

# 除染後農地での 地力回復マニュアル -水稲編-

平成30年3月30日

福島県農業総合センター  
東北農業研究センター



ふくしまから  
はじめよう。

Future From Fukushima.



農研機構

# 目次

	ページ
1) はじめに . . . . .	3
2) 農地除染-表土除去と客土-. . . . .	4
3) 客土について . . . . .	5
4) 地力回復資材について . . . . .	6
5) 地力回復資材の施用効果について	
①生産性 . . . . .	7
②保肥力 . . . . .	8
③カリ成分の供給 . . . . .	9
6) 耕うん時の注意点（生育ムラに関して） . . .	10



# 1) はじめに

## マニュアル作成の経緯と利活用について

原子力災害からの復旧・復興へ向けては、農地の除染と放射性物質の吸収抑制対策が不可欠です。本試験を実施した除染後農地は、国（環境省）が指定する除染特別地域に所在し、除染前の土壌中の放射性物質濃度が5,000 Bq/kg以上ありました。そのため、国の直轄事業により表土除去と客土による除染作業が実施されており、その影響で地力の低下が懸念されています。本マニュアルでは地力回復資材として、福島県内で比較的、入手しやすい牛ふん堆肥、ゼオライトを施用した栽培試験の結果をまとめたものです。

営農再開が期待される中、本マニュアルの利活用にあたっては市町村役場、農業協同組合等生産者団体、および農林事務所農業振興普及部（所）へご相談ください

## マニュアルで紹介する試験内容について

除染後水田での試験は、平成27年から1カ所、平成28年からはさらに1カ所のほ場で開始しました。この2ほ場の概要は以下のとおりです（表1）。

表1 試験ほ場の概要

	ほ場A	ほ場B
試験期間(年)	3	2
地力回復メニューの有無	有	無
土壌	灰色低地土	黒ボク土
施肥[N:P:K(kg/10 a)]	6.5+2.0:8.5:6.5	7.0+2.0:9.3:7.0

ほ場Aは、表土除去と客土による除染作業のみを実施しました。

ほ場Bは、除染作業終了後に10 aあたり、ゼオライト1 t、ケイ酸カリウム80 kg、および熔リン100 kgを施用した地力回復メニューを実施しました。

本試験では、対照区（地域慣行に準じた施肥）、堆肥区（慣行施肥に加えて、堆肥を10 aあたり1t もしくは3 tを施用）、およびゼオライト区（地力回復メニュー未実施であるほ場Aのみ、慣行施肥に加えてゼオライト1 t/10 aを施用）を設けました。各施用条件により得られた結果から、地力回復への影響評価は、ほ場での水稻玄米の収量が県の目標値である54 kg/a（いずれのほ場も中山間地に所在）に到達、もしくは施肥前における、その土壌の理化学性が福島県施肥基準値（表2）の範囲内にあるかで判断しました。

表2 福島県施肥基準(水田土壌)

土壌の種類	pH (H <sub>2</sub> O)	CEC (meq/乾土100 g)	可給態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g乾土)	腐植 (%)	可給態窒素 (mg/100 g乾土)	塩基飽和度 (%)	交換性K <sub>2</sub> O* (mg/100 g乾土)
有機質土壌(黒ボク土)	5.5-6.5	>15	>10	>2	8-20	60-80	25
中粗粒質土壌(灰色低地土)		>10					

\*放射性セシウムの吸収抑制対策による、慣行施肥前の基準値  
各基準値は平成18年より抜粋

pH: 土壌の懸濁液中の水素イオン濃度、CEC: 陽イオン交換容量、可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: トルオーグ法による可給態リン酸、可給態窒素: 保温静置法によるアンモニア態窒素、塩基飽和度: 交換性陽イオンのうちナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウムといった塩基類の合計当量数をCECの値で割って表したものの、交換性K<sub>2</sub>O: 酢酸アンモニウム液によって抽出したカリウム

本試験は農林水産省委託プロジェクト「営農再開のための放射性物質対策技術の開発」により実施されました。

## 2) 農地除染 -表土削り取り-

農地の除染方法としては、表土除去と客土、反転耕、および深耕があります。土壌中の放射性物質が5,000 Bq/kg以上の場合は、表土除去と客土（図1）が実施されることがほとんどですが、農地の状況によっては反転耕や深耕とすることもあります。そのため、まずは除染方法を確認しましょう。また、作付再開にあたっては地力回復メニューの実施状況を確認しましょう。

