

전국 및 경기도를 대상으로 한 토양오염실태조사의 효율성 제고방안

나경호* · 김종찬

경기도보건환경연구원 토양분석팀

Improvement of the Soil Pollution Investigation in South Korea and Gyeonggi-do

Kyung-Ho Na* · Jong-Chan Kim

Soil Analysis Team, Gyeonggi-do Institute of Health and Environment

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the efficiency of soil pollution investigation conducted at South Korea and Gyeonggi-do, and to drive the way to improve its efficiency. The average pollution discovery rates in the soil pollution investigation were 2.7% in South Korea and 1.9% in Gyeonggi-do respectively during the last six years (2002~2007), which the discovery rates were lower than those of Japan and United States of America. The exceeding rate of the Korea soil pollution standard of the heavy metal and petroleum compounds in the soil pollution investigation were 89.8% and 8.9%, respectively in the whole country. The investigation rate of topsoil for heavy metal and deepsoil analysis for petroleum compounds analysis were 38% and 62% respectively. This show contradictory result which is demanded the improvement of investigation method on the deep soil. The main steps affecting the discovery rate of soil pollution were site selection step, sampling step and analysis step. We suggested the the guideline of priority on the site selection step which was the most important step. Also, the certificate need to be provided to the companies which have lower soil pollution degree after conducting the soil pollution investigation.

Key words : Soil pollution investigation, Pollution discovery rate, Standard excess items, Efficiency improvement

요 약 문

본 연구는 전국 및 경기도에서 수행한 토양오염실태조사를 평가하고 그 효율성을 제고하기 위하여 수행하였다. 2002년~2007년 동안 경기도 및 전국의 실태조사결과 오염발견율은 전국이 2.7%, 경기도가 평균 1.9%를 나타내 일본, 미국에 비해 낮은 발견율을 나타내었다. 또한 전국의 중금속과 석유류 기준초과물질 구성 비율이 89.8%와 8.9%였는데, 이는 중금속을 대상으로 하는 표토 조사대상이 38%인 점과 석유류를 대상으로 하는 심토의 조사비중이 62%를 나타낸 것과 모순된 현상으로 심토에 대한 조사방법의 개선이 요구된다. 오염 발견율에 영향을 미치는 요소로 지점선정단계, 시료채취단계, 시료분석단계를 들 수 있으며 이중 가장 중요한 지점선정단계에 있어서 우선순위선정을 위한 방침을 제시하였다. 부연하여 사후관리를 위한 방안으로 녹색업체 부여 등의 인증 제도를 건의하였다.

주제어 : 토양오염실태조사, 오염발견율, 기준초과항목, 효율성 제고

1. 서 론

토양환경보전법 제5조 ①항에 따르면 “환경부장관은 전국적인 토양오염실태를 파악하기 위하여 측정망을 설치하

고 토양오염도를 상시 측정하여야 한다.”라고 명시하고 있으며 ②항에서는 “시도지사 또는 시장·군수·구청장은 토양오염이 우려되는 관할구역안의 지역에 대하여 토양오염의 실태를 조사하여야 한다.”라고 측정망과 토양오

*Corresponding author : chnkh@gg.go.kr

원고접수일 : 2008. 8. 10 심사일 : 2008. 8. 20 게재승인일 : 2008. 10. 27

질의 및 토의 : 2009. 2. 28 까지

염실태조사의 근거를 규정하고 있다.

측정망은 전국적인 오염실태 및 오염추세를 파악하기 위한 정책으로 토지이용도별로 15개 지목을 대상으로 설치 운영하고 있으며 토양오염실태조사는 지방자치단체별로 토양이 우려되는 지역을 중심으로 11개의 오염원에 대해 매년 대상을 변경해가며 오염원을 발굴하고 정화하는 정책이다(환경부, 2008). 이외는 별도로 산업현장에서의 토양오염예방 및 관리를 위해 특정토양오염관리대상시설을 신고토록 하고 규정에 따라 정기적으로 토양오염여부를 조사하고 오염토양을 정화토록 하는 정책을 시행하고 있어(환경부, 2008) 민관에 의한 토양오염예방 및 정화를 위한 제도적 틀을 갖추고 있는 셈이다.

토양측정망은 1987년부터 전국적인 오염실태를 파악하기 위한 수단으로 전국 250개 지점을 시작으로 시행되었으며 1996년 토양환경보전법 제정과 함께 전국망과 지역망으로 이원화하여 환경부와 지자체가 운영해오다 2002년부터는 지역망을 오염우려대상지역을 중심으로 한 토양오염실태조사(이하 '실태조사'라고 한다.) 체제로 강화하여 매년 전국망 1,500개 지점 및 실태조사 약 2,300개 지점에 대하여 조사를 실시하고 있다(환경부, 2007).

토양오염은 다른 환경오염과 달리 쉽게 눈에 보이지 않는다는 잠재성을 가진다. 따라서 토양오염이 상당히 진전될 때까지는 인식하기가 어렵고 대부분은 피해를 입은 후에야 토양오염사실을 알게 되므로 피해를 면하기가 어렵게 된다. 따라서 정기적으로 민간업체에서 자체적으로 오염을 예방하도록 유도하는 한편, 오염우려지역이나 취약한 오염원에 대해서는 정부가 직접 관리하는 것이 바람직한 방향이다.

