

平成31年度森林施業等による放射性物質拡散防止等検証事業の概要

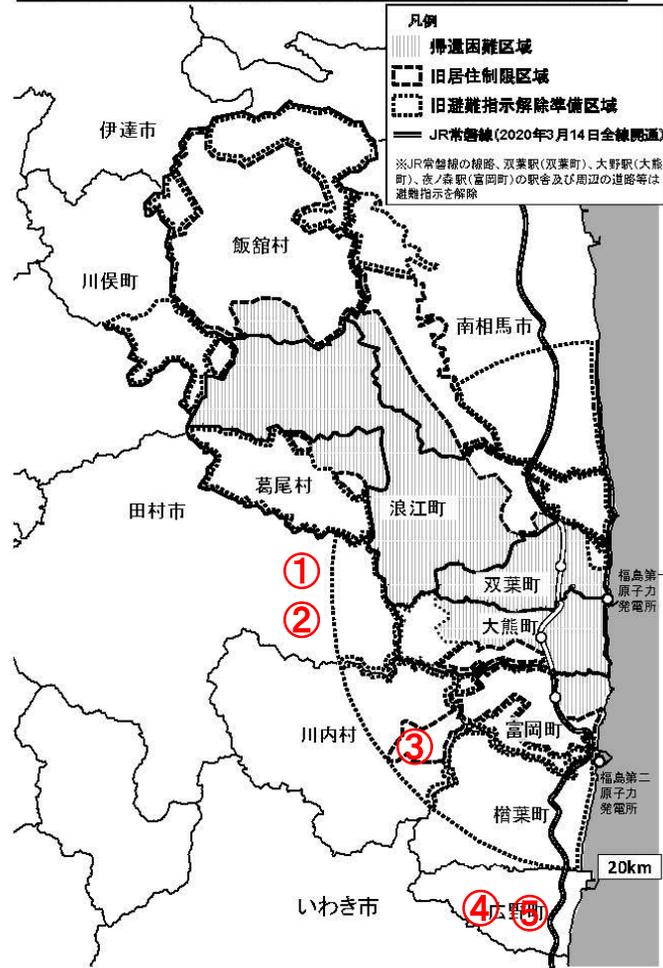
東京電力福島第一原子力発電所の事故により福島県内の森林も放射性物質の影響を受けました。森林は、水源涵養^{かん}や山地災害の防止など多様な機能を有していますが、これらの機能を発揮させるためには、間伐等森林の手入れ（森林施業）が必要です。

このため、林野庁では、平成23年（2011）年度から、福島県田村市、広野町、川内村に試験地を設け、森林施業を実施していく際の留意事項や必要な対策など、森林内の放射性物質対策技術の検証に取り組んでいます。

※ 調査方法や調査結果の分析等については、学識経験者の指導・助言を得ながら行っています。なお、本事業では試験地及び調査試料数が限られていること等から、本資料の内容は全ての森林にそのまま当てはまるものではありません。

| 主な試験・検証内容 | 試験区樹種 | 位置 |
|--------------------------------|-----------------------|--------|
| 1 森林施業が空間線量率に与える影響の検証 | スギ人工林、 落葉広葉樹林 | ③ |
| | スギ人工林、アカマツ・ 広葉樹混交林 | ④ ⑤ |
| 2 新たな落葉等の影響の検証 | スギ人工林、 落葉広葉樹林 | ③ |
| 3 森林における放射性セシウムの移動抑制方策 | スギ人工林 | ③ |
| | アカマツ・広葉樹混交林 | ① |
| 4 ぼう芽更新木に含まれる放射性セシウムの状況 ①② | 落葉広葉樹林 | ③ |
| | アカマツ・広葉樹混交林 | ⑤ |
| 5 カリウム施肥によるコナラへの放射性セシウムの吸収抑制効果 | 落葉広葉樹林 | ② |

避難指示区域の概念図(2020年3月10日時点)

