출국의 공급이 늘어나는 반면 원유수입국의 수요는 줄어든다. 물론 원유에 대한 수요 및 공급 탄력성에 따라 변동성은 다르다. 다른 이유로는 원유가 달러화의 대체자산으로 인식되는 측면이 작용한다. 안전자산인 달러화에 대한 수요가 증가할 때 원유에 대한 투기적 수요가 감소하기 때문이다. 먼저 이재원, 조인우(2016)에 따르면 달러화 환율과 국제유가의 상관관계가 1980년 중반 유가 하락 시보다 더욱 밀접해졌다고 주장하였다. 그들의 연구에 따르면 1981년부터 1990년까지 달러 인덱스와 유가의 상관계수는 -0.59였으나 2010년부터 2016년 3월까지의 -0.97로 음의 관계가 강화되었고 유가 하락에 기여한 것으로 나타났다.

국제유가에 영향을 미치는 또 다른 요인으로 OPEC 여유생산능력<sup>15)</sup>을 고려

15) 과거 원유는 시설투자에서 생산까지 11년 정도 장기간의 시간이 소요되어 공급의 가격탄력성이 매우 낮았기 때문에 산유국의 여유생산능력이 국제유가에 미치는 영향이 상당하였다(김용, 김수현 2012, p. 33).

할 필요가 있다. OPEC은 세계 원유공급의 완충역할<sup>16)</sup>을 하고 있어 가격 형성에서 중요한 역할을 해왔다. [그림 2-14]에서 보듯이 원유수요가 증가하는 국면에서 OPEC의 여유생산능력이 감소하면 원유수급 차질에 대한 우려로 유가가 상승하는 경향이 있다. 다만 최근에는 OPEC의 원유생산능력과 국제유가의 상관관계가 약화되었는데 이에 대해 타이트 오일 등 비전통 원유공급이 증가하여 OPEC의 가격 협상력이 약화되었다는 견해가 있다.<sup>17), 18)</sup>

## 나. 국내 석유시장 동향

1970년대 두 차례의 석유파동을 거치면서 석유가격의 변동성이 우리 경제에 미치는 영향에 대한 논의가 계속되어왔다. [표 2-2]에서 보는 바와 같이 우리나라의 일차에너지 소비량은 세계 9위권이며 이 중 석유가 차지하는 비중은 42.7%에 이르고 있어, 국제유가의 변동성이 물가를 비롯한 국내의 경제활동에 미치는 영향이 클 것을 미루어 짐작할 수 있다.

표 2-2. 일차에너지 소비량

(단위: 백만TOE)

국가	전체 소비량	점유율	석유소비량	석유 비중
중국	3,053.0	23.0	578.7	19.0
미국	2,272.7	17.1	863.1	38.0
인도	723.9	5.5	212.7	29.4
러시아	673.9	5.1	148.0	22.0

16) 한국석유공사(2014), p. 37.

17) 미국의 타이트오일 생산증가에 따라 미국 원유수출금지가 해제(2015년 12월)되었는데 이로 인해 석유시장의 중동의존도가 완화되고 아시아 국가들의 대중동 석유가격 협상력이 강화되었다(조용권 2013, 29, p. 31).

18) 유가가 일정 수준 이상으로 상승할 경우 단기간(평균 30일) 내 생산 돌입이 가능한 시추 이후 미완성 유정(DUC: Drilled But Uncompleted wells)을 중심으로 타이트오일 생산이 증가해 추가적인 가격 상승을 억제하는 효과가 있다(최인방 외 2016, pp. 10~12).

표 2-2. 계속

국가	전체 소비량	점유율	석유소비량	석유 비중
일본	445.3	3.4	184.3	41.4
캐나다	329.7	2.5	100.9	30.6
독일	322.5	2.4	113.0	35.0
브라질	297.8	2.2	138.8	46.6
한국	286.2	2.2	122.1	42.7
전세계	13,276.3	100.0	4,418.2	33.3

주: 2016년 기준.  
 자료: BP 세계에너지통계(2017).

한편 중화학공업 육성정책으로부터 시작된 정유 및 석유화학 산업에 대한 집중적인 투자는 정유정제능력 기준으로 볼 때 우리나라를 세계 6위권(점유율 3.3%)에 올려놓았다(표 2-3 참고). 이러한 정유 및 석유화학 산업의 발전으로 인해, 원유생산국이 아님에도 우리나라는 전 세계 에너지 공급에서 유의한 비중을 차지하고 있다.

표 2-3. 정유시설 규모와 생산량

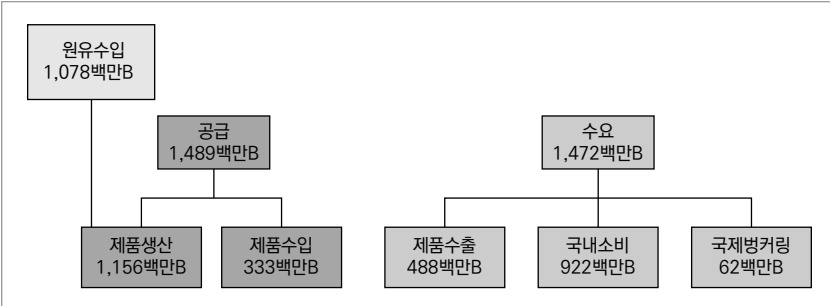
(단위: 천 배럴/일)

국가	정제능력	점유율	원유처리량	가동률
미국	18,621	19.1	16,202	87.0
중국	14,177	14.6	11,023	77.8
러시아	6,418	6.6	5,709	89.0
인도	4,620	4.7	4,931	106.7
일본	3,600	3.7	3,280	91.1
한국	3,234	3.3	2,928	90.5
사우디아라비아	2,899	3.0	2,750	94.9

주: 2016년 기준.  
 자료: BP 세계에너지통계(2017).

그림 2-15. 2016년 국내 석유수급

(단위: 백만 배럴)

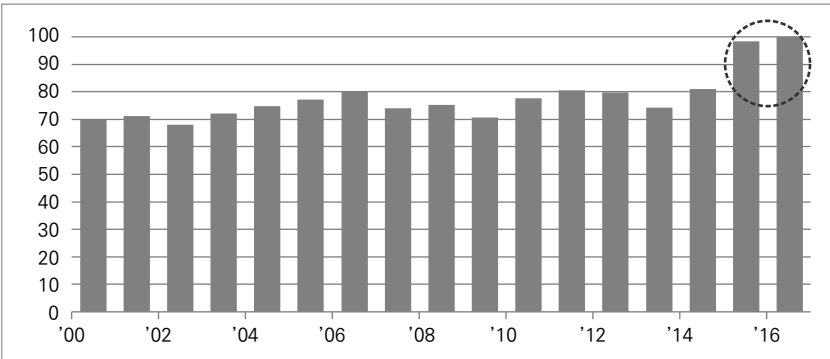


자료: 산업통상자원부(2017a). p. 2.

[그림 2-15]는 2016년도 국내 석유시장의 수급 현황을 보여주고 있다. 우리나라는 2016년 중 총 10억 7,800만 배럴의 원유와 3억 3,300만 배럴의 석유 제품을 수입하였다. 수입된 원유 가운데 일부를 원료로 하여 국내에서 11억 5,600만 배럴의 석유제품을 생산하여 총 14억 8,900만 배럴의 석유제품을 공급하였다. 이렇게 공급된 석유제품은 국내에서 9억 2,200만 배럴이 소비되고 4억 8,800만 배럴이 수출되었다.

그림 2-16. 한국의 원유수입량

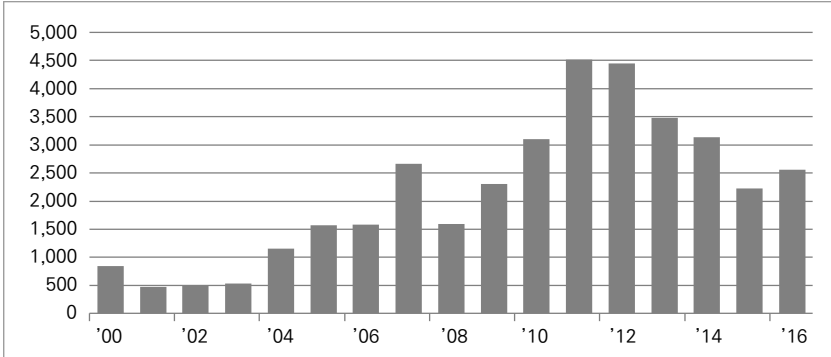
(단위: 백만 배럴)



자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 31).

그림 2-17. 한국의 석유제품 수출액

(단위: 백만 달러)



자료: Bloomberg(검색일: 2017. 8. 31).

[그림 2-16]은 한국의 원유수입량 추이를 보여주고 있다. 한국의 원유수입량은 2000년 7,000만 배럴에서 2013년 7,400만 배럴로 지난 14년간 7,000만~8,000만 배럴 사이에서 등락을 반복하였다. 그러나 두바이 원유가 약세를 이어가고 이란의 경제제재가 해제(2016년 1월)되면서<sup>19)</sup> 2015년과 2016년 중 9,800만~1억 배럴로 수입량이 급증하였다.

한국의 석유제품 수출은 [그림 2-17]에서 보듯이 2000년대에는 가파르게 증가하였으나 2013년부터 2015년간 수출금액이 22억 300만 달러만큼 하락하여 2015년에 2013년의 절반수준으로 감소하였다. 그러나 2016년에는 2015년에 비해 수출금액이 16.6% 증가하며 회복세를 보이고 있다.

[표 2-4]는 우리나라의 석유제품 수출을 지역별·상품별로 보여주고 있다. 우리나라의 주요 석유제품 수출국은 중국(19%), 싱가포르(15%), 호주(11%), 일본(9%), 미국(8%) 순(2016년 물량 기준)이며 중국에는 아스팔트, 납사, 항공유, 싱가포르에는 경유, 항공유, 호주에는 휘발유와 경유, 일본에는 납사, 미국에는 항공유를 중심으로 수출하고 있다. 총석유제품 수출을 제품별로 살펴보면 경유

19) 산업통상자원부(2017a). p. 1.

표 2-4. 지역별·제품별 석유 수출 현황(2016년)

(단위: 천 배럴)

구분	중국	싱가포르	호주	일본	미국	기타	총계
휘발유	947	13,927	18,538	5,051	620	37,175	76258
등유	-	40	-	1,126	-	899	2065
경유	10,116	38,972	21,857	3,852	746	99,984	175527
경질중유	-	-	-	296	-	189	485
병커C유	4,962	1,933	-	1,473	237	3,904	12509
납사	20,754	931	-	22,924	-	5,154	49763
용제	345	31	164	37	-	593	1170
항공유	15,459	15,107	9,305	5,005	33,886	32,616	111378
LPG	1,192	320	-	69	-	286	1867
아스팔트	23,032	-	1,402	2,769	44	1,231	28478
윤활유	2,555	1,245	206	562	1,566	9,098	15232
부생연료유	498	-	-	-	-	-	498
기타 제품	11,765	20	-	994	-	182	12961
총계	91,625	72,525	51,471	44,158	37,099	191,314	488,192

자료: 산업통상자원부(2017a). p. 10.

36%, 항공유 22.8%, 휘발유 15.6%, 납사 10.2% 순(2016년 물량 기준)<sup>20)</sup>으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

아시아 주요 석유제품 수출국 현황을 [표 2-5]에서 볼 수 있다. 중국은 세계 2위의 정제능력으로 국내수요를 충족시킬 뿐 안정적인 수출경로를 확보하지 못한 것으로 보인다. 이는 2016년 중국 석유제품의 수출 비중이 8.7%인데 반해 정유설비 가동률이 77.8%에 그치고 있는 것에서 드러난다.<sup>21)</sup> 일본은 1990년대 13개에 달했던 정유회사들을 합병·재편하면서, 지난 20년간 안정적인 내수를 충족시키는 전략을 취했다. 일본의 정유설비 가동률은 91.1%에 달하는 반면, 석유제품 수출 비중은 9.4%에 불과하다. 이에 반해 한국의 정유업체들은 내수 이외에도 석유제품 수출에 방점을 두고 정제시설 고도화<sup>22)</sup> 등 적극적인

20) 산업통상자원부(2017a). pp. 6~7.

21) 중국의 정유설비 가동률은 2004년 78.6%를 정점으로 글로벌 금융위기 이후 2014년까지 70% 근방에 머물렀으나 공기업 구조조정을 실시하며 2015년 74.7%으로 회복하였다.

투자를 지속해왔다. 2016년 우리나라의 정유설비 가동률은 90.5%, 석유제품 수출 비중은 42.6%에 달한다.

표 2-5. 아시아 주요 석유제품 수출국의 수출 비중

(단위: 천 배럴/일)

국가	생산량	수출량	수출 비중
중국	11,023	959	8.7
인도	4,931	1,291	26.2
일본	3,280	307	9.4
한국	2,928	1,247	42.6

주: 2016년 기준.

자료: BP 세계에너지통계(2017); 대한석유협회.

통관기준으로 볼 때, 2016년 우리나라의 수출금액 4,954억 달러에서 석유 제품 및 석유화학제품이 차지하는 비중은 각각 264억 7,000만 달러와 361억 6,000만 달러로 12.6%에 이르며, 원유 및 석유제품 수입액은 각각 443억 달러와 117억 4,000만 달러로 전체 수입금액 4,062억 달러에서 차지하는 비중은 13.8%이다.

[표 2-6]은 부분별·제품별 국내 석유소비 현황을 보여준다. 우리나라의 석유 제품은 산업과 수송이 91.6%(2016년 금액 기준)를 소비하여 두 부문이 상당히 큰 비중을 차지하고 있다. 먼저 산업부문은 2016년 총 5억 4,300만 달러의 석유제품을 소비하였으며, 특히 석유화학산업의 원료로 사용되는 납사가 주를 이루고 있다.<sup>23)</sup> 수송부문은 총 3억 100만 달러의 석유제품을 소비하고 있으며 경유와 휘발유가 전체 수송용 소비의 2/3를 차지하고 있다.

22) 고도화 설비란 원유 1차 정제 후 40~50% 비중으로 발생하는 고유황 병커C유 등 중질유를 중심으로 한 잔사유(residual oil)를 다시 정제하여 고부가가치의 휘발유, 등유, 경유, 프로필렌 등 경질유를 생산하는 설비를 말한다. 이러한 중질유 분해공정은 수소를 이용하는 수첨분해(Hydrocracking)와 촉매를 이용하는 접촉분해(Catalytic Cracking)로 구분된다.

23) 다른 제품들이 대부분 최종소비재로 사용되는 것과 달리 납사는 석유화학산업의 주원료로 사용되며, 이를 통해 플라스틱, 합성섬유 등을 생산한다. 이러한 석유화학제품은 다시 다른 산업의 중간재로 사용되기도 하기 때문에 연결된 생산망의 최종생산물의 일부는 수출된다.

표 2-6. 부분별·제품별 국내 석유소비 현황(2016년)

(단위: 천 배럴)

구분	산업	수송	가정·상업	발전	기타	총계
휘발유	1,403	76,821	449	0	386	79,059
등유	1,151	104	16,106	470	1,229	19,060
경유	19,117	133,737	8,617	180	5,107	166,758
경질중유	467	967	199	-	9	1,642
중유	381	307	139	-	13	840
병커C유	8,154	16,992	1,429	18,348	39	44,962
납사	426,826	-	-	-	-	426,826
용제	1,402	0	230	-	1	1,633
항공유	0	33,787	87	-	3,439	37,313
LPG	51,759	38,284	18,221	7	1,297	109,568
아스팔트	11,461	-	-	-	-	11,461
윤활유	4,000	-	-	-	-	4,000
부생연료유	1,169	29	356	823	122	2,499
기타제품	16,117	3	240	-	137	16,497
총계	543,407	301,032	46,074	19,827	11,775	922,115

자료: 산업통상자원부(2017a). p. 11.

## 2. 신재생에너지시장 동향

신재생에너지란 신에너지(new energy)와 재생에너지(renewable energy)의 합성어로, 국제적으로 통일된 정의는 없으나 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에서는 ‘기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지’로 정의하고 있다. 또한 이 법은 신재생에너지 종류를 수소에너지, 연료전지, 석탄 가스화 및 액화 에너지(중질잔사유<sup>24</sup>) 가스화 에너지 포함, 태양에너지

지, 바이오에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 폐기물에너지, 지열에너지, 수열에너지 등 11개로 지정했다(표 2-7 참고).<sup>25)</sup> 최근 고유가시대, 기후변화협약 발효<sup>26)</sup> 등에 대응할 수 있는 핵심 대안으로 신재생에너지가 부상하는 가운데, 에너지 수입의존도가 95%(2015년 기준)에 이르는 우리나라에서는 더욱 그 필요성이 크다고 볼 수 있다.

본 절에서는 먼저 세계 신재생에너지 공급 및 정책을 개관하고, 중국, 미국, 일본, EU 등 주요국의 신재생에너지시장 동향 및 관련 정책을 살펴본다. 또한 우리나라의 에너지믹스 현황과 공급 동향, 에너지 관련 국가종합계획 등을 다루고자 한다.

표 2-7. 신재생에너지 특징 및 분류

특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (공공미래 에너지) 시장 창출 및 경제성 확보를 위한 장기적인 개발·보급 정책 필요</li> <li>· (비고갈성 에너지) 태양광, 풍력 등 재생가능 에너지원으로 구성</li> <li>· (환경친화형 청정에너지) 화석연료 사용에 의한 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 발생이 거의 없음.</li> <li>· (기술주도형 에너지) 연구개발로 확보가 가능</li> </ul>		
에너지 분류	신에너지	수소에너지	기체상태의 수소를 연소할 때 발생하는 폭발력을 이용해 기계적 운동에너지로 변환
		연료전지	수소, 메탄 및 메탄올 등의 연료를 산화시켜 생기는 화학에너지를 전기에너지로 변환
		석탄 가스화·액화 에너지	석탄 등의 저급원료를 고온, 고압하에서 불완전연소 및 가스화반응을 시켜 일산화탄소와 수소가 주성분인 가스를 제조 및 정제 후 가스터빈과 증기터빈을 구동해 전기를 생산

24) 원유 정제 후 부산물을 의미한다.

25) 국내 법은 신재생에너지를 3개의 신에너지와 8개의 재생에너지로 분류하는 반면, 국제에너지기구(IEA: International Energy Agency)는 3개의 신에너지는 모두 제외하고 8개의 재생에너지만을 인정하고 있다. 8개의 재생에너지 중에서도 폐기물의 경우 재생가능한 부분만을 인정하고 있기 때문에 비재생부문(산업폐기물, 도시폐기물 등)은 제외하고 있다. 따라서 데이터의 출처가 IEA를 비롯한 국제기구일 경우 용어는 '신재생에너지' 이나 분석범위는 '재생에너지'로 제한되어 있음을 일러둔다.

26) 2015년 12월 파리 기후변화협약 당사국 총회(COP: Conference of the Parties)에서 신기후체제(Post-2020)를 선포하는 「파리협정(Paris Agreement)」이 채택되었다. 그 결과 2020년부터는 모든 국가가 온실가스 감축에 참여하게 되었고, 이를 위해 기존의 화석연료 중심 에너지정책의 전면적인 개편이 요구된 바 있다(송용주, 2016).

표 2-7. 계속

에너지 분류	재생 에너지	태양광	태양광발전시스템 <sup>27)</sup> 을 이용해 태양광을 직접 전기에너지로 변환
		태양열	태양열이용시스템을 이용해 태양열 흡수, 저장, 열 변환을 거쳐 건물의 냉난방 및 급탕 등에 활용
		풍력	풍력발전시스템 <sup>28)</sup> 을 이용해 바람의 힘을 회전력으로 전환해 유도전기를 발생
		지열에너지	지하 깊숙한 곳에 존재하는 뜨거운 물(온천)과 돌(마그마)을 포함해 땅이 가진 에너지로 전력 생산
		바이오에너지	태양광을 이용해 광합성되는 유기물(주로 식물체) 및 이 유기물을 소비해 생산되는 모든 생물 유기체(바이오매스)를 분해해 에너지로 전환
		폐기물에너지	사업장, 가정 등에서 발생하는 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 가공 처리해 연료를 생산
		수력	개천, 강이나 호수 등 물의 흐름으로부터 얻은 운동에너지를 전기에너지로 변환해 전기 발생(시설용량 1만kw 이하의 소규모 수력발전)
		해양에너지	조력발전(해수면의 상승하강운동을 이용), 파력발전(해안으로 입사하는 파랑에너지를 회전력으로 변화), 온도차 발전(해저층과 해수표면층의 온도 차를 이용해 열에너지를 기계적 에너지로 변환 발전)
수열에너지	해수 표층의 열을 히트펌프(heat pump)를 사용해 에너지로 변환		

자료: 산업통상자원부 에너지·자원 정책브리핑([http://www.motie.go.kr/motie/py/brf/motiebriefing/motiebriefing.do?brf\\_code\\_v=1#header](http://www.motie.go.kr/motie/py/brf/motiebriefing/motiebriefing.do?brf_code_v=1#header), 검색일: 2017. 7. 15) 내용 및 한국에너지공단 신재생에너지센터 홈페이지(<http://www.knrec.or.kr/main/main.aspx>, 검색일: 2017. 7. 15) 자료를 토대로 저자 재구성.

## 가. 세계 신재생에너지시장 및 정책

### 1) 신재생에너지 수급

[그림 2-18]에 따르면 신재생에너지 공급 증가율은 1990년부터 2015년 기간 중 연평균 2.0%로 이 기간 일차에너지 공급의 연평균 증가율인 1.8%를 상

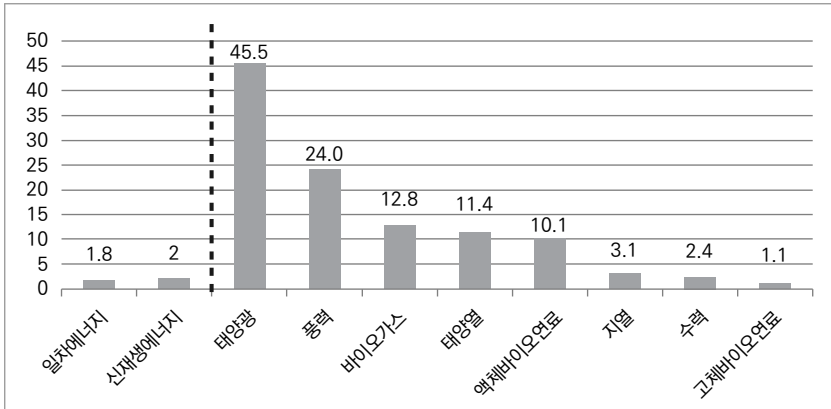
27) 태양전지, 모듈, 축전지 및 전력변환장치로 구성된다.

28) 운동량변환장치, 동력전달장치, 동력변환장치 및 제어장치로 구성된다.

회하는 것으로 나타났다. 또한 신재생에너지 중 태양광과 풍력의 공급 증가율은 각각 45.5%, 24.0%로 여타 신재생에너지원보다 현저히 높게 나타났다.

그림 2-18. 신재생에너지 공급 증가율

(단위: %)

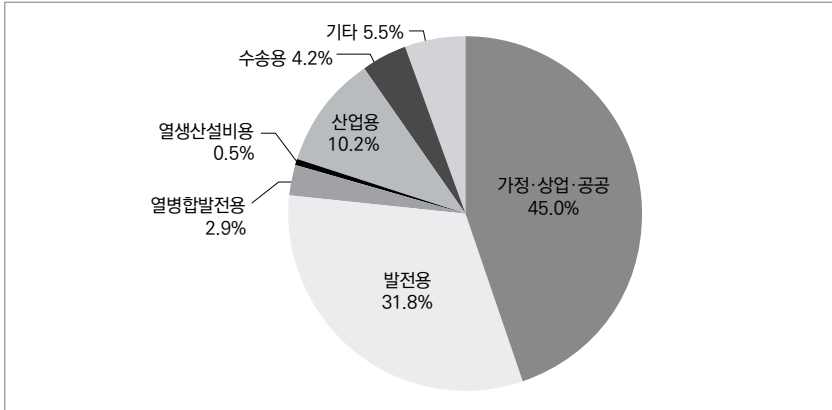


자료: IEA(2017a), "Renewables Information: Overview."

[그림 2-19]는 2015년 세계 신재생에너지 소비를 부문별로 보여주는데, 가정·상업·공공 부문이 전체 소비의 45.0%를 차지했음을 알 수 있다. 그 다음으로는 발전, 열병합 발전 등 전기 및 열 생산용(35.1%), 산업용(10.2%), 수송용(4.2%)으로 소비되었다. [표 2-8]은 발전에 초점을 맞추어 세계 전력 생산에서 에너지원별 전원이 차지하는 비중을 나타낸다. 신재생에너지원의 비중은 석탄(39.3%), 천연가스(22.9%) 다음으로 높은 22.8%였다. 수력은 주요 신재생 전원으로 신재생 전원의 70.5%를 차지했으며, 이는 세계 발전량의 16.0%에 해당한다. 반면 바이오연료 및 폐기물은 세계 발전량의 1.9%로 그 비중이 미미한 수준이다. 지열, 태양에너지, 풍력, 조력 등 기타 신재생에너지의 발전량은 급속한 성장세를 보이고 있으나 세계 발전량의 4.8%에 그쳤고, 신재생에너지 발전량의 21.1%를 차지했다. 세계 신재생에너지 발전량의 증가율은 1990년부터

2015년 기간 중 연평균 3.6%로 같은 기간 총발전량의 연평균 증가율인 2.9%를 상회했다.

그림 2-19. 2015년 부문별 신재생에너지 소비



주: 기타는 기타 전환, 에너지산업 자가소비, 손실 등을 포함.  
 자료: IEA(2017a), "Renewables Information: Overview."

표 2-8. 2015년 세계 전력 생산 에너지원별 비중

(단위: %)

화석연료	석탄	39.3
	석유	4.1
	천연가스	22.9
신재생에너지	수력	16.0 (70.5)
	바이오연료 및 폐기물	1.9 (8.4)
	기타 신재생	4.8 (21.1)
원자력		10.6
기타(비재생 폐기물 등)		0.3

주: ( ) 안은 신재생 전원 중 각 에너지가 차지하는 비중.  
 자료: IEA(2017a), "Renewables Information: Overview."

## 2) 신재생에너지정책

그동안 신재생에너지정책은 전력부문을 중심으로 수립되었으며,<sup>29)</sup> 세계 각국은 에너지 효율 제고, 신재생에너지 보급 확대 등과 관련된 목표(target)를 설정하고, 그 목표 달성을 위한 정책을 시행해왔다. 조상민(2016)에 따르면 최근 들어 신재생에너지 보급을 위한 정책수단에 변화가 나타나고 있다. 신재생에너지 보급이 증가함과 동시에 가격경쟁력이 향상되면서 정부는 보조·지원형 중심정책<sup>30)</sup>에서 공급의무화제도, 경매제도 도입과 같은 시장기반형 정책으로의 전환을 추진하고 있는 것이다.

2016년 대표 정책수단은 경매제도(auction 또는 tendering)였는데, 2010년에만 해도 이 제도를 운영하는 국가 수는 29개에 불과했으나 지속적으로 증가해 2015년 64개가 되었다.<sup>31)</sup> 기존의 중남미 등 개발도상국에 더해 유럽, 일본, 중국 등에서도 대규모 신재생에너지 개발프로젝트 수행에 입찰을 적용하는 사례가 급속히 증가하고 있는 것이다. 신재생에너지 경매제도는 낙찰자 선정방식, 경매 물건 및 물량 배정방법 등에 따라 다양한 형태로 운영되며, [표 2-9]를 통해 보다 자세히 알 수 있다.

---

29) 그밖에 수송부문의 경우 바이오연료 혼합 의무화제도가 대표적이며, 냉·난방 부문은 신재생 전원 의무화제도 등이 있다.

30) 대표적으로 발전차액지원제도(Feed-in-Tariff)가 있다. 신재생에너지 발전 사업자에게 일정 기간 동안 정해진 최소한의 금액을 직접 보조해줌으로써 소규모 사업자의 투자 위험 부담을 덜어주는 동시에 안정된 수익을 보장해주는 제도로 독일에서 최초로 시작되었다. 현재 독일, 프랑스, 영국, 미국, 일본 등에서 시행 중이다.

31) REN21(2016), "Renewables 2016 Global Status Report."

표 2-9. 신재생에너지 경매제도 운용방식

기준	구분	
낙찰자 선정방식	가격 입찰	다중속성 (가격뿐만 아니라 다른 평가요소를 종합적으로 평가해 선정)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (봉인입찰) 자격을 획득한 모든 입찰자가 동시에 비공개로 입찰가와 물량 제출 → 경매인은 계획한 물량이 소진될 때까지 가장 낮은 가격을 제시한 입찰자부터 낙찰</li> <li>· (내림입찰) 경매인의 가격 제시 → 자격을 획득한 입찰자가 원하는 수량을 응찰 → 계획한 물량과 응찰 물량이 동일해질 때까지 반복</li> <li>· (혼합) 내림입찰 후 봉인입찰</li> </ul>	
경매물건	설비용량	발전량
물량 배정	기술 특정 (신재생에너지 종류에 따른 세부 기술을 분류해 별도의 경매물량을 배정)	기술 중립 (전체 물량에 대해 모든 기술 혹은 프로젝트가 경쟁)
	규모 구분 (프로젝트 규모에 따라 경매물량 구분)	규모 중립

자료: 조상민(2016)을 토대로 저자 재구성.

## 나. 주요국 현황

REN21(Renewable Energy Policy Network for the 21st Century)<sup>32)</sup> 보고서에 따르면 2016년 신재생에너지 부문에 대한 투자를 가장 많이 한 국가는 중국이었으며, 그 다음은 미국, 영국, 일본, 독일 순이었다. 신재생에너지 누적 발전량(수력 포함) 역시 중국이 가장 높았으며, 그 뒤를 미국, 브라질, 독일, 캐나다가 이었다(표 2-10 참고). 본 항에서는 중국, 미국, 일본과 유럽연합(EU: European Union)의 에너지 믹스 현황 등 신재생에너지시장과 정책을 개관하고자 한다.

32) 정부, 국제기구, 산업계, 학계, 시민사회를 포함하는 세계 재생에너지정책 이해관계자 네트워크이다. 재생에너지로의 신속한 세계적 전환(Advancing the global renewable energy transition)을 위해 지식교환, 정책개발, 공동행동을 촉진할 목적으로 설립되었다.

표 2-10. 2016년 신재생에너지 관련 주요 항목별 국가 순위

순위	신재생에너지 투자	신재생 전원 (수력 포함)	신재생 전원 (수력 제외)	바이오매스 발전	수력 발전
1	중국	중국	중국	미국	중국
2	미국	미국	미국	중국	브라질
3	영국	브라질	독일	독일	캐나다
4	일본	독일	일본	브라질	미국
5	독일	캐나다	인도	일본	러시아

순위	태양광 발전설비용량	1인당 태양광 발전설비용량	풍력 발전설비용량	1인당 풍력 발전설비용량	지열 발전설비용량
1	중국	독일	중국	덴마크	미국
2	일본	일본	미국	스웨덴	필리핀
3	독일	이탈리아	독일	독일	인도네시아
4	미국	벨기에	인도	아일랜드	뉴질랜드
5	이탈리아	호주/그리스	스페인	포르투갈	멕시코

주: 신재생에너지 투자를 제외하고 누적량 순위.  
 자료: REN21(2017), "Renewables 2017 Global Status Report."

### 1) 중국

중국은 전 세계 일차에너지 공급의 22.3%(2014년 기준)를 점하고 있으며, [표 2-11]은 중국의 일차에너지 공급구조의 변화를 보여준다. 2014년 기준 석탄 비중은 65.9%로 가장 높았는데, 2005년(66.2%) 대비 다소 축소되긴 했으나 2005년부터 2014년까지 연평균 공급 증가율이 5.9%에 달하는 등 석탄 공급 증가는 지속되었음을 알 수 있다. 천연가스는 같은 기간 연평균 증가율이 16.5%로 2005년 이후 태양광, 풍력, 지열 등 재생에너지원에 이어 빠른 속도로 증가하는 에너지원이다. 이는 청정에너지 사용을 증대시키려는 정부의 정책 방향과 일치한다고 볼 수 있다. 한편 수력을 포함한 재생에너지 비중은 11.4%에 이르렀고, 이 중 태양광, 풍력, 지열의 연평균 증가율은 25.5%로 공급 증가 속도는 빠르지만 공급 분담률은 1.3%에 불과한 실정이다.

최종에너지의 소비는 일차에너지 공급량 대비 65%에 해당하며, 2005년부터 2014년까지 연평균 5.6% 증가했다. [표 2-12]의 최종에너지 소비구조를

보면 석탄소비는 같은 기간 4.3%의 증가율을 보였으나 소비의 석탄 의존도는 2005년 대비 소폭 감소했다. 재생에너지 중 바이오 및 폐기물은 같은 기간 연평균 증가율이 -0.3%로 중국의 최종에너지 소비를 구성하는 에너지원 중 유일하게 감소추세를 보였다. 최종에너지 소비 중 전력 분담률은 2005년 14.1%에서 지속적으로 증가해 2013년 이후 20%에 머무르고 있다. 이는 최종에너지 소비 측면에서 전력이 석탄을 대체한 결과로 해석할 수 있다.

표 2-11. 중국 일차에너지 공급구조

(단위: %)

	2005	2009	2011	2013	2014
석탄	66.2	68.6	69.0	67.2	65.9 (5.9)
석유	17.5	15.9	15.8	16.2	16.5 (5.3)
가스	2.1	3.2	3.9	4.7	5.0 (16.5)
원자력	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1 (10.7)
수력	1.9	2.2	2.1	2.6	3.0 (11.4)
태양/풍력/지열	0.3	0.5	0.8	1.2	1.3 (25.5)
바이오/폐기물	11.2	8.8	7.6	7.2	7.1 (0.7)

주: ( )은 2005~14년 연평균 증가율.

자료: 양익석, 김아름(2016), 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」.

표 2-12. 중국 최종에너지 소비구조

(단위: %)

	2005	2009	2011	2013	2014
석탄	40.7	41.0	39.8	36.9	36.5 (4.3)
석유	22.4	21.6	21.7	22.6	22.7 (5.7)
가스	2.3	3.2	4.1	4.9	5.3 (16.3)
태양/풍력/지열	0.4	0.7	0.8	1.2	1.2 (19.4)
바이오/폐기물	16.5	13.0	11.2	10.3	9.9 (-0.3)
전력	14.1	17.0	18.7	20.2	20.4 (10.0)
열에너지	3.6	3.5	3.7	3.9	3.9 (6.8)

주: ( )은 2005~14년 연평균 증가율.

자료: 양익석, 김아름(2016), 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」.

[표 2-13]은 발전부문 에너지 투입구조, 즉 에너지원별 발전부문 기여도를 보여준다. 발전연료 중 석탄 비중은 2005년대비 감소했으나 여전히 석탄 투입은 증가세를 기록했던 반면, 석유는 투입 자체가 감소했다. 2014년 기준 석탄 다음으로 수력 전원 비중이 높게 나타났고 그 다음으로는 원자력 비중이 높았다. 지열, 풍력, 태양 에너지 등 재생에너지의 전원 비중은 그리 높지 않으나 2005년 이후 연평균 56.7%의 높은 증가율을 보이고 있다. [표 2-14]의 전원 구성을 통해서도 전체 발전량에서 각 에너지원이 차지하는 비중(원별 발전량 비중)을 알 수 있다. 화력발전 의존도는 2015년 기준 72.7%로 2005년대비 8.9%p 하락했으나, 원자력과 재생에너지의 기여도는 증가했다.

