

避難指示区域等の営農再開・農業再生に向けた実証研究（第2報）

野田正浩¹・松木伸浩²・柳田和弘³・根本知明⁴・鈴木洋平⁵Research for Demonstration of Farming Reopening and Agriculture Reproduction
in the Areas under Evacuation (Second Report)Masahiro NODA¹, Nobuhiro MATSUKI², Kazuhiro YANAGITA³,
Tomoaki NEMOTO⁴ and Youhei SUZUKI⁵**Abstract**

In evacuation order areas that have been forced to evacuate by the accident of the Fukushima Daiichi nuclear power plant, it was started empirical research for the farming resume from 2013. We are in order to solve the problems for the farming resume, rice, vegetables, flowering, plants, grass, and soil fertility enhancement crop, studies were conducted in accordance with the situation in the region. In this article, the empirical research installed in the test farm field of 14 locations in 10 municipalities was explained in the 2015 fiscal year.

(Received February 7, 2022 ; Accepted October 6, 2022)

Key words : farming resume, empirical research, evacuation order area, absorption restraint measures of the radiocesium

キーワード：営農再開、実証研究、避難指示区域、放射性セシウム吸収抑制対策

受付日 2022年2月7日、受理日 2022年10月6日

1 現福島県環境保全農業課

2 現農業総合センター会津地域研究所

3 現農業総合センター畜産研究所

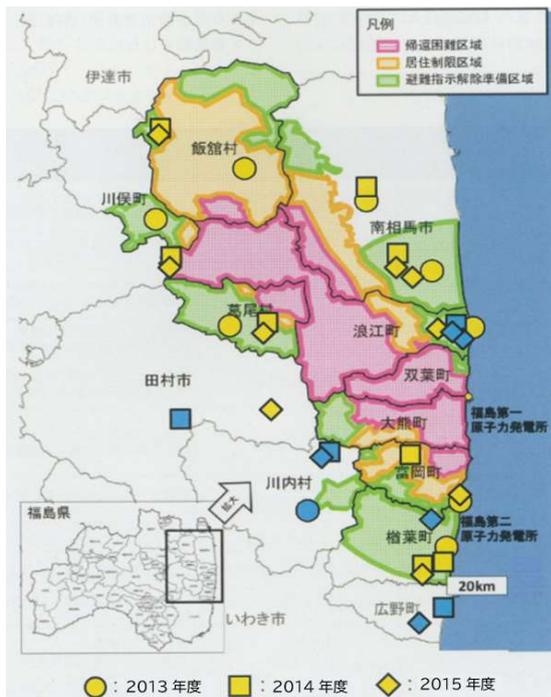
4 現福島県農業振興課

5 現福島県県北農林事務所農業振興普及部

1 緒言

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震と津波による全電源喪失に伴い、東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故（以下「原発事故」という）が発生し、福島県の浜通りを中心とした12市町村に避難指示等が出され、多くの住民が避難を余儀なくされた。2015年8月時点においても、避難指示区域からは約9.9万人が避難を余儀なくされている状況であり⁵⁾、2014年3月末時点の営農休止面積は16,018haにも上った¹⁴⁾。

避難指示区域等となった12市町村は、川俣町（山木屋地区）、田村市（都路地区）、南相馬市、浪江町、双葉町、大熊町、富岡町、楡葉町、広野町、飯館村、葛尾村、川内村であり、避難指示区域は、その後市町村毎に段階的に見直しが行われ、2014年度末の状況は、図1のとおりであった。



※青色は2015年度の実証研究終了時点で営農再開した場所
 ※経済産業省「避難指示区域の概念図」（2014年10月1日時点）を改変

図1 2014年度末時点の避難指示区域の状況と実証研究の設置場所

12市町村においては、原発事故による避難指示等により、震災前までの農業生産が停止し、放射性物質に汚染された農地の除染作業が各市町村の汚染状況に応じて段階的に行われたが、多くの地域で長期間に渡って営農が中断していた。

避難指示区域等の営農再開を進めるためには、農業者や市町村等の声を十分に踏まえた上で、それぞれの状況に応じた技術的支援が必要であることから、県は有識者等からなる委員会において原子力災害からの農業再生に向けた研究に関する検討を進め、2012年12月に「農林水産再生研究拠点構想」¹²⁾を策定した。これにより、避難が指示された地域の営農再開、農業再生という困難な課題の解決に向けた取組を強化するため、現地の環境下において直接調査、研究を行う新たな研究拠点である「浜地域農業再生研究センター」を南相馬市原町区に整備することとした。

しかし、同研究拠点が供用開始となるまでには期間を要することから、避難地域等の市町村の要望を踏まえた現地での実証研究を先行して進めるため、2013年4月より国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下「農研機構」という）東北農業研究センター福島研究拠点農業放射線研究センター（福島市荒井）に農業総合センターの研究員が駐在し、連携協力⁸⁾を更に密にして営農再開に向けた実証研究を進めていくこととした。

同駐在は、2013～2015年度の3か年設置し、2013～2014年度は3名、2015年度は5名の研究員を配置した。研究員による実証研究は、国の基金により設立された福島県営農再開支援事業¹⁰⁾により実施し、農業総合センター等が確立した基幹技術を導入した。2013年度と2014年度の実証研究内容については、2016年3月発行の福島県農業総合センター研究報告・放射性物質対策特集第2号「避難指示区域等の営農再開・農業再生に向けた実証研究(第1報)」⁴⁾に掲載している。

実証研究の内容は、除染の状況や、営農再開を目指した復興事業の取組状況が市町村ごとに大きく異なっているため、表1に示すテーマに基づき市町村や農業者等、地域の意向を踏まえながら設定し、2015年度の実施内容は表2のとおりとした。

実証研究の実施場所は、2015年度は10市町村に14か所とした（2013年度は8市町村に9か所、2014年度は10市町村に12か所）（図1）¹⁷⁾。実証研究の基幹技術は、原発事故前後から農業総合センターや

農研機構で開発した内容とし、放射性物質の吸収抑制対策や、農地の生産力回復に向けた現地試験の他、花き等の新規作物導入に向けた実証研究を実施した。

本稿では、2015年度に実施した実証研究の課題化の背景と実証結果について述べる。

表1 実証研究の主なテーマ

営農再開へ向けた研究（復旧）	
① 営農再開・食料生産までの間の効率的な農地保全の研究	<ul style="list-style-type: none"> 表土剥ぎ後の効果的な地力回復方法の研究・実証 地域に適する資源作物の選定と栽培方法の研究・実証
② 安全・安心な食料供給のための研究	<ul style="list-style-type: none"> 吸収抑制技術など既存研究成果の現地での研究・実証 放射性物質の影響の少ない野菜等への転換の研究・実証 放射性物質の影響の少ない種苗生産や花きへの転換の研究・実証
農業再生へ向けた研究（復興）	
① 新たな経営・生産方式の導入に関する研究	

表2 2015年度実証研究の実施内容

実施内容及び実施品目	実施場所
除染後農地の実態調査	飯舘村（須萱、二枚橋）
実態調査 害虫発生実態調査	飯舘村（飯樋）
地力回復 地力増進作物	飯舘村（二枚橋）
地力増進作物	南相馬市（小高区）
野菜 バレイショ	富岡町（下郡山）
リンドウ（定植2年目）	川俣町（山木屋）
リンドウ（定植2年目）	川内村（下河内）
花き リンドウ（定植2年目）	浪江町（幾世橋）
リンドウ（定植1年目）	広野町（折木）
トルコギキョウ、ストック	檜葉町（上繁岡）
トルコギキョウ	浪江町（幾世橋）
牧草（オーチャードグラス）	檜葉町（上小埜）
牧草（オーチャードグラス）	葛尾村（広谷地）
飼料作物 飼料用トウモロコシ	南相馬市（小高区）
飼料用トウモロコシ	浪江町（高瀬）
草地更新技術	田村市（都路）

2 2015年度の実証結果

(1) 実態調査と地力回復

A 飯舘村での除染後農地の実態調査及び土壌改良の実証

農地除染は、農地の放射線量や各市町村の方針により、表土剥ぎ取りや反転耕、深耕により行われた。表土剥ぎ取り除染が行われた農地では、表層の肥沃な土壌が取り除かれ、代わりに山砂等が客土されたことから、地力低下や作物生産性の低下を懸念する声が多く聞かれた。しかし、除染後農地の調査事例や、農地復旧の事例は少なかったことから、除染後農地の実態を把握するために、実証ほ場において土壌調査を行った。あわせて、除染後農地の土壌化学

性のばらつきを解消するための対策を実証した。

(A) 耕種概要

i 調査1（飯舘村の2地区及び客土採取場の土壌調査）

土壌調査は、飯舘村須萱地区と二枚橋地区のそれぞれ2ほ場において行った。両地区の除染方法は、表土剥ぎ取り及び客土であり、客土深は10～15cmであったことから、土壌は除染後未耕起部分の客土と下層土から採取した。なお、二枚橋地区の1ほ場については、ロータリ耕（15cm深）後にも土壌を採取した。あわせて、両地区への客土土壌の採取場（飯舘村草野、飯舘村関根）からも土壌を採取し調査した。

ii 調査2（除染後農地の耕起前後の土壌分析の変化）

飯舘村二枚橋のほ場（畑地）において、プラウ耕（30cm深）及びロータリ耕（15cm深）を行い、耕起前後の土壌分析値を調査した。プラウ耕及びロータリ耕による耕起は、2015年6～7月に実施した。調査ほ場面積は、10aとした。

(B) 調査方法

除染後農地の土壌採取は、土壌断面を切り出して採取した。客土採取場土壌及びプラウ耕とロータリ一耕実施後の土壌は、ハンドサンプラー（大起理化学工業（株）製、φ8cm）を用いて15cm深で採取した。土壌分析は、一般化学分析により行った。放射性Cs濃度は、ゲルマニウム半導体検出器を用いてRSD15%以下になるよう測定し、測定値は、2015年12月24日に減衰補正した。

