

生体抽出液を用いた田畑の土壌からの放射性セシウムの除去と微量元素の損失防止

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学 公開日: 2019-01-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 矢永, 誠人 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/00026241

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：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350124

研究課題名(和文) 生体抽出液を用いた田畑の土壌からの放射性セシウムの除去と微量元素の損失防止

研究課題名(英文) Extraction of radiocesium from the soil of the fields with biological materials and prevention of loss of trace elements

研究代表者

矢永 誠人 (Yanaga, Makoto)

静岡大学・理学部・准教授

研究者番号：10246449

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：放射性セシウムで汚染された土壌のモデル除染として、Cs-137で汚染させた園芸用土壌から硝酸カリウムまたはヨウ化カリウム水溶液を用いて放射性セシウムを抽出することを試みた。その結果、放射性セシウムはそれらの水溶液に抽出されたが、抽出率は汚染させてからの時間の経過に伴って低下していった。

原発由来の放射性セシウムで汚染された田の土壌を用いてイネのポット栽培を行った。用水に塩化ルビジウム及び塩化セシウム水溶液を加えて栽培したポットでは、玄米への放射性セシウムの移行係数が大幅に増加し、安定セシウムを利用した田の除染や放射性廃棄物からの放射性セシウムの分離濃縮及び廃棄物の減容化の可能性を示唆した。

研究成果の概要(英文)：Agricultural soil contaminated with radioactive cesium was decontaminated by an extraction method with aqueous potassium solutions. Results demonstrated that the potassium solutions could extract radioactive cesium from soil artificially contaminated with Cs-137. However, the extraction rate decreased as time passed after the soil was contaminated.

The effects on concentrations of trace elements in leaves of rice plants and on the transfer factor of radioactive cesium derived from nuclear power plant accident from paddy soil to rice by addition of stable isotopes of cesium and rubidium were also examined. The transfer factors of radioactive cesium for the brown rice cultivated with the water in which stable cesium had been added were much larger than those for cultivated with water in which nothing had been added. This implies that the stable cesium ions added were replaced with radioactive cesium ones in soil.

研究分野：核・放射化学、生物無機化学、放射線防護学

キーワード：放射性セシウム 除染 イネ 土壌 原発事故

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年3月11日に発生した東北地方北太平洋沖地震及びその後の津波により、東京電力福島第一原子力発電所は冷却機能を失い、その結果、多量の放射性物質が自然環境中に放出された。現在、30年の半減期をもつ¹³⁷Csに代表される放射性セシウムを対象として、高汚染地域における線量率の低減化のための除染活動が行われている。

(2) 原発から放出された放射性セシウムが単なるアルカリ金属とは異なる挙動をとっていること、さらにその挙動が高濃度汚染とはいえ化学的に見ればトレーサー量であることだけでは説明しにくいものであることから、除染作業は難航している。すなわち、外部被ばく防止にかかる空間線量率の低減のため、また、食生活にともなう内部被ばく防止や風評被害を根絶するため、住環境や田畑からの放射性物質の効果的な除去は、我が国の喫緊の課題となっている。

2. 研究の目的

(1) 農地以外の宅地などの土壤除染の方法としては、表土の剥離や土壤分級後の粘土質の分離除去などが提案されている。しかしながら、田畑土壤については、すでに反転耕が行われた田畑があるとともに、未実施の場合でも、分級分離を行ってしまうと農地としては適さなくなってしまうおそれがある。そこで、本研究では、田畑土壤に負荷をかけないで除染する方法を提案することを第一の目的とした。

