

## Ⅱ－２ 水質評価委員会

### 1. はじめに

#### 1. 1 全体背景

浄水処理システムの適切な選定、そして選定後の適切な維持管理にあたり、原水水質特性を把握することは最重要事項であると言っても過言ではない。しかしながら、原水水質特性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、容易に特性を把握しにくい水道原水が多く存在する。

浄水施設更新の時代を迎え、原水の水質特性を総合的に評価し、その条件に応じた最適な浄水システム選定法を確立することは非常に重要である。

そこで、水質評価委員会では、さまざまな視点から原水水質の分類・評価・解析を行い、わかりやすい形で原水水質特性をまとめ、原水条件に応じた最適な浄水システム・水質管理体制の確立に寄与することを目的として、活動を開始した。

#### 1. 2 活動概要

本委員会による活動は、水道原水の水質特性を把握する上で必要な情報の収集・整理を行い、多変量解析による原水水質の分類、原水水質と浄水システムの関係整理、原水水質による障害事例調査を並行して実施した。また、原水水質と浄水システムの間関係を整理した結果から、原水水質に適した浄水システムを選定する手法の検討も行った。

本書はこれらの活動結果をまとめたものである。

#### 1. 3 水道事業者から見た本書の活用意義

浄水システムは水道事業者が原水水質の動向や需要者のニーズを把握し、適切に選択することにより変遷していくものである。

現在、地球温暖化による気候の変動や需要者ニーズの高まりにより、水道水質の向上と安定した浄水処理がより一層求められている。このような背景の中、大規模事業者では高度浄水施設の導入が浸透しつつあるものの、中小の事業者では財政状況が年々厳しくなっていることから、新たな処理方法を導入することに理解が得難くなっている。

近代水道が創設されて120年が経過し、全国の水道事業者で多くの施設が更新時期を迎え、老朽化した施設を適切に更新していくことが大きな課題となっている。

特に浄水施設では、原水の水質特性に応じた更新が必要となるため、現在の原水水質特性の把握、その特性に対応する適切な浄水システムの見極め、施設等のハード面及び運転管理等のソフト面での対応の可否等、一つ一つ確認する必要がある。

本書ではこれらを順次確認できるように、研究成果を3章で構成している。

### ① 原水水質特性の把握(4章)

最初に、原水水質が全国的にどのレベルにあるか把握する必要がある。

第4章では、様々な浄水場の原水水質を多変量解析による統計処理を施し、原水水質を得

点化、グループ化している。本書では、この得点範囲やグループ別に、それぞれの水質特性や現在用いられている浄水システムの傾向などが示されており、原水水質の特性が把握できるとともに、グループ分けやランク付け等原水水質の位置付けを明確化する際に活用できる。

## ② 浄水システム別の除去性能の把握及び適正な浄水システムの推定（5章）

第5章では、原水水質で問題となる物質が除去できる浄水システムを確認する。

全国の様々な規模の浄水場で行った多くの水質検査データを用い、浄水システム別かつ対象物質別に除去状況がわかる図（原水水質と浄水水質の相関図）が示されている。浄水システム別に多くの水質項目に対する除去状況が網羅されているため、選択し得る浄水システムの具体的な除去性能を検討する上で活用できる。

また、原水水質と浄水システムの関係を整理した結果から、適正な浄水システムを推定する手法の検討も行っている。本検討結果は、とりわけ原水水質に応じた適正な浄水プロセスを導入するための調査が困難な事業者では、多大な技術的支援になると考えられる。

## ③ 原水水質障害対応事例（6章）

第6章では、全国の浄水場で発生した水質障害の対応事例が集められている。

本書では、アンケート調査だけでなく聴き取り調査も行っており、浄水場の原水水質による各種障害に的確に対応するために、大いに参考となるものである。

特に浄水場の維持管理は、職員の経験によるところが多く、そのノウハウは事業者、浄水場、担当者によって大きく異なる可能性が高く、本書のようにデータを系統的に分類し、実施されている対処方法を具体的に示すことは非常に有意義であり、問題が生じた場合、この中で示されている対応方法が大きなヒントとなり得る。

本書は、今後の課題として残った事項もあり、全てにおいて十分な成果が得られたものではないが、水道関係者の方々に参考書として活用していただければ幸いである。

## 2. 研究概要

### 2. 1 研究課題

原水水質の評価に関する研究

### 2. 2 研究目的

「安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究」の一つの委員会である本委員会は、原水水質特性を総合的に評価し、原水条件に応じた最適な浄水システム・水質管理体制の確立に寄与することを目的とする。

### 2. 3 研究実施体制

委員長	古米 弘明（東京大学）
事業体委員	末永 保範（札幌市水道局） 塩田 実（千葉県水道局） 高橋 和彦（東京都水道局） 林 広宣（大阪市水道局） 近藤 久幸（福岡市水道局）
企業委員	横田 治雄（オルガノ） 三上 大助（三機工業） 江川 健（住友重機械エンバイロメント） 中山 雄之（月島機械） 柳村 盛司（東京設計事務所） 池田 啓一（東レ） 川瀬 優治（NGK水環境システムズ） 山口 太秀（富士電機水環境システムズ） 後藤 仁（前澤工業） 新宮 紀之（ユアサメンブレンシステム） 北田 利行（ワセダ技研）
前委員	蜂屋 滋（千葉県水道局）、宮田 雅典（大阪市水道局） 藤本 和司（福岡市水道局）、椋橋 俊文（三機工業） 小野里 剛志、村田 圭三（住友重機械工業）、房岡 良成（東レ） 森岡 崇行（富士電機システムズ）、本間 勝也（ワセダ技研） 佐野 利夫、岡田 悟（ユアサメンブレンシステム）

以上敬称略

### 2. 4 研究概要

図 2-1 に研究全体フロー図を示す。

本委員会による活動は、水道原水水質特性を把握する上で必要な情報の収集、整理をまず行い、クラスター解析や主成分分析による原水水質の分類、原水水質と浄水システムの関係整理、原水水質による障害事例調査を並行して実施した。また、原水水質と浄水システムの関係を整理した結果から、原水水質に適した浄水システムを選定する手法の検討も行った。

