



日本中央競馬会  
特別振興資金助成事業

# 家畜排せつ物堆肥を用いた天地返し畑地の 地力回復及び水田への堆肥施用効果

(平成 28・29 年度堆肥施用による被災地の畑地・水田の地力回復等効果の持続性追跡調査事業)



平成 30 年 3 月  
一般財団法人 畜産環境整備機構



## まえがき

東日本大震災被災地の耕種農家では、暫定許容値以下の堆肥であっても、施用に対する不安が解消されず、未だにその利用が進んでいないが現状です。このため、畜産農家においては暫定許容値以下の堆肥であっても滞留が深刻な問題となっており、滞留の解消を図ることが畜産経営継続の喫緊の課題となっています。

家畜排せつ物堆肥は、地力の増進や化学肥料の一部を代替する効果がある貴重な有機質資源です。この資源の利用促進に寄与するため、天地返しを行った畑地や水田へ、暫定許容値以下の家畜排せつ物堆肥を継続して施用した際の地力回復効果ならびに放射性セシウムの作物への移行抑制効果の持続性について、平成 24～26 年度に続いて追跡調査を行いました。

本報告が、被災地における耕種農家と畜産農家の連携復活を介して、畜産経営の復興の一助となれば幸甚であります。

平成 30 年 3 月

一般財団法人 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畑地の地力回復及び水田への堆肥施用効果

(1) 天地返し畑地の地力回復技術持続性調査	
①天地返し野菜畑の地力回復技術の持続性調査	
【成果 1】	
暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用が土壌の放射性セシウム濃度と地力維持に及ぼす影響	1
【成果 2】	
暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用が野菜の放射性セシウム濃度に及ぼす影響	3
②天地返し飼料畑の地力回復技術の持続性調査	
【成果 3】	
牛ふん堆肥の連用による放射性セシウムの飼料用トウモロコシ・イタリアンライグラスへの吸収抑制及び土壌への効果	5
(2) 被災地水田のへの堆肥連用効果追跡調査	
【成果 4】	
暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用が食用米及び飼料用米の放射性セシウム濃度に及ぼす影響	7
(3) 推進委員会名簿	10
(4) 執筆者名簿	10
(5) 研究所所在地	11

## 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、重量を下記のように使い分けています。 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（105℃ で乾燥した土壌の重量） 水分 15% 換算（水分 15% とした生産物の重量） 水分 80% 換算（水分 80% とした生産物の重量）
検出下限値	ある分析法で、分析対象物質が存在していることがわかる最低濃度のことです。本試験では、0.5 Bq/kg としました。
天地返し	プラウによる 25cm 以上を目途とする深耕のことで、反転耕、プラウ耕とも呼びます。
堆肥の暫定許容値	放射性セシウムを含む堆肥、土壌改良資材および培土の暫定許容値として 400Bq/kg 現物が設定されています。
精玄米	粗玄米を 1.8mm メッシュのふるいで選別し、くず米等を取り除いた玄米です。
べこあおば	飼料用米と稲発酵粗飼料（イネ WCS）の兼用の水稻品種名。東北中部以南に適している。
稲発酵粗飼料（イネ WCS）	稲の実と茎葉を同時に収穫しサイレージ発酵させた飼料です。
飼料用米	飼料用に用いる粳米または玄米のことで、全粒もしくは破碎して飼料として給与します。飼料用として広く用いられているトウモロコシの代わりに、一定割合の給与ができるとされています。
粳米	粳殻を取り去る（脱穀）前のイネの果実に相当する部分をいいます。
加里と K	加里は酸化物の $K_2O$ で、K は元素カリウムを意味します。

## 土 壤

### 【成果 1】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用が土壤の放射性セシウム濃度と地力維持に及ぼす影響

天地返しにより低下した地力を平成 24～26 年の牛ふん堆肥の多量施用で回復させた土壤の放射性セシウム濃度は堆肥を施用しない区よりも高くなる傾向がありますが、値は経年的に低下し、平成 28、29 年の基準量の牛ふん堆肥施用による影響は認められませんでした。堆肥施用で回復した地力は平成 28、29 年の基準量の牛ふん堆肥施用（年間 2t/10a）と土壤診断による施肥対応で維持できました。

