

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K08163

研究課題名(和文)放射性セシウムの吸収濃度向上と安定して高い除染効果を確認するための実証試験

研究課題名(英文)Studies on the enhancement of radio-caesium concentration in Napier grass

研究代表者

姜 東鎮 (Kang, Dong-Jin)

弘前大学・農学生命科学部・准教授

研究者番号：20409080

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はネピアグラス体内の吸収濃度を向上させ、安定した除染栽培手法を確立するため、キレート剤(化学的手法)と耕うん(物理的手法)効果を調べた結果、¹³⁷Cs濃度や除染率においては全体的に顕著な効果はなかった。一方、EDTA処理が他の処理に比べて有効で、特に、2番草における除染率が高い傾向が2年連続であった(2017, 2018年)。これまでに高い除染効果を示した栽培手法を組み合わせることで、混合処理(カリウム+EDTA混合区)による相乗効果が1年目(2018年)では見られたが、2年目(2019年)では見られなかった。除染率の年次変化は降水量の違いに大きく関わりがあることを突き止めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はネピアグラスによる最も効果的な除染栽培手法の確立を圃場レベルで実施することで、直ちに汚染農地で展開できる実践的なものである。本研究からは継続的にネピアグラスで除染を行う際に生じる「植物体内の¹³⁷Cs濃度の低下」は刈取り後に再生する2番草で顕著であることから刈取り後のキレート剤処理が他の手法に比べて有望であることや、継続して除染を行う際は気象変動に伴う除染サイトの土壤水分を適切に管理することで達成できると考えられる。従って、本研究で圃場レベルで継続した除染を行う際の問題点と解決策を明らかにしたことが学術的・社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In order to enhance the remediation efficiency of Napier grass, in this study, we evaluated the effects of a biodegradable chelant (chemical method) or tillage (physical method). Overall, there were no prominent effects from the chelant or tillage treatments on ¹³⁷Cs concentration or ¹³⁷Cs removal ratio (CR) in two years (2017 and 2018). However, ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) treatment among the chelants was more effective on ¹³⁷Cs concentration than other treatments, and the CR of the second plants was particularly high in two years. In addition, we investigated the effects of low-level K (K), EDTA, or the combination of low-level K and EDTA (K+EDTA) in two years (2018 and 2019). As a result, the K, EDTA, and K+EDTA treatments had less effect plant growth than the natural environmental conditions. To enhance remediation efficiency, soil moisture is one key factor to produce more aboveground biomass to achieve high CR in Napier grass.

研究分野：環境農学

キーワード：ファイトレメディエーション ネピアグラス 低カリウム肥料 EDTA ¹³⁷Cs濃度 除染率 相乗効果 土壤水分

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

申請者はこれまでに福島県内の放射性セシウム汚染農地で、ネピアグラスの除染効果を調べるとともにその除染率向上のための実証試験を半減期の長い放射性セシウム - 137 (^{137}Cs) に着目して行っている。本研究で使用しているネピアグラスは一般的に除染効果が高いとされるソルガムより 6 ~ 23 倍、アマランサスより 4 倍程度高い水準であり、現時点ではどの植物よりも圃場レベルでの除染効果が高いことを明らかにした。さらに、先般の科学研究費補助金を受けて行った放射性セシウム汚染農地再生に向けたネピアグラスによるセシウム吸収除去法の確立では除染率向上のために新たな栽培手法を確立した。通常、植物による除染の際は ^{137}Cs と吸収競合するカリウム肥料を施用しないのが一般的である。しかし、カリウム肥料を施用せずに 3 ヶ年継続して除染を行ったところ、作付けを重ねるにつれてネピアグラスの茎葉部乾物収量 (t/ha) の減少が生じることが明らかになった。さらに、ネピアグラスで継続して除染を行った際には土壤中の遊離体 ^{137}Cs の減少に伴い、吸収濃度 (乾物当たりの ^{137}Cs 放射能, Bq/kg 乾物) の減少も生じることが分かった。その結果、3 ヶ年間カリウム肥料を施用せずに行った場合の除染率 (%) は年々減少傾向にあり、安定した除染効果が得られないことが分かった。そこで、異なるカリウム施用条件を設けて除染率の向上を図った。その結果、慣行施肥量に対し 80% を減らした 20% カリウム施用条件で最も除染率が高かった。20% カリウム施用条件下では無カリウム施用条件に比べて茎葉部乾物収量が大きく増加したにもかかわらず、吸収濃度の減少が小さかった結果、除染率が上がったことが分かった。カリウム肥料を 20% 水準にすることで土壤中の ^{137}Cs の吸収競合を抑えるとともに、茎葉部乾物収量を大きく増加できると考えられた。しかしながら、ネピアグラス体内の吸収濃度は作付けを重ねるにつれて減少し続けており、最終的に除染率を下げる主要な原因になっている。そこで、申請者は除染率を安定的かつ最大に維持するためには土壤中の ^{137}Cs をネピアグラスが吸収しやすい形にすることが不可欠であると考えた。本研究はこれまでに確立したネピアグラスによる除染栽培手法に加え、土壤中の粘土鉱物に強く吸着している ^{137}Cs を切り離す手法を考案し、ネピアグラスによる安定した除染を可能にすることを目的とする。

