

토양환경 정책 및 복원 기술

- 현황과 최근변화 -

Policy of Soil Environment and Restoration Technology

- Status and Recent Changes -



글 | 張演洙

(Jang, Yeon Soo)

토질및기초기술사, 공학박사,
동국대학교 사회환경시스템공학과 교수,
E-mail : ysjang@dongguk.edu

Recently problems of soil and groundwater contamination occur in major construction sites of highway, dam and railways. Contaminants of oil fuels are also detected in the former fuel storage facilities of railroad station and army troops of transportation, etc. These facilities are planned as the sites of commercial infrastructures after restoration from pollutants by the law of soil environment conservation of Korea. In this manuscript, the contents of soil environment conservation law including soil assessment and restoration technology are introduced. Recent changes of soil environment area are also analyzed.

1. 서 언

최근 국내에서는 도로, 댐, 철도 등 각종 국가 기간시설의 공사현장에서 토양 및 지하수 오염 문제가 발생하고 철도시설의 연료저장시설, 철도역사, 정비시설, 군부대 이전 부지 등의 연료 저장시설 등에서 유류 등에 의한 오염물이 검출되고 있다.(예: 부산 철도 정비창, 부산 문현 군부대이전 지역 오염복원 사업 등). 이러한 부지는 우선 토양오염 복원 후 상업시설 진입이 가능하도록 토양환경보전법에 지정되어 있다. 민간부분의 사업으로는 SK, LG, 현대정유, 인천정유, 쌍용정유 등 5대정유사가 소유하고 있는 산업부지, 유류저장시설 및 주유소 토양과 지하수의 오염이 발견되고 일부는 오염물을 제거하고 복구된 사례가 있다.

본 원고에는 토양환경평가와 정화관련 부분의 토양환경보전법 내용과 토양 평가 및 복원 기술의 개요를 소개하고 토양환경 분야와 관련

하여 최근의 변화된 사항을 정리하여 보았다.

2. 토양환경보전정책과 복원기술

미국을 포함한 유럽 선진 국가에서는 1970년대 말부터 토양오염정화 및 복구에 대하여 관심을 가지고 이에 대한 정책 및 법규를 제정하고, 오염토양 조사기술 및 기술개발을 진행하여 오고 있다. 우리나라에서도 1995년 토양환경법이 제정된 이후로 토양오염조사와 방지를 위한 법적근거를 마련하였으며 1999년 2월과 2001년 3월에 걸쳐 오염 토양조사 및 분석을 통한 오염부지확인 및 위해성 분석, 정화목표와 표준의 결정, 사용가능한 오염정화기술과 조사 및 복구가능기관의 범위 등 지속적인 보완을 하여오고 있다.

2.1 토양환경관리 및 기준

국내 토양환경의 관리는 오염물의 확산과 심화를 방지하는 사전 관리와 오염된 토양을 복구하는 사후 관리로 구분하여 시행하고 있다. 사전관리의 경우 전국에 토양오염원별로 총 4500개 지점의 토양측정망을 운용하여 전답임야 등 토지용도 별로 전국토를 일정단위로 구획하여 매년동일지점의 오염규제물질을 측정함으로써 토양오염의 변화 추이를 파악하고 있다. 시도에서 운영하는 지역망 3000여 지점에서는 관할 지역 내 폐금속광산, 폐기물 매립지 주변 등 오염가능성이 큰 지역에 대한 오염도 조사를 실시하고 있다(표 2.1).

토양오염의 판단기준은 토양오염대책기준과 토양오염우려기준으로 구분하여 설정하고 대상 지역은 비 오염지역인 가 지역(농경지)과 오염 우려지역인 나 지역(공장산업지역)으로 구분한다(표 2.2). 오염규제물질로는 우리나라의 토양환경보전법이 처음 제정되었을 때 Pb, Cu, As, Cd, CN, Cr⁶⁺, Hg의 7가지이었으나 1999년과 2001년 개정으로 TPH(Total petroleum hydrocarbons, 총석유계 탄화수소), PCB (Polychlorinated biphenyls) 등을 추가하여 16

〈표 2.1〉 토양오염유발시설별 토양오염검사항목

토양오염 유발시설	검 사 항 목
1. 석유류의 제조 및 저장시설	○ 유류(동·식물성 제외) - 벤젠·톨루엔·에틸벤젠·크실렌(BTEX) -석유계총탄화수소(TPH)
2. 유독물의 제조 및 저장시설	○ 카드뮴·구리·비스·수은·납·6가크롬·유기인화합물·폴리클로리네이트드비페닐·시안 및 페놀 등 해당 항목

개 항목으로 확대하였다.

