

有機スズ (TBT) を含む海底土の凝集沈殿特性について

九州大学工学部	学生会員	杉町仁美
九州大学大学院	非会員	岡峰奈津美
福岡市保健環境研究所	非会員	中牟田啓子
九州大学工学研究院	正会員	神野健二

1. はじめに

TBT(トリブチルスズ)は、船底や魚網に魚介類が付着するのを防ぐ防汚剤として 1960 年代半ばから世界中で長年使用されてきた。しかし近年 TBT は 100 種以上ある環境ホルモンの一つであり、内分泌攪乱作用により二枚貝などの生殖異常現象や海域での産卵数の減少を引き起こす原因であることが明らかになってきた。1998 年環境省により「環境ホルモン戦略計画 SPEED' 98²¹⁾」が作成され、人の健康および生態系に重大な影響を及ぼす有害な環境ホルモンとして優先してリスク評価に取り組む 8 物質に TBT が含まれた。また、2001 年には IMO(国際海事機関)により「TBT を含む有機スズ系船舶用塗料の使用規制に関する条約²²⁾」が採択されている。

TBT は 1 ng/L 程度の低濃度で環境ホルモン作用の疑いがもたれており、また難分解性であるため早急な除去工法の開発が必要となっている。しかし、現在 TBT 含有海底汚泥の適切な処理方法の検討に関する研究はあまり行われていない。そこで本研究では、処理工法として凝集沈殿・膜ろ過・砂ろ過・活性炭吸着を考え、その初期段階における効率の高い凝集沈殿法についての基礎的知見を得るため、4 種類の凝集剤について検討した。

2. 実験方法

①試料および凝集剤

泥試料として長崎県 A 漁港海底より採取した底泥をもちいた。この底泥の性質は含水比 67.0%、強熱減量 9.8%であった。底泥を希釈するために博多湾より採取した海水を用いた。実験に使用した凝集剤は、鉄系凝集剤として PSI-050、PSI-100 (鉄シリカ無機高分子凝集剤、数字はシリカに対する鉄の割合)と塩化第二鉄、アルミニウム系凝集剤として PAC (ポリ塩化アルミニウム)である。なお、注入量はそれぞれ 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3 ml とした。

②ジャーテスト

10g の底泥に海水を加え 1L としたものをよく攪拌させ凝集剤を添加した (混合液 1)。ジャーテストの攪拌条件は 150rpm で 1 分間、静置 30 分間とした。静置後上澄みの濁度および pH を測定した。また 20g の底泥に海水を加え 500ml としたのものにも同様の手順で凝集剤を添加し 30 分間静置させた。静置中の上澄みと沈殿物の境界面高さの時間変化を測定した。

③GC-MS による TBT 分析

混合液 1 の静置後の上澄み 200ml 中に含まれる有機スズを誘導体化し有機溶媒に抽出した後、最終的に 0.2ml まで濃縮し GC-MS (ガスクロマトグラフ質量分析装置)を用いて分析を行い TBT 濃度を算定した。

3. 実験結果と考察

まず、凝集剤の注入量に対する 30 分静置後の残留濁度を図 1 に示す。なお、各点における pH 値を数字で示している。これより、凝集剤はそれぞれ最適注入量もち、最も濁度を減少させた PAC では注入量 0.03ml のとき濁度 0.88 であった。ここで、凝集剤を入れていない場合 (ブランク) の攪拌後の濁度は 654、30 分静置後の上澄みの濁度は 16.6 であった。

次に凝集剤の注入量と上澄み液の残留 TBT 濃度の結果を図 2 に示す。これより、凝集剤注入量が大い部分では TBT 濃度が高くなっていることがわ

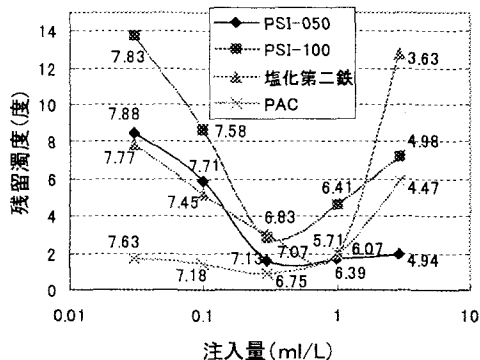


図 1 凝集剤注入量と残留濁度

かる。これは凝集剤を添加したことにより pH が低下し、底泥から TBT が溶出してきたためであると思われる。そこで pH の影響の小さい注入量 0.3ml/L 程度以下の範囲において見てみると PSI-050 や塩化第二鉄は濁度を減少させている (図 1) にもかかわらず TBT 濃度の低下はほとんど見られなかった。また、他の凝集剤に比べあまり濁度がおちなかった PSI-100 は TBT 濃度減少に効果的であることもわかった。結果として、濁度の低いところで TBT 濃度は低くなっているものの、濁度と TBT 濃度の明確な相関性は確認できなかった。一方図 2 より、塩化第二鉄および PAC と比較して PSI は注入量が増えても TBT が液層に溶出しにくいと考えられる。そのため、注入量が変動しやすい実用段階において安定した処理を行うには PSI が最も有用である。

