



ISSN 1739-1342

2009년 겨울호

ENERGY FOCUS

에너지 포커스

제6권 제4호 통권34호



2009

겨울호

■ 권두칼럼

- 기후변화 대응, 녹색성장 전략으로

■ 이슈진단

- 주요국의 기후변화대응 정책 및 시사점
- 탄소세의 도입 사례 및 시사점

■ 동향초점

- 태양전지산업의 여건변화와 우리의 대응방안
- 탄소제로 도시의 확산과 대응방안

■ 논단

- 산업부문 에너지 소비 및 에너지원단위 추이 분석
- 제로에너지빌딩의 도입상황과 국내 대응방향
- OECD 녹색세제 현황 및 개편방안

■ 원유시장

- 원유시장 동향

ENERGY
FOCUS



에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE



KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE





ENERGY FOCUS

에너지 포커스

2009년 겨울호



Contents

권두칼럼

- 기후변화 대응, 녹색성장 전략으로 3
에너지경제연구원 원장 방 기 열

이슈진단

- 주요국의 기후변화대응 정책 및 시사점 4
한국산업은행 책임연구원 박 형 건
- 탄소세의 도입 사례 및 시사점 20
에너지경제연구원 연구위원 김 수 이

동향초점

- 태양전지산업의 여건변화와 우리의 대응방안 35
산은경제연구소 수석연구원 이 민 식
- 탄소제로 도시의 확산과 대응방안 63
삼성경제연구소 수석연구원 이 안 재

논 단

- 산업부문 에너지 소비 및 에너지원단위 추이 분석 73
에너지경제연구원 선임연구위원 박 광 수
- 제로에너지빌딩의 도입상황과 국내 대응방향 91
LG경제연구원 책임연구원 도 은 진
- OECD 녹색세제 현황 및 개편방안 101
현대경제연구원 연구위원 이 원 형

원유시장

- 원유시장 동향 111
에너지경제연구원 연구위원 노 남 진



기후변화 대응, 녹색성장 전략으로

에너지경제연구원 원장 / 방 기 열

덴마크 코펜하겐에서 열린 제15차 기후변화협약 당사국총회는 교토체제에 이어 2013년 이후의 온실가스 감축방안을 모색한다는 점에서 개막전부터 큰 관심을 모아왔다. 그러나 선진국과 개도국 간의 이견을 좁히지 못한 채 ‘코펜하겐 협정(Copenhagen Accord)’을 유의(take note)하기로 한 선에서 마무리됐다.

비록 이번 총회에서 국제적인 합의를 도출하는 데는 실패했지만, 우리나라는 2020년 국가 온실가스 감축목표를 배출전망치 대비 30% 감축하는 감축목표치를 선제적으로 발표한 만큼, 이에 대한 후속 대책을 강력하게 추진해야 한다.

정부도 내년부터 각 산업부문별 세부목표를 정하고 온실가스를 관리하는 에너지목표관리제를 시행하기로 하였다. 에너지사용량 목표를 달성한 사업장에 대해서 인센티브를 부여하고 실패한 사업장에 대해서 페널티를 부여할 예정이다.

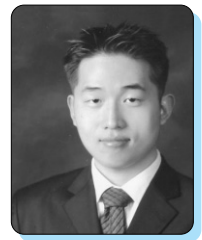
그러나 이같은 산업부문의 온실가스 감축노력들이 저탄소 녹색산업 육성과 연계되어야 한다. 감축에 투여되는 비용들이 녹색산업을 일으키고 일자리를 창출하는 생산적 비용으로 전환토록 해야 한다. 신재생에너지분야 뿐만 아니라 온실가스 감축과 관련된 제품, 서비스, 기후변화 적응을 위한 국토개발, 그리고 신기술에 대한 추가적 시장이 전 세계적으로 창출되고 있으므로 기업들도 이에 대한 사업기회를 적극적으로 모색하여야 한다.

이제 국가적으로 온실가스 감축목표를 설정한 만큼 국민 일상생활과 산업 전반에 걸쳐 법·제도적 변화와 생활양식, 산업기술상의 환경친화적 진화가 불가피하게 되었다. 국민 모두가 온실가스 감축을 생활화하기 위한 구체적인 행동에 나서야 할 때이다.

주요국의 기후변화대응 정책 및 시사점

박 형 건

한국산업은행 책임연구원



1. 서론

2009년 12월 덴마크 코펜하겐에서 개최된 UN기후 변화협약 총회는 세계 탄소시장에 있어서 교토의정서를 계승하는 새로운 이정표가 될 것으로 기대되었으나 당초 기대에 크게 못 미치는 수준의 『코펜하겐 협정(Copenhagen Accord)』을 유의(take note of)하는 것에 그쳤다. EU, 일본 등의 기존 교토의정서 안에서의 의무감축을 적용받은 국가 및 교토의정서 비준을 거부했으나 현재 적극적으로 탄소시장 참여를 모색하고 있는 미국 등의 선진국과 우리나라, 중국, 인도 등의 개도국은 코펜하겐 타결을 위해 지속적으로 협상을 하였으나 사실상 실패로 끝남에 따라 다음 회의를 기약하게 되었다. 그러나 당사국은 다양한 이해관계로 인해 여전히 상반된 입장을 취하고 있으며, 이에 따라 자국내 탄소 감축 및 기후변화 대응관련 정책과 협상에 임하는 자세도 상이한 모습을 보이고 있는 현실에서 합의문 도출 등의 실질적인 합의 도출은 쉽지 않을 것으로 전망된다.

한편, 협상의 어려움에도 불구하고 미국, EU 등의 선진국과 한국, 중국 등의 개도국은 탄소 감축 및 기후

변화 대응과 관련하여 중장기 감축목표 설정, 재원·기술 마련, 법안 입법 추진 등 2012년 이후를 대비한 정책안을 수립하고 시행할 예정이다. 특히 연방정부 차원에서는 소극적이었던 미국은 정권 교체 후 활발한 움직임을 보이고 있으며, 현재 입법 추진 중인 법안이 통과될 경우 관련정책이 더욱 탄력을 받을 것으로 보인다. 현재까지 실질적으로 탄소시장을 주도해 온 EU의 경우에도 회원국 간의 결속력 강화를 추진하는 한편 미국과의 공조를 통해 현재의 지위를 공고히 하기 위해 노력할 것으로 전망된다. 중국, 인도 등의 주요 개도국은 선진국의 온실가스 배출과 기후변화에 대한 역사적 책임을 묻어 재원 및 기술지원을 지속적으로 요구하고 있으나 내부적으로도 탄소 감축을 위해 다양한 방안을 구상하고 있으며, 내년부터 이를 본격적으로 시행할 것으로 보인다. 한국의 경우 선진개도국으로서 선진국과 개도국의 가교역할을 수행하는 한편 국정 기조인 『저탄소·녹색성장』 정책을 지속적으로 추진할 것으로 전망된다.

2. 기후변화협상 동향 및 전망

가. 주요협상 일정

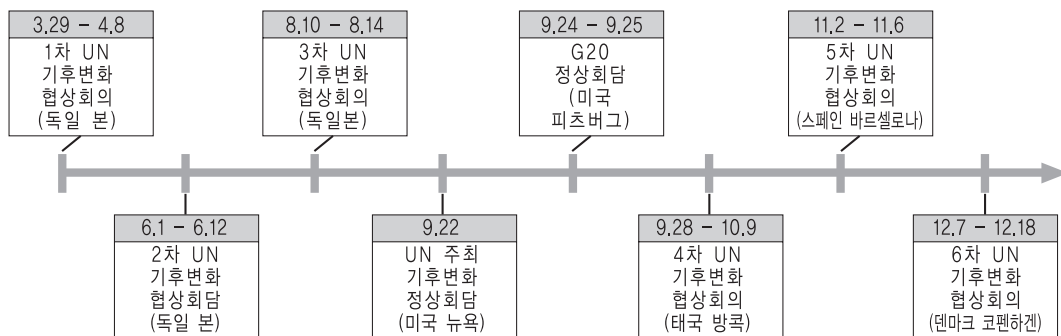
2009년에는 3월 독일 본에서 개최된 UN기후변화 협약 회의를 시작으로 12월 코펜하겐 총회까지 6번의 공식협상이 있었으며, 그 외에도 G20 정상회담 등 기후변화 및 탄소시장과 관련된 다양한 행사가 개최되었다. 참가국은 6번의 UN기후변화협약 회의를 통해 공식적인 협상을 진행했으며, Post-2012에 대한 합의 도출을 위해 12.7~18 동안 개최된 코펜하겐 회의가 1년의 협상을 결정짓는 가장 중요한 회의였다고 볼 수 있다. 공식협상 외에도 9월에 개최된 UN 주최 기후변화 정상회담, G20 정상회담, 7월에 개최된 G8 정상회담 및 주요국 포럼(Major Economies Forum) 등을 통해 추가적인 논의가 진행되었다. 공식협상 외의 회담은

협상 동향을 재검토하고 기후변화 이슈가 주요국 정상들의 어젠다 속에서 우선순위를 유지할 수 있도록 계기를 마련하려는 성격이 강했던 것으로 평가된다.

나. 주요협상 결과

코펜하겐 회의가 끝난 2009년 12월 현재까지 감축 목표 설정, 개도국의 기후변화 대응을 위한 재정지원 등에 대해 선진국과 개도국의 입장 차이가 뚜렷하여 협상에 별다른 진전을 보이지 못하였다. 1차 회의에서는 우리나라가 제안한 NAMA¹⁾가 협상의 중심주제가 되는 등 활발한 토의가 이루어졌으나 온실가스 감축, 기술이전 및 재정지원 등 핵심의제에 대한 선진국과 개도국간의 대립으로 난항을 겪었다. 3차 회의에서도 향후 협상 결과물의 법적 형태 등에 대한 정책 토론이 진행되었으나 선진국과 개도국간의 입장 차이에는 진전이 없었다.

[그림 1] 2009년 기후변화관련 주요협상 및 행사 일정



1) Nationally Appropriate Mitigation Action

코펜하겐 회의에서도 당사국들은 폐막 시한을 넘기면서까지 협상을 진행하였으나 선진국과 개도국간의 극심한 대립으로 인해 일부 국가의 승인을 받지 못하면서 구속력 없는 코펜하겐 협정을 유의²⁾하는데 그쳤다. 코펜하겐 협정은 대다수의 당사국이 동의하였고 미국의 참여를 끌어냈다는 긍정적인 측면이 존재하나 결론적으로는 실패한 협상으로 평가되고 있다. 회의가 실패로 끝남에 따라 2009년 협상에서 가장 주목할 만한 점은 교토의정서 비준 거부 후 탄소시장 참여에 소극적이었던 미국이 협상장으로 복귀했다는 것과 미국과 함께 기후변화의 양대 축으로서 중국의 부상을 들 수 있겠다.

다. 협상 전망

코펜하겐 협정에서는 2010년 1월 말까지 선진국은 교토의정서보다 강화된 2020년까지의 감축 목표를, 개도국은 국가별 감축계획 보고서를 제출하도록 명시되어 있으나 합의가 되기까지는 많은 장애물을 넘어야 할 것으로 예상된다. 회의가 시작되기 전부터 코펜하겐에서는 정치적인 협약(political agreement)은 체결되 감축목표, 법적 구속력 있는 협약, 실행방안 등은 2010~2011년 중에 합의 될 것으로 예상되었다. 또한 코펜하겐 협정 초안에는 2010년 12월 멕시코에서 개최될 제16차 UN기후변화협약 총회에서 법적 구속력

〈표 1〉 코펜하겐 협정 주요내용

항목	주요내용
장기비전	- 기온 상승폭을 산업화 이전 대비 2℃ 이내로 제한 (2015년에 중간평가를 통해 1.5℃로 재조정하는 방안 검토)
온실가스 감축목표	- 2010년 1월 말까지 선진국은 교토의정서보다 강화된 2020년까지의 감축 목표, 개도국은 국가별 감축계획 보고서 제출 - 온실가스 배출의 최고점을 가능한 빨리 달성
선진국의 자금지원	- 선진국이 2010~2012년 사이 총 300억 달러를 긴급지원하고 2013~2020년까지 연간 1,000억 달러 지원을 목표 - 개도국이 자금 지원을 받으려면 자국의 감축 노력을 모니터링한 후 2년마다 UN에 보고 및 검증(국가 주권 존중 보장)
기후변화 적응	- 선진국이 개도국의 기후변화 적응 지원을 위한 자원, 기술 등 제공
삼림보호	- 선진국이 개도국의 삼림 보호 노력 지원
탄소시장	- 온실가스 감축을 위해 탄소시장의 다각적 활용방안 모색
향후계획	- 코펜하겐 합의의 이행 평가를 2015년까지 완료

자료: UNFCCC

2) 유이란 코펜하겐 협정이 급만 총회를 대표하는 효력은 갖지 못하나 UN 차원의 공식 문서로 남는다는 의미임

이 있는 신규 협약을 도출하기로 한다는 문구가 포함돼 있었으나 최종 협정에서 관련 문구가 삭제되면서 불확실성이 증폭되었다. 특히 협상 타결을 위해서는 미국과 중국의 참여가 필수적인데 미국의 참여 조건인 국내 관련법안 통과가 지연되고 있으며, 목표로 하고 있는 온실가스 감축수준도 기대 이하로 평가되고 있다. 또한 중국, 인도 등 주요 개도국 역시 기존 교토의정서상의 메커니즘 유지를 희망하는 한편, 선진국의 대폭적인 기술이전, 재정지원 등을 요구하고 있으나 선진국과의 견

해차이가 매우 크다.

선진국과 개도국의 견해차이가 좁혀지지 않는 이상 향후 협상과정은 코펜하겐의 결과를 반복할 가능성이 높다. 특히 선진국의 기존에 발표한 수치보다 높은 감축목표 설정, 개도국의 구속력 없는 자발적 감축활동 인정 및 지원, 최빈국을 비롯한 개도국을 위한 재정 지원 등이 선결되지 않는다면 구속력 있는 합의문 도출은 매우 어려울 것으로 전망되고 있다.

〈표 2〉 국가별 온실가스 배출량 및 협상 입장

(단위: 톤)

국 가	연간 배출량 ¹⁾	1인당 배출량	배출량 관리 계획	재정지원	요구사항
중국	68억	5.5	GDP단위 기준당 온실가스 배출량을 2020년까지 2005년 대비 40~45% 감축	-	선진국이 2020년까지 1990년 대비 40% 감축하고 기술, 재정 등 지원
미국	64억	21.2	2020년까지 2005년 대비 17% 감축	개도국 지원을 위해서는 재원의 대폭 증가 필요	목표 달성을 위해서는 주요 배출국 모두가 동참
EU	50억	10.2	2020년까지 1990년 대비 20% 감축 ²⁾	개도국 지원을 위해 2020년까지 1천억 유로 필요	개도국도 2020년까지 BAU ³⁾ 대비 15~30% 감축
러시아	17억	11.9	2020년까지 1990년 대비 10~15% 상승 예정	-	러시아에 감축의무를 부여하는 어떤 조약도 거부
인도	14억	1.2	GDP단위 기준당 온실가스 배출량을 2020년까지 2005년 대비 24% 감축	-	선진국이 2020년까지 1990년 대비 40% 감축하고 기술, 재정 등 지원
일본	14억	11.0	코펜하겐 회의결과에 따라 2020년까지 1990년 대비 25% 감축	지원 예정	미국과 중국의 참여
한국	7억	14.1	2020년까지 2005년 대비 4% 감축	동아시아 기후파트너십을 통해 지원	차별화된 책임 부여 및 NAMA 도입

주: 1) EU를 제외한 배출량은 2008년 독일의 Energy Industry Institute IWR이 산출한 자료에 근거, EU는 2007년 UN에 제출한 자료에 근거

2) 다른 선진국들이 EU수준의 감축목표를 제시할 시 30%로 상향

3) BAU(Business As Usual) : 인위적인 감축활동 없이 기존정책을 유지할 때 예상되는 배출 전망치

자료: UNFCCC

3. 주요 국가·지역별 기후변화대응 정책동향

가. 미국

2012년 이후 탄소시장의 지속적인 성장과 기후변화 대응을 위한 전 세계의 공조를 위해서는 선진국의 상징이자 1인당 온실가스 배출량이 세계 최대인 미국의 참여와 적극적인 목표 설정 등이 필수적이라 할 수 있다. 미국은 세계 최대 온실가스 배출국으로 2008년에는 연간 배출량 기준으로 중국에게 1위를 내줬으나 1인당 배출량은 여전히 세계 최대 규모를 유지하고 있다. 현재까지의 탄소시장은 EU, 일본 등의 주도로 형성되어 왔으나 전 세계적으로 영향력이 가장 큰 미국의 미온적인 참여로 인해 성장에는 한계를 보여 왔다. 또한 미국의 참여 없이는 중국, 인도 등 온실가스 다배출국의 적극적인 참여를 이끌어 낼 명분이 서지를 않으며, 개도국 지원을 위한 재정마련, 기술이전 등에도 어려움을 겪을 수밖에 없는 구조이다. 그러나 미국은 이에 대해 이들 개도국이 참여하지 않는 것을 자국이 소극적으로 참여할 수밖에 없는 논리로 내세우며 대립각을 세워 왔다.

최근 미국은 오바마 정부 출범 이후 국내·외적으로 온실가스 감축 계획을 발표하는 등 연방정부 차원에서 부시 정부 대비 매우 적극적인 움직임을 보이고 있다. 부시 정부 때에는 자국 산업 보호와 개도국의 공통적인 감축의무 설정 부재 등을 이유로 교토의정서 비준을 거부하면서 국제적으로 비난을 받았다. 이때 비록 연방정부 차원에서는 감축 등에 대한 노력이 소극적이었으나,

주 단위로는 RGGI³⁾, WCI⁴⁾ 등의 배출권거래제를 위한 기반이 구체화되는 등 활발한 활동을 보였다. 미국은 현재 국내적으로 연방정부 차원에서도 배출권거래제 도입을 검토 중이고 온실가스 감축목표 등의 내용이 포함된 관련법안의 입법을 추진 중에 있으며, 국제적으로도 공식 기후변화협상장에 복귀하여 활발한 외교활동을 펴나가고 있다.

현재 관련법안 입법과 관련하여 『American Clean Energy and Security Act of 2009(Waxman-Markey 법안)』과 『Clean Energy Jobs and American Power Act(Kerry-Boxer 법안)』이 계류 중이다. Waxman-Markey 법안은 총량거래제 도입을 근간으로 배출권 할당, 신재생에너지발전기준 등을 주요 내용으로 하며, 2009년 6월 미국 하원에서 통과된 최초의 기후변화 대응 법안이다. 반면에 Kerry-Boxer 법안은 Waxman-Markey 법안을 토대로 상원에서 제출된 기후변화 대응 법안이며, 구조 등은 W-M 법안과 유사하나 상향된 감축목표 등 일부 차이가 존재한다. Kerry-Boxer 법안은 2009년 11월 미국 상원 환경·공공사업위원회를 통과하였으나 공화당의 반발 등으로 인해 일부 내용이 개정될 것으로 전망된다. 현재 Kerry-Boxer 법안을 기초로 Kerry-Graham-Lieberman 법안의 초안이 작성 중에 있으며, 의회 통과 가능성을 향상시키기 위해 2020년까지의 감축목표가 기존 Waxman-Markey 법안에서 설정한 대로 2005년 대비 17%로 완화된 예정이다.

미국은 관련법안을 코펜하겐 총회 전에 의결시켜 협

3) Regional Greenhouse Gas Initiative : Connecticut, Delaware 등 10개 주가 2009년 1월부터 총량거래제(cap-and-trade) 방식으로 운영하고 있는 배출권 거래제

4) Western Climate Initiative : Arizona, British Columbia 등의 북미(미국, 캐나다) 서부지역에 위치한 주들이 2007년 발족한 협의체로 2012년부터 총량거래제 방식으로 운영될 예정인 배출권거래제

상 시에 활용하고자 노력하였으나 성사되지 못하였으며, 2010~2011년 사이에 통과가 가능할 것으로 전망되고 있다. 법안이 상원을 통과하기 위해서는 60석 이상이 확보돼야 하나 공화당 및 일부 민주당 의원들의 반발이 예상되며, 현재 미국에서는 건강보험개혁법안 해결이 우선시되고 있어 기후변화법안의 검토가 상대적으로 지연되고 있는 것으로 보인다. 관련법안 통과 지연으로 인해 미국의 온실가스 감축의지에 대한 우려가 제기되고 있던 중 최근 미국 환경보호청(EPA)⁵⁾이 이산화탄소 등 6개 온실가스를 유해물질로 규정하고 규제하겠다는 의사를 밝히면서 의회가 기후변화 법안을 통과시키지 않아도 정부가 온실가스 감축 목표를 달성할 수 있도록 재량권이 부여될 것으로 기대되고 있다.

나. EU(유럽연합)

EU는 세계 최초로 EU ETS(Emissions Trading Scheme)⁶⁾라는 배출권거래제를 시행하는 등 전 세계에서 가장 적극적으로 기후변화에 대응하고 탄소시장을 활성화하려는 움직임을 보이고 있다. 선진국 중 처음으로 2012년 이후의 배출량 감축목표를 설정하는 등 국제협상을 주도해 온 EU는 미국의 복귀 후 협상장에서의 비중이 축소되는 경향을 보이고 있으나 현재에도 가장 적극적으로 협상에 참여하고 있다. 2009년 10월에 개최된 EU 환경장관 이사회에서는 코펜하겐에서의 신속한 타결을 위해 감축목표, 재정지원 등의 내용이 포함된 『코펜하겐 회의에 대한 EU의 입장(EU position for the

〈표 3〉 미국의 기후변화관련 주요입법안 비교

	Waxman-Markey(하원)	Kerry-Boxer(상원)
배출량 감축목표	2020년까지 2005년 대비 17% 감축	2020년까지 2005년 대비 20% 감축
배출권 할당	할당량 중 85%를 공공 및 민간기업 등에 배정, 15%는 경매	정해지지 않았으나 정부 부채감소를 위해 25% 경매
상쇄(offset)	20억 배출권을 한도로 국내외 각각 10억씩 허용 *1.5 국외 배출권 = 1 국내 배출권으로 전용 가능	20억 배출권을 한도로 국내 15억, 국외 5억 허용 *1.25 국외 배출권 = 1 국내 배출권으로 전용 가능
비용 억제	상쇄를 통해 비용 최소화	상쇄를 통해 비용 최소화
기술	2020년까지 15% 이내 신재생에너지발전기준 및 5% 상향된 에너지 효율화 표준 도입 등	탄소 포집 및 저장(CCS)관련 국가 전략 및 확산 프로그램 개발, 원자력 확대 등
국제경쟁력 유지	탄소감축 의무에 영향을 많이 받는 산업에게 한도 중 15% 할당하고 국제적인 협약 부재 시 2020년부터 관세 도입	탄소감축 의무에 영향을 많이 받는 산업에게 한도 중 일부를 할당하고 국경조치조항(border measure) 도입

자료: Point Carbon

5) Environmental Protection Agency

6) EU가 역내 국가들이 탄소배출권을 거래할 수 있도록 2005년 1월 1일부터 가동한 세계 최대의 배출권거래 메커니즘으로 현재 EU ETS Phase 2(2008~2012)가 운영 중이며, 거래되는 배출권을 EUA(EU Allowances)라고 함

Copenhagen Climate Conference)』이 채택된 바 있다.

EU는 2009년 4월에 『EU 기후변화종합법(Climate Change Package)』을 발효하는 등 EU 내부적으로도 법제화를 통해 목표 달성을 위한 이행 강제성을 강화하고 있다. EU 기후변화종합법은 배출권거래제 개정, 회원국 온실가스 감축목표 설정, 탄소 포집 및 저장기술(CCS) 법제화, 신재생에너지 의무사용비율 설정 등 6

개 항목으로 구성되어 있다. 최근 EU 내에서도 국가별 감축목표 및 배출권 할당 등에 대해 일부 동구권 국가들이 배출할당의 산출근거가 불명확하다는 이유로 유럽위원회를 제소하는 등 의견이 분분하였던 관계로 동법 발효를 통해 내부 결속력 강화가 기대되고 있다. 한편, 동법은 제안 당시 2013년부터 대부분의 발전소가 배출권을 경매를 통해 구입하도록 규정하였으나 폴란

〈표 4〉 코펜하겐 회의에 대한 EU의 입장 주요내용

항목	내용
감축	- 선진국은 1990년 대비 2020년까지 30%, 2050년까지 80~95% 감축 - 개도국은 BAU대비 2020년까지 15~30% 감축 - Non-annex I 국가 중 경제수준이 선진국과 비슷한 국가는 능력 및 여건에 부합하는 감축활동 시행 - 국제항공 및 해상운송 분야 ETS에 편입(2020년까지 2005년 대비 항공분야 10% 감축, 해상운송분야 20% 감축)
적응 (Adaptation)	- 교토의정서 적응기금 활용 - 저개발국과 군소도서국가에 대한 집중적 지원 필요
REDD ⁷⁾	- 삼림훼손 방지를 위한 REDD 도입 - 교토의정서 기간 중 사용되지 않은 AAU⁸⁾의 조속한 처리방안 도출
저탄소 발전전략 및 성장계획	- 각국은 차별화된 책임과 역량을 기반으로 저탄소 발전전략 및 성장계획을 마련해야 함 - 선진개도국 등은 2011년부터 국가 온실가스 인벤토리 제출
탄소시장	- 2015년 까지 OECD 탄소시장 설립(2020년까지 선진개도국 동참) - CDM⁹⁾ 등 기존 메커니즘 역할 유지, 산업별 접근방식 도입 검토
재정지원	- 개도국 재정지원(2020년까지 연간 약 20~150억 유로 지원) - 재정지원 총괄을 위해 조정기구 설립 제안
기술이전	- 기술혁신과 민간투자 장려를 위해 지적재산권 보호 필요
법적이슈	- 법적 구속력이 있는 단일협약을 체결하고 2013년 1월부터 시행

자료: EC(2009, 10)

7) Reducing Emission from Deforestation and Degradation : 삼림벌채에서 발생하는 온실가스를 감축하기 위한 삼림관리 · 보전활동

8) Assigned Amount Unit : 교토의정서상 Annex B 국가에 대한 할당량

9) Clean Development Mechanism : 교토의정서상의 메커니즘 중 하나로 감축의무가 부여된 선진국이 개도국의 온실가스 감축사업에 투자하여 감축한 온실가스를 자국의 감축실적으로 인정하는 제도

〈표 5〉 EU 기후변화종합법 주요내용

항목	내용
배출권거래제 개정	- EU ETS Phase 3(2013~2020)을 위한 개정으로 2005년 대비 21% 감축목표 - 2012년까지의 거래제에서는 대부분의 배출권이 무상으로 할당되었으나 경매를 통한 할당 비중 상향
회원국 감축목표 설정	- 운송, 건축, 농업 등 기존 거래제에 포함되지 않았던 부문에서 발생하는 온실가스에 대해 회원국별 감축목표 설정 - 2013~2020년 동안 동 부문에서 발생하는 온실가스 10% 감축목표
CCS기술 법제화	- 공장, 발전소 등은 향후 온실가스 배출량 감축을 위해 CCS 기술 활용 가능 - EU내 대규모 CCS 프로젝트에 대한 재정지원을 위해 3억 EUA 배정
신재생에너지 사용의무	- 2020년까지 EU의 총 에너지사용량 중 최소 20%를 신재생에너지를 통해 충당하도록 회원국별 의무 설정
신규 자동차 탄소배출기준 설정	- 2012년까지 EU내에 등록되는 신규 자동차에 대해 탄소배출기준 설정 : 현재 160g CO₂/km에서 120g CO₂/km으로 강화 - 2020년까지 95g CO₂/km로 강화하는 장기 목표 설정
연료처리시 발생하는 온실가스 감축목표 설정	- 연료공급자에게 2020년까지 연료 생성이나 배급과정에서 발생하는 온실가스를 10% 이내로 감축하도록 의무 부과

자료: EC(2009, 10)

드 등 화석연료발전 의존도가 높은 국가들의 반대로 동유럽 발전시설에 배출권을 무상 할당할 예정이다.

EU ETS는 현재 전 세계 탄소시장에서 2008년 기준으로 전체 배출권 거래량의 2/3, 거래금액 측면에서 3/4를 차지하는 등 가장 높은 비중을 보이고 있으나 향후 미국이 연방차원의 배출권거래제를 도입할 경우 비중이 축소될 것으로 전망되고 있다. EU는 지역 내 탄소시장의 지속적인 성장 등을 위해 미국 연방 배출권거래제와 EU ETS를 연계시킬 계획을 밝히나 이는 EU ETS 내규상의 문제, 시스템적인 문제 등의 복합적인 요소로 인해 단기간에 달성되기는 어려울 것으로 예상된다.

다. 일본

일본은 EU와 함께 교토의정서 체결을 주도하는 등 국제적으로 기후변화·탄소시장 분야에서 리더십을 보여 왔으며, 최근에는 정권 교체 후 2012년 이후에 대한 감축목표를 상향 조정하여 발표하는 등 세계 탄소시장에서 주도권을 유지하려 하고 있다.

일본 정부는 미국과 유사하게 정권 교체에 따라 2020년까지의 중기 온실가스 배출량 감축목표의 상향 조정을 추진하고 있으나 실현 가능성은 아직 미지수로 남아있다. 기존의 아소 정부는 2009년 6월 해외 배출권 구입 등을 배제한 국내 노력만으로 온실가스 배출량

〈표 6〉 주요국의 에너지원단위¹⁰⁾(2007)

(단위: 백만TOE/GDP 천달러)

국가	일본	영국	독일	미국	한국	OECD
에너지원단위	0.101	0.132	0.162	0.206	0.335	0.187

자료: IEA

을 2020년까지 2005년 대비 15%(1990년 대비 8%) 감축한다는 중기 목표를 발표하였다. 반면에 2009년 9월 출범한 하토야마 유키오 정부는 2020년까지의 온실가스 배출량을 미국, 중국 등 주요 온실가스 배출국과의 합의를 전제로 1990년 대비 25% 감축하겠다고 발표하였다. 그러나 이런 야심적인 감축목표에도 불구하고 산업계의 반발, 세계 최고 수준의 에너지 효율성 등으로 인해 실현 가능성은 낮다는 전망이 우세한 실정이다.

일본은 그동안 저탄소 사회 구축을 위한 『Cool Earth 50』, 저탄소 사회 달성을 위한 『후쿠다 비전』 등의 선포와 국내 배출권거래제(J-VEST)¹¹⁾ 도입 등을 통해 탄소 감축을 위한 지속적인 노력을 추구하였다. Cool Earth 50은 일본이 2007년 5월에 발표한 계획으로 전 세계의 온실가스 배출을 2050년까지 50% 감축하기 위해 태양광발전 등 21개 탄소감축기술을 기반으로 한 신성장산업 육성을 주요 내용으로 하고 있다. 후쿠다 비전은 2008년 6월 발표된 내용으로 저탄소사회 달성과 Cool Earth 50 현실화를 위한 구체적인 정책목표라 할 수 있으며, 이를 위해 2050년까지 자국의 온실가스 배출량 60~80% 감축, 혁신기술 개발 및 선

진기술 보급, 저탄소 사회화를 위한 제도 도입 등의 내용이 포함되어 있다. 국내 배출권거래제의 경우, 시범적인 성격의 J-VETS가 2005년부터 일부 기업을 대상으로 자발적으로 운영돼왔으나 산업계의 소극적인 참여 등으로 인해 활성화되지 못하고 있으며, 일본 정부는 2011~2012년 사이 의무적인 총량거래방식의 배출권거래제 도입을 추진하고 있다.

한편, 일본은 2009년 4월 저탄소혁명(환경·자원·에너지분야) 등이 포함된 중장기 국가성장전략을 포괄적으로 담은 『미래개척전략(J Recovery Plan)』을 공표하였다. 미래개척전략은 저탄소 혁명을 위해 태양광발전·에너지절약 세계 1위 계획, 에코카 보급 속도 세계 1위 계획, 저탄소 교통·도시혁명, 자원대국 실현계획의 4개 중점프로젝트 설정을 통해 탄소감축을 추진하는 것을 목적으로 하고 있다.

라. 주요 개도국(중국, 인도)

중국은 현재 온실가스 연간 총배출량 기준 세계 1위이자 세계 최대 CER¹²⁾ 공급국가로서 기후변화협상과 탄소

10) 에너지 이용의 효율성을 입증하는 지표로서 단위 부가가치 생산에 필요한 에너지 투입량을 나타내며, 단위 부가가치 생산에 필요한 에너지 소요량이 많을수록 효율성이 낮은 것을 뜻함

11) Japan's Voluntary Emissions Trading Scheme

12) Certified Emissions Reduction : CDM사업을 통해 발생하는 배출권

〈표 7〉 일본의 미래개척전략 중 저탄소혁명 주요내용

프로젝트	내용
태양광발전 · 에너지절약 세계 1위 계획	- 신재생에너지 사용 비율 제고 : 약 10%(2005년) → 약 20%(2020년) - 태양광발전의 도입 촉진 : 태양광발전 용량을 2020년까지 20배로 확대, 태양광발전 잉여전력에 대한 전력회사 매입 가격을 2배로 상향 등 - 건물 배출량 0% 추진 : 2030년까지 모든 신축 건물 배출량 0%를 목표로 기술개발, 에너지절약형 주택 확대 등 - 에너지절약형 기기의 보급 촉진 : 그린 IT 도입, 가로등 조명을 LED로 교체, 친환경 가전제품 보급 확대 등 - 환경 · 에너지 혁신기술 개발 : Smart Grid, CCS, 바이오연료 등의 기술 개발
에코카 보급 속도 세계 1위 계획	- 차세대 승용차 등 에코카 수요 확대 : 공용차를 친환경차로 대체, R&D 및 설비투자 재정지원 등 - 차세대자동차의 국제경쟁력 강화 : 차세대자동차의 규격화 · 국제표준화 추진, 차세대 충전지 등 환경기술관련 R&D 지원
저탄소 교통 · 도시혁명	- 저탄소 교통수단의 세계 최단 개발 및 최단 보급 : 저탄소 기차, 선박, 항공기 등에 대한 R&D 지원 및 보급 확대 추진 - 저탄소 교통인프라 정비 : 도로, 항만, 철도 등의 저탄소화 - 대중교통수단의 이용 촉진 : 지방 버스 · 철도 등 연결항로 확충 - 친인류 · 친환경적인 도시 · 지역 개발 : 자전거 이용환경 정비, 환경모델도시 설립 등 추진
자원대국 실현계획	- 희귀금속 포함 제품의 재활용 시스템 구축 - 폐플라스틱의 자원화, 선박 재활용을 통한 철강 확보 등 - 삼림자원을 통한 그린산업 재생 : 목질 바이오매스 연료 이용 등 - 세계 물 시장에 진입 - 원자력산업의 기반 강화 및 확산 : 원자력발전소 신규 건설, 첨단 원자력발전기술 실용화 등 추진 - 해양자원의 탐사 및 개발 촉진

자료: 이동우(2009, 8)

시장에서 개도국의 입장을 대표한다고 할 수 있다. 중국이 현재와 같은 발전 속도를 지속할 경우 온실가스 배출이 급증할 것으로 추정되어 중국의 배출량 감축이 전 세계 기후변화 대응의 열쇠로 부각할 전망이다. 경제성장을 추구하고 있는 중국의 입장에서는 자국의 성장을 저해할

가능성이 있는 의무 감축은 수용할 수 없다는 입장을 표명하고 있다. 이와 관련하여 중국 정부는 개도국을 대표하여 기후변화에 대한 선진국의 역사적 책임을 주장하면서 자국을 포함한 개도국의 기후변화 대응을 위한 선진국의 기술이전 및 재정지원 등을 요구하고 있다.

〈표 8〉 중국 지속가능 발전전략 보고서 주요내용

항목	내용
온실가스 배출 감축	- 「중국 저탄소발전전망 및 기술로드맵」에서는 2030년을 온실가스 감축목표의 해로 설정 - 지속적인 투자를 통해 탄소감축을 추진할 예정
에너지절약	- 「에너지절약법», 「건축 에너지 절약 관리조례», 「도시 녹색조명」 등 관련 법규를 통해 에너지 절약 실천 - 향후 석탄산업 시장화와 자원세 징수 및 환경세 징수를 강화하고 석탄가격 인상 등을 통해 석탄 절약을 유도할 계획
신에너지 산업의 성장	- 태양·풍력 에너지 등의 신에너지 산업이 크게 성장할 전망 - 향후 수력, 풍력, 태양광 등에 3조 위안을 투자할 계획
저탄소성장을 위한 기술우위 확보	- CDM사업을 통해 경험 등을 축적하고 체제의 발전을 위해 노력 - 저탄소성장을 위한 기술 국산화 등 기술개발에 노력

자료: 중국환경보

〈표 9〉 중국의 기후변화 대응을 위한 6대 정책조치

항목	내용
생산능력 낙후시설 도태	- 2006~2008년 중 낙후 제철 6,059만 톤, 제강 4,347만 톤, 시멘트 140백만 톤, 코크스 6,445만 톤을 도태시킴 - 낙후 화력발전시설 2009년 상반기까지 5,407만kW 설비 폐쇄
에너지구조 최적화	- 2008년까지 재생에너지 이용량은 250백만 표준 석탄량에 달함 - 현재 수력발전설비용량, 원자력발전 건설규모, 태양열 열수기 집열면적, 태양에너지 생산능력 세계 1위
기술진보 추진	- 에너지절약 및 배출감축 기술의 진보, 10대 중점 에너지 절약 공정 실시, 중점 환경 정돈공정 실시, 에너지절약 기술 서비스 시스템 구축, 에너지 절약 및 환경보호 서비스 시장 육성 등
삼림을 활용한 탄소 흡수	- 천연림 보호, 자연보호구 설립 등 생태 보전 및 보호정책 실시를 통해 온실가스 흡수량 향상, 삼림피복률 제고, 인공조림사업 시행 등
기초 관리시스템 강화	- 에너지 절약 및 배출 감축 관리시스템 강화, 중점 오염원의 온라인 검사 강화, 순환경제 발전 추진 등
우대정책 구축	- 에너지 절약 및 배출 감축, 순환경제 및 자원 종합이용기업, 생태환경 보호연구 등 장려 및 우대정책 실시

자료: 중국환경보

그러나 중국이 자국적인 노력 없이 선진국의 지원만을 요구하고 있는 것은 아니며, 국내적으로 기후변화 대응과 에너지 절약, 저탄소시대를 맞이하여 신산업 육성 등을 위한 다양한 정책을 마련하고 있다. 먼저, 중국은 중국과학원을 통해 『2009년 중국 지속가능 발전 전략 보고서』를 발표하고 2020년까지 GDP 단위당 온실가스 배출량을 50% 감축하는 전략적 목표를 제시하였다. 동 보고서는 에너지 효율성 향상 및 온실가스 배출 증가세 억제, 중화학 공업화 조기 달성, 저탄소 기술 및 제품의 국제적 경쟁우위 확보, 국제 협상과 저탄소 사업 참여를 통한 산업화 추진 등 4가지 저탄소경제 발전전략 추진방향을 설정하였다.

또한 중국의 국가발전개혁위원회는 저탄소경제 개념을 정의하고 자국의 저탄소경제 발전을 위한 계획 등이 포함된 『저탄소경제 지도의견』 초안을 작성 중에 있으며, 최근에는 중국의 에너지 절약 및 온실가스 배출 감소와 기후변화 대응을 위한 6대 정책조치를 발표하였다. 6대 정책조치는 생산능력이 낙후된 시설 폐쇄, 재생에너지 사용량 증가를 통한 에너지구조 최적화, 온실가스 감축 기술 등 기술진보 추진, 삼림보전 등을 통한 온실가스 흡수, 에너지 및 온실가스 감축 관리시스템 강화, 에너지 절약 및 온실가스 감축 우수기업 등에 대한 우대정책 구축으로 구성되어 있다.

중국이 자발적으로 온실가스 감축목표를 설정하고 목표 달성을 위해 국내적으로 정책안을 마련하고 있는 것은 매우 긍정적으로 평가되나 중국의 목표치는 GDP 단위당 배출량을 기준으로 하고 있어 이를 BAU대비 수치로 환산시 실질 감축량이 0~12%에 불과하여 전 세계 기후변화 대응에는 기여도가 낮은 것으로 평가되고 있다. 따라서 중국의 온실가스 감축은 목표치 공표와 국내

적인 노력에도 불구하고 미국을 비롯한 선진국으로부터 압력을 받는 등 논란이 지속될 것으로 전망된다.

인도는 개도국 중 중국 다음으로 높은 연간 총배출량을 보이고 있고 기후변화협상에서 중국과 공동 노력을 기울이기로 합의하는 등 주요 개도국의 입장을 대변하고 있으며, 지속적인 인구 증가 등으로 인해 온실가스 배출량이 증가세를 지속할 것으로 전망되고 있다. 인도 정부는 온실가스 감축에는 동참하겠으나 자국의 경제성장을 방해할 가능성이 있는 온실가스의 의무적인 감축이나 국제적인 감사의 대상이 되는 것에는 반대하는 한편 선진국의 기술이전 및 재정지원을 촉구하고 있다.

인도도 국내적으로 기후변화 대응과 온실가스 감축을 위한 정책안을 마련하고 있으며, 2008년 6월 첫째 『기후변화 관련 국가행동계획(National Action Plan on Climate Change)』 발표를 통해 지속가능한 개발방안 등을 명시하였고 이 당시 지정한 8대 국가적 과제를 2009년 말까지 착수할 예정이다.

인도는 빈곤 퇴치 등을 위해서는 지속적으로 경제성장을 추구해야 하기 때문에 이에 따른 온실가스 배출량 증가는 필연적인 것으로 보이고 있으며, GDP단위당 배출량을 기준으로 감축목표치를 설정함에 따라 중국과 마찬가지로 온실가스 감축에 대한 압력에서 벗어나기 힘들 것으로 예상된다.

마. 한국

우리나라는 선진개도국의 입장으로 국제협상장에서 선진국과 개도국의 가교역할을 수행하고 있으며, 국내에서도 2008년 『저탄소·녹색성장 선언』 공표 이후 저탄소·녹색성장기본법안 입법 추진 등 지속적으로 관

〈표 10〉 인도의 기후변화 관련 국가행동계획 8대 과제

과제	내용
태양에너지	- 도심지, 산업계, 상업지구 등에서 태양열 기술 활용 향상 - 태양광 발전과 태양열 발전을 각각 연간 1,000MW로 증가
에너지효율 향상	- 2012년까지 10,000MW의 전력 절약 - 에너지 집약적 산업을 중심으로 에너지 절약 추진 및 기업 간 에너지절약 인증서 교환시스템 도입 - 에너지 효율성이 높은 전자기기 등에 대해 세금 축소
지속가능한 주거	- 도심지 폐기물 관리 및 재활용에 중점(폐기물 통한 발전) - 자가용 연료기준 강화 및 친환경 차량 구매 촉진
물 관리	- 물 가격제 도입 등을 통해 물 사용 관련 효율성 20% 향상
히말라야 생태보전	- 인도 물 공급의 원천인 히말라야 빙하 보전을 위해 생태계, 삼림 등 관리
녹색 인도	- 6백만 헥타르 규모의 조림사업 시행 및 인도의 삼림면적을 현재 23%에서 33%로 증가
지속가능한 농업	- 기후변화에 적응하는 곡물 개발, 기후관련 보험 상품 확대 등
기후변화 관련 전략적 지식	- 기후과학연구기금(Climate Science Research Fund) 설립, 기후 모델링 개량, 벤처 캐피탈을 통한 민간 연구 지원 등

자료: 인도 기후변화관련 국가행동계획(2008, 6)

런 정책을 시행해 나가고 있다.

우리나라는 연간 온실가스 총배출량 기준으로 세계 9위이며, OECD 회원국으로서 유럽, 일본 등의 선진국 으로부터 의무감축 동참에 대한 압력을 받고 있으나 국 제적으로 구속력 있는 감축의무 수용은 거부하면서 자 발적인 활동을 통해 감축하겠다는 입장을 취하고 있다. 정부는 우리나라의 자발적인 의지를 표명하고 선도적 으로 행동하기 위해 2009년 11월 국무회의에서 2020 년까지 BAU 대비 30% 감축안을 최종 확정하였으며, 2010년부터 본격적인 감축안을 시행한다는 방침이다. 최종까지 온실가스 배출량을 2020년까지 2005년 대 비 동결이나 혹은 4%(BAU 대비 30% 감축으로 의무감 축이 없는 개도국에 요구되는 최대치) 감축의 두 가지

안이 검토되었으나, 국적 상승과 장기적인 국가 경쟁력 등을 고려하여 후자인 4% 감축안이 채택되었다. 이와 같이 우리나라가 아무 조건 없이 BAU대비 감축목표를 제시한 것에 대해 국제적으로 환영받고 있으나 높은 경 제발전 수준과 온실가스 배출량 등으로 인해 선진국의 의무감축 동참 압력으로부터 자유롭기에는 쉽지 않을 것으로 예상된다.

