

牧草畑および放牧地の牧草放射性セシウム濃度低減技術

誌名	群馬県畜産試験場研究報告 = Bulletin of the Gunma Animal Husbandry Experiment Station
ISSN	13409514
著者名	高橋, 朋子 横澤, 将美 宮崎, 美伯
発行元	群馬県畜産試験場
巻/号	21号
掲載ページ	p. 85-90
発行年月	2014年12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



牧草畑および放牧地の牧草放射性セシウム濃度低減技術

高橋朋子・横澤将美・宮崎美伯

Technique of Decrease in Radioactive Cesium Concentration of Grass at Grassland and Pasture

Tomoko TAKAHASHI, Masami YOKOSAWA and Yoshinori MIYAZAKI

要 旨

飼料作物における放射性セシウムの暫定許容値は、平成 24 年 4 月から 100Bq/kg 以下となり、飼料作物の放射性セシウム濃度の低減が求められている。

牧草畑ではプラウ耕等による土壌の放射性セシウム濃度低下により、牧草の放射性セシウム濃度も低減されることが確認された。しかし、2 番草では放射性セシウム濃度の上昇が認められ、土壌の交換性カリウム含量の低下が要因のひとつと推察された。

また、急傾斜や礫が多いためにプラウ耕等による物理的な除染が困難な放牧地では、土壌の放射性セシウム濃度を低減させることは難しい。そこで、化学肥料や鶏ふん堆肥を土壌表面に施用し、土壌の交換性カリウム含量を高めることにより、牧草の放射性セシウム濃度が低減することが確認された。

緒 言

飼料作物における放射性セシウムの暫定許容値は、平成 24 年 4 月から 100Bq/kg 以下となり、飼料作物の放射性セシウム濃度低減が求められており、牧草畑においては、プラウ耕等による土壌の放射性セシウム濃度（以下、土壌セシウム濃度）低減が実施されている。

著者らの調査では、プラウによる深耕により土壌セシウム濃度は 61 ~ 94% 低下し、ロータリー耕でも 53 % 低下することを確認した¹⁾。今回は土壌セシウム濃度が低減したほ場の牧草放射性セシウム濃度（以下、牧草セシウム濃度）を調査し、濃度低減効果を確認する。

また、急傾斜や礫が多い放牧地では、プラウ耕等による物理的な除染ができないため土壌セシウム濃度の低減が難しく、牧草セシウム濃度低減も困難である。

そこで、土壌の交換性カリウム含量（以下、土壌カリウム）を高めると牧草セシウム濃度が低減することが示されていることから²⁾、化学肥料や鶏ふん堆肥を土壌表面に施用し土壌カリウムを高めることによる牧草セシウム濃度低減効果について検討した。

材料および方法

- 1 プラウ耕等で除染した飼料畑の牧草セシウム濃度調査

1) 調査ほ場

永年牧草地 3ほ場

草種：オーチャード、チモシー主体

土壌の種類：黒ボク土

2) 除染方法、施肥、播種方法

平成 24 年 6 月にプラウ耕により深さ約 40cm 耕起し、10 アールあたり苦土石灰 100kg、塩化カリ 40kg、化学肥料（窒素 14%、リン酸 14%、カリ 14%）を 32kg 施用した。

平成 24 年 7 月に 10 アール当たりオーチャード 2.4kg、チモシー 1.3kg、赤クローバー 0.3kg を播種した。

1 番草収穫前（平成 25 年 5 月）および 1 番草収穫後（平成 25 年 6 月）にそれぞれ 10 アール当たり化学肥料（窒素 14%、リン酸 14%、カリ 14%）を 42kg 追肥した。

