

CTO 보고서

기후와 에너지 변화에 대처하기 위한 세계의 대응 전략

서민호

목차

요약

1. 세계 에너지 전망 및 에너지 기술 전망
2. OECD 국가
3. 중국, 인도를 포함한 개발도상국
4. 아프리카
5. 맺음말

< 요약 >

기후와 에너지 변화에 대처하기 위한 세계의 대응 전략은 어떠한가? OECD의 선진국들이 관련 정책 및 산업을 주도하고 있는 것이 사실인 상황에서, 미래전략과 향후 관련 산업기술의 발전 방향 전망을 검토하고, 이를 바탕으로 우리나라의 녹색성장 방향을 정립하는 것이 중요함. OECD 선진국의 경우, 신재생에너지로의 적극적인 대체 에너지 사용, 고효율화, 이산화탄소 포집 및 저장 등의 모든 선진기술들을 적용하여 도전적인 목표를 달성하는 계획을 갖고, 관련 기술개발 등을 추진하고 있음. 중국, 인도 등을 포함한 개발도상국의 경우에는 청정석탄기술, 원자력에너지의 적극 활용, 선진국으로부터의 기술 이전 및 탄소세 부담 경감 등이 중요한 이슈이며, 아프리카 최빈국의 경우에는 이산화탄소 발생 감소보다는 경제개발, 전기사용확대가 실질적인 에너지 시스템관련 이슈이기 때문에, 비격자화된 전기 시스템, 독립형 발전 시스템 등이 이슈임. 우리나라는 녹색성장을 국가 발전의 큰 비전 중의 하나로 관련 정책을 추진하고 있는 바, 이러한 선진국의 에너지 관련 전망 및 권역별 에너지 시스템 대응 전략을 기반으로 우리나라 녹색성장 전략을 검토하고, 추진해 나아가야 할 것임.

기후와 에너지 변화에 대처하기 위한 세계의 대응 전략

1. 세계 에너지 전망 및 에너지 기술 전망

□ 지속가능(sustainable) 성장의 필요성

- 지속불가능한 압력(unsustainable pressure)의 필연적 대두
 - 세계경제는 현재로부터 2050년까지 4배로 성장하고, 중국과 인도 같은 개발도상국가들은 10배 성장할 것으로 전망됨.
 - 이러한 성장은 많은 경제적인 이익과 높은 생활수준을 보장하지만, 지금보다 훨씬 더 많은 에너지 소비를 요구
 - 경제적인 성장으로 인해 발생하는 에너지 수요가 감소되지 않고, 화석연료 수요가 줄지 않는다면 천연자원과 환경에는 지속불가능한 압력이 필연적으로 대두될 것임.

- 에너지 공급과 사용에 있어 세계적인 혁명이 필요
 - 높은 에너지 효율성이 가장 중요한 핵심 요구조건
 - 신재생에너지 자원과 무탄소(carbon-free) 기술은 반드시 개발되어야 함.
 - 기업이 신뢰할 수 있는 획기적인 정부 정책, 미래를 위해 높은 수준의 장기적인 저탄소(low-carbon) 기술개발을 위한 정책이 필요
 - 전례 없는 높은 수준의 세계 경제 공조가 중요하며, 2050년까지는 세계 이산화탄소 배출량이 현재의 1/3 이하로 감축해야 하는 OECD 국가들로부터 도출된 '비즈니스 관점' 시나리오에 주목해야 함.

□ 미래 에너지 시스템 발전 방법 선택의 어려움

○ 과감한 변화의 필요

- 기후 변화에 대한, 또는 에너지의 안정적인 공급에 대한 관심이 증가하고 있으므로, 풍력, 태양광, 그리고 바이오연료 등을 포함하는 재생에너지자원은 기존의 석탄, 석유, 또는 천연가스과 함께 에너지 시스템에 큰 영향이 발생.
- 재생에너지 기술의 적용 및 생산을 위해서는 수요 규정, 저장방법 등을 포함한 다양한 고려사항이 점검되어야 함.
- 이러한 미래에너지 시스템 발전 방법 선택 결과는 30~40년 이상 장기간에 걸쳐 유지되기 때문에 정확한 모델링이 요구됨.

○ 에너지 시스템 모델링의 복잡성

- 세계 전역에 대한 에너지 시스템의 모델링은 매우 복잡하며, 현재는 극히 제한적인 에너지 관련 연구 및 모델만이 존재
- IEA(International Energy Agency)에서 제안한 세계 에너지 전망(World Energy Outlook), 그리고 에너지 기술 전망(Energy Technology Perspectives) 등에 주목할 필요가 있음.

□ 에너지 기술 전망(Energy Technology Perspectives, 2008)

○ ETP(Energy Technology Perspectives) 2008의 시나리오 접근법

- ETP 2008은 여러 개의 다른 시나리오로 구성되어 있으며, 그중 'ACT' 시나리오는 세계 이산화탄소 배출량을 2050년까지 현재의 수준으로 유지할 수 있는 방법을 모색하는 시나리오이며, 'BLUE' 시나리오는 2050년까지 현재의 50%로 줄인다는 목표를 가지는 시나리오임.

