

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14561

研究課題名（和文）農地の放射性物質対策が流域の水質に及ぼす影響の解明

研究課題名（英文）Elucidating influence of a countermeasure against radiocesium uptake on water quality in watersheds

研究代表者

錦織 達啓（Nishikiori, Tatsuhiro）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・主任研究員

研究者番号：10636137

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000 円

研究成果の概要（和文）：福島第一原子力発電所事故以降、農作物の放射性セシウム吸収抑制のために作土の交換性カリウム濃度を高める対策が行われてきました。この対策は極めて有効でしたが、一方で主な資材として用いられている塩化カリウムからは塩化物イオン（水道水質基準が定められている物質）が地下水や河川に流亡している可能性があります。本研究では、福島県で対策が行われてきた地域の地下水・河川水を調査し、塩化物イオン濃度には顕著な増加が生じておらず、本対策が流域水質への負荷の少ない方法であることを明らかにしました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

福島第一原子力発電所事故は除染や耕作規制など農地環境に劇的な変化を与えました。放射性セシウムの吸収抑制対策であるカリウム増加施肥もその一つです。様々な人間活動が関連する環境にどのように影響するのか良い面も悪い面も含めて評価していくことは、後世へ残す教訓として重要です。カリウムによる対策が周辺水系の水質に顕著な影響を及ぼしていないという結果は、農業関係者や地下水を飲用水源として利用している住民の安心に繋がるでしょう。

研究成果の概要（英文）：Countermeasures have been conducted to control radiocesium uptake by crops since the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant,. A highly effective countermeasure is to increase the concentration of exchangeable potassium in soil. Although potassium chloride has been used as the main source material, chloride ion, for which a water quality standard for tap water is set in Japan, have possibly been discharged from farmlands into groundwater and rivers. In this study, we investigated the concentration of chloride ion in groundwater and river water in the areas where the countermeasure had been implemented in Fukushima Prefecture. We have found that there was no significant increase in the concentration and that this countermeasure has had a low impact on the water quality in the watersheds.

研究分野：水質学

キーワード：地下水質 河川水質 農地排水 塩化物イオン 放射性セシウム対策

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故により福島県を中心に多量の放射性セシウムが沈着した。農作物による放射性セシウムの吸収が懸念される地域では、放射性セシウムが同族元素のカリウムと吸収競合関係にあることを利用して、作土の交換性カリウム量を増やす対策を行っている。その効果は大きく、2016年以降ほとんどの農作物で基準値超過は生じていない^{引用文献}。

カリウム資材としては主に塩化カリウムが用いられており、2013年以降、福島県では毎年3000~12000tもの量が使用されているが^{引用文献}、その主成分である塩化物イオンは土壌への吸着性が低いため、農地から流亡している可能性がある。塩化物イオンは水道水質基準値が定められている。吸収抑制対策を行っている福島県中部・東部の水道普及率は90%以上と高いが^{引用文献}、給水対象外の約10万人は民家井などを飲用水源にしていると考えられる。しかし、これまで本地域の地下水や河川水の塩化物イオン濃度の震災以降の変化を網羅的に調査した事例はなく、吸収抑制対策の影響は不明であった。

2. 研究の目的

吸収抑制対策を行っている福島県中部・東部の浅層地下水を対象に、塩化物イオンに顕著な増加が起きていないか把握するとともに、増加が見られた場合の要因解明に取り組む。また、農地排水の影響を受けやすい河川水についても同地域の河川を対象に傾向を把握する。

3. 研究の方法

(1) 地下水

福島県中部・東部の地下水62地点(地点数:湧水55、井戸水7。土地利用別:農業地域24、宅地域10、森林域28)を2017~2020年にかけて毎年春・秋に採取した(図1)。なお、海水の影響を受けている可能性がある震災時の津波浸水域では採水していない。現地でも溶存酸素濃度を測定し、酸素濃度の豊富さから浅層地下水であることを確認した。塩化物イオンを含む主要イオンをイオンクロマトグラフで分析した。採取地点のうち26地点は、2010~2014年の報告値^{引用文献}があり、その時点からの濃度変化も検証した。