3) 土壌調査項目

(1) 調査時期

プラウ耕前（平成 24 年 6 月）

プラウ耕後（平成 24 年 8 月）

2 番草収穫後（平成 25 年 7 月）

(2) 土壌セシウム濃度方法

手動式採土器（HS-30S 型（株）藤原製作所）を用い表面から 7.5cm 採取し、ゲルマニウム半導体検出器測定装置（モデル 747、キャンベラ社）を用いて、タッパー容器（容量 0.8L、丸キーパー B-313S 岩崎工業製）に土壌を充填し、2000 秒で測定した。

(3) 土壌養分分析項目および分析方法

pH、電気伝導度、陽イオン交換容量、交換性陽イオン含量（カルシウム、マグネシウム、カリウム）、可給態リン酸について、土壌、水質及び植物体分析法³⁾により分析した。

水分測定は、高温乾燥機を用いて 105℃ で 24 時間乾燥後測定した。

pH 及び電気伝導度は風乾土 10g に 20mL の蒸留水を入れ、1 時間振とう後に pH メーター及び電気伝導度計で測定した。

陽イオン交換容量はショーレンベルガー

法により測定した。

交換性陽イオン含量（カリウム、カルシウム、マグネシウム）は陽イオン交換容量測定で得られた酢酸アンモニウム浸出液を ICP 発光分光分析装置で測定した。

可給態リン酸はトルオーグ法にて測定した。

4) 牧草の調査項目

(1) 調査時期

プラウ耕前（平成 24 年 5 月）

1 番草（平成 25 年 6 月）

2 番草（平成 25 年 7 月）

(2) 牧草セシウム濃度

牧草採取は粗飼料（牧草）・土壌の放射能測定マニュアル⁴⁾に基づき立毛の牧草を採材し、ゲルマニウム半導体検出器測定装置（モデル 747、キャンベラ社）を用いて 2L マリネリ容器に材料を詰め、1000 秒で測定した。

2 耕起できない放牧地の化学肥料施用による牧草セシウム濃度低減効果

1) 調査ほ場

放牧地 2ほ場

草種：オーチャード、チモシー主体

土壌の種類：黒ボク土

2) 化学肥料施肥方法

平成 25 年 4 月に 10 アール当たり塩化カリウム 42kg、苦土石灰 100kg、化学肥料（窒素 14%、リン酸 14%、カリ 14%）を 32kg 施肥した。

3) 土壌調査項目

(1) 調査時期

施肥前（平成 24 年 11 月）

1 番草収穫後（平成 25 年 7 月）

(2) 土壌セシウム濃度及び土壌養分

上記 1 と同様の方法で実施。

4) 牧草調査項目

(1) 調査時期

施肥前（平成 24 年 11 月）

- 1 番草 (平成 25 年 6 月)
- 2 番草 (平成 25 年 8 月)
- 3 番草 (平成 25 年 10 月)
- (2) 牧草セシウム濃度及び土壤養分
上記 1 と同様の方法で実施。
- 3 耕起できない放牧地の鶏ふん堆肥施用による牧草セシウム濃度低減効果
 - 1) 調査ほ場
放牧地 2 ほ場
草種：オーチャード、チモシー主体
土壤の種類：黒ボク土
 - 2) 堆肥の施用
平成 24 年 11 月に 10 アール当たり鶏ふん堆肥 3 トンを施用した。
 - 3) 土壤調査項目
 - (1) 調査時期
1 番草収穫後 (平成 25 年 6 月)
 - (2) 土壤セシウム濃度及び土壤養分
上記 1 と同様の方法で実施。
 - 3) 牧草調査項目
 - (1) 調査時期 平成 25 年 5 月 (1 番草)
 - (2) 牧草セシウム濃度
上記 1 と同様の方法で実施。
 - 4) 堆肥分析項目および方法
鶏ふんは堆肥等有機物分析法⁹⁾により分析した。水分は、105℃乾熱法で窒素はケルダール法で測定した。リン酸、カリウムは硝酸過塩素酸分解後、リン酸はバナドモリブデン酸法、カリウムは ICP 発光分光分析装置で測定した。

