

(2) ろ過水濁度の監視

ろ過水濁度の監視点とその浄水場数を図 2 に示す。調査対象 35 浄水場のうち 1 浄水場を除いた 34 浄水場では、全ろ過池の集合水(浄水池出口に至る過程での測定を含む)を測定対象とする場合も含めて、ろ過水濁度の連続監視を行っていた。1 浄水場のみ『週に 1 回の点検の際に測定している。』とのことであった。

ろ過池ごとの濁度計整備については、8 浄水場(調査対象の 23%)が整備済みであり、6 浄水場(調査対象の 17%)でサンプリング配管の切り替えによりろ過池ごとの濁度監視を行っていた。これらを合わせると、40%の浄水場でろ過池ごとの濁度監視が可能となっていた。

一方、ろ過池ごとの濁度監視が不可能な 21 浄水場(調査対象の 60%)のうち、7 浄水場で系列ごとの監視が可能であったが、13 浄水場の監視点は全ろ過池の集合水(浄水池出口に至る過程での測定を含む)のみであった。なお、残り 1 浄水場は前述のとおり、ろ過水濁度の連続監視を行っていない。

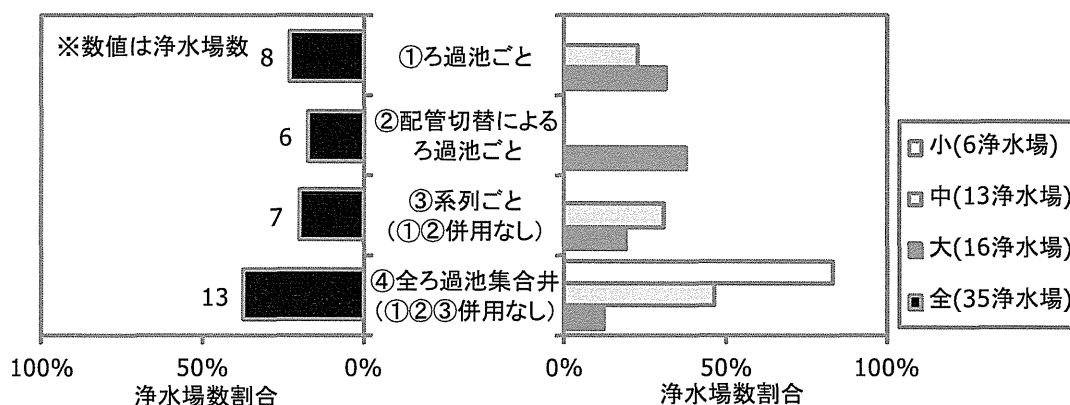
ろ過池ごとの濁度監視を実施しない理由としては、次の回答があった。

- ろ過水濁度がほとんど上昇しない。
- 濁度計の維持管理について、サンプリング配管の洗浄や校正・クロスチェックを実施するために多くの費用とマンパワーが必要となる。

また、浄水場の規模別にみると以下の特徴があった。

- 洗浄スローダウンは半数以上の浄水場で実施され、特に大規模浄水場の実施割合は高かった
- 二段凝集が実施されているのは大規模浄水場のみであった

ろ過水濁度計を新たに整備するにあたり、監視点別に要した費用を表 9～表 12 に示す。浄水場ごとに整備内容が異なるため、一概に評価できないものの、Ks 浄水場では、配管切替によるろ過池ごとの設置費用は建設改良費の 0.2%に対し、ろ過池ごとの設置費用は建設改良費の 1.8%と 9 倍の差が生じている。また、Ng 市の場合、Nb 浄水場の実績をもとに 3 浄水場の全ろ過池(100 池)に整備した場合を想定すると、建設改良費の 2%程度に達することが予想される。このため、ろ過池ごとの濁度計整備が進みにくい背景要因として整備費用の負担が大きいことが考えられた。



注)小:5,000m³/日未満、中:5,000以上50,000未満m³/日、大:50,000m³/日以上

図 2 ろ過水濁度の監視点(35 浄水場 17 事業者)

表 9 ろ過水濁度計の整備費用(ろ過池ごとの場合)

事業体	建設改良費 ^{※1} (百万円)	浄水場	完了 年度	ろ過 池数	型式	総額 (百万円)	対建設 改良費	備考
Ct 市	699	Rn	2005	4	粒子数 計測法	80	11.4%	サンプリング設備、伝送設 備、中央監視改造等を含む
Kn 企業庁	11,630	Tn	1999	16	散乱光 測定法	17	0.1%	
		Sm 第 2	1999	16	粒子数 計測法	24	0.2%	
		Sm 第 3	1999	20	粒子数 計測法	30	0.3%	
Ng 市	16,236	Nb	2013	20	散乱光 測定法	68	0.4%	サンプリング設備含む(監視 制御改造含まず)
Kg 市	3,795	Ks	2013	8	透過散 乱光法	69	1.8%	サンプリング設備、システム 改造等を含む
		Tk	2010	4	透過散 乱光法	15	0.4%	濁度計据付、サンプリング配 管布設のみ

※1:管路等を含む水道事業全体における建設改良費(2009～2013年度の平均値)

表 10 ろ過水濁度計の整備費用(配管切替によるろ過池ごとの場合)

事業体	建設改良費 ^{※1} (百万円)	浄水場	完了 年度	系列 数	型式	総額 (百万円)	対建設 改良費	備考
St 企業局	9,869	Gd	2005	5	粒子数 計測法	276	2.8%	電気計装費用を含む
		Sw	1998	2	粒子数 計測法	20	0.2%	サンプリング設備、電気計装 設備、中央監視改造を含む
Kg 市	3,795	Ks	2007	2	粒子数 計測法	6	0.2%	

※1:管路等を含む水道事業全体における建設改良費(2009～2013年度の平均値)

表 11 ろ過水濁度計の整備費用(系列ごとの場合)

事業体	建設改良費 ^{※1} (百万円)	浄水場	完了 年度	系列 数	型式	総額 (百万円)	対建設 改良費	備考
Ng 企業局	1,738	Sw	1997	2	散乱光 測定法	14	0.8%	
Ng 市	16,236	Ks	2013	3	粒子数 計測法	19	0.1%	機器更新のみ
Mr 市	1,441	Mr 市	2013	2	散乱光 測定法	5	0.3%	

※1:管路等を含む水道事業全体における建設改良費(2009～2013年度の平均値)

表 12 ろ過水濁度計の整備費用(集合井の場合)

事業体	建設改良費 ^{※1} (百万円)	浄水場	完了 年度	系列 数	型式	総額 (百万円)	対建設 改良費	備考
Ok 市	5,862	Kw	2013	1	その他	3	0.1%	
Hk 市	501	Hy	2002	1	散乱光 測定法	184	36.7%	薬注全体の改造費

※1:管路等を含む水道事業全体における建設改良費(2009～2013年度の平均値)

(3) ろ過水濁度の低減化方法

ろ過水濁度の低減化方法とその浄水場数を図 3 に示す。実施済みの方法として最も多かったのは洗浄スローダウン(19 浄水場;調査対象の 54%)であり、次いで、捨水(16 浄水場;調査対象の 46%)、ろ過スロースタート(15 浄水場;調査対象の 43%)であった。なお、今後、導入の計画がある浄水場は、洗浄スローダウンが 5 浄水場、ろ過スロースタートが 4 浄水場であり、捨水の導入を計画する浄水場はなかった(表 7、表 8 参照)。

