

유류 오염 부지에 대한 위해성 평가 -RBCA를 중심으로-

류상민, 함세영, 정재열, 신현무*, 오방일**, 김민철**

부산대학교 지질학과

* 경성대학교 환경공학과

** 농업기반공사

lavaguv@nusan.ac.kr

요 약 문

위해성 평가(Risk assessment)는 지하수나 토양의 오염으로 인해 자연 환경과 사람에게 미칠수 있는 위해(risk)를 정량적으로 평가하는 방법이다. 이 평가를 바탕으로 대상지역의 오염도 저감 여부 및 목표를 설정할 수 있다. 본 연구에서는 유류로 오염된 부지를 대상으로 측정된 TPH(Total Petroleum Hydrocarbon)값에 근거하여 인체에 미칠 수 있는 위해(Risk)에 대한 정량적인 평가와 동시에 오염된 토양 및 지하수의 정화기준을 산정하고자 하였다. 그 결과 유류로 오염된 00지구에 대한 정화기술적용시의 최소성분감소비(CRF)를 산출하여 정화의 정도치와 정화목표농도를 산출하였다.

key word : 위해성 평가, 유류오염부지, TPH, 최소성분감소비(CRF), 정화목표농도

1. 서 론

과거 우리나라의 지속적 고도 성장을 위한 개발위주의 정책에 따른 환경오염의 결과는 실로 심각한 수준에 이르고 있다. 지하수 및 토양오염 정화 측면에서 유류제조 및 이송·저장시설, 군대 주둔지역, 항공기 및 차량정비지역 등 유류 오염지역의 복원·정화사업에 대한 관심은 날로 커지고 있다.

본 연구에서는 이런 정화의 작업 여부 및 정화작업 수행시 오염된 토양과 지하수의 정화기준을 산출하고자 Groudwater Services사의 RBCA TOOL KIT for Chemical Releases 프로그램을 사용하여 위해성 평가를 실시하였다. 본 연구지역은 과거 군부대 정비장으로 사용된 곳으로서 유류의 사용이 빈번한 곳이라 유류에 의한 오염이 심화되었다.

이에 본 연구의 목적은 그 현장부지에 맞는 여러 가지 조사자료를 토대로 한 위해성 평가 실시로 효율적인 복원·정화 계획 및 목표선정의 기틀을 마련하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 위해성 평가 모델(RBCA : Risk Based Corrective Action)의 설정

현장부지의 위해성평가를 위해 설정한 모델의 입력인자는 다음과 같다. 먼저, 현장부지에서 가능한 노출경로(Exposure Pathways)는 주로 오염물질이 토양으로부터의 휘발에 의한 공기 중 흡입과 지하수로의 용탈(leaching)에 의한 오염된 지하수 음용에 의한 수용체의 노출로 판단되고, 오염매질은 토양과 지하수이며, 오염물질(Constituents of Concerns(COCs))은 TPH이다.

본 연구에 사용된 프로그램에서 오염물질의 선정에 있어 TPH의 경우는 탄소고리수로 구분되어 있는데, 본 연구지역에서의 오염유류는 탄소고리수 20이상인 중질유(유동준, 2001)이므

로, 탄소고리수가 20이상인 TPH로 지정하였다. 오염농도는 151,964mg/kg(육군군수사령부, 1999)를 입력하였다. 토양과 지하수 그리고 대기입력인자의 설정은 여러 차례의 조사에 근거한 자료에 입각하여 ASTM의 기본값에 의존하지 않고 최대한 본 연구지역의 환경에 맞게 입력하여 얻어낸 개념모델의 Flowchart는 다음과 같다(Fig.1).

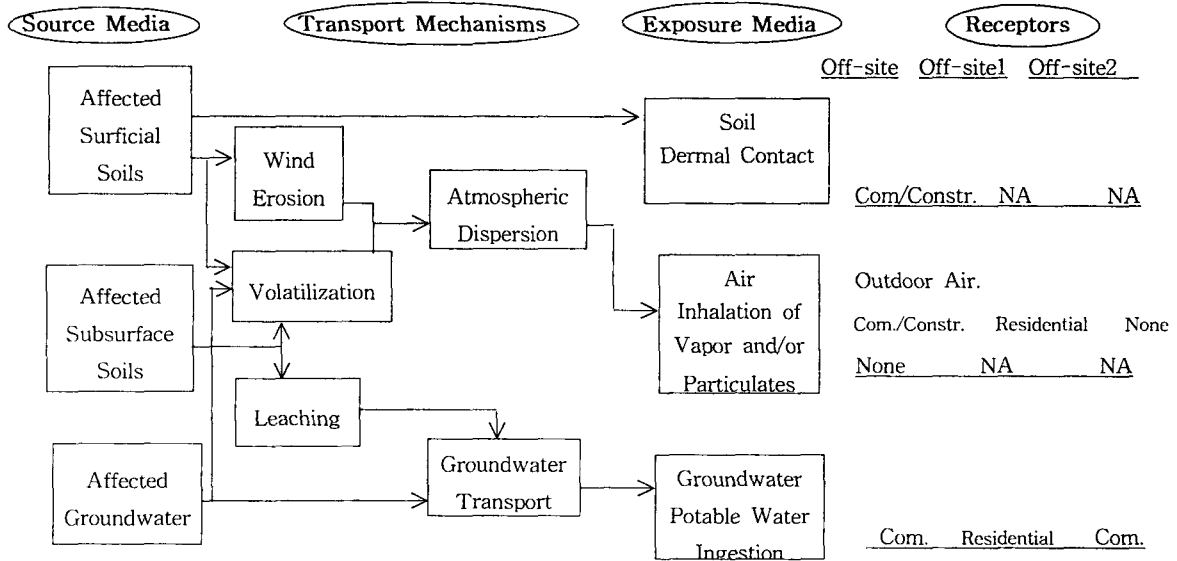


Fig. 1. Exposure Pathways Flowchart

2.2 조사대상부지 기준위해성 평가(Baseline Risk Assessment)

