



세계 에너지효율 동향 및 시사점¹⁾

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

1. 서론

세계 에너지생산·배분·사용은 보다 효율적인 조명의 사용, 인터넷이 가능한 기기의 도입, 고연비 자동차, 노후된 보일러나 단열 설비의 교체 등 다양한 요인들로 인해 점점 더 효율적으로 변모하고 있다. 높은 에너지 가격의 지속과 더불어 점차 확대되고 있는 여러 국가의 에너지효율 정책은 세계 에너지수요 증가를 억제시키는 데 도움이 되고 있다. 에너지효율 향상은 에너지공급에 소요되는 추가적인 지출을 줄이는 효과적인 방법일 뿐만 아니라 환경 문제를 극복하고 경제성장을 활성화할 수 있는 좋은 방안이다.

IEA는 「WEO(World Energy Outlook) 2014」에서 에너지효율 향상과 관련된 세계 동향과 핵심 정책들을 바탕으로, 2040년까지 에너지수요를 줄이기 위한 에너지효율의 역할에 대해 분석했다. 「WEO 2013」에 수록하였던 경쟁력부문을 보다 심도 있게 작성했으며 에너지효율과 경제·산업경쟁력 간 관계도 살펴보았다. 또한, 에너지수입이나 가계의 에너지비

용, 온실가스 관점에서 에너지효율 향상으로 인한 기대효과도 간략히 설명하고 있다.

본고는 IEA에서 발간한 「WEO 2014」의 내용 중 에너지효율 관련내용을 요약 및 정리한 것으로써 세계 에너지효율 현황 및 전망과 관련된 내용을 포함하고 있다.

2. 세계 에너지효율 현황

가. 에너지원단위

2013년 세계 에너지원단위는 0.6% 감소하였다. 그 동안의 추세를 살펴보면 1992년~2012년 사이에 평균 0.9% 감소하였고, 2012년에 1.0%, 2011년에 1.3% 감소하였다. 2012년~2013년 에너지원단위가 증가한 주요 지역은 미국으로 세계 에너지원단위가 상승하는데 중요한 영향을 미쳤다. 미국의 경우 2013년에 일시적 한파로 인해 난방도일이 2012년 대비 약 23% 높아졌고 이는 난방수요의 급격한 증가를 가

1) 본고는 IEA에서 발간한 WEO(World Energy Outlook) 2014 중에서 Energy efficiency outlook의 내용을 바탕으로 정리한 것임.

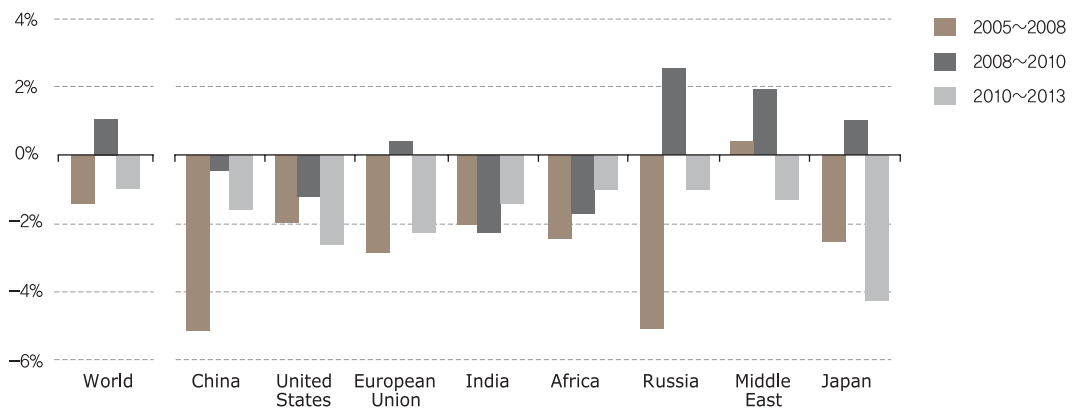


져왔다. 또한, 구조적으로도 비전통 석유 및 가스생산이 급증하면서 석유정제와 같은 에너지 다소비업종이 활성화되었다.

2005년~2008년 동안 석유 및 가스가격이 올라가면서 세계 에너지원단위가 이전보다 빠르게 향상되었으나, 이러한 추세는 금융경제 위기로 인해 2009년~2010년 동안 다시 역전되었다. 이는 크게 세 가지 요인으로 분석될 수 있는데, 첫째, 산업부문의 에너지 소비가 부가가치보다 빠르게 증가했기 때문이다. 산업설비는 용량 대비 풀가동되지 않았지만 에너지공급

은 생산수준과는 상관없이 유지되어야 했다. 둘째, 개발도상국에서 가정·수송부문 에너지소비가 경제성장 속도보다 빠르게 증가했다. 셋째, 세계 평균보다 높은 에너지원단위를 가진 개발도상국이 세계 경제에서 차지하는 비율이 높아졌고, 이들의 성장률은 2009년~2010년에 걸친 금융경제위기 동안 선진국들보다 빠르게 나타났다. 러시아, 일본, EU는 불황으로 큰 타격을 입었고 에너지원단위도 눈에 띄게 증가했다. 한편, 인도와 아프리카에서는 에너지원단위 개선율이 조금 줄어드는 수준에 그쳤다.

[그림 1] 에너지원단위 연간 변화



주: 에너지원단위는 시장환율 기준 2013년 GDP 사용

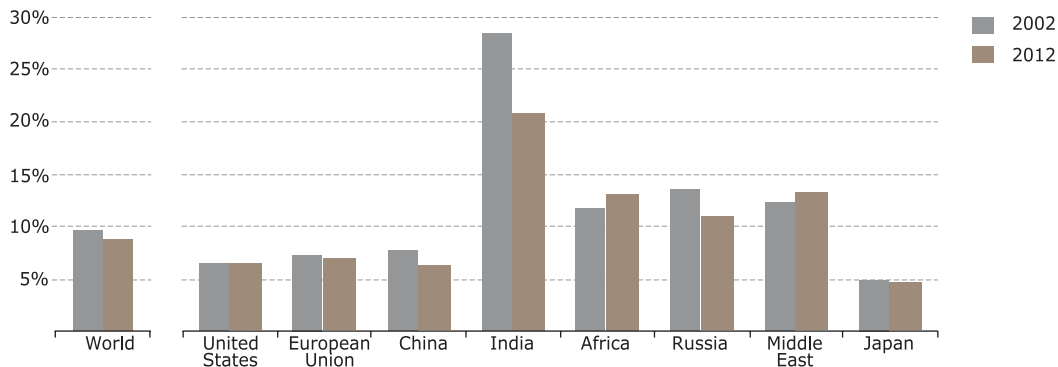
자료: IEA, WEO 2014

에너지수요는 에너지전환, 배분 및 사용과정의 효율이 증가하면 감소될 수 있다. 전 세계 전기 사용자가 발전소로부터 전기를 얻기까지는 총발전량의 8.8% 수준인 1,880TWh의 송배전 손실이 발생한다(2012년 기준). 송배전 손실은 그리드 효율, 기후 조건, 거리 및 기타 비기술적 요소들에 의해 영향을 받는다. 일본의 경우 손실 수준이 평균 5% 이하이지만

러시아의 경우 장거리, 낮은 인구밀도, 노후한 인프라로 인해 손실 수준이 10% 이상 되기도 한다. 인도에서는 전력 도난과 같은 비기술적 요인들도 총 손실에 중요한 영향을 미친다. 대부분 국가에서 발전량 대비 송배전 손실이 차지하는 비율은 지속적으로 감소하고 있는 추세다.



[그림 2] 송배전 손실률



주: 송배전 손실률은 총 공급량(순발전량+수입-수출) 중 손실 비율로 계산

자료: IEA, WEO 2014

2002년~2012년까지 세계 송배전 손실수준은 0.7%p 감소해 연간 160TWh 정도 절약한 것으로 나타났다. 최근에는 손실을 줄이기 위한 방안으로 세계 곳곳에서 분산형 공급 및 유동적인 전력생산을 위한 시도를 많이 하고 있다. 이외에도 기반시설의 유지 관리나 변압기의 고효율화, 고전압 송전망, 스마트 배전망, 분산형 전력생산 비율의 확대 등 노력이 필요하다.

나. 주요국 정책

지난 몇 년간 많은 국가들에서 새로운 에너지효율 정책들이 선언되거나 도입되었다. 세계에서 가장 큰 에너지소비국인 중국은 많은 도시에서 문제가 되고 있는 대기오염을 줄이기 위해 에너지효율 정책들을 점차 강화하고 있다. 산업부문에는 보일러 리노베이션, 비효율적인 석탄발전 보일러의 퇴출, 에너지 다소비업종

의 생산공정 개선 등 새로운 정책들을 도입하였다. 수송부문에는 2005년 이전에 생산되어 유로 I²⁾ 기준을 만족시키지 못하는 자동차를 2015년부터 단계적으로 퇴출시킬 예정이다. 또한, 신축 건물의 절반 이상은 2015년까지 그린 빌딩 기준을 준수하도록 하고 에너지 저소비형 설계·건설·운영 요건들을 부과하기로 했다.

2014년 6월에 미국 환경보호청(EPA)은 청정발전 계획(Clean Power Plan)에서 2030년까지 기존 발전소에서 배출되는 CO₂ 배출량을 2005년보다 30% 낮은 수준으로 감축하겠다고 발표했다. 또한, 건물 관련 기준을 높이고 전기자동차와 상업용 냉장·냉동시설에 대한 기준도 강화했다. 멕시코는 2013년에 자동차에 대한 CO₂ 배출기준을 도입했고, 칠레 정부도 2014년 5월에 '2014~2018 에너지 아젠다'를 수립해 가전기기에 대한 에너지효율 라벨제도와 산업부문

2) 경량 자동차의 CO, NOx, PM에 대한 EU의 배출 기준.



의 효율 향상 관련 정책들을 발표했다.

2014년 한 해 동안 EU 회원국들은 에너지효율지침(Energy Efficiency Directive)의 조항들을 이행했다. 이 지침에서는 2014년~2020년 사이에 연간 최종에너지 소비(누적) 1.5% 감축을 의무화하고 건물 리노베이션 전략 개발을 요구하고 있다. EU의 에코디자인지침(Ecodesign Directive)도 난방, 취사에 대한 기준을 포함하는 것으로 확대되었다. 2014년 7월에는 EC에서 기후 및 에너지에 관한 정책 프레임워크 2030의 일환으로 2030년까지 에너지를 30% 절감하는 목표를 제안하였다.

