

家畜排せつ物堆肥を用いた天地返し後の地力 回復と農産物への放射性セシウムの移行 (平成25年度堆肥活用による農地地力回復事業)



平成 26 年 3 月

まえがき

放射性セシウムにより汚染された農地では、農産物への移行低減と農作業者の被ばく軽減の対策として、土壌の天地返しが推奨されています。しかし、作物の栄養分が多く含まれる表層土壌の天地返しによる土中深くへの鋤込みは、地力の低下を招くことが懸念されています。一方、家畜排せつ物堆肥は、放射性セシウムに対する不安などから、暫定許容値（400Bq/kg現物）を下回っていても使用を控える場合もあり、畜産農家に家畜排せつ物堆肥が滞留し、耕畜連携にも影響が出ている状況もみられます。

家畜排せつ物堆肥の施用は、肥料効果に加え、土壌改良効果の両方が期待できます。この報告集は、まだ事業半ばではありますが、家畜排せつ物堆肥を用いた天地返し後の地力回復、並びに暫定許容値以下の家畜排せつ物堆肥の施用による放射性セシウムの生産物や土壌への影響について、試験した成果の進捗を報告し、いち早く成果の普及に寄与しようとするものです。

放射性セシウムにより汚染された農地の復旧の一助となれば幸甚であります。

平成26年3月

財団法人 畜産環境整備機構

目 次

家畜排せつ物堆肥を用いた天地返し後の地力回復と農産物への放射性セシウムの移行試験の概要

野菜栽培に関する報告の概要 3

飼料作物栽培に関する報告の概要 4

野菜栽培に関する報告

【成果1】 天地返し土壤の地力回復に有効な堆肥の特徴と施用量 7

【成果2】 堆肥による天地返しほ場の地力回復効果 9

【成果3】 暫定許容値以下の堆肥が収穫物や土壤に与える影響 11

飼料作物栽培に関する報告

【成果4】 天地返しによる土壤の放射性セシウム濃度と空間線量率の低減効果 15

【成果5】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用及び堆肥へのゼオライト添加が飼料用トウモロコシに与える影響 17

【成果6】 堆肥と加里の施用による飼料用トウモロコシへの放射性セシウム移行抑制効果 19

【成果7】 完熟堆肥による牧草への放射性セシウム移行抑制効果 21

【成果8】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用及び加里と苦土石灰の施用がイタリアンライグラスに与える影響 23

本書の用語や単位について

項目	内容
放射性セシウム濃度の測定値	セシウム134とセシウム137の合計値で示しました。単位はBq/kgですが、測定対象によって <ul style="list-style-type: none"> ・生重（生産物そのままの重量） ・現物（堆肥そのままの重量） ・乾物（水分0%とした生産物の重量） ・乾土（水分0%とした土壌の重量） ・水分80%換算（水分80%とした生産物の重量） を使い分けています。単位の表示にご注意ください。
天地返し	プラウによる深耕のことで、反転耕とも呼びます。
堆肥の暫定許容値	放射性セシウムを含む肥料、土壌改良資材、培土および飼料の暫定許容値として400Bq/kg現物が設定されています。
空間線量率	空間放射線量率の略称で、測定した空間の時間あたりの放射線量です。単位は $\mu\text{Sv/h}$ を使用しました。
石灰	土壌や肥料に含まれるカルシウム成分です。CaOと表記している場合もあります。
苦土	土壌や肥料に含まれるマグネシウム成分です。MgOと表記している場合もあります。
加里	土壌や肥料に含まれるカリウム成分です。K ₂ O、カリウム、カリと表記している場合もあります。
リン酸	土壌や肥料に含まれるリン成分です。P ₂ O ₅ と表記している場合もあります。
可給態リン酸	土壌や肥料に含まれるリン成分の中で、植物が吸収しやすいリン成分です。この報告集では、トルオーグ法による測定値を用いました。
可給態窒素	窒素成分の中で比較的短期間に植物が利用できる窒素です。一般的に30℃で4週間の培養法で測定しますが、ここでは、畜産環境技術研究所方式による推定値を用いました。
有機物濃度	土壌に含まれる有機物量です。この報告集では、土壌の有機炭素量に1.724を乗じて求めた値を用いました。
CEC	陽イオン交換容量のことです。値が高い土壌ほど、肥料成分を保持できる量が多いです。
EC	電気伝導度のことです。土壌に塩類が多く含まれると高い値になります。

家畜排せつ物堆肥を用いた天地返し後の地力回復と農産物への放射性セシウムの移行試験の概要

成果報告の概要を示します。詳しくはそれぞれの【成果】のページをご覧ください。

野菜栽培に関する報告の概要

ほ場の天地返し



地力の低下した土壌

牛ふん堆肥を
通常よりも多く施用

暫定許容値以下の
堆肥施用は野菜や
土壌の放射性セシ
ウム濃度に影響し
ませんでした。

【成果3】

短期間で地力が回復しました。

【成果1】 【成果2】

*木質系等の難分解性有機物を多く含む堆肥ほど効果が高いと考えられました。【成果1】

*堆肥を多く施用するほど地力が高まると考えられました。【成果1】

堆肥の多量施用は10 a 当たり8 t 程度が限度と考えられました。

【成果1】

堆肥の多量施用で収量が低下する場合があります。【成果2】

飼料作物栽培に関する報告の概要

ほ場の天地返し



土壌の放射性セシウム濃度とほ場の空間線量率が大幅に低下しました。
【成果4】

加里や牛ふん堆肥の施用

暫定許容値以下の堆肥施用 (5 t / 10 a) は生産物の放射性セシウム濃度に影響しませんでした。
【成果5】



加里や牛ふん堆肥の施用により生産物の放射性セシウム濃度が低下する傾向が見られました。

【成果6】 【成果7】 【成果8】

野菜栽培に関する報告

【成果1】 天地返し土壤の地力回復に有効な堆肥の特徴と施用量

低下した土壤の地力を短期間に回復させるには、牛ふん堆肥の中でも木質系などの難分解性の有機物が多く含まれるものが適しており、1回の施用量は10a当たり8t程度が限度と考えられました。

(1) 試験の内容

天地返しを行った直後の黒ボク土と褐色森林土のほ場の土壤を、それぞれポットに詰め、化学肥料や牛ふん堆肥を施用してコマツナを栽培しました。牛ふん堆肥は、リグニン質などの難分解性有機物が少ないA堆肥と多いB堆肥の2種類を用いました（表1）。牛ふん堆肥は、10a当たり4t、8t、12tに相当する量を施用しました。化学肥料や堆肥を基肥として最初の1回のみ施用し、コマツナを2回栽培した後、土壤を分析しました。

(2) 試験の結果

地力を回復する効果は、難分解性有機物濃度の高いB堆肥の方が、また堆肥を多く施用した方が、土壤の種類にかかわらず高くなる結果になりました（表2、表3）。堆肥に含まれる難分解性の有機物は、土壤に残存する割合が多く、土壤の有機物を高める効果が高いためです。土壤中の有機物量が増えると、保肥力（CEC）や作物に利用される窒素（可給態窒素）などが上昇します。このため、堆肥の難分解性有機物が多いほど、また堆肥を多量に施用するほど地力が高まったと考えられました。しかし、牛ふん堆肥は、リン酸や加里の濃度が高いため、多く施用するほど土壤にこれらの成分の蓄積が見られました。黒ボク土のB堆肥のように、リン酸や加里の濃度が高い堆肥では、特にその傾向が顕著に見られました（分析結果は13ページの参考1）。

以上の結果から、低下した土壤の地力を短期間に回復させるには、難分解性有機物の多い堆肥を用い、1回の施用量は10a当たり8t以内にすると良いと考えられました。ただし、土壤分析を行い、土壤の養分状態の確認と養分状態に合わせた施肥を行うことが重要です。

表1 使用した牛ふん堆肥の化学成分特徴

牛ふん堆肥	水分	EC	C/N比	全炭素	全窒素	リン酸	加里	難分解性有機物
	%	mS/cm		%乾物				
A堆肥	46.0	3.5	10	42	4.0	1.3	2.4	51
B堆肥	48.0	8.1	17	40	2.4	4.0	5.0	62

