

〔資料〕

水道水中の放射性核種調査

石川県保健環境センター 環境科学部 鳥屋子やまと・岡田真規子・小林浩美
牧野雅英・吉本高志・内田賢吾

〔和文要旨〕

石川県内の水道水における放射性核種の挙動等を把握するため、その濃度変動及び浄水処理の影響を調査した。

水道水中のカリウム-40及びストロンチウム-90濃度は、年間を通してほぼ一定であった。トリチウム濃度も年間を通してほぼ一定であり、既報で見られた降水中のトリチウム濃度の季節変動とは異なっていた。

また、浄水処理の影響を調べるために浄水処理前後（原水及び浄水）で、放射性核種の濃度を比較したところ、差は見られなかった。

キーワード：ストロンチウム-90，カリウム-40，トリチウム，水道水

1 はじめに

本県では、2014年度から2017年度まで志賀原子力発電所周辺市町の飲料水に係る陸水（水道原水及び浄水）について、現状把握調査^{1) -4)}として、ガンマ線放出核種及びストロンチウム-90（以下、「Sr-90」という。）（半減期28.79年⁵⁾）の測定を行っている。既報⁶⁾において、この調査結果を改めて取りまとめ、地下水のみを水源とする陸水ではSr-90が検出されず、河川水を水源に含む陸水ではSr-90が検出され、濃度には地域差が見られず、原水と浄水で濃度がほぼ一定であったことを報告した。

本報では、Sr-90に加えて、人体への影響の面から注目される人工放射性核種セシウム-137（以下、「Cs-137」という。）（半減期30.08年⁵⁾）、福島第一原子力発電所のALPS（多核種除去設備）処理水の海洋放出で注目されるトリチウム（以下、「H-3」という。）（半減期12.32年⁵⁾）及び広く環境中に分布している天然放射性核種カリウム-40（以下、「K-40」という。）（半減期12.48億年⁵⁾）について水道水中の放射性核種の濃度変

動について調査したので報告する。また、既報⁶⁾では、原水と浄水の採取日が異なっていたため、改めて採取を同日に行って、浄水処理前後の放射性核種の濃度を比較するとともに、化学的挙動が類似する同族元素のイオン成分濃度を比較し、浄水処理の影響を調査したので報告する。

2 調査方法

2.1 採取地点・採取期間・採取方法

採取地点及び採取期間を表1に示す。採取地点は定期的に採取する必要があることから、金沢市内の施設とした。水道水中の濃度変動調査では、2021年5月～2022年3月の奇数月に、石川県教員総合研修センター（金沢市高尾町）の屋外散水栓から浄水を採取した。浄水処理の影響調査では、2021年8月～2022年2月の偶数月に、金沢市末浄水場（金沢市末町）のサンプリング栓から水道原水及び浄水（急速ろ過方式）を採取した。なお、両地点とも水源は河川水である。

採取方法は放射能測定法シリーズ⁷⁾に準じ、ガンマ

Radionuclides in Tap Water.

by TOYANAGO Yamato, OKADA Makiko, KOBAYASHI Hiromi, MAKINO Masahide, YOSHIMOTO Takashi and UCHIDA Kengo (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Strontium-90, Potassium-40, Tritium, Tap water

表 1 採取地点及び採取期間

調査名	調査地点	水道水の種類	水源	調査期間
季節変動調査	石川県教員総合研修センター (金沢市高尾町)	浄水	河川水	2021.5 ~ 2022.3 (奇数月)
浄水処理の影響調査	金沢市末浄水場 (金沢市末町)	原水 浄水	河川水	2021.8 ~ 2022.2 (偶数月)

線放出核種分析及び Sr-90 分析用に 100 L、H-3 分析用に 500mL 用いるため、約 120L を採取した。

2・2 測定方法

(1) 試料の調製

試料の調製は、放射能測定法シリーズ^{8) -10)} に準じた。ガンマ線放出核種分析及び Sr-90 分析では、試料水 100 L に塩酸 100 mL 及びストロンチウム担体 50 mg を添加し、加熱濃縮後、U-8 容器で乾固し、ガンマ線放出核種分析用測定試料とし、その後 Sr-90 分析用試料とした。Sr-90 分析では、ガンマ線放出核種分析後の試料をイオン交換法等により精製し、Sr-90 から壊変したイットリウム-90 (半減期 64.00 時間⁵⁾) を分離して測定試料とした。