○ 'BLUE' 시나리오의 주요 가정

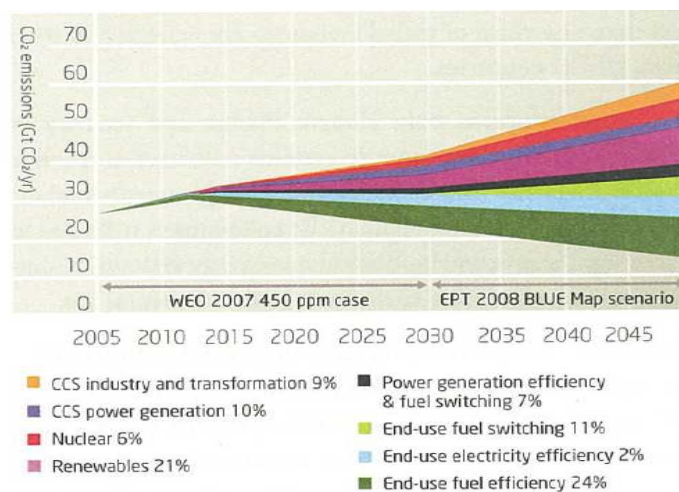
- 세계 인구는 2005년부터 2050년까지 매년 0.8%씩 증가 : OECD 국가의 인구는 북미에선 지속증가, EU에선 느리게 증가, 태평양 국가들은 감소할 것

- 이라는 예측을 반영, 같은 기간 매년 0.2%로 증가
- GDP는 세계적으로 2005년부터 2050년까지 매년 3.3%로 증가 : 주된 성장은 아시아 개발도상국이며, 중국과 인도는 매년 5.2%의 성장을, OECD 국가들은 평균적으로 매년 1.9%의 성장을 예측하며, 북미에서 제일 높은 성장을, 일본에서 제일 낮은 성장을 보일 것으로 예측
- 석유의 수입가격은 세계 에너지 전망(World Energy Outlook, 2007)을 준용, 원유가 배럴당 약 62-55USD, 천연가스는 MBtu당 약 8USD일 것으로 예측

○ 'BLUE' 시나리오의 도전성

- 이산화탄소의 배출량을 2050년까지 50% 감소시킨다는 것은 매우 도전적 과제이며, 그것은 급격한 정책 변화를 의미
- 이에 소요되는 비용은 실제로 매우 높으며, 불확실
- 이는 'BLUE' 시나리오가 아직 개발 단계에 있는 기술이어서 최종적인 성공을 보장할 수 없는 기술까지도 요구하기 때문임.
- 'BLUE'는 에너지 사업분야에서 아직 시작하지 않은 또는 장기적인 새로운 정책을 대단히 신속하게 완성할 것을 요구하고 있음.

< 'BLUE' 시나리오 2050에 의한 이산화탄소 방출의 감소 메커니즘 >



자료 : IEA, Energy Technology Perspective 2008

□ BLUE 시나리오 전망

○ 석유 시장의 전망

- 'ACT' 시나리오에 의하면, 석유의 수요는 2050년까지 12%로 증가한다는 '비즈니스 관점'의 시나리오보다는 훨씬 작은 증가량을 전망함.
- 한편, 'BLUE'의 경우는 2050년에 현재보다 무려 27%나 적은 석유수요가 예상된다는 것임.
- 그러나, 이러한 예상들로 인해 화석 연료 공급이 단기 또는 중기적 투자 요구를 크게 감소시키지는 않을 것이며, 모든 시나리오들은 화석 연료 공급을 위한 대형 투자가 10년내에 이루어질 것으로 예측하고 있음.

○ 이산화탄소-중립 연료 사용 전망

- 발전 산업에서 재생에너지원의 역할은 크게 증가할 것으로 예상하고 있어, 재생에너지가 발전 산업에서도 가장 큰 부분을 차지할 것으로 예측
- 전세계적으로 수력자원을 포함한 재생에너지는 현재 18%에 불과하며, 2050년에는 전체 발전량의 46%를 차지할 것으로 예측
- 'BLUE' 시나리오에서 바이오매스는 재생에너지 공급에 중요한 요소가 될 것으로 예측, 바이오에너지는 약 200% 성장할 것으로 전망
- 바이오매스의 종류는 기존의 바이오매스 사용은 줄어드는 반면, 진보된 바이오연료나 바이오원료의 사용이 크게 증가할 것임.
- 트럭, 선박, 그리고 항공기를 위한 지속가능한 대체에너지 자원은 거의 없기 때문에 운송 관련 분야에서는 바이오매스로 2차 연료인 바이오디젤이나 제트연료를 생산하는 기술의 중요성이 커질 것임.