表2 土壌の化学性からみた地力の分析結果（黒ボク土）

区画	施用資材	施用量	有機物濃度	窒素濃度	CEC	可給態窒素	可給態リン酸
		t/10a	%乾土	%乾土	meq/100g乾土	mg/100g乾土	
天地返し前のほ場土壌	-	-	5.6 ^d	0.25 ^c	23 ^b	3.7 ^b	144 ^d
ポット試験開始土壌	-	-	2.5 ^a	0.18 ^{ab}	17 ^a	2.4 ^a	28 ^{ab}
栽培跡地土壌	化学肥料	-	2.5 ^a	0.17 ^{ab}	17 ^a	2.2 ^a	20 ^a
	A堆肥	4	3.2 ^b	0.20 ^b	17 ^a	3.2 ^b	16 ^a
		8	3.9 ^c	0.25 ^c	19 ^a	4.5 ^c	18 ^a
		12	4.2 ^c	0.25 ^c	19 ^a	5.3 ^d	18 ^a
	B堆肥	4	4.2 ^c	0.20 ^b	18 ^a	3.8 ^{bc}	50 ^b
		8	5.8 ^d	0.24 ^c	20 ^{ab}	6.3 ^e	99 ^c
		12	7.5 ^e	0.29 ^d	20 ^{ab}	8.2 ^f	136 ^d

表3 土壌の化学性からみた地力の分析結果（褐色森林土）

区画	施用資材	施用量	有機物濃度	窒素濃度	CEC	可給態窒素	可給態リン酸
		t/10a	%乾土	%乾土	meq/100g乾土	mg/100g乾土	
天地返し前のほ場土壌	-	-	12.3 ^a	0.72 ^{ab}	31 ^a	14 ^a	70 ^a
ポット試験開始土壌	-	-	12.9 ^a	0.65 ^{ab}	30 ^a	12 ^a	103 ^b
栽培跡地土壌	化学肥料	-	12.1 ^a	0.62 ^{ab}	31 ^a	12 ^a	93 ^{ab}
	A堆肥	4	12.6 ^a	0.66 ^{ab}	32 ^a	14 ^a	90 ^{ab}
		8	13.3 ^b	0.71 ^{ab}	34 ^b	17 ^b	92 ^{ab}
		12	14.4 ^b	0.80 ^{bc}	36 ^b	23 ^{cd}	110 ^b
	B堆肥	4	14.2 ^b	0.75 ^{bc}	36 ^b	20 ^{bc}	171 ^{cd}
		8	16.1 ^c	0.80 ^{bc}	37 ^c	27 ^{de}	212 ^d
		12	17.8 ^d	0.86 ^c	38 ^c	29 ^e	282 ^e

注) 表2、表3について、値の右肩の符号は、各分析項目の中で異符号間で有意差あり (Tukeyの方法、 $p < 0.05$)。緑の着色は、ポット試験開始より高い、天地返しほ場と同程度、天地返しほ場より高いの3段階で示した。赤の着色は、100以上、200以上の2段階で示した。

【成果2】 堆肥による天地返しほ場の地力回復効果

天地返しによって地力が低下した土壤に、牛ふん堆肥を多量に施用することで、地力が改善されました。ただし、牛ふん堆肥の多量施用で収量が低下する場合があります。

(1) 試験の内容

T、K、Mの3カ所のほ場にて、土壤の天地返し（深さ約40cm）を行った後に栽培試験を行いました。各ほ場を堆肥区と無堆肥区に分け、堆肥区には暫定許容値（400Bq/kg）以下の牛ふん堆肥を施用しました（表1）。Tほ場とKほ場は有機農法、Mほ場は慣行農法による露地栽培を行いました。

表1 栽培試験の概要

ほ場名	Tほ場	Kほ場	Mほ場
地域	福島県泉崎村	福島県泉崎村	福島県白河市
土質	黒ボク土	褐色低地土	褐色森林土
栽培内容	基肥を施用後に春作し、跡地に無施用で秋作	基肥を施用後に春作	基肥を施用後に秋作
堆肥区施用内容	200Bq/kg現物の牛ふん堆肥を9 t /10 a 施用し、乾燥鶏ふんとカキガラ粉末を適宜追肥	200Bq/kg現物の牛ふん堆肥を8 t /10 a 施用し、乾燥鶏ふんとカキガラ粉末を適宜追肥	360Bq/kg現物の牛ふん堆肥を10 t /10 a と、不足分の化学肥料を施用し、追肥はなし
無堆肥区施用内容	堆肥区と同等の施肥量となる有機肥料を施用し、乾燥鶏ふんとカキガラ粉末を堆肥区と同量追肥	堆肥区と同等の施肥量となる有機肥料を施用し、乾燥鶏ふんとカキガラ粉末を堆肥区と同量追肥	堆肥区と同等の施肥量となる化学肥料を施用し、追肥はなし

有機肥料には、窒素にフェザーミール、リンに溶リン、加里にパームアッシュを使用。

(2) 試験の結果

地力の目安となる有機物濃度とCECについて、TとMのほ場では、天地返しによる低下（図の赤色のバーから緑色のバー）と堆肥施用による回復（図の緑色のバーからこげ茶色のバー）が見られましたが、Kほ場ではそのような変化が見られませんでした。生産物の収量は、ダイズ、トマト、ハクサイ、ホウレンソウ、ハナマメでは無堆肥区に比べて堆肥施用区が高くなり、イモガラ、サトイモ、ピーマンでは逆に低くなりました（表2）。EC、交換性石灰、交換性苦土、交換性加里などの土壤成分に、この1回の堆肥施用では問題は見られませんでした（分析結果は13ページの参考2）。

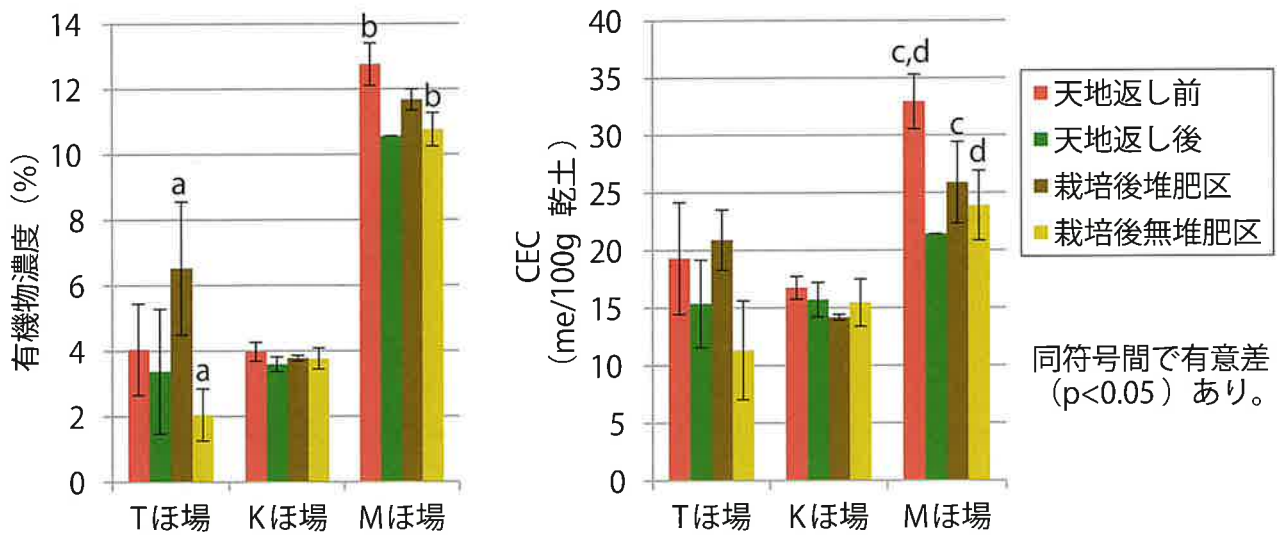


図 天地返しや栽培前後の土壌の有機物濃度とCEC

表2 生産物の収量 (kg/10a)