표 2-13. 중국 발전부문 에너지 투입구조

(단위: %)

	2005	2009	2011	2013	2014
석탄	89.1	88.0	87.6	85.2	83.4 (6.4)
석유	2.1	0.4	0.3	0.2	0.2 (-16.9)
가스	0.4	1.4	1.9	1.8	1.9 (26.5)
원자력	2.3	2.3	2.3	2.7	3.1 (10.7)
수력	5.7	6.7	6.0	7.2	8.2 (11.4)
태양/풍력/지열	0.1	0.3	0.7	1.3	1.5 (56.7)
바이오/폐기물	0.3	0.9	1.3	1.6	1.8 (30.6)

주: ( ) 은 2005~14년 연평균 증가율.

자료: 양익석, 김아름(2016), 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」.

2017년 중국 에너지정책 핵심과제는 「제13차 5개년 계획(2016~20)」<sup>33)</sup>을 차질 없이 추진하는 것으로 에너지부문의 주요 내용은 공급 측면의 석탄 과잉 생산 해소, 수요 측면의 청정에너지 이용 확대가 주축을 이루고 있다. 석탄의존도 감축 및 대기환경 개선을 위해 연료대체사업을 본격적으로 추진할 예정인데,

33) 「5개년 계획」은 중국의 국민경제 발전에 대한 중장기적 목표와 방향을 설정하는 핵심 축으로 현재 「제13차 5개년 계획(2016~20)」이 추진 중이다.

표 2-14. 중국 전원 구성

(단위: %)

	2005	2010	2013	2014	2015
화력	81.6	80.9	78.3	75.1	72.7
석탄	-	76.8	73.8	-	-
가스	-	1.8	2.1	-	-
석유	-	-	-	-	-
원자력	2.1	1.8	2.1	2.3	2.9
수력	16.0	16.2	16.8	19.3	19.8
태양열/광	-	0.0	0.2	-	-
풍력	-	1.2	2.6	2.8	3.3

주: '-'은 'Not available'을 의미.

자료: 양의석, 김아름(2016), 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」.

예를 들어 석탄보일러 사용지역에 전기에너지로의 대체프로젝트를 실시해 전력화를 추진하고, 일부 지역을 대상으로 가정용 및 상업용으로 사용하는 석탄을 천연가스로 대체하는 프로젝트를 실시할 계획을 밝혔다. 발전설비 개조 및 청정화 사업도 더욱 촉진할 예정이며, 겨울철 민생용 난방에너지 공급을 확충하기 위해 전기에너지 소비 비중 확대, 난방 공급의 주요 에너지원으로 천연가스 활용계획을 추진하고 있다. 또한 정부는 에너지 수급 믹스 개편을 위해 석탄 공급 비중을 63%까지 감축하는 한편, 비화석에너지 비중을 13%까지 확대하고, 특히 천연가스 비중을 6.3%까지 확대하는 것을 추진하고 있다.<sup>34)</sup>

## 2) 미국

미국의 에너지 수급구조는 [표 2-15]와 [표 2-16]을 통해 알 수 있다. 2014년 석탄, 석유, 천연가스로 대표되는 화석에너지에 대한 공급의존도는 83.0%

34) 보다 장기적인 관점에서 구체적인 에너지정책 목표는 공급 측면에서 2030년까지 일차에너지 공급 중 비화석연료의 비중을 약 20%까지 확대하고, 석탄 비중은 2020년까지 62%까지 축소하는 것으로 설정했다. 또한 수요 측면의 전원 믹스는 원자력 및 재생에너지, 천연가스 중심으로 전원 구성 전환을 추진하는 가운데 석탄발전 비중 목표치를 2030년 53%, 2040년 44%로 제시했다.

로 2005년대비 3.1%p 감소했다. 석탄, 석유의 분담률은 감소했던 반면 천연가스 분담률은 증가했고, 석유의 경우 분담률은 감소했으나 여전히 단일 에너지원으로는 가장 높은 공급의존도를 보이고 있다. 태양, 풍력, 지열 에너지는 2005년 이래 연평균 10.9%의 높은 성장률을 기록했지만 에너지 공급 분담률은 여전히 1%대에 머무르고 있다. 바이오 및 폐기물, 기타 에너지 공급 비중의 경우 2005년부터 꾸준히 증가해 2014년 기준 4.9%를 기록했다. 2014년 화석에너지원의 최종에너지 소비 분담률은 2005년대비 2.8%포인트 감축된 72.9%이다. 화석에너지원 중 천연가스만 유일하게 2005년대비 증가했는데 이는 미국의 에너지 공급이 자국의 셰일가스 기반의 천연가스 중심으로 서서히 전환되고 있음을 의미한다고 볼 수 있다. 2005년부터 2014년까지 전력소비 증가율은 미미한 수준이었다.

표 2-15. 미국 일차에너지 공급구조

(단위: %)

	2005	2009	2011	2013	2014
석탄	24.1	22.4	21.9	19.8	19.5 (-2.8)
석유	40.1	37.0	35.9	35.4	35.3 (-1.9)
가스	21.9	24.7	26.0	27.8	28.2 (2.3)
원자력	9.1	10.0	9.8	9.8	9.8 (0.3)
수력	1.0	1.1	1.3	1.1	1.0 (-0.5)
태양/풍력/지열	0.5	0.8	1.0	1.2	1.3 (10.9)
바이오/폐기물	3.4	4.0	4.3	4.9	4.9 (3.9)

주: ( ) 은 2005~14년 연평균 증가율.

자료: 양익석, 김아름(2016), 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」.

전력부문에 초점을 맞추어 살펴보면 먼저 발전부문 에너지 투입 비중은 2014년 기준으로 석탄, gas와 원자력이 높았다(표 2-17 참고). 다만 원자력 발전은 큰 증가 없이 현상유지수준이었으나 천연가스의 경우 2005년부터 2014년

표 2-16. 미국 최종에너지 소비구조

(단위: %)

	2005	2009	2011	2013	2014
석탄	2.0	1.6	1.6	1.5	1.4 (-3.8)
석유	53.9	50.7	49.9	48.6	48.4 (-1.4)
가스	19.8	21.0	21.5	22.5	23.1 (1.6)
태양/풍력/지열	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2 (1.9)
바이오/폐기물	3.5	4.5	4.7	5.4	5.3 (4.7)
전력	20.5	21.6	21.7	21.5	21.2 (0.2)
열에너지	0.2	0.5	0.4	0.4	0.4 (6.2)

주: ( ) 은 2005~14년 연평균 증가율.

자료: 양익석, 김아름(2016), 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」.

까지 연평균 3.3% 속도로 증가해 발전부문 연료 투입 비중 위상이 석탄과 원자력에 이은 3위였다. 또한 지열, 풍력, 태양 에너지 투입의 절대적인 규모는 낮지만 성장률 측면에서는 매우 높은 수준이었다.

발전원별 전원 구성은 청정에너지 중심현상이 심화되고 있는 것으로 나타났다. [표 2-18]에 따르면 2005년 석탄 및 석유 비중은 38.0%였으나 2015년 29.8%까지 하락했던 반면 풍력 비중이 눈에 띄게 확대되었는데, 풍력발전 전원이 화력발전 전원을 상당 부분 대체했음을 유추할 수 있다.

이는 신재생에너지 보급을 지원하는 다양한 제도<sup>35)</sup> 마련과 함께 청정전력계획 실천의 결과로 볼 수 있다. 청정전력계획의 주요 내용은 신규 및 기존 화력발전소의 탄소 배출 규제, 대형차량에 대한 온실가스 배출기준 제시, 에너지 효율 개선을 통한 탄소 배출 감축, 기타 오염물질 감축 등이다. 이 계획하 친환경 전원 믹스 목표로 2040년까지 신재생에너지 비중 27%, 가스 29%, 석탄 26%, 원전 16%를 설정한 바 있다.

35) 신재생에너지 의무할당제, 재생에너지 연료의 의무혼합제, 신재생에너지 관련 세제우대(풍력 발전에 대한 생산세액 공제, 태양에너지 발전에 대한 투자세액 공제의 종료시점 연장 등), 경쟁입찰제 등이 있다.

표 2-17. 미국 발전부문 에너지 투입구조

(단위: %)

	2005	2009	2011	2013	2014
석탄	52.6	49.0	47.6	44.3	44.0 (-2.6)
석유	3.5	1.3	1.0	1.0	1.0 (-13.3)
가스	16.2	19.2	20.7	23.1	22.9 (3.3)
원자력	22.1	24.1	23.4	23.9	24.0 (0.3)
수력	2.5	2.6	3.0	2.6	2.5 (-0.5)
태양/풍력/지열	1.0	1.6	2.1	2.8	3.0 (12.3)
바이오/폐기물	2.3	2.1	2.2	2.4	2.6 (0.6)

주: ( ) 은 2005~14년 연평균 증가율.

자료: 양의석, 김아름(2016), 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」.

표 2-18. 미국 전원 구성

(단위: %)

	2005	2010	2013	2014	2015
화력	71.7	69.9	67.5	67.2	66.9
석탄	49.6	44.8	38.9	38.6	33.2
가스	19.1	24.2	28.0	27.8	33.0
석유	3.0	0.9	0.7	0.7	0.7
원자력	19.3	19.6	19.4	19.5	19.5
풍력	0.4	2.3	4.1	4.1	4.7
지열/바이오/폐기물	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0
태양열/광	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6
기타 <sup>1)</sup>	6.9	6.5	6.8	6.5	6.3

주: 1) 양수식 발전 등 수력 발전.

자료: 양의석, 김아름(2016), 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」.

### 3) 일본

[표 2-19]는 최근 일본의 일차에너지 공급구조를 보여준다. 2015년 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료의 비중은 2010년대비 모두 증가했던 반면 2011

년 3월 동일본 대지진 이후 원자력 비중<sup>36)</sup>은 대폭 감소했고, 수력과 재생에너지는 큰 변화 없이 각각 3%대, 4%대를 유지했다. 2015년 최종에너지 소비 비중의 경우 에너지원별로 석유가 48.5%로 절반 가까이 차지했고, 그 뒤를 전력(24.7%), 석탄(11.6%), 가스(8.3%), 열 및 재생에너지(6.9%)가 이었다. 부문별로는 산업용 비중이 64%를 차지하는 가운데 수송용과 가정용이 각각 22.7%, 13.8%를 기록했다.

에너지원별 발전량 비중을 살펴보면, 2015년 천연가스가 45.3%로 가장 높았고 그 뒤를 석탄, 수력, 석유 등이 이었다. 재생에너지의 경우 2010년에는 1.1%에 불과했으나 2015년에는 4배 이상 증가해 4.7%에 이르렀다. 또한 2015년 원자력 발전량은 2010년대비 100% 가까이 감소한 반면, LNG, 석탄 및 석유는 각각 32.0%, 11.2%, 5.6% 증가했고, 신재생에너지는 무려 276% 증가했다(표 2-20, 그림 2-20 참고). 이는 2011년 발생한 동일본 대지진과 후쿠시마 원전 사고 이후 노후화된 기존의 화석연료 발전설비 재가동, 신재생에너지 보급 확대 등 전력난을 극복하기 위한 노력이 반영된 결과라 볼 수 있다.

표 2-19. 일본 일차에너지 공급구조

(단위: %)

	'10	'12	'13	'14	'15
석탄	22.5	23.3	25.1	25.2	25.9
석유	39.8	44.1	42.7	41.5	41.0
천연가스	19.2	24.5	24.2	25.2	24.3
원자력	11.1	0.7	0.4	0.0	0.4
수력	3.2	3.1	3.2	3.4	3.6
재생에너지	4.3	4.3	4.4	4.7	4.9

자료: 임지영(2017), 「일본 2015년 에너지 수급 실적 및 에너지정책 당면 과제」.

36) 원자력 발전은 동일본 대지진 이후 정기 점검에 들어가 2013년 10월 이후 가동이 전면 중지됐으나 2015년 규슈 전력의 원전이 재가동된 바 있다.

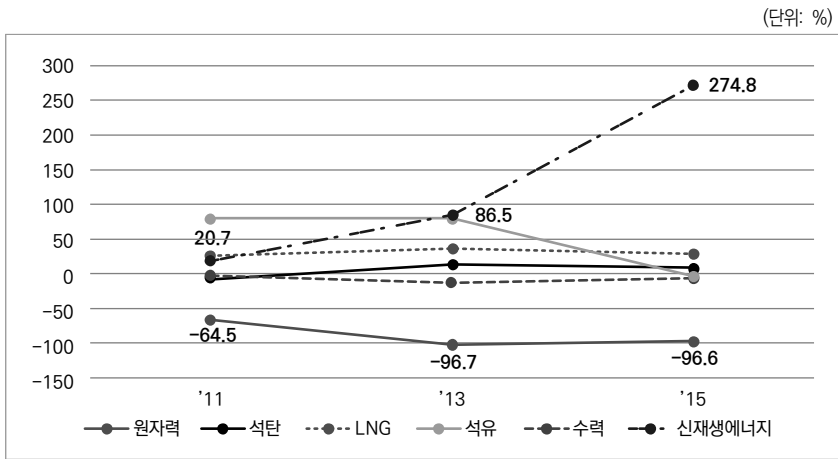
표 2-20. 일본 에너지원별 발전

(단위: %)

	'10	'12	'13	'14	'15
석탄	25.0	27.6	30.3	31.0	31.6
석유	6.4	16.2	13.3	9.3	7.7
천연가스	30.4	44.5	44.8	47.5	45.3
원자력	28.6	1.7	1.0	0.0	1.2
수력	8.5	8.4	8.5	9.0	9.5
재생에너지	1.1	1.6	2.2	3.2	4.7

자료: 임지영(2017), 「일본 2015년 에너지 수급 실적 및 에너지정책 당면 과제」.

그림 2-20. 일본 에너지원별 발전량 증가율 추이



주: 2010년대비 발전량 증가율.  
 자료: 조상민(2016)을 토대로 저자 재구성.

일본은 2014년 각의결정한 「제4차 에너지 기본계획」에 따라 에너지정책과 에너지 믹스 목표를 수립하고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 2011년 동일본 대지진과 후쿠시마 원전사고 발생 후 기저 전원이었던 원전의 전면 가동 중지로 화력발전이 대체하게 되면서 해외의존도가 높은 화석연료 사용이 크게 증가했

다. 이에 따라 이 계획은 에너지 자급률 하락, 이산화탄소 배출량 증가 등을 해결하기 위해 중장기적인 에너지정책의 방향성을 제시한 것이다. 이 계획의 정책기조는 '안전성을 전제로 한 안정적인 에너지 공급, 경제적 효율 향상을 통한 에너지 공급의 저비용화 및 친환경화'로 요약할 수 있다. 또한 2030년까지 일차에너지 공급 목표치를 석유 30%, 석탄 25%, 가스 21%, 재생에너지 13~14%,<sup>37)</sup> 원자력 10~11%로 제시했다. 전원 믹스와 관련해서는 원전 가동 중단 이후 에너지 수급 불안정을 해소하기 위해 원자력 발전 비중을 20~22%까지 확대하는 한편, 재생에너지의 발전 비중을 22~24%까지 확대하는 계획을 발표했다.

#### 4) EU

2015년 EU 28개국의 재생에너지 공급량은 2006부터 10년 동안 연평균 5.7% 증가해 일차에너지 공급량의 13%를 차지했다. [표 2-21]에 따르면 2015년 재생에너지의 일차에너지 공급기여도가 가장 높은 국가는 스웨덴이며 (42.2%), 라트비아(35.1%), 핀란드(31.6%), 오스트리아(29.0%), 덴마크(28.4%)가 그 뒤를 이었다. 영국의 경우에는 2015년 재생에너지의 공급기여도가 7.7%로 비교적 하위권이었으나 10년간 연평균 증가율이 15.0%에 달해 2006년대비 약 6.0%p 상승했다. 한편 2015년 기준 EU 28개국의 신재생에너지원별 공급 비중은 바이오에너지가 64.5%로 가장 높았고, 수력과 풍력이 각각 13.9%, 12.3%로 그 뒤를 이었다(그림 2-21 참고).<sup>38)</sup>

37) 재생에너지 중 수력은 8.8~9.2%, 태양광 7.0%, 풍력 1.7%, 바이오매스 3.7~4.3%, 지열 1.0~1.1%로 목표치를 설정했다.

38) 바이오에너지 의존도가 70%를 상회하는 국가는 체코, 에스토니아, 벨기에, 네덜란드 등이었는데, 이는 목재펠릿(Wood pellet)이 가정용 및 발전용으로 널리 활용되는 데 기인한다(양의석 외 2017).

표 2-21. EU 주요국의 일차에너지 공급 중 재생에너지 비중 변화

(단위: %)

국가	2006년		2015년		
	일차에너지 공급 기여도 <sup>1)</sup>	재생에너지 비중	일차에너지 공급 기여도 <sup>1)</sup>	재생에너지 비중 (순위)	연평균 증가율 <sup>2)</sup>
EU 28개국	-	7.0	-	13.0 (-)	5.7
스웨덴	2.7	29.0	2.8	42.2 (1위)	3.3
라트비아	0.3	30.0	0.3	35.1 (2위)	0.8
핀란드	2.0	23.2	2.0	31.6 (3위)	2.1
오스트리아	1.9	21.5	2.0	29.0 (4위)	3.0
덴마크	1.1	13.7	1.0	28.4 (5위)	5.7
이탈리아	10.2	8.1	9.6	16.8 (10위)	6.2
스페인	7.9	6.3	7.5	13.7 (13위)	6.8
독일	19.1	5.9	19.3	12.2 (14위)	7.2
프랑스	14.8	5.6	15.5	8.6 (21위)	4.0
영국	12.5	1.8	11.7	7.7 (22위)	15.0

주: 1) EU 28개국 일차에너지 공급 중 해당 국가의 공급이 차지하는 비중.

2) 2006~15년 재생에너지 공급량의 연평균 증가율.

자료: 양익석 외(2017), 「EU 및 EU 국가의 신재생에너지 보급 목표와 지원제도 현황」.

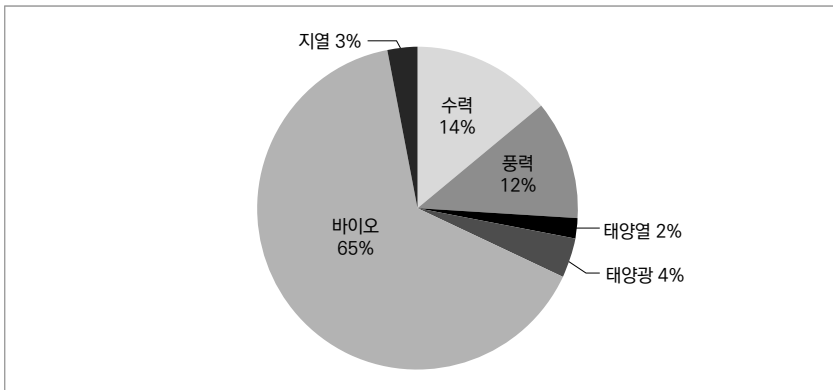
EU 회원국은 「국가 재생에너지 실행계획(NREAP: National Renewable Energy Action Plan)」<sup>39)</sup>을 통해 재생에너지 보급 목표를 최종에너지 소비 중 재생에너지 소비가 차지하는 비중을 기준으로 설정하는데, [그림 2-22]는 에너지 다소비 국가 상위 5개<sup>40)</sup>국을 포함해 EU 회원국의 2015년 현황과 2020년 목표치를 비교한 결과를 보여준다. EU는 화석에너지 의존도 감축을 위한 신재생에너지 증장기계획을 통해 2020년까지 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중

39) EU는 회원국으로 하여금 2020년까지 국가 재생에너지 실행계획(NREAP: National Renewable Energy Action Plan)을 통해 재생에너지의 최종에너지 소비 비중, 전원 비중, 냉/난방 및 수송 부문의 공급 비중 등의 목표를 수립·추진하도록 하고 있다. 참고로 개별 회원국은 이러한 EU 차원에서 제시된 목표 이외의 자국의 법·제도를 통해 별도의 신재생에너지 관련 목표도 설정해 관리하고 있는데, 이는 대체로 EU 지침 수준을 준용하거나 보다 의무적인 수준이다.

40) EU 28개국 최종에너지 소비 중 개별 국가의 소비량이 차지하는 비중으로 산출한 결과 독일(19.6%), 프랑스(13.3%), 영국(12.1%), 이탈리아(10.7%), 스페인(7.4%)이 상위 5개국임을 알 수 있었다.

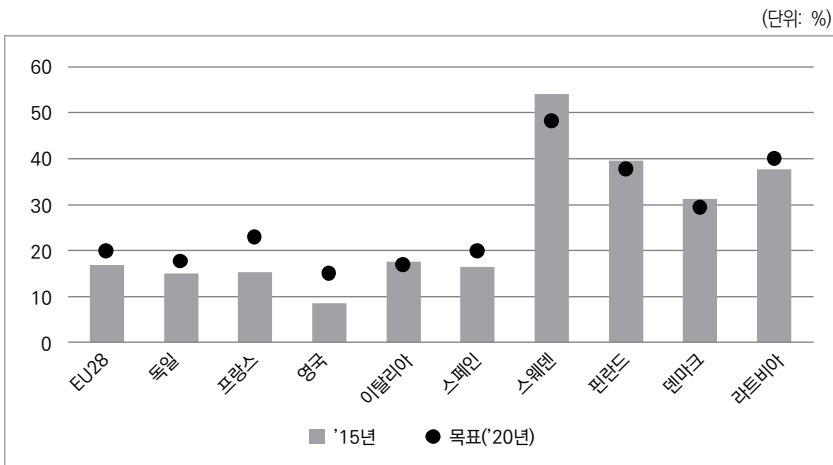
을 20%까지 확대하는 것을 목표로 설정했다. 2015년 기준 EU 회원국 중 핀란드, 덴마크, 스웨덴 등은 이미 2020년 목표치를 달성했을 뿐 아니라 EU 평균치(16.7%)를 상회하는 결과를 보여준다. 반면 에너지 다소비 국가 상위 5개국은 2020년 목표치를 달성한 이탈리아를 제외하고는 EU 평균치를 하회하고 있다.

그림 2-21. EU 28개국 재생에너지원별 공급 비중



자료: 양익석 외(2017), 「EU 및 EU 국가의 신재생에너지 보급 목표와 지원제도 현황」.

그림 2-22. EU 주요국의 재생에너지 소비 현황 및 목표



자료: 양익석 외(2017), 「EU 및 EU 국가의 신재생에너지 보급 목표와 지원제도 현황」.

[표 2-22]는 주요 회원국의 국가별 실행계획상 목표를 소비용도별로 보다 자세히 보여준다. 이 목표는 각국의 경제수준뿐만 아니라 재생에너지 개발 현황과 이용 잠재력 등을 고려해 설정된 결과이다. 스웨덴의 경우 최종에너지 소비의 49.0%를 재생에너지로 충당하는 목표를 설정해 회원국 중 가장 높은 수치를 제시했고, 신재생에너지의 전원 비중 목표는 62.9%로 오스트리아(70.6%) 다음으로 높게 설정했다. 이는 오스트리아와 스웨덴이 EU 주요국 중에서도 특히 수력자원이 풍부해 [그림 2-23]에 나타난 두 국가의 신재생에너지 전원 비중이 높은 사실과도 연관이 있다고 볼 수 있다.

표 2-22. EU 주요국 재생에너지 소비 비중 목표치

(단위: %)

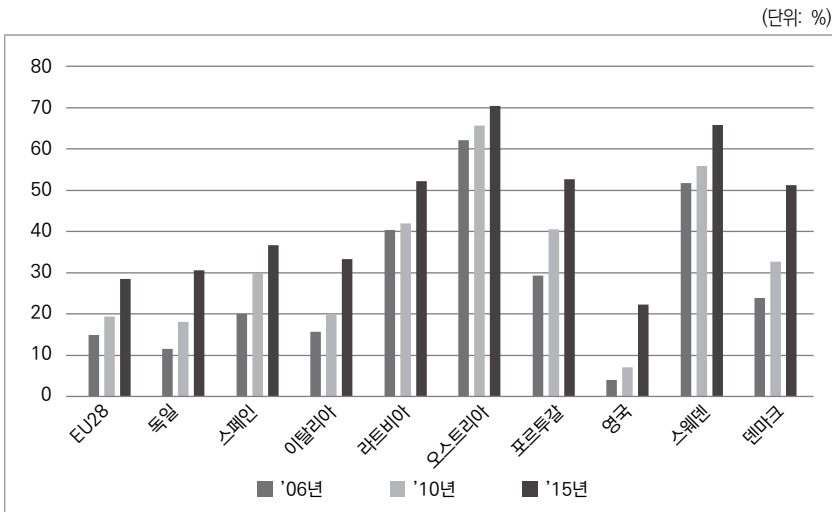
2020년	각 부문별 재생에너지 비중			
	최종에너지	냉/난방	발전	수송
독일	18.0	15.5	38.6	13.2
프랑스	23.0	33.0	27.0	10.5
영국	15.0	12.0	31.0	10.3
스페인	20.0	18.9	40.0	13.6
라트비아	40.0	53.4	59.8	10.0
오스트리아	34.0	32.6	70.6	11.6
스웨덴	49.0	62.1	62.9	13.8

자료: 양익석 외(2017), 「EU 및 EU 국가의 신재생에너지 보급 목표와 지원제도 현황」.

한편 EU 28개국의 신재생에너지 전원 비중은 2006년 15.4%에서 2015년 28.8%로 확대되었으며, 앞서 언급한 오스트리아와 스웨덴을 포함해 포르투갈, 라트비아, 덴마크 등 5개국은 2015년 기준 전체 전력소비량의 절반 이상이 재생에너지 전원으로 충당되었다. 이 중 덴마크는 2006년부터 2015년까지 10년간 재생에너지 전원 비중의 변화가 가장 큰 국가로 2006년 24.0%에서 2015년 51.3%를 기록했다. 그 밖에 포르투갈, 독일, 영국, 이탈리아 등도 이 기간 중

신재생에너지 전력 비중의 변화가 상대적으로 크게 나타났다. 영국의 경우에도 2015년 22.4%로 2006년대비 큰 폭 확대되었으나 전체 전력소비량이 절대적으로 커 재생에너지 전원 비중은 상대적으로 낮게 나타났다(그림 2-23 참고).

그림 2-23. EU 주요국 신재생에너지 전원 비중 변화



자료: 양익석 외(2017), 「EU 및 EU 국가의 신재생에너지 보급 목표와 지원제도 현황」.

## 다. 우리나라 현황

### 1) 에너지 수급

우리나라의 2015년 기준 일차에너지 공급량은 2억 8,750만toe로 이 중 약 24%에 해당하는 6,890만toe는 정유, 도시가스, 열에너지, 전력의 형태로 전환<sup>41)</sup> 또는 손실됐으며, 76%에 해당하는 2억 1,390만toe는 최종수요자에 의해 소비됐다. 먼저 [표 2-23]의 일차에너지 공급구조를 통해 에너지 믹스 현황

41) 전환이란 사용하기 편리한 에너지로 변환하는 과정으로, 이를 통해 얻을 수 있는 에너지는 발전을 위한 전력, 지역난방용 도시가스, 정유와 열에너지 등이다.

을 살펴보면, 석유 비중이 지속적으로 하락하는 가운데 천연가스와 신재생에너지 비중은 대체로 상승했음을 알 수 있다. 대표 화석연료인 석유는 그 비중이 1980년대 초 50% 중후반, 1990년대 중반 63%까지 확대됐으나 이후 지속적으로 축소됐다. 그 결과 2015년 기준 39.1%에 이르렀고, 석탄은 30.5%, 천연가스는 15.6%를 기록했다.

2015년 신재생에너지 생산량은 약 1,329만toe로 전년대비 15.22% 증가했으며, 2011년부터 2015년까지 5년간 신재생에너지 공급 증가율은 연평균 15.1%로 같은 기간 일차에너지 증가율인 1.0%의 15배 높은 증가세를 보였다. 1990년대 1%대였던 일차에너지대비 공급 비중 역시 지속적으로 증가해 2000년대 중반까지 2%대였으나 2011년 3%대 진입 후 2015년 5%를 기록했다. [표 2-24]는 신재생에너지를 재생에너지와 신에너지로 나눠 개별 에너지원이 신재생에너지 총공급에서 차지하는 비중을 나타낸다. 폐기물과 바이오 에너지의 비중이 현저히 높은 가운데 태양광에너지와 지열에너지의 비중이 전년대비 상승했음을 알 수 있다.

표 2-23. 일차에너지 공급구조

(단위: %)

	석탄	석유	천연가스	원자력	신재생
1990	26.2	53.8	3.2	14.2	2.6
1995	18.7	62.5	6.1	11.1	1.6
2000	22.2	52.0	9.8	14.1	1.8
2005	24.0	44.4	13.3	16.1	2.3
2011	30.2	38.0	16.7	12.0	3.0
2012	29.1	38.1	18.0	11.4	3.5
2013	29.2	37.8	18.7	10.4	3.8
2014	30.2	37.4	17.0	11.8	4.5
2015	30.5	39.1	15.6	12.4	5.0

주: 신재생에너지에 수력 포함.

자료: 에너지경제연구원, 에너지통계연보 DB(검색일: 2017. 5. 31).

표 2-24. 신재생군 원별 생산 비중

(단위: %)

		2014년	2015년
재생에너지			
	태양열	0.2	0.2
	태양광	4.7	6.4
	풍력	2.1	2.1
	수력	5.0	3.4
	해양	0.9	0.8
	지열	0.9	1.0
	바이오	24.5	20.8
	폐기물	59.8	63.5
신에너지			
	연료전지	1.7	1.7

자료: 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016), 『2015년 신재생에너지 보급 통계』.

[표 2-25]의 최종에너지 소비구조를 살펴보면 석유 비중이 대체로 50% 이상을 유지하는 가운데 열에너지 및 전력,<sup>42)</sup> 신재생에너지 소비가 지속적으로 증가했다. 석탄의 경우 1990년 이후 지속적으로 소비 비중이 감소했으나 최근 들어 소폭 증가세를 보였고, 천연가스 및 도시가스 소비 비중은 꾸준한 증가세를 보이다 최근 소폭 감소했다. 부문별로는 대체로 산업용 소비가 가장 높은 비중을 차지했고 수송용, 가정 및 상업용, 공공부문 소비가 그 뒤를 이었다. 2015년 기준 산업용, 수송용, 가정 및 상업용, 공공부문이 각각 62.5%, 18.4%, 16.7%, 2.4%를 기록했다.

42) 지역난방 사업자와 한국전력공사가 공급하는 양만을 포함한다.

표 2-25. 최종에너지 소비구조

(단위: %)

	석탄	석유	가스	열·전력	신재생
1990	26.4	60.3	1.3	10.9	1.1
1995	14.6	68.0	4.6	12.0	0.9
2000	3.2	62.5	8.4	14.5	1.4
2005	13.1	56.6	10.4	17.6	2.3
2011	16.3	49.5	11.5	19.8	2.8
2012	15.4	48.9	12.2	20.1	3.4
2013	15.5	8.4	12.1	20.2	3.7
2014	16.8	49.0	11.1	20.3	4.5
2015	16.6	51.0	10.5	20.5	5.3

자료: 에너지경제연구원, 에너지통계연보 DB(검색일: 2017. 5. 31).

에너지원별 발전 비중의 경우 석유 비중이 현저하게 감소했음을 알 수 있다. 1980년대 중후반을 기점으로 대폭 감소해 1981년 80%에 달했던 비중이 1990년 17.5%를 기록했고 2000년대 들어서 10% 미만을 유지하고 있다. 원전의 경우 1990년대 연평균 40% 수준이었으나, 원전 관련 여건 변화<sup>43)</sup>로 2015년 31.2%까지 감소했다. 2015년 기준 에너지원별 발전 비중은 석탄, 원자력, 액화 천연가스(LNG: Liquefied Natural Gas), 집단 및 대체에너지, 수력 순으로 각각 38.7%, 31.2%, 19.1%, 4.0%, 1.1%를 기록했다(표 2-26 참고).

43) 「제2차 국가에너지기본계획」에 따르면 원전은 급격한 확대과정에서 부작용을 초래했다. 단기간 내 원전 자립화를 추진한 결과 원전산업의 투명성이 저하되고, 안전성 투자 및 안전규제시스템 마련에 소홀했던 경향이 있었기 때문이다.

표 2-26. 에너지원별 발전 비중

(단위: %)

	수력	원자력	집단·대체	석탄	석유	LNG
1990	5.9	49.1	-	18.5	17.5	8.9
1995	3.0	36.3	-	26.4	22.8	11.5
2000	2.1	40.9	-	36.6	9.8	10.6
2005	1.4	40.3	0.9	36.7	4.9	15.9
2011	1.6	31.1	4.0	40.3	2.5	20.5
2012	1.5	29.5	4.6	39.0	3.0	22.4
2013	1.7	26.8	5.0	38.8	3.0	24.7
2014	1.5	30.0	2.8	39.0	-	22.0
2015	1.1	31.2	4.0	38.7	-	19.1

자료: 에너지경제연구원, 에너지통계연보 DB(검색일: 2017. 5. 31).

한편 2015년 수립한 「제7차 전력수급기본계획(2015~29)」<sup>44)</sup>에 따르면 기본방향 중 하나로 ‘post 2020 온실가스 감축을 위한 저탄소 전원믹스 강화’를 제시한 바 있다. 이와 관련해 장기 가동 화력 발전설비를 기존 용량 범위 내에서 대체할 경우 환경성이 개선되는 경우에 한해서만 허용하고, 신재생에너지 관련해서는 「제2차 에너지 기본계획」과 「제4차 신재생에너지 기본계획」상 신재생 설비용량 및 발전목표 등을 고려하는 등의 내용을 담고 있다. 그 결과 이전의 「제6차 전력수급기본계획(2013~27)」의 전원믹스 구조와 비교했을 때 원전 및 액화 천연가스 비중이 증가하고, 석탄 비중이 감소하는 방향으로 바뀌었다.<sup>45)</sup>

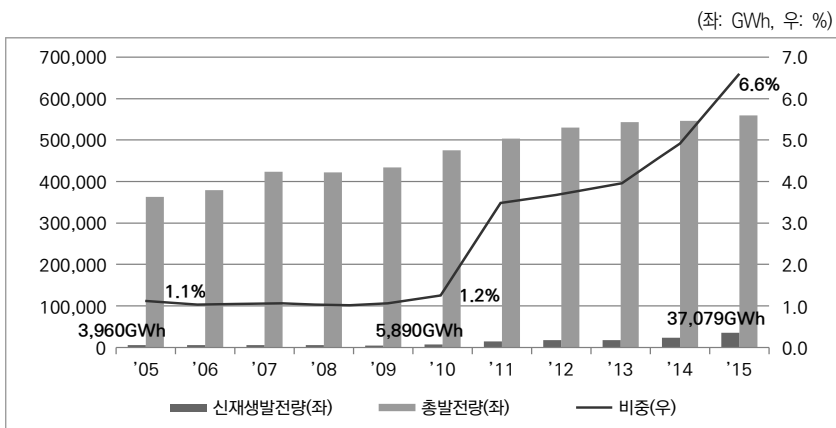
44) 전기사업법 제25조에 따르면 산업통상자원부장관이 전력수급 안정을 위해 이 계획을 수립해 공고하도록 돼 있다. 계획은 2년 단위로 수립·시행하며 15년 단위 장기계획이다. 주요 내용은 전력수급의 기본방향 및 장기전망, 발전설비 및 주요 송변전설비계획, 전력수요 관리계획, 직전 기본계획의 평가 등이다.

45) 제6차 계획과 제7차 계획의 전원믹스 목표를 비교하면 다음과 같다.

구분	원전	석탄	LNG	신재생	집단	석유, 양수
제6차(2027년)	27.4%	34.7%	24.3%	4.5%	4.6%	4.5%
제7차(2029년)	28.2% (↑)	32.3% (↓)	24.8% (↑)	4.6% (↑)	5.8% (↑)	4.3% (↓)

[그림 2-24]와 [표 2-27]을 통해 신재생에너지 발전에 초점을 맞춰 살펴보면 2015년 신재생에너지 발전량은 전년대비 약 38% 증가했고, 국내 총발전량 대비 신재생에너지 발전 비중은 6.61%로 전년대비 1.7%p 증가했다. 특히 신재생 발전 중 바이오 및 폐기물 에너지와 태양광에너지의 발전 비중이 각각 60.6%, 10.7%로 신재생 발전의 80% 이상을 차지하고 있다.

