

福島県内水田土壌における非交換性カリ含量の地域的な特徴

中山秀貴¹・安達祐介・永井華澄Regional characteristics of amount of nonexchangeable potassium in paddy field soil
in Fukushima PrefectureHidetaka NAKAYAMA¹, Yuusuke ADACHI and Kasumi NAGAI

Abstract

We conducted soil analysis of paddy field soil samples ($n = 1,047$) collected and stored in 2011 to clarify the regional characteristics of the content of nonexchangeable potassium (Nex-K) in soil in Fukushima Prefecture. Regional characteristics of Nex-K clearly existed. Namely, there were areas where the content of Nex-K exceeded $50 \text{ mg K}_2\text{O}/100\text{g}$ in most samples. It was also suggested that the content of Nex-K in the fields were higher in areas where the surficial geology was granite.

(Received October 4, 2021 ; Accepted March 8, 2022)

Key words : nonexchangeable potassium, radiocesium, paddy field soil, surficial geology

キーワード : 非交換性カリ、放射性セシウム、水田土壌、表層地質

1 緒言

東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が東日本の広い地域に飛散し、福島県においても農地が広範囲で汚染された。2011年産水稲作では、当時の一般食品の暫定基準値 $500\text{Bq}/\text{kg}$ を超過する濃度の放射性セシウム（以下 RCs）を含んだ玄米が生産され大きな社会問題になった。土壌中の交換性カリ（以下 Ex-K）含量が RCs の土壌から玄米への移行に大きく影響することが明らかとなり、Ex-K 含量が $25\text{mg K}_2\text{O}/100\text{g}$ 以上となるよう土壌改良を行うことが提案された³⁾。これに従い、2012年以降、福島県では作付け前の Ex-K 含量を $25\text{mg K}_2\text{O}/100\text{g}$ 以上にするを目標としたカリ増施（基肥としてのカリ肥料成分とは別に、基肥施用時に実施する塩化カリ等の資材によるカリの施用、以下上乗せ施用）

が行われてきた¹⁰⁾。上乗せ施用により、福島県内水田土壌の Ex-K 含量は急激に増加し、Ex-K 含量が $25 \text{ mg K}_2\text{O}/100\text{g}$ 以上の地点数割合は、2011年時点では県全体で 37%であったが、2014年時点で 71%、2017年時点で 81%に増加した⁸⁾。一方で、現在、上乗せ施用による RCs 吸収抑制対策が終了されつつあり、上乗せ施用により増加した Ex-K が施用中止後数年で大きく減少する圃場の事例も報告されており⁹⁾、そのような圃場では玄米への RCs 移行リスクの増加が懸念される。

近年、玄米への RCs 移行について、土壌中の非交換性カリ（以下 Nex-K）の関与が報告されている⁵⁾⁷⁾。土壌中のカリは雲母や長石等の鉱物に由来し、植物による吸収に伴って土壌中の水溶性カリや Ex-K が枯渇した後は、雲母とその風化産物の層間、あ

るいは長石の結晶格子内に存在する Nex-K も植物に供給される⁶⁾。Nex-K 含量には雲母等のカリ含有鉱物の多寡が大きく影響するため、地域的特性として捉えることができる。さらに、施肥、作物栽培等の影響により比較的容易に増減する Ex-K に対し、Nex-K ではそのような増減は比較的少ないと考えられ⁷⁾、RCs 移行に関わる圃場のリスク評価パラメーターの一つとして利用できると思われる。

そこで、福島県農業総合センターの保管土壌試料を用い、県内水田土壌の Nex-K 含量の地域特性について調査した。

2 試験方法

(1) 供試土壌

農林水産省は放射性物質濃度分布図作成を目的に、2011年の秋冬に県内農地約2,200地点で土壌採取調査を行った¹⁰⁾。その調査地点は、地域的な偏りがないうように可能な限り分散するよう設定された。この調査では、表面から約15cm深までを対象に、各調査地点圃場から5点法により土壌を採取し、採取土壌を風乾し2mm目合いの篩を通した状態に調整後、分布図作成のためのRCs濃度の分析が行われた。その後、福島県農業総合センターが2013年にこの土壌試料の提供を受けて保管した。本報では、保管土壌のうち、採取地点の緯度経度情報等が明らかな水田土壌1,047点を分析対象とした(表1)。1,047点のうち、リン酸吸収係数が1,500以上であった試料70点については黒ボク土とみなし、その他の977点の非黒ボク土と区別した。なお、黒ボク土70点の採取地点の39%は県南地域である。

