

# 퇴적층의 구성물질과 유류오염의 연관성 연구

협세영<sup>1)</sup> · 한중수<sup>2)</sup> · 정재열<sup>3)</sup> · 오방일<sup>4)</sup> · 김민철<sup>5)</sup>

## 1. 서 론

과거에 우리나라의 지속적 고도성장을 위한 개발위주의 정책과 환경에 대한 무지에서 비롯된 지하수 및 토양 오염이 현재 우리에게 주는 영향은 점점 더 커지고 있다. 과거에 지하수 및 토양오염은 주유소, 군대 주둔지역, 송유관으로부터의 유류 누출, 항공기 및 차량정비 지역, 쓰레기매립장, 그리고 유류제조 및 이송·저장시설에서 일어났다. 지금은 지하수 및 토양오염에 대한 관심이 높아지면서 이들 유류 오염지역의 복원·정화사업들이 진행되고 있다. 지하수·토양오염의 몇몇 사례를 보면, 파주 미군부대 연료 탱크 송유관 파손으로 인한 경유 유출 사건(2000. 8. 28), 동두천 캠프케이지 건축폐기물 불법매립 사건(1998. 2. 13), 왕방천 수질오염 사건(1997. 6), 강원도 원주 캠프이글에서 한강상수원에 10년간 폐유무단방류 사건(2000. 9. 25), 캠프 이글에서 상수원보호구역에 폐유 방류 사건(1994. 2. 24), 부산 하야리아부대 기름유출 사건(1999. 9. 27), 용산 미군기지로부터의 녹사평역 기름 유출사건(2001. 5. 31) 등이 있다. 유류에 의한 토양 및 지하수의 오염 사례는 앞으로 점점 더 많아질 것으로 보이며, 중요한 사회문제로 대두될 것으로 우려된다.

토양환경보전법 제12조(특정토양오염유발시설의 설치자에 대한 명령)에 의하면, 시장·군수·구청장은 특정토양오염유발시설의 설치자가 토양오염방지시설을 설치하지 아니하거나 그 기준에 적합하지 아니한 경우 또는 토양오염검사 결과 우려기준을 넘는 경우에 대통령령이 정하는 바에 따라 기간을 정하여 토양오염방지시설의 설치 또는 개선이나 당해 시설의 부지 및 주변지역의 토양오염의 정도가 우려기준 이내가 되도록 누출검사의 실시, 오염범위의 파악, 오염된 토양의 정화조치를 취할 것을 명할 수 있다고 되어 있다. 또한, 지하수법 제16조의3(지하수오염유발시설관리자에 대한 조치)에 의하면, 환경부장관 또는 시장·군수는 제16조의 2 제1항의 규정에 의한 수질측정 결과 지하수의 수질이 환경부령이 정한 기준에 적합하지 아니하게 된 경우에는 대통령령이 정하는 바에 따라 그 오염의 원인을 제공한 지하수오염유발시설관리자에게 지하수의 수질을 복원할 수 있는 정화작업 그밖에 필요한 조치를 하도록 명할 수 있다. 이와 같이, 우리나라에서는 지하수나 토양이 오염되었을 때는 지하수나 토양오염을 유발한 원인자가 오염된 지하수나 토양을 정화하도록 법적으로 규제하고 있다.

본 연구에서는 현재 오염토양복원이 완료된 부산시 남구 문현5동의 과거 육군 2정비창의 토양 및 지하수 오염이 복원되기 이전의 퇴적층의 구성물질과 유류오염의 관련성을 분석하였다.

---

**주요어:** 유류오염물질, 토양 오염, 총 석유계탄화수소(TPH), 실트질 양토

<sup>1)</sup>부산대학교 지질학과(hsy@pusan.ac.kr)

<sup>2)</sup>부산대학교 교육대학원(hienhan@hanmail.net)

<sup>3)</sup>부산대학교 지질학과(jjy@pusan.ac.kr)

<sup>4)</sup>농업기반공사 환경복원팀(obikorea@yahoo.co.kr)

<sup>5)</sup>농업기반공사 환경복원팀

## 2. 퇴적층의 분포 양상과 유류오염물질의 분포특성

연구지역(Fig. 1)의 퇴적층은 대체로 지표로부터 매립층, 상부 사질 양토(upper sandy loam), 모래층(sand), 실트질 양토(silty loam), 하부 사질 양토(lower sandy loam)로 구성되며, 이들의 평균 두께는 각각 2.0m, 0.5m, 0.5m, 0.5m, 1.0m이다. 연구지역 내의 남서쪽에서는 상부 사질 양토가 1.0m정도로 두껍게 나타나고, 북동쪽에서는 0.3m정도로 얇거나 나타나지 않는다. 모래층은 남서쪽에서 1.0m정도로 두껍고, 북동쪽에서는 거의 나타나지 않는다. 실트질 양토는 남서쪽에서 1.0m정도로 두껍고, 북동쪽에서는 0.3m정도로 얇거나 나타나지 않는다. 한편, 하부 사질 양토는 연구지역 내의 중앙에서 남서쪽으로만 1.0~2.0m정도로 두껍게 나타나고, 북동쪽에서는 나타나지 않는다.