#### （1）試験の内容

土壤汚染の軽減対策として天地返しを行い、暫定許容値以下の牛ふん堆肥の多量施用で地力を回復させた畑地で野菜栽培試験を行いました。堆肥区（基準量の年間 2t/10a の牛ふん堆肥と有機質肥料施用）と無堆肥区（有機質肥料のみ施用）を設置し、平成 28 年と 29 年に合計 10 品目の野菜を栽培して土壤の放射セシウム濃度と地力の維持状況を調べました。堆肥は 8 ページと同じ物を使用し、施肥・栽培概要は以下のとおりです。

試験区	堆肥区	無堆肥区
施肥及び栽培概要	牛ふん堆肥2t/10aと有機質肥料を春作基肥に施用し、秋作には無施用で追肥で対応。堆肥と有機質肥料からの施肥量を合算して福島県の施肥基準量に近似。土壤診断により土壤改良資材を調節。	有機質肥料を春作基肥に施用し、秋作は無施用で追肥対応。有機質資材で施肥基準量に近似。土壤診断により土壤改良資材を調節。

#### （2）試験の結果

野菜ほ場における土壤の放射性セシウム濃度は経年的に低下し、堆肥を施用しない区では 5 年後に天地返し直後の 50%強に下がっていました。また、平成 29 年の放射性セシウム濃度は平成 26 年の約 7 割に低下しました。一方、堆肥を施用した区の土壤の放射性セシウム濃度は施用しない区よりも平成 24～26 年の堆肥施用の影響で高くなる傾向がありましたが、基準量（年間 2t/10a）に戻した平成 28、29 年の放射性セシウム濃度は平成 26 年の約 8 割に低下しました（表 1）。

地力要因の pH、有機物含量、窒素含量、可給態リン酸含量、陽イオン交換容量（CEC）、塩基飽和度、ミネラルバランス（石灰/苦土比、苦土/加里比）は、堆肥施用で地力が回復した平成 26 年秋作後から同等に推移しました。地力は年間 2t/10a の堆肥施用と土壤診断に基づく施肥対応によって維持できることが検証できました（図 1）。

表1 野菜作付けほ場における土壌の放射性セシウム濃度の推移

土壌採取日	測定時期	堆肥区	無堆肥区	不耕作区
平成24/5/1	天地返し前	1,037±193		
24/6/6	天地返し後(プラウ耕)	223 ± 198		
25/3/29	24年秋作後	236 ± 67	174 ± 64	319 ± 105
26/3/17	25年秋作後	305 ± 22	195 ± 106	640 ± 247
26/9/30	26年秋作後	206 ± 20	136 ± 29	467 ± 111
27年	栽培を行わない無作付けの状態			
28/8/4	28年春作後	182a ± 71	116a ± 15	353a ± 133
28/12/12	28年秋作後	163ab ± 32	105a ± 16	494b ± 369
29/8/4	29年春作後	168a ± 49	97a ± 18	445b ± 66

注1)放射性セシウム(セシウム134と137の合計値): 平均値±標準偏差、採取日に減衰補正しました。  
 注2)堆肥区の土壌放射性セシウム濃度は平成24~26年度の堆肥の多量施用の影響で高くなりました。  
 注3)横列の異文字間に5%有意差あり

