

국내 토양과 지하수 오염 복원사업에 대한 고찰

이석영, 이채영, 김두일 (삼성물산(주) 건설부문 기술연구소)

Remediation of Contaminated Soil and Groundwater in Korea: Suggestions for Progress

S. Y. Lee, Chae-Young Lee, Doo-Il Kim

Institute of Construction Technology, Samsung Engineering and Construction

요약: 국내 토양과 지하수 오염이 심각한 상황에 도달하였다는 것은 널리 알려진 사실이다. 선진국에서는 20 여년 전부터 그 심각성을 이해하고 환경복원 사업이라는 새로운 분야를 발전시켜 왔으나 많은 큰 문제들의 해결로 현재는 사업의 소강상태에 있다고 본다. 토양과 지하수는 우리가 깨끗이 보존하여야 할 자연 자원이다. 토양과 지하수 환경사업은 오염 예방, 조사, 복원 사업으로 나눌 수 있는데 본 발표에서는 조사와 복원에 관한 문제들을 고찰하고자 한다. 국내에서의 복원 사업은 시작인 단계에 있으며 국가 정책과 투자의지에 따라 그 전망은 결정될 것이다. 복원은 평가로부터 시작 오염 물질의 위해도와 경제성 등을 고려한 복원방법의 선정과 실행으로 끝나게 된다. 물론 물리탐사도 조사 단계에서 사용되는 도구이지만 그 필요성은 경제적일 뿐만 아니라 다른 방법에서는 얻을 수 없는 결과를 보여줄 수 있기 때문이다. 물리탐사와 마찬가지로 전 조사-복원과정에서 토양-지질-지하수의 이해가 정확한 해석과 판단을 위하여 선행되어야 한다. 강조되어야 할 것은, 조사-복원 사업은 연구와 개발(R&D)과는 달리 복원 목표를 달성할 수 있는 여러 방법 중 가장 경제적 (cost-effectiveness)인 방법을 선택하여 사업을 수행함으로써 고객을 만족시켜야 한다는 것이다.

주요어: 환경, 토양-지하수 복원

ABSTRACT: Soil and groundwater contamination is an emerging national issue in recognition of the potential adverse impact to human health and ecosystem. In a recent registration, property owner's liability was addressed on the damages to neighbor's soil and groundwater caused by contaminant-plume migration. Soil and groundwater remediation is a technical and engineering project. But, the scientific and technical solutions for the project have been greatly influenced by social and political movement in the country. Governmental sectors, including local and central, should actively engage on this important issue through long-term planning and public investments. Government made regulations to prevent soil and groundwater contamination, not to punish private sector that has no technical and financial capability for solving such problems.

Keywords: soil, groundwater, remediation, Korea

서 론

오늘 모임에는 지구물리탐사라는 특별한 분야에서 연구에 정진하시고 계신 분들이 주로 모였으리라 생각합니다. 특별히 지구물리탐사의 많은 응용가운데 토양-지하수 오염 조사사업 분야에서의 물리탐사 방법들의 역할을 생각하는 자리입니다. 많은 분들이 연구에 대한 열정으로 학계와 연구소에 계시며 연구인 (researcher)으로서 또는 조사 용역 사업을 수행하시는 사업인으로 이 자리에 오셨습니다. 본인은 지난 2 년 동안 다양한 토양-지하수 조사와 복원 사업에 접하면서 국내 토양과 지하수오염의 현실적인 문제점과 연구동향을 파악할 수 있었습니다. 본 발표에서는 앞서나가는 연구와 공법들을 개발하고자 노력하는 동안 느꼈던 오염복원의 어려운 점들을 제시하고 성공적으로 이어갈 수 있는 최선의 방향을 제시하고자 합니다.

현재로는 한국에 토양-지하수 복원 사업을 종합적으로 할 수 있는 소위 Environmental Consulting Company 는 없다고 생각합니다. 물론 기술을 갖고 일부의 역할을 담당하고 있는 회사는 많이 있습니다. 그러나 기술을 개발하거나 도입하는 것과 복원사업을 총괄적으로 기획하고 실행하는 것은 별개의 일입니다. 종합적인 복원사업을 할 수 있는 기업이 없었던 것은 기술 인력이 없다는 뜻도 아닙니다. 그런 기업이 생기지 못하였다는 것은 토양-지하수 복원사업이 사업으로 설 수 있는 시장에 물량이 없었기 때문입니다. 아니 물량(오염된 곳)은 많으나 복원하여 달라고 시장에 내놓는 고객(정부나 기업체)이 없었다는 것이 솔직한 표현이겠지요.

