

국내외 지반오염정화시장의 전망과 제언 ①

- 국내외 동향분석 및 부문별 지반환경의 특성 -

박준범^{*1}, 정일철^{*2}, 이상수^{*3}

1. 서언

경제성장과 산업활동의 증가로 인하여 발생하는 환경문제에 대하여 각국에서는 환경규제강화, 자발적 협약, 경제적 수단의 도입 등 다양한 노력을 통하여 이를 해결하려 하고 있으나, 각국의 정책적, 기술적, 사회적 차이에 의하여 각기 다른 양상의 대응방안이 모색되고 있는 실정이다. 근래에 이르러 이러한 문제는 점차적으로 국가간 무역장벽의 형태로 나타나게 되었고, 상대적으로 환경에 대한 인식이 부족한 개발도상국은 선진국에 비하여 이러한 문제가 대외수출의 장벽으로 작용하고 있는 실정이다.

환경부분은 크게 수질, 대기, 지반오염 부문으로 나눌 수 있다. 선진국을 비롯하여 대부분의 국가에서 지반오염부문은 수질, 대기분야에 비해 상대적으로 낮은 사회적 인식과 기술적 자립도를 보이고 있다. 미국, 캐나다, 독일 등의 선진국을 중심으로 지반오염에 대한 문제를 인식, 정책적, 기술적 대응방안을 수립한 것은 80년대에 이르러서이다. 고도의 경제성장을 이룩하며 발전해 온 우리 나라에서 환경오염 문제는 경제발전 우선 주의에 밀려 그 심각성이 과소평가 되어온 것은 부인할 수 없는 사실이다.

지반오염문제에 관하여는 현재 환경부를 중심으로, 환경관련 단체, 각 기업 및 대학연구소에서 이와 같은 문제점을 인식, 1996년의 토양환경보전법의 시행을 통하여 산발적 접근으로부터, 보다 체계적인 관리를 위한 기틀을 마련하고 효율적인 대응 방안을 모색중이다. 작년 국회 환경포럼(1999.5.4)에서도 매립지 현황

과 문제점 및 폐광산 산성폐수, 공단밀집지역의 유해 유기화합물, 군사시설의 지반오염 인자, 전국의 주유소를 포함하는 지하 유류저장탱크의 누유 가능성 등 지반오염 유발인자에 대한 문제점이 제기되었고 이에 대한 다각적인 대응방안이 제시되었다. 그러나 지반오염문제는 사회적 인식 부족, 그리고 IMF 등에 따른 재정확충의 어려움 등으로 인하여 그 해결에 많은 문제점을 내포하고 있다. 또한 지금은 취약한 국내기술 개발여건 및 선진기술의 도입 등의 해외 환경관련 기술의 국내잠입으로 인하여 국가의 거대 환경시장의 노출이라는 엄청난 국면을 맞고 있는 시기라고 할 수 있다.

본 글은 이러한 시점에서 선진 기술의 국내 잠입으로부터 관련산업을 보호하고 우리기술의 자생력을 함양하기 위한 기틀을 마련하며, 관련시장의 전망을 분석, 제언함으로써 우리기업이 이러한 시장변화에 대하여 적극적으로 대처할 수 있는 방안을 찾아보는 것에 그 목적이 있다.

2. 국내외 동향

2.1 정책 동향

① 해외 동향

환경 시장은 폐쇄적인 특성상 환경정책에 의존적인 성향이 강하며, 따라서, 선진 외국과 국내의 환경정책 분석은 필수적이라 할 수 있다.

지반오염인자의 정책적 결정은 수질오염 방지 대책 및 적정 폐기물 처리 정책과 깊은 관련을 가지고 있다.

*1 정회원, 서울대학교 지구환경시스템공학부 교수

*2 정회원, 한라산업개발(주) 환경연구소 연구원

*3 정회원, 한라산업개발(주) 환경연구소 연구원

특히 적정처리 되어야 할 오염물질이 고의적, 우발적으로 지반으로 유입되는 것이 주요 발생원인이 되므로 그 근본은 폐기물 처리 정책으로부터 출발한다고 할 수 있다.

미국의 경우, USEPA(United States Environmental Protection Agency)는 1986년 미 환경청 폐기물 사업소(USEPA's Office of Solid Waste)를 중심으로 미 연방에 존재하는 모든 폐기물 매립시설에 대한 대대적인 조사를 착수하였고 RCRA(Resource Conservation and Recovery Act, Subtitle D; 1976)와 CWA(Clean Water Act, Section 405; 1972)에 의해 수립된 관리 규정은 매립지 처분시설에 대한 규약(40 CFR Parts 257 and 258; 1991년)에 의하여 총괄적인 관리 규정으로 발전하였다. 또한, 각종 유해유기화합물의 지반유입으로 인한 지반 오염에 대하여는 CERCLA(Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act; 1980년), SARA(Superfund Amendments and Reauthorization Act; 1986년)등의 관련법안을 통하여 엄격히 규제하고 있으며 USEPA를 중심으로 연구 조직 및 기업, 대학 연구소 등에서 환경친화적 정화기법에 대한 지속적인 연구를 수행하고 있다.

