

201525009A

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

水道における連続監視の最適化および
浄水プロセスでの処理性能評価
に関する研究

平成27年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 小坂浩司
(国立保健医療科学院)

平成28(2016)年 3月

目次

研究班の構成	1
I. 総括研究報告書	
水道における連続監視の最適化および 浄水プロセスでの処理性能評価に関する研究	5
小坂 浩司	
II. 分担研究報告書	
1. 水安全計画を用いた水道水源・浄水プロセス・給配水システムでの 危害と監視方法の解析	17
大野 浩一、小坂 浩司、岸田 直裕、 秋葉 道宏、佐々木 賢史、小川 将司	
2. GISを用いた水源水質監視地点の選定について	31
金見 拓、林 むう、三矢 律子、伊藤 聖依子	
3. 淀川流域での危害発生地点と 監視地点等の図示化による監視体制の検討	39
中村 公彦、大谷 真巳	
4. 連続自動水質計器の設置、活用状況に関する調査	47
小坂 浩司、浅見 真理、小池 友佳子、 斎藤 健太、宮林 勇一、佐藤 三郎	
5. 連続自動水質計器のデータによる水質変動の比較解析	63
浅見 真理、小坂 浩司、斎藤 健太、 小池 友佳子、宮林 勇一	
6. 連続自動水質計器を用いた処理性能評価手法の開発	73
水野 忠雄	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	83
IV. 研究成果の刊行物・別刷	87

研 究 班 の 構 成

研究代表者

国立保健医療科学院生活環境研究部主任研究官 小坂浩司

研究分担者

国立保健医療科学院統括主任研究官 秋葉道宏

国立保健医療科学院生活環境研究部上席主任研究官 浅見真理

国立保健医療科学院生活環境研究部上席主任研究官 大野浩一

京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻講師 水野忠雄

研究協力者

国立保健医療科学院国際協力研究部主任研究官 下ヶ橋雅樹

国立保健医療科学院生活環境研究部主任研究官 岸田直裕

公益社団法人日本水道協会工務部水質課水質専門官 佐藤三郎

東京都水道局浄水部浄水課統括課長代理（水質係長） 金見拓

大阪市水道局工務部柴島浄水場担当係長（技術調査） 中村公彦

阪神水道企業団技術部水質試験所調査係長 大谷真巳

メタウォーター（株）R&Dセンター基盤事業開発部

浄水プロセス開発グループグループマネージャー 山口太秀

東京都水道局 林むう

東京都水道局 三矢律子

東京都水道局 伊藤聖依子

新潟市水道局 佐々木賢史

名古屋市上下水道局 小川将司

横浜市水道局 斎藤健太

八戸圏域水道企業団 小池友佳子

横須賀市上下水道局 宮林勇一

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

水道における連続監視の最適化および
浄水プロセスでの処理性能評価
に関する研究

平成27年度 総括研究報告書

研究代表者 小坂浩司
(国立保健医療科学院)

平成28年3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）
総括研究報告書

水道における連続監視の最適化および浄水プロセスでの処理性能評価に関する研究

研究代表者 小坂浩司 国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域主任研究官

研究要旨

策定済の水安全計画データを用い、表流水を原水とし急速ろ過方式を実施している全国 21 水道事業体 21 浄水場の水安全計画を活用し、昨年度実施した危害原因事象や危害因子の結果を基に、優先度の高い危害原因事象とその最重要危害因子のセットを決定した。9つのセットが選択され、それぞれについて、監視方法とその管理基準についての解析を行った。これらの解析により、優先度の高い危害原因事象と危害因子についての監視体制が明らかとなった。また、水安全計画における重要な概念の一つである「多段バリアの原則」を意識した監視体制となっていることも明らかとなった。東京都が保有する平成 14 年 4 月から平成 25 年 9 月までの水源水質事故情報と平成 22 年度末時点の水質汚濁防止法に基づく届出特定排出事業場情報について、マッピングを行った。その結果、過去の事故発生が多く、排出事業者も多いエリアについては、定期的な水質調査の実施をすべきところであり、利根中流エリアのように現在水質調査地点として設定されていないエリアについては、新たに調査地点を設ける、他事業者の調査結果の共有等連携をして事故発生の監視を強化すべきと考えられた。リスクマップの作成により、淀川流域でリスクの高い物質、すなわち排出量・移動量が多く経口 LD₅₀ の低い物質が明らかとなった。油類に特徴的に含まれる VOC 成分のうち 5 種の成分を検出することで、原水への油類混入を検知できる見込みが示された。大阪市水道局での設置事例に基づき、監視対象とする項目を分類し、その分類ごとに連続監視計器の設置のあり方について検討した。近年特に高濁度を示した集中豪雨時等において、土砂災害発生箇所では集中豪雨等によって再度災害が発生する可能性が高いことが示された。全国約 330 の水道事業体を対象に、自動水質計器の設置、活用状況について調査を行った。急速ろ過方式の通常処理の浄水場の場合、原水での濁度計と pH 計、浄水での残留塩素計が特に設置率が高かった。活用状況については、原水での濁度計、原水および凝集沈殿水での pH 計、凝集沈殿水～浄水での残留塩素計が自動制御の割合が高かった。自動水質計器のデータの活用度を高める方法として、連続水質計器の設置箇所、維持管理、機能に関するもの、データの共有やトレンドグラフ化など測定データの利用に関するものがあった。18 水道事業体の連続監視データのうち、設置箇所数が多い原水濁度・pH・電気伝導度の連続データについて、連続自動水質計器のデータによる水質変動の比較解析を行った。その変動の特性を把握するため 8 項目の指標を算出し、その結果について主成分分析を行い、最終的に 6 項目についてレーダーチャートを作成した。これにより、各事業体の原水濁度・pH・電気伝導度の変動特性を把握することができ、限定的ではあるが原水安定度を表現する一種の指標を作成することができた。浄水場のオゾン接触槽/反応槽に、既設の 1 箇所に加え、新たにオゾン接触槽直後 3 箇所に溶存オゾン濃度モニターを設置し、溶存オゾン濃度の連続測定を行った。1 ヶ月程度のならし期間を経て、安定したデータの取得が可能となった。また、特に 1 段目において鉄・マンガン装置への付着が生じることが示された。オゾン反応モデルにおいて、有機物に対し同じパラメーターを与えることで、溶存オゾン濃度および HO ラジカル濃度が再現できていることが確認できた。槽内に散気管を配置した場合と配置しない場合で、オゾン接触槽の流動に本質的な相違は大きくないと考えられた。

研究分担者	
秋葉道宏	国立保健医療科学院 統括研究官
浅見真理	国立保健医療科学院 生活環境研究部水管理研究領域 上席主任研究官
大野浩一	国立保健医療科学院 生活環境研究部水管理研究領域 上席主任研究官
水野忠雄	京都大学大学院工学研究科 講師

