

(論文内容の要旨)

これまでに土壌—水稻系におけるセシウム (Cs) の挙動に関する研究は、多数なされてきた。しかし、あくまで Cs の吸収のみを想定した研究が多く、「Cs と似た性質をもつアルカリ金属吸収との関係」や「有害重金属の吸収との関係」についての詳細は明らかにされていない。特に、水稻による Cs 吸収と有害重金属吸収の関係は、これまで一切研究されていない。本論文は、(1) 土壌から玄米への Cs 蓄積とアルカリ金属蓄積の関係を明らかにし、(2) 有害重金属の一つであるカドミウム (Cd) と Cs 蓄積を考慮した新たな品種選定法の必要性を検討することを目的とした。なお、本研究で扱う Cs とは、非放射性の安定 Cs である。本論文は次の各章からなっている。

第1章は序論であり、この研究の背景、歴史を明示するとともに、本論文で取り扱う課題について記述している。

第2章は、イネを水田栽培と畑栽培したときの土壌と玄米中における Cs 濃度、アルカリ金属の中でも Cs⁺のイオン半径と類似し、土壌中の吸着サイトで競合が起こりうるカリウム (K) 濃度、およびルビジウム (Rb) 濃度を明らかにしたものである。土壌中における水溶性 Cs, K, Rb は畑栽培で高濃度を示し、玄米中 Cs および Rb 濃度も畑栽培で高濃度を示した。その一方で、玄米中 K 濃度は水田栽培で高濃度を示した。畑状態では土壌水分の蒸発によって水溶性イオンが濃縮するため、高濃度となった水溶性 Cs および Rb 濃度が玄米中 Cs 濃度と Rb 濃度を増加させたものと考えられる。また、土壌中で水溶性イオン濃度の高くなりやすい畑栽培の方がイオンの拡散しやすい水田栽培よりも玄米中 Cs と Rb 濃度が大きいことは、イオンの拡散よりも水溶性イオン濃度が Cs および Rb の吸収に強く影響を与えるファクターであることを示唆している。逆に、土壌中でイオンの拡散しやすい水田栽培の方が水溶性イオン濃度の高くなりやすい畑栽培よりも玄米中 K 濃度が大きいことは、土壌中におけるイオン拡散が K の吸収に強く影響を与えるファクターであることを意味している。以上の結果から、土壌—水稻系において Cs は K よりも Rb に近い挙動を示し、土壌中における水分状態の変化が Cs 吸収に大きく関わっていると結論づけた。

第3章は、水稻による Cs 吸収能と有害重金属のひとつである Cd 吸収能を比較するため、水稻 13 品種における玄米中 Cs 濃度と Cd 濃度の定量結果を示したものである。玄米中 Cs は 9.48~12.1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ と狭い濃度範囲を示し品種間差が小さく、玄米中 Cd は 0.145~0.781 mg kg^{-1} と低~高濃度の広い濃度範囲を示し品種間差が大きかった。このことは、水稻の Cs 吸収能と Cd 吸収能は異なるメカニズムに制御されていることを意味しており、玄米への Cs と Cd 蓄積を考慮した新たな品種選定法が必要となることを示唆している。

第4章は、本研究での成果の総括を行い、(1) 水稻による Cs 吸収は土壌中における水分状態の変化が大きく関わっていることが示唆される、(2) 水稻の Cs 吸収能と Cd 吸収能は異なるため Cs のリスク管理上、玄米への Cd 集積、さらには他の有害重金属の集積も考慮に入れた新たな品種選定法を確立する必要があると結論づけた。

(論文審査の結果の要旨)

水稲による Cs 吸収に関する知見は、これまで多くの研究によって明らかとされてきた。しかし、①土壌中で Cs, K, および Rb の主な吸着サイトとなる 2:1 型粘土鉱物の前駆体である雲母鉱物に含まれる Cs, K, および Rb 濃度、②水田栽培および畑栽培がイネの Cs 吸収に与える影響、③イネによる Cs 吸収と有害重金属吸収との関係は明らかとされていない。これらのことは農地における放射性 Cs の対策を考える上で重要な知見であり、本論文はこれらの課題を解決することを目的とした研究成果を取りまとめたものである。評価される点は以下の通りである。

1. 雲母鉱物（黒雲母、白雲母、紅雲母、および金雲母）に含まれる Cs, K, および Rb 濃度を定量した結果、雲母鉱物中 Cs, K, および Rb は土壌に比べて Cs で 7~368 倍、K で 6~9 倍、Rb で 3~128 倍高い濃度を示した。これらの結果から、雲母鉱物は土壌中の Cs, K, および Rb の供給源となりうると結論付けた。
2. イネを水田栽培と畑栽培したときの土壌と玄米中における Cs, K, および Rb 濃度を定量したところ、玄米中 Cs および Rb 濃度を増加させるファクターは土壌中のイオン濃度（水溶性 Cs および Rb 濃度）であるのに対し、玄米中 K 濃度を増加させるファクターは土壌中におけるイオン拡散であることが示唆された。以上の結果から、土壌—水稲系において Cs は K よりも Rb に近い挙動を示し、土壌中における水分状態の変化がイネによる Cs, K, および Rb 吸収に大きく関わっていると結論づけた。これらの結果は、水田環境におけるイネの Cs 吸収メカニズムを理解するために必要となる新たな知見である。
3. 水稲 13 品種の玄米中 Cs および Cd を定量した結果、水稲 13 品種は Cs の低吸収品種である一方、Cd 高吸収品種と低吸収品種があることが明らかとなったことから、Cs リスク管理をする上で玄米への Cd 集積を考慮に入れた品種選定を行う必要があることが示された。また、本研究で使用した水稲 13 品種のうち人体への Cs および Cd リスクが最も低い品種は、玄米への Cs と Cd 蓄積が少ない「能登ひかり」と「ゆめみずほ」であったので、Cs および Cd の低吸収米として栽培を奨励する。

以上のように本論文は、土壌—水稲系における Cs, K, および Rb の挙動に影響を与えるファクターを明らかにし、かつて鉱山で採掘・製錬を行っており、比較的重金属濃度の高い地域における放射性物質の汚染対策を考える場合、有害重金属のリスク管理も行う必要があることを指摘した。これらの成果は既往の研究でアプローチされていない点であり、本論文で示した成果は農地における今後の放射性 Cs に関する研究の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（生物資源環境学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成 29 年 1 月 30 日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（生物資源環境学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。