

日本と先進諸国との浄水処理 の比較に関する考察

水道の国際比較に関する研究委員会調査報告



1. はじめに

(1) 調査対象

- アメリカ、カナダ、イギリス、オーストラリア、ニュージーランド、シンガポールの6カ国を選定し、その中から中核都市の7事業体14浄水場を調査した。



図1 調査対象事業体所在地

(2) 調査項目

- 調査対象事業体のWEBサイト等より、表1に示す調査項目の情報収集を行った。

表1 調査項目一覧

① 水道に関する 基本情報	事業形態、経営形態、給水人口、水道料金、浄水場数等
② 浄水場に関する 基本情報	浄水場名、所在地、敷地面積、給水開始年、 配置図、主な写真
③ 浄水処理に関する 情報	水源、主な原水水質、施設能力、処理方式、 注入薬品（浄水処理目的・浄水処理目的以外）、浄水処理フロー
④ 特記事項	特徴、日本の浄水処理との相違点
⑤ その他	その他設備（小水力発電設備等）、発注方式、事業費

2. 調査結果

(1) 浄水処理方式及び注入薬品

- 浄水処理方式及び注入薬品についての調査結果一覧を、表 2 に示す。



表 2 浄水処理方式及び注入薬品一覧

調査国	アメリカ				カナダ		イギリス	
事業体 行政区名	Seattle Public Utilities ワシントン州・シアトル市		New York City Water Board ニューヨーク州・ニューヨーク市		METRO VANCOUVER ブリティッシュコロンビア州バンクーバー市		Thames Water ロンドン市 + 周辺都市	
浄水場名	シーダー浄水場	トルト浄水場	クロトン浄水場	キャッツキル・デラウェア 紫外線消毒施設	セイモア・キャピラノ 浄水場	コキットラム 紫外線消毒施設	テムズグレートウェイ 浄水場	ウォルトン浄水場
紫外線消毒	○	×	○	○	○	○	×	×
膜ろ過	×	×	×	×	×	×	○	×
高分子凝集剤	×	○	○	×	○	×	○	×
防食剤	○	○	○	○	○	○	○	不明 (記載なし)
フッ素添加	×	○	○	○	×	×	×	×

調査国	オーストラリア		ニュージーランド		シンガポール	
事業体 行政区名	Sydney Water ニューサウスウェールズ州・シドニー市		Watercare オークランド市		Public Utilities Board (PUB) シンガポール	
浄水場名	イラワラ浄水場	シドニー 淡水化プラント	ワイカト川浄水場	ヘレンズビル浄水場	チャンギ NEWaterプラント	トュアスプリング 淡水化プラント
紫外線消毒	×	×	×	×	○	×
膜ろ過	×	○	○	×	○	○
高分子凝集剤	○	○	×	×	×	×
防食剤	○	○	不明 (記載なし)	○	不明 (記載なし)	不明 (記載なし)
フッ素添加	○	○	不明 (記載なし)	○	不明 (記載なし)	○

