

厚生科学研究研究費補助金

生活安全総合研究事業

水道技術の高度化に関する研究
飲料水中の微生物による感染症対策に関する研究
高効率浄水技術開発研究

平成12年度 総括研究報告書

主任研究者 藤原 正弘
(財団法人 水道技術研究センター)

平成13(2001)年4月

目 次

I. 総括研究報告書

水道技術の高度化に関する研究

飲料水中の微生物による感染症対策に関する研究 ----- 1

高効率浄水技術開発研究 ----- 5

藤原 正弘（財団法人 水道技術研究センター）

II. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 10

III. 研究成果の刊行物・別刷

(1) S. Morita, M. Suzuki, N. Motoyama, T. Morioka, H. Hoshikawa, M. Fujiwara, and T. Hirata (2001) The effects of temperature and intensity on the efficiency of ultraviolet irradiation for inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts., IWA Asia-Pacific Regional Conference, (in press)

(2) 船水尚行、伊藤雅喜、眞柄康基、藤原正弘、川村幸生ほか（2000）低濃度濁度計の基礎的性能評価に関する研究、水道協会雑誌、69巻9号、26-38

厚生科学研究費補助金(生活安全総合研究事業)
総括研究報告書

平成12年度 飲料水中の微生物による感染症対策に関する研究

主任研究者 藤原正弘 財団法人水道技術研究センター専務理事

研究要旨

本研究は感染性微生物等で原水が汚染されているおそれのある水道において、有効かつ経済的な除去および不活化技術の開発を行うものであり、クリプトスポリジウム疑似トレーサーを用いた浄水処理実験と、クリプトスポリジウムおよびジアルジアの紫外線による不活化実験、微粒子カウンター等代替観測機器の有効性の検討に関する研究を行うものである。

A. 研究目的

現在、クリプトスポリジウム等原虫類による水道水汚染が世界的に問題となっている。わが国でも平成8年夏に埼玉県越生町において、水道水中のクリプトスポリジウムにより、給水人口の63%である8,705人が発症するという集団感染事故が発生した。このような状況の中、感染性原虫類に対する抜本的な対策を実施し、国民が安心して利用できる安全な水道を確保することが急務となっている。

本研究では原水が汚染されているおそれのある水道において、有効かつ経済的な除去および不活化技術の開発を行うものである。

B. 研究方法

1. トレーサー粒子によるろ過効果の確認実験

急速ろ過によるクリプトスポリジウム等原虫類の除去性を評価するため、神奈川県内広域水道企業団西長沢浄水場に設置された、処理量1,500m³/日の実験プラントにおいて、クリプトスポリジウム疑似トレーサーを使った除去実験を行った。疑似トレーサーは本研究で開発したPMMA(ポリメチルメタアクリレート)トレーサーとPS(ポリスチレン)トレーサーの双方を使用した。

2. 紫外線によるジアルジア嚢子の不活化実験

平成12年度は紫外線による *Giardia*

lamblia シストの不活化実験を行った。実験方法は調整した細胞に対し、紫外線照射装置を使って必要量紫外線を照射し、一定期間培養の後、生存細胞数を計数して不活化効果を評価した。

3. 紫外線によるクリプトスポリジウムオーシストの不活化実験

精製 *Cryptosporidium parvum* オーシストに紫外線を照射し、マウス感染により不活化を評価した。また不活化に及ぼす水温と、紫外線線量率の影響を調べた。

4. 代替観測機器の有効性の検討

微粒子カウンター機種間における測定値のばらつきの原因及び対策を検討するため、各機種のキャリブレーションの実施、各粒径を検出する閾値電圧の校正及び調整を実施した。これらの計器を用いて実験プラントによる浄水処理過程における標準粒子及び濁質粒子の測定を行い、各機種の測定結果の比較を行うことにより、代替観測機器としての有効性の検討を行った。

(倫理面への配慮)

動物実験を行う場合、実験は原虫類を専門に扱っている期間となる。そこでは動物実験に対する委員会が存在し、虐待が行われることは考えられない。

C. 結果

1. トレーサー粒子によるろ過効果の確認実験

開発した疑似トレーサーを使ったろ過

効果の確認実験を、実規模の実験施設において行った。

1) トレーサー粒子の処理性比較

平成11年度まで使用してきたPMMAトレーサー（比重1.19）と、比重がクリプトスポリジウムオーシストに近い新たに開発したPSトレーサー（比重1.05）とを実験施設に同時添加し、処理性の比較を行った。

その結果、凝集沈殿工程ではPMMAトレーサーが平均0.63log、PSトレーサーが平均0.57logとPMMAの方が高い除去率を示し、また急速ろ過工程においてもろ過速度120m/日でPMMAが平均2.07log、PSが平均1.93logとPMMAの方が高い除去率を示した。

2) 凝集沈殿工程における除去特性

平成11年度までの研究より、沈殿池におけるトレーサー粒子の処理性は諸条件により変動することが確認された。平成12年度は中でも最も強く影響及ぼす因子である原水濁度と水温に注目し、各々の関係から運転管理上の留意点の検討を行った。

