

선진국 환경산업기술의 발전 전망

최덕일 센터장 (국립환경연구원 환경기술개발관리센터)

1. 머리말

1992년 유엔환경개발회의(UNCED) 이후 전세계적으로 각종 국제환경협약이 체결되고, 기후변화, 오존층 파괴, 사막화 현상 등과 같은 지구환경문제에 대처하기 위한 국제적인 노력이 강화되고 있으며, 이들 중에는 무역에 관한 규제사항을 포함하고 있는 경우가 많다. 또한 WTO('95년 출범), 국제표준화기구(ISO) 등을 중심으로 환경과 무역의 연계방안이 본격적으로 논의되고 있어 WTO를 중심으로 금년말에 시작될 “뉴라운드”에서는 환경과 무역의 연계 움직임이 가시화 될 전망이다. ISO는 공정 및 생산방식(PPMS) 규제, 환경경영체제 도입 등을 추진하고 있다.

한편 국제환경협약 등에 의한 무역규제 이외에도 선진국들은 지구환경보호라는 명분아래 자국산업의 확보와 기술보호 차원에서 무역규제를 강화하고 있다. 오늘날까지 인류는 선진국을 중심으로 고도의 산업화와 경제성장을 이루었으며, 최근에 와서야 인간활동으로 인한 환경오염의 심각성을 뒤늦게 깨닫고 이에 대처하느라 분주해진 것이다.

그런중에서도 한발앞서 산업화를 이루고 환경에도 관심을 갖고 투자를 해 온 선진국들은 환경기술개발에 큰 성과를 거두어 삶의 질 향상을 위한 초석으로 이용하는 반면에 아직도 많은 국가가 경제성장에 우선 순위를 두고 있으며, 이로 인한 국가간의 갈등이 심화되고 있는 현실이다.

선진국들은 무역을 환경문제와 연계시키려는 입장인 반면 개도국들은 반대의 입장을 표명하고 있다. 지난 8월 인도의 방갈로어에서 열린 G-15(말레이시아의 마하티르 총리가 제창한 아시아, 아프리카, 중남미 등 15개국 정상들의 모임. 90년에 1차 회의를 개최, 현재 회원국은 17개국이나 통상 G-15으로 불린다.)회의에 참석한 개도국들은 금년 미국 시애틀에서의 WTO각료회의와 관련, 환경과 노동문제가 무역과 연계

되어 논의의 대상이 되고 있는 것은 부당하다는 기존의 입장을 재정립하는 등 앞으로 많은 논쟁이 예상된다. 그러나 환경문제가 국지적이 아닌 전세계적인 공통관심사이며 모두 함께 대처해 나가야 할 문제라는 데에는 누구나 인식을 같이 하고 있다. 따라서 세계 각국은 자국의 이익을 우선하는 이기주의적인 자세를 버리고 국가간 협력을 통해 환경문제 해결에 공동 대처해 나가야 할 것이다. 실제로 북미·구주·아시아 지역 주요국들은 월경성(越境性) 대기·수질오염문제 해결을 위해 양국간 협정체결, 공동 사업 추진 등 국가·지역간 협력을 강화하고 있으며 많은 국가에서도 이와 유사한 일들이 일어나고 있다. 국가간 무역, 경제활동 등이 환경문제와 연계되어 추진되고 있으며 앞으로는 더욱 많은 부분이 환경 문제의 영향을 받게 될 것으로 예측된다. 환경오염문제는 국가적인 측면뿐만 아니라 개개인의 삶의 질과 관련하여 가장 중요한 문제로 부각될 것이 틀림없다. 한 예로 최근 프랑스에서 있는 여론조사 결과, “과연 밀레니엄 시대 최대의 적은 무엇일까?” 하는 질문에 응답자중 85%가 환경오염, 특히 대기오염을 가장 두려워한다고 대답해, 78%를 차지한 에이즈(후천성면역결핍증)를 누르고 1위를 차지했다. 물론 이러한 결과는 국가적·지역적 차이가 있을 수 있다. 하지만 앞으로는 환경문제가 해결되지 않는다면 모든 인간활동이 큰 제약을 받으리란 것은 분명한 사실이라 하겠다.

그런 의미에서 미국, 일본, EU 등 선진국들의 환경정책방향, 기술개발 전략, 주요 기술의 발전과 전망 등 그들이 환경문제 해결을 위해 어떠한 노력을 하고 있는지 살펴보고자 한다.

2. 선진국 동향

(1) 미국

미국의 환경정책은 다른 유럽국가들과는 달리 "기술압박(Technology Forcing)" 정책에 기초를 두고 있다. 기술압박정책은 위해성에 근거한 엄격한 환경기준을 설정하여, 이를 충족할 수 있는 환경기술을 개발하고 확산시킴으로써 환경을 보전한다는 것으로 요약할 수 있다. 환경기준의 설정은 장래에 실현될 수 있는 기술적 수준에 근거하여 설정되었지만, 적절한 기술수준 설정의 어려움, 산업체의 압력, 경제적 실현가능성에 대한 우려 등으로 목적했던 결과를 얻어내지 못하고 있는 실정이며, 기준에 따른 정부와 산업체의 갈등이 있었던 것이 사실이다. 또한 예상과는 달리 기업체로 하여금 주어진 기준을 단기간에 적은 비용으로 충족시키기 위하여 새로운 개념의 저감기술보다는 기존의 사후처리기술을 채택하도록 하는 결과를 유발시킴으로서 기업들이 신기술 투자에 소극적인 자세를 갖게 되었고, 대기정화법과 폐기물 규제법에 규정된 "오염자 부담 원칙(Polluter Pays Principle)"이 새로운 시설에 대한 투자의욕을 억제하였다는 결과도 낳고 있다.

