



세계 에너지효율 동향 및 시사점¹⁾

윤 가 혜 한국에너지기술평가원 선임연구원 (ghyun@ketep.re.kr)

1. 서론

에너지효율 향상은 온실가스를 감축할 수 있는 방안이기도 하지만 에너지안보 증진, 에너지수요 절감, 국지적 대기오염 감소, 에너지공급 비용 절감 등 다양한 편익을 제공하게 된다. 이에 따라 전세계 정책결정자들에게 경제성장과 고용창출을 위한 비용효과적인 전략 중 하나로 관심을 받고 있다. 그러나 한편으로는 2014년 중반 이후 낮은 에너지가격이 지속되면서 향후 에너지효율 향상의 경제성이 불확실해지고, 정책적으로도 우선순위가 떨어지는 것이 아닌지에 대한 우려의 시선들도 있다.

이처럼 글로벌 에너지환경이 변화하는 가운데 국제 에너지기구(IEA)에서는 제21차 기후변화협약 당사국 총회(COP 21)에 대응하여 특별보고서(Energy and Climate Change: World Energy Outlook Special Report 2015)를 발간하고, 에너지효율 향상은 에너지를 절감하고 온실가스를 감축할 수 있는 경제적인 정책임을 강조한 바 있다. 이번 'WEO(World Energy

Outlook) 2015'는 전세계 에너지효율 정책의 범위와 효과 및 효율향상 잠재량을 분석하는데 초점을 두었고, 기존의 보고서와 다르게 재료효율 시나리오(Material Efficiency Scenario)를 도입해 재료효율이 에너지 및 CO₂ 배출량 감축에 얼마나 기여할 수 있는지 분석했다.

본고는 IEA에서 발간한 'WEO 2015'의 내용 중 에너지효율 전망에 관한 내용을 요약 정리한 것으로써, 전세계 에너지효율 현황과 정책 동향, 미래 전망과 투자 및 기대효과 등의 내용을 포함하고 있다.

2. 세계 에너지효율 현황

가. 최근 에너지효율 동향

2014년 세계 에너지원단위는 에너지효율의 향상과 경제구조 및 기후패턴의 변화로 인해 전년대비 2.7% 감소한 것으로 나타났다. 지난 10년간 감소율이 1.5%

1) 본고는 IEA에서 발간한 'WEO(World Energy Outlook) 2015' 중에서 제10장(Energy efficiency outlook)의 내용을 바탕으로 정리한 것임.



였던 것과 비교하면 약 2배 정도 개선된 수치를 보이고 있다. 중국이 에너지 다소비 경제활동을 줄이고 신재생 에너지 비율을 높이며 에너지효율을 향상시키기 위해 지속적으로 노력한 결과, 에너지원단위가 6.9%로 크게 개선되었고 이것이 세계 에너지원단위 감소에도 중요한 영향을 미쳤다. EU에서도 에너지효율의 향상과 에너지 다소비산업의 위축, 따뜻한 날씨로 인한 난방수요의 감소로 인해 에너지원단위가 5.4% 감소했다.

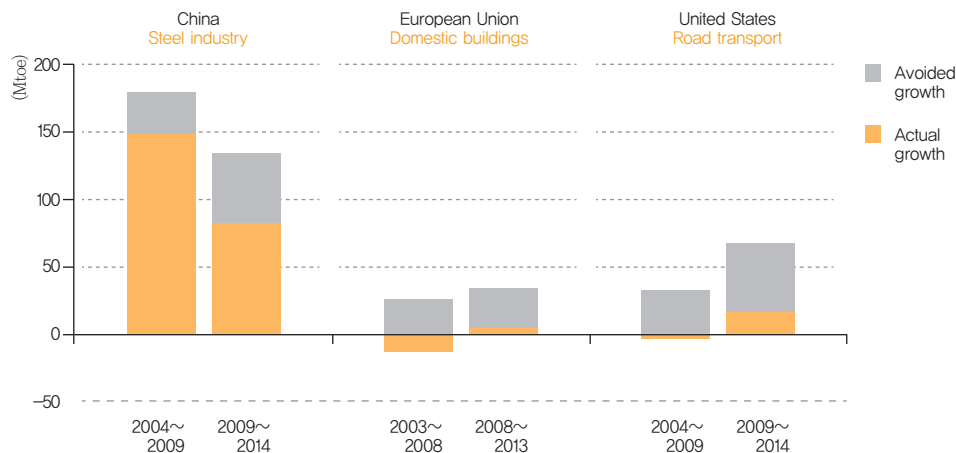
한편 2014년 세계 최종에너지 소비는 0.7% 증가했다. 요인분해(decomposition analysis) 결과에 따르면, 에너지효율 향상이 없을 경우에는 증가율이 2.1%로 높아진다. 효율향상으로 인한 에너지 절감량이 가장 큰 부문은 산업으로 대부분 중국과 EU, 러시아에서 발생했다. 두 번째로 절감량이 큰 부문은 수송부문에 OECD 국가 특히, EU와 미국이 가장 큰 영향을 미쳤다. 마지막으로 건물부문은 2014년 에너지효율로 인한 절감량이 12Mtoe로 나타났다.

지난 10년간 추진해 온 에너지효율 정책의 에너지

절감 효과는 많은 국가에서 나타나고 있다. 중국은 소형 플랜트 종료 프로그램(Small plant closure programme), Top-1000 프로그램(Top-1000 Energy-Consuming Enterprises Program), 10개 핵심 프로젝트(Ten Key Projects)와 같은 다양한 정책을 추진함으로써 2004년~2014년 동안 철강산업의 에너지수요를 84Mtoe 감소시켰다. EU는 에코디자인(Ecodesign), 에너지라벨링(Energy Labelling), 건물에너지지침(Energy Performance of Building Directives)과 같이 효율적인 가전, 조명, 난방 및 단열 시스템을 도입하는 정책을 시행함으로써 지난 5년 동안 연간 2.6%의 에너지수요를 절감했다. 미국은 2016년까지 기업평균연비기준(Corporate Average Fuel Economy, CAFE)을 강화함으로써(35.5 miles per gallon) 연간 1% 이상의 연료소비가 줄어들 것으로 기대하고 있다.

중국은 에너지개발전략 실행계획(Energy Development Strategic Action Plan 2014~2020)의 핵심정책으로 최

[그림 1] 에너지수요 변화 및 효율향상을 통한 절감량



자료: IEA, WEO 2015



종사용부문의 효율향상을 강조하고 있다. 석탄 관련 기술의 업그레이드 및 석탄화력 발전소의 효율 목표를 포함한 계획을 추진하고 에너지절약 및 저탄소 관련 효율 기술도 200개 이상 지원하고 있다.

미국은 2015년 8월에 발전부문의 탄소 배출을 줄이는 청정발전계획의 최종안을 채택했다. 효율향상이 목표 달성을 위한 핵심요소 중 하나이다. 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)은 2021년~2027년 중대형 엔진 및 자동차 연비기준을 강화할 계획으로 2027년에 판매되는 트럭은 2018년에 판매되는 것보다 약 24% 이상 효율이 높아질 것으로 보인다. EPA에서는 2020년부터 판매되는 항공기의 CO₂ 배출 기준도 개발하는 중이다. UN 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)와 항공기의 국제 CO₂ 배출 기준도 협력 개발하고 있다.

EU 유럽이사회(European Council)는 2030 기후·에너지정책 프레임워크의 일환으로 BAU 대비 27%의 에너지를 절감하는 목표를 승인했다. 에너지효율은 EU 집행위원회(European Commission, EC)의 안전하고 경제적이고 지속가능한 에너지를 목표로 하는 에너지연합전략(Strategic Energy Union)의 핵심정책 중 하나이기도 하다. 유럽위원회는 건물·수송부문의 에너지효율 향상에 집중하고 있으며, 에코디자인, 에너지라벨링 등 정책의 범위도 점차 확대되고 있다.

인도에서는 시장 기반의 접근방식으로써 추진해 온 에너지효율성거래제(Perform, Achieve and Trade scheme, PAT)가 2015년 3월로 첫 번째 이행기가 종료되었고, 다음 이행기인 2016년~2019년에는 목표가 상향되고 인증서(certificates)의 거래 범위도 정제, 배전, 철도부문으로 확대될 예정이다. 가전기기에 대한 에너지효율 규제도 강화되어 전기 온수난방분야에

최저소비효율기준(Minimum Energy Performance Standards, MEPS)을 도입하고 가전에 대한 라벨링 요건도 개정하였다.

중동 국가들도 에너지효율 정책을 통해 에너지수요 증가에 대응하고 있다. 이란의 경우 중대형 경유 자동차와 가정용·상업용 건물의 중앙난방 시스템 효율을 높이는 등 국내 연료소비를 낮추기 위한 계획들을 추진하고 있다.