인도는 2014년 초에 승용차 연비기준을 도입하였고 이로써 전 세계 승용차 판매시장의 75% 이상이 연비나 CO₂ 배출기준의 적용을 받게 되었다. 건물부문에서는 에너지전환 건물 기준(Energy Conversion Building Code)이 2017년까지 의무화되어 보다 엄격한 효율 기준이 냉방·냉장시설에도 적용될 예정이다.

중동에서는 일부 국가들이 에너지수요 급증을 완화하기 위한 정책을 시행해 오고 있다. 건물 단열 및 냉

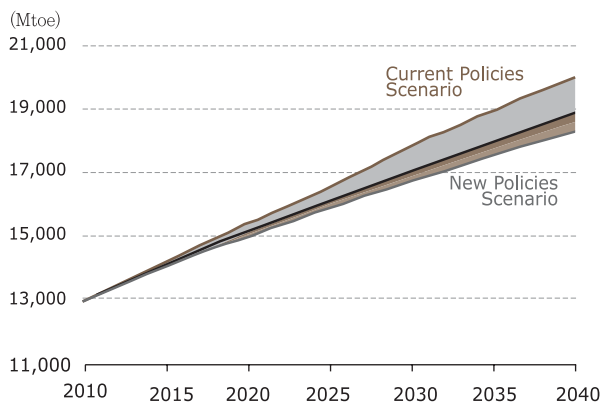
방 효율을 향상시키기 위한 정책들을 시행하고, 사우디아라비아는 2015년부터 판매되는 모든 승용차에 연비기준을 도입하기로 하였다. 그러나 수송 연료에 대한 보조금이 감소하지 않는 한 이러한 정책들의 효과는 제한적일 것으로 보인다.

국가별로 지연되고 있는 효율 정책들도 있다. 미국은 에너지효율 관련 입법과정에서 의회의 승인을 얻는데 실패했다. EU에서도 일부 회원국들이 에너지효율지침을 실행하는 일정이 지연되고 있다. 호주는 CO₂ 배출권 거래제를 폐지했으며 에너지 다소비기업에 대한 에너지효율 프로그램을 종료했다.

3. 세계 에너지효율 전망

새로운 정책 시나리오(New Policies Scenario)에서 1차에너지 수요는 2012년~2040년 사이에 연평균 1.1% 증가율을 보이며 약 37% 증가한다. 이러한 증가율은 1980년~2011년 동안 연평균 1.9% 수준으로 늘

[그림 3] 시나리오별 세계 1차에너지 수요 변화



자료: IEA, WEO 2014

Energy savings in 2040	
■ Efficiency in end-uses	62%
■ Efficiency in energy supply	7%
■ Fuel and technology switching	11%
■ Reduced energy service demand	21%
Total(Mtoe)	
1,750	

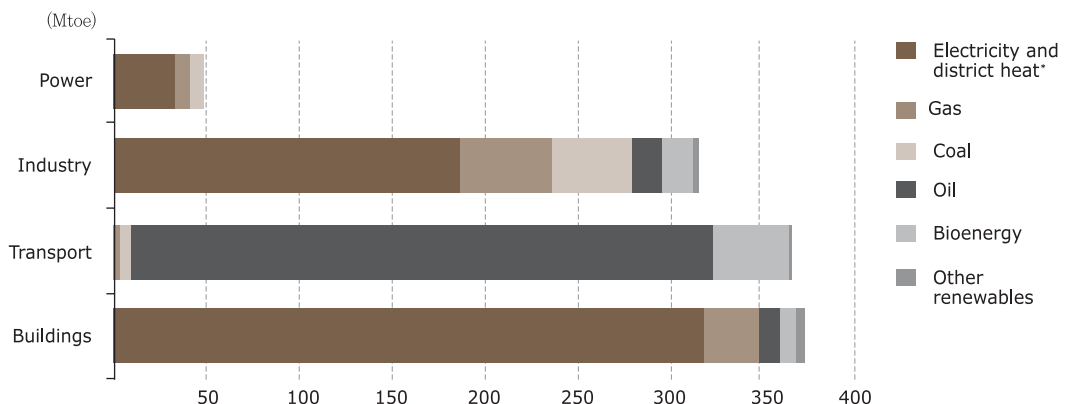
어난 것과 비교하면 다소 완화된 것으로 에너지소비와 경제성장의 탈동조화, 에너지효율의 향상, 구조적 변화, 포화 효과(saturation effect) 등의 요인 때문으로 보인다. 새로운 정책 시나리오에서 2040년 에너지수요는 기존 정책 시나리오(Current Policies Scenario)에서보다 약 9% 낮게 나타나는데 절감량의 3분의 2 정도가 에너지효율 향상을 통해 이루어진다. 에너지원단위는 2040년까지 연간 1.8%씩 감소하는데 지난 20년간 감소율보다 2배 높은 수준이다. 장기적으로 지구의 평균 증가 온도를 2℃ 이하로 제한하는 450 시나리오를 적용하면 에너지원단위 감소율은 연간 2.4%가 되는데, 이를 새로운 정책 시나리오와 비교하면 2040년 에너지수요는 약 15% 더 낮아질 수 있다.

기존 정책 시나리오와는 반대로 새로운 정책 시나리오에서는 이미 채택된 정책들뿐만 아니라 제안 중인 정책들도 포함시킴으로써, 새로운 정책 시나리오에서 발생하는 에너지 절감량의 약 60% 정도가 최종

사용부문의 효율 향상을 통해 발생했다. 에너지공급 부문 즉, 전력생산이나 정제와 같은 분야에서 발생할 수 있는 효율 향상은 다소 제한적으로 나타났다.

에너지효율 향상 이외에도 에너지 서비스에 대한 수요 감소 등 다른 요소들도 에너지 절감량에 기여하였다. 에너지효율 향상으로 인해 국제 에너지가격이 낮아지게 된다면 반등 효과(rebound effect)로 에너지 서비스에 대한 수요가 증가할 가능성도 있다. 그러나 최종 소비 가격은 연료 믹스의 변화나 CO₂ 가격의 상승, 화석연료 보조금 폐지의 영향을 받기 때문에 항상 국제 가격을 따르는 것은 아니다. 에너지의 최종 소비 가격은 국제 가격이 낮아지더라도 국가별로는 증가하는 곳이 발생할 것이며, 세계 전체로 보면 에너지 서비스에 대한 수요는 보다 낮아질 것으로 보고 있다. 중국의 경우도 서비스산업으로의 빠른 전환 추세를 볼 때 에너지 서비스에 대한 수요가 감소할 것으로 보인다. 연료 및 기술 전환, 특히, 가스화력발전과 신

[그림 4] 2040년 연료/부문별 효율 향상에 따른 세계 1차에너지 절감량



주: 최종 사용부문의 전기 및 지역열 수요 절감량을 1차 에너지 절감량으로 환산함. 전력부문에 할당된 절감량은 그리드 시스템 관리 및 플랜트 효율의 증가로 인한 것임. 농업, 석유 및 가스 추출, 정제, 가스 및 석탄 처리 및 바이오연료 정제 부문의 에너지 절감량 90Mtoe는 나타내지 않음.

자료: IEA, WEO 2014



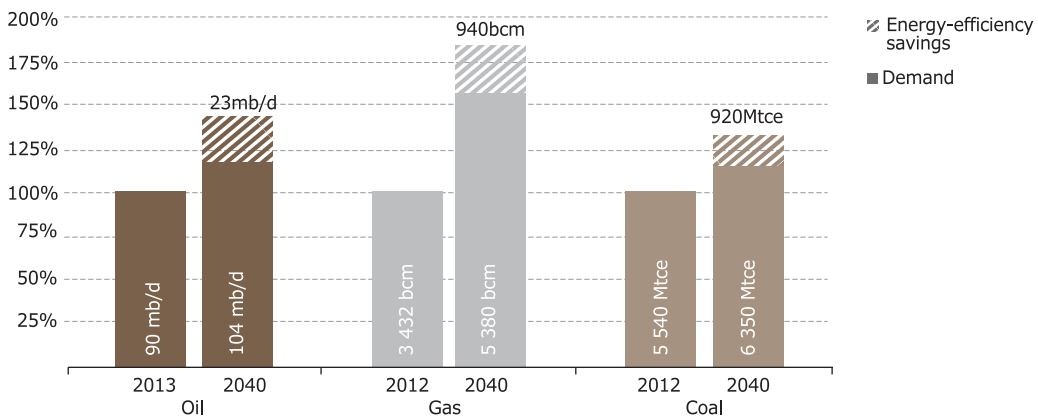
재생에너지도 주요 요인들 중 하나이다.

부문별 1차에너지 절감량을 보면 전력부문은 총 절감량의 약 5% 이하이고, 대부분은 산업 및 건물부문에서 전기소비를 감소시킴으로써 발생한다. 건물 및 수송부문(각각 약 31% 가량)에서 대부분이 절감되며 다음으로는 산업부문에서 약 26% 정도를 절감할 수 있다. 수송부문의 경우 에너지효율 향상으로 인해 절감된 에너지는 대부분 석유 및 바이오연료의 소비를 감소시키는 효과를 가져오며, 건물 및 산업부문에서는 절감되는 에너지의 대부분이 전기사용의 감소로 인해 나타난다.

가. 연료별 전망

에너지효율 정책은 화석연료 수요의 증가를 둔화시키는 데 중요한 역할을 한다. 2012년 이후 에너지효율 향상을 위한 지속적인 노력을 통해 석탄, 석유, 가스에 대한 수요를 거의 1/5 정도로 줄일 수 있다. 수송부문에서 상당량의 석유를 절감할 수 있으며 산업 및 전력부문에서 사용되는 석탄 및 가스를 절감할 수 있다. 효율 향상 정책을 시행함으로써 2040년 2,300만 배럴/일 규모의 석유수요를 절감할 수 있는 것으로 나타났는데, 이는 현재 사우디아라비아와 러시아의 생산량을 합친 규모 이상이다. 2040년 절감할 수 있는 가스는 9,400억^{m³} 규모로 북아메리카의 현재 산출량 이상이다. 2040년 절감할 수 있는 석탄은 9억 2,000만 톤 규모로 중국의 현재 석탄 생산량의 약 1/3 정도 규모에 해당한다.