A. 研究目的

我が国では、安全な水道水の供給はほぼ達成されているが、平成 24 年度に発生した利根川水系での水質事故のように、特に水道水源での危害が懸念される状況にある。しかし、水源から給水栓までの統合的リスク管理手法である水安全計画の策定率は、策定中も含め全国の水道事業者の約 10%で、危害の把握は十分とは言えず、特に中小水道事業者では困難な状況にある。連続測定データの解析は海外では注目され、変動する原水の処理状況を監視し、水質事故・異常を検知するため、連続監視・制御の果たす役割は大きい。

本研究では、水道水源で優先度の高い危害を抽出し図示する方法を検討するとともに、監視体制の最適化を目指し、浄水プロセスでの処理状況の連続監視データを利用し、変動や処理性能の評価手法の最適化を行う。危害の場合、水安全計画や各統計情報等を総合的に解析し、聞き取り等を通じて、『原水安定度』の簡便化等、中小水道事業体に適用可能な指標・活用法を示す。

監視では、連続性が重視されるため、連続自動水質計器の連続データを解析し、既存の連続自動水質計器の再配置や新たな連続自動水質計器の設置によりデータを取得し、その利用可能性等を検討し、『原水安定度』、『浄水安定度』等の指標による浄水プロセスの最適監視手法を提案する。

また、突発的水質事故時には、処理は十分ではあるが、断水による生活用水不足

への影響も考慮すると、摂取制限等をとまって給水継続を行う場合も想定され、その具体的方策を提示する。

B. 研究方法

1) 水安全計画を用いた水道水源・浄水プロセス・給配水システムでの危害と監視方法の解析

昨年度にデータベース化を行った 23 水道事業体 33 浄水場の浄水場別水安全計画を基に、表流水を原水とし浄水処理方式として急速ろ過方式を実施している 21 事業体 21 浄水場の水安全計画を解析対象とした。昨年度と同様の方法で、水源、浄水プロセス、給配水システムの 3 要素に分類し、各要素において、抽出した浄水場が多い順に危害原因事象を並べ、上位にある危害原因事象の中から、類似の事象を除外する、特徴的な事象を選択するなどの処理を行い、「優先度の高い危害原因事象」として抽出した。優先度の高い危害原因事象に対する危害因子について調べ、そのうち最も多く採用されている危害因子を最重要危害因子とした。

この各危害原因事象に対する最重要危害因子の監視方法について、作成したデータベースを用いて解析を行った。それぞれの監視地点における監視項目、監視方法、管理基準について記載のあるものを解析対象とし、浄水場単位で整理をした。監視方法、監視項目は主要なものについて抽出した。このとき、地点として、水源、取水、原水、沈殿水、ろ過水、浄水、給配に分類した。監視方法は、連続（自動）計器による監視と連続計器によらない監視と大きく 2 種類にわけて整理した。管理基準は、管理基準項目と基準する値等について整理した。数字による値が示されている場合は、複数の水安全計画の範囲として最大値と最小値を示した。

2) GIS を用いた水源水質監視地点の選定について

東京都が保有する平成 14 年 4 月から平成 25 年 9 月までの水源水質事故情報 2,209 件、平成 22 年度末時点の水質汚濁防止法に基づく届出特定排出事業場情報について、東京大学空間情報科学研究センターが提供す

る CSV アドレスマッチングサービスを利用してアドレスマッチングを行った後、GIS ソフト (Quantum GIS 2.01) を用いてマッピングを行った。

3) 淀川流域での危害発生地点と監視地点等の図示化による監視体制の検討

PRTR データを用いて、淀川流域内で 1kg/年以上の排出・移動があった PRTR 物質の排出量・移動量 (平成 24 年度) を抽出した。次に、各物質のオクタノール-水分配係数と経口 LD₅₀ を整理した。これらのデータをもとにリスクマップを作成した。

油類に特徴的に含まれる VOC 成分を取水口の連続自動 VOC 計 (以下、「VOC 計」という。) に通水させ、それら成分の検出可能性を調査した。

大阪市水道局における原水水質監視計器の設置事例に基づき、監視対象物質を主な区分に分類するとともに、設置されている計器がどの区分を対象とするのかについて整理した。

国土地理院公表の土砂災害危険箇所と、近年特に高濁度を示した平成 24 年 7 月、8 月の集中豪雨時及び平成 25 年 9 月の台風襲来時における土砂災害発生箇所を GIS 上に示した。

4) 連続自動水質計器の設置、活用状況に関する調査

2015 年 8~10 月、4 つ (急速ろ過方式、消毒のみ、緩速ろ過方式、膜ろ過方式) の処理方式別に全国の水道事業体から調査対象を選定し、それぞれの水道事業体に対し、該当する処理方式の代表的な 1 浄水場における連続水質計器の設置、活用状況について、電子メールでアンケート調査を行った。全調査対象事業体数は 331 であった。

回答は、急速ろ過方式、消毒のみ、緩速ろ過方式、膜ろ過方式でそれぞれ 168、45、16、19 の浄水場について得た。ただし、水道事業体によっては複数の浄水場の回答を行ったところがあったこと、依頼した処理方式と異なる処理方式の浄水場に対して回答された場合があったことから、この数は回収率とは異なる。

5) 連続自動水質計器のデータによる水質変

動の比較解析

表流水を水源とする 18 浄水場 (A~R 浄水場) における濁度や pH、電気伝導度等の過去の自動水質計器の 1 時間ごとのデータ (平成 26 年 4 月 1 日 1:00~平成 27 年 3 月 31 日 24:00) を入手し、Excel や Origin を用いたグラフ作図、関連の関係、主成分分析等の解析を行った。

6) 連続自動水質計器を用いた処理性能評価手法の開発

阪神水道企業団猪名川浄水場に、オゾン注入率制御のために設置されている既存の 1 箇所に加え、新たにオゾン接触槽直後 3 箇所に溶存オゾン濃度モニターを設置し、連続データの取得を行った。また、市販の熱流体解析ソフトウェアを用いてオゾン接触槽の流動評価を行った。

オゾン反応の評価にあたり、有機物の質変換に関する仮定に基づいてパラメーターを設定し、計算を行った。これらをオゾン分解モデルに組み込み、評価を行った。

C. 研究結果および D. 考察

1) 水安全計画を用いた水道水源・浄水プロセス・給配水システムでの危害と監視方法の解析

昨年度実施した水安全計画の解析結果より、該当する危害原因事象を取り上げた浄水場数の順に並び替え、水源、浄水プロセス、給配水の各要素について、それぞれ優先度の高い危害原因事象として、①降雨、②テロ、③車両等事故・水上バイク、④ (下水) 処理施設からの放流水、⑤富栄養化、①設定ミス・注入ポンプ異常等による次亜の注入不足・過剰注入、②テロ、③洗浄不足、および①管腐食・劣化 (管路および給水管)、②クロスコネクション (管路、給水管および貯水槽)、③テロを抽出した。