현재 기후변화협상은 선진국과 개도국의 대립 등으 로 인해 난항을 겪고 있으며, 우리나라는 교착상태인 협상 타결을 위한 조정역할(bridge builder)을 수행하 기위해 NAMA Registry 설립, NAMA Crediting 도 입, 저탄소 발전을 위한 패러다임 전환을 제안하였다. 여기에서 NAMA란 개도국이 기술, 재정, 능력 배양을

지원 받아서 자발적으로 국가별 수준 및 역량에 부합하게 추진하는 온실가스 감축활동을 의미한다. 개도국은 자국 노력이 NAMA로 인정받기 위해서는 온실가스 감축과 관련된 연비 효율성 기준, 신재생에너지 발전비용 등 각종 정책 및 자발적 감축행동을 등록한 후 UN 등의 국제기구에 의해 MRV¹³⁾ 검증을 받아야 한다.

- NAMA Registry 설립 : 각 국가가 합당하다고 판단하는 감축행동을 등록하는 등록소(registry)를 설립하고 이에 대한 MRV 확인을 통한 감축 체제 마련
- NAMA Crediting : NAMA Registry를 이행하는 개도국에 대해 인센티브 제공 차원에서 배출권 부여

○ 저탄소 발전을 위한 패러다임 전환 : 온실가스 감축뿐만 아니라 경제성장, 삶의 질 개선 등 다양한 목표를 추구하기 위해서는 경제와 사회 패러다임을 저탄소·녹색성장으로 전환하자는 취지

우리나라가 제안한 NAMA Registry 설립 및 NAMA Crediting 도입은 선진국과 개도국 모두로부터 지지를 받고 있고 최근 기후변화협상에서 주요 의제 중 하나로서 검토가 이뤄지고 있으며, 2012년 이후에 신규 메커니즘으로 편입될 가능성이 높아지고 있다.

우리나라 정부는 국내적으로 저탄소·녹색성장을 정부 핵심어젠다 중 하나로 선정하고 관련법안 마련, 조직 설립, 정부지출 확대 및 민간투자 활성화 유도, 배

〈표 11〉 저탄소·녹색성장 기본법안 주요내용

항목	내용
녹색성장 국가전략 수립	- 녹색성장을 위한 정책 목표, 추진전략, 중점·추진과제 등 포함
녹색성장위원회 설치	- 국무총리와 민간위원을 공동위원장으로 하는 대통령 소속의 녹색성장위원회 설치
환경 친화적 세계운영	- 환경오염과 온실가스를 발생시키며, 에너지 이용효율이 낮은 재화와 서비스에 대한 조세부담 강화 - 자원배분의 비효율성 감소를 위한 국가 조세정책 운영
기후변화 및 에너지 기본계획 수립 및 시행	- 기후변화대응 기본계획과 에너지 기본계획의 수립 및 시행
기후변화 대응 및 에너지 목표관리	- 온실가스 감축, 신재생 에너지 보급 향상 등을 위한 중장기 및 단계별 목표 설정 및 관리
온실가스 배출량 보고	- 온실가스 다배출업체 및 에너지 다소비 업체의 온실가스 배출량 및 에너지 사용량의 보고 - 온실가스 종합정보 관리체계 구축 및 운영

자료: 녹색성장위원회

13) MRV : Measurement(측정), Reporting(보고), Verification(검증)의 약자

출권거래제 도입 등 법·제도 인프라 구축을 위해 노력하고 있다. 저탄소·녹색성장 기본법안(대안)은 2009년 11월 국회 기후변화특위를 통과했으며, 이르면 올해 안에 국회 본회의에서 의결될 전망이다. 정부는 전 세계에 우리나라의 기후변화 대응에 대한 의지를 보여주고 협상에서 주도권을 갖기 위해 코펜하겐 총회 전에 동 법안을 통과시키고자 했으나 아직까지 계류상태로 남아 있다.

또한 2009년 2월에는 녹색성장과 관련된 정부 정책을 심의하기 위해 대통령직속의 녹색성장위원회가 출범하여 정부의 컨트롤타워 역할을 수행하고 있다. 한편, 정부는 녹색기술 연구개발에 대한 정부투자를 증가시키면서 녹색펀드 출시, 기업의 녹색인증제도 도입 등을 통해 민간투자 확대를 도모하고 있다. 배출권거래제 도입의 경우 정부는 당초 저탄소·녹색성장 기본법에 관련 조항을 삽입하려 했으나 산업계의 반발 등으로 인해 별도의 법안 마련을 통해 도입을 추진하고 있다. 저탄소·녹색성장 기본법의 국회 통과 이후 이르면 2010년에 관련법안 입법 추진이 시작될 것으로 전망되며, 2011년부터 자발적인 배출권거래제, 2013년부터 의무적인 배출권거래제가 개시될 것으로 예상되고 있다.

4. 시사점

가. 협상타결을 위해서는 선진국의 재정지원과 미국의 참여가 필수

향후 협상에 있어서 선진국과 개도국의 교착상태를 타개하고 구체적인 실행방안을 도출하기 위해서는 선진국의 재정지원과 미국의 참여가 절실하다. 현재 논의

되고 있는 모든 협상의 중심에는 “선진국의 재원 지원”이 있으며, 이 문제가 해결되지 않는 이상 협상에는 진전을 보이기가 어려울 것으로 예상되고 있다. 또한 배출권거래제 시행시 세계 최대 수요국으로 부상할 미국의 경우 관련법안 통과가 지연되고 있으나 세계 탄소시장 활성화와 중국 등의 참여를 이끌어 내기 위해서는 미국의 참여가 필수적이다. 미국이 참여할 경우 중국을 비롯한 주요 개도국에 대해 일정 수준의 감축노력 동참을 유도할 것으로 전망되어 협상이 보다 수월해질 것으로 전망된다.

나. 개도국도 차별화된 공동의 노력 필요

협상타결을 위해서는 선진국의 보다 높은 감축목표 설정과 재원 지원 등 솔선수범적인 활동이 우선되어야나 선진국의 합의를 이끌어 내기 위해서는 주요 개도국 또한 선진국과는 차별화된 일정 수준의 노력이 필요하다. 특히 금반 코펜하겐 총회를 통해 입증되었듯이 중국의 역할이 향후 협상을 진전시키기 위해 매우 중요하며, 상당수의 개도국이 중국에 보조를 맞춰 행동할 것으로 예상된다. 이런 측면에서 중국, 인도 등의 개도국이 온실가스 감축목표를 설정하고 관련정책을 수립·시행하는 것은 매우 긍정적으로 평가되며, 기타 개도국에게 모범사례가 될 수 있을 것으로 보인다.

다. 우리나라는 개도국 지위 유지 및 온실가스 감축 병행전략 구사

우리나라는 국제적으로는 현재와 같이 개도국의 지위를 가능한 오래 유지하는 한편 선진국과 개도국의 가교역할을 수행하고 국내적으로는 온실가스 감축정책을

지속적으로 떠나가는 전략을 구사할 것으로 보인다. 금반 코펜하겐 회의에 앞서 개도국에 적용되는 온실가스 감축목표를 공표하고 국제적으로 환영받은 것은 개도국의 지위를 유지하는데 긍정적으로 작용할 것으로 전망된다. 그러나 미래에 대한 준비차원에서 국내적으로는 관련법안 입법과 BAU 대비 30% 감축안 설정 등을 시작으로 사회 전반적인 온실가스 감축과 기후변화 대응을 추진하여 국가 경쟁력 제고를 추구하는 것이 장기적인 관점에서 유리할 것으로 보인다.

〈 참고문헌 〉

녹색성장위원회, 「저탄소 녹색성장 선언 1주년 주요 성과 및 향후 추진계획」, 2009.8
 대외경제정책연구원, 「중국 저탄소 성장 전략의 추진 배경과 주요 내용」, 2009.10
 오진규, 「기후변화협약 제14차 당사국총회(폴란드)」, 에너지경제연구원, 2008.12
 이동우, 「일본의 '미래개척전략' 과 시사점」, 국토연구원, 2009.8
 Council of the European Union, "Council Conclusions on EU position for the Copenhagen Climate Conference", 2009.10
 Earth Negotiations Bulletin, "SUMMARY OF THE BONN CLIMATE CHANGE TALKS: 10-14 AUGUST 2009", 2009.8
 Heinrich Boll Foundation, "China's Position in International Climate Talks", 2008.10
 Point Carbon, "Everything you need to know

about the Waxman-Markey", 2009.9
 _____, "How does the Kerry-Boxer bill compare to the EU ETS", 2009.10
 _____, "Moving towards a Kyoto successor: What will we get there", 2009.7
 _____, "Towards Copenhagen: Overview and status", 2009.6
 Raekwon Chung, "Carbon Credit for NAMA", 2008.10

Resources for the future, "Comparison of Major Market-Based Climate Change Bills in the 111th Congress", 2009.10

탄소세의 도입 사례 및 시사점



김 수 이

에너지경제연구원 연구위원

1. 서론

온실가스 감축을 위한 가장 일반적인 경제적인 정책 수단은 탄소세와 배출권거래제이다. 그러나 정부가 일률적으로 가장 손쉽게 할 수 있는 정책이 탄소세이다. 탄소세를 징수하는 방법에는 두 가지가 있다. 첫째, 이산화탄소 배출의 원천이 되는 화석연료에 함유되어 있는 탄소량에 비례하여 단위 탄소(Carbon)당 일정액의 세금을 화석연료에 부과하는 것이며, 둘째, 배출원이 배출하는 이산화탄소 배출량에 비례하여 단위 탄소당 부과하여 이산화탄소 배출 저감을 유도하게 된다. 전자는 이산화탄소 배출저감 시설을 고려하지 않고, 탄소유발물질의 원천에 대해 부과하는 것이며, 후자는 이산화탄소 배출저감 시설을 고려하여 세금을 부과하는 것이다. 전자는 배출량 측정방법이 미비했을 경우에 사용하며, 후자는 배출량 측정방법이 발달했을 경우에 사용한다. 따라서 탄소 배출량 측정방법이 발전하고 비용이 감소하는 경우에는 후자가 온실가스 배출저감 측면에서 더 바람직해 보인다.

탄소세는 온실가스 배출과 과세대상과의 연계성이 높기 때문에, 지구온난화를 유발하는 주요 온실가스인

이산화탄소의 배출을 억제하기 위한 해결방안 중 하나로 고려되고 있다. 이산화탄소는 주로 화석연료의 연소로 배출되는데, 일부 불완전 연소되는 부분을 제외한다면 이산화탄소의 배출량은 사용되는 연료의 탄소함유량에 따라 결정된다. 이와 같이 이산화탄소는 투입과 산출의 연계가 분명하고, 투입에 대한 측정이 용이하기 때문에 탄소세가 이산화탄소의 배출을 감축할 수 있는 적절한 정책수단으로 고려되고 있는 것이다.

탄소세의 부과는 탄소를 함유하고 있는 석유, 석탄, 가스 등 화석연료의 가격을 상승시켜 화석연료의 소비를 감소시킴으로써 이산화탄소의 배출량을 감축시키는 직접적 효과를 가져온다. 또한 탄소세는 크게 세 가지의 경로, 즉 (1) 산업구조 변화, (2) 기술개발, (3) 환경보호 의식 향상 등을 통하여 이산화탄소의 배출량을 간접적으로 감축시키는 효과를 가져온다. 첫째, 화석연료의 가격상승은 화석연료를 집약적으로 사용하여 생산되는 재화의 상대가격을 상승시키는데, 이는 산업구조를 저탄소 산업구조로 변화시키며 제품에 대한 수요를 저탄소 제품으로 전환시키는 효과를 가져와 이산화탄소의 배출량을 감축시키는 효과를 가져온다. 둘째, 탄소세의 부과는 에너지절약 기술개발을 촉진시키고 에

너지절약 설비투자를 증가시켜 이산화탄소 배출량을 억제시킨다. 마지막으로, 탄소세의 부과는 국민의 환경 보존에 대한 의식을 향상시킴으로써 불필요한 에너지 소비를 감소시키고 이산화탄소의 배출을 억제시키는 결과를 가져온다. 그러나 둘째 및 셋째 경로는 계량화하기 힘든 측면이 있다.

그러나 탄소세의 온실가스 감축 효과에 대해서는 경제학적으로 논란이 있다. 즉 탄소세를 부과할 경우, 정해진 온실가스 감축목표량을 달성할 수 있다는 보장은 없다. 그러나 배출권거래제의 경우에는 주어진 탄소배출량 목표를 달성할 수 있다는 측면에서 환경적으로 경제적으로 더 선호되고 있다. 현재 교토의정서 부속서 B 국가에 속해 있는 의무부담 국가는 EU를 비롯한 일본, 캐나다 등이다. 이 중 1990년대 초반부터 탄소세를 도입하여 온실가스 감축에 적극적으로 참여한 국가들은 노르딕 국가이다.

유럽연합 차원에서 탄소세 도입에 대한 논의는 1990년대 초부터 진행되었다. 1992년 EU 집행위원회(European Commission)는 신재생에너지원을 제외한 모든 에너지원에 대해 에너지세 50%와 탄소세 50%로 구성되는 EU 차원의 세제를 도입하자는 제안을 하였다. 하지만 영국정부의 강력한 반대로 인해 표류하다 1990년대 말에 사장되었다. EC는 개별 국가 차원에서라도 탄소세를 도입할 것을 지속적으로 권고하였으며, 스웨덴, 핀란드, 네덜란드, 덴마크, 노르웨이, 이탈리아 등의 국가에서 탄소세라는 명칭의 세금이 1990년대에 도입되었다.

본고에서는 노르딕 국가 중에서 탄소세를 구체적으로 도입한 노르웨이와 덴마크를 중심으로 사례 분석을 통해 국내 탄소세 도입에 대한 시사점을 제공하고자 한다. 그 외에도 영국의 경우에는 그 명칭이 기후변화분담금(Climate Change Levy)이지만 그 이면에는 이를 통해 온실가스 배출을 억제한다는 차원에서 탄소세로 볼 수도 있기 때문에 사례 분석에 추가하였으며, 프랑스의 경우에는 내년부터 탄소세 도입을 계획하고 있어 간단히 이를 소개하고자 한다. 이러한 사례 분석을 통해 국내 온실가스 감축정책 수립시 시사점을 보고자 한다.

2. 노르웨이

노르웨이의 기후정책은 기후변화협약(UNFCCC)과 교토의정서(Kyoto Protocol) 그리고 기후변화에 대한 정부간 패널(IPCC)의 과학적인 작업의 바탕위에서 이루어지고 있다. 기후변화와 온실가스 감축에 대한 주제는 1980년대 이래로 노르웨이 정책의 주 관심사가 되어오고 있다. 현재 노르웨이는 모든 온실가스 배출량에 대한 포괄적인 정책들을 실시해오고 있다.

이중 환경세는 1991년에 온실가스 감축을 위한 비용 효과적인 수단으로 하나로 도입되었다. CO₂ Tax는 전체 CO₂ 배출량의 68%에 부과되고 있다. 총 온실가스 배출량의 50% 이상을 차지하고 있다. Petrol과 같은 제품은 가격에서 다른 종류의 세금이 차지하는 비중이 크다. 예를 들면 petrol의 경우 재정세(Fiscal Tax)는 리

1) 국내 가격으로 환산할 경우 사용한 환율은 <http://www.federalreserve.gov/releases/g5a/> 의 매년 환율 데이터를 사용함. 구체적인 환율은 다음 표와 같음.

	1997	1999	2000	2001	2002	2005
한국	950.77	1189.84	1130.90	1291.02	1250.31	1023.75
노르웨이	7.0857	7.8071	8.8131	8.9964	7.9839	6.4412

〈표 1〉 노르웨이의 환경관련 세금

(단위: NOK(원))

세금	Tax-rate NOK	도입연도
CO ₂ tax	Different rates, see table 4.3	1991
SO ₂ tax, mineral oil per litre		1970
per 0,25 per cent weight share sulphur	0.07(11)	
Reduced rate per 0,25 per cent weight share sulphur	0.030(4)	
Petrol tax, per litre		1931
Sulphur-free	4.03(640)	
Low-sulphur content	4.07(646)	
Autodiesel tax, per litre		1993
Sulphur-free	2.92(464)	
Low-sulphur content	2.97(472)	
Tax on lubricating oil, per litre	1.62(257)	1989
Waste tax, NOK per ton		1999
Landfills, NOK per ton		
Landfills with high environmental standard	409,00(65,005)	
Landfills with high environmental standard	533,00(84,713)	
Incineration plants		
CO ₂ tax on incineration kr per ton	40.57(6,448)	
Tax on environment and health damaging chemicals		2000
TRI, per kg	55.71(8,854)	
PER, per kg	55.71(8,854)	
Tax on HFCs and PFCs, per ton CO ₂ equivalent	187.27(29,764)	2003
Environmental tax on beverage containers made of		1973
Glass, per unit	4.46(708)	
Metal, per unit	4.46(708)	
Plastic, per unit	2.69(427)	
Card board boxes, per unit	1.11(176)	
Basic tax on non-refillable beverage containers, per unit	0.91(144)	1994
Tax on electricity consumption, per kWh	0.0988(15)	1951
Tax on electricity consumption, reduced rate (industry), per kWh	0.0045(0)	
Heating oil tax, per litre	0.414(65)	2000

주: ()는 원화로 환산한 가격임.

자료: 노르웨이 제4차 국가보고서

터당 NOK 4.07이지만 CO₂ Tax는 NOK 0.78이다. 현재의 노르웨이의 환경관련 세금은 <표 2>와 같다¹⁾.

노르웨이의 CO₂ Tax를 설계할 당시 정부는 노르웨이와 같은 소규모 개방경제(small open economy)를 가지고 있는 국가들은 온실가스 감축으로 인하여 기업들이 이러한 환경세가 없는 해외로 이전하는 누출효과가 일어날 수 있다는 것을 염두에 두었다. 따라서 노르웨이의 CO₂ Tax는 기업들의 국제경쟁력이 저하되지 않는 정도내에서 설계되었다.

세금이 비용효과적인 정책수단이 되려면 모든 배출

가스에 대해서 세금이 부과되어야 하지만 non-CO₂ 가스에 대해서 세금을 부과하는 것은 기술적으로 가능하지 않다. 다른 국가에서도 그러한 선례는 없다.

배출권거래제에 해당하는 온실가스 다배출 산업에 대해서는 CO₂에 대해서는 세금을 부과하지 않는다.

노르웨이는 주요 석유수출국(북해유전)으로서 석유에 대한 세금은 국제적인 상품거래시장에서 영향을 미치다는 것을 고려하였다. 이는 기후변화협약 제4조 8항과 4조 9항에 나타나 있다. 그리고 교토의정서 2조 3항과 3조 14항에도 나타나 있다. 따라서 이러한 영향을 고려하

<표 2> 노르웨이의 CO₂ 세금

	Tax-rates per liter oil and petrol, kg. Coal and coke or Sm3 gas	Tax rate per tonne CO ₂
petrol	0.78(123)	337(53,562)
Mineral oil		
Light oil	0.52(82)	198(31,469)
Heavy oil	0.52(82)	171(27,178)
<u>Reduced tax</u>		
Pulp and paper industry	0.26(41)	86-99(13,668-15,735)
Fishmeal industry	0.26(41)	86-99(13,668-15,735)
Domestic aviation	0.31(49)	118(18,755)
Domestic shipping of goods	0.31(49)	118(18,755)
Continental shelf(supply fleet)	0.31(49)	118(18,755)
<u>Exemptions</u>		
Foreign shipping	0(0)	0
Fishing in Norway	0(0)	0
Fishing in distant water	0(0)	0
External aviation	0(0)	0
Oil and gas in the North Sea		
Oil	0.78(123)	289(45,933)
Gas	0.78(123)	333(52,962)

자료: 노르웨이 제4차 국가보고서

여 해외로 수출하는 제품에 대해서는 면세를 하고 있다. 이러한 노르웨이의 세금 구조는 <표 3>에 나타나 있다.

CO₂ Tax로 인하여 에너지 효율적인 기술에 대한 투자를 가져와 온실가스를 감축하는 효과를 거두었다. 세금이 없었다면 이러한 투자가 일어나지 않았을 것이기 때문이다. 북해유전의 Sleipner field에서의 CO₂저장으로 인해서 해상에서 2000년에 3백만톤의 온실가스를 감축하는 결과를 가져왔는데 이는 노르웨이 온실가스 배출량의 5%에 해당하는 것이다.

노르웨이의 CO₂ Tax는 가정과 산업부문의 난방유에도 적용되는데 이 부문의 온실가스 배출량은 전체 국가 온실가스 배출량의 10~15%에 이른다. 이로 인해서 난방유를 전기나 바이오매스로 전환하는 효과를 가져왔다. 참고로 노르웨이의 전력의 90% 이상은 수력발전에 의한 것으로 전력부문의 온실가스 배출량은 거의 없다.

수송부문에서의 CO₂ Tax의 탄력성은 난방유보다 적다. 따라서 CO₂ Tax의 효과도 적게 나타난다. 그러나 수송부문의 CO₂ Tax의 부과는 수송연료의 가격상승을 가져와서 수송량의 감소를 가져오고 연료 효율적인 차량의 구매를 가져오는 효과를 가져 왔다.

3. 덴마크

덴마크에서는 세금이 전체 GDP의 48%에 이르고 있다. 이러한 세금은 육아, 교육, 실업, 의료, 장애인 보조, 노령연금 및 다양한 데 사용되고 있다. 이중 개인 소득세가 전체 세원의 53%를 차지하고 있으며, 다른 세금으로는 부가가치세, 부담금, 법인세 등이다. 부가가치세는 25%로 비교적 높으며, 그 외에 다양한 소비세와 환경세가 있다. 법인세는 약 30% 정도이다.

온실가스에 영향을 미치는 세금은 가격을 통해서 소비를 조정하는 방식으로 이루어지고 있다. 에너지가격은 에너지 소비의 구성과 크기에 영향을 미친다. 그 외에도 덴마크에서는 자동차, 에너지, 알콜, 담배 등에 특별세가 부과되고 있다. 1990년대에 새로운 환경세가 도입되었는데, 주로 물, 에너지(석유, 전력 등)에 대한 세금이다. 그 외에도 CO₂, HFCs, PVC, SF₆, SO₂ 등 오염물질에도 세금이 부과되고 있다. 미네랄 오일, 담배, 알콜 등에 대한 세금은 EU 법안(legislation)에 따르고 있다.

가. 온실가스 배출량 감소를 위한 에너지세

덴마크는 1970년대 석유위기 이후로 에너지에 대한 세금을 부과하고 있다. 이는 주로 석유에 대한 소비를 감소시키고 에너지 절약수단으로 활용하기 위해서이다. 더 적은 에너지 소비는 에너지 연소에서 발생하는 CO₂, CH₄, N₂O 배출을 줄인다. 최근 에너지 소비는 <표 3>과 같다. 덴마크의 에너지세는 석유, 석탄, 가스, 전력 등 4가지에 대한 세금으로 분류된다.

미네랄 오일 법(mineral oil act)에 대한 세금은 1993년 1월 1일부터 발효되었는데 구체적인 세율은 <표 4>와 같다. 경유(Light diesel oil)에 대한 세금은 2차례에 걸쳐 세분화되었는데, 1999년 6월 1일에는 저유황 경유(Diesel low in sulphur content)와 경유의 세금을 차별화함으로써 저유황 경유의 소비를 진작시키고 경유의 소비를 억제하였으며, 2005년 1월 1일에는 무유황 경유(Diesel without sulphur)와 경유, 그리고 저유황 경유의 세금을 차별화함으로써 무유황 경유의 소비를 진작시키고 다른 경유의 소비를 억제하였다. 이와 같이 자동차 연료에 대한 세금을 차별화함으로

서 보다 환경 친화적인 연료로의 대체효과를 가져왔다. <표 7> <표 8>와 같다. 가스에 대한 세금은 1996년 세
그 외 가스와 석탄 그리고 전력에 대한 세금은 <표 6>, 제개편 이후로 천연가스와, 도시가스(주거용)에 대한

〈표 3〉 에너지세(1998-2005)

	단위	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
석탄	DDK/toe	1,717	1,884	1,968	2,051	2,135	2,135	2,135	2,173
천연가스	DDK/toe	1,536	1,536	1,672	2,048	2,111	2,111	2,111	2,134
천연가스	DDK/m ³	1.47	1.47	1.60	1.96	2.02	2.02	2.02	2.042
석유제품: 디젤(수송용)	DDK/toe	2,429	2,464	2,738	2,952	2,952	2,952	2,952	2,985
석유제품: 연료용 석유	DDK/toe	1,910	1,910	1,950	2,000	2,060	2,060	2,060	2,092
전력: 난방(열)	DDK/kwh	0.40	0.42	0.47	0.49	0.50	0.50	0.50	0.511
전력: 기타	DDK/kwh	0.46	0.48	0.54	0.55	0.57	0.57	0.57	0.579
폐기물: 폐기물 에서 발생하는 난방(열)	DDK/toe	0	209	335	419	540	540	540	540
기타 바이오매스	DDK/toe	0	0	0	0	0	0	0	0

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

〈표 4〉 미네랄 오일 법(mineral oil act)에 의한 세금

(단위: DDK/liter)

	'88 -30.9.'92	1.10.'92 -31.12.'94	1.1.'95 -31.12.'95	1.1.'96 -31.12.'96	1.1.'97 -30.6.'98	1.7.'98 -31.5.'99	1.6.'99 -31.12.'99	1.1.'00 -31.3.'01	1.4.'01 -30.6.'04	1.7.'04 -31.12.'04	1.1.'05-
자동차용 연료로 사용 되는 가스와 디젤	1.76	1.77	2.00	2.02	2.12	2.12	2.35	2.58	2.76	2.787	2.787
경유	-	1.67	1.90	1.92	2.02	2.02	2.25	2.48	2.66	2.687	2.687
저유황 경유	-	-	-	-	-	-	2.07	2.30	2.48	2.507	2.507
무유황 경유	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.487
연료용 석유	1.98	1.66	1.66	1.66	1.66	2.06	2.06	2.06	2.06	2.092	2.092
자동차 가스	1.08	1.18	1.34	1.36	1.43	1.45	1.45	1.45	1.73	1.746	1.746

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

〈표 5〉 다른 형태의 휘발유(petrol)

(단위: DDK/liter)

	-31.12.'93	1.1.'94 -31.3.'94	1.4.'94 -30.9.'94	1.10.'94 -31.12.'94	1.1.'95 -31.3.'95	1.4.'95 -30.9.'95	1.10.'95 -31.12.'95	'96	'97	1.1.'98 -30.6.'98	1.7.'98 -31.12.'04	1.1.'05-
납(lead)포함	2.90	3.10	3.15	3.20	3.55	3.60	3.65	3.92	3.97	4.02	4.72	4.50
납(lead)불포함	2.25	2.45	2.50	2.55	2.90	2.95	3.00	3.27	3.32	3.37	4.07	3.85
납(lead)포함 vap-rec	-	-	-	-	-	-	-	3.89	3.94	3.99	4.69	4.47
납(lead) 불포함 vap-rec	-	-	-	-	-	-	-	3.24	3.29	3.34	4.04	3.82

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

〈표 6〉 가스에 대한 세금(1996-2006)

(단위: DDK/NM³)

	1.1.'96 -30.6.'98	1.7.'98 -31.8.'98	1.9.'98 -31.12.'99	1.1.'00 -31.12.'00	1.1.'01 -31.12.'01	1.1.'02 -31.12.'02	1.1.'03 -31.12.'03	1.1.'04 -30.6.'04	1.7.'04 -31.12.'04	1.1.'05 -31.12.'05	1.1.'06-
천연가스	0.01	0.25	1.47	1.60	1.96	2.02	2.02	2.02	2.046	2.046	2.046
도시가스	0.01	0.25	0.25	0.38	0.68	0.99	1.25	1.50	1.50	1.7702	2.046

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

〈표 7〉 석탄에 대한 세금(1990이후)

(단위: DDK/tonne)

	1.6.'89 -31.12.'91	1.1.'92 -31.12.'94	1.1.'95 -31.12.'95	1.1.'96 -31.12.'96	1.1.'97 -31.12.'97	1.1.'98 -30.6.'98	1.7.'98 -31.12.'98	1.1.'99 -31.12.'99	1.1.'00 -31.12.'00	1.1.'01 -31.12.'01	1.1.'02-
하드콜 (Hard Coal)	765	690	770	860	950	1040	1150	1250	1300	1350	1425
리그나이트 (Lignite)	550	505	570	635	700	764	840	910	950	990	1030

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

〈표 8〉 전력에 대한 세금(1989 이후)

(단위: DDK/kWh)

	1.6.'89 -29.02.'92	1.3.'94 -31.12.'93	1.1.'94 -31.12.'94	1.1.'95 -31.12.'95	1.1.'96 -31.12.'96	1.1.'97 -31.12.'97	1.1.'98 -30.6.'98	1.7.'98 -30.6.'99	1.7.'99 -30.6.'04	1.7.'04-
연간 4,000kWh 이상 소비하는 주택	29.5	23.5	26.5	29.5	32.5	36.5	40.1	46.1	50.1	51.1
기타	33	27	30	33	36	40	46.6	52.6	56.6	57.6

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

세금이 부과되고 있으며, 석탄에 대해서는 1982년 7월 1일 이후로 부과되고 있다.

나. 탄소세

덴마크 탄소세는 1992년 3월 1일부터 도입되었다. 탄소세는 주로 산업부문에 부과되고 있는데 에너지 종류에 따라서 달리 부과되고 있다. 〈표 9〉은 탄소 배출

량 단위에 따른 세율이며, 〈표 10〉은 에너지원별 단위
에 따른 탄소세율을 나타내고 있다. 세율이 2004년 7
월 1일 다소 감소하였는데 이는 세금부담을 완화하기
위한 수단이었다기 보다는 전체적인 세제개편 차원에서 이루어진 것이다. 그리고 바이오 연료에 대해서는
탄소세를 면제하고 있다. 배출권거래제와 연계해서는
배출권거래제에 포함되어 규제를 받는 산업에 사용된
연료에 대해서는 탄소세를 환급해주고 있다.

〈표 9〉 탄소세(1996-2005)

(단위: DDK/ 톤 CO₂)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
기본율										
산업용 보일러	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90
경공업										
기준율	50	60	70	80	90	90	90	90	90	90
자발적협약	50	50	50	58	68	68	68	68	68	68
보조금	0	10	20	22	22	22	22	22	22	22
중공업										
기준율	5	10	15	20	25	25	25	25	25	25
자발적협약	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
보조금	2	7	12	17	22	22	22	22	22	22

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

〈표 10〉 탄소세(예)

		15.5.1992-31.12.2004	1.7.2004-
가스 오일/디젤 오일	DDK/liter	0.27	0.243
연료 오일	DDK/kg	0.32	0.288
전력	DDK/kwh	0.10	0.09
리그나이트(lignite)	DDK/tonne	242	217.8
천연가스/타운가스	DDK/NM3	0.22	0.198
휘발유(petrol)	DDK/liter		0.22

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

다. HFC_s, PFC_s, SF₆ 배출에 대한 세금

2001년 3월 1일부터는 HFC_s, PFC_s, SF₆의 배출에 대한 세금이 부과되고 있다. 〈표 11〉에서와 같이 이러한 세금은 GWP에 기준하고 있다. 이러한 세금으로

2001년에만 49,000톤의 CO₂ 배출이 저감되었으며, 2005년에는 150,000톤의 CO₂ 배출이 저감되었다. 2010년에는 37,000톤의 CO₂ 배출이 저감될 것으로 예상된다. 감축비용은 CO₂ 톤당 200 DKK로 추정된다.

〈표 11〉 F 가스의 세금(예)

	GWP	세금(DDK/kg)
HFC-134a	1300	130
R404a(3 HFCs의 결합)	3260	326
SF ₆	23900	400

자료: 덴마크, 제4차 국가보고서

4. 영국과 프랑스

영국에서 기후변화부담금(Climate Change Levy)은 산업과 상업부문에서 사용된 에너지에 대한 세금으로서 2001년에 고효율 에너지 분야에 대한 기업 비즈니스를 촉진하기 위해 도입되었다. 부담금을 통해 고효율 에너지 분야를 확대시킴으로써 탄소배출량을 효과

적으로 낮출 수 있음은 물론 기업은 에너지 비용을 절감할 수 있는 기회를 제공받게 된다. 이 세금은 가정부문의 에너지 사용과 수송부문의 에너지 사용에는 적용되지 않았다. 발전과 비에너지 사용 목적, 신재생에너지에는 부과하지 않았다. DEFRA와 기후변화협약을 맺은 에너지다소비업종에는 세금의 80%를 감면해 주었다. 기후변화부담금의 세율은 〈표 12〉와 같다.

〈표 12〉 기후변화부담금 세율

대상	세율
전력(Electricity)	■ 0.00456/kWh
도시가스(Gas Supplied by a gas utility or any gas supplied in a gaseous state that is of a kind supplied by a gas utility)	■ 0.00159/kWh
LPG(Any petroleum gas, or other gaseous hydrocarbon, supplied in aliquid state)	■ 0.01018/kWh
기타(Any other taxable commodity)	■ 0.01242/kWh

자료: Defra, UK

기후변화부담금에 의한 세금수입은 2001년 855백만 파운드(£), 2002년 829 백만 파운드, 2003년 832 백만 파운드, 2004년 764 백만 파운드, 2005년 744백만 파운드, 2006년 712백만 파운드, 2007년 688백만 파운드, 2008년 700백만 파운드에 달하였다. 이로 인한 세금수입은 에너지효율 개선과 기업이 분담하는 고용보험납입금의 0.3%로 환급해 주었다. 이 때문에 기업이 내는 총 납세금이 감소하는 현상을 초래하였다.

기후변화부담금은 기업측면에서 에너지 수요량에 큰 영향을 미치면서, 에너지 효율성 향상과 함께 배출량감소에 일조하였다. 1999년 예산 발표때부터 2001년 4월 도입된 이후로 캠브리지 계량경제학자들은 부담금의 효과에 대해 평가해왔다. 이들 경제학자들은 부담금을 통해서 2005년까지 16.5백만톤의 탄소를 절감할 수 있으며, 2010년까지 연간 탄소절감량은 3.5MtC(도입시 전망치인 2MtC 보다 훨씬 높은 수치)에 이른다고 발표하였다. 본 평가에 따르면 이와 같은 결과는 크게 공시효과(announcement effect)라고 볼 수 있으며 수요측면에서의 소폭의 감소는 고유가로 인한 부담금의 가격효과(price effect)때문이라고 발표하였다. 부

담금은 가격효과(price effect) 뿐만 아니라 다양한 대책들을 통한 베이스라인의 영향이 결합된 양상을 보이고 있으며 UEP 베이스라인내에서의 ‘공시효과’ 또한 무시할 수 없는 영향을 미쳤다고 할 수 있다.

또한 2010년까지 경제전반에 필요한 에너지수요량은 기후변화부담금 때문에 연간 2.9% 까지 감소할 것이라고 전망되었다(상업과 공공부분은 연간 15% 까지 감소). 고용보험납입금의 0.3%가 줄어들으로써 에너지 수요량이 감소하게 되고 이를 통해 기업의 지출이 감소하는 결과를 낳게 되는 것이다. 캠브리지 계량경제학자들은 CCL/NICs를 통해서 2010년까지 전반적인 기업 단위 지출당 0.13%까지의 절감효과가 있을 것이라고 전망했다.

기후변화부담금은 영국이 교토의정서 목표치를 달성하는데 중요한 역할을 하고 있다. 영국에서의 부담금은 도입된 이후로 인상하지 않고 있다. 2006년 예산에서, 영국은 기후변화에 대응하기 위해 부담금을 현 인플레이션 수준에 맞게 인상시킬 것이라고 발표했다. 인플레이션 증가율은 2007년 4월 1일에 발표될 예정이다. 영국 정부는 기후변화부담금을 통한 세입금이 기업

에게 돌아갈 수 있도록 하고 있다. 특히, 기업과의 대화를 통해서 에너지 고효율 분야와 환경분야에 투자될 수 있는 가장 효과적인 방안을 모색하고 있다.

부담금은 산업, 상업, 공공부문에서의 에너지사용량에 대한 세금이다. 따라서 부담금은 주거, 또는 운송부에서 사용한 연료에 대해 적용되지 않으며 전기발전과 같은 다른 형태의 에너지 생산을 위해 사용되는 연료와 비-에너지 목적의 연료는 포함시키지 않고 있다. 석유도 적용되지 않고 있으나 이미 석유에는 여러 세금이 부과되고 있다. 또한 소규모 공장에서 사용되는 에너지도 포함되지 않았다.

부담금에서 제외되는 몇가지 경우는 다음과 같다.

- 신재생에너지로 발생하는 전력
- 양질의 열병합 발전(CHP)에 의해 사용된 연료
- 원료로 사용된 연료
- 클로르-알칼리 공정이나 1차 알루미늄 제련과 같은 전기분해 공정을 위해 사용된 전기

상대적으로 에너지 집약적인 원예부문에는 소규모 업체가 다수 있으며 상당한 국제 경쟁에 노출되어 있다. 또한 5년간 임시로 세金的 50%를 감면해 주는 것도 2006년 3월 31일에 만료된다. 이 부문은 현재 신규 적격 기준(아래 참조)에 의거하여 기후 변화 협약 자격이 되며, 감면 혜택을 누려왔던 원예업자들은 신규 협약에 참가할 자격이 있다.

현재 세율은 가스의 경우에는 0.159p/kWh, 석탄의 경우에는 1.17p/kg(0.15p/kWh와 동일), LPG의 경우에는 1.018p/kg, 전력의 경우에는 0.456p/kWh이다.

세금은 사업체가 에너지 효율성 수준을 개선시키는 것을 장려하기 위한 체계이다. 에너지 효율성 개선은 배출 감소 및 사업 경쟁력 유지 및 강화를 통해 이중 배당

을 가능하게 한다. 세금이 사업 경쟁력을 지지하는 방안을 보증하기 위해 고용주의 국민보험료 부담도 또한 0.3%p 삭감했다. 이는 2004년~2005년에 약 12억£ 정도였으며, 같은 해에 세금에 의해 향상된 7억7200만 £와 비교되어, 세금에 대한 인식을 '바람직한 것'에서 '바람직하지 않은 것'으로 변화시키는데 일조했다.

강화자본충당금(Enhanced Capital Allowances) 또한 환경친화적 기술 사용을 장려하기 위한 것이었다. 강화자본충당금은 현재 15가지의 기술 분류 및 13,000가지 제품에서 사용 가능하다. 그에 더하여, 사업 지원 및 조언을 제공해주는 Carbon Trust사가 설립되었다. 세금을 통한 에너지 효율성 개선을 위한 보상금과 더불어, 이러한 여러가지 방법들은 사업 적응력을 돕기 위한 지원을 해 주고 있다.

한편 프랑스에서는 2010년 1월부터 '기후-에너지 세'를 도입하기로 하였다. 도입목적은 이산화탄소배출에 대해 가격을 부여함으로써 가정과 기업에서 화석 연료 소비를 줄일수 있도록 행동변화를 유도하기 위함이다. 부과 세율은 이산화탄소 1톤당 17유로로 결정하였다. 이를 구체적으로 보면 디젤과 유류는 1리터당 4.5센터, 휘발유는 4센터, 천연가스는 0.4센트 수준이다. 부과대상은 석유, 석탄, 가스 사용에 부과하는데 다만 재생에너지, 원자력발전을 통해서 세계적으로 낮은 수준의 온실가스를 배출하는 프랑스 현실을 반영하여 전기는 제외하기로 하였다.

프랑스의 탄소세는 전체 세금부담에는 변화가 없도록 조세 중립적으로 운영하였으며, 대부분의 세금을 환원하는 사회적 장치를 마련하였다는 것이다. 즉 탄소세 신설과 병행하여 동시에 다른 세금을 경감하여 전체 세금 인상은 없다. 그리고 소득세 납부 가구는 익년도에 소득세 할인을 받으며, 소득세를 납부하지 않는 가구는

녹색 수표(green check)를 받는다. 구체적 보상 조치는 2명의 자녀와 함께 도시에 거주하는 가구는 2월 소득세 납부시 112유로 감면 혜택을 받으며, 소득세 납부가 없는 경우 동일 금액의 녹색 수표를 받으며, 2명의 자녀와 시골에 거주하는 경우 142유로를 받는다. 이와 아울러 수산업, 농업, 교통 등 석유에 강력 의존하는 산업 부문의 경쟁력 저하를 방지하고, 에너지절약의 인센티브를 유지하기 위한 방안을 모색하기로 하였다. 한편 EU배출권거래대상이 되는 제조업에 대해서는 탄소세 부과대상에서 제외하기로 하였다.

5. 시사점

이 세금들은 명목상 탄소세이기는 하지만, 실제 연료의 탄소함유량에 엄격히 입각해 세금을 부과하지는 않았다. 예외 조항이 많고 리베이트로 세금을 다시 돌려주는 부분도 존재한다. 일반적으로 다음과 같은 예외를 인정하고 있다. 첫째, 발전 및 송배전부문은 대부분의 국가에서 제외했으며, 항공유와 어업을 위한 연료도 제외되는 경향을 보이고 있다. 둘째, 시멘트 생산을 위한 석탄과 코크스, 산업부문의 원재료부문 역시 제외하고 있다.

또한, 전반적으로 산업부문은 가정부문에 비해 더 적은 탄소세를 부과하는데, 그 이유는 산업의 국제경쟁력과 소득재분배 효과를 동시에 고려했기 때문이다. 이러한 경향들은 각 국가별 탄소세가 도입과정에서 이해당사자간에 이루어진 협상의 결과물임을 의미한다.

그 밖에도 무역과 관련된 부문 특히 산업부문이든가 물류부문이든가 해외와의 거래나 산업활동과 관련된 부문에서는 탄소세를 면제함으로써 국제 거래에서의

왜곡과 불이익을 방지하고 있다.

그리고 대부분의 국가에서 탄소세 수입은 온실가스 저감 방안 마련에 쓰거나 다시 세수를 국민에게 환원하여 조세 중립적으로 운영하고 있다. 따라서 국민들에게 조세부담은 가중시키지 않으면서 탄소를 저감할 수 있도록 행동변화를 유도하고 있다.

탄소세를 실시하고 있는 북유럽 국가와 우리나라의 에너지가격을 비교해보면 조세구조를 차지하고서라도, 산업용의 경우에는 석탄과 전력을 제외하고 우리나라보다 에너지가격이 낮다는 것을 <표 13>에서 알 수 있다. 특히 영국의 경우, 산업용 에너지의 경우에는 발전용 석탄과 전력을 제외한 모든 에너지가격이 낮다. 그러나 수송용과 가정용의 경우에는 대부분의 국가에서 우리나라 보다 에너지가 높다.

따라서 북유럽 국가의 에너지 가격구조는 산업에 대한 영향력이 적은 주로 가정용과 수송용 에너지 가격이 높다. 이는 향후 국내 에너지가격을 조정할시 가정용과 수송용 에너지에 대한 세부담에 대해서는 다른 북유럽 국가와의 형평성을 고려할 때 다소 부담이 적지만 산업용에 대한 세부담에 대해서는 국내 산업을 고려하여 신중할 필요가 있다.

<표 14>에서와 같이 에너지 가격 중 세제 비중을 보더라도 산업용의 경우에는 우리나라의 세제 비중이 북유럽 국가들보다 높은 경우도 있다. 특 경질 연료유의 경우에는 산업용 노르웨이를 제외하고 세제비중이 높았으며, 산업용 천연가스의 경우에는 핀란드의 경우보다 세금 비중이 높다. 그러나 수송용이나 가정용의 경우에는 북유럽 국가들이 모두 세금 비중이 높게 나왔다. 특히 영국의 산업용 에너지중 석유류의 경우에는 세제비중이 한국보다 높지만 가격은 낮다. 이는 영국이 북해선 브랜트유를 안정적인 가격에 공급받는 특수한

〈표 13〉 에너지 가격수준(2008년)

(단위: US\$/toe)

		한국	노르웨이	덴마크	핀란드	스웨덴	영국 (2007)
산업용 ¹⁾	고유황 연료유	751.8	×	×	×	×	×
	저유황 연료유	785.3	..	647.6	703.1	1,290.5	583.3
	발전용 중유	..	×	..	601.1	..	465.7
	경질 연료유	1,589.7	1,437.9	1,194.1	1,156.8	1,020.9	793.5
	산업용 천연가스	555.0	×	c	413.6	..	369.8
	발전용 천연가스	750.6	..	c	377.9	..	319.4
	산업용 석탄	178.3	..	..	356.8	..	172.1
	발전용 석탄	137.8	..	..	235.5	..	145.6
	전력	699.6	739.1	..	1,126.6	..	1,507.0
수송용	상업용 경유(디젤)	..	1,953.6	1,733.4	1,702.2	1,820.0	2,093.1
	비상업용 경유(디젤)	1,729.5	2,442.0	2,167.5	2,076.6	2,275.0	2,459.6
	보통 무연휘발유	2,150.0	×	2,396.9	×	×	×
	프리미엄 무연휘발유	..	2,656.3	2,410.9	2,491.4	2,287.6	2,633.7
	LPG	..	..	..	..	..	..
가정용	경질연료유	1,589.4	1,840.4	1,945.4	1,411.3	2,068.1	1,231.9
	가정용 천연가스	704.3	×	..	578.5	..	917.7
	전력	1,030.6	1,905.7	4,604.2	2,004.7	..	2,689.8

주: 1) 부가가치세 제외 기준임

n.a : 자료부재

c : 기밀사항

.. : 적용불가, 데이터가 없음.