그림 2-24. 신재생에너지 발전량 추이



자료: 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016), 「2015년 신재생에너지 보급 통계」.

표 2-27. 신재생군 에너지원별 발전 비중

(단위: %)

		2014년	2015년
재생에너지			
	태양광	9.5	10.7
	풍력	4.3	3.6
	수력	10.2	5.8
	해양	1.8	1.3
	바이오	17.3	15.0
	폐기물	53.3	60.6
신에너지			
	연료전지	3.5	2.9

자료: 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016), 「2015년 신재생에너지 보급 통계」.

## 2) 에너지정책

1990년대 우리나라 에너지정책의 수립목적은 경제성장, 국민생활, 산업생산에 필요한 에너지를 안정적이고 저렴하게 공급하는 것이었다. 단기간 내 양적 성장을 위해 에너지 산업은 공기업 독점체제하에서 정부가 직접 에너지 가격을 규제하는 구조였다. 2000년대 초반에는 전력산업 구조 개편 등 에너지 산업 내 경쟁 활성화가 추진됐다. 즉 에너지 수급, 가격 등이 최대한 시장에서 결정되도록 하고, 정부는 시장개입을 최소화하는 한편 시장실패를 최소화하는 데 주력했다. 2008년에는 관계중앙행정기관<sup>46)</sup>과 국가에너지위원회 심의를 거쳐 「제1차 국가에너지기본계획」을 수립했는데 이 계획은 에너지와 관련된 모든 분야를 총망라하며, 다른 에너지 관련 계획과 체계적으로 연계해 중장기적, 거시적 차원의 종합계획이다.<sup>47)</sup> 제1차 계획 수립 당시는 전 지구적인 기후변화 대응노력과 함께 온실가스 감축이 에너지정책의 최대 화두로 급부상했던 시기로 에너지정책의 최대목표는 ‘에너지 안보(Energy Security)·효율성(Efficiency)·환경(Environment)을 동시에 고려하는 지속가능발전’이었다. 이후 2014년 제1차 계획에 대한 평가와 에너지정책의 문제점을 반영해 「제2차 국가에너지기본계획」을 수립했으며, 우리나라가 당면한 에너지 문제 중 특히 전력부문을 집중적으로 다루었다.

제2차 계획은 수립 당시 에너지정책의 문제점을 크게 세 가지로 지적했다. 첫째는 ‘에너지 소비의 전기화(電氣化)’로 대변되는 자원의 비효율적 배분이다. 낮은 전기요금의 가격정책을 지속하면서 에너지 다소비 구조 고착화, 전력 등 특정 에너지원의 편중현상이 심화됐고, 원전과 석탄 발전소가 야기하는 환경오염, 안전 문제 등 외부효과를 충분히 고려하지 않은 경제성 중심의 믹스 정책을 추진했던 경향이 있었다. 둘째는 양적 성장과 공급 중심의 정책이다. 급증하는

46) 국무총리실, 기획재정부, 교육과학기술부, 외교통상부, 지식경제부, 환경부, 국토해양부

47) 다만 구체적 목표보다는 정책비전을 담고 있는 성격상 수립주기(5년)가 길어 정책여건의 수시변화에 대한 능동적 대처가 어려운 상황임을 감안해 하부계획들은 기본계획의 철학과 기본원칙을 준수하는 범위에서, 수립 당시의 여건 변화와 계획별 특성을 고려해 자율적으로 수립하고 있다.

표 2-28. 「국가에너지기본계획」 개요

법적 근거	저탄소녹색성장기본법 제41조, 에너지법 제10조제1항	
계획주기	20년을 계획기간으로 5년마다 수립·시행	
수립절차	에너지위원회 → 녹색성장위원회 → 국무회의, 3단계 심의	
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내외 에너지 공급의 추이 및 전망</li> <li>· 에너지의 안정적 확보, 도입·공급 및 관리를 위한 대책</li> <li>· 에너지 수요 전망 및 목표, 에너지원 구성계획</li> <li>· 신재생에너지 등 환경친화적 에너지의 공급·사용을 위한 대책</li> <li>· 에너지 안전관리를 위한 대책</li> </ul>	
위상 및 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지원별, 부문별 등 다른 에너지 관련 계획에 대해 원칙과 방향을 제시</li> <li>· 중장기 에너지정책의 기본 철학과 비전 제시를 주목적으로 하며, 이를 달성하기 위해 주요 목표들을 함께 제시</li> </ul>	
관련 계획	수요	에너지 이용 합리화, 에너지 기술 개발, 기후변화 대응 등(에너지 이용 합리화 기본계획 등)
	공급	전력, 가스, 신재생에너지, 집단에너지 등(전력수급기본계획, 신재생에너지 기술개발 및 보급계획 등)

자료: 산업통상자원부(2014a), 「제2차 에너지 기본계획」을 토대로 저자 정리.

전력수요를 억제하기보다는 이를 충족시키기 위한 초대형 공급설비를 중앙집중식으로 지속 확충한 결과 발전단지 대규모화, 수도권 지역의 수급 불균형 등의 문제점이 발생했고, 앞서 언급한 원전 확대과정의 부작용 등이 나타났다. 셋째는 제1차 계획 수립 당시에도 이 계획안을 뒷받침할 수 있는 실질적인 대책의 부재이다. 예를 들어 신재생에너지의 당시 보급률(2.75%)과 보급목표(11%) 간의 괴리를 메꾸기 위한 구체적인 방안이 제시돼 있지 않았기 때문에 목표 재점검과 목표 달성을 위한 실질적인 대책을 마련할 필요가 있다는 것이다. 이런 문제의식하에 선정된 6대 주요 목표와 목표 달성을 위한 세부 과제는 [표 2-29]를 통해 알 수 있다.

표 2-29. 「제2차 국가에너지기본계획」 주요 목표 및 과제

과제	주요 목표	주요 과제
수요관리 중심의 에너지정책 전환	· 2035년 에너지 수요 13%, 전력수요 15% 감축	· 에너지 세율 조정(발전용 유연탄 과세, LNG 과세 완화) · 환경·사회적 비용 반영 · 용도별 체계 개선(누진세 완화, 전압별 요금제 등) · ICT형 수요관리시스템 구축
분산형 발전시스템 구축	· <b>2035년까지 집단에너지, 신재생에너지, 자가용 발전기 등의 발전량 비중을 15% 이상 확대</b>	· 송전제약 사전 검토 · 송전망 운영 전담기관 설립 · 발전·송전 계획 수립의 패키지화
환경, 안전과의 조화를 모색	· 신규 화력발전소에 대한 최신 온실가스 감축기술 적용	· 안전을 최우선으로 하는 원전 운영 · 원전산업 혁신을 위한 관련 제도 정비 및 운영체계 확립
에너지 안보 강화	· 해외 자원개발 역량 강화 · <b>2035년 신재생에너지 비중 11%로 확대</b>	· 자원개발 공기업 내실화 · 전기 중심의 보급정책을 열·수송 부문으로 확장 · 민간 주도형 신재생에너지 보급제도 추진
원별 안정적 공급체계 구축	· 석유, 가스 등 전통에너지의 안정적 공급	· 도입선 다변화 · 국내 비축여력 강화
국민과 함께 하는 에너지정책 추진	· 2015년 에너지 바우처 도입 등 에너지 복지 사각지대 해소	· 선제적 에너지 갈등 관리 · 에너지 복지 강화 · 지자체 공조 강화

자료: 산업통상자원부(2014a), 「제2차 에너지기본계획」을 토대로 저자 정리.

앞서 언급했듯이 우리나라는 에너지 대외 의존도가 높고 유가 변동에 의한 영향의 폭이 크고 깊어 안정적인 에너지 수급이 주요한 과제로 대두되면서 1987년 12월 「대체에너지개발촉진법」을 제정, 공포하고 1988년부터 본격적으로 기술개발을 지원하기 시작했다. 그동안 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법」 제5조에 의거해 「신재생에너지 기본계획」<sup>48)</sup>을 수립·시행해 왔고, 현재 2014년 수립한 제4차 계획(2014~35년)을 추진 중에 있다. 이 계획은 「제2차 국가에너지기본계획」상 목표인 ‘2035년까지 신재생에너지를 일차

48) 중앙행정기관장 협의 후 신재생에너지정책심의회 의결을 거치며, 5년 주기로 수립된다.

에너지대비 11% 공급'을 달성하기 위한 신재생에너지원별 목표, 기술 개발과 보급 세부 추진계획 등을 수립했다. 또한 국내 지리적 여건, 기술수준, 시장성 등을 감안해 실제 달성가능한 원별 공급 비중, 발전 비중 등의 목표를 제시했으며, 민관 파트너십 강화, 자발적 투자 제고, 해외시장 진출 등을 위한 계획을 담고 있다.

표 2-30. 신재생에너지 관련 국가 목표 및 정책 방향

목표	세부 내용
2035년 신재생에너지 공급 비중 일차에너지의 11%	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2014~35년 신재생에너지 연평균 증가율 6.2%(일차에너지 수요 연평균 증가율 0.7%)</li> <li>· 폐기물 비중을 감소시키고(2012년 68.4%→ 2020년 29.2%), 이 감소분을 태양광(2012년 2.7%→ 2035년 14.1%)과 풍력(2012년 2.2%→ 2035년 18.2%)이 대체하도록 함.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 태양열: (2014년) 0.5%→ (2025년) 3.7%→ (2035년) 7.9%, 2014~35년 연평균 증가율 21.2%</li> <li>- 바이오: (2014년) 13.3%→ (2025년) 19.0%→ (2035년) 18.0%, 2014년~35년 연평균 증가율 7.7%</li> <li>- 수력: (2014년) 9.7%→ (2025년) 4.1%→ (2035년) 2.9%, 2014~35년 연평균 증가율 0.3%</li> <li>- 지열: (2014년) 0.9%→ (2025년) 4.4%→ (2035년) 8.5%, 2014~35년 연평균 증가율 18.0%</li> <li>- 해양:→ (2014년) 1.1%→ (2025년) 1.6%→ (2035년) 1.3%, 2014~35년 연평균 증가율 6.7%</li> </ul> </li> </ul>
2035년 신재생에너지 발전량 비중 13.4%	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2014~35년 신재생에너지 연평균 증가율 5.7%(전력수요 연평균 증가율 1.8%)</li> </ul>
자발적 민간투자를 제고하는 신재생에너지 생태계 조성 (정부 주도→ 민관 파트너십)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시장친화적 제도 설계를 비롯한 규제 완화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입지, 환경 등 규제 완화</li> <li>- 신재생에너지 공급 의무비율 상향 및 관련 제도 개선</li> <li>- 에너지 프로슈머<sup>49)</sup> 활성화</li> </ul> </li> <li>· 수익형 비즈니스 모델 제시</li> <li>· 신재생 보급에 적합한 모델 발굴 등               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경 에너지 타운 등 주민 참여형 모델 확산</li> </ul> </li> </ul>

49) 에너지 생산자(producer)와 소비자(consumer)의 합성어이다. 아파트단지, 산업단지 등에서 태양광 설비 등을 통해 소비전력을 직접 생산하는 이들을 일컫는 말이다.

표 2-30. 계속

목표	세부 내용
해외시장 진출을 통해 지속가능성장을 위한 자생력 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 협소한 국내시장을 넘어 적극적 해외진출을 통해 국내 보급과의 상호 선순환 창출</li> <li>- 대기업·중소·중견기업 동반 해외진출 확대</li> <li>- 중소·중견기업의 수출기업화 지원</li> <li>- ODA, GCF 등 자금 활용</li> </ul>

자료: 산업통상자원부(2014b), 「제4차 신재생에너지 기본계획」; 산업통상자원부, 한국에너지공단(2017), 「에너지신산업·신재생에너지 2017년 정책설명회」 자료를 토대로 저자 재구성.

한편 2017년 신정부 출범에 따라 에너지정책기조 변화가 나타났고, 연말 전력정책의 기본방향을 제시하는 「제8차 전력수급기본계획」과 2018년 국가 에너지정책 수립의 가장 기본적인 지침이 되는 「제3차 국가에너지기본계획」 발표를 앞두고 있다. 앞서 신정부는 탈원전 에너지 전환에 대한 명확한 입장과 정책방향을 제시한 바 있다. 국정운영 5개년 계획의 100대 과제에 ‘친환경 미래 에너지 발굴 및 육성’과 ‘탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환’을 명시했고, 재생에너지 확대 및 원전의 단계적인 감축을 뼈대로 하는 에너지 전환 로드맵을 발표했다. 향후 신재생에너지 발전량 비중 2030년 20% 달성을 목표로 추진하는 「신재생 3020 이행계획」<sup>50)</sup>과 앞서 언급한 「제8차 전력수급 기본계획」 및 「제3차 국가에너지기본계획」을 통해 보다 구체적인 방향이 제시될 것이다.

50) 주요 내용은 2030년까지 53GW 신규 재생에너지 설비 설치, 신규 설비 설치 중 풍력 및 태양광 비중 80%로 확대, 풍력 및 태양광을 위한 산업단지 지정 등이다.

표 2-31. 신정부의 에너지 관련 국정과제 요약

국정과제	친환경 미래 에너지 발굴 및 육성	탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환
과제 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 재생에너지 발전 비중 2030년 20%</li> <li>· 에너지 신산업 선도국가 도약 및 저탄소·고효율 구조로 전환</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탈원전 로드맵 수립을 통한 원전제로시대로의 단계적 이행</li> <li>· 에너지 가격체계의 합리적 개편 및 분산형 전원 보급 확대</li> </ul>
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (재생에너지) 2030년 재생에너지 발전 비중 20%, RPS 의무비율 2030년 28% 수준으로 상향 조정</li> <li>· (에너지신산업) 친환경·스마트 에너지 인프라 구축, 사물인터넷 기반 신비즈니스 창출</li> <li>· (에너지효율) 2018년 주요 산업기기 에너지 최저효율제 도입, 2020년 공공부문 제로에너지 건축물 인증 의무화 및 국가 열지도 구축</li> <li>· (에너지바우처) 지원대상 확대 등 에너지 소외계층 복지 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (탈원전 로드맵) 원전 신규 건설계획 백지화, 노후 원전 수명 연장 금지 등 단계적 원전 감축계획을 「전력수급기본계획」 등에 반영</li> <li>· (원자력 안전규제 강화) 원자력안전위원회 위상 및 독립성 강화, 안전관리체제 정비, 원전의 내진 설계기준 상향 조정 검토 등</li> <li>· (에너지 가격체계 개편) 발전용 연료 세율체계 조정, 산업용 전기요금 체계 개편 로드맵 마련 등</li> <li>· (분산형 전원 확대) 원전 및 석탄의 지속적 축소, 분산형 전원의 전 과정에 대한 체계적인 지원 강화</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지 다소비 경제구조에서 친환경고효율 구조로 전환</li> <li>· 실효성 있는 서민층 에너지 복지 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 안전하고 깨끗한 에너지로의 에너지 패러다임 전환</li> <li>· 원전 안전규제 체계의 혁신으로 원전사고 걱정 없는 나라 실현</li> </ul>

자료: 국정기획자문위원회(2017), 「문재인정부 국정운영 5개년 계획」.

## 제3장



# 유가 변동요인 분석 및 요인별 영향 분석

1. 연구의 필요성
2. 선행연구 및 선행연구와의 차별성
3. SVAR를 이용한 실증분석



## 1. 연구의 필요성

Hamilton(1983), 이근영, 정한영(2002), 김권식(2005) 등 많은 국내외 연구에서는 유가 하락 충격이 경제성장에 긍정적이며 유가 상승충격은 경제성장에 긍정적이라는 연구결과를 도출한 바 있다. 이에 따라 유가가 하락하기 시작한 2014년 중반 이후 IMF, IIF, 골드만삭스, JP 모건,<sup>51)</sup> 한국개발연구원 외 5개 기관 합동보고서(2015) 등에서는 유가 하락의 성장전인효과를 기대하였으나 세계 전체적으로도 국내적으로 눈에 띄는 성장률 개선에 대한 효과가 나타나지 않았다.

그 원인은 Kilian(2009) 등에서 고려하였듯이 상이한 유가의 변동요인을 고려하지 않았기 때문일 수 있다. 최근 원유시장을 분석한 다수의 연구에서는 유가 변동이 공급 측 요인 인지, 수요 측 요인 인지<sup>52)</sup>에 따라 유가 및 경제, 금융 변수에 미치는 영향이 상이할 수 있음을 주장하고 있다. 2014년 중반 이후 많은 국내외 연구들과 같이 유가 변동요인에 따라 경제에 미치는 효과가 상이할 수 있다는 것을 간과하는 경우 기업은 잘못된 경영전략을 수립하고 정부는 잘못된 정책을 수립하게 될 것이다. 따라서 향후 유가 변동 시 충격요인에 따라 다른 전략적·정책적 대응을 위해서는 요인별 유가 충격이 우리나라 거시경제와 에너지시장에 미치는 영향을 사전에 분석할 필요가 있다.

## 2. 선행연구 및 선행연구와의 차별성

Kilian(2009)은 원유생산량, 유가, 실질경제활동지수를 이용하여 3변수 SVAR을 추정하고, 식별된 충격이 미국 GDP와 인플레이션에 미치는 영향을 살펴보

---

51) 김권식, 오정석(2015). p. 2.

았다. Kilian(2009)의 분석은 두 단계로 구성되어 있는데 첫 번째 단계에서 원유시장의 충격을 원유공급충격, 세계총수요충격, 원유특정수요충격으로 구분하였다. 이때 원유공급충격은 현재 원유에 대한 물리적인 이용가능성에 대한 충격이며 세계수요충격은 세계경기변동에 의해 유도된 현재 원유에 대한 충격을 의미한다. 원유특정수요충격은 원유공급충격과 세계수요충격으로 설명되지 않는 충격으로 정의되는데 Kilian(2009)은 이 충격을 원유에 대한 예비적 수요의 변동에서 유도되는 충격으로 해석하였으며 예비적 수요충격이라고도 한다. 저자는 식별된 각 충격이 유가에 미치는 영향을 살펴보았는데 역사적으로 원유공급충격이 실질유가에 미치는 영향은 상당히 작았으며 총수요충격은 장기적으로 실질유가에 영향을 미치는 반면 원유특정수요충격은 유가의 급격한 상승과 하락에 기여했다는 결론을 내렸다.

두 번째 단계에서는 SVAR 모형의 구조충격이 미국 인플레이션, 실질 GDP 등 미국 경제변수와 어떤 관련을 미치는지 연구하였다. Kilian(2009)의 연구에 의하면 예상치 못한 원유공급 감소는 일시적인 실질 GDP 감소를 야기하지만 물가에 대한 효과는 거의 없는 것으로 나타났다. 양의 세계수요충격은 (만약 있다면) 초기에는 경제에 양의 순효과를 지니지만 높은 유가로 인해 상쇄된다. 양의 예비적 수요충격은 실질 GDP를 감소시키고 물가를 상승시킨다는 결과도 도출되었다.

Caldara, Cavallo, and Iacoviello(2016)도 세계원유공급, 유가, 선진국과 신흥국 산업생산, IMF금속가격지수로 구성된 SVAR을 이용하여 원유시장의 충격을 원유 수요·공급 및 세계수요 충격으로 식별하였다. Kilian(2009)에서는 원유수요를 측정하기 위해 실질경제활동지수를 이용한 반면 Caldara, Cavallo, and Iacoviello(2016)는 선진국·신흥국의 산업생산과 IMF 금속가격지수를 이용하였다. Caldara, Cavallo, and Iacoviello(2016)에 따르면 유가 변동의 50%는 원유공급충격에 의해 설명되고 원유특정수요충격과 세계수요충격이 각각 15%와 35%를 설명한다. 또한 생산량 변동에 대해서는 원유

공급충격이 40%, 원유특정수요충격이 33%, 세계수요충격이 25%를 설명한다고 분석하였다. 또한 원유시장 충격이 세계경제에 미치는 영향은 선진국과 신흥국에 따라 상이하게 나타났다. 신흥국 경제는 유가 하락이 원유공급충격인지 원유특정수요충격인지에 관계없이 위축되었으나 선진국 경제는 원유공급충격에 의한 유가 하락 시 경제활동이 촉진되었다. 두 연구에 대한 대략적인 비교는 [표 3-1]에서 확인할 수 있다.

표 3-1. Caldara, Cavallo, and Iacoviello(2016)와 Kilian(2009)의 비교

Caldara, Cavallo, and Iacoviello(2016)	구분	Kilian(2009)
원유시장	분석대상	원유시장, 미국경제
5변수 SVAR	모형	3변수 SVAR
원유공급량, 유가 선진국 산업생산 신흥국 산업생산 금속가격	변수	원유생산량 세계실질경제활동 유가
1985. 1~2015. 12	기간	1973. 1~2007. 12
수치 및 배제제약을 이용하여 원유시장 및 세계경제와의 상호작용 반영	식별전략	Cholesky 분해로 축차적 구조 가정
베이저안 추정 (Minnesota prior)	추정방법	최소자승 추정 (신뢰구간: recursive-design WB)
탄력적인 원유 공급 및 수요 곡선	원유시장	비탄력적인 원유공급곡선

자료: Caldara, Cavallo, and Iacoviello(2016); Kilian(2009).

국내에서도 원유시장 충격이 거시경제에 미치는 영향에 대해 많은 연구가 이루어져왔다. 이근영(2011), 김동헌, 황영식(2012), 김기화(2012) 등은 유가 충격이 한국경제에 미치는 영향을 분석하였으나 국제유가의 수요와 공급 충격이 국내 거시경제변수에 미치는 영향이 상이할 수 있음을 간과하였다.

노진영, 이광원(2012)과 이준상, 신석하(2012)는 SVAR 모형으로 원유충격을 수요 및 공급으로 식별하였으나 노진영, 이광원(2012)은 국내경제에 대한 영향을 살펴보지 않았으며, 이준상, 신석하(2012)는 요인별 유가 상승이 우리

경제에 미치는 영향을 분석하였으나 국내 GDP와 소비자물가에 대한 영향만을 분석하였다. 지정구, 배병호(2016)는 유가 DSGE 모형을 활용하여 소국개방 경제에서 유가 충격이 GDP, 물가상승률에 미치는 영향을 살펴보았으나 이준상, 신석하(2012)와 같이 대내변수에 대한 영향을 살펴보는데 그쳤다.

그러나 한국은행(2016), 윤덕룡, 김효상, 이진희(2017) 등 최근 경상수지 흑자 요인을 분석한 연구들에서는 공통적으로 큰 폭의 경상 흑자가 저유가에 기인한다고 지목<sup>52)</sup>하고 있다. 또한 최근에는 기술 개발과 확산이 가속화되며 타이트오일과 신재생에너지 등 전통적인 원유의 대체재 공급이 증가하고 있어 유가가 이들에 미치는 영향을 파악하는 것이 필요하다. 본 보고서에서는 상이한 유가 충격의 영향을 GDP와 인플레이션 등 대내변수뿐만 아니라 수출, 수입, 경상수지 등 대외 변수로 확대하여 거시경제정책 수립에 기여하고자 한다.

본 절은 기본적으로 Kilian(2009)의 분석틀을 따랐으나 2014년 6월 이후의 유가 하락을 분석하기 위하여 분석기간을 2007년 12월에서 2016년 12월까지로 확장하였으며 Kilian(2009)의 미국경제에 대한 분석을 한국경제에 적용하고 분석대상을 확대하였다는 점에서 차별성을 지닌다.

### 3. SVAR를 이용한 실증분석

모형의 기본적인 설계는 Kilian(2009)을 따랐으며 분석은 Kilian(2009)과 같이 2단계로 구성되어 있다. 1단계는 원유시장에 대한 분석으로 유가 변동의 요인을 세 가지 충격으로 식별하는 단계이다. 1단계에서는 세계 경기 변동에 따른 산업원자재 수요변화와 원유공급 변화를 이용하여 유가 변동요인을 원유공급 충격과 세계수요충격으로 식별하고 이 두 가지 요인에 의해 설명되지 않는 충격을

---

52) 한국은행(2016)의 분석에서는 2015년 상반기 GDP 대비 경상수지 흑자 7.3% 가운데 국제유가가 2.3%p를 설명.

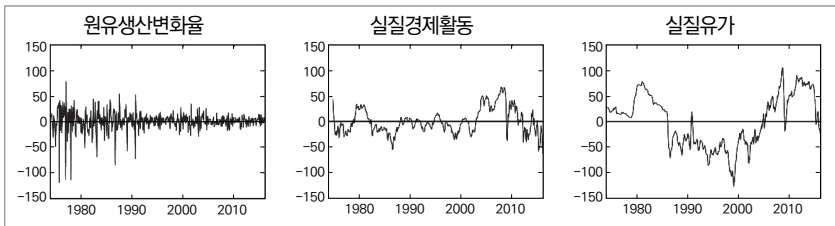
원유특정수요충격으로 정의하였다. 세계수요를 측정하기 위해 Kilian(2009)의 실질경제활동(REA: Real Economic Activity)지수<sup>53)</sup>를 이용하였다. 2단계에서는 식별된 충격이 대내외 거시경제 및 에너지시장에 미치는 영향을 분석하였다.

1단계 분석에 활용한 자료는 [표 3-2]와 같으며 표본은 1974년 1월부터 2016년 12월까지이고 1단계 분석대상기간은 1976년 2월<sup>54)</sup>부터 2016년 12월이다. 원유공급은 로그차분을 이용하여 전기대비 변화율을 계산하였으며 유가는 미국 CPI를 이용하여 실질화하고 로그변환하였다. SVAR 모형 분석에 사용된 자료는 [그림 3-1]과 같다.

표 3-2. 변수 설명

변수	단위	변환
원유생산량 <sup>55)</sup>	백만 배럴/일	로그차분(전기대비 변화율) $[\ln(prod_t) - \ln(prod_{t-1})] \times 100 \times 12$
REA <sup>56)</sup>	-	-
유가 <sup>57)</sup>	달러/배럴	실질유가를 로그변환 후 추세 제거 $demean(\ln(Nominal\ Oil\ Price / U.S.\ CPI)) * 100$

그림 3-1. 모형에 사용된 변수



자료: EIA(검색일: 2017. 8. 2); Kilian 홈페이지(검색일: 2017. 8. 2).

53) 실질경제활동지수는 선박운임이나 발주물량을 이용하여 추정된 세계 원자재수요를 나타낸다.

54) 원유생산 변화율 계산에서 1개월, VAR(p)에서 p를 24로 설정하여 24개월만큼이 소모되었다.

55) <https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/?tbl=T11.01B#/?f=M>(검색일: 2017. 8. 2).

56) <http://www-personal.umich.edu/~lkilian/paperlinks.html>(검색일: 2017. 8. 2).

57) U.S. Crude Oil Imported Acquisition Cost by Refiners 기준이며, EIA(미 에너지정보청)에서 얻을 수 있다. [https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=R1300\\_\\_\\_3&f=M](https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=R1300___3&f=M) (검색일: 2017. 8. 2).

원유시장 분석은 원유생산(*prod*), 실질경제활동(*rea*), 유가(*po*) 순으로 구성된 3변수 구조벡터자기회귀모형(SVAR)으로 추정하였다. [식 3-1]에서 벡터  $y_t$ 는  $y_t = (prod_t, rea_t, po_t)'$ 로 구성된다. 먼저 구조모형은 [식 3-1]과 같다.

$$B_0 y_t = \beta + \sum_{i=1}^p B_i y_{t-i} + e_t \quad [\text{식 3-1}]$$

구조모형의 교란항  $e_t$ 는 교차 및 자기상관을 지니지 않는다고 가정하며 구조형 모형의 양변에  $B_0^{-1}$ 을 곱하여 [식 3-2]와 같이 변환한 후 최소제곱법으로 추정하였다.

$$y_t = B_0^{-1} \beta + \sum_{i=1}^p B_0^{-1} B_i y_{t-i} + B_0^{-1} e_t \quad [\text{식 3-2}]$$

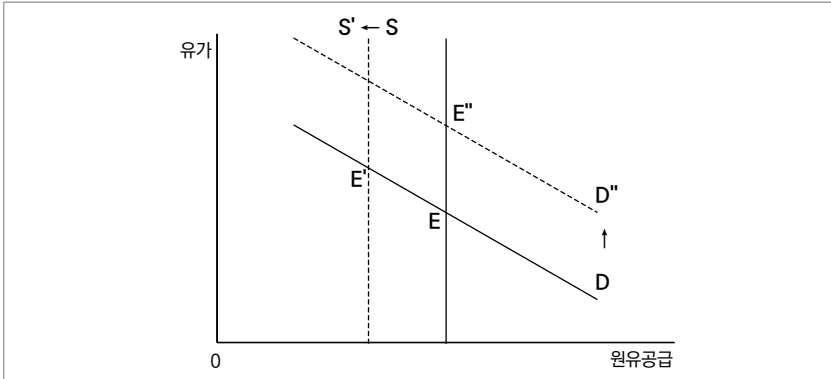
이때 식별을 위해 축약형 오차  $u_t$ 가 [식 3-3]과 같이  $u_t = B_0^{-1} e_t$ 로 분해될 수 있는 축차적 구조를 가졌다고 가정한다.

$$u_t = \begin{pmatrix} u_t^{prod} \\ u_t^{rea} \\ u_t^{po} \end{pmatrix} = B_0^{-1} e_t = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ b_{21} & b_{22} & 0 \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} e_t^{OS} \\ e_t^{AD} \\ e_t^{OD} \end{pmatrix} \quad [\text{식 3-3}]$$

이 같은 가정은 단기적으로 수직인 원유공급곡선과 우하향하는 수요곡선으로 구성된 원유시장을 상정한다. 음의 원유공급충격으로 원유공급곡선이 좌측으로 이동( $S \rightarrow S'$ )하면 원유 생산량은 즉시 감소( $B_0^{-1}(1,1)$ )하고 유가는 즉시 상승( $B_0^{-1}(3,1)$ )한다. 세계총수요충격과 원유특정수요충격으로 원유수요곡선이 우측( $D \rightarrow D''$ )으로 이동하면 유가는 즉시 상승( $B_0^{-1}(3,2)$  및  $B_0^{-1}(3,3)$ )하지만 원유공급량은 해당기에는 조정되지 않는다( $B_0^{-1}(1,2)$  및  $B_0^{-1}(1,3)$ ).

모형에서  $B_0^{-1}$ 의 축차적 구조는 다음과 같이 해석될 수 있다. 첫째, 원유공급은 세계총수요충격 및 원유특정수요충격에 즉각적으로 반응하지 않으며 오직 원유공급충격에만 당기에 반응한다. 원유시장에 불확실성이 존재하는 상황에서 산유국의 원유생산에 조정비용이 존재하면 세계총수요충격 및 원유특정수요충격 발생 시

그림 3-2. 원유시장의 수요·공급 곡선



자료: 저자 작성.

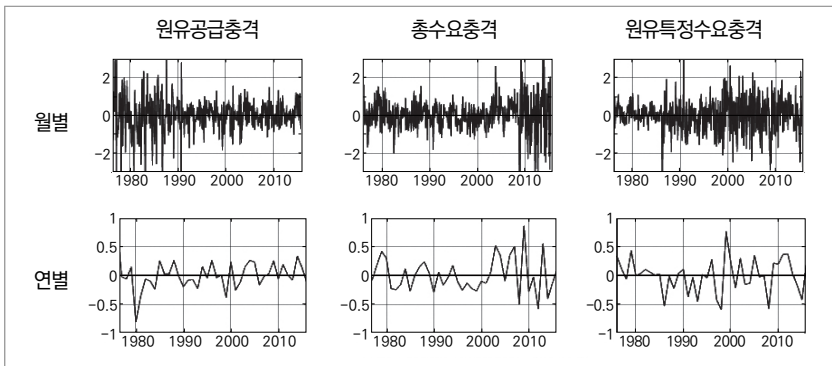
즉각적으로 원유생산을 조정하지 않기 때문으로 해석할 수 있다. 둘째, 세계실질경제활동은 원유특정수요충격에 즉각 반응하지 않는다. 즉 원유특정수요충격으로 인한 유가 상승은 적어도 한 달의 시차를 두고 세계실질경제활동에 영향을 미친다. 마지막으로 원유공급충격 혹은 총수요충격으로 설명되지 않는 실질 유가에 대한 충격은 원유수요에 대한 변화로 해석하며 미래 원유공급 부족에 대한 불확실성에 기인한 예비적 수요를 반영한다.

## 가. 원유시장 변동요인 분해

[그림 3-3]은 1976년 2월부터 2016년 12월까지의 구조충격 경로를 보여주고 있다. 요인별 충격의 변동성을 살펴보기 위하여 월별 구조충격과 장기적인 추세를 살펴보기 위해 월별 구조충격의 연평균 결과를 함께 도시하였다. 기간별로 각 충격의 중요성은 변화해왔다. 월별 공급충격 추이에서 보듯이 1990년대 이전까지의 원유시장의 충격은 원유공급충격이 주를 이루었다. 그러나 1990년대에 들며 상대적으로 공급충격이 감소하고 원유특정수요충격이 증가

하였다. 분석결과는 1990년대 이후 원유거래의 금융화 추세와 2004~08년에는 고유가 장기화에 따라 유가 상승기대가 형성되었다는 사실과도 일치한다. 글로벌 금융위기 이후에는 총수요충격이 확대된 것으로 분석된다. 이 또한 금융위기 이후 중국 등 신흥국 원자재수요 증가에 힘입어 원유수요도 급증하였다는 사실과 일치한다.

그림 3-3. 구조충격의 추이(1976. 2-2016. 12)



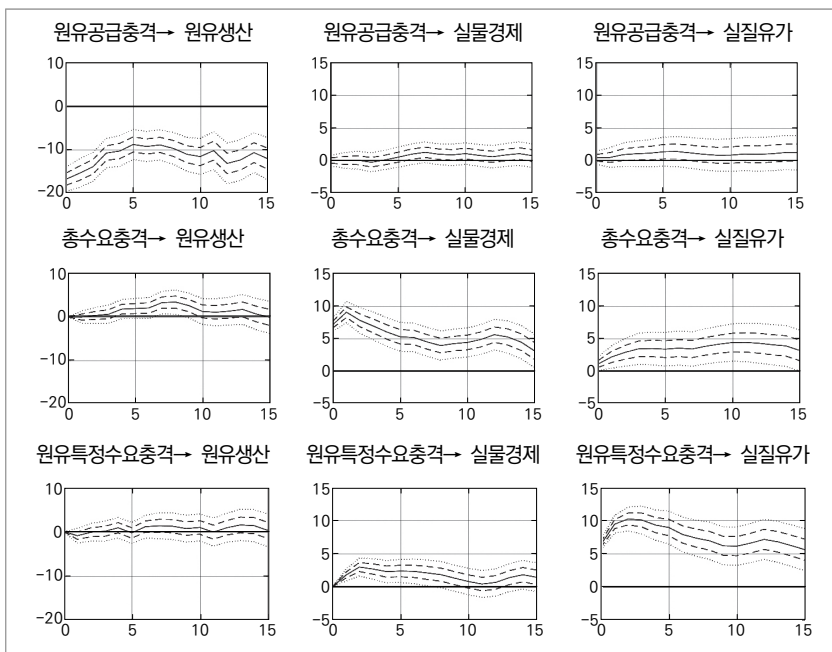
자료: 저자 계산.