次に、危害原因事象による主要な危害因子について整理を行い、さらに詳細解析を行った。このとき、全ての危害因子について解析を行うことは困難であったこと、また一部の事象については監視方法に関する十分なサンプルが得られなかったことなどから、詳細解析を行う「危害原因事象-危

害因子」のセットを以下のように選択した。
水源

①降雨－濁度、②テロシアン・その他毒物、③車両等事故・水上バイク－臭気、④（下水）処理施設からの放流水－耐塩素性病原生物、⑤富栄養化－かび臭物質

浄水

①設定ミス・注入ポンプ異常等による次亜の注入不足・過剰注入－残留塩素、②洗浄不足－耐塩素性病原生物

給配

①管腐食・劣化－色度、②クロスコネクション－残留塩素

水源の場合、①降雨－濁度（解析対象浄水場数=14）について見ると、連続計器による主要な監視項目として、濁度計、pH計、アルカリ度計が挙げられていた。特に、濁度計が最も多く使用されており、また複数点において監視がされていた。主要監視地点は取水、沈殿水、浄水であった。

取水においてはフィードフォワード制御、沈殿水においてはフィードバック制御、浄水においては水質基準の遵守確認が主な目的と推測される。ろ過水での監視は8浄水場にとどまっている。ろ過水では高感度濁度計が用いられており、これは濁度直接の管理もさることながら、耐塩素性病原生物の管理の目的が大きいため、濁度という危害因子に対する監視手法としては取り上げていない浄水場もあるのだろうと推測された。

浄水プロセスの場合、①設定ミス・注入ポンプ異常等による次亜の注入不足・過剰注入－残留塩素（解析対象浄水場数=8）について見ると、連続計器による主要な監視方法としては、残留塩素計による沈殿水と浄水の監視であった。それぞれ中間塩素、後塩素のポンプ異常の監視に対応していると考えられた。

給配水システムの場合、①管腐食・劣化－色度（解析対象浄水場数=6）について見ると、危害因子としては色度と濁度の2つが採用浄水場数6と同数であった。濁度の解析は他の事象でも行われていたため、ここでは色度の因子について解析を行ったと

ころ、給配の中でも給水地点の監視がほとんどであった。監視方法は主に手分析（色度）と現場等の確認であった。また、情報収集によるものもあるが、詳細は不明である。

優先度の高い危害原因事象に対する最重要危害因子と監視地点・方法の傾向として、水源で起こりうる危害原因事象については水源、および浄水処理過程を中心に幅広い監視が行われている。一方、浄水プロセスや給配水での危害原因事象は、危害の発生箇所が明確なためだと思われるが、監視も特定の地点で行われている場合が多かった。また、危害因子についても水源より浄水・給配の方が特定しやすい傾向にあると考えられた。全体的な特徴としては、多くの場合、複数の監視方法が用いられていることが挙げられる。また、多くの場合、複数の監視地点が設けられている。これらのこと、特に後者は、水安全計画におけるリスク管理の重要な概念の一つである、多段バリアの原則を意識したものとなっていると考えられた。

2) GISを用いた水源水質監視地点の選定について

水源水質事故情報について、マッピングを行った結果、利根川中流域、江戸川中～下流域で事故発生密度が高かったことが示された。次に、水質汚濁防止法に基づく届出特定排出事業場情報について、マッピングを行い、定期的に水質調査を行っている地点及び東京都の浄水場を落とし込み、事業場の分布と水質検査・監視の実施状況について検討を行った。

その結果、群馬県前橋市の辺りから東京都八王子市へと南北に帯状に分布が高いエリアがあるという結果となった。利根川上流域については、監視が行われていないが事故密度が高かったエリアと重複する流域であった。この流域については、水源水質事故が現に多く発生していることに加えて、水源水質事故が発生につながる施設も多く存在していることから、水質事故発生リスクは高いと評価された。江戸川下流域についても、水源水質事故による解析でリスク

が高かった地域と重複し、有害排出事業場分布においても高い分類となった。多摩川中流域については、水源水質事故の分析結果では比較的风险が低いと評価されたが、届出特定排出事業者が多く分布しているという結果となった。

3) 淀川流域での危害発生地点と監視地点等の図示化による監視体制の検討

淀川流域において、1 kg/年以上の排出・移動があったのは 172 物質で、そのうちオクタノール-水分配係数と経口 LD₅₀ のデータが得られたのは 126 物質であった。リスクマップの作成により、リスクの高い物質、すなわち排出量・移動量が多く経口 LD₅₀ の低い物質が明らかとなった。

油類を VOC 計に通水させたところ、1, 3, 5 および 1, 2, 4-トリメチルベンゼンは、監視対象 VOC 成分とピークが重ならなかった。また、アルカンのうち、オクタンとノナンについても同様に VOC 成分と重ならなかった。これら 4 種を検出することで、原水への油類混入を VOC 計で検知できる見込みが示された。

大阪市水道局における事例を基に、監視対象物質の主な区分と連続監視計器の対応表を作成し、また、主な監視対象の区分と対応について分類した。その結果、検知時の対応として取水停止を伴う緊急性の高い項目は、取水上流側で検知する必要があること、制御による強化やソフトによる対応となる項目は、対応に必要な時間や維持管理を考慮した設置位置とすることが望ましいことが示された。また、制御へ反映する項目は、その項目の浄水処理過程での数値変動を考慮した上で、設置場所を決定する必要があると考えられた。

土砂災害危険箇所と土砂災害発生箇所を図示化した結果、土砂災害は計 46 箇所が発生し、うち 34 箇所は土砂災害危険箇所内またはその近辺であることが示された。土砂災害発生箇所では集中豪雨等によって再度災害が発生する可能性が高いと考えられた。

4) 連続自動水質計器の設置、活用状況に関する調査

通常処理の急速ろ過処理方式の浄水場の

場合（対象浄水場数：148）、1 箇所以上の浄水場で 21 種の連続水質計器が設置されていた。各地点のうち、設置率が 90%を上回ったのは原水での濁度計と pH 計、浄水での残留塩素計であった。また、高感度濁度計は、凝集沈殿水まででは設置率は低かったが急速ろ過水で最も高く、70%を超えていた。これは、クリプトスポリジウム対策としてろ過水での濁度が 0.1 以下で管理しているためと考えられた。

各連続自動水質計器のうち、自動制御に用いられている割合が高いのは濁度計、pH 計、残留塩素計で、それぞれ主に原水、原水および凝集沈殿水、凝集沈殿水～浄水での自動制御の割合が高かった。

生物センサーを設置していた約 80 浄水場のうち 88%が魚類監視装置を利用しており、このとき用いられている魚の種類として、メダカ・ヒメダカ、金魚が多かった。残留塩素計を設置している浄水場のうち、ほとんどがポーラログラフ方式の残留塩素計を利用していた。このとき無試薬の計器を利用している浄水場が多かったが、地点によって使い分けている浄水場も約 30%あった。高感度濁度計は、ほとんどの浄水場が微粒子カウント方式、レーザ散乱光方式、透過散乱型のいずれかを利用していた。

