

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24380176

研究課題名(和文)植物とバイオ肥料微生物を組み合わせた効率的な放射性Cs除去技術の基盤研究

研究課題名(英文) Research and development of effective radioactive decontamination using plant-microbe interactions from Fukushima farmland under radioactive Cs circulation.

研究代表者

横山 正 (Yokoyama, Tadashi)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：70313286

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：福島県二本松市の放射性Csによる農耕地汚染実態の解明と植物-微生物相互作用によるその除去の加速化を検証した。二本松の優占粘土の雲母は、有機酸で固定したそれを放出した。阿武隈川流域の河川堆積物のその濃度は、秋季に減少し春季に増加した。水田ではオタマジャクシでその濃度が高く、イノシシ筋肉中のそれは自然減衰以上の減少を示した。また、鳥類の精巢や卵巣にその蓄積が見られた。畑の可給態のそれは2013年には1～5%に減少したが、森林土壌では3～13%を示した。植物はPGPR接種で、その吸収量を増大させたが、雲母が固定した分を吸収できず有機酸を生成するカリウム溶解菌の併用で、植物の吸収量を増加させられた。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify actual states of environmental contamination by radioactive Cs and to evaluate a novel method of radioactive decontamination in farm lands using plant-microbe interactions, we carried out several field surveys at Nihonmatsu city in Fukushima prefecture. Major clay mineral distributing in Nihonmatsu was Vermiculite and we found organic acid induces to release Cs from the clay by X-ray diffraction. Regarding paddy ecosystem, tadpoles had higher ¹³⁷Cs activity concentration. In several tributaries of Abukuma River, ¹³⁷Cs activity concentrations of sediments had a seasonal change pattern. Furthermore, wild ducks had concentrated ¹³⁷Cs into their testes and ovaries. Several varieties of Brassica species with PGPR showed increase of radioactive Cs uptake. Though Brassica species could not uptake ¹³⁷Cs fixed into clay minerals, Brassica species applied with K-solubilizing bacteria producing organic acids promoted those uptake.

研究分野：土壤肥料学

キーワード：放射性Cs 除染 植物-微生物相互作用 バイオ肥料 カリウム溶解菌 野生動物 世代汚染

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日の東日本大震災により福島第一原子力発電所の1号機は3月12日に、3号機は3月14日に水素爆発を起こした。その爆発・破損などやその後の原子炉のベントで、3月15日や3月21日には各地で大規模な放射性物質の降下が生じた¹⁾。福島県は、農地面積全国6位、森林面積全国4位、米生産量全国6位など、日本でも有数の農林産業振興県であり、この広大な農地と山林が放射性セシウムにより汚染された。放射能物質のうち、¹³⁷Csは半減期が30.2年と非常に長く、これらの物質で汚染された農耕地の修復は、福島県だけではなく日本の農業にとっても非常に重要である。

2. 研究の目的

本研究では、福島の二本松市を中心に、その放射性Csによる農耕地汚染実態の解明、土壤中での放射性Csの動態、及びそのような環境下でのバイオ肥料微生物と除去植物の組み合わせによるCs除去能強化程度を評価し、田畑における放射性元素除去の程度加速可能を検証し、表土削除等では対処しえない農耕地の放射性Cs等の相対的半減期の短縮化を推進する手法の開発を目指す。

具体的な目的

(1) セシウム(Cs)汚染土壤の除染の基礎データの把握

セシウム(Cs)汚染土壤の除染の基礎データとして、(1)粘土鉱物組成を調べ、(2)雲母鉱物(Mc)、パーミキュライト(Vt)層間に固定されたセシウム(Cs)の可給態化に与える根から分泌される有機酸や施肥成分のカリウム(K)の影響について検討する。

(2) 粘土鉱物に固定された放射性Csの脱着に関する植物や微生物の機能の解明

放射性Csの脱着に関しての植物機能の解明のため、福島各地の畑と水田土壌を採取し、各土壌に対し水、酢酸ナトリウム、シュウ酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、ピロリン酸ナトリウムによる逐次溶解処理を行い、どのような結合形態のものが粘土鉱物や腐植に吸着しているか、ICP-MS等で存在量を測定し、Cs同位体各種の存在様式(水溶性や交換態Cs、粘土鉱物・酸化物結合態Cs、腐植結合態Cs、K-Cs交換反応等)を解明する。

