



국제 에너지 기구

에너지 기술전망

2008

G8 정상회담의 후속조치

요약

시나리오와
전략
2050



시나리오와 전략 2050

경제 성장 및 발전을 유지하기 위해 세계 에너지 공급 필요성은 끝없이 증가하고 있다. 하지만, 에너지 자원은 고갈 위기에 놓여 있으며, 오늘날 에너지 사용으로 인한 이산화탄소(CO₂) 배출량은 이미 기후를 위협하고 있다. 더 깨끗하고 효율적인 에너지 미래로 변화하기 위한 우리의 선택은 무엇인가? 이를 위한 비용은 얼마나 되는가? 또한 어떤 정책이 필요한가?

본 에너지 기술 전망 2판에서는 국제 에너지 기구와 그 에너지 기술 네트워크에서 활동중인 저명한 전문가들을 한 데 모아 이러한 문제들을 다뤘다.

본 출간물은 각국의 의사 결정자들을 위해 현재 벌어지고 있는 일과 깨끗하고 현명하며 경쟁력 있는 에너지 미래를 건설하기 위해 해야 하는 일 사이의 격차를 연결하는 방법을 안내하고자 하는 국제 에너지 기구의 G8 회의의 후속 조치다.

IEA 분석에서는 지속 가능한 에너지 미래가 실현 가능하며, 기술이 그 열쇠가 될 것이라 설명하고 있다. 증가된 에너지 효율성, 이산화탄소 포집 및 저장, 신재생 에너지 및 원자력 등 모든 것이 중요해질 것이다. 현재의 기술과 앞으로 출현하는 기술의 잠재성을 풀어 내고, 에너지 보안 및 환경에 필연적으로 영향을 끼치게 되는 화석 연료에 대한 의존성을 감소시키고자 한다면 지금 바로 행동에 옮겨야 한다.

본 혁신적 작업에서는 에너지 기술로 인해 2050년까지 야심 있게 준비할 일련의 글로벌 시나리오에서 어떠한 차이가 발생할 수 있는지 설명하고 있다. 본 연구에는 발전, 건물, 산업 및 수송을 포함하여 모든 핵심 에너지 부문에 대한 기술 로드맵이 포함되어 있다. 에너지 기술 전망 2008에서는 에너지 순환에 대한 논의 및 논쟁에 초점을 맞출 수 있도록 자세한 기술 및 정책 식견을 제공한다.

© OECD/IEA, 2008

허가 없이 본 출간물을 재출간, 복사, 전송 또는
번역하는 행위는 전혀 허가되지 않습니다.

본 출간물 신청은 다음 주소로 하십시오.

International Energy Agency (IEA),
Head of Communication and Information Office,
9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

■ 요약

서론

.....

우리는 에너지 부문에서 심각한 도전에 직면하고 있다. 전세계 경제는 2050년까지 4배 정도 성장할 것으로 보이며, 중국과 인도 같은 개발도상국에서는 10배 가까이 성장할 것이다. 이것은 경제적 혜택과 사람들의 생활 기준에 있어 엄청난 향상을 약속하지만, 훨씬 더 많은 에너지가 사용되어야 한다는 뜻도 갖는다. 만일 에너지 수요가 경제성장 및 감소된 화석 연료 수요와 무관해지지 않는다면, 천연자원 및 환경에 대한 끊임없는 압력은 불가피할 것이다.

상황은 점점 심각해지고 있다. *에너지 기술 전망(ETP)* 2006년판 이후로, 전 세계 이산화탄소 배출량과 석유 수요가 꾸준히 증가하였다. “일상적인 수준”의 Baseline 시나리오 하에서 우리는 2050년까지 석유 수요가 70% 증가하고 이산화탄소 배출량이 130% 증가할 것으로 예측하였는데, 이는 이전의 에너지 전망에서 제시한 증가율을 7% 상회하는 수준이다. 이러한 예측은 정책 변화와 주요 에너지 공급에 대한 규제가 존재하지 않을 것이라는 가정하에 산출되었다. 정부간기후변화위원회(IPCC)에 따르면, 이러한 규모의 이산화탄소 배출량 증가는 전세계 평균 온도를 6°C(최종 안정 수준) 또는 그 이상까지도 상승시킬 수 있다. 그 결과로 생활의 모든 면이 심각하게 바뀌고 자연 환경도 되돌릴 수 없을 정도로 변화할 것이다.

에너지가 공급되고 사용되는 방식에 있어 전세계적인 혁신이 필요하다. 훨씬 더 큰 에너지 효율성이 핵심 요구사항이다. 재생 가능 에너지, 원자력, 그리고 이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 등은 대규모로 활용되어야 하며, 탄소 배출이 없는 수송 수단이 개발되어야 한다. 산업의 의사결정자들이 신뢰할 수 있도록 저탄소 기술에 대한 미래 요구에 대해 더 높은 수준의 장기 정책을 확정하는 데 있어 **정부 정책의 급격한 변화가 필요하다.** 2050년에 “일상적인 수준”에서 전세계 방출량 중 1/3 가량이 OECD 국가에서 발생할 것으로 예상된다는 사실을 상기한다면, **모든 주요 경제 부문간 전례 없는 수준의 협력** 역시 중요해질 것이다.