原水濁度との関係については、原水濁度が低いほど、除去率が低下する傾向が認められた。これはフロックが濁度成分に比して凝集剤の量が多くなり、膨潤で密度が小さい状態となったため、沈殿効率が低下したものと考えられた。

水温との関係については、原水水温が低いほど、高い除去率が得にくくなり、粘性の変化に起因すると考えられた。

3) 急速ろ過工程における除去特性

原水濁度および原水水温とトレーサー除去率の関係については、凝集沈殿と同様に原水濁度や原水水温が低いほど、処理が不安定になることが確認された。

またろ過砂の熟成の度合いと処理性の関係について調べたところ、ろ過砂入れ替え直後から100日まで、トレーサーの除去効率が変わらなかったことから、影響はないものと考えられた。

4) ろ層内におけるトレーサー抑留状況の調査

ろ層内におけるトレーサーの抑留状況を調べた。その結果、逆洗後もトレーサーはろ過砂内部に残留していることが明らかになった。

2. 紫外線によるジアルジア嚢子の不活化実験

1) 25mWs/cm²以上の照射条件における定性的解析

5×10⁵個の*Giardia lamblia*栄養体に対し、1~400mWs/cm²の紫外線を照射した結果、25mWs/cm²以上で不可逆的な増殖阻害を引き起こし、栄養体は死滅した。また100mWs/cm²では、照射直後に栄養体は死滅した。

2) 1~25mWs/cm²以上の照射条件における定性的解析

5×10⁵個の*Giardia lamblia*栄養体に対し、1~25mWs/cm²の紫外線を照射し、培養3日後の細胞を観察した結果、1mWs/cm²の照射で増殖阻害が観察された。

3) *Giardia* 増殖モデル実験

正常細胞と紫外線を照射した死細胞を様々な割合で混合した後培養した。その結果、90%死細胞の集団において、初期細胞数を10,000とした場合、3~7日の培養により正常な1,000細胞の増殖を確認できた。このことは、10⁴細胞を用いた系であれば、3~7日の培養により10%の生存率を証明できることがわかった。

3. 紫外線によるクリプトスポリジウムオーシストの不活化実験

1) 20℃、紫外線照射線量率0.23mWs/cm²における不活化力

20℃、紫外線照射線量率0.23mWs/cm²の条件下でオーシストを曝露させた結果、感染力1log低下させるのに必要な紫外線照射線量は0.7mWs/cm²であり、著しい感受性を示した。

2) 水温の影響

水温5、10、30℃における紫外線照射線量と感染力の低下の関係を調べた。その結果、感染力を一定レベル減少させるのに必要な紫外線照射線量の増加は、温度が10℃低下しても僅か7%程度、20℃の低下

でも 14% にすぎなかった。

3) 紫外線照射線量率の影響

水温 20℃ で線量率を変えて紫外線を照射したときの感染性の低下状況を調べた。その結果、感染性を 2log 低下させるのに必要な紫外線照射線量は、線量率 0.048、0.12、0.60mW/cm² のときそれぞれ 1.2、1.2、1.3mWs/cm² と計算された。したがって、照射線量率を 10 倍に増加しても、同一レベルの不活化を達成するのに必要な照射線量は計算上わずかに 10% 程度にすぎないことが示された。

4) 脱囊

脱囊評価系でも水温および紫外線線量率の影響を調べた。その結果、水温については、脱囊率を 2log 低下させるのに必要な紫外線照射線量は、水温 5、10、30℃ でそれぞれ 290、260、230mWs/cm² となり、感染評価と同様に、温度依存性は実質上ないものと考えられた。

紫外線線量率については、線量率 0.048、0.60mW/cm² のときの脱囊率 2log 低下紫外線照射線量はそれぞれ、180、220 mWs/cm² となり、感染評価と同様に照射線量率が必要紫外線照射線量に及ばず影響は極めて小さいことがわかった。

4. 代替観測機器の有効性の検討

1) 標準試料による測定値の比較

各機種間の 3μm、5μm、10μm の標準試料を使って測定値の比較を行った。その結果、機種によっては、添加濃度に対し 2 倍の測定値を検出するものから、10% 以下しか検出できないものまであり、また試料の粒径によっても傾向は異なった。全体的には、粒径が大きく、粒子数が多いほどピークを検出しやすいという傾向が認められた。

2) 実験プラントにおける微粒子測定

実験プラントの処理水を計測した結果、測定原理が類似した機種間では、測定結果の相関性は高く顕れた。また測定原理が全く異なる機種間についても、装置が安定して稼働している状態では高い相関性が得られる場合があった。

D. 考察

1. トレーサー粒子によるろ過効果の確認実験

本実験の結果から、低濁度原水および低水温で凝集沈殿工程、急速ろ過工程ともにトレーサーの除去性が低下することがわかった。

したがって、低濁度時や低水温時には特に急速混和における攪拌条件に留意し、トレーサー粒子と PAC を速やかに混合し、凝集を確実に行うことが、その後のフロック形成池におけるフロックへの取り込み効率を向上させ、ろ過工程においても有効な除去を行わせるものとする。

2. 紫外線によるジアルジア嚢子の不活化実験

本研究より、1mWS/cm² の照射で *Giardia lamblia* の増殖阻害が観察されたことから、極少量の照射量で不活化が達成されることになり、紫外線消毒が有効な不活化技術として導入できる可能性が示された。