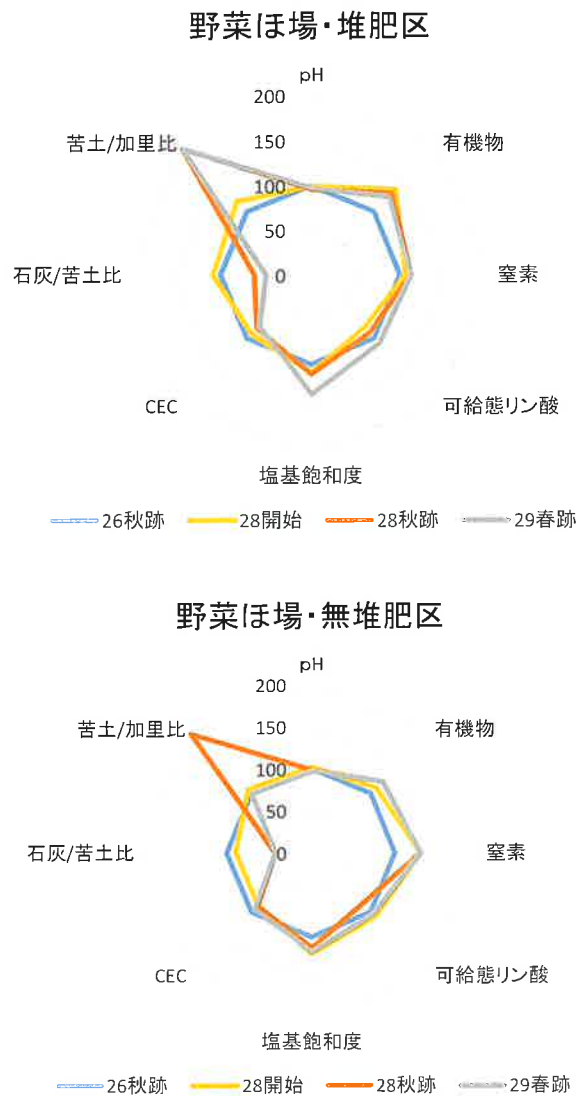


図1 野菜ほ場における土壌の地力要因成分の変化(上:堆肥区、下:無堆肥区)

注) 地力が回復した平成26年秋作跡土の成分値を100としたときの比率で示しました。

## 野菜

### 【成果2】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用が野菜の放射性セシウム濃度に及ぼす影響

汚染対策として天地返しを行い暫定許容値以下の牛ふん堆肥の多量施用で地力を回復させた畑地において、基準量の牛ふん堆肥を施用し平成28年と29年に栽培した計10品目の野菜の放射性セシウムは数Bq/kg 現物と低く、しかも堆肥区と無堆肥区で差はなく、問題とされないレベルでした。

#### (1) 試験の内容

土壌汚染の軽減対策として天地返しを行い、暫定許容値以下の牛ふん堆肥の多量施用で地力を回復させた畑地で野菜栽培試験を行いました。堆肥区（基準量の年間2t/10aの牛ふん堆肥と有機質肥料施用）と無堆肥区（有機質肥料のみ施用）を設置し、平成28年と29年に合計10品目の野菜を栽培して収穫物の放射セシウム濃度を調べました。堆肥は8ページの堆肥と同じものを使用しました。野菜は春作、秋作物目ともに短冊状で栽培し、その方法は委託先の慣行法に準じました。栽培概要は、基肥として有機質肥料を施用して春作を栽培し、その跡地に無施用で秋作を作付けしました。追肥は生育状況をみて有機質肥料で施用しました。各種資材の施用は、牛ふん堆肥を2t/10a施用し、含まれる肥料成分と有機質肥料の成分含量が施肥基準に近似するよう調節しました。

#### (2) 試験の結果

平成28年春作野菜の堆肥区ではレタスが3.2Bq/kg 現物、シュンギクが0.9Bq、無堆肥区ではレタスが1.5Bq、シュンギクが1.7Bqと低濃度に検出され、他の3野菜は検出下限値以下でした。秋作野菜の堆肥区ではコマツナが2.7Bq、無堆肥区ではコマツナが2.0Bq、ホウレンソウが1.0Bqと低濃度に検出されました。他の3野菜は検出下限値以下でした（表1）。平成29年の春作及び秋作野菜では秋作堆肥区のホウレンソウのみ0.9Bq/kg 現物で、残りの7品目はすべて検出下限値以下でした（表2）。

以上の結果から、野菜の放射性セシウム濃度は一般食品中の新基準値（100Bq/kg 現物、平成24年4月）よりもはるかに低い数値であり、問題ないレベルでした。また、本事業で得られた野菜の放射性セシウム濃度は前事業の地力回復事業（平成24年～26年）で得られた結果と変わりませんでした（表3）。