[그림 5] 세계 화석연료 수요 및 누적 에너지효율 절감량



주: 에너지효율 절감량은 2012년과 2013년의 일반적인 효율 수준을 기준으로 산출
자료: IEA, WEO 2014

이번 분석에 사용한 새로운 정책 시나리오에서 에너지효율 향상을 제외시킬 경우 최종에너지 소비는 전망했던 2,640Mtoe보다 약 66% 증가하게 된다. 절

감량의 규모로 보면 석유 소비(1,210Mtoe)가 가장 크며, 다음으로 전력소비(540Mtoe), 천연가스(380Mtoe), 석탄(230Mtoe), 바이오에너지(180Mtoe), 열(80Mtoe),



기타 신재생에너지(15Mtoe) 순이다.

「WEO 2014」에서는 분해 분석(decomposition analysis)을 통해 높은 수요나 구조적 요인, 에너지 효율과 같은 서로 다른 요소들이 최종에너지 소비 증가에 미치는 영향들을 분석해 시사점을 도출하였다. 최종에너지 소비 중 산업부문은 석탄소비의 약 88%를 차지하고 있는데 철강이 약 50%, 시멘트가 약 15%, 나머지는 건물 난방에 소비된다. 새로운 정책 시나리오를 적용하면 2040년까지 산업활동은 약 120% 증가하지만 석탄소비는 2012년~2040년 동안 약 5% 증가에 그칠 것으로 보인다. 이는 중국에서 철강 및 시멘트에 대한 수요가 2020년 이후 완화된 때문이다. 이외에도 전망기간 동안에는 산업부문의 에너지효율 향상으로 인해 2040년에는 중국과 인도가 소비하는 석탄의 약 190Mtoe가 감소될 전망이다. 또한, 가스 산업에서 연료전환과 에너지 저소비형 산업공정을 적용함으로써 180Mtoe 정도를 절감할 수 있으며, 스크랩 메탈의 사용을 높임으로써 철강부문에서 소비되는 석탄의 70Mtoe를 감축할 수 있다. 건물 난방용 석탄소비는 시간에 따라 점차 사라지겠지만 석탄은 메탄을 생산을 위한 원재료로서 여전히 중요한 역할을 할 것이다.

수송부문은 현재 석유수요의 약 2/3를 차지하고 있으며 산업부문이 약 19%, 건물부문이 약 9%를 차지하고 있다. 새로운 정책 시나리오를 적용할 경우 이동수단에 대한 수요 증가로 인해 2012년~2040년 동안 80% 이상 수송부문 석유수요가 증가하게 된다. 석유수요는 전기자동차나 바이오연료 사용의 증가와 함께 가스로의 연료전환 등 요인으로 감소될 수 있지만, 원자재로써 석유사용의 증가로 석유화학 산업에서 석유수요는 50% 정도 증가할 것으로 보인다.

2012년 천연가스 수요는 약 48%가 산업부문에서 발생했으며 건물부문에서 약 44%, 수송부문에서 약 7% 발생했다. 새로운 정책 시나리오를 적용하면 천연가스수요는 2040년까지 64% 정도로 화석연료 중 가장 큰 증가를 보일 전망이다. 에너지효율 절감량을 가정하지 않는다면 증가율은 92% 정도가 될 것이다. OECD 국가의 경우 난방을 위한 콘덴싱 보일러의 적용이 건물효율 향상에 중요한 영향을 미치며, 비 OECD 국가에서는 산업에서 사용되는 가열로나 보일러의 효율향상을 통해 380Mtoe 정도 가스소비를 감소시키는 것으로 보인다. 그러나 천연가스는 석탄이나 석유보다 친환경적이고 어떤 경우에는 더 저렴할 수 있기 때문에 가스소비는 270Mtoe 정도 증가할 전망이다. 이는 산업·건물·수송부문에서 사용되는 석탄, 석유 등의 연료가 가스로 전환되기 때문으로 분석된다.

새로운 정책 시나리오에 따르면 모든 에너지원 중에서 전기의 소비는 가장 많이 증가해 2012년~2040년 동안 80% 정도 증가하게 된다. 전기자동차, 공정열, 산업 냉방, 조명, 가전기기, 건물 냉방 및 조명에 대한 높은 수요가 핵심 요인으로 작용한다. 전기수요의 증가량은 현재 세계 전기 소비량보다 높은 1,700Mtoe 정도인데, 보다 효율적인 가전기기, 조명, 자동차의 사용을 통해 에너지효율을 향상시킴으로써 2040년 540Mtoe를 절감할 수 있다. 산업이나 건물부문에서 사용되던 화석연료를 전기가 대체하고 수송부문에서도 전기차가 도입됨으로써 전기의 사용은 증가할 전망이다.

현재 바이오에너지 사용의 3/4은 가정부문에서 발생하고 있는데, 이 중 약 90%는 주로 아시아, 아프리카, 중남미와 같은 개발도상국에서 취사 등에 사용된



다. 비OECD국가에서 전통적으로 사용되어 온 고체 바이오매스는 LPG, 전기, 천연가스로 점차 대체되고 있고, OECD 국가에서는 난방용 바이오매스의 현대적 사용이 증가하고 있다. 새로운 정책 시나리오에서는 바이오에너지의 사용이 OECD 국가와 중국에서 증가하고 대부분 다른 나라들에서는 감소한다. 효율 절감량은 수송과 산업부문에서 높게 나타나고 건물부문은 다소 낮게 나타난다. 가정부문의 경우 바이오에너지 사용의 감소는 연료전환을 통해 일어나는 것이 대부분이기 때문이다.

나. 부문별 전망

1) 건물부문

오늘날 최종에너지 소비의 1/3은 건물부문에서 발생하는데, 이 중 가정부문이 3/4, 서비스부문이 1/4 정도를 차지한다. 인구 및 경제의 성장, 전기에 대한 접근성의 증가, 가전기기의 사용 및 건물에너지 소비의 증가로 인한 에너지소비는 2012년 2,937Mtoe에서 2040년 3,870Mtoe 규모로 증가할 전망이다(연평균증가율 1.0%). 모든 종류의 에너지 중에서 전기는 가장 큰 증가를 보이는데 가전기기, 조명, 냉방의 수요 증가가 주요 요인들이다. 반면, 석탄과 석유의 비중이 낮아지면서 소비자들이 난방을 위해서는 다른 연료로 대체할 것으로 보인다. 아프리카를 포함한 개발도상국 가정부문의 경우 정책적 지원과 연료사용의 이용성 증대로 인해 취사용 연료로 LPG, 천연가스, 전기 등 현대적 연료를 사용하게 되면서 목탄 등의 비율은 2012년 약 26%에서 2040년 약 17%로 감소할 전망이다.

건물부문의 에너지소비는 새로운 정책 시나리오를 적용할 경우 기존 정책 시나리오보다 280Mtoe(약 7%) 낮아지게 된다(2040년). 이러한 감소량의 절반 이상은 최종 사용부문의 효율향상을 통해 가능하다. 나머지는 난방에 대한 에너지 서비스수요의 감소 때문으로 주로 화석연료 보조금이 줄어들 것으로 보이는 중국, 러시아, 중동과 같은 국가들에서 나타난다. 또 다른 요인으로는 연료전환 특히, 전기 히트펌프를 사용하는 난방부문을 들 수 있다.

새로운 정책 시나리오에서 서비스부문은 에너지소비의 약 30% 정도를 차지하지만 2040년 효율 절감량을 보면 50% 이상을 발생시키는 분야이다. 가정용 건물 보다는 공공 및 상업용 건물 부문에 채택된 정책 수단들이 큰 역할을 했다. 최종 사용부문 중에서 효율 절감량이 가장 크게 나타나는 분야는 단열, 건물 개조, 고효율 보일러, 자동화 및 컨트롤 시스템 등으로 주로 난방과 관련이 있는데, 효율 절감량 발생의 약 43%를 차지하고 있다. 냉장기구나 식기 세척기, 에어컨을 포함하는 가전기기의 효율 향상은 전체 절감량의 약 39%를 차지한다. 대부분의 정책으로부터 발생하는 절감량은 EU의 에코디자인지침, 미국의 에너지 스타프로그래프와 청정발전계획(Clean Power Plan)과 같은 엄격한 에너지효율 기준의 도입에 따른 것이다. 그러나 전기소비 비율의 증가는 스마트폰, 태블릿, 소형 전자기기 등 제도에 반영되지 못한 새로운 기기들 때문이다. 2013년에는 그러한 기기들이 600 TWh 이상을 소비해 글로벌 소비의 약 3%를 차지했다. 보다 효율적인 기술을 채택함으로써 네트워크가 가능한 기기들의 에너지소비를 65% 정도 감소시킬 수 있다.

새로운 정책 시나리오를 적용하더라도 에너지효율

〈표 1〉 에너지효율 향상을 통한 건물부문 에너지 절감량 및 CO₂ 배출량

(단위: Mtoe)

	Demand			Change versus Current Policies Scenario			
				Total		Due to efficiency	
	2012	2020	2040	2020	2040	2020	2040
Coal	125	119	96	-5	-20	-2	-3
Oil	321	307	258	-11	-42	-3	-8
Gas	596	676	843	-13	-69	-5	-25
Electricity	863	1,038	1,551	-31	-169	-18	-114
Heat	150	157	171	-4	-13	-1	-6
Other renewables*	124	159	299	3	54	0	-3
Fuelwood, charcoal**	758	755	648	-5	-23	-2	-7
Total	2,937	3,211	3,867	-65	-283	-31	-166
CO ₂ emissions(Gt)***	8,3	8,6	9,6	-0,5	-2,8	-0,2	-1,1

주: * 기타 신재생에너지(Other renewables)에는 풍력, 태양광, 지열, 바이오매스 포함

** 가축분뇨, 농업부산물 포함

자료: IEA, WEO 2014

향상 없이는 건물부문의 에너지소비가 2040년 690Mtoe(약 18%) 높아지게 된다. 현재 에너지소비와 관련된 국가별 정책 수준을 볼 때, 향후 기대할 수 있는 효율 향상 잠재량의 반 이상이 미국, 중국, EU 시장에서 발생할 전망이다.