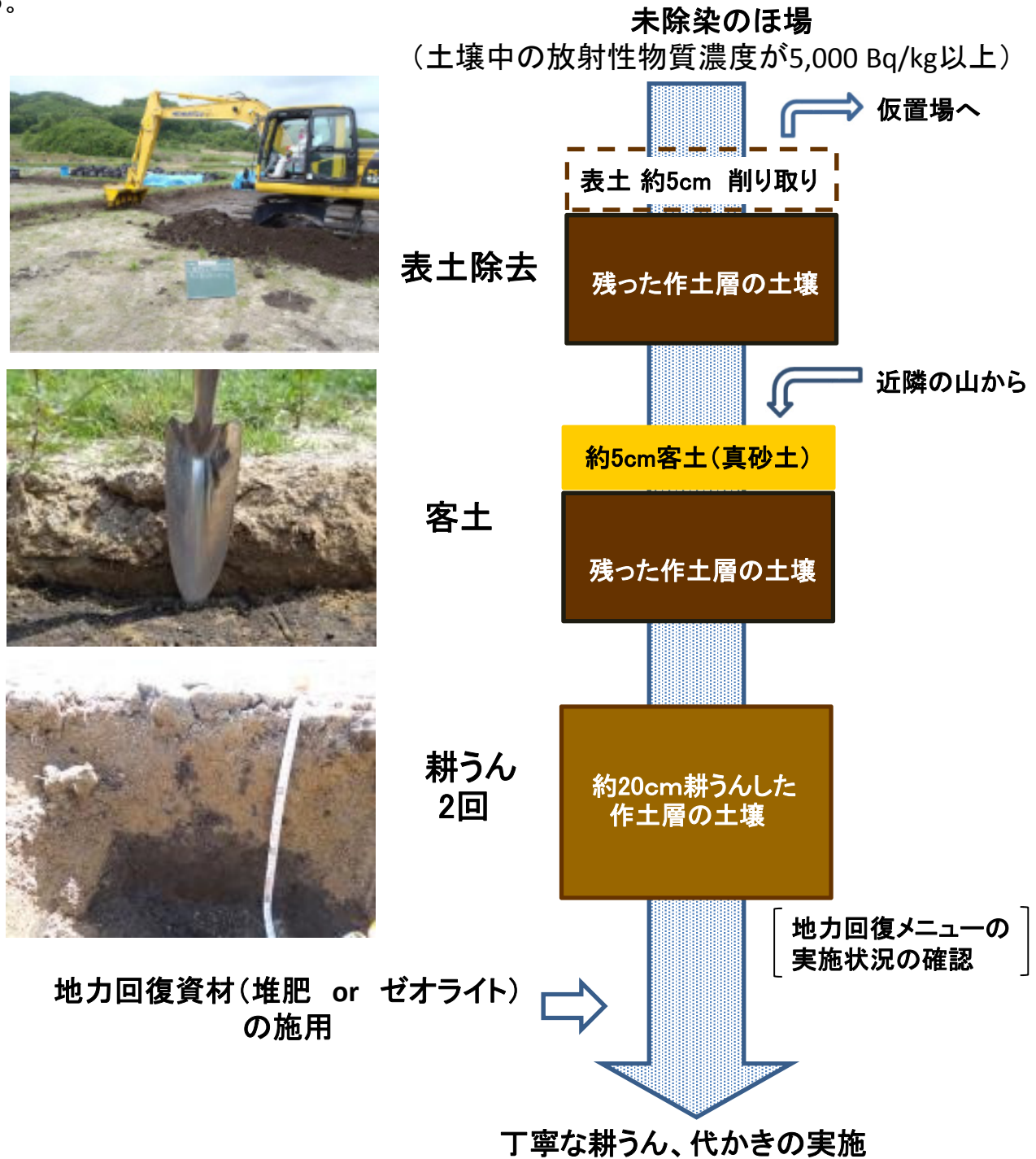


図1 表土除去と客土による除染後の水稻作付再開の流れ

### 3) 客土について

表土除去後に投入された客土は肥沃度の低い山土（真砂土）である場合が多いため、作土層にその割合が多いと、作物の生育が悪くなります（図2）。加えて、客土の投入はほ場内の生育ムラの原因となる場合があります（参照：10P、6）耕うん時の注意点〔生育ムラに関して〕）。それらを回避するためには丁寧な耕うん（深めに、ゆっくり）を行い、客土と下層の作土を十分に混和することが必要です。また、投入された客土は、粘土を多く含んでいたか確認してください。粘土を多く含んでいるほど、真砂土に比べて、客土による生育の低下は小さくなると考えられます。

