

図 3-3-241 入口 THMFP と出口 THMFP の関係

図 3-3-242 入口 THMFP と除去率の関係

表 3-3-139 凝集+急速ろ過プロセスの解析結果 (THMFP)

処理場	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)
A	85	0.0017~ 0.0271	0.0114	0.0052~ 0.0354	0.0166	-206~-4.0 (-52.7)	-206~-4.0 (-52.7)
B	84	0.0050~	0.0126	0.0060~	0.0133	-33.3~22.2 (-6.3)	-7.7 ~ -5.0 (-6.3)
C		0.0200		0.0210			

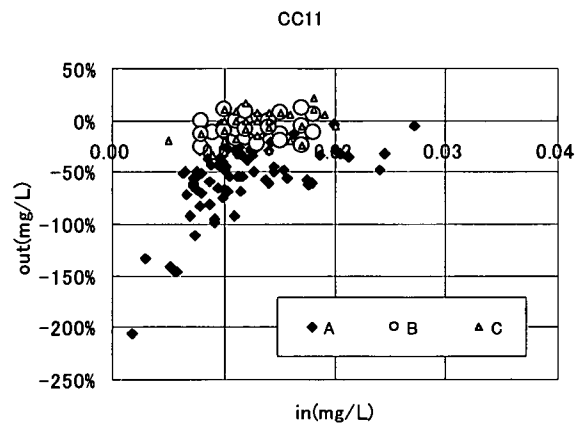
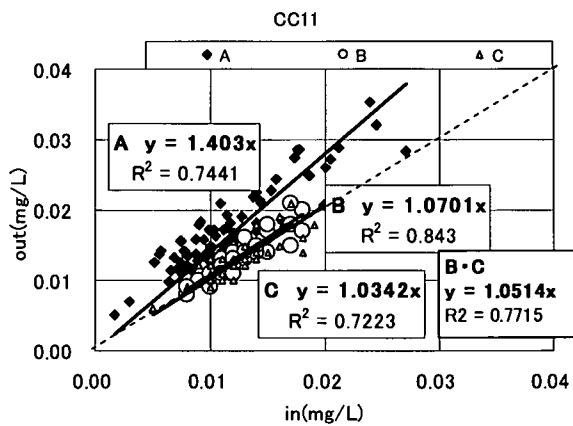


図 3-3-243 入口 THMFP と出口 THMFP の関係

図 3-3-244 入口 THMFP と除去率の関係

④オゾン+粒状炭 (GA)

オゾン+粒状炭のデータ解析結果を表 3-3-140 に示す。また、入口濃度と出口濃度の関係を図 3-3-245 に、入口濃度と除去率の関係を図 3-3-246 に示す。

表 3-3-140 及び図 3-3-245 より、入口濃度 0.0570mg/L 迄であれば出口で 0.0271mg/L 以下となることが分かる。図 3-3-246 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る。よって、入口濃度が 0.0570mg/L 以上の場合、除去率は 50.8%以上と予測できる。また図 3-3-245 の近似式から求めた除去率は 54.6%であった。

ここで以上のデータについて「粒状炭」を上向流式と下向流式とに分けたものを表 3-3-141、図 3-3-247、図 3-3-248 に示す。結果として上向流よりも下向流で除去率が若干高かったが、処理方式以外にも粒状炭の交換頻度や前段のオゾン注入量、原水性状等の要素も除去率に関係するものと考えられる。

表 3-3-140 オゾン+粒状炭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)
330	0.011~ 0.057	0.026	0.002~0.027	0.0123	-7.1~85.1 (50.8)	40.1 ~ 58.9 (49.9)

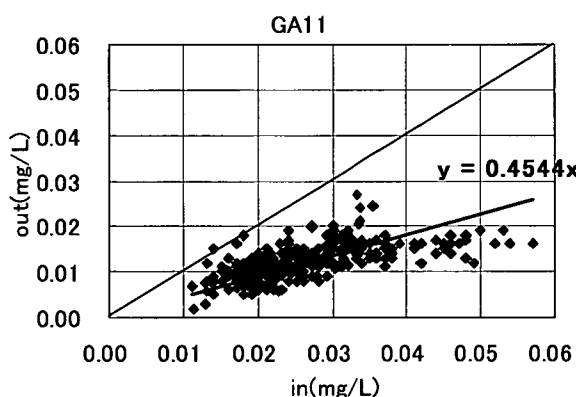


図 3-3-245 入口 THMFP と出口 THMFP の関係

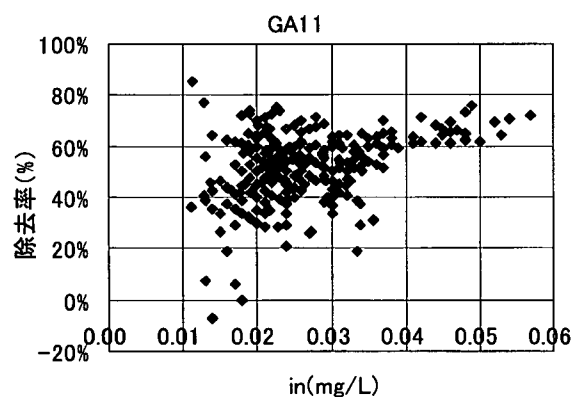


図 3-3-246 入口 THMFP と除去率の関係

表 3-3-141 オゾン+粒状炭プロセスの解析結果

	データ数 (箇所数)	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)
上向流	96 (2箇所)	0.0130~ 0.0320	0.0216	0.0050~ 0.0200	0.0126	-7.1~71.4 (40.7)	40.1~41.2 (40.6)
下向流	234 (5箇所)	0.0110~ 0.0570	0.0277	0.0017~ 0.0271	0.0122	18.8~85.1 (54.9)	41.6~58.9 (53.0)

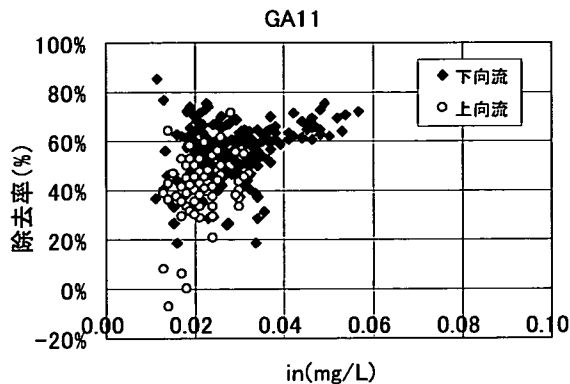
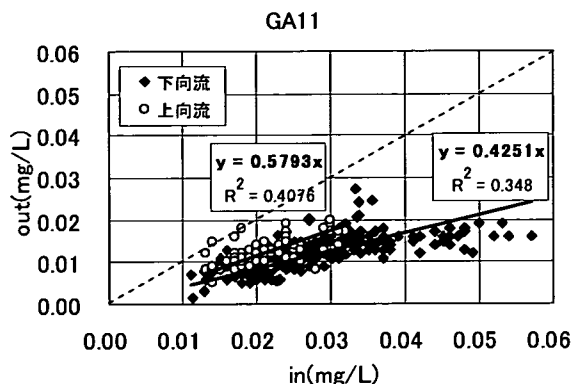


図 3-3-247 入口 THMFP と出口 THMFP の関係

図 3-3-248 入口 THMFP 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ー出口の最大値、入口最大値ー平均除去率を表 3-3-142 にまとめる。

プロセスを組み合わせた場合の計算上の水質が、同じ浄水フローのデータ解析結果と同程度となるかについては、「中塩＋急速ろ過」と「粉炭＋凝集沈澱」のプロセスの THMFP データがなく、検証できなかった。