2. 研究の目的

福島第一原子力発電所事故により汚染された農地を対象にこれまでネピアグラスによる除染実証試験を行ってきたが、植物で継続的に農地除染を行う際に「植物体内の放射性セシウムの吸収濃度の低下」が新たな問題となっている。本研究はネピアグラス体内の吸収濃度を向上させ、安定した除染栽培手法を確立する目的で行うものである。異なる耕うん回数やキレート剤で ^{137}Cs の吸収向上と安定して高い除染効果を確保できるか (高レベル汚染農地)、これまでに高い除染効果を示した栽培手法を組み合わせ、ネピアグラスによる除染の相乗効果があるかどうか (低レベル汚染農地)、連続して除染を行った際、気象変動による除染効果に変化があるか、また、除染率に影響する環境要因は何かを調べた (低レベル汚染農地)。

3. 研究の方法

(1) 実証試験 1 年目は異なる耕うん回数やキレート剤で ^{137}Cs の吸収向上と安定して高い除染効果を確保できるかを調べた。試験は福島県浪江町内の高レベルの汚染地区の牧草地において、これまでに最も除染率の高かった高密度植条件 (Kang et al. 2017) 及び低レベルのカリウム施用条件 (慣行施肥量に対し、20% レベル, Kang et al. 2018) で行った。試験区は予備実験の結果から ^{137}Cs 吸着能力があると示唆された 2 種類のキレート剤 (EDTA とクエン酸) を用い、無処理 (対照区)、EDTA 3mM、EDTA 5mM、EDTA 10mM、クエン酸 10mM の 5 種類のキレート剤処理区と、異なる 4 種類の耕うん回数 (耕うん 3 回、5 回、7 回、10 回) の合計 9 種類の処理区を設けて 2 反復で行った。2017 年 5 月 17 日に植付けを行い、植付け後 79 日目 (1 番草) と 1 番草刈り後 83 日目 (2 番草) に、各試験区からネピアグラス茎葉部をそれぞれ 3 株ずつ刈り取り、茎葉部乾物収量、 ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg 乾物) 及び除染率 (%)、単位面積当たりの ^{137}Cs 除去率) を調べた。 ^{137}Cs の測定はゲルマニウム半導体検出器で行った。施肥は基肥を施さず、植付け 1 か月後から追肥施肥体系で行った。追肥は窒素 (尿素)、リン (溶りん)、カリウム (硫酸カリ) の単肥を使用し、それぞれ成分量で 10 アール当たり 10 kg 窒素、10 kg リン、2 kg カリウムの水準で月 1 回、合計 4 回を与えた。キレート剤の処理は植付け後と 1 番草刈り後にそれぞれ 1 株当たり 250 mL を与えた。

(2) 実証試験 2 年は前年度に行った実証試験を踏まえて、効果があると思われた手法を用いて再現試験を行った (高レベル汚染土壌)。それと同時にこれまでに高い除染効果を示した栽培手法を組み合わせ、ネピアグラスによる除染の相乗効果があるかどうかを調べた (低レベル汚染土壌)。試験は福島県浪江町内の高レベル放射性汚染農地 (牧草地) と低レベル放射性セシウム汚染農地 (水田跡地) で行った。高レベル汚染農地における再現試験は EDTA のみを用いて、異なる濃度 (0 mM、3 mM、5 mM、10 mM) で調整した 4 種類の処理区を設けて 2 反復で行った。2018 年 5 月 12 日に植付けを行い、植付け後 82 日目 (1 番草) と 1 番草刈り後 82 日目 (2 番草) に、各試験区からネピアグラス茎葉部をそれぞれ 3 株ずつ刈り取り、茎葉部乾物収量、 ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg 乾物) 及び除染率 (%)、単位面積当たりの ^{137}Cs 除去率) を調べた。 ^{137}Cs の測定方法、施肥方法、EDTA 処理方法は 2017 年度のキレート剤処理と同じ方法で行った。

