

“에너지와 대기오염” 보고서 내용 요약 보고

※ 최근 에너지부문이 대기오염 물질 배출의 주요한 원인이 된다는 IEA의 보고서가 발간(Energy and Air Pollution, 2016.6.27)된 바, 이를 요약함

◇ 대기오염은 시민 건강의 위험 요인이며, 이것의 주요한 원인과 대책의 상당 부분은 에너지 부문에서 찾을 수 있음

○ 미세먼지(particulate matter)의 85%와 거의 모든 황산화물과 질소산화물들이 에너지의 생산과 사용에서 기인하고 있음

* 매년 약 65백만명 사망이 나쁜 공기 질로 인해 발생, 불량한 공기질은 고혈압, 식생활 위험(dietary risks), 흡연 다음으로 인류 건강의 4번째로 높은 위험

◇ 에너지를 생산하고 사용하는 방식을 변화시키지 않는다면, 대기오염으로 인한 파괴적인 사망은 계속 증가할 것임

1. 연구 배경 및 대기오염의 원인

□ 배경

○ 대기오염은 시민 건강의 위험 요인이며, 이것의 주요한 원인과 대책의 상당 부분은 에너지 부문에서 발견됨

○ 매년 대략 65백만명의 사망이 나쁜 공기 질로 인해 발생하고 있으며 오염된 공기질은 고혈압, 식생활 위험(dietary risks), 흡연 다음으로 인류 건강에 4번째로 비중이 높은 위험으로 작동

○ 세계가 에너지를 생산하고 사용하는 방식을 변화시키지 않는다면, 대기오염으로 인한 파괴적인 사망은 계속 증가할 것임

* 한편, 본 보고서는 IEA가 매년 발간하는 세계에너지전망(World Energy Outlook)과 관계되는 특별 보고서(special report)의 성격을 갖고 있음

- 대기오염에 대한 관심의 증가는 COP21 이후의 에너지 전환의 가속화와 함께 주요한 오염물질의 전세계의 방출을 2040년까지 느린 감소세로 바꿀 수 있음

□ 대기오염의 원인

○ 빈곤(poverty)

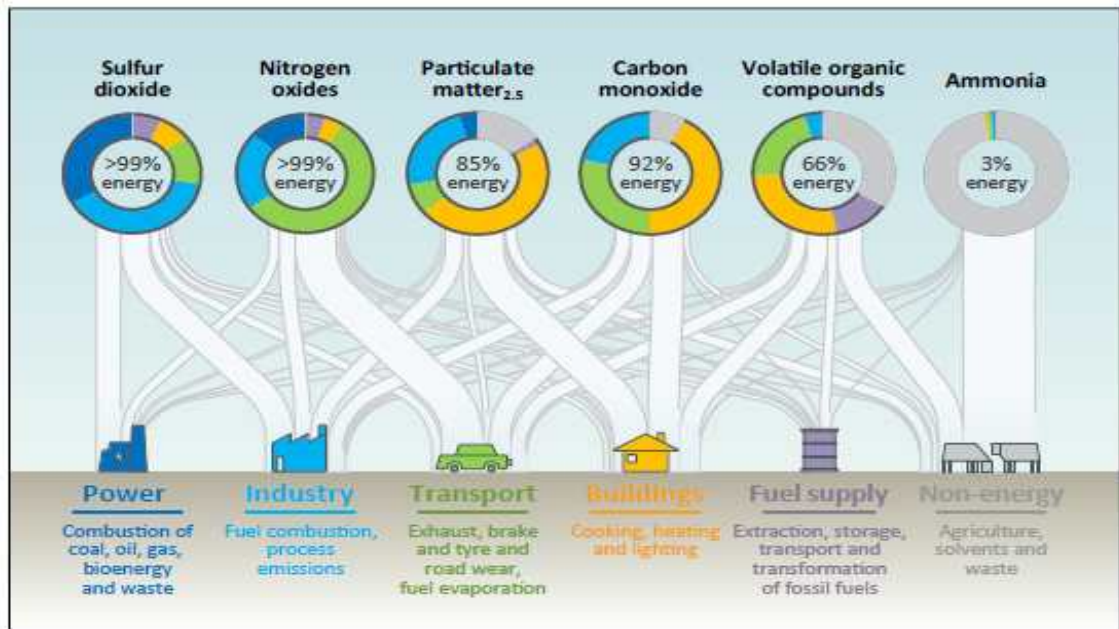
- 27억명이 취사에 사용하는 목재와 다른 고체 연료 및 조명에 사용되는 등유(kerosene)로 인하여, 매년 약 35백만명의 조기사망과 관련이 되는 유해 환경(smoky environments)을 야기함
- 이는 대부분 아시아 개발도상국과 사하라 사막 남쪽의 아프리카 지역에서 발생하며, 미세 먼지(particulate matter) 배출의 50% 이상이 바이오매스의 불완전한 연소가 원인이 되어 발생함
- * 실내 또는 실외에서 호흡되는 미세 입자(finest particles)들은 특히 그것들이 폐에 깊숙이 침투하기 때문에 건강에 해로움
- * 바이오매스(biomass): 나무, 농산물, 사료작물, 농업폐기물찌꺼기, 임산폐기물 등에서 추출되어 에너지로 재활용할 수 있는 재생 가능한 유기물질

