

# 第1章 高度浄水処理に関する基本事項

## 1-1 高度浄水処理の定義等

### 1) 用語の定義

本技術資料で扱う主な用語の定義を表-1-1-1に示す。浄水処理方法の表記については、オゾン処理や粒状活性炭処理等の個別の浄水処理過程を「単位処理プロセス」とし、これらの単位処理プロセスを組み合わせた一連の浄水処理過程を「浄水処理フロー」と表記した。また、凝集沈澱+急速ろ過等の濁質の除去を目的とする浄水処理を「通常の浄水処理」とした上で、有機物やカビ臭等の溶解性成分の除去を目的とする粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理、生物処理の一つまたは複数を組み合わせた浄水処理方式を「高度浄水処理」と表記した。なお、粉末活性炭処理は一般的には高度浄水処理に分類されないが、通常の浄水処理に対して特別に付加した単位処理プロセスであることや、高度浄水処理の一つである粒状活性炭処理を将来的に導入することを検討する浄水場の多くが、その導入前に粉末活性炭処理を行っていることから、ここでは高度浄水処理として取り扱った。

表-1-1-1 本技術資料で扱う用語の定義

用語	定義
単位処理プロセス	凝集沈澱、急速ろ過、粉末活性炭、粒状活性炭、オゾン、生物処理など、個別の浄水処理過程のことを指す。なお、単位処理プロセスのうち、粉末活性炭、粒状活性炭、オゾン、生物処理については高度浄水処理プロセスと呼ぶ。
浄水処理フロー	原水から浄水までの単位処理プロセスを組み合わせた一連の浄水処理過程のことを指す。なお、高度浄水処理を含む場合、高度浄水処理フローと呼ぶ。
消毒のみ	濁質の除去を目的とする浄水処理を行わずに、塩素消毒のみを行う浄水処理方式のことを指す。
通常の浄水処理	凝集沈澱+急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過等、濁質の除去を目的とする浄水処理のことを指す。
高度浄水処理	粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理、生物処理の一つまたは複数を通常の浄水処理に組み合わせた浄水処理のことを指す。

### 2) 高度浄水処理方式の分類

本技術資料における浄水処理フローの分類（我が国における導入例）を表-1-1-2に示す。表-1-1-1で定義したとおり、粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理、生物処理の一つまたは複数を通常の浄水処理に組み合わせた浄水処理を高度浄水処理と表記しており、浄水処理フローの組合せ数は、粉末活性炭処理が1通り、粒状活性炭処理が2通り、オゾン処理+粒状活性炭処理が5通り、生物処理、生物処理+粒状活性炭処理、生物処理+オゾン処理+粒状活性炭処理が各々1通りとなっている。

表-1-1-2 浄水処理方式の分類（我が国における導入例）

分類	浄水処理方式		浄水処理フロー	
高度浄水処理	粉末活性炭処理方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁質の除去を基本とする通常の浄水処理に粉末活性炭処理のみを追加した浄水処理方式であり、他の高度浄水処理プロセスを含まない。</li> </ul>	通常の浄水処理の前段で粉末活性炭処理を行う。	原水→〔粉末活性炭〕→〔凝集沈殿〕→（中塩素）→〔急速ろ過〕→（後塩素）→浄水
	粒状活性炭処理方式 ※	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁質の除去を基本とする通常の浄水処理に粒状活性炭処理を追加した浄水処理方式である。</li> </ul>	通常の浄水処理の後段で粒状活性炭処理（主に活性炭の吸着作用を利用）を行う。	原水→（前塩素）→〔凝集沈殿〕→（中塩素）→〔急速ろ過〕→〔粒状活性炭〕→（後塩素）→浄水
			通常の浄水処理の間で粒状活性炭処理（活性炭層内の微生物による有機物等の分解作用と活性炭の吸着作用を利用）を行う。	原水→〔凝集沈殿〕→〔粒状活性炭〕→（中塩素）→〔急速ろ過〕→（後塩素）→浄水
	オゾン処理＋粒状活性炭処理方式 ※	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁質の除去を基本とする通常の浄水処理にオゾン処理、粒状活性炭処理、生物処理の一つまたは複数を組み合わせた浄水処理方式である。</li> </ul>	通常の浄水処理の後段でオゾン処理と粒状活性炭処理（主に活性炭の吸着作用を利用）を行う。	原水→〔凝集沈殿〕→（中塩素）→〔急速ろ過〕→〔オゾン〕→〔粒状活性炭〕→（後塩素）→浄水
			通常の浄水処理の後段でオゾン処理と粒状活性炭処理（活性炭層内の微生物による有機物等の分解作用と活性炭の吸着作用を利用）を行う。	原水→〔凝集沈殿〕→〔急速ろ過〕→〔オゾン〕→〔粒状活性炭〕→（後塩素）→浄水
			通常の浄水処理の後段でオゾン処理、粒状活性炭処理（活性炭層内の微生物による有機物等の分解作用と活性炭の吸着作用を利用）、急速ろ過（多層ろ過）を行う。	原水→〔凝集沈殿〕→〔急速ろ過〕→〔オゾン〕→〔粒状活性炭〕→（後塩素）→〔急速ろ過〕→浄水
			通常の浄水処理の間でオゾン処理と粒状活性炭処理（活性炭層内の微生物による有機物等の分解作用と活性炭の吸着作用を利用）を行う。	原水→〔凝集沈殿〕→〔オゾン〕→〔粒状活性炭〕→（中塩素）→〔急速ろ過〕→（後塩素）→浄水

表-1-1-2 浄水処理方式の分類（我が国における導入例）

分類	浄水処理方式		浄水処理フロー	
			通常の浄水処理の間でオゾン処理、後段でオゾン処理と粒状活性炭処理（活性炭層内の微生物による有機物等の分解作用と活性炭の吸着作用を利用）を行う。	原水→〔凝集沈殿〕→〔オゾン〕→〔急速ろ過〕→〔オゾン〕→〔粒状活性炭〕→（後塩素）→浄水
	生物処理方式 ※		通常の浄水処理の前段で生物処理を行う。	原水→〔生物処理〕→〔凝集沈殿〕→（中塩素）→〔急速ろ過〕→（後塩素）→浄水
	生物処理＋粒状活性炭処理方式 ※		通常の浄水処理の前段で生物処理、後段で粒状活性炭処理（主に活性炭の吸着作用を利用）を行う。	原水→〔生物処理〕→（前塩素）→〔凝集沈殿〕→（中塩素）→〔急速ろ過〕→〔粒状活性炭〕→（後塩素）→浄水
	生物処理＋オゾン処理＋粒状活性炭処理方式 ※		通常の浄水処理の前段で生物処理、後段でオゾン処理と粒状活性炭処理（吸着作用または微生物による有機物等の分解作用を利用）を行う。	原水→〔生物処理〕→〔凝集沈殿〕→〔急速ろ過〕→〔オゾン〕→〔粒状活性炭〕→（後塩素）→浄水
通常の浄水処理	通常の浄水処理方式	・凝集沈殿＋急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過等、濁質の除去を目的とする浄水処理であり、かつ、高度浄水処理のいずれも含まない浄水処理方式である。	凝集沈殿＋急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過等、濁質の除去を目的とする浄水処理を行う。	原水→〔凝集沈殿＋急速ろ過・緩速ろ過・膜ろ過〕→（後塩素）→浄水
消毒のみ	消毒方式	・濁質の除去を目的とする浄水処理を行わずに、塩素消毒のみを行う浄水処理方式である。	塩素消毒のみを行う。	原水→（後塩素）→浄水

（注） [ ] …単位処理プロセス（ここでは粉末活性炭を単位処理プロセスと位置づけている） ( ) …薬品注入

※ 粉末活性炭処理を併用する場合がある。

### 3) 検討の対象とした浄水処理方式

本技術資料において検討の対象とした浄水処理方式を表-1-1-3に示す。

1-3では、原水水質の水準と我が国で適用されている浄水処理方式の対応関係を明らかにするため、水道統計水質編（平成18年度版）のデータをもとに、「消毒のみ」、「通常の浄水処理」、「高度浄水処理」の3通りについて、主な水質項目の原水水質をヒストグラムによって比較した。また、高度浄水処理の種類による原水水質と浄水水質の水準を把握するため、高度浄水処理を行っている浄水場のうち、粉末活性炭処理方式、粒状活性炭処理方式、オゾン処理+粒状活性炭処理方式の3通りの浄水処理方式について、原水水質と浄水水質をヒストグラムにより比較した。

3-2では、我が国の高度浄水処理における施設諸元の実態を把握するため、表-1-1-2に示した6通りの高度浄水処理方式ごとにアンケート結果を集計・整理した。

3-3では、各々の高度浄水処理方式が目標とする浄水水質を達成することが可能か否かを見きわめるため、高度浄水処理を行っている浄水場のうち、粉末活性炭処理方式、粒状活性炭処理方式、オゾン処理+粒状活性炭処理方式、生物処理方式の4通りの浄水処理方式について、浄水水質の累積頻度分布による分析を行った。

3-4では、原水水質、施設諸元、運転条件の組合せと浄水水質の関連性を定式化することを目指して、高度浄水処理を行っている浄水場のうち、粉末活性炭処理方式、粒状活性炭処理方式、オゾン処理+粒状活性炭処理方式の3通りの浄水処理方式について、重回帰分析を行った。

表-1-1-3 本技術資料において検討の対象とした浄水処理方式

		検討項目	検討の対象とした浄水処理方式
第1章 高度浄水処理に関する基本事項	1-3	水道統計に基づく我が国における高度浄水処理の現状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 消毒のみ</li> <li>・ 通常の浄水処理</li> <li>・ 高度浄水処理</li> </ul> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 粉末活性炭処理方式</li> <li>・ 粒状活性炭処理方式</li> <li>・ オゾン処理+粒状活性炭処理方式</li> </ul>
第3章 アンケート調査に基づく我が国の高度浄水処理の現状	3-2	高度浄水処理施設の諸元	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 粉末活性炭処理方式</li> <li>・ 粒状活性炭処理方式</li> <li>・ オゾン処理+粒状活性炭処理方式</li> <li>・ 生物処理方式</li> <li>・ 生物処理+粒状活性炭処理方式</li> <li>・ 生物処理+オゾン処理+粒状活性炭処理方式</li> </ul>
	3-3	累積頻度分布を用いた特徴分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 粉末活性炭処理方式</li> <li>・ 粒状活性炭処理方式</li> <li>・ オゾン処理+粒状活性炭処理方式</li> <li>・ 生物処理方式</li> </ul>
	3-4	重回帰分析を用いた特徴分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 粉末活性炭処理方式</li> <li>・ 粒状活性炭処理方式</li> <li>・ オゾン処理+粒状活性炭処理方式</li> </ul>

## 1-2 我が国に導入されている高度浄水処理の特性

表-1-1-2 に示した我が国における代表的な 6 通りの高度浄水処理方式は、各単位処理プロセスの順番に応じて複数の浄水処理フローを有しており、その基本的な考えや留意事項を整理したものが表-1-2-1 である。いずれの浄水処理フローとも、濁質の除去を目的とする「凝集沈澱＋急速ろ過」を基本とし、原水水質の性状に応じて粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理、生物処理を組み合わせしており、各々の関連性を図-1-2-1 に示す。

### ① 粉末活性炭処理方式

凝集沈澱＋急速ろ過の前段で粉末活性炭（powdered activated carbon）を注入する高度浄水処理フローであり、臭気物質やトリハロメタン前駆物質等の除去に有効である。必要に応じて着水井などに注入することが可能であり、粒状活性炭処理と比べて施設面のコストは抑制できるものの、1 回の使用で排泥とともに廃棄されることから、年間の注入日数が長くなるとランニングコストの面で不利となる。また、処理対象物質が一定の濃度を超え、多量の注入を必要とする場合には後段のろ過池から漏洩する可能性があることから、適用可能な原水濃度が限定される。

### ② 粒状活性炭処理方式

粒状活性炭処理方式は、粒状活性炭に求める機能、浄水処理フロー内での設置位置、前段での塩素の有無によって以下の 2 通りに分類される。

#### ②-1 粒状活性炭処理（GAC：主に活性炭の吸着作用を利用）

凝集沈澱＋急速ろ過の後段に吸着作用を主体とする粒状活性炭処理を単独で配置した高度浄水処理フローである。粒状活性炭処理の前段に中塩素（場合によっては前塩素）を注入することから、異臭味、色度、有機物など、通常の浄水処理では除去しにくい物質を活性炭の吸着能によって除去する。オゾン処理や生物処理を併用するフローと比較して活性炭にかかる負荷が大きくなることや、前段の塩素注入によって生成されるトリハロメタンが粒状活性炭に吸着されることなどから、他の高度浄水処理フローと比較して活性炭の寿命は相対的に短い。こうしたことから、原水水質が比較的良好な浄水場において、粉末活性炭処理に代わる浄水処理方式として導入されることが多い。従来の浄水処理フローの後段に活性炭接触池を設ければ済むことから、建設コストは比較的安価である。

なお、本技術資料では、吸着作用を主体とする粒状活性炭処理を GAC（Granular Activated Carbon）と表記することがある。

#### ②-2 粒状活性炭処理（BAC：微生物による有機物等の分解作用＋活性炭の吸着作用を利用）

凝集沈澱＋急速ろ過の間に粒状活性炭を単独で配置した高度浄水処理フローである。粒状活性炭処理の前段に塩素を注入しない（または前弱塩素を注入する）ことから、層内に繁殖

する微生物による有機物等の分解作用やアンモニアの硝化作用に加えて活性炭の吸着作用による効果も見込めるほか、活性炭の吸着機能をより長く持続させる効果も期待できる。オゾン処理や生物処理を併用するフローと比較して活性炭にかかる負荷が相対的に大きくなることや、オゾン処理による有機物の低分子化という粒状活性炭（BAC）にとって有利な条件が得られないことなどから、活性炭の寿命は相対的に短くなる。活性炭層内には微生物が多く繁殖しており、処理水中への漏出に留意する必要があるが、最後段に急速ろ過処理が配置されているため、こうした微生物に対するリスクは比較的小さい。主な追加施設は活性炭接触池のみで済むため比較的安価であるが、既存の凝集沈澱と急速ろ過の間に配置させることから、連絡管や中間ポンプの設置、既存施設の改造など、②-1 と比べて施設配置上の検討を伴う場合がある。

なお、本技術資料では、微生物による有機物等の分解作用に加えて活性炭の吸着作用による効果を利用する粒状活性炭処理をBAC（Biological Activated Carbon）と表記することがある。

### ③ オゾン処理＋粒状活性炭処理方式

オゾン処理＋粒状活性炭処理方式は、オゾン処理と粒状活性炭処理の浄水処理フロー内での設置位置や粒状活性炭に求める機能等により、以下の5通りに分類される。

#### ③-1 後オゾン処理＋粒状活性炭（GAC）処理-----【②-1→③-1】

②-1の前段にオゾン処理を配置した高度浄水処理フローである。オゾンは急速ろ過の後段に配置され、後オゾン方式と呼ぶことがある。オゾン処理は強力な酸化力によって水道原水中に含まれる有機物を低分子化し、生物分解性を向上させるなど、後段の活性炭にかかる負荷を低減させる効果を有することから、粒状活性炭処理の②-1に比べると粒状活性炭の寿命を長く確保することが出来る。一方、オゾン処理に関しては副生成物（特に臭素酸）に留意する必要がある。原水の臭化物イオン濃度が高い状況のもとでオゾン注入率を高くすると臭素酸濃度は上昇することから、必要最小限のオゾン注入とするため、近年では注入率一定制御よりも残留オゾン一定制御を採用する浄水場が多い。なお、臭素酸の生成経路は複雑であり、他の被酸化物質やアンモニア等の存在が関与することが知られている。

#### ③-2 後オゾン処理＋粒状活性炭（BAC）処理-----【③-1→③-2】

③-1の中塩素を注入しない高度浄水処理フローであり、活性炭層内の微生物による有機物等の分解作用等に加えて活性炭の吸着効果を利用する。活性炭の前段でトリハロメタンが生成されないことや、活性炭層内の微生物による有機物等の分解作用などにより、③-1と比較すると粒状活性炭の寿命を長く確保することが可能である。一方、急速ろ過の前段で塩素を注入しないことから、ろ過砂がマンガン砂になりやすく、オゾンで酸化されたマンガンは後段の粒状活性炭で除去することとなる。このため、急激な原水水質悪化時などにおけるマン

ガン濃度の上昇時には注意が必要である。また、最終処理工程が粒状活性炭（BAC）であるため、微生物漏洩などの観点から徹底した濁度管理に留意する必要がある。

### ③-3 後オゾン処理＋粒状活性炭（BAC）処理＋急速ろ過処理 ----- [(3)-2→(3)-3]

③-2 の後段に急速ろ過（多層ろ過）を配置した高度浄水処理フローである。③-2 で得られる利点を生かしつつ、後段の急速ろ過によって濁度及びマンガンを確実に除去することを目的としている。合わせて3段のろ過機構を有しており、他の高度浄水処理フローと比較して建設コストは高めとなるが、最終工程を砂とアンストラサイトの併用による多層ろ過とすることにより、敷地面積の縮小化が図られている。

### ③-4 中オゾン処理＋粒状活性炭（BAC）処理 ----- [(2)-2→(3)-4]

②-2 の粒状活性炭（BAC）の前段にオゾン配置した高度浄水処理フローである。オゾンは急速ろ過の前段に配置され、中オゾン方式と呼ぶことがある。オゾン処理を併用することから、粒状活性炭処理の②-2 に比べると粒状活性炭の寿命を長く確保することが出来る。