設置している自動水質計器のうち、特に利用価値が高く推奨する機器について調査したところ、17 種あったが、浄水処理を行う上で得られたデータの利用価値が高いこと、メンテナンスが容易であることが理由として多く挙げられた。一方、これまでに設置した自動水質計器（現在は使用していないものを含む）のうち、利用において課題があると考えられるものについて調査したところ、16 種あったが、その理由としてメンテナンスが難しい、部品交換頻度が高いなどの理由が多く挙げられていた。また、安定した結果が得られず、運転管理の判断基準として利用できないという回答もあった。自動水質計器のデータの活用度を高める方法について意見を求めたところ、連続水質計器の設置箇所、維持管理、機能に関するもの、データの共有やトレンドグラフ

化など測定データの利用に関するものが挙げられた。

5) 連続自動水質計器のデータによる水質変動の比較解析

18 浄水場の原水の連続データのうち、濁度の特性解析は、ピーク数（濁度 50 度以上の回数）、第 3 四分位—中央値で評価した。ピーク数は、浄水場によって異なり 0~20 の範囲にあり、その年の降雨強度や降雨範囲に依存するものと推察された。第 3 四分位—中央値は、濁度分布のばらつきの視点から評価し、0.2~7.0 の範囲にあった。降雨の特性、河川の特性に依存するものと推定された。

pH については、短い周期の変動値を求めるため、一日毎の変動幅（その日の最大値—最小値）を算出し中央値と四分位範囲にて評価した。中央値は、G 事業体が最も大きく 0.80、次いで F 事業体が 0.43 となった。四分位範囲も G 事業体が最も大きく 0.40、次いで F 事業体が 0.47 となった。また、季節変動的な変動幅を求めるため、代表値として一日毎の最小値を算出し四分位範囲にて評価した。全体的に中央値は 6.5~7.5 の間に入っていたが、一部の事業体では絶対値が低めで、また、季節的な変動が大きい事業体もあった。

電気伝導度の特性は、中央値、相対四分位偏差、一日変動値の四分位範囲により評価した。中央値は、E、H、R 事業体などが高かった。相対四分位偏差は、J、B 事業体などが高く、P、G 事業体などが低かった。一日変動値の四分位範囲は短い周期の変動値の指標として用いたが、B 事業体と R 事業体の特異的に高い結果であった。B 事業体はダムの放流頻度による影響、R 事業体は複数の水源を切替えて運用していることによる影響と推測された。

これら 8 つの項目について、総合的な原水安定度を評価するにあたり、主成分分析を行った。その結果を踏まえ、原水の特徴を示す指標として、pH の一日毎の四分位範囲と電気伝導度の相対四分位偏差を除く 6 項目を最終的に選択した。この 6 項目を用いてレーダーチャート作成し、原水の総合

的な変動特性を視覚的に把握することができた。これにより、限定的ではあるが原水安定度を表現する一種の指標を提示することができた。

6) 連続自動水質計器を用いた処理性能評価手法の開発

浄水場に、溶存オゾン濃度モニターを新たに設置し、連続データを取得したところ、1 段目に設置したモニターには、通水当初から鉄・マンガンに起因すると思われる付着が生じることがわかった。設置初期（1 月中旬）は、配管のならしや、上記の対応等により調整などにより、データの精度は劣るが、2 月 10 日以降は、安定した結果が得られた。2 月 10 日~3 月 1 日までの平均値は、オゾン接触槽 1、2、3 段目でそれぞれ 0.015、0.155、0.284 mg/L であった。

溶存オゾン濃度と HO ラジカル濃度について、有機物の反応に対し同じパラメーターを与えることで、異なる初期溶存オゾン濃度に対して数値モデルにおいていずれの濃度も実験値を再現できることが示された（HO ラジカル濃度は、HO ラジカルプローブ物質の濃度変化から算出）。

オゾン接触槽の流動特性を槽内に散気管を配置した場合と配置しない場合で評価した。その結果、対象水流動に対する本質的な相違は大きくないが、散気管の有無により計算の負荷が大きく異なったことから、今後現象の再現性、計算の容易性を考慮したモデル化を行うことが必要であると考えられた。

E. 結論

1) 策定済みの水安全計画を用いた昨年度の解析を基に、表流水を原水とし、浄水処理方式として急速ろ過方式を実施している浄水場の水安全計画の情報をデータベース化し、監視方法の解析を行った。優先度の高い危害原因事象とその最重要危害因子を決定し、監視方法、監視地点とその管理基準について解析を行った。これらの解析により、それぞれの危害原因事象についての監視体制が明らかとなり、また、多くの事象において複数のバリアを意識した監視を行っていることも明らかとなった。

2) 東京都の水源水質事故情報と水質汚濁防

止法に基づく届出特定排出事業場情報のマッピングの結果、過去の事故発生が多く、排出事業者も多いエリアについては、定期的な水質調査の実施をすべきであると考えられた。また、現在水質調査地点として設定されていないエリアについては、新たに調査地点を設ける、他事業者の調査結果の共有等連携をして事故発生の監視を強化すべきと考えられた。さらに過去の事故事例は少ないが、届出排出事業者の数が多いところは、将来的な事故発生のリスクの存在する地点として位置づけ、現在事故が少ない理由の分析や今後の発生する可能性等を検討すべきと考えられた。

3) 経口LD₅₀別に、排出量・移動量及びオクタノール水分分配係数による淀川流域におけるリスクマップを作成した。油類に特徴的に含まれるVOC成分のうち、VOC計で1, 3, 5-トリメチルベンゼン及び1, 2, 4-トリメチルベンゼン、オクタン、ノナンを検出することで、原水への油類混入を検知できる見込みが示された。原水水質連続監視計器は、検知した場合の対応の方法や所要時間を考慮した上で、設置場所についても精査が必要であることを確認した。近年特に高濁度を示した集中豪雨時等において、土砂災害発生箇所では集中豪雨等によって再度災害が発生する可能性が高いことが示された。

4) 急速ろ過方式の通常処理の浄水場の場合、連続自動水質計器のうち、原水での濁度計とpH計、浄水での残留塩素計が特に設置率が高かった。活用状況については、原水での濁度計、活用状況については、原水での濁度計、原水および凝集沈殿水でのpH計、凝集沈殿水～浄水での残留塩素計が自動制御の割合が高かった。設置している自動水質計器のうち、特に利用価値が高く推奨する計器の理由として、浄水処理を行う上で得られたデータの利用価値が高いこと、メンテナンスが容易であることが挙げられていた。一方、利用において課題があると考えられる水質計器の理由として多かったのは、メンテナンスが難しい、部品交換頻度が高いなどであった。自動水質計器のデータの活用度を高める方法についての意見と

