

福島県飯舘村における農業復興支援の大学による取組み

University-supported Agricultural Renewal in Iitate Village, Fukushima Prefecture

登尾 浩助* 伊東 雄樹** 本所 靖博* 小沢 聖***
 (NOBORIO Kosuke) (ITO Yuki) (HONJO Yasuhiro) (OZAWA Kiyoshi)
 小清水 正美**** 竹迫 紘***** 菅野 宗夫*****
 (KOSHIMIZU Masami) (TAKESAKO Hiroshi) (KANNO Muneo)

I. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災直後に、明治大学では「震災復興支援センター（2018年から、震災等復興活動支援センター）」を設置し、2011年7月には「震災復興支援・防災研究プロジェクト」に対する学内向けの競争的研究助成を開始した。農学部ではこの資金を使って2011年10月から「早期帰宅実現プロジェクト」として、計画的避難区域に指定されて全村民が避難を余儀なくされた福島県飯舘村において、放射性物質の現状調査や除去・低減方法の具体的方法などについて、他大学の研究者、NPO法人および現地農家との協働で研究を開始した^{1)~3)}。

2012年度には農林水産省の「農地・森林等の放射性物質の除去・低減技術の開発」に関する委託プロジェクトにより現地の汚染状況調査を行ったほか、2013年度には「化学的処分技術の開発」を目的に可搬型大型装置による現地実証実験を行った。2014年度には明治大学と認定NPO法人ふくしま再生の会が協力し、筆者の一人である菅野が所有する農地に放射性セシウム除染後に放置されていたビニールハウスの骨組みに降雪対策補強を施して修復した。修復したビニールハウスに飯舘村の農業復興を支援するために、明治大学黒川農場で開発した養液土耕栽培支援システム（ZeRo.agri⁴⁾を導入した。この養液土耕栽培支援システムは、作物の要求に応じて供給する培養液の量と濃度を、日射量、土壌の水分とEC（電気伝導度）をもとにクラウドで遠隔計算し、自動制御が可能のため、園芸作物の栽培に不慣れな生産者を支援できると考えた。

2017年3月31日に飯舘村では、帰還困難区域に指定されている1行政区を除き、避難指示解除準備区域

と居住制限区域の避難指示が解除された。しかし、2017年12月時点の帰村者481名の年齢別割合は、50代以下が23%で、60代以上は77%と高齢者が多く、中・青年層の帰村者が少ないのが実情である⁵⁾。この原因の一つは、農業などの産業再生にめどが立たないことにありと考えられる。震災前の飯舘村の農業は水稲と畜産が主体であったが、米価低迷と放射性物質除染後の水田・牧草地の地力回復にめどが立たないことから、農業形態そのものの変更を迫られており、現状では施設園芸が有望な選択肢である。一方で、飯舘村の農家のほとんどは施設園芸の経験に乏しいので技術的支援が不可欠であるが、県組織は急増した震災対応で十分な支援ができない状況にある。このため2018年9月17日には「福島県飯舘村と明治大学農学部および農場との震災復興に関する協定書」を締結し、飯舘村と明治大学との長期間にわたる協働関係を確認した（写真-1）。

明治大学農学部では、2014年の養液土耕栽培支援システム導入後から継続して避難指示解除後の飯舘村に対する農業復興支援に関する実験、調査および提案を行ってきたので報告する。



写真-1 2018年9月17日に「福島県飯舘村と明治大学農学部および農場との震災復興に関する協定書」を締結

*明治大学農学部, **Gilat Research Center, ARO, Israel
 明治大学黒川農場, *元明治大学黒川農場
 *****元明治大学農学部
 *****認定NPO法人ふくしま再生の会