### ③-5 中オゾン処理＋後オゾン処理＋粒状活性炭（BAC）処理 ----- [(3)-2→(3)-5]

③-2 の凝集沈澱と急速ろ過の間にオゾンをもう一段配置した高度浄水処理フローである。③-2 で得られる利点を生かしつつ、オゾン＋急速ろ過によってマンガンの確実な除去を目的としている。合わせて2段のオゾン処理工程となることから、原水の臭化物イオン濃度が高い場合には、臭素酸の観点からオゾン注入制御に留意する必要がある。また、最終処理工程が粒状活性炭であるため、微生物漏洩などの観点から徹底した濁度管理に留意する必要がある。

## ④ 生物処理方式

凝集沈澱＋急速ろ過の前段に生物処理を配置した高度浄水処理フローである。生物処理とは、微生物を付着繁殖させた担体に原水を接触させることにより、有機物、アンモニア、臭気、鉄、マンガンなどを生物酸化作用によって除去する方法であり、生物接触ろ過方式、浸漬ろ床方式、回転円板方式などがある。留意点としては、生物の馴化に期間を要することや、低水温時に処理性が低下すること等が挙げられる。

### ⑤ 生物処理＋粒状活性炭処理（GAC）方式 ----- [(2)-1→(5)]

②-1 の前段に生物処理を配置した高度浄水処理フローである。前段の生物処理によって易分解性有機物や臭気物質の除去、凝集性の改善、アンモニアの除去に伴う塩素注入率の低下（処理工程内でのトリハロメタン生成量の抑制）などが可能である。生物処理によるこうした効果は粒状活性炭への負荷を低下させることにつながるものであり、粒状活性炭処理の①

に比べると粒状活性炭の寿命を長く確保することが出来る。

**⑥ 生物処理＋オゾン処理＋粒状活性炭（BAC）処理方式 ----- 【③-2→⑥】**

③-2 の前段に生物処理を配置した高度浄水処理フローである。③-2 で得られる利点を生かしつつ、前段の生物処理で得られる効果（⑤参照）によって粒状活性炭への負荷を低下させ、③-2 に比べると粒状活性炭の寿命を長く確保することが出来る。なお、最終処理工程が粒状活性炭（BAC）であるため、微生物漏洩などの観点から徹底した濁度管理に留意する必要がある。



表-1-2-1 我が国における代表的な高度浄水処理のフロー (1)

No.	名称	高度浄水処理フロー	浄水処理フローの基本的な考え	留意事項
①	粉末活性炭処理		<ul style="list-style-type: none"> <li>前段の粉末活性炭で有機物や臭気を吸着させ、凝集沈殿＋急速ろ過で除去する。</li> <li>粉末活性炭を大量に注入すると、微粉炭の漏出やコスト増などを引き起こすため、対応できる原水水質の水準には上限がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>粉炭による処理性の上限</li> <li>微粉炭の漏出</li> </ul>
②-1	粒状活性炭処理(GAC)		<ul style="list-style-type: none"> <li>凝集沈殿＋急速ろ過で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をGACで除去する。</li> <li>主な追加施設は活性炭接触池のみであり、建設コストが比較的安価である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オゾンや生物処理の併用と比較して活性炭の寿命は短い</li> <li>BACと比較して活性炭の寿命は短い(THMによる活性炭の破過)</li> </ul>
②-2	粒状活性炭処理(BAC)		<ul style="list-style-type: none"> <li>凝集沈殿で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をBACで除去する。BACとして運用することにより、微生物によるアンモニアの硝化、有機物等の分解による活性炭寿命の延長等が期待出来る。</li> <li>最終工程が急速ろ過であるため、微生物漏洩に対するリスクは比較的小さい。主な追加施設は活性炭接触池のみであり、建設コストが比較的安価である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オゾンや生物処理の併用と比較して活性炭の寿命は短い</li> <li>活性炭の目詰まりがやや大きい</li> </ul>
③-1	後オゾン処理＋粒状活性炭(GAC)処理		<ul style="list-style-type: none"> <li>凝集沈殿＋急速ろ過で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をオゾン＋GACで除去する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭素酸の生成レベル</li> <li>BACと比較して活性炭の寿命は短い(THMによる活性炭の破過)</li> </ul>
③-2	後オゾン処理＋粒状活性炭(BAC)炭処理		<ul style="list-style-type: none"> <li>凝集沈殿＋急速ろ過で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をオゾン＋BACで除去する。</li> <li>BACとして運用することにより、微生物によるアンモニアの硝化、有機物等の分解による活性炭寿命の延長等が期待出来る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭素酸の生成レベル</li> <li>原水マンガン高濃度時の処理性</li> <li>最終工程がBACであることによる微生物漏洩</li> </ul>
③-3	後オゾン処理＋粒状活性炭(BAC)処理＋急速ろ過		<ul style="list-style-type: none"> <li>凝集沈殿＋急速ろ過で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をオゾン＋BACで除去する。</li> <li>BACとして運用することにより、微生物によるアンモニアの硝化、有機物等の分解による活性炭寿命の延長等が期待出来る。最終工程が急速ろ過であるため、微生物漏洩に対するリスクは比較的小さい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭素酸の生成レベル</li> </ul>

表-1-2-1 我が国における代表的な粉末活性炭処理・粒状活性炭処理・オゾン処理・生物処理のフロー (2)

No.	名称	高度浄水処理フロー	浄水処理フローの基本的な考え	留意事項
③-4	中オゾン処理＋粒状活性炭(BAC)処理		<ul style="list-style-type: none"> <li>凝集沈澱で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をオゾン＋BACで除去する。</li> <li>BACとして運用することにより、微生物によるアンモニアの硝化、有機物等の分解による活性炭寿命の延長等が期待出来る。最終工程が急速ろ過であるため、微生物漏洩に対するリスクは比較的小さい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭素酸の生成レベル</li> <li>活性炭の目詰まりがやや大きい</li> </ul>
③-5	中オゾン処理＋後オゾン処理＋粒状活性炭(BAC)処理	<p>※ 前塩素や中塩素を注入し、GACとする場合もある</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>凝集沈澱＋急速ろ過で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をオゾン＋BACで除去する。</li> <li>マンガンに対しては前段のオゾン＋急速ろ過によって除去する。BACとして運用することにより、活性炭寿命の延長やアンモニアの硝化が期待出来る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭素酸の生成レベル</li> <li>最終工程がBACであることによる微生物漏洩</li> </ul>
④	生物処理		<ul style="list-style-type: none"> <li>前段の生物処理において易分解性有機物、臭気物質、アンモニア等の除去や凝集性の改善を図る。</li> <li>地下水を水源とする場合、ストリップング処理と併用する場合がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生物処理の維持管理</li> </ul>
⑤	生物処理＋粒状活性炭(GAC)処理		<ul style="list-style-type: none"> <li>前段の生物処理において易分解性有機物、臭気物質、アンモニア等の除去や凝集性の改善を図り、凝集沈澱＋急速ろ過で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をGACで除去する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BACと比較して活性炭の寿命は短い(THMによる活性炭の破過)</li> </ul>
⑥	生物処理＋オゾン処理＋粒状活性炭(BAC)処理	<p>※ 前塩素や中塩素を注入し、GACとする場合もある</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>前段の生物処理において易分解性有機物、臭気物質、アンモニア等の除去や凝集性の改善を図り、凝集沈澱＋急速ろ過で除去されない溶解性有機物や臭気物質等をオゾン＋BACで除去する。</li> <li>BACとして運用することにより、微生物によるアンモニアの硝化、有機物等の分解による活性炭寿命の延長等が期待出来る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭素酸の生成レベル</li> <li>最終工程がBACであることによる微生物漏洩</li> </ul>

通常の浄水処理

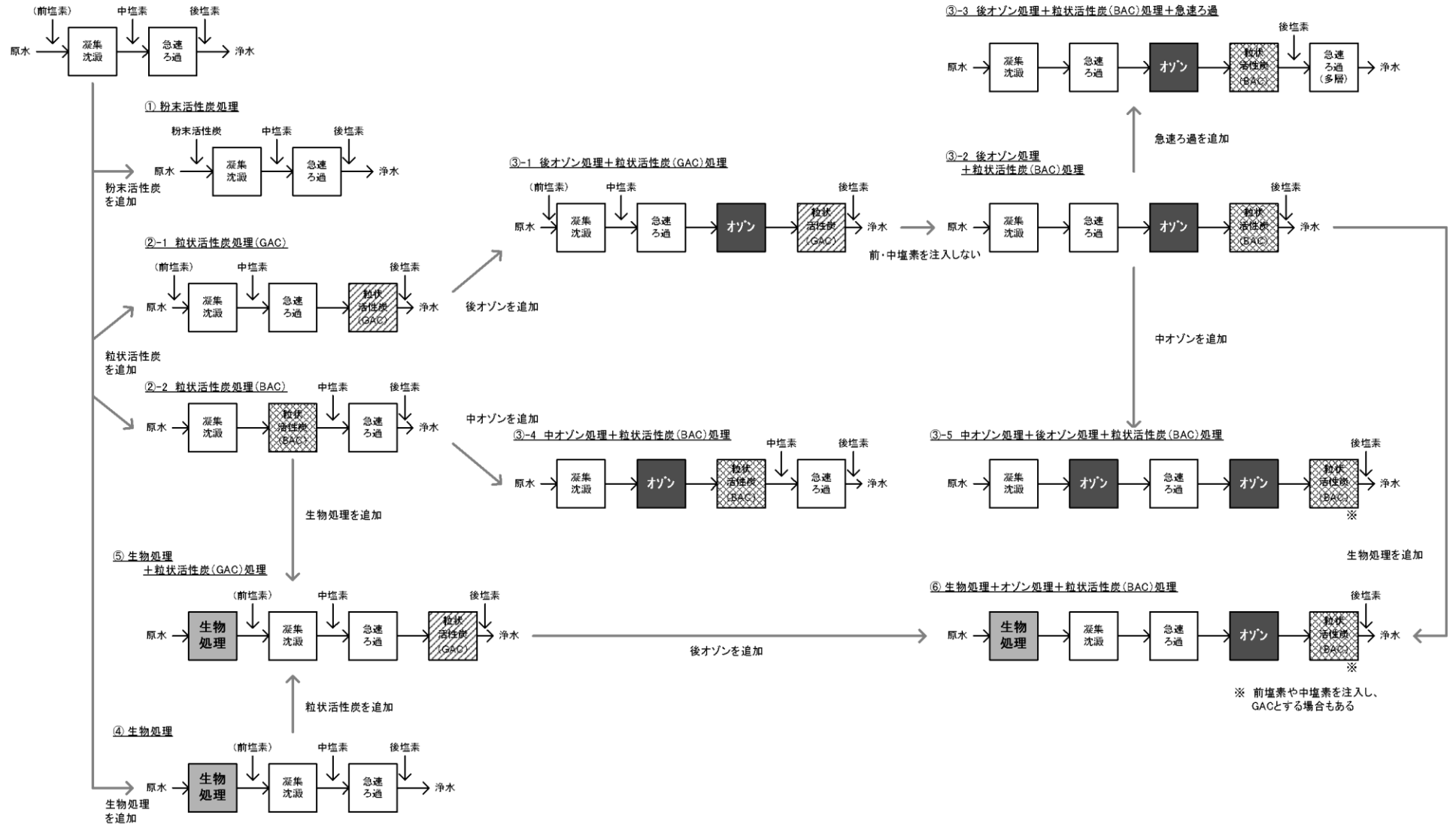


図-1-2-1 各高度浄水処理フロー間の関連性

## 1-3 水道統計に基づく我が国における高度浄水処理の現状

### 1) 概要

水道統計水質編（平成 18 年度版）をもとに、高度浄水処理の導入状況、原水水質の分布状況、浄水水質の分布状況について検討を行った。

### 2) 高度浄水処理の導入状況

#### (1) 浄水処理方式別・水源種類別にみた組合せ件数

水道統計水質編（平成 18 年度版）に掲載されている浄水処理方式別・水源種類別の組合せ件数<sup>\*</sup>は 6,052 であり、これを浄水処理方式と水源種類の別に集計したものを表-1-3-2～表-1-3-5、一日平均浄水量ごとに集計したものを表-1-3-6 及び図-1-3-1 に示し、概要を以下に述べる。

- ・ 浄水処理方式別・水源種類別の組合せ件数 6,052 のうち、高度浄水処理（粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理、生物処理のいずれかを含むもの）は 355 であり、全体の 5.9%を占めている。（表-1-3-2）
- ・ 高度浄水処理を導入している 355 件の水源種類別内訳は、表流水が 161（45.4%）、ダム湖沼水が 71（20.0%）、複数種類・その他に該当するものが 88（24.8%）となっている。（表-1-3-2）
- ・ 規模（一日平均浄水量）別にみると、消毒のみでは 5,000 m<sup>3</sup>/日未満が 8 割程度を占めているのに対して、高度浄水処理については半数が 10,000 m<sup>3</sup>/日以上となっている。（表-1-3-3、図-1-3-1）

#### ※ 浄水処理方式別・水源種類別の組合せ件数について

水道統計施設・業務編（平成 18 年度版）によると、我が国における浄水場数及び消毒のみの浄水施設数の合計は 5,270 箇所となっている（表-1-3-1）。一方、水道統計水質編（平成 18 年度版）では 1 箇所の浄水場で複数の浄水処理方式又は水源を有する場合や、水道用水供給事業の供給先が供給元の浄水場を記載している場合があるなど、一部で重複計上されており、その合計は実際の浄水場及び消毒のみの浄水施設の合計よりも多い 6,052 件となっている。水道統計水質編を用いて我が国における高度浄水処理の現状を概観する 1-3 では、浄水場及び消毒のみの浄水施設の実数とは区別して、「浄水処理方式別・水源種類別の組合せ件数（または「件数）」と表記した。

表-1-3-1 我が国における浄水場数及び消毒のみの浄水施設数

	浄水場数			消毒のみの 浄水施設数	合計
	緩速ろ過	急速ろ過	膜ろ過		
上水道事業	506	1,650	76	2,873	5,105
水道用水供給事業	7	148	1	9	165
合計	513	1,798	77	2,882	5,270

（水道統計施設・業務編（平成 18 年度版）をもとに作成）

表-1-3-2 我が国の浄水処理方式別・水源種類別にみた件数

浄水処理方式\水源種類	表流水	ダム・湖沼水	伏流水	湧水	地下水	複数種類 ・その他	行合計
消毒のみ	1	0	68	358	1,790	566	2,783
通常の浄水処理	743	189	106	71	951	854	2,914
高度浄水処理	161	71	8	0	27	88	355
列合計	905	260	182	429	2,768	1,508	6,052

表-1-3-3 我が国の浄水処理方式別・水源種類別にみた件数の比率（水源種類毎）

浄水処理方式\水源種類	表流水	ダム・湖沼水	伏流水	湧水	地下水	複数種類 ・その他	行合計
消毒のみ	0.0%	0.0%	2.4%	12.9%	64.3%	20.3%	100.0%
通常の浄水処理	25.5%	6.5%	3.6%	2.4%	32.6%	29.3%	100.0%
高度浄水処理	45.4%	20.0%	2.3%	0.0%	7.6%	24.8%	100.0%
列合計	15.0%	4.3%	3.0%	7.1%	45.7%	24.9%	100.0%

各々の浄水処理方式について、行合計に対する水源種類毎の比率を掲載した。

表-1-3-4 我が国の浄水処理方式別・水源種類別にみた件数の比率（浄水処理方式毎）

浄水処理方式\水源種類	表流水	ダム・湖沼水	伏流水	湧水	地下水	複数種類 ・その他	行合計
消毒のみ	0.1%	0.0%	37.4%	83.4%	64.7%	37.5%	46.0%
通常の浄水処理	82.1%	72.7%	58.2%	16.6%	34.4%	56.6%	48.1%
高度浄水処理	17.8%	27.3%	4.4%	0.0%	1.0%	5.8%	5.9%
列合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

各々の水源種類について、列合計に対する浄水処理方式毎の比率を掲載した。

表-1-3-5 我が国の浄水処理方式別・水源種類別にみた件数の比率  
（浄水処理方式毎・水源種類毎）

浄水処理方式\水源種類	表流水	ダム・湖沼水	伏流水	湧水	地下水	複数種類 ・その他	行合計
消毒のみ	0.0%	0.0%	1.1%	5.9%	29.6%	9.4%	46.0%
通常の浄水処理	12.3%	3.1%	1.8%	1.2%	15.7%	14.1%	48.1%
高度浄水処理	2.7%	1.2%	0.1%	0.0%	0.4%	1.5%	5.9%
列合計	15.0%	4.3%	3.0%	7.1%	45.7%	24.9%	100.0%

