

反転耕による除染後の再更新が土壌及び牧草中の放射性セシウムに及ぼす影響

國分洋一¹・木村有希¹・中村フチ子²・松澤保¹・柳田和弘¹Effect of pasture renovation after decontamination by reversal tillage
on radiocesium in soil and grassYohichi KOKUBUN¹, Yuki KIMURA¹, Fuchiko NAKAMURA², Tamotsu MATSUZAWA¹
and Kazuhiro YANAGITA¹**Abstract**

In radiocesium (RCs)-contaminated pastures that were decontaminated and renovated by plowing, we investigated the effect of pasture renovation by plow tillage or rotary tillage on the RCs concentration in the pasture grass and the effect of increased potassium (K) fertilizer as a means of suppressing the uptake of RCs by the grass. (1) There was no difference in the concentration of ¹³⁷Cs in the soil at 0 to 15 cm after renovation. However, the variability of the measured values following either tillage was smaller than that in the control (untilled) plot. (2) The ¹³⁷Cs concentration in the grass of the first to third flushes did not increase in either the plow tillage plot or the rotary tillage plot relative to the control plot. (3) Owing to the increase in K fertilizer after renovation, the concentration of ¹³⁷Cs in the grass was significantly lower than that in the standard fertilizer plot. To reduce the risk of increased RCs, it is necessary to increase the amount of K fertilizer and to continue measures to suppress the uptake of RCs even after renovation.

(Received October 13, 2021 ; Accepted March 17, 2022)

Key words : radiocesium, sown pasture, pasture renovation, potassium fertilization

キーワード : 放射性セシウム、牧草地、草地更新、カリ施用

東京電力福島第一原子力発電所の事故により、県内牧草地の利用再開に当たっては土壌中放射性物質の除去または低減のための除染作業を行う必要がある。

牧草地の除染¹⁾は、避難区域においては表土除去、それ以外の区域ではプラウによる反転耕又はロー

タリ深耕が実施されると同時に草地更新を行い、収穫された牧草のモニタリングにより安全性を確認した上でその利用が再開されている。しかし、牧草地の除染、更新後、7年を経過すると、雑草の侵入等の経年劣化により生産力の低下が危惧されることから、これら牧草地の再更新が課題となっている。

受付日 2021年10月13日、受理日 2022年3月17日

1 現農業総合センター畜産研究所

2 現県北農林事務所安達農業普及所

特に、プラウによる反転耕で更新作業を行った牧草地を再度反転耕により更新する際には、放射性セシウム（以下 RCs と略記）濃度の高い土壌やルートマットが再度表層部に移動することで牧草中の RCs 濃度が再び高まることが懸念される。

このため、本研究では反転耕による除染、更新を行った牧草地において、プラウ耕及びロータリー耕による再更新を行った際の牧草中 RCs 濃度への影響とカリ施用の効果について検証した。

1 試験方法

(1) 試験区及び耕種概要

試験は、畜産研究所内牧草地（福島市荒井地蔵原地内、土壌：黒ボク土、土壌中セシウム 137(以下 ^{137}Cs と略記)濃度：275Bq/kg DW (2018年、0-15cm 深))で実施した。当牧草地は、2011 年秋にプラウ耕(耕起深 30cm 以上目標)により除染、更新を実施したオーチャードグラス（以下 Or と略記）単播草地であったが、更新後7年を経過しイタリアンライグラス(以下 Ir と略記)や雑草の優占により生産量が低下し更新時期を迎えている。

試験は、耕うん処理の違いによる「プラウ耕区」及び「ロータリー耕区」、対照として、耕うんは行わず簡易更新機(ニプロ PRN-801)による播種のみを行った「簡易耕区」とした。また、全ての区に、RCs 吸収抑制対策としての「カリ増施肥区」(0-15cm 土壌の交換性カリ目標 30mg/100gDW:年間カリ施用量 54kg/10a)と「カリ通常区」(0-15cm 土壌の交換性カリ目標 20mg/100gDW:年間カリ施用量 15kg/10a)を設けた。なお、1区当たりの試験面積は5aとし、それぞれ3反復とした。

再更新は以下のとおり行った。1番草収穫後、前植生を除去するため、2018年7月及び8月にグリホサート系除草剤を散布後、9月13日、苦土石灰(200kg/10a)及びようりん(100kg/10a)を全区に施用した。同日、「ロータリー耕区」はロータリーによる耕うん、「プラウ耕区」はプラウによる耕うんを行った後、ディスクハローによる砕土・均平を行った。耕起深については、除染のために深部にすき込まれたルートマット等の掘り起こしの防止及び草地更新時にお

ける耕起深は通常20~25cm²⁾であることから両区とも20cmとした。

同年9月20日、「プラウ耕区」及び「ロータリー耕区」は散播、「簡易耕区」は簡易更新機により播種(Or(品種名：アキミドリII)、播種量：4kg/10a)、施肥(元肥としてN-P₂O₅-K₂O=8-8-8kg/10a)及びローラーによる鎮圧を行った。