(2) 田畑については、農作業に携わる者の被ばく線量の低下や農作物への放射性物質の移行防止のために反転耕や天地返しなどが行われているが、これは本質的な除染とは異なる。しかしながら、もし、汚染土をそのまま除去するならば、その量は莫大なものとなり、とてもそれを保管管理する場所を確保することはできない。そこで、¹³⁷Csなどの特定の核種をターゲットにした除染が期待される。しかしながら、特に化学的手法を用いて除染を行った場合には、その作業にともなう作物あるいはヒトにとって必須な微量元素が放射性物質とともに失われる可能性が高い。そこで本研究では、化学的手法による除染作業が田畑の土壤中の生体微量元素濃度に与える影響を調べることも目的とし、そのための基礎的実験を行うこととした。

(3) 土壤から作物への放射性物質の吸収されやすさは、それぞれの田畑の土質や、用水や肥料に含まれる主要元素や微量元素の影響を受けることが考えられる。したがって、土壤から作物へのセシウムの移行・吸収のメカニズムを解明するには、対象とする田畑の土壤や用水に含まれる主要元素や微量元素の濃度を知ることは不可欠となる。そこで本研究では、福島市内山間部の水田の田水及び

用水のサンプリングを継続的に行い、それらに含まれる主要元素や微量元素濃度の定量を行うとともに、イネに含まれる種々の元素についての定量を行うこととした。

(4) 生体関連物質である炭素化したペーパースラッジ(PSC)は多孔質であり、保水性や通気性にすぐれている。この性質を利用して原発由来の放射性セシウムの除去及び田畑土壤から農作物への放射性セシウムの移行抑制をすることについても検討した。

(5) セシウム汚染土壤に、セシウムの安定同位体を添加することにより、セシウムの挙動を放射能測定以外の分析手法での追跡をするとともに、土壤中の放射性セシウムとの同位体交換を利用した除染の可能性についても検討した。

3. 研究の方法

(1) 市販のタッパーを多数用意し、それぞれに園芸用土壤を約400g入れ、 1k Bq mL^{-1} の¹³⁷Cs水溶液を5mLずつ加えた模擬汚染土壤を作製した。一定時間が経過した後、1個のタッパーを開けて土壤全体を均一化した後、U8容器に約60gずつ取って放射能測定を行った。その後、500mLビーカーに汚染土壤を移して純水200mL、1M KNO₃水溶液200mL、1M KIまたは2M KI水溶液200mLを加えて攪拌してから2日間静置した。その後、それぞれろ過を行い、ろ液の放射能測定を行って¹³⁷Csの抽出率を求めた。また、園芸用土壤に含まれている個々の基本用土について、¹³⁷Csに対する吸着性やKI溶液による抽出挙動についての検討を行った。

さらに、模擬汚染土壤及び模擬汚染土壤をKI溶液で処理したのからPIXE(荷電粒子励起発光)分析のためのターゲットを作成し、それぞれ、多元素同時定量を行った。具体的には、各模擬汚染土壤試料に、内部標準としてPd=10,000ppmとなるようにパラジウムカーボンを加え、メノウ乳鉢内でホモジナイズした。その約1mgを4 μm 厚のプロレン膜に乗せ、少量の1%コロジオン溶液で固定し、ターゲットとした。同一の試料からそれぞれ3個のターゲットを作成した。各ターゲットに対し、(公社)日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンターの小型サイクロトロン(島津製作所MCY-1750)により加速された2.9 MeVの陽子ビームを照射した。発生したX線を、低エネルギーのX線を吸収させる500 μm 厚のMylar膜を装着した検出器及び計数率を調整するためのコリメータを装着した検出器、計2台のSi(Li)半導体検出器を用いて検出した。また、Feが多く含まれていたため、この妨害を防ぐための特殊吸収体¹⁾を装着しての測定も行った。得られたスペクトルは、解析プログラムSAPIX²⁾により解析した。

(2) 原発事故由来の放射性セシウム汚染の形状は、大きく二つのパターンがある。一つは、1 価の水溶性の陽イオンとして存在していつとも土壤に吸着している状態であり、もう一つは他の元素も含む多数の原子からなる不溶性の形状である。この不溶性の状態となっているセシウムの可溶化を図るため、マウス肝臓及びすい臓に含まれる酵素による可溶化を試みた。手法としては、土壤からの放射線によりイメージングプレートに曝写した際に認められるスポット汚染が消滅するかどうかで判断することとした。

