



ISSN 1739-1342 2008년 가을호

ENERGY FOCUS

에너지 포커스

제5권 제3호 통권29호



2008

가을호

■ 권두칼럼

- 국가에너지기본계획으로 석유이후 시대 대비

■ 이슈진단

- 한국의 자원안보 위험 고조 및 대응방안
- 미래형 자동차 개발방향과 대중화 선결과제

■ 동향초점

- 해외 탄소시장의 동향 및 시사점
- 천연가스시장의 현물가격과 선물가격간의 이질화 현상에 대하여

■ 논단

- 기후변화 대응과 부문별 접근방식
- 화석연료에 의한 사업자 발전 효율지표 평가
- 중국의 풍력산업 육성정책과 시사점
- 미국의 바이오매스 개발목표와 정책

■ 원유시장

- 원유시장 동향



에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE



KOREA ENERGY

ENERGY

ENERGY

에너지포커스

FOCUS

에너지 포커스

2008년 가을호

ECONOMICS INSTITUTE

FOCUS

ENERGY 2008 가을호

FOCUS Contents

권두칼럼

- 국가에너지기본계획으로 석유이후 시대 대비.....3
에너지경제연구원 원장 방 기 열

이슈진단

- 한국의 자원안보 위협 고조 및 대응방안4
대한상공회의소 산업조사팀 연구위원 임 상 수
- 미래형 자동차 개발방향과 대중화 선결과제24
LG경제연구원 선임연구원 양 성 진

동향초점

- 해외 탄소시장의 동향 및 시사점38
에너지경제연구원 책임연구원 김 수 이
- 천연가스시장의 현물가격과 선물가격간의 이질화 현상에 대하여58
한국가스공사 경영연구소 책임연구원 김 효 선

논 단

- 기후변화 대응과 부문별 접근방식: 알루미늄·시멘트·철강산업 중심으로70
에너지경제연구원 책임연구원 정 경 화
- 화석연료에 의한 사업자 발전 효율지표 평가90
에너지경제연구원 연구위원 박 태 식
- 중국의 풍력산업 육성정책과 시사점104
에너지경제연구원 초빙연구원 오 상 면
- 미국의 바이오매스 개발목표와 정책132
한국농촌경제연구원 연구위원 김 연 중 · 강 창 용

원유시장

- 원유시장 동향148
에너지경제연구원 연구위원 이 문 배



권두칼럼

국가에너지기본계획으로 석유이후 시대 대비

에너지경제연구원 원장 / 방 기 열

국가에너지기본계획이 지난 달 27일 국가에너지위원회에서 확정되었다. 이 계획은 국가에너지전략에 관한 최상위 계획인 동시에 다른 에너지계획과 체계적으로 연계하고 거시적 관점에서 조정하는 기본계획으로 미래지향적 에너지정책의 기본방향을 제시하였다.

동 계획에서 추진하고자 하는 주요 과제의 하나는 에너지 저소비를 위한 에너지효율을 46%까지 대폭적으로 개선하는 등의 에너지절약이다. 에너지원단위(energy intensity) 기준으로 에너지소비를 현재의 절반 수준으로 낮추는 계획이다. 이는 현재 수송부문의 에너지소비를 전부 줄이는 것보다 많으며, 지난 15년간 세계에서 원단위가 가장 많이 개선된 독일보다 높은 목표이다.

또한 화석연료 비중을 현재 83%에서 2030년 61%로 크게 줄이고 저탄소·청정에너지 비중을 확대하는 새로운 에너지믹스를 구축하겠다는 정책적 의지를 담고 있다. 신재생에너지 보급목표를 현재 2.4%에서 11%로 확대한 것은 우리의 국토여건, 기술수준, 신재생에너지원의 낮은 경제성을 고려할 때 정부의 강력한 의지가 반영된 것이다. 미국도 2030년 9%의 신재생에너지 보급 전망치를 제시하고 있으며, 신재생에너지 보급목표를 달성하기 위해 그린에너지산업에 대한 투자를 대폭 확대할 전망이다.

원자력의 경우 2030년까지 전체 발전설비 점유비중을 41%로 확대할 계획이다. 이는 기저부하 역할을 하는 최소 수준으로 원자력발전은 발전소 주변지역 지원금, 폐기물 처리비용 등 사회적 비용을 모두 포함해도 석탄, 천연가스, 풍력 등 모든 발전원에 비해 저렴하다. 탄소 배출비용을 고려하면 다른 발전 연료와의 경제성 격차는 더 벌어진다. 신규 원전부지는 기존 부지를 최대한 활용하되, 추가 부지는 주민의 자율의사에 따라 공정·투명한 절차를 거치는 결정이 뒤따라야 할 것이다.

한편, 국가에너지기본계획은 과거와 달리 산업, 수송, 가정·상업·발전부문 등의 에너지 효율 향상을 위한 기본방향을 담고 있다. 상세한 실천계획은 하반기에 수립될 '에너지이용합리화 계획'에 포함될 것이다.

금번 국가에너지기본계획은 저탄소·녹색성장을 위한 패러다임을 설정하고 석유이후 시대를 염두에 둔 장기적인 에너지비전을 제시한 것이다. 저탄소·녹색성장을 위해 그린에너지산업의 육성과 신재생에너지 보급을 확대함과 아울러 더 나아가 전체적인 사회시스템을 바꾸는 노력이 매우 중요하다. 이러한 관점에서 에너지 공급측면 뿐 아니라 소비패턴과 생활양식에 이르기까지 에너지의 합리적 이용을 정착해 나가는 노력이 뒤따라야 할 것이다.

한국의 자원안보 위협 고조 및 대응방안

임 상 수

대한상공회의소 산업조사팀 연구위원



1. 세계 상품시장 가격 급등

미국 발 서브프라임 모기지론 사태에 따른 투자자의 안전자산 선호는 급기야 금융시장의 자금을 상품시장으로 향하게 했으며, 이로 인해 상품 가격은 급상승하였다. 최근 상품 가격은 하락하였으나 여전히 높은 수준을 유지하고 있어 소비자물가를 상승시키는 주범이 되고 있다. 더욱이 이러한 상품 가격의 상승은 신 자원 민족주의를 등장시켰고 이로 인한 자원 전쟁 가능성도 배제할 수 없게 하여 우리나라와 같은 자원 빈국에게는 자원 안보의 위협요인으로 작용하고 있다.

먼저 한국의 수입 원유중 가장 점유율이 높은 Dubai 원유를 기준으로 국제 유가를 살펴보면 우리가 초고유가 시대에 살고 있음을 알 수 있다. Dubai 원유의 연평균 가격은 1997년 배럴당 18.17달러를 기록한 이후 연평균 14.18%씩 꾸준히 증가하여 2007년에는 68.43달러를 기록했으며 2008년에는 100달러가 넘어설 것으로 예상된다. 2008년 4월 월평균 Dubai 가격은 배럴당 103.62달러로 사상 최초로 배럴당 100달러를 넘어섰으며, 이후 지속적으로 상승하여 7월에는 역대 최고 가격인 배럴당 131.31달러를 기록했다. 특히 2008년 7월 4일은 일일 가격으로는 사상최고치인 배럴당 140.7

달러를 기록했다. 이후 전일 대비 증가율은 마이너스를 보이며 하락함에 따라 8월 초중반에는 국제 유가가 100달러 이하로 떨어질 기미를 보였으나 최근 재 상승함에 따라 여전히 강세를 보이고 있다.

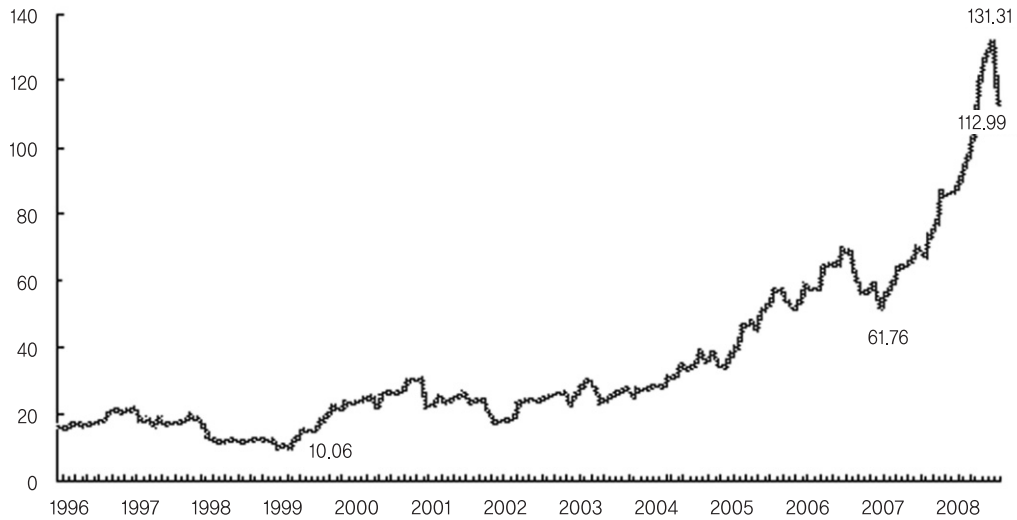
원자재 가격 역시 고공 행진을 하고 있다. 원자재 가격을 가늠케 하는 상품 가격지수는 최근 하락하고 있으나 여전히 높은 수준을 유지하고 있다. 상품 가격지수는 2003년 1월 57이었으나, 2007년 5월 사상 최고인 205.38을 기록했다. 최근 들어 상품 가격지수는 하락하고 있으나 2008년 7월에는 187.96을 기록했고, 8월 역시 100을 넘어 여전히 높은 수준을 보이고 있다.

2. 상품시장 가격 급등 원인

상품시장 가격이 급등한 것은 그동안 초과수요 시장이었던 상품시장에 수요는 급증하는데 반해 공급은 증가가 억제되고 있기 때문이다. 중국, 인도 등과 같은 많은 수의 인구를 보유하고 있는 개발도상국들의 경제성장에 따른 상품 수요 급증과 미국 발 서브프라임 모기지론 사태에 따른 투기자금의 상품 시장으로의 유입 등으로 상품 수요가 급증한데 반해 상품 생산 여력은 감

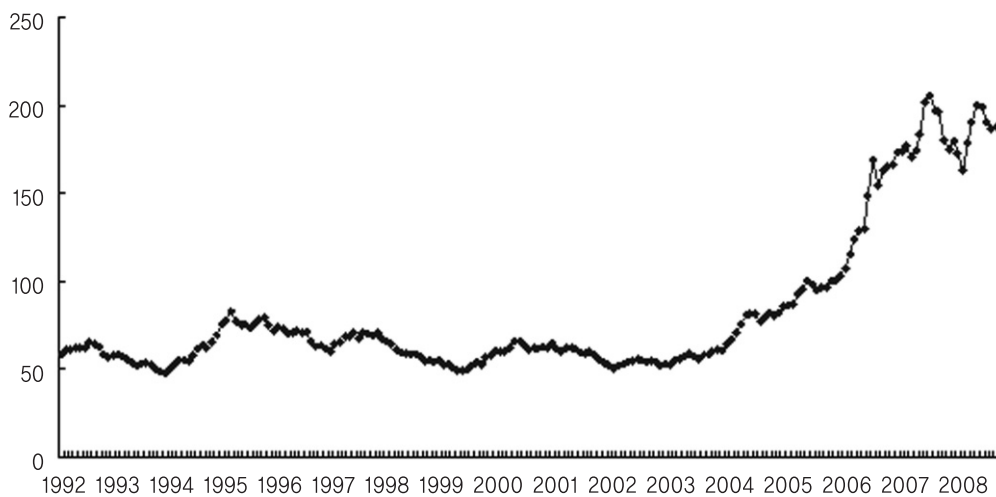
[그림 1] Dubai 원유 월별 가격 추이

(단위 : 달러/배럴)



자료: 석유협회.

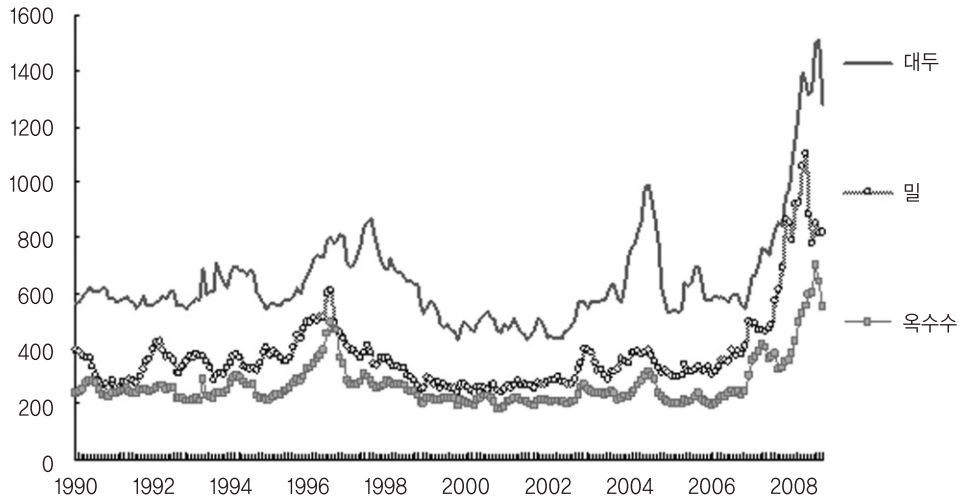
[그림 2] 월별 상품 가격지수 추이(2005~100)



자료: IMF.

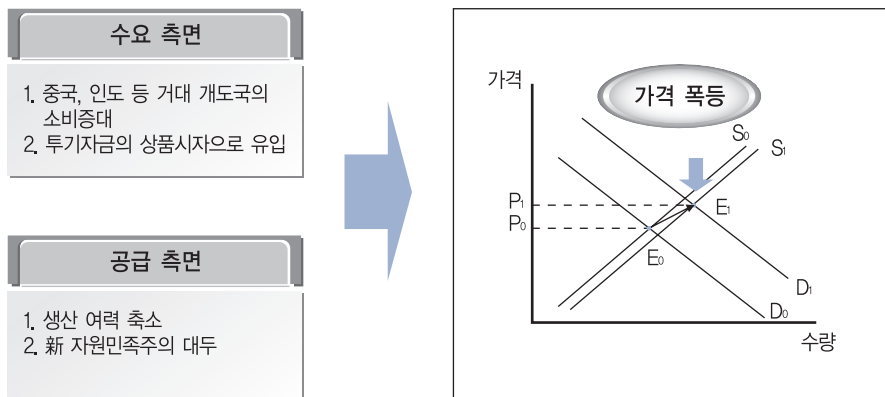
[그림 3] 월별 곡물선물가격 추이

(단위 : 센트/부셸)



주: 시카고상품거래소 가격(CBOT : Chicago Board Of Trade).
자료: 한국경제신문 웹사이트.

[그림 4] 상품시장 가격 급등의 원인



소했고 특히 상품 가격 상승에 따른 신 자원민족주의의 대우로 공급이 증가하는데 방해요소로 작용했기 때문에 상품시장에서의 초과수요는 더욱 확대되어 상품 가격 급등의 원인으로 작용한 것이다.

가. 수요 급증 요인

1) 거대 개도국의 소비 증대

중국, 인도 등 거대 신흥 개발도상국의 경제성장으로 상품에 대한 직접적인 수요가 증가했다. 중국의 경제성장률은 1992년의 14.2%를 정점으로 1999년까지 하락 추세에 있었으나 이후 지속적인 상승세를 기록했다. 인도 역시 경제성장률은 2002년 이후 상승하여 2006년 9.7%로 정점에 달한 후 최근 들어 상승세가 주

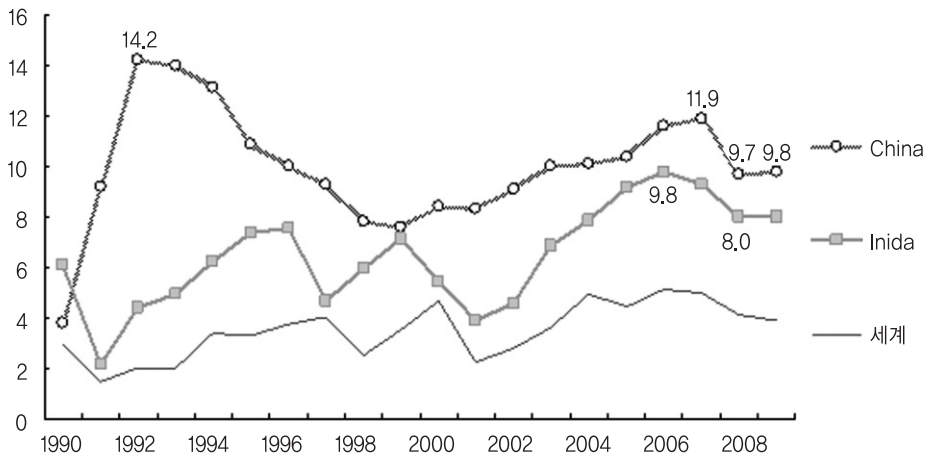
춤하고 있으나 세계 경제성장률에 비해 여전히 높은 수준을 유지하고 있다. 세계 경제 급랭에 따라 중국과 인도의 경제성장률 역시 하락할 것으로 예상되지만, 중국과 인도의 경제성장률은 세계보다 2배 이상 높은 수준을 기록할 것으로 예상된다.

실제로 석유 소비와 곡물 소비를 살펴본 결과 양자 모두 소비가 급증했음을 알 수 있다. 다음은 중국과 인도의 석유 소비 현황을 그래프로 나타낸 것이다.

중국의 석유 소비량은 1996년 일평균 352.2만 배럴이었으나, 2007년 752.1만 배럴로 113.6% 증가하였으며, 세계 전체 소비량에서 차지하는 비중은 1996년 4.9%에서 2007년 8.8%로 3.9%p 상승했다. 인도 역시 석유 소비량은 1996년 일평균 167.6만 배럴이었으나, 2007년 273.6만 배럴로 63.3% 증가하였으며, 세계 전체 소비량에서 차지하는 비중은 1996년 2.3%에 2007

[그림 5] 중국 및 인도의 경제성장률 추이

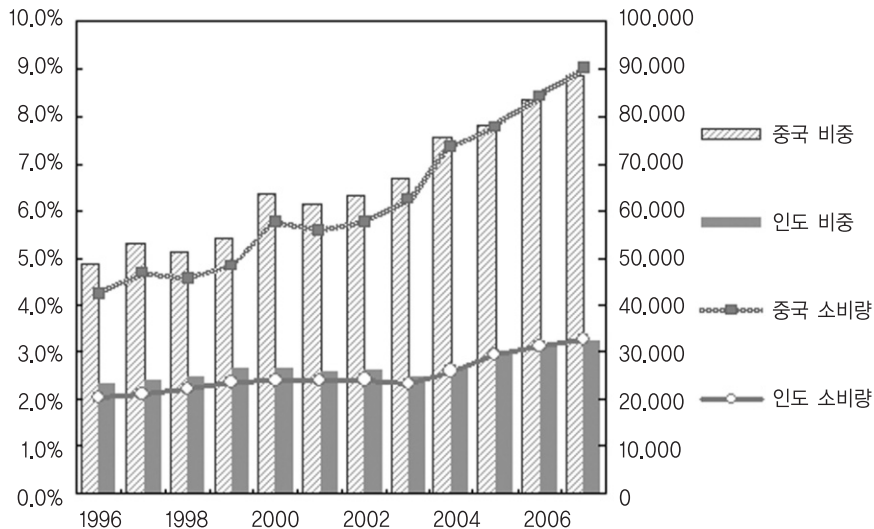
(단위 : %)



자료: IMF.

[그림 6] 중국 및 인도의 석유 소비 현황

(단위 : 1000b/d)



자료 : 한국석유공사 Petronet, 현대경제연구원 재인용.

년에는 0.9%p 상승한 3.2%를 기록했다.

중국, 인도 등 신흥 개발도상국의 경제가 성장함에 따른 식량 수요 급증으로 곡물에 대한 직접적인 수요가 급증하고 있으며 특히 경제성장에 따른 삶의 질 향상으로 육류 수요 역시 증가함에 따라 사료용 곡물 수요가 급증하고 있고 화석연료를 대체하기 위한 바이오 에너지 개발로 인해 바이오 연료용 곡물 수요가 증가하는 등 간접적인 수요 역시 증가하고 있다.

곡물 시장은 공급이 수요 증가를 따라가지 못해 전 세계적으로 초과 수요가 형성되었다. 전반적으로 곡물의 생산량과 소비량은 모두 증가하고 있으나 곡물 시장은 만성적인 초과 수요가 형성되어 있다. 특히 초과 수요량은 지속적으로 증가하여 2006/07년에는 생산량이 19억 5710만 톤, 소비량이 19억 8,390만 톤으로 약

2,680만 톤의 초과 수요가 발생했으며, 이는 세계 곡물에 대한 초과 수요량이 2000/01년의 1.9억 톤보다 약 700만 톤이 증가한 수준이다.

더욱이 세계적으로 바이오 에탄올 생산이 증가하고 있으며, 향후 지속적인 증가세를 나타낼 것으로 예상됨에 따라 바이오 에탄올의 원료가 되는 옥수수, 밀, 보리 등의 곡물 수요가 증가할 것으로 전망된다. 2006년 전 세계 바이오 에탄올 생산량은 118억 8,700만 갤런이었으나 2007년에는 143억 6,700만 갤런 그리고 2015년에는 219만 800만 갤런이 될 것으로 추정된다. 미국의 바이오 에탄올 생산은 2011년을 정점으로 증가를 멈출 것으로 예상되지만, 브라질, 중국, 인도의 생산은 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 이처럼 곡물에 대한 직접적인 수요 증가로 곡물 가격은 급상승하게 된 것이다.

〈표 1〉 곡물 생산량 및 소비량 추이

(단위 : 백만 톤)

	세계		중국		인도	
	생산량	소비량	생산량	소비량	생산량	소비량
2000/01	1,685.6	1,705.4	352.2	377.7	161.2	142.7
2001/02	1,764.7	1,803.4	347.7	394.9	162.8	152.5
2002/03	1,743.0	1,825.8	350.3	401.2	144.5	155.0
2003/04	1,755.4	1,840.9	330.2	402.3	153.4	153.6
2004/05	1,958.1	1,908.2	365.0	403.5	155.3	153.6
2005/06	1,956.8	1,959.5	379.6	410.5	160.4	155.1
2006/07 추정치	1,957.1	1,983.9	393.7	417.4	162.7	160.3

주 : 곡물 생산량 및 소비량은 밀, 옥수수, 대두, 쌀의 생산량과 소비량의 합계를 나타냄.

자료 : USDA, World Agricultural Supply and Demand Estimates, 각 년도, 현대경제연구원 재인용.

〈표 2〉 세계 각국의 바이오 에탄올 생산 현황과 전망

(단위 : 백만 Gallons)

구 분	미국	브라질	중국	EU	인도	계
2006년	4,692	4,763	1,083	864	486	11,887
2007년	6,910	4,977	1,090	905	485	14,367
2008년	9,522	5,153	1,108	972	498	17,252
2009년	11,190	5,386	1,125	1,031	507	19,239
2010년	11,870	5,652	1,135	1,094	513	20,263
2011년	11,958	5,922	1,146	1,157	520	20,703
2012년	11,875	6,201	1,157	1,218	528	20,979
2013년	11,751	6,495	1,170	1,278	536	21,230
2014년	11,639	6,812	1,183	1,338	547	21,519
2015년	11,602	7,153	1,198	1,398	557	21,908
2016년	11,602	7,524	1,214	1,458	569	22,367

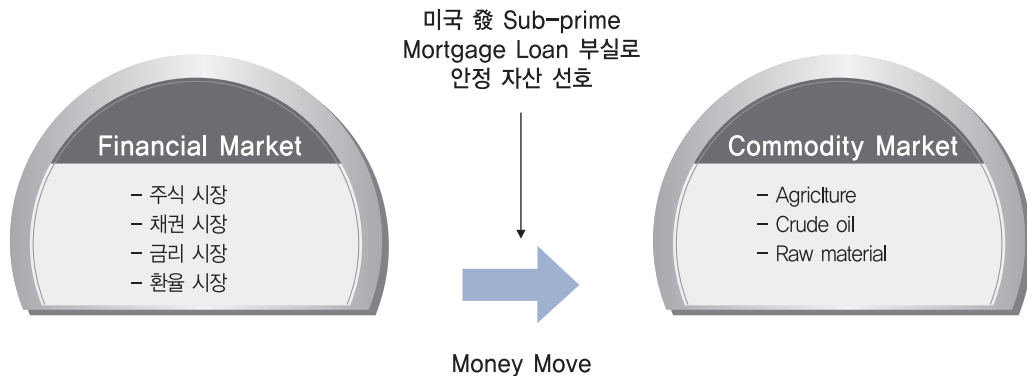
자료 : FAPRI(Food and Agricultural Policy Research Institute), 현대경제연구원 재인용.

2) 투기 수요 요인

미국 발 서브프라임 론 부실 사태로 그동안 많은 수익을 창출시켰던 금융시장이 투자 메리트를 잃었고, 특히 금융 위험이 가중되고 있어 투자자들은 안전하면서도 수익을 창출할 수 있는 시장으로 눈을 돌리기 시작

했다. 상품시장은 이러한 투자자들의 욕구를 충족시키는 새로운 투자처로 인식되었으며, 이는 상품은 소유할 수 있어 안전 자산으로써의 역할을 하며, 특히 상품시장의 초과수요로 가격이 상승함에 따라 이익을 창출이 가능했기 때문이다. 이로 인해 상당수의 투기 자금이 상품시장으로 유입되었고, 상품 가격은 더욱 급상승하

[그림 7] 상품시장의 투기 자금 유입 메커니즘



게 되었다.

원유 시장에서도 금융시장으로부터의 투기 자금 유입은 원유 가격 급상승의 요인으로 작용했다. NYMEX(New York Mercantile Exchange, 뉴욕상업거래소)의 비상업용 WTI(West Texas Intermediate, 서부텍사스 중질유) 선물 시장에서의 순매수세가 지속되었고, 더욱이 2006년 5월 11만 4,422건에서 2006년 12월 39,105건으로 급감했던 순매수 계약 건수가 2008년 5월 20일에는 12만 6,514건을 기록하는 등 원유선물시장에 대한 투기 수요가 지속적으로 증가하고 있다.¹⁾

곡물 선물 시장의 순매입세는 최근 줄어들었으나, 올 상반기까지 상품 가격을 상승시키는 요인으로 작용할 만큼 규모가 컸다. 시카고상품거래소 밀 선물 거래 시장의 경우, 2007년 6월 5일 순매도에서 순매입(14,071건)으로 전환되었으며, 이후 순매입세가 지속되고 있다. 시카고상품거래소 옥수수 선물 시장 역시 순

매입 건수가 2007년 12월 300,000건을 넘는 이후 2008년 7월까지 지속되었다. 시카고상품거래소 대두 선물 시장의 순매입은 2006년 10월 17일 11,027건이 발생했으며, 이후 순매입세가 지속되어 2008년 2월 19일에는 152,746건으로 2006년 10월 17일 대비 무려 13.9배나 증가했다.

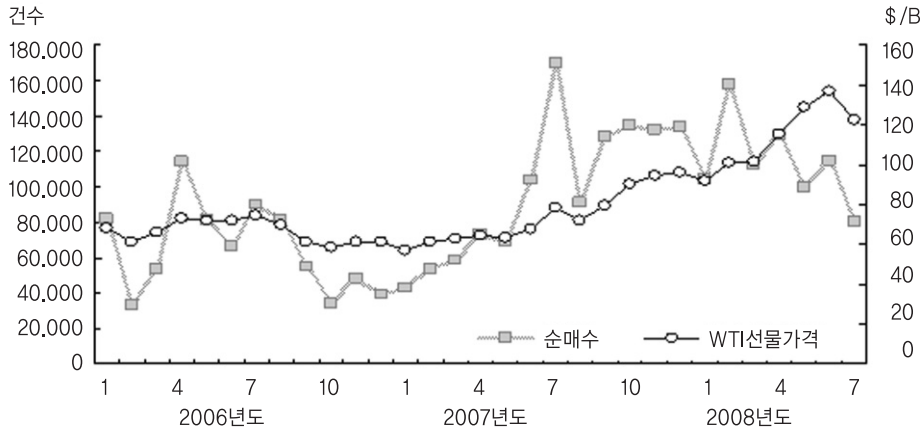
나. 공급 증가 억제 요인

1) 생산 여력 감소

원유 시장의 경우 주요 산유국들의 생산 여력 감소에 의해 공급 능력 역시 저하되어 국제 유가 상승 요인으로 작용하고 있다. 최근 OPEC 국가들의 원유 생산 여력이 상승세를 보이고 있으나, 2007년에 비해 여전히 낮은 수준을 유지하고 있다. 최근 OPEC 국가들의 원유 생산 여력을 보면 2007년 2월 하루 402만 배럴

1) NYMEX 시장의 순매수 포지션 월별 자료는 마지막 주 화요일 기준이며, 주별 자료는 매주 화요일 기준임. 특히 1건 당 계약 규모는 1,000배럴임.

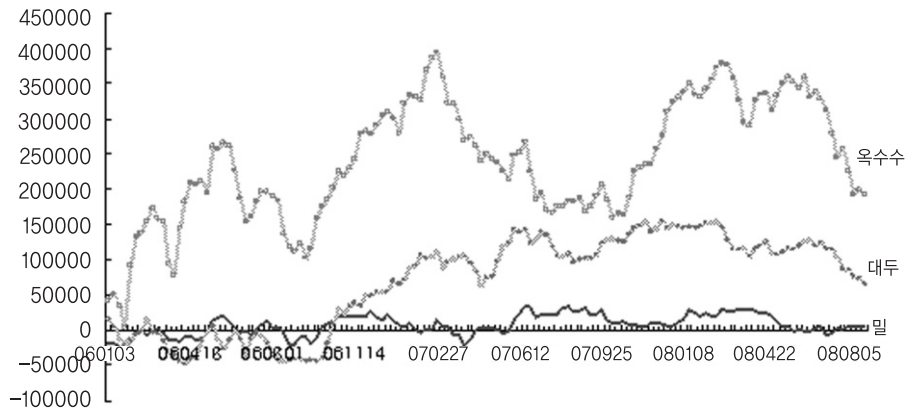
[그림 8] NYMEX 선물시장의 순매수 초지선 및 WTI 선물 가격 추이



자료 : 한국석유공사 석유정보센터, 「NYMEX 선물시장의 순매수 포지션」, 2008년 8월 3주.

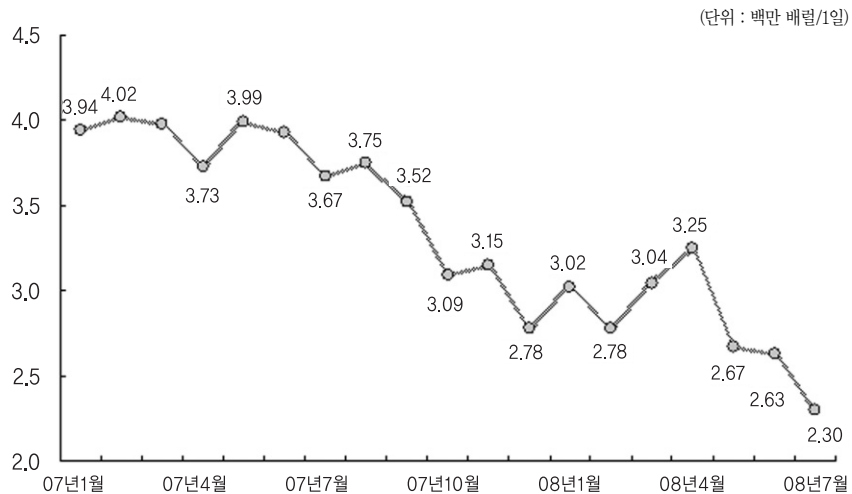
[그림 9] 주요 곡물 선물 시장 자금 순유입 추이

(단위 : 전 계약 건수)



자료 : CFTC(Commodity Futures Trading Commission; 미국 상품선물거래위원회), 현대경제연구원 재인용.

[그림 10] OPEC 회원국들이 생산 여력 추이



자료 : IEA, Oil Market Report, 각 년도.

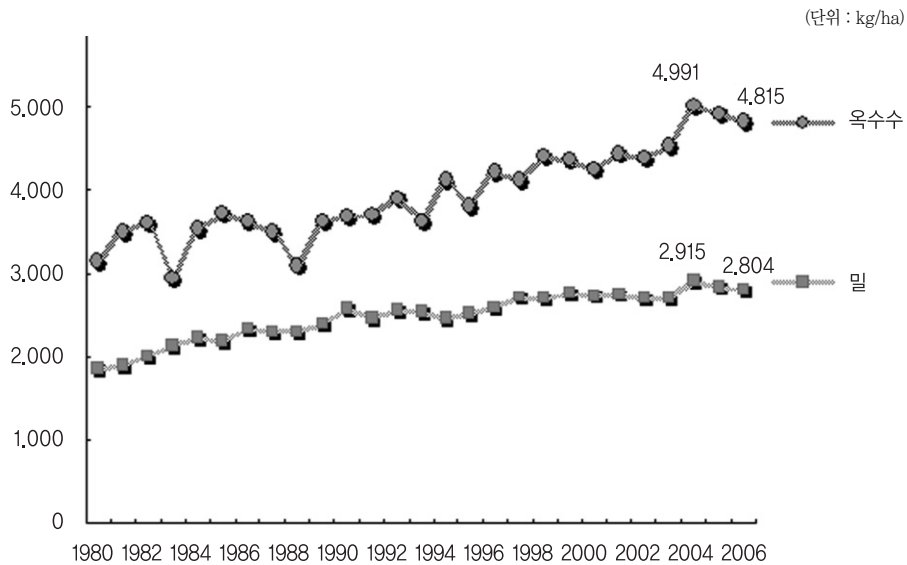
에서 2008년 7월에는 230만 배럴로 약 42.8% 감소하였다. 특히, 미국 에너지성의 전망에 따르면 세계 원유 생산 여력은 2010년 하루 250만 배럴로 급감할 전망이며, 2015년에는 290만 배럴 정도에 그칠 것으로 예상되고 있다.²⁾

또한 지구온난화에 따른 기상 이변에 따른 작황 부진과 곡물 재배면적 감소로 곡물 공급의 증가가 억제되고 있다. 먼저 작황을 판단할 수 있게 하는 단수가 최근 들어 감소했다. 실제로 옥수수의 단수는 2004년 ha당 4,991kg이었으나, 2005년과 2006년에는 각각 4,900kg과 4,815kg으로 감소했다. 밀의 단수 역시 2004년 ha당 2,915kg에서 2005년과 2006년에는 각각 2,839kg과 2,804kg으로 감소했다.

2002년 이후 2005년까지 증가하던 세계 곡물 재배면적 역시 2006년 감소함에 따라 이후 생산 여력이 감소하고 있다. 전반적으로 쌀, 밀, 대두, 옥수수의 재배면적을 합한 세계 곡물 재배면적은 2002년 이후 2005년까지 증가했으나 2006년 감소했다. 세계 쌀 재배면적은 1994년 1억 4,729만 ha에서 1999년 1억 5,690만 ha까지, 2003년 1억 4,814만 ha에서 2005년 1억 5,448만 ha로 증가했으나, 2006년 1억 5,432만 ha로 감소했다. 밀 재배면적 역시 2001년(2억 1,383만 ha)부터 2003년(2억 782만 ha)까지 감소한 이후 2005년(2억 2,144만 ha)까지 증가세에 있었으나 2006년 2억 1,610만 ha로 감소했다. 대두 재배면적은 1997년 6,694만 ha에서 2004년 9,058만 ha로 증가세에 있었

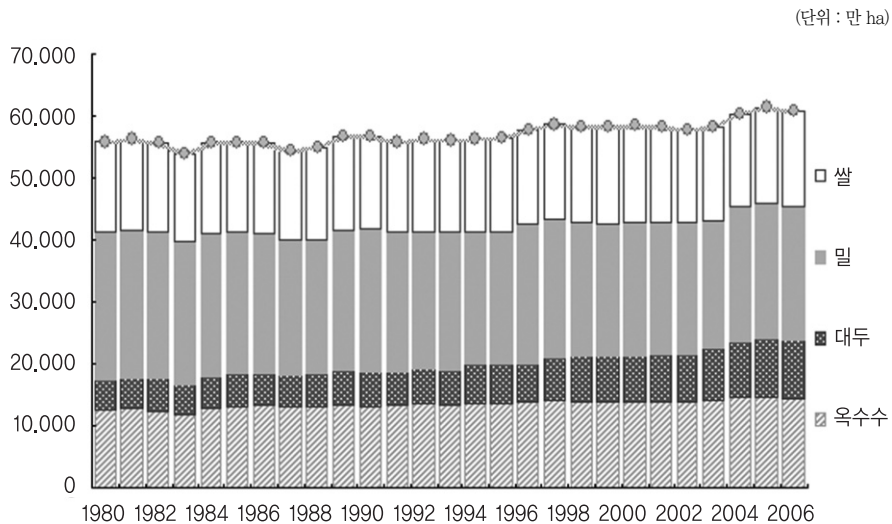
2) U.S. Department of Energy, International Energy Outlook 2005, July 2005. 현대경제연구원 재인용.

[그림 11] 옥수수 및 밀의 단위 추이



자료 : FAOSTAT.

[그림 12] 주요 곡물의 면적 추이



자료 : FAOSTAT.

으나 2005년과 2006년 감소했다. 옥수수 재배면적은 1997년 1억 4,215만 ha에서 지속적으로 감소하여 2002년에는 1억 3,836만 ha를 기록한 이후 2005년까지 증가세에 있었으나 2006년(1억 4,438만 ha) 감소했다.

2) 자원민족주의의 강화³⁾

최근 들어 자원을 무기로 삼는 자원민족주의가 강화되면서 의도적으로 자원 공급에 제약을 가함으로써 가격을 인상시켜 부를 축적하고 있다.

자원민족주의는 선진국의 경제적 종속에서 벗어나기 위해 자원을 무기로 민족의 이익을 최우선으로 하는 기조를 의미한다. 중남미에서 대두된 자원 민족주의는 이후 중동 지역의 산유국으로 확산되었으며, 1960년대 UN에서 천연자원 항구주권을 의제로 확정함에 따라 자원 민족주의는 더욱 발전하여, 자원을 가진 국가를 중심으로 석유수출기구(OPEC : Organization of the Petroleum Exporting Countries), 구리수출국정부간 협의회(CIPEC : Council of Copper Exporting Countries), 중 남 미 에 너 지 기 구 (OLADE : Organizacion Latinoamericana De Energia)등과 같은 카르텔을 형성했다.

자원민족주의는 원유를 무기로 사용했던 1,2차 석유 파동 이후 오히려 원유가 급등에 따른 세계 원유 소비량 감소로 약화되기 시작했다. 그러나 2000년대 초반까지 퇴조를 보이던 자원민족주의는 원유 및 원자재 가격 급등에 따라 재 대두하기 시작했으며, 이전과의 구분을 위해 이를 新 자원 민족주의라 칭하고 있다. 과

거 자원 민족주의가 선진국으로부터 경제적 독립을 원하는 개도국의 입장을 반영한 것이라면, 新 자원 민족주의는 국부를 축적하기 위한 수단으로 원유 및 원자재 자원을 무기로 활용한다는 측면에서 우리나라와 같은 자원 빈국에게 위협으로 작용하고 있다. 新 자원 민족주의는 남미와 러시아를 중심으로 원유의 국유화 형태로 이루어지고 있다. 베네수엘라는 종전 다국적 기업 소유의 유전 사업에 대해 계약을 변경하여 정부가 60% 이상을 소유하는 합작사업 방식으로 국유화하며, 세울 및 로열티를 인상했고, 볼리비아는 2006년 5월 1일 외국 석유회사들의 석유 소유권을 180일 이내에 볼리비아 국영석유회사에 이전하도록 했다. 또한 에콰도르는 2006년 4월 석유회사들 수익의 50%를 세금으로 부과하는 법안을 의회에서 가결했고, 아르헨티나는 2004년 10월 국영에너지회사를 설립해 석유의 탐사 및 정제를 총괄하는 권한을 부여했다. 러시아 역시 2003년 러시아 최대 석유회사 Yukos를 해체하고 자회사인 Yuganskneftegaz를 국영 석유회사 Rosneft에 매각하는 등 석유 산업의 국유화를 추진했다.

이와 같은 新 자원 민족주의는 철강 원료를 무기화하는 원자재 자원민족주의⁴⁾로 확산되고 있으며 식량을 전략적 무기로 활용하는 곡물 자원 민족주의로까지 확산되고 있는 등 자원을 보유한 국가들을 중심으로 강화되고 있는 분위기다.

3. 한국의 자원안보 현황

자원 확보 경쟁이 치열해짐에 따라 자원 보유국을

3) 신원섭·박용진(2007), “최근 자원 민족주의의 재확산과 향후 전망” 참조.

4) 윤현순·한기호(2006), “자원 민족주의 재 확산에 따른 파급 영향”, 포스코경영연구소와 한국경제신문, 2008년 3월 2일자 내용 인용.

중심으로 新 자원민족주의는 더욱 강화될 것이며, 이로 인해 자원 전쟁 특히 식량 전쟁 가능성이 고조되고 있다. 이 때문에 우리나라와 같이 자원에 있어 약소국의 경우 자원안보에 위기가 올 가능성이 크다.

가. 세계 전쟁 발발 가능성

新 자원민족주의의 확산은 전 세계적으로 강대국을 중심으로 한 자원 확보 경쟁을 더욱 치열하게 만들었다.⁵⁾ 미국의 경우, 70년대 이후 에너지 부족 국가로 전환되면서, 에너지 위기에 대응한 국가 주도 장기 전략을 수립했으며 해외 유전 개발에 적극 참여하고 있다. 부시 대통령 취임 이후 국가에너지 정책발전위원회를 창립했으며, 수소에너지 상용화를 위한 정책 등을 마련하고 있다. 또한 중동, 카스피해, 아프리카 등 미개발지역에 대한 해외 유전 개발에 적극 참여하고 있다. 중국 역시 경제발전에 따른 에너지 소비 급증으로 1993년 이후 원유 수출국에서 수입국으로 전환되었으며, 이에 따라 에너지 확보가 최우선 과제로 부상했다. 2005년 5월 국가 에너지 기구를 설립했으며, 후진타오 국가 주석은 자원 부족들을 방문하여 자원 외교를 강화하기 위한 노력을 하고 있다. 또한 2006년 나이지리아 심해 유전 지분 45%와 2005년 카자흐스탄 석유회사를 인수했으며, 카스피해, 아프리카, 남미 등 16개국에서 유전 지분 및 석유 개발권 확보를 위해 지속적으로 노력하고 있다. 일본은 한국과 함께 자원 빈국에 속하지만, 해외 자원 개발 및 경제 원조를 활용한 자원 외교를 통해 자원을 확보하고자 노력하고 있다. 북해 유전, 뉴벡

시코, 호주 등 세계 30여개 국에서 에너지 개발에 참여하고 있으며, 러시아, 남미 등 자원 부국에 대한 경제 원조를 통해 자원 외교를 강화하고 있다. 유럽 역시 해외 자원 개발로 에너지 자급률⁶⁾을 50% 이상 달성했으며, 정부는 에너지 기업에 대해 적극적인 지원을 아끼지 않고 있다.

이처럼 선진국을 중심으로 한 자원 확보 경쟁이 치열하고 또한 원유, 원자재, 식량 가격 폭등세 지속에 따라 자원 부유국들의 자원 민족주의 강화 가능성이 높아 자원 전쟁 가능성 역시 고조되고 있다.

과거 자원민족주의는 공급자에 의해 조장된 것이라면, 新 자원민족주의는 상품시장의 초과 수요에 의해 기인한 것이라는 점에서 지속 가능 가능성이 상당히 높다고 할 수 있다. 원유에서 출발한 자원민족주의가 원자재, 곡물로 확산됨에 따라 시장 경제를 중시하는 現 세계 경제 시스템에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 크다. 특히 최근 新 자원민족주의는 과거처럼 공급을 축소함에 의해 대두된 것이 아니라 시장에서 결정된 초과 수요에 기인했다는 점에서 지속 가능성이 크다는 점이 큰 문제이다. 이처럼 新 자원민족주의는 향후에도 지속될 것으로 전망되며, 이로 인해 자원 전쟁 발발 가능성을 배제할 수는 없다. 자원민족주의의 확산으로 자원 역시 정치적 무기로 이용될 경우, 자원 가격 급등은 물가 급등으로 이어지고 이는 저소득 국가들의 경제를 붕괴시키는 역할을 할 가능성이 크다. 또한 경제가 붕괴된 빈민 국가들을 중심으로 폭동이 일어날 것이며, 이러한 폭동은 여타 주변 국가들로 번져 전 세계적으로 국가 안보가 위협을 받을 가능성이 있다. 1998년 외환

5) 박형일·이영진(2006), “세계 에너지·자원 현황 및 최근 동향”, 산업은행 내용 인용.

6) 자급률은 1년 동안 소비된 자원의 양을 국내에서 생산된 양으로 나눈 값을 백분율로 나타낸 것으로 자급률이 높을수록 안정적으로 자원을 공급할 수 있음을 의미함.

위기에서도 알 수 있듯이 한 국가의 경제 파탄은 국내에 국한되지 않고 전 세계적으로 전염된다는 점을 감안할 경우 자원민족주의는 빈민국들을 중심으로 생존권 확보를 위한 전쟁으로 이어질 가능성이 크다. 특히 식량은 사람의 생존과 직접적으로 관련되어 있어, 자원 중에서도 식량 자원의 확보가 여의치 않을 경우, 저소득 식량 수입 국가들의 경우 기아 지대 확대에 따른 폭동이 야기될 가능성이 있으며, 이러한 폭동이 확대될 경우 국가 간 식량 전쟁이 발발할 가능성을 배제할 수 없다. IMF(International Monetary Fund)에 따르면 식량 가격 상승은 베냉과 니제르 같은 아프리카 빈국들과 방글라데시와 중국 같은 거대 인구 보유국들 등 아시아의 여러 나라 특히 가난한 나라일수록 식량이 소비 지출에서 차지하는 비중이 크기 때문에 식량 위기 가능성이 크다. 또한 예산 제약에 따라 식량 자원을 줄이거나 수혜자를 축소하는 등 WFP(World Food Plan)의 식량 자원 제한 조치가 취해질 가능성이 있어, 식량 위기 가능성을 부추기고 있다.

나. 한국의 자원안보 현황

자원 가격이 급등하고 있음에도 불구하고, 한국의 광물 자급률은 여전히 낮고 광물을 제외한 자원 자급률은 OECD 국가 중 26위로 하위 수준을 기록하고 있다.

1) 에너지 자원안보 현황

최근 에너지 수입 의존도는 정점에 달했던 1997년에 비해 다소 하락했으나 여전히 높은 수준을 유지하고 있으며, 특히 원유에 대한 수입 의존도는 2007년 기준으로 OECD 국가 중 5위를 기록하고 있다. 한국의 에너지 수입의존도는 1991년 91%였으나, 이후 지속적으

로 증가하여 1997년 97.6%로 사상 최고치를 기록했다. 이후 소폭 하락하여 2003년 이후 96.7% 전후의 일정 수준을 유지하고 있다. OECD 30개 국가들에 대한 원유 수입 의존도를 비교한 결과, 한국은 2007년 현재 99%로 5위를 기록했다.

또한 OECD의 원유 순수입 국가들 중 2000년 수입 의존도에서 2007년 수입의존도의 차를 비교한 결과 한국은 0.3%p 하락하여 일본의 0.6%p 하락에 이은 11번째로 수입의존도가 하락한 국가로 나타났다. 슬로바키아는 원유에 대한 수입의존도가 2000년 95.3%에서 2007년에는 84.8%로 10.4%p 하락하여 수입의존도가 가장 크게 하락한 국가로 기록되었다. OECD 국가 중 2007년 기준 원유 소비 비중이 가장 큰 국가는 미국으로 42.6%를 기록했으며, 일본이 10.2%로 2위를 기록했다. 2007년 기준으로 OECD 국가들에 대한 원유 수입의존도를 산출한 결과, 노르웨이, 멕시코, 덴마크, 캐나다의 4개국이 원유를 자급하고 있는 국가들로 나타났다. 노르웨이의 원유에 대한 자급률은 1,050.7%로 OECD 국가들 중 가장 높았으며, 멕시코가 171.2%로 2위, 덴마크 161.7%로 3위, 캐나다 143%로 4위의 순을 기록했다. 한국은 1%에도 미치지 못하는 0.95%를 기록했으며, 이는 그리스의 0.97%에 이은 27위 수준이다. 반면 일본은 2.61%를 기록하여 20위를 기록했으며, 독일의 자급률은 무려 6%로 17위를 기록했다. 아이슬란드와 룩셈부르크의 2007년도 데이터가 존재하지 않아 원유 자급률 순위에서 제외되었다.

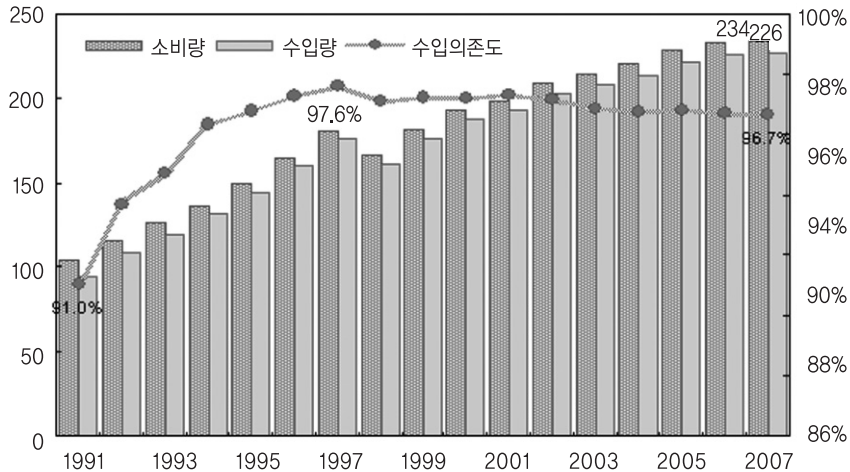
또한 2007년 기준 한국의 원유 자급률은 1%로 OECD 국가 중 26위를 기록했다.

2) 광물 자원안보 현황

최근 들어 한국의 광물 자급률이 급격히 하락하고

[그림 13] 에너지 수입의존도 추이

(단위 : 백만 TOE, %)



주 : 에너지 수입 의존도 = 수입량 / 소비량

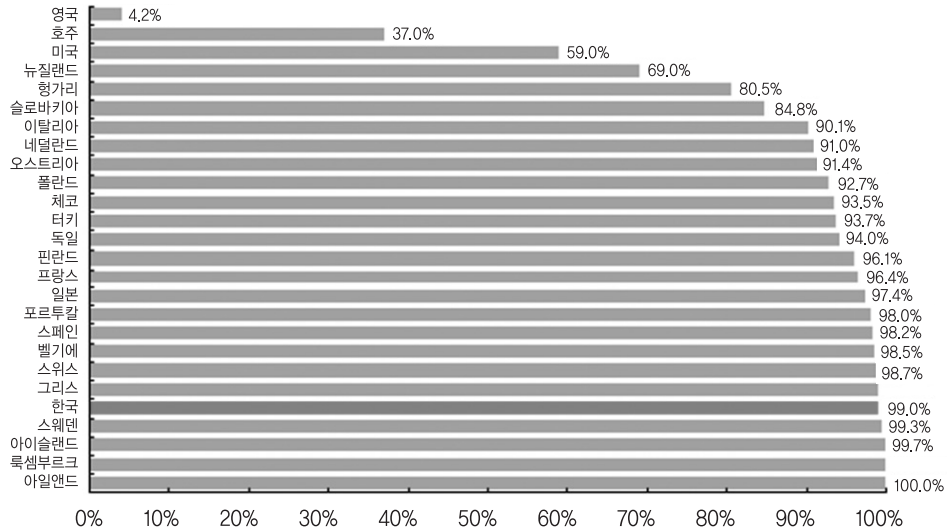
자료 : 에너지경제연구원 통계DB.

있다. 광물 자급률은 국내 생산을 소비로 나눈 것을 의미한다. 비금속광의 자급률은 2004년 84.3%로 정점에 달했다가 최근 하락하여 2007년에는 72.8% 수준을 기록했다. 반면 금속광의 자급률은 1983년 16.4%였으나 이후 지속적으로 하락하여 2001년 0.21%까지 하락하였다가 최근 서서히 상승하고 있으나 2007년 1.1%를 기록하여 여전히 낮은 수준을 기록하고 있다. 광물 전체의 자급률은 1996년까지 30%대의 수준을 유지했으나 1997년 이후 하락하여 2006년에는 최저치인 10.2%를 기록했으며 2007년 역시 10.4%로 낮은 수준을 기록하고 있다. 또한 한국의 대표적인 수입 광물인 철광의 경우 2001년 자급률은 0.05%였으나 이후 서서히 상승하여 2007년에는 0.61%를 기록했으나 여전히 낮은 수준을 기록하고 있다.

3) 곡물 자원안보 현황

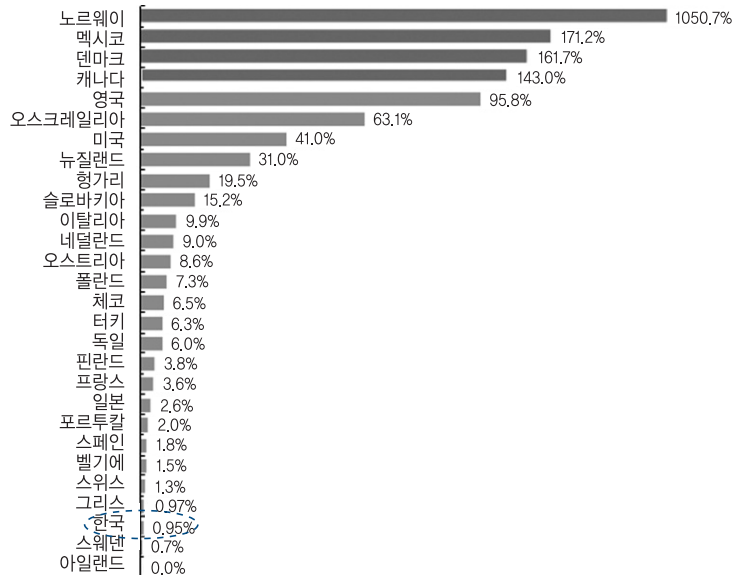
2003년 기준 한국의 곡물 자급률은 OECD 국가 중 26위를 기록했으며, 쌀을 제외한 밀, 옥수수, 콩 등의 자급률 역시 낮은 수준을 기록했다. 쌀을 제외한 밀, 옥수수, 콩의 자급률이 낮은 수준을 기록하고 있으며, 특히 옥수수와 콩의 자급률은 과거에 비해 하락하였다. 태풍 매미와 루사의 피해가 있었던 2003년과 2004년을 제외하고 2000년 이후 쌀은 국내 생산으로 자급할 수 있는 수준을 기록하고 있다. 반면 밀의 경우 이른바 '우리밀 살리기 운동'으로 소곡물의 자급률을 상승시켰지만, 밀의 자급률은 여전히 낮은 수준인 1% 미만을 기록하고 있다. 옥수수의 자급률은 1993년 1.4%로 낮은 수준이었지만, 이후 더욱 하락하여 2005년에는 0.9%를 기록했다. 1993년 콩의 자급률은 13.8%를 기록했지만, 이후 하락하여 2000년에는 6.4%, 그리고 2001년부터 2004년까지는 7%대를 기록했으며 2005년에는 9.7%를 기록했지만 여전히 낮은 수준을 유지하고 있다.

[그림 14] 2007년도 OECD 국가별 원유 수입 의존도



자료 : EIA, "international Energy Annual, Short Term Energy Outlook".

[그림 15] 2007년도 OECD 국가별 원유 자급률

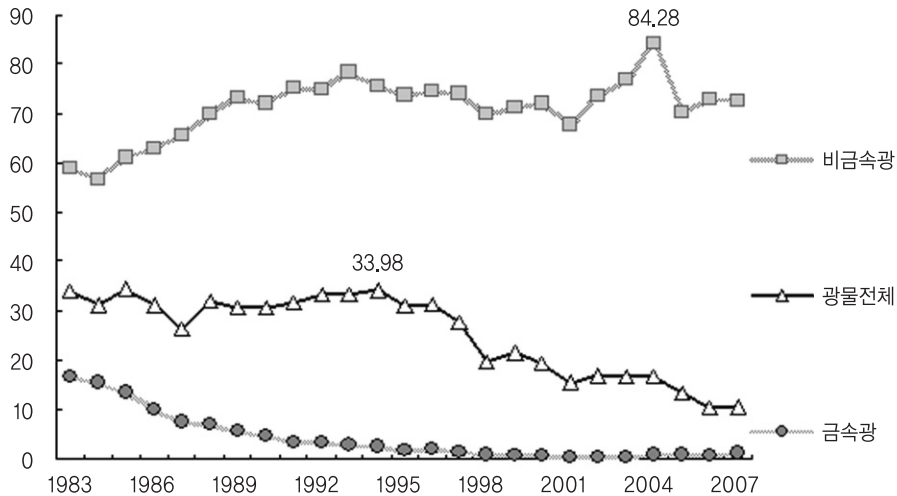


자료 : EIA, "international Energy Annual, Short Term Energy Outlook", 현대경제연구원 산출.

주 : 원유 자급률 = 생산량/소비량.

[그림 16] 한국 광물 자급률 추이

(단위 : %)



자료 : 한국지질자원연구원, 광산물 수급현황 각 년도.

주 : 광물 자급도 = 생산량/소비량.

한국의 곡물 자급 능력을 살펴보기 위해 생산량을 소비량으로 나눈 곡물 자급률을 산출했다. 소비량은 생산량에서 순수출량과 재고변동분의 합을 뺀 실질 국내 소비량을 개념을 적용했다. 곡물은 밀, 쌀(정곡 기준), 보리, 옥수수, 호밀, 귀리, 기장, 수수 등을 포함하며, 룩셈부르크의 데이터 부재로 OECD 국가 중 29개국의 곡물 자급률을 산출했다. 2003년 기준 한국의 곡물 자급률은 25.3%로 OECD 국가 중 하위 수준인 26위를 기록했다. 프랑스, 체코, 헝가리, 독일, 슬로바키아, 스웨덴, 오스트리아, 영국, 미국, 캐나다, 핀란드, 덴마크, 폴란드 등 13개국의 곡물 자급률은 100% 이상을 기록해 곡물에 있어 자급을 하고 있는 것으로 나타났다.

다. 한국의 자원위기 가능성

유가 및 원자재 가격이 지속적으로 상승할 경우 경

제성장이 둔화될 가능성이 크며, 또한 지속적인 곡물 가격 급등은 식량 안보를 위협할 수 있다.

유가 및 원자재 가격이 지속적으로 상승할 경우, 소비자 물가 상승 및 무역수지 악화, 기업 채산성 악화 등과 같은 요인으로 경제성장은 둔화될 가능성이 크다. 이러한 경제성장 둔화로 외환 보유고가 넉넉지 않은 상황에서 지속적인 자원 가격 급등은 자원의 안정적인 확보가 어려워져 전기 및 교통 등과 공공재 성격이 강한 재화의 대란이 발생할 가능성이 크다.

또한 세계적으로 거대 재해의 피해가 빈번하며 특히 피해 규모가 크에 따라 자원 수급이 불안정하다는 점 역시 우리나라와 같이 자원에 대한 대외 의존도가 높은 국가에게 있어 자원 안보를 위협하는 요인으로 작용한다. 기상이변 발생 건수에 비해 피해액이 급증하고 있는 것은 재해의 강도가 최근 들어 커지고 있음을 보여준다. Munich Re⁷⁾에 따르면 1990년대 이후 2005년까

〈표 3〉 한국의 곡물 자급률 추이

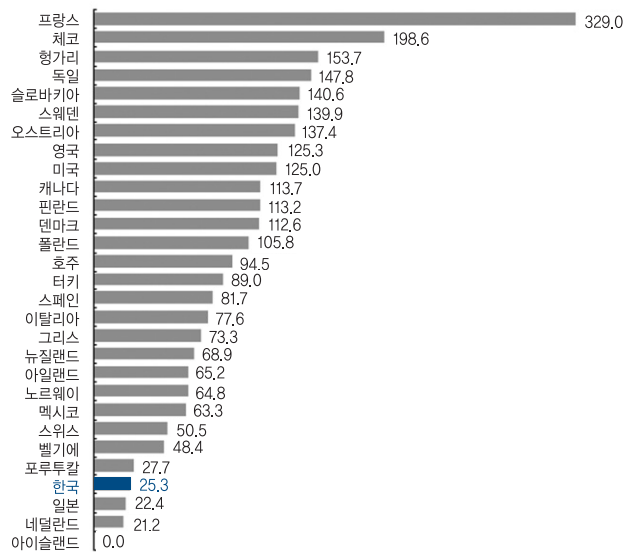
(단위 : %)

년도	쌀	밀	옥수수	콩
1993	96.1	0.0	1.4	13.8
1994	87.8	0.0	1.4	12.6
1995	91.1	0.0	1.1	9.9
1996	89.9	0.0	0.0	9.9
1997	105.0	0.0	0.0	8.6
1998	104.5	0.1	1.1	9.4
1999	96.6	0.1	1.0	9.1
2000	102.9	0.1	0.9	6.4
2001	102.7	0.1	0.8	7.7
2002	107.0	0.2	0.7	7.3
2003	97.4	0.3	0.8	7.3
2004	96.5	0.4	0.8	7.1
2005	101.7	0.2	0.9	9.7

자료 : 통계청 DB.