各々の浄水処理方式と水源種類の組合せについて、総合計に対する比率を掲載した。

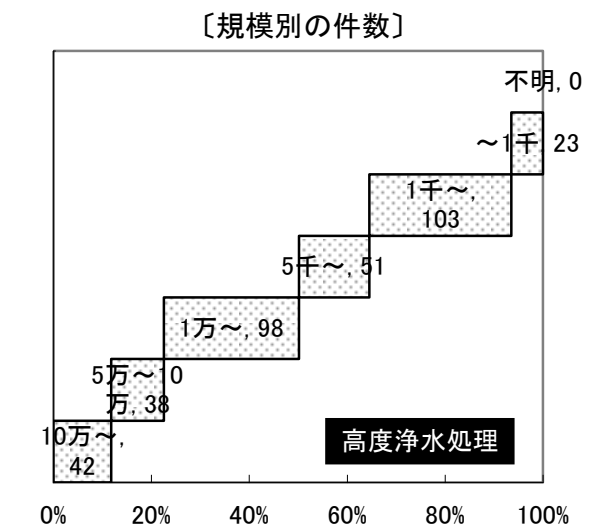
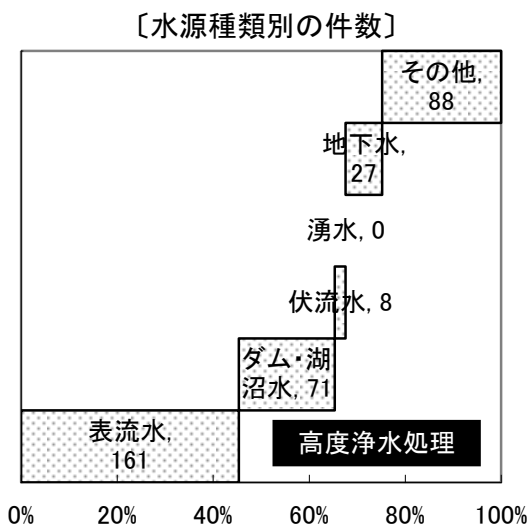
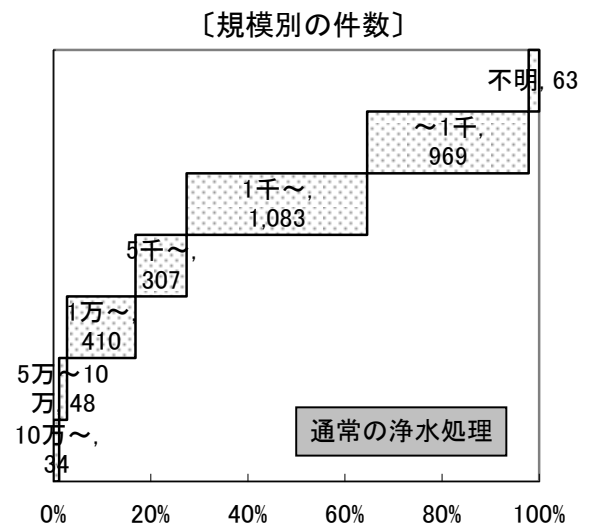
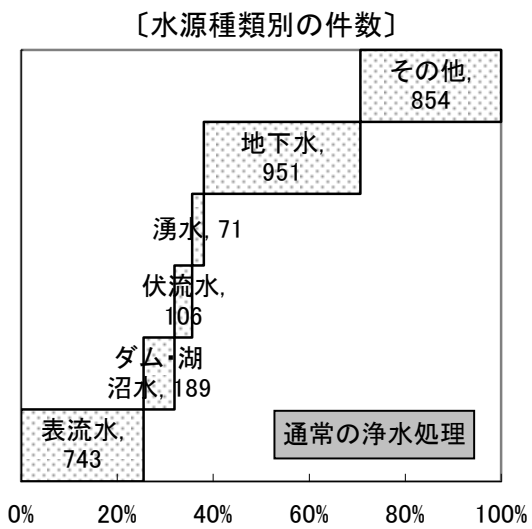
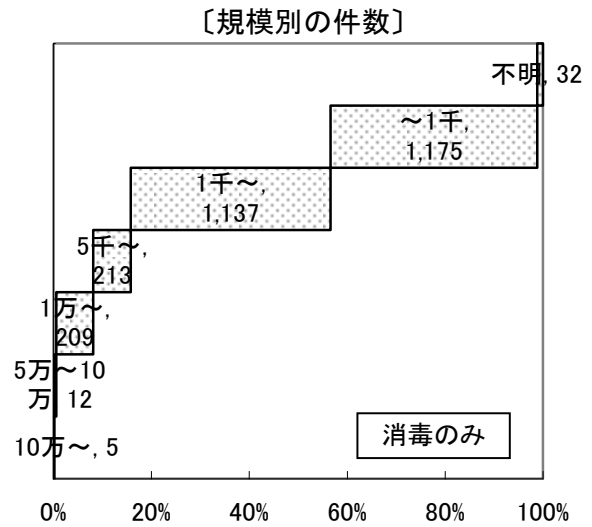
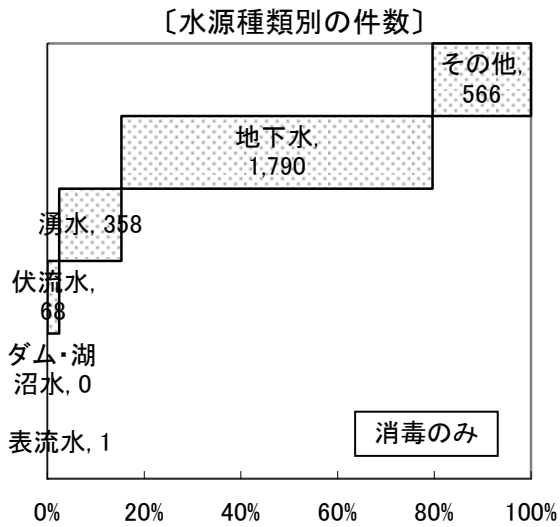
表-1-3-2～表-1-3-5について

- ・ 水道統計水質編（平成18年度版）をもとに作成。
- ・ 1箇所の浄水場で複数の浄水処理方式又は水源を有する場合や、水道用水供給事業の供給先が供給元の浄水場を記載している場合があるなど、一部で重複計上していることがある。表-1-3-6、図-1-3-1、表-1-3-7も同様である。

表-1-3-6 我が国の浄水処理方式別・水源種別・規模別にみた件数

浄水処理方式	一日平均 浄水量 (m3/日)	表流水	ダム・湖沼水	伏流水	湧水	地下水	複数種類 ・その他	合計
消毒のみ	10万～					4	1	5
	5万～10万					1	11	12
	1万～			4	10	78	117	209
	5千～			8	18	122	65	213
	1千～			31	107	776	223	1,137
	～1千			25	219	784	147	1,175
	不明	1				4	25	2
小計		1	0	68	358	1,790	566	2,783
通常の 浄水処理	10万～	21	4				9	34
	5万～10万	32	6			1	9	48
	1万～	134	36	23		50	167	410
	5千～	72	20	12	2	75	126	307
	1千～	228	74	41	23	390	327	1,083
	～1千	253	49	29	46	422	170	969
	不明	3		1		13	46	63
小計		743	189	106	71	951	854	2,914
高度浄水処理	10万～	32	6				4	42
	5万～10万	23	7				8	38
	1万～	50	25			4	19	98
	5千～	21	8			2	20	51
	1千～	29	20	5		16	33	103
	～1千	6	5	3		5	4	23
	不明						0	0
小計		161	71	8	0	27	88	355
合計		905	260	182	429	2,768	1,508	6,052

(水道統計水質編(平成18年度版)をもとに作成)



(水道統計水質編(平成18年度版)をもとに作成)

図-1-3-1 我が国の浄水処理方式別・水源種類別・規模別に応じた件数

## (2) 高度浄水処理の導入状況

高度浄水処理について、高度浄水処理方式ごとに単位処理プロセス別及び水源種類別に集計した結果を表-1-3-7に示すとともに、概要を以下に述べる。

- ・ 粉末活性炭処理の件数は213（高度浄水処理全体の60.7%）であり、このうち他の高度浄水処理プロセスと併用しない「粉末活性炭処理方式」の件数は195（同55.6%）となっている。
- ・ 粒状活性炭処理の件数は132（同37.6%）であり、このうちオゾン処理又は生物処理と併用しない「粒状活性炭処理方式」の件数は82（同23.4%）、オゾン処理と併用する「オゾン処理＋粒状活性炭処理方式」の件数は32（同9.1%）、生物処理と併用する「生物処理＋粒状活性炭処理方式」の件数は11（3.1%）、オゾン処理及び生物処理と併用する「生物処理＋オゾン処理＋粒状活性炭処理方式」の件数は7（同2.0%）となっている。
- ・ 生物処理の件数は42（同12.0%）であり、このうちオゾン処理又は粒状活性炭処理と併用しない「生物処理」の件数は24（同6.8%）となっている。なお、これらの分類において、粉末活性炭処理との併用の有無については区別していない。
- ・ 水源種類別にみると、表流水の件数が161（同45.4%）、ダム・湖沼水の件数が71（20.0%）、複数種類・その他の件数が88（24.8%）となっている。

表-1-3-7 高度浄水処理プロセス別・水源種類別にみた高度浄水処理の導入状況

浄水処理方式	単位処理プロセス				水源種類						合計	比率	実績 一日平均 浄水量 (H18年度) (m <sup>3</sup> /日)
	粉末 活性炭 処理	粒 状 活 性 炭 処 理	オ ゾ ン 処 理	生 物 処 理	表 流 水	ダ ム ・ 湖 沼 水	伏 流 水	湧 水	地 下 水	複 数 種 類 其 他			
粉末活性炭処理方式	○				108	39	2	0	2	44	195	55.6%	11,757,702
粒状活性炭 処理方式		○			24	17	5	0	6	26	82	23.4%	790,387
	○	○			1	1	0	0	0	2			
オゾン処理＋ 粒状活性炭処理方式		○	○		14	8	0	0	2	5	32	9.1%	6,558,972
	○	○	○		3	0	0	0	0	0			
生物処理方式				○	0	1	0	0	13	1	24	6.8%	333,752
	○			○	3	3	0	0	0	3			
生物処理＋ 粒状活性炭処理方式		○		○	4	1	1	0	4	1	11	3.1%	224,824
	○	○		○	0	0	0	0	0	0			
生物処理＋ オゾン処理＋ 粒状活性炭処理方式		○	○	○	3	1	0	0	0	1	7	2.0%	587,201
	○	○	○	○	1	0	0	0	0	1			
合計	213	132	39	42	161	71	8	0	27	84	351	100.0%	20,252,838
比率	60.7%	37.6%	11.1%	12.0%	45.9%	20.2%	2.3%	0.0%	7.7%	23.9%	100.0%	—	

(水道統計水質編（平成18年度版）をもとに作成)

表-1-3-2～表-1-3-5の欄外に記したように、1箇所の浄水場で複数の水源を有する場合や、水道用水供給事業の供給先が供給元の浄水場を記載している場合があるなど、一部で重複計上していることがある。また、上記以外の単位処理プロセスの4件については表示していないため、合計の件数は351となっている。



### 3) 原水水質の分布状況

#### (1) 高度浄水処理の導入の有無別にみた原水水質の比較

浄水処理方式を消毒のみ、通常の浄水処理、高度浄水処理の3方式に分類し、主な13項目について、原水水質（水道統計水質編（平成18年度版）の年最大値、年平均値、年最小値）の分布状況を整理したものが図-1-3-2～図-1-3-8である。以下では、浄水処理方式別にみた原水水質分布の傾向について述べる。なお、ここで掲げた3方式は表-1-3-2～表-1-3-5の分類に基づいており、浄水処理方式別・水源種類別の組合せ件数として、消毒のみの2,783、通常の浄水処理の2,914、高度浄水処理の351（表-1-3-7の欄外の注釈参照）に該当する。

##### ① 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素

- ・硝酸態窒素は無機肥料の使用、腐敗した動植物、生活排水、下水汚泥の陸上処分、工場排水、塵芥の残渣等に由来する。
- ・消毒のみの群でやや高い傾向がみられるが、消毒のみの施設はほとんどが地下水を水源とし、かつ硝酸態窒素が問題となるのは主に地下水であることから、こうした傾向が現れたと推察される。

##### ② 1,4-ジオキサソ

- ・1,4-ジオキサソの主な由来は工場排水とされ、地下水よりも表流水中に混入する可能性が高い物質であるが、大部分が定量下限値以下となっており、浄水処理方式による明確な差はみられない。

##### ③ マンガン

- ・自然水中のマンガンは主として地質に由来するが、工場排水等に含まれることもある。また、湖沼や貯水池で富栄養化が進行すると、水温躍層を形成する夏期や冬期に底層部が貧酸素状態となってマンガンが溶出することがある。
- ・表-1-3-1や図-1-3-1に示したように、高度浄水処理においては表流水やダム・湖沼水を水源とすることが多いため、高度浄水処理の群で高く、消毒のみの群で低い傾向が現れたと推察される。
- ・なお、一般に深井戸は溶存酸素が低く、金属等の溶出しやすい環境にあるため、マンガン濃度が高い場合があるが、全体で比較した場合には顕著な傾向として現れていない。

##### ④ 陰イオン界面活性剤

- ・陰イオン界面活性剤の主な由来は洗剤であり、地下水よりも表流水に混入する可能性が高い物質である。また、凝集沈澱で若干除去されるものの、濃度が高い場合は粒状活性炭処理やオゾン処理を行う必要があることから、明確な差は認められないものの、高度浄水処理の群でやや高い傾向が現れている。

## ⑤ ジェオスミン

- ・ ジェオスミンは湖沼水や貯水池において発生する植物プランクトンに由来するカビ臭物質であり、ダム・湖沼水やこれらからの放流水中に検出される可能性がある。
- ・ 基本的には粒状活性炭処理やオゾン処理の対象物質であり、高度浄水処理の群で高い傾向がみられる。また、こうした傾向は年間の最大値ほど顕著である。

## ⑥ 2-MIB

- ・ 2-MIB はジェオスミンと同様、植物プランクトンに由来するカビ臭物質であり、高度浄水処理の群で高い傾向にある。

## ⑦ 非イオン界面活性剤

- ・ 非イオン界面活性剤は、陰イオン界面活性剤とともに合成洗剤の主要成分である。全般的に濃度は低いが、陰イオン界面活性剤と同様、高度浄水処理の群でやや高い傾向がみられる。

## ⑧ TOC

- ・ TOC は水中に含まれる有機物を炭素の量によって表すものである。水の汚染状態を示す総合的な指標の一つであり、消毒のみの群で低く、高度浄水処理の群で高い傾向がみられる。なお、平成 21 年度より、水道水質基準が従来の 5 mg/L から 3 mg/L に強化される予定である。

## ⑨ 色度

- ・ 色度は大部分がフミン質に由来するものであり、トリハロメタン前駆物質の主な原因の一つとされている。pH を酸性側にして凝集を行うことである程度の除去が期待できるが、高濃度の場合は粒状活性炭処理やオゾン処理による除去を必要とすることもあり、高度浄水処理の群で高い傾向が現れている。

## ⑩ 濁度

- ・ 濁度は凝集沈澱＋急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過等によって除去するため、高度浄水処理による処理対象物質ではない。消毒のみの施設は一般に濁度をほとんど検出しない地下水、伏流水、湧水が大部分であることから、濁度が日常的に検出される表流水やダム・湖沼水を水源とする割合が高い高度浄水処理の群において濃度分布が高い傾向を示していると推察される。

## ⑪ トリハロメタン生成能

- ・ トリハロメタン生成能は一定の条件下（20℃、pH 値 7.0±0.2、24±2 時間、残留塩素 1～2 mg/L）で塩素を添加した水のトリハロメタン濃度であり、その前駆物質の指標である。凝集沈澱によりある程度の除去は期待できるが、一定の濃度以上になると粒状活性炭処理、オゾン処理＋粒状活性炭処理等が必要となるため、高度浄水処理の群で高い傾向がみられる。
- ・ なお、この項目は水道水質基準に該当しないため、消毒のみでは測定数が非常に少なく、