Tほ場				Kほ場			
作付け	品目	堆肥区	無堆肥区	作付け	品目	堆肥区	無堆肥区
春作	イモガラ	430	830	春作	カボチャ	820	1,020
	オクラ	980	1,000		キュウリ	2,300*	5,400
	キャベツ	1,100	1,300		白インゲン	920	820
	クウシンサイ	2,800	3,500		ニンジン	280*	430
	サツマイモ	950	680		ハナマメ	91	44
	サトイモ	2,700	5,900				
	スイートコーン	1,300	1,500				
	ズッキーニ	2,300	1,800				
	ダイズ	180	120				
	ツルムラサキ	3,900	3,100				
	トマト	2,100	1,100				
	ナス	5,600	6,000				
	ピーマン	1,600	3,400				
	モロヘイヤ	1,400	1,300				
リーフレタス	750	630					
秋作	コマツナ	2,000	2,800	Mほ場			
	ダイコン	4,300	3,200	作付け	品目	堆肥区	無堆肥区
	ハクサイ	1,900	750	秋作	ミズナ	収量データ欠落	収量データ欠落
	ハウレンソウ	420	生育不良				

*: 堆肥区に排水の悪い窪地があったための収量低下とされます。

注: 堆肥区と無堆肥区の間で、30%を超える収量の差がある場合に、低い方を赤色のセルで示しました。

【成果3】 暫定許容値以下の堆肥が収穫物や土壌に与える影響

地力の低下した土壌に暫定許容値以下の牛ふん堆肥を多量に施用しても、野菜や土壌の放射性セシウム濃度に影響は見られませんでした。

(1) 試験の内容

T、K、Mの3カ所のほ場において、土壌の天地返し（深さ約40cm）を行った後に栽培試験をしました。各ほ場を堆肥区と無堆肥区に分け、堆肥区には暫定許容値以下の牛ふん堆肥を施用しました（表1）。Tほ場とKほ場は有機農法、Mほ場は慣行農法による露地栽培を行いました。

表1 栽培試験の概要

ほ場名	Tほ場	Kほ場	Mほ場
地域	福島県泉崎村	福島県泉崎村	福島県白河市
土質	黒ボク土	褐色低地土	褐色森林土
栽培内容	基肥を施用後に春作し、跡地に無施用で秋作	基肥を施用後に春作	基肥を施用後に秋作
堆肥区 施用内容	200Bq/kg現物の牛ふん堆肥を9 t /10 a 施用し、乾燥鶏ふんとカキガラ粉末を適宜追肥	200Bq/kg現物の牛ふん堆肥を8 t /10 a 施用し、乾燥鶏ふんとカキガラ粉末を適宜追肥	360Bq/kg現物の牛ふん堆肥を10 t /10 a と、不足分の化学肥料を施用し、追肥はなし
無堆肥区 施用内容	堆肥区と同等の施肥量となる有機資材を施用し、乾燥鶏ふんとカキガラ粉末を堆肥区と同量追肥	堆肥区と同等の施肥量となる有機資材を施用し、乾燥鶏ふんとカキガラ粉末を堆肥区と同量追肥	堆肥区と同等の施肥量となる化学肥料を施用し、追肥はなし

(2) 試験の結果

堆肥区の生産物は、3カ所のほ場とも放射性セシウム濃度が検出下限値未満でした（表2）。無堆肥区では、Tほ場の2品目で検出下限値を超える放射性セシウム濃度が認められましたが、問題ないレベルでした。土壌の放射性セシウム濃度は、天地返しにより低下しましたが（図の赤色のバーから緑色のバー）、暫定許容値以下の堆肥の施用による顕著な上昇は見られませんでした（図の緑色のバーからこげ茶色のバー）。以上の結果から、暫定許容値以下の牛ふん堆肥は、多量に施用したとしても生産物や土壌に影響しないと考えられます。

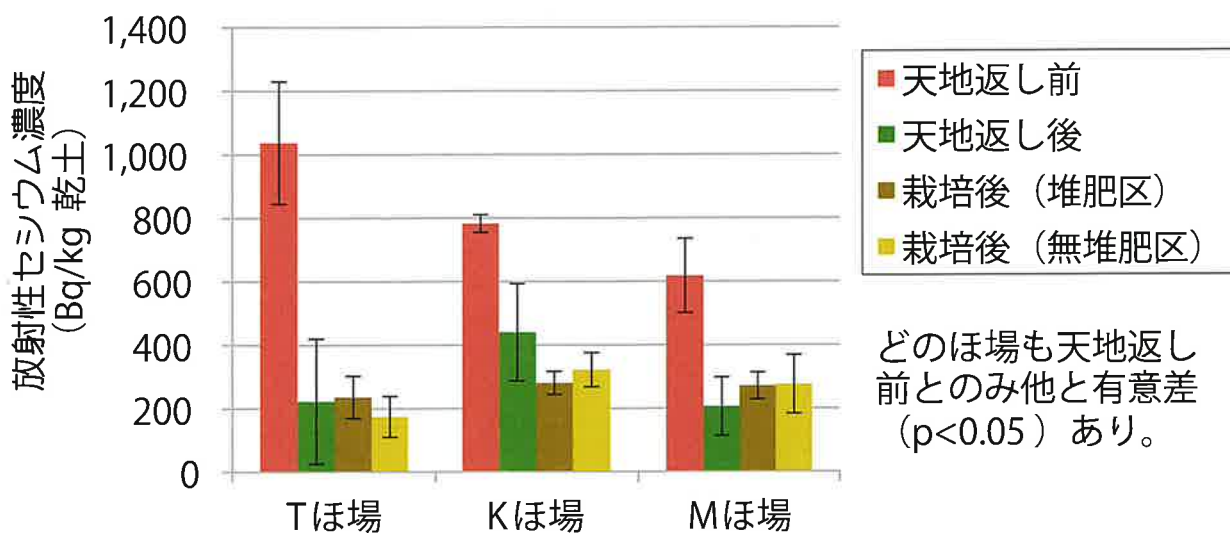
表2 生産物（可食部）の放射性セシウム濃度（Bq/kg生重）

Tほ場			
作付け	品目	堆肥区	無堆肥区
春作	イモガラ	nd	nd
	オクラ	nd	nd
	キャベツ	nd	nd
	クウシンサイ	nd	nd
	サツマイモ	nd	nd
	サトイモ	nd	nd
	スイートコーン	nd	nd
	ズッキーニ	nd	nd
	ダイズ	nd	nd
	ツルムラサキ	nd	nd
	トマト	nd	nd
	ナス	nd	nd
	ピーマン	nd	nd
	モロヘイヤ	nd	3.8
リーフレタス	nd	5.2	
秋作	コマツナ	nd	nd
	ダイコン	nd	nd
	ハクサイ	nd	nd
	ハウレンソウ	nd	生育不良

Kほ場			
作付け	品目	堆肥区	無堆肥区
春作	カボチャ	nd	nd
	キュウリ	nd	nd
	白インゲン	nd	nd
	ニンジン	nd	nd
	ハナマメ	nd	nd