나. 에너지효율 규제

전세계는 지난 십년 동안 에너지효율 향상을 위한 인센티브 및 규제 정책을 지속적으로 추진해 왔다. ‘WEO 2015’에서는 관련 정책들의 에너지절감 효과를 평가하기 위해 세계 모든 지역 및 최종사용부문의 에너지효율 규제정책을 분석하였다. MEPS, 비효율적인 기술의 퇴출, 건물에너지 규정, 산업부문 에너지절약목표제 등 주요 정책들을 분석했다. 분석의 대상은 2005년과 2014년에 판매된 자동차, 보일러, 조명, TV와 같은 새로운 에너지 사용기기 중 에너지효율 규제를 받는 것들으로써 기기의 평균수명과 에너지소비량을 추정하여 얼마나 많은 에너지가 기기로부터 소비되었는지 계산했다.

분석 결과 2005년 에너지효율 규제정책을 통해 세계 최종에너지 소비의 약 14%가 영향을 받은 것으로 나타났다. 2005년에는 승용차와 난방분야가 크게 나타났다. 2014년에는 산업부문이 크게 증가했다. 건물부문의 경우 조명에 대한 규제가 증가해 에너지 소비 규모의 약 70%가 효율 규제를 받게끔 되어 있다. 중국에서는 보다 생산적이고 효율적인 규제로 산업부문에 대한 대기오염을 해결하려는 목적으로 효율규제가 가장 많이 증가한 것으로 나타났다.



수송부문 중 자동차에 대한 규제 범위가 2005년 약 30%에서 2014년 약 34%로 확대되었다. 공급 안정성과 대기오염에 대응하는 측면에서 정책적으로 여객수송분야의 중요성이 커지고 있지만, 승용차에 비하면 규제범위가 반 정도밖에 되지 않고 화물수송의 경우에도 미국, 캐나다, 일본, 중국을 제외하면 효율 규제가 잘 되고 있지 않다. 항공분야의 경우 에너지수요는 빠르게 증가하고 있지만 도로수송만큼 규제를 받고 있지 않다. EU는 탄소거래제(Carbon trading scheme)에 항공분야를 포함시키려고 노력해왔고 미국도 항공분야의 온실가스 규제를 처음으로 시도하는 단계인데 실질적인 추진은 ICAO에 달려 있다. 해운분야에서는 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)가 국제해운(international navigation) 효율 기준을 2013년에 처음으로 도입하였다.

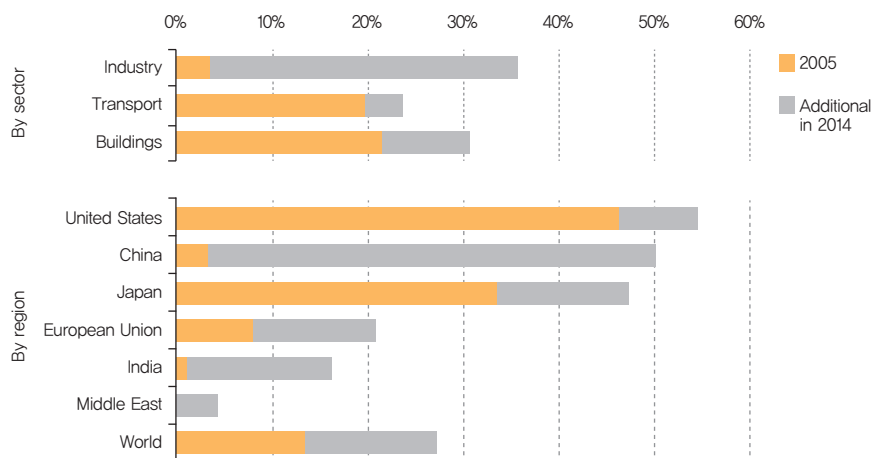
건물부문은 2005년에는 총(1차)에너지 소비의 약 21%, 2014년에는 총 에너지소비의 약 30%가 에너지 효율 규제를 받고 있는 것으로 추정되었다. 난방은 규

제가 가장 잘 되어있는 분야로 EU, 일본, 중국, 인도, 걸프지역 국가들과 미국의 대부분 주에서 적용을 받고 있다. 상업용 및 가정용 건물에 대한 규제는 지역별로 차이가 많지만 공공 건물에 대한 규제는 대체적으로 잘 이루어지고 있다. 조명이나 가전기기에 대한 규제도 많은 국가에서 적용되고 있다. 취사나 온수급탕 분야에 대한 규제는 미흡한 편이다.

산업부문은 2005년에는 총에너지 소비의 약 3%, 2014년에는 총에너지 소비의 약 36%가 에너지효율 규제를 받고 있다. 전동기는 규제가 많이 강화되었지만 변속기, 기어, 최종사용 기기분야는 개선의 여지가 많다. 열·증기 시스템분야와 중소·중견기업 에너지진단 및 관리시스템 의무화도 과제로 남아있다.

지역별로는 미국, 중국, 일본의 에너지효율 규제 범위가 가장 넓은 편으로 이들 국가에서는 최종에너지 소비의 약 50%가 효율규제를 받는다. 중국은 산업부문 규제가 잘 되어있고 일본과 미국은 건물·수송부문의 규제가 잘 되어있는 편이다. 중국은 산업부문 뿐만

[그림 2] 최종에너지 소비 중 효율규제분야의 점유비율



자료: IEA, WEO 2015



아니라 조명, 냉방, 난방, 취사에 대한 규제도 확대되고 있다. 미국은 조명에 대한 규제는 확대되었지만 전기기기나 트럭처럼 에너지수요가 빠르게 증가하거나 효율 규제를 최근해야 시행한 분야가 있어 2005년과 2014년의 규제 범위 차이가 적은 편이다. EU는 열에너지와 화물수송분야의 정책 부재로 인해 에너지소비의 약 20% 정도만 에너지효율 규제를 받는다. 아프리카, 라틴 아메리카, 중동, 아시아 개발도상국에서도 에너지효율 규제는 증가할 전망이다.

3. 세계 에너지효율 전망

새로운 정책 시나리오(New Policies Scenario)²⁾에 따르면, 2040년 1차에너지 수요는 2013년 대비 약 32% 증가한 18,000Mtoe로 나타났다. 2040년까지 1차에너지 수요의 연간 증가율은 1.0%로 지난 23년간 1.9%였던 것 보다는 약간 감소했다. 새로운 정책 시나리오가 이행된다면, 2040년 1차에너지 수요는 기존 정책 시나리오(Current Policies Scenario)보다 약 1,700Mtoe(9%) 줄어든다.

1차에너지 수요 절감량 중 약 3/4은 에너지효율 향상을 통해 달성할 수 있다. 부문별로는 약 34%가 건물, 약 31%가 수송, 약 23%가 산업, 약 7%가 공급, 약 3%가 농업부문이다. 1차에너지 절감량의 약 12% 가량은 중국이 투자주도 경제에서 소비지향 경제로 변하며 경제 구조조정이 빠르게 일어남으로써 발생한다.

일반적으로 서비스부문이 산업보다 에너지를 덜 소비하므로 서비스 지향 경제가 될수록 에너지 절감량도 커지게 된다. 연료·기술의 교체를 통해 1차에너지 수요의 약 7% 정도를 절감할 수 있다. 새로운 정책 시나리오를 적용하면, 에너지효율 향상으로 인해 국제 연료가격이 낮아지면서 반대로 에너지서비스 수요는 기존 정책 시나리오보다 높아지게 된다. 그러나 화석연료 보조금 폐지, 높은 CO₂ 가격, 연료믹스의 변화로 인해 1차에너지 수요를 약 7% 정도 절감할 수 있다.

에너지가격이 낮아지면 초기 투자비용에 대한 회수기간이 예상보다 길어짐으로써 에너지효율 투자의 경제성도 불확실해진다. 신규 구매 차량의 효율이 떨어지고 저유가가 천연가스·전기가격에도 연동되어 이를 사용하는 기기의 효율정책에도 영향을 줄 가능성이 있다. 'WEO 2015'에서 분석한 결과를 보면 저유가 시나리오(Low Oil Price Scenario)³⁾를 적용할 경우, 2015년~2040년 에너지효율 누적투자액은 \$0.8조나 줄어들며 효율향상으로 인한 에너지 절감량의 약 14%가 사라지고, 석유 절감량은 약 11%가 사라지는 것으로 나타났다. 소비자들이 덜 효율적인 자동차를 선택하게 되면서 2040년 트럭의 평균 연료소비가 약 2% 증가하는 것으로 분석되었다.