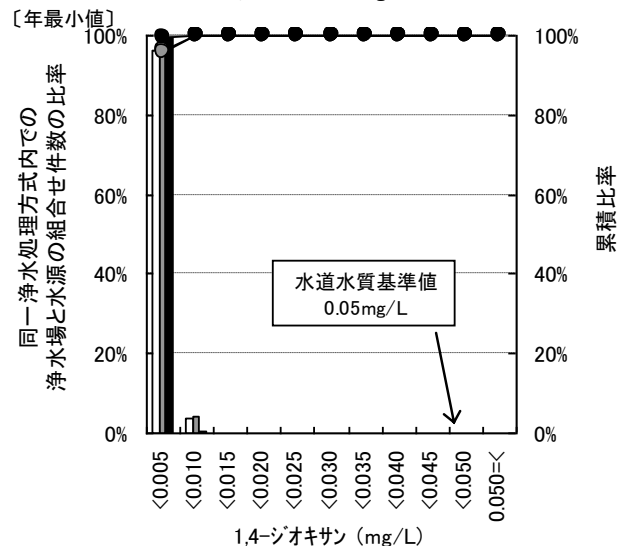
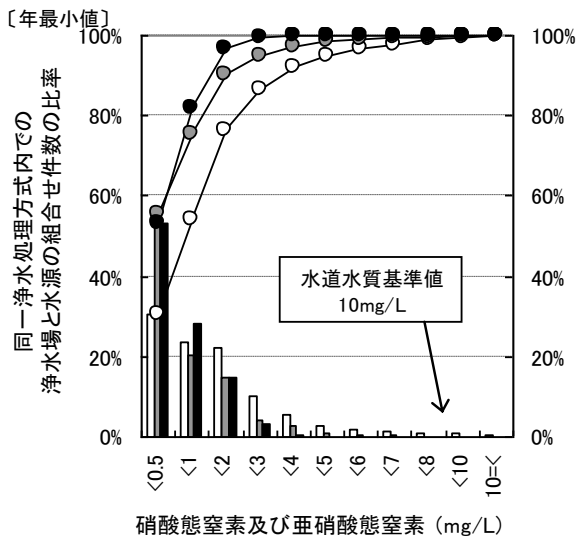
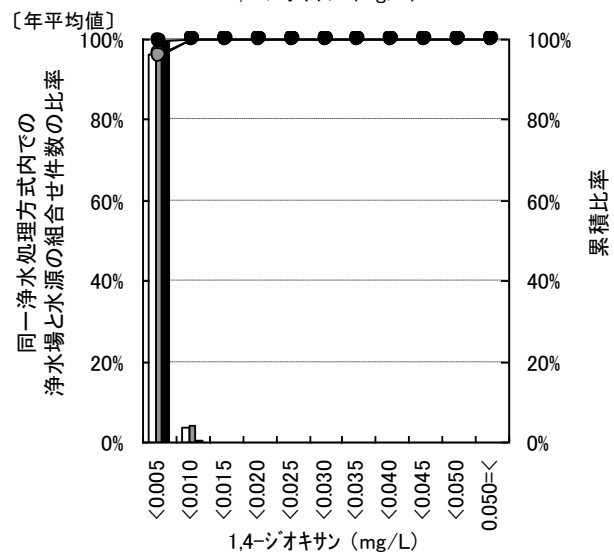
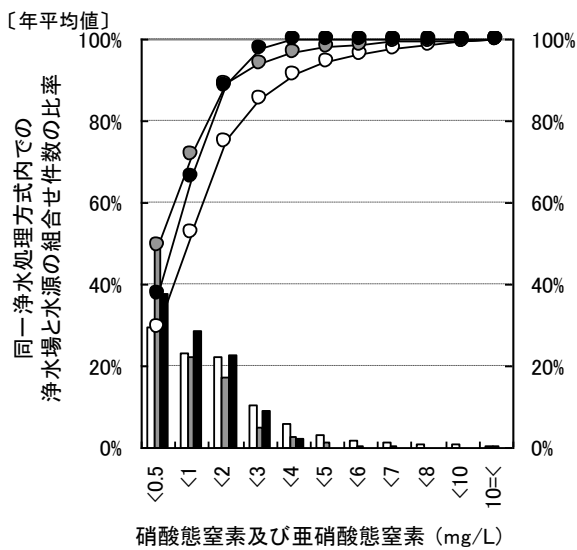
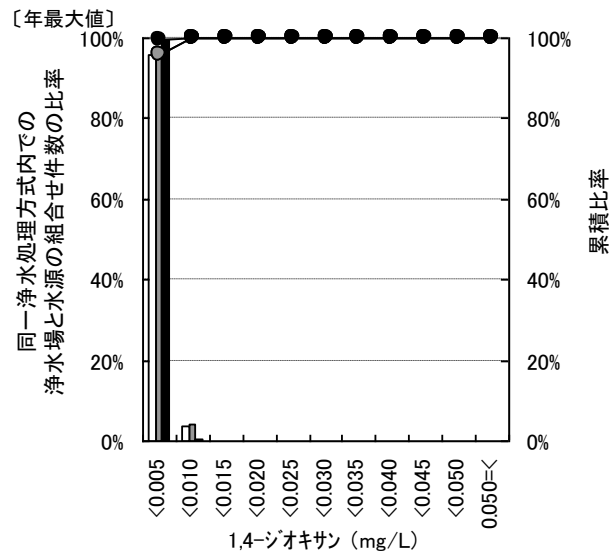
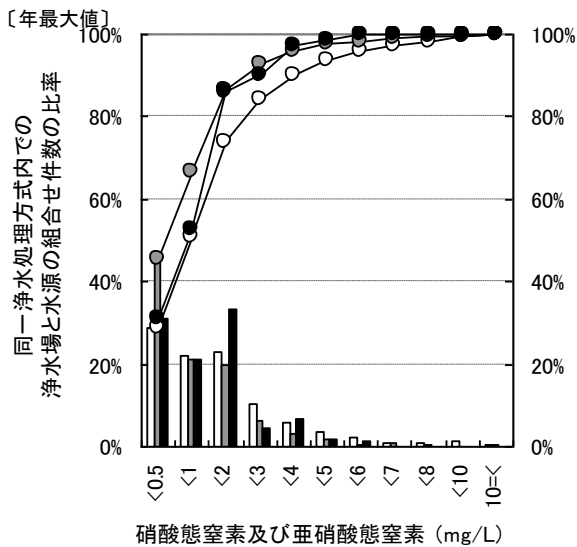
測定を行っているのは基本的にトリハロメタンの懸念が高いところが多いと思われる。  
よって実際の濃度分布の差はこれよりもっと大きいと推測される。

#### ⑫ 紫外線吸光度

- ・ 紫外線吸光度は水中に存在する有機物の多くが波長 250～260 nm の紫外線を吸収しやすいという性質を利用して、紫外線の吸収程度をもとに有機物の量を表すものであり、特に不飽和二重結合を有する難分解性有機物の量を表す指標である。一般にトリハロメタン生成能との相関が高い項目とされており、原水の分布はトリハロメタン生成能と同様の傾向を示している。
- ・ なお、この項目は水道水質基準に該当しないため、消毒のみの測定数が非常に少なく、測定を行っているのは基本的にトリハロメタンの懸念が高いところが多いと思われる。よって実際の濃度分布の差はこれよりもっと大きいと推測される。

#### ⑬ アンモニア態窒素

- ・ アンモニア態窒素は、動植物の死骸や排せつ物等のたんぱく質が腐敗・分解する初期段階において発生するアンモニアの量を表すものであり、これが水中に存在する場合、比較的近い時点でのし尿汚染の発生を示唆している。塩素によるブレイクポイント処理のほかでは、硝化細菌の硝化作用を利用した生物処理や粒状活性炭（BAC）処理によって除去する必要がある。
- ・ 原水の分布に着目すると、高度浄水処理において高濃度側に位置している。
- ・ なお、この項目は水道水質基準に該当しない。消毒のみの測定数はトリハロメタン生成能や紫外線吸光度より多いが、測定を行っているのは基本的にアンモニアの懸念が高いところであることから、実際の濃度分布の差はこれよりもっと大きいと推測される。

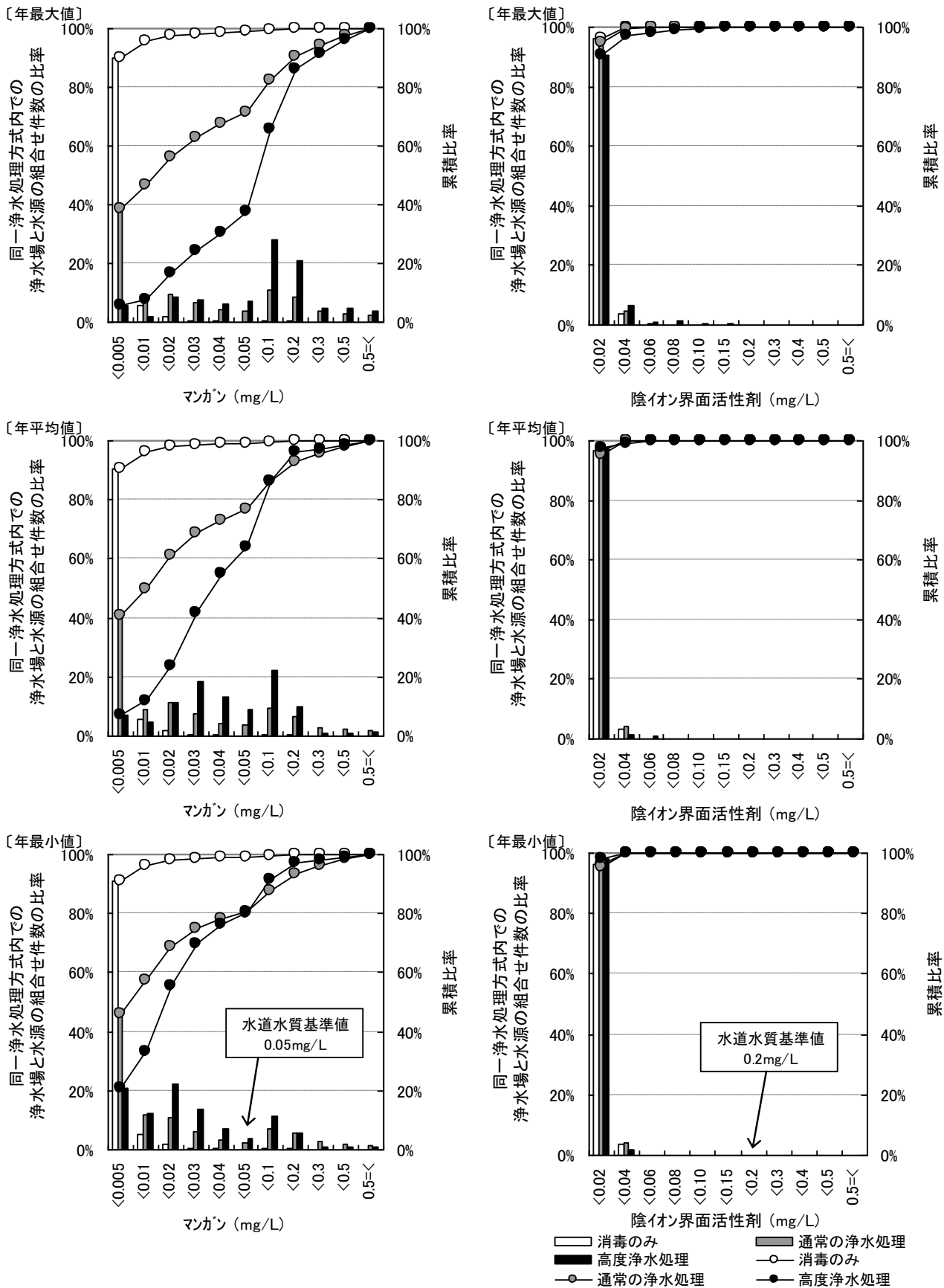


□ 消毒のみ  
 ■ 高度浄水処理  
 ○ 消毒のみ  
 ● 通常の浄水処理

(水道統計水質編(平成18年度版)の年最大値、年平均値、年最小値)

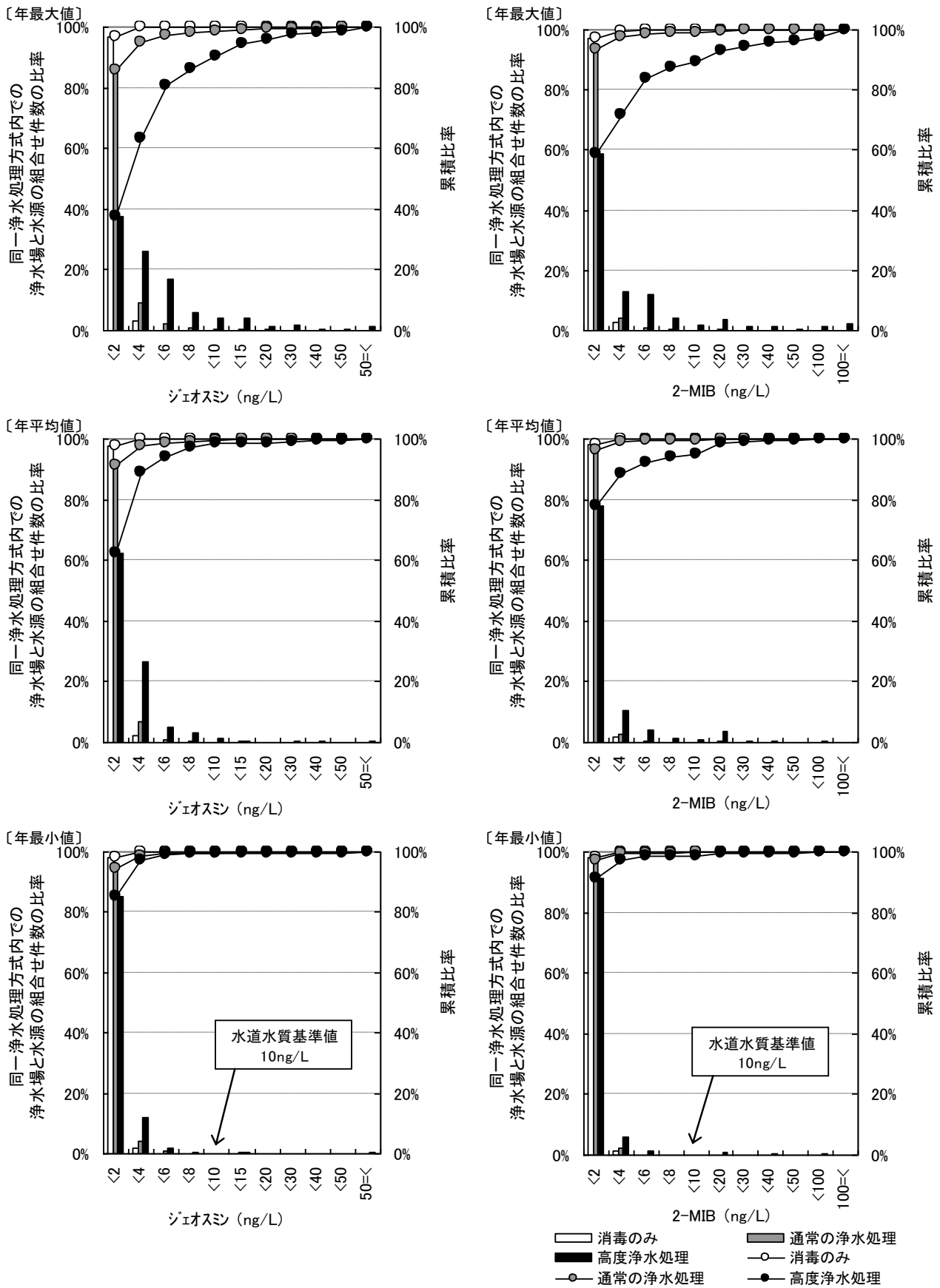
- ・ 1箇所の浄水場で複数の水源を有する場合や、水道用水供給事業の供給先が供給元の浄水場を記載している場合があるなど、一部で重複計上していることがある。
- ・ 省令で定められている検査項目と検査頻度は浄水場によって異なることから、水質基準項目によって測定データの合計数は異なる。
- ・ 上記は図-1-3-3～図-1-3-13についても同様である。

図-1-3-2 浄水処理方式別にみた原水水質の分布状況 (1)



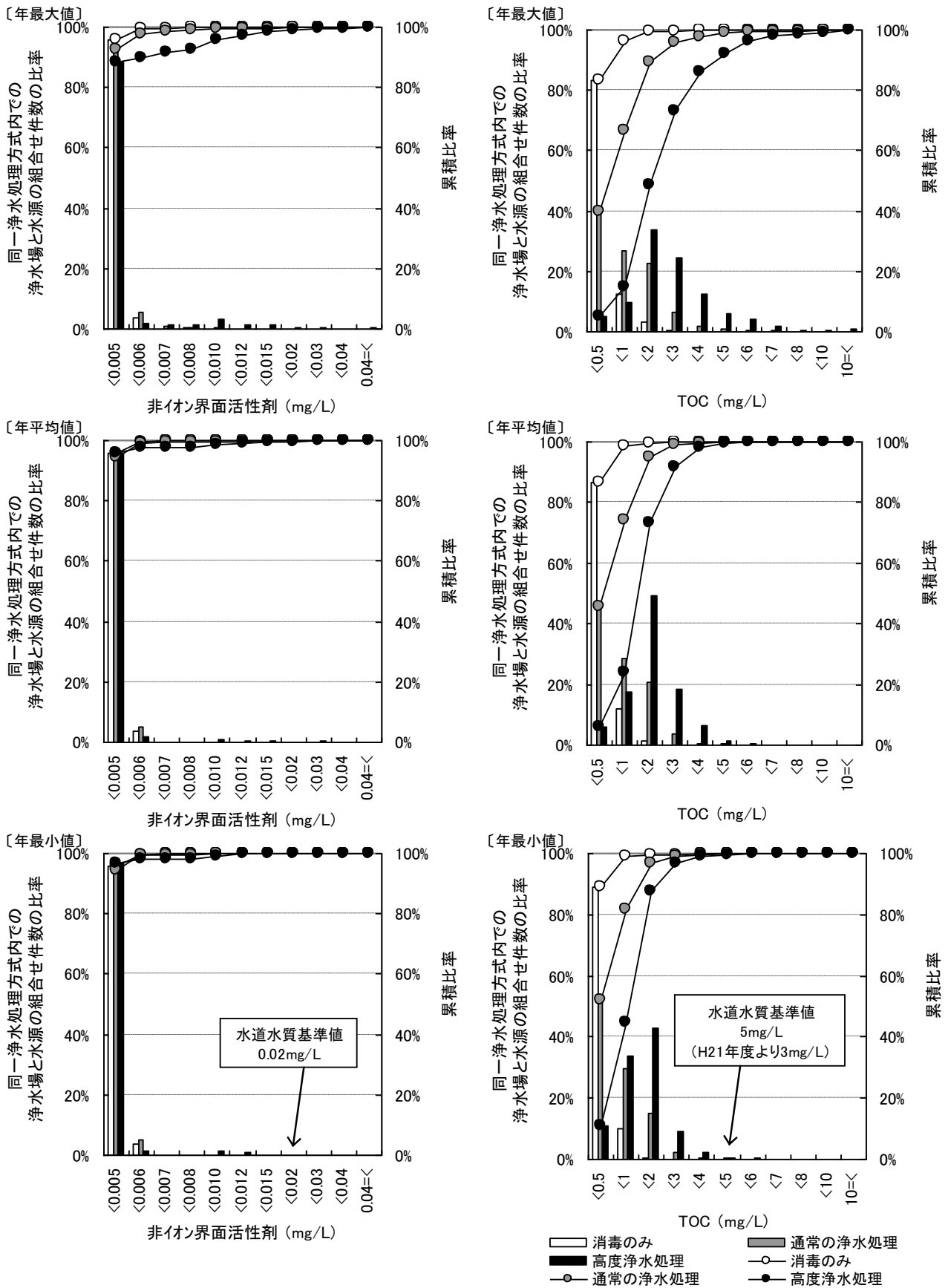
(水道統計水質編 (平成 18 年度版) の年最大値、年平均値、年最小値)