미국의 환경기술전략의 기본 방향은 과거의 오염이 복원됨과 동시에 기업체들이 오염회피기술을 도입하는 것을 적극적으로 지원하는데 있으며, 아래의 네 가지 사항이 주요한 추진목표라 할 수 있다.

- 오염회피의 개념을 받아들여, 폐기물의 처리 또는 처분 비용을 축소시키거나 무방류 시스템을 채택하며, 에너지와 자원의 소비를 저감하여 기업의 경쟁력을 향상시킨다.

- 급격히 성장하는 청정기술의 시장을 선점하고, 청정기술을 적용하여 얻어진 자원절약 비용을 재투자하여 경제적 성장을 달성한다.
- 환경기술의 세계시장에서의 주도적인 역할을 회복하고 대외경쟁력을 확보하여, 수출증진을 모색한다.
- 엄격한 환경기준의 설정과 함께 유연성과 독창성의 조화를 이룰수 있는 규제 제도를 개발한다.

최근 미국의 환경기술동향은 미 환경보호국의 새로운 'Clean'규정에 대한 일부 업계의 반발도 있지만 저공해 자동차 개발, 지구환경기술 개발 등에 박차를 가하고 있다. 미국 엔진제작자협회(EMA)는 환경보호국이 엄격한 규정 및 연료 전환을 통해 소형 차량의 배출가스를 통제하기 위해 제정한 규정을 변경해 줄 것을 요청하는 등 갈등을 빚고 있기도 하다. 그러나 Ford사는 수소 자동차를 개발하였다. 이 자동차는 완전한 전기자동차로 가기 위한 중간 단계의 것으로 청정연료를 사용하므로 가솔린 연료를 사용하는 자동차의 대체가 가능하다고 발표했다. 이 수소자동차는 기존의 엔진을 개조한 것으로 연비가 20-30%정도 개선되었다. 또한 Ford사는 유럽의 환경친화(Environmental-Friendly)형 자동차 시장 공략에 적극 나설 것을 계획하고 있다. 최근 세계적으로 자동차용 연료전지 개발에 많은 투자를 하고 있으며, 그 전 단계인 하이브리드카, 수소자동차 등이 출시 또는 개발중이다. 또한 미국 에너지부 소속 화석연료연구소 과학자들은 온실가스인 이산화탄소를 일반 광물과 결합시키는 새로운 방법을 개발해 주목받고 있다. 오일, 가솔린, 석탄 같은 화석연료가 연소되면 대기 중으로 막대한 양의 이산화탄소가 방출되며, 이산화탄소의 농도증가는 지구 온난화를 비롯하여 전세계적인 환경변화요인으로 여겨지고 있다. 이산화탄소의 고정방법은 여러 가지

가 있지만 큰 실효를 거두고 있지는 못하다. 이 방법은 사문석과 페리도트와 같은 광물에 탄소를 결합시키는 것으로, 탄소가 결합된 이 미네랄 카보네이트는 화석연료의 연소시 발생하는 이산화탄소가 대기 중으로 방출 되기 전에 제거시킬 수 있는 방법으로 이용될 수 있을 것으로 보인다. 이 방법은 이산화탄소를 고체형태로 고정시키며, 고정 과정을 대규모로 진행시킬 수 있고, 이론상으로 인간이 발생시키는 이산화탄소의 전량을 고정시킬 수 있다.

미국 농무장관은 자연자원환경차관, 산림청장과 함께 올 2월에 환경 보호 차원에서 대부분의 국유림에서 도로가 나지 않은 지역에 새로운 도로 건설을 18개월간 금지한다고 발표했다. 이 기간동안 산림청은 장기적인 도로정책개발, 긴요하지 않은 도로의 발굴, 생태과학조사 등 새로운 지침을 수립할 것이다. 이 잠정 정책으로 사회적으로 중요하고 생태적으로 가치 있는 무(無)도로 지역을 보호할 수 있고, 그 시간동안 생태계를 보호할 수 있는 장기적이고 책임있는 도로 정책을 개발할 수 있을 것이라고 한다.

미국 환경문제의 해결에 있어 가장 큰 원동력은 바로 시민들의 환경의식이다. 미국인들은 전반적으로 환경보호론자 들이다. 한 여론조사 결과 12%가 자신은 열렬한 환경론자라고 대답했으며, 57%는 환경보호에 우호적이라고 답했다. 지구온난화 문제의 경우 대부분의 미국인들에게 최우선 고려대상 순위에 들지는 않았지만 이 문제가 실상황이고 점차 악화중인 문제라고 믿는 사람들의 비율이 63%로 증가했고, 60%는 지구온난화를 방지하기 위해 에너지 가격을 올려야 한다는데 동의했다. 미국인들의 환경에 대한 관심은 여러 보고서에도 잘 드러나 있다.

미국 환경기술 개발의 실질적인 목표가 환경기술의 개발에 의한 경제기회를 확대하는 파생효과의 극대화를 지향하고 있음을 알 수 있다. 앞으로 미국의 지속가능한 개발을 위한 환경관리방법은 70년대 단순 오염 통제로 시작하여, 복합 오염 통제, 전

과정 오염 통제, 생태학적 환경관리, 그리고 환경공동체 건설로 이어질 것으로 보인다. 세계환경시장의 규모가 연평균 5-13%의 성장을 한다는 점과 환경에 대한 미국인들의 지속적인 관심을 고려해 볼 때 미국의 환경정책과 기술개발전략의 방향은 상당히 설득력이 있는 것으로 보인다.