(C) 試験結果及び考察

i 調査1（飯舘村の2地区及び客土採取場の土壌調査）

客土採取場2か所の土壌は、いずれも県の施肥基準¹³⁾・農耕地土壌の改良基準（畑地、中粗粒）（以下、土壌改良基準）と比べて可給態リン酸が3mg/100g以下と低く、一部の地点はCECも低かった。須萱地区、二枚橋地区の客土部分は、可給態リン酸が2mg/100g以下と低く、CECも低かった。二枚橋地区のロータリ耕後の土壌においても、同様に可給態リン酸及びCECが低かった（表3）。

ii 調査2（除染後農地の耕起前後の土壌分析の変化）

調査ほ場の客土は、土壤改良基準と比べて CEC、可給態リン酸、腐植（全炭素に係数 1.742 を乗じた推定値）が低かったものの、下層土は土壤改良基準を満たしていた。プラウ耕実施直後の土壤は、ほ場内での土壤分析値にばらつきが見られ、CEC、可給態リン酸が低い地点があった。プラウ耕後にロータリ耕を行ったところ、土壤分析値は土壤改良基準を満たした（表4）。

以上のことから、表土剥ぎ取り及び客土による除染後農地において、耕起による土壤改良の有効性が示された。ただし、耕起による土壤改良を行う場合は、客土と下層土の土壤分析値を把握するとともに、客土と下層土が良く混ざるよう、必要な耕起深が確保できるか確認する必要がある。

B 飯舘村での地力増進作物による保全管理の実証

表土剥ぎ取り及び客土による除染後農地では、土壤化学性のばらつきや地力の低下が確認され、営農再開後の作物生産性の低下が懸念された。また、農地の除染が完了しても、住民の帰還を進めるには、インフラ及び居住環境の整備も併せて進める必要があり、本格的な営農再開までは年数を要することが想定された。そこで、営農再開までの保全管理期間中に、地力増進作物を用いることでは場への有機物供給と雑草抑制が可能となることを実証した。

(A) 耕種概要

試験は、前項で土壤化学性を調査した飯舘村二枚橋の除染後農地（表土剥ぎ取り及び客土、2015年6

表3 実証ほ周辺農地の土壤層別調査

場所	土壤分類	深度 [cm]	pH [H ₂ O]	EC [mS/cm]	CEC [me/100g]	交換性塩基			可給態 リン酸 [mg/100g]	放射性Cs (134+137) [Bq/kg乾土]
						石灰 [mg/100g]	苦土 [mg/100g]	加里 [mg/100g]		
客土採取場 (草野)	採取地点1	-	6.8	0.06	8.8	86	58	15	1.1	n.d(<1.0)
	採取地点2	-	6.8	0.02	23.0	193	199	16	0.8	n.d(<1.0)
客土採取場 (関根)	採取地点1	-	5.6	0.03	8.1	40	50	15	0.5	11
	採取地点2	-	6.0	0.01	14.2	93	19	23	2.1	2,070
須萱A	客土(褐色森林土)	0-10	5.6	0.02	6.1	45	30	8	1.0	2
	下層土(グライ土)	10-25	6.2	0.03	10.8	154	24	10	9.3	9
須萱B	客土(褐色森林土)	0-10	5.8	0.02	14.2	29	24	14	0.6	71
	下層土(グライ土)	10-28	5.9	0.04	10.5	185	27	10	13.2	18
二枚橋A	客土(褐色森林土)	0-15	6.1	0.01	4.7	48	9	10	1.3	37
	下層土(黒泥土)	15-25	6.3	0.05	17.9	292	27	30	12.3	1,230
二枚橋B	客土(褐色森林土)	0-10	5.9	0.01	4.1	74	12	10	1.0	31
	下層土(黒泥土)	10-40	5.4	0.03	12.5	163	28	13	5.1	41
(参考)	ロータリ耕	-	-	-	5.7	83	13	11	4.0	326
福島県土壤改良 基準	畑地(中粗 粒)	-	作物別に 設定	-	10.0	当量比:石灰/苦土=6以下、 苦土/加里=2以上			20.0	-

表4 実証ほ周辺農地の土壤層別調査

時期	場所	pH [H ₂ O]	EC [mS/cm]	CEC [me/100g乾土]	交換性塩基			可給態 リン酸 [mg/100g乾土]	放射性Cs (134+137) [Bq/kg乾土]	全炭素 [%]	全窒素 [%]
					石灰 [mg/100g乾土]	苦土 [mg/100g乾土]	加里 [mg/100g乾土]				
耕起前	客土	6.8	0.02	5.1	148	23	22	12	166	0.24	0.02
	下層土	6.7	0.04	15.9	357	81	65	37	65	3.20	0.17
プラウ耕後	平均値	-	-	12.4	339	72	58	26	137	2.31	0.13
	最大値	-	-	17.6	397	93	85	36	300	-	-
	最小値	-	-	6.8	286	53	34	11	29	-	-
ロータリ耕後	平均値	6.8	0.04	12.3	387	84	67	38	163	2.16	0.14
	最大値	-	-	13.2	410	89	81	42	185	-	-
	最小値	-	-	11.5	375	74	54	33	123	-	-
福島県土壤 改良基準	畑地 (中粗粒)	作物別 に設定	-	10.0	当量比:石灰/苦土=6以下、 苦土/加里=2以上			20	-	※注3	

注1) 土壤は、ほ場の3地点から採取した。客土と下層土はそれぞれの層から、プラウ耕、ロータリ耕は、15cm深で採取した。

注2) プラウ耕後、ロータリ耕後の最大値最小値は、各採取地点の最大最小値を示す。

注3) 腐植(全炭素に係数 1.742 を乗じた推定値)として2%以上。可給態リン酸はトルオーグ法。

月除染完了)で実施した。地力増進作物として、栽培ヒエ「グリーンミレット」、エンバク「ニューオーツ」、セสบニア「田助」、クロタラリア「ネマックス」を供試した。施肥前の2015年6～7月に、土壤改良としてのプラウ耕及びロータリ耕を行った。施肥は、7月13日に10a当たりN、P₂O₅、K₂Oを各1.4kg施用した。播種は、7月13日に散播で行い、播種量は、栽培ヒエ10kg/10a、エンバク5kg/10a、セสบニア5kg/10a、クロタラリア9kg/10aとした。すき込みは、栽培ヒエが9月3日、他品目は9月30日に実施した。

(B)調査方法

調査区は、1区3点調査とした。放射性Cs濃度は、ゲルマニウム半導体検出器を用いてRSD15%以下になるよう測定した。また、測定値は坪刈日の9月15日に減衰補正した。

(C)試験結果及び考察

すき込み前の作物乾物量は、栽培ヒエが710kg/10a、クロタラリアが360kg/10a、セสบニアが265kg/10a、エンバクが119kg/10aであった。エンバクは、播種適期を過ぎていたため、乾物量が少なかった。栽培ヒエでは被覆割合が高かったことから、雑草の発生はなかった。作物による土壤への炭素・窒素供給量は、栽培ヒエ、クロタラリア、セสบニアの順に多かった(図2)。

以上のことから、栽培ヒエ、クロタラリアにおいて雑草発生量が少なく、供試作物の乾物量(すき込

み有機物量)が多かったため、除染後農地の地力増進及び保全管理に活用できると考えられた。

C 南相馬市での地力増進作物による保全管理の実証

(A)耕種概要

試験は、南相馬市小高区川房の除染後農地(表土剥ぎ取り及び客土、2015年5月除染完了)で実施した。地力増進作物として、大麦「てまいらず」、クロタラリア「ネマックス」、ヘアリーベッチ「まめ助」、ソバ「信濃1号」を供試した。播種量は、それぞれ10a当たり6kg、9kg、5kg、5kgとした。施肥は10a当たりN、P₂O₅、K₂Oを各3.0kg施用した。播種は5月20日、すき込みは8月24日に行った。

(B)調査方法

坪刈は、8月20日に2m²×3か所を実施し、作物及び雑草の乾物量、作物の放射性Cs濃度、作物の全窒素、全炭素を調査した。

(C)試験結果及び考察

すき込み前の作物乾物量は、クロタラリアが560kg/10aと最も多く、次いでソバが310kg/10aであった。全炭素、全窒素ともに、クロタラリアが最も多く、次いでソバの順であった(図3)。ソバは、初期生育が旺盛で抑草効果が高かった。土壤へのすき込み量との関係は判然としないものの、各作物ですき込み後の土壤の全炭素、全窒素が増加した(図4)。

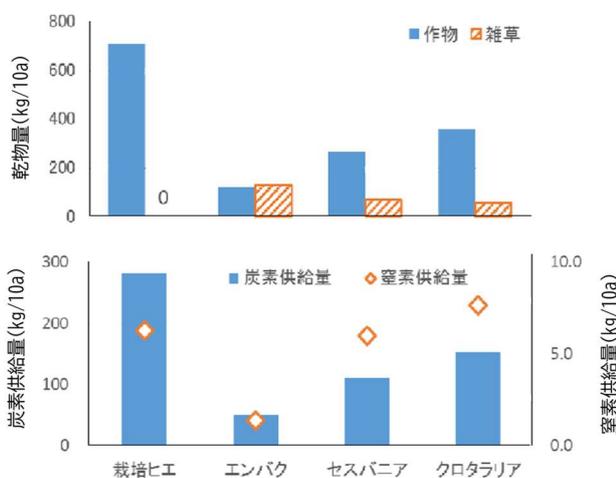


図2 作物・雑草の乾物量と土壤への炭素・窒素供給量

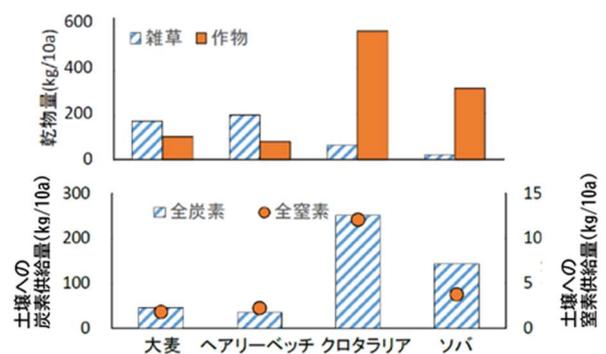


図3 作物・雑草の乾物量と土壤への炭素・窒素供給量

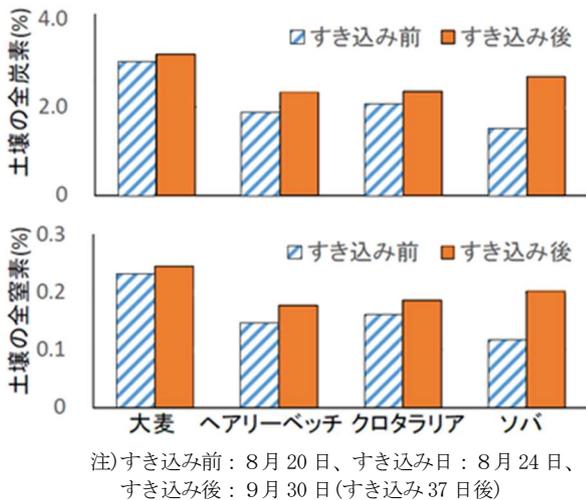


図4 すき込み前後の土壌炭素・全窒素

以上のことから、クロタラリア、ソバにおいて雑草発生量が少なく、供試作物の乾物量(すき込み有機物量)が多かったため、除染後農地の地力増進及び保全管理に活用できると考えられた。

