

コナラ植栽幼齢木・自生した幼齢木・萌芽枝へのカリウム施用 による放射性セシウム吸収抑制効果

Suppressive effect of radioactive cesium absorption by application of potassium to planted young trees, wild tree seedlings and stump sprouts of *Quercus serrata*

福田研介*¹・井坂達樹*¹・高田守男*¹

Kensuke FUKUDA*¹, Tatsuki ISAKA*¹, Morio TAKADA*¹

* 1 茨城県林業技術センター

Ibaraki Prefecture Forestry Research Institute, To 4692, Naka, Ibaraki 311-0122

要旨：茨城県内4市のコナラ林伐採跡地において、植栽した幼齢木、自生した幼齢木及び萌芽枝という形態の異なるコナラ幼齢木に対して農業用カリウム肥料を表面散布し、その後の放射性セシウム濃度の変化を調査した。その結果、全ての形態で放射性セシウム 137 濃度が減少した。このことにより、コナラ幼齢木のいずれの形態に対しても、カリウム施用によって放射性セシウムの吸収抑制効果が得られることが示唆された。

キーワード：放射性セシウム、植栽木、自生幼齢木、萌芽枝、交換性カリウム

Abstract: Radioactive cesium concentrations after application of the potassium fertilizer for planted young trees, wild tree seedlings and stump sprouts of *Quercus serrata* were surveyed in forests felled in the 4 cities in Ibaraki Prefecture. As results, radioactive cesium-137 concentrations in the shoots of planted young trees, wild tree seedlings and stump sprouts decreased. They suggested potassium application to three types of young trees would be effective for suppression of radioactive cesium absorption.

Key-word: radioactive cesium, planted young trees, wild tree seedlings, stump sprouts, exchangeable potassium

I はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故で放出された放射性セシウム(以下「Cs」)の影響により、茨城県内の一部地域の原木林は利用が難しい状況が続いている。これまでに、カリウム肥料を施用したコナラ植栽苗の葉部の放射性セシウム 137(以下「¹³⁷Cs」)濃度は対照区と比べて有意に低かったことから、カリウムのコナラ植栽苗木に対する Cs 吸収抑制効果が示唆された(2)が、当該苗の幹部や、原木伐採後に再生した萌芽枝及び自生した幼齢木への施用においても同様の Cs 吸収抑制効果が得られるのかは明らかにされていない。そこで、県内 4 市の原木林伐採跡地においてカリウム肥料のコナラに対する Cs 吸収抑制効果を明らかにすることを目的に調査を実施した。

II 材料と方法

茨城県内 4 市のコナラ林伐採跡地において、植栽した幼齢木、自生した幼齢木及び萌芽枝を対象に調査を行った(表-1)。コナラはいずれの形態でも幹を分析用試料

とし、根元から 5~10cm 部分を除き先端の直径が 1cm 程度の部分まで粉碎して ¹³⁷Cs 濃度をゲルマニウム半導体検出器で測定したほか、試料採取、調製及び ¹³⁷Cs 濃度の測定方法は既報(1)と同じである。なお、¹³⁷Cs の減衰補正は行っていない。

また、各調査区のカリウム施用効果を確認するため、平成 28 年 12 月から翌年 2 月のコナラ試料採取時に、原則として対象木の周囲 3 箇所(採取木に対して斜面の上側、左側、右側)から土壌を線虫スコープで採取し、深さ 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm に分けて分析用試料とした。測定試料は、1M 酢酸アンモニウム溶液により抽出し、IPC 分析により土壌中の交換性カリウム量(以下「K₂O」)を測定した。なお、年ごとのカリウム施用量等は、表-1 のとおり。

1. 植栽したコナラ幼齢木(植栽苗)へのカリウム施用による Cs 吸収抑制効果

①調査地 HF における 3 成長期後の幹 ¹³⁷Cs 濃度：茨城県内で空間線量率が比較的高い HF (H25 伐区)において、平成 26 年 3 月にカリウム施用区及び対照区を設定

し、無汚染コナラ苗木を約 1m 間隔で 18 本ずつ植栽した(2)。植栽後 3 成長期を経た平成 28 年 12 月中旬に各区から樹体が同じ程度の個体を 3 個体ずつ伐採し、¹³⁷Cs 濃度を測定した。

