
福島農総研報9：1-10 (2018)

カリウム肥料の増施によるダイズの放射性セシウム移行低減効果と 子実成分への影響

平山 孝・竹内 恵¹・中山 秀貴・二瓶 直登²

Effects of Decreasing Radiocesium Transfer from the Soil to Soybean Plants and Changing the Seed
Nutrient Composition by the Increased Application of Potassium Fertilizer.

Takashi HIRAYAMA, Megumi TAKEUCHI¹, Hidetaka NAKAYAMA and Naoto NIHEI²

Abstract

The increased application of potassium fertilizer leads to a decrease in the radiocesium concentration of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seeds produced in fields in which soybeans high in radiocesium were produced in the previous year. The degree of radiocesium transfer from the soil to the soybeans varies according to soil type, even when the exchangeable potassium content is equal. Further, the degree of radiocesium transfer rapidly decreases with time in fields where radiocesium in the soil is easily transferred to the soybeans. In addition to the exchangeable potassium in the soil, there is a possibility the exchangeable radiocesium in the soil also has an effect on radiocesium transfer from the soil to the soybeans. Soybean seed nutrient composition and nutritional value are not affected by the application of potassium fertilizer.

Key Words: soybean plant, potassium, exchangeable radiocesium, seed composition

キーワード：ダイズ、カリウム、交換性放射性セシウム、子実成分

受理日 平成30年1月29日

¹福島県農業総合センター農業短期大学校 ²東京大学大学院農学生命科学研究科

1 緒言

2011年3月に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故により、福島県内外の広範囲の土壤に大量の放射性物質が沈着し、特に降下量の多かった放射性セシウム（セシウム134、セシウム137）の農作物への移行が懸念された。

食品中の放射性セシウムの基準値（100Bq kg⁻¹、セシウム134とセシウム137の合計）は2012年4月から設定されたが、ダイズは同年12月までの経過措置期間が設けられ、期間終了まで従来の暫定規制値（500Bq kg⁻¹）が適用された。検査対象の17都県において、2012年産ダイズで放射性セシウム濃度が100Bq kg⁻¹を超過した割合は1.1%であり、玄米（全袋検査）の0.0008%に比べて高かった⁸⁾。

農作物への放射性セシウムの移行のしやすさを示す指標として、農作物の放射性セシウム濃度を乾土の放射性セシウム濃度で除した値である移行係数（TF）が用いられる。穀類や畑作物に対する知見は少ないが、JAEAが国内外からまとめたデータではダイズの移行係数の対数平均値はイネやムギより高く¹¹⁾、筆者らが2012年に行った試験でも、畑作物の中でダイズやソバ等の移行係数は相対的に高いとの結果を得ており⁵⁾、ダイズは放射性セシウムが移行しやすい作物である可能性がある。

また、植物体への放射性セシウムの移行は、土壤中の交換性カリが低下すると大きく増加し¹³⁾、土壤中の交換性カリ含量を高めることで抑制されることが知られており¹⁹⁾、ダイズにおいてもその有効性が確認されている^{14) 22)}。

農林水産省では2013年3月に、土壤中の交換性カリ含量が25mgK₂O 100g⁻¹になるよう土壤改良した上で地域の施肥基準に応じた施肥を行うことを基本とし、過去にダイズの放射性セシウム濃度が高かった地域など、放射性セシウム濃度が高いダイズが生産される可能性のある地域では、土壤中の交換性カリ含量50mgK₂O 100g⁻¹程度を目標としてカリウム肥料を施用することを対策としてとりまとめた¹⁰⁾。

一方で、生産現場ではカリウム肥料の増施によるダイズの食味低下への懸念から施用を躊躇する声の一部にある。イネではカリウム施用量を増やしても食味値の低下等は見られないことが報告されている⁹⁾が、ダイズ子実成分への影響についてはこれまで知見がなかった。

本稿では、福島県内の現地ほ場において2013～2015年に実施した以下の一連のカリウム等資材の施用による放射性セシウムの移行低減試験と、2015年に実施し

たカリウム肥料の増施によるダイズ子実成分への影響調査の結果について報告する。

- (1) 2012年に100Bq kg⁻¹を超過する放射性セシウムを含むダイズが生産された県内5地点のほ場において、カリウム等資材の施用量を変えて土壤中の交換性カリ含量を複数水準に調整し、ダイズ子実中の放射性セシウム濃度との関係を調査した。
- (2) (1)において、土壤中の交換性カリ含量を高めるほどダイズ子実中の放射性セシウム濃度が低下することを全地点で確認したが、土壤中の交換性カリ含量が同等の条件であっても子実中の放射性セシウム濃度は地点によって差があることが示され、放射性セシウム移行の程度は土壤によって異なるものと考えられた。放射性セシウム移行の程度が高い土壤における対策を得るため、ダイズ子実に放射性セシウムが移行しやすいと考えられた2地点のほ場において継続試験を行い、経年による移行低下の有無について調査した。
- (3) 放射性セシウム移行の程度が高い2地点については土壤中の交換性放射性セシウム濃度が他地点より高かったことから、土壤中の交換性放射性セシウムが放射性セシウム移行に影響する可能性があると考え、土壤中の交換性放射性セシウムに着目し、現地ほ場のデータを解析した。併せて、農林水産省と福島県が連携して実施している福島県内のダイズ生産関係調査のうち土壤中の交換性放射性セシウム濃度とダイズ子実中の放射性セシウム濃度との関係を解析した。
- (4) ダイズ子実への放射性セシウム移行低減対策としてカリウム肥料の増施を実施するにあたり、普及上の課題となっていたダイズ子実中の無機および一般成分へのカリウム増施の影響の有無について調査した。