(3) 2014 年～2016 年にかけて、福島市山間部の田の用水（ため池水、沢水）及び田水を採取し、(1:1)硝酸を加えて pH 2 程度になるようにし、分析を行うまでの間、保存した。また、毎年 8 月下旬のイネを土壤とともに採取した。各試料は次のような処理を行い、PIXE 分析に供した。水試料については、試料水 1 mL をマイクロチューブに分取し、In 内部標準溶液を加えて攪拌均一化後、プロレン膜上に滴下・乾燥したものをターゲットとして分析に供した。イネについては、各茎の穂に近いなるべく緑色の葉、数枚ずつをとり、数時間 105 °C で乾燥させた。それぞれ数十 mg を精秤し、In 内部標準溶液を加え、硝酸灰化したものをバッキングフィルムであるプロレン膜上に滴下・乾燥し、ターゲットとした。

(4) PSC の有効性を確認するために、水溶液中の ^{137}Cs の吸着実験を PSC 自体について、また、PSC に重量比で 1% となるようにヘキサシアノ鉄(II)酸カリウムをしみ込ませて乾燥させた PFC-PSC のそれぞれについて行った。 $4.6 - 103.1 \text{ Bq mL}^{-1}$ の ^{137}Cs 水溶液を調製し、それぞれ、120 mL に対して、PSC または PFC-PSC 32 g を加え、25 °C で最大 330 時間振盪し、水中から放射性セシウムが吸着除去される経過を追跡した。また、PSC を用いて、放射性セシウムを田畑土壤中へ固着させ、農作物への移行を抑制するモデル実験として、実際に汚染された田の土壤でのイネ栽培試験も行った。PSC を混ぜ込んだ土壤及び無処理の土壤を用いてイネの栽培を行い、収穫後の白米、糠、粃殻、葉及び根のそれぞれを U8 容器に入れ、高純度 Ge 半導体検出器による放射能測定を行った。

(5) 2015 年 5 月に福島市内においてゼオライト処理をしていない田の土壤を採取し、10 個のワグネルポットに 4 kg ずつ入れ、うち 3 個のポットにはゼオライト 30 g を添加した。施肥及び静岡市内の地下水で灌漑した後、苗を植えた。4 週間後、ゼオライトを添加していないポットのうちの 3 個に塩化ルビジウム及び塩化セシウムを、水溶液として、それぞれ $4.28 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 添加した。

出穂後のイネの各茎の穂に近い、なるべく緑色の葉、数枚ずつをとり、自然乾燥させた後、内部標準溶液を加えて硝酸灰化して PIXE 分析に供した。

玄米及び土壤中のセシウムの放射能の測定は、上記と同様に行った。

4. 研究成果

(1) 市販の園芸用土壤を ^{137}Cs で汚染させた模擬汚染土壤を用いた抽出実験により得られた、 ^{137}Cs によって汚染されてからの経過時間とその除去率との関係を図 1 に示した。

