

図 3-3-222 入口 TOC と出口 TOC の関係

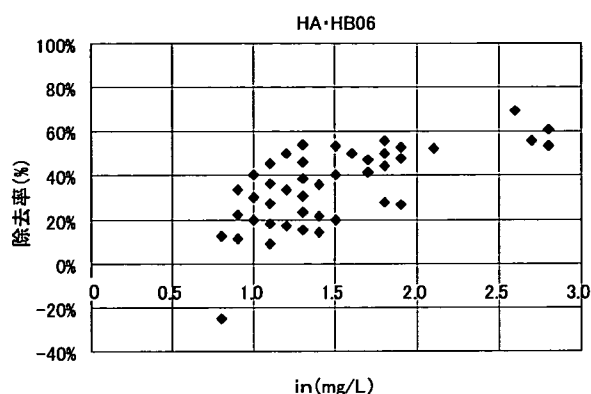


図 3-3-223 入口 TOC と除去率の関係

3) まとめ

①プロセス毎の解析結果のまとめ

収集データより得られたプロセス毎の入口-出口の最大値、平均値、入口濃度に対する除去率を表 3-3-115 にまとめる。凝集沈澱プロセス (②③)、緩速ろ過プロセス (⑧) と活性炭プロセス (⑨⑩⑪) において、一定の除去効果があることが分かる。但し、凝集+急速ろ過プロセス (⑥) のように前段のプロセスの影響で除去率が低くなっていると考えられるものもあるので、前段のプロセスによって除去率が多少変わることは考えられる。

表 3-3-115 プロセス毎の TOC の除去性

| 浄水プロセス | 入口 (mg/L) | | 出口 (mg/L) | | 除去率 (%) | | データ数 (浄水場数) |
|-----------|-----------|-----|-----------|-----|------------|---------------------|----------------|
| | 最大値 | 平均値 | 最大値 | 平均値 | 全データ 平均 | 浄水場別データ (平均) 注 1 | |
| ①生物処理 | 5.9 | 3.0 | 4.6 | 2.6 | 14 | 7~19 (14) | 908 (6) |
| ②凝集沈澱 | 6.6 | 1.6 | 2.3 | 1.2 | 29 | 20~58 (35) | 1114 (14) |
| ③前塩素+凝集沈澱 | 2.7 | 1.1 | 1.3 | 0.7 | 31 | 21~43 (31) | 143 (12) |
| ④急速ろ過 | 1.0 | 0.7 | 1.1 | 0.7 | 5 | -5~11 (4) | 90 (5) |
| ⑤中塩素+急速ろ過 | 1.5 | 0.7 | 1.4 | 0.6 | 9 | 0~43 (9) | 367 (19) |
| ⑥凝集+急速ろ過 | 1.8 | 0.9 | 1.3 | 0.8 | 7 | 6~9 (7) | 170 (3) |
| ⑦オゾン+急速ろ過 | 2.3 | 1.3 | 1.7 | 1.0 | 21 | 20~21 (21) | 677 (2) |

| | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|----|---------------|--------------|
| ⑧緩速ろ過 | 2.9 | 1.1 | 1.3 | 0.6 | 40 | 15～51 (34) | 55 (4) |
| ⑨粒状炭 | 3.6 | 2.0 | 1.9 | 1.1 | 42 | 35～48 (42) | 1286 (5) |
| ⑩オゾン+粒状炭 | 2.3 | 1.1 | 2.2 | 0.8 | 27 | 17～41 (28) | 1471 (11) |
| ⑪粉末炭+凝集沈澱 | 2.8 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 35 | 21～46 (34) | 66 (4) |

注1：浄水場別データとは、解析に使用したデータを浄水場ごとに分け、浄水場としての平均除去率を計算したもので、平均値の範囲とその平均値を（）で示した。特異なデータが多数ある場合に、データを平準化するために採用する。

4) フロー解析結果との比較

プロセスを組み合わせた場合の計算上の水質が、同じ浄水フローのフローデータ解析結果と同程度の値となるか確認する。TOCについては、プロセス毎の解析結果から表 3-3-116～表 3-3-118 に示す浄水フローの検証を行った。浄水フローの想定値を計算する場合には、想定される入口濃度に対して平均除去率を用いて推定する。表 4-1～表 4-3 の結果から、「凝集沈澱」、「急速ろ過」、「凝集+急速ろ過」、「粒状炭」、「オゾン+粒状炭」、「粉末炭+（前）塩素+凝集沈澱」のプロセスは基本フローデータの比較から、解析の妥当性が認められた。プロセスを組み合わせることにより新たな浄水フローを検討する場合の浄水水質予測の参考データとして使用可能であると判断される。

表 3-3-116 フロー解析結果との比較（基本フロー2-1a）

| プロセスの組み合わせ | 浄水フロー |
|---|---------------------------------------|
| 「凝集沈澱 (BA)」 + 「急速ろ過 (CA)」 | 基本フロー2-1a |
| Step 1 (数値の拾い出し) | |
| プロセスデータ (水質最大値の拾い出し) (BA) 原水最大値 6.6mg/L →沈澱水最大値 2.3mg/L (CA) 沈澱水最大値 1.0mg/L →ろ過水最大値 1.1mg/L | フローデータ 原水最大値 4.8mg/L→浄水最大値 4.1mg/L |
| Step 2 (原水水質の比較：高い方を採用) | |
| プロセス：6.6mg/L > フロー：4.8mg/L (原水最大値として 6.6mg/L を採用) | |
| Step 3 (浄水水質の算出) | |
| (BA) 原水最大値 6.6mg/L→沈澱水 4.3 mg/L (6.6mg/L×平均除去率 35%) → (CA) ろ過水最大値 4.1mg/L (4.3mg/L×平均除去率 4%) | |

| |
|---|
| Step 4 (浄水最大値の比較) |
| プロセス : 4.1mg/L = フロー : 4.1mg/L (1 : 1) |
| Step 5 (評価) プロセスデータの解析値は、浄水フローの最大値と同一値であることが確認できた。よって、プロセスデータの解析結果を採用しても良いと判断する。 |

表 3-3-117 フロー解析結果との比較 (基本フロー2-1b)

| プロセスの組み合わせ | 浄水フロー |
|---|---|
| 「粉末炭+凝集沈澱 (HA・HB)」 + 「急速ろ過 (CA)」 | 基本フロー2-1b |
| Step 1 (数値の拾い出し) | |
| プロセスデータ (水質最大値の拾い出し) (HA・HB) 原水最大値 2.8mg/L →沈澱水最大値 1.4mg/L (CA) 沈澱水最大値 1.0mg/L →ろ過水最大値 1.1mg/L | フローデータ (100%値) 原水最大値 7.5mg/L ^{註)} →浄水最大値 2.6mg/L 注) 特異なデータである 2 サンプルを除外 |
| Step 2 (原水水質の比較 : 高い方を採用) | |
| プロセス : 2.8mg/L < フロー : 7.5mg/L (原水最大値として 7.5mg/L を採用) | |
| Step 3 (浄水水質の算出) (HA・HB) 原水最大値 7.5mg/L → 沈澱水 5.0mg/L (7.5mg/L × 平均除去率 34%) → (CA) ろ過水最大 値 4.8mg/L (5.0mg/L × 平均除去率 4%) | |
| Step 4 (浄水最大値の比較) | |
| プロセス : 4.8mg/L > フロー : 2.6mg/L (1.8 : 1) | |
| Step 5 (評価) プロセスデータの解析値は、浄水フローの最大値より、1.8 倍の値を示した。計算上は、安全な方向で評価できるものと考えられる。よって、プロセスデータの解析結果を採用しても良いと判断する。 | |

