

図4 浄水プロセスにおける蛍光強度、吸光度の変化 [(a) A 浄水場、(b) B 浄水場]

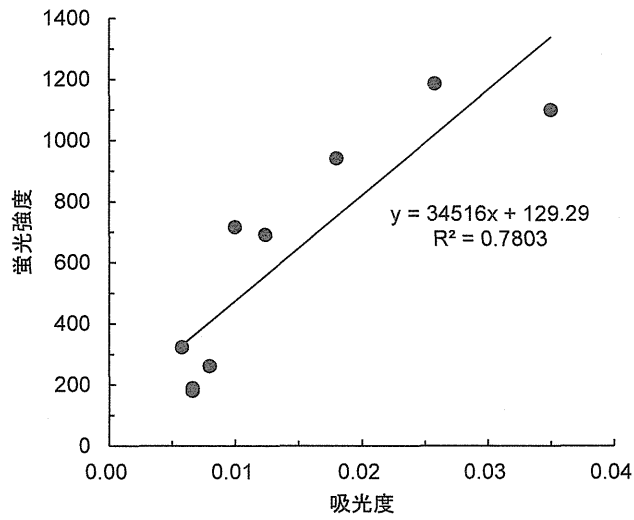


図5 UV260 とフルボ酸様 (蛍光) の関係

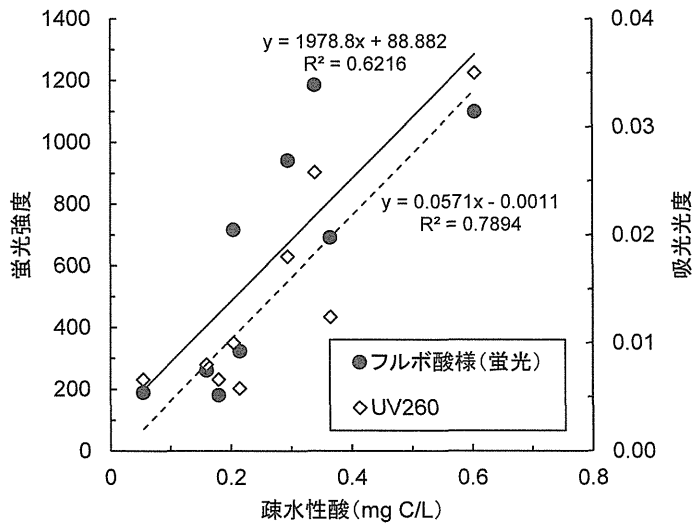


図6 疎水性酸とフルボ酸様 (蛍光) および UV260 の関係

分担研究報告書 7

連続自動水質計器を用いた処理性能評価手法の開発

研究分担者 水野 忠雄

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：連続自動水質計器を用いた処理性能評価手法の開発

研究分担者 水野 忠雄 京都大学大学院工学研究科

研究要旨

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、浄水プロセスで水質変動・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。そこで、本研究では、連続自動計器を用いた水質監視により得られる定量的な数値と、処理槽内の反応および流動を含む処理性能との関連を明らかにし、その可視化などを通じて、平時の安定的な処理を達成するとともに、異常時にも対応しうる、処理プロセスの運転管理に資する処理性能評価手法の開発を目的とした。

水道事業体への聞き取りを通じた処理性能評価を行う対象プロセスのニーズ調査の結果、オゾン接触槽/反応槽を選定した。現在、オゾン処理は、平時実務的には良好に運転されているものの、臭素酸イオンの生成抑制の課題などもあり、オゾン接触槽/滞留槽内の解析を通じて、より一層の科学的根拠を必要とされていることが要因の1つと考えられた。

また、オゾン反応の予備的な評価を行ったところ、これまであまり議論されてこなかった有機物の質変換に関する検討とそれを通じた反応機構の理解がより一層重要であることが示唆された。

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、浄水プロセスで水質変動・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。浄水プロセスについては、各水道事業体の運用開始時の実証試験およびその後蓄積される経験に基づいて、適切な運転管理指標およびその数値が設定され、かつ安定的に運転が行われているものの、必ずしも処理槽内の反応や流動に関する科学的な知見に基づくものばかりではなく、水道水源の水質変動や異常時への対応として十分とは言えない。そこで、連続自動計器を用いた水質監視により得られる定量的な数値と、処理槽内の反応および流動を含む処理性能との関連を明らかにし、その可視化などを通じて、平時の安定的な処理を達成するとともに、異常時にも対応しうる、処理プロセスの運転管理に資する処理性能評価手法の開発を目的とした。

B. 研究方法

本研究の進め方および全体概要を図1および2に示す。主な構成要素は、浄水プロセス内において対象とするプロセスおよび連続監視項目の選定、現場での連続データの取得、反応の評価、対象プロセス槽内の流動評価である。処理性能評価手法としては、流動および反応を組み込んだ数値解析手法を適用することとし、最終的に数値解析モデルを構築する。この際、現場において槽内の複数個所から採取する連続データを用いて手法の改善、モデルのキャリブレーション等を行う。

まず、本年度は以下の項目に関して行った。

1. 対象プロセスおよび連続監視項目の選定

水道事業体への聞き取りを通じて対象とするプロセスおよびその監視項目についてニーズ調査を行った。

2. 反応の評価

本研究では、後述のとおり、浄水プロセスにおけるオゾン接触槽/滞留槽を評価の対象とするため、実際にオゾン処理を導入している浄水場の凝集沈殿とオゾン接触槽の間から採取した水を実験原水とした。

反応の評価には、回分式の実験にて行った。予め実験対象水を200 mL添加した三角フラスコに、別途作成したオゾン水を添加することで実験を開始した。オゾン水は、シリンジとニードルを用いて実験対象水液面下に注入した。実験対象水とオゾン水の攪拌は攪拌子によって行い、オゾン水添加後10秒間攪拌した。なお、オゾン水は一定濃度で作成しており、概ね50 mg/Lであり、設定するオゾン注入率に応じて、予め実験対象水には超純水を添加し、オゾン水および超純水の合計添加量が常に20 mLとなるようにした。これは、オゾン水の添加によって実験対象水が希釈されるため、常に一定の希釈率になるようにするためである。オゾンの反応中、三角フラスコはパラフィルムシートにて口をふさいだ。各測定時刻における溶存オゾン濃度を測定するため複数個の三角フラスコを用意した。溶存オゾン濃度の測定はインジゴ法によって行った。オゾン注入率は、0.3~2.6 mg/Lとし、温度は採水時の温度7~9℃で行った。

