

토양오염, 방재 그리고 정화



백 기 태
금오공과대학교 토목환경공학부 환경공학전공 교수

1. 토양오염과 방재

방재(防災)라는 말은 재난을 방지한다는 의미로 해석할 수 있다면, 환경공학이라는 학문 자체는 환경오염이라는 재난으로부터 인간과 생태계를 보호하는 것이 학문의 목적이기 때문에 태생적으로 방재와 깊은 연관이 있다. 환경공학은 주로 다루는 대상에 따라 물을 다루는 수환경 분야, 대기를 다루는 대기환경 분야, 폐기물을 다루는 폐기물분야, 최근 각광받고 있는 생태분야 그리고 토양과 지하수 환경 분야로 구분할 수 있다. 환경공학을 휴대폰 세대와 유사하게 구분한다면 사후처리인 1세대 환경기술은 환경공학이라는 학문의 초창기에 주로 발전하였다. 그 이후 오염물질의 배출 자체를 원천적으로 저감하거나 차단하는 청정기술인 2세대 환경기술을 거쳐, 현재는 복원공학 중심의 3세대 환경기술로 발전해 왔다. 이미 오염되어 있는 생태계나 환경은 필연적으로 동식물이나 인류에게 위협이

될 수 있으며 이를 원래의 모습으로 되돌려 놓지 않는다면 멸치 않은 장래에 실제적인 위험을 초래할 수 있다.

2. 몸글

2.1. 토양오염의 특징

수환경이나 대기환경은 색의 변화나 냄새 등으로 인하여 오염을 비교적 쉽게 인지 할 수 있으며, 물론 경우에 따라서는 무색·무취의 오염도 있을 수 있다. 그러나 토양 및 지하수 환경은 오염의 인지가 쉽지 않고 오염의 형태 또한 비균질성이 매우 크기 때문에 오염현황에 대한 파악에서부터 어려움을 겪는다. 이러한 인지의 어려움으로 인해 오염이 발생하고 이를 확인하기까지 오랜 시간이 걸리는 경우가 많으며, 오염으로 인해 발생하는 피해역시 오염이 발생한 시간과는 상당한 차이를 보이는 경우가 대부분이다.

국내의 토양오염은 크게 유류오염과 중금속 오염으로 대변된다. 토양환경보전법이 1995년 제정되어 1996년 시행되면서, 법 시행 초기부터 2000년대 중반까지 국내에 보고된 토양오염의 90% 이상은 유류오염이었다. 주유소, 산업단지 및 군부대 주둔시설 등에서 사용하는 연료유 및 항공유 등이 주요 오염원이었다. 초기에는 여러 가지 시행착오를 겪었으나 이제는 대부분의 유류오염에 대한 조사 및 정화 기술은 선진국과 유사한 수준으로 발전하였다. 대부분의 유류 오염물질은 미생물에 의한 분해가 가능하기 때문에 생물학적 정화 기술이 많이 사용되며, 휘발유와 같이 휘발성이 큰 오염물질에 대해서는 토양증기추출과 같은 물리적 방법이, 그리고 오염농도가 매우 높거나 생물학적 분해가 잘 되지 않는 부지에 대해서는 화학적 산화 방법이 사용되고 있다. 반면에 중금속 오염은 2000년대 초반부터 휴·폐광산에 의한 중금속 오염이 사회적 문제로 대두되면서 이슈화 되고 있다. 유류에 의한 토양오염은 냄새나 색변화 등에 의해 그래도 인지가 용이하나, 중금속에 의한 토양오염은 냄새나 토양 색 변화가 전혀 없어 장기간에 걸쳐 농작물이나 우물 등을 통해 인체에 노출되어 심각한 피해를 주고 있다.