Mほ場			
作付け	品目	堆肥区	無堆肥区
秋作	ミズナ	nd	nd

nd：検出下限値（3Bq/kg生重）未満



どのほ場も天地返し前とのみ他と有意差 (p<0.05) あり。

図 土壤の放射性セシウム

土壌の詳細なデータを知りたい方はご覧ください

【参考1】「1. 天地返し土壌の地力回復に有効な堆肥の特徴と施用量」では、堆肥を大量に施用した区で、肥料成分の過剰な蓄積とバランスのくずれが見られました。

土壌の養分蓄積状況

区画	施用資材	施用量	交換性石灰	交換性苦土	交換性加里	石灰/苦土比	苦土/加里比	pH (H ₂ O)
		t/10a	mg/100g乾土			当量比		
(黒ボク土)								
天地返し前のほ場土壌	-	-	473	39	79	8.8	1.2	7.2
ポット試験開始土壌	-	-	410	51	158	5.8	0.7	6.3
栽培跡地土壌	化学肥料	-	207	44	48	3.4	2.2	7.2
	A堆肥	4	199	50	67	2.9	1.7	7.3
		8	195	51	76	2.7	1.6	7.5
		12	195	53	86	2.6	1.4	7.5
	B堆肥	4	203	54	77	2.7	1.7	7.3
		8	198	59	116	2.4	1.2	7.3
12		200	66	146	2.2	1.1	7.3	
(褐色森林土)								
天地返し前のほ場土壌	-	-	350	53	81	4.7	1.5	5.7
ポット試験開始土壌	-	-	235	46	44	3.7	2.5	6.2
栽培跡地土壌	化学肥料	-	269	65	28	3.0	5.4	6.1
	A堆肥	4	282	73	39	2.8	4.4	6.2
		8	275	77	83	2.6	3.0	6.4
		12	292	87	65	2.4	2.5	6.6
	B堆肥	4	284	85	116	2.4	3.1	6.4
		8	278	95	158	2.1	1.9	6.5
12		271	103	146	1.9	1.5	6.5	

【参考2】「2. 堆肥による天地返しほ場の地力回復効果」では、堆肥の施用による土壌の性状や養分に大きなバランスの崩れは見られませんでした。

土壌の性状や養分

ほ場	区画	試験区	EC	交換性石灰	交換性苦土	交換性加里	石灰/苦土比	苦土/加里比	pH (H ₂ O)
			mS/cm	mg/100g乾土			当量比		
T	天地返し前	-	0.20	389	40	74	7.1	1.4	7.3
	天地返し後	-	0.15	212	26	51	6.0	1.2	6.9
	栽培跡地	堆肥区	0.15	246	25	58	7.1	1.0	6.9
		無堆肥区	0.13	163	21	62	5.5	0.8	7.4
K	天地返し前	-	0.18	198	21	52	7.2	0.9	6.0
	天地返し後	-	0.12	177	16	44	8.4	0.9	6.0
	栽培跡地	堆肥区	0.09	137	22	24	4.6	2.2	6.1
		無堆肥区	0.14	138	22	48	4.6	1.1	6.3
M	天地返し前	-	0.46	377	64	99	4.4	1.6	5.7
	天地返し後	-	0.26	193	34	57	4.1	1.4	5.7
	栽培跡地	堆肥区	0.27	185	43	56	3.1	1.8	6.3
		無堆肥区	0.19	165	26	26	4.6	2.5	5.9

飼料作物栽培に関する報告

【成果4】 天地返しによる土壌の放射性セシウム濃度と空間線量率の低減効果

ほ場を天地返しすることで、土壌の放射性セシウム濃度が大きく低下し、空間線量率も半分以下になりました。

(1) 試験の内容

福島県農業総合センター畜産研究所（以下「畜産研究所」：福島市）のほ場Aにおいて、プラウ耕（深さ約30cm）による土壌の天地返しまたはロータリ耕（深さ約20cm）を行う前後、並びに別のほ場Bで天地返しを行う前後の土壌の放射性セシウム濃度（深さ0～5cm）と、空間線量率（地上1cm）を測定しました。

(2) 試験の結果

ほ場Aでの耕起後の土壌の放射性セシウム濃度は、耕起前と比べてプラウ区が81%、ロータリ区が61%の低下となりました（図1）。空間線量率（地上1cm）は、プラウ区が63%、ロータリ区が36%の低下となりました（図2）。

ほ場Bで行った天地返しでは、土壌の放射性セシウム濃度が94%、空間線量率が54%の低下となりました（図3）。

天地返しは、作物への放射性セシウムの移行低減と、農作業への被ばくの低減に効果があると考えられます。

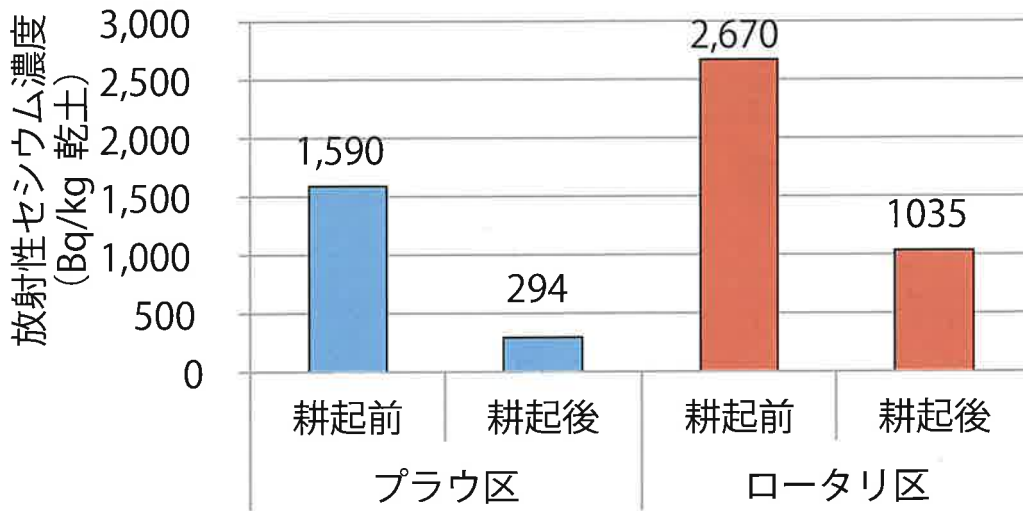


図1 ほ場Aにおける耕起前後の土壌の放射性セシウム濃度

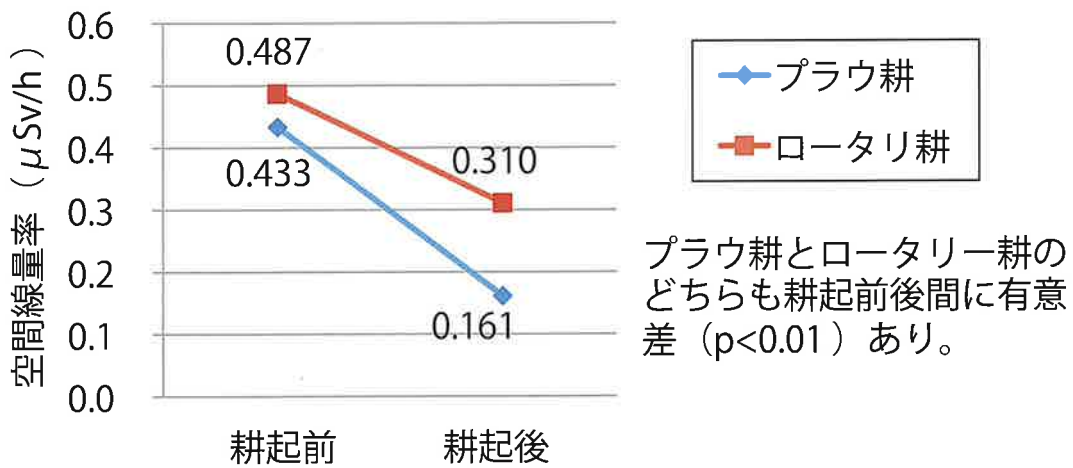


図2 ほ場Aにおける耕起前後の空間線量率 (地上1cm)