捨水時間は事業者やその浄水場によって様々であり、5 分から 40 分程度まで設定されていた(表 13 参照)。

二段凝集を導入している浄水場は、大規模浄水場の 5 浄水場(調査対象の 14%)のみであった。Ng 市では、一部浄水場で導入した洗浄スローダウンとろ過スロースタートの効果は低いと判断し、効果が高いことを確認した二段凝集を導入していくとのことである。

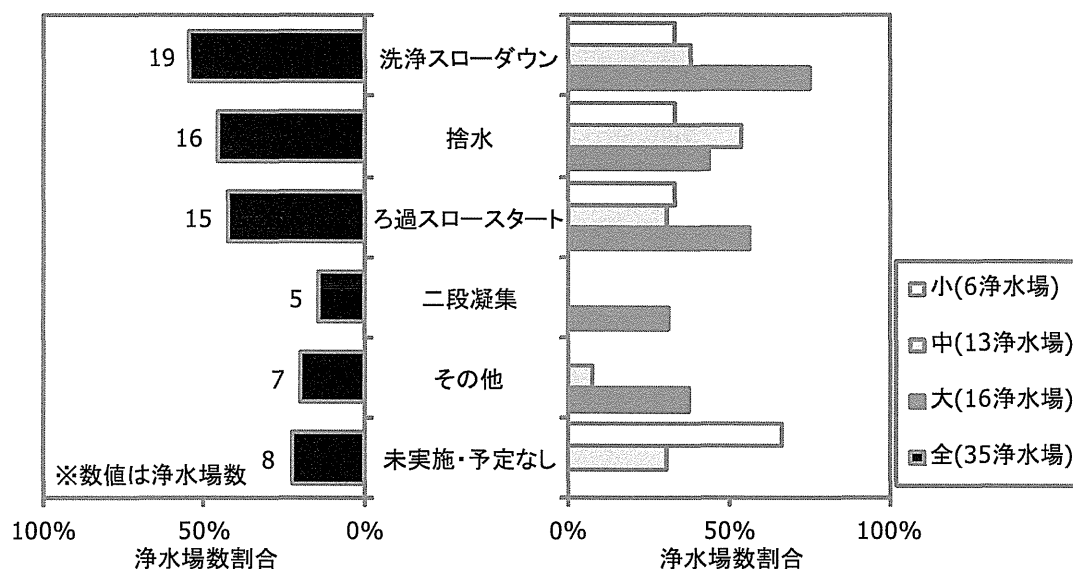
ろ過水濁度の低減化方法を実施しておらず今後も予定がないと回答した 8 浄水場について、実施しない理由としては、次の回答があった。

- 構造上、改造ができない(3 浄水場)
- 現状のろ過水濁度が低いため必要がない(1 浄水場)
- 常時低濁度であり、紫外線処理施設が導入されているため必要がない(1 浄水場)

また、浄水場の規模別にみると以下の特徴があった。

- ろ過池ごとに濁度計を設置している浄水場は中・大規模浄水場のみであった
- 小規模浄水場の全ては集合井のみに濁度計を設置していた

ろ過水濁度低減を目的とするろ過池改造費用は表 14 のとおりであり、浄水場ごとに改造内容が異なるため、一概に評価はできないものの、建設改良費(2009～2013 年度の平均値)の 86%を要する浄水場もあり、事業者にとって、ろ過水濁度低減のための施設整備に必要な改造のための費用は負担であるといえる。なお、Sw 浄水場及び Ks 浄水場においては、二段凝集よりも洗浄スローダウン、ろ過スロースタートのための整備費用の方が安価であった(表 14 参照)。



注)小:5,000m³/日未満、中:5,000 以上 50,000 未満 m³/日、大:50,000m³/日以上

図 3 ろ過水濁度の低減化方法(35 浄水場 17 事業者)

表 13 16 浄水場の捨水時間

事業体名	浄水場名	施設能力(m ³ /日)	捨水の実施	捨水時間(分)
Ct 市	Rn	36,500	[●]	15
St 企業局	Ok	1,300,000	●	16
	Ys	150,000	●	不定
	Gd	500,000	[●]	20
	Sw	350,000	●	15
Ng 企業局	Sw	48,000	●	17
Tn 市	Ug	2,330	●	—
	Km	855	●	—
Ok 市	Mn1・2	103,700	[●]	5
	Mn3	51,850	●	10
	Kk	22,700	[●]	10
Mr 市	Mr 市	19,200	●	5~7
Kg 市	Ks	109,100	●	30~40
	Tk	39,700	●	30
	Hk	30,000	●	30
Hb 市	Is	13,000	●	15

[●]は、供用後に改造して実施したことを表す

表 14 ろ過水濁度低減を目的とするろ過池改造費用

事業体名	建設改良費 ^{※1} (百万円)	浄水場名	ろ過池数	改造費用(百万円)	対建設改良費割合	上段:改造年度 ^{※2} 下段:改造費用(百万円)				備考
						捨水	洗浄スローダウン	ろ過スロースタート	二段凝集	
Ct 市	699	Rn	4	600	85.8%	2005*	2005*	2005*	×	
St 企業局	9,869	Ok	86	—	—	●	—	—	2015 447	二段凝集は2系統のうち1系統のみ実施
		Gd	40	285	2.9%	2005*	2005*	×	×	
		Sw	20	86	0.9%	●	1998 9	1998 9	2002 68	
Kn 企業庁	11,630	Tn	16	—	—	×	不明 —	不明 —	×	捨水設備有り
		Sm 第2	16	—	—	×	1997 不明	●	×	
		Sm 第3	20	—	—	×	1997 不明	●	×	
Ng 市	16,236	Ks	36	81	0.5%	×	2004 6*	2004 10*	2007 65	※シーケンスのみ変更
		Oh	44	—	—	×	2002 —	×	○	
Ok 市	5,862	Mn1・2	16	289	4.9%	2012 39	2012 195	2012 55	×	
		Kk	10	324	5.5%	2005 108	2005 108	2005 108	×	
Mr 市	1,441	Mr 市	6	2	0.1%	●	2006 2	×	×	

※1:管路等を含む水道事業全体における建設改良費(2009~2013年度の平均値)

※2:—無回答、*内訳不明、●供用開始当時から実施、○計画あり、×実施していない

(4) ろ過水濁度の管理目標値と目標超過時の対応

ろ過水濁度の管理目標値とその浄水場数を図 4 に示す。最も多かったのは 13 浄水場(6 事業体)の 0.05 度であり、次いで、10 浄水場(7 事業体)の対策指針で求められる 0.1 度であった。一方で、対策指針値の 1/10 である 0.01 度に設定する浄水場もあった。なお、複数の浄水場を管理する事業体においては、管理目標値を統一している場合が多い。

水源が表流水以外(伏流水、浅井戸)の場合、ろ過水濁度の管理目標値を 0.1 度に設定する浄水場が多く、特に定めていない浄水場もあった。

ろ過水濁度が管理目標値を超過した場合の対応とその浄水場数は図 5 に示すとおりであり、最も多かったのは、『ろ過池洗浄』の 20 浄水場(11 事業体)、次いで、『ろ過速度の調整』の 12 浄水場(5 事業体)であった。

