

東京電力福島第一原子力発電所事故における初動対応

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者名	梅村, 恭子
発行元	日本草地学会
巻/号	69巻2号
掲載ページ	p. 53-58
発行年月	2023年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



東京電力福島第一原子力発電所事故における初動対応

梅村 恭子*

農研機構畜産研究部門 (329-2793 栃木県那須塩原市千本松 768)

受付日: 2023年2月10日/受理日: 2023年3月17日

キーワード: 原子力発電所事故, 対策, 放射性セシウム.

Initial Response for Radionuclide Contamination of Forage in Japan

Yasuko Togamura*

Institute of Livestock and Grassland Science, NARO, Nasushiobara, Tochigi 329-2793, Japan

Key words: Countermeasure, Nuclear power plant accident, Radioactive cesium.

1. はじめに

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故(以下、原発事故)で放出された放射性物質は広範囲にわたって沈着し、東北と北関東地域の飼料畑・草地も大きな影響を受けた。著者の勤務地は栃木県北部に位置し、東京電力福島第一原子力発電所から110kmの距離にある。研究拠点では自給飼料生産に関連した技術開発に取り組んでおり、国内での大規模な原発事故という経験のない課題に向き合うことになった。事故直後から文献検索や海外研究者を通じた情報収集を研究所全体で行った。また、研究所は行政、県の研究所、農家などからの問い合わせに、科学的な見地から回答するとともに、地域の要請に応じて講演や調査に研究者を派遣した。2011年9月には国内外から農業放射能研究に関する専門家を招き、国際シンポジウム「Agricultural Countermeasure for Extensive Contamination by Radionuclide; Lessons of Chernobyl」(NARO 2011)を開催し、対策技術に関する情報を広く発信した。また、他の研究機関と連携し、放射性物質による飼料畑・草地の汚染実態の調査や対策技術の開発に取り組んだ。

原発事故は被災地だけでなく社会に重い影響を長くもたらす。半減期が30年と長いセシウム137を含む放射性セシウム(以下、RCs:セシウム134と137の両方、またはその合計量)の対策は現在も続けられており、避難解除された地域での営農再開もこれからである。このような事故は二度とあってはならないが、我が国の自給飼料への重大な影響とその対応を記録に残すことは大きな意義があろう。著者は、2011年度は原発事故に関して外部から問い合わせや連携対応を、2012年度から放射能対策に係わる研究を担当した。2022年3月に開催された日本草地学会企画シンポジウム「草

地での放射性セシウム対策と今後の展開—東京電力福島第一原子力発電所事故から10年を経て—」において、初動対応として事故から2年間に草地飼料作が直面した課題とその対応について講演した。本稿ではシンポジウムの内容にそって、事故直後、1年後、2年後までの3つの期間に分けて、草地飼料作における原発事故をめぐる状況の経過と畜産草地研究所(現畜産研究部門)で取り組まれた研究を中心に紹介する。

2. 原発事故から3月末までの経過と取組

事故直後の対応として2011年3月末までを振り返る。3月11日に東日本大震災が発生し、それにより原発事故が引き起こされた。周辺地域では空間線量率の測定や食品中の放射性物質濃度の測定が実施された。3月17日に厚生労働省から放射性物質について食品の暫定規制値が設定され、これを上回る食品は食用に供されないように自治体に通知された(厚生労働省 2011a)。3月19日には、この暫定規制値を超過したとして福島県、茨城県のハウレンソウの情報が厚生労働省から公表された(厚生労働省 2011b)。牧草は食品モニタリングの対象ではないため汚染実態が不明であったが、上記の露地栽培のハウレンソウから放射性ヨウ素 15020 Bq/kg 、RCs 524 Bq/kg と暫定規制値を大幅に超える放射性物質が検出されたことから、放射性物質の直接沈着を受けた冬作物や永年牧草でも同様の汚染が予想された。同日には農林水産省から、東北および関東の各県に対し、大気中の放射性線量が通常より高いレベルで検出された地域において、家畜が放射性物質を摂取しないように、事故前に収穫した牧草を給与することや放牧を自粛するなどの家畜の飼養管理について通知された(農林水産省 2011a)。