[그림 17] 2003년도 OECD 국가별 곡물 자급률

(단위 : %)



자료 : FAO, Food Balance Sheet, 현대경제연구원 산출.

주 : 곡물 자급률 = 생산량/소비량, 소비량=생산량-순수출량-재고변동분.

지의 기상재해 연평균 발생 건수는 7.3건으로 1950년대의 2.1건에 비해 3.5배 증가하였다. 반면 기상재해로 인한 연평균 피해액은 1950년대 48.1억 달러에서 1990년대 이후 최근 까지 690.6억 달러로 14.4배 증가했다. 최근 들어 중국의 폭설, 중국 쓰촨성 대지진, 미 안마의 싸이클론 등과 같은 거대 재해로 인해 곡물 가격이 상승이 하락하지 않았던 것은 이와 같은 사실을 잘 반영해준다. 또한 사료용 곡물 가격 급등과 조류독감 등과 같은 가축 전염병으로 인한 돼지고기, 소고기, 닭고기 가격의 상승 역시 쌀 소비량을 증가시켜 쌀 역시 부족할 가능성이 있다. 이처럼 우리나라는 곡물 및 육류에 대한 자급률이 낮기 때문에 거대 재해, 가축 전염병 등과 같은 다양한 외부 요인에 의해 곡물 가격 및

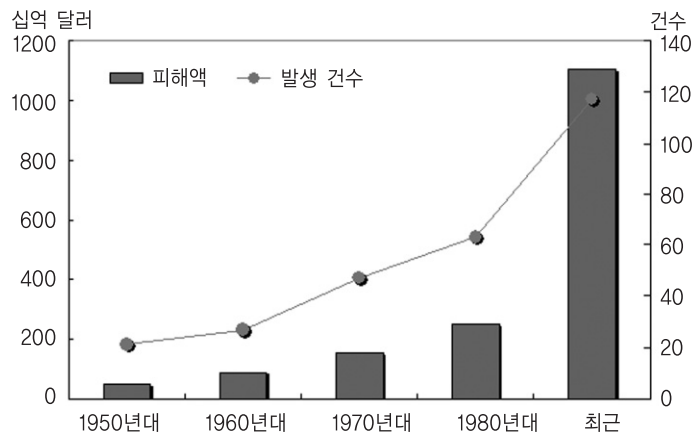
사료용 곡물 가격이 폭등할 경우 식료품 가격 및 육류 가격 폭등으로 이어져 쌀에 대한 수요가 급증하여 한국 역시 식량 위기가 도래할 가능성이 있다.

4. 대응방안

자원 빈국에 속하는 우리나라가 자원안보 위협을 최소화하기 위해서는 자원의 안정적인 수급이 중요하며, 이를 위해 자원에 대한 안정적 공급 뿐만 아니라 자원의 효율성을 높임으로써 수요를 최소화할 수 있는 정책 마련이 시급하다.

먼저 정부 차원의 대응방안을 제시하고자 한다. 정

[그림 18] 기상재해 발생 건수 및 피해액



자료 : Munich Re, Topics Geo Annual Review : Natural catastrophes 2005.

7) Munich Re, Topics Geo Annual Review : Natural catastrophes 2005.

부는 에너지 다변화를 위한 정책을 마련하고 대체 에너지 개발을 위한 투자를 확대하며 식량 위기에 대비한 정책을 시급히 마련해야 할 것이다.

첫째, 에너지 다변화를 위해 해외 유전을 적극 개발하고, 전력 생산에 있어 원자력 비중을 늘리며, 대체 에너지 개발을 위한 투자를 확대해야 한다. 중동, 아프리카, 남미 등의 자원 보유국에 대한 ODA 강화 등을 통한 자원 외교를 강화하여 에너지 공급처를 다변화함으로써 원유를 국제 유가보다 저렴한 가격으로 또는 안정적으로 국내로 유입할 수 있도록 노력해야 할 것이다. 또한 고유가의 지속이 예상됨에 따라 대체 에너지 개발에 대한 중요성 역시 부각되고 있으므로, 단순히 임기응변식의 개발이 아닌 장기적 차원에서 대체 에너지 개발 전략을 수립하는 것 역시 중요하다. 전력을 생산하는데 있어 가장 경제적인 에너지원인 원자력 비중을 늘리고, 화석 연료 이외의 다양한 에너지원을 개발함으로써 고유가에 따른 전력 생산 비용을 절감해야 할 것이다. 특히 원자력의 경우, 국민의 불안이 큰 만큼 국민을 안심시킬 수 있는 대책 마련이 선행되어야 한다. 예를 들어 행정수도인 세종에 원자력 발전소를 건설함으로써 국민의 원자력의 안전하다는 국민의 공감대를 유도하는 노력 등이 필요할 것이다. 또한 대체 에너지 기술 개발 인력 양성 프로그램을 정부의 기관을 통해 수행하고, 기술뿐만 아니라 에너지 시장을 전반적으로 이해하여 미래의 에너지 시장을 예측할 수 있는 전문 인력을 양성하는 것 역시 시급히 수행되어야 할 것이다.

둘째, 에너지 효율성을 높여 에너지 소비의 증가 폭을 낮추고, '쥬 에너지 산업'으로 전환을 유도해야 한다. 우리나라는 석유의 대외 의존도가 거의 100%에 이를 정도로 원유를 전량 수입하기 때문에 휘발유 소비를 줄이기 위해 자동차의 연비를 상승시키는 규제를 엄격

하게 해야 할 것이다. 또한 기업이 에너지 효율을 높이기 위해 시설을 도입하거나 기술을 개발하는 등의 노력을 유도하기 위해 세금 감면 등의 인센티브를 도입해야 할 것이다. 이처럼 에너지 효율성을 향상시키기 위해 규제나 인센티브를 정책을 조화롭게 마련해야 한다. 특히 자원 가격 급등은 자원을 많이 소비하는 제조업의 경쟁력을 취약하게 만들기 때문에, 고부가가치의 서비스 산업 이른바 '쥬 에너지 산업'으로의 산업 구조를 전환시키기 위한 대책을 마련해야 할 것이다.

셋째, 해외 플랜테이션 개발 및 농업에 대한 보조금 확대로 식량의 안정적인 공급이 가능할 수 있는 대응 방안을 마련해야 할 것이다. 그동안 중단되었던 해외 플랜테이션 개발을 전면적으로 재검토함으로써 곡물 및 육류의 안정적 공급이 가능하도록 대규모 해외 플랜테이션 개발에 대한 전략을 마련하고, 세계 각지의 대규모 플랜테이션에 대한 투자를 확대 하는 등의 노력을 해야 할 것이다. 또한 농업이 단순히 경제성 및 형평성 논리가 아닌 식량 안보 등과 같은 농업의 다원적 기능을 지니고 있어 중요하다는 점을 인지하여 WTO에서 예외로 허용하고 있는 농업에 대한 보조금 제도를 적극 활용함으로써 농업의 국제 경쟁력을 제고시켜야 할 것이다.

다음으로 기업은 고유가에 따른 생산비 증가 압력을 줄이고, 자원에 대한 헤지 및 투자를 활성화하며 고유가를 사업 기회로 활용하여 기업의 수익원을 다양화해야 할 것이다.

첫째, 생산비 증가 압력 해소를 위해 에너지 효율성을 제고시킬 수 있는 생산 설비 및 R&D에 대한 투자를 확대해야 한다. 고유가는 기업의 생산비를 증가시킴으로써 채산성을 악화시키는 요인으로 작용하고, 또한 기후 협약으로 온실가스 배출량을 감축해야 하기 때문에

기업은 에너지 효율성을 높임으로써 에너지 투입량을 최소화하기 위한 노력을 해야 할 것이다.

둘째, 상품 선물 전문가를 양성하여 선물 시장을 적극 활용함으로써 자원에 대한 헤지 및 투자를 활성화해야 한다. 그동안 자원은 제품 및 에너지를 생산하는데 있어 원료로 여겨졌으나, 상품 가격의 폭등과 자원 민족주의의 대두는 자원에 대한 견해를 투자의 대상으로 바꾸어 놓았다. 상품 선물 시장을 단순히 헤지 차원이 아닌 투자의 대상으로 판단하여 일정 수준의 금액에 대해서는 투자를 통해 수익을 창출하는 수단으로 활용해야 할 것이다.

셋째, 고유가를 사업 기회로 활용하여 기업의 수익원을 다양화해야 한다. 고유가의 위험은 에너지 효율성을 제고하는 사업 및 대체 에너지 개발 사업에 대한 기회로 작용할 수 있으므로 이에 대한 연구를 활발히 함으로써 새로운 수익원 창출의 기회로 적극 활용해야 할 것이다.

〈 참고문헌 〉

- 박형일, 이영진 「세계 에너지 자원 현황 및 최근 동향」, 산업은행, 2006
- 신원섭, 박용진 「최근 자원 민족주의의 재확산과 향후 전망」, 2007
- 윤현순, 한기호 「자원 민족주의 재 확산에 따른 파급 영향」, 포스코경영연구소, 2007
- 이부형 「식량안보체제 확립이 시급하다」, 현대경제연구원, 2008.3
- 임상수 「신 자원민족주의의 확산과 한국의 자원 안보 현황」, 현대경제연구원, 2008.7
- 임상수 「휘발유 가격 안정, 교통세 인하로 충분인가」, 현대경제연구원, 2008.2
- 임상수 「기후경제학의 대두와 대응 방안」, 현대경제연구원, 2008.1
- 에너지경제연구원 통계DB
- 통계청 DB
- 한국경제신문 웹사이트
- 한국석유공사 석유정보센터
- 한국지질자원연구원, 광산물 수급현황 각 년도
- EIA, "International Energy Annual, Short Term Energy Outlook",
- IEA, "Oil Market Report" 각 년도.
- Munich Re, "Topics Geo Annual Review : Natural catastrophes", 2005
- U.S. Department of Energy, "International Energy Outlook 2005", 2005.7
- CFTC
- FAO, Food Balance Sheet.
- FAOSTAT.
- FAPR
- IMF
- USDA, World Agricultural Supply and Demand Estimates.

미래형 자동차 개발방향과 대중화 선결과제

양 성 진

LG경제연구원 선임연구원



공상과학영화에나 나오던 미래 자동차가 현실이 되고 있다. 배럴당 100달러가 넘는 고유가가 지속되고, 각국의 환경 규제도 강화되고 있다. 유가는 당분간 현재 수준을 유지할 것으로 전망되며, 교토의정서 발효에 따라 유럽, 일본 등은 좀더 적극적으로 환경 규제를 강화하고 나섰다. 이러한 환경의 변화로 자동차 회사들은 지속적 성장을 위협받고 있다. 이에 대응하기 위해 자동차 회사들은 고연비, 친환경 자동차 개발에 박차를 가하고 있다. 우선 경량화, 부품 변경을 통한 기존 내연기관 체제에서의 에너지 효율 향상에 힘쓰고 있다. 그러나 이것만으로는 연비 개선에 한계가 있기 때문에 궁극적으로는 화석연료에서 벗어나야 한다. 그래서 전기자동차와 수소자동차가 주목을 받고 있다. 하지만 자동차 회사는 대안을 제시할 뿐 메인스트림을 바꿀 수는 없다.

메인스트림을 바꾸는 것은 소비자다. 미래 자동차들에 대해 소비자들은 크게 경제성, 안전성, 사용 편의성 세 가지의 관점에서 문제를 지적하고 있다. 때문에 이 문제가 모두 해결되어야만 미래 자동차는 대중화될 수 있을 것이다. 미래 자동차가 대중화되기 위해서는 공급자 측면이 아닌, 소비자 측면에서의 기술 혁신이 절실하다.

1. 들어가며

1984년 개봉한 영화 ‘백 투 더 퓨처(Back to the Future)’에 나오는 타임머신형 자동차 ‘드로리언(DeLorean)’과 얼마 전 개봉한 영화 ‘아이언맨(Iron Man)’에 나온 주인공 토미 스타크의 은빛 자동차 ‘테슬라 로드스터(Tesla Roadster)’의 공통점은 무엇일까? 20년의 시차가 존재하는 영화에 등장하는 자동차들이지만, 공통점이 있다. 필자가 주목하는 이들의 공통점은 화석연료에 의해 작동하는 자동차가 아니라는 점이다. ‘드로리언’은 과거로 갈 때는 플루토늄을, 현재로 돌아올 때는 쓰레기를 연료로 사용하고, ‘로드스터’는 전기를 연료로 쓴다. 물론 ‘아이언맨’에서는 전기로 간다는 얘기가 나오지 않지만, 테슬라 로드스터를 자세히 들여다보면 배기구가 없다는 사실을 발견할 수 있다.

이처럼 영화에서 나오는 자동차들이 영화 스크린을 벗어나 현실로 뛰쳐나오려는 움직임이 보이고 있다. 유가 급등과 환경 규제 강화가 자동차와 자동차산업의 변화를 불가피하게 만들고 있는 것이다. 본고에서는 외부 환경 변화에 따른 미래 자동차의 모습과 미래 자동차가

[그림 1] '드로리언(왼쪽)' 과 '테슬라 로드스터(오른쪽)'



대중화되는데 필요한 선결과제들에 대해 살펴보도록 하겠다.

2. 자동차산업의 환경 변화

가. 고유가 지속 전망

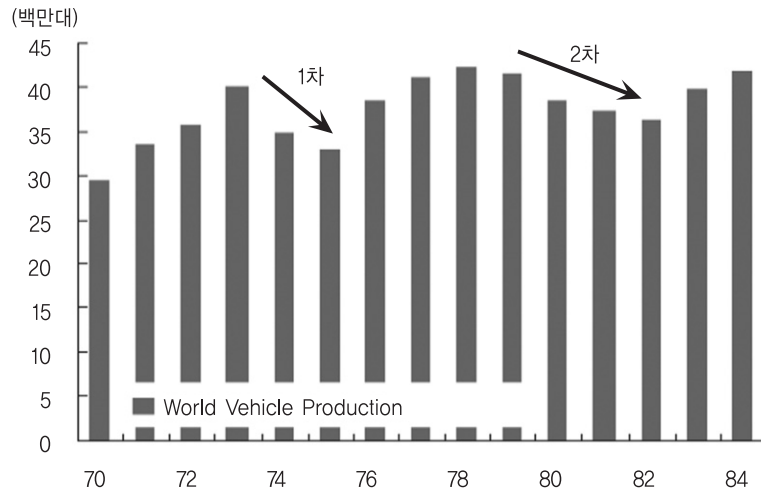
유가가 오랫동안 심리적 저항선으로 여겨져 온 배럴당 100달러를 넘어선 지 오래다. 유가 급등의 근본적인 원인은 공급이 늘어나는 수요를 감당하지 못하는 상황이라 할 수 있으며, 당분간 타이트한 수급은 쉽게 해소되지 않을 전망이다. 국제에너지기구(IEA)는 2013년까지 이러한 타이트한 상황이 지속될 것이라 전망했고, 골드만삭스와 알리안츠에서는 2년 내 배럴당 200달러에 육박할 것이라는 예측을 내놓았다. 반면 리먼브라더

스는 경기 침체에 따른 원유 수요 감소와 투기 자본 이탈로 국제 유가가 배럴당 83달러까지 떨어질 것이라고 내다 봤다. 국제 유가에 대한 전망이 엇갈리는 가운데 많은 전문가들은 중동과 아프리카의 지정학적 변수나 허리케인 같은 자연 재해 등에 따라 유가가 150달러를 넘어 200달러에 육박할 수 있는 가능성이 존재한다고 보고 있다.

유가 상승이 자동차 판매량에 직접적인 영향을 준다고 단언할 수는 없다. 하지만 실제로 오일쇼크가 있었던 1974~75년과 1979~82년에는 세계 자동차 수요가 뚜렷한 감소세를 나타냈다. 유가가 30~40% 급등한 올 상반기에 전세계 자동차 수요의 20%를 차지하는 미국의 자동차 판매량은 738만대로 전년 동기에 비해 10.1% 감소했다.

승용차의 판매량은 전년 수준을 유지했으나, 연비가 좋지 않은 경트럭 차량 판매가 전년 대비 18.5% 감소

[그림 2] 세계 자동차 판매 추이



자료 : Automotive News

하면서 시장 위축을 주도했다. 반면에 도요타의 하이브리드 자동차 프리우스(Prius)는 6개월~1년을 기다려야 구입할 수 있을 정도로 주문이 폭주하고 있다. 프리우스는 2007년에 누적 판매 대수 중 절반인 40만대 이상이 판매되었다. 올해 판매량은 주문량으로 미루어 볼 때 50만대를 상회할 것으로 예상된다. 이는 유가의 영향으로 소비자들이 연비가 좋은 차로 눈을 돌리고 있다는 증거다. 현재와 같은 수준의 유가가 지속된다면 경트럭은 물론이고, 연비가 좋지 않은 중대형 승용차의 수요도 급감할 것으로 전망된다.

나. 환경 규제 강화

연비 및 CO₂ 배출 기준 등과 관련한 환경 규제의 강화 역시 자동차 산업의 변화의 촉매제로 작용할 것으로 예상된다. 2005년 교토의정서가 발효됨에 따라 선진국들은 올해부터 CO₂ 의무 감축이 시작되었다. 이에 따라 전세계 석유 사용량의 50%를 차지하는 자동차 산업이 갈수록 막대한 영향을 받을 것으로 예상된다.

교토의정서 발효에 따라 규제를 받게 되는 유럽과 일본은 CO₂ 감축을 위한 환경 규제 강화를 강화하고 있다. EU는 2012년까지 CO₂ 배출량을 130g/km으로

규제할 계획인데, 이는 연비 기준으로 19.1km/L에 해당한다. 많은 유럽의 자동차 회사들은 2020년까지는 100g/km(25.5km/L)로 기준이 강화될 것으로 예상하고 있다. 일본은 2015년까지 연비를 2004년 대비 20% 개선하도록 의무화하는 방안을 발표했다. 승용차의 경우 연비를 18km/L로 끌어올릴 계획이다. 자국 산업 보호를 위해 2001년 교토의정서 탈퇴를 강행했던 미국 조차 도로교통안전국(NHTSA · National Highway Traffic Safety Association)에서는 지난 4월 22일 CAFE(Corporate Average Fuel Economy)라는 연비 기준을 제시했다. 이는 2007년 12월 미 의회에서 제정한 법률에 구체적인 기준이 제시된 것을 의미한다. 이 법안에 따라 2010년까지 승용차는 15.3km/L, 경트럭은 12.2km/L, 2020년에는 평균 14.9km/L를 달성해야 한다. 현재의 10.6km/L에서 40% 이상 연비를 향상시켜야 하는 것이다. 이에 따라 CO₂ 배출량이 적은

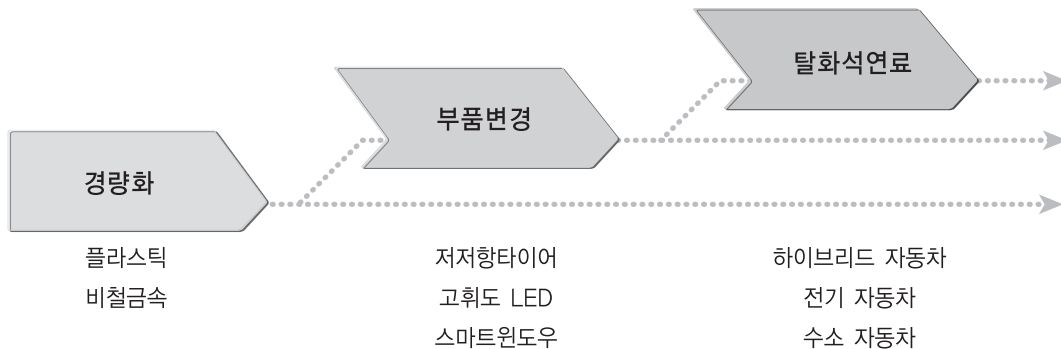
친환경 자동차의 필요성이 대두되고 있다.

이와 같은 외부 환경 변화는 자동차 산업을 지금의 모습으로는 성장하기 힘든 상황으로 몰아가고 있다. 특히 환경 규제 강화 추세는 기존 내연기관으로는 감당하기 어렵기 때문에 친환경 · 고연비 자동차로의 변신이 불가피한 상황이다.

3. 자동차업계의 대응 방향

그렇다면 이러한 환경 변화에 대응하기 위해 자동차 업계에서 내놓고 있는 미래 자동차의 모습은 어떠한가? 매년 모터쇼에서 전시되는 컨셉트카의 최근 흐름에서 우리는 미래 자동차의 변화 방향을 짐작할 수 있다. 대부분의 자동차 기업들은 고유가와 환경 규제에 대한 대응으로 친환경 · 고연비 자동차 패러다임으로의

[그림 3] 미래형 자동차의 변화 방향



전환을 다각도로 준비하고 있다. 우선 기존 내연기관 체제에서 경량화나 부품 변경을 통해 에너지 효율을 향상하는 방법을 강구하는 기업이 늘고 있다. 화석 연료에서 벗어나 신에너지원을 찾는 방안을 모색하는 기업도 적지 않다. 이러한 변화는 지금까지의 개선(improvement) 수준에서 벗어난 기술 혁신(technology innovation)이라고 할 수 있다.

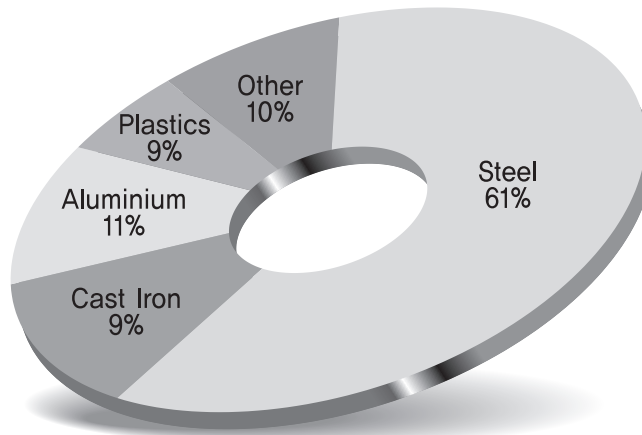
가. '체중을 줄여라' : 소재 변경을 통한 경량화

덩치 큰 사람이 먹성도 좋다. 자동차도 마찬가지다. 크고 무거운 자동차는 연료 소비량이 많다. 그렇다고

안전성, 편의성, 무게감 등 다양한 소비자의 니즈 충족이 필요한 상황에서 소형차 생산에만 주력할 수는 없을 것이다. 기존의 크기를 유지하면서 무게를 줄이는 방법이 필요하다. 자동차 무게를 1% 줄이면 연비를 1% 정도 높일 수 있어 자동차 회사들은 너나 할 것 없이 '자동차 다이어트'에 뛰어들었다. 자동차 다이어트란 고철 덩어리라고 여겨졌던 자동차에서 철의 비중을 줄이는 것을 말한다. 이는 철을 폴리에스테르, 폴리카보네이트 등의 플라스틱과 알루미늄, 마그네슘 등 비철금속으로 대체함으로써 가능하다. 심지어 직물과 같은 유연한 소재로 대체하기도 한다.

특히 플라스틱은 무게가 철의 14% 수준에 불과해 자

[그림 4] 자동차 구성 소재 비중



자료 : SG Equity Research

동차 무게 절감에 크게 기여한다. 2007년 제네바 모터쇼에 등장한 플라스틱자동차는 단연 관객들의 눈길을 끌었다. 현대자동차는 GE 플라스틱(現 SABIC Innovation Plastics)과 공동개발한 '카르막(QarmaQ)'을 선보였다. 카르막은 차량의 내외 소재를 금속과 유리 대신 업

사이클링(Upcycling·재활용을 통해 품질을 높이는 기술) PET 용기 900개가 사용된 친환경 컨셉트카이다. 독일 뒤셀도르프에서 열린 플라스틱, 고무 산업 전시회 'K2007'에서 컨셉트카 전문업체인 스위스 린스 피드는 바이엘 머티리얼 사이언스(Bayer Material

[그림 5] 플라스틱 자동차 카르막(상)과 엑사시스(하)



Science)에서 개발한 ‘마크롤론’이라는 플라스틱을 사용한 투명 자동차 ‘엑사시스(eXasis)’를 전시했다. 마크롤론은 충격 강도는 유리의 250배이지만, 무게는 유리의 절반밖에 되지 않는다. 이를 통해 차량 무게를 기존 차량의 2/3 수준인 750kg으로 줄였다.

이와 함께 알루미늄이나 마그네슘 등 비철금속도 자동차 경량화에 한몫을 하고 있다. 알루미늄합금은 무게가 철의 35%에 불과하지만, 기계적 성질이 뛰어나 일찍이 항공기를 비롯한 수송기계의 경량구조 재료로 주로 쓰였다. 미국 자동차 회사들은 1970년대에 승용차 연비를 50% 향상시켜야 한다는 정부 규제에 따라 주철 엔진을 알루미늄 엔진으로 교체한 바 있다. 이제는 알루미늄이 엔진뿐만 아니라 차체에도 적용되고 있는데, 혼다의 스포츠카 NSX와 아우디의 A8, TT 등은 100% 알루미늄을 차체로 사용하는 차종들이 있다. 향후에는 자동차 생산에서 알루미늄의 사용 비중이 더 높아질 것으로 전망된다. 이와 더불어 마그네슘 역시 경량화 소재로 주목받고 있다. 마그네슘은 가장 가벼운 금속으로 무게가 철의 25%, 알루미늄의 60%(그림 5) 플라스틱 자동차 카르막(상)과 엑사시스(하) 수준이어서 자동차 경량화에 크게 기여할 수 있으며, 고온에 강해 자동차용 소재로 유망하다. 현재까지는 시트 프레임 등 일부 부품에만 사용되고 있으나 사용 비중이 점점 증가할 것으로 전망된다.

최근에는 ‘자동차는 딱딱한 것’이라는 고정 관념을 깬 신소재 자동차가 개발돼 시선을 끌고 있다. 공기로 부풀려 타는 자동차 ‘위스퍼(Whisper)’가 그 주인공이다. 전동 펌프를 활용하여 공기를 주입하면 차체가 부풀어 올라 완전한 모양의 자동차가 된다. 이 같은 변신은 차체에 이용된 소재 때문이다. 부품 및 타이어, 유리

등을 제외하고는 식물과 같은 소재로 되어있다. 물론 평범한 식물은 아니다. 미 항공우주국(NASA)이 화성 표면에 탐사 로봇을 떨어뜨릴 때 쓰는 에어백과 동일한 소재다. 칼로 그어도 찢어지지 않을 정도로 질기며, 내부 또한 다층구조로 되어 있어 공기가 빠질 걱정을 하지 않아도 된다. 무게는 217kg밖에 안된다.

나. ‘기초 대사량을 높여라’ : 부품 변경을 통한 에너지 효율 개선

많이 먹어도 살이 안찌는 사람과 물만 먹어도 살이 찐다는 사람의 차이점은 무엇일까? 전자는 기초 대사량이 높아서 먹은 음식을 빨리 에너지로 소모해버리고, 후자는 기초 대사량이 낮아 에너지로 쓰이지 않고 몸에 축적된다. 자동차 소비자들은 많이 먹어도 살이 안찌는 자동차, 즉 에너지 효율이 높은 자동차를 원한다. 이에 자동차 회사들은 저저항 타이어, 고휘도 LED, 스마트 윈도우 등 에너지 절감 부품 사용을 확대하고 있다.

엔진의 유효 출력 중 30% 정도는 타이어의 회전 저항(rolling resistance)에 의해 열에너지로 소비된다고 한다. 타이어 회사들은 소비되는 열에너지를 줄이기 위해 소재의 배합 비율을 변경하는 등 노력을 기울이고 있으며, 그 결과 저저항 타이어 출시가 줄을 잇고 있다. 미쉐린은 ‘에너지 타이어’라는 연비 절감용 타이어를 내놓았다. 에너지 타이어는 1,000km를 달릴 때 연료 2L를 절감할 수 있다. 국내 타이어 회사에서 출시한 제품은 1km를 달릴 때 CO₂ 배출량을 4.1g 저감시키며, 연비도 2% 정도 향상시켜 준다.

이와 더불어 램프도 진화하고 있다. 지금까지 백열등과 할로겐 램프가 장악해왔던 자동차 조명이 고휘도

LED(Light Emitting Diode)로 빠른 속도로 대체되고 있다. LED는 소비 전력이 백열등의 20%에 불과하고 전기에너지의 90% 이상을 빛에너지로 변환할 수 있어 1,000km당 1~2리터 정도 연비를 향상시킬 수 있는 장점을 지니고 있다. 이미 자동차 메이커들은 고급차 및 신행차를 중심으로 자동차 계기판, 실내조명은 물론 후미등, 방향지시등을 비롯한 외부조명까지 LED로 교체하고 있다. 특히 전기자동차가 본격 상용화될 경우, 소비전력 절감이 최대 관심사로 대두되면서 수요가 기하급수적으로 증가할 것으로 전망된다. 시장조사기관 Strategies Unlimited에서는 향후 자동차용 LED 시장이 2007년 이후 연평균 15% 이상의 성장을 할 것이라고 예측했다.

스마트 윈도우도 적용이 검토되고 있는 아이템 중 하나다. 스마트 윈도우란 태양광 투과율을 자유롭게 조절할 수 있는 윈도우를 말한다. 과거 대부분의 태양광 투과 조절 기술은 특정 투과율을 가진 필름을 윈도우에 붙이는 수준이었다. 그러나 스마트 윈도우는 전압을 걸어 태양광 투과율을 자유자재로 조절할 수 있다. 전기가 흐르지 않을 경우에는 짙은 청색을 유지하다가 전기를 흘려 보내면 투명하게 변한다. 주로 액정 및 분극 기술을 이용하여 투과율을 조절한다. 이러한 기술이 도입되면 태양광 조절을 통해 승차자를 보호할 수 있으며, 에어컨 부하를 줄여 에너지 절감은 물론 내장 직물과 플라스틱 부품의 내구 수명 연장 효과를 기대할 수 있다.

이외에도 버려지는 배기열을 전기 에너지로 바꾸주는 열-전기 발전기(TEG · Thermoelectric Generator), 정지 상태에서는 엔진이 구동하지 않게 하는 Start-Stop 시스템 등 에너지 효율을 높이기 위한 여러 가지 방법이 강구되고 있다.

다. '웰빙 먹거리로 에너지를 바꿔라' : 동력원의 변화

체중을 줄이고 기초 대사량을 높이는 것도 중요하지만, 근본적인 체질 개선을 위해서는 식이요법이 필수적이다. 기존 내연기관 체제 내에서 자동차 경량화, 부품 변경만으로는 연비를 향상시키고, CO₂ 배출량을 줄이는데 한계가 있다. '자동차의 식이요법'은 석유를 배제하는 것이다. 화석연료에서 탈피하는 것이 유가 상승과 환경 규제 강화에 대응하기 위한 근본적인 방법이기 때문이다. 2007년 각종 모터쇼에 도요타, GM 등 메이저 자동차 회사들은 전기자동차와 수소자동차 등 화석연료에서 벗어난 친환경 자동차를 경쟁적으로 전시하였다. 이는 미래 자동차가 탈(脫)화석연료의 방향으로 진화할 점이라는 것을 여실히 보여준다

그 첫걸음이 하이브리드 자동차(HEV · Hybrid Electric Vehicle)다. 하이브리드 자동차란 2차 전지로 구동되는 모터가 엔진의 일부분을 대체하는 자동차를 말한다. 아직까지 전지의 성능이 엔진 전체를 대체하는 것은 역부족이기 때문에 전지로 구동되는 모터가 엔진과 공존하는 하이브리드 시스템으로 연비를 향상시킨다. 1997년 도요타에서 출시한 '프리우스(Prius)'를 비롯해 혼다의 '시빅(Civic)' 등이 대표적인 하이브리드 자동차다. 프리우스는 연비를 25~40% 정도 향상시킬 수 있다. 하이브리드 자동차도 진화한다. GM은 2010년 출시될 '시보레 볼트(Chevrolet Volt)'라는 플러그인 하이브리드 자동차(PHEV; Plug in Hybrid Electric Vehicle)로 도전장을 냈다. 플러그인 하이브리드 자동차는 명칭 그대로 플러그를 통해 충전이 가능한 자동차이다. 기존 하이브리드 자동차는 2차 전지를

보조동력원으로 사용했다면, 플러그인 하이브리드 자동차는 2차 전지를 주동력원으로 사용하고 엔진은 보조동력원이 된다. 이에 따라 40~65%의 연비 향상 효과를 누릴 수 있다. 더 나아가 100% 전기로 움직이는 전기자동차(EV; Electric Vehicle)인 테슬라(Tesla)의 '로드스터(Roadster)'와 미쓰비시 자동차의 '아이미

브(iMiEV)'는 2009년 상용화 계획을 발표했다.

수소자동차 역시 미래 자동차로 주목받고 있다. 수소자동차는 연료전지차와 액화수소엔진차로 구분하며, 액화수소엔진차를 개발한 BMW를 제외하고는 자동차 회사의 대부분은 연료전지차 개발에 집중하고 있다. 연료전지차는 엄밀히 말하면 전기차다. 연료전지란

2011년 담덕의 자동차 구입기

7년간 잘 구르던 나의 첫 애마가 생을 다했다. 중고로 사서 7년을 탔으니 이 정도면 오래 탔다. 당장 새 차가 필요하다. 기름값이 많이 올랐으니 이왕이면 연비가 좋은 차였으면 좋겠다. “연비가 좋은 차를 원한다”라고 말했더니 판매원은 “전기로 가는 자동차를 보여주겠다”고 한다. 처음 보여 준 자동차는 하이브리드 자동차. 기존 가솔린 자동차보다 연비가 좋다고 한다. 차 값도 가솔린 자동차보다는 조금 비싸다. “얼마 전 신문에서 본 기름 한 방울도 안 먹는 자동차도 있냐”고 물었다. 그랬더니 전기자동차를 보여준다. 배터리로만 간다고 했다. 소형차와 스포츠카를 보여줬는데, 소형차는 일반 중형차 가격 정도다. 하지만 고속도로에서 달리기에는 속도감이 좀 부족하다고 한다. 스포츠카는 정말 좋아 보인다. 속도도 시속 200km까지 낼 수 있다고 한다. 전기자동차로는 최고의 속도다. 하지만 생각했던 대로 많이 비싸다. 그러나 충전할 때 전기 요금은 얼마 들지 않는다고 한다. 그 다음에 보여준 차는 수소자동차다. 가격이 1억을 넘는다고 한다. 이것도 비싸다.

어떤 자동차를 사야 할까? 전기자동차는 아직까지 초기 단계라 그런지 차 값이 비싸다. 비싼 만큼 기름값을 절약할 수 있을지 의문이다. 수소자동차도 비싸다. 그러나 가격만이 문제는 아니다. 전기자동차와 하이브리드 자동차에는 휴대폰이나 노트북 컴퓨터에 들어가는 리튬전지가 채용되었다고 한다. 몇 년 전 노트북 컴퓨터 배터리가 폭발한 사건이 떠오른다. 자동차도 폭발하지는 않을까 걱정이 된다. 수소도 마찬가지다. 수소 폭발이라는 것도 있다던데 폭발으로 변할까 두렵다. 이 뿐만이 아니다. 전기자동차는 심야전기를 이용해 플러그에 꽂아 충전하면 된다고 하는데 우리 집은 아파트다. 아파트 지하 주차장에 있는 플러그를 이용해야 하는데, 전기자동차 이용자들이 많아지면 주차장 플러그를 차지하기 위한 경쟁이 치열해질 것 같다. 수지니와의 데이트 도중에 도로에서차가 서버리면 급속 충전소를 찾아야 할텐데 아직까지는 주유소만큼 많이 보이지도 않는다. 수지니에게 차를 빌게 할 수는 없는데 걱정이다. 게다가 충전소를 찾는다 해도 충전 시간이 20분 이상 걸린다고 한다. 주유소와는 판판이다. 수소 충전소도 마찬가지다. 전기야 집에서 충전하는 방법이 있지만, 수소는 그럴 수조차 없으니 더 큰 문제다. 이에 플라스틱으로 만든 가솔린 자동차를 살까 하고 둘러보니 웬지 무게감이 없어 보인다. 과연 안전할지도 의문이다. 예전보다 차를 사는 것이 어려워졌다. 10년 전만 해도 차종, 가격, 연비 등을 고려하면 됐었는데, 골이 지끈거릴 지경이다.

수소와 산소의 화학반응시 전기가 발생하는 원리를 이용한 일종의 발전기다. 혼다가 올해 연료전지차인 'FCX 클래리티(FCX Clarity)'의 보급을 시작했다. 도요타도 올 하반기 'FCHV 어드밴스드'를 내놓을 계획이다. GM은 2008년 부산 모터쇼에서 연료전지차 '시보레 이퀴녹스'를 내놓았고, 현대자동차도 'iBlue'를 전시했다. 이와 달리 액화수소엔진차는 기존 내연기관에 가솔린 대신 액화수소를 주입하는 자동차이다. 때문에 모터가 필요하지 않다. 연료만 바꿨을 뿐 기존 자동차의 시스템을 이용하면 된다. BMW에서 시범운행을 하고 있는 '하이드로젠'이 이에 속한다.

전기자동차와 수소연료전지자동차는 더 이상 엔진

의 힘을 빌리지 않는다. 모터의 회전력만이 필요할 뿐이다. 그렇기 때문에 모터와 모터에 들어오는 전기를 컨트롤할 수 있는 인버터 등 전장 부품의 비중이 커질 것으로 예상된다. 이와 같이 미래 자동차는 더 이상 기계적 집합체가 아닌 전기·전자적 집합체로 재탄생하게 될 것이다.

이상의 내용을 바탕으로 상상할 수 있는 미래 자동차의 모습은 외형은 플라스틱 차체에 LED 전조등과 스마트 윈도우를 채용한 전기자동차 혹은 수소자동차가 될 것이다.

〈표〉 가솔린 자동차와 미래형 자동차의 경제성 비교 분석

	일반	하이브리드		전기자동차
	혼다 시빅	혼다 시빅 하이브리드	도요타 프리우스	미쓰비시 iMiEV
차량 가격(만원)	2,990	3,390	3,500	4,000
세제 혜택(만원)		135.6	140	160
실 차량 구입 비용(만원)	2,990	3,254.4	3,360	3,840
프리미엄(vs. 일반차)		264.4	370	850
1년 평균 주행거리(km)	20,000	20,000	20,000	20,000
연비(km/L)	11.5	23.2	24.7	
연간 연료비용(만원)	348	172	162	40
일반 자동차와의 연간 연료비 차이(만원)		175	186	308
회수 기간(년)		1.5	2.0	2.8

※ 분석을 위한 가정

- 1) 개별소비세 감면 및 취득등록세(7%) 감면
- 2) 도요타 프리우스 및 미쓰비시 iMiEV 가격은 일본 가격 대비 추정
- 3) 가솔린 가격은 리터당 2,000만원, 전기 가격은 km당 20원으로 가정
- 4) 1년 평균 주행거리는 2006년 한국 기준
- 5) 회수 기간은 일반 자동차 대비 프리미엄을 연간 연료비 절감액으로 나누어 구한 수치임

4. 미래형 자동차 대중화의 선결과제

자동차 회사는 미래자동차로의 구조적 변화를 주도할 수는 있지만, 자동차 시장의 메인스트림을 바꿀 수는 없다. 흐름을 바꾸는 것이 소비자들이다. 그렇다면 소비자들은 미래 자동차에 대해 어떤 생각을 하고 있을까? 앞서 살펴본 미래 자동차들에 대해 소비자들은 크게 경제성, 안전성, 사용 편의성 세 가지의 관점에서 문제를 지적하고 있다. 이러한 과제들을 해결해야 미래 자동차는 대중화에 성공할 수 있을 것이다.

가. 선결 과제 1: 경제성

우선 경제성이 문제다. 자동차 구입 시 경제성은 가격과 연비로 나누어 판단해볼 수 있다. 소비자들은 연비보다는 가격에 민감하다. 2005년 AC 닐슨의 조사에 따르면 소비자가 자동차구입 시 가장 많이 고려하는 요인이 가격이고 연비, 성능, 안전 등이 그 뒤를 이었다.

연비의 경우, 기존 가솔린자동차보다 전기자동차가 좋다. 1년 평균 주행거리를 2만km라고 가정할 때, 연비 개선을 통한 비용 절감으로 자동차 구입비용을 회수하기까지는 길어야 3년 정도가 걸릴 것으로 예상된다. 평균 자동차 보유 기간이 7~8년이니 3년은 그리 긴 시간은 아니다. 연비 개선 효과에도 불구하고, 하이브리드 자동차 혹은 전기자동차의 구입을 가로 막는 것은 가격이다. 하이브리드 자동차, 전기자동차는 동력원 변경으로 부품이 바뀔 뿐만 아니라 기존 자동차처럼 규모의 경제를 통한 제조 원가 절감에 한계가 있기 때문에 자동차 가격이 올라갈 수밖에 없다. 세제 혜택을 통해 실 구입 비용이 조금은 낮아질 수 있겠지만, 아직까지

는 비싸다. 현재 출시되었거나 출시 예정인 하이브리드 자동차 혹은 전기자동차의 실 구입비용은 기존 가솔린 자동차에 비해 최고 800만원 정도 차이가 난다. 소비자가 선택 구입하기에는 아직까지 비싸다. 하이브리드 자동차 혹은 전기자동차의 판매를 확대하기 위해서는 정부의 세제 지원뿐만 아니라 연비 개선 효과에 대한 마케팅이 필수적이다.

반면에 수소자동차의 경제성은 당분간 확보되지 못할 것 같다. 수소자동차 양산의 걸림돌은 바로 비싼 차량 가격이다. 핵심 부품인 연료전지를 만드는 데 소요되는 재료비만 kW당 280만원이다. 100kW 연료전지 하나를 만들려면 2억8000만원의 재료비가 소요된다. 결국 연료전지 가격을 떨어뜨려야만 수소자동차가 경쟁력을 갖추 수 있다. 실제로 수소자동차인 혼다의 'FCX 클래리티'는 월 60만원, 3년 리스 계약으로 시험 운행에 들어갔으나, 현재 생산 가격은 10억원으로 리스에 따른 손실은 혼다에서 감수하고 있다. 목표는 1억원 내외로 가격을 떨어뜨리는 것이다. 수소자동차의 가격이 급격하게 떨어지지 않는다면 소비자가 선택 구입하기에는 부담스러울 것이다.

경량화 및 에너지 효율 개선을 위해 사용하는 엔지니어링 플라스틱이나 고휘도 LED, 스마트 윈도우 때문에 자동차 가격이 올라갈 가능성도 존재한다. 그렇기 때문에 현재는 프리미엄 자동차 위주로 적용을 하고 있는 실정이다. 이러한 소재 및 부품의 대중화를 위해서는 가격을 능가할 수 있는 효용을 제공해야 하며, 이에 대한 마케팅도 강화해야 한다. 자동차 구매 결정 시 연비와 가격 등 경제적인 부분이 중요하기는 하지만, '같은 값이면 다홍치마'라는 말도 있듯이 디자인도 무시하지 못할 요인이다. 엔지니어링 플라스틱을 이용하면

성형이 쉬워 강철로는 구현할 수 없는 디자인이 가능해진다. 고휘도 LED도 자동차 인테리어에 사용하면 디자인 측면에서 효과를 볼 수 있다. 스마트 윈도우는 승차자에게 사용편의성을 제공한다. 태양광에 의해 운전자의 팔이 검게 타는 것을 막아 줄 수 있고, 눈이 부신 것을 방지하기 위해 선글라스를 쓰지 않아도 된다. 이러한 점을 강조하여 가격이 올라간 것에 대한 보상을 해 줄 수 있다는 것을 보여줘야 할 것이다.

나. 선결 과제 2 : 안전성

자동차 사고는 인명 피해와 연결될 가능성이 높아 소비자 입장에서는 다른 어플리케이션보다 안전성에 대한 기준이 높을 수밖에 없다. 하이브리드 자동차나 전기자동차에 채용될 리튬전지는 휴대폰, 노트북 컴퓨터에 이미 채용되고 있으나, 간간히 발생하는 폭발 사고 때문에 소비자들은 안전에 대한 불안감이 여전히 남아있다. 게다가 모바일 어플리케이션보다 더 많은 전지를 싣기 때문에 폭발 사고의 위험성은 더욱 크다고 할 수 있다. 수소도 폭발 가능성을 배제할 수 없다. 가솔린은 1kg 당 연소에너지가 9,800kcal인데 비해 수소는 1kg당 연소 에너지가 2만 8,620kcal에 달한다. 같은 질량의 연료를 싣었을 경우, 폭발사고가 일어난다면 수소를 싣은 차가 폭발할 가능성이 높다. 특히 발화 에너지가 매우 작아 미세한 정전기에도 발화될 수도 있다.

자동차 회사도 안전성 문제에 상당히 민감한 상황이다. 리튬전지의 안전성 확보에 대한 의문으로 도요타는 리튬전지를 채용한 하이브리드 자동차의 출시를 연기했다. 전지업체들은 소재 변경 및 BMS(Battery Management System) 개발을 통해 안전성을 확보하

려는 노력을 지속하고 있다. 예를 들어 불완전 물질인 리튬에 망간이나 철을 섞어 안전성을 높인다. BMS란 수십~수백 개의 전지들을 컨트롤하는 시스템으로 하나의 전지에 문제가 생겨도 다른 전지에 과전류가 흐르지 않게끔 한다. 수소의 경우 안전하게 설계된 수소 탱크를 적용한다. BMW의 '하이드로젠 7'의 수소 탱크는 여러 겹의 스테인리스로 둘러싸여 있다. 두께는 3cm이며 진공 상태를 유지하여 외부 충격에도 견딜 수 있게 설계했다. 또한 수소의 유출 상태를 체크하기 위해 실내와 트렁크에는 수소가스 감지 센서가 부착되어 있다. 수소가 유출되면 빨간 불이 들어온다. 지붕에 있는 수소가스 배출구를 통해 차내의 수소가 날아가게끔 하는 장치도 되어있다. 이처럼 이중, 삼중의 안전장치를 한다고 해도 사고가 난다면 만사가 끝이다. 시범 운행 등을 통해 소비자들에게 안전성을 확신시킬 수 있을 때 미래 자동차는 비로소 대중의 선택을 받을 수 있을 것이다.

다. 선결 과제 3 : 사용 편의성

기존 가솔린 자동차와 비교했을 때, 전기자동차와 수소자동차가 사용에 불편함은 없을지도 의문이다. 현재 전기자동차와 수소자동차는 1회 충전 시 주행거리가 길어야 한다. 자동차 회사들도 너나 할 것 없이 1회 충전 시 주행거리가 길다는 점을 강조한다. 아직까지는 전기 급속 충전소나 수소 충전소가 충분히 마련되어 있지 않기 때문이다. 충전 시간도 너무 길다. 가솔린 자동차의 주유 시간이 평균 3~5분 정도인데, 수소차는 8~10분, 전기차는 20분 이상 걸린다. 이러한 문제들이 소비자의 자동차 구매를 망설이게 하는 요인이다.

전기자동차는 주로 밤에 가정용 전원을 이용해 충전을 한다. 그러나 도로에서 갑자기서 버리면 방법이 없다. 급속 충전소가 많이 생겨야 한다. 미쓰비시 자동차는 동경 전력, 규슈 전력, 중국 전력 등 5개 전력회사와 급속 충전 인프라에 대한 공동 연구를 진행 중이다. 2009년에 급속 충전소를 100개 이상 설치할 것이라 발표했으나, 이는 수도권 지역에만 제한적으로 설치할 뿐이다. 충전소가 없으면 수소를 충당할 방법이 없는 수소 자동차는 더 걱정이다. 수소 충전소의 경우 2000년 이후 전세계적으로 설치가 이뤄지고 있지만, 2005년 현재 미국 26개를 비롯하여 독일 11개, 일본 11개, 우리나라 7개 등으로 절대적으로 부족한 상황이다. 이것들조차도 연구 개발을 위한 인프라다. 수소 충전소 구축에는 한 곳당 3~40억원의 만만치 않은 비용이 소요된다. 7억원 정도가 소요되는 일반 주유소의 거의 5배 수준이다. 충전소 설치 문제는 전력 회사나 일부 정유 회사들이 신규 사업의 관점에서 관심을 가지고 있기는 하나, 전기자동차와 수소자동차의 대중화에 대한 확신이 없다면 대규모의 투자를 기대하기는 힘들 것이다.

전기의 급속 충전 시간을 줄일 수 있는 대안은 카트리지형 전지다. 현재 기술 수준으로는 전기오토바이까지 카트리지형 전지를 사용할 수 있다. 하지만 전지 및 자동차 기술이 더 발전된다면 자동차용 카트리지형 전지가 나오지 말라는 법도 없다. 이렇게 되면 전지교환소에 가서 전지교환만 하면 되니 충전에 필요한 시간은 줄어들 것이다. 미국의 Project Better Place라는 회사는 공공 충전 시설은 물론이고 전지 교환 시설도 준비하고 있다고 한다. Project Better Place의 사업 모델은 전기 자동차가 상용화되지 않은 상태에서 충전소 및 교환소를 운영한다는 내용을 골자로 한다. 이는 인프라가 먼저 구축돼야 자동차 제조업체들이 적극적으

로 전기자동차를 생산할 것이라는 발상의 전환에서 나온 것이다. 이러한 컨셉으로 이스라엘, 덴마크 등은 전기자동차 도입에 박차를 가하고 있다. 이처럼 전지 충전의 개념이 아닌 교환의 개념으로 접근한다면 소비자들이 느끼는 충전 시간이 단축될 것이다.

5. 나오며

외부 환경 변화에 따라 신기술을 적용한 미래 자동차로의 진화는 필연적인 것으로 보이며, 자동차 회사들도 미래 자동차 개발에 여념이 없다. 그러나 신기술이 반드시 소비자를 유혹할 수 있는 것은 아니다. 하버드 비즈니스 스쿨의 존 구어빌 교수는 혁신의 저주(the curse of innovation)라는 표현으로 많은 혁신 상품이 시장에서 성공하지 못한다는 사실을 지적했다. 그에 따르면 매년 미국에서 새로 나타난 혁신 상품의 90%가 성공을 거두지 못한다고 한다. 혁신 제품이 캐즘(chasm)에 빠지지 않고 살아남기 위해서는 철저하게 소비자 중심이어야 한다. 세계 최초, 세계 최고 등 앞선 기술을 보유한 상품의 경우, 기술력을 너무 추구하다 보면 소비자 중심이 아닌 공급자를 위한 상품에 머물며 실패할 가능성이 높다. 소비자의 진정한 니즈를 파악하지 못한다면 그 진화의 방향이 필연적이라 할지라도 시장에서는 빛을 못 볼 가능성이 농후하다. 캐즘에 빠질 것인가 메인스트림으로 성장할 것인가의 기로에 있는 미래 자동차의 성공을 위해서는 소비자의 니즈를 파악하여 그것을 충족시키기 위한 방향으로 기술 개발의 키를 잡아야 할 것이다.

앞에서 살펴본 바와 같이 이미 인프라가 구축되어 있고, 100여 년 동안 안전성도 검증된 가솔린 자동차의

경우, AC 닐슨의 조사 결과처럼 가격이 가장 중요한 구매 결정 요인일 수 있다. 하지만 미래 자동차는 다르다. 가격이 기존 자동차와 비슷해진다고 가정하더라도 안전성과 인프라가 확보되지 않는다면 소비자의 선택을 받기 힘들 것이다. 또한 안전성이 확보되었다고 해도 가격이 너무 비싸거나 인프라가 여전히 부족하다면 소비자는 등을 돌릴 것이다. 이처럼 세 가지 선결 조건 중 어느 하나만 해결되어서는 미래 자동차 시장이 확대될 수 없고, 세 가지 조건이 모두 충족되어야만 메인스트림이 될 수 있다. 자동차 회사 및 관련 기업들은 세 가지 선결 조건을 모두 만족시키는 방향으로 기술 혁신을 지속해 나가야 할 것이다.

해외 탄소시장의 동향 및 시사점



김수이
에너지경제연구원 책임연구원

1. 서론

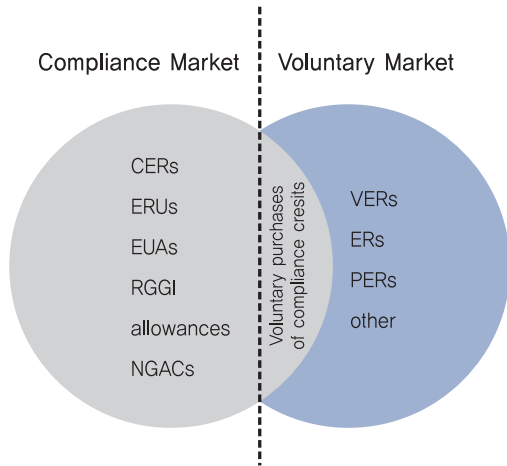
세계 탄소시장이 본격적으로 형성되기 시작한 것은 2005년부터 시작된 제1기 EU 배출권거래제도(EU Emission Trading Scheme, 이하 EU ETS)가 시작되면서부터이다. 교토의정서 의무기간(2008~2012)이 본격적으로 이행되는 2008년부터는 그 시장이 급격히 확대될 것으로 전망된다. 이는 제1기 EU ETS가 교토의정서 이행기간(2008~2012) 전에 시범적으로 실행해 본 성격이 강하다면 제2기 EU ETS는 교토의정서 의무부담을 이행하기 위한 구체적인 방안의 하나로 시행되기 때문이다. 따라서 본고에서는 지금까지 세계 탄소시장의 동향을 살펴보고 향후 세계 탄소시장이 어떠한 방향으로 나아갈 것인지 점검한다.

[그림 1]에서 보는 바와 같이 세계 탄소시장은 규제 시장(Compliance Market)과 자발적 시장(Voluntary Market)으로 대별된다. 규제시장은 정부에서 법으로 배출권이나 크레딧을 거래하도록 인위적인 시장을 형성하는 것이며, 자발적인 시장은 정부의 규제에 의해서가 아니라 기업들이 자발적으로 배출량을 감축한 뒤에 이를 정부나 규제시장에 내다 파는 시장이다.

규제시장은 교토의정서를 이행하기 위해서 각 거래 시스템에서 발행하는 크레딧이 있는데 CERs(Certified Emission Reductions), ERUs(Emission Reduction Units), EUAs(EU Allowances) 등이 있다. EUAs는 EU ETS에서 거래되는 배출권거래 단위이며, CERs와 ERUs는 각각 교토메커니즘인 CDM(청정개발체계)과 JI(공동이행)에서 나오는 크레딧이다. 그 외 미국 동북부에서 실시하는 RGGI에서 발생하는 배출권인 RGGI allowances, 호주의 New South Wales 지방에서 실시하는 배출권거래시장에서 발생하는 NGACs(New South Wales Greenhouse Gas Abatement Certificates)가 있다.

이에 반해서 자발적 배출권은 VERs(Verified Emission Reductions), ERs(non-verified Emission Reductions), PERs(Prospective Emission Reductions) 등이 있다. 이러한 자발적 시장은 주로 배출권거래제에 속해 있지 않은 부문이나 국가에서 주로 발견된다. 이러한 자발적 시장은 법제화되지 않으며, 정부와 기업들 사이의 협약을 충족시키기 위해서 발행되는 것도 아니다. 자발적 크레딧은 주로 기업들의 자발적인 감축목표나 자발적인 배출권거래시

[그림 1] 세계 탄소시장의 구성



주: NGAC: New South Wales Greenhouse Gas Abatement Certificates

CERs: Certified Emission Reductions

ERUs: Emission Reduction Units

EUAs: EU Allowances

RGGI allowances: Regional Greenhouse Gas Initiative Allowances

VERs: Verified Emission Reductions

ERs: non-verified Emission Reductions

PERs: Prospective Emission Reductions

자료: Point Carbon, "Carbon Market Analyst", 24 October 2007

장의 오프셋(offset)으로 주로 활용된다. 대표적인 자발적 시장은 자발적 배출권거래인 CCX(시카고 기후 거래소)에 대한 오프셋이다.

전세계 탄소시장의 규모를 살펴보면, 2005년에는 94억 백만€에 불과하던 시장이 2006년에는 2005년 대비 2배 이상 증가한 224억 5,800만€, 2007년에는 2005년 대비 4배 이상 증가한 403억 8,200만€에 이르렀다. 올 상반기에 이미 379억 8,600만€를 달성하여 전년도 시장의 규모에 근접하였으며, 올 하반기에는 지난해보다 67.5% 증가한 707억 4,300만 달러에 달할 전망이다.

2007년 세계 탄소시장의 부문별 규모를 보면, 거래 금액 기준으로 이중 EU-ETS가 전체시장의 69.67%, 제1차(Primary) CDM이 14.82%, 제2차 CDM(Secondary)이 14.25%를 차지하고 있다. JI는 전체시장의 0.81%로 미미한 수준에 그치고 있으며, 그 외 미국의 CCX, 호주의 NSW 등을 포함하고 있는 기타 시장은 전체 시장의 0.46%에 불과하다.

2007년 세계 탄소시장의 부문별 규모를 거래 물량 기준으로 보면, 이중 EU-ETS가 전체시장의 61.40%, 제1차(Primary) CDM이 22.31%, 제2차 CDM(Secondary)이 13.08%를 차지하고 있다. JI는 전체시장의 1.42%로 미미한 수준에 그치고 있으며, 그 외 미국의 CCX, 호주의 NSW 등을 포함하고 있는 기타 시장은 전체 시장의 1.79%에 불과하다.

이와 같은 탄소시장의 변화에서 가장 두드러지는 것은 제2차 CDM의 급격한 성장이다. 2005년 5,200만€에 불과하던 이 시장은 2007년에는 무려 100배 이상 증가한 57억 5,300만€에 이르고 있다. 또한 현재 전세계 탄소시장은 규제시장이 주도하고 있다. 자발적시장을 포함하고 있는 기타 부문은 2007년말 1억 8,600만€로 금액 기준으로 전세계 탄소시장의 4.6%에 불과하다.

2008년 상반기의 경우, 금액 기준으로 보면 [그림 2]에서 보는 바와 같이 세계 탄소시장에서 EUA OTC(OTC로 거래되는 EUA)가 차지하는 비중이 46%,

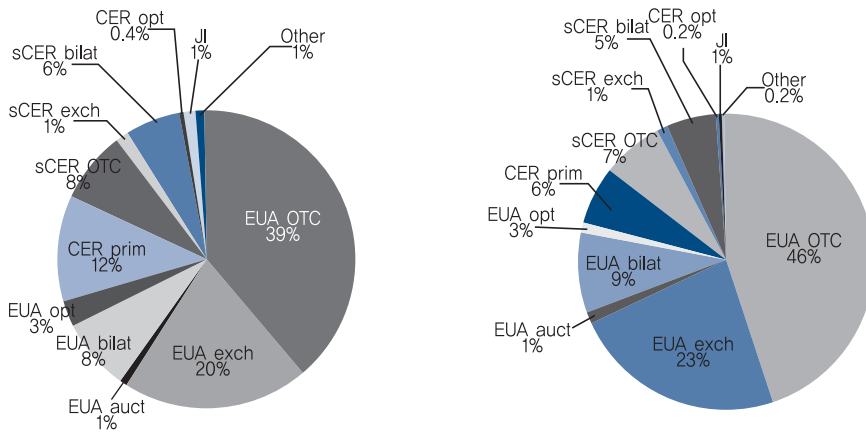
〈표 1〉 전세계 탄소시장의 현황

종류	2005		2006		2007		2008			
	실적		실적		실적		2008년 한해 전망		상반기 전망	
	백만톤	백만€	백만톤	백만€	백만톤	백만€	백만톤	백만€	백만톤	백만€
EU ETS	362	7,218	1,017	18,143	1,643	28,133	2,625	54,573	1,296	30,034
CDM	401	2,035	563	3,920	947	11,737	1,230	14,715	502	7,588
Jl	28	96	21	95	38	326	58	402	26	278
기타	8	52	31	300	48	186	263	1,052	19	87
합계	799	9,401	1,632	22,458	2,676	40,382	4,176	70,743	1,843	37,986

주: 기타 부문은 CCX를 포함.

자료: Point Carbon, "Carbon Market Monitor", 4 July 2008

[그림 2] 세계 탄소시장 거래 종류별 · 형태별 비중 현황(2008년 상반기)



주: 왼쪽은 거래물량기준이며, 오른쪽은 거래액 기준임.