3. 流動モデルの準備

ANSYS CFX15.0 (現時点のバージョン) の使用を前提として、対象とするオゾン接触槽/滞留槽内の流動を再現することを目的に準備を開始した。

C. 研究結果およびD. 考察

1. 対象プロセスおよび連続監視項目の選定

水道事業体への聞き取りを通じた処理性能評価を行う対象プロセスのニーズ調査の結果、オゾン接触槽/反応槽を選定した。オゾン処理は、平時実務的には良好に運転され、また、急な水質変動や水質異常の際にも比較的対応能力が高いプロセスであると考えられる一方、水質浄化に寄与するオゾンがガスとして利用されるため、槽内の反応と流動が複雑であり、切り離して議論することが難しいため、より一層の科学的根拠を必要とされていることが1つの要因と考えられた。また、オゾン処理技術の発展や水道事業体において設備更新の時期を迎えていることもあり、本処理性能評価手法を用いた現状解析と改善提案の可能性に期待がもたれていることも要因と考えられた。

近年、日本では利用されているオゾン注入率の低減が認められる。これは、水源水質の改善に起因する部分もあるが、臭素酸イオン生成抑制のために低下せざるを得ないことも反映していると言える。また、臭気物質への対応が求められる一方、臭化物イオン濃度が高いことでオゾン注入率を上げられないといった要因もある。日本では、アメリカのように消毒を主目的としたオゾンの導入はなされていないため、オゾン注入率を下げることへの抵抗はあまりないと考えられるが、一方かつてからトリハロメタンなどの塩素消毒副生成物の低減に効果が認められ導入されてきた技術であることから、オゾン注入率を低減することによる処理性能の低下が懸念される。本研究で行う、オゾン接触槽/滞留槽の性能評価により、まず現状を解析すること、そして流動状態の改善やオゾン処理技術の進歩に伴う高濃度オゾンガスの利用による(流動の変化も伴う)処理性能の変化に関する評価は社会的にも期待される意義のある研究であると考えられた。

また、連続監視項目としては、最も直接的な指標となる溶存オゾン濃度を選定した。研究対象場とする協力浄水場の採水可能な箇所も考慮して、既存の1か所と新たに最大3か所に連続計器を設置し、連続データの取得を行うこととした。連続データ取得箇所を増やすことにより、槽内情報の高解像度化が可能で、より一層詳細な反応の評価が可能となりモデルの高精度化にも資すると考えられる。

2. 反応の評価

溶存オゾン濃度の経時変化の例を図3に示す。低水温時期の採水で、実際の処理での挙動を模擬するため、採水温度と同じ温度での実験を行ったため、非常に長い時間溶存オゾンが残存していた。多くの研究では、溶存オゾンの経時変化として、初期に急激にオゾンが減少する期間とその後の緩やかな減少をする期間があるとされている。本研究でも、そのような現象が認められた。しかし、これまでの研究は20℃前後において検討が行われていることがほとんどであり、1分程度までを初期の反応としている¹⁾。本研究では、特にオゾン注入率が高い場合において1200秒(20分)程度までが初期の反応であると考えられた。すなわち、初期の反応は後期の反応に比べれば速い反応ではあるものの、温度の低下により、初期反応の速度も大きく低下することが示唆された。

これまでの研究では、後半の反応をオゾンについての一次反応として評価することが通常である。すなわち、反応物質と考えられる有機物の反応速度に及ぼす質の変化は小さいと仮定されている。また、そのような前提に立っているため、オゾン注入率は一条件を設定している場合が多い。本研究では、0.3~2.6 mg/Lと一桁程度、オゾン注入率を変えて実験を行い、既報と同様の評価を行ったところ、経時変化に対しては一次反応と仮定しても大きな誤差とはならないが、オゾン注入率の違いによる反応速度定数を算出すると、オゾン注入率が高くなるほど、後半の反応速度定数は小さくなった。これは、初期にオゾンが多くあることで反応が活発化し後半の反応が遅くなるのか、単純に後半の反応で有機物の質変換が起るため反応が遅くなるのかなど、その機構は明らかではないが、反応槽内における溶存オゾン濃度の分布を検討する際には、評価が必要となるため、来年度以降、反応機構についても検討することとする。また同時に、実際の処理場において設定されているオゾン注入率と同程度の注入率を用いた際に得られる反応速度定数を用いて、平均的に評価した場合の誤差などについても検討することとする。

3. 流動モデルの準備

図2中に以前に行った流動の数値解析による流速²⁾をイメージとして示している。当時の技術状況もあり上下迂流3段それぞれの接触段について、底面の一定の面からオゾンによる散気を行うとして解析している。本研究では、より実際に近い、散気管を各接触槽に40本、3段で合計120本を配置した散気方式に修正をして計算を行うこととする。また、流動モデルと反応モデルを組み合わせ、オゾン接触槽/滞留槽内の溶存オゾン濃度をはじめとする水質項目を再現可能な数値解析モ

デルの構築を行う。

E. 結論

水道事業体への聞き取りを通じた処理性能評価を行う対象プロセスのニーズ調査の結果、オゾン接触槽/反応槽を選定した。現在、オゾン処理は、平時実務的には良好に運転されているものの、臭素酸イオンの生成抑制の課題などもあり、オゾン接触槽/滞留槽内の解析を通じて、より一層の科学的根拠を必要とされていることが要因と考えられた。また、オゾン処理技術の発展や水道事業体において設備更新の時期を迎えていることもあり、本処理性能評価手法を用いた現状解析と改善提案の可能性に期待がもたれていることも要因と考えられた。

また、オゾン反応の予備的な評価を行ったところ、これまであまり議論されてこなかった有機物の質変換に関する検討とそれを通じた反応機構の理解がより一層重要であることが示唆された。反応槽内における溶存オゾン濃度の分布を検討する際には、これらの評価が必要となるため、来年度以降、反応機構についても検討することとした。また一方で、工学的にニーズにもこたえるために、実際の処理場において設定されているオゾン注入率と同程度の注入率を用いた際に得られる反応速度定数を用いて、平均的に評価した場合の誤差などについても検討することとした。随時、流動モデルの修正を行い、流動モデルと反応モデルを組み合わせた数値解析モデルの構築を行う。

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
該当なし。

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) Westerhoff, P., Aiken, G., Amy, G. and Debroux, J.: Relationships between the structure of natural organic matter and its reactivity towards molecular ozone and hydroxyl radicals, *Water Research*, .33, 10, 1999, 2265-2276.
- 2) 水野忠雄, 朴魯錫, 津野洋, 日高平: 浄水処理施設におけるオゾン処理反応槽内の溶存オゾン濃度再現モデルの構築, *環境工学研究論文集*, 41, 2004, 237-246.