図-1-3-3 浄水処理方式別にみた原水水質の分布状況 (2)



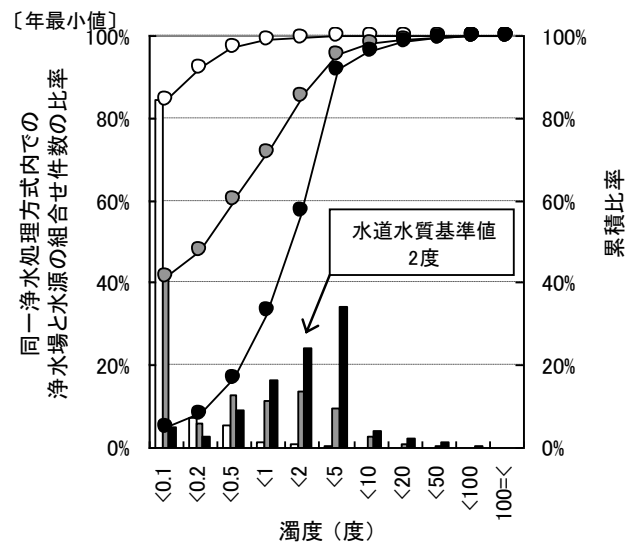
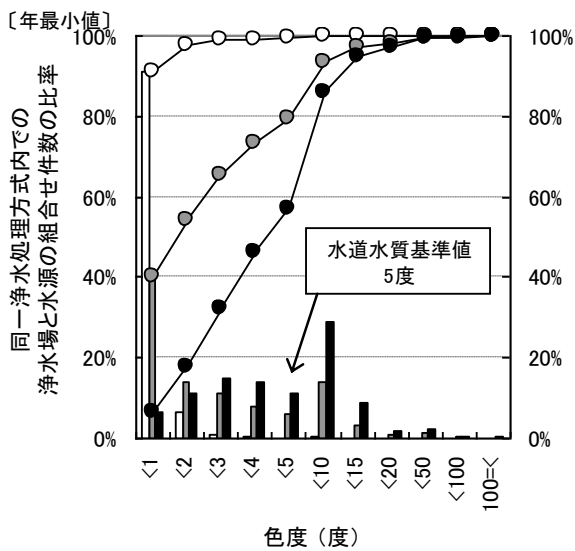
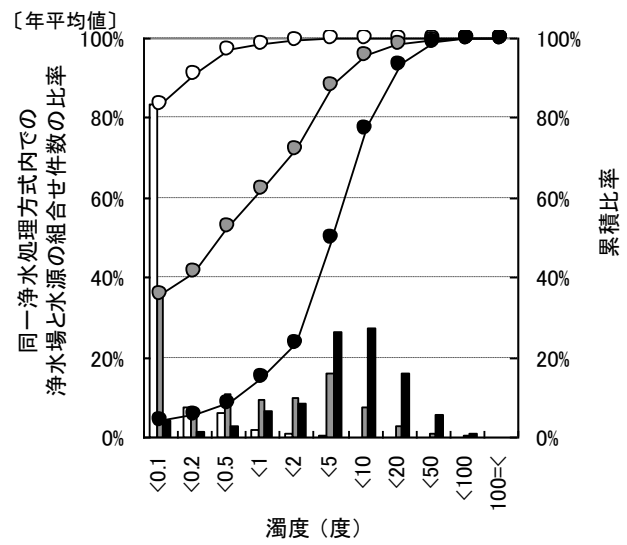
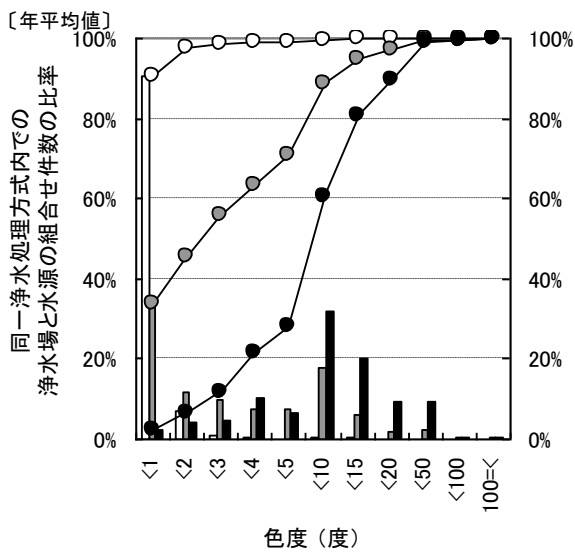
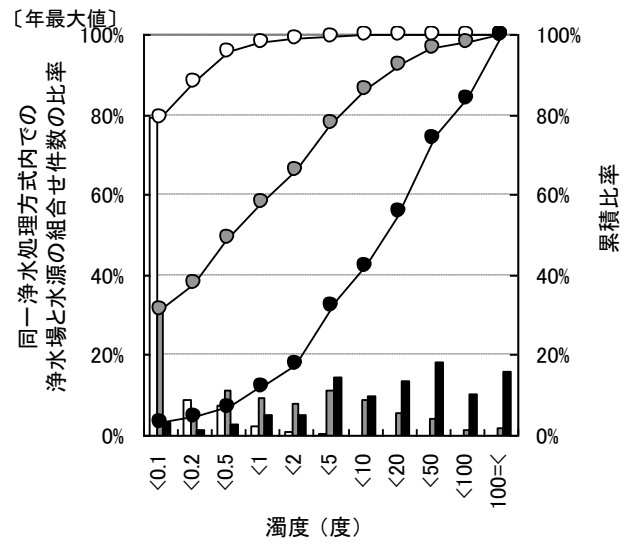
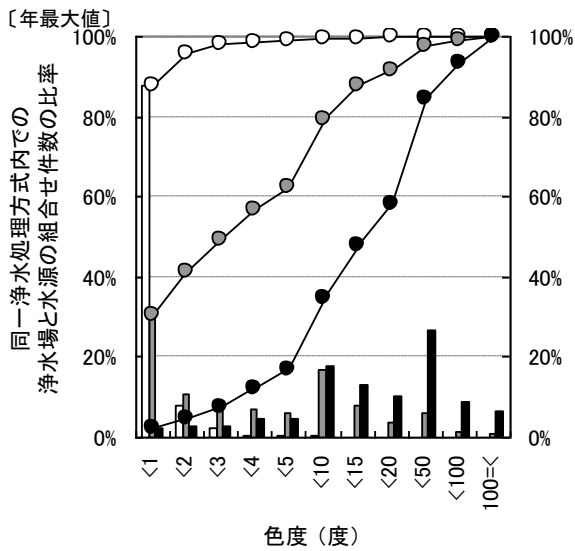
(水道統計水質編 (平成 18 年度版) の年最大値、年平均値、年最小値)

図-1-3-4 浄水処理方式別にみた原水水質の分布状況 (3)



(水道統計水質編 (平成 18 年度版) の年最大値、年平均値、年最小値)

図-1-3-5 浄水処理方式別にみた原水水質の分布状況 (4)

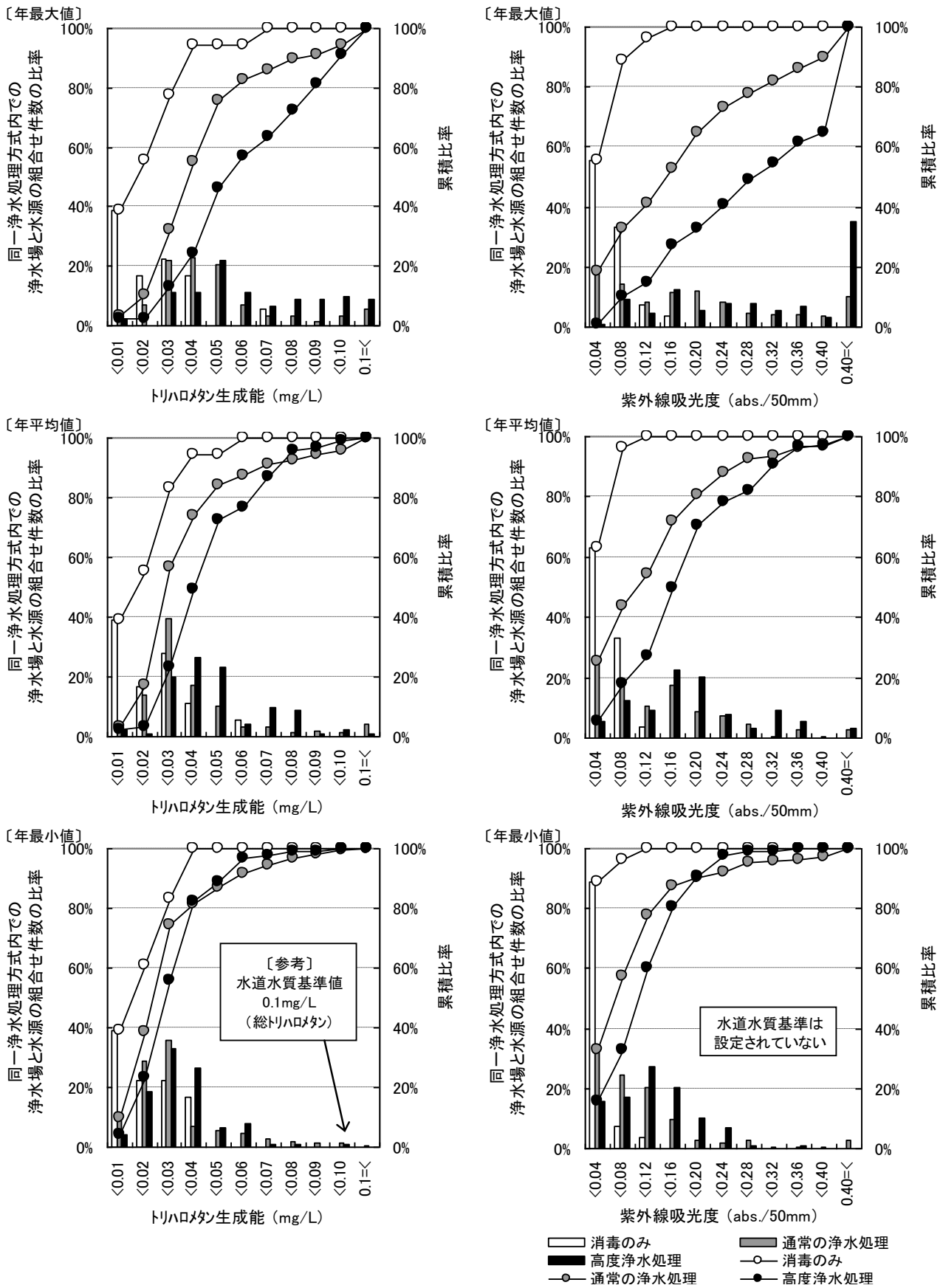


□ 消毒のみ                      ■ 通常の浄水処理  
 ■ 高度浄水処理                ○ 消毒のみ  
 ● 通常の浄水処理              ● 高度浄水処理

(水道統計水質編 (平成 18 年度版) の年最大値、年平均値、年最小値)

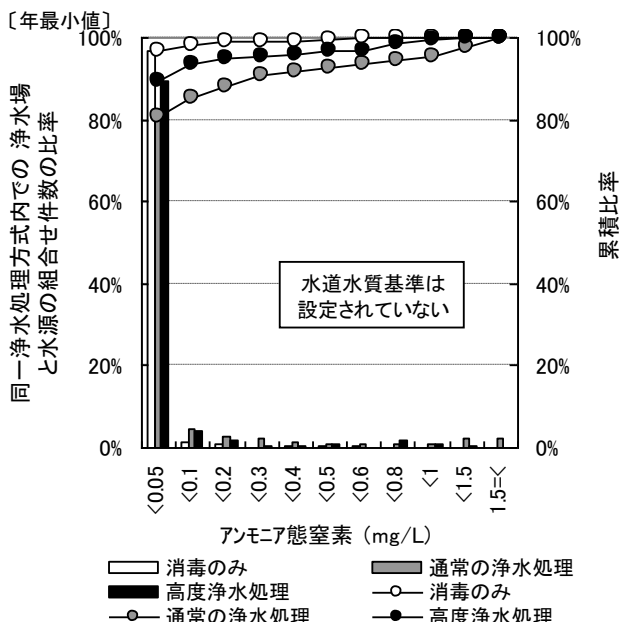
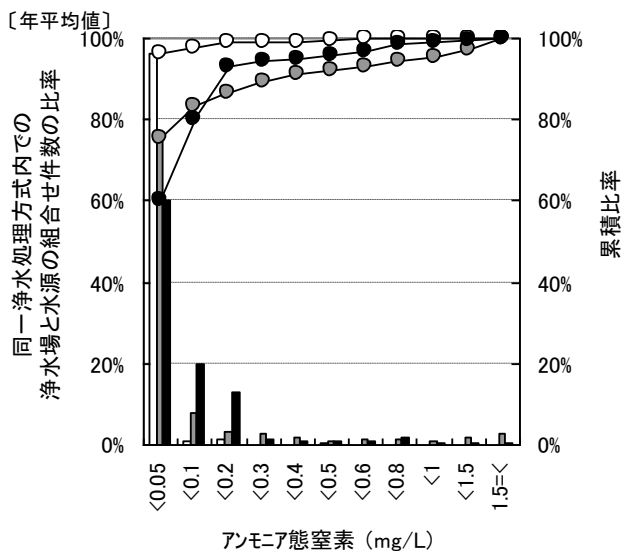
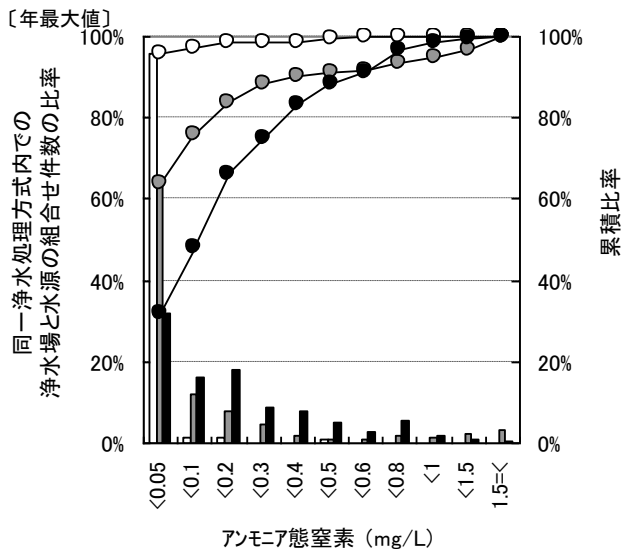
図-1-3-6 浄水処理方式別にみた原水水質の分布状況 (5)





(水道統計水質編 (平成 18 年度版) の年最大値、年平均値、年最小値)

図-1-3-7 浄水処理方式別にみた原水水質の分布状況 (6)



(水道統計水質編 (平成 18 年度版) の年最大値、年平均値、年最小値)

図-1-3-8 浄水処理方式別にみた原水水質の分布状況 (7)

## (2) 高度浄水処理の方式別にみた原水水質の比較

高度浄水処理を導入している浄水処理方式別・水源種類別の組合せ件数 351 のうち、粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理＋粒状活性炭処理の 3 方式について、水道統計水質編（平成 12 年度版～平成 18 年度版）から原水の年最大値を 7 年分抽出し、その分布を整理したものが図-1-3-9～図-1-3-11 である。以下では、高度浄水処理の方式による原水水質分布の違いについて述べる。なお、ここで掲げた 3 方式とは、表-1-3-7 の分類に基づいており、件数は粉末活性炭処理方式が 195、粒状活性炭処理方式が 82、オゾン処理＋粒状活性炭処理方式が 32 である。また、過去 7 年間の水道統計のデータから原水の最大値を抽出する際には、年度ごとに最大値を 7 年分抽出する方法（1 つの浄水処理方式別・水源種類別の組合せにつきデータ数は 7）と、7 年間の最大値を抽出する方法（1 つの浄水処理方式別・水源種類別の組合せにつきデータ数は 1）が考えられるが、一般にデータ数の多い方が分布のバラツキは小さくなる傾向にあることから、データ数が 7 倍程度多い前者を用いて比較を行った。なお、色度を対象に両者のヒストグラムと累積頻度を比較した結果、両者の傾向に大きな差はみられなかったことを確認している。

### ① 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素

- ・ 浄水処理方式による明確な差はみられない。硝酸態窒素が問題となるのは主に地下水であることと、高度浄水処理による除去が期待できない項目であることによると推察される。

### ② 1,4-ジオキサン

- ・ 大部分が定量下限値以下であり、全体として大きな差はみられないが、オゾン処理においてやや高い値がみられる。主な由来は工場排水であるため、河川の下流ほど混入する可能性が高く、また、河川の下流ほど全般的に原水水質が良好でなく、オゾン処理を導入することが多いため、こうした傾向が現れたものと推察される。

### ③ マンガン

- ・ オゾン処理を導入している浄水場の中には、オゾンでマンガンを酸化させて後段の粒状活性炭または急速ろ過で除去するところもあるが（表-1-2-1 に示した③-5 の浄水処理フロー）、基本的には塩素＋急速ろ過（マンガン砂）による除去が一般的である。
- ・ 原水水質の分布に着目すると、水道水質基準値である 0.05 mg/L 以上では、オゾン処理においてやや高濃度側に分布している。