表1 平成28年作付け野菜の放射性セシウム濃度

栽培時期	品目	放射性セシウム濃度(Bq/kg現物)*			
		堆肥区	水分率%	無堆肥区	水分率%
28年 春作	レタス	3.2±0.8	73	1.5±0.4	76
	コマツナ	nd	77	生育不良	-
	シュンギク	0.9±0.1	79	1.7±0.2	81
	ツルムラサキ	nd	67	nd	71
	モロヘイヤ	nd	67	nd	66
28年 秋作	ハウレンソウ	nd	73	1.0±0.2	72
	コマツナ	2.7±0.5	81	2.0±0.4	84
	ニンジン	nd	50	nd	52
	ダイコン	nd	73	nd	69
	ハクサイ	nd	77	nd	73

\* ) 測定値±測定誤差表示、ndは検出下限値(0.5)以下、値は収穫日に減衰補正した。

表2 平成29年作付け野菜の放射性セシウム濃度

栽培時期	品目	放射性セシウム濃度(Bq/kg現物)*			
		堆肥区	水分率%	無堆肥区	水分率%
29年 春作	シュンギク	nd	77	nd	72
	ハウレンソウ	nd	62	nd	64
	レタス	nd	75	nd	73
	ズッキーニ	nd	77	nd	72
	モロヘイヤ	nd	65	nd	66
29年 秋作	ハウレンソウ	0.9±0.3	89	nd	88
	シュンギク	nd	92	nd	89
	ニンジン	nd	88	nd	88

\* ) 表1に同じ

表3 地力回復事業と本事業で共通して栽培された野菜品目における放射性セシウム濃度の比較

栽培時期	品目	放射性セシウム濃度(Bq/kg現物)*			
		地力追跡調査事業(28~29年)		地力回復事業(24~26年)	
		堆肥区	無堆肥区	堆肥区	無堆肥区
春作	レタス	3.2; nd*	1.5; nd*	nd	5.2
	ズッキーニ	nd	nd	nd	nd
	モロヘイヤ	nd	nd	nd	3.8
	ツルムラサキ	nd	nd	nd	nd
秋作	コマツナ	2.7	2.0	nd	nd
	ダイコン	nd	nd	nd	nd
	ハクサイ	nd	nd	nd	nd
	ハウレンソウ	0.9; nd*	1.0; nd*	nd	nd

注) 栽培2年の結果を並列表示 nd、\*: 表1に同じ

## 飼料作物

### 【成果3】牛ふん堆肥の連用による放射性セシウムの飼料用トウモロコシ・イタリアンライグラスへの吸収抑制及び土壌への効果

飼料用トウモロコシ・イタリアンライグラスの輪作体系において、牛ふん堆肥を施用すると連用にともない土壌中の交換性加里が高まり、堆肥を施用しなかった区に比べて作物による放射性セシウムの吸収を抑制できました。

#### (1) 試験の内容

プラウによる天地返しを行い、平成24年から26年まで牛ふん堆肥の連用による飼料用トウモロコシ（以下「トウモロコシ」）とイタリアンライグラスの輪作（計5作）を実施したほ場を用い、平成28～29年に再び同様な飼料作物の輪作を行いました。試験区は、「堆肥連用区」、「堆肥中断区」及び「化学肥料区」の3区を設けました。牛ふん堆肥（放射性セシウムは現物当たり7～17Bq/kg 現物）は「堆肥連用区」のみに、トウモロコシ5t/10a、イタリアンライグラス4t/10aを施用しました。「堆肥連用区」及び「堆肥中断区」は、「福島県施肥基準」に準じて化学肥料により窒素及びリン酸を施用しましたが、加里は施用しませんでした。また、「化学肥料区」は3要素とも「福島県施肥基準」に基づき施用しました。

#### (2) 試験の結果

飼料作物中の放射性セシウム濃度は1作目、2作目では試験区間に有意な差は認められず、3作目のトウモロコシでは「堆肥連用区」の0.5Bq/kgに対し、「化学肥料区」0.8Bq/kg、加里分を施用しなかった「堆肥中断区」では1.2Bq/kgと高まりましたが、低濃度でした(図1)。