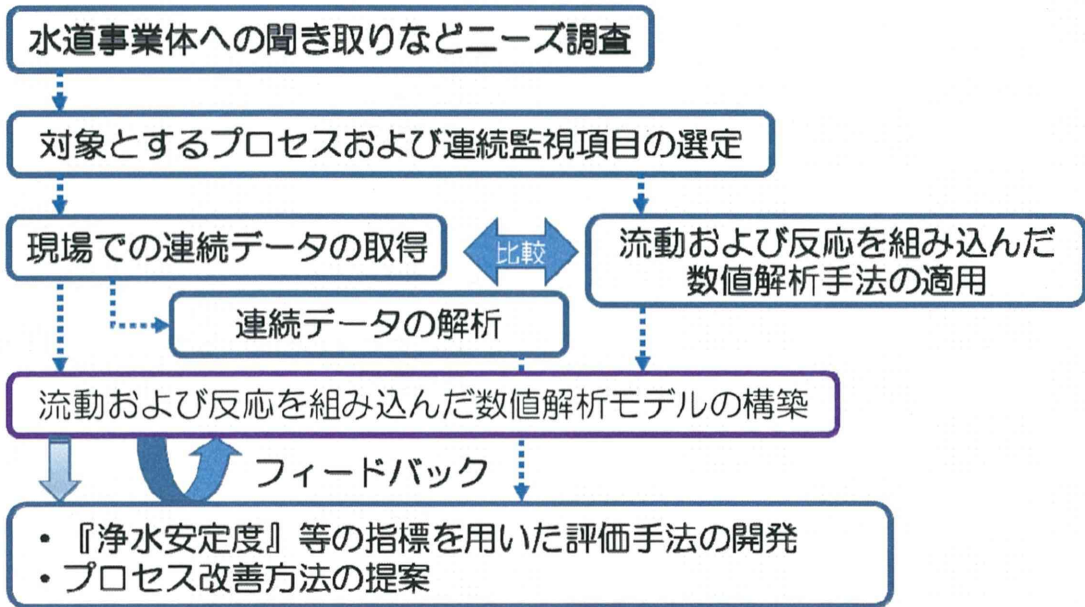


図1 本研究の進め方

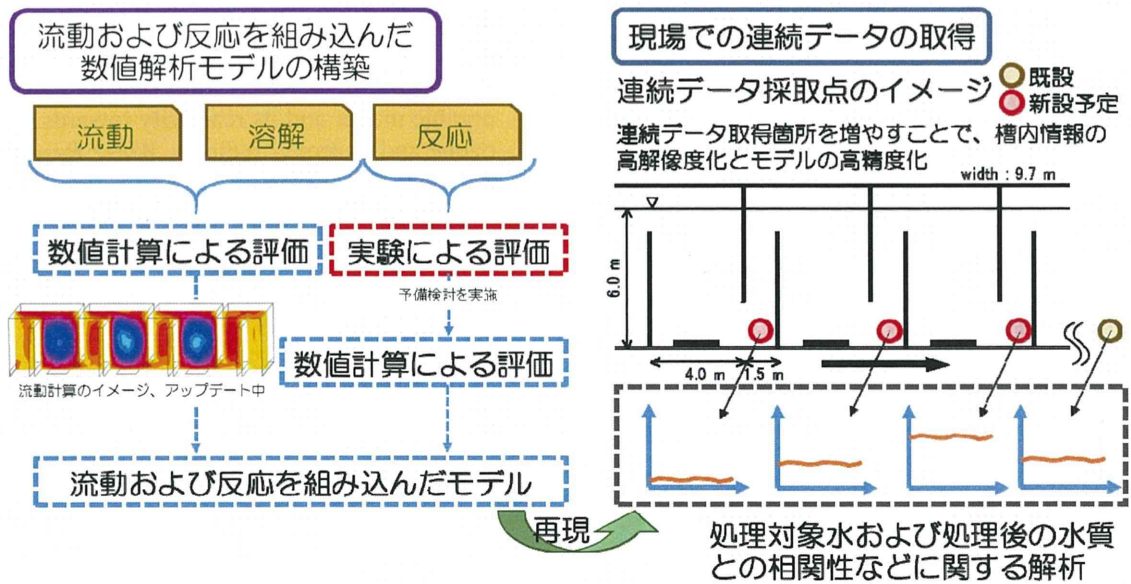


図2 本研究の全体概要

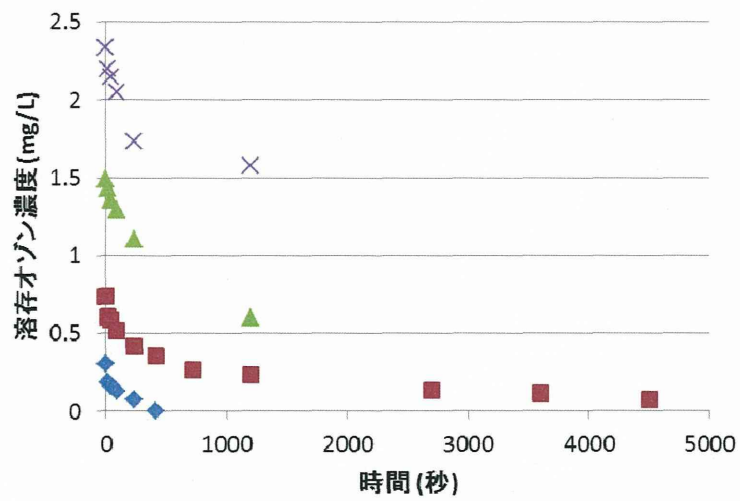
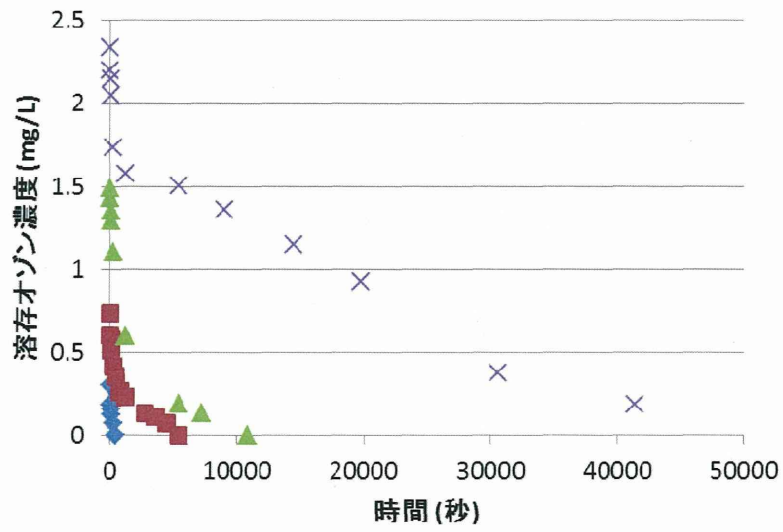