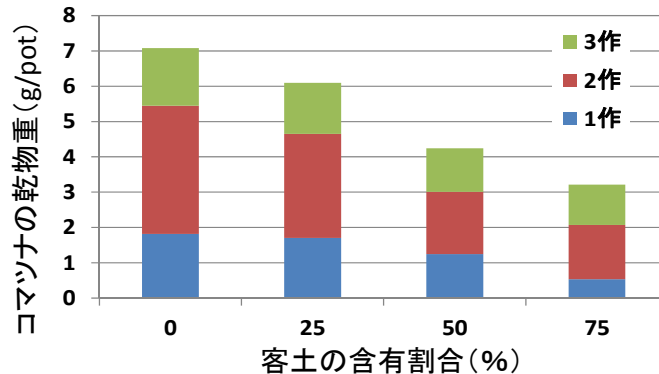


図2 客土含有割合の異なる土壤で連作したコマツナの乾物重

生育が悪くなる要因として、土壌中の肥沃度の低下が考えられます。具体的には作土層での客土の含有割合の増加に伴って、pHと塩基飽和度が上がる一方で、全窒素、全炭素、可給態リン、交換性塩基、CEC、およびEC（電気伝導度）は下がります。その中でもCECは、水田土壌の改良基準を下回る可能性があります（図3）。

同時に、土壌中の交換性カリ含量が低下するため（図4）、カリ施用量を増やす必要があります。

以上のことから、客土が導入された除染後農地では、保肥力の改善や肥料分の補てんが重要です。

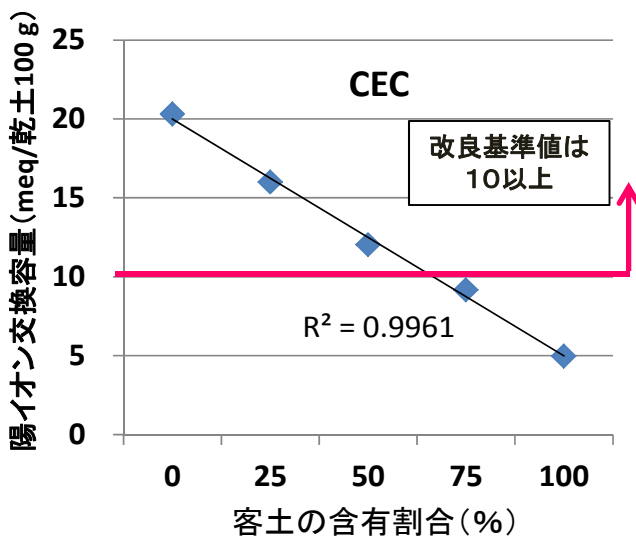


図3 客土の含有割合での土壌中のCEC

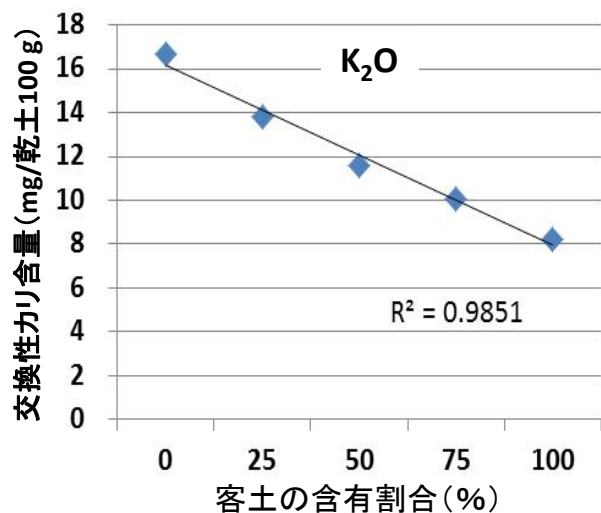


図4 客土の含有割合での土壌中の交換性カリ(K<sub>2</sub>O)含量

## 4) 地力回復資材について

堆肥やゼオライトなどの地力回復資材は、保肥力の改善や肥料分の補てんをするために有効です。本試験では、これらの地力回復資材を除染後の農地に施用して、その効果を検討しました。