2.2. 중금속에 의한 토양오염

대표적인 중금속 오염원으로는 휴·폐광산을 들 수 있다. 경상남도 고성지방이나 울산의 달천지역과 같은 곳이 대표적이며, 이러한 지역의 식수로서 지하수 의존도가 높고 마을에 장기간에 걸쳐 거주하기 때문에 장기간에 걸친 중금속 노출로 인하여 문제가 되고 있다. 단순한 수질 오염뿐만 아니라 폐광석이나 광물찌꺼기가 유실되어 농경지에 유입되고 농작물이 이러한 중금속을 함유하고 있는 경우도 있다. 한 조사에 의하면 휴·폐광산 지역에서 생산된 농작물의 중금속 함량이 평야지역 농산물의 중금속에 최고 30배까지 높다고 한다. 이러한 문제의 심각성으로 인하여 환경부와 농림식품부가 공동으로 휴·폐광산 경작지의 중금속 오염 실태를 조사하고 있으며, 이를 토대로

대책을 마련하고 있다. 이와는 별도로 환경부에서는 2007년-2009년까지 1차 개황조사에서 오염이 확인된 300여개의 휴·폐광산에 대한 토양오염 정밀조사를 진행하고 있다. 또한 광산활동으로 지하에 공동(폐갱구)이 생성되었으며, 이러한 공동이 함몰되어 지반침하가 일어나기도 한다. 광산과 관련된 업무는 지식경제부에서 관할하며 이러한 피해를 최소화하고 예방하기 위해 광해관리공단(구, 광해방지사업단)이 2008년 출범하였으며, 업무를 총괄하고 있다.

산업단지 지역의 중금속 오염도 심각한 상황이다. 환경부에서는 2003년 안산 반월공단을 시작으로 전국의 국가 산업단지에 대한 토양 및 지하수 오염 정밀조사를 진행하고 있다. 또한 과거 산업활동으로 인한 중금속 오염이 심각한 지역으로는 제철 또는 제련소가 있다. 구 장항제련소 부지는 제련소 주변 반경 1.5 Km까지 오염되어, 환경부를 중심으로 주민 이주 및 부지 매입과 같은 특별 대책이 2009년 7월 말에 발표되었다. 또한 해당 부지의 정화를 위한 기술 개발을 위해 환경부에서는 2009년 4월 중금속 연구단을 출범하여 연구개발에도 박차를 가하고 있다.

2.3. 중금속 오염 토양 정화기술

국내에서는 중금속으로 오염된 토양의 정화 자체가 소수인데다 대부분의 오염부지에서는 토양세척기술을 사용하였다. 토양세척기술은 오염물질을 토양에서 분리하기 위하여 세척제가 함유된 수용액을 사용하는 기술이다. 중금속 제거를 위해서는 유·무기 산이 사용되는 것이 일반적이며, 때로는 알칼리 수용액이 이용되기도 한다. 그러나 토양세척기술은 75 μ m보다 작은 미세토양에 대해서는 효과가 없는 것으로 알려져 있다. 이에 최근 들어 다양한 기술이 개발되면서 처리할 수 있는 미세토양의 크기 범위가 점점 확대되고 있는 추세이다.

선진국에서는 오염된 토양에서 중금속의 이동성이나 용해도를 감소시켜 토양으로부터 분리되어 이동 혹은 확산되는 것을 방지하여 실제적인 피해를 줄이는 방식의 고

형화·안정화 기술이 가장 널리 사용되고 있다. 기 기술은 폐기물의 처리에 활용되던 기술이었으나, 중금속의 특징을 활용하여 시멘트와 같은 고형화제와 혼합하여 고형화시키거나, 다양한 안정화제를 투입하여 중금속을 안정한 형태로 변화시켜 이동성을 최소화시키는 기술이다. 그러나 국내의 토양오염공정시험방법 상 분석방법의 제약으로 인해 국내에서는 중금속 오염토양의 처리에 널리 활용되고 있지는 않다.