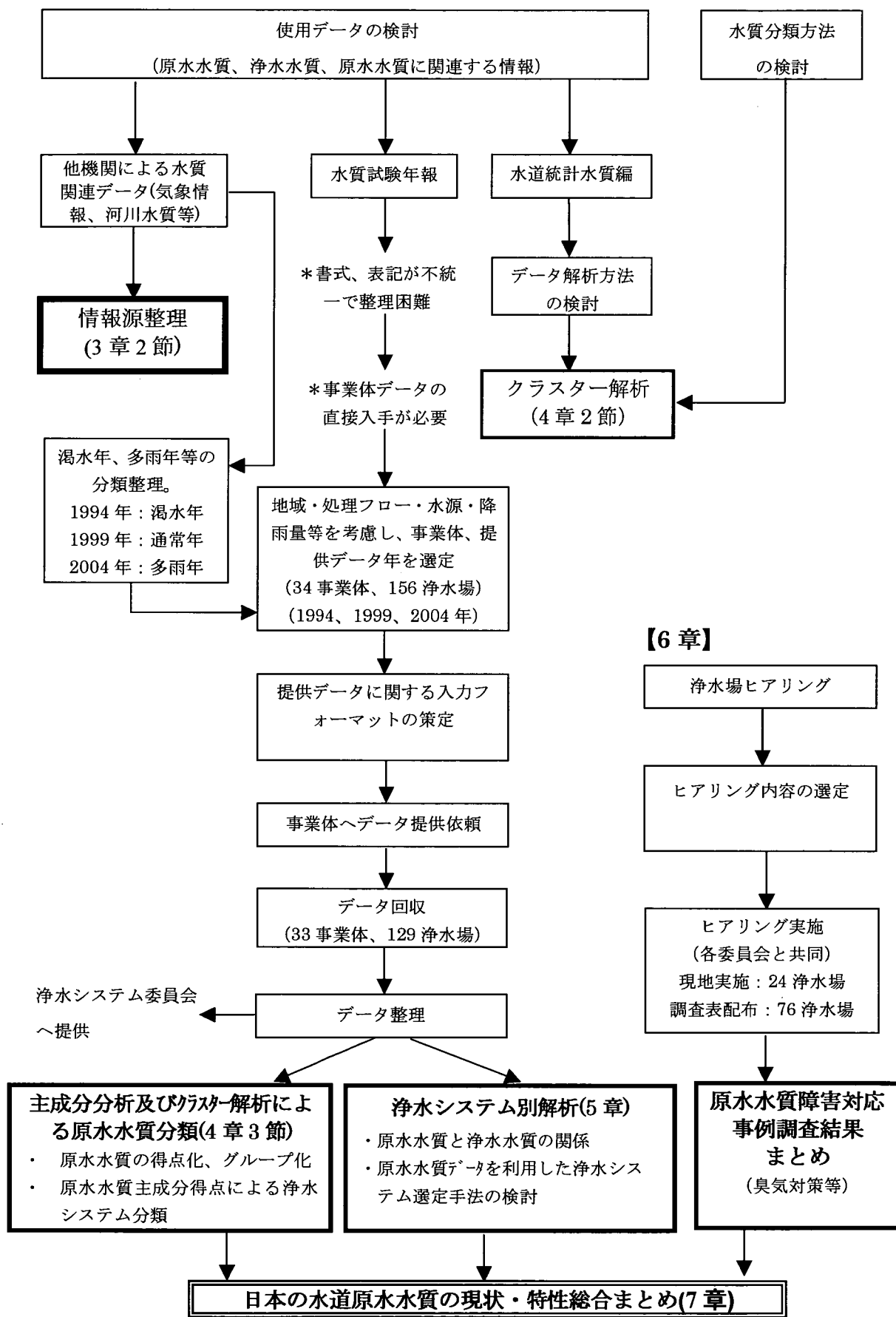


図 2-1 水質評価委員会 研究全体フロー図

### 3. 水質データ及び関連情報の収集

#### 3.1 水道統計水質編

全国多数の浄水場水質がわかりやすくまとめられており簡単に入手できることから、水道統計水質編(平成16年度)のデータ入手し、原水水質の分類・解析の元データとして活用した(4章2節)。

しかし、水道統計水質データは、年単位(最大値、最小値、平均値)での表記、処理フローの順番が不明、各処理プロセスが一時的なものか恒常的なものであるか不明など、当委員会として欲しい情報が不足している面があった。そこで、さらに詳細な情報を得るべく、3章3節に示す事業体直接提供データも収集することとした。

#### 3.2 他機関による水質関連情報

原水水質に関連する情報は厚生労働省以外の省庁にも存在するが、その情報源について水道関係者に利用しやすい形でまとめられたものは存在しない。そこで、他省庁を含む水質情報源調査を行い、原水水質に関連する情報がどのような形で存在し、どのように評価されてきているかについて整理した。その結果を添付資料1-1に示す。原水取水点周辺の特徴を把握する上での参考資料として役立てることが可能と考える。

#### 3.3 事業体直接提供データ

原水水質特性を深く追究していくためには、水道統計よりも詳細な水質データ及び関連情報の収集も必要と考えた。そこで、e-Water II参加事業体に水源の種類、浄水フロー、処理量、地域性等を考慮して選定した事業体を加えた全国34事業体に当委員会が作成したフォーマット(添付資料1-2)への電子入力依頼を行った。本フォーマットの特徴は次の通りである。

##### (1) 収集年度について

琵琶湖や利根川水系ダムの貯水量や利根川、淀川周辺における降水量データなどから渇水年を1994年、通常年を1999年、多雨年を2004年に設定し、各年度のデータを提供依頼した。参考として、琵琶湖の水位データを図3-1に示す。

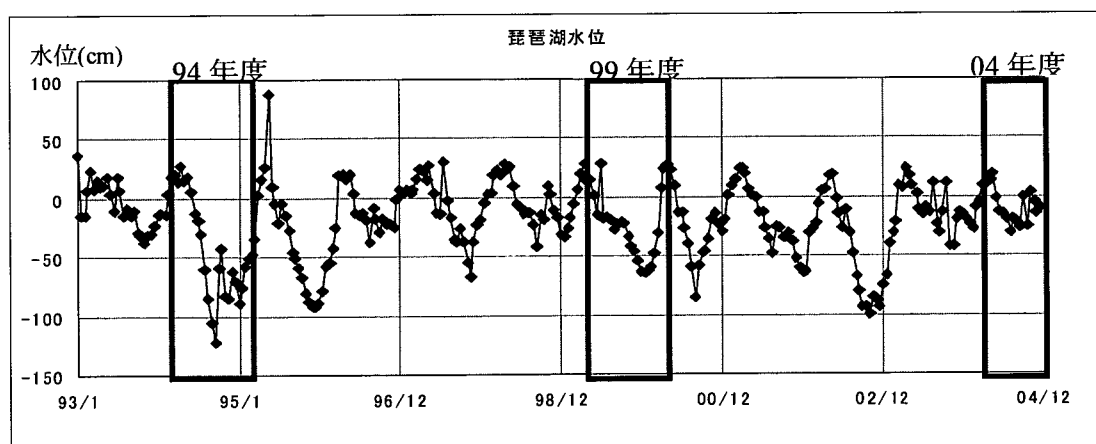


図3-1 琵琶湖水位の推移

(国土交通省 近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所発表の速報値を抜粋し作成)

(2) 浄水場概要記入に際して

- ・水源種類が表流水の場合、原水水質に影響を与える上流ダムの有無を記載
- ・処理フローを順番に明記
- ・処理フローのうち、一時的な処理には※印を記してもらい、恒常的な処理との識別を図る
- ・中間プロセス水測定の有無の記載(機能評価委員会への情報提供として)

(3) 水質データ記入に際して

- ・月単位で水質データを記入
- ・原水は浄水処理開始直前の水、浄水は浄水池の水と定義
- ・各月で測定項目の多い日のデータを記入
- ・入力水質項目は、水道水質基準項目のうち、主要処理プロセスと関連性の深い項目及び生活環境項目(他機関による測定データとも比較可能とするため)
- ・原水が混合されている場合は別シート(添付資料1-2(2))に混合前の各原水データも記入

この依頼に対し、ほぼ100%の回答が得られたが、測定項目や測定頻度については、大きなばらつきがあった。入手データ概要を表3-1に、浄水場規模についてまとめたものを図3-2に、入手データの浄水処理方法分類結果を表3-2に示す。

表3-1 事業者提供データ 入手概要

水道事業体数	33 〔北海道・東北：3、関東・北陸：10、中部：5〕 〔近畿：5、中国・四国：6、九州・沖縄：4〕
浄水場数	1994年度：111、1999年度：128、2004年度：129
総1日平均浄水量 (2004年度)	17,479,670m <sup>3</sup> /日 (全国上水道・水道用水供給事業の総浄水量 <sup>1)</sup> の約40%)