IAEA (2010) がまとめた土壌から植物のセシウムの移行係数(植物中濃度/土壌中濃度)の平均値は、穀物 2.9×10^{-2} 、

* toga@affrc.go.jp

葉物野菜 6.0×10^{-2} , イネ科牧草 6.3×10^{-2} に対し, マメ科飼料作物 1.6×10^{-1} , 放牧草地 (自然草地含む) の草は 2.5×10^{-1} と高い。また, チェルノブイリ事故から 20 年近く経過しても, ロシア, ベラルーシで規制値を超えた生乳や肉が多く発生しており (IAEA 2006), 多くの文献からも, 永年草地では RCs 汚染の影響が長く継続することが懸念された。表 1 はチェルノブイリ事故における旧ソ連 3 国で実施された対策の効果をまとめたものである (IAEA 2006)。削減係数とは対策前の作物濃度に対する対策後の作物濃度の比で, 数値が高いほど効果が大きい。抜本的改良 (radical improvement) とは, 耕うんや石灰, 肥料の施用, 再播種を組み合わせた対策で草地更新がこれにあたる。表層改良 (surface improvement) は抜本的改良に比べて効果が低く, ディスクハローによる簡易更新ではプラウを用いた完全更新より効果が劣ることが予測された。また, 栽培に関する対策は作物種

表 1. 旧ソ連 3 国で実施された対策による削減係数の概要 (IAEA 2006)。

対策	セシウム 137	ストロンチウム 90
通常の耕うん (1 年目)	2.5-4.0	-
表層埋設耕うん	8-16	-
石灰施用	1.5-3.0	1.5-2.6
化学肥料施用	1.5-3.0	0.8-2.0
有機質肥料施用	1.5-2.0	1.2-1.5
抜本的改良		
初回目	1.5-9.0 ¹	1.5-3.5
2 回目以降	2.0-3.0	1.5-2.0
表層改良		
初回	2.0-3.0 ¹	2.0-2.5
2 回目以降	1.5-2.0	1.5-2.0
飼料作物種の変更	3-9	-
清浄飼料給与	2-5	2-5
セシウム結合剤の投与	2-5	-
乳のパター加工	4-6	5-10
菜種油の搾油	250	600

削減係数: 対策前の生産物濃度/対策後の生産物濃度。

¹ 排水処理をおこなった湿泥炭の場合は 15 まで。

や土壌によって効果が異なる。ヨーロッパと土壌や栽培環境が大きく異なる我が国において, これらの対策がどの程度効果があるのか, また汚染実態の把握も重要な研究課題と認識された。

3. 2011 年度の経過と取組

4 月 14 日に農林水産省 (2011b) から粗飼料中の放射性ヨウ素と RCs の暫定許容値が設定された (表 2)。また, 4 月下旬からは牧草の放射性物質を地域毎に測定し, その結果によって利用可, 利用自粛, 利用自粛解除を判断するモニタリング調査体制が運用された。5 月下旬には埼玉県と群馬県全域で, 6 月中旬には千葉県と茨城県の全域で, 9 月上旬に栃木県全域で, 9 月中旬には宮城県全域でと順次, 利用自粛が解除されていき, 利用自粛は福島県と岩手県の一部地域のみとなった。半減期が 8 日と短い放射性ヨウ素が検出されなくなり, 8 月 1 日に肥料・土壌改良資材・培土の RCs の暫定許容値が 400 Bq/kg, 飼料については表 2 に示したように, 牛, 馬, 豚, 家きんが 300 Bq/kg, 養殖魚は 100 Bq/kg と設定された (農林水産省 2011c)。2011 年度の飼料作物の RCs 濃度のモニタリング結果をまとめると, 夏作飼料作物の全てで牛用飼料の暫定許容値である 300 Bq/kg 以下であったが, 牧草では 26% が超過した (表 3)。