간단히 말해, **전세계 에너지 경제는 다가올 수 십 년 동안 변화되어야 할 것이다.** 이 보고서의 목적은 그 방법을 설명하는 것이다. 이 보고서에서 현존하거나 진보된 클린에너지 기술의 현황과 그 전망에 대한 심도 있는 분석을 제공하고, 이러한 기술들의 조합이 어떤 차이를 보이는 지에 대한 **시나리오 분석을 제공한다.** 또한, *에너지 기술 전망*의 이번 판에서는 잠재성을 극대화하여 실현하기 위해 어떤 실행이 필요하고, 언제 필요한지를 보여주면서 가장 큰 공헌을 할 것으로 여겨지는 **17가지 기술에 대한 글로벌 로드맵**을 제시한다.

우리의 시나리오 분석에서는 전적으로 에너지와 관련된 이산화탄소 배출을 다루고 있으며, 이것으로 대부분의 인공적 온실 가스 배출을 설명한다. 하지만, 에너지 관련 배출량 감소의 궁극적 기후 변화 효과는 어느 정도 다른 배출이 유사하게 감소할 수 있는 지에 달려 있다. 그렇기 때문에, 메탄과 다른 중요한 온실 가스를 설명한 장(章)이 여기에 포함된다.

여기서 제시된 분석은 IEA 사무국의 모델링 작업과 IEA 국제 에너지 기술 협력 네트워크로 부터의 전문지식을 바탕으로 이루어진다. *에너지 기술 전망*은 IEA *세계 에너지 전망 2007* 과 같은 맥락에 있으며, 2030년까지는 동일한 Baseline 시나리오를 전제로 하되 2050년까지 그 범위를 확장 시켰다. 본 연구는 2007년 11월에 출간된 IPCC 4차 평가 보고서를 참고 하여 ETP의 2006년 판에 제시된 분석을 한 단계 발전시킨 것이다.

몇 개의 다른 시나리오가 제시되었다. ETP 2008 “ACT 시나리오”에서는 전세계 이산화탄소 배출량이 어떻게 2050년까지 현 수준으로 회복되는 지를 보여준다. ETP 2008의 “BLUE 시나리오”에서는 2050년까지 현 이산화탄소 배출량의 50% 감소를 목표로 하고 있다. 이 요약은 ACT 맵 및 BLUE 맵의 각 설정에서 하나의 시나리오에만 초점을 맞춘다.

ACT 시나리오

현존하는 기술, 또는 개발 중인 진보된 기술을 통해, 2050년까지 전세계 이산화탄소 배출량을 현재 수준으로 회복할 수 있다. 배출량은 2020년과 2030년 사이에 절정에 도달해야 한다. ACT 맵 시나리오에는 완전하게 상업화되었을 때 저장되는 이산화탄소의 한계 비용이 톤당 최대 50달러¹의 광범위한 기술을 적용한다는 것을 뜻한다. 이러한 수준의 노력은 분명하게 일정 에너지 관련 활동에 영향을 끼친다. 이것은 이산화탄소 포집 및 저장 기능이 없는 화석 발전소의 발전비용의 두 배에 이르는 수치다. 부분적으로 달러가치의 하락으로 인한 일부 기술적 비용이 두 배 정도 증가되고, 주로 이산화탄소 배출량의 가속화 경향을 주로 반영하므로, 한계비용은 2년 전 추정했던 ETP 2006 수치 두 배가 된다.

이 과제는 어렵고 비용도 많이 든다. 지금부터 2050년까지 에너지 부문에 필요한 추가 투자 비용은 17조 달러로 추정된다. 이것은 연간 4천억달러로 대략 네덜란드의 국내총생산(GDP)과 동일하거나 지금부터 2050년까지 각 연도별 전세계 GDP의 0.4%에 맞먹는다.

BLUE 시나리오

하지만 2005년 수준까지 배출량을 되돌리는 것만으로 충분하다고 볼 수는 없다. IPCC에서는 지구 온난화가 2°C와 2.4°C 사이로 한정될 것이라면, 2050년까지 50%에서 85%까지로 배출량을 감소시켜야 한다고 결론 지었다. G8 정상들은 2007년 독일 하일리겐담(Heiligendamm) 정상회담에서 전세계 이산화탄소 배출량을 50% 감소시키기로 하는 목표를 신중하게 고려하기로 합의하였다.

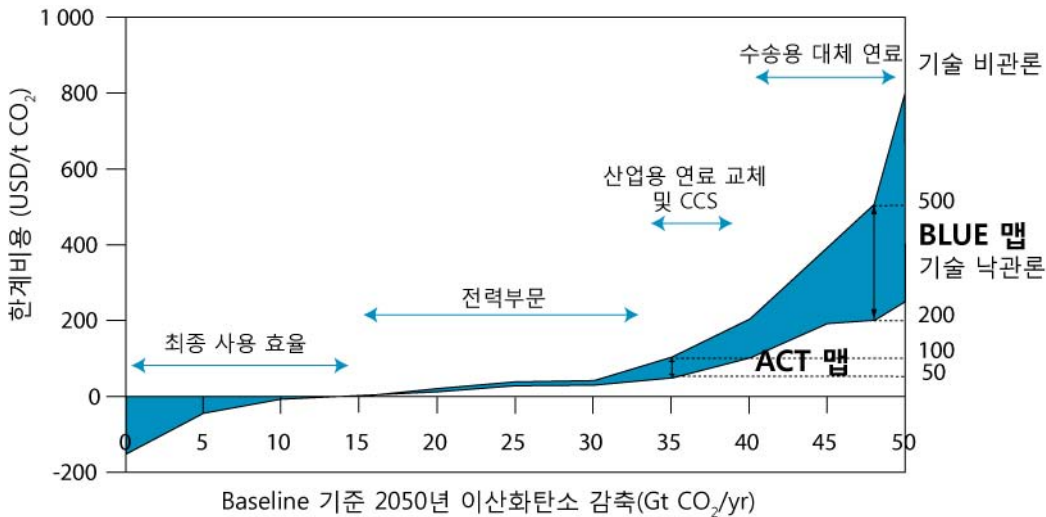
이산화탄소 배출량을 2050년까지 50% (현 수준에서) 감소시킨다는 것은 험난한 도전이 될 것이다. 이 시나리오는 진행 방향에 급격한 변화가 생긴다는 것을 의미한다. BLUE 시나리오에서는 개발과정과 완전한 성공을 예측하기 어려운 현재 개발중인 기술의 채택을 요구하

