南相馬市における
玄米の全袋検査結果と
基準値超過の発生要因調査

1. 南相馬市の平成25年産米の検査結果
2. これまでの調査状況
3. 放射性セシウムの低減対策
4. 調査結果の概要
5. その他、引き続き調査が必要な事項

平成26年2月14日

農林水産省
福　島　県

1　南相馬市の平成25年産米の検査結果

- 南相馬市における実証栽培の全袋検査の結果、平成25年12月末現在、10,349袋のうち100 Bq/kgを超えた玄米は27袋。
- これらはいずれも旧太田村で生産されたもの。
- その他の旧市町村では、これまでのところ基準値超過は見られておらず、50 Bq/kg未満がほとんど（99%）の状況。
- 小高区等の作付制限区域内で実施された試験栽培の結果、9ほ場のうち5ほ場で100 Bq/kgを超える値がみられた。

表 1　実証栽培の全袋検査結果（平成25年12月末現在）

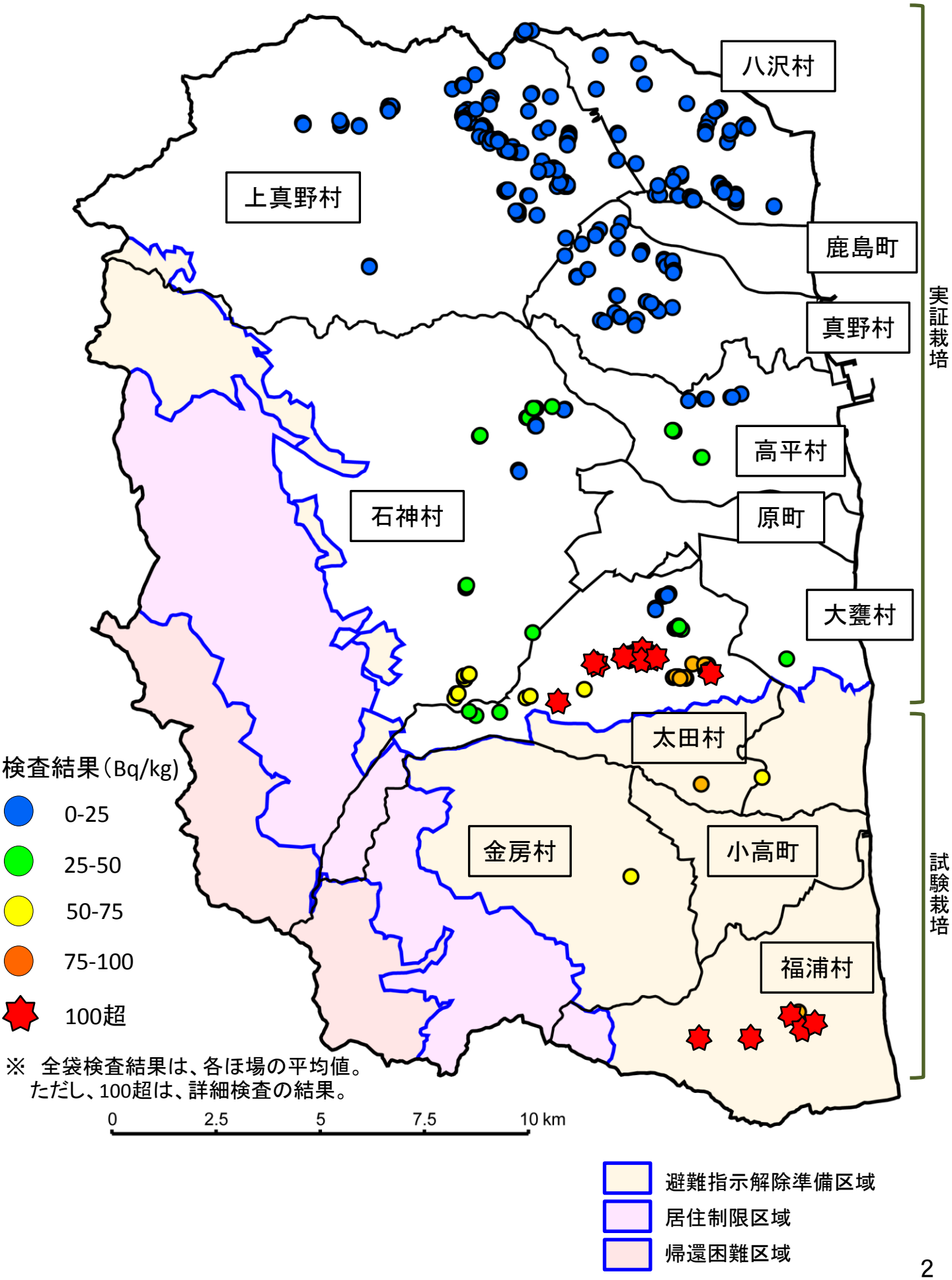
	旧市町村	検査数量	検査結果				
			25Bq未満	25～50Bq	51～75Bq	76～100Bq	100Bq超
合　計		10,349	8,318	1,273	412	319	27
原町区	小　計	2,580	684	1,139	411	319	27
	高平村	313	251	62	0	0	0
	太田村	1,589	212	693	341	316	27
	大甕村	38	0	29	8	1	0
	石神村	640	221	355	62	2	0
鹿島区	小　計	7,424	7,379	44	1	0	0
	鹿島町	522	522	0	0	0	0
	八沢村	1,649	1,613	35	1	0	0
	真野村	1,298	1,295	3	0	0	0
	上真野村	3,955	3,949	6	0	0	0
カントリーエレベータ		345	255	90	0	0	0

