

Lessons of Eco-collapsed
FUKUSHIMA
「生態崩壊」したフクシマの教訓

小林達明
千葉大学大学院園芸学部研究科



山木屋地区の広葉樹林の林相

原子力災害被災地の里山の汚染対策に関するアピール(日本緑化工学会, 2012年9月)

・・・IAEA国際ミッションの最終報告書(平成23年10月)では、「森林地域(中略)から一定の値(いわゆる最適化値)を超える汚染を除去するための時間及び努力の投資は、人々の被ばく線量の低下に自動的につながる訳ではない。」とされ、森林地域に対してはほぼ放置に等しい取扱いがこれまで政府部内で想定されてきた。このような考え方に対して、私たちは、人と自然の持続的な共生のために自然環境の保全・再生・管理を進める研究者・技術者の立場から、以下のように異議を申し立て、原子力災害被災地における里山問題の存在を訴えたい。・・・

政府の森林対応方針(2012年9月の整理)

福島県民の願いも我々の訴えも誤魔化された。森林は貯蔵施設に。

森林における今後の方向性(全体のイメージ)

今後とも、環境省と林野庁が連携し、調査・研究を進め、新たに明らかになった知見等については、必要に応じ、対応を検討。

林野庁

放射性物質の影響に対処しつつ適正な森林管理を進めていくための方策の推進【C】

- ・林業再生対策の実証
- ・放射性物質の拡散防止等の技術の検証・開発

奥地の林業が営まれていた森林

知見の共有

環境省

住民の安全・安心の確保のため、森林から生活圏への放射性物質の流出・拡散の実態把握と流出・拡散防止を推進【C】

- ・下層植生が衰退している箇所における試行的な流出防止対策の実施
- ・森林からの放射性物質の飛来等の実態把握

地元の協力を得つつ取組みを推進

人が日常的に立ち入る森林の除染【B】

ほだ場の除染の明確化【B】

住居等近隣の森林除染【A】

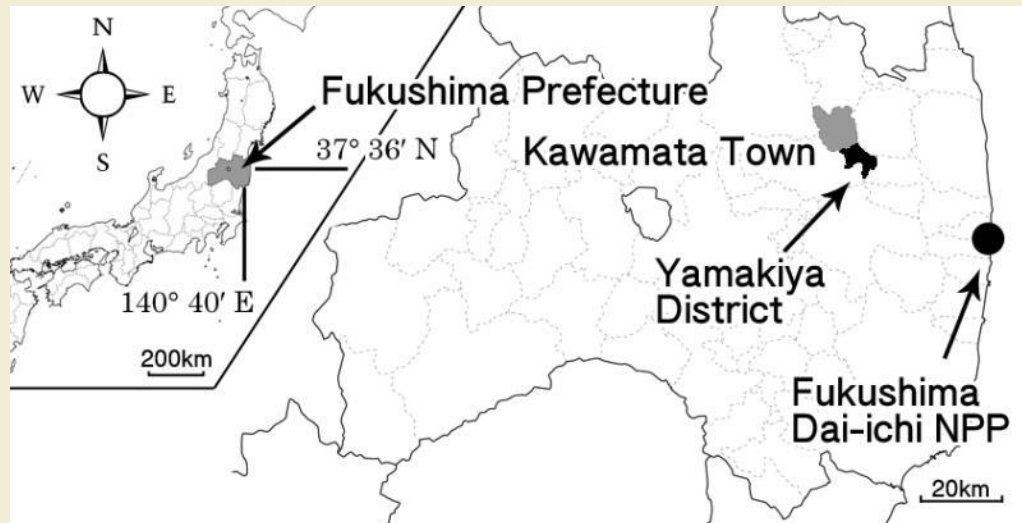
追加的な堆積有機物残さの除去と土砂流出対策の適切な実施【A】

谷間にある線量が高い居住地を取り囲む森林等において、効果的な個別対応を例外的に20mよりも広げて実施【A】

政府と科学の信頼が失われた中で、もっぱら現地住民の立場に立った研究をすることを決める

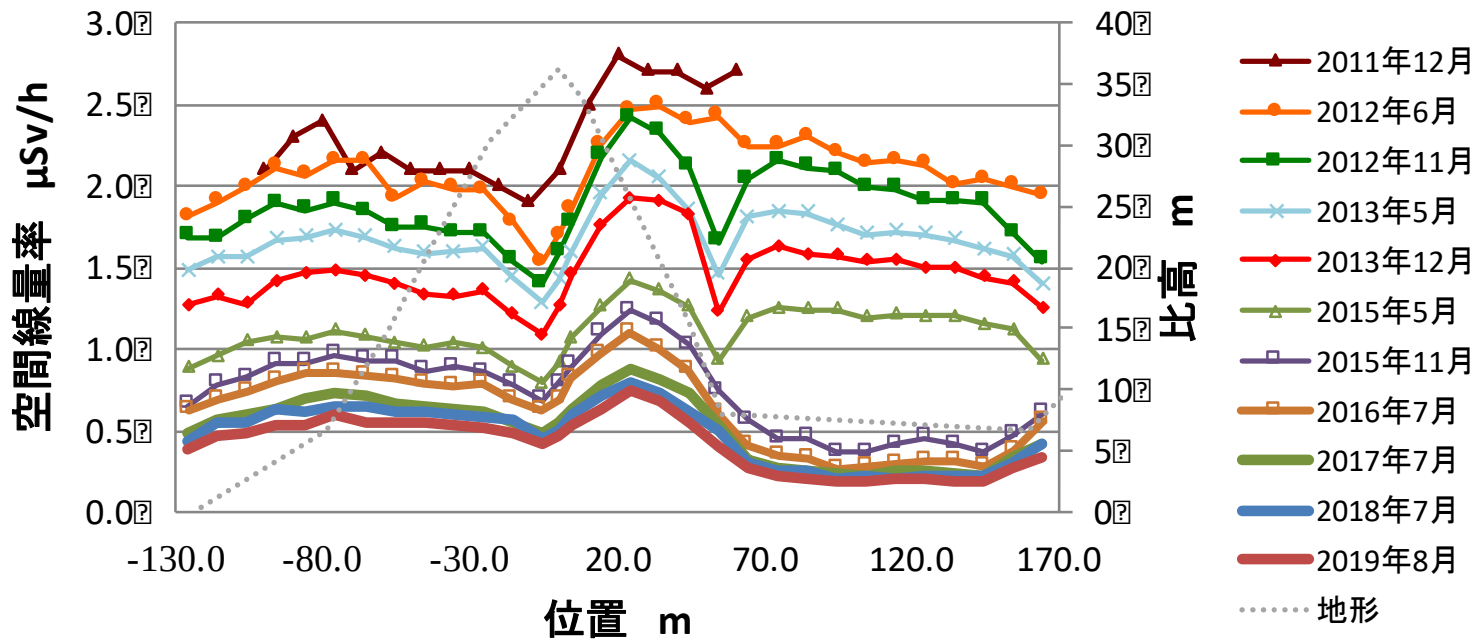
- 町役場を通して農振会をカウンターパートに
- 住民の疑問に答える研究
 - 森林を調べる
- 住民(と私たち)の主張の根拠になる研究
- 地域の将来を見通し、復興を支援する研究
- 地域に根ざした研究
 - 里山ランドスケープを調べる