表1 地域区別の土壌試料数

土壌タイプ	地方名	試料数	地域名	試料数	区域名	試料数
非黒ボク土	中通り	506	県北	177	県北	47
					伊達	31
					安達	99
	会津	250	会津	228	会津	74
					喜多方	72
					会津坂下	82
					南会津	22
	浜通り	221	相双	169	相双	93
					双葉	76
					いわき	52
黒ボク土 (県全体)		70				

(2) Nex-K 含量の分析

分析は2020年に行った。Helmkeら²⁾及びKitagawaら⁴⁾の分析方法を参考に、熱硝酸抽出法によりNex-Kを定量した。土壌1gを入れた試験管に1M硝酸10mlを添加し、ホットプレート上に設置したアルミブロックで加熱した。加熱は試験管中の1M硝酸が静かに沸騰する温度(アルミブロックの温度が約120℃)で行った。沸騰から15分間経過後、アルミブロックから取り出し5分間静置、放冷した。抽出液及び抽出土壌をアドバンテックNo.5Cろ紙の上に移して15mlの0.1M硝酸で試験管内を3回洗いこみ、その洗浄液も含めてろ過した。最終的に0.1M硝酸でろ液を100mlに定容し、原子吸光分光光度計でカリウムを定量した。この測定値から、1M酢酸アンモニウムで抽出して測定したEx-K含量(バッチ法¹⁾)を差し引き、Nex-K含量とした。

(3) 解析方法

福島県は3地方に分けられ、さらに、福島県の農林事務所単位で7地域、普及組織管轄で14地区に分けられる(図1)。今回供試した土壌の区域ごとの試料数を表1に示す。Nex-K分析後、区域単位で集計し、中央値等を求めた。

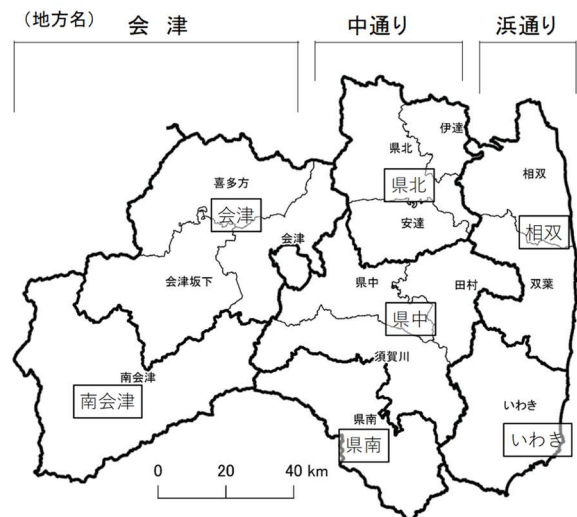


図1 本報での地域区分

3 結果及び考察

図2に区域ごとのNex-K含量を示した。全試料の中央値は44mg K₂O/100gであった。概して会津地方のNex-K含量は他地域に比べ低く、会津地方の4地域及び須賀川、県南、相双、双葉の中央値は50mg K₂O/100gを下回った。田村、安達、県北、いわきの中央値は100mg K₂O/100gを上回った。一方、黒ボク土の中央値は24mg K₂O/100gと低かった。

