

港湾底泥中トリブチルスズの環境動態に関する共同研究とその成果

港湾空港技術研究所・横浜国立大学

東洋建設(株)(旧 港空研依頼研修員・横国大)

横浜国立大学大学院

港湾空港技術研究所

正会員 ○小沼 晋

正会員 山崎 智弘

正会員 益永 茂樹

正会員 中村 由行

1. 緒言

'90年代後半まで船底塗料や漁網防汚剤に多く含まれていたトリブチルスズ(TBT)は、海洋生態系に多大な悪影響を及ぼすことが知られている有害化学物質である。船底や漁網から溶出・剥落し、港湾底泥に多量に存在するに至った TBT¹⁾の環境挙動は未だよくわかっていない。一方、港湾事業では、干潟・浅場造成や海底窪地埋め戻し等の環境修復事業への浚渫土砂の活用が進んでいる。浚渫土砂の生態系への安全性を評価²⁾するためにも、TBTの環境挙動の把握は重要な課題である。港湾空港技術研究所と横浜国立大学は過去4年にわたり、名古屋港での現地調査、吸着・脱着・巻き上げ・溶出・分解等の室内実験、ならびにモデル解析を共同で実施してきた(図1)。その成果を総括し今後の展望を述べる。

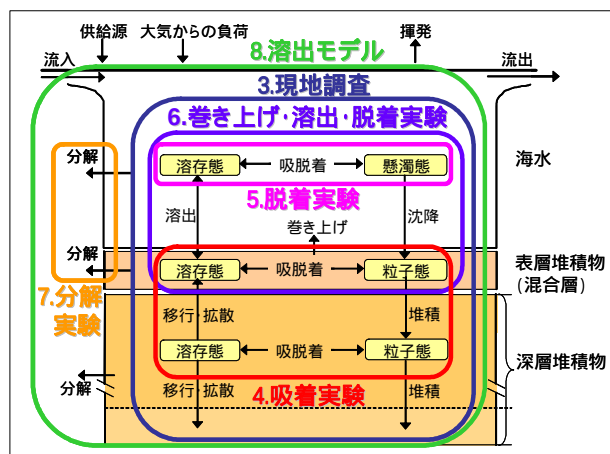


図1 環境動態を把握するための研究項目

2. 分析手法

多様な媒体・多検体に対応した TBT 分析手法の検討・最適化を行った。その結果、底泥試料はトルエン抽出、海水試料は Whatman GF/F で溶存態・懸濁態に分画後ヘキササン抽出を行い、大容量溶媒試料導入装置(GLサイエンス OPTIC2)を追加した GC-ICP-MS (Agilent 6890N + 7500c) を測定器とし、TBT・DBT(ジブチルスズ)・MBT(モノブチルスズ)を同時に分析することとした³⁾⁴⁾⁵⁾。底泥・懸濁態試料の TOC および C/N 比の分析には CN アナライザー (Thermo Finnigan FlashEA) を用いた⁶⁾。

3. 現地調査

2004年9月および2005年9月に名古屋港において採水および採泥を実施した。TBTの定量結果の一例を図2に示す。解析の結果、1) 名古屋港全域からの TBT の溶出フラックスは約 2~13g-Sn/day であると推定され、底泥が新たな汚染源として作用していること、2) 底泥中の TBT は分解のため減少が進んでいること、3) また陸域から DBT が新たに供給されている可能性があることが示された⁴⁾⁷⁾。

4. 吸着実験

TBTの海水と底泥粒子との基本的な分配特性を把握するために、様々な港湾底泥を用いた添加・吸着実験を行った(図3)。その結果、1) 港湾底泥への TBT の吸着は、有機物への吸着(疎水結合)が支配的であること、2) DBT 共存下では TBT の吸着阻害や、反対に TBT の多層吸着が起こる場合があること、3) 有機物が豊富な底泥では塩分・pHの影響は小さくなること、等の知見が得られた⁵⁾。

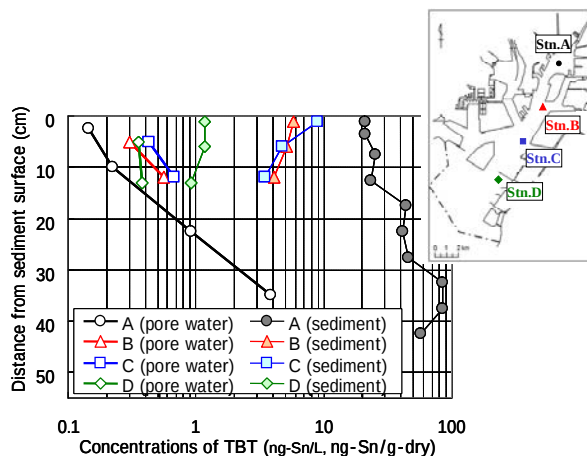


図2 名古屋港での底泥中TBT濃度(2005年)

キーワード トリブチルスズ, 底泥, 巻き上げ, 溶出, 分配係数

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1 横浜国立大学大学院環境情報研究院 E-mail: konuma@ynu.ac.jp

5. 脱着実験

名古屋港で採取した底泥と未汚染の人工海水とを混合し、スターラーで激しく攪拌する脱着実験を行った。その結果、1) 24 時間後に脱着していた TBT のうち 68～88% が 30 分以内に脱着を終えていること、2) 懸濁態 / 溶存態の分配比は底泥の TOC に依存し、本実験の SS 範囲では SS に依存しないことが明らかになった⁹⁾。