D 飯舘村での除染後農地における害虫発生実態調査

避難指示区域において、農地除染が完了しても農業者の帰還が進まずに、除染後すぐに営農が再開されない場合は、除染完了当年からイネ科雑草が繁茂するケースが確認された。そのため、営農再開した際に、イネ科雑草地を主たる繁殖場所とする斑点米カメムシ類が増加することが懸念された。また、斑点米カメムシ類の被害は、震災前の飯舘村において、アカスジカスミカメ(以下アカスジ)の加害による一等米比率の低下が問題となっていたことから、飯舘村の除染後農地(保全管理実施農地及び除染直後農地)におけるアカスジの発生実態を明らかにした。

(A) 調査1 保全管理実施農地におけるアカスジ発生実態

i 耕種概要

試験は、飯舘村飯樋のほ場1筆(50a、地目:畑地)で実施した。試験地の除染は、表土剥ぎ取り及び客土により2014年9月に実施された。除染後の管理は、土壌流亡防止を目的として、2014年10月にオーチャードグラス、イタリアンライグラス、クローバを混播(6:3:1)した。草刈りは、2015年7月25日と、9月29日に実施した。

ii 調査方法

6月上旬～9月中旬にかけて、旬ごとにすくい取り調査(20回振り、2か所)を行った。

iii 試験結果及び考察

保全管理実施農地では、調査開始時の6月上旬に既にイタリアンライグラスが出穂しており、6月中旬に枯れあがった。この時期、ほ場内には越冬世代の餌となる植物(スズメノテッポウ、スズメノカタビラ等)は確認されなかった。その後、7月中旬にはイタリアンライグラスが極わずかに再出穂し、8月中旬にはアキノエノコログサ、メヒシバが極わずかに出穂した。アカスジ成虫は、8月下旬まで確認されず、9月上旬に5頭/20回振り確認された(図5)。アカスジ以外には、アカヒゲホソミドリカスミカメ等が確認された。

(B) 調査2 除染直後の農地におけるアカスジ発生実態

i 耕種概要

試験は、飯舘村二枚橋のほ場1筆(30a、地目:水田)で実施した。試験地の除染は、表土剥ぎ取り及び客土により2015年5月に実施された。除染後の保全管理が開始されていない状態で、調査を実施した。

ii 調査方法

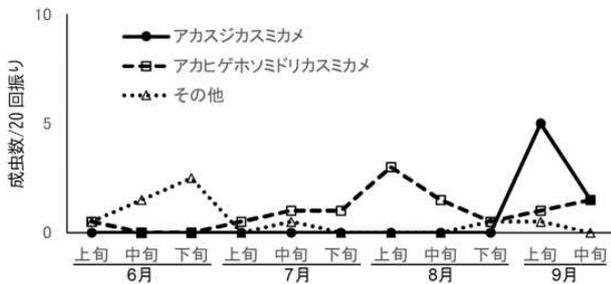
7月下旬～9月中旬にかけて、旬ごとにすくい取り調査(20回振り、2か所)を行った。

iii 試験結果及び考察

除染直後の農地では、除染2か月後の7月下旬に、スズメノテッポウ、イヌホタルイの出穂が極わずかに確認された。8月上旬からノビエ、アキノエノコログサの出穂が始まり、その後、ノビエ主体のイネ科雑草が繁茂した。調査開始時の7月下旬からアカスジ成虫が確認されたものの、頭数は調査期間を通じて5頭未満/20回振りであった(図6)。アカスジ以外には、アカヒゲホソミドリカスミカメ等が確認された。

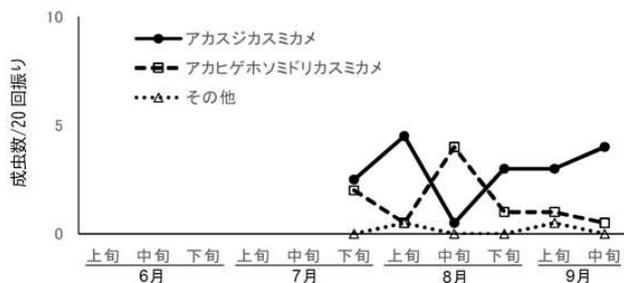
以上、調査1、2の結果から、除染後保全管理中の農地でアカスジが生息していることが確認され、営農再開した際に発生源となる可能性が示唆された。一方、除染直後の農地ではアカスジは低密度で

あった。これは、表土剥ぎ取りによる餌植物の除去や、アカスジの卵がほ場外へ持ち出しされる等、生息環境の攪乱が原因と考えられた。



※数値：20回振り2か所の平均値

図5 保全管理農地における斑点米カメムシ類のすくい取り成虫数



※数値：20回振り2か所の平均値

図6 除染直後の農地における斑点米カメムシ類のすくい取り成虫数

(2) 野菜

A 除染後農地におけるバレイショ栽培の実証

2015年度は、富岡町下郡山においてバレイショを栽培し、除染後のほ場で放射性Cs吸収抑制対策を実施して、収穫物の放射性Cs濃度が、国が定める食品の放射性物質の基準値を下回ることを実証した。あわせて、除染後農地における生産性が、福島県経営指標のバレイショ生産量3t/10aを達成することを実証した。

本実証は、片道1時間程度での農業者の通り耕作により実施し、栽培管理や病害虫防除、獣害対策についても検証した。

(A) 耕種概要

実証ほ場は、震災以降未作付けの水田転換畑で、除染は2015年3月に深耕20cmで実施された。試験面積は、3aとした(図7)。放射性Cs吸収抑制対

策としては、土壌中の交換性カリ含量が40mg/100g乾土以上になるよう土壌改良を行った¹¹⁾。また、土壌改良基準に基づき、塩基バランスが石灰苦土比6以下、苦土加里比2以上になるように調整した。施肥は、福島県施肥基準(N:P₂O₅:K₂O=16:16:18kg/10a)に準じた。品種は、「メイクイン」、「キタアカリ」、「タワラムラサキ」、「グランドペチカ」を供試した。栽植密度は、4,700株/10a(畝間85cm×株間25cm)とした。定植は、2015年4月3日、収穫は、同7月23日に実施した。ほ場設置地区にイノシシが出没していたことから、ほ場外周に電気柵(設置高:下から20cm、40cmの2段張り)で設置した。



図7 開花期のバレイショ試験栽培ほ場(2015年、富岡町)

(B) 調査方法

収穫物の放射性Cs濃度は、厚生労働省の「緊急時における食品の放射能測定マニュアル」に基づく検査における留意事項について³⁾を参考に流水で洗浄した後、1cm角程度に刻んだものを2Lマリネリ容器に詰めて測定した。また、土壌はハンドサンプラー(大起理化工業(株)製、φ8cm)を用いて15cm深で採取し、風乾粉碎後にU8容器に詰めて測定した。収穫物及び土壌中の放射性Cs濃度測定は、ゲルマニウム半導体検出器を用い、測定値のRSDが15%以下になるよう測定した。交換性放射性Cs濃度は、1μmのフィルターを用いて分離した。また、測定値は収穫日の7月23日に減衰補正した。

(C) 試験結果及び考察

実証栽培を行ったほ場の土壌分析値を表5に示

す。試験ほ場の土壌中の放射性 Cs 濃度は、3,500Bq/kg 乾土であった。交換性カリ含量は、施肥前が 29mg/100g 乾土であり、収穫時の各品種作付け位置の交換性カリ含量は 22~39mg/100g 乾土、交換性放射性 Cs 濃度は、2.6~5.1%であった。

収穫物の放射性 Cs 濃度は、8.9~15.4Bq/kgFW であり、食品の基準値を満たす 100Bq/kg 以下であった(表6)。収穫物の放射性 Cs 濃度は、土壌中の交換性カリが高いと低くなる傾向であった(図8)。収量は、目標収量 3t/10a を上回る 3.6~4.9t/10a であり、規格内重量も 2L~Mが 77~88%を占めた(表7)。ほ場周辺にイノシシの出没が確認されたが、電気柵の設置により被害は無かった。