## 나. 원유시장의 충격반응 분석

다음으로 각 충격 발생 시 세계원유생산, 세계경제활동, 유가의 반응을 살펴 보기 위해 충격반응분석을 실시하였다. [그림 3-4]는 1SD 구조충격에 대한 세계원유생산, 실질경제활동, 실질유가의 반응을 보여준다. 이때 모든 충격은 유가를 상승시키도록 정규화되었다. 먼저 예상치 못한 원유공급 붕괴는 충격 즉시 급격히 세계원유생산을 감소시킨다. 이후 5개월 동안 감소된 생산량을 일부 상쇄하는 생산증가가 발생하는데, 이는 한 지역의 원유공급 제약이 다른 지역의 생산증가를 촉발시키기 때문<sup>58)</sup>이다. 원유공급충격이 실물경제에 미치는 영

향은 5개월이 지난 이후 유가에 미치는 영향은 5개월 이내에 통계적으로 유의하게 나타났다. 다음으로 예기치 못한 총수요 확대는 실질경제활동에서 8개월 까지 일시적으로 세계원유생산을 증가시킨다. 예기치 못한 총수요충격 확대는 실질경제와 실질유가에 대해 지속적이고 유의한 효과를 보였다. 예기치 못한 원유수요 증가는 통계적으로 유의하게 원유생산을 증가시키지 못하였으나 실질경제활동은 약 7개월 동안 증가하였다. 예기치 못한 원유수요 증가는 통계적으로 유의하고 지속적인 실질유가 상승을 야기하였다.

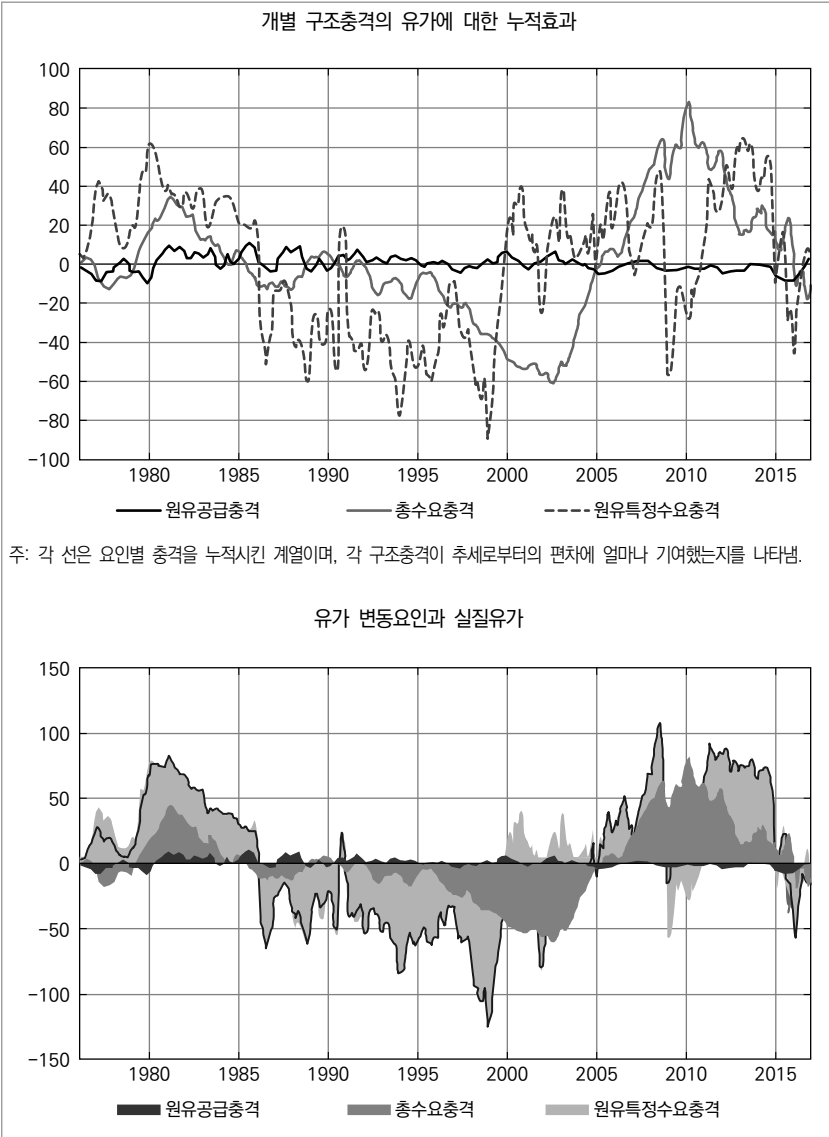
그림 3-4. 원유시장에서의 충격반응 분석결과



주: 1) 충격이 1표준편차(standard deviation)만큼 증가했을 때 각 변수의 기간별(월) 반응.  
 2) 각 밴드는 recursive-design wild bootstrap에 의해 산출되었으며 각각 1표준오차(standard error)와 2표준오차 밴드.  
 3) 모든 충격은 유가를 상승시키는 충격.  
 자료: 저자 계산.

58) Kilian(2009).

그림 3-5. 유가 변동의 충격 분해



자료: 저자 계산.

마지막으로 실질유가 변화에 각 충격이 얼마나 기여했는지 살펴보기 위해 역사적 분해(historical decomposition)<sup>59)</sup>를 살펴보았다. [그림 3-5]는 실질유가에 대한 원유수요, 원유공급, 총수요충격의 누적 기여를 보여준다. [그림 3-5]는 원유공급충격이 역사적으로 실질유가에 상당히 작은 기여를 했다는 것을 보여준다. 총수요충격은 원유특정수요충격에 비해 스무드하게 움직이며 실질유가의 장기적인 추세와 같이 움직인 반면 원유특정수요충격은 단기적인 급등락의 추세를 설명해주고 있다. 또한 최근의 유가 하락은 원유특정수요충격이 주요인으로 분석되고 있다.

## 다. 우리나라 거시경제변수에 대한 영향

SVAR 모형의 구조충격이 산업생산  $ip_t$ , 상품수출  $ex_t$ , 상품수입  $im_t$ , 인플레이션  $\pi_t$ 에 미치는 영향을 파악하였다. GDP에 대한 영향을 분석한 Kilian(2009)과 달리 월별 자료를 구할 수 있는 산업생산에 대한 영향을 살펴보았기 때문에 월별 구조충격을 분기평균하지 않고 그대로 적용하였다.

표 3-3. 변수 설명 및 가용기간

변수	단위	변환 <sup>1)</sup>	분석기간
산업생산 증감률( $mom$ )	%	전기대비 증가율( $g_m$ )의 연율화 $g_y = [(1 + g_m/100)^{12} - 1] * 100$	2001년 1월 이후
산업생산 증감률( $yoy$ )	%	-	2001년 1월 이후
수출과 수입 <sup>60)</sup>	백만 달러	수출입( $x$ )의 전년동기대비 증가율 $g_m = (x_t - x_{t-12}) / x_{t-12} * 100$	1981년 1월 이후
인플레이션율( $mom$ )	%	전기대비 증가율( $g_m$ )의 연율화 $g_y = [(1 + g_m/100)^{12} - 1] * 100$	1976년 2월 이후
인플레이션율( $yoy$ )	%	-	1976년 2월 이후

주: 전기대비는 계절조정자료를, 전년동기대비는 원자료를 이용하여 계산.

59) 추정된 VAR 모형을 이용하여 특정 변수의  $t$ 기 변화에 대한 개별 변수의  $t$ 기 충격(변수값 중  $t$ 기 이전 정보로 설명되지 않는 부분)의 기여도를 추산.

Kilian(2009)에 따르면 구조충격들은 1단계 모형의 정보집합에 대해 강의 생성을 지니지만  $e^{OS}$ 을 제외한 충격들이 거시경제변수에 대해 반드시 외생적일 필요가 없다. 그러나 한국의 경우 주어진 분기 내에 분석대상변수( $ip_t, \pi_t, ex_t, im_t$ )로부터  $\hat{\epsilon}_{jt}$ 에 대한 피드백이 없다는 식별 가정하에서 충격들은 미리 결정된다고 할 수 있고 한국 거시경제변수에 대한 효과를 점검할 수 있다.

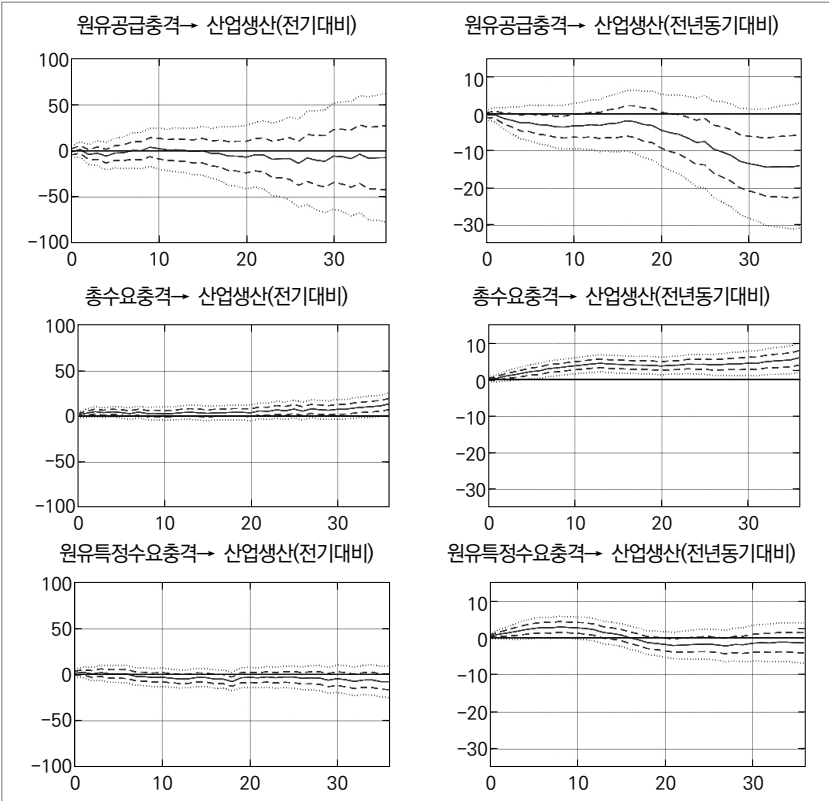
분석에 활용된 모형은 [식 3-4]와 같으며  $\epsilon_{jt}$ 는 잠재적으로 계열상관된 오차항이며,  $\phi_{jh}$ 는 예측대상기간  $h$ 에 대한 충격반응계수이다. 나머지 변수들에 대해서도 동일한 방법을 적용하였다.

$$ip_t = \alpha_j + \sum_{h=0}^p \phi_{jh} \hat{\epsilon}_{jt-h} + \epsilon_{jt}, \quad j = 1, 2, 3 \quad [\text{식 3-4}]$$

먼저 [그림 3-6]에는 유가 상승을 가져오는 각 요인의 충격이 산업생산 증가율에 미치는 누적된 영향을 나타낸다. 이에 따르면 산업생산은 대체로 경제적 직관과 일치하는 방향성이 도출되었으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 생산차질 등 부정적인 원유공급충격은 산업생산의 증가율을 낮추는 것으로 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 세계 경제여건 개선으로 인한 원자재수요 증가를 의미하는 총수요충격이 발생하면 산업생산 증가율(전년동기대비)이 높아지는 것으로 나타났다. [그림 3-7]에서 보듯이 총수요충격이 발생하면 수출이 더욱 빠르게 증가하는데 우리나라 수출상품의 대부분이 제조업임을 고려하면 타당한 결과로 보인다.

60) 일반상품수지 기준(상품수지에서 중계무역순수출 및 비화폐용금수지를 제외)으로 명목치를 사용한다.

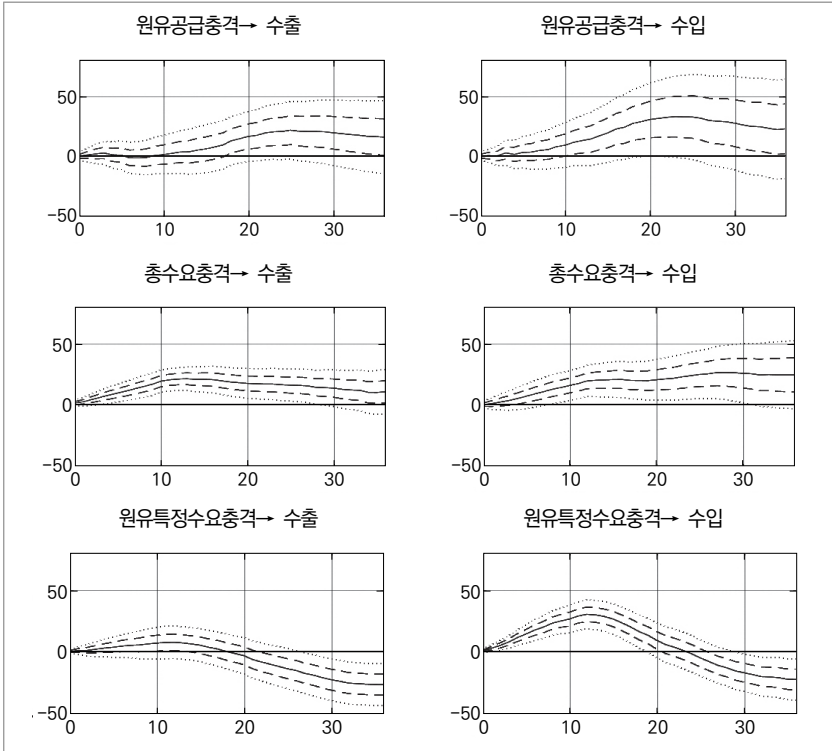
그림 3-6. 구조충격에 대한 산업생산의 반응



주: 1) 그림은 누적반응, 각선은 점추정치와 1SE, 2SE 밴드.  
 2) 신뢰구간은 recursive-design wild bootstrap에 의해 산출됨.  
 자료: 저자 계산.

[그림 3-7]은 명목 수출 및 수입 증가율에 미치는 누적 효과를 보인다. 원유 공급충격은 우리나라의 수출과 수입을 모두 확대시키지만 수출에 대한 본격적인 효과는 10개월 이후에 나타나는 반면, 수입에 미치는 영향은 조금 더 일찍 나타나며 18개월 이후에 효과의 차이가 더욱 크게 나타난다. 이를 종합하면 원유공급충격은 경상수지 적자요인으로 나타난다. 수입은 원유수입을 통해 유가 상승의 직접 영향을 받는 반면 수출은 유가 상승에 따른 비용 상승이나 석유화

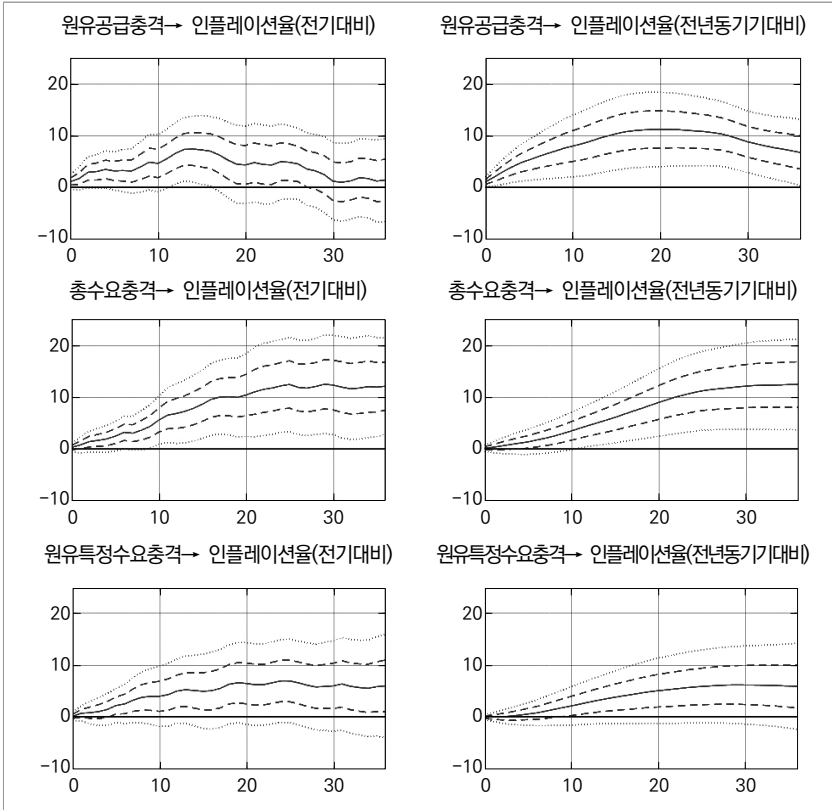
그림 3-7. 구조충격에 대한 수출입(전년동기대비)의 반응



주: 1) 그림은 누적반응, 각선은 점추정치와 1SE, 2SE 밴드.  
 2) 신뢰구간은 recursive-design wild bootstrap에 의해 산출됨.  
 자료: 저자 계산.

학제품의 수출단가 상승 등 간접적 영향을 받기 때문으로 풀이된다. 총수요충격은 수출과 수입 각각에 유의하게 양의 영향을 미치는 것으로 나타났으며 양쪽의 효과를 함께 고려하면 충격 초반 경상수지의 반응은 유의하지 않은 것으로 보인다. 원유특정수요충격으로 인한 유가 상승은 초기에 경상수지를 악화시키는 것으로 분석되었는데, 이는 유가의 상승에 따라 수입이 빠르게 증가하는 가운데 수출은 크게 반응하지 않기 때문이다. 최근 저유가가 원유특정수요충격에 기인한다는 앞절의 분석결과와도 일치하는 결과이다. 전체적인 반응의 양상

그림 3-8. 구조충격에 대한 인플레이션율의 반응



주: 1) 그림은 누적반응, 각선은 점추정치와 1SE, 2SE 밴드.

2) 신뢰구간은 recursive-design wild bootstrap에 의해 산출됨.

자료: 저자 계산.

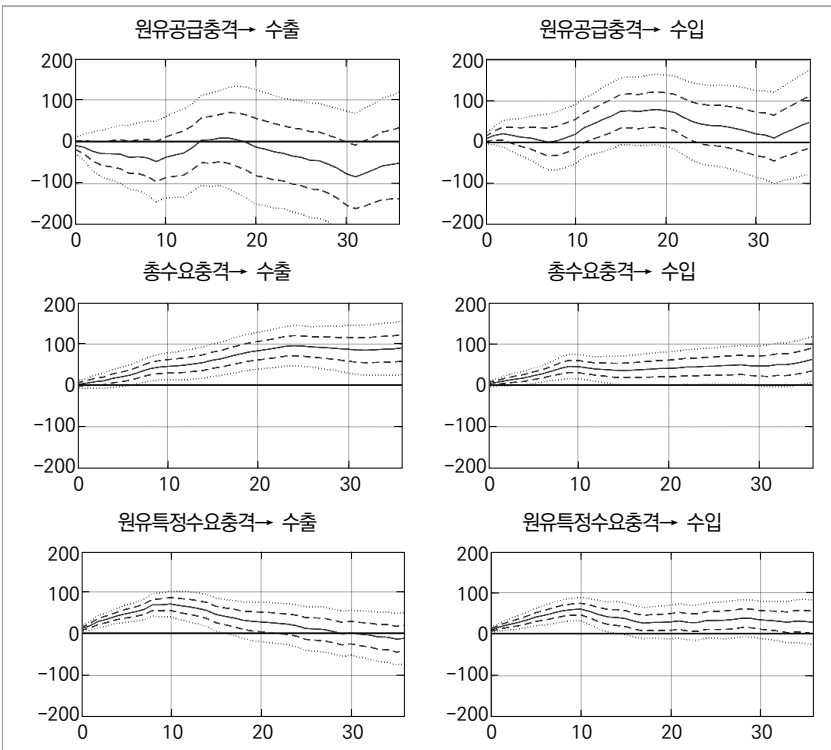
은 원유공급충격과 원유특정수요충격이 비슷하나 원유특정수요충격의 경우 수입의 반응이 빠르게 나타나서 초반 경상수지의 감소가 유의하게 나타난다.

[그림 3-8]의 결과에 따르면 원유의 상승요인이 어느 충격에서 비롯되었는지와 무관하게 유가 상승 자체는 우리나라의 인플레이션을 상승시키는 방향으로 나타났다. 이 가운데 원유공급충격에 따른 유가 상승은 12~18개월 이후 서서히 감소하였으나 수요 측 요인에 따른 유가 상승은 영향이 3년이 지나서까지도 지속되었다. 이러한 결과는 전기대비 인플레이션율로 분석한 Kilian(2009)의

결과와도 대체로 일치하였다.

앞서 살펴본 바와 같이 우리나라 수출입에서 석유제품 및 석유화학이 차지하는 비중이 크기 때문에 유가 변동요인이 각 분야의 수출입에 미치는 영향을 살펴보았다. [그림 3-9]는 식별된 유가 충격이 석유제품 수출입에 대한 반응을 나타낸다. 원유공급충격이 원유가격 상승의 주요인인 경우 휘발유, 경유 등 석유제품의 수출이 감소하고 수입은 증가하면서 해당 부문의 수지가 감소하는 것을 볼 수 있다. 반면 총수요충격에 의한 유가 상승은 석유제품의 수출입을 모두 증가시키는 가운데 해당 부문 무역수지가 증가한다. 총수요충격은 세계경제의

그림 3-9. 구조충격에 대한 석유제품 수출입(전년동기대비)의 반응

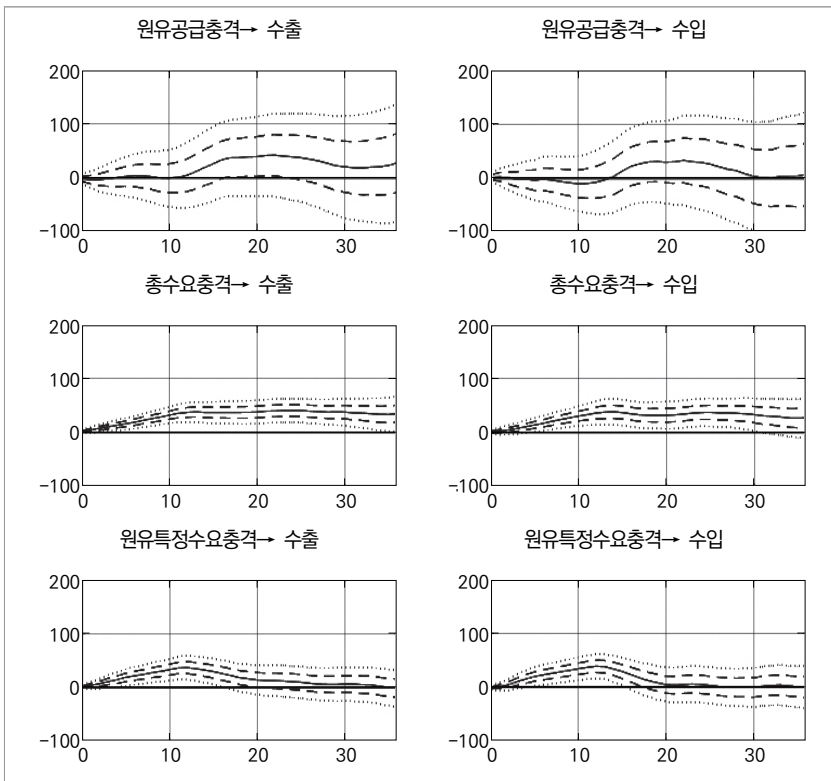


주: 1) 그림은 누적반응, 각선은 점추정치와 1SE, 2SE 밴드.  
 2) 신뢰구간은 recursive-design wild bootstrap에 의해 산출됨.  
 자료: 저자 계산.

소비 및 생산 활동을 견인함으로써 이에 수반되는 석유제품의 수요가 증가하고 수출증가율이 수입증가율보다 빠르게 상승하기 때문이다. 원유특정수요충격은 총수요충격과 비슷한 효과를 가져오지만 수지 개선폭이 작고 오래 지속되지 않음을 볼 수 있다.

[그림 3-10]은 석유화학부문 수출입에 대한 영향을 보여준다. 석유제품분과 대체로 비슷한 양상을 보이는 가운데, 원유공급충격이 해당 부문 수지에 미치는 영향은 미미하다. 석유제품은 대부분 경제활동을 뒷받침하는 에너지의 형

그림 3-10. 구조충격에 대한 석유화학 수출입(전년동기대비)의 반응



주: 1) 그림은 누적반응, 각선은 점추정치와 1SE, 2SE 밴드.  
 2) 신뢰구간은 recursive-design wild bootstrap에 의해 산출됨.  
 자료: 저자 계산.

태로 소비되기 때문에 중간재로 투입되는 석유화학제품에 비해 대체탄력성이 작아 가격 변화의 전이효과가 더 크기 때문으로 분석된다.

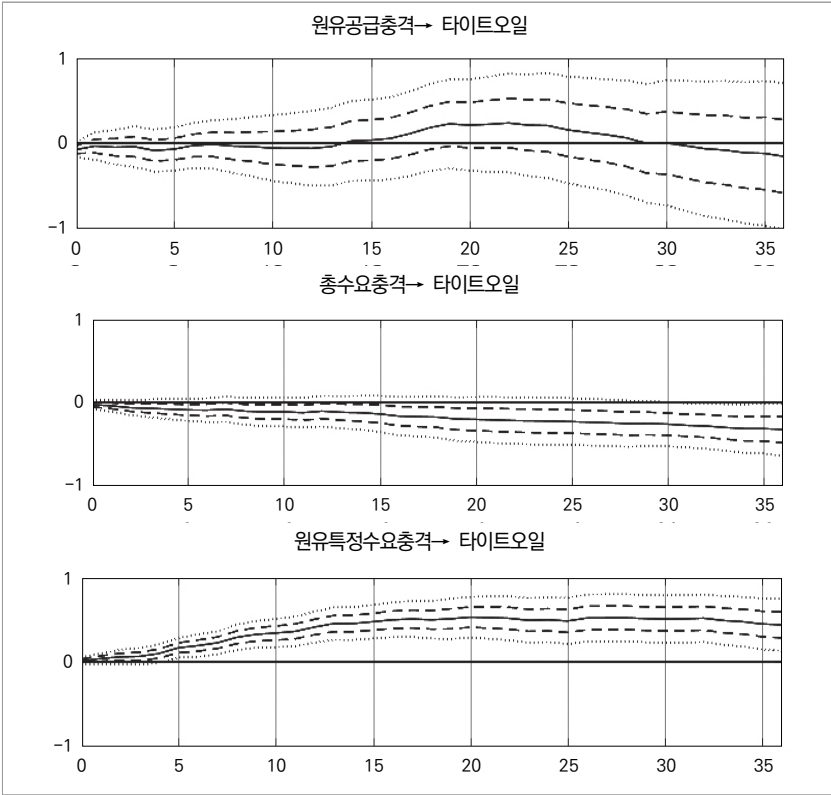
## 라. 타이트오일 생산에 미치는 영향

다음으로는 기술개발과 막대한 투자자금으로 최근 빠르게 원유생산량이 증가하고 있는 타이트오일에 대한 영향을 살펴보았다. 2002년 2월 이후 기간에 대하여 미국 타이트오일 생산증가율을 이용해 분석한 결과가 [그림 3-11]에 나타나 있다. 원유공급충격이 대체로 OPEC의 감산합의, 산유국의 정정불안 등에 따른 유가 상승으로 해석되기 때문에 미국에서 생산되는 타이트오일에 대한 영향은 미미하게 나타났으며 유의하지 않았다. 총수요충격도 마찬가지로 타이트오일 생산에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 타이트오일 등 미국에서 생산된 원유는 2015년 12월 원유수출금지조치가 해제되기 전까지 미국 내수용으로 활용되었기 때문에 세계수요보다는 미국 내 수요의 영향을 받기 때문으로 해석된다. 마지막으로 예비적 동기 및 투기적 수요를 반영하는 원유특정수요충격은 타이트오일 생산증가율을 유의하게 상승시켰다. 미국 타이트오일은 전통원유와 자금조달 측면에서 큰 차이가 있다. 국영회사에 의존하는 전통(중동산) 원유와 달리 미국은 금융서비스를 바탕으로 투자가 가능하기 때문이다. 월스트리트저널에 따르면 2016~17년 중 18개월 동안 셰일업체에 570억 달러의 원가자금이 투자되었다.<sup>61)</sup> 이처럼 유가가 상승할 것으로 기대되는 경우 미국 금융시장에서 타이트오일의 자금조달이 용이해지고 타이트오일 생산 및 효율성이 높아져 그 효과가 36개월까지도 지속되는 것으로 풀이된다.

---

61) 배상은 기자(2017. 7. 11), 「다른 산유국엔 없는 美 셰일의 무기, 엄청난 월가 자금」, 『news1뉴스』, <http://news1.kr/articles/?3043835>(검색일: 2017. 8. 1).

그림 3-11. 구조충격에 대한 타이트오일의 반응



주: 1) 그림은 누적반응, 각선은 점추정치와 1SE, 2SE 밴드.

2) 신뢰구간은 recursive-design wild bootstrap에 의해 산출됨.

자료: 저자 계산.

## 제4장



# 에너지 부문을 고려한 개방경제 DSGE 모형

1. 연구의 배경
2. 개방경제 DSGE 모형
3. 실증분석결과
4. 소결

# 1. 연구의 배경

이 장에서는 국제 에너지시장의 변화를 석유시장을 중심으로 살피고, 이러한 변화가 소규모 개방경제인 한국의 거시경제에 미치는 영향을 동태·확률적 일반균형(DSGE: Dynamic Stochastic General Equilibrium)모형의 틀로 분석한다.

기존의 연구에서는 에너지시장의 여건 변화를 주로 유가, 특히 원유의 가격 변화로 모형화한다. Kilian(2009)은 구조적벡터자기회귀(SVAR: Structural Vector Autoregressive)모형을 이용한 실증분석을 통해 유가 변동에 영향을 미치는 공급요인과 수요요인의 식별(Identification)이 중요함을 보였다. 유가의 변화와 경기순환 사이의 인과관계를 정립하기 위해서는 세계 석유시장을 포함한 적절한 구조모형을 필요로 한다는 것이다. Hamilton(2003)은 대부분의 유가 파동이 미국 경제상황에 외생적인 해외, 특히 중동의 정치적 변화에 따른 공급충격에 기인하므로<sup>62)</sup> 식별 문제를 따로 고려하지 않아도 된다고 하였으나, Barsky and Kilian(2002)은 1970년대 초반 전 세계적 경기호황으로 원유를 비롯한 원자재에 대한 누적된 수요증가가 유가 상승의 많은 부분을 설명함을 보였다. 즉 유가를 비롯한 에너지 가격이 수요와 공급에 의해 내생적으로 결정되는 것을 의미한다. 이러한 유가 변동이 공급요인에 따라 발생하는 경우, 기업의 생산비용을 끌어올리거나 가계의 예산 제약을 압박하는 효과를 발생시켜 인플레이션과 경기침체를 가져온다. 반면 수요요인에 의한 유가 상승 또한 인플레이션을 유발하지만, 이는 기본적으로 경제 회복 혹은 호황을 동반하기 때문에 경제 전체에 미치는 부정적 효과가 비교적 작게 나타난다.<sup>63)</sup>

이와 같이 유가 결정에서 수요요인의 중요성이 강조됨에 따라 시장 참여자

62) 예를 들면 1973~74년의 아랍의 원유수출 금지, 1978~79년의 이란 혁명, 1980~88년의 이란-이라크 전쟁, 1990~91년의 걸프전, 2002년의 베네수엘라 위기, 2003년의 이라크 전쟁, 2011년의 리비아 사태 등이 그러하다.

63) 각각 비용인상(Cost-push) 인플레이션과 수요견인(Demand-pull) 인플레이션이라 한다.

의 최적화 행위에 기반한 구조적 경제모형인 DSGE 모형에도 유가의 내생성을 도입하기 위한 다양한 시도가 있었다. Kim and Loungani(1992)와 Rotemberg and Woodford(1996)를 비롯한 초기 모형에서는 실질유가를 외생적으로 정의하여 유가 변동의 요인에 대한 구분을 두지 않았다. Leduc and Sill(2007)과 Bodenstein, Erceg, and Guerrieri(2011)에서는 가격에 반응하지 않는 비탄력적 원유공급이 외생적으로 주어졌다고 가정한 후 원유수요의 변화에 따라 유가가 결정되는 모형을 사용하였다. Nakov and Pescatori(2010)는 지배적 원유공급자의 시장지배력이 내생적으로 결정되게 모형화함으로써 원유공급의 높은 가격탄력성을 도출하였는데, Kilian(2009) 등의 실증분석에서 나타나는 원유공급의 가격탄력성과는 괴리가 있다. Backus and Crucini(2000)는 비탄력적 OPEC 공급자와 탄력적 비OPEC 공급자로 나누어 원유가격의 내생화를 시도하였다. Huynh(2016)는 Dhawan and Jeske(2008)을 따라 소비를 내구재와 비내구재로 구분하고, 내구재 소비에 에너지 사용이 뒤따르도록 모형화하였다. 또한 생산을 위한 자본의 운전에도 에너지 사용이 필요한 것에 착안하여 에너지 사용을 생산비용의 일부로 도입하고, 에너지 생산부문을 명시적으로 도입함으로써 에너지 공급을 내생화하였다. 한편 지정구, 배병호(2016)는 원유에 대한 투기적·예비적 수요를 모형화하기 위하여 Unalmis, Unalmis, and Unsal(2012)를 따라 원유 저장기술을 모형에 포함하고 소규모 개방경제에의 영향을 분석하였다. Melek, Plante, and Yucel(2017)에서는 경질유와 중질유 등 원유의 유종에 따라 정유공정의 차이가 있음에 주목하고 이를 아우르는 하류부문을 모형화함으로써, 미국에서 타이트오일의 증산과 미국의 원유 수출금지 정책의 변화에 따른 효과를 분석하였다.

## 2. 개방경제 DSGE 모형

### 가. 모형의 구조

이 연구에서는 에너지 생산부문을 크게 두 가지로 나누어 소규모 개방경제 DSGE 모형에 도입한다. 첫번째는 상류부문(Upstream)이라고도 하는 원유 생산부문으로 엑손모빌(Exxon-Mobile), 로얄더치셸(Royal Dutch Shell), BP 등 석유메이저로 불리는 기업이 원유 탐사와 시추 등을 주도하는 시장이다. 두 번째는 하류부문(Downstream)으로 알려져 있는 정유 및 석유제품 공급에 대한 부문이다. 2장에서 살펴본 바와 같이 한국의 석유 관련 기업의 대부분은 하류부문에 속해 있으며 세계시장에서 유의미한 비중을 차지하고 있지만, 원유 부존자원이 없는 관계로 상류부문에서의 활동은 미미하다. 기본적인 개방경제 하에서의 유가 DSGE 모형은 Huynh(2016)을 따르며, 소비부문의 에너지 수요, 생산부문의 에너지 수요, 에너지생산 부문의 생산성에 따라 에너지 가격 결정이 내생적으로 결정되고 대내외 부문의 수요요인과 공급요인의 영향이 각각 다르게 나타난다.

#### 1) 가계

경제의 대표적(representative) 가계는 비내구재 및 내구재 소비, 여가를 통해 효용을 얻고 할인된 평생 효용을 극대화한다.

$$\mathbf{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\varphi \log c_t + (1-\varphi) \log(1-h_t)]$$

[식 4-1]

$$c_t = \left\{ \alpha^{\frac{1}{\rho}} (u_t d_t)^{1-\frac{1}{\rho}} + (1-\alpha)^{\frac{1}{\rho}} n_t^{1-\frac{1}{\rho}} \right\}^{\frac{\rho}{\rho-1}}$$

[식 4-1]에  $d_t$ 와  $n_t$ 는 각각 내구재 보유량과 비내구재 소비를,  $u_t$ 는 내구재의

가동률(utilization)을,  $h_t$ 는 노동시간(즉  $1-h_t$ 는 여가)을 나타낸다. 내구재는 생산에 사용되는 자본재  $k_t$ 와 같이 일종의 축적된 자산으로, 매기 감가상각이 일어나며 새로운 투자  $i_{d,t}$ 에 의해 유지되는데 내구재 저장(stock)의 변화에는 조정비용  $J_d(d_t, d_{t+1})$ 를 수반한다.

$$\begin{aligned} d_{t+1} + J_d(d_t, d_{t+1}) &= [1 - \delta_d(u_t)]d_t + i_{d,t} \\ k_{t+1} + J_k(k_t, k_{t+1}) &= (1 - \delta)k_t + i_{k,t} \end{aligned} \quad [\text{식 4-2}]$$

내구재의 감가상각은 가동률의 함수  $\delta_d(\cdot)$ 로 주어져 있다. 이는 내구재를 더 자주 사용할수록 잔존가치가 줄어드는 현상을 모형화한 것으로, 일례로 가계가 소유한 자동차의 잔존가치가 운행강도와 유지보수 정도에 따라 달라지는 것을 나타낸다. 한편 자본재의 감가상각은 일정 비율  $\delta$ 로 진행된다고 가정한다.

