

飼料作物における放射性セシウム低減技術

原田久富美

キーワード 放射性セシウム, 牧草, トウモロコシ, 飼料用イネ, 堆肥

1. はじめに

飼料中の放射性セシウム (Cs-134 と Cs-137 の含量, 以下「放射性 Cs」と表示する) の暫定許容値は, 畜産物の放射性 Cs 濃度が食品の規制値を超えることがないよう畜種毎に定められており, 牛用飼料では, 製品重量あたり 100Bq kg^{-1} (粗飼料は水分含量を 0.8kg kg^{-1} として算出) である。現在, 福島を中心とする東日本の広い範囲で, 飼料作物中の放射性セシウム濃度がこの暫定許容値以下となるよう, 汚染の実態把握やその低減対策が課題となっている。飼料生産に関わる関係者は, 東京電力福島第一原子力発電所の放射能もれ事故 (以下, 原発事故という) 直後から, 既存の知見を参考にしながら, 放射性セシウム濃度を確実に低減させるための土壌や栽培の管理目標の設定など, 技術体系の構築に取り組んできた。本稿では, 放射性セシウムに関する基礎的知見の紹介は極力省略し, 飼料生産分野においてホームページ等で公表されている成果に焦点をあて, 飼料生産における放射性 Cs 低減のための技術開発の現状を概説する。

2. 永年生牧草

オーチャードグラス採草地を対象とした 2011 年 7 月の調査において, リターと呼ばれる草地の表層に蓄積した有機物を多く含む画分の放射性 Cs 濃度は極めて高く, 放射性 Cs は面積ベースで土壌に約 71%, リターに 21% 分布していたことが公表されている (山本, 2012; Yamamoto *et al.*, 2014)。永年草地において, 直接暴露した 1 番草刈後後に再生した 2 番草以降も放射性 Cs 濃度が暫定許容値を下回らない場合が見られたことなど, 汚染の影響が残りやすい理由の 1 つとして, このリター画分に放射性 Cs が吸着されたことが関係すると考えられている。

その後, 放射性 Cs が沈着した永年草地の表層を耕起作業により土壌と攪拌, 混和し, 再度, 牧草を播種する, いわゆる草地更新が牧草の放射性 Cs 濃度の低減に有効であ

ることが確認されている (図 1, 渋谷ら, 2013; 岩手県, 2012; 福島県農業総合センター畜産研究所, 2012; 栃木県, 2013)。草地更新では, 表層に沈着した放射性 Cs が土壌中に埋め込まれるので, ほ場表面の空間線量率の低減にも有効である。現在, この知見を活用して, 岩手, 宮城, 福島, 栃木, 群馬の 5 県約 38,000 ha の草地を対象に, 更新による除染作業が進められている。

一方, 2012 年に草地更新による除染後草地 1892 点の牧草中放射性 Cs 濃度を調査した結果, 約 8% に相当する 154 点が暫定許容値を超過していた (農林水産省 2013a)。そこで筆者らは岩手, 福島, 宮城, 栃木各県および農業環境技術研究所と共同で, 更新後に暫定許容値超過が認められた草地を対象として, 2012 年 10~11 月に調査を行い, 牧草の放射性 Cs 濃度に関する土壌要因を検討した (農林水産省, 2013b; 原田・山田, 2014)。その結果, 牧草の放射性 Cs 濃度 (対数値) は, 土壌の放射性 Cs 捕捉ポテンシャル (RIP, 対数値) および交換性カリ (K_2O) 濃度 (対数値) と負の相関関係, 交換性放射性 Cs 濃度 (対数値) とは正の相関関係にあることを見いだした。RIP は, 火山灰を母材とする黒ボク土の特徴であるリン酸吸収係数や容積重と強い相関が見られた (データ省略)。そこで, リン酸吸収係数 1500 以上を黒ボク土として解析を進めたところ, 黒ボク土草地は, 非黒ボク土草地よりも牧草の放射性 Cs 濃度が高く, RIP が低い (図 2) が, 土壌の放射性 Cs 濃度および交換性カリ含量に有意な違いは見られなかったことから, 一部の黒ボク土草地は, 放射性