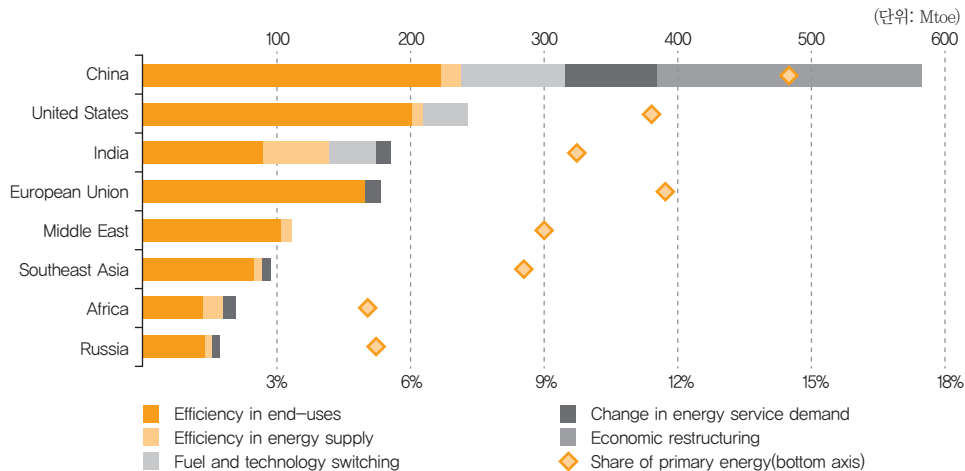
한편, 1차에너지 절감량 중 상당량은 중국에서 실현될 것으로 전망되었다(약 240Mtoe). CO₂ 가격제(CO₂ pricing), 산업소비효율기준(Industrial Energy Performance Standards), 에너지건물규정(energy building codes)을 새롭게 도입한 결과이다. 인도는

2) 새로운 정책 시나리오(New Policies Scenario)는 WEO의 핵심 시나리오임. 현재 적용·시행되고 있는 정책 뿐만 아니라 에너지 관련 발표, 선언 등 아직 시행되지 않은 정책들이 이행될 것이라는 가정에 기반한 시나리오로써 기존 정책 시나리오(Current Policies Scenario)와 비교되고 있음. 'WEO 2015'의 분석 기준연도(base year)는 2013년이나 일부 데이터가 확보된 분야는 2014년의 값도 포함하고 있음.

3) 저유가 시나리오(Low oil price scenario)에서는 지속적인 저유가의 영향을 고려하여 2020년대까지는 배럴당 \$50~\$60을 가정하고 이후 점진 상승하여 2040년 배럴당 \$85에 이르는 것으로 가정함.



[그림 3] 새로운 정책 시나리오의 1차에너지 절감량 및 기여 요인(2040년)



자료: IEA, WEO 2015

발전소의 효율향상으로 인해 약 140Mtoe를 절감할 것으로 보았다. OECD 지역은 자동차 연비기준을 강화하고 건물에너지규정 및 가전기기의 효율 기준의 적용을 확대함에 따라 세계 에너지효율 향상으로 인한 에너지 절감량의 약 40%를 차지하는 것으로 나타났다.

가. 에너지효율 잠재량

2030년 부문별·국가별 에너지효율 정책을 세부적으로 분석한 결과에 따르면 기기, 모터, 트럭, 자동차 등에서 11% 정도 에너지소비를 더 감소시킬 수 있는 경제적 잠재량이 있다. 이를 실현하기 위한 투자는 평균 2년의 회수기간이 걸리며 잠재량이 실현된다면 에너지소비는 2030년 \$860억 감소하게 된다.

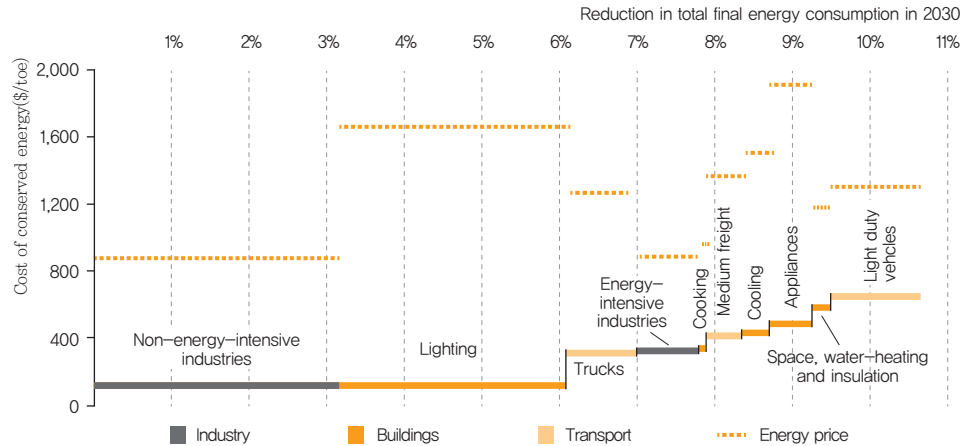
에너지소비 절감 잠재량이 가장 큰 분야는 비에너지 집약적(non-energy-intensive) 산업이다. 총생산비용 중 에너지가 차지하는 비율이 낮기 때문에 에너지 소비 절감에 대한 인지도가 낮지만 향후 실현될 수 있

는 잠재량은 상당하다. 이러한 잠재량이 실현된다면 2030년 \$170억을 절감할 수 있으며 평균 투자회수기간은 2년 이내이다. 건물부문도 효율적인 조명등의 교체 등을 통해 2030년 에너지지출을 \$430억 절감할 수 있고 에너지소비를 26Mtoe 감소시킬 수 있다. 수송부문에서는 2030년 에너지지출을 \$210억 줄일 수 있다.

‘WEO 2015’에서는 에너지효율 정책의 비용효과를 평가하기 위해 단위 에너지를 절약하는데 투입된 비용을 추정하고, 절약된 에너지비용이 지출된 에너지가격보다 낮을 때 경제성이 있는 것으로 분석했다. 새로운 정책 시나리오를 적용할 경우 실현되지 않은 효율정책의 에너지절감 비용은 평균적으로 에너지가격의 1/5 수준인 것으로 나타났다. 즉, 에너지효율 향상에 1달러 투자함으로써 5달러를 절약할 수 있다는 것이다. 조명부문의 경제성이 높게 나타났고, 아직 실현되지 않은 에너지효율 잠재량은 중국, 미국, 인도에서 높게 나타났다.



[그림 4] 새로운 정책 시나리오의 효율향상을 통한 에너지 절감량 및 비용(2030년)



자료: IEA, WEO 2015

나. 부문별 에너지효율 전망

1) 건물부문

건물은 최종에너지 소비의 1/3, 전기수요의 절반 이상을 차지하는 부문이다. 소비되는 에너지의 3/4이 가정용이고 나머지는 공공건물, 사무실, 가게, 호텔, 레스토랑을 포함한 서비스부문이다. 새로운 정책 시나리오를 적용한다고 해도 건물부문의 에너지소비는 증가하지만, 전체 에너지소비에서 건물부문이 차지하는 비율은 낮아질 전망이다. 중국, 러시아, OECD 국가에서 인구가 감소하면서 가정용 에너지수요는 서비스부문 연평균 증가율의 반 정도로 예측되었다. 2040년 에너지효율로 인한 절감량은 약 250Mtoe이며, 조명·가전 기기에 MEPS 적용이 확대되면서 전기분야 절감량이 크게 나타날 전망이다.

건물부문의 에너지수요는 연료와 지역에 따라 다르게 나타난다. 현재 전기는 건물 에너지소비의 약 30%

를 차지하는데 개발도상국의 전기에 대한 접근성 및 전기기기 활용의 증가로 인해 2040년에는 약 40% 이상으로 높아진다. 2040년까지 세계 전기수요 증가분 중에서 OECD 국가가 차지하는 비율은 약 16% 정도이다. 대부분 OECD 국가에서는 효율이 낮은 백열전구의 사용이 사라지고 LED 사용이 촉진되고 있으며 단위면적당 조명에너지 소비도 약 50% 수준으로 감소한다. 또한 OECD 국가의 전기기기는 사이즈는 커지고 있지만 시장이 포화상태에 이르고 있고 에너지효율 정책으로 인해 미래 전기수요의 증가가 완화될 전망이다. EU의 에코디자인지침(Ecodesign Directive), 미국의 에너지효율기준(energy efficiency standards) 및 에너지스타프로그램(Energy Star Program), 일본의 Top Runner 프로그램과 같은 정책들을 추진함으로써 2040년이 되면 판매되는 기기의 평균 단위에너지 소비는 6~25% 정도 낮아지게 된다. OECD 국가에서 소형 가전, 선풍박스나 사무기기 같은 분야의 전기 소비는 현재 일부 국가를 제외하고는 엄격한 에너지효



〈표 1〉 새로운 정책 시나리오의 건물부문 최종에너지 소비 및 CO₂ 배출량

(단위: Mtoe)

구분	Consumption			Change versus Current Policies Scenario			
				Total		Due to efficiency	
	2013	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Coal	128	116	92	-7	-13	-2	-3
Oil	317	273	231	-21	-43	-8	-13
Gas	627	699	775	-36	-92	-25	-60
Electricity	888	1,148	1,544	-74	-167	-59	-144
Heat	152	159	168	-5	-12	-5	-12
Other renewables	134	195	288	13	51	-1	-5
Fuelwood, charcoal	759	722	600	-5	-11	-4	-11
Total	3,004	3,312	3,697	-134	-287	-104	-248
CO ₂ emissions(Gt)	8,5	8,7	9,4	-1,0	-2,6	-0,6	-1,3

자료: IEA, WEO 2015

을 기준을 적용받고 있지 않아 전기소비의 증가가 예상된다. EU는 셋톱박스를 2009년부터 에코디자인 지침에 포함시켰고 미국도 에너지스타프로그램에 사무기기 및 전기기기를 일부 포함시켰다.