なお、本調査の(1)(2)は農林水産省委託プロジェクト「農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発（放射能プロ）」および「営農再開のための放射性物質対策技術の開発（営農再開プロ）」、(4)は東京大学との協定研究「作物の放射性物質吸収・蓄積の解析に関する調査」により実施した。

2 試験方法

- (1) 高濃度の放射性セシウムを含むダイズが生産された現地ほ場におけるカリウム等資材の施用効果（2013年）

2012年に100Bq kg⁻¹を超過する放射性セシウムを含むダイズが生産された県内5地点（A～E、表

表1 2013年の調査地点と土壌特性（代表地点）

項目\地点	A	B	C	D	E
2012年産ダイズの放射性セシウム濃度 (Bq kg ⁻¹ DW)	118	367	128	121	210
放射性セシウム濃度 (Bq kg ⁻¹)	2,590	1,980	2,230	2,770	1,780
土壌統群	褐色低地土	褐色低地土	褐色低地土	褐色森林土	灰色低地土
地目	転換畑	転換畑	転換畑	普通畑	転換畑
土性	埴壤土	重埴土	砂壤土	砂壤土	埴壤土
pH (H ₂ O)	5.3	6.3	5.6	7.2	5.5
陽イオン交換容量 (meq 100g ⁻¹)	23.0	30.0	23.0	12.9	14.4
交換性カリ含量 (mg 100g ⁻¹)	34.7	8.6	13.2	10.6	14.3

土壌は2012年収穫後に採取

表2 カリ資材とゼオライトの施用水準

区名	備考
カリ無施用	
50mgK ₂ O 100g ⁻¹ 目標カリ施用	土壌中の交換性カリ含量が左の値になるように播種前に硫酸カリを施用した。
75mgK ₂ O 100g ⁻¹ 目標カリ施用	ゼオライトは日東ゼオライト1号(SiO ₂ =68.9、
50mgK ₂ O 100g ⁻¹ 目標カリ施用	Al ₂ O ₃ =12.4、Fe ₂ O ₃ =1.4、MgO=0.2、CaO=2.6、
+ゼオライト100kg a ⁻¹ 施用	Na ₂ O=1.6、K ₂ O=2.2、P ₂ O ₅ =0.1)を施用した。

1) のほ場において、ダイズの播種前に硫酸カリとゼオライトを異なる水準で施用（4区×3反復、表2）し、播種時の土壌中の交換性カリ含量を調整した。

ダイズ（品種：タチナガハ）を2013年6月6日～12日に、畦間80～90cm、株間20cmで播種し、各農家慣行により栽培管理を実施した。成熟期（以下R8期とする）後の10月25～11月13日に地上部を採取し、脱穀、調製、粉碎後にU-8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器（キャンベラ製、型式GC3020-7500SL-2002CsL）を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析法によりダイズ子実中のセシウム134および137の濃度計測を行った（3,000～36,000秒）。減衰補正は行わなかった。土壌はR8期後に採取した地上部直下の0～15cm深を採取し、乾燥、調製後に土壌中の交換性放射性セシウム濃度と交換性カリ含量の計測に供した。土壌中の交換性放射性セシウム濃度の計測は一般財団法人新潟県環境衛生研究所に依頼し、乾土に1M酢酸アンモニウム溶液（pH7.0）を10倍量入れ、1時間浸とうした後に0.45μmのメンブレンフィルターで吸引ろ過し、ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析法により放射性セシウム濃度を得た。土壌中の交換性カリ含量の計測は、土壌を酢酸アンモニア抽出法で抽出し、原子吸光分光光度計（アジレント・テクノロジー株式

会社AA280FS）により行った。

なお、本調査ではセシウム134と137の合計値で示される放射性セシウムの基準値に対する評価も必要であるため、放射性セシウム濃度は両者の合計値を用いて解析した。

(2) 放射性セシウムの移行程度が高い土壌におけるダイズ子実中の放射性セシウム濃度の年次推移（2013～2015年）

(1)で調査した5地点のうち、放射性セシウムのダイズへの移行程度が他より高いと考えられた2地点において、同内容の栽培試験を継続し、ダイズ子実の放射性セシウム濃度の年次推移を調査した。

地点Aでは、県の農林水産物の緊急時環境放射線モニタリング検査で2013年に82Bq kg⁻¹の放射性セシウムが検出された近接ほ場（地点A'）に試験ほ場を移して実施したが、子実中の放射性セシウム濃度と土壌中の交換性カリ含量から、放射性セシウムの移行程度は前年度の試験ほ場と同程度と判断し、土壌中の交換性カリ含量が前年度と同じ水準になるように各区に塩化カリを施用した。2014年6月10日に播種したが、播種後の湿害で著しい出芽不良となったため、7月25日に再播種し、11月12日に地上部と土壌を採取した。