堆肥は、本センター内で調製した牛ふん堆肥を施用しました（表3）。堆肥は多種多様なものがあり、施用効果に差が認められることから、利用するときは腐熟度やC/N比（30以下）の分析値を考慮して施用する必要があります。除染後の農地に牛ふん堆肥を施用する場合、C/N比18以下のものを施用しましょう。

表3 施用した堆肥の成分

主原料	副原料	C/N比	全窒素(%)	全炭素(%)	K <sub>2</sub> O(%)	水分(%)
牛ふん	もみ殻、稲わら	12.9-22.1	1.8-2.3	29.5-39.8	3.0-3.1	53.1-59.3

ゼオライトはイワミライト〔三井金属開発資源(株)〕を施用しました（表4）。

表4 施用したゼオライトの規格

主成分	CEC* (meq/乾土100 g)	pH*	吸水率* (%)
クリノプチロライト	130-180	8.0-9.0	45

\* : 製品情報による。

以降に示す結果では、この2つの資材による施用効果を示します。  
施用効果として、次ページから

- ①生産性
- ②保肥力の向上
- ③カリ成分の供給

に重点をおいて解説します。

## 5) 地力回復資材の施用効果について - ①生産性 -

### (1) ポット試験の結果

生産性を収量から評価すると、ゼオライト単体の施用による増収効果はそれほど期待できません(図5、表5)。また、地力回復メニューを実施した場合、堆肥を3 t/10 a施用することで増収となる可能性があります(表5)。

一般的に、ゼオライトと堆肥との併用により増収効果が著しいことがわかっています。そのため、ゼオライトを施用している地力回復メニュー実施ほ場に堆肥を入れることで、その効果がゼオライト無施用に比べて高いと考えられます(表5)。

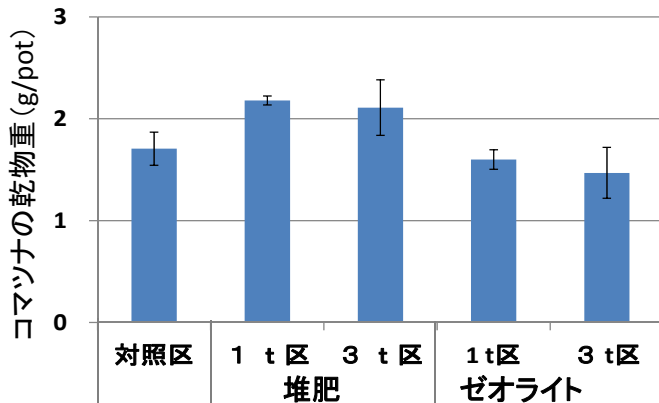


表5 除染後の水田の土壌でポット栽培した水稻の収量

施用条件	精玄米重 (g/pot)	
	ほ場A	ほ場B
対照区	36.1 ± 1.6	32.7 ± 0.9
堆肥1 t区	34.6 ± 2.0	33.8 ± 1.2
堆肥3 t区	39.0 ± 1.0	48.1 ± 1.3
ゼオライト1 t区	29.4 ± 1.0	-

ほ場A: 地力回復メニューを未実施、灰色低地土  
 ほ場B: 地力回復メニューを実施、黒ボク土  
 -: 未実施  
 いずれの土壌も平成29年3月に採取した。

図5 各資材を施用 (t/10 a相当量) してポット栽培したコマツナの乾物重  
 地力回復メニュー未実施の土壌に客土を25%含有させた。

### (2) 現地試験の結果

#### 除染後の農地での堆肥施用: 1年目に2~3 t/10 a、2年目以降は1 t/10 a

※地力回復メニュー未実施の場合、堆肥に加えて1年目にゼオライトを1 t/10 a施用

地力回復メニュー未実施のほ場では生育のばらつきが大きく、地力回復資材の施用による効果は2年目まで判然としませんでした。3年目には堆肥の施用による収量の増加が確認できました(図6)。