低レベル汚染農地における実証試験はこれまでに高い除染率を示した高密植条件(1m²当たり11株)、低カリウム施用条件(慣行施肥量に対して20%)、キレート剤処理条件(EDTA 10 mM)を組み合わせた試験区を設けて2反復で行った(無処理対照区(Control区):カリウム肥料施用なし・キレート剤処理なし、低カリウム肥料施用区(K処理区):低カリウム肥料施用あり・キレート剤処理なし、キレート剤処理区(EDTA処理区):カリウム肥料施用なし・キレート剤処理あり、混合処理区(K+EDTA処理区):低カリウム肥料施用あり・キレート剤処理あり)。2018年5月12日に植付けを行い、植付け後82日目(1番草)と1番草刈取り後82日目(2番草)に、各試験区からそれぞれネピアグラス3株を対象に草丈と茎数を測った後、ネピアグラス茎葉部を刈り取り、茎葉部乾物収量、¹³⁷Cs濃度(Bq/kg乾物)および除染率(%、単位面積当たりの¹³⁷Cs除去率)を調べた。¹³⁷Csの測定はゲルマニウム半導体検出器で行った。施肥は基肥を施さず、植付け1か月後から追肥施肥体系で行った。追肥は窒素(尿素)、リン(溶りん)の単肥を使用し、それぞれ成分量で10アール当たり10kg窒素、10kgリンの水準で月1回、合計4回を与えた。カリウム肥料は硫酸カリの単肥を使用してK処理区とK+EDTA処理区に成分量で10アール当たり2kgの水準で月1回、合計4回を与えた。EDTAの処理はEDTA処理区とK+EDTA処理区に植付け後と1番草刈取り後にそれぞれ1株当たり250mLを与えた。

(3)実証試験3年目には、低レベル汚染農地における2年目の実証試験と同じ処理区を設けて年次変化によるネピアグラスの生育、¹³⁷Cs濃度および除染率に変化があるかを調べた。試験区は2018年度低レベル汚染農地の試験と同様に設定した。2019年5月14日に植付けを行い、植付け後83日目(1番草)と1番草刈取り後80日目(2番草)に、各試験区からそれぞれネピアグラス3株を対象に草丈と茎数を測った後、ネピアグラス茎葉部を刈り取り、茎葉部乾物収量、¹³⁷Cs濃度(Bq/kg乾物)および除染率(%、単位面積当たりの¹³⁷Cs除去率)を調べた。¹³⁷Csの測定方法、施肥方法、処理方法は2018年度と同様に行った。また、2カ年連続してネピアグラスで除染を行った際、気象変動があるにも関わらず、除染効果が安定するかを降水量、温度、日照時間に着目して調べた。

4. 研究成果

(1) 実証試験1年目の結果

福島第一原子力発電所事故により汚染された農地を対象にこれまでネピアグラスによる除染実証試験を行ってきたが、植物で継続的に農地除染を行う際に「植物体内の放射性セシウムの吸収濃度の低下」が新たな問題となっている。本研究はネピアグラス体内の吸収濃度を向上させ、安定した除染栽培手法を確立する目的で行った。研究初年度は予備実験で土壌中の¹³⁷Cs抽出効果の高かったEDTAとクエン酸の2種類のキレート剤と、土壌粒子の摩擦により土壌から¹³⁷Csを遊離するための異なる耕うん回数で設けた条件下で¹³⁷Cs吸収濃度の向上ならびに除染率の向上が可能かを圃場レベルで明らかにすることを目的として行った(表1)。