結 果

- 1 プラウ耕等で除染した飼料畑の牧草セシウム濃度調査 (表 1)
プラウによる耕起により、土壤セシウム濃度は 84 ~ 94 % 低下した。
プラウ耕実施前の平成 24 年 1 番草ではセシウム濃度は 20 ~ 40Bq / kg・水分 80%が

検出された。

プラウ耕実施後の平成 25 年 1 番草ではセシウム濃度は高くても 5.8Bq/kg・水分 80%で、検出されない牧草もあり、プラウ耕前よりも低くなった。

しかし、2 番草では 15.6 ~ 40.9Bq/kg・水分 80%となり、どのほ場でも 1 番草より高くなった。

土壤カリウムは、プラウ耕前は 22 ~ 36mg/100g 土壤であったが、プラウ耕後は化学肥料施肥により、32 ~ 38mg/100g 土壤と高くなったが、1 番草収穫後には 12 ~ 28mg/100g 土壤に低下した。

その他の土壤養分は、プラウ耕の実施により、陽イオン交換容量が低下し、交換性カルシウム含量、交換性マグネシウム含量、可給態リン酸が低下し、土壤 pH もやや低下した。1 番草収穫後の土壤カリウム以外の土壤養分に大きな変化はなかった。

2 耕起できない放牧地の化学肥料施用による牧草セシウム濃度低減効果 (表 2)

土壤カリウムは、施肥前が 18mg/100g 土壤であり、無施肥では 13 ~ 28mg/100g 土壤であるのに対し、塩化カリウムおよび苦土石灰を施肥した場合には、54 ~ 59mg/100g 土壤と高くなった。

一方、pH は施肥前が 6.27 であったが、無施肥で 5.41 ~ 5.87、施肥した場合も 5.97 ~ 5.83 とやや低下した。

陽イオン交換容量、交換性カルシウム含量、交換性マグネシウム含量、可給態リン酸に大きな変化はなかった。

1 番草の牧草セシウム濃度は、施肥前が 144 ~ 164Bq/kg・水分 80%であったが、施肥すると 38.5 ~ 39.9Bq/kg・水分 80%に低下した。しかし無施肥では 51.4 ~ 51.8Bq/kg・水分 80%と施肥した場合より高かった。

2 番草においては、施肥した場合 31.4 ~ 35Bq/kg・水分 80%と 1 番草と同等の濃度で

あったが、無施肥では 90.4 ~ 96.9Bq/kg・水分 80%と 1 番草より上昇した。

3 耕起できない放牧地の鶏ふん堆肥施用による牧草セシウム濃度低減効果

鶏ふん堆肥成分は、リン酸 3.39%、カルシウム 5.66%が多く含まれ、カリウムは 1.12%であった (表 3)。

鶏ふん堆肥を 10 アール当たり 3 トン施用により、土壌カリウムが無施肥の 16mg/100g 土壌に対し 42mg/100g 土壌と高くなった。

土壌カリウムの上昇と併せて交換性カルシウム含量、可給態リン酸も上昇し、pH も高まった。

牧草セシウム濃度は鶏ふん堆肥施用した場合の 31.8Bq/kg・水分 80%に対し、無施肥では 69.5Bq/kg・水分 80%と高くなった。

鶏ふん堆肥を施用した牧草地は、土壌セシウム濃度が 1964Bq/kg と無施肥の牧草地 921Bq/kg よりも高いにもかかわらず、牧草セシウム濃度が低くなった (表 4)。