地力回復メニューを実施したほ場では堆肥施用量の増加に伴って、収量が増加する傾向がありました(図7)。ただし2年目では、堆肥3 t/10 a施用区において倒伏が見られ、玄米品質も悪かったことから堆肥3 t/10 aの連用は推奨できません。

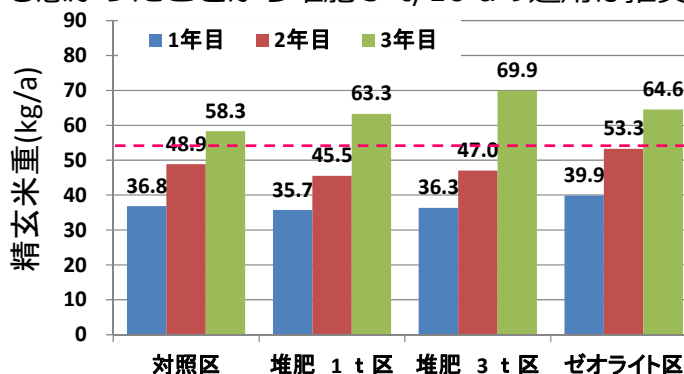


図6 3年間にわたる地力回復メニュー未実施のほ場での水稻の収量の推移  
 破線: 目標収量である54 kg/a

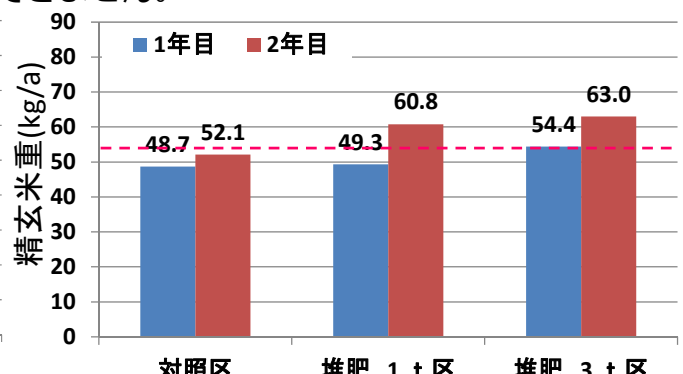


図7 2年間にわたる地力回復メニュー実施のほ場での水稻の収量の推移  
 破線: 目標収量である54 kg/a

## 5) 地力回復資材の施用効果について – ②保肥力の向上 –

地力回復メニュー実施の有無にかかわらず、次年以降の作付に向けた土つくりのために、毎年堆肥を1～2 t/10 a施用することが望ましいです（表6、表7）。

表6 地力回復メニュー未実施のほ場での収穫時の土壤理化学性の推移

施用条件	CEC(meq/乾土100 g)			全窒素(%)			腐植(%)		
	H27	H28	H29	H27	H28	H29	H27	H28	H29
対照区	11.5	10.5	12.8	0.10	0.11	0.14	2.24	2.46	3.13
堆肥1t区	11.8	9.9	14.6	0.10	0.11	0.17	2.36	2.48	3.96
堆肥3t区	10.1	10.9	14.9	0.08	0.11	0.17	1.80	2.37	3.85
ゼオライト1t区	10.0	9.4	13.2	0.08	0.09	0.14	1.76	2.03	3.21

施用条件	C/N比			可給態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g乾土)		
	H27	H28	H29	H27	H28	H29
対照区	12.9	12.8	13.0	14.8	17.5	15.2
堆肥1t区	13.2	13.1	13.2	15.8	19.0	24.9
堆肥3t区	13.2	12.9	13.2	17.2	17.4	21.5
ゼオライト1t区	12.8	12.6	12.9	14.8	16.9	16.2

平成27年の作付開始時点(施肥前)では、CEC:11.5、全窒素:0.12、腐植:2.76、C/N比:13.5、および可給態リン酸:40.5であった。腐植は炭素含有率に係数1.724を乗じて算出した。

