

2010

여름호

ENERGY FOCUS

에너지 포커스

| 권두칼럼

- 그린에너지가 수출의 미래다

| 이슈진단

- 동북아 그린에너지 기술개발 전략 및 국제협력 방안

| 동향초점

- 국내외 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언
- 유틸리티산업의 여건변화와 시사점

| 논단

- 에너지절약전문기업 지원정책의 성과 분석
- 일본의 신재생에너지 산업정책과 국내 정책제언
- 지능형 전력망의 추진현황과 소비자 반응을 고려한 정책제언
- 저탄소 녹색도시 실현을 위한 대전시 기후변화대응 정책방향

| 원유시장

- 원유시장 동향



ENERGY FOCUS

KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE



ENERGY FOCUS

2010년 여름호

에너지 포커스

권두칼럼

- **그린에너지가 수출의 미래다** 3
에너지경제연구원 원장 김진우

이슈진단

- **동북아 그린에너지 기술개발 전략 및 국제협력 방안**..... 4
에너지경제연구원 명예연구위원 김진오

동향초점

- **국내의 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언** 21
에너지경제연구원 책임연구원 심성희
- **유틸리티산업의 여건변화와 시사점** 40
삼성경제연구소 수석연구원 이성호

논 단

- **에너지절약전문기업 지원정책의 성과 분석**..... 50
에너지경제연구원 책임연구원 오인하
- **일본의 신재생에너지 산업정책과 국내 정책제언** 81
대외경제정책연구원 부연구위원 김규판
- **지능형 전력망의 추진현황과 소비자 반응을 고려한 정책제언** 103
에너지경제연구원 연구원 김광석
- **저탄소 녹색도시 실현을 위한 대전시 기후변화대응 정책방향** 123
대전발전연구원 책임연구위원 정환도

원유시장

- **원유시장 동향** 142
에너지경제연구원 연구원 노남진

그린에너지가 수출의 미래다

에너지경제연구원 원장 김진우



그간 정부는 저탄소 녹색성장을 주창한 이래 2년여 동안 숨차게 달려왔다. 경제적으로는 그린뉴딜 정책을 통해 미국발 금융위기에 효과적으로 대응했으며, 제도로는 저탄소 녹색성장 기본법을 시행해 온실가스 배출감축, 녹색인증 등 관련 규정을 마련하고, 범국가적 공감대 형성을 통해 미래의 실천 동력을 확보하고 있다.

현재 세계 그린에너지 시장은 에너지 및 환경위기에 대응하기 위해 급격한 확산추세를 보이고 있다. 유엔환경기구(UNEP)는 2008년 태양광, 풍력 등 신재생에너지시장을 1,550억달러로 추산했다. 최근 글로벌 경제위기로 확산속도가 다소 주춤했지만, 향후 5년 이내 신재생에너지 시장은 지금보다 2배 이상 증가할 전망이 지배적이다. 저탄소 전력원인 원전도 현재 세계적으로 총 438기가 가동되고 있는데 2030년까지 약 300기가 추가로 건설될 전망이다.

국내에서는 2008년의 경우 우리나라의 세계 신재생에너지시장 점유율이 1.8%에 지나지 않았다. 이것은 결코 주요 20개국(G20) 회원국이며 의장국인 우리나라의 위상과 어울리지 않는다. 우리는 반도체분야의 국제 일류기업이 있고, 조선 및 철강분야의 선두기업은 있으나 그린에너지분야에서 국제적 기업이 없는 실정이다.

이와 같이 세계 그린에너지 시장에서 우리나라의 점유도가 저조한 것은 그린에너지 기술수준이 상대적으로 낮기 때문이다. 따라서 그린에너지 수출을 통한 저탄소 녹색성장을 선도하기 위해서는 선진국을 능가하는 기술을 개발하는데 모든 역량을 쏟아야 한다.

그러면 어떻게 빠른 시간 내에 기술경쟁력을 확보할 수 있을까. 우선 전략적 집중화를 통해 신소재 등 핵심기술을 개발해 태양광 및 풍력의 발전효율을 획기적으로 높여야 한다. 예를 들면, 선진국과 기술격차가 적은 차세대 대용량 해상풍력 발전시스템을 개발함으로써 풍력 선도국으로 도약할 수 있다. 아울러 제주도를 기술적, 제도적으로 스마트그리드의 세계적 시범도시로 자리매김하여 국제 표준을 설정하는 국가로 발돋움해야 한다.

특히 민간자본의 그린에너지 산업유입을 촉진할 수 있도록 녹색금융업계의 적극적인 참여가 필요하다. 아울러 원전수출 전문 지주회사를 육성해 아레바 등 국제적 벤더(vender)와 경쟁할 수 있는 중장기적 기반을 갖춰야 한다. 뿐만 아니라 이미 정보기술(IT) 인프라를 잘 갖추고 있고, 배터리 등 전력저장장치와 특정 중전기분야에서 우수한 기술력을 보유해 스마트그리드 강국이 될 잠재력은 충분하다.

우리는 원천기술 부족과 열악한 여건에서도 단시간 내에 선진국들을 추월하여 반도체 수출강국이 됐다. 그린에너지 수출 분야에서도 우리 국민의 이러한 저력을 보여주어야 할 때이다.



동북아 그린에너지 기술개발 전략 및 국제협력 방안



김진오

에너지경제연구원 명예연구위원

1. 서론

세계 주요 국가들은 화석연료 위주의 에너지정책에서 녹색기술개발 및 녹색산업육성을 통해 지속가능한 성장을 추구하는 새로운 정책패러다임을 채택하기 시작하였다. 우리나라도 저탄소 녹색성장이라는 새로운 경제성장전략 틀을 마련하고 산업육성정책을 펴나가고 있다.

동북아 각국은 자국실정에 알맞고 비교우위가 있다고 판단되는 그린에너지기술에 특화 전략을 수립하고 있기 때문에 우리정부도 예외가 될 수는 없으며 동북아지역에서의 역내 국가 간 그린에너지기술 협력의 틀을 마련하는 것이 시급한 과제로 등장된다. 과거 동북아지역에서 경제공동체나 에너지공동체를 설립하려는 시도가 있었으나, 과거 역사적 갈등관계의 조정 기능 미흡, 정치적 이해관계의 갈등 등의 다양한 요인들의 존재와 이러한 지역 내 이해관계를 조정할 수 있는 정치적 지도력의 부재로 가시적 성과를 이루지 못했던 것이 사실이다.

이에 대해 우리나라는 주도적으로 동북아 국가 간 그린에너지기술 협력의 틀을 마련할 수 있는 지정학적 중심위치를 차지하고 있으며, 이를 적극 활용하여

동북아 에너지공동체 설립 여건을 조성하고 국내 그린에너지 산업의 국제경쟁력을 강화할 수 있는 체계를 갖추고 있다.

그린에너지기술 산업을 육성하기 위해서는 먼저 국제시장 접근성의 강화가 필요하며 다음으로 최근 각국이 적극적으로 추진 중인 그린에너지기술 육성정책과 동북아 역내 국가 간의 에너지수급 측면에서의 보완성, 다양한 경제발전단계에 따른 기술적 보완관계 등을 적극적으로 활용할 필요가 있다. 그렇게 하여 동북아지역 시장접근성을 개선하고 역내 에너지공동체에 접근할 수 있는 계기를 마련하는 자세가 무엇보다 시급히 요구된다.

동북아 에너지공동체 형성을 촉진하는 방안 중 하나로 그린에너지 기술분야에서 공동연구기금을 마련하여 공동연구를 수행하는 상생전략을 모색하고, 연구기금배분 및 국가별 연구주체의 할당, 역내 그린에너지기술 보급사업과 같은 다양한 형태의 협력활성화 방안도 거론되어야 한다. 그리고 그린에너지기술부분의 동북아 국가 간 협력방안과 함께 유망 그린에너지 기술의 선정 및 수출산업화 방안까지 제시되어야 하겠다.

본고는 동북아 각국의 그린에너지시장동향을 살펴



보고 기술부문의 동북아 국가 간 협력방안과 유망 그린에너지기술의 선정 및 수출산업화 방안을 제시함에 목적이 있다.

50년 기간을 대상으로 전반적인 기술체계 및 기술시스템 연구개발전략을 수립하고 기술개발 및 시장선점을 위한 경쟁을 가속화하고 있다.

2. 세계 그린에너지 정책동향

환경문제와 에너지위기로 인해 저탄소사회의 달성이 세계적 에너지, 환경 정책의 추세이며, 주요국들은 이미 중단기적으로는 향후 20년, 장기적으로는 향후

가. 그린에너지 관련된 그린 뉴딜과 저탄소 녹색 기술 지원정책

최근 우리나라도 환경문제의 해결과 한국경제의 신성장동력을 제공하는 녹색성장정책을 미래의 주요

〈표 1〉 국가별 그린뉴딜 규모

Green new deals: climate change investment themes in 2008 stimulus packages, \$bn										
Country stimulus package		Total	Low-carbon power	Energy efficiency, R&D, modal shift	Waste, water treatment, pollution control	Green Investments %	Other Infra structure	Period	Status	Total green spend
Chile	Anti-crisis stimulus package	4.0	-	-	-	-	0.7	2009	pending	-
China	NDRC stimulus package	581.2	-	147.6	50.9	34	238.9	2009-10	passed	198.5
EU	Recovery Plan	253.6	19.0	15.5	-	14	8.0	2009-10	passed	34.5
France	Revival Plan	32.9	0.8	2.0	-	8	18.7	2009-10	pending	2.8
Germany	stimulus Plan	63.4	-	11.8	-	19	-	2009-10	pending	11.8
India	stimulus package	6.8	-	-	-	-	2.0	2009	passed	-
Israel	stimulus Plan	5.0	-	0.1	-	2	2.3	2010 on	passed	0.1
Italy	Emergency package	101.4	-	1.2	-	1	-	2009 on	passed	1.2
Japan	stimulus package	476.0	-	11.0	-	2	2.2	2009 on	pending	11.0
Poland	stimulus package	30.0	-	-	-	-	-	2009 on	pending	-
S Korea	Green new deal	38.1	-	8.5	17.8	69	-	2009-12	passed	26.3
Spain	stimulus package	13.9	0.8	0.6	-	10	11.2	2009	passed	1.4
Thailand	stimulus package	8.7	-	-	-	-	-	2009	pending	-
UK	Pre-budget report 2008	29.7	0.6	1.4	-	7	26.5	2009	pending	2.0
US	Economic Stabilisation Act	700.0	12.0	1.7	-	2	0.9	Next 10yrs	passed	
	Economic stimulus package	825.0	10.4	85.9	32.3	16	9.2	2009-10	pending	142.3
Total		3,170.0	43.5	287.4	101.0	14	321.5	2-10 yrs		431.9

Source: HSBC, As of 19 January 2009



〈표 2〉 세계 저탄소, 환경제품 및 서비스산업 시장규모

Country	Market value(£bn)	global total(%)
United States	629	20.6
China	411	13.5
Japan	191	6.3
India	191	6.3
Germany	128	4.2
United Kingdom	107	3.5
France	93	3.0

자료: 에너지경제연구원, 동북아 각국의 그린에너지 시장 및 국제협력현황 · 전망, 2009

경제 및 환경정책으로 발표한 바 있다.

지속가능성장을 위해서는 자원절약적 환경정책에 의해 촉진되는 기술혁신과 효율적인 생산공정의 도입, 신소재의 개발 및 활용 그리고 생산제품의 품질 및 효율 개선이 중요하다.

최근 국제금융위기 발생이후 각국 정부는 자국의 그린에너지산업의 육성을 통한 경기회복을 위해 노력하고 있다. 발표된 자료를 근거로 추산된 세계 주요국의 금융위기 극복을 위한 추가적인 경기부양 재정지출규모는 US\$ 3조가 넘는 것으로 나타난다. 국가별로 미국이 US\$ 1.525조, 중국이 US\$ 5,812억, 일본이 US\$ 4,760억, EU가 US\$ 2,536억에 달하며, 우리나라도 금융위기 극복을 위한 추가적인 재정지출예산 US\$ 381억을 할당하고 있다. 이 중 그린뉴딜 지출규모는 중국이 US\$ 1,985억, EU가 US\$ 345억, 한국이 US\$ 263억이나 총 경기부양 재정지출 중 그린뉴딜에 할당된 금액이 차지하는 비중 기준으로는 한국이 69%로 가장 높으며, 이어 중국 34%, 독일 19%의 순서이다.

그린뉴딜을 추진하는 주요 원인 중의 하나는 환경문제의 해결과 청정에너지의 공급확대를 통한 에너지 공급원의 다양성 확보라는 측면 이외에도 신재생에너지/그린에너지산업의 고용효과가 기존 산업보다 크기 때문이다.

다른 한편, 저탄소 및 환경 관련 제품 및 서비스(Low Carbon and Environmental Goods and Services, LCEGS)의 전 세계 시장규모는 2008년 현재 약 3조 파운드에 달하는 것으로 추정되며, 2015년까지 4조 3,000억 파운드 규모로 증가할 것이 예상된다. Innovas(2009) 보고서에 의하면 2007/8 회계년도 중 LCEGS 부문의 지역별 세계시장규모는 아시아지역이 38%, 유럽 27%, 미주 30%의 비중을 차지한다. 산업부문별로는 전통적인 환경산업이 21.6%(£6,570억 파운드), 신재생에너지 £9,400억, 저탄소부문이 £1조 4,490억 (47.5%)를 차지한다. 개별 사업부문별로는 대체연료부문이 전체의 18.5%(ELC), 건물기술이 12.8%(ELC), 풍력발전 11.5%(renewable), 운송용 대체연료 11.2%(ELC)



〈표 3〉 그린에너지 기술의 분류

구 분	주요기술
신재생에너지	태양광, 풍력, 수소연료전지, IGCC(석탄가스화 복합발전) 등
화석연료청정화	CTL(석탄액화) 및 GTL(가스액화), CCS(CO ₂ 포집, 저장) 등
효율향상	LED, 전력IT, 에너지저장, 소형열병합, 히트펌프, 초전도 등
온실가스 저감	BEMS(건물에너지관리시스템), ITS(지능형 교통시스템), 폐열회수, CHP, 원자력

자료: 에너지경제연구원, 동북아 각국의 그린에너지 시장 및 국제협력현황 · 전망, 2009

를 차지한다.

나. 그린에너지기술의 분류

녹색기술에 대한 정의는 다양하며 일반적으로 협의의 전통적인 환경산업 및 서비스 뿐 아니라 넓은 의미로 환경 및 자원의 지속가능성의 측면을 포괄하는 개념으로 보기도 한다.

Innovas(2009)는 저탄소, 친환경제품 및 서비스 부문(Low Carbon and Environmental Goods and Services(LCEGS))을 보다 광의의 가치 및 공급사슬을 포함하는 활동으로 정의할 것을 제안한다. 저탄소 및 환경 관련 제품 및 서비스(LCEGS)는 환경 부문, 재생에너지부문, 저탄소배출의 3부문에 구분할 수 있다.

위에서 본 바와 같이 녹색기술의 분류방식 및 개념 정의에 약간의 차이가 존재할 수 있다. 본고에서는 그린에너지기술을 온실가스배출을 감축하는 혁신적 에너지기술에 기반한 에너지이용기술로 정의하고 이를 신재생에너지기술, 화석연료 청정화기술, 에너지 효율향상기술, 그리고 온실가스 저감기술로 구분한다. 그 세부내용은 〈표 3〉과 같다

3. 동북아 그린에너지 기술개발 전략 및 산업 현황

동북아 국가들은 경제나 기술발전 단계가 다를 뿐 아니라 다양한 규모의 개발가능한 에너지 부존자원과 국내시장을 보유하고 있다. 동북아 국가 중 일본과 우리나라만 명시적으로 새로운 에너지 및 환경 전략으로서 그린에너지기술 육성전략을 발표한 바 있으나, 여타 동북아 국가들 역시 다양한 정책을 통해 그린에너지기술 육성 방침을 천명한 바 있다. 〈표 4〉에서 보는 바와 같이 미국의 경우 기후변화기술프로그램을 발표하고 민간합자로 18개 핵심기술을 개발하고 있다. EU는 전략에너지기술계획을 발표하고 14개 핵심기술에 착수한바있다. 일본은 Cool Earth를 발표하고 2050년까지 온실가스 배출량을 현수준에서 50% 감축하려는 의도를 갖고 21개 핵심기술을 선보이고 있다.

이에 대비하여 우리나라는 그린에너지 산업육성을 위한 전략로드맵을 발표하고 그린에너지기술을 통한 녹색성장을 기치로 내걸고 15개 핵심기술에 올인하기로 했다.

반면 중국, 몽골, 러시아는 각각 신재생에너지기술



〈표 4〉 주요 국가별 그린에너지 기술개발 전략

국 가	개발 전략
미 국	<ul style="list-style-type: none"> • CCTP(Climae Change Technology Program, 2006. 9) • 민관합자(Public-Private Partnership) • 18개 핵심기술
E U	<ul style="list-style-type: none"> • SET Plan(Strategic Energy technology Plan, 2007. 11) • 14개 핵심기술
일 본	<ul style="list-style-type: none"> • Cool Earth(Cool Earth-Innovative Energy Technology Program, 2008. 4) • 2050년 까지 온실가스배출 50% 감축 • 21개 핵심기술
한 국	<ul style="list-style-type: none"> • 그린에너지산업 육성을 위한 전략 로드맵 • 그린기술개발을 통한 녹색성장 • 15개 핵심기술
중 국	<ul style="list-style-type: none"> • 신에너지산업의 진흥계획(2009. 12) • 2020년 15%, 2030년 20%, 2050년 33%
몽 골	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 재생에너지 프로그램(2005) • 2010년 3~5%, 2020년 20~25%
러시아	<ul style="list-style-type: none"> • 국가혁신 신에너지 기술 개발계획(2009) • 재생에너지 전략생산 비중 : 2020년 4.5%

자료: 에너지경제연구원, 동북아 각국의 그린에너지 시장 및 국제협력현황 · 전망, 2009

개발 및 산업진흥계획을 발표하고 구체적인 신재생에너지 보급목표를 제시하고 있는 중에 있다.

이런 동북아 각국의 기술개발전략이 추진되자, 일본 독립행정법인 과학기술진흥기구 연구개발전략센터는 전 산업의 연구개발 및 기술현황에 대한 자료를 분석하여 한국 및 중국을 포함한 주요국 간의 지구온난화분야 기술개발현황과 추세를 〈표 5〉와 같이 비교하고 각국간의 비교우위분석을 시도하고 있다.

동 보고서의 비교우위성 분석에 의하면 세계 주요국들의 환경기술 중 제조업부문에서의 에너지절약기술은 일본이 거의 독보적인 수준이다. 일본의 비교우

위의 주요 원인은 발달한 기초과학 및 산업생산기술과 함께 일본의 에너지가격, 특히 산업용 전력요금이 비싸 에너지절약기술을 발전시키려는 동인이 되었다는 점을 극히 강조한다.

일본과학기술진흥기구의 평가에 의하면 산업부문을 제외한 모든 부문에서 한국과 일본의 기술수준에 상당히 차이가 있는 것으로 평가하고 있다. 한국과 중국 간에도 많은 기술부문에서 상당한 차이가 있는 것으로 평가되었으나, 신재생에너지 기술개발수준이나 산업기술력 측면에서는 양국 간에 큰 차이가 별로 없는 것으로 평가하고 있다.



4. 동북아 국가의 그린에너지 기술개발 전략 비교

동북아 국가들은 다양한 정책발표를 통해 자국이 중점 육성예정인 그린에너지기술과 이를 육성하기 위한 방안을 발표하고 있다. 본 연구에서는 동북아 국가들의 우선육성대상 그린에너지기술 현황과 국가별 그린에너지기술 산업발전전략을 비교 분석해 보기로 한다.

가. 한·중·일 3국의 그린에너지 특화기술 비교

앞장에서 요약된 한·중·일 3국의 그린에너지 산업 육성전략의 내용에 따르면 각 국가의 우선 육성대상 기술에 약간의 차이가 존재한다. 우선 3국 공통으로 특화하고자 하는 기술부문을 태양광, 수소연료전지, CCS, IGCC, 원자력, 그린카, 에너지저장, 청정연료, 건물효율, 전력IT를 들고 있다. 한·중 양국 간에 중복되는 중점육성대상 기술은 풍력발전기술 한가

지이다. 한·일 양국 간에 중복되는 중점육성대상 기술은 소재 제조 및 가공기술, 히트펌프, LED, 초전도체의 4가지로 파악된다. 중·일 양국 간에 중복되는 중점육성대상 기술은 바이오연료이다. 중국이 단독적으로 특화하려는 기술은 폐열회수, CHP발전기, 전기모터 효율향상 등 13개 기술부문에 파악되었으나 이 중 상당수가 한·일 양국에서는 이미 연구가 진행되거나 활용되고 있는 기술인 것으로 판단된다. 이 외에도 한국은 소형열병합발전기술, 일본은 지능형 교통시스템, 에너지 다소비산업 생산공정, 절전정보기기 등 부문의 기술을 독자적으로 개발하고자 하는 것으로 드러났다.

나. 동북아 국가별 그린에너지 기술개발 전략 비교

연구 결과 관측된 동북아 국가별 그린에너지기술 및 산업 현황과 주요 국내산업 육성전략은 다음과 같다.

〈표 6〉 한·중·일 3국의 그린에너지 특화기술 비교

분류		한·중·일 3국 특화기술 비교
3국 공통기술		태양광, 수소연료전지, CCS, IGCC, 원자력, 그린카, 에너지(전력)저장, 청정연료, 건물효율, 전력IT(스마트그리드 포함)(10)
2국 공통기술	한·중	풍력(1)
	한·일	히트펌프, LED, 초전도, 소재제조가공기술(4)
	중·일	바이오수송연료(1)
각국 단독기술	한	소형열병합(1)
	중	폐열회수, 다중연료이용기술, 유독가스 제거, 장비활용최적화, CHP발전기, 전기모터효율향상, 청정철도운송, 청정비행기, 송배전손실감축, 망접속, 지열, 파력, 청정석유(13)
	일	지능형 교통시스템, 에너지 다소비산업 프로세스, 절전정보기(3)

자료: 에너지경제연구원, 동북아 각국의 그린에너지 시장 및 국제협력현황·전망, 2009



1) 일본

일본은 이미 대부분의 녹색산업부문에서 지배적인 위치를 차지하고 있다. 일본기업들은 완제품뿐 아니라 핵심부품이나 소재의 생산 및 장비제작에 필요한 원천기술을 보유하고 있다. 일본 정부는 이미 선진국과 저개발국과 그린에너지기술 분야에서 연구개발 및 보급 협력사업을 활발하게 추진하고 있으며 주요 선진국과는 연구개발 협력사업, 그리고 저개발국과는 일본 제품의 보급사업에 치중하고 있다. 국제적인 협력이 요구되는 대형 연구사업이나 일본 내에서 추진하기 위한 여건이 조성되지 않은 부문을 제외하고는 일본의 전통적인 지역산업전략인 안행전략(Flying Geese Strategy)을 유지할 것으로 보인다. 일본 정부는 또한 과거의 정책경험을 통해 발전초기 단계의 그린에너지 산업을 육성하기 위해서는 안정적인 수요를 보장하는 수요견인정책이 필요하다는 점을 충분히 인식하여 최근 태양광부문에서 강력한 발전차액보전 제도를 도입하고 있다.

2) 중국

중국은 신재생에너지 산업분야별로 상이한 정책을 시행하여 왔다. 중국은 빠른 경제성장, 정부의 적극적인 신재생에너지부문 투자정책, 방대한 국내시장의 이점을 보유하고 있다. 중국정부의 외국인투자정책, 강력한 국내산업 육성정책과 활발한 외국 선진기업의 인수활동 등으로 중국의 그린에너지산업은 확대재생산의 선순환 경로를 밟는 중이다. 예를 들면, 풍력발전부문에서 중국기업들은 정부의 강력한 국내 산업보호정책 시행으로 국내시장에서 생산경험을 축

적한 후 고도의 원천기술을 보유한 해외기업의 인수 혹은 자체 연구개발을 통해 기술을 개발하여 최근 일부 중국기업들은 풍력터빈의 수출을 시작했다.

반면 태양광/열부문에서는 산업개발 초기에 저렴한 인건비를 활용하여 최종제품을 국내시장에 공급하고 대부분의 태양광패널 완제품을 수출하다가 자체 기술 개발 및 해외 기술보유기업 인수를 통해 최근 상류부문으로 사업영역을 확대하고 있다. 중국 정부는 최근 태양광부문에서 강력한 국내수요 견인정책을 발표한 바 있다.

중국의 리튬이온전지 생산업체인 BYD는 그 동안의 전지분야 기술축적을 바탕으로 세계 최초의 전기자동차 상용화 및 보급에 성공하였으며 성장과정에서 중국정부의 공공구매정책이 큰 역할을 하고 있다.

3) 러시아

러시아 정부는 ES-2030에서 신재생에너지 사용 비율을 점진적으로 확대하고 에너지원 다양화와 신성장동력산업 육성방안을 발표한바 있다. 동 계획에서 러시아 정부는 에너지효율 및 신재생에너지 기술을 포함한 그린에너지기술의 개발과 국산화를 위해 노력할 것이라는 점을 분명히 한다. 러시아는 정치적, 지리적, 전략적 이유로 대외협력 대상국가가 유럽지역에 치중되어 있으나 러시아의 신재생에너지 자원의 상당부분이 시베리아 및 극동지역에 위치해 있다는 점과 기술 및 경제협력선 다변화의 필요성, 향후 추진될 동북아 역내 에너지무역 확대의 가능성을 고려할 때 지구경제의 중심축으로 떠오르는 동북아시아 지역 국가와의 협력구조의 확립이 중요하다.



4) 한국

한국정부는 선진국의 에너지전략 프로그램, 업계 수요조사 및 전문가 평가 등을 거쳐 2008년 9월에 1차로 9개의 그린에너지기술 중점육성분야를 선정(에너지기술평가원, 2008.3~2008.7)하였으며, 이후 2009. 1월 민관 합동의 ‘그린에너지 전략 로드맵 추진위원회’에서 「그린에너지산업 육성을 위한 전략로드맵」작업을 완료하고 대상 범위를 확대하여 15개 기술분야를 그린에너지기술 중점 육성 사업으로 선정하고 전략로드맵을 확정했다. 동 로드맵은 산업계의 의견을 반영하여 그린에너지부문의 추가적인 신성장동력을 포함하는 그린에너지 15대 유망분야를 대상으로 전략품목 58개와 핵심기술 207개를 선정했다.

이를 통해 현재 분야별로 세계 최고 수준 대비 50~85%에 불과한 그린에너지 기술수준을 획기적으로 제고할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 현재 국내 에너지 관련 기업의 상당수(67.4%)는 단기 활용에 치중한 상용기술 개발에 집중하고 있는 실정이나, 이번 로드맵을 계기로 현재 개발중인 기술들을 체계화하여 2012년까지 선진국 수준에 근접시키고, IT, 조선, 가전 등 에너지 연관 산업에서 최고 수준의 경쟁력을 보유한 강점을 적극 활용하여 2030년까지 선진국을 넘어선다는 전략이다.

5) 비교평가로 나타난 시사점

동북아 4개국은 비교적 활발하게 다자 및 양자 간 그린에너지 기술 협력관계를 유지하고 있다. 특히 중국은 방대한 국내시장규모와 적극적인 정부정책에 의

해 그린테크놀로지 국제협력의 핵심축을 형성하고 있으며 이를 통해 그린에너지기술 연구협력의 최대 수혜국이 될 것으로 보인다. 한 국가의 기술력을 기초과학연구 기술력과 응용 및 가공부문의 기술력으로 구분해 볼 때 기술측면에서 우리와 가장 보완성이 큰 나라는 러시아이며 개발잠재력과 국내시장의 크기의 측면에서 우리기업의 시장접근성 강화가 가장 요구되는 국가는 중국과 러시아로 평가된다.

5. 동북아 그린에너지 기술의 필요성 및 국제협력 방안

가. 기술의 필요성

녹색성장이라는 정책목표의 실현을 위해서는 단기적 경제성과 위주의 경제/에너지정책에서 중장기적 비전을 가진 정책시행 방식으로의 이행이 필요하다. 산업발전 초기단계이며 대규모의 초기 투자를 요구하는 그린에너지산업을 육성하기 위해서는 기술개발과 함께 각 부문별로 적절한 수준의 국내시장규모와 세계시장에 대한 접근가능성이 요구된다.

이상적으로는 성공적인 연구개발활동을 통해 경쟁국보다 빠른 기술진보를 실현하여 국제시장 접근성을 강화할 필요가 있다. 그러나 단순한 기술개발 정책만으로는 산업육성이 성공적으로 이루어지기 어려우며 기술혁신 장려정책과 함께 국내외 시장에서의 수요권 인정책이 필요하다. 즉 학습효과가 큰 대부분의 유치산업은 대규모 국내시장이 있는 것이 국내산업육성의 측면에서 훨씬 유리하다.

실질적으로 시장접근성은 기술 및 산업발전의 정도,



상대국 정부의 국내산업 보호정책, 지적재산권 등 각종 제도적, 기술적 요인에 의해 제약된다. 현재 각국 정부가 시행중인 국내제품을 우대하는 공공구매정책 또한 국제시장진입의 어려움을 가중시키는 요인이다.

우리가 사용할 수 있는 최적 정책의 조합은 기업 및 국가연구기관의 연구개발 활동과 외국 일류기업의 인수합병을 통한 기술축적과 강력한 국내시장 보호정책이나, 협소한 국내 시장 규모와 이에 대한 보복효과까지 고려할 때 보호주의적 정책의 결과는 부정적이라고 할 수 있다. 따라서 외국의 기술보유기업의 인수합병을 통한 현지화로 기술장벽 및 지역보호주의의 장벽을 극복하는 것이 바람직하며, 국내보급사업 시 국내제품을 우대하는 정책의 시행, 그리고 역내외 개도국의 지원사업에 그린에너지기술부문의 비중을 확대하여(일본 NEDO의 경험 참조) 국내기업의 생산을 확대하고 이를 통해 학습효과 및 규모의 경제의 이익을 실현하여야 한다.

본고는 동북아 국가들의 그린에너지기술 개발현황과 협력가능방안을 모색하는 것을 목적으로 하고 있다. 이러한 점에서 지리적으로 인접할 뿐 아니라 기술 및 시장의 측면에서 보완성이 강한 동북아지역 내 그린에너지기술 연구개발 협력체의 창설은 우리기업에게 좋은 기회를 제공할 뿐 아니라 역내 국가 모두가 승자가 될 수 있는 기회를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 기술협력 방안

현재 각국 정부가 직면하고 있는 에너지 및 환경 문제를 해결하는 방식은 협력적 해결방식과(상기 내용에 대한 국제적 합의와 WTO 형태의 다자간 협력체

적극 활용), 비협력적 해결방식이 존재한다.

현재의 경제체제하에서는 사적 연구개발 결과에 대한 특허제도 등 제도적 요인으로 인해 협력적 해결방안이 전체적으로 확산될 가능성은 미약하다.

아직 발전 초기단계인 그린에너지기술부문은 일반적으로 장기간에 걸쳐 거대한 투자가 이루어져야하는 산업이며 개인 혹은 기업 혹은 일개 국가 차원에서 사적 이윤동기에 의한 기술개발, 라이선싱, 합작투자, 인수합병, 전략적 제휴 활동 등으로 산업이 발전하기 위해서는 상당한 리스크가 존재한다.

따라서 이미 기술개발이 완료되어 현재 시장에서 경쟁이 이루어지는 제품군을 제외하고는 기초기술 연구개발과정에 대한 협력을 통한 기초기술의 공유와 상업화 과정에서의 경쟁체제의 도입이 전체적인 입장에서 효율적이라 볼 수 있다. 이를 위해 몇가지 대안을 제안한다

1) 동북아 그린에너지 기술협력 이니셔티브(Northeast-asia Green Energy Technology Initiative(NEA-GETI))

과거 동북아에너지 협력의 문제는 에너지공급의 안정성 확보와 관련된 화석에너지의 수급문제에 국한되어 왔다. 러시아-중국-한국-일본에 이르는 가스관 및 송유관의 건설이나 몽골의 자원개발 등 실물부문에 대한 협력이 주된 부분이었다. 그러나 북한문제를 포함한 지정학적 문제의 존재와 과거 역사의 유산으로 아직 해결되지 못한 역내 국가 간 갈등 문제가 상존하고 있으며 구체적인 사업시행 계획이 부재하다.

기존의 에너지 실물부문에서의 협력에 더해 최근



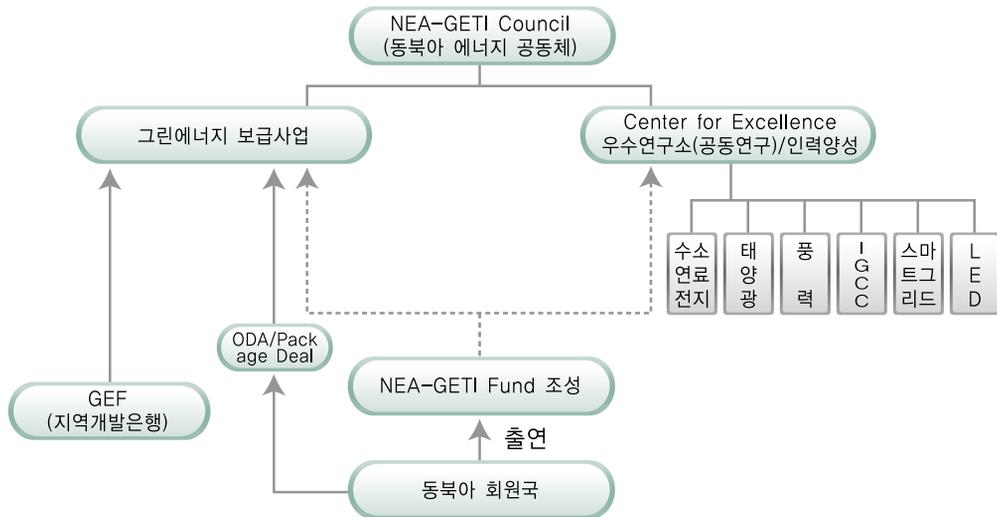
의 그린에너지기술에 대한 각국의 관심 증대에 따라, 우리나라는 경제발전단계나 정치적인 입장에서 볼 때 주변국과의 이해관계를 조정할 수 있는 중간국의 역할을 수행할 수 있는 위치를 보유하고 있다고 하겠다. 단순한 상업적인 이해관계를 통해 이루어진 에너지 실물부문에서의 협력을 통한 동북아 에너지협력체 구상과는 달리 NEA-GETI는 역내 국가들의 출자에 의해 동북아의 부문별 그린에너지기술 우수연구센터(Center of Excellence)를 설립하고 국가 간의 협의를 통해 부문별 우수연구센터를 국가별로 배정하며, 연구개발 및 보급사업을 통한 인적교류와 그 결과 나타나는 역내 국가 간의 신뢰구축 과정을 내재화하고 있다. 즉 그린테크놀로지의 보급활동을 통한

역내 선진국-저개발국 간의 유대강화, 연구개발활동을 통한 역내에서 중복되는 연구개발 비용감축, 인적교류확대 및 연구결과와 공유가 NEA-GETI와 기존의 실물부문 에너지협력을 구별할 수 있는 핵심 요소이다. 그린테크놀로지 연구개발 및 보급협력을 포함한 동북아 에너지협력체의 건설은 궁극적인 장기 협력목표인 동북아 경제공동체의 초석이 될 것으로 예상된다. 나아가 NEA-GETI의 그린에너지기술 보급사업부문은 향후 예상되는 한반도의 정치적 변화 가능성에 대한 중요한 대비책으로 활용될 수 있을 것으로 전망된다.

NEA-GETI를 통한 역내 협력방안은 장기 목표인 종합적인 역내 자유무역지대의 창설이나 경제통합이

[그림 1] 동북아 그린에너지 국제협력 구조

동북아 그린에너지 국제협력 구조



• NEA-GETI: North East Asia Green Energy Technology Initiative
 • Gef: Global Environmental Fund



이루어지기 전까지 공동출자를 통한 그린에너지기술 공동연구기금의 창설, 공동우수연구기구의 설립 및 국가별 배정, 역내외 저개발국에 대한 보급사업 추진 등과 같은 내용을 포함한다. 역내 국가의 출자를 통해 동북아 그린에너지기금을 창설하고 이로부터 지원을 받는 다수의 주요 그린에너지 기술부문별 우수 연구소를 역내 국가에 배정한다. 예를 들면, 회원국 간의 협의에 의해 스마트그리드부문의 동북아 우수 연구센터는 한국에 위치시키고 풍력발전부문의 동북아 우수연구소는 중국에 둘 수 있으며 각 연구소의 연구를 총괄하는 연구소장은 국제적으로 지명도가 높은 과학자를 채용하여 연구기구를 책임지고 운영하는 방안도 가능하다. 또한 저개발국에 대한 그린에너지제품 보급사업은 각국이 자국의 ODA자금을 활용하거나 NEA-GETI기금을 활용할 수 있도록 하고 각 사업별 공급자는 회원국 국가의 기업에 한정하되 회원국이 출연금비율로 공급기업 선정을 가능케하는 구조도 도입 가능하다. 이러한 보급사업의 경우 GETI 연구본부소속의 보급사업부가 지역별 가능사업을 발굴하여 GEF와 같은 국제환경기금이나 지역개발은행의 자금을 활용하는 방안도 가능하다. 이 외에도 역내 그린테크놀로지-환경제품의 무역 및 시장 접근과 관련된 역내 국가간 협의(한중일은 주요 수출입국가임), 역내 기술이전협력(특히 역내 저개발국에 대한 기술이전 및 지원-교육 및 인적교류 포함) 등 사업이 포함될 수 있다.

2) 동북아시아 에너지기술부문 협력강화를 위한 교육 제도 구축

동북아시아의 경우에도 다학제적 연구경험을 보유

한 고급연구인력에 대한 수요가 점차 증대되고 있으며 이에 대한 대책으로 다학제적 교육을 수행할 수 있는 특성화 대학원 증설에 대한 논의가 있을 수 있다. 동북아시아 각국은 구미 선진국과 비교할 때 과학기술의 수용역사가 일천하고 부문별 연구개발 저변인력이나 과학기술연구 기반시설이 풍부하지 못한 실정이다.

따라서 공공부문 연구소나 지역별 대학에 산재되어 효율적으로 활용되지 못하는 부문별 전문인력의 지식이나 기반시설의 활용을 극대화하고 인적교류를 저해하는 제도적 요인들을 개선하려는 노력 요구가 절실하다. 따라서 동북아시아 각국 정부들을 포함한 이해관계자들 간 충분한 협의를 거쳐 동북아 지역 대학 간 학점교환이나 학생 및 연구자의 학교 간 이동을 자유롭게 할 수 있도록 에너지부문에서 먼저 대학 교육체제를 개선하고자하는 노력을 경주한다면 궁극적인 동북아 에너지공동체(Energy Community in North East Asia) 형성에 기여가 가능할 것으로 사료된다.

특히 동북아시아 국가 간 에너지부문의 국제협력은 화석에너지 공급국과 소비국간의 협력은 물론이고 그린에너지 기술보유국과 미보유국 간의 협력을 유도할 수 있는 보완 관계가 형성되어 있어 협력의 실효성이 상당히 높은 것이 사실이며 상호 win - win할 수 있는 기회요인이 될 수 있다.

따라서 NEA-GETI를 통해 유럽공동대학교육지역 설립안인 볼로냐선언과 유사한 선언을 통해 에너지 기술부문의 교육제도 개혁에 물꼬를 튼다면 에너지 관련 전공학생들과 전문인력의 자유이동은 물론이고 기술공유를 통한 표준화 작업도 가능해져 에너지공동체 구성을 앞당길수 있는 기반구축이 가능해 질 것이다.



3) 그린기술부문 중단기 협력 목표 및 장기 목표설정

<표 7>에서 볼 수 있는 바와 같이 현재 동북아국가들의 에너지협력은 양자 간 에너지자원 개발과 이용, 전통적 에너지원과 그린에너지 기술부문에서 역내 외 국가 간 다양한 형태의 양자 및 다자간 협정이 혼재하여 있다. 즉 동북아지역의 역내 통합적 협력 기구나 제도가 미비하고 국가 간 자원 및 기술의 보완성을 충족시킬 수 있는 제도적 장치가 미비한 상태이다.

장기 목표인 에너지 실물, 그린에너지기술 및 연구개발 및 교육 측면에서의 자유로운 인적 교류가 이루어지는 동북아 에너지공동체를 포함하는 동북아 경제공동체를 궁극적인 목표로 하고 있다. 최종 공동체단계에서는 역내 에너지실물부문에서의 자유로운 거래뿐 아니라 NEA-GETI 협력과정을 통해 역내 국가별

그린에너지기술에 대한 특화가 이루어져 기술 투자의 효율성이 증가하고 역내 기술 및 시장접근성이 강화된다.

이러한 장기 목표를 달성하기 위해서는 기존의 에너지 실물부문의 협력을 강화함과 동시에 역내 국가 간의 이해관계를 통합할 수 있는 제도적 틀이 필요하며 NEA-GETI가 그러한 역할을 수행할 것으로 기대된다. 즉 역내 선진국-저개발국, 자원보유국-수입국 등 이해관계가 상이할 수도 있으며 참가국 모두가 승자가 될 수 있는 제도나 협력기구의 창설이 요구된다. EU나 ASEAN의 경제협력 전개과정을 보면 참가자간의 신뢰관계를 증진할 수 있기 위해서는 적절한 제도의 존재와 협력과정이 필요하다. 동북아 역내 국가 간의 협의과정을 통해 도출되는 역내 국가 간의 기술이전의 문제에 대한 해법을 제시하거나 주요 공산품의 수출국인 일본, 한국, 중국

<표 7> 동북아 에너지공동체 구축 단계별 실행목표

현 재	중단기 목표	장기 목표
1. 부분적 화석에너지 자원 협력 2. 전통적/그린에너지 기술 다자/양자간 협력 체제	1. 역내 자원국-소비국간 화석 에너지자원 협력강화 2. 그린에너지 기술기금 설립(NEA-GETI Fund 설립) - NEA-GETC 설립 - 부문별 NEA-GETC 우수 연구소 설립 - NEA-GETC 보급사업 및 인력양성 (국가별 ODA 기금, GEF, 지역개발은행, NEA-GETI Fund)	동북아 에너지 공동체 구축
(문제점) - 역내 통합적 협력제도/기구 부재 - 기존 협력관계의 보완성/통합성 미흡	(기대효과) - 회원국간 신뢰구축 - 그린에너지기술 연구개발 협력체제 구축 - 연구개발인력 인적교류 확대 - 그린에너지기술 보급확산	(기대효과) - 역내 기술 및 시장 접근성 강화 - 그린에너지 기술부문별 역내 국가별 특화 시현을 통한 투자 효율성 제고

자료: 에너지경제연구원, 동북아 각국의 그린에너지전시장 및 국제협력방안 연구, 2009



등의 국가들이 세계 무역거래에서 높아가는 환경규제의 문제에 공동 대처하기 위한 논의의 장을 마련해줄 수도 있을 것이다.

동북아 역내국가간의 자원 및 기술의 보완성은 이러한 협력체제의 유리함에 대한 충분한 근거를 제공해주며 당장 공동 기술개발과정에 참여하기 어려운 저개발국가의 경우에도 그린에너지기술 보급사업의 수혜자가 될 수 있다. 또한 그린에너지분야의 국제협력력은 기술선진국들과의 연구개발협력을 통한 정보 및 기술의 습득방식과 역내 개도국에 대한 지원시 그린에너지기술부문의 비중을 확대하여 이제 성장기에 돌입한 기술보유국 기업의 해외시장창출의 통로로 활용될 수 있을 것이다.

6. 한국기업의 동북아시아 진출방안

가. 국내 정책의 중요성과 시장접근성

국내기업의 해외시장진출에 영향을 미치는 핵심적인 요인은 기술접근성과 시장접근성으로 요약할 수 있다. 궁극적으로는 자체적인 연구개발이나 우수 해외기업의 인수합병을 통해 기술을 획득하고 경쟁력을 확보하여 해외시장 접근성을 강화할 수 있다. 이를 위해서는 그린에너지기술과 관련하여 강력한 국내 기술 및 표준정책의 사용과 함께 기업의 투자위험을 감소시킬 수 있는 안정적인 그린에너지 산업부문 지원정책을 병행할 필요가 있다.

국내 기업의 해외시장에 대한 접근성을 강화하는 방안은 무역상대국의 외국기업에 대한 무역 및 거래 제한정책의 유무에 따라 차이가 있을 수 있다. 무역상

대국의 산업 및 무역 제한정책 하에서는(예: 중국 전력발전부문 국내부품 의무비율) 현지 기업과의 합자회사 설립 등의 방안을 고려할 수 있다. 특히 기술습득 및 시장접근성 강화를 위해서는 NEA-GETI 가 큰 가능성을 보여주는 대안이라 할 수 있으며 역내 국가 간 역내국가 기업에 대한 내국인 대우 조항의 삽입에 대한 협상을 시도할 수 있다.

국내기업 제품에 대한 해외시장수요 창출방안으로는 우량한 수출금융조건의 제공, ODA 자금의 그린에너지 개도국 보급사업 활용 비중 확대, GEF(Global Environmental Fund) 및 지역개발은행 자금 활용 확대 등과 같은 방안이 고려될 수 있다. 수출입은행 및 수출보험공사 수출금융지원규모 확대, 투자세금감면, M&A 지원체제 구축 등 금융 및 세제지원도 확대할 필요가 있다. 외국의 제한적인 무역 및 기술규제나 공공구매/사업 정책의 시행으로 인해 해외시장 접근성이 제한되는 부문의 경우 활발한 기술개발 활동과 함께 현지화 전략이 필요하다.

나. 기술개발 단계별 그린에너지 기술 수출산업 육성전략

우선 수출산업화를 위해서 그린에너지기술을 핵심분야, 단기분야, 장기분야로 구분하여 핵심분야는 최우선 분야로 기업주도의 단기 상용화 및 국산화를 지원하고, 단기분야는 5~10년 이후 중점분야로 성장하는 것을 목표로 산학연 협력을 통한 기술개발 및 실증추진하며, 장기분야는 정부주도의 원천기술 확보에 주력하여 차세대 시장을 선점하도록 할 수 있다.

특히 산업파급효과와 시장성장성이 큰 신재생에너지



〈표 8〉 차별화된 기술개발을 위한 에너지원별 세부기술 대안

분 야	핵심분야	단기 일반분야	장기 미래분야
태양광	고효율 결정질실리콘 태양전지	박막 태양전지 (a-Si, CIGS)	3세대 나노 태양전지(염료감응형, 양자점 태양전지)
풍력	보급형 육상풍력 및 3MW 이상급 해상풍력시스템	5MW 이상급 해상풍력시스템	10MW 이상급 풍력발전시스템 하이브리드 스마트 풍력발전시스템
석탄IGCC	300MW급 IGCC 발전소	600MW급 IGCC 발전소	차세대 IGCC NextGen 발전소
수소 연료전지	산업화 진입 기술	시스템 경제성 향상 기술 (가격 저감 기술)	상용제품화 생산기술
태양열	저온형 태양열설비	중대규모 태양열 발전기술	초고온 태양로 기술 태양열 수소생산기술
바이오	바이오플렉스의 경제성 향상 기술	목질계바이오매스 원료 수집, 가공, 활용 기술	차세대 유기물질 회수 및 활용기술
지열	지열냉난방 가격저감화 기술	지열이용 열펌프시스템 기술	지열 발전 기술
소수력	소수력 자원조사 및 국내 적합기술	발전설비 표준화 기술 계통보호 및 자동화 기술	타 에너지원과 연동하는 차세대 통합 운영기술
폐기물	공정 효율 향상 기술	실용화 기반 기술	하이브리드 소각폐열 발전기술
해양	조력, 조류, 파력발전 시스템 경제성 제고 기술	해양에너지 발전시스템 모듈화 · 표준화기술	해양에너지 복합발전 시스템 및 해양온도차에너지 실용화기술

자료: 지식경제부, 제3차 신재생에너지개발 및 이용보급기본계획, 2009

지부문의 태양광, 풍력, 석탄ICGG, 수소·연료전지의 4대 중점분야와 에너지효율향상부문의 LED 조명과 전력IT의 스마트그리드 분야에 집중하는 전략이 필요하다.

태양광의 경우 IT분야와 연계된 차세대 표준태양전지기술을 선점하고, 풍력은 조선업의 기술력을 바탕으로 해상풍력 중심의 수출산업화를 도모하며, 석탄 IGCC는 원천기술 확보를 통한 수출산업화를 꾀하여야 한다. 수소·연료전지는 조기 상용화를 통한 선발자의 이익(First Mover Advantage) 확보에 주력할 수 있다.

LED조명의 경우 우리나라 IT산업과 태양광산업 발전과도 연계되어 있어 동반산업으로 진출가능성이 높다. 스마트그리드 분야는 이태리 G8정상회담에서 이미 스마트그리드 선도국으로 선정되어 일본 등과 국제표준화 준비 단계에 있다.

이러한 전략 기술부문중에서 특화할 수 있는 소재산업, 부품산업, 시스템산업의 Value Chain을 형성하고 이 중 비교우위성이 있는 부문에 특화하는 것이 수출산업화 전략의 지름길이 될 수 있다. 일부 그린에너지 부문의 경우 국내 실증/시험단지 조성을 통한 track-record 확보, 표준화 및 인증 시스템 구축, 차



세대 기술분야 test-bed 사업 등을 수출산업화와 연계하여 진행할 수 있다.

7. 결론

동북아 각국의 그린에너지 시장 현황을 조사한 결과 약간의 차이는 있지만 모든 국가가 그린에너지기술 개발 및 보급 확대를 위해 노력하고 있다. 그린에너지 산업의 현재 세계시장규모 및 향후 성장가능성도 매우 큰 것으로 평가된다. 그러나 다수의 그린에너지 기술부문들이 아직 개발 초기단계이며 어느 국가도 그린에너지 기술에 독점적 위치를 확보하기는 어렵다. 따라서 국가 간에 상호협력의 틀을 마련하고 국가별로 비교우위성이 있는 기술에 특화하는 것이 상생의 전략이다.

동북아시아의 에너지부문에서의 국제협력은 기존의 실물에너지부문 및 에너지인프라부문에서의 협력뿐 아니라 그린에너지기술부문에서 NEA-GETI의 틀을 활용한 협력강화가 요구되며 이를 통해 동북아 에너지공동체의 실현이 앞당겨질 수도 있다. 우리나라는 지정학적인 요인 뿐 아니라 기술 및 경제발전단계의 측면에서 중간국에 속하며 이를 최대한 활용하여 동북아 그린에너지기술 협력의 틀 마련에 주도적인 역할을 할 수 있을 것이다. NEA-GETI를 통한 동북아 그린에너지 협력체의 창설은 기존의 화석연료공급 중심의 역내 에너지협력방식을 보완할 뿐만 아니라 상업적 이해관계 중심의 화석연료부문 에너지협력방식과 달리 교육 및 연구개발부문 뿐 아니라 그린에너지기술 보급활동을 통해 역내 국가 간의 신뢰관계구축을 촉진하는 기능을 보유한다. 또한 NEA-GETI의

그린에너지기술부문별 특화 연구소의 연구협력과 함께 에너지부문에서 볼로냐 선언과 같은 역내 공동교육제도를 선도적으로 도입하여 인적 교류를 확대하고 이를 궁극적인 동북아 에너지공동체 구축의 중심축으로 최대한 활용하려는 노력이 요구된다. 동북아 역내 화석에너지 수출국과 그린에너지기술 보유국과의 보완적인 관계를 최대한 활용하여야 할 것이며, 이 외에도 저개발국과 중선진국간의 경제적, 기술적 격차를 고려하여 자원보유국과의 Package Deal, 역내 저개발국과 중선진국 간 그린에너지기술 보급사업에 대한 ODA, GEF기금 활용 등의 방식을 고려해 볼 수 있다.

특히 한국은 동북아시아지역 내에서 일부 그린에너지 기술부문에서 비교우위를 보유하고 있으며 이를 특화하여 수출산업화하는 전략을 모색할 필요가 있다. 정부가 선정한 15대 유망전략산업 중 신재생에너지 분야의 태양광, 풍력, 수소연료전지, IGCC와 에너지효율향상 분야의 LED조명, 전력 IT 중 스마트그리드의 6개 그린에너지기술부문의 비교우위 창출이 요구되며, 이를 소재부문, 부품부문, 시스템부문 등으로 분할하여 국산화 및 특화가능성을 점검해야 할 것이다. 발전 초기단계의 국내산업의 시장 확대방안으로 관련 제품의 적극적인 국내보급사업의 시행과 함께 ODA, GEF기금 활용, 현지화 전략 등을 통한 해외시장 확대 노력이 필요하다.

참고 문헌

〈국내 문헌〉

동북아에너지포럼, 2008, 동북아 에너지협력축진을



위한 정책연구, 에너지경제연구원
 에너지자원 인력양성을 위한 마스터플랜 수립연구, 2007, 산업자원부
 에너지경제연구원, 2008, 「경협 프로젝트와 연계한 포괄적 한-몽골 에너지 협력방안 연구」
 에너지경제연구원, 2007, 「몽골 전력산업 구조 및 에너지시스템 분석을 통한 한-몽 전력산업 협력 방안 연구, 산업자원부
 에너지경제연구원, 2006b, 「몽골 에너지자원분야 중장기 정책과제 분석 및 협력사업개발 연구」 산업자원부
 에너지경제연구원, 주간 동북아에너지 시장, various issues
 KIEP 북경사무소, 2009, 신에너지산업 진흥계획의 주요내용과 신에너지산업의 문제점, Current Issues of the Chinese Economy(2009. 7. 21)
 KIEP, 2009, 중국의 녹색성장정책 추진현황 및 시사점, 지역경제 포커스, 09-51호(2009. 11. 11)
 Yang Hongwei, 2009, 중국의 신재생에너지 기술발전 계획(수정), 주간 동북아에너지 시장 Vol.19 No.12

<외국 문헌>

일본 독립행정법인과과학기술진흥기구 연구개발전략센터, 2009, 과학기술 연구개발의 국제비교
 러시아 연방정부, 2009, 러시아에너지전략-2030
 Boldbaatar B. "Utilize studies for hydro energy resource and its implementation". 2009, 1st annual Renewable energy national form, Ulaanbaatar, Mongolia
 R. Bradley, 2009, Development of the

renewable energy sector in the Russian Federation and in CIS:Prospects for interregional cooperation, IEA UNECE Steering Committee of the Energy Efficiency 21 (EE21) Project, Geneva, 4 June 2009

A. Klimenko, 2008, RUSSIAN R&D POLICY IN THE FIELD OF ENERGY TECHNOLOGIES, FASI-IEA NEET Workshop, "COOPERATION IN THE FIELD OF ENERGY TECHNOLOGIES, 30 September - 1 October 2008, Moscow, Russia
 A. Klimenko, Boris F. Reutov, Stanislav P. Malysheko, 2008, The Russian hydrogen and fuel cell R&D program, FASI - IEA NEET Workshop "Cooperation in the field of energy technologies" Moscow, 2008
 Mckinsey and Company, 2008, China's green revolution: prioritizing technologies to achieve energy and environmental sustainability
 MITI, 2008, Cool Earth-Innovative Energy Technology Program
 The China Greentech Initiative, 2009, The China Greentech Report 2009
 The Climate Group, 2008, China's Clean Revolution



국내외 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언



심 성 희

에너지경제연구원 책임연구원

1. 서론

최근 국내외적으로 기후변화가 핵심적인 관심사의 하나로 부각되고 있다. 온난화에 따른 전 지구적 온도 상승과 각종 기상이변, 유가 상승과 화석연료고갈에 따른 에너지 안보의 위협 등을 계기로 국제사회는 기후변화를 더 이상 남의 문제가 아닌 자신의 문제로 인식하기 시작했다. 이제 세계 각국은 기후변화를 인류가 공동으로 해결해야 할 심각한 문제로 받아들이고 이에 대응하기 위한 국제적인 공조를 강화해 나가고 있다. 이러한 국제적 분위기 속에서 세계 10위 수준의 온실가스 배출국가인 우리나라에 대한 온실가스 감축 요구도 점차 강화되고 있어 포스트 교토체제 하에서는 우리나라도 온실가스 감축의무를 받아들여야 할 가능성이 높아지고 있다.¹⁾

한편, 과거 기후변화를 추가적인 비용부담과 관련한 문제로만 받아들였던 소극적인 태도를 벗어나 새로운 국가성장의 원천으로 삼겠다는 움직임이 증가하

고 있다. 특히 금융위기로 인해 촉발된 전 지구적인 경제 불황은 이와 같은 인식의 전환을 더욱 촉발시킨 계기가 되었다. 기후변화와 경제불황이라는 일견 상충되어 보이는 문제에 직면한 세계 각국은 이를 동시에 해결하는 대안으로 높은 고용 및 산업연관효과를 가지는 것으로 알려진 녹색에너지산업을 주목하기 시작했다. 또한 기후변화대응에 대한 국제적 공조가 강화됨에 따라 종래 일부 유럽 국가들을 중심으로 성장세를 이어오던 녹색에너지시장이 전 세계적으로 급격히 확대될 수 있다는 기대의 자기실현성(self-fulfillment)에 대한 전망이 확산되면서 세계 각국은 미래의 녹색에너지시장을 선점하기 위한 정책적 지원을 더욱 강화하고 있다.

이에 본고는 국내외의 녹색에너지의 전반적인 현황을 신·재생에너지를 중심으로 살펴보고 특히 국내외적으로 녹색에너지시장을 선도하고 있는 핵심 산업인 태양광 및 풍력의 세부 현황에 대해 검토하기로 한다. 또한 국내 녹색에너지산업 육성을 위한 몇 가지 정책적

1) 이러한 배경 하에 2009년 11월 우리나라 정부는 지구온난화 극복을 위한 국제적 노력에 동참하고 기후변화에 선제적으로 대응하기 위하여 2020년 온실가스 배출량을 BAU 대비 30% 감축하겠다는 자발적인 중기 온실가스 감축목표지를 발표하였다. 이에 따라 우리나라는 향후 10년 내 높은 화석연료 의존도에 입각한 에너지 다소비 업종 중심의 산업구조를 저탄소 녹색기술에 기반한 산업구조로 전환해야 하는 어렵고도 중요한 과제를 해결해 나가야 한다.



동향초점

국내외 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

제언을 제시하고자 한다.