『処理強化等』と回答した 11 浄水場(5 事業体)について、具体的には次の回答があった。

- 凝集剤による凝集強化(凝集剤の注入率見直し)
- 他水源による希釈
- 原因物質の特定と薬品注入

また、浄水場の規模別にみると以下の特徴があった。

- 浄水場規模によらずおよそ半数の浄水場でろ過池洗浄を実施していた
- ろ過速度の調整及びろ過水排水を実施している浄水場は中・大規模浄水場のみであった

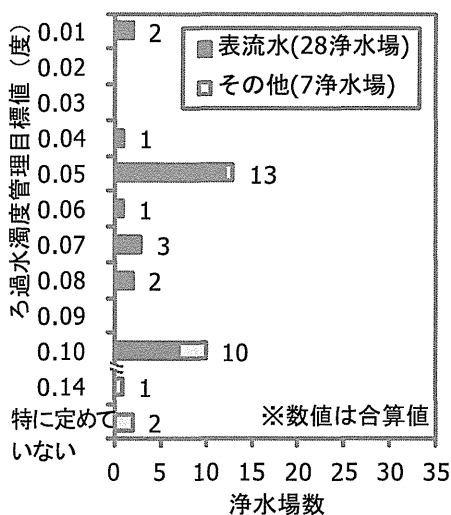


図 4 ろ過水濁度の管理目標値
(35 浄水場 17 事業体)

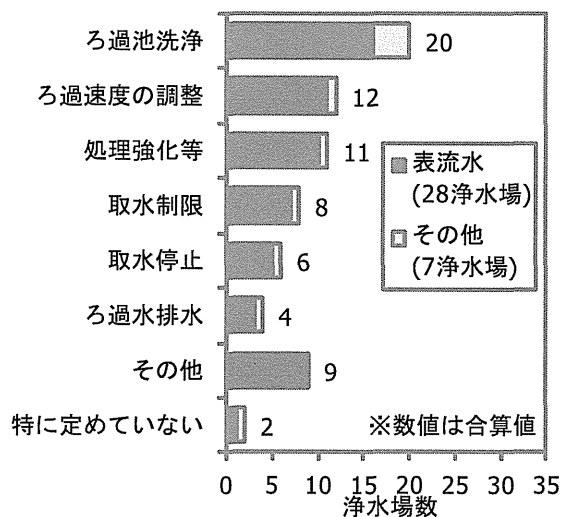
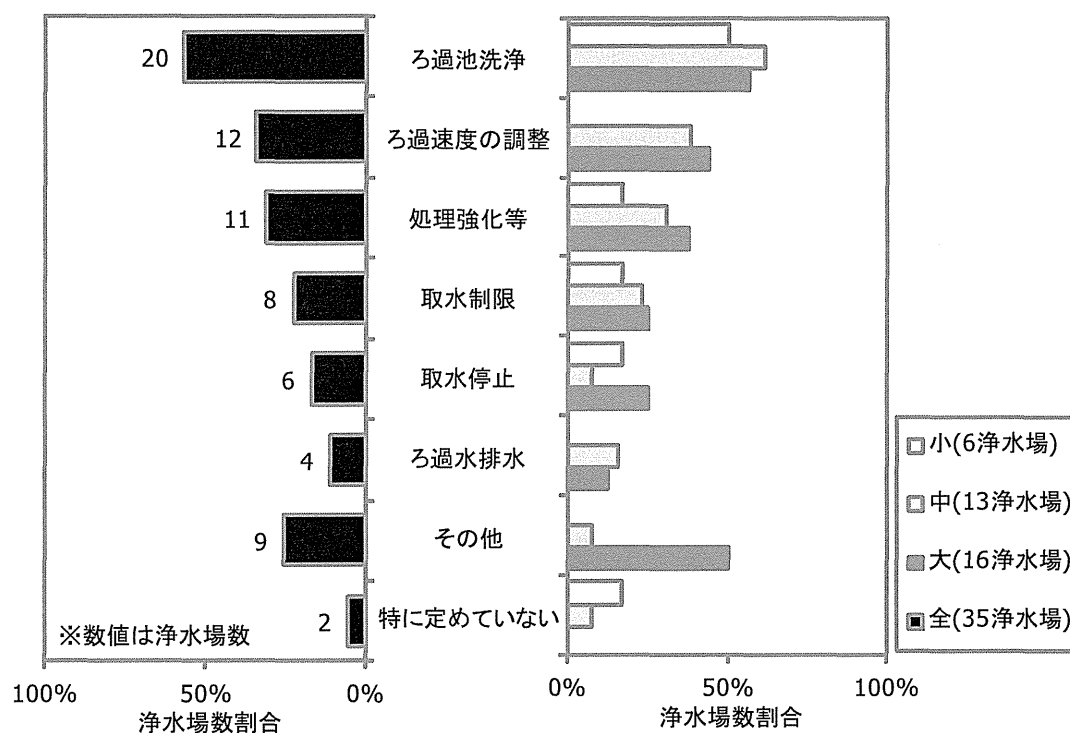


図 5 ろ過水濁度管理目標超過時の対応
(35 浄水場 17 事業体)



注) 小: 5,000m³/日未満、中: 5,000 以上 50,000 未満 m³/日、大: 50,000m³/日以上

図 6 ろ過水濁度管理目標超過時の対応(35 浄水場 17 事業体)

(5) 濁度管理に係る課題

ここでは、ろ過水濁度管理における課題として、主に聞き取り調査で得られた内容を整理する。

1) 根幹的な問題

ろ過水濁度が継続して 0.1 度を超過する(あるいは、その恐れがある)場合は、クリプトスポリジウム等発生時に準じた対応を行う事業体は多い。しかし、測定原理(濁度計の種類)による差異が大きい濁度を指標として重要な判断を行うことに疑問がある、という意見が 1 事業体からあった。

2) 高濁度原水への対応

ろ過水濁度が上昇しやすい場面として、原水高濁度時やその際の凝集の失敗、薬品注入管理のミスを挙げる事業体があった。凝集の失敗、薬品注入管理のミスを挙げた事業体には中小規模事業体だけでなく、大規模事業体も含まれた。

高濁度原水への対応の難易は施設特性に左右される面もあるが、近年の原水水質の特性(局所豪雨等に伴う急激かつ異常な濁度上昇)と管理体制の課題(人員・人材不足)を背景として、管理に苦慮している状況が伺えた。

3) 低濁度原水への対応(水源種別による対策コストの違い)

原水が低濁度であり、かつ当該水道事業において唯一の浄水場である Rn 浄水場(Ct 市)と Hy 浄水場(Hk 市)を対象に水源種別による対策コストについて比較検討する。

Rn 浄水場(Ct 市)の水源は表流水であるが、湧水による源流部からわずか2.5km 下流で取水しているため、通常の原水濁度は高くても0.4度程度である。原水濁度による取水停止基準は5度と低く、実際の停止は2～3回/年程度である。このように、通常時は凝集やろ過の必要もない原水濁度レベルであるが、対策指針に則って凝集沈澱とろ過を行い、全ろ過池への濁度計整備や捨水等対応のための改造も実施した。また、凝集剤注入に伴い、溶存アルミニウム等の水質管理や下水処理場へのスラッジ運搬に係る作業や費用が負担となっている。