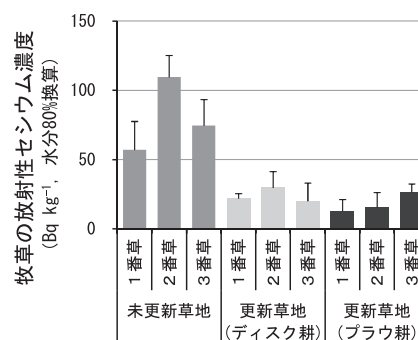


図1 牧草 (オーチャードグラス) の放射性セシウム濃度に及ぼす草地更新の影響 (2012 年) 窒素, リン酸, カリ各成分 50kg ha^{-1} を早春, 1, 2 番草刈取り後に施用した。渋谷ら (2013) より作図。

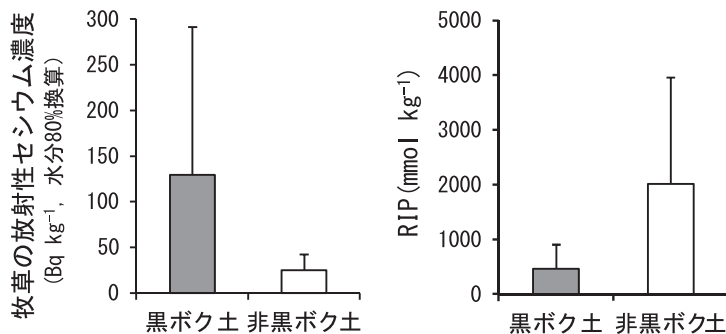


図2 牧草の放射性セシウム濃度および土壌の放射性セシウム捕捉ポテンシャル (RIP) における黒ボク土と非黒ボク土草地間の比較
牧草の放射性セシウム濃度, RIP いずれも U 検定により土壌間で有意差あり (p<0.01). 原田・山田 (2014) より作図.

Cs を吸着する力が弱いために, 牧草の放射性 Cs 濃度が高くなりやすいと考えられた. ただし, 今回の調査は暫定許容値超え草地を対象としており, 黒ボク土草地全体の特性とはいえないことに留意が必要である.

暫定許容値超過が見られた黒ボク土草地の場合, 交換性カリ含量が 0.3 g kg^{-1} 以下のときに牧草の放射性 Cs 濃度が暫定許容値の 1/2 である 50 Bq kg^{-1} を超える例が見られ (図3), 特に, 土壌の放射性 Cs 濃度が 2000 Bq kg^{-1} 以上では, 全て 50 Bq kg^{-1} を超過していた. 一方, 非黒ボク土草地においても土壌の交換性カリ含量が低いときに, 牧草の放射性 Cs 濃度が 50 Bq kg^{-1} を超える草地が見られたが (図4), いずれも RIP が 500 mmol kg^{-1} 以下であり, 土壌の放射性 Cs 吸着が弱い条件が重なっていた. これらのことから, 土壌タイプにかかわらず, 牧草の放射性 Cs 濃度低減のためには, 交換性カリ含量を 0.3 g kg^{-1} 程度以上とすることが重要であることが判明した. 暫定許容値超え草地を対象とした別の調査においても, 交換性カリ含量を $0.3 \sim 0.4 \text{ g kg}^{-1}$ 程度とすることが移行低減に有効である結果が得られている (図5, 原田, 2013a).

さらに, 草地更新時の耕起深が浅い場合や砕土が十分で

ない場合に, 草地更新による低減効果が劣る結果が得られている (図6, 原田, 2013a). そのため, 草地更新時には, 耕起深が深く, 均一となるようできるだけ丁寧に耕起作業を行うことが重要である. 現地調査においても, 耕起作業が適切に行われていない, ルートマットが十分に破壊され

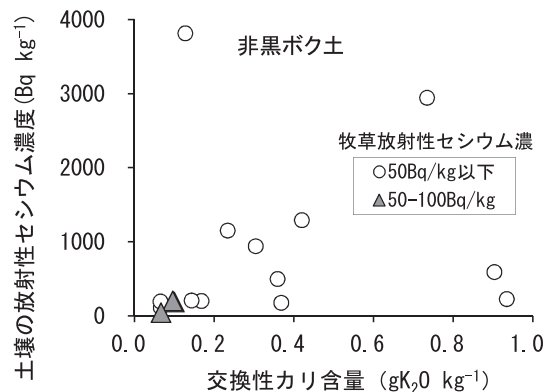


図4 非黒ボク土草地の土壌放射性セシウム濃度, 交換性カリ含量が牧草の放射性セシウム濃度に及ぼす影響
牧草の放射性セシウム濃度は水分 80% 換算値. 原田・山田 (2014) より作図.