土壌中の交換性加里含量は「試験開始前」と比べて堆肥の連用に伴い上昇しましたが、「堆肥中断区」及び「化学肥料区」は低下しました(図2)。

飼料作物(茎葉)中のK及びK/(Ca+Mg)当量比及び硝酸態窒素( $\text{NO}_3\text{-N}$ )は、堆肥の連用に伴い「堆肥連用区」が他の区よりも高くなりました(表1)。

これらの結果、牛ふん堆肥の連用により土壌中の交換性加里が高まることから、放射性セシウムの吸収抑制効果が期待できます。ただ、作物体中のミネラルバランスを考慮し、堆肥施用に当たっては土壌診断を実施して適正な施用量とするとともに、飼料分析を行い適正な給与につとめましょう。

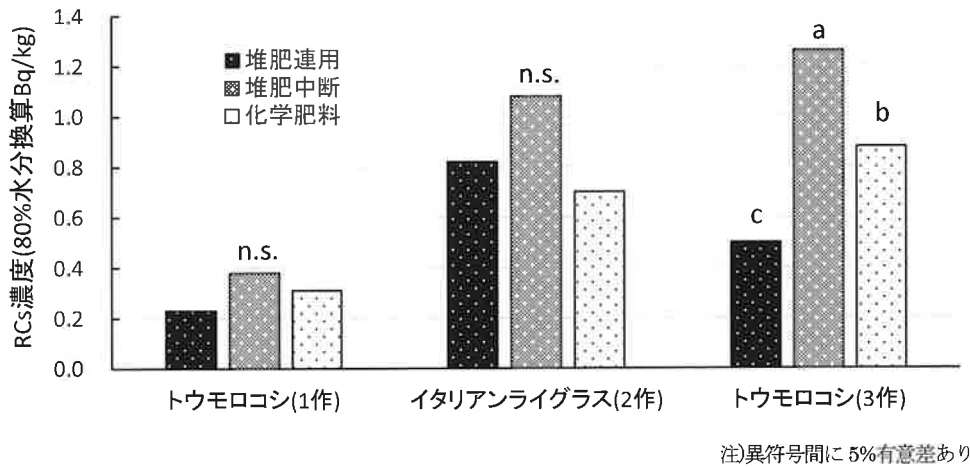


図1 飼料作物中の放射性セシウム (RCs) 濃度 (80%水分換算)

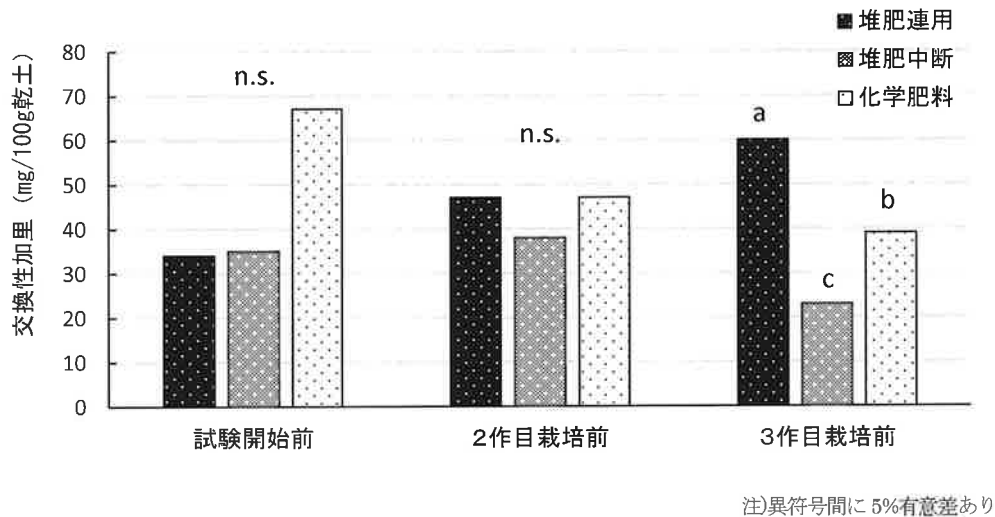


図2 土壤中の交換性加里含量 (土壌深 0~15cm)