2002년 이후 실태조사의 우려기준 초과지역 발견율(이하 오염 발견율)은 1~2%대에 머물러 오다 2007년 들어 4.9%로 증가하여 한편 고무적인 현상을 나타내고 있다. 그러나 실태조사는 매년 오염우려지역을 찾아 오염여부를 조사하는 그 취지에 비해 오염 발견율이 저조하다는 지적을 받아 오고 있으며 이에 대한 원인을 진단하거나 대안을 제시한 사례는 별로 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 경기도 및 전국실태조사와 토양측정망, 특정오염시설에 대한 최근 6년간의 측정결과를 통해 실태조사의 현 주소를 파악하고 실태조사의 효율성을 제고하기 위한 방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 대상지점 및 시료채취

경기도 행정구역은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 31개



Fig. 1. A map showing Gyeonggi-do area.

시군으로 구성되어 있고, 면적은 10,184 km²로 남한 전체 면적의 10%를 차지하고 있다. 인구는 11,340,241명(2007)으로 국내 전체 인구의 22.7%를 차지하고 있으며 광업 및 제조업체수는 38,820개소(2006)로 국내 전체의 32.4%를 나타내 지역규모에 비해 인구 및 제조업체의 밀도가 높은 곳이다(경기도 2008).

경기도내 실태조사 대상지점은 총 260여개 지점으로 31개 시군에 5~9개의 지점을 배정하여 선정하고 있다. 시료채취를 위해 우선, 대상사업장의 유류저장소나 위험물, 쓰레기 매립장 주변을 대상으로 3개의 시료채취위치를 선정하고 대상오염원의 오염개연성에 따라 표토 대상은 15 cm 이내의 토양을, 심토 대상은 0~5 m의 심토를 상, 중, 하로 구분하여 채취하였다.

심토대상의 경우 시료채취를 수행하기 위한 장비로 Geoprobe를 사용하였고 1회 채취시 약 500 g의 시료를 채취하였다. BTEX와 TCE, PCE 항목 분석을 위해 현장에서 미리 준비된 알코올이 들어있는 시험관에 시료 일정량을 넣어 밀봉하고 아이스박스에 냉장 보관하였다. 이렇게 해서 채취된 시료에 대해 식별번호 표기 및 시료채취 확인서를 작성하고 냉장 보관하여 당일로 실험실로 운반한 뒤 토양오염공정시험법에 의거 분석을 실시하였다.

2.2. 조사대상항목 및 기기분석

실태조사의 조사대상 항목은 토양환경보전법이 정하는 기준물질 16개 항목을 대상으로 하도록 하고 있다. 시료분석을 위해 사용한 분석기기는 Cu, Cd, Pb, As, Ni, Zn 등의 중금속은 ICP-OES를, Hg은 Atomic Absorption Spectrophotometer를 이용하였다. BTEX, TPH, TCE, PCE, 유기인, 페놀 등 유기휘발성물질은 Gas Chromatography를, CN, F는 Spectrophotometer를 이용하였고 pH는 pH meter를 이용하여 분석하였다. 분석 항목은 크

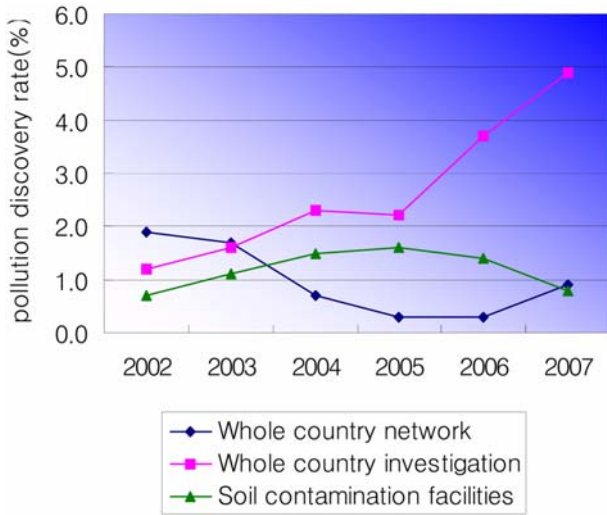


Fig. 2. Pollution discovery rate by soil investigation systems.

계 습식분석과 건식분석으로 나눌 수 있는데 습식분석의 경우는 신속하게 분석이 이루어져야 하며 건식분석은 토양을 충분히 건조한 후에 분석이 이루어져야 한다. 습식 분석을 수행한 대상항목은 Hg, CN, BTEX, TPH, TCE, PCE, 유기인, 페놀이며 건식분석을 하는 대상물질은 Cu, Cd, Pb, As, Ni, Zn, F, pH, PCB 등이다.

2.3. 실태조사 자료의 시간적 범위

실태조사를 평가하기 위해 사용한 자료는 2002년부터 2007년까지 자체 분석한 자료를 사용하였으며 전국 실태조사 자료 및 측정망 자료는 2002년부터 2007년까지의 환경부 발표 자료를 활용 하였다.