H-3 分析では、試料水 100 mL に対して過酸化ナトリウム及び過マンガン酸カリウムを各 0.1 g ずつ加え、ロータリーエバポレータ (ウォーターバス: 55 °C) を用いて減圧蒸留した。100 mL のテフロンバイアルに蒸留した試料水 50 mL を採り、乳化シンチレータを 50 mL 加え混合し、疑似発光を減衰させるため、測定器内に約 1 週間静置して測定試料とした。バックグラウンド水には、無トリチウム水を用いた。

各種イオン成分の分析では、試料水を孔径 0.2 μm のシンジフィルタを用いてろ過し、測定試料とした。

(2) 放射能分析

ア ガンマ線放出核種分析

ガンマ線放出核種の測定は、放射能測定法シリーズ¹¹⁾ に準じ、ゲルマニウム半導体検出器 (相対効率 45% 程度、分解能 2 keV 未満) を用いて 80,000 秒測定を行った。

なお、複数のガンマ線放出核種の分析を行っているが、本報では人体への影響の面から注目される Cs-137 及び広く環境中に分布している天然放射性核種 K-40 についてのみ報告する。

イ Sr-90 分析

Sr-90 分析は、放射能測定法シリーズ⁹⁾ に準じ、低バックグラウンドベータ線測定装置を用いて 3,600 秒測定を行った。

ウ H-3 分析

H-3 分析は、放射能測定法シリーズ¹⁰⁾ に準じ、液体シンチレーションカウンタを用いて 500 分 (50 分 × 10 回) を 3 サイクル行い、3 つの結果のうち中央値を採用した。検出下限値はバックグラウンド水を測定した時の計数誤

差 (3σ) から算出する 3σ 法より求めた。(約 0.3 ~ 0.4 Bq/L)

(3) イオン成分分析

イオンクロマトグラフを用いてナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン及びカルシウムイオン (以下「Na⁺」, 「K⁺」, 「Mg²⁺」, 「Ca²⁺」という。) を測定した。

3 結果と考察

3・1 放射性核種及びイオン成分の濃度変動

水道水中の放射性核種の濃度変動を図 1 ~ 3 に示す。K-40 及び Sr-90 濃度は、5 月が若干低く、3 月が高いといった変動がわずかに見られたが、ほぼ一定で推移していた。

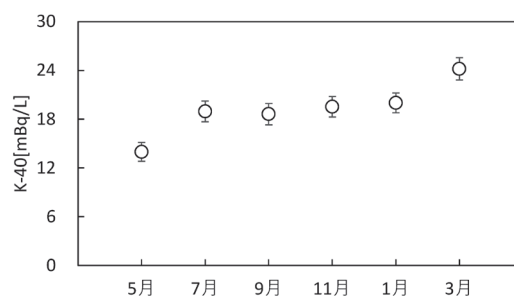


図 1 水道水中の K-40 濃度の季節変動

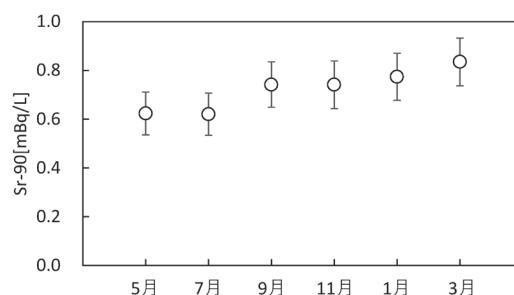


図 2 水道水中の Sr-90 濃度の季節変動

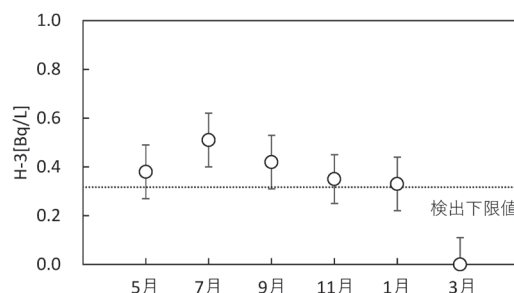


図 3 水道水中の H-3 濃度の季節変動

H-3濃度についても、7月がやや高かったものの、ほぼ一定で推移していた。降水中のH-3濃度については、既報¹²⁾において、2～5月に高く7～8月に低い季節変動が見られているが、そのような季節変動は見られなかった。