토양오염기준은 토양의 자연 보유량보다 높은 수치의 대상오염물이 인위적인 오염으로 존재할 때 적용한다. 토양오염 우려기준은 오염 정도가 인간의 건강과 동식물의 생육장애를 초래할 우려가 있어 오염의 심화되는 것을 막기 위한 기준이다. 토양오염우려기준을 초과한 지역에 대해서는 시도지사가 오염원인자로 하여

〈표 2.2〉 토양오염 우려 및 대책 기준 (환경부, '04. 12. 31 개정) (단위 : mg/kg)

물 질	토양오염 우려기준		토양오염 대책기준		
	가지역	나지역	가지역	나지역	
카드뮴	1.5	12	4	30	
구리	50	200	125	500	
비스	6	20	15	50	
수은	4	16	10	40	
납	100	400	300	1,000	
아연	300	800	700	2,000	
불소	400	800	800	3,000	
니켈	40	160	100	400	
폴리클로리네이트드	-	12	-	30	
비페닐	2	120	5	300	
유 류	벤젠·톨루엔·에틸벤젠·크실렌(BTEX)	-	80	-	200
	석유계총탄화수소(TPH)유기용제류	500	2,000	1,200	5,000
	TCE	8	40	20	100
	PCE	4	24	10	60

비고: 1. 가지역 : 전·답·과수원·목장용지·임야·학교용지·하천·수도용지·공원·체육용지(수목·잔디 식생지에 한한다)·유원지·종교용지 및 사적지
 2. 나지역 : 공장용지·도로·철도용지 및 잡종지
 3. 다음 각목의 10에 해당하는 경우에는 지목 구분에 관계없이 나지역의 토양오염우려기준을 적용한다.
 가. 토양오염유발시설이 설치된 경우
 나. 가지역에서 폴리클로리네이트드비페닐 또는 유류에 의한 토양오염사고가 발생한 경우
 다. 가지역을 제외한 지역에서 토양오염사고가 발생한 경우

금 토양관련전문기관으로부터 토양정밀조사를 받도록 하며, 정밀조사 결과 기준을 초과하는 경우는 원인자에게 정화사업을 명하도록 되어 있다. 토양오염에 대한 복구는 오염원인자가 부담하는 것이 원칙이나 오염원인자가 불확실하거나 복구부담능력이 없는 경우에는 지방자치단체에서 복구사업을 실시한다.

토양오염 대책기준은 토양오염 우려기준초과로 인가의 건강 및 재산과 동식물의 생육에 지장을 주어 대책이 필요한 경우 적용한다. 이 경우 해당 토양보존 대책지역은 환경부 장관이 지정하여 토지이용 및 토양오염유발시설이 제한되고 개선사업이 시행된다.

2.2 오염토양 평가 및 조사

토양환경보전법 제10조의2제3항에 의거하여 토양오염유발시설이 설치되어 있거나 설치되어 있었던 부지 및 그 주변지역에 대하여 오염토양 평가와 관련한 지반조사를 1단계 기초조사와 2단계 정밀조사로 나누어 실시하도록 되어 있다.

1단계 기초조사는 대상 부지의 토양환경과 관련된 자료조사, 현장조사 및 청취조사 등을 통하여 토양오염의 개연성 여부를 평가하고, 오염의 개연성이 인정될 경우 오염물질의 종류 및 오염범위를 추정하는 조사이다. 대상 부지의 1단계 기초조사를 통하여 토양오염우려기준을 초과하여 오염되었음이 판명되면 2단계의 정밀조사를 실시한다. 2단계 정밀 조사 시에는 토양에 대한 오염도(오염물질의 종류, 오염범위 등)를 분석·평가하여 토양 오염도를 최종 평가한다. 필요한 경우 대상 부지내의 지하수

오염도도 조사·분석할 수 있다.