연구지역내 퇴적층은 구성물질의 수직적 분포 상태에 따라 3가지 형태(Type 1 ~ Type 3)로 분류할 수 있다(한중수, 2004). Type 1의 대표적인 단면은 매립층, 상부 사질 양토, 실트질 양토, 하부 사질 양토 순으로 이루어져 있다(Fig. 1). Type 1은 지상 건축물에서 오염물질이 유래하며, 실트질 양토에 의해서 오염물질이 차단되는 양상이다. 매립층(두께 1.35~1.50m(평균 1.40m))의 TPH(총 석유계탄화수소) 농도는 12,447 ~ 24,586kg/mg(평균 17,420kg/mg)이다. 상부 사질 양토(두께 0.2 ~ 0.5m(평균 0.36m))의 TPH 농도는 10,195 ~ 11,095kg/mg(평균 10,700kg/mg)이다. 실트질 양토(두께 1.0 ~ 1.2m(평균 1.1m))의 TPH 농도는 61 ~ 455kg/mg(평균 194kg/mg)이다. 지표로부터 침투한 유류오염물질의 농도가 매립층에서 가장 높고, 수리전도도( $2.43 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ )가 비교적 높은 사질 양토까지는 확산되어 있으나, 수리전도도( $1.02 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ )가 낮은 실트질 양토에서는 확산되지 않고 있다.

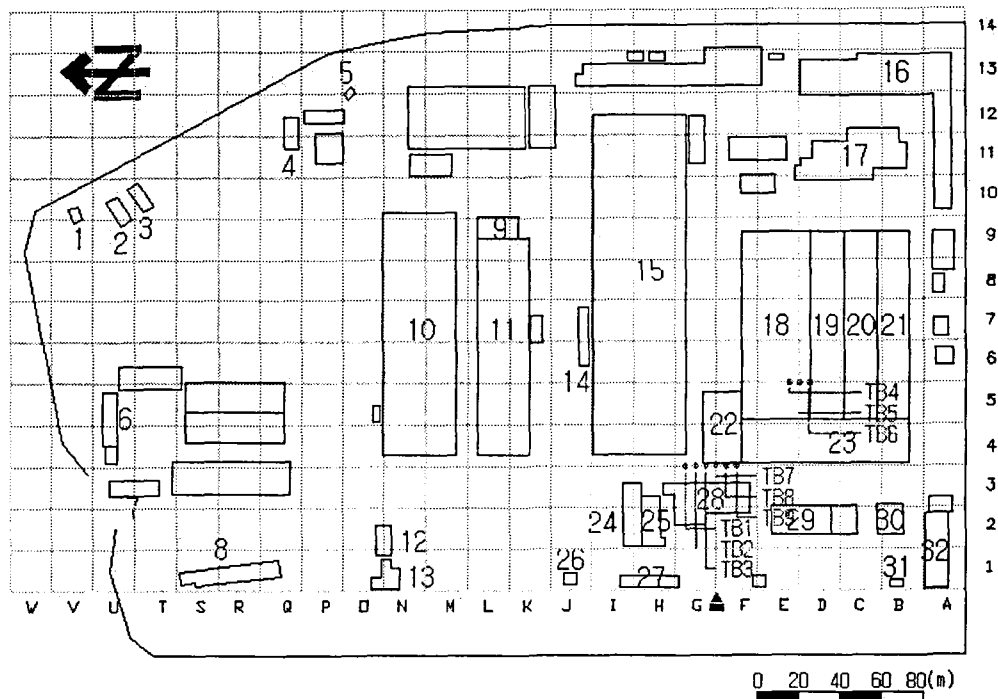


Fig. 1. Study area.