一方、Hy 浄水場(Hk 市)でも以前は凝集沈澱とろ過を行っていたが、水源が伏流水であるためクリプトスポリジウム対策としては紫外線処理を採用し、通常時は凝集剤を使用しない運転に変更した。

両浄水場のクリプトスポリジウム対策に係るコストを比較すると表 15 のとおりである。

Rn 浄水場のろ過池型式は特殊(逆流洗浄装置移動形)という要因もあるが、両浄水場ともに施設能力が同程度でありながら、水源種別の違いによってコストに大きな差異が生じている。整備費用については、Rn 浄水場は約6.8億円(Ct 市の1年分の建設改良費の97%)であるのに対して、Hy 浄水場は約3.5億円(光市の1年分の建設改良費の69%)である。また、維持管理費についてもRn 浄水場は約30百万円/年(Ct 市の原水費・浄水費の13%)であるのに対して、Hy 浄水場は約2百万円/年(Hk 市の原水費・浄水費の1%)である。

表 15 クリプトスポリジウム対策に係るコスト(水源種別による違い)

	Rn 浄水場(Ct 市)	Hy 浄水場(Hk 市)
水源種別	表流水	伏流水
原水濁度 ^{注1)}	最高:0.4度 平均:0.3度	最高:0.1度未満
施設能力	36,500m ³ /日	48,000m ³ /日
整備費用	全ろ過池濁度計整備 : 80 百万円 ろ過池改造(捨水等) : 600 百万円 計 : 680 百万円	紫外線処理設備整備 : 345 百万円 計 : 345 百万円
建設改良費 ^{注2)}	699 百万円	501 百万円
維持管理費用	薬品費(PAC) ^{※1} : 9,509 千円/年 薬品費(硫酸) ^{※1} : 1,632 千円/年 スラッジ運搬費 ^{※2} : 19,000 千円/年 計 : 30,141 千円/年 ※1:2011年度～2013年度の年平均 ※2:汚泥運搬費はPACの約2倍というヒアリング結果にもとづく概数	装置点検委託費 ^{※1} : 195 千円/年 消耗部品等交換 ^{※1} : 1,367 千円/年 電気代 ^{※2} : 530 千円/年 計 : 2,092 千円/年 ※1:2012年度～2014年度の年平均 ^{注4)} (ランプ交換や2.5年定期交換等含む) ※2:2013年度実績(基本料金は除く)
原水費・浄水費 ^{注3)}	226,499 千円/年	185,305 千円/年

注1) 出典:水道統計・水質編(2013年度)

注2) 管路等を含む水道事業全体における建設改良費(2009～2013年度の平均値)、出典:水道統計

注3) 原水費と浄水費の合計(2009～2013年度の平均値)、出典:水道統計

注4) 稼働実績期間が短期あり、安定器等のすべての消耗部品等の交換が含まれていない

4) 濁度計の整備と管理

(a) 濁度計の選定

濁度計には様々な種類があり、表 9～表 12 に示したとおり種類によって価格も異なる。例えば、

機器更新のみであった Ks 浄水場では粒子数計測法で約 6.3 百万円/台を要しているが、機器更新とサンプリング設備設置も行った Nb 浄水場では散乱光測定法で約 3.4 百万円/台であった。

Ng 市の場合、全浄水場で 100 池のろ過池全てに濁度計を整備するために交換部品も含めたトータルコストを重視せざるを得ず、1 製品しか選択肢はなかったとのことである。

(b) 保守・管理

コストだけでなく、保守・管理の負担が大きいという意見が幾つかあった。具体的には次の内容である。

- 業者による月 1 回の定期検査、年 1 回の詳細検査、3 年に 1 回の工場持ち帰り検査を実施している。また、水質検査時に用いる積分球式光電光度法の濁度計と連続監視濁度計の測定値がずれている場合、直営にて随時校正を実施する。
- 業者による年 2 回の定期点検だけでは十分な精度を維持できず、直営により、大量の濁度標準液を準備して現場で校正作業を行うことがある。
- 濁度計の値が異常の兆候を示した場合のクロスチェックが大変である。
- サンプリング配管の洗浄作業が大変である。
- 旧来の濁度計と比べて高感度濁度計は日常点検の項目・頻度が多くて大変である。

(c) 監視点の設定

Ng 市では過去にサンプリング配管の切り替えを採用していたが、切り替え時の濁度上昇等による精度の問題があったため、全ろ過池への濁度計整備に至った経緯があった。

一方、小規模事業体である Nk 町からは、人員不足が課題となっている状況で、維持管理の負担が大きい濁度計の台数が増えることになる、各ろ過池への濁度計整備は考えられないという回答があった。このように、ろ過水濁度の監視点の設定では、コストだけでなく維持管理負担も大きな検討要素となっていた。

5) 当初の設計思想よりも高水準の管理要求

ろ過池洗浄後のろ過再開時の濁度上昇を防ぐ方法としては捨水や洗浄スローダウン等が一般的であるが、水道水を原因とするクリプトスポリジウム症の発生が問題となっていなかった当時に建設されたろ過池では、構造上、捨水等を実施できない場合があった。その場合、実施するにはろ過池の改造が必要となるが、一部の自然平衡型ろ過池では改造そのものが難しく(あるいは不可能)、その理由により対応が遅れたとする回答があった。

また、ろ過水濁度を抑えるために、ろ過砂の管理(厚さ、径・均等係数、汚れ等)に係る作業が負担であるとする回答もあった。

6) ピコプランクトンの発生

ピコプランクトンは凝集沈澱 + 急速ろ過だけでは十分に除去できないので、ろ過池から漏出してろ過水濁度が上昇する要因となりやすい。過去には琵琶湖を水源とする淀川流域等の一部地域だけで問題視されていたが、近年は全国の広い地域で発生しており、今回の調査でも東北地方から九州地方に至るまで 10 浄水場(6 事業体)において問題となっていた。

1.4.2 緩速ろ過方式

ここでは、表 4 に示した 26 浄水場(8 事業体)についてとりまとめる。

ろ過水濁度管理に係る各浄水場の特徴を表 16 に要約して示す。

緩速ろ過の場合、十分に養生された後のろ過水濁度は安定するが、ろ過水濁度が上昇する場合は、操作因子が限られるためろ過速度の低下や取水停止といった対策が講じられている。

ろ過池ごとに濁度計を設置し、ろ過水濁度を連続監視している浄水場は、Kn 企業庁や Ng 市といった大規模事業体のみであった。

なお、Nb 浄水場(Ng 市)のろ過水濁度計は、急速ろ過系では前述のとおりコストを重視して散乱光測定法を採用しているが、散乱光測定法を緩速ろ過系に適用すると気泡による誤差が生じるため、緩速ろ過系では価格の高い粒子数計測法の濁度計が全ろ過池に整備された。また、緩速ろ過水には塩素が含まれていないため濁度計内部が汚れやすく、その自動洗浄設備(シュウ酸により週 1 回実施)も濁度計ごとに設置されている。また、サンプリング配管は人手により洗浄しており、その作業が負担になっているとのことであった。