2. 해외 녹색에너지시장 현황

가. 해외 동향 개요

2007년도 기준 전 세계 총1차에너지 공급량(Total Primary Energy Supply, TPES)은 12,026Mtoe로, 이 중 재생에너지에 의한 1차에너지 공급량 비중은 약 12.4%(1,492Mtoe)를 차지하였다(Renewable

Information 2009, IEA).²⁾ 전체 재생에너지 공급량 중 바이오에너지의 비중(76.4%, 고형 바이오매스 및 바이오연료, 바이오가스 포함)이 가장 높고 수력(17.7%)과 지열에너지(3.3%)가 그 다음을 차지하고 있다. 특히 바이오에너지를 통한 1차에너지 공급은 기존의 임산자원을 활용한 에너지공급을 의미하는 고형바이오매스에 의한 공급량이 대부분을 차지하고 있다.

한편 2007년 기준 세계 GDP 생산의 76%를 차지하고 있는 OECD 국가들의 총1차에너지 공급량(5,497.1Mtoe) 대비 재생에너지비중은 약 6.5%(358Mtoe)로서 세계 평균에 비해 다소 미치지 못한 실

〈표 1〉 재생에너지원별 공급비중 비교

구 분		전 세계	OECD 국가
총1차에너지 공급량		12,026(Mtoe)	5,497(Mtoe)
재생에너지 공급량		1,492(Mtoe) (12.4%)	358(Mtoe) (6.5%)
원별비중	바이오	76.4%	53.0%
	고형바이오	(72.9%)	(42.9%)
	바이오연료	(2.4%)	(7.0%)
	바이오가스	(1.1%)	(3.1%)
	수력	17.7%	30.2%
	지열	3.3%	8.5%
	풍력	1.0%	3.6%
	태양, 조력 등	0.6%	1.1%
	폐기물	0.9%	3.6%

주: 비재생폐기물을 포함한 OECD 재생에너지 공급량은 377Mtoe로 이 경우 재생에너지 공급량 비중은 6.9%로 높아짐.
자료: Renewable Information 2009, IEA를 참조 재구성

2) 세계 재생에너지공급량은 비재생 산업 및 도시폐기물을 제외한 수치이다.



정이다. 이는 아시아, 아프리카 등을 중심으로 하는 비 OECD 국가들이 세계 재생에너지공급량의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 고행 바이오매스(Solid Biomass), 즉, 기존의 임산자원을 활용한 에너지공급에 의존하고 있기 때문에 풀이된다. OECD 국가 전체 재생에너지 공급량 중 에너지원별 비중을 살펴보면 바이오에너지가 53%로 가장 큰 비중을 차지하며 다음으로 수력(30.2%)과 지열에너지(8.5%)로서 전 세계를 기준으로 보았을 경우와 동일하다. 그러나 OECD 국가의 경우 수력의 의존도가 상대적으로 높은 편이며 지열, 풍력, 태양에너지 등 보다 다양한 재생에너지 공급원에 의존하고 있음을 알 수 있다.

아래의 <표 2>가 보여주듯이 1990년 이후 전 세계 재생에너지 공급 증가율은 연간 1.7%로 총1차에너지공급량 증가율 1.9%에 약간 미치지 못하는 수준을 보여왔다. 그러나 OECD 국가의 경우 동 기간 동안 연간 1.9%의 증가율을 보여 같은 기간의 총1차에너지 공급량 증가율 1.2%에 비해 상당히 높은 증가세를 시현하였는데 이와 같은 OECD 국가의 재생에너지비중은 대부분

2000년 이후에 급격히 증가하였다(Renewable Information 2009, IEA). 또한 전 세계적으로나 OECD 국가를 대상으로 하거나 현재 높은 비중을 차지하고 있는 고행바이오매스, 수력 및 지열의 비중은 정체되어 있는 반면, 풍력, 도시재생폐기물 및 바이오에너지, 그리고 태양에너지는 매우 높은 성장률을 보이고 있다. 특히 OECD 국가를 중심으로 태양광, 풍력, 바이오연료가 20%를 훨씬 상회하는 폭발적인 성장세를 보여주며 시장이 크게 확대되고 있는 상황이다.

다음으로 재생에너지 투자수요를 가장 직접적으로 나타내는 지표인 재생에너지 발전설비 현황을 살펴보기로 하자. 지난 2008년, 전 세계적으로 재생에너지를 이용한 발전설비용량은 280GW로(대수력발전 제외) 2004년의 160GW에 비해 75퍼센트 증가하였다.³⁾ 지난 2008년도는 미국과 EU에서 당해에 새로 추가 설치된 발전설비용량 중 재생에너지 발전설비용량이 차지하는 비중이 최초로 50%를 넘어서서, 선진국들을 중심으로 신규발전설비의 증설이 점차 재생에너지를 이용하는 방향으로 급격히 변화되고 있다는

<표 2> 재생에너지 공급량 기준 원별 연평균 증가율(1990년~2007년)

(단위: %)

구 분	풍력	태양에너지 ¹⁾ (태양광)	도시재생폐기물 및 바이오 ²⁾ (바이오연료)	지열	수력	고형 바이오 매스	재생 에너지	총1차 에너지
세계	25	9.8 (-)	10.4 (-)	2.2	2.1	1.2	1.7	1.9
OECD	24	5.9 (36.8)	12.9 (63.2)	0.7	0.4	1.2	1.9	1.2

주: 1) 태양에너지의 증가율은 태양광 및 태양열을 모두 포함한 수치이며 괄호는 태양광만을 따로 계산한 수치임. 단, 태양광의 전 세계 연간 평균 공급증가율은 정확한 수치가 없어 공란으로 남겨둬.

2) 바이오에너지의 경우 바이오가스 및 바이오연료를 포함하며(고형바이오매스는 별도 산출) 괄호는 바이오연료만 따로 계산한 수치로 1993년부터 2007년까지의 자료를 근거로 계산된 수치임. 마찬가지로 바이오연료의 전 세계 연간 평균 공급증가율은 정확한 수치가 없어 공란으로 남겨둬.

자료: Renewable Information 2009, IEA를 참조 재구성



동향초점

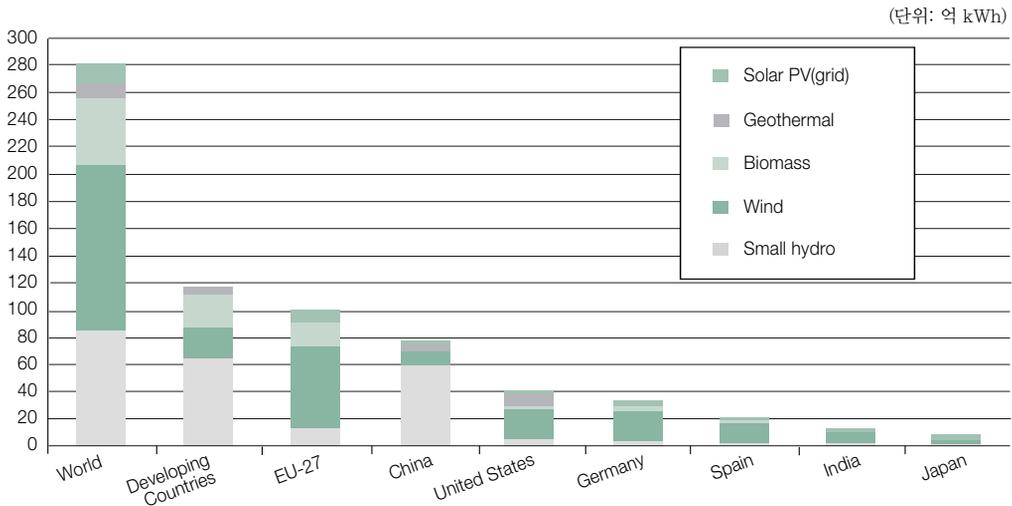
국내의 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

것을 보여주었다(Renewable Global Status Report 2009 Update, REN21). 특히 최근의 재생 에너지 발전설비용량의 빠른 증가는 태양광과 풍력발전용량의 증대에 기인한 바가 크다. 조사기관 및 포함 대상에 따라 다소 차이는 있지만 태양광발전 설비용량은 지난 2004년에서 2008년 사이에 약 5배~6배 가량 증대되었는데 전체 세계 태양광 누적 발전설비용량은 2008년 현재 약 15GW~16GW에 달하는 것

으로 추정된다. 풍력의 경우도 설비용량이 약 2.5배 증대되어 2008년 누적 풍력발전설비용량이 121GW 까지 확대되었다.^{4) 5)}

[그림 1]이 보여주는 바와 같이 현재 세계 주요 재생에너지 발전설비보유국은 중국(76GW), 미국(40GW), 독일(34GW), 스페인(22GW), 인도(13GW), 그리고 일본(8GW) 등이다. 개발도상국의 재생에너지 발전설비 또한 최근 중국(소수력과 풍력)

[그림 1] 2008년 세계 각국별 재생에너지발전설비용량



주: 대규모 수력발전 제외

자료: Renewable Global Status Report 2009 Update, REN21

- 3) 대수력발전을 포함할 경우, 2008년도 세계 재생에너지 발전설비용량은 1,140GW에 도달한 것으로 추정되고 있다(Renewable Global Status Report 2009 Update, REN21 참조).
- 4) 세계 누적 태양광발전 설비용량 규모는 집계상의 문제로 각 기관별로 다소 다르게 보고되고 있다. EPIA(European Photovoltaic Industry Association, 유럽태양광발전산업협회)의 경우 2008년 전 세계 누적 태양광발전 설비용량을 약 15GW(14,730MW)로 추산하고 있다. 자세한 내용은 'Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013' (EPIA, 2009)를 참조하기 바란다.
- 5) IEA 태양광발전시스템프로그램(IEA Photovoltaic Power System Programme, IEA PVPS)에 가입한 국가들을 대상으로 할 경우(독립형 포함) 약 4.75배, 전 세계 태양광발전 누적설치용량을 기준으로 할 경우(계통연계형만 포함) 약 5.8배 증가하였다. 자세한 수치는 'Trends in Photovoltaic Applications 2009', IEA 및 Renewable Global Status Report 2009 Update, REN21을 참조하기 바란다.



과 인도(풍력)가 성장을 주도하며 전 세계 총 용량의 43%를 차지하고 있다.

전 세계 재생에너지 투자규모는 2006년 약 630억 달러 규모에서 2008년 약 1200억 달러(추정치)로 불과 2년 사이에 거의 두 배에 달하는 높은 증가율을 보였다(Renewable Global Status Report 2009 Update, REN21).⁶⁾ 이 중 풍력(42%), 태양광(32%), 바이오연료(13%)가 전체 글로벌 투자규모의 87%를 차지하고 있다. 이를 국가별로 보면 미국이 약 200억 달러의 투자규모를 보여 전체 투자규모의 약 20%를 차

지, 가장 높았고 다음으로 스페인, 중국, 독일 등이 약 150억불에서 190억불 가량의 투자로 그 뒤를 이었다.

다음의 <표 3>은 지난 2004년부터 2008년까지 지속가능에너지에 대한 기술별 신규금융투자액 및 연도별 총 지속가능에너지 투자액을 보여주고 있다. 지속가능에너지 기술별 신규금융투자액 증가율을 살펴보면 태양에너지(172%), 바이오연료(90%)가 높은 증가세를 나타내고 있다.⁷⁾ 풍력의 경우 절대적인 규모에서는 여전히 가장 높은 신규투자 비중을 차지하고 있으나, 2008년에는 1% 성장에 그쳐 지난 5년간 평균 성장

<표 3> 연도별 지속가능에너지 기술별 신규 금융투자 규모

(단위: 십억\$)

기술별 구분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	연평균 성장률
풍력	10.0	19.1	25.0	51.3	51.8	51%
태양에너지	0.6	3.2	10.3	22.5	33.5	172%
바이오매스	1.8	4.1	7.0	10.6	7.9	45%
바이오연료	1.3	5.1	18.0	18.6	16.9	90%
해양 및 소수력	0.6	1.3	1.5	3.4	3.2	53%
지열	0.9	0.4	1.0	0.9	2.2	24%
에너지효율	0.5	0.9	1.6	2.8	1.8	39%
기타 저탄소기술	0.8	1.6	1.9	2.4	1.5	18%
신규금융투자총계	17	36	66	112	119	64%
총투자(R&D 등)	35	60	93	148	155	45%

주: 신규금융투자는 벤처캐피털, 기업공개, 자산 파이낸싱 등을 포함하되, 정부 및 민간 R&D 및 소규모 프로젝트 투자는 제외한 수치로서 도표 내의 각 기술별 투자액은 신규금융투자규모만을 반영한 수치임.

자료: Global Trends in Sustainable Energy Investment 2009, UNEP

6) 단, 지속가능에너지(Sustainable Energy) 관련 투자의 경우 2004년 350억불에서 2008년 1550억불로 연 평균 45%의 증가율을 보이고 있다. 지속가능에너지 투자는 재생에너지 뿐 아니라 에너지효율 및 기타 저탄소기술 등 녹색에너지전반에 대한 투자를 대상으로 하며 투자금액의 성격은 벤처캐피털, 기업 및 정부 R&D, 기업공개, 자산 파이낸싱, 소규모 프로젝트 투자 등을 모두 포함한 것이다. 자세한 항목은 'Global Trends in Sustainable Energy Investment 2009', UNEP 를 참조하기 바란다.

7) Renewable Global Status Report 2009 Update에는 재생에너지원별 연간 투자규모가 없어 지속가능에너지 투자를 대상으로 조사한 UNEP 자료를 이용하였다.



동향초점

국내외 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

률(51%)이 태양광과 바이오연료에 다소 미치지 못했다.⁸⁾ 이는 대규모 투자금액을 필요로 하는 풍력발전 설비투자의 속성상 지난 2008년의 글로벌 금융위기의 영향을 상대적으로 더 많이 받았기 때문으로 풀이된다.

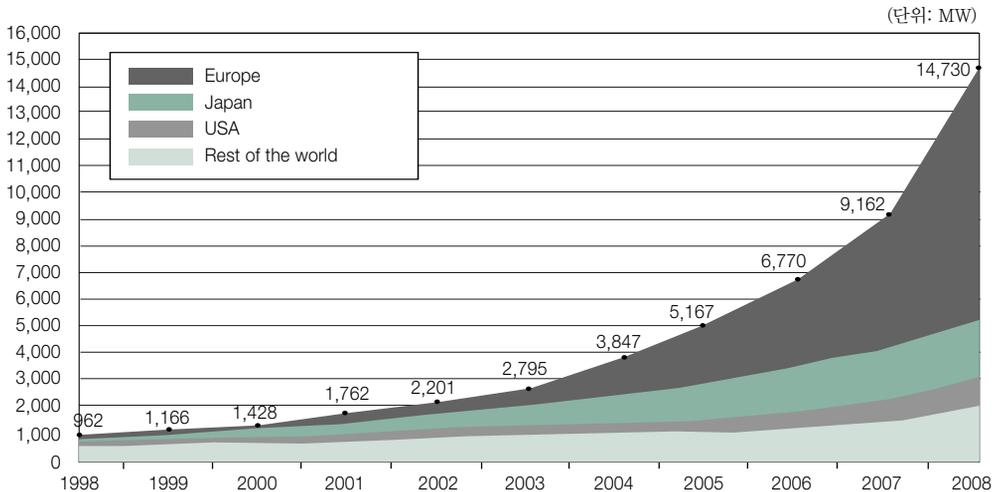
나. 주요 기술별 세부 동향

1) 태양광

태양광 시장은 최근 가장 빨리 성장하고 있는 재생에너지시장으로 EPIA(유럽태양광발전산업협회)에 의하면 2001년 이후 연간 신규 발전설비용량 기준 연 평균

약 49.4%에 달하는 급격한 상승세를 보여 2008년 현재 약 15GW(14,730MW)의 누적 설비용량을 시현하고 있다(Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013, EPIA).⁹⁾ 지역적으로 보면 유럽이 2008년 전체 태양광 누적 설비용량의 약 65%이상(약 9GW이상)을 차지하고 있으며 그중 발전차액지원제도(Feed-in Tariff) 등을 통해 동 산업을 강력하게 추진해왔던 독일이 약 5.4GW로 가장 많은 태양광발전 설비를 보유하고 있다. 특히 지난 2008년도에는 스페인이 고액의 발전차액지원제도를 통해 무려 2,511MW의 태양광 발전설비를 신규로 도입하여, 독일 다음으로 가장 많은 누적설비용량을 보유하고 있

[그림 2] 연도별 세계 태양광발전 누적설비용량



자료: Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013, EPIA(2009)

8) 물론, 지난 5년간 폭발적인 성장세를 보여 온 태양광에 대한 투자 또한 2007-2008년 성장률이 약 49%로 지난 5개년 간의 연 평균 성장률 172%를 훨씬 밑돌았다.
9) 전 세계 태양광 설비용량 통계는 조사기관 마다 다소 상이하지만 전체적인 비증과 방향성을 논하는 데 상충되지 않으므로 여기서는 EPIA의 최근 자료를 준용하기로 한다.



〈표 4〉 각국별 태양광발전설비 신규 설치용량

(단위: MW)

구 분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
독일	78	80	150	600	850	850	1,100	1,500
스페인	2	9	10	6	26	88	560	2,511
일본	135	185	223	272	290	287	210	230
미국	29	44	63	90	114	145	207	342
기타 유럽국	16	16	50	30	30	37	109	492
기타세계	75	104	98	53	12	196	207	485
총계	334	439	594	1,052	1,321	1,603	2,392	5,559

자료: Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013, EPIA(2009)

던 일본(2008년 기준 2.1GW)을 제치고 세계 2위의 태양광 발전 설비 보유국(약 3.3GW)이 되었다.

현재와 같은 태양광 발전설비에 대한 전 세계 수요는 앞으로도 지속적으로 높은 증가세를 나타낼 것으로 보이는데, EPIA는 정책지원 시나리오 하에서 오는 2013년에는 연간 신규 태양광 발전시스템 설치용량이 22.3GW에 이를 것으로 전망하고 있다(Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013, EPIA).¹⁰⁾

다음으로 생산측면에서 바라본 태양광 시장 현황을 살펴보자. 여기서는 태양광 발전시스템의 핵심기술요소로 여겨지는 태양전지 시장현황에 초점을 맞추어 논의하기로 한다. 2008년도 세계 태양전지 생산규모는 약 6.9GW로 지난 2004년에 비해 약 6배 이상 성장하였으며, 특히 2007년도와 비교하여 약 90%에 이르는 높은 생산증가율을 보였다. 현재 독일, 중국, 미국,

일본의 기업들이 세계 태양전지 시장의 글로벌 리더로 활약 중이다. 2008년 기준으로 독일의 큐셀(Q-cells)이 2007년에 이어 570MW의 태양전지셀을 생산, 1위를 차지하였고 중국의 선테크(Suntech)사와 독일과 말레이시아에 Cd-Te 박막형 태양전지 생산설비를 확대한 미국의 퍼스트솔라(FirstSolar)사가 각각 약 500MW의 태양전지셀을 생산하였다. 오래 동안 태양전지셀 생산 1위를 고수해왔던 일본의 샤프(Sharp)사의 경우 2008년 470MW규모의 태양전지셀을 생산하여 세계 4위를 기록 중이다.

최근 세계 태양광 시장에서 나타난 두드러진 특징은 태양광 관련 기업들의 수직계열화 및 생산능력 확대 경향, 박막형 태양전지의 시장점유율 증대, 그리고 건물일체형 태양광발전의 증대로 요약될 수 있다. 먼저 최근 세계 주요 태양전지 기업들은 안정적인 실리콘의 조달을 위한 수직계열화를 추구하면서 동시에 규

10) 로지스틱(logistic) 성장모형의 가정 하에 2020년까지 태양광 및 풍력발전 시장 전망에 관한 분석을 할 경우에도 비록 구체적인 전망수치에 차이는 있으나 해외 주요 기관들의 전망과 유사하게 태양광 및 풍력 시장의 급격한 성장을 예측하고 있다. 자세한 내용은 심성희(2009)의 부록을 참조하기 바란다.



동향초점

국내의 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

모의 경제가 가져다주는 장점을 활용하고 급증하는 세계 태양광 발전시장을 선점하기 위해 태양전지 생산능력을 확대하는 데 주력하고 있다.¹¹⁾ 이와 함께 또 한가지 주목할 만한 현상은 박막형 태양전지의 생산량 및 발전설비의 보급이 크게 증대하고 있다는 점이다. 2008년도 세계 박막형 태양전지 생산량은 950MW로 지난 2007년 대비 120%의 증가하였고 이는 전체 태양전지 생산량의 약 13.8%에 해당되는 규모이다. 여전히 벌크형 실리콘 태양전지에 비해 적은 규모에 불과하지만 지난 2005년 박막형 태양전지의 비중이 5% 미만이었다는 사실을 감안하면 괄목할 만한 성장세를 보여주고 있다고 할 수 있다. 일례로 일본의 샤프(Sharp)사는 2010년까지 박막형 태양전지 생산설비 규모를 1GW로 증설할 계획이고, 큐셀(Q-cells) 또한 500MW 박막형 태양전지 생산설비 구축을 추진하는 등 세계 주요 기업들은 박막형 태양전지의 생산 비중을 높여 가고 있다. 이에 따라 오는 2013년에는 전체 태양전지 생산량 중 박막형 태양전지의 비중이 약 25%까지 높아질 것으로 전망된다(EPIA, 2009).

끝으로 특징적인 사항의 하나는 최근 유럽을 중심으로 건물일체형 태양광발전(BIPV, Building Integrated Photovoltaics)에 대한 관심이 급격하게 증대하고 있다는 것이다.¹²⁾ 건물일체형 태양광발전시스템은 태양전지 모듈을 건축 자재화하여 건물 지붕이나 외벽, 발코니 등 건축물 외관에 태양광 발전 모듈을 장착하여 발전하는 시스템으로서, 별도의 부지 확보 비용이나 추가적인 환경비용부담이 적어 세계적으로 빠르게 성장하는 분야로 주목받고 있다. BIPV 시장의 성장은 추후 박막형 전지에 대한 전 세계적인 수요를 견인할 것으로 예상되며 향후 염료감응형 태양전지 등 차세대 태양전지 기술개발 및 양산화를 촉진하는 촉매역할을 할 것으로 기대된다.

2) 풍력

풍력발전은 여타의 재생에너지원에 비해 비교적 일찍 개발·보급되어 화석연료 수준에 가까운 경제성을 확보하기 시작했다. 다음 표와 그림이 보여주듯이 세

〈표 5〉 세계 누적 풍력발전설비용량

구분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
누적용량(MW)	24,322	31,181	39,295	47,693	59,024	74,151	93,927	121,188
증가율	34.8	28.2	26.0	21.4	23.8	25.6	26.7	29.0

주: WWEA 홈페이지 자료와 GWEC의 Global Wind Energy Outlook 2008 자료 간 약간의 차이가 있으나 거의 동일하여 가장 최근의 자료를 제시하고 있는 WWEA 자료를 이용하였음

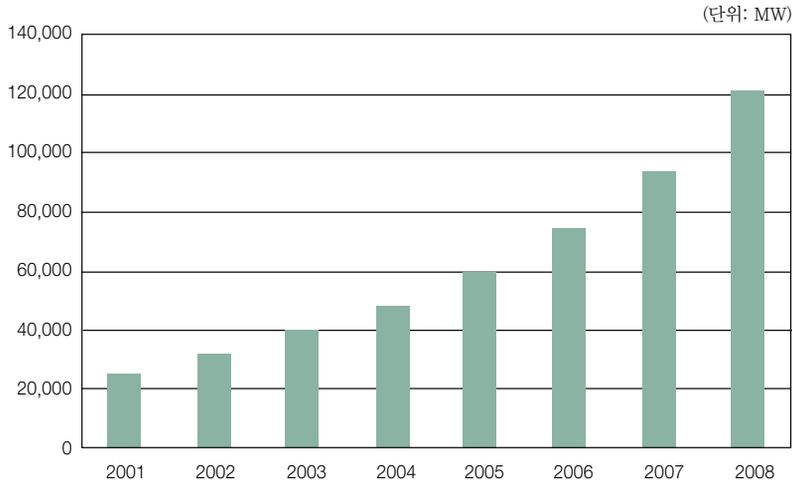
자료: 세계풍력에너지협회(World Wind Energy Association, WWEA) 홈페이지 참조

11) 중국의 Suntech는 2008년말 태양전지셀 및 모듈에서 1GW 생산설비를 갖추었으며 Q-cells 및 Sharp 또한 오는 2010년까지 1GW 규모의 생산라인 증설을 추진하고 있다.

12) 2008년 유럽의 BIPV 설치용량은 총 25MW를 넘어선 것으로 파악된다(Renewable Global Status Report 2009 Update, REN21 참조).



[그림 3] 세계 누적 풍력발전설비용량 추이



자료: 세계풍력에너지협회(World Wind Energy Association, WWEA) 홈페이지 참조

계 풍력발전시장은 지난 2008년 전체 누적 풍력발전 설비용량이 121GW를 넘어서는 등 지난 2001년 이후로 연 평균 25.8%라는 급속한 성장세를 지속해왔다. 세계풍력에너지위원회(Global Wind Energy Council, GWEC)는 가장 평균적인 시나리오에 의하더라도 오는 2020년경에는 연간 발전설비수요가 80GW를 넘어설 것으로 예측하고 있다(GWEC, 2008).

세계풍력발전시장의 한 가지 특징은 과거 유럽이 중심이 되었던 발전설비시장의 성장세가 다소 둔화되고, 미국, 중국, 인도 등 유럽 이외의 지역 시장이 크게 확대되고 있다는 점이다. 이는 아직 대용량 해상풍력 발전기술이 성숙되지 않은 상황에서 유럽의 육상 풍력발전에 적합한 입지가 줄어들어 유럽 육상 풍력발전시장의 성장세가 둔화된 반면에 미국, 중국, 인

도 등 그간 상대적으로 덜 보급되었던 지역의 신규 풍력단지 시장이 자국의 재생에너지 확대정책과 맞물려 확대되고 있기 때문으로 분석된다. 특히 최근 세계 풍력시장은 미국과 중국이 주도하고 있다. 미국은 지난 2007년 5.2GW에 이어 2008년에는 총 8.4GW의 신규 풍력발전설비를 도입하여 총 25.2GW의 풍력발전설비를 보유하게 됨으로써 독일(23.9GW)을 제치고 세계 제1의 풍력발전설비 보유 국가로 올라섰다. 중국 또한 2008년 6.3GW(2007년 3.3GW)의 신규 풍력발전설비를 증설하여 세계 2위의 풍력발전시장으로 성장하였으며, 오는 2020년까지 전체 풍력발전설비용량을 100GW까지 늘릴 계획으로 있어 향후 가장 전망 있는 풍력발전시장으로 발전해나갈 것으로 보인다.¹³⁾

또 한 가지 주목할 만한 최근의 경향은 해상풍력발



동향초점

국내의 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

〈표 6〉 주요 풍력발전설비 보유국(2008년 기준)

(단위: MW)

국 가	2007년 신규설치용량	2008년 신규설치용량	누적 설비보유량
미국	5,244	8,360	25,170
독일	1,667	1,670	23,900
스페인	3,522	1,610	16,740
중국	3,304	6,300	12,210
인도	1,575	1,800	9,650

자료: Global Wind Energy Outlook 2008, GWEC (2008) 및 Renewable Global Status Report 2009 Update, REN21 자료를 참조하여 작성

전의 빠른 성장세이다. 해상풍력은 육상풍력에 비해 풍력자원이 풍부하고 풍력단지 구성에 따른 소음 등의 환경관련 민원 부담을 덜 수 있다는 장점이 있다. 또한 비록 설비비용이 육상풍력에 비해 약 50% 가량 높은 편이지만 대용량 풍력터빈을 사용함으로써 얻는 발전 효율성이 높아 미래 풍력발전시장을 견인할 분야로 주목받고 있다. 2008년 현재 설치된 해상풍력발전 설비용량은 전체 풍력발전의 설비의 약 1% 정도인 1,471MW에 불과하지만 최적 육상풍력발전단지가 포화단계에 다다른 유럽을 중심으로 대용량 해상풍력발전기술개발 및 발전단지 구축이 본격화되고 있어 오는 2020년에는 해상풍력시장이 풍력발전시장의 주류를 형성하면서 전체 풍력발전시장의 절반에 이를 것 예측되고 있다(EWEA, 2009).

풍력발전시스템의 주요 공급은 유럽 및 미국업체들을 중심으로 이루어지고 있다. 현재 세계 제1의 풍력발전시스템 업체는 덴마크의 Vestas로 2007년 기준 세계 시장의 22.8%를 점하고 있으며 미국의 GE

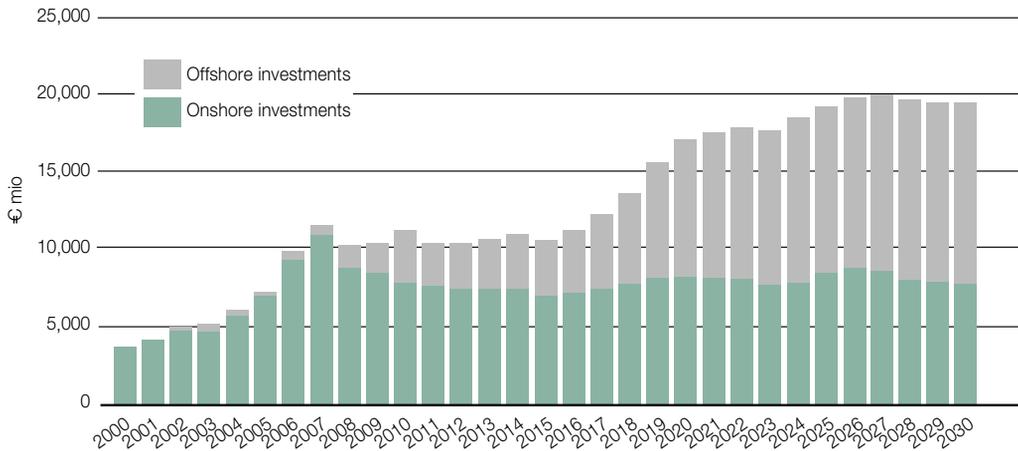
Wind(16.6%), 스페인의 Gamesa(15.4%), 독일의 Enercon(14%) 등의 업체들이 뒤를 잇고 있다. 자국 시장 내의 독보적인 시장 지위를 바탕으로 적극적인 M&A를 통해 선진기술을 내재화하여 해외시장에 진출하고 있는 인도의 Suzlon(10.5%)사 또한 빠른 성장세를 보여주고 있다. 이와 함께 Vestas와 함께 해상풍력발전터빈 분야에서 최고의 기술력을 인정받고 있는 덴마크의 Siemens사도 주목할 만하다.

최근 풍력터빈 생산 추세를 살펴보면 점차 풍력터빈용량이 대형화되는 경향을 나타내고 있다. 현재 1.5MW~2MW급 풍력터빈생산이 일반화되고 있고 점차 3MW~5MW급 이상의 대형 풍력터빈의 생산도 보편화될 것으로 전망된다. 이는 근본적으로는 대형화에 따른 발전단가 인하를 통해 풍력발전의 효율성을 보다 향상시키기 위한 것으로 보이며, 유럽지역 내 최적육상풍력단지가 소진되면서 대형 터빈을 활용하는 해상풍력에 대한 관심이 높아져가는 근래의 시장 동향과도 밀접하게 연관되어 있는 것으로 풀이된다.

13) 'China builds \$17.6 billion wind project: report', Reuters, 2009년 7월 6일자 기사 참조



[그림 4] 육상 및 해상풍력발전 투자전망



자료: The Economics of Wind Energy, EWEA(2009)

3. 국내 녹색에너지시장 현황

우리나라의 지난 2008년도 신·재생에너지 공급량은 약 586만toe로 총1차에너지 공급량을 기준으로 할 때 2.43%수준을 차지하였다.¹⁴⁾ 우리나라의 신·재생에너지 공급량은 지난 2003년 이후 연 평균 5.8%의 증가율을 보여왔는데 이는 같은 기간 총1차에너지 공급량의 연 평균 증가율 2.3%와 비교할 때 매우 높은

수치이다.¹⁵⁾ 그러나 아직까지 신재생에너지원을 통한 에너지공급의 비중은 OECD 국가에 비해 여전히 매우 낮은 상태이며 이에 따라 우리나라 정부는 오는 2030년까지 연 평균 7.8%의 높은 이용·보급 증대를 통해 신·재생에너지 공급비중을 총1차에너지 대비 11%까지 높여나갈 계획이다(지식경제부, 2008).

〈표 8〉에 나타난 2008년도 기준 국내 신·재생에너지원별 공급비중을 살펴보면 폐기물(78%)과 수력(11.3%)이 전체 신·재생에너지공급의 대부분을 차지하였다. OECD 국가 평균과 비교했을 때 우리나라

14) 우리나라의 신·재생에너지 분류기준은 연료전지, 석탄가스화, 비재생폐기물 등을 포함하고 있어 IEA 국제기준과 다소 차이가 있다. 여기서 사용하는 지표의 경우 편의상 우리나라 기준을 따르기로 한다.

15) 2003년부터 우리나라 신·재생에너지 통계에 대수력이 포함되어 그 이전 수치를 포함시킬 경우 증가율이 현저히 높아지므로 2003년 이전의 자료는 연평균 증가율에서 제외하였다.



동향초점

국내의 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

〈표 7〉 연도별 국내 신·재생에너지 공급량

(단위: 십억\$)

구 분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
총1차에너지(천toe)	215,067	220,238	228,622	233,372	236,454	240,752
신재생에너지(toe)	4,437,428	4,582,407	4,879,211	5,225,192	5,608,776	5,858,481
비중	2.06	2.08	2.13	2.24	2.37	2.43

자료: 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2008년 신재생에너지 보급통계

신·재생에너지현황의 특징적인 부분은 폐기물의 비중이 매우 높고 바이오(7.3%), 풍력(1.6%), 지열(0.27%)의 비중이 상대적으로 매우 낮다는 점이다. 우리나라 폐기물의 비중이 이와 같이 높은 이유는 우리나라 산업구조의 특성상 제조업의 비중이 높고 그에 따른 산업폐기물 소각열의 활용도가 높기 때문이다(한국은행, 2008). 반면 바이오 및 풍력, 지열에너

지의 상대적인 낮은 비중은 부족한 임산자원과 재생에너지의 보급 및 기술개발에 대한 인식이 다른 OECD 국가들에 비해 늦어진 데 기인한다. 그러나 해외 재생에너지시장 동향과 마찬가지로 최근 들어 태양광·풍력 등 다른 재생에너지원에 대한 관심이 증대되면서 태양광, 풍력, 연료전지와 같은 여타의 신·재생에너지원에 의한 공급 비중이 점차 늘어나고 있

〈표 8〉 국내 신·재생에너지원별 공급비중 비교

구 분	2007년	2008년	성장률	
총1차에너지 공급량	236,454(천toe)	240,752(천toe)	1.82%	
재생에너지 공급량 원별비중	5,608,776(toe) (2.37%)	5,858,480(toe) (2.43%)	4.45%	
원별비중	폐기물	4,319,309(73.73%)	4,568,568(77.98%)	5.77%
	수력	780,899(13.33%)	660,148(11.27%)	-15.46%
	바이오	370,159(6.32%)	426,760(7.28%)	15.29%
	태양열	29,375(0.50%)	28,036(0.48%)	-4.56%
	태양광	15,325(0.26%)	61,128(1.04%)	298.87%
	풍력	80,763(1.38%)	93,747(1.60%)	16.08%
	지열	11,114(0.19%)	15,726(0.27%)	41.50%
	연료전지	1,832(0.03%)	4,367(0.07%)	138.37%

자료: 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2008년 신재생에너지 보급통계



는 추세이다.

발전부문의 경우 우리나라 총 전력발전량 중 신·재생에너지에 의한 전력생산 비중은 2008년 기준 1% 수준이며 신·재생에너지 이용 발전량의 대부분은 수력발전을 통해 이루어지고 있다.¹⁶⁾ 그러나 최근 들어 태양광, 풍력발전설비 도입 수요가 급격히 증가하면서 태양광(6.7%) 및 풍력(10.3%) 발전량의 비중 또한 증대하고 있다. 다음의 <표 9>는 2008년 말 현재 신·재생에너지원별 누적 발전설비용량과 원별 비중을 보여준다.

다음으로 우리나라 태양광, 풍력 산업 동향을 보다 자세히 살펴보기로 하자. 국내 태양광 설비 누적 보급 용량은 지난 2004년 8,520kW에서 2008년 356,844kW로 연평균성장률 154%에 달하는 급격한 증가세를 보여 왔다. 이에 따라 국내 태양광 발전량 또한 2004년 9,872MWh에서 2008년 284,315MWh로 급격하게 증대되고 있다. 이와 같은 기록적인 성장세는 정부의 강력한 발전차액지원제도에 힘입은 바 크다. 비록 국내 태양광 발전량이 전체 신·재생에너지발전량에서 차지하는 비중은 6.72%로 아직 미미한 수준에 불과하지만, 향후 신·재생에너지의무할당제

도(Renewable Purchase Standard, RPS) 및 시장 조성을 위한 기타 각종 지원제도 등에 힘입어 그 비중이 꾸준히 증대될 것으로 예상된다.

국내의 태양광 시장이 급격히 팽창되어 감에 따라 최근 국내 주요 기업들도 태양광 산업에 진입하여 대규모 투자를 진행 중이다. 태양광의 경우 초기에는 산업기반이 취약한 상태에서 발전차액지원제도 등의 보급정책에 따라 모듈 조립 및 시스템 설치·시공 전문 업체들을 중심으로 하는 하류부문(downstream) 기업들이 주를 이루었다. 그러나 최근에는 전 가치사슬에 걸쳐 현대중공업, LG전자, 한화석유화학, OCI(舊 동양제철화학) 등 주요 대기업의 진출이 활발해지고 있다. 주요 대기업들의 활발한 진출과 정부의 꾸준한 연구개발투자지원으로 인해 지난 2006년 선진기술 대비 70%수준에 그치고 있던 국내 태양광 기술수준도 현재 85%수준(실리콘 태양전지 89%, 박막형 태양전지 66.2%)까지 높아지는 등 선진 기술에 근접해가고 있다.¹⁷⁾

최근 국내 태양광 산업에 진출한 기업들의 핵심 동향은 안정적 공급선 확보를 위한 수직계열화와 생산 규모 확대를 통한 가격경쟁력 확보로 요약된다. 예를 들어 현대중공업은 2009년까지 충북 음성에 연간

<표 9> 2008년 국내 신·재생에너지원별 누적 발전설비 보급용량

수력	태양광	풍력	바이오 가스	매립지 가스	연료 전지	지열	총계
1,603,707(kW)	356,844	304,107	3,036	82,058	8,902	104,922	2,463,576
65.1(%)	14.5(%)	12.3	0.1	3.3	0.4	4.3	100

자료: 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2008년 신재생에너지 보급통계

16) 2008년도를 기준으로 수력발전량의 비중은 전체 신재생에너지 발전량의 72.6%를 차지하였다.

17) 지식경제부 자료, 이투데이 2009년 9월 28일자 기사에서 재인용



동향초점

국내의 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

330MW의 태양전지 셀 생산라인 및 연간 300MW에 달하는 태양전지 모듈 생산라인을 갖출 예정이며, KCC와 합작으로 연간 3,000톤 규모의 태양전지용 폴리실리콘 공장 설립 및 100MW 규모의 잉곳, 웨이퍼 생산체계를 구축할 계획으로 있는 등 태양광 산업 전반에 걸친 수직계열화와 생산 규모 확대를 통한 가격경쟁력 확보에 매진하고 있다. LG는 LG화학(폴리실리콘)-잉곳 및 웨이퍼(실트론)-태양전지 셀 및 모듈(LG전자)-발전 시스템 설치, 시공 및 운영(LG CNS, LG솔라에너지)으로 이어지는 수직계열화 생산 체계를 갖출 예정이다. 이와 함께 태양광 산업 진출이 상대적으로 늦은 편인 삼성 또한 삼성전자가 최근 태양전지 연구개발라인을 가동하기 시작한 것을 필두로 삼성정밀화학(폴리실리콘)-삼성코닝정밀유리(잉곳·

웨이퍼)-삼성전자·삼성SDI(태양전지 셀·모듈)-삼성에버랜드·삼성물산(발전 및 시공)으로 이어지는 수직계열화 체계 구축을 추진 중이다.

이와 함께 규모의 경제 실현을 통한 가격 경쟁력 확보를 위한 기업들의 생산규모 확대의 움직임도 본격화되고 있다. OCI는 2010년까지 전북 군산에 있는 기존의 폴리실리콘 공장 생산규모를 연 생산량 26,500톤 규모로 확대할 계획이다. 태양전지의 경우 현대중공업의 330MW급 생산설비 확충을 시작으로 국내 최초의 태양전지 양산체제를 구축한 선두 기업인 KPE(2009년 현재 연간 96MW 생산규모로 2010년 말까지 300MW까지 확대 예정), 신성홀딩스(현재 100MW 생산규모로 2015년까지 600MW까지 확대할 예정), 미리넷솔라(2009년 현재

〈표 10〉 국내 주요 태양광 기업 현황

구 분		폴리실리콘	잉곳·웨이퍼	태양광 셀·모듈	시스템 시공·운영
주요 대기업 수직 계열화 현황	현대	현대중공업 (KCC와 합작)	현대중공업	현대중공업	현대중공업
	LG	LG화학 (양산준비중)	실트론	LG전자	LG CNS· LG솔라에너지
	삼성	삼성정밀화학 (진출준비중)	삼성코닝정밀유리 (진출준비중)	삼성전자 삼성SDI(차세대)	삼성물산· 삼성에버랜드
	한화	한화석유화학 (진출예정)	-	한화석유화학	-
주요 진출기업		동양제철화학 KCC LG화학 등	실트론 웅진에너지 네오세미테크 현대중공업 등	현대중공업 KPE 미리넷솔라 신성홀딩스 LG전자 한국철강(박막형) 등	현대중공업 LG CNS 삼성물산 에스에너지 심포니에너지 등



90MW 생산규모로 2010년까지 300MW 규모로 확대 예정) 등 주요 기업들이 생산규모를 대폭 확대해 나가고 있다. 한국철강은 지난 2008년 국내 최초로 충북 증평에 20MW규모의 비정질 박막형 태양전지 양산체계를 구축하였으며 이를 점차 확대해나간다는 방침이다.

이와 같은 대규모 생산규모 증설에 따른 원가하락으로 인해 태양광 발전비용이 화석연료 기반 전력생산비용에 빠르게 근접해갈 것으로 예상된다. 다만, 각 기업들이 동시 다발적으로 급격하게 생산규모를 증설함으로써 공급과잉에 따른 소모전(war of attrition)으로 치닫고, 그로 인해 사회적 비효율성이 야기될 가능성이 존재한다는 점은 유의할 필요가 있다.

국내 풍력발전시장 또한 앞서 살펴본 국내 태양광 시장과 유사하게 최근 들어 급격한 성장세를 보여 왔다. 아래의 <표 11>이 보여주듯이 지난 2004년에서 2008년까지 국내 풍력발전산업은 발전량 기준

74.2%, 누적 설치용량 기준 45.5%의 높은 연평균성장률을 나타내었다. 이에 따라 2004년 전체 신·재생에너지 발전량의 약 1% 수준에 불과하던 풍력발전량 비중은 지난 2008년 10.3%까지 증대되었다. 이와 함께 2008년도 기준, 수력을 제외한 신·재생에너지발전량에서 풍력이 차지하는 비중은 37.7%로서, 발전부문에서 수력 다음으로 높은 비중을 차지하는 신·재생에너지원으로 각광받고 있다. 저탄소 녹색성장을 위한 정부 차원의 적극적인 지원이 보다 구체화되면서 앞으로 국내 풍력발전시장 규모는 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.¹⁸⁾

현재 국내 풍력산업 기술력은 선진기술 대비 80% 수준으로 태양광 산업과 동일하게 해외 수입의존도가 매우 높은 편이다. 특히 블레이드, 증속기 등과 같은 핵심 부품 및 시스템·설계평가 기술 등은 선진국의 50~70% 수준에 불과한 실정이다(김병기, 2009 참조). 풍력발전시스템의 경우 국내 선두 주자인 유니스

<표 11> 국내 풍력발전 보급용량 및 발전량

구 분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
누적보급용량(kW) (신규용량)	68,062 (49,903)	98,726 (30,664)	177,667 (78,941)	196,087 (18,420)	304,107 (108,020)
증가율(%)	275	45.1	80	10.4	55.1
발전량(MWh)	47,442	129,888	238,911	375,641	436,034
총발전량대비(%)	0.014	0.036	0.063	0.088	0.103
신·재생에너지 발전량대비(%)	1.05	3.29	6.13	8.55	10.31

자료: 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2008년 신재생에너지 보급통계

18) 우리나라의 경우 국토가 협소하고 경제성이 높은 육상풍력단지가 제한적이어서 육상풍력발전시장의 성장세는 다소 주춤할 것으로 예상되지만 육상풍력에 비해 풍향이 우수하고 발전단지 건설과 관련한 제약이 적은 해상풍력시장을 통해 꾸준한 성장세를 이어갈 것으로 예상된다.



동향초점

국내의 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

〈표 12〉 지역별 태양광, 풍력 산업화 추진 현황

분 야	지방자치단체
태양광	광주시, 전라남도, 전라북도, 대구시, 경상북도, 충청남도, 충청북도, 강원도, 경기도
풍 력	전라남도, 전라북도, 부산시, 경상남도, 인천시, 제주도, 강원도, 경기도

주: 지방자치단체별 중점 추진사업 중 단순 보급사업으로 판단되는 것은 제외
 자료: 광역경제권별 녹색산업화 기반구축 워크숍 자료집(2009)을 근거로 작성

과 효성이 최근 2MW급 풍력발전시스템 개발을 완료하고 실증단계에 있으나 이미 5MW급 풍력터빈개발을 완료하고 3MW급 터빈을 보급 중인 선진국에 비하면 아직 기술력이 미치지 못하는 실정이다.¹⁹⁾

그러나 최근에는 국내 주요 조선업체를 중심으로 풍력산업 진출이 활발하게 전개되면서 우수한 국내 조선업 기술력을 바탕으로 한 기술 추격이 빠르게 진행될 것으로 예상된다. 두산중공업은 3MW급 해상풍력발전시스템 개발을 진행 중이며, 과거 풍력발전용 변압기, 발전기 등 주요 부품을 제작, 수출하던 현대중공업도 전북 군산에 1.65MW급 풍력발전터빈 생산 공장을 건설하여 연 400MW규모의 풍력터빈 생산 규모를 갖출 예정이다. 그 외에도 아직 생산기반이 갖추어지지 않은 상태에서도 기존의 프로펠러 기술력을 인정받아 2.5MW급 풍력터빈 3기를 수주한 바 있는 삼성중공업을 비롯하여 STX(제주도에 3MW급 풍력터빈 5기 공급 예정), 대우해양조선과 같은 국내 굴지의 중공업 기업들이 기존의 조선업계에서 쌓아올린 기술력을 바탕으로 풍력발전터빈 제조업에 진출하고 있다. 이에 따라 향후 국내업체들의 세계 풍력시장 점

유율은 점차 확대될 것으로 기대된다. 다만, 블레이드, 기어박스과 같은 핵심부품에 대한 기술력을 제고하여 고부가가치 창출에 보다 주력해야 할 것으로 보인다.

이와 같이 태양광, 풍력 등을 중심으로 국내 녹색에너지산업이 확대되고 있음에도 불구하고 한 가지 유념해야 할 사항은 태양광, 풍력을 중심으로 한 녹색에너지산업에 대한 지역간 정책경합이 심화되고 있다는 점이다. 〈표 12〉는 최근 태양광, 풍력을 중점 녹색산업으로 추진하고 있거나 계획 중인 국내 광역자치단체의 현황을 보여준다. 표에서 알 수 있듯이 태양광 산업의 경우 경기도를 비롯하여 9개 광역자치단체에서 주력 녹색에너지산업으로 추진 중이며 풍력 또한 이와 유사한 상황이다. 한정된 자원 하에서 선택과 집중을 통해 투자의 효율성을 극대화해야 하는 상황에서 비효율적인 지역 간 중복투자는 국내 녹색산업의 성장잠재력을 저해할 가능성이 크다. 각 지역이 가지는 차별화된 특성과 여건과 괴리된 채 개별 지역 단위의 녹색에너지보급 및 산업화가 진행될 경우, 국가 전체적으로 낭비적인 비효율성을 초래할 우려가 있다는

19) 지난 2008년도에 설치된 146기의 국내 풍력발전터빈 중 국산 제품은 유니슨의 750KW급 터빈 1기가 유일하다(에너지포커스, 2009 가을).



점은 향후 관련 산업 육성책을 추진함에 있어 유의해야 할 사항으로 판단된다.

4. 시사점 및 제언

화석연료 의존도를 개선하고 지구온난화에 대응하기 위한 방편으로 그간 세계 녹색에너지시장은 급격한 성장을 거듭해 왔다. 기후변화에 대응하기 위한 국제사회의 공조가 향후 더욱 강화될 것이라는 점을 감안할 때 이와 같은 추세는 앞으로 더욱 가속화될 것으로 보인다. 녹색에너지산업의 경쟁력은 미래의 핵심 국가경쟁력이 될 것으로 보이며 따라서 우리나라도 미래의 국가 신성장동력의 원천으로 녹색에너지산업을 체계적으로 육성해나가야 한다. 그러나 선진국에 비해 낙후된 기술력과 척박한 산업기반은 우리가 해결해나가야 할 핵심적인 도전과제로 남아 있다.

여기서 우리가 중요하게 인식해야 할 것은 '저탄소 녹색성장'의 개념이다. 근본적으로 '저탄소 녹색성장'은 저탄소 기반 기술 경제로 사회가 이행하는 과정에서 생길 수 있는 다양한 기회를 선점(preemption)함으로써 달성가능하다는 사실이다. 다행스럽게도 최근 관찰되는 녹색에너지시장의 주요한 특징 중의 하나는 아직 녹색에너지기술이 성숙단계에 접어들지 않아 다양한 기술들이 시장에 혼재하고 있어 미래의 기술전망이 불확실하다는 점이다. 대부분의 녹색 시장은 최근에서야 급격하게 확대되기 시작했고 시장에서는 다양한 기술들이 서로 경쟁 중이다. 특히 태양광 산업의 경우 박막형 태양전지 기술이 기존의 실리콘 계열 태양전지 시장을 잠식하기 시작하는 등 다양한

차세대 기술들이 서로 치열한 경쟁을 벌이고 있는 상황이다.

이와 같은 시장 상황은 녹색에너지기술이 선진국에 비해 상대적으로 낙후되어 있는 우리나라의 입장에서 미래의 시장을 선점할 수 있는 좋은 기회를 제공할 수 있다. 왜냐하면 다양한 기술이 존재하는 상황에서 유망한 차세대 기술에 대한 투자를 통해 핵심원천기술을 확보할 경우 세계적인 녹색산업 강국으로 부상할 수 있기 때문이다. 따라서 세계 녹색에너지시장의 기술적 동향과 시장 선호의 흐름을 주시하면서 선택과 집중을 통해 차세대 핵심기술을 확보하는 전략적인 대응이 필요한 것으로 판단된다.

둘째, 해외 시장 진출전략의 측면에서 단기적으로 틈새시장을 겨냥하고 중장기적으로 보다 큰 규모의 해외 시장을 노리는 단계적인 접근이 필요하다. 앞서 지적하였듯이 풍력발전시장의 경우 전통적으로 강세를 보여 왔던 유럽 지역 이외의 미국, 중국, 인도 등으로 시장이 크게 확대되고 있는 상황이다. 이와 같이 기후변화대응에 관한 국제사회의 관심이 증대됨에 따라 녹색에너지에 대한 지역적 수요는 기존의 주요 수요지역을 넘어 보다 폭넓게 확대될 것으로 보인다. 따라서 협소한 국내 시장을 극복함과 동시에 생산, 판매, 운용과 관련한 실적기록(track record)을 필요로 하는 국내 기업들의 경우 이들 틈새시장을 먼저 공략하는 것이 상대적으로 취약한 평판(reputation)을 강화하는 전략이 될 수 있다. 이를 위해 정부는 방대한 해외 네트워크 자원을 활용, 기업들에게 해외시장에 관한 다양한 정보 제공 및 판로개척을 적극 지원해나가야 할 것으로 판단된다.

셋째, 국내 녹색에너지시장에서 민간부문의 참여를 보다 적극적으로 유도함과 동시에 정부와 민간부



동향초점

국내의 녹색에너지시장 현황 및 시장 조기발전을 위한 정책제언

문간의 명확한 역할 분담체계를 확립해야 한다. 협소한 내수규모, 녹색에너지 관련 산업이 가지는 높은 초기 투자비용 및 기술위험도로 인해 지금까지 우리나라 녹색에너지관련 투자의 대부분은 정부부문이 중심되어 이루어져 왔다. 그러나 급격하게 확대되는 녹색에너지시장의 동향을 읽어내고 적기에 필요한 기술혁신과 투자를 이끌어내는데 민간부문의 중요성은 점차 커지고 있다. 최근 일부 대기업을 중심으로 민간부문의 참여의 폭이 확대되고 있다는 사실은 매우 고무적이지만 여전히 녹색에너지투자의 측면에서 민간부문이 차지하는 비중은 상대적으로 낮은 상황이다. 물론 기술적 투자위험이 높고 아직 시장 형성이 채 이루어지지 않은 차세대 기술의 경우 민간의 적극적인 참여를 기대하기 어려울 수 있다. 따라서 상용화 및 기존 기술의 개선 등과 관련된 기술 역량 강화는 민간이 주도하고 정부는 차세대 핵심기술 역량을 강화하는데 주력하는 방식의 명확한 역할 분담 체계의 수립이 필요하다. 또한 녹색에너지시장과 기술이 아직 안정화되어 있지 않은 상태에서 미래 기술 동향에 대한 민간과 정부 간의 정보의 불일치가 쉽게 발생할 수 있으므로 녹색에너지시장 및 기술 동향에 대한 정보 교류 네트워크를 강화함으로써 시장 및 정부의 실패를 최소화하는 데 주력할 필요가 있다.

넷째, 중앙정부와 지방정부, 각 지방정부간의 긴밀한 교류와 소통을 통해 체계적이고 통일성있는 녹색에너지산업화를 추진해나가야 한다. 국내 녹색에너지 보급 이행 주체는 궁극적으로 지역단위 차원에서 이루어질 수밖에 없으므로, 지역은 녹색기술의 확산과 녹색에너지산업화를 이행해 나가는 실질적인 주체의 하나임에 유념해야 한다. 특히 기존의 중앙집중화된

에너지 체계에서 분권화된 에너지 체계에 관한 관심이 증대되는 최근의 추세를 감안할 때도 하부단위인 지역은 녹색에너지산업화에 있어서 중요한 고려요소이다. 지역을 녹색에너지산업화의 핵심주체의 하나로 고려할 때 지역의 차별화된 특성과 여건이 반영된 녹색에너지산업 육성이 가능하다. 이를 위해서는 중앙정부와 지방정부, 각 지방정부간의 긴밀한 협력과 활발한 의사소통을 통해 상충되는 이해관계를 조정해나갈 수 있는 협력 네트워크 구축이 필요하며, 이는 조정의 실패(coordination failure)로 인해 야기될 수 있는 중복투자에 따른 사회적 비용을 줄이는데 일조할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 장두석, 「최근 국내외 풍력발전 동향 및 성장전략」, 에너지 포커스, 2009년 가을호
- 지식경제부, 「제3차 신·재생에너지 기술개발 및 이용 보급 기본계획 수립방안 연구」, 2008
- 에너지경제연구원, 「광역경제권별 녹색산업화 기반 구축전략 워크숍 자료집」, 2009
- 에너지관리공단, 2008년 신재생에너지 보급통계, 2009
- 한국은행, 신재생에너지 산업현황 및 발전방향, 2008
- UNEP, 'Global Trends in Sustainable Energy Investment', 2009
- EPIA, 'Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013', 2009
- EWEA, The Economics of Wind Energy, 2009



GWEC, Global Wind Energy Outlook, 2008

IEA, Renewable Information 2009, 2009

IEA, Trends in Photovoltaic Applications,
2009.

REN21, Renewables Global Status Report 2009
Update, 2009



동향초점

유틸리티산업의 여건변화와 시사점

유틸리티산업의 여건변화와 시사점



이 성 호

삼성경제연구소 수석연구원

1. 유틸리티산업의 특성

유틸리티산업은 국민의 일상생활 및 산업생산에 필요한 전력·가스·수도·통신 등 사회 인프라적 서비스를 공급하는 산업이다. 1853년 프랑스에서 나폴레옹 3세가 CGE¹⁾를 설립해 수도사업을 시작한 것이 근대적 유틸리티산업의 효시라고 볼 수 있으며, 에디슨 조명회사가 1882년 뉴욕 맨하탄에서 59가구를 대상으로 110V(DC)의 전력을 공급한 것이 전력산업의 기원이다²⁾.

유틸리티산업은 지난 100여 년간 ‘공급확대·균질성·집중화’라는 3대 패러다임하에 성장해 왔다. 늘어나는 수요에 발맞춰 선제적으로 공급을 늘림으로써 매출 및 수익을 증대시키는 것이 유틸리티산업의 유일한 성장전략이었으며, 최상의 품질을 추구하기보다는 균질한 품질을 유지하며 단전, 단수, 폭발사고 등 불량을 없애는 것이 경영의 최우선 과제로 자리매김

하였다. 또한 자연독점³⁾에 대한 우려 때문에 민영화 및 규제완화에 대해서는 소극적 입장을 견지하여 정부·공기업이 주도하거나 또는 민간기업을 관련위원회를 통해 강력히 규제하는 방식을 취해 왔다.

정부의 규제와 보호 속에 안정적인 수익을 거두던 유틸리티산업을 둘러싸고 최근 들어 환경규제, 글로벌 금융위기 등으로 인한 위협요인과 기술진보로 인한 기회요인이 함께 등장하면서 산업의 패러다임이 급변할 것으로 전망되고 있다.

2. 유틸리티산업을 둘러싼 환경변화 (기회/위협)

가. 유가 및 원자재가격 상승

유가를 비롯한 원자재 가격의 급등으로 원가상승 부

1) 현재 회사명은 Veolia Environment(佛)로 세계 최대의 상하수도 및 환경 서비스 기업.

2) 이후 에디슨의 직류시스템과 테슬라가 개발한 교류시스템이 경쟁했으나, 직류시스템의 장거리 송전효율성이 떨어짐에 따라 오늘날과 같이 교류시스템이 확대 보급되었다.