○ CO₂의 배출

- 일반적인 에너지 소비는 더 많은 CO₂의 배출을 의미하지만, 이와 반대로 사용되는 에너지가 화석연료가 아닌 여러 복합 에너지원이 될수록 CO₂의 배출은 감소됨.

- 'BLUE' 시나리오에서 CO₂의 배출량은 2050년까지 매년 1.5%씩 감소할 것으로 예상하고 있음.
- 2050년까지 OECD 비회원국가들은 전세계 CO₂ 배출량의 72%를 차지하게 될 것이고, 이는 2005년에 비해 27%정도의 배출량 감소를 나타낼 것으로 예상.

□ 요약

- ETP 2008 'BLUE' 시나리오는 2050년까지 50%의 이산화탄소 배출량 감소를 목표로 하고 있음.
- 2050년까지 CO₂ 배출량을 현재 대비 50% 감소시킨다는 것은 어려운 도전이며, 이를 달성하기 위해서는 현존 에너지 기술은 물론 재생에너지, 저탄소 기술, 탄소 포집 및 저장 등 새로운 기술들의 개발과 적용 필요함.
- 화석연료는 계속해서 중요한 에너지 자원이 될 것이며, 2050년에는 세계적으로 전체 에너지의 52%를 차지할 것임.
- 전세계적으로 수력자원을 포함한 재생에너지는 현재의 18%에 불과하며, 2050년에는 전체 발전량의 46%를 차지할 것으로 예측되며, 주요에너지 공급원은 풍력, 수력, 그리고 태양 에너지일 것임.

2. OECD 국가

□ 총 에너지 수요

- 'BLUE' 시나리오에서는 에너지 수요가 매년 0.1%씩 감소 예상
- OECD 국가들의 총에너지 수요가 2005년부터 2050년까지 매년 0.1%씩 감소할 것으로 예상
- 이것은 과거 15년간 매년 평균적으로 1.4%씩 증가한 것에 비하면 아주 획기적으로 낮은 수치임.

- OECD 회원국이 아닌 국가들에게는 에너지 수요의 증가가 훨씬 클 것으로 예상되기 때문에, OECD 국가들이 차지하는 에너지 수요는 2005년 49%에서 2050년에는 34%까지 감소 예상

□ 석유의 수요

- 매년 세계적으로 0.8%씩 줄어들 것이며, OECD 국가들은 약 1.5% 이상 감소할 것으로 예상됨.
- 또한, CO₂ 배출량을 줄이기 위해 제시되는 새로운 정책들로 인해, OECD 국가에서는 석탄수요도 매년 1.9%씩 줄고, 세계 석탄 사용도 매년 0.6%씩 감소할 것임.

□ CO₂중립 연료

- OECD 국가들 사이에서는 2050년까지 급격하게 성장할 것임.
- 바이오매스나 폐기물 등에 적용되며, 매년 3.7%로 성장 예상
- 그러나, 풍력이나 태양에너지와 같은 기타 재생에너지 역시 매년 5.7%로 성장될 것임.
- 이러한 극단적인 'BLUE' 시나리오지만, OECD 회원국들은 여전히 화석연료의 의존성을 일정부분 유지할 것으로 판단되고 있으며, 그 비중은 44% 정도로 예상됨.

< 'BLUE' 시나리오 2050에 의한 재생에너지의 개발 전망 >

	OECD(Mtoe)			전세계(Mtoe)		
	최종 수요	최종 수요	연평균성장률	최종 수요	최종 수요	연평균 성장률
에너지 종류	2005	2050	2005-2050	2005	2050	2005-2050
화석연료	117	186	1.0%	256	542	1.7%
바이오매스 및 폐기물	18	81	3.4%	27	210	4.7%
지열 발전	7	50	4.5%	9	91	5.2%
풍력 발전	20	197	5.2%	24	445	6.7%
태양 발전	1	153	11.9%	1	409	14.3%
기타 재생에너지 발전	0	9	10.6%	0	35	12.2%
지열 에너지	4	49	5.7%	4	165	8.6%
태양열 에너지	2	49	7.4%	3	165	9.3%
바이오연료 및 원료	76	492	4.2%	94	1,461	6.3%
전통적인 고체 바이오 연료	57	94	1.1%	923	558	-1.0%
재생에너지 Total		1,360			4,081	

자료 : IEA, Energy Technology Perspective 2008

□ CO₂ 배출량

- OECD 국가들에서 배출하는 CO₂ 양은 2050년 3.8Gt이 될 것이라 예상
 - 이 수치는 현재의 수치보다 71%나 적은 수치이며, 매년 2.7%씩 감소를 가정한 수치임.