一方、この他の事業体の浄水場については、ろ過池ごとにろ過水濁度を監視しておらず、その主な理由として以下の事項が挙げられた。

- 濁度計の設置やその管理が財政的に厳しい。クリプトスポリジウム等の対策は、できることから実施している。
- 事業体内で浄水場の統廃合整備を進めており、廃止予定の浄水場である。

以上のことから、急速ろ過方式と同様に、ろ過池ごとの濁度計整備が進みにくい背景要因として整備費用の負担が大きいことが考えられた。

表 16 緩速ろ過方式の調査対象浄水場と調査結果(その1)

事業体名	注1)注2) 計画 給水人口 (万人)	浄水場名	注3) 施設 能力 (m ³ /日)	注4) 水源 種別		ろ過池池数(池)	注2) 2013年度 原水濁度(度)		ろ過水濁度が 上昇しやすい 場面			注5) ろ過水濁度 の監視			濁度管理の対応
				表流水	その他		最高	平均	原水高濁度時	ピコプランクトン発生時	ろ過池洗浄後のろ過再開時	ろ過池ごと	系列ごと	水全ろ過池の集合	
Mr 町	39,200	Kn	2,882		伏	4	<0.1	<0.1	●		●			●	ろ過水 0.05 度以上: ろ過水を普通沈澱池の上流へ返送 原水 0.3 度以上: 取水停止
Kn 企業庁	2,886,100	Tn	32,800	●	伏	8	57.0	11.0			●	[●]		●	ろ過水濁度上昇時: ろ過速度の調整、ろ過水の排水、 砂層表面の削り取り時期を早める 原水 20 度以上: PAC 注入
Ng 市	2,316,000	Nb	140,000	●		12	9.2	3.5	●			●		●	ろ過水 0.08 度以上: ろ過速度の調整、ろ過水の排水 原水の高濁度時: PAC 注入
Tn 市	44,400	Ut	20		湧	1		0.1		上昇場面ナシ			連続監視は行っていない		上昇場面ナシ
		Hr	100		浅	1		<0.1		上昇場面ナシ			連続監視は行っていない		上昇場面ナシ
		Nm	180	●			3		0.8	●				連続監視は行っていない	ろ過水濁度上昇時: 取水停止
		Br	180	●			3		0.6	●				連続監視は行っていない	ろ過水濁度上昇時: 取水停止
		Kt	50	●			2		0.2	●				連続監視は行っていない	ろ過水濁度上昇時: 取水停止
		Hg	180	●			3		0.8	●				連続監視は行っていない	ろ過水濁度上昇時: 取水停止
		Tr	219	●			3		1.3	●				連続監視は行っていない	ろ過水濁度上昇時: 取水停止
		Tb	17	●			2		0.9	●				連続監視は行っていない	ろ過水濁度上昇時: 取水停止
Ok 市	718,000	Mn	31,000	●	伏	6	8.7	3.5					浄水池出口で実施	原水 20 度以上: 取水停止	
Mr 市	111,000	Sm	8,330		浅,伏	3	1.9	0.3					浄水池出口で実施	ろ過水濁度上昇時: ろ過池の水をすべて入替	
		Kn	3,080		浅	2	0.2	<0.1					浄水池出口で実施	ろ過水濁度上昇時: ろ過池の水をすべて入替	

注1)～注5)は表 17 参照

表 17 緩速ろ過方式の調査対象浄水場と調査結果(その2)

事業体名	注1)注2) 計画 給水人口 (万人)	浄水場名	注3) 施設 能力 (m ³ /日)	注4) 水源 種別		ろ過池数(池)	注2) 2013年度 原水濁度(度)		ろ過水濁度が 上昇しやすい 場面			注5) ろ過水濁度 の監視			濁度管理の対応
				表 流水	そ の 他		最 高	平 均	原水高濁度時	ピコプランクトン発生時	ろ過池洗浄後のろ過再開時	ろ過池ごと	系列ごと	水全ろ過池の集合	
Uw 市	80,300	Hz	144	●		2	2.8						●	上昇場面ナシ	
		Dn	108	●		2	0.3						●	上昇場面ナシ	
		Kw	60	●		2	0.4						●	上昇場面ナシ	
		Tg	24	●		2	0.5						●	上昇場面ナシ	
		On	144	●		2	0.5						●	上昇場面ナシ	
		Mm	340	●		3	0.6						●	上昇場面ナシ	
Kg 市	586,200	Mr	400	●		3	1.2	1	●				[●]	ろ過水 0.05 度以上: ろ過速度調整または取水停止 原水 20 度以上: 取水停止	
		My	100		伏	3	0.2	0.1			●		[●]	ろ過水 0.05 度以上: ろ過速度調整または取水停止 原水 20 度以上: 取水停止	
		Hc	50		伏	2	0.9	0.4			●		[●]	ろ過水 0.05 度以上: ろ過速度調整または取水停止 原水 20 度以上: 取水停止	
		Ty	10		湧	2	0.4	0.2			●		[●]	ろ過水 0.05 度以上: ろ過速度調整または取水停止 原水 20 度以上: 取水停止	
		It	130		湧	3	0.9	0.4			●		[●]	ろ過水 0.05 度以上: ろ過速度調整または取水停止 原水 20 度以上: 取水停止	
		Nk	1,100		地下	4	0.7	0.2			●		[●]	ろ過水 0.05 度以上: ろ過速度調整または取水停止 原水 20 度以上: 取水停止	

注1) 複数の事業を経営する事業体は合算値を示した。

注2) 出典: 水道統計・水質編(2013年度)(ただし、Kg市の原水濁度の出典は水道水質年報)

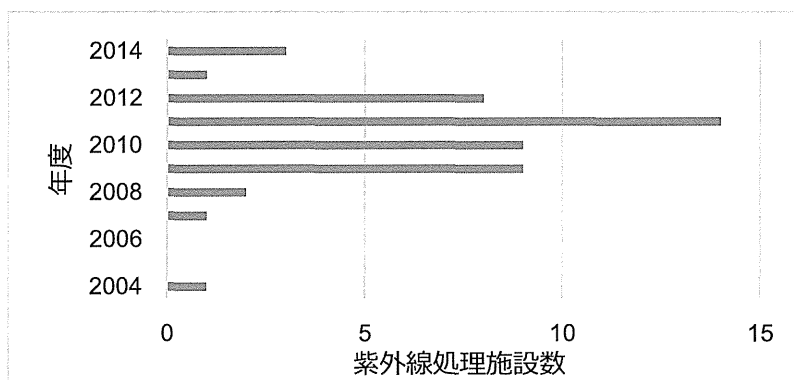
注3) 緩速ろ過以外の系統を有する浄水場は、緩速ろ過の施設能力を示した。

注4) その他の“伏”は伏流水、“深”は深井戸水、“浅”は浅井戸水、“地下”は地下水(深井戸または浅井戸)、“湧”は湧水を表す。

注5) []は、供用後に改造して実施したことを表す(濁度監視点については、濁度計更新を含む)。

2. 紫外線維持管理の調査データ

(1) 供用開始年度



(2) 調査施設における紫外線ランプの種類

ランプ種類	施設数
LP	19
LPHO	25
MP	4

(3) 日常点検の頻度と実施者

点検頻度	施設数	比率
毎日	10	21%
週2回	1	2%
週1回	30	63%
月2回	1	2%
月1, 2回	2	4%
月1回	4	8%

実施者	施設数	比率
直営	14	29%
一部委託	20	42%
全て委託	12	25%
その他	2	4%

(4) 紫外線処理施設における濁度管理値

(複数の基準 (警報レベルが2段になっている所) の場合は厳しい方の値を採用)