(3) 農地をめぐる実際環境・生態系における放射性セシウムの分布把握

農地を囲む、実際の環境として阿武隈川及びその支流に着目し、さらに農地と関わりがある里山の野生生物に注目し、放射性セシウムの濃度を分析した。

(4) 土壌における放射性Csの存在形態と植物への吸収について

本研究では、福島県二本松市の畑地、水田、

森林土壌のCsの存在形態について逐次抽出法によって調査を行った。また、異なる土壌における植物生育促進菌(Plant growth-promoting rhizobacteria: PGPR)の影響を解析した。

(5) 微生物と植物を用いた農耕地からの放射性セシウムのバイオレメディエーションの加速化の検証

農工大では、植物生育促進微生物PGPRをバイオ肥料として、水稻に接種すると発根が促進され土壤中のKの吸収が増加する結果を得た。また、セシウムは元素周期律表では、ナトリウム(Na)やカリウム(K)と同じアルカリ金属に分類され、元素としての挙動に類似性がある。除去植物とバイオ肥料微生物の生物相関による相乗的な除去力強化の可能性を評価し、その相乗化された能力で田畑の放射性元素除去がどの程度加速可能か現地試験で検証することにした。

3. 研究の方法

【(1) セシウム(Cs)汚染土壤の除染の基礎データ】

①試料：福島県二本松地区の水田(稲葉、北作、問屋)、畑地(針道)計4地点の表層土とその粘土画分(<2 μ m)および標準Vt試料(Vsと略称、<2 μ m、脱鉄・脱層間Al処理)。
②土壌の化学性：pH、EC。結晶性粘土鉱物組成：Mg、K飽和粘土をX線回折。Vt層間固定態Cs、Kの遊離反応：pH調整した有機酸(OA)、OA-マグネシウム(Mg)等の混液中で反応させたCs⁻、K-Vsの底面間隔をX線回折で測定。

【(2) 粘土鉱物に固定された放射性Csの脱着に関する植物や微生物の機能の解明】

放射性セシウム(Cs)は土壌の雲母鉱物(Mc)やパーミキュライト(Vt)層間に固定されて安定化するとされているが、降雨・灌水・施肥などはそれらをどの程度溶出させるかについて、福島県二本松地区の畑・水田土壌について、土壌の基本的な性質を表す①一般の理化学性、②粘土含量、③粘土鉱物組成、④結合形態(水溶性、交換態、粘土・酸化物結合態、腐植結合態)、⑤「雲母鉱物(Mc)および/もしくはパーミキュライト(Vt)層間に固定されたCsの可給態化」に与える「根から分泌される有機酸や施肥成分のカリウム(K)」の影響、を検討した。

【(3) 農地をめぐる実際環境・生態系における放射性セシウムの分布把握】

試料は、2011年から2014年までに福島県二本松市東部の東和地区を中心に採取された。河川堆積物は福島県二本松市を通る阿武隈川およびその支流(木幡川・若宮川・針道川)に約50地点の観測点を設け、3年間にわたり春季(おもに6月)、秋季(おもに11月)に採取を行った。農地に関わる生態系として、野生動物は2011年春(保存試料を供試)か

ら 2013 年の秋にかけて二本松市周辺と川俣町より、5 種の哺乳類、3 種の鳥類、3 種の両生類、4 種の爬虫類、2 種の昆虫類、腹足類やザリガニ類などの無脊椎動物を採取し、サンプル調整後、ゲルマニウム半導体検出器 (SEIKO, EG&G) を用い、試料により 15 分から 2 時間で計測した。

【(4) 土壌における放射性 Cs の存在形態について】

実験 1 : 異なる画分に分かれるように逐次抽出を行った。材料として、畑地、水田より土壌タイプの異なる 8 地点、森林 5 地点の表層土壌 40 g を取り、各試薬および抽出条件に浮いて 400ml の試薬と混合し、0.45 μ m メンブレンフィルターで吸引濾過し、ゲルマニウム半導体検出器で抽出前後の土壌中の存在量を測定した。