위와 같은 단계별 오염부지 특성조사를 실시하여 오염물질의 분포 및 거동해석, 오염규모 및 오염량을 확정된 후 해당 부지의 오염규모가 토양환경오염 대책기준을 초과한 경우 오염토양의 복원방법을 분석하여 복원계획을 수립하고 토양정화를 실시한다.

2.3 오염토양의 복원 기술

대상 부지가 오염토양으로 판별되었을 경우 다음과 같은 사항을 고려하여 오염정화계획을 수립한다.

가. 정화대상 부지의 특성과 목표 설정

부지의 입지 및 주변환경 여건 등 지형학적 특성과 토양 및 지하수와 관련한 수리·지질학적 특성, 오염물질의 종류, 농도 및 오염범위 등을 파악한 후 오염물질 정화 또는 저감 목표치 설정하고 복원기간 및 소요비용을 산출한다.

나. 복원기술의 선정

오염물질 정화 또는 저감 목표치 달성 가능성과 복원기간 및 소요비용의 충족여부, 대상기술의 적용이 토양환경에 미치는 영향, 대상기술의 상업화 정도를 검토하여 복원기술을 선정한다. 복원 후 복원정도를 점검하는 사후 모니터링 방안과 복원 중 복원 정확도를 관리할 수 있는 QA/QC 방안을 수립한다.

다. 토양오염 복원기술

토양오염복원은 오염부지에 대해 수집되어진

자료를 근거로 오염장소에서 가장 효율적이며 적절히 오염물을 제거하는 것이다. 선진외국의 경우 초기에는 양수 처리하는 방법을 많이 사용하였으나 특정유기물은 결코 최소농도(MCL, Minimum concentration level)이하로 저하되지 않았으며 일시적으로 오염이 제거되었다가 도 시간이 경과함에 따라 저투수성 구간에 잔류되어 있는 오염물질이나 미세 공극 내에 있는 오염물질이 서서히 확산작용에 의하여 흘러나왔다. 이러한 이유로 적극적으로 오염원을 근절하는 기술이 개발되었다. 복원방법은 처리장소와 처리기술에 따라 다음과 같이 분류한다(환경부, 2002. 1).

(1) 현장 내 처리(On Site) : 오염장소에서 직접 처리하는 방법

In-situ : 오염토양을 수거치 아니하고 현 위치에서 처리하는 방법으로 오염 토양의 운반에 사용하는 비용이 절감된다. 현장의 주어진 지질, 토양 등의 환 경조건 하에 처리가 이루어지므로 처리공정제어가 어렵다.

Ex-situ : 오염토양을 수거하여 부지 내 다른 장소에서 처리하는 방법이다.

(2) 현장 외 처리(Off Site) : 오염토양을 부지 밖으로 옮겨 처리하는 방법이다.

현장 내와 외부처리의 선택은 토양의 용도, 법규, 지역의 특이성, 토지소유자의 요구, 위해성, 처리기간 및 비용 등에 따라 결정되게 된다. 처리기술별로는 생물학적, 물리화학적 그리고 열적처리 원리에 따라 분류한다. 상세한 최신 기술현황

이 본 특집원고들에 소개되었으므로 게재 된 내용을 참고하기 바란다.

3. 토양환경보전법의 변화

3.1 토양환경보전법의 강화

1) 토양오염원인자의 책임

기존법은 토양오염 피해를 배상하는 주체만을 토양오염원인자로 한정하였으나 개정법에서는 토양오염배상과 오염토양의 정화 책임도 원인자 책임으로 규정하였다. 오염원인자의 범위는 (1) 토양오염물질을 누출, 유출 또는 투기, 방치함으로써 토양오염을 직접유발한 자. (2) 토양오염의 발생당시 토양오염의 원인이 된 토양오염유발 시설을 소유 또는 운영하고 있는 자. (3) 양수 경매 등으로 토양오염유발시설을 인수한자로 확대하였다. 이러한 조치는 시설의 운영소유자로 하여금 토양오염방지에 힘쓰고 시설이나 부지의 거래 시 오염책임승계도 함께 이루어지도록 하는 조치이다. 이를 위하여 토양오염시설을 양도 양수하는 경우 양도 양수인이 부지의 토양오염을 사전에 조사하여 토양오염에 대한 법적책임을 명확히 하기위하여 자율적인 토양환경평가를 실시할 수 있는 제도를 신설하였다.