図3 溶存オゾン濃度の経時変化の例
(下の図は、上の図の5000秒までを拡大した)

突発的水質事故時の摂取制限等をともなう
給水継続への対応

研究分担者 大野 浩一
研究分担者 浅見 真理

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：突発的水質事故時の摂取制限等をともなう給水継続への対応

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
研究分担者 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

研究要旨

突発的水質事故時の対応では、断水による影響を考慮し、摂取制限等をともなう給水継続を行う場合もありうる。摂取制限等をともなう給水継続実施にあたっての留意点（摂取制限解除の方法、食品製造業対応等）を取り上げ、活用可能な具体的な方策を提示することを目的とした検討を行った。既存の関連指針等を参考に内容について検討を行ったところ、特に具体的な周知（「公報」など）のあり方について検討を行うことが重要であることが分かった。米国における水質事故の対応などを参考に、情報整理を行い、課題を抽出することができた。一方で国内においては、水道水の水質が水質基準を超過した場合の対応に関して、事前に積極的に広報することの難しさなどの諸課題も指摘され、具体的な周知方法については、引き続き継続して検討することになった。

A. 研究目的

水道の水源として河川水やダム水などの表流水や表流水の影響を受けやすい浅井戸を使っているところは非常に多い。特に大規模な水道事業体では、上流に人為活動や自然の影響を受けやすい表流水を用いている場合が多く、水質の汚染は常に重要な課題である。水質事故等により水源が汚染される恐れに備え、十分な発生源対策を行うこと、また、汚染が起こった場合は可能な限り早急に察知し、水道施設への流入を極力抑えること、また浄水場に入ってしまった場合は、除去や排水に努めること、配水池の汚染を防ぎ、清澄な水が配水されるよう努めることが必要なことはもちろんである。しかしながら、以上の対策をもってしてもなお、突発的な水質事故の発生により、水道水質基準を一時的に超過した水の配水が不可避な場合、摂取制限等を実施しつつ、生活用水を確保するために給水を継続することができないか、問題提起がなされている。

水道水は飲用のみならず、家庭では大部分がトイレ、手洗い、調理、洗濯、風呂、洗浄等に使用されている。また、各種産業においては、医療施設で使用されている水道水や空調用水、冷却水、消防用水等の都市活動に使用されている水道水が途絶えることは、市民の安全と経済社会に深刻な影響を及ぼすことになる。給水車等による応急給水でこれらの生活用水をまかなうことは困難であり、断水が市民生活に大きな影響を及ぼす。

原水の予期できない汚染など、最善の防止策を講じてもなお水質が悪化した場合などに、取り得る選択肢として、給水停止だけでなく、摂取制限を行いつつ給水継続を行うことが適している場

合があるかどうか検討し、どのような備えをすべきかの検討の必要がある。本年度は、以下の2点について検討を行った。

1. 既存の指針を元にした水質事故対応の検討

既存のクリプトスポリジウム対策指針等とともに、水質事故対応に関する指針のあり方の検討を行う。

2. 海外事例を元にした公報のあり方の検討

米国の水質事故の事例を元にして、住民への周知を目標とした公報のあり方について検討を行った。

B. 研究方法

1. 既存の指針を元にした水質事故対応の検討

平成19年4月1日より適用された「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」¹⁾では、最新の科学的知見等を踏まえ、クリプトスポリジウム等の汚染に対する事前対策及び事後対応の留意点が示されている。それらの項目を踏まえ、水質事故対応に関する指針の項目に関する検討を行った。

また、平成23年の東日本大震災に伴う原子力発電所からの放射性物質放出事例における水道における対応について整理し、緊急時における広報、クライシスコミュニケーション、初動対応の重要点について検討を行った。

2. 海外事例を元にした公報のあり方の検討

平成26年1月に米国ウエストバージニア州チャールストンで発生した化学物質事故の事例を元にして、住民への周知を目標とした公報のあり方について検討を行った。

C. 研究結果およびD. 考察

1. 既存の指針を元にした水質事故対応の検討

水源水質事故で浄水処理では対応出来ない事態となった場合には、平常時とは異なる対応が必要である。

平成 23 年の東日本大震災の原子力発電所からの放射性物質放出事例においては、事故時の放射線防護の線量の基準の考え方があり、事故直後は大きな被ばくを避ける対策がとられた。すなわち、事故直後は事故発生初期の大きな被ばくを避けるための避難や食品の出荷制限等の措置を行い、その後緊急時、事故収束時の対応を行い、状況が落ち着いたら、長期的な目標を設定する。この考え方自体は、必ずしも一般的に平常時から広く受け入れられているとは言えないが、多くの災害や化学物質の汚染においても適用され得る考え方の一つである²⁾。

水道については、緊急時の状況に相当する暫定指標値が早い段階で出され、暫定指標値を超える放射性物質が検出された水道事業者では、懸命な浄水処理を行いながら給水は継続しつつ、テレビ会見や測定結果のホームページによる摂取制限の公表、乳児のいる家庭への飲料水（ペットボトル）の提供、業界に対するペットボトルの増産要請等を行うなど、きわめて迅速な対応がなされ、結果的には早い段階で、摂取制限が解除されていた^{例え3)}。

当時物流が限られる中、生活用水の供給が継続された意義は非常に大きかった。一方で、摂取制限の広報については、特に用途、健康影響に関する情報提供内容、代替手段に関する内容（例えば、ペットボトル配布、応急給水地点の周知）、伝達手段等について課題があった。

このようなことから、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」¹⁾を参考に項目立てした場合の項目例を下記に示す。