가계의 예산제약은 [식 4-3]과 같이 주어진다.

$$p_{e,t}e_t^h + p_{n,t}n_t + p_{d,t}(i_{d,t} + i_{k,t}) + i_{b,t} = w_t h_t + r_{k,t}k_t + r_{b,t}b_t + \Pi_t \quad [\text{식 4-3}]$$

[식 4-3]  $e_t^h$ 는 가계의 에너지 소비를,  $p_{e,t}$ ,  $p_{n,t}$ ,  $p_{d,t}$ 는 각각 에너지, 비내구재, 내구재 및 자본재 투자의 가격을,  $w_t$ 와  $r_{k,t}$ ,  $r_{b,t}$ 는 각각 임금과 자본, 해외채권에 대한 이자율을 나타낸다. 가계는 국내의 다양한 조건부자산(state-contingent asset)에 접근가능한 반면, 해외에서는 한 가지 종류의 해외채권만 구입가능하다. 즉 해외부문에서는 위험분산목적의 투자는 제한되어 있다. 이 모형에서는 대표적 가계를 상징하므로 국내자산을 생략할 수 있다. 해외채권 저장의 조정에는 비용이 발생하는데 이는 소규모 개방경제의 정상성(stationarity)을 확보하기 위한 기술적 조건이기도 하다.

$$b_{t+1} + J_b(b_t, b_{t+1}) = b_t + i_{b,t} \quad [\text{식 4-4}]$$

또한 본 모형에서는 가계의 내구재 사용을 위해 에너지 소비가 발생한다고 가정한다. 즉 가계가 소유한 자동차나 냉장고 등의 내구재를 가동하기 위해 휘

발유나 전기에너지를 사용한다. 가계의 에너지 소비는 내구재 가동률의 함수로 나타낼 수 있다.

$$e_t^h = f^h(u_t d_t) \quad [\text{식 4-5}]$$

일반적으로 에너지 소비는 Medina and Soto(2005)에서와 같이 가계의 효용에 직접 영향을 미치거나 내구재 소비에의 의존성에 착안하여 Dhawan and Jeske(2008)의 방법에 따라 보완재로 모형화하는 반면, Huynh(2016)을 확장한 본 모형에서는 에너지 소비의 내구재 의존성을 비용 측면에서 다루고 있어 기존의 접근과는 차이가 있다.

## 2) 비에너지 생산자

생산부문은 크게 투자재 생산, 비내구재 생산, 에너지 생산 부문으로 나뉜다. 에너지 부문은 가계의 소비활동뿐만 아니라 생산활동에 필요한 에너지를 공급한다.

투자재 및 비내구재를 생산하는 비에너지 부문은 규모수익불변(CRS: Constant Returns to Scale)을 따르는 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 생산 함수를 가정한다.

$$\begin{aligned} y_{d,t} &= A_t k_{d,t}^{\gamma_d} h_{d,t}^{1-\gamma_d} \\ y_{n,t} &= A_t k_{n,t}^{\gamma_n} h_{n,t}^{1-\gamma_n} \end{aligned} \quad [\text{식 4-6}]$$

각 부문의 노동분배율은 다르지만, 총요소생산성(TFP: Total Factor Productivity)은 같은 것으로 가정한다. 각 부문에서의 이윤극대화 문제는 [식 4-7]과 같이 나타낼 수 있다.

$$\max p_{j,t} y_{j,t} - w_t h_{j,t} - r_{k,t} k_{j,t} - p_{e,t} e_{j,t}^y \quad [\text{식 4-7}]$$

여기서  $j = d, n$ 으로 각 생산부문을 나타낸다. 가계의 에너지 소비에서와 마

찬가지로 기업의 에너지 수요도 생산함수의 투입요소로 나타나지 않으며 자본재 운전을 위한 비용으로 계상된다. 생산에 사용되는 에너지  $e_{j,t}^y$ 는 각 생산부문에 투입된 자본재 저장에 따라 달라진다.<sup>64)</sup>

$$e_{j,t}^y = f^y(k_{j,t}) \quad \text{[식 4-8]}$$

### 3) 에너지 생산자: 상류부문

에너지 생산의 상류부문은 해외경제에서 일어나는 원유 탐사 및 채굴 부문에 해당한다. 원유 생산의 가격탄력성이 낮은 점을 고려하여 상류부문의 에너지 생산에 추가적 비용을 도입하였다.

$$y_{o,t}^* = (1 - \lambda_{o,t}^*) A_{o,t}^* (k_{o,t}^*)^{\gamma_o} (h_{o,t}^*)^{1-\gamma_o} \quad \text{[식 4-9]}$$

[식 4-9]에  $A_{o,t}^*$ 는 상류부문의 생산성을,  $\lambda_{o,t}^*$ 는 생산된 원유 중 손실분을 나타내는데 생산량이 증가함에 따라 체증한다.<sup>65)</sup>

$$\lambda_{o,t}^* = f^o((k_{o,t}^*)^{\gamma_o} (h_{o,t}^*)^{1-\gamma_o}), \quad (f^o)' > 0, \quad (f^o)'' > 0 \quad \text{[식 4-10]}$$

이러한 비용이 발생하는 이유 중에 하나는 주어진 유정에서 채굴이 진행됨에 따라 원유 잔존량이 점차 감소하면서 채굴비용이 상승하는 데 있다. 또한 원유 채굴산업 전체를 놓고 볼 때도 상대적으로 채굴비용이 높은 심해 채굴의 비중이 높아지고 타이트오일이 개발되는 상황을 반영한다. 이 모형에서는 원유 채굴이 시행되는 지역을 사용하는 데 대한 지대를 명시적으로 도입하지 않았으나 이 비용을 축약형으로 반영했다고도 볼 수 있다.

64) 내구재 사용에 따른 에너지 소비와 마찬가지로 자본 가동률에 따라 변동하도록 할 수도 있으나, 여기서 기업은 자본을 임차하여 사용하는 입장에 있으며 분석의 편의를 위하여 간단한 형식을 취하였다.

65) 해외부문에서 결정되는 변수는 첨자(\*)로 나타낸다.

#### 4) 에너지 생산자: 하류부문

하류부문에서는 상류부문에서 채굴된 원유를 사용하여 연료와 전기 등 에너지를 생산하며 또 하나의 중요한 산출물인 석유화학제품을 생산한다.

$$y_{e,t} = \lambda_e A_t q_{e,t}^{\gamma_e} h_{e,t}^{\gamma_e} \quad [\text{식 4-11}]$$

$$y_{ne,t} = (1 - \lambda_e) A_t (q_{e,t})^{\gamma_e} h_{e,t}^{1-\gamma_e}$$

[식 4-11]에서  $\lambda_e$ 는 하류부문 산출물 중 에너지가 차지하는 비중을 나타내며, 플라스틱 등 석유화학제품은 비내구재로 생각하여  $y_{ne,t}$ 로 나타낸다.  $q_{e,t}$ 는 하류부문에 투입되는 자본재와 원료의 조합으로 [식 4-12]와 같다.

$$q_{e,t} = \left[ \alpha_o^{\frac{1}{\rho_o}} o_t^{1-\frac{1}{\rho_o}} + (1 - \alpha_o)^{\frac{1}{\rho_o}} k_{e,t}^{1-\frac{1}{\rho_o}} \right]^{\frac{\rho_o}{\rho_o-1}} \quad [\text{식 4-12}]$$

[식 4-12]에 따르면 하류부문의 생산함수는 노동과 자본재 외에 중간재로서 상류부문에서 채굴된 원유를 사용하며, 원유는 중간재 투입 이외에 최종재로 사용되지는 않는다. 앞서 언급한 바대로 가계의 내구재 소비나 기업의 자본재 운영에는 에너지를 소비하며 원유가 직접 사용되지 않는다. 한편 하류부문 에너지 생산자의 이윤극대화 문제는 [식 4-13]과 같다.

$$\max(p_{e,t} y_{e,t} + p_{n,t} y_{ne,t}) - w_t h_{e,t} - r_{k,t} k_{e,t} - p_{o,t} o_t - p_{e,t} e_{e,t} \quad [\text{식 4-13}]$$

#### 5) 대외부문

본 모형에서는 교역재와 비교역재의 구분을 따로 두지 않고 최종재의 자유로운 교역을 상정한다. 에너지와 원유는 동질적인 상품으로 취급하여 교역에 따라 별도의 후처리과정이 필요하지 않은 반면, 비내구재와 투자재는 각국의 제품이 이질적이어서 최종 소비자 또는 기업이 사용하기 위해서는 조정 및 결합이 필요하다. 즉 각국에 수입된 비내구재와 투자재는 자국에서 생산된 각 제

품과 결합되어 최종 소비자에게 전달된다.

국내에서 사용되는 최종 투자재는 [식 4-14]와 같이 결정된다.

$$X_t = \left[ \alpha_x^{\rho_x} X_{H,t}^{1-\frac{1}{\rho_x}} + (1-\alpha_x)^{\rho_x} X_{F,t}^{1-\frac{1}{\rho_x}} \right]^{\frac{\rho_x}{\rho_x-1}} \quad [\text{식 4-14}]$$

[식 4-14]  $X_{H,t}$ 와  $X_{F,t}$ 는 국내 투자재 보급에 사용된 국내생산 투자재와 해외 수입 투자재를 각각 나타낸다. 국내생산 투자재의 비중은  $\alpha_x$ 이며  $\rho_x$ 는 국내생산 투자재와 해외생산 투자재의 대체탄력성을 나타낸다. 이와 같이 보급된 투자재는 자본재와 내구재 투자에 사용된다. 즉

$$X_t = i_{d,t} + i_{k,t} \quad [\text{식 4-15}]$$

마찬가지로 국내 소비를 위해 공급되는 비내구재는 [식 4-16]을 따르며 공급된 비내구재는 가계에 의해 소비된다.

$$N_t = \left[ \alpha_n^{\rho_n} (N_{H,t} + N_{H,e,t})^{1-\frac{1}{\rho_n}} + (1-\alpha_n)^{\rho_n} (N_{F,t} + N_{F,e,t})^{1-\frac{1}{\rho_n}} \right]^{\frac{\rho_n}{\rho_n-1}} \quad [\text{식 4-16}]$$

$$N_t = n_t$$

## 6) 가격

비내구재 및 투자재 공급자의 이윤극대화로부터 각각의 가격 사이에 [식 4-17]의 관계가 성립한다.

$$p_{x,t} = \left[ \alpha_x p_{H,x,t}^{1-\rho_x} + (1-\alpha_x) p_{F,x,t}^{1-\rho_x} \right]^{\frac{1}{1-\rho_x}} \quad [\text{식 4-17}]$$

$$p_{n,t} = \left[ \alpha_n p_{H,n,t}^{1-\rho_n} + (1-\alpha_n) p_{F,n,t}^{1-\rho_n} \right]^{\frac{1}{1-\rho_n}}$$

[식 4-17]  $p_{H,x,t}$ 와  $p_{F,x,t}$ 는 각각 국내생산 투자재의 가격과 수입 투자재의 국내가격을 의미하며 최종 투자재의 가격은 국내생산 가격과 해외수입 가격의 가

증평균으로 생각할 수 있다. 비내구재의 가격도 마찬가지로 결정된다.

소비자물가는 내구재와 비내구재의 소매가격으로 결정되는데 내구재 소비가 에너지 소비를 동반하는 것을 고려하면 [식 4-18]과 같다.

$$p_t = [\alpha(p_{d,t} + \mu_t p_{e,t})^{1-\rho} + (1-\alpha)p_{n,t}^{1-\rho}]^{\frac{1}{1-\rho}} \quad [\text{식 4-18}]$$

실질환율은 소비자물가의 상대가격이며 구매력평가설(PPP: Purchasing Power Parity)로부터의 이탈의 정도를 나타낸다.

$$\varepsilon_t = \frac{e_t p_t^*}{p_t} \quad [\text{식 4-19}]$$

### 7) 시장청산조건

최종 투자재와 최종 소비재에 대한 수요와 공급은 앞서 보인 바와 같다. 한편 국내에서 생산된 투자재( $y_{d,t}$ )는 국내 및 해외의 최종 투자재( $X_{H,t}$ 와  $X_{H,t}^*$ )로의 변환에 사용된다. 비내구재에 대한 수요 또한 그러하다.

$$y_{d,t} = X_{H,t} + X_{H,t}^* \quad [\text{식 4-20}]$$

$$y_{n,t} + y_{nc,t} = N_{H,t} + N_{H,t}^* + N_{He,t} + N_{He,t}^*$$

앞서 언급한 바와 같이 에너지 부문의 산출물은 동질적이므로 별도의 조정 없이 상류부문과 하류부문에서 전 세계 수급이 균형을 이루는 점에서 청산된다.<sup>66)</sup>

$$y_{e,t} + y_{e,t}^* = \sum_{j=n,d,e} (e_{j,t}^y + e_{j,t}^{y*}) + e_{o,t}^{y*} + e_t^h + e_t^{h*} \quad [\text{식 4-21}]$$

$$y_{o,t}^* = o_t + o_t^*$$

생산요소시장의 청산은 에너지 상류부문이 존재하지 않는 국내와 해외 부문

66) 본 모형에서 에너지로 취급하고 있는 석유제품이 국가별로 동질적이며 완전대체가능하다는 가정은 현실적이나 석유제품 가격은 각 나라의 조세제도에 따라 차이가 크게 난다. 본 연구에서는 이러한 세금의 차이를 고려하고 있지 않다.

의 조건이 다르다. 투자재의 교역을 통해 최종 자본재의 간접적 이동이 이루어지며, 노동의 국가간 이동은 없는 것으로 가정한다.

$$\begin{aligned}
 k_t &= k_{d,t} + k_{n,t} + k_{e,t} \\
 k_t^* &= k_{d,t}^* + k_{n,t}^* + k_{e,t}^* + k_{o,t}^* \\
 h_t &= h_{d,t} + h_{n,t} + h_{e,t} \\
 h_t^* &= h_{d,t}^* + h_{n,t}^* + h_{e,t}^* + h_{o,t}^*
 \end{aligned}
 \tag{식 4-22}$$

생산에 소요된 에너지를 제외한 국내총생산은 [식 4-23] 같이 정의한다.

$$p_t y_t = p_{d,t} y_{d,t} + p_{n,t} (y_{n,t} + n_{e,t}) + p_{e,t} e_t^h
 \tag{식 4-23}$$

### 8) 외생적 충격

본 모형의 동태적 균형은 정상상태(steady state)를 교란하는 외생적 충격에 따라 결정된다. 지금까지 상술한 모형에 포함된 외생적 충격은 3장에서 살펴본 바와 같이 에너지에 대한 생산충격과 수요충격으로 구분할 수 있다.

먼저 비에너지 생산부문과 에너지 하류부문의 총요소생산성을 나타내는  $A_t$ 와  $A_t^*$ 는 에너지 수요에 대한 교란항으로 생각할 수 있다. 여기서  $A_t$ 는 국내부문의 생산성을,  $A_t^*$ 는 해외부문의 생산성을 나타낸다. 즉 생산성의 증가로 인하여 각국의 생산이 증가할 때 이를 뒷받침하기 위한 에너지 수요가 동반하여 증가한다. 이는 3장에서 식별한 총수요충격과 유사한 역할을 수행하는 교란항으로 생각할 수 있다.

앞서 상술한 바와 같이 가계의 에너지 소비는 소유한 내구재 사용률에 따라 결정된다. 분석의 편의를 위해 다음의 함수관계를 가정한다.

$$e_t^h = f^h(u_t d_t) = \mu_t u_t d_t
 \tag{식 4-24}$$

[식 4-24]에  $\mu_t$ 와  $\mu_t^*$ 는 가계의 내구재 사용과 관련된 국내부문과 해외부문

의 에너지에 대한 수요충격으로 간주할 수 있다. 이는 내구재의 에너지 효율성으로 생각할 수 있는데  $\mu_t$ 에 대한 음의 교란항, 즉 그 값이 감소하면, 가계의 에너지 효율성이 증가한다. 가계가 사용하는 자동차의 연비나 냉장고의 에너지소비효율등급 등의 변화가 이에 해당한다.

마찬가지로 생산에 투입되는 에너지 효율을 관장하는 수요충격  $\nu_t$ 와  $\nu_t^*$ 는 각국의 기업이 자본재의 가동을 위해 사용하는 에너지와 연관된다.

$$e_{j,t}^y = f^y(k_{j,t}) = \nu_t k_{j,t} \quad [\text{식 4-25}]$$

가계의 경우와 같이 기업이 사용하는 자본재의 에너지 효율성도 변화하는데, 예를 들면 공장에서 사용하는 기계뿐만 아니라 업무용 빌딩의 냉난방 열효율 등이 이에 해당한다. 지금까지 살펴본 에너지 효율과 관련한 수요충격  $\mu_t$ ,  $\mu_t^*$ ,  $\nu_t$ ,  $\nu_t^*$ 는 3장에서 식별한 원유특정수요충격에 해당하는 것으로 생각할 수 있다.

한편 상류부문의 생산성을 나타내는  $A_{o,t}^*$ 는 앞서 살펴본 수요충격과는 다른 원유공급충격에 해당한다. 상류부문의 생산성 향상은 원유 채굴기술의 발달과 직접적으로 관계가 있으며, 최근 미국의 타이트오일의 생산증가도 이를 이용하여 설명할 수 있다. 이러한 장기적·기술적 영향 외에도 원유채굴에 필요한 금융조달조건도 이에 해당한다고 할 수 있는데, 글로벌 금융위기 이후 지속된 완화적 통화정책기조하에서 자금조달의 용이함으로 인해 타이트오일 생산에 대한 투자가 증가한 현상을 축약적으로 나타낸다. 즉 본 모형에서는 기업의 자금조달여건 등을 내생화하여 모형화하지 않고 이에 따른 영향을 외생적 충격으로 간소화한 것이다.

## 나. 분석방법

앞서 제시된 모형을 일반적인 DSGE 모형 접근법에 따라 분석하였다. 정상상태균형 주변에서 로그선형화한 후 합리적 기대(rational expectation)항을

풀어 축약형을 얻었다. 모수의 추정은 미국을 중심으로 세계 원유시장을 분석한 기존의 문헌에 제시된 수치와 한국의 자료를 이용하여 캘리브레이션(calibration)하였다.

Huynh(2016)에서 따라 시간할인을  $\beta$ 는 0.99, 효용함수에서의 소비 비중  $\varphi$ 는 0.34, 내구재 소비 비중  $\alpha$ 는 0.2로 놓았다. 국민계정에 따르면 1990~16년 중 소비지출 비내구재 소비 비중은 평균 81.6%이다. 비내구재와 내구재 사이의 대체탄력성  $\rho$ 는 1에 가까우며 강한 대체재 성격을 갖는데, 송인호(2012)에 따르면 한국의 경우 비내구재와 대표적인 내구재인 주택 간의 대체탄력성은 1보다 유의하게 작은 것으로 나타난다(0.35~0.86). 본 연구에서는 0.8을 사용하도록 한다. 자본재의 분기 감가상각률  $\delta$ 는 0.025로 연간 감가상각률 10%에 해당된다. 내구재의 감가상각률은 가동률의 함수로 주어지는데 Huynh(2016)과 같이 [식 4-26]의 형태로 가정한다.

$$\delta_d(u_t) = \left( \frac{\omega_u^o}{1 + \omega_u} \right) u_t^{1 + \omega_u} \quad \text{[식 4-26]}$$

해외부문은 정상상태에서 분기 감가상각률이 3.4%, 가동률 78%를 달성하도록, 우리나라는 함준호(2001)에 따라 소비내구재의 분기 감가상각률 4.3%와 가동률 78%를 달성하도록 설정하였다. 가계의 자본재 및 내구재, 채권 보유 조정에 따른 조정비용함수는 이차함수의 형태를 따르며 각각 [식 4-27]과 같이 가정한다.

$$J_k(k_t, k_{t+1}) = \frac{w_k^o}{2} \left( \frac{k_{t+1}}{k_t} - 1 \right)^2$$

$$J_d(d_t, d_{t+1}) = \frac{w_d^o}{2} \left( \frac{d_{t+1}}{d_t} - 1 \right)^2 \quad \text{[식 4-27]}$$

$$J_b(b_t, b_{t+1}) = \frac{w_b^o}{2} (b_{t+1} - \bar{b})^2$$

[식 4-27]  $\omega_k^o$ ,  $\omega_d^o$ ,  $\omega_e^o$ 는 거시변수의 변동성을 맞추도록 설정하였다.

생산부문에서 자본에 대한 소득분배율은 각 산업의 자본집약도를 고려하여  $\gamma_n = 0.34$ ,  $\gamma_d = 0.38$ ,  $\gamma_e = 0.65$ ,  $\gamma_o^* = 0.55$  로 설정하였다. 하류부문의 산출물 중 석유제품비율  $\lambda_e$ 는 0.8로 놓았는데 한국석유공사의 자료에 따르면 2000년에서 2016년 사이 전체 석유제품 생산 가운데 석유화학산업의 주원료로 쓰이는 납사의 생산 비중이 평균 19.5%를 차지한다. 하류부문 생산함수에서 자본재와 원유 사이의 대체탄력성  $\rho_o$ 는 0.2로 설정하였는데 이는 두 생산요소간의 강한 상호 보완성을 나타낸다. Kim and Loungani(1992)와 Backus and Crucini (2000)에서는 일반 생산함수에 포함된 두 생산요소의 대체탄력성을 각각 0.7과 0.11로 설정하였다. 상류부문의 생산손실함수는 [식 4-28]과 같다(표기의 편의상 해외부문 첨자를 생략하였다).

$$\lambda_{o,t} = \frac{\omega_\lambda^o}{1 + \omega_\lambda} \left( k_{e,t}^{\gamma_o} h_{e,t}^{1-\gamma_o} \right)^{1+\omega_\lambda} \quad [\text{식 4-28}]$$

이러한 생산손실을 도입함으로써 원유공급의 낮은 가격탄력성을 모형화할 수 있다. [식 4-28]에서  $\omega_\lambda = 2$ , 즉 삼차함수로 가정하였는데, 이는 지정구, 배병호(2016)에서 유가가 원유공급의 삼차함수로 가정하여 가격 변화에 따른 원유공급이 시간에 따라 서서히 변화하도록 한 것과 같은 효과를 가져온다.  $\omega_\lambda^o$ 는 원유공급의 가격탄력성이 0.13이 되도록 설정하였다.

투자재와 비내구재의 구성에서 국내 생산제품과 수입제품 사이의 대체탄력성( $\rho_x$ 와  $\rho_n$ )은 공히 1.5로 설정하였는데 이는 Bodenstein, Erceg, and Guerrieri(2011) 등에서 일반적으로 쓰이는 값이다. 투자재 구성 중 국내생산제품의 비율  $\alpha_x$ 는 0.62로 놓았는데 2000~16년 국민계정에서 건설 및 설비투자에 대한 투자재 수입의 평균 비율이 38.1%인 것을 따랐다. 비내구재 구성 중 국내생산제품의 비율  $\alpha_n$ 은 0.82로 놓았으며 이는 국민계정상 비내구재 소비에 대한 수입소비재 비율 26.6%와 2002~16년 관세청 통관자료에서 소비재

수입에 대한 직접소비재 및 비내구소비재 수입 비율의 평균 67.8%를 고려한 값이다. 이에 대한 해외부문 설정값은 Huynh(2016)의 미국부문을 따랐다.

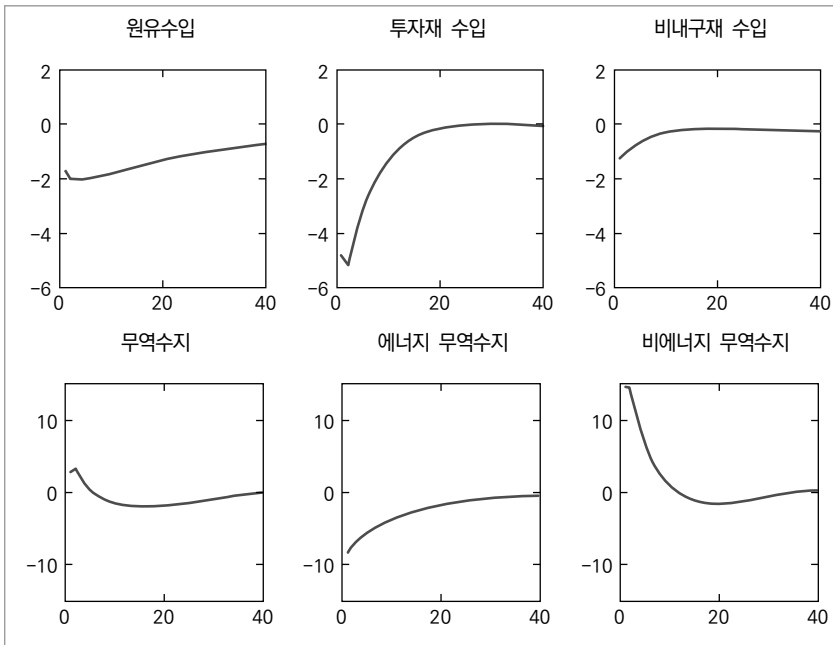
### 3. 실증분석결과

본 절에서는 캘리브레이션한 모형을 이용하여 각각의 외생적 충격이 수출입을 중심으로 한 우리나라의 거시변수에 미치는 영향을 살펴본다. 본 모형은 분기 자료에 맞추어 추정된 것으로 앞서 3장의 충격반응분석이 월별 자료를 이용한 것임을 고려할 때 상호 비교 시 반응지속기간 해석에 주의를 요한다.

[그림 4-1]에는 해외 상류부문의 생산성 하락으로 에너지 가격이 10% 상승하는 (원유)공급충격에 대한 충격반응함수가 주어져 있다. 앞서 상술한 바와 같이 이러한 상류부문의 중요소생산성에 대한 충격은 직접적인 생산성의 변화 이외에도 OPEC의 감산합의 등의 지정학적인 리스크나 금융시장에서의 자금조달여건의 변화를 포함한다. 본 연구에서 상류부문의 생산성 충격으로 모형화된 원유시장의 공급 측 충격은 유가 충격이라는 표현에 대한 우리나라 대중의 인식에 가깝고 기존의 문헌에서 가장 많이 다루고 있다. 일반적으로 예상하는 바와 같이 공급 측 요인에 따른 원유가격의 상승은 국내의 경제활동을 위축시키며 [그림 3-6]에 나타난 것과 같다. 특히 투자재(내구재 및 자본재)에 대한 소비가 크게 위축되는데 이는 내구재 및 자본재의 사용이 에너지 의존적이어서 원유가격 변화에 민감하게 반응하기 때문이다. 이러한 결과로 원유의 수입이 감소하며 투자재에 대한 수입이 크게 감소한다. 가계의 소비에서 내구재와 비내구재의 대체관계를 고려하면 비내구재의 수입 감소폭은 상대적으로 크지 않은 것으로 나타난다. 에너지 부문의 무역수지는 원유가격의 급격한 상승에 비해 원유수입의 비탄력적 감소로 인해 다소 둔화되어 나타난다. 한편 투자재 수입

의 급격한 감소로 비에너지 부문의 무역수지는 오히려 증가하는 것으로 나타난다. 이를 종합한 무역수지는 상류부문의 생산성 충격 초반에 약간 증가하다가 이후 장기적으로 감소한 후 회복하는 것으로 나타난다. 이러한 결과는 [그림 3-7]의 원유공급충격에 대한 경상수지의 반응과 비슷하다.

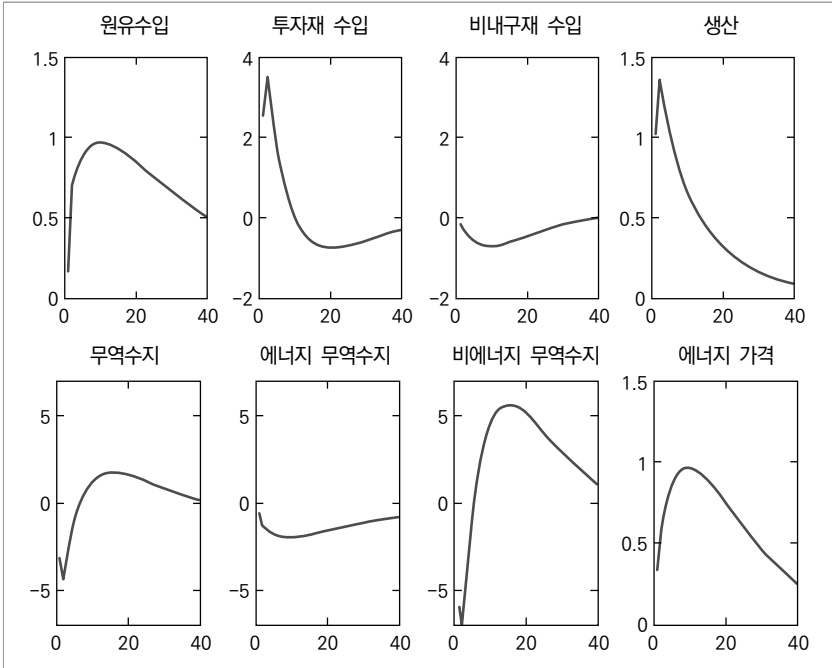
그림 4-1. 상류부문의 생산성충격  $A_{o,t}^*$  에 대한 충격반응함수



자료: 저자 계산.

[그림 4-2]에는 국내부문 중요소생산성이 증가했을 때 주요 대외 변수의 반응을 나타낸다. 우선 국내 생산부문의 활성화로 에너지에 대한 소비가 증가하면서 원유의 수입이 증가하며 투자수요의 증가로 내구재에 대한 소비도 증가한다. 이러한 경향은 [그림 3-4]에서 세계 원유시장의 총수요충격이 글로벌 실물 경제에 미치는 영향에 나타나 있는 바와 일치한다. 에너지 가격이 상승하기는

그림 4-2. 국내부문 총요소생산성  $A_t$ 에 대한 충격반응함수



자료: 저자 계산.

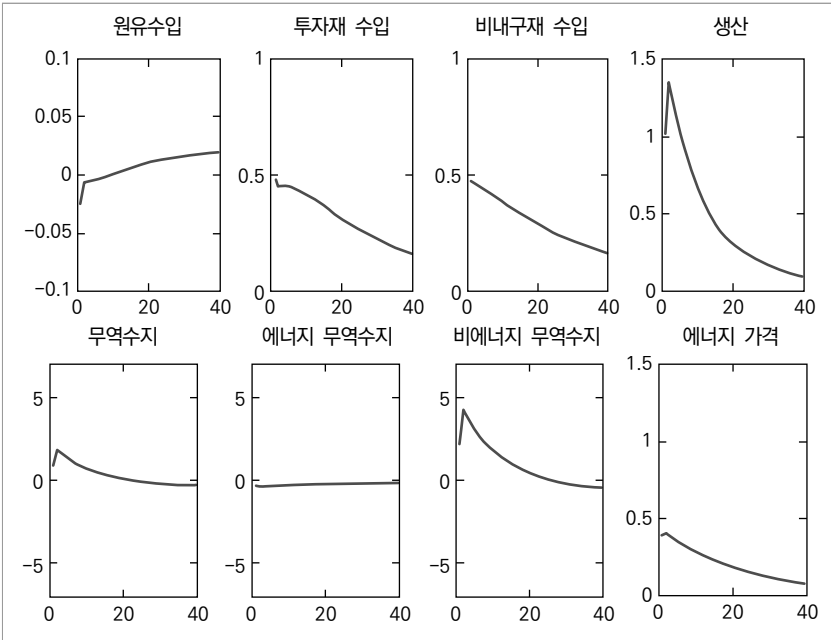
하지만 이는 수요 측면인 경기활성화에 따른 영향으로 앞서 [그림 4-1]에서 살펴본 공급 측면에 따른 에너지 가격 상승과는 다른 영향을 미친다. 에너지 부문의 무역수지는 가격상승에 따라 약간 감소한다. 하지만 [그림 4-1]에 나타난 원유공급충격의 경우와 비교해보면 에너지 부문의 무역수지 감소가 지속되는 것을 볼 수 있다. 이는 투자재에 대한 수요증가가 초반에는 수입물량으로 채워지다가 점차 국내 생산물량으로 대체되는 효과가 장기간에 걸쳐 발생하기 때문이다. 한편 비에너지 부문의 무역수지는 투자재 수입이 급격히 증가하면서 크게 감소한다. 투자재의 수입증가에 대비하여 비내구재의 수출이 증가하는 것으로 나타나는데, 이는 생산성 향상에 따른 해외시장에서의 경쟁력 상승에 따른 결과로 볼 수 있다. 전체 무역수지는 감소하였다가 국내 투자재 생산이 증가하고

점차 수출로 이어지면서 6~8분기 사이에 증가세로 돌아선다.

한편 이러한 분석은 최근 전 세계적으로 다양하게 시도되고 있는 재생에너지 확대 경향에도 적용될 수 있다. 5장에서 살펴볼 바와 같이 재생에너지 생산의 효율성이 과거에 비해 높아졌지만 여전히 전통적 에너지원과 비교 시 높은 비용이 발생한다. 따라서 재생에너지 비중이 확대되는 경향은 에너지 생산비용의 증가를 가져오는데, 이는 본 모형에서 상류부문의 에너지 생산기술  $A_{o,t}^*$ 의 저하로 해석이 가능하다. 다만 국내부문에는 상류부문을 따로 모형화하지 않았기 때문에 국내정책의 직접적 효과로 해석하기에는 제한이 따른다.

충수요충격이라고 볼 수 있는 해외부문의 총요소생산성 변화에 대한 충격반응함수는 [그림 4-3]에 나타나 있다. 해외부문의 생산성충격은 크게 에너지 가격의 변화와 국내 생산품에 대한 수요증가의 두 가지 측면으로 국내부문에 영

그림 4-3. 해외부문 총요소생산성  $A_t^*$ 에 대한 충격반응함수

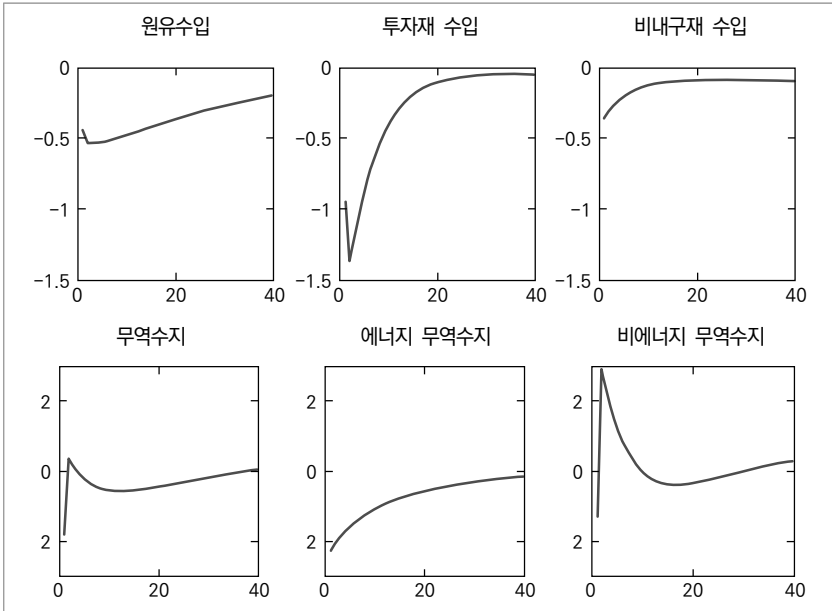


자료: 저자 계산.

