

北海道大学工学部 衛生工学科

正会員 丹保 憲仁 亀井 翼 学生会員 ○伊藤 雅喜

1. はじめに

フミン質は水道原水中に含まれる普遍的な有機物であり、かつ量的主体をなすものである。フミン質は塩素消毒によって生成するTOX・THMの前駆物質で、従来の急速ろ過システムでは十分に除去しえず、活性炭吸着処理を必要とする。したがって、原水中の異臭味等の微量有機成分の吸着は常にフミン質が主成分として存在している下で進行すると考える必要がある。本研究では上水の吸着処理の主成分である、自然系、下水系のフミン質類の吸着特性を明らかにする。また一般有機成分の内、生物代謝成分としての多糖類がフミン質と共存している場合がしばしばあるので、その影響についても検討を加えた。

2. 吸着試験と試料水

吸着平衡と速度試験を共に500mlの三角フラスコを反応容器とし、恒温振とう培養器を用いる回分式実験で行なった。所定時間振とう後、活性炭をろ別しTOCと紫外部260nm吸光度(E260)を測定した。E260をフミン質の指標とし、TOC/E260比から丹保・亀井の方法でE260非発現性有機成分(多糖類等)の存在比を推定した。活性炭は米国カルゴン社のFiltrisorb-400(粒径0.35-0.42mm, みかけ密度 $\rho_s = 0.675 \text{ g/cm}^3$, 空隙率 $\varepsilon = 0.645$)を使用した。

試料水は、溶存成分のほとんどがフミン質類と考えられる泥炭地水と、生物代謝成分の多糖類がフミン質類に共存している場合の例として、下水の活性汚泥に好気性処理の上澄水の二種類を用いた。浄水場での吸着プロセスが、凝集沈殿・砂ろ過に後置されることを考慮し、上記の原水を凝集処理したものを吸着原水とした。表-1に吸着原水の性状を示す。

	泥炭地水 凝集処理	生物代謝成分 凝集処理
TOC(mg/l)	5.5	25.2
E260(5cm)	0.545	0.560
TOC/E260	50.5	223
pH	6.18	7.03
E. C. ($\mu\text{S/cm}$)	401.0	974.5

表-1 吸着原水性状

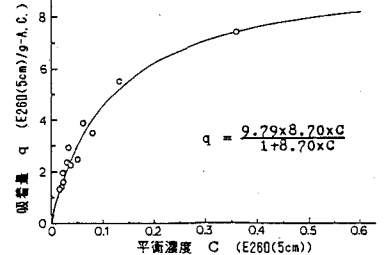


図-1 泥炭地水吸着等温線

3. 吸着等温線

泥炭地水と生物代謝成分を含む水について吸着平衡試験を行なった結果を吸着等温線として示すと図-1, 2のようになる。生物代謝成分の吸着等温線はE260(5cm)が0.045といった値になるまで吸着量を示さず、活性炭に吸着しないE260発現性有機物があることを示唆する。多糖の一部にフミン質様の構造が存在しているような形が考えられる。このE260発現性の非吸着成分を除外して吸着等温線を描くと、両試料水ともラングミュア型吸着等温式で示すことができる。最大吸着量 q_{max} は泥炭地水と生物代謝成分についてそれぞれ、9.79と6.20 (E260(5cm)/g-A.C.)であり、前者が後者よりも50%程度大きな値を示している。

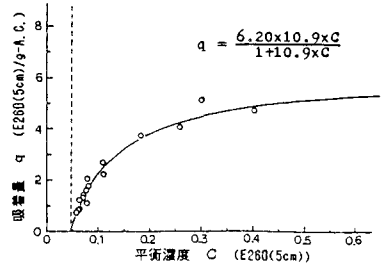
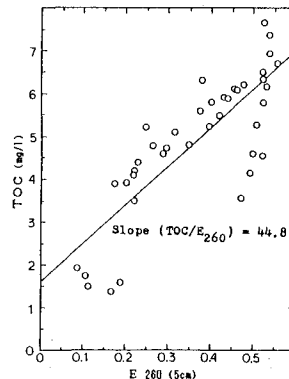
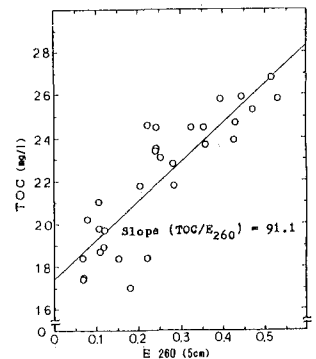


図-2 生物代謝成分吸着等温線

4. ゲルクロマトグラフィーによる成分挙動の検討

泥炭地水と生物代謝成分を含む水の吸着前後のゲルクロマトグラムを図-5~8に示す。吸着後のサンプルはいずれも活性炭添加量1.0g/lで、吸着平衡到達後のものである。吸着前の両原水のクロマトグラムを比較すると、画群1のE260非発現性成分の存在比が大きく異なるのみで、他の成分は同等の水質と見ること

図-3 吸着過程におけるE260とTOCの相関
泥炭地水図-4 吸着過程におけるE260とTOCの相関
生物代謝成分

が出来る。吸着前後のクロマトグラムより、E260発現性成分がほぼ全て吸着除去されているのに対し、画群2以後に僅かながら存在しているE260非発現性成分については良好な吸着除去が期待できないことがわかる。

