

第1,第2主成分得点

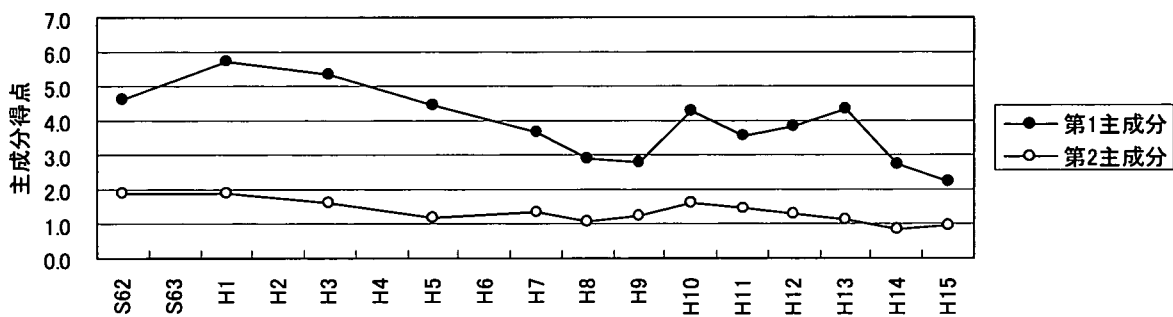


図 4-9 第一、第二主成分得点の経年変化

主成分得点は、第二主成分得点はあまり変化がないものの、第一主成分得点が大きく動いている。第一主成分は水質汚濁度を意味する総合指標すなわち有機物汚濁等の指標とすることができ、第二主成分は地下水の特徴と窒素汚染の指標という定義であるから、このことを基に考えると M 浄水場の水道原水の有機物等の汚濁状況は昭和 62 年度～平成 15 年度までの 16 年間で良化に向っていると判断できる。途中、平成 10 年度に濁度および KMnO_4 消費量(有機物等)の上昇などによる水質の悪化が見られるが、第一主成分得点においても同様に増加しており、主成分得点が原水水質をよく表現している一例と言える。

主成分得点による原水水質の総合的な評価は、図 4-10 の第一主成分と第二主成分の座標系で示すことにより、経年的な原水の変化をよく表現することができる。ここでは、昭和 62 年度頃に比べて平成 15 年度には水道原水が清浄化してきていることを示している。また、図 4-6 の第一主成分得点による処理システムの分類と対比すると、総合指標である第一主成分得点が 2～6 の範囲内であり、処理システム的には粒状活性炭や粉末活性炭の単独使用から高度処理（オゾン+粒状炭）採用の領域に推移していると考えられる。

従って、このような主成分得点を用いた原水水質の総合評価を利用することにより、原水水質の経年変化や、他事業体との原水比較、また、処理方式の見直し等の検討に利用することが可能と考えられる。

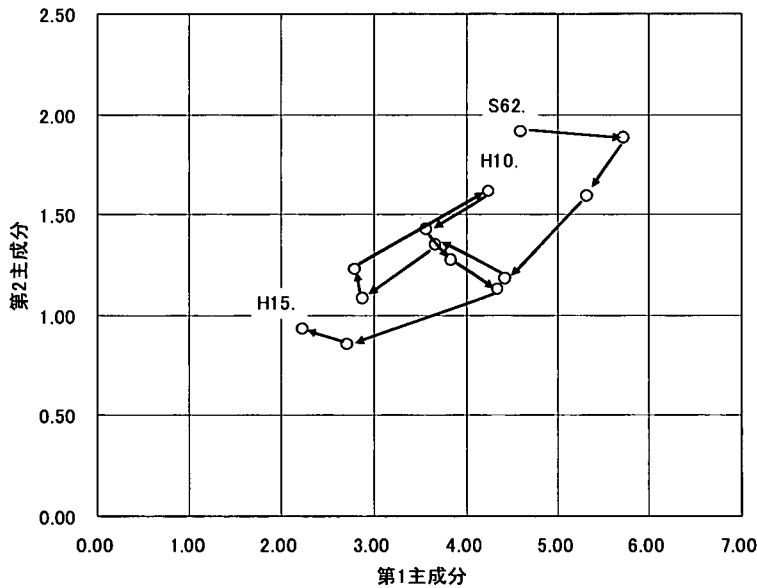
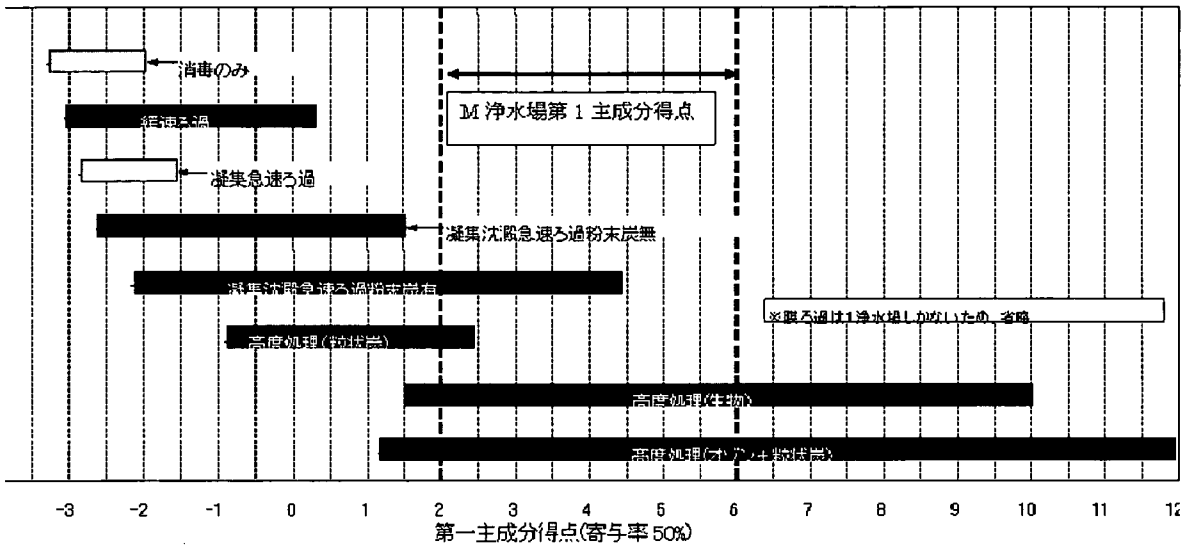


図 4-10 主成分得点による原水水質の変動

(3) 地表水系(高度処理無)の主成分得点分布について

図 4-11 に見られるように、地表水系で高度処理を導入していない浄水場では、第一主成分得点と第二主成分得点に若干の正の相関が見られた。これは、表 4-8 に示すように、地表水系で高度処理を導入していない浄水場データは第一主成分の重み付けが大きい、鉄、濁度、過マンガン酸カリウム消費量と、第二主成分の重み付けが大きい硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、硬度の間に比較的高い相関があることによると思われる。

表 4-9 には全フロー(全浄水場)を対象に分析した場合の相関係数を示すが、鉄、濁度、過マンガン酸カリウム消費量と硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、硬度には高い相関関係は見られなかった。主に地下水系原水で相関性が無いためと思われる。