試験地

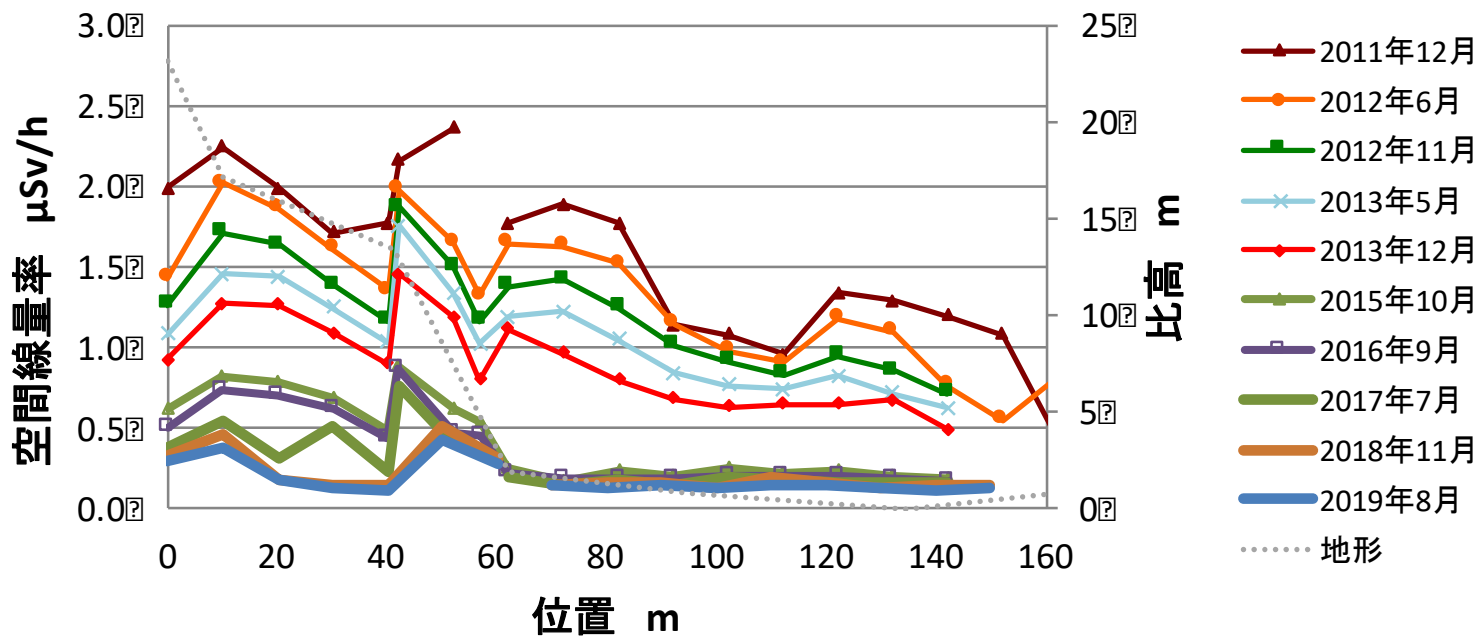


福島県川俣町山木屋地区
タバコ畑に隣接したコナラ・マツ2
次林
平均傾斜30°

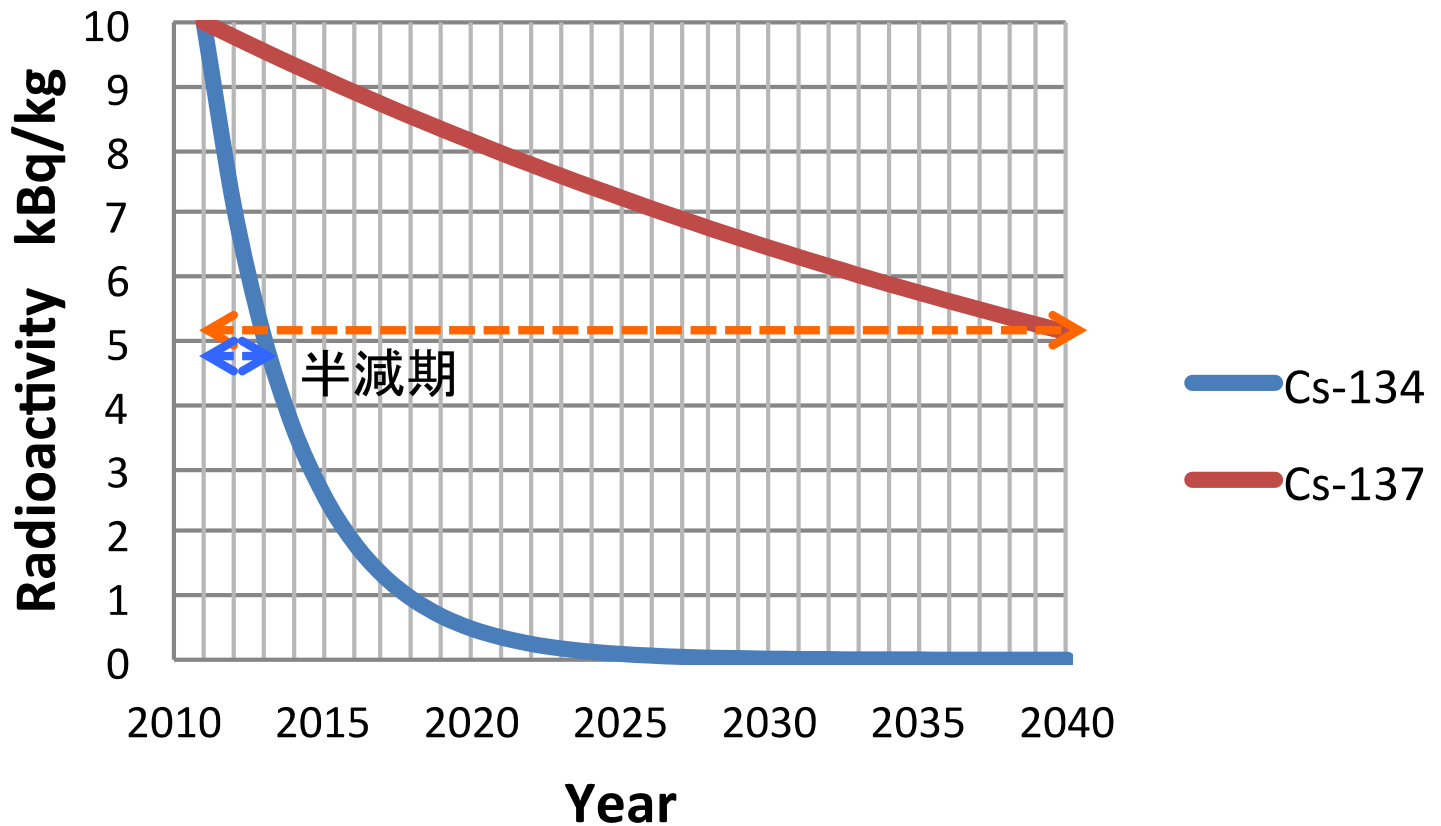


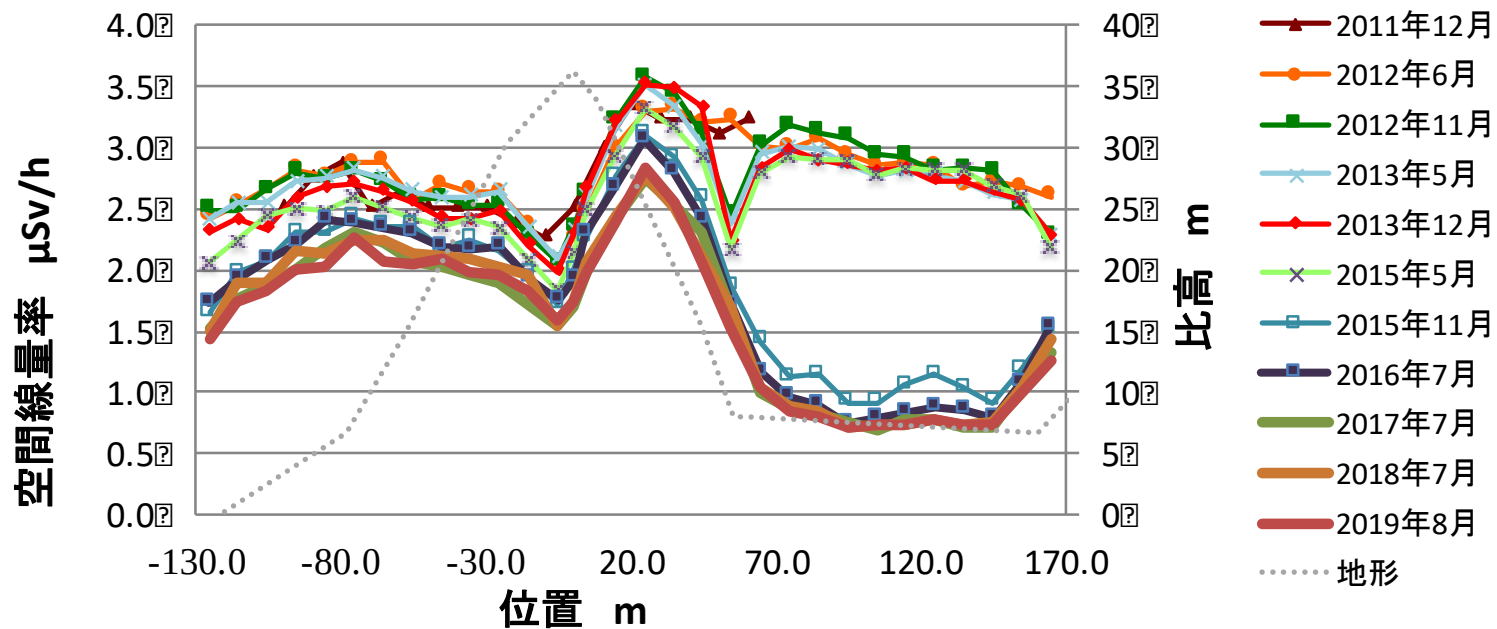


AKさんとKO
さんの農地
周辺の空間
線量の変化

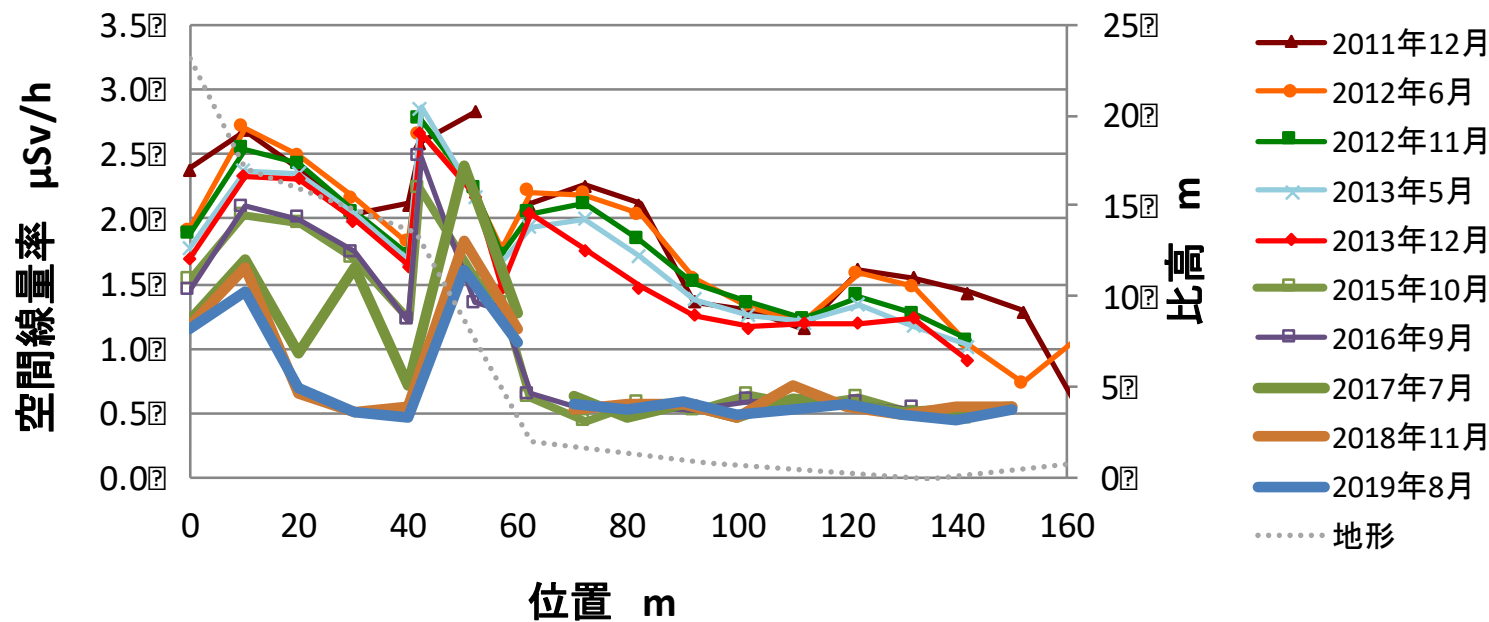


放射性核種の物理的減衰





AKさんとKO
さんの農地
周辺の空間
線量の変化
(2011年3月
15日基準で
半減期補
正)