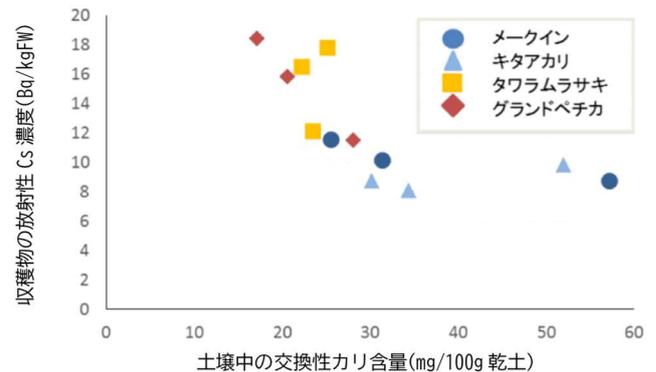


図8 収穫物の放射性 Cs 濃度と交換性カリの関係

表5 バレイシヨの栽培ほ場の土壌分析値

採取時期	採取地点	pH	EC	CEC	交換性塩基			可給態リン酸	放射性Cs (¹³⁴ + ¹³⁷)	交換性放射性Cs (¹³⁴ + ¹³⁷)
					石灰	苦土	加里			
		[H ₂ O]	[mS/cm]	[me/100g乾土]	[mg/100g乾土]	[mg/100g乾土]	[mg/100g乾土]	[mg/100g乾土]	[Bq/kg乾土]	[%]
土壌改良前	ほ場全体	6.1	0.1	18	183	38	29	16	3,500	-
栽培開始1カ月	ほ場全体	5.6	0.2	-	247	43	38	14	-	-
栽培開始3カ月	ほ場全体	5.5	0.2	-	264	45	34	25	-	-
収穫時	ほ場全体	5.5	0.3	-	320	45	31	27	2,940	-
"	メイクイン	5.5	0.3	-	273	43	38	23	3,130	2.6
"	キタアカリ	5.5	0.3	-	323	45	39	28	3,210	2.8
"	タワラムラサキ	5.6	0.2	-	338	44	24	25	2,600	3.8
"	グランドベチカ	5.6	0.2	-	343	47	22	32	2,830	5.1

注1) 土壌は15cm深で各採取地点から採取して分析した。可給態リン酸はトルオーグ法

表6 収穫物の放射性 Cs 濃度

品種	放射性Cs濃度 [Bq/kgFW]		
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	合計
メイクイン	2.2	7.9	10.1
キタアカリ	1.8	7.1	8.9
タワラムラサキ	2.8	12.7	15.4
グランドベチカ	3.2	12.1	15.2

表7 バレイシヨの収量及び出荷規格別割合

品種	収量 [t/10a]	規格内重量[%]				粗収量に対する 規格外重量[%]
		2L	L	M	S	
メイクイン	4.9	21	33	28	18	9
キタアカリ	4.5	30	33	22	15	13
タワラムラサキ	3.6	26	38	24	12	8
グランドベチカ	4.7	15	29	33	23	14

(3) 花き

2015年度は、リンドウとトルコギキョウ、ストックについて現地6か所で実証栽培を行った。

A 川俣町、川内村、浪江町でのリンドウ栽培の実証(定植2年目)

水田を活用した花き栽培に取り組みたいとの意向を受け、2014年度に3町村の除染方法の異なるほ場において、土壌分析に基づく施肥を行いリンドウの実証栽培を行った。定植年の2014年度には、定植30日後のジベレリン処理²⁰⁾による効率的な株養成、定植初年目からの切り花収穫を実証した。

2015年度は、前年の定植30日後ジベレリン処理による定植2年目の株養成効果を明らかにするとともに、小トンネル被覆による開花前進効果²⁵⁾を実証し、供試した14品種の開花時期を明らかにして、需要期出荷ができる品種構成²³⁾を示した。

川俣町、浪江町においては、農業者による通い耕作により実施し、栽培管理や病虫害防除、獣害対策についても検証した。

(A) 耕種概要

農地の除染方法は、川俣町山木屋が表土剥ぎ取り

及び客土、浪江町が深耕、川内村が反転耕であった。試験地域において需要期出荷が可能となる品種構成を検討するため、極早生から晩生までの14品種を供試した。供試品種は、2014年5月下旬～6月上旬に定植し、定植30日後にジベレリン100ppm液を蓄圧式噴霧器で茎葉処理した。

定植苗の越冬対策として、2014年12月に敷きわら又は赤土を株上に覆い越冬対策²⁶⁾とし、対照として無被覆区を設置した。小トンネル被覆は、2015年2月下旬～3月下旬の約1か月間、畦上に小トンネル（農P0：0.075mm、内高40cm）を設置した。定植2年目の施肥は、供試系統の特性に応じて施用し、いずれの試験地においても極早生と早生が4月上旬、中生から晩生が5月下旬～6月上旬に実施した²¹⁾。施肥量（kg/a）は、極早生と早生がN-P₂O₅-K₂O＝0.4-0.4-0.4、中生から晩生がN-P₂O₅-K₂O＝0.6-0.6-0.6とした。

試験ほ場の条件は、浪江町が標高6m、川内村が同515m、川俣町が同585m、供試面積は、各試験地とも3a程度とした。ほ場設置場所にイノシシが出没していたことから、ほ場外周に電気柵（設置高20cm、40cmの2段張り）を設置した。

（B）調査方法

リンドウの生育及び切り花調査は、農業総合センターの慣行法により実施した。

（C）試験結果及び考察

定植2年目の立茎数は、試験地により品種間差はあるものの、前年の定植30日後ジベレリン処理により有意に多かった（データ省略）。また、いずれの試験地とも冬期間の積雪が少ないため凍上害が懸念されたが、定植年にジベレリン処理を行った品種では敷きわらや赤土の有無に係わらず凍上害の発生はなかった。しかし、ジベレリン処理を行わない栄養系品種では、一部凍上害が生じ、欠株が2.2%～11.2%発生した。

小トンネル被覆処理は、春季の生育を促進し（図9）、開花盛期が5～15日程度前進した（図10、図11）。

定植2年目の開花期は、3試験地とも「かせん極早生」が6月に開花盛期となった。各試験地におい

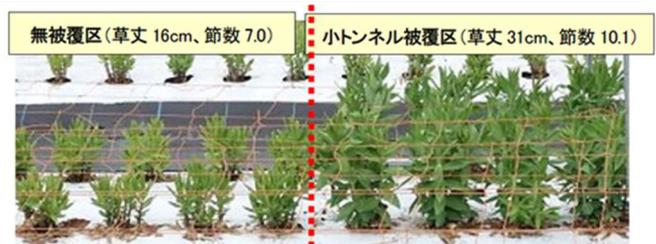


図9 小トンネル除去時の生育（4月17日、川内村、「ふくしましおん」）

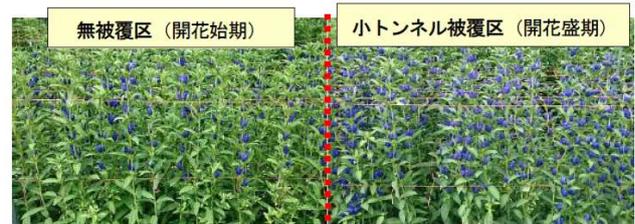


図10 小トンネルにより開花が前進（8月10日、川内村、「ふくしましおん」）

て、リンドウの需要期である7月新盆、8月旧盆、9月彼岸に出荷可能となる品種構成が確認された（図11）。

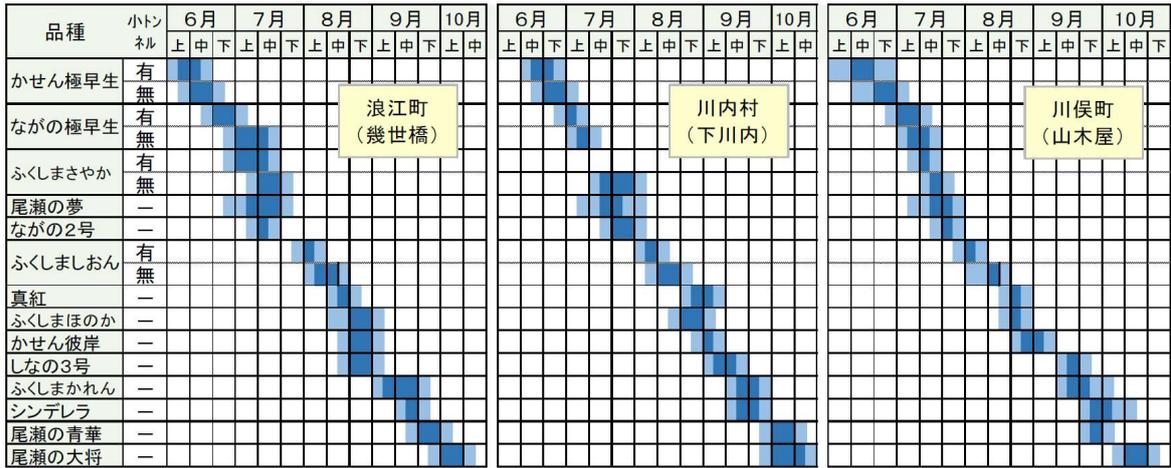
切り花の特性は、定植2年目でも、極早生品種を含め出荷の上位規格（花段数5段以上）を満たした。

浜通り平坦部におけるリンドウ栽培では、夏季高温時に中生以降の品種に見られる花卉の高温障害²²⁾が懸念されたが、発生は軽微であり、また、平坦部で栽培したリンドウの花色も、中山間地で栽培した切り花と同等であった（データ省略）。

以上のことから、本実証研究結果を活用することにより、避難指示区域等の除染後の露地ほ場において花き（リンドウ）導入時の参考となるとともに、需要期出荷が可能となる品種構成を検討する際の資料となる。

B 広野町でのリンドウ栽培の実証（定植1年目）

広野町においては、震災以前からリンドウ栽培の実績はなかったが、2014年度に浪江町等で実施した実証栽培ほ場を見た花き生産者から、是非リンドウ栽培に挑戦したいとの声があり、実証ほを設置した。試験は2か年での実施を前提に、定植年となる2015年度は、定植30日後のジベレリン処理による定植年の効率的な株養成²⁰⁾と、定植初年目からの切り花



※濃色部分が開花盛期、淡色部分は開花始期と開花終期を表す。 ※試験ほ場の標高は浪江町が6m、川内村が515m、川俣町が585m
 図11 2015年度の気象条件下における lindou 定植2年目の開花時期

収穫を実証した。

(A) 耕種概要

試験は広野町折木で実施し、農地の除染方法は、深耕であった。施肥は土壌分析に基づき実施し、施肥量 (kg/a) は N-P₂O₅-K₂O=0.8-0.8-0.8 に加え、牛ふん堆肥:200、畑のカルシウム:10、硫酸カリ:4、硫酸マグネシウム:6を施用した。試験地域において需要期出荷が可能となる品種構成を検討するため、極早生から晩生までの7品種を供試した。供試品種は、2015年6月10日に定植した。定植30日後にジベレリン 100ppm液を蓄圧式噴霧器で茎葉処理した。雑草対策として、通路に防草シートを敷設(6月17日)するとともに、植穴の除草の省力化のため、株元に購入赤土を詰めた(9月24日)。