¹ 모든 비용은 2005년 기준 미 달러화이다.

고 있으므로 비용이 사실상 더 높아지는 것뿐만 아니라 훨씬 더 불확실해 질 수 있다. ACT 시나리오도 힘든 일이지만, BLUE 시나리오는 에너지 부문에서 전례가 없고 광범위한 새로운 정책의 조속한 이행을 촉구한다.

핵심 기술의 진행과정에 관한 낙관적 가정을 근거로, BLUE 맵 시나리오는 완전히 상용화되었을 때 저장된 이산화탄소 톤당 최대 200달러의 비용을 포함하는 모든 기술 채택을 요구한다. 이러한 기술의 진행과정에서 기대치를 충족시키지 못한다면, 비용은 톤당 500달러 정도 까지도 상승할 수 있다. 그렇기 때문에, 한계비용 측면에서, BLUE 맵 시나리오에는 ACT 맵에 필요한 가장 비싼 기술의 최소 네 배에 달하는 비용의 기술이 요구된다. 하지만, BLUE 맵에 필요한 기술의 평균 비용은 저장된 이산화탄소의 톤당 38달러에서 117달러의 범위로 한계비용보다 훨씬 낮았다. ES.1은 ACT 맵 수준을 넘어서 BLUE 맵에 필요한 수준까지 도달하기 위해서 이산화탄소의 저 목표가 증가함에 따라 2050년까지의 이산화탄소 감축 한계비용이 어떻게 증가하는지를 보여준다.

그림 ES.1 ▶ 2050년 전세계 에너지 시스템용 배출 감소 한계 비용



BLUE 맵 시나리오에 필요한 추가 투자 금액은 2050년까지 최대 45조 달러이다. 이 금액들은 추가 연구개발(R&D), 아직 시장 경쟁력이 없는 (이산화탄소 감소로 인한 혜택까지도 포함) 기술의 더 큰 활용 투자, 그리고 저탄소 선택사항의 상업적 투자 (이산화탄소 감소 혜택으로 촉진되는) 등을 포함한다. 총 금액은 연간 약 1조 1천억 달러이다. 이러한 금액은 대략 이탈리아의 현 GDP와 맞먹는다. 이는 지금부터 2050년까지 전세계 매년 평균 GDP의 1.1%에 해당한다. 이러한 지출은 경제 활동 및 고용의 방향 재설정을 반영하며, GDP 감소를 반드시 반영하지는 않는다. 전세계 GDP에 영향을 끼칠 수도 있으나, 이러한 것들은 예측하기 힘들고 이 분석 범위에서 벗어난다.

투자로 인한 혜택

ACT 및 BLUE 시나리오에서 요구하는 추가적인 투자 비용이 우리가 앞으로 과제를 수행하는 데 있어서 척도가 될 것이지만, 그러한 투자 비용이 최종적인 총 비용을 뜻하지는 않는다. 그 이유는 에너지 효율화, 많은 신재생 에너지 및 원자력에너지의 기술투자가 연료 수요를 감소시키기 때문이다. **ACT 및 BLUE 시나리오에서, 2050년까지 할인되지 않은 석탄, 석유, 가스 연료 비용 절감 추정 총액이 요구되는 추가 투자액보다 크다.** (Baseline 가격 기준으로 연료 비용을 산정) 만일 할인을 3%일 경우, 연료 절감은 ACT 맵 시나리오에서 요구되는 추가적인 투자를 초과하나, BLUE 시나리오에서는 그렇지 않다. 10%로 할인할 경우, ACT 및 BLUE 시나리오에서의 연료 절감액을 초과하게 된다.

물론 일부 투자는 매우 비용 효율적이며, 특히 에너지 효율에서는 더욱 그러하다. 반면에, BLUE 시나리오에서 요구하는 기술 중 비용이 가장 많이 소요되는 기술에 있어서는 이산화탄소 저감 효과가 아주 큰 기술들만이 투자할 가치가 있다. 그러나, 모든 필수적 투자가 연료 비용을 줄이는 것은 아니다. CCS 투자는 발전소 효율 감소로 인해 주어진 전력 생산에 필요한 석탄량을 증가시킬 것이다.