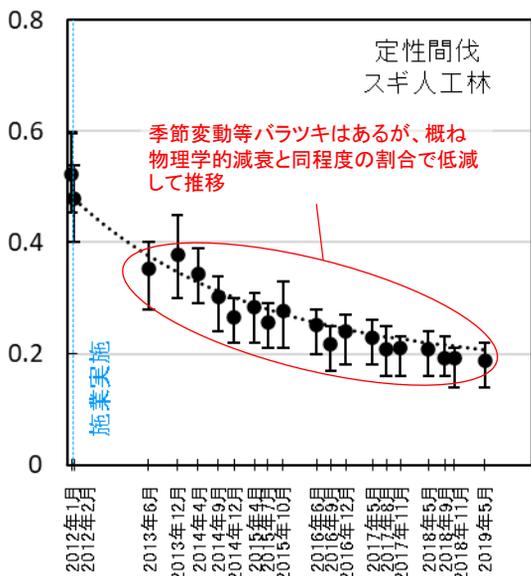


1 森林施業が空間線量率に与える影響

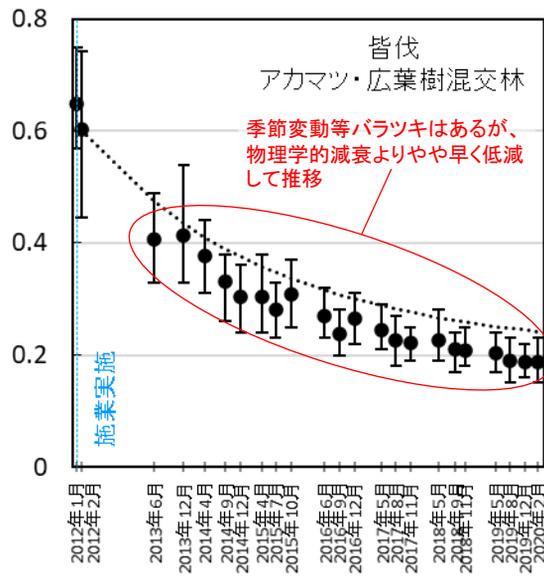
- 森林施業等実施後の空間線量率の推移は、測定時期等によりバラツキがありますが、概ね物理学的減衰と同程度の割合で低減してきています。
- 森林内の空間線量率は、主に森林内の放射性セシウムの総量とその分布状況によって決まると考えられます。原発事故により放出された放射性セシウムは、当初、樹木の葉や枝等に多く付着していましたが、現在では大部分が土壌表層部に安定して滞留しています。
- 今後、森林内の空間線量率は、放射性セシウムの物理学的減衰（半減期）に応じた低減を基本に、堆積有機物から土壌への移行、土壌内での深部への移動、さらに降雨等による表土の移動の影響を受け変化していくとみられます。

【広野試験地の空間線量率の推移】

空間線量率
($\mu\text{Sv/h}$)



空間線量率
($\mu\text{Sv/h}$)



注1: 空間線量率は実測値。

2: 黒丸は平均値、ひげは最大値と最小値。

3: 青点線は施業実施時点を示し、近接する両側の測定値が施業の直前と直後の値を示す。

3: 黒点線は作業後の空間線量率を基準とした物理学的減衰による空間線量率の低減を示す。

4: 間伐区は、作業前の空間線量率測定時に約10cmの積雪があり、雪の遮蔽効果による空間線量率の低減が考えられたため、作業区内の10測定点の積雪前と積雪時の測定値を基に推定した遮蔽率(23%)を用いて測定値を補正した。

