

2011340.28A

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

経年化浄水施設における
原水水質悪化等への対応に関する研究

平成23年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 相澤貴子

平成24(2012)年5月

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

経年化浄水施設における
原水水質悪化等への対応に関する研究

平成23年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 相澤 貴子

平成 24 (2012) 年 5 月

目 次

I. 総括研究報告

- 経年化浄水施設における原水水質悪化等への対応に関する研究
相澤 貴子（公益財団法人 水道技術研究センター）

II. 分担研究報告

1. 高濁度原水の凝集処理に関する研究
長谷川 孝雄（NPO法人PSI協会）
2. 東北地方太平洋沖地震による水道施設の被害実態に関する研究
宮島 昌克（金沢大学）

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 （該当なし）

IV. 研究成果の刊行物・別刷 （該当なし）

添付資料

1. 研究体制
2. 中小規模水道を取り巻く現状
 - 2.1 現在給水人口（5万人以下、5万人超）別にみた各種比較
 - 2.2 クリプトスポリジウム等対策の現状
 - 2.3 浄水施設耐震化率の現状
 - 2.4 現在給水人口規模別にみた技術職員数等
 - 2.5 現在給水人口規模別にみた年間取水量内訳
 - 2.6 現在給水人口規模別にみた浄水方法別年間浄水量
 - 2.7 現在給水人口規模別にみた「年間取水量内訳」と「浄水方法別年間浄水量」の関係
 - 2.8 現在給水人口規模別にみた浄水施設耐震化率等
3. 原水水質悪化への対応に関する検討
 - 3.1 水質悪化等の実態調査
 - 3.2 高濁度対応処理技術の文献調査
 - 3.3 高濁度対応に関する室内基礎実験
 - 3.4 集塊化開始時間測定法による所要凝集剤量の検証
 - 3.5 検討WG等議事録
4. 耐震化促進等に関する検討
 - 4.1 水道施設の耐震診断状況に関するアンケート調査
 - 4.2 東北地方太平洋沖地震による水道施設の被害実態調査
 - 4.3 簡易耐震診断の改善手法案の検討
 - 4.4 耐震化促進に関する検討WG等議事録

I. 総括研究報告

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
総括研究報告書

経年化浄水施設における原水水質悪化等への対応に関する研究

研究代表者 相澤 貴子 公益財団法人水道技術研究センター主席研究員

研究要旨

近年の気候変動や異常気象による高濁度水の発生や有機物濃度、pHの上昇等原水水質の悪化が恒常化し、中小水道事業体では浄水処理の対応に苦慮している。一方、水道施設は全般的に耐震化の取組みが遅れており、特に浄水施設の耐震化率は平成22年度末現在で約19%と低い状況にある。また同時に、多くの施設が経年化とともに老朽化が進み、更新時期を迎えつつある。

本研究は、これらの課題を解決するため、原水水質の悪化を受けた浄水プロセスでの対応方策及び耐震化の促進方策を検討し、施設の更新に合わせた適切な施設改良等、水道施設並びに水質管理におけるリスク低減を目指すものであり、以下の具体的な検討課題を設定して取り組んでいる。

- (1) 原水水質悪化への対応の検討
- (2) 耐震化促進等に関する検討
- (3) 適切な施設更新によるリスク低減対策の検討

本研究の実施予定期間は平成23～25年度であり、本年度（平成23年度）は3か年計画の1年目であり、研究体制は、相澤貴子（水道技術研究センター主席研究員）を研究代表者とし、学識者及び水道技術研究センター役職員を研究分担者とするとともに、学識者、水道事業体・民間企業の技術者等を研究協力者として、本研究を実施した。

平成23年度の研究結果及び考察の概要は次のとおりである。

(1) 原水水質悪化への対応の検討

原水水質悪化の実態調査として、計画浄水量10,000 m³/日以下の急速ろ過方式浄水場を有する中小事業体を対象にアンケートや現地調査を行い、原水水質と施設運転状況等を把握した結果、事業体の約30%が原水水質に問題を抱え（このうちの40%は高濁度）、35%が運転マニュアル未整備であることなどが明らかとなった。また、凝集処理技術に関する文献調査では、文献検索ソフト等を利用して国内論文と報告書を中心にリスト作成と概要を整理した。これらの実態調査及び文献調査結果から高濁度原水の凝集処理に及ぼす施設・運転管理・水質等の要因を明らかにし、中小規模浄水場運転マニュアルの基礎データを得る目的で室内基礎実験を行った。国内の代表的な4種類の土壌を懸濁した高濁度試水を対象にアルミニウム系及び鉄系凝集剤を用いた凝集実験を行い、凝集処理に大きく影響する水質項目の整理と最適処理条件を検討した。その結果、高濁度領域の凝集処理では2種類の凝集剤は金属モル換算注入率で差異がほとんど無いこと、また、所要凝集剤量は濁度に依存することや共存する有機色度成分によって増加することが明らかとなった。

(2) 耐震化促進等に関する検討

事業体における耐震化の取組み状況や課題をアンケート調査した結果、取水・導水施設の多くが詳細耐震診断は未実施で、特に多くの中小事業体では水道施設詳細耐震診断の実施割合が低く、耐震化に向けての課題として経済面のほか人材面・技術面が挙げられた。この調査結果から詳細耐震診断実施済みの事業体を抽出し、詳細診断結果を収集した。更に、東北地方太平洋沖地震による浄水施設等の被害状況を調査してその特徴を把握するとともに、兵庫県南部地震以降の地震被害実態を精査した結果、浄水施設等の地震被害は、液状化等の地盤変状に伴い施設は甚大な被害を蒙ったが、それ以外では軽微な被害であっ

たことが分かった。これを基に、現行の診断項目と実被害要因との対比によって現診断手法の課題を抽出し、改善簡易耐震性判定手法の基本的手順を提案した。

なお、(3) 適切な施設更新によるリスク低減対策の検討については、本研究計画の3年目である平成25年度に、原水水質悪化に対応した適切な浄水処理方法や施設更新時の適用手法等の留意事項と、改善簡易耐震診断手法の解説、耐震化に当たっての留意事項等をそれぞれまとめ、これらを統合して「適切な施設更新によるリスク低減策の手引き(案)」を作成することとしている。

研究分担者氏名

藤原 正弘	水道技術研究センター	理事長
安藤 茂	水道技術研究センター	常務理事兼技監
武内 辰夫	水道技術研究センター	常務理事
鈴木 泰博	水道技術研究センター	主幹
高嶋 涉	水道技術研究センター	浄水技術部長
長谷川孝雄	PSI協会	常務理事
宮島 昌克	金沢大学	教授

※ A.研究目的、B.研究方法、C.研究結果、D.考察については、【原水水質悪化への対応の検討】【耐震化促進等に関する検討】のそれぞれに分けて記述し、E.結論、F.研究発表、G.知的所有権の取得状況については合わせて記述する。

【原水水質悪化への対応の検討】

A. 研究目的

水道原水水質は近年の異常気象などにより急激に変動することがあり、水道事業体、特に国内で大多数を占める中小規模水道事業体（以下「中小事業体」という。）では対応に苦慮している例が見られる。

本研究は、経年化が進行しているとみられる中小事業体の浄水場（急速ろ過方式）を対象として原水水質悪化の浄水処理への影響の実態を把握し、浄水処理を困難とする要因に対応する技術として浄水処理薬品の種類・使用条件・知見等を整理するとともに、室内及び検証実験の成果から中小事業体が比較的容易に採用が可能な浄水処理プロセスとこれによる施設改善方策を提案することを目的とする。