더욱 균형 잡힌 석유시장

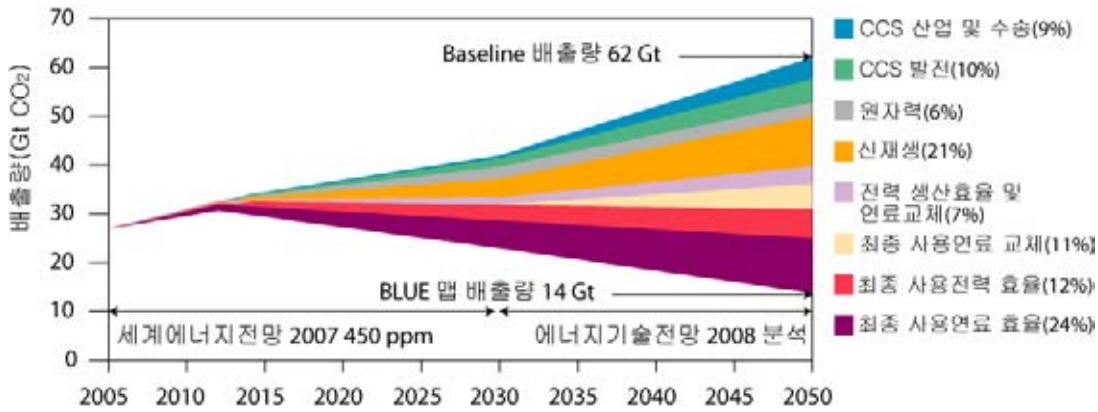
환경적인 혜택 외에도, ACT 및 BLUE 시나리오에서는 석유 시장에 대한 더욱 균형 잡힌 전망을 보여준다. ACT 맵 시나리오에서, 석유에 대한 수요는 계속 성장하고 있다. 지금부터 2050년까지는 12%선까지 상승할 것이지만, 이는 Baseline에 훨씬 못 미친다. BLUE 맵 시나리오에서는 2050년에 오늘날보다 실제로 27% 적은 석유 수요가 포함되어 훨씬 더 확연한 차이를 보여준다. 하지만, 모든 시나리오에서 다가오는 수 십 년 동안 화석 연료 공급에 대한 대규모 투자가 필요하게 될 것이다.

기술 혁신

ACT 및 BLUE 시나리오 모두에서, 건물, 전기기기, 수송, 산업 및 발전에서의 에너지 효율 향상은 가장 크고 비용 효율적인 절감을 나타낸다. 중요성 우선순위에서 다음으로 필요한 것이 발전에서 실질적으로 탄소를 제거하는 것이다. 이는 신재생 에너지, 원자력발전, 그리고 화석발전에서의 CCS를 혼합함으로써 달성할 수 있다. 최종 목표가 무엇이든 간에, 이러한 모든 분야의 행동이 긴급히 필요하며 필수적이다. 다가올 수 십년간 비효율적인 기술에 사로잡히는 것을 피하는 것이 특히 중요하다. BLUE 맵 시나리오에서 **산업에서의 CCS나 수송 대체연료와 같은 보다 높은 비용의 방안들을 적용할 필요가 있다.** 그림 ES.2는 Baseline 시나리오와 비교하여 BLUE 맵 시나리오의 이산화탄소 절감량을 분야별로 보여준다. 정책 입안자들은 변화를 위해서는 장기간의 리드 타임을 필요로 하는 경우가 종종 있으며 각 국가

의 상황에 따라서 우선순위가 달라질 수 있다는 점을 기억해야 한다. 더욱이, 에너지 부문의 메탄 방출량의 저감이 단기간 내에 비용 효율적으로 온실 가스를 감소시킬 수 있는 기회를 제공하기 때문에 메탄의 방출량을 감소시키는 것이 전체 기후 변화 전략의 중요한 부분을 차지하게 된다.