6. 巻き上げ・溶出・脱着実験

名古屋港で採取された未攪乱コア底泥を用いて巻き上げ・溶出・脱着が同時に起こる実験を実施した。底泥直上水を未汚染の人工海水に置換し、室素曝気、水温 18℃、暗条件で 80 時間静置後、堆積物上約 5cm に設置したプロペラで攪拌し、直上水中の溶存態 TBT 濃度の経時変化を測定した。その結果、直上水中に TBT を吸着する「吸着媒」が存在すると仮定すると、現象を良く説明できることが分かった⁹⁾。

7. 分解実験

豊浦標準砂に TBT・DBT・MBT を添加し、暗条件で約 500 日間、室温で静置して得た半減期はそれぞれ 157 日・52 日・1016 日であった¹⁰⁾。また、名古屋港から得られた底泥を暗条件で約 140 日間、15℃ で静置して得た TBT の半減期は約 150 日であった⁹⁾。

8. 溶出モデルによる解析

以上の実験結果ならびに既往研究¹¹⁾を元に、名古屋港における TBT の溶出モデリングを行った。その結果、名古屋港奥部（2005 年の表層 TBT 濃度：約 20ng-Sn/g-dry）での底泥表層の TBT 濃度は数年後には現在よりも数オーダー以上低下し、生態系に影響のない濃度レベルになる可能性が示唆された。また、いまだ高濃度で検出されている港湾においても、覆砂層の設置は溶出抑制に効果的であることが分かった¹⁰⁾。

9. 結言

TBT を対象とした現地調査および室内実験を行った結果、以上の結果を得た。今後われわれは、海域における生態系への影響を評価する手法を開発するとともに、同様な挙動を示すと考えられるダイオキシン類や PAHs 等の有害化学物質へこの手法を応用していく予定である。

参考文献

- 1) Nakamura, Y., Tanaka, Y. and Yasui M. (2002) Endocrine disrupting chemicals in the coastal sediments in Japan, In: *Characterization of Contaminated Sediments*, Ed. by M. Pellei et al., S1-1, 25-32.
- 2) 中村由行 (2006) 底質汚染評価のためのバイオアッセイ, 水環境学会誌, **29**, 8, 438-443.
- 3) 山崎智弘, 中村由行, 武井義之 (2006) アットカラム濃縮試料大量導入を用いた有機スズ化合物の分析, 第 15 回環境化学討論会講演要旨集, 644-645.
- 4) 山崎智弘, 中村由行, 益永茂樹 (2006) 港湾域における有機スズ化合物の存在特性と水中回帰に関する現地調査, 土木学会論文集 G, **62**, 3, 287-296.
- 5) 中村由行, 山崎智弘, 小沼 晋, 加賀山亨, 益永茂樹 (2006) 有機スズ化合物の港湾堆積物への吸着特性に関する実験, 港湾空港技術研究所報告, **45**, 印刷中.
- 6) 山崎智弘, 中村由行, 加賀山亨, 益永茂樹 (2005) 堆積物中に含まれる有機スズ類の水中回帰に関する現地調査, 海岸工学論文集, **52**, 971-975.
- 7) 山崎智弘, 中村由行, 益永茂樹 (2006) 有機スズ化合物の海水中的の懸濁粒子 - 水分配に関する現地調査, 用水と廃水, **48**, 11, 50-56.
- 8) Meador, J.P. (2000) Predicting the fate and effects of tributyltin in marine systems, Rev. Environ. Contam. Toxicol., **166**, 1-48.
- 9) 石渡恭之, 山崎智弘, 中村由行, 小沼 晋, 益永茂樹 (2007) トリブチルスズ化合物の港湾堆積物から直上海水への回帰に関する実験, 第 41 回日本水環境学会年会講演集, 印刷中.
- 10) 山崎智弘 (2006) 港湾域における有機スズ化合物の環境動態に関する研究, 横浜国立大学大学院環境情報学府博士論文.
- 11) 山崎智弘, 中村由行 (2004) 表層混合層と再懸濁層を考慮した化学物質の堆積物中鉛直分布モデル, 海岸工学論文集, **51**, 976-980.

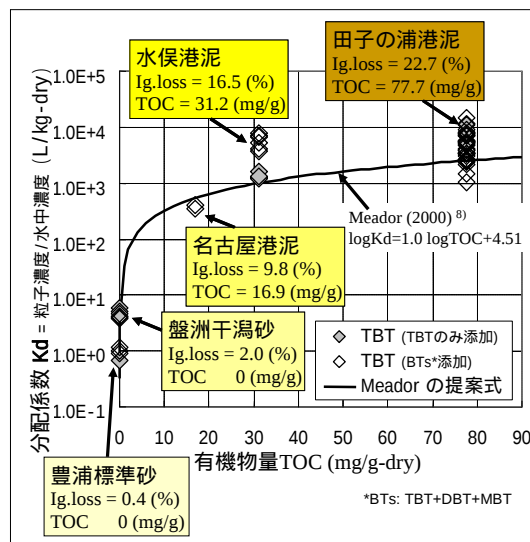


図3 底泥5種の TOC と分配係数