表 3-3-118 フロー解析結果との比較（基本フロー5-1・6-1）

| プロセスの組み合わせ | 浄水フロー |
|---|---------------------------------------|
| 「凝集沈澱 (BA)」 + 「オゾン+粒状活性炭 (GA)」 + 「(CB) 凝集+急速ろ過」 | 基本フロー5-1・6-1 |
| Step 1 (数値の拾い出し) | |
| プロセスデータ (水質最大値の拾い出し) (BA) 原水最大値 6.6mg/L →沈澱水最大値 2.3mg/L (GA) 沈澱水最大値 2.3mg/L →活性炭処理水最大値 2.2mg/L (CB) 活性炭処理水最大値 →ろ過水最大値 1.3mg/L | フローデータ 原水最大値 6.3mg/L→浄水最大値 1.6mg/L |
| Step 2 (原水水質の比較：高い方を採用) | |
| プロセス：6.6mg/L > フロー：6.3mg/L (原水最大値として 6.6mg/L を採用) | |
| Step 3 (浄水水質の算出) (BA) 原水最大値 6.6mg/L→沈澱水 4.3mg/L (6.6mg/L×平均除去率 35%) → (GA) 活性炭処理水 3.1mg/L (4.3mg/L×平均除去率 28%) → (CB) ろ過水最大値 2.9mg/L (3.1mg/L×平均除去率 7%) | |
| Step 4 (浄水最大値の比較) | |
| プロセス：2.9mg/L > フロー：1.6mg/L (1.8 : 1) | |
| Step 5 (評価) プロセスデータの解析値は、浄水フローの最大値より、1.8 倍の値を示した。計算上は、安全な方向で評価できるものと考えられる。よって、プロセスデータの解析結果を採用しても良いと判断する。 | |

(6) カビ臭物質

1) 解析データの概要

2-MIB とジェオスミンを合わせてカビ臭物質としてプロセスデータ解析を行った。そのデータの基本情報を表 3-3-119 に示す。表に示すように、浄水場は 1～2 箇所であったが、カビ臭物質のプロセスデータとして「生物処理」、「粒状炭」、「オゾン+粒状炭」を有効なものとして解析に用いた。

プロセスデータとして提供されたものの中に、表 3-3-119 の処理単位プロセス前後ではなく、浄水場の原水-浄水の水質データも多くあった。それらをまとめて表 3-3-120 に示す。これらはフローデータ解析で扱ったフローデータに相当するものではあるが、その除去性能が表 3-3-120 の左端に示した主たるプロセスに大きく依存すると考え、これらをプロセスデータとして解析を行った。以後、フローデータ解析で扱ったフローデータを前節フローデータ、本節で扱うフローデータを本節フローデータと区別して記述する。

各プロセスの定量的な除去率については、表 3-3-119 のプロセスデータおよび表 3-3-120 の本節フローデータの両者を用いて算出した。これにより、定量的に除去率が得られたものは、「生物処理」、「粉末炭」、「粒状炭」、「オゾン+粒状炭」の 4 プロセスになった。前塩素についてはその有無での明確な差は確認できなかったため、その区別はせず、粉末炭のデータに含めて解析した。

カビ臭濃度については、1 ng/L 未満についてはデータ解析上濃度 0 ng/L として計算した。したがって、除去率 100 %という表記が本文中でも出てくるが、これは、カビ臭が完璧に除去されたことを示すのではなく、上記解析上の制約から便宜上このような表記になっている。そこで、誤解を避けるために、本文中では、カビ臭濃度 1 ng/L 未満を 0 ng/L として算出した除去率 100%を 100*%と特記することにした。なお、統計解析等では、100*%も 100%として計算を行った。

表 3-3-119 カビ臭物質データの基本情報(1)

| 処理プロセス | データ数 | カビ臭物質 | 記号 | 入口(in) | 出口(out) | 浄水場数 | 備考 |
|------------------|------|--------|----|--------|---------|------|---|
| 生物処理 (生物接触ろ過) | 65 | ジェオスミン | AA | 原水 | 生物接触ろ過水 | 2 | |
| 粒状炭 | 6 | ジェオスミン | FA | 急速ろ過水 | 粒状炭処理水 | 1 | 検出下限は 1 ng/L であるが、粒状炭は除去率が大きいので、データ数が少ないことから、除去率の精度を高めるため入口濃度 10 ng/L 以上のデータを採用 |
| オゾン + 粒状炭 | 62 | 2-MIB | GA | 急速ろ過水 | 粒状炭処理水 | 1 | 検出下限が 1 ng/L なので、入口濃度 5 ng/L 以上のデータを採用。 |
| | 27 | ジェオスミン | GA | 急速ろ過水 | 粒状炭処理水 | 1 | |

表 3-3-120 カビ臭物質データの基本情報(2)

(プロセスデータの中に含まれていた本節フローデータ。前節フローデータとは異なるものである)

| 処理プロセス | データ数 | カビ臭物質 | 基本フロー | 入口 (in) | 出口 (out) | 浄水場数 | 備考 |
|-----------|------|--------|--------------|---------|----------|------|--|
| 前塩素 | 53 | ジェオスミン | 2-1b (粉末炭あり) | 原水 | 浄水 | 1 | 検出下限が1 ng/L なので原水濃度 5 ng/L 以上のデータを採用。粉末炭のジェオスミンのデータに追加。 |
| 粉末炭 | 182 | 2-MIB | 2-1b (粉末炭あり) | 原水 | 浄水 | 3 | 検出下限が1 ng/L の時は原水濃度 5 ng/L 以上、検出下限が2 ng/L の場合は、原水濃度 10 ng/L のデータを採用。 |
| | 179 | ジェオスミン | 2-1b (粉末炭あり) | 原水 | 浄水 | 4 | 検出下限が1 ng/L の時は原水濃度 5 ng/L 以上、検出下限が2 ng/L の場合は、原水濃度 10 ng/L のデータを採用。 |
| オゾン + 粒状炭 | 22 | 2-MIB | 6-1 | 原水 | 浄水 | 1 | 検出下限が1 ng/L なので、入口濃度 5 ng/L 以上のデータを採用。 |
| | 7 | ジェオスミン | 6-1 | 原水 | 浄水 | 1 | 検出下限が1 ng/L なので、入口濃度 5 ng/L 以上のデータを採用。 |

2) 解析結果

① 生物処理 (AA)

解析した浄水場の処理プロセスは、原水 → 生物接触ろ過 → 粉末炭 → 前塩素 → 凝集 → 沈澱 → 中塩 → 急速ろ過 (フロー分類 No.33) である。測定データは原水と生物接触ろ過水であるので、生物接触ろ過プロセス単独のカビ臭物質除去率算出が可能であった。

ここで得られたカビ臭物質のデータは、ジェオスミンのみであった。全てのデータをプロットしたところ、100 ng/L 未満 (低濃度領域) と 100 ng/L 以上 (高濃度領域) では除去率に違いがあったので原水ジェオスミン濃度を 2 領域に分けて解析した。図 3-3-224、図 3-3-225 に低濃度領域の結果 (データ数 54 個) を、図 3-3-226、図 3-3-227 に高濃度領域の結果 (データ数 11 個) を示す。解析対象浄水場は 2 箇所であったが、浄水場毎の違いは見られなかった。生物処理における 2-MIB の原水濃度、浄水濃度、除去率を原水濃度で分けてまとめたものを表 3-3-121 に示す。

図 3-3-225、図 3-3-227、表 3-3-121 に示すように、全濃度領域でジェオスミン濃度に関わらず除去率はばらつきが大きかった。

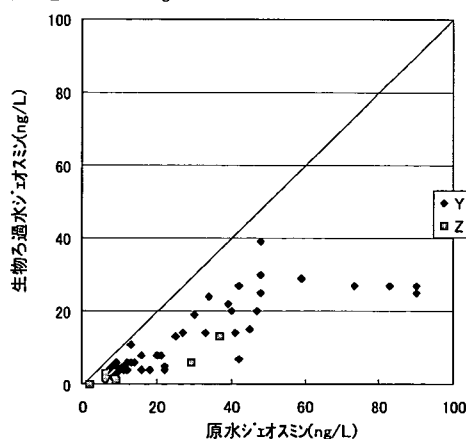


図 3-3-224 入口ジェオスミンと出口ジェオスミンの関係 (低濃度領域)