試験ほ場の条件は標高50m、供試面積は2aで実施した。獣害対策として、ほ場周辺に電気柵(設置高20cm、40cmの2段張り)を設置した。

(B) 調査方法

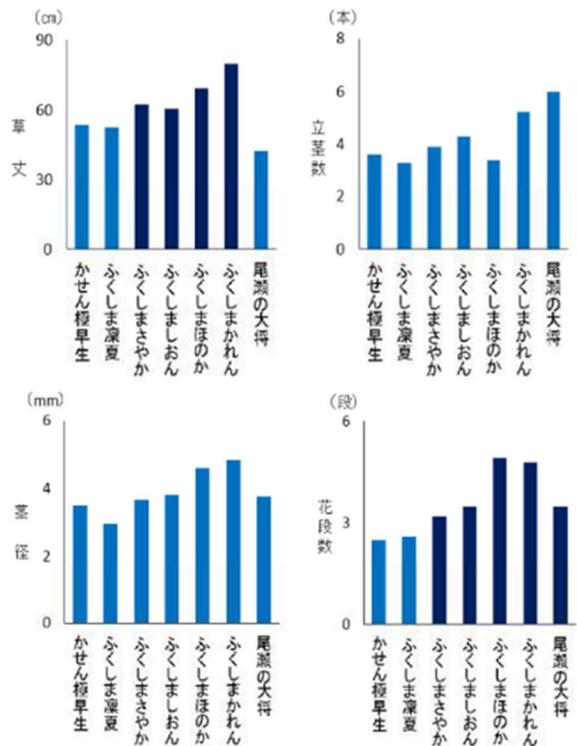
lindouの生育及び切り花調査は、農業総合センターの慣行法により実施した。

切り花への放射性物質の影響調査⁴⁾は、切り花5株をビニル袋に入れ、円柱形の鉛遮蔽体内において空間線量率をサーベイメータ(TGS-146、日立 ALOKA製)を用いて測定し、表面線量をサーベイメータ(TCS-17、日立 ALOKA製)を用いて評価した。測定は、数値が安定した後30秒おきに5回表示値を記

録した。

(C) 試験結果及び考察

広野町においても、定植30日後ジベレリン処理により、lindouは定植年から旺盛な生育を示した。中晩生品種のうち「ふくしましおん」、「ふくしまほのか」、「ふくしまかれん」は、定植1年目においても出荷規格(草丈60cm、3段以上)を満たす切り花が得られた(図12)。



※調査日: 9月2日、10月28日
 ※濃色のバーは、出荷規格(草丈60cm以上、花段数3段以上)を満たすことを表す

図12 広野町における lindou 定植年の生育

定期的な薬剤散布により、主要病害虫への対応が可能であった。ただし、実証ほどは白絹病の発生が認められたことから、栽培予定ほ場においては、土壌病害の発生を防止するために作付け前の湛水処理や明きょ設置等、排水対策を実施する必要がある。

定点センサーカメラによる調査の結果、ほ場周辺に野生獣の出現が見られたが、電気柵設置によりほ場内への侵入及びリンドウ株や栽培資材への被害は確認されなかった（データ省略）。

切り花の表面線量及び空間線量率は、バックグラウンドと差がなく、切り花への放射性物質の影響は認められなかった（表8）。

表8 広野町で栽培したリンドウ切り花への放射性物質の影響

区	空間線量率 (μ Sv/h)	表面線量 (cpm)
ハククワラント [®] (1回目)	0.022±0.004	38.4±3.9
かせん極早生	0.024±0.005	33.6±3.0
ふくしま凜夏	0.020±0.000	37.4±3.2
ふくしまさやか	0.022±0.004	35.4±2.9
ハククワラント [®] (2回目)	0.022±0.004	38.8±2.6

区	空間線量率 (μ Sv/h)	表面線量 (cpm)
ハククワラント [®] (1回目)	0.018±0.004	41.8±3.6
ふくしましおん	0.018±0.004	38.8±4.7
ふくしまほのか	0.020±0.000	39.4±3.0
ふくしまかれん	0.020±0.000	37.8±4.4
尾瀬の大将	0.020±0.000	37.8±4.5
ハククワラント [®] (2回目)	0.020±0.000	42.0±3.1

※測定日 上表：2015年10月9日、下表：2015年11月18日

本試験におけるリンドウ栽培の経費（株在ほ期間5年、苗以外の資材の償却期間5年で算出）は、年間36,307円/a（種苗：12,883円、農薬：2,336円、マルチ、通路シート、支柱、フラワーネット：13,369円、電気柵：5,432円）であった。

以上のことから、広野町におけるリンドウ定植年の栽培を実証し、定植30日後ジベレリン処理の有効性を確認した。広野町のリンドウ実証ほ場は、県内で最も温暖な立地にあることから、定植2年目以降に向けては、春季の小トンネル処理を実施するこ

とで、県内一早い開花となるよう実証を行う。

C 檜葉町での施設花き（トルコギキョウとストック）栽培の実証

檜葉町における実証研究は、2013～2014年には景観作物と油糧用ヒマワリ、牧草について実施してきたが、近隣町村での花きによる営農再開の事例が増える中、風評被害のない花き栽培に挑戦したいとの声があった。このため、花きによる営農再開を希望する花き栽培未経験者と一緒に栽培の基本技術の習得と市場での評価を含めた実証を行った。

実証品目は、夏秋期のトルコギキョウと秋冬期のストックとした。トルコギキョウでは、土壌分析に基づく適切な施肥及び高温期の遮光技術¹⁹⁾により日持ち性の高い切り花生産を実証した。

本実証は、片道約1時間での農業者の通り耕作により実施し、栽培管理や病害虫防除についても検証した。

(A) 耕種概要

試験は、檜葉町上繁岡（標高102m）で実施した。施肥量（kg/a）は、土壌分析に基づきトルコギキョウがN-P₂O₅-K₂O=1.0-1.0-1.0、畑のカルシウム：20、硫酸マグネシウム：6とし、ストックではトルコギキョウ作付け後の土壌分析に基づき無肥料とした。栽植密度は、トルコギキョウが畦幅80cm、通路80cm、畦高15cm、条間×株間：10cm×10cm、中抜き2条の4条植えとし、ストックが畦幅80cm、通路80cm、畦高15cm、条間×株間：15×15cm、5条植えとした。トルコギキョウは購入苗を使用し、定植は5月25日、6月11日、6月18日に実施した。ストックは、8月19日に播種し、9月17日に定植した（表9）。

秋冬期のハウス管理は、パイプハウス内に内張りカーテン（農P0、0.075mm厚）を11月26日に設置、無加温栽培とした。

通り耕作のため、灌水の自動灌水と、ハウスサイドの管理を自動開閉とした（開閉設定温度5月25日～9月16日：15℃、開放幅60cm、9月17日～11月12日：10℃、開放幅60cm、11月13日～：15℃、開放幅30cm）。定植直後及び発蕾期以降の高温対策

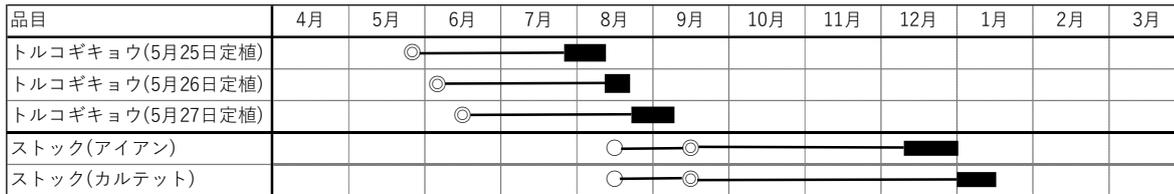
として、遮光幕(タキイ涼感シルバー30)をハウス外側に展張した。

示す上位規格を満たした(データ省略)。また、5月定植の4品種で実施した日持ち調査の結果、日持ち

表9 檜葉町における供試品目と耕種概要

品目	供試品種	播種日	定植日	栽植密度、播種法
トルコギキョウ	8品種(406穴)	購入苗 (種子冷蔵)	5月25日 6月11、18日 *	畦幅80cm、通路80cm、畦高15cm、 条間×株間：10cm×10cm、 中抜き2条の4条植え
ストック	4品種(208穴) (アイアン, カルテット)	8月19日	9月17日	畦幅80cm、通路80cm、畦高15cm、 条間×株間：15×15cm、5条植え

※購入品の配送日が品種によって異なったため、定植を2回に分けた



○：播種 ◎：定植 ■：収穫
図13 檜葉町におけるトルコギキョウとストックの栽培歴

(B) 調査方法

切り花の生育及び品質調査は、農業総合センターの慣行法により実施した。

トルコギキョウ切り花の日持ち調査⁴⁾は、8月10日に採花した切り花を、8月12日から気温25℃、相対湿度約60~70%、12時間照明の部屋に置いて調査した。2cm未満の蕾及び切り口から15cmの間にある枝葉を除去し、1cm程度切り戻しをした後、後処理剤(グルコース1%液+ケーソンCG0.5mL/L+硫酸アルミニウム50mg/L)約1Lを入れたバケツに生け、生け水は交換せず、2~3日毎に後処理剤を継ぎ足した。この間、切り戻しや枯れた小花の除去は行わなかった。調査は、開花小花数を調査し、花卉の萎凋・変色が発生した時点を小花の花持ち終了とし、開花小花数が調査開始時より少なくなるまでの日数を切り花の花持ち日数とした。