자료: OECD/IEA, Energy Prices & Taxes, 2009, 1st quarter

〈표 14〉 에너지 가격 중 세제비중(2008년)

(단위: %)

		한국	노르웨이	덴마크	핀란드	스웨덴	영국 (1997)
산업용 ¹⁾	고유황 연료유	11.8	×	..	..	×	×
	저유황 연료유	11.7	..	11.5	14.5	48.5	27.4
	발전용 중유	12.22(04)	×	..	..	..	34.4
	경질 연료유	16.6	19.5	4.2	12.6	10.3	19.9
	산업용 천연가스	13.2	×	c	8.6	..	2.8
	발전용 천연가스	9.4	..	c	..	..	..
	산업용 석탄	..	..	..	34.0	..	8.4
	발전용 석탄	..	20.1	..	4.0	..	3.1
	전력	..	..	..	..	..	..
수송용	상업용 경유(디젤)	..	39.7	36.0	35.1	38.9	50.0
	비상업용 경유(디젤)	38.8	51.8	48.8	46.8	51.1	57.9
	보통 무연휘발유	49.3	×	60.1	×	×	×
	프리미엄 무연휘발유	..	60.9	59.8	62.1	62.0	59.2
	LPG	29.8	..	..	..	..	..
가정용	경질연료유	16.6	35.6	44.6	28.4	50.6	21.4
	가정용 천연가스	19.5	×	..	24.2	..	4.8*
	전력	..	31.3	53.4	25.5	..	4.8*

주: 1) 부가가치세 제외 기준임

n.a : 자료부재

c : 기밀사항

.. : 적용불가, 데이터가 없음.

자료: OECD/IEA, Energy Prices & Taxes, 2009, 1st quarter

국가 환경에 놓여 있기 때문이다.

이상에서와 같이 향후 에너지세제 개편시에는 북유럽 국가와의 형평성을 고려하여 산업용 보다는 수송용 및 가정용 위주로 세제 개편을 추진해야 하며, 특히 산업용의 경우에는 배출권거래제와의 정책 믹스를 고려해야 할 것이다. 특히 북유럽의 경우에는 발전원 중에서 신재생에너지의 비중이 높게 차지하고 있어, 탄소세에 따른 전력요금의 상승이 크지 않지만 우리나라의 경우에는 화석연료의 발전비중이 높으므로 발전용 화석연료에 대한 탄소세는 전력요금의 상승으로 이어지므로 탄소세에 따른 경제적인 파급효과가 북유럽과는 비교해서 매우 클 것으로 예상된다.

〈 참고문헌 〉

- Denmark's Fourth National Communication on Climate Change
<http://www.defra.gov.uk/>
 Norway's Fourth National Communication on Climate Change
 OECD/IEA, Energy Prices & Taxes, 2009, 1st quarter
 Pizer, W.A.(2002), "Combining price and quantity controls to mitigate global climate change," Journal of Public Economics, Vol. 85, Issue 3(September), pp 409-34.
 Weitzamn, M.L.(1974), Prices versus quantities, "Review of Economic Studies, Vol 41, Issue 4(October), pp 477-91.

태양전지산업의 여건변화와 우리의 대응방안

이 민 식

산은경제연구소 수석연구원



1. 서론

21세기 들어 지구온난화에 따른 환경문제가 지구촌 최대의 관심사로 대두되면서 이를 해결하기 위한 방안의 하나로 신재생에너지가 주목받고 있다. 신재생에너지 중에서도 태양광은 무한정한 자원이면서도 청정에너지로서의 잠재력으로 낮은 경제성에도 불구하고 가장 빠른 성장을 보이고 있다. 세계 주요 선진국들은 태양광산업을 미래에 이산화탄소 배출 저감 등 환경문제 해결의 수단으로써 뿐만 아니라 고부가가치 창출, 고용 확대 등 차세대 성장동력산업의 하나로 집중 육성하고 있다.

2000년 이후 연 30% 이상 고성장을 거듭하였던 태양광산업은 2008년 3/4분기부터 시작된 미국발 세계 금융위기로 수요가 급감하는 등 성장에 제동이 걸린 상태이다. 그러나 최근 아시아를 중심으로 세계 경기가 서서히 회복 기미를 보이면서 태양광산업도 부활 조짐을 보이고 있고 경기회복 이후 태양광시장의 주도권을 잡으려는 각국의 물밑 경쟁도 한층 치열해 지고 있다.

특히 태양광산업의 경제성을 크게 좌우했던 고가의 원재료가 최근 수요 부족으로 하락세가 지속되면서 태양광 에너지의 발전단가도 급락세를 보이고 있다. 이에 따라 그동안 태양광산업의 발목을 잡았던 높은 비용 부담도 점차 해소될 것으로 보여 그리드패리티(Grid Parity)¹⁾가 당초 예상보다 크게 앞당겨질 것으로 예상하는 관측도 나온다. 또한 태양광산업의 논의의 초점도 원재료의 안정적 확보에서 최근에는 변환효율 향상과 규모의 경제, 원가절감 문제로 전환되고 있다.

본고에서는 최근 전환기를 맞고 있는 태양광산업 그 중에서도 태양전지산업의 구조적 변화를 시장여건의 변화와 함께 살펴보고 태양전지산업의 미래를 생산량과 Cost 측면에서 전망해 보았다. 아울러 최근 여건변화에 따른 세계 주요 태양광국가들의 태양광 정책들을 주요국별로 고찰해 보았다. 마지막으로 우리나라가 이러한 여건변화에 대응하고 향후 경기회복시 세계시장을 선도하기 위해서는 현재 어떠한 노력들이 필요한가를 제시해 보았다.

1) 전기 1kW를 생산하는데 필요한 태양광 발전 비용과 화석연료를 사용하여 생산한 일반 전력비용이 같아지는 수준. renewable energy cheaper than coal의 의미로 RE(C)라는 표현을 쓰기도 함.

2. 최근 태양전지산업의 구조변화

가. 시장여건의 변화

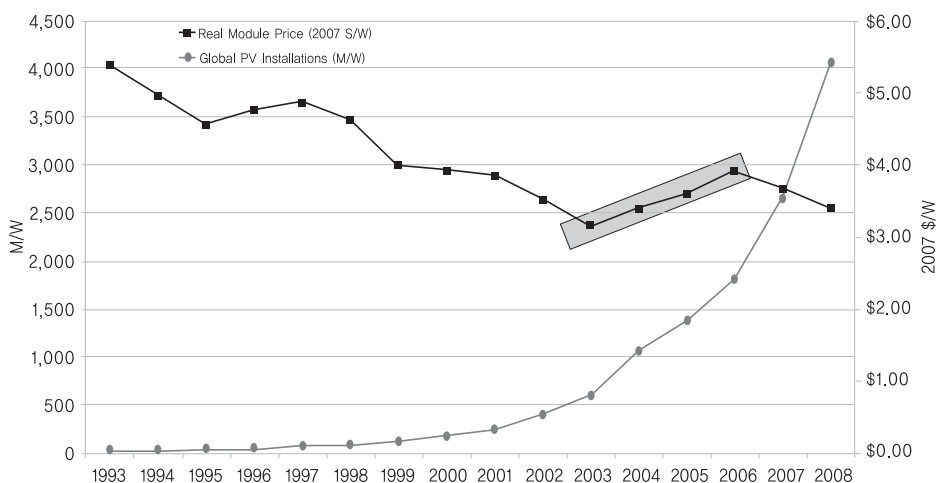
세계 태양전지 설치량(신규 설치량 기준)은 1999년 125MW에서 2008년 4.5GW로 연평균 43%의 성장률을 보이면서 2000년대 이후 세계 신재생에너지 붐을 주도하였다. 특히 2008년에는 세계 태양전지 및 모듈 생산능력(누적 설치량 기준)이 2007년에 비해 거의 2배 가까운 12.6GW 및 10.4GW를 각각 기록하였다. 양적인 성장과 함께 기술혁신과 공정개선에 따른 제조비용 하락으로 수익성도 꾸준히 개선되었다. 태양전지산업이 호황을 지속하면서 신규 진입업체도 급증하였다. 결정질실리콘 태양전지업체 수는 2003년 70여개에서 2009년에는 160여개로 크게 증가하였는데, 특히

2008~2009년 사이에 신규 진입이 활발하였다. 이같은 증가는 태양전지산업이 비교적 기술장벽이 낮고 생산라인 구축이 용이하며 설비투자 규모도 그리 크지 않기 때문이다. 지역별로 보면 중국을 비롯한 미국, 인도 등에서 신규 진입이 급증하였다.

태양전지 업체의 난립으로 경쟁이 격화되면서 공급 부족 현상을 보였던 시장환경도 서서히 변해갔다. 공급 과잉이 나타나고 상위업체들의 독점적 지위도 사라졌다. 시장상위 10위 업체들의 시장점유율은 2006년 65.7%, 2007년 53.4%, 2008년 46.3%로 하락세를 보이고 있으며, 2008년 1위 업체와 10위 업체 사이의 점유율 차이도 불과 4.7%p에 불과하다.

태양전지시장은 2008년 4분기 들어 글로벌 금융위기로 태양광발전소 건설과 관련한 프로젝트파이낸싱이 취소되거나 연기되면서 수요가 급감하여 Buyer's

[그림 1] 모듈 가격 및 세계 태양전지 설치량 추이('93-'08)



자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009. 1

〈표 1〉 결정질실리콘 태양전지 가격 전망

(단위: US\$/W)

	2007	2008	2009	2010	2011
모듈 가격	3.9	3.8	2.7	2.4	2.0
모듈 제조원가	3.3	3.3	2.5	2.2	-

자료: 디스플레이뱅크

Market으로 돌변하였다. 이에 따라 결정질 실리콘 태양전지 및 모듈 가격(현물가격)도 급락세를 보여 2008년 3분기 Watt당 3달러, 4.5달러에서 금년 3월에 2달러, 3달러로 하락했으며 9월에는 1달러 및 2.5달러 이하에 머무르고 있다. 또한 2008년 3분기 이전 20~30%에 달했던 태양전지 및 모듈업체의 마진율도 앞으로는 10%대로 하락이 예상된다.

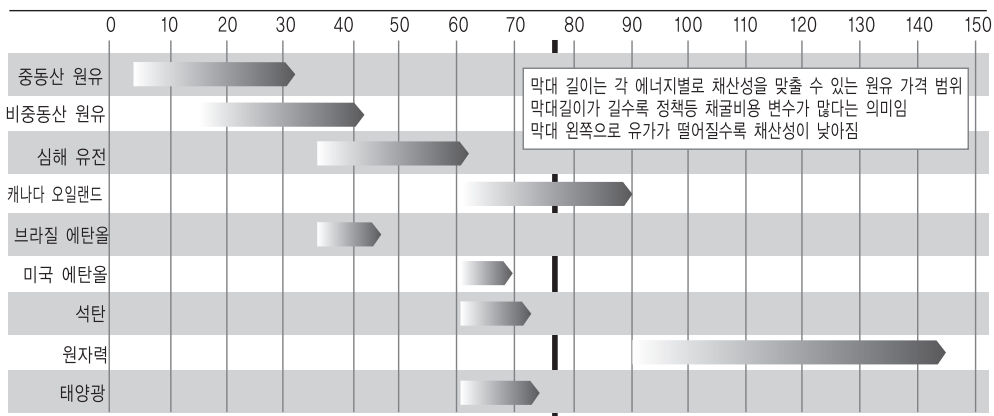
태양광 수요의 급감으로 소재(폴리실리콘)를 비롯하여 태양광 밸류체인 전공정의 가격하락이 도미노처럼 나타나면서 발전단가도 낮아지고 있다. 이는 당초 예상

했던 그리드패리티(GridParity)시기를 앞당겨 향후 경기회복시 태양광발전 수요의 획기적인 확산을 촉발할 것으로 보인다.

업계에서는 모듈가격이 Watt당 1달러 초반까지 하락하는 2015년에 그리드패리티에 도달할 것으로 예측하고 있으나, 하락세가 지속될 경우 2012년으로 앞당겨질 것으로 보는 견해도 많다. 특히 전기요금이 비싼 일본의 주거용 실리콘결정질 지붕 시스템과 미국 캘리포니아의 상업용 박막 지붕 시스템에서 2009년에 가장 먼저 그리드패리티에 도달할 전망이다.

[그림 2] 채산성 기준 에너지원별 적정 유가

(단위: 배럴당 달러)



자료: CERA · FT

태양광 투자 위축은 유가의 급락도 주요인으로 작용하였다. 글로벌 경기침체 심화에 따른 수요 급감과 투기적 선물거래 수요 감소로 2008년 3/4분기 이후 유가가 급락하였다. 금융위기 이후 최저가를 기록한 2008년 12월 22일 국제유가 U\$31.12/bbl(WTI)은 역대 최고가 대비 약 1/5 수준에 불과하였다. 유가의 급락은 유가 대비 태양광발전의 채산성 비교우위를 약화시켜 태양광 투자 위축을 초래하였다. 태양광, 풍력 등 신재생에너지에 대한 일정수준 투자의 지속여부 임계치 국제유가는 60~65달러 내외로 알려지고 있다.²⁾

나. 태양전지산업의 구조변화

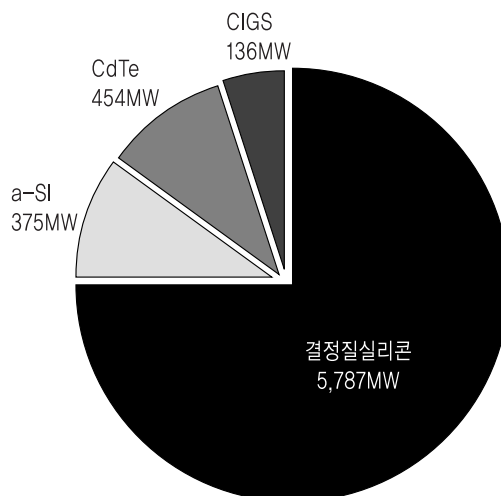
태양광산업의 시장환경 변화는 태양전지산업의 구조에도 변화를 가져왔다. 폴리실리콘 가격의 급락으로 박막 태양전지 대비 결정질 태양전지의 원가경쟁력이

일부 회복되고 태양전지 산업의 경쟁력도 가격이 비싼 폴리실리콘의 안정적 확보에서 변환효율 개선, 저가화 및 규모의 경제 확보 여부가 핵심과제로 대두되었다.

1) 박막(a-Si) 태양전지의 원가경쟁력 약화

박막 태양전지 모듈의 생산능력은 2008년 965MW로 전년대비 140%의 증가율을 기록하면서 폴리실리콘의 높은 가격으로 어려움을 겪고 있었던 결정질실리콘 태양전지의 대안으로 주목받기 시작하였다. CdTe 태양전지와 a-Si 태양전지의 급성장으로 박막 태양전지 시장 점유율은 2007년 10.5%에서 2008년 15%로 확대되었다. 특히 CdTe 태양전지의 독점업체인 First Solar(미)가 2008년 비약적인 성장을 하면서 박막 태

[그림 3] '08년 기술별 태양전지 모듈 생산능력



자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009. 1

2) CERA(Cambridge Energy Research Associates Inc. : 케임브리지 에너지연구소)

양전지 시장을 선도하였다. 동사는 Watt당 생산단가 1달러 이하의 태양전지를 개발하여 독일 등 유럽시장에서 높은 판매량을 기록하였다. 그 밖에 연구단계에 머물러 있던 CIGS 태양전지도 2008년에 처음으로 의미 있는 수준의 생산을 시작하였다.

그러나 2008년 3분기부터 시작된 폴리실리콘 가격 급락은 원재료 부문에 우위가 있는 박막 태양전지의 원가경쟁력을 상대적으로 약화시켰다. 당분간 폴리실리콘시장은 공급과잉이 지속될 것으로 보여 과거와 같은 높은 수준의 가격 유지는 어려울 전망이다. 이에 따라 폴리실리콘을 적게 혹은 전혀 사용하지 않는 박막 태양전지의 特長이 반감되고 있다. 결정질 실리콘 태양전지 시장에서 최근 모듈가격이 Watt당 최저 2달러 초반으로 낮아져 a-Si 태양전지 모듈과 거의 비슷한 수준을 보이고 있다. 반면 효율은 a-Si 전지보다 훨씬 높아 최근 박막 전지 모듈 구매가 급감하는 현상을 보이고 있다. 이에 따라 박막형 태양전지의 최대 난제인 낮은 변환효율의 제고가 박막업계의 절실한 과제로 대두되었다. 향후 결정질 전지 모듈 대비 박막 전지 모듈의 경쟁력 약화현상은 당분간 지속될 전망이다. 그 이유는 박막 모듈이 낮은 변환효율 이외에도 아직까지 생산물량이 적고, 초기라서 생산단가도 높아 대량으로 양산되는 결정질 모듈에 비해 가격 경쟁력이 취약하기 때문이다. 이에 따라 박막 모듈에 투자를 진행했던 혹은 진행 중인 많은 업체들이 경영전략을 수정해야 하는 상황이다. 2010년부터 연산 1GW 규모의 a-Si 태양전지 공장 가동 예정이던 Sharp도 가동시기를 잠정 연기한 상태이다. 2008년부터 박막 실리콘 태양전지의 特長생산을 시작한 우리나라 업체들도 시장 축소에 따라 판로 개척

및 수익성 악화로 고전하고 있다. 특히 정부의 태양광 발전 보조금 축소와 연도별 한도용량 설정으로 내수가 크게 위축된데다 정부의 '그린홈 100만호' 등 태양광 사업에서 박막 전지가 제외된 점도 어려움을 가중시키고 있는 요인들 중 하나이다.

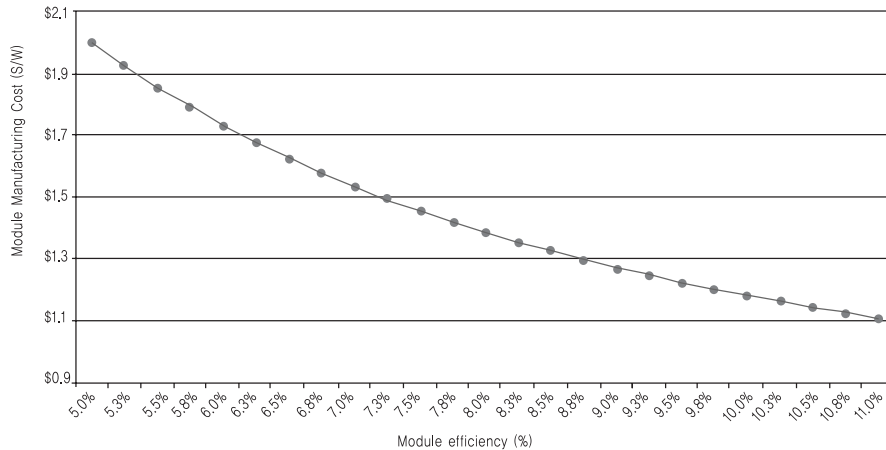
2) 경쟁력 결정요소의 변화

작년까지만 해도 폴리실리콘 코스트가 태양전지 가격경쟁력의 핵심요소였으나 수요 부족으로 인한 폴리실리콘 공급과잉으로 저가의 원재료 확보가 가능해짐에 따라 최근 변환효율 개선을 비롯한 저가화 및 규모의 경제 확보가 부각되고 있다. 최근 세계 태양전지업계는 모듈가격 하락으로 Grid Parity 달성시기가 예상보다 앞당겨질 것으로 보고 향후 시장선점을 위해 변환효율 개선 등 기술혁신을 위한 무한경쟁에 돌입하였다. 변환효율 제고와 저가화를 위해 공정, 대면적 양산, 대량생산을 위한 기술개발이 추진되는 등 전세계적인 변환효율 경쟁이 치열히 전개되고 있다. 특히 변환효율 향상은 저가화 및 규모의 경제보다 더욱 중요한 원가경쟁력 확보 방안으로 평가되고 있는데 그 이유는 원재료 가격 저감방안은 이미 한계점에 가까워지고 있으며 규모의 경제도 이미 시장 선도업체들이 쉽게 이루고 있기 때문이다. 따라서 향후에는 변환효율 개선에 성공하는 업체가 세계 태양광시장을 선도할 것으로 보인다.

변환효율이 개선되면 보다 적은 패널로 동일한 효과를 거두기 때문에 Balance-of-system Cost³⁾를 낮추어 원가 절감과 매출 증대 효과를 기대할 수 있다. 변환효율은 공간이 제약되는 지붕용 application에 있어서

3) wiring, foundation과 같은 모듈에 대한 모든 설치 시스템비용

[그림 4] 변환효율에 대한 모듈 제조Cost 민감도



자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009, 1

특히 중요성이 부각되고 있다.

현재 양산되는 태양전지의 90% 이상을 차지하는 스크린 프린팅 방식⁴⁾의 결정질실리콘 태양전지의 효율은 단결정이 15~18%, 다결정이 14~16% 수준으로 비교적 고효율인 19% 이상의 양산제품은 아직 없다. 또한 a-Si 전지의 경우에도 6~7% 수준에 불과하며 아몰포스 실리콘층과 마이크로크리스탈라인층을 두겹으로 증착하는 이중접합(Tandem) 전지의 경우에도 8~9% 수준으로 10%에도 이르지 못하고 있다.

한편 판로확보와 원가절감 차원에서 수직계열화를 통한 각 Value Chain별 손익 개선 노력도 경쟁력 확보의 주요 변수가 되고 있다.

3) 기술개발 경쟁 가속화

최근 태양전지시장에서는 변환효율 개선 및 저가화를 위한 기술개발 경쟁이 전세계적으로 치열하게 전개되고 있다. 고효율 구현을 위해 셀구조 변경, 공정기술 개선, 셀 신뢰성 향상 등 다양한 방법들이 연구되고 있다. 최근 중국업체인 Suntech이 효율 18.8% 단결정 태양전지를 개발⁵⁾하는 등 가시적인 성과도 나타나고 있다. 박막형의 경우 독일의 태양에너지 시스템 연구소인 Fraunhofer는 박막형 웨이퍼의 공정에 적용할 수 있는 비접촉식 전극형성 방법을 고안, 전면 메탈전극의 선폴을 획기적으로 줄여 빛을 받을 수 있는 유효면적을 개선하여 효율을 향상시키는 기술을 개발하고 있다. 효율개선을 위한 구체적인 기술개발 현황을 보면 결정질

4) 전지 앞면면에 프린팅 방식으로 전극 페이스트를 바르는 방법

5) 25%의 세계 최고 변환효율 기술을 갖고 있는 호주의 뉴사우스웨일즈 대학(UNSW) 태양광재생연구소의 '펄셀' (Perl Cell) 기술을 응용한 것으로 독일 프라운호퍼연구소의 인증을 받았으나 아직 본격 양산 단계는 아님

〈표 2〉 a-Si 태양전지 변화효율 개선방안

개선방안	기술개발 내용
셀 신뢰성 향상	· 광흡수층 내에서 발생하는 전자-정공의 양을 최대화 · 광흡수로 발생된 전자-정공을 손실없이 최대한 전극으로 이동시켜 전류를 높이는 방안
적층형 태양전지	· 기존의 tandem 구조에서 a-Si, uc-Si/SiGe 3단 접합을 이용한 태양전지 개발 등
모듈공정 효율화	· 제작된 셀의 효율을 손실없이 조립하는 모듈 공정 개선
대 면 적 기 술	· 소면적에서의 높은 효율을 대면적으로 구현

실리콘 태양전지에서는 BP Solar, Sanyo, Sunpower를 중심으로 텍스처링®, BSF(Back Surface Field)층 형성⁷⁾ 등 셀 구조변경을 위한 기술연구가 본격화하고 있으며 a-Si 태양전지에서는 셀 신뢰성 향상, 적층형 태양전지, 모듈공정 효율화, 대면적 양산을 위한 기술 개발을 활발히 추진하고 있다.

원가를 절감하기 위해 웨이퍼 두께를 줄이는 방법도 개발되고 있다. 현재 상용되고 있는 200 μ m 두께의 웨이퍼를 160 μ m 두께로 줄여 양산을 시도하고 있고 실험실에서는 120 μ m 두께의 웨이퍼도 연구되고 있다. 또한 결정질실리콘 태양전지를 생산하는 대부분의 업체들은 최근 박막형 태양전지 생산을 위한 공정 개발에도 뛰어들고 있다. Schott Solar(독), Evergreen Solar(미) 등은 kerf loss⁸⁾를 줄이기 위해 실리콘용액으로부터 잉곳을 제조하는 과정 없이 곧바로 웨이퍼를 제조하는 공법을 개발하여 상업화를 추진 중이다. 국내에서도 최근 고효율의 결정질 태양전지 개발에 주력하고 있다. 신성

홀딩스는 세계 최고수준인 효율 19% 이상의 결정질실리콘 전지 양산 기술 개발과제를 호주의 뉴사우스웨일즈 대학 태양광재생에너지연구소와 공동 수행하고 있고 주성엔지니어링은 이중접합 박막 실리콘(a-Si) 태양전지로는 세계 최고 수준인 10.2~10.8% 효율을 보장하는 양산 장비개발에 성공⁹⁾하는 등 효율 개선 노력을 본격화하고 있다.

3. 태양전지산업 전망

향후 태양전지산업은 금융위기로 일시적 위축이 불가피하나 중장기적으로는 고성장을 지속할 전망이다. 2008~12년 중 태양전지와 모듈 생산능력은 각각 연평균 33.8% 및 36.7% 증가할 것으로 예상되는 가운데 2012년 태양전지 및 모듈 생산능력은 각각 30GW, 28GW를 기록해 2008년 대비 2.4배, 2.7배 증가할 전망이다.¹⁰⁾

6) 전지 표면에 일정한 줄무늬를 넣어 태양광 흡수율을 높여주는 공정

7) 결정질 실리콘 태양전지의 효율향상을 위해 필수적인 프로세스 공정

8) 잉곳을 자르는 과정에서 톱밥형태로 상당한 양의 실리콘 낭비가 발생하는 것

9) 지금까지는 Ulvac(日)이나 Oerlikon(스위스) 등 해외장비업체가 9%대 효율을 보장하는 장비를 개발했고 Sharp 등이 9%대 효율의 이중접합 박막 태양전지를 양산하고 있으나 10% 이상 효율은 이번이 세계 최초

10) 생산능력의 전망치는 2012년까지의 세계 주요업체들의 발표 수치와 성장률 전망을 기초로 합리적인 제약요인을 감안하여 산출(Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast)

〈표 3〉 태양전지 모듈 100MW 이상 생산업체 수

		'07	'08	'09	'10	'11	'12
결정질실리콘		8	21	30	37	38	38
박막	CdTe	1	1	1	1	1	1
	CIGS	-	-	1	2	5	7
	a-Si	-	-	2	4	6	11
기 타		-	-	1	1	1	1
계		9	22	35	45	51	58

자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009. 1

또한 기업체 수도 신규업체들의 시장진입으로 크게 증가할 전망이다. 100MW 이상의 의미있는 생산을 하는 태양전지 모듈 회사의 수는 결정질 실리콘 태양전지에서 2007년 9개에서 2012년에는 38개로 증가하고 박막 태양전지에서도 2009년 4개에서 2012년 19개로 급증할 것으로 보인다.

가. 결정질 실리콘 태양전지

1) 생산량

모듈 생산량은 2008~2012년 중 연 28.0%의 성장률을 보이면서 2012년에는 15.6GW로 크게 증가할 전망이

〈표 4〉 기술별 모듈 생산량 전망

(단위: MW, %)

		'08(실적)	'09	'10	'11	'12	연평균 증가율 ('08~'12)
결정질실리콘		5,787	9,274	11,745	13,600	15,556	28.0
박막	CdTe	455	654	1,093	1,177	1,481	34.3
	CIGS	136	394	852	1,732	2,973	116.2
	a-Si	375	808	1,579	2,601	3,487	74.6
기 타		38	110	142	191	225	56.0
합 계		6,791	11,240	15,412	19,301	23,723	36.7

자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009. 1

나 박막 태양전지의 약진으로 전체 태양전지 모듈에서 차지하는 시장점유율(모듈 생산량 기준)은 2008년 85%에서 2012년에는 66%로 크게 하락할 것으로 보인다.

또한 지역적으로 보면 2012년에 세계 태양전지시장의 중심축이 유럽에서 아시아로 이동할 것으로 보인다. 아시아국가들은 변환효율 개선과 제조 코스트 절감으

로 2012년 82%의 시장점유율을 차지할 전망이다. 그 중 중국과 대만은 2012년까지 세계 결정질 실리콘 태양전지 생산량의 50%를 차지하여 세계 태양전지 생산을 주도할 것으로 예상된다. 미국의 시장점유율도 2008년 6%에서 2012년 16%로 증가할 전망이다. 이는 Miasole과 Nano Solar 등 CIGS업체의 약진에 기인하며 이들 업체들은 2012년에 미국 생산의 거의 1/3을 차지할 것으로 보인다. 유럽은 당분간 결정질실리콘 태양전지가 시장을 지배할 전망이다. 세계시장에서의 비중은 급감할 것으로 예상된다.

업체별로 향후 생산능력을 전망해보면 Q-Cell과 Suntech이 결정질 실리콘 태양전지 부문에서 2010년 1GW 이상의 높은 생산능력을 구축할 것으로 보인다.

또한 Gintech, Motech과 같은 대만업체의 약진이 두드러진 반면, Kyosera, Sanyo 등 일본업체의 비중은 약화될 전망이다.

2) 제조 Cost

태양전지의 제조 Cost를 결정하는 주요 변수는 변환 효율 수준, 웨이퍼 두께 및 실리콘 낭비('kerf loss'라 함)의 감소 기술, 생산규모 및 생산지역 등이다.

제조 Cost를 지역별로 보면 최근까지는 유럽이 우위를 보였으나 향후에는 아시아가 우위를 차지할 전망이다. 2008년 상반기까지는 제조 Cost의 핵심요소인 폴리실리콘 가격 급등으로 유럽이 아시아에 비해 비용

〈표 5〉 '10년 결정질 실리콘 태양전지 글로벌 Top 10

순위	업체명	국가	기술	생산능력(MW)
1	Q-Cell	독일	다결정	1,363
2	Suntech Power	중국	"	1,215
3	Gintech	대만	"	896
4	SolarWorld	미국, 독일	"	717
5	Sharp	일본	"	695
6	Motech	대만	"	654
7	Sunpower	필리핀	Super Mono ¹¹⁾	592
8	Neo Solar	대만	다결정	519
9	JA Solar	중국	"	516
10	Sanyo	일본	Super Mono	509
전 계		-	-	15,574

자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009. 1

11) 초고효율 실리콘 태양전지인 Super Monocrystalline Silicon 태양전지를 말함. 효율은 양산용이 17~18%로 2010년 22%, 2015년 24%로 상승 전망. 저온 공정 및 기존 비결정질 태양전지 생산라인을 활용할 수 있는 반면 초기 투자비가 과다하고 대면적 및 대량 생산이 불리함. Sanyo, BP Solar, Sunpower가 주요업체

〈표 6〉 Cost 모델링을 위한 태양전지 제조업체 분류

기술	공급chain	지역	특징	example 업체
다결정 실리콘	폴리실리콘-to-모듈	전세계	평균 원재료가격보다 더 낮은 자체 폴리실리콘 생산	REC, Solar World
"	모듈	유럽	높은 폴리실리콘 장기계약 Position	BP Solar
"	모듈	아시아	낮은 인건비, 유틸리티 비용	Suntech, Sharp
Super mono 결정질 실리콘	모듈	-	높은 효율성	Sunpower, Sanyo
CdTe	원재료-to-모듈	-	기술	First Solar
CIGS	"	-	기술	Nanosolar, Miasole
a-Si	"	-	기술	Moser Baer, Kaneka, Silicon PV

자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009, 1

우위를 보였다. 유럽은 폴리실리콘 계약을 주로 낮은 가격의 장기계약에 의존하여 SPOT 계약에 상당부분 의존하는 아시아(특히 중국)에 비해 그동안 우위에 있었다. 그러나 최근 폴리실리콘 가격 급락으로 원재료 부문의 중요도가 낮아져 향후에는 인건비 면에서 우위에 있는 아시아가 잇점을 가질 것으로 보인다. 이에 따라 아시아의 결정질 실리콘 태양전지업체와 대규모의 Tandem a-Si업체들은 경쟁력을 확보하는 반면 유럽의 다결정 실리콘업체들은 약화가 예상된다. 또한 수직 계열화를 이룬 다결정 태양전지는 더 높은 변환효율의 Super mono 태양전지와 원가면에서 치열한 경쟁이 예상된다. Sanyo와 Sunpower에서 생산하고 있는 Super mono 단결정 기술은 높은 변환효율에 따른 원재료 절감으로 다른 기술에 비해 Cost 잇점을 가질 전망이다. 다결정 실리콘 태양전지나 Super mono 태양

전지의 제조 Cost는 2008년 Watt당 2달러 초반에서 1.5달러 이하로 하락할 것으로 보인다. 업계에서는 태양전지 모듈 가격이 1달러 초반까지 하락하는 시점에서 Grid Parity를 달성할 것으로 관측하고 있다.

나. 박막 태양전지

1) 생산량

박막 태양전지는 2007년 이후 설비투자가 급증 추세에 있어 결정질 실리콘 태양전지시장의 상당 부분을 잠식할 전망이다. 박막 태양전지가 전체 태양전지에서 차지하는 시장점유율은 2008년 15%(416MW)에서 2012년에는 34%(7,941MW)까지 크게 증가할 전망이다¹²⁾이다. 최근 폴리실리콘 가격 급락으로 박막 태양전지의

12) 박막 태양전지가 2011년 19%의 시장점유율을 차지할 것으로 예상하는 다소 소극적인 견해(조사기관 Thinfilm market)도 있음

장점이 일부 희석되고 있으나 변환효율 개선과 제조 Cost 절감에 힘입어 2010년부터 본격적인 시장점유율 확대가 예상된다. 또한 세계 Top 10 태양전지업체 중 박막업체 수는 2008년 1개(First Solar)에서 2012년에는 6개¹³⁾로 증가할 것으로 보인다.

박막 태양전지를 종류별로 보면 CdTe 태양전지 생산은 정체될 것으로 보이나 a-Si 와 CIGS 태양전지의 비중은 크게 높아질 전망이다. 2012년 전체 태양전지에서 차지하는 시장점유율은 a-Si 태양전지가 14.7%, CdTe 6.2%, CIGS 12.5%로 각각 예상된다. a-Si 태양전지는 현재 다른 박막 태양전지보다 효율성과 제조 Cost면에서 열위에 있으나 효율 제고 등으로 2012년에는 박막전지 공급의 거의 절반을 차지할 것으로 예상된다. 또한 기관의 대형화¹⁴⁾, Turn-key 방식의 설비구축¹⁵⁾이 가능해짐에 따라 제조 Cost도 점차 하락할 전망이다. CIGS 태양전지는 2008~2012년 중 연평균 116.2% 증가하여 2012년에는 2,973MW에 달할 것으로 예상되며 CdTe 태양전지는 First Solar 이외에 중요한 업체가 없어 2012년에도 2008년과 거의 유사한 시장점유율 6%선이 유지될 전망이다.

박막 태양전지 생산능력을 지역별로 보면 2007년 이후 특히 대만업체의 약진이 두드러지고 있는데 2007년 27MW에 불과한 대만의 생산능력은 여러 업체들의 신규 참여와 기존업체들의 증설 계획으로 2010년에는 약 1.4GW에 달할 것으로 보인다. 최근 Applied Materials(미), Ulvac(일), Oerlikon(스위스) 등 장비업체들이 Turn-key 방식으로 생산장비를 제

공하여 신규 진입이 급증하였다.

박막 태양전지의 시장구조를 보면 당분간 독과점이 예상된다. CdTe 태양전지는 독일과 말레이시아에서의 생산기지 건설로 설비능력 증가가 예상되는 First Solar가 2012년에도 독점적 위상을 유지할 것으로 보인다. a-Si 태양전지는 Sharp, United Solar, Moser Baer, Mitsubishi Heavy 4개업체가, CIGS 태양전지는 Nano Solar, Miasole, Showa Shell Sekiyu, Global Solar, Heliovolt 등 5개 업체가 과점시장을 형성할 것으로 보인다. 지역별로 보면 유럽은 독일의 Ersol Thin Film Gmh 외에 최근 Schott Solar 등이 박막 태양전지시장에 진출하였으나 당분간 영향력이 미미할 것이 점쳐지고 있다. 또한 세계 주요 결정질 태양전지 업체인 Q-Cell, Suntech Power, Sharp 등도 최근 박막시장에 본격적으로 참여를 선언하고 공장을 건설하고 있어 향후 박막 태양전지시장의 주도권 싸움은 더욱 치열해질 전망이다.

한편 박막 태양전지는 장비의 성능에 따라 생산능력과 전지의 특성이 좌우되기 때문에 장비 및 공정 개발이 매우 중요하다. 박막 태양전지시장이 커지면서 장비시장의 규모도 2015년 58억 달러에서 2020년에는 278억 달러로 크게 증가할 것으로 예측된다.

2) 제조 Cost

박막 태양전지에서의 Cost 개선은 변환효율과 규모의 경제 외에 제조방식에 의해서도 좌우된다. 2007년

13) First Solar, Miasole, Sharp, United Solar, Nano Solar, Showa Shell Sekiyu

14) 박막 태양전지는 기관의 대형화로 효율을 높임으로써 제조비용을 줄이는 것이 가능

15) 과거에는 장비의 개별 구입에 따른 비용 부담이 컸으나 Turn Key 방식의 설비 제공 및 Turn Key 장비생산업체의 경쟁 격화로 Cost 절감이 가능해짐

〈표 7〉 2010년 박막 태양전지 글로벌 Top 10(생산량 기준)

순위	업체명	국가	기술	생산능력(MW)
1	First Solar	미국	CdTe	1,035
2	Sharp	일본	a-Si/ μ Si	416
3	United Solar	미국	a-Si	254
4	Miasole	미국	CIGS	178
5	Moser Baer	인도	a-Si	150
6	Mitsubishi Heavy	일본	a-Si/ μ Si	104
7	Ersol Thin Film GmH	독일	a-Si	92
8	Showa Shell Sekiyu	일본	CIS	78
9	Global Solar	미국	CIGS	64
10	Heliovolt	미국	CIGS	63
전 체		-	-	3,524

주: 전체 생산능력은 3개 기술(a-Si, CIGS/CIS, CdTe)의 합계

자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009, 1

부터는 기존의 진공증착법이 아닌 잉크젯과 같은 프린팅 방법을 통해 원가절감이 도모되고 있다.

박막 태양전지 종류별로 Cost를 비교해 보면 CIGS와 CdTe 태양전지업체들은 결정질 태양전지업체에 비해 변환효율이 낮으나 Cost면에서 우위를 차지할 전망이다. CdTe의 First Solar는 2008년에 약 U\$1.10~1.20/W의 비용으로 모듈을 생산하였으나 2015년에는 U\$0.8~0.9/W의 제조비용이 예상된다. 다만 CdTe 태양전지는 원재료인 텔루라이드¹⁶⁾ 및 독성 물질인 카드뮴 등의 변수가 있어 비용 구조 전망이 어렵다는 난점이 있다. CIGS 태양전지는 아직 상업화되지 않았으나 향후 1~2년내에 양산이 예상되며 제조비용도 변환효율 개선과 규모의 경제 확보로 2008년

U\$1.2~1.3/W에서 2015년 U\$0.7~0.8/W로 하락할 전망이다. 다만 CdTe와 마찬가지로 CIGS 태양전지의 경우에도 원재료인 인듐의 희소성에 따른 가격 및 공급 불안이 해결과제로 대두되고 있다.

a-Si 태양전지는 제조라인 구축과 관련한 높은 자본비용으로 제조 Cost가 높으나 2008년에 약 U\$1.80/W에서 2015년에는 U\$1.02/W로 하락할 전망이다. 향후 변환효율 개선 폭이 클 전망이며 특히 원재료인 모노실란 가격이 하락할 경우 Cost 하락 폭은 더욱 커질 것으로 보인다.

한편, 박막 태양전지 제조방식 중 기존의 In Line(일관) 제조방식 이외에 향후에는 Roll to Roll 프린팅¹⁷⁾ 제조방식이 보편화될 전망이다. 동 시장은 2015

16) 구리 제조과정에서 나오는 부산물로 산소족 원소 중에서 가장 존재량이 적어 구하기 어려운 난점이 있음

17) 막형성을 인쇄하듯 찍어내는 기술

〈표 8〉 종류별 박막 태양전지 모듈 변환효율 및 제조 Cost 비교

기술	구분	'08	'10	'12	'15
CdTe	변환효율	10.0%	11.0%	12.0%	13.0%
	제조Cost(\$/W)	U\$1.25	U\$1.13	U\$1.00	U\$0.89
CIGS	변환효율	10.2%	12.0%	12.8%	13.5%
	제조Cost(\$/W)	U\$1.26	U\$0.98	U\$0.89	U\$0.80
a-Si	변환효율	6.5%	7.5%	8.8%	10.0%
	제조Cost(\$/W)	U\$1.80	U\$1.45	U\$1.21	U\$1.02

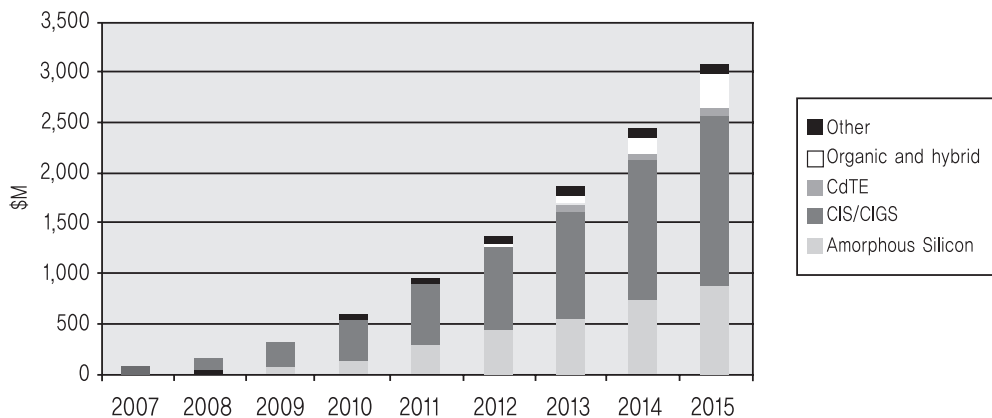
자료: Prometheus, PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast, 2009. 1

년에 전체 박막 태양전지 시장의 절반인 31억 달러의 시장을 형성할 전망이며 그 중 CIGS 전지가 향후 생산에 프린팅 방식을 도입하여 11억 달러까지 시장이 확대될 것으로 전망된다.

3) 응용분야

박막 태양전지의 응용분야를 살펴보면 2008년 기준으로 대규모 발전소에 27%, 건축물 일체형(BIPV : Building Integrated Photovoltaic)에 58%, 모바일

[그림 5] 프린팅 방법에 의한 박막 태양전지 시장



자료: Thinfilm Market, 2008

전자기기에 3%가 사용되고 있다. 2015년에는 효율 개선을 통해 발전소 및 모바일 전자기기 부문에서의 이용 비중이 각각 31%, 8%까지 점차 확대될 것으로 보인다.

4. 여건변화에 따른 주요국의 정책 대응

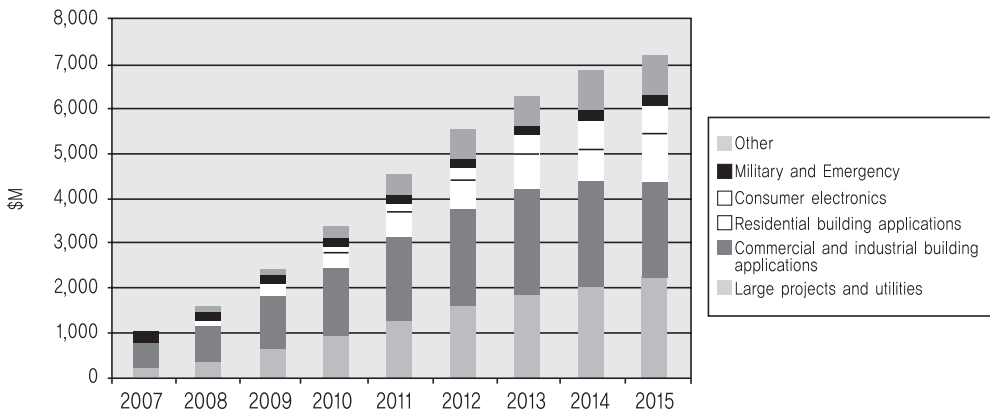
가. 중국

중국은 2008년에 2000년(3MW) 대비 863배나 성

장한 2,589MW의 태양전지 생산량을 기록하면서 일본을 제치고 세계 1위 국가로 부상하였다. 2008년 신규 진입업체가 60여개로 세계에서 가장 많고 박막형 업체도 기술력에 대한 의문에도 불구하고 30개업체나 시장에 진입하였다. 현재 중국의 태양전지업체들은 단결정 실리콘과 a-Si 태양전지를 주로 생산하고 있으며 다결정 실리콘 태양전지는 소량 생산하고 있다.