그림 ES.2 ▶ 세계 에너지 전망 2007의 450ppm과 BLUE 맵 시나리오 비교, 2005년-2050년



건물 및 전기기기

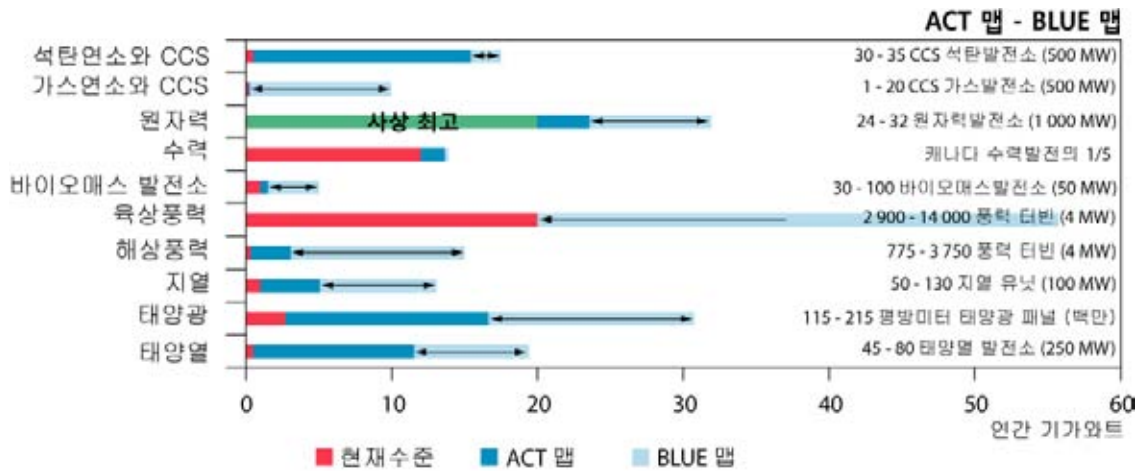
ACT 시나리오는 오늘날 광범위하게 활용되며 수명 주기 비용을 기반으로 경제적으로 실행 가능한 건물 및 전기기기 관련 기술을 활용하면 충분히 실현 가능하다. 그러나 BLUE 시나리오는 새로운 첨단 기술들을 요구한다. 경우에 따라서는, 적어도 기술 적용 초기 단계에서 이산화탄소의 저감 비용이 상대적으로 높은 경우에만 경제성을 가지게 되는 기술들이 필요할 수도 있다. 건물들을 낮은 에너지 소비, 그리고 심지어는 "제로"에너지 빌딩으로 광범위하게 변화시키는 것이 이 시나리오의 일부이다. **건물 및 전기기기를 위한 효율성 표준을 위한 정책이 내포하는 바는 실로 거대하다.** 건물 외벽 기술, 히트펌프, 태양열난방 그리고 전기기기 및 조명의 고효율성의 결합이 연료 사용을 신재생 에너지와 저탄소 전력으로 변화시킬 뿐 아니라 건물의 에너지 수요를 줄이게 된다. 거주 및 서비스 부문 건물 분야에서 ACT 맵 시나리오는 2조 6천억 달러의 추가 투자가 필요한 반면, BLUE 맵 시나리오는 7조 4천억 달러의 추가적인 투자가 필요하다.

전력부문

두 시나리오에서 발전 및 산업 분야의 이산화탄소 포집 및 저장 기술은 이산화탄소 방출량 저감에 있어서 가장 중요한 단일 신기술이며 이는 ACT 맵 및 BLUE 맵 시나리오에서 전체 이산화탄소 저감량의 각각 14% 및 19%를 차지하고 있다. BLUE 맵은 산업과 가스 발전을 위한 고 비용의 CCS 응용을 포함하고 있다. **발전에서 신재생 에너지, 특히 풍력, 태양광, 집광태양열 그리고 바이오매스의 대폭적인 전환이 있다.** 2050년까지, BLUE 맵 시나리오에서의 전세계 전력의 46%가 신재생 에너지로부터 나온다. BLUE 맵 시나리오에서는

모든 분야에 걸친 모든 신재생 에너지 기술이 결합된 응용이 Baseline 시나리오와는 달리 21% 정도의 이산화탄소를 감축한다. 2050년까지 매년 32GW 용량 건설을 기반으로 원자력으로의 실질적 전환은 6%의 이산화탄소를 저감한다. Baseline 시나리오에서 이미 기여를 하고 있는 원자력과 수력은 BLUE 맵에서 발전량의 1/4과 1/8을 차지한다. 그림 ES.3은 각 시나리오에서 새로운 발전 용량이 추가되어야 할 매년 비율을 나타내고 있다.

그림 ES.3 ▶ ACT 맵과 BLUE 맵 시나리오에서 전력 부문의 추가 투자
(Baseline과 비교, 2005년-2050년)



발전부문을 위한 폭 넓은 범위의 시나리오가 고려되었으며, 그로부터 각국이 발전의 저탄소화를 위해 그들이 사용할 CCS, 신재생 에너지, 원자력 기술에 대한 정밀한 조합을 채택하는데 있어 상당한 유연성이 존재한다는 것을 볼 수 있다. 전력 부문에서 총 추가 투자 비용은 ACT 맵 시나리오에서 7천억달러 (송전과 배전부분을 제외하고)에 달하고 BLUE 맵 시나리오에서는 3조 6천억 달러에 달한다. 이러한 투자 비용은 생산 단위당 자본 비용의 증가와 함께 최종 사용 전기 절감으로 인하여 발전량이 1/5로 감소된 결과로 산정된 수치이다. BLUE 시나리오에서는 자본금의 대규모 감자가 발생된다. 예를 들어, CCS에 적합하지 않은 모든 석탄 연소 발전소의 1/3이 그 기술적인 수명을 다하기 전에 폐쇄될 필요가 있게 된다. 이는 석탄에 의지하는 국가에게는 커다란 변화가 되겠지만, 신중한 관리가 요구되는 필수적인 단계가 될 것이다.

수송

ACT 맵 시나리오에서, 수송 분야의 에너지 사용과 온실가스 배출은 기존의 자동차 효율의 주된 향상과 하이브리드의 보급 증가를 통해 대폭적으로 줄어든다. 주로 연료 차량에서 가솔린 대체제로서 저탄소 저탄소 바이오 연료가 일부 담당한다. 현재의 차량의 대형화, 중량화 경향을 억제하는 것이 필수적이다.

BLUE 맵 시나리오는 수송 부문에 있어 매우 도전적이며 현저한 저탄소화를 요구하고 있고, 이것은 석유 제품과 내연 기관에 의해 주도되는 부문에서 막대한 비용을 초래할 것이다.