향을 미친다. 해외부문의 호황은 에너지 가격의 상승을 가져오고 단기적으로 원유수입을 약하게 감소시킨다. 이에 따라 에너지 부문의 무역수지는 약간 감소한다. 해외부문의 생산성이 국내에 비해 상대적으로 상승하였기 때문에 투자재 및 비내구재의 수입이 증가한다. 하지만 생산성 향상에 따른 해외부문의 호황은 국내생산제품에 대한 수요를 증가시켜 비내구재 수출을 견인하여 비에너지 부문의 무역수지를 개선하는 효과를 가져온다. 전체 무역수지는 약간 증가한다. 이러한 효과는 [그림 3-7]에 제시된 총수요충격이 수출, 수입 및 경상수지에 미치는 영향과 대체로 일치한다.

[그림 4-4]에는 해외부문 내구재의 에너지 효율성 저하 충격에 대한 대외 변수의 반응이 나타나있다. 에너지 효율성 저하는 동일한 내구재 소비에 대해 더 많은 에너지 소비를 야기하여 에너지 소비를 증가시키고 가격을 상승시킨다. 이러한 상황에서 해외가계에서 에너지 소비 지출이 증가하면서 부의 소득효과가 발생한다. 에너지 사용에서의 효율성 저하는 에너지 생산성 하락과 비슷한 효과를 가져오기 때문에, [그림 4-1]의 충격반응함수와 비슷한 모양을 갖는다. 다만 투자재의 반응이 원유공급충격에 비해 늦게 나타나는데, 이는 내구재의 에너지 효율성 저하가 생산성충격에서 나타나는 것처럼 바로 투자재 소비 감소로 연결되지 않고 기존의 주어진 내구재 수준에서 사용률을 떨어뜨림으로써 먼저 조정하는 단계를 거치기 때문이다. 이에 따라 비에너지 부문의 무역수지가 시차를 두고 발생하며 전체 무역수지도 민감하게 반응한다. 이러한 현상은 [그림 3-7]의 원유특정수요충격이 수출입 변화를 통해 경상수지에 미치는 영향에도 드러나 있다. 다만 통계적 분석에서 드러난 18개월 정도 지속되는 수출입의 증가는 본 모형을 통해 설명하고 있지 못하다.

그림 4-4. 내구재의 에너지 효율성  $\mu_i^*$ 에 대한 충격반응함수



자료: 저자 계산.

## 4. 소결

본 연구에서는 석유 부존자원이 없지만 석유화학산업을 통해 에너지를 생산 및 수출하는 우리 경제를 포함하는 개방경제모형을 구축하고, 에너지 가격에 영향을 미치는 수요 및 공급 측면의 다양한 충격에 대한 대외 거시변수의 반응을 분석하였다.

원유가격, 보다 일반적으로 에너지 가격에 영향을 미치는 요인에 따라 우리나라의 무역수지에의 영향이 다르게 나타난다. Kilian(2009)에 따르면 유가에 영향을 미치는 요인으로 크게 원유공급충격, 총수요충격, 원유특정수요충격을 고려할 수 있으며, 앞서 3장에서 한국의 자료를 이용하여 제시한 수출, 수입,

경상수지 등 대외부문의 반응은 각각의 충격에 대해 다른 모습을 보인다. 여기서 구축된 모형은 이러한 통계적 실증결과를 설명하는 틀을 제공하며 비교적 잘 설명하고 있다.

해외의 상류부문 생산성은 원유 채굴과 관련된 총요소생산성으로, 원유공급 충격으로 생각할 수 있다. 최근에는 주요 산유국의 국영석유회사와 석유 메이저 이외에도 미국의 타이트오일회사들이 상류부문에 영향력을 확대해가고 있다. 상류부문의 생산성은 이러한 기업들이 지닌 석유시추기술의 발전뿐만 아니라, 장단기적으로 반복되는 지정학적 요인을 포함한다. OPEC의 감산조치 등이 이에 속한다. 원유가격의 상승을 가져오는 상류부문의 생산성 저하는 우리 경제에 불황을 야기하는데, 경기하락에 따른 수입의 감소로 인해 발생 초기 무역수지의 흑자를 발생시킨다.

환경에 대한 관심이 점차 증가하고 파리협정의 체결에 따라 저탄소배출 경제로의 전환이 필요한 시점에서 세계적으로 재생에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 그러나 단기적으로는 재생에너지의 생산성이 석유, 석탄 등 전통적 에너지에 비해 열위에 있기 때문에 에너지믹스에서 재생에너지 비율의 증가는 상류부문의 생산성 저하를 가져오는 것으로 해석할 수 있으며 앞의 분석틀을 이용하여 경제적 효과를 예상할 수 있다.

상류부문을 제외한 경제 전반의 총요소생산성 향상은 소비와 투자를 증가시키며 경제활동의 윤택유인 에너지 가격을 높인다. 본 모형에서는 에너지 수요가 자동차, 냉장고 등 가계의 내구재 사용과 기업의 생산활동을 위해 기계 및 사무실 등 자본재 운전에서 발생한다고 보았다. 이러한 전반적인 생산성 향상에 따른 수요증가에 발생한 에너지 가격 상승은 앞서 살펴본 원유공급충격과 다른 함의를 갖는다. 특히 경기 호황기에 투자재에 대한 수입수요증가로 무역수지 적자가 단기적으로 지속되며 중장기적으로 흑자로 전환된다.

이러한 총요소생산성 향상이 해외부문에서 발생할 때는 해외의 호황이 무역통로를 통해 스페illover(spillover) 효과를 발생시켜 비에너지 부문의 수출을 증

가시키는 한편, 해외 수입상품의 경쟁력 향상으로 수입 또한 증가한다. 따라서 전체 무역수지는 증가한다.

원유특정수요충격에 해당하는 요소로, 본 모형에서는 내구재와 자본재의 에너지 효율성을 고려하였다. 일반적으로 기술발전에 따라 에너지 효율은 증가하나 새로운 제품이 등장하면서 에너지 소비를 부추기는 경우도 있다. 예를 들면 최근 관심을 끌고 있는 비트코인의 채굴에 상당한 전기가 소모되고 있는데 생산활동에서 사용되는 기계 하나하나의 에너지 효율성이 올라갈지라도 상품 구성의 변화를 고려하면 산업 전체의 에너지 효율성이 증가하는 방향으로만 움직이지는 않을 것이다. 본 모형의 실증분석결과에 따르면, 에너지 가격을 상승시키는 에너지 효율성의 저하는 수요충격임에도 원유공급충격과 유사한 효과를 가져오는 것으로 나타났는데, 이는 통계적 분석결과와 수출입 면에서 차이를 보인다.

이러한 분석이 함의하는 것은 대외개방도와 에너지 대외의존도가 모두 높은 우리 경제에서 에너지 가격, 특히 대중의 관심을 받는 원유가격 변화에 대한 정책적 대안을 준비할 때 각 상황에서 일어나는 충격을 제대로 식별할 필요가 있다는 것이다.

## 제5장

K

RENEWABLE

# 국내 신재생에너지시장 제도 및 비용 전망

1. 신재생에너지 공급의무화제도
2. 신재생에너지 균등화 내용과 RPS  
비용 전망



# 1. 신재생에너지 공급의무화제도

## 가. 신재생에너지 공급의무화제도 개요

세계 각국은 파리기후협약으로 구체화하고 있는 기후변화에 대한 대응과 미세먼지 발생 등 환경오염에 대하여 에너지 부문에서의 대안으로 신재생에너지를 주목하였고 시장확대를 위하여 노력해왔다. 특히 각국 정부는 경제성이 낮은 여러 신재생에너지원들에 대해서 다양한 정책으로 지원해오고 있다.

발전차액지원제도, 공급의무화제도, 생산자 및 투자 세액공제와 같은 세제 지원제도<sup>67)</sup> 등이 대표적인 지원제도이다. 발전차액지원(FIT: Feed in Tariff) 제도는 경제성이 부족한 신재생에너지 보급을 위해 신재생에너지를 이용해 생산한 전기의 판매가격이 기준가격보다 작을 경우, 그 차액을 정부에서 지원해주는 정책(전기연구원 2009)이다. 초기 투자비용이 높고 수익이 적어 시장진입을 꺼려하는 사업자에게 장기적으로 고정된 현금흐름을 보장하여 불확실성을 줄여줌으로써 시장확대를 지원하는 것이다. 따라서 투자 활성화가 가능하고, 기술개발도 장기적으로 유리하게 진행될 수 있다. 또한 FIT 제도는 신재생에너지원의 경제성에 따라 다른 기준가격을 설정할 수 있어서, 다양한 신재생에너지원의 고른 발전을 유도할 수 있다. 우리나라는 2002년부터 2011년까지 FIT 제도를 도입·시행하였다. 이 기간 동안 [표 5-1] 및 [표 5-2]와 같이 다양한 신재생에너지원에 대해서 정부가 결정한 기준가격으로 발전사업자에게 15년 혹은 태양광에 한하여 20년의 중·장기간 동안 지원을 해왔다. FIT 제도는 기준가격으로 장기간 수익을 고정하기 때문에 기준가격이 높게 설정되어 있으면 정부의 재정적인 부담이 커지고 낮게 설정되어 있으면 신재생 발전 투자 활

67) 미국에서 적용하고 있는 정책으로, 생산세액공제는 풍력을 중심으로 투자세액공제는 태양광을 중심으로 지원되며 관련 발전소에 투자한 금액의 일정 비율에 세금감면혜택이 주어진다. 신재생에너지 발전 사업 비용을 낮추는 효과가 있다.

성화 효과가 낮기 때문에 적절한 기준가격의 선정이 중요한 이슈이다. [표 5-2]에서와 같이 초기의 태양광 지원에는 설비규모의 크기에 따라 큰 차등을 두지 않았으나 제도 시행이 진행되어 갈수록 설비규모 차이에 따라 혹은 태양광 설비 설치 장소에 따라 기준가격의 차등을 두게 되었다. 또한 매년 기준가격을 고지함으로써 신재생에너지시장 변화에 대응하였다.

표 5-1. 비태양광 에너지원의 적용기준 및 기준가격(원/kWh)

전원	적용설비 용량 기준	구 분		기준가격(원/kWh)		비고	
				고정요금	변동요금		
풍력	10kW 이상	-		107.29	-	감소율 2%	
수력	5MW 이하	일반	1MW 이상	86.04	SMP <sup>68</sup> +15		
			1MW 미만	94.64	SMP+20		
		기타	1MW 이상	66.18	SMP+ 5		
			1MW 미만	72.80	SMP+10		
폐기물 소각 (RDF <sup>69</sup> ) 포함)	20MW 이하	-		-	SMP+ 5	화석연료 투입비율: 30% 미만	
바이오 에너지	LFG <sup>70</sup> ) 50MW 이하	20MW 이상		68.07	SMP+ 5		
		20MW 미만		74.99	SMP+10		
	바이오 가스	50MW 이하		150kW 이상	72.73		SMP+10
		150kW 미만		85.71	SMP+15		
바이오 매스	50MW 이하	목질계 바이오		68.99	SMP+ 5		
해양 에너지	조력	50MW 이상	최대조차	방조제유	62.81	-	
			8.5m 이상	방조제무	76.63	-	
			최대조차	방조제유	75.59	-	
			8.5m 미만	방조제무	90.50	-	
연료전지	200kW 이상	바이오가스 이용		227.49	-	감소율 3%	
		기타연료 이용		274.06	-		

자료: 지식경제부(2009), 지식경제부 고시 제2009-207호.

68) SMP는 System Marginal Price의 약자로 계통한계가격으로 전력거래의 시장가격으로 사용된다.

표 5-2. 태양광 전원의 용량 및 적용기간별 기준가격(원/kWh)

적용시점		적용기간	30kW 미만					30kW 이상				
~ 2008. 9. 30		2015년	711.25					677.38				
적용시점	설치 장소	적용 기간	30kW 이하	30kW 초과 200kW 이하	200kW 초과 1MW 이하	1MW 초과 3MW 이하	3MW 초과					
2008. 10. 1~ 2009년	-	15년	646.96	620.41	590.87	561.33	472.70					
		20년	589.64	562.84	536.04	509.24	428.83					
2010년	일반 부지	15년	566.95	541.42	510.77	485.23	408.62					
		20년	514.34	491.17	463.37	440.20	370.70					
	건축물 활용	15년	606.64	579.32	546.52	-	-					
		20년	550.34	525.55	495.81	-	-					

자료: 산업자원부(2006), 산업자원부 고시 제2006-89호; 지식경제부(2009), 지식경제부 고시 제2009-207호.

우리나라의 신재생에너지 공급의무화(RPS: Renewable Portfolio System) 제도는 대규모 발전사업자에게 일정 비율 이상의 발전량을 신재생에너지로 생산하도록 의무화하는 제도로 FIT 제도를 대체하여 2012년부터 시행 중인 제도이다.<sup>71)</sup> FIT 제도가 기준가격을 중심으로 지원하는 제도라면 RPS 제도는 발전량 기준으로 보급을 설정하는 지원제도이다. 위의 대규모 발전사업자는 신재생에너지 발전설비를 제외한 설비용량 500MW<sup>72)</sup> 이상을 갖추고 있는 발전사업자<sup>73)</sup>로서 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(이하 신재생에너지법)에서는 이들을 ‘공급의무자’라고 부른다. 신재생에너지 전력 공급을

69) RDF는 Reduse Derived Fuel의 줄임말로 종이, 나무, 플라스틱 등의 가연성 폐기물을 파쇄, 분리, 건조, 성형을 거쳐 제조된 고체연료를 의미한다.

70) LFG는 LandFill Gas의 줄임말로 매립지 가스를 의미한다.

71) FIT 제도에서 RPS 제도로의 전환을 용이하게 준비하기 위한 기간으로 자발적 공급협약(RPA: Renewable Portfolio Agreement)을 한시적으로 운용하였다. RPA는 정부와 9개의 에너지 공기업들이 신재생에너지 설비를 구축하는 계획으로 2006년부터 2011까지 2조 5,000억 원을 투자하기로 한 협약이다.

72) 설비출력이라고도 하며, 발전기의 정격 용량을 의미하고 보통 KW, MW, GW 단위로 표시된다. 예를 들어 1MW의 발전설비로 1시간 동안 100% 효율로 가동하였을 경우, 생산된 전기의 양을 1MWh 발전량이라고 한다. 설비의 단위는 KW, MW, GW이고 전력생산량의 단위는 KWh, MWh, GWh로 표기된다.

73) 그 외에 한국지역난방공사와 한국수자원공사를 공급의무자로 정한다(「신재생에너지법」).

의무적으로 도달아 하는 전기 생산법인을 의미하는 것이다. 이러한 조건을 만족시키는 곳은 2017년 현재 총 18개 전력생산회사로 한국수력원자력을 비롯한 5개 발전공기업(남동, 중부, 서부, 남부, 동서발전), 지역난방공사와 수자원 공사, 그리고 10개 민간 발전사업자들이 이 공급의무자<sup>74)</sup>에 해당한다.

RPS 제도하에서 신재생에너지 사업자(편의상, RPS 사업자)에는 위의 대규모 발전 사업자 말고도 다양한 사업자가 존재한다. 이들이 FIT 사업자<sup>75)</sup>와 다른 점은 신재생에너지 공급인증서(REC: Renewable Energy Certificate)를 발급 받는다는 점이다.<sup>76)</sup> FIT 사업자와 똑같이 RPS 사업자는 직접 생산한 전기를 시장가격으로 직접 한국전력에 판매하거나 또는 '전력시장'인 한국전력거래소에 판매하여 수익을 얻게 된다.<sup>77)</sup> 둘의 차이는 FIT 사업자는 시장가격(SMP)이 기준가격에 미달할 경우, 정부에서 그 차액을 지원받게 되는 반면에 RPS 사업자는 생산한 전력량 1MWh<sup>78)</sup>당 하나의 공급인증서를 발급받는다는 점이다.<sup>79)</sup> 즉 1MWh=1REC.<sup>80)</sup> 신재생에너지로 생산한 전력량에 해당되어 발급받은 REC 증서를 'REC 시장'에서 거래하여 또 다른 수익을 얻게 된다. FIT 제도와 비교하면, 이 'REC 시장'에서 판매하는 공급인증서로 RPS 사업자는 전력시장 외에서의 수익을 얻게 되는 것이며, 이 부분이 FIT 제도에서 정부가 시장가격과 고정가격의 차이만큼을 지원한 부분에 해당한다. 기준가격과의 차액을 보장해서 '정부'가 지원한 것이 FIT 제도라면, 이 부분을 'REC 시장'에서 지원받도록

74) 발전사의 설비가 늘어나게 되어 500MW 가 넘어서면 의무공급자에 해당이 된다. RPS 제도가 시작되던 해인 2012년에 의무공급자는 13개 회사였다.

75) 발전사업자가 특정 설비를 FIT 제도 기간에 발전사업 허가를 받았을 경우, 이를 FIT 설비라고 하고 RPS 제도 기간에 허가를 받은 경우, RPS 설비라고 부를 수 있다. RPS가 시작된 2012년부터 한시적으로 FIT 설비 중 태양광과 연료전지 설비에 한하여, REC를 발급 받을 수 있는 RPS 설비로 변환할 수 있도록 하였다(운영지침 2011-290호).

76) FIT 사업자는 기준가격으로 장기수익을 보전받으므로, 정부가 FIT 설비에서 생산된 전력량에 대하여 REC를 발급받고 이를 국가 REC라고 한다.

77) 전력거래소에 판매한 전기도 결국은 한국전력으로 보내어지고 정산도 한국전력에서 하게 되는데, 사업자들 중에는 한국전력과 계약이 되어 있는 사업자도 있고 혹은 전력거래소에 판매하는 사업자도 있다.

78) 각주 19) 참고.

79) 이 REC 증서는 1회만 거래가 가능하다.

80) 후술하겠지만, 신재생에너지 설비의 조건에 따라 REC 가중치가 달라진다. 예를 들어 해상풍력 발전소는 REC 가중치가 2여서, 0.5MWh만 생산하여도 1REC를 받게 된다( $2 \times 0.5\text{MWh} = 1\text{REC}$ ).

보조의 형태를 더 시장화한 것이 RPS 제도라고 할 수 있을 것이다.

한 가지 더 고려할 사항은 RPS 발전설비를 어디에 설치하는지와 어떤 신재생에너지를 사용하는지, 얼마나 대규모 설비를 설치하는지 등에 따라 [표 5-3]에서처럼 REC 가중치를 달리 적용받는다라는 점이다. 이 가중치는 경제성이 낮은 전원의 경우에 더 큰 가중치가 적용되거나 혹은 소규모 사업자의 경우에 REC 시장에서 더 많은 지원을 받도록 하는 역할을 함으로써, RPS 제도에서 의무화 할 수 없는 다양한 신재생에너지를의 고른 보급 확대를 위한 역할을 하고 있고 매 3년에 한 번씩 조정할 수 있다. 예를 들어 소규모 300kW 설비를 기존 건축물 위에 짓는 태양광 사업자의 경우, 1.5의 가중치를 인정받는다. 이들은 1MWh를 생산하면 1.5만큼의 REC를 얻을 수 있어서 REC 시장에서 더 많은 수익을 거둘 수 있게 된다.<sup>81)</sup> 변동성이 큰 태양광이나 풍력 발전의 증가에 대비하기 위해 필요성이 증가하고 있지만 높은 비용이 드는 에너지 저장장치(ESS: Energy Storage System)의 경우에도 더 많은 가중치를 받게 된다.

앞서 언급했듯이 RPS 제도의 공급의무자는 자신들의 발전량 중 일정 부분을 신재생에너지로 발전해서 시장에 공급해야 한다. 이 특정 목표치를 의무공급량이라 하는데, 개별 공급의무자의 의무공급량은 REC 단위로 지정이 되어 있다. 즉 공급의무자가 1REC를 의무이행량으로 정부에 제출하면 정부는 실제 생산한 전력량에 상관없이 1MWh를 생산한 것으로 간주한다. 따라서 REC를 'REC 시장'에 팔아 수익을 얻는 일반 RPS 사업자와 달리 공급의무자는 의무공급량에 해당하는 REC를 확보해야 하기 때문에 대부분<sup>82)</sup>의 공급의무자는 REC 시장에서의 수요자에 해당한다. 이 REC 목표치에 미달하는 경우, 벌금을 부과받게 된다.

---

81) 소수점 이하 잔여량은 다음달로 이월합산한다. 위의 경우 0.5REC는 다음달에 생산된 발전량으로 발급된 REC값에 합산된다. 이외에도 발급 후 3년 이내까지 인증서가 유효하다는 점과 발급 신청을 신재생에너지로 생산한 전기를 공급한 달의 말일부터 90일 이내에 발급신청을 해야 하고, 거래시장을 통하여 매수한 인증서는 다시 매도할 수 없는 등의 규정이 있다.

82) 의무공급량이 적은 공급의무자의 경우에는 REC를 시장에 공급하기도 한다.

표 5-3. 신재생에너지원별 가중치

구분	가중치	대상 에너지 및 기준	
		설치유형	세부 기준
태양광 에너지	1.2	일반부지에 설치하는 경우	100kw 미만
	1.0		100kW부터
	0.7		3,000kW 초과부터
	1.5	건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우	3,000kW 이하
	1.0		3,000kW 초과부터
	1.5	유지 등의 수면에 부유하여 설치하는 경우	
	1.0	자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우	
	5.0	ESS 설비(태양광설비 연계)	2016년, 2017년
기타 신재생 에너지	0.25	IGCC, 부생가스	
	0.5	폐기물, 매립지가스	
	1.0	수력, 육상풍력, 바이오에너지, RDF 전소발전, 폐기물 가스화 발전, 조력(방조제 有), 자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우	
	1.5	목질계 바이오매스 전소발전, 해상풍력(연계거리 5km 이하), 수열	
	2.0	연료전지, 조류	
	2.0	해상풍력(연계거리 5km 초과), 지열, 조력(방조제 無)	고정형
	1.0~2.5		변동형
	5.5	ESS설비(풍력설비 연계)	2015년
	5.0		2016년
	4.5		2017년

자료: 산업통상자원부. 2016. 「신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침」. 산업통상자원부 고시 제2016-171호. (9월 19일) (이하 RPS 운영지침).

다음은 REC 시장이 어떤 식으로 구성되어 있는지 살펴해보도록 하겠다. REC를 발급받은 RPS 사업자는 이 REC를 공급의무자에게 팔려고 할 것인데, 이를 거래하기 위한 시장이 전력거래소에 개설되어 있고 현물시장이라고 한다. REC는 1회만 거래가 가능하기 때문에, 공급의무자는 RPS 사업자에게서 매입한 REC를 시장에 다시 판매할 수 없다. 다량의 REC를 수요하는 공급의무자는 현

물시장에서 REC를 매입하는 것 외에 직접 신재생에너지 발전소를 건설하여 REC를 확보할 수도 있다. 이 경우를 자체건설이라고 부르고 생산한 전기는 전력시장에 판매할 수 있다.

그 외에도 신재생 발전회사와 직접 계약을 맺어서 REC를 확보할 수 있는데, 이를 자체계약이라고 부르고 REC 확보 정도는 두 계약 당사자의 구체적인 계약내용에 따르게 된다. 마지막으로 한국에너지공단이 공급의무자에게 특정 물량을 할당받아 소규모 RPS 사업자들을 중심으로 장기 고정가격 계약을 체결하는 시장이 있다. 이를 선정시장 혹은 선정계약이라고 부른다. 선정시장은 연 2회 열리고, 태양광 사업자를 대상<sup>83)</sup>으로 공급의무자에게 할당받은 설비물량을 소규모 RPS 사업자로부터 우선적으로 입찰을 받고 70% 계량평가와 30%의 비계량평가를 통해 사업자를 선정하게 된다. 구체적으로는 전체 선정물량 중 50% 이상을 100kW 미만 설비를 대상으로 우선 선정한 후, 선정되지 못한 소규모 사업자와 그 이상의 설비규모를 갖춘 사업자를 대상으로 나머지 물량에 대해서 경쟁입찰을 진행한다. 2016년까지의 선정계약은 12년 장기계약을 권장하였고, 2017년부터 20년 SMP+REC의 고정가격으로 선정계약을 확대하여 시행 중이다.

현물시장, 자체건설, 자체계약, 선정시장의 규모는 대략 15%, 45%, 25%, 5~6% 정도의 규모를 이룬다.<sup>84)</sup> 공급의무자는 대부분의 REC를 자체건설과 자체계약에서 충당하고 있다. 현물시장은 시장 도입 초기의 부족한 REC 현물 거래 비중에 비해 점차 거래가 늘어나고 있고, 선정시장 역시 장기고정계약의 중요성이 강조되면서 점점 늘어나고 있는 추세이다.

모든 공급의무자가 공급해야 하는 총의무공급량은 정부가 정한 [표 5-4]의 연도별 의무비율에 따라 정해진다. 즉 신재생에너지 발전으로 공급하는 특정

83) 2017년부터 ESS도 선정시장에서 참여할 수 있다.

84) 기타 REC 시장이 10% 정도로, 기타 REC 거래로는 국가 REC와 RPA REC가 있다. FIT 설비로 정부의 지원을 받은 설비는 설비에서 생산한 전력량만큼을 REC로 국가에 발급하고 이를 국가 REC라고 부른다. RPA REC도 RPA 기간 중에 건설된 설비에서 생산한 전력에 대해 발급받은 REC를 의미한다.

비율을 연도별로 정해 놓은 것이 의무비율이고 시장상황에 따라 정부가 3년에 한 번씩 혹은 필요에 따라 더 짧은 시간 안에 조정할 수 있다.

표 5-4. 연도별 의무비율

(단위: %)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	...	2030
의무비율	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10	...	32

자료: 2023년까지 「신재생에너지법」, 2030년은 새정부 발표.

공급의무자는 목표치인 의무공급량이 너무 많거나 실행방안이 부족할 경우, 그에 해당하는 벌금을 부과받게 되지만, 일정량에 해당하는 부분을 이행 연기(borrowing)할 수 있도록 RPS 제도가 설계되어 있다. 즉 그 해 의무공급량의 20%<sup>85)</sup> 이내의 범위에서 3년까지 이 유예분을 나누어 이행할 수 있다. 또한 연기된 의무공급량이 완결되기까지는 다음해 의무공급에 앞서 유예된 공급량의 20% 이상을 우선공급해야 한다. 이렇게 이행 연기를 한 후에도 의무공급량의 80%를 채우지 못한 부분에 대해서 과징금을 받게 되는데, REC 평균 거래가격의 150% 범위에서 과징금 기준 가격을 산정하고 이를 REC 부족 수량에 적용하여 부과하게 된다.<sup>86)</sup>

## 나. 국내 현황 및 RPS 제도의 문제점

### 1) 국내 보급 현황 및 제도 이행 비용

[표 5-5]는 FIT 제도와 RPS 제도 기간에 국내 신재생에너지 발전설비가 얼마나 증가했는지를 제시한다. RPS 시행기간 중 일부인 2012년부터 2015년

85) 2012~14년까지 의무이행 연기량은 의무공급량의 30%였고, 2014년 이후에 20%로 수정되었다.

86) 공급의무자가 의무공급량보다 많은 REC를 확보하였을 경우, 이를 다음해를 위해 예치하거나(Banking), 현물시장에 매도할 수 있다.

12월까지의 성과는 FIT 제도 시행기간인 10년 동안의 운영성과에 비해 6배가 넘는 설비증가효과를 보였다. 이는 경쟁촉진을 통해 신재생에너지 원가 하락을 유도하여 투자를 촉진한 결과로 보인다.

표 5-5. FIT와 RPS의 신규 설비 차이

구 분	FIT(2002~11년)		RPS(2012~15년)	
	용량(MW)	발전소수(개)	용량(MW)	발전소수(개)
태양광	497	1,978	2,484	16,016
비태양광	489	94	3,557	236
계	986	2,072	6,041	16,252

자료: 한국에너지공단(2016).

FIT 제도기간에 지원받은 FIT 설비는 2011년까지 계약된 설비에 한해서 정부의 지원을 이어오고 있다. 이 부분은 정부예산이 직접 소요되는 것으로 발전 산업기반기금에서 지출이 되는데 최근에도 매년 3,000억 원 이상의 재정이 소요되고 있다.

표 5-6. FIT 정부 지출금액

(단위: 백만 원)

	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
FIT	346,012	336,000	369,200	322,600	348,100

자료: 산업통상자원부, 전력기금 예산사업설명서, 2014~17.

또한 2012년부터 새로 시장에 진입한 신재생에너지 발전 사업자의 설비는 RPS 설비로 인정되어 생산한 전기 1MWh당 가중치×REC를 발급받고 이를 'REC 시장'에 판매하여 추가 수익을 얻을 수 있다. 이 수익은 REC 수요자인 공급의무자가 지급하게 된다.

결국 RPS 사업자의 REC는 시장을 통해서 수요자인 공급의무자에게 들어간다. 공급의무자가 1차적으로 REC 비용을 지급하는 것이다. 그 후 공급의무자는 확보한 REC를 정부에 제출하고 정부는 이 부분에 대해서 목표치를 달성했는지의 여부에 따라 벌금을 부과할지를 결정한다. 또한 제출한 REC 중 신재생 에너지원을 이용해 발전한 의무이행분문에 대해서 전력시장에서 비용 보전을 시행한다.<sup>87)</sup> 전력거래소가 관련 기준금액을 산정하고 한국전력이 이행금액을 공급의무자에게 지급한다. 이때 정해진 이행비용보전 기준가격은 [표 5-7]과 같이 네 개의 REC 시장에서 거래된 REC 물량과 거래된 REC 가격의 가중평균( $P_0$ )으로 계산되고 이는 별도로 설정된 상한선, 하한선과 비교하여 최종 기준가격으로 결정된다.<sup>88)</sup> 결국 18개의 공급의무사가 확보한 REC를 이 기준가격에 적용하여 전력시장에서 각 회사에 이행비용을 지급하고, 이 부분이 신재생 에너지 보급확대에 따른 비용증가요인이 된다. 이는 한국전력의 비용을 증가시키며, 장기적으로 전기요금을 상승시키는 요인이 된다.<sup>89)</sup>

표 5-7. 2016년 태양광·비태양광 시장 통합 후 기준가격 산정식

구분(원/REC)	현물시장	자체계약	자체건설	선정계약
거래물량	$Q_s$	$Q_c$	$Q_B$	$Q_T$
가중평균단가	$P_s$	$P_c$	$P_B$	$P_T$
기준가격	$P_0 = \frac{P_s Q_s + P_c Q_c + P_B Q_B + P_T Q_T}{Q_s + Q_c + Q_B + Q_T}$			

자료: 비용평가 세부 운영규정(전력거래소 2017).

87) 다음의 설비에서 생산된 REC는 이행비용보전에서 제외한다. 1. 발전소별로 설비용량 5,000kW를 초과하는 수력이용 발전설비, 2. 기존 방조제를 활용하여 건설된 조력이용 발전설비, 3. 영 별표1의 석탄을 액화·가스화한 에너지 또는 중질잔사유를 가스화한 에너지를 이용하는 발전설비, 4. 영 별표1의 폐기물에너지 중 화석연료에서 부수적으로 발생하는 폐가스로부터 얻어지는 에너지를 이용하는 발전설비(자료: RPS 운영지침).

88) 선정시장에서의 REC 가중 평균거래가격의 120%와 80%를 각각 상한, 하한선으로 보고, 위의 가중평균가격( $P_0$ )이 상한가격보다 높으면 상한가격을, 낮으면 하한가격을 기준가격으로 설정하게 된다.

89) 앞서 설명한 기준가격은 연간 단위로 REC 확보물량에 대한 이해보전신청을 하였을 경우에 이루어지는 정산과정이다. 월간 단위의 이행 보전을 신청하는 경우도 있으며, 이에 대한 내용도 비용평가 세부 운영규정(전력거래소 2017)에 적시된 중간기준가격 산정기준에 따르고, 본고에서 자세한 내용은 생략하기로 한다. 연간 비용정산금액과 중간 비용정산금액의 비중은 2:1 정도에 해당한다.

[표 5-8]은 RPS 제도가 시행된 2012년부터 2016년까지 매년 의무비율, 달성해야 하는 REC 총합인 공급의무량, 공급의무자가 이행한 REC 총량인 이행량, 그리고 의무량과 이행량의 비율인 이행률을 제시하고 있다. RPS 제도를 시행하면서 의무이행률이 65%에서 90.6%로 점차 증가하고 있는 추세이고, 최근에는 90% 이상을 달성하고 있다. 그러나 시행 초기인 2012년부터 2014년까지는 이행률이 80%에 미치지 못하는 결과를 보였다. 또한 2015년과 2016년의 이행률 90% 이상 달성한 것도 의무비율을 0.5%씩 낮춘 정부의 제도 조정<sup>90)</sup>에 일부분 기인한 것이다.

표 5-8. RPS 의무 이행 현황

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
의무비율(%)	2	2.5	3	3	3.5
의무량(천REC)	6,420	10,897	12,905	13,839	16,970
이행량(천REC)	4,154	7,325	10,078	12,486	15,377
이행률(%)	64.7	67.2	78.1	90.2	90.6

자료: 산업통상자원부(2017b), 「에너지정책 정례브리핑」, 2017년 4월.

표 5-9. RPS 이행비용 보전 금액규모

(단위: 억 원)

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
RPS 비용	1,470	4,150	6,591	10,420	13,074

자료: 전력거래소(검색일: 2017. 10. 1).

앞서 언급했듯이 공급의무자는 직접 건설을 하거나 계약을 통해서 혹은 현물 REC를 매입해서 이행한 REC를 정부에 제출하고, 이 REC에 대해서 기준가격 만큼으로 이행비용 보전을 받게 된다. 이는 신재생에너지로의 전력공급을

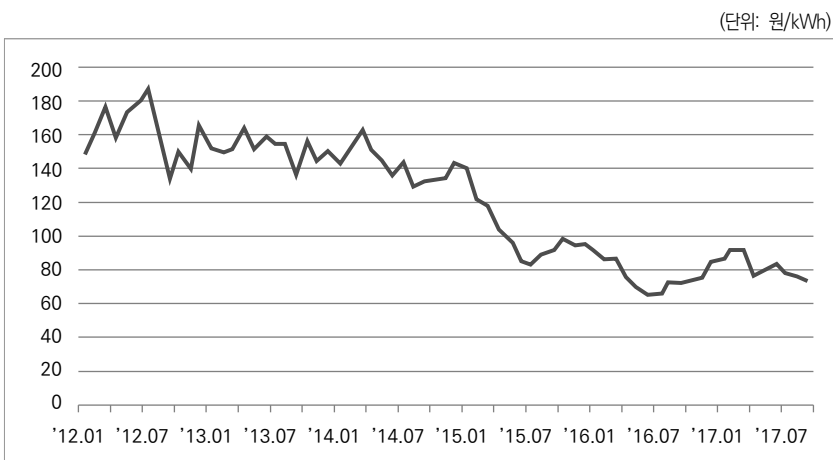
90) 저조한 의무이행 실적에 따라, 정부는 2015년 의무비율을 0.5%씩 낮추는 제도 보완을 실시하였다.

유도하기 위해 공급의무자의 의무 이행에 소요되는 비용에 대해서 적절한 수준으로 보전하는 것이라 할 수 있다. [표 5-9]는 RPS 제도로 전환한 후 이러한 이행보전금액의 추이를 나타낸다. 시행 초기의 금액은 1,500억 원 정도에서 2016년에 지급된 규모는 1조 3,000억 원에 해당한다.