### ④ 陰イオン界面活性剤

- ・ オゾン処理において、相対的に高めの値が検出される傾向がみられる。その由来は洗剤であり、河川の下流ほど検出される可能性が高いことから、1,4-ジオキサンと同様の理由により、こうした傾向が現れたと推察される。

## ⑤ ジェオスミン

- ・粉末活性炭処理よりも粒状活性炭処理、粒状活性炭処理よりもオゾン処理＋粒状活性炭処理の方が高濃度側に分布している。カビ臭物質は高度浄水処理の代表的な処理対象項目であり、特にオゾン処理による除去効果が高いため、カビ臭濃度が高いものほど、オゾン処理を導入する割合が大きくなるという傾向が現れたと推察される。

## ⑥ 2-MIB

- ・一部で逆転しているが、基本的にはジェオスミンと同様、粉末活性炭処理よりも粒状活性炭処理、粒状活性炭処理よりもオゾン処理＋粒状活性炭処理の方が高濃度側に分布する傾向がみられる。

## ⑦ 非イオン界面活性剤

- ・大部分が定量下限値以下であり、浄水処理方式別の明確な差はみられない。

## ⑧ TOC

- ・粉末活性炭処理では、他の浄水処理方式と比較して原水水質がやや水質が良好となる傾向がみられる。
- ・粒状活性炭処理とオゾン処理＋粒状活性炭処理については、低濃度側と高濃度側で分布が逆転しているなど明確な傾向がみられず、オゾン処理の導入を判断する上で、有機物の濃度はさほど関与していないことが示唆される。

## ⑨ 色度

- ・オゾン処理＋粒状活性炭処理において高濃度側に分布する傾向がみられる。オゾンによる色度の処理効果は高いため、粒状活性炭処理のみでは十分に除去できない場合にオゾン処理を導入する傾向にあると考えられる。

## ⑩ 濁度

- ・粒状活性炭処理においてやや低濃度側に分布しているが、粉末活性炭処理とオゾン処理＋粒状活性炭処理で明確な差はみられない。濁度は急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過等で除去することが基本であり、高度浄水処理による除去対象ではないことから、浄水処理方式による明確な差が現われなかったものと推察される。

## ⑪ トリハロメタン生成能

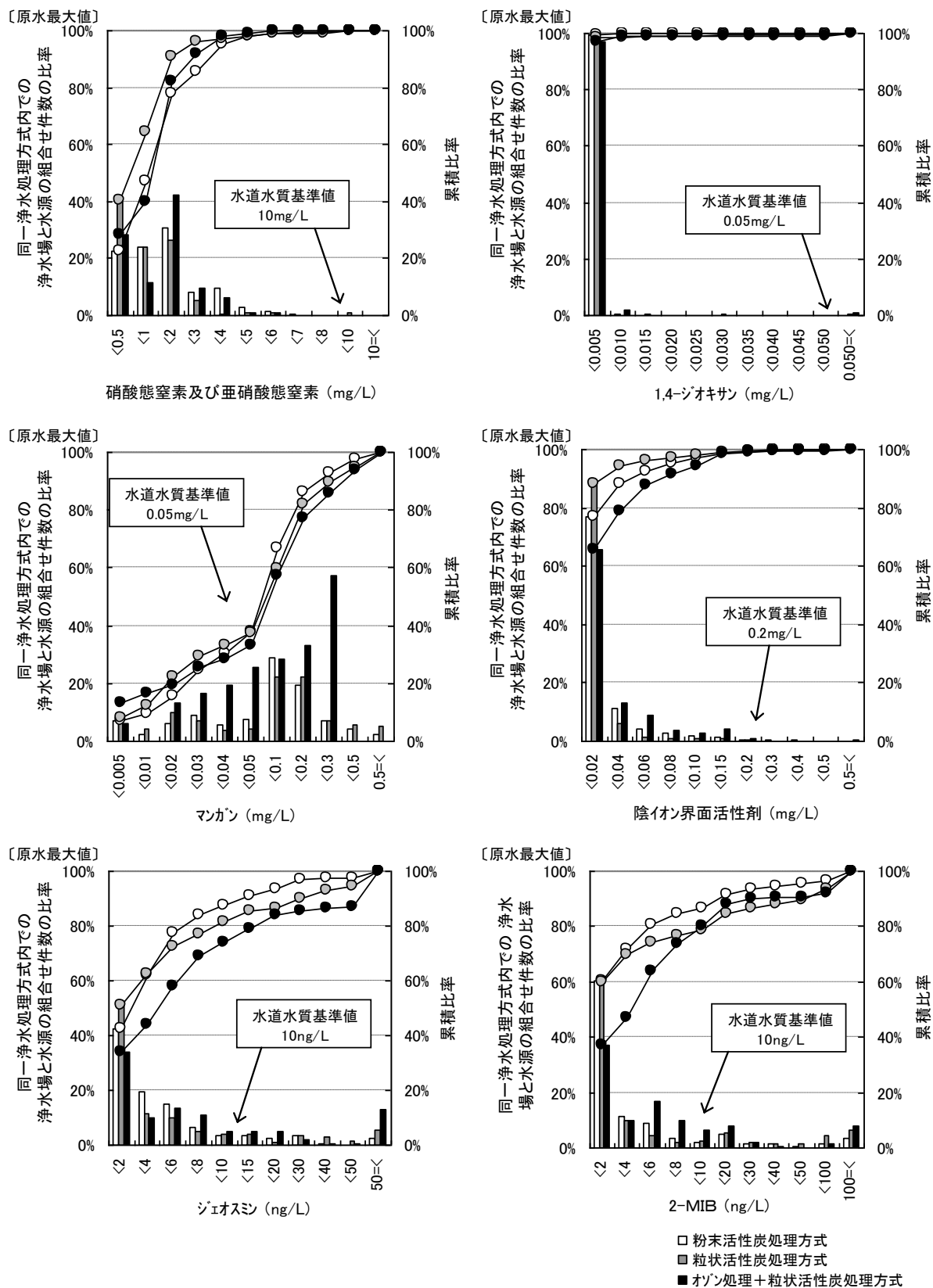
- ・オゾン処理＋粒状活性炭処理において、特に高濃度（0.1 mg/L 以上）の占める比率が他よりも大きい傾向がみられる。一般に粒状活性炭処理やオゾン処理によるトリハロメタン前駆物質の除去効果は高いとされているが、水道統計の集計結果からは、このことに伴う原水水質の明確な差が現われていない。

## ⑫ 紫外線吸光度

- ・紫外線吸光度はトリハロメタン前駆物質の指標の一つに位置づけられているが、粒状活性炭処理がもっとも高濃度側に分布しているなど、トリハロメタン生成能と同様、浄水処理方式による明確な傾向がみられない。

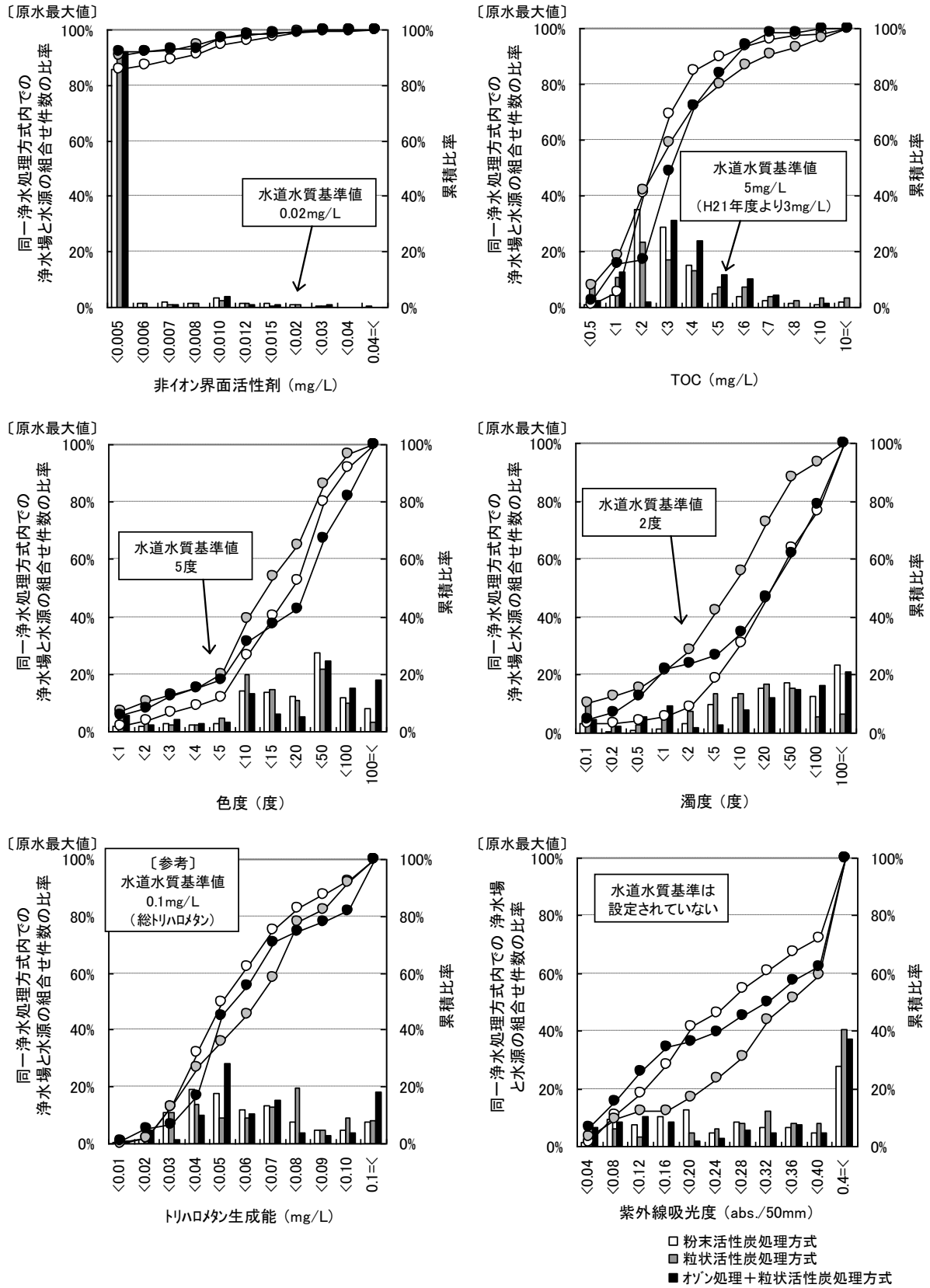
### ⑬ アンモニア態窒素

- ・ 粉末活性炭処理よりも粒状活性炭処理、粒状活性炭処理よりもオゾン処理＋粒状活性炭処理において高めとなる傾向がみられる。高度浄水処理でアンモニア態窒素の除去が期待できるのは、粒状活性炭処理の前段で塩素を注入せずに粒状活性炭（BAC）として運転し、層内の硝化細菌によってアンモニアを硝化する場合であり、粒状活性炭処理やオゾン処理を導入する場合には、原水のアンモニア濃度が高い傾向にあると推察される。



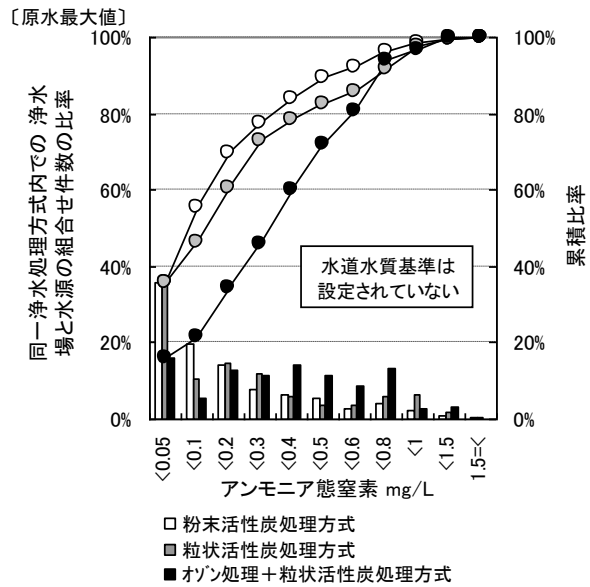
(水道統計水質編 (平成 12 年度版~平成 18 年度版) から原水の年最大値を 7 年分抽出)

図-1-3-9 高度浄水処理の方式別にみた原水水質の分布状況 (1)



(水道統計水質編 (平成 12 年度版～平成 18 年度版) から原水の年最大値を 7 年分抽出)

図-1-3-10 高度浄水処理の方式別にみた原水水質の分布状況 (2)



(水道統計水質編 (平成 12 年度版～平成 18 年度版) から原水の年最大値を 7 年分抽出)

図-1-3-11 高度浄水処理の方式別にみた原水水質の分布状況 (3)



#### 4) 浄水水質の分布状況

高度浄水処理を導入している浄水処理方式別・水源種類別の組合せ件数 351 のうち、粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理＋粒状活性炭処理の 3 方式について、水道統計水質編（平成 12 年度版～平成 18 年度版）から浄水の年最大値を 7 年分抽出し、その分布を整理したものが図-1-3-12～図-1-3-13 である。以下では、高度浄水処理の方式による浄水水質分布の違いについて述べる。なお、ここで掲げた 3 方式とは、表-1-3-7 の分類に基づいており、件数は粉末活性炭処理方式が 214、粒状活性炭処理方式が 82、オゾン処理＋粒状活性炭処理が 32 である。また、過去 7 年間の水道統計のデータから原水の最大値を抽出する際には、年度ごとに最大値を 7 年分抽出する方法（1 つの浄水処理方式別・水源種類別の組合せにつきデータ数は 7）と、7 年間の最大値を抽出する方法（1 つの浄水処理方式別・水源種類別の組合せにつきデータ数は 1）が考えられるが、一般にデータ数の多い方が分布のバラツキは小さくなる傾向にあることから、データ数が 7 倍程度多い前者を用いて比較を行った。なお、色度を対象に両者のヒストグラムと累積頻度を比較した結果、両者の傾向に大きな差はみられなかったことを確認している。

##### ① 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素

- ・ 浄水処理方式別に若干の差がみられるが、硝酸態窒素は主に地下水で問題となる項目であり、また、高度浄水処理による除去が期待できない物質であることから、濃度分布の差に本質的な意味はあまりないと考えられる。

##### ② 1,4-ジオキサン

- ・ 大部分が定量下限値以下であり、全体として大きな差はみられない。

##### ③ マンガン

- ・ 大部分が定量下限値以下であり、全体として大きな差はみられない。

##### ④ 陰イオン界面活性剤

- ・ 粒状活性炭処理が最も低濃度側に分布し、次いでオゾン処理＋粒状活性炭処理、粉末活性炭処理の順となっている。
- ・ 図-1-3-9 に示した原水水質によると、粒状活性炭処理が最も低濃度側、オゾン処理＋粒状活性炭処理が最も高濃度側に分布しており、こうした差が浄水水質の分布に現われていることが示唆される。

##### ⑤ ジェオスミン

- ・ 粉末活性炭処理よりも粒状活性炭処理、粒状活性炭処理よりもオゾン処理＋粒状活性炭処理の方が低濃度側に分布する傾向がみられており、粒状活性炭処理やオゾン処理の導入がジェオスミンの低減に対して効果を有することが統計データに現れている。

##### ⑥ 2-MIB

- ・ 粉末活性炭と粒状活性炭処理では大きな差がみられないが、オゾン処理＋粒状活性炭処

理は全般的に低濃度側に分布しており、オゾン処理の導入がジェオスミンだけでなく2-MIBの低減に対しても効果を有することが統計データに現れている。

#### ⑦ 非イオン界面活性剤

- ・ 大部分が定量下限値以下であるが、浄水処理方式別にみると、オゾン+粒状活性炭処理、粒状活性炭処理、粉末活性炭活性炭処理の順に低濃度となる傾向が現われており、粒状活性炭処理やオゾン処理の導入が非イオン界面活性剤の低減に対して効果を有することを示している。

