

위해성에 근거한 유류오염 농지의 복원방안에 대한 고찰

A Consideration on the Risk-Based Remedial methods of Petroleum-contaminated Farmlans

유 찬 · 류 시 창 · 이 근 후 · 조 병 진(경상대)
Yu, Chan · Ryu, Si Chang · Lee, Keun Hoo · Cho, Byung Jin

Abstract

In this presentation, the methods that is appropriate to remediate the farmland contaminated by petroleum hydrocarbon was considered using the case histories of the abroad. As a result of a consideration, most remediation procedures were based risk assessment and management, risk-based procedure. It is also useful to use natural attenuation mechanism to remediate petroleum-contaminated sites. However, more research efforts are demanded for developing a cost-effective and efficient technologies.

1. 서 론

농지는 식량생산을 위한 중요한 기반시설이며, 나아가서 자연의 물질순환과 야생 생태계의 보전을 위한 또 다른 의미를 가지는 국토의 중요한 부분이다. 이러한 농지가 그동안 급속한 산업발달로 인하여 각종 오염에 노출되어 왔으며, 최근에 이르러서는 이로 인한 그 기능의 저하가 현저해지고 있는 실정이다. 농지의 오염원은 점원오염원과 비점원오염원에 따라 다양하며, 특히 휴폐금속광산, 불량쓰레기매립지 그리고 유류저장 및 수송시설 주변에 위치하고 있는 농경지의 오염문제가 심각하게 대두되고 있는 실정이다. 전국에 산재해 있는 주유소에서의 누유는 물론이고 최근의 조사결과들에 따르면 우리 군과 미국기지의 유류저장시설에서 유류누출이 빈번하게 발생하고 있으며, 송유관 시설에서의 누유도 심각한 수준인 것으로 발표되고 있다. 그러나 그 복원방안에 대해서는 외국에서도 현실적인 방안이 명확하게 제시되고 있지 못하며, 환경산업이 이제 막 시작되고 있는 국내 현실과 쌀 생산 과잉에 의한 농경정책의 기본개념부터 변화가 요구되는 국내 여건을 감안할 때, 오염 농지에 대해서 보다 합리적인 방안이 수립되어야 하는 상황이다. 따라서 본 발표에서는 이러한 국내의 현실을 감안하여 우리나라의 실정에 맞는 현실적인 유류오염 농지의 조사 및 복원방안에 대하여 외국에서의 연구사례를 중심으로 살펴보고 그 대책을 수립해 보고자 한다.

2. 유류누출과 농경지 오염

지난 반세기 동안 우리나라 전역에서 이루어지고 있는 산업화과정은 상대적으로 농촌지역에 여러 가지 부작용을 가져왔다. 특히 환경파괴에 따른 문제점들은 최근에 들어서 그 문제의 심각성이 부각되고 있으며, 그 범위가 대단히 넓고 오염원인자의 다양성 때문에 그 해결이 쉽지 않은 상황이다.

농촌지역의 오염현황을 오염매체별로 살펴보면, 수질(지표수와 지하수)과 대기, 토양으로

나누어 고려해 볼 수 있다. 이 중에서도 토양의 경우에는 그 오염정후가 나타나기까지 잠복기가 길며, 토양의 다양한 물리적·화학적 성질로 인하여 복원 또한 용이하지 않은 실정이다. 농촌지역에서 토양 오염이 가지는 문제점은 대단히 다양한 형태로 나타날 수 있는데, 우선은 주민의 건강과 식생상태, 야생 생태계의 파괴를 가져오며, 최종적으로는 농지의 오염으로 농지의 생산력 감소와 오염된 식량의 섭취로 인한 국민 건강에 치명적인 결과를 야기할 수 있다.

우리나라의 농지 오염의 문제점을 살펴보면, 우선 그 오염원이 다양하다는 사실이다. 아직까지 그 오염현황이 정확하게 조사/발표되지는 않았으나, 환경부 자료에 근거하여 추정해 보면, 농지 오염의 주 원인이 될 수 있는 휴폐금속광산의 현황, 불량폐기물매립장, 유류저장 및 수송시설의 현황이 다음과 같다.

구 분	개 소	면적(천m ²)
계	2,402~7,256	72,682~73,071
폐기물매립지	1,445	47,586
유류 및 유해화학물질 저장소 (송유관)	255~5,109 (1,659Km)	20~409
광산지역	502	22,274~24,968
과거 군부대 주둔지역	> 200	108
산업시설	?	?

이중에서 유류저장시설이나 송유관등에서의 누유로 인한 토양오염은 미국의 Superfund 지역에서도 전체 오염원인의 30%이상 차지할 만큼 위협적인 것이며, 지난 20년간 유류

의 보관 및 관리기술이 비약적으로 발전했음에도 불구하고 시설의 노후화와 조작의 실수 등으로 인하여 유류누출의 문제는 계속해서 발생되어 왔다. 실제로 우리나라에서도 최근의 언론 보도에 따르면 육군의 548개 유류저장시설 가운데 최근 3년간 11곳에서 누유가 발생하였으며, BTEX의 농도가 기준치의 최고 26.3배를 초과하는 곳도 있었다. 또한 미군 기지 내에서도 최근 2년간 9건의 유류누출사고가 발생된 것이며, 지난 92년 이후에 19건의 송유관 사고가 있었는데 이중 16건은 미군시설에서 발생한 것으로 발표되었다. 이는 본격적인 조사가 실시된 이후의 자료이기 때문에 그 이전에도 계속적인 누유사고가 발생되었을 것으로 예상할 수 있는 부분이다.