Type 2 단면은 지상의 건축물로부터 오염원이 유래하며, 모래층을 따라 오염물질이 확산

되는 양상이다. Type 2의 예로서 TB4-TB5-TB6단면이 있다(Fig. 2). TB6 공은 지표로부터 매립층, 모래층, 실트질 양토, 사질 양토로 이루어져 있다. 매립층(두께 1.66m)의 TPH 농도는 1,021kg/mg이다. 모래층(두께 0.6m)의 TPH 농도는 9,006kg/mg, 실트질 양토(두께 0.7m)의 TPH 농도는 52kg/mg이다. 또, TB6 공에서 5m 떨어진 TB5 공은 상부로부터 매립층, 상부 사질 양토, 모래층, 실트질 양토, 하부 사질 양토 순으로 이루어져 있다. 매립층(두께 1.27m)의 TPH 농도는 8kg/mg이다. 상부 사질 양토의 두께는 0.6m이며, TPH 농도는 6,123kg/mg이다. 모래층(두께 0.6m)의 TPH 농도는 7,698kg/mg이다. 실트질 양토의 두께는 0.9m이며, TPH 농도는 21kg/mg이다. 또, TB6 공에서 10m 떨어진 TB4 공은 매립층, 상부 사질 양토, 모래층, 실트질 양토, 하부 사질 양토 순으로 이루어져 있다. 매립층(두께 0.84m)의 TPH 농도는 87kg/mg, 상부 사질 양토(두께 1.0m)의 TPH 농도는 7,094kg/mg, 모래층(두께 0.6m)의 TPH 농도는 6,695kg/mg이다. 그리고 실트질 양토(두께 0.9m)의 TPH 농도는 105kg/mg이다. 따라서, TB6단면에서 매립층을 침투한 유류오염 물질이 수리전도도( $9.27 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ )가 비교적 높은 모래층 및 상부 사질 양토를 따라 TB5, TB4 쪽으로 확산되며, 수리전도도( $1.02 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ )가 낮은 실트질 양토에 의해서는 확산이 차단되는 양상을 보이는 것을 알 수 있다.

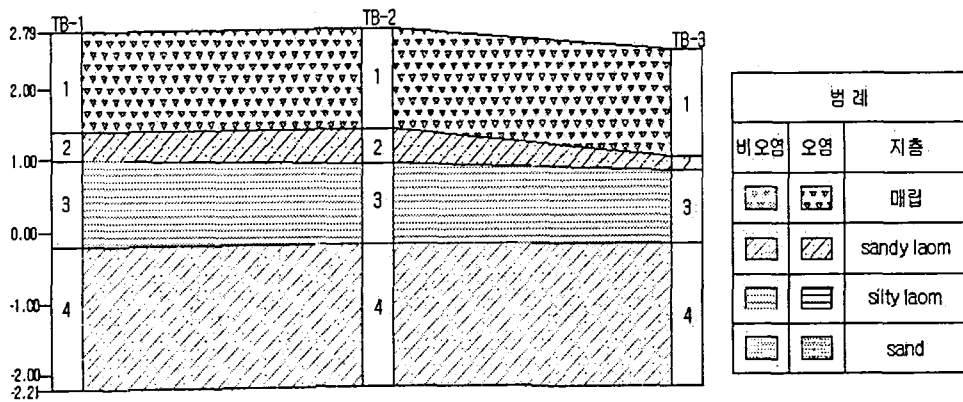


Fig. 2. Type 1 cross-section.

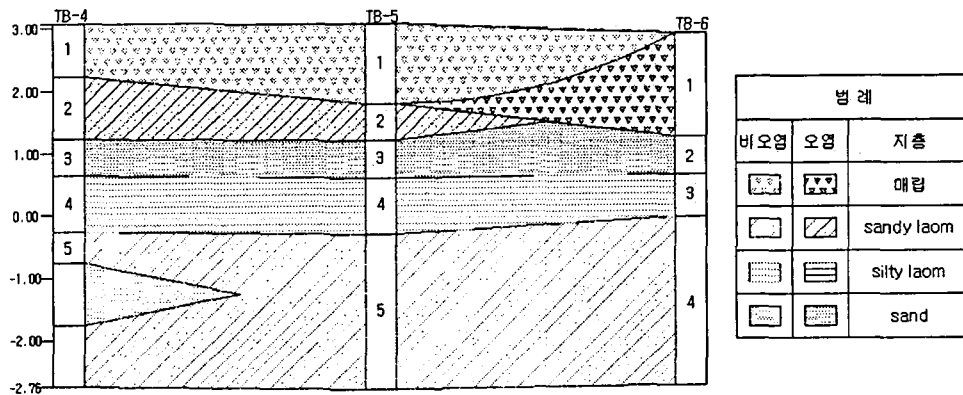


Fig. 3. Type 2 cross-section.