Yamamoto ら (2014) による栃木県の草地調査では, 多くの草地で経時的に牧草の RCs 濃度が減少するが, 減少が認められない草地もあった。また, 同じ牧場内であっても場所によって牧草の RCs 濃度は大きく異なった。Tsuiki・Maeda (2012) の岩手県での調査や Terashima ら (2014) の福島県での調査においても, 草地内の RCs の空間分布は不均一であることが報告されている。

渋谷ら (2012) が実施した草地更新による除染効果の検証では, 草地更新前後の空間線量率は簡易更新で 2.7 から 1.7 $\mu\text{Sv/hr}$ へ, 完全更新では 2.5 から 0.8 $\mu\text{Sv/hr}$ に低下した。また, 牧草への効果を早期に確認するため, 年内に早刈りした牧草の RCs 濃度を調べた結果, 未更新に対し, 簡易更新で 20%, 完全更新で 10% と著しく低かった。草地更新が草地の対策として有効であることを 3 月に福島県で開催された

表 2. 粗飼料および飼料の放射性物質の暫定許容値 (Bq/kg)¹ の変化。

	粗飼料		飼料 (粗飼料を含む)	
	2011 年 4 月 14 日		2011 年 8 月 1 日	2012 年 2 月 3 日
	放射性ヨウ素	放射性セシウム	放射性セシウム	放射性セシウム
乳用牛 ²	70	300	300	100
肥育牛 ³	生産地域制限 ⁴	300	300	100
その他の牛	生産地域制限	5000	300	100
馬	-	-	300	100
豚	-	-	300	80
家きん	-	-	300	160
養殖魚	-	-	100	40

¹ 現物当たり濃度, ただし粗飼料は水分 80% 換算。 ² 経産牛および初回交配以降の牛。

³ 出荷前短くても 15 ヶ月程度以降の牛。 ⁴ 農作物の出荷制限のない地域で生産された粗飼料。

表 3. 2011 年度のモニタリング調査における飼料作物の放射性セシウム濃度の分布.

放射性 Cs 濃度	牧草	稲わら	イネ発酵粗飼料	飼料用トウモロコシ
50 Bq/kg 以下	324	501	180	189
50-100 Bq/kg	150	9	3	2
100-200 Bq/kg	177	4	2	2
200-300 Bq/kg	101	1	0	0
300 Bq/kg 超	264	0	0	0
総検体数	1016	515	185	193

農林水産省がウェブサイト上で公表した資料（現在は閲覧できない）に基づき作成.

国際会議で公表した (Shibuya ら 2012)。

堆肥はカリ供給資材でもあるため、カリ施肥と同様に作物の RCs 吸収抑制が期待できる。そこで、牛ふん堆肥を 2006 年から継続施用してきた 2 毛作試験圃場で、飼料用トウモロコシへの RCs 移行を調べた。堆肥を 3t/10a 以上施用し、土壌中の交換性カリ含量が 50mg/100g 乾土以上の区の飼料用トウモロコシの RCs 濃度は、無施用区と比べて約 40% 低くなり、施肥基準で推奨される 3t/10a 程度の堆肥の継続施用が RCs 低減に有効であることが認められた (原田ら 2012)。同圃場では冬作イタリアンライグラスを含めて 2013 年夏作まで調査が継続され、作物への RCs 移行の経年変化や土壌中交換性カリとの関係が報告されている (Harada ら 2015)。

食用作物から非食用作物への転換も、放射性物質で汚染された農地の営農再開対策の 1 つである。Kobayashi ら (2013) は、2011 年にバイオマス資源作物を定植・栽培して、乾物生産量や移行係数を取りまとめ、さらにセシウム 133 を用いた実験室規模の簡易実験により、ガス化、ガス精製においてセシウムが完全に捕捉されて、燃料となるガスにはセシウムが移行しないことを認めた。