□ OECD 국가에 대한 'BLUE' 시나리오 분석 전제

- 최소-비용 의사-결정(least-cost decision-making) 가정을 취함.
 - 이는 CO₂ 감축의 지역적인 안배를 위한 하나의 기준으로 작용함.
 - 만약 다른 의사결정 기준이 적용되었다면, 예상 시나리오는 달라짐.
 - 지역마다의 배출 감소량과 비용은 지역마다 다른데, 이러한 지역적인 차이는 배출량을 감소시키는데 가장 중요하고 어려운 과제임.
 - OECD 국가들은 'BLUE' 시나리오를 실현시키기 위해 약간의 GDP 감소를 예상(2050년까지 약 1% 감소)하고 있음.
 - 그러나, 비회원국의 경우는 GDP에 더 큰 영향이 있을 것으로 예상됨.

3. 중국, 인도를 포함한 개발도상국

□ 개발도상국의 중요성

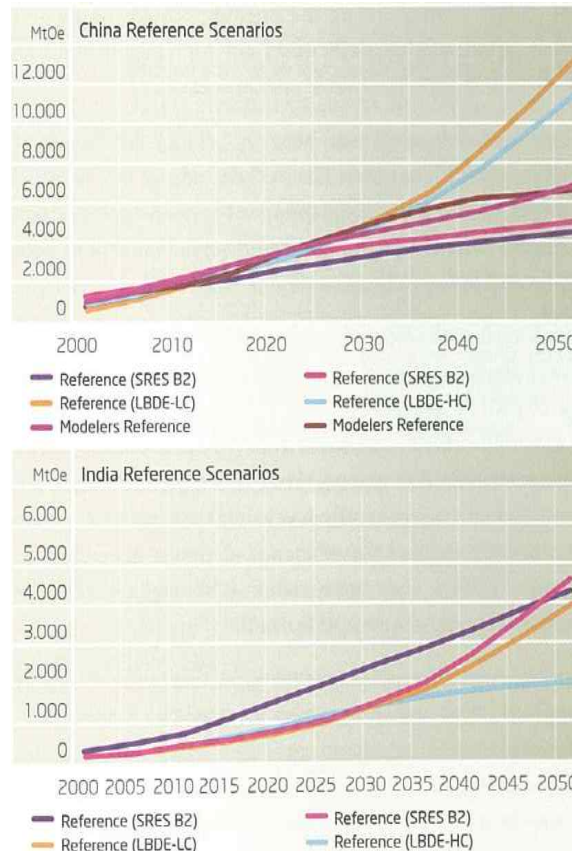
○ 급격히 증가하는 에너지 수요

- 개발도상국의 에너지 수요는 세계 에너지 수요 증가에 가장 큰 동력으로 작용할 것임.
- 만약 현존 에너지 시스템에서 개발도상국의 에너지 수요를 충족시킨다면, 전세계의 이산화탄소 배출량은 매우 크게 증가할 것임.
- 개발도상국들은 에너지 수요 증가에 따른 국제 협력, 탄소 금융, 청정 에너지 기술 개발 등 다각적인 노력을 기울여야 할 것임.

○ 개발도상국의 에너지 수요

- 일본국립환경연구소(Japan National Institute of Environmental Studies, NIES)의 SRES Emission Scenario Database(ESD)에 의하면, 중국과 인도의 에너지 수요는 2030년까지 지속적으로 증가하다가, 2040년에 급격히 증가할 것으로 예상됨.
- 중국과 인도는 석탄 에너지 수요가 매우 큰데, 이 석탄에너지는 다른 연료보다 이산화탄소 배출량이 매우 큰 에너지원임.
- 따라서 중국과 인도의 에너지 소비 증가는 곧 온실가스 배출량 증가를 의미함.

