

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25850012

研究課題名(和文) 多年生雑草における根系の放射性セシウム吸収および蓄積メカニズムの解明

研究課題名(英文) Radioactive cesium absorption and accumulation in the root system of a perennial weeds

研究代表者

好野 奈美子 (Yoshino, Namiko)

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：20568547

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：農地において最も深層まで根系を発達させる多年生雑草スギナについて、掘り取り調査によって根系による放射性物質の蓄積を明らかにした。その結果、土壌およびスギナ根系ともに深層に進むにつれて放射性セシウム濃度が低下したが、スギナの濃度低下は土壌より緩やかであり、40 - 50 cm層ではスギナは土壌と同等以上の濃度であった。スギナの放射性セシウムは同層の周囲の土壌からの経根吸収だけでなく、他の根系層から吸収、転流されたものの双方に由来すると考えられた。しかし、スギナ根系の存在量は土壌に比べてきわめて小さいため、スギナに含まれる放射性物質が周囲の土壌に与える影響はほとんどないと考えられた。

研究成果の概要(英文)：Equisetum arvense L., a perennial weed, has a rhizomatous root system that is the deepest among the farmland weeds. The present study investigated the accumulation of radioactive materials in the root system of E. arvense by soil layer investigation in the farms of Fukushima Prefecture.

The concentration of radioactive cesium in both the root system of E. arvense and the soil decreased with sampling depth. However, this decrease was more moderate in the root system of E. arvense than in the soil. The concentration of radioactive cesium in the roots of E. arvense was similar to that in the soil at the depth of 40 - 50 cm. Radioactive cesium appeared to accumulate in the root system at a specific depth by absorption from the surrounding soil at the same depth and vertical movement within the root system. However, the radioactive material in E. arvense had little effect on the surrounding soil, because the mass of E. arvense was extremely small.

研究分野：雑草学、特に放射性物質と雑草に関する研究および被災地の雑草防除に関する研究

キーワード：放射性セシウム スギナ 根系

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に発生した東日本大震災にともなう東京電力福島第一原子力発電所事故によって、福島県および近隣の県に放射性物質が拡散し、生活や産業に大きな打撃を与えた。研究開始当時は農地、住宅地や学校などの緊急性が高い場所については除染活動が少しずつ進んでいたが、山間地、空き地や道路脇などの面積が広い非農耕地については除染活動が後手に回っている状況であった。なお、本報告書作成時(2017年5月)には帰還困難区域以外の避難指示区域であった地域では住宅地や農地などの除染が終了し、2017年4月までに避難指示が解除されている。

一般的に、除染は放射性物質が降下した表土を剥ぎ取る方法が効果的であるが、面積が広い場所では重機等が必要であること、傾斜地では土壌の崩落を助長すること、大量の汚染土が発生するため仮置き場および中間、最終貯蔵施設の設置が必要になるなど、経費や労力以外にも様々な問題が生じる。また、農地では耕起や湛水で攪拌することによって放射性物質を拡散させることも可能だが、そのような手法は農地以外ではほぼ不可能である。そのため、省力的、省コスト的に除染するには地表面に発生している植物体すなわち雑草および残渣を取り除くことが主な除染方法であった。しかし、無計画に全ての雑草を刈り取りし持ち出すこともまた廃棄物を増加させるばかりか、剥ぎ取られなかった土に含まれる栄養繁殖体が肥大するおそれもある。

研究代表者の勤務地は申請当時、福島第一原子力発電所から約25～65kmの福島県いわき市であったが、申請年度(2012年度)においても暫定基準値100 Bq / kgを超えたいわき市産の農産物は山間部で採取されるタケノコや山菜などわずかな品目であった。一方、研究代表者がいわき市の道路植込や法面に発生している雑草の放射性セシウム含量を調査したところ、多くの雑草で乾物重あたり100 Bq / kgを超過しており、しかも非常に高い値のものもみられた。多くの雑草で暫定基準値を超過している理由として、以下の3つが考えられる。

(1) 道路の法面や植込に発生する雑草は多年生が多いため、2011年3月の放射性物質降下時から栄養繁殖体が土壌中に存在しており、多くの放射性物質が土壌に吸着される前にそれを吸収した、(2) 道路では地上部は定期的に刈り取られるものの地下部の防除は稀なため、地上部に比べて地下部が肥大を継続し、地上部が生長する時に大きく転流した、(3) 道路の土は放射性物質降下当時から耕起や表土剥ぎ取りが実施されることがないため、放射性物質が表土に集中しており、根系周辺の濃度が高かった、ことが考えられる。