【(5) 微生物と植物を用いた農耕地からの放射性セシウムバイオレメデーションの加速化の検証】

2012 年 : 二本松市戸沢日石にある大槻千春氏のたばこ圃場を借りて、そこに圃場を開設した。基肥として、硫安 11Kg/160m²、過リン酸石灰 14Kg/160m² を耕耘時に施用した。カリウム施肥は行わなかった。H24 年 6 月～7 月半ば (小松菜 (河北、日光、きよすみ、照彩)、カラシナ、ソバ) に栽培を行った。また、それぞれの作物種に、*Bacillus* TUAT1 株、*Azospirillum* TS13 株の接種区と無接種区を設けた。収穫後、植物体はたばこ乾燥室で、ひもにつるし、自然乾燥させた。乾燥植物は、個体毎に粉砕機で粉砕し、PerkinElmer 社のガンマカウンター (WIZARD² 2480) を用いて、放射線量を測定した。

2013 年 : 沖縄から東北地方で栽培されている全部で 56 種のアブラナ科作物品種 ; *Brassica rapa* (39 varieties), *Brassica juncea* (10 varieties) and *Brassica napus* (7 varieties) は、株式会社 トーホク (Tohoku seed Co. LTD) より分譲頂いた。H25 年の 4 月 22 日から 24 日にかけて、二本松市中里の農家温室に播種し、同時に *Bacillus pumilus* TUAT1 を接種あるいは接種しない区を設けた。約 1 ヶ月後の 5 月 21 日に、圃場に移植した。移植時に接種区には、さらに菌液の接種を行った。6 月 28 日に各植物体を取獲し、乾燥機で一定時間乾燥後、温室で風乾した。その後、各植物は粉砕し、植物中の放射性 Cs 量は、 γ カウンターで測定した。

2014 年 : 雲母等の粘土鉱物に固定された放射性 Cs を可動化するために、カリウム溶解菌を農工大土壌及び二本松土壌から単離した。二本松市中里の褐色低地土、戸沢の褐色森林土及び戸沢の黒ボク土の土壌に各カリウム溶解菌を接種後、仙台冬菜等を播種し約 1 ヶ月後に植物体を取獲し、根は水道水で丁寧に土壌粒子を除去し、地上部も水道水で洗浄後、通風乾燥機で乾燥させ、粉砕後、植物

中の放射性 Cs 量は、 γ カウンターで測定した。

4. 研究成果

【(1) セシウム(Cs)汚染土壌の除染の基礎データ】

福島水田畑地土壌の理化学性・粘土鉱物組成 : 水田と畑地の粘土含量は各 10~17%、20% で、土性は畑地が SC、水田は CL で、砂画分には土改材の Vt(*1) も含まれていた。(*1: 母材由来) pH は水田が 5.8~6.1、畑地は 5.7 で、EC は水田の 1 地区の 8.8mS/m 以外は 1.6mS/m であった。粘土画分中の結晶性粘土鉱物含量は水田が 72~74%、畑地が 66% で、主成分は Vt、残りをカオリン鉱物 (Ka) が占めていた。水田ではスメクタイト (Sm)、畑地ではクロライト (Ch) も認められた。

有機酸が陽イオンの Vs 層間固定に与える影響 : Na、Mg、K イオン (X) と有機酸 (OA)、塩酸 (H) 混液を Cs/K-Vs と反応させると、どのイオンでも OAX 区と HX 区でのみ d(1.03nm) のピークがシフトしたが、OA 区と H 区ではピークがシフトしなかった。OAX 区と HX 区でのみ d(1.03nm) のピークがシフトしたことから、OA と共存する Mg などのイオンと Cs との交換作用が推察された。

【(2) 粘土鉱物に固定された放射性 Cs の脱着に関する植物や微生物の機能の解明】

根分泌液中の有機酸および培養液中のイオンが Vt 層間固定態 Cs の可給態化に与える影響 : Cs/K-Vs (d=1.03nm) のピークは培養液のみでは変化しなかったが、イタリアンライグラス、エンバクの栽培区では 1.02nm にシフトし、K-Vs の d の 1.01nm に近づいた。Cs/K-Vs の d の変化から、Cs がフレイドエッジに挟まって固定されるものばかりではなく、K と同様に層間に固定されることが推察された。

Cs を固定させた Cs-Vt の底面間隔 (d) は 1.1nm で K を固定させた K-Vt の 1.0nm より大きく、Mg を固定させた Mg-Vt の 1.4nm より小さかった。これらの Vt の d の変化から、Cs がフレイドエッジに挟まって固定されるものばかりではなく、K と同様に層間に固定されることを推察した。Vt の層間に固定させた Cs は根から分泌されることが知られているクエン酸などの有機酸 (OA) のみと反応させても溶け出してこなかったが、Mg と共存させた OA 溶液中では d を拡大したことから、OA と共存する Mg などのイオンと Cs との交換作用を推察した。