塩化物イオンが高濃度または経時的に増加している地点について、塩化物イオンの他の主要供給源である海塩や温泉の影響の可能性を主要イオン組成から考察した。また、生活排水の指標となりうる難分解性溶存有機物質の人工甘味料を、Watanabe et al.^{引用文献}の手法に従って液体クロマトグラフ質量分析計で分析し、生活排水の混入の可能性も検討した。

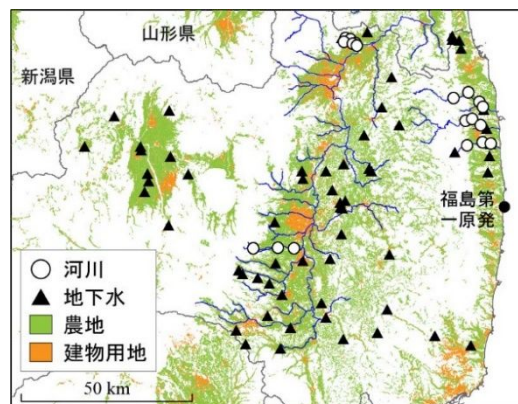


図1 採水地点位置図

(2) 河川水

河川水は農業地域を流れる6河川(北東部の真野川・新田川・太田川、中北部の佐久間川・普蔵川、中南部の滑川)の上・中・下流で、2019~2020年度にかけて月1~2回採取した。佐久間川と普蔵川の地域は2015年と2017年で吸収抑制対策を完了しており^{引用文献}、他河川の対照となる。その他の河川流域では2019年まで対策が実施された。主要イオンをイオンクロマトグラフで分析した。

4. 研究成果

(1) 地下水

地下水の土地利用別の主要イオン濃度を図2に示す。塩化物イオンを含むどのイオンも上流である森林域より下流の農業地域・宅地域で高濃度の傾向にあった。しかし、塩化物イオン濃度は50mg/L未満と、水道水質基準(200mg/L)より大幅に低く、吸収抑制対策の顕著な影響は見られない。

一部の地点を除き、観測期間中に塩化物イオン濃度の変動は少なく、数mg/Lとほぼ安定していた。しかし、2010~2014年時点^{引用文献}

から濃度が10~20mg/L上昇している地点が2地点(表1の地点1と2)。また、2014

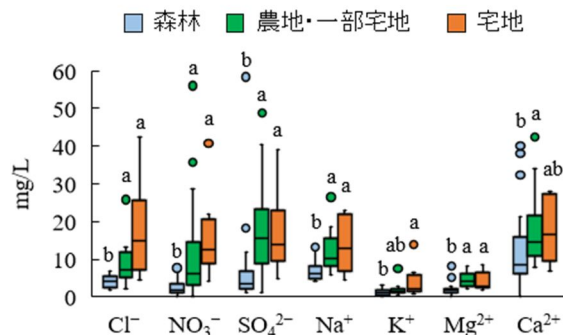


図2 地下水の土地利用別の主要イオン平均濃度の箱ひげ図。各イオンにおける異なるアルファベットはSteel-Dwass多重検定において中央値が有意($p < 0.05$)に異なることを示す。

年までの観測値はないが、2017～2020 年の間に経時的に塩化物イオン濃度が上昇した地点が 1 地点確認された（表 1 の地点 3）。地点 1 は人工甘味料の濃度も高く、宅地化が進んでいることから、生活排水の混入が要因と推察できる。一方、地点 2 と 3 の人工甘味料濃度は定量下限値未満と低く、生活排水以外の供給源が考えられる。両地点とも周辺には温泉・鉱泉は分布しておらず、地点 2 は Na-Cl 型の水質のため海塩の影響の可能性があるが、地点 3 の水質は観測期間中に Na-HCO₃ 型から Na・Mg・Ca-Cl 型へと変化しており、かつ人為影響の指標となる硝酸イオンを含めたどのイオンも期間中徐々に濃度が上昇したことから（重炭酸イオンを除く）肥料成分の影響の可能性がある。現在、塩化物イオンは問題となる濃度ではないが、吸収抑制対策の影響が正確に判別するためには、周辺の水質や地下水の涵養源・流向・年代などを含めた詳細な調査が必要であろう。