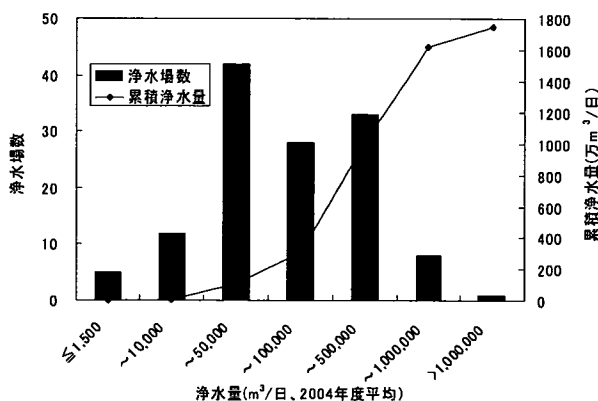


図3-2 データ収集浄水場の規模

表 3-2 事業体提供データ 浄水処理方法分類結果

フロー分類(22種類)	集計(浄水場数)			基本システム分類
	1994年度	1999年度	2004年度	
膜ろ過	0	0	1	1
凝沈+急速ろ過	32	32	25	2-1a
粉末炭+凝沈+急速ろ過	40	47	48	2-1b
前々塩+粉末炭+凝沈+急速ろ過	1	2	2	2-1b
粉末炭+凝沈+PAC(凝集二段目)+急速ろ過	0	0	1	2-1b
凝集+急速ろ過(沈澱無し)	0	2	3	3
凝沈+粒状炭+急速ろ過	0	0	1	5-1
凝沈+急速ろ過+粒状炭	5	7	7	5-1
凝沈+オゾン+粒状炭+急速ろ過	2	3	3	6-1
凝沈+急速ろ過+オゾン+粒状炭	1	1	1	6-1
凝沈+オゾン+急速ろ過+オゾン+粒状炭	1	2	4	6-1
凝沈+オゾン+粒状炭+凝集+急速ろ過	0	1	1	6-1
粉末炭+凝沈+急速ろ過+オゾン+粒状炭	0	1	1	6-1
緩速ろ過	14	14	15	9
消毒のみ	10	10	9	0
粉末炭+沈澱+緩速ろ過	1	1	1	その他
凝沈+緩速ろ過	1	1	1	その他
生物+凝沈+急速ろ過+粒状炭	1	1	1	その他
生物+凝沈+急速ろ過+オゾン+粒状炭	1	1	1	その他
生物+粉末炭+凝沈+急速ろ過	0	0	1	その他
前々塩+粉末炭+生物+凝沈+急速ろ過	0	0	1	その他
塩素+急速ろ過(マンガン砂のみ)	1	2	1	その他
合計	111	128	129	

<基本システム分類(処理プロセス順不同)>	1994	1999	2004	合計
1(膜ろ過)	0	0	1	1
2-1a(凝集+沈澱+急速ろ過、粉末炭無)	32	32	25	89
2-1b(凝集+沈澱+急速ろ過、粉末炭有)	41	49	51	141
3(凝集+急速ろ過)	0	2	3	5
5-1(凝集+沈澱+粒状炭+急速ろ過)	5	7	8	20
6-1(凝集+沈澱+オゾン+粒状炭+急速ろ過)	4	8	10	22
9(緩速ろ過、凝集・粉末炭無)	14	14	15	43
0(消毒のみ)	10	10	9	29
その他	5	6	7	18
合計	111	128	129	

※1 基本分類番号は、浄水システム委員会が定めた基本 12 システムの番号に準じた。

ただし、12 システム以外の一部のシステムについては、独自の番号を定めた。

※2 1994・1999 年度の浄水場数が少ないのは、当該年度においてデータが存在しないもしくは供用開始前の浄水場があるためである。

## 4. 原水水質の分類、解析（得点化とグループ化）

原水水質をわかりやすく分類することを目的に、実際の多数の水質検査データに対し、クラスター解析手法によるグループ化や主成分分析手法による得点化を試みた。

クラスター解析からは、水質の良し悪しにより4グループ程度に分類することができた。主成分分析からは、水質の汚濁度合を意味する第一主成分得点表示と地下水の特徴と窒素汚染を意味する第二主成分得点表示を見出すことができた。両者の解析結果は類似しており、主成分得点分布図上で各クラスター(グループ)を明確に区切ることができた。

また、該当原水に適用されている浄水処理方法は第一主成分得点により分類される傾向にあった。

### 4. 1 解析方法

原水水質の分類・解析を以下の2手法で試みた。

#### 4. 1. 1 クラスター解析

異質なものの混ざり合っている対象の中で、各データの間の距離を決められた計算方法によって測り、その距離の近いもの同士を集めて同一グループ（クラスター）を作り、対象を分類しようという方法を総称したものを言う。

本方法を用いて、各浄水場が有する原水水質データ（群）を類似しているもの同士に分類した。その上で、各グループ（クラスター）の特徴を整理し、原水水質がどのように分類可能か示すことを試みた。

#### 4. 1. 2 主成分分析

p種類の変数xをすべて含んだ合成変数fの分散が最大になるような重み係数aを決定すること。この時fを主成分、その値を主成分得点という。分散が最大の主成分を第一主成分、重み係数の大きさに関する条件に加え、得られた第一主成分と無相関(相関係数がゼロ)になるという条件下で最も分散が大きくなるように決められた合成変数を第二主成分と呼ぶ。このように計算を行っていくと、主成分の数は変数の数だけ存在することになる。

簡単に言えば、複数の変数をもつ情報を下式のような形でひとまとめにして要約する方法である。本方法を用いて、各浄水場が有する複数項目の水質検査データ(変数)から原水水質特性を表す総合指標(主成分)を示し、原水水質を得点化することを試みた。

$$f=a_1x_1+a_2x_2+\dots+a_px_p$$

f: 主成分得点 a: 重み係数 x: 水質データ p: 水質項目数

#### 4. 1. 3 採用データ

本解析で用いるデータとして、水道統計データ(3章1節)と全国事業体提供データ(3章3節)を用いた。前者については、各水質項目が年4回あるいは12回以上の測定頻度を基準とし、その平均値を採用した。後者については、各水質項目が年4回以上の測定頻度を基準と



し、中央値データ（ケースの半数がこの値を上回り、半数が下回るような値を言う。ケースの数が奇数の時は、大小の順に並べた場合の真ん中のケースの値が中央値になり、ケースの数が偶数の時は、真ん中の2つのケースの平均が中央値となる。）と95%値データ（ケースの上位5%順位に位置する値を言う。本解析データにおいては、年4回以上のデータを基準とした為、仮に年4回のデータの場合、厳密には95%値に当たる値が存在しない。その為、上位から2番目の値を95%値と見なして解析を行った。）を採用し検討した。

#### 4.2 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)

水道統計は水質データが年単位（最大値、最小値、平均値）、処理フローの順番が不明、各処理プロセスが一時的なものか恒常的なものであるか不明など、当委員会として欲しい情報が不足している面があるが、全国多数の浄水場水質がわかりやすくまとめられており、原水水質の分類・解析に用いるデータ候補の一つと考えられた。本データを用いて、クラスター解析による原水水質の分類(グループ化)を試みた。

##### 4.2.1 対象データ

平成16(2004)年度の水質データを対象とした。

※本活動時(平成18年度上期)における最新データ

##### 4.2.2 クラスター解析条件

有効なクラスター解析を実施するためには、個々のデータの重みに均一性があること、母集団の数(N数)がある程度確保されていること、適切な分類数を設定することなどが必要である。また、分類結果を浄水プロセスの選定に結びつかせるためには、プロセス選定との関連性が深い水質項目を選定することも重要である。

表4-1 クラスター解析条件

	ケース1	ケース2
水質項目	pH、濁度、有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)、マンガ 計4項目	ケース1 4項目 +2-MIB、ジェオスミン 計6項目
採用値	平均値	平均値
スクリー ニング	測定頻度12回以上 (ただし、特異データは削除)	測定頻度4回以上 (ただし、特異データは削除)
原水種類	地表水系のみ	地表水系のみ
データ数(N数)	293	289
分類数	5	
変数の変換	標準得点化(z変換)	
分析方法	ウォード法	
類似度	平方ユークリッド	