表1 除染による土壌および牧草の放射性セシウム濃度変化

ほ場	Aほ場									Bほ場			Cほ場		
	除染前			除染後			除染前			除染後					
	1番草	1番草	2番草	1番草	1番草	2番草	1番草	1番草	2番草	1番草	1番草	2番草			
牧草放射性セシウム Bq/kg	40.0	0.0	40.9	30.0	5.8	21.4	20.0	0.0	15.6						
土壌放射性セシウム Bq/kg	173.5	27.0	18.0	197.3	28.0	17.0	235.5	14.0	15.0						
移行率	0.231	0.000	2.272	0.152	0.207	1.259	0.085	0.000	1.040						
pH	5.33	5.64	5.36	5.89	5.70	5.61	5.91	5.91	5.91						
電気伝導度 mS/cm	176	162	95	210	164	93	185	167	91						
陽イオン交換容量 me/100g	27	13	13	25	13	8	21	8	11						
交換性カルシウム mg/100g	160	77	71	258	92	70	212	77	111						
交換性マグネシウム mg/100g	56	27	24	79	30	22	63	21	33						
交換性カリウム mg/100g	22	32	21	36	36	14	28	38	12						
可給態リン酸 mg/100g	79	15	21	114	16	35	86	27	29						

表2 化学肥料施用による牧草の放射性セシウム濃度変化

	A牧草地						B牧草地								
	H24秋	H25春			H25春			H24秋	H25春			H25春			
		1番草	施肥		無施肥		1番草		施肥		無施肥		1番草	無施肥	
			1番草	2番草	3番草	1番草			3番草	1番草	2番草	3番草		1番草	3番草
牧草放射性セシウム Bq/kg	164	38.5	44.3	35	51.4	96.9	144	39.9	26.4	31.4	51.8	90.4			
土壌放射性セシウム Bq/kg	261	341			175		159	391			306				
移行率	0.628	0.113			0.294		0.906	0.102			0.169				
pH	6.27	5.97			5.41		5.96	5.83			5.87				
電気伝導度 mS/cm	89	160			70		52	176			106				
陽イオン交換容量 me/100g	20	24			20		16	19			16				
交換性カルシウム mg/100g	206	206			113		152	140			123				
交換性マグネシウム mg/100g	60	59			30		43	46			39				
交換性カリウム mg/100g	18	59			13		18	54			28				
可給態リン酸 mg/100g	63	56			47		50	90			45				

表3 鶏ふん堆肥の分析結果

分析項目	単位	
電気伝導度	mS/cm	4.21
pH		9.08
水分	%	25.0
全窒素	現物%	2.56
リン酸	現物%	3.39
カリ	現物%	1.12
カルシウム	現物%	5.66
マグネシウム	現物%	0.54

表4 鶏ふん施用による牧草放射性セシウム濃度変化

		鶏ふん施用	無施用
牧草放射性セシウム	Bq/kg	31.8	69.5
土壌放射性セシウム	Bq/kg	1964	921
移行率		0.016	0.075
pH		7.10	6.86
電気伝導度	mS/cm	248	158
土壌陽イオン交換容量	me/100g	35	34
交換性カルシウム	mg/100g	825	631
交換性マグネシウム	mg/100g	124	106
交換性カリウム	mg/100g	42	16
可給態リン酸	mg/100g	271	111

考 察

1 プラウ耕等で除染した飼料畑の牧草セシウム濃度調査

今回の調査では、プラウ耕の実施による土壌セシウム濃度の低減により、1 番草のセシウム濃度が低減することを確認できた。しかし、2 番草においては、土壌セシウム濃度は 1 番草と同等であるが、牧草セシウム濃度は 1 番草よりも高くなった。

吉田らの報告⁶⁾では、オーチャードグラスの 1 番草から 3 番草までの土壌カリウムと移行係数の関係を調査しており、各番草内では土壌カリウムが高くなるほど牧草への移行係数が低くなる傾向であったが、番草を経るごとに移行係数を下げることが示されている。これは 1 番草では土壌カリウムが 10mg/100g 程度で移行係数 0.1 程度となるが、3 番草では 30mg/100g でも移行係数が 0.1 程度には抑えられないことを示しており、2 番草 3 番草が早刈りであることなども原因と考えられている。

また、山田ら⁷⁾は、更新草地において、牧草セシウム濃度に関係する土壌の主要な化学的要因として、放射性セシウムポテンシャル (RIP)、交換性放射性セシウム含量、交換性カリウム含量をあげている。土壌か