연구지역의 기준위해성 평가결과, TPH에 의한 발암성은 없는것으로 산출되었고, 토양과 지하수의 노출경로에 대한 위해계수(Hazard Quotient: HQ)와 위해지수(Hazard Index: HI)를 보면, 지하수의 경우는 TCE 농도자체가 먹는물 수질기준치인 0.03mg/l 를 초과하지 않으므로 HQ와 HI가 기준한계값인 1.0을 초과하지 않아 위해(Risk)가 없는 것으로 나왔으며, 토양의 경우는 기준한계값인 1.0을 초과하여 위해(Risk)가 있는 것으로 판명되었다(Table 1, 2).

Table 1. Baseline Risk Summary Table.

Exposure Pathways	HQ		HI	
	Maximum Value	Applicable Limit	Total Value	Applicable Limit
Indoor Air Exposure Pathways	NC	1.0	NC	1.0
Soil Exposure Pathways	1.2E+1	1.0	1.2E+1	1.0
Groundwater Exposure Pathways	3.7E-3	1.0	3.8E-3	1.0

NC = Not calculated

Table 2. Baseline Risk Assessment for Soil Exposure Pathway.

Constituents of Concern	Total Intake Rate (mg/kg/day)				Slope Factor (mg/kg/day)		Hazard Quotient	
	Commercial		Construction Worker		Oral	Dermal	Commercial	Construction Worker
	via Ingestion	via Dermal Contact	via Ingestion	via Dermal Contact				
TPH-Aliph >C21-C34	4.5E-2	2.6E-1	8.9E-2	2.6E-1	2.0E+0	2.0E+0	1.5E-1	1.7E-1
TPH-Arom >C21-C35	4.5E-2	2.6E-1	8.9E-2	2.6E-1	3.0E-2	3.0E-2	1.0E+1	1.2E+1
Total Pathway Hazard Index							1.0E+1	1.2E+1

2.3 조사대상부지 토양의 정화기준(Cleanup standard)

조사대상부지에 대한 정화기준(Site Specific Target Level : SSTL)을 산정한 결과 TPH 농도가 지방측과 방향측에 대해 각각 토양에서는 7.9E+1, 4.2E+1, 지하수에서는 2.5E-6, 6.6E-3의 값이 산출되었다.

현재 COC 농도가 SSTL 보다 크므로, 정화작업을 수행해야 하고, 이때 각 경로별로 위해성-기초정화목표치(SSTL)에 달성하기 위해서는 간단하게 CRF(Constituent Reduction Factor; 최소성분감소비)를 사용하는데, 이는 정화의 정도(degreel)를 나타낸다(한정상, 1999).

CRF = 오염부지의 COC농도/ RBSL 또는 SSTL

CRF <1 : 정화불필요

CRF >1 : 오염부지의 정화정도(degreel)

여기서 CRF의 값을 조정함으로써 오염의 누적위해치를 표적누적위해치로 조정 할 수 있다. 본 연구에서 CRF의 값이 10까지이면 누적위해치는 표적누적위해치를 초과하게 된다. CRF값이 11부터에서 누적위해치가 표적누적위해치를 초과하지 않는다. 그리고 CRF의 값이 40이 되면 정화목표농도(Resultant Target Concentration)가 1900mg/kg으로 되어 토양환경보전법의 TPH 허용농도치인 2000mg/kg 내에 들어오게 된다.

3. 결 론

본 연구는 효율적인 복원 · 정화 계획 및 목표선정의 기틀을 마련하고자 유류오염부지에 대한 위해성 평가를 실시하여 다음과 같은 결과를 산출했다.

1. 연구지역의 기준위해성평가 결과, TPH에 대한 발암성은 없는 것으로 산출되었고, 토양과 지하수의 노출경로에 대한 위해계수(Hazard Quotient: HQ)와 위해지수(Hazard Index: HI)는 토양과 지하수에 대해 각각 1.2E+1, 1.2E+1, 3.7E-3, 3.8E-3이 산출되었다. 토양의 경우는 HI의 기준한계값인 1.0을 초과하여 위해(Risk)가 있는 것으로 판명됐다.

2. 정화기준(Site Specific Target Level : SSTL)을 산정한 결과 TPH 농도가 지방측과 방향측에 대해 각각 토양에서 79mg/kg, 42mg/kg, 지하수에서는 2.5E-6mg/L, 6.6E-3mg/L의 값이 산출되었다. 현재 COC 농도(151,964mg/kg)가 SSTL 보다 크므로, 정화작업을 수행해야 할 것이다.

3. 정화의 정도인 최소성분감소비(Constituent Reduction Factor ; CRF)값이 40이 되면 정화목표농도(Resultant Target Concentration)가 1900mg/kg으로 되어 토양환경보전법의 TPH 허용농도치인 2000mg/kg 내에 들어오게 된다.

4. 참 고 문 헌

1. 유동준, 김영웅, 박용규, 오방일, 구자공, 유류오염 토양의 복원을 위한 열탈착 처리기술, 한국지하수토양환경학회 추계학술발표대회(2001).
2. 육군 군수사령부, 00지역 오염토양 복원을 위한 정밀조사 보고서(1999).
3. 한정상, 한규상, 오염지하수, 토양의 자연정화와 위해성 평가, 한림원, p.245-430(1999).