上記事項を踏まえ、様々な条件で解析を実施した。それらの中で特に有用な結果が得られた条件を表 4-1 に示す。

なお、水質項目により単位や幅が異なる影響を排除するため、各水質変数を分散 1、平均 0 となるよう標準得点化(下式参照)してから実施した。

$$(x_i - \bar{x}) / S(x) \quad \bar{x} : \text{変数 } x \text{ の平均値、 } S(x) : \text{変数 } x \text{ の標準偏差}$$

### 4. 2. 3 解析結果

#### (1) ケース 1 : 4 項目

クラスター毎の平均水質を表したレーダーチャートを図 4-1 に、各クラスターの水源種類についてまとめたものを表 4-2 に、有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)のクラスター毎の原水・浄水水質(浄水は処理方法別)を図 4-2 に示す。これらから以下のようなことがわかった。

- ◆クラスター毎に、原水水質の特徴を見出すことができ、活性炭処理導入率とも相関が見られた(図 4-1)。
- ◆クラスター 1 にダム直接取水が多いなど、水源種類の特徴が類型化に反映されていた(表 4-2)。
- ◆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(図 4-2)。

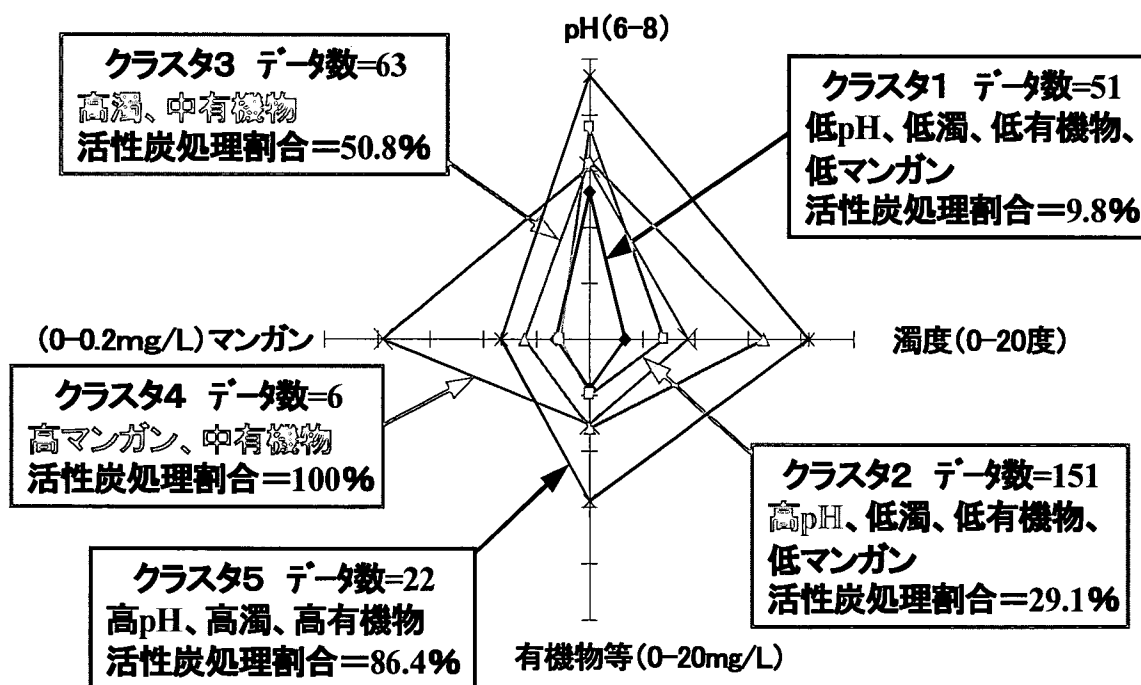


図 4-1 ケース 1 におけるレーダーチャート(各クラスターの平均水質)

※活性炭処理には、オゾン+活性炭処理及び粉末活性炭処理を含む

表 4-2 クラスタ毎の水源種類割合(着色部分が各最大値)

水源種類	クラスタ 1	クラスタ 2	クラスタ 3	クラスタ 4	クラスタ 5
ダム直接	45%	15%	13%	83%	18%
ダム放流	37%	46%	17%	0%	32%
湖沼	0%	3%	2%	0%	32%
表流水	18%	36%	68%	17%	18%

※水源種類が複数の原水については比率が多い方に分類した

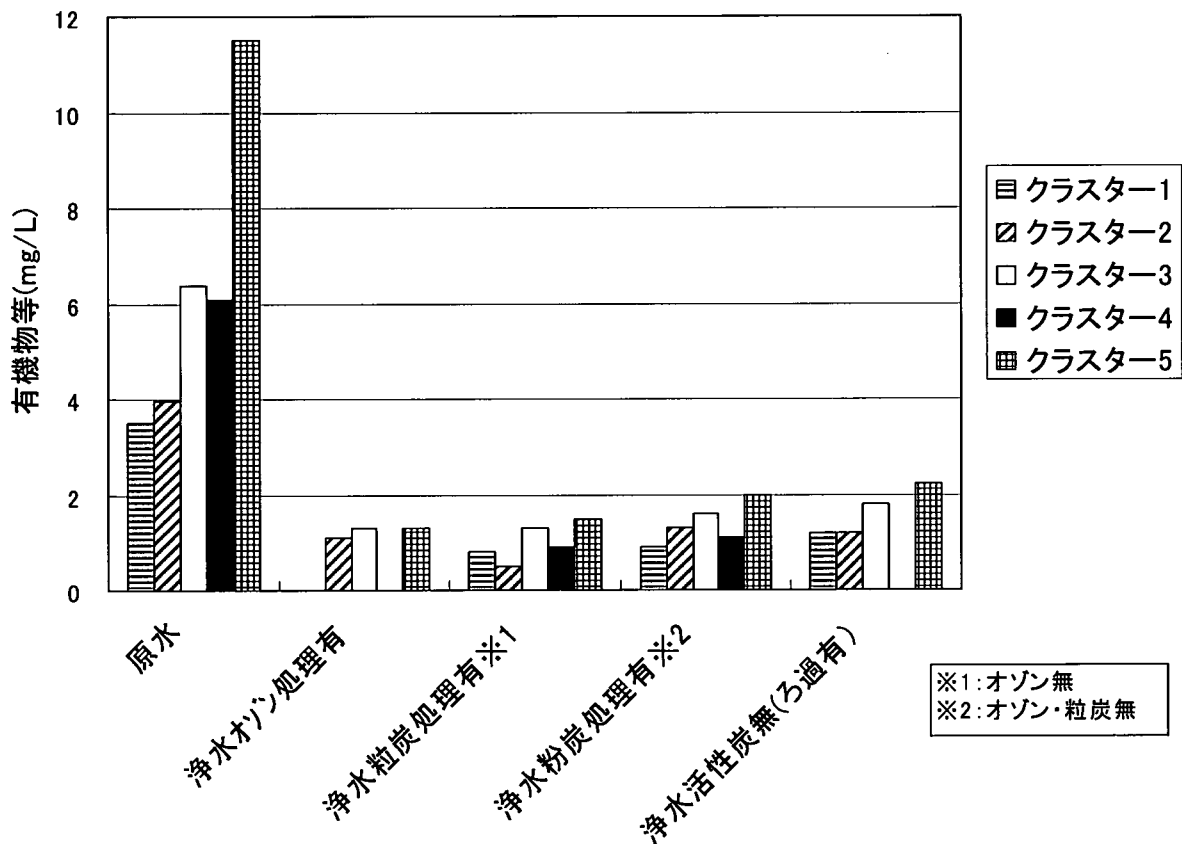


図 4-2 ケース 1、有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)のクラスタ毎の原水・浄水水質