また「中塩＋急速ろ過」と「粉炭＋凝集沈澱」のプロセスデータがなかったため、3. 2. 3. 1 のフローデータ「粉末炭＋凝集沈澱＋中塩素＋急速ろ過」の「粉末炭注入なし」と「粉末炭注入あり」を参考として表 3-3-143 に示す。なお入口は THMFP であるが、出口は THM である。

表 3-3-142 プロセス毎の THMFP の除去性

浄水 プロセス	入口 (mg/L)		出口 (mg/L)		除去率 (%)		備考	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	浄水場単位 (平均)		
生物処理 (AA)	0.099	0.055	0.090	0.053	3.7	3.7 3.7	浄水場数：1	64 (1)
凝集沈澱 (BA)	0.053	0.030	0.032	0.018	38.1	33.2～48.3 (39.3)		143 (6)
凝集＋急速ろ 過 (CC)	0.027	0.012	0.035	0.015	-29.6	-52.7～-5.0 (-21.8)	2つの傾向 (パ ターン) あり	169 (3)
オゾン＋粒状 炭 (GA)	0.057	0.026	0.027	0.012	50.8	40.1～58.9 (49.9)	粒状炭は上向流 と下向流がある	330 (7)

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。

表 3-3-143 各フローの THMFP (入口) / THM (出口) の除去性 (参考)

基本フロー2-1b (粉末炭+凝集 沈澱+中塩+急 速ろ過)	入口 (mg/L) THMFP		出口 (mg/L) THM		除去率 (%)		備考	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	浄水場単位 (平均)		
粉末炭注入なし	0.060	0.028	0.057	0.014	50.9	39.2~65.9 (52.3)	基本フロ ーのデー タ	21 (3)
粉末炭注入あり	0.096	0.055	0.075	0.026	54.6	46.7~66.1 (56.8)	同上	120 (12)

また、参考までに THM についてプロセス毎の入口-出口の最大値、入口最大値-平均除去率を表 3-3-144 にまとめる。

THM は返送水等の影響により原水中に存在する場合もあるが、主に前・中塩素処理など浄水処理過程で生成するため、塩素を注入するプロセスで増加している。

また THM の生成は、pH、塩素注入量などの操作条件により大きく異なり、これらの条件が不明であるため、ここでは THM の生成についての解析は行わない。

一方、生成した THM は、表 3-3-144 の「生物処理」や「オゾン+粒状炭」のように結果として除去されている場合があり、揮発による効果やその他の条件等が不明であるため、各プロセスの THM 除去性について解析は行わない。

表 3-3-144 プロセス毎の THM の除去性 (参考)

浄水 プロセス	入口 (mg/L)		出口 (mg/L)		除去率 (%)		備考	データ数 (浄水 場数)
	最大値	平均値	最大値	平均値	全データ範囲 (平均)	浄水場単位 (平均)		
生物処理 (AA)	0.018	0.007	0.015	0.006	-200~100 13.3	13.3 13.3	ハニカム	66 (1)
中塩素+ 急速ろ過 (CB)	0.031	0.007	0.039	0.011	-550~46.2 (-35.2)	-142~-0.9 (-54.3)		142 (6)
凝集+急 速ろ過 (CC)	0.016	0.002	0.020	0.007	-1200~-25 (-259)	-319~-203 (-260.9)	塩素注入あり 原水:オゾン+粒 状炭	84 (2)
粒状炭 (FA)	0.028	0.011	0.022	0.010	-40.0~30.8 (1.3)	1.3 1.3	原水:前塩素 +沈澱	23 (1)
オゾン+ 粒状炭 (GA)	0.021	0.004	0.019	0.003	-220~100 (15)	3.0~16.4 (12.1)	粒状炭:上向流、 下向流あり	330 (5)

(8) 臭素酸

1) 解析データの概要

プロセスデータにおいて、対象浄水場数が少ない「凝集沈澱」、「中塩素+急速ろ過」を除く、「オゾン+粒状炭」のデータについて検討を行った。解析したデータの基本情報を表 3-3-145 に示す。

表 3-3-145 臭素酸データの基本情報

浄水プロセス	記号	入口 (in)	出口 (out)	浄水場数	データ数	備考
凝集沈澱	BA	原水	沈澱水	1	101	浄水場数過少のため解析より除外
中塩素+急速ろ過	CB	沈澱水	急速ろ過水	1	24	浄水場数過少のため解析より除外
オゾン+粒状炭	GA	沈澱水、 オゾン+急速ろ過水	粒状炭 処理水	6	633	流動床上向流活性炭：2 浄水場 中オゾン+急速ろ過の後段：2 浄水場 固定床活性炭：2 浄水場

2) 解析結果

①入口濃度と出口濃度の関係

オゾン+粒状炭の収集データの概略を表 3-3-146 に示す。また、入口濃度と出口濃度の関係を図 3-3-249 に示す。図より、オゾン処理によって臭素酸が生成されていることが分かるが、入口と出口の値に明確な相関は見られない。

表 3-3-146 オゾン+粒状炭の収集データ概要

データ数	入口 (mg/L)		出口 (mg/L)		備考
	範囲	平均	範囲	平均	
633	0.0000～ 0.0016	0.0001	0.000～ 0.007	0.002	全収集データ対象

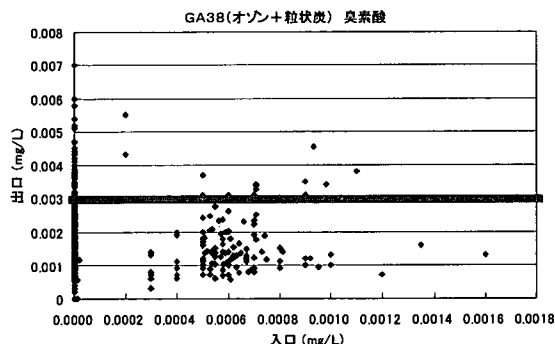


図 3-3-249 入口臭素酸と出口臭素酸の関係

②累積頻度

「オゾン+粒状炭」の出口側（粒状炭処理水）の臭素酸測定値について、累積頻度のグラフを図 3-3-250～図 3-3-261 に示す。また、累積頻度が 90%の時の値を表 3-3-147 に示す。表より、平均値は 0.0030mg/L となる。

表 3-3-147 粒状炭処理水の臭素酸累積頻度 90%値一覧

浄水場（系統）	累積頻度 90%値 (mg/L)
A	0.0011
B	0.0012
C	0.0036
D	0.0038
E	0.0029
F	0.0042
G	0.0030
H	0.0036
I	0.0042
J	0.0029
K	0.0030
L	0.0029
平均値	0.0030

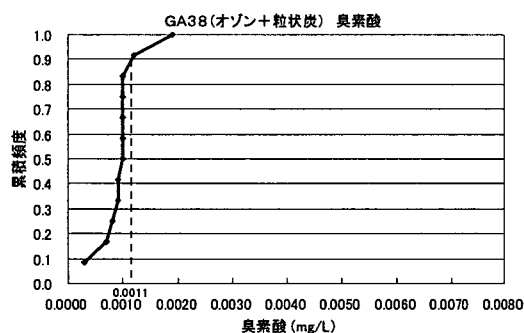


図 3-3-250 粒状炭処理水の累積頻度 (A)

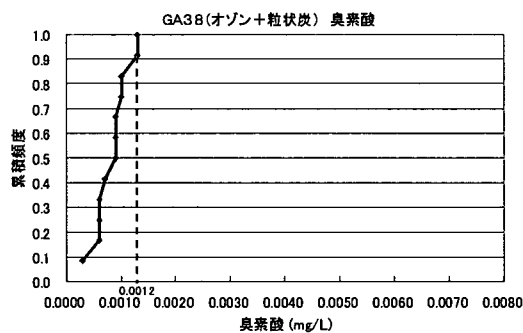


図 3-3-251 粒状炭処理水の累積頻度 (B)

