

研究課題名：水道におけるフタル酸ジ-2-エチルヘキシルの濃縮機構等に関する研究

主任研究者：所属機関 国立保健医療科学院

氏名 国包章一

1. 研究目的

本研究事業では、水道の浄水施設におけるフタル酸ジ-2-エチルヘキシル等の浮上濃縮機構を明らかにし、水道管からの溶出特性等を含めてフタル酸ジ-2-エチルヘキシル等による水道水の汚染機構につき総合的に評価することによって、より安全な水道水を確保するための適切な技術施策のあり方を明らかにすること、並びに、タール系樹脂塗装管からの多環芳香族化合物等の溶出特性、多環芳香族化合物の残留塩素との反応特性、及び、これらの反応生成物を含めた多環芳香族化合物のエストロゲン様活性につき明らかにすることを目的とする。

2. 研究計画の進捗状況及び得られている成果

(1) 浄水場におけるフタル酸ジ-2-エチルヘキシル等による汚染実態に関する検討

水道原水中に含まれるフタル酸エステル類は、浄水処理によってある程度まで除去され、沈殿汚泥やスカム¹等浮上物質に高濃度に蓄積されること、並びに、そのときの浮上物質中の濃度は沈殿汚泥中の濃度よりも高いことを、全国の浄水場 11ヶ所を対象とした調査で明らかにした。さらに、調査対象浄水場をこのうちの4ヶ所に絞って行った3ヶ月間にわたる月1回の詳細調査では、前記の結果を再確認するとともに、フタル酸エステル類の各試料中における濃度変動や、その浄水処理及び排水処理過程におけるマスバランスについても検討し、浮上物質への移行量は沈殿汚泥等への移行量に比べてはるかに少ないことを明らかにした。

(2) 浄水場におけるフタル酸ジ-2-エチルヘキシル等の浮上濃縮機構に関する検討

浄水場におけるスカム生成機構に着目し、水中のフロック²に微細気泡が付着して浮上し最終的にスカムが生成される過程で、フタル酸エステル類が吸着・濃縮されることを想定して、人工濁水を用いてジャーテスト(凝集試験)しながら微細気泡を含む加圧水を注入する実験を行ったところ、フロックの成長度が高いほどまた凝集剤注入量が多いほどスカム発生量が多くなることが認められた。

(3) 浄水場における浮上物質、汚泥等のエストロゲン様作用の評価に関する検討

MVLN アッセイ及びNRL アッセイ試験により、浄水場において発生するスカム、沈殿汚泥等には弱いエストロゲン様活性が見出された。一方、酵母 Two-Hybrid 法による試験結果から、スカム、沈殿汚泥等、並びに、フタル酸エステル類には、エストロゲン様活性阻害作用が認められた。

(4) 水道用タール系樹脂塗装管等からのフタル酸ジ-2-エチルヘキシル等の溶出特性に関する検討

現在新たに使用されていないが以前は広く使用されていた水道用タールエポキシ樹脂塗装管等を用いて、フタル酸エステル類、ノニルフェノール、ビスフェノール A 及び多環芳

¹ 水中の懸濁物質等が浮上して水表面にできる膜状の浮きかす(浮渣)

² 浮遊粒子が凝集して沈降しやすい塊となったもの

香族炭化水素の溶出量の経時変化を明らかにするための長期連続通水実験を行った。この結果、通水開始後初期においては、フタル酸ジ-n-ブチル、ノニルフェノール、ビスフェノール A、フルオランテン等の溶出が認められたが、その後時間経過とともに溶出量は減少し、通水開始後 6 ヶ月を経過した時点ではフルオランテンを除いてほとんど溶出が認められなくなった。

(5) タール系樹脂塗装からの浸出水等に関するエストロゲン様作用の評価に関する検討

タール系樹脂塗装試験片を供試体とする溶出試験で得られた浸出水は、MVLN アッセイ及び NRL アッセイのいずれの試験においてもエストロゲン様作用が認められた。また、溶出試験に用いる供試水にあらかじめ塩素を添加した場合についても実験して、その有無による違いを比較した場合、MVLN アッセイではその影響が認められなかったが、NRL アッセイでは塩素が存在しない場合の方がエストロゲン様活性が高かった。

(6) 多環芳香族炭化水素の塩素反応性及びその塩素処理水の Ah レセプター結合活性の評価に関する検討

多環芳香族炭化水素の中には、Ah レセプター結合活性が高いものがあり、例えばベンゾ(a)アントラセン-7,12-ジオン及びベンゾ(a)アントラセン は TCDD の約 1/10 であることを明らかにした。さらに、多環芳香族炭化水素の一種であるピレンは、水中で塩素と反応してその塩素化物が生成されること、また、この反応の際に臭化物イオンが共存すると、反応速度が速まり臭素化物も生成されるようになるだけでなく、Ah レセプター結合活性が反応前よりはむしろ高くなることなどを明らかにした。