OTC: OTC에서 거래, exch: 거래소에서 거래, auct: 경매로 거래, opt: 옵션으로 거래, bilat: 양자 거래

자료: Point Carbon, "Carbon Market Monitor", 4 July 2008

EUA exch(거래소에서 거래되는 EUA)가 23%, EUA auct(경매로 거래되는 EUA)이 1%, EUA opt(옵션으로 거래되는 EUA)가 1%, EUA bilat(양자 거래인 EUA)이 9%로 EUA가 전체 시장의 79%를 차지하고

있다. 한편 CER이 전체시장의 19.2%를 차지하고 있는데 이중에서 Primary CER이 6%, Secondary CER이 13.2%를 차지하고 있다.

2. 규제 시장(Compliance Market)

가. 배출권거래

규제시장 중에서 가장 큰 시장은 배출권거래시장이다. <표 2>에서 보는 바와 같이 2007년까지 전세계 규제시장은 EU배출권거래제도(EU ETS), 호주의 뉴사우스웨일스 온실가스저감체계(NSW GGAS), 캐나다의 알버타배출규제(AER) 등에 불과하였다. 더욱이 EU ETS를 제외하고는 두 시장의 규제방식은 모두 Baseline and Credit 방식으로 시장규모는 매우 적다.

올해부터는 뉴질랜드와 스위스에서 배출권거래제를 독자적으로 실시한다. 두 시장 모두 Cap and Trade 방식이기는 하지만 시장 규모는 EU ETS에 비하면 미

미한 수준이다. 교토의정서를 탈퇴한 미국의 경우에는 연방정부 차원의 배출권거래제는 없다. 하지만 미국 동북부의 10개주가 2019년까지 2009년 기준 대비 10% 온실가스 감축을 목표로 배출권거래제인 RGGI (Regional Greenhouse-Gas Initiative)를 실시할 예정이다. 특히 배출권을 100% 경매(Auction)로 할당할 예정인데 제1차 경매가 이미 실시되었다.

현재 호주와 캐나다에서는 교토의정서 목표 달성을 위하여 연방정부차원에서 배출권거래제를 도입할 예정이다. 시작은 2010년에 하는 것으로 예정되어 있으며, 거래방식은 호주의 경우에는 Cap and Trade, 캐나다의 경우에는 Baseline and Credit 방식이 예정되어 있다.

현재 실시되고 있는 배출권거래제 중에서 가장 큰 시장을 형성하고 있으며, 세계 탄소시장을 선도하고 있

<표 2> 세계 배출권거래제도 현황

이름	약자	국가	시작연도	할당량	형태	단위
EU ETS	EU ETS	EU-27(+3)	2005	2,100	Cap-and-trade	EUA
New South Wales GHG	abatement scheme	NSW	GGAS	호주	2003	N/A
Alberta emissions regulation	AER	캐나다	2007	N/A	Baseline-and-credit	EPC
New Zealand ETS	NZ ETS	뉴질랜드	2008	62	Cap-and-trade	NZU
Swiss federal ETS	CH ETS	스위스	2008	3	Cap-and-trade	CHU
Regional Greenhouse gas Initiative	RGGI	미국	2009	170	Cap-and-trade	RGA
제안된 방식						
National ETS	NETS	호주	2010	368(est.)2)	Cap-and-trade	AETU
Federal ETS	CAN ETS	캐나다	2010	N/A	Baseline-and-credit	-

주: 의무사항인 GHG 배출 거래 시스템이 개발 중이거나 제안된 상태
cap-and-trade 시스템에서 할당량은 당해 연도에 지정되거나 새로운 시스템이 시작하는 첫해에 정해진다.

Baseline-and-credit 시스템은 초기 할당량이 없다.

호주는 배출량에서 최고 70%를 할당량으로 정하고 있다(2005년).

자료: Point Carbon, "Carbon Market Monitor", 4 July 2008

는 EU ETS의 최근 동향을 살펴보자. 2007년 한해동안 거래된 배출량은 16억 4,300만 톤에 이르렀으며, 올해 상반기만 해도 벌써 거래량이 12억 9,600만 톤을 달성하였다. 이는 지난해 거래량의 78.9%에 이르는 물량이다.

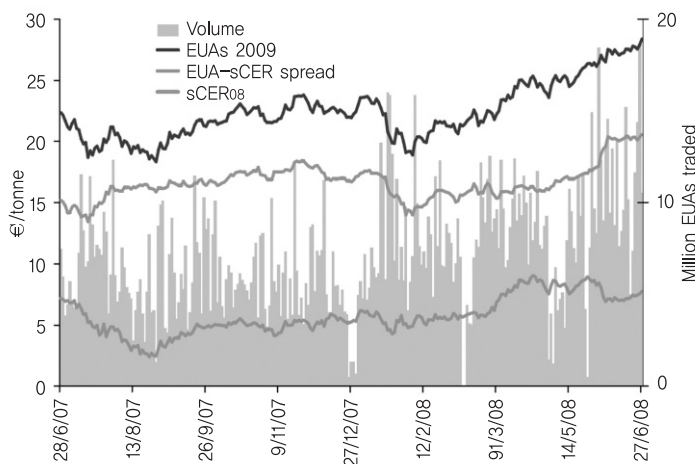
거래 가격을 보면, 2007년 한해동안 EUA 2008 (2008년 12월에 인도되는 EU 배출권거래제도 선도가격)은 12.25€에서 25.28€에 거래되었다. 17.55€에서 거래를 시작한 EUA 2008가격은 지속적으로 하락하여 2월 20일 가장 낮은 12.25€에 거래되었다. 2007년 초반 EUA 2008의 가격하락은 전력과 가스 가격의 하락과 비교적 온난한 겨울날씨에 기인한 것이다. 그 이후 EUA 2008가격은 지속적으로 상승하여 2007년 5월 29일에는 최고가격인 25.28€에 거래되었다. 이는 예년보다 더운 여름 날씨가 지속되었고 2008년

이후 제2기 EU 배출권거래제를 위한 국가별할당이 시작되었는데 제1기 EU 배출권거래제를 교훈삼아 EU집행위원회가 엄격한 배출권할당을 하였기 때문이다.

그 이후 7월과 8월에 19€까지 가격이 감소했으나 2007년 하반기에는 20€에서 24€사이에서 거래가 되었다. 이와 같이 비교적 가격이 안정된 수준에서 지속된 이유는 제2기 EU 배출권거래제 국가별 할당이 완료되었으며, 전력, 석유, 가스 가격 등이 비교적 안정된 수준에서 거래가 이루어졌기 때문이다.

2008년에 들어서는 30€ 근방까지 가격이 상승하였다. 이러한 가격상승의 한가지 이유는 정책적인 측면에서 항공부문이 2012년부터 배출권거래제에 편입된다는 것이 확정되었기 때문이다. 항공부문의 2012년 배출권할당은 2004~2006년의 97%이며, 2013년에는 95%로 감소된다. 그리고 이러한 배출권할당량의 15%

[그림 3] 배출권거래가격(EUA, sCER, 2008년 12월 인도가격)과 물량 동향



주: 왼쪽은 물량(Physical Volumes), 오른쪽은 금액(Financial Value) 기준임.
자료: Point Carbon, "Carbon Market Monitor", 4 July 2008

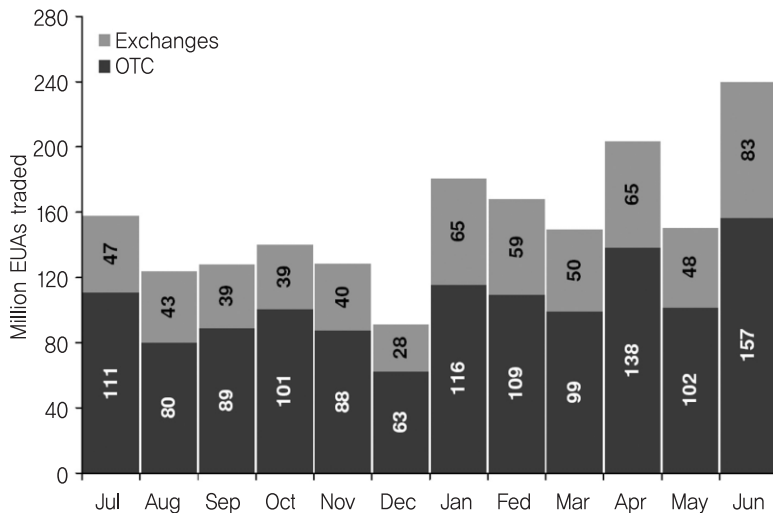
는 CERs/ERUs로 채울 수 있다. 이러한 항공부문 배출권거래에서 발생하는 수익은 기후변화 온실가스 감축, 청정 항공기 연구개발, 개발도상국의 산림보호, 저탄소 운송수단의 개발 등에 사용될 예정이다. 한편 노르웨이 ETS와 EU ETS의 연계도 최근 배출권거래가 격이 상승한 한 요인이다.

이러한 EUA가격 상승과 더불어 거래소에서 거래되는 sCER(secondary CER)의 가격도 더불어 상승하였다. 그러나 여전히 EUA가격과 sCER가격차(EUA-

sCER spread)는 5~8€사이에서 움직이고 있다.

이와 같이 높은 EUA가격을 선도하는 가장 주된 이유는 EU의 보다 강화된 배출량 할당에 기인한다. <표 3>에서 보는 바와 같이 EU 27개국의 제출된 할당량은 23억 4,800만톤이지만 승인된 할당량은 21억 400만톤에 이르고 있다. 따라서 EU가 결정한 삭감률은 10%에 이르고 있다. 한편 국가별 CER/ERU 최대비율로 대변되는 교토메커니즘 상한은 평균적으로 10%~20%에 이르고 있는데 EU 27개국 중에서 독일의 비중이

[그림 4] 거래형태별 EUA 거래량



Point Carbon, "Carbon Market Monitor", 4 July 2008

<표 3> 거래형태별 EUA 거래 비중

	2007년 7월	2007년 8월	2007년 9월	2007년 10월	2007년 11월	2007년 12월	2008년 1월	2008년 2월	2008년 3월	2008년 4월	2008년 5월	2008년 6월
거래소	0.30	0.35	0.30	0.28	0.31	0.31	0.36	0.35	0.34	0.32	0.32	0.35
OTC	0.70	0.65	0.70	0.72	0.69	0.69	0.64	0.65	0.66	0.68	0.68	0.65

〈표 4〉 EU-ETS 2기의 국가별 할당 내용

	연간배출량	국가 제안 배출량 (NAP2)	할당량 (NAP 2)	CER/ERU 최대비율(%)	현재 상태(1)
오스트리아	9,134	32,800	30,700	10	A
벨기에	15,392	63,300	58,500	8.4	A
불가리아	12,757	67,600	42,300	12.6	B
키프로스	1,362	7,100	5,500	10	A
체코공화국	22,920	101,900	86,800	10	B
독일	116,840	482,000	453,100	22	A
덴마크	7,179	24,500	24,500	17	A
스페인	43,011	152,700	152,300	20	A
에스토니아	3,749	24,300	12,700	0	B
핀란드	10,851	39,600	37,600	10	A
프랑스	35,968	132,800	132,800	13.5	A
영국	71,231	246,200	246,200	8	A
그리스	17,248	75,500	69,100	9	A
헝가리	6,458	30,700	26,900	10	B
아일랜드	6,229	22,600	22,300	10	A
이탈리아	61,511	215,200	201,600	15	A
리투아니아	2,437	16,600	8,800	20	A
룩셈부르크	688	4,000	2,500	10	A
라트비아	927	7,700	3,400	10	B
몰타	491	3,000	2,100	N/A	B
네덜란드	22,451	90,400	85,800	10	A
노르웨이	5,449	15,000	15,000(2)	20	C
폴란드	58,909	284,600	208,500	10	B
포르투갈	7,636	35,900	34,800	10	A
루마니아	18,370	97,600	75,900	10	A
슬로바키아	8,306	41,300	32,600	7	B
슬로베니아	2,433	8,300	8,300	15.8	A
스웨덴	5,875	25,200	22,800	10	A
합계	575,813	2,348,400	2,103,500	N/A	N/A

주: 연간 배출량(YTD(year to date:2008년 3월을 기점으로 1년 동안의 의미) 전체 할당량= 할당량×1000 ton

CER/ERU 최대비율: 교토 의정서 승인에 사용될 수 있는 최대 공제량(Kyoto credits) (설비의 최고배출량에 대한 퍼센트로 표현됨)주의: (1) 현재 상태: A=할당량이 결정됨 B=승인되었으나 법적시행은 고려중 또는 서류 중 C=승인되지 않음 (2) NAP2 가 아직 승인되지 않았기 때문에 제출된 NAP 값을 인용함

자료: Point Carbon, "Carbon Market Monitor", 4 July 2008

22%로 가장 높으며, 그 다음으로 스페인, 노르웨이, 리투아니아가 20%의 CER/ERU사용을 허용하고 있다.

[그림 3]은 지난 1년 동안 거래형태별 EUA거래량을 보여주고 있다. 2007년 한해 동안 브로커에 의한 OTC(over-the-counter)시장과 거래소(exchanges)를 통해 EU 시장에서는 1,443,038,949 EUAs가 거래되었다. 이 중에서는 1,009 백만톤(69.9%)는 OTC시장에서 거래가 이루어졌으며, 나머지 434백만톤(30.1%)는 거래소에서 거래가 이루어졌다. 거래소 중에서도 ECX(European Carbon Exchanges)에서의 거래가 377 백만톤에 이르렀으며, 이는 전체 거래소 거래물량의 87%에 해당하는 것이다. 이상에서 보는 바와 같이 아직까지는 OTC시장에서의 거래가 거래소 거래의 2배 이상을 차지하고 있으나 점점 거래소의 거래물량이 증가하고 있는 추세이다. 그러나 <표 3>에서 보는 바와 같이 아직까지는 OTC비중이 월별로 차이가 있기는 하지만 64%~72%로 거래소 비중(28%~36%)의 두배에 이르고 있다.

나. CDM, JI

지난 2007년 한해 동안에도 CDM시장은 꾸준히 성장하였으며, 그 경쟁도 점점 심화되고 있다. 지난해의 CDM시장의 가장 두드러진 특징은 비록 EUA전체 물량과는 비교할 수 없을 정도로 미미한 수준에 그치고 있지만 Secondary CDM의 급격한 성장이다.

Secondary CDM시장은 2006년에 40백만톤에 불과하던 것이 2007년에는 350백만톤으로 증가하였다. [그림 2]에서 보는 바와 같이 08년 12월에 인도되는 Secondary CDM의 가격은 15€에서 등락을 거듭하였다. 올해 들어서는 sCER가격은 더욱 상승하여 20€를

돌파하였다.

Primary CDM은 2007년 거래초기에는 9~10€에 거래가 이루어졌으며 그 이후 가격은 소폭 증가세를 보였지만 10€초반대에서 거래가 비교적 안정적으로 이루어졌다. 이는 Primary CDM에 대한 수요가 꾸준하였기 때문이다. 이러한 Primary CDM에 대한 가격은 프로젝트 단계, 프로젝트 형태, 프로젝트 진행 국가 등 여러 가지 요소에 의해서 결정된다. 프로젝트 단계 측면에서 보면, 등록된(registered) 프로젝트는 가격이 12€대에서 형성되지만, 이미 발행된(Issued) 프로젝트는 가격이 14~17€대에서 가격이 형성되었다.

프로젝트 형태 측면에서 보면, 중국의 풍력 프로젝트는 보통 12~13€에 거래가 이루어지고 있으며, 최근에는 13.50€에 계약이 체결되었다. 이에 반해 수요자들은 수력 프로젝트를 꺼려하고 있으며, 가격은 8€에서 거래가 이루어지고 있다. 한편 중국은 CDM과 관련하여 가격하한(price floor)을 정책을 실시하고 있는데 수력 프로젝트의 경우 9€이하로는 판매하지 않고 있다. 풍력의 경우 가격하한은 11€이다. 바이오매스의 경우에는 거래가 9~11€에서 이루어지고 있다. 중국에서는 Primary ERPA가 사전 유효화 단계에서 체결되는데 이는 주로 중국 DNA(designated national authority)가 승인서(a letter of approval)를 제출하기 전에 가격 합의를 요구하기 때문이다.

인도에서는 프로젝트 형태별로 가격차가 중국만큼 크지 않는데 그 이유는 인도의 경우 대부분 계약이 프로젝트의 마지막단계에서 이루어지고 있기 때문에 리스크가 적기 때문이다.

지난 한해동안 CDM 시장의 주요 정책적인 변화를 보면, ITL(International Transaction Log)이 온라인화되면서 일본의 국가 온실가스 등록소와 연결되었다.

이로서 CDM거래의 거래경로가 확실해지면서 지금까지 EUA에 비해 거래가 불투명해서 받은 가격상의 불이익을 상쇄할 수 있게 되었다. <표 5>에서 보는 바와 같이 교토의정서 부속서 B국가 중에서 불가리아, 캐나다, 그리스, 모나코, 루마니아, 호주, 크로아티아를 제외하고는 모두 ITL거래가 가능한데 스위스, 일본, 뉴질랜드, 러시아에서는 이미 실행중이다.

CDM 집행위원회(EB; Executive Board)에서도 몇 가지 중요한 결정을 하였는데 6월에는 '활동 프로그램(PoAs; Programmes of Activities)'에 대한 가이드

라인(guidelines)과 절차(procedures)를 확정하였다. 9월에는 화석연료 에너지 생산에 대해 저탄소 기술사용에 대한 'supercritical coal methodology'를 승인하였다. 또한 최근 CDM 집행위원회(EB)는 심사과정에서 추가성 툴(additionality tool)을 강화하였다. 이에 따라서 최근 중국의 프로젝트가 시작 날짜를 조작함으로써 심사과정에서 탈락하였으며, 인도의 프로젝트는 투자분석에서 부적절한 벤치마킹을 사용함으로써 탈락되었다.

<표 3>에 의하면 지금까지 CDM/JI 프로젝트 파이

〈표 5〉 교토 의정서 거래 (Kyoto trading) 과정
(교토의정서의 Article 17조 국제 배출권거래에 참여 가능한 Annex B 그룹 현황)

ITL 상태	참여가 가능한 국가	참여가 가능하지 않는 국가
실행 중	스위스, 일본, 뉴질랜드, 러시아; CDM	
승인됨	오스트리아, 벨기에, 체코공화국, 독일, 덴마크, 에콰도르, 스페인, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 영국, 헝가리, 아이슬란드, 아일랜드, 이탈리아, 라트비아, 리히텐슈타인, 리투아니아, 룩셈부르크, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 슬로바키아, 슬로베니아, 스웨덴, 우크라이나	불가리아, 캐나다, 그리스, 모나코, 루마니아
승인되지 않음	-	호주, 크로아티아

자료: UNFCCC

〈표 6〉 CDM/JI 프로젝트 파이프라인

	총계	PDDs	논의(commented)	등록(registered)	발행(issued)
CDM 프로젝트 수	4842	3908	3627	1106	367
CERs (백만톤)	N/A	3141	2745	1327	761
JI 프로젝트 수	622	359	-	2	-
ERUs (백만톤)	N/A	403	-	4	-

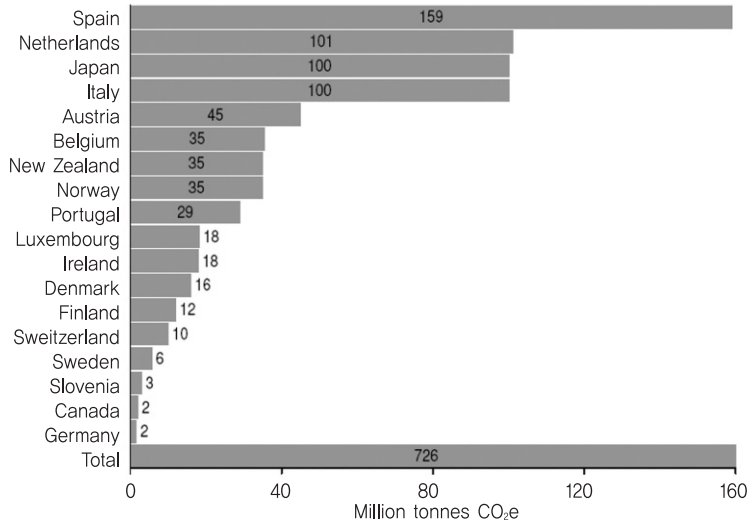
주: 1) PDDs: Project Design Documents, UNFCCC에 제출된 프로젝트

2) 논의(Commented): UNFCCC에서 논의 중인 프로젝트

3) 등록(EB/SC): CDM EB나 JI SC에 등록된 프로젝트

4) 발행(Issued): EB에서 발행된 프로젝트

[그림 5] EU각국의 CERs/ERUs 수요



자료: Point Carbon, "Carbon Market Monitor", 4 July 2008

프라인에 의하면 UNFCCC에 제출된 프로젝트는 3,908개에 이르고 있다. 또한 CDM EB에 등록된 프로젝트는 1,106개, 그리고 EB에서 발행된 크레딧은 367개에 이르고 있으며, 물량으로 지금까지 승인된 크레딧은 7억 6,100만톤에 이르고 있다.

향후 CDM에 대한 수요는 올해에도 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, EU 각 국가들은 그동안 안정적인 CDM 사업에만 관심을 보였지만 현재는 리스크를 감수하고서라도 CDM물량을 확보하는데 주력할 것이다. 이는 [그림 4]에서 보는바와 같이 EU국가들과 일본이 2012년까지 구매해야 하는 CDM/JI 물량이 774.6백만톤에 이를 것이기 때문이다. 국가별로는 스페인이 159백만달러로 가장 많고 그 뒤를 네덜란드, 일본, 이탈리아 등이 잇고 있다. 더욱이 현재의 CER가격은 프로젝트 리스크, post 2012에 대한 불확실성, 그리고 미국과 캐나다의 교토의정서 비인준 등에 따른 수요

부족 때문에 EUA가격에 비해서 현저히 낮은 수준에서 결정되고 있기 때문이다.

평균적으로 ERU가격은 점점 증가하는 추세에 있지만 프로젝트 리스크 등의 영향으로 CER가격보다는 다소 낮은 6€~10€사이에서 거래가 이루어졌다.

2007년 한해 동안 JISC(JI Supervisory Committee: JI 감독위원회)에 제출된 프로젝트 수와 물량은 그 전 해에 비해 증가하였다. 117백만 ERU에 이르는 84개의 프로젝트가 JISC에 제출되었다. 2007년에 JISC에 제출된 프로젝트들은 주로 러시아, 우크라이나가 개발국이다. 이 두 나라가 2007년에 제출된 전체 프로젝트의 각각 42%, 39%를 차지하고 있다. 러시아가 제출한 프로젝트는 주로 천연가스 파이프라인 누출 감축 프로젝트와 관련이 있다. 그러나 이러한 프로젝트들은 가스 누출로 인한 배출량 감소를 측정하는데 있어서의 방법론상의 문제점 등으로 향후 승인이 될 지는 의문이다.

우크라이나가 제출한 16개의 프로젝트들은 주로 대규모 석탄광 메탄, 그리고 에너지 효율 프로젝트이다. 리투아니아와 폴란드가 제출한 프로젝트는 주로 대규모 N2O 프로젝트들이다.

2007년에 JISC가 공식적으로 심사를 시작한 이래로 최종결정단계에 온 프로젝트는 'Podilskiy Cement Project'가 유일하다. 두 번째 최종심사단계에 있는 프로젝트는 'Dolna Arda Hydropower Cascade'이다. 지난 6월 5개의 JI프로젝트가 제출되었는데 2008~2012년 기간동안 390만톤의 물량이다. 러시아와 우크라이나가 각각 2개의 프로젝트를 신청하였으며, 루마니아가 나머지 하나를 제출하였다. 두개의 프로젝트는 산업 에너지 효율에 관한 것이고 나머지는 매립지 가스 재활용, 농업 폐기물을 이용한 바이오디젤 생산, 탈루성 배출에 관한 것이다.

2007년에 만료된 제2기 배출권거래제도에 따른 국가별 할당에 의하면 체코 공화국, 에스토니아, 헝가리,

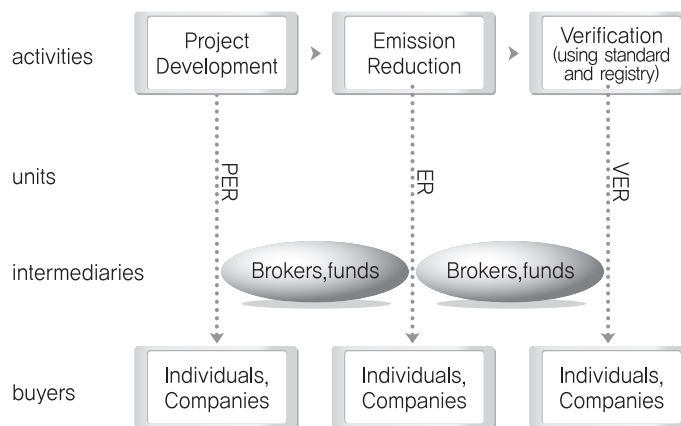
라트비아, 리투아니아, 폴란드, 슬로바키아, 루마니아 등은 할당량이 대폭 삭감되었다. 따라서 이들 국가들의 JI사업 기회는 그 만큼 줄어들게 되었다.

이러한 비관적인 요인에도 불구하고 2008년 동안에는 러시아와 우크라이나에서의 JI사업 활성화로 전체 JI사업은 비록 느리지만 진전을 이루어 나갈 것이다.

3. 자발적 시장(Voluntary Market)

잘 설계된 규제시장과는 달리 자발적 크레딧은 다양한 형태를 갖추고 있다. [그림 6]에서 보는 바와 같이 자발적 크레딧은 3가지 형태를 띠고 있다. 첫 번째는 PER(Prospective Emission Reductions)이다. 이 크레딧은 미래에 온실가스 감축을 가져올 것이라고 기대되는 프로젝트에 쓰이는 펀드로부터 발생한다. 프로젝트 개발자는 탄소 크레딧을 직접 발행하는데 실질적인

[그림 6] 자발적 시장의 탄소 크레딧



자료: Point Carbon, "Carbon Market Analyst", 24 October 2007

감축이 일어나기 전에 기대되는 탄소감축분으로 판매된다. 전형적인 PER은 산림 옹셋 프로젝트이다. 이는 CER 선도 판매와는 구별되는데 CER은 인도되기 전에 온실가스 감축이 일어나야 하는 반면에 PER은 미래에 발생하는 온실가스 감축에 대해서 현재 거래가 완결되는 점이다.

두 번째는 크레딧이 인도되기 전에 온실가스 감축이

이루어지는 ER(Emission Reductions)이다. 이 크레딧은 보다 CDM에 가까운 형태를 띠고 있으나 제3자에 의해서 크레딧이 인정된 것은 아니다.

세 번째는 VER(Verified emission reductions)이다. 이는 크레딧이 인도되기 전에 온실가스 감축이 이루어진다는 측면에서는 ER과 유사하지만 제3자에게 인증받는다는 것이 다른 점이다. 인증과정은 여러 가지

〈표 7〉 자발적 시장 표준

Standard name	Sponsoring organisations	Volume certified to date	Project types	Additionality requirements	Registry
Gold standard for voluntary emission reductions (VGS)	Gold standard foundation	350,000	Renewable energy, energy efficiency	Same as UN	Gold standard database
VER+	TUV SUD	383,932	Any except nuclear, large hydro	Same as UN	Blue Registry
Voluntary offset standard(VOS)	International Carbon Investor Services(ICIS)	N.A	Any except nuclear, HFC-23, large hydro	Same as UN	-
Community Climate Biodiversity (CCBA)	CARE, Nature Conservancy, Rainforest Alliance, others	45,695	LULUCF	Various: financial, political barriers, common practices, etc.	CCBA database
Carbon Financial Instrument	Chicago Climate Exchange (CCX)	15,000,000	Methane, soil, forestry, renewables	Benchmark: beyond BAU: top performers	CCX
Voluntary carbon standard(VCS) version 1-3	IETA, Climate Group, World Economic Forum	1,860,000	List of 15 categories: LULUCF, others tbd	Includes performance standards, barrier analysis	TBO
Draft Green-e standard for carbon reductions	Center for Resource Solutions	-	Not specified	Allows benchmark test (top 10% efficient technologies)	-

자료: Point Carbon, "Carbon Market Analyst", 24 October 2007.

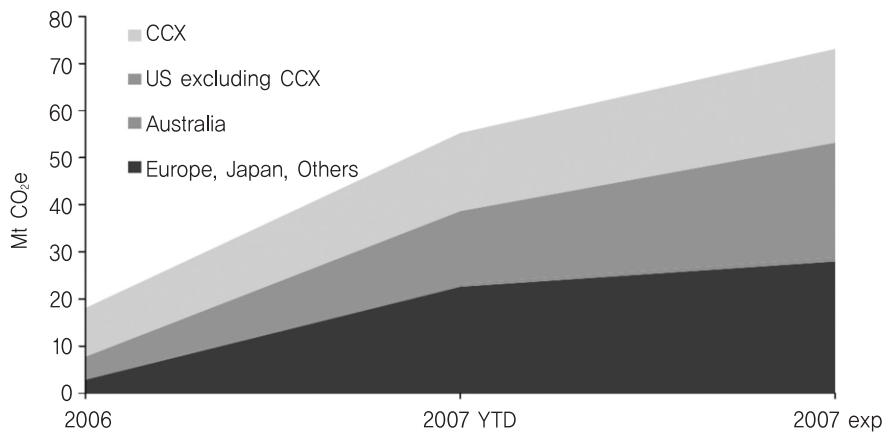
자발적 시장 표준에 따른다. 자발적 표준(Voluntary Standards)은 온실가스감축등록소(emission reduction registries)와 연계되어 있는데 이는 배출 크레딧에 대해서 이미 거래가 이루어졌다는 것을 확인하여 중복거래되는 것을 방지하기 위해서이다.

자발적 시장의 크레딧이 규제시장(compliance market)의 옵션으로 활용되기 위해서는 엄격한 기준이 있어야 한다. 현재 CDM EB에서 마련한 절차는 여러 가지 자발적 크레딧의 인증과정에 대한 모범사례가 되고 있다. <표 7>에서 보는 바와 같이 VGS(Gold standard for voluntary emission reductions), VER+, VOS(Voluntary offset standards)는 CDM EB에서 개발된 것과 유사한 추가성(additionality) 요구조건이 있다. 따라서 이들 3가지 표준은 가장 신뢰받는 표준으로 자리매김하였다. 그러나 이러한 3가지 표준은 엄격한 승인요건으로 인하여 전체 VER 중에서

작은 부문을 차지하는데 그치고 있다. 이러한 기준보다는 보다 완화된 표준은 “benchmark test”이다. 프로젝트 개발자는 해당 프로젝트가 최상의 기술을 사용한다는 것을 보여줌으로써 획득할 수 있는 크레딧이다. 현재 CCX하에서 가능한 온실가스 감축 표준이 이에 해당하는데 가장 많은 크레딧이 현재까지 발행되었다. VCS(Voluntary Carbon Credit) Version 1-3는 국제배출권거래협회(IETA; International Emission Trading Association), 기후그룹(Climate Group), 세계경제포럼(World Economic Forum)이 후원하고 있는데 향후 자발적 감축 프로젝트에 대한 표준으로 자리매김하는 것을 목표로 삼고 있다. 그러나 VCS는 추가성이 강화되기는 했으나 현재의 배출권거래제와 중복 계산의 위험성이 있다.

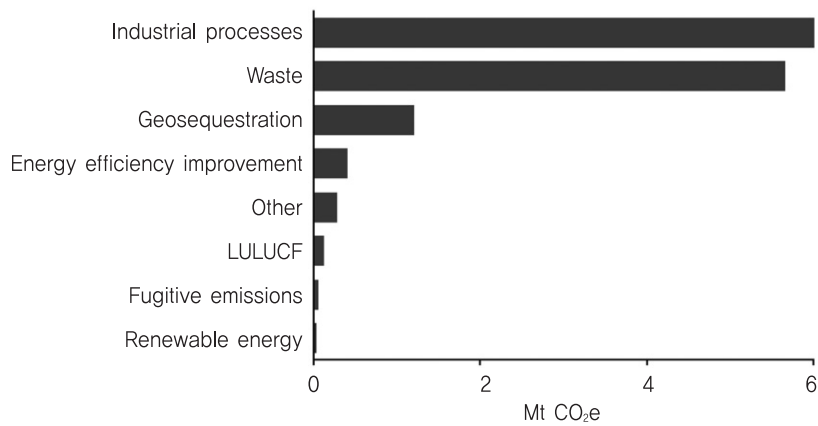
한편 이러한 자발적인 표준은 하나로 수렴할 수 있을까? 현재까지는 CDM EB의 엄격한 추가성을 갖추고

[그림 7] 자발적 시장의 규모



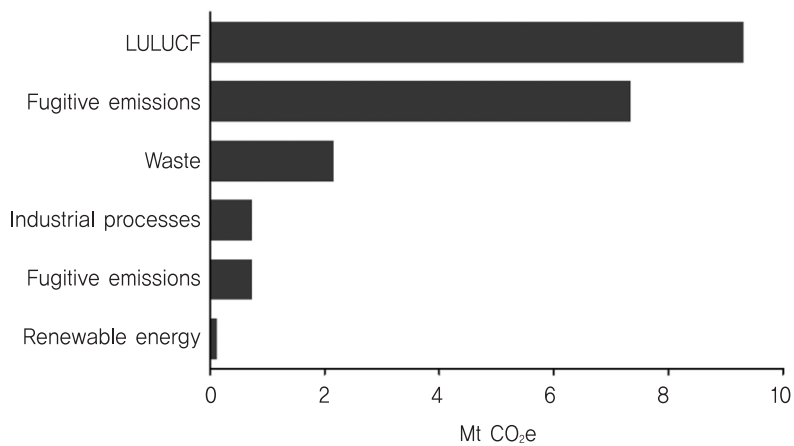
자료: Point Carbon, "Carbon Market Analyst", 24 October 2007

[그림 8] 미국의 프로젝트 형태별 자발적 탄소 크레딧



자료: Point Carbon, "Carbon Market Analyst", 24 October 2007

[그림 9] 프로젝트 형태별 CCX거래 물량(2003년부터 누적)



Source: CCX

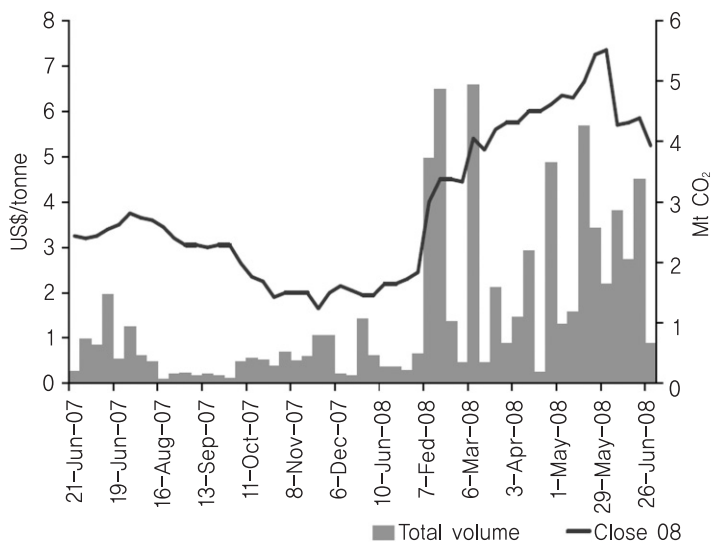
있는 VGS, VER+, VOS가 하나로 수렴할 것으로 전망되며, 나머지는 VCS로 수렴할 것으로 전망된다. 그러나 CCX CFI 표준도 나름대로 CCX시장에 힘입어 당분간 지속될 것이다.

자발적 시장의 규모는 [그림 7]에서 보는 바와 같이 1996년에는 약 2,000만톤 1997년말에는 7,500만톤으로 성장하였다. 이는 불과 1년 사이에 자발적 시장 규모가 4배로 성장한 것을 의미한다. 자발적 시장에서는 미국의 비중이 지대하다. 현재 미국은 자발적 시장의 60%이상을 점유하고 있으며 그 외 시장이 40%를 차지하고 있다. 미국에서 이루어지는 자발적시장의 반은 CCX에서 이루어지고 있다. 이러한 자발적 시장은 주로 브로커에 의해서 거래가 이루어지고 있다.

미국시장에서 거래되는 자발적 크레딧은 규제시장의 오프셋으로 활용된다. 현재 Oregon Standard,

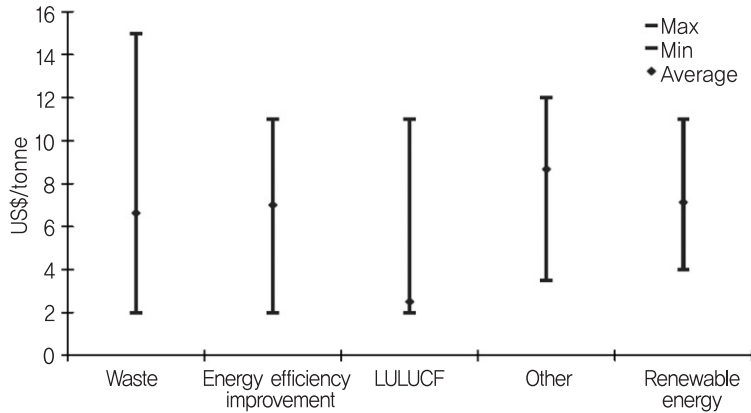
Massachusetts regulation, RGGI(Regional Greenhouse Gas Initiative) 등 3개의 오프셋시장이 있다. 앞의 두 시장규모는 729만톤에 이르고 있다. 그리고 세 번째 오프셋시장은 2009년부터 시작된다. 그 외 미국의 자발적시장은 i) CCX, ii) 회사시장(corporate market) iii) 소비자소매시장(consumer retail market)으로 대별된다. CCX는 자발적 cap-and-trade 배출권거래제인데 각 참여자들은 해당연도에 배출량에 부합하는 CFI(Carbon Financial Instruments)라는 배출권을 발행한다. 이러한 배출권에 대한 CCX오프셋 거래가 허용되는데 CCX 오프셋 크레딧은 CFI로 전환되어 배출권으로 활용된다. 현재 총 CCX 거래물량의 30%가 오프셋 크레딧으로 이루어져 있으며, 나머지는 배출권거래 물량이다. 회사시장은 개별회사가 자발적 온실가스 목표를 설정하는데 이러한 자발적 회사들간의

[그림 10] 미국 CCX 탄소가격 및 물량



Source: CCX

[그림 11] 미국의 자발적 탄소시장의 클레딧 가격



자료: Point Carbon, "Carbon Market Analyst", 24 October 2007

〈표 8〉 미국 외 시장에서 거래된 자발적 크레딧의 가격

Airline	Credit provider	Standard	€/tonne
Qantas	CO ₂ Australia		7.55
Air Canada	Zerofootprint	ISO 14064-2	11.51
Lufthansa	My Climate	Gold Standard CER/VER	19.77
SAS	Carbon Neutral Co.	VCS/CDM	13.32
Air France	Action Carbone		15.00
British Airways	Climate Care		10.74
	Carbon Neutral Co.(UK/DE projects)		10.77
	Origin Energy		10.05
	Carbon Neutral Co.(VCS/CDM)	VCS/CDM	11.82
	Carbon Neutral Co.(CDM)	CDM	15.43
	My Climate	Gold Standard CER/VER	23.42

자료: Point Carbon, "Carbon Market Analyst", 24 October 2007.

배출권이 옵션 형태로 상호간에 이루어지게 된다. 한편 소비자 소매시장도 회사시장에서와 비슷한 형태로 거래가 이루어지고 있다.

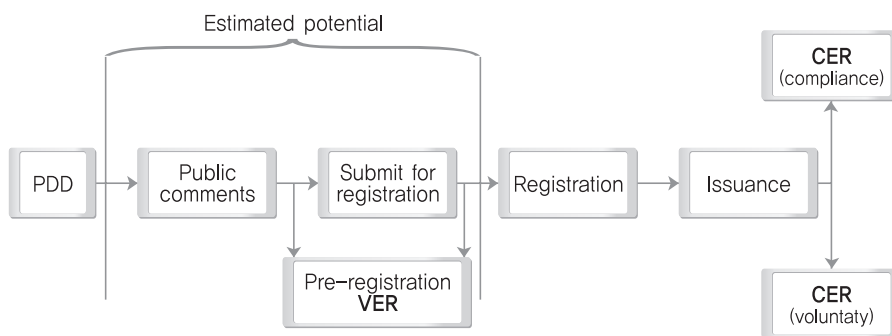
현재 미국에서 거래되는 자발적 탄소크레딧을 프로젝트 형태별로 보면, 산업공정(Industrial Process)과 폐기물(Waste)¹⁾이 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 그 다음으로 탄소분리(Geosequestration), 에너지효율 향상(Energy efficiency improvement)이 있고 있다.

지금까지 CCX에서 거래된 옵션 크레딧은 2,030만 톤에 이르고 있는데 이 물량은 전체 미국에서 거래된 자발적 탄소시장의 15%를 차지하고 있다. 프로젝트 형태별로는 LULUCF, 탈루성 배출이 가장 많은 거래량을 차지하고 있으며, 폐기물, 산업공정 등이 그 뒤를 잇고 있다([그림 9]참조).

[그림 10]에서 보는 바와 같이 2007년 한해 동안 CCX에서 거래된 탄소가격은 톤당 2\$ ~ 4\$ 사이에서 등락하고 있다. 이와 같은 탄소가격은 EUA가격에 비하면 매우 낮은 수준이다. CCX는 자발적 거래시장으로서 목표할당량에 대한 벌칙이 엄격하지 않으며, 다양한 offset을 허용하고 있어 낮은 가격 수준에서 거래되고 있는 것이다. 특히 2007년에 새로이 승인된 Coal mine methane methodology에 의한 옵션은 CCX가격을 더욱 떨어뜨리는 결과를 가져 왔다.

그러나 미국의 자발적인 회사시장(corporate market)과 소비자소매시장(consumer retail market)에서 거래된 크레딧의 가격은 [그림 10]에서 보는 바와 같이 거래되는 프로젝트 형태별로 다양하게 형성되어 있다. 그리고 같은 같은 프로젝트 형태라고 할지라도 폐

[그림 12] CDM 사업과정에서 발생하는 자발적 탄소 크레딧



1) 폐기물(Waste)은 매립지(landfill) 및 농업용 메탄(Agricultural Methane)이 대부분임.

기물의 가격은 2\$~15\$로 다양하며, 가격차가 가장 작은 프로젝트가 신재생에너지인데 가격은 4\$~11\$사이에서 거래되고 있다.

미국 외 지역에서 거래되고 있는 자발적 크레딧의 가격은 미국시장에서보다는 높은 가격에서 거래되고 있다. My Climate에서 제공한 크레딧은 가격인 19.77€~23.42€에서 거래되었다.

향후 자발적 탄소시장은 교토의무기간 동안 더욱 확대될 전망이다. 기업들의 환경 이미지 제고를 위한 자발적 수요량은 꾸준히 늘어날 전망이며, 자발적 크레딧은 CDM사업이 활성화됨에 따라 더욱 증가할 전망이

다. 현재 CDM 크레딧은 사업계획서 제출(PDD) → 공청회(Public Comments) → 등록서에 제출(Submit for Registration) → 등록(Registration) → 발행(Issuance) 등의 과정을 거쳐 CER이 발행되는데 이 과정에서 최종적으로 CER이 발행되지 않을 수 있다. 즉 공청회(Public Comments) → 등록서에 제출(Submit for Registration) → 등록서에 제출(Submit for Registration) 과정에서 실격한 프로젝트는 '사전 등록 VER(pre registered VER)'로 발행되고, 최종 발행(Issuance) 단계에서 탈락한 프로젝트는 자발적인 CER(voluntary CER)로 발행된다. 따라서 CDM 사업

〈표 9〉 CDM사업 현황

(단위: 건, 톤)

CDM사업 현황		누적 합계
등록 사업수	전세계	1,151
	우리나라	19 (1.7%)
CER 등록량	전세계	220,967,996
	우리나라	14,599,555(6.6%)

자료: 에너지관리공단, CDM 인증원

〈표 10〉 온실가스 배출 감축사업 등록 현황

(단위: 건, 톤)

감축사업 등록/인증 현황		누적 합계
감축사업 등록 신청	신청건수	277
	예상 총 감축량	22,059,047
감축사업 등록	등록 건수	135
	예상 총 감축량	11,778,873
감축사업 인증 신청	신청건수	66
	예상 총 감축량	1,969,735
감축사업 인증	인증 건수	66
	예상 총 감축량	1,969,735

자료: 에너지관리공단, 온실가스 감축사업 등록관리 시스템.

이 EB에 많이 제출될수록, 그리고 CDM사업기준이 강화되어 탈락률이 증가할수록 자발적 시장에 공급되는 자발적 크레딧의 양은 증가하게 되는 것이다.

포인트 카본(Point Carbon)의 현재 CDM 파이프라인에서 사업계획서 제출(PDD) → 공청회(Public Comments) → 등록서에 제출(Submit for Registration)에서 발행될 수 있는 VER의 양은 1억톤에 이를 전망이다.

이러한 자발적 크레딧 시장은 향후 미국의 규제시장의 오프셋(offset)이 확대될수록 더욱 커질 전망이다. 미국의 규제시장은 미국 동북부 9개주의 배출권거래제인 RGGI(Regional Greenhouse Gas Initiative)가 출범하게 되면 더욱 확대될 전망이다. RGGI는 2009년 1월 1일 출범할 예정이다. 그러나 RGGI 오프셋은 매립지 가스(Landfill gas)와 농업용 메탄(Agricultural Methane) 프로젝트 등 일부항목으로 제한하고 있으며, 요구조건이 매우 엄격한 것이 급속히 시장확대로 이어지지는 않을 것이다.

또한 미국서부의 6개주와 캐나다의 2개 주는 2020년까지 온실가스 배출량을 2005년 기준으로 15% 줄이기로 결정하였다. 이와 관련한 시장 기반 배출권거래제(안)이 2008년 8월 이전까지 수립될 예정이다. 또한 미국의 중서부 지역에서도 온실가스 감축을 위한 협정이 곧 체결될 예정이다. 미국 인구의 반 이상이 이러한 온실가스 감축정책에 영향을 받게 될 것이며, 이는 미국 내 탄소시장의 급격한 확장으로 이어질 것이다.

자발적 프로젝트 개발자들은 현재 UNFCCC에서 인정되지 않는 탄소포집 및 저감(CCS), 산림벌채(deforestation)와 같은 프로젝트를 발굴함으로써 온실가스 감축에 기여할 전망이다. 이러한 점에서 자발적 시장은 post 2012 협상에 대한 시험장이 될 전망이다.

4. 국내 탄소시장과 시사점

국내 탄소시장은 크게 규제시장(Compliance market)과 자발적 시장(Voluntary market)으로 대별되는데 규제시장은 교토의정서상의 CDM사업에 관한 것이고 자발적 시장은 KCER에 관한 것이다. CDM은 선진국의 온실가스 감축 의무를 위해 해외시장에 판매된다는 측면에서 국제 시장과 연계되어 있다. 우리나라의 CDM 등록 건수는 지금까지 19건이며, 이는 전세계 등록 건수의 1.7%이며, CER 등록량은 전세계 등록량의 6.6%에 이르고 있다. 따라서 국내에서 진행되는 CDM 프로젝트는 다른 국가에 비해 규모가 크다.

자발적 시장은 현재 정부가 추진하고 있는 KCER이 있다. KCER은 에너지관리공단 내 온실가스 감축실적(탄소배출권) 등록소의 검증을 통해 온실가스의 감축 사업을 추진해 온 기업에게 온실가스 감축분에 대한 탄소배출권이다. 현재 온실가스 감축 등록소에 인증 완료된 총 감축량은 196만톤에 이르고 있다.

기업들은 발행받은 배출권을 정부에 직접 판매하거나 '신재생 에너지 공급협약(Renewable Portfolio Agreement)'을 맺은 한국전력 및 6개 발전회사 등 에너지 관련 공기업들에게 판매한다. 정부와 RPA를 맺은 에너지 공기업들이 공급량을 충족하지 못할 경우 배출권 시장에서 탄소배출권을 의무적으로 구매하게 된다. 2008년 현재 RPA를 협약한 기업은 한국전력, 6개 발전회사(한수원, 남동, 중부, 동서, 서부, 남부), 한국수자원공사, 한국지역난방공사 등이다. 정부는 온실가스 감축 부담에 대비하거나 윤리경영 등을 이유로 탄소배출권을 구매하려는 국내 기업에도 배출권 시장을 개방할 예정이다. 또 국내에서 인증된 배출권이 국제적인 표준을 충족할 경우 국제 배출권시장 등에도 수출을 추

진한다. 현재 CCX에 국내 KCER을 자발적 탄소 크레딧으로 인정받고 수출하는 노력이 진행 중이다.

이상에서와 같이 국내 탄소시장은 국제 배출권거래 시장과 밀접한 관계를 맺고 있는데 특히 CDM시장은 EU ETS와, KCER시장은 CCX와 직접 연계되어 있다. 향후 post 2012기후변화 협상 결과에 따라 국내 탄소 시장은 배출권거래제를 골격으로 한 규제시장이 형성 될지 아니면 자발적 시장이 확대될지는 두고 보아야 하 겠지만 어떠한 방향으로 나아가더라도 향후 탄소시장 에 대한 중요성은 더욱 확대될 것이며, 해외 탄소시장 과 국내 탄소시장의 연계는 더욱 강화될 것이다. 이에 따라서 해외 배출권거래시장에 대한 동향을 더욱 주시 하고 대응해 나가야 할 것이다.

〈 참고문헌 〉

- 김수이, “국제탄소시장 동향 및 전망”, 가스연맹, 2007 가을호.
- 박형진, “자발적 탄소시장의 현황 및 주요 이해관계자 의 역할” 에너지경제연구원, KEEI ISSUE PAPER, Vol 2, No 10, 2008. 4. 21.
- 안영환, “유럽온실가스 배출권거래소 현황 및 시사점” 「에너지포커스」, 2008년 .봄호.
- 에너지관리공단, 온실가스 감축사업 등록 관리 시스템, <http://reg.kemco.or.kr/>
- 에너지관리공단, CDM 인증원, <http://reg.kemco.or.kr/>
- Point Carbon, “Carbon Market Monitor”, 4 July 2008
- Point Carbon, “Carbon Market Analyst”, 24 October 2007
- Ecosystem Marketplace and New Carbon Finance, “State of the Voluntary Carbon Markets”, 2007

천연가스시장의 현물가격과 선물가격간의 이질화 현상에 대하여

김 효 선

한국가스공사 경영연구소 책임연구원



1. 서론

8월 인도분 서부 텍사스 중질유(WTI)가 7월 3일 145.29달러에 거래되면서 사상 최고치를 경신하는 등 달러약세와 더불어 투자심리에 악영향을 미친 지 2개월이 지난 현재¹⁾, 국제 유가는 100달러선에 근접하고 있다. 원유공급에 대한 우려가 제거되면서 경기침체로 인한 파급효과가 심리적 경계선인 배럴당 100달러 붕괴를 가져올 것인가에 대하여 뜨거운 논쟁이 지속되고 있다. 이렇게 국제유가에 촉각을 세우고 있는 이유는 국제유가가 또 다른 에너지원 가격에 영향을 미치고, 급격한 에너지 가격 변동은 원가절감에 대한 노력을 수포로 만들 수 있기 때문이다.

WTI 가격추이를 [그림 1]에서 살펴보면 2008년 12월 인도분보다 현물가격이 낮게 거래되던 현상이 7월 16일부터 역전되는 것을 볼 수 있다. 이 시점을 시작으로 현물가격 상승이 선물가격 상승을 유도하게 되는데 반대로 현물 가격이 하락할 경우에는 현물과 선물간의 가격격차가 좁혀지게 된다. 이러한 현상은 금융시장 불안에 의해 국제원유 파생상품으로 옮겨온 투자자들이

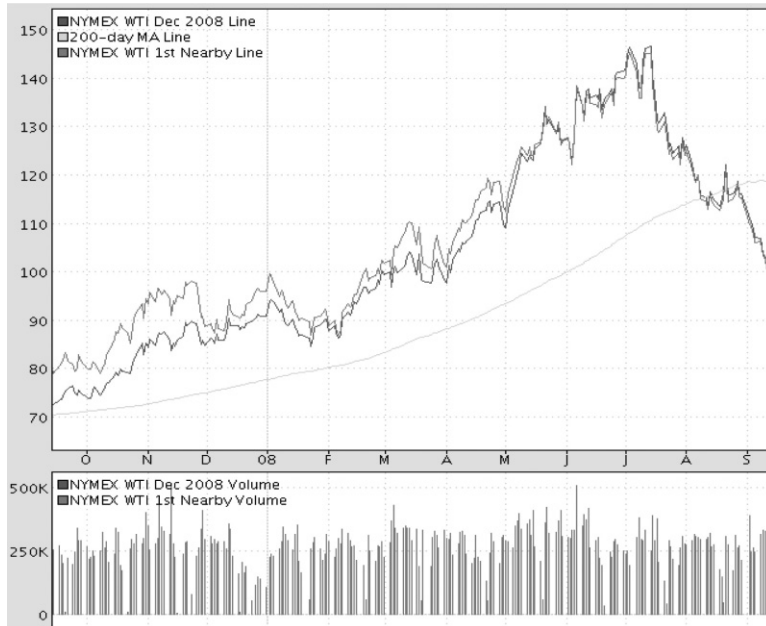
가격상승시에는 추가상승에 대한 기대가 선물로 갈수록 과도하게 부풀려지는 반면, 가격하락시에는 리스크 회피 성향이 지배적이기 때문에 선물에 대한 지불의사가 현물가격 수준을 넘지 못하기 때문이다.

9월 4일 현재 브렌트유는 지난 7월 4일 대비 26.4% 하락하였고, 그 여파로 석탄가격은 로테르담 거래가격 기준으로 13.2% 하락하였다. 그러나, 유럽시장의 대표적인 ICE 천연가스 가격은 현물의 경우 오히려 10.3% 상승하였고, 12월 만기 선물의 경우 8월 15일을 기점으로 서서히 반등하면서 6월 4일 수준을 회복하였다. 이는 연초대비 무려 76.1%를 상승한 것이다. 이러한 천연가스시장의 가격상승은 영국의 전력시장에 영향을 미쳐, 12월 만기 baseload와 peakload가격을 각각 6.5%와 10.6% 상승시키는 데 큰 역할을 하게된다.

더구나, 지난 7월 공식석상에서 가스프롬의 알렉세이 밀러 회장이 천연가스 공급가격 상승이 불가피하다고 언급하면서, 천연가스가격 급등에 따른 에너지대란에 대한 우려가 가중되고 있다. 이런 마당에 천연가스 가격이 유가에 연동되지 않는 현상은 달러약세가 달러 강세로 전환되었기 때문만으로 해석하기에는 무리가

1) 본 원고에서는 현재시점을 9월 4일로 통일함.

[그림 1] WTI 현물 및 선물가격 추이



있다. 특히, 천연가스는 현물과 선물시장간의 가격격차가 연초 10.1펜스/therm에서 30.8펜스/therm으로 벌어지는 등 계절적 변동이 과거보다 증폭되고 있어 천연가스 가격예측을 단순히 유가와와의 상관관계만으로 해석하는 것은 매우 위험한 시도가 될 수 있다.

특히, 천연가스는 단기와 중기 및 장기 가격결정구조가 상이하기 때문에 그 특성을 반영하지 않을 경우 엉뚱한 결론에 도달할 수 있다. 예를 들어 최근 발생한 단기 가격 급등현상은 고유가 대응 대체에너지원으로서의 천연가스 수요가 급증한 것도 있지만, 노르웨이 가스배관 누수 등 단기적인 공급불안 요소가 수급불안정을 초래한 원인이 되고 있다. 그러나, 중장기적으로는 유럽내 가스수요가 포스트교토와 관련하여 꾸준히 증가할 것이라는 기대와 이러한 수요증가 가능성을 중양아시아 지역에 가스 독점권을 행사하는 가스프롬이

간파하고 있다는 점이 천연가스 가격상승에 크게 작용하고 있다. 유럽 내 에너지절약 정책 및 재생에너지 개발노력에도 불구하고 천연가스가 기후정책의 실질적인 대안으로 작용함에 따라 천연가스에 대한 의존도는 계속 높아지고 있고, 이는 가스프롬의 수출가격 결정에 막대한 영향을 미치고 있기 때문이다. 유럽의 천연가스 공급에 대한 러시아 의존도는 40%에 이르기 때문에 자원보유국으로서의 러시아 횡포는 향후 몇 년간 극에 달할 것이며, 그 영향은 유럽 내에서 그치지 않고 아시아 지역으로 확대될 것으로 예상되고 있다. 이미, 중국과 싱가포르, 태국 등이 천연가스 수입경쟁에 뛰어들고 있어 가스확보를 위한 국내 입지는 점점 좁아지고 있는 현실이다.

이러한 관점에서 볼 때, 국내 도입되고 있는 천연가스의 가격 시그널을 유럽시장에 둘 것인지, 아니면,

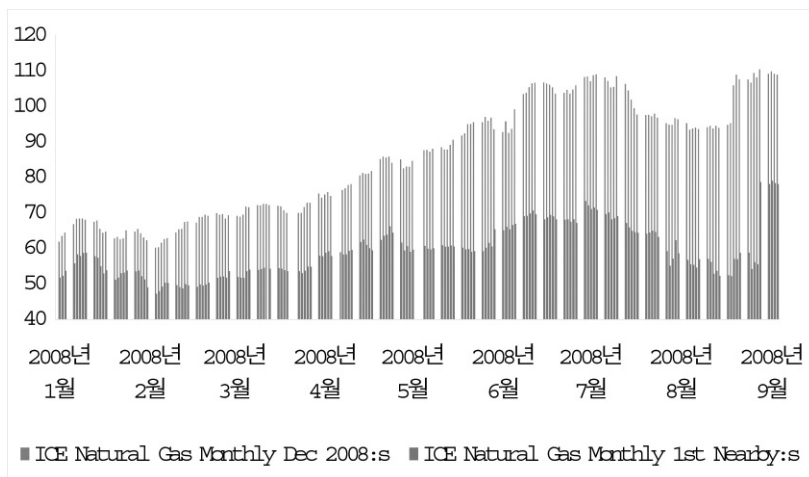
LNG시장내 그 비중이 증가하고 있는 미국시장에 들 것인지를 점검할 필요가 있다. 본 연구는 천연가스의 시장을 현물시장과 선물시장, 그리고 미국시장과 유럽 시장으로 구분하여 시장 및 지역 간 격차가 존재하는지와 시장 및 지역별 특성이 어떻게 변화하고 있는지를 분석하여 향후 천연가스 가격 전망과 천연가스 공급불 안정에 대한 대응방안 마련에 기초 자료를 제공하고자 한다. 천연가스와 관련한 연구로는 북미 천연가스 시장에 대한 현물시장간의 가격발견과정을 실증분석한 박해선(2006)이 있다. 박해선(2006)은 미국 국내 천연가스 가격동향을 파악하고 상호연관관계를 파악하기 위해 벡터오차수정 모형과 인과관계분석 기법인 그래프 이론을 결합하였다. 본 연구는 박해선(2006) 연구결과를 참고하여, 국제원유시장과 천연가스시장의 지역특

성이 현물가격과 선물가격에 어떻게 영향을 미치는지를 equality 테스트와 충격반응함수를 이용하여 분석하고, 벡터오차수정모형을 이용하여 천연가스 가격 예측을 시도하고자 한다.

2. 데이터 및 분석방법

분석에 사용한 자료는 OILSPACE.NET이 제공하는 2005년 4월 22일부터 2008년 8월 26일까지의 원유, 천연가스, 석탄, 전력가격을 현물시장과 선물시장의 가격 일별자료이다. 국제원유가격은 브렌트유현물과 2008년 12월 인도분 선물가격²⁾을 사용하였으며, 석탄가격은 로테르담과 리차드베이 현물 및 2009년 1월

[그림 2] ICE 천연가스 현물 및 선물거래 가격 추이



2) 선물시장의 경우, 2008년 12월과 2009년 1월 인도분 거래가격을 선택한 이유는 탄소배출권 2008년 12월 만기물량의 가격추이와 상관관계가 높은 관계로 주요 에너지 인덱스로 활용가치가 높기 때문이다.

인도분 선물가격을 사용하였다. 전력시장은 영국의 베이스로드와 피크로드 가격을 사용하였으며, 천연가스 시장은 ICE 현물, ICE 월별 2008년 12월 인도분 선물, ICE 분기별 2008년 12월 인도분 선물, 헨리허브 현물과 헨리허브 2008년 12월 인도분을 각각 사용하였다. 자료분석에는 EVIEW 프로그램을 사용하였다.