画群1の減少については微生物分解の進行による高分子多糖類の減少も考えられるが、多くの部分はTraubeの法則に従い吸着されたと考えられる。図-3、4は吸着の全過程で測定されたTOCとE260(5cm)の相関をとったものである。泥炭地水ではTOC/E260比(E260は1cmセル換算)が44.8でありフミン質類のそれと対応する。生物代謝産成分ではTOC/E260比が90であり、フミン質類のTOC/E260比が40~50であることを考慮するとE260発現性成分と非発現性成分がほぼ同程度ずつ吸着されたことを示している。生物代謝産成分のE260の平衡吸着量が泥炭地水に比して低くなっているのは、上述のようにE260非発現性成分との競合によるものと考えることができる。

5. 吸着速度特性

回分式吸着速度試験結果より、湯浅・丹保によって示された、液膜-細孔表面拡散モデル(F-Sモデル)²⁾を用いて計算を行ない、フミン質の細孔表面拡散係数 D_s を求めた。両試料水とも表面拡散律速に近い状態にある極めて表面拡散速度の遅い成分である。両原水とも表面拡散係数 D_s は $5 \sim 9 \times 10^{-11}$ (cm²/sec)であり、実用的には疑似単成分として扱ひ得る。各原水について平均的な D_s と膜物質量移動係数を用いた計算結果を図-9、10に示す。過去に行なわれた丹保・湯浅の結果との対比計算により、フミン質の吸着速度は両原水ともほぼ同じで、フェノールの1/100程度、界面活性剤であるDBSの数倍程度の大きさである。(図-11)

参考文献

- 1) 丹保・亀井 水道協会雑誌 第530号 処理性評価のための水質変換マトリックス(I)
- 2) 丹保・湯浅 水道協会雑誌 第520号 活性炭吸着プロセスの動力学(II)

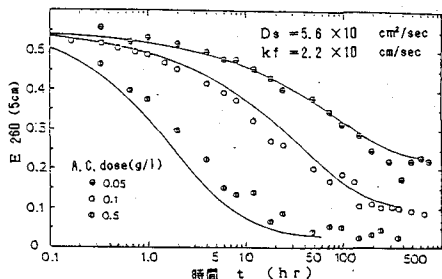


図-9 F-Sモデルによる計算結果と実験値 (泥炭地水)

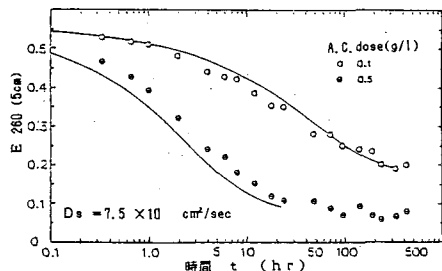


図-10 Sモデルによる計算結果と実験値 (生物代謝産成分)

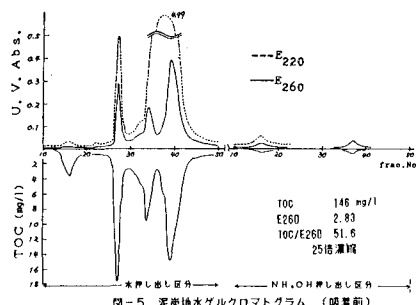


図-5 泥炭地水ゲルクロマトグラム (吸着前)

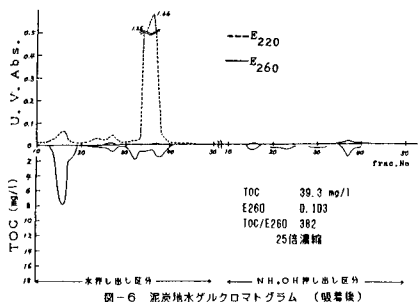


図-6 泥炭地水ゲルクロマトグラム (吸着後)

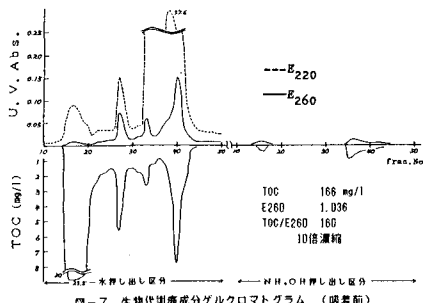


図-7 生物代謝産成分ゲルクロマトグラム (吸着前)

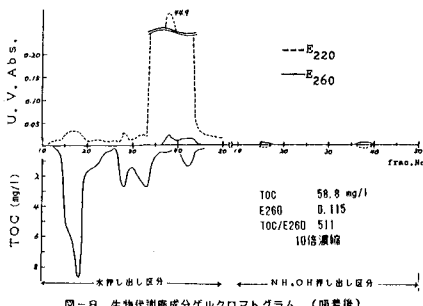


図-8 生物代謝産成分ゲルクロマトグラム (吸着後)

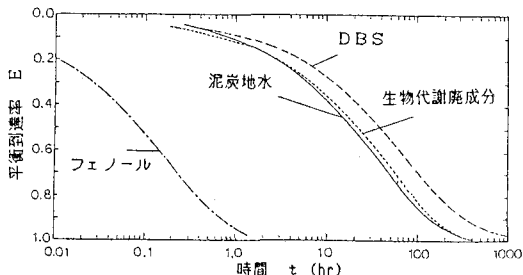


図-11 吸着速度の比較