불행하게도 우리는 선진국에서 과거의 잘못을 깨닫고 이십 년 전부터 환경오염문제에 대한 해결방법을 찾고 있는 것을 보면서도 고소득을 목표로 한 산업개발 위주의 정책 일변도와 공유에 대한 도덕성의 상실로 토양-지하수 보전과 복원에 대한 투자를 소홀히 해 왔습니다. 즉 마음 놓고 흙을 사용할 수 없고 지하수를 이용할 수 없게 되고 있습니다. 그런데도 정부는 공적 기금을 만드는데 주저하고 있지요. 상하수도, 소각, 대기 등등의 분야에는 투자가 있으나 토양-지하수에는 없다는 것이 이해할 수 없는 부분입니다.

환경사업 중 오염된 토양과 지하수 복원사업의 낙후 원인

국내 대기업은 상하수도 처리와 폐기물 소각 분야에는 많은 참여를 하고 있습니다. 그것은 그만큼 사업 투자가 이루어지고 있다는 것을 의미합니다. 반대로 오염 토양-지하수에 대한 관심과 복원투자는 미비하였으며 더욱이 주원인자가 공공기관이거나 대규모 정부유도의 산업공단들 인데도 불구하고 투자가 이루어지지 않고 있는 현실입니다. 본인 나름대로 오염 토양에 대한 관심이 적은 이유를 생각해 본다면 다음과 같이 정리할 수 있습니다.

- 간접 경로를 통한 오염 물질의 인체 흡수에 대한 과소 평가
- 토양 자체의 정화 능력에 대한 과대 평가
- 먹이 고리에서 토양의 역할에 대한 이해 부족

- 환경 전문인과 정책관여 기관원들의 토양 환경학에 대한 이해부족

그러면 지하수도 물인데 왜 소외되어 왔을까요? 이것은 과거 대규모 사업을 선호하고 소규모 농촌 수요자를 염두에 두지 않고 물의 공급 방법을 단일화하려던 국가 정책과 관장 부서가 너무 분산되어 있기 때문입니다. 지하수 개발에 대한 문제를 떠나서 지하수 오염 문제 만을 놓고 보면 다음과 같은 이유를 들 수 있습니다.

- 지하수 오염이 수자원에 미치는 영향에 대한 이해부족
- 지하수 오염복원의 어려움과 소요 경비에 대한 이해부족
- 토양 오염물질 이동과 지하수 사용의 연계성에 대한 이해부족
- 오염 지표수와 지하수의 연계성에 대한 이해 결여
- 오염 물질들의 chronic health affects 에 대한 기초조사 미비

즉 국민들의 지하수에 대한 이해 부족도 있으나 전문인들이 이해관계로 수자원에 대한 장기 관리(보존, 개발, 이용)를 넓게 보지 않고 각자의 전문성에만 집착하여 종합적인 정책 대안을 제시하지 못하였다는 것입니다. 지하수의 오염원이 될 수 있는 토양오염과 천층 지하수 오염도 제대로 조사가 되어 있지 않은 현시점에서 지하수의 오염 복원기술과 사업을 논하기는 시기상조일 수도 있습니다.

기업에서는 hardware 만 동원할 수 있으면 복원기술이 있고 복원사업을 할 수 있다는 생각에 앞서 모든 분야의 전문인들로 구성된 능력 있는 Environmental Consulting Group 으로 발전시키려는 장기 투자가 있어야 합니다. 또한 정부의 잘못된 기구조직은 앞으로의 토양-지하수 복원 사업에 걸림돌이 될 수 있으므로 하루 속히 개선되어야 할 문제입니다. 새로운 조직은 우선 보존과 복원에 관한 한 토양, 지표수 및 지하수가 함께 묶인 일관된 정책을 펼 수 있어야 합니다. 더 나아가, 하루 속히 토양-지하수 환경조사-복원도 시급한 사업으로 인정하고, 환경부를 중심으로 복원 사업체들의 의견을 수렴하여 제도적인 결정과 관리를 할 때가 되었습니다.