（備考）スクリーニングレベルを超えたものは、詳細調査結果を反映。

表 2　試験栽培の検査結果（25年産）

	旧市町村	ほ場数					
			25Bq/kg 未満	25～50 Bq/kg	51～75 Bq/kg	76～100 Bq/kg	100Bq/kg 超
小高区	福浦村	6	0	0	0	1	5
	金房村	1	0	0	1	0	0
原町区	太田村	2	0	0	1	1	0
合計		9	0	0	2	2	5

図１ 南相馬市の実証栽培及び試験栽培の検査結果の位置図



2. これまでの調査状況
（1） 土壌の影響（その1：土壌分析の結果）

- 基準値超過がみられたほ場では、いずれも放射性物質吸収抑制対策としてカリ肥料及びゼオライトを施用。
- 基準値超過の米が生産されたほ場の土壌中の放射性セシウム濃度は、360～2,600 Bq/kg。
- 旧太田村では収穫後の土壌中の交換性カリ含量は28～49 mg/100 gとカリ肥料対策を行った結果、吸収抑制対策として目標とする水準（ 25 mg/100 g）を上回っていたことが確認された。

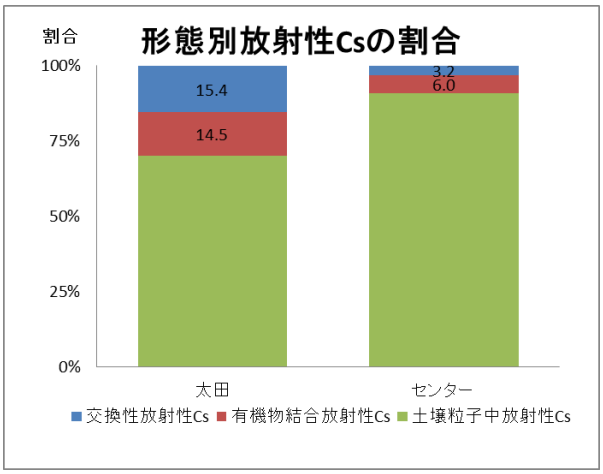
表 3　基準値超過ほ場の土壌分析結果

区分	番号	玄米の放射性セシウム濃度（最高）（Bq/kg）	吸収抑制対策（kg/10a）		粘土含量（%）	土壌交換性カリ（作付後）（mg/100g）	土壌の放射性セシウム濃度（Bq/kg）		
			塩化カリ	ゼオライト			放射性セシウム	交換性放射性セシウム	交換性存在率(%)
実証栽培	太田—1	120	50	200	16.8	32	2,210	303	13.7
	太田—2	160	50	200	14.0	28	2,550	232	9.1
	太田—3	150	50	200	17.6	42	1,310	226	17.3
	太田—4	110	50	200		28	1,320	181	13.7
	太田—5	110	50	200	16.8	34	1,480	123	8.3
	太田—6	150	50	200	16.2	45	1,610	218	13.5
	太田—7	120	50	200	16.3	49	1,670	141	8.4
	太田—8	110	50	200		34	1,340	124	9.2
試験栽培	小高—2	170	67	0		37	362	49	13.5
	小高—3	120	50	200		34	359	43	12.0
	小高—4	140	50	0		42	538	41	7.6
	小高—5	180	50	200		34	2,010	93	4.6
	小高—6	120	50	200		20	1,000	51	5.1
対照ほ場	鹿島—1	16	50	200	27.3	47	951	163	17.1
	鹿島—2	17	50	200	21.4	42	1,510	40	2.7
	鹿島—3	48	50	200	24.0	29	576	46	8.0
	鹿島—4	21	50	200	18.5	38	933	138	14.8

※　実証栽培の8戸のうち基準値超過が複数個ある場合は、代表的なほ場のみ調査した。

- 基準値超過の米が生産されたほ場の土壌中放射性セシウムのうち、作物に吸収されやすい交換態の割合をみると、中通りの平均（24年度）の5.9%に対して、4.6～17.3%（平均10.5%）と比較的高い値を示した。
- 粘土含量は14.0～17.6%と放射性セシウムの固定力が比較的弱い可能性を確認。
- さらに、基準値超過が見られたほ場の土壌中の放射性セシウムの形態について調査したところ、作物に吸収されやすい交換態及び有機物結合性の割合が合計で30%程度と比較的高いことが判明。