(2) 일본

일본 정부는 환경정책에 “성장과 계획 지향적 접근방법 (Growth and Planning Approach)”을 채택하여, 환경의 규제와 환경산업의 발전을 동시에 추구하고 있다.

통산성은 환경기술을 개발하기 위한 연구사업을 지원하여 환경산업의 기반을 확충하였는데, 이와 같은 노력의 결실로 배출가스 탈황기술, 자동차 엔진기술 등의 혁신을 가져왔으며 이 분야에서 세계적으로 우위를 점하고 있다.

일본의 환경산업은 환경친화적 제품 즉, 저오염 자동차 및 운송장비, 에너지 보존 기술 및 생명공학 등의 설계와 생산에 초점을 맞추고 있는데, 도시 및 산업부문의 대기오염 방지기술에 높은 국제경쟁력을 갖추고 있다. 현재 일본은 미국 다음으로 큰 환경시장을 보유하고 있고 2010년까지 연평균 7.4% 성장하여 시장규모가 26조 2,700 억엔 정도로 추정(일본 환경청 추산자료)되는데, 그 성장요인을 제도면에서 찾아보면 대기오염방지법, 수송 차량 안전에 관한 규정, 수질오염방지법, 환경기본법 등 여러 주요 환경관련법이 체계적이고 효율적으로 정비되어 있는데서 찾을 수 있다. 일본 정부는 첨단 분야의 연구활동을 강화하기 위해 연구직 공무원의 해외 학술활동 참가 허용, 연구시설의 개방, 외국인의 연구직 공무원 허용, 국제 공동연구의 손해배상 폐지 등을 내용으로 하는 “연구교류촉진법”을 대폭 개정하기로 하였으며, 연구직 공무원이 근무시간 외에 민간기업에서 연구개발·기술지도 및 대학과 국립연구기관간 공동연

구를 하도록 하는 “개방형 융합연구 추진제도”를 도입하였다. 특히 대학이 보유하고 있는 연구성과의 사업화를 지원하고 대학과 산업계의 교량 역할을 하기 위한 “기술이전기관(TLO; Technology Licensing Organization)” 설립 등을 골자로 하는 “대학 등 기술이전 촉진법”을 1998. 8. 제정하였다. 일본의 산·학·관 연대동향은 정부가 공무원, 대학, 민간기업간 인적자원 교류를 확대하고 연구시설을 공동 사용할 수 있는 여건을 조성하여 대학의 연구성과가 기업에 효과적으로 이전, 활용될 수 있도록 체제 구축을 도모하고, 지방자치단체 차원에서도 지역 내의 대학과 공동으로 벤처기업 육성과 인재 양성을 통해 지역경제 활성화를 모색하고 있는 것이 특징이다.

일본은 차세대 산업육성을 위해 민관공동으로 착수할 “밀레니엄 프로젝트”에 대한 각 성청의 요구안을 '99. 8. 16 확정하고, 2010까지 정보화산업, 바이오·고령화산업, 환경산업을 집중적으로 육성하여 이 분야에서 앞서가는 미국을 따라잡는 것을 목표로 하고 있으며, 이것이 일본의 최근 첨단기술 및 환경기술의 동향이라고 할 수 있을 것이다.

밀레니엄 프로젝트 환경분야의 주요내용은 폐기물의 재활용율을 90~95%로 달성하고, CO₂ 배출량(2010년 기준)을 1990년보다 6% 감소시키는 것이다. 이를 위해 자동차용·가정용 소형 연료전지의 실용화를 촉진하고, 미량의 유해화학물질의 분석·측정기술(바이오 센서)을 개발하며, 다이옥신의 완전 무해화 기술을 중점적으로 개발할 예정이다.

통산성은 밀레니엄 프로젝트의 일환으로 연료전지 개발을 가속화하기 위해 2000년도 예산에서 개산(概算) 요구를 할 예정으로 있는데, 연료전지는 화석연료에 의존하지 않는 환경친화적인 대체에너지로서 세계적으로 유망시 되고 있다. 그러나 본체의 소형화나 연료인 수소의 공급방법 등에 문제가 남아 있는데, 통산성은 수십억엔의 예산을 투입하여 2005년까지 자동차나 가정용 발전 등에서 실용화를 달성함으로써

국제적 주도권을 확보하려 하고 있다.

또한 일본 환경사업단은 '99. 4. 21에 NGO가 실시하는 지구환경보전사업에 대해 지구환경기금 지원대상으로 217건의 연구과제를 선정하여 총 7억3천만엔의 자금 지원을 할 예정으로 있는데, 금년 지원대상사업 선정 시에는 지구온난화 방지에 도움이 되는 활동을 중점적으로 고려하였다. 일본 정부는 교토의정서 상의 온실가스 감축목표를 달성하기 위하여 국가·지자체·사업자 등 각 경제주체의 지구온난화에 대한 대책 방향, 온실가스 감축실행계획 등을 내용으로 하는 “지구온난화대책 기본방침”을 각의에서 결정하였다.