○ 화석연료 집중적인 개발

- 석탄과 석유는 많은 국가의 경제성장을 견인해 왔으나 발전소, 산업 시설과 차량에서의 배출되는 오염 물질은 매년 대략 3백만명의 조기사망과 관련되는 외부 대기오염의 주요한 원인이 되고 있음
- * 석탄은 전세계적으로 연소와 관련된(combustion-related) 황산화물 배출의 약 60% 이상을 차지하고 있는데, 이것은 호흡기성 질병의 원인이며 산성비의 전조가 됨
- 수송분야에서 사용되는 연료 특히 경유(디젤)는 전세계적으로 배출되는 질소산화물의 50% 이상을 발생시키며, 호흡기 질환 문제를 촉발시킬 수 있을 뿐만 아니라, 다른 종류의 위험한 입자(hazardous particles)와 오염물질을 유발함

- 황산화물과 질소산화물의 경우 거의 100% 가까이, 미세먼지의 경우 85%까지 에너지의 생산과 사용으로부터 발생함

< 주요 대기오염 물질과 그 원천 >



○ 도시화

- 도시는 인구 집중, 에너지 소비, 건물 건설, 교통 수요가 집중되기 때문에 오염물질의 집합소가 되었음.
- 특히, 차량에서의 오염물질 배출의 경우 행인들이 호흡하는 시내의 거리로 배출된다는 점에서 위험성이 높아짐

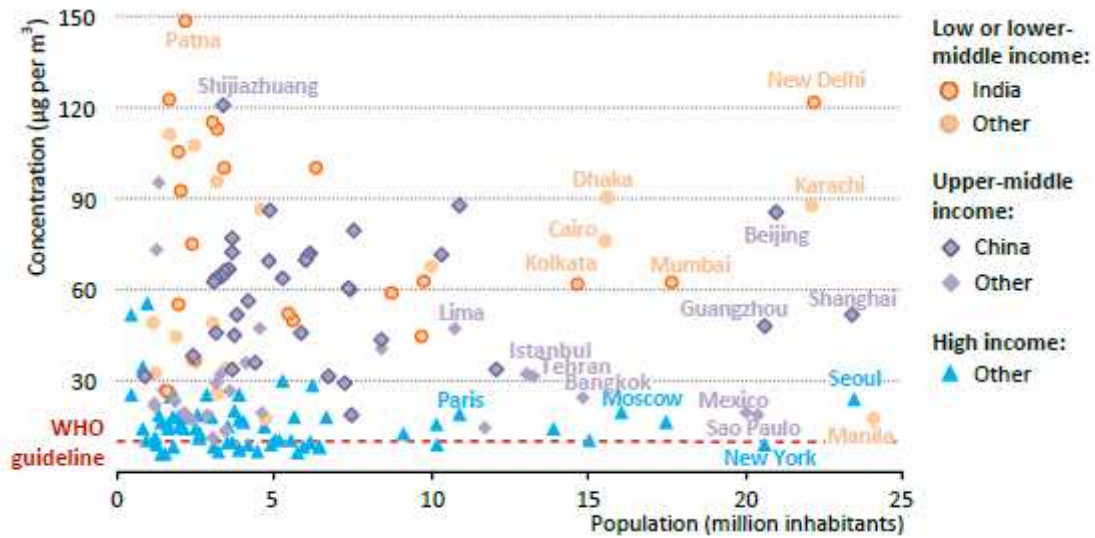
2. 대기오염 현황과 문제점

□ 대기 오염 관련 현황(미세 먼지 중심)