施肥については、耕うん処理に係わらず、2019年及び2020年ともに、カリ増施肥区では年間の施肥量をN-P₂O₅-K₂O=15-15-54kg/10a、カリ通常区はN-P₂O₅-K₂O=15-15-15kg/10aとし、早春、1番草後及び2番草後に1/3ずつ施用した。

(2) 調査項目

再更新前の土壌調査(2018年9月3日実施)は、耕うん前に牧草地内40か所について深度別すなわち0-30cm深の間で5cmごとに層別に採取し ^{137}Cs 濃度を測定した。

再更新後の調査は、牧草の刈取りは両年とも年3回とし、同日に土壌(0-15cm深)採取も行い、それぞれ分析に供した。なお、2019年は前植生で優占していたIrの繁茂によりOrの採取が困難であったため、Irを採取し分析に供した。なお、試料は、乾燥・粉碎後、ゲルマニウム半導体測定装置(オルテックGEM20-70、同GEM45-76、同GEM25P4-76、同GEM40-70、同GMX20-70、同GEM20P4-70、キャンベラGC2020)により、検出下限は、牧草：3Bq/kg以下(^{137}Cs)、土壌：10Bq/kg以下($^{137+134}\text{Cs}$)として、 ^{137}Cs を測定した。

2 試験結果

(1) 再更新後の牧草の定着・生育状況

再更新翌年(2019年)は、更新前にグリホサート系除草剤を2回散布したにもかかわらず、全区にわたり埋土種子由来と考えられるIrが優占した。2年目(2020年)では、Orが優占し調査が可能となった。なお、両年ともに再更新前に多く見られたヒエ、メヒシバ等の雑草は僅少であった。

反転耕による除染後の再更新が土壌及び牧草中の放射性セシウムに及ぼす影響

(2)再更新前の土壌深度別 ¹³⁷Cs 濃度分布

図1に再更新前における深度別 ¹³⁷Cs 濃度分布状況を示した。各層とも、調査した40地点の70%以上が500Bq/kg DW以下で、0~5cmでは全て500Bq/kg DW以下であった。また、5cm以深の層では2,000Bq/kg DWを超える土壌も見られ、15~20cm層で最大6,000Bq/kg DW台の土壌も観測された。

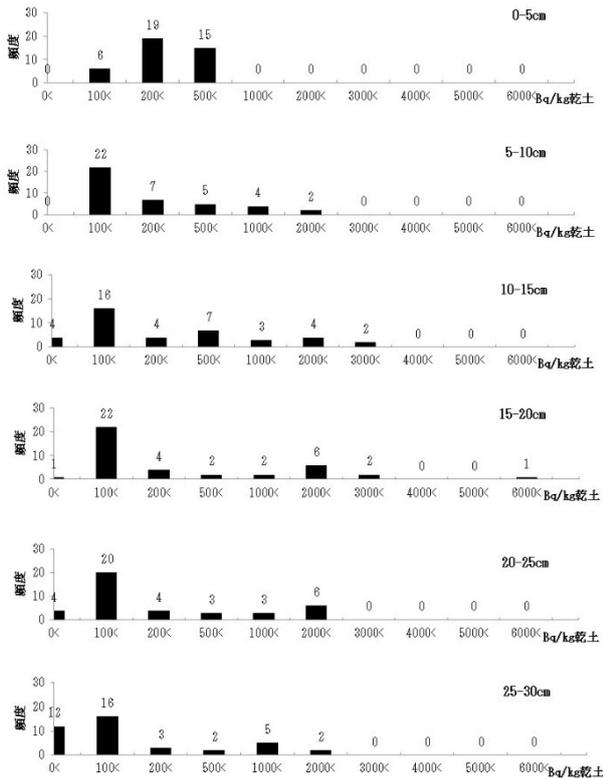


図1 土壌深度別¹³⁷Cs濃度分布(n=40)

(3)再更新後の土壌中 ¹³⁷Cs 濃度

再更新翌年(2019年)及び2年目(2020年)における1番草刈取り時の各処理区における0-15cm深の土壌中 ¹³⁷Cs 濃度を表1に示した。

表1 土壌中放射性セシウム (¹³⁷Cs) (0-15cm深) 濃度 (Bq/kgDW)

区	2019年			2020年		
	平均	標準偏差	変動係数	平均	標準偏差	変動係数
ロータリ耕	232	88	38	253	97	38
プラウ耕	292	106	36	218	82	38
簡易耕	240	234	98	259	211	82

注1) 両年とも1番草刈取り時(5月7日)の測定値
注2) n=12(各区4点(カリ通常区2点+カリ増施肥区2点)×反復3)

各年次におけるロータリ耕区、プラウ耕区及び簡易耕区間に差は認められず、耕うんにより¹³⁷Cs濃度が上昇することはなかった。また、2か年ともロータリー耕及びプラウ耕区の調査12地

