



日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

暫定許容値(400Bq/kg)以下の 牛ふん堆肥の水田施用調査

(平成25・26年度牛由来堆肥被災地水田施用実証等事業)



平成27年3月
一般財団法人 畜産環境整備機構

まえがき

放射性セシウムに汚染された家畜排せつ物堆肥については、肥料等の暫定許容値（400Bq/kg）を下回る堆肥であっても、放射性セシウムに対する不安から、特に水田での利用が大きく減少しています。このため、耕畜連携が阻害され、畜産農家においては堆肥の滞留が深刻な問題となっており、その滞留解消を図ることが畜産の営農継続の面で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り、貴重な有機質資源となっています。この報告は、平成25、26年度に実施しました400Bq/kg以下の低汚染堆肥の水田への施用および非汚染水田土壤に、放射性セシウム濃度が異なる牛ふん堆肥を施用した場合について、水稻への放射性セシウムの移行及び水田土壤中の放射性セシウムの動向に及ぼす影響についての調査をまとめたものです。その結果を公表することで、堆肥の安全性の確保と利用促進を図るものです。

本報告が、被災地の水田や畜産の復興の一助となれば幸甚であります。

平成27年3月

一般財団法人 畜産環境整備機構

目 次

1. 暫定許容値（400Bq/kg）以下の牛ふん堆肥の水田施用調査の概要 （現地水田試験）	3
2. 非汚染水田土壤に汚染濃度の異なる牛ふん堆肥の水田施用調査の概要 （ハウス内ポット試験）	4
3. 暫定許容値（400Bq/kg）以下の牛ふん堆肥の水田施用調査の詳細	
1) 試験目的	5
2) 試験方法	5
3) 試験結果	13
(1) 牛ふん堆肥の成分分析値と放射性セシウム濃度	13
(2) 栽培前の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度	13
(3) コシヒカリの精玄米収量と放射性セシウム濃度	16
(4) ベコあおば（黄熟期）の稻全体の収量と放射性セシウム濃度	21
(5) ベコあおば（成熟期）の生産物収量と放射性セシウム濃度	24
(6) 試験中の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度の推移	27
(7) 各生産物中の DCAD 値とカリウム濃度	29
(8) まとめ	32
4. 非汚染水田土壤に汚染濃度の異なる牛ふん堆肥の水田施用調査の詳細	
1) 試験目的	33
2) 試験方法	33
3) 試験結果	37
(1) 牛ふん堆肥の成分分析値	37
(2) 栽培前の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度	37
(3) コシヒカリの精玄米と稻ワラ収量および放射性セシウム濃度	38
(4) 栽培後の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度	42
(5) まとめ	44
5. 引用文献	45

本書の用語や単位について

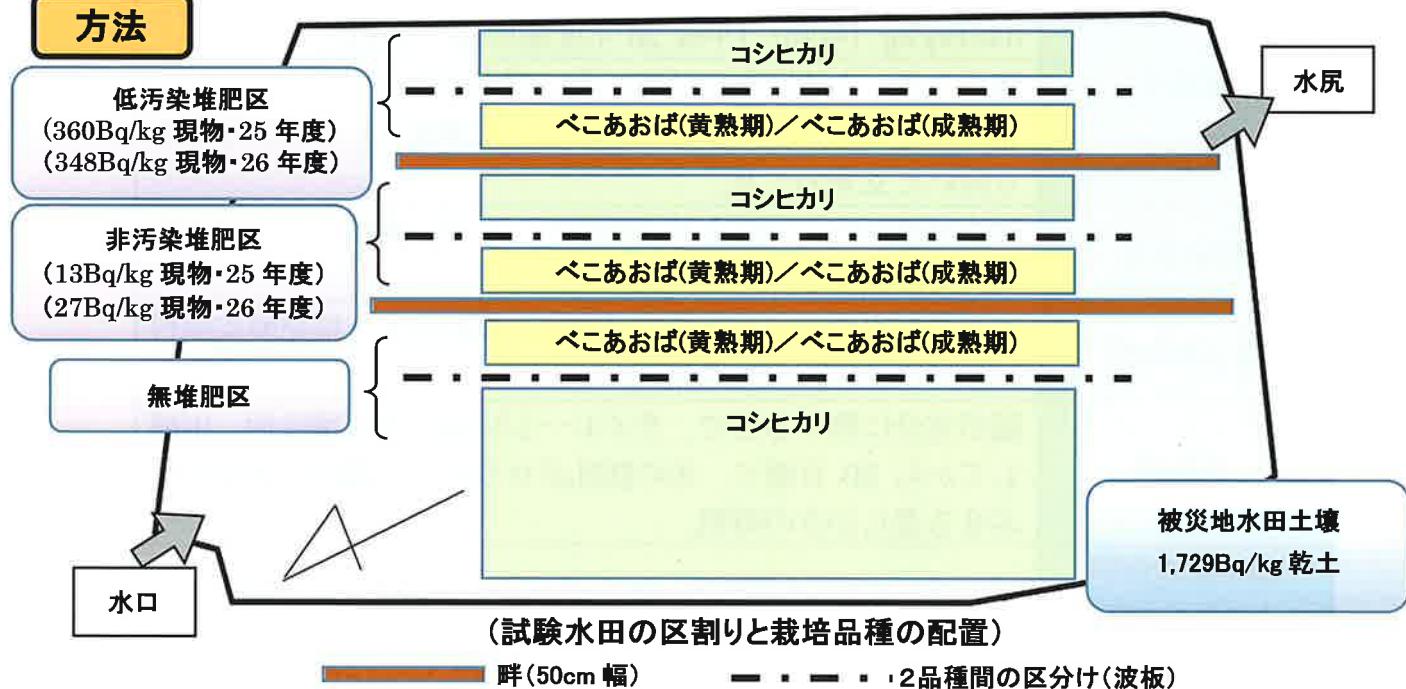
項目	内容
非汚染堆肥	13Bq/kg（現物）（平成25年度施用時） 27Bq/kg（現物）（平成26年度施用時）の堆肥。
低汚染堆肥	360Bq/kg（現物）（平成25年度施用時） 348Bq/kg（現物）（平成26年度施用時）の堆肥。
粗玄米	糊すり後、ふるいをかけていない玄米のこと。
精玄米	粗玄米を1.8mmメッシュのふるいで選別し、くず米等を取り除いた玄米のこと。
栽植密度	単位面積あたりの植え付け株数のことで、面積÷（条間×株間）で計算する。
べこあおば	東北中部以南に適した大粒品種で、飼料用米と稻発酵粗飼料（サイレージ）の兼用品種。
黄熟期	稻が完全に熟する前で、サイレージに適した収穫時期。出穂してから30日頃で、米の胚乳がロウ状で、穀粒が容易につぶせる柔らかさの時期。
稻発酵粗飼料 (イネWCS)	稻の実と茎葉を同時に収穫しサイレージ発酵させた飼料。
飼料用米	飼料用に用いる糊米および玄米。全粒もしくは破碎して飼料として給与する。
放射性セシウム 濃度	セシウム134とセシウム137の合計値で示した。 単位は、Bq/kgを用い、測定対象の重量は現物（生産物や堆肥そのままの重量）とし、土壌は乾土（水分0%）とした。
移行係数	移行係数 = $\frac{\text{生産物中の放射性セシウム (Bq/kg 現物)}}{\text{栽培後土壌の放射性セシウム (Bq/kg 乾土)}}$
堆肥の暫定許容値	堆肥を長期間施用し続けても、施用した農地土壌中の放射性セシウム濃度が原発事故前の濃度の範囲内に収まる水準として、400Bq/kg現物が設定されている。
カリウム	加里と表記している場合は、K ₂ Oで、カリウムと表記している場合は、Kを意味している。
DCAD (カチオン・アニオンバランス)	Dietary Cation-Anion Differenceの略称で飼料中の陽イオン(Cation)と陰イオン(Anion)の電位差として示される。 DCAD値(mEq/100gDMI)=(Na%/0.023+K%/0.039)-(Cl%/0.036+S%/0.016)

1. 暫定許容値(400Bq/kg)以下の牛ふん堆肥の水田施用調査の概要(現地水田試験)

目的

暫定許容値(400Bq/kg)以下の牛ふん堆肥を被災地水田に2年間連用(1t/10a)した場合について、生産物への影響を調査する。

方法



結果

		放射性セシウム濃度(Bq/kg)				
		コシヒカリ		ベニアオバ (黄熟期)	ベニアオバ (成熟期)	
		精玄米*	稻ワラ**	稻全体**	糊米*	稻ワラ**
平成 25 年度	無堆肥区	3.6 ^a	2.9	3.8 ^a	9.1 ^a	5.3 ^a
	非汚染堆肥区	2.1 ^b	1.9	3.1 ^b	6.3 ^b	3.8 ^b
	低汚染堆肥区	2.0 ^b	2.9	2.9 ^b	6.0 ^b	3.6 ^b
平成 26 年度	無堆肥区	7.0 ^a	4.3 ^a	5.8 ^a	14.4 ^a	6.9 ^a
	非汚染堆肥区	2.5 ^b	1.8 ^b	2.1 ^b	4.6 ^b	2.5 ^b
	低汚染堆肥区	1.3 ^c	1.2 ^c	2.0 ^b	5.1 ^b	2.8 ^b

a~c:異符号間で有意な差が有りました($P < 0.05$)。

*水分含量を 15.0% に補正しました。

**水分含量を 80.0% に補正しました。



- 暫定許容値以下ならば、低汚染・非汚染のどちらの堆肥でも生産物中の放射性セシウム濃度に差はありませんでした。
- 牛ふん堆肥の施用(低汚染・非汚染堆肥区)は、無堆肥区にくらべて生産物中の放射性セシウム濃度が低下しました。

2. 非汚染水田土壌に汚染濃度の異なる牛ふん堆肥の水田施用調査の概要(ハウス内ポット試験)

目的

非汚染水田土壌(24Bq/kg乾土)に、放射性セシウム濃度が異なる牛ふん堆肥を2年間連用(1t/10a)した場合について、生産物への影響を調査する。

方法



	施用する牛ふん堆肥の放射性セシウム濃度(Bq/kg 現物)	
区分	平成 25 年度	平成 26 年度
非汚染堆肥区 (対照区)	13	27
低汚染堆肥区	360	348
中汚染堆肥区	769	740
高汚染堆肥区	1289	1259

試験は、4 処理区 × 4 反復としました。

結果

	生産物の放射性セシウム濃度(Bq/kg 現物)			
	平成 25 年度*		平成 26 年度*	
	精玄米**	稻ワラ***	精玄米**	稻ワラ***
非汚染堆肥区	ND	0.5	ND	0.7
低汚染堆肥区	ND	0.9	ND	0.3
中汚染堆肥区	ND	0.8	ND	0.4
高汚染堆肥区	ND	0.6	ND	0.6