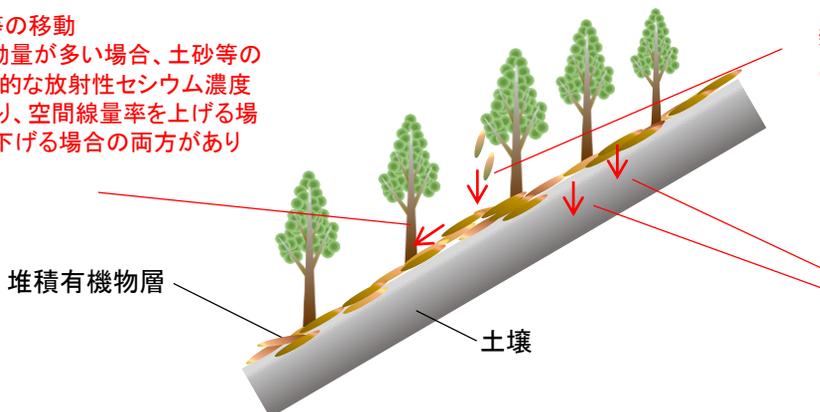
【現時点における森林内の主な放射性セシウムの移動】

表土等の移動

※ 移動量が多い場合、土砂等の相対的な放射性セシウム濃度により、空間線量率を上げる場合、下げる場合の両方がある

新たな落葉等

※ 林床へ放射性セシウムを供給するが、これまでの調査結果では、森林内の放射性セシウム全体に対する割合は小さく、空間線量率への影響は確認できていない



堆積有機物層から土壌へ及び土壌内での深部への移動

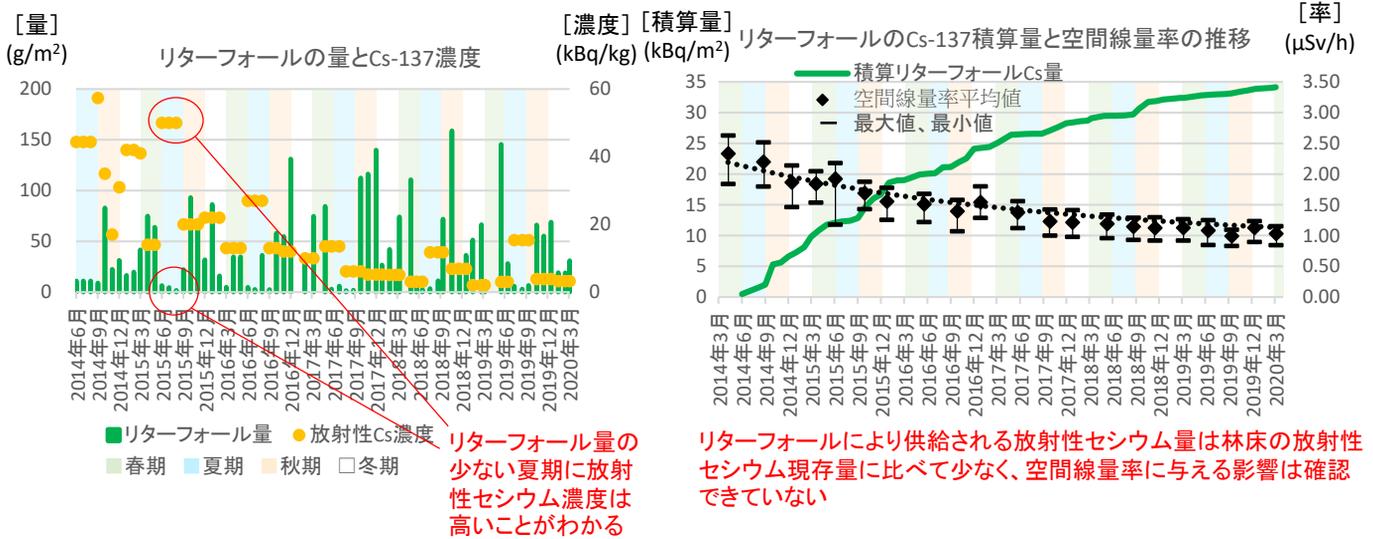
※ 移動には相当の時間がかかるが、長期的には空間線量率を徐々に下げる方向に作用すると考えられる

2 新たな落葉等による影響

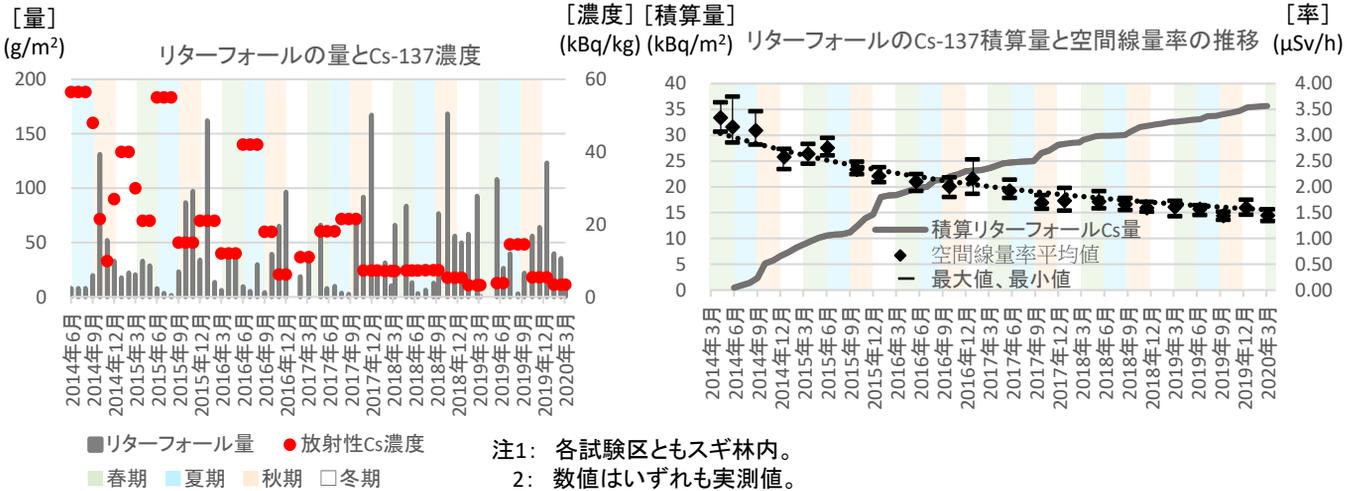
- ・ 森林施業等実施後のリターフォール（樹木から新たに落ちてくる葉等）を調査したところ、その量は秋期に多く、放射性セシウムの濃度は夏期に高いことがわかりました。
- ・ しかし、現時点では、リターフォールによる放射性セシウムの積算量は土壌等の現存量と比べて少なく、空間線量率への影響は確認されませんでした。