학계에서도 자기의 연구 분야가 그 많은 option 들 중에 하나이며 선택의 여부는 기술 자체의 우열보다는 적용 대상지의 사회적 여건, 오염특성, 토양-지질, 경제지리적 조건 등에 좌우된다는 것을 이해하고 복원이라는 대과제를 풀어 나가는데 참여하여야 할 것입니다.

오염 토양과 지하수 오염의 관계

오염과정을 중심으로 볼 때 토양과 지하수의 연계성은 분명하지만 복원 측면에서 볼 때 정밀조사 때와 같이 항상 함께 고려 되어야 되는 것은 아닙니다. 즉 오염물질과 오염경로에 따라 복원 대상이 토양 만이 될 수도 있고 지하수 만이 될 수도 있고 두 매체가 함께 될 수도 있습니다. 또한 토양의 물리 화학적 특성과 수리적인 특성도 중요한 인자로 작용합니다. 물론, 정밀조사에서 오염물질 분포도가 작성되고 복원방법 선정에서 고려되었으나,

오염물질이 불포화 대에만 있다면 토양 복원만으로 만족하지만 지하수도 오염되었으면 동시에 복원 되어야 합니다.

복원방법은 오염물질에 따라 한가지 방법이 될 수도 있고 토양과 지하수를 다른 방법으로 할 수도 있습니다. 오염물질에 따라서는 (대표적인 것으로 nitrate) 주로 지하수에 포함 되어 있어 지하수만 처리하면 되는 경우입니다. 한편 유류의 경우 오염 층이 지하수의 수위 변화에 따라 상하로 이동될 수도 있기 때문에 복원 방법 선택에도 영향을 주게 됩니다.

위에서 본 바와 같이 복원방법의 많은 변수들과 토양과 지하수를 함께 이해하면서 복원 system 을 개발하는 전문인력의 배출이 필요합니다. 그럼에도 불구하고 대학 교육에서는 토양과 지하수는 분리되어 있습니다. 환경공학에서는 아예 무시되고 있습니다. 정부내의 관장부서도 다를 뿐 아니라 법도 서로 다른 부서에서 기안합니다. 토양환경보존법과 지하수환경보존법이 한데 묶여져야 하며 관장 부서도, 투자도 한 창구에서 이루어져야 합니다. 복원 연구-기술개발의 과제를 모으는데 지하수와 토양을 따로 할 수는 없다는 것은 상식적인 생각이 아닐까요?

토양-지하수 복원 사업이란?

복원사업은 환경문제의 복잡성을 이해하는 전문인력과 실행할 수 있는 조직을 갖고 있는 복원사업체가 중심이 되어야 합니다. 다시 말하면, 조사나 복원기술을 갖고 있는 중소기업 들은 그 조직의 한 부분을 맡는 역할을 하여야 합니다. 앞으로 능력 있는 복원사업체 들이 많이 나와 선의의 경쟁을 할 때 복원사업은 신뢰받고 투자의 가치를 인정 받는 사업으로 정착될 것입니다.

소규모 토양복원사업이 생각보다 많이 이루어지고 있다고 합니다. 고무적인 소식이면 서도 두려운 것은 owner 와 contractor 간의 합의 사항입니다. 예를 들어 사업체가 유류의 TPH 정화 목표치 “2000 TPH (total petroleum hydrocarbon) mg/kg of soil” 을 달성하였다고 제시 하는 것으로 모든 책임을 다한 것일까요? 우리는 owner 의 입장에서, contractor 의 입장에서, 또는 영향을 받을 수 있는 이웃 주민의 입장에서 생각하여 예기치 않은 불행한 문제가 나오 지 않도록 주의를 하여야 하겠습니다. 아무리 소규모의 사업이라도 지켜야 될 절차와 법이 있다는 것을 이해하여야 하겠습니다.