BLUE 맵 시나리오에서 저탄소 바이오 연료는 생산과 수확의 지속가능성 내에서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 다른 비탄화수소 옵션이 트럭, 해상운송, 그리고 항공 운송에 적용되기에는 매우 비쌀 수 있기 때문에 이러한 수송은 바이오 연료의 가장 중요한 사용처가 된다. 전지와 수소 연료 셀이 자동차를 위한 주요 대안이긴 하지만, 지금 단계에서 어느 기술이 또는 기술의 어떤 결합이 가장 경쟁력이 있을지 판단하는 것은 어렵다. 기술 진척과 비용 절감에 대한 매우 낙관적인 가정으로 2050년의 전기, 연료 셀 자동차는 전형적인 자동차에 비해 약 6500달러 비용이 더 들어갈 것으로 예상된다. BLUE 맵 시나리오에서 거의 10억 대의 전기, 연료 셀 자동차가 도로 위로 쏟아져 나와야 할 것이다. 수송은 두 시나리오에서 가장 큰 투자가 필요한 단일 부문이다. 수송에 필요한 추가 투자 금액은 BLUE 맵에서 33조 달러, ACT 맵에서 17조 달러이다.

산업

직간접적으로, 제조 산업은 전세계 에너지 사용 및 이산화탄소 배출의 1/3 이상을 차지한다. 철과 강철, 그리고 시멘트 산업은 산업에서 방출되는 양의 반 정도를 나타내며, 화학 및 석유화학은 그 외의 매우 큰 분야이다. 중공업은 에너지 비용 관리 필요성에서 주도된 에너지 효율화에 있어 최근에 좋은 기록을 보였다. 하지만, 좀더 효율적인 전동기 구동 시스템과 열병합 발전을 통해 에너지 집약도가 낮은 산업에서의 추가적인 실질 효율 향상이 가능하다. 또한, 각 산업에 특화된 기술적 진보와 CCS 응용에 대한 잠재성이 존재한다.

산업으로부터 이산화탄소 배출량을 매우 크게 감소시키는 것은 달성하기 어렵다. ACT 맵 시나리오에는 산업으로부터의 에너지 관련 이산화탄소 배출량이 2005년보다 2050년에 63% 더 높다. BLUE 맵 시나리오에서는, 에너지 집중적인 발전소에 크고 광범위한 CCS 적용을 대폭적으로 반영하여 오늘날의 배출량 수준보다 22% 낮을 것으로 나타났다. BLUE 맵 시나리오에서 직간접적인 이산화탄소량 절감량은 연간 거의 10Gt에 해당할 만큼 상당하다. 주로 철강, 시멘트, 제지 분야 등의 산업 플랜트를 개선하고, CCS 확대 적용을 위해 BLUE 맵 시나리오는 기본 시나리오(baseline)보다 2조 5천억 달러에 해당하는 추가적인 투자를 필요로 한다.

에너지 효율화 경향

최근의 에너지 효율화 경향과 비교해 볼 때 큰 향상될 필요가 있다. 최근 OECD 국가들의 에너지효율성은 매년 1% 미만으로 향상되어 왔다. 1970년대 초 석유 가격 쇼크에 곧 이은 시기에 달성된 비율보다도 현저히 낮은 수치다. ACT 맵 시나리오는 매년 1.4%의 지속적인 세계 에너지 효율 향상을 요구하고 있고 BLUE 맵 시나리오는 1.7%를 요구한다. 이 수치의 차이가 근소해 보이나 ACT 맵과 BLUE 맵간의 0.3% 포인트 차이는 2050년에 이르러 오늘날의 세계 총 사용 에너지의 20%에 달하는 1544Mtoe의 추가적인 최종 에너지 절감 효과를 가져오게 된다.

연구, 개발 및 실증

BLUE 시나리오에서 필요한 일부 기술들은 아직 가용하지 않다. 많은 다른 기술들은 더 많은 개량과 저 가격화가 요구된다. 따라서 연구, 개발 및 실증 (RD&D)에 대한 대규모의 노력이 필요할 것이다. 아직 에너지 RD&D에 대한 공공 및 민간 부문의 투자는 1970년대와 1980년대의 수준과 비교하여 감소하는 추세에 있으며, 현재 비교적 낮은 수준에 머물러 있다. 많은 OECD 국가들은 GDP의 0.03% 미만을 소비하고 있다. 예외적으로 일본은 0.08%를 지출하고 있다. 민간 부문의 에너지 RD&D 지출은 공공부문의 지출을 크게 초과하고 있다. 세부적인 내역을 산출하기엔 어려우나, 몇몇의 독립된 연구결과에 따르면 현재, 공공부문의 RD&D가 현재 수준의 2배에서 10배정도로 증가되어야 한다고 제안하고 있다. 특정한 목표를 정하지는 않았지만, RD&D를 크게 촉진하는 노력이 새로운 기술을 도출하거나 현재 가용한 기술의 비용을 줄이기 위해 필요하다는 것이 명확하다. 태양전지, 진보된 석탄발전과 바이오 연료, 이산화탄소 포집, 전기 배터리, 연료 셀, 그리고 수소 생산 같은 주요 기술에 대하여 더 많은 기술향상과 저가격화 솔루션이 요구되고 있다. 크게 증가되었다고는 하지만, R&D 비용은 최대 규모의 실증 및 보급 프로그램에 비하여 한자리 수가 차이 날 정도로 비교적 낮은 수준이다. 올바른 방향의 에너지 R&D는 자금을 대한 훌륭한 가치를 나타내게 된다.