図２ 基準値超過ほ場の土壌中放射性セシウムの形態分析の結果



交換性放射性セシウム：比較的溶けだしやすい部分
有機物結合放射性セシウム：有機物と結合している部分
土壌粒子中放射性セシウム：粒子中に存在している部分

【解説】

・ 南相馬市の基準値超過ほ場のうち、旧太田村のほ場の土壌と、対照土壌（県農業総合センターの土壌）について、放射性セシウムの形態別の存在割合を調査。

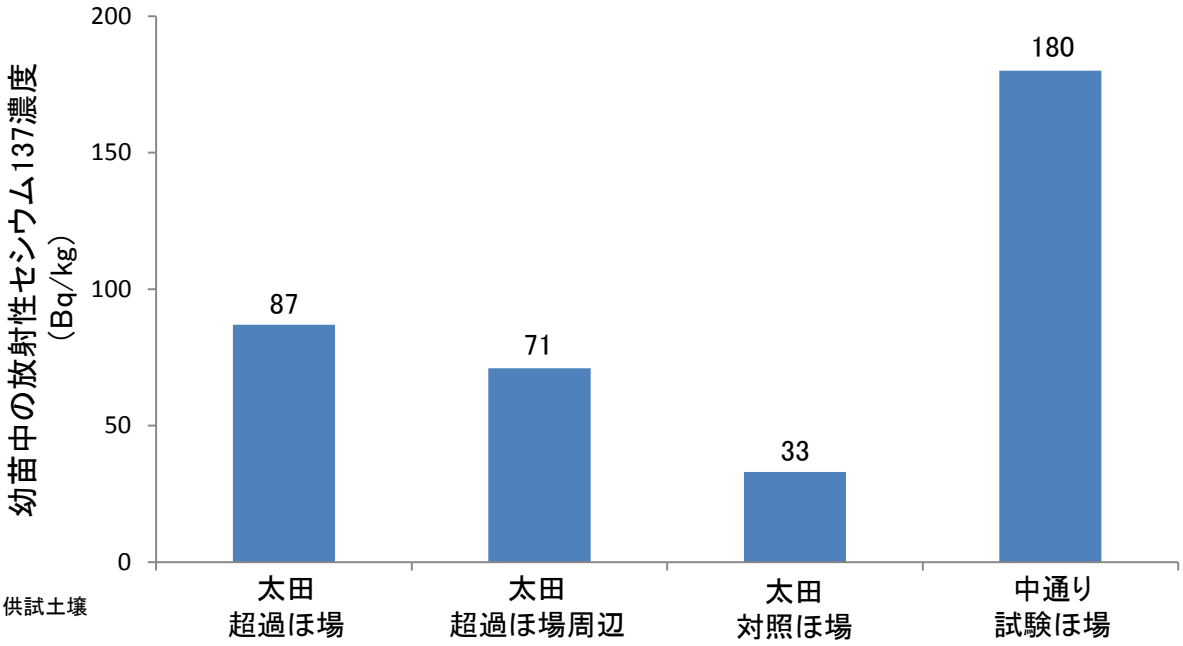
・ その結果、南相馬市の基準値超過ほ場の土壌は、作物に吸収されやすい交換性及び有機物結合放射性セシウムの割合が高いことが判明。

参考（供試土壌と玄米放射性Cs濃度、移行係数）
太田　：玄米放射性Cs濃度72Bq/kg、移行係数0.045
センター：玄米放射性Cs濃度 2Bq/kg、移行係数0.012

（1）土壌の影響 （その2：幼苗試験の結果）

・ 基準値超過の米が生産されたほ場の土壌を利用して、稲の幼苗を生育させ、土壌から稲体への吸収を調査したところ、100 Bq/kg近い放射性セシウム137の濃度が検出され、土壌が放射性セシウム濃度の高い米が発生する要因の一つであると考えられた。

図３ 基準値超過ほ場の土壌を用いた幼苗試験の結果



	太田 超過ほ場	太田 超過ほ場周辺	太田 対照ほ場	中通り 試験ほ場
25年産玄米の放射性セシウム濃度(注)（Bq/kg）	110	80	24	110
土壌中の交換性カリ含量（mgK_2O/100g）	26.9	35.2	48.2	3.9