(2) 大規模紫外線消毒施設の導入

- 大規模な紫外線消毒施設を導入している浄水場の調査結果詳細を、表 3 に示す。

表 3 紫外線消毒施設導入浄水場一覧

調査国	アメリカ			カナダ		シンガポール
事業体 行政区名	Seattle Public Utilities ワシントン州・シアトル市	New York City Water Board ニューヨーク州・ニューヨーク市		METRO VANCOUVER ブリティッシュコロンビア州バンクーバー市		Public Utilities Board (PUB) / シンガポール
浄水場名	シーダー浄水場	クロトン浄水場	キャッツキル・デラウェア 紫外線消毒施設	セイモア・キャピラノ 浄水場	コキットラム 紫外線消毒施設	チャンギ NEWaterプラント
水源	地表水 (湖沼 + 湧水)	地表水 (貯水池)	地表水 (貯水池)	地表水 (湖沼)	地表水 (湖沼)	下水処理水
処理フロー	オゾン + 紫外線消毒 + 塩素消毒	溶解空気浮上法 + 急速ろ過 + 紫外線消毒	紫外線消毒	凝集沈殿 + 砂ろ過 + 紫外線消毒 + 塩素消 毒	オゾン + 紫外線消毒 + 塩素消毒	精密ろ過膜 (MF膜) + 逆浸透膜 (RO膜) + 紫外線消毒
ランプ	中圧ランプ	低圧ランプ	低圧ランプ	低圧ランプ	低圧ランプ	低圧ランプ
計画処理量 (万 m ³ /日)	68.1	110	848	180	120	22.8
特徴	・水質が良好な上流部から取水 ・地表水を水源とした大規模な 紫外線消毒設備 ・オゾン処理を前処理に導入 ・ろ過処理の未実施	・ニューヨーク市ではろ過 処理を行っていなかった が、水質悪化に伴い市 内でろ過設備を導入した 初の施設 ・地表水を水源とした大 規模な紫外線消毒設備 ・全て地中構築物	・水質が良好な上流部 から取水 ・地表水を水源とした大 規模な紫外線消毒設備 ・ろ過処理の未実施	・水質が良好な上流部 から取水 ・地表水を水源とした大 規模な紫外線消毒設備	・水質が良好な上流部 から取水 ・地表水を水源とした大 規模な紫外線消毒設備 ・オゾン処理を前処理に 導入 ・ろ過処理の未実施	・下水処理水が水源 ・NEWaterプラント4箇所 で国内需要の30%を賄 い、2060年までには将来 需要の55%を満たす予 定 ・浄水は工業用水及び間 接飲用化されて使用

- 日本では、紫外線処理は地表水以外の原水に対してのみ、塩素消毒を組み合わせた方式で対応することが可能となっているが、アメリカやカナダでは地表水を対象とした大規模な紫外線消毒施設が導入されている。
特に、アメリカのキャッツキル・デラウェア紫外線消毒施設の施設能力は 848 万 m³/日(22.4 億ガロン/日)、カナダのセイモア・キャピラノ浄水場の施設能力は 180 万 m³/日と規模が大きい。
- 日本の水道における紫外線処理施設の導入件数（平成 27 年度末現在）が 318 件で、それらの計画処理水量の総計が 109 万 m³/日であることから見ても、その規模の大きさがうかがえる。
- アメリカのシーダー浄水場及びキャッツキル・デラウェア紫外線消毒施設、カナダのコキットラム紫外線消毒施設では、原水水質が良好なこともあり、紫外線消毒前にろ過処理設備を設けていない。なお、キャッツキル・デラウェア紫外線消毒施設では、豪雨等で原水濁度が 5 NTU を上回るようなときは、上流の貯水池に、貯水池出口濁度が 5 NTU 以下になるように、凝集剤の硫酸アルミニウムを注入している。
- 水資源に乏しいシンガポールでは、チャンギ NEWater プラントを含む 4 箇所で下水処理水を浄水処理して国内水需要の 30%を賅っている。シンガポールでは、下水処理水を新たな水源として位置づけており、2060 年までには、将来需要の 55%を満たす目標を掲げている。また、浄水は工業用水及び間接飲用化されて使用されていることもあり、消毒として塩素ではなく紫外線を用いている。