## (2) ケース 2 : 6 項目(カビ臭物質追加)

各クラスタの平均水質や活性炭処理導入率についてまとめたものを表 4-3 に示す。本結果から以下のようなことがわかった。

- ◆カビ臭物質の濃度レベルによる特別なクラスタが形成された(クラスタ 4 及び 5)。
- ◆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。

表 4-3 ケース 2 各クラスターの平均水質(各水質項目上位 2 位までを着色)

クラスター	データ数	pH [－]	濁度 (度)	有機物等 (mg/L)	マンガン (mg/L)	2-MIB (ng/L)	ジオスミン (ng/L)	活性炭 処理割合 (%)
1	191	7.4	5.3	3.6	0.022	0	0	8.3
2	73	7.4	9.7	7.2	0.058	1	1	67.1
3	19	7.5	29.9	10.9	0.087	9	2	52.6
4	2	8.4	20.0	13.7	0.070	65	90	100.0
5	4	7.9	4.0	4.7	0.031	0	150	100.0
合計/ 平均	289	7.4	8.1	5.1	0.036	(1)	(3)	34.6

※活性炭処理には、オゾン＋活性炭処理及び粉末活性炭処理を含む

#### 4. 2. 4 結果総括

水道統計データを用いたクラスター解析により、上述したように水道原水水質の分類について一定の成果を得ることができた。しかしながら、明確・明瞭に分類できたとは言えず、ある水質データを持ってこの水質がどのクラスターに属するのかの判断が容易には行えない結果となっている。よって、本解析のみでは不十分と考え、より詳細な情報が収集できた事業者提供データを使用して、主成分分析も交えた新たな解析を実施していくこととした(次節へ続く)。

#### 4. 3 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とグループ化

##### 4. 3. 1 分析条件

###### (1) 採用項目

分析に際しての条件は、水道原水を特徴づける項目でありかつデータ数として多く得られた代表データを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、有機物等、アンモニア態窒素）の中央値として、主成分分析を試みた。本条件は他に3条件を実施し、比較した上で選定した。クラスター解析については選定された代表データに対して実施した。表4-4に分析条件をまとめた。

表4-4 分析条件一覧

条件名	採用項目数	代表値	項目	選定根拠
1 (主代表)	10	中央値	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、有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)、アンモニア態窒素	水道原水を特徴づける項目であり、データ数も多かったため。
2	12	中央値	上記に加え、ジェオスミン、2-MIB	カビ臭物質追加の影響を確認するため。
3	12	95%値	〃	95%値と中央値の違いによる影響を確認するため(条件2と比較)。
4	9	中央値	鉄、マンガン、pH値、色度、濁度、有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)、アンモニア態窒素、ジェオスミン、2-MIB	浄水処理方法選定に影響のある項目に絞った場合の傾向を確認するため。

###### (2) データの加工

用いたデータは基本的に水道水質基準値の単位とした。ただし、一般細菌については図4-3に示すように、log変換したデータ分布の方がより正規分布に近いので、log変換し、1未満の元データについては1(log変換して0)となるように加工したデータを採用した。また、各水質データ間の単位の違いによる影響を排する為に、標準得点化して主成分分析を行った。

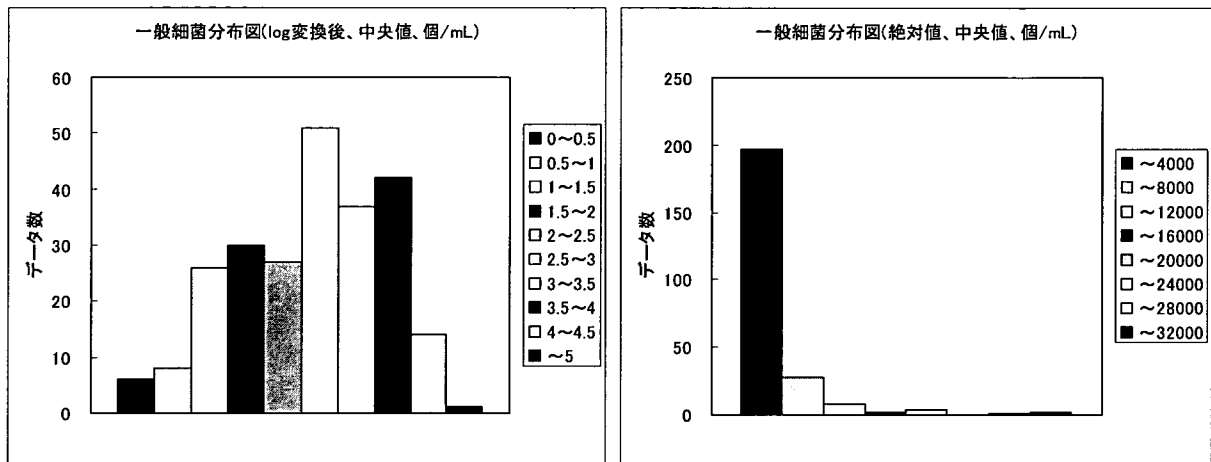


図 4-3 一般細菌データの分布比較

#### 4. 3. 2 主成分分析比較結果

主成分分析の代表条件と比較条件の分析結果一覧を添付資料 1 - 2 に示す。

表 4-4 に示す分析条件に対して各々主成分分析を実施した。結果として、第一主成分については水質汚濁を表しており、重み係数の順位内訳を見ても概ね有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)、濁度、鉄などが上位を占め、この結果はいずれの分析条件においても共通の傾向であった。第二主成分については硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、硬度などが上位を占め、地下水特性と窒素汚染を表しており、条件 1~3 において共通の傾向であった。カビ臭項目の有無(条件 1 と 2)、中央値と 95%値の違いによる影響(条件 2 と 3)については大きな傾向の違いが見られなかった。浄水処理方法選定に影響のある項目に絞った条件 4 については硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素と硬度を除外したことから地下水特性が表れなくなり水道原水全般を説明しているとは言えない結果となった。以上の結果より、10 項目の中央値が代表条件として適正であると判断し、主成分分析による検討を進めることとした。

#### 4. 3. 3 代表条件の主成分分析結果

##### (1) 重み係数の結果

重み係数の結果を表 4-5 に示す。主成分の寄与率(該当主成分得点の分散/各主成分得点の分散の総和。該当主成分がデータ全体の情報をどの程度説明しているかを表す指標となる。)は第一主成分が 50%で、第二主成分が 14%であり、累積寄与率が 60%を超える第二主成分までで、主成分分析の結果を説明できると判断した。

第一主成分の重み係数は、有機物等(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い結果となった。第一主成分は主に、水質の汚濁度合を示していると考えられた。

第二主成分の重み係数は、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素が最も大きく、次いで、硬度が大きい結果となった。第二主成分は主に、地下水の特徴と窒素汚染を示していると考えられた。

表 4-5 主成分分析による各項目の重み係数

項目	第一主成分 (寄与率 50%)	第二主成分 (寄与率 14%)
一般細菌(log 変換)	0.290 (7)	-0.093 (7)
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	0.092 (10)	0.693 (1)
鉄	0.387 (2)	0.008 (4)
マンガン	0.344 (5)	-0.005 (5)
硬度	0.117 (9)	0.597 (2)
pH 値	0.245 (8)	-0.249 (10)
色度	0.377 (4)	-0.167 (9)
濁度	0.386 (3)	-0.033 (6)
過マンガン酸カリウム消費量	0.407 (1)	-0.108 (8)
アンモニア態窒素	0.324 (6)	0.224 (3)

(カッコ内は重み係数の大きさ順位)