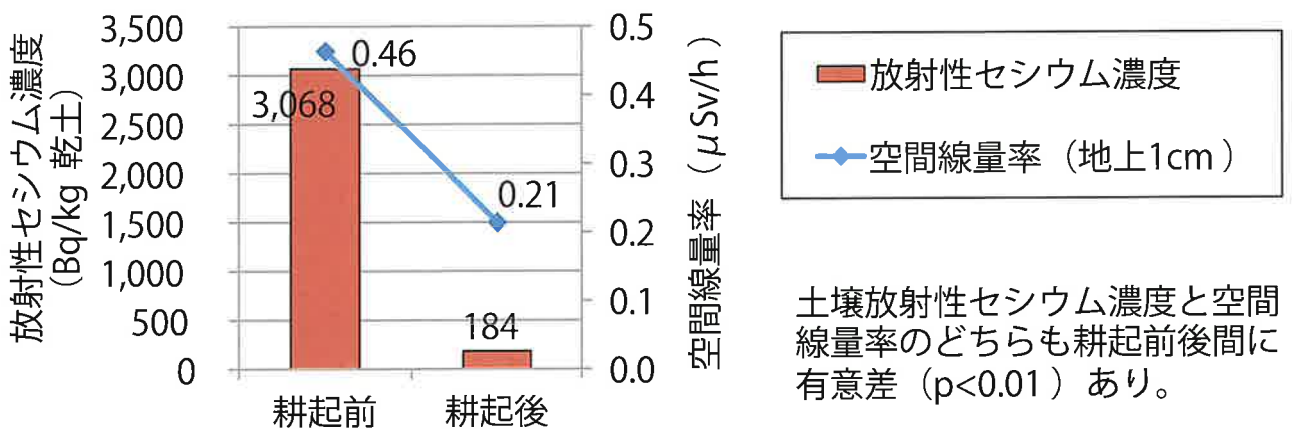


図3 ほ場Bにおける天地返し前後の土壌の放射性セシウム濃度と空間線量率

【成果5】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用及び堆肥へのゼオライト添加が飼料用トウモロコシに与える影響

暫定許容値以下の牛ふん堆肥を5 t/10 a施用しても、飼料用トウモロコシや土壌の放射性セシウム濃度に影響しませんでした。交換性加里が37mg/100g乾土以上の土壌では、堆肥にゼオライトを混合しても放射性セシウムの移行抑制効果は不明瞭でした。

(1) 試験の内容

畜産研究所のほ場（黒ボク土）を、プラウ耕（深さ約30cm）による土壌の天地返しをした「プラウ区」と、ロータリ耕（深さ約20cm）のみを行った「ロータリ区」に分け、放射性セシウムを含む牛ふん堆肥（表）にゼオライトを混合して5 t/10 aを施用してロータリー耕耘（深さ10cm）した後、1作目飼料用トウモロコシ、2作目イタリアンライグラス、3作目飼料用トウモロコシの順に栽培しました。ゼオライトの混合量は、5 tの堆肥に対して、0kg、50kg、100kg、500kg、1,000kg（500kgと1,000kgはロータリ区のみで実施）の4段階に設定しました。

表 化学肥料の施肥量と堆肥の放射性セシウム濃度

試験区	化学肥料の施肥量 (窒素-リン酸-加里、kg/10 a)				堆肥の放射性セシウム濃度 (Bq/kg現物)		
	1作目 (基肥)	2作目 (基肥)	2作目 (追肥)	3作目* (基肥)	1作目	2作目	3作目
化学肥料のみ	15-10-10	7-15-15	8-6-3	15-10-51.8	—	—	—
堆肥施用	15-15-10	7-15-15	8-6-3	15-10-0	291	370	962

*堆肥施用する区には加里を施用せず、化学肥料のみの区に堆肥と同量の加里を施用。

(2) 試験の結果

試験に使用したほ場は、プラウ耕またはロータリ耕を行った後でも、交換性加里が37mg/100g乾土以上含まれていました。

飼料用トウモロコシの放射性セシウム濃度には、堆肥施用の有無による差は見られませんでした（図1）。また、堆肥に対するゼオライト混合による、飼料用トウモロコシの放射性セシウムの吸収抑制効果は不明瞭でした（図1）。

土壌の放射性セシウム濃度には、堆肥施用の有無による差は見られませんでした（図2）。

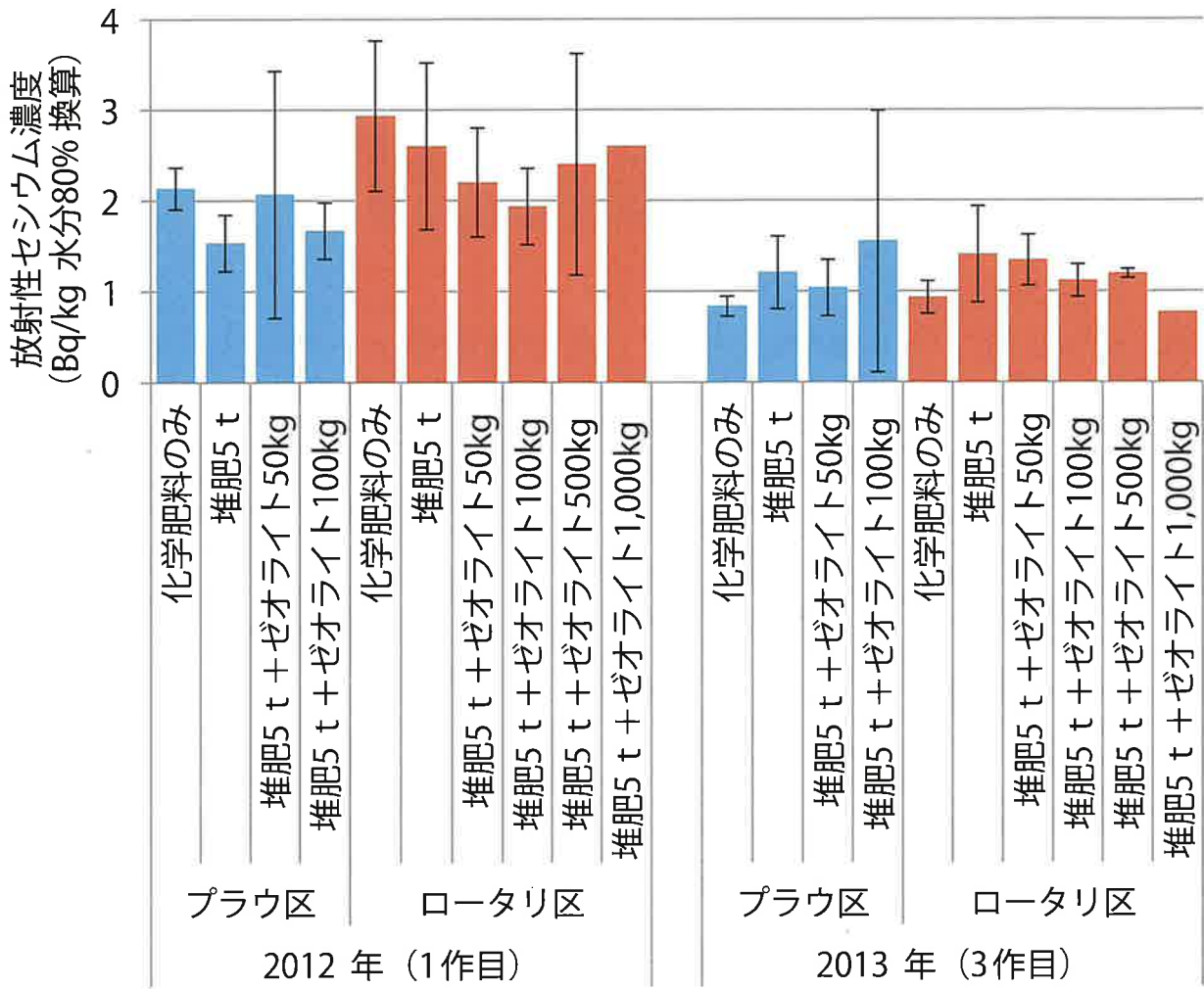
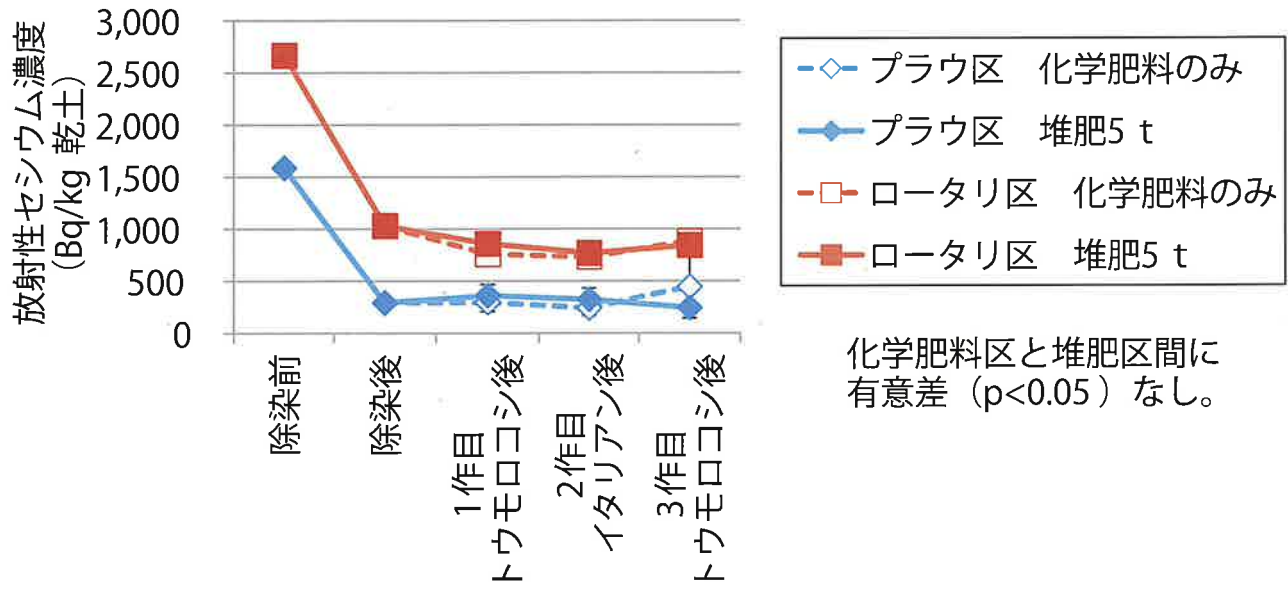