管理値(度)	施設数
0.05	1
0.1	3
0.14	1
0.2	1
0.5	5
1	1
1.8	1
1.85	1
1.95	1
2	29
(記載なし)	4

5. 浄水場における吸光度データの一例

※e-Water II データの結果より(データは1994年, 1999年, 2004年の各1年間)

システム:
2-1-a
凝沈急ろ過

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
平均値	9.418067	0.010933	6.73279	0.209492	0.365361	0.002246	0.03624	0.000538	1.318293	0.887716	4.228258	1.530483	0.029068	0.011711	0.101542	0.033796	39.55675	39.87631				
最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0.011	0.003	0.0156	0.005	9	9				
最大値	795	0.5	110	3	25	0.09	0.677	0.037	4.8	4.1	46.4	6.1	0.063	0.028	0.187	0.065	104.1	113.3				
中央値	3.505	0	5	0	0.15	0	0.023	0	1.12	0.8	3.6	1.4	0.0285	0.011	0.1055	0.031	39	39				
データ数	1050	1050	1043	1043	956	956	962	962	451	451	993	993	132	132	24	24	969	969				
標準偏差	38.99113	0.040255	7.189819	0.438112	1.235618	0.00729	0.051303	0.001929	0.741047	0.503779	2.731127	0.813576	0.011656	0.005151	0.044159	0.014687	15.80437	15.48389				
	濁度		色度		鉄及びその化合物		マンガン及びその化合物		有機物(TOC)		有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)		紫外線吸光度(E260)		紫外線吸光度(E260)		Ca, Mg等(硬度)					
	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水		

2-1-b
P.A.C.+凝沈急ろ過

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
平均値	7.87	0.004	7.41	0.10	0.35	0.00	0.04	0.00	1.5	0.8	5.0	1.5	0.080	0.027	0.133	0.045	0.1	0.0				
最小値	0.1	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.4	0.2	0.007	0.003	0.012	0.012	0.0	0.0				
最大値	214	1.400	140	3	7.71	0.07	0.9	0.014	15.7	2.6	53.5	5.3	0.383	0.110	0.540	0.101	0.8	0.0				
中央値	4.3	0.000	6	0	0.20	0.00	0.029	0	1.2	0.7	4.1	1.4	0.042	0.016	0.113	0.042	0.0	0.0				
データ数	1671	1671	1735	1735	1292	1292	1485	1485	546	546	1573	1573	197.000	197.000	274.000	274.000	497	497				
標準偏差	13.7	0.040	7.1	0.3	0.61	0.00	0.07	0.00	1.3	0.5	3.8	0.7	0.081	0.026	0.070	0.015	0.1	0.0				
	濁度		色度		鉄及びその化合物		マンガン及びその化合物		有機物(TOC)		有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)		紫外線吸光度(E260)		紫外線吸光度(E260)		カルシウム、マグネシウム等(硬度)					
	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水		

3
凝集ろ過
(直接ろ過)

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
平均値	0.68716667	0.001	0.748333333	0	0.024846154	0	0.004833333	0.000233333	0.325	0.258333333	2.214583333	1.252083333	なし	なし	なし	なし	38.53846154	38.36153846				
最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	なし	なし	なし	なし	12	12				
最大値	4.8	0.01	3	0	0.14	0	0.12	0.005	0.8	0.7	5.1	2.8	なし	なし	なし	なし	91	93				
中央値	0.01	0	0	0	0	0	0.001	0	0.15	0.2	2.1	1.2	なし	なし	なし	なし	44.9	44.9				
データ数	60	60	60	60	52	52	60	60	24	24	48	48	なし	なし	なし	なし	52	52				
標準偏差	1.097722023	0.003	1.010031628	0	0.035170128	0	0.015670744	0.000901234	0.338193731	0.266014828	1.548250301	0.74665632					17.49168103	17.66152003				
	濁度		色度		鉄及びその化合物		マンガン及びその化合物		有機物(TOC)		有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)		紫外線吸光度(E260)		紫外線吸光度(E260)		カルシウム、マグネシウム等(硬度)					
	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水		

5-1
凝沈+粒状炭+急ろ過

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
平均値	11.64431034	0	10.66009852	0.019704433	0.437808219	0	0.079013514	2.7027E-05	2.008333333	0.525	9.216107383	1.663087248	なし	なし	なし	なし	44.79850746	45.79402985				
最小値	1.1	0	4	0	0.06	0	0.003	0	1.1	0	2.7	0.5	なし	なし	なし	なし	17.3	18				
最大値	45	0	22	1	1.92	0	0.44	0.001	4.2	0.9	17	2.8	なし	なし	なし	なし	82	83.1				
中央値	8.5	0	10	0	0.41	0	0.07	0	1.75	0.6	9.5	1.7	なし	なし	なし	なし	46.2	46.5				
データ数	232	232	203	203	73	73	74	74	24	24	149	149	なし	なし	なし	なし	67	67				
標準偏差	9.196831091	0	3.708296382	0.13898262	0.29116792	0	0.068588962	0.000162162	0.871739959	0.263391344	3.165185345	0.569392587					13.32482245	12.74285144				
	濁度		色度		鉄及びその化合物		マンガン及びその化合物		有機物(TOC)		有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)		紫外線吸光度(E260)		紫外線吸光度(E260)		カルシウム、マグネシウム等(硬度)					
	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水		

6-1
凝沈+高度+急ろ過

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
平均値	15.12386364	0.003295455	16.04166667	0.272619048	0.603640777	0.000873786	0.07855368	0.000497835	2.00546875	0.89140625	9.850378788	1.371212121	0.040902778	0.007902778	0.217541667	0.028	72.14545455	70.51931818				
最小値	1.5	0	5	0	0.05	0	0	0	1.1	0	2.8	0.3	0.019	0.003	0.113	0.014	30.4	33				
最大値	198	0.2	150	1	6.89	0.03	0.39	0.017	6.3	1.6	41.2	3.1	0.133	0.018	0.693	0.04	136	136				
中央値	8.75	0	12.5	0	0.415	0	0.051	0	1.8	0.9	7.15	1.2	0.0365	0.008	0.1915	0.0275	74	74				
データ数	264	264	252	252	206	206	231	231	128	128	264	264	72	72	24	24	176	176				
標準偏差	20.17417901	0.017433092	13.55065636	0.423238982	0.70807331	0.003581722	0.069266797	0.001640596	0.748468081	0.240126058	6.692448244	0.507747596	0.017221724	0.002683073	0.11245591	0.00746101	27.70342286	25.33781246				
	濁度		色度		鉄及びその化合物		マンガン及びその化合物		有機物(TOC)		有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)		紫外線吸光度(E260)		紫外線吸光度(E260)		カルシウム、マグネシウム等(硬度)					
	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水		