3) 사회 인프라 등 규모의 경제가 중요한 산업에서 기존 독점기업이 달성한 비용 우위로 인해 새롭게 시장에 진입하는 후발기업이 경쟁할 수 없어 자연적으로 유지되는 독점상태.



답에 직면하고 있다. 韓電의 경우 2008년 연료비가 49% 상승한 반면, 요금인상은 5%에 불과하였다. 이는 LNG, 중유가 연료비에서 차지하는 비중이 50%를 상회해 전력 생산원가가 유가변동에 민감하기 때문이다.

수도산업도 상수원 보호를 위한 비용이 증가하면서 이를 반영해 水資源公社가 판매하는 源水가격이 상승하여 지방자치단체 산하 상수도 공기업이 부담하는 비용이 증가하고 있다. 지방상수도사업의 운영비는 1997~2007년 사이에 110% 증가했는데, 특히 源水 구입비가 256% 증가해 총비용의 38%를 차지하였다.

나. 환경규제 강화

포스트 교토체제 등으로 韓國도 오염물질 총량규제를 도입할 경우 전력 및 수자원의 생산비용이 상승할 전망이다. 2013년부터 대부분의 OECD 국가에서 전력부문을 중심으로 탄소배출권 거래제도가 전면 시행될 전망이며, 국내에서도 총량규제가 시행될 경우 탄소절감을 위한 사회적 비용은 국민 1인당 매년 54만 원에 달할 것으로 추산된다(강희찬 외, 2009).

수자원 부문에서는 수질오염 총량관리 제도를 도입해 2004년부터 생물학적 산소요구량(BOD)을 규제하기 시작하였고, 2011년에는 화학물질인 燐을 관리항목에 포함할 예정이다. 이에 따라 강화된 기준을 충족하기 위해서는 하수처리 비용이 더욱 증가할 전망이다.

다. 고객 니즈의 다양화

산업이 고도화되고 소비자의 생활수준이 향상되면

서 프리미엄 서비스에 대한 수요가 증가할 전망이다. 用水부문의 경우 반도체, 디스플레이, 제약 등의 산업을 중심으로 이물질이 거의 없는 超純水 수요가 확대되고, 건강에 대한 관심이 늘면서 소비자들의 깨끗한 물에 대한 수요도 증가하고 있다.

전력부문의 경우는 데이터센터의 확대, 디지털 전자기기의 확산, 전기차의 보급 등으로 高품질전기 및 직류전기 등 프리미엄 서비스에 대한 수요가 확산될 전망이다. 또한 汎세계적으로 환경보전에 대한 인식이 높아지면서 청정 에너지를 자발적으로 구매하는 소비자가 크게 증가하고 있다. 美國에서는 다양한 사회단체가 인증(Green Tag)한 녹색전기에 대해 소비자들이 1MWh당 20달러 내외의 프리미엄을 추가로 지불하고 있는데, 특히 사회적 책임을 중시하거나 탄소배출량을 저감하고자 하는 기업들이 녹색전기를 구매하고 있다(PWC, 2009).

라. 설비소형화 기술의 진전

기술진보로 설비소형화가 이루어지면서 분산형 설비 구축이 용이해진 것도 향후 변화를 촉진하는 요인으로 작용할 전망이다. 태양광, 연료전지, 마이크로터빈 등 분산발전의 효율이 개선되고 있고, 멤브레인(여과膜) 기술의 발전으로 수처리 설비도 소형화가 가능해지고 있다. 글로벌 금융위기 이후 각국 정부가 경기부양 및 녹색성장을 내걸고 전력網 및 상하수도의 현대화를 지원하며 이러한 첨단기술에 기반한 설비 보급을 장려하는 것도 호재이다.

인프라 설비의 소형화로 인해 'User-Created Energy / User-Created Water'의 구현도 가능할 전망이다. 대형 유틸리티 사업자를 대신해 소비자 및



동향초점

유틸리티산업의 여건변화와 시사점

건설업자가 주택, 아파트, 빌딩 등에 태양광 설비나 소형 여과膜, 빗물저장고 시설 등 분산형 인프라를 설치하고, 전기와 물을 직접 생산하는 프로슈머(Prosumer)로 변모 가능한 것이다. 생산한 전기나 用水 중 이용하고 남은 잉여량은 판매도 가능할 것이다. 예를 들어 주상복합단지의 경우 가정에서 나온 하수를 소형 멤브레인 설비로 처리 후, 재이용수를 상업 단지에 조경용수, 청소용수, 화장실용수 등으로 판매할 수 있다.

마. 쌍방향 정보교환의 확산

소비자와 쌍방향 정보교환이 확산되면서 공급자 중심의 특성을 지녔던 유틸리티산업이 소비자 중심으로 변모할 전망이다. 통신강국인 우리나라는 유무선 통신 인프라가 전국 방방곡곡에 구축되어 있기 때문에 스마트미터⁴⁾ 등을 통한 쌍방향 정보교환이 경쟁국보다 앞서 일반화될 가능성이 높다.

실제로 지식경제부는 2020년까지 전국적으로 스마트미터를 구축할 계획이다. 총 누적사용량만 측정하는 기계식 계량기와 달리 스마트미터는 시간대 별로 사용량을 측정할 수 있고, 사용자가 소비하는 전기의 구매량 뿐 아니라 생산하는 전기의 판매량도 측정 가능하다. 또한 스마트미터 보급을 통해 전기·가스·열·수도의 통합검침을 추진함으로써 각각의 계량기를 개별 설치 시에 발생할 수 있는 중복투자의 낭비도 제거할 수 있다.

이처럼 정보통신을 이용해 요금·품질 등의 기본정

보는 물론 단수·단전 안내 등을 소비자에게 실시간으로 제공하는 것이 가능해지며, 서비스 공급자는 소비자의 시간대별·지역별 소비정보를 수집해 분석하는 것이 가능하다(IBM 2007, 2008). 통신사업자들이 막대한 비용을 들여 CRM(Customer Relation Management : 고객관계관리) 정보시스템을 구축함으로써 고객별 통신서비스 이용 성향을 파악해 마케팅 활동을 최적화하는 것이 향후에는 여타 유틸리티 산업에서도 보편화될 것이다.

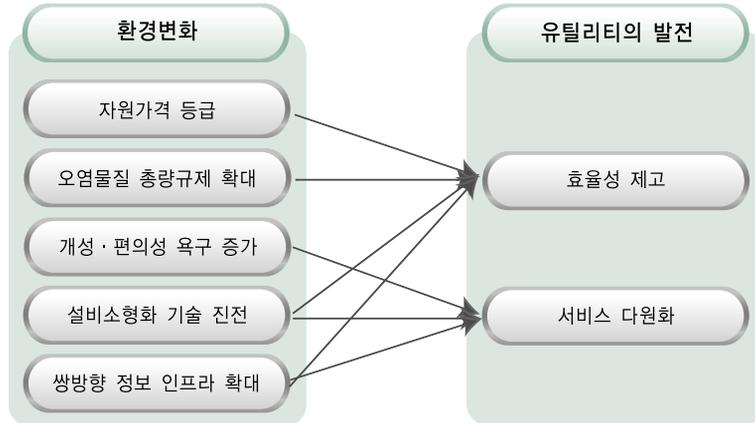
3. 유틸리티산업의 미래 발전방향

환경변화에 따른 기회/위협 요인을 감안할 때 유틸리티산업은 과거의 패러다임에서 벗어나 [그림 1]과 같이 '효율화 및 서비스 다원화'를 兩大軸으로 하는 새로운 대응을 모색할 것으로 예상된다. 즉 한편으로는 자원 및 환경 비용이 증가함에 따라 경제성이 우수한 분산형 설비를 활용하는 등 효율화 노력을 통해 투입비용 절감을 모색하고, 다른 한편으로는 소비자의 개성·편의 추구에 대한 욕구가 증가함에 따라 新기술 기반의 프리미엄 서비스를 개발하거나 소비자행태를 분석한 맞춤형 서비스를 제공함으로써 신규 매출 확대를 모색해 나갈 것이다. 이는 1990년 이후 통신산업을 강타했던 변화의 물결이 20여년의 시차를 두고 전력, 가스, 수도 등 여타 유틸리티 산업에도 서서히 도입되고 있는 것으로 볼 수 있겠다.

4) 누적 사용량만 측정하는 기계식 계량기와 달리 스마트미터(전자식 계량계)는 유효, 무효, 역률, 피크 전력량 등을 시간별로 측정하고 원격검침이 가능. 지경부는 스마트미터 보급을 통해 전기·가스·열·수도의 통합검침을 추진.



[그림 1] 유틸리티산업의 2대 발전방향



자료: 이성호, 유틸리티산업의 미래 발전방향, SERI 경영노트, 2009.10.15

가. 시간별·공간별 자원 이용 효율화

1) 실시간 변동 요금제

소비자의 합리적 소비를 유도하기 위해 효율적인 요금제도 및 이를 구현할 인프라를 구축해 나갈 것이다. 유틸리티 서비스는 시간대에 따라 수요변동이 크며 공급비용 역시 차이가 크다. 전력의 경우 한낮이나 초저녁 시간이 수요가 최고점에 이르는 피크부하 시간으로 이때는 원자력, 석탄 등 전력생산 비용이 저렴한 기저발전 뿐 아니라, LNG, 중유 등 전력생산 비용이 높은 첨두발전이 추가로 가동된다.

또한 전력·물의 수급은 기상조건에도 큰 영향을 받는데, 전력생산의 경우 재생에너지 비중이 증가하면서 강우, 일조량, 풍량 등 기상조건에 더 많은 영향을 받게 된다. 특히 수자원의 경우는 기상의 영향이

절대적이다. 가뭄 등 갈수기에는 용수 공급은 줄어들며, 반면 수요는 증가하여 수급의 불균형이 극대화되며, 더욱이 하천수량이 부족해지면서 적조현상 발생 등 오염도가 심각해져 상수처리 비용 역시 크게 증가하게 된다. 따라서 실시간·상세지역 기상정보와 연계하여 전력·물의 수급 변동에 신속하게 대응하는 체제를 구축할 필요가 있다.

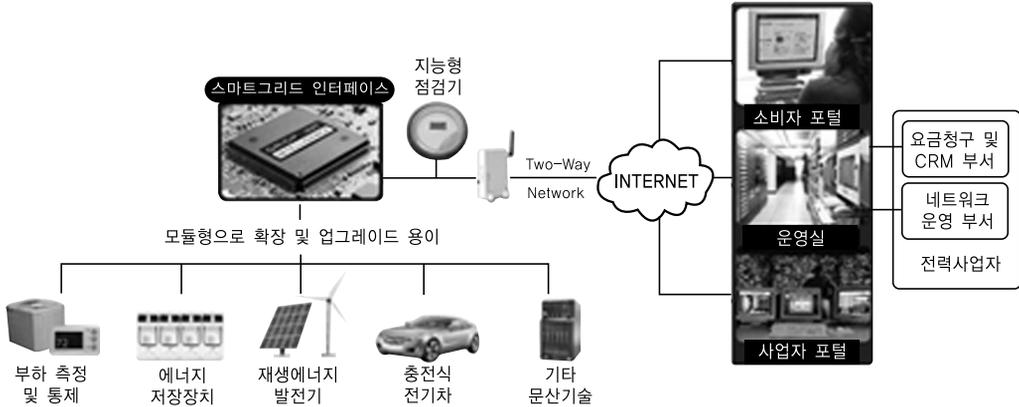
수급변동에 따라서 요금이 실시간으로 바뀌는 '실시간 변동요금제'가 도입된다면 소비자는 가격이 저렴한 시간대로 소비를 분산시켜 유틸리티 요금을 절감하고, 사업자는 피크 수요에 대비한 예비설비 투자를 절감할 수 있게 된다. 실시간 변동요금제를 당장 구현하기 어렵다면 소비자 요금보다 생산원가가 높은 피크 수요 시간대에 소비를 절감해 준 소비자에게 금전적 보상을 제공해주는 제도(전력의 경우 'NegaWatt')라도 시행을 검토해 볼 수 있을 것이다.



동향초점

유틸리티산업의 여건변화와 시사점

[그림 2] 스마트 그리드와 연계한 홈네트워크 개념도



자료: GridPoint 홈페이지(<http://www.gridpoint.com>)

실시간 변동요금제를 실시하는 경우 실제 소비자가 24시간 내내 전기요금의 등락에 신경쓰면서 생활하는 것은 너무 번거롭다. 빌딩관리시스템⁵⁾ 및 홈네트워크 시스템에 내장된 에너지관리시스템이 스마트 그리드와 연계되면 소비자가 실시간 요금변동에 신경을 쓰지 않아도 전력비를 자동적으로 절감 가능하다. 에너지관리시스템은 스마트 그리드로부터 실시간으로 변하는 요금정보를 제공받아 전기요금이 소비자가 미리 설정한 가격 이상으로 상승할 경우 빌딩 내 냉방시스템을 기존에 설정한 온도보다 1~2℃ 높게 가동하는 방식으로 시간대별 요금에 따라 전력소비를 자동적으로 유연히 조정 가능한 것이다. [그림 2]에서 보는 바와 같이 스마트 그리드 인터페이스는 시간별 요금에 따라 가정용 전력부하를 조정하거나 전기차의

충전시간을 결정하는 것이 가능하다.

2) 공간의 자원 활용 효율 제고

소비자에게 밀착된 분산형 설비를 통해 서비스 가치사슬의 지리적 거리를 단축함으로써 비용을 절감할 수 있다. 소형화된 연료전지 또는 마이크로 터빈을 건물 내에 설치하고 소비자가 난방·온수를 필요로 할 때 가동해 熱은 실내에서 활용하고 전기는 전력망을 통해 전력회사에 판매한다면 손실되는 열에너지를 최소화함으로써 에너지효율을 제고할 수 있다 (Hinnells, 2008).

기존의 수자원 시스템은 [그림 3]에서 보는 바와 같이 상수원 지역에 내린 빗물이 우수관을 거쳐 하수처

5) 빌딩관리시스템(Building Management System)은 건물 내의 냉난방·공조·조명·보안·통신 등 다양한 기계 및 전기장치를 지능적으로 제어하는 시스템.



리된 후, 하천으로 흘러가 상수원에 모인 후 다시 수처리를 거쳐 상수도관을 통해 장거리 운송되어 소비자에게 도달하며, 소비자가 사용한 하수는 다시 하수도관을 통해 장거리 이동해 하수종말처리장에서 처리 후 바다로 흘러들어가는 지리적으로 확장된 가치사슬을 거치게 된다. 그런데 빗물과 하수를 현장에서 바로 처리해 用水로 활용하면 이러한 확장된 가치사슬 상의 정수·하수처리 비용 및 수도관을 통한 장거리 운반 비용을 절감할 수 있게 된다. 현재 광역상하수도 시스템 하에서는 하수처리장에서 처리된 하수를 다시 멀리 떨어져 있는 소비자에게 되돌려 보내기 위해 새롭게 제3의 수도관을 구축한다는 것이 경제적으로 사실상 불가능한 반면, 멤브레인 기술을 적용한 소형 수처리 시스템이 빌딩 및 단지 내에 구축되면 소비자가 배출하는 하수를 현지에서 처리하여 적절한 용도로 재활용이 가능한 것이다. 2003년 건축된 뉴욕 소재 Solaire 빌딩⁶⁾은 세계에서 가장 먼저 여과膜 공정의 하수 재이용 시설을 구축해 상수 48%, 하수 56%를 절감한 실적이 있다 (Clerico, 2007).

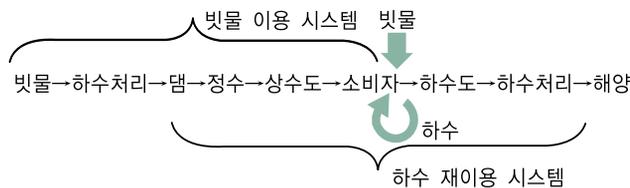
나. 서비스 다원화 및 맞춤형 서비스 제공

1) 서비스 다원화

균일한 품질의 단일 서비스 대신 다양한 품질의 서비스를 창출해 새로운 수요를 자극함으로써 매출을 확대하고 소비자 만족도를 제고할 수 있을 것이다.

用水의 경우 일반용수 이외에 고품질·고가격 용수(超순수 등) 및 저품질·저가격 용수(重水 등) 등으로 시장을 세분화해 기존 상수도 외에 신규시장 창출이 가능할 것이다. 폐수를 재활용한 超純水 공급 사례로서 삼성코닝정밀유리는 천안사업장에서 공업용 폐수를 역삼투압 정수설비로 처리해 超純水를 공급함으로써 공업용수와 폐수를 각각 연 300만 톤 이상 절감함으로써 연 100억 원의 상하수 처리비용 절감 효과를 달성하였다. 재이용수가 향후 더욱 주목받을만한 이유는 2011년부터 하수처리의 수질기준이 대폭 강화됨에 따라 하수를 처리하고 그냥 방류하는 것보다 적절한 용도로 재활용하는 것이 경제적으로 유리해지기 때문이다.

[그림 3] 분산형 수처리 시스템의 가치사슬 단축



자료: 이성호, 유틸리티산업의 미래 발전방향, SERI 경영노트, 2009.10.15

6) Solaire 빌딩은 뉴욕시 배터리파크에 위치한 주거용 빌딩으로 미국에서 최초로 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Gold Certification을 수여받음.



동향초점

유틸리티산업의 여건변화와 시사점

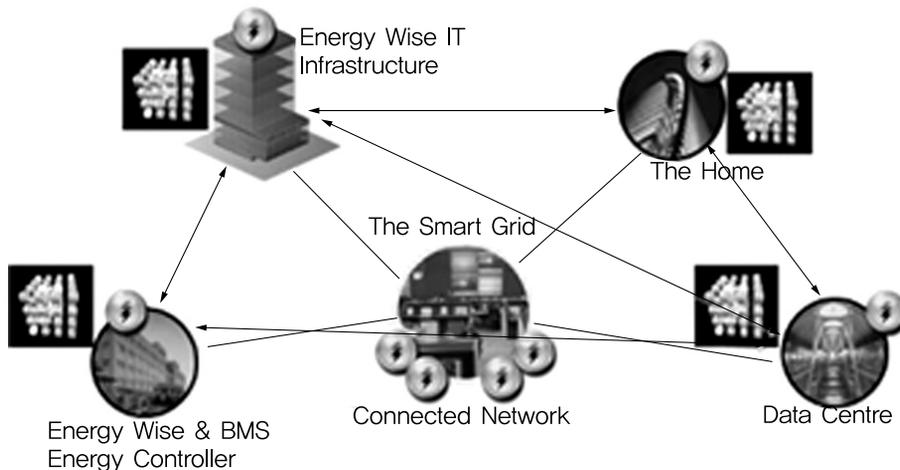
전력산업도 고품질전기, 직류전기, 녹색전기 등으로 시장세분화가 가능해질 전망이다. 반도체, 초정밀 제조업을 대상으로 주파수가 안정된 고품질 전기를 제공하거나, 데이터센터를 대상으로 무중단 전력공급 서비스를 제공하는 등 프리미엄 서비스의 개척이 가능할 것이다. 또한 PC·TV·DVD·오디오 등 디지털 가전기기, LED 조명, 전기자동차 등은 현재는 교류를 받아 직류로 변환하여 사용하는데, 직접 직류전기를 공급하는 시스템이 향후 신축 빌딩·아파트 등에 도입될 전망이다. 직류(DC) 배전은 개별 전자제품의 정류과정을 대체함으로써 변환 손실이 최소화되어 30%까지 전력 절감이 가능하며, 특히 빌딩에 설치된 태양광, 연료전지 등 직류전원 기반의 분산형 新재생 에너지와 이차전지로부터 공급되는 직류전력을 컨버터·인버터없이 바로 사용 가능하다.

2) 맞춤형 서비스 제공

건물 용도, 사용자의 성향 등 고객의 특성을 반영한 맞춤형 서비스를 제공하는 솔루션 및 방법론이 속속 등장하고 있다. [그림 4]에서 보는 바와 같이 통신장비 기업 시스코는 오피스빌딩, 데이터센터 등 다양한 공간에서 에너지 이용을 효율화하는 솔루션(‘Energy Wise 제품군’)을 제공하는데, 호텔용 솔루션의 경우 空室 시는 전원을 차단하다가, 사용자가 입실하며 키홀더에 스마트카드를 삽입하면 저장된 고객정보에 따라 냉난방, 조명, 통신 서비스를 맞춤형으로 제공할 수가 있다.

IBM은 6시그마 방법론을 응용해 에너지 및 用水 관련 성과지표를 정의하고 측정하며 공정개선 작업을 통해 성과지표를 지속적으로 제고하는 방법론인 Green Sigma 방법론을 개발하였다(IBM, 2007). 이

[그림 4] EnergyWise 관련 제품군



자료: Cisco, "Cisco EnergyWise Technical Overview", 2009



를 통해 고객기업의 에너지·물 소비를 최적화시켜 유틸리티 비용을 절약하고 환경영향을 경감하고 있다.

3. 시사점

가. 정부 : 경쟁 및 혁신을 촉진하는 장기적인 마스터플랜 수립

유틸리티산업을 둘러싼 환경변화가 극심한 상황에서 경쟁력 있는 서비스를 지속적으로 창출하기 위해서는 장기적인 마스터플랜을 수립할 필요가 있다. 英國의 Foresight 프로그램⁷⁾, OECD의 IFP(국제미래프로그램) 등과 같이 다양한 인프라 설비의 기술발전과 미래사회의 니즈를 예측하고 이러한 변화에 선제적으로 대응할 수 있도록 장기적인 정책 로드맵을 수립해야 할 것이다. 특히 분산형 기술을 육성하고 업종 간 컨버전스를 장려함으로써 유틸리티 산업의 경쟁을 촉진하는 정책을 개발할 필요가 있다. 분산설비의 확산은 단기적으로는 중앙집중형 시스템 위주로 구축된 유틸리티산업에 혼란을 가져올 수 있지만, 장기적으로 유틸리티산업의 자연독점을 해소하고 경쟁을 활성화할 수 있는 가장 효과적인 방안이다. 정부는 분산형 유틸리티시장의 부상을 수용하고, 기존의 중앙집중형 시스템과 조화시킬 방안을 모색할 필요가 있다. 특히 직류전기, 초순수 등 신규서비스는 요금규제의 대상에서 제외하여 유틸리티 기업의 신규 서비스 개발의 유인으로 활용할 필요가 있다.

또한 방송통신 정책이 칸막이식 진입규제를 폐지해 유선통신과 케이블TV가 서로 상대방 영역인 유료방송과 초고속인터넷 서비스 제공을 허용함으로써 상호 컨버전스가 활성화되어 서비스의 가격 및 품질 경쟁을 촉진한 사례를 타 유틸리티 분야의 산업정책이 참고해야 할 것이다. 전력, 가스, 난방 등의 분야에서 컨버전스를 촉진하기 위해서 연료전지, 마이크로터빈, 히트펌프 등 융합기술 관련 연구개발 지원도 확대해야 할 것이다.

한편 유틸리티산업을 포괄하는 IT기술의 개방형 표준화를 선도하여 컨버전스를 촉진할 필요가 있다. 다양한 분산설비를 통합적으로 관리·운영하기 위해서는 원격제어·네트워킹 기술의 표준화가 급선무이다. 현재는 주로 전력산업 위주로 스마트 그리드란 IT기술의 표준화가 모색되고 있는데, 전력 설비 뿐 아니라, 수처리, 냉난방 설비까지 통합적으로 제어할 수 있는 가칭 ‘스마트 에너지 & 워터 그리드’ 기술의 표준화를 모색할 필요가 있겠다.

나. 기업 : 차별화된 서비스 및 新사업 창출

기업들은 유틸리티산업의 양대 발전축을 감안한 상품·서비스를 선제적으로 개발하여 성장의 기회로 활용해야 할 것이다. 전력기업은 전기차가 활성화될 경우 폭발적으로 확대될 직류전기 관련 기술개발 및 인프라 구축 등에 관련된 선행투자를 적극 검토할 필요가 있다. 특히 요금인상에 인색한 소비자들도 비용을 기꺼이 지불할 만한 차별화된 프리미엄 서비스를 개

7) 에너지 부문의 경우 2020년경 스마트 그리드, 탄소포집기술, 2030년경 상온초전도 전력망, 2050년경 핵융합 기술, 수소경제가 중대한 영향을 미칠 기술로 평가 (자료: Bouffard, F. & Kirschen, D.S. (2008), Centralized and distributed electricity systems, Energy Policy, 36, 4504-4508.)



동향초점

유틸리티산업의 여건변화와 시사점

말하도록 노력해야 한다. 상수도 요금(1톤당 평균 430원) 인상에 대해서는 저항이 심하지만, 가격이 100~1,000배 이상 비싼 정수기 및 생수는 우리나라 대다수 가정이 자발적으로 구매하는 것이 현실이다.

IT, 건설 및 엔지니어링 기업도 유틸리티산업의 진화에 따라 발생할 수 있는 새로운 사업기회를 발굴할 수 있다. 세계 유틸리티 산업은 매년 기반시설의 신규 구축·유지보수를 위해 막대한 투자를 수반하는데, 현재는 통신산업이 설비투자가 가장 왕성하지만 2020년 이후 급격히 감소하고, 대신 에너지와 물 산업이 급속히 성장할 전망이다. 2030년까지 연평균 2兆 달러의 투자비용이 예상되는데, 전력 5,668億 달러, 가스 2,272億 달러, 수도 8,498億 달러, 통신 4,494億 달러 등이 예상된다⁸⁾. 특히 설비투자의 성격이 토목사업 중심에서 기계 및 전자 시스템 중심으로 변화되고 있어 수출이 용이해지고 있다. 물 산업의 경우 도시 전역이 초대형 상하수 처리시설에 수도관(pipe)으로 연결되던 인프라 구조에서 곳곳에 분산형 수처리 설비(plant)를 구축해 현지에서 직접 처리하는 방식으로 인프라를 재설계하면서 관련 설비투자 역시 지역 토목사업자에 의한 수도관 건설 중심에서 점차 글로벌 하이테크 기업의 멤브레인 수처리 설비 제조 중심으로 전환될 것으로 예상된다.

분산형 인프라의 전제조건에 해당하는 배전망·배수관 현대화 분야나 쌍방향 정보교환을 위한 IT분야의 사업기회 발굴도 적극 모색해야 한다. IBM, 시스코, 인텔, 구글 등 유력 IT기업들이 에너지 효율화 관련 홈네트워크, 빌딩관리시스템 분야에 신규 진출

하는 것을 예의주시하며, IT기술과 결합한 혁신적인 유틸리티 사업모델의 수출산업화를 고민할 필요가 있다.

참고문헌

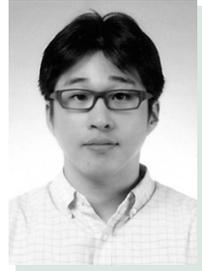
- 강희찬, 김화년, 강성원, 박준, 최홍, 「기후변화협약, 한국기업에 위기인가 기회인가」, 삼성경제연구소 CEO Information, 2009.7.29
- 이성호, 유틸리티산업의 미래 발전방향, SERI 경영노트, 2009.10.15
- Andrew Curry, Tony Hodgson, Rachel Kelnar, Alister Wilson, "Intelligent Infrastructure Futures : The Scenarios - Towards 2055", Foresight Directorate, 2006.1
- Cisco, "Cisco EnergyWise Technical Overview", 2009
- Edward A. Clerico, "THE FUTURE OF WATER REUSE IN NYC", 2007.1.20
- EPIA, Greenpeace, "Solar Generation," 2006.9
- Francois Bouffard, Daniel S. Kirschen, Centralized and distributed electricity systems. Energy Policy, 36, pp 4504-4508, 2008
- IBM Global Business Services, "IBM Global CEO Study 2008 Highlights: The Utility

8) 전력, 가스는 IEA(2008), 수도, 통신은 OECD(2006)의 전망 참조.



- of the Future”, 2008
- IBM Global Business Services, “Plugging in the consumer Innovating utility business models for the future”, 2007
- IBM, “Green Sigma : How to optimise your carbon management through Green Sigma”, 2007
- IEA, “World Energy Outlook 2008”. 2008
- Mark Hinnells, Combined heat and power in industry and buildings, Energy Policy, 36, pp 4522-4526, 2008
- OECD, “Infrastructure to 2030”, 2006
- PWC Advisory Services, “Green Electricity Making a Difference : An International Survey of Renewable Electricity Labels”, 2009.5

에너지절약전문기업 지원정책의 성과 분석



오 인 하
에너지경제연구원 책임연구원

1. 서론

최근 우리나라는 고유가 및 기후변화라는 대외적 환경에 대응하는 동시에 대내적으로는 지속가능한 성장을 이뤄내야 하는 상황에 직면하고 있다. 이러한 대내외적 상황을 고려할 때 우리나라 경제구조의 에너지 저소비형 전환은 필수적 과제이다.

우리나라는 에너지의 대부분을 수입에 의존하는 에너지 자원빈국으로 2008년 에너지 자주개발률은 5.7%에 불과하다. 또한 에너지 사용효율은 선진국과 비교하였을 때 아직 낮은 수준으로, 효율개선을 통한 에너지 절약 잠재량이 상당량 존재하며 효율개선이 시급하다. 에너지원단위(TOE/천\$, 2000년 불변 PPP 기준)로 비교해 보면 2008년 우리나라의 에너지원단위는 0.21로 다른 주요선진국(미국 0.20, 일본 0.14, 독일 0.14, 영국 0.11, OECD 평균 0.17)에 비하여 높은 수준이다. 높은 에너지원단위는 에너지다소비 산업을 주력업종으로 하는 우리나라의 산업구조에서 기인한다.

이와 같이 산업 및 건물 부문에 대한 에너지절약의 필요성이 커지자, 정부는 산업 및 건물 부문의 에너지 효율을 개선하기 위하여 1992년부터 에너지절약전문기업(Energy Service Company, ESCO) 지원제도를 시행하여왔다.

ESCO란, 에너지 사용자가 에너지절약을 위하여 기존의 에너지 사용시설을 교환 및 보완하려 하나 기술적·경제적 부담으로 사업을 시행하지 못할 경우, 에너지절약형 시설 설치사업에 참여하여 기술, 자금 등을 제공하고 투자시설에서 발생하는 에너지절감액으로 투자비를 회수하는 사업을 영위하는 기업을 뜻한다.¹⁾

이러한 사업투자 형태는 1970년대 말 미국에서 태동한 새로운 에너지절약 투자방식으로 2007년 현재 약 40여 개 국가에서 시행 중이다. ESCO 투자사업은 벤처형 사업의 일종으로 에너지사용자는 투자위험 없이 에너지절약 시설투자가 가능하고 ESCO는 투자수익성을 보고 투자위험을 부담하게 된다.

정부는 ESCO 투자사업을 통하여 산업 및 건물 부

1) ESCO라는 용어 자체가 에너지절약전문기업을 뜻하나, 우리나라에서는 ESCO라는 용어가 에너지절약전문기업 자체와 에너지절약전문기업이 영위하는 사업형태 등 여러 가지를 명시하는데 쓰이므로, 본 논문에서는 각각에 대하여 명시가 필요한 경우에는 ESCO 기업, ESCO 투자사업 등으로 표기하였다.



문의 에너지효율성을 제고하기 위하여 에너지절약전문기업 및 ESCO 사업계약자(에너지사용자)에 금융 및 세제 지원제도를 마련하였다. ESCO 투자사업에 대한 금융지원은 1993년부터 2006년도까지 14년간 약 9,130억 원(2,852건)이 지원되어 연간 1백만TOE의 에너지 절약 효과와 함께 연간 약 3,780억 원의 에너지 비용 절감 효과를 발휘하였다²⁾. 저리용자 형태의 지원금이 모두 상환된다고 볼 때, ESCO 지원정책은 적은 비용으로 큰 절감효과를 누릴 수 있는 에너지절약을 위한 적합한 정책 수단이라고 할 수 있다.

특히 최근 정부는 ESCO 기업에의 금융지원을 통하여 국가적 차원의 에너지절약을 도모함과 동시에, 에너지절약 전문기업을 기술력과 금융기법을 겸비한 '종합에너지관리 컨설팅업체'로 육성하여 국가의 향후 '신성장동력'으로 삼고자 하고 있다. 이러한 지원정책의 수립을 위해서는, 지원정책이 에너지사용자의 에너지절감에 미치는 영향뿐만 아니라 정책적 지원을 받은 ESCO 기업이 타 기업에 비하여 어느 정도 차별화된 성장을 하고 있는지 살펴볼 필요가 있다. 정부의 ESCO 지원사업은 사업의 지속기간이 길고 누적 투자지원금이 9천억 원 이상임에도 불구하고, 지금까지의 지원사업의 성과평가는 금융지원 대비 어느 정도의 에너지절약 효과가 있었는지에 집중되어 있었고, 기업 레벨의 미시적 자료를 사용한 다면적·정량적 사업의 성과를 평가한 연구사례는 아직 미비한 실정이다.

본고의 목적은 정부로부터 인증을 받아 ESCO 투자사업에 참여하는 ESCO 기업들의 성과를 최근 개

발된 성과평가 방법론을 사용하여 다방면으로 분석하여 정부의 ESCO 인증 및 지원정책의 효과성을 분석하는 데 있다. 이를 위하여 에너지절약 전문기업의 성과를 순이익, 매출, 자산 및 고용 등 다방면의 증가율을 성과지표로 사용하여 ESCO 투자사업과 그에 따른 정부지원사업 참여가 ESCO 기업의 성장 및 수익성 등 다방면의 지표에 어떠한 영향을 주는지 평가하고자 한다.

본고의 주요내용은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 지금까지 국내 및 국외 ESCO 관련 연구 및 정책 동향을 소개한다. 3장에서는 ESCO 기업의 재무적 및 정성적 특성을 분석함으로써 시간에 따른 ESCO 기업의 특성 변화를 관찰하고 이를 일반 기업과 비교함으로써 ESCO 등록기업 및 투자사업 시행기업의 특성을 분석한다. 또한 본고의 주요 과제인 ESCO 지원사업의 성과를 실제 투자사업 시행 기업의 성과와 여타 일반 기업의 성과를 비교함으로써 추정할 것이다. 4장은 결과를 요약하고 정책적 함의를 제시하고자 한다.

2. 국내외 ESCO 관련 연구 및 정책 동향

최근 고유가 상황 등으로 인하여 에너지 절약에 대한 관심이 높아짐에 따라 ESCO 사업형태가 과거에 비하여 주목받고 있음에도 불구하고 이에 대한 연구 논문은 그리 많지 않다(Vine et al., 1999; Vine, 2005; Lee et al., 2003; 김수덕, 2005 등). 본 장에

2) ESCO 협회 및 에너지관리공단 자료



서는 ESCO 관련 분석 학술 논문 중에서 비교적 최근 발표된 몇몇 연구를 소개하고 국내 ESCO 관련 정책 동향을 소개하고자 한다.

가. 해외 ESCO 관련 연구사례

Vine et al.(1999)은 미국의 슈퍼 ESCO가 대두 되는 과정 및 슈퍼 ESCO의 시장에서의 역할에 대해 다루었다. 미국의 슈퍼 ESCO가 태동하는 시점에 대한 관찰을 다룬 논문인 바, 현재의 한국에 주는 시사점이 있는 연구라 할 수 있다. Vine et al.(1999)은 분석을 위해 미국의 10개 슈퍼 ESCO와 10개 전력회사에 대한 전화인터뷰, 1997년 미 전국 ESCO협회(National Association of Energy Service Companies, NAESCO) 컨퍼런스 자료들, 미국 슈퍼 ESCO 전문가 및 ESCO 측과의 비공식적 논의 등의 자료를 활용하였다. 슈퍼 ESCO는 분석을 통하여 ESCO의 미래상으로 대두된 개념으로 전력공급을 증대하면서도 에너지 효율과 기타 에너지 서비스를 제공하는 종합적

ESCO를 의미한다. 슈퍼 ESCO란 사업 혹은 프로그램 단위 협력, 조인트벤처, 합병과 전략적 제휴 등을 형성할 것이며 새로운 서비스 제공, 제휴관계 개발, 에너지 증개 및 마케팅, 전력 공급과 통신서비스를 에너지 효율과 통합하는 방향으로 발전할 것으로 보인다(<표 1> 참조).

우리나라의 ESCO 산업육성책에서도 ESCO 사업 분야 확대를 지원정책의 일부로 포함하고 있으며, 이에 따라 전력회사의 송배전 및 계량분야와 신재생에너지 생산기업과의 협력 및 경쟁관계가 대두될 것으로 보인다. 에너지 생산으로부터 공급, 소비에 걸친 광범위한 공급사슬에 있어서 슈퍼 ESCO는 그 사업 범위를 넓혀갈 것이고, 이를 통한 ESCO 기업 및 사업단위의 대형화 및 기술수준 고도화는 수익성 제고 및 대형화를 위한 핵심전략 중 하나로 대두될 것으로 보인다.

Vine(2005)은 세계 각국에 대한 설문조사를 통해 에너지절약전문기업의 동향과 투자 규모 등을 분석하였다. 또한 향후 ESCO 산업발전에 장애가 되는 요

<표 1> 슈퍼 ESCO 발전방향

슈퍼 ESCO 발전방향
- 소비자 서비스 중심의 기업문화
- 신기술에 대한 정보는 빠르게 흡수하는 능력
- 기술적 통합 전문성
- 에너지 분석을 위한 독자적 기법(tool)의 소유
- 다양하고 내부적으로 표준화된 재무적 수단
- 명확히 정의된 시장 정체성
- 위와 같은 역량을 여러 부문과 지역에서 활용하는 능력

자료: Vine et al.(1999)



인을 국가별로 수집하여 나열하였다. ESCO 산업은 영국, 캐나다, 그리고 스웨덴 등의 국가에서 이미 1970년대 후반과 1980년대 초에 시작되었다. 대부분의 ESCO는 국내 사업에 집중하지만 프랑스의 'Compagnie Genrale De Chauffe' 와 같은 ESCO

는 20개국에 걸쳐 28,000여 명을 고용하기도 하였다. ESCO의 활동부문은 국가별로 상이하며 여러 부문에 걸치기도 한다.

각국에서 조사된 ESCO 산업발전의 장애물로는 에너지효율이 제공하는 기회에 대한 정보와 이해의 부

〈표 2〉 ESCO 투자사업의 주요 장애요인

주요 범주	장애요인
자금조달의 어려움	<ul style="list-style-type: none"> - 자금에 대한 접근, 자금조달 및 신용 부족, 높은 자금조달 비용(high cost of money) - 불명확한 회계 및 에너지성과계약(Energy Performance Contracting, EPC) 처리 - 대기업 위주로 이루어지는 자금조달
위험인지	<ul style="list-style-type: none"> - 기술 및 사업적 위험 - 위험관리와 사업계획의 부담 - 단기적 투자 경향 - 소비자와 은행의 보수적 태도 - 핵심 생산 공정이 영향을 받을 수 있는 리스크 존재
정보 및 인식 부족	<ul style="list-style-type: none"> - 소비자, 공급기업, 엔지니어링 기업, 은행, 금융업계, 산업의 에너지성과계약 인식 부족 - EPC에 대한 관심과 이해부족 - 에너지 효율의 낮은 우선순위
EPC 전문성	<ul style="list-style-type: none"> - EPC에 대한 전문성 부족(기술, 금융, 교육) - 에너지효율 조치, EPC 디자인 및 협상의 어려움 - 에너지효율에 대한 관심이 부족한 에너지 구매자
에너지효율 장비와 기술에 대한 접근	<ul style="list-style-type: none"> - 장비부족 - 적절한 비용으로 활용 가능한 기술 부족 및 관세로 인한 비용 상승
관리	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 효율 장비의 식별, 조달, 설치, 운영, 그리고 유지하는데 드는 높은 거래비용 - 사업시행의 지연 리스크 - 계약에서의 시간 소요 - EPC 관리를 위한 준비 비용 - 시간과 인력 부족
신뢰성	<ul style="list-style-type: none"> - 장비의 신뢰성에 대한 우려 - 실적 부족에 따른 우려
신용 및 확신 부족	<ul style="list-style-type: none"> - ESCO 서비스와 솔루션에 대한 낮은 확신 - ESCO와 소비자에 대한 신용 부족 - 극소수의 사업을 가진 기업과 비판적인 평가

자료: Vine(2005)



족, 사업자금조달 경험의 부족, ESCO의 활용을 막는 정부조달규정, 저렴한 전기료, 신기술 도입을 막는 안정성과 신뢰성 문제, 대형 사업만 수행될 수 있게 하는 과중한 관리절차 및 거래비용, 금융기관의 에너지 효율과 성과계약에 대한 이해 부족 등을 들었다. <표 2>와 <표 3>은 주요 장애요인들로 인식된 것을 제시하였다. 특히, 자금지원 문제는 ESCO 발전에 가장 큰 장애물로 투자재원에 대한 접근과 신용 획득에서 어려움이 많다. 추가적으로 <표 3>은 정책과 관련된 것으로 지적된 장애항목을 보여준다. 이러한 주요 장애요인은 우리나라에서의 ESCO 사업에서도 공통적으로 적용되는 부분이다.

이러한 장애요인들도 불구하고 Vine(2005) 연구의 대다수 응답자들은 ESCO 산업 발전에 낙관적인 견해를 보였다. 시장 조건과 기회는 국가별로 상이할 것이지만, 에너지 효율과 ESCO 수요를 증가시킬 수

있는 변화의 추세는 명백해 보인다. 다음 <표 4>와 같은 시장의 변화가 ESCO 사업의 향후 성장에 영향을 끼칠 것으로 보인다.

Vine(2005)은 분석결과에 기반하여 다음과 같은 ESCO 발전을 위한 정책제언을 제시하고 있다. 첫 번째는 에너지 효율 사업, 자금지원 기회와 ESCO가 제공하는 서비스에 대한 정보를 증가시키는 것이다. 기업의 에너지 관리담당자가 ESCO가 제공 가능한 서비스와 역량에 익숙해야만 하며 ESCO 활동의 인식, ESCO 사업 유형, 측정 및 검증 방법, 에너지절감을 측정하는 프로토콜에 대하여 에너지 관리전문가를 교육하는 조직의 필요성이 대두된다. 둘째, ESCO 인증제도 개발을 통해 ESCO가 검증되고 신뢰성 있는 서비스를 제공한다는 것을 확신시켜야 한다. 미국, 일본 및 한국의 ESCO 협회는 각각 범주와 요건을 달리하는 ESCO 인증제도를 시행하고 있

<표 3> 주요 정책적 장애요인

주요 범주	장애요인
에너지 효율과 ESCO 산업에 대한 정부 정책 및 유인 부족	- 에너지 효율, 수요 관리 혹은 ESCO 산업에 관한 정책 혹은 선도 부재 - 에너지 법안 및 스탠다드 부재 - 강제적이지 않거나 정부보조가 없는 에너지 감사 및 진단
낮은 전기료 및 낮은 에너지 가격	- 에너지 보조금 및 외부성 고려 안함 - 투자금회수기간의 장기화
예산, 표준화된 공공조달 규정, 계약, ESCO 서비스 절차 및 가이드라인 부족	- 특히, 국가소유 재산과 지방정부 부문
경제 및 정치적 불확실성 높음	- 에너지 효율에 대한 관심 부족
다른 정부 정책과의 상충	- 에너지 효율에 대한 관심 부족
비우호적인 세금제도	- 세금 및 재정제도가 에너지 효율 향상 노력을 저해
EPC 참여자 보호 법적 체재의 부재	- EPC에 대한 인식 부재

자료: Vine(2005)



〈표 4〉 ESCO 성장에 영향을 끼치는 요인

주요 범주	성장영향요인
에너지 보조금 중단	최근 많은 국가들이 에너지 보조금을 줄이거나 중단하고 있으며, 이는 최종 소비자가 직면하는 에너지 비용을 높임으로써 효율성 개선에 대한 인센티브를 증가
에너지 공기업 민영화	국가소유 에너지 공기업과 주요 산업에 대한 민영화가 여러 국가에서 이루어지고 있고, 이들 기업은 운영과 에너지 사용 등 모든 면에서 높은 효율성 개선 압력
국제 경쟁	국제무역과 경쟁의 증가로 기업은 투입비용을 줄여야 하며, 경제발전예 따라 임금과 투입물 비용이 증가하므로 에너지 비용이 상대적으로 중요해지며, 이로 인해 효율성 개선의 인센티브가 증가
전력공급계약	전력 수요는 공급 증가보다 더욱 빠르게 증가하며 에너지 효율적인 장비와 공정에 대한 수요와 인센티브를 창출(개도국들은 이미 산업화와 경제 성장을 위협받을 정도의 주기적 단전을 경험)
환경 및 기후변화 문제	산업 및 전력 부분으로부터의 오염물질 제거와 기후변화의 원인인 온실가스 배출량 감축에 대한 압력이 증가하면서 교토의정서는 ESCO 산업과 에너지 효율을 증진하는 중요한 메커니즘이 됨

자료: Vine(2005)

다. 셋째, 금융기관을 위해 보다 많은 정보 및 인센티브를 제공해야 한다. 넷째, 투자재원을 개발해야 한다. 자금조달 지원책 개발 및 조사 등을 통해 ESCO가 추가적 정보를 확보하는 능력을 향상시키고 필요 자기자본(equity capital)을 낮출 수 있을 것이다. 민간은행, 대출기관(lending institutions), 에너지 성과 계약 경험이 있는 금융기관, 벤처캐피탈 및 투자펀드 등과 같은 여러 자금원이 이를 위하여 분석 및 조사되어야 한다. 또한 정부의 용자지원과 같은 회전자금 운용 및 ESCO에 특화된 용자 기관의 설립 등도 투자재원 확보에 도움을 줄 수 있다. 다섯 번째는 에너지 성과 계약을 표준화하는 것이다. 표준계약조항을 개발함으로써 최종 사용자와 금융기관은 성과계약을 더 잘 이해할 수 있다. 핀란드, 프랑스, 이탈리아, 일본, 네덜란드, 노르웨이, 스

웨덴과 미국 등 8개국이 IEA의 수요관리이행협정(Demand Side Management Implementing Agreement)에 참여하여 정부조달에서 활용되는 에너지성과절감 계약모델을 제시하였다. 다른 한편으로 국가별 ESCO 협회가 성과 계약을 위한 표준 개발에 집중하고 있다. 여섯 번째는 에너지 성과의 측정과 검증(Measurement & Verification, M&V)을 표준화하는 것이다. 성과기반 사업은 M&V에 기반을 둔 프로토콜을 사용하기 때문에 M&V 지침의 표준화는 중요하다. 국제성과측정 및 검증 프로토콜(International Performance Measurement and Verification Protocol, IPMVP)은 그 중 하나로 NAESCO와 산업 대표들이 IPMVP 작성을 지원하고 있으며 세계적으로 사용되고 있다. 일곱 번째는 지역 및 중앙 정부의 공공건물에서의 에너지

성과계약을 장려하는 것이다. 정부소유재산은 주요 에너지 소비처 중 하나이고 ESCO 시장에서 큰 비중을 차지할 수 있다. 하지만 일부 정부당국은 종종 에너지 성과계약을 비관행적인 자금관리(unconventional finance)로 간주하며, 이와 같은 기존의 규정과 규제는 정부재산에 대한 에너지성과계약을 허용하지 않는다. 따라서 규제조항을 검토하여 제도적 장벽을 제거할 필요가 있다. 여덟째, 에너지효율에 대한 투자를 가속화하는데 관심이 있는 ESCO, 중앙과 지방정부의 에너지효율관련 기관, ESCO 협회, 조명 및 장비 제조기업과 공급기업, 금융업계, 지역 주민 단체, 공기업, 그리고 에너지서비스 기업 등을 포함하는 제3자 자금조달 네트워크를 구축하는 것이다. 열거한 모든 참여자들은 제3자 자금조달이 어떻게 에너지효율에 대한 장벽을 극복하고 에너지효율 투자를 증가시킬 수 있는지 알리는 데 중요한 역할을 한다. 아홉 번째는 에너지 효율장비 대여조직을 설립하는 것이다. 현존 리스 기업들을 대상으로 에너지 효율적인 장비를 제공하라고 설득할 수 있으며 이를 위한 장비대여조직을 설립할 수 있다. 마지막으로 교토의정서 및 관련 메커니즘과 이에 대응하는 방법론 제안을 통하여 ESCO 산업 발전의 새로운 기회를 만들 수 있을 것이다. 에너지 효율 사업은 온실가스 배출량을 감축하는 가장 비용 효과적인 방법을 제시한다. 탄소시장은 사업자금조달의 기회를 창출하고 에너지성과계약에서 사용되는 모니터링과 검증 기술을 더욱 확산시킬 것이다.

나. 국내 ESCO 관련 연구사례

우리나라의 ESCO 육성 정책 및 ESCO 기업에 관

한 연구는 Lee et al.(2003)과 김수덕(2005)를 들 수 있다. Lee et al.(2003)은 우리나라의 ESCO 사업이 성장일로에 있었던 1990년대 말부터 2000년대 초반의 상황을 한국 ESCO 육성정책의 성과로 규정하고 이를 기반으로 하여 다른 개도국의 ESCO 육성을 위한 정책적 함의를 제시하였다. 그 후 김수덕(2005)에서는 2000년대 초반 이후 정체되었던 한국의 ESCO 산업의 성장세의 요인에 대해 분석하고, ESCO 기업의 수익성을 사업 성격별로 범주화하여 보여줌으로써 향후 수익성 제고를 위한 정책 조율의 기반 자료를 제공하였다.

Lee et al.(2003)은 한국의 ESCO 육성 정책을 사례를 중심으로, 일반적으로 ESCO 산업육성에 있어서의 걸림돌이 무엇이고 이를 어떠한 정책 도구를 사용하여 풀어나갈 수 있는지 설명하고 있다. 특히, 2000년까지 우리나라의 ESCO 등록기업 수가 급격히 증가하던 시점에서의 성공요인을 설명한다. 과거 한국에서 에너지 효율성 투자가 활발하지 않았던 가장 중요한 이유 중 하나는, 에너지 효율성 개선에 대한 투자의 우선순위가 낮았다는 점을 들 수 있었다. Lee et al.(2003)에 따르면, 한국 정부는 국제 시장에서 한국 제품의 가격경쟁력 확보를 위하여 에너지 가격을 상대적으로 낮게 유지하는 정책을 오랫동안 지속해왔는데, 이 정책은 에너지 효율성 개선을 위한 연구개발, 에너지 효율성 투자 및 에너지 절감 노력의 우선순위를 낮게 만들었다. 1990년대 중반, 한국 제조업 부문에서 에너지 비용의 비중은 운송비용을 제외한 총 생산비용의 3.5%에 불과했고, 전기를 제외한 연료비는 총 생산비용의 1.3%에 불과했다. 그러므로 에너지 효율성 투자는 생산설비, 마케팅 및 인적 자원을 위한 투자와 같은 다른 사업 과제들에 그 우



신권을 양보해야만 했다.

그럼에도 불구하고, 1997년에서 2000년 사이에 한국의 ESCO 사업은 현저한 성장을 이루었으며, 에너지 효율성 자금조달에서도 중요한 역할을 하게 되었다. 한국 ESCO 사업의 이와 같은 빠른 성장은 대체로 한국 정부와 에너지관리공단의 강력한 재정적, 제도적 지원 프로그램에 기인한 것이다. 1991년 한국 정부는 한국 ESCO들을 재정적으로 지원할 법적 근거를 마련하기 위하여 에너지이용합리화법을 개정했는데, 이 법에 의해 1993년부터 ESCO 투자 사업에 장기저리융자가 제공되었다. ESCO 투자에 대한 세액 공제도 마련되었다. 에너지 및 자원 사업에 관한 특별회계로부터 융자금이 마련되며, 이 특별회계는 원유 및 몇몇 석유 제품의 수입과 판매에 대한 할증료로부터 조성되었다. 그 과정에서 에너지관리공단은 간접적인 재정적 중개자로서 역할을 수행하여 왔다. 에너지관리공단은 (구)산업자원부의 위임을 받아 자격을 갖춘 금융 기관들을 통해 ESCO 사업에 대한 융자를 제공해왔다. 그러나 한국의 ESCO 사업은 1997년까지는 꽤 더디게 성장하다가 1998년 이후 투자액과 사업의 수 측면에서 모두 탄력을 받기 시작했다. 이는 한국 정부가 활발하게 장애물을 제거하고 정부청사에서 시범사업을 통해 ESCO 시장을 창출하기 시작한 시점과 정확하게 맞물린다.

1) 시장 창출에서 공공부문의 역할

일본에서 ESCO 산업 비즈니스의 성공적 발전의 장애물로서 문화적 차이가 언급된 바 있다. 일본의 경우, 새로운 관행(즉, 에너지 성과 계약)이 보수적이고 위험기피적인 일본 사회에서 시작되는 것이 매우 어

려웠으며, 이러한 상황은 한국에서도 유사했다. 1998년 8월 한국 정부는 이러한 문화적 장애물을 제거하고 공공 부문의 ESCO 시장을 확대하기 위하여 정부조달, 예산 및 회계 관련 법안들을 개정하였다. 에너지 성과 계약(Energy Performance Contracting, EPC)은 정부 관료들은 물론이고 업계의 설비 관리자들에게도 친숙하지 않았다. 전통적인 방식은 예산이 허락할 경우에만 효율성이 높은 설비의 설치를 고려하는 것이었다. 한국에서는 예산이 연단위로 편성되며, 설비 구매와 에너지 경비를 위한 예산은 별도로 관리된다. 따라서 설비 설치와 에너지 절감으로부터의 자본회수 사이에 1년 이상의 시차가 존재하는 EPC 기반의 다년간 ESCO 사업들을 수행하는 것은 받아들여질 수 없었다. 이러한 제도적 장애물을 제거하기 위하여, 지식경제부(당시 산업자원부)와 에너지관리공단은 정부 계약과 예산 계획을 담당하는 재정경제부로 하여금 ESCO 사업을 이해하고 에너지 절감 성과 계약을 승인하라고 설득하였다. 결과적으로 1998년 7월 해당 정부기관들이 회계연도를 벗어나는 다년간 ESCO 계약을 맺을 수 있도록 허용하는 정부조달에 관한 법률이 제정되었다. 이 새로운 법의 적용을 받은 시범 사업으로 공공 부분에서의 첫 ESCO 사업이 정부과천청사에서 수행되었다. 이 사업은 전통적인 조명 시스템(40W 자기식 안정기, 32mm 형광등)을 효율성이 높은 조명 시스템(32W 전자식 안정기, 26mm 삼파장 형광등)으로 대체하는 것이었다. 18만 달러에 달하는 투자와 더불어, 매년 10만 달러(매월 8,300달러)의 에너지 경비가 절감되었다. 계약서에는 정부가 투자금을 29개월 동안 매월 7,500달러씩 상환할 수 있다고 명시되어 있었다³⁾. 이 사업을 통해 1억 kWh 이상의 전력이 절감되었을 뿐만 아니



라 새로운 형광등의 연장된 수명 주기 덕분에 유지비용도 감축되었다. 게다가, 자연색 조도(natural color illumination)로 인하여 사무실의 근무 환경도 개선되었다. 이 시범 사업 직후, 지방 정부, 군부대 및 공공기업과 같은 공공 부문으로부터의 관심과 문의가 현저하게 증가하였다. 그 결과 ESCO 시장이 공공 부문뿐 아니라 민간 부문으로 빠르게 확대되었으며 사업 유형의 다양화도 이루어졌다. 위의 우리나라 사례는 어떤 경우에 경제적으로 실용적인 에너지 절감 조치들이 이행될 수 없으며, 어떻게 이것이 바로잡힐 수 있는지를 보여주는 좋은 본보기이다. 다시 말해, 자금 조달이 에너지 효율성 투자와 ESCO 사업을 장려하는 데에 필수적이지만, 극복해야 할 가장 결정적인 장애물은 아니라는 것이다. 재정적인 장애물과 더불어 에너지 효율성 투자에 대한 제도적인 장애물도 제거되어야 한다.

2) 간소한 측정 및 검증(M&V) 요구

EPC에서 에너지 절감의 정확한 측정 및 검증은 중요하다. 측정 및 검증의 정확성과 비용은 방법론에 따라 달라지며, 방법론은 계약서상의 간단한 공식과 컴퓨터 시뮬레이션에서부터 측정 기구를 사용한 현장 측정에 이르기까지 다양하다. 더 정확한 결과를 얻고자 할수록 비용도 증가할 것이다. 정확하고 상세한 측정 및 검증에서 기인하는 높은 거래비용과 종합적인

해결책에 대한 수요 때문에 미국에서도 ESCO는 대규모 사업을 중심으로 수행될 수밖에 없었다.

이와는 대조적으로 우리나라의 경우 고객들이 새로이 도입된 ESCO 사업에 익숙해지도록 하기 위하여 한국 정부는 효율성 높은 조명이라는 단순한 기술에서 시작하였는데, 이는 효율성 높은 조명 시스템의 도입이 상대적으로 단순하고 측정 및 검증에 드는 비용 및 거래비용이 더 저렴한 기술이었기 때문이다. 조명은 한국 정부가 ESCO 사업을 장려하기 위해 선택한 첫 번째 대상이었다. 조명은 에너지 효율성 투자가 상대적으로 쉽게 이루어질 수 있는 인기 있는 분야이다³⁾. 한국 ESCO는 거래비용을 최소화하고 고객들이 ESCO 사업에 익숙해지도록 하기 위하여 측정 및 검증을 가능한 한 단순하게 만들었다. 조명 부문의 사업 기회가 포화되고 ESCO 사업이 발달함에 따라, 더욱 발전되고 정확한 측정 및 검증 역시 개발될 것이다.

3) 시장 동인으로서의 높은 에너지 가격

한국 정부가 제도 개혁을 통해 ESCO 사업을 적극적으로 장려하기 시작한 해는 아시아 금융위기가 시작된 시기와 맞물린다. 1997년에 원/달러 환율은 6월 1 USD 당 888원으로부터 12월 1,950원으로 두 배로 상승했다. 한국 통화의 평가절하는 그 이후로 에너지 가격을 상승시키는 원인 중 하나가 되었다. 더욱이, 2000년에는 유가가 급등하여 배럴 당 25달러 내외를

3) 총 지불액 217,500달러(=7,500달러X29개월)은 투자원금 180,000달러보다 37,500달러 많으며 이 차이는 이자로부터 발생함.

4) 멕시코의 선후진국간 공동이행 시범사업(AIJ)의 ILUMEX 사업은 세계은행과 노르웨이 정부의 재정적 지원 및 로렌스버클리연구소(Lawrence Berkeley National Laboratory)와 DNV(Det Norske Veritas)의 측정 및 검증으로 시행되었는데, 이 사업도 역시 낡은 조명 시스템을 효율성 높은 조명 시스템으로 대체하기 위한 것이었다.