図1 放射性セシウムを含む牛ふん堆肥へのゼオライト添加が飼料用トウモロコシの放射性セシウム濃度に及ぼす影響 (堆肥5 t + ゼオライト 1,000kg区は反復がないため参考値)



化学肥料区と堆肥区間に有意差 (p<0.05) なし。

図2 試験期間中の土壌 (0~15cm) の放射性セシウム濃度

【成果6】 堆肥と加里の施用による飼料用トウモロコシへの放射性セシウム移行抑制効果

飼料用トウモロコシの栽培において、暫定許容値以下の牛ふん堆肥や加里の施用で放射性セシウム濃度が低下する傾向、完熟堆肥の施用で収量が増加する傾向が見られました。

(1) 試験の内容

黒ボク土（4,950Bq/kg乾土）をポットに詰め、飼料用トウモロコシの栽培試験をしました。各区には、表1に示す施用を行いました。未熟堆肥（牛ふんと副資材を混合したもの、648Bq/kg現物）と完熟堆肥（所内慣行法による堆肥化处理をしたもの、382Bq/kg現物）には、いずれも牛ふん堆肥を用いました。

表1 試験区の構成

試験区	施用量 (kg/10 a)				
	苦土石灰	溶リン	窒素-リン酸-加里	未熟堆肥	完熟堆肥
化成のみ	100	80	15-15-15	—	—
化成+未熟堆肥	100	80	15-15-15	4,000	—
化成+完熟堆肥	100	80	15-15-15	—	4,000
化成のみ加里3倍	100	80	15-15-45	—	—
加里3倍+未熟堆肥	100	80	15-15-45	4,000	—
加里3倍+完熟堆肥	100	80	15-15-45	—	4,000

(2) 試験の結果

飼料用トウモロコシの放射性セシウム濃度は、化成肥料のみ区が一番高く、堆肥の施用や加里肥料の施用で下がる傾向が見られました（図1）。加里を3倍施用した区では、堆肥の施用でさらに低下する傾向が見られました。収量については、堆肥施用や加里3倍施用でも悪影響は見られず、完熟堆肥を施用した区は、2割程度の増収となりました（図2）。