なお、本検討は、平成 23 年度から平成 25 年度までの 3 か年計画で実施することとしている。

B. 研究方法

平成23年度は、中小事業体浄水場の浄水処理の実態調査と、文献調査及び室内基礎実験による浄水処理の対応技術について検討した。

実態調査では中小事業体における原水水質悪化の状況や浄水処理への影響及び対応状況を把握するため、アンケート調査及びヒアリング調査を行った。

文献調査では浄水処理の対応技術として種々の凝集剤等の特性や知見を収集整理し、室内基礎実験では4種類の土壌を用いた模擬濁水を調整し、水質改善のための種々の凝集剤等の最適処理条件と適用可能性を検討した。

以下、具体的な研究方法を示す。

1. 中小事業体の浄水処理の実態把握

施設能力（計画浄水量）10,000m³/日以下の浄水場（急速ろ過方式）を対象とし、水質面及び維持管理面の課題等を把握するため、施設概要・施設諸元・原水状況・薬品注入操作及び施設運転管理等についての選択方式（一部記述式）設問によるアンケート調査を行い、中小事業体の抱える課題とその要因及び対応を整理した。

また、より詳細な原水悪化への対応の実態を把握するため、ヒアリング調査を実施し、高濁度原水の発生状況や水質異常時の対応方法・規程・管理体制などを整理した。

2. 文献調査による浄水処理技術等の整理

調査は、1)文献検索ソフト（J-Dream II）の活用（国内外文献）、2)水道協会雑誌、全国水道研究発表会、水道技術研究センター等報告書の検索によって行った。

検索に利用したキーワードは、高濁度、低濁度、色度、浄水、凝集沈殿、凝集剤とした。

3. 室内基礎実験による凝集条件等の検討

室内基礎実験は、豪雨により森林、畑などの表面土壌が表流水に流入することを想定し、河川水に国内の代表的な 4 種類の土壌を懸濁した模擬高濁度試水を対象に、アルミニウム系凝集剤（ポリ塩化アルミニウム;PAC）と鉄系凝集剤（ポリシリカ鉄;PSI）を用いた凝集実験を実施し、対応する濁度の処理に必要な凝集剤量及びアルカリ剤量と、発生污泥量を検討した。

(1) 模擬高濁度試水

模擬高濁度試水は北見、小田原、沖縄から採取した土壌と水田の底泥を想定した荒木田土の 4 種類を河川水(荒川表流水)に懸濁し、作成した。

水道統計水質編（平成 16 年～21 年版）から濁度分布を求め、その最高値を参考に、試水濁度の上限を 2,000 度として凝集処理実験を行った。

(2) 凝集実験

1) 所要凝集剤量

所要凝集剤量は、設定した濁度の試水を対象に、一般的に行われているジャーテスト法と集塊化開始時間測定法（凝集剤注入から初期フロックの形成が認められるまでの時間を測定し、予め求めておいた設定濁

度ごとの集塊化開始時間との関係から凝集剤注入率を決定する方法)により求めた。

2) 所要アルカリ剤量

河川水に乾燥した土壌を設定量懸濁し、それぞれに凝集剤を段階的に注入した後、上澄水のアルカリ度を測定して凝集剤注入に伴うアルカリ度消費量を求めた。

3) 発生汚泥量

模擬高濁度試水に所要凝集剤量を注入して凝集試験を行い、沈積したスラッジの1時間静置後の容量を測定して汚泥発生量とした。

4) その他の要検討項目

a. 濁度減衰時の処理性

高濁度時の浄水処理では、濁度上昇時に比べて濁度ピークを過ぎた減衰時の処理が難しく、その原因として微細化粒子が濁質の主体であることが挙げられていることから、高濁度試水を24時間静置した後に凝集試験を行い、処理性を検討した。

b. 有機色度成分共存の影響

原水にフミン酸などに代表される有機色度成分が共存する場合の所要凝集剤量を検討するため、ピートモスを蒸留水で抽出した人工着色水を有機色度成分とし、これを試水に添加して凝集試験を行った。

(倫理面への配慮)

本研究においては、研究対象者の人権擁護を必要とする調査又は人権への不利益を生ずる調査は行わず、また実験動物を用いる実験を実施しないことから、倫理面への問題は生じない。

C. 研究結果

1. 中小事業体の浄水処理の実態把握

(1) アンケート調査

水道統計(平成20年版)から調査対象条件に合致する419事業体を抽出して調査票を送付し、130事業体(140浄水場)から回答(回答率は31%)を得た。

1) 中小事業体が抱える課題

課題を原水水質面と運転管理面に分け、課題の要因及び対応状況について表1及び以下のとおり整理した。

原水水質面の課題があると回答した浄水

場数は42、そのうち高濁度は16、藻類は6であった。また運転管理面については30浄水場が凝集不良を課題と回答した。

表1 原水水質と運転管理上の課題

原水水質	浄水場	運転管理	浄水場
高濁度	16	凝集不良	30
藻類	6	ジャーテストとの不一致	3
油混入	3	薬品使用量	13
臭気	4	沈殿汚泥の性状	4
低水温	2	沈殿水濁度	8
低濁度	1	ろ過水水質	13
その他	10	その他	19
計	42	計	90

課題間の関連は表2に示すとおりで、凝集不良は原水水質の高濁度・藻類・低水温と関連があり、特に高濁度とは顕著な関連が見られた。

表2 水質面と運転管理上の課題の関連

		運転管理上の課題							計
		凝集不良	ジャーテストとの不一致	薬品使用量	沈殿汚泥の性状	沈殿水濁度	ろ過水水質	その他	
原水水質の課題	高濁度	11	1	1	1	3	0	3	20
	藻類	4	0	2	0	2	0	1	9
	油混入	1	0	0	0	1	0	1	3
	臭気	0	0	0	0	0	1	2	3
	低水温	2	0	0	1	0	0	0	3
	低濁度	0	0	0	1	0	0	0	1
	その他	0	0	0	0	0	3	4	7
	計	18	1	3	3	6	4	11	46

数値は浄水場箇所数(重複回答を含む)。

また、浄水施設の経年化(使用年数が法定耐用年数を超過)については、表3のとおり、機械設備が77浄水場、電気計装設備が92浄水場と、いずれも半数以上で経年化が見られた。

表3 経年化浄水施設の状況

種別	全体施設		経年化施設		経年化施設率	
	施設数	施設能力(m ³ /日)	施設数	施設能力(m ³ /日)	施設数	施設能力
土木・建築	140	607,875	0	0	0.0%	0.0%
機械設備			77	332,687	55.0%	54.7%
電気計装設備			92	416,353	65.7%	68.5%

運転マニュアル未整備は全体の35%(45事業体)を占めた。また、凝集不良を課題と回答した浄水場の運転マニュアル整備率は77%であり、凝集不良を課題としない浄水場のマニュアル整備率62%を上回った。

2) 水質面の課題の要因

表流水（自流及びダム放流水の河川水）の水質面における課題を流域環境と水源種別に分類すると表4及び表5のとおりであり、山林を流域とする河川で、また、施設能力5,000以上10,000m³/日以下の浄水場で高濁度を課題としている場合が多い。

表4 原水水質の課題と流域環境との関連

課題	流域環境	流域環境						計
		山林	畑	水田	牧草地	市街地	その他	
原水水質の課題	高濁度	12	3	7	0	1	1	24
	藻類	3	2	2	0	3	0	10
	油混入	3	1	2	0	0	1	7
	臭気	2	1	2	0	1	0	6
	低水温	2	0	1	0	0	0	3
	低濁度	1	1	1	0	1	0	4
	その他	4	2	3	0	3	0	12
計		27	10	18	0	9	2	66