오르내렸는데, 이는 걸프전 이후 최고치였다. 게다가 한국 정부는 1999년 9월, 향후 3년에서 5년 동안 보조금을 줄이고 에너지 세제를 개혁함으로써 산업용 에너지 가격을 올리겠다는 계획을 공표하였다. 에너지 절약과 온실가스 배출량 감축을 목표로 에너지 집약적 산업과의 자발적 협약 제도가 1999년 시작되었다. 에너지 가격의 상승 및 위에서 언급된 다른 정책적 수단들이 에너지 절감과 에너지 효율성 투자에 관한 관심을 증대시켰다.

4) 향후 과제

Lee et al.(2003)은 우리나라의 ESCO 육성정책 경험 및 분석에 기반하여 다음과 같은 향후 과제를 제안하고 있다.

• 지속적 수요의 창출

앞에서 지적된 바와 같이, 한국 ESCO 사업의 빠른 성장은 공공 부문에서 수요를 창출하는 정부 지원 프로그램의 혜택에 상당히 힘입은 바가 크다. 이 사업이 외부의 지원 없이도 자생할 수 있는 안정적인 기반에 오르기 위해서는 지속적 수요가 창출되어야 한다. 이를 위해 한국 정부는 1998년 실시한 교육 설비의 ESCO 사업들에 관한 타당성 조사를 바탕으로 2001년부터 교육 설비 부문에서의 ESCO 사업 지원을 계획하였다. 더욱이 한국 정부는 대규모 아파트 단지들과 같은 주거 부문에서 새로운 수요를 창출하기 위해서 대중의 인식 증진을 위해 노력하고 있다. 인구의 절반 이상이 다세대 시설에 거주하고 있기 때문에 주거 부문에서의 에너지 절감 잠재력은 간과되어서는 안 된다.

• 국내 ESCO를 위한 역량 개발

많은 전문가들은 ESCO 사업의 성공을 위한 핵심 요소로 마케팅을 꼽았다. 한국의 몇몇 ESCO는 규모와 기술적 역량을 고려할 때 선전하고 있으며 그들의 성공은 마케팅 능력 덕분인 것으로 보인다. 그러나 이들 ESCO는 대개 이용 가능한 기술 및 재정 자원의 측면에서 한계가 있다. ESCO가 장기적으로 발전하기 위해서는 정부가 재정 및 제도 지원 프로그램에서 더욱 선별적으로 임하여 능력 있는 ESCO가 더 나은 기술 및 재정 역량을 가지고 ESCO 사업을 선도할 수 있도록 장려할 필요가 있다.

전형적인 한국의 ESCO가 가지는 가장 심각한 문제들 중 하나는 이용 가능한 기술 측면에서 한계가 존재한다는 점이다. 따라서 ESCO가 그들의 기술적 역량을 개발할 수 있도록 장려하는 정책의 마련이 강력하게 권장된다. 장기적으로는 더 나은 기술 및 재정적 역량을 가진 ESCO가 시장을 선도하는 것이 ESCO 사업의 발전을 위해 바람직할 것이다.

• 민간의 참여 장려

한국 ESCO 사업에서는 정부의 특별 용자가 결정적인 역할을 하였다. 그러나 특별 회계로부터 나온 이 특별 용자로는 향후 ESCO 사업을 확장하는 데에 한계가 있다. ESCO 사업의 장기적인 발전을 위해서는 민간 자본이 ESCO 사업에 동원되어야 한다. 민간 투자의 성공적인 참여의 전제조건에는 사업의 상용화 가능성이 포함되므로, 에너지 가격이나 기후 변화 협약의 진전과 같은 외부적인 요인들이 민간 자본을 동원하는 데에 중요한 역할을 할 것이다.

한국 ESCO 사업 발전의 다른 요소로는 전력 산업

의 재편을 들 수 있다. 한국에서 전력 산업은 오랫동안 정부 소유의 한국전력공사가 독점해왔다. 2000년 12월, 국회에서 ‘전력산업구조개편촉진에관한법률’이 통과되었으며 이 법은 전력발전 부문을 민영화하여 5개 회사로 분리하고 경쟁을 도입할 것이다. 전통적인 에너지 서비스뿐만 아니라 가스와 전력까지 공급하는 슈퍼 ESCO의 출현 가능성을 고려할 때, 전력 산업의 재편은 한국 ESCO의 사업 영역과 수익성에 영향을 끼칠 것으로 전망된다.

5) 국내 ESCO 사업의 수익성 분석(2002~2004)

김수덕(2005)에서는 2000년대 초반 이후 성장이 정체되었던 한국의 ESCO 정책 요인에 대해 분석하고, ESCO 기업의 수익성을 사업 성격별로 범주화하여 보여줌으로써 향후 수익성 제고를 위한 정책 조율의 기반 자료를 제공하였다.

정부의 지원으로 1990년대 후반 급격히 성장하던 국내 ESCO 사업은 2001년을 정점으로 더 이상 활성화되지 못하고 있다. 이는 ESCO 사업이 정부의 저리 융자지원을 토대로 추진되어오면서 동시에 대부분 사업 규모가 중소형에 그치고 중단기적 자금지원과 관련되어 대출금리, 안정적인 자금 확보방안, 자금조달에 따른 ESCO의 부채율 증가와 그에 따른 시장의 공신력 제고방안 마련 등의 문제와 관련되어 있다. 특히 산업부문의 경쟁력을 감안, 정부의 지속적인 저에너지가격기조는 에너지절약에 대한 합리적 투자욕을 저하시키기에 충분하였다. 또한 ESCO 사업은 내재적으로 투자비 회수에 오랜 시간이 걸리며, 투자의 경제성에 대한 정보의 부족은 소비자가 참여할 유인을 충분히 가지지 어렵게 한 측면이 있다. 이 같은 요인

들로 인한 사업기회의 축소는 결국 기술력 및 전문 인력의 부족, 기술 개발 투자저조, 기술수준 낙후라는 악순환을 낳았다. 국내 ESCO 산업의 지속가능한 성장을 위해서는 시장기능을 통해 에너지절약사업이 민간자금으로 운영되는 것이 필요하다.

김수덕(2005)은 이러한 점에 주목하여 국내 ESCO의 수익성을 연구하여 설비분야별 절약투자가 어떤 경제성이 있는지 확인함으로써 ESCO 사업의 경제성에 대한 정보를 제공하려 하였다. 연구에 사용한 자료는 에너지관리공단이 제공하는 1993~2004년 동안 2,496건의 모든 국내 ESCO 사업 자료 중 2002, 2003, 2004년에 수행된 472개의 사업 자료를 사용하였다. 분석방법론은 회귀분석 방법을 통해 투자기간에 관한 정보를 추정한 후 이 결과를 가지고, 그리드 탐색(grid search) 프로그램을 작성하여 다시 각 사업별 내부수익률을 구하고 이를 ESCO 사업별 수익성을 평가하는 데 사용하였다. 수익률은 통상의 비용편익분석에서 정의되는 내부수익률(IRR)과 같다고 보았다.

분석결과는 다음과 같다. 대부분의 주설비별 내부수익률은 현재의 시장이자율을 상회하는 평균수익률을 보였으며 내부 수익률의 연도별 차이보다 설비별 차이가 훨씬 더 큰 것으로 나타났다. Bivariate 커널 분포를 이용하여 수익률과 총사업기간 간 관계를 분석한 결과, 높은 수익률을 갖는 집단과 그렇지 못한 두 개의 집단으로 구분된다. 기업규모별로는 사업이 167개인 대기업의 연간 내부수익률은 29%이며, 269개인 중소기업의 내부수익률은 15%로 나타났다. 부문별로는 사업 수가 141개인 산업체의 연간 내부수익률은 33%, 161개인 건물의 내부수익률은 17%, 134개인 공공부문의 내부수익률은 12%로 나타났다. 지



역별로는 서울과 경기지역의 사업 수가 각각 63개, 51개로 가장 활발한 활동을 보이고, 전남과 충북이 수익률 측면에서 월등히 높다. 업종별로는 아파트, 학교, 공공 부문의 순서로 사업 수가 많았고 상용, 아파트, 백화점의 수익률은 20.9%, 17.9%, 18.8% 순으로 높았다.

다. 국내외 연구사례 요약 및 토의

지금까지의 국내외의 문헌조사를 통하여 ESCO의 발달과정 및 여러 국가에서 공통적으로 겪고 있는 성장 장애요인 등을 알 수 있었다. 특히 우리나라의 ESCO 지원책을 배경으로 한 연구를 통해서 한국의 ESCO 산업의 2000년대 초반 성장세의 이유 및 그 후 성장의 정체 등을 관찰할 수 있었다. 논문들에서 공통적으로 지적하는 각국 ESCO의 성장 장애요인은 다음과 같다.

먼저, 자금조달에의 문제점을 들 수 있다. ESCO 투자사업 및 에너지성과계약 등에 대한 인식 부족 및 회계처리상의 문제 등으로, 금융권으로부터 투자금융자를 받기가 힘이 들며, 이는 중소기업의 경우 더욱 두드러진다. 대형 에너지효율 설비 투자를 위한 기술력 부족도 여러 국가의 ESCO가 공통으로 겪고 있는 문제점이다. 관리적 측면으로 보면, ESCO 사업은 에너지절약 성과에 대한 모니터링, M&V 및 계약 관련 국제적 또는 국내적 표준의 부재로 인하여 어려움을 겪고 있다. 외부적 장애요인으로는 낮은 전기료 및 낮은 에너지 가격이 ESCO 사업의 수익성 및 사업성을 떨어뜨리는 경우가 많다.

이러한 장애요인들을 극복하기 위하여 연구들이 제시하고 있는 정책방향은 다음과 같다.

첫 번째는 ESCO 투자사업을 위한 투자재원을 개발하는 것이다. 정부의 융자지원도 이의 한 방안이 될 수 있다. 또한 민간 금융기관의 ESCO 계약에 대한 이해 및 인식을 확산시키고, ESCO의 자금조달을 도울 수 있는 여러 금융 모델의 발달이 필요하다. 다음으로는 ESCO 계약서 및 에너지 절약 성과의 측정과 검증(M&V) 프로토콜을 표준화하는 것이다. 이를 통하여 사업 시행에 있어서의 거래비용을 줄일 수 있고 ESCO 기업의 에너지 절약 성과의 모니터링과 그에 따른 투자금 상환 등이 용이해질 수 있을 것이다. 마지막으로 공공 부문에 있어서의 에너지 절약 사업의 무화를 통하여 ESCO의 사업성을 일정수준 담보하여 주는 방안이 필요하다.

우리나라의 경우 위의 정책방안을 지금껏 적절히 사용하여 왔고 이는 2000년대 초반의 ESCO 산업의 급격한 성장을 가져왔다. 에너지관리공단과 ESCO 협회는 ESCO에 대한 인증 및 표준계약 등을 개발하여왔고 정부는 ESCO 투자에 대한 저금리 융자를 통하여 기업의 금융비용 부담을 줄여주었다. 또한 공공기관에 대한 에너지절약 시범사업 및 의무화 통하여 ESCO 기업들의 수익성 확보 및 발전에 도움을 주었다.

최근의 기후변화 관련 협상 및 국제적 대응은 ESCO 기업의 수익성 제고를 위한 또 하나의 기회가 될 수 있다. 기존의 CDM 등, 교토의정서 및 관련 메커니즘을 활용하고, ESCO 사업에 맞는 새로운 방법론을 제안함으로써, 자발적 온실가스 감축 사업에 참여하는 등 탄소 금융을 통해 추가적인 수익을 얻을 수 있을 것이다. 에너지 효율 사업은 온실가스 배출량을 감축하는 가장 비용 효과적인 방법을 제시한다. 탄소 시장은 사업자금조달의 기회를 창출하고 에너지성과

계약에서 사용되는 모니터링과 검증 기술을 더욱 확산시킬 것이다.

3. ESCO 지원정책 성과평가 실증분석

본 장에서는 우리나라 에너지절약전문기업을 포함하는 패널 자료 분석을 통하여 ESCO 지원정책의 효과성을 검증해보고자 한다.

ESCO 지원 정책의 경제적 성과평가는 금융지원이 첫째, 에너지 절약에 미치는 영향, 둘째, ESCO기업 성장에 미치는 영향에 대한 분석이 되어야 한다. 그러나 에너지 절약에 미치는 영향은 ESCO와 투자업체 간의 상호 계약서에 나와 있는 내용 이상의 것을 분석하기 어려운 점이 있다. 그 이유는 ESCO 투자를 받은 건물의 에너지 비용의 시계열 자료의 획득이 모니터링 및 사업단위 자료획득의 문제점 등 때문에 실제적으로 어렵기 때문이다. 따라서 본 장에는 ESCO 지원정책이 에너지 절약에 미치는 영향 분석과 함께 ESCO 지원 정책이 얼마나 ESCO 기업에 효과를 주었는가에 대한 분석을 병행하려 한다.

분석부분에서는 먼저, ESCO 지원정책이 에너지절약에 미치는 영향을 분석하기 위하여 ESCO 사업의 종류 및 투자처에 따른 계약서 상의 에너지 저감량의 경향을 분석하고 연간 TOE 절감량 대비 지원금의 개념을 사용하여 ESCO 사업의 종류 및 투자처에 따른 지원효과를 분석한다. 또한, ESCO 등록기업의 현황을 이해하기 위하여 ESCO 등록 기업의 재무적 현황 및 특성을 기술통계량 분석을 통하여 알아보고, 이때 ESCO 등록 기업 중 실제 사업을 하는 기업과 하지 않는 기업을 구분하여 분석하여 그 차이점을 살펴본다.

마지막으로, ESCO 지원정책이 ESCO 기업의 여러 성과지표에 어떻게 영향을 주는지를 정량적으로 분석하기 위해서는 성향점수매칭(P propensity Score Matching) 방법론을 ESCO 사업 수행 및 비수행기업에 대하여 적용하여 본다. 이 때 사용할 성과지표로는 매출, 고용, 수출, 자산 및 부채의 증가 등이 있다.

가. 사용자료

ESCO 투자사업에 참여함으로써 ESCO 등록 기업이 얻게 되는 효과를 알기 위해서는 자세한 기업 단위의 패널 자료 구축이 필수적이다. 우리나라의 경우 ESCO 투자사업은 모두 지원제도를 통해서 이루어지므로 에너지관리공단에서 지금까지 수행되어온 모든 ESCO 등록기업관련 자료와 사업의 상세내용을 가지고 있으며 이는 우리나라의 지원제도로부터 기인한 것으로 세계적으로도 매우 드문 경우라고 할 수 있다.

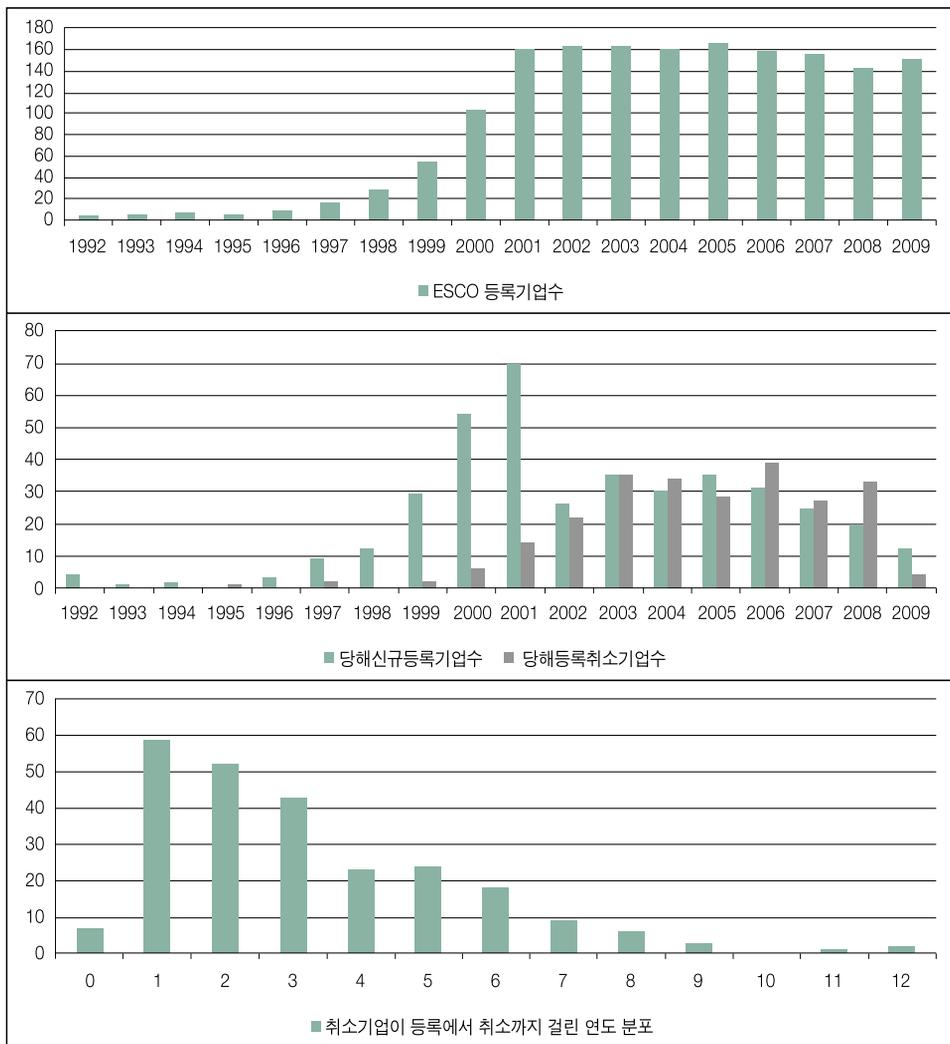
본 연구는 에너지관리공단에서 확보하고 있는 ESCO 등록기업 자료와 수행된 ESCO 프로젝트에 대한 자료를 한국신용평가정보(주)의 외감 및 비외감 기업 패널 자료(KISINFO)에 사업자등록번호를 기준으로 통합하여 독특한 패널자료를 구축해내었고 이를 바탕으로 ESCO 지원정책의 효과성을 평가하고자 한다. 분석을 위하여 세 개의 패널 및 시계열 자료가 사용되었다. 첫 번째 자료는 ESCO 등록업체 현황으로 1992년부터 시작된 ESCO 지원사업에 등록된 모든 기업의 등록일자 및 취소일자를 포함하고 있다. 등록을 취소한 기업을 포함하여 ESCO 등록 경험이 있는 기업은 총 398개에 달하였다. 두 번째 자료는 ESCO 사업실적에 대한 자료로 2004년부터 지원사업을 통



하여 ESCO투자사업을 수행한 모든 사업에 대한 자료를 포함하고 있다. 가용한 변수는 ESCO명, 투자업체명 및 설비구분, 지원금 인출액, 사업계약서 상의 연간 에너지절감량 등이다. 세 번째 자료는 KISINFO

로부터 구입한 기업단위 패널자료이다. 기업단위 패널은 2000년부터 2008년까지의 자료로 이루어져 있으며 가용한 기업관련 변수는 사업자등록번호, 산업코드, 설립일, 폐업일, 수출액, 신용평점, 연구개발비,

[그림 1] ESCO 등록기업수, 매해 등록 및 취소기업수, 등록취소기업 존속연한





유동자산, 고정자산, 장기차입금, 단기차입금, 매출액, 종업원 수, 영업이익, 경상이익, 이자비용 및 부가 가치를 등으로 다양하다. 본고는 세 개의 자료를 기업의 사업자등록번호를 기준으로 통합하였다⁵⁾.

다음절에서 연구에 사용된 자료를 기술통계량과 함께 좀 더 자세히 설명하도록 하겠다.

나. ESCO 기업의 기술통계

1) ESCO 등록기업의 기술통계

[그림 1]은 매해 ESCO에 등록되어 있는 기업 수와 신규등록 및 취소기업 수 그리고 등록취소를 하는 기업이 등록기업으로 남아있는 존속연한의 분포를 보여 주고 있다. ESCO 등록기업 수는 1998년을 지나면서 폭발적으로 증가하기 시작하여 2001년에 160여 개에 달하였다가 이후 비슷한 수준을 유지하고 있다. 그럼에도 불구하고, 매해 등록취소 및 신규등록을 하는 기업이 많아서 ESCO 등록기업의 전환율(Turnover Rate)은 상당히 높은 편이다. 전환율은 2000년부터 2008년까지를 평균하여 매해 약 42%대를 보이고 있다. 2003년 이후 매해 30여개 정도의 기업이 신규 등록 및 취소를 하고 있으며 등록 및 취소 기업 수가 비슷하게 동률을 이루면서 ESCO 등록기업 수는 큰 변화를 보이지 않고 있다. [그림 1]의 가장 하단의 그림은 ESCO로 등록하였다가 취소한 기업이 ESCO로

등록한 후 취소할 때까지 걸린 연한의 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 취소한 기업의 경우 상당수의 기업이 등록 후 3년 내에 취소하는 것으로 나타났다.

등록기업 자료를 KISINFO 자료와 통합한 자료로 분석한 결과 등록취소를 한 기업 중 2008년까지 시장에서 실제로 퇴출된 것으로 나타나는 기업은 매해 전체 취소기업의 10~20%에 불과하여(최대 2005년 25%, 최소 2006년 5%) 등록취소를 한 기업은 시장에서의 생존의 어려움뿐만 아니라 ESCO 등록 후 짧은 기간 동안 ESCO 산업의 사업성 평가를 하고 이를 통한 자체적 판단에 의해 등록취소를 한 것으로 보인다. 또한 ESCO 등록요건을 갖추기 힘든 중소기업이나 3년 내에 사업실적이 없어서 행정처분에 의한 취소를 받은 기업도 상당수에 이르는 것으로 보인다.

<표 5>는 ESCO 등록기업 자료를 KISINFO의 기업패널 자료와 통합하여 기술통계량을 구한 결과를 보여준다.⁶⁾ <표 5>의 기술통계량을 살펴보면, 전체 등록기업 중 26%~30% 정도가 대기업인 것을 알 수 있다. 대기업 및 중소기업이 함께 등록되어 있고 두 기업군은 크기차이가 매우 크기 때문에 기술통계량에 있어서도 평균과 중간값의 차이가 매우 큰 것을 알 수 있다. 즉 등록기업 내에서 종업원 수나 매출액 등으로 본 기업의 크기는 양극화되어 있는 것이다. 이러한 경우 기술통계량으로 그 성질이나 경향을 확인해 보는 데에는 무리가 따르나 그럼에도 불구하고 그룹 간의

5) 사업자등록번호를 이용한 통합이 불가능할 때에는 기업명을 이용하여 통합하였으며, 산업분류 및 기업이 속한 지역 등을 이중으로 대조하여 같은 기업에 통합되도록 확인하였다.
6) ESCO 등록기업의 사업자등록번호를 기준으로 KISINFO 자료와 통합할 때, 양쪽의 DB에 사업자등록번호 및 기업자료가 공히 존재하는 경우만 통합되었기 때문에 누락되는 기업이 존재한다. 실제로 2000년, 2004년 및 2007년의 등록기업 전체 수는 각각 103개, 159개, 156개 기업이었는데 통합DB에는 82개, 125개, 111개의 기업만이 확인되어 24% 정도의 기업 정보가 확인되지 않았다.



〈표 5〉 2000년, 2004년, 2007년의 등록기업, 신규등록기업, 등록취소기업의 기술통계량

구 분	연도	기업수	대기업 여부	모기업 존재여부	업력		종업원 수		매출액	
					평균	중간값	평균	중간값	평균	중간값
당해 등록 기업 전체	2000	82	0.26	0.34	13	6	1,605	68	223,762,503	5,433,804
	2004	125	0.30	0.38	28	9	871	90	310,191,488	11,540,851
	2007	111	0.26	0.35	16	11	756	162	226,995,846	33,451,089
당해 신규 등록 기업	2000	41	0.15	0.22	7	5	144	32	54,585,806	2,309,621
	2004	20	0.27	0.33	14	11	1,581	49	361,763,398	7,022,049
	2007	17	0.08	0.16	12	9	135	40	35,145,694	8,095,000
당해 등록 취소 기업	2000	6	0.00	0.00	23	23	121	121	8,902,176	8,902,176
	2004	34	0.15	0.29	14	10	1,179	71	524,448,930	25,509,843
	2007	27	0.15	0.15	15	10	2,551	3,069	1,537,440,861	561,279,181

주: 화폐단위는 천 원

차이를 관찰하는 것은 의미가 있을 수 있다.

먼저 신규등록기업과 등록기업 전체를 살펴보면, 신규등록기업은 매출액 및 종업원 수 등으로 본 기업의 크기가 기존의 기업보다 작은 것을 볼 수 있다 (2004년의 경우 등록기업 전체 매출액 중간값은 115억 원, 신규등록기업의 경우는 70억 원). 신규등록기업의 경우 대기업 여부 및 모기업이 존재하는 자회사인 경우가 기존 등록기업의 경우보다 낮았으며 기업의 업력도 평균적으로 낮았다. 즉 2000년 이후 ESCO로 신규 등록된 기업은 기존의 기업보다 크기가 작고 업력이 낮은 기업으로 새로운 사업기회를 찾아서 ESCO에 등록하였다고 생각할 수 있다. 등록취소 기업과 등록기업 전체를 비교하여보면 당해 등록취소기업은 매출액이나 종업원 수로 본 기업 크기가 기존등록기업과 비교하여 작지 않거나 더 큰 것을 관

찰할 수 있다. 그러나 등록취소 기업의 경우 대기업비율 및 모기업 존재비율이 공히 기존 등록기업보다 낮다. 즉, 등록취소 기업의 경우에도 대기업과 중소기업이 존재하며 그 크기의 차이가 크기 때문에 양극화를 관찰할 수 있음을 알 수 있다. 앞장에서 볼 수 있듯이 등록취소는 자발적 등록취소 및 행정처분으로 인한 취소와 같은 두 가지 사유에 의한 취소를 관찰할 수 있으며, 행정처분으로 인한 취소를 받은 기업과 자발적 등록취소를 한 기업은 그 크기 및 성질이 서로 다를 것임을 짐작할 수 있다.

2) ESCO 사업시행기업의 기술통계

본 절의 분석은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 2004년부터 2008년까지 ESCO 투자사업을 실

제로 수행한 사업단위 자료를 이용하여 ESCO 투자 사업 및 이에 따른 지원정책이 에너지절약에 미치는 영향을 여러 세부 범주별로 살펴보았다. ESCO 지원 정책이 에너지절약에 미치는 영향을 분석하기 위하여 ESCO 사업의 종류 및 투자처에 따른 계약서상의 에너지 저감량의 경향을 분석하고 연간 TOE 절감량 대비 지원금의 개념을 사용하여 ESCO 사업의 종류 및 투자처에 따른 지원효과를 분석하였다. 둘째, 또한 ESCO 등록 기업 중 실제 사업을 하는 기업과 하지 않는 기업을 구분하여 분석하여 그 차이점을 살펴 본다.

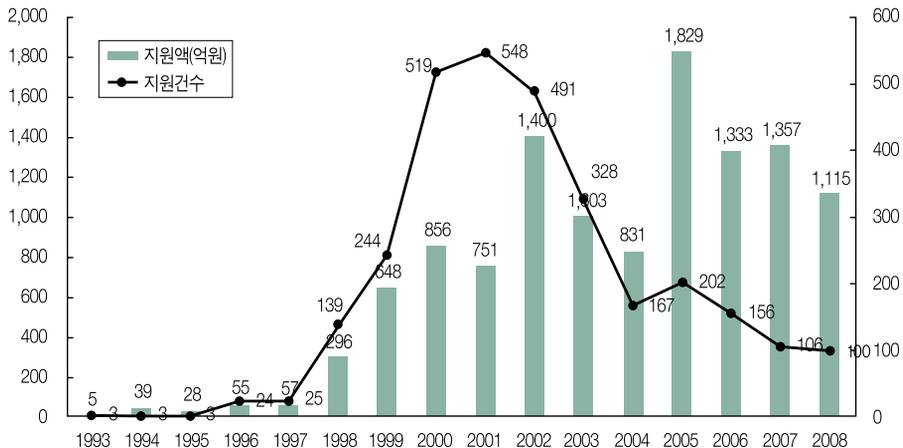
3) ESCO 투자 사업단위의 기술통계

ESCO 협회의 분석으로부터 가져온 각 연도별 ESCO 자금지원 현황, 투자설비 유형별 ESCO 자금지원 현황 및 ESCO 자금지원 성과를 보여주고 있다. 지원금액은 2002년에 1,400억 원에 달한 후 비슷한 수준을 유지해 오고 있는 반면, 지원건수는 2002년의 490여 건에서 2008년의 100여 건으로 크게 줄었다. 따라서 사업당 지원금액이 대형화되고 있다. 즉 초기 사업 건당 5억 원 미만이었던 것이 건당 8억에서 12억 원으로 사업 크기가 대형화되는 추세를 볼 수 있다. [그림 3]은 투자설비 유형별 ESCO의 자금지원 현황의 추세를 보여주고 있다. 2001년까지의 ESCO 사업초기의 조명개체사업 등 단순설비 위주에서 공정개선, 열병합, 폐열회수 등 기술력을 바탕으로 투자설비 분야가 다양화되고 있다.

[그림 2], [그림 3]과 <표 6>은 에너지관리공단과

<표 6>은 1993년부터 2008년까지 ESCO 자금지

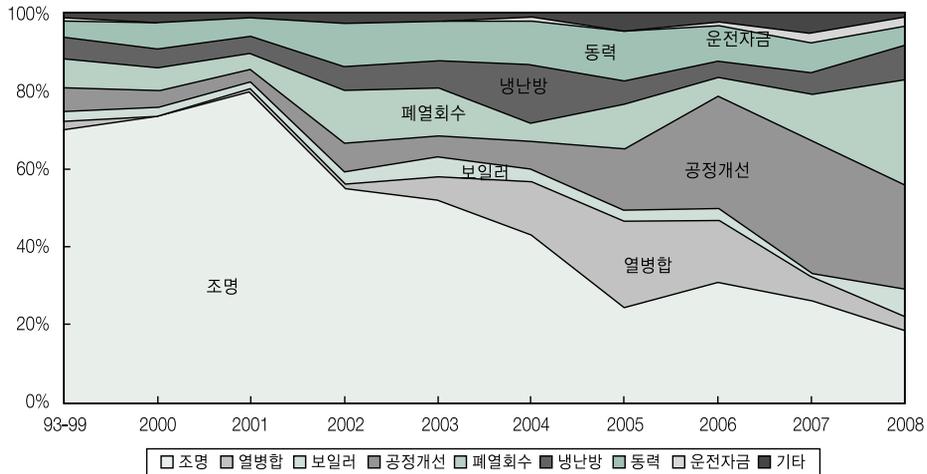
[그림 2] ESCO 연도별 자금지원 현황



자료: 에너지관리공단, ESCO 협회



[그림 3] ESCO 연도별, 설비별 자금지원 현황



자료: 에너지관리공단, ESCO 협회

원성과를 지원액, 절감량 및 지원효과(절감되는 TOE/지원금액) 등의 지표를 사용하여 분석한 결과를 보여주고 있다. 1993년부터 2008년까지 16년간 3,058건의 ESCO 투자사업에 약 11,603억 원이 처리

<표 6> ESCO 자금 지원성과

구분	1993~1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	합계
지원액 (억원)	1,128	856	751	1,400	1,003	831	1,829	1,333	1,357	1,115	11,603
절감액 (억원)	427	314	293	602	380	300	574	602	441	514	4,447
절감량 (천toe/년)	134	101	88	192	102	74	112	133	94	82	1,112
지원건수 (건)	441	519	548	491	328	167	202	156	106	100	3,058
지원효과 (toe/억원)	118	118	117	137	102	89	62	100	69	74	96

자료: 에너지관리공단, ESCO 협회



〈표 7〉 ESCO 투자설비별 지원성과(2004~2008)

설비구분	개수	인출액 평균 (백만 원)	인출액 합계 (백만 원)	절감량 평균 (TOE)	절감량 합계 (TOE)	인출액 당 절감량 평균 (TOE/ 백만 원)
동력설비	72	388	27,948	696	50,141	1.93
폐열회수	76	1,093	83,088	1,630	123,901	1.91
조명	216	132	28,483	151	32,662	1.12
공정개선	153	1,451	222,010	1,273	194,840	0.92
기타	19	674	12,807	530	9,017	0.70
보일러	25	372	9,303	218	5,454	0.62
냉난방설비	59	841	49,634	383	21,426	0.55
열병합	102	2,029	206,936	528	53,841	0.33
운전자금	7	880	6,159	0	0	0.00
총합계	730	885	646,378	680	491,282	1.04

〈표 8〉 ESCO 투자대상별 지원성과(2004~2008)

투자대상 구분	개수	인출액 평균 (백만 원)	인출액 합계 (백만 원)	절감량 평균 (TOE)	절감량 합계 (TOE)	인출액 당 절감량 평균 (TOE/ 백만 원)
산업용	206	1,314	270,757	1,511	308,161	2.02
공공사업용	303	434	131,646	352	105,679	0.79
주거용	216	1,108	239,316	362	77,441	0.50
운전자금	4	915	3,659	0	0	0.00
총합계	730	885	646,378	680	491,282	1.04

용자의 형태로 금융지원되었다. 기초통계로 살펴보면
을 때, 에너지이용합리화 자금 1억원 지원 시 연간 약
96 TOE의 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 금융지
원금이 모두 상환된다고 가정하면, 국가 전체적으로

이러한 절감효과를 고려할 때 ESCO 지원정책은 적
은 비용으로 큰 절감효과를 누릴 수 있는 에너지절약
을 위한 적합한 정책 수단이라고 할 수 있다.

한편 〈표 6〉과 같은 지원효과 분석은 ESCO 지원



정책의 직접적인 성과를 용자금 지원금액 당 에너지 절감 효과 형태의 지표로 나타내어 주고 그 분석방법이 직관적이고 이해가 쉬운 장점이 있으나, ESCO 지원정책 및 ESCO 투자사업 참여로 인하여 ESCO 기업들 자체에 어떠한 직접 및 간접적인 효과가 있었는지 알기는 어렵다. 이에 대한 논의는 이어지는 장에서 계속하도록 하겠다.

〈표 7〉에서는 2004년부터 2008년까지의 ESCO 투자사업의 실적 관련 자료를 통합(pooling)하여 투자설비별로 지원금 인출액, 절감량 및 인출액당 절감량 평균으로 살펴본 지원효과 등을 요약하였다. 지원효과를 투자한 설비별로 살펴보면 동력설비 부문이 백만 원 지원금 인출에 대해 연간 1.93 TOE의 절감효과를 내서 지원의 효과성이 가장 크고 폐열회수가 백만 원당 1.91 TOE로 그 뒤를 따르는 것으로 나타났다. 이후 조명, 공정개선, 보일러, 냉난방설비 및 열병합 순의 투자설비별로 지원의 효과성이 있었던 것으로 나타났다. 폐열회수 및 공정개선 부문의 경우, 건당 절감량이 1,000 TOE 이상이고 지원금도 10억 원 이상으로 사업당 크기가 크고 그 효율도 좋은 것으로 나타났다. 조명 부문의 경우 건당 절감량이 151 TOE이고 지원금도 1.3억 정도로 사업당 크기가 작으므로 드러났다. 반면 그 지원효율은 전체 설비 부문 중 세 번째로 좋아서 중소기업의 기업이 투자하기 좋고 지원 효율도 좋은 설비투자 부문이라 할 수 있다⁷⁾.

〈표 8〉은 2004년부터 2008년까지의 ESCO 투자사업의 실적 관련 자료를 통합(pooling)하여 투자대상별로 지원금 인출액, 절감량 및 인출액당 절감량 평균으로 살펴본 지원효과 등을 요약한 것이다. 투자대상은 대상기관의 이름을 가지고 판별한 것이기 때문에 세부적으로 나누지 않고 산업용, 상업 및 공공용 그리고 주거용의 세가지로 나누었다. 인출액당 절감량으로 살펴본 지원효과는 투자대상이 산업용 기관(공장 등)이었을 때 가장 높아서 백만 원 용자지원당 연간 2.02 TOE의 절감량을 나타내었다. 다음으로 공공상업용, 주거용의 순으로 지원의 효과성이 높았다.

〈표 9〉는 2004년부터 2008년까지의 ESCO사업을 설비투자별로 나누었을 때 설비투자를 수행한 ESCO가 대기업인 경우와 모기업이 있는 기업인 비율을 관찰한 것이다. 열병합과 같은 대규모 설비투자의 경우 대형 ESCO가 수행하는 비율이 높은 것으로 나타났다. 한편 공정개선의 경우 사업 건당 인출액은 높으나 대기업이 수행하는 비율은 높지 않아서 사업 건당 인출액이 높거나 대규모 절감량이 있는 설비투자부문을 꼭 대기업이 수행하는 것은 아닌 것으로 나타났다. 즉 높은 기술수준과 대규모 설비투자를 요하는 사업은 대형 ESCO가 투자하는 경향이 있으나, 중소기업의 ESCO도 결집된 사업역량과 특화된 기술로 규모가 큰 설비투자 부문에서 활동하고 있는 것으로 보인다.

7) 한편 〈표 7〉을 해석할 때 주의를 요하는 점은 먼저 사업의 총 투자비와 정부로부터 용자받은 지원금이 선형의 비례관계를 가지고 있긴 하지만 완벽히 일치하지 않는다는 점이다. ESCO 기업이 내부 기준에 따라서 내부자금으로 더 투자를 했을 수도 있으며, 이에 대한 내역은 알 수 없다. 절감량 해석에 있어서 주의할 점은 절감한 에너지원에 대해 에너지원별 단가가 다르다는 것이다. 예를 들어 같은 1 TOE를 절감하였다고 하더라도 열에너지 사용을 절감한 것과 전력 에너지를 절감한 것은 에너지절감액 수준으로 계산하면 그 효율성이 다르며, ESCO와 투자대상기업은 에너지절감량보다 에너지절감액에 더욱 민감하게 반응하여 투자결정을 할 가능성이 있다. 본고에서는 각각의 설비가 절감하는 에너지원에 대한 정확한 정보가 없어 TOE 단위의 절감량을 가지고 지원 효과를 분석하였다. 각각의 설비가 절감하는 에너지원을 고려한 향후 연구가 필요하다고 하겠다.



〈표 9〉 ESCO 설비별 투자기업의 대기업 및 모기업 존재 비율

(단위: 개, %)

설비 종류	개수	대기업 비율	모기업 존재 비율
열병합	103	85	92
냉난방설비	59	52	55
동력설비	72	44	64
폐열회수	76	21	67
기타	19	14	21
보일러	25	11	58
공정개선	153	9	23
조명	216	4	23
운전자금	7	0	57
총합	731	22	42

4) ESCO 투자 기업단위의 기술통계

본 절에서는 ESCO 기업 단위의 기술통계를 중심으로 ESCO 투자를 하는 기업과 그 성과에 대해 분석해 보도록 하겠다. ESCO 사업관련 자료와 KISINFO 자료를 통합한 자료를 통하여 ESCO에 등록된 기업 중 실제로 사업을 수행한 기업과 수행을 하지 않은 기업의 성질의 차이점을 분석해보도록 하겠다.

〈표 10〉은 2004년부터 2007년을 통합(pooling)한 통합 자료를 대상으로 2004년부터 2007년 사이 투자 사업을 한 번도 하지 않은 기업과 투자 사업을 행한 기업의 성질의 차이점을 종업원 수, 자산, 부채, 매출액, 당기순이익 및 수출 등 다양한 관점으로 관찰한 결과이다. 두 기업군을 비교하여 볼 때 실제 사업을 수행한 기업이 종업원 수, 자산 및 부채 그리고 매출액의 크기가 비수행 기업군에 비하여 평균은 더 컸으

나 중간값의 경우는 수행한 기업이 비수행 기업군에 비하여 더 작았다. 양 기업군의 크기 및 수출비율 및 모기업 존재비율, 대기업 비율의 평균은 비슷하였고 그 차이가 유의하지 않아서 직접 비교가 어려웠다.

〈표 11〉과 〈표 12〉는 등록기업 중 사업 수행기업과 비수행기업의 향후 1년에서 4년까지의 여러 가지 지표의 성장률을 정리하여 비교한 것이다. 비교한 지표는 매출액, 종업원 수, 자산, 부채, 수출비율, 매출액 대비 당기순이익의 증가율 등이 있다. 이 또한 2004년부터 2007년까지의 등록기업의 경우를 한 연도로 통합(pooling)한 자료이고, KISINFO 자료에서 마지막으로 관찰 가능한 연도가 2008년이기 때문에 다음 해당 연도로 넘어갈수록 증가율을 관찰할 수 있는 기업 수가 점점 줄어들게 된다. 결과를 정리하면 4년 후 까지 등록 기업 중에서 사업 수행기업과 비수행기업의 성장률의 차이가 유의한 지표는 매출액, 종업원 수, 자



〈표 10〉 2004년~2007년간 사업 수행기업과 비수행기업 크기 비교

기업 속성 변수	등록기업 중 2004~2007년 사이 사업을 하지 않은 기업		등록기업 중 2004~2007년 사이 투자사업을 행한 ESCO		t-검정 유의도
	평균	중간값	평균	중간값	
기업수	376		120		
종업원 수 평균	685	130	1,282	50	-
자산 평균	546,665,177	10,913,278	550,266,755	2,878,626	-
부채 평균	340,000,015	6,854,178	356,300,577	1,315,104	-
매출액 평균	265,051,473	18,556,719	280,467,190	7,849,534	-
당기순이익 평균	10,890,460	478,020	4,589,713	216,884	-
매출액 대비 당기순이익 평균	- 0.016	0.037	0.023	0.029	-
수출 비율	0.11	0	0.11	0	-
모기업 존재 비율	0.47	0	0.40	0	-
대기업 비율	0.37	0	0.30	0	-

주: 1) 화폐단위: 천원.

2) - 로 표시된 것은 10% 수준 내에서 유의하지 않음을 나타냄(모든 항목에서 차이가 유의하지 않음).

산, 부채, 수출비율, 매출액 대비 당기순이익의 지표 중 종업원 수의 경우가 유일하였다. 또한 수행기업의 고용 증가율이 비수행기업의 고용증가율보다 낮은 것으로 관찰되었다. 수행기업의 3년 후 고용 증가율은 1.9%에 불과한 반면, 비수행기업의 경우 고용증가율은 기준년 대비 24% 증가하였다. 우리나라의 ESCO 투자사업의 대부분 성과배분계약을 중심으로 이루어지고, 따라서 사업초기의 설비투자 및 부채비율 증가 등에 의한 추가 금융비용 지출의 리스크가 존재한다. 이러한 금융비용의 리스크가 신규 고용을 저해하였을 가능성이 있다. 또한, 생산을 위한 투입요소의 증가를 고용인 증가보다

설비투자 증가에 의존하는 ESCO 특유의 사업형태 등에서도 이와 같은 결과가 기인할 수 있다.

차이가 유의하지 않았지만 다른 지표에서도 수행기업군과 비수행기업군과의 차이는 관찰되었다. 매출액의 경우 3년 후 증가율이 비수행기업 34%, 수행기업 52%로 수행기업이 높았다. 나머지 지표의 경우는 연도별로 두 기업군 중 수준이 높은 경향이 달라 비교가 힘들었다.

한편 〈표 10〉에서 등록기업 중 수행기업과 비수행기업의 성질이 여러 지표에서 차이가 나는 것을 관찰하였고, 대기업 비율 등도 차이가 나는 것을 관찰할



〈표 11〉 2004년~2007년간 사업 수행기업과 비수행기업의 향후 성장률 비교(매출액, 종업원 수, 자산)

매출액	등록기업 중 2004~2007년 사이 사업을 하지 않은 기업	관찰 개수	등록기업 중 2004~2007년 사이 투자사업을 행한 ESCO	관찰 개수	t-검정 유의도
기준년대비 1년후	23.2%	318	29.5%	97	-
기준년대비 2년후	30.2%	232	43.2%	68	-
기준년대비 3년후	33.8%	141	51.7%	43	-
기준년대비 4년후	42.9%	68	62.1%	20	-
종업원 수	등록기업 중 2004~2007년 사이 사업을 하지 않은 기업	관찰 개수	등록기업 중 2004~2007년 사이 투자사업을 행한 ESCO	관찰 개수	t-검정 유의도
기준년대비 1년후	12.3%	273	4.1%	77	**
기준년대비 2년후	18.8%	196	3.3%	57	***
기준년대비 3년후	23.6%	120	1.4%	37	**
기준년대비 4년후	24.3%	60	9.0%	17	-
자 산	등록기업 중 2004~2007년 사이 사업을 하지 않은 기업	관찰 개수	등록기업 중 2004~2007년 사이 투자사업을 행한 ESCO	관찰 개수	t-검정 유의도
기준년대비 1년후	33.8%	318	45.6%	97	-
기준년대비 2년후	56.3%	232	58.5%	68	-
기준년대비 3년후	82.1%	141	70.3%	43	-
기준년대비 4년후	118.4%	68	91.5%	20	-

주: 1) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 수준에서의 유의수준을 나타냄.
 2) - 로 표시된 것은 10% 수준 내에서 유의하지 않음을 나타냄.

수 있었다. 이러한 이질적인 기업군을 가지고 성장률을 단순 비교하는 것은 앞의 방법론 부분에서 지적한 선택편의의 문제를 불러일으킬 수 있다. 또한 등록기업 중 사업을 수행하지 않은 것으로 분류된 기업 중 2004년 이전에 사업을 수행한 기업이 있을 수 있어

단순 비교는 오류를 불러일으킬 수 있다. 다음 절에서는 방법론 부분에서 설명한 성향점수매칭 방법론을 사용하여, 사업 비수행 기업군 중 수행기업군과 쌍둥이 기업군을 찾아내어 그 성과를 중단면으로 비교함으로써 선택편의를 제거한 지원정책의 효과성을 살펴



〈표 12〉 2004년~2007년간 사업 수행기업과 비수행기업의 향후 성장률 비교
(부채, 수출비율, 매출액 대비 당기순이익)

부 채	등록기업 중 2004~2007년 사이 사업을 하지 않은 기업	관찰 개수	등록기업 중 2004~2007년 사이 투자사업을 행한 ESCO	관찰 개수	t-검정 유의도
기준년대비 1년후	32.4%	318	43.7%	97	-
기준년대비 2년후	58.1%	232	52.9%	68	-
기준년대비 3년후	77.7%	141	57.6%	43	-
기준년대비 4년후	100.7%	68	95.4%	20	-

수출비율	등록기업 중 2004~2007년 사이 사업을 하지 않은 기업	관찰 개수	등록기업 중 2004~2007년 사이 투자사업을 행한 ESCO	관찰 개수	t-검정 유의도
기준년대비 1년후	5.0%	318	5.2%	97	-
기준년대비 2년후	8.2%	232	4.4%	68	-
기준년대비 3년후	14.2%	141	11.6%	43	-
기준년대비 4년후	17.6%	68	0.0%	20	-

매출액 대비 당기순이익	등록기업 중 2004~2007년 사이 사업을 하지 않은 기업	관찰 개수	등록기업 중 2004~2007년 사이 투자사업을 행한 ESCO	관찰 개수	t-검정 유의도
기준년대비 1년후	- 4.0%	318	0.3%	97	-
기준년대비 2년후	1.8%	232	1.1%	68	-
기준년대비 3년후	19.0%	141	1.0%	43	-
기준년대비 4년후	19.5%	68	- 0.1%	20	-

주: - 로 표시된 것은 10% 수준 내에서 유의하지 않음을 나타냄.

보도록 하겠다.

다. ESCO 지원기업의 성과평가

본 절에서는 성향점수매칭(Propensity Score

Matching) 방법론을 사용하여 ESCO 지원을 받은 사업수행기업과 사업 비수행기업간의 성과의 차이를 추정하도록 하겠다⁸⁾.

기존의 성과평가는 '지원받은 기업을 대상으로' 얼마나 성과가 있었는지를 확인하는데 초점을 맞추고

있기 때문에 지원받지 않았더라도 거두었을 성과가 있을 수 있는 경우, 지원으로 인한 진정한 성과가 얼마인지는 알 수 없는 문제점이 있으며, 이를 선택편의(selection bias)의 문제라 한다. 이와 같은 선택편의를 성향점수매칭 방법론을 사용하여 해결하고자 한다. 성향점수매칭은 차별적, 총체적 성과를 구하는 정량적 방법론으로서 최근 선진 각국에서 활발히 활용되고 있다. 즉 지원사업에 따른 독립적 성과에 대한 평가는 동일한 기업이 '사업에 참여한 기업의 성과(factual)'와 '사업에 참여하지 않았다고 하였을 때 거두었을 성과(counter-factual)'를 비교하여 차이를 구하여야 하지만, 현실에서는 '사업에 참여하지 않았을 때'와 같은 가상적인 상황을 관측할 수 없기 때문에 가상적인 상황과 가장 유사한 상황을 알아내는 것이 중요하다. 이를 위하여 사업에 참여하지 않은 기업들로 이루어진 표본으로부터 사업에 참여한 기업과 가장 유사한 기업을 추출하여 대리하는 방법론이 성향점수매칭이라고 할 수 있다.

결과적으로 찾아낸 쌍둥이 기업군은 향후 정부 지원 유무를 제외하고 성질이 비슷하다. 쌍둥이 기업은 ESCO 사업 수행기업과 성질이 비슷한 여러 기업의 평균적 모습으로 만들어지며 쌍둥이 기업 탐색 시 고려하는 기업 변수는 산업코드, 당기순이익, 매출, 자산, 수출, 고용, R&D, 부채 등 KISINFO 자료에서 가용한 모든 기업변수를 사용한다.

결국 50,000여 개의 한신평 DB 기업과 100여 개의 ESCO 사업 실적이 있는 기업을 성향점수매칭을 사용하여 각각 매칭하고, 이렇게 찾아낸 쌍둥이 기업

군을 시간에 따라 추적, 비교함으로써 정부 지원의 효과만을 독립적으로 추정해 낼 수 있다.

1) 사업비수행 기업군 통제 및 성향점수(P propensity Score) 추정

ESCO 사업 수행기업군과 유사한 비교기업군을 만들고 그 안에서 쌍둥이 기업을 추출하기 위하여 전체 기업을 다음과 같은 방법으로 처리하여 비교기업군을 만들었다.

- 5자리 표준산업코드를 기준으로 ESCO 사업수행기업이 포함되지 않은 산업 배제함.
- 주요 재무제표에 누락된 사항이 있는 기업을 배제.
- 매출액 기준으로 ESCO 사업수행기업의 최대치의 1.1배보다 많거나 최소치의 0.9배보다 적은 기업들 배제.
- 중소기업기본법에 의거, 대기업으로 분류된 기업들 배제.

이와 같은 처리를 거쳐 남은 사업수행기업과 비교기업의 개체 수는 매해 <표 13>과 같다. 특히 대기업을 배제함으로써 ESCO 투자사업 자료 중 기업수 기준 및 사업수 기준으로 30% 전후의 자료가 삭제되었다. 그럼에도 불구하고 분석에서 대기업을 배제한 이유는 이전 절에서의 분석에서도 알 수 있듯이, ESCO 사업 수행 기업에 일부 매우 큰 대기업이 속하여 있어서 같은 프레임 하에서 분석이 어렵고, 대기업의 경우

8) 성향점수매칭 방법론 및 자세한 분석과정은 오인하(2009)와 Oh et al.(2009)를 참조할 것.



〈표 13〉 자료 처리 후 ESCO 사업수행기업과 매칭될 비사업수행기업 수

구 분	2004년	2005년	2006년	2007년
수행기업	49	44	42	30
비수행기업	4,298	3,747	2,577	2,418

ESCO 사업이 사업 포트폴리오의 일부에 불과하여 지원사업의 효과를 매출 증가 등의 지표로 알기 힘든 점이 있기 때문이다.

이와 같은 처리 결과 ESCO 사업수행기업과 비수행기업군으로 만들어진 불균형 패널(unbalanced panel)이 구성되었다. 실제 분석에 있어서는 〈표 13〉에서 보듯이 관찰가능 수행기업 수가 많지 않기 때문에 2004년에서 2007년까지의 수행기업을 한 해로 통합(pooling)하여 사업수행 후 1년부터 4년에 이르기까지의 여러 성과지표를 관찰하였고 이를 매칭된 비수행기업과 비교하여 그 차이의 유의성을 관찰하였다. 또한 분석의 강건성을 확보하기 위하여 ESCO 사업 수행기업을 다음과 같은 두 가지로 정의하여 각각의 경우에 대한 사업의 효과성을 관찰하였다.

- 사업수행_1: 2004년부터 관찰하였을 때, 개별 기업이 ESCO 사업을 최초 수행한 연도를 기준으로 그 해에 사업을 수행하였다고 정의하고 그 해에 대비하여 1년 후부터 4년 후까지의 효과성을 관찰함.
 - 사업수행_2: 매해, 개별 기업이 ESCO 사업을 수행한 것을 기준으로 사업을 수행하였다고 정의하고 1년 후부터 4년 후까지의 효과성을 관찰함.
- 위와 같은 사업수행 정의의 경우, 사업수행_1은 개

별 기업이 2004년부터 최초 시행하는 ESCO 투자사업의 효과성을 관찰하고, 그 개별 기업이 최초 시행 후 관찰기관 내에 추가적으로 수행하는 ESCO 투자사업의 경우의 효과는 최초 사업의 영향하에서 이루어지는 것이라 가정하는 것이다. 이러한 정의 하에서는 개별 기업의 최초사업이 아닌 경우 사업수행으로 정의되지 않기 때문에 관찰가능한 사업수행 건수는 줄어들게 된다. 그러나 사업수행 효과성의 측정이 과거 사업수행의 영향을 받는 경우는 줄어들게 된다. 한편, 사업수행_2의 정의 하에서는 개별기업의 2004년부터의 모든 사업이 사업 수행으로 정의되어 관찰가능한 사업의 건수가 늘어나나 최초 수행사업이 아닌 경우 그 효과성이 전년도의 효과성 측정과 겹치게 된다.

2) 성향점수매칭 수행

이때 하나의 수행기업마다 성향점수를 기준으로, 가장 가까운 비수행기업 4개 및 16개를 뽑아 이들의 성과를 평균하여 해당 수행기업과 비교되는 비수행기업의 성과로 삼았다. 이러한 처리를 모든 선정기업에 대하여 실시하여, 결국 선정기업의 평균성과와 매칭된 비교기업의 평균성과의 차이가 지원정책의 효과성이 된다.

관찰한 성과지표는 모두 사업수행 전년말의 자료 대비 사업수행 후 1년으로부터 4년까지의 자료를 기



준으로 계산되었다. <표 14>에서 보듯이, 모든 성과지표는 기준연도 대비 n년도 후와의 차이 및 성장률을 기준으로 만들어졌다.

ESCO 지원사업의 성과평가는 기업단위 관찰가능 개수가 많지 않아서 그 분석 및 결과해석에 주의를 요한다. 본고에서는 결과의 강건성 확보를 위하여 여러 가지 설정을 통하여 분석을 하였다⁹⁾.

<표 15>는 사업수행과 비교기업군의 정의를 달리하는 6개의 서로 다른 분석설정에 의한 지원정책의 효과성 분석 결과를 정리한 것이다. 각각의 설정에서 각 성과지표에 대해 최소 한 개의 연도에서 유의한 양 또는 음의 추정치가 나온 경우, + 또는 -로 표시를 하였다. 예를 들어 매출액 증가율의 경우 6개의 설정 전부에서 ESCO 사업을 수행한 기업은 매칭 된 쌍둥이 비

<표 14> 성향점수매칭에 사용한 성과지표 및 정의

성과지표	정 의
매출액, 종업원 수, 자산, 부채	대비되는 두 연도의 변수 값의 로그값 차이로 계산함
매출액 대비 당기순이익	대비되는 두 연도의 매출액 대비 당기순이익 비율의 차이로 계산함
수출	대비되는 두 연도의 수출 유무 차이를 비교함. 즉 수출 하던 기업이 안하게 된 경우 -1, 반대의 경우는 1의 값을 줌. 수출상태의 변화가 없으면 0.

<표 15> 6개의 서로 다른 분석설정에 의한 효과성 분석 결과 정리

성과지표	설정#1	설정#2	설정#3	설정#4	설정#5	설정#6
매출액	+	+	+	+	+	+
종업원 수	-		-	-	-	-
매출액 대비 당기순이익			-		-	-
자산	+	+	+	+	+	+
부채	+	+	+	+	+	+
수출			-		-	

주: +는 ESCO 사업수행기업의 해당성과지표 증가율이 매칭된 기업에 비해 빨랐음을 뜻하며 -는 그 반대임. 유의한 결과를 찾을 수 없던 경우 표시가 없음.

9) 각 설정은 사업수행의 정의와 비교기업군의 생성과정에서 사용한 통제방식에 따라 달라지며 총 6개의 설정을 사용하고 비교하여 결과의 강건성을 제고하였다. 각 설정에 따른 자세한 결과는 오인하(2009)에서 찾아볼 수 있다.



수행기업에 비교하여 향후 매출액이 증가하는 속도가 유의하게 차이가 나는 것을 관찰할 수 있었고, 그 증가하는 정도는 ESCO 사업을 수행하는 경우에 더 컸다. 매출액과 같이 자산 및 부채의 경우도 ESCO 사업을 수행하는 경우 비수행기업에 비하여 더욱 빠르게 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 한편 매출액 대비 당기순이익과 수출의 경우 각각 3개 및 2개의 설정 하에서 오히려 증가율이 떨어지는 것을 볼 수 있었고, 종업원 수의 경우 총 6개 중 5개의 설정하에서 증가율이 비수행기업에 비하여 낮은 것을 관찰할 수 있었다. 당기순이익 및 수출의 경우, 절반 이상의 설정하에서 유의한 결과를 찾을 수 없었기에 이를 해석하는데에는 주의를 요한다.

사업을 수행함으로써 얻어지는 효과성을 연도별로 관찰하였을 때, 사업에 참여함으로써 얻어지는 효과성은 대부분 2~3년 이상 이어지지 않았으나, 이러한 결과는 4년 연속 성과측정이 가능한 관찰가능 기업의 수가 적어서 추정치의 유의도가 떨어졌기 때문일 수도 있어서 확인이 필요하다. 향후 몇 년간의 자료 축적 후 성과평가를 진행하거나 또는 2004년 이전의 ESCO 사업수행 관련 자료를 얻는다면 보다 정확하고 신뢰성 있는 사업의 사후 성과를 추정해 낼 수 있을 것으로 보인다.