表1 飼料作物中のミネラル及び硝酸態窒素濃度

飼料作物	試験区	(乾物%)											
		Ca		Mg		K		K/(Ca+Mg)当量比		NO <sub>3</sub> -N			
		茎葉	雌穂	茎葉	雌穂	茎葉	雌穂	茎葉	雌穂	茎葉			
1作目 (トウモロコシ)	堆肥連用	0.26	0.01	0.13	0.07	1.70	0.53	b	1.87	2.27	0.018		
	堆肥中断	0.24	0.01	0.12	0.07	1.42	0.53	b	1.67	2.07	0.008		
	化学肥料	0.27	0.01	0.14	0.07	1.74	0.57	a	1.80	2.32	0.002		
2作目 (イタリアン ライグラス)	堆肥連用	0.38		0.17		3.21	a		2.52	a	0.007		
	堆肥中断	0.37		0.17		2.61	b		2.14	b	0.003		
	化学肥料	0.40		0.17		2.96	a		2.26	b	0.004		
3作目 (トウモロコシ)	堆肥連用	0.26	0.03	0.15	b	0.09	2.74	a	0.64	2.79	a	1.92	0.097
	堆肥中断	0.28	0.03	0.19	a	0.09	1.63	c	0.61	1.39	c	1.75	0.006
	化学肥料	0.26	0.03	0.17	b	0.09	2.14	b	0.62	2.06	b	1.86	0.037

注)縦列異符号間に5%有意差あり

# 水 稲

**【成果 4】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥の施用が食用米及び飼料用米の放射性セシウム濃度に及ぼす影響**

暫定許容値 400Bq/kg 以下の牛ふん堆肥の水田施用 (1t/10a) は、堆肥無施用に比べて、水稻「コシヒカリ」(精玄米および稲わら) と「べこあおば」(黄熟期のイネ WCS および成熟期の粳米と稲わら) の放射性セシウム濃度を低下させる。土壤の交換性加里含量が水稻の放射性セシウム吸収抑制のための改良目標値 (25mg/100g (乾土)) を満たしている場合でも、堆肥の施用により放射性セシウムの移行をさらに低減できる可能性が期待できる。

## (1) 試験の内容

被災地の水田 (約 22 アール、福島県西郷村、黒ボク土) に、無堆肥区、非汚染堆肥区および低汚染堆肥区 (約 400Bq/kg 現物) を設け、食用品種 (コシヒカリ) ならびに飼料用品種 (べこあおば) を栽培した (図 1)。

水田土壤の交換性加里は、水稻による放射性セシウム吸収抑制のための改良目標値 (25mg/100g (乾土)) を満たすように、塩化加里を 10kg/10a 施用した。

非汚染堆肥区と汚染堆肥区の堆肥施用量は 1t/10a (福島県の施肥基準に準拠) とした。施用した牛ふん堆肥の成分分析値と放射性セシウム濃度は表 1 に示した。

## (2) 試験の結果

暫定許容値 400Bq/kg 以下の牛ふん堆肥の水田施用 (1t/10a) は、堆肥無施用に比べて、水稻コシヒカリ (精玄米および稲わら) とべこあおば (黄熟期のイネ WCS および成熟期の粳米と稲わら) のセシウム濃度を低下させた (図 2~4)。

土壤の交換性加里含量が水稻のセシウム吸収抑制のための改良目標値 (25mg/100g (乾土)) を満たしている場合でも、堆肥の施用によりセシウムの移行をさらに低減できる可能性が示された。