복원사업 계획수립에 선행되어야 할 사항들

사업을 진행하기 위해서는 많은 정보가 수집되어야 하며 기본적인 문제들에 대한 이해 와 결정이 선행되어야 합니다. 이런 것 들이 수반 되지 않으면 많은 노력이 헛수고가 되고 맙니다. Conceptual Model Development 이전에 선행되어야 사항은 주로 정치적-사회적 영향 에 대한 정리 내지 결정입니다. 예를 들어, 다음과 같은 사항들을 명백히 하여야 합니다

- 누가 원인자이며 법적인 근거에 의한 복원의 책임은 누구에게 있으며 누구에게 진행상

의 책임과 감독권이 주어졌는가.

- 지역 주민의 피해상황과 그들의 요구사항은 무엇이며 현 토양-지하수 환경법에 준한 action level 에 대하여 이해가 되었나.
- 오염물질 이동에 대한 방지대책과 안전을 위한 오염부지의 관리가 잘되고 있는가
- 복원 후 토지이용 계획 존재 여부와 복원사업에 대한 구속력 여부가 주민의 참여로 이루어 졌는가.
- 토지용도 변경이나 개발지연 등에 대한 economic impact analysis 는 되어 있는가.

근래 사회적으로 가시화된 환경 문제들에서 보았듯이 지역주민의 참여없는, 관 주도의 일방적 결정은 바람직하지 않으며 사업시행의 많은 차질을 가져 올 수 있습니다. 장기화된 비생산적 논쟁으로 인한 사업의 지연은 결국 국민의 손실로 돌아 옵니다.

제가 살고 있는 미국 Oak Ridge 이야기입니다. 2차 대전 때부터 Oak Ridge 는 핵무기를 생산하는 곳인데 개발과정에서 중금속인 수은(Hg)이 많이 사용되었으며 한때는 세계 보유고의 70% 가 이곳에 저장 되어 있었다고 합니다. 그 결과로 수은은 공장에서 새어 나와 시내 한 가운데를 지나는 stream 의 sediment 를 오염 시켰습니다. EPA 의 대책 기준 100 ppm 을 넘는 sediment 의 양은 대단하여 그것을 열탈착(thermal desorption)이라는 공법을 사용, 제거하더라도 많은 돈이 소요되는 것으로 분석 되었습니다. 그 오염의 원인자인 Department of Energy (DOE) 는 EPA 규정에 따르기로 하고 몇 가지 alternative 들을 갖고 공청회를 열었습니다. 그 결과는 놀랍게도 sediment 제거 기준을 EPA 의 100 ppm 이상으로 하는 것은 너무 낮으니 1000 ppm 이상으로 하고 그 양이 소량이니 매립하는 방법으로 국민의 세금을 아끼라는 주민의 요구가 그 모임에서 추천되었습니다. 그들의 주장 배경을 요약하면 다음과 같습니다.

- 조사 결과에 의하면 대부분의 금속 수은은 장기간 동안 sediment 내에서 미생물의 영향으로 용해도가 낮은 화합물 (HgS)로 변화하였으며
- 그의 용해도는 지표수 수질에 영향을 주지 않고 있다는 것이 monitoring 결과였으며
- 만약 그 많은 양을 제거한다면 그에 따른 생태계에 주는 영향이 현재 상태로 보존하는 것 보다 더 크다는 판단이었습니다.

물론 EPA 에서도 세금의 낭비를 막겠다는 시민의 결의를 받아들여야 했습니다. 우리들 즉, 환경전문인, 시민, 시민 단체와 언론인 모두가 다시 한번 생각해야 할 일이 아니겠습니까? 흔히 “임자 없는 돈” 이라는 표현을 한국에서 많이 쓰는데 “임자”는 “너와 나지” 없다는 것이 무슨 말 입니까? 앞으로 있을 많은 환경 복원사업에서 지혜롭고 성숙한 시민의 참여가 절실이 요구 됩니다.