미래 전기수요는 대부분 개발도상국에서 증가한다. OECD 국가들과 다르게 개발도상국에서는 대형가전과 냉방기기의 비율이 낮지만, 전기에 대한 접근성이 증가하고 있는 추세로 삶의 질이 향상되면서 전기는 10배 정도 더 소비될 것으로 보인다.

건물부문에서 전기 다음으로 효율향상을 통한 에너지소비 절감량이 큰 분야는 천연가스이다. 건물부문 천연가스 소비의 약 70%는 OECD 국가에서 발생하는데 난방으로 3/4 정도 활용되고 있다. OECD 국가의 건물부문 천연가스 사용은 난방에 대한 MEPS 및 건물 에너지규정의 적용을 통해 2040년까지 연간 0.1%씩 감소할 것으로 나타났다. 한편, 2040년 신규 건축물의 난방에너지는 기존 건축물의 25~70% 수준으로 낮아

질 전망이다.

OECD 국가에서는 신재생에너지의 증가와 연료 교체, 건물 외피의 개선 등으로 난방용 석탄·석유의 사용은 감소될 전망이다. 개발도상국과 신흥국가에서도 건물부문의 석탄·바이오매스 사용은 2040년까지 수요가 감소한다. 두 연료는 주로 중국에서 취사와 난방에 사용되거나 급탕(water heating)에도 사용된다. OECD 이외 지역의 건물부문 석유소비는 약간 증가할 전망이다.

2) 수송부문

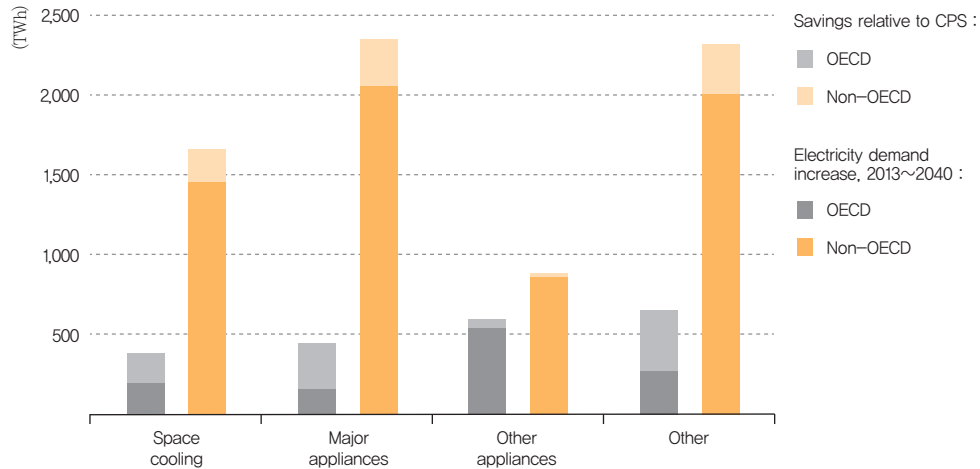
수송은 석유소비의 2/3, 최종에너지 소비의 약 28%를 차지하는 부문이다. 새로운 정책 시나리오가 이행된다면, 수송부문 에너지소비는 2040년까지 연간 1.1%씩 증가한다. 미국에서 발표한 2018년 이후의 중대형 자동차 연비기준 확대 정책, 전기차로의 전환, 화



동향초점

세계 에너지효율 동향 및 시사점

[그림 5] 새로운 정책 시나리오의 건물부문 전기수요 증가 및 절감량(2013~2040년)



주: CPS=Current Policies Scenario
자료: IEA, WEO 2015

석연료에 대한 보조금 폐지 등 정책들을 포함시킴으로써 기존 정책 시나리오보다 낮은 증가율을 보였다. 수송부문에서는 천연가스, 전기, 바이오연료의 소비가 상대적으로 큰 증가를 보인다. LPG가 자동차 및 선박에 사용되고 전기차도 시장점유율이 높아지고 있으며 CO₂ 배출 감소를 위해 바이오연료 소비도 증가하고 있기 때문으로 보인다.

도로수송은 수송부문 에너지소비의 3/4을 차지한다. 나머지는 항공, 해운, 가스 파이프라인, 철도에서 소비된다. 승용차(Passenger Light-Duty Vehicles, PLDVs)가 도로수송 에너지소비의 60%를 차지한다.

새로운 정책 시나리오에서 2040년 수송부문의 석유 소비는 지역별로 다양하게 나타났다. OECD 국가들에서는 석유소비가 약 28% 감소하고 OECD 이외 국가들에서는 약 80% 증가했다. OECD 국가들에서는 자동차의 약 90% 이상이 연비기준을 적용받는 등 에너지효율 정책이 석유소비 감소의 주요 동인이 되고 있지만,

OECD 이외 국가에서는 자동차 10대 중 4대가 연비기준의 적용을 받고 있고 자동차 판매량이 증가 추세에 있어 석유소비는 증가하는 것으로 보인다.

새로운 정책 시나리오에 따르면, 도로수송부문의 총 석유소비는 7mb/d 증가한다. 효율 정책이 미흡한 중대형 자동차의 증가가 주요 원인으로 분석되었다. 현재 중대형 자동차는 절반 정도만이 연비기준의 적용을 받고 있고 그것도 일부 국가에서만 시행되고 있다. 중국은 OECD 이외 국가 중에서 유일하게 중대형 자동차에 대한 규제를 적용하고 있는데 2040년까지 중대형 자동차의 석유소비가 2배에 달할 것으로 예상된다. 2015년 미국은 2027년까지 중대형 자동차에 대한 연비기준 초안을 발표했고 중국도 2015년 7월부터 중대형 상업용 차량에 대한 연료소비 제한을 추진했다. 인도, EU는 2017년까지 최종 규제안을 내놓을 예정이다.

트럭의 효율향상을 통해 2030년 세계 에너지지



〈표 2〉 새로운 정책 시나리오의 수송부문 최종에너지 소비 및 CO₂ 배출량

(단위: Mtoe)

구분	Consumption			Change versus Current Policies Scenario			
				Total		Due to efficiency	
	2013	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Coal	4	2	1	0	0	0	0
Oil	2,357	2,657	2,900	-135	-496	-82	-312
Gas	96	144	231	30	71	-1	-7
Electricity	26	39	77	1	20	-1	-3
Biofuels	65	123	198	16	27	-4	-20
Total	2,547	2,965	3,408	-88	-377	-88	-342
CO ₂ emissions(Gt)	7.3	8.3	9.3	-0.3	-1.3	-0.3	-1.0

자료: IEA, WEO 2015

출을 연간 약 \$70억 줄이고 석유수요를 124천b/

d(thousand barrels per day) 절감할 수 있다. 2030

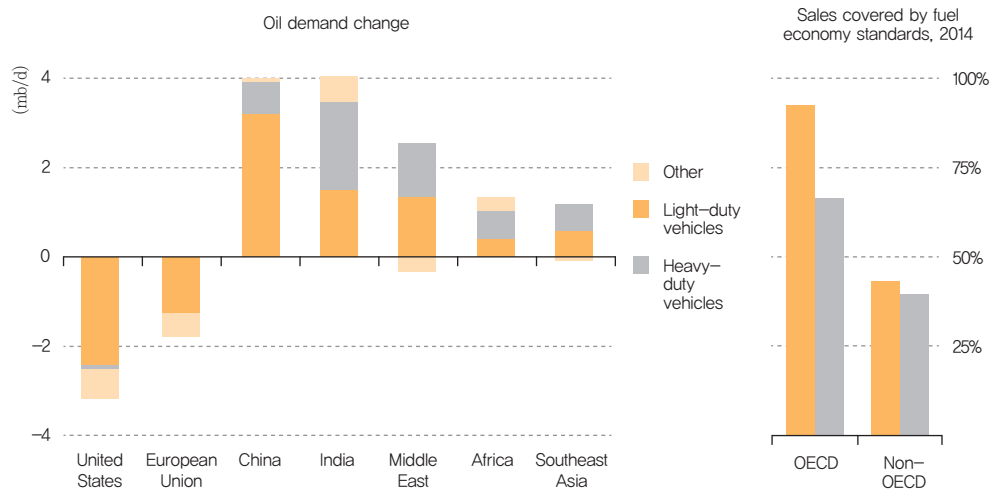
년 판매되는 트럭의 에너지사용을 약 15% 줄일 수 있

는 양이다.

