

	ナカヤマ ヒデタカ
<b>氏 名</b>	<b>中山 秀貴</b>
本籍（国籍）	福島県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 749 号
学位授与年月日	令和元年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物生産科学
<b>学位論文題目</b>	<b>福島県における水田土壌の養分，化学性の実態に関する研究(A study on the present status of nutrients and chemical properties of paddy soil in Fukushima Prefecture)</b>
学位審査委員	主査 藤井 弘志（山形） 副査 森 静香（山形 准教授）, 松山 信彦（弘前 准教授）, 鈴木 雄二（岩手 准教授）

### 論文の内容の要旨

福島県の農業振興において、生産基盤である土壌の地力の維持・向上のための適切な肥培管理が重要な課題である。1990 年代以降、全県的な土壌調査が行われておらず、現在の土壌養分、化学性の実態が不明であった。あわせて、2011 年 3 月に発生した放射能災害後に、玄米の放射性セシウム（RCs）吸収抑制のため、福島県では多量のカリ肥料の上乗せ施用が実施され、カリの蓄積が進んでいると考えられるが、地域的な増加の程度に関する情報はなく、今後の RCs 吸収抑制対策のあり方を議論する上でも関連情報の収集、解析が望まれた。

本研究では、福島県内水田土壌の養分、化学性の実態と交換性カリ含量増加の実態を明らかにするために行った。また、RCs 吸収抑制対策を効果的に実施する上で必要となる、交換性カリ含量の簡易測定法について、既往の測定法の改良を行った。

#### 1 福島県水田土壌養分，化学性の実態

2011 年秋冬に採取し保管されていた県内水田土壌試料の分析を行い、養分、化学性の実態と 1990 年代からの増減傾向を明らかにした。また、土づくり資材の施用実態との関連性を検討した。

(1) 可給態窒素は適正域の割合が高まった。可給態リン酸は過剰域の割合が減少し、各地域で適正域の割合が 6~7 割を占めた。可給態ケイ酸は適正域の割合が 19%~28%に増加した。pH はいずれの地域でも適正 pH 未満の割合が 45~78%と高く、特に会津地方で増加した。

(2) 近年、県内水田での稲わらの施用が増加している（県平均値 72%）。土壌改良資材の施用は概して減少し、土壌改良資材からのリン酸およびケイ酸施用量は、20 年間でそれぞれ 0.52 倍、0.35 倍に減少したと考えられた。

(3) 2011 年時点での県内水田土壌の養分、化学性の現状として、緊急的な対応が必要なほどに悪化している状況にないことが確認できた。一方で、pH の改善やケイ酸肥沃度の向上が課題としてあげられた。土壌改良資材の施用は大きく減少し、稲わら施用が慣行的に実施され、それらの施用の有無が土壌養分に影響している状況がうかがえた。特に、稲わらについては、今後の福島県での土づくり、肥培管理を行っていく上で、その施用の有無を考慮した基準、指

針づくりが必要と考えられた。

## 2 RCs 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

2011 年の原子力発電所事故後、玄米の RCs 吸収抑制のため、福島県は水稲作付け前の土壌交換性カリ含量  $>250\text{mg K}_2\text{O kg}^{-1}$  を目標値としたカリ肥料の増施（上乗せ施用）を推奨し、多量のカリ肥料が施用された。蓄積した土壌交換性カリの実態を明らかにするため、県内水田の交換性カリ含量データ（2011 年： $n=863$ ，2014 年： $n=730$ ，2017 年： $n=577$ ）を測定、収集し、地域的な変動を明らかにした。また、交換性カリ含量増加に関わる土壌要因について考察した。

（1）2011 年に高い RCs 濃度の玄米が多く生産された地域では 2014 年までに  $313\text{mg K}_2\text{O kg}^{-1}$  の交換性カリ含量の増加がみられ、交換性カリ含量が  $>250\text{mg K}_2\text{O kg}^{-1}$  の地点数の割合は、2017 年時点で 81% であった。

（2）各地域の交換性カリ増加量と有意な相関がある土壌要因は、有効 CEC（塩基当量の総計）、 $E_K$ （交換性カリ当量/有効 CEC）であった。交換性カリ増加量と上乗せ施用でのカリ施用量との線形モデルの決定係数は 0.41 であったが、施用量に  $E_K$  の逆数を乗じた場合は 0.56 となりモデルの向上が図られた。このことから  $E_K$ 、もしくは  $E_K$  を算出する際に用いる有効 CEC が交換性カリの保持の指標になり得ると考えられた。

## 3 小型カリウムイオンメーターによる土壌交換性カリ含量簡易測定の確度向上のための改良

カリ肥料の施用量を決定するためには土壌分析による土壌交換性カリ含量の測定が必要となるため、小型イオンメーターを用いた簡易測定法が開発された（中山 2013）。既報の簡易測定法を基に、確度向上のための新たな測定方法（1.0M 酢酸アンモニウム液抽出-2 倍希釈測定）の構築を行った。