## (2) 主成分得点分布図

第一主成分と第二主成分とで意味が異なる結果が得られたことから、第一主成分得点を横軸、第二主成分得点を縦軸に取った主成分得点分布図を作成した。該当図を図 4-4 に示す。プロットは水源（地下水、地表水）および浄水システムにより分類して表示した。

横軸である第一主成分は水質汚濁度合を意味していると定義できることから、本得点が高いほど汚濁が進行し、低いほど清浄であると判断できる。また、縦軸である第二主成分得点はその意味から、得点が高いほど地下水の特徴もしくは窒素汚染度が大きいと解釈できる。一方、原点(零点)付近の水質は各要素とも平均的なレベルにあると解釈できる。

実際、第一主成分得点の高い浄水場は、汚濁が進んだ地表水系を水源として、高度処理を導入している浄水場が多かった。一方、第一主成分得点の低い浄水場は水源が比較的きれいな浄水場であり、地下水・湧水系原水は全て得点が負であった。

また、第二主成分得点が正でかつ第一主成分得点が負である浄水場は、地下水を水源とした浄水場が多かった。この領域は地下水を特徴付ける領域であると解釈できる。第一主成分得点も第二主成分得点も正である浄水場は、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素の双方もしくは一方がデータ全体の平均値を上回っており、窒素汚染が見受けられる領域であった（第二主成分得点 1.56 点以上では両項目とも平均値を超過）。従って、第二主成分は第一主成分得点の負側では地下水の特徴を正側では窒素汚染度合を意味していると考えられた。

## (3) 浄水システム別主成分得点分布

浄水システムによる分類に着目し、図 4-4 に示した主成分得点分布図のプロットを浄水システム毎に分類し直した結果を図 4-5 に示す。

図に示すように、水質の汚濁度合を表していると考えられる第一主成分得点の値により、浄水処理方法が分類される傾向があることが確認された。この結果をもとに、浄水処理方法毎の第一主成分得点の範囲を示した図を図 4-6 に示す。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、本図を用いれば、第一主成分得点を計算することで、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。

図 4-4 主成分得点分布図 (水源及び浄水処理方法別)

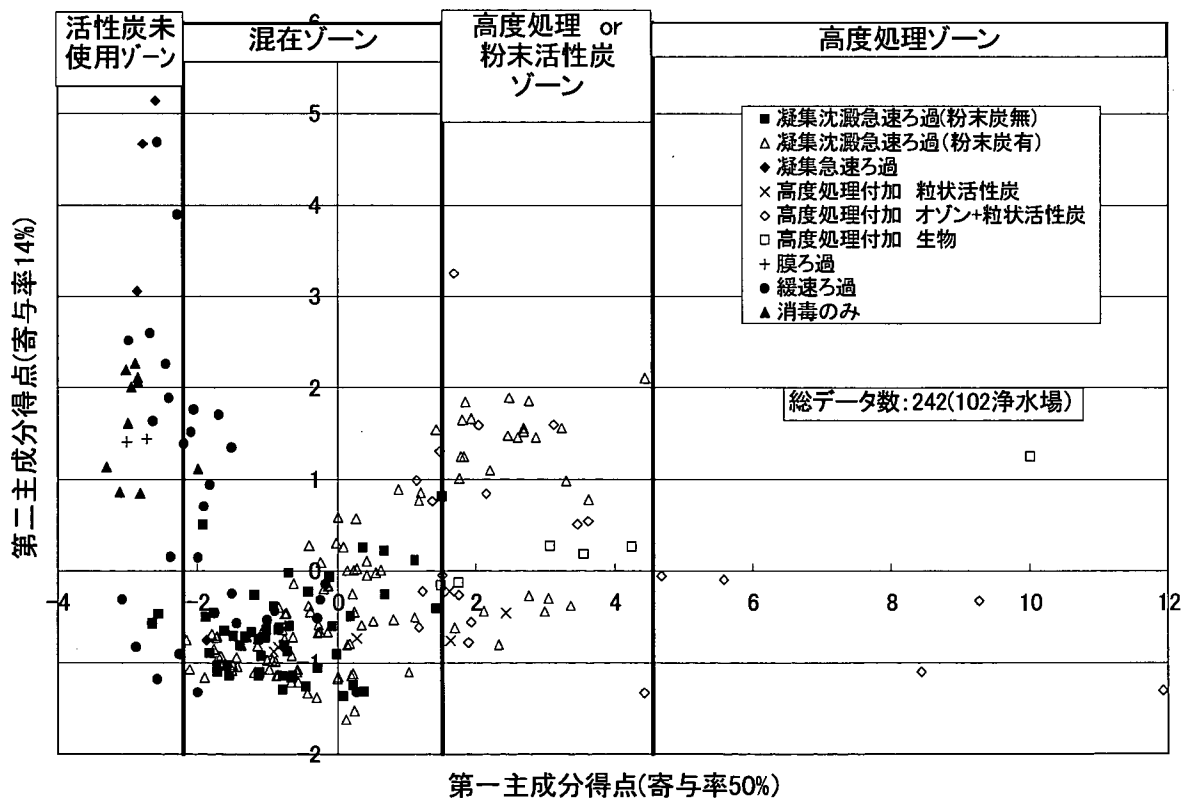
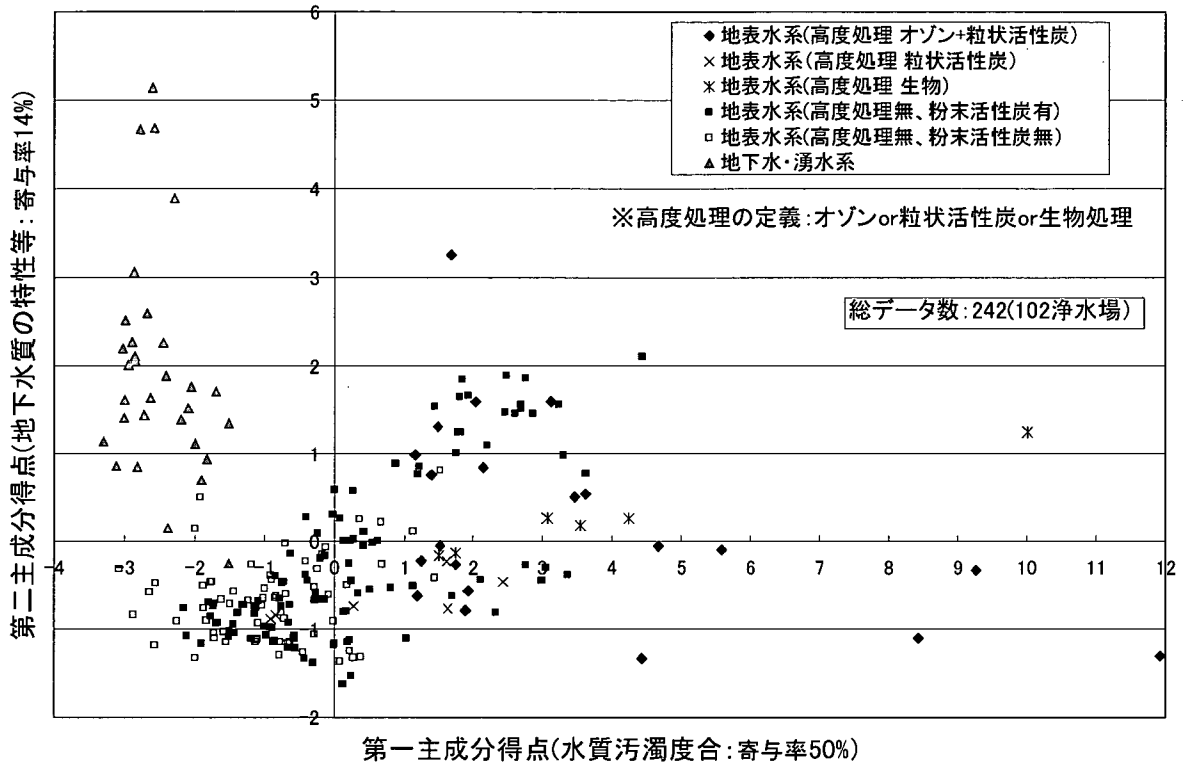