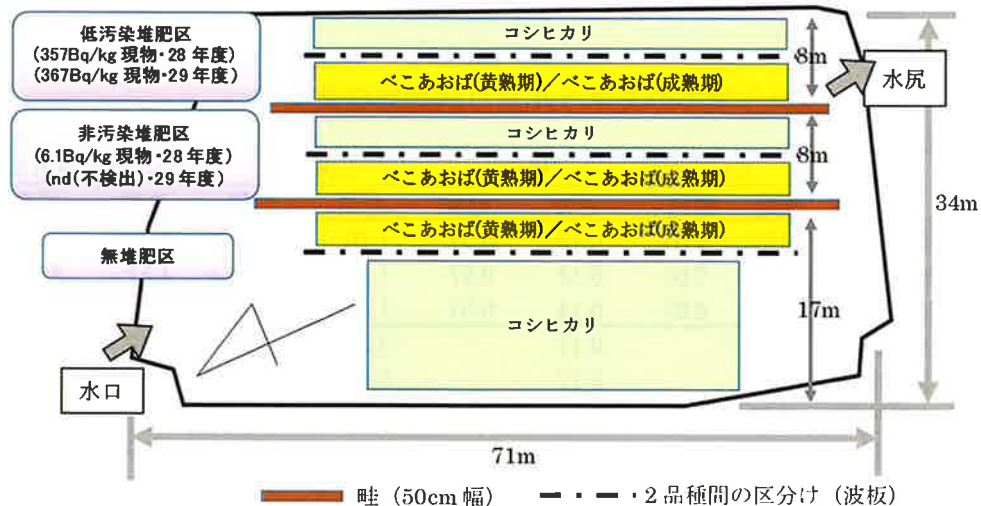


図 1 試験水田の区割りと栽培品種の配置

表1 施用した牛ふん堆肥の成分分析値と放射性セシウム濃度

検査項目	検査結果			
	平成 28 年度	平成 29 年度		
水分	58.0	62.1	%	
粗灰分	27.0	27.4	% (乾物)	
pH	8.1	7.7		
EC (電気伝導度)	6.4	7.1	mS/cm	
窒素	4.3	4.1	% (乾物)	
りん酸	2.3	1.8	% (乾物)	
加里	4.1	3.0	% (乾物)	
石灰	5.4	4.8	% (乾物)	
苦土	2.1	2.1	% (乾物)	
ADF (酸性デタージェント繊維)*	46.8	50.1	% (乾物)	
炭素率 (C/N 比)	9.1	9.7		
銅全量	48	37	mg/kg (乾物)	
亜鉛全量	180	130	mg/kg (乾物)	
鉄全量	2,300	2,100	mg/kg (乾物)	
マンガン全量	720	710	mg/kg (乾物)	
発芽率	100	100	%	
酸素消費量**	1.3	1.3	mg/g/min	
臭気指数相当値***	11	14		
放射性 セシウム	非汚染堆肥	6.1	nd (不検出) ****	Bq/kg (現物)
	低汚染堆肥	357	367	Bq/kg (現物)