【リターフォールの量及びそれに含まれる放射性セシウム濃度等の推移】

間伐区（2019/11時点の放射性セシウム現存量 堆積有機物層:177.4kBq/m² 土壌:363.1kBq/m² 計:540.5kBq/m²）



対照区(施業等なし)（2019/11時点の放射性セシウム現存量 堆積有機物層:189.9kBq/m² 土壌:313.1Bq/m² 計:503.0kBq/m²）



- 注1: 各試験区ともスギ林内。
 注2: 数値はいずれも実測値。
 注3: 空間線量率の黒色の点線は作業後の空間線量率を基準とした物理学的減衰による空間線量率の低減を示す。



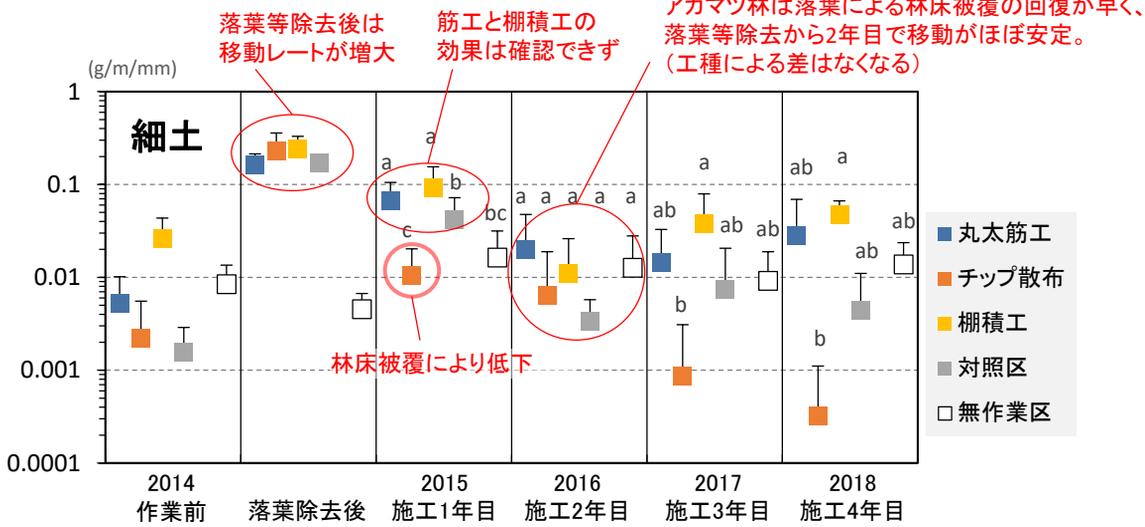
リタートラップの設置状況

3 森林における放射性セシウムの移動抑制方策

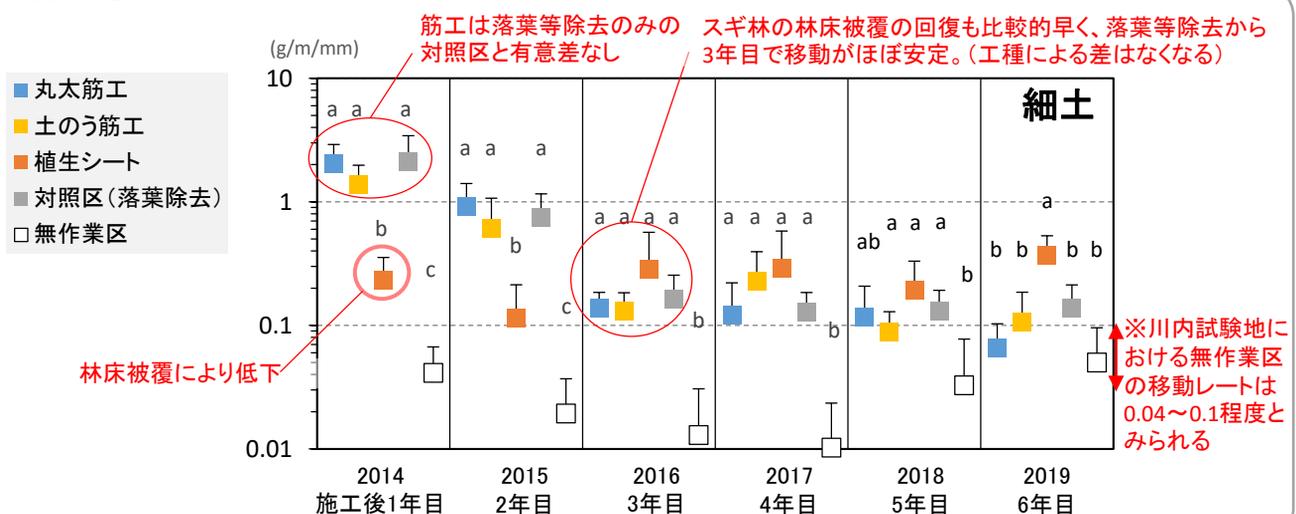
- 森林土木で一般的に用いられる表土流出防止工による放射性セシウムの移動抑制効果について検証しました。
- 本検証では、チップ散布工や植生シート工の林床を覆うタイプの工法が最も効果がありました。
- 林床の被覆が表土移動を抑制することから、こうした土木工法だけでなく、間伐等により下層植生の繁茂を促すことも効果的であると考えられます。