地点Eでは、同一ほ場でダイズを連作し、各区の土壌中の交換性カリ含量が2013年と同一になるよう

に塩化カリを施用した。2014年6月3日および2015年6月2日に播種し、2014年10月30日および2015年10月19日に地上部と土壤を採取した。

以上の2地点(表3)において、(1)と同じ方法で子実の放射性セシウム濃度と土壤中の交換性カリ含量および交換性放射性セシウム濃度を計測した。土壤中の交換性放射性セシウム濃度は、2014年は株式会社同位体研究所、2015年株式会社クレアテラに分析を依頼した。なお、物理的半減期が2.07年のセシウム134は物理的減衰による年次間差が大きいため、半減期が30.1年のセシウム137のみを解析対象とした。

また、塩化物はダイズの初期生育および根粒着生に影響するとのポット試験による報告があり²⁴⁾、塩化カリは当初ダイズ栽培での使用が見送られていたが、ほ場試験で影響が小さいことが確認された⁶⁾ため、本試験では2014年より硫酸カリに替えて塩化カリを施用した。

(3) 土壤中の交換性放射性セシウムと放射性セシウムのダイズ子実への移行との関係

農林水産省と福島県が連携して2012~2015年に調査した県内のダイズ生産ほ場のデータから、浜通りと中通りのほ場における土壤中の交換性セシウム137濃度とダイズ子実中のセシウム137濃度との関係を解析した。また、両項目を土壤中のセシウム137濃度で除して算出される、土壤中のセシウム137の交換態割合とダイズ子実へのセシウム137の移行係数との関係についても解析した。ただし、ダイズ子実中のセシウム137濃度が検出限界値未満であった地点は除外した。

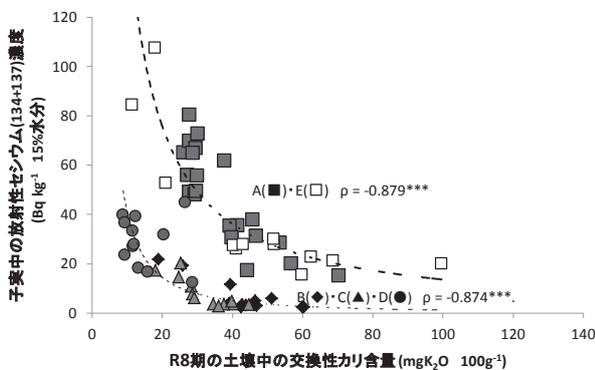


図1 子実中の放射性セシウム濃度と土壤中の交換性カリ含量の関係

近似曲線は子実中の放射性セシウム濃度と土壤中の交換性カリ含量を対数変換して直線近似したもの***は0.1%水準で有意であることを示す

(4) カリウム増施によるダイズ子実成分への影響 (2015年)

福島県農業総合センター内の土壤中の放射性セシウム(134+137)濃度 $1,330\sim 1,870\text{Bq kg}^{-1}$ 、交換性カリ含量 $10.6\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ の水田転換畑(灰色低地土、埴壤土)において、播種時の土壤中交換性カリ含量40および $80\text{mgK}_2\text{O } 100\text{g}^{-1}$ になるように硫酸カリを施用した区およびカリ無施用区を設けた。ダイズ(品種:タチナガハ)は5月28日に畦間70cm、株間20cmで畦立播種し、栽培管理は当センター慣行で実施した。子実肥大始期(R5期)の9月4日に区毎に採取した地上部を洗浄、乾燥、粉碎して茎葉の無機成分分析に供し、R8期の10月22日に採取した地上部を乾燥、脱穀、調製して子実の各成分分析に供した。

ダイズ子実中のセシウム137濃度は(1)と同じ方法で実施し、カリウムとマグネシウムは硝酸で分解し、CP-OES(パーキンエルマー社)により濃度を計測した。子実中の成分含有率の分析は株式会社日本食品分析センターに依頼し、タンパク質はケルダール法、脂質はクロロホルム・メタノール混液抽出法、全糖はソモギー変法により分析値を得た。

3 試験結果及び考察

(1) 高濃度の放射性セシウムを含むダイズが生産された現地ほ場におけるカリウム等資材の施用効果

各地点の土壤中の交換性カリ含量とダイズ子実の放射性セシウム濃度との関係を図1に示す。

全てのほ場において、土壤中の交換性カリ含量が増加するとダイズ子実の放射性セシウム濃度が減少

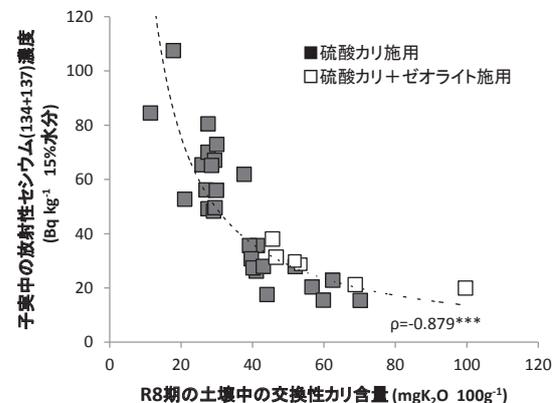


図2 子実中の放射性セシウム濃度と土壤中の交換性カリ含量の関係 (A町、E市のみ)

近似曲線は子実中の放射性セシウム濃度と土壤中の交換性カリ含量を対数変換して直線近似したもの***は0.1%水準で有意であることを示す

表3 2014年の調査地点と土壤特性 (代表地点)