Site Characterization 은 어떻게

부지조사는 앞에 기술한 인문사회적 영향평가와 조사 후 conceptual model (개념적인 모델)을 만들기 위한 개략 조사로부터 시작합니다. 이 부분도 전문 용역 사업체가 수행하여야 하지만 한국 실정에서는 무리이겠지요. 실제로 이 부분이 가장 어려운 부분이며 복원사업의 성공 여부가 달려있는 중요한 부분이기도 합니다. 여기서는 contamination boundary establishment, human health and ecological risk evaluation, approach and plan for detailed characterization, risk-based action and target level establishment, remedial action impact analysis, project duration and cost 등 많은 문제들이 해결되어 사업의 규모와 방향이 설정되어야 합니다. 이 시점에서 주관 기관은 제시된 Conceptual Model 과 Approach 를 놓고 공청회를 열어 시민들의 의문들을 해결해 주어야 합니다. 즉, 전반적인 Project Goal 을 놓고 영향을 받고 있는 시민들에게 설명을 하고 앞으로의 방향을 제시하여야 합니다.

정밀조사 방법과 기술자체에 대해서는 여러분들이 많이 이용하는 EPA 방법에 잘 소개되어 있으므로 생략하고 복원사업이라는 측면에서 고려하여야 할 점들을 지적하겠습니다.

- 정밀조사는 복원을 전제로 시행하기 때문에 오염도와 이동방향 외에도 복원방법 (alternative) 창출과 선택 (record of decision) 에 필요한 모든 자료를 수집하여야 합니다.
- 조사에도 수 많은 방법들이 있으므로 가장 확실하고 경제적인 방법을 선택하여야 합니다. 조사가 research 나 demonstration 의 목적으로 이루어져서는 안되며 만약 꼭 필요하다면 주관 부서의 허락을 받아 기본 방법과 병행하여야 합니다.
- 정밀 조사와 복원의 연계성을 감안할 때 주관 사업체는 동일하여야 하며 선택된 복원 기술을 시행하는 업체는 다를 수도 있으나 최종 책임은 관리하는 사업체에게 있어야 합니다.
- 정밀조사는 DQO (data quality objective) 를 이루기 위한 철저한 QA/QC 가 이루어져야 합니다. Critical data 들에 대해서는 data validation 도 이루어져야 합니다.
- 정밀조사 자료는 앞으로 진행될 많은 중요한 결정들 (risk assessment, contamination boundary, technology selection, etc.) 에 기초가 되는 것이므로 그 목적에 따라 사용될 수 있도록 통계 처리가 되어야 합니다.

다시 한번 강조하는 것은 정밀조사는 이미 사업의 타당성과 개략조사를 거쳐 복원을 전제로 하고 있습니다. 즉, 복원 방법에 대한 대안 (alternative) 들이 나와야 하며 그들에 대한 평가가 이루어 져야 합니다. 위의 Oak Ridge 예에서 나온 결론 즉, 일부 sediment 에 대한 “No Action” 도 정밀조사에서 나온 alternative 중의 하나이며 이는 정밀 조사의 중요성을 다시 한번 강조 하고 있습니다.

다음은 공청회가 다시 개최되어야 합니다. 즉, 정밀조사를 통한 alternative 들과 record of decision 에 관해 전문가와 시민 (지역주민)의 의견을 수렴하는 단계이며 처음의 conceptual model 과 다를 때는 그 이유를 정밀 조사 결과를 갖고 설명을 하여야 합니다. 이 때가 그

들의 의견을 공식적으로 사업에 반영할 수 있는 마지막 기회입니다.

여기서 우리는 remedial action 즉, engineering process 에 들어가기 전에 벌써 환경 복원 사업이 얼마나 복잡하고 얼마나 많은 전문인들의 참여가 요구되는가를 보았습니다. 저의 주한미군 project 에 proposal 을 낼 때 무려 25 개 이상의 전문직종 단가 (hourly rate) 제출을 요구 받았습니다. 즉 복원사업을 manage 하는 데는 대학이나 대학원에서 무엇을 전공하였느냐 보다 그 많은 전문인들의 의견들을 수렴하여 계획하고 실행하는 능력이 필요합니다.

복원공법 선택시 고려사항

앞에서 기술한대로 공법 선택 (record of decision) 은 정밀조사 후 이루어지지만 공법에 따라서는 treatability 를 거치는 상황이 많이 있는데 그것은 적용하려는 공법이 새로운 기술이나 그 공법이 매체의 특성에 많은 영향을 받는다고 판단되었을 때입니다. Pilot scale 의 treatability test 는 economic analysis 가 병행되어야 하며 full scale 로 이용될 때의 문제점들이 지속적으로 보완되어야 합니다.