3. 결과 및 토론

3.1. 실태조사 결과 분석

3.1.1. 조사체계별 오염발견율

토양오염실태조사를 진단하기 위해 먼저 각 조사체계별 오염발견율을 Fig. 2에 도시하였다. 그림에 의하면 토양측정망과 특정오염측정망은 6년간 조사결과 1% 내외의 오염발견율을 나타내었다. 토양오염실태조사의 경우는 2002년에서 2005년까지 1~2%를 나타내다 2006년 이후 급격한 증가현상을 보였다. 전체 평균은 2.7%였다. 조사체계의 목적이 토양측정망은 전국적으로 지목별 토양배경농도를 파악하는데 있으며 특정토양오염대상시설은 일정 규모 이상의 모든 석유류 및 유독물 취급시설을 대상으로 하고 있어 그 목적이 차이가 있음에도 불구하고 두 조사가 1% 내외의 일치된 경향을 보였다. 반면, 실태조사는 조사목적

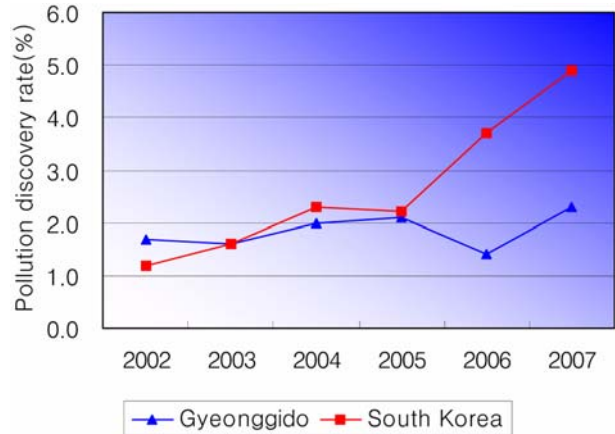


Fig. 3. Pollution discovery rate of the soil investigation in whole country and Gyeonggi-do.

을 어느 정도 반영한 것으로 판단된다.

한편, 전국과 경기도의 실태조사 오염발견율을 비교 평가하기 위해 Fig. 3을 도시하였는데, 그림에 의하면 경기도는 2% 내외의 오염발견율(평균 1.9%)을 나타내 전국의 결과와 다른 현상을 나타내었다. 이러한 실태조사의 현상을 진단하기 위해 몇가지 추가적인 내용에 대한 평가를 실시하였다.

3.1.2. 실태조사 조사대상 오염원 구성

실태조사는 11개 분야의 오염원 지역을 대상으로 토양오염을 조사하는 체계이다. Fig. 4는 2007년도 전국 및 경기도의 조사대상 오염원 구성을 도시한 것이다. 그림에 의하면 전국의 경우 공장 및 공업지역(29.2%)과 쓰레기매립장지역(18.2%)에서 가장 높은 조사 비중을 나타내었다. 경기도는 공장 및 공업지역(42.1%) > 폐기물매립지역(12.8%) > 교통유발시설(12.1%)순으로 나타났는데 공장및 공업지역의 조사비중이 특징적으로 높은 현상을 보였다.

3.1.3. 토양오염실태조사 오염발견율 특성

Fig. 5는 최근 6년간 우려기준을 초과한 오염원의 구성비를 나타낸 것이다. 그림에 의하면 전국의 경우, 발견오염원의 구성비에 가장 큰 영향을 미친 오염원은 금속광산지역(39.9%) > 공장 및 공업지역(13.2%) > 폐기물매립지역(12.4%) > 금속 제련소지역(12.1%)순으로 나타나 금속광산지역의 기준초과현상이 가장 높았음을 알 수 있었다. 경기도의 경우는 공장 및 공업지역이 75.9%로 대부분을 차지하였으며 기타 오염원은 발견율은 미미하였다.

한편, 오염원별로 오염발견율을 파악하기 위해 Fig. 6을 도시하였다. 그림에 의하면 전국의 경우는 금속 제련소지

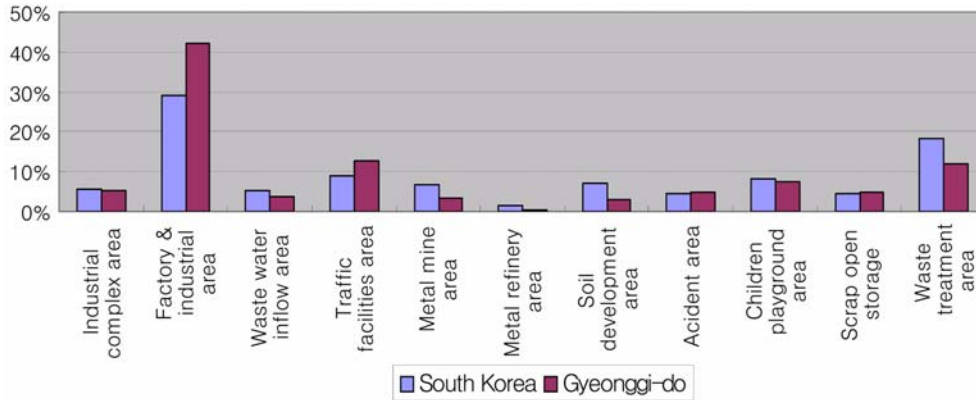


Fig. 4. Percent (%) of soil pollution sources in the soil actual investigation in 2007 year.

