

4A3) 환경기술개발 정책, 성과 및 발전 방향 (특강) Environmental Technology Development - Policy, Achievements and Future Direction

이 형 선

한국환경기술진흥원

1. 지구환경문제와 한국환경여건

1. 1 지구환경문제

'UNEP Global Environment Outlook 2000'의 자료에 의하면, 향후 1000년에 가장 심각한 환경문제는 "지구온난화"였다. CO₂ 농도 증가 등으로 인한 기후변화로 지난 100년간 전 세계적으로 기온은 평균 0.3~0.6℃ 상승, 해수면은 평균 25 cm 내의 상승, 프레온가스 등으로 인하여 성층권의 오존층이 파괴되어 피부암과 안질환이 급증하고 면역기능이 저하되며, 현종 식물종 8%, 조류 11%, 어류 5%, 포유류 14%가 멸종위기에 처하는 등 생물다양성의 감소, 내분비계 장애물질(환경호르몬) 증가로 유해화학물질에 더욱 노출되고 있다.

기후변화의 주요한 원인은 CO₂, CH₄, N₂O 등 온실기체의 농도 증가이다. 1750년 대비 1992년에 이들 온실기체는 대기중 평균농도가 각각 30%, 14.5%, 15% 증가하였고, 한반도의 경우 지난 75년간 연평균 기온의 증가는 1.1℃, 이중 지구온난화로 인한 기온상승 효과는 약 0.7℃로 추정되며, 이산화탄소 농도는 1991년 360 ppm이던 것이 매년 1.4~1.5 ppm씩 증가하여 1997년 368.7 ppm로 올라갔다고 한다. 이러한 기후변화는 전 지구적인 문제로서 인류전체의 건강과 생태계에 중대한 영향을 미치고 있다. 20세기에 산업사회의 발달로 대량생산, 대량소비, 대량폐기로 자원소비가 증가하고 환경체감지수는 급격히 감소하여, 21세기에는 지속가능생산과 지속가능소비의 균형이 어렵게 되었다.

1. 2 기후변화 감시·예측 및 연구동향

전 지구적 지구온난화 감시활동은 세계기후계획(WCP) 및 전 지구 관측시스템(GCOS)과 전 지구해양 관측시스템(GOOS)이 있고, WMO의 9개 주요 연구프로그램에서 대기연구·환경프로그램 내 지구대기감시가 1992년부터 개시되었고, 세계기상기구(WMO)는 세계 각국 관련 연구기관과 제휴협력을 바탕으로 전 지구적인 관측망을 구축하였다. 또한, 1960년대에 발족한 배경대기오염 관측망(BAPMON)은 이산화탄소, 메탄 등의 온실기체 또는 산성비에 관한 강수의 화학성분 등에 대해서 가장 충실한 전 지구적인 관측망을 유지하고 있다.

현재 우리나라는 기후변화 감시와 관련하여 '95년부터 온실기체 관측을 위한 4종류의 온실기체(CO₂, CH₄, N₂O, CFCs)를 종합 감시할 수 있는 체계를 갖추고 있으며, 인위적인 대기 에어로졸의 영향, 특히 중국의 기후변화 영향과 관련하여 대기질, 에어로졸, 강수량 변화 등을 연구하고 있으나, 연속적인 관측 자료 및 3차원 대기질 모델링 연구를 통한 기후변화 등 지구환경변화가 한반도 대기질에 미치는 영향을 정확히 규명한 연구가 부족한 실정이다. 따라서, 대류권과 성층권에서 오존농도, UV 배경농도 추세 변화와 한반도에 미치는 영향, 기후변화에 따른 대기조성의 물리적·화학적 변화 및 기후변화예측을 위한 대기화학모델 개발, 대기조성 변화가 주요 생태계에 미치는 영향 규명, 대류권과 성층권에서 에어로졸 변화와 한반도지역에 미치는 영향, 동북아시아의 에어로졸 관측 및 실험, 대기 에어로졸에 의한 기후변화예측을 위한 광학적 대기복사 모델 개발, 대기 에어로졸의 저감대책 및 대기환경변화 적응방안 연구 등 온실기체 저감기술 확보가 시급한 실정이다.