しかしながら、例えばスギナ *Equisetum*

arvense L.の場合、安定した群落の根系は、根茎が地下1mぐらまで達する上に、深さ0～10cmよりも深さ20～30cmの方が根茎や塊茎が多く存在する分布を示す(伊藤・森田 1999)。つまり、深根性であるスギナの根系の周辺土壌には放射性物質は少ないと考えられるため、多年生雑草だからといって放射性物質含量が多いということを経験的に直接結びつけることはできない。

このように、多年生雑草の放射性セシウム吸収の仕組みには、これまでの知見からでは説明しがたい点が多い。そこで本課題では、福島県近辺でよくみられる多年生雑草の地下部、すなわち根系のセシウム吸収および貯蓄の動態について明らかにし、多年生雑草のセシウム吸収のメカニズム解明の基礎データを得ようとした。

2. 研究の目的

放射性物質で汚染された農地の除染において雑草の除去は大きな役割を果たすにもかかわらず、特に多年生雑草の地下茎および根(以下、根系)内の放射性物質濃度はほとんど調べられていない。そこで、農地において最も深層まで根系を発達させる多年生雑草スギナを調査対象とし、深度別でのスギナ根系による放射性物質の蓄積について解明した。これによって、放射性物質の、特に下方への再拡散について、雑草がどの程度の危険性を持つのかが明らかになる。

3. 研究の方法

2013年11月に農研機構東北農業研究センター福島研究拠点内の柁圃場、および2015年8月に福島県内の表土剥ぎ取り除染を行った現地農家3圃場の計4圃場においてスギナ、そのうち2圃場で対照としてヨモギ *Artemisia indica* Willd. var. *maximowiczii* (Nakai) H.Haraの掘り取り調査を行った(図1)。

掘り取りを行った圃場のうち柁圃場では、2011年3月の放射性物質降下時から掘り取り調査までに数回耕起した。除染圃場では2013年に放射性物質に汚染した表土を約10cmはぎ取り、非汚染土壌を客土したのち、一部の



図1 掘り取り調査の様子

圃場では数回耕起した。掘り取り調査はスギナおよびヨモギの根系を含む土壌を 30 cm × 30 cm × 深さ 10 cm あるいは 20 cm × 20 cm × 深さ 10 cm のブロック状に切り分け、各層あたり 4 ~ 15 ブロックを層別に 50 cm 深 (5 層) まで採取した。採取した土壌はブロックごとにスギナおよびヨモギの根系を取り出し、根系はブラシで丁寧に土壌を取り除き流水で洗浄した後に通風乾燥器を用いて 70 ~ 48 時間乾燥した。

乾燥したスギナおよびヨモギの根茎はブロックごとに重量を測定した後にゲルマニウム半導体検出器 (CANBERRA 社 GC2520-7500SL : 相対効率 25 % , GC4020-7500SL : 相対効率 40 % , GCW2523-7905-30U-ULB : 相対効率 25% のいずれか) を用いて放射性セシウム (^{134}Cs および ^{137}Cs) を ^{134}Cs および ^{137}Cs の合算値の RSD (相対標準偏差、= 計測誤差 ÷ 測定値 × 100) あるいは ^{137}Cs のみの RSD が 10 以下になるまで測定した。一部の層ではブロックあたりの根系が放射性セシウム測定に必要な量を満たさなかったため、複数のブロック分の根系を混合して測定に供試した。スギナおよびヨモギの根系を取り除いた土壌は、40 ~ 72 時間で乾燥させ、2 mm メッシュで篩いにかけて礫及び植物根を除去したのちに、根系と同様にゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウム濃度を測定した。また、土壌は全ての層で交換性カリウム濃度を測定したほか、一部の層で土壤理化学性一般分析を行った。

4. 研究成果

本研究で調査した 4 圃場におけるスギナ根系の現存量について、全層 (0 ~ 50 cm 深) の合計の現存量を 100% とした場合、各層 (0 ~ 10 cm 深, 10 ~ 20 cm 深, 20 ~ 30 cm 深, 30 ~ 40 cm 深および 40 ~ 50 cm 深の層、以後「浅い層から順に」とした場合これらの深度を順に指す) の現存量は全圃場平均でそれぞれ 11%、27%、36%、18% および 9% であり、いずれの圃場でも 10 ~ 20 cm 深の層あるいは 20 ~ 30 cm 深の層で現存量が最も大きくなった (図 2)。一方ヨモギの現存量は浅い層から順に 75%、17%、3%、3% および 2% が分布しており、スギナがヨモギに比べて深層まで一様に分布していることが確かめられた。いずれの圃場でも 30 cm 以深の層ではスギナ根系以外の植物残渣はほとんどなかった。