3. 紫外線によるクリプトスポリジウムオーシストの不活化実験

本研究の結果より、紫外線は約 1.0 mWs/cm² という、極めてわずかの照射線量でオーシストの感染性を著しく低下させることが明らかとなり、オーシストの消毒方法としての高い有効性が強く示唆された。

今後は感染性を喪失しながらも、生きている状態にあるオーシストが紫外線照射後の環境で感染性を回復するかどうかを明らかにする必要があるものとする。

4. 代替観測機器の有効性の検討

微粒子カウンターの有効性は、本研究の結果より、メーカーの異なる機種間では測定値にばらつきが見られるものの、相関性は高いことから、浄水処理工程の変動を相対的に評価する手段としては十分に有効であることが考えられた。

E. 結論

トレーサー粒子によるろ過効果の確認実験では、国内で実例のない浄水場の原水を使用した、凝集沈殿-急速ろ過における

トレーサーの除去実験を行い、クリプトスポリジウム等原虫類の除去特性を解明する手掛かりを得た。

また、紫外線によるジアルジア嚢子およびクリプトスポリジウムオーシストの不活化実験では、約 1.0mWs/cm² という極少量の照射線量で、増殖阻害や感染性を失わせるという効果が顕れた。今後は回復の有無等の研究課題が残されているが、紫外線消毒が有効な不活化技術となり得る可能性が示された。

代替観測機器の有効性の検討では、機種間で表示値に違いが見られるものの、相関性は高く、浄水処理工程の変動を相対的に評価する手段として、十分に有効であることが示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- ・ S. Morita, M. Suzuki, N. Motoyama, T. Morioka, H. Hoshikawa, M. Fujiwara and T. Hirata, "The effects of temperature and intensity on the efficacy of ultraviolet irradiation for inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts.", 2001, IWA *Asia-Pacific Regional Conference*
- ・ (財)水道技術研究センター、「クリプトスポリジウム除去方法の確立ー返送水に対する繊維ろ過」、水道公論、2000年、Vol.38、No.8、56-57
- ・ (財)水道技術研究センター、「代替消毒技術及び消毒方法」、水道公論、2000年、Vol.38、No.8、58-59
- ・ (財)水道技術研究センター、「繊維ろ過による砂ろ過池洗浄排水中のクリプトスポリジウム除去」、高効率浄水技術開発研究中間報告書、2000年、171-178
- ・ (財)水道技術研究センター、「浄水場排水のクリプト対策技術の探索」、高効率浄水技術開発研究中間報告書、2000年、229-238
- ・ 泉山 信司、八木田健司、佐野 茂、遠藤卓郎、「水道におけるクリプトスポリジウム等原虫類検査のための連続ローター開発」、2001年、環境技術 30(3) 1-7
- ・ Hirata T, Chikuma D, Shimura A, Hashimoto A, Motoyama N, Takahashi K, Moniwa T, Kaneko M, Saito S and Maede

S : Effects of ozonation and chlorination on viability and infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts., 2000, *Water Science and Technology*, 41(7), 39-46

2. 学会発表

- ・ 藤原正弘、永井康敏、田中明広、金子光美、「浄水処理におけるクリプトスポリジウムの除去特性に関する研究」、第 1 回環境技術研究協会研究発表会、2001年
- ・ 藤原正弘、蒲谷秀彦、村本知明、金子光美「飲料水中の感染症微生物対策に関する研究ー浄水処理におけるクリプトスポリジウムの除去特性ー」、第 51 回全国水道研究発表会、2000年、154-155
- ・ 八木田健司、遠藤卓郎、泉山信司、藤原正弘、金子光美、「フローサイトメーターを用いた *Giardia lamblia* の脱嚢測定と塩素不活化評価への応用」、第 51 回全国水道研究発表会、2000年、598-599
- ・ (財)水道技術研究センター、「水道水の微生物リスク」、第 9 回水道技術セミナー、1999年
- ・ (財)水道技術研究センター、「クリプトスポリジウム汚染と膜ろ過技術」、第 9 回水道技術セミナー、1999年
- ・ (財)水道技術研究センター、「クリプトスポリジウム汚染予防対策」、第 9 回水道技術セミナー、1999年
- ・ (財)水道技術研究センター、「クリプト原虫時代におけるろ過管理」、第 9 回水道技術セミナー、1999年

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

新しいトレーサー等の知見や実験成果は、水道界において、有用で要望の高い知見であると考えられる。そのため、3ヶ年の研究後本研究に関する有用な情報は、書籍やインターネット上で一般に公開予定である。なお、公益法人としての責務からも上記の特許等の取得は行う予定はない。

総括研究報告書

水道技術の高度化に関する研究(副題=(2)高効率浄水技術開発研究)

主任研究者 藤原正弘 (財団法人 水道技術研究センター 専務理事)

研究要旨

1) 研究開発方針・内容の策定

わが国における近代水道が給水を開始してから100年余が過ぎ、水道を取り巻く環境も時代と共に変化をしている。特に近年は環境の悪化による水道水源の汚染や水道事業における環境面への配慮の必要性に加え水道施設の老朽化という問題が発生しつつある。