1. 背景及び目的
 2. 水道原水に係る水質変動・水質事故等の可能性の判断
水源の種類、上流の施設や工事の状況、水質変動・水質事故等のおこりやすさを周辺の状況、水質データ、過去の事例、水質変動から推察する。場合によってはレベル分けする。
 3. 予防対策
 - (1) 施設整備
 - (2) 原水等の検査および（連続）監視
 - (3) 運転管理
 - (4) 水源対策
 4. 水質事故が発生した場合の応急対応
 - (1) 応急対応の実施
- 連絡体制の整備
水質事故の発生を迅速に把握するとともに、応急

対応が遅滞なく実施されるよう、都道府県（水道行政担当部局、食中毒担当部局、保健所等）、水道事業者、水道水供給事業者等の関係者の間における連絡マニュアル・連絡網を予め策定しておくこと。化学物質等による水質汚染（事故）が発生した場合、予め策定したマニュアルに基づき水道事業者等は都道府県へ、都道府県は国へそれぞれ報告し、連絡を密にすること。また、水道水供給事業者等とその受水事業者との間の連携を密にし、水道利用者への対応と水道施設における対応を協調して実施すること。

(2) 水道事業者等における応急対応

①水道利用者への広報・飲用指導等

○広報の実施

○広報の手段

水道の利用者の混乱を招くことがないように、各種手段（広報車、ビラ、新聞、テレビ）を活用して、迅速かつ確実に広報を行うこと。

○広報の内容

飲用時の注意事項（例：煮沸して飲用すること）や、利用時の注意事項（例：〇〇を行わないこと）について周知するとともに、水質事故の把握状況や水道事業者の対応等について、わかりやすくかつ詳細に伝えること。広報の具体例を別添に示す。

②水道施設における応急対応

水質検査の強化、取水停止／水源の変更、粉末活性炭の注入・凝集・ろ過等の強化、水道利用者への広報の徹底等、給水停止等の実施（送水停止等を含む。通常時より、必要なバルブ等の作動状態を点検しておくこと。）、応急給水の確保、汚染された施設の洗浄等。

(3) 都道府県等の水道行政担当部局における対応

水道利用者への広報・指示、受水槽の管理、近傍の水道事業者等への連絡等。

【別添】水道水質汚染により利用者に広報を行う場合の具体例

1. 水質事故に関する情報の提供
水道利用者等に混乱を生じないように、水質事故原因の特徴などを十分説明する。FAQ。
2. 健康影響の可能性
3. 自宅でできる対策
4. 配水管の洗浄などに伴う断水に関する広報事項(例)
 - ・目的：配水管内の水質汚染物質を除去するため、管の洗浄を実施する
 - ・断水の影響のある世帯、地域等
 - ・断水の開始予定時刻及び終了予定時刻
 - ・洗浄後の安全確認結果
 - ・水道水の利用再開時の注意、暫時放水のお願い

水質事故時に広報が果たす役割は非常に大きい。特に前述の放射性物質放出事例では、個人の行動を変える（飲用やミルクの調合に用いる水を変更する）必要があったため、迅速な広報が必要であった。情報伝達としては、テレビが最も迅速で、多くの対象者に周知できる手段であったが、ホームページや電話問い合わせに対するニーズも大きかった。対象となった水道局のホームページはアクセスが集中し、繋がりにくい状態となったため、容量の小さいテキスト中心のホームページに変更したところもあった³⁾。また、電話による問い合わせも多く、内容も配水区域や水質に関する質問や放射性物質の除去方法、検出下限値、妊婦への影響等多岐にわたった。厚生労働省でも、多くの電話が寄せられ、水質、除去方法に関する質問から、ペットへの影響、食品会社、特に幼児用食品会社、保育園、医療用品会社からの問い合わせ等内容は非常に広範囲であった。特に放射性物質による健康影響などに関する質問は非常に多かった。

当時、健康影響等に関する専門的内容については、独立行政法人放射線医学総合研究所において知見の提供が行われていた。同研究所では、発災直後から所内のあらゆる回線に一般や自治体からの問い合わせが殺到したため、専門的知識の提供や科学的エビデンスに基づく助言を行うため、別回線の特設の電話が設けられ、全所的な対応が行われた。事故当初から約1年間の電話対応の状況が最近報告書⁴⁾にまとめられた。それによると、平成23年3月15～31日の17日間だけでも5034件の電話が寄せられ、特に健康影響に関する問い合わせは、環境からの被ばく、放射線の測定と評価、被ばく予防・除染、食品・水、農業活動等、子どもなど特定対象者などに分類された。とりわけ、食品・水道水、子ども（妊娠・育児・学校等）、過去の被ばくに関する質問が非常に多かった。同報告書⁴⁾では、電話質問に関する時間や地域毎の解析も行われており、このような知見は、未知の物質に対する事故が起こった場合の電話対応体制の整備や想定質問の策定にも役立つものと考えられる。

人間が実際以上に不安に思うリスクの対象として、「不公平」、「人為的」、「新しい」、「未知」、「非自発的」、「次世代への影響の可能性」などの条件が挙げられる⁵⁾。このような事象には、人は一層不安感を高める傾向にある。平成23年の放射性物質汚染事故はその全てに当てはまり、平成24年5月の利根川のホルムアルデヒド前駆物質水質汚染事故は最初の5項目に当てはまってしまった。このようなリスクに対しては、直ちに適切な対策を講じると共に、長期的にはデータを蓄積し、知見を集積し、丁寧に着実に取り組むことが、リスクコミュニケーションの基本となる。

特に、緊急時におけるクライシスコミュニケーションの重要点⁶⁾を一部改変としては、以下の点を挙げておきたい。

- 1) 暫定的であれ行動の基となる基準や指標を関係者及び市民と共有すること（可能な限り国の責任部局が関与して作成された意思決定の基となる行動指針や指標を共有すること）
- 2) リスクを管理する側は、可能な限り迅速な対応を実施すること
- 3) 緊急時こそ詳しい事実をすべて可能な限り正確に伝達すること（ある程度誤報や情報漏れがあることはやむを得ない）
- 4) 誤報があった場合は、それに対する理由の説明と誠意ある対応を行うこと
- 5) 市民が多様な情報源から一貫した情報が取得できるように、情報提供側が努めること
- 6) 正確な情報を効果的に伝達できる媒体を確保すること（テレビ、エリアメール、投げ込み等の組み合わせの活用）
- 7) 市民にもわかりやすい情報を提供すること（単に簡略化するだけでなく、論理的に説明することが必要な場合もある）
- 8) リスクを軽視せず警告を発すること（軽々に安全宣言をしない、できる限りデータを入手して説明すること。市民は簡単にはパニックにはならない。むしろ、情報が少ないことで不安に感じる場合がある）
- 9) マスコミ・人々の声を傾聴すること（マスコミや市民からの意見や問い合わせは、コミュニケーションのための重要な情報である。よく分析して、必要な情報を整備していくことが安心に繋がる）
- 10) 実際には非常に小さいリスクであり、論理的な説明を十分行った場合でも、不安に思う人は存在する。長期化した場合は、対象者の状況に寄り添い、丁寧に対応する必要がある場合もある。最近の事例では、地元の信頼を得ている情報発信者と協力して説明会を開催するなどの試みも行われている。