9
繰速ろ過

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
平均値	1.624436782	0.003218391	3.229655172	0.178390805	0.078275758	0.005069697	0.020062121	0.000126364	1.191596639	0.746218487	2.546664962	1.462148338	0.027375	0.012458333	なし	なし	62.7781457	61.50331126				
最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.013	0.005	なし	なし	13.1	12.1				
最大値	30.79	0.1	43	2	1.89	0.08	0.51	0.005	4.2	2.6	52	21	0.09	0.03	なし	なし	223	224				
中央値	0.6	0	2	0	0.04	0	0.008	0	1.1	0.6	2.1	1.1	0.0245	0.011	なし	なし	46.75	47				
データ数	435	435	435	435	330	330	330	330	119	119	391	391	48	48	なし	なし	302	302				
標準偏差	2.875767139	0.014343428	4.284403001	0.367147669	0.152143133	0.012652631	0.041431788	0.000534678	0.677685115	0.516092285	3.177579128	2.042176635	0.013655928	0.004382533			44.0653697	42.53601733				
水質基準	2	2	5	5	0.3	0.3	0.05	0.05	5	5	10	10	1	1	1	1	300	300				
	濁度		色度		鉄及びその化合物		マンガン及びその化合物		有機物(TOC)		有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)		紫外線吸光度(E260)		紫外線吸光度(E260)		カルシウム、マグネシウム等(硬度)					
	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水		

まとめ

項目	濁度(度)		色度(度)		鉄及びその化合物		マンガン及びその化合物		有機物(TOC)		有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)		紫外線吸光度(E260)		紫外線吸光度(E260)		カルシウム、マグネシウム等(硬度)			
	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水	原水	浄水		
最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007	0.003	0.0118	0.005	0	0		
最大値	795	1.4	150	3	25	0.09	0.9	0.037	15.7	4.1	53.5	21	0.383	0.11	0.693	0.101	223	224		
データ数	3712	3712	3728	3728	2909	2909	3142	3142	1292	1292	3418	3418	449	449	322	322	2063	2063		
水質基準	2	2	5	5	0.3	0.3	0.05	0.05	5	5	10	10	1	1	1	1	300	300		

6. 海外文献調査

(1) UV Disinfection Knowledge Base 抄録

ISBN: 9781605731773

Author: Harold Wright, David Gaithuma, Mark Heath, Chris Schulz, Travis Bogan,
Alexander Cabaj, Alois Schmalweiser, Marcia Schmelzer, Janet Finegan-Kelly

Publisher: Water Research Foundation

Publication date: 2012

要約

目的

本プロジェクトの目的は水道の紫外線消毒の実務に関する知識情報集積集（ナレッジベース）を作成することである。

背景

ここ 10 年ほどでの規制・学術的・技術的見地からの水道水紫外線消毒の適用における変化は目覚ましいものがあった。その結果、水道事業者、技術者、政府関係者から、さまざまな疑問が生まれている。すなわち、誰が UV を導入しているのか、設計条件は何か、UV 照射量モニタリングと照射量調整は効果があるか、UV 装置の信頼性はどの程度か、UV 装置の維持管理にはどの程度の手が必要か、UV 導入後どのようなことがわかったか、である。

アプローチ

このプロジェクトは次のような内容で構成されている。

- ・ 事業者、規制当局者、コンサルタントからの水道の UV 消毒に関する課題と疑問の収集
- ・ 導入事業者への調査と導入システムの現場調査による UV システムに関するデータの収集と解析
- ・ 低圧高出力ランプと中圧ランプの破損による水銀の漏出の評価と工学的対策の立案

結果／結論

2008 年春に収集された調査データによれば、処理流量 0.5MGD (1,900m³/日) 以上の飲料水の UV 消毒が導入済み、または現在導入中である事業者が、カナダで 161 事業者、米国で 148 事業者ある。78%の UV システムはクリプトスポリジウムまたはジアルジアの不活化のために導入され、12%は 40mJ/cm² の“UV 照射量”に基づくウイルスの不活化のため、9%は従属栄養細菌、大腸菌群、または細菌の不活化のために導入されていた。24%の UV システムは地下水を、76%は地表水を処理していた。設計流量範囲は 0.03MGD (114m³/日) から 2,200MGD (8,300,000m³/日) であり、合計設計流量は 6.1BGD (23,000,000m³/日) である。設計 UVT (UV 透過率) は 70~98%の範囲で中央値は 90%であった。設計 UVT のヒストグラムは 85%、90%、95%でそれぞれ明瞭なピークを示しており、このことから、各事業者は設計 UVT を推定したか、もしくは測定 UVT データを切り上げ/下げしこれらの数値に合うようにしたか、のどちらかであることが示唆された。この限定されたデータからは、ランプエイジングとファウリングファクターは 60%から 90%の範囲で設定されていることが示された。52%の UV システムは濾過水を一括処理しており、一方 14%の UV システムは濾過池毎に個別に処理していた。

中圧 UV システムの損失水頭は 0.8 から 30 インチ、中間値 5.9 インチの範囲であった。低圧高出力 UV システムの損失水頭は 6 から 30 インチ、中間値 15 インチの範囲であった。73%のシステムは中圧 UV ランプ、27%のシステムは低圧高出力 UV ランプまたは低圧高出力アマルガムランプが使用されていた。標準的な出力範囲は、低圧高出力 UV ランプが 240 ～427W、中圧 UV ランプが 2.4～21.6kW であった。アマルガムランプと中圧 UV ランプの平均比（システム当たりランプ本数比）は 10 対 1 であった。中圧 UV システムは一般的に自動ワイパが装備されており、一方低圧高出力 UV システムは機械式または物理化学式の自動ワイパ、オフライン酸洗浄、あるいは手動洗浄が用いられていた。オフライン酸洗浄の薬剤にはリン酸やクエン酸が含まれていた。低圧高出力システムの 25%、および中圧システムの 53%の浄水場では、追加の手動洗浄が必要であったことが示された。

UV システムには DVGW または ONORM に準拠した、または独自の UV センサが用いられていた。ONORM センサは低圧高出力システムでより多く使用されており、一方 DVGW センサは中圧システムでより多く使用されていた。基準 UV センサで設置 UV センサをチェックしていた事業体はわずか 69%であり、その大半の事業体ではたった 1 台の基準 UV センサしか所有していない状態であったことが報告された。48%の事業体ではそれぞれの照射槽毎に流量計を使用していたが、一方 40%の事業体では複合流量に対して 1 つの流量計を使用していた。オンライン UVT モニタを使用していた事業体は 63%であり、UVT モニタのチェックを実施していた事業体はわずか 52%であることが報告された。このデータは UV システムの運用における QA/QC による改善の必要性を示している。

米国の 40%とカナダの 25%のシステムはオフスペック要件（UV 施設が性能確認を受けた範囲外の運転条件で運転していること、たとえば流量や UVT @LT2_UVDGM）を持っている。米国のシステムに関する報告では、UV 照射量と流量（78%）、UV センサの測定値と確認データ（55%）、UVT と確認データ（44%）、そして性能（33%）のオフスペックが含まれている。対照的に、カナダの報告では、UV 照射量と流量（90%）、UV センサのデータ（10%）、UV センサと UVT モニタの確認データ（5%）、そして性能に関するオフスペックは無かった。米国とカナダのシステムにおけるこの違いは、おそらく LT2ESWTR と UVDGM の影響を反映しており、それは米国においてより顕著である。