이러한 기본방침 결정은 교토의정서에 따른 온실가스 감축의무 달성을 위해 종합적이고 체계적인 정책과 이를 구체화하기 위한 관련 대책이 필요하고, 현재 진행되고 있는 배출권 거래, 공동이행, 청정개발체제 등의 교토의정서 이행수단 협상에 적극 참여하기 위한 것이다. 일본은 동 방침에 의거 에너지효율 제고, 대체에너지 개발 등을 통한 에너지 감축과 함께 의정서 이행수단 도입협상을 주도하기 위한 노력의 일환으로 앞으로도 지구온난화 방지사업에 대한 중점적인 연구 지원을 적극화해 나갈 것으로 전망된다.

한편 과학기술청은 지구온난화현상을 연구하기 위해 태양열로 유지되는 거대한 비행선을 대기 중에 띄우는 방안을 검토 중이다. 이 계획은 지난 '97년 온실효과 유발가스 감축협정 체결 이후의 대기 변화를 측정하기 위한 것으로 비행선은 한달 동안 지상 2만 미터 상공에 머물면서 대기 주의 CO₂, CH₄ 등을 측정해 전자장치를 통해 관련 자료를 지상연구소에 송신하게 된다. 지구온난화 방지를 위한 이산화탄소 배출억제대책은 산업, 에너지, 운수, 자동차 등 모든 부문에서 활발하게 강구되고 있는데, 특히 도요타자동차, 혼다기연공업 등 일본의 자동차 메이커는 clean energy 개발을 본격화하고 있다. 클린에너지 자동차에는 전기 자동차, 천연가스 자동차, 메탄올 자동

차, 수소 자동차 등이 있는데, 현재 가장 유망시 되는 것은 하이브리드(hybrid) 자동차로써 최근의 기술 진보로 배기가스와 연비 면이 상당히 개선되었고 가속성능에서도 가솔린차나 디젤차에 뒤지지 않는 차가 나오고 있다. 아직 항속거리, 연료공급인프라, 가격 등의 문제가 남아있지만 도요타자동차는 2003년, 혼다기연공업 2003년, 닛산자동차는 2003~2005년에 상품화할 계획을 밝히고 있다. 연료전지자동차는 아직 기술적인 문제가 많이 있지만 2000~2005년까지는 기존 엔진을 고도화한 직분사 가솔린차, 그리고 하이브리드차가 클린에너지 자동차 시장에서 주역의 자리를 차지할 것으로 전망되는데 미국과 일본, 그리고 유럽의 자동차 메이커들의 경쟁이 치열하게 벌어질 것이다. 대기분야에서 일본 환경청은 대기오염의 주원인이 되고 있는 대형 디젤자동차의 배출가스를 정화하는 기술의 실증플랜트에 착수한다.

일본에서는 디젤자동차의 배출가스에 대해 2002~2004년과 2007년경의 2단계로 나누어 규제를 강화하는 내용의 법이 이미 통과되어, 최종적으로는 NOx와 입자상물질의 배출량을 현재보다 60%이상 제거해야 하는데 환경청에서는 기술적인 가능성을 제시함으로써 업계의 반발을 무마하고 적극적인 대처를 유도할 방침이다. 이번 프로젝트에서는 이와 함께 내구성이 높은 촉매의 개발, 배출가스 중의 입자상물질을 제거하는 필터의 고성능화, 엔진의 연소상태 개량 등에 대한 실증을 실시할 방침이다.

일본에서는 이외에도 다양한 환경기술의 개발이 활발하게 이루어지고 있는데, 에코 리파인저팬의 자동차 페타이어의 리사이클 기술, 가와사키 중공업의 폐기·회수된 유리병을 색과 모양별로 재빨리 분류할 수 있는 자동선별시스템, 도요하시 기술과 학대학 연구팀의 식품이나 의약품 등의 원료가 되는 아미노산의 효율을 높이는 기술 등이다. 자동차 페타이어 기술은 공해 없이 간단하게 페타이어를 건축재와 충격흡수제로 소생시킬 수 있어 주목되고 있으며, 페타이어 상태에서 다른 공업제품으로 가공해 재 이용할 수 있는 것이 특징이다. 자동선별시스템은 우유병 등 재사용이 가능한

병과 잘게 부쇄 병의 재료로 활용하는 와인병 등을 사람의 손에 의존하지 않고 자동으로 골라내는 것으로, 병 한 개를 분리하는데 걸리는 시간은 0.08초 정도로 고속 선별이 가능하다. 또한 아미노산의 효율을 높이는 기술은 고온·고압의 초임계수를 이용하는 방법으로 식육가공 시 발생하는 쓰레기나 야채, 과일의 찌꺼기 등 未이용 유기물에도 응용할 수 있어 음식물쓰레기 자원화에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

환경청은 향후 중점시책으로 순환형사회의 구축, 화학물질대책, 지구온난화대책, 자동차 환경대책, 자연환경보전, 공해건강 피해대책, 환경성 발족을 위한 준비 등을 추진할 예정인데 이를 위하여 각 분야에서 근본적인 시책강화를 위한 활발한 연구가 진행될 것으로 보인다.

(3) 유럽연합

유럽의 경우 유럽연합(EU)를 통한 단일 유럽 추구와, 지리적·정신적 유대감에 의하여 환경문제 역시 단순히 한 국가의 문제가 아닌 궁극적인 유럽대륙의 문제로 인식하고 해결하려는 경향이 강한데, 공개경쟁 체제 확립, 법적이거나 정책적 불이익 방지, 기술적으로 가능한 변화만을 유도, 기술발전을 촉진시킬 수 있는 R&D 지원 등을 환경정책으로 삼고 있다. 또한 EU의 환경보존정책의 원칙은 다음과 같다.