ら牧草への放射性セシウムの移行係数と放射性セシウム濃度は土壌カリウムが 20mg/100g 以下では著しく高くなるが、30 ~ 40mg/100g 以上では低く抑えられると報告している。さらに土壌のタイプとしては、黒ボク土が放射性セシウム保持力が高いため非黒ボク土より牧草セシウム濃度が高いと報告している。

今回の調査でも、土壌カリウムは 1 番草よりも 2 番草で低下しており、2 番草上昇の要因のひとつと推測される。

牧草へのセシウム濃度の移行を低減するためには、土壌カリウムを 20mg/100g 土壌以上に保持する必要があるが、土壌カリウムだけを高くすると牧草のミネラルバランスが悪化するため、苦土石灰等の施用も実施する必要がある。また、土壌カリウムは牧草による吸収や土壌からの流亡により低下するため、土壌分析により土壌養分を把握し追肥等の実施も必要である。

2 耕起できない放牧地の化学肥料施用による牧草セシウム濃度低減効果

耕起できない放牧地において、1 番草収穫前の春先に土壌表面に化学肥料を散布施肥すると、施肥しない場合よりも牧草セシウム濃度が低くなることが確認できた。また、化学肥料を施肥した場合、2 番草、3 番

草セシウム濃度は 1 番草と同程度の濃度だったが、施肥をしなかった場合は 2 番草でセシウム濃度が大きく上昇した。

この結果から、土壌表面への化学肥料の施肥でも土壌カリウムが上昇し、1 番草から 3 番草までセシウム濃度が低くなったと推察される。

放牧地等へ化学肥料を表面散布する場合は、流亡防止のため、春先の施用が効果的であると考えられる。また、牧草へ吸収されたカリウム含量を補うため、1 番草収穫後に追肥を実施することが望ましい。

3 耕起できない放牧地の鶏ふん堆肥施用による牧草セシウム濃度低減効果

除染できない放牧地において、化学肥料の代わりに鶏ふん堆肥を表面散布すると、土壌カリウムが施用しない場合より高くなり、牧草セシウム濃度は低くなった。

川地ら⁸⁾は、イタリアンライグラスにおいて、栄養生長期よりも出穂期にセシウム濃度が低下することを示しており、鶏ふん堆肥施用した場合には施用しない場合よりも生育が良くなり子実割合が増加することが、牧草セシウム濃度が低くなる要因のひとつと考えられる。

鶏ふん堆肥は、カルシウム、リン酸含量が多いため、施用にあたってはカリウム含量で施用量を決めるとカルシウム、リン酸が多く施用される。このため、施用量に堆肥を利用すると低コストでカリウムを供給することができるが、堆肥にはカリウム以

外に窒素、リン酸、カルシウムなども含まれるため、過剰な肥料施用にならないように施肥量(施肥設計)に注意が必要である。

引用文献

- 1) 高橋朋子ら.2013.牧草畑土壌の放射性セシウム濃度. 群馬畜試研報第 20 号.88-94
- 2) 福島県農林水産部.2013.牧草の放射性セシウム吸収抑制対策.農業技術情報 36 号
- 3) 日本土壌協会編.土壌、水質及び植物体分析法
- 4) 農林水産省消費安全局.飼料中の放射性セシウムの検査方法について.2011
- 5) 日本土壌協会. 2000. 堆肥等有機物分析法
- 6) 吉田安宏ら.2013 更新草地でのオーチャードグラスの放射性セシウムの動向.福島農総セ研報.放射性物質対策特集号:103-105
- 7) 山田大吾ら.2013 更新草地において牧草への放射性セシウムの移行を低減する交換性カリ含量.畜産草地研究所 2013 年成果情報
- 8) 川地太兵ら.2012.イタリアンライグラスにおける放射性セシウム濃度の経時変化.平成 24 年度飼料作物等汚染軽減対策調査事業報告書:19-20