注：セシウム134とセシウム137の合計値

【解説】

・ 25年産米の超過要因が土壌に起因するものかどうか確認するため、旧太田村の基準値超過ほ場とその周辺ほ場、さらには中通りの試験ほ場の土壌を用い、栽培容器内でイネ幼苗を11日間栽培し、幼苗中の放射性セシウム（Cs137のみ）を測定した。

・ 旧太田村の基準値超過ほ場の土壌では、同地区の対照ほ場の土壌に比べて放射性セシウムがより多く吸収されたことから、基準値超過に土壌の性質が影響したと考えられる。

・ しかしながら、中通りのほ場の土壌に比べると、玄米の放射性セシウム濃度は同程度である一方、幼苗中の放射性セシウム濃度は半分程度となっており、旧太田村の基準値超過には、土壌以外の要素も影響している可能性が示唆された。

（2） 用水の影響 （その1：用水の水質調査結果）

- 基準値超過が見られたほ場のうち、旧太田村のほ場は太田川が水源で、小高区の試験栽培の超過ほ場は、ため池のほか、地下水が水源。
- これらの用水の放射性セシウム濃度を計測したところ、太田川を水源とする用水については、ろ過後のろ液についても溶存態とみられる放射性セシウムが確認され、濃度が新田川等のその他の河川と比べてわずかに高い傾向（収穫後10-11月に採水した結果）。
- 一方で、試験栽培ほ場の水源のうち、地下水は、溶存態・懸濁態ともに検出下限値（^{134}Cs, ^{137}Csとも0.1Bq/L）未満。また、ため池の水も、検出下限値未満のため池のため池があったほか、検出されたため池でも、ろ過後のろ液は検出下限値未満、又は0.2Bq/L以下と低い値であった。

