

# 지하수에서의 MTBE와 BTEX의 분포 및 거동 특성

박성숙<sup>1)\*</sup> · 윤성택<sup>1)</sup> · 김경호<sup>1)</sup> · 신호상<sup>2)</sup> · 유순영<sup>3)</sup> · 정성훈<sup>1)</sup>

## 1. 서론

Methyl *tert*-butyl ether(MTBE)는 1970년대 후반부터 휘발유 첨가제로서 사용되기 시작하여 전세계적으로 매년 2천만 톤 정도가 생산되어 왔다. 우리나라에서는 1984년부터 사용되기 시작하였고 1993년에 무연휘발유의 공급이 의무화되면서 사용이 급증하였으며, 휘발유에는 6.6-11.6 vol%로 혼합하여 사용하고 있다. MTBE는 수용성이 강한데, 수용해도는 25℃에서 51 g/L로서 탄화수소류 보다 30배 정도 높고 BTEX 보다는 200-1,600배 정도 크다(Jonson et al., 2000). 물에서 15-40 µg/L의 농도로도 냄새가 감지되며, 맛의 강도는 40-140 µg/L로 알려져 있다. 특히, MTBE는 물에 쉽게 용해되고 토양에 잘 흡착되지 않으며( $K_{oc} = 11.0-12.3$ ) 미생물에 의해 잘 분해되지 않는 성질이 있기 때문에, 지하 매질에서 다른 휘발유 성분보다 신속히 그리고 멀리 이동하여 공공 용수시스템이나 가정의 식수정을 오염시킨다. 또한, 폭기 또는 분해 과정으로도 잘 제거되지 않아 제거 비용이 많이 든다. 최근 MTBE의 사용이 급속히 확산되면서 일산화탄소의 감소에 따른 대기질의 개선에 기여하고는 있으나, 지하유류저장탱크(LUST)의 누출로 인한 토양 및 지하수의 오염 문제가 여러 국가에서 대두되고 있으며, 따라서 잠재유해성 관리라는 측면에서 MTBE의 관리 방안 마련이 요청되고 있다. EPA는 음용수 권고기준으로 20-40 µg/L을 제시하고 있다.

국내에서의 MTBE 연구는 미진하여 일부 주유소 주변을 대상으로 한 제한적 연구만이 수행되었을 뿐이다(정영희 등, 2000; 박용하 등, 2002). 최근 고경석 등(2004)은 유류오염부지 주변 지하수에서 최고 650 mg/L의 MTBE 오염을 보고하면서 MTBE의 오염원의 크기가 BTEX 보다 훨씬 큰데 이는 용해도와 흡착능의 차이에 기인하는 것으로 판단하였다. 그렇지만 국내 지하수 환경에서의 MTBE 배경농도와 오염확산에 관한 연구는 거의 전무한 실정에 있다. 이에, 본 연구에서는 지하수 내에서의 MTBE 오염 분포와 거동 특성을 BTEX와 대비하여 파악하고자 유류오염물질에 대한 화학 분석을 수행하고 모델링 기법 적용 연구를 수행하였다.

## 2. 연구 방법 및 결과

잠재오염원(주유소)이 분포하는 국내 3개 지역(농촌 지역 2개소, 도시지역 1개소)에 대하여 기존의 지하수 관정을 대상으로 MTBE, BTEX 및 유류오염물질의 생분해와 산화-환원에 관계되는 양/음이온의 농도 분포를 고찰하였다. 한 개 지역에 대해서는 오염물질 뿐 아니라 생분해 과정에서 소모되거나 생산되는 산소, 이산화탄소, 메탄, 호기성 및 혐기성 미생물, 그리고 에너지의 대류/분산/반응을 동시에 모의할 수 있는 CompFlow Bio 모델링을 수행하였다.

분석 결과, 연구 지역 지하수에서의 MTBE 농도의 중앙값은 0.44 ppb였다. 검출 빈도는 주유소 등 잠재적 오염원이 많이 분포하는 도시 지역에서 93%로서 농촌지역에 비해 높았다. 시기

---

주요어: MTBE, BTEX, 지하유류저장탱크, 이동 및 확산, 자연저감

1) 고려대학교 지구환경과학과 및 천부지권환경연구실 (email: styun@korea.ac.kr)

2) 공주대학교 환경교육과

3) Department of Earth Sciences, University of Waterloo, Canada

적으로 MTBE의 검출 지점은 반복성을 나타내었고 현격한 계절 변화를 보이지는 않았다. MTBE의 농도 분포 특성은 주요 이온 중 특히 염소 및 황산염 이온과 유사한 경향을 나타내었다. BTEX 중에는 톨루엔의 검출 빈도가 가장 높아 조사지점 중 대략 90% 이상이었으며, 최대 농도는 4.79 ppb였다. 에틸벤젠은 모든 지역에서 검출되지 않았고, 자일렌의 검출 빈도는 벤젠보다 낮은 경향을 보여주었다.

사질 층적층이 분포하는 농촌지역 1개소를 대상으로 MTBE와 BTEX 이동 확산에 대한 CompFlow Bio 모델링을 수행한 결과 현장 자료의 경향성과 대체로 일치하였다. 즉, 대수층에서의 MTBE 오염은 비교적 넓게 확산되었으나 BTEX는 생분해 및 산화에 따라 빠르게 저감되었다. BTEX 중에서는 톨루엔의 오염 확산이 가장 큰 것으로 나타났다. 따라서 유류오염 물질 중 MTBE는 자연저감율이 낮아 이동 확산이 빠르며, 주유소 내의 첨가 함량이 높아 검출 농도 및 빈도가 높은 것으로 확인되었다. 따라서 MTBE의 오염 특성을 효과적으로 해석하기 위해서는 해당 지역의 지하수계에 대하여 MTBE 뿐 아니라 BTEX의 확산 거동도 반드시 함께 비교 고찰해야 할 것이다.

#### 참고문헌

고경석, 전치완, 조춘희, 김통권, 2004, 유류오염부지 내 MTBE 분포 및 이동 특성, 한국지하수토양환경학회 2004년도 임시총회 및 추계학술발표회, p. 381-384.

박용하, 조종수, 김미정, 공성호, 박정규, 정충섭, 2002, 연료첨가제 MTBE의 위해성 및 관리 필요성에 관한 연구, 한국환경정책·평가연구원.

정영희 외, 2000, 미규제 미량유기오염물질 분석기법 개발에 관한 연구(II), 국립환경연구원.

Johnson, R., J.F. Pankow, D.A. Bender, C.V. Price, and J.S. Zogorski, 2000, MTBE - To what extent will past releases contaminate community water supply wells. Environmental Science & Technology, 34(9), 210A-217A.