캐나다의 경우, 폐기물의 감량화와 함께, 독성저감에 대한 문제가 지속적인 과제가 되고 있다. 캐나다 EPA는 미국 EPA, 국제 납·아연 연구기구와 함께 WASTE Program (Waste Analysis, Sampling, Testing and Evaluation Program)을 1991년 개시하였다.

독일은 1985년 토양법의 시안을 작성한 이래 1997년 연방 토양법(Bundes Bodenrecht)의 제정과 더불어 대대적인 정화계획을 수립, 추진하여 왔으며 특히 오염부지를 자진 신고할 경우 일정한 조건하에서 면책하는 '자진신고규정(Freistellungsklausel)'을 설정, 오염부지의 공개와 적극적 대안 수립을 촉진하고 있다.

이와 같이 지반환경 분야에서 선진국이라 할 수 있는 국가의 시스템과 같은 적절한 환경 관리정책의 정립과 이에 따른 지반오염에 대한 적극적 대처방안의

연구개발은 지속적으로 이루어져야 할 부분이며, 향후 산업발전의 흐름에 비추어 볼 때 폐기물에 의한 문제는 점차 증가할 것으로 보이므로 현시점에서의 총체적 관리방안의 수립은 매우 중요하다고 할 수 있겠다.

② 국내 동향

우리 나라에서는 지반오염에 대한 새로운 정책의 필요성을 인식, 1995년 1월 5일 제정된 토양환경보전법을 1996년 1월부터 시행, 그 동안 점 오염원에 초점을 맞추었던 단편적인 수질관리 중심의 환경 정책에서 탈피, 더욱 통합적인 환경관리가 이루어 질 수 있는 기초가 마련되었다(토양환경 보전법 제 19조).

헌법상 기본적 인권의 하나로서 환경권의 도입은 1980년을 시작으로 1986년 '폐기물관리법' (1986.12)의 제정을 통하여 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률' (1992.12), '폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률' (1992.12), '환경기술개발 및 지원에 관한 법률' (1994.12), '토양환경보전법' (1995.1) 등으로 발전하게 되었다.

정부는 산·학·연 공동으로 폐기물의 부적정 처리를 근절하고, 현장적용 가능한 첨단환경기술 중점개발하기 위하여 1992~2001까지 총 3,965억원을 투자(1999년에는 420억원 투자), 122개의 과제 기술을 개발하고, 환경신기술의 시장수요 확대를 위하여 "환경기술평가제"의 실효성 제고를 위해 평가기간 단축, 평가기관 확대 및 평가비용 일부 국고지원 추진 등을 골자로 하는 계획을 수립하였으며 G-7 3단계 사업이 마무리되는 2001년까지 정부연구개발투자에 대한 환경과학연구투자비율을 5% 수준으로 높일 계획이다.

환경시장은 특성상 정부의 정책에 의존적이게 된다. 21세기를 대비하는 국내의 환경분야의 정책 변화는 환경시장에 막대한 파급효과를 미칠 것으로 기대되므로 신규시장 창출을 위한 정부의 적극적인 정책 설정은 시급히 요구되는 부분이며, 관련산업의 발전에 있어서도 긍정적으로 받아들여 질 수 있을 것이다.

2.2 기술 동향

① 해외 동향

오염 지반 및 지하수에 대한 현장정화기법(In-Situ Soil Remediation)의 개발은 대륙면적이 작은 유럽을 중심으로 시작되어 현재 미국, 캐나다, 독일 등을 위주로 다방면의 연구가 진행되고 있으며 수 십여 가지의 기술이 개발, 실용화되고 있다.

현재 오염지반 정화기술로 적용 가능한 현장정화기법은 굴착제거, 표면제어, 차폐, 양수, 지반세척, 진공추출, 고화, 수압파쇄 등의 물리적 방법과 산화, 중화, 이온교환, 계면활성제 첨가 등의 화학적 방법, 플라즈마, 동결, 열분해, 유리화 등의 열적 방법, 그리고 영양분 주입, 미생물 이용 등의 생물학적 방법이 있으며 최근에는 전기삼투 등을 이용한 동전기적 방법이 개발되고 있다.

또한 투수성반응벽체(Permeable Reactive Barriers, PRBs)등의 신기술 개발을 통하여 불량매립지의 침출수, 폐광산의 산성폐수 및 기타 유해물질에 의한 지반오염에 대하여 효율적으로 대처하기 위한 연구가 계속되고 있다.