②調査地HT(カリウム施用量が2倍異なる植栽区)における2成長期後の幹¹³⁷Cs濃度：HF区同様に空間線量率が比較的高いHT(H23 伐区)において、平成 27 年 4 月にカリウム施用区、カリウム 2 倍施用区、対照区を 2 区ずつ設定し、各区には、3 本の無汚染苗木を一辺約 20cm の正三角形に配置されるよう「巢植え」により植栽し、これを 1m 間隔で 4 反復設置した。各区の境界には、カリウム肥料が対照区に流れ込まないよう水田用の畦板を設置した。また、カリウム 2 倍施用区は、カリウム施用区の下になるように配置し、濃度の濃い場所からカリウム肥料が斜面下部に流れることによる影響が出ないように配慮した。

植栽後 2 成長期を経た平成 28 年 12 月に、3 本の巢植え各組から樹体が同じ程度の個体を 1 個体ずつ(試験区分ごとに 8 個体)伐採し、¹³⁷Cs 濃度を計測した。

2. 自生したコナラ幼齢木へのカリウム施用による¹³⁷Cs 吸収抑制効果 茨城県での空間線量率が低い原木林伐採跡地に多数のコナラ幼齢木が自生していた調査地HM(H25 伐区)において、平成 27 年 1 月に縦 8m、横 4.4m の試験区を斜面の上下方向に境界線を設けて 2 区画に分け、それぞれ対照区とカリウム施用区として設定した。

試験開始後 2 成長期を経た平成 28 年 12 月に各区の上部、上中部、中部、下中部、下部の 5 箇所から、樹体が同じ程度の個体を 1 個体ずつ伐採し、¹³⁷Cs 濃度を測定した。なお、土壌試料は、上部、中部、下部の 3 箇所から採取した。

3. コナラ萌芽枝へのカリウム施用による¹³⁷Cs 吸収抑制効果

①調査地HFにおける3成長期後の幹¹³⁷Cs濃度：1の調査を実施したHF(H25 伐区)において、平成 26 年春から成長を開始した萌芽枝を対象に、約 3m以内に隣接する3個体を1組にしたカリウム施用区を設定し、各個体の切株から半径 1.5mの範囲に農業用カリウム肥料を施用するとともに、カリウム施用区から約 3m以上離れた萌芽株3個体を対照区とし、カリウム施用区、対照区ともに4組ずつ、計 12 個体ずつ設定した。カリウム施用前の初期値を把握するため、平成 26 年 11 月に各個体の一部の萌芽枝を採取し¹³⁷Cs濃度を分析した。

萌芽再生後3成長期(カリウム施用後2成長期)を経た平成 28 年 12 月に、各個体から萌芽枝及び萌芽枝の側枝を3~8本採取して¹³⁷Cs濃度を測定した。萌芽枝の側枝とは萌芽枝の途中から出た太い枝のことで、当センターが実施協力した別調査により、萌芽枝の¹³⁷Cs濃度と同じ萌芽枝の側枝の¹³⁷Cs濃度には高い相関(r=0.96)が確認できた(4)ことから、採取できる萌芽枝が少ない個体では、側枝も採取し分析試料に加えた。

なお、土壌試料は、カリウム施用区は3株一組の中央部、対照区については配置した3個体のうち任意の個体の周囲から採取し、各区4組分を採取した。

②調査地NTにおける4成長期後の幹¹³⁷Cs濃度：茨城県内で空間線量率が低いNT(H24 伐区)において平成 26 年 10 月にカリウム施用区と対照区を隣接して設定した(カリウム施用区5個体、対照区4個体)。

萌芽再生後4成長期(カリウム施用後2成長期)を経た平成 29 年 2 月に萌芽枝及び側枝を各個体から2~4本採取して¹³⁷Cs濃度を計測した。

表-1. カリウム施用量と土壌中のカリウム(K₂O)量と吸収抑制割合
Table 1. Application rate of potassium, exchangeable potassium levels (K₂O) in the soil and inhibition ratio of absorption