*精玄米と稻ワラの収量は、全処理区間で有意な差はありませんでした ($P < 0.05$)。

**精玄米については、水分含量 15% のとき、検出下限値 1Bq/kg 未満で ND でした。

***稻ワラの放射性セシウム濃度は、全処理区間で有意な差はありませんでした ($P < 0.05$)。また、稻ワラの測定値は、水分含量を 80.0% に補正した値です。



非汚染水田土壌に、放射性セシウムを含む堆肥を連用しても、生産物の収量および放射性セシウム濃度には影響を及ぼさないと考えられました。

3. 暫定許容値 (400Bq/kg) 以下の牛ふん堆肥の 水田施用調査の詳細

1) 試験目的

暫定許容値 400Bq/kg 以下の牛ふん堆肥を被災地水田に 2 年間施用した場合について、放射性セシウムの水稻（食用品種および飼料用品種）への移行、水稻の生育及び土壤中での放射性セシウムの動態を調査し、低汚染堆肥が及ぼす影響を明らかにすることを目的としました。

2) 試験方法

被災地の水田（約 22a、黒ボク土）を無堆肥区、非汚染堆肥区、低汚染堆肥区の 3 区画に畦で区切って分け、食用品種（コシヒカリ）及び飼料用品種（べこあおば）を栽培しました（図 1）。

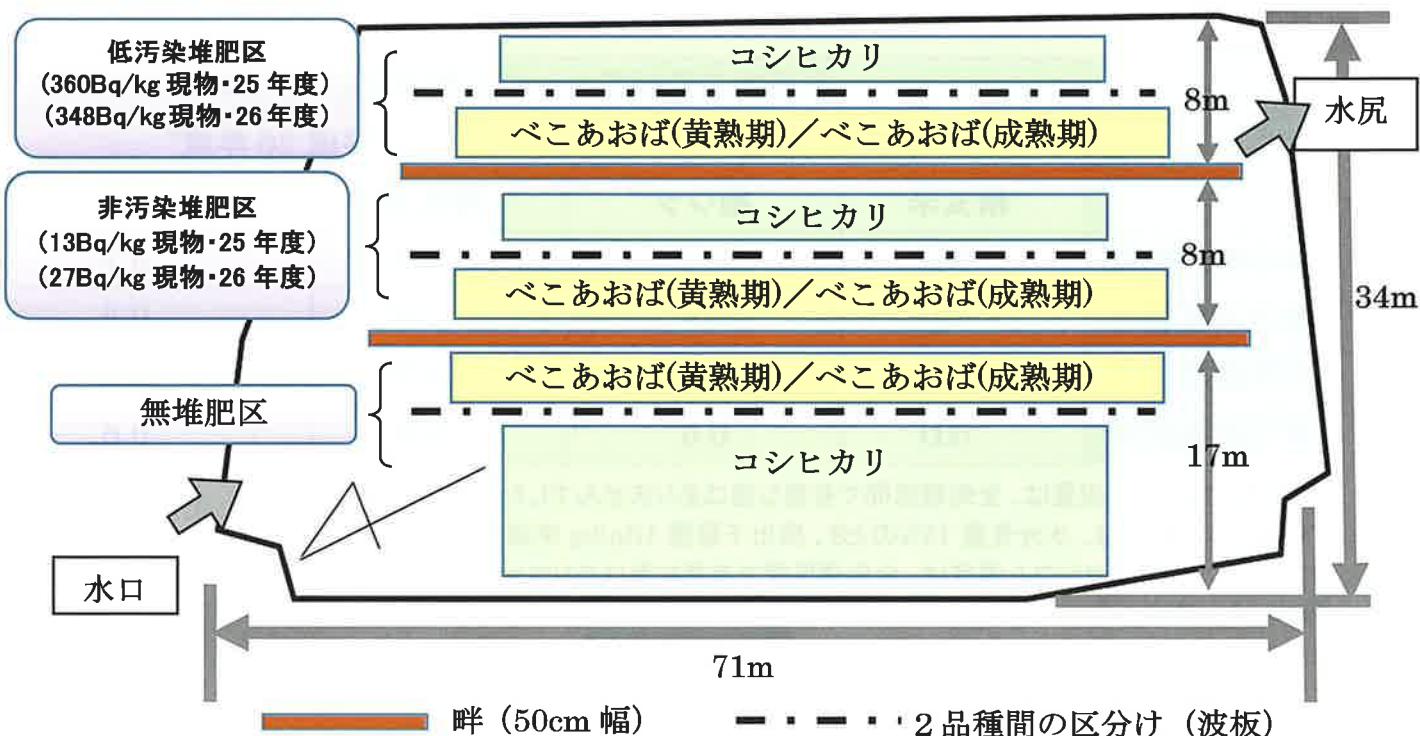


図 1 試験水田の区割りと栽培品種の配置

平成 25 年度と 26 年度に行った作業日程を表 1、2 に示し、栽培に関する基本的な情報を表 3 に記載しました。移植直後の様子と波板の設置（平成 26 年度のみコシヒカリとベコあおばの間を仕切りました）状況を写真 1 に示しました。

コシヒカリの栽培では、平成 25 年度に被覆肥料（有機一発 209、窒素 12% : りん酸 10% : 加里 9% 含む）10a 当たり 40kg を田植機にて側条施用しましたが、平成 26 年度に被覆肥料（てまいらず 505、窒素 15% : りん酸 20% : 加里 15% 含む）10a 当たり 20kg を田植機にて側条施用しました。いずれも追肥は行いませんでした。ベコあおば（黄熟期と成熟期）の栽培では、平成 25、26 年度ともに、被覆肥料（ハイセラ N25、窒素 25% : りん酸 10% : 加里 10% 含む）10a 当たり 40kg を田植機にて側条施用しました。追肥は行いませんでした。

コシヒカリとベコあおばの栽植密度は、18.5 株/m²（条間 30cm × 株間 18cm）としました。堆肥の施用量は、10a 当たり 1t としました（参考：福島県中通り地域のコシヒカリ施用上限値）。

平成 25 年度の収量調査は、一処理区あたり 3 か所の坪刈り（77 株/5.2m²/坪）を行い、平成 26 年度は、一処理区あたり 3 か所の坪刈り（60 株/4.2m²/坪）を行いました。各生産物の収量は 10a あたりに換算しました。稲ワラの放射能を測定する場合は、収穫時の土壤等の混入を防ぐために、刈り取り高さを 15cm 以上が推奨されているため（文献 1）、地上 15cm 以上で刈り取りをしました（写真 2）。

稲刈り後の作物の風乾方法は、平成 25 年度は、ビニールハウス内で乾

燥を行い（写真3）、米麦水分計（ライスタf、ケツト科学、東京）を使用して玄米の水分含量が15.0%になったときに乾燥を終了させました。平成26年度は、収穫物の稻ワラは大型乾燥機（JMB-26DPA、株式会社カトー、埼玉）（写真4）による乾燥（90℃、72時間）を行い、糜米はデジタル熱風乾燥器（18-503、池本理化工業株式会社、東京）による乾燥（45℃、24時間）を行いました。

低汚染堆肥の調製方法は、平成25、26年度とともに、高濃度に汚染された堆肥を、非汚染堆肥に混合して調製しました。また、稻刈り後の稻ワラは、平成25、26年度とともに、水田より全量持ち出し、残った稻株のみすき込みを行いました。

調査項目は、各生産物の収量、各生産物中の放射性セシウム濃度及び水田土壤中の放射性セシウム濃度、放射性セシウムの各生産物中への移行係数、DCAD（イオン・カチオンバランス）値およびカリウム濃度としました。また、放射性セシウム濃度は、各生産物や土壤の採取日に減衰補正しました。

表1 各試験区の作業日程（平成25年度）

作業内容	コシヒカリ	べこあおば(黄熟期)	べこあおば(成熟期)
播種	4月13日		4月17日
堆肥施用		5月13日	
耕耘		5月14日	
水入れ		5月16日	
代掻き		5月17日	
移植施肥*		5月23日	
収穫	9月30日	9月6日	9月30日

*被覆肥料は、移植日に側条施肥しました。

表2 各試験区の作業日程（平成26年度）

作業内容	コシヒカリ	べこあおば(黄熟期)	べこあおば(成熟期)
播種	4月12日		4月19日
堆肥施用		4月22日	
耕耘*		5月11日	
水入れ		5月12日	
代掻き		5月14日	
移植施肥**		5月16日	
収穫	9月24日	9月3日	9月24日

*塩化加里は、耕耘日に施肥しました。

**被覆肥料は、移植日に側条施肥しました。

表3 平成25、26年度の栽培に関する情報

第
章

栽培品種	コシヒカリ		べこあおば (黄熟期)		べこあおば (成熟期)		
試験年度	平成25 年度	平成26 年度	平成25 年度	平成26 年度	平成25 年度	平成26 年度	
被覆肥料名*	有機一発 209	てまいらず 505	ハイセラ N25				
成分 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) (施肥量)	12-10-9 (40kg/10a)	15-20-15 (20kg/10a)	25-10-10 (40kg/10a)				
塩化加里 (施肥量) **	—	20kg/10a	—	20kg/10a	—	20kg/10a	
追肥の有無	無						
除草剤名 (散布量)	ソルネット (1kg/10a)						
殺虫殺菌剤名 (散布量)	Dr.オリゼ (約50g/苗箱)		—				
牛ふん堆肥 (施用量)	1t/10a						
堆肥の放射性 セシウム濃度	平成25年度 (非汚染堆肥区堆肥: 13Bq/kg、低汚染堆肥区堆肥: 360Bq/kg) 平成26年度 (非汚染堆肥区堆肥: 27Bq/kg、低汚染堆肥区堆肥: 348Bq/kg)						
栽植密度	18.5 株/m ² (条間 30cm×株間 18cm)						
稻ワラの刈り 取り高さ	地上 15cm 以上						
収穫後の乾燥 方法	ビニール ハウス内での 天日乾燥	乾燥機によ る強制乾燥	ビニール ハウス内での 天日乾燥	乾燥機によ る強制乾燥	ビニール ハウス内での 天日乾燥	乾燥機によ る強制乾燥	

*被覆肥料は、移植日に側条施肥としました。

**塩化加里は、耕耘日に施肥したが、平成25年度は、土壤中の交換性加里含量が25mg/100gを満たしていたため、施肥を行いませんでした。



写真1 移植直後の試験水田と波板の設置状況（平成 26 年度）



写真2 収穫（坪刈り）の様子（刈り高15cm）（平成26年度）



写真3 収穫後のビニールハウス内の天日乾燥の様子（平成25年度）



写真4 収穫後の大型乾燥機による乾燥の様子（平成26年度）

3) 試験結果

(1) 牛ふん堆肥の成分分析値と放射性セシウム濃度

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を表4に示しました。平成25、26年度に使用した牛ふん堆肥は、酸素消費量が低く、発芽率が高いことから、十分に腐熟が進んだ堆肥と考えられます。この堆肥を現物で10aあたり1t施用したときの肥料三要素の全量は、窒素18.5kg、りん酸9.0kg、加里15.0kg（平成25年度）、窒素22.0kg、りん酸8.0kg、加里13.0kg（平成26年度）になります。このうち化学肥料相当分の含量（肥効率）を、窒素10%、りん酸80%、加里90%とすると（文献2）、化学肥料相当分は、窒素2kg、りん酸7kg、加里14kg（平成25年度）、窒素2kg、りん酸6kg、加里12kg（平成26年度）となります。この試験では、被覆肥料を3つの区に同量施用したため、堆肥を施用した区は、この分が上乗せになっています。