조명은 과거 최종 사용부문의 정책 수립 시 주요 관심항목으로써 현재 건물 전기소비의 약 18%(150Mtoe)를 차지하고 있다. 수요가 높은 분야이므로 조명으로 인한 전기소비는 260Mtoe까지 증가할 것으로 전망되며, 에너지효율 향상이 없다면 이러한 수치는 350Mtoe 정도로 증가할 것이다.

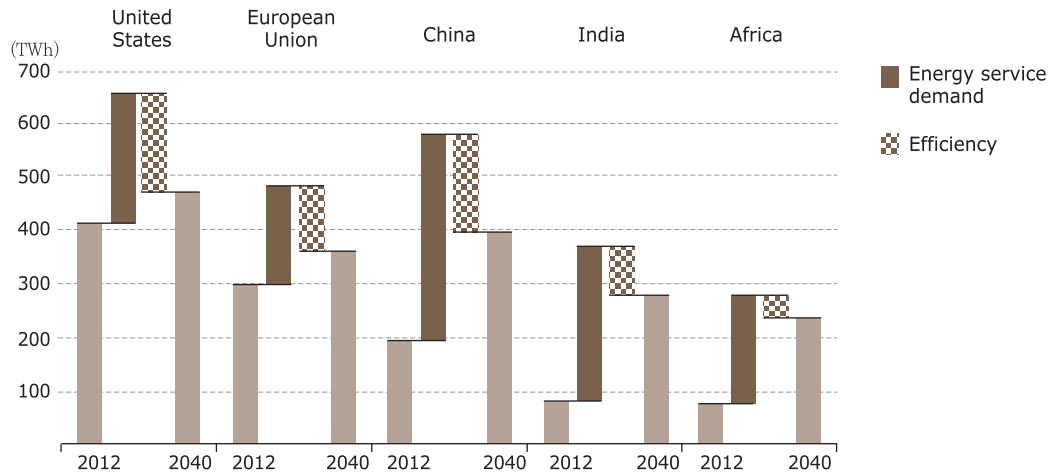
현재 가정부문의 조명은 전 세계적으로 백열전구가 약 51%, CFL이 약 26%, LFL이 약 17% 정도 차지하고 있으며 서비스부문에서는 LFL이 2/3를 차지하고 CFL이 약 20%를 차지한다. 백열전구에서 CFL로의

전환은 에너지사용을 75% 정도 감소시키며 LED로 전환하는 경우에는 80% 정도 감소시킨다. 상업부문에서 보다 효율적인 타입의 LFL로 교체하게 되면 에너지소비를 25% 정도 감소시킨다. 효율적인 조명 기술과 능동 제어 시스템을 연계하면 더 큰 절감량을 가져올 수 있다.

조명분야 에너지소비 증가를 줄이기 위해 많은 국가들이 백열전구를 단계적으로 퇴출시키는 정책과 표준 및 라벨링 제도 등을 도입하고 있다. 새로운 정책 시나리오에서는 미국과 EU의 에너지 기준 채택에 조명 분야 에너지수요 증가가 과거보다 유의미하게 낮게 나타난다. 조명 수요 증가는 중국에서 가장 크게 나타나고 다음으로는 전기에 대한 접근성이 증대되고 효율 기준이 엄격하지 않은 인도와 아프리카에서 나타날 것으로 보인다.



[그림 6] 건물부문의 조명 전기수요



자료: IEA, WEO 2014

2) 수송부문

수송부문은 현재 글로벌 최종에너지 소비의 30% 정도를 차지하며 거의 3/4 가량이 석유소비이다. 새로운 정책 시나리오를 적용하는 경우 에너지소비는 2012년~2040년까지 연간 1.2%씩 증가하는데 2025년까지는 연간 1.4%씩 증가한다. 바이오연료는 연료 중에서 CO₂ 배출을 줄이고 석유 의존도를 줄이기 위한 목적으로 사용 지역이 증가하면서 두 번째로 큰 증가를 보이는 분야이다. 천연가스 소비가 차지하는 비율은 도로 수송 및 선박부문의 소비 증가로 2012년 약 4%에서 2040년 약 7%로 증가한다. 기존 정책 시나리오와 비교하면 새로운 정책 시나리오에서는 에너지효율 정책을 강화함에 따라 수송부문의 2040년 CO₂ 배출이 약 12% 낮아지게 된다.

새로운 정책 시나리오를 적용하는 경우 수송부문의

에너지효율 절감량은 2040년 370Mtoe 규모이다. 절감량의 약 70%가 승용차(PLDV) 연비기준을 강화하는 정책에서 발생한다. 2014년 초반에 인도는 기업평균연비기준(Indian Corporate Average Fuel Consumption Standard)을 2021년~2022년까지 4.8ℓ/100km로 구체화하는 등 PLDV에 대한 연비기준을 의무화했다.

중국, EU, 북미, 일본, 브라질, 인도, 한국 등 주요 자동차 시장도 연비기준 제도를 가지고 있다. 이들 시장은 글로벌 PLDV의 3/4 이상을 차지하고 있으며 PLDV 석유소비의 70% 정도를 차지한다. 2040년에는 연비기준을 가진 지역이 자동차 판매시장의 약 80%를 차지하게 된다. 그러나 이러한 지역에서 PLDV의 글로벌 석유소비 비중은 보다 높은 연비기준을 도입함으로써 줄어들고 있다.

새로운 정책 시나리오에서 도로 화물수송부문은



〈표 2〉 에너지효율 향상을 통한 수송부문 에너지 절감량 및 CO₂ 배출량

(단위: Mtoe)

	Demand			Change versus Current Policies Scenario			
				Total		Due to efficiency	
	2012	2020	2040	2020	2040	2020	2040
Coal	3	3	1	0	0	0	0
Oil	2,325	2,563	2,937	-62	-474	-33	-333
Gas	91	116	229	10	62	-1	-10
Electricity	26	34	82	1	20	0	-2
Biofuels	60	101	218	14	44	-1	-25
Total	2,504	2,816	3,467	-37	-347	-35	-369
Co ₂ emissions(Gt)	7.2	7.9	9.3	-0.2	-1.3	-0.1	-0.9

자료: IEA, WEO 2014

2040년 수송부문에서 두 번째로 높은 에너지효율 절감량(50Mtoe, 약 14%)을 차지하고 있다. 대부분 나라들은 승용차에 대한 기준에만 집중하고 있고 미국, 캐나다, 일본만이 화물수송에 대한 배출기준이나 연비기준을 가지고 있다. 도로수송의 석유소비 비중은 2012년 약 40%에서 2040년 약 43%로 증가할 전망이다. 트럭과 상업용 차량에 대해서도 효율기준을 적용하는 것은 에너지효율 측면에서 뿐만 아니라 지역의 대기질 개선에도 중요하다. 몇몇 지역은 현재 도로수송 연비기준 시행을 목표로 이해관계자 의견을 수렴하는 등 관련 정책 수립을 준비하고 있다. EU와 중국은 2015년에 규제를 도입할 계획이다.

도로수송이 아닌 부문 즉, 철도, 해운, 항공, 파이프라인 수송 등 분야는 현재 수송 에너지소비의 1/4 이하를 차지하고 있지만, 새로운 정책 시나리오에 따르면 에너지소비는 연 1.2%씩 증가할 전망이다. 현재 명확하게 이 부문에 대한 연료효율 향상을 목표로 하

는 국가 정책은 없으며, 국제해사기구(International Maritime Organization)와 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organisation)에서 시장 기반의 배출 계획을 개발하는 중에 있다. 항공승객 및 화물 운송량은 급격히 증가하는 반면 에너지효율 향상 속도는 느리기 때문에 항공부문의 에너지 소비는 연 1.6% 수준으로 증가할 전망이다. 항공부문에서 완전한 에너지효율 향상을 가정하였지만 2020년 이후에는 운영 최적화, 기반시설 개선, 엔진 및 기체 개선을 통해 연료 효율이 30% 정도 개선될 것으로 보인다.

3) 산업부문

산업은 오늘날 최종에너지 소비의 약 40%를 차지한다. 새로운 정책 시나리오에서 산업부문 에너지소비는 2012년~2040년 사이에 연 1.3% 수준으로 증가



할 전망이다. 에너지 다소비산업은 현재 산업부문에서 총에너지 소비의 60% 이상을 차지하고 있지만 2040년에는 약 55% 수준으로 떨어질 것으로 보인다. 이는 에너지 다소비산업이 아닌 부문들이 빠르게 성장하는 반면 상대적으로 철강 및 시멘트산업은 생산 증가가 느리게 나타나기 때문이다.

새로운 정책 시나리오에서 2040년 산업부문 에너지 소비는 4,860Mtoe에 달하며 기존 정책 시나리오와 비교하면 320Mtoe(약 6%) 낮다. 절감량 중 약 60%는 향상된 에너지효율에서 기인한 것으로 특히

에너지 다소비가 아닌 산업이 중요한 역할을 한다. 에너지 다소비산업과 관련된 에너지효율 정책 대부분은 기존 정책 시나리오에도 포함되어 있지만, 새로운 정책 시나리오에는 에너지 다소비가 아닌 산업에서의 에너지소비 절감 목표가 추가되었기 때문이다. 이러한 정책들은 에너지관리 시스템 적용, 에너지진단, 화석연료 보조금 폐지, 에너지 서비스기업의 강화, 재정적 인센티브 등을 포함하고 있다. 에너지 서비스에 대한 수요 감소, 연료전환, 산업공정의 변화 등도 주요한 에너지효율 향상의 동인이라고 할 수 있다.