토양과 지하수 복원기술 (technology) 은 지난 20 여년의 연구를 통하여 많은 방법들이 제시되었습니다. 특히 미국과 유럽 지역에서는 많은 연구가 이루어져 실제적으로 복원사업에 적용되고 있습니다. 예를 들면:

Soil Remediation Technology: Physical and chemical soil washing, incineration, thermal desorption, surfactant separation, biological treatment, bio-venting and land farm, soil vapor extraction, electrokinetic, and excavation and landfill, etc.

Groundwater Remediation Technology: Pump and treat (chemical and physical methods), funnel and gate with adsorption media, chemical destruction, and filtration methods, biological and chemical treatment, permeable barrier with metallic iron, etc.,

그 외에도 근래에 많이 이용되는 monitored natural attenuation (MNA) 과 phyto-remediation 을 들 수 있는데 이들은 secondary treatment system 으로서도 이용되고 있습니다.

복원방법이 다양한 이유는 오염물질의 수가 많고 그 성질이 모두 다를 뿐만 아니라 경우에 따라서는 한가지 이상의 물질들로 오염이 된 경우가 많기 때문입니다. 흔히 문제가 되는 토양-지하수 오염 물질들을 정리하면 다음과 같습니다.

- petroleum-oil-lubricant (POL)
- chlorinated hydrocarbon (PCE, TCE, PCB)
- agrochemicals including nitrate and phosphate and other toxic compounds
- heavy metals (Cd, As, Hg, Ni, Cr, Pb)
- radionuclides (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{60}Co , ^{238}U , ^3H , ^{226}Rn)

결국 복원기술의 선택은 전문성이 요구되며 개발도 특정 오염물질을 대상으로 하게 됩니다. 여기서 기술 선택에 요구되는 일반적인 고려 사항을 정리하면 다음과 같습니다.

- 공법은 full scale 로 실증되었으며 그것을 효과적으로 운영할 수 있는 기술인력이 확보되어 있어야 합니다.
- 공법은 약속된 기한 내에 복원할 수 있는 방법이어야 하며 선택할 수 있다면 그 중 가장 경제적이고, 친 환경적 즉, 공정으로 인한 이차 오염의 가능성이 없어야 합니다.
- 결정된 부지 재활용 계획에 지장이 없는 공법이어야 합니다.
- Cost 가 낮다는 것과 cost effective 한 것과는 구별되어야 하며 후자를 선택하여야 합니다.
- 복원 과정이 간단하여야 하며 검증이 용이하여야 합니다.
- *In situ* 방법이 *ex situ* 방법 보다 그리고 현장 처리가 타 지역 운반 처리 보다 바람직하지만 역시 공정 기간과 비용이 더 중요한 인자로 고려되어야 합니다.

그러므로 흔히 하는 cost (capital, operation, maintenance, monitoring), risk, advancement, diversity, operation 등을 고려한 technology evaluation 만으로는 주어진 부지의 복원 공정으로 선택 될수 없다는 것은 당연한 결론 입니다. 가장 중요한 것은 역시 부지마다 갖고 있는 실제적인 여건들입니다. 소유주가 6 개월이내에 부지를 이용하여야 한다면 공기를 맞출 수 없는 공법은 사실상 부적합한 기술로 제외될 수 밖에 없습니다. 위의 고려 사항들을 요약하면 다음 그림으로 표현할 수 있습니다 (Figure 1).