3. Equality 테스트를 통한 지역간 동질성 검증

가. 국제 유가의 경우

국제 유가의 경우 [그림 3]와 [그림 4]에 나타난 바와 같이 육안으로도 브렌트와 WTI의 현물가격이 지역 간 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

WTI와 브렌트유에 대한 현물과 선물가격의 동질성

을 분산과 평균측면에서 테스트한 결과인 <표 1>과 <표 2>에 의거하면, 선물과 현물 모두 지역 간 격차가 발생하지 않는 것으로 나타났다.

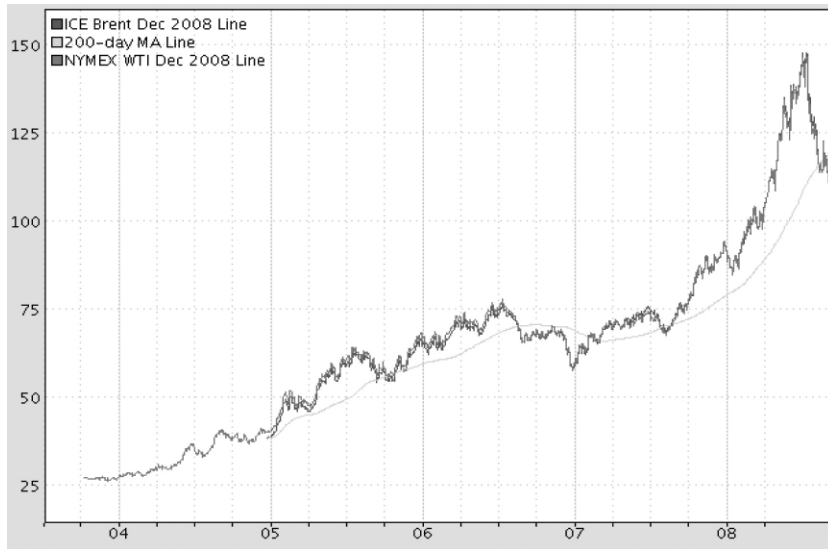
나. 천연가스 가격의 경우

이와는 대조적으로, 천연가스는 미국 NYMEX 거래시장의 경우, [그림 5]와 같이 2005년 하반기까지 현물에 가까운 시점의 선물가격이 2008년 12월 인도분의 가격을 크게 상회하나, 2008년 12월 인도분 가격이 현물가격을 웃돌게 되면서 상대적 공급부족이 장기화될 것으로 예견되고 있다. 특히, 미국지역의 천연가스 시장 특징은 현물가격과 선물가격간의 격차가 최근 들어 좁혀지고 있는 것이 특징이다. 그러나, 거래량 면에서 볼 때, 2006년 하반기 들어서면서 유동성이 크게 증가하여 미국 발 신용경색으로 인한 투기세력이 천연

[그림 3] NYMEX와 ICE 유가 현물가격 비교



[그림 4] NYMEX와 ICE 유가 선물가격 비교



〈표 1〉 브렌트와 WTI 원유 현물가격의 EQUALITY 테스트 결과

Test for Equality of Means Between Series			
Included observations: 856			
Method	df	Value	Probability
t-test	1708	0.411017	0.6811
Anova F-statistic	(1, 1708)	0.168935	0.6811
Analysis of Variance			
Source of Variation	df	Sum of Sq.	Mean Sq.
Between	1	82,96408	82,96408
Within	1708	838801.6	491,1016
Total	1709	838884.6	490,8628
Category Statistics			
Variable	Mean	Std. Dev.	Std. Err. of Mean
브렌트 현물	75.65209	22,01668	0.752515
WTI 현물	76.09262	22,30435	0.763239
All	75,8721	22,15542	0.535774

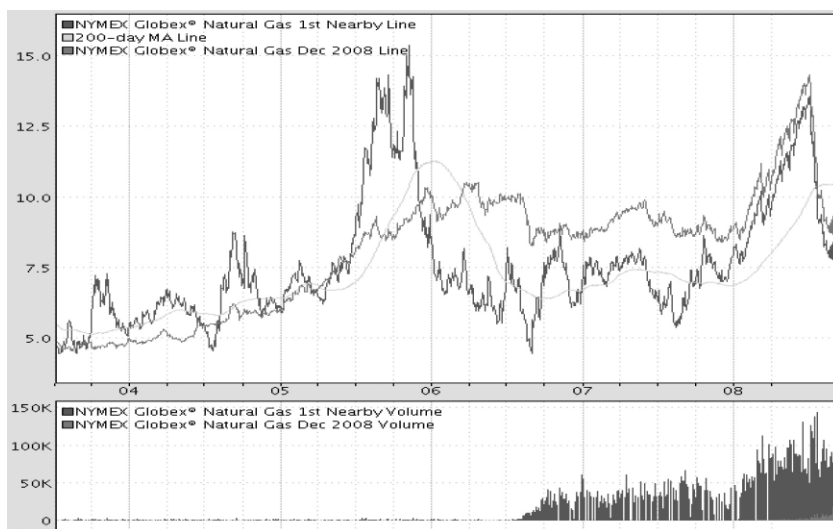
〈표 2〉 브렌트와 WTI 원유 선물가격의 EQUALITY 테스트 결과

Test for Equality of Means Between Series			
Included observations: 856			
Method	df	Value	Probability
t-test	1708	0.441342	0.659
Anova F-statistic	(1, 1708)	0.194783	0.659

Analysis of Variance			
Source of Variation	df	Sum of Sq.	Mean Sq.
Between	1	88,89823	88,89823
Within	1708	779525,1	456,3964
Total	1709	779614	456,1814

Category Statistics			
Variable	Mean	Std. Dev.	Std. Err. of Mean
브렌트 선물	76,63927	21,06365	0,720783
WTI 선물	76,18326	21,65839	0,740268
All	76,411	21,3584	0,5165

[그림 5] NYMEX 천연가스 현물 및 선물 거래가격 비교



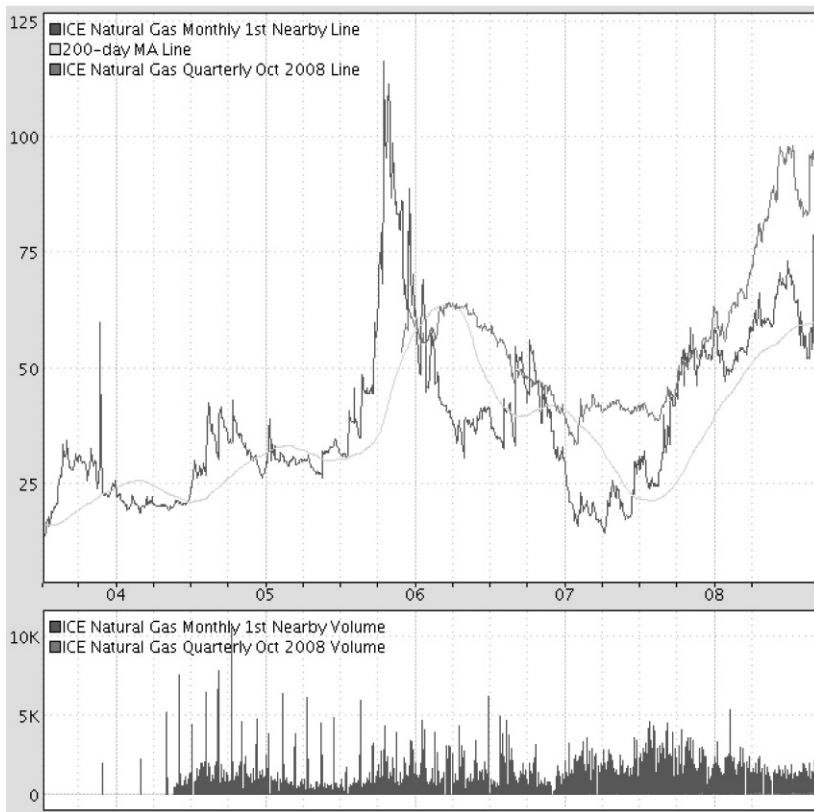
가스 파생상품에 유입된 것을 [그림 5]를 통해 알 수 있다. 특히, 현시점의 천연가스 가격의 급변은 2년 전 천연가스 파생상품 거래에서 60억달러를 손해 본 아마란스 어드바이저 사태와 비슷한 패턴을 보이고 있어, 헤지펀드 패쇄 도미노에 대한 우려가 높다.

반면, 유럽 거래시장 ICE의 경우 [그림 6]에 나타난 바와 같이, 천연가스 가격은 현물의 경우 미국 NYMEX 헨리허브 가격과 비슷한 패턴을 유지하지만, 2008년 12월 인도분의 경우 현물가격을 꾸준히 상회하는 양상을 보이면서 선물과 현물가격간의 격차가 최

근 들어 심화되는 것을 목격할 수 있다.

아래 <표 3>와 <표 4>는 유럽 시장과 미국시장간의 현물가격의 동질성을 분산과 평균측면에서 테스트한 값이다. <표 3>는 지역별 현물가격의 고유단위인 달러/MMBTU와 펜스/therm을 그대로 사용한 경우이고, <표 4>는 유럽시장, 즉 엄밀히 말해 영국의 ICE 천연가스 거래가격을 X-RATE 환율시장의 달러 대 영국 파운드 일별 테이터를 사용하여 달러화로 통일한 자료를 사용한 통계결과이다. 즉, <표 4>에 의하면, 모집단의 분산이 동일하다는 가설을 검증하는 데 사용된 통계량

[그림 6] ICE 천연가스 현물 및 선물 거래가격 비교



의 확률이 .7413으로 5%(.05)보다 크기 때문에 분산이 동일하다는 영가설을 기각하지 못한다. 곧 천연가스 현물가격은 지역별로 평균과 분산에 있어 차이가 있다고 보기 어렵다.

그러나, 아래 <표 5>와 같이 선물시장의 경우 유럽 시장과 미국시장간의 괴리가 역력함을 알 수 있다. 즉, 선물가격의 동질성을 분산과 평균측면에서 테스트한 결과, 평균과 분산 모두 동일하다는 가설을 기각할 수 밖에 없다.

4. 천연가스 지역 간 상관관계

3장에서 유럽 시장과 미국시장간의 천연가스 현물 가격과 선물가격이 각각 괴리가 있는지를 EQUALITY TEST를 통하여 검증하였다. 본 장에서는 동일시장내

현물가격과 선물가격간의 상관관계를 단위근 검정 및 벡터오차수정모형에 적용시켜 보고자 한다. 우선, 천연가스 거래가격 간 상관관계를 간단히 살펴보면, 다음 <표 6>와 같다. 즉, 유가의 경우 지역에 관계없이 현물은 현물끼리, 선물은 선물끼리 상관관계가 높게 나타난 반면, 천연가스는 현물가격간의 상관관계보다 선물가격간의 상관관계가 현저히 낮게 나타났다.

단위근 검정을 통하여, 국제유가와 천연가스 가격이 석탄이나 전력가격과 마찬가지로 단위근이 존재하는 것으로 나타났다(<표 7> 참조). 따라서, 각각의 변수를 차분하여, 예측모형을 시도하였다.

<표 8>는 영국 ICE 천연가스 2008년 12월 인도분 가격과 미국 헨리허브 2008년 12월 인도분 가격을 대상으로 VAR(2)모형을 적용하여 두 지역 간의 상관관계를 추정한 결과이다.

<표 3> 미국의 헨리허브 천연가스 현물가격의 EQUALITY 테스트 결과(고유단위)

Test for Equality of Means Between Series			
Included observations: 856			
Method	df	Value	Probability
t-test	1709	58.85866	0
Anova F-statistic	(1, 1709)	3464.342	0
Analysis of Variance			
Source of Variation	df	Sum of Sq.	Mean Sq.
Between	1	542555	542555
Within	1709	267648.7	156.6113
Total	1710	810203.7	473.8034
Category Statistics			
Variable	Mean	Std. Dev.	Std. Err. of Mean
헨리허브 현물	8.263738	2.193641	0.075021
ICE 가스 현물	(고유단위)	43.87825	17.55657
0.600071	All	26.0814	21.76702

〈표 4〉 미국의 헨리허브 천연가스 현물가격의 EQUALITY 테스트 결과(고유단위를 달러화로 전환)

Test for Equality of Means Between Series			
Included observations: 856			
Method	df	Value	Probability
t-test	1709	0.330168	0.7413
Anova F-statistic	(1, 1709)	0.109011	0.7413

Analysis of Variance			
Source of Variation	df	Sum of Sq.	Mean Sq.
Between	1	0.822937	0.822937
Within	1709	12901.48	7.54914
Total	1710	12902.3	7.545206

Category Statistics			
Variable	Mean	Std. Dev.	Std. Err. of Mean
헨리허브 현물	8.263738	2.193641	0.075021
ICE 가스 현물	(달러로 환산시)	8.3076	3.206714
0.109603	All	8.285682	2.746854

〈표 5〉 미국의 헨리허브 천연가스 선물가격의 EQUALITY 테스트 결과

Test for Equality of Means Between Series			
Included observations: 856			
Method	df	Value	Probability
t-test	1040	46.96273	0
Anova F-statistic	(1, 1040)	2205.498	0

Analysis of Variance			
Source of Variation	df	Sum of Sq.	Mean Sq.
Between	1	7029.077	7029.077
Within	1040	3314.553	3.18707
Total	1041	10343.63	9.936244

Category Statistics			
Variable	Mean	Std. Dev.	Std. Err. of Mean
헨리허브 선물	16.14554	3.173476	0.232068
ICE 가스 선물	9.377243	1.299142	0.04443
All	10.5919	3.152181	0.097651

이상의 결과를 토대로 충격반응함수를 추정하면, 다음 <그림 7>과 같다. 즉, 유럽 천연가스 가격의 표준오차 1단위의 외부충격이 가해졌을 때, 유럽과 북미가격 모두 2일까지 급격히 상승하다, 4일째 되면서 유럽가격은 하락하지만, 북미가격은 거의 변화가 없다. 반면, 북미가격의 표준오차 1단위의 외부충격은 유럽가격과 북미가격이 대칭되는 변화를 보여주고 있다. 즉, 유럽가격은 2일째부터 상승세가 하락세로 역전되는 양상을 보여주는 반면, 북미가격은 2일째부터 하락세가 상승세로 역전된다.

5. 결론

이상에서 국제 원유시장과 천연가스시장의 지역 간 시장간 차이를 분석해 보았다. 분석결과, 유가의 경우 선물과 현물 모두 지역 간 격차가 발생하지 않는 것으로 나타났다.

반면, 천연가스 현물가격은 지역별로 평균과 분산에 있어 차이가 있다고 보기 어려우나, 천연가스 선물가격은 평균과 분산 모두 동일하다는 가설을 기각할 수밖에 없다. 이렇게 천연가스 선물가격이 지역 간 이질화가 발생한 것은 두 지역 간 기후정책에 대한 급박성이 상이하고, 유럽 탄소 배출권 가격결정에 천연가스 선물가

<표 6> 국제유가와 천연가스의 현물 및 선물가격간 상관관계(CORRELATION)

	B8	BN	GH8	GHN	GM8	GMN	WTN	WT8
B8	1.0000	0.9971	0.8420	0.8476	0.9607	0.8588	0.9925	0.9990
BN	0.9971	1.0000	0.8688	0.8724	0.9480	0.8736	0.9970	0.9971
GH8	0.8420	0.8688	1.0000	0.9968	0.7424	0.8560	0.8747	0.8495
GHN	0.8476	0.8724	0.9968	1.0000	0.7589	0.8558	0.8790	0.8554
GM8	0.9607	0.9480	0.7424	0.7589	1.0000	0.8177	0.9471	0.9619
GMN	0.8588	0.8736	0.8560	0.8558	0.8177	1.0000	0.8692	0.8606
WTN	0.9925	0.9970	0.8747	0.8790	0.9471	0.8692	1.0000	0.9949
WT8	0.9990	0.9971	0.8495	0.8554	0.9619	0.8606	0.9949	1.0000

<표 7> 국제유가 및 주요 에너지원의 단위근 테스트 결과

	수준		차분	
	constant	none	constant	none
brent	-0.25531	1.734315	-13.1389	-12.9761
coal(ara)	1.228661	2.601123	-8.72379	-8.50055
gas(gm8)	-0.81627	1.701759	-5.70988	-5.35648
elec(gpb)	-0.62578	3.022267	-7.52272	-6.56981
elec(gpp)	1.18668	2.336082	-8.30691	-8.12622

〈표 8〉 영국 ICE 천연가스 2008년 12월 인도분 가격과 미국 헨리허브 2008년 12월 인도분 가격의 VAR(2)모형 결과

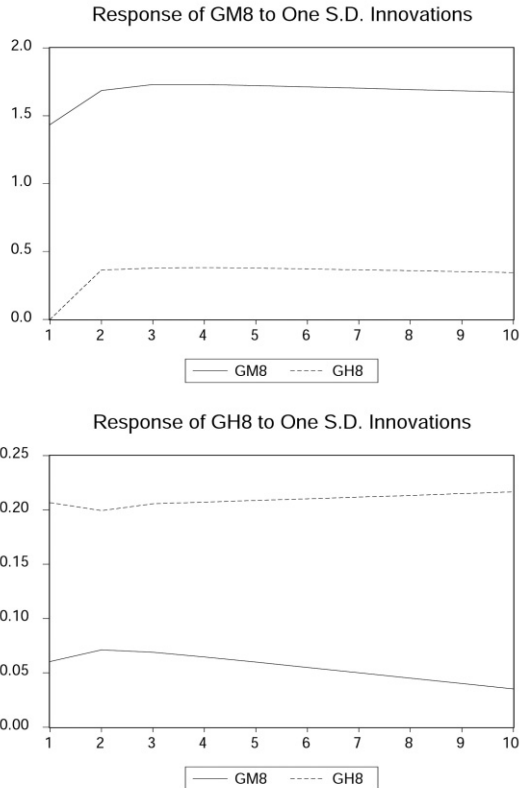
	ICE 천연가스 선물가격(GM8)	헨리허브 선물가격(GH8)
GM8(-1)	1.101112	0.008978
t-통계치	-14.8672	-0.80791
GM8(-2)	-0.09972	-0.01237
t-통계치	(-1.33028)	(-1.09974)
GH8(-1)	1.754537	0.963567
t-통계치	-3.35515	-12.2806
GH8(-2)	-1.79728	0.05043
t-통계치	(-3.32108)	-0.62107
C	0.588893	0.12798
t-통계치	-0.88921	-1.28795
R-squared	0.992368	0.985024
S.E. equation	1.454948	0.218302
F-statistic	5851.301	2959.844
Log likelihood	-329.339	21.57748
Akaike AIC	3.614472	-0.17922
Schwarz SC	3.701509	-0.09218

격이 직접적으로 영향을 미친다는 사실에 기인한다.

이와 같이, 교토 및 포스트교토 체제에 대한 지역별 특성이 배출권시장은 물론 에너지시장 전반에 파급되고 있다. 천연가스 가격 변동을 달러화에 대한 가치평가 및 공급면의 리스크측면만으로 해석하는 것이 불합리한 이유가 바로 여기 있다. 그렇다고, 천연가스의 장기수급 불균형에 대한 물리적인 여건을 무시해야 한다는 얘기는 절대 아니다. 공급이 타이트하다는 사실은 절대 피해갈 수 없는 일이다. 특히, 천연가스 자원확보를 위하여 러시아를 상대하는 것과 탄소시장 내 러시아發 배출권에 대한 리스크는 거의 같은 맥락에서 해석된다. 그 이유는 판매자가 제한된 시장에서 구매자가 선택할 카드는 많지 않기 때문이다. 정부차원의 자원외교

가 피상적으로 흐를 수밖에 없는 이유도 바로 러시아에 이해부족에서 출발한다. 아무리 high-level 차원에서 접근하더라도, 외교는 외교에서 그칠 수 있다. 문제해결의 키는 바로 현장에 있다. 현재까지 불모지에서 시장개척을 위하여 노력한 성과가 희석되지 않기 위해서라도 자원확보에 대한 노력이 보다 다각적으로 이루어져야 함을 정책입안자들이 인식하길 바란다.

[그림 7] 천연가스 선물가격의 지역간 충격반응함수



〈 참고문헌 〉

김효선, 에너지가격 상승에 따른 CO₂ 배출권시장 영향 및 시사점, 에너지포커스, 제5권 제2호, 2008.
박해선, 북미 천연가스 현물시장간의 가격발견과 동태적 상호의존성에 대한 연구, 환경경제연구, 제15권 제 5호, 2006.
CICERO, Climate Change Policymaking in Germany and the USA, Guri Bang Softing, University of Oslo, March 2002.
Hammoud도, S., LI, H., & Jeon, B, Causality and

volatility spillovers among petroleum prices of WTI, gasoline and heating oil in different locations, The North American Journal of Economics and Finance, 14(1), 2003.

Zhang, Y.J., Fan, Y., Tsai, H.T., Wei, Y.M., Spillover effect of US dollar exchange rate on oil prices, Journal of Policy Modeling, Feb. 2008.

기후변화 대응과 부문별 접근방식 : 알루미늄 · 시멘트 · 철강산업 중심으로

정 경 화 에너지경제연구원 책임연구원

1. 서론

2005년 국가별 배출목표를 세운 선진국들이 국제경쟁력 및 탄소누출(carbon leakage)문제에 봉착하면서 국제적으로 부문별 접근방식에 대한 관심이 증가하기 시작했다. 국가별 감축목표 하에서 정부는 특정산업을 의무배출감축에서 보호하는 대신 다른 부문에 감축노력을 집중함으로써 해당산업의 국내기업이 기후변화감축부담에서 자유롭지 못한 외국기업에 비해 경쟁우위를 갖게 할 수 있다. 결국 이것은 배출원의 재배치 및 이동(탄소누출)으로 이어져 환경 정책의 효과를 훼손시키게 된다. 반대로 부문별 접근방식은 한 부문의 모든 국내의 경쟁자가 동일성/공평성에 입각한 감축노력을 해야 한다. 특히 국제적으로 교역이 많은 철강 또는 알루미늄산업과 같은 에너지집약산업의 온실가스감축노력에 부문별 접근방식이 유용한 수단이 될 수 있다. 이에 따라 국제경쟁력 이슈 및 국제기후변화협력과 관련한 산업차원의 분석에 대한 필요성이 요청되었다. 부문별 접근방식과 관련한 국제협상에서 주로 논의되고 있는 산업으로는 철강, 시멘트, 알루미늄, 발전, 자동차, 펄프 및 제지산업 등이다. 특히 철강, 시멘트, 알루미늄은 비OECD국가에서 급격한 생산 및 배출량 증가현상

을 보여, 국가별 감축목표를 세운 선진국기업들의 국가경쟁력을 약화시킬 수 있다는 우려를 낳게 됨에 따라 국제적인 관심을 받고 있다.

부문별 접근방식에 대한 관심의 또 다른 이유는 개도국에서 찾을 수 있다. 1970년부터 세계 생산이 증가하기 시작했는데, 시멘트, 철강, 알루미늄산업에서 생산량이 가장 많이 증가하였다. 이는 주로 중국수요의 증가에 따른 것이다. 개도국의 급격히 증가하는 경제활동은 상당한 자본투자를 필요로 하고, 이러한 자본집약적인 투자는 일단 발생하면 단기간에 또 다른 투자를 할 수 없기 때문에 향후 탄소집약적인 산업/기술이 지속되는 결과를 낳을 수 있다. 이에 따라 국제사회에서는 중국 및 인도와 같은 개도국이 기후변화와 관련한 국제협력에 어떠한 형태로든 참여하는 것이 매우 중요하게 인식되었고, 부문별 접근방식이 유용한 역할을 할 수 있을 것이라는 기대가 관심으로 이어졌다.

기후변화대응과 관련한 부문별 접근방식을 논의하기 위해서는 현재뿐만 아니라 미래의 특정산업에 대한 기본적인 이해가 필수조건이다. 따라서 본고에서는 부문별 접근방식 관련 국제협상에서 주로 거론되는 에너지집약산업인 시멘트, 철강, 알루미늄산업의 현황 및 산업계차원의 기후변화대응노력에 대한 분석을 통해

이들 산업이 부문별 접근방식에 적절한지를 살펴보고자 한다. 이를 위해 시멘트, 철강, 알루미늄산업에 대하여 WRI(Bradley et. al., 2007)가 제시한 부문별 접근방식의 적절성 평가기준인 온실가스배출량, 국제교역 수준, 산업집중도, 상품 및 생산공정의 동질성, 정부역할 등을 분석한다. 산업계의 이니셔티브(APP¹⁾ 포함에 대한 현황분석과 함께 부문별 접근방식과 산업에 대한 논의를 마무리 한다.²⁾

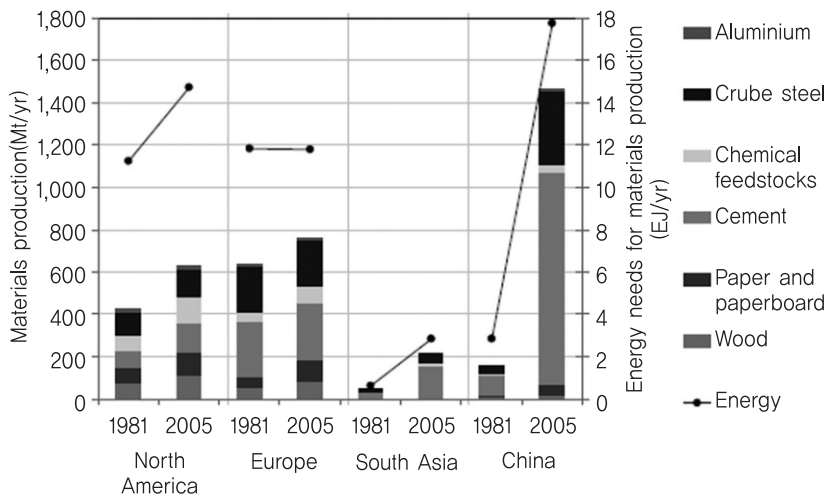
2. 부문별 접근방식과 산업

가. 알루미늄

1) 배출

알루미늄생산과 관련된 온실가스배출은 전 세계 온실가스배출의 약 0.9% 정도로, 제조업배출량의 약 4% 정도이다. 온실가스는 보크사이트 정제 시 화석연료 사

[그림 1] 상품 생산 비교(1981-2005)



자료 : Baron et. al.(2007)

1) APP(Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate)는 호주, 중국, 인도, 일본, 한국, 미국 등 6개국이 모여 2006년 1월 발족하였다. 이들 6개국이 세계 GDP의 45%, 온실가스 배출의 50%, 세계 에너지소비의 48%, 세계 석탄생산의 약 65%, 세계 철강생산의 48%, 세계 알루미늄 생산의 37%, 세계 시멘트생산의 61%를 차지한다. 현재는 캐나다가 추가적으로 가입하여 7개국이다. 산업계와 정부간의 다자간 지역-공공 파트너쉽인 APP는 진보적인 기술 개발 및 확산, 기술 개발 및 확산의 저해요소 제거를 위한 국가간 산업계 협력에 중점을 둔다. 철강, 알루미늄, 시멘트, 탄광, 빌딩 및 기기 등 5개 에너지집중 산업과 청정화석에너지, 재생에너지 및 분산발전, 전력 및 송전 등 3개 에너지 공급부문에 대한 데이터 수집 및 벤치마킹 수립을 다룬다. 자발적인 참여의 파트너쉽이다.

2) 부문별 접근방식에 대한 산업별 분석은 WRI(Bradley et. al., 2007), IEA(Baron et. al., 2007), CEPS(2008)에 상세히 되어 있으며, 저자는 이들 보고서를 참조하여 본 보고서를 작성하는 것을 밝힌다.

〈표 1〉 알루미늄, 시멘트, 철강 산업의 생산량, 시장집중도, 교역량(2004년, 별도표시없음)

생산	알루미늄		시멘트	철강
	1차(Mt/y)	2차(Mt/y)	Mt/y	Mt/y
총 생산	33.2 (in 2006)	14.3	2,284 (in 2005)	1,130 (in 2005)
교역비중(%)	75%		6%	32% (in 2005)
10대기업비중	54%		〈25%*〉	26.4% (in 2005)
배출	MtCO ₂ eq.		MtCO ₂ eq.	MtCO ₂ eq.
총 배출량	360		1,930	2,165
총 온실가스 배출 비중(%)	0.9%		4.6%	5.2%

* The output of the 16 largest cement producers amounts to less than 25% of the global output.

Note: Indirect emissions from electricity in the aluminium sector and in the iron and steel sector are included.

자료 : Baron et. al.(2007)

용(알루미늄 생산을 위해 사용되는 원재료 투입), 용해 과정의 전기연소(이때 알루미늄이 알루미늄금속으로 변형), 용해 중 화학과정으로 인한 과불화탄소(PFC)와 이산화탄소배출 등 생산과정의 다양한 시점에서 배출된다. 대부분의 배출은 용해과정에서 발생하는데, 용해 과정은 많은 양의 전기를 소비하고 보통 생산되는 금속 1톤당 15,000kwh정도의 전기를 소비한다. 이러한 전기소비량은 종합적으로 전 지구 전력소비의 약 2.4%에 상당하는 수준이다. 온실가스배출은 알루미늄생산에서 비교적 정확하게 측정될 수 있다. 그러나 국제교역이 많은 알루미늄산업은 온실가스배출에 대한 책임을 특정 국가 또는 기업에게 귀속시키는데 있어 어려움이 있다. 이는 수출제품이 엄청난 전력소비와 온실가스배출을 하기 때문이다.

전력이 1차알루미늄생산에 있어 주요 에너지이다. 따라서 알루미늄 톤당 탄소원단위(carbon intensity)는 생산에 이용되는 전력원에 따라 크게 달라진다. 알루미늄의 전력소비는 시멘트 및 철강산업보다 월등히 많은 관계로, 화석연료를 이용한 발전에서 발생하는 간접배출에 대한 우려가 높다. 따라서 알루미늄산업은 간

접배출을 어떻게 관리하느냐가 가장 중요한 관건이다. 알루미늄산업과 관련된 간접배출은 거의 제로에 가까운 수력 또는 원자력발전에서부터 장기계약을 통한 석탄화력발전까지 매우 다양하다. 이러한 우려는 유럽시장의 급격한 전력가격의 상승을 통해 살펴볼 수 있는데, 유럽 전력가격은 일부분 이산화탄소가격이 도입되어 상승한 것으로 평가된다. 이산화탄소가 전력가격을 높이는 주요 원인이었는지의 사실여부와 관계없이, 일부 알루미늄 제련업체는 높은 전력가격 때문에 폐업을 하였다. 따라서 알루미늄생산업체들은 전력을 현물가격 이하로 공급받기 위한 전력계약을 맺는 것이 중요하다. EU 알루미늄산업계가 직면했던 전력가격의 상승에 EU ETS가 어떠한 역할을 했는지 파악하는 것은 어렵지만, 전력가격은 신규 알루미늄 제련소 위치선정에 결정적인 역할을 한다.

[그림 4]는 알루미늄 제련에 있어 국가별 평균 에너지원단위의 중요한 차이점을 보여주고 있다. 가장 최신 제련시설을 유치한 아프리카가 전력소비에서 가장 우위를 점하고 있다.

2) 시장구조

알루미늄은 산업집중도가 높은 산업이다. 국제적으로 12개국이 세계 알루미늄생산의 82%를 차지하고 있다. 중국, 러시아, EU-25, 캐나다, 미국 등이 61%를 생산한다. 다국적기업인 소수의 회사들이 국제시장을 주도하는데, 세계 알루미늄의 1/3을 생산하는 Alcan, Alcoa, Rusal를 포함하는 10개 선두회사가 세계 알루미늄의 55%를 생산한다. Alcan과 Alcoa는 각각 25개국 이상에서 사업 중인 국제기업이다. 재활용 스크랩 알루미늄으로부터 나오는 2차알루미늄생산은 전 세계 알루미늄수요의 40%정도를 충당한다. 1차알루미늄시장에서는 최근 많은 기업합병이 이루어졌으며, 5개 회

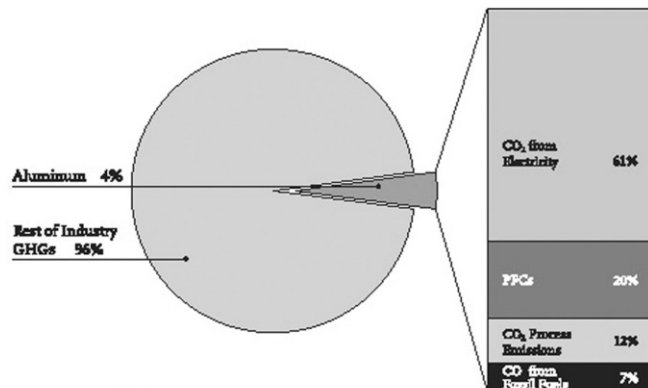
사(2004년도 세계 생산의 41%를 공급)가 시장을 지배한다. 이러한 알루미늄산업의 높은 산업집중도는 소규모 생산보다는 규모의 경제가 발생하는 알루미늄산업의 구조가 반영된 것이라고 할 수 있다.

알루미늄의 주요 산업협회는 IAI(International Aluminium Institute)이다. 2007년, IAI에는 러시아와 중국을 포함하여 세계 모든 지역을 대표하는 26개국이 가입했다. 2006년 말 IAI 회원국은 세계 1차알루미늄생산의 약 80%를 공급하였으며, 2차알루미늄생산도 상당량 공급하였다.

알루미늄 제련기술은 가장 보편적으로 제련기술을 발전시켰던 기업인 Pechiney³⁾와 Alcan⁴⁾가 시장을 지배한다. 알루미늄업체들은 전력소비감소목표와 함께,

[그림 2] 알루미늄 산업의 온실가스배출

GHGS FROM ALUMINUM MANUFACTURE



Source: Baumert et al. 2003.

자료 : Bradley et. al.(2007)

Aluminum

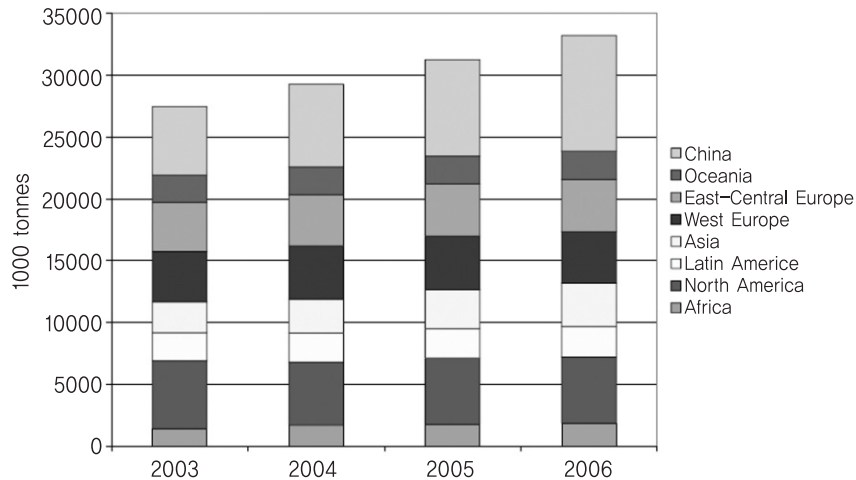
- + International Exposure
- + Concentration of Actors
- + Uniformity of Products/Processes
- Government Role
- GHG Measurement Issues
- + GHG Attribution Issues

A "+" grade suggests high appropriateness or conduciveness for international sectoral cooperation. A "-" grade suggests a barrier to international sectoral cooperation. No grade means evidence is ambiguous or not relevant.

3) Pechiney는 Alcan에 비해 소규모 기업이며, 압연품 생산량은 세계 3-4위를 차지한다. 반면, 부채/순자산비율은 0.78에서 0.34로 재무구조는 강화되었으며, 항공기자재, 자동차재, 포장재 등에서 M&A에 의해 사업을 확대 추진하고 있다.

4) Alcan은 포장산업 중심의 유럽 시장에 강한 Algroup과 합병하여, 후방산업을 추진하고 있다.

[그림 3] 1차 알루미늄 생산(2003-2006)



Source: International Aluminium Institute, 2007

Note: The data exclude primary aluminium production in Azerbaijan, Iran and North Korea) and in Bosnia-Herzegovina, Poland and Romania. The omitted production is approximately 2% of the world total.

자료 : Baron et. al.(2007)

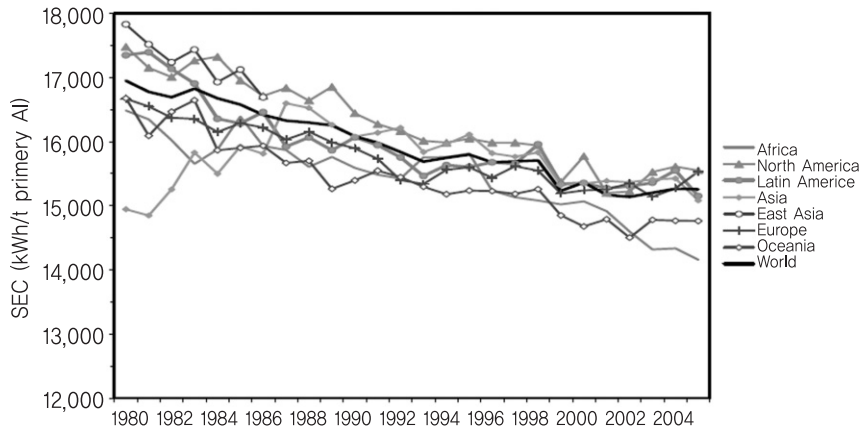
〈표 2〉 지역별 1차 알루미늄 소비

Consumption of primary aluminium										
('000 tonnes)	2004		2005				2006			
	Year	Q1	Q2	Q3	Q4	Year	Q1	Q2	Q3	Oct
North America ²	7169	1862	1962	1702	1715	7242	1893	1945	1828	587
of which USA	6278	1617	1715	1490	1459	6281	1629	1699	1606	499
Western Europe ³	6678	1696	1728	1578	1713	6714	1696	1727	1684	605
of which Germany	1906	452	499	483	506	1940	445	490	517	184
Eastern Europe ⁴	818	208	223	223	220	873	204	215	237	83
CIS ⁴	770	180	214	231	215	840	195	234	238	75
China ⁴	6065	1540	1754	1942	1926	7162	1800	2110	2285	792
Middle East	1018	267	286	280	263	1096	278	296	293	90
Japan	2471	642	604	550	612	2408	645	587	552	204
Other Asia ⁵	3475	852	957	911	924	3644	912	986	978	337
Africa	375	95	99	100	100	394	111	105	112	36
Australasia	388	95	95	96	98	385	93	91	95	31
Latin America ⁶	1089	304	290	305	293	1192	274	346	315	103
World consumption	30314	7741	8211	7920	8079	31951	8101	8641	8616	2945

Data: CRU; IAI. Notes: 1. Figures in *italics* denote CRU estimates. 2. Includes Mexico. 3. Includes Yugoslavia but excludes Hungary. 4. Estimate apparent consumption. 5. Includes N.Korea and Vietnam. 6. Excludes Mexico but includes Cuba.

자료 : Baron et. al.(2007)

[그림 4] 알루미늄 제련에서의 전력소비



Source: International Aluminium Institute

진보된 제련 기술을 발전시키기 위해 경쟁하고 있다. 따라서 기업간의 공동 연구개발은 쉽지 않을 것으로 평가되고 있다. 그러나 IAI를 통해 PFC 배출감소를 위한 회원국간 공동연구는 진행 중이다.

3) 국제교역

알루미늄은 국제교역이 상당히 많은 산업이다. 이는 알루미늄 설비투자자 전력을 저렴하게 안정적으로 공급받을 수 있는 곳에서 이루어지는 특성을 반영하고 있다. 원재료의 가용성 및 노동단가는 국제교역에 있어 중요한 요소이지만, 소비자에 대한 접근성은 그리 중요한 요소가 아니다. 교역수준은 세계 생산의 77% 정도이다. 서유럽 및 미국이 세계 생산의 22%를 공급하는 반면, 세계 소비의 44%를 차지한다. 일본은 알루미늄을 생산하지 않지만, 세계 소비의 7%를 차지한다. 근접지역간 무역이 많은 경향이 있지만(호주/뉴질랜드

수출의 55%가 일본 및 한국으로 수출), 지역간 무역이 근접국에만 제한적으로 이루어지는 것은 아니다.

4) 정부 역할

일반적으로 알루미늄산업에 대한 규제는 강하지 않은 편이며, 대부분의 국가(특히 OECD)에서 알루미늄 산업이 특별히 전략적인 산업으로 고려되지도 않는다. 그러나 에너지관세는 알루미늄 생산비용에 있어 상당한 부분으로, 많은 국가들은 가격체제를 정비하고 새로운 설비를 갖추었다.

5) 상품 및 생산공정의 동질성

알루미늄 생산과정 및 기술은 비교적 동질적인 편이나, 알루미늄의 최종생산물과 알루미늄완제품의 공정은 서로 다르다. 가공되지 않은 알루미늄은 표준화된

〈표 3〉 알루미늄 교역(2003)

(단위: 100,000톤)

Importing:		Africa	Aus/NZ	Canada	China	East Europe	FSU	India	Japan	Korea	Latin America	Middle East	S&E Asia	USA	West Europe	Total exports	Extra-reg. exports	Net exports
Exporting:																		
Africa		2.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	2.1	0.8	0.1	0.1	0.8	0.5	0.5	7.9	5.8	4.1
Aus/NZ		0.0	0.4	0.0	1.9	0.0	0.0	0.1	7.9	2.4	0.0	0.1	3.5	0.8	0.3	19.3	18.9	17.7
Canada		0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.8	0.5	0.1	0.0	24.3	2.0	28.9	28.9	21.7
China		0.1	0.4	0.2	6.1	0.0	0.1	0.0	2.9	5.1	0.1	0.2	1.3	0.3	0.3	18.0	11.8	3.6
East Europe		0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	8.9	11.5	9.3	2.8
FSU		0.0	0.0	0.0	1.1	2.0	0.7	0.0	9.9	0.5	0.2	0.2	0.2	9.7	11.5	36.6	35.9	34.5
India		0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0	0.1	1.8	1.8	-0.4
Japan		0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	-	0.3	0.0	0.2	1.0	0.1	0.1	3.5	3.5	-26.1
Korea		0.0	0.1	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.5	-	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	3.5	3.5	7.2
Latin America		0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.1	3.6	0.1	0.0	10.8	5.6	24.8	21.2	16.6
Middle East		0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.2	0.0	2.4	0.5	0.0	0.5	5.9	3.5	0.7
S&E Asia		0.0	0.2	0.0	1.1	0.0	0.0	1.4	0.2	0.0	0.1	0.1	3.9	0.1	0.1	7.6	3.6	-5.9
USA		0.0	0.0	6.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	3.0	0.2	0.1	-	0.5	11.3	11.3	-37.6
West Europe		0.8	0.2	0.2	0.5	4.4	1.1	0.1	0.3	0.3	0.7	1.3	0.4	2.0	75.3	88.6	13.3	-17.1
Total imports		3.7	1.6	7.2	14.4	8.7	2.1	2.2	29.6	10.7	8.2	5.2	13.5	48.9	105.6	269 [†]		
Extra-reg. imports		1.6	1.2	7.2	8.3	6.4	1.4	2.2	29.6	10.7	4.6	2.8	9.5	48.9	30.3		172 [†]	

Source: UN Comtrade.

Boxed fields: intra-regional trade. "0.0": indicates trade of less than 5 000 tonnes between respective regions. "-": indicates no trade between respective regions. Extra-regional exports = total exports less intra-regional exports. Net exports = trade balance = total exports less total imports (negative values indicate net imports). †: Exports and extra-regional exports shown in the chart do not necessarily add to the total figure shown because of unspecified items in the raw data.

Source: Watson et al, 2005

국제상품으로 동질적이거나, 최종알루미늄제품은 호 일 · 캔 · 건축자재 · 자동차와같이 다양하다. Sørberg와 Prebake가 기본적인 알루미늄 제련기술이다. 두 가지 알루미늄 제련기술의 기본적인 차이는 이 용된 애노드(anode) 유형에서 발생한다. Sørberg는 하나의 연속된 애노드(anode)를 사용하고, Prebake는 다중 애노드(anode)를 사용한다. 1차알루미늄 제련은 상당한 양의 전력을 필요로 하고, 세계 알루미늄산출량의 70% 이상에 이용되는 Prebaked의 소요전력은 13-16.5MWh/tonne로 Sørberg공정의 15-18MWh /tonne보다 일반적으로 효율적이다.

6) 부문별 접근방식과 알루미늄산업

알루미늄산업은 일반적으로 부문별 접근방식에 적합한 것으로 평가받는다. 기업들의 감축노력에 있어 감축옵션이 매력적이고, 다국적기업의 높은 산업집중도는 알루미늄산업의 자발적인 이니셔티브를 통한 기후 변화대응을 가능하게 하기 때문이다.

알루미늄산업은 다음과 같은 이유로 국제협력을 통해 기후변화에 적극 대응할 수 있다. 첫째, 비용절감기술이 가능하여 상당한 수준의 PFC와 이산화탄소를 줄일 수 있다.⁵⁾ 국제알루미늄협회(IAI) 조사에 의하면 1990년과 비교하여 2003년 알루미늄 생산기업들이 이

미 생산 단위당 PFC 배출을 73%까지 감소시켰다. 둘째, 알루미늄은 재활용이 가능하며, 이러한 재활용공정에서의 배출은 1차 제조 시와 비교해 95% 감축될 수 있다. 금속은 품질의 저하 없이 재활용 및 반복적 재사용이 가능하기 때문에 지금까지 생산된 대부분의 알루미늄은 여전히 사용되고 있다. 셋째, 알루미늄은 더 가벼운 운송 수단을 통한 에너지 효율성향상과 이산화탄소 배출량 감축을 주도하여 운송에 있어서 고밀도물질을 대체할 수 있다.

알루미늄산업계의 자발적 이니셔티브⁵⁾에는 세계적으로 IAI 26개 회원기업이 가입되어 있으며, 이들 회원사가 세계의 80% 알루미늄을 생산한다. 알루미늄산업에 있어 기후변화와 관련한 주요목표는 원단위감소로, 1990년 대비 2010년 알루미늄 생산 1톤당 PFC(공정) 배출 80% 감소와 알루미늄 생산 1톤당 용해 시 10% 에너지사용감소 등이다. PFC 감축목표를 거의 달성함에 따라, IAI는 이미 2020년에 대한 목표를 고려하고 있다. Global sector crediting, no-lose model의 적용가능성에 대해 산업계 수준에서 논의되고 있다. 그러나 생산기술 및 연료원의 국가별 차이는 전 세계적으로 알루미늄산업에 적용 될 수 있는 표준기술 또는 이행벤치마크의 개발을 어렵게 한다. 따라서 IAI의 배출감축 목표가 자발적 단계를 넘어 구속적인 감축목표가 될지는 향후 국제협상의 진행상황에 달려있다.

시멘트 및 철강산업과 같이 알루미늄산업은 아·태

파트너십(APP)에 속해 있으며, 알루미늄 생산공정에서 발생하는 PFC 가스 배출보고형식, 벤치마크 수립, PFC배출을 감소시키기 위한 기술 및 우수기술(best practice)에 대한 정보교환 등에 동의하고 있다. 7개의 프로젝트가 수행중이며, 벤치마킹·에너지소비·배출량보고 등에 중점을 두고 있다. 중국의 경우 지금까지 국제알루미늄협회(IAI)를 통해 PFC가스배출량을 보고하지 않았다. 7개의 진행 프로젝트는 대부분 프로젝트 관리와 운영에 대해서만 다루고, 지적재산권에 대한 이슈를 언급하지 않고 있다.

나. 시멘트^{7,8)}

1) 배출

생산과정의 배출 및 에너지소비를 포함한 시멘트제조와 관련된 온실가스배출은 세계 온실가스배출량의 약 4.6%이고, 이산화탄소배출량의 5%를 차지한다. 시멘트산업의 배출은 모든 제조업배출의 약 18%에 달하며, 시멘트의 핵심물질인 클링커 제조 시 화학공정, 현재의 화석연료의 소각에서 발생하는 직접배출, 시멘트 제조과정의 소비전력에서 발생하는 간접배출 등 생산과정의 다양한 부분에서 이산화탄소를 배출한다. 시멘트산업에 있어 에너지와 관련된 배출은 사용연료(직접적인 에너지사용 및 구매전력)에 따라 다르지만, 화학

5) IAI에 의하면 공정에서 발생하는 PFC 배출이 큰 분산을 보이고 있다. 분산이 크다는 것은 알루미늄산업에서 추가적인 온실가스감축이 가능한 것을 의미한다.
6) IAI의 노력은 정부와의 협의 없이 산업계 수준에서의 국가간 정량적인 접근방법이라고 볼 수 있다. 그러나 IAI 회원국은 때때로 국내적인 온실가스감축정책에 자발적으로 참여하기도 했다. 예를 들면 미국 알루미늄산업은 PFC가스배출을 줄이기로 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency)과 약속했다. 알루미늄 톤당 이산화탄소배출량을 1990년과 2002년 사이에 반으로 줄였다. 미국 알루미늄산업의 감축목표는 1990년과 2010년 사이에 53% 감축시키는 것이다. 미국 알루미늄산업계는 배출권거래제를 찬성하고 있는 것으로 알려졌으며, 미국에서 가장 큰 알루미늄 생산업체인 Alcoa는 미국의 기후정책을 촉진하는 US CAP 이니셔티브를 지원하고 있다.

7) 석회석과 점토를 무게 비 4:1로 혼합해서 미분쇄하고, 약 1400℃로 소성해서 얻어지는 회색의 입자 상태 물질이 시멘트 클링커(cement clinker)이다.

8) 클링커를 냉각한 뒤, 무게의 약 3% 정도의 석고를 넣고 미분쇄하면 시멘트를 만들 수 있다.

공정의 배출은 일정하다. 일반적으로 시멘트산업의 배출은 화학과정에서 50%가 발생하고, 40%는 화석연료 연소에서 발생하는 직접배출, 나머지 10%는 구매전력 및 현지운송에서 발생한다. 시멘트 제조 시 발생하는 배출량의 측정은 어렵지 않다. 생산은 고정시설에서 이루어지고, 국제교역 또한 많지 않기 때문이다. 같은 이유로 시멘트산업의 온실가스배출을 특정 국가 또는 기업으로 귀속시키는데 있어서도 어려움은 거의 없다.

세계 12대 시멘트생산국이 전 세계 생산의 약 81%를 차지한다. 중국은 가장 큰 시멘트 생산국가로, 2005년 세계 생산의 46.6%를 차지했다. 동남아시아에서 배출량이 가장 빠르게 증가하나, 미국과 중동의 시멘트부문에서의 배출 또한 상당한 속도로 증가하고 있다. 유럽, 일본, 호주의 시멘트 생산 및 배출수준은 변동이 없거나 감소세이다.

시멘트생산의 배출수준(탄소원단위)은 가마(kiln)의 유형이 결정적인 역할을 한다. 습성가마(wet kiln)는 원료가 높은 습도를 유지할 때 이용되며, 건조가마(dry kiln)보다 25~125% 많은 에너지를 소비하는 것으로 알려졌다. 미국의 경우 습성가마(wet kiln) 생산이 18%로, 이는 유럽 또는 브라질보다 많으나, 캐나다 및 러시아보다는 적은 수준이다. 중국 및 인도에서는 수직가마(vertical shaft kiln)가 아직도 폭넓게 이용되고 있으며, 수직가마는 습성가마보다 약간 효율적이나 건조가마보다는 효율성이 많이 낮다([그림 6] 참조). 세계적으로 2002년 이후 효율적인 건조가마를 많이 이용하게 되었다. 예를 들어, 호주는 건조가마를 이용한 시멘트 생산이 2002년 57%에서 2006년 81%로 증가하였다. 중국의 경우 수직가마를 이용한 시멘트생산이 2000년 93%에서 2007년 50%로 감소했다.

2) 시장구조

국제 시멘트시장에서는 지난 10년간 많은 합병이 이루어졌다. 특히 대규모 다국적기업들이 시멘트산업에서 두각을 나타내고 있는 추세이다. 6대 선두 다국적기업이 세계 시멘트생산의 21%를 공급하는 것으로 추정된다. 세계 최대 2대 기업인 LaFarge 와 Holcim은 각각 75개국과 70개국에서 사업중이다.

그러나 시멘트산업의 산업집중도는 낮은 편으로, 16개 기업이 전 세계 생산의 25% 미만을 공급한다. 브라질, 영국, 남아프리카, 태국과 같은 국가에서는 5대 시멘트기업이 설비용량으로 80%이상, 미국 49%, 인도 42%, 러시아 10% 등을 차지한다. 중국은 8,000-9,300개의 시멘트공장이 있으며, 5대 기업이 3%를 공급하는 수준으로 매우 낮은 편이다. 이러한 중국의 실정은 EU 전체에 320개 시멘트공장이 있는 것과 비교된다. 중국은 4,600개 이상의 시멘트 생산업체가 있는데, 이중 10대 기업이 8.3%의 시장을 점유한다.⁹⁾

3) 국제교역

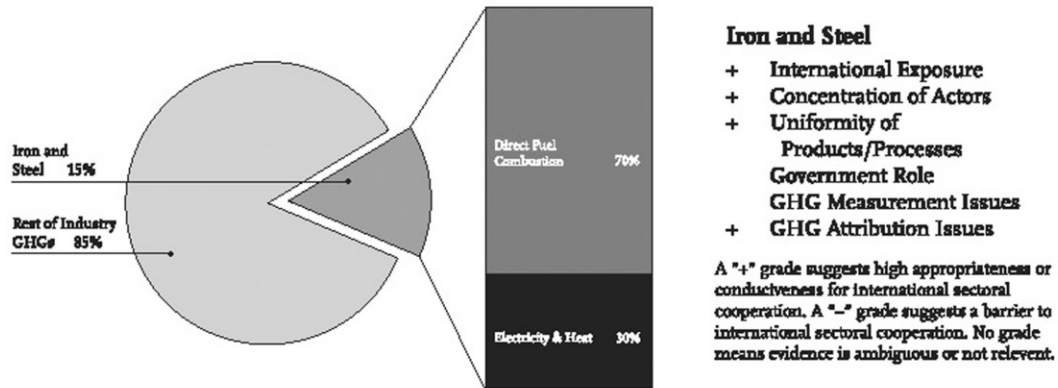
시멘트는 생산되는 근접지역에서 주로 소비가 이루어진다. 시멘트생산 원료가 다양하고, 가치에 비해 운송비용이 높기 때문이다. 2003년 생산의 5.8%만이 무역거래가 이루어졌고, 이중 40%가 지역간에 교역되었다. 역외수출의 50%이상이 근접한 지역으로 수출되었다.

2003년 가장 큰 수출국은 서유럽, 일본, 인도 등이고, 미국은 시멘트 순수입국으로 21Mt 또는 소비의 18%를 수입하였다. 2006년 최대 수입국이 미국이고, 최대 수출국이 중국이었다. 중국은 2006년 시멘트 및

9) 최근 대규모 중국 시멘트 재벌의 탄생과 더불어 민간소유, 해외자본투자, 합병추세가 있다.

[그림 5] 시멘트산업의 온실가스 배출

CO₂ FROM IRON AND STEEL



Source: Baumert et al. 2005.

자료 : Bradley et. al.(2007)

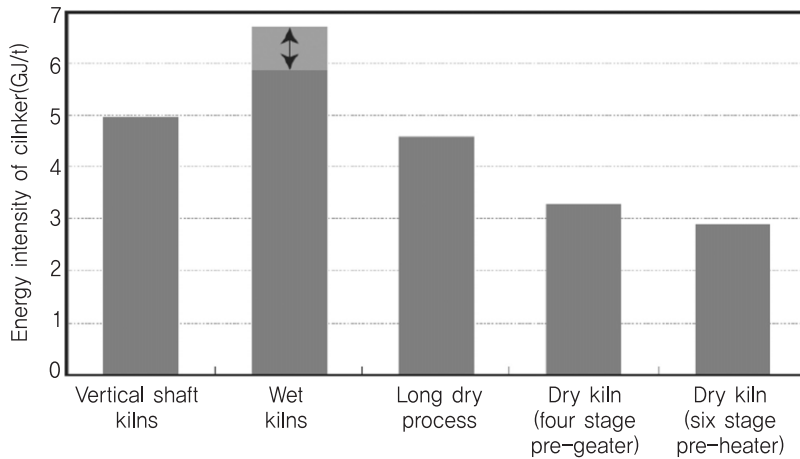
〈표 4〉 국가별 시멘트 생산(2005)

	Production [Mt/yr]	Share [%]	Cumulative [%]
China	1064	46.6	46.6
India	130	5.7	52.3
United States	99	4.3	56.6
Japan	74	2.9	59.5
Korea	50	2.2	61.7
Spain	48	2.1	63.8
Russia	45	2.0	65.8
Thailand	40	1.8	67.5
Brazil	39	1.7	69.2
Italy	38	1.7	70.9
Turkey	38	1.7	72.6
Indonesia	37	1.6	74.2
Mexico	36	1.6	75.7
Germany	32	1.4	77.1
Iran	32	1.4	78.6
Egypt	27	1.2	79.7
Vietnam	27	1.2	80.9
Saudi Arabia	24	1.1	82.0
France	20	0.9	82.8
Other	392	17.2	100.0
World	2284	100.0	

Source: USGS, 2006, Japan Cement Association

자료 : Baron et. al.(2007)

[그림 6] 시멘트 클링커 생산기술에 따른 에너지효율성



Note: The arrow represents the range of energy consumption.
Source: FLSmidth, 2006

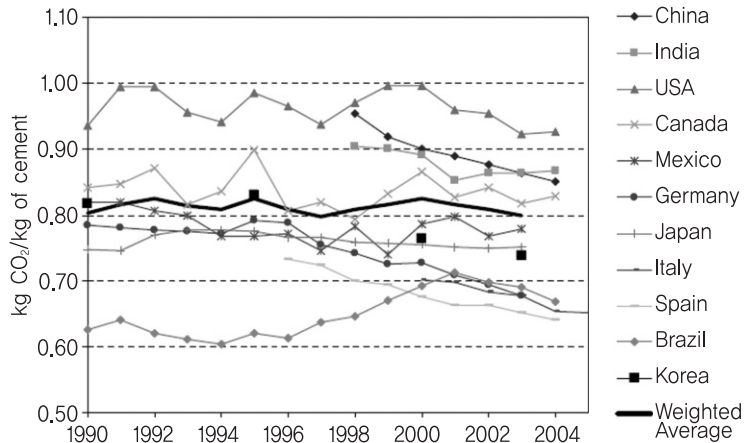
자료 : Baron et. al.(2007)

〈표 5〉 국가 · 지역별 가마 유형별 비중(2002)

지역, 국가		가마 유형(% 생산)			
		Dry	Semi-Dry	Wet	Vertical
북미	미국	65	2	33	0
	캐나다	71	6	23	0
서유럽	서유럽	58	23	13	6
아시아	일본	100	0	0	0
	호주&뉴질랜드	24	3	72	0
	중국	5	0	2	93
	남.동 아시아	80	9	10	1
	한국	93	0	7	0
	인도	50	9	25	16
동유럽	FSU	12	3	78	7
	기타 동유럽	54	7	39	0
남&라틴 아메리카	남&라틴 아메리카	67	9	23	1
중동 & 아프리카	아프리카	66	9	24	0
	중동	82	3	16	0

자료 : Baron et. al.(2007)

[그림 7] 국가별 시멘트 톤당 이산화탄소 배출량(1990-2005)



Source: IEA, 2007b.

Note: Numbers show CO₂ emissions per kilogramme of cement, including thermal energy, upstream electricity emissions and process emissions. Note that a lower clinker-to-cement ratio - i.e. more use of additives - implies lower CO₂ emissions per tonne of cement. The above data does not reflect the energy efficiency performance of clinker, but rather the CO₂ performance of the whole energy chain leading to cement manufacturing.

자료 : Baron et. al.(2007)

클링커를 31.13Mt 수출하였으며, 이는 총 시멘트생산의 3%에 상응한다. 중국의 시멘트세환급제도는 2006년 13%에서 2007년 7월 11%로 축소되었다. 중국정부는 매년 GDP대비 에너지소비 4% 감소를 목표로 세우고, 시멘트수출을 감소시키고자 하였다(2006년 오직 1.23% 감소). 그러한 노력의 일환으로 중국 정부는 2007-2010년 시멘트수출에 대한 세금환급제도를 완전히 철회할 것이라고 밝혔다.

에너지 집약적이고 고부가가치 상품으로 장거리운송이 상대적으로 쉬운 알루미늄 및 철강산업과는 다르게 시멘트산업에 있어 국제경쟁력은 그리 문제가 되지 않는다. 석회암 및 기타 주요물질이 풍부하고 시멘트의 높은 밀도와 낮은 가치, 특히 판매가격과 비교하여 운반비용이 높기 때문에 국제교역이 적은 편이다. 그러나

지역적으로 가까운 남유럽 및 북아프리카 시장, 멕시코와 미국시장 등에서는 클링커가 쉽게 운반될 수 있어 추가적인 클링커생산설비 없이 시멘트생산을 증가시킬 수 있다. 클링커생산이 시멘트제조과정에서 발생하는 대부분의 이산화탄소를 발생시킨다는 점을 고려하면, 이러한 시멘트의 접경 또는 근접국가간 국제교역은 시멘트산업의 온실가스배출의 측정 또는 책임에 대한 귀속문제에 있어 매우 중요한 의미를 갖는다.