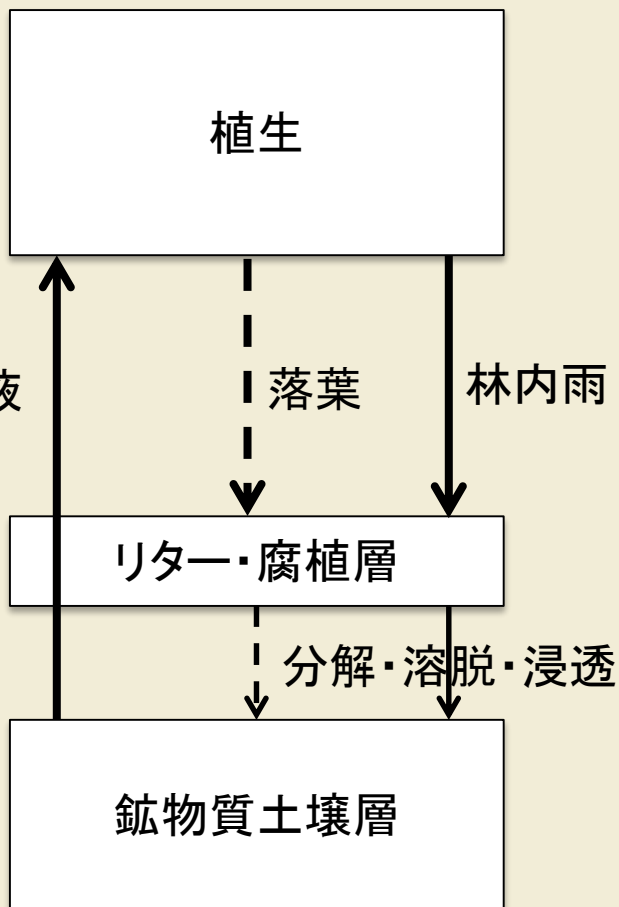


チェルノブイリ事故後の森林の放射性セシウムの動きの変遷

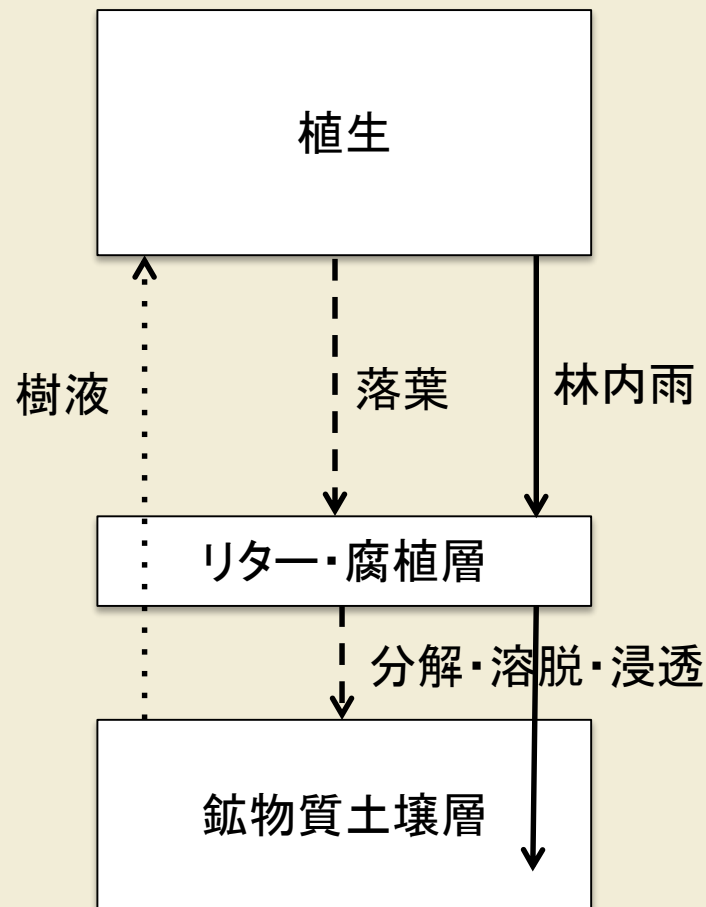
- ① 初期フェーズ：4～5年続き、林冠・樹皮から土壌への放射性核種の移行による急速な再分布によって特徴づけられる。
- ② 定常フェーズ：経根吸収が主体となり、放射性核種の植物への吸収されやすさのゆっくりとした変化によって特徴づけられる。

森林の放射性セシウムの動きに関する2つの 考え方・・・今後の予測のために

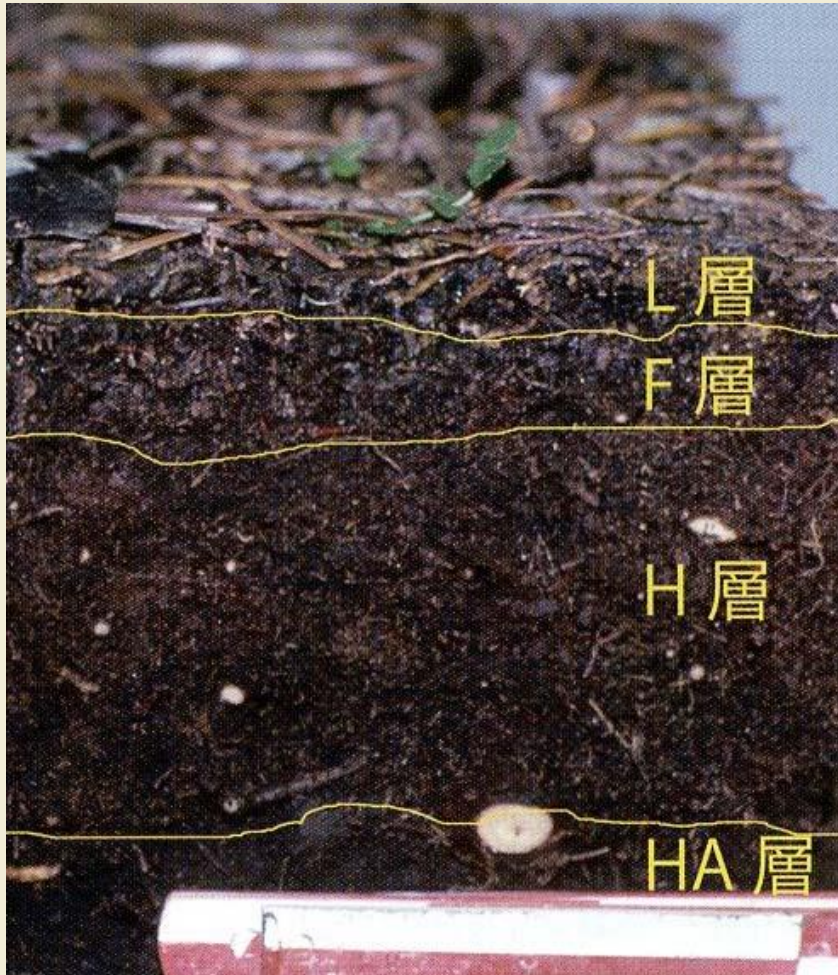
放射性セシウムは樹木に吸収されて森林生態系を循環する。木材の汚染が、今後、長期にわたって進行する。



放射性セシウムは急速に土壤に浸透し固定されるため、樹木にはあまり吸収されない。そのため木材の汚染は進まない。



土壌の有機物層とセシウム

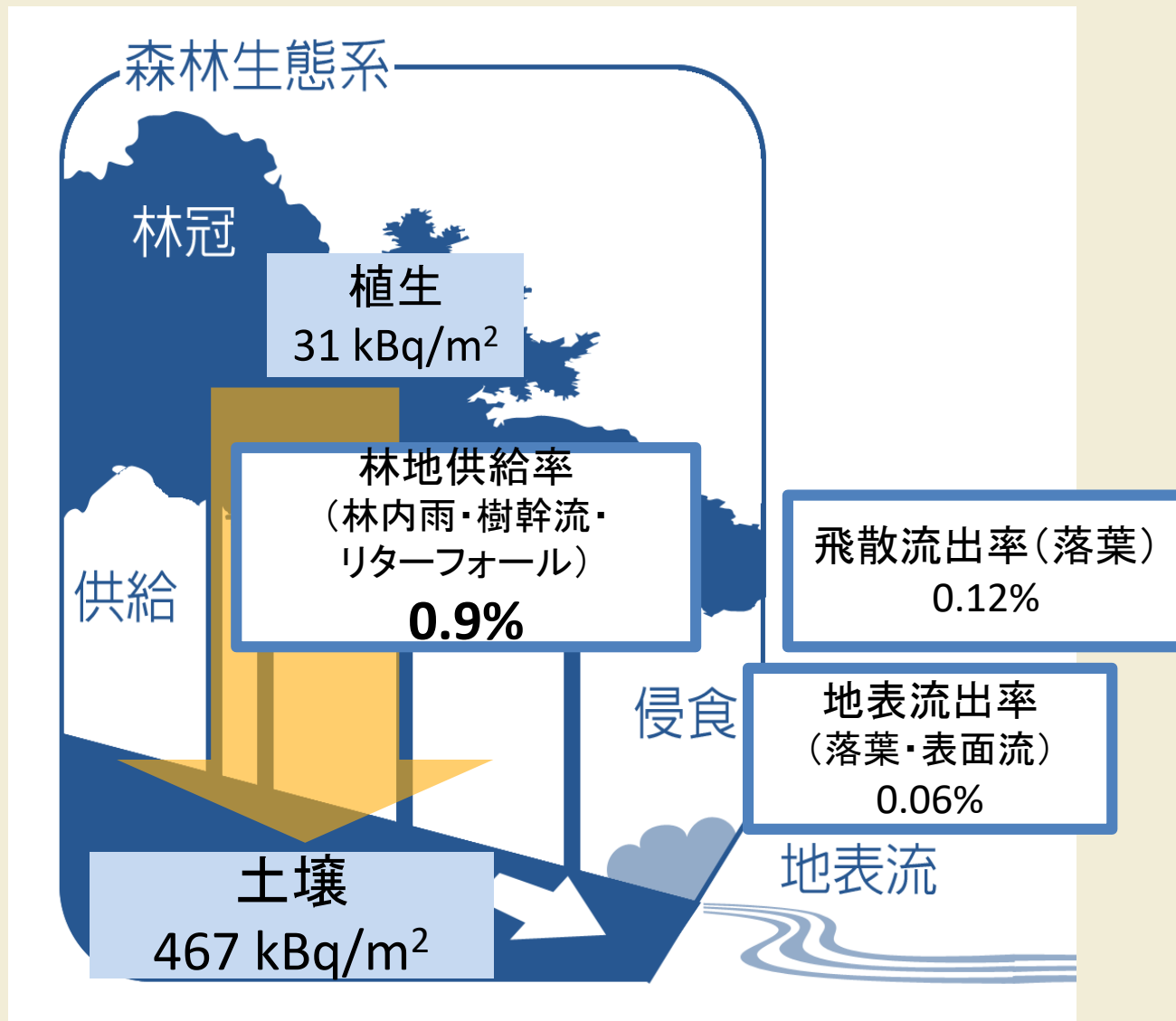


O層: 土壌表層の堆積有機物層. L, F, H層に細分される.