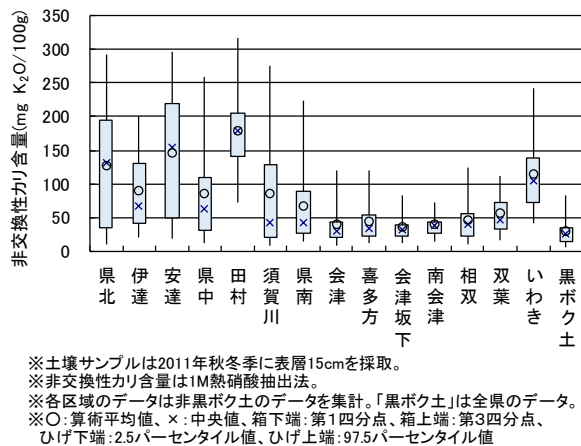


図2 区域ごとの水田土壌非交換性カリ含量

Kurokawa ら⁵⁾はNex-K含量が50mg K₂O/100g以上であれば、Ex-K含量が25mg K₂O/100gを下回っても移行係数(植物体中のRCs濃度と土壌中のRCs濃度の比)が低く保たれていることを報告している。そこで、表2に各地域のNex-K含量50mg K₂O/100g未満の地点数割合を示した。会津地方4地域及び相双においては、Nex-K含量50mg K₂O/100g未満の地点数割合は60%以上で、25mg K₂O/100g未満の地点も多くみられた。一方、田村、いわきでは、50mg K₂O/100gを下回る土壌は少なく、これらの地域でNex-K含量が低い圃場は限定的であると考えられた。

土壌中のカリは雲母や長石等の鉱物に由来し、花崗岩及び花崗閃緑岩は雲母、長石を豊富に含む。Kurokawa ら⁵⁾は雲母系鉱物が多い土壌ほどNex-K含量が多く、福島県では、それらは阿武隈高地周辺の花崗岩地帯に分布することを報告している。図3に今回の供試土壌採取地点のNex-K含量と花崗岩類の分布図(国土地理院 20万分の1土地分類基本調査(GISデータ)の表層地質データから作成)を示し

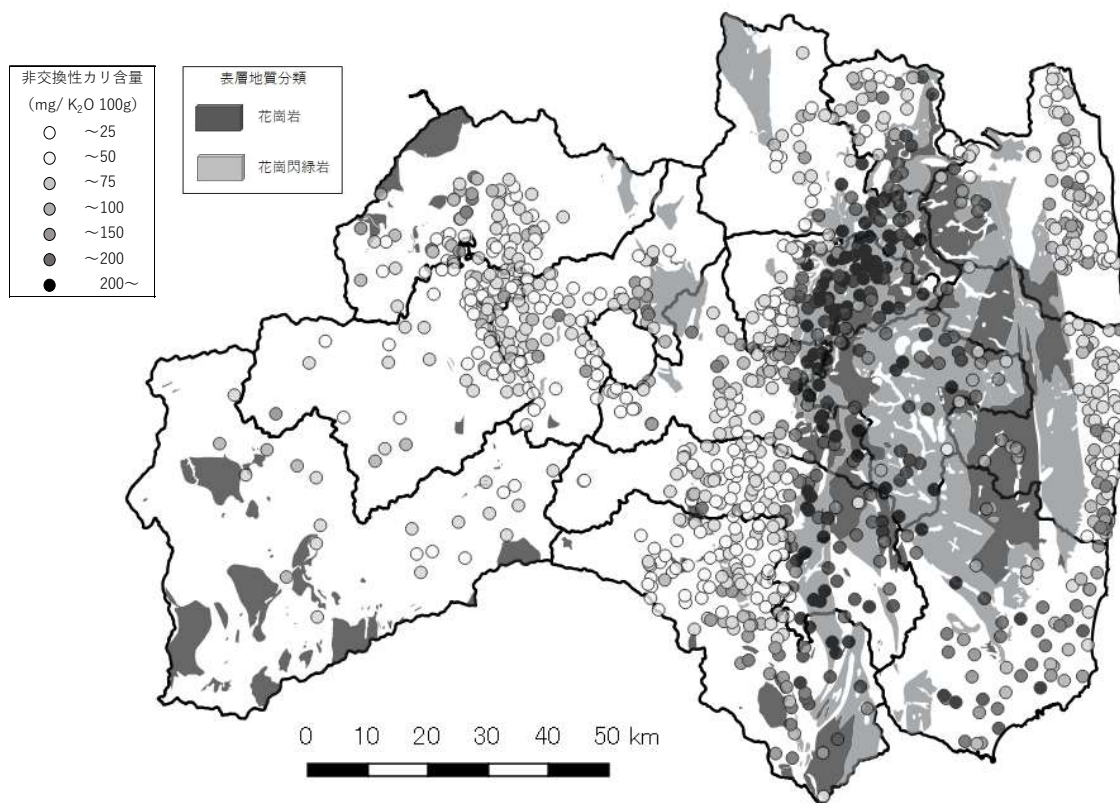
た。福島県での花崗岩類の分布特徴として、宮城県南部から茨城県北部に連なり、中通り地方と浜通り地方を東西に隔てる阿武隈高地でその存在が顕著である。今回のNex-K含量分析結果と表層地質図での花崗岩類の分布はよく一致する。表層地質図上で花崗岩類の分布上でない地点でも、その地点の土壌の母材が上流域の花崗岩地域からの水成堆積物である可能性もある。今後、その地域性評価の精度を向上させるために、補完的な土壌調査や数値標高モデル(DEM)データを用いたGISによる分水界解析等の空間解析が必要である。