暫定許容値を超過した大量の牧草サイレージは、発生した農家で保管されており、その処理が問題となっていた。そこで、堆肥化による減容化について吸引通気式堆肥化装置を用いて検討した (天羽ら 2012)。10 週間の堆肥化過程で、空气中に排出される RCs 量は検出限界値以下であり、液体として排出される RCs 量は原料サイレージ全体の 0.1% 以下であった。堆肥化により牧草サイレージの容積を 50% に、乾物重を 40% 以下に減少させることができ、その RCs 濃度は上昇するものの、周囲の再汚染は極めて限定的であることを示した。

4. 2012 年度の経過と取組

2012 年 4 月から食品の暫定規制値が、より厳しい基準値に引き下げられたことに伴い、飼料の暫定許容値も表 2 のように改定され、牛については 100 Bq/kg と定められた (農林水産省 2012a)。また、2011 年の牧草モニタリング調査で新暫定許容値を上回った岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県で永年牧草について調査を継続し、今後も超過すると見込まれる牧草地では、表土削り取り、反転耕などの除染を進めることになった (農林水産省 2012b)。一方で、2011 年に草地更新した草地の 8% で牧草

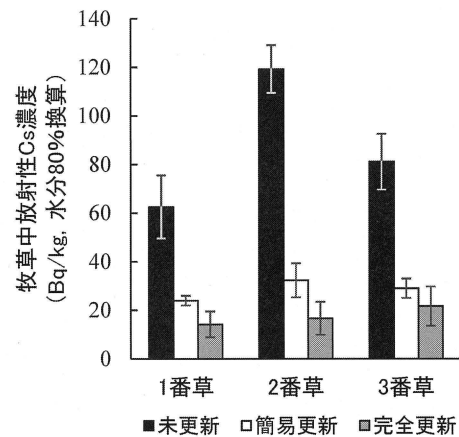


図 1. 未更新および更新草地の牧草中放射性セシウム濃度 (水分 80% 換算) の比較. 渋谷ら (2013) から作図, エラーバーは標準誤差.

の RCs 濃度が暫定許容値を上回ったことから、要因解明のため緊急調査が実施され、土壌のカリ含量を高めることの重要性が示された。その詳細については、本特集の山田 (2023) の報告を参照されたい。

前述の 2011 年秋に草地更新した草地で収穫した 1 番草から 3 番草の調査で、草地更新の効果が認められ (渋谷ら 2013, 図 1)、2012 年 8 月に発行された「牧草地における放射性物質対策 (汚染対策) の手引き」(全国飼料増産協議会 2012) に活用された。更新方法による効果の違いは、2012 年に実施した耕起試験から耕起深が深く、碎土率が高いほど牧草の RCs 濃度は低くなることが明らかになった (渋谷ら 2014)。

北関東・東北地域で重要な自給飼料基盤である公共草地は山間地に存在し、機械による草地更新が困難であることが多い。そのため、安全に急傾斜草地を除染できる技術として、急傾斜草地の刈り払い、播種、施肥を実施できる無線傾斜地トラクタに取り付けられるロータリを開発に取り組んだ (伊吹ら 2016)。これにより一連の草地更新作業が可能となり、翌年 2013 年の実証試験を通じて 15-30° の急傾斜草地向けの除染技術を構築し (梅村ら 2018; 梅村 2021)、草地の除染事業に用いられた。

永年草地の草地管理においては、コストや労力の削減、またグラスステタニーへの懸念から、カリ施肥を十分に行わない

粗な管理を行う事例がよく見られる。そのため、土壌中のカリ含量が低い条件では、草地更新の効果が十分に発揮されないことが推測された。そこで、草地更新後のカリ施肥について検討したところ、カリ施肥区と比較して窒素単肥区で牧草の RCs 濃度が高いことから、カリの追肥が重要であることを認めた。この施肥試験を継続し、窒素単肥区では利用3年目の2014年に牧草の RCs 濃度が暫定許容値を超過するほどに増加することをいち早く捉えることができた(渋谷ら2015)。