養液土耕栽培, スマート農業, 移行係数, 風評, 協働

II. クラウド制御による養液土耕点滴栽培

1. 実験方法と材料

(1) **土壌水分分布** 実験は2015年6月4日～11月7日に、福島県相馬郡飯館村のビニールハウス(幅:長さ=5.5m:30m)内圃場において行った。土性は砂質埴壤土であった。測定期間中はピーマン(ピー太郎:タキイ種苗)を栽培した。ハウスと平行になるよう幅0.8m,長さ30mの畝を立て、畝中央部の地表面に灌水チューブ(UniRam CNL, ネタフイムジャパン)を設置した。この灌水チューブのドリッパーは20cm間隔に設置されており、灌水量はすべてのドリッパーにおいて一定になるよう設計されている。畝表面は全体をプラスチックマルチで被覆した。ピーマンの苗は6月5日に畝中心に30cm間隔の単条植えにより定植した。培養液は栽培期間中の8時から17時まで1時間ごとにZeRo.agri(ルートレック・ネットワークス)を使って自動的に供給した。

土壌断面の水分量測定にはTDR法を用いた。土壌の体積含水率 θ (m^3/m^3)は、実験室に持ち帰った現地土壌を使って得た土壌の比誘電率 ϵ との校正式(1)により推定した。

$$\theta = 4.53 \times 10^{-2} + 2.31 \times 10^{-2} \epsilon - 4.0 \times 10^{-4} \epsilon^2 \dots (1)$$

比誘電率は、TDR100, CR1000, SDMX50(Campbell Scientific)を用いて10分間隔で測定して記録した。比誘電率はステンレス製ロッドを使った3線式TDRプローブを用いて測定した。TDRプローブのロッドの外径と長さは、それぞれ3.2mmおよび15cm,ロッド間隔は2.5cmであった。TDRプローブは土壌断面に対してドリッパーを中心とした直下と左右に10cm離れた位置の深さ5,10,20,30cmに水平方向に挿入した。深さ40cmの中央部には鉛直に1本のTDRプローブを挿入した。2016年と2017年にも2015年と同様の実験を継続して行った^{6),7)}。

(2) **放射性セシウムの移行係数** 栽培したピーマン,トマト,ホウレンソウの放射性セシウム($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)含量を測定して放射性セシウムの移行係数を求めた。2016年には、土壌中の放射性セシウム濃度の異なる2区画(除染区:1,448Bq/kg乾土;汚染区:30,351Bq/kg乾土)とカリウム施肥量の異なる2区画(通常区: K_2O 7.5g/ m^2 ;2倍区: K_2O 15.0g/ m^2)の合計4区画を作ってホウレンソウを栽培した。栽培した作物の可食部と土壌の放射性セシウム($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)濃度をゲルマニウム(Ge)半導体スペクトロメーター(IGC1619SD-NAIG, Princeton Gamma-tech Instruments)を用いて測定した。測定した放射性セシウム濃度を使って土壌から作物への放射性セシウム($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)

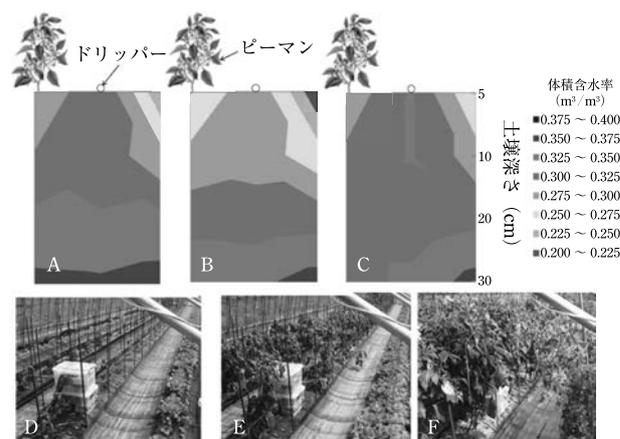
の移行係数 f を算出した(式(2))。

$$f = \frac{C_{S_{\text{vg}}}}{C_{S_{\text{soil}}}} \dots \dots \dots (2)$$

ここで, $C_{S_{\text{vg}}}$ は作物の放射性セシウム濃度(Bq/kg), $C_{S_{\text{soil}}}$ は土壌の放射性セシウム濃度(Bq/kg)である。