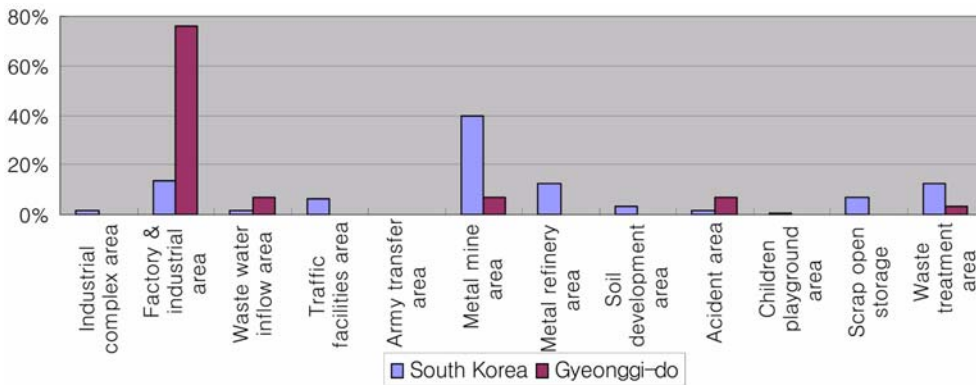


Fig. 5. Percent (%) of discovered pollution sources for the last 6 years (2002~2007).

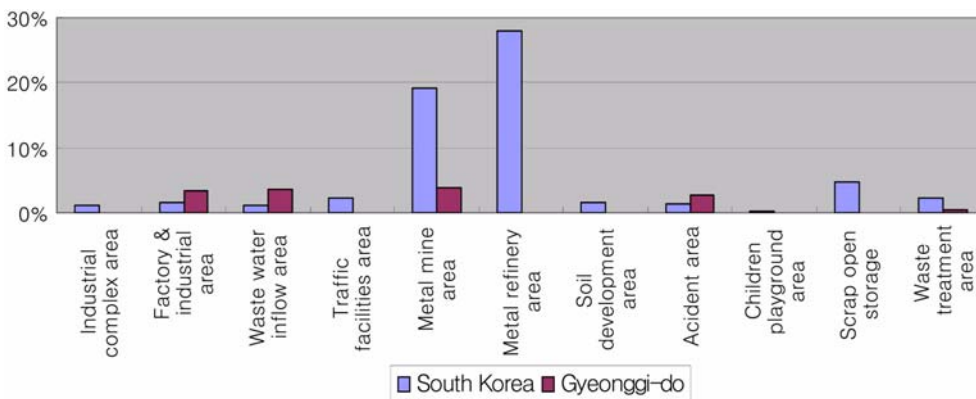


Fig. 6. Pollutant discovery rate by soil pollution sources.

역과 금속광산지역이 28.0%와 19.3%로 다른 오염원에 비해 현저히 높은 오염발견율을 나타내었으며 경기도의 경우는 3%대 이하로 특징적인 현상은 없었다.

3.1.4. 기준초과물질 구성비

최근 6년 동안의 실태조사에서 나타난 기준초과물질의

구성비를 Fig. 7에 나타내었다. 그림에 의하면 전국은 중금속의 비율이 높은 특징을 보이고 있고 경기도는 상대적으로 석유류의 비중이 높은 특징을 보였다. 이들 기준초과성분을 성분특성별로 분류하여 보면 중금속과 석유류의 경우 전국은 89.8%와 8.9%에 달하였으며 경기도는 60.0%와 37.5%에 달해 석유류의 비중이 전국에 비해 높

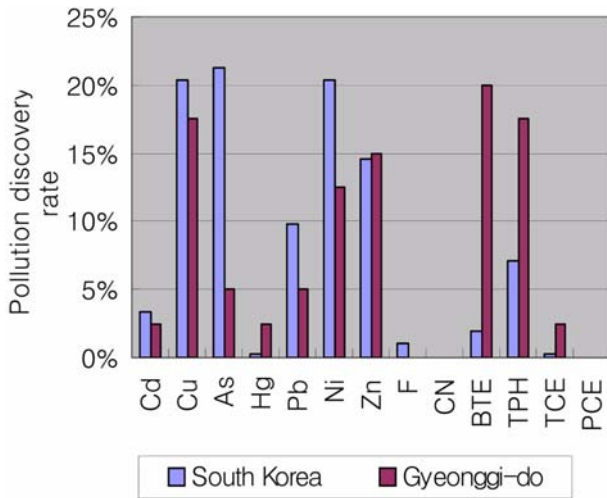


Fig. 7. Percent (%) of standard excess rates by items for the recent 6 years.

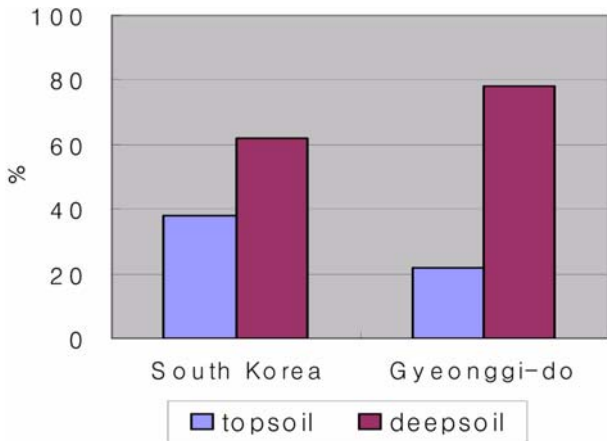


Fig. 8. Composition (%) rate of topsoil and deepsoil as target sample in 2007.

은 현상을 나타내었다.

3.1.5. 시료채취깊이와의 연관성

토양오염물질은 시료채취 깊이와 연관성을 가진다. 즉, 특성상 중금속은 표토에서 주로 발견되고 석유류는 심토에서 주로 발견된다.