미국의 경우 복원이나 오염확산 차단을 위해 개발된 여러 기술이 오염 현장에 대해 적극적으로 적용되고 있다. USEPA에서는 기술과 비용의 효율성을 포함하는 확대 지침서와 평가 보고서를 작성, 미국내 정부, 공장, 상업 영역 등에 배포시켜 기술사항 등을 독려시키고 있고(Abstracts of Remediation : Case Study, 1995), 1986년에 SARA는 혁신적인 복원기술을 보여주고 평가하기 위해 SITE(Superfund Innovative Technology Evaluation) 프로그램을 시행하였다. 이러한 제반 법적제도와 기술의 결합은 효율적인 오염지반 정화 및 유지관리에 큰 도움을 주고 있다.

독일의 경우는 지반 굴착, 지반 세척, 열적처리, 생물학적 처리 등의, 현장 지중처리 기술(in situ remediation technology)에서 지반오염 확산방지기술에까지 폭넓은 기술이 오염 지역의 정화를 위해 사용되고 있다. 유해 폐기물 매립지에서 오염된 지반의 굴착 적재기술과 오염확산방지 기술은 상당한 발전을 이루었고 적용결과 효율성이 입증되었다. 독일 연방 정

부는 오염된 부지를 발견하고 조사하며, 정화하는 일 을 위하여, 오염된 부지의 복원을 위한 연구, 개발, 검증 program의 설치 및 개발, 국제적인 연합 과제에의 참여에 힘쓰고 있으며, 오염 부지에 의해 야기되는 위해성을 평가하기 위한 76개의 주요 유해 물질에 대한 기본 독성 화학 물질 자료를 계속하여 개선시키고 있다.

일본의 경우 오염지반의 복원은 주로 농경지 정화에 이용되었으며, 사용된 주요기술은 오염지반 부지 복토, 오염토 하부에 있는 비오염토층과의 결합, 그리고, 오염토와 청정토의 혼합(특히 구리와 비소로 오염된 지반의 경우) 등이고 오염부지를 정화하는 새로운 방법을 사용하는 연구 및 개발 프로그램을 지속적으로 지원하여, 시험 적용을 통하여 그 효용성을 입증하였다. 일본 후생성이 1998.6월 발표한 보도자료에 의하면 일본 내 사용 종료된 매립지 중 정화 대상은 약 1000여 군데에 이르는 것으로 나타났다. 이와 같은 문제와 관련하여, 일본 정부는 정화 기법을 수립, 기술적 타당성 등을 거쳐, 적용가능한 신 기법을 개발하기 위한 노력을 진행시키고 있다. 이와 같은 선진국의 기술 개발은 21세기 초대형 시장으로의 진입을 목표로 지속적으로 전개되어 갈 것으로 판단된다.

② 국내 동향

우리 나라에서 환경기술개발에 대한 투자가 시작된 것은 1985년 과거치의 "공공복지기술훈원사업"의 일환으로 추진된 것이 최초이다. 이후 1989년 대구 폐놀 사건과 같은 물과동을 계기로 음용수 수질평가 및 수질오염 정화기술 개발 등 당면문제 해결을 위한 기술 개발과제에 단편적으로 투자가 이루어져오다가 1992년부터 범정부적으로 추진된 'G-7 프로젝트'의 한 분야로 '환경공학기술개발사업'이 채택되면서 본격적인 연구개발체제를 갖추게 되었다. 그러나 환경문제가 경제, 사회, 산업, 과학 등 각 분야의 주요 현안 과제로 대두됨에 따라 환경부는 물론 과학기술부, 산업자원부 등 관련부처에서 환경관련 기술개발을 다각적으로 추진하고 있어 이를 체계적으로 종합·조정하기 위한 범

정부차원의 환경기술개발체계의 구축 필요성이 제기되고 있다.

환경기술에 관한 전반적인 기초연구가 시작된 것은 1987년 7월 보건사회부 소속기관으로 국립환경연구소가 설립된 이후라고 할 수 있다. 이후 1990년을 전후하여 아래 현황에서 보는 바와 같이 정부출연 연구기관에서 환경분야 연구부서를 설치하고, 대학에서도 환경관련학과를 설치하기 시작하였다. 또한 국립환경연구원 산하에 '자동차공해연구소'와 '4대강별 수질검사소'를 설치하는 등 환경기술연구를 위한 기반을 강화하였다.

우리 나라의 경우 1995년 광명시 소재 가화광산의 지반오염 정화에 대한 시범 사업을 시초로 많은 연구 및 현장평가가 진행되고 있으나, 이미 진행된 침출수 유출 등의 유해요소 제거 및 오염지반 정화에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 이와 같이 기술적 측면은 시작단계인 반면 사회적 인식은 점차 선진수준에 접근하고 있음을 감안할 때, 이에 대하여 정책적, 사회적, 기술적 측면에서 난항이 우려된다. 따라서 지반오염 정화방법에 대한 기술개발은 매우 시급한 상황이라 할 수 있겠다.