- “사전예방원칙” : 유해물이 환경에 침해하는 것을 예방하고 환경오염을 발생원천에서 극복하여 환경오염을 사전에 피해야 한다.
- “발생자 책임원칙” : 환경오염의 법적 책임과 처리 책임은 생산자에게 있다.
- “통합원칙(Integration Principle)”에 따라 Infrastructure 정책 또는 농경정책에서도 환경보존조치가 필연적인 요소로 포함되어 있어야 한다.

○ “원산지 원칙”에 따라 환경오염문제는 원천에서 수정하여야 한다.

이를 토대로 CO₂, CFC 등 환경오염물질 배출·사용 규제, 폐기물 재활용·에너지 절약 대책강화, 몬트리올 의정서·교토의정서 등 주요 국제환경협약을 적극적으로 이행하기 위하여 현재 대기오염·폐기물 등에 대한 기존 환경기준 강화, 자동차 배출 CO₂ 배출규제·에너지세 도입 등 신규분야에 대한 공동 환경정책 확대, EU 환경기준의 국제화, 국제환경협상을 주도해 나가기 위한 노력을 강화하고 있다. 이에 따라 환경관련 과학기술의 꾸준한 성장이 기대되는데, 일본 과학기술청의 기술예측조사에 의하면 첨단기술분야의 국제적 우위 비교에서는 전반적으로 미국·일본이 우위를 차지하고 있지만, EU가 2012년에는 거의 모든 사용재료가 재이용되는 설계·생산·회수·재이용 시스템이 보급되는 등 환경·교통 분야에서는 앞서가게 될 것이라는 견해가 지배적이다.

교토의정서(제3차 기후협약, '97)에서 이산화탄소 등 온실가스 배출량을 90년대 수준으로 평균 5.2% 감축시키기로 선언한 이래 화석연료나 원자력을 대체하고 공해물질을 배출하지 않는 “그린에너지”와 “신 재생에너지”에 대한 세계 각국의 관심이 증가되고 있으며, 태양에너지·태양전지·풍력·조력·수소에너지·소수력(하천의 급경사나 수량이 많은 곳에 댐을 설치해 전기에너지를 생산)·바이오매스 발전 기술이 연구 진행중이다. 현재 미국과 EU는 2010년까지 1백만 개 건물의 지붕에 태양광 발전설비를 설치하겠다는 “1백만 지붕 프로그램”을 추진 중인데, 특히 EU는 재생에너지 백서에서 “15개 회원국이 2010년까지 그린에너지 비율을 현재의 2배인 12%까지 끌어올리겠다”는 계획을 밝혔다. 또한 신 재생에너지에 의한 발전으로 전력의 일정부분을 공급하도록 하는 법안을 검토중인데, 신 재생에너지에 의한 전력생산은 1990년 이후 연간 15-30%씩 증가되고 있으며, 2010년에는 평균 발전비율을 2배로 끌어올릴

예정이다. 현재 전력부분에서 신 재생에너지가 차지하는 비중은 13.5%에 달하고 있으며 그중 12%가 대형 수력발전에서 공급되고 있다.

자동차 분야의 경우 미·일·EU 주요국은 질소산화물, 탄화수소, 이산화탄소 등 자동차 배출가스와 연료의 황함유량 감축 등의 규제 강화를 적극 추진중인데, 자동차배출가스 배출감축을 위해 2000년과 2005년으로 나누어 주요 오염물질에 대한 배출한도를 강화하고 2000.1부터 시판용 휘발유의 황 함유량을 150ppm으로 규제하기로 결정('98.6)했으며, 소비자가 환경친화적 자동차를 선택할 수 있도록 EU 역내판매 자동차에 연료소비량과 CO₂ 배출량 표기를 의무화('98.12)했고 유럽 자동차협회(ACEA)와 CO₂ 배출 감축협정을 체결하고 한·일 자동차업계에 대한 EU 수준의 배출감축 협정체결을 요구하고 있다. 최근 우리 나라는 이 협정에 합의함에 따라 앞으로의 수출에 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다. 이 협정은 186g/km인 자동차의 CO₂ 배출량을 2008년까지 140g/km로 감축한다는 것을 주요내용으로 하고 있다. 이는 훗날 교통부문에서의 온실가스 배출량 감축을 유도함과 동시에 앞으로 환경친화적 저공해 자동차 생산·구매자에 대한 지원 확대 등을 추진해 나가는 계기가 될 수 있으며, 자동차 수입규제 등 무역장벽 요인으로 작용될 가능성이 있다.

현재 유럽 150개 도시가 도시교통 대체프로젝트(Alter : The Alternative Traffic in Towns project)를 통하여 자동차업계로 하여금 "Green Car"(전기자동차와 같이 배기가스가 전혀 배출되지 않거나 배기가스 배출량이 기존 차량보다 적은 차량)의 개발을 유도하고 가격을 기존 차량에 근접할 만큼 내리도록 유인하고 있다.