項目\地点	A'	E
2013年産ダイズの放射性セシウム濃度 (Bq kg ⁻¹ DW)	82	82 (カリ無施用区)
放射性セシウム濃度 (Bq kg ⁻¹)	2,070	1,780
土壤統群	細粒黄色土	灰色低地土
地目	転換畑	転換畑
土性	埴壤土	埴壤土
pH (H ₂ O)	6.1	5.6
陽イオン交換容量 (meq 100 ⁻¹ g)	14.2	14.4
交換性カリ含量 (mg 100 ⁻¹ g)	30.1	16.8

土壤は2013年収穫後に採取

する傾向を確認し、100Bq kg⁻¹を超える濃度の放射性セシウムを含むダイズが生産されたほ場でも、カリウム等資材の施用により土壤中の交換性カリ含量を増加させることで放射性セシウムのダイズ子実への移行を低減できることが示された。

なお、供試したゼオライトには2.2%のカリ成分が含まれており、ゼオライト加用区におけるダイズ子実の放射性セシウム濃度も土壤中の交換性カリ含量とダイズ子実の放射性セシウム濃度から推定される近似曲線上に位置している (図2) ことから、ゼオライト施用による放射性セシウムの移行低減効果は、ゼオライトに含まれるカリ成分が土壤中の交換性カリ含量を高めたことによるものと考えられた。イネにおいても、ゼオライトの放射性セシウム移行低減効果は含まれるカリウムによるもの⁹⁾と考えられており、ゼオライトの施用効果は水田土壤中からのアンモニウムイオンとカリウムイオンの流出を抑制し、イネへの窒素とカリウムの肥効率を高めることにあるとの指摘がある³⁾。

また、地点A、Eと地点B、C、Dでは推定される近似曲線が異なり、前者では土壤中の交換性カリ含量を25mgK₂O 100g⁻¹に調整した場合でも子実中の放射性セシウム濃度は50Bq kg⁻¹を超過する可能性が高く、後者では下回るものと推定された。これは、土壤中の交換性カリ含量が同等の条件であっても、生産されるダイズ子実の放射性セシウム濃度は地点によって異なることを示唆している。土壤中の放射性セシウム濃度を区毎には計測を行わなかったため、各区の放射性セシウムの子実への移行係数は得られていない。しかし、特定の交換性カリ含量の土壤に対する移行係数を各地点の代表土壤 (全体からの混合土壤) の放射性セシウム濃度を元に試算した結果、地点A、Eと地点B、C、Dの移行係数は大きく異なっていた。

土壤に沈着した放射性セシウムは、作物へ移行しやすい交換態が時間とともに減少し、土壤粒子との

表4 R8期の土壤中の交換性放射性セシウム濃度

地点	各処理区の土壤中の交換性放射性セシウム (134+137)濃度 (Bq kg ⁻¹)
A	113~227
B	検出限界値 (48~60)未満
C	検出限界値 (54~60)未満
D	検出限界値 (43~59)未満
E	117~204

結合態が増加する^{20) 21)}とされ、特に2:1型層状ケイ酸塩鉱物のパーミキュライト¹²⁾やイライト^{7) 15)}に強く固定されることが知られている。また、土壤有機物は粘土鉱物表面に吸着することで放射性セシウムの固定を阻害する²¹⁾など、放射性セシウムの移行には複数の要因が影響するものと考えられている。

地点A、Eの土壤における共通点を探したところ、土壤中の交換性放射性セシウム (134+137)濃度が、地点A、Eでは全区で100Bq kg⁻¹を上回ったのに対し、地点B、C、Dではいずれも全区で検出限界値未満であり (表4)、放射性セシウムが移行しやすい2地点では土壤中の交換性放射性セシウム濃度が他地点より高かった。

(2) 放射性セシウムの移行程度の高い土壤におけるダイズ子実中の放射性セシウム濃度の年次推移

放射性セシウムが移行しやすいと考えられた2地点 (A、E)における、ダイズ子実中の放射性セシウム濃度と土壤中の交換性カリ含量の年次推移を図3に示す。地点AおよびA'では2014年、地点Eでは2015年にダイズ子実の放射性セシウム濃度が大きく低下し、経年による移行低下が確認された。

土壤に沈着した放射性セシウムは時間とともに土壤へ吸着・固定され、移行係数は沈着後の年数経過に伴って減少することが知られており^{2) 21)}、エイジング効果 (Aging effect) と呼ばれている。

地点Aの当該町内では2012年に100Bq kg⁻¹を超える放射性セシウムを含むダイズが複数検出され、翌年には播種前のカリウム増施が徹底されたが、福島県の農林水産物の緊急時環境放射線モニタリング結果¹⁾によると、2013年に検査された31点のうち、4点 (12.9%)で26~50Bq kg⁻¹、2点 (6.5%)で51~100Bq kg⁻¹の放射性セシウムが検出された。しかし、2014年に検査された16点全てが未検出または25Bq kg⁻¹以下であり、土壤から子実への大幅な移