(2) 栽培前の水田土壌成分分析値と放射性セシウム濃度

堆肥施用前の作土層（深さ0～15cm）と耕盤層（深さ15～20cm）の成分分析結果と放射性セシウム濃度を表5に示しました。耕盤層に比べ作土層の放射性セシウム濃度が高くなっていました。これは、福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウムが降下し、その多くは土壤表面付近に存在しますが、耕起による攪拌や水の移動により一部が耕盤層に移行したためと考えられます。また、平成25年度に作土層の交換性加里含量が42.1mg/100gと高くなっていました。これは、前作の栽培前に、福島県の放射性セシウム吸収抑制対策として通常施肥に加えて塩化加里20kg/10aを基肥として施肥したこと、栽培後後に、肉牛ふん堆肥（副資材にぬかとワラを使用）を2t/10a施用したことによると考えられました。また、肉牛ふん堆肥とともに、マドラグアノ（サンゴ鉱石）も施用していました。土壤中の交換性加里含量を25mg/100g程度になるように土壤改良することで、放射性セシウムの玄米への移行を低減できることが報告されており（文献3）、平成25年度の土壤は、施肥前の時点でこの条件を満たしていました。平成26年度は、栽培前の作土層の交換性加里含量は、17.3mg/100gであったため、25mg/100gとするよう、塩化加里20kg/10aを吸収抑制対策として施肥しました（表3）。

表4 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25年度	平成26年度	
水分		51.2	46.2	%
灰分		22.9	23.0	% (乾物)
pH		7.9	7.7	
EC (電気伝導度)		5.2	4.6	mS/cm
窒素		3.8	4.1	% (乾物)
りん酸		1.8	1.4	% (乾物)
カリ		3.1	2.5	% (乾物)
石灰		3.9	3.6	% (乾物)
苦土		1.8	1.7	% (乾物)
ADF (酸性デキストラクト纖維)*		51.0	52.6	% (乾物)
炭素率 (C/N比)		10.9	10.2	
銅全量		56	56	mg/kg (乾物)
亜鉛全量		180	170	mg/kg (乾物)
鉄全量		2,200	1,900	mg/kg (乾物)
マンガン全量		770	580	mg/kg (乾物)
発芽率		97	100	%
酸素消費量**		3.1	2.5	mg/g/min
臭気指数相当値***		20	28	
放射性 セシウム	非汚染堆肥	13	27	Bq/kg (現物)
	低汚染堆肥	360	348	Bq/kg (現物)

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

**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です。

***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です。

表5 栽培前の水田土壤の成分分析値と放射性セシウム濃度

第
章

検査項目	検査結果				
	平成25年度*		平成26年度**		
	作土層 (0~15cm)	耕盤層 (15~20cm)	作土層 (0~15cm)	耕盤層 (15~20cm)	
pH	5.8	5.9	6.3	6.4	
EC	0.15	0.13	0.07	0.06	mS/cm
可給態りん酸	9.6	11.8	11.6	10.7	mg/100g (乾土)
交換性カリ	42.1	10.8	17.3	17.0	mg/100g (乾土)
交換性苦土	20.8	17.7	19.4	16.8	mg/100g (乾土)
交換性石灰	309.8	226.9	294.9	260.9	mg/100g (乾土)
CEC	28.0	24.9	32.5	31.0	meq/100g (乾土)
放射性 セシウム	1,821±230	151±209	1,729±249	19±69	Bq/kg (現物)

*土壤は各9地点より採取し、データはその平均値としました。

**土壤は各27地点より採取し、データはその平均値としました。

(3) コシヒカリの精玄米収量と放射性セシウム濃度

平成 26 年度の栽培中の試験水田の様子を写真 4、5 に示しました。平成 25 年度は、病気等の発生はありませんでしたが、平成 26 年度のべこあおばに、イネばか苗病と稻こうじ病の発生が認められました。病気が発生したのは、研究機関から提供された種子をそのまま種子消毒しないで播種したためと推定されます。

精玄米収量の結果を図 2 に示しました。平成 25 年度のコシヒカリの堆肥施用区は、8 月の台風で倒伏し、倒伏程度は 3.5／4 段階でした。無堆肥区は倒伏しませんでした。平成 25 年度の堆肥施用区の精玄米収量は、無堆肥区にくらべて有意に収量が低下し、平成 25 年度の全国平均とくらべても低い結果となりました。これは、倒伏による落粒が原因であることが考えられました。平成 26 年度の非汚染堆肥施用区の精玄米収量は、無堆肥区にくらべて有意に収量が増加しました。無堆肥区は、全国平均とくらべると低い収量でしたが、堆肥施用区は全国平均と同等以上の収量となりました。

稻ワラ収量の結果を図 3 に示しました。平成 25 年度のコシヒカリの堆肥施用区は、先に説明したように台風の影響で倒伏しましたが、稻ワラの収量は無堆肥区にくらべて有意に高くなりました。これは堆肥の施用によって、稻ワラ部分の生育が促進されたことが考えられました。平成 26 年度の低汚染堆肥区の稻ワラ収量は、非汚染堆肥区にくらべて有意に低くなりました。

生産物中の放射性セシウム濃度を図 4 に示しました。平成 25 年度の精玄米の放射性セシウム濃度は、堆肥を施用した非汚染堆肥区と低汚染堆肥区が、無堆肥区にくらべて有意に低下しました。平成 26 年度の精玄米と

稻ワラの放射性セシウム濃度は、無堆肥区が最も高く、続いて非汚染堆肥区と低汚染堆肥区と有意に低下しました。

精玄米と稻ワラへの放射性セシウムの移行係数を表 6 に示しました。平成 25 年度の精玄米の放射性セシウムの移行係数は、堆肥を施用した非汚染堆肥区と低汚染堆肥区が、無堆肥区にくらべて有意に低下しました。平成 26 年度の精玄米と稻ワラの放射性セシウムの移行係数は、無堆肥区が最も高く、続いて非汚染堆肥区と低汚染堆肥区と有意に低下しました。

平成 26 年度の低汚染堆肥区の稻ワラ収量は、非汚染堆肥区にくらべて有意に低くなりました(図 3)。ここで行った農家ほ場による実証試験は、試験場やポット試験のような精密な試験ではありません。無堆肥区、非汚染堆肥区、低汚染堆肥区の 3 つの処理区は、1 つの水田を三分割したものであり、1 区画内で複数のサンプルを採取して統計処理を行いました。したがって、水田の中の位置関係による影響、例えば、水口と水尻の位置、方角との関係、栽培作業のばらつきなども、有意な差の要因に含まれています。次の章にて述べる、より精密な試験であるポット試験では、より濃度の高い放射性セシウムを含む堆肥の施用でも稻ワラの収量に影響していません。今回の試験で見られた試験区間の収量の差は、堆肥以外の要因で、水田の中の位置関係によるものだと考えられます。

これらの結果より、堆肥の施用は放射性セシウムの移行を低下させ、暫定許容値 400Bq/kg 以下の牛ふん堆肥ならば水田に連用(1t/10a)しても、生産物への放射性セシウム濃度を高めることはないと考えられました。