（1）新たな測定法での測定値と精密機器による従来の測定方法での測定値との回帰直線の決定係数、二乗平均平方根誤差は、既報測定法のものよりも良好な結果が得られた。また、測定値の算出の際に、供試液測定値をブランク値で除することで測定時に生じる機器ベースラインの変動の影響を受けないことを明らかにした。

（2）交換性カリ含量を算出する換算式を決定し、測定法の構築を行った。新たな測定方法での 95% 予測区間の範囲は既報測定法の約 6 割（ $\pm 6.0 \cdot 10^{-2}\text{gK}_2\text{O kg}^{-1}$ ）であり、確度の向上が認められた。

## 論文審査の結果の要旨

福島県の農業振興において、生産基盤である土壌の地力の維持・向上のための適切な肥培管理が重要な課題である。1990 年代以降、全県的な土壌調査が行われておらず、現在の土壌養分、化学性の実態が不明であった。あわせて、2011 年 3 月に発生した放射能災害後に、玄米の放射性セシウム（RCs）吸収抑制のため、福島県では多量のカリ肥料の上乗せ施用が実施され、カリの蓄積が進んでいると考えられるが、地域的な増加の程度に関する情報はなく、今後の RCs 吸収抑制対策のあり方を議論する上でも関連情報の収集、解析が望まれた。

本論文では、福島県内水田土壌の養分、化学性の実態と交換性カリ含量増加の実態を明らかにし、RCs 吸収抑制対策を効果的に実施する上で必要となる交換性カリ含量の簡易測定法について、既往の測定法の改良を行った。

### 1 福島県水田土壌養分、化学性の実態

2011 年時点での県内水田土壌の養分、化学性の現状として、緊急的な対応が必要なほどに

悪化している状況にないことが確認できた。一方で、pH の改善やケイ酸肥沃度の向上が課題としてあげられた。土壤改良資材の施用は大きく減少し、稲わら施用が慣行的に実施され、これらの施用の有無が土壤養分に影響している状況がうかがえた。特に、稲わらについては、今後の福島県での土づくり、肥培管理を行っていく上で、その施用の有無を考慮した基準、指針づくりの必要性を明らかにした。

## 2 RCs 吸収抑制対策を実施した福島県水田土壤の交換性カリ含量の変動とその土壤要因

(1) 2011 年に高い RCs 濃度の玄米が多く生産された地域では 2014 年までに  $313\text{mg K}_2\text{O kg}^{-1}$  の交換性カリ含量の増加がみられ、交換性カリ含量が  $>250\text{mg K}_2\text{O kg}^{-1}$  の地点数の割合は、2017 年時点で 81% であった。

(2) 各地域の交換性カリ増加量と有意な相関がある土壤要因は、有効 CEC (塩基当量の総計)、 $E_k$  (交換性カリ当量/有効 CEC) であった。交換性カリ増加量と上乗せ施用でのカリ施用量との線形モデルの決定係数は 0.41 であったが、施用量に  $E_k$  の逆数を乗じた場合は 0.56 となりモデルの向上が図られた。このことから  $E_k$ 、もしくは  $E_k$  を算出する際に用いる有効 CEC が交換性カリの保持の指標になることを明らかにした。

## 3 小型カリウムイオンメーターによる土壤交換性カリ含量簡易測定 of 確度向上の改良

カリ肥料の施用量を決定するためには土壤分析による土壤交換性カリ含量の測定が必要となるため、小型イオンメーターを用いて開発された簡易測定法を基に、確度向上のための新たな測定方法の構築を行った。新たな測定法での測定値と精密機器による従来の測定方法での測定値との回帰直線の決定係数、二乗平均平方根誤差は、既報測定法のものよりも良好な結果が得られた。また、測定値の算出の際に、供試液測定値をブランク値で除することで測定時に生じる機器ベースラインの変動の影響を受けないことを明らかにした。

以上より、本論文では福島県内の土壤の実態、放射性セシウム吸収抑制対策で実施したカリウムの動態を明らかにし、今後の県内の土づくりおよび放射性セシウム吸収抑制対策のためのカリウム肥沃度管理についての提案を行った。本審査委員会は「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士 (農学) の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

## 学位論文の基礎となる学術論文

### 主論文

1. 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壤の交換性カリ含量の変動とその土壤要因  
農作業研究 54 (3) : (掲載証明付)

### 参考論文

1. 中山秀貴, 佐藤翔平, 荒井義光, 佐藤睦人 (2018)  
小型カリウムイオンメーターによる土壤交換性カリ含量簡易測定の確度向上のための改良  
日本土壤肥料学雑誌 89 (4) : 311-316.