して、連続水質計器の設置箇所、維持管理、機能に関するもの、データの共有やトレンドグラフ化など測定データの利用に関するものが挙げられた。

5) 18箇所の水道事業者の連続監視データのうち、設置箇所数が多い原水濁度・pH・電気伝導度の連続データについて、連続自動水質計器のデータによる水質変動の比較解析を行った。その変動の特性を把握するため、8項目の指標を用いて解析し、その結果について主成分分析を行ったところ、最終的に6項目についてレーダーチャートを作成した。これにより、各事業者の原水濁度・pH・電気伝導度の変動特性を把握することができ、限定的ではあるが原水安定度を表現する一種の指標を作成することができた。

6) 浄水場に既存の1箇所に加え、新たにオゾン接触槽直後3箇所に溶存オゾン濃度モニターを設置し溶存オゾン濃度の連続測定を行った。その結果、1ヶ月程度のならし期間を経て安定したデータの取得が可能となった。1段目の接触槽のモニターへの鉄・マンガンの付着が多いことが確認された。

オゾンの反応については、異なる初期溶存オゾン濃度に対して、同じパラメーターを与えることで、数値モデルにより溶存オゾン濃度とHOラジカル濃度をある程度再現できていることが確認できた。

槽内に散気管を配置した場合と配置しない場合で、オゾン接触槽の流動は、本質的な相違は大きくないと考えられた。一方で、散気管の有無により計算の負荷が大きく異なった。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 大野浩一. 米国ウエストバージニア州における化学物質河川流出事故時の対応. 60(3), 24~34, 2015. (査読無し)
- 2) 大野浩一. 続: 米国ウエストバージニア州における化学物質河川流出事故時の対応

—事故後の調査について. 60 (6), 32~40,
2015. (査読無し)

3) 岸田直裕, 秋葉道宏. 水中微生物検査の
あり方. 日本防菌防黴学会誌, 44 (2), 69
~73, 2016. (査読なし)

2. 学会発表

1) 村田桂子, 日下部貴章, 武井紀子, 大
野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画
を用いた水源における危害解析, 平成 27
年度全国会議(水道研究発表会)講演集,
2015/10/21~23, さいたま市, 680~681.

2) 日下部貴章, 村田桂子, 武井紀子, 大
野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画
を用いた浄水プロセスにおける危害解析,
平成 27 年度全国会議(水道研究発表会)講
演集, 2015/10/21~23, さいたま市, 682
~683.

3) 武井紀子, 村田桂子, 日下部貴章, 大
野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画
を用いた給配水における危害解析, 平成 27
年度全国会議(水道研究発表会)講演集,
2015/10/21~23, さいたま市, 684~685.

4) 浅見真理. 水道水源の汚染リスクへの備
えと危機対応の重要性. 第 29 回公衆衛生情
報研究協議会抄録集. 2016. 1. 28, 和光市.

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を 含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

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

水道における連続監視の最適化および
浄水プロセスでの処理性能評価
に関する研究

平成27年度 分担研究報告書

平成28年3月

水安全計画を用いた水道水源・浄水プロセス・
給配水システムでの危害と監視方法の解析

研究分担者	大野	浩一
研究代表者	小坂	浩司
研究分担者	秋葉	道宏
研究協力者	岸田	直裕
研究協力者	佐々木	賢史
研究協力者	小川	将司

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）
「水道における連続監視の最適化および浄水プロセスでの処理性能評価に関する研究」
分担研究報告書

研究課題：水安全計画を用いた水道水源・浄水プロセス・給配水システムでの危害と監視方法の解析

研究分担者	大野 浩一	国立保健医療科学院	生活環境研究部水管理研究領域
研究代表者	小坂 浩司	国立保健医療科学院	生活環境研究部水管理研究領域
研究分担者	秋葉 道宏	国立保健医療科学院	統括研究官
研究協力者	岸田 直裕	国立保健医療科学院	生活環境研究部水管理研究領域
研究協力者	佐々木賢史	新潟市水道局	技術部浄水課
研究協力者	小川 将司	名古屋市上下水道局	技術本部管路部配水課

研究要旨

水源から給水栓までの統合的リスク管理手法である水安全計画において、優先度の高い危害原因事象、危害因子、それらへの対応方法について抽出・解析を行うことで、水安全計画未策定の事業体に対して有益となる知見を示すことを目的とし、策定済の水安全計画データを用いた解析を行った。表流水を原水とし急速ろ過方式を実施している全国 21 水道事業体 21 浄水場の水安全計画を活用し、昨年度実施した危害原因事象や危害因子の結果を基に、優先度の高い危害原因事象とその最重要危害因子のセットを決定した。9 つのセットが選択され、それぞれについて、監視方法とその管理基準についての解析を行った。結果の一例として、水道水源における降雨（危害原因事象）に対する濁度（危害因子）への監視方法について、連続計器による主要な監視方法は濁度計、pH 計、アルカリ度計であり、主要監視地点は取水、沈殿水、浄水であった。また、連続計器によらない監視方法として、水源の調査や手分析が挙げられていた。これらの解析により、優先度の高い危害原因事象と危害因子についての監視体制が明らかとなった。また、水安全計画における重要な概念の一つである「多段バリアの原則」を意識した監視体制となっていることも明らかとなった。これらの情報は、水安全計画が未策定の水道事業体に対して有益な情報となると考えられた。

A. 研究目的

安全な水道水を供給する観点から、水道システム、特に水道水源での危害を同定し、水源あるいは浄水プロセスにおいて水質変動・異常を検知し、迅速に対応することが重要な課題の一つである。しかしながら、水源から給水栓までの統合的リスク管理手法である水安全計画の策定率は低く、特に中小水道事業体ではこれらの課題への十分な対応は取られていない。

そこで本研究では、すでに水安全計画を策定している水道事業体の資料をもとに、水道システムにおいて優先度の高い危害原因事象、危害因子、それらへの対応方法について抽出、解析を行う。このことで、水安全計画を未策定の事業体、特に中小事業体に対して、策定に有益となる知見を示すことを目的としている。

平成 26 年度においては、水道システムを水道水源、浄水プロセス、給配水システムの 3 要素に分け、原水種類（表流水、地下水）および浄水処理方式等によって、どのような危害原因事象や危害を高リスクレベルに設定しているかについての抽出と検討を行った。危害原因事象について、発生頻度と影響程度に分けて二次元マトリックスによる解析を行った結果、リスクレベルの大きさが同じ場合でも、低頻度・高影響の場合と、高

頻度・低影響の場合があるというようにリスクの性質が異なることが示された。

本年度（平成 27 年度）においては、昨年度に抽出したリスクレベルの高い危害を対象に、表流水を原水とし、急速ろ過方式の浄水場における監視方法の解析を行った。

B. 研究方法

昨年度にデータベース化を行った 23 水道事業体 33 浄水場の浄水場別水安全計画を基に、表流水を原水とし浄水処理方式として急速ろ過方式を実施している 21 事業体 21 浄水場の水安全計画を解析対象とした。それぞれの水安全計画によって、様式や表記方法が異なるため、水安全計画策定ガイドライン¹⁾あるいは「水安全計画－危害分析用ファイル」の Excel ファイル²⁾様式に統一、表計算ソフトの形式で入力し検索が可能になるようにした。