〈표 3〉 에너지효율 향상을 통한 산업부문 에너지 절감량 및 CO₂ 배출량

(단위: Mtoe)

	Demand			Change versus Current Policies Scenario			
				Total		Due to efficiency	
	2012	2020	2040	2020	2040	2020	2040
Coal	1,047	1,171	1,133	-31	-92	-12	-37
Oil	681	785	911	-7	-24	-4	-14
Gas	641	771	1,103	-14	-69	-9	-44
Electricity	689	872	1,202	-20	-116	-14	-71
Heat	131	143	153	-2	-3	-2	-7
Bioenergy*	187	231	356	-4	-18	-4	-17
Total	3,377	3,972	4,859	-78	-322	-45	-190
CO ₂ emissions(Gt)**	10.6	11.7	12.7	-0.3	-2.3	-0.2	-0.8

주: * 기타 신재생에너지(Other renewables)를 포함

** 전기, 열로부터 배출되는 간접 배출량을 포함

자료: IEA, WEO 2014

지역별로 살펴보면 새로운 정책 시나리오에서 에너지효율 절감량의 3/4 이상은 OECD 이외 지역에서 실현된다. 중국이 최근 비효율적인 석탄 보일러 퇴출, 에너지성능 기준 향상과 같은 정책들을 추진함에 따

라 세계 에너지효율 절감량의 31% 정도를 차지하고 있다. EU는 9% 정도를 차지하며, 에너지효율지침이 중요한 동력원이다. 에너지효율지침에서는 대기업에 대한 에너지진단·감시를 의무화하고 중소·중견기



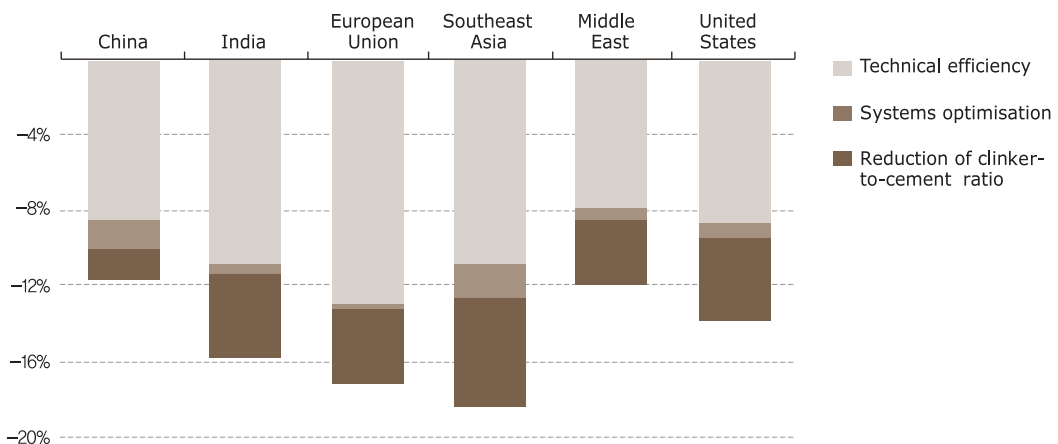
업에 대해서는 에너지진단·감시를 권고하며, 에너지 관리 시스템 사용에 대한 인센티브를 제공하는 정책을 포함하고 있다. 인도는 절감량의 8% 정도를 차지하는데 에너지효율 인증제도가 확대될 것이라고 가정한 결과이다. 에너지효율을 개선할 수 있는 잠재력에도 불구하고 아프리카는 5% 정도만을 차지했는데, 에너지효율 향상을 추진하는데 다양한 장애물들이 존재하기 때문이다. 아프리카의 경우 에너지의 공급 및 접근성 확대가 우선적으로 해결되어야 하며, 에너지효율적인 기술에 대한 정보 부족, 낮은 에너지가격과 재정적 어려움이 에너지효율 개선의 장애물로 작용하고 있다.

시멘트 생산은 3대 에너지 다소비산업 중 하나로 화학, 철강산업 다음으로 에너지소비가 많다. 세계 시멘트생산은 현재 브라질 전체의 에너지 사용량보다 많은 양을 소비하고 있다. 향후 십년간 중국의 시멘트 수요는 14% 정도 증가해 2040년에는 43억 톤에 달

할 것으로 전망된다. 2040년 산업부문의 세계 에너지 소비는 2012년 대비 시멘트 톤당 소비되는 에너지량의 감소로 약간 낮아지게 된다. 시멘트생산의 에너지원단위는 클링커 생산의 효율이나 생산공정 개선을 통해 감소시킬 수 있다.

새로운 정책 시나리오에 따르면 시멘트 생산의 에너지원단위는 연평균 0.5% 감소한다. 클링커 대 시멘트 比의 감소가 전체 에너지 절감량의 약 30%를 차지했고, 나머지는 기술적으로 에너지효율 및 시스템을 최적화한 결과였다. 클링커 생산의 에너지소비는 소성로(kiln) 기술에 좌우되며 원자재의 수분 함량에 따라서도 달라진다. 가장 최신 기술이라 할 수 있는 건식 회전로와 비교하면 기존 기술은 시멘트 톤당 에너지를 2배 정도 소비한다. 전망 기간인 2040년까지는 주로 EU에서 에너지원단위가 감소하며, 오래된 생산 기술이 향후 25년간 단계적으로 사라질 것으로 보인다.

[그림 7] 새로운 정책 시나리오의 시멘트 생산부문 에너지원단위 감소(2012~2040)



주: 이 지역들에서 생산되는 시멘트 생산량은 세계의 80%를 차지하고 있음(2012년 기준)

자료: IEA, WEO 2014



이외에도 새로운 정책 시나리오에서 대부분의 에너지 효율 절감량은 클링커 냉각 기술, 폐열 활용, 소성로 열 손실 감소 등을 통해 나타난다. 최근 중국에서는 폐열 활용 발전 시스템을 적용함으로써 상당한 전기를 절감했는데 아시아와 라틴 아메리카에도 잠재력이 있다. 그러나 중동과 미국의 경우 상대적으로 에너지가격이 낮아 에너지효율 시설의 경제성이나 관심이 떨어진다. 새로운 정책 시나리오에 따르면 중국과 인도의 에너지원단위 감소가 상대적으로 낮게 나타났는데, 이는 지난 십년간 최신 기술을 사용한 시설들이 상당수 있기 때문이다.

다. 에너지효율과 경쟁력

국제경쟁력과 경제성장 측면에서 에너지의 역할은 최근 경기 침체와 디플레이션, 지역 간 에너지가격 불균형을 겪고 있는 많은 선진국에서 정치, 경제, 환경적으로 중요한 이슈가 되었다. 에너지는 어느 산업에서나 생산비용 중 큰 비중을 차지하고 있으므로 전기, 천연가스와 같은 에너지의 가격 차이는 산업경쟁력과 경제전반의 경쟁력에 중요한 영향을 미칠 수밖에 없다. 상대적으로 에너지가격이 높은 에너지 수입국에서는 경쟁력 상실에 대한 우려가 증가하고 있다. 반대로 상대적으로 낮은 에너지가격을 갖고 있는 국가들은 에너지 다소비제품의 생산 및 수출을 활성화함으로써 경쟁력을 확보하려고 한다. 에너지 다소비산업에서 에너지효율만으로 현재의 가격 차이를 극복하고 산업경쟁력을 강화하는 것은 한계가 있다. 그러나 전반적인 경제적 경쟁력은 경제활동을 증가시킬 수 있는 다양한 효율 정책을 통해 활성화될 수 있다.

글로벌화 된 세계에서 에너지가격은 에너지 다소비

산업의 비즈니스를 하는데 있어서 중요한 요소이며, 정부의 에너지효율 정책은 국내 부가가치가 높은 제품의 생산을 목적으로 하는 산업 정책으로 활용될 수 있다. 예를 들어, 일본과 유럽처럼 높은 에너지가격을 갖는 지역의 경우 효율적인 자동차의 채택을 독려하는 정책은 자동차 공급자들에게는 기회가 될 수 있다.

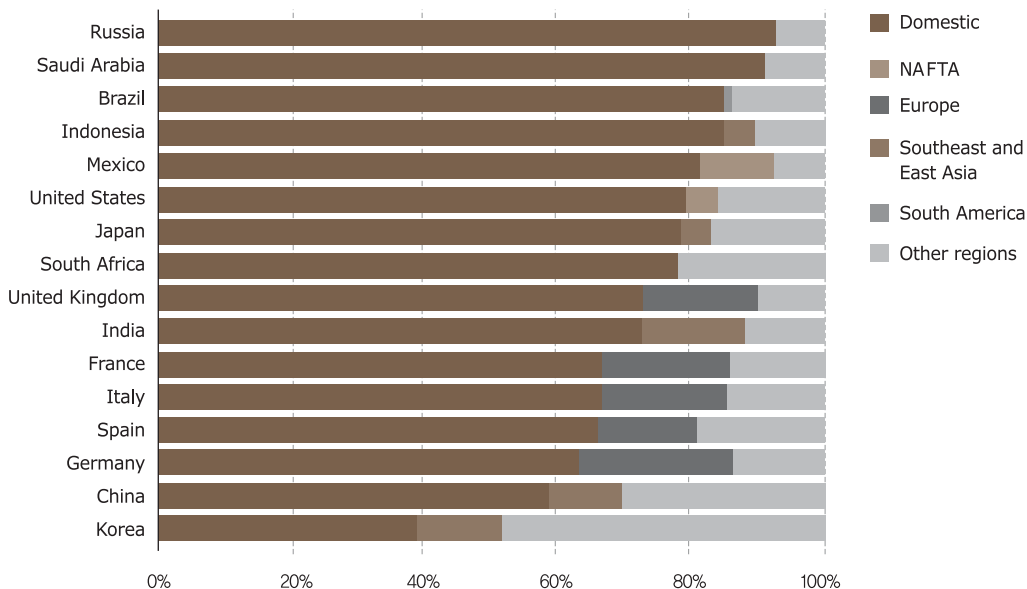
국내에서 창출되는 부가가치의 비율은 경쟁력의 핵심 지표이다. 특히 화학산업에서 국내 부가가치는 경제의 규모와 에너지자원 규모에 따라 증가한다. 에너지 부국에서는 국내에서 생산된 중간재에 대한 의존도가 높고 다양한 화학제품의 생산을 포함해 다양한 산업 활동을 하고 있다. 미국이나 러시아와 같은 국가들은 화학산업에서 부가가치의 약 80% 이상을 창출해 내고 있으며 가스가격 등 국제 시장의 에너지가격에 덜 민감하다. EU의 경우 대부분의 무역 상대국이 다른 EU 국가들이고 화학산업의 가치사슬이 지역 내에 있어 유럽의 높은 에너지비용은 지역 산업뿐만 아니라 EU 전체에 장애가 되고 있다.

1) 국제경쟁력 향상

IEA 「WEO 2012, 2013」에서도 분석되었지만 에너지효율은 높은 에너지가격으로 인한 충격에 대응할 수 있는 대안으로써 다양한 편익들을 제공한다. 생산비용을 낮추고, 생산 시스템의 안정성과 신뢰도를 개선하며, 유지비를 낮추고, 생산 품질을 향상시키며, 폐기물 감소 및 가계의 가처분 소득 증가, 경제 성장 촉진, 온실가스와 오염물질 배출 감축 등 효과를 제공한다.