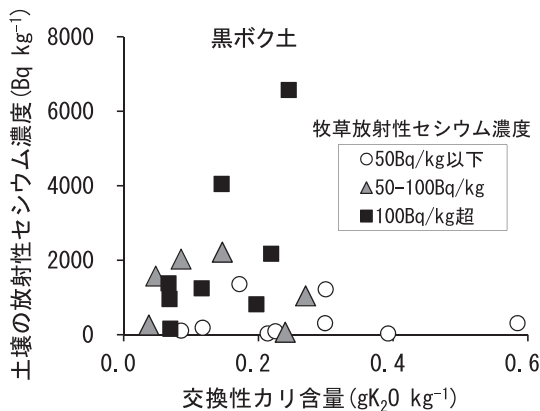


図3 黒ボク土草地の土壌放射性セシウム濃度, 交換性カリ含量が牧草の放射性セシウム濃度に及ぼす影響
牧草の放射性セシウム濃度は水分 80% 換算値. 原田・山田 (2014) より作図.

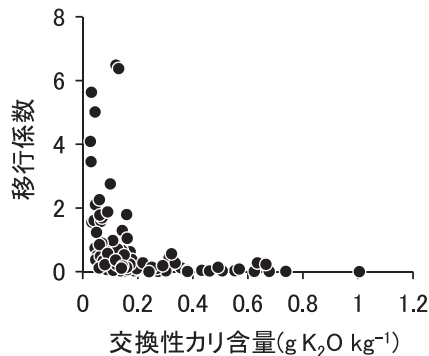


図5 土壌から牧草への放射性セシウム移行と交換性カリ含量との関係
移行係数 = 牧草の放射性 Cs 濃度 (水分 80% 換算) ÷ 乾土あたりの放射性 Cs 濃度 (0~15 cm 深) として算出した. 原田 (2013 a) より作図.

ていないことなどが暫定許容値超えに関わる要因として指摘されている（福島県, 2012）。

今後は、土壌から牧草への移行についての経年的な変化、2番草における濃度上昇原因の解明、維持段階における効果的な施肥管理方法や土壌管理目標値、耕起不能草地や傾斜草地等の対策を明らかにすることが重要と考えられる。また、草地における放射性セシウム分布について検討が進められている（Tsuiki and Maeda, 2012a ; 2012b）。

3. 単年生飼料作物

これまで実施されたモニタリング調査において、飼料用トウモロコシの放射性 Cs 濃度は暫定許容値を超える例が極めて少なく、飼料用トウモロコシを利用することにより、放射能汚染の影響を受けにくい飼料生産が可能となることが期待されている。この理由の1つとして、飼料畑では、永年草地とは異なり、家畜ふん尿を主原料とする堆肥が継続的に施用されるために、土壌の交換性カリ含量が高いことが考えられる。一方で、堆肥施用は放射性 Cs の移行を促進するとされる、土壌の有機物含量やアンモニア態窒素の供給を高めることによる影響も懸念される。そこで、畜産草地研究所内の 2006 年から牛ふん堆肥を施用し、飼料用トウモロコシ—イタリアンライグラス 2 毛作栽培を継続してきた圃場で調査を実施した。化学肥料による施肥は窒素単肥とした。

その結果、黄熟期に地際から 10 cm 高さで刈り取り、収穫した飼料用トウモロコシ地上部の放射性 Cs 濃度は、堆肥を 30 Mg ha⁻¹ 以上を継続的に施用すると、堆肥無施用よりも 40 %程度低く（図 7）、栽培後土壌の交換性カリは 0.35 g kg⁻¹ 以上であった。また、堆肥連用により土壌中の有機物含量やアンモニア態窒素量も増加傾向がみられたが（結果省略）、施肥基準等で推奨される 30 Mg ha⁻¹ 程度の堆肥を継続的に施用することにより、飼料用トウモロコシの放射性 Cs 濃度を抑制できることが明らかとなった（原田, 2013b ; 原田ら, 2013c）。また、放射性 Cs 濃度の低減に有効な交換性カリ含量は 0.35 g kg⁻¹ 程度であったが、この値は、関東東海地域の飼料畑土壌の診断目標値の上限値程度である（農林水産省, 2001）。さらに、放射性