切り花への放射性物質の影響調査⁴⁾は、前出のリンドウでの調査方法に準じて実施した。

(C) 試験結果及び考察

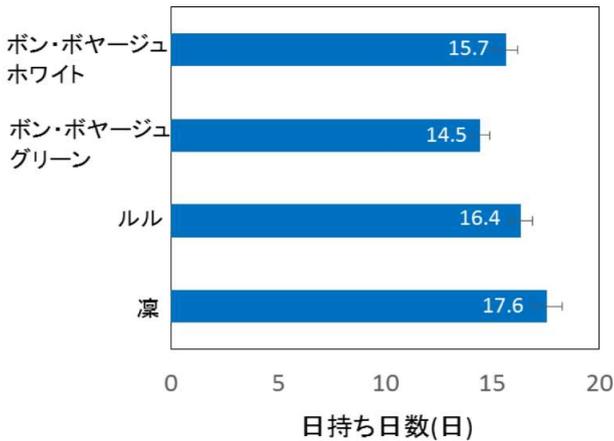
トルコギキョウの採花盛期は、5月25日定植では8月1半旬、6月11日定植では8月3半旬、6月18日定植では8月5半旬~9月1半旬であった(図13)。トルコギキョウの切り花品質は、5、6月定植いずれにおいても福島県青果物標準出荷規格¹⁶⁾に

日数は14.5日~17.6日となり、高温期の採花であっても、生花店が求める日持ち日数7日⁶⁾を超えることが確認された(図14)。切り花の表面線量及び空間線量率は、バックグラウンドと差がなく、切り花からの放射性物質の影響は認められなかった(表10)。

ストックの採花盛期は、アイアン系2品種では12月3半旬、カルテット系2品種では12月6半旬~1月1半旬であった(図13)。ストックの切り花品質は、すべての供試品種で福島県青果物標準出荷規格¹⁶⁾に示す上位規格を満たした(データ省略)。

施設花き栽培を片道約1時間の通り耕作で行ったが、施設管理や栽培管理の一部を自動化することで通り耕作による施設花き栽培が可能であった。自動化のために導入した資材の主な経費は、35,581円/a・年であった。また、定期的な薬剤散布により、病害虫への対応が可能であった。

以上のことから、檜葉町における施設花き栽培は、5月~9月の夏秋期にトルコギキョウを、9月~1月までの秋冬期にストックを導入した栽培が可能であった。これにより、担当した農業者は、2016年度以降、花き栽培の規模を拡大する意向であり、町役場や実証ほ設置地区の住民からも花き栽培による営農再開に期待する声が聞かれた。



※日持ち調査条件：8月10日採花、8月12日～9月2日調査、
気温25℃、相対湿度約60～70%、12時間照明

図14 トルコギキョウ切り花の日持ち日数

表10 切り花への放射性物質の影響(トルコギキョウ)

区	空間線量率 (μ Sv/h)	表面線量 (cpm)
バックグラウンド1	0.018 \pm 0.004	40.4 \pm 4.6
クラウンズノー	0.020 \pm 0.000	36.2 \pm 3.3
ダイヤモンドビーチ	0.020 \pm 0.000	39.6 \pm 3.7
レイナピンク	0.020 \pm 0.000	38.0 \pm 6.2
ボンマリン	0.020 \pm 0.000	37.2 \pm 4.8
バックグラウンド2	0.016 \pm 0.005	38.6 \pm 4.7

区	空間線量率 (μ Sv/h)	表面線量 (cpm)
バックグラウンド1	0.022 \pm 0.004	39.8 \pm 4.0
ボンボヤージュホワイト	0.020 \pm 0.000	38.8 \pm 5.3
ボンボヤージュグリーン	0.016 \pm 0.005	38.6 \pm 3.6
ルル	0.018 \pm 0.004	41.4 \pm 5.0
凧	0.018 \pm 0.004	41.8 \pm 3.3
バックグラウンド2	0.020 \pm 0.000	41.2 \pm 4.6

※測定日 上表：2015年9月2日 下表：2015年9月16日

D 浪江町での施設花き（トルコギキョウ）栽培の実証

浪江町では、風評被害の無い花き栽培に挑戦したいとの意向を受け、2014年度から花き栽培未経験の農業者と、露地花き、施設花き栽培の実証を行ってきた。これにより、担当農業者は、花き栽培により営農を再開するとともに、冬季も温暖で日照時間の長い地域の気象条件を活かし、さらにトルコギキョウ栽培を拡大したいとの声があった。特に、12月下旬から1月にかけて、赤色系のトルコギキョウを出

荷したいとの農業者の意向があり、施設の加温及び2重被覆等により、冬季のトルコギキョウ栽培を実証した。

(A) 耕種概要

試験は、浪江町幾世橋（標高6m）で実施した。

品種は、「ナイチンゲール」、購入苗（種子冷蔵苗、406穴）を供試した。施肥は、土壌分析に基づき基肥無施用とし、堆肥を67kg/a、苦土石灰を13kg/a施用した。定植日は8月10日、栽植密度は、畦幅80cm、条間×株間10cm×10cm、中抜き2条の4条植えとした。定植後は、45%遮光幕をパイプハウス屋根に展開した。電照は行わなかった。冬季の施設管理は、施設内に内張カーテンを設置した上で、暖房機を11月25日より稼働し、生育期（昼温30℃、夜間加温10℃）、発蕾以降（日中曇天時25℃加温、夜間加温15℃）で管理した。

本実証は、片道30分での農業者の通り耕作により実施し、栽培管理や病害虫防除についても検証した。

(B) 調査方法

切り花の生育及び品質調査は、農業総合センターの慣行法により実施した。

また、本作型で生産する切り花の評価を実施するため、市場関係者からの評価及びイベントでのPRを実施した。

(C) 試験結果及び考察

ハウス内の気温は、10月下旬から11月以降にかけて10℃を下回る日も見られ、生育が一時停滞した。開花は、発蕾後の加温管理を夜温15℃、日中曇天時25℃とすることにより、12月下旬から開花し、開花盛期は1月3～4半旬であった。

切り花品質は、定植後の高温や加温管理の遅れ等により、生育のばらつきが見られた。草丈は72cmとやや低かったが、有効花蕾数は6.8花となり、目標とした有効花蕾数6以上を確保した（図15）。

今後は、定植時期や高温対策、加温管理を更に検討することで、より高品質な切り花が収穫できることが期待された。

また、市場調査の結果、赤色系の花色は季節感があって良いとの評価が得られるとともに、イベント

での PR においては花による浪江町の復興に期待する声が聞かれた。

栽培期間中、定植3週間後に2015年9月関東・東北豪雨によりほ場が80cm冠水し、苗の埋没やハウス内への土砂流入が生じたが、被害直後にハウス内及び苗の洗浄を行った。被害による生育への影響は明らかではなかった。

以上のことから、12月～1月に開花するトルコギキョウ冬季出荷体系を実証した。収穫した切り花は、12月下旬に実施した東京都内での浪江町 PR イベントでの展示や、1月には浪江町の新成人に配られるなどして、花による浪江町の復興が広く PR された。



図15 トルコギキョウ「ナイチンゲール」の開花状況(2016年1月7日、浪江町)

(4) 飼料作物

2014年度の実証研究では、檜葉町と葛尾村において、除染後農地における単年生牧草生産を実証した⁴⁾。2015年度は、檜葉町と葛尾村の前年同地区において、永年生牧草の生産を実証するとともに、あらたに南相馬市と浪江町において、飼料用トウモロコシの栽培を実証した。また、田村市都路の除染後草地において、2014年産の牧草が酪農生産者団体の定めた放射性Cs自主基準値(30Bq/kg、水分80%換算)

(以下、自主基準値)を超過したことから、草地の更新技術を実証した。

A 檜葉町と葛尾村での永年生牧草栽培の実証

檜葉町と葛尾村の除染後農地において、永年生牧草オーチャードグラスを栽培し、営農再開へ向けた自給飼料確保のため、牧草の放射性Cs吸収抑制対策「土壌中交換性カリ含量30～40mg/100gの管理」¹⁵⁾を実証した。

(A) 耕種概要

試験ほ場は、檜葉町上小埞(転換畑、30a)、葛尾

村広谷地(草地、3.5a)で実施した。

農地の除染方法は、檜葉町が深耕(2013年度実施、その後保全管理)、葛尾村が表土を5cm剥ぎ取り客土を10cm行った後に30cm深耕(2014年4月実施、その後単年生牧草栽培)であった。

草種は、永年生牧草のオーチャードグラス「アキミドリⅡ」を供試した。播種日は、檜葉町が2014年10月1日、葛尾村が2014年9月22日とし、いずれも播種量3kg/10a、散播とした。施肥量(kg/10a)は、基肥をN-P₂O₅-K₂O=7-7-20とし、牧草収穫後の追肥は、N-P₂O₅-K₂O=5-5-5を基本として、追肥前に土壌中の交換性カリ含量の簡易測定⁷⁾を実施し、40mg/100g以下の場合に塩化カリを増肥した。

(B) 調査方法

収量は、1、2番草をライジングプレートメータで草量を推定し¹⁸⁾、3番草は、1m²×3か所の坪刈りにより算出した。刈り取り調査は、手刈りと機械刈りで実施した。放射性Cs濃度は、手刈りと機械収穫試料を各1点(反復なし)分析した。その他、一般無機成分分析を実施した。

(C) 試験結果及び考察

檜葉町の土壌条件は、作付け前の土壌中放射性Cs濃度が1,460Bq/kg乾土、交換性カリ含量が46.4mg/100g乾土であった。葛尾村ほ場は、除染前の土壌中放射性Cs濃度が4,000Bq/kg乾土以上であったが、除染により低下し559Bq/kg乾土であった。交換性カリ含量は、46.2mg/100g乾土であった。

乾物収量は、檜葉町実証ほが1,052kg/10a、葛尾村実証ほが706kg/10aであった(表11)。葛尾村では、県畜産指導指針の収量1,100kg/10aを下回った。

生産物の放射性Cs濃度(水分80%換算)は、全て10Bq/kg未満となり、自主基準値を大きく下回った(表11)。

機械刈り集草梱包後の生産物の放射性Cs濃度は、手刈りと比較して最大5.3Bq/kgの増加であり、機械作業による土壌付着の影響は少ないと考えられた。ただし、葛尾村実証ほの3番草・機械刈り集草後の生産物には、落ち葉の混入が確認されており、生産物の放射性Cs濃度増加の原因となった可能性があるため、異物の混入に注意が必要であると考えられた。

