

염소계유기용제 및 유류물질에 의한 산업단지 지하수 오염특성

김종호* · 김락현 · 류관희 · 박정구 · 서창일 · 전권호 · 정장식

환경관리공단 토양지하수사업처
e-mail: envjhkim@hanmail.net

요 약 문

토양에 누적된 오염물질은 지하수 유동과 연계하여 점차 주변지역으로 확산된다. 본 조사는 오염의 개연성이 높은 산업단지를 선정하고 그 중에서도 유해화학물질의 사용이 많은 지역을 대상으로 토양과 지하수의 오염도조사를 수행하였다. 토양오염도 조사는 160개 지점에서 토양시료를 채취하여 오염물질을 분석하였으며 분석결과 TPH물질은 최고 23,151mg/kg, BTEX는 최고 1,657mg/kg로 검출되었다. 오염특성은 유류(TPH, BTEX) 물질 이외에도 TCE, PCE물질과같은 염소계 유기용제에 의한 오염도 확인할 수 있었으나 중금속 물질에 의한 오염은 우수 방류구와 같은 일부 지역에서 검출되었다. 지하수 수질의 경우 페놀, 비소, 납, BTEX, TCE, PCE 물질들이 복합적으로 오염되어있는 것으로 나타났다.

주제어 : 산업단지, 토양오염, 지하수 오염, BTEX, TPH

1.서론

우리나라는 1970년대 이후로 산업화가 시작되면서 산업활동이 용이한 위치에 산업단지를 조성하였다. 급속한 경제성장은 대기, 수질 및 토양과 같은 자연환경의 오염을 초래하였으며 오염물질은 수질, 토양과 같은 자연환경에 누적되어 점차적으로 확산되고 있는 실정이다. 대기 및 수질오염을 해결하기 위해 정부에서는 정책적 지원을 통해 개선시켜 오고 있으나, 육안으로 오염을 확인하기 어려운 토양과 지하수 매체의 오염문제는 아직 조사 및 정화는 활발하지 못한 실정이다.

산업단지는 토양 및 지하수오염물질 등의 유해화학물질 취급량이 많기 때문에 현재의 폐기물법, 토양법과 같은 환경법이 정해지기 전까지는 관리가 체계적으로 이루어지지 못하여 주변 환경으로의 오염이 불가피하였을 것으로 예상된다. 본 조사는 이렇게 오염의 개연성이 높은 산업단지에서 오염우려가 높을 것으로 판단되는 일부 지역을 선정하여 이 지역의 토양과 지하수 오염도를 조사하고 오염 현황을 평가하고자 하였다.

2.본론

1)조사지역 개요

조사대상 산업단지는 1987년에 준공되어 현재(2004년) 2,050여개 업체가 입주해 있다. 입주 업체는 식품, 섬유, 종이, 화학, 조립, 금속 관련업체가 대부분인 것으로 조사되었다. 이 단지에서 조사 목적에 맞는 지역을 선정하기 위해 유해물질의 사용량, 사용업체 등의 여러 자료를 종합적으로 평가하였으며 지리적 위치를 그림 1 에 나타내었다.

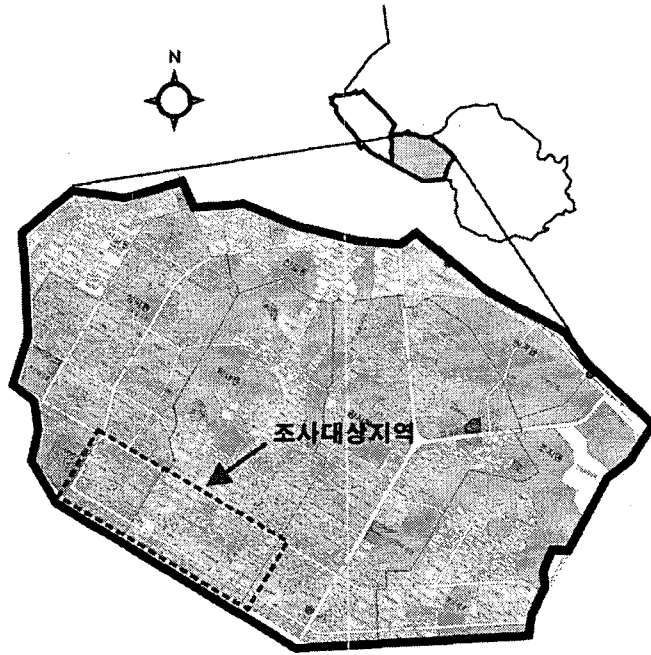


그림 1. 조사대상지역의 위치

조사지역에는 약 125개 업체가 입주해 있으며(공장부지, 사무실 임대와 같은 소규모업체 제외) 이 중 특정토양오염관리대상시설 설치신고 업체는 32개인 것으로 조사되었다.