새로운 정책 시나리오에는 에너지효율을 향상시킬 수 있는 많은 잠재량 중 1/3 정도만 활용되었다. 경제

[그림 8] 국가별 화학제품 수출의 부가가치 비중(2009)



주: NAFTA=North American Free Trade Agreement

자료: OECD-WTO Trade in Value Added(TiVA) database(OECD and WTO, 2012); IEA analysis.

적으로 가능한 잠재량의 나머지는 정부가 가계나 기업에 지출과 투자를 독려하지 않는 한 실현되기는 어렵다. 이러한 개입은 낮은 인식과 제한된 에너지소비 정보들로 인해 발생할 수 있는 에너지효율 향상의 다양한 장애물을 극복하는데 필요한 일이다.

2) 에너지 다소비산업의 비용 절감

에너지는 다른 경제분야에 비해 산업생산 비용 중 차지하는 비중이 크기 때문에 에너지비용은 산업경쟁력을 좌우하는 중요한 요소 중 하나이다. 최근에는 지역 간 가격 격차가 점차 커지고 있는데, 쉬운 사례 중 하나가 북미 천연가스와 전기가격이 하락하고 있는

현상이다. 이는 셰일가스의 생산 때문이기도 하고 중국과 다른 아시아 국가들에서 수입의존도 및 수요가 증가함에 따라 석탄, 가스, 전기 가격이 오르고 있기 때문이기도 하다.

에너지효율 향상에 대한 투자 수익은 에너지비용을 감소시킴으로써 발생하지만 정보 부족이나 재정적 문제로 추진되지 않을 수 있다. 대부분의 에너지 다소비 산업은 에너지비용 절감의 중요성을 인식하고 있으며 에너지가격이 상대적으로 높은 유럽에서는 보다 효율적인 공정 및 기술에 대한 투자를 지속해 왔다. 생산 기술의 진보와 시장 환경의 변화는 에너지의 이용을 보다 효율화할 수 있는 잠재량이 있다는 것을 의미한다. 비용이 낮은 지역일지라도 장기적으로는 에너지



효율을 개선하는 것이 생산성을 향상시키기 위한 목적으로써 의미가 있다. 전기아크로(EAFs)를 사용하는 철강산업과 화학산업의 경우를 살펴본다.

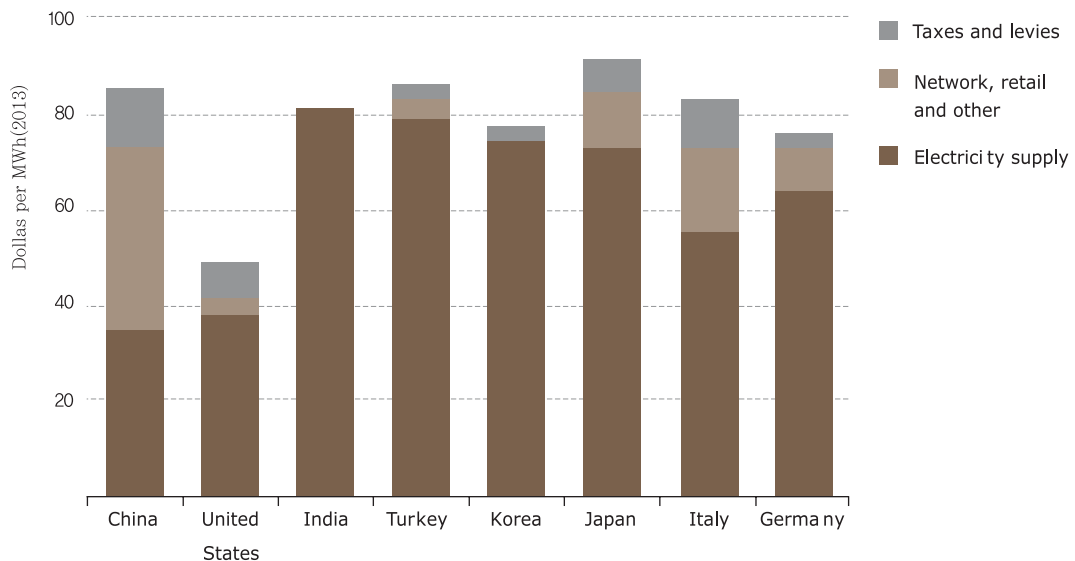
가) 철강산업

전기는 스크랩 메탈이나 직접 환원철을 제련하는 전기아크로(EAFs)에서 핵심적인 생산비용 요소이다. 오늘날 세계 철강생산의 약 29%가 전기아크로에서 생산되며 산업부문 전기소비의 약 3% 정도를 차지하고 있다. 전기아크로 철강생산은 중국, 미국, 인도에서 가장 많이 하고 있다. 스크랩 메탈은 전기아크로로 철강을 생산하는 전체 비용의 약 80%를 구성하고 있는데, 전기는 평균적으로 약 10% 정도를 차지한다. 스크랩 메탈의 가격은 모든 전기아크로 사용자들에게

동일하고 세계적으로 거래되는 상품으로 계약 조건이나 운송비용에 따라 다소 차이가 발생할 수 있다.

전기아크로 생산방식을 쓰는 국가 중에서 미국을 제외하면 평균 전기비용이 \$75~90MWh 정도이다. 미국 인디애나주의 철강생산 전기가격은 낮은 석탄 가격과 세금 면제 등의 요인으로 다른 국가들보다 낮은 \$50/MWh 정도이다. 중국의 철강생산 전기가격은 유럽, 일본, 한국과 유사하다. 중국의 전기생산 비용은 저렴하지만 국가 기준에 못 미치는 에너지 다소비 플랜트에 대한 추가 요금 등의 요인이 중국의 전기 가격을 올리고 있다. 인도의 경우도 전기는 철강산업에서 중요한 역할을 하고 있다. 독일의 전기아크로는 신재생에너지 추징금 및 세금으로부터 면제를 받고 있으며, 이탈리아도 유럽시장 통합에 따른 낮은 가격으로 인한 편익을 보고 있다.

[그림 9] 전기아크로의 평균 전기가격(2013)



자료: IEA, WEO 2014



전기아크로 방식을 사용하는 국가에서는 에너지효율 향상을 통해 전기가격의 변동으로 인한 경쟁력 상실에 대비할 수 있다. 유럽의 전기아크로는 미국보다 에너지효율이 8% 정도 낮은 것으로 추정되며, 효율과 가격 모두 고려하면 철강생산 톤당 에너지비용은 유럽이 미국보다 \$15 정도 높다. 최신 기술을 적용할 경우 유럽의 전기아크로 운영자들은 효율을 20% 정도 향상시킬 수 있고, 경쟁국인 미국과의 차이(gap)를 철강 생산 톤당 \$10 정도로 줄일 수 있다.

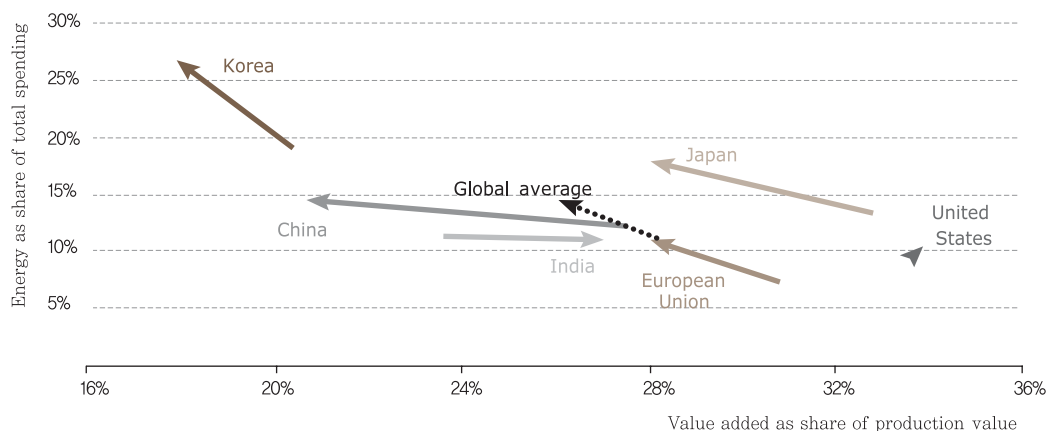
새로운 정책 시나리오에서는 전망기간 동안 미국에서 가스가격이 상승함에 따라 전기요금 인상도 최대가 될 것으로 보았다. 중국의 경우 CO₂ 가격 도입으로 인해 전기가격의 증가가 있을 것으로 분석했다. 일본에서는 가스 수입가격이 낮고 원자력이 점진적으로 재도입될 전망이므로 가격이 감소할 것으로 보았다. 유럽의 전기가격은 약 15% 상승하는 것으로 보았는데 새로운 투자 수요와 CO₂ 가격을 반영한 것이다. 전기가

격이 미국보다 적게 상승할 것으로 기대됨에도 불구하고, 에너지효율 잠재량의 실현은 유럽과 미국의 가격차를 좁히기에는 충분하지 않다. 유럽은 상대적으로 에너지비용이 높은 지역이기 때문에 철강산업도 혁신적이고 높은 가치의 제품을 생산하는데 주력하고 있다.

나) 화학산업

화학산업은 에너지를 가장 많이 소비하는 분야로 가장 큰 부가가치를 창출하는 산업이기도 하다. 2012년 세계 화학산업의 산출량은 \$5조로 일본의 총 GDP에 해당하는 규모다. 화학산업은 기초 석유화학제품, 산업용 가스, 비료, 플라스틱, 합성고무, 농화학 제품, 페인트, 의약품, 비누, 세제 등으로 매우 다양하고 분화되어 있다. 이 산업은 2000년 이후 에너지요금의 급등과 총 산출물에서의 전반적인 부가가치 감소로 인해 상당히 변화하고 있다.