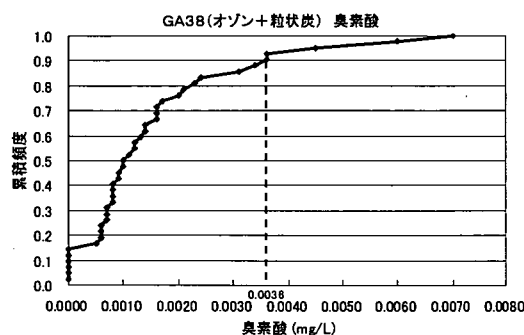


図 3-3-252 粒状炭処理水の累積頻度 (C)

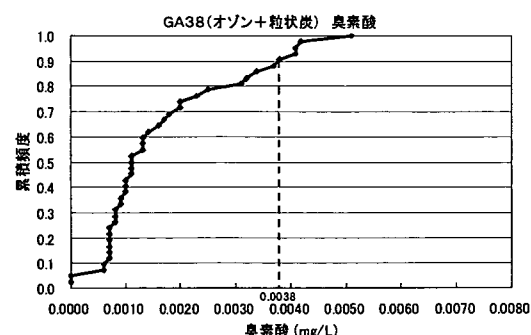


図 3-3-253 粒状炭処理水の累積頻度 (D)

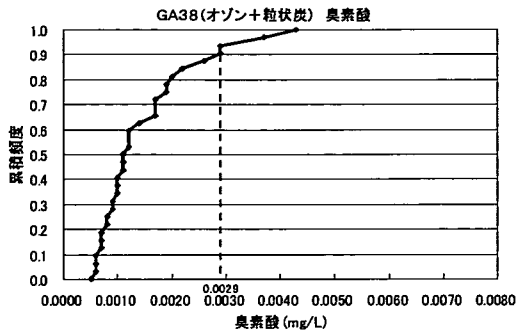


図 3-3-254 粒状炭処理水の累積頻度 (E)

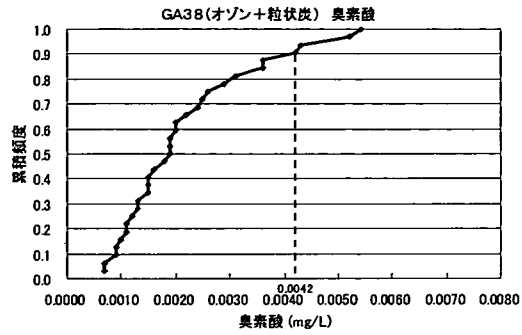


図 3-3-255 粒状炭処理水の累積頻度 (F)

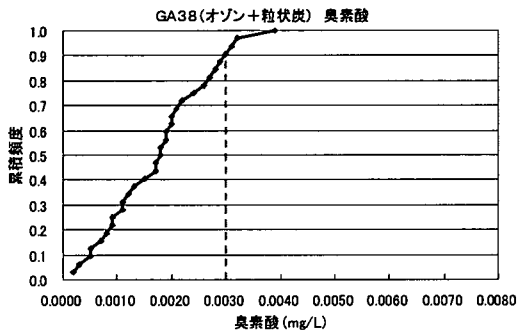


図 3-3-256 粒状炭処理水の累積頻度 (G)

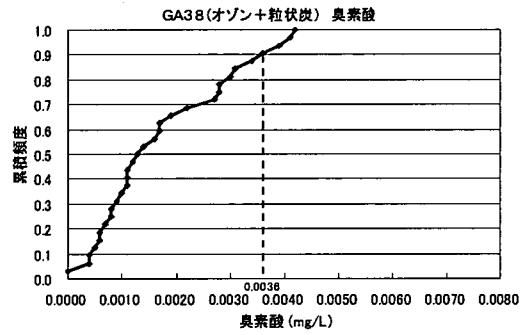


図 3-3-257 粒状炭処理水の累積頻度 (H)

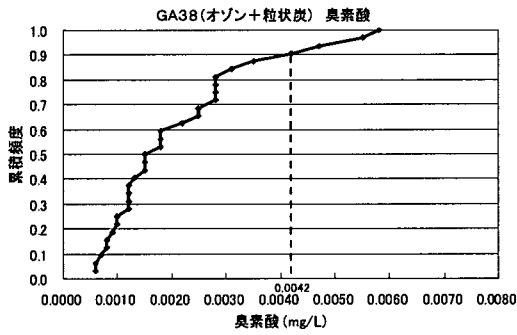


図 3-3-258 粒状炭処理水の累積頻度 (I)

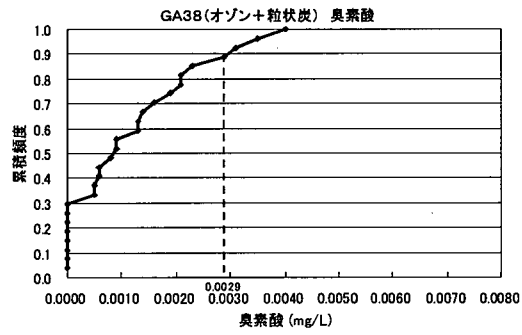


図 3-3-259 粒状炭処理水の累積頻度 (J)

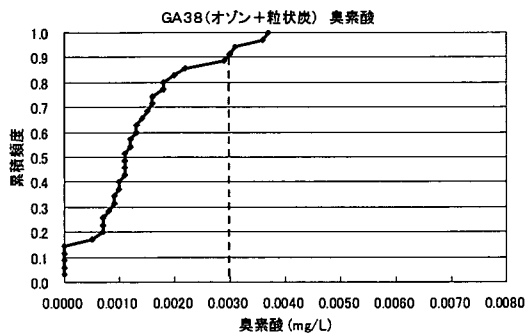


図 3-3-260 粒状炭処理水の累積頻度 (K)

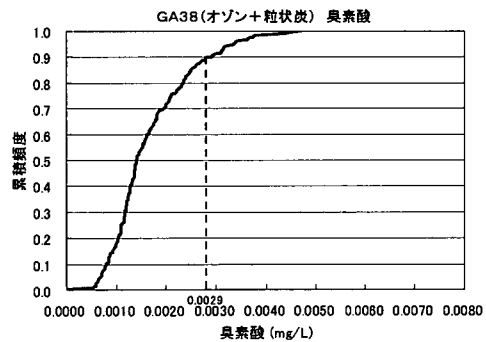


図 3-3-261 粒状炭処理水の累積頻度 (L)

3. 3. 3 水質毎のプロセス群選定

ここでは、浄水レベルを設定した水質項目である濁度、TOC、カビ臭（ジェオスミン+2-MIB）、THMFP 及び THM について、基本的にフローデータ解析の結果を基にプロセス群選定を行った。フローデータ解析だけでは、データが不十分な水質項目についてはプロセスデータ解析の結果も活用した。なお、浄水レベル1でアルミニウム、色度、鉄、マンガンも設定しているが、これらの水質項目については、基本的に濁質除去プロセス群や有機物除去プロセス群で除去されることから、必要な場合には追加設備で対応することとした。詳細については「3. 4」参照。

まず、原水のレベル分けを行い、水道水質基準値を含む浄水レベル毎に達成可能な浄水プロセス群1つ以上を選定した。原水レベル設定の概念を図 3-3-262 に示す。なお、一部の原水レベルの設定においては、水道統計データを参考とした。

原水レベルの設定は、基本的に浄水レベル1を90%以上達成できる浄水システムにおける原水濃度の最大値あるいは99~90%値とした。最大値とするか99~90%値とするかは、水質項目毎にデータを詳細に検討して決定した。