コナラの形態	調査箇所	試験区名称	空間線量率 設定時 (μ Sv/h)	原木林 伐採 年度	植栽または 発生した 年度	カリウム施用区 ^{※1} カリウム散布量 (g/m ²)				土壌中の交換性カリウム量 (mg K ₂ O/100g乾土)			Cs吸収 抑制 効果	
						計	H26	H27	H28	0-5cm	5-10cm	10-15cm		
植栽苗	HF	カリウム 対照	0.105	H25	H26	470	150	160	160	137.5	72.9	73.4	48.4%	※2
		0				—	—	—	21.6	16.1	12.0			
HT	カリウム 2倍 対照	0.092	H23	H27	200	—	100	100	71.4	42.5	42.7	42.9%	※2	
					400	—	200	200	93.6	60.6	62.3	32.5%		
						0	—	—	—	15.9	11.0	10.2		
自生した 幼齢木	HM	カリウム 対照	0.072	H25	H26	435	115	160	160	133.0	101.7	129.1	41.7%	※2
		0				—	—	—	28.6	17.5	16.4			
萌芽枝	HF	カリウム 対照	0.116	H25	H26	430	100	165	165	86.4	57.9	65.5	37.0%	※3
		0				—	—	—	25.7	12.1	9.5			
						430	110	160	160	132.3	83.2	80.4	34.8%	※3
						0	—	—	—	16.9	13.3	12.8		

※1 カリウム散布量は、期間中に散布した総量のK₂O量。土壌中の交換性カリウム量は、K₂O量(mg K₂O/100g乾土)

※2 植栽苗と自生した幼齢木のCs吸収抑制効果は、対照区との比較(カリウム区/対照区×100%)。

※3 萌芽枝は、平成26年度初期値との比較(H28/H26×100%)

III 結果と考察

1. 植栽したコナラ幼齢木(植栽苗)へのカリウム施用によるCs 吸収抑制効果

①調査地HFにおける3成長期後の幹¹³⁷Cs濃度:2成長期を経た平成27年末には幹¹³⁷Cs濃度の平均では、カリウム施用区は5.40Bq/kgであり、対照区の25.60Bq/kgに比べて低かった。カリウム施用区の分析値は5検体のうち4検体が検出下限値以下だったため、更に低い値であった可能性もある。さらに3成長期後の平成28年12月の平均値は、対照区が8.81Bq/kgに対し、カリウム施用区は対照区の48.4%にあたる4.26Bq/kgであった(図-1)。また、対照区の幹の¹³⁷Cs濃度が平成27年から平成28年にかけて34.4%に低下したが、この理由としては、樹木の生長によって体積が増えたことにより幹に吸収された¹³⁷Cs濃度が相対的に低くなった可能性が考えられた。なお、カリウム施用区では土壌中のK₂Oが深さ15cmまで達していることが確かめられ、その量は0-5cmでは対照区の約6.3倍に増加していた(表-1)。

②調査地HT(カリウム施用量が2倍異なる植栽区)における2成長期後の幹¹³⁷Cs濃度:カリウム施用区、カリウム2倍施用区における幹¹³⁷Cs濃度の平均では、カリウム施用区で10.8Bq/kg、カリウム2倍施用区で8.2Bq/kgであり、対照区の25.2Bq/kgに比べて低かった。特にカリウム2倍施用区は、対照区に対し有意に低い(Steel-Dwass法, P<0.01)ことを確認した(図-2)。なお、カリウム施用区、カリウム2倍施用区ともに土壌中のK₂Oが15cmの深さまで達していることが確かめられ、その量は0-5cmでは対照区に対してそれぞれカリウム施用区で約4.5倍、カリウム2倍施用区で約5.9倍になっていた(表-1)。

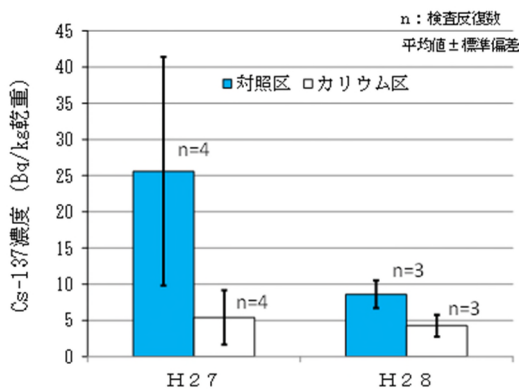


図-1. 植栽コナラ幼齢木へのカリウム施用2と3成長期後の幹部¹³⁷Cs濃度

Fig.1 ¹³⁷Cs concentrations in shoots of *Quercus serrata* two and three growth periods after potassium application on planted young trees