【細土(粒径2mm以下)の移動レート^{注1}の年平均値の推移(工法別比較)】

田村試験地(アカマツ・広葉樹混交林)



川内試験地(スギ林)



丸太筋工



チップ散布工



棚積工



土のう筋工



植生シート工

注1: 移動レート(g/m/mm)とは、1mmの降雨により、1m幅の間で何gの土砂等が移動したかを表したものです。

2: □は平均値、エラーバーは標準偏差を示す。

3: アルファベットはSteel-Dwass 多重比較検定の結果。符号が異なる場合は有意差(p<0.05)が認められたことを示す。

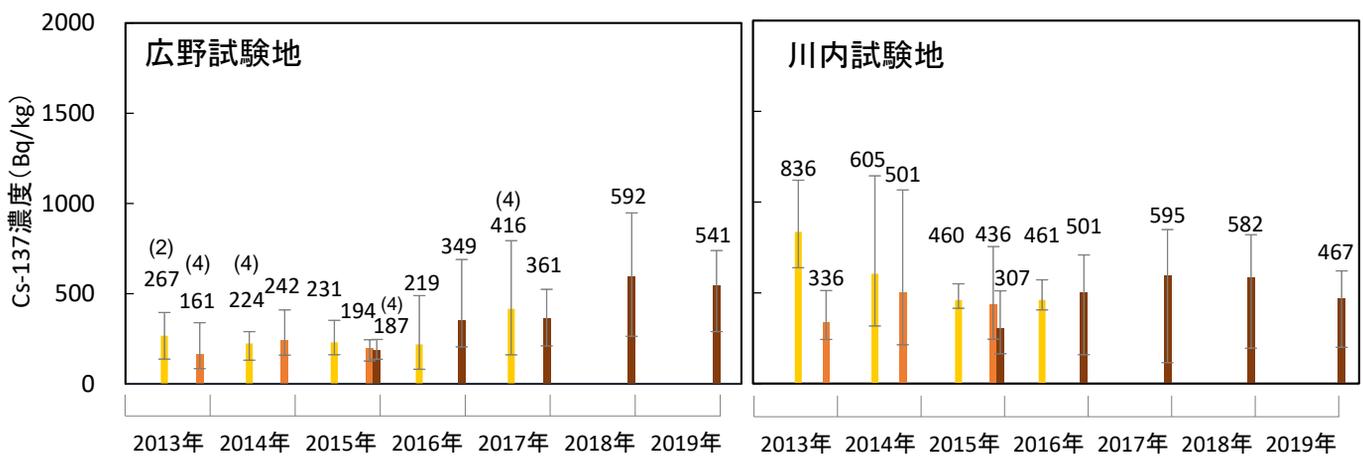
4: 対照区は落葉等除去のみを実施、無作業区は落葉等除去、表土流出防止工のいずれも無しの区画。

4 ぼう芽更新木に含まれる放射性セシウムの状況①

- ・ 原発事故後に伐採した樹木の根株から発生したぼう芽更新木（以下「ぼう芽枝」と言う。）を調べたところ、放射性セシウムが含まれていました。
- ・ 発生1年目の「当年枝」は、ぼう芽枝の中では放射性セシウム濃度が高く、発生2年目以降のぼう芽枝（「多年枝」）の放射性セシウム濃度と相関関係があることから、本調査において、モニタリングの指標として用いています。
- ・ コナラのぼう芽枝（当年枝）の放射性セシウム濃度は、地域によって経年の推移変動に違いがみられ、やや上昇傾向にある地域では、追加吸収をしている可能性があります。令和元（2019）年度は、濃度が低下した地点が多く、今後の変化について、引き続き調査する必要があります。