중국 태양광산업의 이같은 양적 성장은 정부의 적극적인 육성정책과 체계적인 보급지원 등에 힘입은 바 크다. 중국은 2006년 재생에너지법, 2007년 신재생에너

[그림 6] 박막 태양전지 응용분야



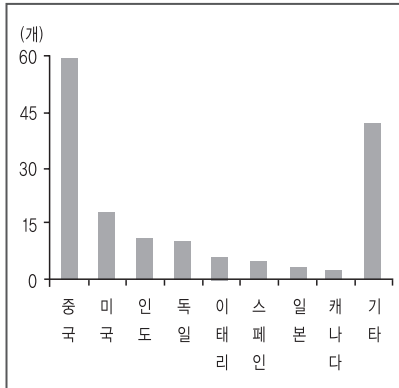
자료: Thinfilm Market, 2008

지중장기 발전계획 등을 수립하여 적극적으로 지원하고 있으며 2010년까지 태양광 및 태양열 발전능력을 30만 kW, 2020년까지 180만kW로 확대할 계획이다.

중국의 태양전지산업의 특징은 폴리실리콘 등 관련 소재 및 부품을 대부분 수입하여 가공, 조립 후 수출하는 단순한 산업구조로 이루어져 있다. 태양전지와 모듈

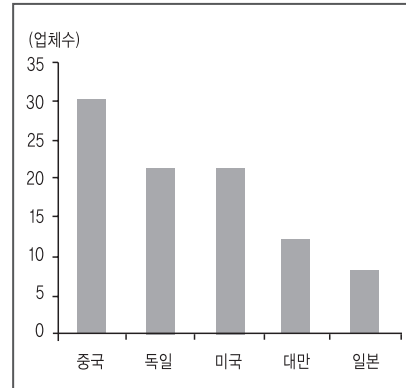
생산에 주로 집중되어 있으며 폴리실리콘 등 핵심소재 기술은 아직 낮은 수준으로 최근에 이에 대한 투자가 본격화되고 있다. 현재 중국의 태양전지 생산력은 월등하나 태양광발전 생산원가가 높아 태양광 발전량은 아직 미미한 수준이다. 2007년 현재 중국의 태양광 발전 설비 용량은 106MW로 전세계 총량의 1.16%, 중국 전

[그림 7] 국가별 결정형 태양전지 업체수



자료: 업계자료

[그림 8] 국가별 박막형 태양전지 업체수



자료: 업계자료

체 발전설비 용량 대비 0.08%에 불과하며 주로 전기가 없는 변경지역과 대도시의 시범 프로젝트에만 적용하고 있다. 최근 태양광발전 생산원가가 하락함에 따라 국가발전계획위원회와 국가에너지국 주도로 태양광발전 연구를 강화하기 위한 관련 정책을 강구 중이다.

나. 독일

독일은 불리한 지리적 조건¹⁸⁾에도 불구하고 2008년 말 누적 발전용량 5,340MW(세계 1위)를 기록하고 있는 태양광 선두국가이다. 2007년 세계 최초로 1GW(신규 설치량)의 시장을 형성하였고 2008년에도 전년대

〈표 9〉 중국의 태양광발전 관련 주요 정책

구분	발표시기	주요내용
재생에너지법	'06. 1	· 재생에너지 발전소까지 송전선 접속에 대한 지원 · 전력망 회사가 의무적으로 재생에너지로 생산된 전력을 구매 · 개인 및 단체가 태양광, 태양열 관련설비(태양열 온수 및 냉난방 시스템, 태양광 발전 등) 설치시 지원
신재생에너지 중장기 발전계획	'07. 9	· 태양광 발전용량 '10년 30만kW, '20년 180만 kW로 확대

자료: 해외경제 · 투자정보 「중국의 태양광 발전 및 관련 산업동향과 향후 전망」, 수출입은행, 2009. 2

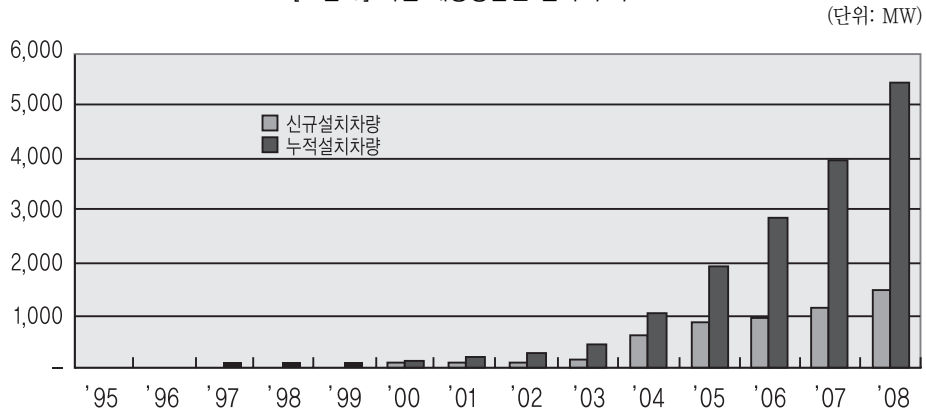
18) 지리적으로 북쪽에 위치하여 일사량이 이탈리아, 스페인 등 유럽국가는 물론 서울의 절반에도 미치지 못하는 불리한 조건. 일사량이 연평균 1천시간에 불과함

비 36.8% 증가한 1,505MW의 신규 설치량을 기록하였다. 2008년 현재 독일의 태양전지 시장은 전년대비 22.8% 증가한 70억 EURO의 거래규모에 48,000명의 고용을 유지하는 고부가가치 산업으로 성장 중이다.

독일의 이같은 급성장은 원자력발전을 폐기하고 신재생에너지에 역량을 집중한 정부의 강력한 지원정책

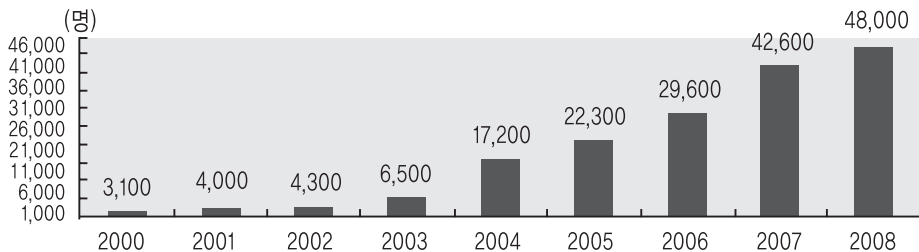
과 태양광 클러스터 조성이 주효하였다. 2000년 제정된 신재생에너지법(EEG : Renewable Energy Act)을 기반으로 태양광 지붕 프로그램(roof top)제도, 기준가격 의무구매제도(FIT : Feed-In Tariff)¹⁹⁾와 과감한 R&D 투자, 독일 태양광 발전의 메카인 클러스터 '솔라밸리(Solar Valley)' 조성 등이 독일 태양광발전

[그림 9] 독일 태양광발전 설치 추이



자료: IEA, Trend in photovoltaic applications

[그림 10] 독일 태양광 부문 고용인원수



자료: Martin Hechenberger, 2009, 2

19) 이 제도는 생산된 전력을 정해진 가격으로 매입해 발전가격과 소매가격의 차이를 보전해 주는 제도로 우리나라에서 2002년부터 실시하고 있는 발전차액보상 제도도 이 제도의 일종임

의 초석이 되었다.

정부의 지원정책을 살펴보면 '태양광지붕 프로그램'은 1999~2003년 중 100,000호 건설을 추진하여 2003년에 목표를 달성하였다. 이 프로그램에서는 고가의 태양광발전 시스템에 대한 장기저리 융자제도²⁰⁾를 주요 정책수단으로 사용하였다. FIT제도를 살펴보면 전력 생산업체들의 기술개발 촉진, 발전효율 개선을 유도하기 위해 FIT의 기준금액을 매년 5% 인하하였고, 정부의 재정부담을 줄이고 온실가스 감축과 태양광 발전산업 육성에 대한 공감대 형성을 위해 발전차액 지원금을 정부보조금과 더불어 일반 전기사용자가 일부 부담토록 하였으며, 신규 설비용량의 경우 발전차액 지원금을 제한없이 20년 동안 보장하였다. 또한 최근 EEG법 개정을 통해 기준금액 상각률을 5%에서 7%로

올리는 방안과 1MW급 이상의 roof top 시스템에 대해서도 지원하는 방안²¹⁾을 검토 중이다.

R&D 투자 현황을 보면 원천기술 확보를 위해 정부 주도로 태양광 발전시스템에 약 100억 유로, 폴리실리콘과 태양전지 등에 10억 유로 이상을 투자했다. 또한 태양광 클러스터에 2008년 4,000만 유로를 지원하였고 향후에도 5년간 4,000만 유로 상당의 연구개발비를 지원할 예정이다. '솔라벨리'는 중부 독일의 작센-안할트, 튀링겐, 작센 등 3개 주에 걸쳐 형성되고 있는 세계 최대의 태양광산업 클러스터로 여기에는 세계적인 태양광회사 7개를 비롯한 27개사의 태양광기업, 12개의 연구소, 4개 대학들로 구성된 산학연 공동 연구개발 단지가 입주해 있다. 여기에서 2007년 말 기준 세계 태양전지 생산량의 18%, 독일 태양전지 생산량의 약

〈표 10〉 독일의 기준가격제도(Feed-in tariff)

(단위: Ct/kWh)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Tariff	46.0	57.4	54.5	51.8	49.2	46.8

주: 30kW 미만 기준

자료: IEA, "PVPS Annual Report", 2007

〈표 11〉 독일의 태양광 발전량 증가에 따른 보조금 추이

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
이자율(%)	0	1.90	1.90	1.90	1.90	-	-	-
보조금(Ct/kWh)	10.6	63.2	63.2	60.1	60.1	57.1-71.7	54.2-58.1	51.0-64.7
발전량(MW)	12	40	78	80	80	500	600	660
성장률(%)	20	233	95	3	3	233	20	10

자료: German Federal Solar PV Association

20) 투자비의 100%를 2년 거치 10년 상환으로 융자하는 것임

21) Roof Top 시장은 개인 주택 10kWp 이하, 다가구 주택, 공공건물과 공장의 옥상 10~1,000kWp, 대형 할인점 등 1MW 이내로 각각 설치하는 시설이 지원 대상

90%를 생산하고 있다. 특히 작센-안할트 지역은 독일 태양전지 생산량의 50%를 차지하고 있으며 세계 1위의 태양전지 제조사인 Q-Cell사를 중심으로 대기업과 중소기업이 적절한 협업체제를 구축하고 있다.

최근 세계 경기침체로 독일 태양광시장도 일시적으로 부진이 예상된다. 경기침체 및 장기간(14년)에 걸친 원금 회수 불안 등으로 태양광시스템에 대한 투자는 감소할 전망이다. 2009년 태양전지 신규 설치량은 전년(1,505MW)과 비슷한 규모에 그칠 전망이다. 모듈가격 하락으로 수익성이 악화된 일부 기업을 중심으로 퇴출과 M&A 등으로 산업 재편도 활발할 전망이다. 최근의 모듈 가격 하락과 낮은 이자율은 태양전지 프로젝트에 대한 투자자의 관심을 유도하여 2010년 이후에는 큰 폭의 증가세로 선회할 전망이다.

다. 일본

일본은 최근 10년간 태양광발전 분야의 설비용량, 축적된 기술과 지식 측면에서 세계적 국가로 성장해 왔는데 특히 태양전지 분야에서의 위치가 두드러진다. 일본의 태양광시스템 대부분은 주택에 설치되었는데 누적 설치량은 1997년 91.7MW에서 2006년 1,709MW로 약 18.7배 증가하였다. 이같은 폭발적 성장은 1997년부터 2005년까지 시행된 '주택분야 태양광 발전설비 보급 및 보조금 지원 프로그램'과 대규모 R&D 투자가 큰 역할을 하였다. 이 프로그램에 힘입어 2005년 현재 일본내 태양광 발전량의 87.8%는 주택용이 차지하고 있다. 이후에도 정부 및 지자체의 설치보조금 감소에도 불구하고 주택용 태양광시스템은 매년 6~7만 가구씩 증가 추세를 보이고 있다.

이같은 급성장은 주택용 전기요금에 한국 등에 비해

3배 이상 높아 태양광발전의 상대적 가격경쟁력이 높고 건축업체 등이 에너지 절약형 주택 개발에 적극적이며 금융기관에서도 태양광 주택에 대한 이자율 혜택 제도를 적극적으로 도입한 점 등을 꼽을 수 있다. 또한 환경문제에 대한 전 국민적 인식의 확산도 주요 요인이다. 일본은 신재생에너지 관련 예산 중 약 70%를 태양광 발전에 집중 투자하였는데 2000~2005년 일본 정부의 태양광 분야 R&D 투자규모는 독일의 2.9배, 미국의 1.5배에 달한다. 일본의 대표적 대표적 R&D 사업을 살펴보면 1993년부터 시작된 중장기 공공-민간 합작 신재생에너지 R&D 계획인 New Sunshine Program과 이를 개선한 APVG(Advanced PV Generation)가 있다. 이 Program들은 핵심기술을 확보하여 내수와 수출의 균형발전을 도모하고 태양전지산업을 수출산업으로 적극 육성함과 동시에 2030년까지 태양광발전에서의 발전비용을 화력발전 수준으로 낮추는 것을 주요 목표로 하고 있다. 이를 위한 실천방안으로 태양광발전시스템에서 코스트 절감 및 효율 향상에 중점을 둔 정책을 추진하였다. 점진적인 효율 향상을 통하여 발전단가는 1994~2003년간 매년 15.5%씩 하락하였으며 이에 따라 정부 지원도 점차 축소되었다.

일본이 그동안 추진했던 주요 태양광 지원 정책을 구체적으로 살펴보면 RPS(Renewables Portfolio Standard : 신재생의무할당제)제도, 시스템설치 보조금 지원, 태양광주택 모기지 금리우대, 대체에너지 사업자에 대한 보조금 지원 등이 있다.

2002년 6월 도입된 RPS제도는 에너지 사업자가 판매전력량의 일정 비율을 대체에너지부터 생산된 전기로 채우도록 의무화하는 제도로써 에너지사업자는 2010년까지 의무비율 1.35%를 단계적으로 확대하도록 하였다.

APVG 프로그램

■ NEDO(New Energy Development Organization)가 주도한 국책 R&D 프로그램

- Sunshine(1974~) 및 New Sunshine(1993~) 등 과거 국책 R&D 프로그램 개선
- 태양광 분야 관련 대표기업과 대학을 선발해 저가화, 대량 양산화, 인프라 구축 등의 단기 연구과제와 미래 유망기술 연구 및 생산기반 구축 등의 장기 연구과제를 공동으로 수행
- 미쓰비시중공업, 후지, 카네카, 마쓰시타 등이 참여

〈표 12〉 설비용량 증가에 따른 보조금 지급 추이

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
이자율(%)	0	1.90	1.90	1.90	1.90	-	-	-
보조금(Ct/kWh)	10.6	63.2	63.2	60.1	60.1	57.1-71.7	54.2-58.1	51.0-64.7
발전량(MW)	12	40	78	80	80	500	600	660
성장률(%)	20	233	95	3	3	233	20	10

자료: 1) Renewable Energy World : 2004, 7

2) PV status Report, Research Solar Cell Production and Market Implementation in Japan, USA and EU

일본은 2005년 가정용 태양전지 시스템 설치에 대한 보조금제도 폐지와 소극적 지원제도인 RPS제도로 인해 2005년 태양광 1위(설비용량 기준)를 독일에 내어준 후 2008년에는 3위로 하락하였다. 이에 따라 2005년 세계 생산량의 46%를 점하였던 태양전지 생산량은 2008년에는 16%로 급락하였다.

위기감을 느낀 일본 정부는 2009년 고정가격 매수제(Feed in Tariff) 및 보조금 부활 등을 통해 2030년까지 태양광주택 1,000만호 보급 등을 골자로 하는 후쿠다 비전²²⁾ 발표하였다. 고정가격 매수제는 가정 및

기업에 설치되는 태양광 시스템의 잉여전력을 전력회사가 전력요금의 2배 정도인 40~50엔/kWh로 약 10년간 매입하는 것을 의무화하는 제도로 매입가격을 과거 잉여전력에 대해 약 24엔/kWh이었던 것을 약 40~50엔/kWh으로 상향 조정하였다. 매입비용 상승분은 기업 및 가정의 전력요금에 반영하고 있는데 인상폭은 일반 평균 가정을 기준으로 월간 약 30엔이 될 전망이다. 매입량이 증가하는 5~10년 후에는 50~100엔 정도로 늘어날 것으로 예상된다. 이같이 매입비용을 전력요금으로 추가함으로써 국민 전체가 부담하는 것을 기

22) 2050년까지 온실가스 배출량의 60~80% 감축, 배출량 거래 제도의 시험적 도입, 2020년까지 신규 주택의 70% 이상을 태양광주택으로 보급하여 태양광발전 보급률을 '20년까지 10배, '30년까지 40배로 늘리는 것 등을 주요 내용으로 함

본으로 하고 있다. 또한 가정용 보조금을 2009년부터 부활하여 태양광시스템 설치비용의 20%를 정부가 보조하고 이를 위해 240억 엔의 예산을 지원할 예정이다. 최근 보조금 부활 후 태양광발전 주택이 급격히 증가하고 태양광 패널을 설치한 자동차, 태양광으로 충전해 사용하는 휴대폰까지 등장하는 등 일본의 태양광산

업은 다시 재도약할 조짐을 보이고 있다.

라. 미국

미국은 1990년대 중반까지만 해도 태양광발전의 선두주자였으나 1997년 이후 정부의 전폭적 지원을 등에

〈표 13〉 고정가격 매수제 주요내용

구분	주요내용
대상자	개인 및 기업
매입가격	기존 1kWh당 약 25엔의 가격을 두배인 약 40~50엔으로 책정
매입기간	10년
매입범위	잉여전력
매입가격 추이	보급촉진을 위해 10년간 단가 유지 후, 저감
매입비용 부담	전체 전기 사용자

업은 일본, 독일의 급성장으로 격차가 점차 벌어지고 있다. 2008년 미국의 태양광발전 신규설치량은 332MW로 독일, 일본에 이어 세계 3위(시장점유율 6%)를 기록하고 있다. 2000년대 이후 기업 주도로 R&D가 이루어져 왔으나 2006년 1월 부시 미국 대통령이 연두교사에서 미국의 국제 경쟁력 향상을 위하여 에너지의 해외의존을 줄이기 위한 이니셔티브의 하나로 AEI(Advanced America Initiative, 첨단에너지 발의안)가 주창하였고 그 중 한 부분인 SAI(Solar America Initiative, 태양광에너지 미국 발의안)가 발표됨으로써 국가 주도의 R&D로 옮겨가게 되었다. SAI는 2015년까지 태양광 발전단가를 화석연료 수준

까지 낮추고 태양광 발전량을 5~10GW까지 높이는 것을 주요 목표로 하고 있다. 이를 위해 2006년 대비 110% 확대된 140백만 달러를 투자할 예정이며 기초기술 확보 보다는 원가 혁신을 위한 박막 태양전지와 신소재와 같은 차세대 기술 확보에 주력할 것을 목적으로 한다.

이러한 정책적 지원을 통해 미국은 2015년까지 현재의 해외 원유의존도를 60%에서 50%까지 낮추고 대체에너지 사용량을 늘려 나갈 계획이다. 미 의회도 이 같은 추세를 반영하여 2007년에 에너지독립 및 안보법(Energy Independence and Security Act)을 통과시켰다. 현재 미국은 8개 주로 주요 프로그램이 시행되고

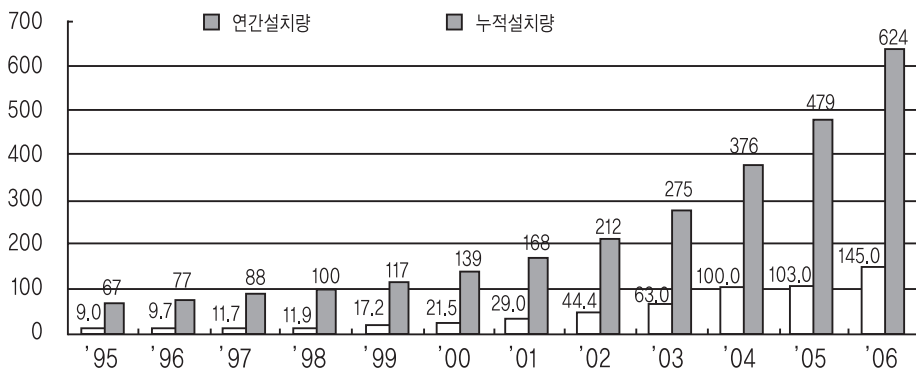
있는데 50% 정도가 RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생의무할당제) 제도를 시행하고 있으며 캘리포니아, 애리조나, 일리노이, 뉴저지 등에서 태양광발전이 활발히 추진되고 있다. 특히 미국 전체 태양광설치량의 약 70%를 차지하고 있는 캘리포니아는 신재생에너지 개발과 온실가스 배출 억제에 가장 적극적인 움직임을 보이고 있다. 캘리포니아 주는 2005년

미국에서 역사상 가장 큰 태양광 프로그램인 “솔라 이니셔티브 캘리포니아(Solar Initiative California)”를 제정하였다. 이 프로그램의 목표는 2017년까지 주택용, 학교, 기업, 농장에 3GW 태양광발전시설을 보급하기 위해 향후 10년간 29억 달러를 지출할 예정이다.

2009년 세계 금융위기를 계기로 대규모 경기부양 정책을 실시하고 있는 오바마 정부는 신재생에너지 육

[그림 11] 미국 태양광발전 설치 추이

(단위: MW)



자료: IEA, (Trend in photovoltaic applications)

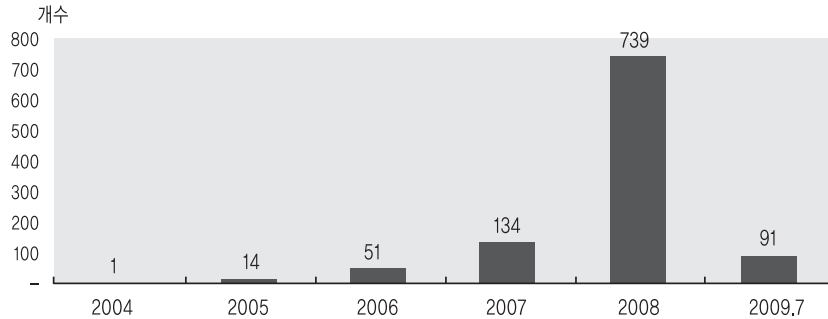
성을 경기부진의 탈출구로 삼고 적극적인 신재생에너지 정책을 추진하고 있다. 이에 따라 미국의 태양광산업은 한단계 도약이 예상된다. 최근 발표된 신에너지 정책(New Energy for America)을 보면 3년내 신재생에너지 공급을 2배 늘리고 2012년에 전기의 10%를 신재생에너지원에서 생산하는 것을 목표로 하고 있다. 목표가 달성될 경우 미국의 세계 태양광에서 차지하는 비중은 24% 정도가 될 것으로 보인다. 또한 향후 10년간 1,500억 달러를 신재생에너지 관련 사업에 투입하

여 500만개의 녹색 일자리를 창출할 계획이다.

마. 우리나라

우리나라 태양광발전의 실질적인 보급은 2003년 이후 시작되었는데 이는 1990년대부터 시작된 선진국에 비해 10년이나 늦은 출발이었다. 정부의 적극적인 태양광발전 보급 정책으로 태양광발전량은 2003년 0.6MW, 2005년 5.0MW, 2007년 45.3MW, 2008년

[그림 12] 태양광 발전소 증가 추이



〈표 14〉 태양광발전설비 보급실적 추이

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09. 7	합계
시설용량(kW)	200	1,143	9,012	28,842	257,499	14,258	310,954
발전량(MWh)	13	522	5,467	24,036	206,018	184,482	420,538
지원금액(억원)	0.08	3.4	34.8	147.7	1,128.5	1,020.5	2,334.98

자료: 한국전기연구원

274MW, 2009년 8월 현재 311MW 시설용량을 기록 중이다. 특히 2008년에는 태양광 발전소 갯수 및 시설 용량이 전년대비 4.5배 및 8배 급증하였다. 그러나 선진국과는 아직 상당한 격차를 보이고 있다.

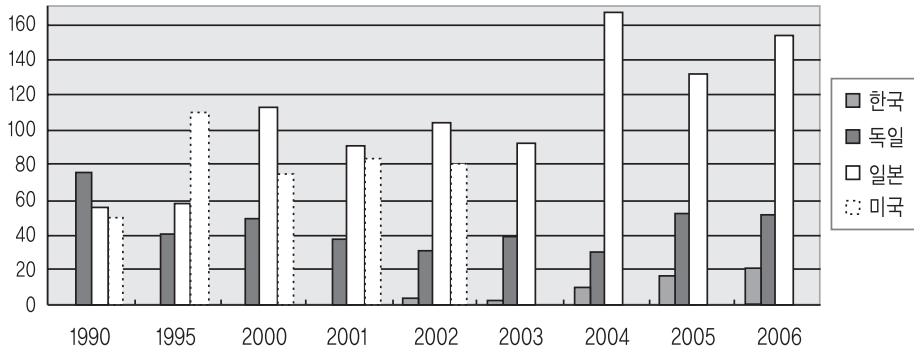
전체 발전량에서 태양광발전에서 차지하는 비중은 2008년 현재 0.07%로 걸음마 단계에 불과하며 신재생 에너지 중에서 차지하는 비중도 2008년 현재 6.7%에 불과하다.

우리나라 태양광발전산업은 아직까지 낮은 경제성으로 인해 정부의존형 산업구조를 보이고 있다. 화석에너지에 비해 생산단가가 상대적으로 높아 자생적 시장 창출이 어렵고 정부 재정투자에 의존할 수밖에 없는 취약한 산업구조로 인해 시장규모가 국내 산업에 영향을

미칠만한 규모에 도달하지 못하고 있다.

2006년 기준 국내 태양광발전산업의 기술수준은 선진국의 71% 수준으로 평가되고 있다. 결정질 실리콘 태양전지에 대한 국내 기술력은 선진국 대비 거의 90% 수준인 반면, 3세대 박막 태양전지 기술력은 선진국 대비 60% 수준이다. 국내업체들은 진입장벽이 낮고 소재에 비해 다소 수익성이 낮은 제품인 모듈 및 시스템 업체를 중심으로 발전해 왔으며, 핵심 소재인 태양전지용 웨이퍼와 셀은 대부분 해외로부터 수입하고 있었다. R&D 투자도 2002년에 와서야 본격적으로 집행되고 있으며 1990년대부터 대규모 투자를 집행하고 있는 일본, 독일, 미국 등 태양광 선진국들과는 아직까지 상당한 격차(선진국의 1/3 내지 2/3)를 보이고 있다.

[그림 13] 주요국의 태양전지 분야 R&D 예산 비교



주: 2003년 이후 미국의 태양전지 R&D 자료 참조 불가
 자료: IEA(International Energy Agency)

정부는 2008년 8월 ‘제1차 국가에너지기본계획 (2008~2030)’에 이어 9월 ‘그린에너지산업발전전략’, 12월 ‘녹색성장산업 발전전략’을 확정하고 ‘녹색 성장의 밑그림’을 완성하였다. 정부는 신재생에너지 보급목표를 1차 에너지 대비 신재생에너지 비중으로 2015년 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년 11.0% 달성을 제시하여 2020년 이전까지 신재생에너지의 가격을 화석 연료 수준의 발전단가 수준까지 끌어내릴 계획이다. 이런 기술개발과 보급목표를 달성하기 위해 2030년까지 총 111조 5,000억원을 투입기로 하였다. 정부의 목표 달성시 국내 태양광발전 설치용량은 2007년 45MW 수준에서 2010년 1.3GW로 약 29배 증가할 것으로 보이며 태양광발전 시장규모도 2007년 5억 달러에서 2010년에는 51억 달러에 이를 전망이다.

우리나라의 태양광발전산업과 관련한 정책은 2003년에 수립된 “제2차 신·재생에너지 기술개발 및 이

용·보급 기본계획”이 기본 골격이 되고 있으며 현재 다양한 지원제도를 실시하고 있다. 주요 제도로는 “그린홈 100만호 보급사업”과 “발전차액지원제도” 등을 들 수 있다.

“그린홈 100만호 보급사업”은 2020년까지 신재생 에너지 주택(Green home) 100만호 보급을 목표로 추진하는 사업으로 태양광, 태양열, 지열, 소형 풍력, 바이오 등의 신재생에너지를 일반 주택 및 공동주택에 설치시 설치비의 일부를 무상으로 지원하는 사업이다. 이 중 태양광주택은 41만 3,000호를 보급할 예정이다.²³⁾

“발전차액 지원제도”는 태양광 등 신·재생에너지 발전에 의한 전력거래가격이 고시된 기준가격보다 낮은 경우 기준가격과의 차액(발전차액)을 지원하여 투자 경제성을 보장하는 제도이다. 태양광의 기준가격 적용용량은 당초 2011년까지 500MW 범위에서 매년 제한없

23) 그린홈 100만호 보급사업에 책정된 예산규모는 약 14조 원(정부 6조 6천억 원, 민간 7조 4천억 원), 정부의 태양광 부문 예산은 2조 2천억 원

〈표 15〉 연도별 태양광발전 기준가격 적용 상한용량

(단위: MW)

적용년도	상한용량
2009년	50
2010년	70
2011년	80

자료: 지식경제부 고시 제2009-96호, 『신·재생에너지이용 발전전력의 기준가격 지침』

이 차액을 지원키로 하였는데 2008년 과도하게 많은 물량이 시장에 진입(257MW)한 결과 발전차액지원 예산이 급증하여 재정부담이 가중되었다. 이에 정부는 일시적 수요 폭증으로 인해 초기에 총 지원용량이 소진되는 것을 막기 위해 2009년 4월 잔여용량인 200MW를 50~80MW로 3년간 적정하게 배분하였다. 이에 따라 태양광 발전 사업을 준비 중인 상당수 사업자들이 용량 제한으로 태양광사업에 진입하지 못하게 됨에 따라 정부와 사업자간에 갈등이 표출되기도 하였다.

한편 정부는 2008년 10월 기준가격을 최대 37%까

지 낮춘데 이어 2009년 9월 3일 2010년 기준가격을 현행 대비 최대 13.56% 인하하는 ‘신재생에너지이용 발전전력의 기준가격 지침’ 을 개정·고시하였다. 同 지침은 시장창출이 국내 산업 육성으로 연결될 수 있도록 건물용·주택용 소형 발전소를 우대한 것이 주요 특징이다. 환경훼손을 최소화할 수 있는 건물일체형(지붕형 등) 태양광발전소에 대해선 2010년 기준가격에서 7% 인상하고, 30~200kW와 30kW 이하 소형 발전소(일반대지형)는 각각 6%와 11% 인상하였다. 태양광발전차액 기준가격은 설비용량별로 현행 kW당 428.83

〈표 16〉 태양광발전의 기준가격

(단위: 원)

적용시점	건설위치	적용기간	30KW미만	30KW초과 ~200KW이하	200KW초과 ~1MW이하	1MW초과 ~3MW이하	3MW초과
현행	구분없음	15년	646.96	620	590.87	561.33	472.70
		20년	589.64	562.84	536.4	509.24	428.83
2010년(안)	일반부지	15년	566.95	541.42	510.77	485.23	408.62
		20년	514.34	491.17	463.327	440.20	370.70
	건축물활용	15년	606.64	579.32	546.52	-	-
			일반부지 대비 1.07배 할증 적용			-	-
		20년	550.34	525.55	495.81	-	-
			일반부지 대비 1.07배 할증 적용			-	-

자료: 에너지관리공단 신·재생에너지센터

~646.96원에서 370.70~566.95원으로 낮아졌다.²⁴⁾ 또한 발전차액 지원기간은 사업자가 15년과 20년 중에서 선택하도록 하고 있다.

정부는 2012년부터는 발전차액지원제도 폐지와 함께 R&D 투자 진작을 위해 신재생에너지 의무할당제(RPS : Renewable Portfolio Standards)를 시행 검토 중이다. 이는 전력을 생산하는 전력사업자(우리나라는 대부분을 한전의 자회사인 6개사가 차지하고 있음)로 하여금 의무적으로 신재생에너지를 이용한 발전을 의무화하는 제도이다.

다음으로 국내 태양전지업계의 동향을 살펴보고자 한다. 국내 태양광발전산업의 역사가 일천하여 국내 태양전지 시장규모는 1,700억 원(2007년 기준), 생산능력은 196MW(2008년)에 불과하며 결정질 실리콘 태양전지가 전부를 차지한다. 2007년까지 태양전지 공급은 거의 수입에 의존하였는데 2007년 국내 태양전지 수입량은 47.7MW 수준으로 전년대비 112%로 급증하였다. 2007년 시장점유율을 보면 Motech(대만), Q-Cell 등 외국업체가 85% 차지를 차지하였으며 국내 최초로 태양전지를 양산한 KPE는 15%를 기록하였다. 국내 시장구조를 보면 2008년 생산을 개시한 현대중공업, 미리넷솔라, 신성홀딩스 등 중소기업이 대부분을 차지하고 있다. KPE 등은 국내 태양광시장 미형성으로 매출의 상당 부분을 수출에 의존하고 있다. 2008년 이후 국내 대기업들의 참여가 본격화되면서 국내 태양전지 생산능력은 2009년 915MW, 2012년 2.9GW로 급증할 전망이다. 이에 따라 국내 태양전지 생산능력이 세계시장에서 차지하는 비중도

2008년 1.6%에서 2012년 10.3%로 크게 증가할 것으로 보인다. 태양전지사업에 뛰어들어 대기업들은 대부분 수직계열화를 추진 중이다. 현재 가장 빠른 수직계열화 진척 속도를 보이고 있는 현대중공업을 비롯해 LG, 삼성, SK, STX솔라, 한화석유화학 등이 수직계열화 구축을 목적으로 공장 건설을 추진 중이거나 계획 중이다. 특히 LG그룹은 결정질 실리콘(LG전자)과 박막형(LG디스플레이)의 두 트랙 전략을 추진 중이다.

박막 태양전지 시장도 2008년 국내 최초로 양산에 성공한 한국철강을 비롯하여 몇몇의 기업들이 최근 시장진입을 추진하고 있다. 한국철강, 알티솔라(a-Si), LG마이크론, 텔리오솔라, 대양금속(CIGS), 동진썬미켈(염료감응) 등이 최근 시장진입에 성공했거나 시장진입을 앞두고 있는 기업들이다.

5. 우리의 대응방안

이상에서 태양전지산업의 최근 여건변화와 주요국의 정책 동향에 대해 살펴 보았는 바, 태양광 시장여건의 변화는 태양전지산업에도 크게 영향을 미치고 있다. 최근 금융위기에서 비롯된 세계경제의 침체는 주요 선진국들로 하여금 재정 투입을 통한 경기부양책 실시를 불가피하게 만들었다. 경기부양책 중에서도 태양광 등 신재생에너지 육성에 정책의 포커스를 맞추고 있어 향후 태양광산업은 최근의 위축에도 불구하고 크게 성장할 전망이다.

태양전지산업은 장기적으로는 변환효율 향상 등 기

24) 기준가격 산정은 태양광모듈 가격 하락, 환율, 원자재 가격 상승, 노무비 상승 등을 고려해 태양광발전 설비단가를 현행 kW당 700만원에서 582만원으로 조정하여 산출

〈표 17〉 결정질실리콘 태양전지 업체 현황

업체	현황
현대중공업	- '08. 5월 30MW 규모의 태양전지 공장 준공, '12년까지 500MW로 증설 계획
LG전자	- 화학(폴리실리콘)-LG실트론(웨이퍼)-LG전자(태양전지)-LG CNS(발전시스템)- LG Solar Energy(발전소) 수직계열화 추진 중
SKC	- SK케미칼(폴리실리콘)-솔믹스(잉곳·웨이퍼)-SKC(태양전지 셀·모듈)-SK건설(태양광 발전소 건설) 수직계열화 계획
삼성전자	- 30MW 결정질실리콘 태양전지 생산라인(파일럿) 건설 중 - '10년 300MW 태양전지 증설 검토 중(결정질과 박막(탠덤형)) - 삼성정밀화학(폴리실리콘)-삼성코닝정밀유리(잉곳·웨이퍼)-삼성전자·삼성SDI(셀·모듈) 삼성에버랜드·삼성물산(태양광 발전시스템 운영) 수직계열화 계획
한화석유화학	- 울산에 30MW 규모의 태양전지 생산공장 건설 추진 - 폴리실리콘-잉곳·웨이퍼-태양전지-태양광발전 수직계열화 계획
STX Solar	- 구미 태양전지 생산 공장 설립 - '15년까지 300MW 규모의 태양전지 생산으로 밸류체인 확대 예정
신성홀딩스	- '08. 11월 충북 증평에 50MW 규모의 태양전지 공장 준공, '14년 1GW로 증설 계획 - 한국실리콘(폴리실리콘)-오성엘에스티(잉곳·웨이퍼)-신성홀딩스(셀) 수직계열화 추진 중
웅진그룹	- 웅진폴리실리콘(폴리실리콘)-웅진에너지(잉곳)-협력사인 Sunpower(셀·전지)로 이어지는 수직계열화 추진
KPE	- '06년 30MW, '09년 60MW 태양전지 공장 준공 - '09년~'13년 중 900억원 투자하여 태양전지, 모듈, 발전시스템 생산공장 증설 계획
미리넷솔라	- '08년 30MW 태양전지 공장 준공, '10년까지 300MW로 증설 계획

솔루션에 성공하고 규모의 경제, 수직계열화를 통한 원가경쟁력을 확보한 기업이 시장을 선도할 전망이다. 이에 따라 원가 개선이 가속화할 전망이나 경쟁 격화로 마진율은 축소될 전망이다.

우리나라가 태양전지산업을 포함한 태양광산업을 선도하기 위해서는 다음과 같은 대응방안이 필요할 것으로 보인다.

첫째, 태양광 발전의 새로운 수요가 창출될 수 있도

록 법적·제도적 강화노력이 필요하다. 최근 2012년 발전차액지원제도 폐지와 함께 RPS제도로의 전환 등 정부의 지원 축소 움직임은 태양광산업 위축 우려를 낳고 있다. 태양광산업의 효과적인 육성을 위해서는 현 발전차액지원 규모 확대와 함께 예산상의 문제를 고려, 일반 전기사용자도 일정 부분 간접 부담하는 RPS제도 도입 등 양 정책 병용 추진을 통해 지원 효과를 극대화할 필요가 있다. 또한 발전용량을 제한하지 않고 지원

〈표 18〉 박막형 태양전지 업체 현황

업체	현황
한국철강	- '08년 박막형 태양전지 시설투자(20MW) 준공 후 양산 중
LG마이크론	- 한국에너지기술연구원에서 고효율 CIGS 박막 태양전지 기술을 이전받아 실용화 계획
텔리오솔라	- 금년 하반기 경기 평택에 30MW 규모의 CIGS 전지 공장 착공 예정 - 금년 2월 박막 전지로는 국내 최고 수준인 9.17%의 효율 구현
알티솔라	- 전주과학산업단지내 a-Si 박막 태양전지 공장(60MW) 가동 중
대양금속	- 초박막 스테인레스 기판으로 하는 Roll-to-Roll 방식의 CIGS 태양전지 공장(50MW) 건설 추진
동진썬미켈	- 대구 성서산업단지내 염료감응 생산공장(100MW) 건설 계획 수립

하되, 발전차액 지원 가격을 매년 5%씩 낮추어 기술혁신을 유도하고 있는 독일의 사례를 참고할 필요가 있다. 아울러 태양광발전산업의 기반이 조성될 때까지 양제도의 병행 추진을 위해 과감한 예산 증액도 불가피할 것으로 보인다. 이밖에 새로운 공공건물에 한정된 신재생에너지 적용의무를 학교를 포함한 기존 공공건물에도 점진적 도입이 필요하며 아울러 결정질실리콘 태양전지만 포함되어 있는 그린홈 100만호 사업 지원대상에 성장성이 부각될 박막 태양전지도 포함해야 할 것으로 보인다. 그밖에 미국의 태양광발전 시스템 설치비용에 대한 투자세액공제 제도의 도입도 고려해 볼만하다.

둘째, 향후 수년 내 박막 태양전지 시장의 확대에 대비한 R&D도 강화할 필요가 있다. 세계적으로도 변환효율 향상 및 대면적화 등 상용화를 위한 기술개발이 아직 완료되지 않아 정부 차원의 R&D에 나선다면 세계시장 선점도 가능할 것으로 보인다. 특히 LCD 부문에서의 세계적인 기술 및 인프라 활용시 반도체산업

과 같은 수출 주력 품목으로 육성도 가능할 것으로 전망된다.

셋째, R&D 투자의 효율성 제고와 시너지효과 창출을 위해 대기업, 연구기관, 대학들을 연계시키는 클러스터 조성도 고려해 볼만 하다. 클러스터 조성을 통해 대기업과 중소기업간 분업에 의한 사업특화 전략으로 투자의 효율성을 제고하고 대기업이 대응하기 어려운 부품·장비 분야의 육성이 필요하다. 독일의 태양광 클러스터와 중소 태양광업체 육성 사례는 중소기업 육성과 고용창출을 주요 정책과제로 삼는 우리에게 시사점을 주고 있다. Q-Cell은 2001년 19명의 종업원, 10억원 매출의 소규모 중소기업에 불과했으나, 태양광 클러스터 구축을 통한 공동 연구, 정부의 대대적인 R&D 투자 및 신속한 행정 지원으로 2007년 세계 1위의 태양전지 업체로 도약하였다.

〈 참고문헌 〉

- 산업자원부, “제2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2003~2012)”, 2003. 9
- 수출입은행, 해외경제·투자정보「중국의 태양광 발전 및 관련 산업동향과 향후 전망」, 2009. 2
- 에너지관리공단 신재생에너지센터 홈페이지(kemo.or.kr)
- 이민식, “태양전지산업의 환경변화와 주요국의 정책동향”, 산은조사월보, 한국산업은행, 2009. 7
- 지식경제부 홈페이지(www.mke.go.kr)
- 한국전기연구원 홈페이지(www.keri.re.kr)
- CERA(www.cera.com)
- Financial Times(www.ft.com)
- HSBC, “European solar sector”, 2009.
- International Energy Agency 홈페이지(iea.org)
- Prometheus, “2009 Global PV demand analysis and forecast : the anatomy of a shakeout II”, 2009. 2
- Prometheus, “PV TECHNOLOGY, Production and Cost, 2009 Forecast”, 2009. 1
- Thinfilm Market, 2008

탄소제로 도시의 확산과 대응방안

이 안 재

삼성경제연구소 수석연구원



1. 탄소제로 도시의 확산

최근 들어 세계 각지에서 탄소제로 도시 프로젝트가 붐을 이루고 있다. 탄소제로 도시¹⁾는 이산화탄소(CO₂) 순배출량이 0(Zero)인 도시를 의미한다. 에너지 효율화²⁾, 친환경 교통체계 도입, 폐기물 재활용 등을 통해

탄소배출량을 최대한 줄이고(Reduce), 나머지는 나무를 심거나, 탄소배출권을 구입하여 상쇄(Offset)함으로써 도시의 탄소수지를 제로로 만드는 것이다. 또한 화석연료를 통해 생산한 전기를 사용함으로써 발생하는 간접적 탄소배출(Indirect Emission)은 신재생에너지로 대체함으로써 감축한다.