表2 非交換性カリ含量50 mg K₂O/100g未満の地点数割合(%)

区域	非交換性カリ含量(mg K ₂ O/100g)	
	50未満()内は25未満	50以上
県北	34 (17)	66
伊達	32 (13)	68
安達	25 (9)	75
県中	43 (14)	57
田村	0 (0)	100
須賀川	54 (30)	46
県南	57 (22)	43
会津	80 (38)	20
喜多方	69 (33)	31
会津坂下	88 (35)	12
南会津	82 (23)	18
相双	66 (27)	34
双葉	51 (9)	49
いわき	6 (0)	94
黒ボク(県全体)	87 (56)	13

4 摘要

土壌中のNex-K含量の福島県内での地域性を明らかにするため、2011年に採取され保管されていた水田土壌試料(n=1,047)を用い土壌分析を行った。Nex-K含量には明らかな地域性が見られ、Nex-K含量が50mg K₂O/100gを超える地点が大部分となる区域も見られた。また、表層地質が花崗岩類である地域では、Nex-K含量が高いことが示唆された。



注1) 表層地質図は花崗岩、花崗閃緑岩を表示 (データは国土地理院 20 万分の 1 土地分類基本調査 (GIS データ) の表層地質データから作成) した。

図3 花崗岩・花崗閃緑岩の分布と非交換性カリ含量の分布の関係

引用文献

- 1) 土壤環境分析法編集委員会編. 1997. 土壤環境分析法. 博友社, 東京, p215-222.
- 2) Helmke PA, Sparks DL. 2000. Potassium, Rubidium, and Cesium. Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods. SSSA Book Series. no. 5 : pp. 559-562.
- 3) 加藤直人・伊藤純雄・木方展治・藤村恵人・池羽正晴・宮崎成生・斎藤幸雄・廣岡政義. 2012. 水田土壌のカリウム供給力の向上による玄米の放射性セシウム濃度の低減. 研究成果情報 (農研機構・放射能対策技術). http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/2011/a00a0_01_67.html (2022年2月確認).
- 4) Kitagawa Y, Yanai J, Nakao A. 2018. Evaluation of nonexchangeable potassium content of agricultural soils in Japan by the boiling HNO₃ extraction method in comparison with exchangeable potassium. Soil Sci. Plant Nutri. 64(1) : 116-122.
- 5) Kurokawa K, Nakao A, Wakabayashi S, Fujimura S, Eguchi T, Matsunami H, Yanai J. 2020. Advanced approach for screening soil with a low radiocesium transfer to brown rice in Fukushima based on exchangeable and nonexchangeable potassium. Sci Total Environ. 743 : 140458.
- 6) 森塚直樹. 2009. 日本の農耕地土壌のカリウムの形態, 日本土壤肥料学雑誌, 80 (1) p. 80-88
- 7) 永井華澄・佐藤翔平・渡邊和弘・新妻俊栄・鈴木芳成. 2020. 水稻の無カリポット栽培における非交換性カリ含量が玄米の放射性セシウム吸収に及ぼす影響. 日本土壤肥料学会講演要旨集, 66 : 123.
- 8) 中山秀貴・佐藤翔平・鈴木芳成・根本文宏. 2019. 放射性セシウム吸収抑制対策を実施した福島県水田土壌の交換性カリ含量の変動とその

土壌要因. 農作業研究 54 (3) : 163~172.

9) 新妻和敏・佐久間祐樹・藤澤弥榮・吉田直史.

2018 . カリ上乗せ施用中止後の土壌中交換性カリ含量と玄米中放射性セシウム濃度の推移. 福島県農業総合センター放射線関連支援技術情報,

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/285011.pdf> (2022年2月確認).

10) 農林水産省. 2012. 農地土壌の放射性物質濃度分布図の作成について (平成24年3月23日).

<https://www.affrc.maff.go.jp/docs/map/h24/120323.htm> (2022年2月確認)