浄水レベルに応じた浄水プロセスの選定は、基本となるプロセスから原水レベルごとに目標とする浄水レベルを達成するためのプロセス群とその達成率を提示した。既に浄水レベル1のプロセスは達成率90%以上で原水レベルを設定した時点で決まっているので、浄水レベル2対応のシステムを決定した。レベル2は達成率50%以上を基本としたが、水質項目によっては達成率50%未満のものも選定した。これは、データ数の不足が原因と考えられる場合あり、従って参考値として取り扱う。また、最低限のプロセスとして水質基準達成可能なものも選定した。

原則としてフローデータの解析結果を根拠のプロセス群選定を行ったが、膜ろ過処理のフローデータはほとんど入手できていない。濁度の浄水レベル2は膜ろ過において目指すべき数値であることから、綾瀬浄水場における合同実験の結果を根拠として採用した。

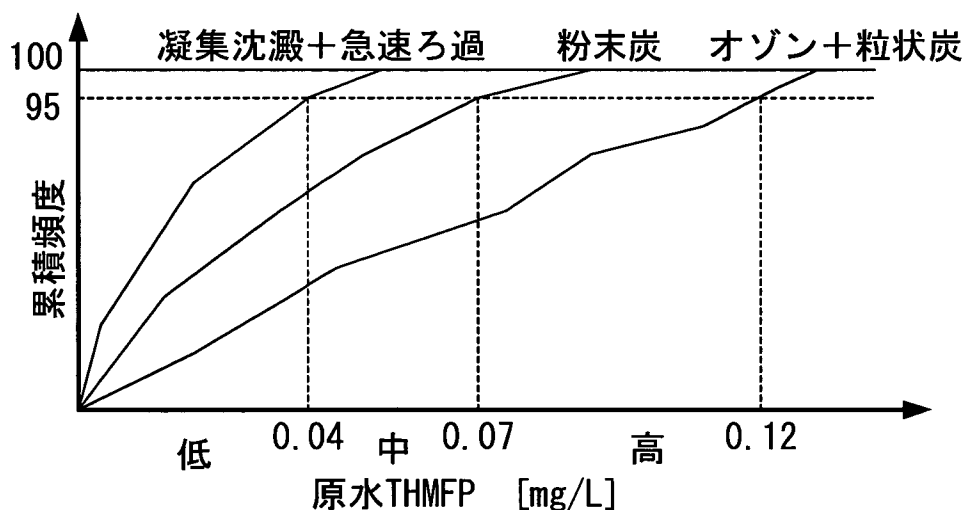


図 3-3-262 原水レベル設定の概念

(1) 濁度

今回収集したデータの範囲においては、浄水水質の悪化は原水濁度が原因ではないと考えられた。原水濁度が高いときに浄水濁度が高くなるような傾向が見受けられず、原水濁度と浄水濁度の間に相関関係が見られなかった。

また、各処理フローの原水データは一般的な水道経験者の暗知識である対応可能濁度内に十分収まっていた。

以上の2点を考慮して、濁度については95%値ではなく最大値による評価を行うこととし、フローデータ解析結果および合同実験の膜ろ過水濁度データの解析結果を基に、表3-3-148に示すプロセス群選定表を作成した。合同実験の結果は「4.3」を参照。

表 3-3-148 プロセス群選定表 (濁度)

浄水レベル 原水レベル	水質基準 2度以下	レベル1 0.1度以下	レベル2 0.01度以下
低 1度以下	不要 (- %)	凝集+急速ろ過 (100%)	膜ろ過 (100%)
中 1超~5度以下	凝集+急速ろ過 (100%)	凝集+急速ろ過 (100%)	膜ろ過 (100%)
高 5超~800度以下	凝集+沈澱+急速ろ過 (100%)	凝集+沈澱+急速ろ過 (94%)	凝集+沈澱+膜ろ過※ (100%) 凝集+前ろ過+膜ろ過※ (100%)

() はそのプロセス群による達成率

※ 原水水質が15度以下の場合、「凝集+膜ろ過」のプロセス群に置き換えてもよいものとする。これは、4. で示す綾瀬合同実験において、膜ろ過原水が15度以下の場合には、膜ろ過処理が安定して行え、膜ろ過水濁度も0.01度以下を維持した結果を根拠とした。

原水レベル設定根拠を以下に記す。

1) 原水レベル低

消毒のみのフローが採用可能と思われる原水レベルと考え、給水末端と浄水池の差を考慮の上、上限値を1度とした。

2) 原水レベル中

凝集+急速ろ過の原水濁度最大値4.8度を丸めた5度を上限値とした。

3) 原水レベル高

凝集+沈澱+急速ろ過を含むすべての基本フロー(2-1、5-1、6-1)における原水濁度の最大値795度を丸めた800度を上限値とした。

(2) TOC

1) プロセス群選定表の策定

3. 2. 3. 1 フローデータ解析にて使用した基本フロー2-1a「凝集+沈澱+急速ろ過（粉末炭なし）」、基本フロー2-1b「凝集+沈澱+急速ろ過（粉末炭あり）」、基本フロー5-1「凝集+沈澱+粒状炭+急速ろ過」および6-1「凝集+沈澱+オゾン+粒状炭+急速ろ過」のデータから、原水レベルを設定し、凝集あるいは活性炭処理設備においてTOCを低減させることを基本的な考えとした。

浄水レベル1は概ね90%で達成可能なレベル、また浄水レベル2は将来的に目指すべき値として概ね50%前後が達成可能なレベルとしている。これを踏まえて、原水レベルを設定し、以下の表3-3-149のようにプロセス群選定表を策定した。

表 3-3-149 TOC のプロセス群選定表

浄水レベル 原水レベル	水質基準 5mg/L 以下	レベル1 1.5mg/L 以下	レベル2 1.0mg/L 以下
低 2.5mg/L 以下	不要	凝集 (94%) 粉末炭 (99%) 粒状炭または オゾン+粒状炭 (100%)	凝集 (77%) 粉末炭 (86%) 粒状炭または オゾン+粒状炭 (84%)
中 2.5 超~3.5mg/L 以下	不要	粒状炭または オゾン+粒状炭 (100%)	粒状炭または オゾン+粒状炭 (71%)
高 3.5 超~7.5mg/L 以下	粉末炭 (100%)	粒状炭または オゾン+粒状炭 (89%)	粒状炭または オゾン+粒状炭 (67%)

() 内は達成率

注) 原水レベル高の7.5mg/Lは、基本フロー2-1b「凝集+沈澱+急速ろ過（粉末炭あり）」で、特異なデータと判断した2サンプルを除外した最大値である。

2) 原水レベルの設定根拠

①原水レベルの設定

原水レベルを仮に下記のように設定した。

- ・ 原水レベル低：上限値は、凝集+沈澱+急速ろ過（粉末炭なし、以下2-1aと記載）の基本フローを採用している原水の95%値とする。
- ・ 原水レベル中：上限値は、凝集+沈澱+急速ろ過（粉末炭あり、以下2-1bと記載）の基本フローを採用している原水の95%値とする。
- ・ 原水レベル高：原水レベル中の上限値を超過した値とする。
- ・ 参考：粒状炭またはオゾン+粒状炭（以下、5-1,6-1と記載）を採用している原水の95%値。

②原水レベル設定の検討

a) フローデータ

フローデータの基本フローごとの原水 TOC データについて、100%、99%、95%、90%値を表 3-3-150 に整理した。基本フロー2-1b と 5-1・6-1 は、2-1a に比べ、全体的に原水 TOC が高いことが分かる。

表 3-3-150 原水 TOC の基本フローごとの設定値 (フローデータ)