以上の結果から、暫定許容値以下の堆肥や加里を施用は放射性セシウムの飼料用トウモロコシへの移行抑制が、完熟堆肥の施用は増収が期待できる可能性が考えられました。

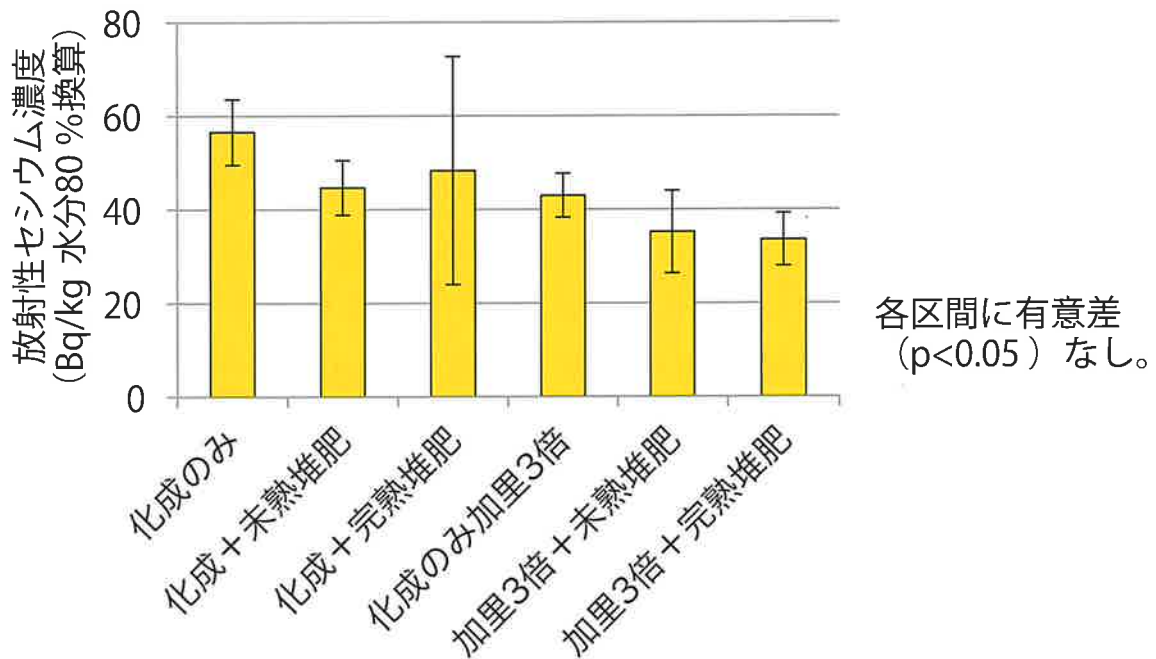


図1 飼料用トウモロコシの放射性セシウム濃度

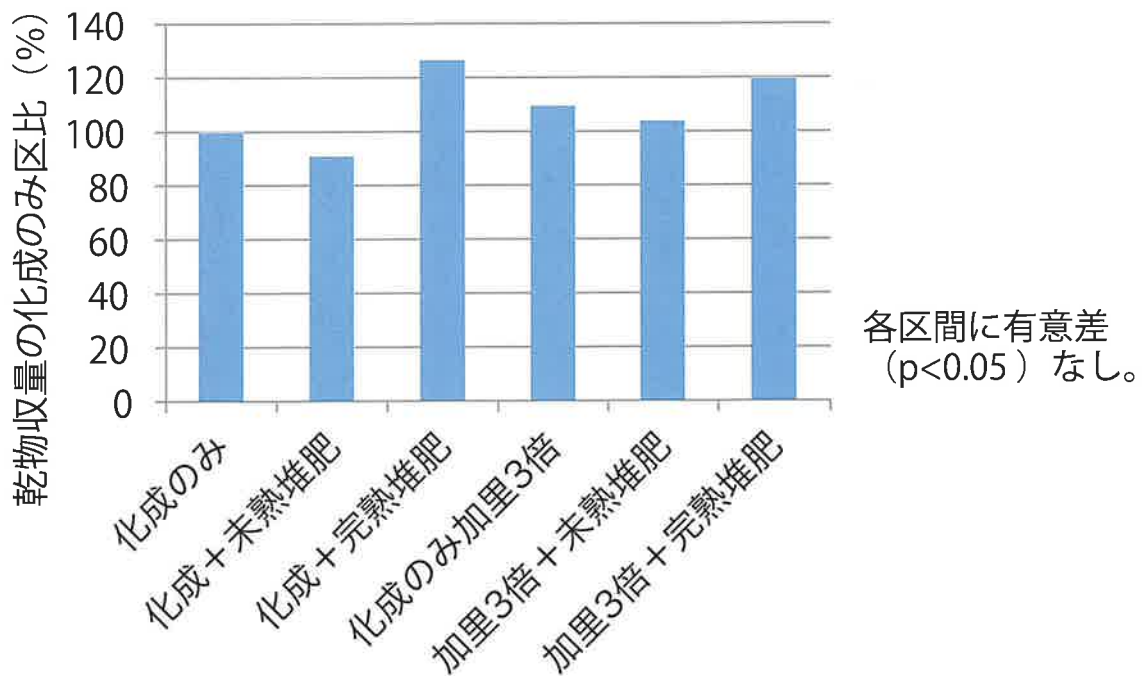


図2 飼料用トウモロコシの収量比較

【成果7】 完熟堆肥による牧草への放射性セシウム移行抑制効果

放射性セシウムが575Bq/kg乾土の土壌において、暫定許容値以下の完熟牛ふん堆肥の施用は、イタリアンライグラスへの放射性セシウムの移行を抑制する傾向と収量の増加が見られました。

(1) 試験の内容

放射性セシウム濃度が575Bq/kg乾土の土壌をポットに詰め、完熟牛ふん堆肥（473Bq/kg現物）と未熟牛ふん堆肥（668Bq/kg現物）を用いて、イタリアンライグラスを栽培しました（完熟牛ふん堆肥とは3回の切返し攪拌と60℃を超える温度上昇をしたもの、未熟牛ふん堆肥とは排せつ後に堆積したままのもの）。無堆肥区（堆肥無施用）、完熟堆肥区、未熟堆肥区、混合堆肥区（完熟堆肥と未熟堆肥を等量混合）の試験区を設けました。堆肥は、牧草移植（播種後7日目）の2日前に10 a 当たり5 t になるように施用しました。全ての区で一番草および二番草の収穫後に化学肥料を施用しました。

(2) 試験の結果

牧草の放射性セシウム濃度は、全ての区で番草を経るごとに高くなる傾向が見られました。また、いずれの番草においても完熟堆肥を施用した区は、他の区に比べて放射性セシウム濃度が低く推移する傾向が見られました（図1）。牧草の収量は1～2番草においては完熟堆肥を施用した区が無施用あるいは未熟堆肥区より多くなりました（図2）。また、3番草においても同様の傾向が見られました。

以上の結果から、暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用は、栽培牧草の放射性セシウム濃度を増加させることはなく、むしろ完熟堆肥を積極的に施用することで牧草への放射性セシウムの移行を抑制する効果が期待できると考えられます。

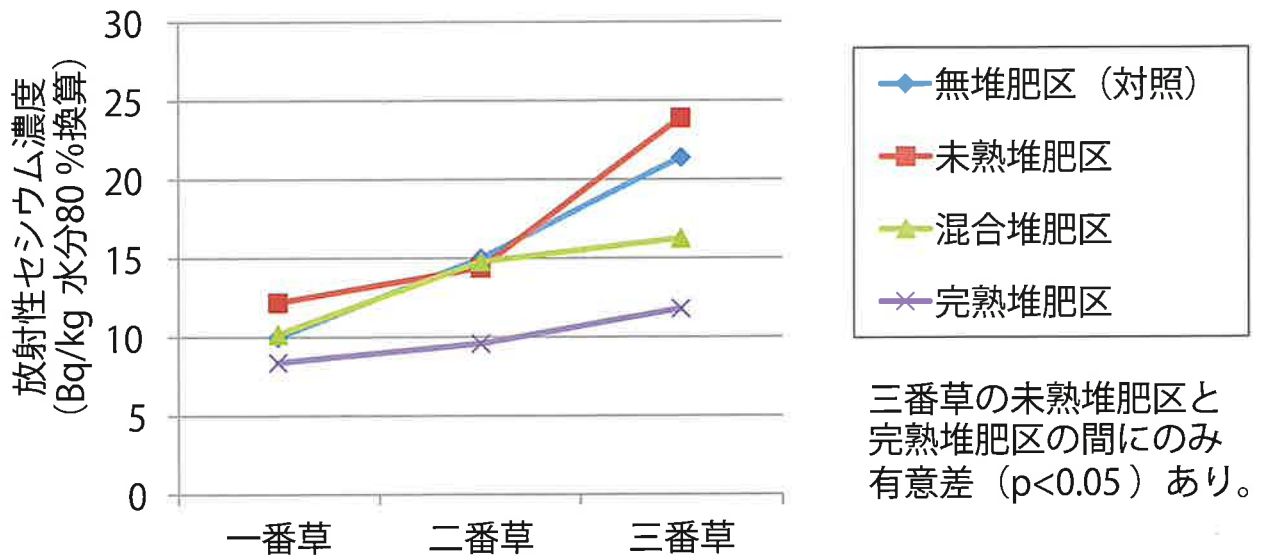


図1 番草ごとの放射性セシウム濃度

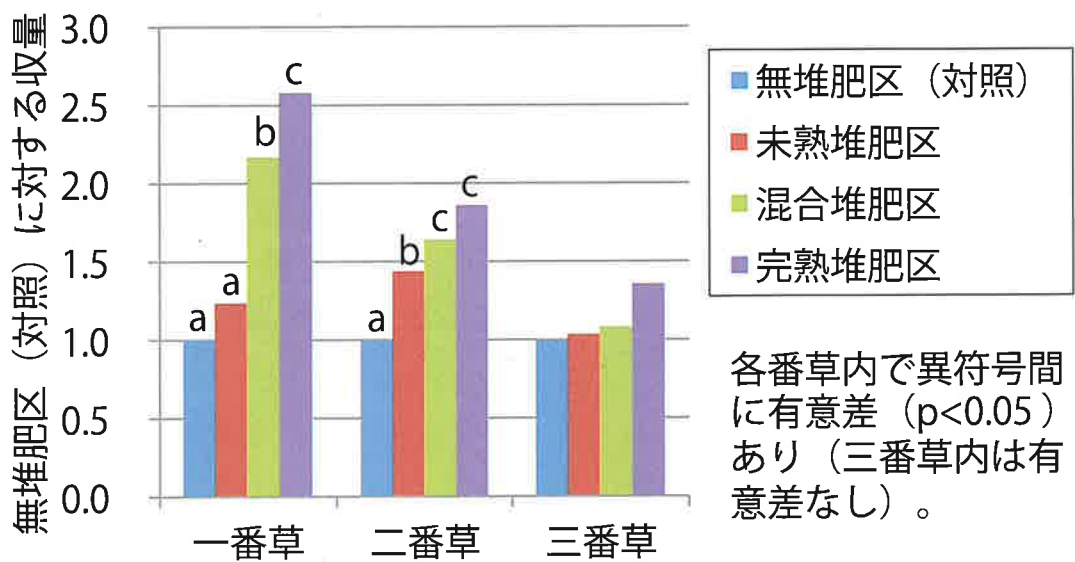


図2 番草ごとの乾物収量の比較

【成果8】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用及び加里と苦土石灰の施用がイタリアンライグラスに与える影響

牛ふん堆肥施用時でも、加里の施用によってイタリアンライグラスの放射性セシウム濃度が低減しました。苦土石灰の施用は、放射性セシウムの移行抑制効果は明確ではありませんでした。