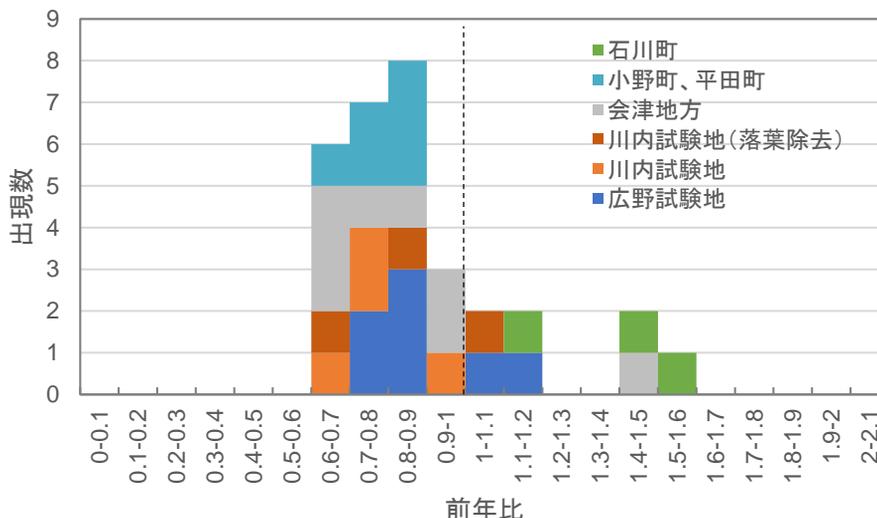
【コナラぼう芽枝（当年枝）の放射性セシウム(Cs-137)濃度の推移】

（第3次航空機モニタリングによるCs-137現存量（2011年7月）：広野試験地110 kBq/kg、川内試験地 580kBq/kg）



放射性セシウム(Cs-137)濃度は、令和元(2019)年12月31日時点に物理学的減衰補正した値を示す。エラーバーは最大値、最小値を示す。試料数は、広野試験地がn=5、川内試験地がn=3で、同じ株での追跡調査を基本とした。ただし、一部試料数が異なるものは、図中に()でn数を示す。
棒グラフの色の色分け(濃淡)は、試料を採取した季節を示す。明色は成長期、暗色は落葉期・休眠期を示す。

【平成30(2018)年12月と令和元(2019)年12月の放射性セシウム(Cs-137)濃度比較(同株のコナラぼう芽枝)】



前年比は平均値0.87、約7割の株が前年より減少

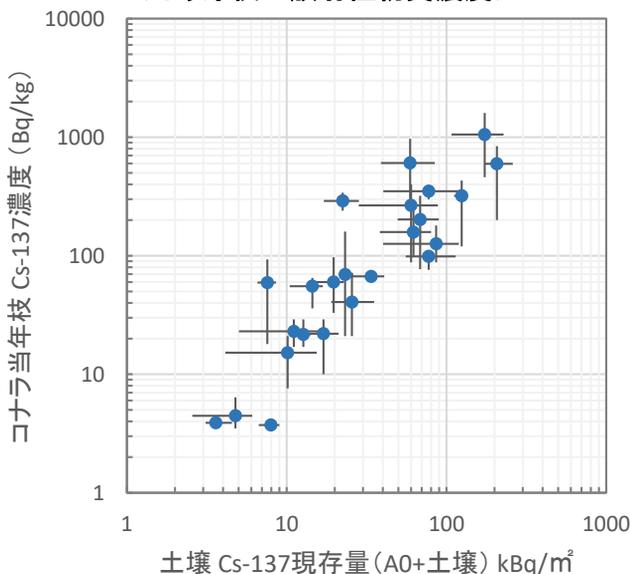
採取日時点の放射性セシウム(Cs-137)濃度での比較を示す。1年間での自然減衰は2%(0.98)。

4 ぼう芽更新木に含まれる放射性セシウムの状況②

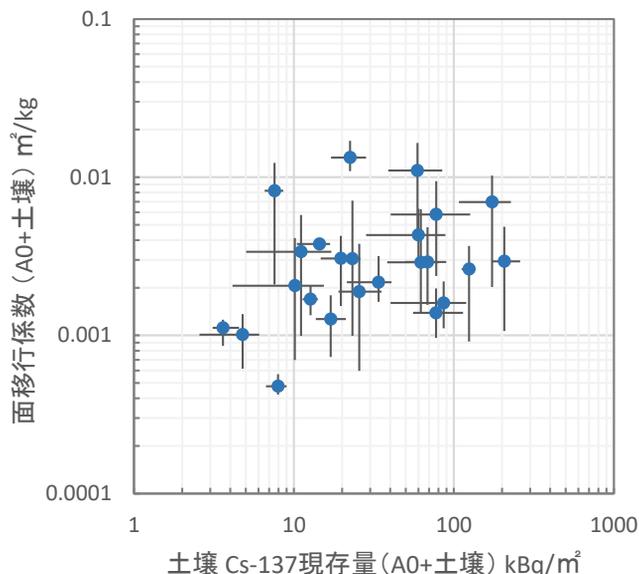
- ・ コナラのぼう芽枝等植物体の放射性セシウム濃度は、ばらつきが大きく、その要因として、**土壤化学性、特に土壤中の交換性カリウムが影響することが明らかになってきました。**
- ・ 福島県内広域的には、コナラぼう芽枝に含まれる放射性セシウムの濃度の多寡には、**汚染の程度（土壤中の放射性セシウム現存量）が最も影響しているものとみられます。**
しかし、ぼう芽枝への放射性物質の移行のし易さと汚染の程度の関係はばらつきが大きく、**土壤中の交換性カリウム^(※)現存量が影響している**とみられます。