写真4 成熟期の試験水田の全体（平成26年度）



写真5 成熟期のコシヒカリとべこあおば（平成26年度）

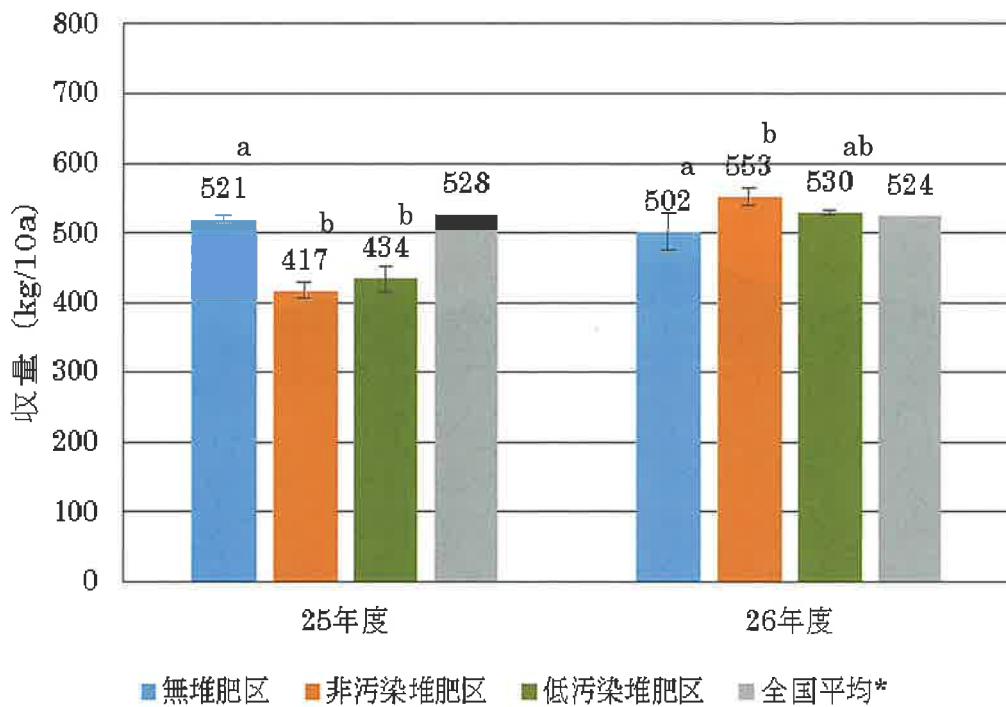


図2 各試験区のコシヒカリの精玄米風乾収量

*文献4 平成25、26年産水陸稻の収穫量（ふるい目幅1.8mm選別収穫量）を参照しました。

a～b：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

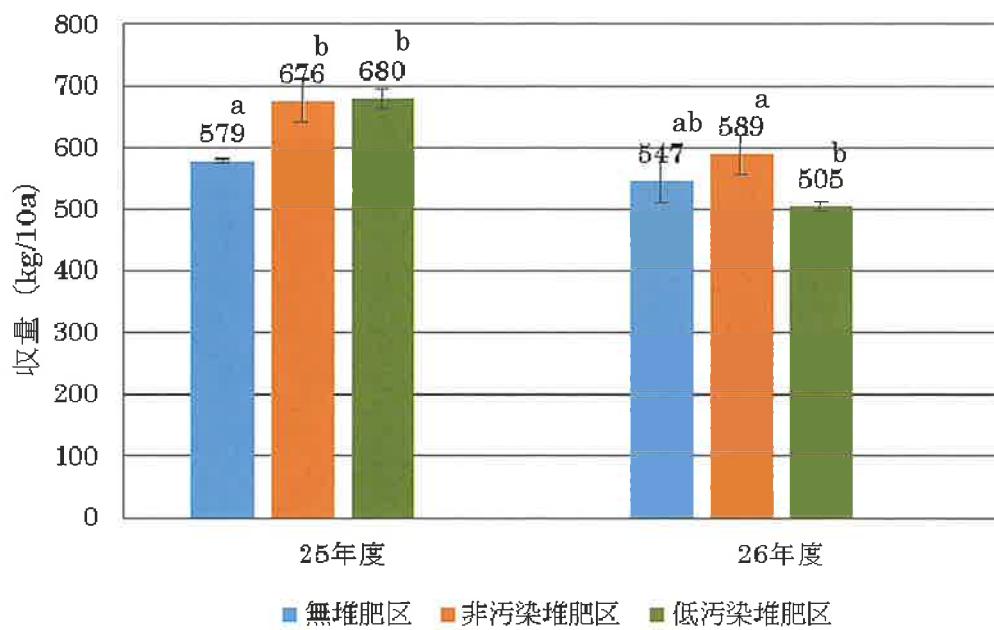


図3 各試験区のコシヒカリの稻ワラ風乾収量

a～b：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

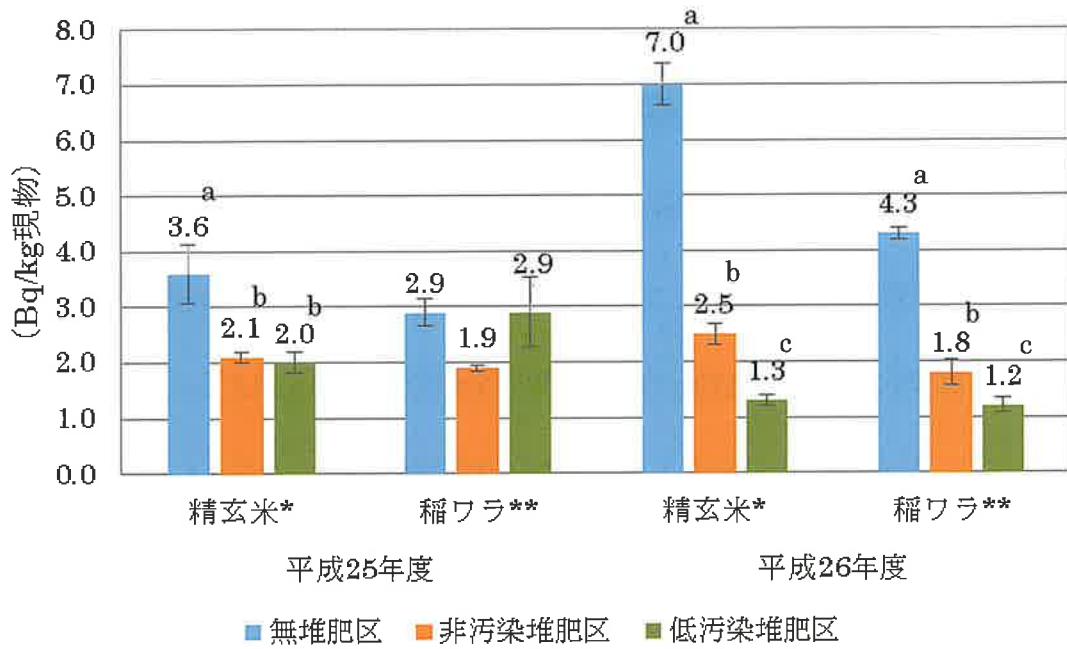


図4 コシヒカリの各試験区における生産物中の放射性セシウム濃度
a～c：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

*水分含量を 15.0% に補正しました (日本食品標準成分表(2010))。

**水分含量を 80.0% に補正しました (農林水産省 牛用飼料の暫定許容値)。

表6 土壤からコシヒカリの各生産物への放射性セシウムの移行係数

試験区	移行係数			
	平成25年度		平成26年度	
	精玄米*	稻ワラ**	精玄米*	稻ワラ**
無堆肥区	0.0022 ^a ±0.00033	0.0018 ±0.00015	0.0039 ^a ±0.00025	0.0024 ^a ±0.00005
	0.0012 ^b ±0.00005	0.0011 ±0.00003	0.0014 ^b ±0.00049	0.0011 ^b ±0.00014
低汚染堆肥区	0.0013 ^b ±0.00011	0.0019 ±0.00040	0.0008 ^c ±0.00009	0.0007 ^c ±0.00009

a～c：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

*日本土壤肥料学会は、土壤から白米への放射性セシウムの移行係数は 0.00021 ~0.012 と報告していました。

(4) ベコアオバ（黄熟期）の稻全体の収量と放射性セシウム濃度

平成 25、26 年度のイネ WCS としての利用を想定（稻全体）したベコアオバ（黄熟期）の収量を図 5 に示しました。ベコアオバ（黄熟期）の収量は、秋田県で栽培された時の収量 1,611kg/10a（黄熟期全乾物重を水分 15% に改変、文献 5）とくらべて、平成 25、26 年度の各試験区の稻全体収量はいずれも低い収量となりました。これは、地上 15cm で刈り取った影響も考えられました（秋田県の刈り取り高さは地上 0cm）。

非汚染堆肥を施用すると、平成 25 年度の稻全体の収量は、無堆肥区にくらべて同程度で、平成 26 年度は有意に増加しました。平成 25、26 年度の低汚染堆肥区の稻全体収量は、他の区にくらべて有意に低くなりました。この原因もまた、コシヒカリの章で述べたように（17 ページ）、施用した堆肥の放射性セシウム濃度の違いが収量に影響を与えた可能性は低いと考えられます。

ベコアオバ（黄熟期）の各試験区における稻全体の放射性セシウム濃度を図 6 に示しました。平成 25、26 年度ともに堆肥を施用した非汚染堆肥区と低汚染堆肥区が、無堆肥区にくらべて有意に低下しました。放射性セシウムの移行係数でも、堆肥を施用した区が無堆肥区にくらべて有意に低下しました（表 7）。

これらの結果より、堆肥の施用は放射性セシウムの移行を低下させ、暫定許容値 400Bq/kg 以下の牛ふん堆肥ならば水田に運用（1t/10a）しても、イネ WCS への放射性セシウム濃度を高めることはないと考えされました。

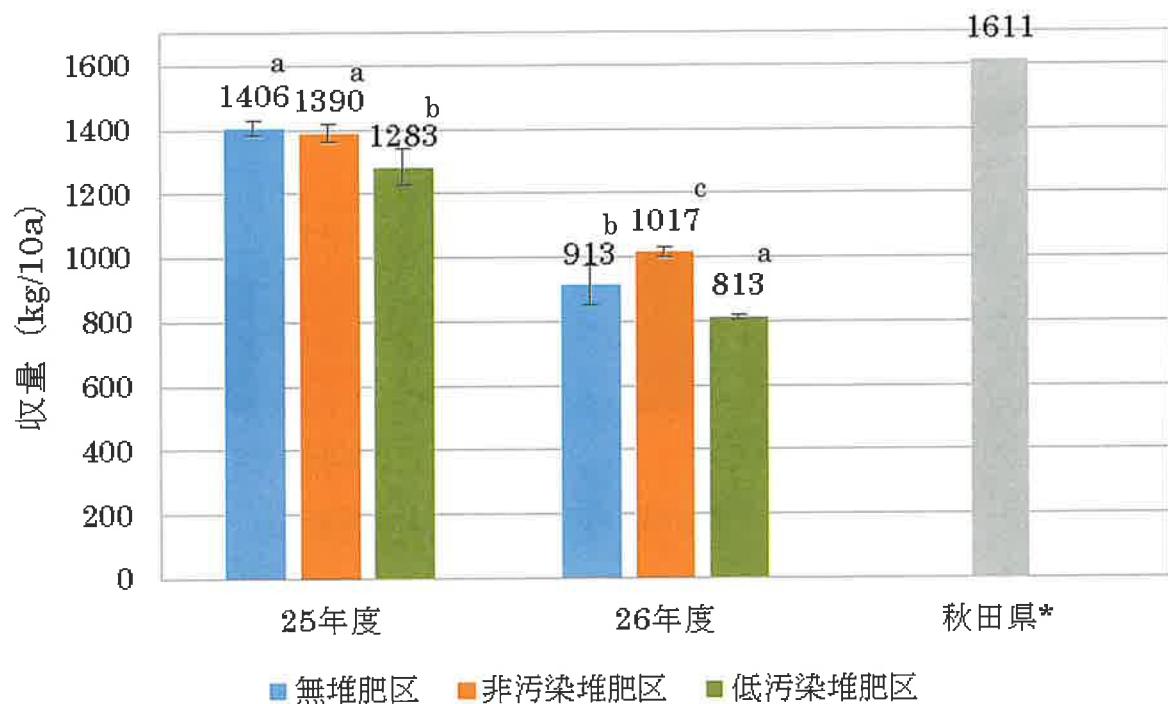


図5 各試験区のべこあおば（黄熟期）の稻全体風乾収量

*文献5 秋田県べこあおば（黄熟期乾物全重）収量データを改変しました。

a～c：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

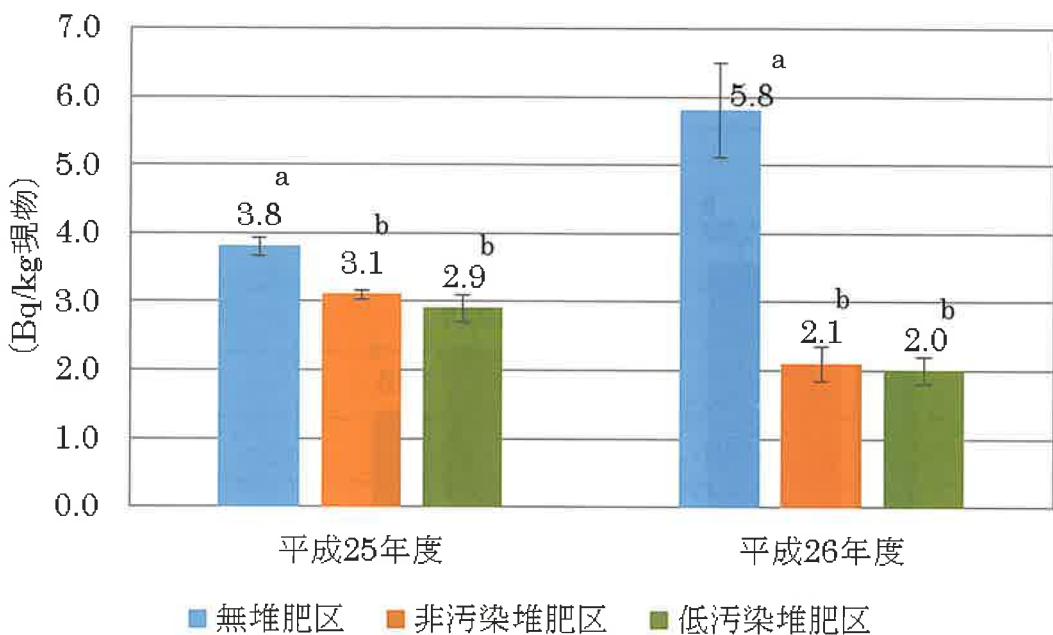


図6 ベコあおば（黄熟期）の各試験区における稲全体の放射性セシウム濃度
a~b：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