[그림 10] 화학산업의 에너지지출 및 부가가치 변화



자료: IEA, WEO 2014



평균적으로 글로벌 화학산업에서 발생하는 에너지 비용의 비율은 2000년~2011년 사이에 1/3 정도 증가해 지출의 약 14%에 달하게 되었다. 반대로 미국은 낮은 천연가스 가격으로 인해 에너지비용이 11% 정도에 그쳤고 주요 화학제품 생산 지역의 경쟁력이 강화되었다. 인도 화학제품의 경우도 재활용의 활성화와 에너지원단위 개선에 대규모로 투자함으로써 경쟁력이 강화되었다. 중국은 가격을 규제함으로써 에너지 비용 비중을 낮게 유지하였지만 비에너지 관련 부문(인건비 상승, 환경 규제 등) 때문에 부가가치가 상대적으로 낮게 나타났다.

그러나 2007년 이후 연료가격의 급증은 유럽과 같은 에너지수입 지역에 있는 화학기업들의 경쟁력에 악영향을 미쳤고, 중동이나 아시아의 최근 플랜트보다도 효율이 낮아지는 경향을 보였다. 유럽 화학기업들의 에너지비용 부담은 2000년~2011년 동안 평균적으로 반 이상 증가했다. 프랑스에서는 에너지비용 비중의 약 85%가 증가했다. 같은 기간 동안 일본과 한국에서는 에너지비용 비중이 약 40% 증가했다.

에너지효율을 향상시키는 것은 화학제품의 생산에 투입되는 에너지의 높은 가격에 대응할 수 있는 확실한 대응책이다. 그러나 효율 향상 잠재력은 대부분의 기회들이 이미 활용되고 있어 점차 줄어들고 있다. 2040년까지의 전망기간 동안 글로벌 에너지원단위는 연간 0.4% 정도 증가한다. 높은 에너지가격에 직면한 EU, 일본, 한국은 1990년에 석유화학 제품 생산의 약 42%를 차지했다. 그러나 2040년에는 약 12%로 전망된다. 결과적으로 화학기업들은 높은 에너지가격에 직면해 에너지를 보다 덜 소비하는 화학제품으로 이동하고, 고부가 가치를 창출하며 작은 생산규모를 갖는 방향으로 이동하며 시장은 더 세분화될 전망이

다. 전반적인 기업이나 투자 환경, 숙련된 노동력 등 다른 부문도 세계 화학산업의 국제적 경쟁력을 결정짓는데 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 생산공정과 제품의 기술적인 돌파구(breakthrough)도 이러한 상황을 변화시킬 수 있다.

3) 경제성

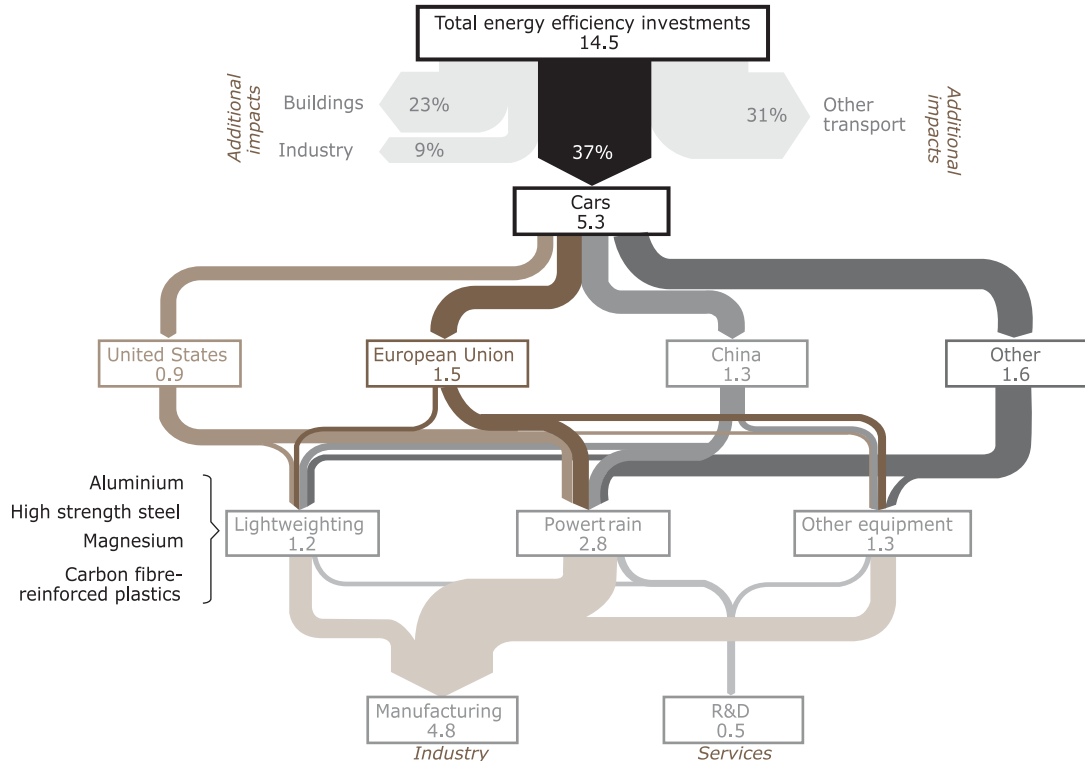
새로운 정책 시나리오에 따르면 에너지효율 향상을 위한 기업 및 가계의 누적 지출은 2014년~2040년 동안 수송부문의 2/3 규모인 14.5조 달러에 달한다. 수송부문의 효율향상을 위한 지출은 자동차의 연료소비를 낮추고 석유 수입을 줄임으로써 경제성을 높이며 GDP 증가와 무역수지 개선에 도움이 된다. 간접적으로는 기업과 가계에 미치는 편익으로 인해 기업 비용이 낮아지고 소비자 가격도 낮아지게 된다. 건물 부문에서도 감소된 에너지수요는 시멘트, 알루미늄, 건설, 화학제품, 단열재 생산 등 모든 종류의 제조 활동에 영향을 미치게 된다.

수송부문에서 얻을 수 있는 에너지효율 향상 정책 효과는 상당히 크게 나타나는데 효율이 개선된 자동차의 구매는 효율 향상 총지출의 37% 정도에 해당한다. 미국, 유럽, 중국의 국가 연비 및 배출 관련 제도로 인해 승용차 연료효율 향상의 약 70%는 이들 국가에서 발생한다. 효율이 개선된 자동차의 제조는 많은 다른 제조업과 서비스부문도 바꾸게 된다. 에너지관리 시스템 개선, 출발 정지 시스템 등 새로운 제조 설비를 통합하고 에너지관리 시스템을 개선하려는 다양한 투입요소의 변화가 필요하다.

경제적으로 에너지효율을 향상시킬 수 있는 잠재량을 실현하기 위한 정책들의 범경제적 효과는 WEO의

[그림 11] 세계 제조/서비스부문의 에너지효율 누적투자 전망(2014~2040)

(단위: 2,013조 달러)



주: R&D 지출은 기존 자동차의 부품 업그레이드 관련만 포함하고, 기초 연구는 배제(유럽 Data 기준)

자료: European Commission(2011); IEA analysis.

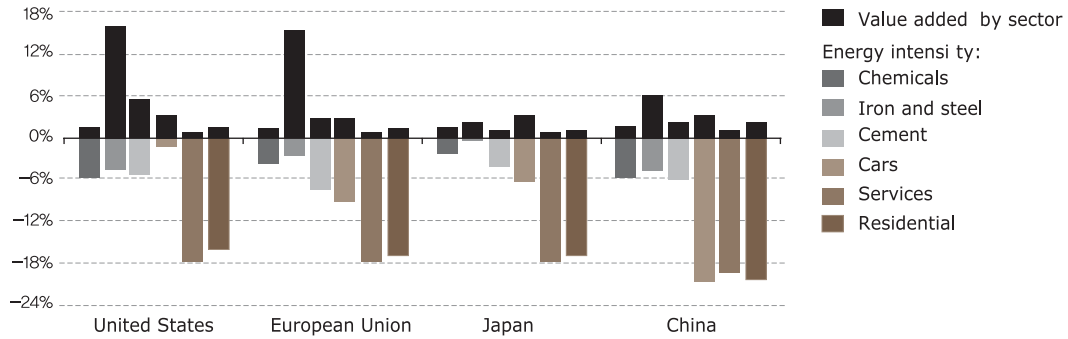
세계 효율 시나리오³⁾에 기술되어 있다. 이 시나리오에서는 경제적으로 가능한 보다 효율적인 장비와 기기에 투자하는 정부 정책들을 분석하였고 전반적인 경제적 효과는 유의미하게 도출되었다. 글로벌 GDP 측면에서는 2030년까지 약 1% 상승해 누적 \$11조 이상의 효과가 발생한다. 주요 경제는 산업·수송·서

비스부문에서 부가가치가 평균 약 3% 정도 증가하고, 가계 소비는 1~2% 정도 증가한다. 경제적 활동이 증가함에 따라 세계 경제도 점차 효율적인 경제구조로 변화되며 에너지소비가 낮은 제품·서비스의 생산과 소비를 장려하게 된다.

3) WEO 2012(IEA, 2012)에 수록.