原水	基本フロー	100%	99%	95%	90%
原水レベル低	2-1a (粉末炭 設備なし)	4.8	3.8	2.7	2.2
原水レベル中	2-1b (粉末炭 設備あり)	7.5	6.1	3.7	2.8
(参考)	5-1・6-1	6.3	4.4	3.7	2.8

b) 水道統計データ

平成 17 年度水道統計の原水 TOC (浄水場ごとのデータ、平均値) について、100%、99%、95%、90%値を表 3-3-151 に整理した。なお、粉末炭注入期間が年 30 日未満を基本フロー 2-1a 相当、粉末炭注入期間が年 30 日以上を基本フロー2-1b 相当とした。基本フロー2-1b 相当と 5-1・6-1 は、2-1a に比べ、ほぼ全体的に原水 TOC が高いことが分かる。

表 3-3-151 原水 TOC の基本フローごとの設定値 (水道統計)

原水	基本フロー	100%	99%	95%	90%
原水レベル低	2-1a 相当 (粉末炭注 入 30 日/年未満)	6.8	2.8	2.3	2.0
原水レベル中	2-1b 相当 (粉末炭注 入 30 日/年以上)	5.6	3.8	3.3	2.9
(参考)	5-1・6-1	4.7	4.2	4.1	3.9

表 1-2 から、原水 TOC は 99%以下のデータにおいて、2-1a、2-1b、5-1・6-1 の順に高くなっている。これは表 1-2 の水道統計データが、浄水場ごとの平均値を使用していることから、フローデータに比べ、ばらつきが少ないためと考えられる。

③実設定の決定

フローデータと水道統計データの両方を考慮して、原水レベル低の上限値を 2.5mg/L、原水レベル中の上限値を 3.5mg/L とした。

(3) カビ臭物質

2-MIB とジェオスミンを区別せず、2物質を合わせてカビ臭物質として解析を行った。原水レベルは、低（カビ臭物質 5 ng/L 以下）、中（5 ng/L 超 ～25 ng/L 以下）、高（25 ng/L 超～750ng/L 以下）の3段階に分類した。選定表を表 3-3-152 に示す。また、各プロセス群における浄水レベル達成率算出に用いたデータ数を表 3-3-153 にまとめた。

この選定表を作成するにあたり、粒状炭のフローデータが少なく、そのままでは粒状炭を選定表中に位置付けることができなかった。そこで表 3-3-152 の右側に示すように、プロセスデータの中でフローデータに相当する原水-浄水の値が得られたもの（5個）、および、独自に収集したフローデータ（69個）も加え、データ数を増加させることにより粒状炭の解析を行った。表 3-3-152 で粒状炭の達成率の数値に*印がついているのは、この追加データを加えた場合の数値であることを示している。

なお、粉末炭および「オゾン+粒状炭」の除去性能は、それぞれ粉末炭、オゾンの注入率に依存するので、注入率の増加により達成率はさらに向上する可能性を含んでいる。

表 3-3-152 カビ臭物質に対するプロセス群選定表

浄水レベル 原水レベル	水質基準 10 ng/L 以下	レベル 1 3 ng/L 以下	レベル 2 1 ng/L 未満
低 5 ng/L 以下	不要	粉末炭(98%)	粉末炭(85%)
中 5 超～25 ng/L 以下	粉末炭(97%)	粉末炭(65%) 粒状炭(79%)* オゾン+粒状炭(100%)	粒状炭(10%)* オゾン+粒状炭(88%)
高 25 超～750 ng/L 以下	粉末炭(86%) 粒状炭(100%)* オゾン+粒状炭(96%)	粒状炭(80%)* オゾン+粒状炭 (88%)	粒状炭(40%)* オゾン+粒状炭(88%)

表中（ ）内の数字は達成率を示す。

*：粒状炭はフローデータが少なかったため、表 4-2 に示した追加データを含めた達成率

原水レベルの設定根拠を以下に記す。

1) 原水レベル低

基本フロー2-1a（粉末炭なし）データの原水最大値（2-MIB+ジェオスミン）は 6 ng/L であった。そこで、低レベルの値をきりの良い 5 ng/L 以下と設定した。

2) 原水レベル中

基本フロー2-1b（粉末炭あり）データで、最大値を採用すると異常値を含む危険性があるので、2-MIB とジェオスミンを合わせたデータの 99%値とすると、その値は 27 ng/L であった。そこで、これもきりの良い数値として、25 ng/L を中レベルの最大原水濃度とした。

さらに、(社)日本水道協会刊の「生物起因の異臭味対策の指針(1999年版)」では、粉末炭の採用推奨範囲が 2-MIB で 50 ng/L 未満と記述されている。しかし、この指針は、カビ

臭物質が快適水質項目に位置付けられており、その目標値が 20ng/L 以下であった 2004 年以前に作成されたものである。2004 年 4 月よりカビ臭物質濃度が水質基準項目となり、2007 年 3 月で暫定措置である 20ng/L 以下の水質基準値の期限が終了し、現在基準値 10 ng/L 以下と半減したこと、および粉末炭の除去率がその当時から向上している傾向も確認できていないので、50 ng/L の半分の値である 25ng/L とすることは妥当と考える。

3) 原水レベル高

高度浄水処理施設を有する浄水場においても、原水のカビ臭濃度が処理対応不可と判断された場合、取水停止の対策が講じられる。今回のデータからこのようなデータを除去する目的で、粉末炭、粒状炭、オゾン+粒状炭の全データ (1,573 個) のうち、原水カビ臭物質濃度が 1,000 ng/L 以上となる上位 3 個のデータを不採用とした。このデータは、基本フロー6-1 (オゾン+粒状炭) の原水レベル高のみに存在した。この結果、有効データ中の原水カビ臭物質濃度の上限値は 750 ng/L となった。

表 3-3-153 達成率算出のためのフローデータ数一覧

基本フロー	原水レベル	フローデータ		追加データ		データ数合計
		データ数	備考	データ数	備考	
粉末炭 (2-1b)	低	1,178	全て採用	/	/	1,178
	中	69	全て採用			69
	高	14	全て採用			14
粒状炭 (5-1)	中	1	全て採用	69	処理フロー:粒状炭+前塩素+凝沈+中塩+急速ろ過+後塩素。カビ臭物質濃度に応じ、最前段の粒状炭槽数を 1 槽~4 槽の間で切替えている浄水場の原水-浄水データ	70
	高	0	データなし	5	1 個のデータが上記処理フローに関するもの。4 個がフローNo.13 のプロセスデータとして得たものの原水-浄水データ	5
オゾン+粒状炭 (6-1)	中	43	全て採用	/	/	43
	高	25	原水濃度上位3個削除			25

(4) トリハロメタン生成能/トリハロメタン (THMFP/THM)

1) 原水レベルとプロセス群選定表

3. 2. 3. 1フローデータ解析にて使用したデータを使用した。具体的には基本フロー2-1bの個別フローNo.8「粉末炭+凝集沈澱+中塩素+急速ろ過」における「粉末炭注入なし」と「粉末炭注入あり」、基本フロー6-1「凝集沈澱+急速ろ過+オゾン+粒状炭」のデータから、原水レベルを設定し、プロセス群選定表を作成した。なお、「粒状炭」のデータはないため、選定表中には掲載しなかった。

浄水レベル1は概ね90%で達成可能なレベル、また浄水レベル2は将来的に目指すべき値として概ね50%前後が達成可能なレベルとしている。これに加えて、原水レベルは各プロセス群での浄水レベル1、レベル2の達成率に差がみられるような範囲が妥当と考えられる。以上をふまえて、原水レベルを設定し、以下の表3-3-154のようにプロセス群選定表を策定した。

表 3-3-154 プロセス群選定表 (原水: THMFP/浄水: THM)