堆肥の RCs の暫定許容値は400 Bq/kg であるが、経営内の圃場に還元する場合は8000 Bq/kg 以下まで認められている。また、堆肥は有用なカリ供給資材であるが、RCs を含む堆肥の圃場還元に対しては畜産農家の不安が大きく、利用が進まない状況にあった。そこで、Harada ら (2014) は、堆肥から作物への RCs 移行について調べた。3800 Bq/kg の堆肥を3t/10a 施用すると、土壌中の RCs 濃度が100 Bq/kg 高まるが、飼料用トウモロコシの RCs 濃度は非汚染堆肥施用と比較して3 Bq/kg とわずかに高い程度にとどまり、土壌からの移行係数は低く、汚染堆肥の施用の影響は小さいことが示された。前田ら (2017) も飼料用トウモロコシ、イタリアンライグラス、オーチャードグラス、スーダングラスについて同様の結果を報告している。また、汚染牧草サイレージを圃場へすき込んだ場合も汚染堆肥と同様に影響は小さいことが確認された(家畜改良センター2012; 天羽ら2013)。

低吸収作物利用も対策として有効なため、単年生飼料作物、永年牧草について、農林水産省の委託プロジェクトにおいて調査が開始された。飼料用イネでは「ふくひびき」が低吸収品種として見い出された(川地ら2017)。ソルガム、飼料用トウモロコシ、冬作飼料作物については、明確な品種間差は明らかにならなかった(遠藤ら2017; 須永ら2017)。除染後草地における永年生牧草の草種間差はトールフェスクが低吸収草種として有望であることが報告されている(下田ら2017)。未除染草地については2011年から2012年の調査では草種間差が判然としなかった(Ogura ら2014; Terashima 2014) が、2013年以降も継続した調査では、トールフェスクがオーチャードグラスと比べて低吸収草種であることが報告されている(山下ら2016; Togamura ら2021)。初期の調査で草種間差が明確にならなかったのは、直接沈着や圃場間の土壌中カリ含量差の影響が考えられる。

なお、高吸収作物による土壌の浄化は被災地で期待され、様々な講演会でも質問を受けることが多かった。移行係数が高いとされるアマランサスを用いた土壌浄化試験では、土壌中の RCs 量のうち作物が1作で吸収できる割合(除去率)は最大0.14%であり、効率が低いと結論づけられている(大潟ら2016)。前述の Kobayashi ら (2013) の栽培試験は事故後耕起していない圃場を用いており、飼料用トウモロコシの移行係数が0.26と原田ら (2012) が様々な土壌タイプの圃場から得た移行係数0.015-0.188より高い数値を示したことから、RCs が作物に移行しやすい条件であると考えられる。この栽培試験では緑肥用ヒマワリが最も高い移行係数と除去率を示したが、除去率は1%に過ぎず、耕起や時間の経過に

従って移行係数は低下していくので、現実的な対策とは考えにくい。

5. おわりに

農研機構で開発した対策技術の現地調査や実証試験で、多くの関係者にご協力をいただいたことに感謝申し上げます。成果の多くは、対策事業に反映され、前述の手引き(全国飼料増産協議会2012)や、それを元に農林水産省が2014年と2020年に改訂した手引き(農林水産省2014, 2020)に引用され、迅速に指導や対策に活用された。このような現場への短期間での研究成果の普及には、行政や関係機関との密接な連携が重要であることを実感した。一方で、汚染堆肥や汚染サイレージの経営内でのすき込みについては、作物への RCs 移行の影響や土壌中の RCs 濃度上昇は小さいことが判明しても、環境への汚染の懸念から周辺住民の理解を得ることが難しい場合もあった。このように社会的に影響が大きい問題については、研究だけで解決できないことに直面することがある。対策の選択にはコスト、実施難易度、有効性、持続性、社会的な受容性など考慮すべき点が多い。対策技術の開発においては、これらの議論のために、現場の課題を把握しながら、研究を実施するとともに、得られた結果を正確にわかりやすく説明することが求められることを痛感した。