表7 地力回復メニューを実施したほ場での収穫時の土壤理化学性の推移

施用条件	CEC(meq/乾土100 g)		全窒素(%)		腐植(%)	
	H28	H29	H28	H29	H28	H29
対照区	14.3	15.8	0.15	0.18	3.43	4.08
堆肥1t区	14.5	15.8	0.16	0.17	3.53	3.88
堆肥3t区	14.5	15.8	0.16	0.18	3.53	4.06

施用条件	C/N比		可給態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g乾土)	
	H28	H29	H28	H29
対照区	22.9	22.6	17.4	11.5
堆肥1t区	22.1	22.6	17.6	14.4
堆肥3t区	22.1	22.7	19.3	16.5

平成27年の作付開始時点(施肥前)では、CEC:15.6、全窒素:0.15、腐植:3.27、C/N比:12.7、および可給態リン酸:16.5であった。腐植は炭素含有率に係数1.724を乗じて算出した。

C/N比は変動しないものの、堆肥等の施用により土壤中の炭素、窒素は少しずつ増加します（表6、表7の上段）。炭素が増加することで腐植が増加し、その結果、CECも高まると考えられます。

また、除染後水田では水稻を連作することで作度が深くなり、その結果、客土の含有割合が下がるとともに、土壤の理化学性が改善する可能性も考えられます。つまりは、有機物の施用以外に作土を深くすることも地力回復に寄与すると考えられます。

その一方で、堆肥施用せずに栽培を続けると、表7のほ場のような黒ボク土の土壤では、可給態リンが土壤改良基準である10 mg/100 g乾土を下回る可能性があります。



## 5) 地力回復資材の施用効果について - ③カリ成分の供給 -

除染後農地においても放射性セシウムの吸収抑制対策は必要です。

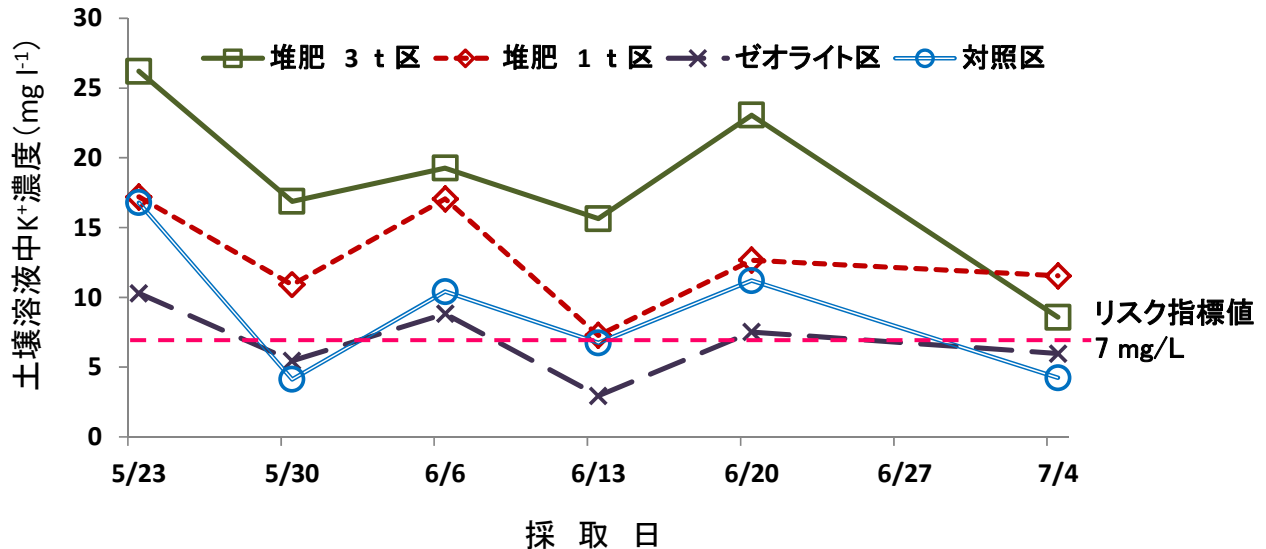


図8 地力回復メニュー未実施のほ場での土壌溶液中のK<sup>+</sup>濃度の推移(平成29年)  
地力回復資材は施肥前、4月上旬に施用した。移植日は5/23であった。