表４ 太田川水系、新田川水系及び試験栽培の用水の水質調査結果

区分	番号	水系	種類	年月日	濁度（mg/L）	水質（ろ過前）			水質（ろ過後）			備考（ほ場番号等）
						^{134}Cs	^{137}Cs	^{134}Cs+^{137}Cs（Bq/ℓ）	^{134}Cs	^{137}Cs	^{134}Cs+^{137}Cs（Bq/ℓ）	
実証栽培	1	新田川	貯水池	H25.10.15	2	<0.1	0.2	0.2	<0.1	0.1	0.2	
	2	新田川	取水堰	H25.10.12	1	<0.1	0.2	0.2	<0.1	0.1	0.2	
	3	太田川	貯水池	H25.10.15	4	0.3	0.8	1.1	0.1	0.3	0.4	太田－1～14
	4	太田川	貯水池	H25.10.15	2	0.2	0.4	0.6	0.1	0.4	0.5	太田－1～14
	5	太田川	取水堰	H25.10.15	3	0.2	0.5	0.7	0.2	0.4	0.6	太田－1
	6	太田川	取水堰	H25.10.19	18	0.2	0.4	0.6	0.1	0.4	0.5	
	7	太田川	取水堰	H25.10.19	26	0.1	0.4	0.5	0.1	0.3	0.4	太田－2
	8	太田川	取水堰	H25.10.19	19	<0.1	0.3	0.4	0.1	0.3	0.4	太田－3～14
	9	太田川	取水堰	H25.11.5	0	<0.1	0.1	0.2	<0.1	0.2	0.2	
	10	太田川	取水堰	H25.11.5	4	<0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.2	
	11	太田川	用水路	H25.10.12	2	0.1	0.3	0.4	<0.1	0.3	0.4	太田－1
	12	太田川	用水路	H25.10.19	15	<0.1	<0.1	<0.2	－	－	－	
	13	太田川	用水路	H25.10.19	18	0.2	0.4	0.6	0.1	0.3	0.4	太田－2
	14	太田川	用水路	H25.10.19	23	<0.1	0.3	0.4	<0.1	0.3	0.4	太田－3～14
	15	太田川	用水路	H25.11.5	1	<0.1	0.2	0.3	<0.1	0.2	0.2	太田－3～14
	16	太田川	用水路	H25.11.5	0	<0.1	0.2	0.3	<0.1	0.2	0.3	
	17	太田川	用水路	H25.11.5	2	<0.1	0.1	0.2	<0.1	0.1	0.2	
試験栽培	18		ため池	H25.8.30	3	0.6	1.3	2.0	<0.1	<0.1	<0.2	小高－3
	19		ため池	H25.8.30	11	<0.1	<0.1	<0.2	－	－	－	小高－4
	20		ため池	H25.11.15	0	0.1	0.2	0.3	<0.1	0.1	0.2	小高－6
	21		地下水	H25.11.1	－	<0.1	<0.1	<0.2	－	－	－	小高－2
	22		沢水									小高－5

※ ろ過は0.45μmフィルターで実施　　※ 検出下限値は、^{134}Cs, ^{137}Csとも0.1Bq/L

（2） 用水の影響 （その2：ポット試験の結果）

- 基準値超過がみられたほ場の土壌を用いてポット試験を行い、用水による米の放射性セシウム濃度への影響等の調査を進めており、移植1ヶ月後の稲体に含まれる放射性セシウム濃度を分析したところ、基準値超過がみられたほ場に流入する用水と水道水の間には有意な差はみられず、現在のところ用水の影響は確認されていない。