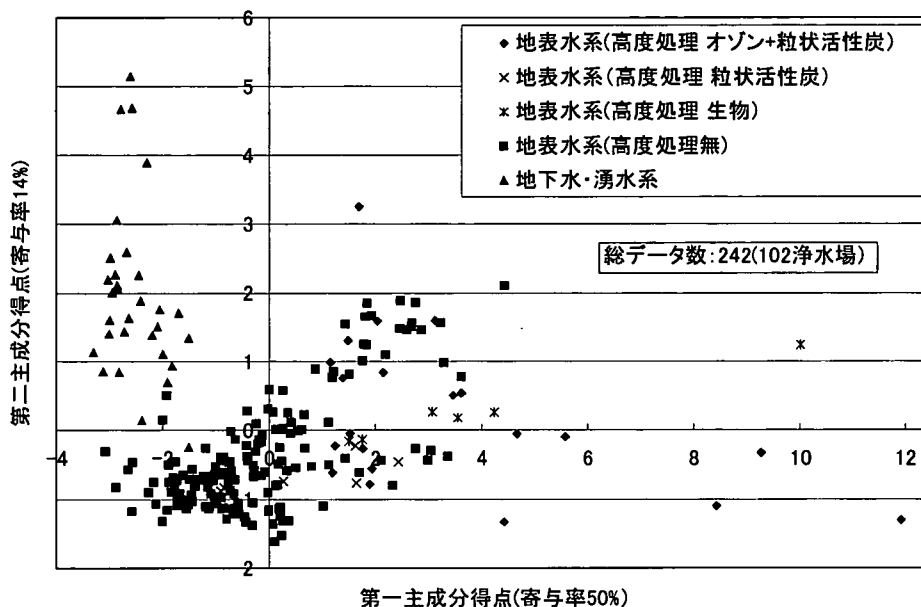


図 4-11 主成分得点分布図（水源及び高度処理有無別）

表 4-8 水質項目の相関係数（地表水高度処理なし、161 浄水場）

| | 一般細菌 | 硝酸・亜硝酸 | 鉄 | マンガン | 硬度 | pH値 | 色度 | 濁度 | 過マンガン酸 | アンモニア |
|--------|------|--------|------|-------|------|-------|------|------|--------|-------|
| 一般細菌 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 硝酸・亜硝酸 | 0.61 | 1.00 | | | | | | | | |
| 鉄 | 0.52 | 0.68 | 1.00 | | | | | | | |
| マンガン | 0.09 | 0.29 | 0.46 | 1.00 | | | | | | |
| 硬度 | 0.56 | 0.72 | 0.60 | 0.37 | 1.00 | | | | | |
| pH値 | 0.33 | 0.26 | 0.09 | -0.11 | 0.47 | 1.00 | | | | |
| 色度 | 0.26 | 0.23 | 0.43 | 0.55 | 0.26 | -0.04 | 1.00 | | | |
| 濁度 | 0.49 | 0.67 | 0.66 | 0.38 | 0.50 | 0.14 | 0.47 | 1.00 | | |
| 過マンガン酸 | 0.51 | 0.51 | 0.55 | 0.49 | 0.52 | 0.11 | 0.57 | 0.67 | 1.00 | |
| アンモニア | 0.49 | 0.67 | 0.58 | 0.55 | 0.61 | 0.05 | 0.37 | 0.53 | 0.52 | 1.00 |

表 4-9 水質項目の相関係数（全フロー、242 浄水場）

| | 一般細菌 | 硝酸・亜硝酸 | 鉄 | マンガン | 硬度 | pH値 | 色度 | 濁度 | 過マンガン酸 | アンモニア |
|--------|------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
| 一般細菌 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 硝酸・亜硝酸 | 0.15 | 1.00 | | | | | | | | |
| 鉄 | 0.57 | 0.23 | 1.00 | | | | | | | |
| マンガン | 0.28 | 0.06 | 0.59 | 1.00 | | | | | | |
| 硬度 | 0.01 | 0.38 | 0.17 | 0.18 | 1.00 | | | | | |
| pH値 | 0.43 | -0.09 | 0.40 | 0.27 | 0.14 | 1.00 | | | | |
| 色度 | 0.47 | 0.00 | 0.67 | 0.69 | 0.09 | 0.39 | 1.00 | | | |
| 濁度 | 0.47 | 0.19 | 0.80 | 0.57 | 0.18 | 0.44 | 0.68 | 1.00 | | |
| 過マンガン酸 | 0.50 | 0.07 | 0.75 | 0.69 | 0.19 | 0.51 | 0.79 | 0.85 | 1.00 | |
| アンモニア | 0.48 | 0.29 | 0.53 | 0.66 | 0.27 | 0.22 | 0.58 | 0.45 | 0.53 | 1.00 |

4. 4 まとめ

(1) 水道統計データを用いたクラスター解析による原水水質の分類(グループ化)

4項目（pH、濁度、過マンガン酸カリウム消費量、マンガン）の平均値を用いたクラスター解析では、

- ◆クラスター毎に、原水水質の特徴を見出すことができ、活性炭処理導入率や水源種類の特徴にも反映されていた。

- ◆クラスター毎に、オゾン・活性炭処理の有無で分類し、各浄水水質を比較したところ、オゾン処理有の浄水水質は有機物等の値が低めであるなど、ある程度の関連づけを見出す

ことが可能であった。

6項目(上記4項目+ジェオスミン、2-MIB)の平均値を用いたクラスター解析では、

- ◆カビ臭物質の濃度レベルによる特別なクラスターが形成された。
- ◆富栄養化に伴う水質悪化の影響が反映された水質分類となり、活性炭処理導入の妥当な関係が見られた。

(2) 事業体提供データを用いた主成分分析及びクラスター解析による原水水質の得点化、グループ化

10項目(一般細菌、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、鉄、マンガン、硬度、pH値、色度、濁度、過マンガン酸カリウム消費量、アンモニア態窒素)の中央値を用いて、主成分分析及びクラスター解析を行った結果、

- 1) 第一主成分は重み係数が、過マンガン酸カリウム消費量、鉄、濁度、色度、マンガンの順に大きく、主に水質の汚濁度を示していると考えられた。
- 2) 第二主成分は、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素及び硬度の重み係数が大きい結果となり、地下水の特徴と窒素汚染を意味する指標と考えられた。
- 3) 採用されている浄水システムは、第一主成分得点により分類される傾向にあった。
- 4) クラスター解析による分類により、原水を①地下水・湧水系を主とする清澄な水源のグループ(クラスター1)、②平均的な水質のグループ(クラスター2)、③全国平均より水質汚濁が進行しているグループ(クラスター3)、④水質汚濁が極端に進行しているグループ(クラスター4)の4グループに分けることができた。
- 5) クラスター解析により分類された各クラスター(グループ)は第一及び第二主成分得点分布図上で明確に区切ることができ、主成分分析とクラスター解析結果は類似の傾向であった。

(3) 主成分分析及びクラスター解析結果の活用方法

(2) に示す成果を以下のように活用可能と考える。

- 1) 水質汚濁度を意味する第一主成分得点を横軸、地下水の特徴と窒素汚染を意味する第二主成分得点を縦軸に取った分布図上に、クラスター解析により水質の特徴に応じて分類された4グループの分布範囲を記した融合図(図4-7)は日本の水道原水水質特性を表現する一つの図として活用可能と考える。
- 2) 第一、第二主成分得点の計算結果を上記融合図に当てはめれば、得点による水質特性判断に加え、所属グループの判断も同時に行える。これら双方からの確認により、原水水質特性をより詳しく把握できるものとする。
- 3) 該当原水に適用されている浄水システムは第一主成分得点により分類される傾向にあった(図4-6)。第一主成分得点に近い=類似水質であると解釈できることから、第一主成分得点を算出することで、類似水質に対し採用されている浄水システムを確認可能である。

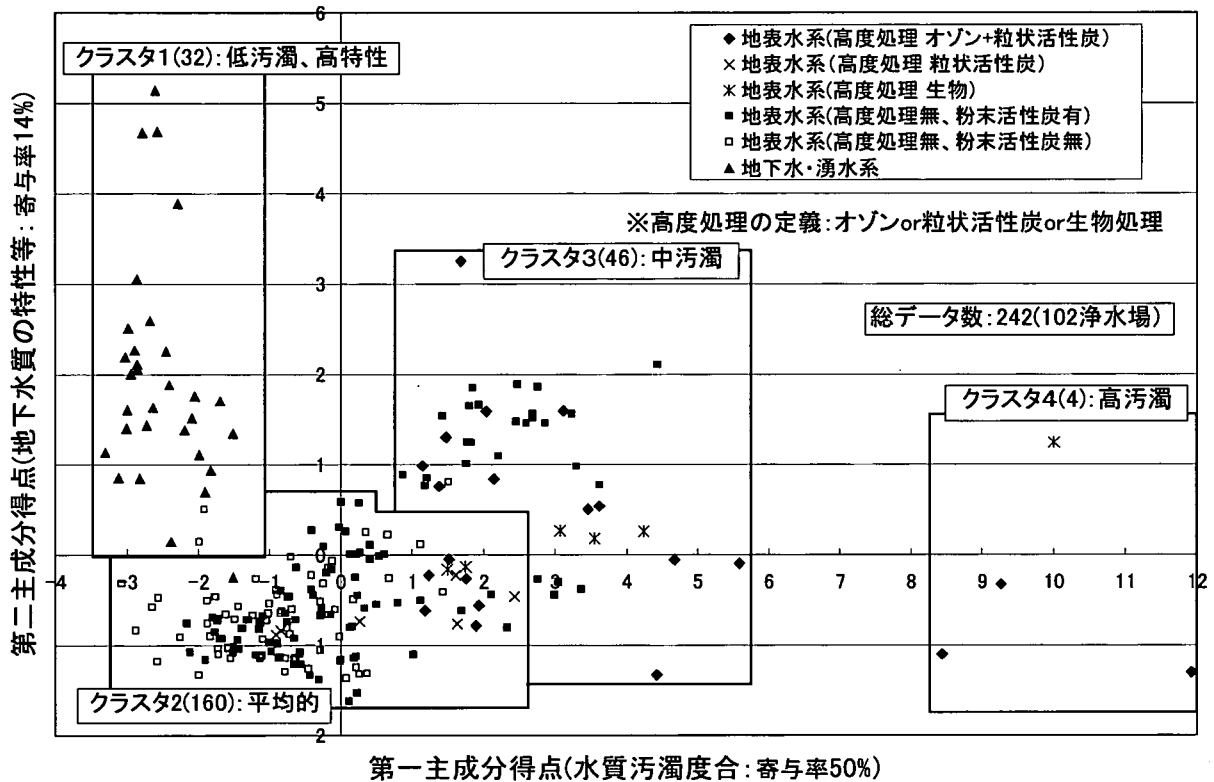
(3) の具体的活用手順について、次ページ以降(4章5節)に示す。

4. 5 本成果に基づく水道原水水質特性確認方法

4. 5. 1 主成分得点算出と所属グループ(クラスター)の確認方法

図 4-7 に示した主成分分析とクラスター解析の融合図を利用し、自身の水道原水水質特性を確認する手順を説明する。

(図 4-7)