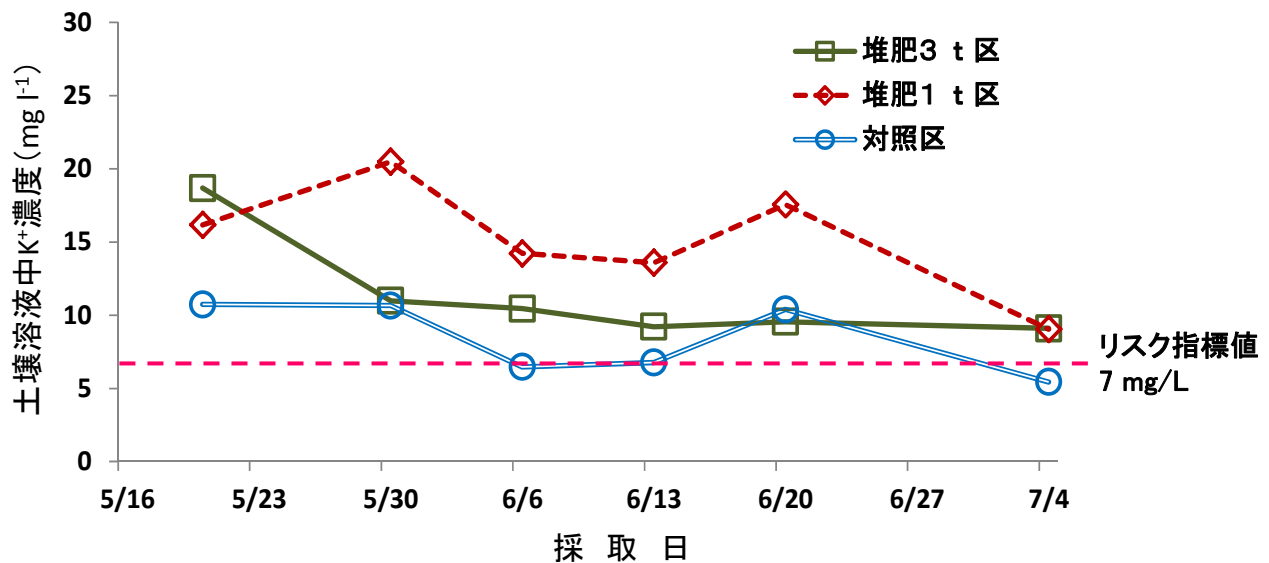


図9 地力回復メニューを実施したほ場での土壌溶液中のK<sup>+</sup>濃度の推移(平成29年)  
地力回復資材は施肥前、4月上旬に施用した。移植日は5/20であった。

図8、9は、移植から中干しまでの土壌溶液中のカリウムイオン(K<sup>+</sup>)濃度の推移を示しています。リスク指標値とは、玄米の放射性セシウム濃度が基準値以下となるために必要な移植直後の土壌溶液中のK<sup>+</sup>濃度であり、7.0 mg/Lが目安となります(平成25年度放射性関連支援技術情報「作付前の土壌溶液カリウムイオン濃度に基づく玄米中放射性セシウム濃度の推定」)。

水稻にとって、移植時からK<sup>+</sup>濃度を高く維持することは、放射性セシウムの吸収抑制のために重要です。堆肥を施用することにより移植直後のK<sup>+</sup>濃度を高め、栽培期間中もその濃度を維持しやすくなります。