【(3) 農地をめぐる実際環境・生態系における放射性セシウムの分布把握】

● 河川堆積物の放射性セシウムの分布と経時変化

2012 年春季 (I 期) から 2014 年秋季 (VI 期) に採取した阿武隈川流域の河川堆積物における ¹³⁷Cs 放射能濃度は大きな地点間差異がみられた (図 1~図 4)。つまり、採取地点に特有な ¹³⁷Cs の局所的高濃度がみられ、III

期には針道川の地点 12 で約 22、800 Bq kg⁻¹ d. w. の最高濃度が検出された。

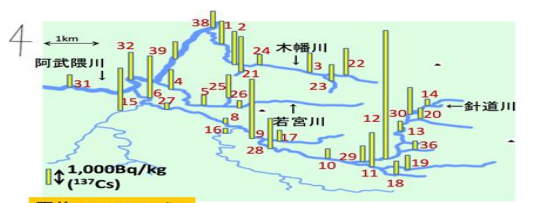


図1 2012年6月に阿武隈川で採取した河川堆積物中¹³⁷Cs濃度



図2 2012年10月に阿武隈川で採取した河川堆積物中¹³⁷Cs濃度

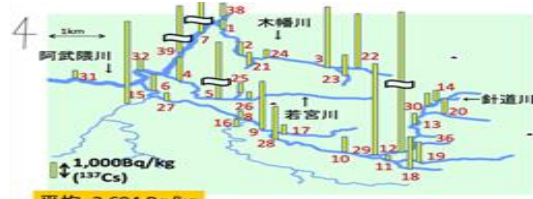


図3 2013年6月に阿武隈川で採取した河川堆積物中¹³⁷Cs濃度



図4 2013年11月に阿武隈川で採取した河川堆積物中¹³⁷Cs濃度

●野生動物の放射生セシウムレベル

① 水生生態系

2013年の6月から11月に福島県二本松市東部および川俣町の水田周辺から水生無脊椎動物、昆虫類、両生類と爬虫類を採取した。

水生無脊椎動物から両生類、爬虫類まで各栄養段階の動物が採取された地点の水田において、分析された放射性 Cs レベルはオタマジャクシ (Whole) > ヤマカガシ筋肉 > イモリ (Whole) > アマガエル (Whole) > ザリガニ (Whole) > ダルマガエル筋肉という分布であった (図5)。

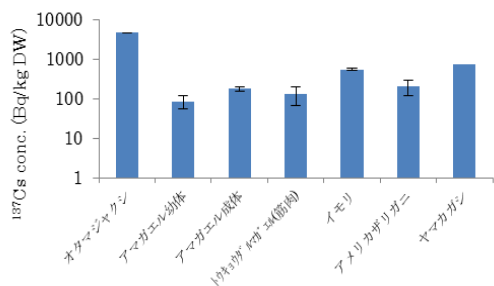


図5 福島県二本松市東部の水田周辺で採取された動物の¹³⁷Csレベル

② 里山の鳥類と哺乳類

2012年から13年に、福島県二本松市東部で採取されたカルガモ (n=5)、キジ (n=3) とハシボソガラス (n=3) を供試した。

二本松市東部で採取された野生鳥類の放射性 Cs は、分析した多くの組織器官でハシボソガラスが他種より高かった。これは鳥類の食性と生息環境が影響していると考えられた。また、雌雄のカルガモの生殖器官から放射性 Cs が検出された (図6)。この分布は、¹³⁷Cs が親から子へ移行する可能性を示しており、半減期の長い同位体による汚染が世代を通じて継続することが懸念された。