Cs は子実に移行しにくく、結果的に極端な早刈りは放射性 Cs 濃度を高めること、2011 年にわが国で測定された移行係数は、IAEA が整理した移行係数の範囲内であることも確認されている（原田, 2012a, 2012b）。

飼料畑の冬作物であるイタリアンライグラスでは、著しい早刈りが放射性 Cs 濃度を上昇させること、刈り取り高さを土壌表面から 10 cm 以下にすると土壌混入が原因と考えられる濃度上昇が見られること、春先の窒素追肥が濃度を高めることなどが認められている。また、交換性カリ含量が安定している 30 Mg ha⁻¹ 区では、2012 年夏作以降は土壌による放射性セシウムの固定が進む反応、いわゆるエージングによる Cs-137 移行の低下が見られないことなどが、明らかとなってきた。

今後は、長期的なモニタリングを継続して、放射性 Cs 移行を把握するとともに、冬作物における適切な堆肥施用量や品種、草種による影響などを明らかにする必要がある。

4. 飼料用イネ

稲発酵粗飼料用の飼料用イネは、南東北～北関東の 6 県において、約 5,000 ha の栽培面積があり、飼料用トウモロコシに次いで栽培面積の大きい単年生飼料作物となっている（平成 24 年）。これまでのモニタリング調査では、飼料用トウモロコシと同様に、稲発酵粗飼料も暫定許容値を超える割合が極めて低く、放射性セシウム汚染の影響を受けにくいことに期待が寄せられている。

食用水稻では放射性 Cs の移行低減が必要となる場合の交換性カリ含量の目標値が設定されている（加藤ら, 2012）。一方、飼料用イネでは、多収を得るため 1.5～2 倍量の窒素施肥が推奨されており、窒素多肥は土壌のアンモニア態窒素濃度を高めて、土壌から作物への放射性 Cs 移行を促進することが懸念される。また、耕畜連携による堆肥施用が推奨されているが、その効果について解明することが重要である。さらには、収穫時の土壌混入により放

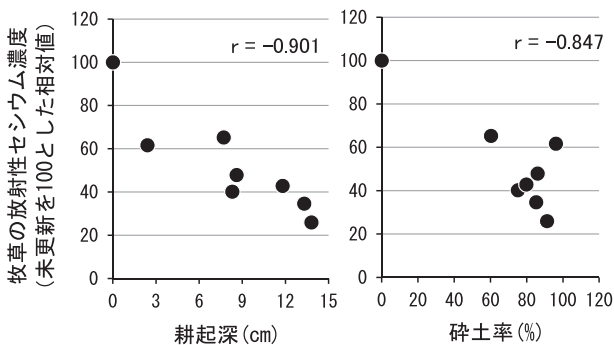


図 6 耕起方法の違いが、牧草の放射性セシウム濃度に及ぼす影響
原田 (2013a) より作図。

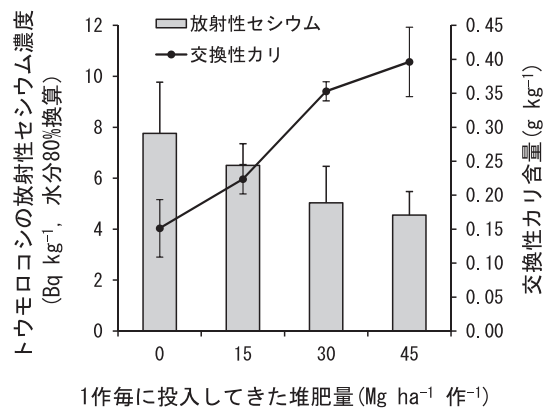


図 7 堆肥の連年施用量の違いが黄熟期の飼料用トウモロコシ中放射性 Cs 濃度と土壌の交換性カリ含量に及ぼす影響 (2011 年)

2006 年から 2 毛作を継続し、1 作ごとに堆肥を施用した圃場の 2011 年の栽培試験。化学肥料として窒素のみ 100 kg ha⁻¹ 施用した。縦線は標準偏差を示す。原田 (2013b) より作図。