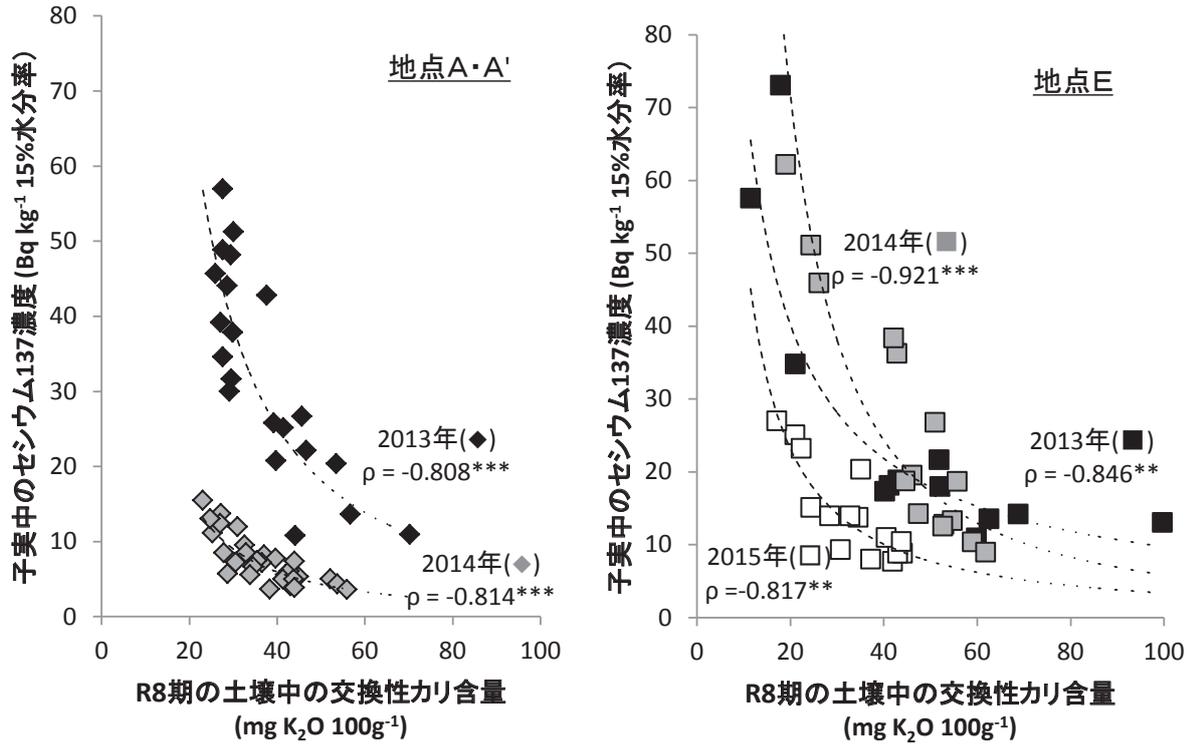


図3 放射性セシウムが移行しやすい土壌における子実中の放射性セシウム濃度と土壌中の交換性カリ含量の年次推移

近似曲線は子実中の放射性セシウム濃度と土壌中の交換性カリ含量を対数変換して直線近似したもの***は0.1%水準で有意であることを示す

行低下は試験ほ場のみではなく、地域内の土壌で広く発生した可能性がある。

また、地点Eにおける2014～2015年の放射性セシウム移行低下の割合は前年より大きく、同一地点における放射性セシウムの移行は必ずしも時間とともに漸減するわけではないことが示された。また、2014年と2015年の土壌中の交換性放射性セシウム濃度には差が見られず（図4）、本試験では放射性セシウムの移行低下を土壌中の交換性放射性セシウムの減少に帰することはできなかった。

今後の営農再開が予定されている東京電力福島第一原子力発電所に近い一部の地域では、カリウム肥料の増施を行っても基準値を超過する濃度の放射性セシウムを含むダイズが生産されるような、放射性セシウムの移行程度が非常に高い土壌の顕在化が懸念されているが、本結果から、エイジング効果による放射性セシウムの移行低減を複数年の実証栽培で確認してから営農再開を行うことは有効であると考えられる。

(3) 土壌中の交換性放射性セシウムと放射性セシウムのダイズへの移行との関係

浜通りと中通りのダイズほ場における、土壌中の交換性セシウム137濃度とダイズ子実中のセシウム137濃度との関係を図5に示す。有意な相関は認められるが、大きな外れ値も見られ、回帰分析による重相関係数は低い。また、土壌中の交換性放射性セシウム濃度が高くても、ダイズ子実の放射性セシウム濃度が極めて低い地点は多数見られ、(2)の調査で交換性放射性セシウムと子実の放射性セシウム濃度の経年変化が異なったことから、土壌中の交換性放射性セシウムは放射性セシウム移行のしやすさを十分に説明できるものではない。なお、大きな外れ値として見て取れる地点の多くは土壌中の交換性カリ含量が少ないほ場であった。両者を土壌中のセシウム137濃度で除した、土壌中の交換性セシウム137／セシウム137比とダイズ子実へのセシウム137の移行係数との関係についても同様の傾向を得た（データ省略）。