또한 분석을 대기업을 제외한 중소기업에 한정함으로써 ESCO 지원의 기업측면에서의 효과성을 좀 더 독립적으로 살펴볼 수 있었지만, ESCO 사업의 30% 가량을 차지하는 대기업을 대한 지원의 효과성이 누락된 점을 고려하여야 한다. 향후 대기업 내에서 ESCO 사업을 수행하는 에너지절약 설비투자 관련 사업부에 대한 매출액 및 고용 관련 정보를 시계열로 독립적으로 획득하는 하는 것이 가능하다면, 대기업

에 지원할 때의 효과성을 좀 더 구체적으로 알아볼 수 있을 것이다.

결과적으로 ESCO 사업을 수행한 기업은 비슷한 비수행 기업에 비하여, 매출액, 자산 및 부채의 증가율이 빠른 것으로 나타났다. 매출액 증가는 사업 수행에 따른 매출액 증가로 보이고, 자산의 증가는 설비투자에 따른 고정자산 및 부채의 증가로부터 기인한다. 또한 현행의 ESCO 사업은 투자금액이 회수될 때까지, ESCO 기업의 부채 계정으로 투자비가 회계처리되는 ESCO 성과배분 계약 방식을 대부분 따르고 있기 때문에, 부채의 증가는 이로부터 기인하는 것으로 보인다.

요약하면, ESCO 기업은 투자 사업 수행 및 그에 따른 정부의 지원에 의하여 매출액과 자산 등으로 본 기업의 크기가 비교대상이 된 쌍둥이 타 기업에 비하여 빠르게 증가하고 있는 것으로 보인다. 기업의 대형화는 향후 높은 기술수준 획득과 사업영역 확장 및 외부로부터의 자금 조달 등을 위한 기반이 되기 때문에 이러한 효과는 지원사업의 긍정적인 효과라고 할 수 있다. 한편, ESCO 사업 수행에 따른 설비투자, 부채 조달 및 매출액 증가와 같은 직접적인 효과성 외의 기업의 고용, 수익률의 증대 및 수출기업화와 같은 간접적인 효과성은 관찰하기 어려웠다. 비록 중소기업만을 한정하여 4년 내의 단기간을 관찰하긴 하였지만, ESCO 중소기업이 ESCO 지원정책을 통하여 고용을 늘리고 수익성을 확보하면서 성장해나가는 모습을 관찰하기는 어려웠다. ESCO 기업의 수익성 제고와 그에 따른 고용 창출은 ESCO 기업의 성장과 에너지효율산업의 신성장 동력으로서의 육성을 위하여 매우 중요하다. ESCO 지원정책이 대상기업의 수익성 및 고용 창출에 준 효과성은 아직 밝혀지지 않은 만큼 정

부는 앞으로 이 부분을 중점적으로 지원할 수 있도록 현 지원 제도를 조율할 필요가 있을 것이다.

4. 요약 및 결론

최근 정부는 ESCO 기업에의 금융지원을 통하여 국가적 차원의 에너지절약을 도모함과 동시에, 에너지절약 전문기업을 기술력과 금융기법을 겸비한 '종합에너지관리 컨설팅업체'로 육성하여 국가의 향후 '신성장동력'으로 삼고자 하고 있다. 이러한 목표를 이루기 위해서는 지원정책을 통하여 ESCO 기업이 타 기업에 비하여 어느 정도 차별화된 성장을 하고 있었는지 살펴볼 필요가 있다. 만약 ESCO 기업이 지원정책과 투자사업 수행을 통하여 타 기업에 비하여 차별적인 성장세를 보여주고 있지 못하였다면 정부는 앞에서 언급한 정책 목표를 달성하기 위하여 지원정책을 조율할 필요성이 있다.

본고는 정부로부터 인증을 받아 ESCO 투자사업에 참여하고 있는 ESCO 기업들의 성과를 최근 개발된 성과평가 방법론을 사용하여 다방면으로 분석하여 정부의 ESCO 인증 및 지원정책의 효과성을 분석하는데 목적을 두고 있다. 이를 위하여 에너지절약전문기업의 성과를 순이익, 매출, 자산 및 고용 등 다방면의 증가율을 성과지표로 사용하여 타 기업과 비교하여 ESCO 투자사업과 그에 따른 정부지원사업에 참여함이 ESCO 기업의 성장 및 수익성 등 다방면의 지표에 어떠한 영향을 주는지 평가하였다.

분석을 통하여 얻은 결과들을 요약하면 다음과 같다. 먼저 ESCO 등록기업들을 대상으로 한 기술통계를 통하여 다음과 같은 결과들을 얻었다: 1) ESCO 등

록기업의 전환율(Turnover Rate)은 상당히 높은 편이어서 2000년부터 2008년까지를 평균하여 매해 약 42%대를 보이고 있다. 2) ESCO 등록을 취소한 기업의 경우 상당수가 등록 후 3년 내에 취소를 하는 것으로 나타났다. 3) 등록기업 내에서 종업원 수나 매출액 등으로 본 기업의 크기는 양극화되어 있다. 4) 신규등록기업은 매출액 및 종업원 수 등으로 본 기업의 크기가 기존의 기업보다 작다. 5) 등록취소는 자발적 등록취소 및 행정처분으로 인한 취소와 같은 두 가지 사유에 의한 취소가 있으며, 행정처분으로 인한 취소를 받은 기업과 자발적 등록취소를 한 기업은 그 크기 및 성질이 서로 다른 것으로 보인다.

기술통계로부터 얻은 결과를 요약하면 ESCO 산업의 경우 기존기업보다 소형 규모의 기업들이 활발히 진입하고 있으며, 일단 등록된 기업들은 약 3년간의 사업 탐색 과정을 거쳐서 사업을 수행하거나 자발적 또는 비자발적으로 등록을 취소하는 것으로 나타났다. 등록기업은 70% 정도의 중소기업과 30% 정도의 대기업으로 양분화되어 있으며 이 두 기업 그룹 간의 재무적 및 정성적 특질은 매우 다르며 관심이 있는 에너지효율 투자설비 분야도 다른 것으로 나타났다.

또한, 2004년 이후의 ESCO 투자사업을 대상으로 한 기술통계를 통하여 다음과 같은 사실들을 알게 되었다: 1) 2000년대 중반 이후, 사업의 크기가 대형화되어가고 있으며 투자설비의 종류도 다양해지고 있다. 2) 지원효과를 투자한 설비별로 살펴보면 동력설비 부문에서 지원의 효과성이 가장 크게 나타났고, 폐열회수, 조명, 공정개선, 보일러, 냉난방설비 및 열병합 순으로 투자설비별로 지원의 효과성이 있었던 것으로 나타났다. 3) 투자대상에 따라 절감효과를 관찰하면, 인출액당 절감량으로 살펴본 지원효과는 투자



대상이 산업용 기관(공장 등)이었을 때 가장 높았으며, 공공사업용, 주거용의 순으로 지원의 효과성이 높았다. 4) 열병합과 같은 대규모 설비투자의 경우 대형 ESCO가 수행하는 비율이 높은 것으로 나타났다.

지금까지 에너지 절감량이 많았고 또한 앞으로도 당분간 지속적인 절감이 이루어질 수 있다고 예상되는 부문은 산업용 건물에 대한 폐열회수 및 공정개선으로 보인다. 또한, 높은 기술수준과 대규모 설비투자를 요하는 사업은 대형 ESCO가 투자하는 경향이 있으나 중소기업의 ESCO도 결집된 사업역량과 특화된 기술로 규모가 큰 설비투자 부문에서 활동하고 있는 것으로 보인다.

ESCO 등록기업 중 사업을 수행한 기업과 수행하지 않은 기업의 향후 성장률을 단순 비교하여 보았을 때 ESCO 투자사업 수행기업의 고용증가율이 비수행기업의 고용증가율보다 낮은 것으로 관찰되었다. 이러한 단순 비교는 선택편의의 오류를 불러일으킬 수 있기 때문에 성향점수매칭 방법론을 사용하여, 사업 비수행 기업군 중 수행기업군과 쌍둥이 기업군을 찾아내어 그 성과를 중단면 및 횡단면으로 비교함으로써 선택편의를 제거한 지원정책의 효과성을 살펴보았다. 성향점수매칭 분석의 결과를 요약하면 ESCO 기업은 투자 사업 수행 및 그에 따른 정부의 지원에 의하여 매출액과 자산 등으로 본 기업의 크기가 비교대상이 된 쌍둥이 타 기업에 비하여 빠르게 증가하고 있는 것으로 관찰되었다. 한편, ESCO 사업 수행에 따른 설비투자, 부채조달 및 매출액 증가와 같은 직접적인 효과성 외의 기업의 고용, 수익률의 증대 및 수출기업화와 같은 간접적인 효과성은 밝혀내기 어려웠다. ESCO 지원정책이 대상기업의 수익성 및 고용 창출에 준 효과성이 미비한 만큼 정부는 이 부분을 중점

적으로 지원할 수 있도록 현 지원 제도를 조율할 필요가 있을 것이다.

최근 지식경제부는 2009년 11월 'ESCO 산업 활성화 방안'을 발표하였고 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 공공기관 에너지 소비총량제 실효성 강화 등을 통한 공공부문에서의 신규 에너지절약사업 시장 창출을 주도할 예정이다. 이에 따라서, 건축 연면적이 1만㎡이상인 건물을 소유하고 있는 공공기관('09년 800개)대상으로 당해 연도 에너지소비량을 최근 2년간 평균 소비총량 이하로 유지토록 의무화하고, 중앙청사는 최근 2년 평균소비량에서 3% 추가 절약을 유도하며, 각 기관별 에너지사용량 측정을 위해 계량기를 설치하고 전기사용량을 주기적 측정·관리하여 매년 우수·미흡기관을 공표함과 동시에, 공공기관·대학 내 10년 이상 노후화된 건물 대상으로 에너지진단 후 비용-편익분석을 거쳐 ESCO 사업 실시 계획이다. 둘째, 대기업 참여유도 등 민간자금 투자유치를 확대할 계획이다. 이를 위하여, 대기업이 중소 ESCO 기업과 컨소시엄을 구성하여 민간자금을 조달할 경우, 정책자금 우선지원 검토(정책-민간 50:50 유도)하고 ESCO에 대한 동일사업자당 지원한도액을 현행 270억 이내에서 자발적협약(VA) 수준의 500억 이내로 상향조정할 예정이다. 또한 ESCO 사업자에 대한 장기저리의 정책자금 용자를 현재 1,350억 원 수준에서 2013년 2,000억 원까지 확대하기로 검토하고 전기설비에 대한 용자기간(3년 거치 2년 분할)을 열설비와 동일하게 10년(3년 거치 7년 분할)으로 연장하여 투자 확대를 유도하기로 하였다. 셋째, ESCO 참여 인센티브 확대 및 인프라를 강화할 예정이다. 이를 위하여 ESCO 사업범위를 확대 허용하여 사업범위를 에너지 절약 시설투자 사업에서 CO₂ 저감시설과 신재생에너지



지시설 설치사업으로 확대하고 자금지원 범위를 기존 건물에서 신축 건물로 확대하는 한편, 에너지자원분야 인력양성센터를 활용하여 에너지진단 기술인력을 대상으로 중장기 ESCO전문교육 프로그램 신규개설하는 등 관련 인력 인프라를 강화하고 기술력과 경영상태를 종합적으로 고려하여 우수 ESCO를 인증하고 인센티브를 부여하는 우수 ESCO 인증제를 활성화하여 우수 ESCO에 대한 인센티브를 확대할 예정이다.

이러한 정책방안은 ESCO 사업의 공공사업기회를 창출하고, 사업규모를 대규모화함으로써 그에 따른 수익성을 제고하는 효과가 있어 앞으로도 계속 추진되어야 하는 정책 방안으로 보인다. 또한 녹색성장의 일환으로 ESCO 산업을 육성하여 고용을 증대하고 수출산업화를 하기 위해서는 지금껏 많은 논의가 있어왔던 ESCO 사업의 CDM 사업화, 자발적 온실가스 감축 등록 등 탄소금융을 통하여 추가적 수익성의 도모를 지원하고, 프로젝트 파이낸싱을 활용하여 부채비율 및 자본비용을 낮추도록 도와주고, 해외시장 진출을 적극적으로 지원하는 등의 지원 정책을 마련해야 할 것이다.

financing and ESCOs in developing countries: experiences from Korean ESCO business, *Journal of Cleaner Production* 11, 651-657.

Oh, I., Lee, J-D., Heshmati, A. & Choi, G.G., 2009, Evaluation of Credit Guarantee Policy using Propensity Score Matching, *Small Business Economics* 33, 335-351.

Vine, E., Nakagami, H. & Murakoshi, C., 1999, The evolution of the US energy service Company (ESCO) industry: from ESCO to Super ESCO, *Energy* 24, 479-492.

Vine, E., 2005. An international survey of the energy service company (ESCO) industry, *Energy Policy* 33, 691-704.

참고문헌

김수덕, 2005, 국내 ESCO (Energy Service Company) 사업의 수익성 분석, *응용경제* 7, 67-86.

오인하, 2009, 에너지절약전문기업 지원정책의 경제적 성과 분석, *기본연구보고서 2009-04*, 에너지경제연구원.

Lee, M-K., Park, P., Noh, J. & Painuly, J.P., 2003, Promoting energy efficiency



일본의 신재생에너지 산업정책과 국내 정책제언



김 규 판

대외경제정책연구원 부연구위원

1. 서론

21세기 들어 지구온난화문제나 에너지수급 불균형 문제가 전세계적 이슈로 부각되었음은 주지의 사실이다. 일본 정부 역시 저탄소사회 실현이라는 거대 담론 아래 구체적이면서도 다각적인 노력을 기울이고 있

고, 산업계도 저에너지 혹은 대체에너지와 관련된 기술 개발에 혼신의 노력을 쏟아 붓고 있다.

본고는 일본 정부와 기업이 추진·실행하고 있는 저탄소사회전략을 환경비즈니스 관점, 다시 말해 새로운 성장동력의 발굴·육성이라는 관점에서 살펴 볼 것이다. 이와 같은 관점에서 우리는 분석대상 산업을

〈표 1〉 일본의 1차에너지 분류

1차 에너지	석유	화석에너지	석유
	석유 대체에너지		LPG
			석탄
			천연가스
		비화석 에너지	원자력
			재생에너지
		신에너지 (신재생에너지)	
	태양광발전		
	풍력발전		
			바이오매스발전
			바이오매스열이용
			기타 ¹⁾
		기타 미활용에너지 ²⁾	

주: 1) 태양열이용, 폐기물열이용, 黒液·廢材 등.

2) 노정압발전(炉頂圧発電) 등.

자료: 일본 資源エネルギー庁(2009)



〈표 2〉 일본의 주요 에너지원별 발전원가 비교(2008년)

태양광	풍력	수력	화력	원자력
49엔/kWh	11~14엔/kWh	8~13엔/kWh	7~8엔/kWh	5~6엔/kWh

자료: 일본 資源エネルギー庁(2009)

2단계로 추출하였다. 첫 번째 단계에서는 〈표 1〉에 제시된 신재생에너지 가운데 일본 정부가 집중적으로 지원정책을 실시하고 있는 태양광발전과 풍력발전 분야를 선정하였다. 물론 폐기물발전이나 바이오매스 발전 등과 같은 다른 신재생에너지도 신성장동력으로 분류할 수 있겠지만, 현재로서는 태양광발전과 풍력발전 분야에서 글로벌 경쟁이 격화되고 있고, 우리 입장에서도 이들 두 분야에 대한 관심이 높다고 판단하기 때문이다.

두 번째 단계에서는 석유 대체에너지 기술 가운데, 전기나 수소를 이용하여 새로운 산업을 형성해가고 있는 차세대 자동차와 연료전지 분야를 선정하였다. 최근 자동차 업계에서는 하이브리드카나 전기자동차와 같은 차세대자동차 기술이 급속도로 개발 중에 있고 글로벌 경쟁도 가시화되고 있고, 연료전지 분야는 석유 대신 수소를 대체에너지로 활용하는 대표적인 환경비즈니스라 할 수 있다.¹⁾

본고에서는 이들 4개 분야에 대한 일본 정부의 산업 육성 전략 혹은 지원정책을 살펴보고, 가능한 한 가장 최근의 산업·시장·기술 현황과 기업 동향을 파악하여 그간의 성과와 향후 개발과제를 도출하고 있다. 마지막 장에서는 논의를 정리해 보고 우리에게

주는 시사점과 정책제언을 제시하고 있다.

2. 태양광발전

가. 일본 정부의 태양광발전 지원체계

태양광발전은 신재생에너지 중에서도 잠재 도입가능량이 가장 많고 연관산업이 많은 신성장동력이라 할 수 있다. 태양광발전 산업은 소재(원료, 잉곳, 웨이퍼 등), 셀, 모듈 및 BOS 컴포넌트(충전조절기, 인버터, 저장배터리, 설치장비 등) 등의 발전설비 분야와 시스템화·시공 분야를 포괄한다. 기존 산업분류 관점에서 보자면, 비철금속, 화학, 유리·세라믹, 전기·전자기기 업종이 태양광발전 산업을 형성한다. 그러나 〈표 2〉에서 알 수 있듯이, 태양광발전의 발전비용은 수력·화력과 같은 기존 전력은 물론 풍력 등 다른 신재생에너지에 비해 높은 편이어서 정부 지원이 불가피한 분야이다.

위와 같은 연유에서 일본 정부는 태양광발전에 대한 지원체계를 갖추고 있는데, 설치보조금제도(1994년 도입, 2005년 중단, 2009.1월 재개), RPS제도(의

1) 尾崎(2009)는 일본에서 앞으로 성장이 예상되는 환경비즈니스 분야로서 신재생에너지 분야(태양광발전, 태양열이용, 풍력발전, 바이오매스)와 연료전지 분야를 지목하고 있음.



무할당제도, 2003년 도입), 고정가격매입제도(1992년 도입, 2009. 11월 강화)가 대표적이다.

1) 설치보조금 제도

일본 정부는 '저탄소사회구축행동계획' (2008.7월)에 의거하여 2009년 1월부터 2005년 중단한 태양광발전 보조금 제도를 재개하였다. 지원대상은 주택용 태양광발전시스템의 설치자 중, 시스템 가격이 70만 엔/kW 이하이고, 전기안전환경연구소(JET)로부터 '태양전지 모듈인증'을 받은 자로 한정된다. 2009년의 경우 13.5만 가구가 해당할 것으로 예상되고 있다. 보조금액은 발전 능력 1kW당 7만 엔으로 일반가정(3~3.5kW)의 경우 20만~25만 엔의 보조가 뒤따르게 된다.

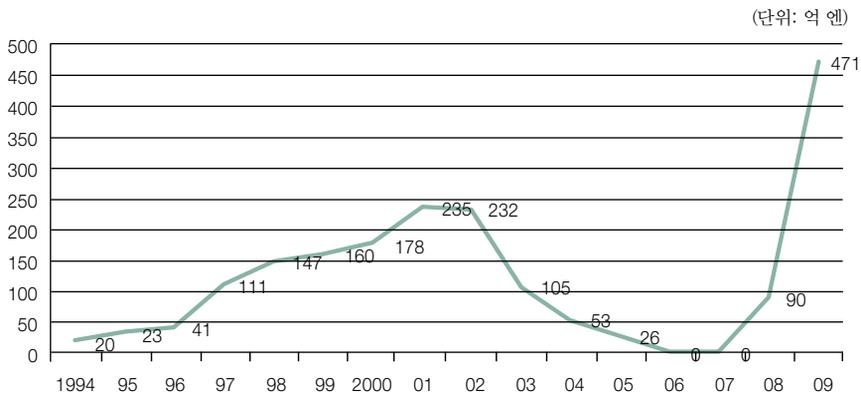
중앙정부의 보조금 지급 재개와 보조를 맞춰 지자체에서도 별도의 보조금을 지급하고 있다. 전체 지자체 중 약 17%가 별도의 설치 보조금 제도를 운영하고

있는데, 도쿄도의 경우 10만 엔/kW, 가나가와현 3~6만 엔/kW, 사이타마현 3.5만 엔/kW 등 지자체별로 보조금액은 다르다.

1994년부터 시행된 설치보조금 제도는 주택용 태양광발전 설비에 대해 설비가격의 절반에 가까운 1kW당 최대 90만 엔을 보조하는 것으로서, 일본에서의 태양광발전 보급에 지대한 공헌을 하였다고 평가받고 있다. 특히, 일본의 태양광발전 도입량은 1997년부터 2004년까지 세계 1위를 차지하였는데, [그림 1]에서 보는 바와 같이, 일본의 태양광 발전 도입 실적은 태양광발전 시스템에 대한 보조금 제도와 궤를 같이 하고 있다고 할 수 있을 정도이다.

일본 정부의 주택용태양광발전 보조금 지원은 태양광발전의 도입·확대와 함께 양산에 따른 설비가격 인하효과도 거둬들인 것으로 평가받고 있다. 1kW당 발전비용은 1994년 140엔에서, 2000년 58엔, 2005년 46엔으로 낮아졌고, 1kW당 설비가격 역시 1994

[그림 1] 주택용 태양광발전 보조금 제도 관련 정부 예산 추이



주: 예산안은 추경예산분 포함
자료: 国立国会図書館(2009)



년 200만 엔에서, 2000년 84만 엔, 2005년 66만 엔으로 대폭 낮아졌다. 그럼에도 불구하고 2008년 말 현재 일반 주택용 태양광발전(3~3.5kW)의 설치비용은 230만 엔 정도로 정부의 보조금 지원 없이는 태양광발전의 보급·확대를 기대하기 어려운 상황이 지속되고 있다.

2) RPS 제도(의무할당제도)

일본 정부는 2003년 4월부터 RPS(Renewable Portfolio Standard) 제도²⁾를 시행하고 있다. RPS 제도는 매년 전기 소매사업자가 구매해야 할 재생에너지 목표량을 정부가 설정하는 것을 요체로 하는데, 경제산업성 장관이 매년 이용목표 총량을 정한 다음, 그 범위 안에서 전기사업자의 판매전력량을 감안하여 의무이용량(기준이용량)을 정하는 방식으로 운용되고 있다. 이 때, 전기사업자는 부족한 재생에너지를 스스로 발전하든지 다른 사업자로부터 구입해야 하고, 할당된 의무를 이행하지 않을 경우에는 권고, 명령 처분을 받게 된다. 반대로, 의무이용량 이상으로 재생에너지를 이용한 경우에는 초과분을 다음 년도로 이월할 수도 있다.

RPS 제도의 추진 현황을 보면, 법 제정 당시인 2002년에는 2010년까지 전체 전기공급량의 1.35%(12.2TWh)를 재생에너지가 담당하도록 하였고, 이러한 목표는 4년마다 갱신하도록 하였는데 2007년에는 2014년까지 그 목표량을 16.0TWh(1.63%)로 설정하고 있다. 2008년의 경우 총 74억

6,569만 kWh의 공급목표량이 설정되었는데, 실제로는 79억 1,810만 kWh의 재생에너지가 공급됨으로써, 전기사업자가 정부가 정한 이용목표량을 충분히 소화하고 있음을 알 수 있다.

그러나 일본의 RPS 제도는 전기사업자의 목표 초과달성에도 불구하고 재생에너지 보급·확대에 그다지 기여하지 못하고 있다는 평가를 받고 있다(GWEC, 2009, p. 40.). 그 이유로는 첫째, 이용목표량이 지나치게 낮고, 둘째 쓰레기 연소에 의해 발생된 전력도 대상 에너지로 포함하고 있으며, 셋째 참여기업들에 대한 인센티브가 부족하다는 점을 들 수 있다.

3) 고정가격매입 제도(Feed-in Tariff)

일본 정부는 1992년부터 태양광과 풍력으로 발전된 전력을 전력회사가 자율적으로 매입하도록 하는 고정가격매입제도를 시행하고 있다. 그러나 이 제도는 주택이나 사업체가 발전한 태양광발전의 잉여전력을 전력회사가 전력요금과 거의 같은 요금(주택: 약 24엔/kWh, 사업장·공장: 11~15엔/kWh)으로 어디까지나 자율적으로 매입하는 것으로서 장기적으로 실시된다는 보장이 없었다고 할 수 있다. 위와 같은 매입조건으로는 주택용의 경우 태양광발전설비의 도입비용(200만 엔 정도)을 회수하기까지 보조금을 이용해도 20년 정도 소요되는 것으로 지적되었다.

이에 따라 일본 정부는 2009년 2월 태양광발전 설치비용의 회수기간을 단축하고 업계의 기술혁신과 대량생산을 통한 비용절감을 유도한다는 목적으로 기존

2) 근거법률은 '전기사업자에 의한 신에너지 등의 이용에 관한 특별조치법'이고, 태양광뿐만 아니라 풍력, 지열, 수력, 바이오매스 등의 재생에너지를 대상으로 함.



제도를 대폭 보강하겠다는 방침을 정하였다. 이어 2009년 9월 출범한 하토야마 민주당 정권은 11월 1일부터 전력회사의 태양광발전 잉여전력 매입을 의무화하는 방향으로 기존 고정가격매입제도를 대폭 수정·강화하였다.³⁾

2009년 11월 1일부터 시행된新高정가격매입제도는 전력회사로 하여금 태양광발전 전력을 정부가 정한 가격으로 매입하도록 의무화하였다는 점에서 의의가 크다 할 수 있다. 매입대상 신재생에너지는 우선 태양광으로 한정하였고, 매입범위는 자가소비를 초과하는 잉여전력으로 한정하여 발전사업목적으로 설치된 500kW 이상의 발전설비는 매입대상에서 제외하

였다. 매입기간은 10년이고, 매입가격은 주택용(10kW 미만) 48엔/kWh, 비주택용 24엔/kWh으로 기존 제도에 비해 약 2배 높게 설정하였다. 전력회사의 태양광 잉여전력 매입에 강제성을 부여하고 매입가격을 과거보다 2배 높게 설정함으로써 제도를 크게 보강하였던 것이다. 단, 매입기간 중에는 태양광을 설치한 년도에 설정한 가격으로 매입하나, 태양광 보급 상황과 시장가격 추이를 보가며 매년 매입가격을 인하한다는 계획이다.

한편, 고정가격매입제도는 기본적으로 태양광 발전과 같은 신재생에너지의 매입비용을 국가 재정으로 충당하는 것이 아니라, 기존 전력이용자, 즉 국민에게

〈표 3〉 일본의 RPS 제도 추진현황

(단위: 억 kWh)

구 분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
이용목표량	73.2	76.6	80.0	83.4	86.7	92.7	103.3
이용목표률 ¹⁾ (%)	0.87	0.91	0.92	0.93	0.96	0.99	1.14
의무이용량 ²⁾	32.8	36.0	38.3	44.4	60.7	74.7	94.4
추진실적	40.6	49.1	55.8	65.1	74.3	79.2	-
풍력	9.9	14.4	19.1	21.4	27.4	30.6	-
태양광	2.0	3.5	4.6	5.4	6.6	7.6	-
수력	8.4	9.1	7.0	9.4	8.5	9.6	-
바이오매스	20.4	22.1	25.0	28.6	31.7	31.3	-
전년도 이월량		7.9	20.6	37.8	56.6	67.6	70.4

주: 1) 국내 1차에너지 이용량 대비 재생에너지 이용량 비율의 목표치임.

2) 2010년 이후에는 '新高정가격매입제도'의 도입을 감안하여 2010년 110.3억 kWh 등으로 설정함.

자료: 일본 資源エネルギー庁 (http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/pdf/rps_H20.pdf.)

3) 일본 경제산업성은 2010년 6월 현재, 고정가격매입제도의 적용대상을 풍력 등 다른 재생에너지로 확대할 지 여부와 재생에너지의 잉여전력이 아닌 전량을 매입할 것인지 여부 등을 결정하기 위해 '차세대 송배전시스템제도 검토회'라는 기구를 설치, 논의를 진행 중에 있음.



전가시키는 제도이다. 일본 정부 역시 전력회사가 주택용 태양광발전 설치자에게 지불한 매입 비용은 모든 전력이용자(국민)에게 차기년도의 ‘태양광요금’ 형태로 전가한다. 일본 정부의 추정에 따르면 2010년 이후 국민들의 부담은 월 30엔~100엔 수준이 될 것으로 보인다.

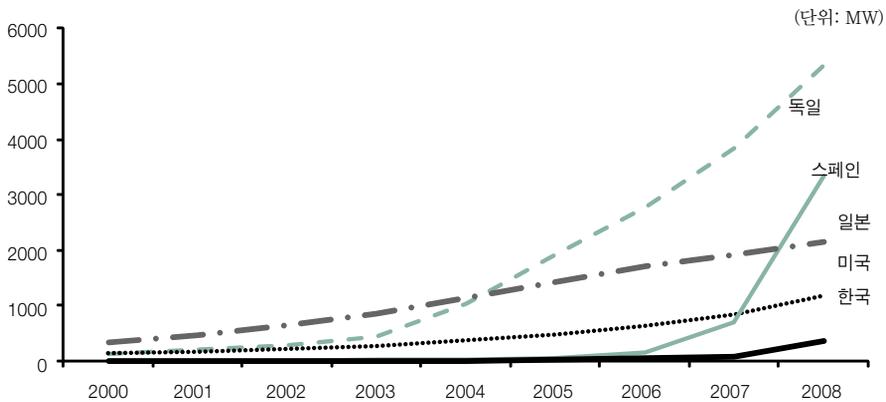
나. 일본의 태양광발전 경쟁력

일본은 일찍이 1992년부터 주택에 설치된 태양광 발전설비에서 전력회사의 송전망이나 배전망에 전력

을 송출하였고, 1997년부터 2004년까지 누적도입량이 세계1위를 차지한 바 있다. 그러나 일본의 국내 태양광발전 설치용량 규모는 2005년 보조금제도 폐지 이후 증가세가 주춤하여, 독일과 스페인⁴⁾에 역전되었고, 이러한 추세는 지금도 계속되고 있다. [그림 2]에서 알 수 있듯이, 2008년 말 현재 세계 태양광발전 설치용량(약 15,000MW)의 65%(9,000MW)는 유럽지역이 차지하고 있고, 특히 독일의 태양광발전 규모는 일본의 2배 이상으로 확대된 상태이다.⁵⁾

위와 같이 일본에서 태양광발전의 성장률이 둔화되고 있는 현상은 발전설비의 핵심부품인 태양전지

[그림 2] 세계 주요국의 태양광발전 도입 추이(누적량)



구분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
독일	113.7	194.6	278	431	1,034	1,926	2,759	3,835.5	5,340.0
스페인	2	4	7	12	23	48	145	693	3,354.0
일본	330.2	452.8	636.8	859.6	1,132	1,421.9	1,708.5	1,918.9	2,144.2
미국	138.8	167.8	212.2	275.2	376	479	624	830.5	1,168.5
한국	4	4.8	5.4	6	8.5	13.5	35.8	81.2	357.5

자료: IEA(2009)



(셀) 산업에서 일본기업의 글로벌 시장점유율이 하락하고 있는 데서도 확인할 수 있다. 세계 전체의 태양전지 생산량이 2005년 1,759MW에서 2007년 3,733MW로 2배 이상 증가한 가운데, 일본기업의 점유율은 2005년 47%에서 2007년 24.6%로 2배 가까이 감소한 대신, 중국과 대만기업의 점유율이 각각 22.0%, 9.9%로 약진하고 있다. 2007년도 글로벌 기업의 태양전지 생산량 점유율을 보아도 독일의 Q-Cells(10%)가 일본의 샤프(9%), 코세라(5%), 산요전기(4%) 등을 제치고 세계 1위의 자리를 차지하였다.⁶⁾

다. 일본 국내의 태양전지 종류별 시장 현황

태양전지는 태양광의 에너지 전환에 필요한 셀, 모

듈, 어레이와 같은 부품으로 구성되어 있고, 셀 재료에 따라서는 <표 4>에 제시한 바와 같이, 실리콘형, 화합물형(CIGS 등), 유기화합물형 3가지로 분류된다. 나아가 모양에 따라서는 결정 실리콘형, 박막 실리콘형, 하이브리드형(결정실리콘형과 아몰파스형을 중첩) 3가지로 세분화된다. 현재로서는 실리콘계, 그 중에서도 다결정 실리콘계가 단결정보다 싸고 제조하기 쉽다는 점에서 태양전지 전체의 54%를 차지할 정도로 주류를 이루고 있다.

그런데 태양전지의 원재료가 다양화됨에 따라 제조 방식에도 변화가 나타나고 있다. 이제는 후발 제조업체도 제조장치와 실리콘만 구입하면 쉽게 태양전지 셀을 생산할 수 있게 되어 실리콘계 태양전지 시장에 대한 신규진입 장벽이 거의 사라졌다고 볼 수 있다.

<표 4> 태양전지 종류별 시장 현황

구 분	실리콘				화합물		유기화합물	
	결정실리콘		박막실리콘		CIS 박막계	III-V 결정계 ¹⁾	색소증감	유기박막
	단결정	다결정	아몰파스	다접합				
시장형성	보급단계	보급단계	보급단계	보급단계	보급단계	연구단계	연구단계	연구단계
매출비율 ('08년기준)	35%	54%	10%		1%	-	-	-
모듈변환효율	~15%	~14%	~6%	~10%	~11%	~30%	11%	5%

주: 1) III-V란 갈륨(Ga) 등의 III족 원소와 질소(N) 등의 V족 원소의 화합물계를 뜻함.
 자료: ソーラー・システム産業戦略研究会(2009)

4) 스페인의 태양광발전시장이 최근 급속히 확대된 데는 2007년 도입된 고정가격매입제도가 결정적 역할을 하고 있음.
 5) 우리나라는 2007년 말 기준으로 누적 시설용량이 81.2MW(세계 비중: 0.1%)로 독일(3,835MW:49.3%)의 약 1/50 수준이고, 일본(1,919MW:24.5%)에 비해서는 1/25수준에 불과하였으나, 2008년 한 해 동안 우리나라는 무려 270MW 가량의 태양광발전 시설을 설치함으로써 세계적으로도 태양광발전의 입지를 넓여가고 있음.
 6) 2007년도 주요 글로벌 기업의 태양전지 생산량 점유율: Q-Cells(독일) 10%, 샤프(일본) 9%, Suntech(중국) 8%, 코세라(일본) 5%, First Solar(미국) 5%, Motec(대만) 5%, 산요전기(일본) 4%, Solar World(독일) 3%, 미쯔비시전기(일본) 3%(IEA, 2008)



게다가 반도체나 박형TV 제조업체도 기존 기술을 활용하여 태양전지 셀의 제조장치를 제조·판매하기 시작하였다. 그만큼 태양전지는 반도체나 박형TV에 비해 공정이 적기 때문에 제조에 필요한 모든 공정, 즉 제조장치의 설계, 시공, 기기조달, 보수·유지까지를 일괄하여 제공하는 풀 턴키(Full Turn-key) 방식이라는 출하방법이 가능하게 된 것이다.

3. 풍력발전

가. 일본 정부의 풍력발전 육성정책과 시장현황

풍력발전은 제1차 오일쇼크 이후 덴마크에서의 대규모 풍력발전 프로젝트 개시를 계기로 주로 유럽과 미국에서 연구개발이 이루어져 왔다. 그러나 1990년대에 접어들면서 지구환경이나 자원·에너지문제에 대한 관심이 증가하면서 풍력발전에 대한 연구개발은 전 세계적으로 확산되는 양상이다.

풍력발전은 신재생에너지 중에서도 발전단가가 낮다는 이유에서 상업화가 급진전되고 있다. 앞에서 살펴본 바와 같이 태양광발전의 발전원가 49엔

/kWh인데 반해, 풍력발전은 그것의 1/4수준인 11엔~14엔/kWh 수준에 불과하다. 1998년 10,200 MW에 불과하였던 풍력발전 도입량은 과거 5년간 연평균 30%정도의 성장률을 기록하여, 2008년 말에는 120,798 MW(원자력발전소 약 90기분에 해당)로 확대하였다. 국가별로는 미국 20.8%, 독일 19.8%, 스페인 13.9%, 중국 10.1%, 인도 8.0%, 이탈리아 3.1%, 프랑스 2.8%, 영국 2.7%, 덴마크 2.6% 순이다.

2008년 말 현재 일본의 풍력발전 도입량은 세계 전체의 1.6%(1,854MW)를 차지함으로써 세계 13위에 그치고 있지만, 2000년대 들어 급증하고 있는 주목할 만하다. 2008년 말 현재 일본의 풍력발전 도입량은 185만kW(발전설비기수: 1,517)에 이르고 있고 2000년 말에 비하면 10배 이상 증가한 것이다.

위와 같이 일본의 풍력발전산업을 급성장하게 만든 것은 정부의 풍력발전 지원정책이라는데 이견이 없다.⁷⁾ 일본 정부는 1997년 교토의정서 채택 이후 신재생에너지 도입을 적극적으로 추진하였고, 특히 2001년 6월 경제산업성의 자문기관인 종합자원에너지조사회 신에너지부회는 2030년까지 풍력발전 도입 목

〈표 5〉 일본의 풍력발전도입 추이

구분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
총설비용량(MW)	144	313	464	681	925	1,084	1,490	1,675	1,854
설치기수(기)	259	434	576	741	920	1,059	1,317	1,415	1,517

자료: NEDO, <http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/state/1-01.html>

7) GWEC(2009), pp. 40~41.



표를 300kW로 설정하였다.

그 이후 풍력발전의 도입과 관련하여 일본 정부가 실시하고 있는 시책은 정부의 도입촉진 정책, 전력사업자에 의한 풍력발전전력의 우대 구입이 대표적이다⁸⁾. 특히, NEDO가 추진 중인 각종 실증사업과 신에너지 사업지원 프로그램은 일본에서의 풍력발전 도입에 지대한 영향을 미치고 있다⁹⁾.

한편, 일본 국내 풍력발전 시장은 Vestas, GE Wind, Enercon과 같은 외국계 업체가 지배하고 있다. 일본의 4대 풍력발전설비 업체(미쯔비시중공업:2.4MW, 후지중공업:2MW, 일본제강소:2MW, 고마이철공:300kW)를 포함한 일본 국내업체의 시장점유율(설비용량 기준)은 17.8%(08년 말 기준)에 불과하다.

나. 일본 풍력발전의 과제와 대응

1) 계통안정화 문제

풍력발전의 효율화 차원에서 현재 계통안정화 문제¹⁰⁾는 본체의 고효율화나 경량화¹¹⁾와 같은 기술문제와 함께 주요 이슈이다. 계통안정화 문제는 풍력발전의 속성상 바람상태(평균풍속, 순간풍속, 풍향 등)에 따라 발전출력이 변동하는 데서 비롯되나, 앞에서 설명

한 바와 같이 RPS법이 2002년 6월 도입되고 풍력발전 도입목표량이 책정됨에 따라 다 시급한 과제로 부각되었다.

이에 대해 경제산업성의 자문기관인 종합자원에너지조사회는 풍력발전 사이드와 계통사이드가 취해야 할 대책을 정리한 '풍력발전계통연계대책 소위원회중간보고서'를 발표(2005년 7월)한 바 있고, '집합형 풍력발전소(wind farm)'의 경우 출력변동은 다소 평준화되었는데 축전지를 설치하면 더 출력변동이 평준화된다는 조사 결과를 발표하였다. 그러나 풍력발전 시설에 축전지를 설치할 경우 비용상승을 유발하므로, 최근에는 축전기술의 개발 및 유효성·실용성 검증에 대한 연구가 집중되고 있다.

2) 해상풍력발전의 도입

최근 일본에서는 풍력발전 업체가 산악지대나 국립공원내 풍력발전 시설의 설치를 요구하는 사례가 늘고 있지만, 지형적으로 풍력발전에 적합한 육지 확보에 한계가 있고, 도로정비나 방재 문제, 생태계 파괴 문제 등 해결해야 할 과제도 산적해 있는 것으로 지적되고 있다.

위와 같은 문제를 해결하기 위한 대안으로서 일본에서는 해상 풍력발전에 대한 관심이 높다. 일본에서

8) 이러한 정부의 지원책은 풍력발전에 한정되는 것이 아니고 태양광발전 등 신재생에너지 전반을 대상으로 하고 있음. 고정가격매입제도와 보조금제도, 전력회사에 의한 자주적인 잉여전력 매입제도, RPS 제도 등에 대해서는 앞 장 내용을 참조하기 바람.

9) 상세한 지원프로그램은 NEDO 홈페이지(<http://www.nedo.go.jp/activities/introduction.html>) 참조.

10) 계통연계에 따른 전력안정화 문제란, 基幹 전력계통에서는 주로 화력발전소의 운전·정지를 포함한 발전전력 제어에 의해 풍력발전전력의 변동을 흡수하고 발전전력과 소비전력의 균형을 맞춰 주파수를 유지하고 있는데, '집합형 풍력발전소(wind farm)'와 같이 대규모 발전설비를 基幹 전력계통에 연계하는 경우는 화력발전소에서 주파수가 일정하도록 제어하거나 발전전력변동량을 억제할 필요가 있어 계통사이드에 부담이 발생하는 것을 말함.

11) 대형풍차의 구성기기 가운데 Tower(27%정도), Rotor Blades(22%정도), Gear box(13% 정도) 비용이 절반을 넘을 정도로 풍차본체의 고효율화와 경량화가 중요함.



의 해상풍력발전 시설용량은 2008년 말 현재 11MW에 불과하지만, 부존량은 최소 936억 kWh/년에서 7,080억 kWh/년으로 추정될 만큼 개발 잠재력은 매우 큰 것으로 보인다. NEDO가 2004년 책정한 ‘풍력발전로드맵’은 2030년 해상풍력발전의 도입 목표로서 연안지역(수심이 낮은 지역, 着床型)과 근해지역(수심이 깊은 지역, 浮體上설치의 floating型)에 총 1,300만 kW(착상형 300만 kW, floating형 1,000만 kW)를 설정하고 있다.

4. 차세대자동차

가. 일본정부의 차세대 자동차 보급 전략

일본 정부는 2001년 7월 수립한 ‘저공해차 개발보급 액션플랜’을 통해, 하이브리드카, 전기자동차, 메탄올자동차, 천연가스(CNG) 자동차, 저연비·저배출 가스인정차 등 5개의 ‘실용단계에 있는 저공해차’와 연료전지자동차 등 ‘차세대저공해차’를 지원대상으로 선정하였다.^{12),13)}

일본 환경성이 2009년 5월 발표한 ‘차세대자동차 보급전략’에 의하면, 2020년의 차세대자동차 판매 목표량은 230만대, 보유 목표량은 1,350만 대이다. 그러나 이 전략에 따르면 2020년 일본 국내의 전체 자동차시장에서 차세대자동차가 차지하는 비중은 신차 판매량의 경우는 43%(승용차의 경우는

60%), 보유량의 경우는 19%에 불과하다. 결국 차세대자동차 보급이 저탄소사회의 실현을 위한 환경대책으로서 의미를 갖게 되는 시점은 차세대자동차의 보유대수 점유율이 50%를 넘는 2050년경이 될 것으로 보인다.

일본 정부는 위에서 제시한 차세대자동차 보급목표를 달성하기 위한 전략과제를 아래와 같이 제시하고 있다. 우선, 하이브리드카의 보급확대를 위해서는 자동차업체들이 다양한 모델을 시장에 투입함과 동시에, 소비자의 수요확대를 유도하기 위한 세제혜택과 같은 정책 추진이 중요하다는 입장이다.

한편, 전기자동차의 경우에는 주행거리, 발전·정지 성능, 전지수명 등의 상품성 문제와 비싼 가격 문제로 시장에 본격적으로 투입되지 못하고 있는 실정이다. 이에 일본 정부는 선제적으로 개발된 전기자동차 모델에 대해 가격차보조를 실시하는 등의 시장확대책이 필요하다고 보고 있다. 특히, 전기자동차의 가격인하에 필수적인 전지가격을 낮추기 위해 전기자동차 전용 전지 비즈니스에 대한 지원이 필요하다는 인식이다. 이러한 전략은 이미 경제산업성이 2006년 8월 발표한 ‘차세대자동차용전지의 장래를 향한 제언’과 2007년 6월 발표한 ‘차세대자동차의 본격 보급을 향한 제언’에 포함되어 있다고 볼 수 있다. 이들 제언은 공통적으로 자동차 전지(배터리)의 성능향상과 비용절감이 향후 최대과제이고, 현행 배터리 성능과 비용을 2030년까지 각각 7배와 1/40로 개선해야 차세대자동차가 가솔린 자동차만큼 시장에서 보급될 것이라고

12) 이하에서는 특별한 언급이 없는 한, 차세대자동차를 경차·승용차 분야의 차세대자동차(하이브리드카, 전기자동차, 연료전지차)로 한정하기로 함.

13) 대체에너지 관점에서 보면, 이들 자동차는 전력, 천연가스, 디메틸에틸(DME), 바이오메탄올, 바이오디젤(BDF), GTL(Gas to liquids), BTL(Biomass to liquids), 수소 등을 대체연료로 사용하고 있음.



지적하고 있다.¹⁴⁾

한편, 연료전지차의 경우에는 부품의 비용절감이 당분간 곤란하다는 점과 연료공급체계를 전면적으로 구축해야 한다는 점 등이 시장형성을 저해하고 있다. 이에 일본 정부는 우선 차세대자동차가 소비자에게 어필할 수 있을 만큼의 상품성과 편리성을 확보하고, 둘째 기존 가솔린 자동차수준으로 가격을 인하하며, 마지막으로 기반정비와 같은 주변환경을 갖추어 나가는 것이 중요하다고 보고 있다.

나. 차세대 자동차 보급 지원정책

1) 공공부문에서의 차세대자동차 구입

일본 정부는 2007년 3월 '정부가 온실가스 배출 억제 등을 위해 실행해야 할 조치에 관한 계획'을 통해, 2007년부터 2012년까지 첫째, 정부의 일반 공용차의 저공해차 비율을 100%로 유지하고 둘째, 정부가 출선수범하여 연료전지차를 구입해야 한다고 명시하였다. 2009년 2월에는 '국가에 의한 환경물품 조달 추진에 관한 법률' (그린구입법)에 의거한 기본방침을 통해 정부가 구체적으로 구입해야 할 차세대자동차를 거론하기까지 하였다.

2) 차세대자동차 보급 · 촉진사업

일본 정부가 추진하고 있는 차세대자동차 보급 촉

진 사업으로는 실증시험, 지자체의 차세대자동차 구입 보조, 일반 소비자를 대상으로 한 구입보조를 들 수 있다. 이 중 실증시험이나 지자체의 차세대자동차 구입 보조 사업은 2001년 7월 '저공해차개발보급액 선플랜'이 발표된 이래 매년 예산사업으로 추진되는 것이고, 소비자를 대상으로 한 환경대응차 구입 보조 사업은 2008년 글로벌 경제위기 이후 경제위기 대책 차원에서 실시되고 있는 사업이다.

이들 사업 가운데, 환경대응차 구입 보조사업(소위 '에코보조금')은 2009년 4월부터 한시적으로 소비자가 저연비 자동차(신차)를 구입할 때 정부가 직접 보조금을 지급하는 것으로서, 특히 도요타 자동차의 '3세대 프리우스' 출시(2009.6월)와 맞물려 소비진작효과가 지대하였던 것으로 평가받기도 하였다. 예를 들어 소비자가 13년 이상의 등록 차량을 폐차하고 하이브리드카와 같은 저연비 자동차를 구입할 경우, 보통·소형차라면 25만 엔(자동차 가격의 약 1/10)의 보조금을 정부가 지급한다.

3) 세제혜택 · 금융지원 등의 정책지원

일반 소비자의 차세대자동차 구입 시 적용되는 면세 제도는 이른바 '그린세제'로서 2009년 4월, 2년간의 한시조치로 도입되었다. 이 제도는 하이브리드카나 저연비차를 대상으로 자동차중량세 · 자동차취득세를 경감하는 것이다. 특히 하이브리드카(플러그인 하이브리드카 포함), 전기자동차, 연료전지차에 대

14) 일본 정부는 이들 제언을 수용하여 2007년부터 '차세대 배터리 기술개발 프로젝트'를 추진 중인데, 이 프로젝트는 전지의 성능향상과 비용절감에 초점을 맞추고 있고, 2015년까지는 기존 리튬이온 전지의 한계를 극복하는 '요소기술개발'에 중점을 두고, 2030년까지는 기존 리튬이온 전지와는 완전히 다른 새로운 '차세대 기술' 개발에 중점을 두고 있음.



해서는 자동차중량세와 자동차취득세를 100% 면제 (약 137,000엔)해 주는 조치를 취하고 있다. 보고 있다.

4) 국민홍보 활동

일본 환경성과 환경재생보전기구는 '에코카월드'를 1986년부터 매년 1회 개최하여 시승이나 전시를 통해 저공해차 보급 확대를 도모하고 있고, 2003년부터는 환경성이 지자체와 공동으로 환경성이 도입하고 있는 연료전지자동차를 활용하여 학교 등 교육기관과의 연계나 사가지 주행, 지역이벤트에서의 시승 등을 실시하고 있다.

5) 개발·기반 정비 확충

일본 정부는 전기자동차나 연료전지자동차의 보급 확대에는 연료공급 인프라 정비가 중요하다고 인식하고 있다. 물론 기본적으로는 에너지공급사업자가 자발적으로 인프라를 정비한다는 전제이지만, 전기자동차의 경우 급속충전설비의 설치가 긴급 과제로 등장함에 따라 정부로서는 입지나 취급량 등에 관한 법적 제약을 완화하는 한편, 인프라정비 사업에 대해서는 세제 혜택 조치가 필요하다는 입장이다. 특히, 연료자동차의 경우는 민간기업의 참여 인센티브가 부족한 수소스테이션과 같은 새로운 연료공급 네트워크 정비가 보급 확대의 성패를 좌우한다는 인식하에 입지장소의 제공, 공공사업으로서의 인프라 정비가 필요하다고

다. 차세대 자동차 시장 및 개발 동향

2000년을 기점으로 세계 자동차 시장에서는 하이브리드카¹⁵⁾, 플러그인 하이브리드카, 전기자동차 등이 출시되는 등 기술의 다양화가 급진전되고 있다. 세계 전체에서의 하이브리드카 판매량은 2005년의 경우 약 34만 대를 기록하였는데, 이중 절반이 넘는 20만대 가량이 미국에서 판매되었고 일본은 약 6만대, 유럽은 약 2만 대를 기록하였다. 2008년의 경우에는 세계 전체 판매량 87.7만 대 가운데 미국이 31.3만 대(35.7%), 일본이 12.1만 대(13.8%)를 차지하였다.

세계 하이브리드카 시장은 도요타와 혼다가 주도하고 있다. 1997년부터 2008년 까지 세계 하이브리드카 판매량은 약 259만 대로 추정되는데, 이 중 약 70%를 일본 도요타자동차가 생산한 것으로 집계되고 있다. 특히 세계 최대의 하이브리드카 시장이라 할 수 있는 미국에서 일본 자동차업체의 2008년 하이브리드카 시장점유율은 90%에 달할 정도로, 일본 자동차업체는 하이브리드카 시장을 석권하고 있다.

하이브리드카는 도요타가 1997년 10월, 18년간의 연구개발 끝에 '1세대 프리우스'를 시판함으로써 시장이 형성되었다고 볼 수 있다. 도요타가 그 후 현재의 세계생산 100만 대 수준으로까지 성장하기까지는 '2세대 프리우스' 시판(2003.9월)과 '3세대 프리우스'

15) 하이브리드카는 전기모터, 2차전지, 인버터 등으로 구성되는 하이브리드 시스템을 내연기관과 조합한 자동차로서, 전기자동차의 이점(브레이크 작동시 에너지 회생이 가능하고 부하변동에 따른 효율 변화가 적은 점)과 내연기관 자동차의 이점(에너지 밀도가 높은 액체연료를 사용할 수 있고, 저렴하고 장기간에 걸쳐 신뢰성이 입증되었다는 점)을 동시에 활용함.



시판(2009.6월) 등 다시 10여년의 기간이 소요되었다. 혼다는 2009년 2월 하이브리드카 '인사이트' (189만 엔)를 발매하였다.¹⁶⁾ 일본 마케팅업체 富士經濟(2009)는 2015년까지 이들 하이브리드카가 차세대 자동차 시장을 주도하고, 플러그인 하이브리드카는 도요타의 2009년 말 진입에 따라 시장이 형성될 것으로 예측하고 있다.

한편, 일본에서는 이미 1990년대부터 2004년까지 도요타, 혼다, 닛산 등이 연간 수 십대의 전기자동차를 리스 판매한 경험이 있으나, 2005년부터 2008년까지는 전기자동차 생산이 거의 중단된 상태이다.¹⁷⁾ 그러나 최근에는 미쯔비시자동차¹⁸⁾가 2009년 중에 전기자동차 iMiEV를 2,000대 예약 판매에 들어간 데 이어, 후지중공업은 전기자동차(플러그인) '스텔라'를 2009년 6월 시판하였다. 닛산자동차 역시 2010년에는 일본과 미국에서 전기자동차를 생산하고, 2011년에는 이스라엘, 덴마크, 포르투갈, 2012년까지는 글로벌 생산을 개시하겠다고 발표(2008.5월)한 바 있다. 한편, 도요타자동차는 앞에서 언급한 하이브리드

카 '3세대 프리우스' 생산을 발판으로 가정용 전원으로 충전할 수 있는 신형 플러그인 하이브리드카(PHV)를 개발 중이다. 일본 국내시장 도입 시에는 경제산업성이 'EV·PHV타운'¹⁹⁾으로 선정한 지자체의 PHV 보급사업에 협력하여 2009년 말 이후 관청이나 지자체, 법인 등 특정 이용자를 중심으로 약 200대의 PHV를 리스한다는 계획이다. 해외판매와 관련해서는 2009년 말부터 미국과 프랑스에 각각 150대와 100대를 투입할 예정이며, 영국, 네덜란드, 독일에도 도입을 검토 중이다.

위와 같이 일본 자동차업체들이 전기자동차 개발에 집중하고 있는 이유는 연료전지차가 글로벌 시장을 지배하기에는 아직 시기상조라는 생각이 지배적이기 때문이다. 연료전지차의 보급확대에 필요한 수소인프라 정비에는 시간이 걸리고, 연료전지 자체의 비용절감도 지금으로서는 그렇게 간단하지 않다는 것이다. 나아가, 수소는 연료 종류에 따라서는 하이브리드카보다 효율이 떨어진다는 근본적인 과제도 제기되고 있다.

<표 6> 미국의 하이브리드카 판매 추이

(단위: 천대)

2005	2006	2007	2008	2009
206	252	348	314	314

자료: SupplierBusiness(2009)

[표 7] 2008년 업체별 하이브리드카 시장점유율(미국)

(단위: %)

도요타	혼다	포드	렉서스	닛산	GM
72	10	6	5	3	4

16) 일본 4대 대형 자동차업체(닛산디젤, 히노자동차, 이스즈자동차, 미쯔비시후소트럭·버스)도 2006년을 기점으로 모두 하이브리드 트럭을 시판하고 있음.
 17) 1971년 일본 정부가 납축전지를 사용한 전기자동차 개발프로젝트를 추진하였고, 1990년대 초반에는 민간기업들이 주도하여 니켈수소전지를 사용한 전기자동차를 개발한 바 있음.
 18) 2008년 9월 미쯔비시자동차가 전기자동차 'iMiEV'의 주행시험을 2009년 중에 아이슬란드에서 실시하고, 미쯔비시중공업과 미쯔비시상사는 전기자동차의 인프라 정비와 석유대체연료 DME(디메틸에틸) 생산 등에서 아이슬란드 정부와 협력기로 합의함.
 19) 경제산업성이 2009년부터 실시하고 있는 모델 사업으로서 전기자동차(EV)와 플러그인 하이브리드카(PHV)의 보급·확대를 위해, 정부, 지자체, 지방기업, 자동차업체 등이 연계하여 EV와 PHV의 도입, 충전인프라 설치, 환경정비 등을 집중적으로 실시하는 사업임.



라. 일본 자동차업계의 전지 개발·조달 현황

1) 자동차 전용 전지 개발 및 조달 현황

현재 일본 자동차 업계는 하이브리드카나 전기자동차 개발과 관련하여 각자의 파트너와 공동 출자하여 설립한 전지 합자회사를 통해 전지를 개발하거나 조달하고 있다. 자동차업체가 전기업체(NEC, 산요전기 등)나 석유회사(파나소닉에너지), 상사 등과 공동 설립한 합자회사의 전지 개발이 눈에 띈다.²⁰⁾

합자회사 설립은 막대한 초기 투자비용을 분담할 수 있고, 자동차업체라는 대형 납품처를 확보하고 있다는 이점이 있다. 기술협력 측면에서도 자동차용 전지는 컴퓨터나 휴대폰용과 달리 다수의 셀을 직렬로 조합하여 사용하기 때문에 셀의 상태나 노화정도를 세세하게 감시·제어할 필요가 있는데, 자동차업체와 전지업체간의 협력은 이와 같은 기술협력을 용이하게 한다는 이점이 있다. 그러나 경영자유도나 의사결정의 신속성 측면에서는 독립계 전지회사보다 뒤떨어지는 단점도 있다고 봐야

〈표 8〉 차세대 자동차 부품별 희토류·희귀금속 종류 및 주요 공급지

구 분	사용되는 희토류·희귀금속	주요 공급지
강력모터	· 강력한 고체 자석이 불가결하고 일본이 개발한 네오지움, 철, 보론 자석이 필요 · 고체 자석이 고온에서도 높은 자력을 유지하기 위해서는 지스프로시움 필요	· 네오지움: 중국 · 지스프로시움: 중국
2차전지	· 현행의 니켈수소전지 대신, 고에너지 밀도이면서 가벼운 리튬이온전지가 필요 · 리튬, 코발트, 망간 등을 부재료로 사용	· 리튬: 칠레 · 코발트: 콩고 · 망간: 남아프리카
연료전지	· 연료의 개질(가솔린등에서 수소추출)이나 수소와 산소의 반응전극에 촉매로서 백금(플라티나)이 필요	· 백금: 남아프리카
배기가스정화촉매	· 배기가스정화촉매에 백금속의 3원 촉매(백금·파라지움·로지움)가 필수	· 백금: 남아프리카 · 파라지움: 남아프리카 · 로지움: 남아프리카
경량·고강도 차체	· 고장력강에 니켈, 크롬, 몰리브덴, 바나지움 등이 필요	· 니켈: 인도네시아, 뉴칼레도니아 · 크롬: 남아프리카 · 바나지움: 남아프리카

자료: 經濟産業省(2009)

20) 우리나라의 경우 현대자동차는 자회사 혹은 타업체와의 합자회사가 아닌, LG케미칼로부터 전지를 공급받고 있고, 유럽이나 미국의 자동차 업체들도 대부분 출자형식보다는 공동개발 형태를 띠고 있음.