#### ⑧ TOC

- ・ 原水水質の分布によると、浄水処理方式ごとにややばらつきがみられたが(図-1-3-10)、浄水水質では明確な差がみられない。

#### ⑨ 色度

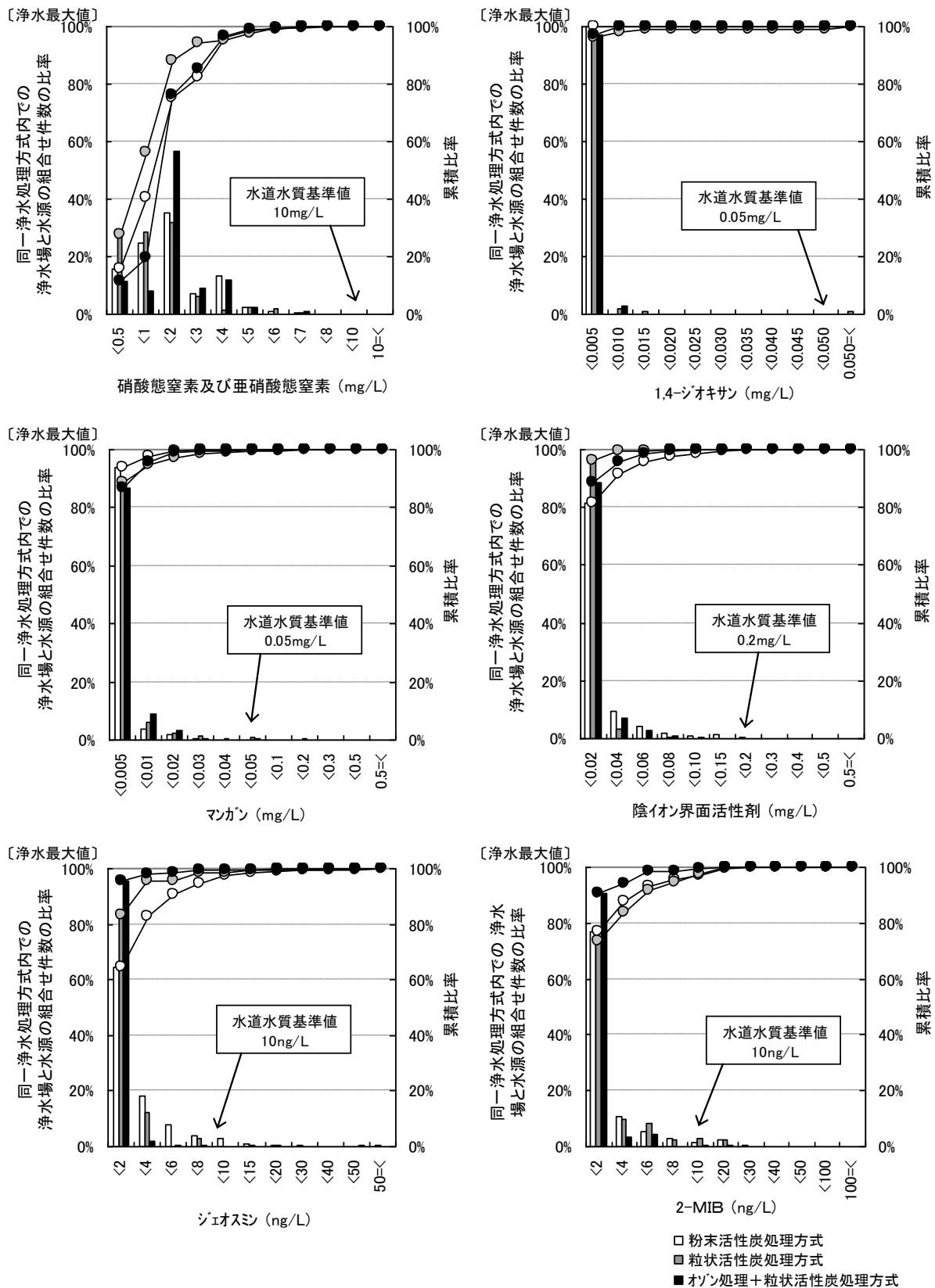
- ・ 浄水処理方式による明確な差はみられないが、原水水質の分布によるとオゾン処理+粒状活性炭処理の群が高濃度側に位置していたことから(図-1-3-10)、オゾン処理の導入が色度にも有効であることを示唆している。

#### ⑩ 濁度

- ・ 粒状活性炭処理において、 $<0.2$ 度の比率がやや低めであるが、濁度は高度浄水処理で除去する項目でないことから、濃度分布の差に本質的な意味はあまりないと考えられる。

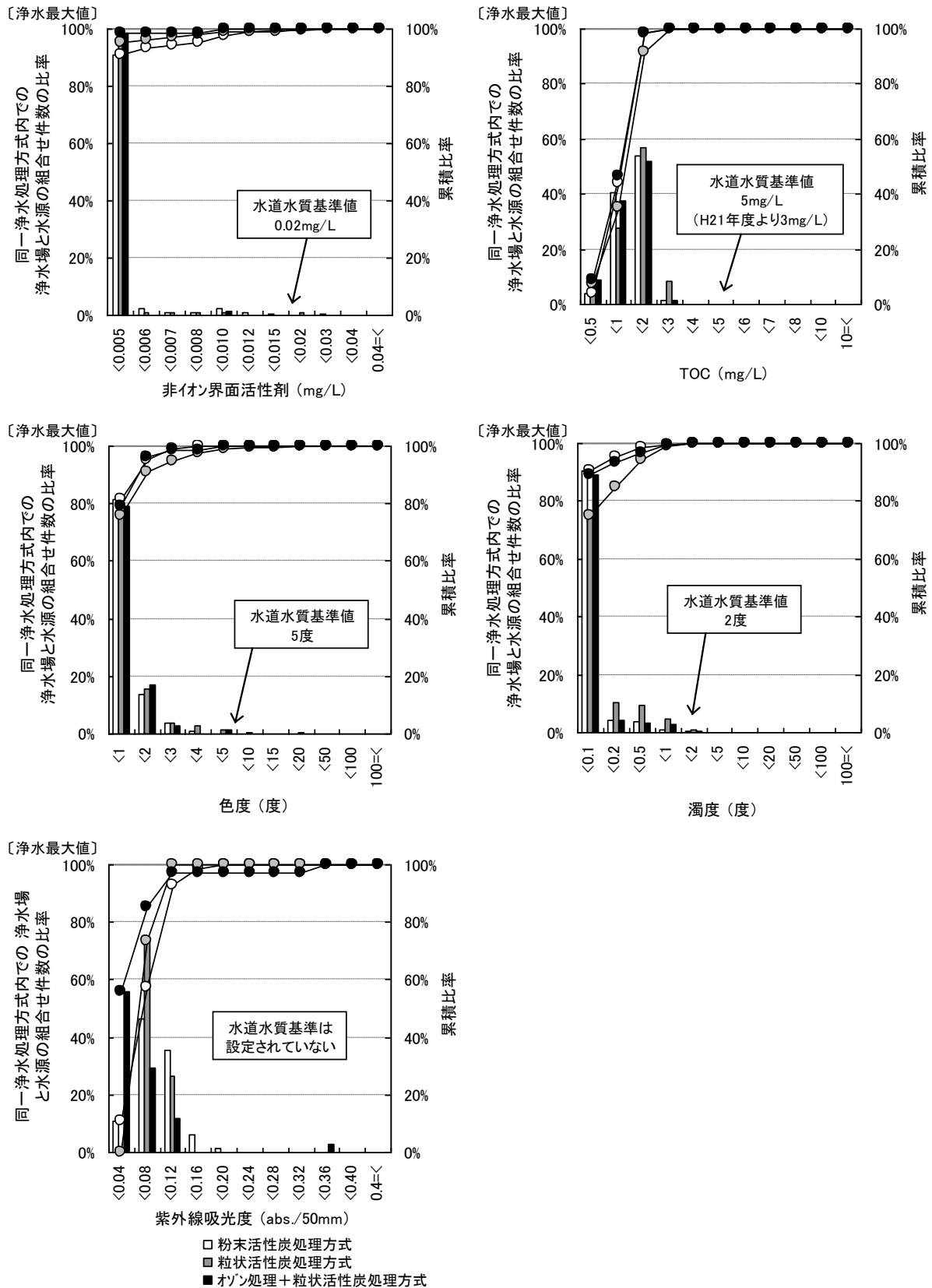
#### ⑪ 紫外線吸光度

- ・ 粉末活性炭処理よりも粒状活性炭処理、粒状活性炭処理よりもオゾン処理+粒状活性炭処理の方が低濃度側に分布する傾向がみられることから、粒状活性炭処理やオゾン処理の導入は、トリハロメタン前駆物質や難分解性有機物の指標の一つである紫外線吸光度に対して効果を有していると判断される。



(水道統計水質編 (平成 12 年度版～平成 18 年度版) から浄水の年最大値を 7 年分抽出)

図-1-3-12 高度浄水処理の方式別にみた浄水水質の分布状況 (1)



(水道統計水質編 (平成 12 年度版~平成 18 年度版) から浄水の年最大値を 7 年分抽出)

図-1-3-13 高度浄水処理の方式別にみた浄水水質の分布状況 (2)

## 1-4 高度浄水処理の導入に関する検討手順

高度浄水処理の導入に関する一般的な検討手順を図-1-4-1に示す。既往の技術的知見や本技術資料との関連性を踏まえつつ各々の手順を述べると以下のようなになる。

### 1) 高度浄水処理のフロー・施設諸元等の候補の選定

○検討の対象とする浄水場について、

- ・当該浄水場の原水・浄水水質の経年・経時データや運転データ等の各種基礎情報
- ・周辺水道事業体における浄水処理導入に関する動向
- ・類似浄水場の処理実験事例

などの各種基礎資料を収集・整理するとともに、

- ・既往の技術的知見（*e-Water II*、水道施設設計指針及び浄水技術ガイドライン等：本技術資料第2章参照）
- ・国内の高度浄水処理の導入実態（水道統計及びアンケート調査結果等：同第1章(1-3)及び第3章参照）

などの既往知見・導入実態を参考にし、想定される原水水質の条件のもとで目標とする浄水水質を得ることを可能とする浄水処理フローや施設諸元・運転条件の候補を選定する<sup>※1</sup>。

### 2) 高度浄水処理の最適浄水処理フロー・最適施設諸元等の決定

○1)で挙げた各種基礎資料や既往知見・導入実態等を参考にしつつ、処理の安全性・確実性を確認するために必要な範囲で（実際の原水を用いた）処理実験<sup>※2</sup>を実施するとともに、経済性や維持管理特性についても検討を行った上で、最適な高度浄水処理フローや施設諸元・運転条件の仕様を決定する。

※1 上記1)において、検討の対象とする浄水処理フローの候補を複数選択した場合には、各々の浄水処理フローについて必要な処理実験等を行い、処理の安全性と確実性を確認するとともに、経済性や維持管理特性の検討を行った上で、最も適した浄水処理フロー及び施設諸元等を決定することが一般的である。

※2 処理の安全性・確実性を確認するために必要な範囲の（実際の原水を用いた）処理実験に関する詳細は、「1-5 高度浄水処理施設の最適浄水処理フロー・最適施設諸元等の決定 2) 安全性・確実性の確認」を参照すること。

### 3) 事業変更手続・設計・建設

- 水道法（事業変更に係る認可申請等）その他法令等に基づく必要な手続きを行う。
- 基本設計及び実施設計等を経て、当該高度浄水処理施設の建設工事を行う。

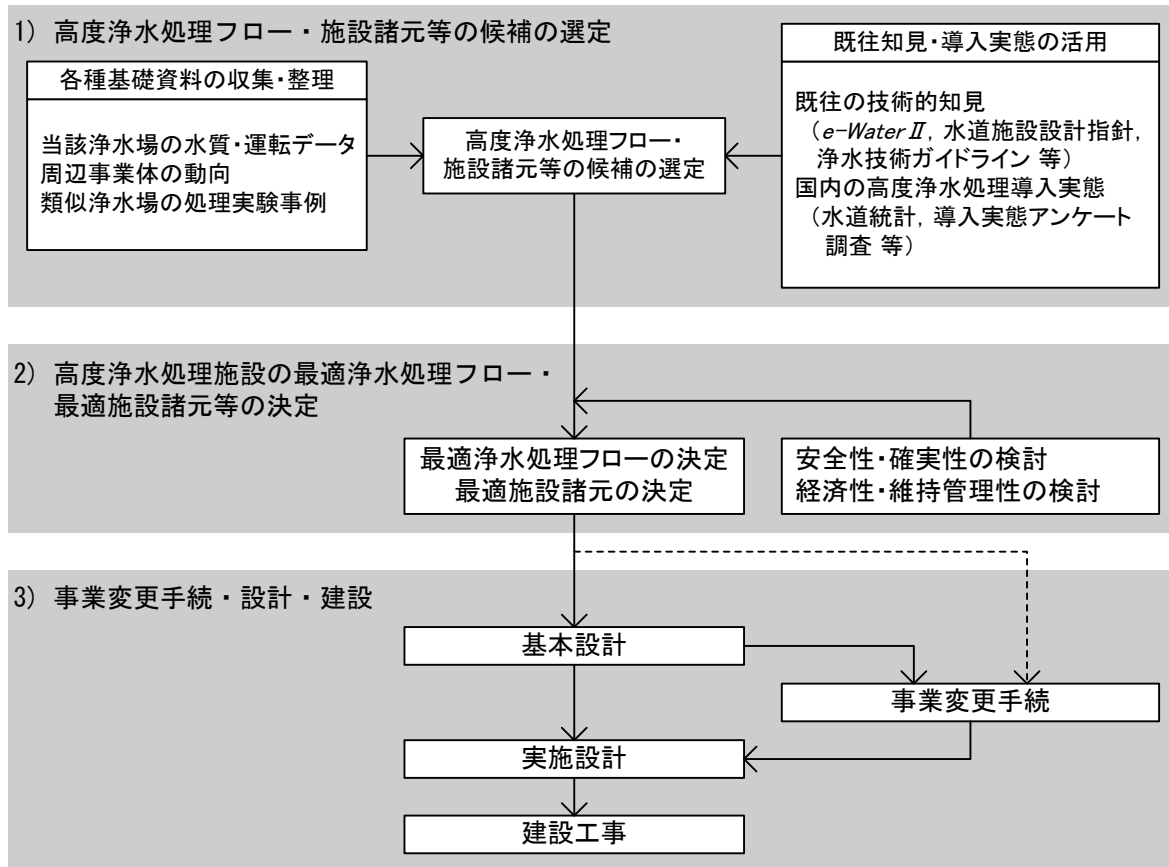


図-1-4-1 高度浄水処理の導入（計画から建設まで）に関する検討手順

## 1-5 高度浄水処理施設の最適浄水処理フロー・最適施設諸元等の決定

### 1) 最適浄水処理フロー及び最適施設諸元等の仕様を決定する際に確認すべき事項

選定された浄水処理フロー・施設諸元等から最適浄水処理フロー及び最適施設諸元等の仕様を決定する際には、各種基礎資料や既往知見・導入実態等の活用や処理実験の実施などを通じて、以下に示す「処理の安全性」、「確実性」、「経済性」及び「維持管理計画（維持管理特性）」等の各事項について確認を行う必要がある。

#### <安全性、確実性、経済性及び維持管理計画について>

##### (1) 安全性

想定している原水水質に対して、水質基準（または水道事業者が定める目標水質）を満たす浄水が得られる処理であること。

##### (2) 確実性

原水水質の変動（季節変動、時間変動）によらず浄水水質が水質基準（または水道事業者が定める目標水質）を満たすこと。

##### (3) 経済性

安全性・確実性の観点から選定した浄水処理フロー・施設諸元・運転条件をもとに算出した建設費と維持管理費が、効果に対して適正な費用であること。

##### (4) 維持管理計画（維持管理特性）

安全性・確実性の観点から選定した浄水処理フロー・施設諸元・運転条件をもとに想定される維持管理計画の内容が、水道事業者の技術員数およびレベルから適正なものであること。

## 2) 安全性・確実性の確認

導入しようとする高度浄水処理の安全性・確実性を確認するためには、当該浄水場に関する各種基礎資料や既往の技術的知見、国内の高度処理導入実態なども参考にしながら、実際の原水を用いた処理実験で確認すべき事項（処理実験の内容）を整理・決定した上で実験を行い、その結果をもとに処理効果の確認と最適設計仕様の確定を行う必要がある。

### (1) 処理実験の内容等を検討する際の留意事項

導入しようとする高度浄水処理について原水を用いた処理実験の内容を検討する際は、以下の点に留意する必要がある。

#### 〔i〕国内における導入実績

（→本技術資料第1章1-3「水道統計に基づく我が国における高度浄水処理の導入状況」、第3章「アンケート調査に基づく我が国の高度浄水処理の導入実態」等を参照）

- ・国内における各種高度浄水処理の導入状況は表-3-1-1に示すとおりであり、平成21年3月末現在313箇所の浄水場で導入されている。また、単位処理プロセス毎の内訳を表-1-5-1に示す。
- ・多くの浄水場で長い導入実績・運転実績がある高度浄水処理は、当該処理技術全般（処理性、運転管理・維持管理、異常時対応等）にわたって国内の水道事業者や当該処理設備製造事業者等に知識・経験が蓄積されつつある。このため、十分な導入実績があると判断される高度浄水処理については、原水を用いた処理実験で確認する事項をある程度限定する等の実験方法の簡素化や、当該処理設備の導入条件によっては、原水を用いた処理実験を行わなくとも、既存処理工程に関する運転実績データ等を十分活用しつつ安全性・確実性の確認が可能な場合もある。
- ・一方、導入実績・運転実績が少ない、または実績期間が短い高度浄水処理については、処理技術に関する知識・経験の蓄積が十分ではなく、原水を用いた処理実験により処理性等で確認すべき事項も多岐にわたり、処理実験の重要性が相対的に高いと考えられる。
- ・処理実験内容を検討する場合は、上記を踏まえ、国内における導入実績（当該高度浄水処理の導入実績（件数、期間等））を考慮する必要がある。