2) 토양시료채취 및 지하수관측정 설치

토양시료채취 및 지하수관측정 설치를 통해 토양, 지하수오염 현황을 조사하고자 하였다. 160개 지점에서 토양시료를 심도별로 채취하였고 지하수 흐름 파악 및 지하수오염의 개연성이 예상되는 25개 지점을 선정하여 관측정을 설치하였다. 토양시료 채취지점과 지하수관측정 설치지점을 지형도에 나타낸 결과는 그림 2, 그림 3과 같다.

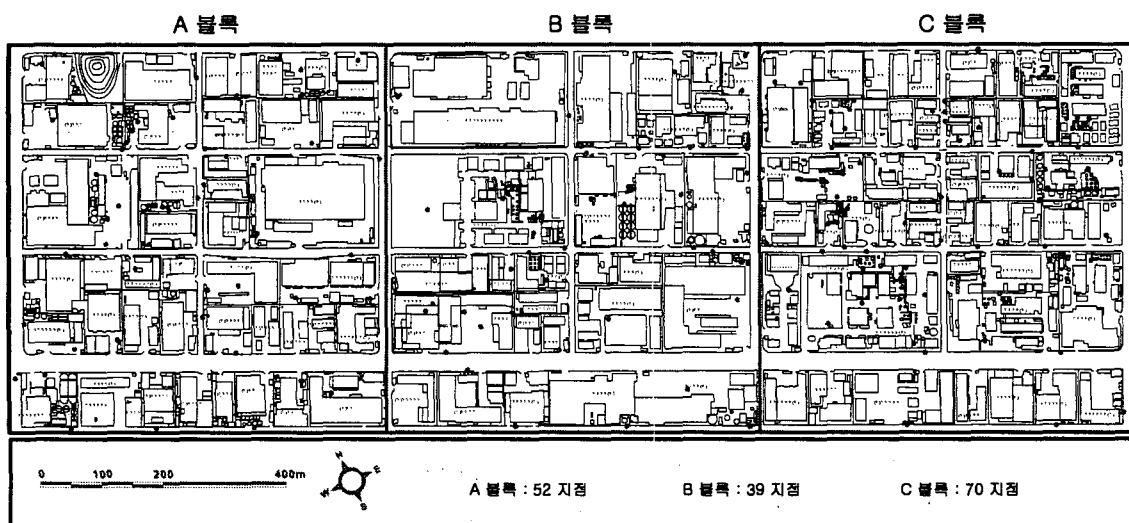


그림 2. 토양시료 채취지점

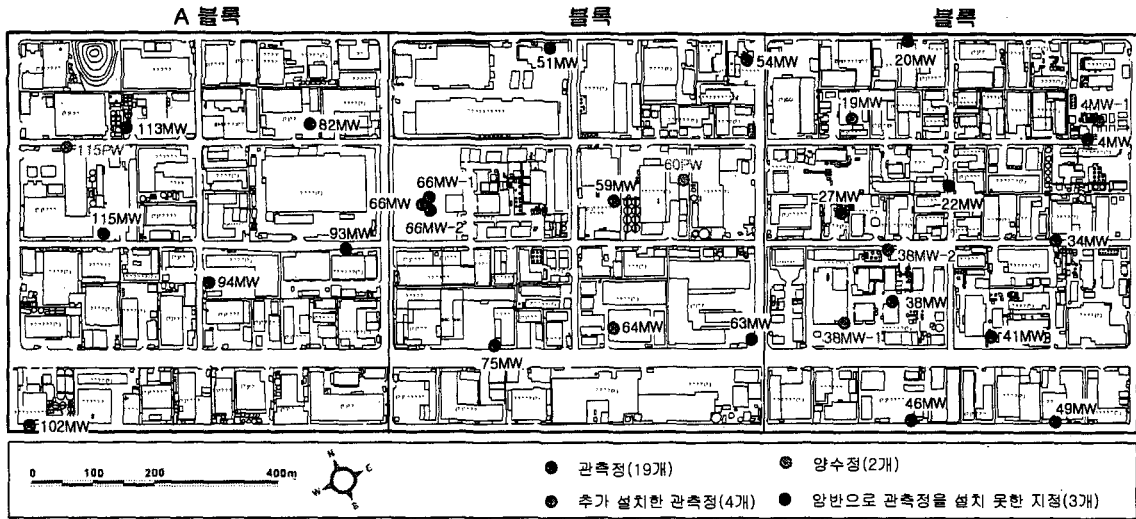


그림 3. 지하수관측정 설치지점

3.결과 및 고찰

1) 토양

토양시료를 채취하고 오염물질을 분석한 결과 TPH 물질은 최대 23,151mg/kg 농도인 것으로 나타났고, BTEX 물질은 8지점에서 검출되었으며 분석결과는 표 1과 같다.