しかし、何よりも事故が起こったらなるべく早く対策をとること、最初のそのステップがその後の信頼感の醸成にもきわめて重要である。特に、震災の余震が続き、東日本の被災地域に多くの給水車が向かう中、ガソリンが不足し、給水車も不足する状況で、おそらく大都市部で給水停止などが実施されたら、一層の大混乱が生じたと予測され、この場合に迅速な広報と共に給水継続を行いながらの対応が行われたことは、実際の混乱を最小限にし、公衆衛生と市民生活を守る上でも重要な決定であったと考える。

2. 海外事例を元にした公報のあり方の検討

米国でも、平成26年1月に東部ウエストバー

ジニア州カナワ郡チャールストン市において、市内エルク川沿いにある工場のタンクからの石炭洗浄剤の 4-メチルシクロヘキサメタノール等の化学物質漏洩による大規模な水質汚染事故があり、約 30 万人の水道で 10 日間にわたり、カナワ郡における給水区域の水道が使用禁止となる水源水質汚染が起こった⁷⁾。住民に対し、飲用、調理、入浴、シャワー、手洗い、洗濯等の利用禁止、すなわち、トイレ、消防以外の用途の使用禁止勧告が出された。警告の発表後緊急通報が相次ぎ、病院に搬送された人もいるという。大統領の非常事態宣言が出されるなど、アメリカでも非常に影響の大きい事故であった。

現地の水道事業者であるアメリカンウォーター社及び米国環境保護庁第 3 地区の担当者に対し、事故の経緯、住民対応、給水停止はできなかったか、化学物質の管理がどのように変わったか、浄水処理はどのようなものであったかといった点について、インタビューを実施した。

流出した 4-メチル-1-シクロヘキサメタノールという物質は、石炭の洗浄などに利用される物質。1mg/L 以下で、異臭、吐き気、皮膚刺激などがあつたとされる。(今のところ日本で使用されているという情報は無い。) この物質の他にも類似の用途の物質数種類が含まれていたとされる。

当初住民からの異臭の苦情が寄せられ、2km ほど上流の工場での流出がわかったため、州政府の衛生部局と調整しながら、住民にテレビ、ラジオ、自動電話、インターネットなどあらゆる手段で広報した。この場合は、皮膚に刺激性が有り、飲用や調理のみならず、手洗いや入浴にも使用禁止で、トイレと消防のために給水が続けられ、応急給水や利用方法に関する情報提供が様々な手段で行われた。特に、現地は高低差が大きい山と谷が連なる地域で、厳冬期の凍結による管路の破損が多く、その箇所で行われており、その対応と並行して応急給水と広報と修理を行う必要があつた。アメリカンウォーター社の他地区の職員を集めてスーパーのペットボトルを買って配布するなども含めて対応した。また合衆国政府からもアメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁 (FEMA) が支援を行った。

州の保健衛生部局の指示と情報提供により、健康影響についての情報提供がなされたが、健康影響がないとされる濃度においても臭いが有り、また、当初分からなかった他の物質も混入していたことが分かり、混乱は長引いた。

解除地域の図示などを含め、会社全体で対応できる能力と人員の確保が素早く行われた。特に、給水単位毎の滞留時間を考慮し、清浄な水の給水が開始されたエリアを示す地図が GIS を利用してインターネットで随時公表され、また屋内配管の洗浄方法に関しても絵を用いた解説が行われる

など、分かりやすい広報が行われた。

それでもなお、水道会社に対して翌日から訴訟が起こり、ヒアリング時にも 58 の訴訟が起こっているが、その供述調書、経過も全てネットで見られるとのことで、徹底した情報公開の様子を感じることが出来た。

保健衛生部局との連携が非常に重要であること、寒冷地で高低差がある場合は特に、常に水を流し続けなければ凍結して管路が破損する恐れがあり、システムの水を止められない場合があること、住民への周知など応急対応には他地区からの応援が必要なことをなどが示された。

一方で、水質基準逐次改正検討会での報告⁸⁾にあるように、国内でも水質事故等により水道水の水質が水質基準を超過した場合の対応に関して関係者らのヒアリングを行っているが、事前に積極的に広報することの難しさなどの諸課題も指摘され、具体的な周知方法については、引き続き継続して検討することになった。

E. 結論

・水質事故時の対応、特に摂取制限を伴う給水継続を行う場合の広報のあり方について検討を行った。特に、正確な情報を迅速に分かりやすく、徹底して伝達できる情報伝達手段の確保と応援態勢の確保が重要であった。

・米国の事例でもシステムの維持、トイレ、消防等の水の確保のために使用制限を伴った給水継続が行われた。中でも GIS 等を用いた情報伝達などが行われ、日本でも参考となる部分があると考えられた。

・一方で、日本国内では水道水の水質が水質基準を超過した場合の対応に関して、事前に積極的に広報することの難しさなどの諸課題も指摘され、具体的な周知方法については、引き続き継続して検討することになった。