[그림 1] 세계의 주요 탄소제로 도시 프로젝트



1) 低탄소 도시도 궁극적인 목표는 '탄소제로'이므로 본 고에서는 엄밀한 의미의 '탄소제로'가 아닌 적극적으로 탄소 감축을 추진하는 도시를 '탄소제로 도시'의 범주에 포함

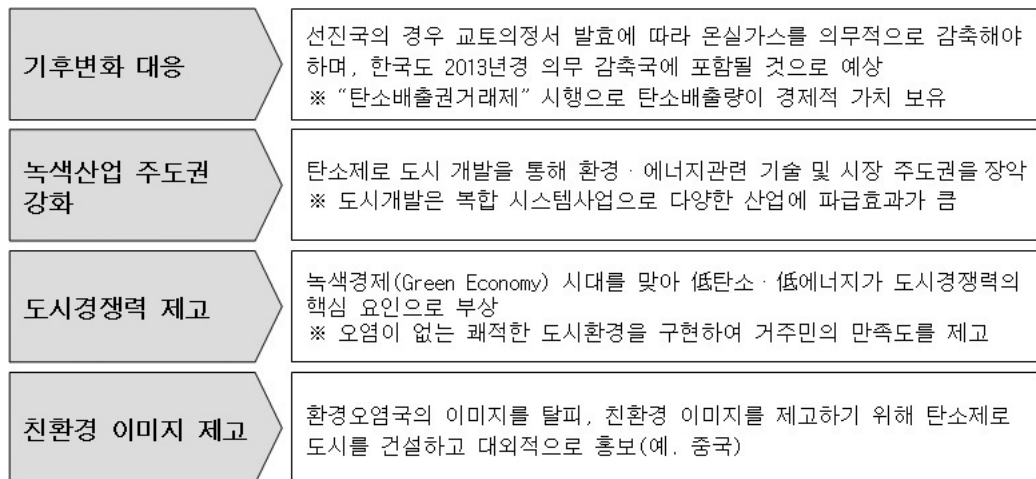
2) 단열 강화, 고에너지효율 제품 사용 등을 통해 에너지 사용량을 줄이는 활동을 의미

그렇다면 세계 각국이 이처럼 탄소제로 도시 개발에 열을 올리는 이유는 무엇일까? 물론 탄소제로 도시 개발은 기후변화 대응, 즉 지구온난화 방지를 위함이다. 온실가스의 80% 이상이 도시에서 발생하며, 특히 교통, 주택 등 도시생활관련 부문이 전체 온실가스 배출의 약 43%를 차지한다. 또한 전 세계 에너지의 약 70%가 도시에서 소비되고, 대기오염도 농촌에 비해 약 25배 정도 높다. 결국 온실가스 및 에너지 저감을 위해서는 탄소제로 도시로의 전환이 중요한 수밖에 없다. 아울러 수백 년 동안 이어지는 도시의 수명을 고려할 때 탄소제로 도시 개발은 장기적으로 비용보다 편익이 크다. 얼마전 한국토지공사는 50만㎡(인구: 약 2만 500명)의 신도시에서 탄소를 약 70% 저감할 경우, 원유수입 감소, 탄소배출권 수익 등으로 연간 3,420억 원의 경제효과를 얻을 수 있다는 연구결과를 발표하기도 했다. 그런데 탄소제로 도시 개발은 기후변화 대응이라는 기본적 목적 외에 프로젝트에 따라 다양한 목적 또는 전략적 의미를 지니고 있다. 예컨대 UAE 마스다르 프

로젝트의 경우 신재생에너지 분야의 글로벌 리더십을 강화한다는 이면의 목적을 가지고 있다.

사실 탄소제로 도시 건설은 에너지 다소비국가이면서도, 에너지 대외의존도가 100%에 육박하는 우리나라에 더욱 절실한 도시 모델이다. 특히 2013년부터는 우리나라도 온실가스 의무감축국에 포함될 것이 거의 확실시되고 있어 체계적인 온실가스 감축방안 마련이 시급한 상황이다. 뿐만 아니라 향후 본격적으로 개막될 ‘그린 컨버전스’ 시대를 주도하기 위해서도 테스트베드의 역할을 할 수 있는 탄소제로 도시 건설이 필수적이다. 관련 제품, 시스템, 서비스 등을 수출하기 위해서는 경험(Track Record)을 확보하는 것이 중요하기 때문이다. 따라서 온실가스 감축 및 에너지저감 기술의 글로벌 경쟁력 확보를 위해 저탄소 도시 또는 탄소제로 도시로의 전환을 적극 추진할 필요가 있으며, 특히 신도시·재개발(뉴타운) 등 계획도시를 건설할 경우 탄소제로 수준의 탄소저감 방안을 적용할 필요가 있다.

[그림 2] 탄소제로 도시 확산의 주요 배경



〈표 1〉 한국의 온실가스 배출 및 에너지 소비 현황

구분		현황	비고
온실가스 (2006)	배출량	6億 톤	1990년의 2배
	1인당 배출량	12.4톤	연평균증가율(90~'06): 3.7%
에너지 (2007)	총 소비량	2.3億 톤	세계 9위
	1인당 소비('06)	4.48톤	일본 4.13톤
	대외의존도	96.6%	원유수입 세계 4위
	부문별 소비 비중	산업(57%), 가정·상업·공공(22%), 수송(20%)	산업을 제외하면 주로 도시생활과 관련

자료: 에너지경제연구원(2009), 「2008 에너지통계연보」

에너지경제연구원(2008), 「주요국의 에너지소비 비교」

지식경제부(2009. 2. 3.), 「국가 온실가스 배출량증가율, 소폭 증가세로 반전」, 보도자료.

2. 해외의 주요 탄소제로 도시

가. UAE : 마스다르(Masdar) 프로젝트

아부다비 인근의 해변에 총 220億 달러를 투입해 인구 5만 명 규모(면적 : 7 km²)의 신도시를 건설하는 초대형 프로젝트로 2008년 착공하여 2016년 완공할 예정이다. 도시 안에 주거, 상업, 교육, 산업, 오락·문화 등의 기능이 갖추어진 자족도시를 지향한다.

마스다르는 탄소, 쓰레기, 자동차가 없는 3無의 도

시를 추구한다. 빌딩 에너지 효율화를 통해 탄소배출을 56% 저감하고, 태양광·태양열 등 재생에너지 사용을 통해 24%, 폐기물을 재활용하거나 에너지화하여 12%, 친환경 교통을 사용함으로써 7%의 탄소를 감축하여 궁극적으로 완전한 탄소제로 도시를 구현하겠다는 계획이다. 무더운 기후 특성을 지닌 마스다르는 특히 열 차단을 위한 다양한 아이디어들을 선보이고 있다. 뜨거운 해풍을 지하로 유도한 후 지하에 저장된 차가운 물과 열교환하여 시원한 바람을 도시에 공급하는 한편, 도시 곳곳에 바람길을 만들고 그늘을 확보하여 열섬현

[그림 3] 마스다르 조감도

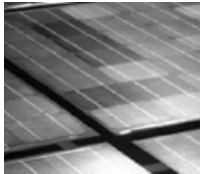


상을 방지한다. 교통 부문에 있어서도 매우 혁신적인 방안들을 도입하고 있다. 도시의 간선도로 폭을 10m 이내로 설계하고, 가솔린 자동차의 운행을 전면 금지하는 한편, 태양광자동차 등 친환경 교통수단을 적극 활용하여 탄소배출을 최소화한다. 도시에서 발생하는 모든 쓰레기는 재활용하거나 에너지원으로 사용하고, 도시생활에 필요한 모든 에너지는 태양광, 태양열, 풍력 등 신재생에너지로 충당한다.

마스다르 프로젝트는 표면적으로는 세계적인 탄소제로 신도시 건설을 천명하고 있으나, 이면에는 전술한

바와 같이 신재생에너지 클러스터를 구축해 에너지산업의 주도권을 장악하겠다는 목표를 지니고 있다. 탄소배출의 주범인 석유를 수출해서 벌어들인 오일머니를 탄소배출 저감의 핵심인 신재생에너지에 투자해 ‘포스트 오일 시대’에도 에너지산업에서의 리더십을 계속 유지하겠다는 것이다. 실제로 아부다비 당국은 화석연료 비중이 축소되는 것을 ‘위협’이 아니라, 에너지 포트폴리오를 넓힐 수 있는 ‘절호의 기회’로 인식하고 있다. 이러한 전략 하에 신재생에너지 분야의 ‘실리콘밸리’를 목표로 신재생에너지 클러스터를 조성하고 있으

〈표 2〉 마스다르 프로젝트의 주요내용

부문	탄소배출 저감방안	
건물	▷ 에너지 효율적 설계 - 단열 강화, 자연채광 및 자연통풍 확대, LED 조명 설치 등 - 바람길 및 그늘 확보가 가능한 건물 배치를 통해 열섬현상 방지	
교통	▷ 전동 PRT(Personal Rapid Transit) 시스템, 세그웨이, 태양광 자동차, 경전철 등 청정 교통수단 이용 (내연기관 자동차 불허) - 도시의 간선도로 폭이 10m에 불과	
에너지	▷ 100% 재생에너지 사용 - 에너지원별 비중: 태양광(52%), 태양열(26%), 진공집열기(14%), 폐기물에너지화(7%), 풍력(1%) - 현재 10mw 규모의 태양광 발전소가 완공되어 전력을 공급 중 ▷ 에너지 사용량을 상시 모니터링할 수 있는 시스템 구축	
폐기물	▷ 도시의 모든 폐기물이 100% 재활용/재순환 또는 에너지화 - 물 사용량 50% 절감 및 물 재순환 80%를 목표	

자료: Russel, J. (2008). MASDAR—Transforming Oil Wealth into Renewable Energy Leadership. Renewable Energy Seminar 2008, April 9, UAE: Intercontinental Abu-Dhabi.
 〈http://www.engg.uae.ac.ae/news/Ren_engg/Presantion/Masdar_jones.pdf〉

〈표 3〉 마스다르 신재생에너지 클러스터 구축계획

분야	추진현황 및 계획
교육/ 연구개발	▷ 전문인력 양성 및 연구개발을 담당할 대학(MIST1) 및 기술개발센터(MRN2) 개설 ▷ GE, MIT의 신재생에너지 연구센터 유치
국제기구	▷ 2009년 6월 신재생에너지 국제기구인 International Renewable Energy Agency(IRENA) 유치 - 2015년까지 1.4억 달러를 IRENA에 지원하고, IRENA가 지원하는 신재생에너지 프로젝트에 매년 5천만 달러를 제공할 예정
산업/기업	▷ 4km² 면적의 종합 태양광 생산시설 도입 ▷ 비즈니스 인큐베이터, Clean Tech 펀드(2.5억 달러) 운영 ▷ 지멘스, GE, 토탈, 미쓰이등 다양한 기업이 마스다르 프로젝트에 파트너사로 참여 중

주: 1) MIST : Masdar Institute of Science and Technology (MIT와 협력계약 체결)

2) MRN : Masdar Research Network

자료: Geiger, Steven (2008), MASDAR - Transforming Oil Wealth into Renewable Energy Leadership.

SOLARPRAXIS Forum, November 27, Berlin: Hilton Hotel.

며, 전 세계 신재생에너지 프로젝트 및 기업에도 적극적으로 투자하고 있다. 그리고 이러한 노력들이 점차 가시적인 성과를 내고 있는데, 신재생에너지 국제기구, 1,500개 이상의 기업, 대학들이 마스다르에 몰려들고 있다. 예컨대 GE는 마스다르에 4천 평방미터 규모의 친환경연구소인 에코매지네이션(Ecomagination) 센

터를 설립하고, 환경·에너지 분야의 연구를 수행할 예정이다.

나. 캐나다 : Dockside Green 프로젝트

Dockside Green은 밴쿠버 인근의 빅토리아 내항에

[그림 4] Dockside Green 조감도



위치한 舊공업단지 부지(면적 12만㎡)를 탄소제로 복합 단지로 재개발하는 프로젝트이다. 약 5億 캐나다달러를 들여 주거, 오피스, 광산업 단지, 해양 및 공원 등이 복합화된 지구로 개발하고 있으며, 현재 약 35% 공정률을 보이고 있다. 완공까지는 앞으로 7년 정도가 더 소요될 전망이다.

이 프로젝트는 초기부터 LEED의 최고 등급인 'Platinum' 등급 기준으로 건물과 시스템을 설계했다는 점이 특징이다. 이 프로젝트를 수주한 업체는 그린빌딩 기준을 충족시키지 못할 경우 1백만 캐나다 달러를 페널티로 지불하겠다는 약정을 한 후 사업을 추진해 왔고, 이미 완공된 주거단지의 경우 실제로 LEED

〈표 4〉 Green 프로젝트의 주요내용

부문	탄소배출 저감방안
건물	▷ 주거단지의 경우 LEED 'Platinum' 등급 획득 ▷ Passive Design 등을 통해 건물 에너지 사용량을 50~52%로 절감 - 건물방향, 단열, 屋上녹화, 폐열회수, LED 조명, 동작인식 기반 조명 제어, 차양설치, 高에너지효율 가전 사용 등 
교통	▷ 대중교통 활성화, Car Sharing 프로그램 도입 (전기자동차), 수상택시 이용, 주택과 주차공간 분리 판매 등을 통해 탄소배출 최소화 
에너지	▷ 지구 내 바이오매스 플랜트에서 폐목재 조각 등을 가스로 변환시켜 온수와 열을 공급하고, 잉여 에너지는 인근에 판매 - 태양광 발전, 폐열회수 시스템도 도입 ▷ 각 가정에 물, 전기, 열 등 에너지 사용량을 종합 모니터링할 수 있는 인터넷 기반 시스템을 설치, 자발적 에너지 절약을 유도 - 언제 어디서나 인터넷에 접속하여 모니터링 및 컨트롤 가능 
폐기물	▷ 하수를 정수하여 화장실, 농지, 연못 등에 재활용하고, 절수형 샤워 헤드 · 변기 · 세탁기 등을 사용하여 물 사용량을 66.5% 절감 ▷ 건설폐기물의 90%를 재사용하거나 재활용 

주: * Passive Design : 에너지 사용(손실)을 최대한 줄이는 방식의 건축물 설계를 의미

자료: Zero Emission Neighbourhoods (n. d.). Case study Dockside Green, Victoria, Canada - A harbourfront community designed for true environmental sustainability.

〈<http://www.resourcesmart.vic.gov.au/documents/DockGreenVicCan.pdf>〉

[그림 5] 동탄(東灘) 조감도



Platinum 인증을 획득했다. 마스다르와 마찬가지로 건물, 교통, 폐기물 등 부문별로 탄소배출을 최대한 줄이고, 지구 내 바이오매스 플랜트를 통해 에너지 사용량의 약 75%를 자급한다. 전체 프로젝트는 아직 완료되지 않았지만 이미 국내외 유수의 협회·기관으로부터 우수사례로 뽑히는 등 성공적인 그린 프로젝트로 인정받고 있다. 예컨대 클린턴재단(Clinton Climate Initiative),美 건축가협회 환경위원회(American Institute of Architects' Committee on the Environment) 등에서 Dockside Green을 우수 그린 프로젝트로 선정한 바 있다. 한편 2008년 말에 완공된 주거단지의 경우 95% 이상 분양·임대가 완료되었는데, 이는 일반주택에 비해 매우 우수한 성과로 알려져 있다. 이에 자신감을 얻은 시행사는 Dockside Green보다 훨씬 큰 규모의 탄소제로 프로젝트를 구상 중이다.

다. 中國：동탄(東灘) 프로젝트

2050년까지 상하이 인근 충밍섬(맨하탄의 3/4 크기

인 86km²)에 인구 50만 명을 수용하는 탄소제로 신도시를 건설하는 장기 프로젝트로 전체 부지의 40%는 도시로 개발하고 나머지는 농업 및 에너지 생산기지로 활용하거나 습지상태를 유지할 계획이다. 2010년까지 1단계(1km², 1만 명 수용), 2020년까지 2단계(6.5km², 8만 명 수용), 2050년까지 3단계(30km², 50만 명 수용) 등 3단계의 순차적 진행을 통해 전체 프로젝트를 완료할 계획이었지만, 글로벌 금융위기 등으로 사업 진행이 지연되고 있는 상황이다.

동탄 신도시에는 屋上녹화, 바이오매스 등 다양한 환경·에너지 기술이 적용될 예정이며, 완공될 경우 일반도시 대비 에너지 사용량 60%, 오·폐수 배출 88%, 폐기물 배출 83%가 감소할 것으로 기대하고 있다. 이 프로젝트는 지역의 특성과 자원을 충분히 활용하도록 계획되었다는 것이 특징이다. 주변의 풍부한 농지에서 쉽게 조달 가능한 쌀겨를 연료로 하는 열병합발전소를 도입하고, 섬 지역의 특징을 살려 해풍을 이용하는 풍력발전 터빈을 설치하여 에너지를 생산하며, 도시에서 발생하는 유기물 쓰레기는 다시 인근 농지에 비료로 공

〈표 5〉 동탄 프로젝트의 주요내용

부문	탄소배출 저감방안
건물	▷ 모든 건물은 8층 이하로만 지을 수 있으며, 단열·방음·수자원 재활용을 위해 지붕은 모두 잔디와 녹색식물로 녹화 ▷ 태양광 패널이 설치되어 소비에너지의 약 20%를 공급
교통	▷ 자전거 및 친환경 대중교통 중심으로 도로·교통체계 설계 - 탄소제로 자동차, 연료전지 등을 사용하는 무공해 버스·트램·수상택시 등 친환경 교통 수단만 허용 - 가솔린 오토바이는 불허하고, 전기 스쿠터나 자전거로 대체
에너지	▷ 모든 에너지 수요를 바이오, 풍력, 태양광 등 재생에너지로 충당 - 쌀겨를 연료로 하는 열병합발전소가 열·냉방·전기를 공급 - 도시 외곽에 해풍을 이용하는 풍력발전 터빈을 설치 - 중앙에너지센터가 풍력, 바이오에너지 등 전체 에너지를 관리
폐기물	▷ 대부분의 도시 폐기물이 바이오 연료 등으로 재활용되며, 유기물 쓰레기는 에너지원 또는 비료로 활용 - 80% 정도의 고형 폐기물을 재활용

자료: C40 Large Cities Climate Summit 2007 (2007). Case study: Dongtan, near Shanghai, China - The World's First Carbon Neutral Sustainable City
http://www.nycclimatesummit.com/casestudies/building/bldg_dongtan.html

급할 계획이다.

동탄 프로젝트는 전략적인 목적도 지니고 있다. 급속한 경제성장의 후유증인 ‘환경오염이 극심한 국가’, ‘세계 1위의 탄소배출국’이라는 부정적 이미지를 해소하고, ‘환경 친화적 국가’라는 이미지를 강화하겠다는 복안이다. 실제로 당초에는 2010년 상하이 엑스포에 맞춰 1단계 사업을 완료하여 전세계에 환경친화적 이미지를 과시할 예정이었다. 한편 향후 추진될 신도시 건설의 모델 도시로서의 역할도 담당한다. 중국 정부는 향후 20년간 도시로 이주하는 3억 명 가량의 이농인구를 수용하기 위해 2020년까지 400여 개의 신도시를

건설할 예정인데, 동탄을 이러한 신도시 개발의 모델로 활용한다는 계획이다.

3. 국내 현황 및 대응방안

우리나라의 경우에도 다수의 탄소저감 프로젝트를 계획 또는 추진되고 있다. 세종시, 검단신도시, 마곡지구, 무안 기업도시 등의 계획도시들이 대부분 탄소제로 도시를 표방하고 있으며, 과천 등 기존 도시들도 탄소저감을 추진 중이다. 그러나 극소수 프로젝트를 제외하

면 대부분 지자체 또는 개발주체 차원에서 개별적으로 진행되고 있어 국가적 역량이 결집된 강력한 추진력이 발휘되지 못하고 있는 상황이다. 아울러 공동주택 중심인 국내 실정에 적합한 벤치마킹 모델도 찾기 어렵기 때문에 자칫 비효율과 시행착오가 발생할 가능성이 높다. 또한 탄소제로 도시 구현에 필요한 요소기술과 종합기획력이 부족한 것도 극복해야할 과제이다. 예컨대 신재생에너지, 신소재, 전력, 친환경 교통수단 등 관련 기술이 일본 및 歐美 대비 다소 열세인 상황이며, 다양한 기술을 통합해 최적화하는 종합기획력 및 관리역량을 갖춘 기업과 인력이 크게 부족한 상황이다.

그러나 잠재력은 충분하다. IT·전자, 자동차 등 핵심산업에서 글로벌 경쟁력을 보유하고 있으며, 신재생에너지, 하이브리드카 등에 대한 투자도 확대되는 추세다. 특히 IT는 에너지효율화, 지능형 제어, 스마트그리드 등 탄소제로 구현을 위한 기반기술의 역할을 담당하기 때문에 IT 강국인 한국이 충분히 경쟁력을 지니고 있다. 또한 신도시, 기업도시, 뉴타운 등 기술개발의 테스트베드 역할을 할 수 있는 프로젝트가 풍부하다는 것도 우리의 강점이다. 따라서 부족한 역량을 단기간에 확충하고, 강점 요인들을 충분히 활용하여 탄소제로 시장에서 글로벌 리더십을 확보해야 하며, 추진 예정인 프로젝트들을 보다 전략적으로 활용할 필요가 있다.

먼저 탄소제로 도시 개발을 국내 산업의 경쟁력을 업그레이드하는 기회로 활용해야 한다. 탄소제로 도시 개발은 다양한 소재·제품·시스템·서비스를 포함하는 복합시스템 사업으로서, 건설뿐 아니라 IT, 소재, 서비스 등 산업 전반을 업그레이드하는 기반이 될 수 있다. 또한 탄소제로 프로젝트를 추진 및 운영하는 과정에서 제반 데이터와 지식을 축적하고, 이를 토대로 최적화 역량을 확보하는 것도 중요하다. 축적된 實데이

터에 기반하여 도시리플랫폼주택 차원의 '그린 기술 경제성 평가 모형' 등을 개발할 경우 타 프로젝트 및 해외 건설팅에 충분히 활용할 수 있다. 아파트 중심의 주거문화, 기후 및 지형적 특성, IT 중심의 산업구조 등 한국의 특성에 맞는 「한국형 탄소제로도시」의 모델을 개발하고, 수출상품으로 육성하는 것도 중요한 과제다. 특히 한국의 강점인 IT를 적극 활용하여, IT와 GT(Green Technology)가 결합된 차별화된 모델을 개발한다면 국내 신도시개발은 물론 고부가가치 수출상품이 될 수도 있다. 아울러 정부는 탄소제로 도시의 확산과 체계적 추진을 위해 汎정부 차원의 대책을 강구해야 한다. 공공개발은 물론 재개발·재건축 등 민간주도형 개발사업에도 탄소제로의 개념이 도입될 수 있도록 인허가 기준 정비, 용적률 인센티브 제공, 세금감면 등 포괄적인 유인장치를 마련하고, 건설(국토해양부)뿐 아니라 환경(환경부), IT(지식경제부) 등 다양한 분야의 유기적 연계가 중요한 만큼 녹색성장위원회를 중심으로 汎정부 차원의 협력체제를 구축할 필요가 있다.

〈 참고문헌 〉

- 김정인(2009.3.19.), “녹색성장과 건설산업의 역할”,
글로벌 녹색성장 정책과 건설산업의 기회 (발표
자료)
- 에너지경제연구원 (2009), 「2008 에너지통계연보」
- 에너지경제연구원 (2008), 「주요국의 에너지소비 비
교」
- 이승복(2008.9.5.), “저에너지 친환경 도시로의 접근”,
에너지 저소비형 도시로의 접근을 위한 정책토
론회 (발표자료)
- 지식경제부 (2009.2.3.), “국가 온실가스 배출량 증가
율, 소폭 증가세로 반전”. 보도자료.
- 한국토지공사 (2009), “미래를 위한 선택, 한국형 녹색
성장 모델도시”.
- C40 Large Cities Climate Summit 2007(2007),
Case study: Dongtan, near Shanghai,
China – The World’s First Carbon Neutral
Sustainable City.
- Geiger, Steven(2008), MASDAR – Transforming
Oil Wealth into Renewable Energy
Leadership, SOLARPRAXIS Forum,
November 27, Berlin: Hilton Hotel.
- RenewableEnergyWorld.com(2009. 8. 19.),
Dockside Green: Setting a New Standard
for Green Building
- Russel, J.(2008), MASDAR-Transforming Oil
Wealth into Renewable Energy Leadership.
Renewable Energy Seminar 2008, April 9,
UAE: Intercontinental Abu-Dhabi.
- Zero Emission Neighbourhoods(n. d.). Case

study Dockside Green, Victoria, Canada
– A harbourfront community designed
for true environmental sustainability.
〈[http://www.resourcesmart.vic.gov.au/d
ocuments/DockGreenVicCan.pdf](http://www.resourcesmart.vic.gov.au/documents/DockGreenVicCan.pdf)〉

산업부문 에너지 소비 및 에너지원단위 추이 분석

박 광 수 에너지경제연구원 선임연구위원

1. 서론

한국의 에너지 소비는 1990년대 후반까지 지속적인 고도성장의 영향으로 높은 증가세를 보였으며, 소득 수준이 상승하고 산업구조가 변함에 따라 에너지 소비 구조도 크게 변하였다. 1970년 19.7백만 TOE이었던 총 에너지 소비는 1980년 43.9백만 TOE로 2배 이상 증가하였고, 1990년은 93.2백만 TOE, 2000년 192.3백만 TOE로 증가하여 매 십년간 2배 이상의 증가세를 지속하였다. 1970년에서 2000년까지 30년간 총에너지 소비의 연평균 증가율은 7.9%를 기록하였으며, 시간이 지남에 따라 증가율이 다소 낮아지는 모습을 보이는 하였지만 전반적으로 높은 증가세를 유지하였다.

총에너지 소비가 빠르게 증가함은 물론 에너지 소비 구조도 매우 역동적으로 변하여 왔다. 1960년대에 가장 비중이 컸던 에너지원은 신탄과 연탄이었으나, 1970년대 들어 석유 소비가 크게 증가하면서 석유가 총에너지 소비에서 차지하는 비중은 50%를 넘어섰다. 그러나 1970년대 두 차례의 석유위기를 경험하면서 석유 의존도를 줄이기 위하여 원자력과 LNG가 도입되었고, 소득 수준이 향상됨에 따라 고급에너지인 전력과

도시가스의 소비가 크게 증가하여 원자력과 LNG의 비중도 급속하게 상승하는 모습을 보였다. 이에 따라 1990년대 중반 이후 석유의 비중은 지속적으로 감소하고 있다.

그러나 1990년대 후반에 발생한 외환위기로 경제가 크게 위축되고, 2000년대에 들어서는 성장 잠재력의 하락으로 저성장 기조가 유지됨에 따라 에너지 소비도 과거와는 다른 모습을 보이고 있다. 총에너지 소비 증가율이 크게 둔화되는 모습을 보이고 있으며 석유의 비중이 빠르게 하락하는 등 1990년대와는 다른 모습을 보이고 있다. 이러한 변화 가운데 최근 한국의 에너지 소비에서 나타나는 특징의 하나는 산업부문 에너지 소비가 다른 부문에 비하여 상대적으로 높은 증가세를 보이고 있다는 점이다. 한국의 에너지 소비 구조를 보면 산업부문의 에너지 소비 비중이 선진국에 비하여 크게 높은데 2000년대 들어 다소 낮아지던 산업부문의 에너지 소비 비중이 최근 몇 년간 다시 상승하는 모습을 보이고 있다. 그런데 이는 산업부문의 생산이 활발하여 발생한 현상이므로 크게 우려할 일은 아니지만 그렇다고 바람직한 현상으로 보기도 어렵다. 에너지의 대부분을 수입에 의존하는 입장에서 산업부문의 에너지 소비

비중이 높아진다는 것은 유가 급등과 같은 해외 에너지 시장 여건 변화에 영향을 크게 받아 효율적으로 대응하기 어려울 수 있기 때문이다.

본고에서는 최근 산업부문의 에너지 소비 행태를 분석하고 산업부문의 에너지 소비 증가 요인이 무엇인지 살펴보고자 한다. 특히 산업부문 에너지 소비의 대부분을 차지하는 제조업 에너지 소비에 중점을 두고 분석을 시도한다. 이를 위하여 먼저 최종에너지 부문별 소비 추이에 대하여 간단히 살펴본 후, 제조업의 업종별 에너지 소비와 에너지원단위가 어떻게 변하고 있는지 보기로 한다. 또한 제조업의 에너지원단위가 어떤 요인에 의해 변화하였는지 분석하고, 이러한 분석의 결과가 의미하는 정책적 시사점을 도출한다.

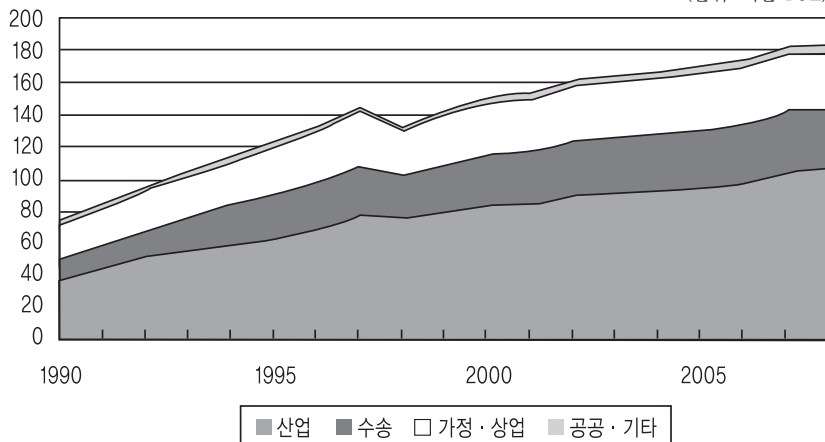
2. 최종에너지 소비 추이

1990년 이후 최종에너지 소비는 외환위기로 경제성장률이 전년대비 마이너스를 기록한 1998년을 제외하고는 지속적으로 빠르게 증가하는 모습을 보였다. 그러나 2000년대 들어서는 국내경제가 과거와는 달리 낮은 성장세를 지속함에 따라 최종에너지 소비 증가율도 낮아지는 모습을 보이고 있다.

최종에너지 소비의 부문별 증감 추이를 보면 산업부문의 에너지 소비는 1998년 외환위기로 경기가 급속히 침체되어 전년대비 생산이 크게 감소한 경우를 제외하고는 지속적으로 증가하는 추세를 보였다. 가정·상업부문과 수송부문의 에너지 소비도 1998년에는 급속한 감소를 보였다. 산업부문과는 달리 가정·상업부문의 에너지 소비는 기온 변화의 영향을 크게 받아 기온이

[그림 1] 부문별 최종에너지 소비 추이

(단위: 백만 TOE)

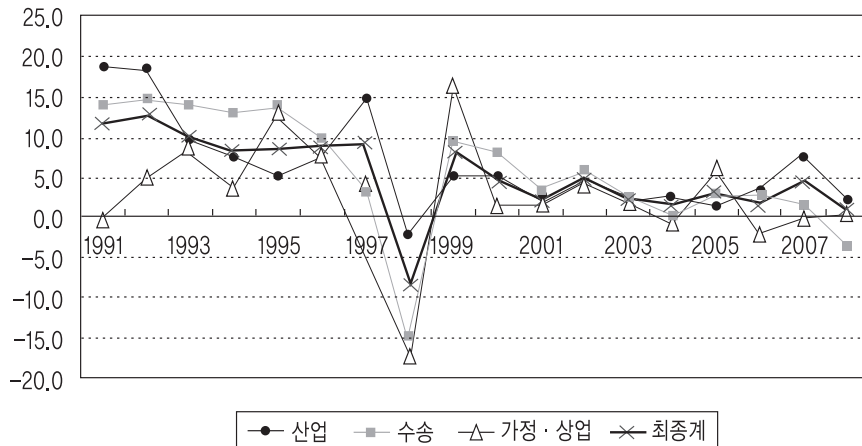


전년에 비해 온난하였던 2004년과 2006년에도 전년 대비 감소하였다. 수송부문의 경우는 유가 급등의 영향으로 2008년에 전년대보다 에너지 소비가 감소한 것으로 나타났다.

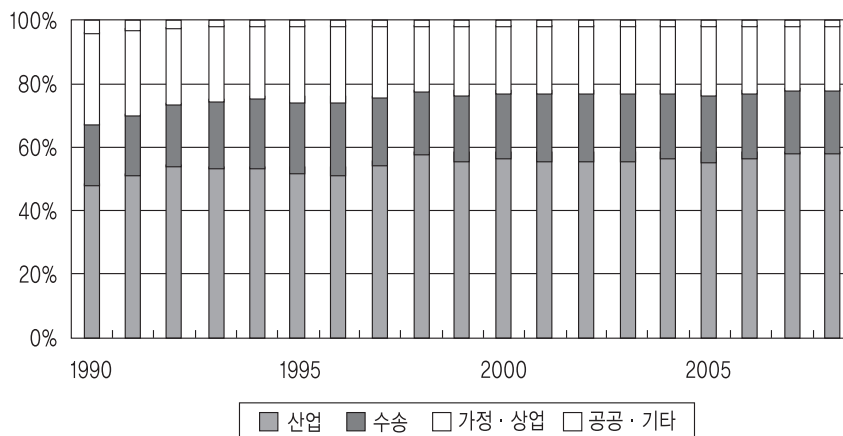
2008년 최종에너지의 부문별 소비구조를 보면 산업 부분의 비중이 58.3%로 가장 높고, 가정·상업부문과 수송부문의 비중은 19%대 후반으로 비슷한 수준을 보이고 있다. 1990년 이후 부문별 소비구조 변화 추이를

[그림 2] 부문별 에너지 소비 증감을 추이

(단위: %)



[그림 3] 최종에너지 부문별 소비구조



보면 산업부문의 경우 2000년까지 상승추세를 보이다 이후 2000년대 중반까지는 하락하는 추세로 전환되었으나 2005년 이후 다시 비중이 상승하고 있다. 가정·상업부문의 비중은 1990년 29.3%에서 다소의 등락을 있으나 지속적으로 낮아지는 추세를 보인 반면, 수송부문의 소비 비중은 1990년대 중반까지 완만하게 증가하다 이후 20%를 중심으로 소폭의 등락을 반복하고 있다.

부문별 에너지 소비 구조를 주요 선진국과 비교해보면 큰 차이를 발견할 수 있는데 선진국에 비하여 산업부문의 비중이 크게 높은 반면 수송부문의 비중은 낮은 것이다. 다음의 표는 주요 선진국과 한국의 최종에너지 소비에서 산업부문이 차지하는 비중을 정리한 것이다.¹⁾ 표를 통해 알 수 있듯이 한국의 산업부문 에너지 소비 비중은 지속적으로 상승하는 모습을 보이고 있는 반면, 미국을 비롯한 대부분의 선진국의 경우 산업부문의 에너지 소비 비중이 지속적으로 하락하고 있다.

이러한 결과 2006년의 경우 한국의 산업부문 에너지 소비 비중은 48.5%로 일본에 비하여 10%p 이상, 그리고 미국 등에 비해서는 20%p 이상 높은 것으로 나타나고 있다.

이처럼 한국의 산업부문 에너지 소비 비중이 선진국보다 크게 높을 뿐만 아니라 상승하는 모습을 보이는 것은 몇 가지 이유로 설명이 가능하다.

한 가지는 수송부문의 에너지 소비 비중이 선진국에 비하여 크게 낮다는 점이다. 우리나라의 수송부문 에너지 소비 비중이 크게 낮은 것은 상대적으로 국토 면적이 좁아 수송거리 측면에서 유리하기 때문에 발생한 현상으로 파악된다. 그러나 이러한 특성을 고려한다고 하더라도 우리나라의 산업부문 에너지 소비 비중은 지나치게 높은 것으로 보인다. 산업부문의 에너지 소비 비중이 이처럼 크게 높은 것은 선진국에 비하여 제조업의 비중이 높고, 특히 제조업에서 에너지 다소비업종이 차

〈표 1〉 최종에너지 소비 중 산업부문 비중(%) 국제비교

연도	한국	미국	일본	프랑스	영국
1960	-	35.7	60.2	42.8	36.0
1970	-	34.2	58.0	44.3	41.9
1980	40.9	34.2	47.5	35.4	32.1
1990	38.3	27.3	41.3	28.4	26.8
2000	45.7	27.5	36.5	27.3	25.2
2005	47.7	24.2	36.2	25.9	24.0
2006	48.5	24.1	37.9	24.9	24.0

자료: OECD, Energy Balances of OECD Countries

1) OECD 에너지 밸런스표 작성 기준과 한국의 에너지 밸런스표 작성 기준의 차이로 [그림 3]과 〈표 1〉에서 한국의 산업부문 에너지 소비 비중에서 차이가 발생함. 국별로 에너지 밸런스를 작성하는 기준이 달라 국별 비교 시에는 자료의 일관성 측면에서 동일한 기준으로 작성한 OECD 밸런스를 사용해야 한다.

지하는 비중이 선진국에 비하여 높기 때문이다.

〈표 2〉를 통해 알 수 있듯이 주요 선진국의 경우 제조업의 비중이 지속적으로 낮아지고 있는 반면 한국의

제조업 비중은 상승하는 모습을 보이고 있다. 한국의 경우 제조업의 비중이 20%대 중후반인 반면 일본은 20%내외, 미국 등은 15% 미만으로 한국의 제조업 비중

〈표 2〉 국별 부가가치 구조 비교(명목가격기준)

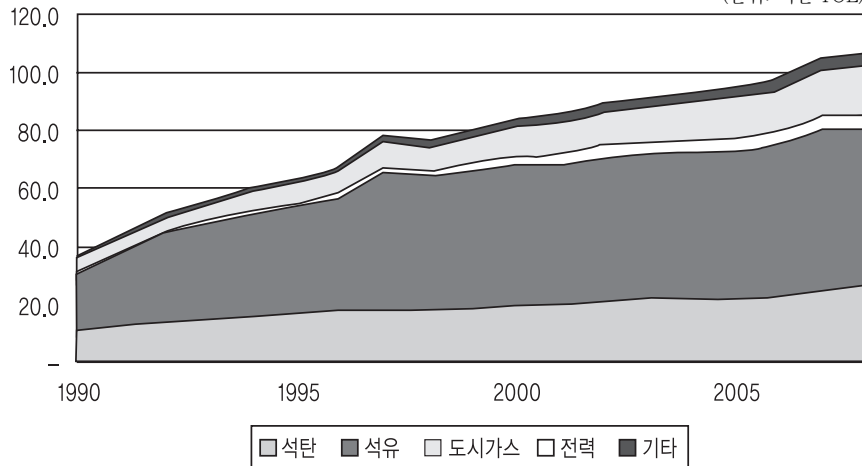
		농림어업	광업	제조업	다소비 업종	전기가스 수도	건설	서비스계	계
		(01~05)	(10~14)	(15~37)	(23,24,27)	(40~41)	(45)	(50~99)	(01~99)
한국	1970	29.2	1.8	17.8	2.4	1.4	5.1	44.7	100.0
	1980	16.2	1.9	24.4	6.0	2.2	8.0	47.3	100.0
	1990	8.9	0.8	27.3	6.1	2.1	11.3	49.5	100.0
	2000	4.9	0.4	29.4	6.5	2.6	8.4	54.4	100.0
	2003	3.8	0.3	26.4	6.4	2.7	9.6	57.2	100.0
일본	1970	5.9	0.8	33.7	—	2.4	7.3	49.9	100.0
	1980	3.5	0.5	27.1	6.7	3.1	8.9	56.9	100.0
	1990	2.4	0.2	25.9	5.1	3.1	9.6	58.7	100.0
	2000	1.3	0.1	21.2	4.3	3.6	7.2	66.6	100.0
	2003	1.2	0.1	20.0	4.5	3.6	6.5	68.6	100.0
미국	1970	2.6	1.4	23.4	—	2.1	5.0	65.5	100.0
	1980	2.2	3.2	20.6	3.6	2.2	4.7	67.0	100.0
	1990	1.7	1.5	17.2	2.9	2.5	4.3	72.9	100.0
	2000	1.0	1.2	15.7	2.4	1.9	4.4	75.7	100.0
	2003	1.0	1.2	13.8	2.3	2.0	4.6	77.4	100.0
프랑스	1970	7.5	0.0	28.8	—	1.8	7.6	54.3	100.0
	1980	4.6	0.0	25.8	4.8	2.3	6.6	60.8	100.0
	1990	3.7	0.0	20.4	3.1	2.3	5.7	67.9	100.0
	2000	2.7	0.0	18.1	3.3	2.0	4.6	72.5	100.0
	2003	2.6	0.0	16.8	0.6	1.9	5.0	73.6	100.0
영국	1970	3.0	2.0	32.0	—	3.0	6.3	53.7	100.0
	1980	2.2	6.7	26.2	4.9	3.2	5.8	56.0	100.0
	1990	1.8	2.6	22.4	3.9	2.2	6.7	64.2	100.0
	2000	1.0	2.8	17.4	2.5	1.8	5.2	71.8	100.0
	2003	1.0	2.2	14.2	2.1	1.7	5.9	75.0	100.0

주: ()안의 숫자는 ISIC Code를 의미

자료: OECD STAN Industry Database

[그림 4] 산업부문 에너지 소비 추이

(단위: 백만 TOE)

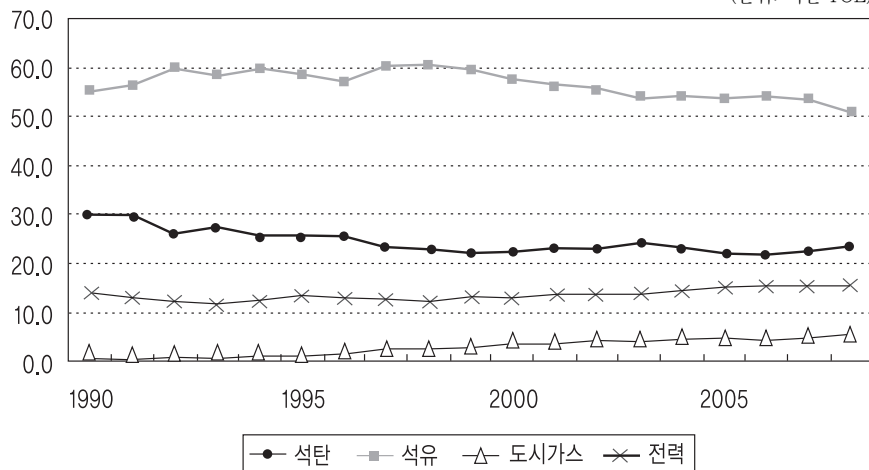


이 주요 선진국에 비해 크게 높은 것으로 나타나고 있다. 제조업 중 에너지 다소비업종의 비중이 높은 것도 산업부문의 에너지 소비 비중을 높게 하는 요인으로 작

용하고 있다. 이처럼 에너지 소비를 많이 할 수 밖에 없는 산업구조가 지속됨에 따라 한국의 산업부문 에너지 소비 비중은 선진국에 비하여 크게 높고 또한 이러한

[그림 5] 산업부문 에너지원별 소비 구조

(단위: 백만 TOE)



현상이 단기간에 개선되는 모습을 보이지 못하고 있다.

3. 산업부문 에너지 소비

가. 산업부문 에너지 소비 추이

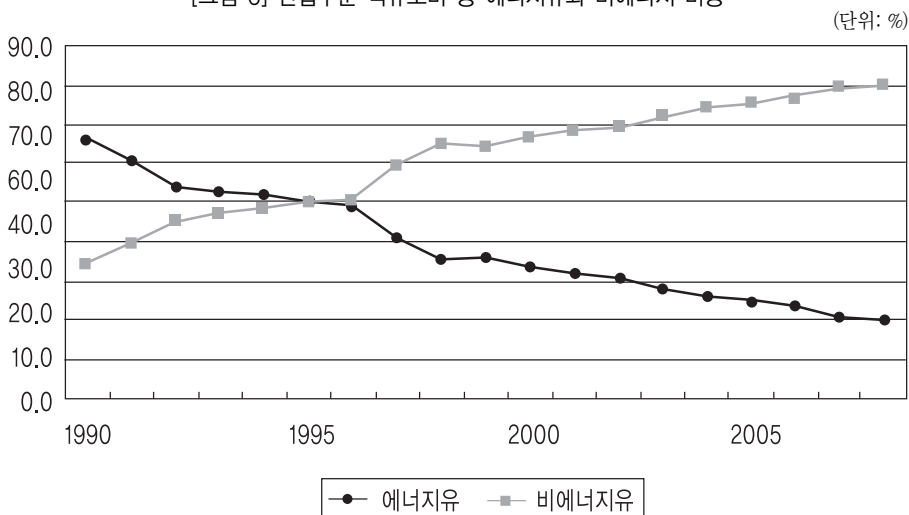
산업부문 에너지 소비는 1990년 36,150천 TOE에서 2008년 106,458천 TOE로 증가하여 연평균 6.2%의 높은 증가율을 시현하였다. 기간별로 구분해 보면 1990년대에는 연평균 8.8%의 높은 증가율을 기록하였으나, 2000년대 들어서는 연평균 3.0% 증가에 그쳤다. 2000년대 들어 산업부문 에너지 소비 증가율이 크게 낮아진 것은 성장잠재력이 크게 둔화되었고 또한 제조업에서 에너지 다소비업종이 차지하는 비중이 축소

되었기 때문이다. 그러나 주요 선진국의 경우 일본을 제외하고 대부분의 나라에서 2000년대 들어 산업부문 에너지 소비가 감소하는 모습을 보인 점을 고려하면 상대적으로 매우 높은 증가율을 기록한 것이다.

산업부문의 에너지원별 소비를 보면 1980년대 후반 보급되기 시작한 도시가스의 소비가 가장 높은 증가세를 보이고 있으며, 다음으로는 전력 소비가 크게 증가한 것으로 나타나고 있다. 석유 소비는 1990년대에 연평균 9.2%의 높은 증가율을 보였으나, 2000년대 들어서는 연평균 1.6% 증가하는데 그친 것으로 나타났다.

이처럼 2000년대 들어 석유 소비 증가세가 크게 둔화되는 모습을 보임에 따라 산업부문에서 석유 소비가 차지하는 비중도 지속적으로 하락하는 모습을 보이고 있다. 다음의 [그림 5]는 산업부문의 에너지원별 소비 구조 변화 추이를 보여 준다.