*水分含量を80.0%に補正しました（農林水産省 牛用飼料の暫定許容値）。

表7 土壤からベコあおば（黄熟期）稲全体への放射性セシウムの移行係数

試験区	稲全体の移行係数	
	平成25年度	平成26年度
無堆肥区	0.0023 ^a ±0.00008	0.0033 ^a ±0.00039
非汚染堆肥区	0.0018 ^b ±0.00005	0.0012 ^b ±0.00014
低汚染堆肥区	0.0019 ^b ±0.00013	0.0012 ^b ±0.00013

a~b：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

(5) ベコアオバ（成熟期）の生産物収量と放射性セシウム濃度

平成 25、26 年度のベコアオバ（成熟期）の飼料用糀米と稻ワラの各収量を図 7、8 に示しました。山形県の糀米の収量データ（文献 6）とくらべて、両年とも各試験区の糀米は同等の収量となりました（図 7）。山形県の稻ワラの収量データ（文献 6）とくらべて、平成 25 年度の堆肥施用区は高く、無堆肥区の収量は低い傾向にありましたが、平成 26 年度のすべての区の稻ワラ収量は低い収量となりました（図 8）。

平成 25 年度の非汚染堆肥区の糀米収量は、他の区にくらべて有意に高く、堆肥施用区の稻ワラ収量は、無堆肥区にくらべて有意に高くなりました。平成 26 年度の非汚染堆肥区の糀米収量と稻ワラ収量は、他の区にくらべて有意に高くなりました。平成 26 年度の低汚染堆肥区の糀米と稻ワラ収量は、他の区にくらべて有意に低くなりました。この原因もまた、コシヒカリの章で述べたように（17 ページ）、施用した堆肥の放射性セシウム濃度の違いが収量に影響を与えた可能性は低いと考えられます。

平成 25、26 年度の各試験区における生産物中の放射性セシウム濃度を図 9 に示しました。平成 25、26 年度ともに、糀米と稻ワラの放射性セシウム濃度は、堆肥を施用した非汚染堆肥区と低汚染堆肥区が、無堆肥区にくらべて有意に低くなりました。

平成 25、26 年度の糀米と稻ワラへの放射性セシウムの移行係数を表 8 に示しました。平成 25、26 年度ともに、稻ワラへの放射性セシウムの移行係数は、糀米への移行係数よりも高くなりました。また、両年とも放射性セシウムの糀米と稻ワラへの移行係数でも、堆肥を施用した区が有意に低くなりました。

これらの結果より、堆肥の施用は放射性セシウムの移行を低下させ、暫定許容値 400Bq/kg 以下の牛ふん堆肥ならば水田に連用（1t/10a）しても、生産物への放射性セシウム濃度を高めることはないと考えられました。

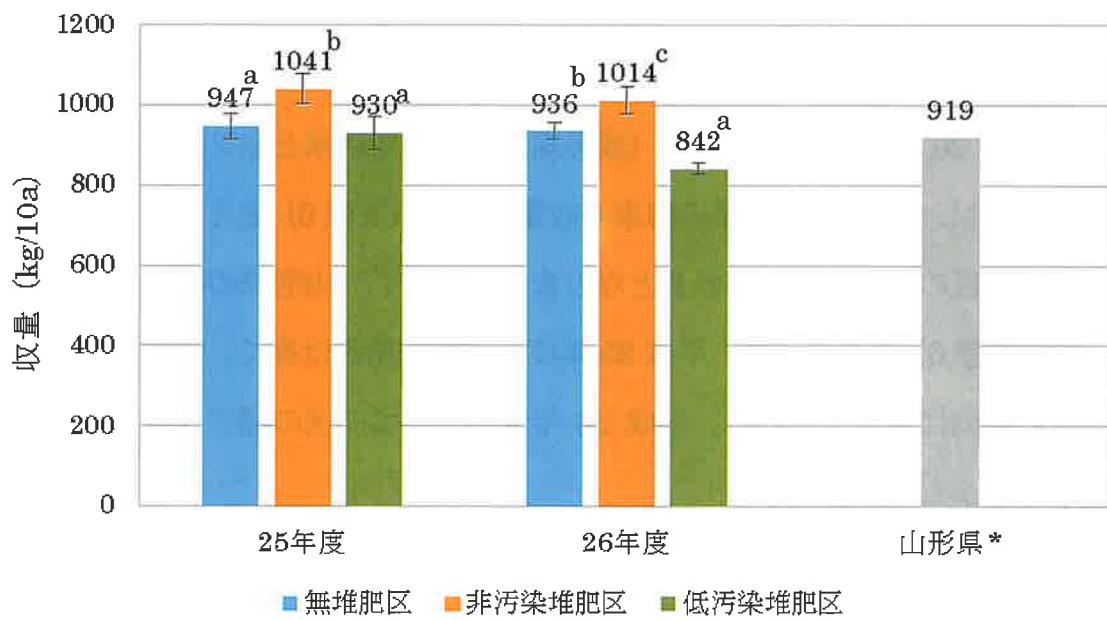


図 7 各試験区のべこあおば（成熟期）の穀米風乾収量

*文献 6 山形県べこあおば穀米(成熟期風乾)収量データを使用しました。
a~c : 異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

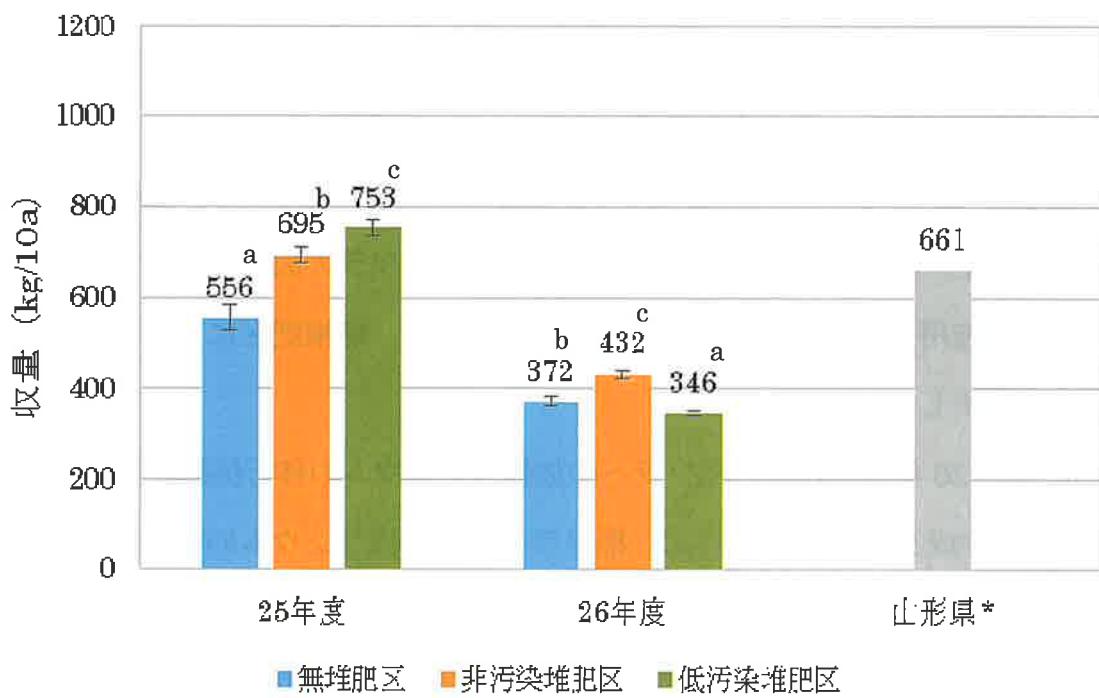


図 8 各試験区のべこあおば（成熟期）の稻ワラ風乾収量

*文献 6 山形県べこあおば稻ワラ(成熟期風乾)収量データを使用しました。
a~c : 異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

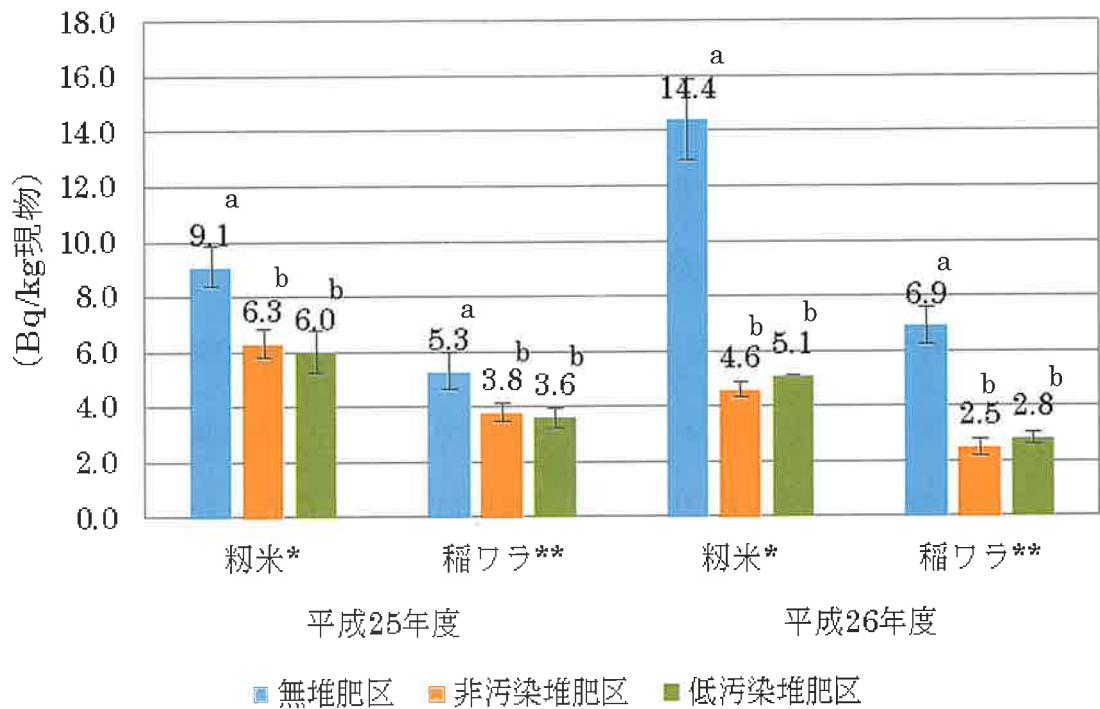


図9 ベコあおば(成熟期)の各試験区における生産物中の放射性セシウム濃度

a～b：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

*水分含量を15%に補正しました（日本食品標準成分表(2010)）。

**水分含量を80.0%に補正しました（農林水産省 牛用飼料の暫定許容値）。

表8 土壤からベコあおば（成熟期）の各生産物への放射性セシウムの移行係数

試験区	移行係数			
	平成25年度		平成26年度	
試験区	米糠	稲ワラ	米糠	稲ワラ
無堆肥区	0.0056 ^a ±0.00045	0.0033 ^a ±0.00034	0.0081 ^a ±0.00081	0.0039 ^a ±0.00037
	0.0037 ^b ±0.00031	0.0022 ^b ±0.00021	0.0027 ^b ±0.00016	0.0015 ^b ±0.00018
低汚染堆肥区	0.0038 ^b ±0.00050	0.0023 ^b ±0.00020	0.0032 ^b ±0.00012	0.0018 ^b ±0.00013

a～b：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

(6) 試験中の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度の推移

平成 25、26 年度の試験中の水田土壤成分分析値と放射性セシウムの推移を表 9 に示しました。平成 25 から 26 年度にかけて、堆肥施用区の作土層の交換性加里含量が、無堆肥区にくらべて有意に増加していました。また、堆肥の施用により、作土層の交換性加里含量は 10mg/100g(乾土)以下には低下しませんでした。これまでに述べてきたように、生産物中の放射性セシウム濃度は、堆肥を施用した区が無堆肥区よりも低くなりました（図 4、6、9）。平成 26 年度栽培後土壤（作土層）の無堆肥区の放射性セシウム濃度は、低汚染堆肥区にくらべて有意に高くなりましたが、その他の全ての区の作土層と耕盤層で放射性セシウム濃度には、大きな差は認められませんでした（表 9）。