F. 健康危険情報

該当なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

浅見真理. 放射性物質による水質汚染事故対応とリスクコミュニケーションの事例. 水道. 2014;59(5):29-37. <査読無し>

2. 学会発表

該当なし。

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。

1. 参考文献

- 1) 厚生労働省健康局水道課. 『水道水中のクリプトスポリジウム等対策の実施について』. 健水発第 0330005 号通知. 2007 年 3 月 30 日. 厚生労働省ホームページ <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/ks-0330005.pdf> (2015 年 2 月時点)
- 2) 浅見真理. 放射性物質による水質汚染事故対応とリスクコミュニケーションの事例. *水道*. 2014;59(5) : 29-37.
- 3) 尾関元, 細川善樹. 福島第一原子力発電所事故時における東京都水道局の公報対応. *水道*. 2014;59(6) : 7-15.
- 4) 放射線医学総合研究所. 放射線被曝に関する電話相談～東電福島第一原発事故後 1 年間の集計報告. 2014.3. http://www.nirs.go.jp/publication/irregular/pdf/nirs_m_265.pdf (2015 年 2 月時点)
- 5) 吉川肇子ら. 『危機管理マニュアルどう伝えあう? クライシスコミュニケーション』. イマジン出版. 2009.
- 6) 岡直弘, 諏訪英司, 古土井正道, 浅見真理, 秋葉道宏, 樺田尚樹. 迅速なクライシスコミュニケーションの重要性ー水道水中の放射性物質検出と飲用制限ー. 公衆衛生情報協議会, 和光, 2011.
- 7) Water Research Australia. West Virginia Chemical Spill, Health Stream. *Water Research Australia*. Issue 2014;74:1-5.
- 8) 厚生労働省健康局水質基準逐次改正検討会. 資料 4「突発的水質事故等による水質異常時における摂取制限等を伴う給水継続の考え方. (検討状況)」. 2014.12.9. <http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10901000-Kenkoukyoku-Soumuka/000068174.pdf> (2015 年 2 月時点)

研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌（査読無し）

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
浅見真理	放射性物質による水質汚染事故対応とリスクコミュニケーションの事例	水道	59 (5)	29～37	2014
金見拓, 高橋和彦	水源水質汚染事故時の水道事業者の対応 ～近年の事例から	水環境学会誌	38A (3)	95～99	2015

研究成果の刊行物・別刷

第2回

放射性物質による水質汚染事故対応と リスクコミュニケーションの事例

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

1. はじめに

前号で「水質事故対応の現状」と題して、水質事故に対する対応の現状と課題について検討状況をまとめた。今回は、水質基準項目ではないが市民の関心も極めて高かった放射性物質汚染時の対応について、経緯を振り返る。

平成23年3月11日の東日本大震災の地震と津波による被害を受けた東京電力福島第一原子力発電所では、大量の放射性物質が放出された。水道事業についても、地震や津波による水道管の破裂や浄水場の損壊、海水の遡上による水源の汚染等様々な被害がでたが、特に水質上の問題となったのは、放出された放射性物質による水道水の汚染であった。東日本の広い範囲で水道水から原子力安全委員会が定めた指標値、食品衛生法上の暫定基準値を超える放射性ヨウ素が検出されたため、福島県飯舘村では水道水の飲用制限、近隣の地域や首都圏においても乳児への水道水の摂取制限の広報がなされた。このような事態は、日本の水道にとっても初めての事例であり、住民や事業者、行政など様々な関係者が放射性物質に関する情報を共有しつつ、お互いの立場を尊重して相互理解を深めるためのコミュニケーションが重要であった。

この事例は、国内でもまれに見る大きな事件で有り、このような場合の行政の対応とそれによる効果を検討すると共に、危機的な状況におけるコミュニケーションのあり方を考えてみたい。

2. 行政の対応

平成23年3月13日頃から原発からの放射性物質の放出があったことを受け、厚生労働省は、食品衛生法に基づく暫定規制値設定、水道の指標通知、乳児に対する水道水の暫定指標値の設定やモニタリングの方針の決定など、様々な対応を行ってきた。4月中旬までの厚生労働省健康局水道課の水道における放射性物質に関する対応を振り返る。(震災以降の通知、事務連絡は、厚生労働省のホームページ¹⁾にまとめられており、そのリンクをご参照いただきたい。)

[平成21年8月5日]

健康局水道課長通知により、原子力発電施設事故等に対する水道における対応として健水発第0805第1号「放射性物質漏洩時の水道における対応体制の整備について」が発出された。飲料水を含む飲食物の摂取制限の実

施の必要性については、原子力災害対策特別措置法第26条に基づき原子力災害対策本部が判断することが示されていた。

[平成23年3月15日]

水道課事務連絡「原子力発電所の被災に伴う水道水での対応について（情報提供）」により、飲料水としては、原子力安全委員会が平成10年に定めた放射性ヨウ素300Bq/kg、放射性セシウム200Bq/kgの指標値を上回る場合は、摂取制限措置を講じることが適切かどうかの検討を原子力災害本部等が開始することが示された。

[平成23年3月16日]

同事務連絡「福島市内の水道水から放射性物質が検出されたとの報道について（情報提供）」として、福島県原子力センターが自主的に行った水道水の放射線測定により、放射性ヨウ素177Bq/kg、放射性セシウム58Bq/kgが検出されたが、指標値を超過する状況でないため、摂取制限の必要がないことを情報提供した。

[平成23年3月17日]

医薬食品局安全部長通知、食安発0317第3号「放射能汚染された食品の取り扱いについて」が発出された。これにより、飲料水や牛乳・乳製品、野菜類等の項目について、原子力安全委員会により示された指標値を暫定規制値とし、これを上回る食品については、食品衛生法第6条第2号に当たるものとして食用に供されることがないように処置することとなった。

[平成23年3月18日]

水道課事務連絡「原子力発電所の被災に伴う文部科学省の調査について（情報提供）」として、文部科学省が水道蛇口から採取した上水（蛇口水）の調査を各都道府県に委託することとなったため、県内での当該調査の実施

状況の把握および協力をするとともに、厚生労働省に情報提供を行うことを求めた。

[平成23年3月19日]

同水道課長通知、健水発0319第1号「福島第一・第二原子力発電所の事故に伴う水道の対応について」を発表した。この通知により、指標を超過した場合の水道の対応として、以下の3つの見解が示された。

1. 指標を超えるものは飲用を控えること
2. 生活用水としての利用には問題がないこと
3. 代替となる飲用水がない場合は、飲用しても差し支えないこと。また、放射性物質の浄水処理性については、活性炭処理による除去効果を示す知見が存在するため、粉末活性炭による処理の実施を検討することも示された。

[平成23年3月21日]

同、健水発0321第1号「乳児による水道水の摂取に係る対応について」を発表した。この通知では、水道水の放射性ヨウ素が100Bq/kgを超える場合には、当該水を供する水道事業体等は、乳児用調製粉乳を水道水で溶かして乳児に与える等、乳児による水道水の摂取を控えるよう広報することが示された。

これは、食品衛生法に基づく暫定規制値においては、放射性ヨウ素が100Bq/kgを超えるものは、乳児用調製粉乳および直接飲用に供する乳に供用しないよう指導することとされているため、乳児用調製粉乳を溶かすために使用する水道水にも同じ暫定規制値である100Bq/kgを指標値として適用するというものである。