3) 산업부문

산업부문은 전세계 최종에너지 소비의 약 40%를 차지한다. 1990년 이후 산업부문 에너지수요는 연간

[그림 6] 새로운 정책 시나리오의 도로수송부문 석유수요 변화(2013~2040년)



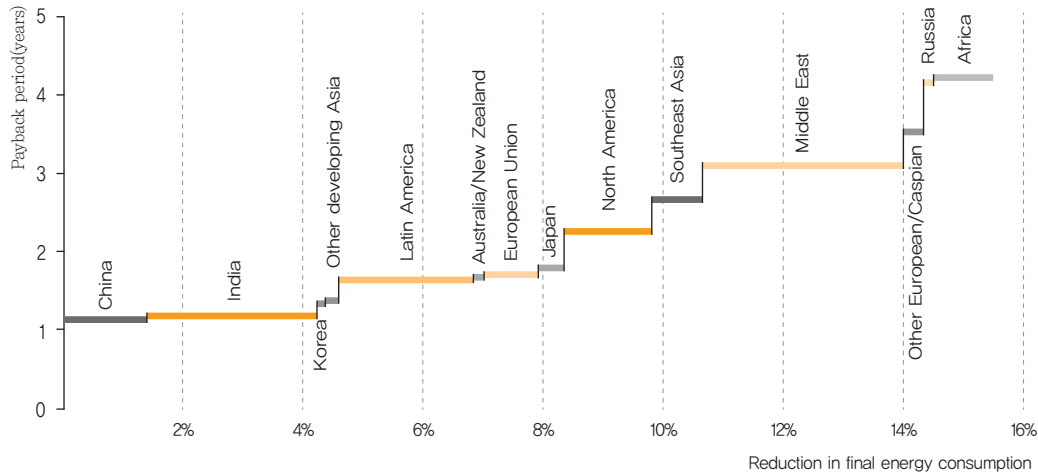
자료: IEA, WEO 2015



동향초점

세계 에너지효율 동향 및 시사점

[그림 7] 새로운 정책 시나리오의 트릭 에너지효율 투자 회수기간(2030년)



자료: IEA, WEO 2015

1.8%씩 증가해 왔는데 전망기간 동안에는 연간 1.3%로 낮아질 것으로 예상된다. 에너지효율의 향상도 수요완화에 기여했지만 에너지 다소비제품에 대한 수요가 줄어드는 것도 영향을 미쳤다. 1990년 이후 세계 철강·시멘트 생산은 연간 3.4%와 5.6%로 각각 증가해 왔으나 2040년까지의 평균 증가율은 각각 연간 0.7%, 0.3% 수준이다. 새로운 정책 시나리오를 적용할 경우 산업부문 에너지수요를 2040년에는 기존 정책 시나리오보다 310Mtoe 정도 절감할 수 있다. 절감량의 2/3를 효율향상을 통해 달성할 수 있다.

에너지 다소비부문(철강, 시멘트, 화학, 제지, 알루미늄)은 현재 산업부문 에너지수요의 2/3를 차지하고, 2015년~2040년 동안 에너지효율 향상을 통한 에너지 절감량의 1/3을 차지한다. 에너지 다소비산업에 적용 가능한 효율정책들의 대부분은 기존 정책 시나리오에 포함되어 있기 때문에 에너지 다소비산업에서의 기존 정책 시나리오와 새로운 정책 시나리오 간의 차이

는 생각보다 크지 않다.

알루미늄의 경우 산업부문 에너지수요의 약 3%를 차지하는데 1차 알루미늄 생산의 전기소비가 크기 때문에 총생산비용 중 에너지지출 비용이 큰 편이다. 세계 알루미늄 산업의 전기소비는 약 780TWh로 이탈리아와 프랑스의 전기소비를 합친 양 이상이다. 알루미늄 생산은 에너지 다소비산업 중 가장 빠른 성장률을 나타내고 있는데 2040년까지 2배 이상 성장할 것으로 보인다. 새로운 정책 시나리오에서 알루미늄 산업은 스크랩 메탈 사용의 증가, 베이어 처리(Bayer process, 알루미늄 제조방법)와 같은 효율적인 기술의 도입, 제련공정의 개선 등을 통해 에너지원단위가 2013년부터 2040년까지 연간 1.0%씩 개선되는 것으로 나타났다.

다. CO₂ 감축량

새로운 정책 시나리오를 적용할 경우 화석연료로



〈표 3〉 새로운 정책 시나리오의 산업부문 최종에너지 소비 및 CO₂ 배출량

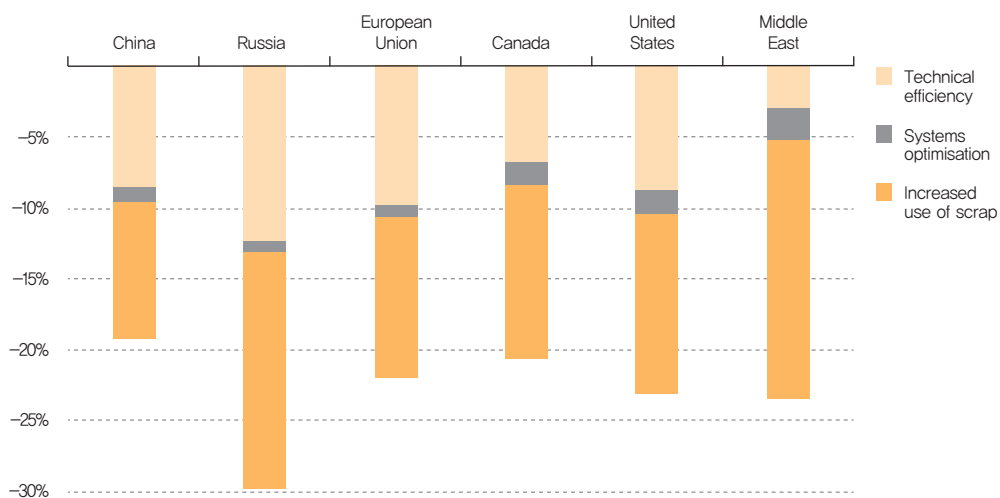
(단위: Mtoe)

구분	Consumption			Change versus Current Policies Scenario			
				Total		Due to efficiency	
	2013	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Coal	1,112	1,199	1,232	-38	-92	-15	-45
Oil	679	825	921	-11	-29	-9	-21
Gas	641	858	1,088	-19	-61	-19	-59
Electricity	711	934	1,181	-34	-91	-21	-41
Heat	132	146	143	-5	-18	-3	-9
Bioenergy	195	255	349	-7	-18	-8	-18
Total	3,471	4,218	4,914	-114	-310	-76	-194
CO ₂ emissions(Gt)	11.1	12.1	12.9	-0.6	-2.2	-0.3	-0.6

자료: IEA, WEO 2015

부터 배출되는 세계 CO₂ 배출량은 31.6Gt에서 2040년에는 36.7Gt으로 증가할 전망이다. 연간 성장률은 0.5%로 기존 정책 시나리오(연간 1.2%)와 지난 25년 간(연간 1.9%)보다 낮게 나타났다. 에너지효율은 배출량 감소의 핵심요인 중 하나로 누적 감축량의 절반 정도가 에너지효율 향상으로 인

[그림 8] 새로운 정책 시나리오의 알루미늄 생산 에너지원단위 감소량(2014~2020년)



자료: IEA, WEO 2015



동향초점

세계 에너지효율 동향 및 시사점

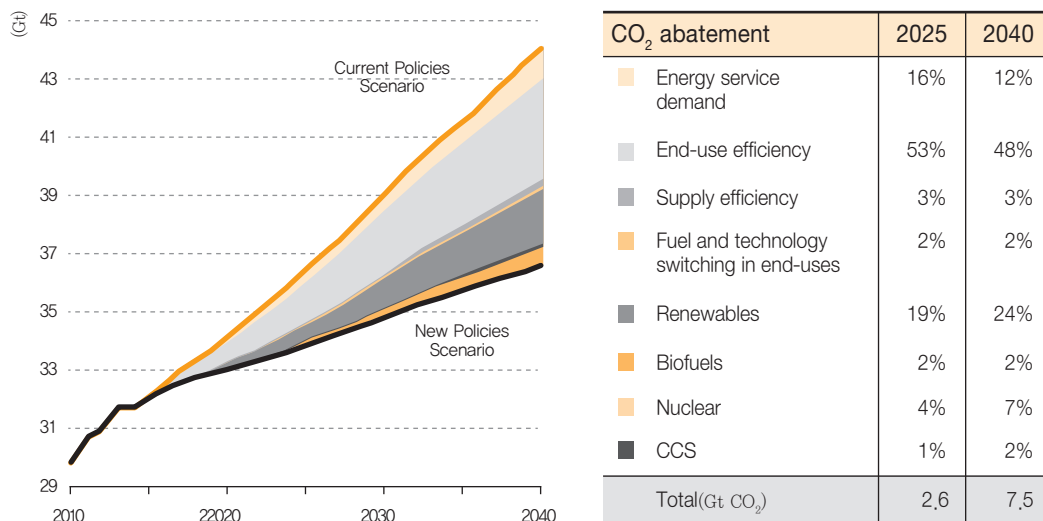
한 것이다. 건물부문의 효율향상이 배출량 절감의 약 45%를 차지하고 수송부문이 약 34%, 산업부문이 약 21%이다. 공급측 효율은 약 3% 정도를 차지한다.