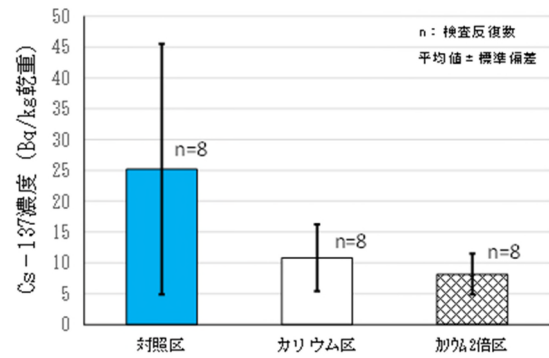


図-2. カリウム施用量を変えた植栽区におけるカリウム施用2成長期後の幹部¹³⁷Cs濃度

Fig.2 ¹³⁷Cs concentrations in shoots of *Quercus serrata* two growth periods after potassium application with different rates of the fertilizer on planted young trees

2. 自生したコナラ幼齢木へのカリウム施用による¹³⁷Cs 吸収抑制効果

試験開始後2成長期を経たカリウム施用区の自生した幼齢木の幹部¹³⁷Cs濃度は、対照区の41.7%と有意に低くなった(図-3, ウィルコクソン符号付順位検定, P<0.01)。カリウム施用区では土壌中のK₂Oが深さ15cmまで達しており、その量は0-5cmでは対照区の約6.3倍になっていた(表-1)。

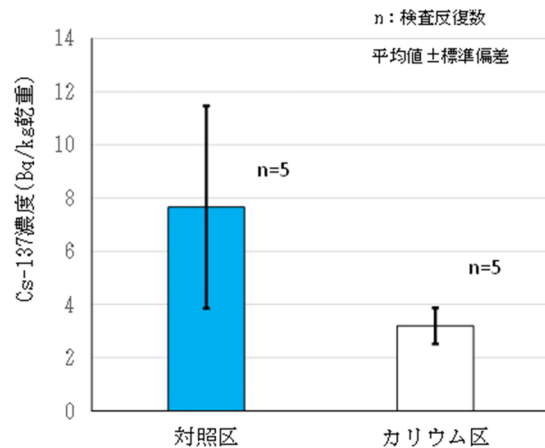


図-3. 自生した幼齢木へのカリウム施用3成長期後の幹部¹³⁷Cs濃度

Fig.3 ¹³⁷Cs concentrations in shoots of *Quercus serrata* three growth periods after potassium application on wild tree seedlings

3. コナラ萌芽枝へのカリウム施用による¹³⁷Cs 吸収抑制効果

①調査地HFにおける3成長期後の幹¹³⁷Cs濃度:萌芽再生後3成長期(カリウム施用後2成長期)を経たカリウム施用区の萌芽枝の幹¹³⁷Cs濃度は、対照区の79.6%であった。なお、カリウム施用区では土壌中のK₂Oが深さ15cmまで達していることが確かめられ、その量は0-

5cm では対照区の約 3.2 倍に増加していた。

②調査地NTにおける4成長期後の幹¹³⁷Cs濃度: 萌芽再生後4成長期(カリウム施用後2成長期)を経たカリウム施用区の萌芽枝の幹¹³⁷Cs平均濃度は、対照区の66.6%であった。カリウム施用区では土壌中のK₂Oが深さ15cmまで達していることが確かめられ、その量は0-5cmでは対照区の約7.8倍に増加していた(表-1)。

これら①, ②とも、同一個体の変化率(H28/H26%)を比較した。その結果、カリウム施用区の変化率は①, ②それぞれ37%, 34.8%となり、いずれも対照区より低下していた(図-4)ことから、カリウム施用によるCs吸収抑制効果を確認することができた。なお、対照区の変化率は①, ②それぞれ49.6%と79.8%と差が生じた(図-4)が、このことは、県内各所で採取・分析した萌芽枝(カリウム無処理)¹³⁷Cs濃度の経年変化の調査結果(未発表)とも符合し、萌芽枝のCs吸収作用にはまだ未解明な様々な要因が考えられる。