할 것이다.

2) 부품 원·재료 확보

차세대자동차의 보급확대를 희토류나 희귀금속의 안정적 공급이 매우 중요하다. 그런데, 세계 전체 희토류(추정 매장량: 8,700만 톤)의 30%정도가 중국에 매장되어 있는 것으로 추정되고 있고, 최근 희토류 생산의 거의 대부분(2008년: 96.8%)은 중국에 편중되고 있다. 희귀금속 역시 세계매장량 110만 톤의 대부분이 중국과 남미에 편재한 것으로 알려져 있다.²¹⁾(USGS, 2009)

구체적으로 하이브리드카나 전기자동차 부품별로 사용하고 있는 희토류와 희귀금속 종류와 이들 자원의 주요 공급지는 <표 8>과 같다.

일본 정부와 자동차업계에서는 위와 같은 희토류·희귀금속의 공급제한 문제를 인식하여 공급원의 다변화와 기술개발을 서두르고 있다. 도요타자동차의 계열사인 도요타통상이 인도와 베트남에서 희토류원소의 광산개발을 포함한 사업을 2008년 말부터 추진하고 있고, 미쓰비시자동차 역시 계열사인 미쓰비시상사가스미토모상사, JOGMEC(석유천연가스금속광물자원기구)과 공동으로 볼리비아에서 리튬자원 개발에 나서는 등 해외 희귀광물 자원 개발에 나서는 방식으로 대응하고 있다. 개굴개발 차원에서는 경제산업성이 장기 관점에서 희토류대체재를 사용한 영구자석모터와 비영구자석계 모터(유도모터 등) 개발을 추진 중이다.

5. 연료전지

가. 일본 정부의 연료전지 육성 정책

일본 정부는 연료전지 분야 역시 초기 시장형성 조건이 열악하여 정부 지원이 불가피하다고 인식하고 있다. 그런데, 이 분야에서의 정부 지원은 연료전지의 용도, 다시 말해 차량용이나 정지용(定置用)이나에 따라 지원내용이 약간 다르다.

우선, 차량용 연료전지 분야는 일본 정부가 연료전지차 개발을 에너지·환경 분야의 최대 현안인 에너지대책이나 저탄소사회 실현을 추진해 가는데 가장 중요하게 인식하는 분야 중의 하나이다. 일본에서의 연료전지·수소 관련 기술개발은 2001년 정부가 발표한 '연료전지 실용화전략 연구회 보고서'에 의거하여 민관협력시스템으로 시작되었고, 2002년에는 정부가 도요타와 혼다가 시험적으로 공동개발한 연료전지차 5대를 구매하기도 하였다.

이와 함께 경제산업성은 2002년부터 수소·연료전지실증프로젝트(JHFC)를 추진 중이다. 이 프로젝트는 일본자동차연구소가 시행하는 연료전지자동차 실증연구와 엔지니어링진흥협회가 시행하는 수소인프라 실증연구로 구분되고 있다.²²⁾ 주요 사업은 수소제조방법이나 연료전지차 성능, 에너지효율 및 안전성 등에 관한 기초 데이터 수집과 연료전지차의 양산화와 보급확대이다. 제1기(2002년~2005년)에는 연료전지차의 높은 에너지 효율성을 증명하였고, 제2기(2006

21) 2009년 6월 미국과 EU는 중국이 하이브리드카, LCD 등 첨단제품의 핵심 원료인 희토류와 텅스텐·리튬 등 희귀금속의 수출을 관세나 쿼터제한 등으로 규제하고 있어 WTO에 제소하였다고 발표한 바 있음.

22) 2009년부터는 NEDO의 보조사업으로 새출발하였고, (재)석유산업활성센터와 일본가스협회가 시행자로 추가됨.



년~2010년) 중에는 연료전지차 및 수소제조설비 공급시설과 관련하여 실용화 과제를 도출하고, 규격·법규 마련을 위한 데이터 축적, 보급촉진을 위한 홍보·교육, 에너지절약효과·환경부하절감효과 입증, 기술 및 정책동향의 파악에 주력하고 있다.

한편, 정치용 연료전지 분야에서는 신에너지재단(NEF)이 NEDO로부터 조성금을 받아 2005년부터 실시하고 있는 '정치용 연료전지 대규모 실증사업'이 대표적이다. 이 사업의 목적은 일본에서 가정용 연료전지 시장이 아직 형성되어 있지 않음을 감안하여, 연료전지 시스템을 주택에 대규모로 설치한 다음, 실제 사용실태에 관한 데이터를 확보·분석하여 민간기술 수준과 문제점을 파악하여 향후 연료전지 기술개발 과제를 도출하는 데 있다.

한편, 2008년 말 현재 일본 전국에는 3,000건을 넘는 1kW급 연료전지시스템이 설치·운전되고 있다. 이 때 해당 주택에는 설치 보조금이 지급되는데 연료전지 시스템 1대당 상한 보조금은 2005년 600만 엔, 2006년 480만 엔, 2007년 360만 엔, 2008년 220만 엔으로 점차 인하되고 있다.

나. 연료전지 개발·보급 현황

1) 차량용 연료전지 개발 현황

연료전지차는 차량에 탑재한 수소와 공기 중의 산소를 반응시킨 다음, 연료전지로 발전하여 그 전기로 모터를 회전시켜 주행하는 자동차이다. 자동차 업체들이 개발을 추진 중인 연료전지자동차의 연료는 고압수소가 주종을 이루고 있으나, 액체수소나 기체수소로 변환이 가능한 천연가스, 메탄올·에탄올 및 가

솔린·경유 등의 탄화수소 등도 연료로 이용할 수 있다. 직접 수소를 연료로 사용하는 경우 배출가스로는 수소와 산소의 화학반응에 의해 발생하는 수증기만 유일하고, 태양광이나 바이오매스 등의 신재생에너지를 이용하여 수소를 제조함으로써 지구온난화 방지에 기여할 수도 있다.

연료전지는 기온이 높을 때 발전량이 안정적이지 못하며 발전이나 가속 등과 같은 급격한 부하를 가할 경우에는 전압이 크게 변동하거나 대전류의 공급이 끊기는 문제를 안고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 보통 보조 배터리나 콘덴서를 설치하여 발전한 전력의 일부를 일시적으로 충전하는데, 주행상태에 따라 연료전지의 발전전력과 보조 배터리나 콘덴서의 전력공급을 함께 이용하여 모터를 구동하는 하이브리드카 타입이 주종을 이루고 있다. 연료전지차는 연료로부터 동력을 끌어내는 에너지 효율이 가솔린 엔진 자동차나 디젤엔진 자동차보다 높다. 현재 일본 자동차업체들이 개발 중인 시험용 연료전지차의 주행거리 목표는 수소 1kg당 약 100km, 가솔린엔진 자동차로 환산하면 약 29km/L의 연비에 해당한다.

현재 일본의 3대 자동차업체인 도요타, 혼다, 닛산이 모두 연료전지차의 독자개발을 추진하고 있다. 2008년 6월에는 혼다가 '혼다 FCX 클라리티'를 생산(3년간에 걸쳐 200대 한정판매)하기 시작하였고, 같은 해 11월에는 일본 국내에서의 리스판매를 시작하였다. '혼다 FCX 클라리티'는 컴팩트한 연료전지 스택을 탑재한 연료전지차로서, 1회의 수소충전(최고 충전압력 35MPa, 탱크용량 17L)으로 약 620km를 주행할 수 있다. 이를 가솔린엔진 자동차의 연비로 환산하면 약 41km/L에 해당하며, 가솔린 하이브리드카를 능가하는 성능으로 평가받고 있다. 그러나 일본의



자동차업체들은 막대한 개발비용이나 인프라 문제 등으로 당분간은 연료전지차보다는 하이브리드카나 전기자동차 개발에 전념할 것으로 보여 연료전지차는 2020년 이후에나 실용화될 전망이다.

일본 연료전지 생산업체들은 위에서 언급한 연료전지의 문제점을 해결하기 위해 차량용 연료전지 개발 시, 온도나 기압 등과 같은 외부환경 변화에 견딜 수 있는 연료전지를 개발하고, 실증시험으로 내구성을 확보하는데 주력하고 있다. 특히, 연료전지차가 아직 상용화되지 못하고 있는 상황에서 혼다는 탄화수소계의 이온교환막을 채용하고, 세퍼레이터를 금속을 교체하는 등 비용절감을 위한 소재개발에 주력하고 있다. 다른 일본 자동차 업체들 역시 새로운 이온교환막 개발과 백금(Pt) 촉매량을 절약하는 기술개발에 나서고 있다.

2) 정치용 및 휴대기기용 연료전지 개발·보급 현황

정치용(定置用) 연료전지의 경우, 미국 기업들은 주로 통신기지국 백업용 전원 개발에 치중하고 있는 반면, 일본 기업들은 가정용 열병합 발전기 개발에 집중하고 있다. 일본에서 유독 가정용 열병합 발전기 개발이 활발한 이유는 첫째, 가스회사 등이 전력상품으로 열병합 발전기를 선정·개발에 나서고 있는 점, 둘째 전력요금이 높아 가스요금을 전략적 가격으로 설정함으로써 가정의 에너지비용 절감에 기여할 수 있다는 점, 셋째 정부의 대규모 실증사업이 열병합발전기의 개발·보급 확대에 기여하고 있다는 점을 들 수 있다.

일본 기업 가운데 정치용 연료전지 개발에 적극적인 기업으로는 산요전기(1kW, NG·LPG), 도시바(0.7kW, NG·LPG), 에바라발라드(1kW, NG·등유), 마쯔시타전산(1kW, NG) 등을 들 수 있다. 미쯔

비시중공업, TOTO, 미쯔비시머티어리얼 등은 업무용 연료전지 개발에도 높은 관심을 표명하고 있다.

한편, 일반적으로 전해질 종류에 따라 구분되는 연료전지별 개발·보급 현황을 보면, 일본에서 가장 보급이 많은 것은 고체고분자형 연료전지(PEFC)이다. 자동차업체가 연료전지차에 대한 개발 경쟁에 나선 데다, 2009년 5월부터 가정용 열병합 발전기가 본격적으로 판매되었고, 휴대전화 등 휴대전자기기용 소형전원이 대부분 PEFC를 사용하고 있기 때문이다. 특히, PEFC 보급이 2005년 이후 대폭 증가하고 있는 이유는 앞에서 언급한 '정치용 연료전지 대규모 실증사업'을 통해 가정용 열병합발전기가 대량 보급되었기 때문인 것으로 지적되고 있다.

한편, 일본의 휴대기기용 연료전지 분야에서는 우리나라 기업들과 마찬가지로 휴대폰과 노트북 컴퓨터용 연료전지 개발이 주종을 이루고 있다. 연료전지를 휴대기기에 사용하면 구동시간이 늘어나는 이점이 있다. 히다찌제작소는 휴대폰과 노트북 컴퓨터용 DMFC(Direct Methanol Fuel Cell)를 2007년부터 판매하고 있다. 도시바 역시 동영상플레이어와 노트북 컴퓨터용 DMFC를 2006년 개발하였는데, 동영상플레이어의 경우 본체에 리튬이온 전지만을 탑재한 경우(7시간) 보다 시청시간을 2배 이상 연장하는데 성공하였다.

6. 국내 정책제언

가. 요약

지금까지 우리는 일본의 태양광발전, 풍력발전, 차



세대자동차, 연료전지 등 4개 신재생에너지 산업을, 정부의 육성전략·지원체계와 시장동향 관점에서 살펴 보았다.

일본 정부의 상기 4개 산업별 육성전략과 지원체계를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 태양광발전과 풍력발전 분야는 1997년 신에너지법 제정 이후 법적으로도 입목표량을 정함과 동시에, 특히 신재생에너지 중에서도 태양광발전을 잠재 도입가능량이 가장 많고 연관산업이 많은 신성장동력 분야로 인식하고 있다. 이러한 인식에 바탕을 두고 일본 정부는 그간 공급측면(RPS제도, 고정가격매입제도, NEDO의 각종 실증사업)과 수요측면(주택에서의 설치 보조금 지원)에서 각종 지원체계를 정비해 왔다. 한편, 발전비용이 상대적으로 낮은 풍력발전의 경우에는 RPS제도와 NEDO의 각종 실증사업 중심으로 지원하고 있다. 이러한 정책수단을 통해, 일본 정부는 2030년까지 가정용 전력의 1/2을 태양광발전으로 대체하고, 태양광발전비용을 전력비용과 동등한 'grid-parity'를 달성한다는 계획이다.

둘째, 차세대자동차 분야에서는 일본 정부가 차세대자동차, 정확하게는 저공해자동차를 2001년 7월 지원 대상 분야로 선정한 이래, 차세대 자동차 중에서도 전기자동차 개발을 전략분야로 지정하고 있다. 특히, 자동차 전지(배터리)의 성능향상과 비용절감을 향후 최대과제로 인식하고, 2030년까지 차세대자동차를 가솔린 자동차만큼 시장에 보급할 계획이다. 단, 이 분야에 대한 지원정책은 기업체에게 직접적인 보조금을 지원하는 방식은 취하지 않고, 공공부문에서의 차세대자동차 구입, 실증시험, 산관학 전지 공동개발, 인프라정비(전기충전소 정비, 전력공급체계 정비, 수소스테이션 정비 등) 등을 통해 차세대자동차의 공

급확대를 보조하겠다는 입장이다. 수요측면에서는 에코 보조금이나 자동차세 면제와 같은 그린세제 강화가 한시적이긴 하나 대표적인 수요촉진책으로 실행되고 있다.

셋째, 연료전지 분야의 육성전략은 아직 제시되지 않고 있으나, 일본 정부는 기본적으로 개발비용과 내구성 강화 문제 해결을 주요 과제로 지적하고 있다. 구체적인 지원정책은 일본 정부가 2002년부터 실시하고 있는 수소·연료전지 실증프로젝트와 정치용(定置用) 연료전지 대규모 실증사업이 대표적이다. 특히, 가정용 연료전지 분야인 열병합발전기 설치와 관련해서는 보조금 제도를 시행하고 있다.

한편, 상기 4개 산업분야별 시장현황과 기술개발동향을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 태양광발전의 경우, 일본은 1997년부터 2004년까지 누적도입량이 세계1위를 차지할 정도로 태양광발전의 선두주자였으나, 2005년 이후에는 독일과 스페인에 역전되는 등 최근 들어 태양광발전 산업의 정체에 대해 우려하는 목소리가 높아지고 있다. 이러한 우려는 세계 태양전지 산업에서 일본기업의 시장점유율 저하 현상이 뚜렷해지자 더욱 증폭되는 양상이다. 일본의 국내 태양광발전 산업은 국내 수요보다는 해외 수출 비중(약 80%)이 압도적으로 높고, 국내 수요에서는 일반 주택용 비중(약 80%)이 높은 특징을 보이고 있다. 기술측면에서는 Si 다결정 실리콘계가 태양전지의 주류를 형성해가고 있는 가운데, 기존 전자·기계업체는 물론이고 석유업체나 자동차업체 등이 시장에 진입하여 경쟁이 격화되고 있다.

둘째, 풍력발전의 경우, 세계전체의 발전설비가 원자력발전소 90기분에 해당하는 전력생산체계를 갖추고 있는 가운데, 일본의 비중은 2%(세계 13위, 2008년



말 기준)에도 미치지 못하고 있다. 그러나 2000년 이후 풍력발전 도입량이 급속히 증가하고 있고, 풍력발전 설비용량도 대형화(평균출력: 2,000kW)되고 있음은 주목할 만하다. 그럼에도 일본 국내에서도 Vestas, GE Wind, Enercon 등과 같은 외국업체의 시장점유율이 80%를 초과하는 등 차세대 성장동력으로까지는 성장하지 못하고 있다. 다만, 일본의 입지를 고려한 해상 풍력발전에 대한 연구개발이 한창이고 소형 풍력발전 설비가 잇따라 개발되고 있는 점은 평가할 만하다.

셋째, 일본의 차세대자동차 산업은 비록 2008년 글로벌 경제위기 이후 일본 자동차업체들의 고전에도 불구하고 아직 세계시장을 선도하고 있다. 하이브리드카의 경우 도요타, 혼다 등 일본 자동차업체의 세계 시장점유율은 90%에 달하고, 미쓰비시자동차와 후지중공업이 전기자동차 시판에 들어간 상태이다. 그러나 전기자동차 개발과 관련해서는 아직 주행거리(현재 200km 내외) 문제가 최대 난제로 부각되어 있고, 전지의 고비용 문제도 앞으로 해결해야 할 과제이다. 한편, 연료전지차는 일본의 3대 자동차업체(도요타, 혼다, 닛산)의 독자개발에도 불구하고, 막대한 개발비용과 수소연료 공급 및 인프라 구축 문제로 2020년경에나 실용화될 것으로 전망되고 있다.

마지막으로 연료전지 분야에서는 위에서 언급한 차량용 연료전지외에도 가정용 열병합 발전기나 휴대기기용 연료전지의 개발·보급이 한창이다. 이들 분야에서 널리 활용되는 PEFC(고체고분자형 연료전지)에 대한 연구개발 경쟁이 치열하고, 가정용 열병합발전기가 정부의 지원책에 힘입어 2005년 이후 대량 보급되고 있는 점이 눈에 띈다.

나. 정책제언

지금까지의 분석결과를 토대로 우리는 아래와 같은 산업정책 측면에서의 정책제언을 제시하고자 한다.

첫째, 일본 정부의 저탄소사회 실현 대책으로서 현재와 같은 대체에너지 보급 수준이 과연 충분한 것인지, 일본 정부의 대책은 어떻게 평가하여야 할 것인지 살펴보자. 본문에서 살펴본 바와 같이 일본 정부는 1997년 신에너지법을 제정해 계기로 2002년에 2010년도 도입목표량을 정하고 각종 지원책을 실시하였다. 그러나 태양광발전은 물론이고 풍력발전 역시 2005년 말 현재 목표달성률은 1/3수준에 불과한 상태이다. 차세대자동차 분야도 2001년 지원대상으로 선정되었지만, 저탄소사회의 실현을 위한 환경대책으로서 의미를 갖게 시점은 가솔린자동차와 차세대자동차의 보유대수가 같아지는 2050년경이 될 것으로 예상되고 있다.

더욱이, 2006년 말 현재 일본의 신재생에너지 도입량이 1차 에너지 국내공급량의 2.2%에 지나지 않는다는 사실은 우리의 인식과는 달리 일본 역시 대체에너지 도입이 매우 미진함을 보여주고 있다. 여기서 한 걸음 더 나아가, 2009년 9월 출범한 민주당 정권이 내건 온실가스 감축 관련 선거공약(2020년, 1990년 대비 25% 감축) 이행에는 현재보다 40배 정도 많은 태양광발전이 필요하다는 지적은 대체에너지 도입과 관련하여 앞으로 일본 정부가 어느 정도 노력을 경주해야 하는가를 여실히 보여준다 할 것이다. 이러한 점은 우리 정부가 온실가스 감축에 관한 중장기 목표를 설정한 상태에서, 대체에너지 보급 확대가 저탄소사회의 실현에 기여하기 위해서는 계획적이면서도 과감한 지원책이 필요함을 보여주는 것이다.



둘째, 우선 태양광발전과 풍력발전을 비롯한 신재생에너지 분야에서 일본 정부의 산업정책은 공급·수요측면에서 균형 있는 지원체계를 갖추었다고 평가할 수 있다. 앞에서 개괄한 바와 같이, 일본 정부는 신재생에너지, 그중에서도 태양광발전을 단순히 신재생에너지의 보급·확대 측면에서 접근하는 것이 아니라 연관 산업이 많고 수출잠재력이 많은 '기간산업'으로 인식하고 있다. 이러한 인식에 기초하여 공급확대 측면에서는 RPS 제도나 고정가격매입제도, NEDO의 각종 실증사업과 같은 지원체계를 갖추었고, 수요측진을 위해서는 설치 보조금 제도를 운영하고 있다.

그러나 지원정책 가운데 RPS 제도(2003.4월 시행)의 효과에 대해서는 부정적인 평가가 지배적이다. 2008년 말 현재 전기사업자가 이용목표량을 충분히 소화하고 있음에도 불구하고, 이용목표량이 지나치게 낮고, 참여기업들에 대한 인센티브가 부족하다는 점에서 그렇다. RPS 제도의 장점이라 할 수 있는 사업자간 경쟁촉진이라는 '시장원리'가 일본에서는 충분히 활용되지 못하고 있는 것이다. 그리고 신재생에너지 도입에 가장 폭발적인 영향력을 갖는 고정가격매입제도(1992년 시행)의 경우는 2009년 11월부터 제도가 크게 보완되었지만 그간의 시행착오에서 알 수 있듯이, 전력회사에게 매입의무를 부과하지 않고, 매입요금 역시 전력요금과 거의 비슷한 수준으로 책정하여 사실상 큰 효과를 보지 못했다고 할 수 있다.

그렇다면, 우리나라의 지원체계는 어떠한가? 우리나라의 태양광발전 지원체계는 발전차액제도(2002.5월 도입) 중심이어서 수요·공급 양 측면에서 충분하다고 볼 수 없다. 중장기적으로는 우리나라의 주거형태를 고려하여 특히 아파트 등 민간주택에 태양광을 보급하기 위한 대책마련이 필요할 것이다. 나아가, 주

택용 태양광발전의 보급 상황을 보아가면서 일본에서와 같이 설치보조금을 지원하는 시스템을 갖추어 나가야 할 것이다. 공급측면에서는 현행 우리나라의 발전차액제도는 발전사업자를 대상으로 한 것이어서, 일본의 고정가격매입제도와와의 단순 비교는 용이치 않지만, 재원의 한계나 전적인 정부지원에 따른 사업자간 경쟁부족 등의 문제를 고려해야 할 경우 지원규모의 단계적 축소는 불가피한 것으로 보인다. 일본의 경우에도 2009년 11월부터 새로운 고정가격매입제도를 도입하였지만, 태양광 보급 상황과 시장가격 추이를 보아가며 매년 매입가격을 인하한다는 계획이다. 일본과 마찬가지로 독일이나 스페인에서도 필요 재원을 국가예산이 아닌 국민 부담으로 충당하는 고정가격매입제도를 운영하고 있음은 우리 정부가 참고할 필요가 있다.

그리고 현재 우리나라에서 논란중인 RPS 제도는 원론적으로는 사업자간 경쟁촉진이라는 '시장원리' 측면에서 도입이 바람직하다고 생각하나, 실제 운용과정에서는 정부의 치밀한 제도운용이 필요한 것으로 보인다. 특히, 각계에서 우려하는 바와 같이 전기사업자가 저렴한 외국산 전력제품에 치우치지 않고, 발전비용이 낮은 풍력 위주로 제도가 운용되지 않도록 유인체계를 마련하는 작업이 중요할 것이다. 또한, 일본의 경험에서 알 수 있듯이 정부가 이용목표량을 지나치게 낮게 설정하여 재생에너지 보급 확대라는 제도 도입 취지를 희석화하지 않도록 유념할 필요도 있을 것이다.

셋째, 일본 정부가 차세대 자동차의 연구개발·시장 투입 등과 같은 사이클에 맞춰 비교적 잘 정비된 지원체계를 갖추고 있음은 평가할 만하다. 일본 정부는 기본적으로 전기자동차나 연료전지차의 다양한 모



델 개발은 민간이 추진하되, 정부는 선진 기술개발에 대한 산관학 협동 연구를 추진하고, 개발된 모델에 대해서는 실증시험과 우선 구매를 실시하고 있다. 나아가, 일단 출시된 차세대자동차에 대해서는 소비자에게 구입보조금을 지급하거나 세제혜택을 부여하기도 한다. 연료전지차의 보급에 대비해선 수소 공급인프라 구축에 관한 프로젝트를 수행하고 있다.

한편, 우리가 앞으로 차세대자동차를 실용화하고 보급·확대를 도모하는데 관심을 기울여야 할 부분은 부품에 사용되는 자원의 안정적 공급 문제이다. 현재 하이브리드카와 전기자동차의 성능 및 가격경쟁력은 모터와 2차전지에 달려있다 해도 과언이 아닌데, 여기에 사용되는 희토류와 희귀금속이 중국 등지에 편재되어 있는 상황에서 우리나라와 같은 자원빈국이 어떻게 이들 자원을 안정적으로 확보하느냐가 매우 중요하다는 것이다. 여기서 우리는 일본 정부와 자동차업체가 이들 자원의 공급원 다변화와 기술개발을 서두르고 있다는 점을 참고할 필요가 있다. 일본의 경우, 자동차계열사들이 독자적 혹은 해외자원개발 관련 정부산하기관과 공동으로 해외에서 광산개발을 추진한다든지, 정부가 장기적인 관점에서 대체기술 개발에 재정지원 정책을 추진하고 있다.

넷째, 연료전지 분야에서의 정책제언이다. 본문에서 언급한 바와 같이 일본에서는 차량용 연료전지 개발이 한창이고, 가정용 연료전지(열병합 발전기)는 이미 보급단계에 진입한 상태이다. 우리 정부도 2009년 8월 가정용 수소연료전지는 2010년부터 보급하고, 차량용 수소연료전지는 2012년부터 시범 보급한다는 목표를 제시하였다. 여기서 일본의 경험에서 배울 수 있는 것은 기업이 외국 기술에 의존하지 않고 독자 기술을 개발할 수 있는 인센티브를 제공하는 한편, 각종

실증시험을 통해 신규시장을 창출하는 노력을 경주하는 것이다. 또한 보급 확대를 위해 가정용 연료전지의 경우에는 소비자에게 설치보조금을 지급하는 방안, 수송용 연료전지의 경우는 연료전지차의 도입 촉진을 위한 각종 인프라 정비 계획을 수립하는 것이 중요할 것이다.

참고문헌

- EPIA, "Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013". 2009
- GWEC, "Global Wind 2008 Report". 2009
- IEA, "Trends in Photovoltaic applications survey report on selected IEA countries", 각년호
- SupplierBusiness, "Hybrids Report:2009 Edition", 2009.8.
- USGS, "Mineral Commodity Summaries", 각년호. (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs>)
- 경제산업省, 「次世代自動車・燃料イニシアティブとりまとめ」, 2009.5
- 国立国会図書館, 「再生可能エネルギーの導入促進10政策」, Issue Brief, No.653, 2009.10
- NEDO, 「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)」, NEDO 新エネルギー技術開発部, 2009.6
- 富士経済, 「電動自動車関連市場の全貌 2009」,



지능형 전력망의 추진현황과 소비자 반응을 고려한 정책제언



김 광 석
에너지경제연구원 연구원

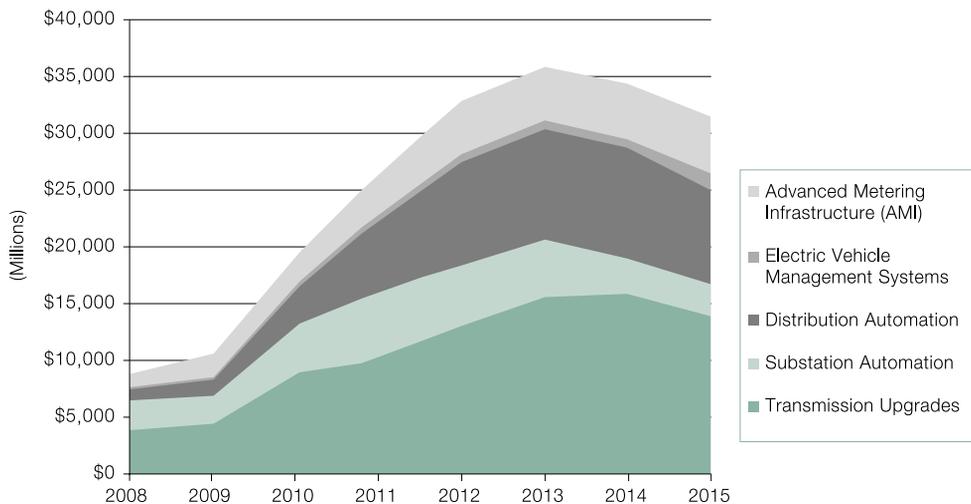
1. 서론

세계는 경제성장과 더불어 자연을 보호해야 한다는 녹색성장(Green Growth)에 주목하고 있다. 이러한 세계적 트렌드를 반영하듯 온실가스 배출량을 억제하고, 전력 효율성을 높이기 위한 지능형 전력망(Smart

Grid) 기술은 정부, 기업, 학계의 가장 중요한 키워드로 부상하였다. [그림 1]은 지능형 전력망이 세계시장에서 어떠한 수준으로 보급될 것인지를 한눈에 실감케 해 준다.

지능형 전력망을 구성하는 5가지 카테고리 기준에서 수익성을 전망한 Pike Research(2009)의 조사결

[그림 1] 지능형 전력망 수익성 및 세계시장



자료: Pike Research(2009)



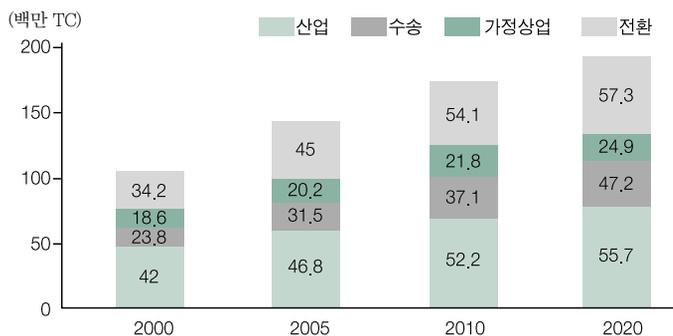
과는 2009년부터 2014년까지 약 5년 동안 놀라운 보급률이 있을 것이라고 설명한다. 이러한 지능형 전력망의 보급·확산은 환경성과 경제성이라는 두 가지 이유로 함축하여 설명될 수 있다. 한국의 입장에서 환경적·경제적 효과가 어떠하겠는가? 먼저, 한국은 환경적 측면에서 지능형 전력망의 보급이 필수적이다. 2013년 온실가스 의무감축국 편입에 대비하여 저탄소 녹색성장을 위한 인프라 구축이 시급하기 때문이다. 한국은 2020년까지 BAU¹⁾ 기준 30% 탄소 배출량 감축목표 달성을 위한 전력 인프라 구축이 필요하다. 더욱이, 우리나라의 GDP 대비 온실가스 배출량은 OECD 국가 평균의 1.6배에 이르고 있으므로, 온실가스를 줄이기 위한 신재생에너지, 전기차 등의 보급 확대가 필수적이라고 할 수 있다. 특히, 온실가스 절대배출량은 OECD 국가 내 9위(2007년 기준), 연평균 증가율은 1위(2005년 기준)에 있는 시급한 상황

이다. 신재생에너지 및 전기차 보급을 활성화하기 위해서는 기존의 전력망으로는 불가능하므로 스마트그리드 구축이 필수적이다.

둘째로, 에너지 효율향상이라는 관점에서 지능형 전력망 보급의 필요성이 설명된다. 한국은 에너지 자립사회 구현 및 에너지 저소비사회로의 전환이 필수적이다. 이에 2030년까지 에너지 원단위 46.7% 향상을 목표로 국가에너지 효율 선진국을 실현하고자 하고 있다. 지능형 전력망은 전력 수요를 분산 및 제어 시킴으로써 에너지 이용 효율을 높일 수 있는 강력한 수단으로, 국가 에너지 효율향상을 위해 반드시 수반되어야 할 사회적 기반이요, 핵심기술인 것이다.

지능형 전력망은 환경성과 경제성을 동시에 증대시킬 수 있는 녹색성장의 핵심기술로서 함축할 수 있다. 정부는 소비자로 하여금 이러한 지능형 전력망의 사용촉진을 위해 제반 정책을 입안·수행중에 있다. 그

[그림 2] 한국의 온실가스 배출 추이



자료: 한국스마트그리드사업단(2010), "스마트그리드 정책사업"

1) BAU: Business As Usual



러나 기술개발과 정책입안 과정에는 최종소비자의 의견수렴이 없이 Top-down 방식의 의사결정만이 반영되어 있다. 많은 특허 받은 기술들이 상용화되는데 20%가 되지 않고, 그것이 소비자가 받아들여 시장에서 성공하는 데는 0.2%가 안 되고 있다는 사실을 고려하였을 때, 결코 소비자의 반응, 소비자의 요구사항, 불편사항 및 개선사항 등에 귀 기울이지 않는 정책은 실패할 가능성이 높다고 할 수 있다.

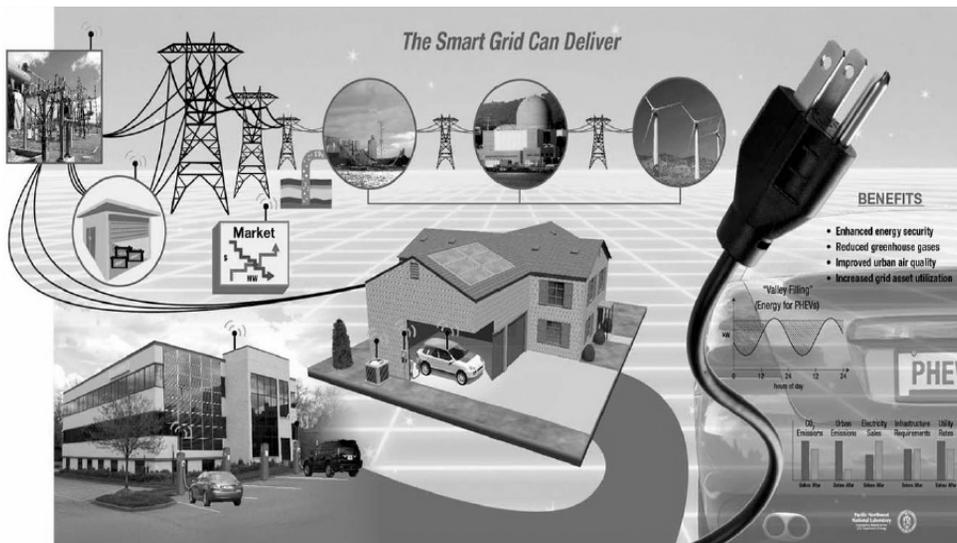
이러한 의미에서 지능형 전력망에 대한 소비자 반응을 살펴보는 본고의 중요성은 높다고 하겠다. 본고는 지능형 전력망에 대한 국내외 추진현황을 살펴보고, 해외의 소비자 반응에 관한 연구사례를 소개하기로 한다. 이어서 한국의 지능형 전력망에 대한 소비자 반응 연구결과를 소개하였다.

2. 지능형 전력망 추진현황

가. 지능형 전력망의 개념

지능형 전력망은 기존의 전력망에 정보통신기술 (Information Communication Technology)을 융합하여 에너지 효율을 최적화하기 위한 전력망으로, 이를 기반으로 유관산업(중진, 통신, 가전, 건설, 자동차, 에너지 등) 간의 융합 및 시너지 기회를 제공하고 이를 촉진하기 위한 제반 기반(법, 제도, 프로그램 등)을 갖춘 녹색성장 플랫폼을 말한다(박웅희, 2009). Global Environment Fund(2006)에 따르면, 스마트그리드는 전력, 컴퓨팅, 인터넷 및 통신기술이 융합된 현대화된 전기시스템이라고 한다.

[그림 3] 지능형 전력망 개념도



자료: U.S. Department of Energy Homepage (<http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>)



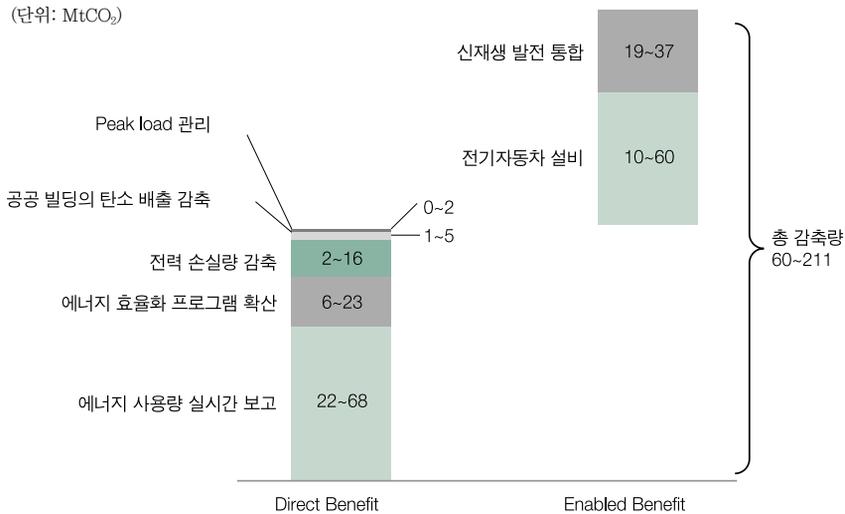
Fox et al.(2009)는 스마트그리드가 전력의 공급 지점으로부터 소비지점까지 실시간의 양방향 의사소통이 가능하고, 고객에게 축적된 에너지를 상업적 목적으로도 경영할 수 있도록 해주는 기능이 있음을 설명한다. 스마트그리드의 개념은 [그림 3]에 잘 나타나 있다. 즉, 기존 전력망(Grid)에 ICT기술(Smart)이 접목되어 공급자와 소비자간 양방향의 전력정보 교환이 이루어짐으로써 합리적 에너지 소비가 가능하도록 하는 것이다. 다양한 전력 발전源으로부터 공급되는 전력을 실시간으로 제어하며 전력품질을 안정적으로 유지하고 전력수요 및 가격정보를 교환함으로써 전력수급을 탄력적으로 조절가능하다. 전기자동차의 충전 시스템과도 연결되어 에너지의 효율성을 극대화할 수 있는 것이다.

나. 지능형 전력망의 특성 및 필요성

1) 기후변화 등 환경위기에 대한 대응

기후변화 대응 및 온실가스 저감을 위한 저탄소 에너지 시스템 구현을 위해 세계 각국이 노력하고 있으며, 전력산업도 화석연료 사용량을 줄이기 위한 노력을 강화하고 있다. 예를 들면, 이산화탄소 배출, 가스 및 오일 방출에 의한 오염을 감축하는 기술이 활성화하여 지속 가능한 친환경(eco-friendly) 기술들이 출현하고 있고, 분산전원 및 에너지 저장기술이 계속적으로 발달하고 있으며, 전기자동차 사용 확대를 위한 인프라 구축을 위해 다양한 전문가들로부터 발전방안이 모색되고 있다(Mann, 2009). 이러한 추세와 더불어

[그림 4] 스마트그리드 도입을 통한 탄소 배출량 감소(2030년 미국 기준)



자료: EPRI(2009), The Smart Grid: Coming of Age



어, 지능형 전력망은 국가적 차원에서 에너지 및 환경 문제에 대응하기 위하여 적극 추진되고 있다(도윤미 외, 2009).

2009년 스마트그리드 도입으로 국가 CO₂ 배출량의 41백만톤을 감축하고, 전기자동차 보급을 위한 인프라를 구축한다는 측면에서 환경문제 해결에도 크게 기여한다(이일우와 한동원, 2009). 스마트그리드 도입을 통해 직·간접적으로 탄소 배출의 감소가 가능하며, 미국의 경우만을 보아도 최고 200Mt CO₂ 이상의 감축효과를 가져올 것으로 전망하고 있다(EPRI, 2009). 위의 [그림 4]는 구체적으로 CO₂ 감축 정도를 보여준다.

2) 급등하는 에너지 가격에 대한 대응

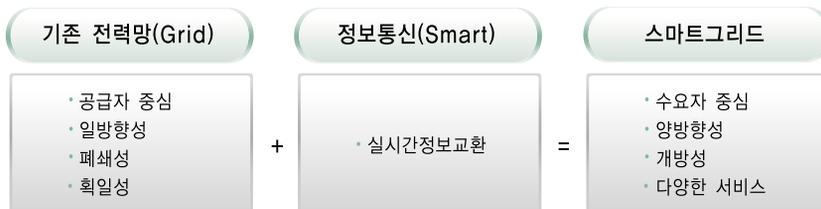
중국, 인도 등 개발도상국가들로부터 에너지 사용량의 급격한 증가와 머지않아 원유 생산 최고점 도달로 인해 전 세계적으로 에너지자원의 위기감이 증대되고 있는 실정이다(한국스마트그리드사업단, 2010). 선진국의 전력수요는 포화상태에 근접한 반면, 개도국들의 폭발적인 전력수요 증가로 전 세계 전력수요가 2020

년까지 약 70% 급등할 것으로 전망하고 있다. 최근 세계 각국은 고유가에 대한 대응책으로 에너지자원의 안정적 확보와 에너지 절약을 국가의 핵심 아젠다로 추진하고 있다. 이에 전력산업도 발전원가 상승, 에너지 Mix정책 변화 등 직접적인 영향을 받고 있다. 더욱이, 전력의 편의성, 제어 용이성 등으로 전력비중이 지속적으로 증가하는 가운데, 향후 화석연료 희소화로 원자력, 대체에너지를 변환한 2차 에너지인 전력의존도가 더 커질 전망이다. 지능형 전력망의 보급은 국가 전기에너지소비의 10%를 절감할 가능케 할 뿐 아니라, 태양광, 풍력 등 전력생산이 불규칙한 신재생발전원의 보급확대 기반을 조성할 것으로 기대하고 있다.

3) 혁신경제세대의 도래와 세계화의 진전

세계는 high technology의 고도화와 함께, 다른 산업들과의 네트워크 및 통신시스템이 통합되어 “컨버전스(Convergence) & 하이브리드(Hybrid)”를 이루고 있다. 이러한 혁신경제세대를 반영하는 전력경제, 전력사회학 등과 같은 사회적기술(Socio-Technology)의 개념이 정립·발전되고 있다. Web

[그림 5] 스마트 그리드의 기술적 개념



자료: 한국스마트그리드사업단(2010), “스마트그리드 정책사업”



2.0 이나 SOA(Service Oriented Architecture)와 같은 보이지 않는 엔진(Invisible Engine)과 유비쿼터스(업로드) 및 수익 네트워크 효과 변화(최종수요자가 핵심가치)로 개인 에너지 사회가 구현되고 있다. 이러한 사회 속에서 양방향·실시간 정보교환을 통하여 합리적 에너지 소비를 유도하고, 고품질의 에너지 및 다양한 부가서비스 제공이 가능한 지능형전력망이 가능할 수 있게 되었다. 특히, 지능형 전력망은 개방형 시스템으로서 신재생에너지, 전기차 등 청정 녹색 기술의 접목·확장이 용이하다는 특징을 갖는다.

지능형 전력망은 세계화의 진전과 함께 더욱 필요

로 하는 시스템으로 자리하게 될 수 있다. 국가 간의 전력교류, 계통망 연계 등 전력 공급체계의 국제화 추이에 따라 지능형 전력망은 에너지의 세계화에 중추적인 역할을 할 수 있기 때문이다. 세계 전력설비 및 기기 시장에 대한 국가 간, 메이커 간 경쟁이 심화되어 가고 있는 상황에서 지능형 전력망의 고도화된 기술축적은 국가경제력을 선도하는 추진축이 될 수 있다.

다. 지능형 전력망의 해외 추진동향

지능형 전력망은 OECD회원국들로부터 적극적으로

〈표 1〉 주요국의 스마트그리드 실증 현황

구 분	내 용
미국	(콜로라도 주 볼더) 스마트계량기 5만여 개 및 전기차 600여대 보급 추진 중 (2009년 완료 예정) (매사추세츠 주 워체스터) 향후 2년간 15,000 가구를 대상으로 5,700만 달러 투자 계획 (플로리다 주 마이애미) 향후 2년간 1억 달러를 투자하여 1백만 개의 무선 스마트계량기 설치 예정 (텍사스 주 오스틴) H2G 구현 및 스마트 가전기기 실증 계획 (일리노이 주 시카고) AMI 인프라 구축, 보안 및 표준화 인증 설비에 1억 2,000만 달러 투자
EU	(이태리) 스마트그리드 기술을 홈 분야에 적용한 프로젝트인 TELEGESTORE에 25억 유로 투자, 3,100 만개의 스마트미터 보급 및 100,000개 이상의 배전변전소 자동화 (2005년 완성) (영국) 2009년부터 최대 5개 도시에 스마트그리드를 구현하기 위해 6억 파운드 투자 (독일) 2008년부터 스마트그리드 실증에 해당하는 eTelligence, E-De-Ma, MOMA, E-DEMA, MEREGIO 및 RegModHarz 프로젝트 등에 6천만 유로를 지원하는 「E-Energy Mission」 추진 (프랑스) 2012년까지 기술개발에 4억 유로 투입, LINKY 프로젝트를 통해 2017년까지 스마트계량기 35 만개 보급 추진 (스페인) 2007년부터 2010년까지 스마트그리드 구현을 위한 DENISE 프로그램에 2천4백만 유로 지원 (네덜란드) ASC 프로젝트를 통해 암스테르담을 지능형 청정 도시로 구축하기 위해 전기차 충전소 300 개소 설치, 신재생에너지 비율을 1/3까지 확대 추진
일본	2007년 Ota-City 등 다수 마이크로그리드 실증단지 운영 2008년 태양광, 풍력 및 신재생에너지의 계통 연계 등에 약 200억 엔 투자 현재 차세대 송·배전망 실증단지 구축 중

자료: 한국스마트그리드사업단(2010), "스마트그리드 정책사업"



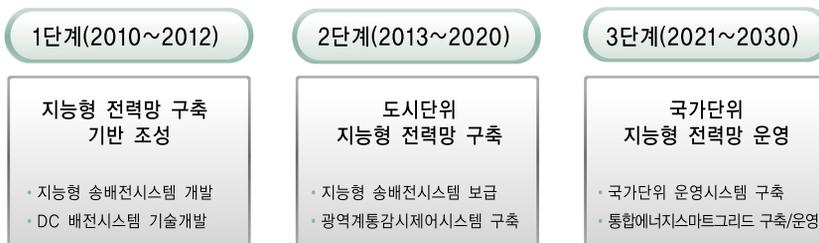
로 추진되어 왔다. 미국은 2003년에 「Grid 2030」 국가비전을 발표한 후, 2009년부터 「경제회복 및 재투자 법」에 따라 전력망 현대화에 45억불을 투자하였다(United States Department of Energy, 2003). 2008년부터는 콜로라도주 볼더시를 시범도시로 지정하고, 스마트계량기 5만여 개 및 전기차 600여대 보급 등 실증사업을 적극 추진하였다. 유럽의 국가들은 신재생에너지 보급 확대 및 회원국 간 전력거래 활성화를 추진하여 왔다. 2006년에는 「Smart Grids Vision & Strategy」를 발표하고, 2007년에는 스마트그리드 전략적 5대 연구분야를 선정하였다. 2008년에 스마트그리드 전략적 6대 우선 구현분야를 선정하기에 이르렀다. 2008년 12월, EU 회원국들은 2009년 대비 2020년까지 신재생 20% 확대, 온실가스 20% 감축을 골자로 하는 「Climate and Energy Package 20-20-20」에 합의하였다. 현재, 이태리, 프랑스, 독일, 네덜란드, 스페인, 영국 등에서 실증 및 보급 사업 추진 중에 있다. 일본의 경우 태양광 발전의 계통 연계, 마이크로그리드 확산의 특징을 보이고 있다. 태양광 발전량을 2020년까지 34GW, 2030년까지 100GW로 목표하고 있고, 2009년 기술개발 로

드맵 수립을 착수하고, 2009~2010년까지 100억엔 규모의 기술개발을 진행 중에 있다. 일본의 민간기업들은 중심으로 스마트그리드 분야 표준화를 추진 중이며, 태양광발전 확대를 위한 실증사업을 전국 10개 섬에서 추진하고 있다. <표 1>은 주요국들의 스마트그리드 실증 현황을 요약적으로 보여준다.

라. 지능형 전력망의 국내 추진동향

첫째, 한국은 산업 및 인프라측면에서 세계적 수준의 전력·통신 인프라를 구비하고, 유관산업분야 Global-Top 기업群을 보유하고 있다. 한국전력은 전력품질 및 효율 향상을 위해 송배전망 지능화 등에 연간 4.7조원 수준의 투자를 지속하고 있다. 2008년 기준 송배전 손실률은 4.02%, 호당 정전시간은 16.1분으로 세계 최고수준이다. 더욱이, 세계 최고수준의 반도체·디스플레이·가전산업 등의 유관 기업들을 보유하고 있다는 점은 지능형 전력망 분야에서 경쟁우위를 가질 수 있는 원동력이 될 수 있다. 2008년 기준 가전산업 세계시장 점유율 2.7%(7위), 디지털 TV 시장 점유율 33.4%, 휴대폰산업 세계시장 점유율

[그림 6] 지능형 전력망 추진 로드맵



자료: 지식경제부(2010), "스마트그리드 국가로드맵"



23.8%(2위)를 기록하고 있다(대한전기협회, 2009.10).

둘째, 기술개발 측면에서는 2005년부터 총2,532억 원 규모의 전력IT 기술개발을 선제적으로 추진하고 있고, 중전·반도체 등 관련업계도 상당한 기술력을 보유하고 있다. 스마트 미터는 수용가별 특성을 고려하여, 경제형 및 일반형으로 구분하여 개발 중이며, 2010년부터 연간 130만대(경제형 100만, 일반형 30만)를 보급할 것으로 전망하고 있다. 전기차 충전기는 급속·완속 등 다양한 충전방식의 개발 및 표준화를 추진 중이며, 2011년부터 보급이 가능할 것으로 전망된다. 전력저장장치의 경우, 민간기업은 세계 유수의 자동차 업계에 배터리를 공급할 정도로 세계적 수준의 제조기술 보유하고 있다. 다만, 원천기술·부품소재 분야는 일본 등 선진국에 비해 뒤쳐지고 있는 것이 현실이다²⁾.

셋째, 실증사업 측면이다. 기술개발 성과의 실증 및 비즈니스 모델 개발을 위해 제주도를 실증단지³⁾로 지정하고, 구좌읍 일대 실증 세부계획을 수립 중이다. IT·에너지 등 민간기업의 참여를 바탕으로 2013년까지 2,395억 원을 투입하고, 실시간요금·전기차 충전·신재생에너지의 전력망 연계 등의 실증사업을 추진할 계획에 있다. 정부는 중장기 기술개발에 중점적으로 예산을 투입하고 있는 바, 제주 실증단지³⁾에서 신제품·기술의 실증을 통해 조기에 상용화를 이룰 수 있도록 계획하고 있다. [그림 6]은 지능형 전력망

추진을 위한 국가로드맵을 보여준다.

3. 지능형 전력망에 대한 소비자 반응

가. 지능형 전력망에 대한 해외 소비자 반응⁴⁾

지능형 전력망의 성공은 소비자태도, 정부정책, 에너지공급자의 재정적 안정성, 기업의 수익성, 연계 산업들 간의 협력정도, 기반기술 등에 달려있다고 볼 수 있다. 특히, 신기술을 도입하였을 때, 그것이 성공하기 위해서는 무엇보다 소비자태도이다. 일반소비자들에게 있어서는 지능형 전력망 같은 새로운 기술은 매우 낯설고, 친숙도가 떨어진다. 그렇기에, 기업들은 하이테크마케팅(High-Tech Marketing)이라는 개념을 도입하여 소비자들이 요구하는 기술이 무엇인지를 귀 기울이고, 필요로 하는 기술을 R&D에 투자하여 상용화하고자 하는 것이다. 그러나 지능형 전력망의 확대보급 측면에 있어서 한국정부는 최종소비자(End Users)의 반응을 고려해보지 않고 정책적으로, 전문가위주로 이를 시행하고 있는 것이 현실이다. 해외의 경우 소비자의 태도·반응·행동 등을 보기 위해 다양한 연구들이 수행중이다(예, Pike Research, 2009; Ipsos Marketing, 2009; Harris Interactive, 2010; Nikki Chandler 2010). 이에 본 단락에서는 성공적인 소비자 반응조사 Pike Research를 소개해 보고자 한다.

2) 기술격차는 약 3~5년으로 보고 있다.

3) 총 5개 분야, 12개의 컨소시엄이 참여하고 있다.

4) Fox, J., Gohn, B. and Wheelock, C.(2009), "Smart Grid Technologies: Networking and Communications, Energy Management, Grid Automation, and Advanced Metering Infrastructure," Pike Research.



1) Pike Research(2009)에 대한 개요

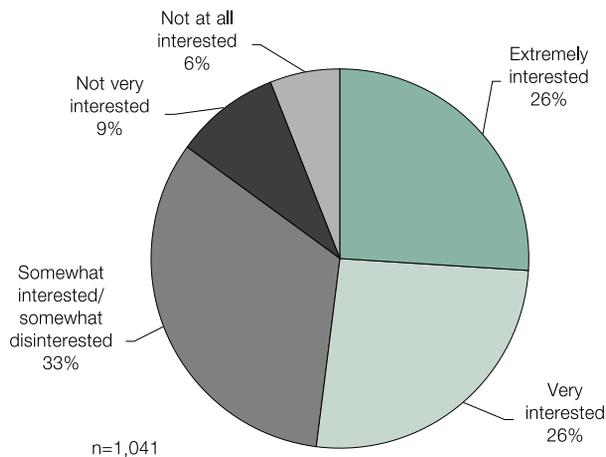
Pike Research는 2009년 2분기동안 미리 구조된 온라인 설문을 통하여 1,041명의 미국시민을 대상으로 조사가 수행되었다. 본 조사의 목적은 오늘날의 초기 지능형 전력망 시장과 관련되어 아직 해결되지 않은 몇 가지 의문사항들을 이해하기 위함이다: (1) 소비자는 그들의 집에서 어느 정도로 에너지사용정도를 모니터링하고 조정·통제할 것인가? (2) 지능형 전력망의 각 요소에 대해 어느 정도의 선호도 및 관심을 나타내고 있는가? (3) 어떠한 사업모형(Business Model)이나 제품역량(Product Capability)이 소비자들의 지능형 전력망 사용을 유도할 것인가? 본 조사는 국가를 대표할 수 있고, 동시에 인구통계적으로도 균형 있는 샘플의 소비자들에게 조사 기회를 제공하여, 설문참여에 대하여 상품을 지급받도록 설계하

였다. 본 조사결과의 오차범위(Margin of Error)는 약 $\pm 3\%$ 이고, 95%의 신뢰구간(Confidence Interval)을 사용하였다. 본 조사는 지능형 전력망의 두 가지 가장 중요한 부문 즉, 에너지정보 디스플레이(EIDs, Energy Information Displays), 수요반응(DR, Demand Response)에 초점을 맞추어 조사가 수행되었다.

2) 에너지정보 디스플레이(EIDs, Energy Information Displays)에 대한 소비자태도

에너지정보 디스플레이는 지능형 전력망과 가정영역네트워킹(HAN, Home Area Networking)의 중대한 요소이다. 에너지정보 디스플레이는 소비자가 가정 내에서 에너지 사용을 조정·통제할 수 있도록 하는 주요 사용자 인터페이스를 제공하는 기술이기 때문이

[그림 7] 에너지정보 디스플레이(EID)에 대한 관심도



자료: Pike Research(2009)

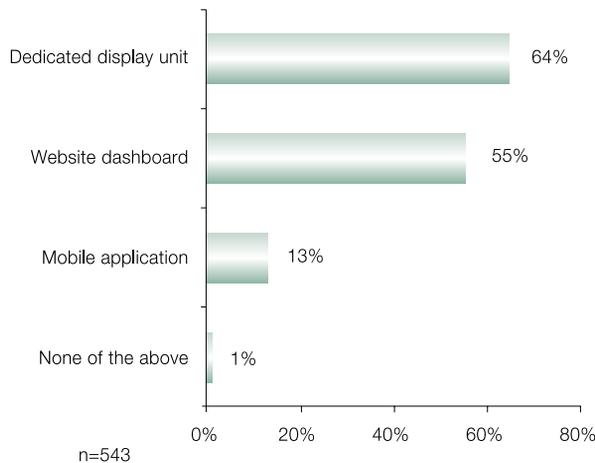
다. 특히 소비자들은 에너지정보 디스플레이를 통해서 에너지사용패턴에 대한 지각이 가능하고, 에너지소비를 조정할 수 있게 해준다. 대부분의 지능형전력망기술향상은 전력망 기반시설에 있거나, 최종사용자에게 보이지 않는 것들이기 때문에, 에너지정보 디스플레이는 유일한 접촉 가능한 유형의 것이라고 할 수 있다.

[그림 7]은 에너지정보 디스플레이에 대한 소비자들의 일반적인 관심정도를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이, 52%(Extremely interested 26%, Very interested 26%)의 소비자가 관심 있음을 보여, 에너지정보 디스플레이에 대한 소비자들의 일반적인 관심정도는 상당히 높음을 확인할 수 있었다. 33%의 소비자들은 관심정도를 중립에 두었고, 오직 15%(Not very interested 9%, Not at all interested 6%)만이 관심이 없음을 보였다. 이로서, 지능형전력망의 핵심요소인 에너지정보 디스플레이에 대한 소비자들의

관심은 높은 수준임을 확인할 수 있겠다.

이어서 에너지정보 디스플레이(EIDs)의 유형에 대한 선호도를 조사하였다. 위에서 에너지정보 디스플레이에 관심을 보인 약 52%(543명)을 대상으로, 그들의 에너지 사용을 조정·통제하는데 고려할 수 있는 디스플레이 유형을 선택할 수 있도록 하였다. 선택하는 기준에는 (1) 어떠한 PC로부터 로그인 할 수 있는 웹사이트, (2) 가정내 위치한 디스플레이 전용장치, (3) 전화서비스 또는 집 밖에서 사용할 수 있는 장치가 되었다. [그림 8]에서 보여주듯, 64%의 응답자가 (2) 디스플레이 전용장치(Dedicated display unit)를 선택하여, 가장 중요한 옵션임이 나타났다. 두 번째로는, 55%의 응답자가 (1) 웹기반의 계기판을 중요시함을 나타냈다. 오직 13%의 소비자들만이 사용자 인터페이스 유형으로 (3) 이동성 사용환경을 중요시함을 나타내었다.