(重複回答を含む。)

表5 高濁度を課題とする規模別浄水場数

水源種別	施設能力	規模別				計
		1000m ³ /日未満	1000以上3000m ³ /日未満	3000以上5000m ³ /日未満	5000m ³ /日以上	
河川自流		3	2	1	6	12
ダム放流水		0	0	1	2	3
伏流水		0	0	0	1	1
計		3	2	2	9	16

3) 凝集不良を課題とする浄水場の特徴

凝集不良を課題とした浄水場とそれ以外の浄水場に分類し、施設内容・原水水質の課題・施設能力等の要因別に比較した。

表6 凝集不良の関連項目

関連項目	分類	凝集不良の浄水場			
		30箇所		110箇所	
		実数	割合	実数	割合
沈砂池	有り	12	40.0%	22	20.0%
	無し	18	60.0%	88	80.0%
急攪池	混和時間(分)	3.24		3.61	
急攪池混和方法	フラッシュミキサ	21	70.0%	62	56.4%
	ポンプ拡散	1	3.3%	1	0.9%
	水流(う流)	1	3.3%	3	2.7%
	その他	0	0.0%	1	0.9%
	不明	7	23.3%	43	39.1%
アルカリ剤注入設備	有り	21	70.0%	36	32.7%
	無し	9	30.0%	74	67.3%
運転マニュアル	有り	23	76.7%	62	62.0%
	無し	7	23.3%	38	38.0%
原水水質の課題	高濁度	11	36.7%	5	4.5%
	藻類	4	13.3%	2	1.8%
	油混入	1	3.3%	2	1.8%
	臭気	0	0.0%	4	3.6%
	低水温	2	6.7%	0	0.0%
	低濁度	0	0.0%	1	0.9%
計	-	12	40.0%	96	87.3%
施設能力	~1000m ³ /日	1	3.3%	18	16.4%
	~3000m ³ /日	7	23.3%	34	30.9%
	~5000m ³ /日	5	16.7%	26	23.6%
	5000m ³ /日~	17	56.7%	32	29.1%
施設経年変化	土木・建築	0	0.0%	0	0.0%
	機械設備	20	66.7%	57	51.8%
	電気計装設備	21	70.0%	71	64.5%

その結果、凝集不良の浄水場では、以下の特徴が見られた。

ア 沈砂池及びアルカリ注入設備の保有率が高い。

イ 原水水質の課題は、高濁度、藻類及び低水温の順であった。

ウ 施設能力が5,000m³/日以上浄水場の比率が高い。

4) 原水水質悪化への浄水場の対応

原水水質に課題があると回答した浄水場の取水操作での対応状況は表7のとおりであり、高濁度を課題とする浄水場数16のうち11が取水停止又は取水制限の対応を行ったと回答した。

表7 原水水質悪化に対する浄水場の対応

課題	計	浄水場の対応				未回答
		取水停止	取水制限	通常取水	その他	
高濁度	16	7	4	2	0	3
藻類	6	0	0	3	1	2
油混入	3	3	0	0	0	0
臭気	4	1	0	2	1	0
低水温	2	0	0	2	0	0
低濁度	1	0	0	0	0	1
その他	10	1	0	4	2	3
計	42	13	6	18	6	9

(2) ヒアリング調査

高濁度の浄水処理への影響について実態の詳細を把握するため、ヒアリング調査を実施した。調査対象はアンケート調査対象の浄水場のほか、鉄系凝集剤(PSI)を導入している浄水場、急速ろ過方式から膜ろ過方式へ変更した浄水場(計画中も含む。)及び大規模事業体の浄水場とした。調査内容は高濁度原水の発生状況や、水質異常時の対応方法・規程・管理体制などとした。

表8にヒアリング調査対象事業体を示す。

1) 高濁度原水の発生状況

集中豪雨等により濁度が1,000度を超えたのは、K市、Te町、To町及びS市の4事業体であった。このうちK市では、集中豪雨が近年頻繁に発生しており、平成19年6月の豪雨では10,000度を超えた。Te町では、平成22年8月に水源貯水池法面が豪雨により崩壊して貯水池が泥水化し、濁水が浄水場へ流入した。To町やS市では、集中豪雨により原水濁度が急激に上昇する回数が増加傾向にある。

その他の事業体では、洪水調節や発電用

表 8 ヒアリング実施事業体

事業体	施設能力 (m ³ /日)	着目点
北海道 T e 町	1,716	断水（取水停止判断）
北海道 K 市	67,582	断水の長期化（取水停止判断）
北海道 T o 町	7,920	高濁度原水（施設運用方法）
北海道 S 市	10,900	高濁度原水（施設運用方法）
北海道 N 上水道企業団	5,960	浸漬膜による高濁度への対応
北海道 K 水道企業団	94,867	施設更新（急速ろ過→膜ろ過への変更）
埼玉県 T i 市	20,000	ダム放流による濁度上昇
静岡県 O 広域水道企業団	172,800	高濁度原水、沈殿池処理性に問題（流出濁度）
長野県 U 市	12,400	PSI 利用
徳島県 T o 市	99,000	PSI 利用
鹿児島県 K 市	110,000	高濁度原水、沈殿池処理性に問題（流出濁度）
鹿児島県 T 市	7,700	凝集沈澱+前ろ過+緩速ろ過採用

水等のダム放流によって濁度が急激に上昇する例や、集中豪雨による濁水が水源ダムに流入し長期に亘り高濁度状態が続く例が見られた。

2) 浄水場の対応

a. 異常高濁度への対応

K 市では原水の急激な濁度上昇により取水停止が遅れ、高濁度水が浄水場へ流入し、復旧に数日を要した。対策として運用規程を見直す一方、滞水池（原水調整池）を設置して取水停止時の水源を確保している。

Te 町は貯水池の泥水が浄水場に流入し、復旧に数日を要した。復旧後も濁度が浄水処理能力を超える状態が続き、応急的な高分子凝集剤の使用により長期に亘る高濁度水の処理に対応した。

To 町や S 市では取水管理規程や運用規程を整備し、取水停止や取水制限、取水再開を適切に行い給水への影響を回避し、Ti 市等は適切な凝集剤注入率や高塩基度 PAC による浄水処理で断水を回避している。

ダム貯留水の放流による影響を受けている N 上水道企業団や O 広域水道企業団では、ダム管理側からの放流情報を事前入手し、浄水処理での対応を図っている。

b. 鉄系凝集剤の使用

鉄系凝集剤を使用している 2 事業体（浄水場）では凝集剤を PAC から PSI へ変更した。変更の理由は浄水汚泥の有効利用や浄水中の残留アルミニウム問題への対応などである。2 事業体とも PSI 導入後の運転期間が短く、現状では凝集剤の変更による浄水処理の改善効果は明確となっていない。

c. 浄水方式の変更

急速ろ過方式から膜ろ過方式に変更した N 浄水場の原水水質は、上流のダム放流時や集中豪雨時に濁度が急上昇する他、降雨時には流域の牧場から堆肥等が流入し、大腸菌・アンモニア態窒素・有機物濃度が上昇するなど浄水処理対応が困難な性状である。このため運転管理は熟練技術者の豊富な経験を要したが、経験知が適切に継承できず運転管理が次第に困難となったため、施設更新に伴い運転管理面の簡素化に重点を置き、浄水方式を N 浄水場の原水性状と施設能力に適合したフローに変更した。

また、膜ろ過方式へ変更を予定している K 浄水場では、変更理由をクリプトスポリジウム対策、運転管理の簡素化、膜施設の将来性、敷地面積の制約としており、施設・維持管理の両面の簡素化が大きな要素となっている。