牛ふん堆肥施用により、土壤中の交換性加里濃度を高めると、キャベツの放射性セシウム濃度が低減する傾向があり、また、3t/10a 継続的に施用することにより、土壤からの飼料用トウモロコシへの放射性セシウムの移行を、施用しない場合に比べ 40%程度抑制できたことが報告されています（引用文献 7、8）。したがって、今回の試験においても、生産物の放射性セシウム濃度の低下は、堆肥施用による土壤中の交換性加里含量の増加がひとつつの要因であると考えられました。

表 9 試験期間中の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度の推移

試料採取日*	採取場所	試験区	pH (mS/cm)	可給態 りん酸**	交換性 加里**	交換性 苦土**	交換性 石灰**	CEC***	放射性 セシウム****
平成 25 年 栽培前	無堆肥区	5.8	0.15 ^a	6.0 ^a	40.0	20.8	302.9	27.5	2,022±95
	非汚染堆肥区	5.8	0.17 ^b	8.8 ^b	49.5	22.1	309.6	28.1	1,696±116
	低汚染堆肥区	5.8	0.14 ^a	14.1 ^b	36.7	19.5	315.5	28.3	1,744±352
平成 25 年 栽培後 (平成 26 年 栽培前)	無堆肥区	6.3	0.07	9.3 ^a	11.9 ^a	17.1	299.9	33.4	1,629±120
	非汚染堆肥区	6.3	0.07	12.0 ^{ab}	19.4 ^b	20.4	294.3	33.0	1,708±353
	低汚染堆肥区	6.3	0.07	13.5 ^b	20.4 ^b	20.6	290.5	31.2	1,567±131
平成 26 年 栽培後	無堆肥区	6.0 ^a	0.64	6.4 ^a	7.3 ^a	14.6 ^a	423.3	36.0 ^a	1,785 ^a ±92
	非汚染堆肥区	6.1 ^b	0.62	10.4 ^b	15.5 ^b	21.8 ^b	453.3	35.9 ^b	1,710 ^{ab} ±73
	低汚染堆肥区	6.2 ^c	0.63	9.0 ^{ab}	16.7 ^b	21.5 ^b	437.8	35.4 ^{ab}	1,618 ^b ±130
平成 25 年 栽培前	無堆肥区	5.9	0.12	1.2 ^a	10.2	18.0	233.6	24.3	234±224
	非汚染堆肥区	5.9	0.16	19.6 ^b	9.4	18.0	213.5	25.8	54±27
	低汚染堆肥区	5.9	0.17	14.6 ^b	12.7	16.9	233.6	24.7	166±350
平成 25 年 栽培後 (平成 26 年 栽培前)	無堆肥区	6.4	0.06	9.3	12.3 ^a	16.1	265.2	30.9	56±57
	非汚染堆肥区	6.4	0.06	10.6	21.2 ^c	17.9	260.8	31.9	64±67
	低汚染堆肥区	6.4	0.06	12.1	17.7 ^b	16.2	256.7	30.2	50±68
平成 26 年 栽培後	無堆肥区	6.2	0.04 ^a	12.9 ^a	4.1	14.0	172	22.7	81±32
	非汚染堆肥区	6.1	0.05 ^b	15.9 ^b	9.6	14.0	170.3	23.3	110±92
	低汚染堆肥区	6.3	0.04 ^a	14.3 ^{ab}	7.8	14.7	171.5	22.2	123±95

a~c：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

*平成 25 年度栽培前土壤は試験区ごとに 3 地点より採取、平成 25、26 年度栽培後土壤は試験区ごとに 9 地点より採取し、データはその平均値とした。

** 100g(乾土)あたりの mg としました。 *** 100g(乾土)あたりの Bq としました。

(7) 各生産物中の DCAD 値とカリウム濃度

塩化加里の多量施肥や加里を比較的多く含む牛ふん堆肥の水田への施用は、飼料作物中のイオンバランスを変化させ、飼料品質や家畜の健康に影響を及ぼすことが考えられます。そこで、水稻の各生産物の DCAD 値を調査しました（表 10～12）。また、水稻と各飼料作物中のカリウム濃度の比較を行いました（表 13）。

DCAD 値は、最少 3.0～最大 47.3mEq/100gDM で、すべての区で稻全体よりも稻ワラの方が高くなりました。泌乳牛の給与飼料の DCAD 値は 20～40mEq/100gDM、乾乳牛は -5～-15mEq/100gDM、繁殖牛は 0～-15mEq/100gDM 程度が適正とされており、本試験の生産物は高い傾向にありましたが、注意を要するほどではありませんでした。

カリウム濃度について、全国から収集した飼料イネ（138 点）のカリウム濃度は 1.24%（最少 0.63%～最大 2.55%）と報告されています（文献 9）。本試験では、稻全体のカリウム濃度は、コシヒカリで 0.73～1.00%、べこあおば（黄熟期）で 0.59～1.37%、べこあおば（成熟期）で 0.46～0.87% であり、稻ワラのみのカリウム濃度は、コシヒカリで 1.83～1.93%、べこあおば（黄熟期）で 1.17～2.57%、べこあおば（成熟期）で 1.47～2.17% で、全国の傾向の範囲に収まるものでした（表 13）。また、他の牧草類や青刈飼料作物類のカリウム濃度と比較しても、同等もしくは低い値でした。

以上の結果から、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量を満たしているという、高い水準にある場合でも、飼料イネのカリウム濃度は、牛の飼料作物として問題がないと考えられました。

表 10 コシヒカリの稻ワラと稻全体の DCAD 値（平成 25 年度のみ）

		DCAD (mEq/100gDM)	
試験区		稻ワラ*	稻全体*
無堆肥区		34.7±1.3	11.0±1.2
非汚染堆肥区		34.4±2.2	17.8±0.7
低汚染堆肥区		30.8±0.1	16.2±3.8

*稻ワラと稻全体の全処理区間で有意差なし ($P < 0.05$)。

表 11 ベコアオバ（黄熟期）の稻ワラと稻全体の DCAD 値

		DCAD (mEq/100gDM)			
		平成 25 年度		平成 26 年度	
試験区		稻ワラ	稻全体	稻ワラ	稻全体
無堆肥区		47.3±1.7	22.5±1.9	23.2±1.0 ^a	8.2±2.4
非汚染堆肥区		46.5±3.1	25.7±1.4	17.8±0.5 ^b	9.4±4.6
低汚染堆肥区		44.1±1.4	22.6±1.9	14.7±2.6 ^b	4.0±1.4

a～b：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

表 12 ベコアオバ（成熟期）の稻ワラと稻全体の DCAD 値

		DCAD (mEq/100gDM)			
		平成 25 年度		平成 26 年度	
試験区		稻ワラ	稻全体	稻ワラ	稻全体
無堆肥区		43.0±1.9	10.4±0.8 ^a	25.6±5.0	10.0±4.5
非汚染堆肥区		40.2±3.6	14.3±0.9 ^b	28.9±1.8	7.7±4.0
低汚染堆肥区		37.0±2.1	10.3±1.3 ^a	21.0±2.4	3.0±1.0

a～b：異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

表 13 水稲と各飼料作物中のカリウム濃度の比較

飼料区分	飼料名	本試験	日本標準飼料成分表
			カリウム濃度 (単位: %乾量値)
本試験	コシヒカリ稻ワラ	1.83~1.93	1.64
	コシヒカリ全体	0.73~1.00	
	べこおあば(黄熟期) 稻ワラ	1.17~2.57	1.40
	べこおあば(黄熟期) 稻全体	0.59~1.37	
	べこおあば(成熟期) 稻ワラ	1.47~2.17	1.33
	べこおあば(成熟期) 稻全体	0.46~0.87	
乾草 (牧草類)	オーチャードグラス(1番草、出穂期)		2.07
	イタリアンライグラス(1番草、出穂期)		3.16
	イタリアンライグラス(再生草、出穂期)		3.67
	チモシー(1番草、出穂期)		1.87
	アルファルファ(1番草、開花前)		2.08
サイレージ (牧草類)	オーチャードグラス(1番草、出穂期)		1.85
	イタリアンライグラス(1番草、出穂期)		3.42
	イタリアンライグラス(再生草、出穂期)		3.00
	チモシー(1番草、出穂期)		2.11
	アルファルファ(1番草、開花前)		1.97
生草 (青刈飼料作物類)	トウモロコシ(黄熟期)		2.02
	ソルガム(出穂期)		2.41
	エンバク(出穂期)		3.05
	大麦(出穂期)		2.25
	ライ麦(出穂期)		3.84
サイレージ (青刈飼料作物類)	トウモロコシ(黄熟期)		1.65
	ソルガム(出穂期)		1.97
	エンバク(出穂期)		3.21
	大麦(出穂期)		1.97
	ライ麦(出穂期)		4.46

(8) まとめ

暫定許容値 400Bq/kg 以下の牛ふん堆肥を水田に連用(1t/10a)しても、コシヒカリ（精玄米および稻ワラ）とべこあおば（黄熟期のイネ WCS および成熟期の糲米と稻ワラ）の放射性セシウム濃度を高めることはないと考えられました。

土壤中の交換性カリ含量が、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、低汚染もしくは非汚染堆肥を施用することによって、放射性セシウムの移行をより低減できる可能性が示されました。また、土壤の交換性カリ含量が水稻のセシウム吸収抑制のための改良目標値量を満たしている上に堆肥を施用しても、生産物中のカリウム濃度は、他の飼料作物と変わらないか低い値でした。