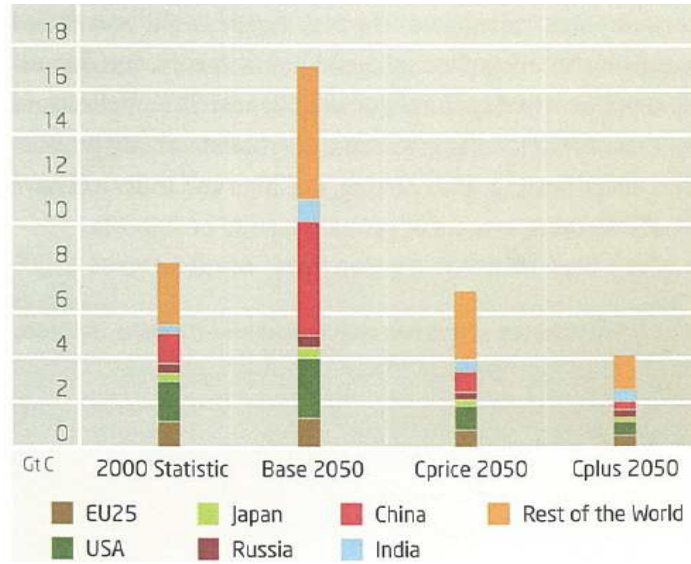
< 중국과 인도의 2050년까지의 에너지 수요 전망 >



자료 : 일본국립환경연구소, www.cger.nies.go.jp

- 탄소 가격은 2011년 2.5\$/tCO₂에서 2050년 100\$/tCO₂로 예상
- 영국, 일본 등 G8 국가들의 예측에 의하면, 2000년 미국, 중국, 인도 그리고 기타 개발도상국의 온실가스 배출량은 급격히 증가하여, 2050년에는 세계적으로 온실가스 배출량이 2배가 될 것으로 예상했음.
- 세계 탄소배출권 시장에서 탄소 가격은 2011년 2.5\$/tCO₂로 책정될 예정이며, 2050년까지는 100\$/tCO₂까지 오를 것으로 예상
- 이를 위해서 중국은 온실가스 기준 배출량을 80% 이상, 인도는 50% 이상 감소할 필요가 있음.
- 이렇게 두 나라가 배출량을 줄인다면, 매년 세계의 온실가스 배출량을 거의 50% 이상 감소시킬 수 있음.

< 세 가지 탄소 정책 시나리오에 따른 지역별 이산화탄소 방출량의 변화 >



자료 : Barker, T et. al., "Achieving the G8 50% Target," Climate Policy, 8, S30-S45

□ 주요 기술

○ 어떻게 증가하는 에너지 수요를 충족시킬 것인가?

- 중국, 인도에서 석유 수요는 매우 급격히 증가할 것으로 예상되는데, 이는 증가하는 인구에 따른 개인에너지 소비 증가에 기인함.
- 중국, 인도 모두 자국내 천연가스 또는 석유 보유량이 부족한 상황임.
- 천연가스와 석유자원의 부족은 다른 에너지원 수입으로 이어질 것임.
- 오직 석탄만이 중국과 인도가 가까운 미래에 수입하지 않아도 될 화석연료임.
- 많은 연구 결과 2050년까지 석탄이 중국과 인도에서 가장 중요한 에너지 자원이 될 것으로 나타남.

○ 청정 석탄기술이 가장 우선순위가 높은 기술이 될 것임.

- 청정 석탄 기술은 고효율 석탄이용 전력 발전소, 석탄 가스화, 그리고 탄소 포획과 저장(CCS) 같은 기술들을 포함함.

- 이러한 기술들을 통해 석탄을 사용함으로써 대기오염과 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있을 것임.
- 이러한 청정 석탄기술은 중국과 인도의 가장 중요한 에너지 전략임.
- 인도산 석탄은 대부분 재를 다량 함유하고 있어 효율이 낮기 때문에 청정 석탄기술이 더욱더 중요함.

○ 원자력 개발에 대한 거대한 계획

- 현재로서 중국과 인도에서 원자력이 발전에 차지하는 비중은 미미함.
- 중국의 경우 2007년 기준 8.6 GWE 원자핵, 6백3십억KWh 용량이지만, 이는 전체 전기생산량의 2.3%에 불과함.
- 인도는 2005년 기준 전체 전력의 2.5% 정도가 원자력으로 생산되며, 2006년에는 용량을 3.6GWE로 향상시킴.
- 우리나라는 세계적으로 석유나 가스보다 넓게 분포되어 있어 수입의존성이 높다 하여도 공급의 안정성은 확보 가능함.
- 중국은 원자력 생산능력을 60GWE로 증가시켜 2020년까지 전체 전기 생산량의 6%를 원자력으로 생산하고자 하며, 2030년까지는 용량을 160GWE까지 증가시키는 계획을 가지고 있음.
- 인도의 경우 2020년까지 원자력에 의한 발전량을 20GWE로, 2030년까지 40GWE로 증가시킬 계획임.
- 인도는 미국에 원자력 협약을 통해 인도정부가 광대한 토륨 자원을 활용, 원자력 발전을 통해 에너지 독립을 이루고, 장기적인 에너지 문제를 극복하고자 함.

○ 재생에너지의 진보는 자원의 활용성에 의존함.

- 중국의 경우 재생에너지 발전을 위한 주요기술은 수력과 풍력이고, 인도의 경우 수력, 중력, 태양광(PV), 그리고 풍부한 햇빛에서 얻을 수 있는 집열발전(CSP, Concentrated Solar Power)임.

- 슈퍼-도시들(super-cities)의 생성 및 수요부족 문제 해결방안이 관건
 - 중국과 인도는 넓은 영토와 인구를 기반으로 한 발전으로 승객 운송 및 화물선 등이 급격히 증가되고 있음.
 - 이미 세계적이며 국제적인 슈퍼-도시들이 생겼으며, 거대 도시화 사업은 많은 다른 비-도시화 지역도 슈퍼-도시로 팽창시킬 것으로 예상되고 있음.
 - 국가적인 석유부족 관점에서, 환경친화형 자동차 및 대중교통 등의 규모가 4배로 증가할 경우, 석유 공급 문제, 지역적인 대기오염, 교통 혼잡, 그리고 온실가스 배출 등의 문제 해결에 있어서 에너지 관련 정책 추진 및 기술개발이 중요한 열쇠가 될 것임.