1. 3 한국환경여건

한국은 좁은 국토, 높은 인구밀도와 고도의 압축성장과 산업화·도시화로 단위면적당 환경부하가 매

우 높은 편이다. 1999년도 OECD 보고서에 의하면, 우리나라의 SO₂과 쓰레기 배출량 (kg/ha)을 미국, 프랑스보다 많은 독일과 비교하면, 각각 151.1:41.1 및 1,836:1,036이었다. CO₂ 배출추이는 1995년 기준으로 10% 수준으로 저감할 경우 2010년에 170백만 TC이며 이로 인한 경제적 손실은 2.5조원으로 추산되며, 저감기술과 관련한 국내 특허 출원은 일본의 10% 수준도 되지 않는다.

2. 지속가능 발전을 위한 환경정책방향

2. 1 환경기술개발사업과 환경산업시장

쾌적한 환경(Ecology)과 건실한 경제(Economy)의 상생을 추구하는 한국적 환경·경제 통합정책으로, 환경기술내실화 및 환경산업 진흥, 자원절약과 자원순환형 폐자원 재활용체계 확립, 대기·수질 정책의 정책시너지 효율성 제고 등을 위하여, 환경부에서는 2002년에 <차세대 핵심환경기술개발 종합계획> 수립과 <지속가능 발전을 위한 환경과 경제의 통합정책(ECO-2 Project)>을 수립하여 추진 중이다. 사실, 환경부에서는 1992년부터 10년동안 선도기술개발사업(G-7 Project)을 추진하여 많은 성과를 거두었고, 후속사업으로 2001년부터 10년동안 1조원을 투자하여 “Eco-technopia 21 Project”를 기획하여 중점적으로 추진하고 있다. 이러한 일련의 장기 환경기술개발사업을 통하여 우리나라의 환경산업은 비약적으로 발전하여 국가전략산업으로서 국가경제에 크게 기여하였다. 환경분야 뿐만 아니라 전반적인 과학기술분야의 발전으로, 우리나라는 기술성취도 세계5위(2001, UNDP), 과학경쟁력 10위(2002, IMD), 연구투자비 8위(2000), SCI 인용논문 14위, 세계특허 8위, 기술의 산업화 26.6%, 기술성공률 11.2%, Man Power of S&T(2000) 9위 등으로 나타났다.

국가전략산업으로서의 환경산업을 살펴보면, 2000년도 환경산업(ET)은 \$6.6 Billion, 정보산업(IT)는 \$110 Billion, 생명산업(BT)는 \$0.8 Billion 이었다. 국내환경시장은 1998년에 7300억원(\$ 6 B)이었으며 2005년에는 18,600억원(\$15 B)으로 예상하며, 세계 환경시장은 1998년에 \$484 Billion에서 \$700 Billion으로 성장될 것으로 예측된다.

2. 2 환경산업발전전략

정부에서는 환경산업을 적극 육성하여 2010년에 ‘환경산업선진국 진입’을 목표로 ‘환경산업발전전략’을 수립하여 “차세대 핵심환경기술 개발 및 실용화 촉진”, “우수환경산업을 수출전략산업으로 중점 지원”하고 있다. 즉, 삶의 질 향상과 환경산업경쟁력 강화를 위하여, 중상급 환경기술을 중점 개발하여 환경질개선 및 수출산업화를 위한 사업을 지속 추진하고, 10년간 추진한 G-7 사업 결과를 최대한 실용화·상용화 하도록 유망한 환경기술을 선택하여 집중지원하며, 미래환경기술개발을 위하여 범정부적으로 장기계획을 수립 추진 중이다. 특히, 환경부에서는 이러한 전략의 일환으로 G-7 Project 사업과 연계하여 Eco-technopia 21사업을 추진하고 있다.

특히, 오늘날의 환경문제는 그 영향이 어느 한 국가나 지역에 국한되는 문제가 아니므로 국가간, 지역간 또는 국제적 현안문제로서 공동해결이 요구되므로, 장거리이동 오염문제, 사막화 및 황사문제 등은 국가간 공동연구가 필요하므로 정부에서는 적극적으로 R&D사업을 추진 중이다. 이를 위하여, 매년 「한·중·일 환경산업 Round Table」을 개최하여 3국간 환경산업·기술협력을 강화하고, 환경산업 수출유망국가에 정부-기업 공동으로 환경산업단을 파견하고 있다.