2. 文献調査

今回検索した 107 件の文献から高濁度関連文献の抄録をまとめるとともに、凝集不良を引き起こす水質要因の低濁度、色度などに関する文献もリストにまとめた。

1) 急激な高濁度発生の原因と課題等

台風時に 3,500 度まで上昇し、凝集剤の注入対応ができなかったという事例や、北海道 K 市で時間雨量 50mm 以上の集中豪雨により約 15,000 度の高濁度原水が浄水場に流入して機能不全に陥った事例の報告などがあった。

急激な高濁度発生時の課題として、適切な凝集処理対応の困難さ、特に、高速凝集沈殿池（高沈）の凝集処理の困難性、凝集剤過剰注入に対する抑制意識による注入不足などが報告されている。

2) 急激な高濁度水への対応技術

文献調査の結果は表 9 のとおりであり、凝集剤としてポリ塩化アルミニウム (PAC) や硫酸アルミニウムに有機高分子凝集剤を併用する方法が示されているほか、実用的に広く使われているかは不明であるが、キトサン系のバイオ凝集剤 (Biocoagulant) に関する報告もあった。

表 9 高濁度水への対応技術のまとめ

高濁度に対する対応技術	
凝集剤	硫酸アルミニウム、PAC バイオ凝集剤(Biocoagulant)
凝集助剤	有機高分子凝集剤
処理技術	粗ろ過(生物高速ろ過含む) 直接ろ過(多段ろ過を含む) ペレット流動床ろ過、膜処理(浸漬型)
凝集剤注入率 確定方法	荷電のコロイド滴定法 (一般法:ジャーテスト、ゼータ電位法)
反応機構	凝集剤注入量とアルカリ度の相関有 (急速)攪拌強度重要 ゼータ電位(濁度/色度同時除去は荷 電中和機構に依存せず)

処理技術では、直接ろ過(多段ろ過を含む)や膜処理(浸漬型)及び凝集沈殿の前処理としての粗ろ過が報告されている。

凝集剤注入率確定方法では、一般的なジャーテスト法のほか、荷電のコロイド滴定法が高濁度時に有効な方法として過去に提案されたが、実用化には至っていない。

なお、急激な高濁度水発生への対応の文献報告ではないが、実用化の可能性が期待できる凝集処理技術として、PSI や高塩基度 PAC などの新しい凝集剤があり、また凝集剤注入率確定方法では集塊化開始時間測定法の検討報告がなされている。

3. 室内基礎実験

(1) 模擬高濁度試水の特性

北見、小田原、沖縄で採取した土壌 1g を蒸留水 1 L に懸濁した模擬高濁度試水の特性を表 10 に示す。懸濁量と濁度の関係や粒径分布等が土壌ごとに異なり、土壌のアルカリ度消費量や有機物成分等にも差異が認められた。

表10 模擬高濁度用土壌及び試水の特性

		北見	小田原	沖縄
濁度	試水	950	480	1130
粒径分布(累積通過率50%径)	μm	5.0	11.1	6.0
pH	-	6.5	6.0	6.7
アルカリ度消費量	mg/L	5.5	3.5	13.1
塩素要求量	試水	0.4	0.5	0.04
	2.7 μmろ液	0.1	0.3	0.02
色度	1.0 μmろ液	5.7	11	45
TOC	2.7 μmろ液	0.8	0.9	0.8
DOC	1.0 μmろ液	0.7	0.9	0.8
E260	0.45 μmろ液	-	0.013	0.2
			0.2	0.034

(2) 凝集実験

1) 所要凝集剤量

ジャーテスト法により求めた模擬試水濁度と所要凝集剤量の関係を図 1 に示す。

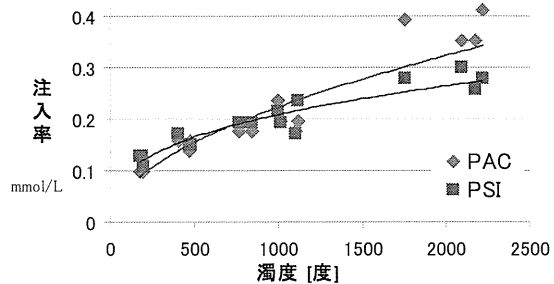


図 1 濁度と所要凝集剤量の関係

図 1 は、凝集剤主成分であるアルミニウムと鉄のモル濃度換算した凝集剤注入率を縦軸、試水濁度を横軸として、所要凝集剤量をグラフ化して示したもので、実験を行った濁度の範囲では 4 種類の土壌の違いによる所要凝集剤量の差異は認められず、凝集剤による差異もわずかであった。

集塊化開始時間測定法による試水濁度と所要凝集剤注入率の関係を図 2 に示す。実験は荒木田土を主体に実施し、他の土壌での実験結果もグラフに併記した。

ジャーテスト法による結果と同様に、土壌の種類や凝集剤の種類による所要凝集剤量の差異はほとんど認められなかった。

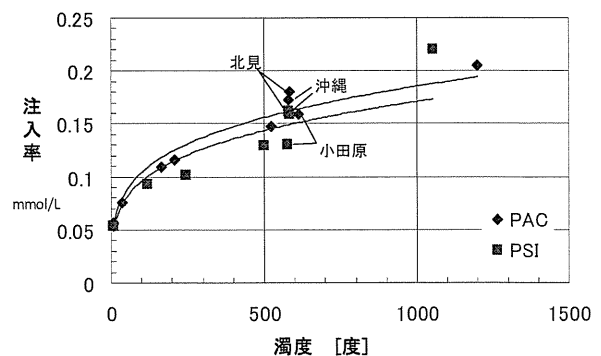


図 2 濁度と所要凝集剤量の関係
(集塊化開始時間測定法)