- 다양한 에너지 효율 기술들도 중요한 역할을 하게 됨.
 - 다른 개발도상국들과 같이 중국과 인도 역시 에너지시스템이 비효율적으로 운용되고 있음.
 - 중국의 평균 에너지 전환율과 이용률은 선진국들에 비해 약 25% 낮은 수준이며, 2000년 기준 중국은 발전, 철, 비철금속, 석유화학, 재료, 섬유산업에서 단위생산 당 소비 에너지의 양이 국제 수준보다 약 40% 정도 높게 나타남.
 - 따라서, 중국과 인도는 산업적, 주거적, 상업적으로 에너지 효율성을 개선할 수 있는 기술개발에 집중해야 함.

□ 국제 기술이전 및 탄소 금융

- 선진국들은 기후변화에 대해 개발도상국을 이끌어야 할 책임이 있음.
 - 현존하는 온실가스들의 대부분은 선진국들이 1750년대 이후, 산업화 발전을 거듭하면서 배출한 것임.
 - 반면, 세계 기후변화에 책임감이 덜한 개발도상국들은 쉽게 비난 받고, 기후 변화의 부정적인 면들로부터 더 고통을 겪어야 하며, 기후 변화에 대응하기 위한 자금도 지원받지 못하고 있음.
 - 상대적으로 선진국들은 그들이 보유한 자금과 기술 능력으로 그들의 온실

가스 배출량을 감소시키기에 더 나은 위치에 있음.

- 유엔기후변화기구대회(UNFCCC)는 개발도상국들의 기후 변화에 대처해야 하는 부담을 인식하여, 기술과 자원 이전을 통해 이들의 기후변화 활동을 지원해야 한다는 데에 의견을 같이 함.

○ 교토의정서와 청정개발체제(CDM, Clean Development Mechanism)

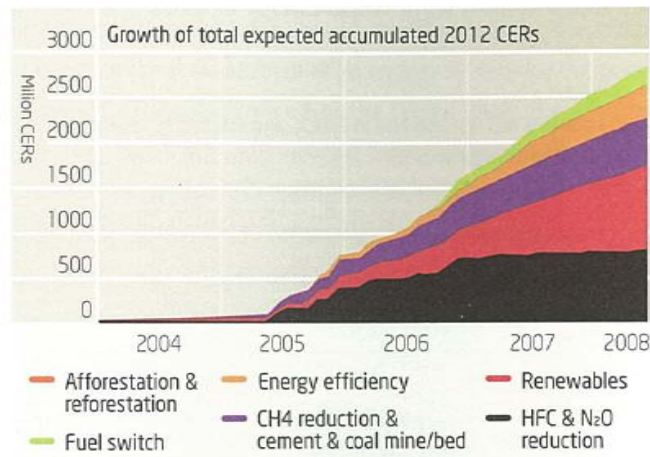
- 교토의정서는 선진국과 세계 경제를 위해 특정한 배출 감소목표를 정하였고, 청정개발체제를 만들어 개발도상국이 배출량을 감소할 수 있도록 선진국에 그들의 신용도를 판매하여 탄소 자원을 얻을 수 있도록 함.
- 2004년 11월 최초 CDM 프로젝트가 등록된 이래로 CDM은 수백억 달러가 개발도상국에 지급되도록 하였음.
- 2008년 7월 현재 이미 3,788개의 CDM 프로젝트가 UNFCCC CDM을 통해 진행중이며, 이 프로젝트를 통해 2012년 말까지 약 2,700 MtCO₂ 이상의 이산화탄소 배출량을 감소시킬 수 있을 것으로 기대하고 있음.
- 국제적으로 매월 약 150개의 신규 프로젝트가 생성되고 있음.

○ 2012년 탄소배출권(CER, Carbon Emission Right)의 92%는 중국, 인도, 한국, 브라질 등으로부터 발행 예상됨.

- 이는 거대 개발도상국들에 저비용으로 배출량을 감소시킬 수 있는 큰 기회가 있음을 의미함.
- 청정개발체제는 급격히 발전하는 개발도상국들에게 자금을 지원해 줄 수 있는 효과적인 시장기구라는 것이 증명되고 있음.
- 첫 번째 CDM 활동은 2012년에 종료되는데, 이후 CDM의 미래와 국제협력은 2012년 이후 기후협정에 좌우됨.
- 기술과 자원의 이전은 선진국과 개발도상국 사이에 분쟁까지 일어날 수 있는 중요한 이슈가 될 것임.
- 탄소 금융, 특별 자금 후원, 또는 중요기술의 공동화를 통한 기술변화에 대한 전세계적인 노력에 개발도상국의 참여도를 높일 수 있는 방법은 아직까

지 미흡한 수준임.