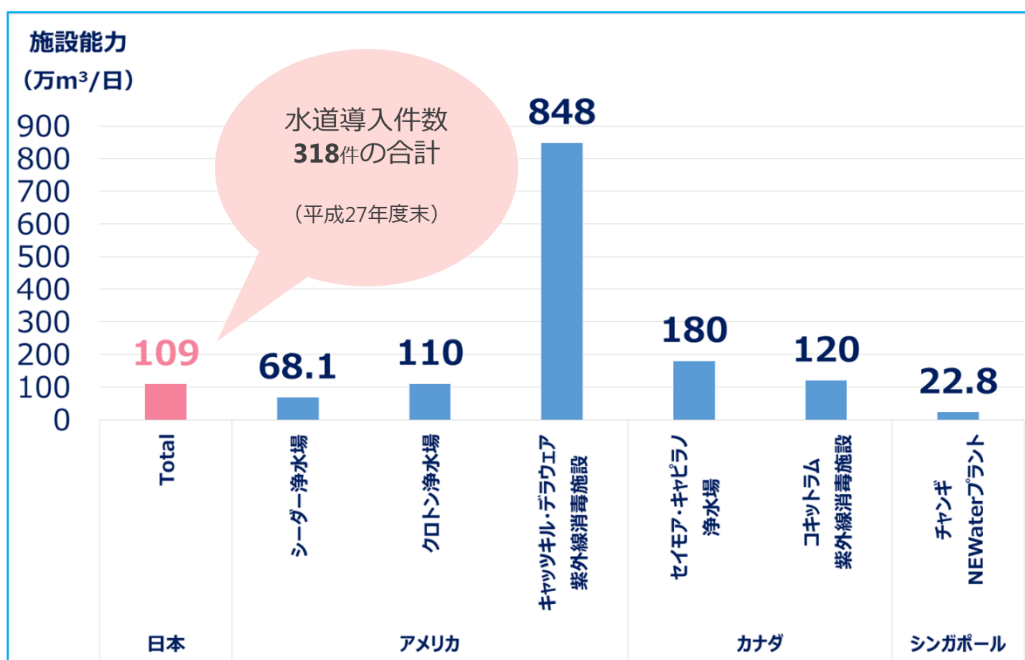


図 2：紫外線消毒施設 施設能力比較

(参考資料：JWRC 水道ホットニュース No. 524 号：「我が国の水道における紫外線処理設備の導入状況（全国計、平成 27 年度末現在）」より)

(3) 合成有機高分子凝集剤の使用

- 高分子凝集剤を注入している浄水場での使用用途について、表4に示す。

表4 高分子凝集剤注入浄水場一覧

調査国	アメリカ		カナダ	イギリス	オーストラリア	
事業者 行政区名	Seattle Public Utilities ワシントン州・シアトル市	New York City Water Board ニューヨーク州・ニューヨーク市	METRO VANCOUVER ブリティッシュコロンビア州バンクーバー市	Thames Water ロンドン市+周辺都市	Sydney Water ニューサウスウェールズ州・シドニー市	
浄水場名	トルト浄水場	クロトン浄水場	セイモア・キャピラノ 浄水場	テムズゲートウェイ 浄水場	イラワラ浄水場	シドニー 淡水化プラント
処理フロー	オゾン+凝集沈澱 +急速ろ過 +塩素消毒	溶解空気浮上法 +急速ろ過 +紫外線消毒	凝集沈澱+急速ろ過 +紫外線消毒 +塩素消毒	凝集沈澱+急速ろ過 +限外ろ過膜(UF膜) +逆浸透膜(RO膜) +クロラミン消毒	凝集沈澱+急速ろ過 +塩素消毒	前段ろ過 +逆浸透膜(RO膜) +クロラミン消毒
用途	・凝集補助剤 ・ろ過助剤	・凝集補助剤 ・ろ過助剤	・フロック形成助剤 ・ろ過助剤	・フロック形成助剤	・凝集補助剤 ・ろ過助剤	・ろ過助剤
計画処理量 (万m ³ /日)	45.4	110	180	15.0	21.0	25.0
特徴	・急速ろ過池はアンスラ サイトの単層ろ過 ・ろ過速度：最大 700m/日 ・凝集補助剤にはカチオン 系高分子凝集剤を使用 ・ろ過助剤にはアニオン 系高分子凝集剤を使用 ・凝集剤には塩化第二 鉄を使用	-	・カチオン系高分子凝集 剤を使用 ・凝集剤にはPACを使用 ・ろ過速度：200～ 300m/日	・大規模な淡水化プラ ント ・凝集剤にはPACを使用	・ろ過速度：約240～ 480m/日 ・凝集剤には塩化第二 鉄を使用 ・凝集補助剤にはカチオン 系高分子凝集剤を使用 ・ろ過助剤にはノニオン 系高分子凝集剤を使用	・大規模な淡水化プラ ント ・凝集剤には塩化第二 鉄を使用

- 合成有機高分子凝集剤（以下、「高分子凝集剤」）は、日本では浄水処理に適用されている事例は少ないが、海外では使用事例が多く、調査した14浄水場のうち6浄水場（アメリカ、カナダ、イギリス、オーストラリア）で使用が確認され、用途も凝集補助剤、フロック形成助剤、ろ過助剤と多様であった。

(参考)

表5 高分子凝集剤の用途及び目的



用途	目的
凝集補助剤	凝集効果を高める
フロック形成助剤	沈降速度を向上させる
ろ過助剤	ろ過池での破過を抑制する

※ 浄水処理における高分子凝集剤には、主に3つの用途があり、注入箇所により効果が異なる。

- 海外では、ろ過速度高速化のため、ろ過助剤として高分子凝集剤を使用している浄水場が確認され、カナダのセイモア・キャピラノ浄水場では最大ろ過速度 300m/日、オーストラリアのイラワラ浄水場では最大ろ過速度 480m/日での浄水処理が可能となっている。
また、アメリカのトルト浄水場では、アンスラサイト単層のろ過池においてろ過助剤として使用しているため、ろ過速度は 700 m/日まで可能となっている。
- 日本の急速ろ過池におけるろ過速度は、120～150m/日が一般的である。