[그림 6] 산업부문 석유소비 중 에너지유와 비에너지유 비중

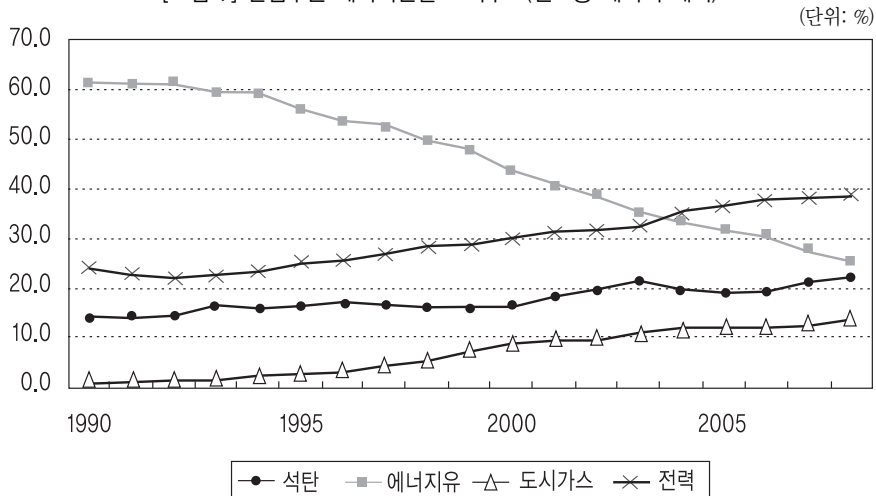


석유의 비중은 1990년대 후반까지 증가하는 추세를 보여 1998년에는 60.7%까지 상승하였다. 이후 석유의 비중은 점진적으로 하락하여 2008년에는 51.4%까지 하락한 것으로 나타났다. 산업부문에서 석유 다음으로 소비 비중이 높은 유연탄의 경우 1990년대에는 소비 비중이 하락하는 추세를 보였으나, 2000년대 들어서는 20%대 초반에서 안정적인 수준을 유지하고 있다. 석유와는 대조적으로 도시가스 및 전력의 비중은 지속적으로 상승하는 모습을 보여 2008년 도시가스의 비중은 5.6%, 전력의 비중은 15.7%까지 상승한 것으로 나타나고 있다.

앞서 본 그림들은 산업부문 에너지 소비에 원료용 에너지를 포함한 결과이다. 그런데 납사나 원료탄과 같은 에너지는 에너지라기보다는 원료의 용도로 투입된다.²⁾ 즉, 납사는 석유화학에서 그리고 원료탄은 철강 산업에서 최종 제품을 생산하기 위해 투입되는 원료의 일부이다.³⁾ 따라서 다른 에너지와의 대체가 거의 발생하지 않는다는 점에서 원료용 에너지 소비를 제외한 에너지 소비를 보는 것이 어떤 의미에서 산업부문의 에너지 소비 추이를 더욱 정확하게 나타내는 것이라고 할 수 있다. 대표적인 예로 석유 소비를 들 수 있다.

[그림 6]은 산업부문의 석유 소비 구조를 나타낸 것

[그림 7] 산업부문 에너지원별 소비구조(원료용 에너지 제외)



2) 석유 중 비에너지유의 경우 일부는 연료용으로 소비되거나 연료용 에너지 원료로 소비되므로 정확히 모든 비에너지유가 원료용은 아니지만 이와 관련한 정확한 통계가 없어 여기서는 비에너지유 전체를 원료용으로 간주하였다.

3) 철강산업에서 선철 생산을 위해 투입되는 원료탄은 일반적으로는 환원재라고 하는데 본고에서는 편의를 위하여 원료용 에너지로 표현한다.

이다. 1990년에는 에너지유의 비중이 65.6%로 비에너지유에 비하여 크게 높았으나 이후 지속적으로 낮아져 2008년에는 20.4%에 불과하고 반면에 납사를 포함한 비에너지유의 비중은 2008년 79.6%까지 상승한 것으로 나타나고 있다. 이처럼 산업부문의 석유 소비에서 대부분이 원료로 사용되는 비에너지유의 비중이 압도적으로 높다는 점을 고려하지 않는다면 왜곡된 결론에 도달할 가능성이 높다.

원료용 에너지를 제외할 경우 산업부문 에너지 소비는 1990년에서 2008년까지 연평균 4.0% 증가한 것으로 나타나, 원료용 에너지를 포함한 경우보다 같은 기간 중 연평균 증가율이 2.2%p 낮은 것으로 나타나고 있으며, 2000년에서 2008년까지는 1.9%로 1.1%p 낮았다. 원료용 에너지를 제외하지 않은 경우 2000년대에 산업부문의 에너지 소비 증가율이 다른 부문에 비하

여 가장 높은 것으로 나타나지만, 원료용 에너지를 제외할 경우 오히려 최종에너지 소비 증가율보다 낮았다. 결국 원료용 에너지 소비 증가세가 산업부문의 에너지 소비 증가를 초래하였음을 알 수 있다.

산업부문 에너지 소비에서 원료용 에너지 소비를 제외할 경우 산업부문의 에너지 소비 구조 또한 커다란 변화를 보인다. [그림 7]은 원료용 에너지를 제외한 경우의 산업부문 에너지원별 소비 구조를 나타낸 그림이다. 원료용 에너지를 포함하였을 경우 석유의 비중은 2000년 이후 완만한 하락세를 보이기는 하지만 1990년 이후 석탄보다 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 그러나 비에너지유를 제외할 경우 석유의 비중은 1990년 이후 지속적으로 낮아지는 모습을 보이고 있으며, 특히 1990년대 중반 이후 하락세가 더욱 두드러진다. 원료탄과 비에너지유를 제외할 경우 산업부문 에너지 소비

〈표 3〉 제조업 업종별 부가가치 추이

(단위: 십억원, %)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	연평균 변화율
음식료	10,491	11,037	10,998	10,687	10,701	10,622	10,791	10,810	0.4
섬유 의류	11,291	10,934	10,874	9,564	8,960	8,820	8,735	8,498	-4.0
목목제	919	1,075	1,098	1,110	1,084	1,117	1,080	1,063	2.1
종이인쇄	6,524	5,692	5,785	5,557	5,443	5,395	5,297	5,334	-2.8
석유화학	26,602	29,157	31,316	32,306	34,491	35,662	37,162	38,730	5.5
비금속	5,864	6,072	6,170	6,465	6,600	6,870	6,884	6,970	2.5
1차금속	10,069	10,697	11,043	11,159	12,501	13,029	13,437	14,004	4.8
비철금속	2,034	1,939	2,231	2,195	2,324	2,579	2,576	2,639	3.8
조립금속	74,594	75,230	83,943	93,523	109,911	121,709	137,550	150,275	10.5
기타제조	2,854	2,670	2,786	2,851	2,870	2,871	2,860	2,724	-0.7
제조업계	151,243	154,503	166,243	175,417	194,886	208,673	226,372	241,045	6.9

주: 2000년 불변가격 기준

자료: 한국은행

중 전력의 비중이 가장 높은 것으로 나타나고 있다. 전력의 비중은 1990년대 초반에는 20%대 중반에 그쳤지만 이후 지속적으로 상승하는 모습을 보여 2008년에는 40%에 근접하는 것으로 나타나고 있다. 석탄의 비중은 2000년 이후 20% 내외에서 완만한 증가세를 보이고 있다.

나. 제조업 업종별 에너지 소비 및 원단위⁴⁾

산업부문의 에너지 소비는 크게 광업, 농림어업, 제조업, 건설업부문 에너지 소비로 구성된다. 그런데 광업, 농림어업, 건설업의 에너지 소비가 산업부문 에너지 소비에서 차지하는 비중은 10% 정도에 그치고 산업부문 에너지 소비의 대부분은 제조업 에너지 소비로 구

성된다. 따라서 산업부문 에너지 소비 실태를 보다 자세히 보기 위해서는 제조업의 에너지 소비에 대하여 살펴볼 필요가 있다.

제조업의 에너지 소비실태 및 에너지원단위 추이를 분석하기에 앞서 먼저 제조업의 부가가치 추이에 대해 보기로 하자.⁵⁾

제조업 부가가치는 2000년에서 2007년까지 연평균 6.9%의 안정적 증가세를 기록하였다. 같은 기간 중 국내총생산 증가율이 4.7%이었던 점을 감안하면 제조업의 성장이 2000년대 국내경제의 성장을 주도하였음을 알 수 있다. 업종별로는 조립금속이 연평균 10.5%로 증가하여 가장 높은 신장세를 기록하였다. 이는 조립금속에 속하는 반도체 및 전자부품, 통신기기 등의 업종이 동기간 연평균 20%에 가까운 급성장을 이룬데 따른

〈표 4〉 제조업 업종별 부가가치 구조

(단위: %)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
음식료	6.9	7.1	6.6	6.1	5.5	5.1	4.8	4.5
섬유의류	7.5	7.1	6.5	5.5	4.6	4.2	3.9	3.5
목목재	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
종이인쇄	4.3	3.7	3.5	3.2	2.8	2.6	2.3	2.2
석유화학	17.6	18.9	18.8	18.4	17.7	17.1	16.4	16.1
비금속	3.9	3.9	3.7	3.7	3.4	3.3	3.0	2.9
1차금속	6.7	6.9	6.6	6.4	6.4	6.2	5.9	5.8
비철금속	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1
조립금속	49.3	48.7	50.5	53.3	56.4	58.3	60.8	62.3
기타제조	1.9	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1
제조업계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

자료: 한국은행

4) 신 열량환산계수를 적용하여 추정한 결과이다.

5) 본고에서는 2000년 불변가격기준 GDP 자료를 이용하였다.

결과이다. 에너지 다소비업종인 석유화학산업과 1차금속산업의 부가가치도 각각 연평균 5.5%와 4.8%로 증가하여 조립금속산업 다음으로 높은 증가율을 기록한 것으로 나타났다. 에너지 다소비업종 중 비금속의 부가치는 2005년 이후 부진으로 2000년대 들어 연평균 2.5% 증가하는데 그쳤고, 경공업에 속하는 섬유·의류나 종이인쇄업의 부가가치는 2000년대 들어 지속적으로 감소하는 모습을 보인다.

2000년대 제조업 부가가치의 업종별 구조를 보면 조립금속의 비중 증가가 두드러진다. 조립금속의 비중은 2000년 49.3%에서 2007년에는 62.3%까지 증가하였는데 이는 반도체 및 전자부품, 자동차, 조선 등이 급성장한 데 따른 결과이다. 석유화학의 비중은 2001년

18.9%까지 높아진 이후 지속적으로 하락하여 2007년에는 16.1%까지 낮아진 것으로 나타났으며, 1차금속의 비중도 지속적으로 낮아져 2007년의 비중은 5.8%로 2001년보다 1.1%p 하락한 것으로 나타났다. 음식료 등 경공업에 속하는 업종의 비중은 지속적으로 낮아지는 추세를 보이고 있다.

제조업의 에너지 소비는 2000년 75.2백만 TOE에서 연평균 2.7%로 증가하여 2008년에는 93.0백만 TOE를 기록하였다. 최종에너지 소비에서 제조업 부문의 에너지 소비가 차지하는 비중은 2000년대 초반에는 하락하는 모습을 보여 2005년에는 48.6%까지 낮아졌으나, 이후 다시 상승세로 전환되어 2007년에는 50.2%로 상승하였으며 2008년에는 50.9%로 높아졌

〈표 5〉 제조업 업종별 에너지 소비 추이

(단위: 백만 TOE, %)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	연평균 변화율
음식료	1.6	1.5	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	-0.2
섬유의류	3.5	3.2	3.4	3.1	2.9	2.6	2.3	2.2	2.1	-6.4
목목제	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0
종이인쇄	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	-3.0
석유화학	36.0	36.4	38.7	39.9	41.4	42.9	44.9	49.0	49.2	4.0
비금속	5.4	5.5	5.7	6.0	5.5	5.2	5.4	5.5	5.5	0.3
1차금속	17.2	18.2	17.6	18.0	18.3	18.6	18.6	19.6	20.8	2.4
비철금속	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	4.2
조립금속	5.1	5.1	5.4	5.5	5.9	6.2	6.5	7.1	7.8	5.4
기타제조	3.4	5.0	3.3	3.2	3.2	3.3	3.6	3.0	3.1	-1.1
기타에너지	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.9	0.7	0.8	0.9	4.7
제조업계	75.2	77.7	78.8	80.3	81.8	83.5	85.7	91.1	93.0	2.7
원료용에너지	45.7	46.4	48.8	50.3	52.2	53.3	54.6	59.5	60.1	3.5
연료용에너지	29.4	31.3	30.0	30.0	29.5	30.1	31.2	31.6	32.9	1.4

자료: 에너지경제연구원

다. 제조업의 에너지 소비 비중이 상승하는 모습을 보이고 있는 것은 제조업이 서비스업을 포함한 다른 산업보다 빠르게 성장하는데다 석유화학과 같은 에너지 다소비업종의 소비가 상대적으로 높은 증가율을 보인데 따른 결과이다.

제조업 업종별 에너지 소비를 보면 2000년대 들어 가장 높은 성장률을 보이고 있는 조립금속업의 에너지 소비 증가율이 2000~2008년 기간 중 연평균 5.4%로 가장 높았다. 에너지 다소비업종인 석유화학의 에너지 소비 증가율도 동기간 중 연평균 4.0%로 제조업 평균을 크게 상회한 것으로 나타났다. 반면 에너지 다소비업종의 하나인 1차금속의 에너지 소비는 같은 기간 동안 연평균 2.4% 증가에 그쳐 제조업 평균보다도 낮은 증가율을 기록하였다. 음식료나 섬유 의류와 같은 경공

업 산업의 경우 2000년대 들어 성장이 위축됨에 따라 에너지 소비도 감소하는 모습을 보이고 있다. 업종별 에너지 소비로부터 2000년대 제조업의 에너지 소비가 비교적 빠르게 증가한 것은 석유화학의 에너지 소비 증가에 기인한 현상임을 알 수 있다. 조립금속의 에너지 소비 증가율이 가장 높은 것으로 나타나지만 제조업 에너지 소비에서 차지하는 비중이 낮아 석유화학에 비하여 영향력은 낮은 것으로 판단된다.

제조업 에너지 소비를 원료용과 연료용으로 구분하여 보면 원료용 에너지 소비는 2000~2008년 기간 중 연평균 3.5%로 증가하였고 연료용 에너지 소비는 같은 기간 중 연평균 증가율이 1.4%에 그쳤다. 제조업 에너지 소비 증가세가 연료용 에너지 소비보다는 원료용 에너지 소비에 의해 주도되었음을 보여주는 결과라고 하

〈표 6〉 제조업 업종별 에너지 소비구조 추이

(단위: 백만 TOE, %)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
음식료	2.2	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7
섬유의류	4.7	4.2	4.3	3.9	3.6	3.1	2.7	2.4	2.2
목목제	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
종이인쇄	2.7	2.4	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7
석유화학	47.8	46.8	49.2	49.6	50.6	51.4	52.3	53.8	52.9
비금속	7.2	7.1	7.3	7.4	6.7	6.2	6.2	6.1	5.9
1차금속	22.9	23.4	22.4	22.4	22.4	22.2	21.7	21.5	22.4
비철금속	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
조립금속	6.8	6.5	6.9	6.9	7.2	7.4	7.6	7.8	8.3
기타제조	4.5	6.4	4.2	3.9	3.9	3.9	4.2	3.3	3.3
기타에너지	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	1.1	0.9	0.8	0.9
제조업계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
원료용에너지	60.8	59.7	61.9	62.7	63.9	63.9	63.7	65.3	64.6
연료용에너지	39.2	40.3	38.1	37.3	36.1	36.1	36.3	34.7	35.4

자료: 에너지경제연구원

졌다.

제조업 업종별 에너지 소비 구조를 보면 석유화학의 비중이 가장 높고 다음이 1차금속, 조립금속의 순으로 나타난다. 대표적인 에너지 다소비업종인 석유화학 및 1차금속의 에너지 소비 비중은 2000년대 초반에는 두 산업을 합하여 70%를 약간 상회하는 수준이었으나, 2008년에는 75%대까지 비중이 상승하였다. 특히 석유화학의 비중 증가가 두드러진다. 석유화학이 제조업 에너지 소비에서 차지하는 비중은 2003년까지 40%대에 머물렀으나, 2004년에 50%를 넘어섰으며 2007년에는 53.8%까지 상승한 것으로 나타나고 있다. 반면에 1차금속의 에너지 소비 비중은 2000년대 초반에는 23% 내외의 수준을 보였으나, 이후 완만하게 감소하여 2007년에는 21.5%까지 하락하였다. 2008년에는 중국의 특수에 따른 철강 생산 호조로 비중이 22.4%로 다소 높아졌다.

조립금속의 경우 산업의 성장과 함께 에너지 소비도 크게 증가하여 제조업 에너지 소비에서 차지하는 비중도 지속적으로 상승하는 추세를 보여 2000년 6.8%에서 2008년에는 8.3%까지 비중이 증가하였다. 반면에 에너지 다소비업종의 하나인 비금속의 경우 2000년대 중반 이후 건설경기 위축에 따른 생산 부진으로 에너지 소비 비중이 지속적으로 감소하여 2008년의 비중은 5.9%까지 낮아졌다. 음식료 등 경공업의 에너지 소비 비중은 지속적으로 하락하는 모습을 보이고 있다.

제조업 업종별 에너지 탄성치 추이를 보자. 2000~2007년 기간 중 제조업 부가가치는 연평균 6.9% 증가한 반면 에너지 소비는 연평균 2.8% 증가에 그쳐 제조업의 에너지 탄성치는 0.40을 기록하였다. 2004년을 중심으로 두 기간으로 나누어 보면 2000~2004년 기간 중 제조업의 에너지 탄성치는 0.32에 그쳤으나, 2004~2007년 기간에는 0.50으로 다소 높아진 것으

〈표 7〉 제조업 업종별 에너지 탄성치

(단위: %)

	연평균 에너지 소비 증가율			연평균 부가가치 증가율			에너지 탄성치		
	00~04	04~07	00~07	00~04	04~07	00~07	00~04	04~07	00~07
제조업전체	2.1	3.7	2.8	6.5	7.3	6.9	0.32	0.50	0.40
음식료	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4	1.13	1.12	1.13
섬유의류	-4.3	-9.7	-6.7	-5.6	-1.8	-4.0	0.77	5.55	1.67
목재	4.7	-1.8	1.8	4.2	-0.7	2.1	1.11	2.71	0.88
종이인쇄	-1.2	-3.8	-2.3	-4.4	-0.7	-2.8	0.27	5.57	0.81
석유화학	3.6	5.8	4.5	6.7	3.9	5.5	0.53	1.47	0.82
비금속	0.3	0.4	0.4	3.0	1.8	2.5	0.11	0.22	0.15
1차금속	1.5	2.3	1.9	5.6	3.9	4.8	0.28	0.61	0.39
비철금속	-3.9	22.2	6.5	3.4	4.3	3.8	-1.14	5.14	1.73
조립금속	3.6	6.6	4.9	10.2	11.0	10.5	0.35	0.60	0.46
기타	-0.6	-0.6	-0.6	0.1	-1.7	-0.7	-4.46	0.33	0.92

자료: 에너지경제연구원

로 나타나고 있다.

2004년 이후 제조업 에너지 탄성치가 상승한 것은 석유화학의 에너지 소비 증가 영향이 크게 작용한 결과다. 에너지 다소비업종 중 석유화학의 에너지 탄성치는 2000~2007년 기간에 0.82를 기록하여 제조업 전체의 탄성치보다 크게 높았으며, 특히 2004~2007년 기간에는 1.47로 1을 크게 초과하면서 제조업의 에너지 탄성치 상승을 주도한 것으로 나타나고 있다. 2000~2007년 기간 중 1차금속의 에너지 탄성치는 0.39로 제조업 전체와 비슷한 수준을 기록하였으나, 2004~2007년 기간에는 0.61로 제조업 전체보다 높았던 것으로 나타났다. 조립금속의 에너지 탄성치는 2000~2007년 기간에 0.46으로 제조업 전체의 탄성치보다 높은 수준을 기록하였다. 조립금속의 에너지 탄성치 역시 2000~2004년에 비하여 2004~2007년에 상승하였다. 제조업 업종 가운데서는 비금속의 에너지 탄성치

가 0.15로 가장 낮았으며, 음식료의 경우는 전기간을 통하여 에너지 탄성치가 1을 초과하는 것으로 나타났다. 업종별 에너지 탄성치를 보면 경공업에 속하는 대부분의 업종에서 에너지 탄성치가 중화학공업의 탄성치보다 높은 것으로 나타났다.

이제 제조업의 에너지원단위 추이에 대하여 보기로 하자. 제조업 전체의 에너지원단위는 2000년대 들어 감소 추세를 지속하고 있는 것으로 나타나고 있다. 2001년 제조업의 에너지원단위는 0.503(TOE/백만원, 2000년 불변가격 기준)으로 2000년보다 다소 높아졌으나 이후 지속적으로 낮아져 2007년에는 0.378까지 하락하였다. 2004년을 기준으로 두 기간으로 구분하여 보면 2000~2004년 기간 중 제조업의 에너지원단위는 연평균 4.1%로 하락하였으나, 2004년 이후는 연평균 3.4%로 낮아져 하락 추세가 다소 둔화되는 모습을 보이고 있다.

〈표 8〉 제조업 업종별 에너지단위 추이(1)

(단위: TOE/백만원)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	연평균 변화율(%)		
									00~04	04~07	00~07
제조업전체	0.497	0.503	0.474	0.458	0.420	0.400	0.379	0.378	-4.1	-3.4	-3.8
음식료	0.154	0.138	0.149	0.156	0.155	0.155	0.148	0.155	0.1	0.0	0.1
섬유 의류	0.310	0.297	0.312	0.328	0.328	0.297	0.264	0.254	1.4	-8.1	-2.8
목재	0.200	0.172	0.186	0.178	0.203	0.168	0.171	0.196	0.4	-1.1	-0.2
종이 인쇄	0.313	0.331	0.348	0.359	0.358	0.349	0.341	0.326	3.4	-3.1	0.6
석유화학	1.352	1.249	1.237	1.234	1.199	1.204	1.207	1.265	-3.0	1.8	-0.9
비금속	0.922	0.909	0.927	0.925	0.830	0.753	0.778	0.795	-2.6	-1.4	-2.1
1차금속	1.709	1.698	1.596	1.612	1.462	1.425	1.388	1.400	-3.8	-1.5	-2.8
비철금속	0.091	0.082	0.072	0.076	0.068	0.050	0.053	0.109	-7.0	17.2	2.7
조립금속	0.068	0.067	0.065	0.059	0.054	0.051	0.047	0.047	-6.0	-4.0	-5.1
기타	1.183	1.859	1.182	1.108	1.106	1.144	1.252	1.105	-0.8	1.2	0.1

제조업 업종별 에너지원단위를 보면 1차금속이 가장 높고 다음이 석유화학, 비금속의 순서로 나타난다. 이러한 업종의 에너지원단위가 높은 가장 큰 이유는 원료용 에너지 소비가 많기 때문이다. 다른 업종의 에너지원단위는 모두 제조업 전체의 에너지원단위보다 낮은 것으로 나타났다. 특히 조립금속의 에너지원단위는 2007년 0.047로 다른 산업에 비하여 크게 낮은 수준을 보였다. 1차금속의 에너지원단위는 2000년 1.709에서 2007년에는 1.400으로 낮아져 연평균 2.8%로 하락한 것으로 나타나고 있으나 여전히 가장 높은 수준을 보이고 있다. 석유화학의 에너지원단위는 2000~2007년 기간 중 연평균 0.9%로 하락하여 2007년 에너지원단위는 2000년보다 0.087 낮은 1.265를 기록하였다. 그러나 2004년 1.119까지 하락하였던 석유화학의 에너지원단위는 이후 증가하는 추세를 보이고 있다. 이러한 현상이 발생한 것은 석유화학의 에너지 이용효율이 악화되어서라기보다는 석유화학 제품 중 보다 에너지집약적인 제품의 생산 비중이 높아져서 발생한 현상으로 판단된다. 조립금속의 에너지원단위는 2000년 0.068에서 연평균 5.1%로 감소하여 2007년에는 0.047까지 하락하였다. 조립금속의 에너지원단위 하

락 속도가 가장 빨라 제조업 에너지원단위 개선에 크게 기여하였다.

〈표 9〉는 원료용 에너지 소비를 제외한 경우의 에너지원단위 추이를 나타낸다. 원료용 에너지 소비를 제외할 경우 제조업 전체의 에너지원단위는 2000년 0.258로 원료용 에너지를 포함한 경우에 비하여 0.239 낮은 것으로 추정되며, 2007년은 0.186으로 0.192만큼 낮았다.

〈표 9〉에서 나타나는 두드러진 특징은 원료용 에너지 소비를 제외시킬 경우 석유화학의 에너지원단위가 제조업 전체의 에너지원단위와 비슷한 수준으로 낮아진다는 점이다. 이는 석유화학의 원료용 에너지 소비 비중이 크게 높음을 의미하는 것이다. 원료용 에너지를 제외할 경우 석유화학의 에너지원단위는 2007년을 제외하면 전체 제조업 에너지원단위보다 낮은 것으로 추정되었다. 원단위 변화추이를 보면 제조업 전체로 2000~2007년 기간 중 연평균 5.3%로 개선되어 원료용 에너지를 포함시킨 경우보다 개선속도가 빠른 것으로 나타나고 있다. 기간별로는 2000~2004년 기간이 연평균 5.8%로 2004~2007년 기간의 연평균 4.7%보다 빠르게 개선된 것으로 나타나고 있다. 〈표 8〉과 〈표

〈표 9〉 제조업 업종별 에너지단위 추이(2)

(단위: TOE/백만원)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	연평균 변화율(%)		
									00~04	04~07	00~07
제조업 전체	0.258	0.252	0.250	0.238	0.216	0.202	0.194	0.186	-5.8	-4.7	-5.3
석유화학	0.229	0.204	0.203	0.235	0.185	0.190	0.187	0.191	-5.2	1.1	-2.5
1차금속	0.359	0.434	0.322	0.325	0.296	0.307	0.308	0.324	-4.7	3.1	-1.5

주: 원료용 에너지를 제외한 경우

〈표 10〉 에너지단위 변화 요인 분석(1)

	원단위총변화	산업구조효과	기타효과	산업구조효과비중
00 대비 04	-0.0775	-0.0254	-0.0520	32.8
04 대비 07	-0.0416	-0.0415	-0.0001	99.7
00 대비 07	-0.1191	-0.0646	-0.0545	54.3

9)를 통하여 석유화학과 1차금속의 원료용 에너지 소비가 산업부문 에너지 소비 증가세를 주도하였고, 에너지원단위 개선에는 부정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

이제 제조업의 에너지원단위가 어떤 요인에 의하여 변화하였는지 분석해 보자. 본고에서는 크게 두 가지 요인 즉, 산업구조 변화요인과 기타요인으로 구분하여 분석하였다. 기타요인에는 에너지 이용효율 개선, 생산성 향상, 제품의 고부가가치화 등의 요인이 포함된다.

〈표 10〉을 보면 2000년대 들어 제조업 에너지원단위가 지속적으로 개선되고 있는 것은 산업구조의 변화의 영향이 가장 큰 것으로 추정된다. 2007년 제조업의 에너지원단위는 0.378로 2000년의 0.497에 비하여 0.1191 하락하였는데, 이 가운데 산업구조 변화에 의하여 하락한 부분은 0.0646으로 추정되고 나머지 0.0545는 에너지 이용효율 개선 및 절약, 생산성 향상

등 다른 요인에 의한 것으로 설명된다. 즉, 2000~2007년 기간 중 제조업 에너지원단위 감소분의 54.3%가 산업구조 변화에 의해 발생한 것으로 설명할 수 있다. 〈표 4〉를 통하여 알 수 있듯이 석유화학이나 1차금속 등 에너지 다소비업종이 제조업에서 차지하는 비중이 점차 감소하는 반면, 조립금속과 같은 에너지 저소비형 산업의 비중이 크게 증가하는 등 제조업이 에너지 저소비형 구조로 변함에 따라 에너지원단위가 지속적으로 개선된 것으로 보인다.

2000~2007년 기간을 2000~2004년과 2004~2007년의 두 기간으로 나누어 산업구조 변화 효과를 보면 커다란 차이가 나타남을 알 수 있다. 2000~2004년의 기간을 보면, 2004년 제조업 에너지원단위는 0.420으로 2000년보다 0.0775 낮아진 것으로 나타는데, 이 가운데 산업구조 변화에 의한 부분이 32.8%인 -0.0254로 추정되며, 이용효율 개선을 비롯

〈표 11〉 에너지단위 변화 요인 분석(2)

	원단위총변화	산업구조효과	기타효과	산업구조효과비중
00 대비 04	-0.0445	-0.0223	-0.0222	50.1
04 대비 07	-0.0223	-0.0044	-0.0178	20.0
00 대비 07	-0.0667	-0.0263	-0.0404	39.5

주: 원료용 에너지를 제외한 경우

한 다른 요인은 제조업 에너지원단위 개선의 67.2%를 설명하는 것으로 추정된다. 동 기간 중 에너지 다소비 업종인 석유화학, 1차금속, 비금속의 부가가치가 제조업에서 차지하는 비중은 2000년 28.1%에서 2004년 27.5%로 0.6%p 하락하는데 그쳤다는 것이 이를 설명해준다. 2004~2007년의 기간에는 제조업 에너지원단위 감소의 대부분이 산업구조 변화에 의한 것으로 설명된다. 2007년 제조업의 에너지원단위는 2004년보다 0.0416 하락하였으며, 이 가운데 산업구조 변화에 의한 부분은 0.0415로 추정되어 산업구조 변화가 에너지원단위 감소에 기여한 부분은 99.7%에 이른 것으로 추정되었다. 2007년 에너지 다소비업종(석유화학과 1차금속)의 부가가치 비중은 21.9%로 2004년에 비하여 2.2%p나 하락한 반면 조립금속의 비중은 동기간 5.9%p나 증가하여 에너지원단위 감소에 크게 기여한 것으로 판단된다.

〈표 11〉은 원료용 에너지 소비를 제외하고 연료용 소비만을 고려하였을 경우의 에너지원단위 변화 요인을 분석한 결과이다. 원료용 에너지를 제외한 경우 에너지원단위는 2000~2007년 기간 중 0.0667만큼 감소한 것으로 나타나고 있으며 이중 산업구조에 의한 효과가 -0.0263으로 에너지원단위 감소의 40% 정도를 설명하고, 기타요인에 의한 효과는 -0.0404로 산업구조 변화보다 기타요인에 의하여 에너지원단위가 크게 감소한 것으로 추정되었다.

2000~2004년 기간에 에너지원단위가 보다 빠르게 개선된 것으로 나타나고 있는데 산업구조 변화에 의하여 0.0223만큼 감소하여 산업구조 변화가 에너지원단위 감소의 50% 정도를 설명하는 것으로 추정되었다. 반면에 2004~2007년 기간에는 에너지원단위는 0.0223 만큼 감소하였으며, 그 중 산업구조 변화에 의

한 효과는 -0.0044로 산업구조 변화가 에너지원단위 감소의 20%를 설명하고 기타요인에 의한 효과가 80%인 것으로 추정되었다.

원료용 에너지를 포함한 경우와 제외한 경우의 제조업 에너지원단위 변화 요인을 추정한 결과 서로 차이가 나타남을 알 수 있다. 특히 2004~2007년 기간에 차이가 두드러지는데 원료용 에너지를 포함한 경우 산업구조 변화에 의해 에너지원단위 변화가 거의 다 설명되었으나, 원료용 에너지를 제외하였을 경우에는 산업구조 변화가 에너지원단위 변화의 20% 정도만을 설명하고 오히려 기타요인이 더 큰 영향을 준 것으로 나타나고 있다.

4. 결론

본고에서는 최종에너지 소비와 산업부문의 에너지 소비 실태에 대하여 간단히 살펴보고 제조업의 업종별 에너지 소비와 에너지원단위 및 에너지원단위 변화 요인에 대해 분석해 보았다.

2000년대 전반과는 달리 2000년대 중반 이후 산업부문의 에너지 소비 증가세가 다른 부문에 비하여 상대적으로 높게 나타남에 따라 산업부문의 에너지 소비 비중이 상승하는 모습을 보이고 있다. 이미 언급하였지만 산업부문 에너지 소비가 이처럼 안정적이고 상대적으로 높은 증가세를 보이고 있는 것은 에너지 다소비업종의 소비 증가에서 비롯한다. 이러한 이유로 산업부문 에너지 소비에서 원료용 에너지가 차지하는 비중이 지속적으로 상승하고 있다. 원료탄과 납사와 같은 원료용 에너지의 경우 다른 에너지로의 대체가 거의 불가능하기 때문에 이를 구분하여 산업부문의 에너지 소비를 분

석해 볼 필요가 있다. 원료용 에너지를 제외할 경우 산업부문 에너지 소비 증가세는 원료용 에너지를 포함하였을 때 보다 크게 낮아지는 것으로 나타나고 있다. 또한 원료용 에너지를 제외하는 경우 부문별 최종에너지 소비 구조에서도 산업부문의 비중이 증가하는 것이 아니라 오히려 감소하는 것으로 나타난다.

결국 최근 산업부문의 에너지 소비가 다른 부문에 비하여 상대적으로 빠르게 증가하고, 이에 따라 에너지 소비 비중이 상승하는 것으로 나타난 가장 큰 이유는 에너지 다소비업종인 석유화학과 1차금속의 원료용 에너지 소비 증가 때문임을 알 수 있다. 산업부문의 에너지 소비에서 나타나는 이러한 특징을 고려할 때, 에너지 측면의 정책목표, 예를 들어 에너지 이용효율 개선을 통한 에너지원단위 개선과 같은 목표를 에너지정책만으로 달성하는 데에는 한계가 있을 것으로 판단된다.

총에너지 기준의 에너지원단위를 낮추기 위해서는 에너지를 가장 많이 소비하는 제조업이 에너지 저소비형 구조로 이행되어야 할 뿐만 아니라, 제조업보다 에너지원단위가 크게 낮은 서비스업이 보다 빠르게 성장해야 할 것이다. 본문에서 언급하였듯이 선진국에 비하여 우리의 에너지원단위가 높은 것은 제조업 가운데 에너지 다소비업종인 석유화학과 1차금속의 비중이 높을 뿐만 아니라 서비스업의 비중이 크게 낮은 산업구조 영

향이 크게 작용한 결과 때문이다.

에너지 이용효율이 가장 높은 국가로 인식되는 일본과 비교할 때 우리의 에너지 이용효율에 개선의 여지가 많은 것은 분명하고 에너지 이용효율 개선을 위한 투자가 더욱 확대되어야 할 것이다. 그러나 단지 에너지 이용효율 개선만으로 에너지원단위를 일본을 비롯한 선진국 수준으로 낮추는 데에는 현재와 같은 산업구조가 유지되는 한 한계가 존재한다. 에너지원단위를 개선하기 위해서는 에너지 저소비형 산업구조로의 전환, 제품의 고부가가치화, 생산성 향상 등 다양한 노력이 병행되어야 할 것이며, 오히려 이러한 요인들이 에너지원단위를 개선하는데 효과가 클 것으로 판단된다. 물론 에너지 측면의 정책목표를 위하여 에너지 다소비업종을 정책적으로 억제하는 것은 바람직하지 못하다. 에너지 측면에서의 부정적인 영향보다 경제 전체에 대한 긍정적인 효과가 크다면 이러한 산업이 진입하거나 성장하는 것을 규제할 필요가 없을 것이다. 다만 국내경제가 해외 의존적인 에너지 소비 구조로 해외 에너지시장 여건 변화에 따른 충격이 큰 만큼 적정 수준보다 낮은 전기요금 등 왜곡된 에너지 가격으로 인해 에너지 다소비업종의 시장 진입이 유리하게 되어있는 환경은 개선되어야 할 것이다.

제로에너지빌딩의 도입상황과 국내 대응방향

도은진

LG경제연구원 책임연구원



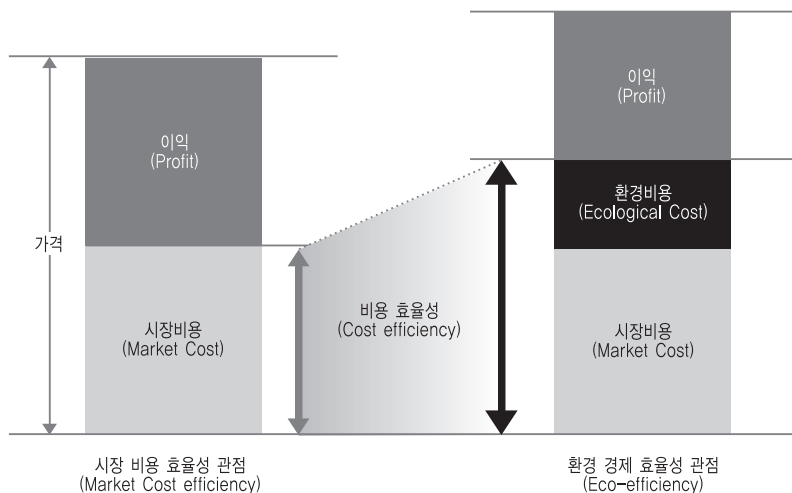
1. 서론

저탄소 녹색성장에 대한 관심이 뜨겁다. 글로벌 금융위기를 해결하는 대안 중 각국에서 역점을 두고 추진하는 것이 그린 뉴딜 정책일 뿐만 아니라 금융위기 이후 세계를 이끌어갈 새로운 성장동력으로 녹색산업이

주목받고 있다. 이제 녹색성장이라는 말은 지나가는 한 순간의 화두가 아니라, 새로운 경제 패러다임으로 자리 잡아 가고 있다.

그렇다면 저탄소 녹색성장이란 도대체 무엇일까? 여러 가지 해석이 있을 수 있다. 그 중에서 가장 중요한 것은 환경에 대한 영향을 고려하지 않고 심지어 환경을

[그림 1] 환경경제효율성(eco-efficiency) 관점의 경제성장



* 1992년 WBCSD(World Business Council for Sustainable Development)에서 최초로 제기된 개념, 경제적 효율성(economic efficiency)과 생태적 효율성(ecological efficiency)의 합성어

훼손해 가면서 추구해온 양(量) 위주의 경제성장 방식에서 벗어나 환경을 고려하고, 환경보존과 성장의 공존을 추구하는 질(質) 위주의 경제성장을 추구해야 한다는 것이다. 지금까지 시장 가격에는 환경에 대한 영향이 비용으로 고려되지 않았다. 이 때문에 단지 시장에서 비용을 치르는 원자재나 서비스, 노동력에 대한 비용만을 고려하여 최소한의 비용으로 최대의 이윤을 확보하는 노력을 기울였다. 그러나 질 위주의 경제성장 패러다임 하에서는 환경경제효율성(eco-efficiency)을 중시해야 한다. 경제적 효율성 뿐만 아니라 생태적 효율성까지 같이 고려해야 하는 것이다. [그림 1]과 같이 이제는 환경비용을 내부화함으로써 환경친화적인 생산과 소비를 추구하고, 환경을 고려하는 경제성장을 추구해야 한다. 이러한 상황 하에서는 환경비용을 최소화하는 것이 기업과 국가의 핵심 경쟁력이 될 수 있다. 환경

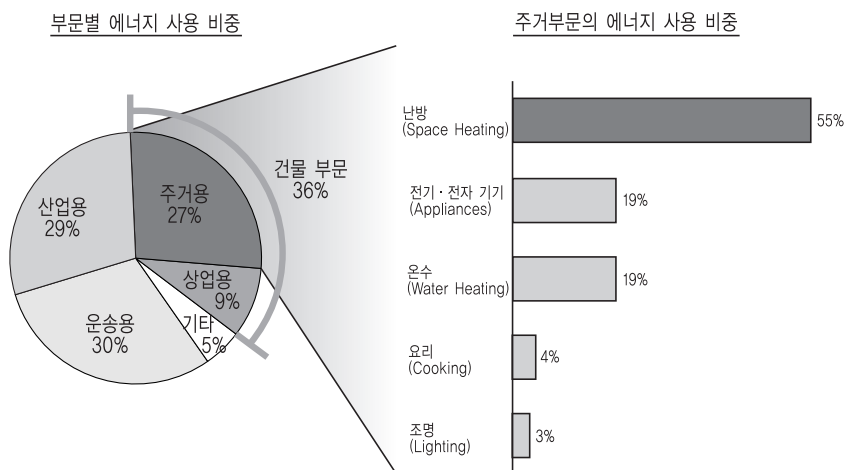
비용에 대한 경쟁우위를 가질 수 없는 기업과 국가는 시장에서 도태될 수밖에 없는 상황이 도래한 것이다.

따라서 이제는 환경을 고려하는 질 위주의 경제 패러다임에 맞는 새로운 생활 방식이 필요하다. 비록 당장은 불편하고 비용이 올라갈 수 밖에 없지만, 이러한 불편을 감수하는 노력을 더 이상 미룰 수는 없다. 모든 생활에서 환경에 대한 영향을 줄이고, 기후변화의 주범인 이산화탄소 배출을 줄이기 위해 화석 연료에 기반한 에너지소비를 최소화하는 노력이 필요하다.

2. 저탄소 녹색성장과 빌딩의 관계

[그림 2]에서 보듯이 우리는 전체 에너지의 36%를 아파트, 주택 등 주거공간과 백화점, 병원, 학교 등 상업용

[그림 2] 에너지 사용 비중



자료: IEA(08), SG Equity Research

및 공공용 건물에서 사용하고 있다. 실제 자동차나 공장에서의 에너지소비보다 우리가 자고 먹고 생활하는 주택과 빌딩의 에너지소비가 더 큰 것이다. 주택의 경우만 보면 따뜻한 생활을 누리기 위한 난방에 가장 많은 에너지를 투입하고 있고, 그 다음으로 각종 전기·전자기기나 물을 데우는 데 많은 에너지를 소비하고 있다. 하이브리드 자동차를 타고 친환경 제품을 소비하는 것만으로는 결코 지구온난화를 막을 수 없는 것이다.

특히 건물의 경우 한번 만들어지면 오랜 기간 환경에 영향을 미치는 특성을 가지고 있다. 우리나라의 경우 20~30년만 지나면 재건축, 재개발이 논의되면서 기존의 건물을 밀어버리고 새로 짓는 일들이 빈번하지만, 이것이 일반적인 현상은 아니다. 유럽의 경우를 보면 주택의 60% 이상이 1975년 이전에 지어진 건물이다. 전통과 역사를 사랑하는 입장에서는 바람직한 측면도 있으나, 가장 큰 문제는 현재 건물 대비 막대한 난방

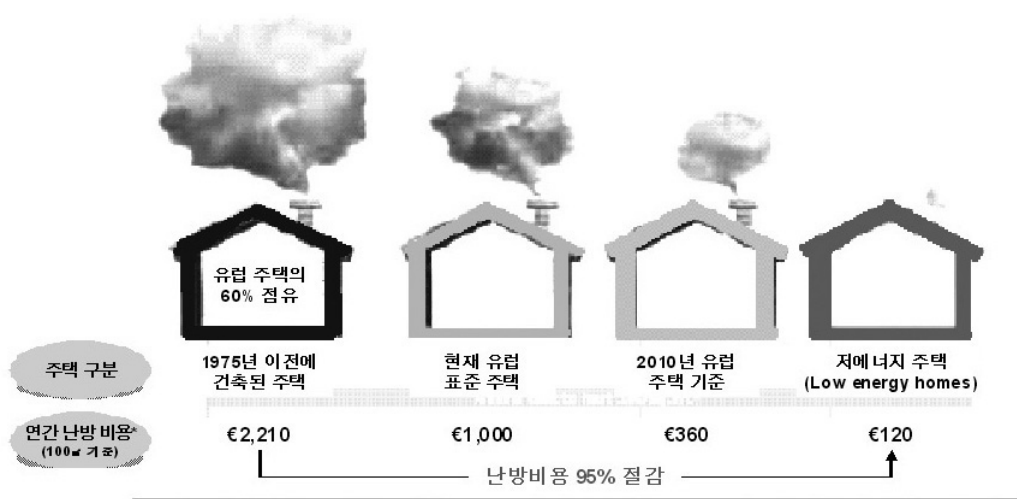
비용을 소모하는 것이다. 과거에 지어진 건물의 경우 단열에 큰 신경을 쓰지 못했기 때문에 에너지를 먹는 하마와 같다. [그림 3]에서 보듯이 오래된 주택은 현재 일반적인 유럽 주택과 비교하면 2배, 저에너지주택(low energy home)에 비하면 18배 이상의 에너지를 소비하고 있다. 이와 같이 전체 에너지소비 중 가장 큰 비중을 차지하고, 한번 지어지면 오랜 기간 환경에 영향을 미치는 건물을 제외하고 저탄소 녹색성장을 논의한다는 것은 어쩌면 무의미할 수도 있다.

3. 제로에너지빌딩의 도입배경과 전망

가. 제로에너지빌딩의 개념

이러한 관점에서 최근 논의되고 있는 것이 외부 에

[그림 3] 건축 시기에 따른 연간 난방비용 비교(100㎡ 기준)



자료: Saint-Gobain, 유가 \$90/Barrel 기준

너지에 의존하지 않는 ‘제로에너지빌딩’이다. [그림 4]와 같이 제로에너지빌딩은 에너지효율성을 극대화하고 건물 자체에 신재생에너지 설비를 갖추으로써 외부로부터 추가적인 에너지공급 없이 생활을 영위할 수 있는 공간이다. 제로에너지빌딩이 되기 위해서는 크게 3가지 조건이 필요하다.