このような状況から、本研究では上記の諸問題に対応した、より安全で信頼性のある水道システムの構築を目指し、従来の浄水技術に比較してより高効率な浄水技術の開発を行うものである。

検討の方向性としては、I. より高い汚染物質除去性能、II. 浄水施設の小型化・簡素化及び管理の省力化、III. 浄水施設の信頼性向上、IV. 浄水技術における省エネルギー・省資源化、を考慮しておりこれらに対応した具体的な研究テーマとして、①湖沼、貯水池系原水を対象にした高効率な浄水技術開発、②河川系原水を対象にした高効率な浄水技術開発、③膜ろ過法の適用分野の拡大方策の検討、④代替消毒法の実用技術の開発研究、⑤浄水場から発生する排水処理技術の効率化の研究、⑥老朽化した浄水施設の機能診断、機能改善手法の研究、⑦浄水場における計測・制御技術の高度化の研究、を行うこととするものである。

2) 研究計画の策定

上記の研究開発の方針と目標を実現するために作業内容を検討し、7研究課題を抽出し、各課題毎に研究グループ委員会を組織した。この7つの研究グループ委員会において研究計画が立案された。各委員会の研究課題と研究内容は以下のとおりである。

第1研究グループ：湖沼・貯水池系原水等を対象とした高効率浄水技術の開発に関する研究＝藻類を多く含む原水の浄水処理技術に関して「沈澱池の効率化に関する研究」「ろ過速度の高速化に関する研究」が研究目標とされた。

第2研究グループ：河川系原水等を対象とした高効率浄水技術の開発に関する研究＝濁度を初めとして水質変動の大きい原水の浄水処理技術に関して「沈澱池の効率化に関する研究」「ろ過速度の高速化に関する研究」が研究目標とされた。

第3研究グループ：膜ろ過法の新分野への適用技術に関する研究＝浄水場に水道用膜ろ過施設を導入するにあたり「大・中規模浄水場への膜ろ過法の適用に関する検討」「膜ろ過法の前処理技術の検討」「膜ろ過法における膜の洗浄に関する検討」「超低压ルーズRO膜用いた配水過程における浄水システムの検討」「膜ろ過法を用いた浄水処理システムのリスクアセスメント」が研究目標とされた。

第4研究グループ：代替消毒法の実用化技術の開発に関する研究＝様々な原水水質の悪化に対応して浄水処理工程における酸化技術や消毒技術の開発を目的として、「代替消毒技術の確立」「処理対象水に応じた消毒技術の確立」「病原性微生物に対する消毒方法の検討」が研究目標とされた。

第5研究グループ：浄水場排水の高効率処理技術の開発に関する研究＝沈澱池汚泥やろ過池洗浄排水のより効率的な処理を目的に「浄水過程における添加固形物の低減」「処理困難性の軽減化およびその軽減手法」「浄水場排水処理の観点からの浄水処理のあり方に関する検討」が研究目標とされた。

第6研究グループ委員会：浄水場の機能診断・機能改善手法の開発に関する研究＝稼働年数の経過した浄水場を中心に「浄水施設の機能改善手法に関する情報の収集、分析」「浄水施設の機能診断・機能改善手法の開発に関して先進的なサンプルの検討、作成」が研究目標とされた。

第7研究グループ委員会：浄水場における計測・制御技術の向上に関する研究＝原水水質および浄水処理方式に応じて適切に整備された浄水場において「浄水方式に応じた最適な計測・制御システムの提案」「新しい計測・制御システム構築の研究」「高効率浄水技術に対する最適な計測・制御システムの提案、実用化研究」が研究目標とされた。

A. 研究目的

高普及時代を迎えて、わが国の水道は、国民の健康で文化的な生活や社会経済活動を支える基盤施設として、ますますその重要度が高まってきている。先頃の西日本一帯における長期渇水や兵庫県南部地震においても、このことは顕著に示されたところであり、水道水の安定した供給を確保するためには、渇水や地震等の自然災害に対してより強い水道づくりを目指す必要があるとの認識が一般に広まりつつ

ある。そして、各地の水道においては、これに即した新たな事業計画の作成とその実施が図られ始めている。

また、水道水の質的な側面に目を向けると、近年ではトリハロメタン等消毒副生成物の前駆物質、トリクロロエチレン等の有機溶剤、農薬、等々による水道原水の汚染が広範に認められるに及んでいる。これらの問題に的確に対処するとともに、より良質な水道水を確保するため、順次水質基準が拡充・強化され、さらに平成6年には水道原水の水質保全を

目的とした水源二法が新たに制定されたところであり、多くの水道事業では高度浄水施設の導入も鋭意進められている。

しかしながら、ごく最近では、耐塩素性の原虫クリプトスポリジウムによる水道水の大規模汚染事故が発生し、この問題に対処するための暫定対策指針が作成されるなど、新たな水質問題も顕在化してきている。クリプトスポリジウムによる汚染事故は、一般に、原水の汚染と不十分な浄水処理という2つの悪条件が重なった時に発生するとされており、この事故もその例外ではなかった。このほか、WHO飲料水質ガイドライン改訂検討委員会では、現在、水道水中のアルミニウムに関するガイドライン値の見直しが真剣に議論されている。アルミニウムの健康影響についてはまだ明確な結論は得られていないが、今後もしガイドライン値が強化されるようなことになれば、わが国の水道では一般に凝集剤としてアルミニウムを使用しているの、その影響は極めて大きいと言わざるを得ない。これらのことから明らかに、良質な水道水を確保するためには、原水水質の保全と同時に原水水質に見合った適切で確実な浄水処理が不可欠である。