浄水レベル (THM) 原水レベル (THMFP)	水質基準 0.1mg/L以下	レベル1 0.04mg/L以下	レベル2 0.015mg/L以下
低 0.04mg/L以下	不要	凝集(99%)	粉末炭(77%) オゾン+粒状炭(97%)
中 0.04超～ 0.07mg/L以下	不要	粉末炭(91%) オゾン+粒状炭(100%)	オゾン+粒状炭(78%)
高 0.07超～ 0.12mg/L以下	粉末炭(100%)	オゾン+粒状炭(80%)	オゾン+粒状炭(40%)

() 内は達成率 「粒状炭」はデータがないため記載しない

2) 各原水レベルの設定根拠

各原水レベル範囲をいくつか仮定し、各フローでの浄水レベル1、レベル2の達成率から妥当と思われる範囲を各原水レベルとして設定した。その手順を以下に述べる。

①原水レベル低の設定

浄水レベル1 (0.040mg/L) 程度の原水 THMFP を原水レベル低の上限と仮定し、原水レベル 0.040mg/L 以下付近での「粉末炭」、「オゾン+粒状炭」の浄水レベル1、レベル2の達成率を確認した。その結果を表3-3-155、表3-3-156に示す。

例えば原水レベル 0.040mg/L 以下では、浄水レベル1 (0.040mg/L) 達成率は「粉末炭」で99%、「オゾン+粒状炭」で100%であり、ほとんど差がないが、浄水レベル2 (0.015mg/L) では、「粉末炭」で77%、「オゾン+粒状炭」97%と差が見られた。そこで原水レベル低を仮に「0.040mg/L 以下」とする。

表 3-3-155 「粉末炭」の浄水レベル達成率（原水レベル低の候補）

粉末炭 浄水レベル1:0.040mg/L			
原水レベル	該当数	全体	達成率
0.025以下	50	50	100%
0.030以下	81	81	100%
0.035以下	107	108	99%
0.040以下	114	115	99%
0.045以下	116	117	99%
0.050以下	122	123	99%

粉末炭 浄水レベル2:0.015mg/L			
原水レベル	該当数	全体	達成率
0.025以下	46	50	92%
0.030以下	69	81	85%
0.035以下	85	108	79%
0.040以下	88	115	77%
0.045以下	89	117	76%
0.050以下	90	123	73%

表 3-3-156 「オゾン+粒状炭」の浄水レベル達成率（原水レベル「低」の候補）

オゾン+粒状炭 浄水レベル1:0.040mg/L			
原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.025以下	4	4	100%
0.030以下	18	18	100%
0.035以下	27	27	100%
0.040以下	39	39	100%
0.045以下	46	46	100%
0.050以下	52	52	100%

オゾン+粒状炭 浄水レベル2:0.015mg/L			
原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.025以下	4	4	100%
0.030以下	17	18	94%
0.035以下	26	27	96%
0.040以下	38	39	97%
0.045以下	44	46	96%
0.050以下	49	52	94%

②原水レベル高の設定

次に原水レベル高の上限を 0.120mg/L（「オゾン+粒状炭」原水最大値 0.116mg/L）として、いくつかの範囲で達成率を確認した。その結果を表 3-3-157、表 3-3-158 に示す。

表 3-2 の「オゾン+粒状炭」で、浄水レベル 2（0.015mg/L）の達成率が 50%程度であることを前提とすると、原水レベル高の範囲は、0.080mg/L 超～0.120mg/L 以下となるが、0.080mg/L 超のデータは実際には 2 点（全データ 62）と少ない。そこで原水レベル高の下限を 0.080mg/L より低くし、達成率を 50%程度と考えると、0.070mg/L 超～0.120mg/L 以下（全データ 5、達成率 40%）もしくは 0.050mg/L 超～0.120mg/L 以下（全データ 10、達成率 50%）となる。この 2 つの範囲を原水レベル高の候補とする。

表 3-3-157 「粉末炭」の浄水レベル達成率（原水レベル高の候補）

粉末炭 浄水レベル1:0.040mg/L			
原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.040超～0.120以下	22	26	85%
0.045超～0.120以下	20	24	83%
0.050超～0.120以下	14	18	78%
0.055超～0.120以下	9	12	75%
0.060超～0.120以下	6	9	67%
0.070超～0.120以下	2	4	50%
0.075超～0.120以下	1	3	33%
0.080超～0.120以下	0	1	0%

粉末炭 浄水レベル2:0.015mg/L			
原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.040超～0.120以下	6	26	23%
0.045超～0.120以下	5	24	21%
0.050超～0.120以下	4	18	22%
0.055超～0.120以下	3	12	25%
0.060超～0.120以下	1	9	11%
0.070超～0.120以下	1	4	25%
0.075超～0.120以下	0	3	0%
0.080超～0.120以下	0	1	0%

表 3-3-158 「オゾン+粒状炭」の浄水レベル達成率（原水レベル高の候補）

原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.040超～0.120以下	22	23	96%
0.045超～0.120以下	15	16	94%
0.050超～0.120以下	9	10	90%
0.060超～0.120以下	6	7	86%
0.070超～0.120以下	4	5	80%
0.075超～0.120以下	3	3	100%
0.080超～0.120以下	2	2	100%
0.090超～0.120以下	1	1	100%
0.100超～0.120以下	1	1	100%

原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.040超～0.120以下	16	23	70%
0.045超～0.120以下	10	16	63%
0.050超～0.120以下	5	10	50%
0.060超～0.120以下	2	7	29%
0.070超～0.120以下	2	5	40%
0.075超～0.120以下	2	3	67%
0.080超～0.120以下	1	2	50%
0.090超～0.120以下	0	1	0%
0.100超～0.120以下	0	1	0%

③原水レベル中の設定

次に原水レベル中の範囲を確認した。その結果を表 3-3-159、表 3-3-160 に示す。「オゾン+粒状炭」において、浄水レベル2の達成率がある程度高いことを条件とすると、0.040mg/L 超～0.070mg/L 以下では達成率が78%となる。原水レベル低と高のデータ数、データ範囲（バランス）から、この範囲が適当であると考えられる。

表 3-3-159 「粉末炭」の浄水レベル達成率（原水レベル中の候補）

原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.030超～0.070以下	53	56	95%
0.040超～0.070以下	20	22	91%
0.050超～0.070以下	12	14	86%
0.030超～0.050以下	41	42	98%
0.040超～0.050以下	8	8	100%

原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.030超～0.070以下	24	56	43%
0.040超～0.070以下	5	22	23%
0.050超～0.070以下	3	14	21%
0.030超～0.050以下	21	42	50%
0.040超～0.050以下	2	8	25%

表 3-3-160 「オゾン+粒状炭」の浄水レベル達成率（原水レベル中の候補）

原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.030超～0.070以下	39	39	100%
0.040超～0.070以下	18	18	100%
0.050超～0.070以下	5	5	100%
0.030超～0.050以下	34	34	100%
0.040超～0.050以下	13	13	100%

原水レベル(mg/L)	該当数	全体	達成率
0.030超～0.070以下	35	39	90%
0.040超～0.070以下	14	18	78%
0.050超～0.070以下	3	5	60%
0.030超～0.050以下	32	34	94%
0.040超～0.050以下	11	13	85%

3) まとめ

以上から原水レベル低を0.040mg/L 以下、原水レベル中を0.040 超～0.070mg/L 以下、原水レベル高を0.070 超～0.120mg/L 以下とした。その結果、各原水レベルにおける各プロセス群の浄水レベル達成率は前述の表 3-3-154 の通りとなった。

3. 4 追加設備の検討

3. 1. 1の③で示した考え方で得られた、水質項目毎に適合するプロセス群を組み合わせた基本システムにおいては、基本的には濁度成分と有機物成分しか除去できない。そこで、処理対象項目によっては、追加設備が必要となるケースが発生する。しかし、全ての水質項目を網羅して検討することは、現実的に不可能であることから、以下に示す、最低限、考慮すべきと考えられる追加設備をピックアップして検討を行った。