Type 3 단면은 오염원이 지상에 있지 않고 지하의 매설물(길이 5m, 폭 3m, 높이 0.8m)을 오염원으로 하는 형태이다. 그 예로서 TB7-TB8-TB9단면은 매립층, 실트질 양토, 하부 사질 양토로 구성되어 있고, 매립층과 실트질 양토 사이에 상부 사질 양토가 있다(Fig. 3). 그

리고 지하 0.8m에는 매설물(길이 5m, 폭 3m높이 0.8m)이 위치하고 있다. 매립층의 두께는 1.8m에서 2.15m(평균 2.0m)이며, TPH 농도는 8,736 ~ 9,967kg/mg(평균 9,555kg/mg)이다. TB7에서 상부 사질 양토의 두께는 0.3m이며, TPH 농도는 10,824kg/mg이다. 실트질 양토의 두께는 1.0m이며, TPH 농도는 266 ~ 359kg/mg(평균 304kg/mg)이다.

토양내 TPH의 수직적 분포범위를 보면 심도 1.2 ~ 2.2m이며, 평균 약 1.8m의 심도범위를 나타낸다.

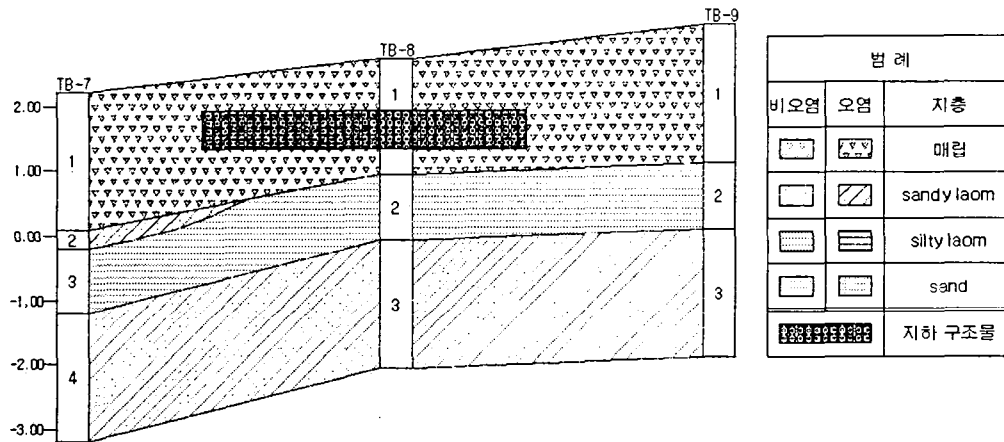


Fig. 4. Type 3 cross-section

### 3. 결 론

연구지역내 퇴적층의 유류오염 양상은 구성물질의 수직적 분포 상태에 따라 3가지 형태 (Type 1 ~ Type 3)로 분류할 수 있다. Type 1은 지표에 오염원이 존재하는 경우이며, 지표로부터 매립층, 상부 사질 양토, 실트질 양토, 하부 사질 양토 순으로 이루어져 있다. 지표에서 유래하는 유류오염물질이 매립층과 상부 사질 양토에서는 높은 농도를 보이고 있으나 실트질 양토에서는 낮다. Type 2는 지표에서 침투한 유류오염물질이 모래층을 따라 확산되는 형태이다. 대표적인 예를 보면, 지표의 매립층을 통해서 침투한 유류오염물질이 그 하부의 모래층을 따라서 지하로 확산되고 있으나, 그 하부의 실트질 양토에서는 농도가 급격하게 감소하는 양상을 보인다. Type 3은 오염원이 지하의 매설물로부터 유래하는 형태이다. 대표적인 예를 보면, 최상부 매립층내에 존재하는 매설물로부터 발생한 유류오염물질이 그 하부의 사질 양토까지는 확산되고 있으나, 사질 양토의 아래에 위치하는 실트질 양토에서는 유류오염물질의 농도가 급격히 감소함을 알 수 있다. 그러므로 본 연구지역에서는 실트질 양토가 유류오염물질의 오염범위를 결정하는 지층임을 알 수 있으며, 따라서 실트질 양토의 수평적, 수직적 발달범위를 상세히 파악하는 것이 오염토양의 범위를 알 수 있는 중요한 요소이다.

### 참고문헌

한중수, 2004, 유류오염지역의 수리지질 및 유류오염 특성 연구, 부산대학교 이학석사 학위 논문, 95p.