その結果、単位面積当たりの茎葉部乾物収量は

EDTA 10mM処理で最も高い乾物収量が得られた。一方、¹³⁷Cs濃度においては全体的にキレート剤や耕うん効果はみられなかったが、EDTA 5 mMとEDTA 10 mM処理区でやや高い傾向がみられた。除染率においてもキレート剤や耕うんの効果はみられなかったが、1番草と2番草の除染率はEDTA 10 mM処理でやや高い傾向がみられた。乾物収量、¹³⁷Cs濃度、除染率におけるグループ間(対照区、EDTAグループ、クエン酸、耕うんグループ)での有意差は見られなかった。しかし、EDTAグループ(3 mM, 5 mM, 10 mM)の¹³⁷Cs濃度と除染率は耕うんグループ(5回、7回、10回)に比べて有意に高かった。特にキレート剤のうちEDTA 10 mM処理が、2番草における除染率が高いことから、1番草の刈取り後のキレート剤施用の効果が高いことが示唆された。研究初年度の結果からは、キレート剤の中でも、EDTA処理が土壌粒子の摩擦により土壌から¹³⁷Csを遊離させる耕うんという物理的な手法に比べてネピアグラス体内での¹³⁷Cs吸収濃度を高める効果があると考えられた。

(2) 実証試験2年目の結果

ネピアグラス体内の吸収濃度を向上させ、安定した除染栽培手法を確立する目的で行った研究2年目は前年度に引き続き、高レベル汚染農地(帰還困難区域内の牧草地)で昨年度に行ったEDTA処理効果を再現するとともに、低レベル汚染農地(避難指示解除区域内の水田)で低汚染レベルでもEDTA処理の効果があるかを明らかにする目的で行った。高レベル汚染農地で

表1. 異なる処理グループ間での乾物収量、¹³⁷Cs濃度および除染率(%)の比較(2017年度)

グループ間	乾物収量(kg/m ²)			¹³⁷ Cs濃度(Bq/kg乾物)			除染率(%)		
	1番草	2番草	合計	1番草	2番草	平均	1番草	2番草	合計
対照区(0 mM, 耕うん3回)	ns	ns	ns	ns	ab	ab	ns	ns	ns
EDTAグループ(3 mM, 5 mM, 10 mM)	ns	ns	ns	ns	a	a	ns	ns	ns
クエン酸(10 mM)	ns	ns	ns	ns	ab	ab	ns	ns	ns
耕うんグループ(5, 7, 10回)	ns	ns	ns	ns	b	b	ns	ns	ns
EDTAグループと耕うんグループの間									
EDTAグループ(3 mM, 5 mM, 10 mM)	ns	ns	ns	*	*	*	*	**	**
耕うんグループ(5回, 7回, 10回)	ns	ns	ns						
キレート剤の間									
3 mM EDTA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ab	ns
5 mM EDTA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ab	ns
10 mM EDTA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	a	ns
10 mM クエン酸	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	b	ns

異なるアルファベットは5%水準で有意差あり(Tukey's 多重検定)。nsは有意差なし。

*, **はそれぞれ5%, 1%で有意差あり(Fisher's LSD)

EDTA 処理により 2 カ年連続の作付けでも茎葉部乾物収量, ¹³⁷Cs 濃度, 除染率を高く維持できるかどうか調べたところ, 全体的には茎葉部乾物収量, ¹³⁷Cs 濃度, 除染率における有意な効果は見られなかった(表 2)。しかし, ¹³⁷Cs 濃度や茎葉部乾物収量における EDTA の効果は EDTA 5 mM と 10mM 処理区で対照区に比べて有意差がないものの, やや高い傾向がみられた。EDTA

表2. 乾物収量, ¹³⁷Cs濃度および除染率(%)におけるEDTAの効果(2018年度)

	乾物収量(kg/m ²)		¹³⁷ Cs濃度(Bq/kg乾物)		除染率(%)	
	1番草		1番草		1番草	
1番草						
対照区(0 mM EDTA)	2.12		2522.2		0.0646	
5 mM EDTA	2.23		3932.9		0.0593	
10 mM EDTA	1.92		2585.4		0.0593	
2番草						
対照区(0 mM EDTA)	1.13		1455.6		0.0218	
5 mM EDTA	1.22		2193.7		0.0217	
10 mM EDTA	1.09		2076.6		0.0332	
年間						
対照区(0 mM EDTA)	3.25		1988.9		0.0863	
5 mM EDTA	3.46		3063.3		0.0810	
10 mM EDTA	3.01		2331.0		0.0925	

すべて5%水準で有意差なし。

処理効果は2番草における除染率が高い傾向が2年連続であったことから, ¹³⁷Cs 濃度の向上のためには1番草の刈取り後の EDTA 処理が有効であることが考えられた。茎葉部乾物収量, ¹³⁷Cs 濃度, 除染率の2カ年を比較してみると, やや低下傾向にあった。