이외에도 환경보호를 포함한 생물자원과 에코시스템의 활용이 현재 큰 비중을 차지하고 있는데, 환경오염물질 영향 평가를 위한 연구에서 생태계를 대상으로 하는 실험이 계속 증대하고 있다. 그 대표적인 예로 현재 대규모 유럽의 환경연구프로젝트 NITREX, EXMAN가 생태연구 분야를 중심으로 진행중이다. NITREX는 일종의 유럽

실험 조합으로 질소를 주위 대기에 더하거나 제거하여 질소침적으로 인해 일어나는 주요 변화에 대한 모의실험을 수행하여, 질소의 침적이 산림생태계에 미치는 영향 파악에 초점을 맞추고 있다. EXMAN은 6개 유럽지역에서 야외 조작실험 연구가 통합된 일종의 협의연구 프로그램으로, 유럽산림생태계의 실험적 조작을 통하여 주위 대기의 화학조성이나 양을 실험적으로 연구하고 있으며, 최종적으로 화학성분과 물 침적의 양을 조절하여 대기 침적효과 연구하여 대기질에 대한 EU정책을 개선하는데 필요한 과학적 기초를 제공함으로써 법률화하는데 목표를 가지고 있다. NITREX, EXMAN의 목적은 성숙한 전체 산림생태계 처리, 식생·토양·물간의 상호작용 연구, 수년간의 실험수행 처리, 환경정책개발에 비중을 둔 오염 시나리오 작성에 초점을 두고 있으며, 이 프로젝트에 의하여 얻어진 화학적 발견은 황과 질소 배출을 줄여야 하는 유럽의 환경정책 마련에 도움을 줄 것이다.

■ 독일

독일은 기존의 환경파괴를 감소 또는 복원하고, 인간 및 환경에 대한 유해성을 방지하며 인간, 동식물, 자연, 환경매체 및 물리적 재산에 대한 위험성을 최소화하고, 미래세대 및 야생 동식물에 대한 국토를 보호한다는 것을 구체적인 환경정책의 목표로 삼아 예방의 원칙, 오염자 부담의 원칙, 협력의 원칙이라는 환경정책수행 3대 원칙에 의해 환경정책을 수행하고 있다. 독일의 환경기술에 대한 기본원칙은 “적용 가능한 최선의 기술 (BAT; Best Available Technology)이다. 이 때 BAT는 단지 오염의 저감성능면에서 최고의 성능을 보여야할 뿐만 아니라 경제성도 입증 받아야 하므로 환경오염의 저감을 위하여 경제적으로 무리한 오염저감의 달성을 미연에 방지하고 있다.

독일의 환경기술정책을 수행하는 주요기관은 연방환경부(BMU), 연방환경청

(UBA), 연방과학부(BMBF), 독일 연구협동체(DFG) 및 각 지방정부이다. 이 중 연방환경청은 연방환경부 내에서 환경문제에 관한 실무적인 수행기구이며 환경기술의 전문가 그룹으로서 환경기술에 관한 연구를 관할하고 기술개발의 평가를 수행하고 있다.

또한 연방과학부는 교육 및 과학에 대한 기술개발의 지원업무를 담당하는데 특히 환경기술의 개발에 필요한 대부분의 재정지원(80% 정도)을 담당하고 있어 환경기술 개발의 실질적 주무관청의 역할을 수행하고 있다. 독일 연구협동체는 기초과학의 지원을 담당하는 민간단체로서 정부의 지원금을 대학 중심으로 연구자에게 배분하는 역할을 수행하고 있다. 독일의 연방환경부는 2000년대의 환경기술 개발을 목표로 하여 새로운 환경기술 개발계획을 연방과학부 등 관련 부처와 협의하여 확정하였는데, 신 환경기술개발 계획의 주요 연구방향은 ESSD(Environmentally Sound & Sustainable Development), 경제활력의 유지, EOP(End of Pipe)에서 Closed-Loop Economy로의 전환이다.

이에 따라 환경과 건강 및 유전공학적 기술의 개발이 주목되고 있는데, EOP 기술에 대해서는 지속적인 유용성을 주장하는 의견과 경제성 상실을 주장하는 의견이 상존하고 있는 실정이다.

독일은 지난 해 7월부터 세계 최대 규모의 태양전지 생산공장을 건설하고 있다. 2001년까지 약 2,550억원을 투입해 태양전지 제조기술을 개선함으로써 태양전지산업을 국가 기간산업으로 육성할 계획이다. 또한 독일은 1997년이래 정부가 풍력발전설비 투자비의 최대 25% 보조, 2년 거치 저금리 적용, 장려금 지급 등 다양한 인센티브 제도를 시행하고 있는데, 이는 풍력발전이 기후변화협약의 온실가스 감축을 위한 현실적 대안으로 부상한데다 신규 고용 창출효과가 기대되는데 따른 것으로 앞으로 개도국의 풍력발전 확충 추세와 더불어 관련 시장이 확대될 것으로 예상돼 선진국의 기술개발, 시장점유 경쟁이 치열할 것으로 보인다. 독일 정부는 그린에너지 개발 외에

CO2 감소프로그램의 실행을 적극 추진하고 있는데 CO2 외에 일기에 영향을 끼치는 물질, 즉 CH₄, NO_x, CO, VOC 등에 대한 배출량 감소 대책도 이 프로그램에 고려되었다. CO2 배출량의 감소를 위한 대책은 난방시설 개선법 규정, 열손실 방지법 규정 및 에너지 절약촉진 규정과 새로운 기술개발 장려책 등을 들 수 있는데, CO2 배출량을 2005년까지 1987년에 비해 약 50% 정도로 감축할 계획이다. 이에 따라 독일 정부는 환경보존에 유리한 교통시설 건설에 우선권을 두며, 교통시설의 기술을 효과적으로 향상하고 환경보존을 위한 전면적인 정보 또는 이를 위한 각 개인의 행동에 대한 계몽 등을 포함한 초안을 작성하였다.