2.3 시장 동향

① 해외 동향

OECD의 분석에 의하면 세계 환경시장규모는 1990년 2,000억달러에서 2000년 3,000억달러로 연평균 5.5% 증가할 것으로 전망하였고, 국제금융공시는 동기간 동안 3,000억달러에서 6,000억달러로 증가할 것으로 전망하고 있다.

주요국가의 환경산업육성 시책으로 1994년 미국은 자국에서 육성해야 할 중요 기술관련 산업으로 환경산업을 제1위로 선정하여 전략산업으로 집중지원하고 있고, 일본은 ODA(공적개발원조)와 연계하여 중국, 동남아 등 개도국의 환경시장에 진출하고 있다. 동구를 제외한 아시아의 개도국 및 신흥공업국의 환경시장은 연평균 6.8%의 높은 성장을 지속하여 2000년에 그

규모가 340억달러에 이를 것으로 전망된다. 특히 독일, 미국, 캐나다를 비롯하여, 동유럽의 체제 전환국의 군사시설 및 이에 대한 지반오염 정화시장의 전망은 매우 밝은 것으로 예측되고 있다. 이외에도 중국, 일본 등의 환경시장 변화 역시 잠재적인 요소로 작용하고 있다. 또한 엄청난 잠재력을 가지고 있는 중국의 환경설비 시장 확대는 세계 환경시장에 있어 매우 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다.

이와 같은 환경시장에서, 불량매립지 정화, 유류 등에 의한 오염 지반 정화와 같은 지반오염시장은 급격히 증가하고 있는 추세이다. 미국을 중심으로 20여 년 전, 지반정화사업이 시작된 이후, 지반오염 정화산업의 시장성은 폭발적인 수요증가를 보이며 발전해 왔으며 이러한 과정에서 시장규모를 결정짓는 주요 원인은 규제 강도였으나 점차 저비용, 고효율의 새로운 기법 개발 등, 점차 시장 경제원리에 의하여 지배되는 양상을 띠게 되었고, 이에 따라 환경시장의 변화는 급격히 발전해 나가는 계기가 되었다. 1998년 전세계 지반정화 시장의 규모는 195억불에 이를 것으로 추산되며 주요시장은 미국, 캐나다, 독일 등의 선진국과 잠재적 수요를 가지고 있는 중국, 북한의 거대시장, 그리고 체제 전환국의 군사시설에 대한 정화시장 등이며, 변화양상은 매우 빠르게 진행될 것으로 판단된다(표 1).

현재의 국내기술수준 및 사회여건을 고려할 때, 선진외국에 의한 국내 시장 잠식 우려가 심각한 수준에

표 1. 세계 지반오염 정화시장의 전망
(EBI :Environmental Business International, Inc.,
(San Diego, Calif.), 1996, 단위 :억\$)

국가	1994년	1998년	2001년
미국	70.1	86.5	101.3
일본	26.6	36.1	48
독일	10.1	13.7	18.9
캐나다	9.5	11.7	13.7
프랑스	5.3	7.2	8.4
영국	4.9	6.7	7.9
네덜란드	3.2	4.3	5.1
합계	143	195	237

이를 것으로 판단된다. 1996년도 미국 전체수주의 20%를 점유한 Bechtel을 비롯하여, International Technology, ICF Kaiser 등의 선진 기업은 최고의 기술성을 가진 경쟁력을 바탕으로, 해외시장으로의 진출을 모색하고 있다. 이에 적극적인 대응방안을 수립, 국내 지반정화시장의 보호를 위한 끊임없는 연구개발은 매우 시급한 상황이라 할 수 있다.

② 국내 동향

국내의 경우 현재 지반오염에 대한 적극적 대처는 불량매립지 정화사업에 한정된다고 볼 수 있다. 폐광산의 산성폐수, 공단밀집 지역의 유해유기화합물의 지반유입, 군사시설의 지반오염 인자 및 주유소 등의 지하 유류저장 시설에 대한 대처는 아직 미흡한 실정이다. 환경부는 '사용종료 매립지의 적정 관리방안 용역(1994.12~1995.12)'의 결과를 토대로 사용중인 매립지 466개소(1996년 기준)의 사용연한에 근거한 사용종료 발생 추이를 예측하였다. 2011년 이후 사용종료 매립지의 숫자는 1,302개소로 총면적 44,239m²에 달할 전망이다. 특히 이중 문제가 되는 불량매립지는 1,286개소에 26,631천m²에 이를 것으로 추정되고 있다. 이와 같은 결과에 따라 환경부는 1996~2010 매립지 정비 계획을 1996년에 수립하여 불량매립지의 환경유해요소를 제거하기 위한 안정화 사업을 진행, 이

를 통하여 전국에 존재하는 안정화 대상 불량매립지를 모두 정비하는 계획을 수립하였다. 이와 같은 불량매립지 정비 사업은 충북 옥천, 전남 장흥 매립지 등의 국가지원 사업과 난지도, 부산 석대 매립지 등의 지방자치단체 사업으로 나뉜다.