放射性セシウム濃度が上昇することも懸念される。そこで、窒素多肥と堆肥施用、刈り取り高さが飼料用イネの放射性Cs移行に及ぼす影響を検討した。

2011年に6水田で調査した黄熟期の飼料用イネ地上部の放射性Cs移行係数は0.001~0.029の範囲であった。移行係数が高い水田の養分管理として、交換性カリ含量が低い、交換性カリが十分でない条件でカリ成分を施用せずに窒素肥料を多肥するなどの特徴が見られた(原田ら, 2013d)。また、交換性カリ含量が 0.08 g kg^{-1} と低い条件で窒素肥料を多肥すると、カリ肥料を 60 kg ha^{-1} 施用したにもかかわらず粗玄米中の放射性Cs濃度が大きく上昇する傾向が見られた(図8)。一方、牛ふん堆肥を継続的に施用した場合、交換性カリが維持されるとともに、カリ成分の投入量が多くなることにより、窒素多肥による放射性Cs濃度上昇も抑制されていた。つまり、カリ成分を含む牛ふん堆肥の継続的な施用は、カリ肥料の施用と同様に移行抑制に有効と考えられる。これらの結果は、2013年に同一圃場で継続調査した玄米及びイネ地上部でも確認されている。

水田土壌表面から10cmの高さで収穫した飼料用イネでは、茎葉の乾物重量は全体の40%程度を占めるが、放射性Csでは70%以上が含まれており、放射性Csは茎葉に多く蓄積されていた(畜産草地研究所, 2013)。さらに、地上部の放射性Cs濃度は、土壌表面に近い株元ほど高く(図9)、刈り取り高さを8, 16, 24cmと段階的に高く設定すると、8cmの場合を100として16cmで76, 24cmで64と減少した。一方、乾物収量は、8cm高くする毎に5ポイント程度しか低下しなかった(図10)。株元の放射性Cs濃度が高い理由は、土壌の混入が原因と考えられ、高刈りによる低減効果は茎葉の割合が低下することによると考えられる。

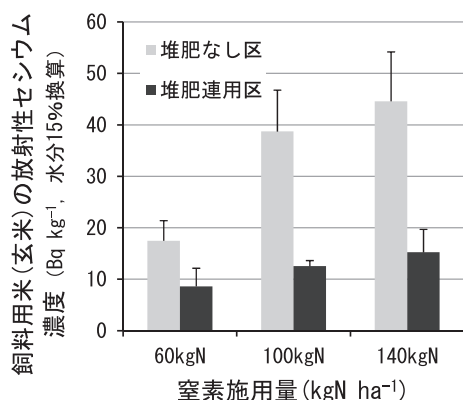


図8 飼料用米の放射性Cs濃度に及ぼす堆肥および窒素施用の影響(2012年)

2006年から地上部を収穫、持ち出し、牛ふん堆肥 20 Mg ha^{-1} 施用を継続した。2012年の堆肥によるカリ成分施用量は 140 kg ha^{-1} 相当。交換性カリは無堆肥区 0.08 g kg^{-1} 、堆肥連用区 0.11 g kg^{-1} 。無堆肥区は $\text{P}_2\text{O}_5\text{ }80\text{ kg ha}^{-1}$ 、 $\text{K}_2\text{O }60\text{ kg ha}^{-1}$ を施用した。窒素施用量は図中のとおり。窒素 140 kg 区は基肥 100 kg と追肥 40 kg に分施し、他は基肥とした。圃場反復なし、3繰返し採取の試験結果。原田(2013d)より作図。

以上から、稲発酵粗飼料の放射性Cs低減対策が必要となる場合、堆肥等を用いてカリ成分を施用すること、過剰な窒素施肥を控えること、刈り取り高さを高く設定し、水田の土壌表面に近い茎葉部分を刈り残すことが有効と考えられる。実際の機械収穫では、表面の土壌が柔らかい場所での機械の沈み込みや土壌表面の凹凸の影響も受けるため、15cm程度以上の刈り高さとするのが重要と考えられる。また、収穫後は、残された茎葉部分を速やかに土壌にすき込み、分解を促進させて、翌年の移植作業に支障がないよう配慮することが重要である。