2. 結果と考察

(1) **土壌水分分布** ピーマンの定植から7日,30日および120日後の12時20分に測定した土壌水分量の分布を図-1に示す。定植から7日後の20~30cm深さ付近の体積含水率は,30日後には減少して,120日後にはさらに減少した。30日後と120日後の30cm深さ付近を見ると,左側の方が右側よりも乾燥していることが分かる(図-1B,C)。これは,ピーマンが成長するにつれて根がより深くまで伸長して(図-1E,F),より深い場所の水も利用するようになったと考えられる。実験後に掘り起こした根は,土壌断面の左側に多く分布していたことから,左側の土壌から多くの水分が減少したことの証左と考えられる。



注) 定植後7日(A, D),30日(B, E),120日(C, F)を表す。

図-1 毎回12時20分に測定した土壌断面の2次元水分分布(上段A, B, C)とその時のピーマンの様子(下段D, E, F)

深さ40cmの体積含水率の変化は長期間にわたって非常に緩慢であったので(データは未表示),根群域から余剰灌漑水が下方に流亡することはほとんどなかったと考えられる。このことは,灌漑水量とピーマンによる見かけの消費水量がほぼ同じだったことから支持される結果である⁶⁾。

(2) **放射性セシウムの移行係数** 実験で栽培した野菜の可食部と土壌の放射性セシウム濃度から移行係数を計算した結果を表-1に示す。除染後の土壌で栽培したすべての作物で放射性セシウム濃度は一般食品の基準値である100Bq/kg以下⁸⁾であった。唯一基準値を超えたのは,通常のカリウム施肥を行った汚染土壌

表-1 養液土耕栽培支援システムを使って汚染土壌と除染土壌で栽培した作物の可食部放射性セシウム濃度と移行係数

汚染・除染土壌	対象作物 (サンプル月)	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs 濃度 (Bq/kg 生鮮重)	移行 係数 f
放射性 Cs 汚染土壌 (30,351 Bq/kg 乾土)	ホウレンソウ (2月)	139.3	0.0046
	ホウレンソウ+K* (2月)	77.0	0.0025
除染土壌 (1,448 Bq/kg 乾土)	ホウレンソウ (2月)	6.2	0.0042
	ホウレンソウ+K* (2月)	9.0	0.0063
		2.2	0.0015
	トマト (8月)	0.3	0.0002
	ミニトマト (8月)	0.8	0.0006
	ピーマン (8月)	<0.4**	0.0003
	ピーマン (10月)	5.4	0.0040
	ピーマン (11月)	7.2	0.0050

* + K はカリウム 2 倍施肥区を表す。 ** 検出限界以下~0.4 を表す。

で栽培したホウレンソウのみであった。カリウム施肥量を増やすと除染土壌と汚染土壌のどちらも可食部の放射性セシウム濃度を減少させることができた。トマトの移行係数はピーマンとホウレンソウのそれに比較して 1/10 程度であった。サンプル時期の異なるピーマンで確認されたように、他の作物でも収穫時期でセシウム濃度が変化すると考えられる。除染土壌と汚染土壌での栽培では、移行係数そのものはほぼ同じであった。

III. 飯館産農産物に関するアンケート調査

「帰村後の農業再生に向けた飯館村産野菜の販路開拓のアプローチ」をテーマに首都圏のマルシェでアンケート調査を行った。アンケート調査は 2017 年 2 月 18~19 日、横浜港大さん橋マルシェの模擬店店頭で行った。調査対象数は 100 名 (男性 25 名/女性 75 名) であり、年齢構成は表-2 のとおりである。