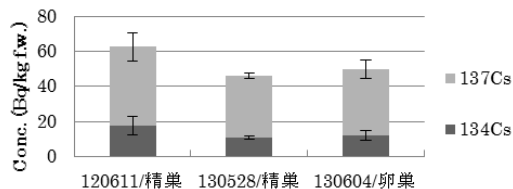


図6 福島県二本松市周辺で採取されたカルガモの生殖器官における放射性セシウム濃度

つぎに2011年から13年に福島県二本松市東部で採取された野生哺乳類のニホンイノシシ (n=19) 筋肉中の¹³⁷Cs放射能濃度は時間軸に対し崩壊による減衰だけでは説明できない減少を示した。事故直後、植物表面に直接付着した¹³⁷Csが洗い落としなどによって土壌へと移行し、餌植物の¹³⁷Cs濃度が減少したことが一因として考えられた。

【(4) 土壌における放射性 Cs の存在形態について】

畑地土壌の水溶性およびイオン交換態画分の割合は、2012年では8~12%であったものが1~5%に、有機物画分が5~30%であったのが6~20%に減少した (図1a)。一方、森林土壌においては、水溶性画分は0~2%であったのに対して、イオン交換態画分は3~13%、有機物態画分が9~45%と高い値を示した。耕起や施肥がない森林土壌表面では、Csは依然、吸収・移動しやすい形態で存在していることが明らかになった。

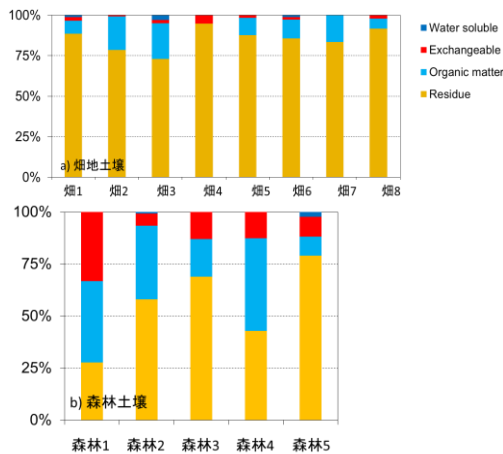


図1 a) 畑地土壌、b) 森林土壌におけるCsの存在画分割

【(5) 微生物と植物を用いた農耕地からの放射性セシウムのバイオレメデーションの加速化の検証】

2012年試験：二本松市戸沢地区で行った圃場試験では、4種のコマツナに関しては、*Bacillus*属 PGPRが河北、清澄、日光のCs吸収を促進させることが示された。特に日光に関しては顕著であった。また、カラシナに関しては、*Azospirillum*属 PGPRがカラシナのCs吸収を促進させた。このことから実際の圃場でも、微生物-植物の組合せで放射性Csの吸収は増加することが分かった。

図1に、二本松戸沢で行った微生物-植物相互作用で、放射性Csの移行係数(TF値)に変化が生じるか否かに関する実証試験の結果を示した。全てではないが、一部の植物-微生物の組合せは、放射性Csの移行係数(TF値)を高くすることが分かった。

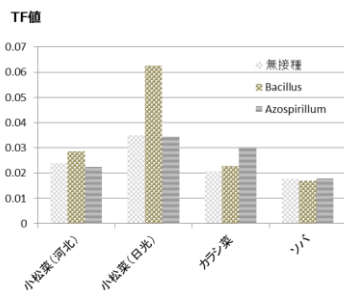


図1. 二本松戸沢で行った微生物-植物相互作用で、総放射性セシウム($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$)の移行係数(TF値)に変化が生じるか否かに関する実証試験

2013年試験：沖縄から東北地方で栽培される56系統のアブラナ科作物のCs吸収特性及び、それに*Bacillus*属 PGPRを接種したときの地上部への放射性Csの移行程度を調べた。