また、飼料用イネ地上部の放射性Cs濃度は、黄熟期収穫と成熟期収穫ではほとんど違いが見られないことも明らかとなっている。

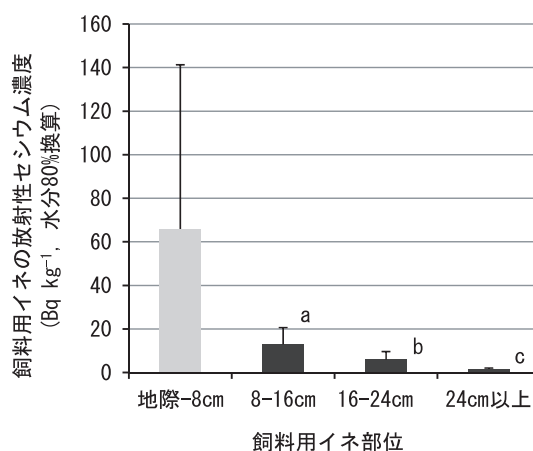


図9 黄熟期に手刈り収穫した稲発酵粗飼料用稲の高さ別(層別)の放射性セシウム濃度(2012年)

棒グラフ上辺の縦線は測定結果の標準偏差。同一英文字の場合に5%水準で有意差なし(Tukey法)。地際-8cm部位は収穫物としての利用が想定されないため参考表示とし統計解析に含めていない。

供試品種「ふくひびき」。刈り高さ8cm時の乾物収量の平均値は $1.33\text{ t}/10\text{ a}$ 、放射性Cs濃度の平均値は 1.9 Bq/kg (水分80%換算)。原田(2013d)より作図。

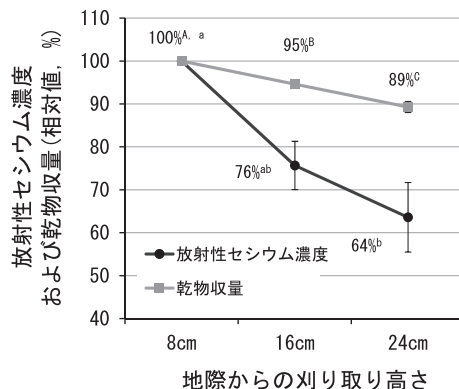


図10 稲発酵粗飼料用稲の放射性セシウム濃度と乾物収量に及ぼす刈り取り高さの影響(2012年)

放射性Cs濃度および乾物収量は、刈り高さ8cmとした場合を100%とした時の相対値として示した。縦線は測定結果の標準偏差。同じ英文字の場合に5%水準で有意差なし(Tukey法)。原田(2013d)より作図。

今後は、草型や遺伝的背景に変異の大きい品種の影響や精玄米と粗玄米の関係、移植時期や水管理の影響、長期的なモニタリングなどを検討する必要がある。

5. 汚染堆肥および汚染牧草施用の影響

堆肥中の放射性セシウムの暫定許容値は、畜産農家が自らの飼料畑・草地に還元するなどの場合を除き 400 Bq kg^{-1} と定められている。一方で、放射能で汚染された堆肥を還元することにより影響を受けることが懸念され、実際には堆肥の利用が進みにくい実態も見られる。そのため、放射能を含む堆肥を施用した場合の作物中の放射性セシウム濃度への影響を確認することは大変に意義がある。

堆肥連用による低減効果を示す図7の栽培試験に供試した堆肥にも、放射性セシウムが 108 Bq kg^{-1} の濃度で含まれていたが、このレベルであれば、前述のとおり、カリ成分の投入による移行低減の効果が大きく、放射性Cs投入による影響は認められない。さらに、暫定許容値を大きく超える 4000 Bq kg^{-1} 程度の放射性Csを含む堆肥をトウモロコシ栽培圃場に還元した場合も検討したが、堆肥中の放射性Csは土壤中の放射性Csより移行が高い結果は得られていない(図11, 原田ら, 2013e)。同様の結果は、栃木県が実施した飼料用トウモロコシおよびイタリアンライグラスにおけるほ場試験でも得られている(栃木県畜産酪農研究センター, 2013a, 2013b)。これらの結果は、堆肥にはカリが多く含まれており、放射性Csとともにカリ成分が土壤に投入される効果を伴うことが関係すると思われる。汚染牧草の投入によっても、トウモロコシや牧草の放射性Cs濃度の増加は限定的である、とする結果が得られている(家畜改良センター, 2012; 天羽ら, 2013)。以上のことから、汚染堆肥や汚染牧草の施用は、土壤の放射性Cs濃度を多少高めてしまう範囲の影響である、と理解できる。同じ有機物であっても、永年草地表面にあり、極めて高濃度に汚染され、カリ成分が降雨等で洗脱されたりターの場合とは大きく異なると思われる。