また、いずれの試料についてもCs-137は検出されなかった。

Na⁺、K⁺、Mg²⁺及びCa²⁺の濃度変動を図4に示す。放射性核種と同様に、5月が若干低く、3月が高いといった変動がわずかに見られたが、ほぼ一定で推移していた。今回は、単年度の調査で検体数が少なく、年間の濃度変動が不明確なため、今後、複数年での調査が必要と考えられる。

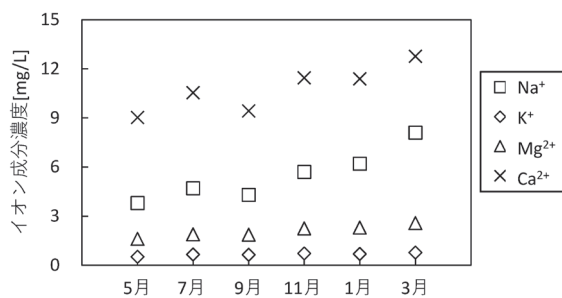


図4 水道水中のイオン成分濃度の季節変動

3・2 浄水処理の影響

浄水処理前後の放射性核種の測定結果を図5～7に示す。K-40は、原水で10.3～12.4 mBq/L、浄水で11.5～15.4 mBq/Lの範囲で検出され、浄水処理の前後でほぼ一定であった。Sr-90も、原水で0.68～0.96 mBq/L、浄水で0.82～1.0 mBq/Lの範囲で検出され、浄水処理