⚠ クラスタ範囲の信頼度について

本図は、多数の水質検査データを用いて作成した図ですが、全国に存在する水質データの一部しか使用していません。そのため、特にクラスタ範囲については誤差があり各クラスタの境界線にも、ずれがあるものと考えます(例えばクラスタ2に近いクラスタ3に位置した場合、実際は2である可能性があります)。ですので、所属クラスタの確認結果につきましては参考情報とご解釈ください。

(1) 図の構成

融合図の構成を詳述する。

①横軸(第一主成分得点)

水質汚濁度合を示し、得点が高いほど汚濁が進行していると解釈できる。

②縦軸(第二主成分得点)

主に硝酸態窒素や硬度に影響され、これらの値が高いほど高得点となる。第一主成分得点が負で第二主成分得点が正の場合、地下水・湧水系の特性を示していると言える。

③クラスター分類：4つに分類し、クラスターごとに範囲を実線で囲っている。

クラスター1：汚濁度指標低く地下水、湧水を中心とするグループ

クラスター2：全国で平均的な水質グループ

クラスター3：全国平均よりも水質汚濁が進行しているグループ

クラスター4：全国平均よりも水質汚濁が極端に進行しているグループ

と言える。

④プロット種類：全6種類

原水種類(地表水系 or 地下水・湧水系)でまず分類し、地表水系はさらに該当浄水場の採用フロー(高度処理・粉末活性炭処理の有無)により分けている。

| プロット種類 | 意味 |
|--------|---|
| ◆ | 地表水系でオゾン+粒状活性炭処理を採用する浄水場 |
| × | 地表水系で粒状活性炭処理を採用する浄水場(オゾン処理は未採用) |
| * | 地表水系で生物処理を採用する浄水場(オゾン処理は未採用) |
| ■ | 地表水系で粉末活性炭処理を採用する浄水場(その他の高度処理は未採用) |
| □ | 地表水系で高度処理及び粉末活性炭処理を採用していない浄水場 (凝集沈澱急速ろ過、凝集急速ろ過、緩速ろ過) |
| ▲ | 地下水・湧水系の原水を100%用いている浄水場 |

(2) 水質特性確認手順

1) 水質データの用意

10項目(一般細菌、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、鉄、マンガン、硬度、pH値、色度、濁度、過マンガン酸カリウム消費量 or TOC、アンモニア態窒素)の水質分析結果を用意する。

※有機物指標(TOCと過マンガン酸カリウム消費量)について

図の作成に至る解析は過マンガン酸カリウム消費量を用いているが、実データから換算式を求めることでTOCからでも計算可能なようにした(詳しくは添付資料2-5参照)。両項目の水質データが存在する場合は過マンガン酸カリウム消費量の選択を推奨する。

2) 代表値の選択

本解析の元となるデータとしては、年間中央値(1年間のデータすべてをその値の大きさの順に並べたとき、中央にくる数値。資料の個数が偶数なら、中央の順位に隣り合う二数の平均値)

を使用している。よって、同じく年間中央値を求め使用することを推奨する。スポットデータを使用の場合は、極力平均的と思われるデータを選択する。

3) 主成分得点の算出

選択した 10 項目の代表値を算出式に当てはめ計算する。水道技術研究センターホームページ上(URL : _____)に、自動計算ファイル(形式 : Excel)が掲示されているので、それを活用すれば容易に算出できる。検出下限値未満は 0 と入力すること。

<主成分得点算出式>

①第一主成分得点 (A ~ J までの和)

A : $(\text{Log}(\text{一般細菌}[\text{個}/\text{mL}]) - 2.6) \times 0.29$ ※0 個/mL の場合は $\text{Log}0=0$ とする。

B : $(\text{硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素}[\text{mg}/\text{L}] - 1.0) \times 0.11$

C : $(\text{鉄}[\text{mg}/\text{L}] - 0.19) \times 2.3$

D : $(\text{マンガン}[\text{mg}/\text{L}] - 0.031) \times 9.4$

E : $(\text{硬度}[\text{mg}/\text{L}] - 57) \times 0.0037$

F : $(\text{pH 値} - 7.4) \times 0.65$

G : $(\text{色度}[\text{度}] - 6.0) \times 0.076$

H : $(\text{濁度}[\text{度}] - 4.2) \times 0.089$

I : $(\text{過マンガン酸カリウム消費量}[\text{mg}/\text{L}] - 4.3) \times 0.14$

もしくは

$(\text{TOC}[\text{mg}/\text{L}] \times 1.54 + 0.396 \times \text{濁度}[\text{度}] + 0.544 - 4.3) \times 0.14$

J : $(\text{アンモニア態窒素}[\text{mg}/\text{L}] - 0.035) \times 5.7$

②第二主成分得点 (a ~ j までの和)

a : $(\text{Log}(\text{一般細菌}[\text{個}/\text{mL}]) - 2.6) \times (-0.092)$ ※0 個/mL の場合は $\text{Log}0=0$ とする。

b : $(\text{硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素}[\text{mg}/\text{L}] - 1.0) \times 0.79$

c : $(\text{鉄}[\text{mg}/\text{L}] - 0.19) \times 0.050$

d : $(\text{マンガン}[\text{mg}/\text{L}] - 0.031) \times (-0.16)$

e : $(\text{硬度}[\text{mg}/\text{L}] - 57) \times 0.019$

f : $(\text{pH 値} - 7.4) \times (-0.66)$

g : $(\text{色度}[\text{度}] - 6.0) \times (-0.034)$

h : $(\text{濁度}[\text{度}] - 4.2) \times (-0.078)$

i : $(\text{過マンガン酸カリウム消費量}[\text{mg}/\text{L}] - 4.3) \times (-0.038)$

もしくは

$(\text{TOC}[\text{mg}/\text{L}] \times 1.54 + 0.396 \times \text{濁度}[\text{度}] + 0.544 - 4.3) \times (-0.038)$

j : $(\text{アンモニア態窒素}[\text{mg}/\text{L}] - 0.035) \times 4.0$

(3) 自動計算ファイルを用いた計算例

例えば、次のような2浄水場(A浄水場5点、B浄水場4点)の水質データが用意できたとする。

表 4-10 例示データ

| | | データ1 | データ2 | データ3 | データ4 | データ5 | 代表値 |
|---------------------------------|-------|------------|-------------|--------------|-------------|-------|-------|
| 一般細菌 (個/mL) | A 浄水場 | 1000 | 20000 | 5000 | 10000 | 3000 | 5000 |
| | B 浄水場 | 40000 | <u>8000</u> | <u>10000</u> | 6000 | | 9000 |
| 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素(mg/L) | A 浄水場 | 1.2 | 1.1 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 1.1 |
| | B 浄水場 | 2.8 | 2.2 | <u>2.4</u> | <u>2.4</u> | | 2.4 |
| 鉄 (mg/L) | A 浄水場 | <0.03 | 0.58 | 0.46 | 0.30 | 0.13 | 0.30 |
| | B 浄水場 | 0.92 | <u>0.67</u> | <u>0.53</u> | 0.35 | | 0.60 |
| マンガン (mg/L) | A 浄水場 | 0.005 | 0.080 | 0.060 | 0.075 | 0.015 | 0.060 |
| | B 浄水場 | 0.15 | <u>0.10</u> | <u>0.12</u> | 0.05 | | 0.11 |
| 硬度 (mg/L) | A 浄水場 | 34 | 44 | 40 | 42 | 43 | 42 |
| | B 浄水場 | 63 | <u>58</u> | <u>62</u> | 57 | | 60 |
| pH 値 | A 浄水場 | 7.7 | 6.9 | 7.5 | 7.0 | 7.3 | 7.3 |
| | B 浄水場 | <u>8.0</u> | 8.2 | 7.9 | <u>8.0</u> | | 8.0 |
| 色度 (度) | A 浄水場 | 4 | 12 | 9 | 10 | 7 | 9 |
| | B 浄水場 | 15 | <u>9</u> | <u>11</u> | 8 | | 10 |
| 濁度 (度) | A 浄水場 | 5.8 | 11.8 | 7.8 | 7.5 | 6.7 | 7.5 |
| | B 浄水場 | 35 | <u>14</u> | <u>22</u> | 6 | | 18 |
| KMnO ₄ 消費量 (mg/L) | A 浄水場 | 4.7 | 10.1 | 6.8 | 6.2 | 5.3 | 6.2 |
| | B 浄水場 | 14.7 | <u>7.1</u> | <u>11.3</u> | 6.1 | | 9.2 |
| アンモニア態窒素 (mg/L) | A 浄水場 | <0.01 | 0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0 |
| | B 浄水場 | 0.10 | 0.04 | <u>0.07</u> | <u>0.05</u> | | 0.06 |