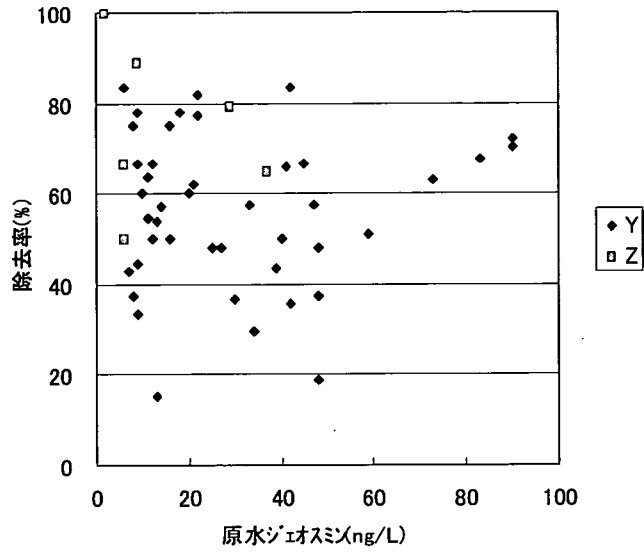


図 3-3-225 入口ジェオスミンと除去率の関係 (低濃度領域)

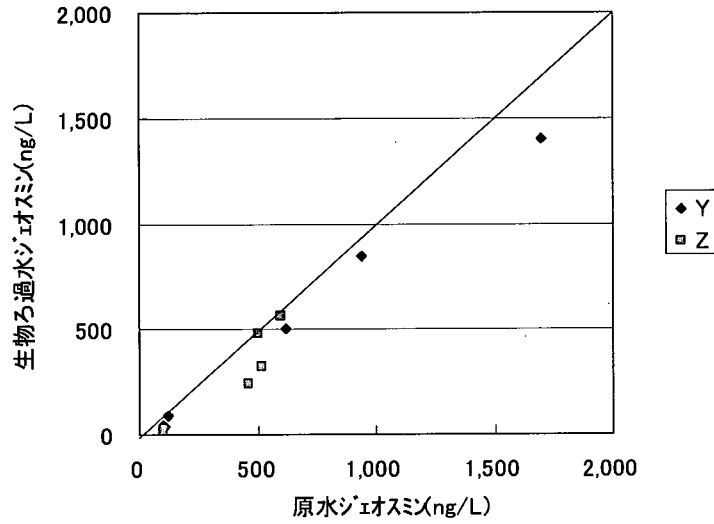


図 3-3-226 入口ジェオスミンと出口ジェオスミンの関係 (高濃度領域)

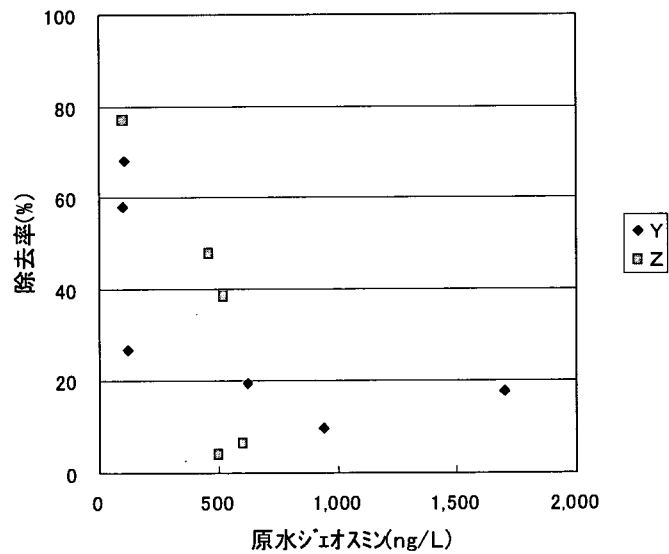


図 3-3-227 入口ジェオスミンと除去率の関係 (高濃度領域)

表 3-3-121 生物処理プロセスの解析結果

| 濃度領域 | データ数 | 入口(ng/L)(原水) | | 出口(ng/L) (生物ろ過水) | | 除去率(%) | |
|------|------|--------------|-----|------------------|------|-----------|------|
| | | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 低濃度 | 54 | 2~90 | 26 | 0~39 | 11.1 | 15.4~100* | 59.5 |
| 高濃度 | 11 | 100~1,700 | 525 | 23~1,400 | 413 | 4~77 | 33.9 |
| 全領域 | 65 | 2~1,700 | 112 | 0~1,400 | 80 | 4~100* | 55.1 |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

②前塩素

解析対象浄水場は、フロー分類では No.12 あるいは No.19 の測定データであると推定される。ここで得られたカビ臭物質のデータは、ジェオスミンのみであった。

これらのデータは前塩素注入の有無だけでなく、粉末炭の注入率、凝集剤の注入率も同時に変化させて運転した結果であり、図 3-3-228 のデータも単に前塩素有無だけを反映したデータではなく、他のパラメータもそれぞれ変化している。しかし、条件設定項目の数の割にはデータ数が少ないので、一つ一つの条件に分けて検討するのではなく、前塩素有り、前塩素無しの条件で大きくグループ分けし効果が見えるかどうかを解析した。図 3-3-228 からは、前塩素の有無により除去率に大きな差異が現れることはなかった。したがって、前塩素添加のカビ臭物質に対する効果・除去率の定量的な把握は、現データの解析からは困難であった。

これらのデータは次項の粉末炭 (③-b) に含めて解析した。

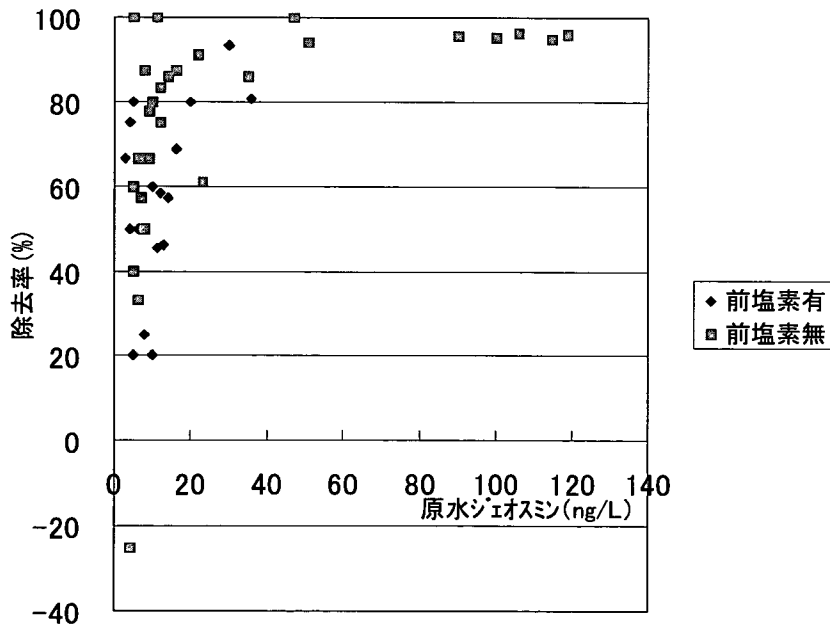


図 3-3-228 前塩素有無のカビ臭物質除去率に与える影響

③粉末炭

a) 2-MIB

粉末炭のデータについては、複数の浄水場のものが得られた（3浄水場）。ただし、粉末炭注入前後の粉末炭プロセス単独の除去率ではなく、前節フローデータと同じくフローの入口の原水および出口の浄水カビ臭のデータとして得られ、基本フロー2-1b（粉末炭あり）の除去率となっている。また、粉末炭注入率 0 mg/L は粉末炭処理を除いた残りの処理プロセスによる 2-MIB 除去性能のデータとして使えるので、図 3-3-229、図 3-3-230 の解析としては 0 mg/L のデータも加えた。ただし、表 3-3-119、表 3-3-121 の粉末炭処理の除去率や粉末炭注入率の解析では、粉末炭注入率 0 mg/L のデータは除外している。