4) 정부 역할

시멘트 제조업은 규제가 심하지 않다. 중국과 같이 정부의 규제가 많은 국가에서도 민간소유 및 해외자본 투자유치경향으로 이러한 규제는 감소 추세이다.

〈표 6〉 시멘트 교역(2003)

(단위: Mt)

	Importing:																
	Africa	Aus/NZ	Canada	China	East Europe	West Europe	FSU	India	Japan	Korea	Latin America	Middle East	S&E Asia	USA	Total exports	Extra-reg. exports	Net exports
Exporting:																	
Africa	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	-	-	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	1.9	0.4	-8.3
Aus/NZ	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.8	0.8	-0.4
Canada	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	5.7	5.7	5.7	4.8
China	0.3	0.0	-	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.1	0.0	0.3	1.9	5.7	4.5	-0.2
East Europe	1.4	0.0	-	-	2.8	2.7	0.0	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.2	7.0	4.3	1.7
West Europe	3.7	0.0	0.0	0.0	1.8	19.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	3.3	31.5	12.2	6.2
FSU	0.0	-	-	0.1	0.6	1.3	1.6	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	3.7	2.0	1.7
India	0.3	0.1	-	0.0	0.0	0.6	0.0	-	-	-	0.0	3.3	2.5	0.0	6.9	6.9	6.9
Japan	1.0	0.8	-	4.3	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1	-	2.3	0.0	9.7	9.7	8.9
Korea	0.4	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	-	0.8	-	0.0	0.0	0.1	1.7	3.1	3.1	1.2
Latin America	0.0	-	0.0	-	-	0.3	-	-	-	-	2.0	0.0	-	5.3	7.7	5.6	4.8
Middle East	0.4	-	-	-	0.2	0.4	0.2	0.0	-	-	-	2.7	0.2	-	4.2	1.6	-3.4
S&E Asia	1.0	0.2	-	0.2	0.0	0.4	-	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	9.7	3.3	15.6	5.9	-0.3
USA	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	-	0.9	0.9	-20.5
Total imports	10.1	1.2	0.8	5.9	5.3	25.3	1.9	0.0	0.9	1.9	2.9	7.7	15.9	21.4	104 [†]		
Extra-reg. imports	8.6	1.1	0.8	4.7	2.6	6.0	0.3	0.0	0.9	1.9	0.8	5.0	6.3	21.4		64 [†]	

Source: UN Comtrade¹⁷

Boxed fields: intra-regional trade. "0.0": indicates trade of less than 50 000 tonnes between respective regions. "-": indicates no trade between respective regions. Extra-regional exports = total exports less intra-regional exports. Net exports = trade balance = total exports less total imports (negative values indicate net imports). †: Exports and extra-regional exports shown in the chart do not necessarily add to the total figure shown because of unspecified items in the raw data.

* HS-2523 (Portland cement, aluminous cement and slag cement)

Source: Watson et al, 2005

자료: Baron et. al, (2007)

5) 상품 및 생산공정의 동질성

시멘트산업은 생산과정에 제한된 인원을 고용하며 제한된 범주의 제품을 생산한다. 생산과정에는 혼합과 정에서 사용되는 수분함유량에 따라 “습성”, “건조”, 중간정도의 수분함유 등이 있다. 시멘트의 주요성분은 클링커로 석회암, 철, 산화물, 실리콘 산화물 및 알루미늄 산화물에서 추출되고, 시멘트제품은 클링커와 다른 첨가물의 비율에 따라서 구별된다.

6) 부문별 접근방식과 시멘트산업

시멘트분야는 국제협력이 가능한 것으로 평가된다. 그러나 시멘트산업 일각의 긍정적인 노력에도 불구하고, 다국적기업은 증가 추세이지만 시멘트산업은 많은 면에서 여전히 “현지 사업”이다. 이러한 현지사업적인 성격은 국제적인 조화 또는 협력에 대한 의미를 희석시킨다. 세계 생산의 상당한 수준을 차지하는 중국의 시멘트산업구조 여건을 고려할 때 시멘트산업에 있어서의 국제협력은 그리 쉽지 않은 것이 현실이다.

향후 불확실한 배출수준 및 급격히 증가하는 개도국의 인프라구축에 있어 시멘트의 중요성을 고려할 때 배출감축목표는 산업계나 정부에게 그리 매력적인 제안은 아니다. 시멘트산업계는 배출원단위 또는 CO₂성과

표준 등의 정책적인 접근법을 선호한다. 현재 미국은 시멘트 1톤당 이산화탄소 약 1톤, 일본은 시멘트 1톤당 이산화탄소 약 0.73톤을 배출하는 수준이다. 많은 국가에 있어 이산화탄소원단위 감소가 가능하며, 심지어 일본은 35%를 감축할 잠재력이 있는 것으로 추정된다.¹⁰⁾

시멘트산업계가 모여 WBCSD CSI(the World Business Council for Sustainable Development's Cement Sustainability Initiative)를 발족했다. CSI는 중국을 제외하고 세계 시멘트생산의 약 50%를 공급하는 16개 기업이 가입했다. 이러한 이니셔티브는 “기후 보호 및 이산화탄소 관리”에 대한 내용을 포함하며, 회원기업들은 시멘트생산에서 발생하는 이산화탄소배출에 대한 감시 및 보고에 대한 공통 접근법을 정비한 CO₂ 프로토콜(WBCSD Cement CO₂ Protocol)을 만들었다. 비록 이니셔티브차원의 목표 또는 표준이 채택되지는 않았지만, 이 그룹은 “이산화탄소 배출감축에 대한 공공정책 및 시장메커니즘”에 대해 검토하고 있다.

기술적 접근방식으로는 우수기술(best technology practice) 및 APP와 같은 프로젝트의 협력에서부터 현존기술확산을 위한 잠재적 협의까지 생각해 볼 수 있는데, 이러한 것은 잘 알려진 데로 기술혁신에 대한 산업계의 노력을 저하시킬 가능성이 있다. 우수기술(best practice)의 확산은 확실히 중국 시멘트제조업의 에너지효율을 향상시킬 수 있으나, 시멘트제조에 있어 에너지비용이 가장 중요하다는 점에서 볼 때 아시아지역의 다른 생산자의 경쟁력에 위협이 될 가능성이 있다. 이러한 국제경쟁력 문제는 APP 시멘트 TF(Task Forces)가 당면한 문제이다.

다. 철강

1) 배출

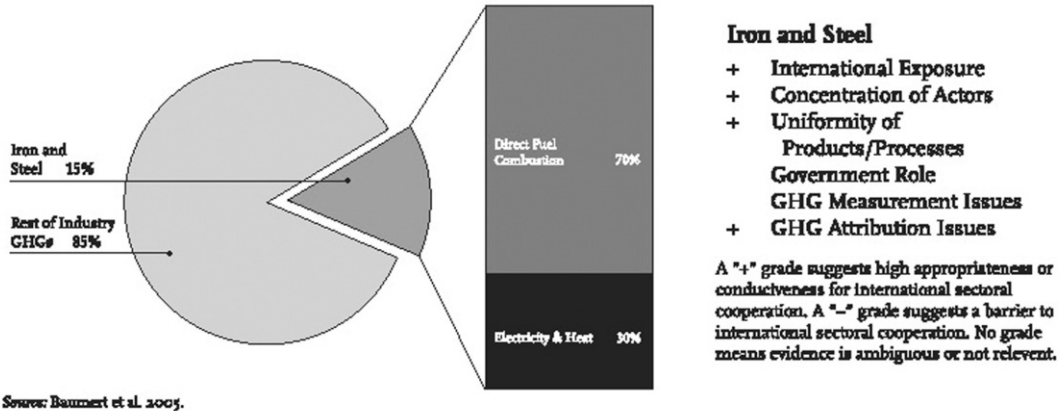
철강산업은 세계에서 가장 큰 에너지소비산업이다. 이산화탄소는 연료연소 및 생산과정에 소비되는 전기나 열에서 발생하는 배출을 포함하여 다양한 철강제조 공정에서 배출된다. 모든 배출을 고려하여 볼 때, 철강은 전 세계 이산화탄소배출량의 4.1%로 추산되며, 전체 온실가스의 약 5.2%를 차지한다. 철강(steel)은 제조업배출의 약 15%정도로, 연료 사용에 따른 직접배출 비중이 약 70%, 그리고 전기 및 열을 사용함으로써 발생하는 간접배출비중이 30%이다.

에너지효율성은 설비별로 크게 차이가 나고 생산과정, 원자재 품질, 완제품 혼합에 따라 달라진다. 유사하게 국가별로 철강시설에 이용되는 공정이 달라서 체계적인 성과비교를 어렵게 한다. 국가간 기술, 효율성, CO₂ 배출량의 차이는 다음과 같은 요소 때문에 발생한다. 첫째 에너지비용이다. 전기와 석탄가격이 저렴한 경우 더욱 효율적인 기술이 발전하지 못할 수도 있다. 즉, 벤치마크에 의한 우수기술(best practice)의 정보 공유는 에너지효율성 향상을 가능하게 할지라도 저렴한 에너지원이 존재할 때 그러한 우수기술을 채택하는 것이 사회적으로 최적의 선택이 아닐 수 있다. 둘째, 국가별·기업별 생산효율성의 차이는 설비노후와 관련된다. 비부속서 I 국가들은 새롭고 좀 더 효율적인 설비들을 갖추었다. 이러한 비부속서 I 국가들의 효율적인 설비들은 이산화탄소배출규제에 따른 탄소누출(carbon

10) 만약 일반적인 수행 벤치마크가 실현 불가능한 것으로 증명되면, 국가별감축의무(i.e. 현재 에너지원단위 대비 %감축)가 한 가지 대안이다. 향후 온실가스배출의 증가가 발생할 중국과 몇몇 국가에 대한 기술 및 재정 지원을 강화하는 것이 또 다른 대안이라고 할 수 있다. 만약 적절한 원단위 메트릭스가 개발될 수 있다면, 이러한 지원은 부분적으로 CDM과 같은 크레딧 메커니즘을 통해 이루어질 수도 있다.

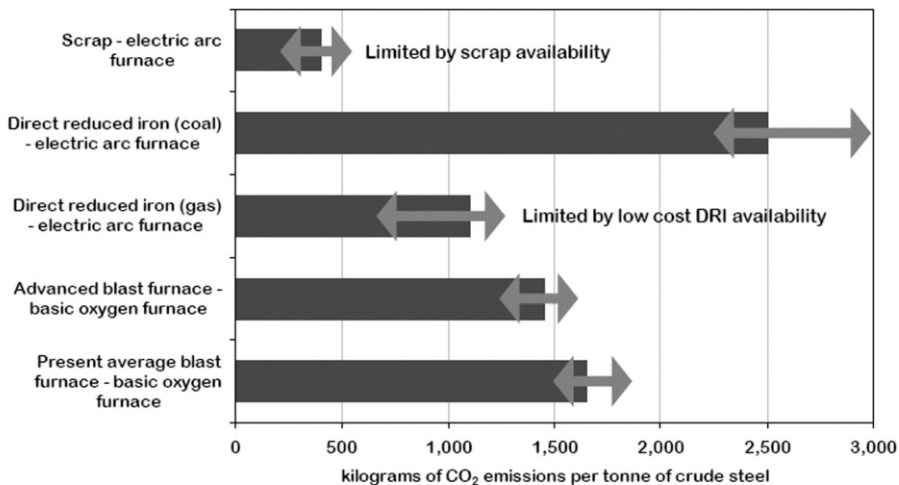
[그림 8] 철강산업의 이산화탄소 배출

CO₂ FROM IRON AND STEEL



자료 : Baron et. al.(2007)

[그림 9] 기술별 Crude steel 톤당 이산화탄소 배출량



Source: IEA, 2007b

Note: The high and low-end ranges indicate CO₂ free and coal-based electricity and account for country average differences based on IEA statistics. The range is even wider for plant-based data. The product is crude steel, which excludes rolling and finishing.

자료 : Baron et. al.(2007)

leakage)이 발생하는 경우 탄소누출이 100%이하라는 것을 의미한다(비부속서 I 국가에서 현대적인 청정 생산시설들이 탄소누출 일부 상쇄).

2) 시장구조

12개국이 세계 철강의 90%를 생산한다. 중국, EU-25, 일본 등이 3대 철강생산국가로 세계 생산의 55%를 차지한다. 2005년, 세계 10대 철강생산업자가 세계 생산의 26.4%를 차지했으며, 그 다음 10대 철강기업이 8%를 생산하여 상위 20대 철강기업이 세계 생산의 34.4%를 공급하였다.

2005년 이후 철강업계의 합병추세에도 불구하고, 철강산업의 산업집중도는 시멘트 산업에 비해서는 높은 편이나 알루미늄산업보다는 낮다. 호주 및 한국과 같은 국가에서는 극히 적은 수의 대규모 생산업자가 철강산업을 지배하는 반면, 중국에는 대단히 많은 수의 효율성이 낮은 소규모 생산업자들이 존재한다(최근 대규모의 효율성이 좋은 기업들이 다수 출현). 중국은 800-900개의 철강생산업자가 있고, 상위 200개 생산업체가 총 설비용량의 95%를 차지한다.

철강산업의 주요 산업협회는 IISI(International Iron and Steel Institute)이다. IISI는 세계 20대 철강생산업체를 포함하여 190여개 이상의 철강생산업자, 국가 및 지역 철강산업협회, 철강연구기관들로 구성되어 있다. 이러한 IISI 회원기업들이 세계 철강의 약 60%를 생산한다.

IISI에 따르면 철강산업에서 2006년 12억톤을 생산

했으며, 20억톤 이상의 이산화탄소를 배출했다. 지난 5년 동안 세계 crude steel 생산은 34% 증가하였고, 이는 중국 수요의 증가에 따른 것이다. 중국의 철강산업은 지난 몇 년동안 연간 약 25%씩 성장하였으며, 과잉투자 및 잠재적 초과공급 상태에 직면해 있다. 중국은 현재 생산 및 crude steel 설비용량이 2001년 이후 두 배 이상 증가했다. 2006년에만 중국과 인도의 철강생산이 각각 19%, 13%씩 증가하여 세계 생산을 7,300만톤 증가시켰다. 중국은 세계 최대 철강생산국(세계 생산의 34%)이면서 소비국이다.¹¹⁾ 2003년 이후 아시아는 세계 생산증가의 82%를 주도했다. 인당 철강소비에서, 한국이 월등히 높으며 일본, 캐나다, 미국 순으로 인당소비가 많다. 반면 중국 및 인도의 인당 소비는 매우 낮은 편이다.

3) 국제교역

철강의 국제교역량은 꾸준히 증가해 세계 생산량의 25%를 차지할 정도이며, 1975년 100Mt에서 2006년 300Mt이상으로 증가했다. 철강완제품 교역비중은 1975년 세계 총생산의 23%에서 2004년 42%이상으로 증가했다. 그러나 2005년 이후 철강무역은 세계적으로 감소하기 시작했으며, 이는 대개 소비가 발생하는 근접지역에 신규설비가 건설되어 직접 공급하였기 때문이다(표 8) 참조).

무역 및 투자 면에서 보면, 철강산업은 지난 몇 십년간 점진적으로 국제화되어왔다. Mittal Steel은 북미·유럽은 물론 남아프리카, 알제리아, 카자흐스탄,

11) 중국 정부는 철강산업이 천연자원 및 에너지를 많이 소비하고 환경오염의 주범인 관계로 이러한 철강수출국으로써의 위치를 좋아하지는 않지만, 중국은 2003년 철강 수입국에서 2006년 수출국으로 변모했다.

〈표 7〉 철강 생산(2006)

	Production	Share	Cumulative share	BOF steel	Electric	Open hearth
	Mt	%	%	%	%	%
China	422.7	34%	34%	87	13	-
Japan	116.2	9%	43%	74	26	-
United States	98.6	8%	51%	43.1	56.9	-
Russia	70.8	6%	57%	61.6	18.4	20
South Korea	48.5	4%	61%	54.3	45.7	-
Germany	47.2	4%	65%	68.9	31.1	-
India	44	4%	68%	47.3	50.5	2.3
Ukraine	40.9	3%	72%	56.4	9.8	33.8
Italy	31.6	3%	74%	37.4	62.6	-
Brazil	30.9	2%	77%	73.9	24.4	-
Turkey	23.3	2%	78%	29.2	70.8	-
Taiwan	20.2	2%	80%	53	47	-
France	19.9	2%	82%	61.7	38.3	-
Spain	18.4	1%	83%	19.6	80.4	-
Mexico	16.3	1%	85%	25.7	74.3	-
Canada	15.4	1%	86%	58.6	41.4	-
United Kingdom	13.9	1%	87%	80.8	19.2	-
Belgium	11.6	1%	88%	70.3	29.7	-
Poland	10	1%	89%	57.6	42.4	-
Iran	9.8	1%	89%	22.5	77.5	-
South Africa	9.7	1%	90%	53.2	46.8	-
Other	121.9	10%	100%			
World	1241.7	100%	100%	65.5	32	2.4

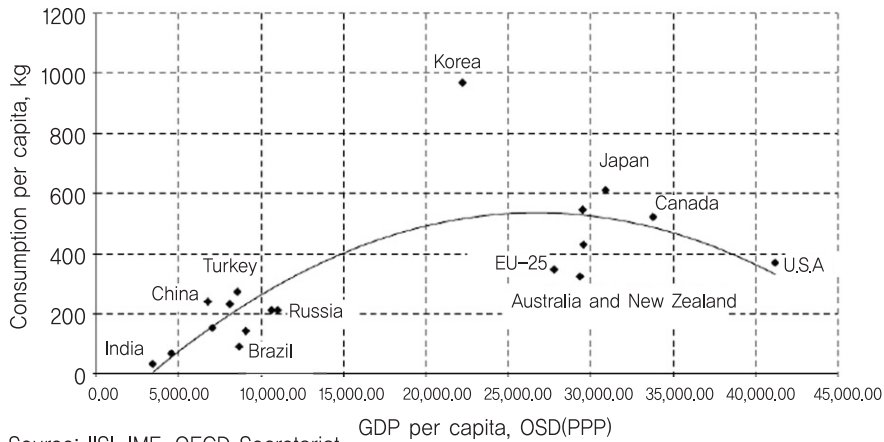
Source: IISI, 2007, World Steel in Figures

Note: BOF: basic oxygen furnace, EAF: electric arc furnace; OHF: open hearth furnace.

자료 : Baron et, al.(2007)

[그림 10] 인당 철강소비 및 GDP(2005)

Per Capita Steel Consumption and Gross Domestic Product
in Selected Economies, 2005



Source: IISI, IMF, OECD Secretariat

Source: OCED, 2007a

자료 : Baron et, al.(2007)

Trinidad와 Tobago를 포함한 14개국에 철강공장을 갖추고 있다. Nippon Steel, POSCO, 중국 철강업체들은 해외생산보다는 국제무역에 의존하고 있으나, 유럽, 일본, 미국은 다른 지역에 비하여 생산비용이 높아 신규설비투자를 다른 지역에 유치할 가능성이 높다. 따라서 철강산업의 해외직접투자가 탄소세부과로 인한 것인지(탄소누출), 아니면 생산비용의 차이로 인한 것인지를 파악하는 것은 쉽지 않은 일이다.

2000년 이후 중국은 철강시장의 무역패턴을 변동시켰다. 2003년 중국은 미국 다음으로 많은 철강을 수입하였으며, 세계 철강무역의 약 11%를 차지했다. 2005년 미국과 대만은 여전히 많은 수입을 한 반면 중국은 자국수요를 자국제품으로 충족하기 시작했다.

4) 정부 역할

미국을 포함한 몇몇 정부가 철강산업이 무역보호조치와 같은 정부개입이 필요한 전략적인 산업이라는 입장을 고수하지만, 철강산업에 대한 규제는 일반적으로 심하지 않다.

5) 상품 및 생산공정의 동질성

철강 생산기술은 국제적으로 다양하지는 않으며, 현재는 단지 두 가지 생산공정이 주를 이룬다. 블라스트 용광로/오픈가열로 또는 블라스트용광로/순산소용광로(BOF)를 사용한 통합제강공장과 전기아크용광로(EAF)에 스크랩을 사용하는 미니공장(mini-mills)이다. 그러나 철강제품으로는 주괴(ingots), 반제품, hot-rolled and cold-finished 생산품, 튜브, 와이어 및 다양한 제조 및 건설용도의 미가공된 castings and

〈표 8〉 지역별 철강교역(2005)

Exporting region	European Union (25)	Other Europe	CIS	North America	South America	Africa & Middle East	China	Japan	Other Asia	Oceania	Total imports
Destination:											
European Union (25)	99.9	7.9	9.2	0.5	1.4	2.2	1.5	0.4	1.7	0	124.6
Other Europe	10.6	0.6	7.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0	19.6
CIS	1.4	0.2	7.6	0.1	0	0	0.2	0.1	0.3	0	10
North America	7.9	3.5	3.2	18.8	4.4	0.7	3.2	2.3	4.3	0.3	48.7
South America	1	0.1	1.3	0.4	2.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0	5.9
Africa	3.1	1.6	6	0.1	0.6	3.3	0.4	0.3	0.9	0	16.4
Middle East	4	4.8	10	0.1	0	1.4	0.7	1.3	2.3	0	24.7
China	1.8	0.6	4.9	0.5	5.1	0.5	-	5.7	8.2	0	27.3
Japan	0.1	0	0	0.1	0	0	1.1	-	3.9	0	5.2
Other Asia	5.3	3.5	11.7	0.8	3	2.2	19.6	20.8	11.4	0.3	78.6
Oceania	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0.1	0.5	0.7	1.8	0.2	3.9
Total exports	135.3	23.1	61.7	21.6	17.2	10.5	27.4	32	35.1	0.9	364.8
of which:											
extra-regional exports*	35.4	22.5	54.1	2.8	14.7	5.8	27.4	32	23.7	0.7	219.2
Net exports (exports-imports)	10.7	3.5	51.8	-27.1	11.3	-30.6	0.1	26.8	-43.5	-3	

*: Total exports minus intra-regional trade. Intra-regional trade is highlighted.

Source: IISI, 2007, World Steel in Figures

자료 : Baron et, al.(2007)

forgings 등 다양한 제품이 있다.

6) 부문별 접근방식과 철강산업

철강부분은 국제교역이 많고 국제경쟁력에 노출되어 있지만, 제품 차별성과 지역간 기술개발수준 및 용도의 차이가 있기 때문에 국제협력이 가능한 것으로 평가받는다. 미국, 일본, 서유럽 국가들은 자동차와 같은 부분의 수요를 충족시키는 고부가가치상품에 주력하는 반면 건설 및 기타 인프라구축에 필요한 일반적인 소비를 위한 저급제품을 생산하는 국가 및 기업도 존재한다. 따라서 철강생산의 기초적인 에너지집약부분에 있어서는 경쟁자에게 교역기밀의 누설위험 없이 국제협력이 가능한 것으로 평가된다. 그러나 부문별 접근방식에 있어 철강산업은 산업집중도가 낮은 점과 비부속서 I 국가에서 설비가 급격히 증설되고, 이러한 시장이 매우 경쟁적이라는 점이 문제점으로 지적된다.

시멘트산업과 마찬가지로 철강산업은 배출량목표설정방식보다는 탄소원단위 벤치마킹이 더 적합한 것으로 평가받는다. 만약 엄격히 적용되는 경우, 탄소원단위 벤치마크가 효율성 향상, 저탄소 연료사용, 통합형보다 1톤당 이산화탄소 75% 적게 배출하는 전기아크용광로 철강제조설비로의 전환을 장려할 수 있기 때문이다. 그러나 다양한 국가가 다양한 생산과정을 이용하므로 균일한 벤치마크의 적용은 문제의 소지가 있다. 더욱이, 전기아크용광로의 낮은 이산화탄소배출량은 원료인 스크랩의 이용가능성을 전제하는 것으로, 현실에 있어서는 국가별 스크랩 수급상황이 상이하다.

IISI(International Iron and Steel Institute)는 중국, 러시아, 인도 등을 포함하여 세계 철강생산의 약 70%이상을 공급하는 200여개 기업이 가입되어 있음

에 따라 이산화탄소 배출에 대한 국제협상에 있어서 산업계의 협력을 이끌 수 있다. IISI는 post-2012 이산화탄소감축을 위한 국제적인 부문별 접근방식을 개발하기 위해 TF(Task Forces)를 발족하였고, 배출권거래제를 대신하여 효율적인 기업은 성장하고 효율적이지 못한 기업은 퇴출시키는 부문별 체제의 새로운 정책안을 제안하였다. IISI는 정부와 산업계가 협동하고 세계 모든 주요 철강생산국이 참여하여 노후기술의 단계적 퇴출을 장려하는 부문별 체제를 지지한다.

기술적인 면에서 IISI는 “CO₂ Breakthrough Programme”을 발족하였고, 이는 향후 수십년간 이산화탄소배출감축을 목표로 철강산업의 기술적 능력을 향상시키기 위한 지역별 이니셔티브를 만들었다. 이것은 단기의 CO₂ 배출감축 또는 에너지효율향상에 중점을 두는 온실가스감축정책을 효과적으로 보완하는 국제적인 기술적 접근방법의 일례이다. 또한 EU가 지원하는 Ultra Low CO₂ Steelmaking(ULCOS) 프로젝트는 장기적인 R&D에 초점을 맞춘 부문별 협력의 대표적인 접근방법이다. ULCOS는 유럽 철강산업의 48개 주요 시장참여자 및 15개 EU 회원국이 가입한 컨소시엄이다. 이 프로젝트는 현대적 블라스트용광로에서 배출되는 이산화탄소를 50% 이하 수준까지 낮추는 혁신기술연구에 초점을 맞추고 있다.

알루미늄 및 시멘트산업과 마찬가지로 철강산업 또한 APP하에서 정보수집 및 벤치마킹 수립대상 산업이다. 철강생산업체들은 두 가지 주요 생산루트인 BOF(Basic Oxygen Furnace) 및 EAF(Electric Arc Furnace)에 대한 지표를 만들기 위하여 정보를 수집하였다. APP 산업계참여자는 또한 환경보호와 에너지효율성기술을 기록한 “State of the Art Clean Technology” 핸드북을 작업하였다.

3. 맺음말

본 보고서에서는 알루미늄, 시멘트, 철강산업이 국제협력에 도움이 되는지 또는 적절한지를 WRI가 제시한 부문별 협력에 대한 적합성기준에 의해 평가해 보았다. WRI가 제시한 기준에는 온실가스배출량, 국제적 노출정도, 산업집중도, 상품/생산공정 동질성, 정부역할, 온실가스 측정 및 귀속 이슈 등이 있다.

알루미늄산업이 총 온실가스배출에서 차지하는 비중은 약 0.9%이다. 전력이 알루미늄생산에 주요 에너지이기 때문에 전력원에 따라 알루미늄산업의 탄소원단위는 크게 차이가 난다. 알루미늄은 산업집중도가 높은 산업이며, 국제교역이 75%로 높은 수준이어서 일반적으로 부문별 접근방식에 적합한 것으로 평가되고 있다. 시멘트산업의 경우 총 온실가스배출에서 차지하는 비중이 약 4.6%이다. 시멘트산업은 에너지집약산업이나 산업집중도 및 국제교역이 알루미늄 및 철강에 비해 상대적으로 낮은 산업이다. 지적되는 문제점으로는 다국적기업이 증가하는 추세이지만 여전히 현지사업적인 성격이 강해 시멘트산업의 국제협력이 쉽지 않다는 것이다. 철강은 세계에서 가장 에너지를 많이 소비하는 산업으로 총 온실가스배출에서 차지하는 비중이 약 5.2%이다. 산업집중도가 낮은 편으로 세계 20대 철강생산업자가 34.4%를 공급한다. 철강의 국제교역량은 꾸준히 증가하여 세계 생산의 25%가 국제적으로 교역된다. 철강부문은 국제교역이 많고 국제경쟁력에 노출되어 있지만 제품 차별성과 지역간 기술개발수준 및 이용의 상이성이 존재한다는 점에서 국제협력이 가능한 분야로 평가된다. 그러나 철강산업이 산업집중도가 낮은 점과 비부속서 I 국가에서 철강시설이 급격히 증설되고 이러한 시장이 매우 경쟁적인 점이 문제점으로 지

적된다. 종합해 보면, 일반적으로 시멘트가 알루미늄과 철강보다는 광범위하게 교역되지는 않지만 알루미늄, 시멘트, 철강산업은 에너지집약산업으로 교역이 많은 산업으로 분류되어 부문별 감축목표설정방식에 적합한 것으로 평가받고 있다.

〈 참고문헌 〉

- Baron, R., J. Reinaud, M. Genasci, and C. Philigert(2007), "Sectoral Approaches to Greenhouse Gas Mitigation, Exploring Issues for Heavy Industry", IEA Information Paper
- Bradley, R., K. A. Baumert, B. Childs, T. Herzog, and J. Pershing(2007), "Slicing the pie: Sector-based approaches to international climate agreements, Issues and Options", WRI Report, World Resources Institute
- CEPS(2008), "Global Sectoral Industry Approaches to Climate Change: The Way Forward
- Houser, T., R. Bradley, B. Childs, J. Werksman, R. Heilmayr(2008), "Leveling the carbon playing field", Peterson Institute for International Economics, World Resources Institute

화석연료에 의한 사업자 발전 효율지표 평가



박 태 식
에너지경제연구원 연구위원

1. 서론

전력 생산에 투입되는 화석연료는 전 세계 화석연료 소비량의 32%, 에너지 관련 CO₂ 배출량의 약 41%를 차지한다. 전력을 생산하는 데 있어서 에너지효율을 개선하는 것은 세계적으로 화석연료에 대한 의존도를 낮추는 가장 중요한 방법 중 하나이다. 이로써 기후변화에 대응하고 에너지 안보를 개선하는 효과를 얻을 수 있다. 또한 고효율의 열병합발전 시스템을 통해서 냉·난방 수요와 전력 생산을 연계함으로써 연료효율 증대를 추가적으로 달성할 수 있다.¹⁾

본고에서는 세계적인 관점에서 화석 연료를 사용하는 발전분야의 에너지 효율을 분석하는 지표와 주요 국가들과 지역에 대한 지표를 제시하고 있다. 동 분석은 IEA 통계에 기초하고 있으며 사업자(public)²⁾의 전기 발전과 CHP 발전³⁾만을 대상으로하고 있다. 자가발전(autoproducer)에 의한 전력 생산은 제외하였으며, 자

가발전 비중은 전 세계 전력 생산량의 6% 미만인 것으로 나타났다. 그러나 유럽에서의 자가발전 비중은 상당한 수준으로, 오스트리아, 핀란드, 룩셈부르크, 네덜란드, 스페인의 경우 전 세계 평균비중의 두 배가 넘는다.

국가별 개별지표는 모든 OECD 국가들과 브라질, 중국, 인도, 러시아, 남아프리카 공화국들을 포함하여 작성하였다. 따라서 관련 정보는 두 국가 그룹, OECD 국가와 비OECD 국가에 대해서, 그리고 전 세계에 대해서 제시하고 있다.

석탄, 천연가스, 석유의 3가지 원별 발전 효율과 이를 종합한 화석연료 전체에 대한 지표를 작성하여 화석연료에 의한 전력 생산의 추이와 수준을 비교·분석하였다. 마지막으로, 전력 생산의 에너지 효율을 개선함으로써 야기되는 에너지와 CO₂의 기술적 절감 잠재량을 계산하였다.

1) 산업체에서 CHP 발전의 증가로 탄소 절감 잠재량은 IEA, 2007b에서 분석되었으며, 이는 연간 110Mt CO₂에서 170Mt CO₂ 사이인 것으로 추정.

2) 발전 및 판매 사업이 주 목적이면 사업자 발전이고, 부수적 사업이면 자가생산이라 함.

3) 전기만을 생산하는 발전소는 전기생산이라 하고, 전기와 열을 함께 생산하는 것은 열병합발전(CHP)이라 함.

2. 발전효율 추정방법과 화력발전의 연료 소비구조

가. 방법론

전기 발전소 및 CHP 발전소에서 소비하는 연료와 생산된 전력과 열에 대한 자료는 IEA 통계를 이용하였다. OECD 국가들의 자료는 전력 정보 2007 (Electricity Information 2007, IEA, 2007c)에서, 나머지 국가들은 비OECD의 에너지밸런스(Energy Balances of Non-OECD Countries, IEA, 2007d)에서 인용하였다. IEA 통계에서는 모든 국가들에 대해 다음과 같이 일관성 있는 자료들을 제공하고 있다.

- 발전 및 CHP 발전소의 투입 에너지는 순 발열량기준으로 작성한다.
- 전력과 열의 산출은 총 생산량을 적용한다. 전력의 총 생산량은 소내 소비와 송전 손실을 포함하는 총발전량으로 정의한다.

전력 생산의 에너지 효율을 계산하기 위해 사용된 방법론은 Graus et al(2007)과 Phylipsen et al(1998)에 근거한다. 전력 생산의 에너지 효율(E)은 다음과 같이 정의된다.

$$E = (P + H \times s) / I$$

여기에서,

P = 사업자의 전기 발전소 및 CHP 발전소에서의 전력 생산량

H = 사업자 CHP 발전소에서의 열 생산량

s = 열과 전력 사이의 보정 계수, 전력 생산에서의 추기열 단위당 감소분으로 정의

I = 사업자 전기 발전소와 CHP 발전소의 연료 투입

CHP 발전소에서 열과 전력을 함께 생산하는 것은 열과 전력을 개별적으로 생산하는 것에 비해 1차 에너지 소비 관점에서 더 효율적이다. 그러나 열 추출(이용)은 전력 생산에서의 효율 감소를 야기한다. 효율의 손실은 추출된 열에너지의 온도에 달려 있다. 손실을 산정하기 위해 열 추출에 대한 보정을 해준다. 사업자 CHP는 주로 지역난방을 공급하기 위해 사용되기 때문에 적절한 대체계수는 0.15에서 0.2 사이에 있다 (Phylipsen, 1998). 동 분석에서는 0.175의 값이 사용되었다. 열이 고온에서 유통될 때(예; 산업공정) 대체계수는 매우 높아질 수 있다는 것을 알아야 한다. 그러나 유틸리티에 의해 산업체로 공급되는 고온의 열에너지는 대부분의 국가에서 소량에 해당한다.

각 국가나 지역의 연료효율은 전력 생산 효율이 평균보다 높거나 낮은 해의 효과를 모두 반영하기 위해, 2001년부터 2005년까지 5년간 효율의 단순 평균으로 계산하였다.⁴⁾ 2001년부터 2005년 기간 중 모든 화석 연료의 전력 생산 효율은 개별 화석연료의 연간효율을 가중 평균하여 계산하였다.

나. 화석연료의 전력 생산과 연료 소비구조

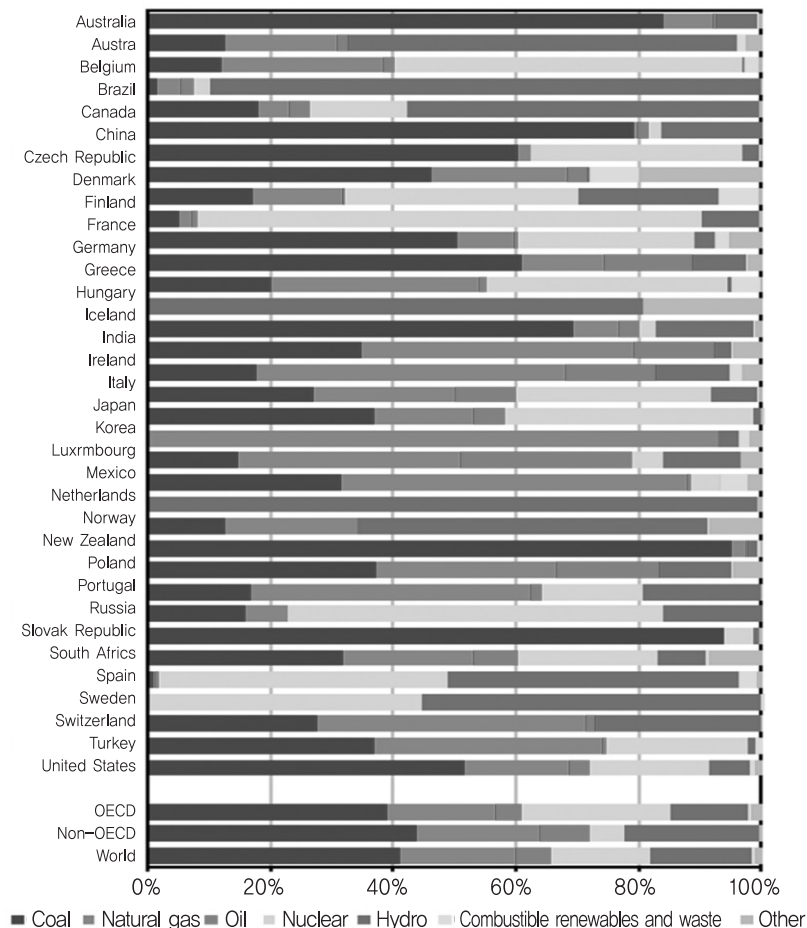
2005년에 화석연료(석탄, 천연가스, 석유)로 생산한 전력의 연료별 발전 비중은 국가 간에 차이가 매우 크

4) 국가별 평균 효율은 전기 발전소와 CHP 발전소 양자의 모든 전력 생산에 관한 것임.

며(그림 1), 이는 전력의 절대적인 생산수준에서도(그림 2) 마찬가지이다. OECD 국가에서 화석연료로 생산하는 전력의 비중은 약 61%이다. 그에 반해서 비 OECD 국가들의 평균 비중은 이보다 높은 72%로 나타

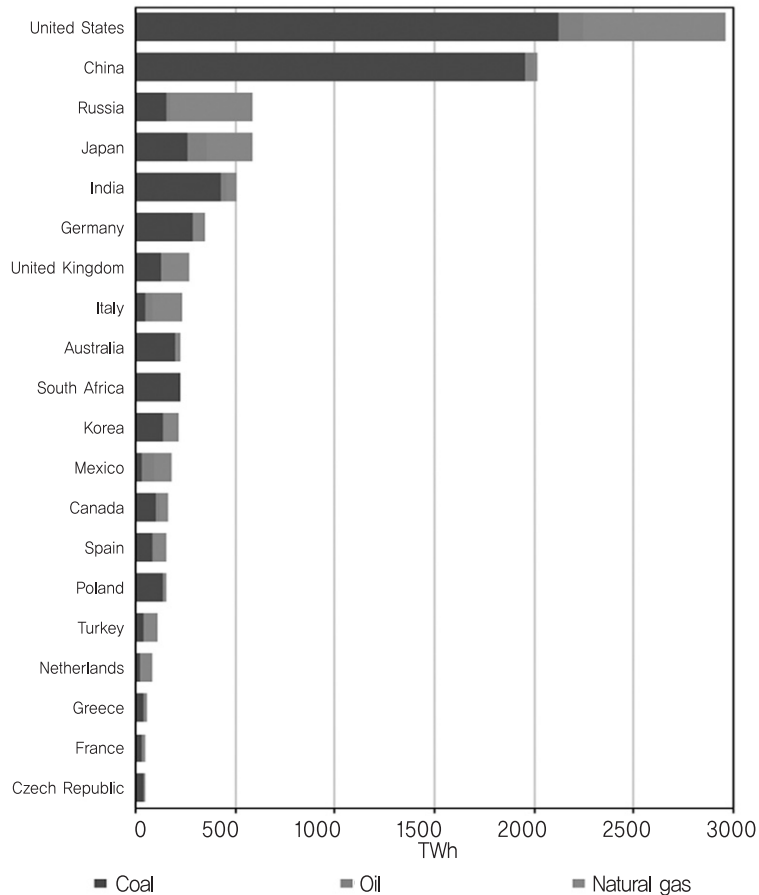
낸다. 화석연료에 의한 발전 비중이 상대적으로 높은 국가로는, 폴란드(98%), 남아프리카 공화국(94%), 룩셈부르크(93%), 오스트레일리아(93%), 아일랜드(93%), 그리스(89%), 네덜란드(89%), 포르투갈(84%),

[그림 1] 사업자 발전의 화석연료별 발전 비중(2005)



주: 기타에는 지열, 태양광, 조력, 풍력 포함
자료: IEA, 2007c, IEA, 2007d.

[그림 2] 국가별 사업자 발전에서 화석연료에 의한 발전량



자료: IEA, 2007c, IEA, 2007d.

이탈리아(83%), 중국(82%) 인도(80%)등이 있다.

절대적 수준에서 화석연료에 의한 전력 생산이 가장 많은 국가는 미국과 중국으로서, 전 세계 생산의 44%를 차지하고 있다. 이외 러시아, 일본, 인도, 독일, 영국 등 5개국의 화석 연료에 의한 발전량이 20%를 차지하

였다.

전 세계적으로 화석연료 발전의 대부분은 석탄(63%)에 의존하며, 그 다음이 천연 가스(29%), 석유(9%) 순이다.

3. 원별 발전효율

가. 석탄 화력발전의 효율

석탄은 전력 생산에 사용되는 주요 화석 연료이다. OECD 국가들의 총 전력 생산에서 석탄 화력발전의 비중은 2005년에 39%이며, 1990년의 42%에 비해 감소하는 추세이다. 비OECD 국가의 석탄의 발전비중은 이보다 높은 44%였다.

절대적 수준에서 석탄 화력발전은 미국(2,129 TWh)과 중국(1,957 TWh)에서 가장 높다. 이들 두 국가의 발전량은 전 세계 석탄 발전량의 58%를 차지했다. 이외에 석탄 화력발전을 많이 하는 국가로는 인도, 독일, 일본, 남아프리카 공화국, 오스트레일리아, 러시아, 폴란드, 대한민국, 영국, 캐나다가 있다.

대부분의 국가에서 석탄 화력발전의 대부분은 전력만 생산하는 전기발전소에 의존한다. 그러나 러시아, 덴마크, 노르웨이, 폴란드, 스웨덴에서는 석탄 발전은 모두 열병합발전에서 생산된다고 IEA 통계는 보고 있다. 슬로바키아와 핀란드 역시 석탄 화력발전의 절반 이상이 열병합발전에서 이루어지고 있다.

OECD 국가의 석탄 발전 효율은 전력만 생산하는 전기발전소와 열병합발전소를 통틀어 평균 37%이다(2001년부터 2005년까지 평균).⁵⁾ 이는 비OECD 국가에서의 평균 효율 32%에 비해 현저하게 높은 수치이다. 개별 국가의 석탄발전의 평균 효율은 인도의 27%에서 덴마크의 43%의 범위에 걸쳐 있다(그림 3). OECD 국가 간의 효율 범위는 미국 36%에서 덴마크

43%로 보다 한정적이다. 1990년 이후로 석탄 화력발전소의 평균 효율은 OECD 국가에서 약 0.5% 포인트, 비OECD 국가에서 2% 포인트 증가하는 등 대부분의 국가에서 개선되었다.

석탄 화력발전소의 효율은 채택한 기술, 사용하는 석탄의 종류와 품질, 운영 상태와 숙련도 등 관련 요소의 정도에 달려 있다. 인도의 경우 석탄 발전소의 평균 효율이 낮은 것은 피크 부하 전력 생산을 위한 화력발전소와 마찬가지로 회분 함량이 높은 저급탄을 사용하는 저임계(subcritical) 발전소가 널리 이용되기 때문이라고 부분적으로 설명할 수 있다. 이와 대조적으로 덴마크는 1990년대에 소개되었던 초임계(supercritical) 미분탄 발전소(IEA, 2007a)와 같은 새로운 발전 방식을 포함하여 세계에서 가장 효율적인 화력발전소를 가지고 있다.

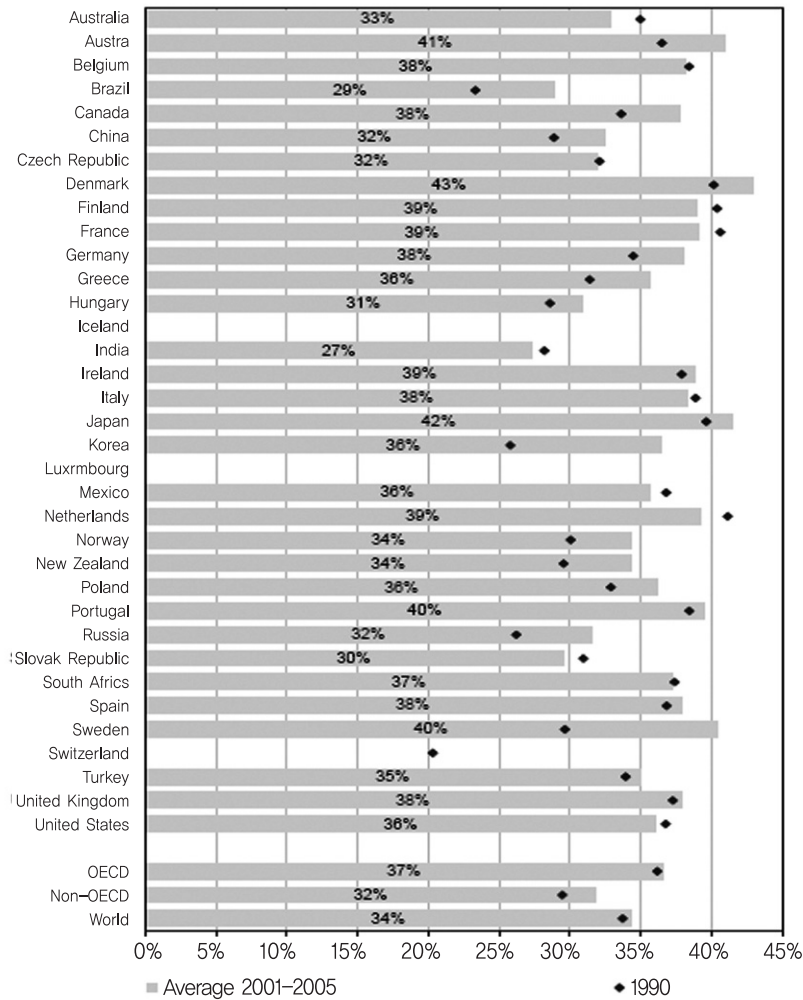
나. 천연가스 화력발전의 효율

천연가스 화력발전 비중은 많은 국가들에서 최근 수년 동안 빠르게 증가하여, 세계 평균비중의 1990년 14%에서 2005년에는 19%로 늘어났다. OECD 국가의 천연가스 화력발전 비중은 보다 빠르게 증가해 1990년 9%에서 2005년 18%로 증가했다. 반대로 비 OECD 국가에서는 천연가스 비중이 1990년 22%에서 2005년 20%로 오히려 감소했다.

미국, 러시아에서 천연가스 화력발전 수준이 가장 높아서, 전 세계 천연가스 화력발전의 35%를 차지하고 있다. 이외에 천연가스 화력발전이 많은 국가들에는 일

5) 동 보고서의 발전효율은 연료의 순 발열량과 총발전량에 의거 계산되었음. 총 발열량 및 순발전량에 근거한 석탄 화력발전소의 전 세계 평균은 2004년에 약 28%임.

[그림 3] 사업자 발전의 석탄에 의한 발전효율



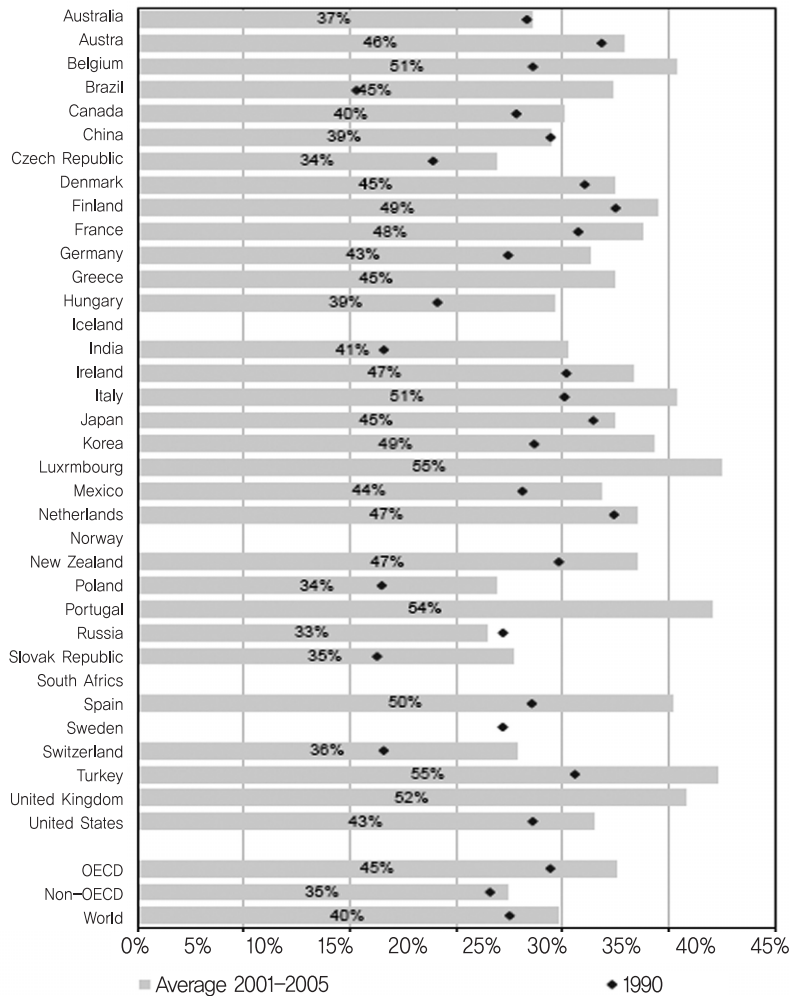
주: IEA 통계에 의하면 일부 국가의 사업자 발전에는 석탄발전소가 없음.
자료: IEA 분석결과

본, 이탈리아, 영국이 포함된다.

천연가스 화력발전은 대부분 전력만 생산하는 전기 발전소에서 발전된다(전체의 74%). 그러나 CHP 발전

소에서의 천연가스 발전 비중이 일부 국가들에서는 중요하다. 예를 들어 IEA 통계에 의하면, 덴마크, 폴란드, 슬로바키아, 스웨덴, 스위스, 러시아의 천연가스 화

[그림 4] 사업자 발전의 천연가스에 의한 발전효율



주: IEA 통계에 의하면 일부 국가의 사업자 발전에는 천연가스발전소가 없음.
자료: IEA 분석결과

력발전은 모두 CHP 발전소에서 생산되는 것으로 나타났다. 또한 프랑스, 핀란드, 체코, 네덜란드, 헝가리, 독일, 오스트리아, 캐나다, 이탈리아는 CHP 발전소에 대한 가스의 비중이 평균 이상이다.

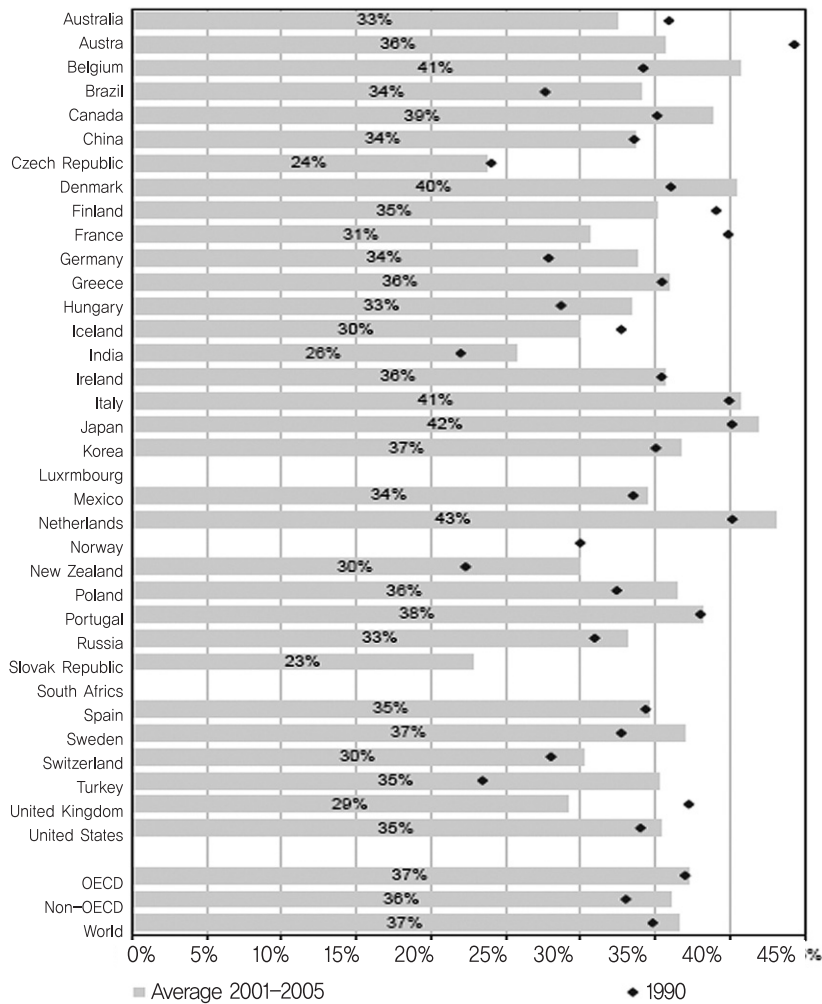
천연가스 화력발전의 평균 효율은 OECD 국가에서 전기발전소와 열병합 발전소를 합쳐 45%이며, 비 OECD 국가의 평균 효율은 35%이다. 각 국가별 천연가스 발전소의 평균 효율은 스웨덴(매우 적은 양의 전

력만을 천연가스로 생산) 31%에서 룩셈부르크 55%의 범위에 이른다(그림 4). 1990년 이후, 평균 천연가스 화력발전 효율은 많은 국가들에서 상당히 증가했다. 그 결과 OECD 국가들의 평균 효율은 대략 8% 포인트 상

승한 반면, 비OECD국가들은 2% 포인트 상승했다.

OECD국가들에서는 보다 효율적인 복합 가스터빈 발전소(CCGT)의 광범위한 도입으로 발전용 천연가스 이용과 평균 발전 효율이 상당히 상승했다. 최근

[그림 5] 사업자 발전의 석유에 의한 발전효율



주: IEA 통계에 의하면 일부 국가의 사업자 발전에는 석유발전소가 없음.

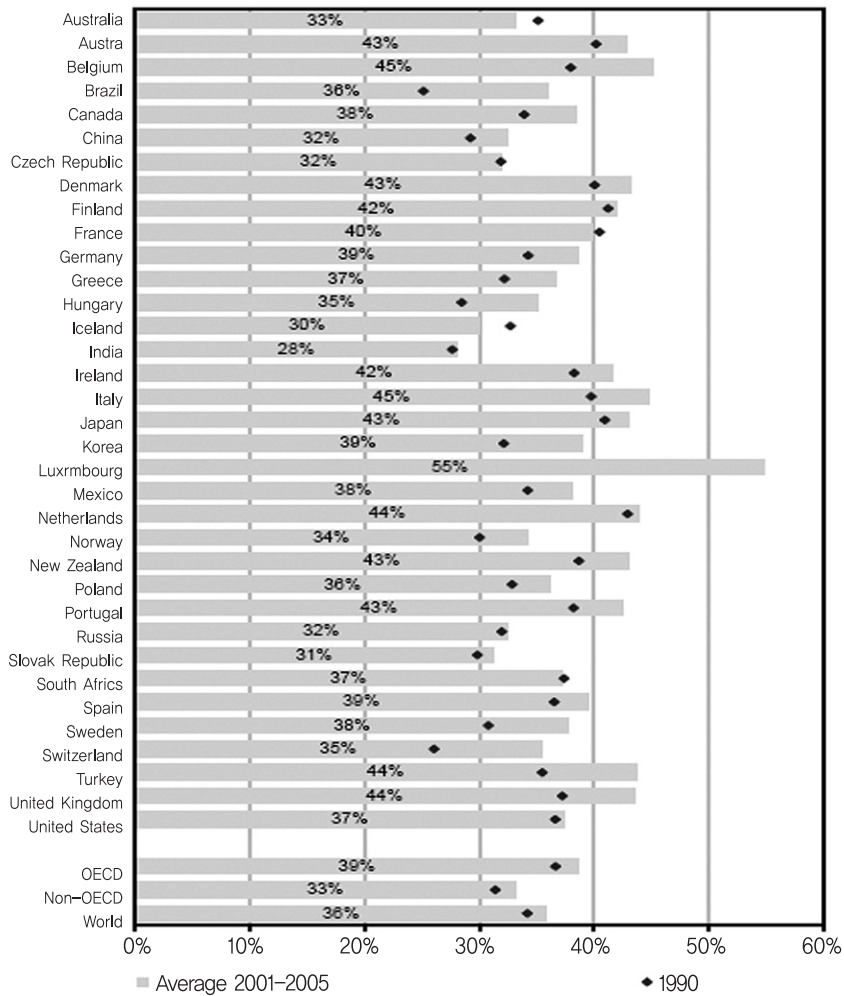
자료: IEA 분석결과

CCGT 효율은 대략 60%이며, 고효율의 신규 CCGT 발전소야 말로 브라질과 인도의 효율을 상당부분 개선한 주된 요인이었다(각각 24%, 17% 포인트).

다. 석유 화력발전의 효율

석유 화력발전 비중은 많은 국가들에서 1990년 이후로 급격하게 떨어졌다. OECD 국가의 2005년 석유

[그림 6] 사업자 발전의 화석연료에 의한 발전효율



주: IEA 통계에 의하면 룩셈부르크는 1990년에 화석연료에 의한 사업자 발전이 없음.

자료: IEA 분석결과

화력발전은 전체 발전량의 4%를 차지, 1990년 9%에 비해 상당히 감소하였다. 비OECD 국가에서도 이와 비슷한 감소 현상을 찾을 수 있으며, 2005년 석유 화력 발전 비중은 8%이다.

석유 화력발전 수준이 가장 높은 국가로는 미국, 일본, 멕시코, 중국과 이태리를 꼽을 수 있다. 현재 이들 다섯 국가들이 전 세계 석유 화력발전의 36% 이상을

차지하고 있다.

석유 화력발전량의 대부분은 전기발전소(전력만 생산)에서 생산된다(91%). 그러나 네덜란드, 폴란드와 러시아에서는 모든 석유 화력발전은 CHP 발전소에서 생산되는 것으로 IEA 통계에서는 보고 있다. 이외에 CHP 발전 비중이 높은 국가로는 오스트리아, 체코, 덴마크, 핀란드와 스웨덴이 있다.

〈표 1〉 석탄 화력발전의 평균 효율(2001-2005)

	s=0.175	s=0.15	s=0.2
Australia	32.9%	32.9%	32.9%
Austria	41.0%	40.8%	41.1%
Belgium	38.2%	38.2%	38.2%
Brazil	28.9%	28.9%	28.9%
Canada	37.8%	37.8%	37.8%
China	32.4%	32.4%	32.4%
Czech Republic	32.0%	31.6%	32.3%
Denmark	43.0%	42.4%	43.5%
Finland	39.0%	38.2%	39.7%
France	39.1%	39.1%	39.1%
Germany	38.1%	37.9%	38.2%
Greece	35.6%	35.6%	35.6%
Hungary	30.8%	30.6%	31.1%
Iceland			
India	27.3%	27.3%	27.3%
Ireland	38.8%	38.8%	38.8%
Italy	38.3%	38.3%	38.4%
Japan	41.5%	41.5%	41.5%
Korea	36.5%	36.5%	36.5%
Luxembourg			
Mexico	35.6%	35.6%	35.6%
Netherlands	39.2%	39.1%	39.3%
Norway	34.4%	32.6%	36.1%
New Zealand	34.3%	34.3%	34.3%
Poland	36.2%	35.9%	36.5%
Portugal	39.5%	39.5%	39.5%
Russia	31.5%	30.6%	32.4%
Slovak Republic	29.5%	29.1%	29.9%
South Africa	37.2%	37.2%	37.2%
Spain	37.8%	37.8%	37.8%
Sweden	40.4%	39.2%	41.6%
Switzerland			
Turkey	35.0%	35.0%	35.0%
United Kingdom	37.8%	37.8%	37.8%
United States	36.1%	36.1%	36.1%
OECD	36.6%	36.5%	36.6%
Non-OECD	31.9%	31.8%	31.9%
World	34.3%	34.3%	34.4%

자료: IEA 분석결과

〈표 2〉 천연가스 화력발전의 평균 효율(2001-2005)

	s=0.175	s=0.15	s=0.2
Australia	37.0%	37.0%	37.0%
Austria	45.8%	45.0%	46.5%
Belgium	50.7%	50.4%	51.1%
Brazil	44.7%	44.7%	44.7%
Canada	40.2%	39.8%	40.5%
China	38.9%	38.9%	38.9%
Czech Republic	33.8%	32.3%	35.3%
Denmark	44.9%	43.7%	46.1%
Finland	49.0%	47.9%	50.0%
France	47.6%	46.4%	48.7%
Germany	42.5%	41.6%	43.4%
Greece	44.9%	44.9%	44.9%
Hungary	39.2%	38.5%	39.9%
Iceland			
India	40.5%	40.5%	40.5%
Ireland	46.6%	46.6%	46.6%
Italy	50.8%	50.7%	50.8%
Japan	44.9%	44.9%	44.9%
Korea	48.6%	48.3%	48.9%
Luxembourg	54.9%	54.9%	54.9%
Mexico	43.7%	43.7%	43.7%
Netherlands	46.9%	46.3%	47.5%
Norway			
New Zealand	47.1%	47.1%	47.1%
Poland	33.8%	33.3%	34.3%
Portugal	54.1%	54.1%	54.2%
Russia	32.8%	32.0%	33.6%
Slovak Republic	35.3%	34.2%	36.4%
South Africa			
Spain	50.4%	50.4%	50.4%
Sweden			
Switzerland	35.7%	34.2%	37.2%
Turkey	54.6%	54.6%	54.7%
United Kingdom	51.6%	51.6%	51.6%
United States	43.0%	42.8%	43.1%
OECD	45.1%	45.0%	45.3%
Non-OECD	34.8%	34.4%	35.1%
World	39.5%	39.3%	39.8%

자료: IEA 분석결과

석유 화력발전에서 OECD 국가의 평균 효율은 37%이며(2001년에서 2005년까지), 비OECD 국가는 36% 정도이다. 국가별로 발전 효율의 범위는 슬로바키아의 23%에서 네덜란드 43%까지 분포되어 있다(그림 5). 1990년 이후 석유 화력발전 효율은 대부분의 지역에서 다소 상승했다.