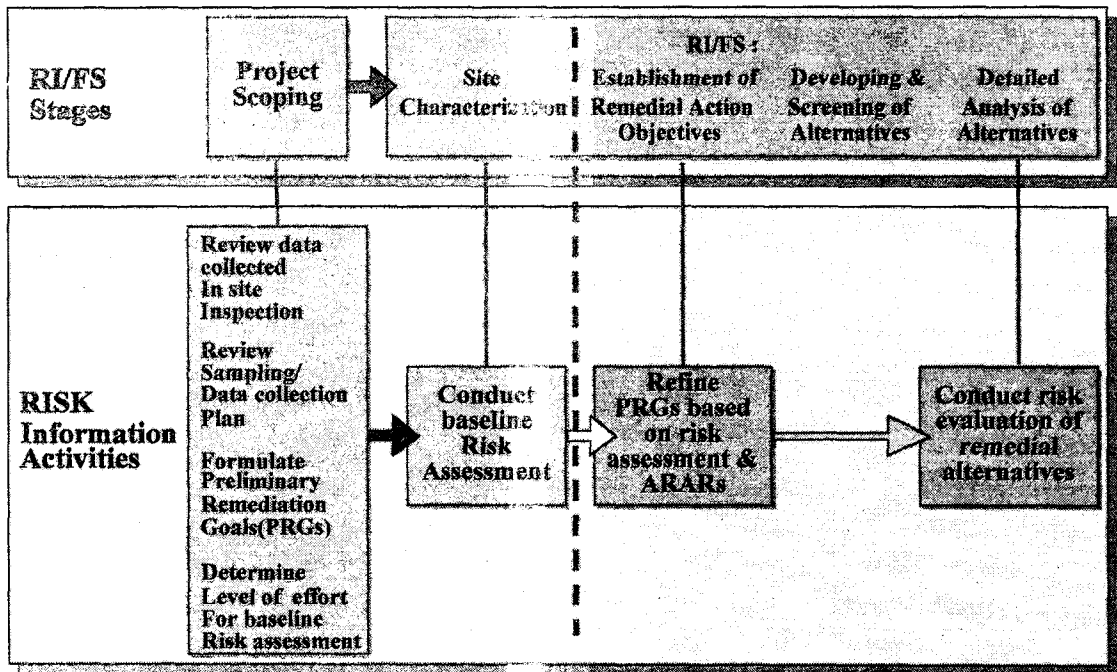
3. 위해성에 근거한 복원절차

1995년 토양환경보전법이 제정되었으며, 2001년 12월에 개정령이 공포되어 2002년 1월부터 그 시행에 들어갔다. 이번 개정안의 주요 내용 중에서는 기존의 오염원인자뿐만 아니라 오염토지 소유자 또한 복원의 책임을 지게 되었으며, 오염토지의 양도·양수시에 오염평가를 반드시 실시하게 하여 복원에 대한 법적 책임을 명확하게 하였다. 그러나 외국이나 최근의 국내 사례에서 보면 오염지역의 조사 및 복원을 위해서는 막대한 비용이 소요되는데, 일반 농지의 경우에 그 소유주가 오염여부의 조사와 그 결과에 따른 적절한 복원을 실시하기에는 현실적으로 많은 어려움이 따르게 된다. 특히 오염원인자가 불분명한 경우는 그 책임 소재를 가리기 위해 실시하는 조사조차도 농촌지역에서는 큰 부담이 될 수 있다.

한편 이러한 문제들에 대해서 최근에 농지의 오염여부를 조사하기 위한 사업이 농림부에서 시작되었다. 이는 정부차원에서 농지의 질적 유지관리를 위해 실시하는 매우 유용한

사업이라고 판단된다. 하지만 그 결과가 나오기까지는 아직 많은 기간이 필요할 것이며, 더욱 중요한 문제는 조사뒤에 결과에 따른 복원대책을 수립하는 일일 것이다. 현재 농지의 오염기준은 토양환경보전법상에 명시된 기준값을 근거로 할 수 밖에 없는데, 이 기준은 상당히 엄격하여 만약 오염 농지를 확인하여도 그 복원을 위해서는 농가의 부담이나 지방자치 단체의 재정상태를 고려했을때 현실적인 문제점을 가지고 있다고 하겠다.