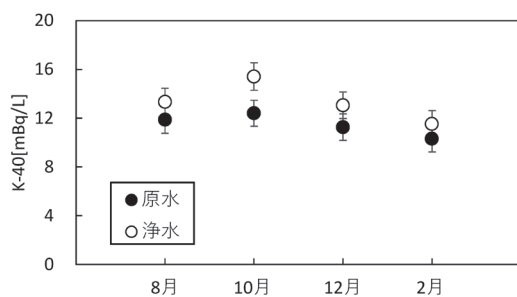


図5 浄水処理前後のK-40濃度

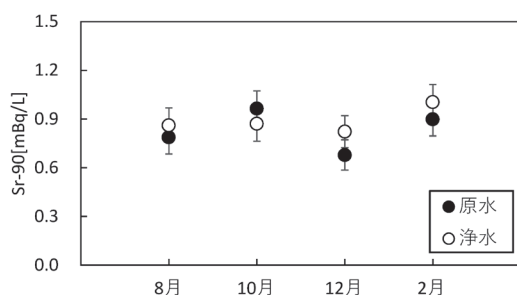


図6 浄水処理前後のSr-90濃度

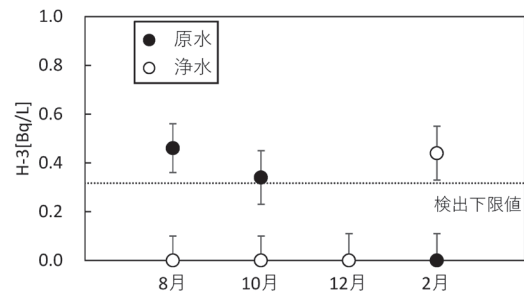


図7 浄水処理前後のH-3濃度

の前後でほぼ一定であった。

H-3については、原水及び浄水ともに検出頻度が低く(検出下限0.3～0.4 Bq/L)、浄水処理前後での比較ができなかった。

また、いずれの試料についてもCs-137は検出されなかった。

イオン成分分析の結果を、図8～9に示す。Na⁺、K⁺、Mg²⁺及びCa²⁺でも同様に、浄水処理前後でほぼ一定であった。

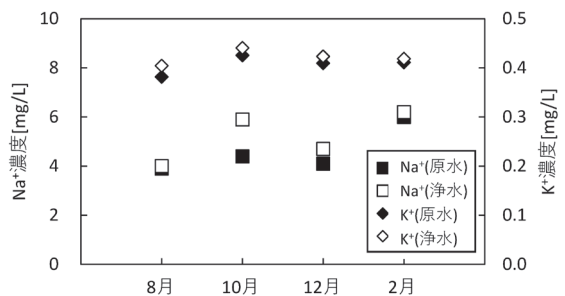


図8 浄水処理前後のNa⁺及びK⁺濃度

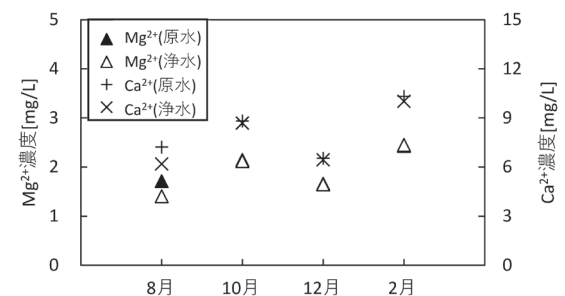


図9 浄水処理前後のMg²⁺及びCa²⁺濃度

今回の結果より、アルカリ金属であるK-40やNa⁺、K⁺、アルカリ土類金属であるSr-90やMg²⁺及びCa²⁺については、浄水処理の影響を受けないと考えられ、既報⁶⁾でSr-90は浄水処理過程で影響を受けないと考察したことが裏付けられた。

4 まとめ

(1) 水道水中のK-40及びSr-90の濃度は、年間を通してほぼ一定であった。また、化学的挙動が類似するイ

オン成分の Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 及び Ca^{2+} の濃度についても、年間を通してほぼ一定であった。

H-3濃度も、7月がやや高かったものの、年間を通してほぼ一定であり、7月に若干濃度が高かったが、これは既報の降水中のH-3濃度の季節変動とは異なる変動であった。

(2) アルカリ金属であるK-40や Na^+ 、 K^+ 、アルカリ土類金属であるSr-90や Mg^{2+} 及び Ca^{2+} は、浄水処理によって除去されず、浄水処理前後で濃度にほぼ差は見られなかった。

文 献

- 1) 東海林寛史, 小浦利弘, 堅田勉: 志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握(第1報), 石川県保健環境センター研究報告書, **52**, 101-104 (2015)
- 2) 小浦利弘, 東海林寛史, 初瀬裕, 中谷光: 志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握(第2報), 石川県保健環境センター研究報告書, **53**, 51-59 (2016)
- 3) 小浦利弘, 東海林寛史, 河野隆史, 宮川茂樹, 中谷光: 志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握(第3報), 石川県保健環境センター研究報告書, **54**, 61-73 (2017)
- 4) 内川慎互, 小浦利弘, 鶴谷亮太, 河野隆史, 宮竹智代, 中谷光: 志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握(第4報), 石川県保健環境センター研究報告書, **55**, 68-74 (2018)
- 5) 公益社団法人日本アイソトープ協会: アイソトープ手帳, 改訂12版, 丸善 (2020)
- 6) 鳥屋子やまと, 井上和幸, 内田賢吾: 志賀原子力発電所周辺陸水中のストロンチウム-90調査, 石川県保健環境センター研究報告書, **58**, 88-91 (2021)
- 7) 原子力規制庁: 環境試料採取法, 放射能測定法シリーズ16 (昭和58年12月)
- 8) 原子力規制庁: ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法13 (昭和57年7月)
- 9) 原子力規制庁: 放射性ストロンチウム分析法, 放射能測定法シリーズ2 (平成15年7月)
- 10) 原子力規制庁: トリチウム分析法, 放射能測定法シリーズ9 (平成14年7月)
- 11) 原子力規制庁: ゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトロメトリー, 放射能測定法シリーズ7 (令和2年9月)
- 12) 岡田真規子, 山岸喜信, 河野隆史, 牧野雅英, 内田賢吾: 環境水中のトリチウム -水道水, 降水-, 石川県保健環境センター研究報告書, **58**, 52-56 (2021)