첫째는 고효율 저에너지 소비의 실현이다. 단열, 자연 채광, 바닥 난방, 고효율 전자기기 사용 등을 통해 일상 생활에 필요한 난방, 조명 등의 에너지소비를 최소화하는 것이 가장 기본적인 조건이다.

두 번째는 건물에 자체적인 에너지 생산설비를 갖추어야 한다. 태양광, 풍력 등 자체적인 신재생에너지 생산설비를 갖추고 생활에 필요한 에너지를 자체적으로 생산하는 것이 필요하다. 에너지절감이 제로에너지빌딩의 실현을 위한 필요 조건이라면 신재생에너지에 의한 에너지생산은 충분 조건이라 할 것이다.

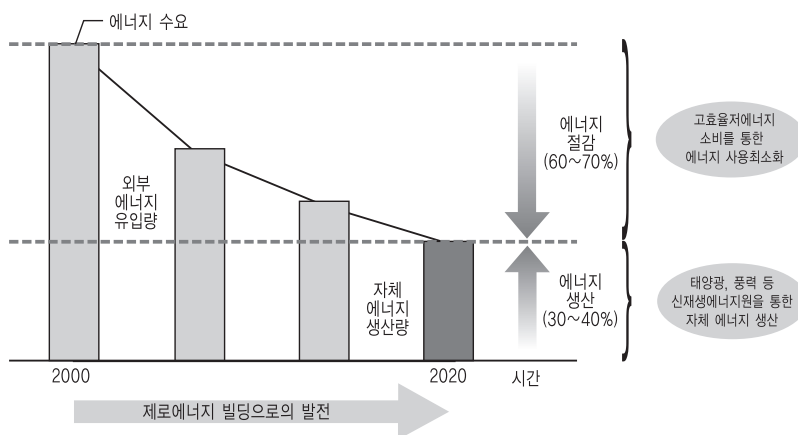
세 번째는 전력망과의 연계다. 제로에너지빌딩이라면 자체 에너지설비를 갖추기 때문에 전력망과의 연계는 필요하지 않다고 생각할 수 있다. 그러나 태양광, 풍

력 등 신재생에너지는 계절이나 시간, 바람 등 외부 환경에 의해 에너지를 생산할 수 있는 양에 큰 편차가 존재한다. 바람이 잘 불거나 햇빛이 강할 때는 필요 이상의 에너지를 제공하다가 막상 바람이 멈추거나 밤이 되면 에너지를 생산할 수 없게 된다. 따라서 기존 전력망과의 연계를 통해 에너지를 주고 받는 과정이 필요하다. 즉 자체적으로 생산되는 양이 충분할 때는 이를 외부에 공급하고, 부족한 시기에는 외부로부터 에너지를 받으면서 연간 기준으로 제로(Net Zero)를 달성하는 과정이 필요하다. 물론 자체 생산되는 에너지를 저장해서 사용하는 것도 가능하며, 이 경우 전력망과의 연계는 필요 없을 수 있다. 그러나 현재의 에너지 저장 기술을 고려하면 전력망을 통해 에너지를 주고 받는 것에 비해 원가가 더 높기 때문에 전력망과의 연계를 우선적으로 고려하게 된다.

나. 제로에너지빌딩과 스마트 그리드의 관계

최근 화두가 되고 있는 스마트 그리드도 제로에너지

[그림 4] 제로에너지빌딩 달성을 위한 조건



자료: DOE(2006), *미국의 제로 에너지 빌딩 실현 목표년도

빌딩의 실현을 앞당기기 위해 중요한 요소 중 하나다. 전력은 시간대별로 원가에 큰 차이가 존재한다. 우리나라의 경우 전력생산에 있어 기저부하(base load)를 위해서는 원자력과 같이 상대적으로 원가가 낮은 에너지를 사용하지만, 피크 타임의 첨두부하(peak load)를 위해서는 가스, 석유 등 고가의 에너지를 사용하기 때문이다. 그러나 현재 전력의 가격 구조는 이러한 원가 차이를 소비자에게 반영하지 않고 평균 원가를 기준으로 가격을 산정한다.

그러나 스마트 그리드를 통해 실시간 원가가 소비자 가격에 반영되면 전력소비 패턴에 큰 변화가 발생할 것이다. 그 동안 경제성 부족으로 채택되지 못했던 신재생에너지의 경제성에 대한 인식을 변화시킬 수 있다. 예를 들어 태양광의 경우 평균 전력원가 대비 상대적으로 높은 비용을 지불해야 하기 때문에 채택하기 어렵지만, 가장 수요가 많은 낮 시간대의 전력 원가가 가격에 반영되면 원가차이는 크게 줄어들게 된다. 앞으로 태양광의 보급이 확대되어 전체적인 투자 비용이 감소하게 되면, 기존 전력에 대비해서도 최소한 낮 시간대에는 경제성을 확보할 수 있게 되는 날이 머지않았다.

다. 제로에너지빌딩의 실현 전망

1) 기술 발전으로 제로에너지빌딩 실현 가시화

아직 제로에너지빌딩은 생소한 개념이다. 저에너지 빌딩이나 그린빌딩과 같이 건물의 에너지효율을 높이고 환경영향을 줄이는 데 관심의 초점이 모여 있다. 그러나 최근 에너지효율을 높이는 기술 못지 않게 신재생 에너지 관련 기술이 발전하면서 가장 이상적인 건물 형태인 제로에너지빌딩이 상상이 아닌 현실로 다가오게

되었다. 신재생에너지 관련 기술이 발전하고 정부지원이 확대되면서 건물에 신재생에너지를 접목시키는 데 관심이 높아지고, 중앙집중형 전원에서 벗어나 분산 전원을 활용하는 것에 대한 장점이 부각되면서 단순히 건물의 에너지효율을 높이는 것을 넘어 외부로부터 에너지공급 없이 자체적으로 에너지를 생산하고 소비하는 제로에너지빌딩이 부각하게 된 것이다.

특히 태양광의 경우 지금까지는 주로 건물의 지붕을 활용하는 것으로 제한되어 있었으나, 최근에는 건물 일체형 태양광발전(Building Integrated Photovoltaic, BIPV) 시스템과 같이 건물 전체 외벽에 전지판을 설치하여 전기를 생산하는 수준으로 발전하면서 태양광을 도입하는 방법이 다양해지고 있다. 또한 각국 정부가 신재생에너지의 보급을 촉진하기 위해 다양한 세제 혜택과 의무화당제를 실시하는 영향도 크다. 태양광 발전설비를 구입하는 기업과 개인에 대해 세금을 환급해 주는 ITC(Investment Tax Credit) 제도나 친환경적인 전기 발전량에 대해 세금을 환급해주는 PTC(Production Tax Credit)제도, 전력회사가 친환경 전기를 일정 비율 이상 사용하도록 의무화한 RPS(Renewable Portfolio Standard) 제도 등은 신재생에너지의 보급을 앞 당기는 수단으로 작용하고 있다.

또한 중앙집중형 발전설비에 의존하는 것에서 벗어나 소비처가 있는 곳에 발전기를 설치, 운영하는 분산 전원에 대한 관심이 높아진 것도 제로에너지빌딩 발전에 큰 영향을 미치고 있다. 신재생에너지와 같은 분산 전원의 경우 중앙집중형 발전 대비 초기 설치비용과 유지·보수비가 높아지는 단점이 있으나 에너지효율 증대, 전력 관련 인프라 구축비용 감소 및 에너지안보 측면에서 장점을 가지고 있기 때문이다.

2) 제로에너지빌딩 실현을 위한 분산 전원의 장점

분산 전원이란에 대한 정의는 명확하지 않다. 2007년 에너지경제연구원에서 발간한 보고서에 따르면 '설비용량 20MW 이하의 공급설비를 갖추고 배전망 154kV 이하에 접속하는 자원'으로 정의하고 있다. 그러나 최근 태양광, 풍력 등 신재생에너지에 대한 관심이 커지면서 분산 전원과 신재생에너지를 동일시하는 측면이 있다. 그러나 우리나라의 경우를 보면 대관령과 같이 전력 소비처와는 멀리 떨어져 있으나 바람이 풍부한 지역에 풍력발전소를 짓는 경우가 많다. 이 경우 본고에서 다루는 분산 전원의 취지와는 맞지 않는다. 따라서 본고에서는 분산 전원을 신재생에너지로 구성된 소용량 발전설비를 기반으로 소비처와 인접한 곳에서 전력을 생산하는 경우에 한정하고자 한다. 이 경우 원자력이나 화석연료로 전기를 발생시키는 중앙집중형 전원 대비 분산 전원의 장점은 다음과 같다.

먼저 분산형 전원은 송·배전 및 변전과정에서의 손실을 최소화할 수 있다. 국내에서 흔히 볼 수 있는 중앙집중형 발전소는 소음, 환경오염, 대지 확보 등의 문제로 실제 전기를 소비하는 수요처와는 멀리 떨어져 있는 것이 일반적이다. 특히 원자력발전소의 경우 비상 시 여러 가지 피해 발생에 대한 우려로 수요처와 멀리 떨어져 지어진다. 이 때문에 일반 가정이나 빌딩까지 전기를 보내기 위해서는 송·배전 설비와 전압을 변화시키거나 교류를 직류로 바꾸기 위한 변전설비가 필요하다. 먼 거리를 이동하거나 변전하는 과정에서 불가피하게 에너지 손실이 발생한다. 이에 반해 분산형 전원은 수요처와 인접해 있어 송·배전 및 변전과정에서의 손실을 최소화할 수 있다.

또한 분산 전원이 확대되면 전력 관련 인프라 구축

비용을 크게 줄일 수 있다. 우리나라와 같이 전력에 대한 수요가 지속적으로 증가하는 경우 안정적인 전력공급을 위해서는 첨두부하(peak load)를 충족하기에 충분한 발전용량을 확보하고 이를 원활하게 공급할 수 있는 전력망을 구축하는 것이 불가피하다. 이 때문에 매년 막대한 비용을 발전소 및 전력망 건설에 투자하고 있으며, 기존 설비의 유지, 보수에도 적지 않은 비용이 소요된다. 이에 반해 분산 전원의 보급이 확대되면 대형발전소를 신규로 건설할 필요성이 줄어들고, 장거리 송전을 위한 전력망 투자도 줄일 수 있다.

추가적으로 분산 전원은 에너지안보 측면에서도 큰 장점을 가진다. 전쟁이 발발하거나 테러로 인해 대형 발전소가 공격받게 되면 그 피해는 엄청나다. 대형 발전소의 경우 한 도시 전체의 전력 공급을 담당하는 경우도 있는데, 그 발전소가 피해를 입는다면 도시 전체가 마비될 수도 있다. 이에 반해 분산 전원은 사고 발생 시에도 피해 지역이 제한되어 피해를 최소화하고 조기 수습이 가능해진다.

4. 제로에너지빌딩 실현을 위한 주요국의 도입 상황

가. EU 정부의 노력과 베드제드(BedZED) 사례

금년 4월 23일 EU 의회는 제로에너지빌딩 실현에 있어 의미 있는 발표를 했다. 2019년부터 EU 내에서 지어지는 모든 신규 건물을 대상으로 '건물 내에서 소비하는 에너지보다 더 많은 에너지를 생산하도록 규정'하였다. 즉 모든 신축 건물의 제로에너지화를 의무화한 것이다. 이뿐만 아니라 기존 건물의 경우에도 대

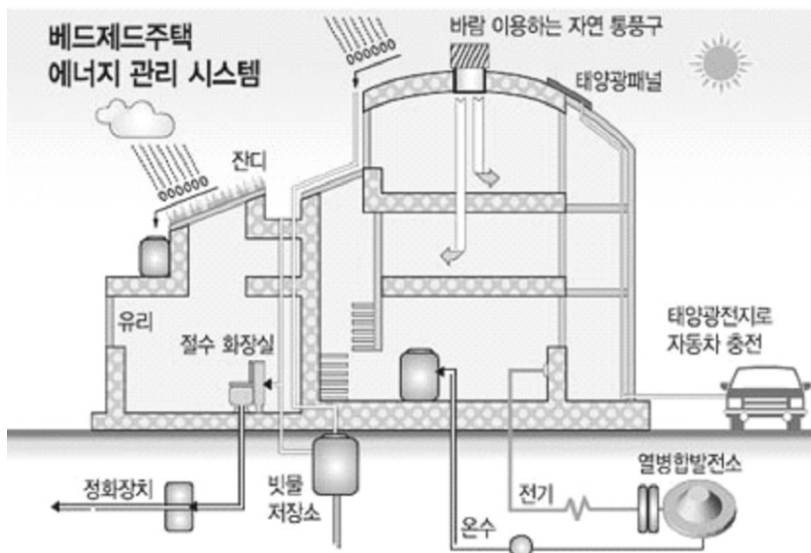
규모 수리를 수행할 때에는 국가에서 정한 최소 에너지 효율표준을 충족시켜야 한다고 규정하였다. 그리고 이를 위해 2011년 중순까지 모든 EU 회원국들은 건물의 에너지효율을 높이는 것과 관련된 시설에 어떻게 재정적 지원을 할 것인지 대책을 수립하고, 기존 빌딩을 제로에너지빌딩으로 전환하기 위한 국별 목표를 제시하라고 요구하였다.

EU 회원국 중 하나인 영국은 이러한 EU 의회의 발표가 있기 전인 작년 12월 이미 '제로탄소주택 정책'을 발표했다. 영국의 주택담당 장관인 마가렛 벅(Margaret Beckett) 의원은 '2016년부터 영국에서 짓는 모든 주택에서 이산화탄소 배출을 완전히 제로화할 것'이라고 발표하며, 이에 따라 모든 건축·건설회사들은 에너지효율성, 태양광 패널, 지역난방 시스템 등

주택 설계 초기단계부터 근본적으로 새로운 방법을 모색할 것을 촉구했다. 이제 최소한 EU에서는 이상으로만 생각되던 제로에너지빌딩이 현실화되는 날이 머지않게 된 것이다.

영국 런던 인근에 있는 베드제드(BedZED) 주택단지는 유럽의 이러한 분위기를 잘 대변해 준다. 2000년부터 조성되어 2002년 입주하기 시작한 이곳은 약 100여 가구가 거주하는 영국 최초이자 가장 규모가 큰 탄소제로 주거단지로 유명하다. 자선단체인 피버디 트러스트(Peabody trust)는 런던 남부 왈링톤(wallington)의 가동이 중단된 오수처리시설 부지를 정부로부터 싸게 매입하여 친환경, 에너지제로 주거 단지로 조성하였다. 먼저 에너지효율성을 높이기 위해 건물을 남향으로 배치하고 3중 유리와 30cm 두께의 슈퍼단열재

[그림 5] 영국 베드제드(BedZED) 주택단지



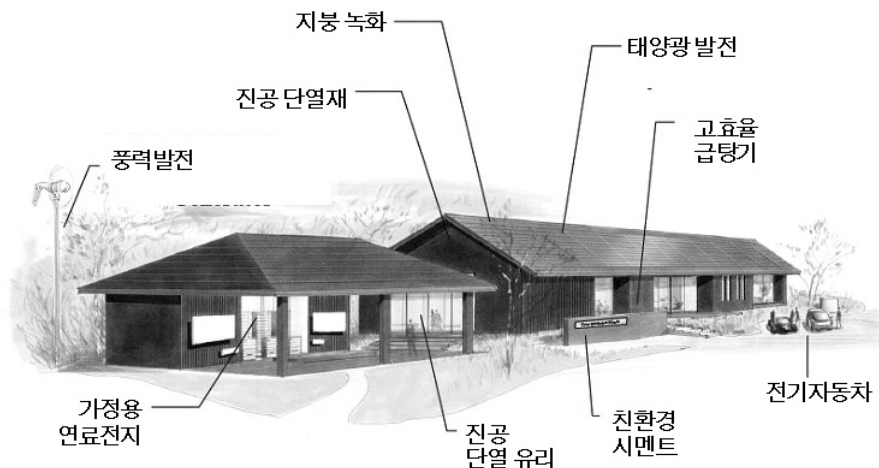
를 설치하였다. 굴뚝을 특수 제작하여 실내환기 및 온도 조절에 활용하고, 태양광 및 산업폐기물을 활용하여 단지에 필요한 에너지를 공급할 수 있도록 하였다. 모든 주택의 지붕에 태양광 패널을 설치하고 단지 내에 있는 열병합 발전소에서 산업폐기물인 목재를 소각하여 열과 전기를 생산한다. 이와 같이 에너지효율을 높이고 신재생에너지를 활용하는 것에 더하여 빗물과 오수를 이용하는 시스템과 물 절약 변기, 에너지절감 가전기기 등을 활용하고, 이동에 따른 에너지소비를 줄이기 위해 재택근무를 위한 사무실, 공동차량 제도 및 기차 활용 등을 지원하고 있다. 그리고 이러한 주택단지를 부자를 위해 공급하는 것이 아니라 저소득층 및 소방관, 공무원, 경찰 등이 입주할 수 있도록 임대 및 공동소유 방식을 채택하여 사회 계층간 통합에도 기여하는 측면을 보여주고 있다.

나. 일본 정부의 노력과 제로에미션하우스

유럽이 제로에너지빌딩에 있어 가장 앞서가고 있지만, 일본의 노력도 무시할 수 없다. 일본은 최근 국토교통성에서 주택부문에 탑러너(Top Runner) 제도를 도입하는 방안을 검토하고 있다. 탑러너 제도는 전기 제품 등의 에너지절약 기준을 설정할 때 현재 상품화되어 있는 제품 중 가장 우수한 것을 탑 러너로 정하고, 그 수치를 기준으로 향후 예상되는 기술 혁신 정도를 추가해 수년 후의 기준을 설정하는 규제방법이다. 일본은 1998년 자원에너지청에서 이 제도를 도입하여 자동차, 에어컨, TV, 냉장고 등 20개 이상 품목의 기준을 설정하였으며, 관련 제품의 발전에 큰 역할을 한 것으로 평가 받고 있다.

따라서 주택부문에 이 제도를 도입한다면 에너지 효율 개선에 큰 도움이 될 것으로 예상된다. 이미 일본

[그림 6] 일본의 제로 에미션 하우스



은 2008년 6월 G8 정상회담에서 제로에미션하우스 (Zero Emission House)를 공개한 바 있다. 건설업체 인 세키수이(Sekisui House)를 비롯하여 마쓰시다 (Matsushita), 샤프(Sharp) 등 일본을 대표하는 41개의 건축, 전자업체가 참여하여 태양광발전, 진공단열재, 가정용 연료전지, LED 조명 등 총 43개의 첨단기술을 선보임으로써 일본의 앞서는 친환경 기술력을 자랑했다.

다. 미국 정부의 노력과 구글

미국의 경우 지금까지는 유럽이나 일본에 비해 에너지, 환경문제에 뒤쳐져 있었던 것이 사실이다. 그러나 오바마 정부가 들어서면서 에너지독립에 대한 관심이 고조되고 있으며, 2020년에는 제로에너지하우스를 달성하겠다는 목표를 제시하고 있다.

미국 정부의 노력과는 별개로 첨단 IT기업인 구글 등 기업들의 관심도 높아지고 있다. 구글은 2006년 마운틴 뷰에 있는 본사에 태양광발전 시스템을 설치함으로써 전체 전기 사용량의 30~40%를 충당하고 있다. 총 9,200개가 넘는 패널을 통해 시간당 1.6MW, 하루 총 10MWh에 달하는 전기를 생산하고 있다. 이는 캘리포니아에 거주하는 1,000여 가구가 하루에 소비하는 전기량과 맞먹는다. 또한 태양광패널 중 약 3,000여 개를 주차장에 설치하여 직원들의 차에 무상으로 에너지를 제공하고 있다. 직원들이 전기차를 구입할 경우 50%의 자금도 지원해준다. 또한 금년 2월 10일에는 가전제품의 소비전력량을 표시하는 웹 어플리케이션인 '파워미터 서비스'의 시험판을 발표한 바 있다. 이는 가정의 전력 소비량을 전력회사에 분단위로 통지하는 스마트 미터(Smart Meter)를 이용하는 것으로 미래

가정 에너지 정보관리 서비스까지 진출하고자 하는 구글의 노력을 엿볼 수 있다.

5. 우리나라의 대응방향

지금까지 제로에너지빌딩의 개념 및 주요 선진국과 기업들의 노력에 대해 알아 보았다. 앞에서 살펴본 바와 같이 전체 에너지의 36%를 차지하는 생활공간의 에너지소비를 줄이고, 신재생에너지를 통해 제로에너지라는 목표를 달성하는 것은 저탄소 녹색성장에 있어 매우 중요한 분야 중 하나다. 물론 아직 제로에너지빌딩이 현실화되었다기 보다는 주요 선진국의 중장기 목표 속에 존재하고, 시범단지 설치 수준에 머무르고 있는 것이 현실이다. 그러나 기술적으로는 큰 장벽이 없기 때문에 이미 개발되어 있는 기술을 어떻게 활용하고 개선할 지가 과제다. 유럽의 경우 제로에너지빌딩 실현에 대한 구체적인 목표년도를 제시하여 소비자와 관련 기업의 변화를 촉구하고 있다. 아직 시장 초기단계임을 감안, 정부가 나서서 규제와 지원을 통해 보급을 확대하고 있으며, 이를 통해 시장을 키우고 규모의 경제를 통한 가격 하락을 유도하고 있는 것이다.

최근 우리나라도 이러한 국제 추세에 발맞춰 그린홈 사업을 적극 추진하고 있다. 그런데 시작 단계부터 부처간 업무 중복과 접근 방식의 차이로 그 개념과 목표가 분명하지 않다는 문제점이 지적되고 있다. 지식경제부는 '그린홈 100만호 보급사업'을 통해 태양광과 태양열, 지열, 연료전지 등 신재생에너지를 활용하는 주택 100만호를 2020년까지 조성하겠다고 발표한 반면, 국토해양부는 '그린홈 200만호 건설사업'을 통해 2018년까지 단열, 태양광 창호 등 친환경 건축 자재를

활용한 에너지절약형 주택 100만 채를 신축하고, 기존 주택 중 100만 채를 개·보수하겠다고 발표했다. 그린홈이라는 명칭은 동일하지만 접근방식에는 차이가 있는 것이다. 지식경제부의 경우 신재생에너지를 보급하는데 중심이 있는 반면, 국토해양부는 건자재를 비롯한 건설 쪽에 초점이 맞춰져 있다.

이러한 차이점이 발생한 원인에는 여러 가지가 있을 수 있다. 저탄소 녹색성장을 위한 각 부처의 노력은 적극적인 반면, 부처간 업무를 조정할 기구가 미흡한 것이 한 원인이다. 또한 그린홈에 대한 보다 종합적인 시각도 요구된다. 앞에서 언급한 바와 같이 주택이나 빌딩의 에너지문제를 해결하기 위해서는 에너지효율성 제고 및 신재생에너지를 통한 에너지공급이 필요하다. 그리고 더 나아가 제로에너지빌딩을 실현하기 위해서는 전력망과의 연계도 고려해야 한다. 단열 등 에너지 효율성이 확보되지 않은 건물에 신재생에너지 설비를 설치하는 것은 새는 독에 물 붓기와 같으며, 에너지절약만을 강조해 신재생에너지에 대한 중요성을 간과한다면 미래의 성장동력을 잃는 잘못을 범할 수 있다. 또한 에너지 저장설비가 미비한 상태에서 전력망과의 연계가 부족하면 신재생에너지를 통해 공급되는 에너지의 활용에 한계가 있을 수밖에 없다.

우리나라는 이미 하이브리드 자동차를 개발했고, 화학이나 철강산업과 같은 에너지 다소비업종의 에너지 절약 노력도 지속되고 있다. 이제는 에너지소비에서 가장 큰 비중을 차지하는 주택과 빌딩에 더욱 관심을 기울여야 할 시점이다. 주택과 빌딩 같은 건물은 한번 지으면 최소 20~30년간은 쉽게 바꿀 수 없다. 석유 한 방울 나지 않는 우리의 현실을 고려할 때 건물의 에너지소비를 줄이고, 더 나아가 제로 에너지화를 달성하는 것은 더 이상 미룰 수 없는 중요한 과제다. 이제 주택과

빌딩에 대한 종합적인 시각을 바탕으로 그린홈 정책을 추진하고, 나아가 제로에너지빌딩이라는 목표에 대해서도 적극적인 관심을 기울여야 한다. 앞으로 10년 후쯤에는 우리나라에서도 전혀 전기요금을 신경 쓰지 않는 제로에너지주택, 제로에너지빌딩이 곳곳에 건설되어 있는 모습을 기대해 본다.

〈 참고문헌 〉

- 이근대, 부경진, 이창훈, '신·재생에너지 전력시장 활성화 방안,' 에너지경제연구원, 2005, 11
- 이순자, '탄소제로 도시 건설을 향한 영국 베드제드(BedZED)의 혁신사례와 시사점,' 국토정책 브리프, 2008, 11
- 홍일선, '그린 빌딩 시장에서 찾는 새로운 기회,' LG 비즈니스 인사이트, 2009, 1
- IEA, "World Energy Outlook 2008," 2008
- Jens Laustsen, "Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings," IEA, 2008, 3
- Muriel Fellous, Julie Ainouz, Sarbjit Nahal, "Green Buildings & Construction, Energy efficiency: the best begins at home," Societe Generale, 2009, 3
- UNEP, "Buildings and Climate Change: Status, Challenges and Opportunities," 2007
- WBCSD, "Energy Efficiency in Buildings: Transforming the Market," 2008

OECD 녹색세제 현황 및 개편방안

이 원 형

현대경제연구원 연구위원



1. 문제 제기

현재 세계 각국은 환경을 고려한 경제성장을 의미하는 지속가능한 경제성장에 정책우선을 두고 있다. 국제 환경협약에 따라 저탄소, 에너지절감을 위한 성장모형이 모색되고 있으며, OECD 국가들은 1990년대 이후 탄소세 등 가스 및 오염물질 배출 등에 대한 새로운 녹색세를 도입하여 저탄소 경제사회 시스템을 구축하였다.

우리나라는 OECD 국가이면서도 교토의정서상 Non-Annex I 국가로서 제1차 이행기간인 2008년부터 12년까지는 의무적으로 감축해야 할 부담에서 벗어

나 있다. 그러나 국제에너지기구(IEA)가 발표한 국가별 CO₂ 배출량 통계에서 2007년 국내 CO₂ 배출량은 4.9억 톤으로 전세계 배출량(289.6억톤)의 1.7%를 차지하여 OECD 국가 중 6위, 전 세계 국가 중 9위를 기록하였다.¹⁾ 이것은 1990년과 비교할 때 113%의 증가율로 OECD 국가 중에서 최고의 증가율을 기록하고 있다. 이러한 근거로 코펜하겐에서 개최하고 있는 기후변화협약에서 우리나라가 온실가스 감축의무 대상국으로 편입될 가능성이 있다.

따라서 정부는 “단기적으로는 부담이나 장기적 국가 이익”을 고려하여 오는 2010년부터 ‘온실가스 및 에너

〈표 1〉 에너지원별 CO₂ 배출량

에너지원	CO ₂ 배출량('07)	전체 점유 비중	증가율('90-'07)
석탄	209.8 백만톤	42.9%	143.0%
석유	197.5 백만톤	40.4%	46.0%
가스	73.7 백만톤	15.1%	1,058%

1) 세계 순위는 1위 중국, 2위 미국, 3위 러시아, 4위 인도, 5위 일본, 6위 독일, 7위 캐나다, 8위 영국.

지 목표관리제'를 도입하기로 하였다.

지난 17일 열린 제49회 국무회의에서는 오는 2020년 국가 온실가스 감축목표로 배출전망치 대비 30%를 감축하는 안이 최종 통과되었고, 12월 덴마크 코펜하겐에서 열리는 기후변화회의에서 보고될 것으로 보인다. 배출전망치는 특별한 조치를 취하지 않은 상태에서 배출될 것으로 예상되는 미래 전망치를 말하며 국민경제의 통상적 성장관행을 전제로 하여 유가변동과 인구변동, 경제성장률 등에 따라 영향을 받을 미래의 온실가스 배출 추계치이다.

한국이 제시할 감축안은 정부간 기후변화위원회(IPCC)가 개발도상국에 권고한 감축범위의 최고 수준에 해당하며, 이 같은 정부의 결정은 코펜하겐 회의나 다른 국가들의 감축목표 설정 여부에 의존하지 않는 자발적 이면서 독자적인 의지를 보여주는 것으로 평가된다.

이와 관련 이명박 대통령은 “온실가스 감축목표를 설정한 것은 선진국형 발상의 전환”이라며 “온실가스 감축이 미치는 단기적 부담도 있지만, 저탄소 녹색성장을 위한 패러다임 전환과 더 큰 국가이익을 고려해 목표를 결정하게 됐다”고 배경을 설명했다.

우리나라의 온실가스 감축 목표가 결정됨에 따라 정부는 내년부터 각 부문별로 세부목표를 정하고 관리하는 ‘온실가스 및 에너지 목표관리제’를 도입한다. 그 일환으로 정부는 국무총리실과 대통령 직속 녹색성장위원회를 중심으로 관계부처·산업계·전문가 등이 참여하는 민관합동 T/F팀을 구성하고 부문·업종별 배출전망과 감축잠재량을 정밀하게 분석하는 작업을 진행할 계획이다.

이외에도 정부는 온실가스 감축 이행계획 수립과 점

검·평가를 위해 장관급 경제정책조정회의(現 위기관리대책회의)를 운영하고 주기적이고 체계적인 분석과 목표관리를 위해 독립적인 상성 연구체제를 구축할 방침이다.

우선 이번 안의 시행으로 가장 큰 충격을 입을 것으로 보이는 산업분야의 부담을 최소화하기 위해 상대적으로 감축 여력이 많은 건물과 교통 등 비산업분야를 중심으로 감축노력을 강화하게 될 것이다. 정부는 부문별 감축목표를 정하는 과정에서도 업종별 국제경쟁상황을 면밀히 분석하고 산업의 경쟁력을 유지·강화하는 방향으로 감축량을 배분, 맞춤형 지원대책을 병행해 추진하려 한다.

그러므로 2013년부터 온실가스 의무대상국으로 분류될 것이 확실시되는 현 상황하에 우리도 탄소세 등 녹색세제 도입을 준비해야 할 상황이다.

본고에서는 OECD 국가들의 녹색세제 도입사례를 검토하고 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

2. 녹색세제의 개념 및 유형

가. 개념 및 배경

본고에서는 환경관련 세제를 녹색세제라고 한다. 녹색세는 ‘자동차·에너지제품, 쓰레기, 배출가스, 천연자원 등과 같은 환경관련 세원에 강제적이고 대가성 없이 부과하는 조세이다. 그러므로 환경오염을 야기하는 재화와 서비스에 조세를 부과하고, 친환경적인 세원에는 조세를 경감하여 경제적 효율성을 제고할 수 있다.

2) Thomas Weisel Partners, “A Primer on Demand Response”, White Paper, 2007.10.16.

녹색세제는 녹색성장(green growth)을 구현하기 위한 정책대안을 마련하는 차원에서 논의되었다. 탄소세 등 녹색세를 강화함으로써 기후변화에 대응하고 경제구조를 환경친화적, 에너지절약형으로 유도해야 할 필요성과 동시에, 녹색성장체제를 지원할 수 있는 중요한 경제적 유인 수단으로서 녹색세가 인식되었다. 내생적 성장모형에서는 경제성장이 인적자본, R&D, 지식 및 기술 등의 내생적 축적요인에 포괄적으로 의존한다는 것을 보여주는데, 환경요인 또한 경제성장을 결정하는 요인으로써, 녹색세는 성장잠재력 확충과 환경보호라는 일반 경제정책을 동시에 충족시킬 수 있는 정책대안으로 부각되었다.

나. 유형

녹색세는 에너지 사용, 온실가스 및 폐기물 배출에 따라 에너지세, 온실가스세, 그리고 폐기물세 3개의 부류로 구분할 수 있다.

에너지세는 에너지 사용을 유발하는 산업과 가정에서의 다양한 생산, 소비 활동과 관련한 전 분야에 미치는 과세이다. 온실가스세는 광물연료, 등유, 중유, 경유, LPG 등 화석연료 또는 에어컨 등의 사용 결과 발생하는 가스에 부과되며 탄소세, 질소산화물세, 아황산화물세, 프레온가스 등의 가스배출세 등으로 세분할 수 있다. 그리고 폐기물세는 폐기물세, 매립세, 비료세, 살충제세 등 제품의 소비로 인해 발생하는 환경 유해성을 고려해 폐기물 배출량을 과세표준으로 삼는다.

다. 목표

녹색세의 도입은 1차적으로 오염물질의 저감을 목표

로 하고 있다. 환경오염을 야기하는 재화, 서비스에 조세를 부과하고 친환경적인 세원에는 경감하여 오염배출 저감을 유도한다. 또한 산업 경쟁력 지원, 에너지소비 용도별 세제 차등, 특정산업 및 저소득층에 대한 세제 감면과 환급 등의 경제적 효율성을 꾀할 수 있고, 나아가 세원확보와 재원조달을 통해 환경 R&D, 신재생에너지, 친환경자동차 등 친환경 산업의 육성과 성장동력의 확충을 2차 목표로 하고 있다.

라. 효과

녹색세는 피구(Pigou, 1947)의 이론적 분석에 의거한다. 이것은 부분형모형(Partial Equilibrium Model)에서 오염배출 단위당 사회적 한계비용(부의 외부성)의 내부화를 목적으로 오염물질 배출에 부과하는 세금이다. 따라서 녹색세는 외부성을 내부화하는 교정의 수단으로 활용될 수 있다.

또한 이중배당가설(Double dividend hypothesis)에 따르면 녹색세는 그 이상의 효과가 있다. 새로운 녹색세수로 인해 기존 세제가 완화된 경제적 효과가 있다. 노동, 소득세 등의 기존 세에 조세왜곡이 있는 상황에서 녹색세를 부과한다고 가정할 때, 1차적으로 오염저감 효과가 있으며, 2차적으로 환경관련 세수입을 통해, 경제적 손실을 입어오던 세제부담을 줄이는 이중배당의 효과가 있게 된다. 예를 들면 환경세 도입으로 노동, 소득세 등 기존 세금부담을 완화하여 사회적 손실을 경감시킬 수 있는 것이다.

따라서 조세 부과에 따른 경제 왜곡이 발생하고 있는 차선의 경제에서 적정 수준의 환경세는 피구비안 수준 이상이어야 할 것이다. 피구비안은 오염의 사회적 비용을 세금으로 부과할 것을 주장하고 있으나 이중배

당효과가 있을 때에는 세금부과 수준을 그 보다 높일 수 있다. 적정 환경세 수준을 제시하는 것은 이론적으로는 가능하지만, 현실적으로 최적(optimal) 수준을 찾기는 어려운 실정이다.

3. 한국의 녹색세제 현황과 OECD 국가와의 비교

가. 한국

한국의 녹색세제인 환경관련 세제로는 수송연료(휘발유 및 경유)에 부과하는 교통에너지환경세, 교통세에 추가하는 교육세, 등유, LPG, LNG에 부과하는 개별소비세 그리고 승용차에 부과하는 개별소비세가 있다. 교통에너지환경세는 세수 확보와 교통시설에의 투자를 목적으로 부과되기 시작하여, 교통인프라의 확충에 활용되어왔다. 환경관련 지방세로는 자동차세, 자동차에 추가하고 있는 교육세, 자동차 취득세, 자동차 등록세, 면허세, 주행세, 지역개발세가 있다. 교통관련 시설의 확충에 필요한 재원마련을 목적으로 신설됐던 교통세는 1994년~2003년까지 한시적으로 도입되었다가, 2003년과 2006년에 각각 과세시한을 3년씩 연장하였다.

이와 같이 한국의 녹색세제는 에너지 사용과 관련되어 있으며, 탄소 및 온실가스등 환경오염물질 저감을 위한 세제는 아직 도입되어 있지 않은 실정이다.

현재 한국의 에너지별 과세비중은 휘발유 45%, 경유 34%, 등유 21.4%, 중유 17.1%, LPG 프로판 11.4%, 부탄 32.9%를 기록하고 있다. 상대적으로 수송용 에너지인 휘발유, 경유의 과세비중이 높게 나타나고 있다. 따라서 향후 환경세제 도입으로 탄소세와 같은 녹색세가 도입될 경우에 에너지별 과세 비중의 재검토가 필요할 것으로 판단된다.

나. OECD

OECD 국가들은 지속적 성장과 녹색성장 구현을 목표로 1990년대부터 기존의 에너지세 외에 탄소세, 폐기물세 등을 도입하기 시작하였다. 핀란드('90), 스웨덴('91), 덴마크('92)의 탄소세 도입을 시작으로 OECD 국가에 녹색세제가 도입되기 시작하였으며, 탄소세 및 폐기물세를 모두 도입한 OECD 환경선진국은 핀란드, 스웨덴, 노르웨이, 덴마크, 폴란드, 스페인 6개국이다. 이들 국가에서는 에너지세-탄소세-폐기물세의 순으로 환경관련 세제를 순차적으로 도입하여, 에너지세 및

〈표 2〉 우리나라의 녹색세제 현황

	세목
국세	- 교통에너지환경세(수송 연료), 교육세(교통세에 추가), 개별소비세(등유, LNG, LPG), 개별소비세(승용차)
지방세	- 자동차세, 교육세(자동차세에 추가), 취득세(자동차), 등록세(자동차), 면허세, 주행세, 지역개발세

탄소세, 폐기물세를 휘발유, 등유, 천연가스, 석탄 등 모든 화석연료에 부과하고 있다.

OECD 환경선진국의 녹색세제 도입의 특징은 다음과 같다.

첫째, OECD 환경선진국이 도입하고 있는 탄소세의 경우, 최저세율이 사회적 비용보다 높은 수준을 기록하고 있다. 에너지원에서 배출되는 탄소의 사회적 비용은 리터당 평균 70.11원으로 추정되나, 환경선진국에서 부과하고 있는 화석연료의 단위당 탄소세의 최저세율은 평균 244원(0.1365유로, 원/유로환율 1,792원, 8월 28일 기준)이다.

환경선진국들은 환경오염 물질배출 보다 높은 수준의 세금을 부과하여 환경세수를 환경보전 이외의 사업에 활용하는 것으로 보인다.

둘째, 이들 OECD 국가들은 세수 환류를 통한 중립적인 세제 개편(revenue-neutral reform)을 추진하고 있다. 즉, 환경관련 세수를 활용하여 기존의 에너지세 세율을 인하하고, 기업의 사회보장기여금 및 노동자의 개인소득세를 감축하여 새로운 세제 도입에 대한 충격을 최소화하고 있다.

셋째, 국가경쟁력이 약화되지 않도록 산업용, 수송용 등 용도별로 환경세를 차등 부과하고 있다. 산업별, 부문별로 일반소비세 외에 에너지세, 탄소세를 선택적으로 차등부과 또는 면제, 경감 하는 예외 규정을 두고 있다.

한편 프랑스에서는 온실가스를 줄이기 위한 정책으로 에너지절약을 위한 시설투자 또는 신재생에너지 관련 설비투자에 대하여 세제혜택이나 지원을 하고 있다.

〈표 3〉 OECD 주요국의 녹색 세수의 규모 및 비중(2006)

(단위: 달러, %)

국가	녹색세수 비중			녹색세 유형			예외조항
	1인당환경세수 (달러)	녹색세수 / 총세수(%)	녹색세/ GDP(%)	에너지	온실 가스	폐기물	
핀란드	1,188.5	6.87	2.99	○	○	○	전력생산(가정용)
스웨덴	1,176.8	5.54	2.72	○	○	○	발전용 연료
노르웨이	1,972.2	6.21	2.73	○	○	○	금속업
덴마크	2,412.2	9.66	4.79	○	○	○	발전용 연료
네덜란드	1,606.9	9.97	3.88	○	○	○	온실원예업
스페인	523.1	5.11	1.87	○	○	○	×
미국	375.5	3.05	0.86	○	○	○	수출용
일본	586.1	6.09	1.72	○	×	×	×
한국	508.9	10.34	2.76	○	×	×	×
평균	가중	534.3	5.38	* OECD 30개국의 평균치이며 가중평균은 각 국가의 GDP 비중을 고려하여 계산			
	산술	847.7	6.63				

자료: OECD/EEA, 'Database on instruments used for environmental policy and natural resources management', 2009, 6.

〈표 4〉 OECD 환경선진국의 녹색세율

	에너지세		온실가스세		폐기물세	
	최저	최고	최저	최고	최저	최고
평균 (유로)	0.0894	54.3031	0.1365	87.3000	1.9670	42.4773

자료: OECD/EEA, 'Database on instruments used for environmental policy and natural resources management'.

넷째, 탄소세를 도입하면서 탄소배출권 거래제를 병행하는 등 환경세 도입 정책을 다른 정책과 조합하여 도입하고 있다. 스페인은 온실가스거래제를 도입하여 주변국과의 거래도 허용하고 있다.

다섯째, 기업이 스스로 일정수준의 오염물질을 경감할 경우에는 조세혜택을 부여하고 있다. 따라서 에너지 집약적인 산업에서는 조세 면제 또는 세율 감면의 혜택을 받기 위하여 에너지절감 또는 배출가스 및 오염물질 배출 절감을 위해 자발적으로 노력하고 있다. 특히 영국은 기후변화세 도입시 기후변화 협정을 체결하여 에너지집약 산업을 대상으로 80%의 조세 경감혜택을 주

고 있다.

다. 한국과 OECD 비교

한국의 녹색세제는 에너지소비 분야에 국한하여 도입하고 있으나, 세금 수입의 비중은 OECD의 평균보다 높은 수준을 기록하고 있다. 한국의 총 세금수입에서 차지하는 녹색세제의 세금수입 비중은 10.34%로, OECD 평균인 5.38%보다 월등히 높은 비중을 기록하고 있다. 그리고 한국의 녹색세제 세금수입의 GDP비중은 2.76%를 기록하여 OECD 평균 2.36%보다는 높

〈표 5〉 OECD 환경선진국의 녹색세수 운용 현황

국가	시작연도	과세대상	감소세목
스웨덴	1990	CO ₂	개인소득세
		SO ₂	농업에 대한 에너지세
덴마크	1994	에너지, 수질, 폐기물	개인소득세
		CO ₂	사회보장기여금
		SO ₂	자본소득세
네덜란드	1996	CO ₂	개인소득세, 법인세, 사회보장기여금
노르웨이	1996	CO ₂ , SO ₂ , 디젤유	개인소득세
영국	1996	폐기물 매립	사회보장기여금
이탈리아	1999	석유제품	사회보장기여금

자료: OECD, 현대경제연구원, 한국경제주평, '녹색성장 지원을 위한 세제개편 방향: 세수중립적' 녹색 세제' 구축 시급, 2009.4.17, 재인용

〈표 6〉 OECD 환경선진국의 녹색세제 관련 예외조항

국가	면제	경감
핀란드	- 발전용 연료 - 항공용 알코올 - 비행용 등유, 보트용 LPG	- 천연가스(50%) - 광업·제조업·온실원예업 등 에너지 다소비형 산업(50%)
스웨덴	- 발전용 연료 - 금속업 가공용 석탄·코크스 - 원료용 연료(광물유, 석탄, 석유, 코크스)	- 제조업 및 원예업(50%) - 선박용·철도수송용 연료 - 시멘트·갈탄·글래스 등의 생산용 연료 - 에너지 다소비형 산업
노르웨이	- 국제항공·원양어업·연해어업·국제 해운업용 연료 - 시멘트·프로세스산업용 석탄·코크스 - 국내용 천연가스, 환원용·원료용 석탄	- 종이·펄프산업 - 어육가공업 - 국제해운업(50%)
덴마크	- 발전용 연료 - 전력·가스 생산용 석탄	- 에너지 다소비형 산업(50%)
네덜란드	- 석유계 잔류물 - 온실원예업 및 발전용 천연가스 - 지역열공급	- 천연가스 대량소비자 - 천연가스·전력의 과세상한선 설정 - 재생가능에너지 발전
영국	- 알루미늄 정련용 전력 - 재생가능에너지 발전 - 대중교통수단용 에너지 - 탈화수소유 및 도로교통용 가스연료 - 가공용 원료로 사용되는 연료	- 원예업(50%) - 정부와 자주협정 체결 10업종(철강 세라믹, 알루미늄, 주조, 비철금속, 식품음료, 화학, 유리, 제지) 기업(80%)
오스트리아	- 자체 소비용 전력생산(5천KW이하/연간) - 가정용 전력 생산 - 난방용을 제외한 석탄 소비	- 해당사항 없음
스페인	- 해당사항 없음	- 환경보호 관련 투자액(10%)

자료: OECD/EEA, 'Database on instruments used for environmental policy and natural resources management',

은 수준이다.