[그림 8] 에너지정보 디스플레이 유형에 대한 선호도



자료: Pike Research(2009)



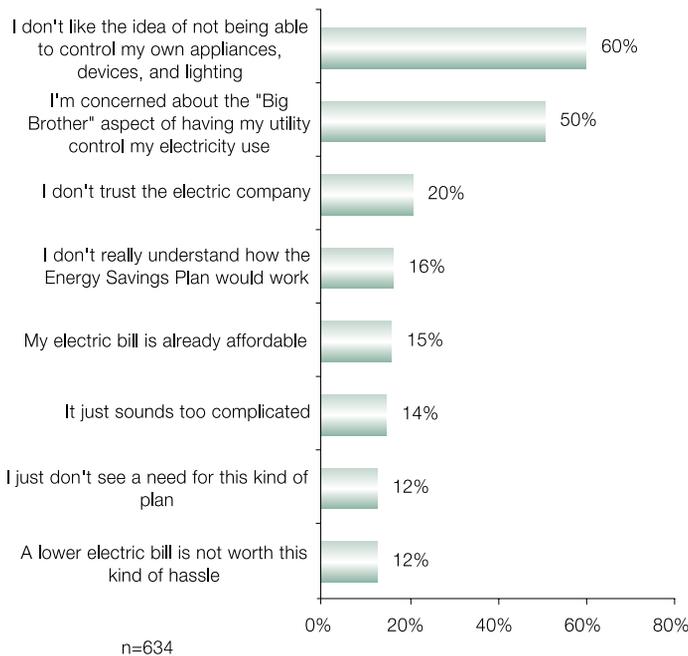
3) 수요반응(DR, Demand Response)에 대한 소비자태도

수요반응(DR)은 지능형 전력망과 스마트미터(Smart meter)⁵⁾ 기술의 또 하나의 중요한 요소로서, 전력가격 및 시스템 상황에 반응하여 소비자가 전력 소비를 조정하도록 유도하여 시스템의 신뢰도 향상과 비용 절감을 추구하는 기술을 말한다. 본 서비스는 소비자들로 하여금 전기장치들과 소비자의 전기 계기간

의 자동화된 의사소통이 가능하게 해준다.

Pike Research 결과 상대적으로 높은 수준인 28%의 응답자들이 수요반응(DR)에 관심이 없음을 보였다. 반면 39%의 응답자들만이 관심을 나타내었는데, 이는 에너지정보 디스플레이(EIDs)에 대한 소비자 반응보다 매우 부정적인 결과였다. 그렇다면, 왜 소비자들은 수요반응에 관심이 없는 것인지를 확인해야 하고, 지능형전력망 분야의 정책입안자 및

[그림 9] DR(Demand Response)에 대한 관심이 없는 이유



자료: Pike Research(2009)

5) 스마트미터(Smart Meter): 에너지 사용량을 실시간으로 계속해서 통신망을 통해 계량 정보를 제공하고 가격정보에 대응하여 수송가 에너지를 적정하게 제어할 수 있는 기능을 갖는 디지털 전자식 계량기이다. 한국은 현재 수송가별 특성을 고려, 경제형 및 일반형으로 구분하여 개발 중이며, 2010년부터 연130만대(경제형 100만, 일반형 30만)를 보급할 계획이다.



전문가들은 그 이유들에 귀 기울여야 하겠다. [그림 9]는 응답자들이 수요반응에 대한 관심 부족의 이유들을 보여준다. 주요 두 가지 이유는 (1) 조정능력의 손실: “나는 나 자신의 가정용기기 및 전등을 스스로 조정할 수 없다는 점을 좋아하지 않는다.”, (2) 독재자(Big Brother)적 성격: “나는 지능형 전력망의 수요반응기술이 전기사용을 통제하는 독재자적 성격을 지닐 수 있음에 걱정이 된다.”에 동의를 표했다. 그 밖의 미미한 이유들은 [그림 9]에 자세히 기술되어 있다. 이러한 조사결과는 지능형 전력망 보급확대를 위하여, 소비자교육에 있어서 서비스 제공자들이 수요반응(DR)을 언제든 중단시킬 수 있고, 본 시스템 내에서 자유롭게 통제 한도를 설정·변경할 수 있음을 인지시켜 주어야 한다는 메시지를 전달해 준다.

나. 지능형 전력망에 대한 국내 소비자 반응

국내 소비자들의 지능형 전력망에 대한 소비자 반응을 확인해 보기 위하여, 직접 설문조사⁶⁾를 실시하였다. 조사는 서울시민을 대상으로 2010년 3월중 2주간 실시되었다. 설문data의 신뢰성을 높이고 일관성을 유지하기 위하여, 지능형 전력망 기술에 대한 전문성이 없고 가처분소득이 있는 일반소비자 집단으로부터 총 215개의 설문을 수집하였다. 표본추출은 단순 무작위표본추출(Simple Random Sampling) 방식을 사용하였다. 표본은 성별을 기준으로 남자가 148명, 여자가 67명으로 구성되어 있다. 연령기준으로는

20대가 43명, 30대가 114명, 40대 이상이 58명으로 분포되어 있다. 직업을 기준으로 하였을 경우, 사무직 근로자가 157명, 기술직이 32명, 전문직이 26명으로 고루 분포되어 있다. 월평균 가구수입기준으로는 200~300만원이 약 46.5%를 차지하고, 300~400만원이 다음 순으로 이어졌다.

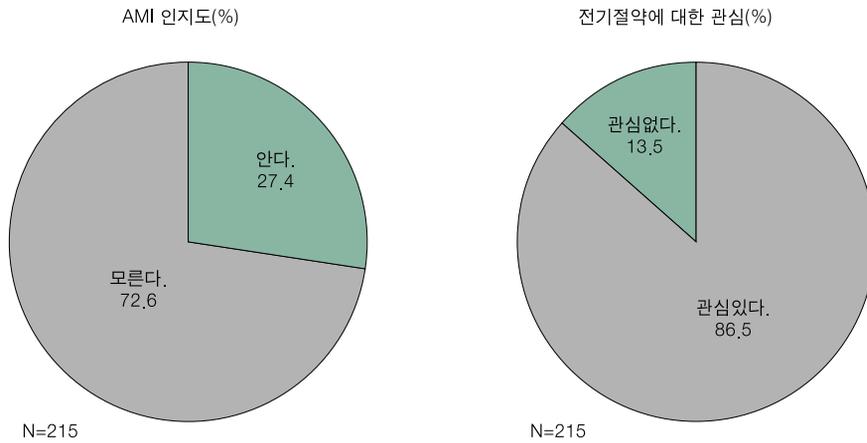
각 항목의 측정에 사용된 도구는 모두 기존 연구에서 활용된 것으로, 지능형 전력망이라는 특정상황에 맞게 접목하여 측정항목의 타당성은 지지된다고 하겠다. 더욱이 본 설문조사내용을 통계적으로 접근하기에 앞서 신뢰성검사와 타당성검사를 수행하였다. 먼저 신뢰성검사를 위하여, 본고에 사용된 모든 변수들은 내적일관성(Internal Consistency)을 측정하는 도구인 Cronbach- α 값을 계산하였다. 모든 변수들은 최소 0.8이상의 Cronbach- α 값을 보여 신뢰성이 높음을 확인하였다(Nunnally, 1978). 이어서 타당성검정을 위하여 확인적요인분석(Confirmatory Factor Analysis)을 수행하였다. 결과 측정지표(indicator)들이 각 구성개념(Construct or Latent Variable)을 설명하는 정도를 보여주는 경로계수들이 모두 유의한 t-value 값을 나타내어 집중타당성을 만족시켰고, 각 구성개념간의 상관관계를 확인한 결과 Phi(Φ) Coefficient의 신뢰구간(Confidence Interval, $\Phi \pm 2$ Standard Error)에 1.0이 포함되지 않아 판별타당성이 인정되었다(Anderson and Gerbing, 1988).

일반소비자들의 지능형 전력망에 대한 인지도를 알아보고, 전기절약에 대한 관심정도를 파악하는 항목

6) 본 설문조사 수행에 있어서 한국스마트그리드사업단(KSGI)의 전효진 주임이 크게 기여하였다.



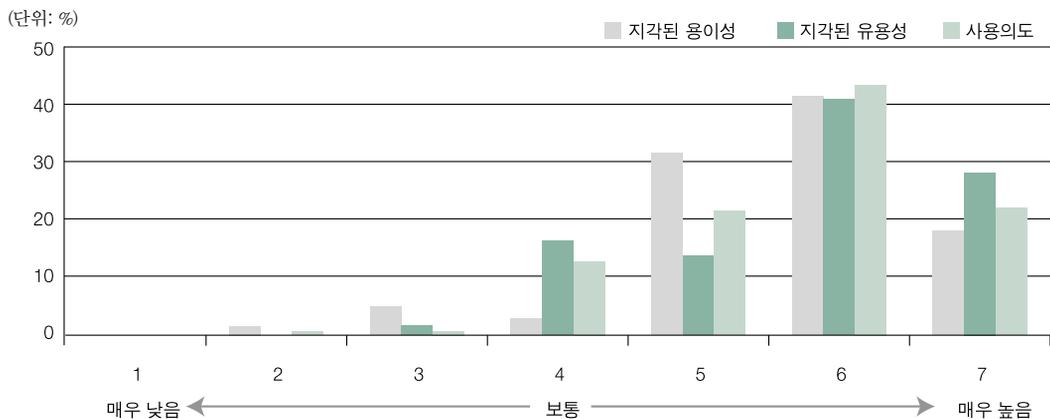
[그림 10] 기초조사-지능형 전력망에 대한 소비자 태도



을 시작으로 본 설문조사가 이루어졌다. [그림 10]은 단순무작위로 추출된 소비자들의 AMI에 대한 인지도와 전기절약에 대한 관심정도를 보여준다. 우선 앞도적인 수치인 약 86.5%의 소비자들이 전기절약에 관심을 갖고 있음을 확인할 수 있다. 이는 지능형 전력

망을 사용하는데 주요한 동기요소이므로, 이를 보급 촉진에 있어 청신호적인 신호를 보여주고 있다고 하겠다. 그러나 소비자들의 72.6%인 대다수가 AMI에 대해 모르고 있음이 나타났다. 이는 정부정책이 극단적으로 Top-down방식으로, pull이 아닌 push전략

[그림 11] 지능형 전력망에 대한 지각된 용이성, 지각된 유용성 및 사용의도





으로 이루어지고 있음을 반증해 준다.

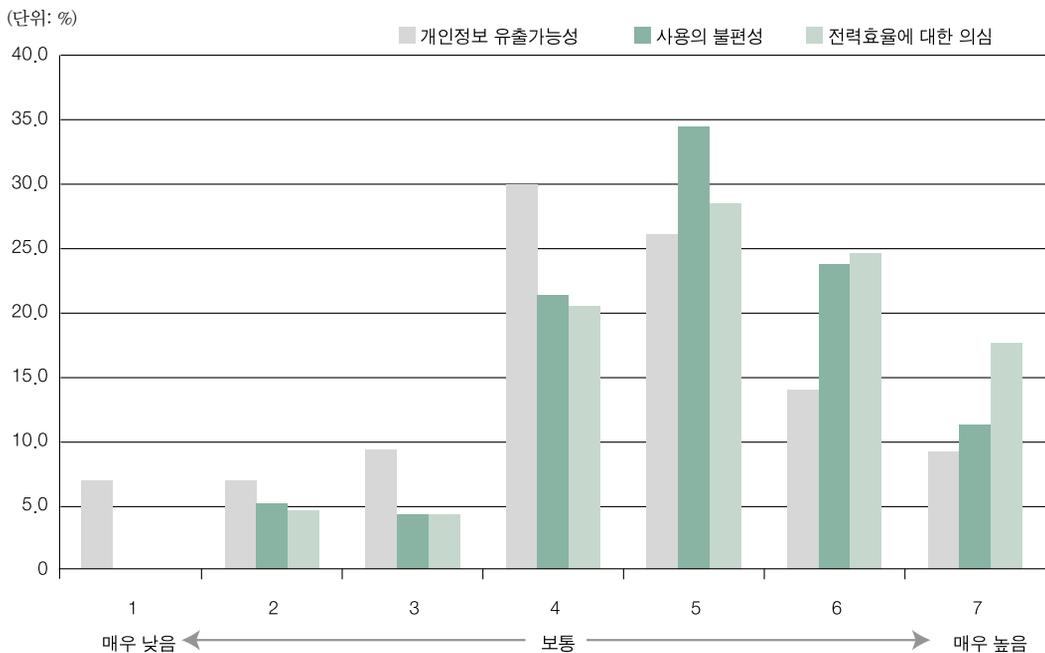
[그림 11]은 본 조사에서 가장 중요한 부분이라고 할 수 있는 지능형 전력망에 대한 사용의도(Purchase Intention)와 지각된 용이성(Ease of Use)·유용성(Usefulness) 조사결과를 보여준다. 3가지 모든 항목에서 있어서 응답자들의 표시점수가 1(매우 낮음)보다는 7(매우 높음)방향으로 분포되어 있음을 확인 할 수 있다. 즉 소비자들은 지능형 전력망을 사용이 용이하고, 유용성이 높다고 인지하고 있고, 따라서 사용의도도 매우 높다고 해석이 가능하겠다.

사용의도를 비롯한 지능형 전력망에 대한 대부분의 소비자의 태도는 매우 긍정적이었으나, 일부는 그렇지 못하였다. 소비자 태도를 부정적으로 이끌어, 사용

의도에 악 영향을 주는 요소는 무엇이 있을까? 다음과 같은 3가지 항목에 대하여 소비자들이 동의하는 수준을 7점 척도로 측정하여 보았다: (1) 지능형 전력망 AMI서비스 이용도중 개인정보가 유출될 수 있을 것이다. (2) 지능형 전력망 AMI서비스의 사용법이 복잡하여 불편할 것이다. (3) 실제 전기사용 요금을 줄일 수 있을지 의심이 간다.

[그림 12]는 위 항목에 대한 분석결과를 제시한다. 분석결과 3가지 항목 모두에서 1(매우 낮음)보다는 7(매우 높음)에 가깝게 높은 수준으로 분포되어 있는 것이 눈에 띈다. 위 3가지 항목들이 소비자들로 하여금 지능형 전력망 사용을 꺼리게 하는 요인이 확인된 것이다. 본 조사 결과는 지능형 전력망의 사용증대

[그림 12] 지능형 전력망에 대한 사용의도를 저하시키는 부정적 요인들





라는 측면에 있어서 크게 두 가지의 메시지를 전달해 준다. 첫째, 개인정보 보안성, 사용편의성, 실제적인 전력효율 측면에서 기술적으로 보강되어야 한다는 것이다. 둘째는 본 세가지 부정적인 요소에 있어서 소비자들에 신용을 갖도록 하기 위하여, 정부는 적극적으로 개인정보 유출가능성이 없고, 사용이 용이하며, 전력효율이 높아 경제적임을 인식시킬 수 있도록 해야 한다는 것이다.

다. 지능형 전력망 기술의 소비자 수용모델⁷⁾

지금까지 살펴본 지능형 전력망의 소비자 반응·태도에 관한 조사들은 단순히 현황을 살펴본 빈도조사의 성격을 갖는다. 태도조사에서 활용된 몇 가지 개념들은 이번 단락에서 보여주는 지능형 전력망 기술의 소비자 수용모델 내에 변수로 활용되었다. 본고는 소비자가 어떠한 요소들에 영향을 받아 지능형 전력망에 대한 사용의도를 갖게 되는지를 설명해주는 모델을 제시함으로써, 소비자반응을 이해하고, 예측하는데 통계적인 합리성을 더해준다고 하겠다.

1) 모델적합도

지능형 전력망 기술의 소비자 수용모델을 확정하기 위하여 구조방정식모형(SEM, Structural

Equation Modeling)⁸⁾접근법을 도입하였다. 모델의 추정기법(Estimate Method)으로는 최대우도법(MLE, Maximum Likelihood Estimate)을 사용하였다. 모델 적합도(Model fit)를 평가하기 위해서는, 카이스퀘어(X^2 , Chi-square), p-value, 적합지수(GFI, Goodness-of-Fit-Index), 조정적합지수(AGFI, Adjusted Goodness-of-Fit-Index), 근사오차평균자승의 이중근(RMSEA, Root Mean Square Error of Approximation), 비교적합지수(CFI, Comparative Fit Index), 터키-루이스지수(TLI, Tucker-Lewis Index), 증분적합지수(IFI, Incremental Fit Index)등을 검정기준으로 정하였다(Bagozzi and Yi, 1988). 마지막으로, 경로분석(Path Analysis)을 실시하여, 모형 내 각 경로들의 유의성을 t-value에 기초하여 검증하였다(Anderson and Gerbing 1988).

지능형 전력망의 소비자 수용모델 추정결과는 <표 2>에 제시되었다. $X^2=1253.091(p=0.00, df=316)$, $GFI=0.901$, $AGFI=0.925$, $RMSEA=0.101$, $CFI=0.897$, $IFI=0.899$, $TLI=0.876$ 으로 전반적 모델적합도를 만족시켰다.

2) 모형검정

모형 내 인과관계를 보이는 각 경로의 유의성을 확

7) 본 모델은 소비자의 기술수용행위를 설명하기 위해 경영학분야에서 널리 사용되어져 온 기술수용모델(TAM: Technology Acceptance Model)에 기초하여 구축되었다. 즉, 소비자의 특정 기술에 대한 사용의도는 기술이 유용(Useful)하고, 사용이 용이(easy to use)하다고 느끼는 소비자 태도로부터 비롯된다는 이론이다. 다시말해, 기술사용의도는 지각된 유용성(Perceived Usefulness)과 지각된 사용용이성(Perceived Ease of Use)과 같은 소비자의 믿음에 의해 결정된다는 것이다(Davis, 1989; Venkatesh and Davis, 2000).

8) 구조방정식모형이란 행동과학분야에서 개발된 확인적요인분석(Confirmatory Factor Analysis)과 계량경제학 분야에서 개발된 연립방정식모형을 기본으로하여 다중회귀분석과 경로분석이 결합된 방법론이다(Joreskog, 1973).



〈표 2〉 모델추정 결과

경로	추정치	t-value
6. 유용성 ← 지각된 보안성	0.12	3.856***
4. 유용성 ← 지각된 효율성	0.75	3.865***
7. 유용성 ← 지각된 품질	- 0.19	0.009
5. 사용용이성 ← 지각된 효율성	0.54	7.373***
8. 사용용이성 ← 지각된 품질	0.35	2.346**
1. 유용성 ← 사용용이성	0.42	2.967***
2. 사용의도 ← 유용성	0.54	5.754***
3. 사용의도 ← 사용용이성	0.20	1.789*
모형적합도 기준		
Chi-square	1,253.091	
d.f.	316	
GFI	0.901	
TLI	0.876	
IFI	0.899	

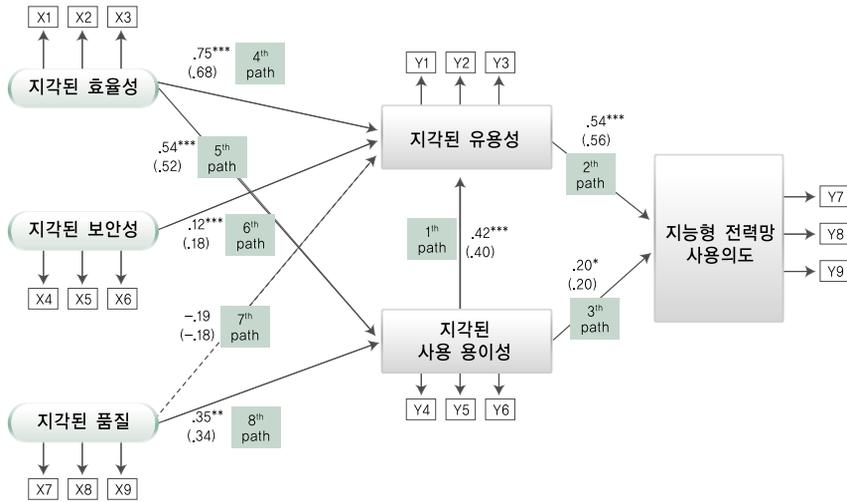
주: ***, **, *은 각각 0.01, 0.05, 0.10수준에서 유의함을 의미

인하기 위하여 경로분석을 이용하였다. [그림 13]은 최종적인 지능형 전력망의 소비자 수용모델을 제시해 준다. 우선, 기존문헌에서 명확히 제시된 TAM모델과 관련된 경로들을 살펴보자. 지각된 사용용이성이 유용성에 긍정적인 영향을 준다는 경로와, 유용성과 사용의도, 사용용이성과 사용의도의 관계 모두 매우 높은 수준에서 긍정적인 효과를 나타냄이 증명되었다 (1st path: path coefficient=0.42(p<0.01), t-value=2.967(t)2.58); 2nd path : path coefficient =0.54(p<0.01), t-value=5.754(t)2.58); 3rd path: path coefficient=0.20 (p<0.10), t-value=1.789 (t)1.645)). 지각된 효율성이 유용성에 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 인과관계는 경로계수가 0.75(p<0.01)이

고, t-value는 3.865(t)2.58)로 유의하였다. 지각된 효율성이 사용용이성에 대해 긍정적인 원인관계 (Causal Relationship)를 가질 것이라는 5번째 경로의 경우, 경로계수는 0.54(p<0.01)이고, t-value는 7.373(t)2.58)으로 매우 유의한 수준에서 채택되었다. 지각된 보안성이 유용성에 긍정적인 영향을 미칠 것임을 가정한 6번째 경로의 경우, 0.12(p<0.01)의 경로계수와 3.856(t)2.58)의 t-value가 보안성에 관한 가설이 채택됨을 보였다. 지각된 품질이 유용성에 긍정적인 영향을 줄 것이라는 7번째 경로는 유의하지 않은 결과(path coefficient=-0.019(p>0.10), t-value= 0.009(t)1.645))를 보였으나, 지각된 품질과 사용용이성간의 긍정적인 원인관계를 나타낼 것이라고 가



[그림 13] 지능형 전력망의 소비자수용모델



주: 1) ***, **, *은 각각 0.01, 0.05, 0.10수준에서 유의함을 의미
 2) ()의 값은 표준화계수(standardized regression weights)를 의미

정한 8번째 경로의 경우 채택(path coefficient= 0.35(p<0.01), t-value=2.346(t>1.96))되는 결과를 보였다.

위 모델은 소비자가 어떠한 심리적 과정(Psychological Process)를 거쳐 지능형 전력망에 대한 태도를 갖고, 결과적으로 그것에 대한 사용의도를 갖게 하는지를 설명하고 예측해 준다. 구체적으로, 소비자들은 지능형 전력망이 효율적이라고 지각하고, 개인정보 유출위험이 없는 보안성이 우수하고, 품질 수준이 높다고 인지할 때, 이 기술이 유용하고, 사용이 용이하다고 느껴, 결과적으로 구매·사용하고자 하는 마음이 있게 된다는 것이다. 본 지능형 전력망의 소비자수용모델은 정책입안자가 어떤 식으로 소비자들에게 접근해야 하는지와 관련된 방향성을 제시해 줄 뿐만 아

니라, 전문기술자에게는 어떠한 속성에 중점을 두어 지능형 전력망 기술개발에 노력해야 하는지를 지적해 준다.

4. 지능형 전력망의 사용촉진을 위한 정책 제언

온실가스 배출량을 최소화하고, 에너지 효율을 증대시켜 저탄소 녹색성장을 이루기 위한 기술인 지능형 전력망의 확대보급이 기대되는 시점이다. 지능형 전력망은 환경성, 경제성이라는 측면에서 보급의 당위성이 입증되었다. 지능형 전력망 기술전문가들의 R&D와 정부의 투자 및 정책입안은 보급확대라는 건

지에서 가장 중대하고 신중해야 할 영역이다. 그러나 해외의 경우와 비교해 볼 때, 한국의 정책입안과정에 있어서 개선사항이 발견되었다. 해외에는 현재 지능형 전력망에 대한 소비자 태도 조사 및 소비자 반응 연구 등의 다양한 접근을 통해 소비자에게 사용을 촉진하기 위한 방법을 강구하고 있고, 기술적·정책적 미비점을 발견하여 개선책을 제시하고 있다. 결국 신기술은 소비자가 받아들이고, 시장이 받아들여야만 상용화되고 성공할 수 있다는 점에서 소비자의 의견 수렴은 현실적이고, 중요한 사항이라 할 수 있겠다. 그러나 해외의 경우와 달리, 한국은 지능형 전력망의 최종사용자인 소비자들의 태도조사 및 의견수렴과정이 없이 기술적·정책적 노력에만 집중해왔다는 회의를 가져다준다. 최종사용자의 의견을 반영하여 정책을 계획할 때 더욱 효율적인 결과를 가져올 수 있다는 점에서, 한국정부도 지능형 전력망의 소비자태도를 조사하고, 이를 반영한 정책을 시행해야 할 것이다.

본고의 핵심인 한국의 지능형 전력망에 대한 소비자 태도 조사는 중요한 정책적 시사점을 전달해 준다. 첫째, 소비자에게 지능형 전력망에 대한 이해를 높이기 위한 교육·홍보가 수반되어야 하겠다. 대다수의 소비자들이 전기절약에 관심을 갖고 있고 있는 것으로 나타난 점은 지능형 전력망 사용촉진을 위한 좋은 발판을 마련해 준다고 하겠다. 그러나 약 73%의 소비자가 지능형 전력망 AMI서비스에 대하여 전혀 모르고 있음을 확인 되었다. 기술의 사용촉진을 위해서는 우선 그 기술에 대한 이해와 장점 및 효용에 대한 인지가 기본이 될 수 있다는 점에서 정부의 노력이 시급하다고 하겠다.

둘째, 소비자들이 지능형 전력망 기술의 사용을 꺼리게 만드는 요소들에 있어서 기술적·정책적 보완

이 있어야 하겠다. 조사결과에서처럼, 보안성 측면에서 개인정보가 유출되어 도덕적·경제적 범죄가 야기될 가능성을 억제해야 한다. 또한 신기술을 받아들이는 소비자들은 사용용이성에 민감하게 받아들일 수 있다는 점을 인식해야 하겠다. 기존의 기술보다 신기술이 많은 효용을 가져다줌에도 불구하고, 소비자가 사용방법을 익히는데 큰 어려움이 존재한다고 느낀다면 그 것 자체가 거래비용(Transaction Cost)을 유발하여 큰 장벽이 될 수 있다는 것이다. 이에 정부는 지능형 전력망의 사용방법을 교육하고, 사용이 어렵지 않음을 주지하는데 신경을 기울여야 하며, 기술적으로도 사용이 복잡하지 않도록 계속적인 보완이 필요하겠다. 소비자들이 지능형 전력망 수용을 꺼리는 세 번째 요소는 비경제적이라는 인식이다. 그러므로 전기효율이 높고, 전기에너지를 직접 관리할 수 있어, 장기적으로 매우 경제적인을 소비자 입장에서 인식할 수 있도록 정부의 노력이 필요한 시점이다.

마지막으로, 본고는 지능형 전력망의 소비자수용모델을 제안함으로써 많은 정책적 시사점을 남겨준다. 제안된 모델은 소비자가 어떠한 심리적 과정을 거쳐서 지능형 전력망을 사용하고자 하는 의도를 갖게 되는지를 설명해 준다. 기술수용모델 이론에 따르면, 소비자들은 기본적으로 신기술이 시장에 출시되었을 때, 그것이 유용(Useful)하고 사용이 용이(Easy to Use)하다고 지각될 때 구매의도(Purchase Intention)를 갖게 된다. 본 연구 결과, 소비자들의 사용용이성과 구매의도에 영향을 주는 변수들로, 지각된 전력의 효율성, 지각된 보안성 수준, 지각된 품질 수준이 유의하게 검증되었다. 본 연구결과는 지능형 전력망의 소비자수용모델을 제시함으로써, 정책입



안의 방향성을 이끌어 주는 역할을 한다. 궁극적으로, 환경적·경제적으로 사회에 기여할 지능형 전력망의 사용촉진을 위하여, 정부는 어떻게 소비자가 지각하는 보안성, 품질수준, 전력효율성 수준을 높일 수 있는지 검토가 필요하다고 하겠다.

참고문헌

- 도윤미, 김선진, 허태욱, 박노성, 김현학, 홍승기, 서정해, 전종암, 「스마트 그리드 기술 동향: 전력망과 정보통신의 융합기술」, 전자통신동향분석, 제24권, 제5호, 2009, 한국전자통신연구원(ETRI).
- 대한전기협회, 「전기연감 2009」, 2009.10
- 박용희, 「지능형 전력망(Smart Grid) 도입을 위한 전남의 대응방안」, 리전인포, 제173집, 2009, 전남발전연구원.
- 이일우, 한동원, 「IT 기반의 스마트그리드 기술」, 한국정보기술학회지, 제7권, 제1호, 2009, pp.25-30.
- 지식경제부, 「스마트그리드 국가로드맵」, 2010.1
- 한국스마트그리드사업단, 「스마트그리드 정책사업: 국회 지식경제위원회 설명자료 - 국가로드맵 중심으로」, 2010.2
- 한국스마트그리드사업단, 「해외의 스마트그리드 추진 현황」, 2010.3
- Anderson, J. C. and Gerbing, D. W., "Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach," Psychological Bulletin, Vol.103, No.3, 1988, pp.411-423.
- Bagozzi, R. P. and Yi, Y., "On the Evaluation of Structural Equation Models," Journal of the Academy of Marketing Science, Vol.16, No.1, 1988, pp.74-94.
- Davis, F. D., "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology," MIS Quarterly, Vol.13, No.3, 1989, pp.319-340.
- EPRI(Electric Power Research Institute), "The Smart Grid: Coming of Age," EPRI Journal, 2009
- Fox, J., Gohn, B. and Wheelock, C., "Smart Grid Technologies: Networking and Communications, Energy Management, Grid Automation, and Advanced Metering Infrastructure," Pike Research, 2009
- Global Environment Fund, "The Emerging Smart Grid: Investment and Entrepreneurial Potential in the Electric Power Grid of the Future," second edition, 2006
- Harris Interactive, "Consumers Have Little Awareness of Smart Grid and Smart Meters," 2010.2
- Ipsos Marketing, "American and British Consumers Are Highly Receptive to Smart Grid Technology Concept," 2009.7
- Joreskog, K.G., "A General Method for Estimating a Linear Structural Equation



- System,” In A.S. Goldberger&O.D. Duncan(Eds), Structural Equation Models in the Social Sciences(pp.85-112). NY:Seminar Press, 1973.
- Mann, J., “Smart Grid Security: Under Construction,” The New Internet, 2009.6
- Nikki Chandler, “Consumers Unwilling to Allow Electricity Suppliers to Remotely Limit Energy Use Without Significant Price Discount,” 2010.4
- Nunnally, J. C., “Psychometric Theory”, 2nd ed. (New York: McGraw Hill), 1978.
- United States Department of Energy, “Grid 2030: A National Vision for Electricity’s Second 100 Years,” 2003.7
- U.S. Department of Energy Homepage (<http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>)
- Venkatesh, V. and Davis, F.D.. “A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies,” Management Science, Vol.46, No.2, 2000, pp.186-204.



저탄소 녹색도시 실현을 위한 대전시 기후변화대응 정책방향



정 환 도

대전발전연구원 책임연구위원

1. 서론

정부에서는 지난 2010년 1월 13일 녹색성장기본법을 공포하고, 2010년 4월 14일부로 시행하였다. 법제1조(목적)에서는 경제와 환경의 조화로운 발전을 위한 기반조성 및 녹색기술과 녹색산업을 동력원으로 하는 저탄소 녹색사회구현에 있다고 적시하고 있다. 이것은 도시가 에너지의 대량소비에 의해, 온실가스의 주요 배출원임에 틀림없지만, 녹색기술과 녹색산업을 통하여 환경에 악영향을 미치지 않는 범위안에서 조화로운 성장 도모를 의미하고 있다. 또한 Green Race의 저탄소 도시성장(Low Carbon Growth)의 범주안에서 이해와 설명도 가능하다. 한편, 녹색성장기본법시행을 필두로 정부의 기후변화 대응정책은 많은 변화를 거듭하고 있다. 그것은 정부의 기후변화대응과 관련한 모든 여건변화가 능동적이고 신축적 대응이 가능토록 많은 프로그램이 활성화되고 있기 때문이다.

이러한 정부의 노력과 함께 하기 위해, 지방자치단체에서도 지역의 온실가스 감축을 위한 정책다변화, 온실가스 관련 기초연구, 지역형 녹색사업 등에 박차를 가하고 있다. 예컨대, 녹색기술을 이용한 지역형 녹색산업으로서 대관령과 동해안지역의 풍력발전시

설, 남서해안을 중심으로 하는 태양광시설, 서해안의 조력발전시설 등이 그것이다.

대전시에서도 기후변화 대응 및 완화를 위한 준비에 많은 노력을 기울이고 있다. 국공립연구소를 중심으로 하는 기초연구 및 공공기관의 에너지절약 프로그램, 그리고 시민을 중심으로 하는 그린스타트 등이다. 뿐만 아니라, 온실가스 감축을 위한 실천적 사업으로써 자전거타기와 도로다이어트 사업(수송부문), 3천만루 나무심기사업(산림부문), 환경기초시설의 태양광설치에 의한 신재생에너지사업(에너지부문) 등이 그것이다.

이러한 실천성 사업이외에 대전시에서는 온실가스 배출을 다각적으로 분석하고, 이를 바탕으로 미래의 녹색도시 실현을 위한 대전시 만들기를 위한 체계적인 계획을 작성하였다. 그것은 지난 2004년부터 「온실가스 저감을 위한 대전광역시의 대응방향」기초연구를 필두로, 2010년의 「대전광역시 온실가스 감축종합계획」및 「대전광역시 지역녹색성장 추진계획」등이다.

한편, 지속가능하고 미래지향적 녹색도시 대전시 만들기를 위해서는 연구보고서 혹은 종합계획서가 실현 가능하고 지역에 적용가능한 것인가에 대한 면밀한 검토과정이 필요하다. 따라서 본고에서는 대전시 온실가스 배출량과 배출전망에 대한 분석, 비전제시 및 목표



〈표 1〉 대전시 부분별 온실가스별 배출량(2007)

(단위 : tCO₂,eq)

대분류	중분류	계	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
에너지	소계	8,802,213(94.09)	8,668,755(97.02)	6,231(2.46)	127,228(76.43)
	산업	1,299,578(13.89)	1,298,334(14.53)	316(0.12)	928(0.56)
	수송	2,773,050(29.64)	2,649,226(29.65)	3,989(1.57)	119,835(71.98)
	가정 및 상업	4,347,322(46.47)	4,339,231(48.56)	1,850(0.73)	6,241(3.75)
	공공	382,262(4.09)	381,963(4.27)	76(0.03)	224(0.13)
환경	소계	53,177(5.68)	266,659(2.98)	226,146(89.27)	38,972(23.41)
	매립	224,082(2.40)		224,082(88.46)	
	하폐수	29,874(0.32)		2,064(0.81)	27,809(16.70)
	소각	277,821(2.97)	266,659(2.98)		11,162(6.71)
농축산업	소계	21,216(0.23)		20,942(8.27)	274(0.16)
	농업	15,947(0.17)		15,673(6.19)	274(0.16)
	축산업	5,269(0.06)		5,269(2.08)	
임업(흡수량)		- 35,568	- 35,568		
총배출량		9,355,205	8,935,413	253,319	166,473
순배출량		9,319,637	8,899,845	253,319	166,473

주: () 안은 총 배출량에 대한 기여도.

자료: 대전시, 대전시 기후변화대응을 위한 온실가스 감축 종합계획, 2010

의 적절성, 그리고 감축목표와 이에 대한 감축계획 등에 대한 결과를 소개하고, 이를 바탕으로 대전형 기후변화 대응을 위한 정책적 방향성을 도출해보고자 한다.

2. 온실가스 배출현황 및 장래전망

가. 대전시 온실가스 배출특성

대전시의 2007년도 온실가스 배출총량은 9,355,205

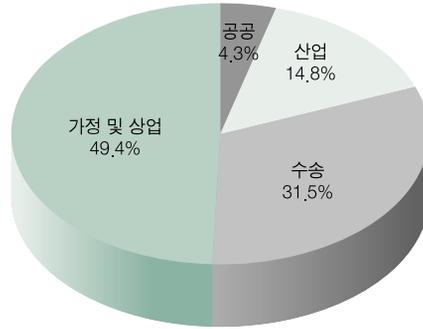
톤 CO₂,eq으로 산정되었으며, 에너지부문이 8,802,213톤CO₂,eq으로 94.1%의 배출기여를 보였으며, 다음으로 환경(5.7%) > 농업(0.2%) 순으로 나타났다.

대전시의 경우 에너지부문의 배출기여가 94.1%로 상당히 높은 기여도를 나타내고 있는데, 이는 다른 도시와는 달리 산업체가 거의 없고, 대전시의 도시화가 완성되어져 가고 있으며, 농축산부문이 상대적으로 적기 때문으로 판단된다.

특히 대전시의 에너지부문 중에서 가정 및 상업부문의 경우 에너지부문의 약 50% 정도(총 배출량의



[그림 1] 에너지부문의 온실가스 배출기여도



46.5%)의 온실가스 배출량을 나타내고 있어 대전시의 주요 온실가스 저감 정책은 가정 및 상업부문에 초점을 맞출 필요가 있을 것으로 판단된다.

온실가스별로 살펴보면, CO₂ 배출량이 8,935,413톤CO₂로 산정되어 95.5%의 배출기여를 보였으며, 다음으로 CH₄(2.7%) > N₂O(1.8%) 순으로 나타났다.

에너지 세부부문별 온실가스 배출량은 가정 및 상업부문에서의 온실가스 배출량이 4,347,322톤CO_{2,eq}으로 에너지부문에서 49.4%의 배출기여를 보였으며, 다음으로 수송부문(31.5%) > 산업부문(14.8%) > 공공부문(4.3%)의 순으로 나타났다.

특히 대전시는 가정 및 상업부문과 수송부문을 합

하면, 에너지부문의 온실가스 배출량 중에서 80.6%의 배출기여를 보였으며, 2007년도 대전시 온실가스 총배출량의 76.1%에 해당하는 수치이다.

가정 및 상업부문과 수송부문은 시민들의 활동으로 인해 배출되므로, 대전시 온실가스 배출량의 대부분은 시민들의 생활로 인해 배출되는 것으로 나타났다.

대전시 에너지부문의 에너지원별 온실가스 배출량을 살펴보면, 석유 소비에 의한 온실가스 배출량이 3,871,910톤CO_{2,eq}으로 에너지부문에서 44.0%의 배출기여를 보였으며, 다음으로 전기 소비(37.7%) > 가스 소비(15.9%) > 석탄 소비(2.4%)의 순으로 나타났다.

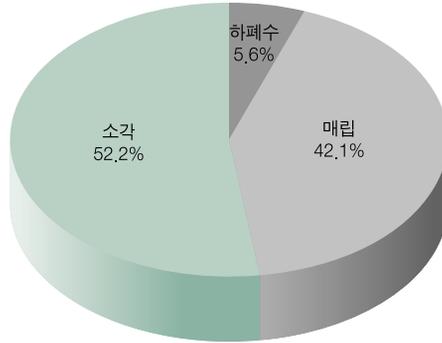
<표 2>에는 에너지원별 구분을 직접과 간접으로 구

<표 2> 2007년도 대전시 에너지부문의 에너지원별 온실가스 배출량

구분	직접			간접	계
	석유	석탄	가스	전기	
배출량 (tCO _{2,eq})	3,871,910	209,759	1,403,529	3,317,014	8,802,213



[그림 2] 환경부문의 세부부문별 배출기여도



분하였으며, 직접 배출량은 에너지를 직접 연소함으로써 온실가스의 배출이 발생하는 경우이다. 간접 배출인 전기 소비에 의한 온실가스 배출량은 전력을 사용할 때는 온실가스가 배출되지 않으나 전력을 생산할 때 온실가스가 발생하게 되므로, 전기 소비량을 근거로 발전소에서의 온실가스 배출량을 간접적으로 산정한 결과이다.

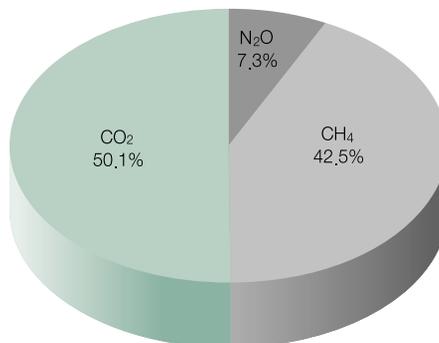
대전시에서는 발전소가 없기 때문에 전기 생산으로 인한 직접 배출량은 없으며, 전기 사용에 의한 간접

배출량을 산정하였다.

환경부문의 온실가스 배출량은 소각부문에서의 온실가스 배출량이 277,821톤CO_{2,eq}로 환경부문에서 52.2%의 배출기여를 보여, 가장 높은 배출량을 나타내었으며, 다음으로 매립부문(42.1%) > 하폐수부문(5.6%)의 순으로 나타났다.

환경부문의 온실가스 배출량을 온실가스별로 살펴보면, CO₂ 배출량이 266,659톤CO₂로 산정되어 50.1%의 배출기여를 보였으며, 다음으로 CH₄

[그림 3] 환경부문의 온실가스별 배출기여도





〈표 3〉 임업부문의 온실가스 흡수/배출량

구 분	온실가스 배출량		산림훼손으로 인한 배출량	계
	침엽수	활엽수		
배출량 (tCO ₂ ,eq)	- 23,695	- 12,101	228	- 35,568

(42.5%) > N₂O(7.3%) 순으로 나타났다.

대전시 농축산부문의 부문별 온실가스 배출량은 농업부문에서의 온실가스 배출량이 15,947톤CO₂,eq로 농축산부문에서 75.2%의 배출기여를 보였으며, 축산업에서의 온실가스 배출량은 5,269톤CO₂,eq(24.8%)로 나타났다.

농축산부문의 온실가스 배출량을 온실가스별로 살펴보면, CH₄ 배출량이 20,942톤CO₂로 산정되어 98.7%의 배출기여를 보였으며, N₂O 배출량은 274톤CO₂,eq(1.3%)로 나타났다.

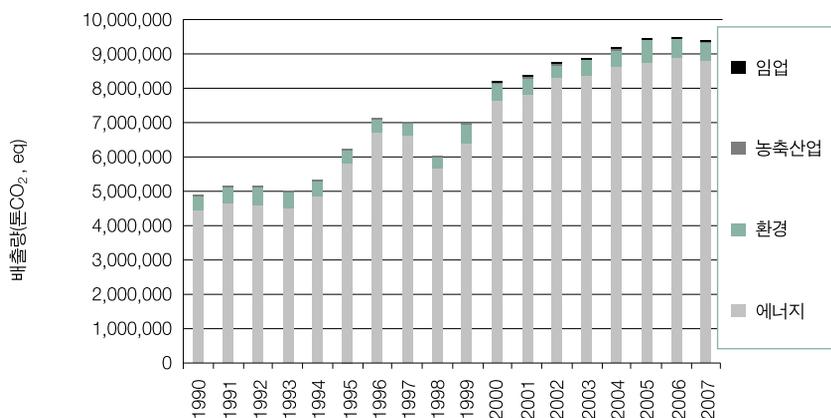
산림은 온실가스를 흡수한다고 알려져 있으며, 산

불, 목재생산, 산림훼손, 병충해 발생 등으로 인해 산림이 훼손된 경우에는 온실가스를 흡수하지 못하기 때문에 온실가스를 배출한 것으로 평가한다.

대전시의 임업부문의 온실가스 흡수량은 35,796톤의 CO₂를 흡수하는 것으로 산정되었으며, 산림훼손으로 인한 온실가스 배출량은 228톤CO₂로 나타나, 2007년도 대전시 임업부문의 온실가스 순 흡수량은 35,568톤CO₂로 나타났다.

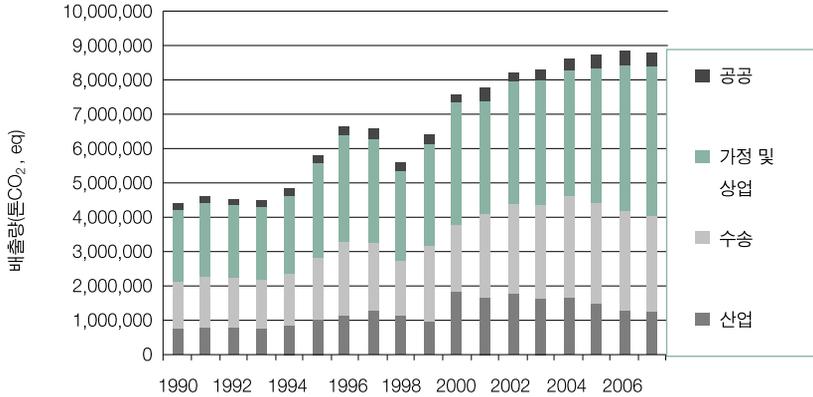
임업부문의 흡수량은 크게 침엽수종과 활엽수종의 흡수량으로 구분되는데, 대전시의 경우 침엽수종의 온실가스 흡수량이 23,695톤CO₂로 산정되었으며,

[그림 4] 부문별 연도별 온실가스 배출량





[그림 5] 에너지 세부부문별 연도별 온실가스 배출량



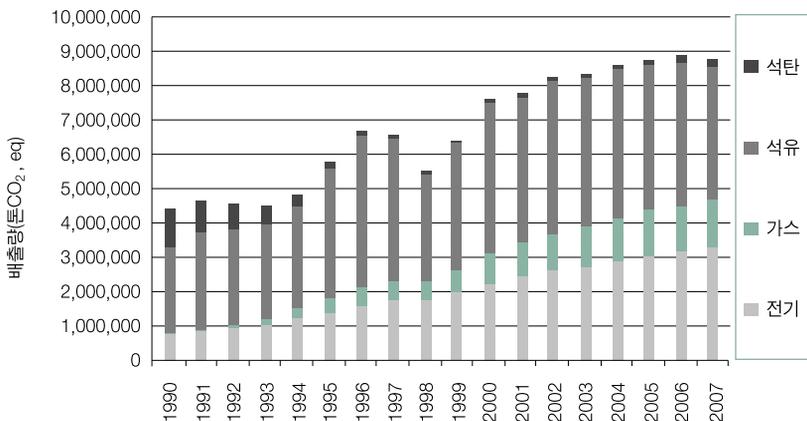
활엽수종의 경우 12,101톤CO₂로 산정되었다.

나. 대전시 온실가스 배출추이

2000년 이후 대전시 온실가스 총배출량을 살펴보

면, 2000년도에 8,159,674톤CO₂,eq에서 2007년에는 9,355,205톤CO₂,eq로 증가하여, 8년간 1,195,531톤CO₂,eq의 온실가스 배출량이 증가하였으며, 매년 약 150,000톤CO₂,eq의 온실가스 배출이 증가하는 것으로 나타났다.

[그림 6] 에너지원별 연도별 온실가스 배출량





〈표 4〉 대전시 부문별 연도별 온실가스 배출량

(단위 : tCO₂e)

대분류	중분류	세분류	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
에너지	가정 및 상업	소계	4,410,697	5,806,520	7,619,114	7,798,203	8,271,173	8,357,192	8,643,821	8,777,732	8,897,868	8,802,213		
		산업	762,885	1,018,411	1,847,182	1,694,131	1,777,916	1,634,036	1,695,417	1,695,417	1,525,947	1,279,571	1,299,578	
	가정 및 상업	수송	1,389,995	1,855,964	1,974,557	2,411,680	2,656,699	2,758,111	2,961,516	2,961,516	2,915,191	2,937,189	2,773,050	
		가정	2,087,829	2,705,267	1,711,991	1,793,974	1,886,206	1,909,670	1,892,374	1,892,374	1,900,236	1,928,955	1,894,435	
	공공	상업	1,839,037	1,839,037	1,839,037	1,545,931	1,652,400	1,730,516	1,757,066	1,757,066	2,044,584	2,311,951	2,452,887	
		공공	169,989	226,879	246,347	352,487	297,953	324,861	337,448	337,448	391,774	440,202	382,262	
	환경	소계	소계	426,156	368,101	509,595	500,654	415,959	469,275	465,712	613,642	533,965	533,965	531,776
			매립	401,171	288,355	277,217	272,041	267,340	258,230	251,396	237,429	228,690	228,690	224,082
		하폐수	하폐수	24,985	32,358	30,729	32,481	33,345	33,217	33,217	33,200	34,030	31,881	29,874
			소각	0	47,388	201,649	196,132	115,274	177,827	181,117	181,117	342,183	273,394	277,821
소계		58,971	42,672	30,965	28,492	27,072	27,072	24,546	23,490	24,464	22,803	21,216		
농축산업	농업	농업	42,536	31,116	25,054	23,569	22,490	19,997	18,421	19,389	18,088	15,947		
		축산업	16,435	11,557	5,911	4,923	4,582	4,549	5,070	5,070	5,075	4,715	5,269	
	임업	임업	0	0	34,427	54,415	41,891	51,704	49,900	38,362	26,959	35,568		
		총배출량	4,895,824	6,217,294	8,159,674	8,327,349	8,714,204	8,851,013	9,133,024	9,415,838	9,454,636	9,355,205		
순배출량	순배출량	4,895,824	6,217,294	8,125,247	8,272,934	8,672,314	8,799,308	9,083,124	9,377,475	9,427,677	9,319,637			
	인구	1,062,001	1,265,081	1,385,606	1,403,164	1,419,573	1,432,296	1,443,471	1,454,638	1,466,158	1,475,659			
1인당 배출량			4.61	4.91	5.89	5.93	6.14	6.18	6.33	6.47	6.45	6.34		

자료: 1) 2000년도 이전의 배출량 결과는 대전시, 온실가스 배출량 산정조사 및 저감방안 연구, 2009

2) 2000년 이후의 배출량 결과는 대전시, 대전시 기후변화대응을 위한 온실가스 감축 종합계획, 2010



[그림 4]에서 에너지부문의 온실가스 배출량이 대전시 온실가스 배출량의 대부분을 차지하는 것으로 나타나고 있어, 향후 온실가스 감축 정책의 수립시 에너지부문의 온실가스를 효율적으로 감축하는 정책방향성을 가져야 할 것으로 판단된다.

에너지부문별 온실가스 배출량을 보다 세분하여 살펴보면, 가정 및 상업부문과 수송부문에서 증가하는 것으로 산정되었으며, 산업부문의 온실가스 배출량은 감소추세에 있는 것으로 나타났다([그림 5] 참조).

에너지원별 온실가스 배출량은 2002년도 석유값이 오른 이후부터 석유소비에 의한 온실가스 배출량이 감소추세를 보이고 있으며, 도시가스 및 전기소비에 의한 온실가스 배출량은 꾸준한 증가추세를 보이고 있는 것으로 나타났다([그림 6] 참조).

매립은 매립량의 지속적 감소로 인해 매립부문의

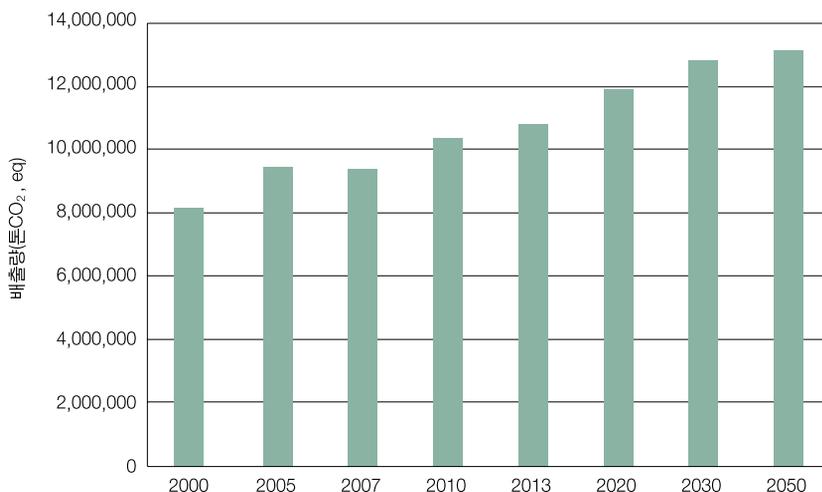
온실가스 배출추이는 매년 감소추세를 보이고 있는 것으로 분석되었다. 한편 소각은 소각량의 증감에 따라 온실가스 배출량의 증감이 급격한 특징을 보이고 있으며, 하폐수의 경우 증감을 반복하고 있으나, 연도별 증감 추이가 거의 나타나지 않는 특징을 보이고 있었다.

대전시는 농업 및 축산업부문의 경우, 매년 감소추세를 보였으며, 임업부문의 온실가스 흡수량은 2001년도에 최대치를 보였으며, 이후 증감을 거듭하면서 다소 감소 추세에 있는 것으로 분석되었다.

다. 대전시 온실가스 장래전망

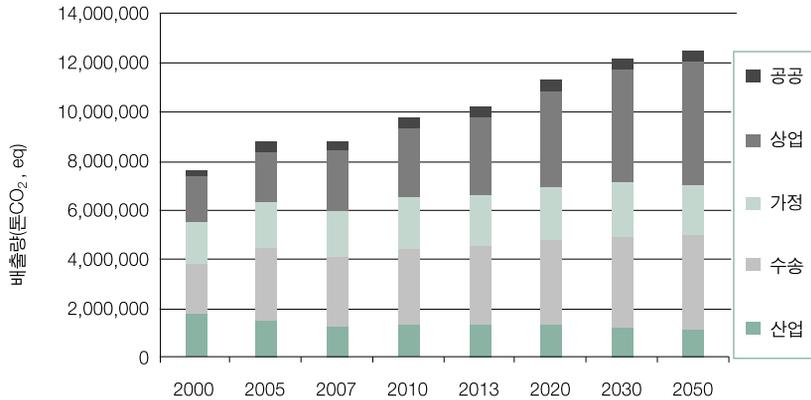
<표 5>에 의하면 추정된 대전시 온실가스 총배출량은 2020년에는 11,884,063톤CO₂,eq, 2050년도에는 13,080,445톤CO₂,eq으로 증가할 것으로 전망되

[그림 7] 온실가스 총배출량의 배출 전망





[그림 8] 에너지 세부부문별 온실가스 배출 전망



었으며, 이는 2005년 대전시 온실가스 총배출량인 9,415,838톤CO₂,eq 대비 각각 26.2%, 38.9% 증가 하였으며, 2005대비 2050년의 증감율은 연평균 0.73%의 증가율을 보이는 것으로 전망되었다¹⁾.

대전시 에너지 부분의 온실가스 배출량 전망은 2005년 8,777,732톤CO₂,eq에서 2050년도에는 12,492,169톤CO₂,eq으로 매년 0.79%의 증가율을 보이는 것으로 전망되었다.

산업부문의 경우는 2005년 1,525,947톤CO₂,eq에서 2050년도에는 1,171,442톤CO₂,eq으로 매년 0.59%의 감소율을 보이는 것으로 전망되었으며, 수송부문의 경우는 2005년 2,915,191톤CO₂,eq에서 2050년도에는 3,827,935톤CO₂,eq으로 매년 0.61%

의 증가율을 보이는 것으로 전망되었다.

가정 및 상업부문의 경우는 2005년 3,944,820톤CO₂,eq에서 2050년도에는 7,016,131톤CO₂,eq으로 매년 1.29%의 증가율을 보이는 것으로 전망되었으며, 공공부문의 경우는 2005년 391,774톤CO₂,eq에서 2050년도에는 476,661톤CO₂,eq으로 매년 0.44%의 증가율을 보이는 것으로 전망되었다.

환경부문중 매립부문의 온실가스 배출량은 2005년 237,429톤CO₂,eq에서 2050년 183,065톤CO₂,eq으로 매년 0.58%의 감소율을 보이는 것으로 나타났으며, 하폐수부문의 경우 온실가스 배출량이 매립이나 소각부문에 비해 현저히 낮고, 매년

1) 온실가스 장래전망에 대한 계산은 지역의 특성이 반드시 포함되어야 한다. 특히 대전시와 같이 소비중심 특성 및 산업에 의한 에너지 소비가 거의 없는 지역에서 온실가스 장래 배출량 추정이 매우 힘들다. 이에 본 연구에서는 온실가스 장래전망에 대한 지역형 수법(TOOL)을 적용하였다. 구체적으로는 온실가스 배출기여도가 가장 높은 에너지부문 중에서 산업, 공공, 상업부문의 경우에는 국가 GDP와 대전시 GRDP의 비율을 이용하여, 국가 최종에너지 소비전망결과를 대전시의 최종에너지 소비결과로 변환하여 적용하였다. 가정부문의 경우에는 인구에 의한 영향이 지배적이므로 1인당 에너지 소비량을 산정하여, 1인당 에너지 소비량에 대해 에너지 소비 전망을 적용한 뒤, 대전시 추계인구수를 곱하여 가정부문의 에너지 소비량을 산정하였다. 에너지부문을 제외한 농축산부문과 환경(폐기물)부문의 경우 과거 배출추이에 따른 회귀분석을 통해 장래 배출량을 추정하였다.



〈표 5〉 대전시 온실가스 배출전망

구분		2000	2005	2007	2010	2013	2020	2030	2050	증감률 (2005~2050)			
에너지	에너지 소계	7,619,114	8,777,732	8,802,213	9,778,280	10,216,028	11,315,473	12,193,942	12,482,169	0.79			
	수송	산업	소계	1,847,182	1,525,947	1,299,578	1,337,932	1,337,757	1,337,736	1,305,452	1,171,442	- 0.59	
			승용차(자)	1,974,557	2,915,191	2,773,050	3,148,482	3,255,304	3,434,905	3,607,418	3,827,935	0.61	
			승용(관)	785,931	1,315,868	1,287,437	1,472,532	1,549,435	1,682,719	1,815,449	1,991,829	0.93	
			택시(렌터카)	2,019	2,539	1,961	2,394	2,396	2,399	2,369	2,369	2,323	- 0.20
			합계	163,146	186,360	194,383	203,612	203,140	201,256	198,157	192,357	192,357	0.07
	가정 및 상업	가정	승합차	371,100	340,384	332,714	316,211	299,776	268,127	232,982	181,287	- 1.39	
			화물차	616,849	981,562	875,660	1,043,870	1,081,846	1,146,074	1,208,214	1,288,283	0.61	
			특수차	35,513	88,478	80,895	109,864	118,710	134,340	150,247	171,857	1.49	
			소계	3,551,028	3,944,820	4,347,322	4,859,427	5,177,182	6,064,204	6,812,818	7,016,131	1.29	
			전기	469,579	637,935	679,474	762,696	811,778	931,772	1,031,282	1,036,315	1.08	
	상업	공공	가스	572,136	804,734	790,095	851,249	885,709	964,219	1,043,991	995,071	0.47	
			기타	670,276	457,567	424,866	435,149	381,871	279,923	137,646	16,995	- 7.06	
			전기	766,474	1,222,032	1,404,757	1,619,118	1,787,137	2,250,141	2,756,434	3,149,681	2.13	
			가스	255,440	401,267	401,646	678,523	856,797	1,296,560	1,589,421	1,573,250	3.08	
기타			817,123	421,285	646,484	512,692	453,890	341,589	254,042	244,820	- 1.20		
환경	총배출량	공공	246,347	391,774	382,262	432,439	445,785	478,629	468,255	476,661	0.44		
		소계	509,595	613,642	531,776	533,664	540,094	550,906	561,290	574,564	- 0.15		
		매립	277,217	237,429	224,082	223,668	217,285	206,552	196,243	183,065	- 0.58		
		하폐수	30,729	34,030	29,874	32,580	32,633	32,721	32,807	32,916	- 0.07		
		소각	201,649	342,183	277,821	277,416	290,177	311,632	332,241	358,584	0.10		
농축산업	소계	30,965	24,464	21,216	20,580	19,500	17,684	15,940	13,711	- 1.28			
	농업	25,054	19,389	15,947	15,881	14,872	13,175	11,545	9,461	- 1.58			
	축산업	5,911	5,075	5,269	4,698	4,628	4,510	4,396	4,250	- 0.39			
총배출량		8,159,674	9,415,838	9,355,205	10,332,524	10,775,622	11,894,063	12,771,173	13,080,445	0.73			
인당 배출량		5.89	6.47	6.34	6.76	6.97	7.54	7.96	7.98	0.47			

자료: 대전시, 대전시 기후변화대응을 위한 온실가스 감축 종합계획, 2010



온실가스 배출량의 증가이 적은 특징을 보였다. 반면에 환경부문중 소각부문의 온실가스 배출량은 2005년 342,183톤CO_{2,eq}에서 2050년 358,584톤 CO_{2,eq}으로 매년 0.10%의 증가율을 보이는 것으로 나타났다.