이 현상을 파악하기 위해 2007년의 조사대상 오염원을 표토와 심토로 구분하여 Fig. 8, Fig. 9에 도시하였다. 그림에 의하면 전국의 경우 표토와 심토의 조사대상비율이 38%와 62%로 나타났으며 경기도는 22%와 78%로 나타났다. 이를 표토 및 심토의 주요 오염원인 중금속과 석유류와의 관계를 고려해본 결과 전국의 경우 조사대상 비율 38%인 표토에서 중금속 기준초과구성비가 89.8%로 나타났으며 62%인 심토에서는 석유류가 8.9%로 나타났다. 한

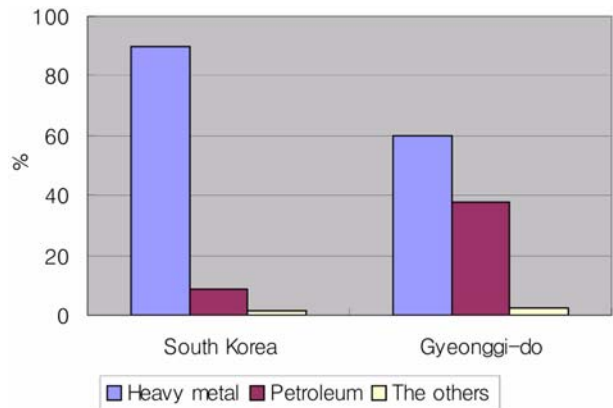


Fig. 9. Pollution discovery rate by soil pollutants in 2007.

편, 경기도의 경우는 22%인 표토에서 60.0%인 중금속이 발견되었으며 78%인 심토에서는 37.5%인 석유류가 발견되었다. 이 결과는 심토의 조사결과가 표토에 비해 매우 저조한 오염발견율을 나타내었다는 것으로 심토에 대한 조사방법의 검토가 요구된다 하겠다.

3.2. 문제점 진단 및 대안

3.2.1 실태조사 결과에 대한 고찰

문제점 진단은 실태조사 결과에 대한 고찰과 영향요인 파악의 두 영역에 걸쳐 실시하였다. 실태조사 결과에 대한 고찰은 조사결과 나타난 현상을 토대로 문제점을 검토하였다.

첫째, 실태조사의 취지에 비해 오염발견율이 현저히 낮다는 점이다. 전국실태조사의 오염발견율은 최근 6년간 평균 2.7%였으며 경기도 역시 6년간 평균 1.9%를 나타내었다. 이는 국립환경연구원(1997)이 1993년 6월~1995년 9월 기간 중에 전국 175개 주유소의 지하유류 저장탱크를 대상으로 초음파조사를 실시한 결과 36.1%에서 누유가 발견되었다고 보고한 결과와 행정자치부(1998)가 1996년 312개의 탱크에 대한 누설검사결과 32.4%의 균열이 발견되었다는 조사결과와 상당한 차이를 보이고 있다.

외국의 경우 일본은 2001~2003년 560개소의 공장폐지 지역에 대한 조사에서 30.4%의 오염발견율을 나타낸 바 있으며 동일기간 382개소의 토양오염우려지역에 대한 조사에서는 40.3%의 오염발견율을 보고 한 바 있다(五藤久貴, 2003). 미국에서는 석유류 지하저장탱크에 대한 조사에서 210만개 중 21%에서 오염이 발견되었으며(US EPA/ OUST, 2005), 영국에서는 777개소의 오염의혹부지에 대한 조사에서 24%가 오염되었음을 보고 하였다(Arthur D. Little Limited, 2001). 외국의 사례는 우리

나라와 외국의 토양오염조사대상이나 조사방법, 그리고 토양오염기준이 동일하지 않음을 감안할지라도 우리나라의 오염발견율이 저조함은 부인할 수 없다(박용하 등, 2006)

둘째, 오염원 중 공장 및 공업지역의 조사대상 비율이 전국과 경기도가 29.2%와 42.1%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으나 오염발견율은 각각 1.5%와 3.4%였다. 이는 전국의 경우 평균(2.7%)의 절반에 해당되는 낮은 발견율을 보여 공장 및 공업지역에 대한 지점선정 및 조사방법에 대한 주의 깊은 검토가 필요한 것으로 나타났다. 한편, 경기도의 경우는 오염발견율은 평균보다 26% 높게 나타나 다소 나은 형편이나 조사편중도가 상대적으로 심한 것으로 나타났다.

셋째, 2006년과 2007년의 증가현상은 특정오염원의 오염발견율이 현저히 높은 특징에 기인한 다는 점이다. 금속제련소 지역과 금속광산지역의 오염발견율은 28.0%와 19.3%로 평균 발견율 2.7%에 비해 매우 높은 특징을 보이고 있다. 이러한 결과가 사실을 반영하고 있는 지 혹은 다른 요인에 의한지 파악해 볼 필요가 있다. 환경부(2007, 2008) 자료에 의하면 B시의 경우 2006년에 1개 사업장을 22개 지점으로 등재하였고 그 중 10개 지점이 기준을 초과하였다. 또한 2007년에는 동일 사업장에 대해 30개 지점을 등재하여 그 중 10개 지점이 기준을 초과하였다. 이와 유사한 현상이 J시에서도 나타나고 있는 데 8개 지점을 2006년과 2007년 계속해서 등재하여 모두 기준을 초과하였다. C도의 경우는 동일 사업장을 40개 지점으로 분할 등재하여 37개 지점이 기준을 초과하였다. 이는 정밀 조사에 준한 시료를 채취한 사례로 실태조사 본래의 취지와는 거리가 있다고 본다. 토양오염실태조사는 오염개연성이 있는 장소를 찾고 거기서 발견된 오염원에 대해 정밀조사를 요구하는 것이지 직접 정밀조사를 실시하는 것은 아니다. 따라서 최근 2년간의 오염발견율 증가가 정상적인 상황이라고 보기에는 한계가 있다고 본다. 이는 실태조사 지침에 이러한 조사방법에 대한 구체적인 언급이 없어 초래된 현상으로 보며 차제에 적절한 방안이 마련되어야 한다고 본다.