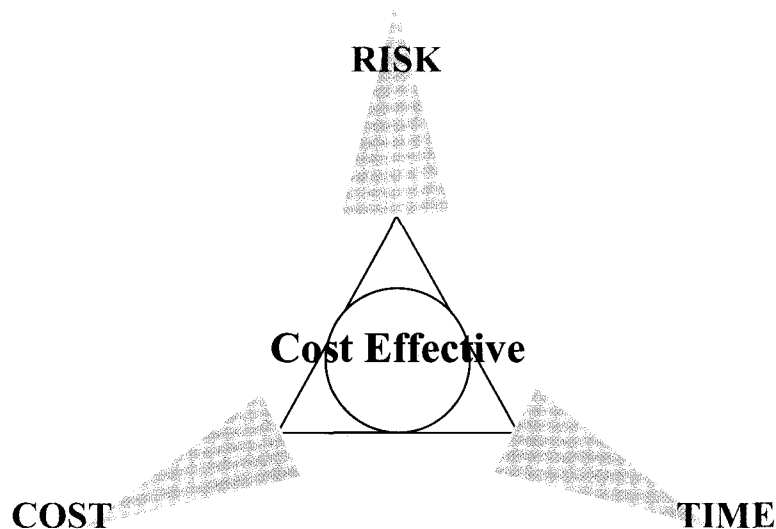


Figure 1. Cost effective remediation is possible when balance of triangular relationship of risk-cost-time (duration) is established. Over emphasis of one of three factors will result a large negative impact on the cost effectiveness

결 언

토양-지하수 복원사업은 앞에서 보았듯이 합리적으로 도출된 복원 및 접근방법을 택할 때 여러 가지 이익이 있는데 그것을 요약하면:

- 기한 내에 Remedial technology 들에 대한 critical review 가 이루어져 시행 도중에 이의가 제기되지 않으며,
- 시민들과의 사전에 합의로 이루어져 final acceptance 에 문제가 야기되지 않으며,
- 재개발 목적과 계획에 부합되는 복원이 이루어져 지역사회 발전에 공헌할 수 있으며 동시에 환경복원으로 삶의 질을 향상시키고,
- 경제적인 면에서도 효율적으로 주어진 여건에 맞추어 이루어 질 수 있다는 것입니다.

이렇게 원칙적인 면만 본다면 모든 것이 쉽게 이루어질 것 같으나 모든 과정을 지날 때마다 많은 어려움이 있으며 한계를 느끼게 되는 것입니다. 정밀조사를 통하여 자연현상을 이해하고 그에 따른 적절한 처방을 낸다는 것은 수학 공식을 이용하여 문제를 푸는 것과는 전혀 다른 과정입니다. 그러므로 많은 전문가들의 지혜가 모아져야 한다는 것을 강조합니다.

여기서 본인은 복원 사업의 활성화를 위하여 몇 가지 조언을 정부기관, 시민단체와 학계에게 드리고자 합니다.

Environmental Regulation 에 대한 해석과 이해: 모든 법이 그렇듯이 환경법은 일차적으로 예방을 목적으로 하는 것 입니다. 복원 기준은 있어야 하지만 그것을 절대치로 생각할 때 많은 문제가 제기되며 실제적인 오염의 health and ecological risk 와는 관계없는 잘못된 goal 을 추구하는 결과를 가져옵니다. 따라서 토양-지하수 복원의 goal 도 site condition 과 land use objective 를 고려하여 결정되어야 합니다. 즉 오염부지가 공장부지 (brown field) 로 복원될 때와 농토 (green field) 로 복원될 때의 복원기준은 다르게 정하고 있습니다. 만약 그 부지가 농지 이외의 용도로 사용될 계획인데 농지로 사용될 때의 기준을 요구하여 공사비를 낭비한다면 우리 모두에게 손실이지요. 또 부지 내 지하수가 주위의 오염된 하천수와 연계되어 있는데 지하수 정화를 그 하천수의 오염도 이하로 내리라는 요구도 상식 밖의 요구입니다. 복원 사업은 오염이 주민과 생태계에게 줄 수 있는 부가적인 risk 를 줄이는데 있습니다.

앞에서 “부가적인 risk” 라는 말을 사용했는데 그 이유는 오염되지 않은 토양자체가 건강에 영향을 줄 수 있는 risk 가 있다는 말인데 숫자로 표현하면 1/10,000 즉, 만 명중의 한 사람이 깨끗한 토양에 주거를 할 때도 암에 걸릴 수 있는 확률이 있다는 말입니다. 우리 토양환경 기준이 risk 를 기초로 설정되지는 않았으나 역으로 계산하면 기준치로 오염된 토양 주위에서 평생 주거할 때 risk 는 평균적으로 1/100,000 즉, 십만 명중의 한 사람이 암에 걸릴 확률이 있다는 것입니다. 물론 “부가적인 risk” 가 전혀 없는 것이 최선이지만 도달하기 어렵고 비경제적인 goal 을 설정하고 요구하는 것은 환경을 걱정하는 분들의

바람이 아니겠습니까.