또 세계개혁의 일환으로 환경세를 도입했는데, 이는 서방 주요 7개국 중에서는 처음으로 에너지 낭비를 억제하는 등 지구온난화 대책도 될 수 있어 서방 각국은 다양한 형태의 제도를 검토 중에 있다. 독일의 환경세는 에너지 소비 억제와 공공연금의 재원 조달을 기본 목적으로 하여 에너지의 시장 가격에 대체로 10% 정도의 세금을 가산하도록 되어 있다. 환경세란 원래 기업이나 개인의 활동이 환경에 부담을 주는 정도에 따라 무거운 세금을 부과해서 환경보호를 달성한다는 취지에서 나온 것이다.

또한 민간에서도 환경규제가 강화되면서 이 규제를 무역장벽이 아닌 새로운 사업 기회로 인식하여 발빠른 대응을 하고 있는데, 환경오염물질을 줄이기 위한 촉매장치 개발, 유연 휘발유 사용금지에 따른 촉매변환기 연구 등을 하고 있다.

이 외에도 프랑스·독일 등을 중심으로 물혼합 연료 “아쿠아졸레(Aquazole)”류를 사용한 환경버스 상용화가 실험단계로써 현재 베를린 등의 노선버스에 시험적으로 사용하고 있다. 디젤에 물 13% 여타 몇 가지 첨가물을 혼합한 아쿠아졸레류는 디젤 유에 첨가된 물이 연소온도를 낮추고, 수분이 냉각수 역할을 하여 산화질소 및 매연 입자 배출을 감소시키게 된다. 이 기술의 시장 잠재력은 풍부하나 신형버스들이 최신식의 배출 가스 감축장치를 장착하여 출시되고 있음에 비추어 볼 때 구형버스들을

대상으로 한 ‘시간적으로 제한된 사업성’만을 가지고 있다는 평가를 받기도 하며, EU 권에서 디젤유에 혼합된 물에 대해서도 유류세가 부가되고 있는 것이 제한적 요인으로 작용되고 있다.

독일 정부는 다이옥신 발생량의 98%를 차지하는 소각로 배출가스와 소각재를 배출 하는 쓰레기 소각장에서의 다이옥신 저감기술 개발을 위해 국가정책 차원에서 과감한 지원을 아끼지 않고 있는데, 특히 카를스루에서 연구센터의 경우 다이옥신 생성 및 제거에 관한 연구로 유명하다. 이 센터가 자랑하는 타마라소각로는 소형(200kg/h) 첨단연구용으로 3백만마르크 이상을 들여 개발했는데 특징은 여러 단계에서 소각에 필요한 산소를 충분히 공급하고, 배기가스 중에 다이옥신이 포함된 공기를 다시 소각 처리한 다음, 다이옥신이 완전히 제거된 플라스틱을 재활용할 수 있는 기술까지 개발했다.

■ 영국

가장 먼저 산업혁명을 일으켜서 그로 인한 공해문제도 가장 먼저 체험했던 영국은 경제 회복을 토대로 현재 과학기술정책중 시장의 관점에서 장기적 잠재 경쟁력을 가지고 있을 것으로 판단된 6개의 우선 분야에 환경관련 과학기술을 포함시켜 “환경과학, 공해제어기술, 제품리사이클 분석” 등의 기술개발을 진행중인데, 특히, 수질분야, 환경모니터링, 엔지니어링 및 환경서비스 분야가 경쟁력을 가지고 있다. '97년 환경부와 교통부가 통합된 영국환경교통부(Department of the Environment, Transport and the Regions)를 주축으로 토양·음료수·대기 등의 오염수준을 낮추기 위한 환경복원기술과 오염물질 방출 억제를 위한 청정기술개발 등을 주요분야로 삼고 있는데, 청정거래법과 수질오염규제법(Water Act) 등의 환경기준을 강화함으로써 환경수요를 창출하고 있다.

이외에도 다이옥신이나 환경호르몬(내분비교란물질) 문제를 유발할 수 있는 화학물질의 적정관리를 위한 환경오염물질 배출·이동 등록제도(PRTR)를 법제화시켜 행정 기관이 기업의 보고를 토대로 대기·수질·토양 등으로의 화학물질 배출량과 폐기물로서 이동되는 양을 파악 공개하여 화학물질 동향 파악과 동시에 필요한 대책 마련에 적용하고 있다.

또한 태양열외에도 풍력, 조력, 바이오매스 등을 이용한 발전 기술이 개발중인데, 정부는 “비화석연료 의무(Non-Fossil Fuel Obligation, NFFO)”를 통하여 2000년까지 1500MW의 신재생에너지 발전설비를 가동하는 목표를 수립하였다. 풍력에너지협회(BWEA)는 2010년까지 국가 전체 발전량의 10%를 풍력발전으로 대체한다는 계획을 발표하였으며, 2030년까지 화력발전소를 모두 풍력과 태양에너지 등 이른바 무공해 “그린에너지”로 대체할 예정이다. 이 외에도 조력에너지 활용방안과 생명가스 발전소 건립이 추진중인데 스코틀랜드 해안지방에서 현재 3개의 조력에너지 프로젝트가 수행중이고, 영국 남서지역에 가축의 배설물을 이용한 발전소 건립되어 내년 후반기부터 전기를 공급할 예정이다. 후자의 경우, 1,180만 달러의 비용을 들여 매년 전국적 전력망에 2MW의 전기를 공급 할 계획인데, 주변 농장의 가축 배설물에 밀가루 반죽을 섞어 섭씨 55도에서 2주동안 가열하여 메탄가스를 방출시켜 두 개의 스파크-가스 엔진으로 유입시키면 부산물로 무독화된 질산염이 풍부한 혼합물이 발전소 동력원으로 얻어지게 되며, 이것은 다시 농사의 퇴비로 사용할 수 있지만, 잔존하는 병원균에 의한 토양오염 가능성이 문제의 소지로 남을 수 있다.