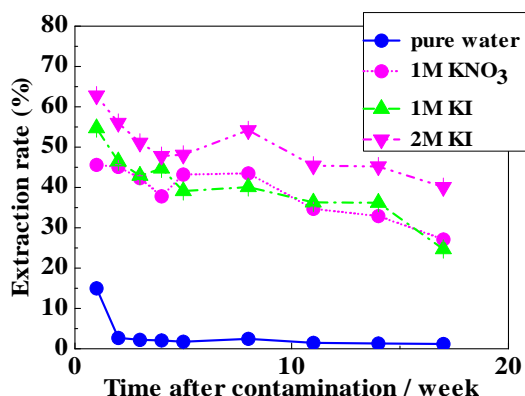


図 1 園芸用土壤 ^{137}Cs 水溶液を添加して汚染させてからの経過時間と各水溶液による抽出率（除去率）の変化

図 1 に見られるように、純水による抽出率は極めて低く、また、汚染されてからの経過時間が短い場合は KNO_3 水溶液や KI 水溶液による抽出率は高値を示していたが、時間の経過とともにその値は低下していき、放射性セシウムがより強固に土壤に吸着していったことを示していた。汚染土壤中に含まれていた土壤成分のいくつかを分離して各々の放射能測定を行ったところ、単位質量あたりに吸着した放射性セシウム量はパーミキュライトで最も多く、また、2M KI 溶液を用いても最も抽出率が低かったものもパーミキュライトであった。鹿沼土については、単位質量あたりの吸着量が最も低く、かつ、抽出率（除去率）は約 80% と最も高かった。ピートモス、ココビート、パーク堆肥などの有機混合物については、単位質量あたりの吸着量は土壤全体で考えた場合とほぼ同じ程度であったが、2M KI 溶液への抽出率は約 70% と、比較的高い除去率を示した。

赤玉土、鹿沼土、軽石、パーミキュライト及び黒ボク土の各基本用土について、個別に ^{137}Cs に対する吸着特性や除染効率を調べたところ、鹿沼土、軽石およびパーミキュライトの単位質量あたりの ^{137}Cs の吸着量自体には大きな差異は認められなかった。しかしながら、2M KI 溶液に対する抽出率（除去率）は大きく異なり、鹿沼土では 80% 以上であったのに対し、軽石では 50% 程度、パーミキュ

ライトでは数%であった。

これらのことから、パーミキュライトによるセシウムに対する吸着力の強さが再確認される一方で、実際の土壤中でのパーミキュライトの存在量および田の土壌成分に吸着したセシウムも純水による抽出割合は低いことを考えると、原発由来の放射性セシウムで汚染された土壌中のセシウムは、必ずしも大部分がパーミキュライトに吸着しているわけではないということが考察された。

一方、放射能汚染させていない基本土壌を用いた模擬除染に伴う微量元素の損失についての実験では、模擬除染作業を行った後、もとの土壌に含まれる元素のうち、本研究で定量できたほぼ全ての元素について、模擬除染処理を行っていない土壌と比較して濃度が低下するような傾向、すなわち、除染処理による微量元素の損失は認められなかった。しかしながら、微量元素としては比較的濃度が高いMnについては、1M KI 溶液で処理したものと2M KI 溶液で処理したものの両者について、その濃度が有意に低下していた。このMnに認められた傾向は、別に行った機器中性子放射化分析法による分析でも同様であった。

Mn 濃度の低下、すなわち模擬除染処理に伴う Mn 損失の原因については、カリウムイオンまたはヨウ化物イオンの影響を考慮するのが自然なことであるが、1M 硝酸カリウム水溶液で処理したものについては Mn の損失が認められないことから、ヨウ化物イオンの影響と考えることができる。このヨウ化物イオンと黒土ボク中の Mn との関係については、今後の検討課題である。

(2) マウス肝臓及びすい臓に生理食塩水を加えて石英砂で磨りつぶして得た酵素抽出液による実汚染土壌中のスポット汚染の除染にかかる基礎実験の結果は、抽出液を加える前後での IP 画像の比較でみる限りにおいてであるが、抽出液処理によるスポット汚染の分布の乱れのみで、スポット自体が消失したり、全体的に小さくなったりしたようには見えず、ネガティブな結果であった。

(3) 福島市内山間部におけるフィールドワークでは、用水や田水については、Na、Mg、Al、Si、P、S、Cl、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Cu、Zn、Ba、Br、Sr の 18 元素、イネの葉については、Na、Mg、Si、P、S、Cl、K、Ca、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Cu、Zn、Ba、Br、Sr の 18 元素、玄米については、Mg、Si、P、S、Cl、K、Ca、Ti、Cr、Mn、Fe、Cu、Zn、Br、Rb、Sr の 16 元素、また、土壌については、Na、Mg、Al、Si、P、S、Cl、K、Ca、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Cu、Zn、Rb、Sr、Y、Zr の 20 元素の定量を行うことができた。