라. 화석연료 화력발전의 효율

석탄, 천연가스와 석유에 대해 각각 계산된 효율을 통합하여 2001년에서 2005년 기간 동안의 모든 화석 연료에 대한 가중평균 효율을 구하였다. 모든 화석연료 화력발전의 평균 효율은 OECD 국가의 경우 39%이며, 비OECD 국가는 33%이다. 개별 국가들의 평균 효율은

〈표 3〉 석유 화력발전의 평균 효율(2001-2005)

	s=0.175	s=0.15	s=0.2
Australia	32.5%	32.5%	32.5%
Austria	35.6%	34.6%	36.7%
Belgium	40.7%	40.7%	40.7%
Brazil	34.1%	34.1%	34.1%
Canada	38.9%	38.8%	38.9%
China	33.6%	33.6%	33.6%
Czech Republic	23.8%	22.1%	25.4%
Denmark	40.4%	39.8%	41.0%
Finland	35.1%	34.0%	36.2%
France	30.6%	30.0%	31.2%
Germany	33.8%	33.2%	34.4%
Greece	35.9%	35.9%	35.9%
Hungary	33.4%	33.1%	33.7%
Iceland	30.0%	30.0%	30.0%
India	25.7%	25.7%	25.7%
Ireland	35.6%	35.6%	35.6%
Italy	40.7%	40.6%	40.7%
Japan	41.9%	41.9%	41.9%
Korea	36.8%	36.7%	36.9%
Luxembourg			
Mexico	34.4%	34.4%	34.4%
Netherlands	43.0%	42.0%	44.0%
Norway			
New Zealand	29.9%	29.9%	29.9%
Poland	36.5%	36.2%	36.8%
Portugal	38.1%	38.1%	38.2%
Russia	33.2%	32.4%	34.0%
Slovak Republic	22.8%	22.5%	23.2%
South Africa			
Spain	34.6%	34.6%	34.6%
Sweden	37.0%		
Switzerland	30.2%	28.7%	31.7%
Turkey	35.3%	35.3%	35.3%
United Kingdom	29.2%	29.2%	29.2%
United States	35.3%	35.3%	35.4%
OECD	37.2%	37.1%	37.2%
Non-OECD	36.1%	36.0%	36.1%
World	36.5%	36.5%	36.6%

자료: IEA 분석결과

〈표 4〉 화력발전의 평균 효율(2001-2005)

	s=0.175	s=0.15	s=0.2
Australia	33.2%	33.2%	33.2%
Austria	42.9%	42.4%	43.3%
Belgium	45.1%	45.0%	45.3%
Brazil	36.0%	36.0%	36.0%
Canada	38.4%	38.3%	38.4%
China	32.5%	32.5%	32.5%
Czech Republic	32.0%	31.6%	32.4%
Denmark	43.2%	42.5%	44.0%
Finland	42.0%	41.2%	42.9%
France	39.9%	39.5%	40.2%
Germany	38.6%	38.4%	38.9%
Greece	36.8%	36.8%	36.8%
Hungary	35.1%	34.7%	35.6%
Iceland	30.0%	30.0%	30.0%
India	28.1%	28.1%	28.1%
Ireland	41.7%	41.7%	41.7%
Italy	44.7%	44.7%	44.8%
Japan	43.0%	43.0%	43.0%
Korea	38.9%	38.8%	39.0%
Luxembourg	54.9%	54.9%	54.9%
Mexico	38.0%	38.0%	38.0%
Netherlands	44.0%	43.6%	44.5%
Norway	34.2%	32.4%	36.0%
New Zealand	43.1%	43.1%	43.1%
Poland	36.2%	35.9%	36.5%
Portugal	42.6%	42.5%	42.6%
Russia	32.5%	31.6%	33.3%
Slovak Republic	31.2%	30.6%	31.8%
South Africa	37.2%	37.2%	37.2%
Spain	39.5%	39.5%	39.5%
Sweden	37.8%	36.5%	39.1%
Switzerland	35.4%	33.9%	36.9%
Turkey	43.7%	43.7%	43.7%
United Kingdom	43.5%	43.5%	43.5%
United States	37.4%	37.4%	37.5%
OECD	38.7%	38.6%	38.7%
Non-OECD	33.1%	33.0%	33.3%
World	35.9%	35.8%	36.0%

자료: IEA 분석결과

인도 28%에서 룩셈부르크 55%까지 넓게 분포되어 있다[그림 6].

1990년 이후 화석연료 발전의 평균 효율은 OECD 국가뿐 아니라 비 OECD 국가들에서 대략 2% 포인트 증가했다.

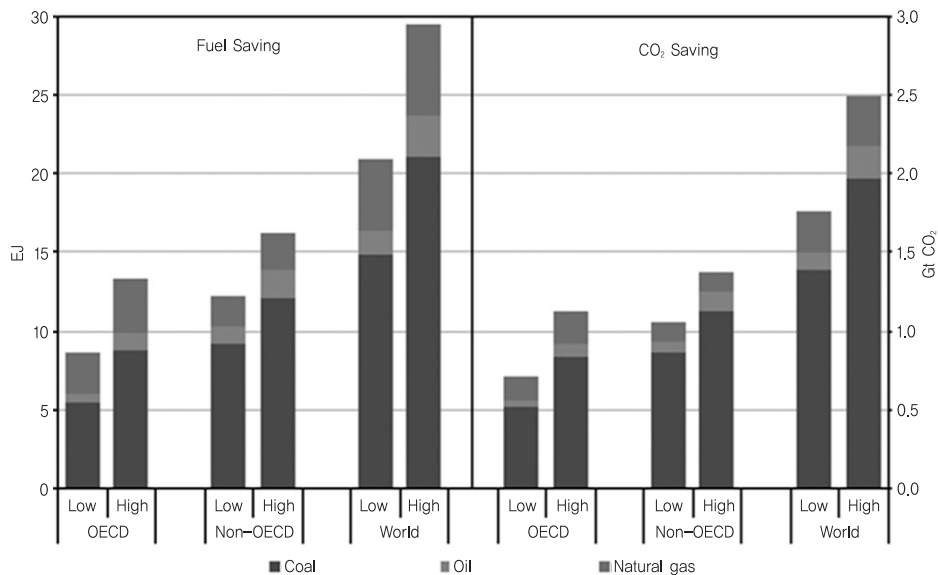
화석연료 발전의 전반적인 효율은 사용된 연료 구조(Fuel Mix)에 크게 영향을 받는다. 천연가스 비중이 큰 국가들은 석탄이나 석유에 주로 의존하는 국가들보다 평균 효율이 높다. 이와 마찬가지로 화석연료 가운데 천연가스의 발전 비중이 증가하는 국가들은 지난 기간 동안 효율을 상승시키는 주된 요인이 되어 왔다. 예외적으로 러시아는 가스 화력발전효율이 33% 수준으로 세계 평균보다 낮다. 이 결과 발전연료의 71%가 가스인 러시아에서 화석연료 발전의 전반적인 효율은 발전

연료의 97%가 석탄인 중국과 매우 비슷하다. 따라서 이들 두 국가들은 화력발전의 효율을 향상시킬 수 있는 상당한 잠재력이 있다.

4. 보정계수에 따른 화석연료의 발전 효율

다음 표는 각 국가들의 연료별로 각기 다른 보정계수 s (추출된 단위 열량 당 전력 생산량 감소로 정의되는 열과 전력 사이의 보정계수)의 영향을 고려해 계산된 효율을 보여준다. s 의 초기 값은 0.175이며, 0.15, 0.2 값에 대해서도 효율이 계산되었다. 각 표에서 회색으로 표시한 국가들은 s 값의 변화로 계산된 효율이 0.5% 포인트 이상 변화된 국가들이다.

[그림 7] 발전효율 향상에 따른 기술적 연료 및 CO₂ 절감 잠재량



자료: IEA 분석결과

5. 효율 개선으로 인한 에너지 절감 잠재량

화석연료에 의한 발전에서 효율 개선으로 상당한 에너지와 CO₂를 저감할 수 있다.⁶⁾ “저절감” 및 “고절감” 안에 대한 절약 잠재량⁷⁾은 다음과 같이 계산된다.

- 저절감 안은 모든 국가들이 대상 국가들에서 관찰된 것처럼 현재 최고 효율(석탄 및 석유 43%, 천연가스 55%)로 전력을 생산한다고 가정한다.
- 고절감 안은 모든 국가들이 신규 발전소의 최적 운영 효율로(석탄 48%, 석유 50%, 천연가스 60%) 전력을 생산한다는 데 근거해 계산한다.

동 결과 “기술적인” 관점에서 연료 절감 잠재량은 모든 화석연료에서 연간 21 EJ에서 29 EJ이며, CO₂는 연간 1.8 Gt에서 2.5 Gt을 저감할 수 있는 것으로 나타났다[그림 7]. 석탄 화력발전소의 효율 개선으로 절감되는 에너지 잠재량은 15 EJ에서 21 EJ에 해당하며, 당연히 가장 많은 것으로 나타났다(CO₂는 1.4 Gt에서 2.0 Gt 저감). 절감량을 지역별로 살펴보면 OECD 국가에서 절감할 수 있는 에너지는 전 세계 절감량의 절반 이하가 되는 것으로 나타났다. 이는 선진국 뿐 아니라 개발도상국에서의 전력 생산 효율 개선의 중요성을 보여준다.

6. 요약 및 시사점

전 세계 화석연료 총 소비의 32%인 132 EJ를 전력을 생산하는데 사용하며, 이로써 배출하는 CO₂는 에너지 관련 배출량의 41%인 10.9 Gt에 이른다. 따라서 발전효율을 개선하는 것이야말로 경제적 이익과 화석연료에 대한 의존도를 줄이는 데 매우 중요한 수단이다. 이는 기후변화에 대응하고 에너지 안보를 개선하는 데도 도움이 된다.

2005년 글렌이글(Gleneagles) 정상회의에서 G8의 지도자들은 국제에너지기구(IEA)에 청정하고 경쟁력 있는 에너지 미래를 요청한 바 있다. 이에 따라 IEA에서는 세계적 관점에서 그리고 주요 국가들과 지역에 대해 화석연료를 사용하는 발전의 에너지 효율을 분석하기 위해 일련의 지표들을 개발하여 왔다. 본고에서 석탄, 천연가스, 석유에 대한 개별 발전효율과 모든 화석연료를 망라하는 발전효율 관련 지표들을 제시하였다. 그리고 전력 생산의 에너지 효율을 개선함으로써 절감되는 에너지와 CO₂ 저감에 대한 기술적인 잠재량도 함께 기술하였다.

전 세계 평균 발전효율은 석탄 34%, 천연가스 40%, 석유 37%이며, 화석연료 전체에 대한 효율은 36%이다. 국가별로 발전효율이 넓게 분포되어 있는 가운데, OECD 국가들의 효율은 대체로 높게 나타났다. 대부분의 국가에서 발전효율 수준은 최근에 서서히 개선되고 있다.

그러나 연료와 CO₂ 저감 잠재량은 여전히 상당한 것으로 분석되었다. 모든 화석연료에서 기술적인 연료 절감 잠재량은 연간 21 EJ에서 29 EJ이며, CO₂ 저감 잠

6) 동 계산은 열병합(CHP)발전소의 증가로 절감되는 연료와 CO₂를 포함하지 않음.

7) 절감 잠재량은 국가 간의 연료가격 차이 또는 자본의 시간적 가치와 같은 경제적 요인을 고려하지 않은 “기술적인” 잠재량임. 경제적 절감 잠재량은 대체로 기술적인 잠재량보다 낮음.

재량으로 연간 1.8 Gt에서 2.5 Gt에 해당한다. 이 중 석탄 화력발전에서 에너지와 CO₂의 저감 잠재량이 가장 크게 나타났다. 석탄 화력발전 효율의 개선만으로 15 EJ에서 21 EJ(1.4 Gt CO₂에서 2.0 Gt CO₂)의 에너지를 절감할 수 있다. 지역별로는 전 세계 절감 잠재량의 절반이 채 안 되는 양이 OECD 국가들에 해당하고, 그 나머지는 개도국의 몫으로 드러났다.

우리나라의 화력발전 전체 에너지효율은 39%로 OECD의 평균과 같고, 가스발전은 49%로 OECD의 그것보다 높은 것으로 나타난 반면, 발전 비중이 상대적으로 높은 석탄발전은 평균보다 다소 낮은 36%로 집계되어 있다. 우리나라의 석탄 발전효율이 낮게 평가된 것은 실제 40%에 가까운 발전효율을 띠고 있으나, 국가통계에서 사용하는 고시열량이 실제 열량보다 높게 평가된 데 기인하는 것으로 판단된다. 향후 국내의 발전효율을 국가별로 최고수준의 효율로 이끌어 간다면 상당한 에너지 소비와 CO₂를 저감할 수 있을 것이라 여겨진다.

Constructed Coal- and Gas-fired Power Plants, IEA/OECD, Paris.

<http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=313>

IEA (2007b), Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions, IEA/OECD, Paris.

<http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=298>

IEA (2007c), Electricity Information 2007, IEA/OECD, Paris.

<http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=34>

IEA (2007d), Energy Balances of Non-OECD Countries 2004-2005, IEA/OECD, Paris.

<http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=31>

Phylipsen, G.J.M., Blok, K., Worrell, E. (1998), Benchmarking the Energy Efficiency of the Dutch Energy-Intensive Industry. A Preliminary Assessment of the Effect on Energy Consumption and CO₂ Emissions.

〈 참고문헌 〉

IEA (2008), Energy Efficiency Indicators for Public Electricity Production from Fossil Fuels, IEA/OECD, Paris.

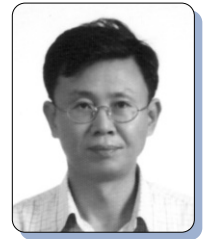
Graus, WHJ et al (2007), Energy Policy, Volume 35, Issue 7, Pages 3936-3951.

IEA (2007a), Fossil Fuel-Fired Power Generation. Case Studies of Recently

중국의 풍력산업 육성정책과 시사점

오 상 면

에너지경제연구원 초빙연구원



1. 서론

2004년 이후 세계 신재생에너지 발전시설용량이 50% 증가하여 2007년 현재 240GW에 이르며, 신재생 에너지부문의 신규 고용창출효과는 세계적으로 2.4백 만에 달하는 것으로 추정된다. 2007년 중 대형수력발전 시설투자를 제외하고도 \$710억의 신규 신재생에너지 시설투자가 이루어졌으며 이 중 47%가 풍력발전시설, 30%가 태양광발전시설에 대한 투자이다. 풍력발전 시설용량은 2007년 중 25% 증가한 95GW로 추정되며, 2007년도에도 약 20GW 규모의 신규 풍력발전시설이 추가되었다.¹⁾ 2007년 말 현재 세계 최대 풍력발전 시설 국가는 미국, 독일, 스페인 인도, 중국 순이다. 국가별 총 풍력발전 설비용량 기준으로 2007년 말 현재 독일이 22.3GW, 미국 16.8GW, 스페인 15.1GW, 인도 7.8GW, 중국 5.9GW의 순이며 2007년 중에는 미국, 중국, 스페인이 신규 풍력발전설비 설치를 주도했다.

〈표 1〉에 나타난 바와 같이 중국의 풍력발전산업은 최근 급격하게 성장하여 왔다. 덴마크, 독일, 미국 등

세계 풍력발전 선도국가들과의 기술격차와 풍력산업 발전 초기 소규모 국내시장의 한계를 극복하기 위해 중국정부가 적극적인 풍력발전산업 육성정책을 시행한 결과라고 할 수 있다.

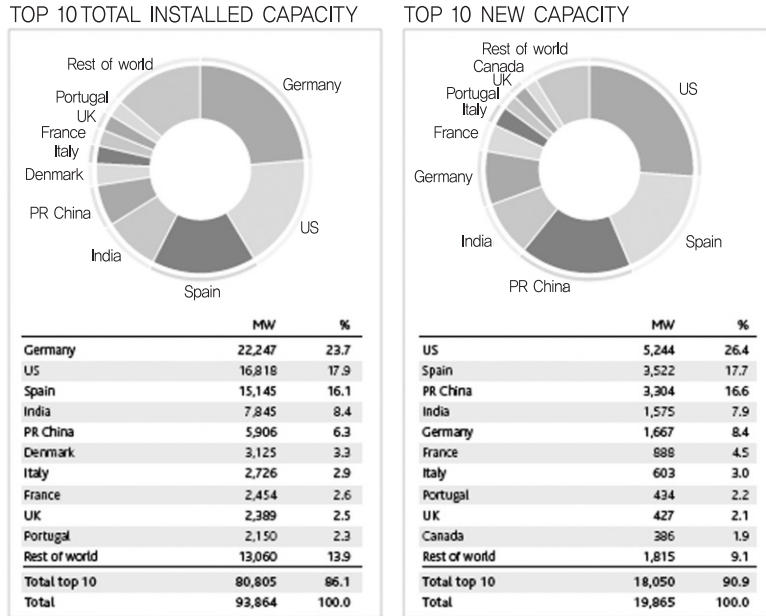
본 논문에서는 중국정부의 풍력발전산업육성 정책 중 풍력발전 특허권사업과 국내부품의무비율정책의 성과를 중심으로 살펴본다. 또한 덴마크, 독일 등의 풍력발전 부문 선진국가들에 비해 늦게 풍력발전산업 육성정책을 시행한 세계 주요 풍력발전국가 및 업체들의 풍력발전 산업 육성정책 및 기업발전전략의 비교를 통해 한국 풍력발전산업의 바람직한 발전방향에 대해 논의한다.

신재생에너지 장려정책 중 가장 많이 사용되는 정책은 발전차액지원제도(Feed-in Tariff: 이하 FIT)이며 2007년 현재 37개국과 9개의 지역정부에서 시행되고 있다. 또한, 최소한 44개국(지방정부 포함)에서 신재생에너지 의무비율 할당제(Renewable Portfolio Standard: 이하 RPS)를 채택하고 있으며 신재생에너지 투자에 대한 재정지원과 각종 세금우대정책 및 금융지원제도가 시행되고 있다²⁾. 일반적으로 FIT제도가 RPS제도에 비

1) REN21(2008), pp.6-15

2) REN21(2008), p.25

[그림 1] 2007년 세계 10대 풍력발전 국가



자료: GWEC(2008) p.8

〈표 1〉 세계 10대 풍력발전국가의 신규 시설 및 누적 설비용량(MW)

	2005		2006		2007	
	신규	누적	신규	누적	신규	누적
독일	1,810	18,420	2,230	20,620	1,667	22,247
미국	2,430	9,150	2,450	11,600	5,244	11,600
스페인	1,760	10,030	1,590	11,620	3,522	15,145
인도	1,430	4,430	1,840	6,270	1,575	7,845
중국	500	1,260	1,350	2,600	3,304	5,906
덴마크	20	3,120	10	3,140		3,125
이탈리	450	1,720	420	2,120	603	2,726
프랑스	370	760	810	1,570	888	2,454
영국	450	1,330	630	1,960	427	2,389
포르투갈	500	1,020	690	1,720	434	2,150

자료: Ren21(2008), GWEC(2008)에서 취합작성

해 신재생에너지 정책목표 달성에 효과적인 것으로 밝혀지고 있지만 풍력발전 후발국가의 국내 산업육성이 정책목표인 경우 이러한 제도의 사용이 정책목표달성의 충분조건이 되지 못한다. 기술수준과 시장규모에서 발전 초기단계인 풍력발전 후발국가 정부의 역할은 국내 부품사용비율, 기술이전과 같은 명확한 정책의 방향제시와 대형 풍력단지개발사업의 실시를 통한 시장규모의 임계점 돌파 지원이라 할 수 있다. 외국기업으로부터의 선진기술 이전을 위해서는 좀 더 직접적인 정부개입을 통한 계입의 물의 확립이 요구되며, 궁극적으로는 자체적인 연구개발을 통한 기술개발이 중장기적 국내산업 성장의 필수요건이라 할 수 있다.

2장에서는 중국의 신재생에너지 정책 및 풍력자원 현황을 요약하고 3장에서는 중국 풍력발전산업의 역사적 발전과정과 중국정부 주도하에 시행된 풍력발전 특허권사업 추진결과 및 문제점을 논의한다. 4장에서는 풍력발전산업 육성정책의 성과평가, 한국풍력산업의 현황 및 한국 풍력발전산업의 바람직한 발전방안에 대해 논의한다.

2. 중국의 신재생에너지 정책과 풍력자원

중국은 2006년 1월 1일부터 시행된 이후 '재생가능 에너지법'과 후속조치를 통해 신재생에너지 분야에 대한 재정지원 확대, 조세우대정책을 시행하여 왔다. 2007년에는 '재생가능에너지 중장기발전계획'을 발표하여 신재생에너지 부문별 중장기발전 목표를 제시하고 신재생에너지에 대한 우대가격정책, 대형 발전사에

대한 신재생의무비율을 책정했다. 또한 최근 '재생가능에너지발전 11.5규획'을 공표하여 신재생에너지 산업 발전을 위한 보다 세부적인 정책시행방안을 제시한 바 있다.

풍력발전부문에서 중국은 지역적 자원분포의 특성을 감안한 공개입찰방식의 FIT제도를 운영하여 왔으며, 2007년 말 신재생에너지 보급을 촉진하기 위해 대형 발전사에 대한 RPS 의무비율을 발표하였다. 중국 정부는 비수력발전 신재생에너지 발전비율을 2010년까지 1%, 2020년도까지 3%로 증대하기로 하였으며, 이의 구체적인 실행방안으로 발전시설용량이 5GW를 초과하는 중국의 발전회사가 보유하는 비수력발전 신재생에너지 발전시설용량비율을 2010년까지 3%, 2020년도까지 8%로 확대하도록 하였다³⁾.

가. 중국의 신재생에너지 발전계획

중국의 1차 에너지소비는 1990년부터 2006년까지 연평균 5.9% 증가하여 왔고 2006년 1차 에너지에서 석탄이 차지하는 비율은 69.3%에 달한다. 중국은 세계 2위의 에너지 소비국으로 향후 국민소득증가에 따라 에너지수요가 더욱 증가하여 2030년 에너지수요는 총 38억 TOE에 달해 세계 에너지 수요의 20%를 차지할 것으로 예상된다. 또한 2030년 중국의 CO₂ 배출량은 세계 총배출량의 40%를 차지할 것으로 예상되며, 일인당 배출량은 미국과 일본, 유럽에 이어 네 번째를 기록할 것으로 전망된다⁴⁾.

중국은 신재생에너지 자원이 매우 풍부하며 수력에너지자원은 약 5.4억kw, 농촌의 농작물 짚과 임업폐기

3) REN21(2008) p.25

4) IEA(2008)

물은 매년 약 5억tce의 에너지자원에 해당되며, 육상 및 해상 풍력에너지를 합하면 대략 10억kW정도 이른다. 또한 중국 서부지역은 풍부한 태양에너지자원을 보유하고 있다. 2007년 9월 4일 국가발전개혁위원회가

발표한 '재생에너지 중장기발전계획'에 따르면, 2010년과 2020년의 신재생에너지소비량을 각각 총 에너지 소비량의 10%, 15%에 증대하고, 중국의 독자적인 지적재산권에 기반한 신재생에너지 산업을 구축함으로써

〈표 2〉 중국의 중장기 신재생에너지 개발계획

구분	추정 잠재량	2005년 발전/생산현황	2010 계획	2020 계획
1. 수력 - 설비용량 - 연간발전량	5.4억kW (개발가능:4억kW) 2.47조kWh (1.75조kWh)	1.17억 kW (소형: 3,800만kW) 3,952억 kWh (소형: 1,300억kWh)	1.9억 kW (5,000만 kW)	3억 kW (7,500만 kW)
2. 바이오매스 1)농작물찌꺼기 2)목재 및 임업 폐기물 3)대형축산분뇨, 산업폐기물 4)생활 쓰레기 5)에너지작물 (합계)	약6억 톤 (3억 톤,1.5억tce) 약9억 톤 (3억 톤,2억tce) 800억 m³ 약 1.2억 톤 5,000만 톤 (2,000만ha) (5억 tce)	바이오 가스 생산: -가정: 70억 m³ -산업형: 10억m³ 바이오매스 발전: -설비용량: 200만 kW (고체형: 170만kW, 쓰레기 등: 30만kW) 바이오연료: -에탄올: 102만 톤 -바이오디젤: 5만 톤	바이오 가스 생산: - 190억m³ (40억m³: 발전용) 바이오매스발전 총 설비용량: 550만 kW -농림바이오매스: 400만 kW -축산 및 폐수 바이오 가스:100만 kW -쓰레기:50만 kW 바이오연료: -에탄올: 200만 톤 -바이오디젤: 20만 톤 -바이오매스 고체연료: 100만 톤	바이오 가스 생산: - 440억m³ (140억m³: 발전용) 바이오매스발전 총설비용량: 3,000만 kW -농림바이오매스: 2,400만 kW -축산 및 폐수 바이오 가스: 300만 kW -쓰레기: 300만 kW 바이오연료: -에탄올: 1,000만 톤 -바이오디젤:200만 톤 -바이오매스 고체연료: 5,000만 톤
3. 풍력 에너지	10억 kW	계통연계형: 126만kW 소형 독립풍력발전: 약 5만kW	500만kW	3,000만kW
4. 태양에너지 -연간총복사량	5,000MJ/m²	태양에너지 발전: 7만 kW 태양에너지 온수기: 집열면적8,000만m²	태양에너지 발전: 30만kW 태양에너지 온수기: 집열면적1.5억m²	태양에너지 발전: 180만kW 태양에너지 온수기: 집열면적 3억m²
5. 지열에너지 6. 조력발전	33억 tce		400만 tce	1,200만 tce 10만 kW

자료: 김진오, 오상면(2007) pp.20-21

자원재활용을 활성화하고 환경오염을 감소시킬 방침이다. 국가발전개혁위원회는 수력에너지, 바이오매스, 풍력에너지와 태양에너지를 중국 신재생에너지의 발전설비 확대를 위한 중점사업으로 육성할 계획이다. 2020년까지 수력발전소 3억kw, 풍력발전소 3,000만kw, 바이오매스발전소 3,000만kw, 태양에너지발전소 180만kw를 건설함으로써 신재생에너지발전을 촉진할 계획이다. 또한 2020년까지 태양에너지 온수기 면적을 3억㎡, 메탄가스 연간 이용규모를 440억㎡, 바이오매스 성형연료를 5,000만 톤으로 증대할 계획이며 非식량 바이오액체연료산업을 적극적으로 발전시켜 2020년까지 1,000만톤의 원유대체 효과를 확보할 계획이다⁵⁾.

중국의 급속한 경제성장은 에너지소비증가와 오염

배출증가에 따른 환경문제의 심화를 초래하였을 뿐 아니라 경제성장과정에서 심각한 국내 지역 간 경제발전 및 소득격차가 발생하였다. 이러한 시점에서 중국정부는 신재생에너지 개발정책을 최근 고유가와 자원고갈 가능성에 따른 에너지안보문제의 해결, 환경문제에 대한 국제사회로부터의 압력해소 뿐 아니라 과거 경제발전과정에서 소외되었던 지역의 개발촉진, 미래 신성장동력의 창출과 같은 다원적인 효과를 가진 정책으로 인식하고 적극적으로 추진하고 있다. 중국은 2005년 재생가능에너지법을 수립하여 신재생에너지와 관련된 각종 기준 및 정책수립의 방향을 제시한 바 있다. 11.5규획에서 중국정부는 '10년까지 에너지소비를 '05년 대비 20% 감축하고 주요 오염물질의 배출량을 10% 저감하

〈표 3〉 중국 신재생에너지 부문별 투자계획

부문	신규 수요	예상 투자액
수력발전	1.9억 kW (kW당 7,000위안 추산)	1.3조 위안
바이오매스 발전	2,800만 kW (kW당 7,000위안 추산)	2,000억 위안
풍력발전	2,900만 kW (kW당 6,500위안 추산)	1,900억 위안
바이오가스(농촌용)	6,200만 가구 (가구당 3,000위안 투자)	1,900억 위안
태양광 발전	173만 kW (kW당 75,000위안 추산)	1,300억 위안
중형 바이오가스 사업, 태양열 온수기, 지열, 바이오연료, 바이오매스 고체연료		
합계		2조 위안

자료: 김진오, 오상면(2007) p 26

5) 중국개혁보 2007.9.5

며, 삼림 면적을 20% 증대한다는 목표를 설정하여 자원절약적이고 환경친화적 사회건설을 위한 노력을 지속할 것이라고 천명하였다.⁶⁾ 이후 '재생가능에너지법', '재생가능에너지 중장기발전규획', '재생가능에너지발전 11.5규획'⁷⁾ 등의 신재생에너지부문의 제도 및 발전 계획과 이의 시행을 위한 각종 부대 조치를 발표함으로써 신재생에너지부문 발전의 기틀을 마련하였다.

중국정부는 신재생에너지 전력공급요금 우대, 비용 분담, 자금지원 및 조세정책, 산업서비스기구 설립 등의 정책과 조치를 통해 신재생에너지 부문의 기술진보, 산업발전과 개발이용을 적극 지원하고 있다. 중국정부가 신재생에너지 부문의 발전을 위해 채택하고 있는 세제혜택과 각종 지원정책은 동 부문에 대한 우대법인세율의 적용, 수입관세 차별적용, 보조금지급, 부가가치세 인하, 신재생에너지 설립지원 자금 등을 들 수 있다. 중국 정부는 또한 각종 기준 및 강제조치의 시행을 통해 신재생에너지의 보급을 활성화하기위해 시행하고 있는 주요 조치 및 기준은 다음과 같다⁸⁾.

- 온수히터 의무설치 : 감숙성 련윈강(Lianyungang) 시는 12층 이하 호텔, 식당, 학교등의 신개축 건물에 대한 태양열 온수히터 설치의무조치 채택
- 에너지효율기준 : 신규 산업프로젝트에 대한 에너지효율기준 적용
- 신재생에너지 의무비율(RPS) : 5GW 발전시설용량

이상 발전사의 신재생에너지 의무비율적용

- 신재생에너지원 망연계의무 : 망사업자에 대한 신재생에너지원 망연계 의무부여

나. 중국의 풍력자원

2006년 중국 국가기상국이 Data Modelling 방식을 사용하여 지상 10미터 상공의 기술적으로 이용가능한 풍력자원 부존량을 2,548GW로 추정하였다. 제 3차 일반조사결과 밝혀진 기술적으로 이용가능한 지역의 면적은 150,000km²에 이르며 km²당 3-5MW 발전용량이 가능하다는 가정하에 이용가능한 풍력발전규모는 600-1,000GW에 이른다. 연해지역의 풍력자원보고서에 의하면 수심 0-20m의 중국 연해 지역의 면적은 157,000km²에 이르며 이 중 10-20%에 해당되는 지역의 풍력강도가 5MW/km² 이상이며 100-200GW 풍력발전설비 설치가 가능하다. 따라서 육상 및 해상 발전가능 용량은 700-1,200GW에 이르는 것으로 추산되었다⁹⁾.

지역적으로 신재생에너지의 부존량은 경제개발이 지체된 중국 서북부지역에 풍부하게 분포되어 있는 반면에 에너지 수요지역은 동부해안지역을 중심으로 분포되어 있다. 풍력자원이 가장 풍부한 해상 및 연해지역은 산둥성, 강소성, 상해, 절강성, 복건성, 광둥성, 광서성, 해남성 지역이며 중국 내륙 서·북부지역에서 풍

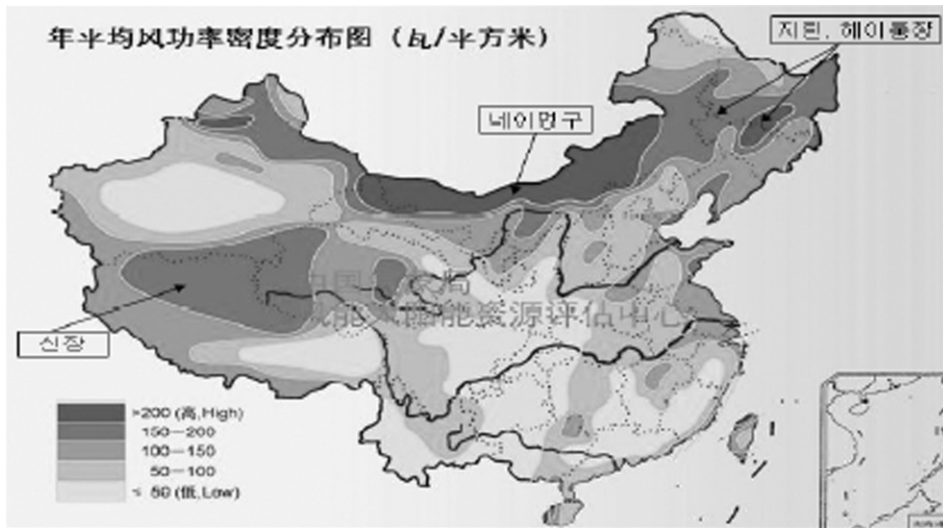
6) 한기주 외(2006)

7) 2008년 3월 18일 국가발전개혁위원회는 <재생에너지 발전 '11.5' 규획>을 발표하였다. 동 규획은 2010년까지 신재생에너지가 에너지소비량에서 차지하는 비중을 10%로 증대하고, 신재생에너지 이용량을 2005년의 2배인 3억 tce로 확대하며 그 중 풍력발전 총 설비용량을 1,000만kw로 증대할 계획이다.(그러나 2008년에 2010년의 풍력발전 설비용량 확대 목표를 조기달성할 것으로 예상된다.) 또한 중국 내 완성품 풍력발전기의 연간 생산능력을 500만kw로 향상시키고, 부품의 연간 생산능력을 800만kw로 끌어올려 2010년 이후 풍력발전의 급성장을 위한 장비기반을 마련해야 한다는 내용이 포함되어 있다.(자료: 2008. 3. 31 과 학시보)

8) Schwartz (2008)

9) Li 외(2007), 반면 GWEC(2008)에 의하면 중국의 기술적으로 이용가능한 육상풍력자원이 1,000GW에 이르며 해상풍력의 경우 300GW에 이르는 것으로 평가되었다.(Global Wind 2007 Report p. 50)

[그림 2] 중국의 풍력자원분포



자료: 박세근, 2008, 중국의 풍력발전 현황과 전망, 한국수출입은행

력자원이 풍부한 지역은 흑룡강성, 길림성, 요녕성, 하북성, 내몽고, 감숙성 등이다. 중국 신재생에너지 부존 자원과 관련하여 특기할 점은 수력과 풍력발전 간에 계절적 보완관계가 존재한다는 점이다¹⁰⁾. 수력발전의 경우 우기인 3-4월부터 6월 중 전체 연간 강우량의 50-60%가 집중되고 풍력자원은 봄, 가을 및 겨울에 풍부한 반면 여름철에는 풍력자원이 별로 없다. 따라서 풍력발전을 이용하면 수자원의 부족으로 수력발전량이 감소하는 봄과 겨울에 수력발전부족분을 보충할 수 있으나, 풍력자원이 풍부한 지역과 실제 수요 지역 간의 지리적 거리로 인해 대규모 풍력발전단지로부터 전력을 전송하기 위한 전력망연계를 강화할 필요가 있다.

3. 중국의 풍력발전 특허권사업과 국내부품의무비율

중국의 풍력발전 특허권사업은 발전과 전력망 사업을 분리한 중국 전력시장의 구조개편에 의해 큰 영향을 받았다. 전력산업 구조개편 결과 풍력발전사업자들은 장기계약조건하에서 고정가격을 보장받게 됨으로서 전통적 발전방식과의 가격경쟁으로부터 자유롭게 되었고 전력망 사업자는 풍력발전단지로부터 전력망으로 연결하는 역할을 맡게 되었다. 중국 전력부의 풍력발전에 대한 독점권이 소멸되면서 경쟁체제가 도입되었으며, 또한 국내부품의무비율제도의 도입을 통해 국내산업의 육성이 가능하게 되는 계기를 마련하였다.

10) Li 외(2007) p.3

주요 국가별 풍력발전정책의 측면에서 미국 연방정부의 PTC(Production Tax Credit)제도, 그리고 주 정부에서 시행 중인 RPS가 미국 풍력발전산업의 급격한 성장에 영향을 미쳤으며 스페인은 FIT제도가 풍력발전산업의 성장동인이었다고 할 수 있다. 반면 중국의 경우 자국의 낮은 풍력발전 기술수준 및 시장여건의 불확실성으로 인한 투자의 위험을 최소화하고 국내풍력산업을 육성하기 위하여 2003년부터 중앙정부 주도하에 경쟁입찰방식의 풍력발전 특허권사업을 시행하고 국내 풍력발전부품 및 설비산업을 육성하기위해 풍력발전 특허권사업 업체선정조건으로 일정 비율 이상의 국내 부품사용을 의무화하였다. 그 결과 과거 7년간 중국 풍력산업의 풍력발전설비 증가율은 56%에 달하며, 중국 풍력발전협회는 현재의 성장속도에 비추어 2015년에 총 풍력발전 총 설비용량이 50GW에 이를 것으로 예측하고 있다¹¹⁾. 2005년 말 중국의 전력망에 연계된 풍력발전소는 60여 개로, 총 설비용량은 126만kw이었으며, 25만대의 독립형 소형 풍력발전기가 설치되어 있었다. 2006-2007년 중 중국의 풍력발전산업은 100%가 넘는 급속한 성장을 보였으며 2006년 말 중국에 설치된 상업용 풍력발전기는 총 3,311대, 설비용량은 259만 9,000kw에 달했다. 2007년 중국 내 풍력발전 설비용량은 2006년에 비해 127.2%의 증가한 590만 6,000kw에 이르러 세계 5대 풍력발전국가가 되었다¹²⁾.

이러한 풍력발전산업의 외형적인 성장과 함께 중국의 국내 풍력산업 또한 생산능력 및 기술습득의 측면에서 큰 발전을 하였다. 2004년 중국의 신규 풍력발전설비 설치용량 중 중국기업의 제품이 차지하는 비중이

20%, 외국기업이 80%였으나, 2007년에는 중국 국내기업의 신규발전설비 시장점유비율이 처음으로 외국기업을 능가하여 중국기업 55.9%, 합자기업 1.6%, 외자기업이 42.5%를 차지했다¹³⁾. 2007년 중 중국의 신규 풍력발전설비용량 증가가 3,304MW에 달해 2006년에 비해 145% 증가하였고 총설비용량은 5,906MW로 세계 5위의 풍력발전 시설용량을 가지게 되었다. 2006년 건설된 신규 풍력발전설비 중 중국기업이 생산량은 400MW에 불과하였으나 2007년 중국의 양대 풍력발전부품 제조회사인 신강금풍(Goldwind)과 화예풍전(Sinovel)이 공급한 설비가 1,460MW에 달한다.

중국정부는 또한 상대적으로 경제개발이 뒤쳐진 중국 서북부 및 동북부 내륙지방의 풍력발전산업 육성을 통해 풍력단지건설 및 유지를 위한 지역 고용 및 소득 증대효과를 기대하고 있다. 중국정부는 2010년까지 삼북지역(동북, 화북 북부 및 서남부)에 30개 정도의 10만kw급 풍력발전소를 건설하고, 2020년까지 풍력발전능력을 3,000만kw로 확충할 예정이다.

가. 중국의 풍력발전산업 발전단계 및 가격구조의 변화

중국 풍력발전 발전단계는 1986-1993년 기간 중의 시범사업단계, 1994-2003년 중의 산업화 단계, 2003년 이후의 국내산업확대 및 국내생산확대의 3시기로 나눌 수 있다¹⁴⁾. 시범사업단계 기간 중에는 외국정부나 국제기구로부터의 기부금이나 지원을 이용한 소규모 풍력발전 시범단지 건설사업이 이루어졌으며 중국정부

11) GWEC(2008) p 50

12) GWEC(2008), p 8

13) Li & Ma(2007)

14) Li 외 (2007) p.5

〈표 4〉 중국 지역별 풍력발전 시설 분포(2006년 말 현재)

순위	지역	발전기수	발전용량(kW)	순위	지역	발전기수	발전용량(kW)
1	內蒙古	668	508,890	9	山東	161	144,600
2	河北	343	325,750	10	甘肅	163	127,750
3	吉林	303	252,710	11	江蘇	68	108,000
4	遼寧	334	232,260	12	福建	90	88,750
5	廣東	377	211,140	13	浙江	57	33,250
6	新疆	329	206,610	14	上海	18	24,400
7	黑龍江	186	165,750	15	海南	18	8,700
8	宁夏	195	159,450	16	香港	1	800
전국합계						3,311	2,598,810

자료: 박세근, 2008, 중국의 풍력발전 현황과 전망, 한국수출입은행

는 풍력단지건설이나 터빈개발에 대한 재정지원과 같은 소극적 역할을 수행하였다. 이후 산업화단계에서 중국 정부조직개편 이전의 전력부가 1993년 풍력발전 산업화계획을 제안하였으며, 이듬해 지역 전력망사업자가 풍력발전단지에서 생산된 모든 전력을 발전단가와 금융비용에 적정 이윤을 포함한 가격에 구매하고, 구매가격과 평균전력단가의 차액은 전체 전력망 사업자가 공동부담하는 정책을 시행하기 시작하였다. 이러한 조치의 시행으로 풍력발전투자의 위험이 경감되면서 동부지역에 대한 투자가 확대되었다. 이후 국가계획위원회는 풍력터빈 운전기간과 15년간의 융자금 상환기간을 고려하여 전력공급가격을 결정하기로 하였으며, 추가적으로 풍력발전사업에 대한 부가가치세를 8.5%로 경감하였다. 이러한 조치에도 불구하고 높은 비용과 불명확한 정책노선으로 인해 동 기간 중 중국 국내 풍력발전산업의 실질적인 발전은 지체되었다.

이후 국가개발개혁위원회(NDRC)는 국내 풍력발전

산업을 활성화하기 위하여 2003년부터 매년 대형 풍력발전 특허권사업을 시행하고 있다. 이 제도하에서 풍력발전단지의 개발을 위한 사업자의 선정은 공개입찰 경쟁에 의해 이루어지게 되었으며 국내부품사용의무율이 사업자선정의 주요 평가지표로 활용되었다. 이후 2006년 신재생에너지법이 발효됨으로서 가격정책, 망 사업자의 전력구매의무, 비용분담 등의 원칙이 명확하게 설정되었으며 이에 따라 중국 풍력발전산업이 비약적인 발전을 할 수 있는 여건이 조성되었다.

중국풍력산업의 발전에 따라 중국의 풍력발전 가격 체계 또한 자유경쟁방식, 정부승인가격, 입찰 및 승인 가격, 입찰 후 승인 가격 방식으로 변화하는 과정을 겪어 왔다¹⁵⁾. 풍력발전산업 개발초기의 자유경쟁 단계(1990-1998년)에서 중국의 풍력발전시설 대부분이 외국의 지원금에 의해 건설되었고 풍력발전 전력공급가격은 풍력발전시설의 운영비용을 충당할 수 있는 낮은 수준에 머물렀다. 1990년대 초반 건설된 Dabancheng

15) Li 외 (2007) pp 21-23

풍력단지의 전력공급가격은 화력발전 단가와 비슷한 수준인 0.3위안/kWh에 머물렀다. 이후 1998-2003년 기간 중에는 지역 정부가 풍력발전 전력공급가격을 승인하고 중앙정부에 보고하였으며, 동 기간 중의 풍력발전 전력가격은 지역별로 많은 차이가 있었다. 예를 들어 장북(Zhangbei) 풍력단지의 전력공급가격은 화력발전단가와 같았으나 절강성의 일부 풍력단지의 전력공급가격은 1.2위안/kWh였다.

이후 풍력발전 특허권사업이 시행되면서 공개입찰 혹은 승인가격의 형식으로 풍력발전 전력공급단가가 결정되기 시작하였으며, 50MW 이하 규모의 풍력단지 개발사업의 경우에는 지방정부에 의해 가격결정이 이루어졌다. '풍력발전단가는 경쟁입찰에 의해 결정된다'고 규정한 중국 신재생에너지법의 발효와 함께 중국정부는 4년째의 풍력발전 공급가격제도를 도입하였는데 동 제도하에서는 경쟁입찰에 의해 기업이 선정되며, 경쟁입찰가격을 고려하여 국무원의 가격관련부서가 최종적으로 동 사업의 풍력발전 전력공급가격을 결정하는 방식이다.

현재 중국의 풍력발전 공급가격은 풍력자원의 차이를 반영하여 지역별로 상당한 차이를 보이고 있으며, 지역 내 풍력발전 가격에도 차이가 있는 경우가 있었다. 또한 풍력발전공급가격과 화력발전단가와와의 차이를 전체 소비자가 부담하도록 하고 있으며 2006년 6월 30일부터 신재생에너지 발전차액충당금으로 기존의 전력요금에 0.001위안/kwh가 추가적으로 부과되기 시작하였다.

나. 풍력발전 특허권사업

1) 풍력발전 특허권사업과 사업승인절차

중국에서 풍력발전단지 개발사업의 승인주체는 풍력단지의 개발규모에 의해 결정되며 현재 시설용량 50MW 이상 규모의 풍력발전 특허권사업에 대해서는 중앙정부에 의한 경쟁입찰방식을 채용하고 있으며 50MW 이하 풍력단지의 경우 지방정부 관련부서에 의해 승인을 받게 되어 있다. 국가개발개혁위원회(NDRC)가 풍력발전 특허권사업의 공개입찰을 관장하며 또한 지역 성정부가 제안한 풍력발전단지 개발사업에 대한 사전평가, 입찰자 중 사업자선정 및 사업승인 모두 NDRC의 권한이다¹⁶⁾.

정부가 지정한 공개입찰 주관업체가 입찰서류와 입찰공고를 언론매체에 고시하여 이해관계자에게 정보를 제공하고 지역정부의 개발개혁위원회와 입찰주관사는 입찰 전 현장조사를 시행하도록 하고 있다. NDRC의 신재생에너지 및 지역전력과에서 평가위원회의 위원장이 선출되며 지역 개발개혁위원회와 국가전력망회사, 지역발전회사, 입찰주관사 및 기술자문들이 동 위원회의 위원으로 활동한다. 평가위원회에는 사업분과와 기술분과가 있으며 사업분과가 풍력발전 특허권사업 약정의 평가와 기술분과의 평가지원, 유관문서의 확인 및 수집, 그리고 보고서작성을 담당한다. 기술분과는 입찰서류의 기술계획, 재무계획, 자원조달 제안 및 사업경험 등의 세부평가와 전력구매계획 평가를 통해 입찰기업의 순위를 결정하고 사업분과와 함께 평가보고서를 작성한다. 평가절차는 1차 평가, 상세평가, 입찰자 순위확인 및 확인, 그리고 협상절차를 거친다.

1차 평가시 사업분과와 기술분과는 입찰서류의 요건

16) Li 외(2007) pp 26-28

구비 여부확인과 함께 오류 및 조건 등을 확인하고 이후 사업분과가 양허약정에 대한 1차 평가보고서를 작성하여 평가위원회에 제출한다. 기술분과는 기술계획과 전력구매계약을 검토하여 평가위원회에 제출한다. 세부평가시 기술분과는 기술계획, 재무계획, 재원조달 계획, 사업경험 등을 검토하여 자격조건 부합여부를 파악하고 입찰자별 양허약정과 전력구매계획에 대한 평가를 완료한다. 평가위원회는 세부평가보고서에 근거하여 순위를 확정하고 2,3위 기업에 대해서는 협상후보로 추천한다. 사업계획서의 평가비교를 위해 불명확한 부분에 대한 서면 소명자료 제출을 요구하나 가격과

같은 주요 내용에 대한 수정은 인정되지 않는다. 평가위원회는 입찰기업과 협의를 통해 자료수정 및 보완점에 대해 협의를 하며 이러한 과정은 1순위 입찰기업으로부터 시작하여 가격 및 비가격조건에 대해 만족할 수준에 이를 때까지 지속된다. 이를 바탕으로 최종 낙찰기업이 확정되고 NDRC에 최종보고서를 제출한다.

2) 1-5차 풍력발전 특허권사업

중국정부는 2003-2007년 중에 5차례의 풍력발전 특허권입찰을 실시하여 총설비용량 3.4GW에 이르는

〈표 5〉 풍력발전 특허권사업 평가항목 및 배점

평가 항목	배점
1. 전력공급가격 (Power purchasing agreement value)	25%
2. 국내부품 - 국내부품 사용비율 70% 충족여부 - 선정 풍력발전기의 성능 및 기술적 장점	35%
3. 투자 및 재원조달 능력	10%
4. 재원조달 계획	10%
5. 기술 계획 - 사업타당성 연구보고서 : 10% - 풍력자원 분석: 12% - 풍력터빈 유형, 설치방안, 추정 전력생산량: 13% - 전기공사계획: 15% - 토목: 10% - 건설 계획: 10% - 사업투자예산: 15% - 사업승인기준: 4% - 사업운영계획: 4% - disassembly standard: 3% - 품질인증 및 품질관리계획: 4% (소계) (100%)	20%
합 계	100%

자료: Baker&McKenzie 외(2007) p31

15개의 사업이 승인되었다. 1-4차 풍력발전 특허권사업 공개입찰 결과 2003년의 1차 사업 시 강소성과 광둥성에 각각 100MW, 2004년의 2차 사업은 강소성, 내몽고, 길림성에 총 650MW, 2005년의 3차 사업은 강소성, 감숙성, 산둥성에 총 600MW, 2006년의 4차 사업은 내몽고와 하북성의 총 1,000MW 풍력단지 건설사업이 승인되었다.

승인된 대부분 사업의 건설이 시작되었으며 2009-2010년 중 완공될 예정이다. 중국 중앙정부에 의해 추진

되는 풍력발전 특허권사업의 주요 특성은 다음과 같다¹⁸⁾.

- 공개입찰경쟁 : 1-2차 풍력발전 특허권사업은 공개 경쟁입찰에 의해 최저가를 제시한 입찰자를 동 사업의 개발업체로 선정했다. 이후 2005년 3차 풍력발전 특허권사업으로부터 전력공급가격이 전체 선정평가기준에서 차지하는 비중이 40%로 낮추어졌다가 2006년에는 30%로, 그리고 2007년 5차 풍력발전 특허권사업으로부터 25%로 비중이 낮아지

〈표 6〉 1-4차 풍력발전 특허권사업 입찰결과¹⁷⁾

연도 (차수)	사업명	지역	용량 (MW)	연간최대부하 시간	선정업체	공급가격 (Yuan/kWh)
2003 (1차)	여둥 I 휘래(Huilai)	강소성 광둥성	100 100	2,191 1,990	화예(Hua Rui: Sinovel) 오전(Yue Dian)	0.4365 0.5013
2004 (2차)	여둥 II Huitengxile 동유 동유	강소서 내몽고 길림성 길림성	150 100 200 200	2,273 2,588 2,309 2,524	용원(Longyuan) 북국전(Bei Guo Dian) 용원(Longyuan) 화능(Huaneng)	0.5190 0.3820 0.5090 0.5090
2005 (3차)	동태 대평 안서 즉묵	강소성 강소성 감숙성 산둥성	200 200 100 100	2,126 N/A 2,358 1,686	국화(Guo Hua) 중전투(Zhong Dian Tou) 중전투(Zhong Dian Tou) 화전(Hua Dian Int'l)	0.4877 0.4877 0.4616 0.6000
2006 (4차)	파음 단정하 휘등량 휘등량	내몽고 하북성 내몽고 내몽고	200 200 300 300	2,318 2,193 2,876 2,989	용원(Longyuan) 중절능(Zhong Jie Neng) 북방연합(BeiFang Lian He) 중광합(Zhong Guang He)	0.4656 0.5006 0.4200 0.4200
평균가격						0.4786

자료: Li & Ma(2007)

17) 비공인 자료에 의하면 5차 풍력발전 특허권사업은 내몽고의 우란이라크(300MW), 베이징하이(300MW), 하북성 승덕어도구(150MW), 감숙성 옥문창마(200MW)단지이다. 신강금풍(Goldwind), 화예(Sinovel), 동방전기가 풍력발전설비를 공급하였으며 전력공급가격은 0.4680위안/kWh - 0.5510위안/kWh에서 결정되었다.

18) Li & Ma(2007), pp46-48

고, 최고 및 최저 입찰가격을 제외한 입찰평균가격에 가장 근접한 가격을 제시한 사업자가 높은 점수를 받는 방식으로 변화하였다. 또한 풍력발전 기술 개발 및 외국기업으로부터의 기술이전을 촉진하기 위해 2003년 50%의 국내부품의무비율을 적용하기 시작하여 이후 이를 70%까지 높였다. 추가적으로 풍력발전 특허권사업에 설치되는 풍력발전터빈의 1기당 발전용량은 600kW급 이상이어야 한다.

- 양허기간 : 양허기간은 25년으로 지역(성) 망사업자는 의무적으로 선점업체와 전력구매계약을 체결해야하며 동 풍력발전사업에서 생산된 모든 전력을 구매해야 한다. 일반 전력가격과 풍력발전가격의 차이는 전체 지역 망사업자 간에 공동부담하며 2006년도부터 국가 망사업자 전체가 공동부담하게 되었다.
- 2 단계 가격구조 : 풍력발전 전력구매가격은 30,000시간까지의 완전가동 발전량에 대해 입찰가격을 적용하고, 그 이후 기간에 대해서는 중국의 평균전력 가격 수준이 풍력발전 전력공급가격이 된다.

풍력발전 특허권사업은 풍력발전이 전통적 발전방식에 의해 생산되는 전력과 직접 경쟁하지 않고 30,000시간의 완전가동 전력생산분에 대해 고정가격으로 전력망회사가 전력을 구매하도록 하고 있다. 망운영사는 풍력발전단지로부터 인근 전력망에 대한 연결비용을 그리고 지방정부는 풍력발전단지에 대한 접속도로 및 기타 기반시설에 대한 건설책임이 있다. 이를 보증하기 위해 선정기업과 주정부 및 망회사간에 양허계약을 체결하도록 하였다.

이 외에도 지방정부의 가격국이 동 지역의 풍력자원을 고려하여 결정하는 입찰가격사업이 있으며, 풍력발전 가격정책의 시행 이후 일부 성정부들도 4차 양허사업 이외의 주정부 사업에 대한 풍력발전 사업계획을 수립하였다. 그 결과 지역 간 풍력발전 전력가격차이 뿐 아니라 동일 지역에서의 풍력발전사업에 대한 전력공급가격에 차이가 발생하기도 했다. 2003-2006년 기간 중 지방정부에 의해 승인된 풍력발전가격범위는 0.42-0.78위안/kWh, 평균가격은 약 0.59위안/kWh 이었다. 풍력발전 전력공급가격에는 8.5%의 증치세가 포함되며, 산동성 풍력발전단지 개발사업의 평균 전력공급가격이 가장 높은 0.681위안/kWh, 강소성이 평균 0.48위안/kWh로 가장 낮은 수준을 보였다. 4차 풍력발전 특허권사업의 낙찰가격이 0.4058-0.5006위안/kWh 였던 반면에 50MW이하 규모의 풍력발전사업에 대한 주정부의 풍력발전가격은 대부분 0.55-0.65/kWh에 달해 중앙정부의 풍력발전 특허권사업과 성정부의 풍력발전사업 사이의 풍력발전 전력공급단가 차이가 약 0.1/kWh 에 이르는 것으로 나타났다. 2007년 중 NDRC는 하북성, 내몽고, 길림성, 감숙성, 신장성, 복건성 지역의 23개 풍력발전사업을 승인하였으며 공급가격은 지역 풍력자원에 대한 고려와 약간의 조정과정을 통해 0.49-0.61/kWh 범위에서 결정되었다. 길림성의 경우 입찰가격과 계약가격이 동일한 0.61/kWh 에서 결정된 바 있다¹⁹⁾.

중국 정부의 이러한 사업방식은 일종의 지역별 적정 가격에 대한 탐색과정으로 간주될 수 있으며 앞으로 점진적으로 FIT제도로의 전환을 통해 보다 안정적이고 예측가능한 사업방식으로 전환이 요구된다고 할 수 있다. 즉 풍력자원의 부존 정도에 따라 중국을 몇 개 지역

19) Li & Ma(2007)

으로 나누어 표준 공급단가를 책정하되 지역별 기준가격을 적용하되 공급단위당 최저가와 최고가를 제시하는 것이 바람직한 것으로 평가되고 있다.

나. 국내부품의무비율

일반적으로 풍력터빈이 풍력발전사업 총투자금액의 약 70%를 차지하며 대규모개발을 위해서는 국내생산을 통한 비용감축 노력이 필요하다. 중국은 자체적인 풍력발전 기술개발을 목적으로 1980년대로부터 소형 망연계 풍력발전설비를 개발하여왔으나 낮은 기술수준으로 인해 제품개발결과와 상용화에 어려움이 있었으며, 핵심부품에 대해서 외국기술의 도입하는 기술개발 전략으로 선회하게 되었다. 1996-2000년의 9-5 경제 계획 기간 중 NDRC에 의해 승인된 풍력단지의 경우 동 사업에 사용된 풍력터빈시설 중 40% 이상의 국내부품사용을 의무화하였다.

정부주도의 대형풍력단지 개발과 이를 통한 풍력발

전 기술개발 및 외국기업으로부터의 기술이전을 촉진하기 위해 2003년부터 풍력발전 특허권사업 참여기업에 대해 50%의 국내부품의무비율을 적용하기 시작하여 이후 70%로 높아졌다²⁰⁾. 풍력발전입찰 평가에서 차지하는 비중도 증가하여 2005년도에는 총 사업평가항목 중 20%의 비중을 차지하였으나 2006년에는 35%로 중요성이 높아졌다. 이러한 70% 국내부품의무비율은 정부 주도 풍력단지개발사업 뿐 아니라 중국 내에서 개발되는 모든 풍력단지에 적용되고 있다. 이러한 국내부품의무비율 제도로 인해 풍력터빈을 판매하던 외국업체들이 중국에 생산공장이나 조립공장을 설립하고 있다.

이 외에도 중국정부는 중국 풍력발전 부품산업을 육성하기위해 풍력발전 부품 및 완제품에 대한 수입관세를 차별적으로 적용하는 정책을 시행하였다. 1990-1995년 기간 중 수입풍력터빈에 대한 수입관세가 면제되었으나 국내산업이 성장함에 따라 1996년부터 풍력터빈 완제품에 대해서는 높은 관세가 부과되고 부품에 대해서는 낮은 관세가 부과되기 시작했다. 1998년도에

〈표 7〉 2007년 중 국가개발개혁위원회 풍력발전 승인 시설용량 및 가격

지역, 사업수	시설용량(MW)	승인가격(Yuan/kWh)
하북성	300	0.51(남부지역), 0.61(북부)
내몽고	360	0.51(서부), 0.54(동부)
길림성	300	0.61
감숙성	100	0.54
신장성	30	0.49
복건성	30	0.585

자료: Li & Ma(2007)

20) Lewis(2007b)에 의하면 국내부품의무비율제도의 무역분쟁 제소가능여부는 동 제도의 구조에 따라 달라질 수 있다. 만일 국내부품사용의무가 여러 평가기준 중의 하나에 불과한 경우 국제무역법의 적용이 문제가 될 수 있으나 엄격한 최소의무비율의 적용은 중국의 WTO가입조건에 나타난 바와 같이 분쟁대상이 될 수 있다. 아직까지 분쟁대상이 되지 않은 이유는 풍력산업이 아직 규모가 작은 산업이기 때문일 수도 있으며, 현재의 중국 국내부품의무비율제도가 외국기업의 지적재산권을 침해하지 않는다는 점, 그리고 현지 생산에 의해 생산비용이 감축될 수 있다는 점을 이유로 들 수 있다.