土壌の放射性セシウム濃度は 0 ~ 10 cm 深を 100 とした場合、除染をしていない稗圃場では浅い層から順に 100、67、29、4.0 および 0.5 であり、下層ほど低下した。ただし、表土剥ぎ取り除染および客土した圃場では浅い層から順に 100、508、65、29 および 7 となり、客土層である 0 ~ 10 cm 深の層は剥ぎ取られずに残った 10 ~ 20 cm 深の層よりも低く、20 ~ 30 cm 深の層の濃度に近かった。スギナ根系の放射性セシウム濃度は 0

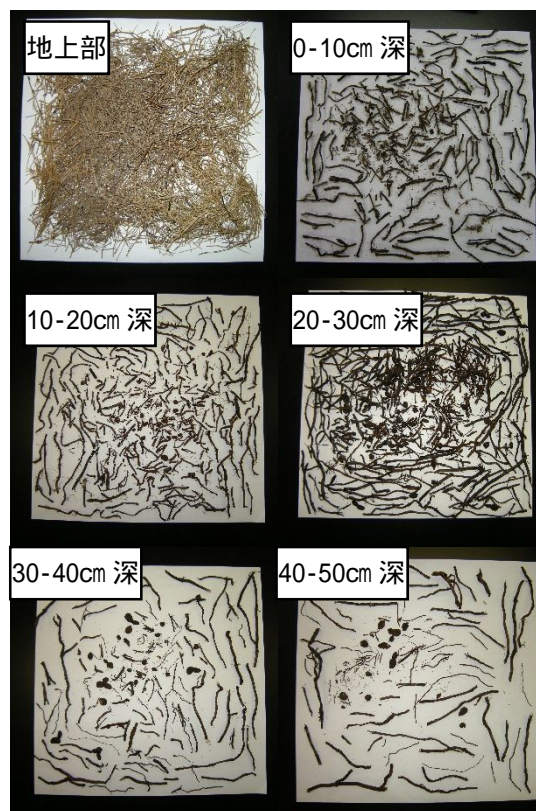


図 2 地上部および地下各層におけるスギナ現存量の一例

~ 10 cm 深を 100 とした場合、浅い層から順に 100、79、35、37 および 26 であり、濃度低下が土壌より緩やかであり、低下がみられない圃場もあった。稗圃場および除染圃場ともに 40 ~ 50 cm 層では根系のセシウム濃度が土壌濃度よりも高かった。各層におけるスギナ根系の構成や生存状況に大きな違いはみられなかったことから、根系による放射性セシウムの吸収能力が深層で大きく高まるとは考えにくかった。これらのことから、スギナ根系における放射性セシウムは同層の周囲の土壌からの経根吸収由来だけでなく、他の層で吸収した後に転流してきたものの双方に由来すると考えられた。

全ての根系が同程度の吸収能力を持っていると仮定した場合、言い換えれば、各層の根系とも周囲の土壌に対して移行係数が同じであると仮定した場合、各層で吸収すると考えられる放射性セシウム量と実際の放射性セシウム量を比較することでスギナおよびヨモギ内の放射性セシウムの垂直移動量を推定した。その結果、スギナは全吸収量の約 20 ~ 40% が地上部に、1.4 ~ 18% が下方に移動する一方、ヨモギは下方に移動せずに全て地上部へ移動すると推定された。このことから、多年生雑草であっても根系の分布の違いによって植物体内の放射性セシウムの移動様式が全く異なることが示された。一方、各土層のスギナ根系の存在量は土壌に比べてきわめて小さいため、本研究の調査結果で

最も高い層であってもスギナ根系に含まれる放射性セシウム量は土壌の 8.7×10^{-3} 倍であった。このことから、スギナ根系に含まれる放射性セシウムが周囲の土壌に与える影響はほとんどないと考えられた。

土壌中の放射性セシウム以外の要素とスギナ根系の放射性セシウムの関係について、作物などでの知見と同様に、土壌中の交換性カリウム濃度が低いほど、また、全窒素濃度が高いほど根系内の放射性セシウム濃度が高まる傾向がみられた。一方、放射性セシウムの垂直移動については、土壌中の交換性カリウム、全窒素に加えて、根系の現存量が高いほど放射性セシウムを根系の下層へ移動させる傾向が見られた。これはスギナの生長が良好な場合に根系内を活発に養分移動させているためと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 1件)

好野 奈美子, 松波 寿弥, 高橋 義彦.
スギナ根系に含まれる放射性セシウムの垂直分布. 日本雑草学会.
2017.4.16 フェニックスシーガイアリゾート(宮崎県・宮崎市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

好野 奈美子 (YOSHINO, Namiko)

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農業放射線研究センター・主任研究員

研究者番号：20568547

(2) 研究協力者

松波 寿弥 (MATSUNAMI, Hisaya)

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農業放射線研究センター・上級研究員

研究者番号：80504068