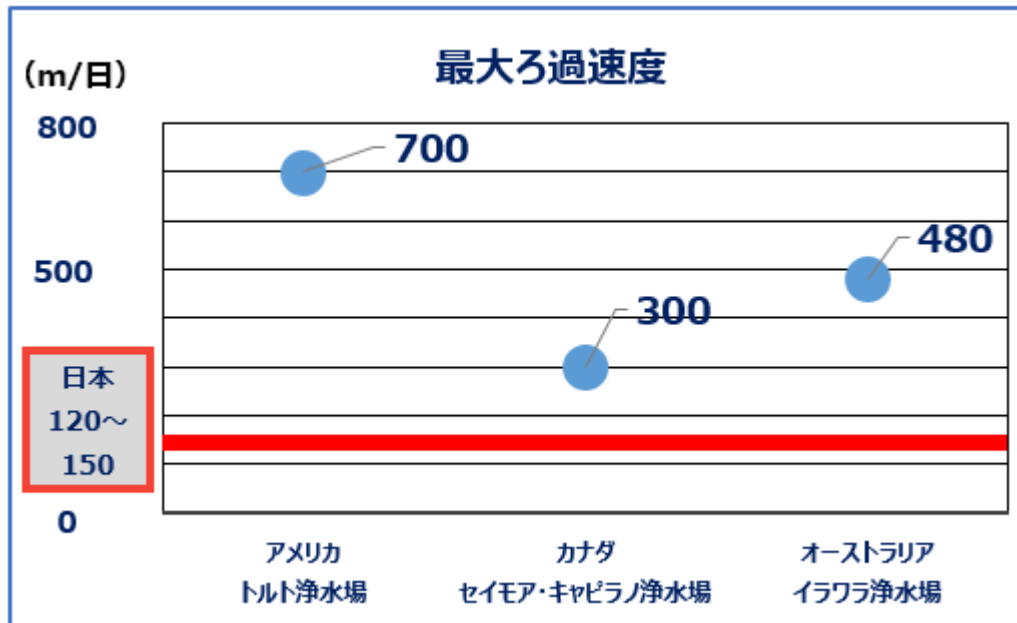


図 3：高分子凝集剤をろ過助剤として使用している浄水場の最大ろ過速度比較



(4) 凝集剤の種類

- 凝集剤を使用している浄水場の調査結果について、表 6 に示す。

表 6 凝集剤種類別一覧

アメリカ	・ 塩化第二鉄 ・ 硫酸アルミニウム
カナダ	・ ポリ塩化アルミニウム (PAC)
イギリス	・ ポリ塩化アルミニウム (PAC) ・ ポリ硫酸第二鉄
オーストラリア	・ 塩化第二鉄
ニュージーランド	・ 硫酸アルミニウム

- 調査した 14 箇所の浄水場中、凝集剤を使用していた浄水場は 9 箇所あり、その種類は、アメリカでは塩化第二鉄や硫酸アルミニウム、カナダでは PAC、イギリスでは PAC やポリ硫酸第二鉄、オーストラリアでは塩化第二鉄、ニュージーランドでは硫酸アルミニウムが使用されていた。
- 日本では、凝集剤使用量全体に占める PAC の割合が約 90%となっている。

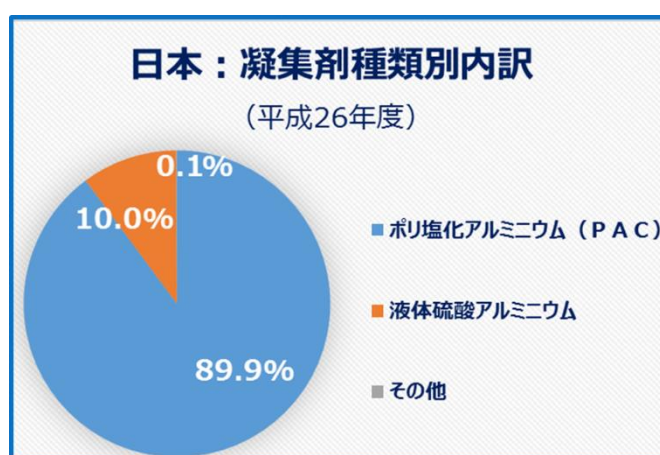


図 4：日本における凝集剤使用量の種類別内訳
(平成 26 年度水道統計より)