< 현재의 CDM 프로젝트들로부터 예상되는 총 CER의 증가 현황 >



자료 : Fenhann, J, CDM pipeline overview, 2008, www.cdmpipeline.org

□ 소결론

- 중국과 인도, 경제적으로 급부상중인 개발도상국들은 미래의 발전, 에너지, 그리고 기후 변화에 있어 세계적으로 큰 영향을 미칠 것이며, 이들 국가들은 에너지 산업의 기본 시설에 막대한 투자를 할 것임.
- 그러나, 이들 국가는 저탄소 개발을 위한 기술개발을 하지 않거나, 온실가스 배출량을 감소시키지 않을 수도 있음. 그들이 우선적으로 생각하고 있는 성장을 이루려다 보면, 필요한 에너지 수요를 충족시키며 온실가스 배출을 동시에 감소시키는 것은 큰 도전이 될 것임.
- 중국과 인도에 있어서 특히 중요한 기술은 청정 석탄에 관한 기술이며, 그 뒤로 원자력, 수력, 풍력, 그리고 태양 에너지가 있음.
- 중국과 인도는 이미 급격한 에너지 소비 증가 및 온실가스 배출량 때문에

경제적, 사회적, 환경적 분석을 수행하고 있으며, 재생에너지 사용 확대와 에너지 효율성 향상, 국제기술과 협력을 위한 활동 등도 포함됨.

4. 아프리카

□ 경제 발전이 더 중요한 상황

- 아프리카의 전세계 에너지 수요 및 이산화탄소 배출에서 차지하는 비중
 - 아프리카의 세계 에너지 수요 점유율은 2005년부터 2030년까지 겨우 5.3%에서 5.9%로 증가할 것으로 예상됨.
 - 2030년 아프리카의 에너지 사용 대비 이산화탄소 배출량은 0.8톤으로 미국이 1인당 16.5톤, 유럽이 6.1톤인데 비하여 현저히 작은 수준임.

- 이산화탄소 감소가 주된 관심사가 되지 못함.
 - 아프리카의 빈민층에게 있어 이산화탄소의 감축은 에너지 시스템 개발에 있어 주된 관심사가 되지 못함.
 - World Bank, the African Development Bank와 여러 봉사기구 관계자들은 아프리카 최빈국가들에게는 이산화탄소 감소보다는 경제발전, 저비용 기술의 이전, 그리고 기후 변화 적응 등에 더 중점을 두어야 함을 강조함.

□ 아프리카 최빈국의 경제발전 관련 도전들

- 가정 연료용 바이오매스
 - 사하라 이남의 아프리카 빈국에서는 계속해서 전통적인 바이오매스(주로 썰감을 사용해서 요리할 것이며, 특히 바이오가스가 가전제품에 적용될 수 없기 때문에 교외지역에 거주하는 사람들은 지속적으로 썰감을 사용할 수밖에 없음.
 - 따라서, 썰감 위기는 조금 과장된 걱정일지도 모르지만, 이 지역에서 썰감

부족 현상이 멀지않은 미래에 있을 것으로 예상됨.

○ 전기의 사용 - 큰 도전

- 현재 아프리카 최빈국의 전기사용율은 26%로 매우 낮으며, 현대의 에너지 서비스로 전환되는 것을 가장 중요한 발전 목표로 삼고 있음.
- World Bank의 예측에 의하면, 2030년까지 48%의 전기사용율을 얻기 위해서는 매년 약 40억 US 달러의 투자가 필요하며, 이는 이들 국가들에게 역사에 걸쳐 에너지 부문에 투자되었던 비용의 약 2배에 해당함.
- 2050년에는 이들 국가들의 국민들 중 80%가 전기를 사용할 수 있을 것으로 예상됨.

○ 가용한 자원의 협력적 개발 활용 필요성

- 석유화 가스는 북부와 서부 아프리카에 집중되어 있음.
- 석탄과 천연가스는 남부 아프리카에 집중
- 수력, 지열, 그리고 천연가스가 중앙 그리고 동부 아프리카에 매장
- 남부 아프리카에 매장되어 있는 석탄, 나이지리아의 천연가스, 그리고 콩고에 있는 잉가 폭포에서 얻는 수력 등이 아프리카 전체의 협력적 개발을 통해 잘 활용될 수 있는 자원의 예임.
- 수력자원 잉가폭포에서 얻을 수 있는 최고의 잠재력은 39GW 또는 매년 288TWh이며, 이는 아프리카의 2030년 예상 전기 수요의 23%를 충족시킬 수 있는 양임.