상용화 첫 단계의 위험을 줄이고 새로운 기술의 대규모 실증을 위해서는 정부의 후원 또한 필요하다. CCS가 적용된 석탄 발전에 대한 전체 규모 실증은 시급히 필요하다.

지질학, 물리학, 화학, 재료학, 생화학, 나노기술과 응용 수학과 같은 기초과학은 주요 분야에 있어 혁신적 돌파구를 촉발 시킬 수 있다. 기초과학과 기술의 연계를 증진시키는 것이 필수적이다.

보급과 기술 학습

대부분의 새로운 기술은 현재의 기술에 비해 비용이 높다. 오로지 시장 보급의 결과에 따른 기술 학습을 통해서만 이러한 비용이 낮아지고 제품이 시장에서 채택될 수 있다. 정부는 이 기술들의 보급 프로그램을 증대시켜야 한다. 태양광과 바이오 연료와 같은 2세대 신재생 에너지가 가장 큰 잠재력을 가진 기술에 속한다. ACT 맵 시나리오에서는 지금부터 2050년까지 2조 8천억달러가 시장 가치를 넘어 새로운 기술을 보급하는 부가적인 비용으로 필요하다고 추정하고 있다. BLUE 맵 시나리오에서는 그 수치가 7조달러이다.

규제

언제나 경제적인 문제만이 신기술 보급에 장애가 되는 것은 아니다. 이러한 장애를 극복하기 위해, 신중한 규제 설계와 표준이 종종 가장 효과적인 정책수단이 된다. 건물, 전기 기구 및 차량에 대한 엄격한 효율 규제가 모든 시나리오에서 필수가 될 것이다. 선진국과 개발 도

상국에서 효율 규제 강화 및 강도 높은 시행이 종종 즉각적인 실천을 위한 매력적이고 비용 효율적인 정책 사양으로 여겨진다. BLUE 시나리오의 중요한 성공요소는 최저 에너지 및 제로 에너지 빌딩을 이루기 위한 필수적 표준의 국민적 수용과 1/4 규모의 자동차 분야 이산화탄소 저감이다.

혜택

민간 부문의 투자는 기술 보급과 확산의 중요한 촉진제이며 그렇게 남을 것이다. IEA는 30개의 주요 국제 에너지 기업의 기술이사(CTO)들과 함께 BLUE 시나리오와 ACT 시나리오가 갖는 의미에 대해 논의하였다. 그들은 **시장에서의 이산화탄소 감축에 대한 깨끗하고, 예측가능하고, 장기적인 경제적 혜택을 제공하는 일련의 정책 수단을 설계하고 실행해야 할 시급한 필요성을 강조하였다.** 오로지 이러한 기반 위에서 막대한 투자 프로그램에 착수하는 사업이 힘을 얻게 될 것이다.

이번 분석에서는 UN 기후변화협약의 현 상황에서 협상할 만한 주제가 될 것으로 인식하고, 향후 필요한 메커니즘을 구체화하려고 시도하지 않는다. 우리는 ACT 시나리오를 위해서 이러한 메커니즘들이 완전히 상용화 되었을 때 50달러의 톤당 저장되는 이산화탄소 한계 비용을 갖는 기술에 혜택을 주고 장려하는데 충분해야 한다고 예상하였다. BLUE 시나리오에 대해서는, 그 수치가 적어도 저장되는 이산화탄소 톤당 200달러가 되며, 만일 주요 기술이 실패할 경우 500달러까지 상승할 수 있다. 이 혜택은 모든 주요 경제 내에서 다양한 정책 수단을 통하여 전세계에 적용되어야 한다.

모든 기술에 대하여 반드시 동일한 가치의 획일화된 혜택이어야 할 필요는 없다. 특히 BLUE 시나리오에서는 **가장 비싼 기술에 적합한 계획을 갖는 것은 적절한 조치가 될 수 있다.** 다양한 형태의 일련의 조치들은 OECD 국가에 2020년까지, 그 외 주요 국가에 2030년까지 적용되어야 한다. BLUE 시나리오에서는 이 시한을 떠나 상당한 강제성을 가정하고 있다. 완전한 효과를 얻기 위해서는, 순조로운 변화를 위해서는 기대하는 목표와 혜택이 명확히 잘 정해져야 한다.

여론

정부는 광범위하게 인식된 기후변화를 언급할 조속한 필요성과 종종 반대 여론에 부딪치지만 필요한 구체적인 프로젝트를 연결하여 여론에 본보기를 보여야 할 필요가 있을 것이다. ACT 시나리오와 BLUE 시나리오 어떤 것도 우선순위의 주요 변화 없이는 달성될 수 없으며, BLUE 시나리오에서 이는 **급진적이며 매우 시급하다.**

국제협력 채택

국제 협력은 가장 효과적으로 지속가능한 에너지 기술 개발과 세계적인 보급을 촉진하는데 필수적인 것이다. 이를 위한 네트워크가 이미 존재한다. 전세계의 수천명의 기술전문가들이 그들의 에너지 기술 프로그램에 협력한다는 점에서 IEA는 자체적으로 지금까지 가장 포괄적인 네트워크를 갖게 되었다. 그 밖의 대표적인 예로 EU 에너지포럼(EU energy technology), 아시아 태평양 협력기구 (Asia Pacific Partnership), 탄소 저감 리더십 포럼 (Carbon Sequestration Leadership Forum), 바이오 연료 포럼 (Biofuels Partnership), 수소 경제 국제 협력기구 (International Partnership for Hydrogen Economy), 4세대 국제 포럼 (Generation IV International Forum), 그리고 글로벌 원자력 에너지 협력기구 (Global Nuclear Energy Partnership)등이 있다. 이러한 네트워크는 고위 정책 입안자들의 뛰어난 국제적 리더십을 필요로 한다.