[그림 12] 세계 효율 시나리오의 에너지원단위 및 부가가치의 부문별 변화(2030)



주: 가정부분의 경우 부가가치는 가구의 실질소비로 대체
 자료: IEA analysis based on Chateau et al. (2014)

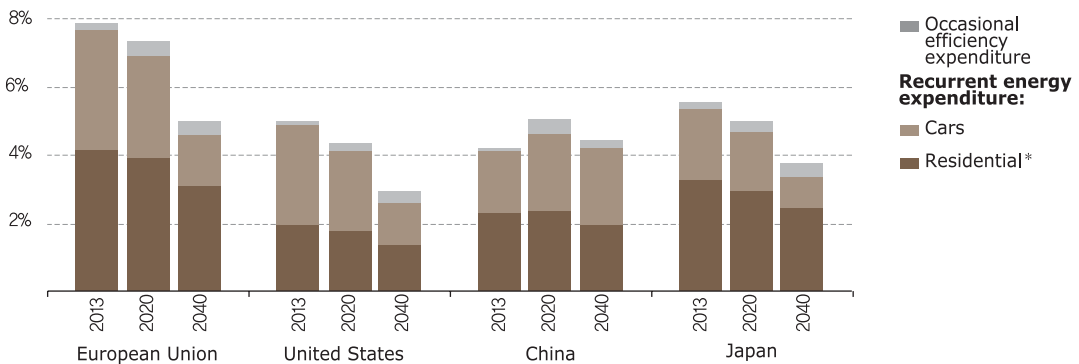
라. 기대효과

1) 가계 에너지소비 감소

총 가계지출에서 에너지가 차지하는 비중은 휘발유·경유 등 에너지가격의 상승과 함께 대부분의 지역에서 지난 십년간 증가해 왔으며, 현재 비중은 지역

마다 다르게 나타난다. 현재는 EU가 높은 에너지가격과 세금 때문에 약 8%로 가장 높고, 미국은 낮은 가격과 세금 수준, 높은 소득수준 때문에 약 5%로 가장 낮게 나타났다. 중국은 자동차나 가전기기를 보유한 인구가 적기 때문에 유럽이나 미국보다는 비중이 낮

[그림 13] 가계 소득의 에너지지출 비중



주: 가정부분 에너지지출은 냉난방, 취사, 조명, 가전기기를 포함
 자료: IEA, WEO 2014

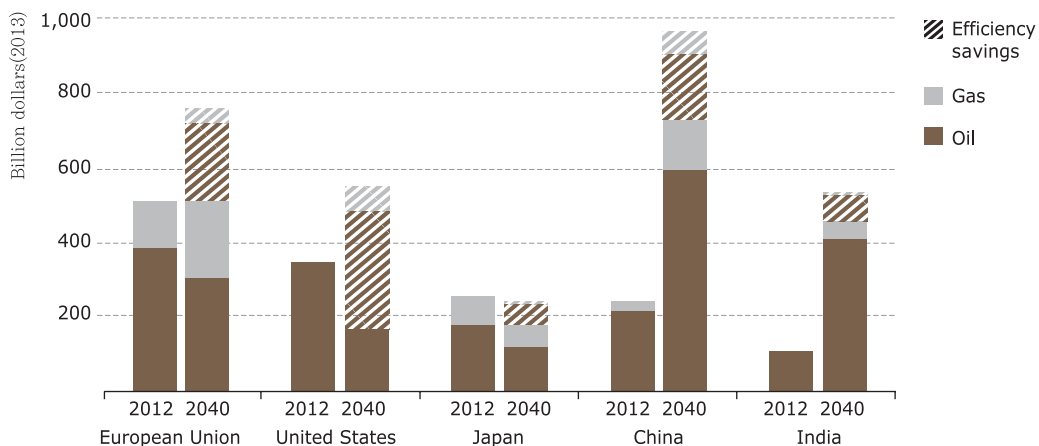


새로운 정책 시나리오에 따르면 OECD 국가에서 가계 소득 중 에너지지출이 차지하는 비중은 높은 소득, 효율적인 자동차 및 기기·설비의 확대, 안정적인 에너지가격의 영향으로 줄어드는 것으로 나타났다. 중국의 경우 중기에는 증가하였는데, 이는 보조금의 단계적 폐지와 에너지소비 제품의 수요 증가로 인해 최종 소비 가격도 높아지기 때문이다. 에너지효율 향상을 위한 가계 지출은 2012년 평균 이상의 효율을 가진 기기나 자동차에 대한 추가적인 지출로 정의되며 현재 가계 소득의 0.1~0.2% 수준으로 산출되었다. 미래에는 이러한 비중이 모든 국가에서 0.3% 수준으로 증가할 것으로 보이나 여전히 소득과 에너지 지출에 비하면 적은 수준이다. 에너지효율 관련 지출을 촉진하는 정책들이 필요하며, 가정부문의 경우 에너지효율 정책을 시행함으로써 에너지비용을 감소시킬 뿐만 아니라 관련된 건강, 환경적 편익도 제공해 줄 수 있다.

2) 화석연료 수입비용 감소

에너지효율을 통한 에너지수요의 감축은 순 수입 지역에 에너지안보를 강화하고 수입비용을 감축하는 방안이 될 수 있다. 새로운 정책 시나리오에 따르면 2012년 대비 향상된 에너지효율로 인해 2040년 5대 에너지수입 지역에서 \$1조 정도가 절감되는 것으로 나타났는데, 현재 수입비용의 2/3 규모이다. 미국이 가장 큰 편익을 보았는데 주로 자동차 연비 향상을 통한 석유수입의 감소 때문으로 분석된다. 2012년~2040년 동안 에너지효율 향상은 2040년 EU의 연료수입 비용을 1/3 까지 줄일 수 있는데, 주로 건물의 단열 향상으로 인한 천연가스 소비 감소와 보다 효율적인 자동차의 영향으로 보인다. 중국의 경우 천연가스 절감량의 약 58%, 석유 절감량의 약 24%가 산업 및 에너지전환부문의 효율 향상에서 발생한다.

[그림 14] 새로운 정책 시나리오의 에너지효율에 따른 석유 및 천연가스 수입비용



주: 새로운 정책 시나리오에서 미국은 2040년 천연가스의 순수출국으로 효율절감량은 2012년 기준으로 도출
자료: IEA, WEO 2014

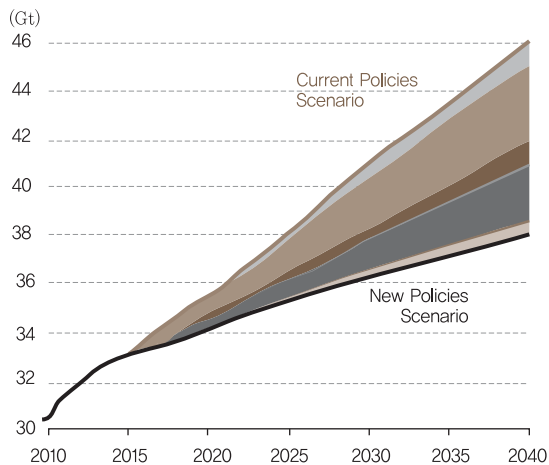


3) CO₂ 감축

새로운 정책 시나리오에서 에너지와 관련된 CO₂ 배출은 2012년 31.6Gt에서 2040년 38Gt으로 증가하는데, 기존 정책 시나리오보다는 7.9Gt(약 17%) 정도 적은 수치이다. 에너지효율 정책으로 인한 효과가 누적 CO₂ 배출 절감량의 반 이상을 차지하고 있고, 단기적으로는 더 높은 비율을 차지한다. 2040년 가장

큰 효율 절감량은 최종 소비부문에서 발생하고, 건물이 약 37%, 수송이 약 32%, 산업이 약 28%를 차지할 것이다. 발전 플랜트, 송배전, 정제, 석유가스 추출 등 공급부문의 에너지효율 향상은 누적 절감량의 약 9% 정도를 차지한다. 장기적으로 지구 온도 상승을 2℃로 제한하는 450 시나리오에서는 에너지효율 이외에도 CCS, 원자력, 신재생에너지의 높은 보급률 등을 추가하고 있다.

[그림 15] 새로운 시나리오 vs 기존 정책 시나리오의 세계 CO₂ 감축안 비교



자료: IEA, WEO 2014

CO ₂ abatement	2020	2040
Energy service demand	19%	11%
End-use efficiency	46%	39%
Supply efficiency	9%	11%
Fuel and technology switching in end-uses	2%	3%
Renewables	17%	24%
Biofuels	3%	3%
Nuclear	3%	7%
CCS	1%	2%
Total(Gt CO ₂)	1.3	7.9

4. 시사점

앞서 짧게 언급했지만 「WEO 2014」의 분석에 따르면 2000년~2011년 동안 우리나라 화학산업에서 지출되는 에너지비용의 비중은 약 40%나 증가한 반면, 부가가치의 비중은 도리어 감소했다. 다른 미국, 일본, EU, 중국과 비교하여도 에너지비용이나 부가가치의 창출 관점에서 보면 상대적으로 불리한 위치에

있다. 우리의 에너지수입 의존도가 약 96%에 달하는 상황에서 국제 에너지가격의 변동, 온실가스 감축을 위한 국제 공조 추이 등 불확실한 미래에 대응하기 위해서, 국내 산업의 경쟁력 강화와 경제성장을 위한 정부의 시의적절한 정책 수립과 시행이 더욱 중요해지고 있다.

정부는 지난해 1월 '제2차 에너지기본계획(2013~2035)'을 수립하면서 에너지정책 방향을 공급 중심



에서 수요관리 중심으로 전환하였으며, 미래 유망 에너지사업을 집중 육성하기 위한 '에너지 신산업 창출 방안' 도 마련하였다. 또한 지난해 12월에는 이러한 정책 목표와 패러다임의 변화를 바탕으로 '제3차 에너지기술개발계획(2014~2023년)' 을 수립하여 미래 사회변화의 핵심 동력이 될 구체적인 에너지기술 대안들을 제시한 바 있다.

미래학자 제레미 리프킨(Jeremy Rifkin)을 비롯해 세계 전문가들은 미래 사회가 공유경제와 제로에너지를 지향하며 ICT를 이용한 에너지의 효율적 사용 환경이 가속화될 것으로 보고 있다. 스마트기기가 확산됨에 따라 도래할 초연결사회는 에너지수요를 증가 시킴으로써 미래 사회에서 에너지효율 문제는 더욱 중요해질 것이다.

제2차 에너지기본계획의 실현과 에너지 신산업 정책의 성공을 위한 핵심에는 궁극적으로 '에너지효율 향상' 이 그 중심에 있다. 정부의 에너지효율 향상 투자는 에너지비용 절감 뿐만 아니라 경제성장, 산업 부가가치 및 생산성 증대에 유의미하게 영향을 줄 수 있다는 것이 이번 「WEO 2014」에서 전하는 에너지효율 부문의 핵심 메시지라고 할 수 있다. 향후 에너지효율 향상 관련 제도의 발전과 함께 에너지효율 향상 R&D 에 대한 지원도 확대함으로써, 우리 기업들이 세계 에너지효율 시장을 선점할 수 있는 견고한 기반이 조성되기를 기대해 본다.

_____, 제3차 에너지기술개발계획, 2014
한국에너지기술평가원, World Energy Outlook
2012 에너지효율 현황 및 전망(I), 「KETEP
Issue Paper」, 2013-제01호, 2013

〈외국 문헌〉

IEA, World Energy Outlook 2012, 2012
_____, World Energy Outlook 2013, 2013
_____, World Energy Outlook 2014, 2014

〈웹사이트〉

<http://www.iea.org/>
<http://www.energynewbiz.or.kr/>

참고 문헌

〈국내 문헌〉

산업통상자원부, 제2차 에너지기본계획, 2014