L層: 未分解の落葉層

F層: 落葉が細片化した層

H層: 葉の形状が認められない層

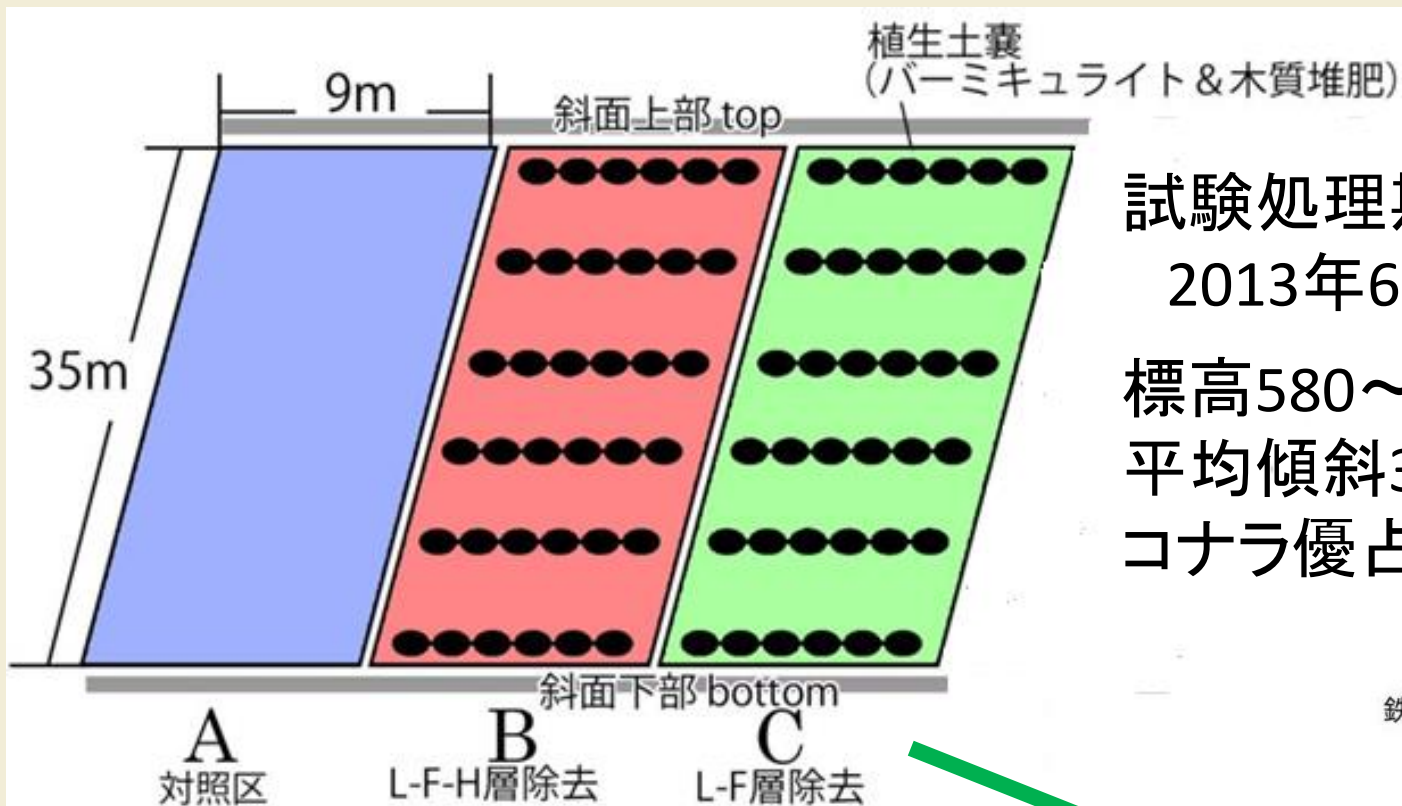


2015年当時の里山の森林生態系をめぐる ¹³⁷Csの動き

(2011年3月15日に半減期補正)

2013年森林除染試験





試験処理期間

2013年6月28日～7月2日

標高580～600m

平均傾斜31°

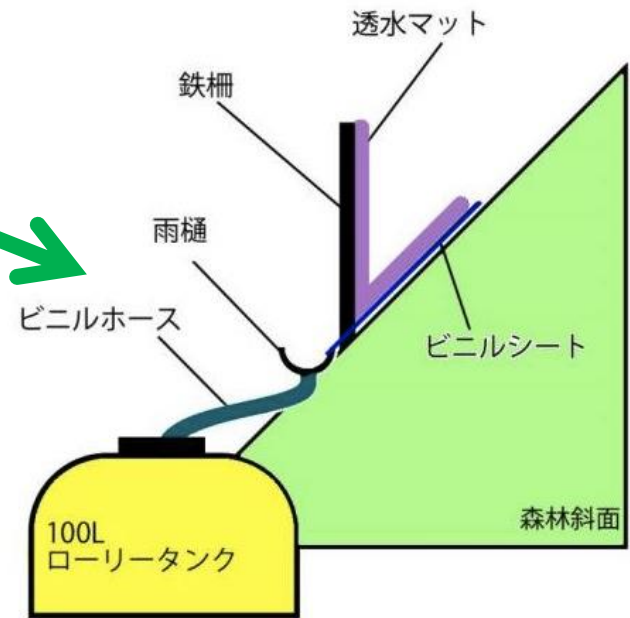
コナラ優占林

A区: 対照区

B区: 鋤簾で有機物層すべて除去

C区: 熊手で落ち葉の層を除去

B・C区には筋状に植生土嚢を設置





林内雨の採取
Through fall

樹幹流の採取
Stem flow

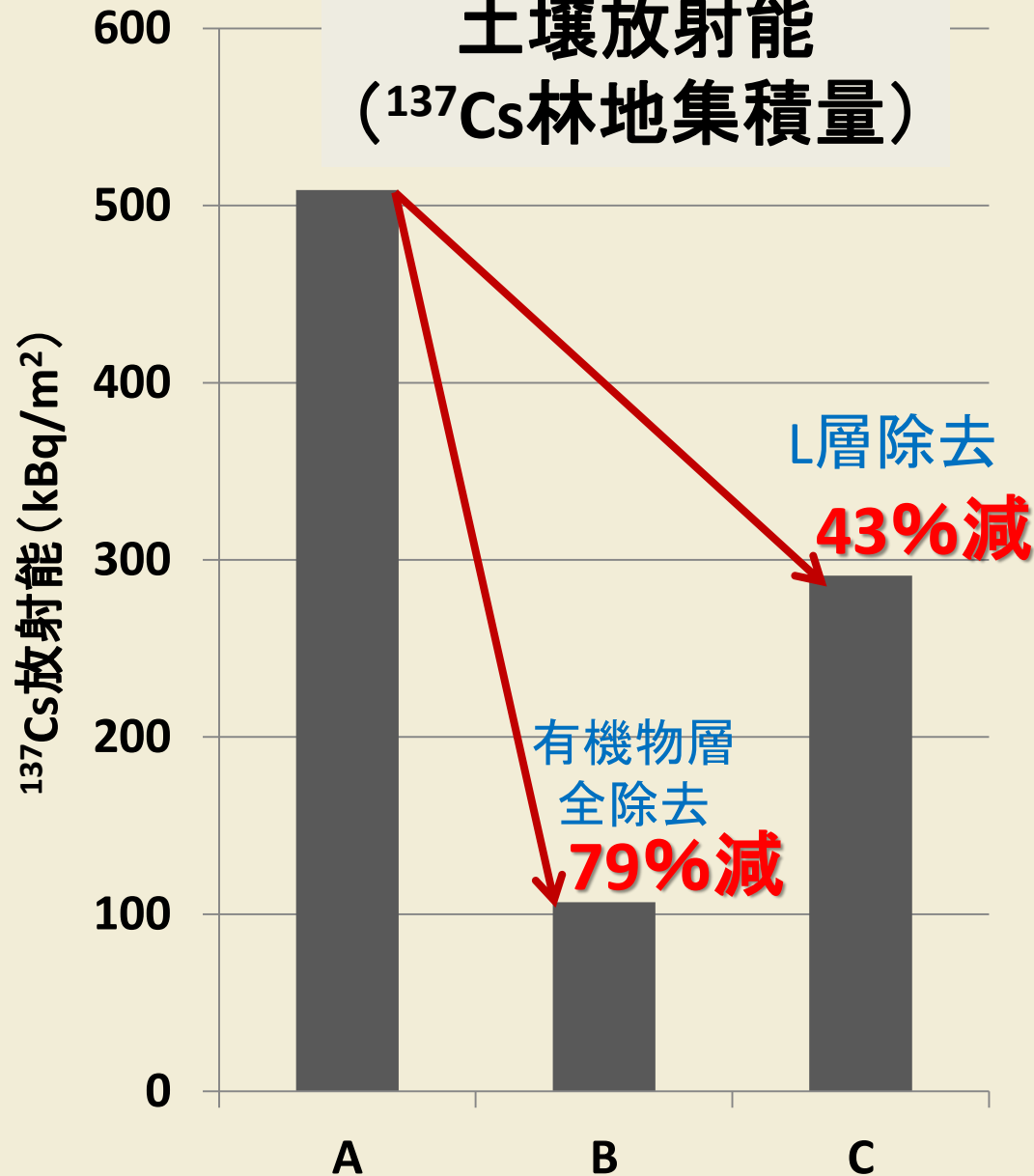
落葉の採取
Litter fall



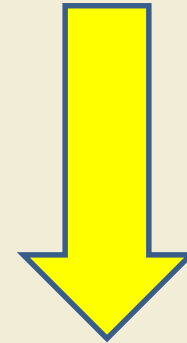
試験地樹林と試料採取器設置の様子

放射能の値はいずれも2011年3月15日に半減期補正済み

土壌放射能 (^{137}Cs 林地集積量)