넷째, 전국 실태조사의 중금속과 석유류의 기준초과 비중이 각각 89.8%와 8.9%였으며 경기도는 각각 60.0%와 37.5%였다. 한편 표토와 심토의 조사대상비율은 전국이 각각 38%와 62%였고 경기도는 각각 22%와 78%였다. 이는 중금속을 대상으로 하는 표토와 석유류를 대상으로 하는 심토의 구성이 역전된 현상으로 심토의 조사방법에 대한 검토가 필요한 것으로 보인다.

3.2.2. 오염발견율의 영향요인 평가

오염발견율이 낮은 이유에 대한 평가는 연구자에 따라 관점의 차이를 보이고 있다. 오인수(2003)는 오염발견율이 낮은 이유에 대해 오염원 DB 구축미비와 전문인력 부족 등을 제시하고 정부차원의 복원비용의 확보 등을 제안하였다. 박용하 등(2006)은 정부 또는 비영리기관에 의한 소극적인 조사, 조사 동기와 인센티브가 약한데 그 원인이 있는 것으로 지적하고 토양오염지역을 찾기 위한 민원 신고제도 신설 및 인센티브를 강화하는 법과 제도의 개선을 주장하였다.

본 연구에서는 이와 관점을 조금 달리하여 실태조사 시행과정을 중심으로 내부에서 오염발견율에 영향을 미치는 요인을 찾는 방안을 검토하였다.

우선, 실태조사를 조사대상 지점선정, 시료채취, 분석의 3단계로 구분하였다. 3단계로 구분한 이유는 각 단계별로 상호연관성이 적고 수행주체가 다르기 때문이다. 즉, 조사대상지점 선정은 기초지자체가 담당하고 있으며 시료채취는 기초지자체와 시료채취업체, 보건환경연구원이 공동으로 참여하고 있다. 그리고 분석은 보건환경연구원이 담당하고 있다. 조사대상 지점선정단계는 오염우려지역에 대해 작성된 DB를 중심으로 매년 우선순위 대상을 설정하고 현장방문을 통해 최종대상지점을 선정하는 단계이다. 시료채취단계는 오염가능성 높은 채취지점을 선정하고 오염개연성이 있는 깊이까지 시료를 채취하는 과정이다. 시료분석단계는 시료운반 및 보관을 적절히 하고 습식과 건식 시료에 대해 규정된 분석을 실시하는 것을 골격으로 한다. 본 연구에서는 단계별로 문제점을 검토하고 핵심요인들에 대한 대안을 제시하고 자 하였다.

3.2.3. 조사지점 선정단계

실태조사를 할 때 이중 가장 크게 영향을 미치는 단계는 조사대상지점 선정단계라고 할 수 있다. 실태조사지침에는 조사지점을 모 집단으로 관리하고 우선순위에 의해 사전 방문하여 오염개연성을 확인한 후 선정하도록 제시되어 있다. 그리고 이를 위한 11개 오염원의 선정기준을 제시하고 있다. 그러나 대상지점의 오염원 규모와 우선순위에 대한 지침 등이 마련되어 있지 않아 업무를 담당하는 기초지자체 일선 공무원의 주관적인 판단에 의존하고 있는 실정이다.

조사 현장을 방문 시 회사의 규모는 있으나 토양오염물질을 취급하지 않는 경우(예를 들면 플라스틱 성형회사, 창고보관업체 등)를 접하게 되거나 규모가 아주 작은 회사를 접하게 되는 경우가 있다. 이는 구체적인 선정기준

Table 1. Consideration for selecting soil pollution investigation sites

Pollution sources	Considerations for site selection
Factory and industrial area	Factories over 10 years and special soil contamination facility
Metal refinery area	Required to be divided every 10,000 m ² interval, if the area is over 10,000 m ²
Waste treatment area	Landfill over 10,000 m ²
Metal mine area	Operating metal mine and cleaned-up abandoned metal mine with pollution prevention
Traffic facilities area	Facilities over 10 years
Accident area	pre-visit
Industrial complex around area	Required to be divided every 10,000 m ² interval, if the area is over 10,000 m ²
Children playground area	Only children playground in the industrial complex area.

이 마련되지 않은데 따른 결과라 할 수 있다. 기초 지자체에서는 지점선정에 있어 전체 우려오염원에 대한 DB를 작성하되 지역특성을 반영하여 우선순위목록을 작성 하여야 한다.

그리고 매년 새로운 대상을 선정할 때 대상범위를 1.5 배~2배수를 정하고 사전에 현장을 방문하여 오염개연성을 확인한 다음 대상지점을 최종 확정하는 것이 필요하다. 현장 방문 시에는 예비지점 현장조사서를 작성하여 객관성을 기하도록 한다. 현장경험을 바탕으로 오염원 DB 작성 시 우선적으로 고려해야 할 부분을 Table 1에 제시하였다.