表 5 ポット試験の結果

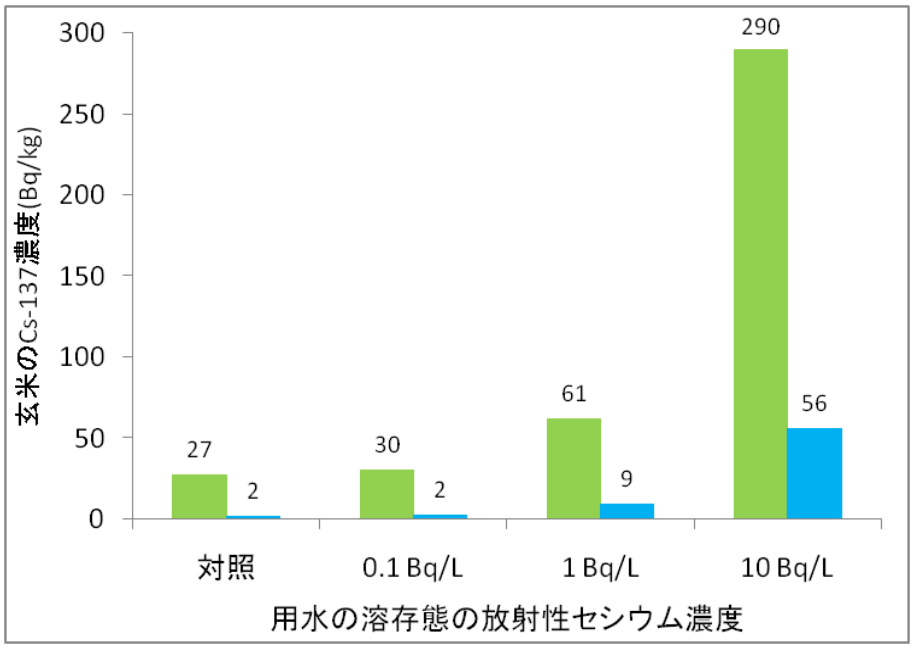
区分（灌漑水）	稲体中の放射性セシウム137濃度（Bq/kg）
水道水	65.3
太田川から採取した水	76.5

【解説】

・ 旧太田村で基準値超過がみられたほ場の土壌を用いて、灌漑水として水道水及び太田川から採取した水（溶存態0.17 Bq/L）をそれぞれ与えてポット試験を実施（移植は平成25年11月25日、稲体採取は同年12月25日）。

・ 水道水を与えた区及び太田川から採取した水を与えた区の稲体中の放射性セシウム濃度には有意差はみられなかった。

図 4 用水の放射性セシウム濃度が玄米の放射性セシウム濃度に及ぼす影響



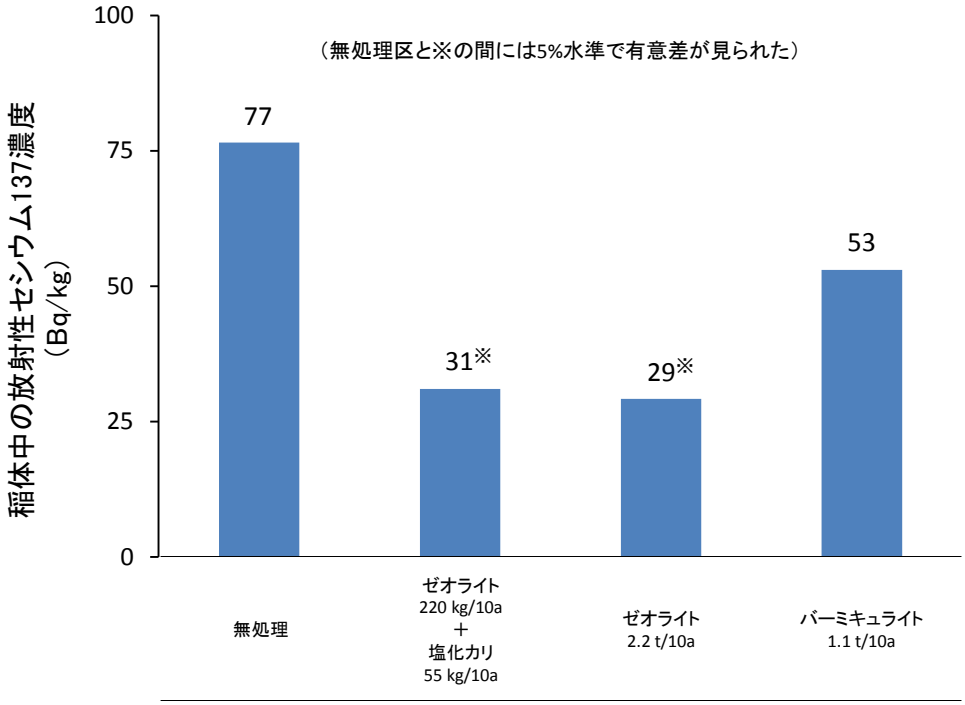
H23の玄米が500 Bq/kg以上の土壌を使用
・ 交換性カリ含量 5.0 mg K_2O/100g乾土
・ 雲母由来の粘土鉱物がほとんどみられない土壌