表-2 横浜港大さん橋マルシェの模擬店店頭で実施したアンケート調査対象者の年齢構成

年齢	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代
人数	2	8	21	30	22	12	5

福島県産野菜のイメージに関する回答の集計結果を図-2 に、飯館村のイメージに関する回答の集計結果を図-3 にそれぞれ示した。図-2 によると、福島産の野菜の「安心・安全」について「当てはまる」、「やや当てはまる」を合わせた肯定的な回答は 50% 程度ある。このことは、図-3 において「飯館村の花きを購入して良い」、「飯館村の野菜を購入して良い」に対する「当てはまる」、「やや当てはまる」を合わせた肯定的な回答が、いずれも 50% 程度あることに対応している。

図-3 では、さらに「購入して応援したいと思う」に

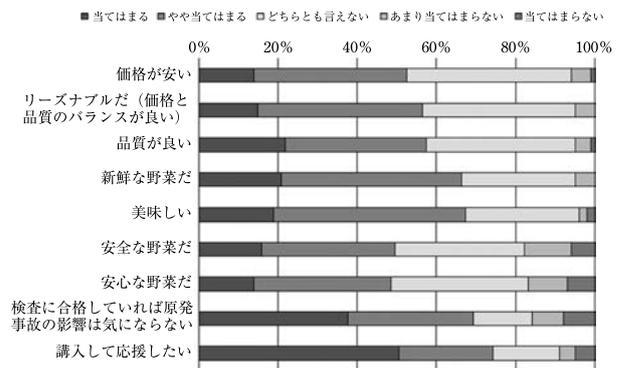


図-2 福島県産野菜に関するイメージ (n=100)

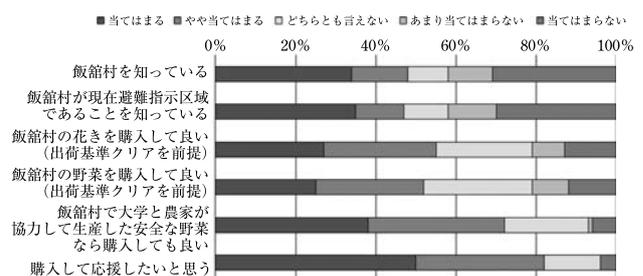


図-3 飯館村に関するイメージ (n=100)

対する「当てはまる」、「やや当てはまる」を合わせた肯定的な回答が 80% 以上にのぼることが示された。また、「飯館村で大学と農家が協力して生産した安全な野菜なら購入しても良い」に対する「当てはまる」、「やや当てはまる」を合わせた肯定的な回答が約 75% に及ぶことから、大学が関わることにより、一般の消費者の飯館村の農産物に対する信頼度が増し、購入につながると推測される。

IV. 加工農産物の提案

アンケート結果から大学の関与が重要であることがわかったため、栽培作物を使った農産物加工品を提案した。加工品を提案するに当たって、2017 年 10 月 1 日に飯館村において認定 NPO 法人ふくしま再生の会と飯館村との協働により、農産加工技術向上研修会を開催した。講演では、農産加工に際しては原料農産物の特性を活かすとともに、衛生管理の基本が重要であることを話した。衛生管理の基本は、5S と呼ばれる「整理、整頓、清掃、清潔、習慣」であり、日常的に食品を扱うヒトと環境を「整理、整頓、清掃」することである。提案した加工品は、各種ピクルスとジャム、ディップであった (写真-2)。