2) アルカリ度消費量

北見と沖縄の土壌で調製した模擬試水の凝集剤注入に伴うアルカリ度消費量を図 3 に示す。アルカリ度消費量は、土壌及び凝集剤により異なる傾向が見られた。

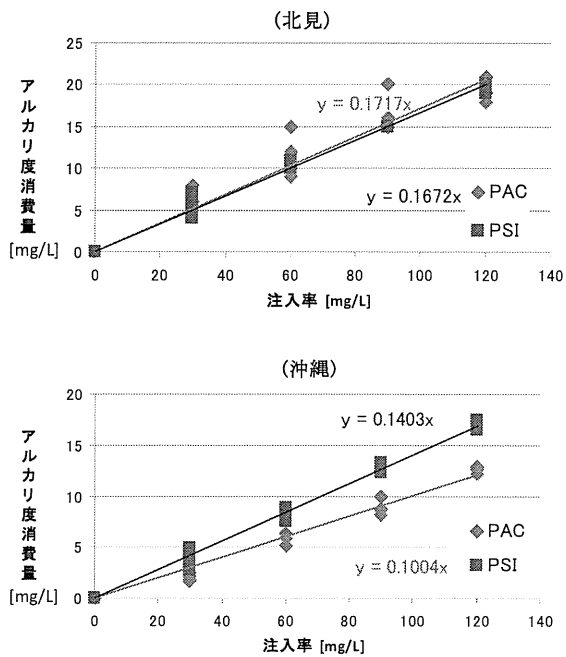


図3 凝集剤注入によるアルカリ度消費量

3) 発生汚泥量

高濁度試水を凝集した後の沈積汚泥量を測定し、1,000m³の浄水処理を行った場合の汚泥発生量に換算したものを図4に示す。

図には、各地の土壌のデータを凝集剤ごとに同一シンボルで示したが、土壌採取地や凝集剤の種類による差異はほとんど認められず、ほぼ濁度に比例して増加した。

また、原水濁度が高くなるにしたがって、汚泥濃度も高くなることが確認された。

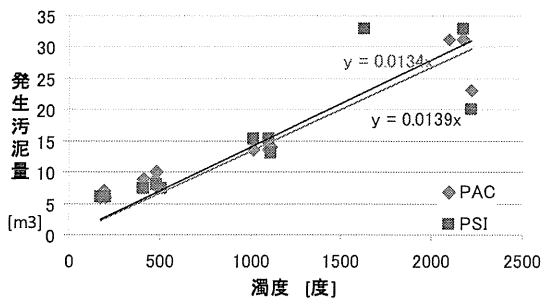


図4 原水濁度による発生汚泥量

4) その他の要検討項目

a. 濁度減衰時の処理性

表11は24時間静置した試水の凝集試験における所要凝集剤量、及び濁度が同程度の調製直後の試水を用いた所要凝集剤量を

示す。24時間静置試水を凝集した場合、濁度は調製直後の試水の1/2程度であるにもかかわらず、所要凝集剤量はむしろ高い数値となった。

表11 24時間静置試水の所要凝集剤量

	24時間静置 試水濁度 度	所要凝集剤量		調製直後 試水濁度 度	所要凝集剤量	
		PAC mmol/L	PSI mmol/L		PAC mmol/L	PSI mmol/L
北見	113	0.1373	0.1504	194	0.0980	0.1289
小田原	69.5	0.1569	0.1074	176	0.1373	0.1289
沖縄	62	0.0980	0.1289	201	0.0980	0.1074

b. 有機色度成分共存の影響

色度成分の相違による所要凝集剤量の関係を図5に示す。

この図中、有機系色度はピートモス抽出液、及び無機系色度は沖縄土壌を加えて各々24時間静置した模擬試水を示す。沖縄の土壌には、酸化鉄と思われる赤褐色の微コロイドが多量に含まれ、1μmろ紙による液中にも色度として検出された。

有機系色度を含む模擬試水では、色度成分の増加に伴って所要凝集剤量は大幅に増加したが、無機系の色度は影響を与えなかった。

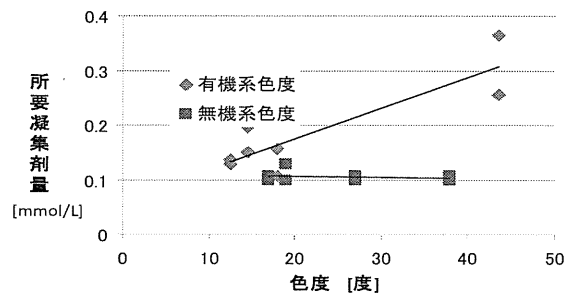


図5 色度成分の相違による所要凝集剤

D. 考察

1. 中小事業体の浄水処理の実態把握

凝集不良を課題とする浄水場では、沈砂池やアルカリ注入設備及び攪拌効率の高いプロペラ式フラッシュミキサなど、浄水処理を効率化する設備を設置している割合が高いが、原水濁度の急激な上昇等に施設能力や運転対応が間に合わない状況がうかがえることから、対応策としては施設改善や処理能力強化及び運転の改善等を検討する必要がある。

全体で 35%にのぼるマニュアル未整備浄水場に対しては、マニュアル整備による浄水処理の改善と維持管理の効率化の余地が大きい。

また、運転マニュアル整備率が高いにもかかわらず凝集不良が課題と回答した浄水場に対しては、原水悪化の状況にもよるが、急激な濁度変化などに対して適切に対応するための、水質異常時も考慮した運転マニュアルのレベルアップを図る必要がある。

設備が経年化し更新時期を迎えている浄水場は半数を超えており、凝集不良を課題とする浄水場では特に経年化率が高い。設備更新を契機として適切な浄水処理条件・操作や施設能力の見直しを行うことにより、改善が期待される。

また異常気象による集中豪雨の回数が増加している現状では、急激な濁度変化に対応するために、原水水質情報の迅速な入手手段の整備や水質変化の予測手法を確立することが重要である。

2. 文献調査

急激な濁度の上昇を伴う高濁度の発生原因の多くは、台風や集中豪雨などであり、浄水処理で確実に対応するには、施設能力や運転管理に問題を抱えていることが確認された。

また、急激な高濁時に対応できる幾つかの技術が報告されているが、実証・実用化レベルにある有効で確実な方法は多くはない。近年日本で新たに開発された PSI や高塩基度 PAC などの凝集剤や所要凝集剤注入量を判断する集塊化開始時間測定法は、有効な方法になる可能性もあるが現場データの情報量が少なく、その集積が必要である。

3. 室内基礎実験

(1) 高濁度原水の地域特性

実験に使用した土壌の組成は試水水質に影響を及ぼし、特に沖縄の土壌では、アルカリ度消費量が多いことや無機系の色度コロイドを多く含むなどの特徴が見られた。

したがって、原水取水域の土壌特性や土地利用などの情報を日頃から収集し、浄水処理に影響を及ぼす水質項目との関連を把握しておけば、豪雨等で水源へ高濁度水が流入した場合でも、浄水場の運転管理情報として利用できる可能性は大きい。

(2) 所要凝集剤量

図 6 に示すように模擬試水濁度と所要凝集剤量の関係は、原水濁度が 2,000 度程度までは凝集操作が可能であり、ジャーテスト法と集塊化開始時間測定法はほぼ一致した。このことから、今後、凝集剤注入率を算定する方法として、集塊化開始時間測定法を活用できる可能性がある。

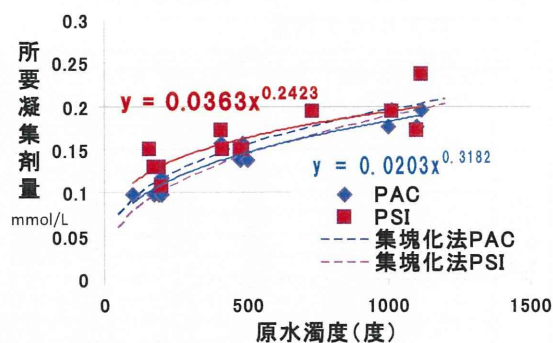


図 6 原水濁度と所要凝集剤量

(3) アルカリ度消費量

アルカリ度消費量は、地域特性を反映した原水水質と使用する凝集剤の影響を受けることから、凝集処理に要するアルカリ剤量は、実際の原水と使用凝集剤を用いて予め把握しておく必要がある。

(4) 高濁度原水への対応

ジャーテストなどの室内基礎実験では、模擬試水濁度と所要凝集剤量の関係から、原水濁度が 2,000 度程度までは処理が可能であった。しかし、実際には高濁度原水では大量の汚泥が発生し、その濃度も高濃度となることから、実施の排泥能力・排水処理施設能力に応じて浄水処理量を制限するか、対応可能な濁度となるよう原水濁度のピークカットをする等の対応策が必要である。また、施設能力にゆとりがなく高濁度原水を処理せざるを得ない場合は、凝集剤の変更や施設改善など他の対応策を講じる必要がある。

(5) 高濁度原水処理における留意事項

濁度等の急激な変動に対する確実な浄水処理に当たっては、浄水場の施設能力と原水水質変動に対応した所要薬品量が迅速に計算できるシステムを予め準備しておくことと万全な対策に繋げることができる。表 12 は凝集 pH を PAC は 7.0、PSI は 6.5 として、北見と沖縄の土壌を用いた室内実験データ