농업부문의 온실가스 배출량은 2005년 19,389톤 CO_{2,eq}에서 2050년 9,461톤CO_{2,eq}의 온실가스를 배출하여 매년 1.58%의 감소율을 보였으며, 이는 농지면적의 감소로 인해 전반적으로 감소추세를 나타내고 있는 것으로 판단된다. 축산업부문의 온실가스 배출량은 2005년 5,075톤CO_{2,eq}에서 2050년 4,250톤CO_{2,eq}으로 매년 0.39%의 감소율을 보이는 것으로 나타났다.

라. 대전시 온실가스 삭감을 위한 핵심사업 분석

여기에서는 대전시 기후변화대응 정책가운데 감축 잠재량이 높은 정책을 선별하여 감축 핵심사업으로 선정 및 그 감축 잠재량 계산과 분석을 하였다²⁾.

먼저, 대전시 온실가스 감축목표 달성을 위해서는 표에서 제시된 감축 핵심사업을 중심으로 추진할 필요가 있는 것으로 나타났다.

한편, 온실가스 감축핵심사업 중에서 전기자동차 및 수소연료전지자동차 보급과 같은 기술의 발달이 전제되어야 하는 사업의 경우에는 이행평가를 통한 기술의 발전속도를 고려한 감축잠재량 보완이 필요한 것으로 나타났다.

〈표 6〉 대전광역시 핵심사업으로 인한 온실가스 감축잠재량

(단위: 천톤CO₂)

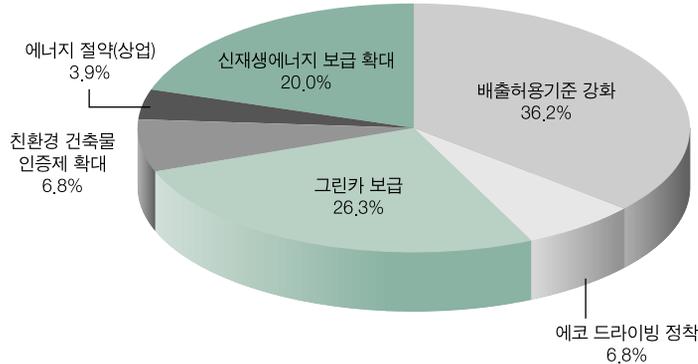
부 문	내 용		감축량(천톤/년)		
			2013	2020	2050
수송	배출허용기준 강화		189.3	1,027.9	1,216.4
	에코 드라이빙 정착	그린스타트	74.9	193.8	0.0
	그린카 보급	전기자동차(PHEV) 보급	0.0	503.6	0.0
		전기자동차(EV) 보급	0.0	240.5	0.0
		수소연료전지자동차 보급	0.0	0.0	2,611.5
건물(상업)	건물 에너지 관리	친환경 건축물 인증제 확대	53.1	193.4	740.1
	에너지 절약(상업)	실내 온도 적정유지	21.8	112.2	313.5
신재생에너지	신재생에너지 보급 확대		414.6	567.8	2,284.6
계			753.7	2,839.1	7,166.1

자료: 대전시, 대전시 기후변화대응을 위한 온실가스 감축 종합계획, 2010

2) 핵심사업은 2020년도의 온실가스 감축잠재량이 10만톤 이상인 정책을 선정하였으며, 2020년 대전시 온실가스 감축목표치의 79.6%에 해당한다.



[그림 9] 핵심사업별 온실가스 감축잠재량 기여도(2020)



또한, 감축핵심사업 중에서도 배출허용기준을 강화하는 정책의 온실가스 감축잠재량이 36.2%로 가장 높았으며, 다음으로 그린카 보급 정책(26.3%) > 신재생에너지 보급확대 정책(20.0%) 등의 순으로 분석되었다.

3. 녹색도시 실현을 위한 대전형 정책방향

가. 목표달성을 위한 구체적 핵심과제 선정

저탄소 녹색도시 실현을 위해서는 먼저 대전형 기후변화대응 비전 작성 및 주요 핵심사업 선정이 필요하다. 이를 위해 먼저 비전으로 “녹색성장 탄소저감 선도도시 대전”을 지정하였다. 현재 국정의 현안과제인 저탄소 녹색성장을 체계적으로 이행하면서 기후변화에 효과적으로 대응하고자 하는 대전시의 의지가 포함되었다고 할 수 있다.

비전의 달성을 위해, 인간과 도시의 조화부문과 에너지와 기술의 발전부문을 크게 양분하였으며 6개의

중점추진전략과 18개 핵심추진전략으로 구성하였다.

나. 목표달성을 위한 감축계획 구축

대전시는 정부의 녹색성장과 보조를 함께 하기 위해, 우선적으로 30/100으로 온실가스 감축량을 고민하였다. 그리고 이 목표달성도는 절대적인 것이 아니다. 산업 및 전력생산 등 투입되는 에너지 소비가 거의 없는 도시의 특성을 고려할 때, 지역의 사회문화적, 그리고 물리적 특성에 적합한 목표달성치로 변화가 필요할 것이다.

대전시 온실가스 감축 목표는 저탄소 녹색성장 기본법 제11조에 의해, 대전시 녹색성장추진계획에서 제시한 2020년 온실가스 배출량 BAU 대비 30% 감축을 목표로 시뮬레이션하여 보았다. 그 결과 2020년 온실가스 감축 목표기준에 따른 대전시 온실가스 감축량은 <표 6>에 제시된 바와 같이 2020년도에 3,565,219톤CO₂,eq의 온실가스를 감축해야 하는 것으로 나타났다.



[그림 10] 대전시 기후변화대응 비전 및 추진전략



한편, 본고에서는 상기의 녹색성장 기본법 제11조에서 제시한 2020년 온실가스 배출량 BAU 대비 30% 감축이 아니라, 2020년 BAU대비 24%와 20%로 고정하고 대전시 목표 감축량을 계산하여 보았다. 그 결과, BAU 대비 24%와 20%의 경우에는 각각 2,852,175톤CO₂,eq와 2,376,817톤CO₂,eq의 온실가스를 감축해야 하는 것으로 나타났다. 이와 같이, 대전시에서는 2020년 BAU대비 얼마를 삭감하는가에 따라서 감축량의 변화는 매우 크다. 온실가스 삭감은 많은 예산과 노력이 필요하다.

따라서 지역에서의 온실가스를 삭감한다는 것은 예

산 및 실현성 높은 정책이 제시되어야 하기 때문에, 가능한 지역실정에 적합한 감축목표치를 설정하는 것이 타당하다³⁾.

다. 대전시 기후변화대응 방향

1) 자원확보를 위한 탄소세 도입검토

대전시에서는 지역에서 발생하는 CO₂를 삭감 불이행시⁴⁾ 혹은 삭감에 필요한 시설물 설치 등 위한 재원마련이 필요하다. 이를 위해 외국 및 국내에서 일부

3) 대전시에서는 지역 나름대로의 온실가스 삭감목표량이 필요하다. 이것은 지역이 가지는 특수성 때문이다. 예컨대, 울산과 여수, 광양, 포항 등의 대도시에서는 산업에서 거의 대부분 온실가스 배출이 기인된다. 그러나 대전시는 1차산업 및 2차산업이 거의 없는 도시산업구조이다. 또한 수송 및 가정산업부문에서 가장 많은 삭감을 도모해야만 효과적이다.

4) 지역 삭감목표량 달성 불이행시 자원확보에 의해 탄소배출권을 구입할 경우를 의미한다.



〈표 7〉 대전시 2020년도 온실가스 감축목표량

국가기준	대전시 온실가스 배출량(2020년)(톤CO ₂ ,eq)	대전시 감축목표량(톤CO ₂ ,eq)
BAU 대비 30% 감축	11,884,063	3,565,219

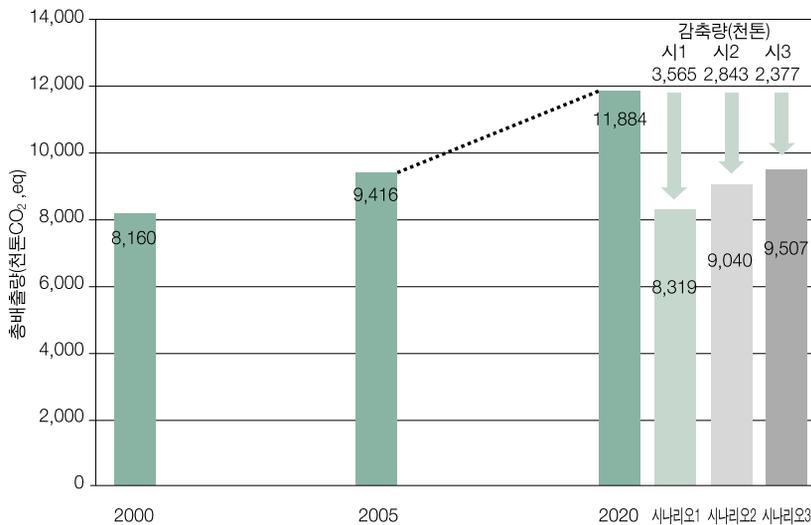
시행하고 있는 톨링(Tolling)⁵⁾의 검토가 필요하다.

서울시에서는 도심 교통난을 해결하는 한 가지 방안으로 지난 1996년 11월11일부터 남산 1·3호 터널을 오가는 차량 중 2인 이하가 탄 승용차에 대해 평일 오전 7시에서 오후 9시까지 2000원을 부과하고 있다. 또한 서울시는 2006년부터 2008년까지 3

년 동안 거둬진 혼잡통행료는 모두 461억3995만원이며, 이는 교통특별회계로 관리돼 대중교통서비스 개선 및 지원, 자전거도로 설치 및 정비, 어린이 보호구역 정비, 대중교통 환승체계 운영 등에 사용된 것으로 보고되고 있다.

노르웨이의 Bergen시는 1986년부터 시내중심가

〔그림 11〕 대전시의 2020년도 온실가스 감축량



5) 톨링은 혼잡통행료 및 탄소세의 개념으로 도심으로 진입하는 자가용 차량에 대해 일정 금액의 요금을 부과하는 제도를 말하는 것으로, 일반적으로 도심진입 차량에 대한 통행료 징수는 혼잡통행료징수와 유사한 정책이며, 도심지내 혼잡지역에 진입하는 차량을 억제하는 정책이다.



〈표 8〉 대전시 2020년도 온실가스 감축목표량(24%와 20%의 경우)

국가기준	대전시 온실가스 배출량(2020년)(톤CO ₂ ,eq)	대전시 감축목표량(톤CO ₂ ,eq)
BAU 대비 24% 감축	11,884,063	2,852,175
BAU 대비 20% 감축		2,376,817

유입도로 6개소에 요금징수소를 설치하여 통행료를 징수하고 있으며, Oslo시는 1990년부터 도심방향으로 진입하는 모든 차량에 대해 통행료를 징수하고 있으며 현재 19개의 징수소가 설치되어 있다.

Trondheim시는 1991년부터 통행료를 징수하였으며, 총 20개소의 징수소가 설치되어 있고, 시간대별, 중량별 차등통행료를 징수하고 있다.

노르웨이의 Bergen, Oslo 및 Trondheim 시의 도심 진입차량의 통행료 징수 결과 도심진입차량의 6~10%의 차량이 감소함을 보였으며, 특히 Trondheim 시의 경우 시간대별 차등통행료를 적용함으로써 혼잡시간대의 차량진입을 억제하는 효과를 보였다.

이에 대전시에서는 도심진입 차량중에서 자가용 승용차에 대해서만 통행료를 징수하고, 장애인 차량, 그린카, 선택요일제 시행차량 등에 한해 통행료를 할인하여 주는 정책 등을 고민하고, 지역형 톨링을 검토할 필요성이 있다.

구체적 방법을 제시하면, 먼저 대전광역시로 진입할 수 있는 고속국도 8개 지점과 시경계도로 11개 지점 총 19개 지점을 우선 선정한다. 다음으로 이 중에서 고속국도 8개지점의 경우 이미 통행료 징수를 위한

기본 시설에 구축되어 있으므로, 시경계 도로 11개 지점의 도심방면 유입차로에 대해서만 통행료 징수소를 설치하거나 AVI⁶⁾ 시스템을 이용한 전자징수시스템 도입 등이다.

2) 시민과 함께하는 지원제도 및 프로그램 개발

① 기초생활 수급자의 지원정책

기초생활 수급자의 경우 일반 전구를 LED 전구로 교체 및 대기전력 차단장치 등을 국비 또는 시비로 지원하는 방안을 모색할 필요가 있다. 또한 가정내 사용 중인 전구를 LED 조명전구로 무상으로 교체하고, 대기전력 차단장치 등 절전형 전기장치를 제공하여 에너지 절감을 도모한다.

② 교육청과의 유기적 관계

대전시의 온실가스 배출기여도는 가정 및 상업부문이 가장 높았으며, 가정부문의 온실가스 감축은 저탄소형 생활양식이 관건으로 아동들의 생활습관을 조기 개선할 수 있는 소양교육이 요구된다. 이에 대전시에서는 초등학교 재량·특별활동 과정에 기후변

6) AVI(automatic vehicle identification)는 차량의 번호판을 촬영하여 번호판 인식을 하는 장치. 현재 교통정보 수집용 카메라로 사용되고 있다.



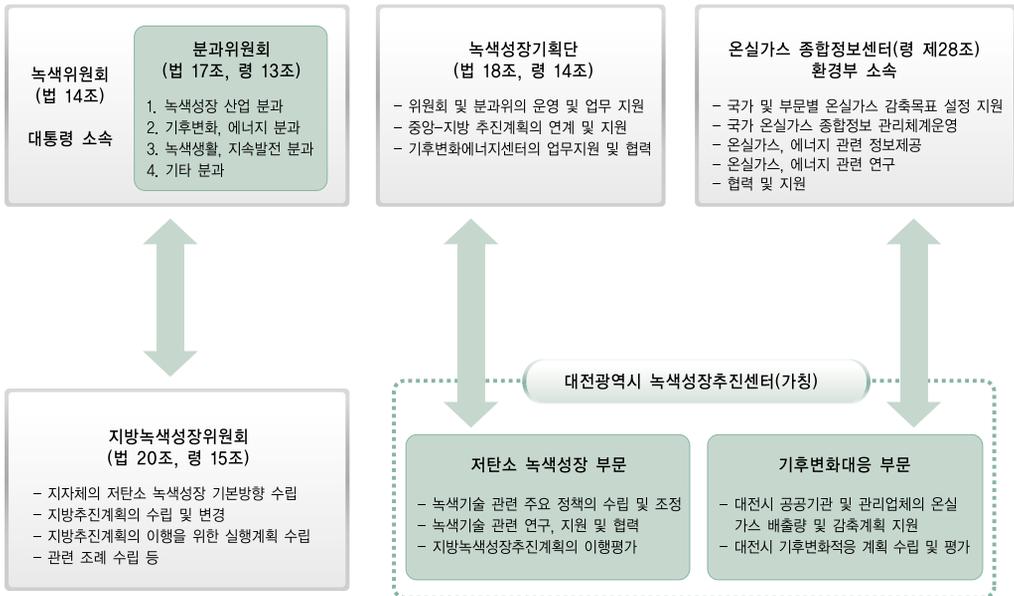
화대응 교육프로그램(환경부 교재 이용)을 연계, 아동 및 학부모가 참여하는 온실가스저감 실천교육으로 저탄소형 시민을 양성할 계획이다. 교육과학기술부의 저탄소 녹색성장 추진계획에 의하면, 현행교과서에 녹색성장 관련 내용 반영, 교육과정 개편 및 새 교과서 개발, 녹색성장 교원연수 강화, 녹색성장 연구학교 지정 및 운영, 생활과학교실 운영 등 아동부터 대학생까지 폭넓은 녹색성장 교육을 강화하려는 추세이다. 대전 교육청은 교육과학기술부의 정책과 보조를 맞추면서, 시민들의 기후변화 홍보 및 교육에 선도적인 역할을 담당해야 할 필요가 있다.

③ 시민단체의 지원 및 참여유도

한편, 시민참여를 위한 e거버넌스 구축 방안도 필

요하다. 이는 대전시와 시민단체가 협력하여 시민들을 e거버넌스 영역 안으로 유도하는 것이 중요하기 때문이다. 시민단체는 사이버상의 시민참여 유도 이외에도 오프라인에서의 기후변화대응 홍보 및 교육에 앞장서야 한다. 이를 위해 현재 범 정부적으로 추진중에 있는 그린스타트 운동, Me First 운동 등을 자발적으로 참여할 수 있도록 유도하고, 제철 먹거리 권장, 푸드마일리지 등의 홍보 및 교육을 위해 관과 민간단체가 원활한 협조체계와 역할을 분담하여야 할 필요가 있다. 대전시는 시민단체에 재정적인 인센티브를 지원할 필요가 있으며, 시민단체는 대전시나 기초지방자치단체의 저탄소 녹색성장 추진계획에 대한 객관적인 평가를 수행하고, 지방정부와 시민들과의 사이에서 주도적으로 참여를

[그림 12] 대전시 녹색성장추진센터의 역할 및 중앙기구와의 연계





유도하여야 한다.

3) 대전형 녹색성장추진센터(가칭) 신설

국가의 경우 업무 지원을 위해 녹색성장기획단(녹색성장기본법 18조)을 둘 수 있고, 온실가스 종합정보센터를 설립(녹색성장기본법 시행령 제28조)하여 기후변화대응 및 에너지 관련 주요 업무를 추진하도록 하고 있다. 대전시는 지방녹색성장 추진계획의 이행 평가, 지방녹색위원회의 업무 지원, 기후변화대응 정책 수립 및 평가 등을 실무적으로 전담할 실무센터가 필요할 것으로 판단된다.

대전시 녹색성장추진센터(가칭)은 국가의 녹색성장기획단 및 온실가스 종합정보센터와 협조체계를 구축하고, 대전시 지방녹색성장계획의 원활한 이행을 도모해야 하며, 대전시의 저탄소 녹색성장 및 기후변화대응을 체계적이고 종합적으로 추진하기 위한 실무적인 지원을 수행하여야 한다.

또한 센터가 명목상으로 유지되지 않도록 센터내에 저탄소 녹색성장 및 기후변화 업무를 담당하는 공무원을 파견하고, 대전시 녹색성장 및 기후변화효율성 제고를 위해 전문 연구인력과 공무원과의 연계를 강화하여야 한다. 대전시는 녹색성장 및 기후변화 업무 수행을 위한 전임연구원 및 센터 운영비를 지원하고, 안정적인 연구 수행과 아울러 향후 충청지역 및 대전권 녹색성장 및 기후변화대응센터로서의 중추적 역할을 할 수 있도록 유도한다.

4) 실무부서간 지원시스템 구축

대전시의 효율적인 기후변화대응을 위해, 대전시의

온실가스 목표관리는 정책기획관실과 같은 분야별 실국을 총괄할 수 있는 곳에서 수행하여야 할 것으로 판단된다. 그렇지만 모든 실무를 정책기획관실에서 관리하기 어려우므로, 온실가스 감축 부문은 환경녹지국에서, 에너지부문은 경제과학국에서 관리하여 정책기획관실과 상호 협조하여야 한다.

행정안전부에서 2010년 3월 제시된 종합합동평가 매뉴얼의 “자치단체 녹색경쟁력 지표 개발·운용 추진계획”에 의하면, 각 자치단체의 녹색경쟁력 수준을 종합적으로 비교·평가하여 자치단체간 경쟁을 유도할 계획에 있으므로, 대전시에서 녹색경쟁력을 높이고, 타 자치단체에 비해 우수한 결과를 얻기 위해서는 행정안전부에서 제시하고 있는 지표에 근거한 다양한 통계자료를 확보하고, 지속적인 갱신과 보완이 요구된다. 따라서, 전체적인 자료의 취합과 관리하는 정책기획관실에서 해야할지라도, 실무적인 자료의 생성 및 보고는 환경녹지국, 경제과학국, 교통건설국, 도시주택국 등 해당 영역의 실국에서 녹색성장추진센터(가칭)의 지원을 받아 체계적으로 수행하여야 한다.

특히 대전시는 가정 및 상업부문과 수송부문의 온실가스 배출이 지배적이므로 대전시와 시민단체가 협력하여 대시민 홍보 및 교육에 심혈을 기울여야 온실가스를 효과적으로 감축할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 대전시 산하 기초지방자치단체에서도 온실가스감축 및 에너지 절약에 관한 이행계획 수립, 대시민 홍보 및 교육 등을 위한 전담조직이 필요하다. 기초지방자치단체의 전담조직은 대전시 녹색성장추진센터(가칭)와 긴밀한 협조체제를 구축하여, 기초지방자치단체의 저탄소 녹색성장 및 기후변화대응 정책의 실무를 전담하도록 해야 한다.



4. 결론

본고에서는 대전시 온실가스 배출현황 및 장래전망을 제시하였다. 또한 이를 바탕으로 대전시 녹색성장 추진계획에서 제시하고 있는 온실가스 감축목표를 살펴보았다. 그리고, 대전시가 향후 기후변화 문제에 적극적으로 능동적으로 대응하고, 기후변화대응대책을 체계적·효율으로 추진할 수 있는 청사진 제시의 정책방향도 살펴보았다.

한편, 대전형 정책의 다변화를 위해서는 다음과 같은 과제해결에도 유의할 필요성이 있다. 먼저, 정책이행의 모니터링 확보 및 평가지표 개발이다. 지방녹색성장 추진계획의 이행평가에서는 수행된 정책과 추진계획에서 수립된 정책을 비교/평가하여 정책의 달성 여부 점검, 정책의 이행정도를 모니터하고, 평가하여, 기 수립된 정책을 보완하거나 조정하는 과정으로 볼 수 있다. 정책의 이행평가를 원활하게 수행하기 위해서는 수립된 녹색성장추진계획에 대한 이행정도를 평가할 체계화되고 객관화된 평가방법이 요구되어지며, 이를 위해 정성적 또는 정량적 평가가 가능한 평가지표가 개발되어야 한다. 따라서, 국가의 녹색성장 추진계획의 이행평가를 위한 지표가 개발되면, 대전시에서도 녹색성장추진센터(가칭)에서 국가의 평가지표를 준용하여 녹색성장 추진계획의 이행평가를 수행하고, 대전시의 지역적인 특성을 고려할 수 있는 별도의 평가지표를 보조적으로 활용할 필요가 있다.

다음으로, 지역에서는 앞으로 기후변화 대응 뿐 아니라, 적응정책에 대한 방향도 함께 고민되어야 한다. 특히 지방자치단체의 지리지형적 여건 등에 따라 대응방법이 상이하게 되므로, 획일적인 중앙집중식 기후변화적응 정책을 적용할 수 없다는 단점이 있다. 따

라서 지방자치단체에서는 지리지형적 또는 사회적인 여건에 따른 지방자치단체의 특성을 고려한 기후변화 적응대책에 대한 우선순위를 두어야 할 필요성이 있으며, 국가에서는 이러한 지방자치단체의 특징적인 취약성평가를 중복되지 않게 국가 차원에서 관리하도록 하고, 시범사업을 통해 지역적인 특성에 맞게 배분하여야 할 것이다.

참고 문헌

국가환경정보센터, 「기후변화 여건과 전망」, 2008
 국립산림과학원, 「기후변화협약 대응산림부문 온실가스 통계체계 구축」, 2006
 국무조정실, 「기후변화대책기획단, 기후변화 제4차 종합대책」, 2008
 대전시, 「대전시 녹색성장 추진계획」, 2009
 대전시, 「온실가스 배출량 산정조사 및 저감방안 연구」, 2009
 대전시, 「대전시 기후변화대응을 위한 온실가스 감축 종합계획」, 2010
 정환도, 「기후변화대응 실행계획 작성을 위한 기초연구」, 대전발전연구원, 2009
 정환도, 「녹색도시 대전」프로젝트 구체화 방안」, 대전발전연구원, 2008
 정환도, 「온실가스 저감을 위한 대전광역시의 대응방향」, 대전발전연구원, 2004
 정환도, 「대전시 공공기관에 대한 온실가스 저감방안」, 대전발전연구원, 2009
 정환도, 「기후변화협약과 대전시 전력부문의 기초연



구], 대전발전연구원, 2008
정환도, 「기후변화협약과 대전시 자동차부문의 기초
연구」, 대전발전연구원, 2007
환경관리공단, 「지방자치단체 온실가스 배출량 산정
을 위한 SOP 작성」, 2008
환경부, 「지방자치단체 기후변화대응 업무안내서」,
2008



원유시장 동향

노 남 진 에너지경제연구원 연구원

1. 국제원유 가격

가. 월별유가 동향

2010년 초 그리스를 중심으로 한 유럽국가 재정위기 가능성에 대한 우려는 유가하락을 유발했고 경기 회복에 대한 우려가 확산되자 안전자산인 달러화에 대한 선호 강화로 낙폭은 확대되어 2월초 유가는 배럴당 \$70선까지 하락하였다. 하지만 2월 그리스 정부의 적극적인 긴축안 발표와 EU 및 IMF의 재정지원책이 마련됨에 따라 재정위기에 대한 우려는 다소 진정되며 유가는 반등세를 나타냈다. 이후 4월 한때 아일랜드 지역의 화산 폭발로 인한 유럽지역 항공운항 마비 사태는 항공유 등의 석유제품 소비부진과 유럽 지역 수출입 차질에 따른 경기회복 둔화 우려를 낳으며 유가 상승세를 다소 제한하기도 하였으나 항공운항은 단시일 내에 재개되며 유가는 5월초 배럴당 \$85를 돌파하기에 이른다.

하지만 5월 들어 유가는 올해 최대의 급락세를 기록하였는데 WTI 선물 기준 근 3주 만에 유가는 배럴당 \$20에 육박하는 큰 폭의 하락세를 보였다. EU와 IMF의 그리스에 대한 금융지원에도 불구하고 유럽의

재정위기를 해결하기엔 불충분 할 것이라는 분석에 힘이 실리면서 유럽지역에 대한 불안감은 재확산되었다. 특히 그리스의 재정위기 상황 발생 시 포르투갈, 스페인, 이탈리아, 아일랜드, 영국 등 유럽 주요국 은행들의 위기가 연쇄적으로 초래될 수 있다는 전망으로 유럽발 재정위기에 따른 부정적 파급효과의 규모에 대한 우려가 확산되었다. 또한, 유로존 국가들의 그리스 재정지원에 대한 합의에도 불구하고 여전히 그리스의 국제가격이 지나치게 높았던 상황은 기타 유럽 국가들의 은행으로 하여금 국제 발행 시 높은 비용을 지불해야 한다는 부담으로 작용하여 그리스 문제는 좀처럼 명쾌한 돌파구를 마련하기 힘들어 보였다.

더욱이 유럽지역 재정위기 우려가 확산됨에 따라 유로화 가치는 크게 하락, 상대적으로 유로화 대비 달러가치 상승을 유발(2008년 11월 이후 근 18개월 만에 최고치로 상승)하여 금융측면에 있어서도 유가 하락은 지지되었다.

펀더멘탈 측면에서도 높은 수준의 OECD 원유 및 석유제품 재고 수준은 유가 하락 압력을 가하는 요인으로 작용하였다. 물론, 1/4분기 주요국의 경기지표 개선 발표는 유가 반등을 유인하고 있었으나 유럽발 재정위기가 확산되자 높은 재고 수준에 대한 부담은

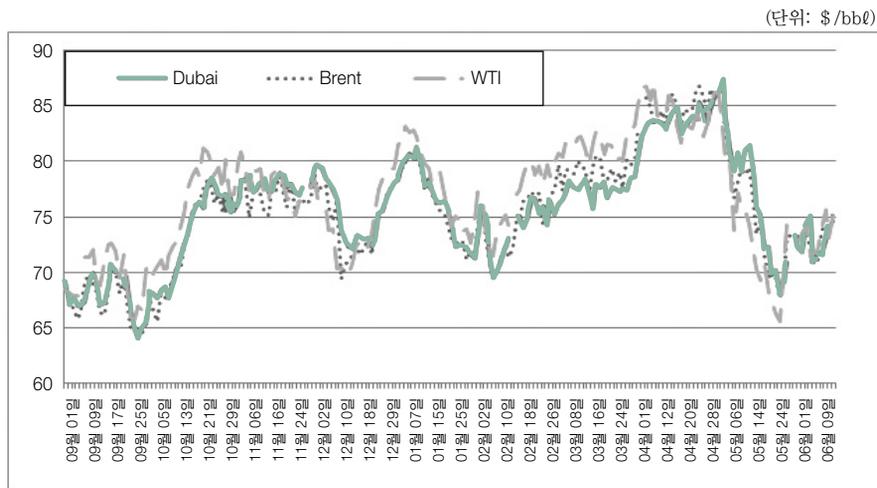
석유수요 회복에 대한 우려와 함께 유가 하락에 일조한 모습이다.

그러나 유럽 금융지원 방안의 실효성에 대한 의구심이 지속되고 있는 상황에서도 유럽연합(EU)을 중심으로 한 재정위기 우려 완화 노력은 지속되고 있다. EU와 IMF는 향후 3년간 그리스에 대해 1천억~1천2백억 유로의 금융지원을 할 것에 합의하였으며, EU 27개국 재무장관은 유로존 회원국의 구제를 위한 재정안정기금 조성에 합의한 바 있다. 또 유럽통화정책위원회

(European Monetary Official)는 지속적인 유로화 가치 하락에 대한 대처방안을 강구하고 있는 상황이다.

5월 중순 유럽의 재정위기로 세계 경기회복이 둔화될 것이라는 비관적인 전망이 점차 확산되는 가운데 그간 호조세를 지속했던 미 경기지표마저 부진한 모습을 일부 나타내자 경기회복에 대한 불안감은 더욱 확산되었는데, 4월 미 경기선행 지수는 전월대비 0.1% 하락하며 13개월 연속 상승세를 마감하였고, 5월 중순의 미 신규실업수당 신청자 수는 4월 첫 주 이

[그림 1] 국제유가 변동추이



〈표 1〉 분기별 원유가격 변동 추이 분석

(단위: \$/bbℓ)

구 분	2009년			2010년			
	3분기	4분기	연평균	1분기	4월	5월	6월
Dubai	67.83	75.38	61.92	76.02	83.64	77.85	72.93
WTI	68.14	76.02	61.94	78.81	84.50	73.80	73.29

자료: 한국석유공사



래 최고치를 기록하였다.

그러나 5월 말 그 간의 유럽 재정위기 우려에 따른 유럽 증시의 폭락이 과도했다는 평가와 OECD의 세계 경제전망보고서를 통한 세계 경제성장률 상향 조정은 유가 반등의 모멘텀으로 작용하였는데, OECD는 보고

서를 통해 세계 경제가 금년과 내년 각각 4.6%, 4.5% 성장할 것으로 전망, 작년 11월 전망치 대비 1.2%p, 0.8%p 상향 조정한 바 있다. 6월에도 전반적인 유가 상승세가 유지되고 있는데 여름철 드라이빙 시즌 도래에 따른 휘발유 수요증가 기대와 중국 및 미국 등 주요국

〈표 2〉 2010년 월별 석유시장에 영향을 미친 주요 사건

기간	주요 변동 요인
1월	<ul style="list-style-type: none"> 중국 중앙은행인 인민은행의 3개월 채권 금리 인상 캐나다 Newfoundland의 정제시설 화재 발생 중국 인민은행, 19개월만에 처음으로 시중은행의 지급준비율 0.5%p 인상 미 오바마 대통령의 은행권 규제안 발표 중국 중앙은행인 인민은행의 시중은행에 대한 기준을 추가 인상 유럽 지역 국가들에 대한 재정적자 우려 확산
2월	<ul style="list-style-type: none"> 미 국립기상청(NWS)의 난방유 소비증가 전망 나이지리아 반군세력(MEND)의 Shell사 송유관 공격 EU 특별 정상회의의 유럽국가 재정지원 문제 해결방안 논의 프랑스 Total의 정제능력 감축 계획 발표에 따른 노동자 무기한 파업 2009년 4/4분기 미국의 경제성장률 예상보다 높은 5.9%로 상향조정
3월	<ul style="list-style-type: none"> 그리스 총리의 48억 유로 규모 재정적자 감축 프로그램 발표 미 공급자관리협회(ISM) 서비스지수, 53으로 2007년 12월 이후 최고치를 기록 유럽중앙은행(ECB)의 정례 금융통화정책 회의, 기준금리를 현행 1%로 유지
4월	<ul style="list-style-type: none"> 골드만삭스 서브프라임 모기지증권 투자관련 혐의로 미 증권위원회(SEC)에 의해 피소 아일랜드 화산폭발로 인한 항공운항 차질 미 연방준비제도이사회(FRB), 기준금리(0~0.25%) 동결 미 1/4분기 미 GDP 성장률 3.2% 기록, 최근 3분기 연속 상승 S&P, 그리스 및 포르투갈의 신용등급 하향 조정
5월	<ul style="list-style-type: none"> 유로존(유로화 사용 16개국)과 국제통화기금(IMF), 2010~2012년 기간동안 그리스에 1천억~1천200억 유로 지원 결정 스페인 정부 파산위기에 처한 가톨릭계 저축은행인 '카하수르' 국유화 결정 OECD의 세계경제 성장률 전망치 상향조정 피치(Fitch)사, 스페인의 국가 신용등급 강등

의 경기지표 개선 소식이 유가 상승을 지지하고 있다.

나. 유가변동요인 분석

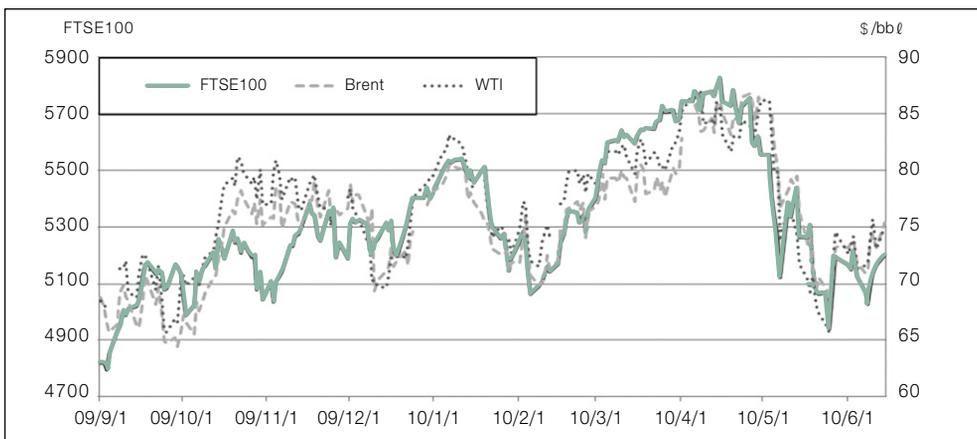
2010년 들어 그리스를 비롯한 유럽 국가 재정위기의 가능성이 대두되며 국제 유가는 이전에 비해 유럽 증시와 매우 밀접한 상관관계를 나타내고 있다. 아래 그래프를 보면 영국의 FTSE100과 국제 유가는 지난 4월 초 올해 최고치를 기록한 이후 5월 말까지 급락세를 함께 하고 있다. 작년 하반기 세계 경기회복 여부 혹은 회복속도가 가장 큰 이슈였던 시기에 세계 경제상황을 나타내는 대표적 지표가 다우존스 등의 미 증시 상황이었다는 것에 비해 최근 유럽국가의 재정위기에 대한 우려가 세계 경기회복의 지연 요인으로 이슈화되면서 유럽 증시가 유가에 미치는 영향은 더욱 커졌음을 알 수 있다.

한편, 달러화 가치는 작년 한 해 대규모 경기부양자

금 유입으로 인한 유동성이 증가함에 따라 유가상승의 주요요인으로 작용하였으나 2010년 들어 유로-달러 환율과 국제유가 간의 상관관계는 이전에 비해 낮아진 모습이다. 아래 그래프를 보면 2009년 12월 이래 유로화 대비 달러가치는 전반적인 상승세를 나타내고 있으나 유가는 혼조세를 나타내고 있으며, 2010년 2월~4월 기간 중엔 달러가치의 상승세에도 불구하고 유가는 상승세를 지속하는 추세였다. 그러나 지난 5월 유럽발 재정위기에 대한 우려가 극대화된 시점의 경우, 달러화 가치의 상승이 유가 하락폭을 확대시킨 것으로 보이는데, 5월 중순 유로화 대비 달러가치는 최근 18개월내 최고치로 상승한 시기에 국제유가는 \$60/bbl 초반대로 급락한 바 있다.

5월 중 유럽지역 재정위기에 대한 우려가 확산되고 달러가치 상승세가 지속되면서 유가는 급락세를 보였으나 6월 들어 유가는 재반등하고 있다. 하절기 드라이빙 시즌 도래에 따른 석유수요 증가 기대는 유가 상승을

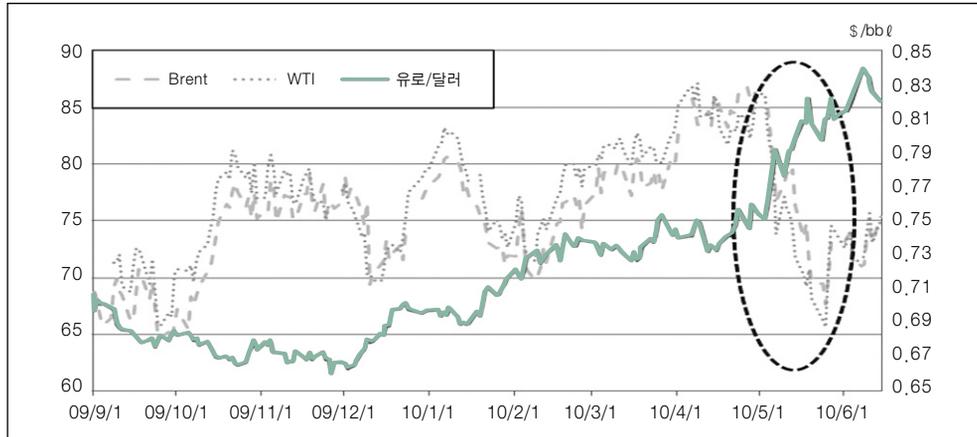
[그림 2] 유럽 증시와 유가 변동 추이



자료: Reuters Datastream, 한국석유공사



[그림 3] 유로/달러 환율과 유가 변동 추이



자료: Reuters Datastream, 한국석유공사

지지고 있으며 미국과 중국의 주요 경기지표의 개선 발표는 2010년 석유수요 증가 기대에 힘을 싣고 있다.

또한 IEA 등 국제에너지 기관의 2010년 세계 석유수요 전망치 상향 조정은 유가 상승을 견인하고 있다. IEA의 연초 전망보고서는 2010년 세계 석유수요가 주로 비OECD 국가의 석유수요 증가에 의해 견인될 것으로 전망한 것에 반해, 최근 보고서에 따르면 OECD 국가의 석유수요 역시 점차 회복됨에 따라 향후 세계 석유수요의 증가폭은 더욱 확대될 것으로 전망하고 있다.

2. 세계 석유수급 동향

가. 석유수요

6월 IEA의 월간 보고서에 따르면 2010년 세계 석유수요는 2009년 대비 1.7백만b/d 증가한 86.4백만

b/d가 될 전망으로, 전월 전망치 대비 약 6만b/d 상향조정되었다. 지역별로 살펴보면 유럽국가 재정위기에 대한 가능성으로 인해 유럽 OECD지역의 석유수요는 전월 전망치에 비해 하향조정된 반면, 북미 및 태평양 OECD 지역의 석유수요는 늘어날 것으로 분석되었다.

전체 OECD 국가의 2010년 석유수요는 전월 전망치 대비 다소(8만b/d) 상향조정된 45.5백만b/d로, OECD 북미지역의 예상보다 빠른 경기회복세에 따른 중간유분 소비 증대와 OECD 태평양 지역의 휘발유 및 경유 수요증가 기대가 상향조정의 요인이 되었다. 반면, 4월 중순 아일랜드 화산 폭발로 인한 제트유 수요 부진과 그리스 발 재정위기의 가능성으로 OECD 유럽지역의 석유소비는 기존 예상보다 감소할 것으로 전망됨에 따라 전체 OECD 국가의 석유수요 전망치는 전월에 비해 큰 폭으로 상향조정되지는 못하였다.

〈표 3〉 세계 석유수요 동향 및 전망

(단위: 백만b/d)

구 분	2009년					2010년					전년대비 증감 2009/2010
	1/4	2/4	3/4	4/4	2009	1/4	2/4	3/4	4/4	2010	
OECD	46.6	44.4	45.0	45.9	45.5	46.0	45.0	45.2	45.8	45.5	0.0%
북미	23.5	22.9	23.2	23.5	23.3	23.6	23.8	23.6	23.5	23.6	1.3%
유럽	14.9	14.2	14.5	14.4	14.5	14.2	13.9	14.4	14.4	14.2	-2.1%
태평양	8.1	7.3	7.3	8.0	7.7	8.2	7.4	7.2	7.9	7.7	0.0%
비OECD	37.9	39.6	40.3	40.0	39.5	40.0	41.2	41.4	41.1	40.9	3.5%
중국	7.7	8.6	8.8	8.9	8.5	9.1	9.4	9.1	9.1	9.2	8.2%
기타 아시아	9.9	10.0	9.8	10.1	9.9	10.1	10.2	10.0	10.3	10.2	3.0%
세계전체	84.3	83.9	85.1	85.7	84.8	86.0	86.2	86.5	87.0	86.4	1.9%

주: 2010년 수요는 전망치임.

자료: IEA Monthly Oil Market Report, 2010년 6월호

4월 기준 OECD 북미지역의 석유소비는 전년동월 대비 약 3.6% 증가한 것으로 추정되고 있는데, 특히 경유소비는 전년동월 대비 4.5% 증가하여 가장 큰 증가세를 나타낸 것으로 추정되고 있으며, 이어 휘발유 소비는 2.5% 증가한 것으로 추정되었다. 반면 제트유 및 등유 소비는 3.7% 감소한 것으로 나타나고 있으나 감소폭은 이전에 비해 줄어든 것으로 추정되고 있다. 한편, 1/4분기 북미OECD 석유수요는 전년동기 대비 약 0.1백만b/d 증가하였는데, 1/4분기 동안 석유화학 산업의 원료인 납사 및 LPG 등의 수요는 증가한 반면, 수송용 석유제품인 휘발유 및 경유소비가 상대적으로 부진했던 것으로 분석된다.

OECD 유럽지역의 4월 기준 석유수요는 전년동월 대비 3.5% 감소한 것으로 추정되는데 아일랜드 화산 폭발로 인한 항공운항 차질로 제트유 및 등유 소비가 감소한 것이 주요 요인으로 분석된다. 한편, 유럽지역

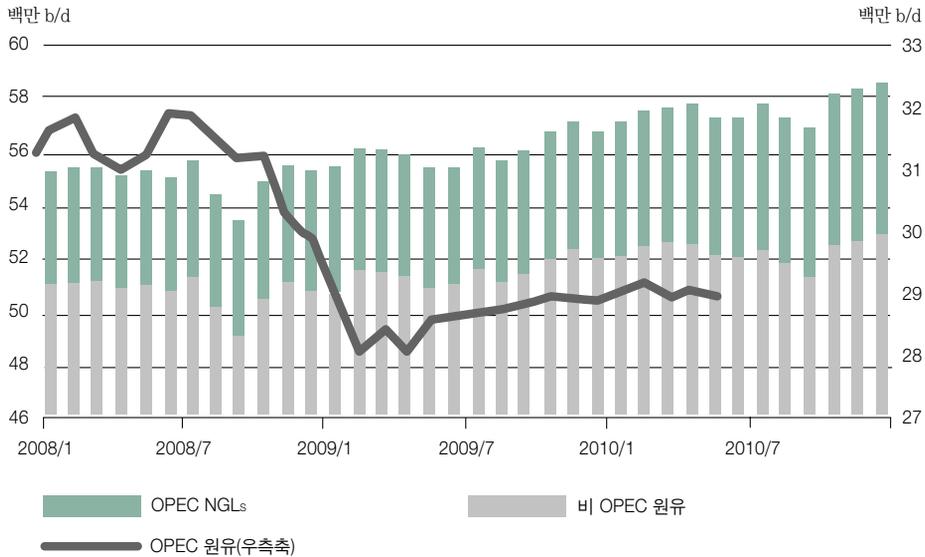
의 4월 기온이 예년에 비해 상대적으로 낮아 난방유 소비가 증가할 것으로 기대되었으나 난방유보다 싼 천연가스가 대체연료로 활용됨으로써 난방유소비는 크게 늘어나지 못한 것으로 분석된다.

한편, OECD 태평양 지역의 4월 기준 석유수요는 전년동월대비 2.3% 증가하였는데 납사 및 중유를 제외한 모든 석유 제품 소비가 증가한 것으로 나타나고 있으며, 특히 제트유 및 등유의 소비가 전년동월대비 23.0% 증가함에 따라 석유수요 증가를 견인한 것으로 분석되었다.

비OECD 지역의 2010년 석유수요는 전월 전망치 대비 3만b/d 하향조정된 40.9백만b/d로, 아시아 및 남미지역 비OECD 국가의 석유수요는 당초 예상보다 늘어날 것으로 전망된 반면, 아프리카 및 중동의 석유 수요가 당초예상보다 부진할 것으로 전망되었다. 한편, 비OECD 석유수요 증가의 핵심이 되고 있는 중국



[그림 4] OPEC 및 비OPEC의 석유생산



자료: IEA Monthly Oil Market Report, 2010년 6월호

의 4월 석유수요는 전년동월대비 12.7%나 증가하여 3월의 증가세와 비슷한 수준을 유지하였지만 이는 이전의 증가세에 비해 다소 낮은 증가율을 기록한 편에 속한다. 제품별로 살펴보면, 4월 중국의 납사 수요는 전년동월대비 41.5% 증가하였으며 제트유 및 등유는 30.1%, 가스오일은 16.1% 증가한 반면, 휘발유 및 중유 소비는 전년동월에 비해 각각 2.7%, 3.7% 감소한 것으로 추정되었다.

나. 석유공급

5월의 세계 석유 공급량은 전월대비 57.5만b/d 감소한 86.3백만b/d로 대부분 생산시설 유지 보수 기로 인한 비OPEC의 석유 생산량 감소에 기인한다. 그러나 5월 기준 전년동월대비 세계 석유공급량

은 2.2백만b/d 증가하였으며, 비OPEC의 생산, OPEC의 원유생산, OPEC의 NGL 생산은 각각 전년동월대비 1.1백만b/d, 0.4백만b/d, 0.7백만b/d 증가했다.

5월 비OPEC의 석유 생산량은 북해 및 캐나다 지역의 생산시설 유지보수기에 따른 생산량 감소로 전월에 비해 54만b/d 감소하였으나 전년동월대비 1.1백만b/d 증가하였다. 2010년 비OPEC의 석유 생산량 전망은 전월전망치 대비 65만b/d 상향조정된 52.3백만b/d로 전년대비 약 0.8백만b/d 증가할 것으로 전망되고 있다. OECD 유럽지역의 북해 석유 생산량이 증가할 것으로 전망되는 가운데, 미국의 NGL 생산 및 캐나다의 비튜멘 생산이 증가할 것으로 전망되고 있다. 지역별로 러시아, 브라질, 미국, 캐나다, 콜롬비아, 인도 및 카스피 해 지역의 원유 생

산이 늘어날 것으로 전망되며, 노르웨이, 멕시코, 영국의 생산량은 전년에 비해 감소할 것으로 전망되고 있다.

OPEC의 5월 원유 생산량은 전월대비 3만b/d 감소한 29.02백만b/d를 기록하였는데 이라크의 생산은 증가한 반면, 나이지리아 및 앙골라의 생산은 감소한 것으로 나타나고 있다. 감산합의를 이행하고 있는 OPEC-11개국의 생산량은 전월대비 17만b/d 감소하여 감산합의 이행률은 58%를 기록, 전월에 비해 3%p 상승하였으며, 2010년 OPEC 생산 석유에 대한 수요(Call on OPEC)는 전월 전망치와 같은 28.7백만b/d에 달할 것으로 전망되며 2009년과 비슷한 수준을 유지할 것으로 전망되었다.

다. 석유재고

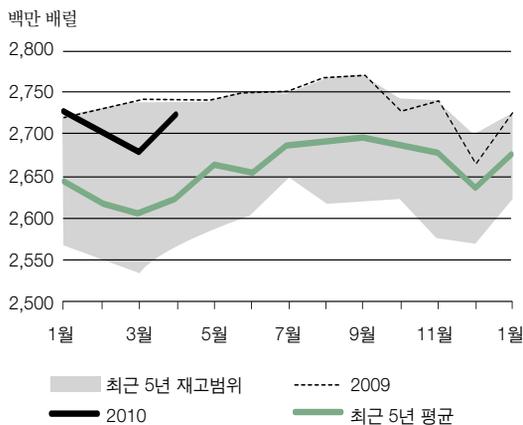
4월 기준 OECD 상업용 석유재고는 전월대비 47.9

백만 배럴 급증한 2,726백만 배럴을 기록, 최근 5년 평균치 증가분인 17.8백만 배럴에 비해 2배 이상의 증가세를 기록하였는데, 매년 4월 석유재고는 동절기 이후 계절적 수요의 감소로 전월에 비해 증가하는 추세이나 금년의 경우 상대적으로 증가 폭이 큰 것으로 나타나고 있다. 원유재고는 21.2백만 배럴 증가하였으며 석유제품 재고는 23.9백만 배럴 증가 것으로 나타났다.

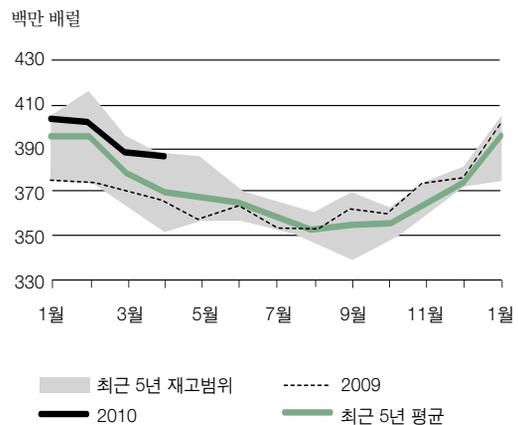
한편, 5월 기준 OECD 산업용 석유재고는 4월에 비해 19.0백만 배럴 증가할 것으로 추정되는데 이는 최근 5년간 평균 재고 증가폭이 39.5백만 배럴이었던 것에 비해 상대적으로 매우 적은 폭의 증가세를 기록하는 것이다.

OECD 북미지역의 4월 석유재고는 전월대비 30.2백만 배럴 증가하였는데, 이중 30.0백만 배럴이 석유제품 재고로 대부분 미국의 중간유분 및 기타제품 재고인 것으로 나타났다. 또한 계절적 요인에 따른 증유 및 휘발유 수요 감소도 제품 재고의 증가 요인으로 작

[그림 5] OECD 원유재고 변동추이



[그림 6] OECD 휘발유 재고 변동추이



자료: IEA Monthly Oil Market Report, 2010년 6월호



용하였다.

한편 미 에너지정보청(EIA)의 5월 재고량 추정치에 따르면 미국의 상업용 석유재고는 전월대비 7.7백만 배럴 증가한 것으로 분석되는데 원유재고는 2.4백만 배럴 증가하였으며 나머지 5.3백만배럴은 석유제품 재고로 프로판 및 기타 석유제품 재고가 증가분의 대부분을 차지하는 것으로 추정된다.

OECD 유럽지역의 4월 기준 석유재고 역시 전월대비 8.6백만 배럴 증가하여 최근 5년 평균 증가분인 1.1백만 배럴을 크게 상회하고 있는데, 이탈리아, 네덜란드, 영국의 원유재고 증가가 12.3백만 배럴에 달해 재고 증가의 주요 요인으로 작용하였다. 반면 핀란드, 프랑스, 이탈리아, 네덜란드의 휘발유 재고는 전월에 비해 5.1백만 배럴 감소함에 따라 원유재고 증가에 따른 전체 석유재고 증가폭을 상쇄하고 있는 것으로 분석됐다.

OECD 태평양 지역의 4월 석유재고는 9.2백만 배

럴 증가하였는데 일본의 원유재고 증가량이 6.9백만 배럴에 달해 해당지역 석유재고 증가의 주요 요인으로 작용하였다. 한편, 석유제품 재고는 1.8백만 배럴 감소하였는데 중간유분 재고와 기타 제품 재고가 각각 2.6백만 배럴, 0.7백만 배럴 감소하였으나, 일본의 휘발유 재고가 약 1.5백만 배럴 증가함에 따라 전체 OECD 태평양 지역의 석유제품 재고 감소폭은 제한되었다.

3. 향후 시장 전망

2월~5월 초 기간 동안 국제유가는 유럽 국가의 적극적 긴축안 및 재정 지원방안 마련에 따른 유럽재정 위기 우려 진정과 세계 주요국의 경기회복세가 나타나면서 상승세를 나타냈으며 개도국을 중심으로 한

〈표 4〉 분기별 원유가격 변동 추이 분석

(단위: \$/bbl)

기관 (전망시기)	기준 유종	2009년	2010년					비고
			1/4	2/4	3/4	4/4	연평균	
CGES (2010.5.24)	Brent	61.8	76.7	79.5	79.1	77.7	78.2	기준유가
		61.8	76.7	80.2	83.3	89.7	82.5	고유가
		61.8	76.7	77.6	71.2	61	71.6	저유가
CERA (2010.5.14)	Dubai	62.25	76.53	80.66	76	77.33	77.63	기준유가
		62.25	76.53	93	94	97	90.13	고유가
		62.25	76.53	58	52	55	60.38	저유가
EIA (2010.5.11)	WTI	61.66	78.64	82.43	83.67	84	82.18	기준유가
PIRA (2010.5.18)	WTI	61.7	78.67	76.62	78.83	86.67	80.2	기준유가

높은 경제성장률과 미국의 경기지표 개선 발표는 석유 수요 증가 기대를 뒷받침할 근거로 작용하였다. 펀더멘탈 측면에서도 연초부터 5월까지 비OPEC의 석유 생산량은 전반적으로 감소한데 반해 세계 석유 수요는 주요국의 경기호전으로 점차 회복세를 나타내며 수급은 더욱 타이트해지는 모습이였다.

그러나 EU 및 IMF의 그리스 재정지원방안 마련에도 불구하고 재정지원 규모의 불충분에 대한 우려와 그리스를 비롯한 유럽 각국의 긴축재정에 따른 경기 위축이 세계 경기회복을 둔화시킬 것이라는 전망에 힘이 실리면서 5월 3주간 유가는 배럴당 \$20에 가까운 급락세를 보인 바 있다. 이 시기에 근본적인 펀더멘탈 측면의 유가 지지력은 부족해 보였다. 유럽발 재정위기에 대한 우려가 재부각된 시점에서 석유 수요의 회복세에도 불구하고 높은 석유재고 수준에 대한 부담과 여전히 5백만b/d를 초과하고 있는 OPEC의 잉여생산능력은 유가 하락 압력으로 작용했으며, 결국 펀더멘탈의 지지력이 부족한 상태에서 경기회복에 대한 의구심과 우려가 살아나자 유가는 급락세로 전환된 것이다.

향후 보다 적극적인 EU 및 IMF 혹은 주요 선진국의 지원책 마련으로 유럽발 재정위기에 대한 우려가 불식될 수 있을 것인지는 여전히 의문인 상황에서 석유시장의 불확실성은 더욱 증대되고 있다. 여름철 드라이빙 시즌 돌입과 점진적인 세계 경기회복 신호는 유가 상승을 지지하고 있으나 궁극적으로 재정위기 우려를 극복하기 위한 유럽 각국의 긴축 재정 정책은 유럽 각국의 경기 회복에 부정적인 영향을 미칠 것으로 전망되고 있으며 그에 따라, 세계 경기회복이 지연될 수 있다는 우려가 확산되고 있다.

이에 더해 하절기 북미지역 허리케인으로 인한 공

급차질 가능성과 산유국의 정정불안 상황 역시 향후 석유시장의 불확실성을 증대시키고 있다. 북미 지역 허리케인으로 인한 공급 차질 우려는 매년 하절기 세계 석유시장의 불확실성을 가중시키는 요인이며, 나이지리아 신임 대통령 선출 이후 반정부세력의 테러 위협, 이란의 핵개발을 둘러싼 서방국가와의 갈등 지속 역시 향후 불확실성을 증대시키고 있는 상황이다.

한편, 당초 OPEC은 배럴당 \$70 중후반 수준의 유가에 대한 만족을 표시해 왔으나, 5월의 유가 급락 상황에서 OPEC 측은 공식적인 대응책을 내놓지 않았다. 하지만 유가가 배럴당 \$85를 넘어섰던 시기의 느슨한 감산합의 이행률은 점차 강화되는 모습이어서 향후 유가 상승을 지지하는 요인이 될 전망이다.

제7권 제2호

에너지 포커스 ENERGY FOCUS

발행 2010년 6월
발행인 김진우
편집인 임기추
발행처 에너지경제연구원
437-713 경기도 의왕시 내손순환로 132
전화 : (031)420-2114

디자인 범신사
인쇄 전화 : (02)503-8737

※ 파본은 교환해 드립니다. 정가 : 5,000원

ENERGY FOCUS