2) 토양오염유발시설의 대상 확대

기존법에는 토양오염유발시설을 유류저장시설, 유독물저장시설에 한정하여 관리하였으나 현행 토양오염유발시설에는 유류 및 유독물의 제조 및 저장시설, 송유관시설을 특정오염유발 시설로 명칭을 변경하고 폐기물매립지, 폐광지

역 등 토양을 오염시킬 수 있는 시설이나 장치, 건물이나 장소 등을 토양오염 유발시설로 포괄적으로 규정하였다.

3) 비점오염물 관리

도로나 농지 등에서 빗물과 함께 하천으로 유입되어 수질오염을 일으키는 비점오염물질에 대한 관리를 "4대강 비점오염원관리 종합대책"을 마련 예산을 투입한다. 비점오염원에 대한 관리책임은 국가 및 지방단체가 맡고 관련 기술 개발에 대해서는 국가가 지원한다. 저감 사업으로 하수관거의 월류수를 줄이는 사업, 도심지의 우수지나 저류지를 저감시설로 활용하는 방법, 축산분뇨의 공공처리시설 확대사업 등이다.

3.2 토양환경 정책 및 기술개선

1) 환경과 경제정책목표의 일치, 환경을 위한 사회책임을 고무한다. 2004년에는 건설분야 프로젝트가 추진되기 전 사전 환경영향 평가를 하도록 법제화하였으며 환경을 보존하면서 자연친화형의 개발을 추진하게 되었다.

2) 한국지하수 토양환경학회(1999)에 따르면 전국적으로 잠재적 오염가능성이 있는 시설이나 지역은 29,000개소 이상이며 불량 폐기물 매립지, 유류 및 유해화학물질저장시설, 폐광산, 군부대 주둔지역 등을 포함하고 있다. 이러한 오염지역을 효과적으로 찾아내는 조사평가 방법과 고효율저비용의 오염토양 조사 복원기술의 개발이 추진

되고 있다. 환경부에서는 2001년부터 2010까지 차세대환경기술개발사업에 생태계보전, 복원기술 분야의 중점과제로 오염토양지하수의 정화 복원기술을 추진하고 있다.

3) 인공적인 복원공법은 토양과 지하수 환경이 저감시킬 수 없는 물질 만을 구별하여 정화하고 자연저감이 가능한 물질은 지구 화학적인 자연저감을 도입하게 된다. 단 기간에 처리하여야 하는 오염토양의 경우에 오염물을 완벽하게 저감하는데 드는 많은 비용을 감안하여 오염물을 주변 환경에 위해성을 최소화 하는 정도로 회복시킨 후 나머지 부분은 자연저감에 의존하는 방법을 적용하게 될 것이다.

(원고 접수일 2008년 4월 22일)

● 참고문헌

1. 이민효, 토양지하수 오염, 동화기술, 2003. 3
2. 한국지하수토양환경학회, 제3차 지하수 토양단기교육, 2004. 2
3. 한국지하수토양환경학회, 효율적인 토양 오염조사 체계구축방안, 연구보고서, 1999
4. 한정상, 한규상, 오염지하수, 토양의 자연정화와 위해성 평가, 도서출판 한림원, 1999.
5. 환경부, 토양환경보전법 시행규칙, 1999.2.27
6. 환경부, 토양환경평가지침, 2001. 12
7. 환경부, 특정오염시설 고시, 2002.1
8. 환경부, <http://me.news.go.kr/> 정책속보 "비점오염물질 관리본격화", 2004. 7. 2