

参考資料6 東京都水道局三郷浄水場での放射性ヨウ素除去調査について

東京都水道局水質センター検査課 及川 智

1. 東京都水道局三郷浄水場と当時の私の業務について

震災のあった平成23年3月には、私は三郷浄水場水質係に所属していました。三郷浄水場は東京都水道局の主要浄水場のひとつであり、有名な金町浄水場と同じく江戸川から取水しています。所在地は埼玉県三郷市であり、金町浄水場よりも少し上流に位置しています。水質係では、係長として浄水場の水質検査・水質管理業務を統括する立場にありました。

2. 放射性物質に関する情報収集（3/16～22）

3月11日（金）に発生した東日本東方沖地震に伴い福島第一発電所で原子力災害が発生しました。原子力災害発生当初は関東地域への大きな影響はありませんでした。とはいえ、原子力災害により放射性物質が放出されていた状況であったことから、関東地方への影響が今後生ずるおそれもあると考え、地震や電力不足への対応が一段落してきた3月16日から、放射能に関する情報収集を始めました。

しかし、三郷浄水場ではなかなか入手できる情報が限られていることから、水質センターの職員を通じて、Japan Young Water Professional(YWP)の有志が作っていた放射性物質関係の文献リストを入手し、そのリストをもとに、水質センターで文献を収集してメールで送付してもらい、文献の内容をチェックして行きました。また、インターネットからも情報を収集しました。

文献やインターネットの情報からは、おおむね下記のことが分かりました。

- ・放射性物質としては短期的には放射性ヨウ素（ヨウ素131）が最も問題となる。
- ・放射性ヨウ素については、活性炭で除去できるという報告がある。

一方で、私のこれまでの化学と浄水処理の知識からは、無機物であるヨウ素が活性炭で除去できるという理由が分かりませんでした（活性炭は一般に、有機物を吸着除去します）。ヨウ素が分子状ヨウ素（ I_2 ）で存在していれば活性炭で吸着可能と考えられますが、環境中でこの形態として存在することは少ないと思われました。特に、ヨウ素は水中では主にイオンとして存在すると考えられることから、同様の性質をもつハロゲンである塩素（塩化物イオン（ Cl^- ））も臭素（臭化物イオン（ Br^- ））も粉末活性炭で除去できないのに、ヨウ素（ヨウ化物イオン（ I^- ）？）だけが除去できるという点も疑問でした。この疑問を中心に情報を収集して行くと、下記のことが見えてきました。

- ・ヨウ素は水中では酸化還元電位によって存在形態が大きく変わる。特に、ハロゲン（塩素、臭素、ヨウ素）の中ではヨウ素が最も存在形態が変わりやすい。
- ・放射性ヨウ素に塩素を添加した場合に除去率が変化したとの報告がある。

そして、三郷浄水場では、過去にオゾン処理での副生成物である臭素酸（オゾンと臭化物イオン（ Br^- ）が反応して生成する。水質基準項目であり基準値は 0.01mg/L 。）への

対策として、前塩素処理による臭素酸生成抑制効果を調査した事例がありました。その事例では、前塩素の注入によって原水中の臭化物イオンの一部が有機態の臭素に変わるため、臭素酸を生成しなくなるという考察がされていました。

これらのことから、

「浄水処理において粉末活性炭で放射性ヨウ素を除去するためにはヨウ素の存在形態がキーポイントになり、そしてその存在形態は前塩素処理によって変化するだろう」

ということが予見として得られました。

また、大学で使っていた無機化学の教科書から、水中でのヨウ素の主要な存在形態はヨウ化物イオンとヨウ素酸イオンだろうということも分かりました。

3. 放射性物質の検出と調査の開始（3/23～24）

飲料水の放射性物質については、3月17日（木）に「飲食物摂取制限に関する指標」が厚生労働省から通知され、3月19日（土）には「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」が通知されていました。この「水道の対応について」において、放射性ヨウ素（ヨウ素 131）について粉末活性炭による除去性があることが示されていました。この3月19日（土）は、震災後やっと普通に休める週末だったことから、ゆっくり休むために私は家族と実家で休養していました。

そして、3月21日（月）の夜に、原子力災害発生後、関東地方では初めての降雨がありました。雨による影響を懸念して、東京都水道局では降雨の際から粉末活性炭の注入を強化していました。

東京都水道局では3月22日に浄水場の浄水を採水し、結果が翌3月23日に明らかになり、金町浄水場の浄水で210Bq/kgが検出され、乳児に関する食品衛生法に基づく暫定的な指標値100Bq/kgを超過した結果となりました。これについては多くの方がご存知と思います。

この結果が判明し、広く報道された時、私はちょうど、3月22日までに情報収集していた浄水処理における放射性ヨウ素の除去について、これまでに分かったことをまとめるために報告を書いていたところでした。三郷浄水場は金町浄水場と同様に江戸川から取水していることから、放射性ヨウ素対策を金町浄水場と同時に強化するため、金町浄水場と情報連絡を取り、両浄水場で同様の対策（活性炭の注入強化や、放射性ヨウ素を吸着した活性炭のろ過池からの漏洩を防ぐための後凝集剤注入強化）を行いました。そして、その日はお客さまの問い合わせへの対応などで大変忙しい一日となりました。

翌24日（木）の朝、通勤電車では「東京都の水道水で放射性ヨウ素が検出」ということについて大きく書かれた新聞が眼に入ってきました。これまで水道水質事故が全国紙の一面に取り上げられることはほとんどなかったことから、今回の事態の大きさを痛感しました。