UV 照射槽の設置台数は、低圧高出力システムが 1～56 台、中圧システムが 1～15 台の範囲であった。驚くべきことに、低圧高出力システムの 18%、中圧システムの 34%において、1 台のみで使用されていた（すなわち、予備の照射槽が無い）。全ての低圧高出力システムは 1 系列につき 1 台設置されていたが、一方中圧システムの 5%では、到達 UV 照射量がより高いか NWRI-UV ガイドラインに合致するかのどちらかの為、1 系列につき 1 台以上が設置されていた。1 台以上を使用している UV システムの 62%では流量調整バルブを使用し、残りはパッシブフロープリッタを使用していた。ほとんどの低圧高出力システムは水平設置されていたのに対して、中圧システムの 79%は水平設置であり 21%は垂直設

置であった。低圧高出力システムの 25%と中圧システムの 35%では、UV 試験研究が実施された。

10%から 90%の範囲に入る一か月あたりのメンテナンス作業に要する時間は、低圧高出力システムで月あたり 1 から 20 時間、中圧システムで 1 から 10 時間であった。低圧高出力システムの 50%および中圧システムの 41%ではスリーブおよび UV センサ受光窓のファウリングが観察された。予備ランプ、スリーブ、バラスト、UV センサの中央値の比は、低圧高出力システムでは 12:2:3:1、中圧システムでは 4:2:1:1 であった（比率は予備品として保有している数の比）。事業体では UV 消毒に関して問題を観察しているが、総じて UV システムは効果的で運転と維持管理がシンプルであり、また UV 部品は保証期間以上の期間で性能を発揮し、ベンダは良好なサービスを供していると報告している。また、8 つの導入された UV システムの性能が評価された。その中の多くのシステムはバリデーションレポートへのアクセスがなく、どの様なアルゴリズムで UV 照射量をモニタリングしているかの理解がなかった。1 つのシステムは正当でないアルゴリズムを使用していた。不要な安全係数の使用、UV センサの設定値監視手法の非効率な実施、あるいは照射槽の減量運転の制限による過剰照射が顕著であった（たとえば 2 章から 3 章）。

UV センサの式を使って予測された数値と UV センサによって実際に読み取られた数値の比として計算されたランプエージングとファウリング指数の組み合わせは、ランプエージングとファウリングを定量化するために使われた。データはランプエージングが設計基準内にあることを示した。ファウリングは設置場所に特有であり、いくつかの場所では中圧ランプを使用していたとしてもファウリングは殆どなく、一方別の場所では時間とともに著しいファウリングを示した。ファウリングが観察された場所において、中圧ランプに対して機械式自動洗浄または物理化学ワイパを使用したことでスリーブと UV センサ受光窓は清澄に保たれた。しかしながら、スリーブ内側のファウリングは中圧システムにおける問題であった。オフライン酸洗浄を使用した低圧高出力システムにおいて著しいファウリングが観察された。PLC が UV 照射槽が要求する UV 照射量を供給していると示していれば、ファウリングが運転・維持管理コストに多大な影響を与えるとしても、オペレータは照射槽を洗浄しようとは思わない様である。

現場訪問は、オンライン UVT モニタの精度とキャリブレーションに関する重要な問題を明らかにした（誤差 2%以上を示す）。UV 照射量モニタリングにおける UVT モニタのエラーの影響は、照射槽のバリデーションレポートによって与えられる UV 照射量モニタリングアルゴリズムを使用して決定することができる。もし影響が許容できない場合、実験室の分光光度計によって測定した UVT を PLC に入力してモニタリングのために使用することができる。

中圧システムに対して使用する UV センサは低圧高出力システムで使用するものに比べてより変動性を示した。基準強度計との比較による中圧 UV センサの現場キャリブレーションは、UV センサの変動性を低減した。“湿式”UV センサ（センサが水と直接接触するも

の) をチェックすることは照射槽をドレンしなければならないために手間と時間がかかる。これらの UV センサは、受光窓を使用する“乾式”UV センサに改造することができる。

ランプ破損事故に伴う水銀漏出は、試験照射槽を使用して評価され、この結果、ランプ破損による水銀の移動はランプタイプと設置方向に依存することが示された。ランプが破損している間、気相水銀は水中に溶解して照射槽の下流に運ばれる一方、液体とアマルガム状態の水銀は照射槽の底に沈降する。運転中の低圧ランプと低圧高出力ランプによる気相水銀の質量は、運転中の中圧ランプに比べて桁違いに小さい。なぜなら前者は運転温度が後者に比べて極めて低いからである。

水銀の減災計画は、予防、ランプ破損の検出、水銀の漏出と輸送のモデリング、補足と封じ込め、サンプリング、汚染水の処理と廃棄、そして UV 照射槽の浄化と運転再開を含むものでなければならない。UVDGM では言及されていないが、スリーブの振動による共振はランプ破損の原因である。ランプ破損によるパイプ内や配水の下流域の水銀濃度は、移流拡散方程式、CFD モデリング、そしてトレーサー試験から得られた滞留時間分布によって予測することができる。このモデルは、低圧ランプまたは低圧高出力ランプの破損により分散した水銀濃度が最大許容濃度以下に低減することを予測する。中圧ランプの破損による分散も、長い配管、槽、あるいは配水池において最大許容値以下まで濃度減少すると予測される。もし希釈が不十分であった場合、水銀の漏出は下流のバルブや迂回路によって封じ込めが可能であり、その設置場所は破損事故検知からの応答時間及びバルブの閉止時間によって決定される。バルブの閉止動作時間は、スリーブ破壊圧力を超える水圧の原因となりうるウォーターハンマーによって制限される。

ランプ破損事故の対応計画には、採水場所、サンプリング頻度、汚染水の処理と廃棄、そして照射槽内部に残留している液体水銀またはアマルガム水銀と石英ガラス破片の浄化について記述しなければならない。照射槽下流のサンプリング場所は、輸送モデルを使用して予測された濃度分布に基づいて選択されなければならない。サンプルは USEPA Methods 1631E と 245.7 (検出限界 5ng/L 以下) を用いて分析しなければならない。照射槽内部残留水を含め、水銀が混入した水は硫黄添着活性炭を通過させて処理することができる。米国の多くの州では水生生物保護のため水銀の最大濃度を 12ng/L と指定しており、配水地域特定 TMDLs (日最大全負荷) では 1ng/L 以下と指定されている。

推奨

プロジェクトチームと参加した事業者は UV 消毒の実施を計画する事業者に対する膨大な推奨を特定した。UV 消毒を実施する事業者は、最適化されたバリデーションテストに基づく UVDGM2006 で指定された必要 UV 照射量、すなわち指標微生物 MS2 による換算紫外線照射量 40mJ/cm²、を考慮しなければならない。事業者は、設計基準を定義するための、UVT が設定されたしっかりとしたデータを収集しなければならない。設計に使用するため