また、水稻では土壌中の交換性放射性セシウム／交換性カリ比と玄米の放射性セシウム濃度とに相関があることが報告されている²⁵⁾ ことから、同デー

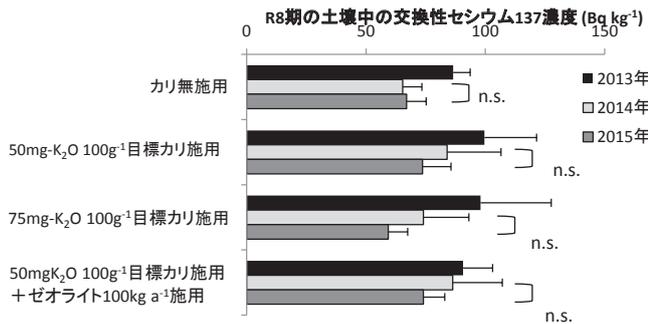


図4 地点Eにおける土壤中の交換性放射性セシウム濃度の年次推移

n = 3。バーは標準偏差、n.s.はt検定 (p < 0.05) で有意な差がないことを示す。

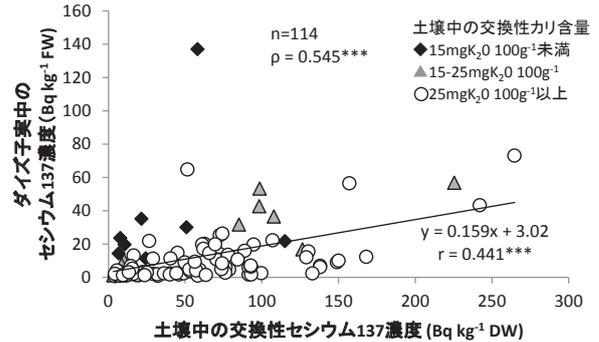


図5 ダイズ子実中の放射性セシウム濃度と土壤中の交換性放射性セシウム濃度との関係

***は0.1%水準で有意であることを示す。

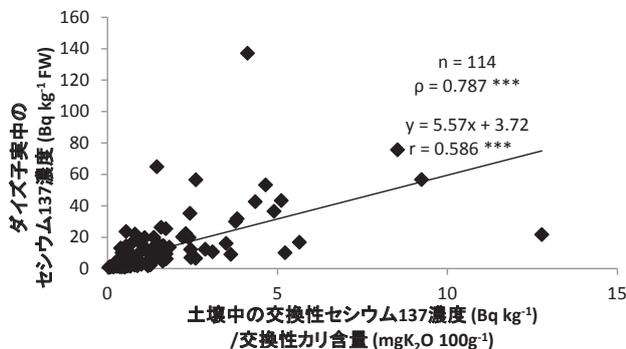


図6 ダイズ子実中の放射性セシウム濃度と土壤中の交換性放射性セシウム／カリ比との関係

***は0.1%水準で有意であることを示す。

タから算出した土壤中の交換性放射性セシウム濃度／交換性カリ含量の比とダイズ子実の放射性セシウム濃度との関係を図6に示す。土壤中の交換性放射性セシウム単独との関係より相関はやや高いものの、やはり大きな外れ値が見られ、重相関係数も高いとは言えない。

以上より、ダイズ子実中の放射性セシウム濃度は、土壤中の交換性放射性セシウム濃度および土壤中の交換性放射性セシウム濃度／交換性カリウム含量比との相関は認められ、ダイズにおいても放射性セシウムの子実への移行に土壤中の交換性放射性セシウムが関与している可能性がある。しかし、本解析では回帰式への当てはまりは低く、放射性セシウムの移行には他にも複数の土壌要因が関与していると考えられることから、事象により適合するモデルの開発が引き続き望まれる。

なお、ダイズ子実の放射性セシウム濃度は、開花期以降の茎葉の放射性セシウム濃度からの推定が可能である⁵⁾ ことから、土壤中の交換性放射性セシウム濃度や割合が他より高い土壌を含む地域で原発事故後にダイズを初めて作付けする場合などは、放射

性セシウム移行低減対策としてカリウム肥料の増施を徹底することに加え、生育中に茎葉の放射性セシウム濃度を計測しておくことが望ましいと考える。

(4) カリウム増施によるダイズ子実成分への影響

カリウム資材の各施用量に対するダイズ茎葉・子実中の無機成分濃度を図7、子実中の一般成分濃度を図8に示す。

無機成分では、ダイズの茎葉、子実とも、カリウム施用量が増えると放射性セシウム濃度は大きく低下した。また、茎葉ではカリウム濃度が増加し、マグネシウム濃度がわずかに減少する傾向が見られたが、高濃度のマグネシウムはカリの吸収を抑制させる作用があることが知られており²³⁾、カリウムとマグネシウムの拮抗作用によるものと考えられた。子実ではいずれの無機成分濃度にも差が見られず、これらの元素が茎葉から子実に転流される過程で制御されている可能性がある。

また、ダイズの主要成分であるタンパク質、脂質、全糖含量もカリウム施用量による差は見られなかった。ダイズの成分組成は品種による違いが著しいが、環境諸要因に対する反応は鈍いとされており、極端な実験例を除けば、施肥量の違いでダイズ子実成分への影響は見られないとの報告¹⁶⁾がある。さらに、これらの成分は煮豆、納豆、味噌、豆腐といったダイズ製品の加工適性や外観品質に強く影響するが、食味に関連する旨み等にも影響を及ぼす。ダイズの旨みにはショ糖含量が強く影響を及ぼすことから、ダイズ育種では相関の高い遊離型全糖含量も評価法として使用されている¹⁸⁾が、ショ糖含量や遊離型全糖含量は全糖含量との相関が高く、タンパク質含量や脂質含量とは負の相関を示す^{17) 18)}ことが報告されている。これら一般成分に対してカリ