さらに、今日では、多くの浄水施設が老朽化すると同時に更新の時期にさしかかっており、浄水施設の処理機能の適切な診断・評価手法の確立とともに、より効率的な浄水技術の開発が強く求められているところである。

ところで、わが国においては、水道の浄水施設の計画・設計は主として施設基準に代わるものとして「水道施設設計指針・解説」に基づいて行われてきた。しかしながら、近年では水道水源の悪化や水質基準項目・同監視項目の増大への対応や公共事業費縮減も求められており、新技術の浄水施設への導入が必要不可欠である。これを受けて厚生省では水道施設基準策定を終了し平成12年4月1日より施行した。施設基準は、水道施設が具備しなければならない必要最低限の基準を設け、これ以外は規制を大幅に緩和したものとなる予定であり、これが施行されることにより水道分野においても開発された画期的な新技術の実用化が可能となる。そして、このことがまた、新しい浄水技術の開発意欲を一層高揚させるものと期待される。

そこで本研究では、水道における浄水技術の革新と高効率化の実現を最終目標として、固液分離や消毒等の基本的な浄水技術を中心に、新たな技術の開発や既存技術の活用につき、柔軟で新しい発想のもとに実用化を前提とした総合的な検討を行うことを研究目的とする。

これらの研究成果に基づき、最終年度には高効率浄水技術の成果をとりまとめた「新しい浄水技術(仮称)」を作成する。

B. 研究方法

本研究は官学産の共同プロジェクトとして実施し、その実施に当っては、国立公衆衛生院、学識者、水道事業体及び民間企業からなる高効率浄水技術開発研究の「研究委員会」「調整委員会」「研究プロジェクト委員会」「7研究グループ委員会」等を設置し、各委員会において研究開発を推進中である。これら委員会の委員は、国立公衆衛生院、15の大学、19の水道事業体、45の民間企業等より構成されている。なお、本研究は平成10年度から平成13年度の4箇

年で行う。

C. 研究結果

平成12年度の研究結果を各研究グループごとに列記する。

(1) 第1研究グループ(福増浄水場合同実証実験)

実験プラントに新たに小規模沈殿池を2池増設し、9月より凝集剤にポリ塩化アルミニウム(PAC)と塩化第二鉄(FC)を注入した場合の水処理性の比較実験を開始した。比較実験項目は次のとおりである。

- ・薬品沈殿池処理水濁度の比較実験
- ・高速ろ過におけるろ過継続時間、ろ過抵抗上昇速度、ろ過水濁度、ろ過水中の微粒子数の実験
- ・無機塩類及び有機高分子凝集剤のジャーテスト実験

実験により、従来ろ過速度の2倍であるろ過速度300m/日、ろ過水濁度0.1度未満の条件でろ過継続時間を24時間以上とするためには、沈殿処理水濁度が0.5度以下まで処理されていることが必要条件と考えられる。ポリ塩化アルミニウムと塩化第二鉄の比較した結果、濁度除去性については両者ともほぼ同等と考えられる。溶解性有機物の除去性は塩化第二鉄が良い結果を得られた。凝集剤に塩化第二鉄と有機高分子を併用することにより、短期間ではあるが沈殿・ろ過効率は向上することが確認できた。平成13年度も継続して藻類を多く含む原水を対象に実験を継続し、凝集剤の違いによる浄水処理性を比較及び確認する計画である。

(2) 第2研究グループ(村野浄水場合同実証実験)

実験プラントの一部修繕を平成10年度に行い、平成12年度は、高速ろ過実験装置による高速ろ過実験を継続中である。実験項目は次のとおりである。

- ・ポリ塩化アルミニウムと塩化第二鉄による凝集沈殿処理性の比較実験
- ・ポリ塩化アルミニウムと塩化第二鉄による高速ろ過の実験

実験を進める中で明らかになったことは次のとおりである。ろ過水濁度0.1度未満の条件でろ過速度を300m/日で連続実験した結果、夏期の沈殿水濁度がおおむね0.5度となり、ろ過継続時間が50~70時間となった。降雨に伴う高濁度原水ではろ過継続時間は40時間に短縮した。この原因は沈殿処理水の濁度上昇が考えられ、凝集沈殿が重要であることを確認した。低水温期はろ過継続時間が30時間まで低下した。ポリ塩化アルミニウムと塩化第二鉄の浄水処理性の比較では明瞭な差はないと考えられる。また、複層ろ過の洗浄方法は空気・水併用方式が有効であることが明らかとなった。平成13年度からは有機高分子凝集剤を用いた実験も新たに行い、前記実験研究を継続する計画である。