英文誌 Grassland Science のウェブサイトでは、Virtual Issue「Radionuclide contamination by the accident of Fukushima daiichi Nuclear Power Plant of TEPCO」(https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/1744697x/homepage/virtual_issue_list.htm)で関連論文がまとめられている。また、農研機構畜産草地研究所で行われた原発事故関連の研究成果は「東日本大震災への対応」としてhttps://www.naro.go.jp/laboratory/nilgs/contents/saigai_jisin/index.htmlで閲覧できる。

引用文献

- 天羽弘一・阿部佳之・小島陽一郎(2012)放射性物質汚染サイレージは堆肥化により周囲を再汚染することなく減量できる。農研機構研究成果情報、農研機構、茨城、https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2011/220d0_10_08.html [2022年5月27日参照]
- 天羽弘一・阿部佳之・小島陽一郎(2013)放射性セシウム汚染サイレージの圃場還元作業と飼料作物への移行程度。農研機構研究成果情報、農研機構、茨城、https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2012/510a0_01_01.html [2022年5月27日参照]
- 遠藤幸洋・中村フチ子・片倉真沙美・吉田安宏・武藤健司・菅野登(2017)ソルガム類における品種間差異の解明。農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発(牧草・飼料作物における放射性物質移行低減対策技術の開発)(農林水産技術会議事務局編)、研究成果シリーズ563、農林水産技術会議事務局、東京、p35-37
- 原田久富美・菅野勉・須永義人・川地太兵・森田総一郎・佐藤節郎・増山秀人・佐田竜一・九石寛之・前田綾子(2012)堆肥の継続的な施用は飼料トウモロコシの放射性セシウム低減に有効である。農研機構普及成果情報、農研機構、茨城、https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2012/510a0_01_01.html

- naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2011/a00a0_01_74.html [2022年5月27日参照]
- Harada H, Amaha K, Abe Y, Kojima Y, Sunaga Y, Kawachi T (2014) Transfer factor of radioactive cesium to forage corn (*Zea mays* L.) from soil to which contaminated farmyard manure had been applied. *Soil Sci Plant Nutr* 60: 782-789
- Harada H, Sunaga Y, Kawachi T (2015) Cesium-137 concentration of forage corn and Italian ryegrass in a double cropping system under different rates of cattle farmyard manure application after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident in 2011. *Soil Sci Plant Nutr* 61: 972-982
- IAEA (2006) Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience, IAEA, Vienna, p1-166
- IAEA (2010) Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. Technical Reports Series 472, IAEA, Vienna, p1-194
- 伊吹俊彦・天羽弘一・渋谷 岳・喜田環樹・住田憲俊・井上彦秀・阿部佳之・小島陽一郎・中尾誠司・池田俊朗・黒田将仁・梶村恭子 (2016) 傾斜草地の耕うん作業. *農作業研究* 51: 109-117
- 家畜改良センター (2012) 汚染牧草と汚染牛ふん堆肥の牧草生産への影響について. 家畜改良センター, 福島, <http://www.nlbc.go.jp/gyoumunaiyou/120905bokusousukikomi.pdf> [2022年5月27日参照]
- 川地太兵・原田久富美・須永義人・藤澤弥栄・藤田智博・朽木靖之・佐久間祐樹・齋藤 隆・小林伸英・齋藤 栄・齋藤憲夫 (2017) 多様な栽培条件下における放射性セシウム低蓄積性飼料用イネ品種の実証. 農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発(牧草・飼料作物における放射性物質移行低減対策技術の開発)(農林水産技術会議事務局編), 研究成果シリーズ 563, 農林水産技術会議事務局, 東京, p51-56
- Kobayashi M, Takeno K, Matsumoto K, Matsunami H, Tsuruta S, Ando S (2013) Cesium transfer to Gramineae biofuel crops grown in a field polluted by radioactive fallout and efficiency of trapping the cesium stable isotope in a small-scale model system for biomass gasification. *Grassl Sci* 59: 173-181
- 厚生労働省 (2011a) 放射能汚染された食品の取り扱いについて. 厚生労働省, 東京, <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r985200001558e.html> [2022年5月27日参照]
- 厚生労働省 (2011b) 福島県産および茨城県産食品から食品衛生法上の暫定規制値を超過した放射能物質が検出された件について. 厚生労働省, 東京, <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000015iifhtml> [2022年5月27日参照]
- 前田綾子・黒澤良介・木下 強・沖杉美穂 (2017) 放射性セシウム含有堆肥の施用による飼料作物栽培への影響. 栃木県畜産酪農研究センター研究報告 4: 40-56
- NARO (2011) Agricultural Countermeasure for Extensive Contamination by Radionuclide; Lessons of Chernobyl. 農研機構, 茨城, https://www.naro.go.jp/laboratory/nilgs/kenkyukai/noken_sympo/066693.html [2022年5月27日参照]
- 農林水産省 (2011a) 原子力発電所事故を踏まえた家畜の飼養管理について. 農林水産省, 東京, https://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/pdf/seisan_110321.pdf [2022年5月27日参照]
- 農林水産省 (2011b) 原子力発電所事故を踏まえた粗飼料中の放射性物質の暫定許容値の設定等について. 農林水産省, 東京, https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2623054/www.maff.go.jp/j/press/seisan/c_sinko/pdf/110819-02.pdf [2022年5月27日参照]
- 27日参照]
- 農林水産省 (2011c) 放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について. 農林水産省, 東京, <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2899108/www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/shizai.html> [2022年5月27日参照]
- 農林水産省 (2012a) 放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について. 農林水産省, 東京, https://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/pdf/110801_tsuchi_tokekomi.pdf [2022年5月27日参照]
- 農林水産省 (2012b) 飼料の暫定許容値見直しを踏まえた今後の対応について. 農林水産省, 東京, https://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/pdf/120203_kongo.pdf [2022年5月27日参照]
- 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(東北～北関東地方版) Ver.1.9. 農林水産省, 東京, https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/shiryo/pdf/josen_pamph_all.pdf [2022年5月27日参照]
- 農林水産省 (2020) 牧草地における放射性物質移行低減対策の手引き(東北～北関東地方版) Ver.2.0. 農林水産省, 東京, <https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/attach/pdf/josentaisaku-5.pdf> [2022年5月27日参照]
- 大淵直樹・藤田敏郎・加藤政子 (2016) 放射性セシウム高吸収雑穀種・系統の探索と品種・栽培特性の解明. 農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発(大豆・そば等における放射性物質移行低減対策技術の開発及び植物における放射性セシウム吸収メカニズムの解明)(農林水産技術会議事務局編), 研究成果シリーズ 552, 農林水産技術会議事務局, 東京, p65-71
- Ogura S, Suzuki T, Saito M (2014) Distribution of radioactive cesium in soil and its uptake by herbaceous plants in temperate pastures with different management after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station accident. *Soil Sci Plant Nutr* 60: 790-800
- Shibuya T, Yamamoto Y, Shindou K, Hirano K (2012) Reduction of air dose rate on grassland surface and radioactive Cs concentration in immature grass by grassland renovation. *Proc Int Sci Symp on Combating Radionuclide Contamination in Agro-soil Environment* 384
- 渋谷 岳・山本嘉人・進藤和政・平野 清 (2012) 草地更新により採草地表面の放射線空間線量率と新播牧草中 Cs 濃度を低減できる. 農研機構普及成果情報, 農研機構, 茨城, https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2011/a00a0_01_75.html [2022年5月27日参照]
- 渋谷 岳・山本嘉人・進藤和政・平野 清・梶村恭子 (2013) 草地更新による採草地表面の放射線空間線量率と新播牧草中セシウム濃度の低減. 農研機構普及成果情報, 農研機構, 茨城, https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2012/510b0_01_84.html [2022年5月27日参照]
- 渋谷 岳・天羽弘一・伊吹俊彦・平野 清・山田大吾・阿部佳之・小島陽一郎 (2014) 草地更新による除染では耕深が深く, 砕土率が高い耕うん法の効果が高い. 農研機構普及成果情報, 農研機構, 茨城, https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2013/13_078.html [2022年5月27日参照]
- 渋谷 岳・秋山典昭・平野 清・進藤和政・山田大吾・山本嘉人 (2015) 牧草中放射性セシウム濃度低減のために, 草地更新後もカリ施肥継続は必要. 農研機構普及成果情報, 農研機構, 茨城, https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2014/14_079.html [2022年5月27日参照]