福島県農業総合センター（H23玄米 100 Bq/kg未満）の土壌を使用したポット試験
・ 交換性カリ含量 17.6 mg K_2O/100g乾土
・ 雲母由来の粘土鉱物を含む土壌

3　放射性セシウムの低減対策

- これまでの調査の結果、土壌の特性が一定程度影響していると考えられることから、基準値超過がみられた地域では、土壌からの吸収を抑制するため、放射性セシウムを固定する効果が期待されるゼオライトの施用、カリ肥料の増肥（基肥）を進めることとする。
- 具体的な施肥設計については、10a当たり塩化カリ50kg＋ゼオライト1tを基本とし、さらに施用量の異なる複数の区を設け、効果的な対策の検証を行う。

図５　基準値超過の米が生産された土壌を活用したポット試験の結果



注：潅水として、太田川の水を使用

【解説】

- ゼオライトやバーミキュライトの施用、塩化カリの増肥に放射性セシウムの移行低減効果があるかを調べるため、25年度に基準値超過の米が生産された土壌を用いて、ポット試験を行った。潅水として、太田川の水を用いた。なお、供試土壌には25年産対策としてカリ肥料が投入されており、交換性カリ濃度が19.1 mg/100g と比較的高い状態であった。
- ポット試験の結果、ゼオライト220 kg/10a及び塩化カリ55 kg/10aを施用した場合、ゼオライト2.2 t/10aを施用した場合においては効果が見られた。一方で、バーミキュライト1.1 t/10a施用した場合においては効果が見られなかった。
- ゼオライト220 kg/10a及び塩化カリ55 kg/10aを施用した場合の効果とゼオライト2.2 t/10aを施用した場合の効果に違いは見られなかった。

４　調査結果の概要

（基準値超過の発生状況）

- 基準値超過は南相馬市内の特定の地域（原町区旧太田村等）に限定されていることから、当該地域に特有の要素が影響しているものと推察される。

（土壌の影響）

- 南相馬市の基準値超過事例では、いずれも吸収抑制対策としてカリ施肥が実施されており、土壌中の交換性カリ含量についても概ね目標水準であった。
- 一方、土壌中の粘土の割合が低い、放射性セシウムの固定力が比較的弱い、作物に吸収されやすい交換態の放射性セシウムの割合が高い等の特徴が見られた。
- さらに、基準値超過ほ場の土壌を用いて幼苗による吸収試験を行ったところ、対照ほ場の土壌に比べて放射性セシウムが多く吸収されていたことから、土壌が基準値超過の要因の一つと考えられた。