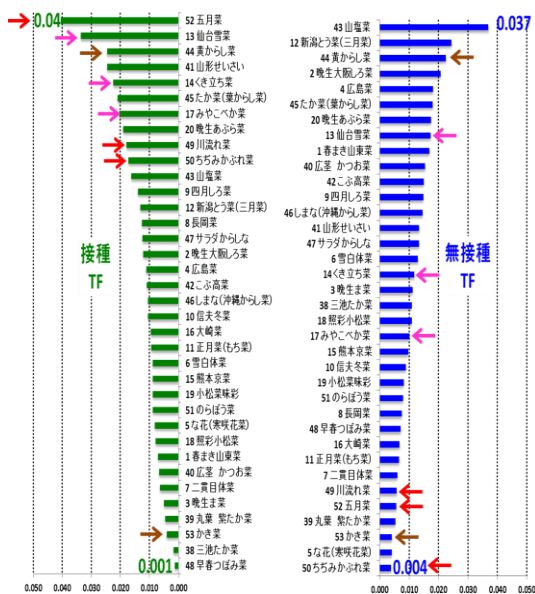


図2 TUAT1株を接種した場合と、無接種の場合における、アブラナ科37品種の土壌から植物体への放射性Csの移行係数の違い

TUAT1株を接種した各品種の土壌から植物への移行係数(TF)に関しては、TUAT1株の接種で、TF値が上昇する場合と抑制される場合があることが分かった。*Brassica rapa*に属する20品種のうち仙台雪菜、くき立ち菜及び、みやこべか菜はTF値を大きく上昇させた。*Brassica juncea*の場合、山塩菜は、無接種で高いTF値を示したが、TUAT1株の接種はそのTF値を半減させた。*Brassica napus*では、川流れ菜、ちぢみかぶれ菜、五月菜の3品種がTUAT1株の接種でTF値を大きく上昇させた。

2014年試験：TF値の上昇を図るため、菌体外に有機酸等を分泌して粘土鉱物を破壊し、粘土鉱物に固定されているカリウム等を有効化するカリウム溶解菌を利用し、植物-微生物相互作用による放射性Cs吸収の一層の加速化が可能か検証した。

表1 異なる土壌環境下で接種したカリウム溶解菌の存在が、土壌から仙台冬菜への放射性Csの移行係数に与える効果

Soil	Isolates	TF (shoot)	TF (root)
Soil 1	Control	0.059 ^c ± 0.004	0.420 ^b ± 0.370
	J7	0.058 ^c ± 0.021	0.442 ^b ± 0.068
	J8	0.090 ^b ± 0.027	0.484 ^b ± 0.073
	K1	0.106 ^b ± 0.012	0.920 ^a ± 0.025
	K2	0.060 ^c ± 0.009	0.905 ^a ± 0.108
Soil 2	Control	0.036 ^d ± 0.009	0.414 ^c ± 0.049
	J7	0.120 ^a ± 0.005	1.257 ^a ± 0.150
	J8	0.064 ^c ± 0.012	1.455 ^a ± 0.025
	K1	0.061 ^c ± 0.013	0.619 ^{bc} ± 0.145
	K2	0.096 ^b ± 0.014	0.391 ^c ± 0.049
Soil 3	Control	0.102 ^c ± 0.006	0.263 ^a ± 0.013
	J7	0.113 ^c ± 0.009	0.405 ^{ab} ± 0.235
	J8	0.079 ^d ± 0.005	0.451 ^{ab} ± 0.058
	K1	0.314 ^a ± 0.006	0.581 ^a ± 0.068
	K2	0.174 ^b ± 0.003	0.600 ^a ± 0.135
K3	0.052 ^e ± 0.013	0.319 ^{ab} ± 0.059	

表1より、褐色森林土において、カリウム溶解菌K1株とK2株の接種は、仙台冬菜の根におけるTF値を2倍以上に上昇させて約0.9にした。一方、褐色低地土では、J7株とJ8株の接種で、仙台冬菜の根におけるTF値を3倍以上に上昇させた。根のTF値がカリウム溶解菌の接種で急速に上昇する理由は現在のところ不明であるが、カリウム溶解菌の利用は、植物-微生物による農耕地からの放射性Csの除去を加速する有益な手段であることが分かった。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)
1) Aung H.P, S. Djedidi, A.Z. Oo, T. Yokoyama, S. Suzuki, H. Sekimoto and S.D. Bellingrath-Kimura, 2015, Growth and ^{137}Cs uptake of four Brassica species influenced by inoculation with a plant

growth-promoting rhizobacterium *Bacillus pumilus* in three contaminated farmlands in Fukushima prefecture, Japan. *Science of the Total Environment*. 521-522. 261-269. 査読有

2) Aung H.P., Djedidi S., Yokoyama T., Suzuki S., Bellingrath-Kimura S.D. 2015: Transfer of radiocesium to four cruciferous vegetables as influenced by organic amendment under different field conditions in Fukushima Prefecture. *J. Environm. Radioactivity*. 140. 148-155. 査読有