表 1 塩化物イオン濃度の推移と人工甘味料濃度

地点	場所	土地利用 ^a	塩化物イオン (mg/L)					人工甘味料 (ng/L) ^b		
			2013～ 2014 年 ^c	2017 年 10 月	2018 年 11 月	2019 年 12 月	2020 年 4 月	アセシル ファム K	スクラロ ー S	サッカリン
1	三春町	R, A	9	14	20	21	20	99	311	1
2	南相馬市	F, A, R	22	41	41	40	44	<1	<10	<1
3	南相馬市	A	-	19	23	26	34	1	<10	1

^aF は森林、A は農地、R は宅地

^b2019 年 12 月に採水

^c引用文献 による報告値

(2) 河川水

調査した 6 河川のうち、相対的に塩化物イオン濃度の高かった 3 河川（真野川、滑川、佐久間川）の季節変動を図 3 に示す。いずれの河川も上流（森林域）の濃度に変動はなかったが、吸収抑制対策地域である真野川と滑川の中・下流では作付開始期の 5～6 月にピークが認められ、同時期にカリウムイオン濃度もピークが確認された。一方、2015 年に対策を終了した佐久間川の傾向は異なり、ピークは 5～6 月ではなく冬季に見られた（滑川下流の 2021 年冬季にも）。また、下流地点の塩化物イオン濃度は河川の水位（流量）に反比例して増加する傾向にあったが、真野川・滑川の 5～6 月、佐久間川の冬季は他時期の水位に比して高濃度であった（図 4）。カリウムイオン濃度も、塩化物イオン濃度ほど明瞭ではないが同様の傾向が見られた。