- ①項目毎に代表値として中央値を算出する。A 浄水場は5点のデータがあるので3番目に高い(低い)数値が該当する(上表着色値)。アンモニア態窒素は検出下限値未満なので0が代表値となる。B 浄水場は4点のデータなので、2番目と3番目の数値(上表下線値)の平均値となる。
- ②どちらかの浄水場代表値を自動計算ファイル内の該当セルに入力する。
- ③同シート上にある計算ボタンをクリックすると、自動的に主成分得点が計算され表示される。A 浄水場データなら第一主成分得点 1.34 点、第二主成分得点 -0.62 点、B 浄水場データなら第一主成分得点 5.02 点、第二主成分得点 0.28 点となる。
- ④さらにグラフボタンをクリックするとグラフシート(主成分得点分布図)上に計算結果が追加プロットされる。追加データプロットには“Sample”のデータラベルが表記される(図 4-12 参照)。
- ⑤もう一方の浄水場代表値についても同様の操作(②~④)を行えば、グラフ表示まで確認

できる。

⑥プロットされた図から、入力したデータが分布図上のどの辺に位置しどのクラスターに属するか確認ができる。例示データは A 浄水場：クラスター2 (全国で平均的な原水水質グループ)、B 浄水場：クラスター3 (全国平均よりも水質汚濁が進行しているグループ) に属している。

<データ入力画面>

| | 入力値 |
|-----------|-----------|
| 一般細菌 | 5000 個/mL |
| 硝酸亜硝酸窒素 | 1.1 mg/L |
| 全鉄 | 0.3 mg/L |
| 全マンガン | 0.06 mg/L |
| 硬度 | 42 mg/L |
| pH | 7.3 |
| 色度 | 9 度 |
| 濁度 | 7.5 度 |
| 有機物 KMnO4 | 6.2 mg/L |
| 有機物 TOC | mg/L |
| アンモニア窒素 | 0 mg/L |

主成分得点

| | |
|-------|-------|
| 第1主成分 | 第2主成分 |
| 1.34 | -0.62 |

注) 有機物は"KMnO4消費量", "TOC"何れかを使用。使用しない項目欄は空白のこと。
 注) "KMnO4消費量"と"TOC"の両方を入力するとKMnO4消費量が優先されます。
 注) 全リセットボタンは、入力欄、計算結果、グラフを初期状態に戻します。

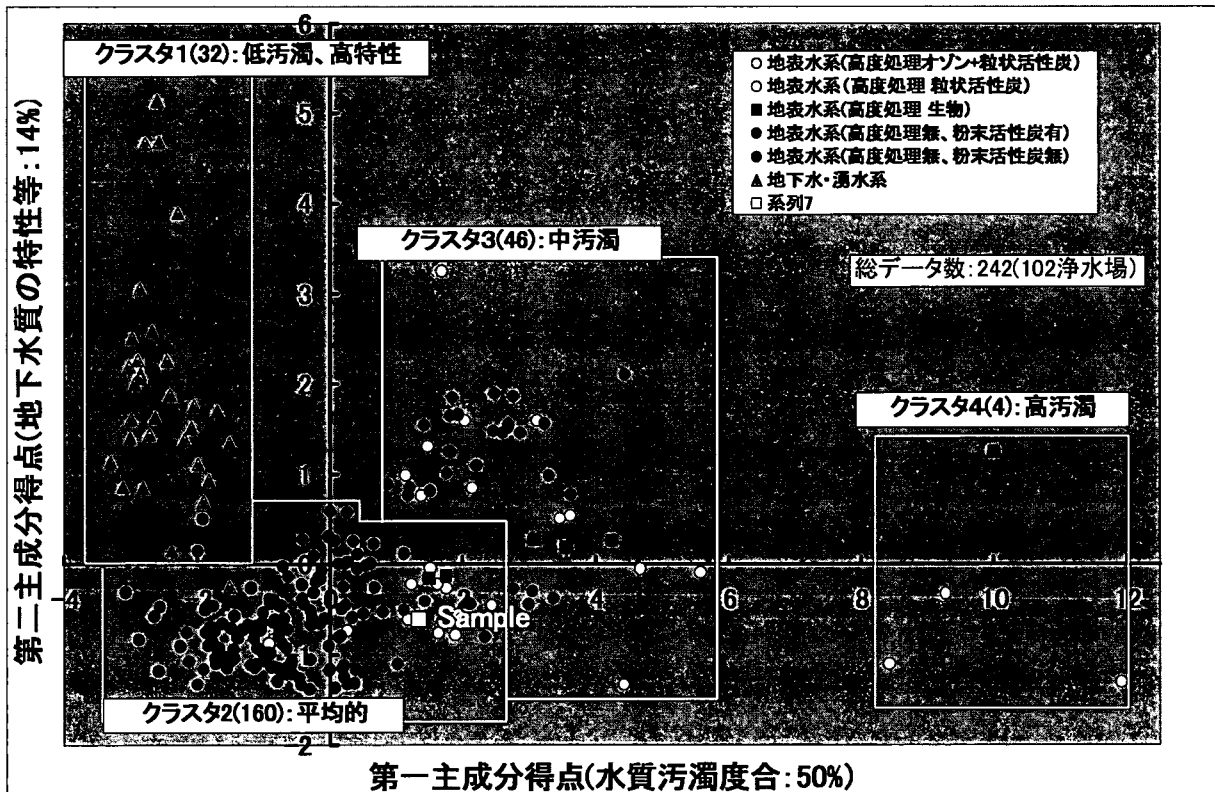


図 4-12 計算結果 表示例 (サンプル表示は A 浄水場データ)

4. 5. 2 原水水質と採用浄水システムの関係把握

該当水質と類似する水質に対し採用されている浄水システムを把握する方法について記す。浄水システムごとに第一主成分得点範囲を整理した図 4-6 を活用する。本図は下に行くほど高度なシステムとなるように並べており、水質の汚濁度合を意味する第一主成分の得点と採用浄水システムの間には一定の関係性がある。しかし、重複している範囲もあり、適正システムを大まかに特定できるレベルまで整理されていると言える。

図 4-13 は、表 4-10 に示す例示データの第一主成分得点を図 4-6 上に点線で追記したものである。本図に示すように、A 浄水場第一主成分得点 1.34 点は、凝集沈澱急速ろ過粉末炭無、凝集沈澱急速ろ過粉末炭有、高度処理(粒状炭)、高度処理(オゾン+粒状炭)の 4 フローが採用されている領域に入る。さらに考察するならば、凝集沈澱急速ろ過粉末炭無の上限値、高度処理(オゾン+粒状炭)の下限値に近いことから、オゾン処理や活性炭処理の必要性について判断が分かれたり、臭気等の発生が起きるか否か微妙な領域にあると推測できる。

B 浄水場第一主成分得点 5.02 点は、高度処理(生物)、高度処理(オゾン+粒状炭)の 2 フローしか採用されていない領域に入り、高度処理が必要な原水であると推測できる。