データ項目は、事業体番号、事業体名、浄水場及び水源、原水の種類、処理プロセス、危害の発生箇所、危害箇所の種別、危害原因事象、関連する水質項目等（＝危害因子）、危害原因事象の発生頻度、危害原因事象の影響程度、リスクレベル、監視項目、監視方法、監視地点、管理基準の 16 項目であり、最後の 4 つは本年度新たに抽出した

項目である。

・ 昨年度と同様の方法にて、水源、浄水プロセス、給配水システムの3要素に分類し、各要素において、抽出した浄水場が多い順に危害原因事象を並べた。上位にある危害原因事象の中から、類似の事象を除外する、特徴的な事象を選択するなどの処理を行い、「優先度の高い危害原因事象」として抽出した。

次に、優先度の高い危害原因事象に対する危害因子について調べ、そのうち最も多く採用されている危害因子を最重要危害因子とした。

それぞれの危害原因事象に対する最重要危害因子の監視方法については、作成したデータベースを用いて解析を行った。それぞれの監視地点における監視項目、監視方法、管理基準について記載のあるものを解析対象とし、浄水場単位で整理をした。監視方法、監視項目は主要なものについて抽出した。

監視地点については、水安全計画策定ガイドライン¹⁾の表 II-4-3~4-4 における行列の列を構成する内容と水安全計画－危害分析用ファイルの Excel ファイル²⁾では、構成が異なっている。本研究においては、Excel ファイルのひな形に従ってデータベース化した。解析の際には Excel ファイルひな形の構成を以下のように再構成した。

- 流域 (流域全般)、水源 (表流水) → 水源
- 取水、導水、導水ポンプ井 → 取水
- 着水井 → 原水
- 薬品混和渠、フロック形成、沈殿池 → 沈殿水
- 急速ろ過池 → ろ過水
- 後塩素混和渠、浄水池、配水池 → 浄水
- 配水管、給水、貯水槽水道 → 給配

浄水池との比較において、配水池の位置が明確ではなかったが、Excel ファイルのひな形²⁾では配水池の危害発生箇所として「浄水」となっていたことから上記の構成とした。

監視方法については、連続 (自動) 計器による監視と連続計器によらない監視と大きく2種類にわけて整理した。連続計器によらない監視方法には主に次のようなものがあつた、(水質等の) 調査、現場等の確認、手分析 (自動計器によらない分析を意味する)、情報収集 (関係機関・利用者等から情報提供を受けることを含む)。事業体により、表記にばらつきがあるため、データ入力の際には入力者の判断に基づき、可能な範囲で統一を試みた。

管理基準については、管理基準項目と基準する値等について整理した。数字による値が示されている場合は、複数の水安全計画の範囲として最大値と最小値を示した。ただし、管理基準を逸脱した場合の対応については、今年度は調査していない。従って、異なる対応に関する管理基準の値を

まとめているため定量的な意味はなく、参考として示した。

C. 研究結果およびD. 考察

1. 優先度の高い危害原因事象の選択

昨年度実施した水安全計画の解析結果より、該当する危害原因事象を取り上げた浄水場数の順に並び替えた表を、水源 (表流水のみ、表 1)、浄水プロセス (以下浄水、表 2)、給配水システム (以下給配、表 3) の要素ごとに作成した。

表 1~3 より、浄水場別水安全計画での採用数が上位になるもの、特徴的な事象を選択し、類似性の高い事象については除外をして、優先度の高い危害原因事象とした。

優先度の高い危害原因事象として選択した事象は以下の通りである。

- 1) 水源：①降雨、②テロ、③車両等事故・水上バイク、④ (下水) 処理施設からの放流水、⑤富栄養化
- 2) 浄水：①設定ミス・注入ポンプ異常等による次亜の注入不足・過剰注入、②テロ、③洗浄不足
- 3) 給配：①管腐食・劣化 (管路および給水管)、②クロスコネクション (管路、給水管および貯水槽)、③テロ

2. 危害原因事象ごとの主要危害因子について

危害原因事象による主要な危害因子について整理した結果を表 4 に示す。また、それらを主要な危害因子の観点からまとめたものを表 5 に示す。表 5 においては、富栄養化とテロの危害原因事象に関しては、第 1 位と第 2 位が大きく離れていたため、第 1 位のみを示した。テロを例外として考えると、水源においては危害原因事象によって幅広い危害因子が考慮されている。一方、給配においては残留塩素と濁度という危害因子が中心に考慮されている。浄水プロセスはその中間というように考えられる。

次項より、危害原因事象ごとの危害因子を管理するために各水道事業体がどのような監視を行っているかについて解析を行う。全ての危害因子について解析を行うことは困難であったこと、また一部の事象については監視方法に関する十分なサンプルが得られなかったことなどから、詳細解析を行う「危害原因事象－危害因子」のセットを以下のように選択した。

- 1) 水源
 - 1-1) 降雨－濁度、1-2) テロ－シアン・その他毒物、1-3) 車両等事故・水上バイク－臭気、1-4) (下水) 処理施設からの放流水－耐塩素性病原生物、1-5) 富栄養化－かび臭物質
- 2) 浄水
 - 2-1) 設定ミス・注入ポンプ異常等による次亜の注入不足・過剰注入－残留塩素、2-2) 洗浄

不足－耐塩素性病原生物

3) 給配

3-1) 管腐食・劣化－色度、3-2) クロスコネク
ション－残留塩素

3. 危害原因事象ごとの主要な危害因子の監視方法および管理基準について

前項にて選択した、「危害原因事象－危害因子」のセットについて、危害因子を管理するために各事業体がどのような監視方法や管理措置を行っているか、また管理点と重要管理点をどのように設定し、その管理基準をいくつに設定しているかについて、整理と解析を行った。

なお、整理と解析における注意点として、①各表の管理措置・監視方法等は主要なもののみを記しており、全ては記載していない。②管理基準の値は、最大と最小の値を範囲で示している。管理基準の値は逸脱時の対応の違いにより、同じ浄水場において数段階に分けて設定されている場合がある。本研究では管理基準値の範囲のみを示しており、管理基準値とその逸脱時の対応の関係については解析を行っていない。管理基準値と逸脱時の対応の解析については、今後の課題とする。

以下に、個々の結果と考察を示す。

1) 水源

1-1) 降雨－濁度（表 6、解析対象浄水場数=14）

連続計器による主要な監視項目として、濁度計、pH 計、アルカリ度計が挙げられていた。

濁度計が最も多く使用されており、また複数点において監視がされていた。主要監視地点は取水、沈殿水、浄水であった。取水においてはフィードフォワード制御、沈殿水においてはフィードバック制御、浄水においては水質基準の遵守確認が主な目的と推測される。ろ過水での監視は 8 浄水場にどまっている。ろ過水では高感度濁度計が用いられており、これは濁度直接の管理もさることながら、耐塩素性病原生物の管理の目的が大きいため、濁度という危害因子に対する監視手法としては取り上げていない浄水場もあるのだろうと推測された。

pH 計とアルカリ度計については、取水あるいは着水井に設置して監視を行う場合が多かった。これは、高濁度になる降雨時においては河川水のアルカリ度が一般には減少するのに加え、凝集に必要なアルミニウム注入量が増加するため³⁾、pH およびアルカリ度を監視し、フィードフォワード管理をしている場合もあると考えられる。管理措置として、着水井での pH 調整やアルカリ剤添加が挙げられている。