1996년부터 2010년까지의 매립지 정비 계획에 의하면 81개소에 대하여 총 7,881억원을 투자하여 폐기물의 위생매립지로의 이적 처리, 안정화 사업 실시 등의 불량매립지 정비사업을 시행할 계획이다(표 2). 이러한 정비 계획은 지방자치단체의 불량매립지 안정화 사업 신청을 시작으로 환경부의 타당성 평가 과정을 거쳐, 기획예산처와 합의, 차기년도 정화사업계획을 수립하는 과정을 갖는다. 이는 97년도에 81개소에서 97개소로 증가하였고 99년 5월 현재 160여개소를 중점 관리 대상 매립지로 지정하고 있으며 이러한 계획은 점차 증가할 것으로 판단된다.

우리 나라의 경우 1997년 국립환경연구원의 지반오염 정화를 위한 예상 투자액 산출 결과, 2006년까지 8,062억원에서 2조 1,395억원이 소요될 것으로 예측되었다. 이는 유류 저장시설, 유독물 저장소 등 일반 사업시설에 국한된 것으로 군사시설 등을 고려하면 이에 대한 대규모의 환경시장 변화가 일어날 것으로 예측된다. 특히, 북한의 군사시설 확충 및 무분별한 폐기물 수입 등으로 인한 지반오염은 이미 위험수위를 넘어선 것으로 조사되고 있다. 1992년 유해 폐기물의 국가간 이동 및 처리에 관한 '바젤조약'이 체결된 뒤 폐기물 처리에 대한 규제에 대응하여 각국의 폐기물 처리 시장에 대한 요구는 증대되었고 북한은 극심한 식량난, 외화난에 대한 대응책으로 대만의 핵폐기물 20만 배럴을 포함하여 3년간 4만 7천t에 이르는 폐기물을 수입하였다. 이는 단순히 폐기물 유입의 의미를 떠나 북한의 처리능력을 고려할 때 엄청난 환경파괴가 우려된다는 데 그 심각성이 크다. 따라서 북한의 개방시 예상되는 거대 시장 또한 지반 정화시장에 있어 막대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

표 2. 불량매립지 연차별 정비계획(환경부, 1997a)

구분	계	96~98	99~2010
개소 수	81	37	44
총면적(천m ²)	6,600	3,742	2,918
매립량(천m ³)	140,605	113,259	27,346
총사업비(백만원)	788,118	405,246	382,872

표 3. 사용종료 매립지 정비사업 추진 현황(환경부, 1997a)

지역	규모(천 m ²)	총사업비(국고)	국고보조금(백만원)					비고
			96	97	98	99	2000	
20개소	6,245	40,113(16,887)	1,050	1,928	3,685	4,103	6,121	

3. 부문별 지반환경 현황

3.1 사용종료 매립지

1997년 2월 현재 사용 종료된 매립지는 898개소 7,655천㎡으로 매립된 폐기물량은 177,033 천톤에 달하는 것으로 조사되었다(표 4). 현재 이들 매립지의 대부분은 불량매립지로, 시급히 정비해야 할 것으로 추정되고 있다. 이중 지하수 검사를 실시한 곳은 182개소로 전체 사용종료된 매립지의 20%에 해당한다. 지하수 검사를 실시한 지점 182개소 중 매립지 검사정은 12%인 21개소, 주변지역의 마을 우물은 88%인 161개소로서 대부분이 하류지역의 마을우물에서 지하수 검사를 실시하였다. 매립지에서 발생하는 침출수를 처리하는 곳은 총 157개소로 전체 사용종료된 매립지의 17%에 해당한다.

사용종료 매립지 총 898개소 (17,656천㎡) 중 침출수를 자체처리하는 매립지는 전체개소수의 약 10%인 88개소 (5,613천㎡)이며, 8%인 69개소가 하수처리장에 이송처리하거나 위탁처리하고 있고 82%인 741개소는 미처리 되고 있다(표 5).

환경부는 '사용종료 매립지의 적정 관리방안 용역' 결과(1994.12~1995.12)를 토대로 사용중인 매립지 466개소(1996년 기준)의 사용연한에 근거한 사용종

료 발생 추이를 예측하였다. 사용종료 매립지는 2001년까지 집중적으로 발생하다가 2002년 이후 급격히 감소될 것으로 전망된다. 또한 2011년 이후 사용 종료 매립지의 숫자는 1,302개소로 총면적 44,239㎡에 달할 전망이다.

특히 이중 문제가 되는 불량매립지는 1,286개소에 26,631천㎡에 이를 것으로 추정되고 있다(표 6). 1997년 12월 환경부 발표에 따르면 사용이 종료된 매립지는 1996년 보다 25개 증가한 898개소, 시공이 완료되어 사용중인 매립지는 37개소 증가한 466개소로 조사되었고, 사용중인 매립지의 매립면적은 총 29,804천㎡, 총 용량 419,692㎡에 잔여용량 328,407㎡으로 조사되었다.