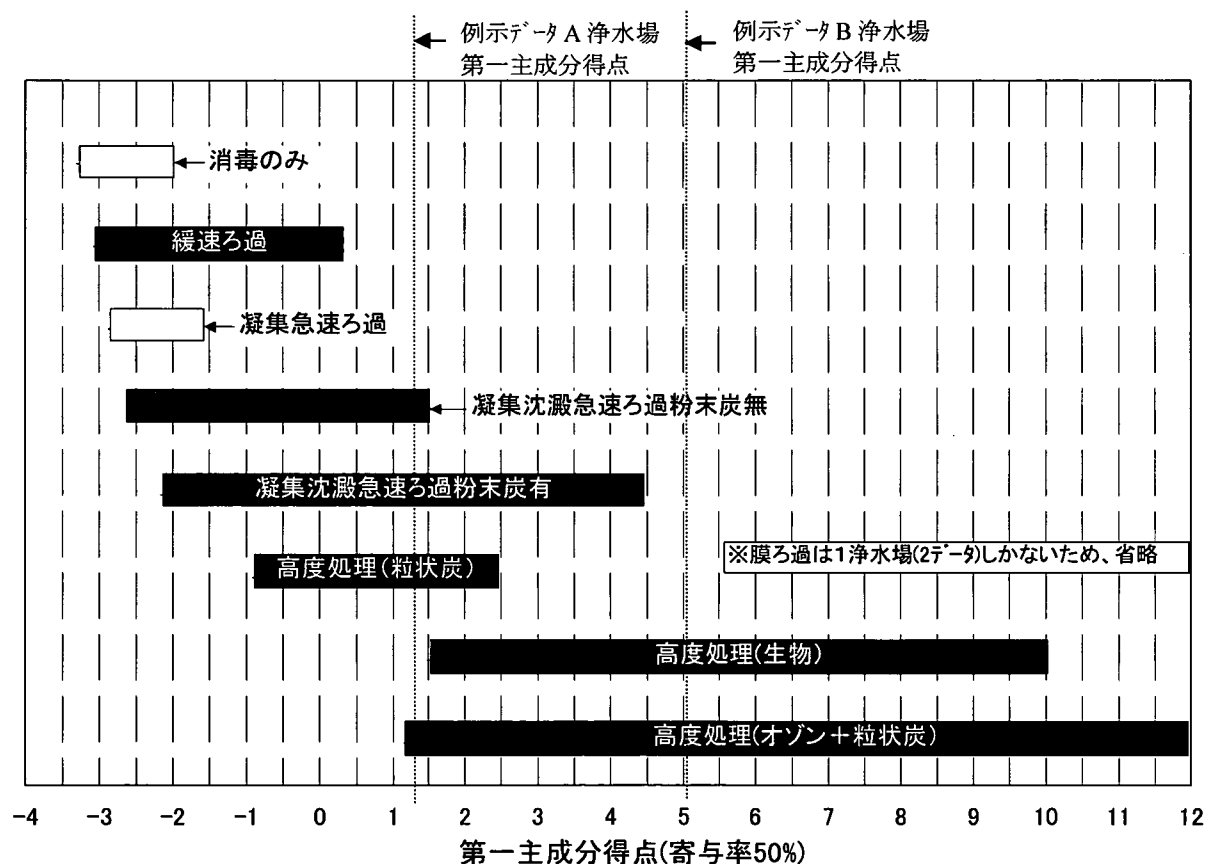


図 4-13 第一主成分得点による採用浄水システム把握 検証例

5. 浄水システムと原水水質の関係整理、解析

浄水施設の更新の時代を迎え、原水水質に応じた浄水プロセス選定法を確立することが重要になっている。しかしながら、原水水質に影響を与える因子は多く存在し、それらが複合的に関与しているため、水道原水の特徴を把握し、最適な浄水システムを選定することは必ずしも容易ではない。そこで、原水と浄水水質の関係を整理し、水質ランク図を作成した。また、原水水質の累積頻度分布特性を利用した浄水システムの選定手法を検討した。それらの結果から、原水水質の累積頻度パターンを管理することで、将来の浄水システムの変更の必要性等を把握できると推察

5. 1 目的

本項では、e-Water II 参加事業体の 32 事業体 129 浄水場の提供データをもとに原水水質と浄水水質の解析を行うことで、どの浄水システムがどの水質項目を効果的に処理できるか。また事業体の原水水質データを当てはめることで、現時点でより多く選択されている浄水システムが何かを把握することを目的とする。そのために2つの作業を実施した。

1つ目は、事業体提供のデータをもとに浄水システムを6つのパターンに分類し浄水システムごとの原水水質と浄水水質の関係の解析を行った。各浄水システム、水質項目ごとに処理の得意、不得意の傾向を明らかにした。

2つ目は、各浄水システムで異なる水質項目ごとの解析データをもとに、各事業体の原水データを当てはめることで、その事業体の原水水質が主としてどのような浄水システムで処理されているかを選定する方法を提案する。

5. 2 原水水質と浄水水質の解析方法

4章と同様、e-Water II 参加事業体に水源の種類、浄水システム、処理量、地域性を考慮して選定した事業体を加えた計 32 事業体から提供戴いた 3 年分（1994 年、1999 年、2004 年）の原水および浄水水質データを水質項目、浄水システム毎に分類し、解析した。事業体提供データの概要を表 5-1 に示す。浄水場数は 1994 年が 97 浄水場、1999 年が 113 浄水場、2004 年が 112 浄水場である。なお、浄水システムは 6 種類に分類した。サンプル数、浄水場数は粉末活性炭＋凝集＋沈澱＋急速ろ過（システム 2-1b）が多く、凝集＋急速ろ過（システム 3）と凝集＋沈澱＋急速ろ過＋粒状活性炭（システム 5-1）が少なかった。

表 5-1 事業体提供データの概要

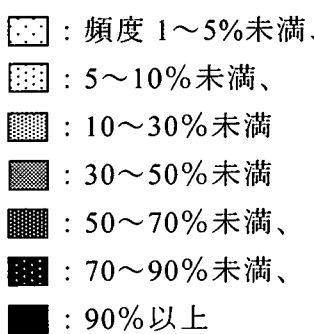
| | | | | | | |
|-----------|---|------|-----|--------|------|------|
| 提供年度 | 1994 年度（渇水年）、1999 年度（通常年）、2004 年度（多雨年） | | | | | |
| 事業体数 | 32 事業体 | | | | | |
| 浄水場数 | 1994 年度：96 浄水場、1999 年度：112 浄水場、 2004 年度：112 浄水場 | | | | | |
| 水質項目 | 30 項目 濁度、色度、アルミニウム、鉄、マンガン、TOC、有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）、E260（1cm セル）、E260（5cm セル）、2-MIB、ジェオスミン、総トリハロメタン/生成能、クロロホルム、ブロモジクロロメタン、ジブロモクロロメタン、ブロモホルム、クロロ酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸、ホルムアルデヒド、農薬類、一般細菌、大腸菌群数、大腸菌、生物総数、アンモニア態窒素、硝酸態/亜硝酸態窒素、硬度、蒸発残留物、臭素酸 | | | | | |
| 浄水システム | 6 種類 システム 2-1a（凝集＋沈澱＋急速ろ過） システム 2-1b（粉末活性炭＋凝集＋沈澱＋急速ろ過） システム 3（凝集＋急速ろ過） システム 5-1（凝集＋沈澱＋急速ろ過＋粒状活性炭） システム 6-1（凝集＋沈澱＋急速ろ過＋オゾン＋粒状活性炭） システム 9（緩速ろ過） (浄水システムにおける各プロセスの順序は問わない。) | | | | | |
| 浄水システム | 水質項目別サンプル数（3 年分） | | | 対象浄水場数 | | |
| | 最小 | 最大 | 平均 | 1994 | 1999 | 2004 |
| システム 2-1a | 24 | 1050 | 477 | 32 | 32 | 25 |
| システム 2-1b | 22 | 1735 | 656 | 41 | 49 | 51 |
| システム 3 | 12 | 60 | 31 | 0 | 2 | 3 |
| システム 5-1 | 4 | 232 | 48 | 5 | 7 | 8 |
| システム 6-1 | 12 | 264 | 109 | 4 | 8 | 10 |
| システム 9 | 6 | 447 | 165 | 14 | 14 | 15 |

解析方法の概要を表 5-2 に示す。

原水浄水散布図は、プロットの近似式の傾きが小さいほど除去率が高く、1 であれば原水とほとんど変動がない（除去されていない）ことになり、1 以上の場合は原水より悪化したことになる。原水浄水重ね累積分布図および原水浄水重ね頻度分布図は、浄水ラインが原水ラインより左に離れるほど、除去率が高く、重ねていけば原水とほとんど変動がない（除去されていない）ことになり、右に離れると原水より悪化したことになる。各システム原水重ね累積分布図および各システム浄水重ね累積分布図は、各浄水システムの水質に差異があるか把握できる。水質ランク図は原水浄水散布図のプロットの頻度を濃淡で表示することで原水浄水間の頻度分布を把握できる。なお、