表-1-5-1 主な種類の高度浄水処理の導入状況

高度浄水処理（単位処理プロセス）の種類	導入浄水場数
粉末活性炭処理	168
粒状活性炭処理	125
オゾン処理	40
生物処理	33

（表-3-1-1をもとに集計）



## 〔ii〕 処理機構（メカニズム）

（→本技術資料第1章1-2「我が国に導入されている高度浄水処理の特性」、第2章「高度浄水処理導入に関する既存の技術的知見」等を参照）

- ・ 粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理及び生物処理の各高度浄水処理は、その処理機構がそれぞれ異なっている。処理機構の種類としては、化学反応を伴わない吸着作用（活性炭等による吸着）、生物化学反応（微生物による有機物等の分解）、化学反応（反応性の高い物質による酸化）の3つに大別できる。
- ・ 吸着作用による処理は、処理技術としては複雑な処理機構を持つものではなく、化学反応を伴わないことから副生成物の懸念もないが、粉炭・微粉の浄水への漏出等を防止するための措置を適切に講じる必要がある。
- ・ 生物化学反応による処理は、反応により処理水の水質が変質するという点で、吸着作用と性質を異にしている。また、化学反応処理とも異なり、副生成物の懸念は低いですが、微生物の浄水への漏出を防止するための措置や微生物の特性に応じた適切な生息環境を保持するために必要な措置を適切に講じる必要がある。また、高度浄水処理（単位処理プロセス）の種類によっては、担体の種類や接触時間・滞留時間等が様々であるため導入事例それぞれにおいて処理性能が異なる場合があること等について留意する必要がある。
- ・ 化学反応による処理は、反応性の高い物質により除去対象物質を他の物質に変換する処理であるため、処理水の水質が変質することに加え、処理に伴い副生成物（臭素酸、アルデヒド等）の生成が懸念されるという側面があり、また、処理水の水質によって副生成物の生成機構も変わるなど、他の処理と比べて処理技術としては複雑な反応機構を有している。現状では、処理対象物質の除去（変換）性能を維持しつつ、副生成物の生成を制御できる、または生成された副生成物を有効に除去できる標準的な技術・知見が確立されている段階にはなく、原水水質の特性や変動状況を踏まえつつ、処理性や副生成物生成（有無・検出レベル）を個別に確認する必要がある。
- ・ 処理実験内容を検討する場合は、上記を踏まえ、各処理機構の違いを考慮する必要がある。

## 〔iii〕 導入する浄水場（浄水処理工程）が新設か既設か

（→本技術資料第1章1-2「我が国に導入されている高度浄水処理の特性」、第2章「高度浄水処理導入に関する既存の技術的知見」等を参照）

- ・ 浄水場を新たに建設して当該浄水場に高度浄水処理を含む浄水処理工程（浄水処理フロー）を導入するような場合は、原水水質に関する経年的、季節的な傾向や特性が十分には把握されていないことから、実験により処理性等を確認する必要がある。
- ・ 一方、「凝集沈澱＋急速ろ過」等の浄水処理を既に行っている既存浄水場において、既

存の浄水処理工程に粒状活性炭やオゾン等の高度浄水処理を追加導入する場合は、原水水質に関するこれまでの実績データ等が蓄積されていることから、対象とする原水水質に対してどの程度の除去が必要であるかが想定できるため、これらのデータを活用することにより、実験の簡素化の可能性を検討することが可能である。その場合は、当該高度浄水処理プロセスが既存浄水処理フロー全体の浄水処理機能（懸濁物質の除去、生物学的安全性の確保等）を損なうおそれがあるか否かを考慮するとともに、高度浄水処理による処理対象物質の浄水水質レベルを確認する必要がある。

- ・ 処理実験内容を検討する場合は、上記を踏まえ、新設または既設の改良の違い、すなわち「浄水場の新規建設」の場合か「既存浄水場の浄水処理フローの改良」の場合かを考慮する必要がある。

## (2) 各高度浄水処理の特性等に応じた処理実験の実施の検討

原水を用いた処理実験内容について具体的な検討を行う場合、上記(1)で挙げた〔i〕～〔iii〕の留意事項を踏まえ、導入しようとする高度浄水処理の種類（粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理、生物処理）及びその特性等に応じて、安全性・確実性が適切に確認できる処理実験となるよう留意する必要がある。

高度浄水処理の種類ごとの処理実験の実施に関する基本的な検討のポイントは、以下①～④のとおり。

### ① 粉末活性炭処理

粉末活性炭処理については、以下〔i〕及び〔ii〕のとおり、国内における導入実績が十分あり、かつ、処理機構が複雑でなく副生成物の懸念も極めて低いことから、当該処理技術全般に関して国内に相当の知識・経験が蓄積されており、技術的知見も確立している状況にある。

#### 〔i〕国内における導入実績

- ・ 導入件数について、粉末活性炭以外の他の高度浄水処理を含まない浄水場（粉末活性炭処理方式の浄水場）は168箇所（高度浄水処理を導入している浄水場の約54%）であり、多数の導入実績がある（表-3-1-1）。
- ・ 導入期間について、粉末活性炭処理の導入は1970年代から始まり、それ以降、着実に導入件数が増加している。

#### 〔ii〕処理機構（メカニズム）

- ・ 処理機構（メカニズム）は化学反応を伴わない吸着作用であり、処理機構は複雑ではない。
- ・ 副生成物生成の懸念が極めて低い。

以上より、粉末活性炭処理を導入しようとする場合には、導入する浄水場（浄水処理工程）

が新設か既設か（(1)〔iii〕参照）も勘案し、以下の点を踏まえつつ処理実験内容を検討する。

ア．既設浄水場の既存の浄水処理工程に粉末活性炭処理を追加導入する場合は、原水を用いた処理実験を必ずしも行わなくても、既存の処理工程に関する水質データや運転実績データ等を最大限活用しつつ、安全性・確実性を確認することが可能と考えられる。

ただし、原水水質その他の導入環境や状況は導入浄水場や導入水道事業体によって異なるため、原水を用いた処理実験を行うかどうかは水道事業体の判断に委ねられる。

※既設浄水場の更新（浄水処理工程は変更なし）に併せて粉末活性炭処理を追加導入するような場合、粉末活性炭処理以外の浄水処理工程について、処理目的の変更や、設計諸元に重大な変更を生じるような施設の改造、型式の変更がある場合は、その変更部分及び粉末活性炭による処理性の影響を確認する目的での処理実験は必要であるが、これらの変更がない場合は、上記のア．と同様に取り扱われるものと考えられる（②のア．においても同様）。

イ．新規水源を確保して浄水場を新たに建設し、粉末活性炭処理を含む浄水処理工程を導入する場合には、処理対象物質や必要となる除去量が明らかではないことから、原水を用いた処理実験を行うことにより安全性・確実性を個別に確認する必要がある。

ウ．原水を用いた処理実験を実施する場合は、導入浄水場の水質・運転データや類似浄水場の処理実験事例などを参考にしつつ、粉末活性炭処理に関する既存の技術的知見（本技術資料第2章参照）や国内の導入実態（本技術資料第1章1-3及び第3章参照）等を適宜活用し、処理の安全性・確実性の確認が担保されることを前提として、必要に応じて処理実験の簡素化・効率化を行うことは有効である。

## ② 粒状活性炭処理

粒状活性炭処理については、以下〔i〕及び〔ii〕のとおり、国内における導入実績が十分あり、かつ、副生成物の懸念も極めて低く安定的な処理が期待できることから、当該処理技術全般に関して国内に相当の知識・経験が蓄積されており、技術的知見も確立している状況にある。

### 〔i〕国内における導入実績

- ・ 導入件数について、粒状活性炭処理を行っている浄水場は125箇所（高度浄水処理を導入している浄水場の約40%）あり（うち、粒状活性炭以外の他の高度浄水処理（粉末活性炭処理を除く）を用いていない浄水場は77箇所）、多くの導入実績がある（表-3-1-1）。
- ・ 導入期間について、粒状活性炭処理の導入は1970年代から始まり、それ以降、着実に導入件数が増加している。

### 〔ii〕処理機構（メカニズム）

- ・ 処理機構（メカニズム）は、化学反応を伴わない吸着作用、または微生物によるアンモニアの硝化や有機物等の分解作用を主体としている。活性炭による吸着作用を主体とす

る粒状活性炭処理（GAC）の場合は処理機構が複雑ではなく、また、微生物による分解作用と活性炭による吸着作用を利用する活性炭処理（BAC）の場合も両者の作用が複合的に作用して、より安定的な処理効果が期待できる。

- ・副生成物生成の懸念が極めて低い。

以上より、粒状活性炭処理を導入しようとする場合には、粉末活性炭処理と同様、以下の点を踏まえつつ処理実験内容を検討する。

ア．既設浄水場の既存の浄水処理工程に粒状活性炭処理を追加導入する場合は、原水を用いた処理実験を必ずしも行わなくても、既存の処理工程に関する水質データや運転実績データ等を最大限活用しつつ、安全性・確実性を確認することが可能と考えられる。

ただし、原水水質その他の導入環境や状況は導入浄水場や導入水道事業者によって異なるため、原水を用いた処理実験を行うかどうかは水道事業者の判断に委ねられる。

イ．新規水源を確保して浄水場を新たに建設し、粒状活性炭処理を含む浄水処理工程を導入する場合には、処理対象物質や必要となる除去量が明らかではないことから、原水を用いた処理実験を行うことにより安全性・確実性を個別に確認する必要がある。

ウ．原水を用いた処理実験を実施する場合は、導入浄水場の水質・運転データや類似浄水場の処理実験事例などを参考にしつつ、粉末活性炭処理に関する既存の技術的知見や国内の導入実態等を適宜活用し、処理の安全性・確実性の確認が担保されることを前提として、必要に応じて処理実験の簡素化・効率化を行うことは有効である。

### ③ オゾン処理（＋粒状活性炭）

オゾン処理（＋粒状活性炭）については、以下〔i〕及び〔ii〕のとおり、国内における導入実績は現時点で十分とはいえず、かつ、処理機構が複雑で副生成物の生成が懸念されることから、当該処理技術全般に関して国内に知識・経験が十分に蓄積されておらず、副生成物の生成制御や除去について標準化できる程度に技術的知見が確立している状況にはない。

#### 〔i〕国内における導入実績

- ・導入件数について、オゾン処理を行っている浄水場は40箇所（高度浄水処理を導入している浄水場の約13%）あり、導入実績件数は多くない（表-3-1-1）。
- ・導入期間について、オゾン処理の導入は1980年代から始まり、それ以降、徐々に導入件数が増加しつつある。

#### 〔ii〕処理機構（メカニズム）

- ・処理機構（メカニズム）は化学反応（オゾンによる酸化）であり、処理対象物質の除去（変換）や副生成物の生成において複雑な反応機構を有している。

以上より、オゾン処理を導入しようとする場合には、原水水質の特性やその変動状況等を

勘案し、以下の点を踏まえつつ処理実験内容を検討する。

- ア．オゾン処理を導入する場合は、原水を用いた処理実験を行うことにより、安全性・確実性を個別に確認する必要がある。
- イ．原水を用いた処理実験を実施する場合は、導入浄水場の水質・運転データや類似浄水場の処理実験事例などを参考にしつつ、オゾン処理に関する既存の技術的知見や国内の導入実態等を適宜活用し、処理の安全性・確実性の確認が担保されることを前提として、必要に応じて処理実験の簡素化・効率化を行うことは有効である。

#### ④ 生物処理

生物処理については、以下〔i〕及び〔ii〕のとおり、国内における導入実績は現時点で十分とはいえ、かつ、導入事例それぞれにおいて処理性能が異なる状況となっていることから、当該処理技術全般に関して国内に知識・経験が十分に蓄積されておらず、処理制御について標準化できる程度に技術的知見が確立している状況にはない。

##### 〔i〕国内における導入実績

- ・ 導入件数について、生物処理を行っている浄水場は 33 箇所（高度浄水処理を導入している浄水場の約 11%）あり、導入実績件数は多くない（表-3-1-1）。
- ・ 導入期間について、生物処理の導入は 1980 年代から始まり、それ以降、徐々に導入件数が増加しつつある。

##### 〔ii〕処理機構（メカニズム）

- ・ 処理機構（メカニズム）は生物化学反応（アンモニアの硝化、有機物、臭気、鉄、マンガンの生物酸化）であるが、担体の種類や接触時間・滞留時間等が様々であるなど、導入事例それぞれにおいて処理性能が異なる状況となっている。

以上より、生物処理を導入しようとする場合には、原水水質の特性やその変動状況等を勘案し、以下の点を踏まえつつ処理実験内容を検討する。

- ア．生物処理を導入する場合は、原水を用いた処理実験を行うことにより、安全性・確実性を個別に確認する必要がある。
- イ．原水を用いた処理実験を実施する場合は、導入浄水場の水質・運転データや類似浄水場の処理実験事例などを参考にしつつ、生物処理に関する既存の技術的知見や国内の導入実態等を適宜活用し、処理の安全性・確実性の確認が担保されることを前提として、必要に応じて処理実験の簡素化・効率化を行うことは有効である。

### (3) 処理実験の内容、方法等に関する検討

原水を用いた処理実験を行う場合、実験で確認すべき事項に応じて、実験の形態や規模、項目など実験内容を決定する必要がある。

実験形態としては、オンサイトで実際の原水を用いて行うパイロットプラントによる実証実験（パイロット実験）と、実験室で行う実験（ラボ実験）に大別され、後者については、カラム等を用いた連続通水実験（カラム実験）と、容器内に原水を入れてバッチ的に行う実験（バッチ実験）に区分される。

どの実験形態で処理実験を行うかどうかに関しては、如何なる場合もパイロット実験が必須という性質のものではなく、導入浄水場の水質・運転データや類似浄水場の処理実験事例などを参考にしつつ、導入しようとする高度浄水処理に関する既存の技術的知見や国内の導入実態等を適宜活用した上で、最適な実験方法（形態、規模、項目等）の採用を検討することが望ましい。その際、処理の安全性・確実性の確認が担保されることを前提として、必要に応じて処理実験の簡素化・効率化を行うことは有効である。

例えば、既存処理工程に高度浄水処理を追加導入するような場合は、処理対象の原水水質と既存処理工程で得られる浄水水質に関するデータや既存処理工程の運転データ等が豊富にあり、除去対象とする水質項目が特定され、必要とされる除去量が明らかとなるため、必ずしもパイロット実験でなくてもカラム実験やバッチ実験等により安全性・確実性を確認することも可能と推察される。特に、同一の浄水場内に2系列の浄水工程があり、一方の系統に高度浄水処理が導入されていて、別系統に施設諸元・運転条件等が同一の高度浄水処理を導入するような場合は、導入済の系列のデータのみによって安全性・確実性の確認を行うことも可能であろう。

また、高度浄水処理を導入している浄水場が近隣にあり、当該浄水場の水源が同一でその水質が類似している場合であって、当該浄水場で導入されている高度浄水処理と類似の施設諸元・運転条件の高度浄水処理を導入するような場合には、その近隣の浄水場で得られた各種実績データが大いに参考になり、原水を用いた処理実験の形態や内容の簡素化・効率化の検討の余地が出てくると思われる。

原水を用いた処理実験を行う際には、各高度浄水処理に共通する留意事項や、高度浄水処理の種類ごとの個別の留意事項など、いくつか留意すべき事項があると考えられる。一例として、以下に挙げるようなものが考えられるが、これらについては、既存の技術的知見や類似浄水場の処理実験事例などを参考にして、実験方法の具体的検討を行う必要がある。

- ・ 原水を用いた処理実験を行っても高濃度の目的物質が流入しない場合には、目的物質の標準物質を原水に添加して実験をして除去性を確認する。
- ・ 臭気物質等の標準物質を使用する場合には、共存物質について十分配慮する。
- ・ 粒状活性炭（BAC）の場合には、十分に長時間実験を行って吸着飽和に達してから処理性を確認する。

- ・ 2-MIB 等に対する活性炭の吸着能は、急激な水質変動が起きた場合には破過することがあり、水質変動に十分に配慮する。
- ・ オゾン処理において臭化物イオン等の標準物質を添加する場合、オゾン注入率を数通り変えて目的物質の分解効果等を確認する。
- ・ 生物化学反応（微生物による有機物等の分解）を含む処理を導入する場合には、生物処理による水質改善効果が水温の影響を大きく受ける可能性があることから、微生物の特性に応じた適切な生息環境が保持されるか否かの観点から、低水温期を含んだ実験にて処理性を確認する。

### 3) 経済性・維持管理特性（計画）の確認

経済性とは「安全性・確実性の観点から選定した浄水処理フロー・施設諸元・運転条件をもとに算出した建設費と維持管理費が、効果に対して適正な費用であること」、維持管理特性（計画）とは「安全性・確実性の観点から選定した浄水処理フロー・施設諸元・運転条件をもとに想定される維持管理計画の内容が、水道事業体の技術員数およびレベルから適正なものであること」であり、高度浄水処理施設の最適浄水処理フロー及び最適施設諸元等を決定する際には、安全性及び確実性ととも、これらの事項についても確認する必要がある。

*e-Water II*における浄水システム委員会の研究成果の一つである「水質に応じた浄水システムの選定手法」（本技術資料 2-1 1）及び資料-1-1 を参照）では、選定対象となる浄水処理の各基本システムに対して、水道事業体が総合的に浄水処理システムを選定する上での判断材料となる各種要素（イニシャルコスト、ランニングコスト、スペース、維持管理性、LCA など）の情報が示されている。具体的には、中小事業体も参考になるよう、複数の浄水量規模（5,000 m<sup>3</sup>/日、20,000 m<sup>3</sup>/日、50,000 m<sup>3</sup>/日、100,000 m<sup>3</sup>/日）を想定し、各種要素について基本システム間での相対比較ができるような形で算定結果が示されている。さらに、粉末活性炭と粒状活性炭のコスト比較に関する定量的な試算検討結果も示されている。

また、「浄水技術ガイドライン」（2-3 を参照）や、「水道維持管理指針」（社団法人 日本水道協会）では、対象となる浄水処理に対して維持管理計画の留意点が示されている。

これらの成果その他既往の知見、水道事業体が有している知見、他の浄水場の知見等の情報を最大限参考にしつつ、安全性・確実性の観点から別途実施する処理実験で得られた結果も活用しながら、経済性・維持管理特性（計画）の確認を行う必要がある。