(3) 第3研究グループ:膜ろ過法の新分野への適用技術に関する研究

本研究グループの研究は、高効率浄水技術開発研究に参画している企業がそれぞれ独自に行っている持ち込み実験を中心に研究を進めている。これらの実験の結果をもとに、普遍的技術を確立する方向で研究を実施している。平成12年度末は、持ち込み研究13件が実験を継続または一部の課題について終了している。実験及び研究の結果、以下のことが確認できた。

・膜ろ過処理水中に残留オゾン濃度が1mg/Lとなるようにオゾンを注入することにより、従来の浄水処理フローに比べ2.4倍(5.0m³/m²・d)の膜ろ過流束で長期安定して浄水処理できることを明らかにできた。また、オゾン+膜+粒状活性炭処理によりトリハロメタン前駆物質の平均除去率が70%程度となり好結果が得られた。

・急速ろ過法と凝集沈殿・膜ろ過法を水処理性と経済性で比較検討した結果、凝集沈殿・膜ろ過法は必ずしも不利とならないことが考えられる。

・生物活性炭・浸漬膜ろ過一体化高度浄水処理システムの実験により、臭気物質の除去及びアンモニア性窒素の除去性が確認されるとともに装置の小型化を図ることが可能であることを明らかにできた。

・3件の実験の結果、膜ろ過の原水に活性炭を注入することにより、良好な処理水水質が得られた。しかし、このうちの1件ではろ過抵抗の上昇速度から推定すると、膜洗浄時に活性炭により膜面に損傷を受けている恐れがあり、改善が必要と考えられる。

・ナノ(NF)膜ろ過では、膜面に振動を与えることにより、膜ファウリングが有効に抑制されていることが確認できた。脱塩率の高い膜ほどE260の除去率が高まり、最大値で90%の除去率であった。

・膜ろ過の前処理に長繊維ろ過やビーズ等の粗ろ過が有効であることを確認できた。

(4)第4研究グループ：代替消毒法の実用化技術の開発に関する研究

・代替消毒剤が国内の浄水場でほとんど使用されていない実情から、これら消毒用薬品や消毒技術の実用化を目標に、茨城県企業局鰐川浄水場で、二酸化塩素、クロラミン、紫外線、オゾンによる持ち込み実験を終了し、成果をまとめている。実験の結果、消毒効果、凝集効果の改善、酸化剤としての適用性、活性炭吸着池からの漏出微小動物の不活化に有効であるとの知見が得られつつある。

・消毒技術の一手法として、浄水場ろ過池洗浄排水中クリプトスポリジウム除去を水道用膜を用いて行う実験を行い、この技術の有効性を実証するとともに実用化の可能性を明らかにできた。

・高濃度生成次亜塩素酸ナトリウムによる消毒の有効性を実験により確認することにより浄水場の省スペース化を図ることを目的とした研究を行った。この結果、本消毒設備が有効であることを明らかにできた。このほかにも3件の持ち込み実験を継続中で、それぞれ成果が得られつつある。

(5)第5研究グループ：浄水場排水の高効率処理技術の開発に関する研究

・膜を用いて急速ろ過池洗浄排水中の固形物や懸濁物質の分離、沈殿汚泥の濃縮分離及び洗浄排水と沈殿汚泥の混合水の濃縮分離を行うことにより、返送水中の不純物質による浄水処理への影響を防止することを目的に持ち込み研究を3課題行っている。実験途中ではあるが、膜により排水等を処理することにより返送水水質は浄水処理水並に改善された。また、濃縮汚泥の脱水性が改善され脱水時間が短縮できること及び脱水ケーキの含水率を低下できることを明らかにできた。

このほか、3件の持ち込み研究も実験を継続中であり、平成11年度の成果1件と合わせて7件について成果を得られつつある。

(6)第6研究グループ：浄水場の機能診断・機能改善

手法の開発に関する研究

研究テーマに基づき平成12年度は「機能診断手法の開発」を中心課題として上げ、既往の知見を参考にして浄水施設の物理的耐久性や浄水特性、運転管理性などの現有機能を間接的または直接的に診断し、これを総合的かつ客観的に評価する手法を研究している。主な検討は、浄水施設における①機能診断の考え方の整理、②効率化指標の作成、③施設台帳作成方法の検討、④機能診断調査手法の検討、⑤診断結果の総合評価手法の検討、⑥施設整備の便益評価、及び⑦水道事業経営診断の7項目について研究に取り組んでおり、平成13年度も引き続き研究を行う。

(7)第7研究グループ：浄水場における計測・制御技術の向上に関する研究

本グループは、平成11年度実施の浄水場における計測・制御技術に関するアンケート結果の解析とこれを踏まえた「浄水場における望ましい計測・制御システムのあり方」を中心に研究を行っている。この研究では、①制御性の向上、②信頼性の向上、③計測技術の向上、④維持管理性の向上、及び⑤計測・制御統合システム、について研究に取り組んでおり、平成13年度も引き続き研究を行う。