라. 투자

새로운 정책 시나리오를 가정하면, 에너지효율 향

상을 위한 투자는 향후 5년간 \$3,800억에서 2035년 ~2040년에는 \$9,200억으로 2배 이상 커질 전망이다. 현재는 에너지효율 투자의 약 60%가 수송부문에 집중이 되어 있고, 건물부문에 약 36%, 산업부문에 약 4% 투자되고 있다. 지역별로는 향후 5년간 전체 투자의 2/3 정도가 북미, EU, 중국에 집중될 것으로 나타났다. 장기적으로는 에너지수요의 증가 완화를 위해 노

[그림 9] 새로운 정책 시나리오의 세계 에너지 관련 CO₂ 배출 감축량



자료: IEA, WEO 2015

력 중인 중국과 새로운 효율 정책을 추진하는 북미에서 효율 투자가 크게 나타나며 중동, 아프리카, 라틴 아메리카에서도 에너지 사용기기의 증가로 인해 효율 투자가 증가될 전망이다.

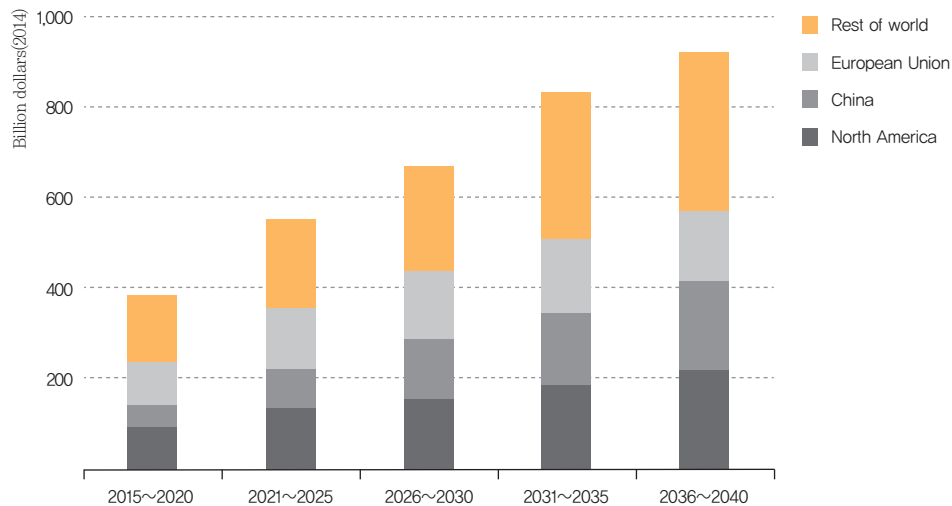
4. 에너지 다소비산업의 재료효율성

가. 개요

5대 에너지 다소비품목인 철강, 시멘트, 플라스틱, 제지, 알루미늄은 산업부문 에너지소비의 절반을 차지하고 있고 앞으로도 증가할 것으로 나타나 관련 에너지수요와 CO₂ 배출의 완화는 중요한 과제라 할 수 있다. 이번 'WEO 2015'보고서에서는 이들의 에너지



[그림 10] 새로운 정책 시나리오의 지역별 에너지효율 투자



자료: IEA, WEO 2015

수요를 절감하기 위한 한 가지 방법으로써 재료효율(material efficiency)⁴⁾을 제안했다.

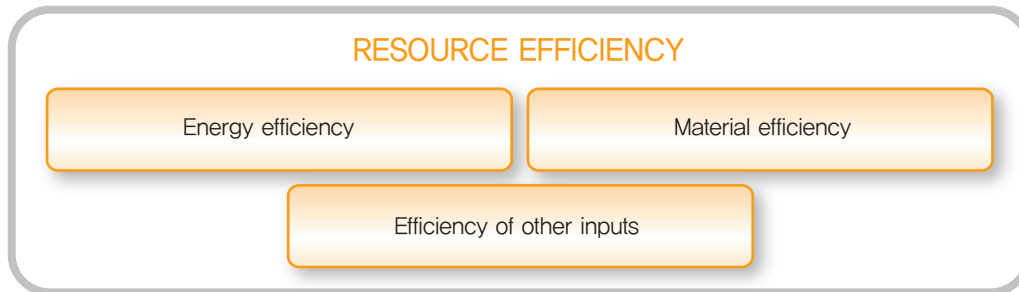
재료효율은 에너지효율과 함께 최근 전세계적인 관심을 받고 있는 ‘자원효율(resource efficiency)’의 한 요소이다. 지난해 G7 정상들은 산업의 경쟁력 강화와 경제성장, 고용 안정화 및 환경보호의 측면에서 자원효율의 중요성을 인식하고, G7 자원효율연합(G7 Alliance on Resource Efficiency)을 결성해 관련 사례와 지식을 공유하는 포럼을 추진하기로 했다. 일본에서도 2000년도에 자원의 생산성, 폐기물 감소 및 재활용에 대한 목표를 담고 있는 건전한 재료순환 사회를 위한 기본법(the Basic Act for Establishing a Sound Material-Cycle Society)을 시행한 바 있다.

2010년 EU는 지속가능한 경제를 위한 성장전략의 일환으로 유럽 2020 전략(the Europe 2020 Strategy)을 발표했으며 지난해 말에는 순환경제전략(Circular economy strategy)을 발표했다. 에코디자인지침에 가전기기의 내구성 및 재활용성 조건을 포함시켰고 EU 집행위원회는 폐기물재순환지침을 개정하고 2020년까지 플라스틱 포장의 약 45%를 재활용하며 2025년까지는 60% 수준으로 높이기로 했다. 중국은 2005년에 순환경제전략을 발표했고, 12차 5개년 계획에 자원 생산성 15% 증가 목표를 포함시켰다. 2011년 중국은 순환경제 촉진을 위해 재활용 재료로 생산된 제품에 대한 부가가치세 감면을 추진했다.

4) 에너지효율 향상이 동일한 수준의 서비스를 제공하는데 에너지를 덜 소비하는 것으로 정의될 수 있다면, 재료효율 향상은 일정한 수준의 서비스를 제공하는데 재료를 덜 사용한다는 개념임. 예를 들면 플라스틱 병의 내구성이나 기능성에는 문제가 없이 병의 무게만 줄이는 것임.



[그림 11] 자원효율의 요소



자료: IEA, WEO 2015

나. 방법론

‘WEO 2015’에서는 새로운 정책 시나리오에 포함되지 않은 재료효율을 더 향상시킬 수 있는 잠재량을 분석하기 위해, 재료효율 시나리오(Material Efficiency scenario)를 설정하여 5대 에너지 다소비산업(철강, 시멘트, 플라스틱, 제지, 알루미늄)을 세부적으로 분석하였다. 이들 산업의 현재 에너지소비는 1660Mtoe, CO₂ 배출량은 7Gt에 달한다.