- (1)除マンガン設備
- (2)アルミニウム対策として、酸注入設備および鉄系凝集剤注入設備
- (3)生物処理設備
- (4)除鉄設備

3. 4. 1 追加設備の判定

上記(1)~(4)の各設備が必要なケースについて、それぞれ検討を行った。その結果、追加の必要性の判定が可能な設備については、その方法と根拠を以下に示す。

(1) 除マンガン設備

一般的に浄水処理で用いられるマンガン除去方法には、①マンガン砂をろ材とする接触ろ過法。②塩素、オゾン、pH値調整剤等による薬品処理の後で、凝集沈澱・ろ過する方法等がある。本委員会における「除マンガン設備」は①と定義する。

図3-4-1 に除マンガン設備の追加判定手順を示す。

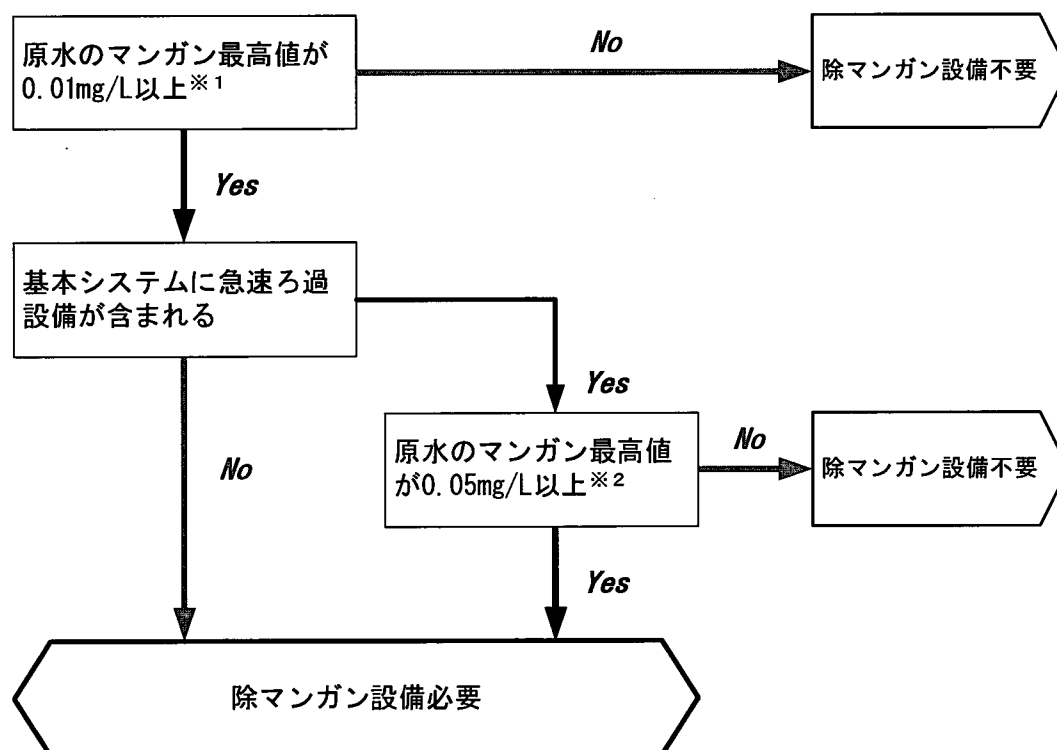


図 3-4-1 除マンガン設備追加判定手順

マンガンの濃度やオゾン処理の有無等の条件によっては、除マンガン設備の最適な設置

位置は変わることから、本選定においては、その必要の有無を判定するに留め、設置位置については決定しないこととする。

図 3-4-1 における数値の設定根拠については、以下の通りである。

1) 原水マンガン最高値 0.01mg/L※1 の設定について

まず、平成 17 年度水道統計より、水源が地下水である浄水場の原水最高値のデータ 439 件を対象とし、除マンガン設備あり (109 件)、除マンガン設備なし (330 件) に分類した。

図 3-4-2 に全データ 439 件に対して、除マンガン設備あり 109 件の累積頻度分布を示す。累積頻度分布図より、その 5%値は 0.012mg/L であったことから、0.01mg/L を原水の判定基準値とした。

地下水を対象としたことから、この判定における原水のマンガンは、溶解性マンガンの値を用いるべきであるが、安全側の判定となることから、全マンガンをを用いてもよいものとする。ただし、高濁度時等に、不溶解性マンガンのみが上昇し、溶解性マンガンが上昇しないことが明らかなケース等は除外すべきである。

2) 基本システムに急速ろ過が含まれる場合の原水最高値 0.05mg/L※2 の設定について

一般に、塩素を酸化剤とする除マンガン処理を継続すると、ろ過砂は次第にマンガン酸化物に被覆されて黒色となり、マンガン砂と同じ作用を表すようになる¹⁾。すなわち、急速ろ過設備を持つ浄水システムにおいては、通水に伴い自然に除マンガン処理が可能となる。ただし、通水当初の数ヶ月については除マンガン処理がほとんど行われないため、原水のマンガン (正確には溶解性マンガン) 濃度が水質基準値である 0.05mg/L 以上の場合には、除マンガン設備が必要であるとした。この場合には急速ろ過設備のろ過砂をマンガン砂に変更するだけでよい。

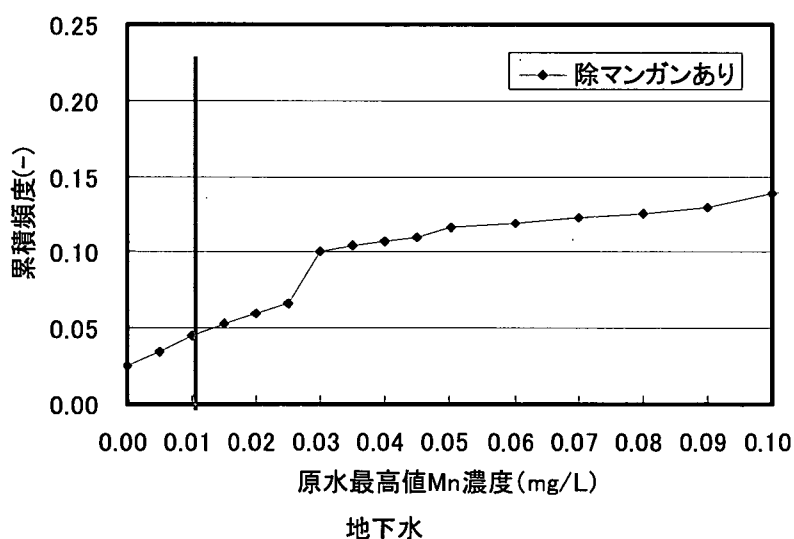


図 3-4-2 除マンガン設備ありの累積頻度分布

(2) アルミニウム対策

アルミニウム対策のための追加設備判定手順を図 3-4-3 に示す。

ここで示した手順は、浄水中のアルミニウム濃度を目標値以下とすることが目的であって、必ずしも凝集時の pH を 7.0 以下とすることはない。例えば、アルミニウムの溶解度は水温が高いほど大きいことが知られており²⁾、浄水水質を確認する必要があるが冬季は夏季よりも凝集 pH を高くすることも可能である。しかしながら、凝集 pH を調整するためには通年でのデータ収集および解析が必要であり、事業体の事情によっては対応が困難と考えられる。図 3-4-3 に示すように、ろ過水 pH を 7.0 以下とすれば、ほぼ 100%アルミニウム濃度を 0.1mg/L とできることから、図 3-4-3 の判定手順では凝集 pH7.0 超で線引きを行った。