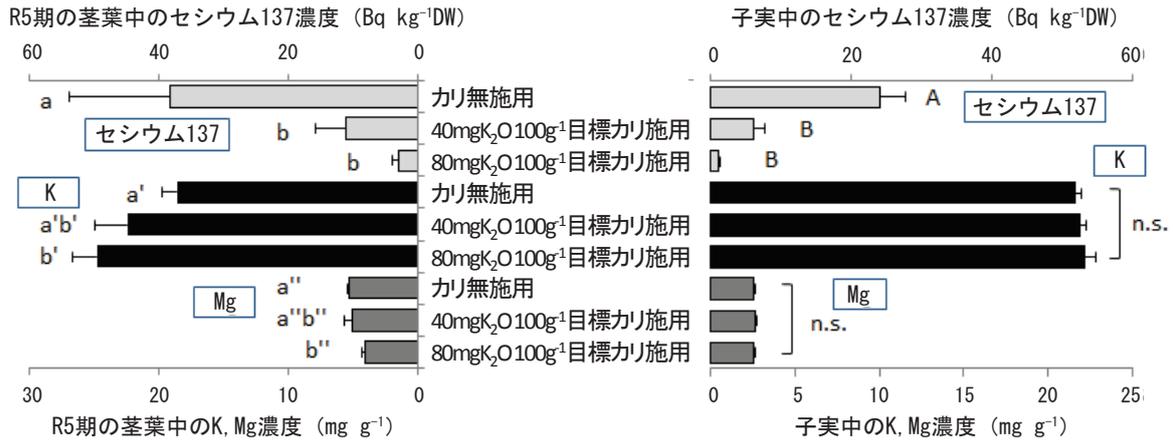


図7 カリウム増施がダイズ茎葉および子実中の無機成分濃度に及ぼす影響

n = 3。バーは標準偏差、n.s.は分散分析で P > 0.05であることを示す。
同一英文字を付した平均値間にはTukey-kramerの多重比較検定 (P < 0.05) による有意差がない。

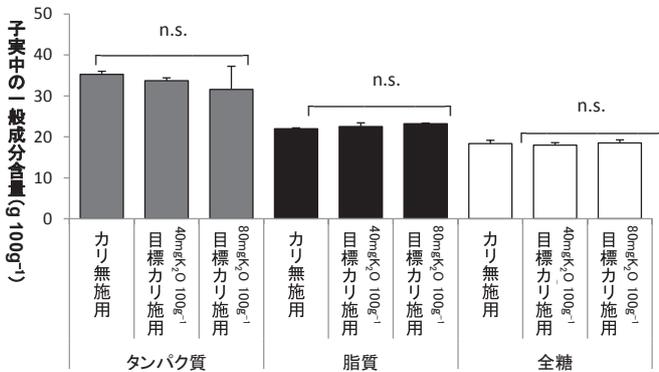


図8 カリウム増施がダイズ子実中の一般成分含量に及ぼす影響

n = 3。バーは標準偏差、n.s.は分散分析で p > 0.05であることを示す。

ウム増施の影響は見られなかったことから、食味への影響もないものと考えられる。

福島県内の複数の市町村で実施されたカリ肥料の無償配布など、放射性セシウム移行低減対策が積極的に進められた結果、ダイズにおいても高濃度の放射性セシウムが検出される割合は確実に減少してきた。放射性セシウム濃度の低いダイズが安定して生産されている地域では、次の段階として土壌リスクを見極めて適正なカリ施肥水準に戻すことが求められている。その一方で、福島第一原子力発電所に近い旧警戒区域ではようやく営農再開に向けた取り組みが始まった段階であり、作物への放射性セシウムの移行程度は地域ごとに実証栽培で把握していく必要がある。本調査結果によってダイズの放射性セシウム移行低減対策の徹底を図ることができるものと期待される。

4 摘要

- (1) 2012年産ダイズから100Bq kg⁻¹を超過する放射性セシウムが検出された県内5地点のほ場において、土壌中の交換性カリ含量を高めるほどダイズ子実中の放射性セシウム濃度が低下することを確認した。
- (2) 土壌中の交換性カリ含量が同等の条件であっても放射性セシウムの移行程度は土壌によって異なり、放射性セシウムがダイズに移行しやすい地点では経年による大きな移行低下が見られた。
- (3) 放射性セシウムの移行には、土壌中の交換性カリ以外に、土壌中の交換性放射性セシウムも影響する可能性がある。
- (4) カリウム増施による放射性セシウム以外のダイズ子実中の無機成分および一般成分への影響は見られず、食味への影響はないものと考えられる。

謝辞

現地試験の実施にあたって各農林事務所および生産農家に多大なる御協力をいただきました。また、放射能プロおよび営農再開プロの課題実施にあたって多くの御助言をいただいた農林水産省農業技術会議事務局、農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センターおよび東北農業研究センターの各位に対し、ここに感謝の意を表します。また、本論文の作成にあたって御指導いただいた元福島県農業総合センター作物園芸部長の佐藤博志氏、試料の放射性セシウム濃度計測にあたって便宜を図っていただいた安全農業推進部分析課の皆様、本試験の栽培管理や試料調整に御助力いただいた農場管理員および臨時職員の皆様にあら