を基に所要薬品量を試算した結果を示しており、濁度と所要凝集剤量の関係、及び凝集剤注入率とアルカリ度消費量の関係から、原水の pH、アルカリ度及び濁度などの水質をパラメータとする簡易な必要薬品量試算式を策定できる。ただし、実用化には実原水で精度を高める必要がある。

表 12 原水条件による所要凝集剤量及び所要アルカリ剤量

原水		PAC		PSI		
pH	アルカリ度 mg/L	原水濁度 度	注入率 mg/L	アルカリ剤 NaOH-mg/L	注入率 mg/L	アルカリ剤 NaOH-mg/L
pH 7.0 北見 土壌	10	100	40	5.5	100	11.2
		300	60	8.2	130	15.2
		500	70	9.6	150	17.8
		1000	90	12.4	180	21.9
	20	100	40	5.5	100	9.7
		300	60	8.2	130	13.7
		500	70	9.6	150	16.4
		1000	90	12.4	180	20.4
	30	100	40	5.5	100	7.9
		300	60	8.2	130	11.9
		500	70	9.6	150	14.6
		1000	90	12.4	180	18.6

原水		PAC		PSI		
pH	アルカリ度 mg/L	原水濁度 度	注入率 mg/L	アルカリ剤 NaOH-mg/L	注入率 mg/L	アルカリ剤 NaOH-mg/L
pH7.0 沖縄 土壌	10	100	40	3.2	100	9.4
		300	60	4.8	130	12.8
		500	70	5.6	150	15.0
		1000	90	7.2	180	18.4
	20	100	40	3.2	100	7.6
		300	60	4.8	130	11.0
		500	70	5.6	150	13.2
		1000	90	7.2	180	16.6
	30	100	40	3.2	100	5.8
		300	60	4.8	130	9.1
		500	70	5.6	150	11.4
		1000	90	7.2	180	14.7

また、濁度減衰期など濁質が変化する場合は、所要凝集剤量は増加する。さらに、原水に色度が含まれる場合、成分組成やコロイド粒子径の違いは処理性に大きな影響を及ぼし、特に有機色度成分が共存する場合、所要凝集剤量は大幅に増加する。したがって、凝集剤の注入量管理に当たっては、これらの点に注意を要する。今後、策定予定の運転マニュアルには、これらの留意事項を記載することが重要である。

【耐震化促進等に関する検討】

A. 研究目的

水道施設の地震対策について、管路の耐震化は進みつつあるが、浄水施設の耐震化率は平成 22 年度末現在で約 19%と耐震化が遅れている。浄水施設の多くは昭和 40～50 年代及びそれ以前に建設されたもので

あり、経年劣化が進むとともに耐震性も劣っている。特に中小事業体ほど技術者も少なく、これらの耐震性向上の取組みを困難にしている。

本研究では、これらの課題を解決すべく、特に中小事業体における耐震化促進等を支援するための簡易耐震診断手法等を検討し、更新時における耐震化の促進による適切なリスク低減策を提案することを目的とする。

なお、本検討は、平成 23 年度から平成 25 年度までの 3 か年計画で実施することとしている。

B. 研究方法

平成 23 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震による被災浄水施設等を調査し、さらに水道事業体における耐震化の課題について調査する。また、浄水施設等の耐震診断に当たり、診断対象選定のための簡易耐震診断表（昭和 56 年 3 月、厚生省水道環境部）は新震度階に未対応でかつ診断表の提案以来既に 30 年余を経ているため、耐震化に際しての課題を整理するとともに、詳細耐震診断実施の事業体から詳細診断結果を収集し、簡易耐震診断表との比較による現行簡易診断表の問題点抽出と改善を行い、改定診断表（案）を作成することとしている。

平成 23 年度は水道事業体等へのアンケート調査により、浄水施設の耐震化取組み状況や耐震化への課題の整理を行うとともに、東北地方太平洋沖地震による被災浄水施設等の調査及び過去の地震による被災実態を整理した。さらに、被害実態の調査結果及び詳細耐震診断済の構造物への現行簡易耐震診断表の適用と詳細耐震診断結果の比較により改善手法案の検討を実施した。

以下、テーマごとに具体的な研究方法を示す。

1. 浄水施設の耐震化取組み状況と課題

厚生労働大臣認可事業体及び水道技術研究センター会員 535 事業体を対象に、浄水施設の耐震化状況や耐震化への課題に関するアンケート調査を行った。

なお震災影響等の事情に配慮し、岩手県、宮城県、福島県の事業体については対象外とした。

2. 東北地方太平洋沖地震における被害実態

被災 5 県（岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県）の水道行政担当部署を対象にアンケート調査によって浄水施設等への被害実態を調査し、顕著な被害のあった浄水場等については、現地調査及びヒアリング調査（津波被害については調査対象外とした。）を行った。

3. 簡易耐震診断手法改善案

詳細耐震診断済の構造物及び現行の水道施設耐震工法指針により設計された構造物について、現行簡易診断表によるケーススタディを実施した。東北地方太平洋沖地震やその他の地震における被害実態及びこのケーススタディ結果を基に簡易耐震診断手法の改善案を検討した。

（倫理面への配慮）

本研究においては、研究対象者の人権擁護を必要とする調査又は人権への不利益を生ずる調査は行わず、また実験動物を用いる実験を実施しないことから、倫理面への問題は生じない。

C. 研究結果

1. 浄水施設の耐震化取組み状況等と課題

事業体における耐震化状況や課題を調査した結果、図 7 に示すとおり取水・導水施設の多くは詳細耐震診断が未実施であった。

多くの中小事業体では水道施設全般の詳細耐震診断の実施割合が低く、耐震化に向けての課題として、以下の事項が挙げられた。

- ・ 経済的課題：多くの対象施設があり、多額の費用確保が必要
- ・ 人材的課題：専門技術職員の確保と技術継承の実施が必要
- ・ 技術的課題：既存資料の整備が必要。低コストかつ効率的な耐震技術の開発・確立が必要
- ・ その他：耐震工事中の代替施設の確保が必要（水運用が困難）

また、簡易耐震診断の実施状況は、詳細耐震診断と同様に中小事業体での実施割合が低い結果であって、中小事業体では耐震化に対する取組みが大きく遅れていること

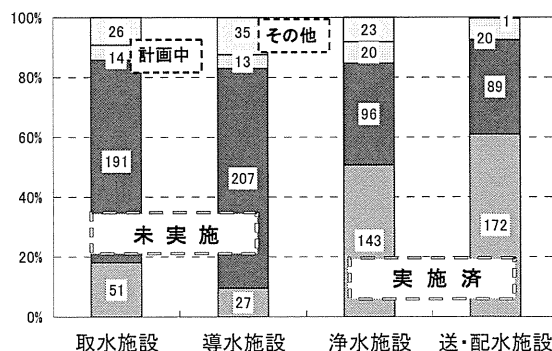


図 7 詳細診断の実施状況

が明らかになった。

なお、簡易耐震診断結果と比較するために、詳細耐震診断実施済みの事業体を抽出し、その事業体における水道施設の詳細診断結果を収集した。

2. 東北地方太平洋沖地震における被害実態

浄水施設の被災状況に関する被災 5 県の水道行政担当部署へのアンケート調査の結果、福島県を除く 4 つの県から回答が得られた。浄水施設の被害としては、傾斜板の移動・滑落などがあったが、長期にわたる機能停止を伴う甚大な被害のあった浄水場は、以下の蛇田浄水場など 3 浄水場であった。これらの浄水場については、現地調査及びヒアリング調査を行った。