X軸、Y軸の無次元化濃度とは、水質基準に対する相対濃度のことであり、濃度を水質基準値で除したものである。

表 5-2 解析方法の概要

| 解析方法 | 内容 |
|---|--|
| 原水浄水散布図 X軸：無次元化原水濃度(対数) Y軸：無次元化浄水濃度 | 浄水システム、水質項目毎に原水－浄水散布図を作成した。X軸、Y軸は水質基準で除して無次元化した。(添付資料 3-1～3-6 参照) |
| 原水浄水重ね累積分布図 X軸：無次元化濃度(対数) Y軸：累積度数(%) | 浄水システム、水質項目毎に原水累積分布と浄水累積分布を重ね合わせた図を作成した。(添付資料 3-7 参照) |
| 原水浄水重ね頻度分布図 X軸：無次元化濃度(対数) Y軸：度数(%) | 浄水システム、水質項目毎に原水頻度分布と浄水頻度分布を重ね合わせた図を作成した。(添付資料 3-7 参照) |
| 各システム原水重ね累積分布図 X軸：無次元化濃度(対数) Y軸：累積度数(%) | 水質項目毎に各浄水システムの原水累積分布を重ね合わせた図を作成した。(添付資料 3-8 参照) |
| 各システム浄水重ね累積分布図 X軸：無次元化濃度(対数) Y軸：累積度数(%) | 水質項目毎に各浄水システムの浄水累積分布を重ね合わせた図を作成した。(添付資料 3-8 参照) |
| 水質ランク図 X軸：無次元化原水濃度 Y軸：無次元化浄水濃度 | 浄水システム、水質項目毎に原水－浄水散布の頻度を濃淡で表示する図を作成した。(添付資料 3-9～3-14 参照)  <ul style="list-style-type: none"> □：頻度 1～5%未満、 ●：5～10%未満、 ▨：10～30%未満 ▩：30～50%未満 ▧：50～70%未満、 ▦：70～90%未満、 ■：90%以上 |

※無次元化濃度とは、水質基準に対する相対濃度（測定濃度／水質基準）。

※水質基準に該当しない水質項目や水質基準が0である大腸菌、大腸菌群については無次元化しない。

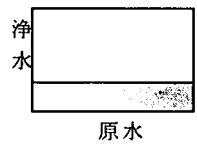
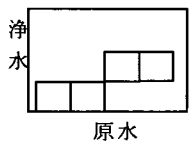
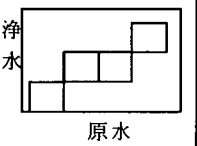
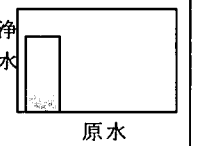
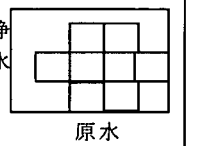
5. 3 原水水質と浄水水質の解析結果

今回、表 5-2 に記載している解析方法のうち、主な浄水システムの原水浄水散布図と水質ランク図を本文中に添付してパターン毎に特徴を示す（その他の図については巻末資料に添付）。

水質ランク図を整理したところ、5つのパターンに分類できた。各水質項目がどの

ようなパターンに分類されるのかをまとめたものを表 5-3 に示す。原水濃度が高くても、高効率で除去される①高除去率型、ある程度原水浄水相関があり、除去効果のある②除去効果有型、除去率が低い③低除去率型、④副生成物生成型、⑤広範囲分布型に分類される。

表 5-3 水質ランク図のまとめ

| パターン名称 | 高除去率型 | 除去効果有型 | 低除去率型 | 副生成物生成型 | 広範囲分布型 |
|-------------|---|---|---|--|---|
| 特徴 | 原水濃度が高くても、高効率で除去される | 当該浄水システムで、除去効果がある | 当該浄水システムでは、除去率が低い | 消毒副生成物等、原水より浄水が高くなる | 広範囲に分布する |
| パターン |  |  |  |  |  |
| 代表水質項目 | 濁度 鉄、マンガ 2-MIB(高度処理のみ) 一般細菌 | トリハロメタン生成能 TOC 有機物等 | 硝酸態窒素 硬度 蒸発残留物 | クロホルム ジクロロ酢酸 | アルミニウム |
| 浄水システムによる違い | 原水濃度の高い順に 5-1, 6-1 > 2-1a, 2-1b > 3, 9 2-MIBは 2-1b, 5-1, 6-1のみ該当 | 原水分布が高濃度側に分布している順に 5-1, 6-1 > 2-1a, 2-1b > 3, 9 | 明確な違いなし | 明確な違いなし | 原水/浄水分布が高濃度側に広がっている順に 2-1a, 2-1b > 5-1, 6-1 > 3, 9 |

5. 3. 1 高除去率型

高除去率型とは、原水濃度が高くても高効率で除去される特徴を有しているパターンである。代表水質項目である濁度、鉄、マンガ、2-MIB、一般細菌の詳細を後述する。

(1) 濁度

原水浄水散布図(図 5-1)、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図(図 5-2)から、各浄水システムともに、ほとんど除去されている。各システム原水重ね累積分布図から原水濁度は高い順に 5-1(水質基準超過率 98%) ≧ 6-1 > 2-1a ≧ 2-1b > 9 > 3(水質基準超過率 12%) となっており、明確な差があったのに対し、各システム浄水重ね累積分布図から浄水濁度はいずれの浄水システムもほとんど 0.2 度(水質基準/10)以下であり、明確な差は見られなかった。

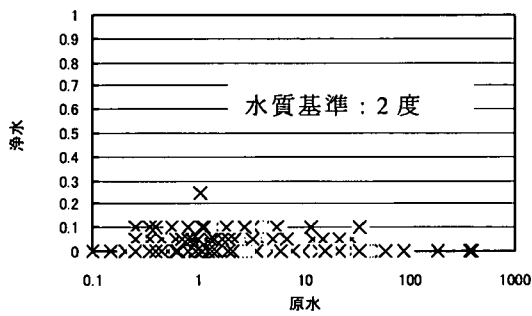


図 5-1 濁度原水浄水散布図
(システム 2-1a 粉末炭なし)

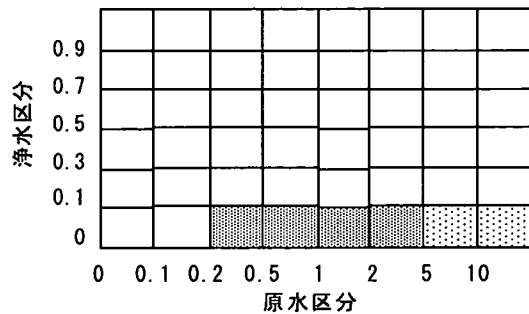


図 5-2 濁度水質ランク図
(システム 2-1a 粉末炭なし)

(2) 鉄

原水浄水散布図 (図 5-3)、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図 (図 5-4) から、各浄水システムともに、ほとんど除去されている。各システム原水重ね累積分布図から原水鉄は高い順に 5-1 (水質基準超過率 73%) ≧ 6-1 > 2-1a ≧ 2-1b > 9 > 3 (水質基準超過率 0%) となっており、明確な差があったのに対し、各システム浄水重ね累積分布図から浄水鉄は最も高い 9 でも水質基準/10 (0.03mg/L) 超過率は 7%であった。

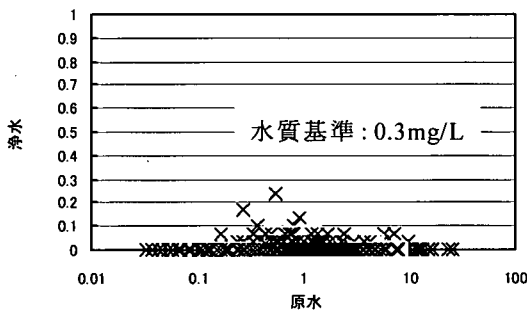


図 5-3 鉄原水浄水散布図
(システム 2-1b 粉末炭あり)

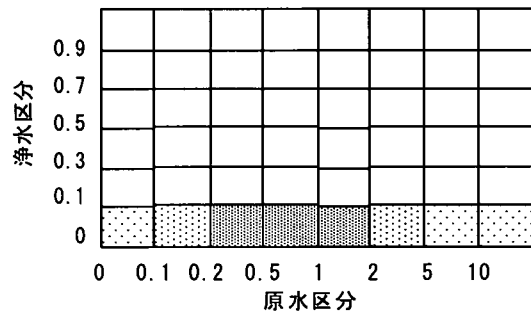


図 5-4 鉄水質ランク図
(システム 2-1b 粉末炭あり)