표 1 토양 오염물질 분석결과

구 분	BTEX	Benzene	Toluene	Ethyl benzene	Xylene
4TS2-1	239.219	1.082	206.415	4.939	26.783
4TS2-2	1,657.591	11.591	1,493.920	25.959	126.121
4TS3-1	108.190	ND	98.130	1.889	8.171
4TS3-2	4.984	ND	4.984	ND	ND
4TS3-3	1.315	ND	1.315	ND	ND
19TS3-3	112.586	5.344	20.805	22.525	63.912
27TS1-1	1.183	ND	1.183	ND	ND
27TS1-3	478.271	ND	451.996	2.287	23.988

토양오염도 분석결과 BTEX 물질이 검출된 지점은 C블럭 주변이며 지형도에 나타낸 결과는 그림 4 와 같다.

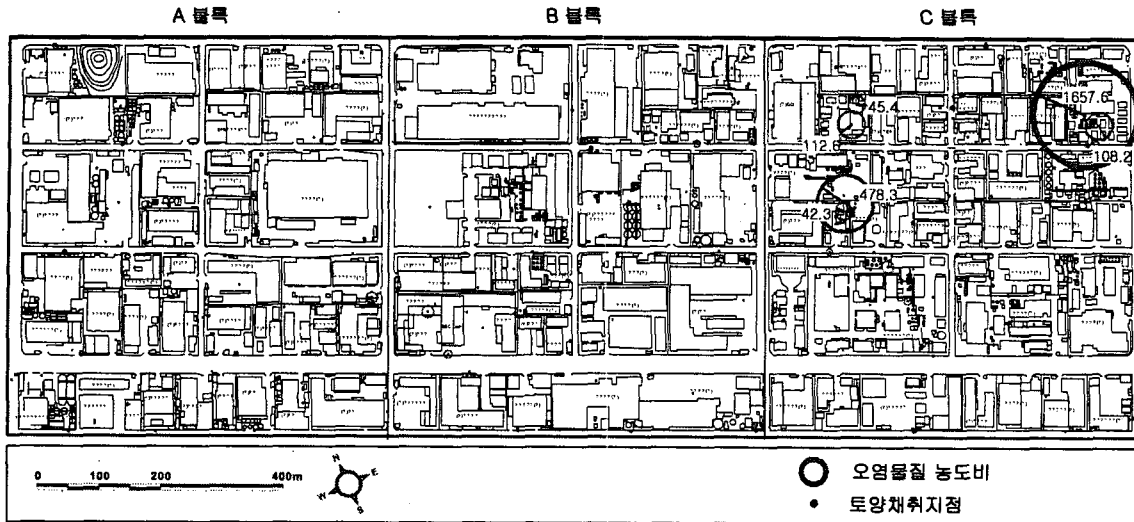


그림 4. 토양오염 현황 (BTEX)

2) 지하수

지하수오염도 분석결과를 검출된 지점은 13지점이며 페놀, 비소, 납, TCE, PCE, BTEX와 같은 오염물질이 검출되었다. 검출된 지점에서 지하수의 수질 분석결과를 표 2에 나타내었다.

표 2 지하수 오염물질 분석결과

오염물질	비소	페놀	납	TCE	PCE	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	크실렌
4MW	0.008	0.005	0.15	ND	ND	0.017	0.001	ND	ND
4MW-1	0.014	0.022	ND	0.002	0.001	1.681	0.036	0.009	0.026
19MW	0.061	4.550	ND	0.018	0.001	0.097	0.962	0.367	1.025
27MW	0.056	0.075	0.32	0.022	0.002	0.014	8.079	0.140	0.028
34MW	0.007	ND	0.05	1.758	0.051	ND	0.001	ND	0.001
38MW	ND	0.337	0.07	19.097	3.839	0.014	2.334	5.342	15.210
38MW-1	ND	0.058	ND	ND	ND	0.001	0.004	0.038	0.029
38MW-2	ND	0.329	ND	0.102	0.027	0.011	0.018	0.082	0.144
41MW	ND	ND	0.14	0.007	0.003	ND	0.001	0.026	0.006
49MW	ND	ND	0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND
63MW	0.007	ND	0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND
64MW	0.005	ND	0.14	0.049	0.016	ND	ND	0.014	0.037
115MW	ND	ND	0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND

지하수오염도 분석결과를 오염물질이 검출된 지점은 C블럭 주변이며 톨루엔 오염지역을 지형도에 나타낸 결과는 그림 5 와 같다.