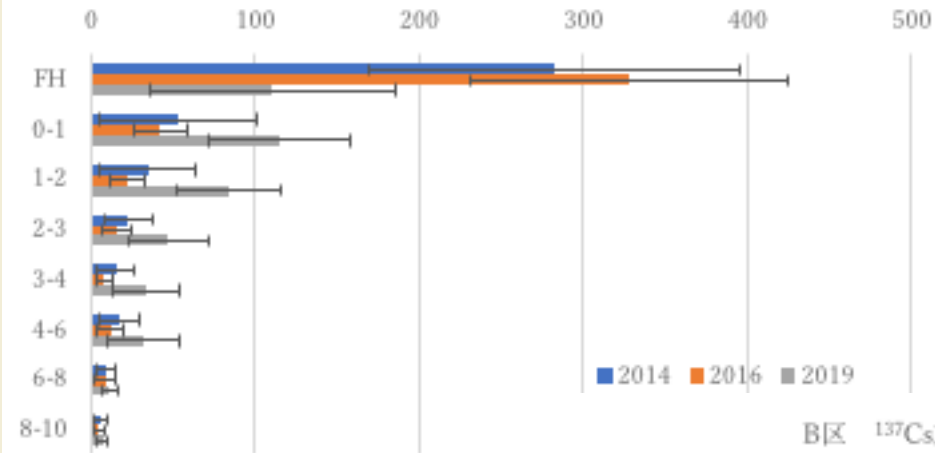
林床処理



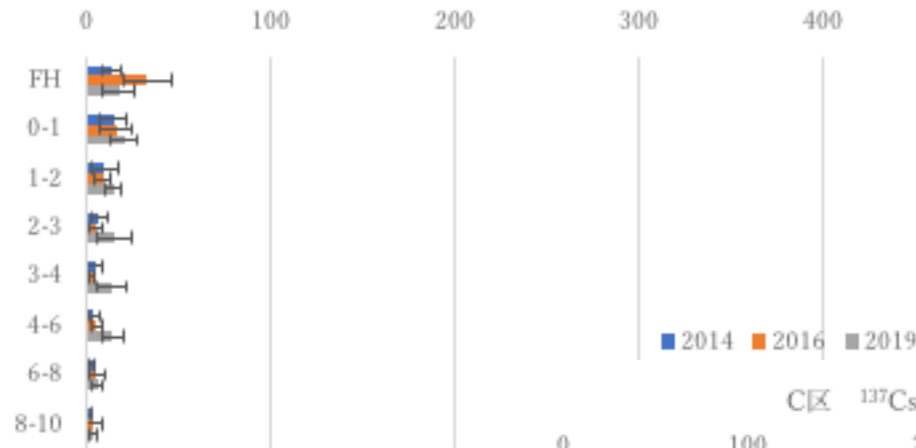
^{137}Cs 林地集積量
の低減(2013)

林地の放射能垂直分布 (2014年、2016年、2019年)

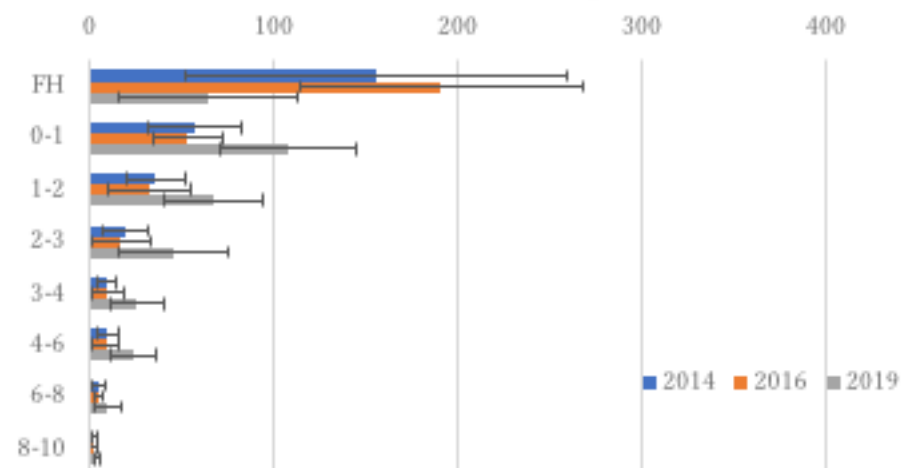
A区 ^{137}Cs 放射能 (kBq/m²)



B区 ^{137}Cs 放射能 (kBq/m²)

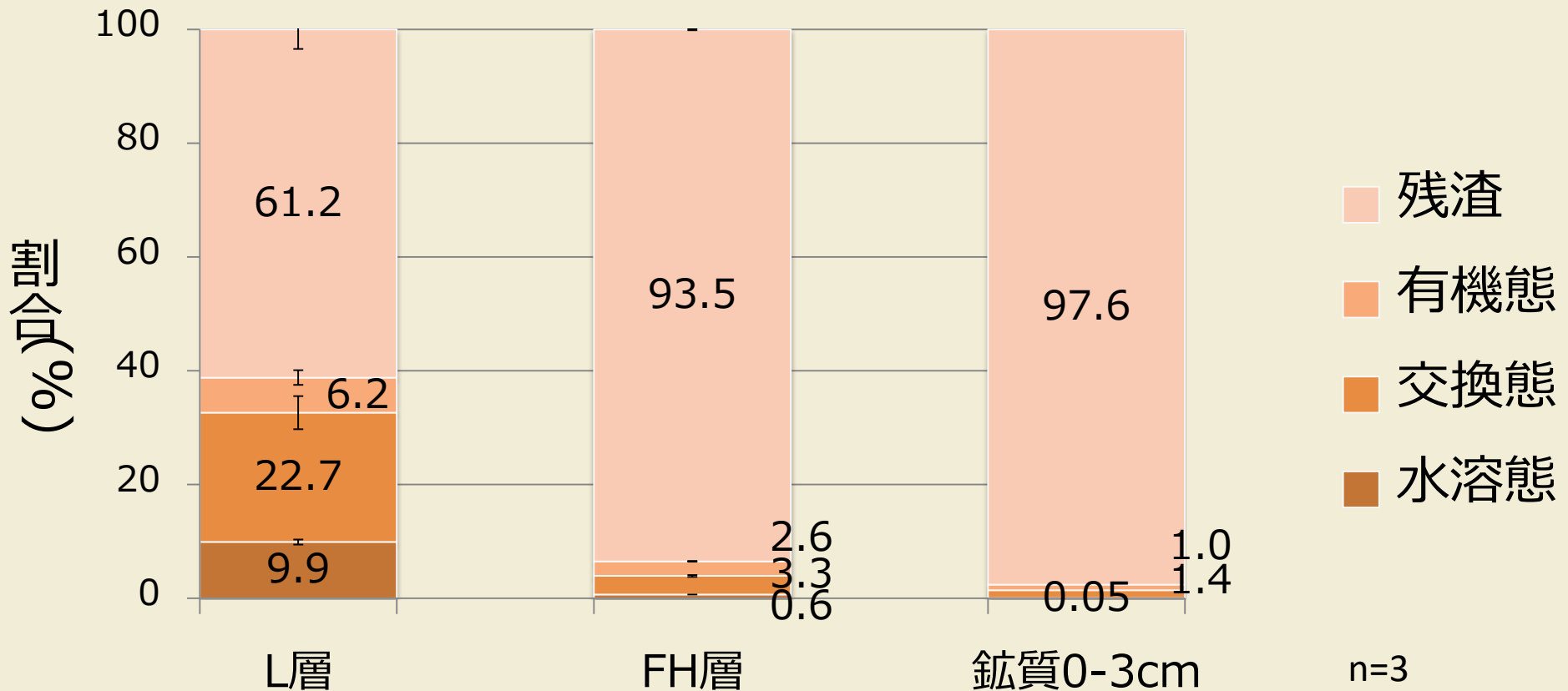


C区 ^{137}Cs 放射能 (kBq/m²)