- 세계보건기구(WHO)에 따르면, 전 세계 도시지역의 거의 80%의 인구가 WHO 기준에 미달하는 공기를 호흡하고 있음

* 특히, 중국과 인도의 경우는 WHO의 공기 질 가이드라인 대비 매우 좋지 않은 대기 환경에서 거주하고 있으며 서울의 경우에도 WHO 가이드라인을 상회

< 세계 주요 도시별 연 평균 실외 미세먼지(PM_{2.5}) 집중도 >



- 이들 지역의 극심한 대기오염의 원인은 산업, 교통, 도로 및 건설 부문에서 배출되는 미세 먼지, 가정의 바이오매스 연소, 발전 등임

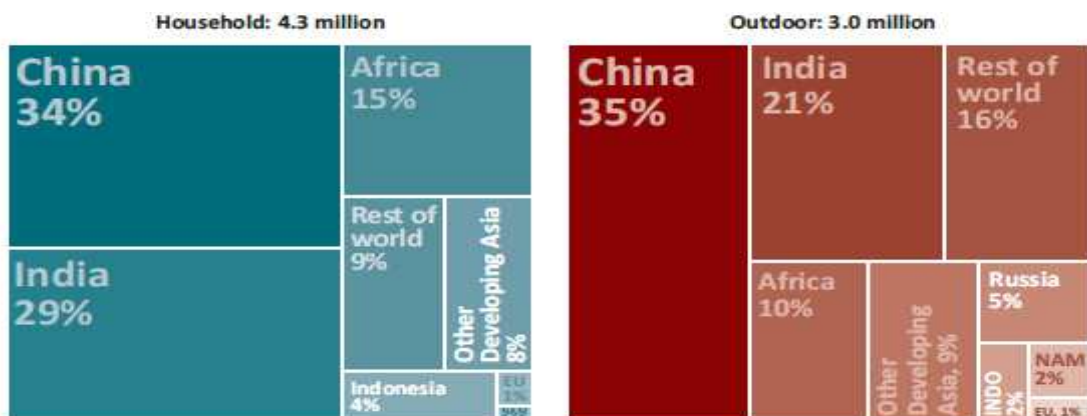
□ 대기오염에 따른 문제점

- (조기 사망) 대기오염으로 가정에서 430만명의 조기 사망자(premature deaths)가 발생하고, 실외에서는 3백만명의 조기사망자가 발생