図 3-3-229 に入口-出口の 2-MIB 濃度の関係を、図 3-3-230 に 2-MIB 除去率を示した。なお、処理場毎のプロットも試みたが、注入率が変化しているためその違いははっきり見えなかった。そこで、注入率をパラメータとしてこれらの図を示した。図 6-7 の左右のグラフはともに同じデータをプロットしたものであるが、左側はカビ臭物質の低濃度側を見やすいように横軸最大値を小さくしている。

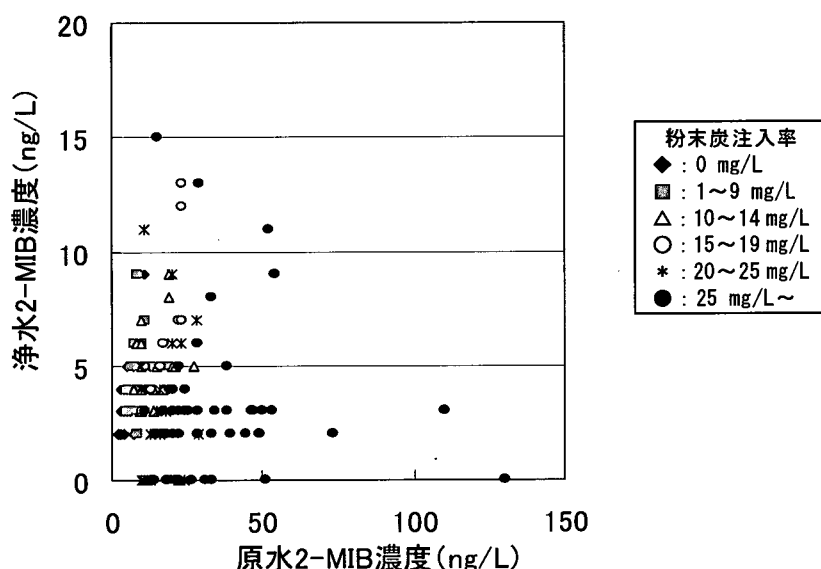


図 3-3-229 入口 2-MIB と出口 2-MIB の関係

図 3-3-230 では図中に 3 本のなめらかな曲線が存在するが、これは、原水カビ臭物質を、それぞれ 10 ng/L 以下（水道水質基準値）、3 ng/L 以下（浄水レベル 1）、1 ng/L 未満（浄水レベル 2)にした時の除去率をプロットした計算曲線である。この曲線の上側であれば所定濃度以上に除去されており、下側であれば所定濃度まで除去されていないことを示している。

表 3-3-122 に基本フロー2-1b（粉末炭あり）の性能を示す。粉末炭注入率（ドライ炭換算値）が平均 24.2 mg/L で、除去率の平均値は 72%であった。なお、これ以降で述べる粉末炭注入率は全てドライ炭換算値である。

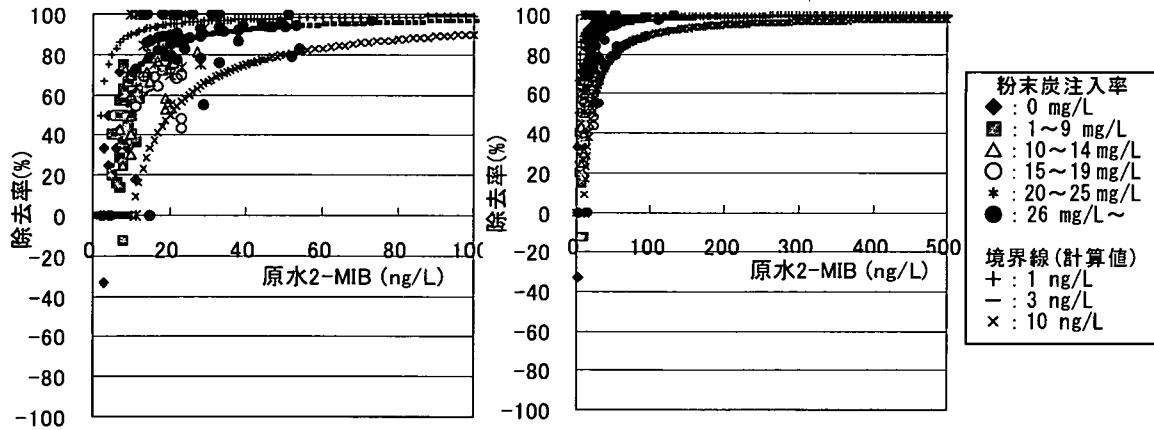


図 3-3-230 入口 2-MIB と除去率の関係（粉末炭注入率依存性）

図 3-3-231 に、2-MIB 発生時の原水 2-MIB 濃度と粉末炭の注入率の関係について示す。この図から原水濃度に応じて粉末炭注入率が制御されていることがわかる。

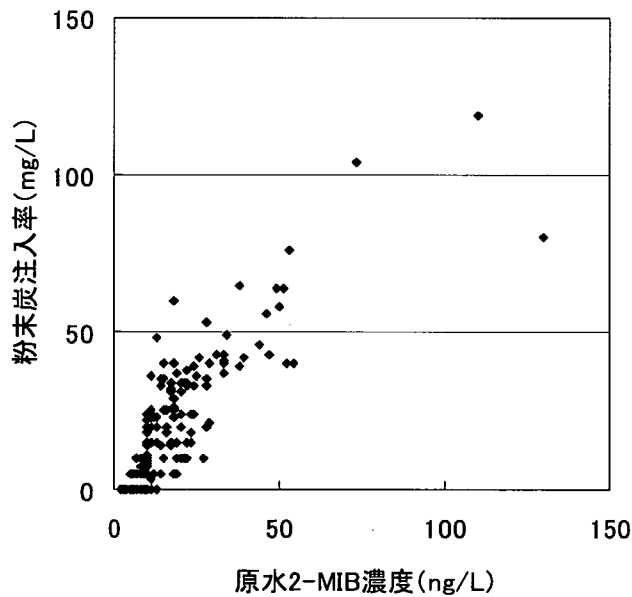


図 3-3-231 原水 2-MIB 濃度と粉末炭注入率との関係

表 3-3-122 粉末炭投入時の基本フロー2-1b（粉末炭あり）の 2-MIB 解析結果

| データ数 | 入口(ng/L) (原水) | | 出口(ng/L) (浄水) | | 除去率(%) | | 粉末炭注入率 (mg/L) | |
|------|---------------|------|---------------|-----|------------|------|---------------|------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 144 | 5~130 | 20.1 | 0~15 | 3.8 | -12.5~100* | 71.7 | 3~119 | 24.2 |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

参考までに、粉末炭注入率 0 mg/L の場合の入口と出口の 2-MIB 濃度、除去率を表 3-3-123 に示す。原水 2-MIB 濃度 2~13ng/L（平均値 5.7 ng/L）の範囲では、粉末炭を投入