表3. 茎葉部乾物収量, ¹³⁷Cs濃度, 除染率(2018, 2019)

生育ステージ	処理区	茎葉部乾物収量(kg m ⁻²)		¹³⁷ Cs濃度(Bq kg ⁻¹ DW)		除染率(%)	
		2018	2019	2018	2019	2018	2019
1番草	Control	2.15 a-d	2.26 ab	68.9 ns	114.7 ns	0.093 ab	0.157 ab
	K	2.22 abc	2.81 a	74.8 ns	109.1 ns	0.108 a	0.182 a
	EDTA	2.27 ab	2.51 ab	85.4 ns	102.5 ns	0.141 a	0.189 a
	K + EDTA	2.40 a	2.25 abc	77.2 ns	97.3 ns	0.120 a	0.143 abc
	平均	2.26	2.46	76.6	105.9	0.116	0.168
2番草	Control	1.35 a-d	1.43 bc	69.4 ns	79.8 ns	0.053 b	0.069 d
	K	1.23 bcd	1.68 abc	60.8 ns	81.7 ns	0.049 b	0.080 cd
	EDTA	1.08 d	1.80 abc	69.6 ns	80.4 ns	0.052 b	0.101 bcd
	K + EDTA	1.16 cd	0.98 c	78.8 ns	81.6 ns	0.058 b	0.053 d
	平均	1.21	1.47	69.7	80.9	0.053	0.076
年間	Control	3.49 ns	3.69 ns	69.1 ns	97.3 ns	0.146 ns	0.227 ab
	K	3.44 ns	4.49 ns	67.8 ns	95.4 ns	0.156 ns	0.261 ab
	EDTA	3.35 ns	4.31 ns	77.5 ns	91.4 ns	0.193 ns	0.289 a
	K + EDTA	3.56 ns	3.23 ns	78.0 ns	89.4 ns	0.178 ns	0.197 b
	平均	3.46	3.93	73.1	93.4	0.168	0.244

LSD-test

生育ステージ間(1番草 vs 2番草) *** ** ns *** **

栽培年度間(2018 vs 2019) ns ** **

異なるアルファベットは5%水準で有意差あり。 nsは有意差なし。

***: 0.1%水準で有意差あり

低レベル汚染農地では, これまでに除染効果が高いと思われた処理(低カリウム肥料施用と EDTA 10 mM 処理)をはじめ種々の試験区を設け, それらのネピアグラス体内の ¹³⁷Cs 濃度, 茎葉部乾物収量, 除染率を調べたところ, ¹³⁷Cs 濃度(1番草と2番草の平均)および年間茎葉部乾物収量(1番草と2番草の合計)は低カリウム肥料施用(慣行施肥量に対して20%水準, 20% K)と EDTA 両方の処理を行った混合区(20% K + EDTA 混合区)が他の処理区(無処理対照, 20% K のみ処理, EDTA のみ処理)に比べて最も高かった(表 3)。

(3) 実証試験3年目の結果

実証試験3年目は, 連続して除染を行った際, 気象変動による除染効果に変化があるかどうか, また, 除染率に影響する環境要因は何かを調べた。その結果, 処理区の間での茎葉部乾物収量, ¹³⁷Cs 濃度, 除染率に大きな差がなかった(表 3)。生育ステージの間(1番草 対 2番草)では, 1番草が2番草に比べて茎葉部乾物収量, ¹³⁷Cs 濃度, 除染率, すべて高かった($P < 0.001$)。特に, 年次変化が大きく, 特に ¹³⁷Cs 濃度と除染率は2019年が2018年に比べて有意に高く, 茎葉部乾物収量においても有意に差がないものの, 高い傾向がみられた。低カリウム(20% K)と EDTA 10 mM の混合処理(K + EDTA)による相乗効果は見られず, むしろ, 単独処理が有効であることが分かった。茎葉部乾物収量, ¹³⁷Cs 濃度および除染率は20%

表4. 栽培期間中の降水量, 最高・最低気温, 日照時間(2018, 2019)