그에 대한 대책으로서 위해성에 근거한 오염농지의 복원대책 수립이 적절할 것으로 판단된다. 이미 미국 등에서는 1980년대 후반부터 위해성에 근거한(Risk-Based) 복원대책을 수립해 오고 있다. 즉, 조사단계에서부터 다양한 자료의 수집을 통하여 사람과 생태계에 위해를 주는 요소를 선별하며, 이를 기존의 자료들과 비교하여 최선의 복원방안을 선정하는 시스템이다. 이를 위해서는 우선 위해성분의 구별과 각 성분별 위해성의 정도가 먼저 결정되어야 하고, 나아가서 장래의 토지이용계획, 인구이동, 오염의 확산여부 등을 결정할 수 있는 자료들이 준비되어야 할 것이며, 이를 바탕으로 각 오염부지의 상황을 반영한 각기 다른 정확목표를 설정하고 복원과정 중에도 상황의 변화에 따라서 능동적으로 대책을 수립하고 관리해 나가면서 오염지역을 복원해 나가는 것이다. 미국 환경청(U.S. EPA, 1998)에서 제안한 위해성 조사과정을 그림으로 나타내면 다음과 같다.



4. 오염 농경지 복원방법

우리나라 농촌 현실을 감안하였을 경우, 농지가 유류로 오염된 경우에는 우선 농지의 사용을 금지시키고, 오염범위와 확산여부 확인의 순으로 조사가 진행되어야 할 것이다. 그러나 근본적인 복원대책의 선정에 있어서는 그간 자료가 많지 않기 때문에 그 결정이 쉽지 않으며, 다만 외국에서의 자료를 인용할 수 있을 것이다.

지난 1998년 미국 국방성 산하 미공군 환경기술센터에서 그동안 유류로 오염된 미공국

기지의 복원사업의 결과를 발표한바 있다. 이 보고서는 과거 20여 년간 미국 내의 수많은 유류오염 부지(1,500개소 이상)에 대한 조사와 복원결과들을 분석하여 최적의 공법을 선정하고 관리해 나갈 수 있도록 정리하고 있다. 특히 보고서에서는 유류오염시 중요한 복원 공법으로서 자연정화법을 제시하고 있다(물론 오염범위가 작은 경우 ($< 100 \text{ yd}^3$)에는 굴착이나 현장의 처리가 더 효과적일수 있고, 또한 자연정화법 자체로만 큰 효과를 기대하기 어려운 경우도 있다). 자연정화법 이외에 Bioventing, SVE(Soil vapor extraction)등도 효과적인 것으로 나타났는데, 이는 유류오염 지역에서 주 처리대상이 석유계 탄화수소로 그 중에서도 주요 오염성분들이 휘발성이 강한 BTEX성분이기 때문에 주로 호기성 상태에서 분해가 이루어지는 공법들의 적용성이 양호한 것으로 보인다. Bioventing의 경우에는 150여개소의 적용결과 95%이상 불포화대의 유류오염성분을 성공적으로 제거한 것으로 나타났다. 또한 기존에 저 투수성지반에서는 Bioventing의 효과가 높지 않을 것으로 예상했으나 실제로는 높은 효율을 나타내는 것으로 나타났다. 한편 SVE공법은 불포화대의 휘발성 오염성분을 제거하기 위한 공법으로서 그 적용성에는 제약이 있으나 유류오염성분중 BTEX성분이 주로 휘발성성분이므로 유류오염 농지 내에서의 적용성이 매우 클 것으로 기대된다.

5. 결 론

유류오염농지의 복원은 앞으로 우리나라 농촌 환경문제 해결이나 농업의 경쟁력강화를 위하여 체계적으로 추진해 나아가야 하는 중요한 과제이다. 하지만 그에 따르는 각종 관계법령의 정비, 예산의 확보 등이 선행되어야만 높은 효율을 가질 수 있을 것이며, 이를 위해서는 정부차원에서 농지환경보전 문제의 중요성을 부여하고 학교와 연구소등에서 작목별, 경작지 유형별 위해성 평가방법과 적정 정화목표치의 설정을 위한 기준제시에 연구의 영역을 넓혀야 할 것으로 판단된다. 복원공법에 있어서도 기존에 발표된 공법들의 적용효과를 우리나라 실정에 맞게 재 검토하여야할 것이며, 최근의 자연정화법의 적용 증가 경향에 우리는 다시 한번 주목할 필요가 있을 것이다. 즉, 복원공법도 이제는 공학적인 방법 이외에 자연의 자정작용 자체를 이용하는 방안에 주목하면서 경제적이고 그 효과가 확실한 자연친화적인 복원기술과 더 나아가서 농촌의 주거환경을 환경복원 시스템과 연계하는 연구도 관심을 두어야 할 것이다.

참고문헌

- 1.유동준, 유 찬(2001), "[특집기사] 오염 토양·지하수의 복원기술", 한국농공학회지, Vol. 43, No. 6, pp. 24~33
- 2.AFCEE(1998), "Handbook for Remediation of Petroleum-contaminated Sites[A Risk-Based Strategy],
- 3.U.S. EPA(1989), "Risk Assessment Guidance for Superfund", Vol. 1 Human Health Evaluation Manual(Part A, Part B, Part C)
- 4.U.S. EPA(1995), "How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites", A guide for coreective Action plan viewers
- 5.환경부(2001), 토양환경보전법 개정안