3.2.4 시료채취단계

두 번째로 영향을 미치는 요소는 시료채취단계라고 할 수 있다. 이 단계는 현장에서 오염원을 추정하여 시료채취 장소를 찾는 과정과 시료를 채취하는 과정으로 이루어진다. 토양오염실태조사 지침에 따르면 시료채취방법은 토양오염공정시험방법에 준하도록 하고 있다. 토양오염공정시험방법(2007)에 의하면 일반 농경지는 지그재그형으로 5~10개 지점을 선정하고 공장·매립·시가지 지역은 중심과 주변 4방위에서 1개 지점 씩 총 5개 지점을 선정하도록 되어 있으나 이는 오염원을 찾아야 하는 경우 효과적인 방법이 되지 못하고 있다.

대상이 사업장인 경우는 유류탱크와 위험물 창고, 쓰레기장이나 야적장, 최종배출구 주변이 오염될 가능성이 높다. 따라서 시료채취 지점 선정 시 방위중심보다 오염원 중심으로 접근하도록 할 필요가 있다. 다음으로는 시료채취 깊이에 대한 고려가 필요하다. 시험법 또는 실태조사 규정에는 오염원이 표토에 있는 경우 0~15 cm 또는 일정 깊이까지를, 심토에 있는 경우는 오염개연성이 있는 깊이까지 상, 중, 하의 3개를 채취하도록 하고 있다. 여기서 오염개연성이 있는 깊이란 오염이 발생할 가능성이 있는 깊이이다. 석유류 저장탱크가 지하 4 m에 설치되어 있다면 탱크와 이격거리의 1.5배 깊이까지 시료를 채취하여야 한

다. 이 경우 지하 약 5 m까지 굴착할 경우 1 m 간격으로 5개의 시료를 채취하게 된다. 만약 1 m 간격으로 상, 중, 하 3개만 채취하게 되면 3 m까지만 파게 되는 결과를 초래하게 된다. 따라서 오염 개연성 있는 깊이까지 여러 개의 시료를 채취하여야 한다. 또한 주위의 지하수 흐름경로나 지형 등 오염원의 예상유출경로를 추적하여 그 경로 상에서 오염개연성이 있는 깊이까지 시료를 채취하는 것과 저유조의 경우 배관이 꺾이는 지점 1 m 내외의 깊이에서 누출이 발견되는 경우도 있어 채취 시 고려를 하여야 한다.

또 문제가 되는 것은 습식시료의 경우 대표지점에서 1 개의 시료를 채취하도록 명시하고 있다. 그러나 지하의 특성을 알수 없는 상황에서 대표지점을 찾을 수 없다는 점이 있다. 따라서 5개 지점 모두에서 오염개연성 있는 깊이까지 굴착한 다음 채취된 시료 중에서 가장 오염된 시료를 채취하거나 오염이 예상되는 시료 모두를 채취하는 방법을 사용해야 한다. 상기 조사결과에서 심토에서 오염 발견율이 저조한 것은 이 단계의 소홀과 무관하지 않다고 본다.

3.2.5 시료분석단계

세 번째로 영향을 미치는 요소는 시료분석단계라고 할 수 있다. 채취가 완료된 시료는 규정된 보관용기에 담아 신속하게 이동하고 규정된 시간 내에 분석하도록 하는 것이 중요하다. 특히 습식분석시료는 보관에 주의하고 신속히 분석하는 것이 요구된다. 그러나 토양오염공정시험법에는 분석을 위한 보관기간이 수록되어 있지 않다.

이는 불안정하고 휘발성이 있는 습식시료 분석시의 오차유발요인이 될 수 있다고 본다. 습식시료의 경우는 4°C 이하의 냉장보관 상태에서 신속하게 분석하는 것이 필요하다. 또한 건식시료의 경우는 5개 지점에서 채취한 시료를 건조한 후 일정량씩 취해 혼합한 다음 사분법에 의해 시료량을 축소하여 분석하도록 하고 있다. 따라서 이점을

잘 준수하여 분석에 임하도록 하여야 할 필요가 있다. 이와 같이 3단계 조사과정에서 나타난 문제점들이 사실상 실태조사의 발견을 저하에 상당한 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 이렇게 조사과정 중에 나타난 문제점을 개선하여 조사의 신뢰성을 확보하는 것만으로도 오염발견을 증가에 상당히 기여할 수 있을 것으로 파악된다.

3.3. 사후관리방안

실태조사지침(2008)에 따르면 실태조사 이후의 사후관리는 초과지점과 기준 80% 이상 검출된 지점으로 한정하고 있다. 즉, 토양오염이 발견되면 정밀조사를 거쳐 확인된 오염토양에 대해 정화과정을 거치도록 하고 있으며 기준 80% 이상 검출된 지점에 대해서는 다음해에 재조사하는 방안을 제시하고 있다. 문제는 “가” 지역과 “나” 지역으로 구분되어 있는 현행 기준체계상 “가” 지역은 초과하나 “나” 지역은 초과하지 않는 사업장은 오염 진행이 예측됨에도 향후 오염원 확산을 저지하기 위한 예방차원의 조치가 제시되고 있지 않다는 것이다. 2007년 경기도 실태조사 결과에 따르면 이러한 대상 업체가 11개소로 전체의 4.2%에 이른다. 이는 오염발견대상 업체 수(6개)의 약 2배에 달한 수치로 향후 오염이 진행될 가능성이 높다 할 수 있다. 따라서 이에 대한 보완책을 세울 필요가 있으며 이의 대안으로 실태조사 결과에 따라 사업장을 녹색업체, 황색업체, 정밀조사대상업체 등으로 분류하고 인증서 등을 발부해 사후관리방안을 자체 수립하도록 하는 방안을 검토하였으면 한다. 이렇게 함으로 녹색업체에게는 토양오염관리 모범업체로서의 자신감을 격려하고 황색업체에게는 오염방지노력을 기울이게 함으로서 토양오염의 확산 방지에 기여할 것으로 사료된다.