4. 非汚染水田土壤に汚染濃度の異なる牛ふん堆肥の 水田施用調査（ポット栽培）の詳細

1) 試験目的

水稻への放射性セシウムの移行は、大気、栽培土壤、施用堆肥及び用水中の放射性セシウムに由来し、それらの影響を排除しうる、屋内での水稻栽培による試験が必要です。そこでビニールハウス内のポット水稻栽培で、非汚染水田土壤に、放射性セシウム濃度が異なる牛ふん堆肥を施用し、その翌年に同濃度の堆肥を運用した場合について、放射性セシウムの水稻（食用品種）への移行、水稻の生育及び土壤中の放射性セシウムの動態を明らかにすることを目的としました。

2) 試験方法

非汚染水田土壤（黒ボク土、 24Bq/kg ）をプラ舟ポット（180L）に入れ、そこへ放射性セシウム濃度の異なる牛ふん堆肥を施用（1t/10a）し食用品種の水稻（コシヒカリ）を栽培しました。試験区は対照区：非汚染堆肥区、1区：低汚染堆肥区、2区：中汚染堆肥区、3区：高汚染堆肥区の4処理区、4反復としました。

試験区の配置を写真6に示しました。栽植密度は、 $35.7\text{ 株}/\text{m}^2$ （条間 $20\text{cm} \times \text{株間 } 14\text{cm}$ ）とし、写真7に示しました。平成25年度と26年度に行った作業日程を表14に示しました。また、使用した堆肥の放射性セシウム濃度を表15に示しました。各汚染堆肥の調製方法は、平成25、

26年度とともに、高濃度に汚染された堆肥を、非汚染堆肥に混合して調製しました。

平成25年度に被覆肥料（有機一発209、窒素12%：りん酸10%：加里9%含む）10a当たり40kgを、平成26年度に被覆肥料（てまいらす505、窒素15%：りん酸20%：加里15%含む）10a当たり20kgを移植日に施肥しました。いずれも追肥は行いませんでした。除草剤は、ソルネット（1kg/10a）を使用し、殺虫殺菌剤は、Dr.オリゼ（約50g/苗箱）を使用しました。塩化加里は、平成25年度のみ10a当たり40kgを施肥しました。

平成25、26年度の収量調査は、移植した36株中、ポットの外側（へり側）に移植した20株を除く内側の16株を収穫しました（ $0.77\text{m}^2/\text{ポット}$ ）。各生産物の収量は10aあたりに換算しました。稻ワラの刈り取り高さは、地上15cm以上としました。

稻刈り後の作物の風乾方法は、ビニールハウス内で乾燥を行い、米麦水分計（ライスタf、ケツト科学）を使用して玄米の水分含量が15.0%になったときに乾燥を終了しました。また、稻刈り後の稻ワラは、平成25、26年度とともに、水田より全量持ち出し、残った稻株のみすき込みを行いました。

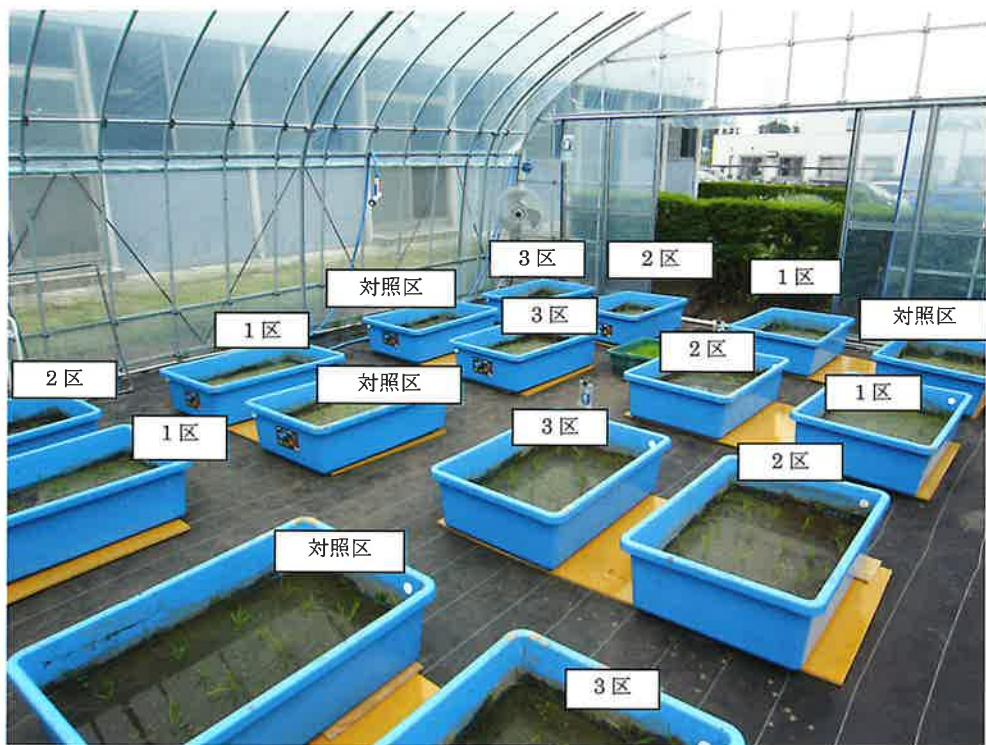


写真6 ポット栽培試験の配置（4処理区×4反復、ラテン方格法）

対照区：非汚染堆肥、1区：低汚染堆肥、2区：中汚染堆肥、3区：高汚染堆肥

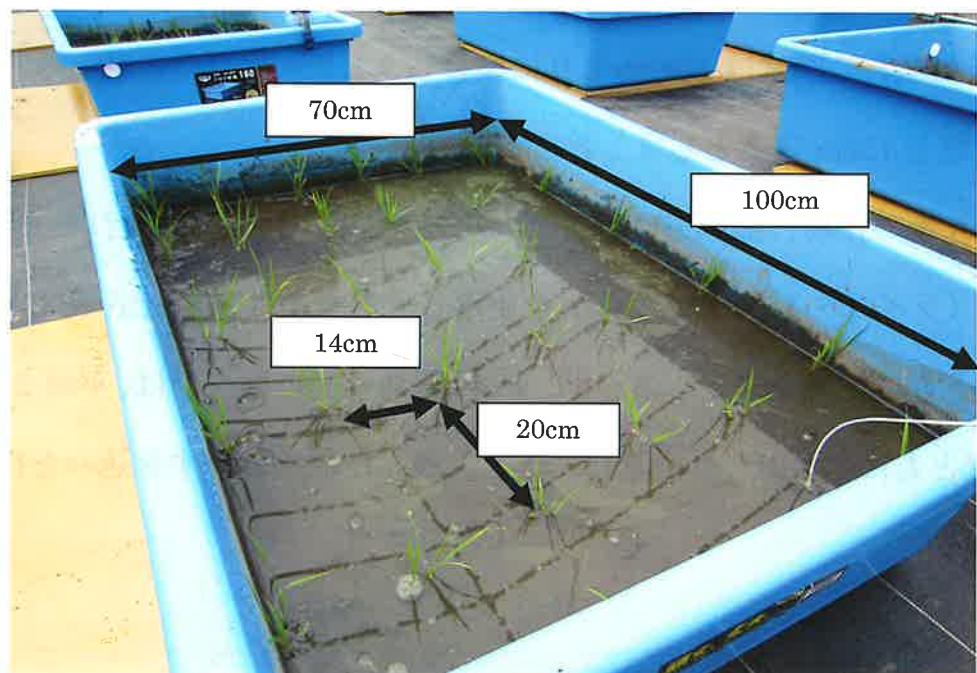


写真7 栽植密度とポット水田の大きさ

表 14 平成 25 年度と 26 年度の作業日程

	平成 25 年度	平成 26 年度
播種	4月 13 日	4月 12 日
堆肥と塩化 カリ施肥	5月 13 日	4月 22 日*
耕耘	5月 14 日	5月 11 日
水入れ	5月 16 日	5月 12 日
代掻き	5月 17 日	5月 14 日
移植施肥**	5月 23 日	5月 16 日
収穫	9月 30 日	9月 16 日

*平成 26 年度は、土壤中の交換性カリ含量が 25mg/100g を満たしていたため、塩化カリの施肥は行いませんでした。

**被覆肥料は、移植日に施肥しました。

表 15 各試験区に使用した堆肥の放射性セシウム濃度

試験区	放射性セシウム濃度 (Bq/kg)	
	平成 25 年度	平成 26 年度
非汚染堆肥区	13	27
低汚染堆肥区	360	348
中汚染堆肥区	769	740
高汚染堆肥区	1,289	1,259

3) 試験結果

(1) 牛ふん堆肥の成分分析値

平成 25、26 年度に使用した堆肥は、暫定許容値 (400Bq/kg) 以下の牛ふん堆肥の水田施用調査で使用した堆肥と同等のものを使用しました。表 4 を参照してください。

(2) 栽培前の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度

栽培前の水田土壤の成分分析値と放射性セシウム濃度を表 16 に示しました。

表 16 栽培前の水田土壤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 25 年度	平成 26 年度*	
pH	5.3	6.0	
EC	0.2	0.2	mS/cm
可給態りん酸	26.7	22.5	mg/100g (乾土)
交換性カリ	11.0	28.8	mg/100g (乾土)
交換性苦土	31.1	39.3	mg/100g (乾土)
交換性石灰	217.8	348.3	mg/100g (乾土)
CEC	26.1	40.1	meq/100g (乾土)
非汚染堆肥区		26.5	Bq/kg (乾土)
低汚染堆肥区	24.0	30.2	
中汚染堆肥区		41.2	
高汚染堆肥区		51.8	

*平成 25 年度の栽培後の土壤成分分析値としても利用しました (表 19)。

(3) コシヒカリの精玄米と稻ワラ収量および放射性セシウム濃度

平成 25 年度の栽培中の様子を写真 8 に示しました。平成 25 年度、26 年度ともに、病気等の発生はありませんでした。出穂後に稻の倒伏を避けるために、園芸用支柱を設置しました。刈り取りと乾燥の様子を写真 9 に示しました。

平成 25、26 年度の精玄米と稻ワラ収量の結果を表 17 に示しました。平成 25 年度の精玄米が 372~400kg/10a、稻ワラが 429~468kg/10a でした。26 年度の精玄米が 354~361kg/10a、稻ワラが 358~362kg/10a でした。平成 25、26 年度において、各区の収穫物量に有意な差はありませんでした。

平成 25、26 年度の生産物中の放射性セシウム濃度を表 18 に示しました。平成 25、26 年度において、精玄米の放射性セシウム濃度は ND でした。稻ワラ部には平成 25 年度は、0.5~0.9Bq/kg(現物)、平成 26 年度は、0.3~0.7Bq/kg(現物)が検出されました。施用した堆肥および土壌の放射性セシウム濃度や、ポットの配置とは相関が見られず、検出された原因は不明でした。飼料や敷料としての利用としては、牛馬用家畜飼料の暫定許容値 100Bq/kg (文献 10) を大幅に下回っていることから、問題のないレベルでした。

これらの結果より、低汚染水田土壌に濃度が異なる汚染堆肥を施用しても、精玄米と稻ワラの収量に差はなく、精玄米中の放射性セシウムは検出されませんでした（検出下限値 (1Bq/kg 現物) 未満）が、稻ワラからは、低濃度ですが放射性セシウムが検出されました。