手分析は濁度の測定が基本と思われるが、ジャーテストによる最適凝集剤注入量の決定も含まれるかもしれない。また、水源の調査が監視方法として挙げられている。詳細は不明であるが、現

場等の確認も含め、土砂崩れ場所などの調査や確認作業などがあるかもしれない。これらの点は、今回のようなデータベース化した情報ではなく、水安全計画の原本に戻り詳細な調査を行う必要がある、今後の課題の一つである。

1-2) テローシアン・その他毒性物質（表 7、解析対象浄水場数=11）

連続計器による監視項目としては、バイオアッセイ（生物センサー）が多く、特に取水地点での監視が多かった。その他、残留塩素計は沈殿水以降での監視、pH 計は全体にわたる監視、電気伝導度計は取水と原水における監視がなされていた。危害の発生地点が「水源」であることから、取水におけるバイオアッセイによる監視を中心とした体制になっており、毒物を浄水場内に取り込まないようにする姿勢が伺える。なお、「浄水」や「給配」における監視体制はこれらとは異なると考えられるが、セキュリティ面も考慮し詳細に関する公表は控える。

その他の監視方法としては、水源における調査や現場等の確認なども含まれ、シアンについては浄水での手分析も監視方法として多くの浄水場で採用されている。

1-3) 車両等事故・水上バイク－臭気（表 8、解析対象浄水場数=9）

この危害原因事象における危害因子の臭気は、主に油類に起因する臭気である。連続計器による監視方法としては、油分・油膜計を水源や取水に導入している浄水場があるものの、数は少ない。この数が少ない原因は不明であるが、油類による水質汚染事故は全体の半数近くを占める⁴⁾ことから、自動監視が可能になることが望ましい。

連続計器によらない監視方法としては、水源の調査・現場等の確認があげられている。油膜等の確認が中心であると思われる。車両等事故の頻発地点はある程度判明していると思われるので、関係機関からの情報提供や将来的な監視カメラなどの導入も検討できるかもしれない。

その他、浄水において臭気の手分析を行うことで事後の監視、あるいはフィードバック制御を行っている浄水場が多い。

1-4) （下水）処理施設からの放流水－耐塩素性病原生物（表 9、解析対象浄水場数=8）

連続計器による監視方法は濁度計であった。降雨事象による濁度の監視とは異なり、取水地点での監視よりも沈殿水、ろ過水、浄水における監視が主体となっていた。沈殿水とろ過水の監視により、凝集剤注入量、後凝集の実施、さらにはろ過速度などの制御を行っていると考えられる。代表的な耐塩素性病原生物であるクリプトスポリジウムの対策指針⁵⁾においては、指標菌が検出されたことのある地表水を原水としている場合（リスクレベル 4）、ろ過池等出口の濁度を 0.1 度以下に

維持することが可能なる過設備を整備することとされており、水安全計画ではこの指針に則した監視方法がとられていることが示されている。

連続計器によらない監視方法としては、手分析が主なものであり、監視地点は取水と浄水となっている。検査頻度等は本研究では調査していないが、昨年度の岸田らの報告⁶⁾によると、リスクレベル4の浄水場における原水年間検査回数は平均4.1回、浄水は平均3.6回(n=28)となっている。表流水に対する紫外線消毒処理といった新しい対応がなされない限りにおいて、現在行われている濁度によるリスク管理体制が現実的な対応となっていることが示されている。

1-5) 富栄養化—かび臭物質 (表 10、解析対象浄水場数=5)

連続計器による監視方法としては濁度計が多かったものの、濁度計により監視をしている浄水場は一つだけであった。

連続計器によらない監視方法では、手分析と調査が多かった。手分析は管理基準がかび臭原因物質(2-MIB、ジェオスミン)であることから、GC-MSなどによる分析により監視を行っていると考えられる。臭気による監視は多くなかった。これはすでに多くの浄水場にGC-MSが導入されており、物質濃度による定量的な監視記録の方が重視されているということではないかと推測された。ただし、手分析で臭気を分析している浄水場もある可能性があり、詳細は不明である。

かび臭物質への監視方法と管理措置としては、連続計器による監視ではないものの、機器を用いて取水と浄水に対する頻度の高い測定により、粉末活性炭注入量を決定し制御しているものと思われる結果となった。

2) 浄水プロセス

2-1) 設定ミス・注入ポンプ異常等による次亜の注入不足・過剰注入—残留塩素 (表 11、解析対象浄水場数=8)

連続計器による主要な監視方法としては、残留塩素計による沈殿水と浄水の監視であった。それぞれ中間塩素、後塩素のポンプ異常の監視に対応していると考えられた。

2-2) 洗浄不足—耐塩素性病原生物 (表 12、解析対象浄水場数=9)

洗浄不足は、ガイドライン¹⁾の表 II-3-1 によると、ろ過池の洗浄不足となっていることから、原則として、この事象はろ過池の洗浄不足だと考えられる。連続計器による監視は、濁度計で行われており、ろ過水と浄水に対する監視が行われている。管理点とあわせて考えると、主要な監視地点はろ過池であり、高感度濁度計を用いて監視していると考えられる。降雨事象、(下水)処理施設からの放流水などの事象に対しても濁度計は監視に利用されている。これらの危害原因事象を判

別するために、取水や沈殿水での濁度も同時に比較し検討していると考えられるが、本研究ではそこまでの具体的なデータは確認できなかった。

連続計器によらない監視方法は、手分析が主なものであった。ただし、(下水)処理施設の事象の所で述べたように頻度が少ないことから、監視としての役割というよりも、平常時あるいは危害原因事象発生時における水質確認という意味合いが強いのではないかと考えられる。

3) 給配水システム

3-1) 管腐食・劣化—色度 (表 13、解析対象浄水場数=6)

管腐食・劣化の危害原因事象については、危害発生の地点として給水管、配水管のいずれも解析対象とした。また、危害因子としては色度と濁度の2つが採用浄水場数6と同数であった。濁度の解析は他の事象でも行われていたため、ここでは色度の因子について解析を行った。

結果として、監視地点は給配のみであった。色度の監視においては、給配の中でも給水地点がほとんどであった。監視方法は主に手分析(色度)と現場等の確認であった。また、情報収集によるものもあるが、詳細は不明である。監視地点が給配に限定されるのは当然かもしれないが、管腐食に関しては、浄水場出口におけるランゲリア指数などの腐食性を表す指標の影響も考えられる。この観点からの監視も考慮されるべきかもしれない。昨年度検討した範囲では、ランゲリア指数など腐食性に関する危害因子はリスクレベル3以上の危害原因事象には含まれていなかった。