## 6) 耕うん時の注意点（生育ムラに関して）

作付開始にあたって、丁寧な耕うんが重要です。

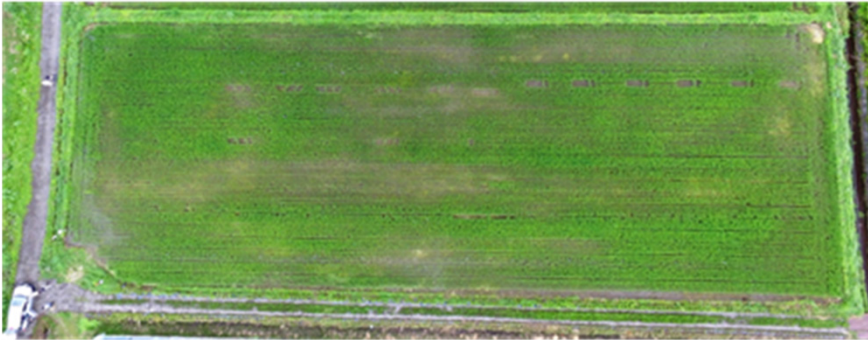
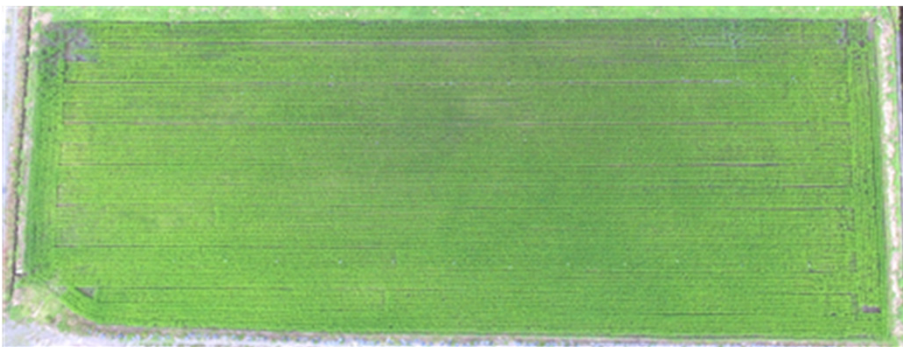


図10 除染後農地における生育ムラ(平成28年7月26日撮影)



対照区(通常耕)  
作土深:22 cm  
作業時間:0.4 h/10 a

試験区(丁寧な耕うん)  
作土深:25 cm  
作業時間:0.7 h/10 a

図11 丁寧な耕うんによる生育ムラの改善(平成29年7月27日撮影)

作土深の測定は耕うんから1日後にデジタル貫入式土壌硬度計DIK-5532により測定した

図10は、作付2年目にもかかわらず、生育ムラが確認されたほ場です。地点によっては客土含有割合が80%を超える所がありました。除染による客土と、剥ぎ取り後の作土がよく混ざっていないことが土壌の地力のばらつきを大きくして、生育ムラが発生していると考えられます。

図11はロータリ耕によって、施肥前に深めにゆっくりと、丁寧な耕うんをすることで、水稻の生育ムラが改善したことを示しています。

通常耕に比べて、丁寧な耕うんは生育ムラ改善の効果が大きく、収量のばらつきも減少します(図12)。

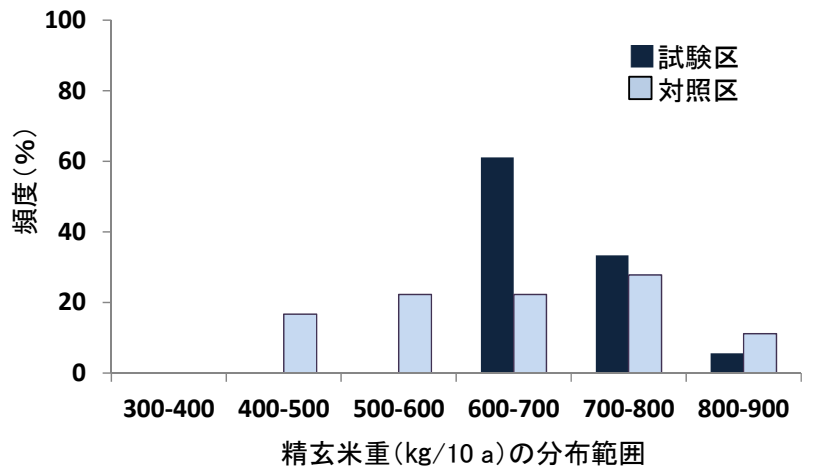


図12 耕うんの違いによるほ場内の精玄米重の分布割合(平成29年)

各試験区18点で調査を行った。

### <問い合わせ先>

福島県農業総合センター

〒963-0531 福島県郡山市日和田町高倉字下中道116

電話：024-958-1700（企画技術）

FAX: : 024-958-1726

電子メール：nougyou.jouhou@pref.fukushima.lg.jp

農研機構 東北農業研究センター 福島研究拠点

〒960-2156 福島県福島市荒井字原宿南50

電話：024-593-5151（代表）

FAX: : 024-593-2155

電子メール：www-tohoku@naro.affrc.co.jp