3. 환경기술개발사업의 전략적 추진

3. 1 G-7 Project

1992년부터 2001년까지 총 3,573억원을 투자하여 총 331개 과제가 수행된 G-7 Project는 3단계로 구분하여, 1단계(1992-1994) : 기반기술 확립, 2단계(1995-1997) : 핵심기술 개발, 3단계(1998-2001) : 실용화·상용화 분야를 중점 추진하였으며, 그 결과, 배연탈황기술에 560억원(1992-1999)을 투자하여 200MW급 시설개발 및 국내 발전소에 6기를 장착하는 등 사후처리분야에서 선진국 수준의 기술을 확보

했으며, 민간투자가 어려운 공공기반기술 개발로 환경보전에 기여하는 등, 상용화 142건, 산업재산권 출원·등록 810건, 산업체 기술이전 256건, 국내외 학술지 게재 3000여편 및 기술료 300여억원 징수 등 많은 성과를 거두었다.

G-7 Project 중 대기관련 분야로 추진된 과제는 배연탈황·탈질 기술 11개, 고효율 집진기술 10개, 디젤자동차 배출가스 저감기술 10개, 특정 대기오염물질 처리기술 2개, 대기오염 측정장비기술 7개, 육상교통 배출가스 저감기술 2개, 대기오염물질 처리 집진장치/측정장비 상용화 기술 4개, 저공해 소각기술 13개, 지구규모 대기환경기반 기술 17개, 온실기체 제어 및 이용 기술 4개, 벤처형 대기오염 방지기술 5개, 자동차 저공해 대기오염 방지기술 5개 및 국제공동연구 2개 등이었다.

3. 2 Eco-technopia 21 Project

G-7 Project의 후속사업으로 추진된 Eco-technopia 21 Project는 2001년부터 10년간 차세대 핵심환경기술을 개발하기 위하여 총 1조원을 투자하고 있다. 이미 1단계로 2001-2003년에 정부출연금 1,812여억원을 투자하여 조기 실용화·상용화 개발사업을 우선적으로 지역현안/환경규제달성/오염 원천방지/수입 대체 및 수출유망 분야와 공공기반기술을 병행하여 추진하고, 2·3단계 사업은 그동안의 연구사업 전반을 재검토하여 미래환경기술개발을 효율적으로 추진할 수 있도록 폭 넓은 의견을 수렴하여 금년 중으로 기획안을 확정하고 '04년 초에 제안서가 공고될 예정이다. 현재, 검토 중인 안으로는 현재의 12개 단위사업 30개중점분야에 추가하여 1-2개 정도의 사업단 규모의 대형 프로그램을 추가하는 방안을 검토하고 있다.

Eco-technopia 21 Project 중 1단계 대기관련 분야로 추진된 과제는 미세먼지오염 개선기술 13개, 오존 및 스모그오염 개선기술 13개, 유해대기오염물질 관리기술 30개, 국제환경현안 대응·해결 기술 24개 등이었다.

4. 차세대 핵심환경기술개발사업의 분석 및 전망

4. 1 1단계 추진실적 분석

2003년 7월 현재, 총 2,646억원(정부: 1,824억원)을 투자하여 총 825개 과제(2001: 219, 2002: 317, 2003: 289)를 수행하고 있으며, 정부출연금은 G-7:49.1%, 2001: 62%, 2003년: 72%로 증가 추세에 있다.

과제별 연구비는 1억 이하: 10개, 1-2억: 43, 2-3억: 70, 3-4억: 40, 4-5억: 18, 6-7억: 10, 8억 이상: 9개 였으며, 경쟁률은 2001-2002년 : 약 2.5, 2003년 : 2.2 였다. 탈락과제는 대상과제 460개중 34(7%)개 이었다.

단위사업별 추진실적은 12개 단위사업 중 '맑고 안전한 공기분야' 과제수/투자비 비율은 : 66개/17.4%, 폐기물 순환: 59개/19.9%, 하·폐수처리: 56개/14%, 등 이었으며, 다음으로 많이 투자한 분야는 '만족도 높은물분야' 에 10.8%를 투자하였다. 그러나, "장거리 이동 오염문제 등을 포함한 지구환경문제나 국제환경현안분야"는 '환경시책효율성 제고' 의 한 중점분야로 축소되어(4.7%) 추진되었다.