- 下田勝久・梅村恭子・井出保行・渋谷 岳・平野 清・山本嘉人・進藤和政 (2017) 永年牧草における草種間差異の解明. 農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発 (牧草・飼料作物における放射性物質移行低減対策技術の開発) (農林水産技術会議事務局編), 研究成果シリーズ 563, 農林水産技術会議事務局, 東京, p26-29
- 須永義人・原田久富美・川地太兵 (2017) 飼料用とうもろこし, 冬作飼料作物における品種間差異の解明. 農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発 (牧草・飼料作物における放射性物質移行低減対策技術の開発) (農林水産技術会議事務局編), 研究成果シリーズ 563, 農林水産技術会議事務局, 東京, p29-34
- Terashima I, Shiyomi M, Fukuda H (2014) ^{134}Cs and ^{137}Cs levels in a grassland, 32 km northwest of the Fukushima 1 Nuclear Power Plant, measured for two seasons after the fallout. *J Plant Res* 127: 43-50
- 梅村恭子・伊吹俊彦・喜田環樹・中尾誠司・平野 清 (2018) 無線操作による急傾斜草地の草地更新 (除染) の手引き. 技術リポート 19号, 農研機構畜産研究部門, 茨城, p1-20
- Togamura Y, Uchiyama K, Akiyama F, Hirano K, Yamada D, Shibuya T (2021) Evaluation of tall fescue as a low radiocesium-uptake grass species to replace orchardgrass in Japan. *J Environ Radioact* 237: 106694
- 梅村恭子 (2021) 無線操作による急傾斜草地の除染技術開発. 農研機構研報 8: 35-41
- Tsuiki M, Maeda T (2012) Spatial distribution of radioactive cesium fallout on grasslands from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in 2011. *Grassl Sci* 58: 153-160
- 山田大吾 (2023) 草地での放射性セシウム移行への影響要因. *日草誌* 69: 59-63
- Yamamoto Y, Shibuya T, Hirano K, Shindo K, Mashiyama H, Fujisawa T, Nakamura M, Tozawa Y, Miyaji H, Nakao S, Togamura Y (2014) Changes in the radioactive cesium concentrations of grasslands during the first year after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in east Japan. *Grassl Sci* 60: 69-75
- 山下 萌・江口沙綾・立石貴浩・築城幹典 (2016) イネ科牧草中放射性セシウム濃度の草種間差と経年変化. *日草誌* 62: 134-139
- 全国飼料増産協議会 (2012) 牧草地における放射性物質対策 (汚染対策) の手引き. Ver.1.00 (東北～北関東地方版). 全国飼料増産協議会, 東京, p1-10