(5) 消毒剤の種類

- 消毒剤を使用している浄水場の調査結果について、表 7 に示す。

表 7 消毒剤種類別一覧

アメリカ	・ 塩素 ・ 次亜塩素酸ナトリウム
カナダ	・ 次亜塩素酸ナトリウム
イギリス	・ クロラミン ・ 二酸化塩素
オーストラリア	・ 塩素 ・ クロラミン
ニュージーランド	・ クロラミン
シンガポール	・ クロラミン

- トリハロメタン対策としてクロラミン処理を行っていた浄水場は、調査した 14 箇所の浄水場中 6 箇所あり、海外では、トリハロメタン対策として、クロラミン処理を採用している浄水場が多く確認された。
- アメリカやカナダでは、今回調査した浄水場ではクロラミン処理を実施していなかったが、その他の地域において、広く実施されていることが確認された。
- 日本では、現在、クロラミン処理を実施している浄水場は無いこともあり、消毒剤使用量全体に占める次亜塩素酸ナトリウムの割合が約 95%となっている。



図 5：日本における消毒剤使用量の種類別内訳
(平成 26 年度水道統計より)

(6) 浄水処理目的以外の薬品

- 浄水処理目的以外の薬品を使用している浄水場の調査結果について、表 8 に示す。

表 8 虫歯予防、管内腐食防止を目的とした注入薬品一覧

注入目的	国	注入薬品
虫歯予防	・ アメリカ ・ オーストラリア ・ ニュージーランド ・ シンガポール	・ フッ素 ・ ケイフッ化水素酸
管内腐食防止	・ アメリカ ・ カナダ ・ イギリス ・ オーストラリア ・ ニュージーランド	・ 硝酸カルシウム ・ 炭酸カルシウム ・ リン酸塩 ・ 水酸化ナトリウム ・ ソーダ灰 ・ 消石灰

- 虫歯予防のためのフッ素注入が、調査した 14 箇所の浄水場中、7 箇所（アメリカ、オーストラリア、ニュージーランド、シンガポール）で確認された。
- 多くの浄水場で管内腐食防止のために防食剤が注入されており、調査した 14 箇所の浄水場中、10 箇所（アメリカ、カナダ、イギリス、オーストラリア、ニュージーランド）で確認された。
- 日本では、管内腐食防止として消石灰や水酸化ナトリウムを使用している浄水場もある。



(7) その他使用薬品

- 上記以外に使用されていた特徴的な使用薬品について、表9に示す。

表9 過剰オゾン除去、ミネラル添加等を目的とした注入薬品一覧

注入目的	国	注入薬品
過剰オゾン除去	・ アメリカ	・ 硫酸水素ナトリウム ・ 亜硫酸水素ナトリウム
ミネラル添加	・ イギリス ・ オーストラリア ・ シンガポール	・ 硫酸マグネシウム ・ 消石灰
塩素濃度調整	・ イギリス	・ 亜硫酸水素ナトリウム

- オゾン処理を実施している浄水場では、オゾン除去のため還元剤の薬品注入が確認された。
一方、日本では後段に活性炭吸着池を設けることとされているため、オゾン除去のための薬品注入は実施されていない。
- 海水淡水化を実施している浄水場では、ミネラル添加が確認された。

3. おわりに

- 調査の結果、①大規模紫外線消毒施設の地表水への導入、②高分子凝集剤の使用やそれに伴う高速ろ過、③下水の飲用化、④クロロミン処理、⑤フッ素添加など、日本ではあまり普及していない技術が海外では適用されている事例も多く確認され、日本の水道の常識が、必ずしも世界の水道の常識とは限らないということが分かった。
- 凝集剤、高分子凝集剤、pH調整剤、消毒剤、防食剤等の注入薬品の種類についても、国や浄水場ごとに様々であることが確認された。
- このような情報を知り、国内事例と比較することで、現在の事業の改善や強化を考えるきっかけの一助になることを期待している。