24日の朝の水質検査が終わった後、放射性ヨウ素の件について対策として何か出来ないかということについて水質係の職員で話をしました。その際、係のベテラン職員か

ら「何でも良いからやってみましょう」という一言をもらいました。そこで、22 日までに私が調べていた「ヨウ素が粉末活性炭で除去できるとしたら前塩素がポイントになるはず」という考察について話し、そして、ヨウ素をどうやって測定してどうやって実験するかということを相談しました。

そして、その場で下記のことを大まかに決めました。

- ・前塩素と粉末活性炭の組み合わせにターゲットを絞って実験を行う。
- ・ヨウ素の主要な存在形態のうち、ヨウ化物イオンは他の陰イオンと同様にイオンクロマトグラフで測定可能と考えられる。標準液は残留塩素測定に使用しているヨウ化カリウムから調製する。
- ・ヨウ素酸についてはポストカラム法で臭素酸と同様にして測定可能と考えられる。標準液は滴定に用いているヨウ素酸カリウムの規定液から調製する。
- ・イオンクロマトグラフでヨウ化物イオンとヨウ素酸イオンの溶出時間や定量下限値は全く不明のため、すぐにメーカーに情報収集する。

ちょうど係で一番若い職員がイオンクロマトグラフの検査担当になっていたことから、この調査の中心となってもらい、他の職員がバックアップすることとしました。

測定方法については、メーカーへの電話や、英語のウェブページに掲載されていた技術資料をもとに1時間程度で情報を収集し、おおむねの溶出時間や定量下限値を把握しました。そして、定量下限値があまり低くないことから、原水への添加によるジャーテスト実験を行うこととしました。

4. 調査の実施と結果報告（3/25〜）

イオンクロマトグラフによる測定は1検体につき数十分もかかることから、実験を行っても結果が判明するのは翌日となります。そのため、実験を行う上では実験条件の設定が最も重要になります。そこで、特に重要と考えられる前塩素注入率については、ある程度幅を広く設定することにしました。そして、実験結果が出次第ミーティングを行い、結果の解釈を行って次の実験条件を決め、そしてすぐに実験を行うという流れで実験を進めました。実験の結果は水道協会雑誌に報告していますので、詳細はそちらをご覧ください（※）。

実験における最初の難点は、ヨウ素酸イオンのピークがベースラインの大きな落ち込みに一部かかってしまい、定量が難しかったことでした。これについては、調査担当者の機転により、この落ち込みも含めて安全側（ヨウ素酸イオン濃度が高くなる側）で定量して除去率をそれで計算することとしました。その結果、ヨウ化物イオンを添加した原水に前塩素 1mg/L と粉末活性炭を併用した時に、ヨウ化物イオンとして残留した量と、ヨウ素酸になった量とを合わせても、添加したヨウ化物イオンよりも十分低い値が得られ、この条件で原水中のヨウ化物イオンが除去されている可能性が高いことが分かりました。

しかし、この結果だけでは、粉末活性炭によってヨウ素が除去されたのではなく、ヨウ化物イオンやヨウ素酸イオンでもない存在形態のヨウ素として水中に残留している

可能性がありました。そこで、水中に残っているヨウ素をすべて定量する方法について検討し、ジャーテスト後に過剰の塩素を添加することで水中のヨウ素をすべてヨウ素酸イオンまで酸化してしまい、ヨウ素酸イオンを定量することとしました。

これら 2 つの工夫をすみやかに実施したことにより、粉末活性炭と前塩素処理の併用によってヨウ化物イオンが効果的に除去出来ることを、4 日間で明らかにすることが出来ました。

実験の再現性が検証できた 3 月 30 日に報告書を作成し、その日のうちに水道局内の関係部署に送付して、東京都水道局の主要浄水場ではすべて粉末活性炭と前塩素処理の併用が実施されることになりました。また、江戸川水系の他の水道事業者の浄水場でも放射性ヨウ素の検出があったことから、3 月 31 日には江戸川水系の浄水場の水質関係職員の連絡網を利用して報告を送付しました。また、水質センターを通じて国立保健医療科学院にも情報提供を行いました。

その後、4 月に入ってから、水質センターで実際の放射性ヨウ素を用いた検証実験を行い、三郷浄水場での実験結果と同様の結果が得られたことから、これを取り急ぎ報告としてまとめて、厚生労働省や日本水道協会へ情報提供を行いました。結果として、平成 23 年 6 月に「水道水における放射性物質対策（中間取りまとめ）」に放射性ヨウ素検出時の浄水処理における対応策として記載されました。

5. 振り返ってみると…

今回の震災及び原子力災害は過去に経験のない事態であり、その中で、東京都水道局三郷浄水場水質係では手探りで放射性ヨウ素対策を検討しました。実働 4 日間で有効な結果が得られたポイントについて自分で振り返ってみると、以下の 3 点が挙げられると思います。

- ・事前の情報収集により、前塩素処理と粉末活性炭の併用にターゲットを絞ることができたこと。
- ・実験条件設定や実験実施上の課題について意見交換を頻繁に行ったため、有効な条件設定や対策を講じてすぐに実施できたこと。
- ・事前の情報収集や実験の実施、そしてサポートなど、すべてに関して職員が自主的かつ積極的に取り組んでくれたこと。

今回の対応では、職員個人だけでなく、チームとして、「いまここで、なにができるのか」ということを真剣に考え、そして積極的に行動することの大事さを実感いたしました。今後、今回のような原子力災害は発生しないと思っておりますが、どのような事態にも前向きに取り組んで行ければなあと思っております。

乱文、失礼いたしました。

※実験結果については、水道協会雑誌平成 23 年 6 月号に「浄水処理におけるヨウ素の除去に関する調査結果」として報告しております。