おわりに

本稿では、畜産草地研究所が中心となって開発してきた代表的な研究成果を紹介した。原発事故からわずか3年足らずの取り組みであるが、行政機関が実施する放射性Cs濃度の低減対策事業等に活用できる知見が得られ、県や国等の各種汚染対策マニュアルとして活用されている。一方で、飼料生産分野では、永年草地、畑、水田と基本的な作物や土壤条件が全く異なり、検討すべき要因が多く、各項で示したとおり未解決の課題も多い。今後も自給飼料生産に基づく畜産経営の安定化にむけて、着実に研究を進める必要がある。また、データについて、より詳しい情報を知りたい方は末尾に示した文献を参考にされたい。

なお、著者が単独名となっている公表資料のほとんどは、他の研究者が苦労して得たデータを、いち早く周知するために代表して発表したものである。また、本資料で示した

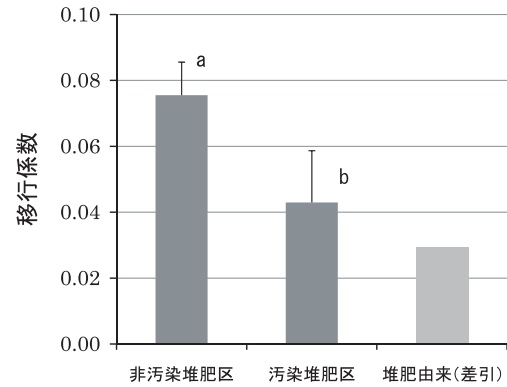


図11 表層除去圃場に汚染堆肥を施用した場合の土壤および堆肥中放射性Csの飼料用トウモロコシへの移行係数の比較

2012年に表層0~10cm程度をばき取り後、堆肥を施用して、飼料用トウモロコシを栽培した。施肥は窒素 250 kg ha^{-1} 、リン酸 200 kg ha^{-1} とし、カリ施用量がほぼ等しくなるよう堆肥施用量を調節した。

移行係数=飼料用トウモロコシの放射性Cs濃度(水分80%換算)÷乾土の放射性Cs濃度(0~20cm深)として算出した。グラフ上の縦棒は標準偏差。同じ英文字の場合に5%水準で有意差なし(Tukey法)。原田(2013e)より作図。堆肥由来(差引)の移行係数は、汚染堆肥施用による土壤及び作物の放射性Cs濃度の増加分について、上式を用いて計算した。

データは、中央農業総合研究センター、(独)農業環境技術研究所、(独)家畜改良センター、岩手県農業研究センター畜産研究所、宮城県畜産試験場、福島県農業総合センター、福島県農業総合センター畜産研究所、栃木県畜産酪農研究センターの担当者各位から多大な協力を得て進めてきたものが多く含まれている。関係各位の多大な協力に深く感謝したい。

文 献

- 山本嘉人 2012. 永年草地における牧草中放射性セシウムのモニタリングと移行低減技術. 農研機構シンポジウム資料. http://www.naro.affrc.go.jp/nilgs/kenkyukai/files/sympo2012_shiryosaku01.pdf
- Yamamoto, Y., Shibuya, T., Hirano, K., Shindo, K., Mashiyama, H., Fujisawa, T., Nakamura, M., Tozawa, Y., Miyaji, H., Nakao, S., and 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. *Grassland Sci.*, 60 (in press).
- 渋谷 岳・山本嘉人・進藤和政・平野 清・梅村恭子 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. 2012年度成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2012/510b0_01_84.html
- 岩手県 2012. 岩手県牧草地除染マニュアル. <http://www.pref.iwate.jp/view.rbz?cd=43658>
- 福島県農業総合センター畜産研究所 2012. 牧草地における耕うん法による放射性セシウムの吸収抑制技術の開発(2年次調査). <http://www.pref.fukushima.jp/keieishien/kenkyukaihatu/gijyutsufukyuu/08%20jyosennsisinn/soutikousinn.pdf>
- 栃木県 2013. 牧草地除染マニュアルー安全・安心な自給飼料生産