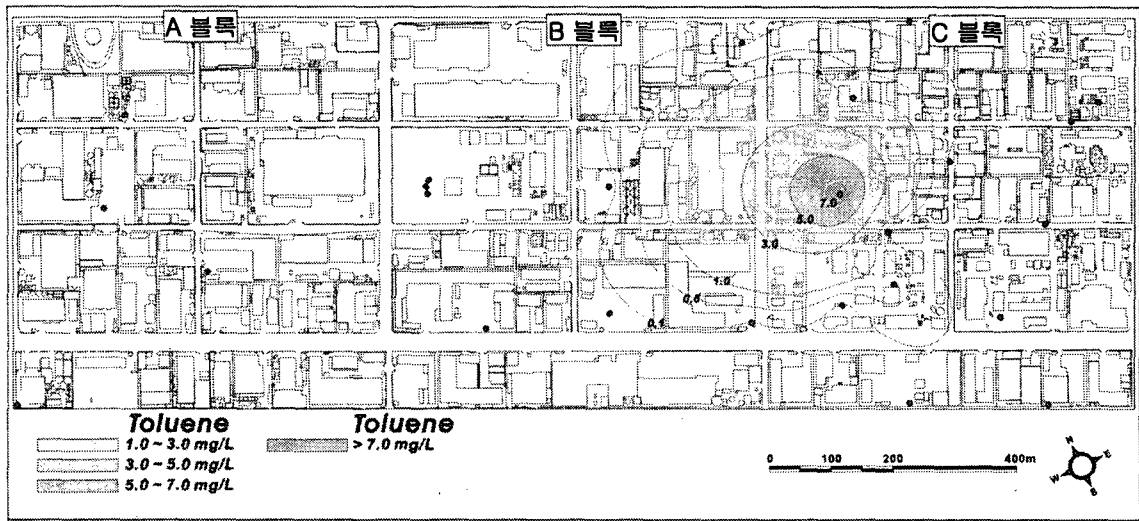


그림 5. 지하수 오염 현황 (톨루엔)

3) 조사결과 고찰

조사결과 토양과 지하수오염은 지리적인 상관성이 있는 것으로 나타났다. 또한 토양오염물질은 지하수의 흐름과 병행하여 보다 넓은 지역으로 확산되어있는 것을 알 수 있었으며, 지하수의 수질 분석결과에서 확인할 수 있듯이 오염된 지하수에는 다양한 유기용제가 검출된 것으로 나타났다. 오염지역에는 피혁제조 및 기계, 금속 가공업체가 입주하고 있으며, 검출된 오염물질은 이러한 업체에서 사용되고 있는 물질로 오염물질의 관리소홀로 인한 장기적인 영향에 기인한 것으로 판단된다. 오염물질이 토양에 누적되고 지하수의 유동에 의해 오염지역의 범위 또한 확산되었을 것이다.

4.결론

산업단지 오염도 조사결과 토양과 지하수의 오염은 깊은 연관성이 있는 것으로 나타났으며 유해화학물질을 사용하고 있는 업체의 경우 이러한 오염의 개연성이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

토양, 지하수오염은 장기적인 오염물질의 누적현상과 지하수의 유동에 의한 영향으로 비교적 넓은 지역에서 나타나는 것으로 확인되었고, 지하수의 유동의 경우 지리적인 영향이 큰 것으로 판단되었다.

오염지역에는 단일물질에 의한 오염이 아닌 여러 오염물질이 복합적으로 오염되어 있는 것으로 나타나 오염지역의 오염물질을 정화하기 위해서는 여러 오염물질에 대한 특성을 고려해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 한정상, 1998, 지하수 환경과 오염, 박영사.
- 2) Mark Dyer, 2003, Field investigation into the biodegradation of TCE and BTEX at a former metal plating works, *Engineering Geology*, 70(3-4), 321-329.