## 2) RPS 제도의 문제점

RPS 사업자는 생산한 전력을 ‘전력시장’에 판매하여 시장가격에 해당하는 SMP를 받게 되고, 또한 생산한 전기 1MWh당 발급된 가중치×REC를 ‘REC 시장’에서 판매하여 수익을 얻는다. 따라서, RPS 사업자의 시장가격은 쉽게 SMP+REC로 부른다. 그러나 [그림 5-1]과 [그림 5-2]에서와 같이 SMP와 REC 가격이 각각 전력시장 조건과 REC 시장상황에 따라 각각 변동<sup>91)</sup>하기 때문에 사업수익이 불안정하게 유지되어 많은 사업자들이 신재생에너지시장으

그림 5-1. SMP 가격 추이

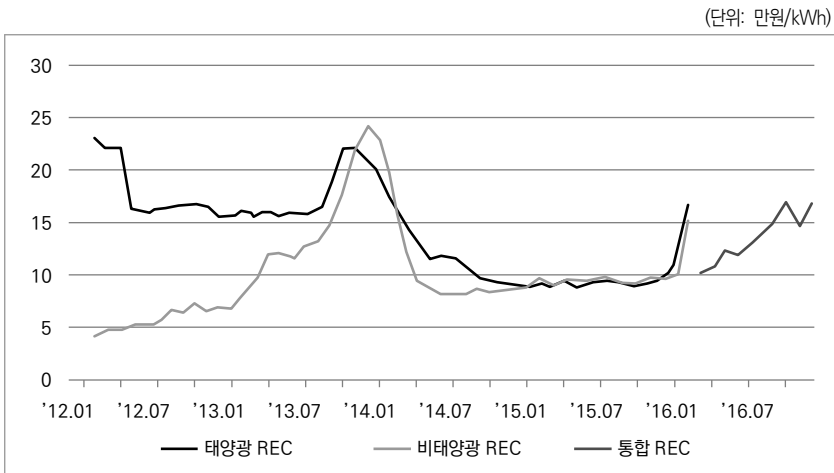


자료: 전력거래소(검색일: 2017. 10. 1).

91) SMP의 결정 원리는 1. '다. 신재생에너지 발전과 전력시장'에서 후술할 것이고, REC 가격은 현물시장에서 거래되는 REC 현물가격, 선정시장의 REC 계약가격, 자체계약을 통한 REC 계약가격 등으로 다양하게 존재한다.

로의 진입을 꺼린다. 이는 또한 금융조달을 어렵게 하는 중요한 이유가 되고, 결국 설비투자비용의 하락을 막는 요소가 된다.

그림 5-2. REC 현물가격 추이



자료: 전력거래소(검색일: 2017. 10. 1).

두 번째는 복잡한 REC 시장 구성 및 제도 운영에의 불확실성 등으로 RPS 제도와 운영에 관하여 높은 불확실성이 있는 것이다. REC 시장은 네 가지 시장으로 구성이 되어 있어서, 시장 참여자는 각각의 시장에서 서로 다른 REC 가격으로 거래하게 되어 혼란이 가중된다. 또한 의무비율이나 REC 가중치가 정부의 재량으로 적어도 3년에 한 번씩 혹은 필요에 따라 더 짧은 기간 안에 조정할 수 있으므로, 정책의 일관성이 떨어지고 시장 참여자의 장기계획을 저해하는 요소가 된다.

세 번째는 특정 에너지원으로서의 쏠림현상이 발생할 수 있다는 것이다. RPS 제도가 규정하는 것은 어떤 공급의무자의 총 REC 달성 수준이지, 별도 전원별로의 REC 공급계획이 아니다. 따라서 의무공급자는 비용이 적게 들고 의무이행을 용이하게 할 수 있는 전원으로 의무량을 달성하고자 하는 동기가 작용한

다. 최근 신재생에너지원의 발전량을 살펴보면 바이오나 폐기물 에너지 부문의 발전량이 2013년 62.5%에서 2015년 75.6%로 더 집중되는 경향을 보이는데, 이것이 RPS 제도의 특성에서 기인한 것이다. 바이오·폐기물 에너지 발전량 비중이 증가하는 것이 직접적인 문제라기보다 국내에서 발생하는 목재펠릿 등을 사용하는 대신 값싼 수입산 목재펠릿을 대신 사용하여 의무 이행을 하는 것, 혹은 바이오·폐기물 에너지를 이용한 발전을 할 경우 훨씬 더 많은 오염 물질을 배출할 수 있는데, 이에 대한 규제가 약한 것 등의 문제가 직접적으로 해결해야 할 과제이다.

## 다. 신재생에너지 발전과 전력시장

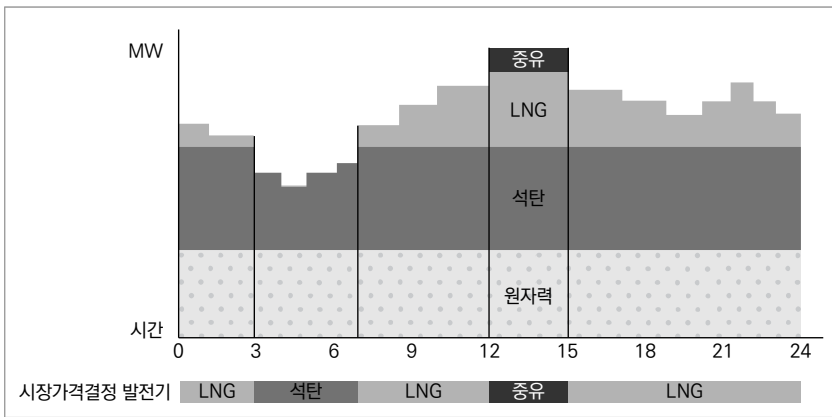
우리나라 전력시장의 특징은 하루 전 단일시장과 변동비 반영시장으로 볼 수 있다. 하루 전 단일시장은 하루 전에 전력수요 예측을 주어진 수요로 여기고, 발전사들에 의해 공급 측 입찰이 이루어져 전력시장가격인 계통한계가격(SMP: System Marginal Price)이 결정되는 시장을 의미한다. 또 다른 특징은 변동비(연료비) 반영시장(CBP: Cost Based Pool)으로 발전기들의 실제 변동비로 공급곡선이 결정되어, 발전비용이 낮은 순에서 높은 순으로 발전기의 순서가 정해져 있으며, 이에 대해 예측된 전력수요와 만나는 지점에서 마지막 전력공급을 담당하게 되는 발전기의 변동비로 SMP가 결정된다. 연료별로는 원자력, 석탄, LNG, 중유로 갈수록 발전비용이 높아진다. [그림 5-3]은 시간별 전력수요 패턴과 그에 따른 가격 결정 발전기와 해당 전원<sup>92)</sup>을 보여준다. 하루 전 단일시장에서 예측된 전력수요의 부하곡선<sup>93)</sup>을 나타내고, 최종적으로 공급이 결정되는 마지막 발전기와 그것의 전원 종류가 시간에 따라 변하는 것을 제시하고 있다. 전력수요가 낮은 새벽시간대의 경우, 전기 공급량이 적게 필요하

92) 전기를 생산하는 원료를 의미한다.

93) 시간별 전력수요량을 의미한다.

므로 연료비가 낮은 원자력 발전기와 석탄 발전기만 가동시켜도 모든 전력수요를 충당할 수 있고, 석탄발전소의 변동비로 SMP가 결정된다. 전력수요가 많은 오후의 경우, 연료비가 더 비싼 LNG와 중유 발전소까지 공급에 가담하여 수요에 대응하게 되어 특정 LNG 발전소의 변동비 혹은 중유발전소의 변동비로 SMP가 결정되게 된다.<sup>94)</sup>

그림 5-3. 시간별 전력수요 패턴과 시장가격 결정 발전기



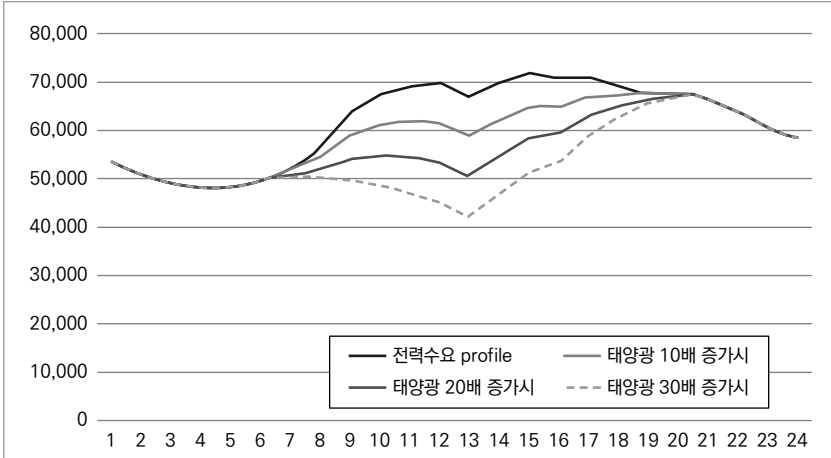
자료: 전력거래소(검색일: 2017. 10. 1).

2016년도 신재생에너지 발전량은 총발전량의 7.2% 수준이다. 그 중 변동성이 작은 바이오에너지와 폐기물에너지가 5%를 생산하고 변동성이 큰 전원인 태양광과 풍력이 1.2% 정도를 차지하고 있다. 앞으로 태양광과 풍력 에너지를 중심으로 보급을 확대시키려는 정부계획이 실현되어서 변동성이 확대될 경우에는 [그림 5-4]에서와 같이 주어진 전력수요 부하곡선이 달라질 수 있고, 이에 따라 공급되는 발전기의 패턴이 달라질 것이다.

94) 용량가격(CP: Capacity Payment)에 따라 발전소 고정비에 대해 공급가능용량에 대해 보상하는 가격.

그림 5-4. 여름 시간별 전력수요곡선과 태양광 발전

(단위: MWh)



자료: 2015년 8월 7일 시간대별 발전량 자료를 바탕으로 작성. 전력거래소(검색일: 2017. 10. 1).

[그림 5-4]는 2015년 여름 우리나라에서 관찰된 시간별 전력수요이고 태양광 발전이 늘었을 경우를 고려했을 때 가상의 시간별 전력수요 그래프를 추가하였다. 즉 추가한 그래프는 태양광 발전이 10배, 20배, 30배로 증가했을 경우를 가정하여 계산한 가상의 전력수요 부하곡선이다. 태양광 발전소는 해가 떠 있는 기간에만 전기를 생산하기 때문에 오전 10시부터 오후 4시까지 집중적으로 발전하게 되고 그 이후에는 발전량이 거의 없게 된다. 따라서 태양광 발전량이 많은 시간대에는 타전원 발전량의 과대공급위험이 발생<sup>95)</sup>하고, 태양광 발전량이 줄게 되면 필요한 수요에 맞춰 전력을 공급하기 위해 유연한 LPG 발전기 등을 빠르게 가동해야 전력망이 안정적으로 운용될 수 있다.

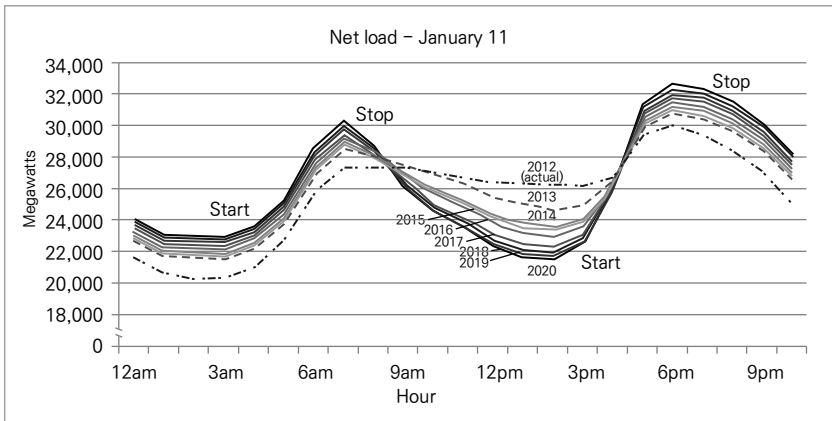
실례로 캘리포니아의 경우, 이러한 태양광 발전설비 증가에 따른 실시간 전

95) 전력의 공급과 수요는 매 시간 거의 일정하게 유지되어야 전력망이 안정적으로 운용될 수 있다. 공급이 너무 많을 경우, 전력의 품질이 떨어지며 이를 유지하기 위해서 전압과 주파수를 일정하게 유지해야 한다. 반대로 전력 소비가 공급에 비해 어느 수준보다 많게 되면 전력시스템의 붕괴가 일어나게 된다. 따라서 전력의 수요와 공급을 맞추고 전압과 주파수를 일정하게 유지하게 하기 위한 전력거래소와 같은 발전기와 송전설비 전체를 통제하는 기관이 있어야 한다.

력수요의 변화를 경험하고 있다. [그림 5-5]는 캘리포니아에서 오후 1~2시 사이의 급격한 태양광 발전 증가에 따른 수요감소효과와 그에 이은 오후 3시 이후의 가파른 수요상승의 모습을 보여주고 있다. 이러한 변동성 신재생에너지 발전량의 증가는 발전시장에 더 많은 대응을 필요로 하게 하며, 더 많은 유연성 전원의 확보가 필요하게 될 것이다.

그림 5-5. California Duck Curve

(단위: MW)



자료: 캘리포니아 전력거래소, California ISO(2016).

## 2. 신재생에너지 균등화 비용과 RPS 비용 전망

투자자의 관점에서 1kWh를 생산할 때의 비용, 즉 발전원가 개념의 에너지 균등화 비용이 있고, 시장의 관점에서 RPS 제도 도입에 따른 전력시장에서의 비용증가를 생각할 수 있다. 에너지 균등화 비용 현황을 살펴보고 RPS 비용을 전망하도록 한다.

## 가. 신재생에너지 균등화 비용

에너지 균등화 비용(LCOE: Levelized Cost of Energy)은 [식 5-1]과 같이 계산한다.

$$LCOE_t = \frac{CAPEX_t + \sum_{i=1}^T \frac{OM_i + FC_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^T \frac{(1-d)^i \times CF \times 365(days) \times 24(hours) \times Capacity}{(1+r)^i}} \quad [\text{식 5-1}]$$

[식 5-1]의  $CAPEX_t$ 는  $t$ 기 신재생에너지 발전기의 자본비용(Capacity Cost)을 의미하고 여기에는 기자재비, 구조물공사비, 계통연계비, 인허가/설계/감리/검사비, 간접비 등을 포함한다.  $OM_i$ 과  $FC_i$ 는 각각  $i$ 기에서의 운영유지비용(Operation and Management Cost)과 금융비용(Financing Cost)이고,  $d$ 는 성능저하율(degeneration factor),<sup>96)</sup>  $r$ 은 할인율(discount rate),  $CF$ 는 이용률(Capacity Factor),<sup>97)</sup> Capacity는 발전기 설비용량,  $T$ 는 평균 발전기 운영기간이다. 즉 균등화 비용은 한 발전소에서 특정 기간 동안 생산한 총발전량의 현재가치를 발전소 건설과 운영에 들어가는 총비용의 현재가치로 나누어 계산한 발전원가 개념이다.

[표 5-10]은 전반적으로 낮은 수준의 경제성을 갖는 우리나라 신재생에너지의 상황을 보여준다. 우리나라 태양광의 발전비용은 전 세계 평균인 95 원/kWh보다 더 높은 160 원/kWh으로 계산되었고, 일본을 제외하고 많은 나라들이 더 좋은 경제성을 보이는 것으로 나타났다. 육상 및 해상 풍력의 경우도 마찬가지이다. 중국의 경우, 태양광 및 풍력 모두 우리나라의 LCOE에 비해 더 경제성이 있는 상황이고, 미국이나 유럽의 경우도 세제혜택이나 FIT 지원 등의

96) 태양광 패널의 경우, 설비 설치 첫해의 성능이 가장 높고 점점 성능이 떨어지는데, 이를 수치화한 비율로 세계 기준 태양광은 보통 0.5%로 설정한다.

97) 이용률은  $\frac{\text{실제 발전량}}{\text{설비용량} \times \text{시간} \times \text{일}} \times 100(\%)$ .

표 5-10. 국내외 에너지원별 LCOE 비교

(단위: 원/kWh)

구분	한국	전 세계	미국	유럽	일본	중국
태양광	160	95	87	107	177	95
풍력(육상)	164	75	62	79	144	121
풍력(해상)	294	141	-	139	-	-

주: 환율 1,100원.

자료: 한국 LCOE값은 에너지경제연구원 내부자료, 세계 자료는 BNEF(2017)에서 발췌.

정부정책을 바탕으로 한 기술개발 확대 등으로 신재생에너지 개발비용이 낮아지고 있다.

우리나라도 신재생에너지 기술발전과 저변확대에 따라 그 발전비용도 따라서 감소하는 추세이다. 예를 들어 태양광 발전의 비용 하락요인으로는 부품으로 들어가는 모듈가격 하락과 발전효율을 증가시키는 기술개발 등을 들 수 있다. 앞으로의 새정부가 추진하는 신재생에너지의 발전·보급 확대를 통하여 태양광이나 풍력의 LCOE 비용이 감소할 것으로 전망되고 있다.

## 나. RPS 이행비용 전망

7차 전력수급계획(2015~29년)에 따르면 2029년 신재생에너지 목표 발전량을 총발전량대비 11.7%로 설정하였다. 그 후 신정부에 들어서 신재생에너지 보급계획을 2030년 신에너지를 제외한 재생에너지만으로 총발전량의 20%를 생산할 수 있는 목표로 재설정하였다. 이는 기존 RPS 제도의 2030년 의무비율 10%<sup>98)</sup>를 32%로 상향하여 달성할 수 있는 발전량이다.<sup>99)</sup>

98) 기존의 의무비율은 신재생에너지법에 의하여 2024년까지 10%로 정해져 있고, 신정부의 목표량을 달성하기 위해서 32%의 의무비율로 높이겠다는 계획이다.

99) 발전량 20%와 의무비율 32%가 서로 다른 이유는 발전량은 기준이 신재생에너지 발전량을 포함한 총 전력생산량인데 반해 의무비율은 그 부분을 제외한 기준발전량 대비 신재생에너지 발전량을 계산한 것이기 때문이고, 또 다른 이유는 의무량은 REC 기준으로 할당되어서 의무비율은 가중치를 고려한 목표치로 해석할 수 있다.

신재생에너지 보급 이행을 다 마친 후에 전력시장에서는 이행비용 보전을 실시하고, 이 부문이 한국전력에서 소요되기 때문에 직접적으로 전기요금에 영향을 줄 수 있다. 이행비용 보전금액을 산정하기 위해서 우선 의무공급량을 산정해야 한다. RPS 운영지침에 따라 개별 회사의 의무공급량은 [식 5-2]로 계산한다.

$$\text{의무공급량}(GWh) = \text{기준공급량}(GWh) \times \text{조정 의무비율}(\%) \quad [\text{식 5-2}]$$

즉 [표 5-11]에서와 같이 기준발전량은 신재생 발전설비를 제외한 발전 설비에서 생산한 전년도 발전량을 의미하며, 거기에 더하여 5,000MW 이상의 설비를 갖춘 그룹 I의 6개 발전 공기업에서의 기준발전량은 원자력 발전량을 분담하여 계산한다.<sup>100)</sup>

조정 의무비율은 [표 5-4]에서 제시된 연도별 의무비율에 기준발전량이 0인 공급의무자의 수력 및 조력 발전량을 조정한 의무비율로 17개 공급의무자의 기준발전량과 수력 및 조력 발전량의 비율을 의무비율에서 감하여 계산한다.

표 5-11. 기준발전량 산정식

구분		산식
설비용량	대상자	
5,000MW 이상 (그룹 I)	한국수력원자력	$RPG_n^{\text{한수원}} = NG_{n-1} \times (1 - \alpha_n) + G_{n-1}^{\text{한수원}}$
	한국남동발전	$RPG_n^i = G_{n-1}^i + \left( \frac{G_{n-1}^i}{\sum G_{n-1}^{\text{5gen cos}}} \times NG_{n-1} \times \alpha_n \right)$
	한국중부발전	
	한국서부발전	
	한국남부발전	
한국동서발전		

100) 그룹 II에서는 공급인증기관에 제출한 신재생에너지 생산포인트인 REP(Renewable Energy Point)에 해당하는 발전량을 제외하는데, REP는 자가용 설비인 태양광 대역사업에서 생산된 전력량에 발급되는 증서로 1kWh에 1REP가 발급되고, 태양광 대역사업자에게 REP를 구입한 공급의무자는 1,000REP당 1REC로 인정을 받는다.

표 5-11. 계속

구분		산식
설비용량	대상자	
5,000MW 미만 (그룹 II)	한국지역난방공사	$RPG_n^j = G_{n-1}^j$
	한국수자원공사	
	SK E&S	
	GS EPS	
	GS 파워	
	포스코에너지	
	엠펙씨울촌전력	
	평택에너지서비스	
	대륜발전	
	에스파워	
	포천파워	
	동두천드림파워	

주: 1)  $RPG$  : 공급의무자별 기준발전량(Reference Power Generation)

$NG$  : 원자력 발전량

$G$  : 총발전량에서 신재생에너지 발전량과 원자력 발전량을 제외한 발전량

$\alpha_n$  : 원자력 발전량에 대한 연도별( $n$ ) 경감률

$n$  : 의무공급량 이행기간 해당연도

$n-1$  : 의무공급량 이행기간 직전연도

$5gencos$  : I 그룹의 공급의무자 중 한국수력원자력을 제외한 공급의무자

$i$  : I 그룹의 공급의무자 중 한국수력원자력을 제외한 공급의무자 중 하나

$j$  : II 그룹에 속하는 공급의무자 중 하나

2) 발전량은 소내소비전력<sup>101)</sup> 차감 후 전력시장 또는 전력판매사업자에게 판매한 전력량을 기준으로 한다.

자료: 산업통상자원부. 2016. 「신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침」. 산업통상자원부 고시 제2016-171호. (9월 19일)

조정 의무비율(%)

$$= \frac{\text{연도별 기준발전량이 0인 공급의무자의 수력 및 조력 발전량}}{\text{의무비율(%)} \times \text{공급의무자 기준발전량 합}} \quad [\text{식 5-3}]$$

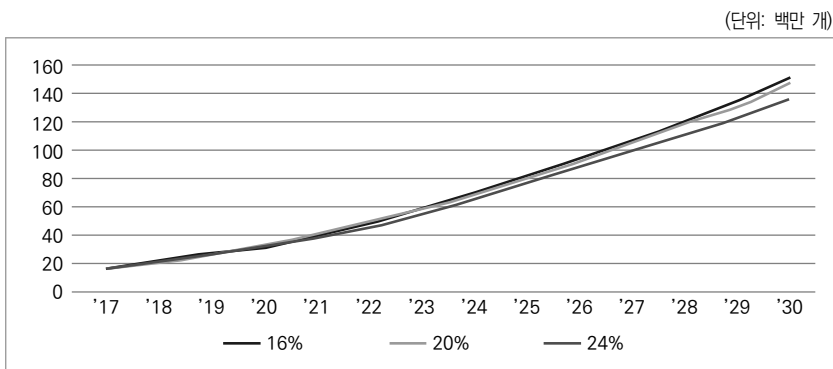
기준발전량이 0인 공급의무자는 신재생에너지 설비로만 발전하는 사업자로 한국수자원공사를 의미한다.<sup>102)</sup>

101) 소내소비전력은 발전소에서 생산을 한 전기를 발전소 내부에서 소비한 전력부문을 의미한다.

102) 한국수자원공사의 기준발전량은 0이고 의무공급량도 0이어서, 전체 의무공급량에 총의무공급량의 증가율만큼 더 생산하는 것으로 RPS 운영지침에서 정한다. 즉 기준발전량이 0인 공급의무자의 의무공급량(GWh)=기준발전량이 0인 공급의무자의 전년도 의무공급량(GWh)×(1+총의무공급량 증가율(%))

새 정부의 신재생에너지 보급계획에 따라 재생에너지 발전량을 총발전량의 20%만큼 생산하려는 계획이 달성되었을 경우(20%시나리오)<sup>103)</sup>에 이행비용보전금액이 얼마에 달할 것인지를 기준 금액으로 산정한다. 또한 총발전량<sup>104)</sup>의 16% 달성(16%시나리오)과 24% 달성(24%시나리오)의 세 가지 시나리오로 이행비용보전금액이 어떻게 변하는지를 살펴보겠다. 우선 REC 수요량을 보자.

그림 5-6. 총 REC 수요량



자료: M-Core모형에서 산정된 발전량을 기준으로 계산함.

공급의무자들이 매년 각자의 의무공급량을 100% 이행한다고 가정하자. 신재생에너지가 총발전량의 16%를 달성한 16%시나리오의 경우 20%와 24% 시나리오에 비해 직전연도에 신재생 발전량을 제외한 발전량인 기준발전량이 늘어나기 때문에 더 많은 REC를 수요하게 된다. 같은 가정하에서, 24% 신재생 발전을 할 경우 기준발전량이 줄기 때문에 REC 수요량이 16%와 20% 시나리오에 비하여 적게 된다. 결국 24%시나리오에서 REC를 가장 적게 수요하게 된다.

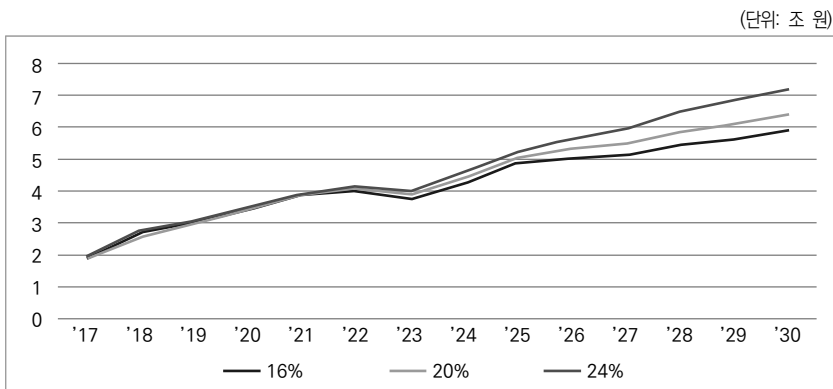
SMP 가격은 16%시나리오의 경우, 기준발전량이 늘어나게 되면 비신재생 발전량이 늘어나게 되고 이는 LNG나 증유 등의 연료비가 높은 발전기가 더 자

103) 의무비율 32%가 모두 충족되었을 경우와 같은 상황이다.

104) 새정부가 발표한 전력수요량 기준으로 연도별 가능한 발전량을 설정하여 발전시장 시뮬레이션 모형을 이용하여 기준발전량 및 SMP를 추정하였다.

주 공급에 참여하게 되며, 이는 SMP 평균가격을 높이게 될 것이다. 또한 신재생에너지 발전 비중이 증가할수록 원자력이나 석탄 등의 원료비가 낮은 발전기에서 가격이 결정되는 횟수가 증가하여 SMP 가격을 낮추게 될 것이다. 따라서 16%와 24% 시나리오를 비교하면, 신재생에너지 발전이 늘어난 경우인 24% 시나리오에서의 SMP 가격이 16% 시나리오에서의 가격보다 낮게 산정될 것이다.

그림 5-7. RPS 이행비용 전망



자료: M-Core 모형에서 계산함.

기준가격은 REC 자체계약, 자체건설, 현물시장, 선정시장에서 거래된 REC 양과 그 거래가격의 가중평균으로 계산이 되는데, 그 가격이 전년도 선정시장에서 계약된 가중평균가격을 기준으로 120% 상한과 80% 하한이 설정되어 있다.<sup>105)</sup> 2017년의 경우 REC 수요량이 많아서 각각의 REC 시장에서 계산된 가중평균가격이 전년도 선정시장 REC 가격 120% 상한에 걸리게 되어 이 120% 상한가격이 기준가격으로 결정되었다. 앞으로 몇 년간의 기준가격도 전년도 선정시장 REC 가중평균가격의 상한에서 결정될 가능성이 크다.<sup>106)</sup> 이런 식으로

105) 선정시장에서는 태양광 부문만을 대상으로 여러 사업자에게 투자비를 입찰받아 가장 싼 비용을 적어 낸 사업체 순으로 대상을 선정하게 된다. 따라서 시장균형투자비용이 선정시장에서 결정되는 것으로 생각하고 이 가격에 상하한을 둔 것으로 생각된다. 2017년부터 풍력발전부문도 선정시장에서 계약을 시작할 계획이다. 따라서 기준가격 산정에는 태양광 부문의 비용이 중요한 요소로 작용한다.

전망된 기준가격으로 위의 REC 이행량에 적용하여 [그림 5-7]의 이행보전금액을 전망할 수 있다.<sup>107)</sup>

2023년까지의 RPS 이행비용은 시나리오(20% 발전량과  $\pm 4\%$ ) 별로 큰 차이가 없어보인다. 그래도 세 시나리오 모두 2021년이 되면 보전금액이 2016년 1조 3,000억 원 수준의 3배 정도에 달하게 된다. 2030년이 되면 세 시나리오 모두 이행금액이 6조 원 이상이 될 것으로 전망하고 있다.<sup>108)</sup> 2024년도 이후에 시나리오별로 기준가격의 편차가 더 커지는 효과가 이행비용금액도 더 차이를 많이 나게 하는 요인으로 보인다. RPS 비용 증가는 전력부문 중에 신재생에너지 발전부문에 국한되는 것으로 한국전력의 2016년 전력판매금액인 55조 2,000억 원 기준에 2020년까지 해마다 3~5%, 2028년 이후에는 10~14% 정도의 비용증가효과가 있는 것으로 추정하였다.

---

106) 장기적으로 2023년 이후에는 여러 가지 예측하기 어려운 요소들 때문에 적당한 전망치를 내기가 어려운 실정이다.

107) 기준가격은 20%시나리오에서 2017년 120원/kWh에서 2030년 40kWh로 떨어지는 것으로 분석되었다. 16%시나리오에서는 116원/kWh에서 약 39kWh/kWh로, 24%시나리오에서 119kWh에서 53kWh로 감소하는 것으로 산정되었다.

108) 기준가격 전망에 대한 불확실성이 크고, 이것이 어떻게 결정이 되느냐에 따라 보전금액의 크기도 달라질 것이다.

## 제6장



# 결론 및 시사점

1. 에너지 가격 변동요인에 맞춘 대응방안 마련
2. 각국의 신재생에너지정책 변화 및 기술 진보에 대한 지속적 모니터링
3. 재생에너지 공급 목표 달성을 위한 RPS 제도의 개선

이 장에서는 본 연구를 통해 얻은 결과를 요약하고, 이러한 결과를 바탕으로 몇 가지 정책적 시사점을 제시한다.

## 1. 에너지 가격 변동요인에 맞춘 대응방안 마련

3장에서는 Kilian(2009)의 방법론을 따라 구조적벡터자기회귀(SVAR)모형을 이용하여 국제 원유가격에 영향을 미치는 요인을 원유공급충격, 총수요충격, 원유특정수요충격의 세 가지로 식별하고, 이러한 요인들이 우리나라의 생산, 수출입, 물가에 미치는 영향을 분석하였다. 4장에서는 이러한 결과를 설명할 수 있는 개방경제 DSGE 모형을 구축하였다. 본 모형은 Huynh(2016)의 모형의 에너지 생산부문을 상류부문과 하류부문으로 나누어 확장한 것으로, 우리나라의 경우 상류부문에 대한 접근이 극히 제한적이지만 정유 및 석유화학 산업 등 하류부문에서 세계적으로 유의미한 위치를 차지하고 있는 것을 반영한 결과이다. 각각은 원유에 대한 통계적 모형과 일반적인 에너지에 대한 경제학적 모형으로 생각할 수 있다.

에너지 가격의 변동요인을 대내외 공급 및 수요 측면으로 나누어 분석한 결과에 따르면 거시변수, 특히 수출입에 미치는 영향이 각 요인별로 다르게 나타났다. 원유공급충격과 원유특정수요충격이 대체로 비슷한 방향성을 보여주는 가운데 반응의 시점 및 지속성에서 차이를 보이는 반면, 총수요충격은 다른 결과를 가져왔다.

원유공급충격에 따라 유가가 상승할 때 초반에는 큰 영향을 미치지 않으나 6~9개월 이후 경상수지를 감소시키는 것으로 나타났다. 에너지 가격 상승으로 에너지부문의 수출이 감소하지만 우리나라 원유수입의 현물 비중이 높지 않아 유가상승의 수입에 대한 영향이 지연되면서 에너지부문의 적자가 발생하는 반

면, 경기하락에 대한 기대심리로 인해 투자 위축이 발생하며 투자재 수입이 감소하면서 비에너지부문에서 흑자가 발생하기 때문이다. 시간이 흐르면서 에너지부문의 적자폭은 줄어들지만, 투자재에 대한 장기적인 영향으로 비에너지부문이 적자로 돌아서면서 경상수지는 감소한다.

이와 다르게 경기 변동에 따른 총수요충격으로 유가가 상승하는 경우 단기적으로 경상수지가 증가할 수 있다. 상류부문을 제외한 경제 전반의 총요소생산성 향상은 소비와 투자를 증가시키며 경제활동의 원활유인 에너지 가격을 높인다. 전반적인 경기호황기에 투자재에 대한 수입수요가 증가하지만 수출 또한 증가하기 때문에 경상수지의 극적인 개선이 이루어진다고 보기는 어렵다.

한편 원유특정수요충격으로 인한 유가 상승은 초기에 경상수지를 악화시키는 것으로 분석되었다. 한국은행(2016), 윤덕룡, 김효상, 이진희(2017) 등 최근 경상수지 흑자요인을 분석한 연구들에서는 공통적으로 큰 폭의 경상 흑자가 저유가에 기인한다고 지목하고 있는데, 가장 최근의 유가 등락이 원유특정수요 충격에서 발생했다는 실증분석의 결과와 궤를 같이한다.

본 연구의 이러한 결과는 국제 에너지 가격이 요동칠 때, 정부의 대응방안이 가격 변동요인별로 달라야 함을 의미한다. 최근 중동지역에서 일어나고 있는 역내 국가간 갈등 등 지정학적 문제나 2016년 말 합의되어 2018년까지 연장하기로 한 OPEC의 감산 등은 원유공급충격의 일종으로 생각할 수 있다. 또한 최근에는 기술 개발과 확산이 가속화되며 타이트오일과 신재생에너지 등 전통적인 원유의 대체재 공급이 증가하고 있는데 이 또한 원유공급충격으로 간주할 수 있다. 한편 글로벌 금융위기 이후 달러화 약세가 지속되는 동안 원유가 투자자산으로 주목받아 가격이 지속적으로 상승하던 시기는 원유특정수요충격으로 유가 변동이 발생한 것으로 나타났다. 총수요부진과 자원가격의 급락으로 경기둔화를 거친 후, 2017년 들어 글로벌 경기회복세가 시현되고 있으며 이러한 추세는 2018년에도 지속될 것으로 예측된다. 이는 총수요충격에 따른 에너지가격 상승으로 이어질 가능성이 있어 이에 대한 적절한 준비가 필요하다.

## 2. 각국의 신재생에너지정책 변화 및 기술 진보에 대한 지속적 모니터링

2장에서 살펴본 바와 같이, 2015년 파리협약이 체결된 이후에 이에 참여한 각국은 탄소배출량 감소 목표치를 세우고 이를 달성하기 위한 노력을 계속하고 있다. 원자력 발전의 안전성 및 후처리 환경비용에 대한 우려가 커져가는 가운데, 기존 화석연료의 사용을 줄이는 핵심적인 대안으로 신재생에너지가 각광받고 있다. 우리나라의 경우 현재 신재생에너지의 비중이 작은 상황이지만, 진취적인 공급목표를 세우고 이를 위한 정책적 노력을 다하고 있다.

원유의 채굴과 마찬가지로 재생에너지의 생산 또한 절대적으로 지리적 영향 아래에 놓여 있다. 태양광, 풍력, 수력 발전 등은 기본적으로 최적의 입지에서 가장 큰 가능성을 가지고 있다. 미국, 중국, EU, 일본 등 세계 각국의 재생에너지정책이 디테일한 방향성이 다른 이유가 여기에 있다. 우리나라의 입지 조건에 맞는 재생에너지정책을 추진하기 위해서는 세계 각국의 에너지정책을 참고할 필요가 있으며, 관련 기술의 진보에 따라 유연한 정책 조정이 요구된다.