点内の¹³⁷Cs濃度の変動係数は36~38で簡易耕区の82~98より小さかった。

(4)再更新後の牧草中 ¹³⁷Cs 濃度

表2-1、表2-2に2019年のIr及び2020年のOrにおける1~3番草の¹³⁷Cs濃度(80%水分換算値)を耕起処理、カリ対策ごとに示した。

表2-1 イタリアンライグラス中¹³⁷Cs濃度(80%水分換算)

区	カリ対策	1番草 2番草 3番草		
		(Bq/kg)		
ロータリ耕	増施	1.2	2.5	3.2
	通常	1.8	4.7	5.2
プラウ耕	増施	1.3	2.5	3.6
	通常	1.4	4.3	6.8
簡易耕	増施	1.4	2.4	2.9
	通常	1.9	6.3	8.2
区間		n. s.	n. s.	n. s.
カリ対策間		*	**	**

注1) **: p<0.01 * : p<0.05 (2019年)

注2) 1番草: 5/7 2番草: 6/17 3番草: 7/30刈取り

表2-2 オーチャードグラス中¹³⁷Cs濃度(80%水分換算)

区	カリ対策	1番草 2番草 3番草		
		(Bq/kg)		
ロータリ耕	増施	1.5	3.2	3.3
	通常	5.3	13.8	13.7
プラウ耕	増施	2.3	4.2	3.8
	通常	6.7	12.6	15.5
簡易耕	増施	1.7	3.6	5.6
	通常	6.2	13.6	17.0
区間		n. s.	n. s.	n. s.
カリ対策間		**	**	**

注1) **: p<0.01 (2020年)

注2) 1番草: 5/7 2番草: 7/13 3番草9/8刈取り

両草種ともに1~3番草全てで、ロータリ耕区、プラウ耕区、簡易耕の間に¹³⁷Cs濃度に差は認められなかった。また、カリの増施により、牧草中¹³⁷Cs濃度は、1~3番草において、通常施用と比較し1/2~1/3に低下した。

3 考察

再更新前の土壌深度別¹³⁷Cs濃度は土壌深0-30cmにわたり、大部分が500Bq/kg DW以下であり、40調査ポイントの過半が200Bq/kg DW以下であったが、ルートマット塊由来と考えられる2,000Bq/kg DWを超える値が一部確認されたことは、局所的に牧草のRCs濃度が高まるのが危惧されるため、再更新に

当たっては留意すべき点と考えられる。

再更新後の土壌深0-15cmの¹³⁷Cs濃度については、ロータリ耕区、プラウ耕区及び簡易耕区間の差は認められなかったが、プラウ耕及びロータリ耕区ともに変動係数が小さくなっていることから、耕起によって土壌構造、化学性がより均質化されたことを示す。

今回の試験では、プラウ耕区、ロータリ耕区ともに再更新による牧草中¹³⁷Cs濃度の上昇は認められなかった。

牧草へのRCs吸収抑制には、砕土率を高め、作土層土壌とRCsをよく混和することが牧草への吸収抑制に有効であることが報告³⁾されている。

今回の結果は、耕うんにより作土層の土壌の混和が促進され、物理性、化学性がより均質化したことによると考えられた。

なお、本試験を実施したほ場は黒ボク土壌であり、砕土率が比較的容易に高まる土壌である。粘土質土壌等においては、ロータリ耕では複数回耕うんや低速耕うん、プラウ耕では複数回のディスクハロー作業の実施等により砕土率を確実に高める必要がある。

牧草中¹³⁷Cs濃度は、1番草に比べ2、3番草は高まる⁴⁾が、カリの増施により通常施用区に比べ大幅に低下したことは、改めてカリの増量施用の有効性を示したものである。今回の試験では、再更新により牧草中の¹³⁷Cs濃度の上昇は確認されなかったが、更なるリスク低減を図り牧草の安全性を確保するためにも、再更新後も引き続きカリの増量施用によるRCs吸収抑制対策を行う必要がある。

謝 辞

本研究を行うに当たり、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門 畜産飼料作研究領域 省力肉牛生産グループ 渋谷 岳氏をはじめ関係者の皆様には、助言や作業機の手配等多くの御支援、御協力を頂きました。ここに記して深い感謝の意を表します。

なお、本研究は、農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業（2018～2020年度）」(JPJ000418)により実施したものです。

引用文献

- 1) 福島県農林水産部編. 農作物の放射性セシウム対策に係る除染及び技術対策の指針第3版.
- 2) 農林水産省畜産局. 1982. 草地管理指標 (社)日本草地協会 : P231-235
- 3) 農林水産技術会議事務局. 2017. 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.
- 4) 農研機構. 2019. 農研機構畜産研究部門技術レポート 21号「草地における放射性物質対策のためのカリ施肥」