이러한 문제는 매립지와 같은 폐기물 처리시설에만 국한되는 것이 아니다. 과거 위생매립의 개념이 부족했던 때 묻혀진 각종 폐기물을 비롯하여 간척사업의 진행과정, 택지 조성사업 및 우량농지 조성을 위한 성토사업 과정에서 무분별하게 묻혀진 폐기물 등은 사회적으로 큰 문제를 야기시키고 있다. 또한 3천3백㎡ 이상되는 공유수면 매립지 또는 형질변경으로 택지를 조성한 땅, 토석 채취장 등에서 쓰레기 불법매립이 자행되는 것으로 나타났다. 이에 환경부에서는 1998.10~1998.11에 걸쳐 쓰레기 불법매립에 대한 전국 현장조사를 실시하게 되었고, IMF 등의 경제여건 악화와 더불어 불법매립은 증가추세에 있는 것으로 진단했다.

표 4. 사용종료 매립지 실태조사 총괄표(환경부, 1997a)

개소수	면적 (천㎡)	매립량 (천ton)	침출수 처리		지하수 검사 실시(개소)		
			개소수	처리량 (㎡/일)	계	검사정	마을우물
898	17,655	177,033	157	5,451	182	21	161

3.2 군사시설

석유류 및 유독 물질 저장시설을 비롯하여 군사 훈련지역 등, 과거에는 폐쇄성으로 인하여 환경적 측면에서의 접근이 어려웠던 군사시설에 의한 지반오염은

표 5. 침출수 처리 내역(환경부, 1997a)

계			자체처리			이송 또는 위탁처리			미처리		
개소수	면적 (천㎡)	처리량 (㎡/일)	개소수	면적 (천㎡)	처리량 (㎡/일)	개소수	면적 (천㎡)	처리량 (㎡/일)	개소수	면적 (천㎡)	처리량 (㎡/일)
898	17,656	5,451	88(10%)	5,613	3,331	69(8%)	4,373	2,038	741(82%)	7,670	82

심각한 수준으로 제시되었으며 이러한 군사시설의 폐쇄 및 이전 등에 따른 지반오염 정화문제는 새로운 환경이슈로 떠오르고 있다. 군 환경의 경우, 군이 가지는 특수성에 기인하여 상대적으로 환경문제에 대하여 과거에는 미온적 대처가 이루어졌으나, 미국과 독일의 경우 적극적인 대처를 통하여 군 시설로 인한 환경문제를 극복하고 있다.

미국의 경우 군 환경오염 문제와 관련된 조사 및 정화 활동은 주로 국방성(DOD : Department of Defense)에 의하여 이루어지고 있다. 1975년 군 시설 복구 프로그램(IRP : Installation Restoration Program)을 시작으로 Superfund법을 강화시키는 특별기금 수정법(SARA : Superfund Amendment & Reauthorization Act)의 제정과 함께 국방성 주도의 군 환경복구 프로그램(Defense Environmental Restoration Program, DERP)이라는 획기적인 오염정화사업을 공식화하였다. 국방성은 현재 DERP에 의하여 미국내 4천여개 군 시설 및 부지에 대하여 매년 10억불 이상의 규모로 27,454개 오염현장에 대한 복구작업을 수행중이다.

DERP의 구성은 군 시설 복구(IR : Installation Restoration), 기타 유해 폐기물(OHW : Other Hazardous Waste) 및 건물철거/잔해회수(BD/DR : Building Demolition/Debris Removal) 프로그램으로 구성된다. 이러한 프로그램은 정화 수행정도에 따라 진행상태(RIP : Remedies in Place), 완료상태(RC : Response Complete)로 나누어 평가된다. 1997년 의회 보고서에 따르면 27,454 개의 오염현장 가운데 580여개가 RIP 단계이며, 15,265개는 이미

RC에 도달한 것으로 나타났으며 나머지 현장에 대해서는 DERP 활동이 착수되었다.

한편, 독일 연방정부가 통독 후 과거 구 동독지역의 군사시설에 대한 정화비용에 투입한 돈은 무려 4백억 마르크(21조원)에 달하는 것으로 나타났다. 구 소련군 시설의 유형은 공군기지, 연료저장시설, 유지 및 보수 시설, 훈련장, 무기 저장고, 화학물질 등의 비 무기저장고 및 생산시설 등으로 구분되며 이러한 시설에서 발견되는 오염물질은 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes) PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), PCBs (Polychlorinated Biphenyls), 중금속 등이다. 1993년에 이르러 독일 연방 정부의 舊 동독지역의 소련군 시설 1,026개소 중 500 개소의 오염상태 조사 결과, 지하수 오염은 59.6%, 폭발위험 시설 14.9%, 붕괴위험 7.8% 그리고 화재위험 2.8%라는 심각한 결과를 안겨 주었다. 독일 연방 정부는 이와 관련하여 러시아 정부와 'zero solution 협약'을 체결하였다. 이는 舊 소련이 지어놓은 군사시설의 가격과 그들이 저지른 환경파괴에 대한 복원비용을 상쇄한다는 내용으로 그 비용은 무려 120억 마르크(6조원)에 이르는 것으로 추정하였다.