3-2) クロスコネクション—残留塩素 (表 14、解析対象浄水場数=9)

クロスコネクションに対する監視地点は給配のみであった。クロスコネクションは管腐食・劣化とは異なり、物理的な事故なので、これは当然の結果と言える。

連続計器による監視方法としては、残留塩素計が採用されている。残留塩素の危害因子について検討しているので、これも当然である。ただし、連続計器を設置できる場所には限りがあることから、連続計器によらない監視も重要である。そのような監視方法としては、手分析が最も多く、その他現場確認、情報収集、調査となっている。クロスコネクションという事象自体はめったに起きるものではないが、起きた場合の影響は甚大である。配水管などの大きな場所で起きる危害に関しては手分析や調査、現場等の確認で予防が可能かもしれない。一方、給水管などの小さい規模のクロスコネクションは衛生部局や水道利用者などからの情報提供を中心にする必要があるかもしれない。

4. 優先度の高い危害原因事象に対する最重要危害因子の監視方法解析のまとめ

前項で結果報告と考察を行った、優先度の高い危害原因事象に対する最重要危害因子と監視地点・方法について、表 15 にまとめる。また最重要以外の危害因子についてもまとめた。

傾向として、水源で起こりうる危害原因事象については水源、および浄水処理過程を中心に幅広い監視が行われている。一方、浄水プロセスや給配水での危害原因事象は、危害の発生箇所が明確なためだと思われるが、監視も特定の地点で行われている場合が多かった。また、危害因子についても水源より浄水・給配の方が特定しやすい傾向にあると考えられた。

さらに、全体的な特徴としては、多くの場合、複数の監視方法が用いられていることが挙げられる。また、多くの場合、複数の監視地点が設けられている。これらのこと、特に後者は、水安全計画におけるリスク管理の重要な概念の一つである、多段バリアの原則を意識したものとなっていると考えられた。今後、管理基準逸脱時の対応などのリスク管理方法について検討する際にも、この点に着目していきたい。

本研究では、各浄水場の水安全計画のデータをデータベース化したことで、解析や比較を簡易化することができた。しかし、その反面、データベース化により情報量が減少し、細かい情報については不明であった部分もある。このような場合、個々の水安全計画に立ち戻り解析を行うことも必要かもしれない。生の情報とデータベース化した情報の両方について、それぞれの利点を活用して解析することは今後の検討課題である。

E. 結論

本年度は、策定済みの水安全計画を用いた昨年度の解析を基に、表流水を原水とし、浄水処理方式として急速ろ過方式を実施している浄水場の水安全計画の情報をデータベース化し、監視方法の解析を行った。優先度の高い危害原因事象とその最重要危害因子を決定し、監視方法、監視地点とその管理基準について解析を行った。これらの解析により、それぞれの危害原因事象についての監視体制が明らかとなり、また、多くの事象において複数のバリアを意識した監視を行っていることも明らかとなった。これらの情報は、水安全計画が未策定の水道事業体に対して有益な情報となると考えられる。

今後は、これまでの解析結果を踏まえた上で、優先度の高い危害原因事象や危害因子について、リスク管理方法や管理基準逸脱時の対応等についての解析を行う。また、これまでの解析結果とあわせ、水安全計画を未策定の水道事業体、特に中小水道事業体にとって、研究内容が有益な情報となるように整理し、まとめた形で情報提供することを試みる。

F. 健康危険情報

該当なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし。

2. 学会発表

- 1) 村田桂子, 日下部貴章, 武井紀子, 大野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画を用いた水源における危害解析, 平成 27 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 2015/10/21-23, さいたま市, 680-681.
- 2) 日下部貴章, 村田桂子, 武井紀子, 大野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画を用いた浄水プロセスにおける危害解析, 平成 27 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 2015/10/21-23, さいたま市, 682-683.
- 3) 武井紀子, 村田桂子, 日下部貴章, 大野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画を用いた給配水における危害解析, 平成 27 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 2015/10/21-23, さいたま市, 684-685.

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定も含む。)

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。

I. 参考文献

- 1) 厚生労働省水道課. 水安全計画策定ガイドライン (平成 20 年 5 月版)、2008.
- 2) 日本水道協会. 水安全計画－危害分析用ファイル (Excel ファイル)、水道課ウェブサイト内に掲載(平成 28 年 3 月確認)
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/suisuitsu/07.html>
- 3) 丹保憲仁、小笠原紘一. 浄水の技術、技報堂出版、p. 327-328、1985.
- 4) 厚生労働省水道課. 水安全計画策定ガイドライン (平成 20 年 5 月版)、資料編、p. 58、2008.
- 5) 厚生労働省水道課. 水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針、2007.
- 6) 岸田直裕ら. 水質検査計画に見る水道事業体における水質検査・監視の実態、平成 26 年度厚生労働科学研究費補助金「水道における連続監視の最適化および浄水プロセスでの処理性能評価に関する研究」分担研究報告書、p. 31-36、2015.

表1 水源（表流水）における主要な危害原因事象
（取り上げた浄水場数が5以上のもの、降順）

危害原因事象	リスクレベル別危害因子数				浄水場数 計 23
	3	4	5	総計	
降雨	42	15	18	75	20
テコ	10		49	59	17
人為的な不法投棄	11		39	50	14
車両等事故、水上バイク	20	12	7	39	13
処理施設からの放流水	33	10	13	56	12
富栄養化	29	12	2	43	11
濁水	28		2	30	9
養豚・養鶏場からの流出	11	2	13	26	9
暖房燃料等の油流出	5	4	1	10	9
工場、クリーニング排水	20	13	32	65	7
土木工事	9		3	12	6

表2 浄水処理プロセスにおける主要な危害原因事象
（取り上げた浄水場数が5以上のもの、降順）

危害原因事象	リスクレベル別危害因子数				浄水場数 計 21
	3	4	5	計	
テコ	6	1	36	43	16
設定ミス、注入ポンプ異常等による凝集剤の注入不足、過剰注入	31	1	10	42	12
設定ミス、注入ポンプ異常等によるアルカリ剤の注入不足、過剰注入	23	2	4	29	12
設定ミス、注入ポンプ等異常による次亜の注入不足、過剰注入	28	5	12	45	11
洗浄不足	5	2	11	18	10
原水高濁度、凝集処理水濁度大など	7	4	5	16	9
その他過剰注入・不足	17	6	2	25	7
長時間のろ過継続	6	0	5	11	7
濾過池設備の故障（集水装置 逆栓弁 表洗弁 洗浄水の不足）	8	3	2	13	6
水温密度流による短絡流	11	0	0	11	6
モニタリング機器異常・故障	6	4	2	12	5
ピコプランクトン等生物漏出	6	3	2	11	5
攪拌機異常等による攪拌過不足	8	0	2	10	5