4. 결 론

전국과 경기도의 2002년부터 2007년까지 6년간 수행한 토양오염실태조사 결과를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 토양오염실태조사의 최근 6년간 오염발견율이 2.7%로 매년 오염우려지역을 달리해가며 조사하는 조사목적에 비해 낮은 수치라고 할 수 있다. 이는 국내와 외국의 유사사례에서 21.0%~40.3%의 오염발견율이 조사된 결과와 상당한 차이가 있음에서 이를 간접적으로 확인할 수 있다.
2. 토양실태조사의 표토와 심토의 조사대상비율은 전국이 38%와 62%였고 경기도는 22%와 78%였다. 그러나 전국의 중금속과 석유류의 기준초과 비율은 89.8%와

8.9%였으며 경기도는 60.0%와 37.5%였다. 이는 중금속을 대상으로 하는 표토와 석유류를 대상으로 하는 심토의 구성이 역전된 현상으로 심토의 조사방법에 대한 보완이 필요한 것으로 보인다.

3. 조사대상 오염원 중 가장 많은 비중을 차지한 것은 공장 및 공업지역으로 조사대상 비율이 전국과 경기도가 29.2%와 42.1%였으며 오염발견율에 있어 1.5%와 3.4%로 나타났다. 이로써 전국은 평균에 비해 상당히 낮은 오염발견율을 나타내 조사방법의 점검이 필요하며, 경기도는 상대적으로 조사 편중을 심한 것으로 나타나 조사대상 오염원의 분산을 검토하여야 한다고 본다.

4. 2006년과 2007년에 전국의 오염발견율이 급증한 것은 금속 제련소지역과 금속광산지역의 오염발견율이 28.0%와 19.3%로 다른 오염원에 비해 특징적으로 높은 것에 기인한 것으로 지점선정방법 등 조사방법에 대한 검토가 요구된다 하겠다.

5. 실태조사의 오염발견율에 영향을 주는 요소로 대상지점 선정, 시료채취 및 시료분석의 3단계를 검토하였다. 각 단계별로 상당부분 미흡한 요인들이 존재하는 것으로 확인되었다. 가장 중요한 것으로 파악되는 대상지점 선정 단계에서는 우선순위를 고려한 우려대상오염원 DB 마련과 사전현지점검을 통한 조사대상선정이 미흡한 것으로 확인되었다. 시료채취단계에서는 오염 가능성 있는 장소를 선정하고 오염개연성 있는 깊이까지 시료를 채취하여야 하며 시료채취의 목적에 충실할 필요가 있음을 확인하였다. 시료분석단계에서는 신속한 시료 분석과 적절한 시료조제의 필요성을 제시하였다. 이렇게 조사과정 중에 나타난 문제점을 개선하여 조사의 신뢰성을 확보하는 것만으로도 오염발견을 증가에 상당히 기여할 수 있을 것으로 파악된다.

6. 사후관리방안으로 기준초과업체에 대한 방안만 존재하고 오염이 진행 중인 업체에 대한 예방차원의 조치는 미진한 실정이다. 따라서 실태조사 결과에 따라 녹색업체, 황색업체, 정밀조사 대상업체 등을 분류하고 인증서를 발부해 사후관리체제를 수립하는 것이 바람직하다고 판단된다.

참 고 문 헌

- 박용하, 박상열, 양재의, 2006, 토양오염실태조사 및 특정토양오염관리대상시설 부지 등에서 토양오염조사의 효율성제고를 위한 환경정책의 고찰, 환경정책연구, p. 32-45.
- 오민수, 2003, 토양오염 복원기술 및 토양의 환경정책, 한국과학기술정보연구원, p. 67-68.

국립환경연구원, 1997, 오염토양복원기술 및 제도발전에 관한 연구용역, 제2권, pVI28-VI29.

행정자치부, 1998, 예방소방행정 통계자료.

환경부, 2006, 토양측정망 및 실태조사 규정, p. 1-3. 55-58.

환경부, 2002~2007 토양측정망 및 실태조사 운영결과.

환경부, 2002~2007 특정토양오염유발시설 설치신고 검사실적.

환경부, 2007, 폐금속광산 토양오염실태 정밀조사, p. 12.

日本環境省水・大氣環境局, 2005, 平成17年度 土壤汚染對策法の施行狀況及び土壤汚染調査・對策事例等に関する調査結果

Arthur D. Litimited, 2001, MTBE and the Requirements for Underground Storage Tank Construction and Operation in Member State. Report to the European Commission, March 2001, Ref. ENV.D.I/ETU/2000/0089R.

US EPA (United States Environmental Protection Agency), 2005, Underground Storage Tank. <http://www.epa.gov/swerst1/overview.htm>.

US EPA/OUST (US EPA/Office of Underground Storage Tanks), 2005, Cleaning Up Leaks from Underground Storage Tanks. EPA 510-F-05-001, US EPA Press. Washington, USA.