* WHO 자료, 2012년 기준

- 이와 같은 조기사망자는 중국, 인도, 아프리카에서 대부분 발생

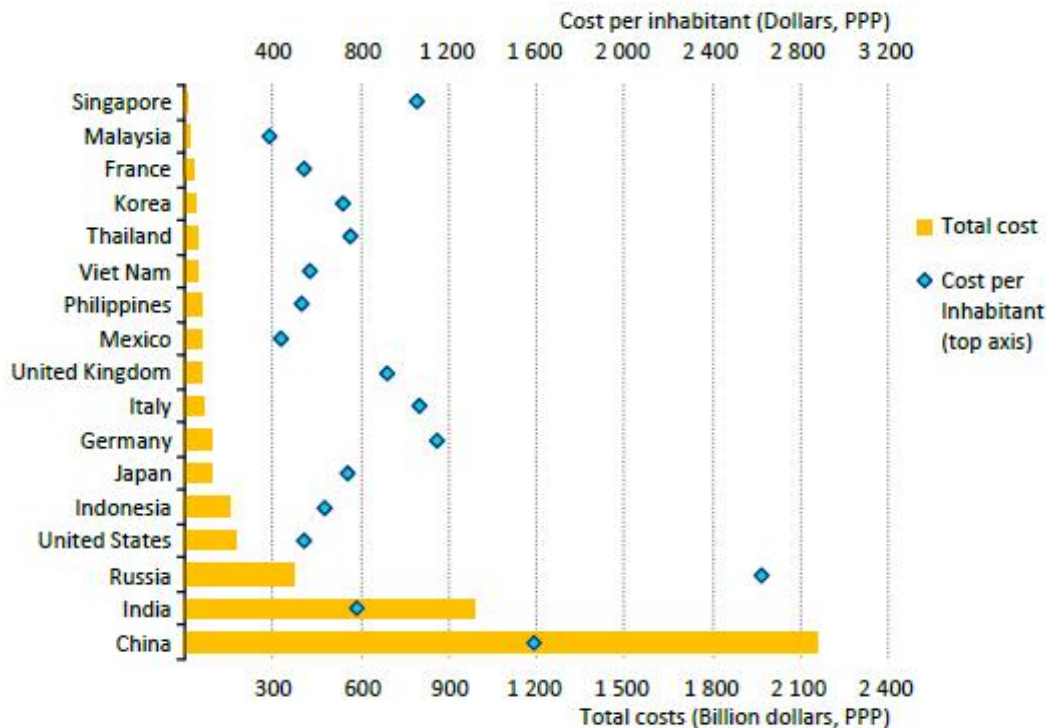
< 대기오염 관련 조기사망자 수 국가별 분포, 2012년 >



- (복지 비용) 조기 사망에 따른 중국, 인도, 러시아, 미국 등 대다수 국가에서 상당한 규모의 복지 비용 발생

* 복지비용(welfare cost) : 조기 사망자의 수(數)에 삶의 가치(value of a statistical life)를 곱하여 산출

< 조기사망 관련 복지비용 추정(2012년) >



3. 대기 오염 추세와 전망

□ 이미 대다수 OECD 국가에서는 주요 오염 물질 배출이 감소세

- 전체 에너지수요가 감소하고, 저탄소 기반의 대체물질이 증가추세에 있으며, 엄격한 연소 규제 조치가 효과를 발휘하기 시작하였으므로, 이와 같은 추세는 지속될 것임

* 대기 오염 통제 기술이 발달하고 있으며 오염통제는 에너지 수요에 맞춰 엄격하게 강화되고 있음

- COP21 회의 결과인 파리협정으로 청정에너지로의 전세계적인 전환 노력이 가속화되고 있음
 - 에너지사용 증가의 1/3이상이 대기오염물질을 배출시키지 않는 풍력, 태양광, 수력 및 원자력 발전과 같은 에너지원에 의해 충족
- 중국에서는 강력한 대기 질에 대한 정책이 성과를 발휘하고 있으며 최근의 오염물질 감소는 장기적인 추세가 되고 있음
 - 중국에서는 미세먼지(particulate matter)의 배출이 2040년까지 40% 감소하고, 에너지 소비 증가세는 낮아지고 있음
 - 아울러, 에너지 전원구성(Energy mix) 역시 석탄에서 탈피하여 다양해지고, 엄격한 오염 통제가 시행 중
 - * 본 보고서의 제2부에서는 중국, 인도, 동남아, 아프리카, 멕시코, 미국, EU에 대하여 국가별로 대기오염 현황 등을 분석
- 강화된 정책적 노력에도 불구하고, 아시아의 개도국에서는 지역적인 인구학적 추세와 에너지사용 및 도시화로 인해 건강 위험 증가 전망
 - 아시아 개도국의 경우 대기오염에 따른 조기 사망자의 숫자는 현재의 3백만명에서 2040년에는 450만명으로 증가할 것임
 - * 인도와 동남아시아에서는 오염물질이 증가세(modest growth)에 있으며, 아프리카 일부에서는 급속한 증가세에 있음

4. 대기오염 문제 해결을 위한 맞춤형 실질적 대안

- IEA는 기준 시나리오 보다 강화된 청정 대기 시나리오(Clean Air Scenario)를 제시
 - 청정 대기 시나리오는 기준 시나리오 대비 50% 이상 오염원 배출 감축, 세계 에너지 수요의 15% 감소의 기대효과 창출을 도모할 수 있는 비용합리적인 전략

- IEA는 COP21의 국가별 이행계획(INDC) 충족을 위한 에너지정책 시나리오 보다 더 많은 공기오염물질 감축을 위한 청정 대기 시나리오 (Clean Air Scenario)에 기초하여 대안을 제시함

* 기준 시나리오(New Policies Scenario): 현재 추진중이거나 추진 계획이 발표된 대기질 개선 정책을 기반으로 '40년에 세계 미세먼지 배출량 '15년 대비 7%, 이산화황 20%, 질소산화물은 10% 감소를 목표로 설정한 시나리오