3) 渡邊 泉, 野村あづみ, 増川武志, 尾崎宏和, 渡井千絵, 林谷秀樹, 五味高志, 吉田 誠, 横山 正, 2014 (12月), 福島県二本松市東部で採取された野生動物(数種の鳥類および哺乳類)の放射性セシウム蓄積. *環境放射能除染学会誌*, 2(4). 241-250. 査読有

4) 横山 正, Djedidi Salem, 小島克洋, 山谷紘子, 木村園子ドロテア, 渡邊 泉, 大津直子. 2014. 微生物と植物を用いた農耕地からの放射性セシウムのレメデーシヨンの試み. *生物工学*, 92. 276-280. 査読有

5) Djedidi S., Terasaki A., Aung H.P., Kojima K., Yamaya H., Ohkama-Ohtsu N., Bellingrath-Kimura S.D., Muenchang P., Yokoyama T. 2014: Evaluation of the possibility to use the plant-microbe interaction to stimulate radioactive Cs-137 accumulation by plants in a contaminated farm field in Fukushima, Japan. *Journal of Plant Research*. 128, 147-159. 査読有

他 3 件

[学会発表] (計 35 件)

1) Djedidi S., Rallos R., Kojima K., Ohkama-Ohtsu N., Bellingrath-Kimura S.D., Yokoyama T.: Bacteria-induced plant growth promotion and ¹³⁷Cs accumulation in *Brassica rapa* L. var. *perviridis* grown in Fukushima cesium-contaminated soils. 日本土壤微生物学会 2015 年大会 エポカルつくば (茨城県・つくば市) 2015 年 5 月 22 日

2) Watanabe, I., Ozaki, H., Hayashidani, H., Gomi, T., Yoshida, M. and Yokoyama, T. Radioactive Cesium distributions in village forest ecosystems of Fukushima, Japan. International Conference of Asian Environmental Chemistry (ICAEC2014) Bangkok, Thailand, 2014 年 11 月 25 日

3) Aung H.P., Dwira M., Djedidi S., Yokoyama T., Suzuki S., Bellingrath-Kimura S.D.: Uptake and Distribution of Radiocaesium by Four Cruciferous Vegetables in Association with Plant Growth Promoting Bacteria. 第 60 回 日本土壤肥料学会 東京農工大 (東京都・小金井市) 2014 年 9 月 9-11 日

4) 渡邊 泉, 野村あづみ, 増川武志, 尾崎宏和, 佐藤幸太, 林谷秀樹, 五味高志, 吉田 誠, 横山 正, 福島県二本松市東部で採取された野生動物(鳥類および哺乳類)の放射性セシウム. 第 3 回日本環境放射能除染学会, 郡山市民文化センター(福島県・郡山市), 2014 年 7 月 4 日

5) Han Phyong Aung, Salem Djedidi, Aung Moe Hein, Tadashi YOKOYAMA and Sonoko Dorothea KIMURA Radiocesium Uptake Responses of Four Cruciferous Vegetables to Organic Compost and PGPR Application

日本土壤肥料学会 名古屋大学 (愛知県・名古屋市) 2013 年 9 月 11-13 日

他 30 件

[図書] (計 3 件)

1) 横山 正, Djedidi Salem, 木村 園子ドロテア, 大津 直子. バイオ肥料を用いた放射性 Cs で汚染土壌からの放射性 Cs 除去の可能性の検証 「平成 24 年度「大学固有の生物資源を用いた放射性元素除去技術、バイオ肥料・植物保護技術開発」概要集 (福島農業復興支援 バイオ肥料 プロ)」. (ISBN 978-4-9906944-0-1-C3045-¥00000E), 東京農工大学 農学部文部科学省特別経費プロバイオ肥料 出版者記号: 9906944, 8-9, 2013

他 2 件

[産業財産権] 該当なし

[その他]

ホームページ等

<http://www.tuat.ac.jp/~biof-pro/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横山 正 (Yokoyama Tadashi)
東京農工大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号: 70313286

(2) 研究分担者

鈴木 創三 (Suzuki Souzho)
東京農工大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号: 30137898

渡邊 泉 (Watanabe Izumi)
東京農工大学・大学院農学研究院・准教授
研究者番号: 30302912

木村 園子ドロテア
(Kimura SonokoDrothea)
東京農工大学・大学院農学研究院・准教授
研究者番号: 60397015

(3) 連携研究者

大津 直子 (Ohtsu Naoko)
東京農工大学・大学院農学研究院・講師
研究者番号: 40513437