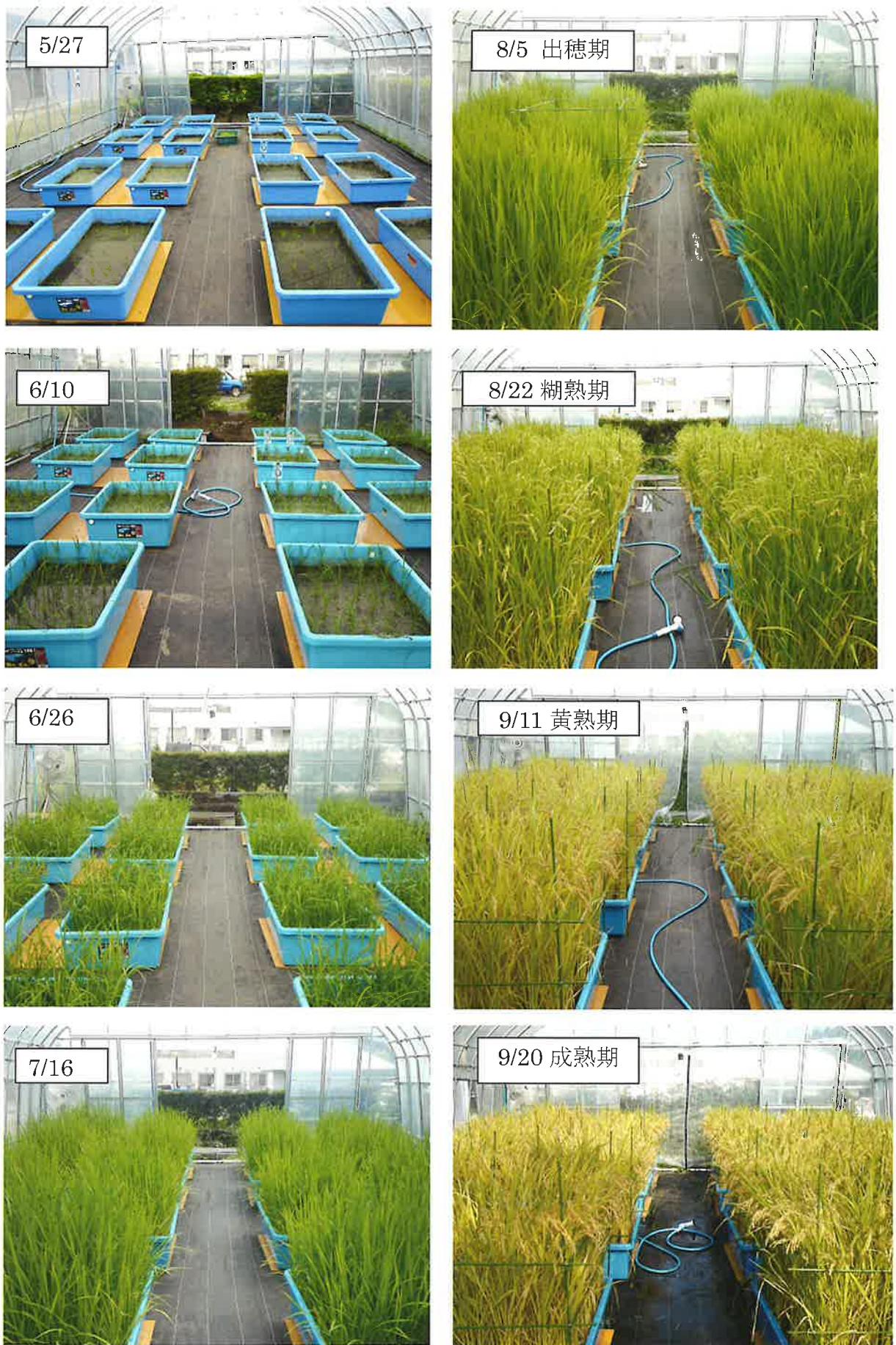


写真 8 移植直後から成熟期までの栽培の様子（平成 25 年度）



写真9　刈り取りと乾燥の様子（平成26年度）

表 17 精玄米と稻ワラの収量

	風乾収量 (kg/10a) *			
	平成 25 年度		平成 26 年度	
試験区	精玄米	稻ワラ	精玄米	稻ワラ
非汚染堆肥区	372±17.7	432±21.2	354±18.5	362±23.9
低汚染堆肥区	375±28.0	429±27.8	361±19.4	360±17.5
中汚染堆肥区	389±31.2	440±35.5	360±23.3	359±23.1
高汚染堆肥区	400±11.4	468±25.3	357±14.1	358±17.3

*精玄米と稻ワラの全処理区間で有意差なし ($P < 0.05$)。

表 18 生産物中の放射性セシウム濃度

	セシウム濃度 (Bq/kg 現物) *			
	平成 25 年度		平成 26 年度	
試験区	精玄米	稻ワラ***	精玄米	稻ワラ***
非汚染堆肥区	ND**	0.5±0.36	ND	0.7±0.38
低汚染堆肥区	ND	0.9±0.34	ND	0.3±0.06
中汚染堆肥区	ND	0.8±0.08	ND	0.4±0.16
高汚染堆肥区	ND	0.6±0.08	ND	0.6±0.37

*稻ワラの全処理区間で有意差なし ($P < 0.05$)。

**精玄米については、水分含量 15% のとき、検出下限値 1Bq/kg 未満で ND でした。

***稻ワラの測定値は、水分含量を 80.0% に補正した値です。 (農林水産省 牛用飼料の暫定許容値)。

(4) 栽培後の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度

栽培後の水田土壤成分分析値と放射性セシウム濃度を表 19、20 に示しました。

平成 25 年度のすべての区の土壤成分分析値には有意な差は認められませんでしたが、施用する堆肥の濃度増加にともない（非汚染堆肥区と低汚染堆肥区間には有意差なし）、土壤中の放射性セシウム濃度が有意に増加しました。

平成 26 年度の土壤成分分析値は、非汚染堆肥区の pH が、他の区にくらべて有意に高く、EC が中汚染堆肥区と高汚染堆肥区間で有意な差がありました。また、非汚染堆肥区の交換性石灰含量は、中、高汚染堆肥区にくらべて有意に高くなりました。施用する堆肥の濃度増加にともない、土壤中の放射性セシウム濃度が有意に増加しました。

表 19 平成 25 年度栽培後の水田土壤の成分分析値と放射性セシウム濃度

	非汚染堆肥区	低汚染堆肥区	中汚染堆肥区	高汚染堆肥区	
pH	6.0	5.9	6.0	6.0	
EC	0.2	0.2	0.2	0.2	mS/cm
可給態りん酸	24.1	21.2	21.8	23.1	mg/100g (乾土)
交換性カリ	28.8	28.3	30.1	27.8	mg/100g (乾土)
交換性苦土	36.7	39.1	41.6	39.7	mg/100g (乾土)
交換性石灰	360.9	341.0	353.5	337.9	mg/100g (乾土)
CEC	38.2	42.1	40.0	40.1	meq/100g (乾土)
放射性セシウム	26.5 ^a	30.2 ^a	41.2 ^b	51.8 ^c	Bq/kg (乾土)

a～c : 異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

表 20 平成 26 年度栽培後の水田土壤の成分分析値と放射性セシウム濃度

	非汚染堆肥区	低汚染堆肥区	中汚染堆肥区	高汚染堆肥区	
pH	6.13 ^a	6.03 ^b	6.00 ^b	5.98 ^b	
EC	0.32 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.34 ^b	0.29 ^a	mS/cm
可給態りん酸	23.0	22.5	21.8	21.3	mg/100g (乾土)
交換性カリ	33.0	26.0	34.3	27.3	mg/100g (乾土)
交換性苦土	52.8	53.0	55.5	52.3	mg/100g (乾土)
交換性石灰	422.5 ^a	392.5 ^{ab}	332.5 ^b	332.5 ^b	mg/100g (乾土)
CEC	40.5	43.0	43.0	41.5	meq/100g (乾土)
放射性セシウム	24.3 ^a	34.9 ^b	50.8 ^c	60.5 ^d	Bq/kg (乾土)

a～d : 異符号間で有意差有り ($P < 0.05$)。

(5) まとめ

非汚染水田土壤 (24Bq/kg) に、放射性セシウム濃度が異なる汚染堆肥 (約 400~1,200 Bq/kg) を 10aあたり 1t 施用し、翌年に同濃度の汚染堆肥を連用しても、生産物の収量および精玄米の放射性セシウム濃度には影響を及ぼさないと考えられました。また、処理区にかかわらず稲ワラ部分に低濃度の放射性セシウムが検出されましたが、牛馬用家畜飼料の暫定許容値の 100 Bq/kg を大幅に下回っており、問題はないと考えられました。

5. 引用文献

(文献 1)

稻発酵粗飼料用稻の収穫時の刈り取りの高さと放射性セシウム濃度の関係、農研機構 畜産草地研究所、2013

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nilgs/047884.html

(文献 2)

主要農作物等施肥基準、千葉県、P.65、2009.

(文献 3)

玄米の放射性セシウム低減のためのカリ施用、農研機構 中央農業総合研究センター、2012

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/narc/027913.html

(文献 4)

平成 26 年産水陸稻の収穫量、農林水産省統計、2014

http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/pdf/syukaku_suiriku_141210s.pdf

(文献 5)

米とワラの多収を目指して 2013 - 飼料用米、稻発酵粗飼料用品種一、農研機構 作物研究所、P.9、2013.

(文献 6)

持続可能な飼料用米の生産・利用を目指して、飼料用米・給与技術マニュアル (山形県 第1版)、P.1、2010.

(文献 7)

カリ増施および堆肥施用によるキャベツの放射性セシウム低減効果、放射性物質対策特集号、福島県農業総合センター、P.66-69、2013.

(文献 8)

堆肥の継続的な施用は飼料用トウモロコシの放射性セシウム低減に有効である、農研機構 畜産草地研究所、2011

http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2011/a00a0_01_74.html

(文献 9)

低カリウム粗飼料である飼料イネを利用した乳牛の尿量低減化、農研機構 畜産草地研究所、2007.

<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2007/nilgs07-13.html>

(文献 10)

家畜用飼料の暫定許容値設定に関する Q&A、農林水産省、2014.

http://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/siryou_faq.html

本パンフレットは、牛由来堆肥被災地水田施用実証等事業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)

太田 健 (独) 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 上席研究員

(平成 26 年度担当)

平子喜一 福島県農業総合センター 生産環境部長（兼）流通加工科長

(平成 25 年度担当)

吉岡邦雄 福島県農業総合センター 生産環境部長（兼）流通加工科長

吉田宣夫 山形大学 農学部

農学部附属やまがたフィールド科学センター長・教授

【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

長峰孝文 (一財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 主任研究員

畜産環境技術研究所 所在地



暫定許容値（400Bq/kg）以下の牛ふん堆肥の水田施用調査
(平成25・26年度牛由来堆肥被災地水田施用実証等事業)

平成27年3月9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2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>