이 책은 핵심 에너지 기술에 대한 글로벌 로드맵을 위해 첫번째 시도이다. 우리는 에너지 효율, 발전, 그리고 수송분야의 17개 핵심 기술을 선정한다. 이 기술들은 에너지 기술 혁신의 중심에 있다. 우리는 그 기술들의 잠재력을 달성하기 위한 조치를 기술하였다. 그 기술들은 각 기술에 대한 특수성이 있고 부분적으로는 현재의 개발 상태에 의존적이다. 이러한 로드맵은 각 분야와 기술로부터 얼마만큼의 절감이 이루어져야 하는지 뿐만 아니라, 그러한 과정이 계획대로 진행되는 지를 확인하기 위해 매우 유용하게 활용될 수 있다. 세계의 에너지 기술 프로그램을 한데 모으고, 산업 부문과의 긴밀한 협력을 통하여 국제적인 가이드라인에 따라 이 로드맵을 더욱 발전시키는 것은 세계의 에너지 기술 혁신을 달성하기 위해 필요한 국제적 협력에 더욱 초점을 맞출 수 있게 할 것이다. IEA는 더욱 지속 가능한 에너지 미래를 이룩하기 위한 노력을 지원할 준비가 되어 있다.

표 ES.1 ▶ 본 연구의 핵심 로드맵

공급 측면	수요 측면
<ul style="list-style-type: none"> ■ CCS 적용 화력 발전 ■ 원자력 발전소 ■ 육상 및 해상 풍력 ■ 바이오매스 IGCC ■ 태양광 발전 시스템 ■ 태양열 발전 ■ 석탄 IGCC ■ 석탄 : 초초임계 ■ 2세대 바이오 연료 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 건물 및 전기기기 분야 에너지 효율향상 ■ 히트 펌프 ■ 태양열 난방 및 급탕 ■ 수송 분야 효율 향상 ■ 전기 및 플러그인 자동차 ■ 수소, 연료 전지 차량 ■ 산업분야, 수소 및 연료 변환에서의 CCS ■ 산업용 전동기 시스템

국제 에너지 기구

국제 에너지 기구(IEA)는 국제 에너지 프로그램을 실행하기 위해 경제 협력 개발 기구(OECD)의 틀 내에서 1974년 11월에 설립된 독립 조직이다.

OECD 30개 회원국 중 27개국 사이에서 에너지 협력의 포괄적 프로그램을 수행한다. IEA의 기본 목적은 다음과 같다:

- 석유 공급 중단에 대처할 시스템을 유지하고 향상시킨다.
- 비회원 국가, 산업 및 국제 조직과의 협력적 연관을 통해 전세계를 배경으로 합리적인 에너지 정책을 촉진한다.
- 국제 석유 시장의 영구적인 정보 시스템을 운영한다.
- 대체 에너지 자원을 개발하고 에너지 사용 효율성을 증가시켜, 세계 에너지 공급 및 수요 구조를 향상시킨다.
- 에너지 기술에 대한 국제 협력을 촉진한다.
- 환경 및 에너지 정책 통합 측면에서 도움을 준다.

IEA 회원국은 호주, 오스트리아, 벨기에, 캐나다, 체코, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 헝가리, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 한국, 룩셈부르크, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 포르투갈, 슬로바키아, 스페인, 스웨덴, 스위스, 터키, 영국 및 미국 등이다. 폴란드는 2008년에 회원국이 될 것으로 예상된다. 유럽 연합 위원회(European Commission) 또한 IEA 과제에 참여한다.

경제 협력 개발 기구

OECD는 30개 민주주의 정부들이 세계화의 경제적, 사회적, 환경적 난제 등을 발표하는 작업을 함께 하는 유일한 포럼이다. OECD는 또한 기업의 경영 구조, 정보 경제 및 노령화 인구의 난제와 같은 새로운 개발 사항 및 관심거리에서 정부가 대응할 수 있도록 돕고 이해하려는 노력을 맨 앞에서 하고 있다. 이 조직에서는 정부가 정책 경험들을 비교하고, 공통적인 문제에 대한 답을 구하며, 잘된 실천 사항을 확인하고, 국내외 정책들을 조정하는 일을 할 수 있는 무대를 제공한다.

OECD 회원국은 호주, 오스트리아, 벨기에, 캐나다, 체코, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 헝가리, 아이슬란드, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 한국, 룩셈부르크, 멕시코, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 슬로바키아, 스페인, 스웨덴, 스위스, 터키, 영국 및 미국 등이다. 유럽 연합 위원회는 OECD 업무에 참여하고 있다.

© OECD/IEA, 2008

International Energy Agency (IEA),

Head of Communication and Information Office,

9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

본 출간물이 그 사용과 유통의 한계가 정해지는 특정 제한을 받는다는 사실에 주의 하십시오.

그 조항과 조건들은 다음 주소에서 온라인으로 확인할 수 있습니다.

<http://www.iea.org/Textbase/about/copyright.asp>