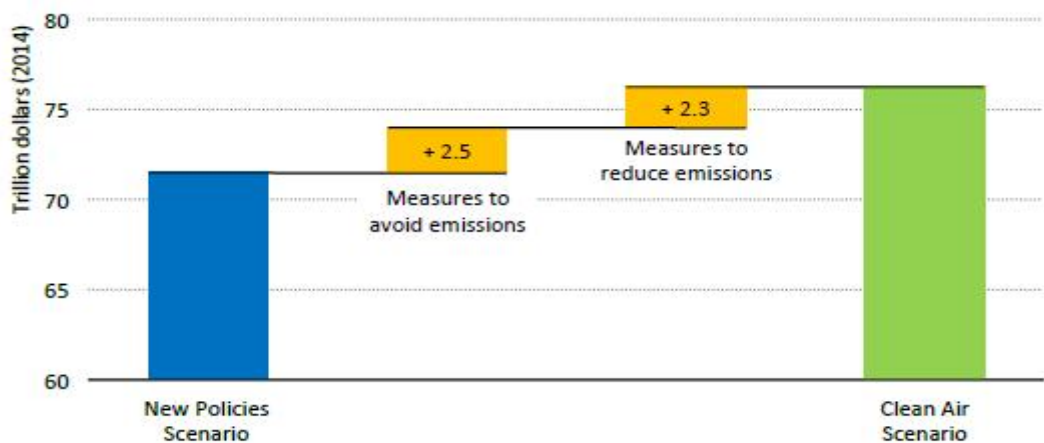
□ 청정에너지 시나리오 달성을 위해 기준 시나리오 대비 추가적으로 4.8조 달러(trillion dollar) 투자 필요

- 오염배출 통제 기술 개발에 2.3조 달러, 에너지 부문의 전환에 약 2.5조 달러의 추가 투자가 필요

- 이 수치는 2040년까지 총에너지 부문 투자의 7% 증가분에 불과

* 주요 투자 대상은 발전된 오염 통제 기술(예시: 더 높은 차량 배출 기준을 충족)와 에너지 분야에서의 더 빠른 전환(예시: 화석연료 → 신재생에너지) 등임

< 청정대기 시나리오에 따른 투자 규모 >



□ 기본 추진 방향

- 오염물질 배출 감소를 위해 시행되었던 효과가 입증된 정책과 에너지 관련 기술들을 활용
- 다른 분야와 연계하여 대기 질(air quality) 제고 조치를 위한 포괄적이고 종합적인 에너지 분야의 대책을 강력하게 시행

□ 3가지 정책 대안

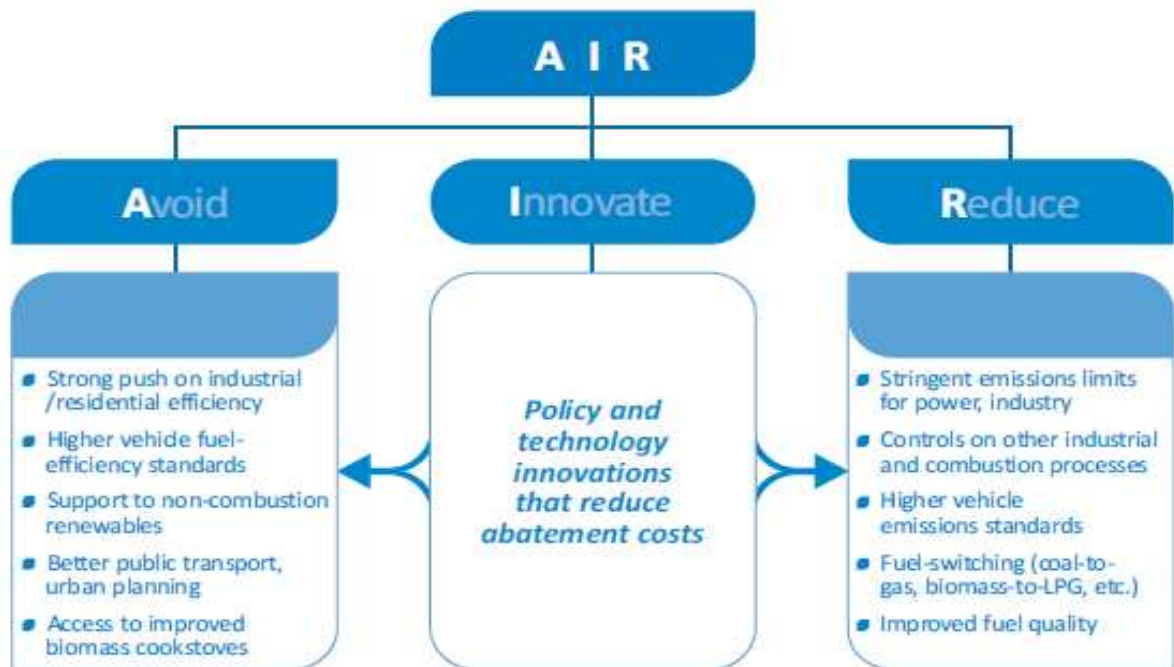
① 공기 질 향상을 위한 도전적인 장기 목표 설정

- 목표 설정 과정에 모든 이해당사자들이 참여할 수 있고, 대기 오염 완화를 위한 다양한 옵션에 대한 유효성을 평가하고 비교하는 것이 보장되어야 됨