また、二酸化塩素及び亜塩素酸イオン連続測定に関する開発研究を本年度より開始した。

D. 考察

日本における水道の普及率は96%を超え、生活水のほとんどを水道に頼っており、衛生的な生活の確保のために欠くことのできない社会基盤施設となっている。しかしながら、水道原水の水質の改善は困難な状況であり、浄水処理に求められる要求も高くなってきている。一方、浄水場の多くは稼働年数が長期化しつつあり、機能や効率が低下する傾向にある。このようなことから、本研究では現在水道事業が抱える主要7課題について研究を行い、研究途中であるものの下記の点について成果が得られ、今後の浄水施設の高効率化を推進するための基礎および実用化技術として活用されると期待される。なお、平成12年度は実験が継続中であり、平成13年度を目標に、合同研究及び持ち込み研究により得られた知見から成果をまとめる予定である。

(凝集沈殿・急速ろ過の高効率化技術)

従来用いられてきた水道施設設計指針等を基礎とした浄水施設と比較し、より高効率化が図られ、建設費の縮減にもつながるものと考えられる。

(膜ろ過技術)

従来の水道用膜によるろ過技術に加え、新たに凝集・沈殿、オゾン処理活性炭処理等を付加することにより、より汚濁の進行した原水についても水道用膜が浄水処理に適用可能になるものと考えられる。また、本研究を継続することにより大・中規模浄水場にも膜ろ過法が適用可能になるものと考えられる。

(代替消毒技術)

浄水処理工程の途中に、従来からの塩素による酸化・消毒に限らず、二酸化塩素、クロラミン、紫外線、オゾン及びこれらを組み合わせて消毒剤または酸化剤として使用することにより、より効果的な浄水処理が行えるとともに、浄水中のトリハロメタン等の消毒副生成物の生成濃度の低減が期待できると考えられる。

(施設診断・更新技術)

更新期を迎えた浄水場の施設診断技術の標準化が図られるとともに、施設更新についても判定の標準化が図られるものと考えられる。

(計測・制御技術)

微粒子計による計測技術の確立により、水質試験に長時間を要するクリプトスポリジウム等の測定について微粒子の径と数を代替指標として用いることが可能となり、水質管理において即時対応が可能になるものと期待される。さらに、制御技術の高効率化により浄水水質の安全性向上と浄水施設建設費縮減を可能とするものと考えられる。

水道は、水道を使用する人々に常に安全な水を供給しなければならない使命を帯びている。一方、原水は季節や気象条件によって絶えず変化することから、確実な高効率浄水技術を確立するため、今後も実証実験を継続しなければならないと考えられる。

E. 結論

平成12年度は、実験を中心に開発研究を行った。これに併行して、最終成果を7つの研究グループ毎に技術資料(仮称)にまとめるための準備に着手した。また、高効率浄水技術全体を一つにまとめて「新しい浄水技術(仮称)」を作成するための準備も開始することができた。

文献調査および実験の結果、凝集沈殿・急速ろ過、膜ろ過技術および代替消毒剤において特定の原水ではあるものの一定の知見を得られたと考えている。最終年度である平成13年度も委員会での検討協議、実験の継続等により、開発研究を行い、高効率浄水技術のさらなる開発を推進する計画である。

F. 研究発表

1. 論文発表

- (1) 茂庭竹生, 本山信行, 小澤克行, 星川寛, 平田強, 金子光美「オゾンによるCryptosporidium parvum オシスト不活化能に関する基礎検討」水道協会雑誌, 2000, 69巻, 1号, 19-26
- (2) 卞如林, 渡辺義公, 張洛庸, 丹保憲仁「河川水UF膜ろ過における膜ファウリング発現機構」水道協会雑誌, 2000, 69巻, 2号, 12-23
- (3) 峯岸進一, 渡辺義公, 山村弘之, 小澤源三「中空糸UF膜の全量ろ過運転における膜ファウリングの解析」水道協会雑誌, 2000, 69巻, 3号, 2-10
- (4) 澤田繁樹, 住田一郎, 松本幹治「オゾンを共存させたMF膜ろ過におけるファウリング抑制効果」水道協会雑誌, 2000, 69巻, 7号, 12-21
- (5) 船水尚行, 伊藤雅喜, 眞柄泰基, 藤原正弘, 川村幸生ほか「低濃度濁度計の基礎的性能評価に関する研究」水道協会雑誌, 2000, 69巻, 9号, 26-38
- (6) 伊藤雅喜, 国包章一, 品田司, 鴻野卓「小型ナノろ過膜モジュールによる高度浄水処理実験」水道協会雑誌, 2000, 69巻, 12号, 27-40
- (7) 竹田静雄, 赤澤寛, 国包章一「ろ過水の濁度、微粒子数及びFIの相関関係」水道協会雑誌, 1999, 68巻, 1号, 2-11
- (8) 鈴木辰彦, 渡辺義公, 小澤源三, 池田啓一「循環汚泥接触酸化型MF膜処理装置の溶解性マンガンの処理特性」水道協会雑誌, 1999, 68巻, 2号, 2-11
- (9) 鈴木辰彦, 渡辺義公, 小澤源三, 池田啓一「粉末活性炭循環型MF膜処理装置による高度浄水処理」水