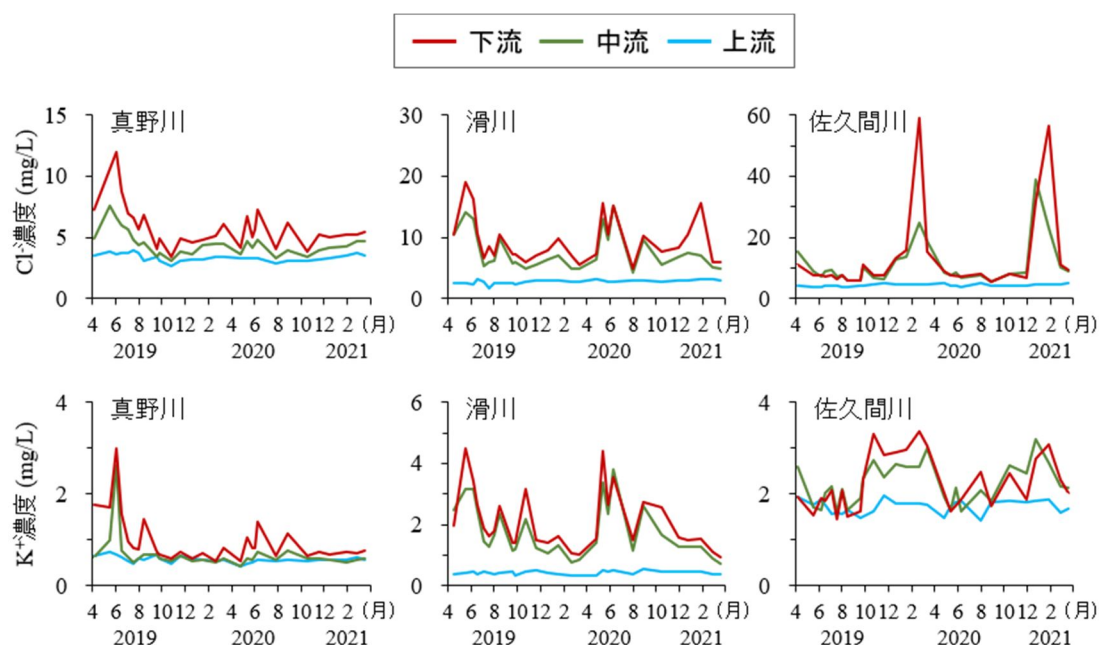


図 3 河川水の塩化物イオンおよびカリウムイオン濃度の季節変動

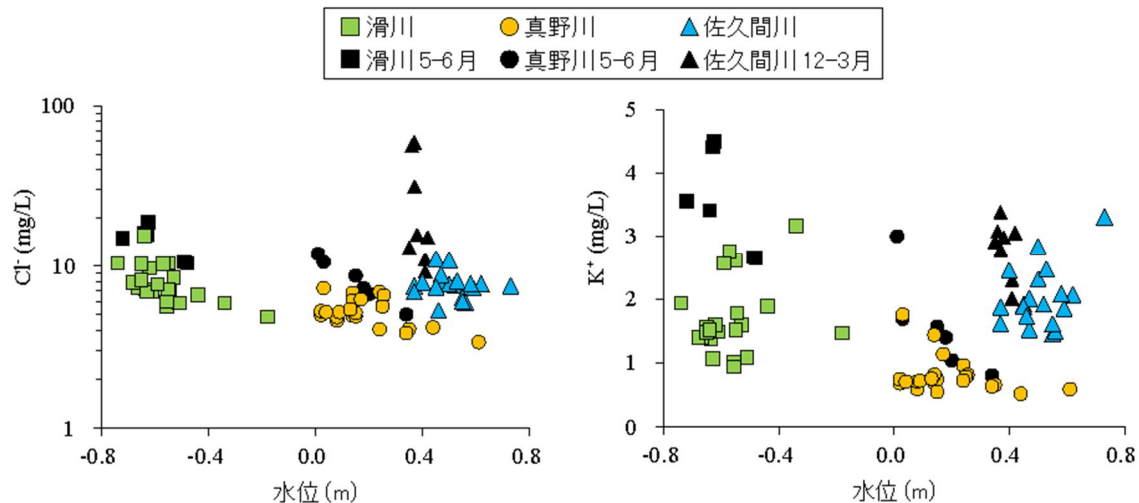


図4 河川下流地点の塩化物イオンおよびカリウムイオン濃度の水位との関係。塩化物イオン濃度の図は縦軸が対数であることに注意。水位は観測地点近傍の福島県の観測データ^{引用文献}を用いた。

各河川の下流地点の流域面積に占める農地の割合は、真野川 15% (うち水田 8%)、滑川 42% (うち水田 39%)、佐久間川 50% (うち水田 21%) であり、農地および排水量の多い水田が佐久間川流域に少ないわけではない。よって、真野川・滑川の 5～6 月のピークは吸収抑制対策によって施用された塩化カリウムが作付け後に速やかに流亡した結果と推察される。佐久間川 (と 2021 年の滑川下流) で冬季にピークが見られた要因は、塩化物イオンと同時にナトリウムイオンやカルシウムイオンの濃度が増加したことから、道路に撒かれた凍結防止剤・融雪剤 (NaCl・CaCl 等) の溶解・流入と推察される。いずれにしても真野川と滑川の塩化物イオン濃度の最高値は 20 mg/L 程度と低い。

以上の研究結果より、塩化カリウムを用いた吸収抑制対策は地下水・河川水質への負荷が少ない方法であると評価できる。

< 引用文献 >

- 福島県 (2020) 農産物等の放射性物質モニタリング Q & A .
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/nousan-qa.html#Q5>. 2021/6/4 アクセス.
- 福島県 (2021) 福島県営農再開支援事業 .
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36021a/einousaikaisienjigyoku.html>. 2021/6/4 アクセス.
- 福島県 (2020) 令和元年度福島県の水道 .
- 島野安雄, 藪崎志穂 (2013) 名水を訪ねて (100) 福島県西部・会津地域の名水. 地下水学会誌, 55(1), 65-78.
- 藪崎志穂, 島野安雄 (2015) 名水を訪ねて (109) 福島県北部沿岸域とその周辺地域の名水. 地下水学会誌, 57(2), 221-236.
- Watanabe Y, Bach LT, Van Dinh P, Prudente M, Aguja S, Phay N, Nakata H, (2016) Ubiquitous detection of artificial sweeteners and iodinated X-ray contrast media in aquatic environmental and wastewater treatment plant samples from Vietnam, the Philippines, and Myanmar. Archives of environmental contamination and toxicology, 70(4), 671-681.
- 福島県 (2021) 河川流域総合情報システム .
http://kaseninf.pref.fukushima.jp/web_pub/riverMap_1.html. 2021/6/4 アクセス.

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1．発表者名 錦織達啓、久保田富次郎
2．発表標題 農作物の放射性セシウム吸収抑制対策が流域の水質に及ぼす影響
3．学会等名 第55回日本水環境学会年会
4．発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------