【土壤中の放射性セシウム(Cs-137)現存量とぼう芽枝(当年枝)の放射性セシウム(Cs-137)濃度等との関係】

＜ぼう芽枝の放射性物質濃度＞

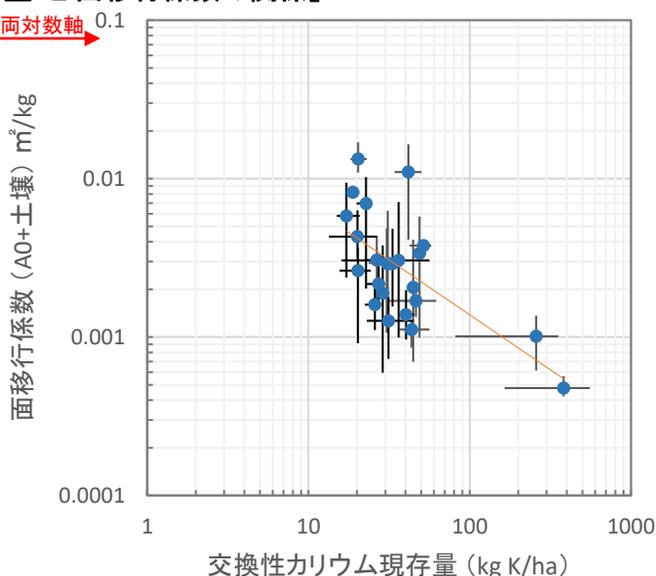
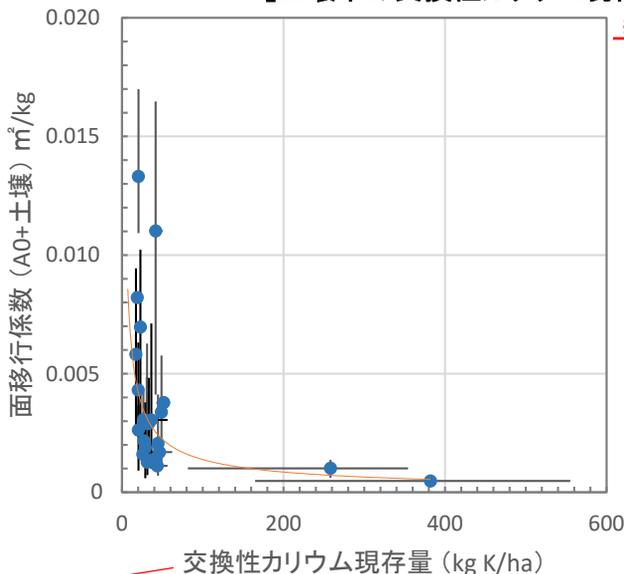


＜面移行係数＞※放射性物質の移行のし易さ



「土壤Cs-137現存量」は、堆積有機物及び0-10cm土壤の合計。

【土壤中の交換性カリウム現存量と面移行係数の関係】



「交換性カリウム現存量」は、0-5cm土壤のみにおける値。

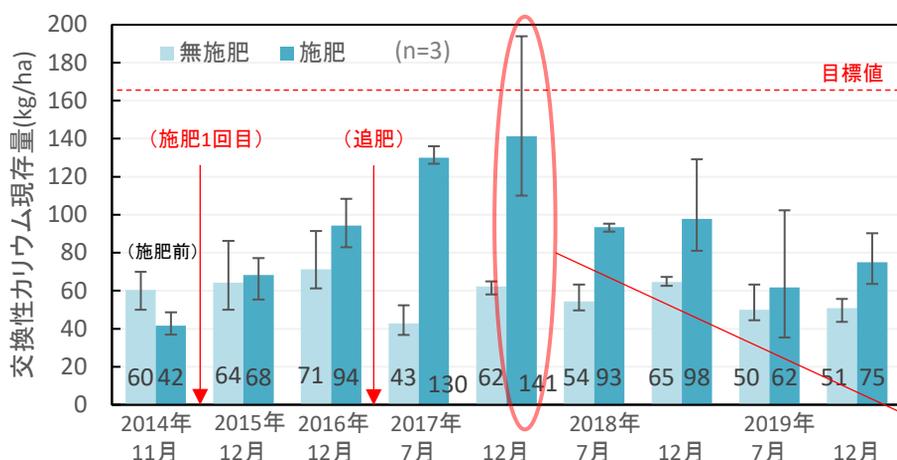
- ① ある一定の量を境に、土壤中の交換性カリウム現存量が大きくなると、ぼう芽枝への移行が小さくなる可能性が示唆される。
 - ② 土壤中の交換性カリウム現存量は、別事業や研究等による知見から、「地形(尾根～谷)」「土壤型(乾湿)」「堆積有機物量」に影響される可能性が示唆されている。
- (※) 土壤に含まれるカリウムのうち、植物が吸収可能なものを交換性カリウムと呼びます。

福島県内24地点(川内村(1) 広野町(1) 田村市(5) 三春町(2) 天栄村(2) 須賀川市(2) 石川町(3) 平田村(1) 小野町(1) 会津地方(6))における結果。調査は平成30(2018)年12月、令和元(2019)年12月に実施。1地点につき、株数n=3(広野町のみn=5)。エラーバーは最大値、最小値を示す。