Governmental Investment: 환경부는 금년에 차세대 핵심환경기술 개발사업 (Eco-Technopia21) 과 폐광지역의 중금속 오염 토양 조사 및 복원사업을 추진하겠다고 발표하였습니다. 기술개발은 그 사용자인 복원사업이 있어야 합니다. 앞에서 기술하였듯이 복원사업은 우선 공공 투자가 선행되어 시장이 형성되어야 합니다. 국내 시장의 요구가 없는 기술개발은 어렵고 개발되어도 국내에서 실증되지 않은 기술은 수출도 어렵습니다. 정부의 과감한 환경복원투자는 국민이 바라는 삶의 질을 향상시킬 뿐 아니라 기술개발, 고용창출, 건설경기 부양 등 간접효과도 얻을 수 있습니다. 시급히 투자 요청되는 대상은 잘 알려진 사실이지만 여기서 다시 한번 정리하면:

비위생 매립지: 전국에 900여 개의 비위생 매립지가 산재하고 있는 것으로 알려져 있으며 침출수 문제 해결과 안정화를 통한 토지 이용이 가능하도록 정부의 지원과 지방 자치단체의 적극적인 투자가 필요합니다. 가시적이고 미화적인 환경투자 보다는 국민의 건강에 대한 risk 를 줄이는데 투자를 해야 합니다. 비위생 매립지는 폐기물 처분의 문제를 넘어서 토양과 지하수의 오염문제를 야기하게 됩니다.

군부대, 폐광 광산지역, 그리고 공업단지내의 토양과 지하수: 부산시 문현동 전 군부대 부지에서 보았듯이 부대부지의 토양 오염문제는 심각한 것으로 보여집니다. 우선 군에서 정부의 어느 부서 보다 먼저 복원 사업에 예산을 반영한 것에 대하여 찬사를 보냅니다. 바라는 것은 다른 중앙부서 및 지방자치 단체도 소유 부지에 대한 점검이 필요합니다. 정부는 누구보다도 많은 부지를 소유, 관리하고 있습니다. 복원 사업은 정부의 부서부터 시작되어야 사기업에게 떳떳하게 복원시행 명령을 내릴 수 있습니다. 임자 없는 폐광 환경 오염문제도 너무나 잘 알려진 사실입니다. 국고 지원에도 불구하고 지방자치 단체가 자체부담 재원이 없어 복원이 안되고 있다고 합니다. 지방자치 단체는 자기의 할 일은 안하면서 어떻게 지역 내 사기업체에게 환경 복원을 지시할 수 있습니까. 공업단지 부지도 지금은 문을 열고 조사하여 볼 때가 되었습니다. 앞으로 토양-지하수 환경법의 보완에 따른 복원부담은 기업 스스로 해결하게 됩니다. 복원이 요구될 때 부지 자산은 복원 비용도 안 되는 어이없는 결과가 나올 수도 있습니다. 하루 속히 문제들을 표면화시켜 해결하는 방향을 찾아야 합니다.

토양-지하수 환경을 걱정하는 여러분! 지금은 시작입니다. 많은 환경 문제들이 해결사를 기다리고 있습니다. 우선 힘을 합쳐 환경문제 제시가 발전을 막는다는 잘못된 관념을 불식시켜야 합니다. 여러분은 환경을 논하기에 너무나 많은 악조건을 안고 왔었습니다. 그러나, 정치적으로나 사회적으로 우리가 주장하는 토양-지하수 환경 투자의 필요성은 더 이상 논란의 대상이 아닐 것입니다.

Author's Note: Author did not cite references in this paper. Readers may find many related references from one of author's recent publications in Korea: "Monitored Natural Attenuation for Contaminated Soil and Groundwater Remediation: Concept and Application." In: *New Millennium Biotechnology in Agricultural Chemistry. Proceedings of the Commemorative International Symposium for 40th Anniversary of KSACB, 2000.* The Korean Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology. Seoul, Korea. 본 원고의 많은 부분이 지하수-토양 학회 경남지부 심포지움에서 발표되었으므로 독자의 양해를 구합니다.