※半減期補正済み

逐次抽出結果

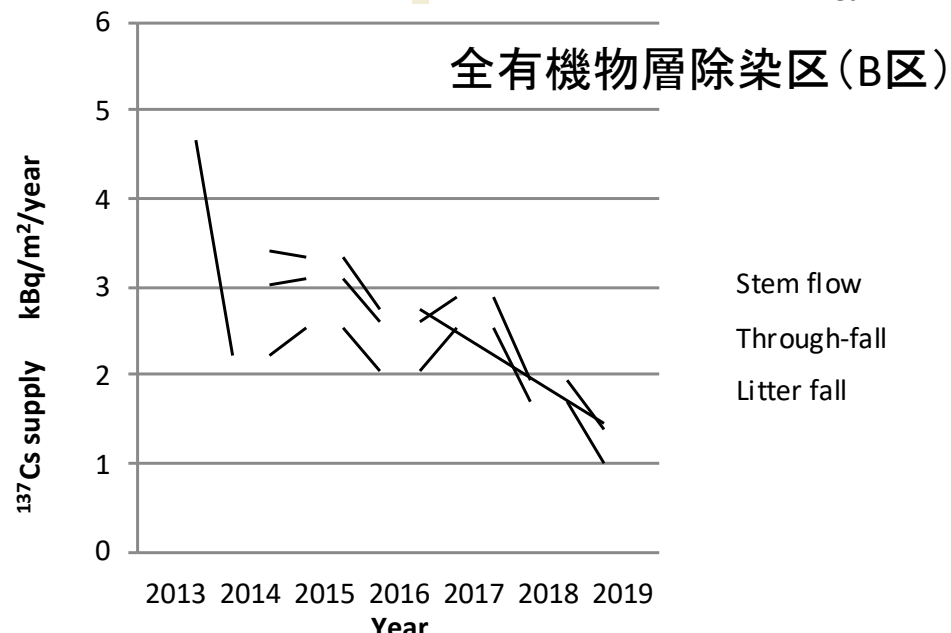
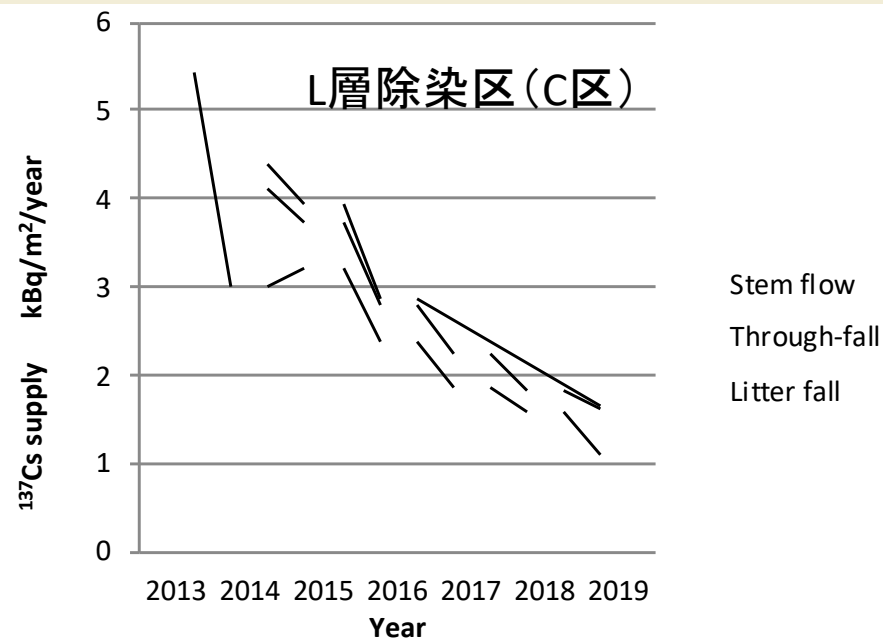


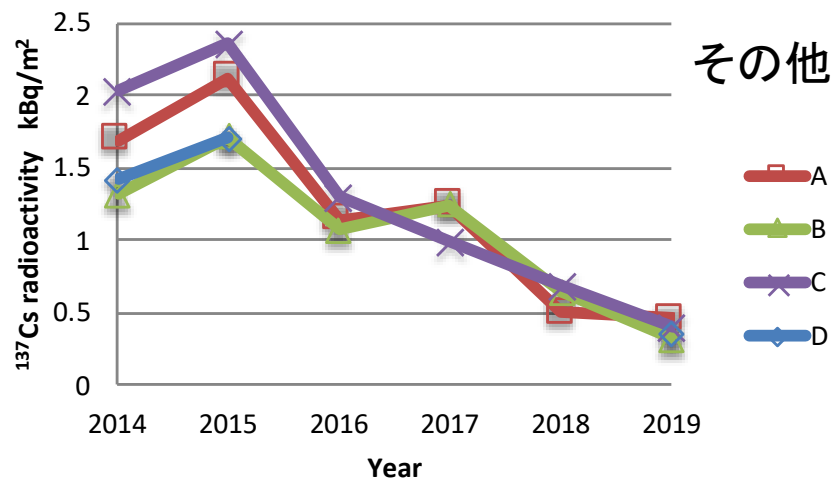
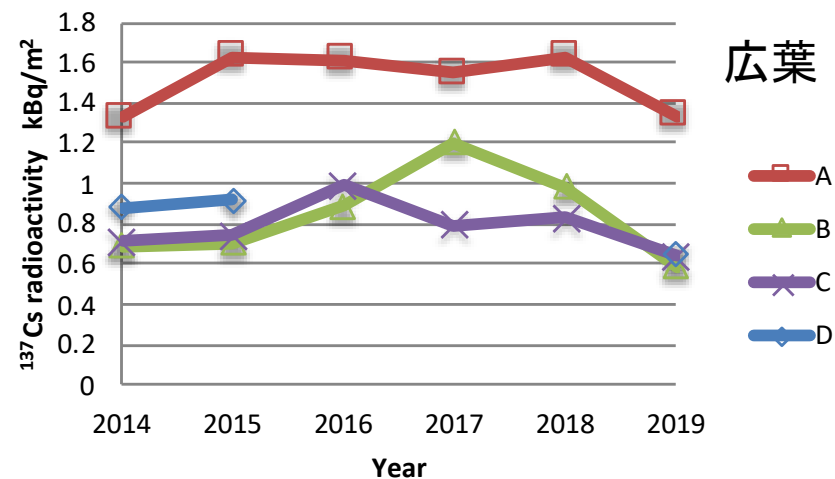
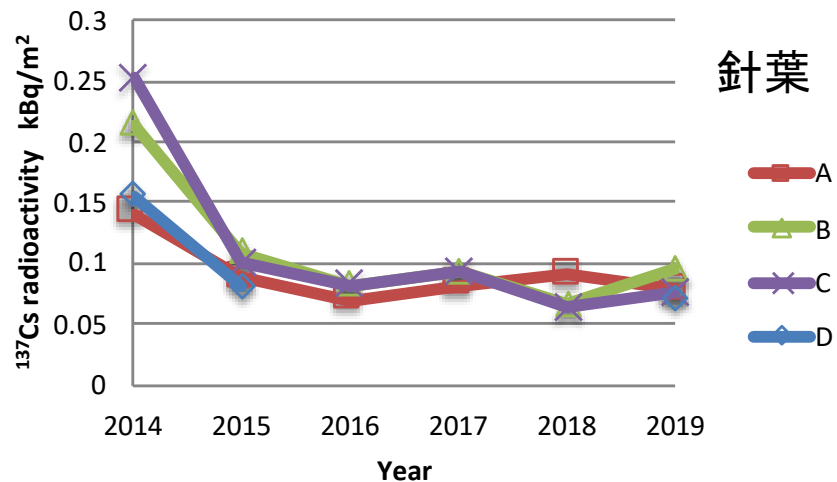
①可給態（水溶態＋交換態）Csは、**L層で32%、FH層で4%、鈰質土層0-3cmで1.5%**

②FH層や鈰質土層では、粘土鈰物や難分解性有機物に固定された放射性セシウムが大部分。有機物の分解に従ってセシウムは固定されていく？

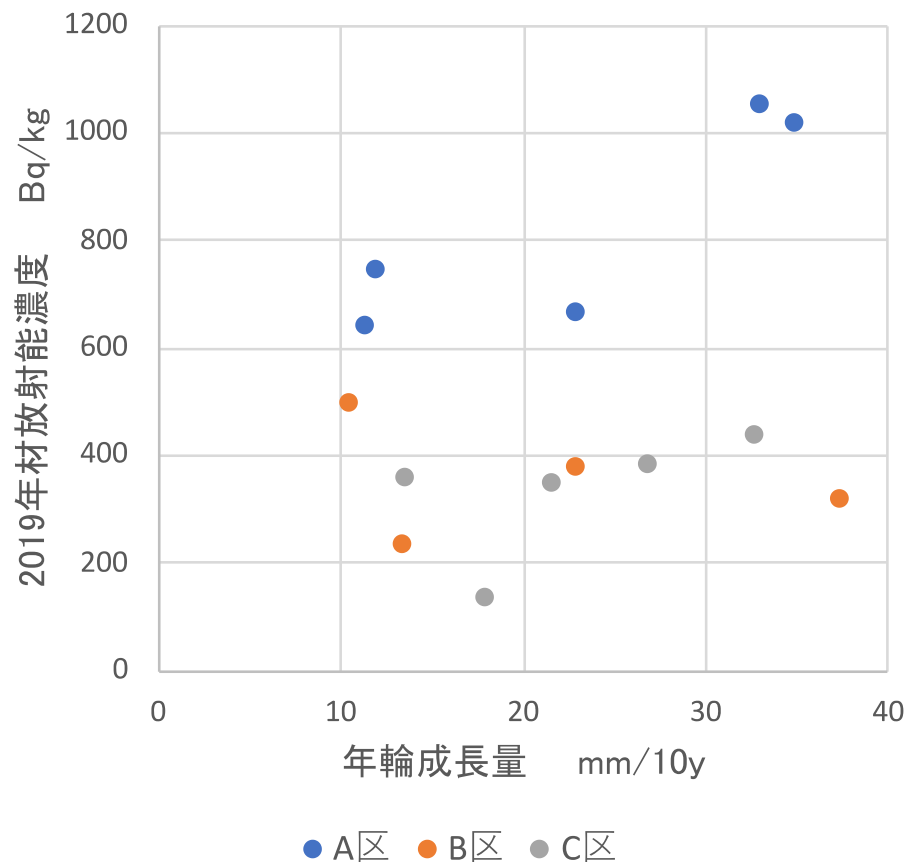
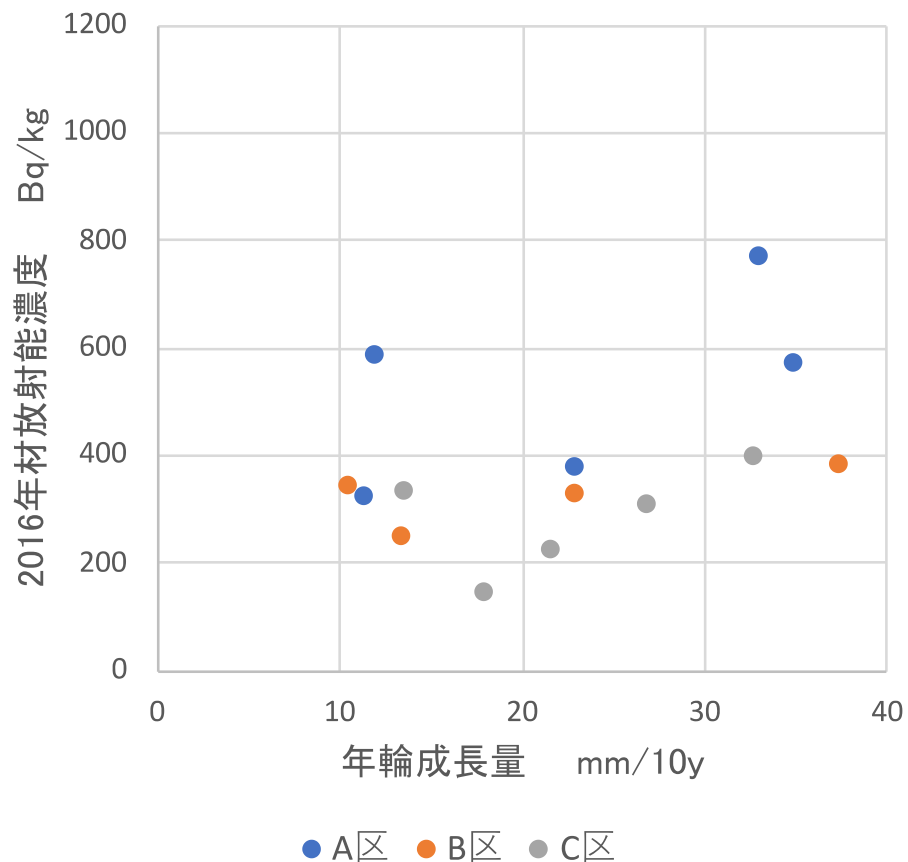
^{137}Cs 林地供給量