また、ここでの判定手順は、既設の浄水場における追加設備の要否を想定している。浄水場を新設する場合、事前に水質調査やジャーテスト等を行って、酸注入設備や鉄系凝集剤の要否を決定する。

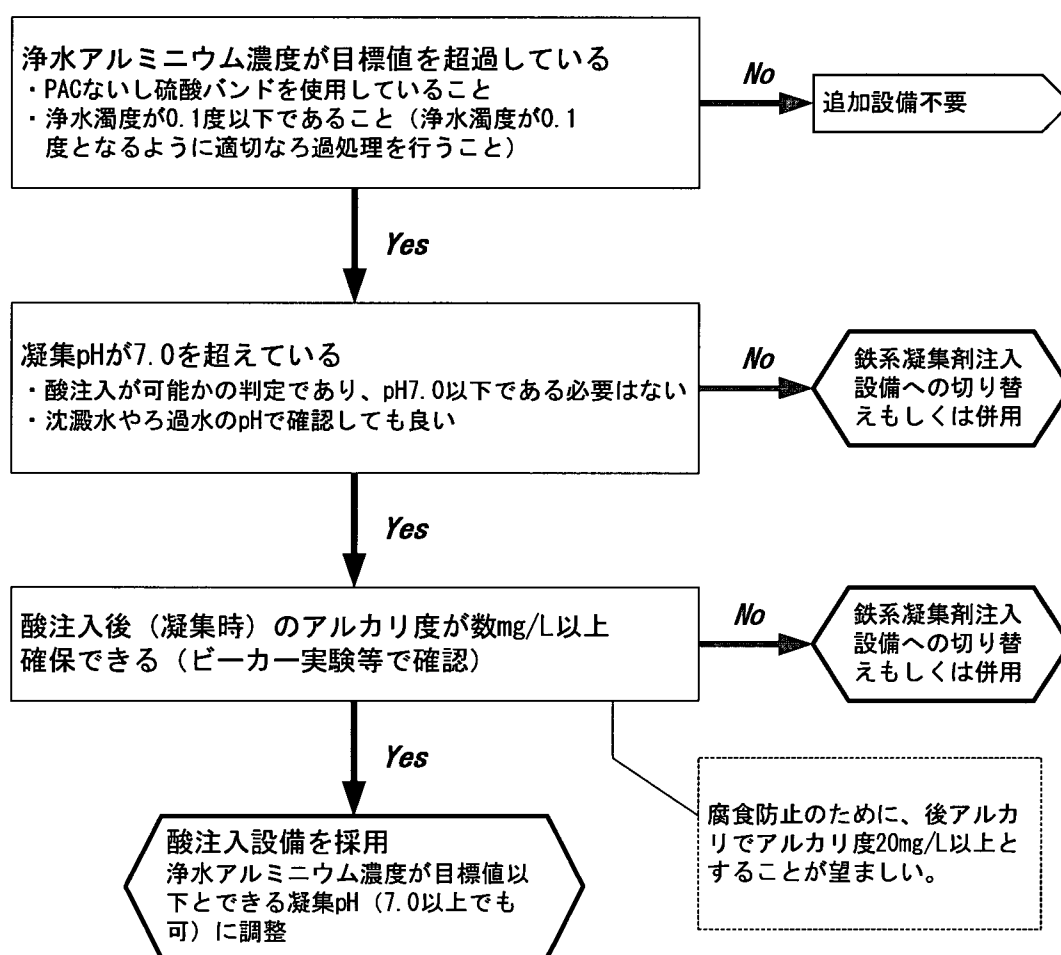


図 3-4-3 アルミニウム対策のための追加設備判定手順

ここでは、酸注入設備と鉄系凝集剤注入設備を選定したが、その概要について以下に述べる。

1) 酸注入設備

浄水処理における酸注入は、pH が 7.5 を超える高 pH 原水の pH 調整、有機物の低減や

凝集剤の削減を目的とした酸性凝集のために用いられている。さらに、最近では浄水中のアルミニウムを低減するための酸性凝集に用いられている。酸剤としては、硫酸、塩酸、炭酸ガスが用いられている。

データ解析 WG では、12 水道事業体、31 浄水場の水質年報より、ろ過水 pH とアルミニウム濃度のデータを解析した。データは 1994～2004 年度のものを用いた。ろ過水 pH とアルミニウム濃度の関係を図 3-4-4 に示す。

図 3-4-4 より、ろ過水 pH（凝集時の pH）が低いほどろ過水中のアルミニウム濃度が低くなっていることが分かる。更に詳しく見ると、アルミニウム濃度が水道水質基準値 0.2mg/L 以下となる pH は 7.5 以下、0.1mg/L 以下となる pH は 6.8 以下、0.05mg/L 以下となる pH は 6.7 以下となる。

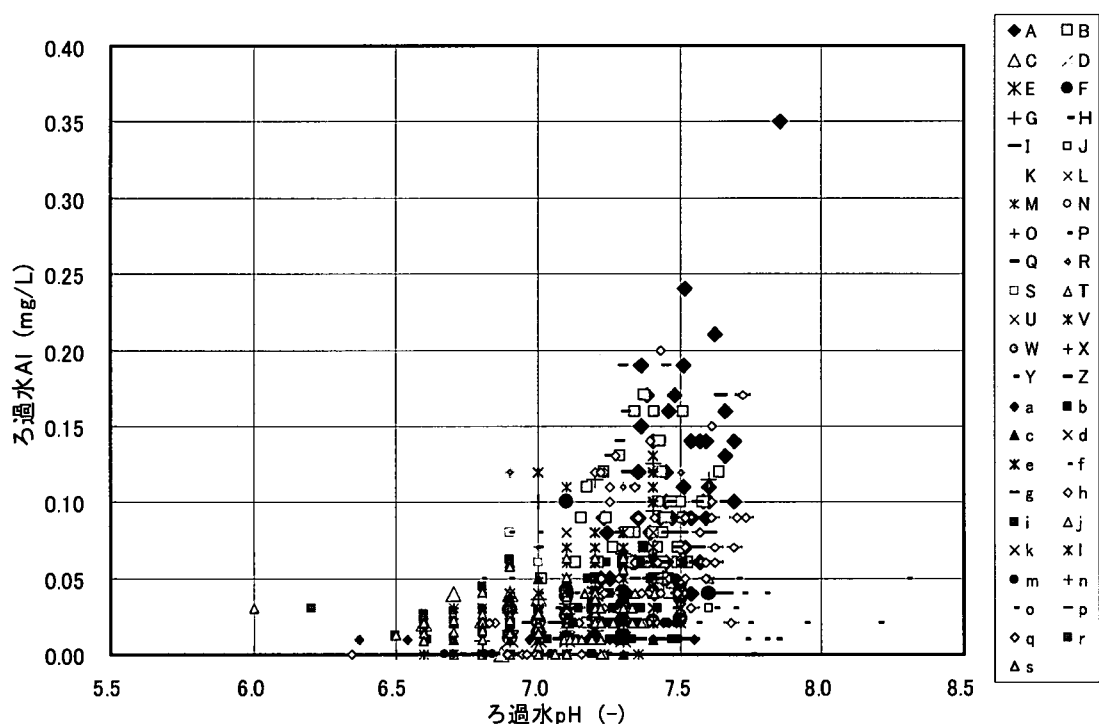


図 3-4-4 ろ過水 pH とアルミニウム濃度

2) 鉄系凝集剤注入設備

浄水中のアルミニウムを低減する方法として、「酸注入」で述べたように凝集 pH を下げることが有効であるが、凝集剤を PAC や硫酸バンド等のアルミ系から塩化第二鉄等の鉄系に変更することも有効である。一つの事例であるが、綾瀬浄水場の合同実験において、鉄系凝集剤によるアルミニウムの低減効果が確認されている。「4. 3 結果」参照。