특히 우리와 지리적으로 가까운 위치에 있는 중국은 급속한 경제발전과 함께 최근 들어 대기오염 등의 환경문제가 크게 대두되고 있으며 전통적 화석연료에 대한 의존성을 줄이기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 일례로 베이징 등 대도시를 중심으로 겨울철 난방으로 석탄의 사용을 제한하고 있으며 이를 LNG를 이용한 열병합 발전으로 대체하는 정책을 도입하였다. 이러한 변화는 세계 LNG 수급, 특히 계절적 수요에 유의미한 변화를 가져오고 있고, 우리나라도 정책적으로 점차 LNG에 대한 의존도를 높여가고 있기 때문에 향후 정책 비용에 미치는 영향이 커질 것으로 예상되어, 이에 대한 면밀한 모니터링이 요구된다.

### 3. 재생에너지 공급 목표 달성을 위한 RPS 제도의 개선

5장에서는 신재생에너지의 공급 확대를 위해 도입하고 있는 RPS 제도에 대해 알아보고, 정부의 목표에 따라 전력 중 재생에너지 공급 비중을 2030년까지 20%를 달성하기 위해 소요되는 RPS 이행비용을 추산하였다. 최근 많은 관심을 받으며 투자 및 공급량이 빠르게 증가하고 있는 태양광 발전의 경우도 RPS와 같은 일종의 생산비 보조의 영향을 받고 있다. 재생에너지의 확산은 여전히 초기 단계라 [표 5-9]에 나타난 바와 같이 RPS 이행비용이 빠른 증가세를 보이고 있으며, 앞으로도 꾸준히 증가할 것으로 분석되었다.

재생에너지 발전 비중 목표를 달성하는 편익과 비교해볼 때 RPS 이행비용이 감내할 수준인지에 대한 판단을 지금 이 시점에서 하기는 어려운 면이 있다. 왜냐하면 재생에너지의 비중이 높아짐으로써 발생하는 편익은 경제적인 측면뿐만 아니라 사회구성원의 다양한 효용함수를 고려해야 하고 이를 위해서는 더욱 정교한 후생효과 분석이 필요하기 때문이다. 하지만 RPS 제도를 도입한 본래의 취지에서 볼 때 현행 제도가 가지고 있는 문제점을 명확히 인식할 필요가 있다.

무엇보다 일반 대중이 이상적으로 생각하는 재생에너지의 범주가 실제 법률에서의 정의와 동떨어진 면이 있음을 고려해야 한다. 앞서 RPS 제도의 문제점 중 하나로 지적했듯이 값싼 수입산 목재펠릿을 이용한 바이오·폐기물 에너지 발전 비중이 급격히 증가하고 있는 것에 주목할 필요가 있다. 이는 일종의 화력 발전으로 이를 연소할 때 발생하는 환경오염물질에 대한 통계가 제대로 이루어질 필요가 있다. 결국 재생에너지 내에서도 각각의 에너지원이 환경에 미치는 비용을 고려하여 에너지원별로 차등적인 REC를 도입하는 정책을 고려해볼 만하다.

## 참고문헌

### [국문자료]

- 국정기획자문위원회. 2017. 「문재인정부 국정운영 5개년 계획」.
- 김권식. 2005. 「국제 유가충격이 경제성장과 인플레이션에 미치는 영향」. 『대외경제연구』 제9권 제2호. pp. 175~212.
- 김권식, 오정석. 2015. 「유가 하락의 세계경제 영향에 관한 오해와 진실」. 『이슈분석』. 국제금융센터.
- 김기화. 2012. 「유가충격과 거시경제활동: 구조모형을 통해 본 전달경로」. 『經濟分析』 제19권 제1호. pp. 1~29.
- 김동훈, 황영식. 2012. 「유가충격과 산업생산 간 관계 분석」. 『한국경제의 분석』 제18권 제1호. 한국금융연구원. pp. 55~121.
- 김용, 김수현. 2012. 「유가변동 요인별 파급효과 분석 및 한국은행 글로벌 거시경제모형(BOKGM) 재구축」. 『조사통계월보』 제66권 제5호. 한국은행. pp. 29~61.
- 노진영, 이광원. 2012. 「주요국의 통화정책 완화가 국제유가에 미친 영향」. 『국제경제분석』 제2012-1호. 한국은행.
- 배상은. 2017. 7. 11. 「다른 산유국엔 없는 美 세일의 무기, 엄청난 월가 자금」. 『news1뉴스』, <http://news1.kr/articles/?3043835>(검색일: 2017. 8. 1).
- 산업통상자원부. 2016. 「신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침」. 산업통상자원 고시 제2016-171호. (9월 19일)
- 산업자원부. 2006. 「신재생에너지 이용 발전차액 기준가격 지침」. 산업자원부 고시 제2006-89호. (8월 30일).
- 산업통상자원부. 2012~2016. 「예산 및 기금운용계획 사업설명자료(전력산업 기반기금)」.

- \_\_\_\_\_. 2014a. 「제2차 에너지 기본계획」.
- \_\_\_\_\_. 2014b. 「제4차 신·재생에너지 기본계획」.
- \_\_\_\_\_. 2015. 「제7차 전력수급기본계획」.
- \_\_\_\_\_. 2017a. 「16년 석유제품 수급 동향」. 보도자료. (2월 28일).
- \_\_\_\_\_. 2017b. 「에너지정책 정례브리핑」. (4월)
- 산업통상자원부, 한국에너지공단. 2016. 「2015년 신·재생에너지 보급 통계」.
- \_\_\_\_\_. 2017. 「에너지신산업·신재생에너지정책설명회」. (3월 9일).
- 송용주. 2016. 「독일 에너지전환 정책의 추이와 시사점」. KERI Brief 16-04. 한국경제연구원.
- 송인호. 2012. 『우리나라의 주택가격과 통화정책: 주택과 소비 간 기간내대체 탄력성과 정책적 의미를 중심으로』. 정책연구시리즈 2012-10. 한국개발연구원.
- 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」. 2014. 법률 제12296호.
- 양의석, 김아름. 2016. 「미·중국의 에너지 및 전력수급 구조 변화」. 『세계 에너지시장 인사이트』 제16-45호. 에너지경제연구원. pp. 3~17.
- 양의석, 김아름, 김비아, 박지민. 2017. 「EU 및 EU 국가의 신재생에너지 보급 목표와 지원제도 현황」. 세계 에너지 현안 인사이트 제17-2호. 에너지경제연구원.
- 오정석, 김권식. 2015. 「'80년 이후 유가 급락 사례와 최근 상황 비교 및 시사점」. 이슈분석. 국제금융센터.
- 오현희. 2017. 「세일오일의 공급여건 점검과 유가전망」. 『nabo 경제동향&이슈』. 2017년 8월호 통권 제58호. 국회예산정책처. pp. 21~31.
- 윤덕룡, 김효상, 이진희. 2017. 「우리나라 경상수지 흑자구조 분석 및 정책적 시사점」. 『오늘의 세계경제 제』 17-15호. 대외경제정책연구원.
- 이근영. 2011. 「유가충격이 거시경제변수에 미치는 영향」. 『금융연구』 제25권 제4호. 금융연구원. pp. 59~93.
- 이근영, 정한영. 2002. 「유가상승이 국민소득, 물가 및 통화정책에 미치는 영향」. 『금융연구』 제16권 제2호. 금융연구원. pp. 103~129.

- 이재원, 정준우, 조인우. 2016. 「국제석유시장 여건과 저유가의 파급영향」. 해외경제 포커스 제2016-3호. 한국은행.
- 이재원, 조인우. 2016. 「1980년대 중반과 금번 유가하락기의 원유시장 여건 비교 분석」. 해외경제 포커스 제2016-15호. 한국은행.
- 이준상, 신석하. 2012. 「요인별 유가 상승이 우리 경제에 미치는 영향」. 『KDI 경제전망』 2012 상반기. 한국개발연구원. pp. 58~65.
- 이지평. 2016. 「멈추지 않는 저유가 미래의 공급 리스크 키운다」. 『LG Business Insight』. 2016. 1. 27. LG 경제연구원. pp. 34~40.
- 임지영. 2017. 「일본 2015년 에너지 수급 실적 및 에너지정책 당면 과제」. 『세계 에너지시장 인사이트』 제17-18호. 에너지경제연구원. pp. 21-32.
- 전기연구원. 2009. 『신재생에너지 의무할당제(RPS) 국내운영방안 수립』.
- 전력거래소. 2017. 「비용평가세부운영규정」.
- 조상민. 2016. 『국제 신재생 에너지정책 변화 및 시장 분석: 경매제도를 중심으로 한 제도개선 방향』. 기본연구보고서 16-28. 에너지경제연구원.
- 조용권. 2013. 「새로운 석유자원의 향후 변화와 대응방안」. 『Energy Focus』 2013 겨울호. 에너지경제연구원. pp. 21~37.
- 지정구, 배병호. 2016. 「유가 DSGE 모형 구축 및 유가 변동의 경제적 영향 분석」. 『조사통계월보』 제70권 제11호. 한국은행. pp. 16~41.
- 지식경제부. 2009. 「신·재생에너지이용 발전전력의 기준가격 지침」. 지식경제부 고시 제2009-207호.
- 최인방, 조인우, 정준우, 오다운. 2016. 「최근의 미국 셰일오일 공급여건 점검」. 『해외경제 포커스』(제2016- 25호). 한국은행. pp.1~17.
- 한국개발연구원, 한국개발연구원, 산업연구원, 금융연구원, 에너지경제연구원, 대외경제정책연구원. 2015. 「유가 하락이 우리 경제에 미치는 영향 분석」. 보도자료(1월 7일).
- 한국석유공사. 2014. 『석유산업의 이해』. 한국석유공사 석유정보센터.
- 한국에너지관리공단(2016).
- 한국은행. 2016. 『경제전망보고서』. 2016. 1. 한국은행.

함준호. 2001. 「소득의 불확실성과 내구재 소비」. 『경제분석』 제7권 제3호.  
한국은행. pp. 104~133.

[영문자료]

Backus, D. K. and M. J. Crucini. 2000. “Oil Prices and the Terms of Trade.” *Journal of International Economics* 50(1). pp. 185-213.

Barsky, R. B. and L. Kilian. 2002. “Do We Really Know that Oil Caused the Great Stagflation? A Monetary Alternative” in *NBER Macroeconomics Annual 2001*. Vol. 16. MIT Press. pp. 137-183.

BNEF. 2017. *New Energy Outlook 2017*.

Bodenstein, M., C. J. Erceg, and L. Guerrieri. 2011. “Oil Shocks and External Adjustment” *Journal of International Economics* 83(2). pp. 168-184.

BP. 2016. *Statistical Review of World Energy 2017*.

Caldara, D., M. Cavallo, and M. Iacoviello. 2016. “Oil Price Elasticities and Oil Price Fluctuations.” *International Finance Discussion Papers* 1173. Federal Reserve Board of Governors.

California ISO. 2016. “What the Duck Curve Tells Us about Managing a Green Grid” Fast Facts.

Dhawan, R. and K. Jeske. 2008. “Energy Price Shocks and the Macroeconomy: The Role of Consumer Durables.” *Journal of Money, Credit and Banking* 40(7). pp. 1357-1377.

Hamilton, J. D. 1983. “Oil and the macroeconomy since World War II”. *Journal of political economy*, 91(2). pp. 228-248.

Hamilton, J. 2003. “What is an Oil Shock?” *Journal of Econometrics* 113(2), pp. 363-398.

Huynh, B. T. 2016. “Energy Price Shocks and External Balances.” *Canadian Journal of Economics* 49(2). pp. 789-814.

- International Energy Agency. 2017a. “Renewables Information: Overview (2017 Edition).”
- \_\_\_\_\_. 2017b. “Key World Energy Statistics 2017.”
- Kilian, L. 2009. “Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market.” *American Economic Review* 99(3). pp. 1053-1069.
- Kilian, L., A. Rebucci, and N. Spatafora. 2009. “Oil Shocks and External Balances.” *Journal of International Economics* 77, pp. 181-194.
- Kim, I.-M. and P. Loungani. 1992. “The Role of Energy in Real Business Cycles.” *Journal of Monetary Economics* 29(2), pp. 173-189.
- Leduc, S. and K. Sill. 2007. “Monetary Policy, Oil Shocks, and TFP: Accounting for the Decline in US Volatility.” *Review of Economic Dynamics* 10. pp. 595-614.
- Medina, J. P. and C. Soto. 2005. “Oil shocks and monetary policy in an estimated DSGE model for a small open economy.” *Documento de Trabajo*, 353.
- Melek, N. C., M. Plante, and M. K. Yucel. 2017. “The U.S. Shale Oil Boom, The Oil Export Ban, and the Economy: A General Equilibrium Approach.” *NBER Working Paper* 23818.
- Nakov, A. and A. Pescatori. 2010. “Monetary Policy Trade-Offs with a Dominant Oil Producer” *Journal of Money, Credit and Banking* 41(1). pp. 90-100.
- REN21. 2016. “Renewables 2016 Global Status Report.”
- \_\_\_\_\_. 2017. “Renewables 2017 Global Status Report.”
- Rotemberg, J. J. and M. Woodford. 1996. “Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity.” *Journal of Money, Credit and Banking* 28(4). pp. 550-577.

Unalmis, D., I. Unalmis, D. F. Unsal. 2012. "On oil price shocks: the role of storage." *IMF Economic Review*, 60(4). pp. 505-532.

[온라인자료]

관세청 수출입 무역통계. <https://unipass.customs.go.kr:38030/ets/>(검색일: 2017. 10. 16)

대한석유협회. [www.petroleum.or.kr](http://www.petroleum.or.kr)(검색일: 2017.11.30.).

산업통상자원부. 정책브리핑: 에너지·자원 부문. [http://www.motie.go.kr/motie/py/brf/motiebriefing/motiebriefing10.do?brf\\_code\\_v=10#header](http://www.motie.go.kr/motie/py/brf/motiebriefing/motiebriefing10.do?brf_code_v=10#header)(검색일: 2017. 7. 15).

에너지경제연구원 에너지통계연보 DB. <http://www.kesis.net/main/main.jsp>(검색일: 2017. 5. 31).

전력거래소. <https://www.kpx.or.kr/>(검색일: 2017. 10. 1).

한국석유공사 페트로넷. <http://www.petronet.co.kr/>(검색일: 2017. 10. 1).

한국에너지공단 신재생에너지센터. <http://www.knrec.or.kr/main/main.aspx>(검색일: 2017. 7. 15).

Bloomerg DB(검색일: 2017. 8. 2, 2017. 8. 31).

British Petroleum 세계에너지통계(2017)(검색일: 2017. 8. 11).

EIA. <https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/?tbl=T11.01B#/?f=M>(검색일: 2017. 8. 2).

EIA. [https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=R1300\\_\\_\\_3&f=M](https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=R1300___3&f=M)(검색일: 2017. 8. 2).

Kilian 홈페이지. <http://www-personal.umich.edu/~lkilian/paperlinks.html>(검색일: 2017. 8. 2).

U.S. EIA. <https://www.eia.gov/>(검색일: 2017. 8. 11).

World Development Indicators. <http://databank.worldbank.org/data/>(검색일: 2017. 8. 18).

## Executive Summary

# Changes in International Energy Market and Their Impact on the Korean Economy

AN Sungbae, KIM Kihwan, KIM Subin, LEE Jinhee, and HAN Minsoo

Importance of energy becomes more pronounced as an economy progresses. Energy is essential for firms with running capital and for households with durable consumption. Oil prices plummeted around 2014; resource-rich countries, such as Russia and Brazil, faced challenges amidst gradual recovery from the global financial crisis; traditional oil exporting countries such as Saudi Arabia and Venezuela which have expanded their welfare program with revenues ended up with deteriorating fiscal soundness. From the both side of supply and demand the impact of energy on an economy is immense, and therefore, it is important for a policy maker to understand turmoils in related markets and to make timely and relevant responses. A series of empirical researches including Kilian(2009) point out that oil price shocks are originated from multiple sources and that macroeconomic impact can vary according to the source of a shock. As a consequence, decomposition of oil price shock and relevant policy response based on correctly identified source are sought

after.

Korea, often called an energy island, entirely depends its energy supply to external sectors, and a foremost goal of energy policy has been to secure stable energy suppliers. Another characteristic of Korea related to energy sector is to have a large portion of refinery and petrochemical industry. In this regard, impacts through these industries should also be counted when analyzing macroeconomic effects, largely on exports and imports, of oil price shocks.

Still another important changes in international energy market is focused on renewable energy. Fossil fuels, such as coals and oil, are considered responsible for greenhouse gases whose control has been materialized as the Paris agreement in 2015. The nuclear power is once considered a clean and cheap alternative, but the stability and safety is questioned after the 2011 Tohoku earthquake in Japan. More attention is now paid on the efficient use of renewable energy, and technological advances in related sectors take places. Policy considerations are requested to offer proper incentives for renewable energy suppliers.

This research aims to grasp the changes in international energy market and their impact on the Korean economy, especially on external sectors including exports and imports. Chapter 2 reviews international and domestic oil markets and renewable energy markets. It investigates factors that affect demand and supply of energy, and also introduces policy efforts of major economies for enhancing renewable energy supply.

Chapter 3 applies Kilian(2009)'s approach to the Korean economy

focusing on the external sector. The source of oil shocks are decomposed into three factors: oil supply shock, aggregate demand shock, and oil-specific demand shock. The result shows a similar pattern can be found with the Korean time-series data.

In Chapter 4 an open economy DSGE model is developed, which extends Huynh(2016) with an augmentation with upstream and downstream sector in energy industry. While the upstream sector like crude oil extraction does not reconcile with the current situation of Korean industrial structure, the downstream sector including refinery and petrochemical industry plays important role in the Korean economy, specially exports and imports. The model replicate the empirical results in Chapter 3 and it can be further used for policy simulations.

Chapter 5 introduces the renewable portfolio system (RPS) of Korea, which requires a minimum proportion of electricity generation for a large operator to be delivered from renewable sources. The requirement can be fulfilled by the renewable energy certificates (RECs) purchasable from small and independent renewable energy providers. Expected cost under a current policy goal is calculated. However, a macroeconomic impact under the DSGE model is not presented due to the limitation of the model and further study is needed.

Chapter 6 presents policy implications and concludes.

# KIEP 연구보고서 발간자료 목록

- 2017년
  - 17-01 대ASEAN FDI 결정요인의 특징과 정책적 시사점 / 정형곤·방호경·이보람·백중훈
  - 17-02 중동지역의 전력산업 정책과 국내기업 진출 확대방안 / 이권형·손성현·장윤희·유광호
  - 17-03 중국의 일대일로 전략 평가와 한국의 대응방안 / 이승신·이현태·현상백·나수엽·김영선·조고운·오윤미
  - 17-04 한국 중소기업의 동남아 주요국 투자실태에 대한 평가와 정책 시사점 / 광성일·김재완·김재국·신민이
  - 17-05 부패 방지의 국제적 논의와 무역비용 개선의 경제적 효과 / 김상겸·박순찬·강민지
  - 17-06 북한의 무역과 산업정책의 연관성 분석 / 최장호·임수호·이석기·최유정·임소정
  - 17-07 주요국의 4차 산업혁명과 한국의 성장전략: 미국, 독일, 일본을 중심으로 / 김규관·이형근·김종혁·권혁주
  - 17-08 세계 무역둔화의 구조적 요인 분석과 정책 시사점 / 최낙균·강준구·이홍식·한치록
  - 17-09 환율변화가 한국기업에 미치는 영향분석과 정책적 시사점: 기업데이터 분석을 중심으로 / 윤덕룡·김효상
  - 17-10 남미공동시장(MERCOSUR)의 경제환경 변화와 한-MERCOSUR 기업간 협력 활성화 방안 / 권기수·김진오·박미숙·김효은
  - 17-11 국제금융시장 통합이 한국 통화정책과 장기금리에 미치는 영향 및 정책 시사점 / 김경훈·김소영·강은정·양다영
  - 17-12 원산지 누적 조항의 무역비용 추정과 경제적 효과 / 정 철·박순찬·박인원·김민성·곽소영·정민철
  - 17-13 아프리카 소비시장 특성 분석과 산업단지를 통한 진출방안 / 박영호·정재욱·김예진
  - 17-14 미국 신정부 통상정책 방향 및 시사점: 미·중 관계를 중심으로 / 윤여준·김종혁·권혁주·김원기

- 17-15 한·유라시아경제연합(EAEU) 산업협력 증진방안 / 박정호·염동호·강부균·민지영·윤지현
- 17-16 ODA 성과평가 개선방안과 정책과제: 영향력평가를 중심으로 / 허윤선·정지선·이주영·유애라·윤상철·이종욱
- 17-17 인도 제조업의 세부 업종별 특성 분석을 통한 한·인도 협력방안 / 이 웅·배찬권·이정미
- 17-18 수출이 국내 고용에 미치는 영향 / 황운중·이수영·김혁황·강영호
- 17-19 디지털상거래가 무역과 고용에 미치는 영향 / 이규엽·배찬권·이수영·박지현·유세별
- 17-20 북한 외화획득사업 운영 메커니즘 분석: 광물부문(무연탄·철광석)을 중심으로 / 임수호·양문수·이정균
- 17-21 뉴노멀 시대 중국의 지역별 혁신전략과 한국의 대응방안 / 정지현·이상훈·오종혁·박진희·이하나·노수연
- 17-22 대외개방이 국내 분배구조에 미치는 영향 / 김영귀·남시훈·김혜윤·김낙년
- 17-23 중국의 제조업 발전 현황과 한국의 대응방안 / 이현태·최장호·최혜린·김영선·오윤미·이준구
- 17-24 신보호무역주의하에서의 비관세조치 현황과 영향에 관한 연구: UNCTAD 비관세조치 분류체계를 중심으로 / 조문희·김종덕·박혜리·정민철
- 17-25 글로벌 통상환경 변화와 일본의 통상정책 / 김규판·이형근·이정은·김재국
- 17-26 아시아 주요국의 4차 산업혁명 추진전략과 협력방안: 중국, 인도, 싱가포르를 중심으로 / 조충제·정재완·송영철·오종혁
- 17-27 국제 에너지시장 구조변화의 거시경제효과 분석 / 안성배·김기환·김수빈·이진희·한민수
- 17-28 브렉시트 이후 EU 체제의 전망과 정책 시사점 / 조동희·이철원·오테현·이현진·임유진
- 17-29 한·중·일의 서비스 무역 규제분석 및 정책적 시사점 / 최보영·이보람·이서영·백종훈·방호경
- 17-30 대중국 서비스무역 활성화 방안: 주요 업종별·지역별 분석 / 이상훈·정지현·김홍원·박진희·이하나·최지원·김주혜·최재희

■ 2016년

- 17-31 온실가스 감축을 위한 국제사회의 탄소가격제 도입과 경제영향 분석 / 문진영·한민수·송지혜·김은미
- 17-32 투자주도 성장정책의 이론과 정책의 국제비교 / 표학길
- 16-01 뉴노멀 시대 중소기업의 대외경쟁력 제고를 위한 정책과제 연구: 한국과 대만을 중심으로 / 이승신·이현태·나수엽·조고운·오윤미·이준구
- 16-02 수출기업의 금융구조와 수출 간의 관계에 관한 연구 / 김경훈·최혜린·강은정
- 16-03 고령화시대 주요국 금융시장 구조변화 분석과 정책적 시사점 / 윤덕룡·이동은
- 16-04 글로벌 통상환경의 변화와 포스트 나이로비 다자통상정책 방향 / 서진교·이효영·박지현·이준원·김도희
- 16-05 서비스분야 규제완화가 외국인직접투자에 미치는 영향: STRI를 중심으로 / 김종덕·조문희·염준현·정민철
- 16-06 한국의 수입구조 결정요인과 기업분포에 미치는 영향 / 김영귀·박혜리·금혜윤·이승래
- 16-07 남북한 CEPA 체결의 중장기 효과분석 및 추진 방안 연구 / 임수호·최장호·이효영·최지영·최유정
- 16-08 북한 주변국의 대북제재와 무역대체 효과 / 최장호·임수호·이정균·임소정
- 16-09 중국 주도의 신금융질서 태동과 한국의 대응방향 / 임호열·이현태·김홍원·김준영·오윤미·최필수
- 16-10 아베노믹스 성장전략의 이행 성과와 과제 / 김규판·이형근·김승현·이정은
- 16-11 한·아세안 기업간 지역생산 네트워크 구축전략 / 광성일·정재완·김제국·신민이·라미령
- 16-12 인도의 산업정책과 기업특성 분석: 기업 규모, 이윤, 비용, 생산성을 중심으로 / 이 용·배찬권·이정미·신세린·김신주
- 16-13 SDGs 도입 이후 개도국 협력전략과 대응과제: 무역과 기후변화의 정책 일관성을 중심으로 / 권 율·정지원·허운선·정지선·이주영
- 16-14 신기후체제하에서의 국제 탄소시장 활용방안 / 문진영·정지원·송지혜·이성희

- 16-15 디지털경제의 진전과 산업혁신정책의 과제: 주요국 사례를 중심으로 /  
김정곤 · 나승권 · 장종문 · 이성희 · 노수연
- 16-16 미국 경제구조 변화에 따른 성장 지속가능성 점검 및 시사점 /  
김원기 · 윤여준 · 천소라 · 김종혁 · 권혁주
- 16-17 브렉시트의 경제적 영향 분석과 한국의 대응전략 / 김홍중 외
- 16-18 신통상정책에 나타난 EU의 FTA 추진전략과 시사점 /  
김홍중 · 이철원 · 이현진 · 양효은 · 강유덕
- 16-19 중앙아 주요국의 경제발전 전략과 경험 확대방안 /  
박정호 · 강부균 · 민지영 · 윤지현 · 권가원 · 예브게니 홍
- 16-20 민관협력사업(PPP)을 활용한 중남미 인프라 · 플랜트시장 진출  
확대방안 / 권기수 · 김진오 · 박미숙 · 이시은
- 16-21 국제유가 하락과 한 · 중동 협력방안: GCC 산유국을 중심으로 /  
이권형 · 손성현 · 장윤희 · 유광호
- 16-22 아프리카 도시화 특성 분석과 인프라 협력방안 /  
박영호 · 방호경 · 정재완 · 김예진 · 이보안

■ 2015년

- 15-01 북한무역의 변동요인과 북한경제에 미치는 영향 /  
임호열 · 최장호 · 방호경 · 임소정 · 김준영 · 주첸핑 · 진화림 · 정은이
- 15-02 국제금융시장 변동성 증대에 대응한 거시건전성정책 연구 /  
강태수 · 임태훈 · 서현덕 · 강은정
- 15-03 외국인직접투자가 국내 산업구조와 노동시장에 미치는 영향 /  
최혜린 · 한민수 · 황운중 · 김수빈
- 15-04 주요국의 위안화 허브전략 분석 및 한국의 대응방안 /  
한민수 · 서봉규 · 임태훈 · 강은정 · 김영선
- 15-05 글로벌 가치사슬에서 수출부가가치의 결정요인 분석과 정책 시사점 /  
최낙균 · 박순찬
- 15-06 주요국의 서비스 개방수준 차이가 무역에 미치는 영향 /  
김종덕 · 성한경
- 15-07 국내 제조업 생산성의 결정요인과 수출 간의 관계에 대한 분석 /  
배찬권 · 김영귀 · 금혜윤
- 15-08 외국인직접투자의 유형별 결정요인 분석 /  
이승래 · 강준구 · 김혁황 · 박지현 · 이준원 · 이주미
- 15-09 중국 서비스시장 개방전략의 변화와 시사점: 상하이 자유무역시험구의  
사례를 중심으로 / 노수연 · 오종혁 · 박진희 · 이한나

- 15-10 중국의 소비 주도형 성장전략 평가 /  
이장규 · 김부용 · 최필수 · 나수엽 · 김영선 · 조고운 · 이효진
- 15-11 중국 환경시장의 분야별 특징 및 지역별 협력방안 /  
정지현 · 김홍원 · 이승은 · 최지원
- 15-12 한 · 중 · 일의 비관세장벽 완화를 위한 3국 협력방안: 규제적  
조치를 중심으로 / 최보영 · 방호경 · 이보람 · 유새별
- 15-13 북 · 중 분업체계 분석과 대북 경제협력에 대한 시사점 /  
최장호 · 김준영 · 임소정 · 최유정
- 15-14 저성장시대 일본 정부의 규제개혁에 관한 연구 /  
김규판 · 이형근 · 이신애
- 15-15 인도 모디(Modi) 정부의 경제개발정책과 한 · 인도 협력방안 /  
조충제 · 송영철 · 이정미
- 15-16 기후변화 대응을 위한 국제사회의 지원체제 비교 연구 /  
정지원 · 문진영 · 권 울 · 이주영 · 송지혜
- 15-17 아세안 경제통합과 역내 무역투자 구조의 변화 분석 및 시사점 /  
곽성일 · 이창수 · 정재완 · 이재호 · 김제국
- 15-18 국제 디지털 상거래의 주요 쟁점과 한국의 대응방안 /  
김정곤 · 나승권 · 장종문 · 이성희 · 이민영
- 15-19 동남아 도시화에 따른 한 · 동남아 경제협력 전망 /  
오운아 · 나희량 · 이재호 · 신민금 · 신민이
- 15-20 아프리카 민간부문개발(PSD) 현황 및 한국의 지원방안 /  
박영호 · 정지선 · 박현주 · 김예진
- 15-21 저성장시대의 고용확대 정책: 유럽 주요국의 사례 및 실증분석을  
중심으로 / 강유덕 · 이철원 · 오태현 · 이현진 · 김준엽
- 15-22 남미 주요국의 산업정책과 한국의 산업협력 확대방안 /  
권기수 · 김진오 · 박미숙 · 이시은
- 15-23 미국 통화정책 정상화에 따른 출구전략 효과 및 시사점 /  
윤여준 · 이 용 · 문성만 · 권혁주
- 15-24 GCC 국가들의 물류허브 구축전략과 한국의 협력방안: 사우디아라비아와  
UAE를 중심으로 / 이권형 · 손성현 · 박재은 · 장윤희
- 15-25 러시아의 '경제현대화' 정책과 한 · 러 협력방안 /  
제성훈 · 강부균 · 민지영

---

## 안성배(安成培)

서울대학교 경제학 학사 및 석사  
미국 University of Pennsylvania 경제학 박사  
Singapore Management University 경제학과 조교수  
대외경제정책연구원 국제거시팀장  
(現, E-mail: sungbae@kiep.go.kr)

### 저서 및 논문

“Bayesian Analysis of DSGE Models” (공저, 2007, *Econometric Reviews*)  
“Can A Representative Agent Model Represent A Heterogeneous Agent Economy?” (공저, 2009, *American Economic Journal: Macroeconomics*)

---

## 김기환(金起煥)

미국 Rutgers University 경제학 박사  
에너지경제연구원 신재생에너지연구실 부연구위원  
(現, E-mail: kkihwan@keei.re.kr)

### 저서 및 논문

“Diffusion Index Model Specification and Estimation Using Mixed Frequency Datasets” (공저, 2013, *Recent Advances in Estimating Nonlinear Models*)  
『예측 결합과 밀도함수를 이용한 단기전력수요 예측』(발간예정, 에너지경제연구원 기본연구보고서)

---

## 김수빈(金秀彬)

연세대학교 경제학 학사  
연세대학교 일반대학원 경제학 석사  
대외경제정책연구원 국제거시금융본부 국제거시팀 전문연구원  
(現, E-mail: sbkim@kiep.go.kr)

### 저서 및 논문

*Why Did Korean Domestic Demand Slow Down after the Asian Financial Crisis?* (공저, 2015)  
*Implications of Global Recession and Structural Changes for Korean Economy* (공저, 2016) 외

---

## 이진희(李珍熙)

홍익대학교 경제학 학사

고려대학교 일반대학원 경제학 석사

대외경제정책연구원 국제거시금융본부 국제거시팀 연구원

(現, E-mail: jinhee@kiep.go.kr)

저서 및 논문

「한국경제 변수에 대한 자기회귀 및 벡터자기회귀 모형의 예측성과 비교」 (공저, 『經濟分析』 2014).

*Implications of Global Recession and Structural Changes for Korean Economy* (공저, 2016)

---

## 한민수(韓敏洙)

고려대학교 경제학 학사 및 석사

미국 Penn State University 경제학 박사

대외경제정책연구원 국제거시금융본부 부연구위원

(現, E-mail: mshan@kiep.go.kr)

저서 및 논문

*Implications of Global Recession and Structural Changes for Korean Economy* (공저, 2016)

『브렉시트의 경제적 영향 분석과 한국의 대응전략』 (공저, 2016) 외

## KIEP 발간자료회원제 안내

- 본 연구원에서는 본원의 연구성과에 관심있는 전문가, 기업 및 일반에 보다 개방적이고 효율적으로 연구 내용을 전달하기 위하여 「발간자료회원제」를 실시하고 있습니다.
- 발간자료회원으로 가입하시면 본 연구원에서 발간하는 모든 보고서를 대폭 할인된 가격으로 신속하게 구입하실 수 있습니다.
- 회원 종류 및 연회비

회원종류	배포자료	연간회비		
		기관회원	개인회원	연구자회원*
S	외부배포 발간물 일체	30만원	20만원	10만원
		8만원		4만원
A	East Asian Economic Review	8만원		4만원

\* 연구자 회원: 교수, 연구원, 학생, 전문가물 회원

### ■ 가입방법

우편 또는 FAX 이용하여 가입신청서 송부 (수시접수)  
30147 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 경제정책동  
대외경제정책연구원 지식정보실 학술출판팀  
연회비 납부 문의전화: 044) 414-1179 FAX: 044) 414-1144  
E-mail: sklee@kiep.go.kr

### ■ 회원특전 및 유효기간

- S기관회원의 특전: 본 연구원 해외사무소(美 KEI) 발간자료 등 제공
- 자료가 출판되는 즉시 우편으로 회원에게 보급됩니다.
- 모든 회원은 회원가입기간 동안 가격인상에 관계없이 신청하신 종류의 자료를 받아보실 수 있습니다.
- 본 연구원이 주최하는 국제세미나 및 정책토론회에 무료로 참여하실 수 있습니다.
- 연회원기간은 加入月로부터 다음해 加入月까지입니다.

## KIEP 발간자료회원제 가입신청서

기관명 (성명)	(한글)	(한문)
	(영문: 약호 포함)	
대표자		
발간물 수령주소	우편번호	
담당자 연락처	전화 FAX	E-mail :
회원소개 (간략히)		
사업자 등록번호	종목	

회원분류 (해당난에 ✓ 표시를 하여 주십시오)

	S	A
기 관 회 원 <input type="checkbox"/>	발간물일체	계간지
개 인 회 원 <input type="checkbox"/>		
연 구 자 회 원 <input type="checkbox"/>		

\* 회원번호

\* 갱신통보사항

(\* 는 기재하지 마십시오)

특기사항



## Changes in International Energy Market and Their Impact on the Korean Economy

AN Sungbae, KIM Kihwan, KIM Subin, LEE Jinhee, and HAN Minsoo

본 연구에서는 석유시장과 신재생에너지 시장의 동향을 파악하고 주요국의 에너지정책 변화에 대하여 살펴봄으로써, 국제 에너지시장의 변화 양상이 우리 경제의 에너지 수급에 영향을 미칠 수 있는 경로에 대해 알아본다. 통계적 분석을 통하여 유가 변동에 영향을 미치는 요인들을 식별하고 이들의 거시경제적 영향을 파악하는 한편, 에너지부문을 고려한 경제모형을 구축하여 각 요인의 전달 경로를 확인한다. 또한, 현재 우리나라에서 추진하고 있는 신재생에너지 공급의무화 제도와 이에 따른 정책 비용을 도출하며, 연구결과에 따른 정책적 시사점을 제시한다.



ISBN 978-89-322-1694-2 94320  
978-89-322-1072-8(세트)

정가 7,000원