放射能の値はいずれも2011年3月15日に半減期補正済み



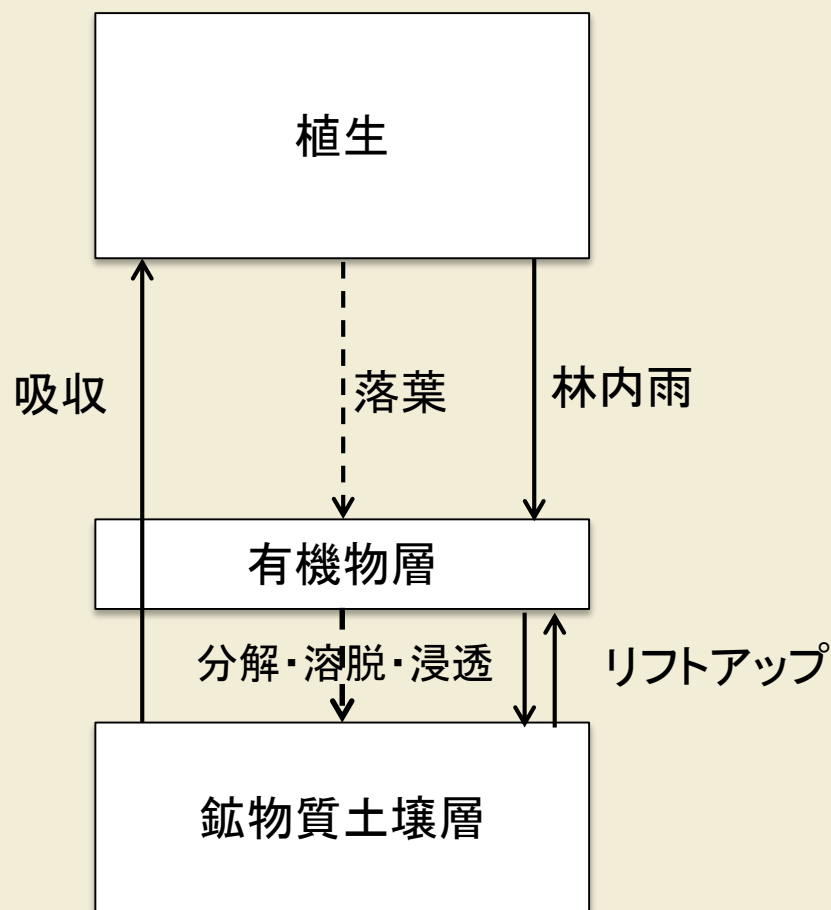


リターフールの放射能濃度の変化



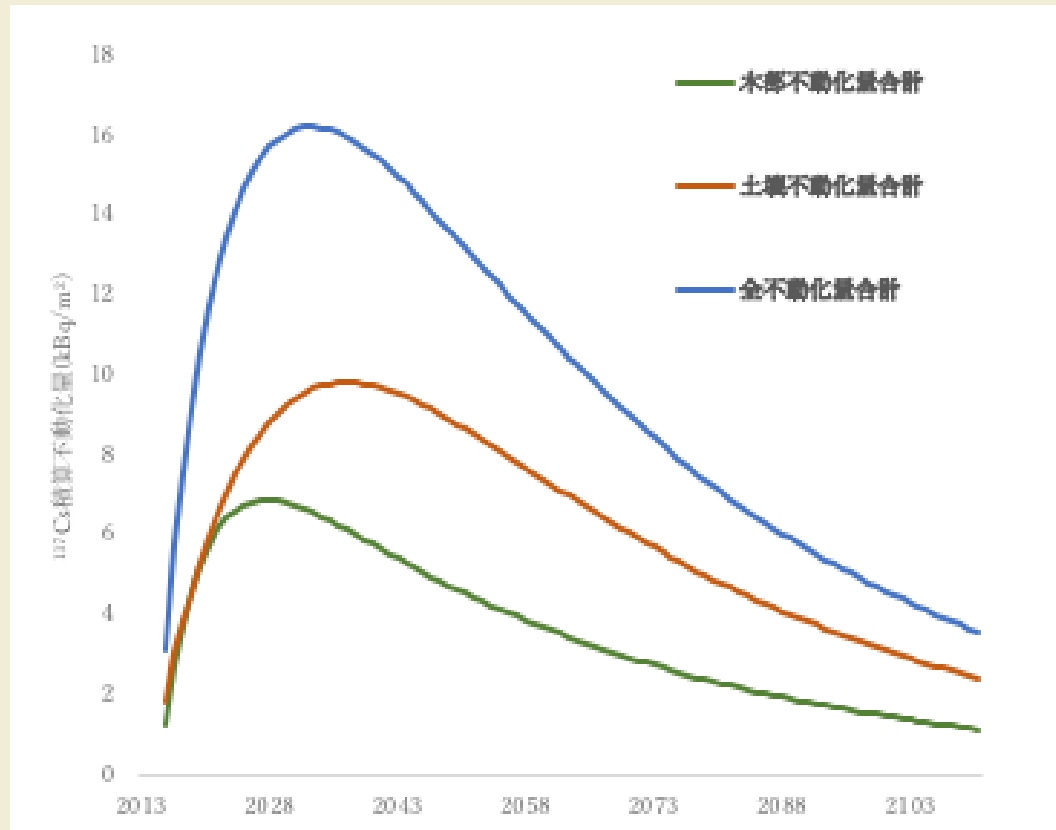
年輪成長量と材放射性セシウム濃度の関係の変化

里山林の放射性セシウムの動きのまとめ



- 植生に付着していた放射性セシウムの大部分は林地に移行し、循環はほぼ定常状態に達した。
- 有機物層のセシウムは停滞していたが、次第に下層に移行し始めた。
- 林外への年間流出率は0.2%以下で、落葉によるものが主。
- 安定していた循環量が低下し始めた。土壌層における不動化が原因か？
- 樹木の放射性セシウム吸収は、樹種と林地の可給態セシウム量と成長量によって決まる。
- 林地のリター除去に応じた循環量や木部汚染の低減効果がある。
- 有機物層全除去は効率的でない。

$y=a^*bx$	Cs濃度量 (kBq/m ²)	広葉樹による 樹幹流供給量 (kBq/m ²)	広葉樹による 樹幹流洗脱量 (kBq/m ²)	針葉樹による 樹幹流供給量 (kBq/m ²)	針葉樹による 樹幹流洗脱量 (kBq/m ²)	葉Cs供給量 (kBq/m ²)	葉Cs濃度 (kBq/kg)	枝Cs供給量 (kBq/m ²)	土壌可溶性Cs (kBq/m ²)
a	2.13E+35	3.74E+232	3.14E+278	2.11E+161	4.82E+106	1.90E+63	6.95E+152	4.26E+270	2.63E+65
b	-3.99E-02	-2.66E-01	-3.16E-01	-1.87E-01	-1.20E-01	-7.20E-02	-1.73E-01	-3.09E-01	-7.31E-02