図 4-5 主成分得点図の浄水システムによる分類



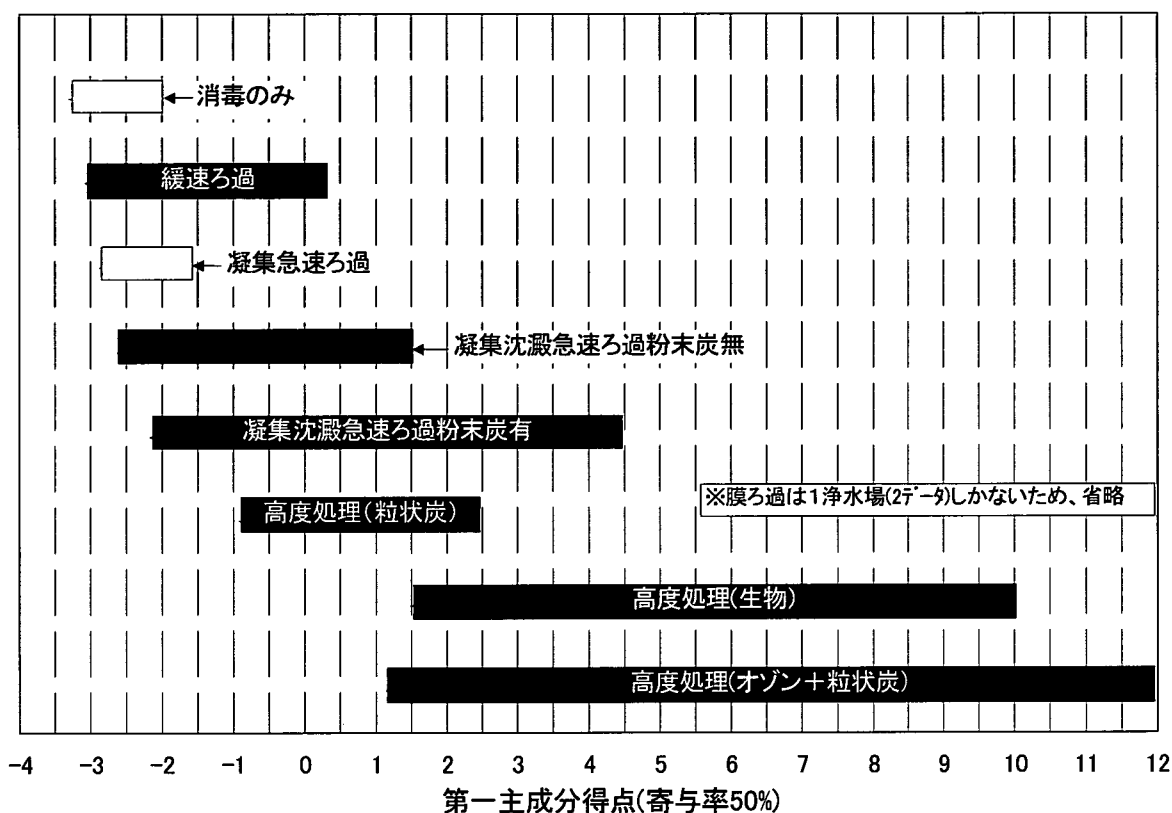


図 4-6 第一主成分得点による浄水処理システムの分類

#### 4. 3. 4 クラスタ解析結果

主成分分析代表条件と同じ水質データ（中央値、10項目）を用いてクラスタ解析を行った。その結果をまとめたものを表 4-6 に示す。水質によって以下の4つに分類することができた。

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)

クラスター内平均値は硝酸態窒素及び亜硝酸性窒素と硬度が全データ平均値を上回るが、濁度、色度、有機物等は非常に低い。

② 平均的な水質のグループ(クラスター2)

クラスター内平均値はすべての水質項目において、全データ平均値と同等かやや下回る。一部の浄水場で高度処理を導入。

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)

クラスター内平均値はすべての水質項目において、全データ平均値を上回る。ほとんどの浄水場で高度処理もしくは粉末炭処理を導入している。

④ 極端に水質汚濁が進行しているグループ(クラスター4)

クラスター内平均値はすべての水質項目において、全データ平均値を大きく上回る。高度処理導入率 100%。

以上のように、水質汚濁が進行しているクラスターほど高度処理導入率が高くなる傾向も見られた。

表 4-6 クラスター解析の結果 (10 項目中央値)

クラスター No.	規模 (浄水場 数)	各クラスターの平均値										評価	高度処理 導入率 (%)
		一般細菌 (Log値)	硝酸態及 び亜硝酸 態窒素	鉄	マンガ ン	硬度	pH値	色度	濁度	有機物等 (過マンガ ン酸カリウ 消費量)	アンモニア 態窒素		
1	32	1.3	1.78	0.01	0.004	95.1	6.9	0.5	0.1	1.3	0.00	濁度、色度、有機物等が低く清澄であり、硝酸、硬度が平均値を上回る。ほとんどが地下水・湧水を水源とする。	0
2	160	2.6	0.61	0.16	0.026	41.3	7.4	5.4	3.3	3.9	0.02	全ての水質項目が平均値付近の値を示す平均的な水質。	16
3	46	3.6	1.83	0.36	0.056	82.7	7.5	10.5	8.2	6.7	0.10	全ての水質項目で平均値を上回る。その多くは高度処理や粉末炭処理を採用している。	33
4	4	3.2	1.15	0.76	0.203	105.0	8.3	21.6	25.2	19.7	0.17	全ての水質項目で平均値を大きく上回る。高度処理導入率100%。	100
-参考- 全データ の統計	最大値	4.5	5.80	1.10	0.395	195.5	8.5	25.0	39.5	22.7	0.41		
	最小値	0.0	0.00	0.00	0.000	11.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.00		
	平均値	2.6	1.00	0.19	0.031	57.3	7.4	6.0	4.2	4.3	0.04		
	データ数	242	242	242	242	242	242	242	242	242	242		
												全データ平均値を上回った項目	

#### 4. 3. 5 主成分分析とクラスター解析結果の照合

前項のクラスター解析により、水道原水を4つのクラスター(グループ)に分類することができたが、各クラスターが図 4-4 に示した主成分得点分布図上では、どのように分布しているか検証を行った。クラスター毎に分布範囲を実線で囲んだ主成分得点分布図を図 4-7 に示す。表示枠にはクラスターに属するデータ数と主な特徴を記している。

主成分得点分布図上で各クラスターが重なり合うことはなく、明確に区切ることができた。これは、主成分得点分布図上でも、距離が近いプロットが同じグループになっていることを示している。そして、水質汚濁度を表すと定義できる第一主成分得点の高い方向に汚濁度合が高いクラスターが配置されており、主成分分析とクラスター解析の結果は類似の傾向であった。