식물이 중금속을 흡수할 수 있다는 사실이 알려지면서 식물을 활용한 중금속 제거 기술인 식물정화 기술이 개발되어 사용되고 있다. 오염된 부지에 중금속을 다량으로 축적할 수 있는 식물을 심어 오염부지로부터 중금속을 분리하는 기술이다. 식물에 따라 효율이 매우 차이가 나며, 식물의 뿌리 깊이에 따라 처리할 수 있는 오염부지의 깊이 또한 영향을 받게 된다. 그러나 다른 정화기술에 비해 처리하는 데 소요되는 시간이 오래 걸리며 농도가 높은 경우에는 식물이 살지 못하는 경우도 발생할 수 있다.

미세 오염토양의 정화를 위해 개발된 기술로 전기역학적 정화 기술이 있다. 전기역학적 정화 기술은 오염부지에 미세한 직류 전류를 공급해 주어 전기이동, 전기영동, 전기삼투와 같은 전기적 힘에 의해 양쪽 전극으로 오염물질을 이동시켜 제거하는 기술이다. 오염부지에서 원위치 형태로 적용할 수 있다는 장점이 있으며, 미세 토양에서도 효과적으로 오염물질을 제거할 수 있어서 유럽의 네덜란드와 덴마크 등에서 많이 활용되고 있다. 그러나 토양세척에 비해 처리 시간이 상대적으로 오래 걸리며, 부지의 특성에 따라 영향을 받기 때문에 실제 오염부지에 적용하기 전에는 사전 타당성 조사가 필수적이라 하겠다.

2.4. 토양 지하수 오염방지 기술개발사업

환경부에는 중금속뿐만 아니라 토양을 자원으로 인식함에 따라 토양 및 지하수 환경과 관련된 연구개발을 포괄적으로 수행하기 위하여 ‘토양·지하수 오염방지 기술개발사업’을 2008년부터 시작하여 2017년까지 10년간 진

행하고 있다. 최근까지도 토양오염관리의 우선순위는 오염된 토양을 정화하여 오염으로 인한 피해를 최소화하는데 있었다. 이를 위해서 오염된 토양을 정화하는 기술이 개발되고 이러한 기술을 활용하여 오염농도를 낮추는 것이 토양오염관리의 기본정책이었다. 따라서 기술개발의 우선순도 정화 기술에 초점을 맞추어 왔다. 그러나 오염관리의 목표는 현장기술 개발을 통한 선진적인 토양·지하수 통합관리기반을 구축하고, 환경시장의 90% 이상을 국내기술로 대체하기 위한 기술개발을 지D이러한것이다. 이전까지의 연구개발이 오염된 부지를 정화하는 기술이 중심이 되었다면, 오염된 부지를 조사하고, 오염발되고전에 예방하는 선순이 추가되어 전체적인 토양오염관리의 기본 틀에서 연구개발이 진했다. 이전까지가 특징이라 하겠다. 방제의 측면에서도 오염된 부지로 인한 피해를 최소화하는것과 더불어 오염발되고전에 예방하는 것도 함께 고려해야 할 중요한 요소이다. 따라서 사전 오염예방을 위한 모니터링 기술과 오염 및 정화부지의 사후관리를 위한 위해성평가 기술의 개발 등이 포함되어 있다.

3. 나가며

크고 작은 토양오염으로 인한 피해는 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있으며, 미국의 ‘Love Canal’ 사건과 같은 대규모 재앙을 우리도 곧 직면할 수 있다. 땅 속에 묻으면 보이지 않으니 일단 눈가림을 할 수는 있으나, 이렇게 버린 오염물질로 인한 피해를 우리 세대 아니면 우리의 후손들이 고스란히 받게 된다. 한번 오염된 지하환경의 ‘복원’ 즉 원래의 상태로 회복시키는 것은 불가능하다. 따라서 가장 좋은 방법은 오염을 사전에 예방하여 토양오염으로 인한 재난을 방지하는 것이다. 이와 더불어 오염된 토양이나 지하환경은 적극적으로 정화하고 치유하여 원래의 모습에 가깝도록 ‘복원’하는 것이야말로 ‘방제’의 실천이다.