② 에너지부문의 청정 대기(clean air) 정책 시행

- 에너지 분야에서 장기 목표를 달성할 수 있도록 청정 대기 정책에 관한 정책 패키지를 마련하고 시행해야 함
- 정책 패키지에는 직접적인 배출 제한, 규제와 기타 조치들을 결합한 정책 조합(policy mix)의 비용 효과성(cost-effectiveness)에 대한 평가와 다른 에너지 정책 목표들과의 공동 이익에 대해 고려해야 함
- 에너지부문의 청정 대기 정책은 각기 다른 국가적, 지역적 배경을 반영하여 맞춤형 정책을 시행할 수 있도록, 회피(avoid), 혁신(innovate) 및 감소(reduce) 원칙을 고려할 필요
 - 오염물질 배출 회피(Avoid) : 에너지 서비스를 더욱 효과적이고 연료 연소를 포함하지 않는 방법을 통해 오염 물질 배출을 회피함
 - * 회피 수단(Measure)으로는 고효율 기준 정립, 재생에너지 보급 및 수송부문의 대체연료에 대한 지원확대, 대중교통 및 도시발전 계획 개선 등이 제시
 - 환경오염 방지비용 축소를 위한 혁신(innovate): 기술 발전 등 혁신을 통해 에너지 부문 전환 비용 및 환경오염 방지 비용(pollution abatement cost) 감축 달성
 - 대기오염 물질 감소(Reduce): 산업 및 운송 부문의 엄격한 배출 규제, 산업 공정과정의 규제 강화, 청정연료 전환, 연료의 품질에 대한 강력한 규제를 통해 달성

< 회피(Avoid), 혁신(Innovate), 감소(Reduce) 접근 원칙 >



③ 정책 모니터링, 집행, 평가, 소통(communication)

- 결정된 정책 목표 실현을 위해 추진 전략을 지속해서 유지해 나가야 하며, 이를 위해 신뢰 높은 정책 데이터, 규정 준수, 정책 개선 및 시기적절하고 투명한 정책 정보가 뒷받침되어야 함

□ 정책 추진 관련 고려사항

- 대기오염 감축 정책은 에너지 부문뿐 아니라 기후변화, 수송, 무역, 농업, 생물다양성(Bio-diversity) 부문이 함께 다루어져야 함
- 기후변화 대응 정책과 대기오염 정책이 상호 모순된 결과를 창출되지 않기 위해 상호 정책 추진에 따른 영향을 신중하게 고려하고 상호 균형 있고 통합된 정책 조정과 조율이 필요

5. 기대 효과

- 2040년까지의 전체 에너지 투자에 있어서 단지 7%의 증가를 통해, 확실한 건강 개선을 창출 가능
 - 실외 대기 오염에 의한 조기사망은 2040년에 170만명이 더 감소하고, 가정 오염에 있어서는 조기사망은 160만명이 더 줄어든 것임

< 기준 및 청정대기 시나리오별 비교 >

| 구분 | 현재(2015년) | 기준 시나리오(a) | 청정 대기 시나리오(b) | 차이(a-b) |
|------------------|-----------|------------|---------------|---------|
| 실외 대기오염 관련 조기사망자 | 3백만명 | 450만명 | 280만명 | 170만명 |
| 가정 대기오염 관련 조기사망자 | 350만명 | 290만명 | 130만명 | 160만명 |

* 기준시나리오와 청정대기 시나리오 모두 2040년 전망치

- 2040년에 세계적인 황산화물과 질소산화물의 배출은 50% 이상 낮아질 것이고 미세먼지(particulate matters)의 배출은 거의 4분의 3까지 감소할 것임
- 청정 대기 시나리오에 따른 성공적 시행이 이루어질 경우 COP21의 핵심 목표인 CO₂ 배출 감소에도 기여
 - 청정 대기 시나리오 추진시 CO₂ 배출이 현재 계획 대비 이른 시기에 피크(early peak)에 도달하게 되어, 더 빨리 CO₂ 감소를 실현 가능
- 지속가능한 개발 목표(Sustainable Development Goal) 달성에도 기여
 - 취사와 전력 공급 부문의 현대적 에너지 사용을 통한 가정 내 공기 오염 문제 해결은 빈곤, 교육, 양성 평등을 다루는 지속가능한 개발 목표 달성의 촉진에도 기여할 수 있음. (끝)