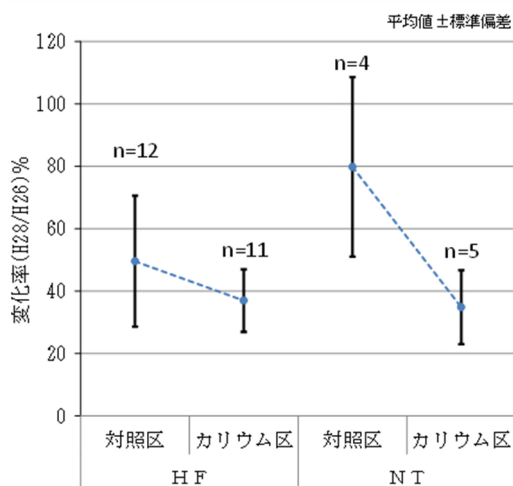


図-4. 萌芽枝へのカリウム施用後の放射性セシウム濃度変化率

※変化率の初期値としたH26年度における萌芽枝の年数は、HFは1年目、NTは2年目

Fig.4 Changes of ¹³⁷Cs concentrations in stump sprouts of *Quercus serrata*.

本研究では、雑草による吸収や降雨による流亡等の減少を考慮して農作物に比べカリウム肥料を大量に施用した。一般的にカリウム肥料を多量に施用すると、過剰症が発生することが知られているが、葉や成長などを目視観察した範囲ではコナラへの影響は認められなかった。

今回のカリウム施用量は水稻においてCsの吸収が抑制されると報告されている土壌中のK₂O濃度25mg/100g乾土(3)に対して、0-5cmまでの土壌含有量は2.9~5.5倍、10-15cmまででは1.7~5.2倍と十分に高くなっていった(表-1)。また、対象となる個体に対して同心円状

にカリウムを散布する方法は、全面散布に比べ肥料量を節約できるが、樹体の成長に伴う根系の広がりに対して十分な施用範囲であるかの確認ができないほか、面積が大きくなると散布に係る負担も大きくなると予想される。

このため、実用化する段階においては、散布量をより少なく、面的に施用することが望ましいことから、その効果等を検証していく必要がある。

IV おわりに

コナラ植栽幼齢木、自生した幼齢木、萌芽枝へカリウム施用することによって、いずれにおいてもCs吸収抑制効果を確認することができた。カリウム肥料を各試験区とも2~3年間連続施用したが、1年目に植栽後の苗木に塩化カリウム肥料を施用したところ濃度障害と思われる症状が一部の苗木に見られたため、2年目からは肥料を硫酸カリウム肥料に変更するとともに、施用方法も2回に分け、1回目に全体の2/3を、約3ヶ月空けて2回目に1/3を施用したことも急激な環境変化を軽減できて有効であったと考えられた。今回の成果をもとに、最低限必要な施用量、施用されたカリウム肥料の残効期間、効率的かつ低コストな散布方法の最適化など、今後さらに調査を続けていきたい。

謝辞 土壌中の交換性カリウム分析において、東京大学放射線植物生理学研究室に御協力をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- (1) 井坂達樹・高田守男・岩見洋一 (2015) 茨城県内の原木林伐採跡地におけるコナラ萌芽枝の放射性セシウム濃度. 関東森林研究 66(1): 45-48
- (2) 井坂達樹・高田守男・岩見洋一・寺内瞳 (2016) 茨城県内の原木林伐採跡地におけるコナラ萌芽枝の放射性セシウム濃度. 関東森林研究 67(1): 177-178
- (3) KATO,N., KIHOU,N., FUJIMURA,S., IKEBA,M., MIYAZAKI,N., SAITO,Y., EGUCHI,T., ITOH,S. (2015) Potassium fertilizer and other materials as countermeasures to reduce radiocesium levels in rice: Results of urgent experiments in 2011 responding to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. Soil science and plant nutrition 61(2): 179-190
- (4) 日本特用林産振興会 (2016) 部位別に測定したコナラ萌芽枝の放射性セシウム濃度測定調査結果.平成27年度特用林産物安全供給推進復興事業 きのこ・山菜等安定供給対策事業(きのこ原木等の放射性物質調査事業)報告書: 75-79