生産物のカリウム濃度は、おおむね3%前後であり、K/(Ca+Mg)当量比（テタニー比）は概ね3であった（表12）。テタニー比は、目標値である2.2より高かったことから、牧草の利用に当たっては、給与する際の飼料分析によりカリウム濃度を把握した上で、ミネラルバランスに注意し飼養管理を行う必要があると考えられた。

以上のことから、土壌分析に基づき土壌中の交換性カリ含量を30~40mg/100g乾土とすることにより、永年生牧草オーチャードグラスの放射性Cs濃度は除染の方法にかかわらず自主基準値以下となることが実証された。一方、カリ増肥によるCs吸収抑制対策を実施した牧草はテタニー比が高くなることから、給餌に際しては、飼料分析によりカリウム濃度を把握した上で、飼養管理を行う必要がある。

表11 オーチャードグラスの栽培結果

実証ほ	番草	乾物収量 (kg/10a)	牧草の放射性Cs (Bq/kg、水分80%換算)			土壌の交換性カリ (mg/100g)	
			手刈り ^A	機械刈り ^B	B-A	簡易測定	公定法
檜葉町	早春施肥前					52.3	38.8
	1番草	416	4.1	5.2	1.1	33.2	34.6
	2番草	180	2.6	4.9	2.3	38.9	30.3
	3番草	294	4.1	3.9	-0.2	39.3	31.0
	4番草	162	3.0	4.2	1.2	33.2	30.8
	合計	1,052					
葛尾村	早春施肥前					75.0	38.1
	1番草	300	3.5	3.8	0.2	59.0	41.9
	2番草	200	2.1	2.0	-0.1	66.4	43.4
	3番草	206	3.7	9.1	5.3	53.7	35.0
	合計	706					

注) 簡易測定：小型カリウムイオンメーターによる測定、
公定法：誘導結合プラズマ発光分光分析装置による測定。
放射性Cs濃度は¹³⁴Csと¹³⁷Csの合算値。
手刈りは刈取り実施日に機械刈りは梱包日に減衰補正。

表12 オーチャードグラスのミネラル含有量

実証ほ	番草	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	K/(Ca+Mg) 当量比
檜葉町	1番草	3.47	0.17	0.18	3.81
	2番草	3.14	0.21	0.25	2.59
	3番草	3.31	0.19	0.30	2.48
	4番草	3.07	0.17	0.22	2.95
葛尾村	1番草	2.64	0.21	0.14	3.07
	2番草	3.17	0.15	0.19	3.51
	3番草	3.29	0.14	0.20	3.59

注) 手刈り試料を分析

B 南相馬市と浪江町での飼料用トウモロコシ栽培の実証

南相馬市と浪江町の除染後農地において、営農再開へ向けた自給飼料確保のため、飼料用トウモロコシを栽培し、カリ施用による飼料用トウモロコシの

放射性Cs吸収抑制技術^{1) 24)}を実証した。

(A) 耕種概要

試験ほ場は、南相馬市小高区大富（面積22a）、浪江町高瀬（面積20a）で実施した。

農地の除染方法は、南相馬市が堆肥散布（4t/10a）+プラウによる反転耕除染（2015年3月実施）、浪江町が深耕除染（2015年4月実施）であった。

品種は、南相馬市が飼料用トウモロコシ「スノーデント122レオ（SM8490）」（中晩生）、浪江町が「タラニス」（極早生）を供試した。施肥量は、両試験地とも10a当たり基肥がN-P₂O₅-K₂O=10-10-10kg、追肥がN：5kgとし、堆肥4t、苦土石灰100kg、ようりん60kgを施用した。なお、南相馬市ほ場では、牧草栽培における放射性Cs吸収抑制のための目標値40mg/100g乾土¹⁵⁾を参考に、塩化カリを20kg/10a（K₂O：12kg/10a）増肥したカリ対策区を設置した。

播種は、南相馬市が5月15日、浪江町が5月16日に行った。播種法は1粒点播とし、栽植本数は、南相馬市が6,800本/10a（畝間70cm×株間21cm）、浪江町が8,200本/10a（畝間75cm×株間18cm）とした。収穫日は、南相馬市が9月28日（完熟期）、浪江町が8月19日（黄熟期）とした（図16）。



播種作業（5月15日）



収穫作業（9月28日）

図16 南相馬市小高区における飼料用トウモロコシ栽培

(B) 調査方法

土壌は、栽培前後の放射性Cs濃度及び一般成分を、飼料用トウモロコシは、収穫調査と収穫物の放射性Cs濃度、一般無機成分分析を実施した。

(C) 試験結果及び考察

南相馬市の土壌条件は、作付け前の土壌中放射性Cs濃度が1,050Bq/kg乾土、交換性カリ含量が34.4mg/100g乾土であった。このため、慣行施肥区に加えて放射性Cs吸収抑制に万全を期すため、カリ増肥区を設置した。浪江町ほ場は、作付け前の土

壤中放射性Cs濃度が1,570Bq/kg乾土、交換性カリ含量が、212.3 mg/100g乾土であった。

収量は、南相馬市が5,280～5,980kg/10a(乾物1,930～2,120kg/10a)、浪江町が7,680kg/10a(乾物1,930kg/10a)となり、いずれも生産目標とした5,000kg/10aを上回った(表13)。

放射性Cs濃度(水分80%換算)は、南相馬市のカリ増肥区で2.4Bq/kg、慣行施肥区で2.3Bq/kgと差は見られず、浪江町でも3.4Bq/kgとなり、自主基準値を大きく下回った(表13)。

生産物のカリウム濃度は、南相馬市でカリ対策区が1.63%、慣行施肥区が1.61%となった。浪江町では、土壌中の交換性カリ含量が高かったため、生産物のカリウム濃度は2.49%と高かった。このため、K/(Ca+Mg)当量比(テタニー比)は、両試験地とも2.2を上回った(表13)。

以上のことから、土壌中の交換性カリ含量を30～40mg/100g乾土として、飼料用トウモロコシを栽培することにより、生産物の放射性Cs濃度は除染の方法にかかわらず自主基準値以下となることが実証された。なお、給与する際は飼料分析によりカリウム濃度を把握した上で、ミネラルバランスに注意した飼養管理を行う必要がある。

C 田村市での草地更新技術の実証

田村市都路の除染後農地において、2014年産の牧草が酪農生産者団体の定めた放射性Cs自主基準値

(30Bq/kg水分80%換算)を超過したことから、草地再更新時のカリ施用や丁寧な耕うん作業による、牧草の放射性Cs吸収抑制技術^{2) 9)}を実証した。

(A) 耕種概要

試験ほ場は、田村市都路(面積22a、傾斜度14°)で実施した。

農地の除染方法は、反転耕除染(2013年9月)であった。前植生は、オーチャードグラスで、2014年度の1番草の放射性Cs濃度が46Bq/kg(水分80%換算)であった。

再更新の工程は、①掃除刈り→②土壌改良資材(苦土石灰を200kg/10a)散布→③ロータリー耕うん(1回、2回、3回)→④施肥→⑤播種・鎮圧(除草剤散布なし)とした。

施肥量は、基肥がN-P₂O₅-K₂O=9-5-10kg/10aとし、1番草収穫後に追肥をN-P₂O₅-K₂O=5-5-5施用した。なお、追肥時には土壌の交換性カリ含量が40mg/100g乾土となるよう塩化カリ25kg/10aを増肥した。

再更新後の草種は、スーダングラス「シュガースリム」を供試し、播種量は10kg/10a、散播とした。播種日は5月15日、収穫は、1番草が7月10日、2番草が草丈150cm以上を目安として8月17日に行った。

事前の調査により、土壌中に前植生が塊状に分布し、土壌が均一に攪拌されていないことが推察されたことから、耕うんの回数を1回(10a)、2回(6a)、

表13 飼料用トウモロコシの栽培結果

実証ほ	現物収量 (kg/10a)	乾物収量 (kg/10a)	放射性Cs (Bq/kg水分80%換算)	収穫物のミネラル含量(%)			K/(Ca+Mg) 当量比	
				K	Ca	Mg		
南相馬市	カリ増肥	5,280	1,930	2.4	1.63	0.07	0.08	4.19
	慣行施肥	5,980	2,120	2.3	1.61	0.09	0.08	3.49
浪江町		7,680	1,930	3.4	2.49	0.10	0.11	4.52

表14 再更新草地の作付け前後の土壌分析値

	pH [H ₂ O]	交換性塩基(mg/100g)			可給態 リン酸 (mg/100g)	放射性Cs [¹³⁴ + ¹³⁷] (Bq/kg乾土)
		CaO	MgO	K ₂ O		
作付け前 平均	5.1	76	23	20.3	51.3	682±974
(耕うん前) 前植生塊	4.9	171	39.6	19.4	55.1	3,520
1回区	5.6	118	26.6	34.1	50.7	649±386
作付け後 2 "	5.7	105	26.5	36.7	51.9	591±169
3 "	5.5	116	30.8	39.5	29.4	641±178
目標値 ^{**}	6.0～6.5	250<	25<	-30	10<	-

3回（6a）の3区に設定（反復なし）し、耕うん回数と放射性Csの吸収について検討した。

（B）調査方法

土壌では、再更新前の土壌断面調査と、栽培前後の放射性Cs濃度、及び耕うん後の碎土率調査を実施した。牧草では、収穫調査と、収穫物の放射性Cs濃度、一般無機成分分析を実施した。

（C）試験結果及び考察

再更新前の土壌中には、前植生が塊状に分布していた（図17）。放射性Cs濃度は、前植生塊が3,520Bq/kg乾土と、ほ場平均682±974Bq/kg乾土と比べて高い傾向にあったとともに、ほ場内の土壌採取場所ではばらつきが大きく、土壌が均一に攪拌されていないことが推察された（表14）。

耕うん（ロータリ作業速度0.4m/s）後の土塊径20mm以下の碎土率は、耕うん回数1回で65.3%、2回で77.8%、3回で80.2%となり、耕うん回数が増えるほど高くなった。