V. おわりに

「農地を活かし、高齢農業者に収入の機会を与え、地域農業の存続を支える役割を担う」⁹⁾6 次産業の育成をいかに支援するかが今後の課題である。



写真-2 飯館村民に提案した農産物の加工品（各種ピクルス）

謝辞 本研究の一部は、2016年度および2017年度明治大学教育研究振興基金事業（研究事業）の助成により実施した。深謝いたします。

引用文献

- 1) 鈴木心也, 岩瀬 広, 登尾浩助, 溝口 勝, 小林大樹, 伊藤 哲: フォトダイオードを用いた土壤中の放射能鉛直分布測定器の開発, 土壌の物理性 125, pp.29~33 (2013)
- 2) 勝田洋平, 木村毅人, 市田知子, 森 也寸志, 登尾浩助: 福島県飯館村における水田土壌の物理性, 土壌の物理性 133, pp.29~36 (2016)
- 3) 西脇淳子, 浅木直美, 小松崎将一, 溝口 勝, 登尾浩助: 飯館村除染後水田における生産性回復のための有機資源投入実証試験経過と飯館村の現状, 土壌の物理性 135, pp.33~39 (2017)
- 4) 喜多英司: クラウド制御型養液土耕支援システム「ゼロアグリ」の開発, 施設と園芸 182, pp.4~7 (2018)
- 5) 飯館村社会福祉協議会: 飯館村社会福祉協議会地域福祉のための中期ビジョン (平成30年度~平成32年度), p.7 (2018)
- 6) Ito, Y., Aoki, S., Ozawa, K., Takesako, H., Kita, E., Kanno, M. and Noborio, K.: Water balance regulated by a cloud-based automatic drip fertigation system in bell pepper grown soil, International Journal of Hydrology 2(1), pp.37~39 (2018)
- 7) 伊東雄樹, 八重樫聡太, 青木伸輔, 菅野宗夫, 小沢 聖, 竹迫 紘, 喜多英司, 登尾浩助: クラウド制御による自動養液土耕栽培システムが導入されたピーマン栽培ビニールハウス内における灌水量とペンマン・モンティース法の適用性の検討, 明治大学農学部研究報告 69, pp.23~32 (2019)
- 8) 厚生労働省医薬食品局食品安全部: 食品中の放射性物質の新基準値及び検査について (2012), https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/iken/dl/120801-1-saitama_2.pdf (参照2019年10月16日)
- 9) 高橋みずき, 大内雅利: 地域農業の展開と農業・農村の6

次産業化—長野県飯島町における農産加工事業を中心に—, 明治大学農学部研究報告 63, pp.81~102 (2014)

[2019.12.2.受理]

登尾 浩助 (正会員)



1955年 愛媛県に生まれる
1986年 愛媛大学農学部卒業
1995年 テキサス A&M 大学 Ph.D. 課程修了
グェルフ大学, アイオワ州立大学, 岩手大学を経て
2005年 明治大学農学部
現在に至る

略 歴

伊東 雄樹 (正会員)



1988年 福岡県に生まれる
2011年 明治大学農学部卒業
2013年 明治大学大学院博士前期課程修了
2019年 同博士後期課程修了
Gilat Research Center, ARO
現在に至る

本所 靖博



1968年 東京都に生まれる
1992年 明治大学商学部卒業
1997年 明治大学大学院商学研究科博士後期課程単位取得退学
星陵女子短期大学経営実務科を経て
2004年 明治大学農学部
現在に至る

小沢 聖



1954年 東京都に生まれる
1977年 千葉大学園芸学部卒業
東京都農業試験場, 東北農業試験場, 国際農林水産業研究センター熱帯島嶼拠点を経て
2012年 明治大学黒川農場
現在に至る

小清水正美



1949年 神奈川県に生まれる
1971年 明治大学農学部卒業
神奈川県入庁
2016~2019年 明治大学黒川農場
現在に至る

竹迫 紘



1944年 鹿児島県に生まれる
1969年 帯広畜産大学大学院修士課程修了
東京都農業試験場
1988年 明治大学農学部
2015年 明治大学研究・知財戦略機構客員研究員, 研究推進員を経て
現在に至る

菅野 宗夫



1951年 福島県に生まれる
1971年 帯広畜産大学別科 (草地畜産専修) 卒業
2011年 認定 NPO 法人ふくしま再生の会副理事長「福島代表」
現在に至る