통독 후 지속적으로 수행되어온 舊 동독지역에 대한 환경오염 방지 대책은 지반오염 정화를 위한 환경적 측면과 환경시장의 육성을 통한 舊 동독인의 취업률 향상 등 독일 연방 정부의 정책적 방향에 의해 새롭게 전개되었다. 통독 후 5년 동안 舊 동독지역 환경정화 사업에 투입한 돈은 무려 4백억 마르크(21조원)에 달하며 40여만 명의 소련군이 주둔했던 1,026 개 기지에

표 6. 사용종료 매립지 발생 전망(환경부, 1997a)

구분	총계	96까지	발생전망					
			소계	'96~'97	'98~2001	2002~2005	2006~2010	2011 이후
개소	1,302	873	429	265	80	52	19	75
면적(천㎡)	44,239	15,578	28,661	2,489	2,122	2,351	402	21,299

대한 환경 평가에만 1억 마르크(525억원)가 들었고 28만 ha에 이르는 舊 소련군 주둔기지, 우라늄 광산, 노천 탄광 등에 대한 지반 정화 사업에만 440억 마르크(23조원)이 필요한 것으로 추정된다.

우리나라의 경우 과거 군사정권의 특성으로 인하여 선진국에 비하여 그 폐쇄성은 더욱 심각한 상황이었다. 1995년 9월부터 1996년 11월까지 환경부와 국방부의 총 60여개소 군부대 지역에 대한 종합 환경실태를 조사하였다. 중점 조사내용은 환경기초시설 관리실태, 부대이전에 대한 지반복원 계획, 작 지역별 지반 및 수질오염도 조사이며, 조사 결과 유류저장시설의 25%(27개소/107개소), 사격장 58%(11개소/19개소), 폐기물 야적장 50%(3개소/6개소), 폐기물 매립지 8.8%(3개소/24개소)가 환경기준을 초과하는 것으로 나타났다.

현재 국방부에서는 세계화 추세에 따라 군 환경평가를 위한 제도 개선과 현황조사 착수를 위한 기초적인 단계에 접근 중이다. 2001년까지 군 환경개선 종합대책을 수립하여 오염방지 및 정화프로그램의 적용을 추진할 계획이고, 1997년부터 2006년까지 8,600여억원의 예산을 책정하였다. 이러한 상황은 군사시설에 대한 대대적인 환경 정화작업의 시초를 알리는 포석으로 생각할 수 있으며, 북한, 중국 등의 잠재적 군사시설 환경 정화시장에 대한 전망을 매우 밝게 해준다고 할 수 있다.

3.3 지하 저유 시설(UST) 및 기타 산업 시설

주유소 및 일반 석유류 저장 시설 등을 포함하는 지하 저유시설(UST : Underground Storage Tank)

에 대한 문제는 탱크 연한 등을 고려 할 때 매우 시급할 것으로 판단되고 있으나 이에 대한 적절한 조치방안 또는 현황조사는 정확히 파악되지 않고 있는 실정이다.

한국환경기술개발원은 지반환경보전을 위한 오염방지기준 및 관리대책에서 전국에 약 5800개 유류 및 유독물질 지하저장탱크에서 저장물이 토양으로 배출되고 있을 것으로 추정된다고 보고 하였다. 본 조사에서 1996년 현재 국내에 존재하는 유류 및 유독물질 지하저장시설은 총 54,461개이며 지반오염을 유발할 가능성이 있는 5년 이상의 매설기간이 지난 지하저장탱크는 26,038개로 나타났다(표 7). 이는 유류 및 유독물질 저장탱크 중에서 5년 이상의 매설기간이 지난 시설을 대상으로 외국에서 조사된 지하탱크의 평균누출수치 20%를 적용할 때로 추정 한 것으로 이에 대한 적극적인 조사가 시급히 요망되고 있음에도 사업자와 지방자치 단체, 중앙정부 등의 복잡한 이해관계에 의하여 명확한 조사가 어려운 실정이다. 이러한 시점에서 전국적으로 산재해 있는 지하 저장 탱크로 인한 지반오염의 가능성은 매우 크며 따라서 이에 대한 신규 시장 형성 및 발전 또한 급속도로 발전할 것으로 기대된다.