부품에 대한 부가가치세가 면제되면서 그 차이가 더욱 심해졌으며, 현재의 수입관세는 부품별, 회사소유구조 별로도 차이가 있다. 부품에 대한 관세는 1-10%의 범위에서 차별적으로 적용되고 있으며 풍력터빈에 대한 관세는 수입사의 소유구조에 따라 0-6% 구간에서 차별적으로 적용된다²¹⁾.

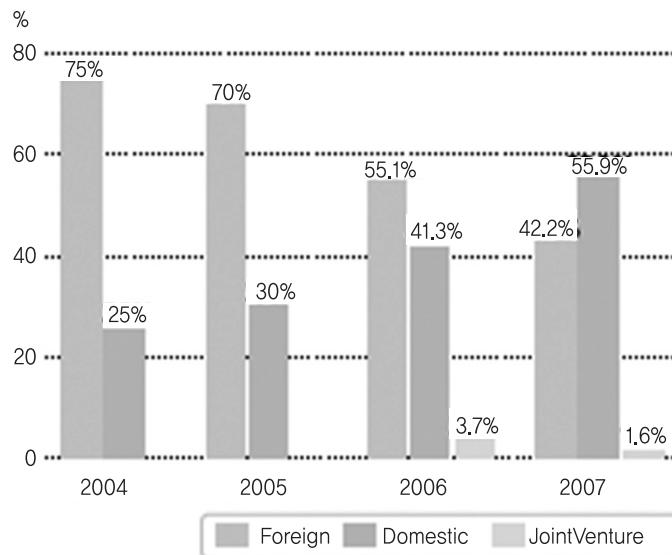
1) 중국 풍력발전 부품업체의 기술개발과 시장점유율 변화

정부의 국내부품사용비율 제도도입과 중국기업들의 기술개발 노력이 지속되어 2004년 중국의 신규 풍력

발전설비 설치용량 중 중국기업의 제품이 차지하는 비중이 20%, 외국기업이 80%를 차지했었으나, 2005년 중 중국기업의 신규 풍력발전설비 시장점유율이 증가하여 증가해 29%를 기록하였고 2006년도에는 중국기업제품이 신규 설치용량에서 차지하는 비중이 41.3%, 합자기업 3.7%, 외국기업의 제품이 55.1%였다. 2007년에는 중국 국내기업의 신규발전설비 시장점유비율이 최초로 외국기업을 능가하여 중국기업 55.9%, 합자기업 1.6%를, 외자기업이 42.5%를 차지했다.

신강금풍(Goldwind), 동방전기(Dongfang Electrical Machinery), 화예풍전(Sinovel Wintech), 절강 Yunda 사 등 업체들이 향후 중국 풍력풍력발전산업의 중추적

[그림 3] 중국 국내기업의 풍력발전설비 시장점유율 변화



자료: Li & Ma(2007)

21) J. Lewis(2007b)

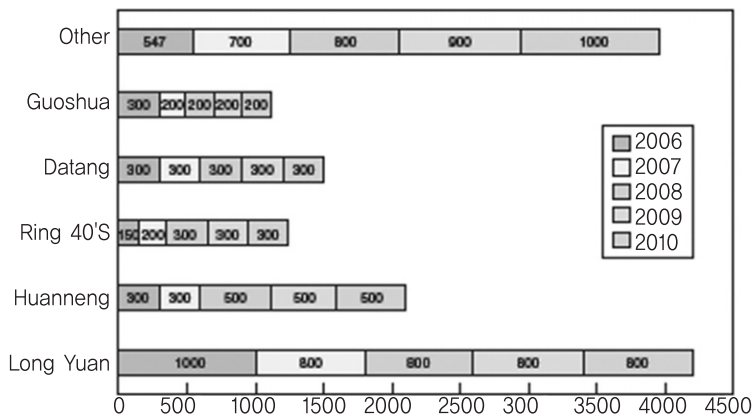
역할을 수행할 것으로 예상된다. 신강금풍이 2006년 중국 국내기업의 풍력터빈생산에서 차지하는 비율이 80%에 달했으나 급격한 중국 풍력발전시장의 확대와 여타 풍력발전설비 제조업체의 성장으로 2007년에는 40%로 하락하였다. 절강 Yunda의 2006, 2007 국내기업 생산 점유율은 각각 6%, 10%로 성장세를 보였고, 화예풍전의 경우 2006년에 5%의 점유율을 기록하였으나 2007년 중 30%로 크게 증가할 것으로 예상된다. 동방전기의 2007년 점유율은 약 10%이며 2007년 말까지 1.5MW급 연간 설비생산능력이 100기 이상이 될 것으로 예상된다. 이 외에도 다수의 중소형 풍력터빈 제조업체가 있으나 2010년에 이르면 완전경쟁체제에 돌입하여 4, 5개의 업체만이 살아남을 것으로 예상된다²²⁾.

풍력단지개발은 용원(Longyuan Power Group),

화능(Huaneng), 국화(Guohua)등 대형 국영 발전사가 주도하고 있으며 이 외에도 홍콩 최대 발전사 중의 하나인 Ring40 등의 기업이 풍력발전 사업에 활발하게 참여하고 있다. 용원(Longyuan)은 중국 5대 발전그룹의 하나인 국가전력공사(National Power Group)의 자회사로 2006년 말 현재 총 풍력발전설비의 40%에 이르는 1GW의 풍력발전단지를 운영하고 있으며 역시 중국 5대발전사인 화능(Huaneng), 대당(Datang), 국화(Guohua) 등이 그 뒤를 잇고 있다²³⁾.

중국은 소형 풍력발전기부문에서 생산기반 및 국제 경쟁력을 보유하고 있으며, 중대형 상업용 풍력발전설비의 경우에도 외국기술의 도입 및 자체 연구개발을 바탕으로 이미 600kw급에서 1.5MW급에 이르는 풍력발전기를 제조할 수 있는 능력을 보유하고 있다. 중국 최

[그림 4] 풍력발전 단지개발부문에서의 중국 국영발전사의 역할



자료: Li & Ma(2007) pp. 46-48

22) Li & Ma(2007)

23) Li & Ma(2007)

대 풍력발전설비 제조기업인 신강금풍(Goldwind)는 2005년 4월 자체 개발한 1.2MW급 직접구동터빈을 설치 후 검증하였으며 2007년 전반기부터 판매하기 시작했다. 중국과학기술부의 연구개발사업인 863프로그램의 일환으로 심양공업대(Shenyang Industry University)의 에너지학과는 2005년 7월에 1MW급 풍력터빈의 개발에 성공하였으며 2006년에는 1.5MW급 터빈이 판매되기 시작했다. 동방전기(Dongfeng Electrical Machinery)와 화예풍전(Sinovel Wintech) 역시 유사한 제품을 출시하였으며 화예풍전은 100기 이상의 터빈을 판매하여 75MW의 생산실적을 보였다²⁴⁾. 2008년 국내 총 연간생산능력은 8GW, 2012년까지 12GW로 확장될 것으로 예상된다. 또한 일부 풍력터빈 제조업체들은 이미 풍력발전설비를 수출하기 시작했으며 광둥 명양풍전(Mingyang Wind Power Technology)는 미국의 Green Hunter Energy사에 2008년 8월부터 수출을 시작하여 중국 풍력발전산업의 수출산업화가 이루어지기 시작했다²⁵⁾.

2) 기술이전 성과

이러한 중국정부의 노력에도 불구하고 아직 이미 확립된 국제기술이 중국 풍력시장을 주도하는 실정이며 GE, Gamesa, Suzlon과 같은 외국계 기업들은 중국에 조립공장을 설립했다. 현재 중국 풍력발전 시장에는 중국 국내기업, 합자기업, 외국 단독투자기업을 포함하여 40여개의 주요 생산업체가 있는데 중국기업은 화예풍전(Sinovel Wintech), 신강금풍(Goldwind), 동방전기(Dongfang Electrical Machinery), 합자기업으

로는 Nantong CASC Wanyuan Wind Acciona Wind Turbine Manufacture, REpower North, Nordex(Yinchuan), Hunan Hara XEMC Windpower, 그리고 외국기업으로는 GE, Gamesa, Vestas, Suzlon 등이 활동하고 있다.

〈표 8〉에서 볼 수 있는 바와 같이 Gamesa, GE, Vestas, Suzlon과 같은 세계풍력발전 주도기업들은 직접투자방식을 채택하여 주요 부품의 생산 및 디자인과 관련된 핵심기술이 중국의 경쟁업체에 유출되는 것을 방지하고 핵심부품을 중국내에 설립한 자회사에서 직접 제작, 판매하는 방식을 채택하고 있다. 반면 REpower, Nordex, Fuhrlander등의 기업들은 자체 기술과 중국기업의 기술수준의 차이를 이용하여 자사의 주력제품이 아닌 저용량 풍력발전설비 및 부품의 디자인과 생산을 위한 합작회사나 라이선싱 방식을 채택하고 있다. 이 외에도 다수의 중소형 디자인 및 설비제조업체들이 중국 기업들과 공동개발 협력관계를 유지하고 있다.

다. 풍력발전 특허권사업의 결과 및 평가

중국 전력산업에서 정부(구 전력부)의 풍력발전에 대한 독점권이 소멸되면서 국내의 투자를 유치하여 경쟁체제를 도입하게 되었다. 또한 국내부품의무비율제도의 도입을 통해 국내산업의 육성이 가능하게 되었다. 신재생에너지법의 제정 및 각종 관련 제도의 도입으로 인한 안정적인 투자환경의 조성, 그리고 정부의 적극적인 풍력산업 개발 추진이 풍력발전사업에 대한 투자의 확대에 중요한 역할을 하였으며, 국내터빈 및 부품 제

24) Li 외(2007) pp 12-13

25) Li & Ma(2007)

〈표 8〉 중국 내 주요 풍력발전설비 및 부품생산업체 사업형태(2006년 말 현재)

업체명	업체 구분	생산기종	라이선스 및 생산형태	연간생산능력 (2006년 말 현재)
신강금풍	국영기업	600-750kW 1,500kW	Jacobs, REpower, Vensys	530MW
절강 Yunda Windey	국영기업	750kW 800kW 1,500kW	REpower 자체개발 자체개발	n.a.
대련중기	국영기업	1,500kW	Furlander	300MW
동방전기	국영기업	1,500kW	REpower	200MW
SEC	국영기업	1,250kW개발중 2,000kW 계획	Dewind Aerodyn	200MW
명양	국영기업	1,500kW	Aerodyn	n.a.
Baoting Huiteng	국영기업	1,000kW	Furlander	n.a.
Xiangtan	국영기업	2,000kW	Lagerway	n.a.
Gamesa	외국인 투자기업	800kW 2,000kW 계획	엔진조립 및 블레이드 생산, 발전기(생산예정)	400-700MW
Vestas	외국인 투자기업	2,000kW생산 1,800-2,000kW: 생산 예정	엔진조립 및 블레이드 생산, 발전기(생산예정)	350MW
Suzlon	외국인 투자기업	1,250 - 1,500kW	엔진조립 및 블레이드 생산, 발전기 및 기타부품 생산	580MW
Acciona	합자	1,500kW	엔진조립	400MW
Nordex	합자1 합자2 합자3 합자4	600kW 1,300kW 1,500kW 1,500kW	엔진조립 및 블레이드 생산 블레이드 생산 엔진조립 엔진조립 및 블레이드 생산	
REpower	합자	2,000kW	엔진조립(2008년부터)	
GE	합자	1,500kW	기어박스 개발	

자료: Baker&McKenzie 외(2007) pp.39-41

조업의 발전을 위해 추진된 국내부품사용비율의 확대와 이를 뒷받침하기위해 입찰조건의 개정 등의 조치가 취해졌다. 이러한 정부의 정책은 안정적인 투자환경의

제공을 통한 풍력발전시장의 창출 및 국내 풍력발전산업의 육성에 성공한 것으로 보인다.

중국정부의 풍력발전 특허권사업과 같은 강력한 풍

력발전산업 정책의 시행은 외국기업의 중국 풍력발전 시장 진출 및 합작회사의 설립, 기술협력확대와 국내 풍력발전기업의 급속한 성장을 가능하게 하였고 부분적으로 외국기업으로부터의 기술이전이 이루어지기도 하였으나, 기술 know-how나 지적재산권과 같은 포괄적인 기술이전을 유도하지는 못하였다고 평가되고 있다. 외국 풍력발전설비 생산업체들이 터빈디자인 및 조립활동, 그리고 궁극적으로 핵심 지적재산권이나 기술적 know-how를 가진 중국인 소유의 생산협력업체를 육성하지 않고도 현재의 국내부품사용의무를 이행할 수 있는 실정이다²⁶⁾. 중국정부의 목표가 선진 풍력터빈 디자인과 관련된 지적재산권을 보유한 중국기업의 육성이므로 일부에서는 국내부품사용 의무비용뿐 아니라 국내 지적재산권 사용비용을 의무화할 필요가 있다고 주장하기도 하였다²⁷⁾. 그러나 이는 중국기업의 완전한 자체기술개발이나 기술을 보유한 기업의 인수를 통해 달성될 수 있을 것이며, 1-5차 풍력발전 특허권사업 시행 과정에서 드러난 문제점을 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 저가입찰과 대형 국영발전사의 풍력발전사업 독점

1-2차 양허사업에는 최저가격 입찰자가 풍력단지 개발사업을 수주하는 제도였기 때문에 여동(Rudong) 단지 입찰결과에서 보듯이 입찰가격이 정상적인 이윤을 보장할 수 없는 낮은 수준에서 형성되었다. 또한 동일한 조건의 사업에 대해 화예풍전(Huarui)사는 2003

년의 1차 입찰에는 0.3979위안/kwh, 2차 사업에는 0.56위안/kwh의 가격으로 수주하는 결과가 나오기도 하였다. 3-4차 입찰에 비가격 평가항목을 도입했음에도 불구하고 최저입찰자가 수주하는 결과에는 변함이 없었다. 입찰자들은 비용을 축소하고 수입을 과대 계상하는 방법으로 입찰에 참가하였으며, 외국인 투자기업에 대한 증치세(부가가치세) 면제와 소득세 감축의 혜택을 향유하기위해 해외법인을 설립하여 입찰에 참가하기도 했다²⁸⁾.

초기 저가입찰의 배경에는 최적의 풍력자원에 대한 선점이라는 전략적 고려가 있었으나 이후 외국인 투자자를 포함한 민간 투자자들은 점차 투자를 기피하게 되었으며 제 4차 풍력발전 특허권사업에 대한 입찰기업은 모두 모기업의 재정적 지원을 받을 수 있는 중국 국영기업이었다. 이는 장기적, 전략적 고려에 의한 사업결정의 결과이며 정부에 의한 RPS제도의 도입가능성이 대형 발전사들의 이러한 결정에 큰 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 그러나 적정가격이 보장되지 않는 비현실적인 가격입찰은 선진기술을 보유한 주요 외국기업의 참여를 실질적으로 배제하거나 기술력을 보유한 중소기업의 참여를 배제하는 결과를 초래함으로써 지역산업의 투자욕을 감퇴시키는 결과를 초래하였다. 또한 이러한 저가입찰은 부품생산업체의 이윤축소 혹은 손실로 귀착되기 쉬우며 결국 품질면에서 문제가 나타날 가능성이 크기 때문에 결과적으로 풍력단지의 정상적인 운영이 차질을 빚을 가능성도 있다. 이에 더해 장기적으로 국내부품산업에서의 경쟁을 제한하는 결과를

26) Lewis(2007b)

27) Lewis(2007b)

28) Li & Ma(2007)

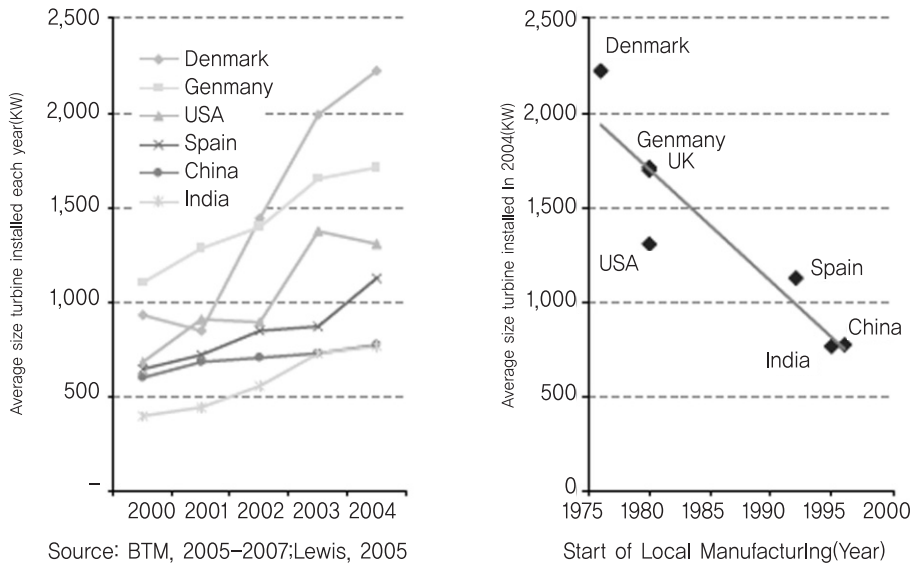
초래하고 궁극적으로 풍력발전의 건전한 발전에 걸림돌이 될 것으로 예상된다.²⁹⁾

2) 국내부품사용비율과 기술이전의 문제

풍력발전산업은 상대적으로 높은 운송비용이 국제 무역의 장애요인이거나, 부분적으로 차별화된 제품의 특성과 대규모의 초기 연구개발 및 생산설비투자가 요구된다는 점에서 규모의 경제와 주요 생산국가 간 교차무역(cross-hauling)이 존재하는 산업적 특성을 가지고 있다. 선도기업들의 연구개발 활동의 중심은 풍력발전

효율성을 증대하기위한 제품 디자인 및 원재료개선과 투자단위당 에너지생산량 증대를 위한 시설용량증대에 관한 연구개발을 들 수 있다. 또한 이미 풍력발전설비가 대규모로 보급된 국가들의 경우 풍력발전의 단순적인 특성에 따른 전력공급의 안정성을 보완하기위한 연구도 함께 진행되고 있다. 반면 대규모 국내시장을 보유한 후발국가들의 국내부품사용비율 정책 시행에 따라 시장접근성 강화를 위한 FDI가 활발하게 이루어지고 있다. 후발기업으로 사업영역을 급격하게 확대하여 온 Gamesa와 Suzlon과 같은 기업들은 기술 선도기업들과의 합작회사운영, 핵심기술보유기업의 인수합병,

[그림 5] 주요 풍력발전국가의 풍력발전 설비용량 및 기술수준비교



자료: Lewis(2007b)

29) 1-4차 풍력발전 특허권사업에서의 경험을 바탕으로 제 5차사업의 풍력발전 가격입찰에 대한 평가방식에 중요한 변화가 이루어졌다. 1-4차 사업에 대해서는 최저가격 입찰자가 유리한 제도였으나 제 5차 풍력발전 특허권사업에 대해서는 입찰평균가격에 가장 근접한 입찰기업이 최고의 점수를 받는 제도로 변화되었다.

기술개발 연구협력 및 자체 연구개발을 통해 국제시장에서 경쟁력을 확보하였다.

세계 10대 풍력발전기업 중 중국 신강금풍(Goldwind)를 제외한 대부분의 기업들은 수출 혹은 해외투자를 통해 세계 각 지역 및 국가의 시장에서 경쟁을 하고 있다. 이들과는 달리 현재 중국 국내시장판매에 한정되어 있는 중국 풍력발전기업들의 향후 국제시장진출 성공여부는 결국 얼마나 빠른 속도로 기술격차를 좁힐 수 있느냐에 달려있다.

풍력발전설비 제작 기술 측면에서 중국은 소형 풍력발전기부문에 생산기반 및 국제경쟁력을 보유하고 있으며, 중대형 상업용 풍력발전설비의 경우에도 외국 기술의 도입 및 자체 연구개발을 바탕으로 이미 600kw급에서 1.5MW급에 이르는 풍력발전기를 제조할 수 있는 능력을 보유하고 있다. 그러나 기어박스, 블레이드, 베어링, 전기제어시스템 등 핵심기술 및 부품의 대외의존도가 아직 크다. 중국기업의 주력 생산품목이 600~750kw급 터빈에 머무르고 있는 반면 GE는 1.5MW, Vestas의 경우 2MW가 주력제품이며 발전용량 측면에서 상당한 차이가 존재한다. 앞서 논의된 바와 같이 지적재산권에 대한 우려로 인해 주요 외국기업들의 중국시장에서의 기술이전활동은 미미하다할 수 있으며 Vestas나 GE Wind와 같은 주요 외국풍력발전

부품 생산업체들은 주요부품 및 기술에 대한 통제권을 유지하면서 중국현지에서 기타 부품의 조립 및 생산을 통해 지적재산권을 유지하는데 별 문제가 없었다고 할 수 있다. 이에 따라 중국 정부가 국내 지적재산권 의무 비율제도의 도입을 고려하고 있으나 WTO 규정에 정면으로 배치되는 그러한 제도의 도입은 현실적으로 어렵다고 할 수 있다.

3) 기타 문제점

보도자료에 의하면 중국 풍력발전시설의 연평균 운전시간이 국제기준에 비해 25~30% 낮은 연간 약 1,780시간에 불과하며 내몽고지역에 건설 완료된 풍력발전시설 중 1/4이 망연계 지연으로 전력공급이 불가능한 상태이다. 중국전력위원회의 자료에 의하면 풍력발전 설비용량이 총발전설비용량의 0.8%에 불과하며 2007년 중 풍력발전에 의한 전력공급이 전체에서 차지하는 비중이 0.2%에 불과하였다.³⁰⁾ 또한 중국의 신재생에너지법이 전력망회사가 모든 신재생에너지 발전에 대한 망연계와 전력의 전량구매를 하도록 하고 있으나, 풍력발전단지가 대부분 오지에 위치하고 풍력발전의 불규칙성으로 인해 실질적인 망연계 작업이 지연되고 있는 형편이다. 이 외에도 그 간의 입찰과정에서 나

〈표 9〉 중국 풍력발전설비 용량별 설치비중

	600kW	750kW	850kW	1,300kW	1,500kW	2,000kW	기타
비중	29%	20%	30%	1%	9%	1%	10%

자료: Li & Ma(2007)

30) 중국 풍력협회가 12개성의 47개 풍력단지로부터 수집한 자료에 의하면 실제 가동시간은 원래 예상했던 연간 2,000시간의 완전가동 발전시간에 비해 현저히 낮은 1,787시간에 불과하였으며, 기술적 문제가 주요 원인 중의 하나였다. 또한 대형 국영발전기업을 중심으로 추진되어온 바이오매스 발전사업 또한 당초 예상보다 높은 원료수거비용, 원료수거의 어려움, 설비품질의 문제 등으로 인해 적자를 면치 못하고 있다고 보도된 바 있다.

타난 문제점들은 다음과 같다³¹⁾.

- 입찰고시 개발대상지역과 실제 부지와와의 불일치, 토지 사용권의 불확실성
- 풍력자원 조사 및 평가체계 미흡과 부정확성
- 기술혁신기반 부족 : MW급 터빈디자인 및 핵심부품 제조역량 미흡
- 풍력단지건설에 필요한 망연계 : 운영규정 및 기술세부지침작성이 필요함.
- 풍력발전산업을 위한 공공 연구개발 서비스부문 활동 미흡
- 풍력발전 인증 및 표준 개선필요.

4. 풍력발전지원제도의 성과와 시사점

GWEC는 2012년까지 세계 풍력발전설비용량 규모가 약 155% 증가한 240GW에 이를 것으로 예상하고 있으며 향후 5년간 146GW가 증가할 경우 예상되는 풍력발전설비 투자규모는 약 \$2,700억에 이른다. 풍력발전 전력공급량은 2012년에 500TWh에 달해 세계 전력생산의 3%에 이를 것으로 추정된다. 주요 기술을 보유하고 있는 외국기업들은 그 동안 인수합병을 통해 세계 시장지배력을 더욱 확대하여 왔으며 풍력발전설비 및 부품의 디자인 및 생산과 관련된 지적재산권과 핵심기술에 보유여부가 기업의 생존 및 성공가능성에 미치는 영향이 더욱 커지고 있다. 신재생에너지 부문에서의 '06년 중 기업 인수합병 규모는 34% 증가한 \$169억으로 40%정도가 풍력발전부문에서 이루어졌다. 특히 신

재생에너지 설비생산기업들이 주요 부품생산업체를 수직합병하는 전략적 인수합병 활동이 증가하였으며, 개발도상국 국가에 의한 OECD국가 기업들의 인수합병 활동 또한 활발하게 진행되어 왔다³²⁾. 또한 신재생에너지 사용의무비율(RPS) 목표를 할당받은 대형 발전사들은 기업인수를 통해 풍력발전에 참여하고 있다.

다수의 후발 풍력발전국가들은 국내산업육성을 위해 국내부품의무비율제도를 운용하고 있으며 풍력발전 선진국가의 중위권 기술보유업체의 인수합병 혹은 기술협력을 통해 선진기술을 이전받기 위해 노력하고 있다. 반면에 기존 대형 기업들은 수출 혹은 수요지역/국가에 생산기반구축 등의 방식으로 세계 지역시장에 대한 접근성을 확대하고 있다. 이러한 상호작용을 통해 세계 풍력발전산업은 일류기업들의 세계화전략과 후발 국가들의 국내산업육성을 위한 제도 시행에 따른 세계화와 지역화 현상이 동시에 나타나고 있다.

현재 우리가 직면하고 있는 국내 풍력산업육성의 문제는 전형적인 유치산업 육성정책 전략 선택의 문제이며 또한 국가전체의 정책목표 달성을 위해 유한한 인적, 물적 자원의 효율적 배분의 문제이기도 하다. 한국 정부의 풍력산업발전 정책을 수립하는데 고려할 사항 역시 정부주도의 대형 풍력단지의 건설을 시행하되 어떤 방식의 제도적 보완을 통해 원활한 기술개발 및 이전활동을 유도할 수 있을까 하는 점이다. 과거 반도체, 자동차 등의 산업개발과정에 비추어 산업육성 초기에 충분한 규모의 안정적인 국내시장의 보장, 정부-업체 간 연구개발협력뿐 아니라 외국기업과의 기술협력 및 기술이전 가능성이 우선적으로 고려해야할 점이다. 본 장에서는 이러한 세계 풍력발전산업 환경하에서 국내

31) Li 외(2007), CREIA(2006)

32) REN21(2008), pp16-17

풍력발전산업 육성에 필요한 정책 및 제도의 선택, 그리고 사업전략의 측면을 살펴본다.

가. 풍력발전 육성정책과 정책성격: FIT, Quota, PTC를 중심으로

현재 전 세계적으로 다양한 종류의 풍력발전설비투자 지원제도가 시행 중이다. FIT와 유사한 제도를 운영하는 대표적인 국가들로 독일과 스페인을 들 수 있으며 중국의 풍력발전 특허권사업과 영국의 NFFO (Non-Fossil Fuel Obligation: 1990-1998)와 같은 입찰에 의한 전력공급가격 결정제도 또한 시행되고 있다. RPS와 같은 양적규제방식을 채택한 국가는 호주, 영국, 일본 및 미국의 여러 주정부를 들 수 있고 네델란드

및 중국의 상해시는 신재생에너지 전력에 대해 자발적으로 높은 가격을 지불하는 녹색전력가격제도를 운영하고 있다.³³⁾

FIT제도와 RPS제도가 독립적으로 사용되는 경우의 신재생에너지 정책의 성과에 대한 평가는 일반적으로 FIT제도가 투자자에게 안정적인 투자환경을 제공함으로써 신재생에너지 산업에 대한 투자를 활성화한다는 데 의견이 모아지고 있다. <표 11>은 FIT제도가 신재생에너지 시설투자 및 전력생산 목표달성에 효율적임을 보여주고 있다. 또한 미국 연방정부가 시행중인 PTC제도는 정책의 지속성에 대한 불확실성으로 인해 특정 신재생에너지부문에 대한 투자의 가변성이 증대하고 이에 따라 관련 부품산업의 성장에 부정적인 영향을 미쳤다고 평가되고 있다³⁴⁾.

<표 10> 국가별 풍력발전산업 지원정책

정책수단	주요시행국가
국내부품사용비율	스페인, 중국, 브라질, 캐나다
재정지원 및 조세우대정책	캐나다, 호주, 중국, 미국, 스페인, 독일, 덴마크
관세우대	덴마크, 독일, 호주, 인도, 중국
수출지원제도	덴마크, 독일
품질인증제	덴마크, 독일, 미국, 일본, 인도, 중국
연구개발지원	대부분의 국가, 특히 덴마크, 독일, 미국, 네델란드

자료: Lewis & Wiser(2005)

33) REN21(2008) pp. 21-29

34) PTC는 '에너지정책법 1992'로부터 시작되었으며 생산량(발전량)기준으로 최초 10년간 1.5c/kWh의 세액공제혜택을 제공하는 방식이며 세액공제금액은 물가상승율에 연동된다. 1994-1999년 중 발전을 시작한 풍력발전시설이 적용대상이었으며 5차례에 걸쳐 갱신 혹은 연장과정에서 에너지원별 적용대상 및 기타 자격요건 측면에서 상당한 변화가 있었다. 2007년 중 물가상승율이 반영된 풍력발전 및 'closed loop' 바이오매스발전, 지열발전에 대한 PTC는 2.0c/kWh이고 'open-loop' 바이오매스발전, 수력, 매립지가스, 폐기물의 경우 이의 절반만 적용된다. 기업입장에서 PTC는 세후소득 \$20/MWh의 증대 효과가 있으며, 35%의 법인소득세율을 가정할 경우 세전소득 증대효과는 \$30.8/MWh이다. 여기에 7%의 할인율을 적용하면 세전소득이 20년에 걸쳐 약 \$20.4/MWh 증대되는 것과 동일한 효과를 가진다. PTC가 도입된 1994년 이래 미국의 풍력발전설비 투자액은 \$130억에 이르며 2006년에만 \$40억의 설비투자가 이루어졌다. PTC의 단속적 시행은 풍력발전부문의 사업계획, 사업개발, 생산설비투자의 위험관리에 영향을 미쳐 낮은 수준의 신규풍력발전설비 증가를 초래하였다. 2000, 2002, 2004년의 PTC가 종료된 기간 중에 풍력발전 설비투자가 소강상태를 보였으며, 이러한 점이 PTC가 미국의 풍력발전 설비투자에 미치는 영향이 결정적임을 보여준다. 또한 단기적인 PTC 연장방식은 새로운 풍력발전기술에 대한 국내수요 예측을 어렵게 하여 민간기업의 장기적인 풍력발전 기술개발 투자활동을 저해한다. (R. Wiser 외 (2007) 참조)

<표 11> EU 주요국의 신재생에너지 전력생산과 풍력발전

	신재생에너지 전력비율(%)		풍력발전				
	2006년	2010 목표	2007년 전력 공급비율(%)	2007년시설 용량 (MW)	2006국내기업 공급비율(%)	가동율(%)	제도
덴마크	26.0	29.0	21.3	3,125	100		FIT
스페인	19.0	29.4	11.8	15,145	76		FIT
포르투갈	32.0	45.0	9.3	2,150	0		FIT
독일	11.5	12.5	7.0	22,247	55	육상: 35%, 해상: 45%(100m 이상 허용시)	FIT
그리스	13.0	20.1	3.7	871	n.a.		FIT
네덜란드	8.2	9.0	3.4	1,746	n.a.		FIT
오스트리아	62.0	78.0	3.3	982	n.a.		FIT
영국	4.1	10.0	1.8	2,389	0	평균 28.3%	Quota
이태리	16.0	25.0	1.7	2,726	0	n.a.	Quota
스웨덴	49.0	60.0	1.3	788	n.a.		Quota
프랑스	10.9	21.0	1.2	2,454	0	평균 24%	FIT
EU 27(25)		21.0	3.8				

자료: REN21(2008), GWEC(2008), Lewis(2007) 및 산자부/에너지공(2007)자료 취합작성

나. 한국의 풍력발전산업 현황

한국정부는 ‘제 2차 신재생에너지 기술개발 및 이용 보급계획’에서 신재생에너지 공급목표를 2006년 3%, 2011년 6%로 설정하였으며, 이 중 풍력발전설비를 2012년까지 2,237MW를 보급하여 총 발전량 369,973GWh의 1.8%인 전력을 공급하는 것을 목표로 하고 있다³⁵⁾. 국내 풍력에너지 잠재량은 추정 기관에 따라 상당한 차이를 보이고 있으나, 가용 풍력자원의

경우 설비용량 기준으로 26.4GW, 발전량 기준 93TWh 으로 추정된다³⁶⁾. 국내 풍력발전 기술 수준은 750kW급 풍력발전설비의 상용화 단계에 접어들었으나 세계 시장에서 주력인 2MW급에 비하면 상당한 차이를 보이고 있다. 2002년부터 풍력발전차액지원제도를 시행하여 왔음에도 불구하고 2006년 말 현재 우리의 총 풍력발전 설비용량 규모는 176MW로³⁷⁾ 중국의 2000년도 수준에도 미치지 못하며, 또한 국내 풍력발전산업 설치된 풍력발전설비의 97%를 수입설비가 차

35) IEA(2006) 보고서를 기준으로 추정한 결과에 의하면 2007년 중 한국 풍력발전설비의 실제 연평균 가동시간은 약 1,950 시간이다.

36) 이는 중국의 시설용량기준 풍력발전 가용자원인 1,000GW의 약 2~3%에 불과한 규모이다.

37) 2006년 말 현재 한국의 풍력발전 설비용량은 중국의 2000년도 풍력발전설비용량보다 작고, 또한 통상적으로 어느 정도 국제적으로 경쟁력이 있는 국내 풍력 산업을 육성하기 위해 필요하다고 생각되는 연간 신규설치용량인 300MW~500MW 수준에도 못미치는 규모이다.

지하고 있다. 풍력발전단지 건설비용 측면에서 한국의 풍력발전비용 산정 시 책정된 금액이 1.5백만원/kW으로 중국정부가 신재생에너지 중장기발전계획에서 제시된 풍력발전 시설단가인 6,500위안/kW에 비해 매우 높은 수준이다.

높은 설비단가와 낮은 기술수준, 그리고 풍력발전 시설투자비용이 총 풍력발전비용에서 차지하는 높은 비중을 고려하면 평균 국제풍력발전 단가보다 유리한 수준에서 설정된 풍력발전 전력공급가격에도 불구하고 풍력발전설비투자가 부진한 이유를 알 수 있다. 국내 풍력발전설비 판매부진은 다시 부품 및 설비의 대량 생산에 따른 규모의 경제 및 학습효과에 의한 생산비용 감축효과, 자체 설비로 구성된 풍력단지운영 경험으로부터 얻을 수 있는 단지 관리 및 운영비용 감축의 기회를 박탈하는 악순환의 고리를 형성하며, 따라서 상대적으로 고용유발효과가 크다고 알려진 국내산업 육성이 더욱 어려워진다.

다. 한국의 풍력발전산업 정책에 대한 시사점

풍력발전 지원정책의 측면에서 일반적으로 FIT제도가 RPS제도에 비해 신재생에너지 정책목표 달성에 효과적인 것으로 알려지고 있지만, 한국 풍력산업의 경

험에서 볼 수 있는 바와 같이 FIT제도의 사용이 국내산업육성 및 상업화의 충분조건은 아니다. 다시 말해서 기술수준과 시장규모에서 발전 초기단계인 풍력발전 후발국가 정부의 역할은 국내부품사용비율, 기술이전과 같은 명확한 정책의 방향제시와 대형 풍력단지 개발사업의 실시를 통한 시장규모의 임계점 돌파 지원이라 할 수 있다. 선진기술의 이전을 위해서는 좀 더 직접적인 정부개입을 통한 게임의 룰의 확립이 요구되며, 궁극적으로는 자체적인 연구개발을 통한 기술개발이 중장기적 국내산업 성장의 필수조건이라 할 수 있다.

스페인, 중국 그리고 캐나다 등 풍력발전 후발국가는 대형 풍력단지 개발사업의 시행 시 국내부품사용비율 및 외국기업의 기술이전 의무조항을 개발계약에 포함하고 있었다. 앞서 본 중국의 사례에서, 중국정부는 국내산업의 육성을 위해 풍력발전 특허권사업과 함께 시행하여온 국내부품의무비율정책에도 불구하고 중국기업의 기술열위가 지속되고 외국기업으로부터의 기술이전이 예상보다 순조롭게 이루어지지 않는 점을 주목하고 이를 해결하기 위한 방안을 모색 중이다. 반면 GE는 캐나다의 대형 풍력발전단지 개발사업권을 획득하기 위해 캐나다 정부가 요구한 국내부품사용 의무비율 및 기술이전 조항을 승인한 바 있다. 또한 풍력발전 산업육성의 가장 성공적인 사례라고 볼 수 있는 스페인

〈표 12〉 한국 풍력발전 시설용량

년도	- 2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007.8.3	합계
설치용량(MW)	7.9	4.7	5.4	50	30	78	0	176
전력생산량(GWh)	25	15	23	38	125	247	225.2	698.2
중국(MW) 신규설치용량 (누적)	(402)	(469)	(567)	(764)	500 (1,260)	1,350 (2,599)	3,304* (5,906)*	

자료:산자부/에관공(2007), Li&Ma(2007), *2007년 자료

〈표 13〉 총 전력생산중 신재생에너지 연간공급목표(MW)

분야	2003	2006	2011
태양광	8.3	87.6	1,365.0
풍력	52.6	503.7	5,245.7
소소력	202.2	444.6	1,785.9
IGCC	-	-	4,356.0
LFG	626.6	2,465.1	4,313.9
연료전지		4.6	1,710.9
해양		3.0	1,726.0
소계	879.4	3,508.6	20,503.0
총소비량	388,594	371,179	362,924.0
보급목표 (%)	0.3	1.1	5.6

자료:산자부/에관공(2007) p.264

의 Gamesa는 스페인정부가 주도하는 대규모 풍력발전단지 개발사업에 Vestas와 합작회사를 설립하여 참여하였다. Gamesa는 합작회사를 통해 Vestas의 기술을 이전받고 이후 자체적인 연구개발에 의한 기술개발로 국제적으로 경쟁력있는 기업으로 성장하였다. 이러한 사례는 외국기업의 기술이전의 가능성은 정부가 어떠한 게임의 룰을 설정하느냐에 의해 영향을 받는다는 점을 보여준다.

이외에 정부의 역할로 중요한 고려사항으로 지역 내 풍력자원조사 및 핵심기술 연구개발 지원, 품질인증체제의 확립 및 중장기 전문인력 수급문제의 조정 등을 들 수 있다. 추가적으로 한국의 풍력산업정책 및 발전 전략 수립 시 고려해야할 사항들을 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 수입대체산업 혹은 수출산업육성 : 과거 경험에 비추어 국제시장에서의 경쟁이 중장기적으로 기업의

경쟁력을 향상시킨다. 중국, 미국 등의 국가에 비해 상대적으로 국내시장규모가 협소한 우리의 실정에 비추어 수출에 따른 규모의 경제 실현, 국제 경쟁노출에 따른 생산 및 관리효율의 향상 효과가 중요하다는 점을 고려하여 정부주도 대형 풍력단지 개발사업 시 국내부품의무비율제도 도입과 함께 단계적으로 국내 풍력산업의 수출산업화 전략을 수립하여야 할 것이다. 비슷한 시기에 출발한 인도와 중국의 경우 모두 국내 풍력산업 육성에 성공하였다. 그러나 Suzlon이 사업 초기 정부의 강력한 정책지원에 힘입어 국내시장진입 및 사업확장에 성공한 점에 있어서 중국과 유사한 상황이나 국내시장 중심의 정책을 채택한 중국기업과는 달리 Suzlon은 연구개발, 생산 및 판매 전 부문에서 세계화 전략을 채택하여 주요 수출기업으로 성장하였다³⁸⁾.

- 중점추진 사업분야의 선택 : 영국의 경우 상대적으

38) Lewis(2007a)

〈표 14〉 풍력발전산업 지원정책과 국내산업 육성효과

정책목표	정책수단별 효과	
	FIT	FIT + 국내부품의무비율
풍력발전부품 및 설비시장	긍정적	긍정적
국내 풍력발전 부품 및 설비산업 육성	풍력발전 기술선진국: 긍정적 풍력발전 후발국가: 불확실	풍력발전 후발국가: 긍정적
기술이전	불확실	불확실

로 풍부한 풍력자원이 존재하고 이미 상당한 규모의 풍력발전설비를 설치했음에도 불구하고 국내 풍력산업의 발전이 미미한 수준이다. 영국정부는 대규모 해상풍력단지 건설계획을 발표하고 육상 풍력발전보다는 세계적으로 아직 상업화가 이루어지지 않은 해상풍력발전기술에 대한 연구개발 투자를 강화하고 있다. 우리 정부와 기업도 중장기적으로 전통적 육상풍력발전 설비의 개발 혹은 상대적으로 미개발분야인 해상풍력발전설비 중 어느 분야를 선택하여 노력을 집중할 것인지를 충분히 고려해야 할 것이다.

- 부품공급업체의 육성 혹은 풍력발전 수직병합기업의 육성 : 인도 Suzlon과 스페인 Gamesa의 성장사례와 Vestas의 사업전략에서 볼 수 있는 바와 같이 사업전략의 선택이 사업방식 뿐 아니라 성장가능성에도 영향을 미치게 된다. 과거 세계 최대기업이었던 Vestas는 풍력발전부문에서 종합적인 사업자로서의 역할이 아닌 부품 및 설비공급업체로의 특화 전략을 유지하고 있으며 Suzlon, GE, Siemens 등의 기업은 풍력발전 전부문의 생산 및 서비스를 제공할 수 있는 종합풍력발전 사업방식을 취하고 있다.

- RPS 도입과 주요 발전사의 역할정립 : 현재 우리나라의 대형 전력 및 발전사들은 이미 중국에서 대형 풍력단지 개발사업에 참여하고 있다. 이러한 경험을 단순한 CDM사업을 통한 수익증대활동으로서 뿐 아니라 향후 국내 풍력발전사업에 활용하는 기회로 삼아야 할 것이다. 정부도 정부주도 대형 풍력단지 개발사업 및 국내부품사용정책의 시행과 함께 발전부문에 대해 RPS 제도를 적용함으로써 발전 및 송배전, 그리고 국내외 신재생에너지 개발사업에 참여한 국내 대형 발전사들의 풍부한 경험을 국내 풍력산업 육성에 활용할 필요가 있다.

〈 참고문헌 〉

- Baker&McKenzie 외, 2007, RELaw Assist Renewable Energy Law in China
CREIA-Greenpeace-GWEC, A Study on the Pricing Policy of Wind Power in China,

2006

GWEC, 2008, Global Wind 2007 Report
http://www.wilsoncenter.org/index.cfm?fuseaction=events_summary&event_id=202488
 IEA, 2008, Empowering Variable Renewables
 IEA, 2008, World Energy Outlook 2007
 J. Lewis, 2007a, A Comparison of Wind Power Industry Development Strategies in Spain, India and China
 J. Lewis, 2007b, A Review of the Potential International Trade Implications of Key Wind Power Industry policies in China
 J. Li 외., 2007, China Wind Power Report, 중국환경과학출판사(China Environmental Sciences Press)
 Li Junfeng and Ma Lingjuan, 2007, In Focus: China's Wind Industry, Renewable Energy Focus Sept./Oct. 2007 pp46-48
 L. Schwartz, 2008, China's Renewable Energy Industry
 J. Szarka & I. Bluhdorn, 2006, Wind Power in Britain and Germany: Explaining Contrasting Development Paths, AngloGerman Foundation for the Study of Industrial Society
 REN21, 2008, Renewables 2007: Global Status Report
 Z. Wang외, 2007, Review and Evaluation of the Implementation of the Renewable Energy Law of China, reeep-CREIA
 R. Wiser외, 2007, Using the Federal Production

Tax Credit to Build a Durable Market for Wind Power in the United States, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL-63583)

김진오, 오상면, 2007, 연변조선족자치주의 신재생에너지자원 탐색 및 협력방안 연구, 에너지경제연구원
 박세근, 2008, 중국의 풍력발전 현황과 전망, 한국수출입은행
 산업자원부-에너지관리공단, 2007, 신재생에너지 2030 RD&D전략(풍력)
 이민식, 2008, 세계 풍력발전산업의 동향 및 전망, KDB
 한기주의, 2006, 중국의 에너지산업 현황, 전망 및 정책방향, 산업연구원 Issue Paper 2006-211

미국의 바이오매스 개발목표와 정책

김 연 중 · 강 창 용 한국농촌경제연구원 연구위원

1. 머리말

화석연료를 이용한 에너지의 고갈과 오랜 화석연료의 사용으로부터 발생된 환경, 특히 지구온난화 문제는 이제 지역적인 문제가 아닌 지구상 모든 인류의 문제로 대두되고 있다. 다양한 문제들 가운데 중요한 것은 에너지와 지구온난화 문제이다. 이 두 가지 문제를 동시에 해결할 수 있는 수단을 강구하는 것은 결코 쉽지 않다. 그런데 이 두 가지 문제를 동시에 완화 내지는 해결할 수 있는 수단, 방법으로 바이오매스¹⁾의 이용과 개발이 강력하게 등장하고 있다.

오늘날 세계 각국에서는 바이오매스를 이용한 다양한 제품 개발에 정책과 자금을 지원하고 있다. 특히 바이오매스를 에너지로 이용하는데 선진국들은 치열한 경쟁을 하고 있다. 여러 선진국들 가운데 바이오매스를 이용한 연료(fuel)의 생산과 이용에 관심이 많은 국가들은 미국, EU, 브라질, 일본 등이다.

지역적 특성으로 인해 미국과 브라질 등 비교적 농

업용 토지가 많은 나라에서는 에탄올 생산과 이용에 관심이 많고, 상대적으로 농업용 토지가 적은 EU에서는 바이오디젤 생산과 이용에 관심이 많다. 특히 미국은 바이오에탄올 생산에 있어서 브라질을 조만간 압도할 것으로 예상된다. 왜냐하면 미국 정부의 적극적인 에탄올 생산정책과 에탄올 생산에 필요한 곡물류, 특히 옥수수 생산량이 세계에서 제일 많이 재배되기 때문이다.

이 연구의 주요 목적은 바이오에너지에 관심이 많은 미국의 바이오매스 이용실태와 미국정부가 계획하고 있는 바이오매스에 대한 개발목표, 목표 달성을 위한 미국 정부의 정책 등을 소개하여 우리나라 바이오매스 개발 정책 수립에 시사점을 제시하고자 한다.

2. 미국의 농업용 바이오매스 이용실태

가. 농업용 바이오매스 발생량

1) biomass 와 agricultural wastes, agricultural biomass 는 같은 의미로 사용되고 있는 데, 식물유래 자원(plant-based resources)을 의미함. 저장에 따라 약간의 의미 차이를 두기도 함. 예컨대, biomass라고 할 경우 음식물 쓰레기, landfill gas 등을 제외하기도 함.

농업용 바이오매스의 원료는 다양하다. 산림, 제재소(mill), 농업잔재(agri. residues), 도시 폐목재(urban wood wastes), 에너지 작물, 산업잔재(예: 흑액), 동물 분뇨 등이 주류를 이룬다. 바이오매스의 잠재적인량은 수집과 추출(collection and removal), 수송의 용이성과 재생가능성 혹은 추출의 효율성, 나아가 원하는 특성에 의해 좌우된다. 실재 발생량과 이용 가능한 잠재량은 시장과 기술조건에 따라 다르다. 특히 농업용 바이오매스의 경우 그것을 이용하여 최종제품을 생산하는 기업의 인도가격(delivered price) 수준에 따라 이용 가능한 잠재적인량은 좌우된다.

1990년대말 미국내 Oak Ridge National Laboratory에서는 이용 가능한 바이오매스량을 주단위로 추정·공표²⁾하였다. 여기에서는 바이오매스를 5개로 구분한 다음, 다시 세분화하여 주단위로 잠재적인 이용 가능량

을 산출하였다. 다섯 가지의 분류는 ① 산림 잔재(forest residues), ② 제재소 잔재(mill residues), ③ 농업 잔재(agricultural residues), ④ 도시 폐목재(urban wood wastes), ⑤ 에너지용 작물(dedicated energy crops)이다.

1) 산림 잔재(forest residues)

일반적으로 산림목 잔재는 ① 벌목잔재(logging residues), ② 잡초(rough)와 사용가능 사목(死木), ③ 여분의 묘목(excess saplings), ④ 작은 어린 나무(small pole tree)로 구성되어 있다. 그러나 이 연구에서는 앞의 두 가지 경우만을 추정하였다. Polewood의 경우 상업적으로 고부가가치 섬유제품을 생산하기 위해 육림되고 있기 때문에 이것을 에너지 생산에 이용되

〈표 1〉 인도가격 수준별 바이오매스량 추정치

(단위 : 건중량 ton)

구분	〈\$30/dry ton		〈\$40/dry ton		〈\$50/dry ton	
	량	%	량	%	량	%
산림잔재	23,747,000	22.3	34,771,000	12.7	44,871,800	8.8
1차 제재잔재	42,459,000	40.0	NA	NA	90,418,000	17.7
농업잔재	3,214,403	3.0	135,331,029	49.6	150,651,402	29.5
에너지작물	0	0	66,127,422	24.2	188,067,187	36.8
도시폐목재	36,846,616	34.7	36,846,616	13.5	36,856,616	7.2
합계	106,267,019	100.0	273,076,067	100.0	510,865,005	100.0

자료: Marie E. Walsh, Robert L. Perlack, Anthony Turhollow, Daniel de la Torre Ugarte, Denny A. Becker, Robin L. Graham, Stephen E. Slinsky, and Darryl E. Ray, Biomass Feedstock Availability in the United States: 1999 State Level Analysis, April 30, 1999, Updated January, 2000, Oak Ridge National Laboratory,

2) Marie E. Walsh, Robert L. Perlack, Anthony Turhollow, Daniel de la Torre Ugarte, Denny A. Becker, Robin L. Graham, Stephen E. Slinsky, and Darryl E. Ray, Biomass Feedstock Availability in the United States: 1999 State Level Analysis, April 30, 1999, Updated January, 2000, Oak Ridge National Laboratory

리라 기대하기는 힘들기 때문에 추정에서 제외하였다. 비록 추정에서 제외한 부분의 양이 크다고 보기는 어렵지만 이들을 고려한다면 미국 내 산림잔재는 추정된 연간 45백만 dt(0.76Quads)보다 더 많이 발생하고 있을 것으로 예상된다.

2) 제재소 잔재(mill residues)

제재소 잔재에는 나무껍질(bark), 저급 나무토막 잔재(coarse residues), 고급 나무토막 잔재(fine residues)가 포함된다. 어느 나라나 제재소 잔재는 발생지가 일정하고 발생 잔재의 질이 비교적 일정하다. 따라서 이들 잔재의 재이용 비율은 높을 수 밖에 없다. 미국 내에서도 제재소 잔재의 98%는 어느 형태로든지 이용된다.

1차 제재소 잔재로 발생되고 있는 연간 양은 인도가격 \$50/dt 기준시 90.5백만dt(1.5Quads)이다. 제재소 잔재 가운데 껍질은 연간 24.2 백만 dt, 저급 나무토막 잔재는 연간 38.7백만 dt(전체의 42.8%)을 차지한다. 고급 나무토막 잔재는 연간 27.5백만 dt 발생하고 있다.

3) 농업 잔재(agricultural residues)

농업잔재는 모든 농작물 생산 과정에서 산출된다. 대부분 곡물 수확 후 줄기부분이 수집되어 연료로 이용되는 데 이 추정에서는 옥수수의 줄기와 밀짚(wheat straw)만으로 한정하였다.

옥수수의 줄기와 밀짚만으로 한정하여 추정한 미국 내 연간 농업잔재의 물량은 인도가격 \$50/dry ton 기준시 151백만 dt(2.3Quads)로 전체의 약 30%를 차지

한다. 보다 낮은 \$40/dry ton 인도 가격을 기준할 경우 50% 정도에 이른다.

콩의 경우 많은 면적에서 재배되고 있지만 잔유물(콩대)이 현장에서 빨리 부패하기 때문에 바이오매스 연료로 사용하는 데 한계가 있다. 반면 보리, 귀리, 쌀, 호밀과 같은 경우 짚(straw)은 바이오매스 자원으로 이용이 가능하며 형태나 용도가 밀짚과 유사하다. 따라서 이 부산물을 바이오매스 자원으로 이용한다고 가정하면 실제 이용 잠재량은 추정치보다 훨씬 많을 것이다.

4) 에너지용 작물(dedicated energy crops)

에너지용 작물의 이용 가능한 잠재량을 추정하는 데에는 단기 순환목(SRWC: short rotation woody crops(hybrid poplar, hybrid willow)과 herbaceous crop(초본작물: switchgrass(SG))이 고려되었다. 현실적으로 미국 내에서 이 두 가지 작목이 에너지로 이용을 위해 재배되지는 않는다. 만약 생산자에게 일정한 이윤을 보장할 경우 재배가 가능할 것이라고 본다. 이윤발생이 가능한 가격을 제공한다면 기존에 재배하고 있는 작물을 대신하여 이들 작목이 재배될 수도 있다.

에너지용 작물을 재배하려는 경우 비용이 상대적으로 많이 소요된다. 이로 인해 인도가격이 낮은 <\$30/dry ton일 경우 재배의 유인이 거의 없는 것으로 분석되고 있다. 그러나 인도가격이 높아질수록 그 양은 급속히 증가하고 있다. 즉 <\$40/dry ton일 경우 전체의 24.2%인 연간 66.1백만 dt에서 인도가격이 <\$50/dry ton일 경우는 전체에서 가장 비중이 높은 36.8%, 연간 188백만 dt(2.9Quads)까지 빠르게 증가할 것으로 추정되고 있다. 이를 달리 표현하면 어느 정도 가격이 보장될 경우 기존 재배작물면적의 상당부분,

즉 CRP(conservation reserve program)내 13백만 에이커를 포함한 42백만 에이커의 작물재배지가 에너지 작물재배에 이용될 것이라 것이다. 이러한 경우 환경보호를 위해 운용되는 CRP도 재검토 대상이 될 것으로 전망된다.

5) 도시 폐목재(urban wood wastes)

도시 폐목재는 크게 두 가지로 구분한다. 하나는 일반 가구(households)에서 배출되는 도시 고형폐기물(MSW: manicipal solid waste)로 정원과 주변으로부터 나무류, 팔렛, 나무 포장목과 가정용, 상업용 폐목재를 모두 포함한다. 다른 하나는 도시건설(C/D: construction/demolition) 및 철거 폐목재류이다. 이들은 대부분 일정한 제한이 없이 업체나 가정에서 임의적으로 처리되고 있다. 따라서 정확한 자료를 수집하기가

매우 어렵다. 주에 따라서는 구분지표도 다르다. 따라서 여기에서는 기초적인 조사자료를 이용하여 전체적인 도시 폐목재량을 추정하였다.

도시 폐목재는 극히 제한적으로 재이용되고 있다. 따라서 <\$30/dry ton 정도의 인도가격이 제시되면 대부분 재이용될 수 있을 것으로 보고 있다. 연간 이용 가능량은 37백만 dt 정도인데 폐지를 고려하고 있지 않다는 점을 고려한다면 이 수치는 늘어날 것이다.

나. 바이오매스 이용

1) 바이오 제품

기본적으로 바이오매스는 식물이기 때문에 탄수화물로 구성되어 있다. 따라서 바이오매스는 바이오매스로만 생산할 수 있는 제품과 함께 일부는 석유와 천연

〈표 2〉 탄수화물 제품의 비중

(단위 : 백만 ton, %)

제품	총생산	식물유래 제품 비율
접착제(Adhesives)	5.0	40
지방산(Fatty Acids)	2.5	40
계면활성제(Surfactants)	3.5	35
아세트산(Acetic Acid)	2.3	17.5
가소제(可塑體)Plasticizers)	0.8	15
활성탄(Activated Carbon)	1.5	12
합성세제(Detergents)	12.6	11
안료(Pigment)	15.5	6
염료(Dyes)	4.5	6
벽페인트(Wall Paints)	7.8	3.5
잉크(Inks)	3.5	3.5
플라스틱(Plastics)	30	1.8

자료: ILSR 1992, Mark Paster, Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow, July 2003.에서 재인용.

가스 혹은 탄화수소로 만들 수 있는 제품을 만드는 데 이용되기도 한다. 최근 각 국가들과 산업에서는 후자의 분야에 많은 관심을 기울이고 있다. 왜냐하면 이러한 바이오제품은 친환경적이기 때문이다. 전반적인 소득 증대에 따른 안전성 기초에서 보면 향후 수요의 증가가 예견되는 분야이다.

주요 관련 제품 가운데, 식물유래 제품, 즉 바이오매스로부터 만든 제품의 비중이 <표 2>에 제시되어 있다. 먼저 접착제와 지방산 등에서 차지하는 식물유래 제품의 비중은 상당히 높다. 전체 시장의 40%를 이들이 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다. 계면활성제에서의

시장 몫 역시 35%로 높다. 흔히 석유로부터만 생산되는 것으로 알고 있는 염료, 안료와 플라스틱에서도 점차 그 비중이 늘어나고 있다.

2) 바이오에너지

미국 내 연간 에너지 생산량은 약 70천조 Btu이다. 화석연료가 전체의 80%를 차지한다. 1990년대 중반 60천조 Btu에 육박하던 화석연료의 생산량이 2006년 56천조 Btu로 절대량이 약간 감소하고 있지만 전체 에너지에서의 비중은 여전히 제일 크다. 다음으로 원자력

<표 3> 미국 에너지 생산구조

(단위: Quadrillion Btu, %)

구분	화석연료		원자력		재생가능에너지		합계
	량	비율	량	비율	량	비율	
1975	54,773	89.3	1,900	3.1	4,723	7.7	61,357
1980	59,008	87.8	2,739	4.1	5,485	8.2	67,232
1985	57,539	84.9	4,076	6.0	6,144	9.1	67,758
1990	58,560	82.7	6,104	8.6	6,158	8.7	70,822
1995	57,540	80.8	7,075	9.9	6,620	9.3	71,235
1996	58,387	80.4	7,087	9.8	7,107	9.8	72,581
1997	58,857	81.1	6,597	9.1	7,097	9.8	72,550
1998	59,314	81.3	7,068	9.7	6,569	9.0	72,951
1999	57,614	80.2	7,610	10.6	6,589	9.2	71,814
2000	57,366	80.4	7,862	11.0	6,163	8.6	71,392
2001	58,541	81.6	8,033	11.2	5,205	7.3	71,779
2002	56,894	80.4	8,143	11.5	5,759	8.1	70,796
2003	56,162	80.1	7,959	11.4	5,975	8.5	70,096
2004	55,924	79.7	8,222	11.7	6,047	8.6	70,193
2005	55,090	79.4	8,160	11.8	6,151	8.9	69,401
2006	56,058	79.2	8,208	11.6	6,545	9.2	70,811

자료: Energy Information Administration, Monthly Energy Review, May, 2007

인데, 전체의 11%수준을 꾸준히 상회해 오고 있다.

재생가능에너지의 비중은 2006년 현재 거의 10%수준에 이르고 있다. 전체적인 에너지 공급변화와 함께 1990년대 후반에 가장 많은 생산을 보인 이후 약간 감소하였다. 이후 재생에너지 부분에 대한 관심, 특히 바이오매스에 대한 관심이 증가한 2000년 이후 그 절대량이 증가하고 있다. 2006년 재생에너지 생산량은 6.545천조 Btu, 9.2%이다(〈표 3〉).

미국에서 재생가능에너지의 종류는 바이오매스, 수력발전과 지열, 태양열, 그리고 풍력이다. 미국에너지공급의 10% 정도를 담당하고 있는 재생에너지 가운데,

전통적인 에너지원인 수력은 1980년대 중반까지만 해도 재생에너지의 50% 이상을 담당하였다. 그러나 그 이후 바이오매스에 의한 에너지의 공급이 상대적으로 빠르게 성장하여 수력발전의 비중이 이제는 전체의 45%이하 수준으로 떨어졌다. 대신 바이오매스가 46%로 제1위의 자리를 차지하였다(〈표 4〉).