3. 今後の予定

- (1) 浄水場におけるフタル酸エステル類による汚染実態に関して、3 浄水場を対象にさらに 3 ヶ月間継続して詳細調査を実施し、2 年度目分と併せて連続 6 ヶ月間にわたる調査結果として取りまとめる。
- (2) 浄水場におけるフタル酸エステル類の浮上濃縮機構に関して、室内実験等により引き続き検討する。また、大気中からのフタル酸エステル類の降下の可能性等についても、現場調査を行って検討する。
- (3) 浄水場におけるスカム等浮上物質の適切な除去技術につき、現場実験等により検討する。
- (4) 浄水場における浮上物質、汚泥等のエストロゲン様作用につき、これまでに得られている試料等を用いて引き続き検討する。
- (5) 水道用タール系樹脂塗装管を用いた連続通水実験を、約 2 年後目までを目処に継続して実施し、フタル酸エステル類、ノニルフェノール、ビスフェノール A 及び多環芳香族炭化水素の溶出量の経時変化を明らかにする。
- (6) タール系樹脂塗装試験片からの浸出水等に関するエストロゲン様作用につき、これまでに得られている試料等を用いて引き続き検討する。
- (7) 多環芳香族炭化水素の水中における塩素との反応につき室内実験を引き続き行い、反応速度、反応経路と反応生成物の化学構造、反応生成物の Ah レセプター結合活性等につき検討する。

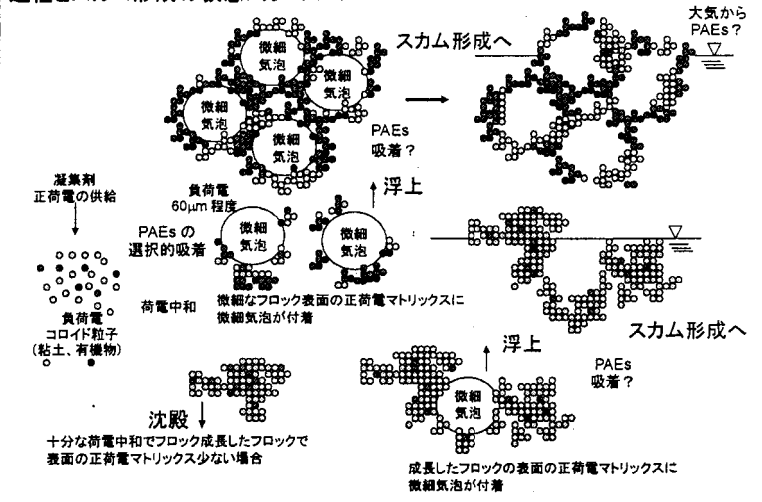
既往知見

1. フタル酸エステル類による水道原水の汚染
2. 浄水処理によるフタル酸エステル類の除去
3. スカム等浮上物質のフタル酸エステル類による高濃度汚染
4. 水道管(タール系樹脂塗装管を除く)からの各種内分泌攪乱化学物質の溶出可能性
5. 水中におけるノニルフェノール、ビスフェノール A 等の塩素との反応特性

研究内容

1. 浮上物質のフタル酸エステル類による汚染は普遍的な現象か?
2. 浄水処理過程におけるフタル酸エステル類のマスバランスは?
3. フタル酸エステル類の浮上濃縮機構は?
4. 浄水場における浮上物質の適切な除去方法は?
5. 浮上物質、汚泥等のエストロゲン様活性は?
6. タール系樹脂塗装管からのフタル酸エステル類、多環芳香族炭化水素等の溶出特性は?
7. タール系樹脂塗装管浸出水のエストロゲン様活性は?
8. 多環芳香族炭化水素のエストロゲン様活性は?
9. 水中における多環芳香族炭化水素の塩素との反応特性は?
10. 多環芳香族炭化水素の塩素との反応生成物のエストロゲン様活性は?

集塊化したコロイド粒子や成長したフロクに微細気泡が付着する過程とスカム形成の仮想メカニズム



研究方法

[実態調査]

汚染状況、マスバランスなど

[現場実験]

溶出特性、除去技術など

[室内実験]

浮上濃縮機構、溶出特性、エストロゲン様活性(MVLN アッセイ、NRL アッセイ、酵母 Two-Hybrid 法、Ah レセプター結合活性)など

安全な水道水を確保するための適切な技術施策の確立