本図を用いれば、第一、第二主成分得点を計算することで、所属クラスター(グループ)の確認も可能である。

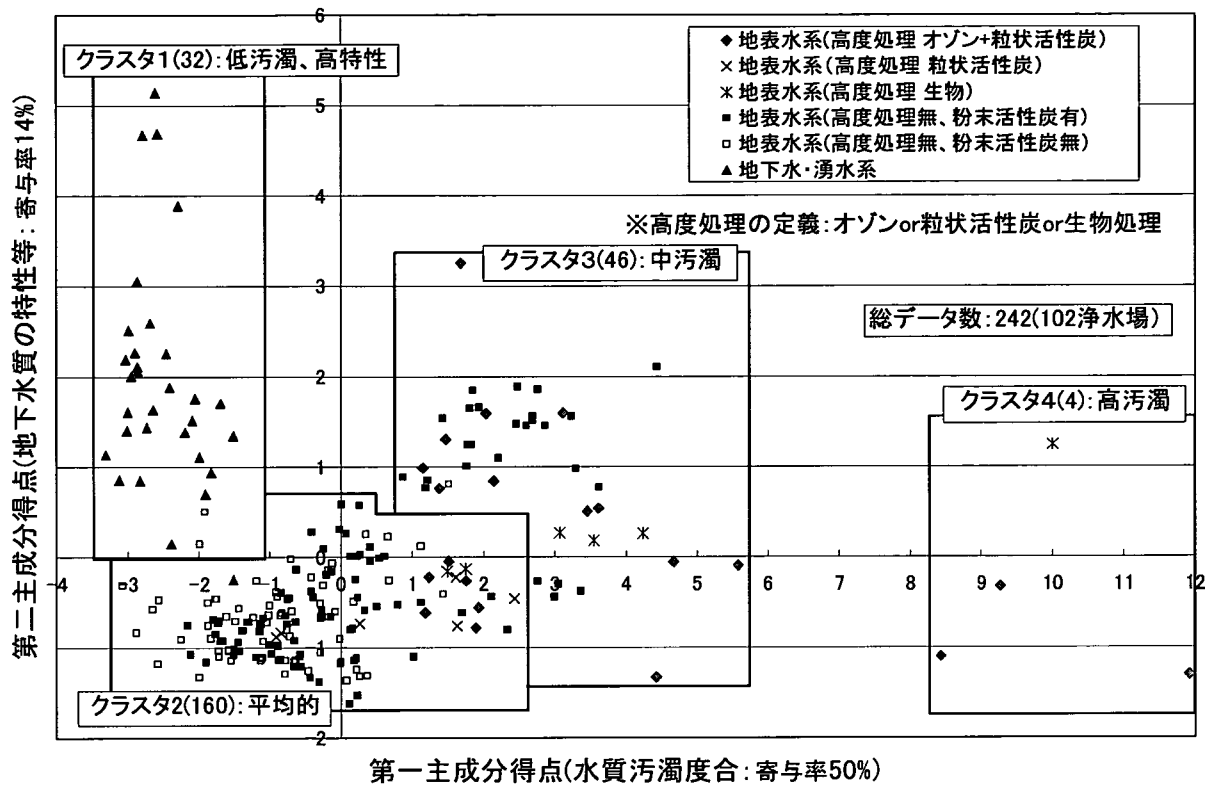


図 4-7 主成分分析とクラスター解析の融合図

#### 4. 3. 6 考察

##### (1) 第一主成分得点と粉末炭注入率

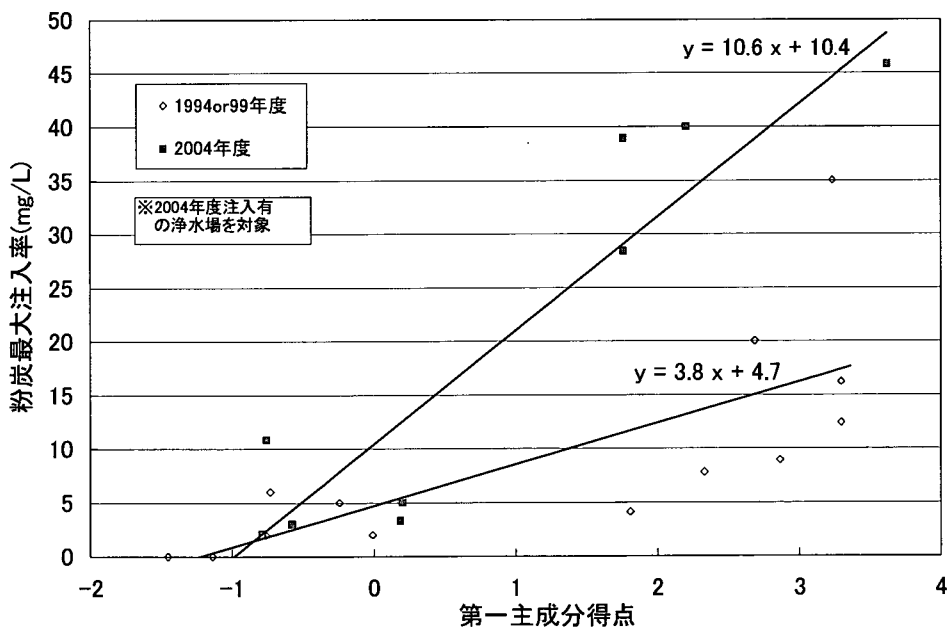


図 4-8 第一主成分得点と粉末活性炭最大注入率の関係

凝集沈澱急速ろ過(粉末活性炭有)のフローについて、粉末炭注入率のデータが存在する浄水場のみであるが、第一主成分得点と最大粉末炭注入率の関係を整理すると、図 4-8 に示す結果となった。データにばらつきはあるものの、第一主成分得点が高いほど注入率が増加する傾向が見られた。水質汚濁が進行するほど粉末炭注入率が高いという傾向を示していると考えられる。

また、2004 年度の注入率は 94 年度や 99 年度に比べ高くなっているが、これは 2004 年に行われた水道水質基準の改正(カビ臭物質の基準項目制定等)の影響と考えられる。

## (2) 主成分得点の経年変化から見た原水水質変動の考察

複数の水質項目を総合的に扱い、得点化したものが主成分得点であるからこれを総合的な水質評価として利用し、水道原水水質の経年変化等を表現することができる。事例として、M 浄水場の過去 13 年分の原水水質データを基に、原水の経年変化を検討した。

表 4-7 M 浄水場原水水質データ (水質年報より年平均値)

	一般細菌 (log)	NO <sub>2</sub> -N + NO <sub>3</sub> -N	鉄	マンガン	硬度	pH値	色度	濁度	KMnO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> -N
S62	3.99	2.3	0.6	0.100	82	7.1	10	13	7.5	0.21
H1	4.15	2.8	0.94	0.130	75	7.1	9	18	7.6	0.14
H3	4.30	2.4	0.95	0.100	69	7.1	9	15	7.4	0.17
H5	4.08	2.1	0.79	0.130	66	7.1	8	12	7.0	0.12
H7	4.11	2.2	0.41	0.110	72	7.2	8	12	7.5	0.14
H8	4.08	1.9	0.29	0.053	73	7.2	10	11	7.5	0.14
H9	3.84	2.4	0.37	0.039	68	7.2	10	12	7.8	0.10
H10	3.90	2.8	0.53	0.060	74	7.2	8	21	8.9	0.10
H11	3.86	2.4	0.54	0.038	73	7.2	9	16	7.6	0.12
H12	3.99	2.2	0.61	0.054	79	7.2	8	18	7.5	0.09
H13	3.97	2.4	0.64	0.062	72	7.3	9	21	7.7	0.08
H14	3.63	2.2	0.54	0.040	69	7.6	7	12	6.3	0.06
H15	3.60	2.3	0.44	0.045	69	7.5	7	11	6.1	0.04

この表 4-7 の水質データより、原水水質は全体として経年的に良化していることは想像できるが、総合的に評価しようとした場合どの程度良化しているか判別し難い。そこで、各年度の主成分得点を計算し原水水質の総合評価値として検証してみることとした。図 4-9 に表 4-7 から算出された第一、第二主成分得点の経年変化を示す。