しなくても、基本フロー2-1bの他のプロセスによる除去率は平均29%であった。

表 3-3-123 粉末炭未投入時の基本フロー2-1b（粉末炭あり）の2-MIB 解析結果

| データ数 | 入口(ng/L) (原水) | | 出口(ng/L) (浄水) | | 除去率(%) | | 粉末炭注入率(mg/L) | |
|------|---------------|-----|---------------|-----|------------|------|--------------|----|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 38 | 2~13 | 5.7 | 2~9 | 3.7 | -33.3~71.4 | 29.2 | 0 | 0 |

b) ジェオスミン

図 3-3-232 は、4 浄水場のデータを解析対象として作成した原水-浄水ジェオスミンの関係を示す図である。ジェオスミン濃度が 2-MIB に比べ高濃度となっていたため、全範囲を示した右側の図は原点付近の様子が不明であった。そこで、同じ図を原点付近で拡大したものを左側に示した。また、原水ジェオスミン濃度と除去率の関係の粉末炭注入率依存性を示したものを図 3-3-233 に、原水ジェオスミン濃度と粉末炭注入率の関係を図 3-3-234 に示す。

基本フロー2-1b（粉末炭あり）におけるジェオスミンの原水濃度、浄水濃度、除去率を表 3-3-124 に示す。ジェオスミンの場合、原水濃度 2.1~1,400ng/L の範囲で粉末炭注入率の上限値は 25 mg/L であり、2-MIB の場合の粉末炭注入率の上限値 119mg/L に比べ低い値となっている。

図 3-3-234 のジェオスミンと図 3-3-231 に示した 2-MIB の結果と単純に比較すると、同じ原水濃度の場合、ジェオスミンの方が低い粉末炭注入率で処理されていることになる。2-MIB よりもジェオスミンの方が粉末炭で除去しやすいとも解釈できるが、2-MIB やジェオスミンのデータは、同じ浄水場の同じ設備で測定されたものではなく、表 3-3-122、表 3-3-124 でもわかるように、粉末炭注入率の上限値にも差がある。その他、粉末炭の接触時間、凝集剤濃度、pH、取水の切替等の影響分も区別することができないことから、現状の分析だけでは、2-MIB の方が除去しやすいと結論づけるまでには至らなかった。

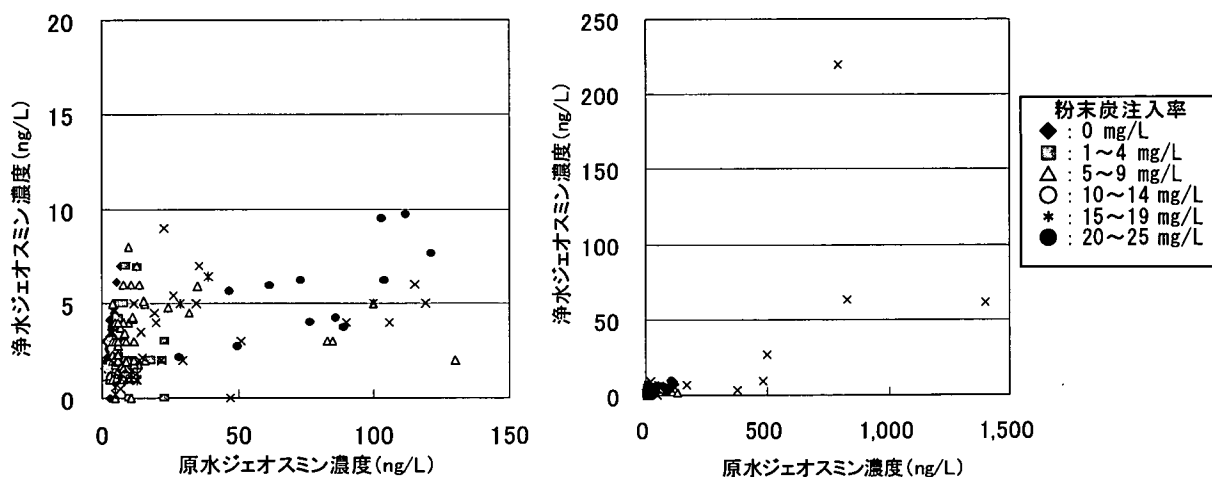


図 3-3-232 入口ジェオスミンと浄水ジェオスミンの関係

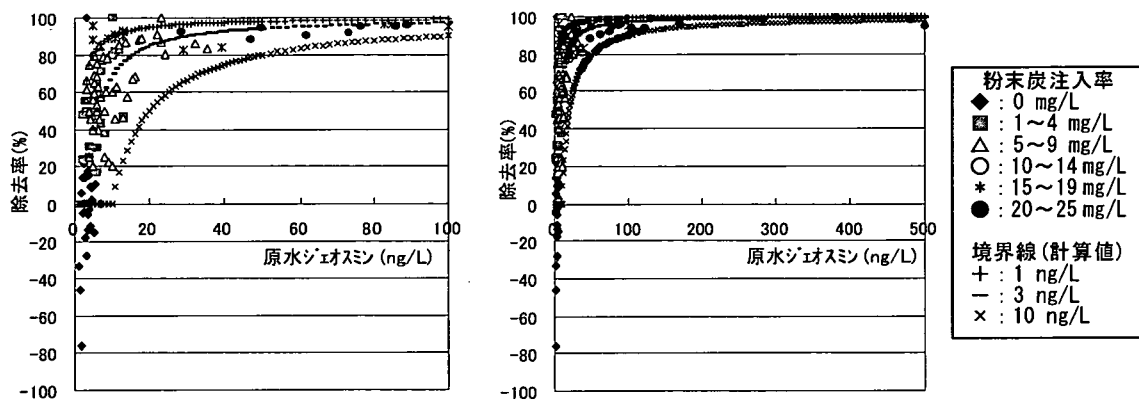


図 3-3-233 入口ジェオスミンと除去率の関係（粉末炭注入率依存性）

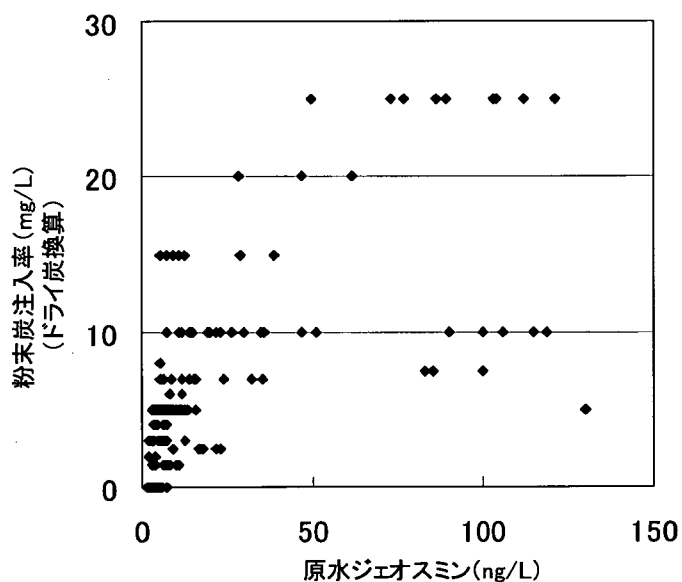


図 3-3-234 原水ジェオスミン濃度と粉末炭注入率との関係

表 3-3-124 粉末炭注入時の基本フロー2-1b（粉末炭あり）のジェオスミン解析結果

| データ数 | 入口(ng/L) (原水) | | 出口(ng/L) (浄水) | | 除去率(%) | | 粉末炭注入率 (mg/L) | |
|------|---------------|------|---------------|-----|------------|------|---------------|-----|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 149 | 2.1~1,400 | 52.3 | 0~220 | 5.6 | -25.0~100* | 70.7 | 1.5~25 | 8.1 |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

参考までに、粉末炭注入率 0 mg/L の場合の入口ジェオスミンと出口ジェオスミン濃度、除去率を表 3-3-125 に示す。原水ジェオスミン濃度 1.2~7ng/L（平均濃度 3.5 ng/L）の範囲では、粉末炭のない基本フロー2-1b の他のプロセスによる除去率は平均 7.3%と、ほとんど除去できていないことがわかる。