1단계 사업의 특징은 실용화·상용화 과제위주(345개 과제, 약 2215억원, 83.7%)로 추진되었으며, 공공기반은 약 363억원(13.7%), 원천기술 약 35억원(1.3%), 실증사업화에 약 28억원(1.1%) 그리고, 기획연구에 약 2.2억원(0.1%)를 투자하였다. 연구개발 주체로는 산, 학, 연 중 대학이 141개 과제(30.7%)로 가장 많으나, 사업비 비율은 산: 51.2%, 연: 22.4% 그리고 학: 21.1% 순이었다.

4. 2 2·3 단계 사업 추진방향

1단계에서 추진된 12개 단위사업, 30개 중점기술 분야는 계속 추진될 것이나, 추진체계를 다양화하기 위하여 실증사업과 기반조성사업을 분리하고, 10개년 종합계획의 TRM(Technology Road Map)상의 중점과제 중 대형사업화가 가능한 분야를 목적지향적 대형과제(년 20억원 규모 2개 정도)로 전략적으로 선택, 대형사업단을 구성하여 추진할 것을 검토 중에 있으며, 성공적으로 추진될 경우 점진적으로 확대

할 예정이다.

삶의 질을 향상시키고 자연과 더불어 사는 목표를 충족하기 위하여, 환경부에서는 <차세대핵심환경기술개발사업 10개년(2001 - 2010) 종합계획>을 수립하여 추진하고 있다. 국제환경문제 대응 프로그램에는 “지구온난화, 오존층 파괴 등 기후변화에 따른 환경문제”, “황사, 산성비 등 월경성 오염물질에 의한 환경오염”, 국제환경협약의 강화에 따라 범국가적 차원의 대응“ 등이 필요하다. 즉, ‘월경성 오염원’, ‘국내 고정오염원’ 및 ‘국내 이동오염원’ 등으로 대기오염물질이 발생하고 이에 따라 대기오염과 지구환경 및 생태계가 파괴된다. 따라서, 이 분야의 중점 연구분야는 동북아 지역의 환경문제를 해결하고 지구온난화 등 국제환경협약에 대응하는 측면에서 중요도가 높은 환경현안을 해결해야 한다. 즉, <동북아 환경현안 문제해결>에는 ‘황사이동 특성연구 및 영향평가’, ‘동북아 광역오염 특성연구 및 영향평가’, 유해오염물질 이동/배출 감시 및 저감기술’, ‘황해 오염특성 및 영향평가’ 등이 포함될 수 있으며, <국제환경협약 대응>에는 ‘기후변화 물리/역학 과정 규명 및 예측’, ‘기후변화관측 및 모니터링’, ‘온실가스 배출저감’, ‘잔류성 오염물질 규제 대응’, 교육 및 홍보 콘텐츠/프로그램 개발’, ‘기후변화에 따른 사회경제적 영향평가 및 대응기반 구축 기술’ 등이 포함될 것이다. 또한, 향후에는 ‘자연환경 보존 및 관리기술’에도 많은 투자가 있을 것으로 판단되며, 특히, 대기분야와 장거리이동 오염원 저감기술 분야는 대형으로 장기간 연구가 필요하며, 지역내 국가간 국제공동연구가 요구되는 분야로서 이미 분야별로 국제공동연구가 수행되고 있으며, 향후 더욱 공동연구를 활성화할 예정이다.

3단계가 끝나는 2010년 시점에는 기술수준이, 지구환경/기후변화 분야는 현재 세계적 수준의 75%에서 90%이상으로, 맑은 공기분야는 60%에서 85%로, 수질분야는 70%가 85%로, 폐기물처리 분야는 60%가 80%로, 환경생태 보존 및 복원분야는 60%가 80%로, 오염방지 분야는 70%가 85% 이상으로 각각 향상될 것으로 기대된다. 또한, 총 연구비 규모는 독일과 프랑스 수준으로 세계 5위, GDP 대비 2.65%에서 3%이상으로, 개인당 연구비는 \$261에서 \$560(독일 수준)으로 높아질 것이라고 한다.(2002, MOST).