道協会雑誌, 1999, 68巻, 3号, 2-14

(10) 相澤貴子, 眞柄泰基「実証プラントを用いた二酸化塩素の注入実験」水道協会雑誌, 1999, 68巻, 8号, 23-31

(11) 茂庭竹生, 柴田信勝, 岡田光正, 中島秀和, 北木靖「促進酸化法による有機物質の分解に関する基礎実験」水道協会雑誌, 1999, 68巻, 10号, 21-30

(12) 海老江邦雄, 李宰昊「浄水スラッジ循環法の有効性に関する基礎的研究」水道協会雑誌, 1999, 68巻, 11号, 11-20

(13) 伊藤雅喜, 国包章一「半回分式試験によるナノろ過膜の評価方法」水道協会雑誌, 1999, 68巻, 11号, 21-31

(14) 伊藤雅喜, 国包章一「半回分式試験によるナノろ過膜の基礎的性能評価」水道協会雑誌, 1999, 68巻, 12号, 29-41

(15) 西嶋渉, 金干伉, 正藤英司, 岡田光正「精密ろ過膜における有機物除去特性」水道協会雑誌, 1998, 67巻, 4号, 30-34

(16) 加藤康弘, 岩本卓治, 森岡崇行, 星川寛, 岡田光正, 茂庭竹生「下降管注入式オゾン反応槽の水理特性及び物質移動に関する検討」水道協会雑誌, 1998, 67巻, 7号, 11-18

(17) K. Ito, W. Jian, W. Nishijima, A. U. Baes, E. S. Hoto and Okada Mitumasa「Comparison of ozonation and AOPs combined with biodegradation for removal of THM precursors in treated sewage effluents」Water Sci. Technol. 1999, 38(7), 179-186

(18) T. Okuda, A. U. Baes, Nishijima Wataru, Okada Mitumasa「Improvement of extraction method of coagulation active component from Moringa oleifera seed」Water Research 1999, 33(15), 3373-3378

(19) R. Bian, Y. Watanabe, N. Tambo and G. Ozawa「Removal of humic substances by UF and NF membrane systems」Water Science & Technology, 2000, Vol. 40, No. 9, 121-130

(20) S. Kunikane, S. Arai, Y. Magara「Japanese future technical issues related to drinking water Quality management」Proc. Of 5th Japanese-U. S. Government Conference on Drinking Water Quality Management, 1999 July 26-28, Colorado Springs, U. S. A.

(21) 今野弘「清澄ろ過の基礎と応用—特に水処理に関する話題—」化学工業会, 1999, 11, 112-20

(22) 茂庭竹生, 岡田光正, 本山信行, 星川寛「電気伝導性精密ろ過膜を用いた水道原水処理」用水と廃水, 1999, 4, Vol. 41, 287-291

(23) T. Suzuki, Y. Watanabe, G. Ozawa and S. Ikeda; Removal of soluble organics and manganese by a Hybrid MF hollow fiber membrane system, Desalination, (Proceeding of Membranes in Drinking and Industrial Water Production, Amsterdam), 1998, 119-130

(24) K. Kimura, Y. Watanabe and N. Ohkuma: Filtration Resistance Induced by Ammonia Oxidizers Accumulating on the Rotation Membrane Disk, Water science and Technology, Vol. 38, No. 4-5, 443-452, 1998R.

(25) P. Galapate, A. U. Bases, K. Ito, Mukai, E. Shot o and M. Okada; Detection of domestic wastes in

Kurose River using synchronous fluorescence spectroscopy, Water Research, 1998, 32(7)2232-2239
(26) S. Kunikane, M. Itoh and Y. Magara: Development of membrane filtration technology and its Application To water supply, 第7回日韓水環境シンポジウム講演要旨集, 1998, 70-81
(27) Y. Ishibasi, H. Nakazato, Khin Thida Linn, S. Takizawa, Preeda Parkpian and Y. Inamori: Study on the Development of Water Purification System Utilizing Aquatic Plants and Organisms in Thailand, International Joint Symposium on Water Renovation Technology in Thailand, 1999-2, p9-10
(28) T. Yamaguchi, Y. Miyazaki, S. Nakao, T. Tsuru and S. Kimura: Membrane Design for Pervaporation Separation Using Filling-Type Membrane Concept, Ind. Eng. Chem. Res., 1998, 37, pp177-184

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

特に記載する事項なし

2. 実用新案登録

特に記載する事項なし

3. その他

特に記載する事項なし

別添 6

6. 研究成果の刊行に関する一覧表

(1) 飲料水中の微生物による感染症対策に関する研究

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
S. Morita, M. Suzuki, N. Motoyama, T. Morioka, H. Hoshikawa, M. Fujiwara, and T. Hirata	"The effects of temperature and intensity on the efficiency of ultraviolet irradiation for inactivating <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts."	IWA <i>Asia-Pacific Regional Conference</i>			2001年 9月掲 載予定

(2) 高効率浄水技術開発研究

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
船水尚行、伊藤雅喜、 眞柄康基、藤原正弘、 川村幸生ほか	低濃度濁度計の基礎的性能評価に関する研究	水道協会雑誌	69 巻 9 号	26-38	2000 年

7. 研究成果による特許権等の知的財産権の取得状況

未定

20000684

以降のページは雑誌/図書等に掲載された論文となりますので、
「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。