表 3-3-125 粉末炭未注入時の基本フロー2-1b (粉末炭あり) のジェオスミン解析結果

| データ数 | 入口(ng/L) (原水) | | 出口(ng/L) (浄水) | | 除去率(%) | | 粉末炭注入率 (mg/L) | |
|------|---------------|-----|---------------|-----|------------|-----|---------------|----|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 30 | 1.2~7 | 3.5 | 0~7 | 3.1 | -76.5~100* | 7.3 | 0 | 0 |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

c) カビ臭物質 (2-MIB+ジェオスミン)

2-MIB とジェオスミンを合わせてカビ臭物質とした場合の原水濃度、浄水濃度、除去率で粉末炭の注入がある場合を表 3-3-126 に、粉末炭注入率 0mg/L の場合を表 3-3-127 に示す。

表 3-3-126 より、粉末炭による除去率はカビ臭物質全体としても約 70 %程度であることがわかる。表 3-3-127 より、粉末炭を使用していない時のカビ臭物質の平均除去率は約 20 %程度であることがわかる。ただし、これは、原水カビ臭物質濃度が 13 ng/L 以下での平均除去率である。

表 3-3-126 粉末炭注入時の基本フロー2-1b (粉末炭あり) のカビ臭物質解析結果

| データ数 | 入口(ng/L) (原水) | | 出口(ng/L) (浄水) | | 除去率(%) | | 粉末炭注入率 (mg/L) | |
|------|---------------|------|---------------|-----|------------|------|---------------|------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 293 | 2.1~1,400 | 36.5 | 0~220 | 4.7 | -25.0~100* | 71.2 | 1.5~119 | 16.0 |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

表 3-3-127 粉末炭未注入時の基本フロー2-1b (粉末炭あり) のカビ臭物質解析結果

| データ数 | 入口(ng/L) (原水) | | 出口(ng/L) (浄水) | | 除去率(%) | | 粉末炭注入率 (mg/L) | |
|------|---------------|-----|---------------|-----|------------|------|---------------|----|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 68 | 1.2~13 | 4.7 | 0~9 | 3.4 | -76.5~100* | 19.5 | 0 | 0 |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

④粒状炭 (FA)

一つの浄水場で、しかもジェオスミンのみのデータしか入手できなかった。この浄水場は、フロー分類 No.13 (原水 → 前塩 → 凝集 → 沈澱 → 中塩 → 急速ろ過 → 粒状炭 → 浄水) に相当し、粒状炭前後のジェオスミン濃度より解析した。入口濃度と除去率の関係を図 3-3-235 に、粒状炭プロセスにおけるカビ臭物質の入口濃度、出口濃度、除去率を表 3-3-128 に示した。

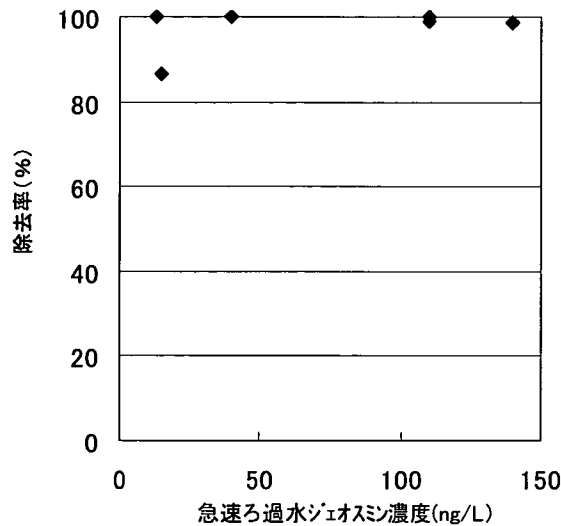


図 3-3-235 入口ジェオスミンと除去率の関係

有効データ数が 6 個と非常に少なく統計的に扱うには困難な面はあるが、唯一、このプロセスの除去率が得られるデータであることから、解析データとして採用した。入口は急速ろ過水であり、その範囲は 13~140 ng/L であったが、この時の浄水場入口の原水濃度範囲は、10~540 ng/L の範囲であった。粒状炭プロセスの平均除去率は約 97% であった。

表 3-3-128 2-MIB 除去に対する粒状炭プロセス (FA) の解析結果

| データ数 | 入口 (ng/L) (急速ろ過水) | | 出口 (ng/L) (粒状炭処理水) | | 除去率 (%) | |
|------|-------------------|------|--------------------|-----|-----------|------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 6 | 13~140 | 71.3 | 0~2 | 0.8 | 86.7~100* | 97.4 |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

⑤ オゾン+粒状炭 (一部 GA)

オゾン+粒状炭については 2 浄水場のデータを解析した。K 浄水場はオゾン+粒状炭後のプロセスデータを、F 浄水場は本節フローデータ (基本フロー 6-1) である原水および浄水のデータを解析した。両浄水場ともに、2-MIB とジェオスミンの両者が時期を異にして発生しており、両カビ臭物質のデータを解析することが出来た。

2-MIB に関して、オゾン+粒状炭プロセスにおける入口濃度、出口濃度、除去率を表 3-3-129 に、基本フロー 6-1 における入口濃度、出口濃度、除去率を表 3-3-130 に示す。

また、ジェオスミンに関して、オゾン+粒状炭プロセスにおける入口濃度、出口濃度、除去率を表 3-3-131 に、基本フロー 6-1 における入口濃度、出口濃度、除去率を表 3-3-132 に示す。さらに、プロセスデータ、本節フローデータを一括してカビ臭物質のデータとしてまとめたものを表 3-3-133 に示す。オゾン+粒状炭プロセスの除去率および基本フロー 6-1 の除去率はともに 100% であった。そこで、プロセス、基本フローの違いにこだわらず両者のデータを一括して (入口、出口の違いも無視して) カビ臭物質のデータとしてま

とめて表 3-3-133 に示す。

表 3-3-129～表 3-3-130 の入口 2-MIB 濃度と除去率の関係を図 3-3-236 の左側に、表 3-3-131～表 3-3-132 の入口ジェオスミン濃度と除去率の関係を図 3-3-236 の右側に示す。図 3-3-236、表 3-3-133 から明らかなように、全てのデータにおいてオゾン+粒状炭の除去率は 100% であった。

表 3-3-129 2-MIB 除去に対するオゾン+粒状炭プロセス (GA) の解析結果 (K 浄水場)

| データ数 | 入口(ng/L) (急速ろ過水) | | 出口(ng/L) (粒状炭処理水) | | 除去率(%) | |
|------|------------------|------|-------------------|----|--------|------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 62 | 5～450 | 54.3 | 0 | 0 | 100* | 100* |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

表 3-3-130 2-MIB 除去に対する基本フロー6-1 の解析結果 (F 浄水場)

| データ数 | 入口(ng/L) (原水) | | 出口(ng/L) (浄水) | | 除去率(%) | |
|------|---------------|------|---------------|----|--------|------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 22 | 11～190 | 36.8 | 0 | 0 | 100* | 100* |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

表 3-3-131 ジェオスミン除去に対するオゾン+粒状炭プロセス (GA) の解析結果
(K 浄水場)

| データ数 | 入口(ng/L) (急速ろ過水) | | 出口(ng/L) (粒状炭処理水) | | 除去率(%) | |
|------|------------------|------|-------------------|----|--------|------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 27 | 5～38 | 13.4 | 0 | 0 | 100* | 100* |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

表 3-3-132 ジェオスミン除去に対する基本フロー6-1 の解析結果 (F 浄水場)

| データ数 | 入口(ng/L) (原水) | | 出口(ng/L) (浄水) | | 除去率(%) | |
|------|---------------|------|---------------|----|--------|------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 7 | 12～420 | 97.9 | 0 | 0 | 100* | 100* |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