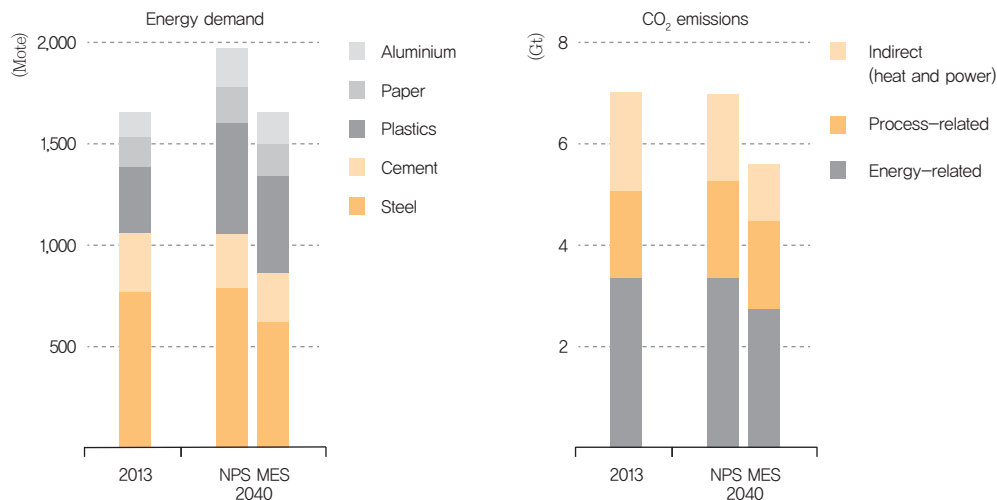
산업계 및 전문가 자문을 통해 2040년까지 활용될 수 있는 재료효율의 잠재량을 결정하고 세계에너지모형(World Energy Model)의 세부산업·기술을 활용하여 5대 에너지 다소비산업의 재료 및 에너지수요를 분석했다.

다. 에너지 다소비부문의 영향

재료효율 시나리오를 적용한 결과 5대 에너지 다소비산업의 2040년 에너지수요는 1640Mtoe로 새로운 정책 시나리오보다 330Mtoe 감소했다. 새로운 정책 시나리오에서는 에너지수요가 2040년까지 연간 0.6%씩 증가하는데, 재료효율 시나리오를 적용하면 에너지

수요가 2025년 이전에 피크에 도달한 후 2040년까지 줄어들어 2013년 수준 이하까지 떨어지는 것으로 나타났다. 또한, 2040년 에너지효율 향상을 통한 에너지절감량도 새로운 정책 시나리오보다 150Mtoe 정도 더 크게 나타났다. 에너지효율과 함께 재료효율을 추가로 고려함으로써 더 큰 에너지절감을 실현할 수 있는 것으로 분석되었다. 2040년 CO₂ 배출량도 새로운 정책 시나리오보다 약 20% 더 감소했고 2020년 CO₂ 배출이 피크에 이른 후 2040년까지 감소하는 형태로 나타났다.

재료효율 시나리오에서는 모든 연료의 사용이 감소하는데 전기·화석연료가 가장 크게 감소한다. 철강수요의 감소와 함께 석탄수요는 190Mtce 감소하는데 이는 현재 남아프리카 석탄 생산량과 비슷한 수준이다. 2040년 원료탄(coking coal) 수요는 75Mtce 줄어든다. 석유수요는 1.3mb/d 감소하는데 이는 플라스틱을 제조하는데 공급 원료가 적게 들어가고 재활용이 늘어나기 때문으로 분석된다. 철강 및 알루미늄 생산이 줄어들고 2차 알루미늄 생산비율이 증가하면서 천연가스는 51bcm 감소한다. 또한, 종이 재활용의 증가로 인해 펄프 생산이 감소하면서 바이오매스 수요도 현저하게 낮아진다.

[그림 12] 에너지 다소비 재료생산 시 CO₂ 배출량과 에너지수요

주: NPS=New Policies Scenario, MES=Material Efficiency Scenario

자료: IEA, WEO 2015

지역별로 보면, 4/5 정도의 절감량이 OECD 이외 국가에서 발생하는데 2040년까지 발생하는 에너지 다소비산업의 에너지수요 중 약 75%가 신흥국 및 개발도상국에서 발생하기 때문이다. 중국은 세계에서 가장 큰 철강, 알루미늄, 시멘트 생산국이며 2040년에는 가장 큰 플라스틱 소비국으로 절감량도 가장 크게 나타난다. 다음으로는 2040년까지 두 번째로 큰 철강 생산국인 인도의 절감량이 크게 나타나고, 중동과 미국에서는 플라스틱 산업에서 절감량이 크게 나타난다.

철강산업은 재료효율 시나리오를 적용할 경우, 2040년 에너지수요는 새로운 정책 시나리오보다 약 21% 감소하고 CO₂ 배출은 약 28% 감소한다. 재료효율 시나리오에서 철강 부품의 수명은 평균 약 17% 증가했고 2040년 스크랩 수요도 새로운 정책 시나리오 대비 약 절반정도로 감소했다.

플라스틱 산업의 에너지수요는 재료효율 시나리오

를 적용하면 2040년까지 연간 1.5%씩 증가하고, 새로운 정책 시나리오에서는 연간 2.0%씩 증가한다. 경량화 및 재활용을 통해 에너지수요를 절감할 수 있으며, 가장 효과적인 것은 제품의 재사용을 증가시키고 플라스틱 제품에 대한 최종사용 수요를 감소시키는 것이다. 재료효율 시나리오를 적용할 경우 재활용 플라스틱 비율은 2013년 약 13%에서 2040년 약 30%로 증가한다.

시멘트는 다른 산업부문에 비하면 에너지 절감량은 상대적으로 제한적이다. 재료효율 시나리오를 적용할 경우 에너지 절감량은 약 7% 수준이다. 재생 콘크리트가 반드시 에너지를 절감하는 것은 아니지만 일부 재사용을 통해 재료효율을 높일 수 있다. 또한, 클링커 대체재의 사용도 재료효율을 높일 수 있다.

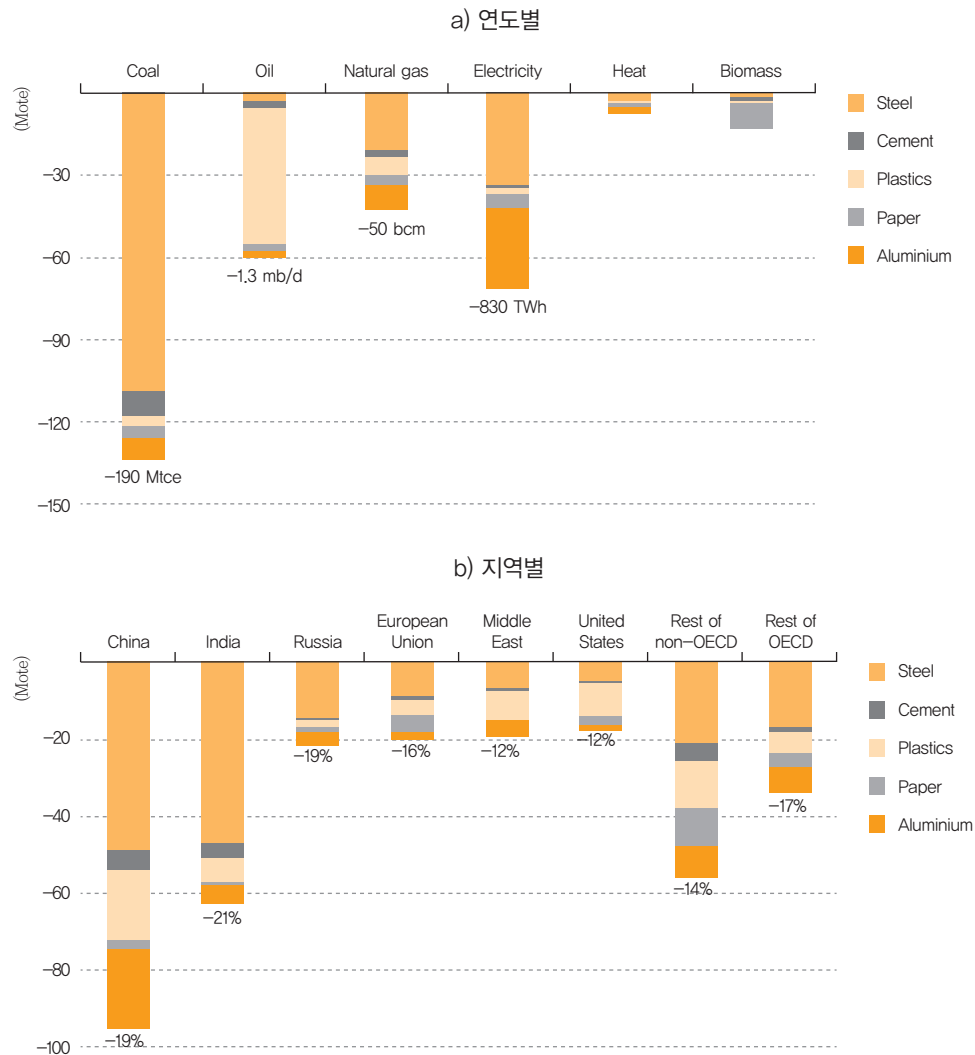
종이는 에너지비용이 총 제조비용의 약 15%를 차지하고 재료비용은 총 제조비용의 절반에 해당하여 종이 경량화를 통한 효율향상 잠재량이 많이 존재한다. 재



동향초점

세계 에너지효율 동향 및 시사점

[그림 13] 재료효율 시나리오의 연료별/지역별 에너지수요 변화(2040년)



자료: IEA, WEO 2015

료효율 시나리오를 적용할 경우 2040년 에너지수요는 새로운 정책 시나리오보다 약 14% 줄어든다.