미국 내 재생에너지 생산 가운데 바이오매스의 비중은 절대적이다. 재생에너지 가운데 바이오매스의 비중은 2006년 현재 45.5%, 양으로 보면 2,978 천조 Btu이다. 미국 전체 에너지에서 바이오매스의 비중은 4.6%에 이른다. 우리나라에서 엄청난 투자를 하고 있

〈표 4〉 미국 재생에너지 생산의 구성

(단위: Quadrillion Btu, %)

구분	바이오매스		수력발전		기타		계
	량	비율	량	비율	량	비율	
1975	1.499	31.7	3.155	66.8	0.069	1.5	4.723
1980	2.475	45.1	2.900	52.9	0.110	2.0	5.485
1985	2.975	48.4	2.970	48.3	0.199	3.2	6.144
1990	2.687	43.6	3.046	49.5	0.425	6.9	6.158
1995	3.018	45.6	3.205	48.4	0.397	6.0	6.620
1996	3.098	43.6	3.590	50.5	0.419	5.9	7.107
1997	3.027	42.7	3.640	51.3	0.430	6.1	7.097
1998	2.843	43.3	3.297	50.2	0.429	6.5	6.569
1999	2.876	43.6	3.268	49.6	0.445	6.8	6.589
2000	2.912	47.2	2.811	45.6	0.440	7.1	6.163
2001	2.516	48.3	2.242	43.1	0.447	8.6	5.205
2002	2.572	44.7	2.689	46.7	0.498	8.6	5.759
2003	2.642	44.2	2.825	47.3	0.508	8.5	5.975
2004	2.809	46.5	2.690	44.5	0.548	9.1	6.047
2005	2.862	46.5	2.703	43.9	0.586	9.5	6.151
2006	2.978	45.5	2.889	44.1	0.678	10.4	6.545

주: 기타는 지열에너지, 태양에너지, 풍력에너지의 합

자료: Energy Information Administration, Monthly Energy Review, May 2007

는 태양열, 미국에서 풍력부분은 매우 미미하다. 지열까지를 합해도 10%정도, 미국 전체 에너지에서의 비중은 1.0%수준 정도일 뿐이다.

3) 바이오에탄올

대부분의 곡물은 에탄올을 생산하는 데 사용될 수 있다. 시장적인 조건과 기술적인 조건이 충족될 경우 식용에서 에탄올 생산으로 용도가 전환될 수 있다는 것이다. 미국 내에서는 옥수수를 이용한 연료 에탄올 생산이 매우 빠르게 성장하고 있다. 생산된 대부분의 에탄올은 수송용 연료로 이용되고 있다.

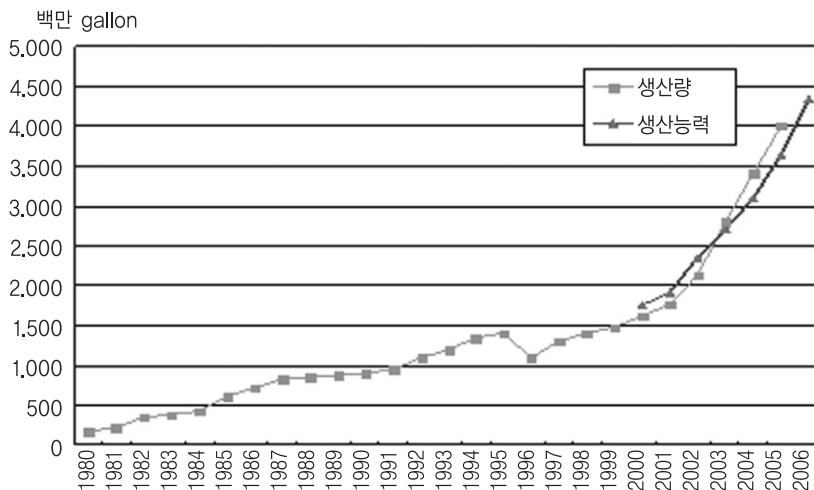
1990년 이후 에탄올 생산의 추이를 살펴보면, 1991

년에 10억 갤런을 기록한 이후 생산량은 이후 급속한 증가추세에 있다. 2000년대에 들어서면서 에탄올생산의 증가속도가 더욱 빨라지고 있다. 2000~2005년 총 에탄올 생산량이 16억 갤런에서 40억 갤런으로 무려 2.5배가 증가한 사실이 이를 반증한다.

4) 바이오디젤

바이오디젤은 동물의 지방과 식물유를 이용하여 만든다. 바이오디젤은 석유디젤을 직접적으로 대체하며, 디젤의 산소첨가제(oxygenate additive(대개 20%: B20³⁾)로 엔진을 바꾸지 않고도 사용된다. 세계 제일의 바이오디젤 생산과 이용자는 물론 EU이다. 이들 국가

[그림 1] 미국의 에탄올 생산추이와 능력



자료: U.S. Energy Information Administration/Renewable Fuels Association

3) B20은 Energy Policy Act 1992에 의해 일정 공제(credit)를 받고 있다.

의 주된 바이오디젤의 원료는 유채(rapeseed: canola)이다. 반면 제2의 대국인 미국에서는 콩(soybean)과 재활용식당 기름(recycled restaurant grease)등이 바이오디젤의 주된 원료이다.

미국 내에서 바이오디젤이 상용화되기 시작한 역사는 길지 않다. 상대적으로 에탄올에 대한 관심이 많았기 때문이다. 그럼에도 불구하고 2000년 이후 미국 내 바이오디젤 소비의 증가속도는 괄목할 만하다. 2000년 2.0백만 gallon이던 바이오디젤⁴⁾ 소비량이 4년 후인 2004년에는 그것의 15배인 30.0백만 gallon에 이르렀다. 최근에도 미국 내 바이오디젤의 소비는 큰 폭으로 증가하고 있다.

3. 미국 정부의 바이오매스 개발 목표

가. 부문별 개발 목표

1) 전기부분⁵⁾

산업부문의 바이오매스 사용량은 2030년까지 매년 2%정도씩 증가할 것이다. 2001년 2.7quads, 2010년 3.2 quads, 2030년에는 4.8quads로 증가할 것으로 전망한다. 바이오매스를 이용한 전기 생산은 매 10년마다 2배로 증가하여 2010년에는 전체 전기의 3%, 2020년에는 전체전기의 5%를 담당하도록 하는 것이 미국정부의 목표이다.

2) 수송용 바이오연료

바이오매스를 이용한 수송용 원료의 양이 매년 증가할 것으로 전망된다. 미국 전체 수송용 원료의 바이오에너지 부담률이 2001년 0.5%(0.147quads)인데, 2010년까지 전체의 4%(1.3quads), 2020년까지는 10%(4.0quads)를 담당토록 한다는 목표이다. 그리고 2030년에는 30%의 수송용 원료를 바이오매스에서 얻겠다는 것이 미국정부의 야심 찬 목표이다.

3) 바이오매스 이용 생산물

바이오매스를 이용한 화합물과 물질의 생산이 실질적으로 증가하고 있으며 이러한 추세는 지속될 것이다. 바이오매스 2001년 제품의 규모는 125억 파운드이며, 이는 화학제품 전체에서의 비중이 5%이다. 하지만 2010년에는 이 비율을 12%로 그리고 2020년에는 18%, 2030년에는 25%로 확대시키는 목표를 갖고 있다.

전체적으로 볼 때, 미국이 지향하고 있는 위와 같은 목표를 이행하게 된다면, 현재 석유소비의 30%를 바이오매스 부분이 담당하게 된다는 결과가 된다. 21세기 에너지의 전환 방향은 석유류에서 재생가능 자원인 바이오매스로 옮겨갈 것이다.

나. 바이오매스 개발 Road-Map

바이오매스의 이용이 지속적으로 유지, 순환되기 위해서는 지속가능성을 확보해야 한다. 이는 몇 가지 기

4) E-Diesel라는 것이 개발되었는데, 이는 디젤과 에탄올을 혼합할 때 응고(저온과 물의 오염시)현상을 방지하는 데 쓰이는 것으로 에탄올(7.7-15%)와 5%의 다른 특수 첨가제를 함유한다.

5) 이하 자료는 Biomass Resesrch & Development Technical Advisory Committee, "Vision for Bioenergy and Biobased Products in the United States", 2002에 있는 내용이다.

본적인 요건을 상시적으로 확보해야 가능하다. 먼저 바이오매스의 생산과 이용과정을 이루는 가치사슬(the value chain)에서 관련자들을 위한 경제적 생존가능성이 상존해야 한다. 아울러 바이오매스의 생산에서 최종 사용, 그리고 잔유물의 처분까지 전 과정에서 바람직한 환경적인 면이 확보되고 유지되어야 한다. 마지막으로 긍정적인 사회적 영향이 있어야 한다. 이러한 전체적인 흐름을 바이오매스 로드 맵에 담겨져 있다.

1) 생산과 공급

미국 정부가 지향하고 있는 정부의 바이오매스 개발 목표를 달성하기 위해서는 무엇보다 먼저 목표달성에 필요한 바이오매스 양을 추산해야 한다. 바이오매스원 별로 그 생산 가능량과 목표달성을 위한 필요량을 산출하는 것이다. 그런 다음 그것의 생산과 가공 등을 어떻게 할 것인가, 그것의 축진을 위해서는 어떠한 개발과 지원이 필요한가를 전략적으로 구성해야한다.

미국 정부가 세운 목표를 달성하기 위한 2030년도 목질섬유소 바이오매스의 양은 연간 10억 dt 이다. 현재 미국 내에서는 연간 약 20억 dt의 바이오매스가 생산된다. 이를 기준하면 생산되는 목질섬유소 바이오매스 양의 절반을 이용해야한다.

그런데 전통적인 산림 생산물 산업으로부터 매년 생산되는 산림잔재의 양은 2억 dt 정도이다. 산림잔재가 바이오 자원에서 가장 비중이 큰 것은 틀림이 없다. 그러나 비록 산림잔재의 비중이 크고 그 양도 많지만 지속가능성 면과 경제적인 면을 고려할 경우 의문의 여지가 많다고 미국정부는 보고 있다. 이로 인해 목질섬유소 바이오매스의 중요한 부분은 작물잔재 부분이며 이 부분이 미국정부에서 구상하고 있는 바이오매스 이용의 최종목표를 달성하는 데 중심이 된다는 것이다. 따

라서 이 부분을 통해 어떻게 바이오매스를 수급하느냐가 미국이 갖고 있는 목표달성의 관건이다.

작물 분야에서 단일작물이 10억 dt의 바이오매스 자원을 모두 담당하는 것은 현실적으로 불가능하다. 미국 내에서 가장 생산량이 많은 단일 작물은 옥수수이다. 옥수수가 담당할 수 있는 양은 연간 2.8억 dt으로 보고 있다. 무계만을 가지고 볼 때 바이오정제 산업의 수요량은 이것의 3.5배를 필요로 한다. 따라서 나머지 부족분을 어떻게 확보하느냐가 중요한 관건이다. 물론 이 과정에서 생산성 증진과 수집, 이용의 효율성 증진을 위한 관련된 기술 개발은 필연적인 것이다.

바이오매스의 가격을 어느 수준으로 유지할 것인가가 생산과 이용에 대단히 중요하다. 아무리 많은 양의 바이오매스가 생산된다고 하더라도 경제적인 면이 뒷받침되지 않으면 이용에 한계가 있기 때문이다. 미국 정부에서는 바이오매스의 적정한 인도가격을 \$30/dt로 보고 있다. 이것은 목질섬유소 당분을 기준할 때 \$0.7/lb 인데 이 정도가 되어야 전분곡물을 이용하여 당분을 생산하는 것과 경쟁이 가능하다고 여기고 있기 때문이다. 현재 바이오공장에 대한 정확한 공급가격이 나와 있지는 않은 데, 대체로 \$50-55/dt 정도인 것으로 보고 있다. 생산자에게 지불하는 가격은 \$10/dt 정도이다. 따라서 나머지 \$40-45/dt의 비용을 어떻게 \$20/dt까지 줄이느냐가 관건으로 보고 있다. 경제적인 이용의 전제인 바이오매스의 인도가격을 적정 수준으로 유지하기 위한 생산, 가공과 수송, 보관 등의 각 분야에서 비용감소 노력과 연구는 필수적인 바이오매스 전략이 될 것이다.

2) 로드맵의 기본골격

바이오매스 생산과 수송, 이용의 전 과정을 어떻게

효율적인 시스템으로 가져가느냐가 로드맵의 기본을 이룬다. 기능적인 면과 주체적인 면을 동시에 고려하면서 목표달성을 위한 전략이 바로 로드맵이다. 미국정부에서 운용하고 있는 바이오매스 로드맵의 기본 골격은 아래와 같다.

미국 정부에서 만들어 이용하고 있는 바이오매스 로드맵은 바이오매스의 생산과 최종 이용까지의 과정을 단계별로 구분하여 전략을 세분화하여 만들었다. ㉠ 생산, ㉡ 수확과 수집, ㉢ 저장, ㉣ 가공, ㉤ 시스템 통합, ㉥ 수송으로 구분한 다음, 각 분야별로 ① 현재의 기술적 상황, ② 실행목표, ③ 기술적 장벽, ④ R&D 요구, ⑤ R&D 우선순위 등의 순으로 개개의 목표치를 설정 운용하고 있다⁶⁾.

바이오매스 로드맵에 따라 제시한 목표를 달성하기 위해서는 정부 내 관련 부처간의 긴밀한 협력이 필요하다. 무엇보다 원료를 생산하는 농림부와 이것을 사용하는 에너지부와의 협력적 관계이다.

연간 10억 dt 의 바이오매스를 생산하는 목표를 달성하기 위해서는 우선 당장 작물과학과 농학이 필요하다. 원료의 공급기지인 농업과 이것을 촉진하는 관련과학의 지원이 기본적으로 필요한 것이다. 바이오원료를 환경적으로 농학적으로 그리고 경제적으로 지속가능하도록 만드는 작업은 농림부에서 안정적으로 담당해야 한다.

에너지부에서는 생산된 바이오매스 원료의 가공과 수송, 이것을 이용한 에너지 생산까지의 인프라와 관련 기술의 개발에 주도적이어야 한다. 에너지부의 적극적인 지원과 정책의 전개만이 관련 산업에 투자를 유인할 수 있다. 아울러 이들이 바이오매스 사업을 통해 수익

을 실현할 수 있도록 다양한 분야에서 정부 지원책도 강구·시행해야 한다.

바이오매스 생산자와 이용자 간의 상호 신뢰가 없으면 원료공급과 이용간의 격차가 발생하게 되며 이는 미국정부의 바이오매스 개발 목표치 실현은 불가능하게 된다. 따라서 에너지부와 농림부는 상시적으로 정책을 조율하는 방법을 강구하고 실천해야 한다.

4. 미국의 바이오매스 정책

미국의 바이오매스의 이용과 개발을 촉진하기 위해 법, 행정지령, 보고서 등이 만들어져 적용되고 있다. 이 가운데 중요한 법과 지령 등을 살펴보면 다음과 같다.

가. 바이오매스 R&D법 2000

이 법에서는 주로 바이오매스 연구의 필요성을 제기하고 있다. 이와 관련된 기술자문위원회(Technical Advisory Committee)와 바이오매스 연구개발국(Biomass R&D Board)의 창설근거가 되기도 한다. 농림부와 에너지부 간 R&D의 협력과 조화를 이 법에서는 요청하고 있으며, 바이오매스 발의(Biomass Initiative)의 범위를 정하고 있다.

나. 행정지령 13134

이 법의 목적은 바이오제품과 바이오에너지 개발과 촉진에 있다. 이것은 1999년 8월 다른 행정비망록

6) 각 분야별로 앞의 구성요소별로 정리된 것이 로드맵의 본문 전체이다. 구체적인 내용은 원문을 참고하길 바란다.

과 함께 시행되었다. 클린턴 대통령에 의해 하달된 이 지령은 바이오매스 개발에 중요한 초석을 마련하게 되었으며, 여기에는 바이오이용 제품과 바이오에너지 개발에 필요한 정책을 강구할 것과, 관련 부처간 바이오매스 통합위원회(Interagency Council on Biobased products and Bioenergy) 설치, 바이오매스 자문위원회(Advisory Committee on Biobased Products and Bioenergy)의 설치 등을 포함하고 있다.

다. 농업법(Farm Bill)

농업법 2002에는 이전에 포함되지 않았던 바이오매스 지원책들이 많이 포함되어 있다. Title IX Energy에는 바이오정제사업의 발전을 위해 바이오이용제품의 구입에 대한 새로운 지원 프로그램과 지원의 설치라는 내용이 있다. 또한 관련 교육, 농가와 농장 지원, 재생가능에너지 구입 시 농촌 소형기업 지원 등 광범위한 지원책 등이 제시되고 있다. 기존의 바이오매스 R&D 사업에 2002-2007년 매년 14백만 달러를 지원하고, 아울러 Bioenergy program에 2003-2006년 매년 150백만 달러를 지원하도록 하는 등 구체적인 자금지원규모까지 명기하고 있다.

이 법에 근거한 주요 지원 프로그램은 첫째, 바이오이용 제품을 연방정부에서 우선 구입(Federal Procurement of Biobased Products)한다. 둘째, 바이오디젤 교육 프로그램(Biodiesel fuel education programs)을 개발 운영한다. 셋째, 에너지 감사 및 재생가능 에너지 개발 프로그램(Energy audit and renewable energy development program)을 이용

하여 운영한다. 넷째, 재생가능에너지 시스템과 에너지 효율 개선(Renewable Energy Systems and Energy Efficiency Improvement) 등이다.

한편 국가 바이오디젤 위원회(NBB: National Biobiesel Board)는 농업법 2007에 바이오디젤에 대한 인센티브 프로그램(Biodiesel Incentive Program)과 교육 프로그램(Biodiesel Fuel Education Program)이 포함될 것을 요구하고 있다⁷⁾. 특히 세계 여러 나라에서는 국가적인 지원을 통해 바이오연료가 생산되고, 이것들이 미국으로 수출되고 있는 현실을 지적하면서 바이오연료 산업의 안전망 구축을 위해 정부의 적극적인 지원이 필요함을 강조하고 있다.

라. 국가 에너지정책법 1992(National Energy Policy Act of 1992)

이 법은 미국에서 에너지 정책의 기본법이다. 이 법에 기반하여 재생가능에너지원의 이용을 촉진하기 위한 다양한 분야의 정책수단들이 강구되고 있다.

이 가운데 중요한 몇 가지를 보면 재생가능에너지생산인센티브(REPI: Renewable Energy Production Incentive)이다. 이 인센티브의 제도하에서 지역공동 혹은 농촌전기회사에 의한 재생가능전기에 1.5cent/kWh가 주어진다. 전에 받도록 되어있는 경우는 계속 수혜를 받지만 2003년 이후 신규는 중단되었다.

재생가능에너지생산세금 공제(PTC: Renewable Energy Production Tax Credit) 제도는 재생가능에너지를 이용하여 전기를 생산하여 판매하는 자에게 부과되는 생산세금의 일정액, 즉 1.8cent//kWh가 공제

7) Nat'l Biodiesel Board, NEWS(for immediate release), May 9, 2007

로 주어졌는 데, 2003. 12 기한이 만료되었다. 이 대안으로 연료사용 수송수단의 의무구입(Alternative Fuel Fleet Requirements) 제도가 있어 에너지법 1992(EPACT 1992)과 행정지령 13149에서는 연방국은 경량 운송수단(light-duty vehicles)의 경우 일정 비율로 연료사용 수송수단(AFVs: Alternative Fuel Vehicles)를 의무적으로 구입하도록 하고 있다. 광역 도시권의 경우 75%를 요구하고 있으며, 명확하게 연료의 혼합비는 규정하지는 않았지만 에탄올의 경우 가솔린과 85:15정도를 기준하고 있다.

마. 대공기정화법(CAA)

1990년 대기정화법의 개정을 통해 산소첨가 가솔린 사용을 의무화하고 있다. 수송수단으로 부터 공기오염을 감소시키기 위한 방법이다. 에탄올은 매우 효율적인 산소첨가제이기 때문에 이러한 의무조항은 에탄올의 소비를 증가시킬 것으로 예상하고 있다. 지금까지 산소첨가물로 MTBE를 권장, 사용해 왔는데 이것의 환경위해 가능성으로 인해 사용금지 주가 늘어나고 있으며 대

안으로 에탄올의 사용이 권장되고 있다.

MTBE(Methyl tert-butyl ether)는 산소첨가물로 다량(1999년 20만 배럴 이상) 사용되어 왔으나 지하수 오염문제가 불거지면서 1999년 이후 캘리포니아를 시작으로 여러 주에서 사용을 금지하기 시작하였다. 2006년 1월 현재 MTBE의 사용을 금지한 주는 이미 25개에 이르고 있다. MTBE 사용으로 인한 지하수 오염문제로 인해 추가적으로 많은 주에서 MTBE의 사용을 금지하고 에탄올로 대체하는 추세이다.

바. 국가 재생가능연료표준(RFS: Renewable Fuels Standard)

2005년도 에너지 정책시행법에는 국가 재생가능연료표준(RFS: Renewable Fuels Standard)이 포함되어 있다. 이것은 연방수준에서 가솔린에 10%의 에탄올을 사용토록 규정한 제도이다. 이 제도에 의할 경우, 미국 내 에탄올의 수요량이 2006년 40억 배럴에서 2012년 75억 배럴로 증대할 것으로 보고 있으며, 이로 인해 향후 6년 내 에탄올 산업은 두 배로 성장⁸⁾할 것으로 전

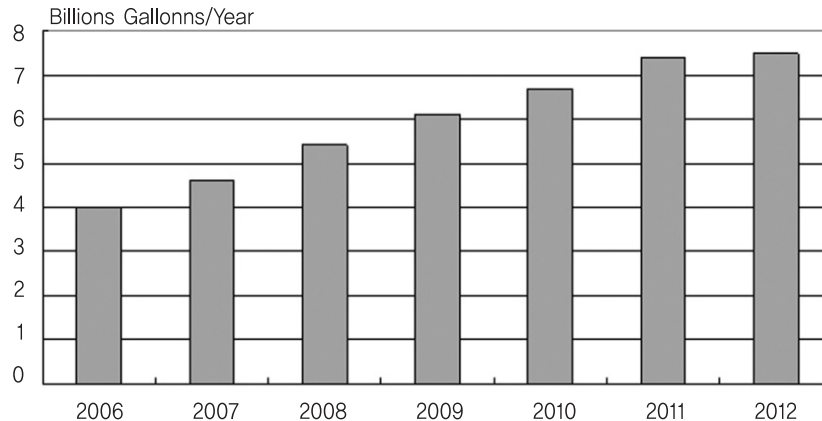
〈표 5〉 미국 내 MTBE 사용 금지 주(州)

구 분	해당하는 주
MTBE 사용금지(25개주)	아리조나, 캘리포니아, 콜로라도, 코네티컷, 일리노이, 인디애나, 아이오와, 미시간, 미네소타, 네브라스카, 뉴욕, 사우스다코타, 와싱턴, 위스콘신, 메인, 뉴햄프셔, 메사추세츠, 미주리, 캔자스, 몬태나, 켄터키, 오하이오, 노드캐롤라이나, 뉴저지, 버몬트
십의 중(5개 주)	미시시피, 펜실베이니아, 메릴랜드, 델라웨어, 로드아일랜드

www.ethanol.org

8) 2007- 4.7billion gallons, 2008-5.4, 2009-6.1, 2010-6.8, 2011-7.4, 2012-7.5 인데 2013 이후 더 많은 수요증가가 있을 것으로 보고 있음.

[그림 2] 재생에너지 수요 전망(RFS established in EPACT)



http://www.ethanol.org/pdf/contentmgmt/Economic_Impacts_of_Ethanol_Production.pdf

망하고 있다.

연방정부의 강력한 의지와는 별도로 자발적으로 여러 주(州)에서 스스로 RFS를 규정, 활용하고 있다. 1997년 이후 모든 가솔린에 에탄올과 같은 산소연료를 혼합하도록 규정했던 미네소타에서는 에탄올 혼합비율을 2013년까지 20%로 끌어 올리려고 에탄올 생산과 이용촉진을 하고 있는 주이다.

미네소타 모델을 따라 몬타나에서도 E10의무 사용이 2005년 5월 주지사에 의해 인준되었다. 91% 옥탄(octane) 가솔린 이외 모든 가솔린은 10%의 에탄올을 함유하도록 하고 있다. 하와이 역시 2004년 가을에 주내 모든 가솔린의 최소 85%는 10%의 에탄올을 함유하도록 규정하였다. 이 규정은 2006년 가을부터 시행되었다.

사. 바이오디젤에 대한 세제지원(Tax Incentives for Biodiesel)

에탄올과 마찬가지로 바이오디젤의 경우에도 세공제가 있다. 신규오일(virgin oil)로 만들어진 biodiesel의 경우 gallon당 1달러의 세공제, 재생오일(예: 요리 사용 유지이용)을 이용한 biodiesel의 경우 0.5달러의 세공제가 있다. 현재 바이오디젤의 비용은 석유디젤(petroleum diesel)에 비해 gallon당 1달러 정도 비용이 많이 들기 때문에 위와 같은 세금 지원은 그 경쟁력을 강화하는 데 도움이 된다.

아. 관련제품 구입비보조(Commodity Credit Corporation Bioenergy Program)

바이오 에탄올이나 바이오디젤의 생산을 확대하기 위해 구비하게 되는 새로운 생산설비의 축진을 위해 현금을 지급하는 프로그램이다. 생산 확대를 위해 추가적으로 구입하게 되는 상품 구입비의 일부를 보전해 주는 제도인데, 2003년의 경우 426백만 gallon의 바이오연료 생산에 135백만 달러가 지불되었다.

자. 수입관세 2중 부과

다른 나라와 마찬가지로 미국도 수입에탄올에 대해 현물 가치의 2.5%의 종가세(ad valorem tariff)를 부과하고 있다. 그러나 미국의 종가세는 세계 다른 국가들에 비해 낮은 수준이다. 따라서 외국산 에탄올에 대한 보조지원(이미 생산국가로부터 받은)으로부터 미국 달러의 보호를 위해 미국은 세금공제(tax credit) 가치 부분을 상쇄하기 위해서 수입산 에탄올에 대해 2차 관세(secondary tariff)를 부과하고 있다. 이것은 에탄올 원산지에 관계없이 미국 내 혼합에탄올 정제업자에 유효하다.

차. 공공전력규제정책법 1978(Public Utility Regulatory Policies Act of 1978)

PURPA에서는 전기산업의 재건설과 경쟁력 강화의 내용이 포함되어 있다. 여기에서는 소규모 전력생산설비의 발전과 새로운 기술개발을 확대시키기 위해 전기생산자로부터의 전기구입을 요구하고 있다. 1980년대에 이 제도는 바이오매스를 이용한 전기생산 촉진에 기여하였다. 그러나 전기생산비의 하락으로 인해 그 영향력은 감퇴하였다. 아직도 유효한 부분은 빠른 감가상각(Accelerated Depreciation)을 가능하도록 하고 있는

부분인 데, PURPA 에 의해 바이오매스를 이용한 전기생산 시 일부 설비의 감가상각기간을 5년, 단기로 할 수 있다는 것이다. 그만큼 비용을 많이 인정해 준다는 것이다. 여기에 해당 설비는 PURPA에 규정하고 있다.

5. 맺음말

미국 연간 에너지 생산량(약 70천조 Btu) 중 80%를 차지하는 것이 화석연료이고, 원자력은 11%수준을 꾸준히 상회하고 있으며, 재생가능 에너지의 비중은 2006년 현재 거의 10%수준에 이르고 있다. 2006년 재생에너지 생산량은 6,545천조 Btu로 전체 에너지 생산량의 9.2%를 차지하고 있다.

재생에너지 가운데 수력 비중이 1980년대 중반 50% 이상에서 45% 이하로 떨어지고 대신 바이오매스에 의한 에너지의 공급이 45%를 넘어 제1위이다. 에너지 소비에서도 재생에너지 소비 가운데 바이오매스의 비중은 47%로 가장 크다. 이러한 추세는 수력발전을 위한 댐의 건설이 거의 없다는 점과 바이오매스의 개발에 박차를 가하고 있다는 두 가지 점을 고려할 경우 계속될 것으로 전망된다.

수송용 연료로 부각되고 있는 에탄올 생산량은 급속히 증가하고 있다. 1991년 10억 갤런 이후, 2000~2005년 총 에탄올 생산량이 16억 갤런에서 40억 갤런으로 무려 2.5배가 증가하였다. 생산능력 역시 증가하여 조만간 연간 70억 갤런이 넘을 것으로 보인다.

바이오매스에 대한 경제성 분석은 이미 완료되어 더 이상 분석이 필요 없을 정도이다. 전국적인 바이오매스의 추정을 위한 모델이 연구기관에 의해 이미 개발·이용되고 있으며, 경제적인 차원에서 이용 가능량을 수

시로 추정하고 있다.

2003년에 개발된 바이오매스의 로드맵은 미국 정부의 적극적인 바이오매스 개발 의지가 집약된 것이다. 아울러 미국정부의 목표치는 2030년 관련 제품의 시장 몫을 30%까지 끌어 올리고자 구체적인 이행전략을 구축하였다. 오늘도 이의 실행을 위한 각 분야의 노력으로 바이오매스 개발과 이용의 선두인 유럽을 따라잡는 것은 시간 문제가 아닌가 싶다.

미국은 바이오매스에 대해 무관심한 것으로 알고 있으나 사실은 이와 정반대이다. 이미 1990년대 초반부터 이 부분에 대한 검토가 있어 왔고, 1990년대 말에는 본격적으로 바이오매스 제품과 연료 개발에 대한 정책이 전개되고 있다.

우리의 경우 바이오매스에 대한 인식과 정책개발 의지가 미약하다. 일부에서는 농업의 에너지 산업화라는 의미로 왜곡하기도 한다. 그러나 역사적으로 볼 때 농업의 중요한 기능 중의 하나는 분명 에너지 생산이다. 지금 개발도상국의 경우를 보면 분명하다. 반면, 저개발국의 주 에너지원은 바이오매스이다. 저개발국은 화석자원을 사용할 수 없기 때문이지만 선진국에서는 에너지 자립도 제고, 지구 온난화 방지, 경제의 활성화 등을 위해 바이오매스 개발에 적극적이다. 우리나라도 적극적으로 이 부분에 대해 관심과 노력을 기울여야 한다는 것이다.

우리나라가 시급히 관심을 가져야 할 과제는 바이오매스 자원량 조사 및 추정 모델 개발, 바이오매스 이용의 경제적 파급효과 분석, 바이오매스 자원의 생산 가능성 분석, 바이오매스를 생산할 때 자원간의 경합관계 분석, 바이오 제품의 시장 장기전망, 국가차원에서 바이오매스 개발과 이용 장기 로드맵 작성, 바이오매스 개발과 이용정책의 정립, 바이오매스 관련 국제적인 동

향과 영향 등의 연구가 시급하다.

〈 참고문헌 〉

- 강창용 외, 2006, 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략(1/2차 연도), 연구보고서 523, 한국농촌경제연구원
- 농수산물유통공사 농수산물무역정보, www.kati.net/web_trade/jsps/tr/
- 박현태 외, 2008, 「주요국의 바이오에너지 개발 및 보급동향」, 한국농촌경제연구원
- 박현태 외, 2007, 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략(2/2차년도)」, 연구보고서 545, 한국농촌경제연구원
- 성명환, 2007.7, 세계 곡물가격 동향, 한국농촌경제연구원
- American Coalition for Ethanol, Fuel Economy Study- Comparing Performance and Cost of Various Ethanol Blends and Standard Unleaded Gasoline, 2005, www.ethanol.org.
- Arthur D. Little, Inc., Aggressive Growth in the Use of Bio-derived Energy and Products in the United States by 2010, Final Report, October 31, 2001, Cambridge, MA
- Biomass Reserch & Development Technical Advisory Committee, Vision for Bioenergy and Biobased Products in the United States, 2002

- DOE, Roadmap for Agriculture Biomass Feedstock Supply in the United States, Nov. 2003
- EIA(Energy Information Administration), Annual Energy Outlook 2004, 2004
- Energy Information Administration, Form EIA-860, Annual Electric Generator Report, Form EIA-860A, Annual Electric Generator Report-Utility, and Form EIA-860B, Annual Electric Generator Report-Monutility.
- Energy Information Administration, Monthly Energy Review, May, 2007
- Energy Information Administration, Renewable Energy Annual 2002, 2003
- Graham, R. L., Agricultural Waste to Energy, Presentation to the National Commission on Energy Policy Forum: The Future of Biomass and Transportation Fuels, Washington D.C. June 13, 2003
- IMPLAN, Regional input-output impact estimator, 2002 data(원전)
- Mark Paster, Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow, Energetics, Incorporated, Columbia, Maryland, July 2003.
- Nat'l Biodiesel Board, NEWS(for immediate release), May 9, 2007
- Randall M Stuefen, The Economic Impact of Ethanol Plants in South Dakota, Dec. 27, 2005
- RFA, From Niche to Nation- Ethanol Industry Outlook 2006-, Feb. 2006
- RFA, Industry Statistics, <http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#G>
- <http://www.ethanolrfa.org/>
- <http://www.drivingethanol.org/>
- <http://www.midmissourienergy.com/>
- <http://www.mda.mo.gov/>
- <http://www.state.mo.us/>
- <http://www.epa.gov/osw/>
- <http://www.epa.gov/>
- <http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>
- <http://www.ornl.gov/>
- <http://bioenergy.ornl.gov/>
- <http://www.doe.gov/>
- <http://www.eere.energy.gov/news/>
- <http://www.biodiesel.org/>
- <http://www.eere.energy.gov/>
- <http://www.nrel.gov/>
- <http://www.ethanol.org/>

원유시장 동향

이 문 배 에너지경제연구원 연구위원

1. 국제 원유가격

가. 월별가격 동향

4월 초순 이후 5월 중순까지 국제유가는 단기 급등하여 미국 서부텍사스 중질원유(WTI) 5월 21일 \$132.56/bbl, 두바이 원유 5월 22일 \$128.97/bbl을 각각 기록하며 사상 최고가격을 돌파하였다. 이러한 가격 수준은 연초대비 각각 33%와 44%나 오른 수준으로 미국 등 주요 석유 수입국에서 유가급등으로 발생하는 인플레이션과 세계적인 경기 불황이 겹치면서 스테그플레이션 국면의 발생을 우려하는 심각한 상황이 나타나

기도 했다.

이후 5월 하순부터 6월 초순까지 국제유가는 단기 급등에 따른 석유시장의 숨고르기 현상으로, 이는 하락을 거듭해오던 달러화가 유로화 등 주요 국제 통화에 대하여 약세 상황이 둔화되고, 미국의 소비자신뢰지수가 16년 만에 최저치를 기록하는 등 경기불황으로 인한 석유수요 증가세 둔화에 대한 우려와 휘발유, 경유 등 주요 석유제품의 미국내 상업용 석유재고 증가 등의 영향이었다. 모든 유종에 걸쳐서 배럴당 약 10달러 내외의 하락을 보였다. 특히 기간중 미국 연방준비은행(FRB) 버냉키 의장이 고유가로 인한 인플레이션 우려와 달러화 약세로 인한 유가 추가 상승을 우려하여 금

〈표 1〉 주요 유종의 분기별, 월별 현물가격 추이

(단위: \$/bbl)

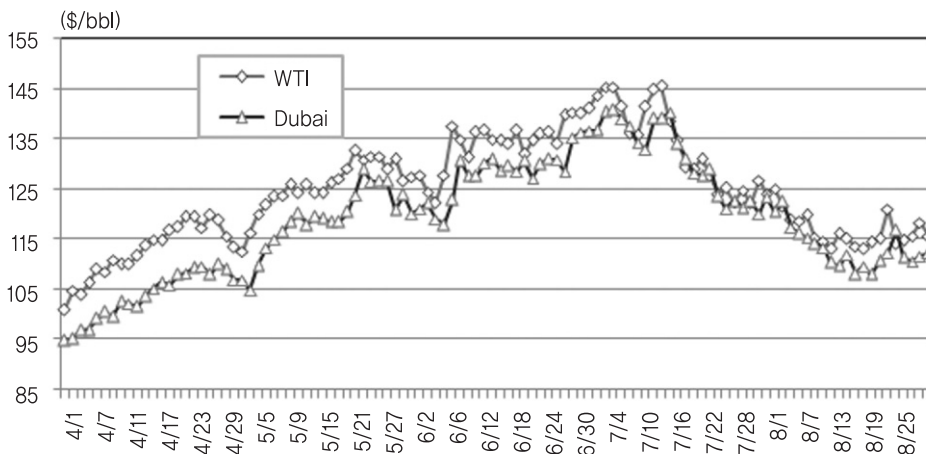
	2007년(A)	2008년					증감 (B-A)
		1/4	2/4	7월	8월	연평균(B)	
두바이	68.43	91.38	116.71	131.31	112.99	108.79	+40.36
WTI	72.21	97.89	123.81	133.36	116.60	114.77	+42.56
브렌트	72.62	96.81	121.61	133.60	113.48	113.14	+40.52

자료: 한국석유공사, Petronet

리인하를 중단할 것임을 시사하는 발언으로 달러화가 일시 강세로 돌아서는 등 변화를 보이기도 하였다. 그러나 6월 초순 이후부터 6월말까지 Nymex 등 석유선물시장을 선두로 선물 및 현물시장과 장외시장에서는 재차 유가 상승세가 가속화되면서 7월 초순까지 사상 최고치를 매일 갈아치우는 초고유가 장세가 이어졌다. 이와같은 초고유가 상황은 OPEC에게도 부담스러운 상황으로 사우디 국왕은 유가안정을 위한 산유국 소비국 회의를 6월22일 수도 젯다에서 개최하자고 제안하였다. 그러나 동 회의에서도 고유가 유발에 대한 책임론에 대한 공방이 이어졌을 뿐 실질적인 대안은 마련되지 못하였다. 다만 동 회의에서 사우디 정부는 유가안정을 위하여 하반기에 생산이 개시되는 유전에서 추가로 증산을 할 것임을 언급함으로써 OPEC내에서 생산쿼터에도 불구하고 자율적인 증산을 허용하는 흐름 3월 이후 지속되어 OPEC의 원유공급량이 당분간 증가세를 유지할 것이라는 점을 예상할 수 있었다.

7월에 들어와서도 유가는 이란의 핵개발을 둘러싼 EU, 미국 등과의 갈등이 지속되고 달러화 약세가 이어지는 등으로 초고유가 상황이 중순까지도 이어지는 모습을 보였다. 7월 하순부터 달러화 가치가 유로화 등 주요 통화에 대하여 강세로 돌아서고 선진국은 물론 중국 등 개도국들의 석유 수요도 초고유가의 영향때문에 그 증가세가 크게 둔화되고 있는 것으로 알려지면서 유가는 약 4-5개월에 걸친 급상승의 흐름에서 반전되는 계기를 보이기 시작하였다. 유가 하락세 반전의 가장 중요한 요인은 무엇보다 경기둔화와 초고유가로 인한 소비둔화가 가장 큰 요인이며, 다음으로 달러화의 강세 반전으로 선물시장에서의 투기 순매도거래 증가에 따라 유가 상승세를 전환시키는 계기가 마련되었다. 8월 말 현재 주요 유종별 연평균 가격은 여전히 2007년도 연평균 가격대비 배럴당 \$40 이상 높은 수준을 기록하고 있다.

[그림 1] 2/4~3/4분기 국제 현물유가 변동추이



〈표 2〉 5월~8월중 석유시장의 주요사건일지

기간	내 용
5월	· 터키, 이라크 북부 쿠르드 반군에 대한 공격 재개 · 이란, 핵개발 포기에 따른 서방측 보상제안 수용 거부를 시사 · 중국, 대지진 참사 발생으로 중유 수요 증가 예상 · 미국의 5월 소비자 신뢰지수 16년 만에 최저수준 기록 · 나이지리아, 반군 Shell사 해상유전 송유관 폭파로 생산차질 발생
6월	· 이스라엘 각료, 이란 핵시설에 대한 폭격 가능성 시사 발언(6일) · 중국, 인도, 말레이시아 정부 석유제품 보조금 축소 가능성 시사 · 사우디, 유가 안정을 위한 산유국-소비국회의 개최(22일) · 중국, 휘발유와 경유 소매가격 7월부터 인상 발표 · 미국 FRB, 연방기준금리 동결 발표(25일)
7월	· 이란, 2차례에 걸쳐 미사일 시험발사 강행 · 브라질, Petrobras 석유노조 파업 발생 · 이란, EU, 미국 제네바에서 핵문제 해결을 위한 3자회담 개최 · 멕시코 만, 열대성 폭풍 Dolly 발생 · 나이지리아, 반군의 Shell사 송유관 2곳 폭탄테러로 가동 중단
8월	· OPEC, 원유공급량 3개월 연속 증가세 유지 · BTC 파이프라인, 폭발과 화재로 BP 생산차질 불가피 · 러시아-그루지아 전쟁 발발로 카스피해 석유수송 차질 예상 · 미국 멕시코 만에 대형 허리케인 구스타프(Gustav)발생 · 미국 정부, 허리케인 피해 발생시 전략비축유 방출 발표

나. 초고유가 발생 요인 분석

올해 연초 이후 지속된 유가 상승세와 전대미문의 초고유가 상황이 발생된 주요원인을 살펴보면, 특히 미국에서 서브프라임 모기지 사태의 여파로 작년 하반기부터 나타나기 시작한 경기 불황의 흐름과 전반적인 미국내 금융시장 투자여건의 악화라는 점이 저변에 깔려 있다. 이같은 상황이 달러화의 약세를 가속화시키는 계기를 마련하는데 크게 일조하였으며 그 결과로 작년 말

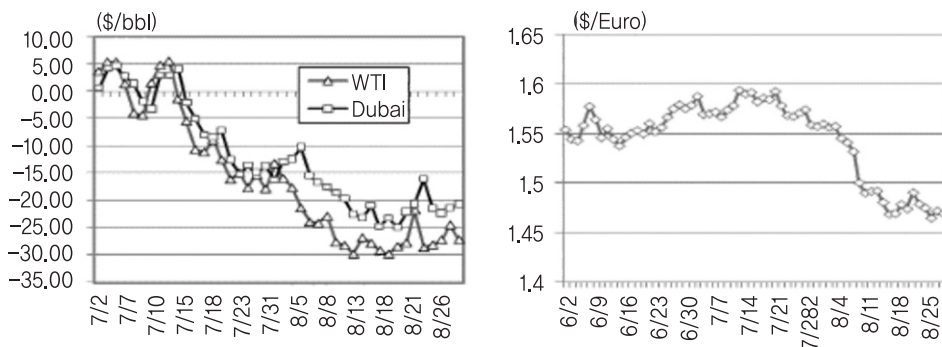
부터 막대한 투자자금들이 석유와 원자재를 포함한 상품시장으로 몰려들어 원자재 가격 급등을 촉발시키게 된 것이다. 특히 석유시장의 경우, 단기적인 수급상황이 최근 수년 동안 유가상승으로 인하여 석유소비 둔화가 현실화되면서 2008년 들어와서는 전반적인 공급초과 상황으로 반전되었다. 그럼에도 불구하고 석유시장에서는 OPEC의 증산 거부와 비OPEC 산유국들의 추가증산에 대한 비판적 견해, 최근 베네수엘라, 러시아 등 산유국들의 새로운 자원민족주의 강화 추세 등에 편

승하여 석유공급에 대한 제약요인들만 부각되었다. 석유수요는 OECD 선진국들의 소비추이가 고유가로 인하여 감소세를 보였다. 그러나 중국, 인도, 중동 등 신흥 개도국들의 경제성장 전략을 배경으로 세계 석유 순수요 증가물량이 석유공급 증가를 크게 앞질러 전 세계적으로 유가 상승세가 앞으로도 계속 이어질 것이라는 과장된 분석자료들이 각종 언론매체를 통하여 확산되었다. 이같은 정보를 바탕으로 선물시장이나 장외시장을 통하여 투기세력들의 매입자금 유입이 확대되면서 유가 상승세가 가속화 된 것으로 분석된다.

그러나 7월 중순 이후 IEA 등에서 발표된 소비통계를 통하여 중국과 인도 및 아시아개도국 등 개발도상국들의 2/4분기 석유수요가 초고유가로 인하여 더 이상은 감당하기 힘든 상황으로 내몰리고 있다는 점과 OECD 선진국의 석유소비도 예상보다 큰 폭으로 감소하고 있다는 점들이 확인되기 시작하면서 7월 중순 이후 유가 상승세가 꺾이기 시작하였다. 석유는 가채매장량이 유한한 자원이라는 점을 감안하더라도 유가수준이 경제적 여력이 감당할만한 수준을 넘어서면 소비가

줄고 가격이 떨어진다는 평범한 논리를 외면한 결과라고 생각된다. 또한 국제 투자은행(IB Bank)들이나 국제적인 자산운용회사의 애널리스트들이 석유시장의 상황을 과도하게 부풀리면서 투기자금들이 상품시장, 특히 OPEC이라는 국제 카르텔 조직이 시장의 영향력을 확대하고 있는, 석유시장으로 몰려들면서 과도한 유가 상승 상황으로 이어지게 된 것이다. 더구나 미국의 경기불황이 예상보다 크고 연말까지 지속될 것이라는 점, 그리고 미국경제의 불황은 유럽과 아시아 주요국에 전반적인 경기둔화로 이어져서 석유소비 둔화가 상당기간동안 계속될 가능성이 높다는 사실이 인식되면서 8월말까지 예상보다 빠르게 유가하락세가 이어졌다. 유가 상승시기에 그러하듯이 하반기 유가 하락 시에도 시장의 흐름에 따라서 예상보다 더욱 큰 폭의 하락 양상으로 전개될 가능성이 있어 보인다. 더구나 7월 하순 이후 이어지고 있는 달러화 강화 흐름은 상품시장에서 환율요인에 의한 투기수요를 차단하는 효과를 몰고 오고 있다.

[그림 2] 7월 이후 원유가격 하락 누적 추세와 달러환율 추이



〈표 3〉 세계 석유수급 밸런스

(단위: 백만 b/d)

		'08 1/4	'08 2/4(p)	상반기	전년동기대비
수요	OECD	48.89	47.71	48.30	-0.73
	Non-OECD	37.89	38.34	38.12	+1.47
	계	86.78	86.05	86.42	+0.73
공급	Non-OPEC	49.81	49.67	49.74	-0.50
	OPEC	37.27	37.12	37.20	+2.26
	계	87.08	86.78	86.94	+1.77
재고변동		+0.30	+0.73	+0.52	

주: p는 IEA 추정치

자료: IEA, Oil Market Report 12, August

2. 세계석유수급 동향

가. 수급 총괄

2008년 2/4분기 추정치를 포함한 최근월 세계 석유 수요가 86.42백만 b/d를 기록한 반면 세계 석유공급은

86.78백만 b/d를 기록하였다. 따라서 2008년 상반기 세계 석유수급 상황은 수요대비 약 52만 b/d 공급초과였던 것으로 분석되었다. 특히 2/4분기에 원유가격이 단기급등 상황으로 이어지면서 수요는 2분기 연속 감소를 기록하여 2/4분기 공급초과 물량규모가 1/4분기 보다 더 많은 73만 b/d를 기록한 것으로 분석되었다.

〈표 4〉 세계 석유수요 변화

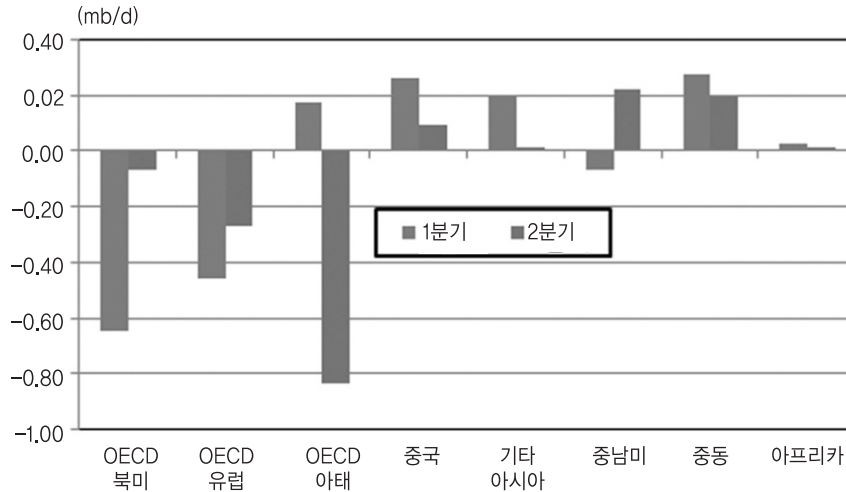
(단위: 백만 b/d)

	2007년		2008년			전기 대비 증감	
	2/4	4/4	1/4	2/4(p)	3/4(e)	1/4	2/4
세계 수요	85.15	87.15	86.78	86.05	86.55	-0.37	-0.73
OECD	48.25	49.83	48.89	47.71	48.33	-0.94	-1.18
- 미국	20.63	20.58	19.99	19.96	20.14	-0.59	-0.03
비OECD	36.90	37.32	37.89	38.34	38.22	+0.57	+0.45
- 중국	7.73	7.59	7.85	7.94	7.98	+0.26	+0.09
- 기타 아시아	9.34	9.41	9.60	9.61	9.12	+0.19	+0.01
전년 동기대비 증감	+1.54	+1.48	+0.57	+0.90	+0.79		

주: p는 IEA 추정치

자료: IEA, Oil Market Report 12, August

[그림 3] 2008년 상반기 분기별 · 지역별 석유수요 증감



자료: IEA, Oil Market Report 12, August

나. 석유수요

2008년 1/4분기 이후 세계 석유수요는 고유가와 미국의 경기둔화의 여파로 둔화된 것으로 나타났다. IEA가 발표한 “Oil Market Report” 8월호에 따르면 2008년 상반기 세계 석유수요는 평균 86.42백만 b/d로 전년 동기대비 약 74만 b/d증가에 그친 것으로 분석되었다. 이는 전년 동기대비 87년도 상반기의 석유소비 증가분 97만 b/d의 3/4에 그친 낮은 수준이다. 특히 전분기 대비 소비증가를 분석해보면, 2008년 2/4분기 소비량 86.05백만 b/d는 지난 1/4분기에 이어서 2분기 연속 순소비량 감소를 기록한 것이며 계절적 비수기와 겹쳐 소비감소 물량이 2배로 늘어난 것으로 나타났다. OECD의 경우, 주택경기 불황의 여파로 시작된 경기불황의 어려움을 겪고 있는 미국의 석유소비 감소

세가 의외로 심각한 것으로 나타나면서 2/4분기 소비가 백만 b/d 넘게 줄어들었다. 한편 IEA는 3/4분기 세계 석유수요를 86.55백만 b/d로 추정하여 2/4분기 대비 50만 b/d 늘어날 것으로 추정하였다. 특히 IEA는 개도국의 소비둔화가 3/4분기까지 계속 이어질 것으로 예상하고 있다.

미국의 경우, 지난 1/4분기 석유소비 물량은 약 20백만 b/d로 전분기 대비 59만 b/d 감소한 것으로 나타났다. 이는 37만 b/d가 줄어든 1/4분기 세계 석유소비 감소 추세를 미국 물동량이 주도한 것으로 분석되고 있다. 미국의 변방지역을 제외한 미국 본토 50개주의 2/4분기 석유소비물량은 전분기와 비슷한 수준을 기록하였는데, 보다 자세히 살펴보면 1/4분기보다 3만 b/d 정도 줄어 2분기 연속 석유소비 감소를 기록하면서 미국의 경기둔화가 매우 심각한 것으로 평가되고 있다.

미국의 이러한 석유소비 둔화 추세는 주택경기 부진으로 시작된 이후 금융위기가 나타나고 그로인한 전반적인 경기 둔화와 함께 고유가로 인한 인플레이션 등으로 소비자들의 연료비 지출이 줄어들었기 때문인 것으로 분석되고 있다. 미국 이외에 OECD 유럽, OECD 아시아·태평양 지역에서의 석유소비도 전반적으로 감소 내지 둔화추세로 나타나고 있다. 한편 비OECD의 경우에도 연초 이후 계속된 국제원유시장에서의 초고유가 여파로 석유소비 둔화가 본격화되고 있는 것으로 나타났다. 특히 아래 그림에서 OECD 아시아태평양 지역의 경우 2/4분기에 전분기 대비 큰 폭의 석유소비 위축으로 나타났는데 이는 고유가로 인한 인플레이션과 경기 위축의 영향으로 분석된다. 한편 개도권의 경우, 상반기에 석유소비 감소로 연결되지는 않았지만 상당규모의 석유소비둔화 추세가 확인되었다. 지난 분기까지도 고유가 상황이 이어지면서 중국과 인도의 석유소비가 고도성장세를 배경으로 석유시장의 초고유가 상황에도 불구하고 꺼질 줄 모르는 활화산처럼 소비 증가 추세가 이어질 것으로 세계 언론에 비추어지면서 고유가의 진원지로 지목되었지만 역시 고유가로 인한 수요둔화 추세가 뚜렷하게 들어나고 있다. 아래 그림에서 중국의 상반기 석유수요의 전분기 대비 증감상황을 분석해 보면, 1/4분기에 26만 b/d, 2/4분기에 9만 b/d 순증가를 기록한 것으로 나타나 초고유가로 인한 석유소비 둔화가 뚜렷하게 감지되고 있다. 중국의 이러한 소비증가 추세는 지난 3년간 연평균 소비증가분의 50%에도 미치지 못하는 수준이다. 특히 올해 3월 이후 유가 상승세가 가파르게 이루어지면서 2/4분기의 소비둔화 추세가 두드러졌던 것으로 나타나고 있다. 중국 이외에 인도를 포함한 기타 아시아 개도국들의 석유소비 증가추세 또한 크게 둔화되어 2/4분기에는 전분기 대비 거의 제로

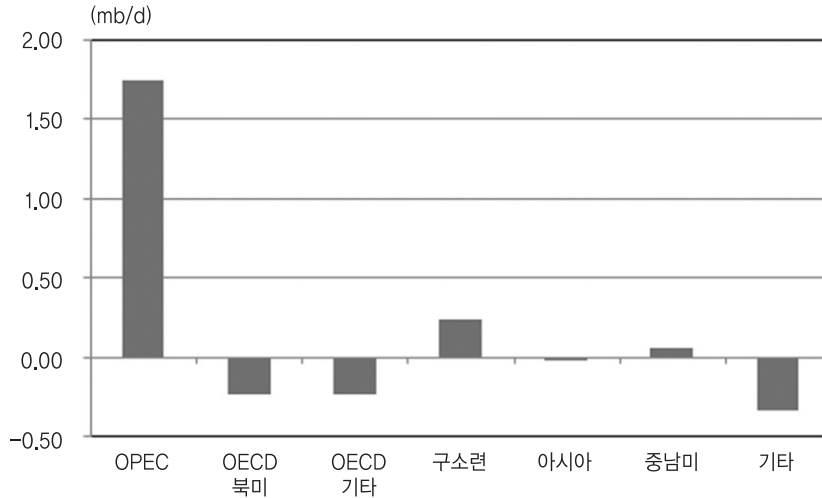
수준의 소비증가를 기록하고 있다. 중국을 포함한 개도국의 경우 상반기에 석유류 제품에 대한 정부의 각종 가격보조금제도를 철폐하였지만 초고유가로 인한 소비 둔화 추세는 당분간 이어질 것이라는 전망이다. 한편 원유 수출국이 집중되어 있는 중동지역 국가의 경우에는 상대적으로 고유가에도 불구하고 석유소비 둔화 추세가 타른 개도권 지역에 비하여 약하게 나타나고 있다. 그러나 초고유가 상황에서 피해갈 수는 없어서 1/4분기에 비하여 2/4분기 석유소비 증가가 둔화되는 추세는 여타 개도국과 같게 나타나고 있다.

다. 석유공급

2008년 상반기 세계 석유공급 물량은 평균 86.94백만 b/d를 기록하여 전년 동기대비 약 177만 b/d 공급 물량이 늘어난 것으로 분석되었다. 이 가운데 비OPEC 생산은 전년대비 약 50만 b/d 줄어든 49.74백만 b/d를 기록한 반면 OPEC 생산은 전년 동기대비 약 226만 b/d늘어난 것으로 분석되었다.

OPEC의 물동량 증가는 남미 에콰도르의 회원국 재가입에 따른 효과와 이라크의 원유 증산, 사우디와 이란, UAE, 쿠웨이트 등 생산여력이 남아있는 중동 OPEC 회원국과 아프리카 신흥회원국의 증산에 따른 결과로 나타나고 있다. 비OPEC 산유국 가운데는 구소련과 중남미지역의 브라질 콜롬비아 등에서 증산을 기록한 것으로 나타났다. 최근 고유가 상황을 계기로 북미지역을 중심으로 증산 움직임이 나타나고 있다. 그러나 OECD 국가들의 석유생산 실적은 전반적으로 마이너스를 기록하고 있다. 캐나다의 경우 앨버타주의 오일 샌드 개발을 통한 석유 생산 활동이 2007년 이후 140만 b/d 내외를 기록하면서 증산을 기대하고 있으나 환

[그림 4] 2008년 상반기 세계 지역별 석유공급 순증가



자료: IEA, Oil Market Report 12, August

경비용의 증가 등으로 최근에는 다소 부진한 양상을 보이고 있는 것으로 파악되고 있다. 한편 구소련 지역의 경우, 러시아는 일일 약 960 - 980만 b/d 수준에서 원유 생산이 유지되고 있는 반면 카스피해 주변의 카자흐스탄과 아제르바이잔 등 중앙아시아 지역 산유국의 증산이 꾸준하게 이어지고 있는 것으로 파악되고 있다. 이외에 고유가 상황이 계속되면서 에탄올 등 바이오 연료의 개발과 함께 수송용 대체연료의 생산 활동이 상반기 중에 늘어난 것으로 나타났다 그러나 이와 같은 현상이 계속 이어질지의 여부는 바이오연료의 원료가 되는 농산물 가격의 안정에 달려있는 것으로 파악되고 있다. 옥수수 등 바이오연료의 원료작물 가격이 2007년 4/4분기 이후 급등하면서 세계 전반적으로 바이오연료의 개발과 경제성 확보에 중기적으로 어려움이 이어질 것으로 예상되고 있기 때문이다. 그러나 농산물의 경우

계절적 변화의 가능성이 다른 원자재와 달리 크게 작용하며, 상품시장에서의 투기세력에 의한 거품현상도 점차 줄어들고 있기 때문에 시장의 상황 변화에 따라서 바이오 연료의 추가 증산 가능성도 기대해 볼 수 있다.

3. 향후 시장 전망

연말까지 국제유가의 향후 흐름은 다음과 같은 요인들의 변동성에 따라서 결정될 것으로 예상되고 있다. 우선 유가에 영향을 미칠 양대 변수로는 미국 및 세계 경제의 하반기 전망이다. 여기에는 미국경제 상황이 계속 이어지고 있는 금융위기의 우려로부터 탈출하여 하반기에 건전성장의 바탕을 이룩할 수 있는가에 있다. 앞에서도 살펴보았듯이 미국경제의 흐름은 세계경기

변동의 바로미터로 작용하고 있다. 여기에 더하여 하계 올림픽 개최 이후 하반기 중국경제의 흐름도 세계경제의 중요한 변수로 인식되고 있다. 세계적인 경기불황이 이어질 경우, 석유소비를 위축시켜 석유소비 둔화로 인한 유가 하락세가 예상보다 가파르게 이어질 수 있다. 그러나 세계경제 성장률이 4% 이상에서 유지될 경우 하반기 유가는 배럴당 \$100 내외에서 강보합세를 유지할 것으로 예상된다. 경제성장 다음으로 미국의 달러화 가치의 흐름이다. 7월 하순 이후 최근까지는 달러화의 대euro화 환율이 1.4에 가까이 수렴하고 있다. 달러화 강세는 2007년 하반기를 거치면서 최근까지 유가안정의 중요한 변수로 작용하고 있다. 이외에도 9월초에 개최되는 OPEC 총회의 결과이다. 최근 유가 하락세가 한달 이상 지속되면서 OPEC의 감산여부에 민감해지고 있다. OPEC이 세계 석유시장에 대한 영향력이 확대되는 가운데 국제유가의 적정 수준을 어느 수준에서 용인하려는 지에 대한 관심이 늘어나고 있다. 이외에도 9월중에 발생 가능성이 높은 허리케인 등 기후요인과 이란 핵개발 사태의 변화 등 지정학적 요인들도 유가에 변화를 가져올 수 있는 민감한 변수이다. 그러나 하락장세 하에서는 무엇보다 수급요인이 중요하게 자리잡게 될 것이다.

여러 요인들을 감안할 때 향후 연말까지 유가 흐름은 배럴당 \$100 내외에서 약보합의 수준으로 전개될 가능성이 있다. 세계 경기상황이 계속 불황으로 빠져들어 간다면 유가는 추가로 배럴당 \$10 - \$15 정도 추가 하락할 가능성이 있다. 하지만 겨울철 성수기를 감안해 본다면 9월 하순 이전에 배럴당 \$90 수준으로 약세를 보일 경우, 4/4분기에는 계절적 요인으로 \$100 내외에서 강보합세로 유지될 가능성이 있다.

제5권 제3호
에너지 포커스 ENERGY FOCUS

발 행 2008년 9월

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 정인아이앤디 tel : 02-3486-6791~4

※파본은 교환해 드립니다.

정가 : 5,000원

ENERGY FOCUS



KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