○ 하이브리드, 비격자형(Hybrid and non-grid) 시스템의 필요성

- 2010년부터 2020년까지 아프리카에서는 작은 규모의 수력, 풍력, 그리고 태양광에 기반한 하이브리드 시스템 구축이 활발할 것으로 예상됨.
- 또한, 아프리카 최빈국가들은 인구밀도가 낮고, 다수의 국민들이 흩어져 살고 있기 때문에 격자화되지 않은 교외 지역에 전기 사용을 가능하게 하는 것은 대다수 인구를 위해서는 매우 어려운 일이 될 수 있음.

- 적어도 2020년까지는 격자화되거나 미니격자화도 되지 않을 것으로 예상되며, 흩어져 살고 있는 매우 많은 인구를 위해서는 비용이 가장 저렴한 태양 주택 시스템이 제공되어야 할 것임.
- 이는 태양열 주택 시스템이 교외 지역의 전기사용이 가능하도록 하기 위해 격자화 시스템과 함께 중요한 역할을 할 수 있음을 보여줌.

□ 소결론

- 경제발전이 가장 중요
 - 이산화탄소 배출을 감소시키는 것은 아프리카 최빈국에는 중요 관심사가 아니며, 경제성장, 저비용 기술로의 변화, 기후 변화 적응 등에 더 집중해야 한다는 것에 인식을 공유하고 있음.
- 자원의 협력적 활용이 중요
 - 지역적으로 분포되어 있는 수력, 석탄, 천연가스 등 자원을 효과적으로 활용하기 위해서는 지역발전 연합구성 등을 통해 협력적으로 에너지 기반시설을 투자하는 것이 중요함.
- 독립 발전 시스템의 중요성
 - 교외지역의 전기사용 가능화도 어느 정도는 수력과 석탄으로부터 얻은 기존의 격자 기반 전기에 좌우되겠지만, 실제로 넓게 흩어져 있는 주거지는 개개 태양광시스템이나 하이브리드 태양광에 기반한 미니-격자, 디젤 바이오연료 등에 의해 가능할 것으로 예상됨.

5. 맺음말

□ OECD 국가, 개발도상국, 아프리카 최빈국으로 구분해서 살펴본 에너지 및 기후변화 대응 전략의 의미

- 전세계적인 공조하에 기후변화 대응, 새로운 에너지 시스템으로의 변화가 추진되고 있는 것이 사실이나, 각 권역별로 주요 이슈 및 핵심 추진 사항은 다름.
 - OECD 국가의 경우, 에너지 수요에서 차지하는 비중이 클 뿐 아니라, 매우 강력한 이산화탄소 감축 정책을 추진하고 있으며, 이를 달성하기 위해서는 현존 에너지 기술을 물론, 재생에너지, 저탄소기술, 탄소 포집 및 저장 등 새로운 기술들의 적극적 적용 없이는 불가능함.
 - 중국, 인도 및 개발도상국의 경우에는 청정 석탄기술 및 원자력 에너지의 활용이 중요하며, 선진국들은 이들 개발도상국에 대해 CDM 프로젝트를 통한 탄소세 저감 및 적극적인 참여 유도, 개발기술의 이전 등으로 이산화탄소 저감활동은 필수적임.
 - 아프리카 최빈국의 경우, 세계 에너지 수요점유율 및 이산화탄소 발생량 측면에서 그 비중이 미미하여, 실제 경제발전이 에너지 정책의 주요 관심사일 수 밖에 없으며, 수력, 풍력, 태양 에너지의 하이브리드를 통한 미니-격자 시스템, 독립형 태양광 발전 시스템 등이 분산 인구에 대한 전기사용율을 향상시킬 수 있는 대안이 됨.
- 우리나라의 녹색성장 전략은 어떤 방향으로 진행되어야 하는 것이 옳을까?
 - 재생에너지 기술 확보를 위한 R&D 투자가 녹색성장을 보장할 수 있을까? 우리나라의 전세계 에너지 전략상에서의 위상, 우리나라가 개발한 녹색기술의 타겟 수요처 분석, CDM 프로젝트 구성에 의한 탄소세 부담 절감 및 탄소배출권의 확보, 아프리카 등의 전략적 틈새시장 공략을 고려한 타겟 기술의 설정 등 다양한 전략적 검토가 선행되어야 할 것으로 사료됨.

<참고문헌>

1. Riso Energy Report 7 : Future low carbon energy systems, Riso DTU National Laboratory for Sustainable Energy, 2008. 10.
2. Energy technology perspectives: Technologies and strategies to 2050. Paris: OECD/International Energy Agency, 2008
3. World energy outlook 2007. Paris: OECD/International Energy Agency, 2007
4. Database of emissions scenarios[www-cger.nies.go.jp], 2007.6.
5. Barker, T. et. al., Achieving the G8 50% target: modelling induced and accelerated technological change using the macro-econometric model E3MG, Climate Policy, 8., S30-S45
6. Fenham, J, CDM pipeline overview 2008[www.cdmpipeline.org], 2008
7. Ndulu, B. et. al., Challenges of African growth: Opportunities, constraints and strategic directions, Washington, DC: World Bank