[平成23年3月21日]

健康局水道課事務連絡「原子力発電所の被災に伴う水道水中の放射性物質のモニタリング調査結果提供について（依頼）」として、3月18日に示された文部科学省の調査につい

て、これとは別に放射能水準測定を行っている場合の情報提供を行うことを求めた。

[平成23年3月25日]

同事務連絡「水道水中の放射性物質のモニタリング調査結果の提供について（依頼）」として、以下の3点について速やかな情報提供を行うことを求めた。

1. 水道水中の放射性ヨウ素300Bq/kg、放射性セシウム200Bq/kgを超える値が測定された時
2. 放射性ヨウ素100Bq/kgを超える値が測定された時
3. 利用する住民に対する飲用制限もしくは乳児に対する水道水の摂取制限を解除する時

[平成23年3月26日]

同事務連絡「放射性物質の拡散による降雨後の表流水取水の抑制・停止などの対応について」として、水道水中の放射性物質が降雨後に高い濃度で検出される傾向があるため、降雨後の表流水の取水を抑制・停止することや浄水場の覆蓋などで、水道水中の放射性ヨウ素等のレベルを抑える対処可能な方策の検討を要請した。

[平成23年3月31日]

同事務連絡「(お願い) 水道水中の放射性物質の検出結果の報告について」として、今後放射性物質の測定結果を公表していくために、測定結果を水道課に報告することを求めた。

[平成23年4月4日]

水道課長通知、健水発0404第3号「水道水中の放射性物質に関する指標などの取り扱いについて」を公表した。この通知では、今後のモニタリングの方針、検査結果に基づく摂取制限の要否の判断及び摂取制限の解除の考え方を以下のように示している。

1. 福島県及びその近隣の地域（宮城県、山形県、新潟県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、東京都、神奈川県、千葉県）の水道事業について、重点的にモニタリングを実施する。放射性ヨウ素及び放射性セシウムを対象項目とし、採水場所は蛇口の水、浄水場の水とする。検査頻度は1週間に1回以上とし、指標に近い値が測定された場合には原則毎日する。また、降雨の影響を受ける自治体については、降雨の影響を受ける間は検査頻度を高める。検査実施を要請する一方、厚生労働省が民間検査機関や国の研究所等検査実施可能な検査機関を紹介する。全国の検査結果を集約し、定期的に公表する。

2. 原則として、直近3日分の水道水の放射性物質の検査結果の平均値が指標等を上回った水道事業者に対し、摂取制限及び広報の要請を実施する。ただし、1回の検査結果でも指標などを著しく上回った場合には、当該水道事業者に摂取制限及び広報の要請を実施する。

3. 水道水の摂取制限を行っている水道事業者が、水道水の摂取制限の解除を実施する際の目安を、直近3日分の水道水の放射性物質の検査結果の平均値が指標などを下回り、かつ、検査結果が減少傾向にある場合とする。なお、摂取制限の解除にも適切な広報を要請する。

[平成23年4月11日]

水道課事務連絡「水道水中の放射性物質モニタリングに関するQ&Aについて」を公表した。この水道水中の放射性物質モニタリングに関するQ&Aは、4月4日に水道水中の放射性物質のモニタリングの方針、検査結果に基づく摂取制限が通知されたことを受け、都道府県水道行政部局及び水道事業者等の対応に

資することを企図して、暫定的に作成された。

[約一年後、平成24年3月5日]

水道課長通知、健水発0305第1号平成24年4月1日以降の対応として、「水道水中の放射性物質に係る管理目標値の設定等について」を発出。食品衛生法における飲料水に係る新基準値にあわせ、水道水中の放射性物質に係る指標を見直して、放射性セシウム（セシウム134及び137の合計）10Bq/kgを水道水中の新たな管理目標値として設定するとともに、モニタリング方法及び目標値超過時の措置等について各都道府県及び水道事業者等に通知した。放射性物質の大規模放出から1年程度経過し、放射性セシウムは、そのほとんどが濁質成分として水道原水中に流入しているものであり、濁質中の放射性セシウムについては、水道施設における凝集沈殿及び砂ろ過等の浄水処理工程で濁質とともに除去することが可能なものであることから、当該目標値は、水道施設の濁度管理の目標値（管理目標値）として位置付けることを示した。WHO飲料水水質ガイドラインにおいて、単一試料がガイダンスレベルを超過してもそれ自体が飲用不適であることを意味するわけではないとしていることから、水質検査結果を評価する際には、継続性を考慮して単一の検査結果ではなく数回以上の検査結果により評価する必要があることを示した。

このように、厚生労働省健康局水道課では、短い期間にこれまで測定が非常に限られていた放射性物質について、暫定的な対応の指標を定め、モニタリング体制を構築すると共に、モニタリング結果を収集して、公表まで行った。この間に、官邸、原子力災害対策本部、厚生労働省上層部、同省災害対策本部、同省食品関係部局との調整や

マスコミ対応などもあり、国立保健医療科学院では災害対策本部に派遣されていた当院の放射線衛生専門家や大学の先生方、国立環境研究所の先生方等と協力して、汚染の拡散メカニズムを踏まえ、曝露のシナリオを予測し計算したり、浄水処理性に関する知見を収集し提供するなどの対応を行った。それらの知見は、通知や「水道水における放射性物質対策中間取りまとめ」²⁾に反映された。このような検討に大気から水への移行まで含まれたことはかつてなかったと考えられ、その点でも類い希な事例であったと言えるだろう。

3. 水道水中の放射性物質の浄水処理性

国立保健医療科学院では、放射性物質の浄水処理や健康影響に関する科学院宛の問い合わせも多く、科学的知見を提供する役割があることから、放射性物質の既存の除去性等に関する知見について、まとめてインターネット³⁾及び資料⁴⁾として公開した。

これらの知見は、科学院の研究者らが中心となり、WHOや海外の文献、新潟市などの過去の文献と物性等の知見から急遽とりまとめたものであった。放射性物質として水道で問題となるヨウ素とセシウムについては、物性により大きく挙動が異なった。特に、浄水処理工程においては、活性炭処理により、ある程度ヨウ素が低減できることなどは、有用な知見として、健康局水道課からの通知にも加えられた。一方で、残留塩素の影響もあり、各家庭等に供給される水道水中では、放射性ヨウ素の大部分がヨウ素酸イオン(陰イオン)の形で存在し、