表 1 に、対象としている 4 ヶ所のうちの 1 枚の田の土壌と 2014 年に採取した玄米中に

共通に含まれている諸元素の濃度及びそれぞれに含まれる ^{137}Cs の放射能から移行係数を算定した結果を示す。 ^{137}Cs の移行係数は他のアルカリ金属のカリウムやルビジウムと比べて低く、このことは、 ^{137}Cs が土壌に強く吸着していることを示しているものと思われる。また、これらの移行係数は、あくまで土壌中濃度と玄米中濃度との比であり、必ずしも環境中の諸元素のイネへの移行の様子を反映しているわけではない。

表 1 土壌中および玄米中の諸元素の濃度と各元素の移行係数

	土壌中濃度(mg / kg)	玄米中濃度(mg / kg)	移行係数
Mg	5920 ± 580	Mg 395 ± 49	Mg 0.0668
Si	367000 ± 15000	Si 108 ± 34	Si 0.000294
K	25900 ± 1700	K 1780 ± 60	K 0.0687
Ca	12100 ± 700	Ca 110 ± 6	Ca 0.00908
Mn	413 ± 32	Mn 19.2 ± 1.0	Mn 0.0466
Fe	34500 ± 1800	Fe 8.6 ± 0.9	Fe 0.000472
Cu	30.7 ± 12.2	Cu 2.5 ± 0.4	Cu 0.0882
Zn	112 ± 14	Zn 19.1 ± 1.0	Zn 0.170
Rb	86.4 ± 13.4	Rb 1.1 ± 0.4	Rb 0.0128
Sr	114 ± 15	Sr 0.5 ± 0.3	Sr 0.00437
			^{137}Cs 0.000878

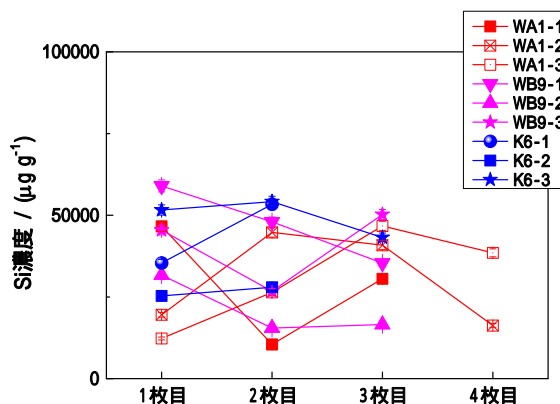


図 2 イネの葉中のケイ素濃度 (2014 年度分析値) [WA1、WB9 および K6 は田の名称であり、ハイフンの後の番号は稲の茎の番号を指す。横軸は、稲穂の報から数えた葉の番号である。]

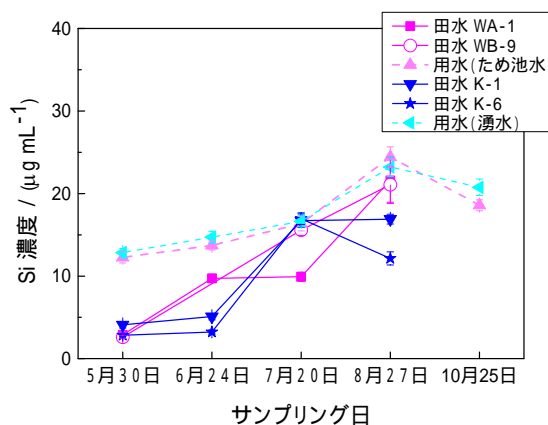


図 3 田水および用水中のケイ素濃度 (2014 年度分値)