スーダングラスの収量は、1t/10a前後であり、耕うん回数による差は見られなかった。なお、再更新時に除草剤を散布しなかったため、耕うん3回区において雑草発生率が高く、収量が低い傾向であった。生産物の放射性Cs濃度（水分80%換算）は、1番草、2番草とも全て酪農生産者団体が定めた自主基準値30Bq/kgを下回り、耕うん回数が多いほど低い傾向であった（表15）。

生産物のカリウム濃度は全て4%を上回り、K/(Ca+Mg)当量比（テタニー比）は2.2を上回った（表16）。



図17 前植生塊を確認（黒囲み部分）

以上のことから、自主基準値を超過した除染後草地において、土壌分析結果に基づくカリ施用と丁寧な耕うん作業による草地更新を行ったところ、自主基準値を下回る牧草が生産された。

表15 スーダングラスの栽培結果

	乾物収量(kg/10a) 〔1・2番草合計〕	放射性Cs (Bq/kg水分80%換算)	
		1番草	2番草
耕うん1回	1,050	4.9±3.7	9.2±8.9
2回	1,040	3.1±0.9	3.8±2.0
3回	930	2.6±0.7	3.9±1.1

表16 スーダングラスのミネラル含量

		K(%)	Ca(%)	Mg(%)	K/(Ca+Mg) 当量比
1番草	耕うん1回	4.18	0.29	0.32	2.6
	2回	4.11	0.29	0.35	2.4
	3回	4.25	0.28	0.32	2.7
2番草	耕うん1回	4.66	0.20	0.25	4.0
	2回	5.17	0.21	0.30	3.8
	3回	4.40	0.19	0.25	3.8

3 2016年以降の対応

2013年度からの3か年、福島市駐在の研究員による実証研究を関係機関と連携して実施した。2016年3月22日に、南相馬市原町区に浜地域農業再生研究センターが開所したことから、当センターを拠点として実証研究を行っている。

避難指示区域等の営農再開・農業再生に向けては、市町村毎に状況が異なるとともに、除染後農地の地力回復や野生鳥獣への対応など、さらに継続して検討を進めていくべき課題も多い。今後も農業者、市町村、関係団体と連携して実証研究を継続し、地域の営農再開を進めるとともに、農業者の帰還や地域再生に繋がるよう、引き続き情報を発信していく。

4 摘要

2015年度は、10市町村に14か所の現地ほ場を設置し、避難指示区域等における営農再開に向けた実証研究を地域の状況に応じて実施した。

表土剥ぎ取り及び客土による除染後農地の地力のばらつきや作物生産性の低下が懸念されたことから、土壌の実態を把握するとともに、耕起による土壌改良の有効性を確認した。また、除染後農地の

地力回復のため、クロタラリアやソバ、ヘアリーベッチ等を栽培し、供試作物の乾物生産量を確認するとともに、土壌への炭素・窒素供給量を示した。クロタラリアは、除染後農地の地力増進及び保全管理に活用できると考えられた。

除染後農地における水稻斑点米カメムシ類の発生実態を調査した。除染後保全管理中の農地でアカスジカスミカメが生息していることを確認し、営農再開した際に保全管理農地が発生源となる可能性が示唆された。

野菜は、富岡町の深耕除染ほ場においてバレイシヨを栽培した。収穫物の放射性Cs濃度は、土壌中の交換性カリ含量を40mg/100g乾土として栽培した結果、100Bq/kgFW以下であった。また、収量も県経営指標の3t/10aを上回り、品質も良好であった。

花きは、露地でリンドウを、施設でトルコギキョウ、ストックを栽培した。リンドウは、前年の定植30日後ジベレリン処理による定植2年目の株養成効果を明らかにするとともに、小トンネル被覆による開花前進効果を実証した。また、供試した14品種の開花時期を明らかにして、需要期出荷ができる品種構成を示した。さらに、リンドウの新たな実証地として、広野町に実証ほを設置し、定植1年目の株養成効果を実証により確認した。

施設花きは、檜葉町において、トルコギキョウとストックの実証栽培を行った。トルコギキョウの日持ちが優れ、切り花品質も良好であった。実証農家は、花き栽培により営農を再開した。

また、浪江町において、トルコギキョウの冬季出荷を実証した。

飼料作物は、檜葉町と葛尾村の除染後農地において、永年生牧草オーチャードグラスを栽培し、南相馬市と浪江町の除染後農地において、飼料用トウモロコシを栽培した。いずれの実証地、品目においても、生産物の放射性Cs濃度は、土壌中の交換性カリ含量を30~40mg/100g乾土とすることにより、除染の方法に係わらず生産者団体の自主基準値30Bq/kg(水分80%換算)以下となることを実証により確認した。

なお、牧草、飼料用トウモロコシのいずれにおい

ても、カリ増肥により生産物のK/(Ca+Mg)当量比(テタニー比)が高くなることから、給餌に際しては、飼料分析によりカリウム濃度を把握したうえで、飼養管理を行う必要があることを示した。

田村市都路の除染後農地において、草地の再更新技術を実証した。反転耕による除染後草地では、前植生が塊状に分布し、土壌の放射性Cs濃度のばらつきが大きかったが、土壌分析結果に基づくカリ施用と丁寧な耕うん作業による草地更新を行ったところ、生産物の放射性Cs濃度(水分80%換算)は、1番草、2番草とも全て自主基準値を下回ることを実証により確認した。

2016年度以降の実証研究は、2016年3月22日に開所した浜地域農業再生研究センターを拠点としながら、農業者、市町村、関係団体と連携して、避難指示区域等の営農再開・農業再生に向けた実証研究を継続していく。これにより、地域の営農再開を進めるとともに、農業者の帰還や地域再生に繋がるよう、引き続き情報を発信していく。

謝 辞

本実証研究は、福島県営農再開支援事業により実施した。

実証ほ場の栽培管理を担当していただいた農業者の皆様、実証研究の運営に御協力頂いた各市町村、各農業協同組合、各農林事務所、農林水産部農林地再生対策室の皆様にご感謝するとともに、実証研究の導入技術の選定や分析等に御指導御助言頂いた農研機構東北農業研究センター福島研究拠点の皆様と農業総合センターの職員の皆様にご感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 遠藤幸洋・中村フチ子・菅野登. 2014. プラウ耕前のロータリー耕や堆肥施用により牧草の放射性セシウム濃度をさらに低減できる. 福島県農業総合センター放射線関連支援技術情報.
- 2) 遠藤幸洋・中村フチ子・菅野登. 2014. 草地更新後の暫定許容値超過牧草地の対策. 福島県農業総合センター放射線関連支援技術情報.

- 3) 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課. 2011. 「緊急時における食品の放射能測定マニュアル」に基づく検査における留意事項について.
- 4) 鈴木幸雄・野田正浩・根本知明. 2017. 避難指示区域等の営農再開・農業再生に向けた実証研究
- 5) 政府原子力被災者生活支援チーム. 2015. 避難指示区域の状況について.
- 6) 武地誠一・雨宮潤子. 2008. 郡山市近郊の生花店におけるトルコギキョウ仕入れ時の重視項目. 福島県農業総合センター実用化技術情報.
- 7) 中山秀貴. 2013. 小型カリウムイオンメーターによる土壌の交換性カリ含量簡易測定法. 福島県農業総合センター実用化技術情報.
- 8) 農研機構・福島県. 2013. 東日本大震災の被災地域における営農再開・農業再生に向けた研究推進に関する福島県と独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構との基本協定書.
- 9) 農林水産省. 2014. 牧草地における放射性物質移行低減対策の手引き.
- 10) 農林水産省. 2015. 福島県営農再開支援事業実施要綱.
- 11) 農林水産省・(独) 農業・食品産業技術総合研究機構・(独) 農業環境技術研究所. 2015. 放射性セシウム濃度が高い大豆が発生する要因とその対策について.
- 12) 福島県. 2012. 農林水産再生研究拠点基本構想.
- 13) 福島県農林水産部. 2006. 福島県施肥基準.
- 14) 福島県農林水産部. 2014.
- 15) 福島県農林水産部. 2014. 牧草の放射性セシウムの吸収抑制対策. 「ふくしまからはじめよう。」農業技術情報 (45号).
- 16) 福島県農林水産部農産物流通課. 2014. 福島県青果物標準出荷規格.
- 17) 福島県農林水産部農林地再生対策室. 2016. 福島県営農再開支援事業(県の作付実証) 報告書.
- 18) 前田康之. 2010. 自作草量計による牧草収量推定法の検討. 福島県農業総合センター研究報告第2号: 1-9.
- 19) 宗方宏之・矢島豊・丹治克男. 2012. トルコギキョウ切り花の花持ちを良くする栽培・出荷方法. 福島県農業総合センター実用化技術情報.
- 20) 矢島豊・水野由美子・山口繁雄. 2008. 定植30日後ジベレリン処理によるリンドウの株養成技術. 福島県農業総合センター実用化技術情報.
- 21) 矢島豊・宗方宏之・山口繁雄. 2010. リンドウの中生品種「ふくしましおん」、中晩生品種「ふくしまほのか」に適した追肥時期. 福島県農業総合センター実用化技術情報.
- 22) 矢島豊・宗方宏之・山口繁雄. 2010. リンドウ花卉の高温障害の原因となる生育ステージと環境条件. 福島県農業総合センター実用化技術情報.
- 23) 矢島豊・山口繁雄・鈴木安和. 2008. 県育成のリンドウ品種を主体とした連続出荷作型. 福島県農業総合センター実用化技術情報.
- 24) 吉田安宏・片倉真沙美・遠藤幸洋・武藤健司. 2012. 飼料用トウモロコシへの放射性セシウムの移行抑制技術(堆肥、カリ). 福島県農業総合センター放射線関連支援技術情報.
- 25) 渡邊仁司・斎藤幸平・常盤秀夫. 2012. リンドウ小トンネル栽培の被覆開始時期. 福島県農業総合センター実用化技術情報.
- 26) 渡邊仁司・常盤秀夫・木幡由美子. 2011. 無積雪地帯におけるリンドウ株の越冬技術. 福島県農業総合センター実用化技術情報.