그외 주요기술 동향으로 20개 도시와 14개 메트로폴리탄 자치도시가 그린차 도입 프로젝트에 참가하고 있으며, 현재 런던의 대기분진 측정에 적용되고 있는 “XPS 화상법”은 대기분진입자 표면에 존재하는 주성분 화학종을 정량적으로 분석하는 기술로 대기측정에서 그 동안 간과되어 왔던 입자의 화학적 성분을 확인함으로써 그 발생

원인을 밝히고 오염원을 방지할 수 있는 대책을 마련하는 데에 매우 유용한 분석방법으로 주목받고 있으며, 영국이 주도하는 유럽의 대규모 지구 관찰 인공위성 개발과제(Cryostat)는 영국 국가환경연구위원회(NERSC), 유럽우주국, 산업체 등의 재정적 지원을 받아 3년간 수행 되는데 2002년에 인공위성을 발사하여 온실효과로 인한 기온상승이 극지의 만년설에 끼치는 영향 파악과 함께 토양내의 염분과 습도 등을 조사하게 된다. 이 과제는 훗날 기후변화감시 기능 향상과 일기예보, 혹독한 기상이변에 대한 예측 능력을 향상시켜 초기경고를 제공하게 될 것이다.

<표 1>은 각국이 중점적으로 개발하고있는 기술들을 요약한 것이다.

<표 1> 국가별 중점개발 기술 현황

국 가	중점개발 기술
미국	<ul style="list-style-type: none"> · 오염토양 정화(해, 화학 등) · 생물공학(난분해성 오염물질 처리등) · 생물학적 고도 하수처리(SBR 등) · 갯벌복원 및 조성기술 · 생태계복원기술(해양 및 산림생태계) · 수소자동차 개발 기술(Ford 사) · 온실기체제어기술(이산화탄소 고정 등)
일본	<ul style="list-style-type: none"> · 환경생태기술(멸종위기 동·식물복원, 자연정화기능확대기술, mitigation기술) · 폐기물 소각기술(다이옥신저감기술 등) · 배연탈황·탈질기술(SCR장치, 전기방전법을 이용한 탈황, 탈질 동시처리장치 등) · hybrid 및 연료전지 자동차 기술 · 페타이어의 리사이클링 기술
영국	<ul style="list-style-type: none"> · 발전기술(태양열, 풍력, 조력, 바이오매스 등) · 대기분진 측정기술 · 폐기물관리
독일	<ul style="list-style-type: none"> · 폐기물소각기술(재순환 연소가스 이용기술 등) · 다이옥신분해 촉매개발 기술 · 토양정화기술 · 그린에너지개발(태양열, 풍력 등)
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> · 고도정수기술(오존발생장치 기술 등)

3. 맺음말

지구온난화와 물 부족문제는 새 천년 인류가 직면할 최우선 2대과제로 떠오르고 있다. 유엔환경계획(UNEP)은 '지구환경전망 2000 보고서'를 통해 인류의 50%가 물 부족으로 고통을 받고 있으며 대기중 이산화탄소가 16만년이하 최고치를 나타내고 있다고 밝히고 이에 대한 해결책을 강구하지 못할 경우 돌이킬 수 없는 재앙을 초래할 것이라고 경고하고 있다. 또한 21세기 지구환경을 매우 심각하게 예측하는 보고서들이 잇따라 발표되고 있는데, 지구온난화의 심화로 상당수 해안도시들이 물에 잠기고 주민들이 내륙지방으로 몰려 엄청난 혼란이 일어날 수 있다고 경고한다.

특히 지구온난화의 주범으로 과학자들은 전세계 6억 8천만대의 자동차가 뿜어대는 배출가스를 지목하고 있기 때문에, 연료전지 등을 사용하는 공해 없는 자동차의 개발은 인류의 숙원이라고 할 수 있을 것이다.

많은 전문가들이 21세기 유망산업은 환경산업이라고 말하고 있다. 선진국들은 첨단환경기술을 개발해서 세계환경시장을 장악하고, 국가적 이해관계 속에서 주도권을 잡기 위해 많은 투자와 노력을 하고 있다. 환경오염이 계속되고, 환경문제가 인류의 생존까지 위협하기에까지 이르고, 선진국들은 이 환경문제해결을 위해 가능한 모든 일을 하며, 첨단기술개발에 막대한 투자를 한다는 것은 첨단환경기술의 유·무가 국가의 성패 및 국민의 삶의 질을 좌우하게 된다는 것을 말해준다.

■ 참고자료

1. 21세기 환경기술개발 장기종합계획, 국립환경연구원
2. 국제환경동향 제17호, 제18호, 제19호, 환경부 국제협력관실
3. 해외과학기술동향 제 361호, 제376호, 제379호, 연구개발정보센터