- ・ 宮城県：石巻地方広域水道企業団
蛇田浄水場
- ・ 茨城県：茨城県企業局鹿行水道事務所
鱒川浄水場
- ・ 千葉県：神崎町水道事業 神宿浄水場

これらの被害実態調査の結果、地震動そのものによる浄水施設等の地震被害は見当たらず、液状化等の地盤変状に伴う被害がほとんどであった。また、兵庫県南部地震以降の地震被害実態を精査した結果も同様の傾向を示し、浄水施設等の地震被害については、液状化等の地盤変状により施設は甚大な被害を蒙ったが、それ以外では軽微な被害であったことが分かった。

3. 簡易耐震診断手法改善案

現状の簡易診断手法は、耐震性の要因項目を点数化し、その総合評点で耐震性を評価するものであるが、診断のためには全項目の点数化が必要である。人材的・技術的課題を有する中小規模事業体における耐震化を促進するためには、極力簡易な手法を

提案する必要がある。

そこで、液状化等の地盤変状に伴って施設は甚大な被害を蒙るが、それ以外では軽微な被害に留まるという被害実態を反映し、かつ、全項目点数化を必要としない場合があることを考慮して、

- ・被害の有無を左右する液状化等の発生の可能性に基づく「第1次評価」、
- ・次に、適用した耐震工法指針の変遷を考慮して、建設年代による「第2次評価」、
- ・次に構造物の地震動への抵抗力すなわち構造的強度に基づく「第3次評価」の段階的な耐震性診断手順を提案した。

この手順は、診断作業の簡略化とともに、被害実態に見合った評価が可能で、施設の弱点が明確になる利点を有する。

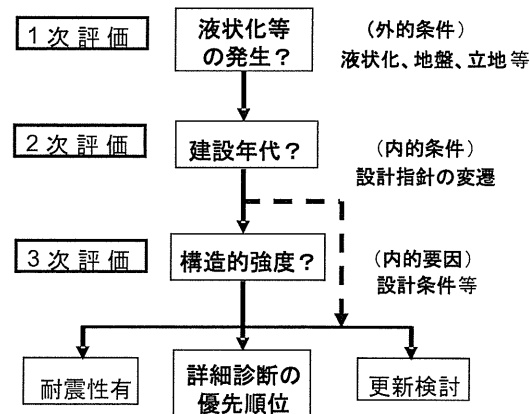


図8 改善診断手順案

また、現行簡易診断表における構造的強度評価の課題を見出すために、詳細耐震診断を実施済の浄水池・配水池に簡易耐震診断表を適用するケーススタディを行った。表13はその対象とした浄水池・配水池の概要であり、A～Gは詳細耐震診断を行った結果、耐震性がないと評価された浄水池・配水池である。一方、H配水池は現行の指針で設計施工され、耐震性ありと評価される構造物である。

表14にケーススタディ結果を示す。この表中の評点が高いほど耐震性が低いが、十分な耐震性を有するH配水池が、耐震性なしと判定されたA～Gの浄水池・配水池よりも低い耐震性の判定結果となるという不合理を生じている。

このことから、簡易耐震診断における構造的強度評価手法の見直しの必要性が示唆

された。

表13 ケーススタディ対象の構造物

施設名	建設年度	構造形式等	容量
A 浄水池	S55	RC_フラットスラブ*	7,200m ³
B 浄水池	H1	RC_フラットスラブ*	5,000m ³
C 浄水池	S52	RC_フラットスラブ*	500m ³
D 浄水池	S51	RC_フラットスラブ*	300m ³
E 配水池	S37	RC_壁	700m ³
F 配水池	S52	RC_壁	330m ³
G 浄水池	S55	RC_壁	200m ³
H 配水池	※	RC_フラットスラブ*	32,600m ³

※H配水池は現行の設計指針での設計

表14 ケーススタディ結果

評価項目	A 浄水池	B 浄水池	C 浄水池	D 浄水池
位置	1.0	1.0	1.0	1.0
材質	1.0	1.0	1.0	1.0
壁面積/池面積	1.5	1.5	1.0	1.5
総深	1.0	1.0	1.0	1.0
型式	1.4	1.4	1.4	1.4
上置土厚	1.0	1.2	1.0	1.0
評点	2.1	2.5	1.4	2.1

評価項目	E 配水池	F 配水池	G 浄水池	H 配水池
位置	1.0	1.1	1.1	1.0
材質	1.0	1.0	1.0	1.0
壁面積/池面積	1.0	1.5	1.5	1.5
総深	1.0	1.0	1.0	1.3
型式	1.4	1.0	1.0	1.4
上置土厚	1.0	1.0	1.0	1.0
評点	1.4	1.7	1.7	2.7

※評点は各評価項目の相乗値

※評価項目は現行簡易診断表の評価項目の内、構造的強度に係わるものを抜粋

※評点が高いほど耐震性が低い評価となる

D. 考察

1. 浄水施設の耐震化の取組み状況等と課題

アンケート調査結果から、耐震診断の実施状況及び耐震化に向けた課題が明らかになった。耐震化の取組は中小規模水道において大きく遅れ、その課題として経済面の

ほか、人材的・技術的面が挙げられており、中小事業体での耐震化促進のためには、その取組みを手助けする簡易な手法が求められている。このため、本簡易診断手法による詳細診断施設の優先順位付けや更新への道筋の提示などが有効な方法であると考えられる。

2. 東北地方太平洋沖地震における被害実態
被害実態調査により、浄水施設の地震動による被害は、傾斜板の移動・一部滑落等の軽微なものが多く、甚大な被害はほとんど見当たらないが、液状化等の地盤変状に伴って甚大な被害を生じていることが分かった。この被害実態は浄水施設等の地震に対する弱点を明確に示しており、その弱点を把握する診断手法が今後の耐震化の促進に寄与することができる。

3. 簡易耐震診断手法改善案

被害実態の調査結果及び詳細耐震診断済構造物に現行簡易耐震診断表を適用するケーススタディにより、現行簡易診断表の課題を見出すとともに、「地盤液状化」、「建設年代(耐震工法指針の変遷を考慮)」、「構造的強度」の3段階評価の手順を提案した。今後はケーススタディで明らかとなった構造的強度の評価について、必要部材厚や鉄筋量等による判定の導入など、その詳細手法を検討する必要がある。

E. 結論

「原水水質悪化への対応の検討」及び「耐震化促進等に関する検討」とともに、当初計画どおり各種の実験・調査等を行って研究を進めた。

具体的には、近年の異常気象等による水道原水悪化に伴う浄水処理システムの改善や耐震化が必要な中小規模水道事業体を対象に、原水悪化への対応状況及び浄水施設耐震化の取組み状況を調査・解析するとともに、改善すべき課題を整理した。その結果、高濁度水に苦慮する事業体が多く、これへの対応が急務であることが明らかになった。水道原水の高濁度発生要因は豪雨による水源域への土壌流入であると想定し、模擬的に調整した土壌懸濁水の濁度、アルカリ度、有機性色度等の水質と凝集処理に

おける所要凝集剤量との関係を求めた結果、原水水質による差異が認められたことから、流域環境の異なる実原水による検証が必要である。

また、浄水施設の耐震化の取組みが遅れていることから、この促進のため、東北地方太平洋沖地震等における水道施設被害実態を調査・把握し、これを基に改善簡易耐震診断手法のコンセプトとして診断手順案を提案した。

今後は、これらの成果を基に、検討に必要な凝集実験や現行簡易耐震診断手法の改善を継続し、原水水質悪化への適切な対応手法や簡易耐震診断手法の確立を図ることとしており、以下の内容を予定している。