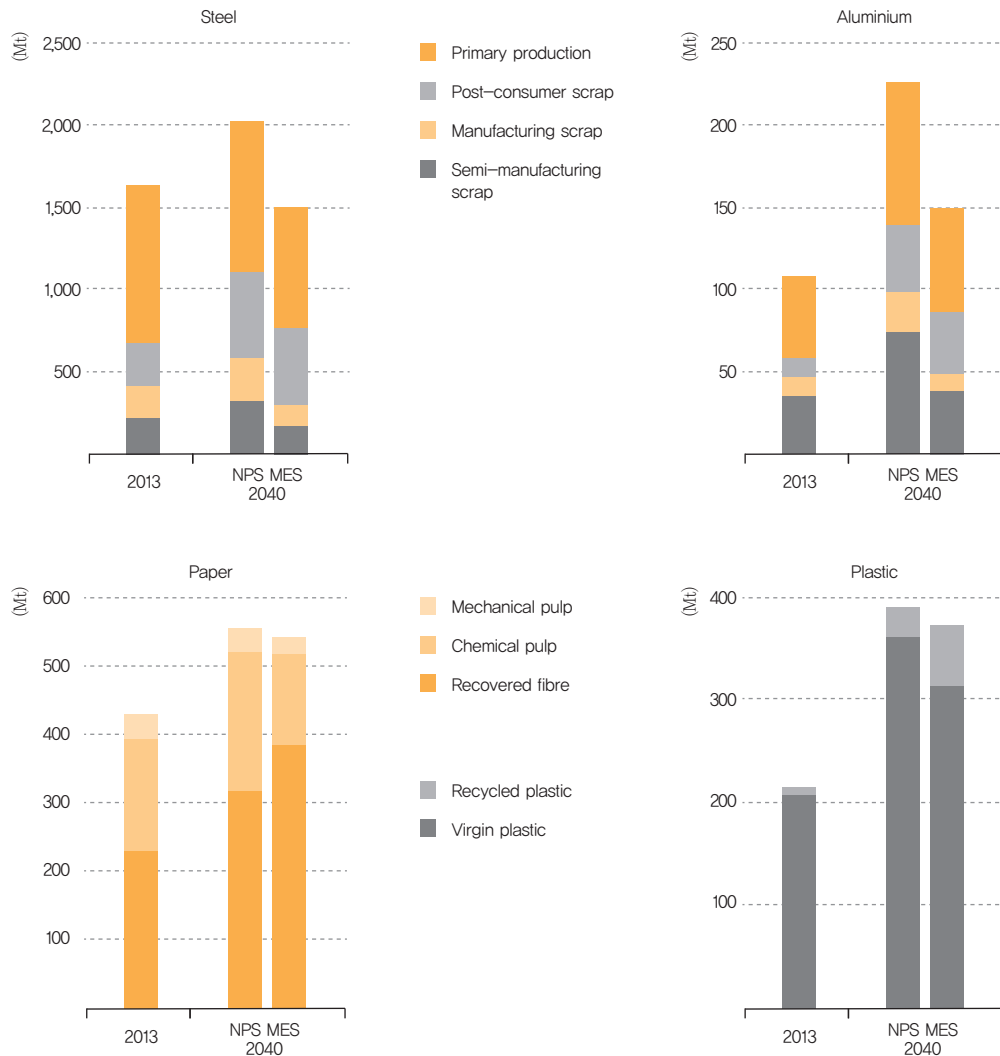
알루미늄 산업은 철강 산업과 비슷한 특성을 보였다. 재료효율 시나리오를 적용할 경우 새로운 정책 시

나리오보다 생산은 1/3 정도 줄어들고, 2040년 에너지수요는 약 26%, CO₂ 배출은 약 39% 감소한다.

라. 정책 제안 및 비용



[그림 14] 세계 철강·알루미늄·제지·플라스틱 생산



주: NPS=New Policies Scenario, MES=Material Efficiency Scenario
 자료: IEA, WEO 2015

에너지다소비 산업의 에너지수요와 CO₂ 배출을 줄이기 위해 재료효율 투자는 필수적이다. 재료효율 전략을 이행하기 위해 투입되는 비용은 추정하기 어렵지

만, 'WEO 2015'에서 참고하고 있는 유사한 연구에서는 자원효율 전략의 실행에서 발생하는 연간 편익을 \$1,440억~2,670억 수준(유럽 식음료 및 금속업 기준)



으로 추정하고 있다.

재료효율 잠재량을 실현하기 위해서는 극복해야 할 장애요인이 많고 다른 인센티브나 정책적인 수단이 시장에 적용되지 않으면, 재료효율 시나리오의 이행은 어려울 것처럼 보인다. 국가별·부문별로 재료효율의 편익과 비용을 분석하고 공공부문에 먼저 적용함으로써 시장에 영향을 주는 것이 필요하다. 재료효율 잠재량의 활용을 촉진하는 계획이 필요하고 다학제적인 접근과 여러 분야 정책전문가들의 협력이 필요하다.

재료의 비효율적 사용을 줄이기 위한 정책으로는 명확한 가격 신호, 재료효율 향상의 편익에 대한 소비자의 인지도 제고, 종합적인 폐기물 재활용 전략, 그린빌딩(재료효율을 고려한 건물 규정), 중소·중견기업의 제조공정 혁신 지원, 재료흐름에 대한 일관성 있고 신뢰할 수 있는 통계 확보 등이 필요할 것으로 보인다.

5. 시사점

저유가의 지속 상황에도 불구하고 에너지효율 향상을 위한 세계 각국의 정책적인 의지는 변하지 않고 있다. 지난해 파리에서 열린 기후정상회의에서는 비용효과적인 온실가스 배출 감축안의 달성을 위해 에너지효율 향상이 필수적임을 재차 확인하였고, G7 정상회담에서도 자원효율과 함께 에너지효율이 지속적인 경제성장의 필수적이며 중요한 요소임이 강조된 바 있다. 파리 제21차 기후변화협약 당사국총회(COP 21)는 ‘파리협정(Paris Agreement)’을 채택하여 선진국과 개도국이 모두 참여하는 신기후체제가 출범되었다.

우리 정부도 지난해 말 Post-2020 신기후체제 출범에 선제적으로 대응하는 ‘2030 에너지신산업 확산전략’을 수립하여 발표한 바 있으며, 금년 초에는 기후기술을 확보하고 에너지신산업의 조기 성장동력화를 견인할 수 있도록 에너지 R&D를 청정에너지 중심으로 재편하는 미션이노베이션(Mission Innovation) 위원회⁵⁾를 발족한 바 있다.

‘WEO 2015’에 따르면 지난 10년간 세계 에너지효율은 에너지안보를 증진시키고 환경오염을 감소시키며 에너지 다소비산업의 경쟁력을 증강시키는 중요한 편익을 제공해왔다. 에너지 다소비업계의 에너지비용을 줄이려는 노력의 결과로 오늘날 철강 1톤은 1980년보다 최종에너지를 평균적으로 약 40% 정도 적게 사용하고, 시멘트는 약 40%, 제지는 약 20%, 알루미늄은 약 14% 적게 사용하게 되었다. ‘WEO 2015’ 보고서는 아직도 효율향상의 잠재량이 많이 남아있고, 재료효율을 고려한다면 2040년까지 훨씬 더 많은 에너지 및 CO₂ 절감량이 발생할 것으로 보고 있다.

신기후체제의 출범과 함께 중장기 미래에 대한 불확실성과 기존 효율개선의 한계를 돌파할 수 있는 에너지효율 정책과 혁신적 기술개발이 가속화됨으로써 전 지구적인 기후변화에 대응하고 새로운 시장과 일자리가 창출되는 더 나은 미래를 기대해 본다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

산업통상자원부, 2030 에너지신산업 확산전략, 2015

5) 산업통상자원부, “정부, 에너지 연구개발 새판 짜다,” 보도자료, 2016.2.6



산업통산자원부, “정부, 에너지 연구개발 새판 짜다,”
보도자료, 2016.2.6

〈외국 문헌〉

IEA, Energy and Climate Change: World Energy
Outlook Special Report 2015, 2015
____, World Energy Outlook 2012, 2012
____, World Energy Outlook 2013, 2013
____, World Energy Outlook 2014, 2014
____, World Energy Outlook 2015, 2015

〈웹사이트〉

<http://www.iea.org/>
<http://www.ketep.re.kr/>