例えば、Siの移行係数はセシウムを除くこれらの元素の中で最も小さい値を示している。しかしながら、図2に示すように、イネの葉や茎には、玄米に比べてはるかに高い濃度のケイ素が含まれている。イネ科植物がケイ素を積極的に吸収し、高濃度に蓄積することはよく知られている。このケイ素の由来については、土壌中には高濃度にケイ素が含まれているが土壌からのものではなく、図3に示したように、用水中に比べて田水中のケイ素濃度が低い傾向があることから、イネに含まれるケイ素の由来は用水から取り込まれたものと考えられる。

このケイ素のような例を考えると、放射性セシウムの挙動の追跡では、土壌中からイネ中の放射能のみを調べるだけでは不十分と考えられ、環境水中の非常に希薄な濃度の放射性セシウムも重要な要素となるのではないかと考えている。

(4) PSCを用いた基礎実験では、一定量のPSCに対する¹³⁷Csの吸着については、希薄溶液であるにもかかわらず濃度依存性があり、また、その吸着挙動は反応開始から5時間までは急速に進行し、その後は徐々に進行するとともに濃度に応じて、約50~80%の範囲で飽和した。一方、PFC-PSCによる吸着の速度はPSCよりもはるかに速く、また、実験に用いた範囲内では濃度にかかわらずほぼ100%のセシウムが吸着され、PFC-PSCが水溶液から高効率で放射性セシウムを除去するために有用であることが示された。

(5) イネの葉についてのPIXE分析で、Rb及びCsについては、それらを添加したイネについてのみ定量できた。それらは用水中に同モル添加していたが、葉で検出された量はモル比でRb/Cs = 8~9であった。このことは、RbよりもCsの方が土壌に吸着しやすいこと、またはRbの方がイネに吸収されやすいことを示している。一方、表2に見られるように、各ポットから採取した玄米)についての移行係数は、Csを添加したものでは大幅な増加が見られた。これは、添加された安定なCsが土壌に吸着するとともに、土壌に吸着していた放射性Csを遊離させたこと、すなわち、同位体交換が起こったことを示しているものと考えている。一般に玄米より葉や茎の方の放射

表2 玄米中Csの放射能と¹³⁷Cs移行係数

	試料重量 / g	¹³⁴ Cs / Bq kg ⁻¹	¹³⁷ Cs / Bq kg ⁻¹	移行係数*
無処理	24.34	ND (< 2.1)	3.0 ± 0.3	0.00098
	12.63	ND (< 3.3)	2.6 ± 0.5	0.00085
	22.18	ND (< 2.1)	4.0 ± 0.3	0.00131
	17.56	ND (< 1.4)	2.0 ± 0.3	0.00066
	16.59	ND (< 2.4)	5.2 ± 0.4	0.00170
ゼオライト処理	16.32	ND (< 2.8)	1.6 ± 0.4	0.00052
	19.55	ND (< 2.3)	1.5 ± 0.3	0.00049
	16.20	4.5 ± 0.7	15.5 ± 0.6	0.00508
RbおよびCs水溶液添加	14.71	5.4 ± 1.0	14.1 ± 0.6	0.00462
	21.66	9.4 ± 0.7	34.3 ± 0.7	0.01125

性Cs濃度が高くなることを考えると、この結果は、安定Csを利用した田の除染の可能性を示すとともに、放射性廃棄物からの放射性Csの分離濃縮の可能性も示唆するものであり、廃棄物の減容化にもつながるものではないかと考えている。

<引用文献>

1) K. Sera and S. Futatsugawa, "Effects of X-ray Absorbers Designed for Some Samples in PIXE Analyses", Int'l. J. PIXE, **5**, 181 - 193(1995).