(3) マンガン

鉄に近似した特徴である。原水浄水散布図、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図から、各浄水システムともにほとんど除去されている。各システム原水重ね累積分布図から原水マンガンは高い順に 5-1 (水質基準超過率 59%) ≧ 6-1 > 2-1a ≧ 2-1b > 9 > 3 (水質基準超過率 2%) となっており、明確な差があったのに対し、各システム浄水重ね累積分布図から浄水マンガンは最も高い 2-1a でも水質基準/10 (0.005mg/L) 超過率は 3%であった。

(4) 2-MIB

原水浄水散布図(図5-5)、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図(図5-6)から、高度処理である5-1、6-1はほとんど除去されている。各システム原水重ね累積分布図から原水2-MIBは高い順に、6-1(水質基準超過率26%)>5-1>2-1b>9>2-1a≒3(水質基準超過率0%)となっており、2-1aと3は原水中にはほとんどなかった。また、各システム浄水重ね累積分布図から浄水2-MIBは最も高い2-1bでも水質基準/10(0.001μg/L)超過率は10%であった。

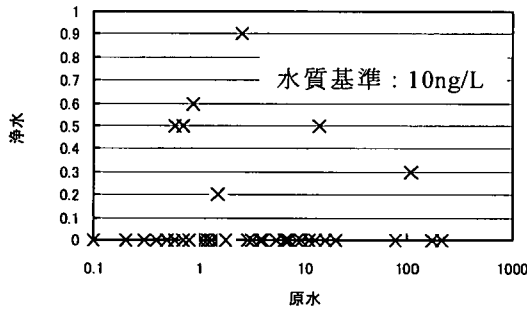


図5-5 2-MIB 原水浄水散布図
(システム6-1 オゾン)

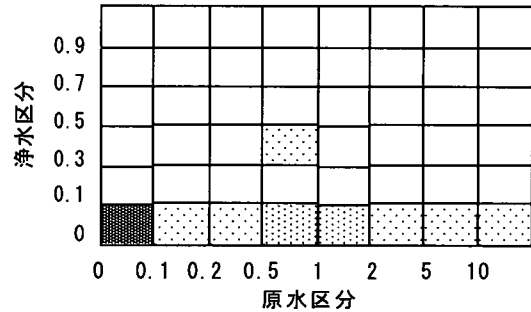


図5-6 2-MIB 水質ランク図
(システム6-1 オゾン)

(5) 一般細菌

原水浄水散布図(図5-7)、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図(図5-8)から、各浄水システムともに、ほとんど除去されている。各システム原水重ね累積分布図から、原水一般細菌は高い順に6-1(水質基準超過率100%)≒5-1>2-1b>2-1a>9>3(水質基準超過率32%)となっており、5-1と6-1の汚染が目立っていた。また、各システム浄水重ね累積分布図から浄水一般細菌はいずれの浄水システムも10CFU/ml(水質基準/10)以下であり、明確な差は見られなかった。

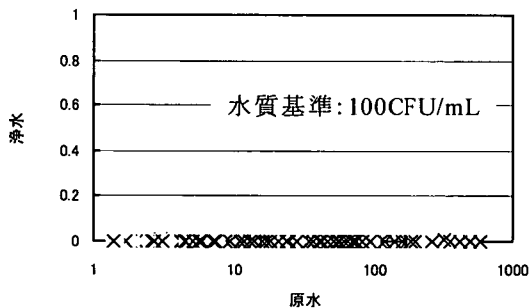


図5-7 一般細菌原水浄水散布図
(システム6-1 オゾン)

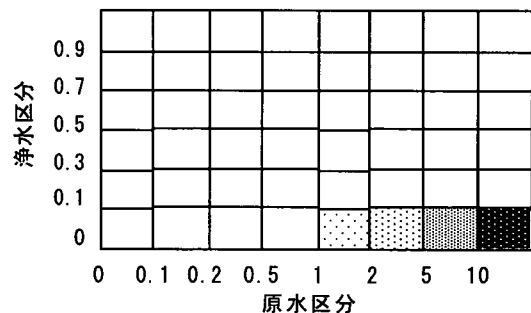


図5-8 一般細菌水質ランク図
(システム6-1 オゾン)

5.3.2 除去効果有型

除去効果有型とは、浄水処理による除去効果が認められるという特徴を有しているパターンである。代表水質項目である総トリハロメタン（生成能）、TOC、有機物等の詳細を後述する。

(1) 総トリハロメタン（原水は生成能）

原水浄水散布図（図 5-9、図 5-11）、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図（図 5-10、図 5-12）から、5-1、6-1 は除去率が高い傾向にあり、高度処理の影響が大きいと考えられる。各システム原水重ね累積分布図から原水総トリハロメタン生成能は高い順に 9（水質基準超過率 12%）>6-1≒2-1a≒2-1b≒5.1（水質基準超過率 0%）となっており、明確な差は見られなかった。また、各システム浄水重ね累積分布図から浄水総トリハロメタンは高い順に 2-1a（水質基準/10 超過率 64%）>≒2-1b>5-1>9>6-1（水質基準/10 超過率 22%）であった。

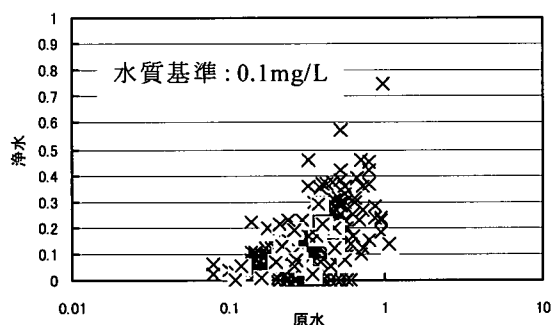


図 5-9 総 THM(生成能)原水浄水散布図
(システム 2-1b 粉末炭あり)

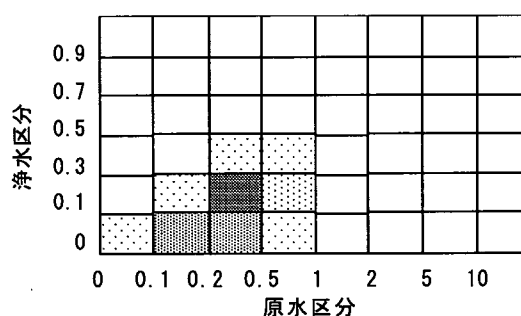


図 5-10 総 THM(生成能)水質ランク図
(システム 2-1b 粉末炭あり)

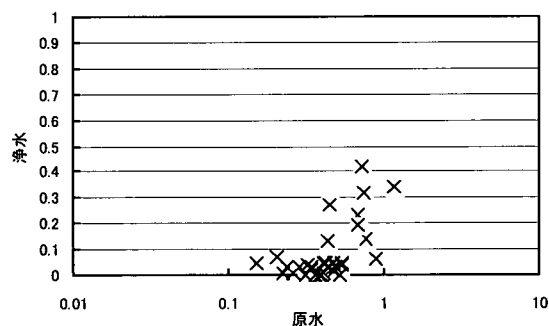


図 5-11 総 THM(生成能)原水浄水散布図
(システム 6-1 オゾン)

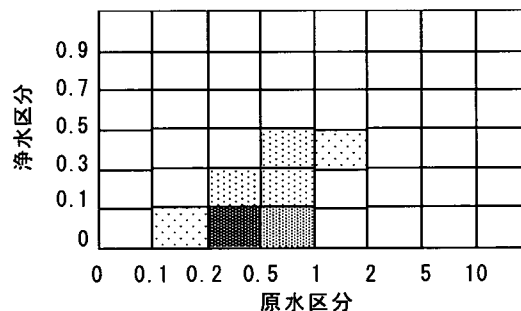


図 5-12 総 THM(生成能)水質ランク図
(システム 6-1 オゾン)

(2) TOC

原水浄水散布図(図 5-13、図 5-15)、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図から(図 5-14、図 5-16)、各浄水システムともに、原水浄水間には比例関係があり、除去率が高いのは 5-1 と 6-1 であった。各システム原水重ね累積分布図から原水 TOC はいずれの浄水システムも 5mg/L(水質基準)以下であった。水質基準/10(0.5mg/L)超過率の高い順に、5-1(水質基準超過率 100%) ≧ 6-1 ≧ 2-1a ≧ 2-1b > 9 > 3(水質基準超過率 46%) であった。各システム浄水重ね累積分布図から浄水 TOC は高い順に、6-1(水質基準/10 超過率 96%) > 2-1a ≧ 2-1b > 9 ≧ 5-1 > 3(水質基準/10 超過率 37%) であった。