- による持続的な畜産経営を目指してー (第3版). <http://www.pref.tochigi.lg.jp/kinkyu/c08/documents/bokusoutijyosen.pdf>
- 農林水産省 2013a. 原発事故の畜産業への影響と対策. 平成25年11月. http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_hosin/
- 農林水産省 2013b. ほ場環境に応じた農作物への放射性物質移行低減対策確立のための緊急調査研究の成果について. <http://www.saffrc.go.jp/docs/press/130709.htm>
- 原田久富美 2013a. 飼料作物における放射性セシウム低減技術開発の現状と課題. 自給飼料利用研究会資料. http://www.naro.affrc.go.jp/nilgs/kenkyukai/files/jikyushiryoriyo2013_gijutu05.pdf
- 福島県 2012. 牧草地の除染, 吸収抑制対策の徹底について. 農業技術情報 (第29号). http://www.pref.fukushima.jp/keieishien/kenkyuukaihatu/gijyutsufukyuu/06ganba_joho/future-29bokusouH240615.pdf
- 原田久富美・山田大吾 2014. 永年牧草の放射性セシウム濃度に影響する土壌要因の調査結果と牧草のミネラルバランス対策. 畜産技術, 印刷中.
- Tsuiki, M., and Maeda, T. 2012a. Spatial distribution of radioactive cesium fallout on grasslands from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in 2011. *Grassland Sci.*, **58**, 153-160.
- Tsuiki, M., and Maeda, T. 2012b. Spatial variability of radioactive cesium fallout on grasslands estimated in various scales. *Grassland Sci.*, **58**, 227-237.
- 原田久富美 2013b. 堆肥の継続的な施用による飼料用トウモロコシへの放射性セシウム移行抑制. 畜産技術, **693**, 19-23.
- 原田久富美・須永義人・川地太兵 2013c. 飼料畑二毛作における放射性 Cs 移行を抑制するための土壌交換性カリ含量. 2012年度成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2012/510b0_01_73.html
- 農林水産省 2001. 草地管理指標ー飼料作物生産利用技術編ー. 51.
- 原田久富美 2012a. 飼料作物における放射性物質の移行メカニズムと移行に関わる諸要因. *グラス & シード*, **30**, 20-35.
- 原田久富美 2012b. 草地・飼料畑における放射性物質の移行低減対策. *土づくりとエコ農業*, **44**, 38-43.
- 加藤直人・伊藤純夫・木方展治・藤村恵人・池羽正晴・宮崎成生・斎藤幸雄・廣岡政義 2012. 水田土壌のカリウム供給力の向上による玄米の放射性セシウム濃度の低減. 2011年度成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/2011/a00a0_01_67.html
- 原田久富美・伊吹俊彦・草佳那子・箭田 (蕪木) 佐衣子・石川哲也・佐藤 誠・藤田智博・藤村恵人・佐久間祐樹・江上宗信・朽木靖之・斎藤栄・上野源一・佐田竜一・増山秀人 2013d. 飼料用イネにおける放射性 Cs 濃度に及ぼす養分管理と刈り取り高さの影響. 2012年度成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2012/510b0_02_74.html
- 畜産草地研究所 2013. 稲発酵粗飼料用稲の収穫時の刈り取りの高さと放射性セシウム濃度の関係. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nilgs/047884.html
- 原田久富美・天羽弘一・阿部佳之・小島陽一郎・須永義人・川地太兵 2013e. 放射性 Cs 含有堆肥の施用に伴う飼料用トウモロコシへの放射性 Cs の移行程度. 2012年度成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2012/510b0_02_04.html
- 栃木県畜産酪農研究センター 2013a. 飼料用トウモロコシ栽培における放射性セシウム含有堆肥の施用試験. 畜産酪農研究センターたより7号. http://www.pref.tochigi.lg.jp/g70/press_etc/documents/tayori7.pdf
- 栃木県畜産酪農研究センター 2013b. 秋播きイタリアンライグラス栽培における放射性セシウム含有堆肥の施用試験. 畜産酪農研究センターたより9号. http://www.pref.tochigi.lg.jp/g70/press_etc/documents/tayori9.pdf
- 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. <http://www.nlbc.go.jp/pdf/gaibusien/120905bokusousukikomi.pdf>
- 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. 2012年度成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2012/510a0_01_01.html