2) K.Sera., T. Yanagisawa, H. Tsunoda, S. Futatsugawa, S. Hatakeyama, Y. Saito, S. Suzuki and H. Orihara, "Bio-PIXE at the Takizawa facility", Int'l. J. PIXE, **2**, 325 - 330(1992).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

A. Van Tran and M. Yanaga, "Adsorption Behavior of a carbonized paper sludge towards ¹³⁷Cs", J. Radioanal. Nucl. Chem., **308**, 857-863(2016). (査読有り)

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森一幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「福島市内山間部の水田の田水、用水およびイネの微量元素の分析(第2報)」, 2015年NMCC共同利用研究成果報文集、**22**、185-190。(査読無し)

M. Yanaga and A. Oishi, "Decontamination of Radioactive Cesium in the Soil", J. Radioanal. Nucl. Chem., **303**, 1301-1304(2015). (査読有り)

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森一幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「福島市内山間部の水田の田水、用水およびイネの微量元素の分析」, 2014年NMCC共同利用研究成果報文集、**21**、189-193。(査読無し)

矢永誠人、後藤祥子、世良耕一郎、「除染にともなう土壌中微量元素の損失」, 2013年NMCC共同利用研究成果報文集、**20**、189-193。(査読無し)

[学会発表](計11件)

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森一幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「イネおよび田水中の微量元素のPIXE分析(IV)」, 日本保健物理学会第50回研究発表会/日本放射線安全管理学会第16回学術大会合同大会、2017年6月28日~30日、ホルトホール大分(大分県大分市)

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森一幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「セ

シウムを用いて水田土壌を除染できるか？」
第 23 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、
2017 年 5 月 12 日～13 日、岩手医科大学附
属循環器医療センター（岩手県盛岡市）

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森 一
幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「イ
ネおよび田水中の微量元素の PIXE 分析
(III)」
日本放射線安全管理学会第 15 回学術
大会、2016 年 11 月 30 日～12 月 2 日、岡山
大学津島キャンパス（岡山県岡山市）

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森 一
幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「イ
ネの微量元素及び放射性セシウムの分析」
2016 日本放射化学会年会・第 60 回放射化学
討論会、2016 年 9 月 10 日～12 日、新潟
大学五十嵐キャンパス（新潟県新潟市）

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森 一
幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「水
田土壌およびイネの微量元素の分析（第 2
報）」
第 22 回 NMCC 共同利用研究成果発表
会、2016 年 5 月 13 日～14 日、岩手医科大
学附属循環器医療センター（岩手県盛岡市）

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森 一
幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「イ
ネおよび田水中の微量元素の PIXE 分析(II)」
日本放射線安全管理学会第 14 回学術大会、
2015 年 12 月 2 日～4 日、筑波大学大会館
（茨城県つくば市）

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森 一
幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「水
田土壌およびイネの微量元素の分析」
第 21 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2015 年
5 月 15 日～16 日、岩手医科大学附属循環器
医療センター（岩手県盛岡市）

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森 一
幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「イ
ネおよび田水中の微量元素の PIXE 分析」
日本放射線安全管理学会第 13 回学術大会、
2014 年 12 月 3 日～5 日、徳島大学大塚講堂
（徳島県徳島市）

矢永誠人、三好弘一、桧垣正吾、森 一
幸、西澤邦秀、後藤祥子、世良耕一郎、「田
水、用水中の微量元素の分析」
第 30 回 PIXE シンポジウム、2014 年 10 月 22 日～24 日、
岩手医科大学附属循環器医療センター（岩手
県盛岡市）

矢永誠人、後藤祥子、世良耕一郎、「除
染にともなう土壌中微量元素の損失」
第 20 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2014 年
5 月 23 日～24 日、岩手医科大学附属循環器
医療センター（岩手県盛岡市）

Makoto YANAGA, Ayumi OISHI,
“Decontamination of Radioactive Cesium
in the Soil”, 5th Asia-Pacific Symposium on
Radiochemistry, 2013 年 9 月 22 日～27 日、
金沢文化ホール（石川県金沢市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

矢永 誠人 (YANAGA, Makoto)

静岡大学・理学部・准教授

研究者番号：10246449