1. 原水水質悪化への対応の検討

原水水質悪化で解決すべき優先課題は、高濁度対応であることから、室内基礎実験に引き続き模擬原水や実原水を用いた室内実験及び小型プラント実験を実施し、その結果を既得知見と併せて解析し、中小水道事業体の現有施設をケーススタディに応用・解析し、対応技術への適用可能性や施設改善の必要性を評価する。

2. 耐震化促進等に関する検討

詳細診断法と現行の簡易耐震診断法の比較及び課題整理を継続し、現行簡易耐震診断表の問題点抽出と改善により簡易耐震診断表の改定案を作成して、ケーススタディでその有効性を確認する。またその結果に基づく改善簡易耐震診断手法を提案し、中小事業体向けにこの手法の解説等をまとめる。

3. 適切な施設更新によるリスク低減対策の検討

原水水質悪化に対応した適切な浄水処理方法や施設更新時の適用手法等の留意事項と、改善簡易耐震診断手法の解説、耐震化に当たっての留意事項等をそれぞれまとめ、これらを統合して「適切な施設更新によるリスク低減策の手引き(案)」を作成する。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

- ・ 渡部英、鮫島正一、高嶋渉、安藤茂、滝沢智、藤原正弘：気象変動に対応した浄水場取水地点における原水水質予測システムの開発、第62回全国水道研究発表会講演集 pp.158-159
- ・ 住谷敬太、川端洋之進、服部和夫、増田靖、長谷川孝雄、笹沼健、庄司浩史、古橋嘉一：「霞ヶ浦を水源とする浄水場における浄水処理手法の改善に係る協同研究(VI) - ポリシリカ鉄を用いた強化凝集による溶解性有機物及び藻類の処理性評価 -」、第62回全国水道研究発表会講演集、2011、pp.222-223
- ・ 川端洋之進、住谷敬太、高橋裕司、佐々木洋、長谷川孝雄、笹沼健、庄司浩史、古橋嘉一：「霞ヶ浦を水源とする浄水場における浄水処理手法の改善に係る協同研究(VII) - ポリシリカ鉄を用いた強化凝集が粒状活性炭に及ぼす影響 -」、第62回全国水道研究発表会講演集、2011、pp.224-225
- ・ Adachi, W., Amano, M., Suzuki, Y., Fujiwara, M.: Development of Performance Assessment Method for Drinking Water Infrastructure, the 4th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition, 2011 October, Tokyo, Abstract p.150
- ・ Adachi, W., Uchikoshi, Y., Takahashi, Y., Fujiwara, M., Miyajima, M.: Research Activities on Earthquake-proofing of Waterworks Facilities in the Japan Water Research Center, Proceedings of International Conference on Drinking Water Safety, Security and Sustainability, p.104, 2011 10, Hangzhou, China
- ・ Miyajima, M.: Lessons from the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami Disasters, Proceedings of 7th Japan-US-Taiwan Workshop on Water System Seismic Practices, 7p. 2001.10. (CD-ROM)
- ・ Kanmatsuse, M., Adachi, W., Ando, S.,

Fujiwara, M., Miyajima, M.: Technical Assistance Tools for Improving Earthquake Resistance of Drinking Water Infrastructure, Proceedings of 7th Japan-US-Taiwan Workshop on Water System Seismic Practices, 10p. 2011.10. (CD-ROM)

- ・ 宮島昌克：2011年東日本大震災における水道施設の地震被害の特徴、第3回相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム論文集、pp.43-47, 2011.12.

・ Miyajima, M.: Damage to Water Supply System Induced by the 2011 Great East Japan Earthquake, Proceedings of International Symposium on Engineering Lessons Learned from the Giant Earthquake, 8p., 2012.3. (CD-ROM)

- ・ Takashima, W., Watanabe, S., Sameshima, S., Takaizawa, S., Fujiwara, M.: Raw water turbidity corresponding to weather variation, IWA World Water Congress and Exhibition, 2012.9, Busan Korea (registered)

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得
該当なし

2. 実用新案登録
該当なし

3. その他
該当なし

Ⅱ. 分担研究報告

高濁度原水の凝集処理に関する研究

研究分担者 長谷川 孝雄 NPO法人PSI協会 常務理事

研究要旨

高濁度原水の処理限界の明確化と高濁度時の運転指針策定の基礎データ収集を念頭に、室内基礎実験を実施した。河川水に土壌を懸濁した試水を対象に、アルミニウム系及び鉄系凝集剤を用いた室内基礎実験を、①所要凝集剤量の把握、②所要アルカリ剤量の把握、③発生汚泥量の把握、及び④要検討項目の抽出の4点を目的として実施した。

実験結果より、原水濁度に対する所要凝集剤や発生汚泥量の推定が可能となり、実施の容量や性能との兼合いにより処理限界濁度を設定できる基盤が得られた。また、原水 pH、アルカリ度、濁度を設定すれば、所要の凝集剤とアルカリ剤を推定することが可能となり、運転指針策定時に検討を要する項目として、濁度減衰時や有機系色度共存時の処理に所要凝集剤量が増加すること等が挙げられた。

A. 研究目的

中小の浄水施設において、異常気象などで惹起される原水水質悪化への対応策は、自ずと限定される。アンケート調査によって設定された平成 23 年度の具体的な水質悪化事例である高濁度原水に関しては、対応する浄水操作は凝集となる。

高濁度原水への対応方法は、その程度により変化し、ある原水濁度までは浄水操作で対応することとなるが、それ以上の濁度上昇や長時間の高濁度継続が予測される場合は、高濁度原水の凝集操作、或いは大量に発生する浄水汚泥対策の観点から浄水操作を停止し、高濁度原水が過ぎ去ってから浄水操作を再開するのが被害を最小限に食い止める手段となる。

しかし、個々の浄水場は、要員や施設能力、水源状況などがそれぞれ異なり、一律に浄水操作停止の条件を設定することは困難である。それぞれの浄水場が独自の「高濁度原水対応マニュアル」を作成し、適切に運用していればよいが、アンケートなどを通じた実態調査では、中小事業体でこれらのマニュアルに類するものの整備率は低いのが現状である。また、(社)日本水道協会刊行の「水道維持管理指針」などにも、高濁度原水の対応策は記載されているが、総括的な記述にとどまり具体的・技術的な指針は示されておらず、浄水場での処理限界等についての文献も見当たらない。

そこで、最も一般的な浄水方式である急速ろ過方式における、1)高濁度原水の処理限界の明確化、2)高濁度原水処理の運転指針作成の基礎データの蓄積に資するために室内基礎実験を実施した。

このため、室内基礎実験の具体的な目的は、高濁度原水処理に対応する、①所要凝集剤量の把握、②所要アルカリ剤量の把握、③発生汚泥量の把握、及び④要検討項目の抽出の4点を目的とした。

B. 研究方法

室内基礎実験は、豪雨により森林、畑などの表面土壌が表流水に流入することを想定し、河川水に国内の代表的な4種類の土壌を懸濁した高濁度試水を対象に、アルミニウム系凝集剤（ポリ塩化アルミニウム；PAC）と鉄系凝集剤（ポリシリカ鉄；PSI）を用いた凝集実験を実施し、種々の検討を行った。

① 模擬高濁度試料とその特性

模擬高濁度試水は北見、小田原、沖縄から採取した土壌と水田の底泥を想定した荒木田土の4種類を河川水（荒川表流水）に懸濁し、調製した。

水道統計によると、平成16年から21年までに原水濁度が300度を超えた回数は168回あり、その内2,000度を超えたのは3回であったことを参考に、実験に用いる試