（用水の影響）

- 旧太田村の基準値超過ほ場はいずれも太田川を水源とする用水を利用しているため、用水を調査したところ、太田川以北の他の河川と比べると、作物に吸収されやすい溶存態の放射性セシウム濃度がわずかながら高い傾向がみられた。
- しかしながら、試験栽培の基準値超過ほ場の中には、放射性セシウムが検出されない（^{134}Cs, ^{137}Csとも0.1Bq/L 未満の）地下水やため池を水源とするものがあった。また、ポット試験で用水の影響を調べたところ有意な差は見られず、現在のところ用水の米の放射性セシウム濃度への影響は確認されていない。

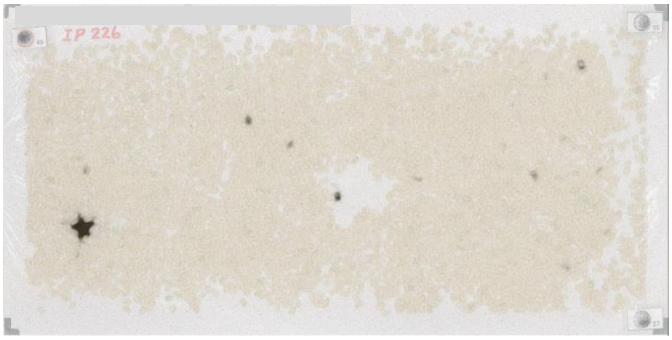
（放射性セシウムの低減対策）

- これまでの調査の結果、土壌の特性が一定程度影響していると考えられることから、基準値超過がみられた地域では、土壌からの吸収を抑制するため、放射性セシウムを固定する効果が期待されるゼオライトの施用、カリ肥料の増肥（基肥）を進めることとする。
- 具体的な施肥設計については、10a当たり塩化カリ50kg＋ゼオライト1t を基本とし、さらに施用量の異なる複数の区を設け、効果的な対策の検証を行う。

5　その他、引き続き調査が必要な事項

- このほか、基準値を超過した米のサンプルを微量の放射線を検出するイメージングプレートで感光させたところ、米粒に濃淡があり高い濃度の米粒が一定程度含まれているとみられるサンプルが確認された。
- また、試験ほ場の稲穂をイメージングプレートで感光させたところ、稲穂に放射性物質が固まって付着している個体が見られた。
- こうしたことから、土壌からの吸収のほか、出穂後の稲穂への付着等、栽培期間中の稲体への放射性物質の直接付着が影響していた可能性が考えられるが、現段階ではその原因は不明である。
- なお、原子力規制庁にも相談したところ、地元のダストサンプラーの設置や原因究明についても協力するとのことであった。

図６　旧太田村のほ場で生産された
25年産米のイメージングプレートの検出結果
（玄米中の放射性セシウム濃度　160 Bq/kg）



イメージングプレート画像と可視画像を重ねたもの。
放射性物質の濃淡が見られる。

図７　中通りのほ場で生産された
24年産のイメージングプレートの検出結果
（玄米中の放射性セシウム濃度　140 Bq/kg）

イメージングプレート画像と可視画像を重ねたもの。
放射性物質の濃淡は見られない。

図８　小高区の試験ほ場で採取した
稲穂のイメージングプレートの検出結果

イメージングプレート画像と可視画像を重ねたもの。
赤丸で囲った部分（黒点）に放射性物質の付着が見られる。

【解説】

- 24年産の基準値超過玄米では、土壌中の放射性セシウムが根から吸収されたことから、イメージングプレートで米粒に濃淡は見られず、ほぼ均一であった。
- 他方、南相馬市原町区旧太田村で生産された25年産玄米では米粒の濃淡が明らかであり、また、小高区の試験ほ場では稲穂に1カ所に固まって付着する個体が見つかるなど、24年産とは異なるメカニズムで汚染されたことが示唆された。
- なお、旧太田村では収穫後の調製過程での交差汚染防止対策が実施されたことが確認されており、また、基準値超過玄米を水洗いしても放射性セシウム濃度は下がらなかったことから、交差汚染が要因とは考えられない状況。