탄소세 및 매립세를 모두 도입하고 있는 OECD 환경선진국과 에너지소비와 관련된 세제만을 운영하고 있는 한국을 비교할 때, 한국의 녹색세수/GDP비중은

2.76%로 스웨덴, 노르웨이의 녹색세수/GDP비중(각각 2.72%, 2.73%)과 유사한 수준이며 덴마크와 네덜란드보다 높은 녹색세수/전체세수 비중을 나타내고 있다. 위와 같이 한국의 녹색세제의 세수 비중은 이미

〈표 7〉 OECD 주요국의 녹색세수의 규모 및 비중(2006)

(단위: 달러, %)

국가	녹색세수 비중			녹색세 유형			예외조항
	1인당 녹색세수	녹색세수/ 총세수(%)	녹색세/ GDP(%)	에너지세	온실 가스세	폐기물세	
핀란드	1,188.5	6.87	2.99	○	○	○	가정용 전력생산
스웨덴	1,176.8	5.54	2.72	○	○	○	발전용 연료
노르웨이	1,972.2	6.21	2.73	○	○	○	금속업
덴마크	2,412.2	9.66	4.79	○	○	○	발전용 연료
네덜란드	1,606.9	9.97	3.88	○	○	○	온실원예업
영국	375.5	3.05	0.86	○	○	○	대중교통연료
미국	375.5	3.05	0.86	○	○	○	수출용
스페인	523.1	5.11	1.87	○	○	○	×
오스트리아	964.4	5.92	2.47	○	○	○	대중교통 연료
폴란드	523	5.48	1.84	○	○	○	×
벨기에	768.3	4.58	2.03	○	×	○	건전지(회수분)
독일	848.3	6.74	2.40	○	○	×	×
프랑스	756.6	4.64	2.05	○	○	×	×
스위스	712.9	4.65	1.37	○	○	×	난방용연료
일본	586.1	6.09	1.72	○	×	×	-
평균	가중	534.3	5.38	* OECD 30개국의 평균치이며 가중평균은 각 국가의 GDP 비중을 고려하여 계산			
	산술	847.7	6.63				
한국	508.9	10.34	2.76	○	×	×	-

주: 2006년 기준으로 에너지세를 포함하였으며, 평균값은 OECD 30개국 대상으로 계산.

자료: OECD/EEA, 'Database on instruments used for environmental policy and natural resources management'.

OECD 환경선진국과 유사하거나 높은 수준을 기록하고 있다. 따라서 한국에 새로운 환경세가 도입되어 녹색세제가 강화될 경우, 기존 세제와 중복되어 세금부담이 가중되는 문제가 발생할 것으로 보인다. 한국의 환경관련세금 수입 등을 고려할 때, 탄소세, 폐기물세 등 새로운 녹색세제가 도입될 경우에는 기존 세율의 조정 등 정책 개편이 필요할 것이다.

4. 주요 쟁점 및 정책적 시사점

가. 주요 쟁점

녹색세제와 관련된 주요 쟁점은 형평성 훼손, 산업 경쟁력 저하, 환경개선의 효과성, 세수의 용도 등으로 구분할 수 있다. 먼저 형평성에 대한 쟁점은 녹색세는

저소득층에 불리한 역진적이라는 것이다. 물, 난방연료, 전기 등 생활필수품 가격의 상승 가능성이 높기 때문에 저소득층의 부담이 상대적으로 높아서 발생하는 문제이다.

둘째, 산업의 경쟁력 저하 문제이다. 녹색세제의 도입은 산업 전체에 영향을 미치게 된다. 유류 관련 세금이 증가하고, 산업시설에서 배출하는 온실가스 규제 등으로 인하여 저탄소 에너지효율의 기술력을 확보하지 못한 기업 또는 산업에게는 막대한 비용이 상승할 것으로 예상되기 때문에 수출 등 내수시장에서의 외국상품과의 경쟁력이 하락하게 될 것이다. 따라서 국내 주력 산업의 녹색 기술이 확보되기 전에는 국내 산업의 경쟁력 저하 문제가 발생할 것으로 보인다.

셋째, 환경개선의 효과성에 대한 문제이다. 이론적으로 녹색세 도입은 외부비용을 내부화시킬 것으로 기대하고 있으나, 현실적으로는 단기적으로 외부성이 내부화될 가능성이 상당히 낮을 것으로 예상된다. 그러므로 세제 도입 초기에는 환경개선효과를 기대하기 어려운 상황에서 녹색세제 도입에 대한 논쟁이 이어질 것이다.

넷째, 녹색세의 도입으로 증가한 세수를 소득세, 법인세 등의 감면에 사용하여 고용 창출에 기여하고, 일부는 환경보전 사업에도 지출해야 한다. 그러나 녹색세 세수를 정부의 재정적자를 보전하기 위하여 공공 부문 등의 지출에 확대 사용할 경우 조세부담 증가로 인한 정치적 논쟁에 직면할 수 있다.

나. 정책적 시사점

OECD 환경선진국 사례를 통해서 본 우리나라의 녹색세제 도입을 위한 정책적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 녹색세제는 환경오염을 교정할 수 있는 수준

이상의 세율 적용이 필요하다. 환경세의 1차 목표인 오염물질의 발생을 줄이고 2차 목표인 소득재분배 등을 동시에 달성해야 한다. 그러기 위해 녹색세율을 오염물질의 사회적 비용보다 높게 적용하여 초과되는 녹색세수를 환경보호 및 고용·투자 활성화 등 전체 경제시스템의 효율성을 향상시키는데 활용해야 한다.

둘째, 세수 중립적인 세제 개편이 이루어져야 한다. 녹색세제를 도입하면서 가중되는 조세부담을 낮추기 위해서는 과세 체계를 검토하여 단순화하고 현재 세금 부담이 높은 휘발유, 경유 등 에너지 관련 조세 부담을 분산할 필요가 있다. 현행 석유제품 판매에는 교통에너지환경세, 교육세, 지방주행세, 부가가치세, 판매부과금 등 다섯가지 명목의 세금이 부과되고 있다. 또한 조세의 왜곡이 나타나는 분야의 세율을 낮추어 경제적 손실을 줄여야 한다.

셋째, 산업경쟁력 약화를 방지해야 한다. 국가 주력 산업에 대한 조세부담을 경감할 필요가 있다. 특히 에너지 가격 변동에 따른 생산요소의 대체가 쉽지 않은 업종 중에서 수출 경쟁력의 하락이 급격할 것으로 예상되는 업종은 일정기간 세제 혜택을 주거나 재정 지원을 확대할 필요가 있다.

넷째, 자발적인 협약을 도입하여 기술개발을 유도할 필요가 있다. 에너지절약형 사업, 신재생에너지 및 친환경 경제품의 R&D 투자를 촉진하기 위하여 환경보전·에너지절감 등의 자발적 협약을 유도하고 낮은 세율을 적용시켜 산업계의 자발적인 기술개발을 유도할 필요가 있다.

다섯째, 녹색세제 도입에 따른 소득 분배에 미치는 부정적인 영향을 고려하여 소득 취약 계층을 보호해야 한다. 에너지는 필수재이므로 이의 소비에 대한 세금부

〈표 8〉 녹색세제 개편과 관련된 4가지 쟁점

환경 세제개편의 쟁점들	핵심적인 문제와 해법
◇형평성의 훼손	- 간접세처럼 저소득층에 불리하며 역진적일 수 있다는 우려. 특히 물, 난방연료, 전기 등 대중소비재에 부과할 경우 주의해야 - 독일은 심야전기를 이용한 온수장치의 사용에 조세를 감면하고 대중교통수단 이용에 세제혜택을 부여하는 등 사전 조세감면 조치와 사후 환급을 실시하여 완충 효과를 거둠
◇산업의 경쟁력 저하 (세수중립성 유지)	- 독과점 시장보다 완전경쟁 시장에서 환경세의 영향을 더 크며, 경제논리를 넘어서 실업자 증가 등 정치적 문제로 확산될 우려 - 조세체계의 종합적 개편과 함께, 환경세 수입을 소득세 또는 법인세 감면에 환원하는 '세수중립적' 완화조치가 선행되어야 함
◇환경 개선의 효과성	- 환경세로 인한 에너지소비의 가격탄력성은 단기적으로 낮지만(-0.13~-0.26), 장기적으로는 높게(-0.37~-0.46) 나타남 - 따라서, 환경세는 장기·지속적으로 추진해야 효과적. 노르웨이 탄소세의 경우 '91~'95년 탄소배출 21% 저감
◇세수의 용도	- 환경세 도입으로 증가된 세수를 소득세, 법인세 등의 감면에 사용하여 고용 창출에 기여²⁾하고, 일부는 환경보전 사업에도 지출 - 그러나, 환경세 세수를 재정적자 보전을 위한 공공지출 확대에 사용할 경우 조세부담 증가로 인한 정치적 반대에 직면할 수 있음

자료: 김동열, "녹색성장 지원을 위한 세제개편 방향", 한국경제주평 345, 현대경제연구원.

과는 역진적인 성향이 있다. 생활에너지 부문 세금 부과에서 빈곤층을 배려 대상으로 설정할 필요가 있다. 또한 에너지 쿠폰이나 생계형 사업자의 유가보조금, 기

타 에너지복지 프로그램 등 효과적인 재원지원 강화를 통해 형평성 저하를 보완할 수 있겠다.

2) 「1997년 EU 에너지세 조화에 관한 규정」을 모델링해 본 결과, 고용이 115천명(0.11%)에서 457천명(0.33%) 증가하는 것으로 나타남. 또한, 독일의 친환경 세제 개편(ETR)에 관한 최근 연구결과에 따르면, 1999년 환경세 도입이후 2003년까지 250천명의 고용창출 효과를 거둔 것으로 나타남.

원유시장 동향

노 남 진 에너지경제연구원 연구원

1. 국제원유 가격

가. 월별유가 동향

2008년 세계금융위기 이후 미국 및 유럽 등 세계 주요 선진국은 자국의 경기부양을 위해 적극적인 확대재정정책을 펴며 조속한 실효를 기대하고 있었다. 2009년 2월 한때 배럴당 \$30대 초반 수준까지 떨어졌던 국제 유가는 세계 주요국의 경기 부양책에 따른 유동성 증가에 힘입어 전반적인 상승세를 지속, 12월 초 유가는 배럴당 \$75 수준으로 회복되었다.

경기회복 조짐을 알리는 신호와 여전한 경기 침체의 상황의 지속을 나타내는 신호가 혼재해 있던 4월말까지 유가는 강보합세를 보이며 배럴당 \$50 수준까지 회복되었으며, 5월 이후 유가는 경기 부양책의 실효를 나타내는 경기지표의 개선과 예상을 웃도는 주요 국가의 1/4분기 GDP 성장률 기록으로 단기 급등세를 보이며 6월 중순 배럴당 \$70 선을 돌파하기에 이른다. 하지만 7월 들어 유가는 펀더멘탈 측면의 지지요인 부족과 소비심리의 위축, 실업률 증가라는 경기 악재가 겹치며 약 보름 만에 배럴당 \$10이상 하락하는 급락세를 나타

낸 바 있다. 그러나 7월 이후 OECD 국가의 원유재고는 감소세를 기록하였고 지속적인 달러가치의 하락은 유가를 재반등 시키는 요인으로 작용하여 8월 유가는 배럴당 \$70선을 회복하였다.

3/4분기가 마무리 되어가는 9월, 국제유가는 다시 혼조세를 나타낸다. 경기 조기회복의 가능성을 높이는 소비심리의 개선 등 긍정적인 경기 신호가 발표되면 다음날 실업률과 같이 경기회복의 발목을 잡는 부정적 경기지표가 발표되며 유가 변동성을 확대시키고 있었다. 미 휘발유 성수기 종료에 따른 수요 감소 우려와 미 고용지표의 부진 소식은 유가 하락요인으로 작용한 반면, 미 소매실적의 개선과 미 연방준비제도이사회(FRB)의 경기회복에 대한 낙관적 전망은 유가를 반등 시켰다. 또, 미 금융지원규모의 축소 소식과 이란의 핵개발을 둘러싼 중동 지역의 정정불안요인 대두는 유가 변동의 불확실성을 가중시키는 요인으로 작용하였다.

10월 들어 유가는 올해의 마지막 단기 급등세를 보여주었다. 10월 초 배럴당 \$70선에서 등락을 반복하던 유가는 이달 말 배럴당 \$80를 돌파하면서(WTI 기준) 연내 최고치를 갱신하였다. 10월 유가 급등의 최대 요인은 달러 가치의 추가 하락이었다. 호주 중앙은행이

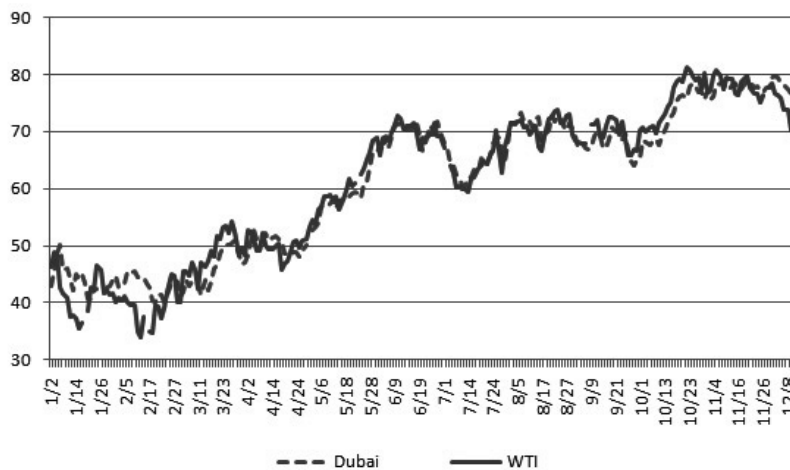
G20 국가 중 처음으로 경제위기 이후 금리 인상정책을 시행한다는 소식이 전해지면서 달러가치의 하락세는 지지되었다. 이에 더해 미 고용지표의 호전과 예상보다 적은 규모의 무역적자 수준은 안전자산에 대한 선호를 약화시키며 달러가치 하락폭을 확대했다. 이에 대해 미 연방준비제도이사회(FRB)의 제로금리 유지 발표는 달러가치를 최근 14개월 만에 최저치로 하락시키는 요인으로 작용하여 달러/유로 환율은 \$1.5/유로를 돌파하

기에 이른다. 달러화 약세가 유지되는 가운데 동절기 석유수요 증가에 대한 기대감 확산은 석유 선물에 대한 투자 증가로 이어졌으며 10월 유가 상승폭은 더욱 확대되었다.

11월 유가는 제조업 부문 및 주택경기 등 실물경제의 회복을 나타낸 일부 경기지표와 달러가치의 약세 지속의 영향으로 배럴당 \$70대 후반을 유지했다. 그러나 좀처럼 개선될 기미를 보이지 않는 미 고용지표와 펀더

[그림 1] 국제유가 변동 추이

(단위: \$/bbl)



〈표 1〉 분기별 원유가격 변동 추이 분석

(단위: \$/bbl)

	2008년	2009년				
	연평균	1/4	2/4	3/4	10월	11월
Dubai	94.29	44.32	59.29	67.83	73.17	77.69
WTI	99.92	43.20	59.70	68.14	75.77	78.06

멘탈 측면의 지지요인 부족은 배럴당 \$80를 넘기에 부담으로 작용하는 모습이었다. 11월 말에 발생한 두바이 발 경기 악재도 예상만큼의 큰 영향을 끼치지는 않았지만 유가 반락요인으로 작용하였다.

12월 초부터 중순까지 유가는 하락세를 나타내고 있다. 예상보다 부진한 겨울철 석유제품 소비 상황과 근 1년간 유지된 달러화 약세 추세가 벗어나려는 움직임을 보이고 있기 때문이다. 달러화의 강세 전환이 일시

적인 현상이라는 전망도 있으나 미 경제의 회복세와 내년도 금리 인상 가능성이 확산됨에 따라 강세 지속의 가능성도 배제할 수 없는 상황이다.

나. 유가변동요인 분석

올해 초 대규모 경기 부양 자금의 투입은 시장내 자금의 유동성을 증가시켰으며 이는 미국의 제로금리 정

〈표 2〉 2009년 월별 석유시장에 영향을 미친 주요 사건

기간	주요 변동요인
1월	· 러시아의 유럽에 대한 천연가스 공급 재개 결정 · 미국의 한파로 인한 난방유 소비 증가 · OPEC의 원유감산 이행에 따른 공급 불안
2월	· 미국 정부의 7,890억 달러규모 경기부양책 · 미국 다우존스 지수(DJI) 12년래 최저치로 하락 · 중국의 구매관리자 지수개선에 따른 중국발 경기 호재 · 미 정유사의 가동률 증가로 인한 원유 소비 증대
3월	· 미국 실업률은 8.1%로 상승, 25년 만에 최고치를 갱신 · 남중국해 상의 중국 선박 미 해군 위협 사건 · OPEC총회를 통한 감산 합의 수준 유지 결정 · 미 연방준비제도가 사회의 국제 매입 계획과 금융 분야에 대한 1조 달러 추가 투입 계획 · 미 원유 재고 15년 만에 최고치를 기록
4월	· G20 정상회의를 통한 대규모 경기부양책 발표 · 제네럴 모터스(GM)의 파산보호 신청 준비 소식 · 미 소비자 신뢰지수 작년 9월 리먼브라더스 사태 이후 최고치 기록 · 미국의 1/4분기 부실대출손실 충당금 약 134억 달러 기록 · 신종인플루엔자 발병에 따른 경기 침체 우려 확산
5월	· 미 주요 19개 금융회사에 대한 재무건전성 평가인 스트레스테스트의 양호한 실적 발표 · US뱅크프 · 캐피털원 · BB&T의 정부 구제금융 상환을 위한 주식 매각 · 나이지리아 반군 세력의 송유관 폭파 사건과 니제르델타 지역 유조선의 통항을 방해 선언 · 미 펜실베이니아 주 및 텍사스 주의 연이은 정제시설 화재 발생 · 무디스, 미국 신용등급 AAA등급으로 평가

〈표 2〉 2009년 월별 석유시장에 영향을 미친 주요 사건

기간	주요 변동요인
6월	· 미국 및 중국의 제조업 관련 지수 호전 · 'BRICS' 4국의 '슈퍼통화' 문제 논의 · G8 재무장관 회담에서의 러시아 대표 미 달러화에 대한 지지를 표명 · 나이지리아 무장세력의 Shell 파이프라인 습격으로 일부 원유생산 시설 가동 중단
7월	· 미 상품선물거래위원회(CFTC)의 선물 시장 투기거래 규제 강화 선언 · 미 연방준비제도이사회(FRB)의 금융위기 지원자금 규모 축소에 따른 경기회복기대 증가 · 예상보다 긍정적인 미국의 2/4분기 GDP성장률 기록 · 다우케미칼, 모토로라, 마스터카드 등 주요 기업의 2/4분기 실적 개선
8월	· JP Morgan의 MBIA 및 피자헛, 타코벨에 대한 투자조건 하향 조정 · 연방준비제도이사회(FRB)의 기준금리 동결을 결정 · 미 대형 소매 업체인 Home Depot와 Target의 예상보다 호전된 실적 발표 · 중국 정부의 신규대출 제한 정책으로 인한 대출 규모 급감
9월	· 중국 정부의 신규대출 제한 정책 · 미 휘발유 소비 성수기 종료에 따른 수요 감소 우려 · 미 기업들의 활발한 M&A소식에 따른 경기회복 기대 증가 · 미 소매 실적 개선과 연방준비제도이사회(FRB)의 낙관적 경기전망 · 연방준비제도이사회(FRB)의 금융 지원규모 축소 · 이란 핵개발 가능성에 따른 중동지역의 정정 불안 증가
10월	· 호주 중앙은행의 금리 인상 정책을 시행 · 주요 기업들의 3/4분기 실적 개선 발표 · 나이지리아 최대 반군단체인MEND의 석유시설 파괴 활동을 재개 선언 · 미 소비지출실적 부진 및 부실대출 증가
11월	· 미 제조업 실적 개선과 건설경기 회복 · 미 실업률 26년 만에 최고치를 갱신 · 미 멕시코만 지역의 태풍 'Ida'로 인한 석유 및 천연가스 생산 차질 우려 · G20회의, 경기부양책 지속에 합의 · 두바이 국영기업인 Dubai World의 모라토리움 선언
12월	· 이란의 영국인 5명 억류 사건 발생에 따른 중동지역 긴장감 고조 · 호주 중앙은행의 3개월 연속 기준 금리 인상 정책 발표 · 중국 제조업관리지수(PMI) 18개월래 최고치 기록 · 미 실업률 10.0%로 전월대비 호전

책 추진에 따른 달러가치 하락과 맞물려 유가에 대한 금융요인의 영향력을 확대 시켰다. 아래의 [그림 2]에

서와 같이 달러화 가치는 2월 이후 전반적인 하락세를 유지 해왔으며 이와 대칭적으로 유가는 꾸준히 상승해

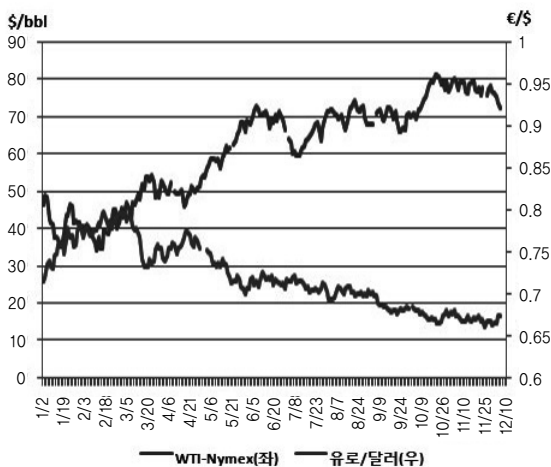
온 모습이다.

경기회복 시점에 대한 관심이 그 어느 때보나 커진 올 한해 동안 유가변동은 경기회복 기대에 따른 증시 변동과도 밀접한 상관관계를 보여 주었다. 특히 3/4분기 주요 기업 실적의 호전과 예상보다 높은 미 GDP 성장률 기록은 증시 상승을 지지하였다. 미 연방준비제도 이사회(FRB)의 경기회복에 대한 낙관적 전망은 증시 상승을 부추겼고 소비심리는 점차 회복되어 경기는 점

심한 가격변동은 투기자본의 유입 가능성을 증대시킨다는 우려가 작용한 것이다. 이에 세계 석유수출 1위를 기록하고 있는 사우디아라비아는 유가 산정 기준을 내년부터 기존 서부텍사스중질유(WTI)지수 대신 아거스고유황원유지수(ASCI)를 활용하기로 결정하였다.

달리가치 하락에 따른 상품시장의 자본유입 증대는 더딘 석유수요의 회복세에도 불구하고 유가 상승을 지지하는 요인으로 작용하였다. 2월 초 유로화 대비 달러

[그림 2] 유로/달러 환율과 유가 변동 추이



[그림 3] 다우존스지수와 유가 변동 추이

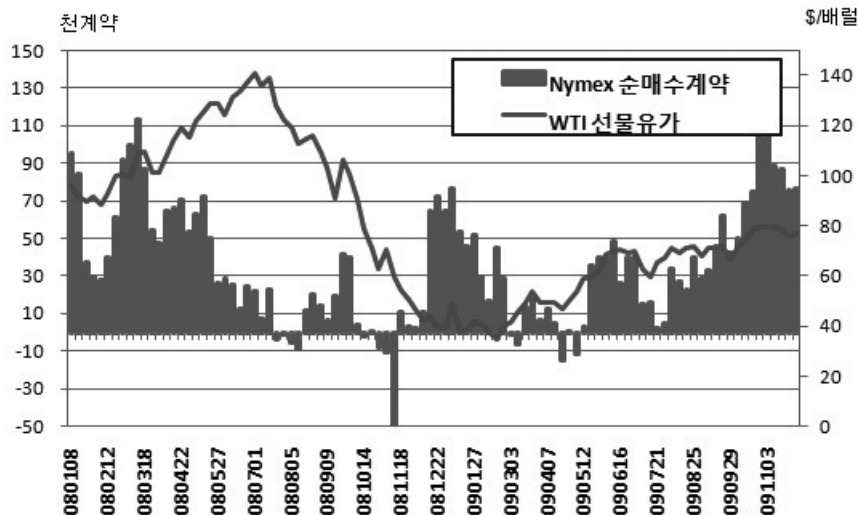


차 확장국면으로 돌아서고 있다.

한편, 올해 달러가치의 지속적인 하락에 따라 국제 석유거래 결제 통화에서 달러의 퇴출 조짐이 발생하기도 하였다. 달러화 퇴출 조짐은 달러가치의 하락으로 최근 WTI 가격이 수급 상황에 따른 세계 원유시장 현실을 제대로 반영하지 못하고 있다는 여론과 WTI의

환율은 1.277€/€에서 12월 초 1.57€/€에 육박하는 수준을 기록, 달러가치는 지난 10개월간 전반적인 하락세를 지속했으며, 금년 2/4분기 이후 석유를 비롯한 주요 상품시장 내 자본유입량은 크게 증가하였다. 상품시장으로의 자본유입 증가는 인플레이션 헤지와 금과 같은 안전자산에 대한 선호 증가로 분석된다.

[그림 4] 뉴욕상거래소(NYMEX)비상업 자금의 석유선물 순매수 계약추이



주: 1계약 = 천 배럴.
자료: Nymex, CFTC

아래의 그래프를 보면 Nymex 비상업 자본의 순매수 계약은 동기간 12,490건에서 76,393건으로 6배 이상 증가하였으며, 10월말 순매수 계약은 약 10만 9천여 건으로 2008년 3월 이래 최고치를 갱신하였다.

대규모 투기자본의 유입은 석유거래 투명성을 저하시키고 석유수급과 가격간의 괴리를 확대시키는 부정적 요인으로 지적되는데, 이에 투기적 요인으로 인한 석유시장의 불확실성을 감소시키기 위해 미 연방거래위원회(FTC)와 상품선물거래위원회(CFTC)는 규제를 마련 중이다. 특히 CFTC는 2008년 투기적 요인으로 인한 유가급등 상황을 경험함에 따라 매도, 매수 포지션 물량 제한 등의 제도를 마련해 불확실성 요인을 제

거하고자 한다.

이러한 불확실성 제거 정책의 하나로 지난 8월 미 상품선물거래위원회(CFTC)와 영 금융감독청(FSA)은 상대국 거래소를 상호 방문하고 감독할 수 있는 공동 합의안을 발표한 바 있다. 이에 따라 CFTC와 FSA는 상대방 국가의 거래소에서 이뤄지는 거래에 대한 집행 및 감사 추적 자료에 직접 접근할 수 있으며, 거래에 대한 규제와 강제조치도 공유하게 되었다.

한편, 완만한 수요의 회복세에도 불구하고 지나치게 높은 재고 수준은 유가 상승의 부담요인으로 작용하고 있다. 일반적으로 동절기를 앞둔 10월경 유가 변동에 가장 먼저 고려되어야 할 것은 계절적 요인이다.

계절적 요인은 크게 동절기 온도가 얼마나 내려갈 것인가, 계절 폭풍 혹은 열대성 폭풍이 발생할 것인가, 겨울을 보내기 위한 북반구지역의 난방유 비축이 충분한가 등의 여부이지만 올해 동절기의 경우 이러한 계절적 요인에 의한 유가 변동은 크지 않을 것으로 전망된다. 그 이유는 첫째, 올해 동절기 기온이 크게 하락한다 하더라도 현재의 높은 재고수준을 크게 줄이는 효과는 없을 것으로 전망되기 때문이며 둘째, 설령 큰 폭의 재고 감소로 유가가 상승세를 나타내더라도 현재 정유사들이 보유한 풍부한 잉여정제능력을 활용해 난방유 생산량 증대가 가능하여 가격상승세를 제한할 것이기 때문이다. 마지막으로, 만일 특정 지역의 날씨가 극심하게 추워짐에 따라 그 지역의 난방유 가격이 일시적으로 상승한다 하더라도 높은 재고 수준은 국가 간 난방유 거래를 유도하여 지역간 가격격차를 해소시킬 것이기 때문이다.

2. 세계 석유수급 동향

가. 석유수요

세계 석유수요는 2008년 1/4분기 이후 하락세를 지속해왔으나 올해 3/4분기 수요는 반등한 것으로 조사되고 있다. IEA의 12월 월간보고서에 따르면 4/4분기 세계 석유수요도 증가세를 이은 85.5백만b/d로 1/4분기 대비 약 1.0백만b/d 증가할 것으로 전망되고 있다. 그러나 4/4분기 석유수요 회복에도 불구하고 전반적인 수요의 부진으로 2009년 세계석유수요는 전년대비 약 1.3백만b/d 감소할 전망이다.

IEA의 발표에 따르면 올해 4/4분기 석유수요와 2010년 석유수요는 비OECD 국가들을 중심으로 크게 증가할 전망이다. 특히, 중국과 중동지역의 석유수요 증가세가 두드러질 전망이다. OECD 국가들 중에는 우리나라를 비롯한 아시아 국가를 중심으로 석유 수요 회복세가 전망된다.

〈표 3〉 세계 석유수요의 변화

(단위: 백만b/d)

	2008년					2009년					전년동기대비 증감	
	1/4	2/4	3/4	4/4	2008	1/4	2/4	3/4	4/4	2009	3/4	4/4
OECD	49.0	47.3	46.6	47.3	47.6	46.6	44.5	44.8	45.7	45.5	-1.8	-1.6
북미	24.8	24.4	23.6	23.9	24.2	23.5	22.9	23.3	23.4	23.3	-0.3	-0.5
태평양	8.9	7.9	7.5	8.0	8.1	8.1	7.3	7.3	7.9	7.7	-0.2	-0.1
비OECD	38.4	38.9	39.2	38.0	38.6	37.9	39.7	40.3	39.5	39.3	1.1	1.5
중국	7.9	8	8.1	7.6	7.9	7.7	8.6	8.8	8.6	8.4	0.7	1.0
중동	6.7	7.1	7.6	7.0	7.1	6.7	7.3	7.8	7.1	7.2	0.2	0.1
세계전체	87.4	86.3	85.8	85.3	86.2	84.5	84.1	85.3	85.5	84.9	-0.5	0.2

자료: IEA Monthly Oil Market Report, 2009년 12월호

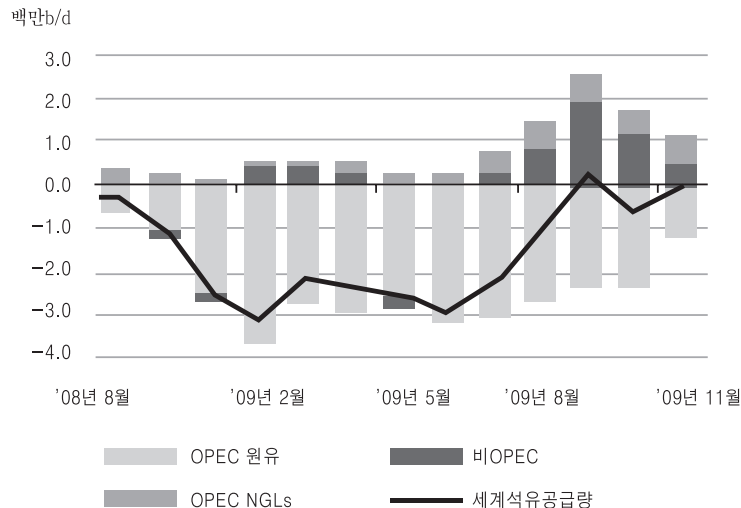
지역별로 살펴보면, 10월 기준 OECD 유럽지역의 석유수요는 납사를 제외한 모든 석유제품 소비가 부진하여 전년동기대비 7.1% 급락한 것으로 조사되었으며, OECD 북미 지역의 석유수요도 전년동기대비 3.7% 하락 하였는데 석유제품 중 LPG, 휘발유, 제트유 및 등유, 잔사유의 소비는 점차 회복세를 나타낸 반면 중간유분의 소비 부진이 여전하여 전체 석유수요가 감소한 것으로 분석된다. 반면, OECD 태평양 지역의 석유소비는 16개월 만에 처음으로 증가세로 돌아섰는데, 특히 납사 및 휘발유, 중간유분 소비의 증가세가 두드러졌다.

한편, 2010년 OECD의 석유수요 전망치는 전월전망치 대비 10만b/d 상향조정 되어 완전한 석유수요의 증가세가 나타날 전망이다 반면, 중국 및 중동을 중심으로 한 비 OECD지역의 석유수요의 증가세는 2010년

세계 석유수요 증가를 주도할 전망이다. 특히 정부의 적극적인 경기부양책이 실효를 보이고 있는 중국과 인도의 영향으로 2009년 및 2010년 비OECD지역 석유수요 전망치는 전월 전망치 대비 2만b/d와 6만b/d씩 각각 상향조정 되었다. 중국의 10월 기준 석유수요는 전년동기대비 13.4% 증가한 것으로 조사되었는데 잔사유를 제외한 모든 석유제품의 소비가 증가한 것으로 분석되었다. 일부에서는 중국의 석유소비 증가가 실질적인 경기성장에 따른 석유수요의 증가 영향뿐만 아니라 국내 제품가격 상승 예측에 따른 비축유 증대의 영향도 있을 것으로 분석하고 있다.

10월 기준 인도의 석유수요도 전년동기대비 8.4% 증가한 것으로 조사되었다. 인도의 경우 대부분의 석유제품의 소비가 모두 두 자리 수 이상의 증가세를 나타내고 있는데 특히, 휘발유 소비는 최근 2년간 차량 대

[그림 5] 세계의 석유공급량 증감(전년동기대비)



자료: IEA Monthly Oil Market Report, 2009년 9월호

수의 급증에 기인하고 있다. 반면, 납사 소비는 23.3% 감소한 것으로 조사되었는데 납사의 소비 분야는 광범위하여 소비량의 조사치가 향후 상향 조정될 가능성이 높다는 점을 감안할 때 인도의 석유수요 증가 폭은 예상보다 클 전망이다.

나. 석유공급

11월 기준 세계 석유생산량은 전월대비 20만b/d 증가한 85.94백만b/d를 기록하였는데 생산 증가의 대부분은 OPEC 지역에서 발생하였다. OPEC의 석유 생산량은 지난 4월 이후 지속적인 증가세를 나타내고 있는데 11월 생산량은 전월대비 13.5만b/d 증가한 29.1백

만b/d로 나이지리아의 휴전 협정체결에 따른 생산량 증대가 주요 원인으로 분석된다. 나이지리아의 석유 생산량은 약 2백만b/d로 근 15개월 만에 최고치를 기록하였으며, 나이지리아 정부는 기존 설비의 복구를 통해 2010년 말까지 약 50만b/d의 추가적인 석유생산이 가능할 것으로 전망하고 있다.

한편, OPEC-11개국의 11월 생산량은 26.6백만b/d로 생산쿼터 보다 약 1.8백만b/d 초과하여 생산함에 따라 감산합의 이행률은 전월보다 2.0%p 떨어진 58%를 기록하였다. 특히, 이란과 앙골라는 OPEC-11개국 중 가장 많은 양을 생산쿼터보다 초과하여 생산함에 따라 감산합의 이행률을 저조하게 만드는 주요 원인으로 지적되고 있다.

〈표 4〉 OPEC 감산합의 이행상황

(단위: 백만b/d)

	원유생산쿼터	감산목표	2009년 11월	
			생산량	이행률
알제리	1.2	0.2	1.24	65%
앙골라	1.52	0.24	1.90	0%
에콰도르	0.43	0.07	0.46	57%
이란	3.34	0.56	3.70	20%
쿠웨이트	2.22	0.37	2.27	91%
리비아	1.47	0.25	1.52	71%
나이지리아	1.67	0.32	1.98	0%
카타르	0.73	0.12	0.77	74%
사우디아라비아	8.05	1.33	8.28	89%
UAE	2.22	0.38	2.27	100%
베네수엘라	1.99	0.36	2.22	41%
OPEC-11	24.84	4.2	26.61	58%

자료: IEA Monthly Oil Market Report, 2009년 12월호

비OPEC의 2009년 석유공급량은 51.3백만b/d로 전월 전망치 대비 12.5만b/d 상향 조정되었는데 미 멕시코 연안의 허리케인 조기 종료와 러시아의 NGL 생산능력 증대에 기인한다. 공식적으로 허리케인 시즌은 11월 30일에 종료되었으며 이는 1997년 이래 가장 빠른 시일 내에 종료된 것이다. 그 피해 규모도 매우 미미해 미 멕시코 연안 생산설비 중, 단 5만b/d만이 생산에 차질을 빚었으며 단시일 내에 생산이 재개 될 수 있었다.

하지만 2010년의 석유 공급량은 전월 전망치 대비 26.5만b/d 하향조정 되었는데 북아메리카 지역의 NGL 생산능력 감소와 미 멕시코 연안지역의 원유 생산 프로젝트 가동시기 지연이 전망되기 때문이다.

러시아의 10월 기준 석유 생산량은 전월보고서 수치 대비 2.5만b/d 증가하였는데 소규모 생산자의 생산량이 예상보다 컸던 것으로 분석된다. 11월의 생산량은 10월과 거의 같은 수준이 될 것으로 전망되는데 Rosneft의 Vankor 광구 개발로 인한 생산량 증대효과가 기타 광구의 생산량 저하로 상쇄될 것으로 분석

된다.

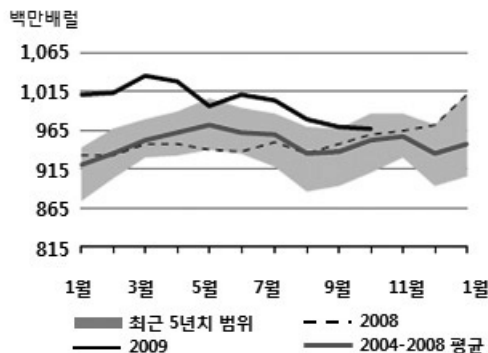
중국의 경우 해상광구의 예상보다 저조한 생산실적과 11월 중순 말해만지역의 강풍 피해에 따른 생산설비 가동중지 요인으로 올해와 내년도 생산량은 각각 3.8백만b/d와 4백만b/d로 하향 조정 되었다.

다. 석유재고

올해 10월의 OECD 지역의 석유재고는 최근 5년의 평균과 달리 전월에 비해 감소한 것으로 조사되었다. 최근 5년 평균 OECD 지역의 10월 석유재고는 전월대비 약 4백만배럴 증가한 반면, 금년의 경우 36백만배럴 감소하였는데 큰 폭의 중간유분 재고 감소에 기인한다. 원유 재고의 경우 유럽지역은 감소세를 나타낸 반면 태평양지역의 재고가 증가하여 감소폭이 축소되었고, 북미지역은 기타 제품 및 휘발유 재고의 감소세가 두드러졌다.

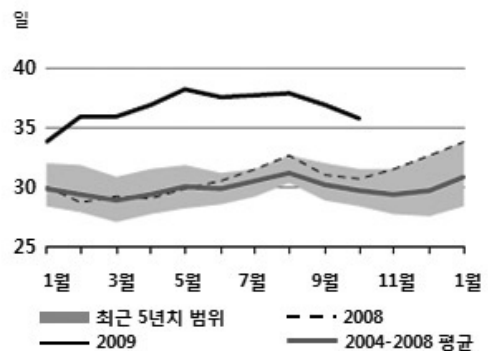
한편, 10월말 기준 OECD 지역의 원유 재고일수는

[그림 6] OECD 원유재고 변동추이



자료: IEA Monthly Oil Market Report, 2009년 12월호

[그림 7] OECD 중간유분 재고일수



59.4일로 전월대비 0.8일 감소하였지만 중간유분의 재고일수는 최근 5년치 평균을 웃도는 수치를 기록하고 있는데, 특징적인 사항은 OECD 지역의 원유 재고가 전반적으로 5년 평균치 재고량 변화와 일치되는 양상을 보이고 있다는 것이다. 특히 북미지역 및 유럽 지역의 원유재고는 예년의 수치와 거의 일치하고 있다.

11월 OECD지역의 석유재고(잠정 수치)는 전월대비 0.4백만배럴 증가한 것으로 분석되었는데 원유재고는 6.6백만배럴 증가하고 석유제품 재고는 6.2백만배럴 감소한 것으로 분석된다.

OECD 북미지역의 10월 산업용 재고는 전월대비 19.6백만배럴 감소하였는데 주로 미국의 중간유분 재고 및 휘발유 재고 감소에 기인하고 있으며 기타제품의 경우에도 큰 폭의 감소세를 나타냈다.

OECD 유럽지역의 석유재고는 15.8백만배럴 감소

하였으며, 특히 원유재고 및 휘발유 재고 감소세가 두드러졌다. 이에 유럽 지역의 원유재고는 최근 5년 평균치의 바닥 수준으로 떨어졌지만 수요의 부진으로 인해 재고일수 기준으로는 아직 높은 수준을 유지하고 있다.

OECD 태평양 지역의 재고는 단 0.5백만배럴 감소하였는데 중간유분 및 기타제품의 재고는 3.4백만배럴 감소한 반면, 원유의 재고가 4.9백만배럴 증가하여 전체 석유재고는 다소 증가하였다. 특히 일본의 원유재고는 전월대비 5.5백만배럴 증가하여 해당지역 원유재고 증가에 가장 큰 기여도를 나타냈으며, 우리나라의 원유재고는 0.6백만배럴 감소한 것으로 집계되었다. 하지만 현재 기준 일본의 원유 재고량은 최근 5년치를 하회하고 있지만 우리나라는 최근 5년내 가장 높은 재고수준을 기록하고 있다.

〈표 5〉 주요기관별 유가전망

(단위: \$/bbl)

기관 (전망시기)	기준 유종	2009년		2010년					비고
		3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	연평균	
에너지경제연구원 ('09. 11.)	Dubai	65.82	71.97	71.56	75.57	73.48	76.88	74.37	기준유가
		69.70	82.32	80.21	83.17	85.65	92.32	85.59	고유가
		62.74	67.89	64.28	65.00	66.33	65.64	65.31	저유가
CGES ('09.12.21)	Brent	68.5	74.8	70.3	67.1	62.6	-	64.9	기준유가
		68.5	75.9	74.9	76.8	79.4	-	79.1	고유가
		68.5	74.8	70.3	66.4	59.5	-	62.2	저유가
CERA ('09.11.20)	Dubai	68.35	75.27	65.97	62.30	64.80	67.13	65.05	기준유가
		68.35	78.50	86.40	87.40	88.40	91.40	88.40	고유가
		68.35	57.50	52.50	48.00	42.50	45.00	47.00	저유가
EIA ('09.12.8)	WTI	68.2	76.9	75.67	78.00	79.67	81.33	78.67	기준유가

3. 향후 시장 전망

2008년에 몰아닥친 금융위기에서 벗어나기 위해 세계 주요국은 2009년 한 해 동안 대규모 경기부양 자금 투입 및 금리인하 등 적극적인 경제회생 정책을 진행해 왔으며, 그에 대한 결실로 최근 경제회복에 대한 신호는 점차 강해지고 있으며 내년도 경제성장률 전망 수치도 상향 조정 되고 있다. 국제통화기금(IMF)은 세계성장률이 올해 -1.1%에서 내년 3.1%로 크게 개선될 것으로 전망하고 있으며, 세계은행도 내년 경제성장률이 2%에 달할 것이라는 긍정적인 전망을 내놓고 있다.

세계 경기에 대한 긍정적 전망은 향후 유가가 상승세를 나타낼 것이라는 데 힘을 싣고 있다. 하지만 2009년 한해동안 뚜렷한 석유수요의 회복세 없이 자본유동성 증가와 달러가치 하락이라는 금융적 요인에 의해 상승세를 기록한 것을 볼 때, 향후 유가 변동의 가장 큰 변수는 미국의 금리인상 시점이 될 것이다.

12월에 들어 근 10개월간 지속된 달러가치의 하락세가 반등하고 있는 것은 미국의 금리 인상 시점이 임박했다는 전망에 기인한다. 그간 달러가치의 하락세 지속은 수년간 기축통화로서 자리잡아온 달러화의 위상을 손상시킨 것이 사실이며, 일각에서는 석유결재 시 달러화의 퇴출 조짐까지 일어난 바 있다. 더욱이 경기회복에 대한 시점이 초미의 관심사였던 2009년 한 해 미 경제에 대한 긍정적인 뉴스는 낙관론을 확산시켜 안전자산인 달러화에 대한 선호를 낮춰왔지만, 12월 들어 미국에 대한 긍정적 소식은 미 연방준비제도이사회(FRB)의 금리인상 정책을 유도할 것이라는 전망으로 달러화 가치가 상승하는 모습을 나타내고 있다.

결국 2010년 미 경제의 회복은 석유수요를 증가시켜 유가 상승유인으로 작용할 뿐 아니라 금리 인상에

따른 달러가치 상승으로 유가를 하락시키는 요인으로 작용할 것이다. 다만, 현재의 높은 재고수준을 고려할 때 펀더멘탈 측면의 유가 상승요인이 금융요인을 얼마나 압도하여 영향력을 행사할지는 미지수이다.

제6권 제4호
에너지 포커스 ENERGY FOCUS

발 행 2009년 12월

발 행 인 방 기 열

편 집 인 임 기 추

발 행 처 에너지경제연구원

우 437-082 경기도 의왕시 내손동 665-1

인 쇄 (주) 정인아이앤디

※파본은 교환해 드립니다.

정가 : 5,000원

ENERGY FOCUS



KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE



ISSN 1739-1342