ためて感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 福島県, 「ふくしま新発売。」農林水産物モニタリング情報
<http://www.new-fukushima.jp/monitoring/> (2016年9月1日確認)
- 2) Fesenko S.; Sanzharova N.; Tagami K. 2009. Evolution of plant contamination with time. In: Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments. IAEA-TECDOC-1616. p259-263. IAEA.
- 3) 後藤逸男・蛭木朋子, 2014, 水稲への放射性セシウム吸収に対する天然ゼオライトの施用効果, 土肥誌85 (2) :121-124
- 4) 平山孝・慶徳庄司, 2013, 土壌中の放射性セシウムの畑作物への移行における作物間差, 福島農総七研報 放射性物質対策特集号p41-42
- 5) T. Hirayama M. Takeuchi, K. Syouj, 2015, Relationship between radiocesium concentrations of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seeds and shoots at early growth stages, *Soil Sci. Plant Nutr.*61 (1) :152-155
- 6) 平山孝・竹内恵・慶徳庄司・木方展治, 2016, 放射性セシウム吸収抑制対策としての塩化カリ増施がダイズの生育、収量に及ぼす影響, 東北農業研究 69, 39-40
- 7) 石川奈緒, 内田滋夫, 田上恵子, 2007, 放射性セシウムの水田土壌への収着挙動における粘土鉱物の影響, *Radioisotopes*, 56, 519-528
- 8) 農林水産省, 2013, 平成24年度までの農産物に含まれる放射性セシウム濃度の検査結果の概要
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/s_chosa/H24gaiyou.html (2016年9月1日確認)
- 9) 農林水産省, 福島県, (独) 農業・食品産業技術総合研究機構, (独) 農業環境技術研究所, 2014, 放射性セシウム濃度の高い米が発生する要因とその対策について～要因解析調査と試験栽培等の結果の取りまとめ～ (概要第2版)
<http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/pdf/kome.pdf> (2016年9月1日確認)
- 10) 農林水産省, (独) 農業・食品産業技術総合研究機構, (独) 農業環境技術研究所, 2013, 放射性セシウム濃度が高い大豆が発生する要因とその対策について～要因解析調査と試験栽培等の結果の取りまとめ～ (概要第2版) (現在は2015年3月に公表された第3版が公開されている)
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/pdf/youin_daizu_3.pdf (2016年9月1日確認)
- 11) 落合透・武田聖司・木村英雄, 2009, 生物圏評価のため土壌から農作物への移行係数に関するデータベース (受託研究), JAEA-Data/Code 2009-003
- 12) Ryuhei M., Hitoshi E., Shingo Y., Shotaro N., Tohru K., Shinichi S. and Tsuyoshi Y., 2014, Collective Structural Changes in Vermiculite Clay Suspensions Induced by Cesium Ions, *Scientific Reports* 4, Article number: 6585
- 13) Smolders, E., Van den Brande, K., and Merckx, R. 1997. Concentration of ^{137}Cs and K in soil solution predict the plant availability of ^{137}Cs in soils. *Environ. Sci. Technol.*, 31:3432-3438.
- 14) 島田信二・関口哲生・前川富也・木方展治, 2012, 低汚染地帯のダイズの移行係数に対するカリウム増施およびパーミキュライト施用の効果, 農業及び土壌の放射能汚染対策技術国際研究シンポジウム要旨集, 152
- 15) Takeda A., 2012, Behavior and Phytoavailability of Radiocaesium in Surface Soil, *J Integr Field Sci.*9:27-32
- 16) 平春枝・平宏和・松川勲・三分一敬・堀江正樹, 1980, 大豆の栽培における施肥量・植栽密度が子実の化学成分組成におよぼす影響 第1報 タンパク質・脂質・炭水化物および灰分含量, 日作紀9 (2) :205-218
- 17) 平春枝, 田中弘美, 斎藤昌義, 1989, 国産大豆の全糖・遊離型全糖および遊離糖類の含量, 日食工誌36 (12) :968-980
- 18) 平春枝・松川勲・藤崎麻里子・下司聡子・宇田響子, 2004, 国産大豆における遊離糖、タンパク質、脂質含量の品種的特徴と遺伝要因, 食科工誌51 (8) :413-423
- 19) Tsukada, H., Hasegawa, H., Hisamatsu, S., and Yamasaki, S. 2002, Transfer of ^{137}Cs and stable Cs from paddy soil to polished rice in Aomori, *Japan. J. Environ. Radioact* 59:351-365.
- 20) 塚田祥文, 2014, 土壌中放射性セシウムの経時的な変化, 土肥誌82 (2) p77-79
- 21) 田上恵子, 2012, 直接沈着及び根根吸収による放射性核種の植物への移行, *Radioisotopes*, 61, 267-279
- 22) 竹内恵・慶徳庄司・島田信二・木方展治, 2013,

カリによるダイズの放射性セシウムの吸収抑制効果, 福島農総セ研報 放射性物質対策特集号p43-45

- 23) 但野利秋,1983,作物の耐塩性とその機構, 化学と生物 21 (7) : 439-445
- 24) 田村有希博, 1992, 塩化ナトリウム由来塩素がダイズの初期生育と根粒着生に及ぼす影響, 土肥誌 63 : 411-414
- 25) M. Kondo H. Maeda, A. Goto, H. Nakano, N. Kiho, T. Makino, M. Sato, S. Fujimira, T. Eguchi, M. Hachinohe, S. Hamamatsu, H. Ihara, T. Takai, Y. Arai-Sanoh and T. Kimura, 2015, Exchangeable Cs/K ratio in soil is an index to estimate accumulation of radioactive and stable Cs in rice plant, *Soil Sci. Plant Nutr.*61 (1) :133-143