表 3-3-133 カビ臭物質除去に対する解析結果 (表 6-11～6-14 の統合)

| データ数 | 入口(ng/L) | | 出口(ng/L) | | 除去率(%) | |
|------|----------|------|----------|----|--------|------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| 118 | 5～450 | 41.9 | 0 | 0 | 100* | 100* |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値

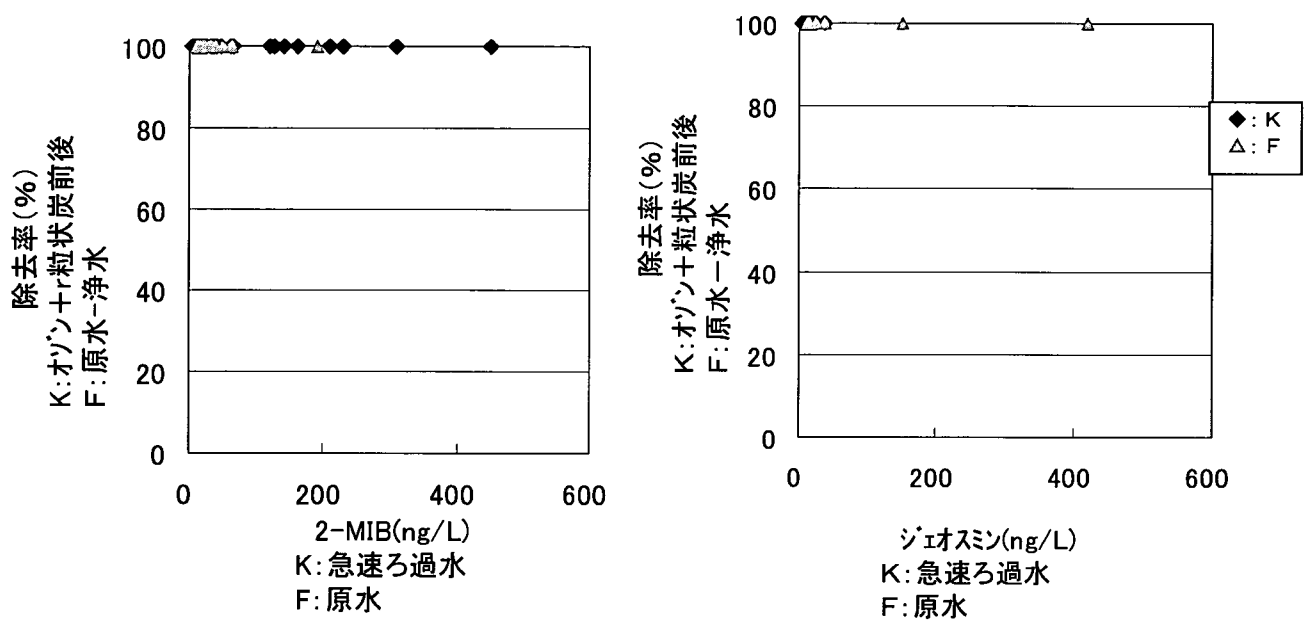


図 3-3-236 入口カビ臭物質と除去率の関係
 K浄水場の除去率は、2-MIB, ジエオスミンともにプロセス GA (オゾン+粒状炭) 前後
 F浄水場の除去率は、2-MIB, ジエオスミンともに基本フロー6-1 (原水-浄水)

3) プロセスデータ (本節フローデータを含む有) 解析のまとめ

各プロセスの入口と出口のカビ臭物質濃度、除去率を表 3-3-134 に示す。前述のプロセス①～⑤の結果をまとめたものである。

カビ臭物質の除去率については、本プロセス解析の結果、粉末炭よりは粒状炭およびオゾン+粒状炭の方が除去率は高く、粒状炭とオゾン+粒状炭はほぼ同レベルであるという序列となった。この序列は一般的に受け容れられるものであると考えられ、得られた各プロセスの除去率は、カビ臭物質除去プロセス選定の根拠となる値であると判断する。

4) フロー解析結果との比較

カビ臭のプロセスデータ解析において、前述したようにフローデータを本節フローデータとして解析に用いた。プロセスデータとして解析した中にプロセスデータと見なしているフローデータの結果が含まれていることから、前節フローデータ解析結果との比較を行うことは適切でないと判断し、ここでは比較を行わなかった。

表 3-3-134 各プロセスのカビ臭物質濃度（入口、出口）と除去率

| プロセス名 | カビ臭物質 | データ数 | 入口(ng/L) | | 出口(ng/L) | | 除去率(%) | | 備考 |
|-----------------|-------|------|-----------|------|----------|------|------------|------|--------------------------------------|
| | | | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | |
| 生物処理 | ジオスミン | 54 | 2~90 | 26.4 | 0~39 | 11.1 | 15.4~100* | 59.5 | 生物接触ろ過前後 原水濃度 100 ng/L 未満 |
| | | 11 | 100~1,700 | 525 | 23~1,400 | 413 | 4~77 | 33.9 | 生物接触ろ過前後 原水濃度 100 ng/L 以上 |
| 粉末炭 | 2-MIB | 144 | 5~130 | 20.1 | 0~15 | 3.8 | -12.5~100* | 71.7 | 原水-浄水 平均注入率 24.2 mg/L (max119) |
| | ジオスミン | 149 | 2.1~1,400 | 52.3 | 0~220 | 5.6 | -25.0~100* | 70.7 | 原水-浄水 平均注入率 8.1 mg/L (max25) |
| | total | 293 | 2.1~1,400 | 30.5 | 0~220 | 4.7 | -25.0~100* | 71.2 | 平均注入率 16.0 mg/L (max119) |
| 粒状炭 | ジオスミン | 6 | 13~140 | 54.2 | 0~2 | 0.8 | 86.7~100* | 97.4 | 粒状炭前後 |
| オゾン + 粒状炭 | 2-MIB | 62 | 5~450 | 54.3 | 0 | 0 | 100* | 100* | オゾン+粒状炭前後 |
| | | 22 | 11~190 | 36.8 | 0 | 0 | 100* | 100* | 原水-浄水 |
| | ジオスミン | 27 | 5~38 | 13.4 | 0 | 0 | 100* | 100* | オゾン+粒状炭前後 |
| | | 7 | 12~420 | 97.9 | 0 | 0 | 100* | 100* | 原水-浄水 |
| | Total | 118 | 5~450 | 41.9 | 0 | 0 | 100* | 100* | |

* : カビ臭物質の検出下限値を計算の便宜上 0 ng/L とした時に得られた数値
粉末炭注入率は全てドライ炭換算値

(7) トリハロメタン生成能 (THMFP)

1) 解析データの概要

THMFP については、データが得られている「生物処理」、「凝集沈澱」、「凝集+急速ろ過」、「オゾン+粒状炭」について解析を行った。解析データの基本情報を表 3-3-135 に示す。

表 1-3-135 THMFP データの基本情報

| 浄水プロセス | 記号 | 入口 (in) | 出口 (out) | 浄水場数 | データ数 | 備考 |
|----------------|----|------------------------|----------|------|------|----------------------|
| 生物処理 | AA | 原水 | 生物処理水 | 1 | 64 | ハニカム |
| 凝集沈澱 | BA | 原水、(粉炭) 前塩素 | 沈澱処理水 | 6 | 143 | |
| 急速ろ過 | CA | 粒状炭 | 急速ろ過水 | 1 | 3 | データ数過小のため解析より除外 |
| 中塩素+急速ろ過 | CB | | | | 0 | データなし。表 6-2 に参考データ |
| 凝集+急速ろ過 | CC | オゾン+ 粒状炭 | 急速ろ過水 | 3 | 169 | オゾン+粒状炭の後段に設置されたプロセス |
| オゾン+粒状炭 | GA | a)凝集 b)急速ろ過 c)沈澱 | 粒状炭処理水 | 8 | 330 | |
| 粉末炭+凝集沈澱 | HA | | | | | データなし。表 6-2 に参考データ |
| 粉末炭+(前)塩素+凝集沈澱 | HB | | | | | データなし |