実際に凝集沈殿後に活性炭吸着を行ったと考えた場合、規制濃度 2ng/L を満足する活性炭装置の長さを 2 種類の流速においてそれぞれ算出³⁾した結果を表 1 に示す。このことより凝集剤として PSI-100 を用いた場合の活性炭長さが最も短くて済み、コストの面からもその有用性が確認できる。

図 3 に凝集剤注入後の上澄みと沈殿物の境界面高さの時間変化を示す。注入量は濁度試験と TBT 濃度試験において効果的であった 0.03ml/L をとった。なお、高さは明確な境界面が現れてから測定し始めた。また、図 3 の結果より算出した沈降速度の時間変化を図 4 に示す。この実験結果より流速を仮定した場合の沈殿池のスケールおよび除去率を予測することができ、実際の処理施設への適応が可能となった。

4. おわりに

濁度試験の結果では PAC の高い凝集効果が得られた。しかし、処理水・処理残土の規制値以下での無害化処理を最終的な目標としていることを考慮すると、PSI はアルミニウムを含まない鉄系凝集剤であるため環境への負荷が小さく大きな可能性があるといえる。TBT 濃度実験では実際の処理に要するコスト面から PSI-100 の有用性が明らかになった。

謝辞：本研究を行うに当たり、福岡市保健環境研究所の方々には実験場を提供していただくとともに、数々の有益な助言をいただきました。また近藤亀次氏、九州大学農学研究院大嶋雄治助教および水道機工の方々には試料提供をしていただきました。ここに記して感謝の意を表します。

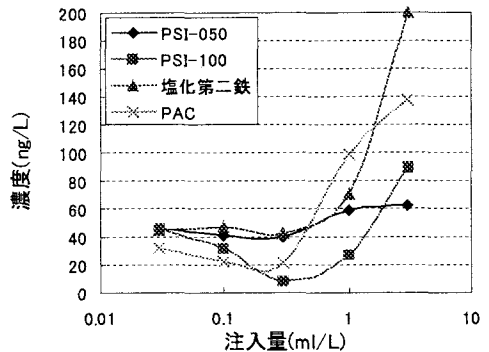


図 2 凝集剤注入量と残留 TBT 濃度

表 1 TBT 濃度 2 ng/L を達成するために必要な活性炭長さ

凝集剤	流速(cm/sec)	活性炭長さ(cm)
PSI-050	0.05	177.69
	0.15	533.07
PSI-100	0.05	88.62
	0.15	265.85
塩化第二鉄	0.05	181.49
	0.15	544.46
PAC	0.05	142.10
	0.15	426.29

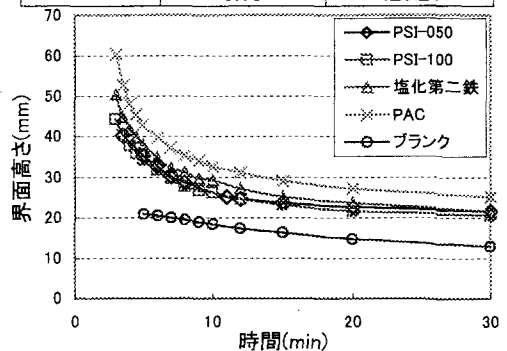


図 3 界面高さの時間変化

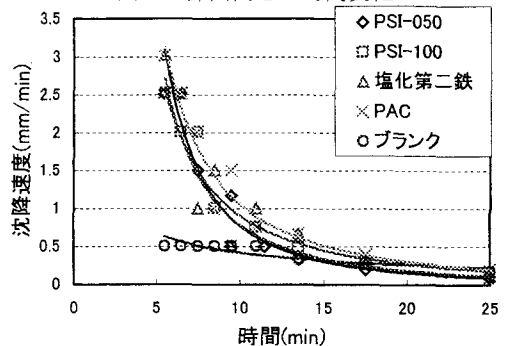


図 4 沈降速度の時間変化

参考文献

- 1) 環境省：環境ホルモン SPEED 戦略'98, 1998. 5.
- 2) IMO (国際海事機構)：TBT 等を含む有機スズ系船舶用塗料の使用規制に関する条約, 2001.10.
- 3) 岡峰奈津美ら：TBT 含有海底汚泥の陸上装置による一連の除去工法に関する研究, 平成 14 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.B88-B89, 2003.3.