(1) 試験の内容

畜産研究所のほ場（黒ボク土）にプラウ耕による土壌の天地返しを行った後、放射性セシウムを含む牛ふん堆肥（291Bq/kg現物、水分79%）を5 t /10 a 施用してイタリアンライグラスを栽培しました。加里の施用量を元肥20kg/10 a 施用した「カリ20区」と、施用しなかった「カリ0区」に分け、さらにそれぞれの区内で苦土石灰の投入量を3段階（0、100、200kg/10 a）に設定して試験しました（表1）。イタリアンライグラスは三番草まで調査し、刈り取りごとに追肥を行いました。カリ0区は追肥でも加里は施用しませんでした。

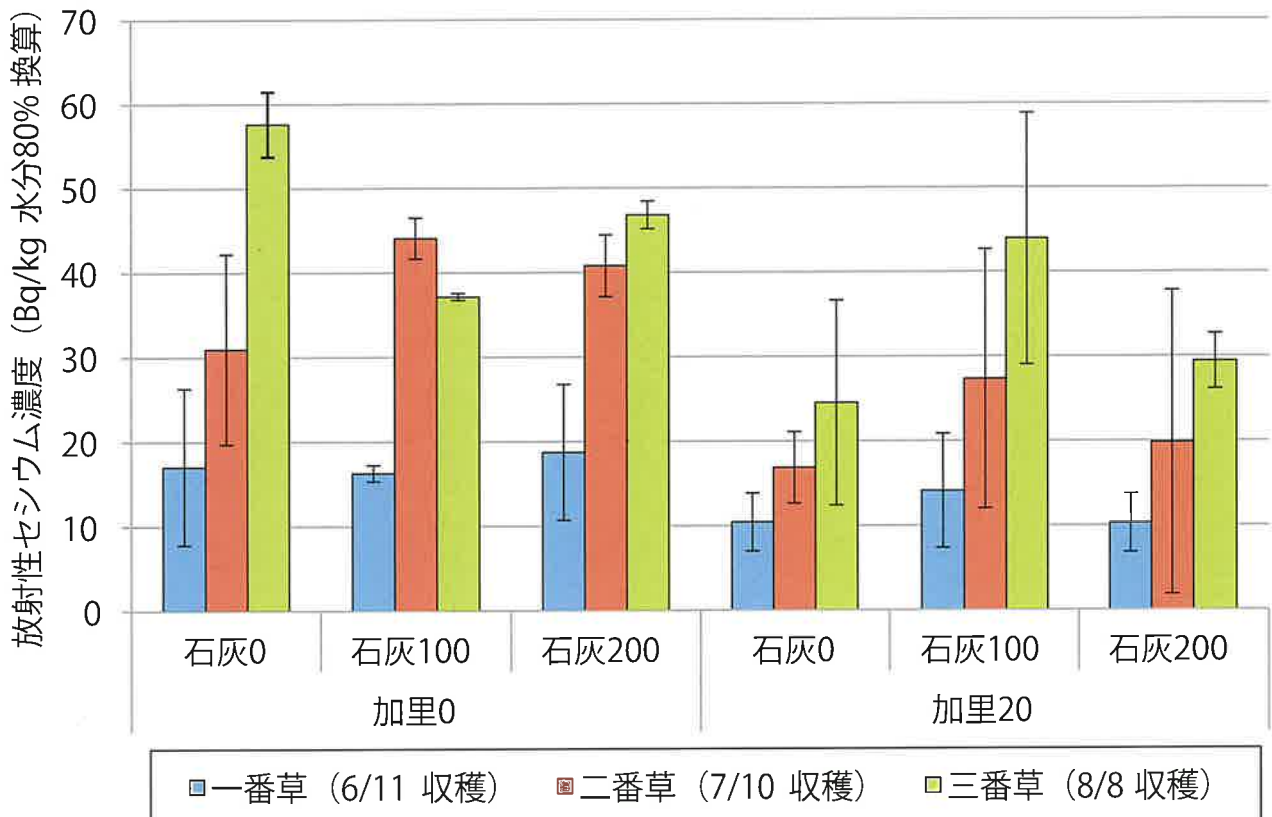
表1 試験区の構成

カリ0区	土壌pH矯正なし
	苦土石灰100kg/10 a
	苦土石灰200kg/10 a
カリ20区	土壌pH矯正なし
	苦土石灰100kg/10 a
	苦土石灰200kg/10 a

(2) 試験の結果

イタリアンライグラスの放射性セシウム濃度は、全試験区に共通して番草を経るごとに上昇しました（図）。また、加里を施用した区のほうが放射性セシウム濃度が抑えられました。一方、苦土石灰の施用の影響には、一定の傾向が見られませんでした。今回栽培した牧草のミネラル当量比は、全試験区に共通して一番草、二番草で高くなりました（表2）。また、カリ0区よりもカリ20区が高くなったことから、加里を過剰に施用する場合には、給与量に注意する必要があると考えられます。

以上の結果から、牛ふん堆肥施用時の放射性セシウムの吸収抑制に対して、加里の施用は効果が見込めますが、苦土石灰については効果が明確でないと考えられます。



各番草間および加里施用の有無間において有意差あり (Tukey の方法、 $p < 0.01$)。

図 イタリアンライグラスの放射性セシウム濃度

表2 イタリアンライグラスの各番草のミネラル当量比 (K/(Ca+Mg))

試験区		一番草	二番草	三番草
カリ0	石灰0	3.3 ^b	2.4 ^b	0.9 ^b
	石灰100	3.5 ^b	2.7 ^{bc}	1.3 ^b
	石灰200	3.2 ^b	2.4 ^{ab}	1.0 ^{ab}
カリ20	石灰0	4.6 ^a	3.1 ^{ac}	1.8 ^a
	石灰100	5.0 ^a	4.0 ^a	2.0 ^a
	石灰200	4.9 ^a	4.2 ^a	2.0 ^a

- 2.2以上はグラスタニーに注意が必要である。赤の着色は、2.2以上3.0未満、3.0以上4.0未満、4.0以上の3段階で示した。
- 各番草内でa,b,cの異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)。

本パンフレットは、家畜排せつ物堆肥活用による農地地力回復等技術開発普及事業推進委員会の監修により作成されました。

【家畜排せつ物堆肥活用による農地地力回復等技術開発普及事業推進委員会名簿】

(敬称略、あいうえお順)

- 上沢 正志 (財) 日本肥糧検定協会 常務理事
- 大和田 正幸 福島県相双農林事務所 農業振興普及部 専門員
- 小池 一正 福島県畜産農業協同組合連合会 囑託
- 佐藤 一弘 埼玉県農林総合センター 農産物安全・土壌担当部長
- 高橋 茂 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域 上席研究員
- 原田 久富美 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 飼料作物研究領域 上席研究員

【堆肥活用による農地地力回復事業平成25年度進捗報告集執筆者名簿】

(敬称略、あいうえお順)

- 片倉 真沙美 福島県農業総合研究センター 畜産研究所 飼料環境科 研究員
- 齋藤 美緒 福島県農業総合研究センター 畜産研究所 酪農科 主任研究員
- 長峰 孝文 (財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 主任研究員
- 畠中 哲哉 (財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 研究参与
- 吉田 安宏 福島県農業総合研究センター 畜産研究所 飼料環境科 主任研究員

畜産環境技術研究所のホームページでは、このマニュアルを含めて、畜産環境に関する各種情報を公開しており、閲覧、視聴、ダウンロードできます。ご利用ください。

<http://www.chikusan-kankyo.jp>

【畜産環境技術研究所 所在地】



畜排せつ物堆肥を用いた天地返し後の地力 回復と農産物への放射性セシウムの移行

平成26年3月6日発行

発行：財団法人 畜産環境整備機構

〒105-0001 東京都港区虎ノ門5-12-1 (ワイコービル2階)

TEL 03-3459-6300 (代) FAX 03-3459-6315

編集および連絡先：財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原1

TEL 0248-25-7777 (代) FAX 0248-25-7540

メールアドレス：ilet@chikusan-kankyo.jp