산업시설의 경우 지반오염의 성격은 오염원인인 산업체의 종류에 따라 달라질 수 있으며 지반오염물질을 대별하면 중금속에 의한 오염과 유기 염소 계용제에 의한 오염으로 나눌 수 있다. 산업시설중 화학공장에 의한 오염지역은 매우 위험할 수 있으며, 오염원인이 된 업종은 화학공업, 전기 도금업, 전기기계기구 제조업 등이며, 주 오염 물질로는 납, 6가크롬, 수은 등 중금속류가 대부분이었다. 이들에 의한 대기나 수질의 2

표 7. 우리나라 지하저장탱크 현황(1996년 기준)

구분	계(개소)	지하유류 저장탱크(개소)	지하유독물질 저장탱크(개소)
계	54,461	52,859	1,602
5년 이상인 탱크 개소	26,038	25,007	1,031
매립이 5년 이상인 탱크의 20% (저장물 누출예상탱크개소)	5,806	5,600	206

차 오염의 염려가 있기 때문에 이들 지역은 우선적으로 정화가 시급하다고 할 수 있다.

4. 결론

국내외의 여건과 환경정책의 세계적인 변화추세로 볼 때, 국내는 물론, 독일, 미국, 캐나다를 비롯하여, 동유럽의 체체 전환국의 군사시설 및 이에 대한 지반 오염 정화시장의 전망은 매우 밝은 것으로 예측되고 있다. 이외에도 중국, 일본 등의 환경시장 변화 역시 잠재적인 요소로 작용하고 있다. 또한 엄청난 잠재력을 가지고 있는 중국의 환경설비 시장, 북한의 군사기지 및 무분별한 폐기물 수입 등은 지반환경시장에 있어 매우 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다. 특히, 산업 규모에 비하여 지반오염에 대한 사회적 인식이 상대적으로 부족한 우리나라의 경우 선진 관련기업의 막강한 자본력과 기술력을 대동한 국내 잠입은 국내 관련산업에 큰 타격을 입힐 것이고, 이러한 문제가 무역 장벽으로 심화될 가능성도 내포하고 있다.

이러한 시점에서 전 세계적으로 확산되고 있는 환경 문제와 우리나라의 폐기물 관리정책 등을 감안 할 때 향후 국내외의 환경시장은 지속적으로 확대될 전망이다. 이는 기업 또는 국가의 환경분야에 대한 투자부담을 유발하지만 엄청난 규모의 새로운 산업구도가 발생할 것이므로, 신기술의 개발을 통한 신규 시장의 진출 및 선점을 통하여 사업을 성공적으로 발전시킬 수 있는 기회가 있음을 의미하게 된다.

따라서 국내기술개발로 인한 국내 지반환경기술의 자생력 함양은 매우 절실하다 할 수 있으며 불량매립지 침출수, 폐광의 산성폐수 및 각종 유해유기화합물로 인한 지반 오염 방지 기법의 신기술 개발 등을 포함하는 환경 산업 시장은 매우 밝은 것으로 전망된다. 따라서, 저비용, 고효율의 신기술 개발은 관련 시장에 있어 기술력 강화를 통한 기술선점을 유도하며, 군사기지, 유류 저장소 등을 포함, 대규모의 환경시장 조성이 예상되는 국내 지반오염 정화시장으로의 진출을 가능

하게 할 뿐 만 아니라, 선진 해외 기술의 국내 잠입 및 장악으로부터 보호할 수 있는 방안을 모색하여 환경적, 산업적 측면에서 긍정적인 효과를 가져올 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 과학 기술부, (1999), "WTO의 무역 환경논의", 해외과학기술동향 제 349호
2. 국립환경연구원, (1997), "21세기 환경기술개발 장기 종합 계획"
3. 국립환경연구원, (1998), "오염토양복원기술 및 제도 발전에 관한 연구 요약(2차년도)"
4. 대한무역투자진흥공사, (1998), "떠오르고 있는 중국 환경 시장", 월간 해외시장 9월호
5. 이재원, 김재영, 박준범, (1999), "매립장 침출수로 오염된 지반정화를 위한 반응벽체기법 소개", 대한토목학회지, Vol.47, No.3, pp33-47
6. 청와대, (2000), "환경부 업무보고 지시사항"
7. 한국은행 경제통계국 통계기획팀, (1999), "1998년중 환경오염방지지출 추계결과와 시준점", 조사통계월보, 11월호
8. 현대환경연구원, (1999), "토양정화 기술 및 시장 동향", 환경VIP 리포트, 제 26호
9. 현대환경연구원, (1999), "환경산업의 발전전망 및 육성방안", 환경VIP 리포트, 제 29호
10. 환경부, (1997a), "사용종료 매립지 실태조사결과 및 지하수 오염 방지대책"
11. EBI, (2000), EBI Report 2000
12. DOD, (1998), FY97 Defense Environmental Restoration Program, Annual Report to Congress
13. Herndon, R. C., Moerlins, J. E., Kuperbrg, J. M., Richter, P. I., and Bicz, I. L., (1995), Clean-up of former Soviet Military Installations, 250p, Springer
14. USEPA, (1995), Abstracts of Remediation Case Studies