\*酸性にした界面活性剤で処理して定量される繊維の量 (主にセルロース、リグニン含量)。

\*\*コンポテスター (FHK 富士平工業) を使用して、堆肥の腐熟度を数値化したもの。

\*\*\*臭い識別装置 (島津製作所) を使用して、臭いの強さを相対的に数値化したもの。

\*\*\*\*検出下限値 1Bq/kg

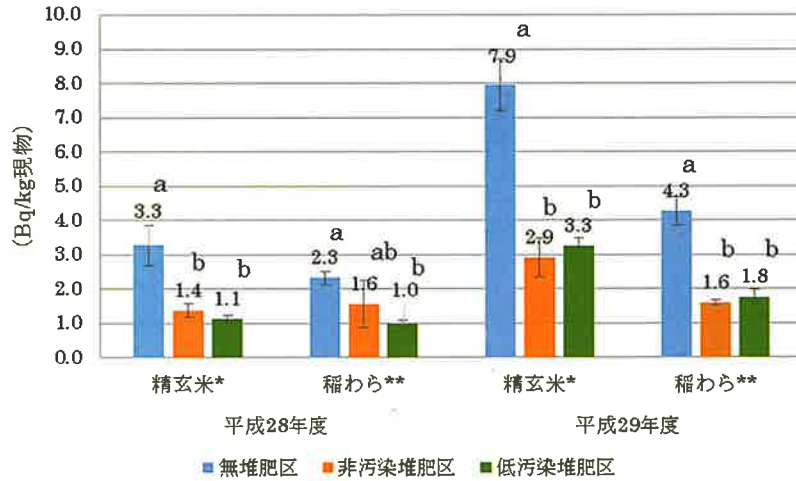


図2 コシヒカリの各試験区における生産物中の放射性セシウム濃度

異文字間に5%有意差あり。\*精玄米水分含量15%換算 \*\*稲わら水分含量80%換算

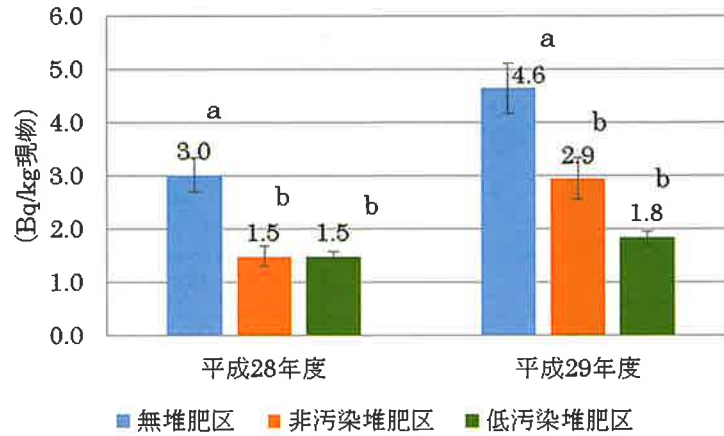


図3 べこあおば(黄熟期)の各試験区における稲全体の放射性セシウム濃度

異文字間に5%有意差あり。\*水分含量80%換算

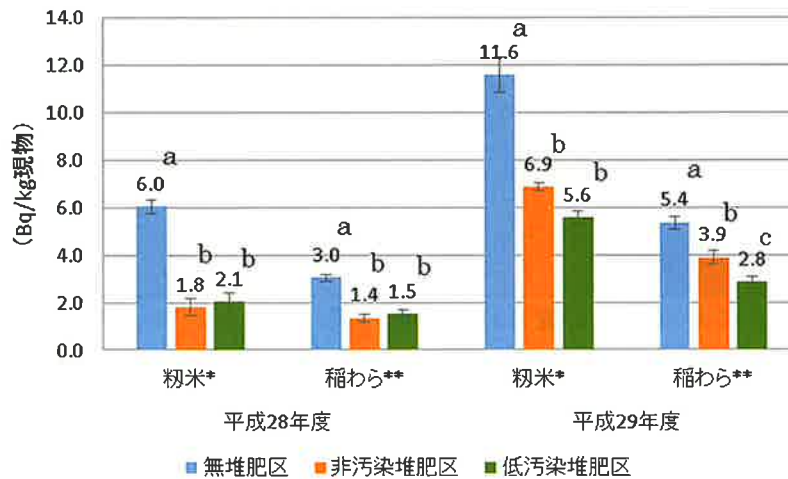


図4 べこあおば(成熟期)の各試験区における生産物中の放射性セシウム濃度

異文字間に5%有意差あり。\*粳米水分含量15%換算 \*\*稲わら水分含量80%換算

本パンフレットは、「堆肥施用による被災地の畑地・水田の地力回復等効果の持続性追跡調査事業」の推進委員会の監修により作成されました。

**【推進委員会名簿】**

(敬称略、あいうえお順)

- ◎上沢正志 公益財団法人 日本肥糧検定協会 顧問
- 太田 健 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 水田作移行低減グループ長
- 高橋 茂 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 水田作研究領域長
- 服部 実 福島県農業総合センター 生産環境部長 (平成 28 年度)
- 根本文宏 福島県農業総合センター 生産環境部長 (平成 29 年度)

◎座長

**【執筆者名簿】**

- 小堤悠平 (一財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 研究員
- 畠中哲哉 (一財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 嘱託
- 國分洋一 福島県農業総合センター畜産研究所 飼料環境科 専門員

## 畜産環境技術研究所 所在地



堆肥施用による被災地の畑地・水田の地力回復等効果の持続性追跡調査事業  
(家畜排せつ物堆肥を用いた天地返し畑地の地力回復及び水田への堆肥施用効果)

平成 30 年 3 月 14 日発行

発行：一般財団法人 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 3 階)

TEL 03-3459-6300 / FAX 03-3459-6315

編集および連絡先：一般財団法人 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

ホームページ：http://www.chikusan-kankyo.jp