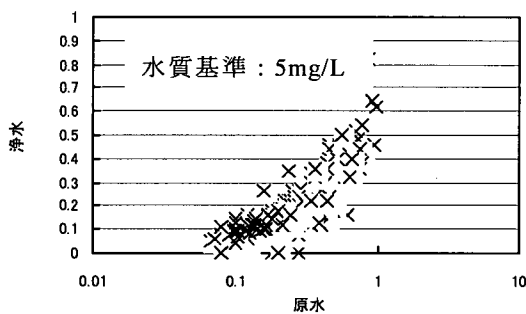


図 5-13 TOC 原水浄水散布図
(システム 2-1a 粉末炭なし)

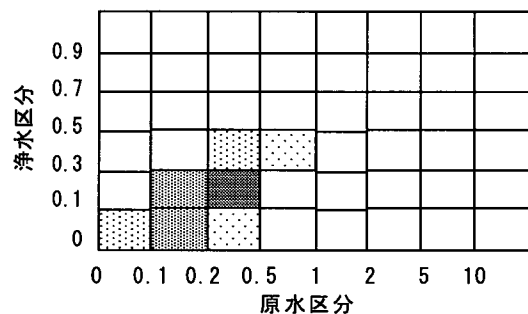


図 5-14 TOC 水質ランク図
(システム 2-1a 粉末炭なし)

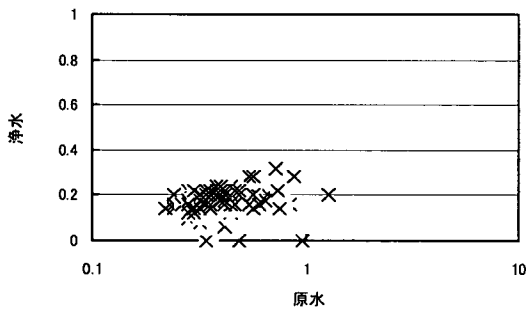


図 5-15 TOC 原水浄水散布図
(システム 6-1 オゾン)

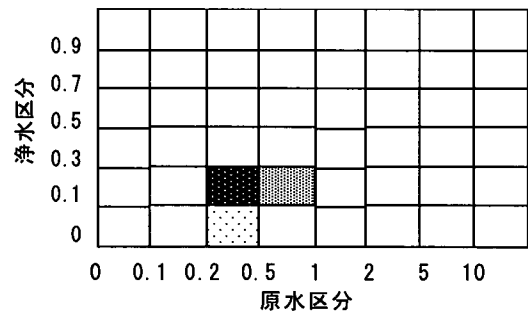


図 5-16 TOC 水質ランク図
(システム 6-1 オゾン)

(3) 有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)

TOC に近似した特徴である。原水浄水散布図、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図から、各システムともに、原水浄水間には比例関係があり、除去率が高いのは 5-1 と 6-1 であった。各システム原水重ね累積分布図から原水有機物は高い順に、5-1(水質基準超過率 44%) > 6-1 > 2-1b > 2-1a ≧ 9 ≧ 3(水質基準超過率 0%) であった。各システム浄水重ね累積分布図から浄水有機物は高い順に 5-1(水質基準/10 超過率 87%) > 6-1 ≧ 2-1a ≧ 2-1b > 3 ≧ 9(水質基準/10 超過率 60%) であった。

5. 3. 3 低除去率型

低除去率型とは、浄水処理による除去効果が低いという特徴を有しているパターンである。代表水質項目である硝酸態/亜硝酸態窒素、硬度、蒸発残留物の詳細を後述する。

(1) 硝酸態/亜硝酸態窒素

原水浄水散布図、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図から、各浄水システムともに、ほとんど除去されていない。また、各システム原水重ね累積分布図から原水硝酸態/亜硝酸態窒素は各浄水システムに明確な差は見られなかった。

(2) 硬度

原水浄水散布図（図 5-17）、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図（図 5-18）から、各浄水システムともに、硬度はほとんど除去されていない。また、各システム原水重ね累積分布図から、各浄水システムの原水硬度に明確な差は見られなかった。

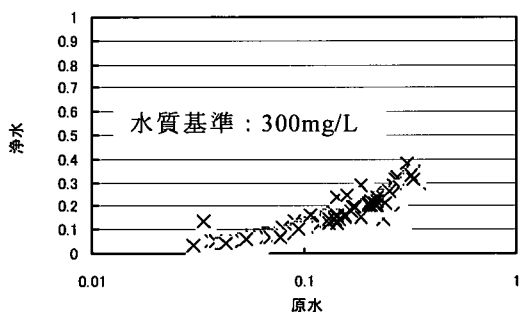


図 5-17 硬度原水浄水散布図
(システム 2-1a 粉末炭なし)

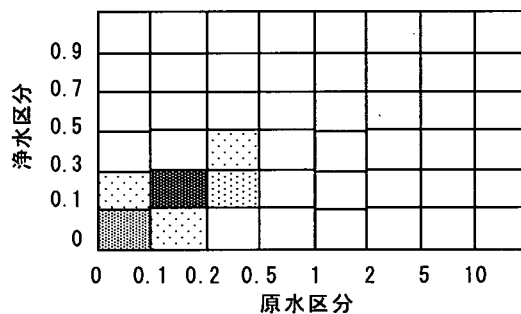


図 5-18 硬度水質ランク図
(システム 2-1a 粉末炭なし)

(3) 蒸発残留物

硝酸態/亜硝酸態窒素、硬度に近似した特徴である。原水浄水散布図、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図から、各浄水システムともに、蒸発残留物はほとんど除去されていない。また、各システム原水重ね累積分布図から、各浄水システムの原水蒸発残留物に明確な差は見られなかった。

5. 3. 4 副生成物生成型

副生成物生成型とは、原水より浄水の濃度の方が高いという特徴を有しているパターンである。代表水質項目であるクロロホルム、ジクロロ酢酸の詳細を後述する。

(1) クロロホルム

原水浄水散布図（図 5-19）、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図（図 5-20）から、各浄水システムともに、原水より浄水のほうが高い傾向にある。後処理の塩素消毒によって生成したためと考えられる。各システム原水重ね累積分布図から、原水クロロホルムは各浄水システムともに水質基準/10 超過率は 0%であった。また、各システム浄水重ね累積分布図から、浄水クロロホルムは高い順に 5-1（水質基準/10 超過率 67%） \approx 2-1a \approx 2-1b \approx 9 $>$ 6-1 $>$ 3-1（水質基準/10 超過率 0%）であった。なお、原水浄水散布図の X 軸は原水濃度に 0mg/L が含有しているため、対数表示していない。

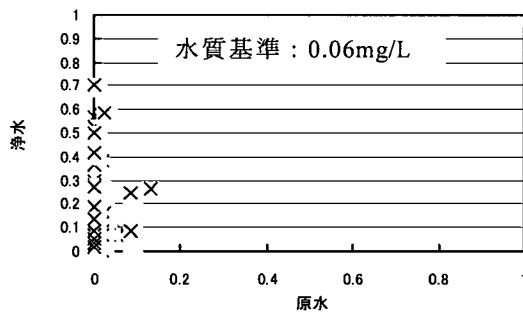


図 5-19 クロロホルム原水浄水散布図
(システム 2-1a 粉末炭なし)

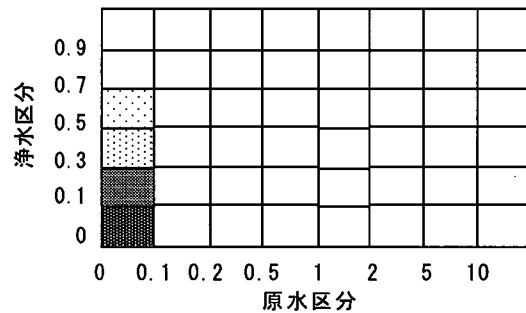


図 5-20 クロロホルム水質ランク図
(システム 2-1a 粉末炭なし)

(2) ジクロロ酢酸

原水浄水散布図（図 5-21）、原水浄水重ね累積分布図、原水浄水重ね頻度分布図、水質ランク図（図 5-22）から、各浄水システムともに、原水より浄水のほうが高い傾向にある。後処理の塩素消毒によって生成したためと考えられる。各システム原水重ね累積分布図から、原水ジクロロ酢酸は各浄水システムともに水質基準/10 超過率は 0%であった。各システム浄水重ね累積分布図から、浄水ジクロロ酢酸は高い順に 2-1b（水質基準/10 超過率 70%） \approx 2-1a $>$ 5-1 $>$ 9 $>$ 6-1（水質基準/10 超過率 0%）であった。なお、原水浄水散布図の X 軸は原水濃度に 0mg/L が含有しているため、対数表示していない。