月	降水量(mm)		最高気温(°C)		最低気温(°C)		日照時間(h)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
5	34.5	86.0	23.7	23.7	13.2	12.4	138.1	137.1
6	128.0	177.0	24.1	23.1	15.7	15.2	175.5	150.2
7	93.5	244.0	30.0	25.3	21.8	19.7	186.0	72.3
8	153.5	84.5	29.9	30.0	21.4	22.6	176.7	148.6
9	194.5	133.5	24.2	26.5	17.3	18.1	81.9	140.7
10	51.0	471.5	21.4	21.3	12.5	13.3	101.7	103.7
合計/平均	655.0	1196.5	25.5	25.0	17.0	16.9	859.9	752.6
栽培期間中								
1番草	256.0	507.0	26.4	24.6	17.6	16.8	519.8	408.4
2番草	399.0	689.5	25.3	25.9	17.3	18.1	340.1	344.2

1番草: 5/12-8/2(2018), 5/14-8/5(2019)

2番草: 8/3-10/23(2018), 8/6-10/24(2019)

K または EDTA 10 mM 処理効果に比べて自然環境(年次効果)の影響をより強く受けていることが分かった(表 4)。年次変化の中でも特に降水量の違いが茎葉部乾物収量, ¹³⁷Cs 濃度および除染率に大きく関わりがあると考えられた。このことから, 放射性セシウムの吸収濃度向上と安定して高い除染効果を確保するためには, 刈取り後にキレート剤処理や, 気象変動に伴う除染サイトの土壤水分を適切に管理することが重要であると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kang DJ, Seo YJ, Ishii Y.	4. 巻 1
2. 論文標題 Distribution of cesium and cationic mineral elements in napiergrass.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SN Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1665
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI:10.1007/s42452-019-1750-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Higo M, Kang DJ, Isobe K.	4. 巻 9
2. 論文標題 First report of community dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in radiocesium degradation lands after the Fukushima-Daiichi Nuclear disaster in Japan.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 8240
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1038/s41598-019-44665-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kang DJ, Tazoe H, Ishii Y, Isobe K, Higo M, Yamada M.	4. 巻 21
2. 論文標題 Effect of fertilizer with low levels of potassium on radiocesium-137 decontamination.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Crop Science and Biotechnology.	6. 最初と最後の頁 113-119
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1007/s12892-018-0054-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kang Dong-Jin, Ishii Yasuyuki, Tazoe Hirofumi, Isobe Katsunori, Higo Masao, Hosoda Masahiro, Yamada Masatoshi, Tokonami Shinji	4. 巻 228
2. 論文標題 Remediation of Radiocesium-137 Affected Soil Using Napiergrass Under Different Planting Density and Cutting Frequency Regimes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Water, Air, & Soil Pollution.	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1007/s11270-017-3444-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 姜 東鎮・田副博文・石井康之・山田正俊
2. 発表標題 ネピアグラスによる放射性セシウム除染における低レベルカリウム施肥とキレート剤処理の効果 .
3. 学会等名 日本作物学会第248回講演会（鳥取）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 姜東鎮・田副博文・石井康之・床次眞司・山田正俊
2. 発表標題 福島県浪江町警戒区域内におけるネピアグラスによる放射性セシウム除染 第4報 放射性セシウム除染における耕うんまたはキレート剤処理の効果 .
3. 学会等名 日本作物学会第246回講演会（北海道）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 姜 東鎮・田副博文・石井康之・床次眞司・山田正俊
2. 発表標題 福島県浪江町警戒区域内におけるネピアグラスによる放射性セシウム除染 第3報 低レベルカリウム肥料施与が放射性セシウム吸収に及ぼす影響 .
3. 学会等名 日本作物学会第243回講演会（東京）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

弘前大学ホームページ https://www.hirosaki-u.ac.jp/wordpress_data/annai/kanko/kankyo/2018.pdf 弘前大学2018年度環境報告書（ネピアグラスによる放射性セシウムの除染，浪江町における広範囲農地除染と除染植物のバイオマスを活用したバイオ燃料生産の取組み）p26. 弘前大学ホームページ http://www.hirosaki-u.ac.jp/wordpress_data/annai/kanko/kankyo/2017.pdf 弘前大学2017年度環境報告書：「浪江町高レベル汚染土壌におけるネピアグラスによる放射性セシウムの除染」と「浪江町における広範囲農地除染と除染植物のバイオマスを活用したバイオ燃料生産の取組み」p23.
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	田副 博文 (Tazoe Hirofumi) (60447381)	弘前大学・被ばく医療総合研究所・助教 (11101)	