5 カリウム施肥によるコナラへの放射性セシウム吸収抑制効果

- ・ 稲作で効果が確認されているカリウム施肥を行った場合の土壌から樹木への放射性セシウムの吸収抑制効果について、平成26（2014）年度から調査を実施しています。
- ・ コナラのぼう芽更新地において、カリウム施肥区と無施肥区を設定して試験を行った結果、施肥2年間は効果がみられませんでした。追肥を実施した3年目にコナラのぼう芽枝（当年枝）の放射性セシウム濃度が前年と比較して有意に低下しました。
- ・ コナラの植栽木は、無施肥区と比較して、施肥区で有意な放射性セシウム濃度の低下がみられました。また、低下した濃度は翌々年も維持されていました。

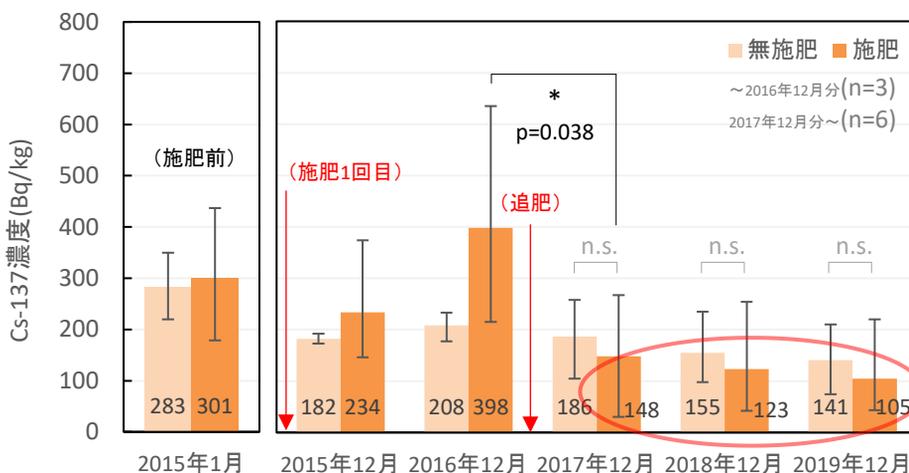
※ カリウム施肥による影響の表れ方には、土壌特性や土地利用履歴等による影響が大きく、一定でない可能性があることに留意する必要があります。



(土壌中の交換性カリウム濃度)

土壌中の交換性カリウム現存量の目標値を166kg K/haとして、1回目は平成27(2015)年1月にケイ酸カリウム(K₂O:20%)を1t/ha、2回目は平成29(2017)年2月に塩化カリウム(K₂O:60%)を330kg/ha施与した。エラーバーは最大値と最小値を示す。

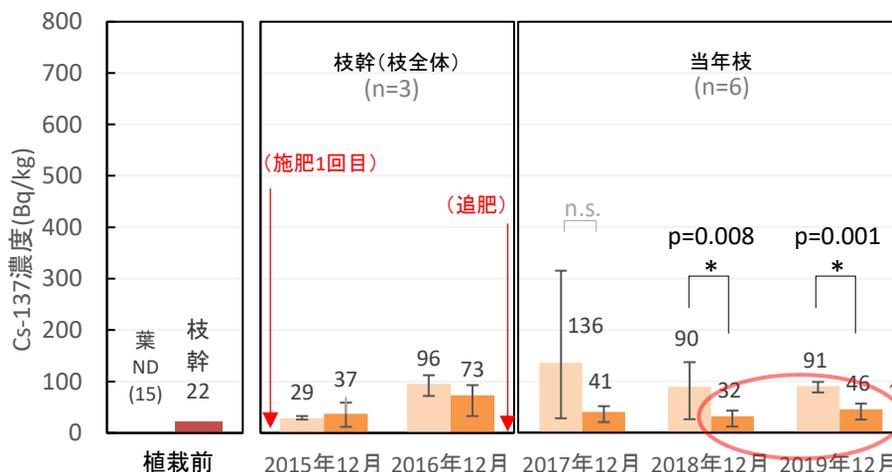
追肥後、交換性カリウムが大きく増大し、目標値に概ね到達。



ぼう芽枝の放射性セシウム濃度

放射性セシウム(Cs-137)濃度は、令和元(2019)年12月18日時点に物理学的減衰補正した値を示す。エラーバーは最大値と最小値を示す。図中[*]は有意差を示す(5%有意水準、スチューデントt検定)、「n.s.」は検定を行い有意差がなかったことを示す。

追肥前と比較して低下し、翌々年もその濃度が維持された。



(植栽木の放射性セシウム濃度)

「ぼう芽枝」の注釈参照。図の凡例も同様。

施肥区では、濃度が有意に低く、また、低くなった濃度が維持された。