2) 解析結果

①生物処理 (AA)

生物処理のデータ解析結果を表 3-3-136 に示す。また入口濃度と出口濃度の関係を図 3-3-237 に、入口濃度と除去率の関係を図 3-3-238 に示す。表 3-3-136 及び図 3-3-237 より、入口濃度 0.099mg/L 迄であれば出口で 0.090mg/L 以下となることが分かる。図 3-3-238 より、除去率はバラツキはあるが入口濃度に関係なく同程度であることから、入口濃度 0.090mg/L 以上の場合、除去率は 3.7%程度と推察される。また図 3-3-237 の近似式から求めた除去率は 4.8%であった。

表 3-3-136 生物処理プロセスの解析結果

| データ数 | 入口 (mg/L) | | 出口 (mg/L) | | 除去率 (%) | |
|------|-------------|-------|-------------|-------|---------------------|------------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 全データ範囲 (平均) | 浄水場単位 (平均) |
| 64 | 0.028~0.099 | 0.055 | 0.027~0.090 | 0.053 | -22.4~27.5 (3.7) | 3.7 3.7 |

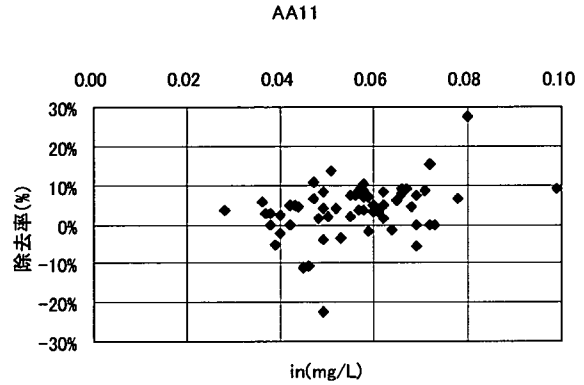
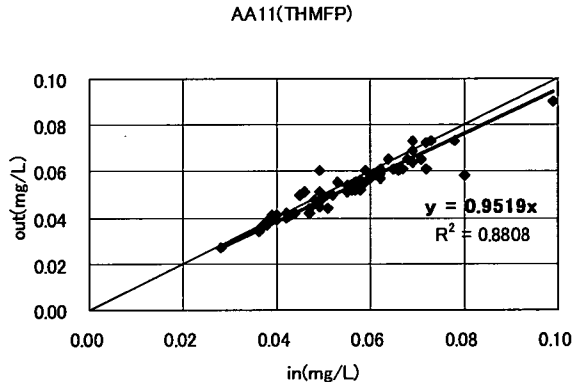


図 3-3-237 入口 THMFP と出口 THMFP の関係

図 3-3-238 入口 THMFP と除去率の関係

②凝集沈澱 (BA)

凝集沈澱のデータ解析結果を表 3-3-137 に示す。また、入口濃度と出口濃度の関係を図 3-3-139 に、入口濃度と除去率の関係を図 3-3-140 に示す。

表 3-3-137 及び図 3-3-139 より、入口濃度 0.053mg/L 迄であれば出口で 0.032mg/L 以下となることが分かる。図 3-3-140 より、入口濃度が高いほど除去率は高くなる傾向がある。よって、入口濃度 0.053mg/L 以上の場合、除去率は 38.1%以上と予測できる。また図 3-3-139 の近似式から求めた除去率は 40.2%であった。

表 3-3-137 凝集沈澱プロセスの解析結果 (THMFP)

| データ数 | 入口 (mg/L) | | 出口 (mg/L) | | 除去率 (%) | |
|------|-------------|-------|-------------|-------|---------------------|---------------------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 全データ範囲 (平均) | 浄水場単位 (平均) |
| 143 | 0.014~0.053 | 0.030 | 0.008~0.032 | 0.018 | 13.8~66.7 (38.1) | 33.2~48.3 (39.3) |

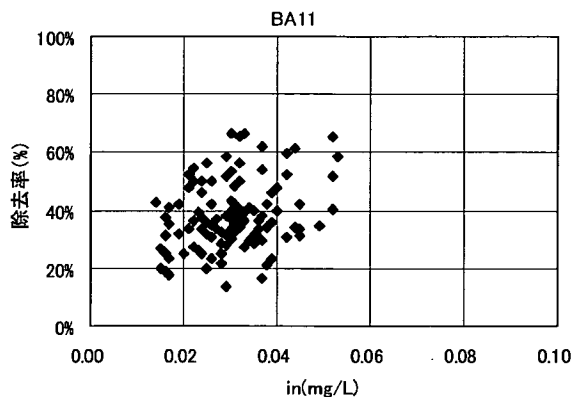
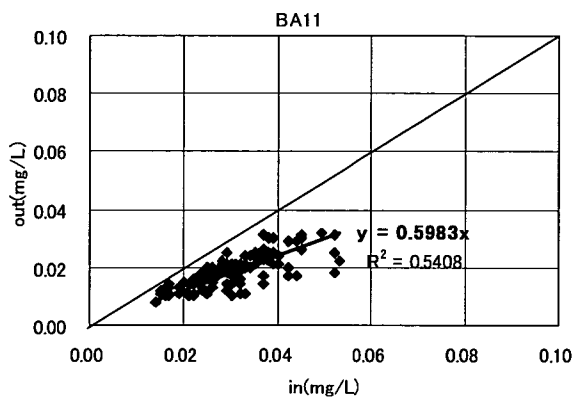


図 3-3-239 入口 THMFP と出口 THMFP の関係
図 3-3-240 入口 THMFP と除去率の関係

③凝集+急速ろ過 (CC)

凝集+急速ろ過のデータ解析結果を表 3-3-138 に示す。また入口濃度と出口濃度の関係を図 3-3-141 に、入口濃度と除去率の関係を図 3-3-142 に示す。本プロセスは3つの浄水場のデータであるが、全て「オゾン+粒状炭」後の「(塩素) +凝集+急速ろ過」である。

本プロセスでの出口濃度は入口濃度と同等か増加する傾向がある。表 3-3-138 及び図 3-3-141 より、入口濃度 0.0271mg/L 迄であれば出口で 0.0354mg/L 以下となることが分かる。図 3-3-142 より、入口濃度が高いほど除去率は高くなる傾向が確認でき、よって入口濃度が 0.0271mg/L 以上の場合、増加率は 30%以内と推測できる。しかし、上記データを浄水場毎に分けて表した表 3-3-139、図 3-3-143、図 3-3-144 から、平均増加率は A では 52.7%、B・C では 6.3%であった。A と B・C ではいくつかの相違点がある。B と C は同じ水源であり、A とは異なる。また前段プロセスの粒状炭は、A は下向流、B・C は上向流である。さらに A では塩素混和池へ凝集剤を添加し凝集しているが、一方の B・C では塩素処理後に凝集処理を行っており、塩素注入率は不明であるが、塩素処理後の反応時間が異なると考えられる。

このように同じプロセスであっても、水源やプロセスの運転操作条件等によって、多少 THMFP の挙動が異なる場合がある。

表 3-3-138 凝集+急速ろ過プロセスの解析結果 (THMFP)

| データ数 | 入口 (mg/L) | | 出口 (mg/L) | | 除去率 (%) | |
|------|-------------------|--------|-------------------|-----|-------------------|--------|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | | 範囲 | 平均 |
| 169 | 0.0017~ 0.0271 | 0.0120 | 0.0052~ 0.0354 | 169 | 0.0017~ 0.0271 | 0.0120 |