土壌と材における¹³⁷Cs積算不動化量のシミュレーション結果

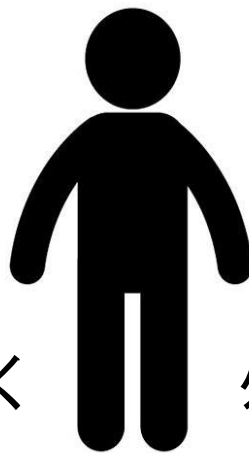
里山の生活における被ばく量の 推定

背景・目的

高濃度の食材
のリスク



内部被ばく



外部被ばく

線量の異なる
区域の混在



目的：被災地の被ばく線量の現状を把握し、生活パターンの違いによる被ばく線量の違いの推定する

結果：外部被ばく線量

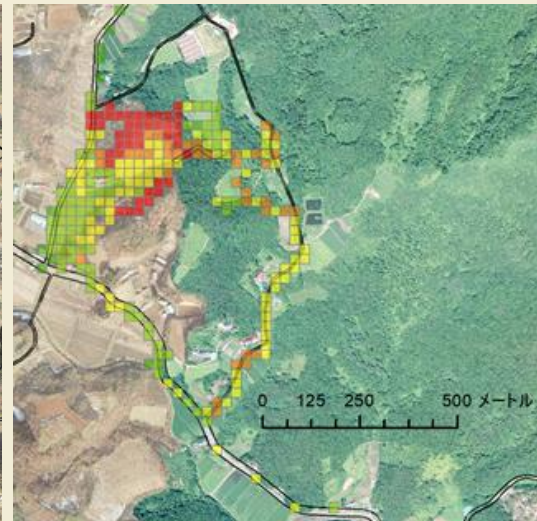
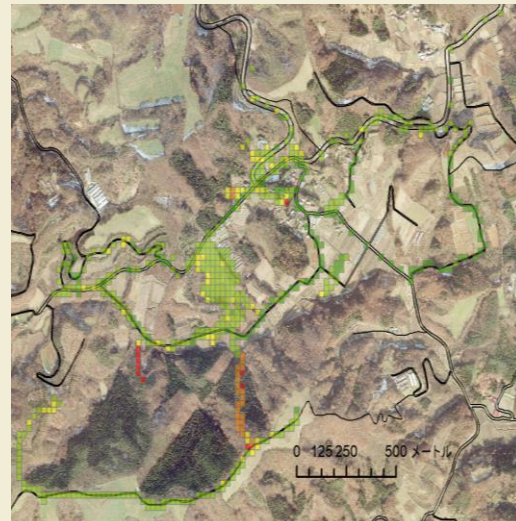
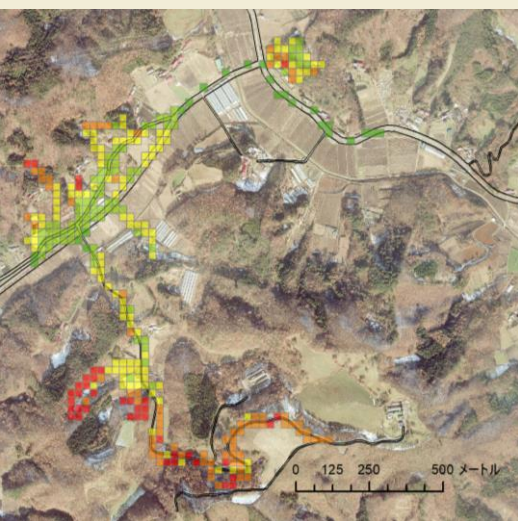


図2. 空間線量マップ(2区)

図3. 空間線量マップ(4区)

図4. 空間線量マップ(7区)

森林や農地の一部からは、 $2.3\mu\text{Sv/h}$ 以上の比較的高い線量の区域がみられた。

結果：外部被ばく線量

D-シャトルによる実測値と空間線量率による推定値の比較

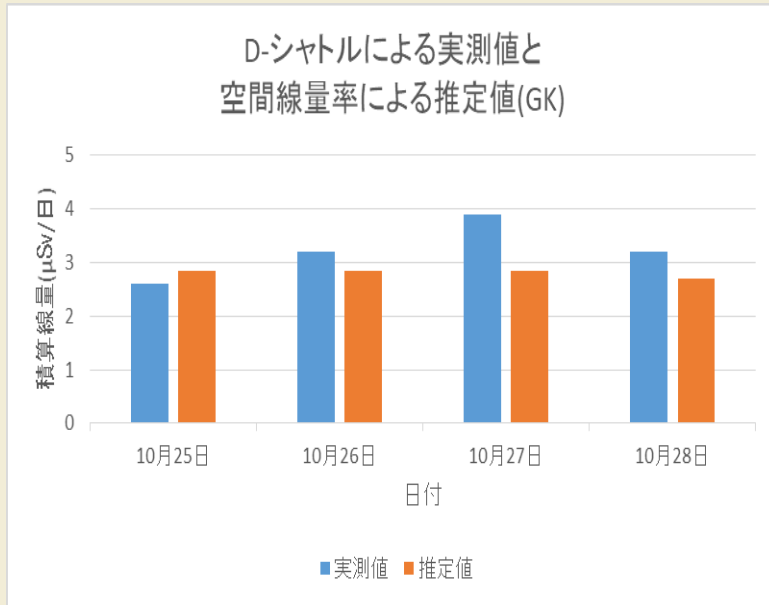


図5. 実測値と推定値の比較(GK)

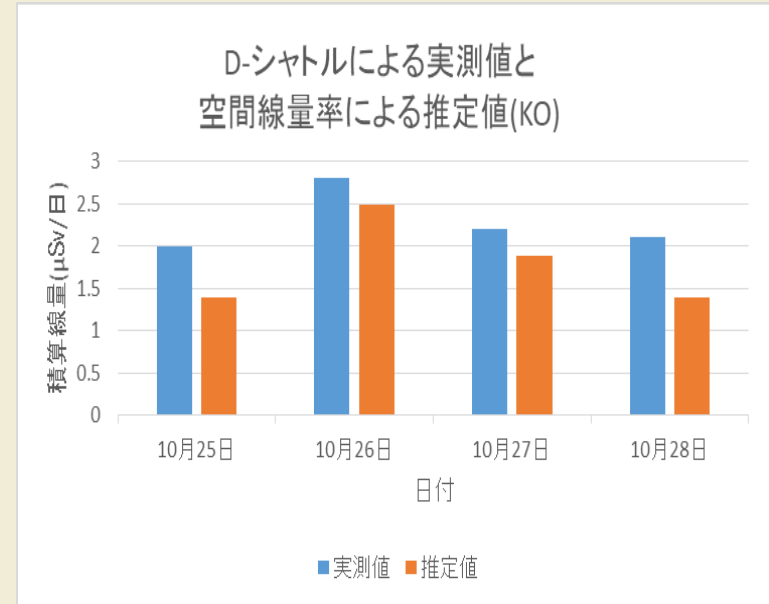


図6. 実測値と推定値の比較(KO)

・実測値は推定値の**約1.2倍**

→空間線量率マップをもとに被ばく量を推定する際は、平均値より高めに推定する必要があると考えられる。

結果：内部被ばく線量

放射能濃度の推定

・いずれの場合も**100Bq/kg以下**と推定された。

・年に一回山菜類を食す場合では、食さない場合に比べて、放射能濃度がおよそ **1 Bq/kg増加**した。

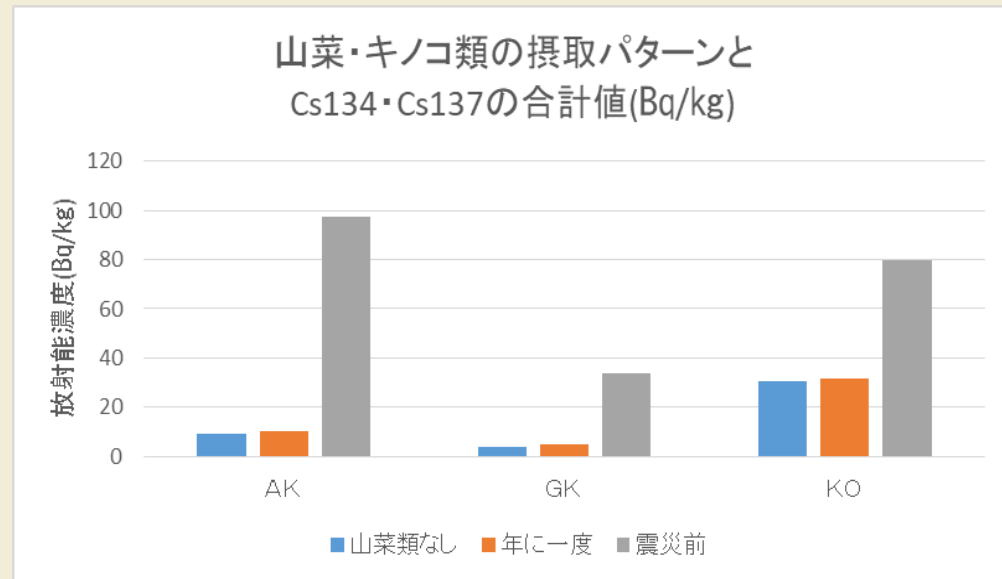


図8. 山菜・キノコ類の摂取パターンと一食当たりの放射能濃度

結果：追加被ばく線量

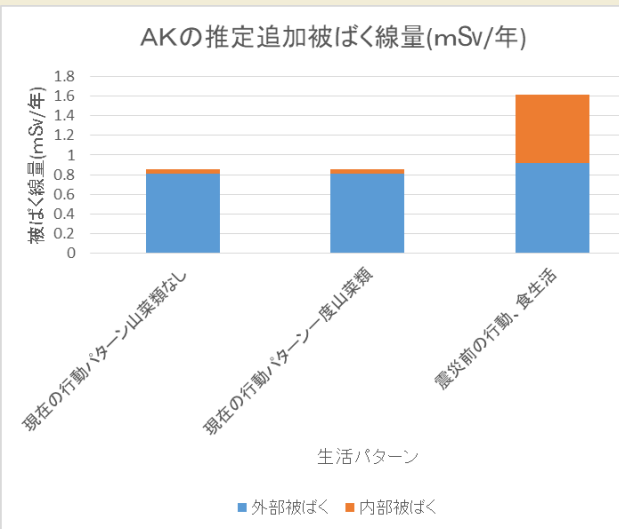


図9. 生活パターンと追加被ばく線量(AK)

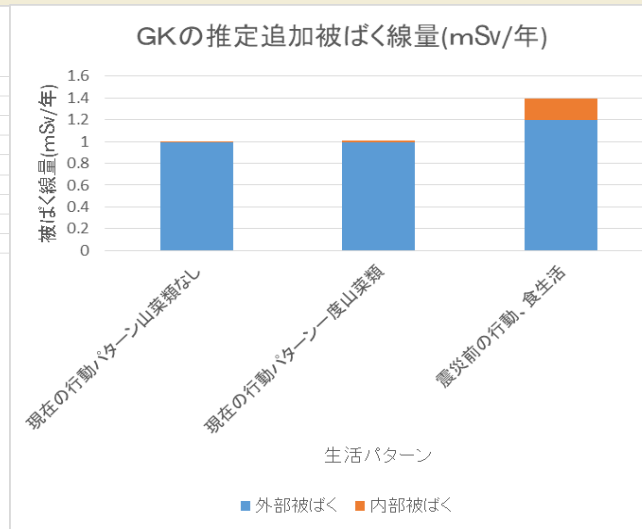


図10. 生活パターンと追加被ばく線量(GK)

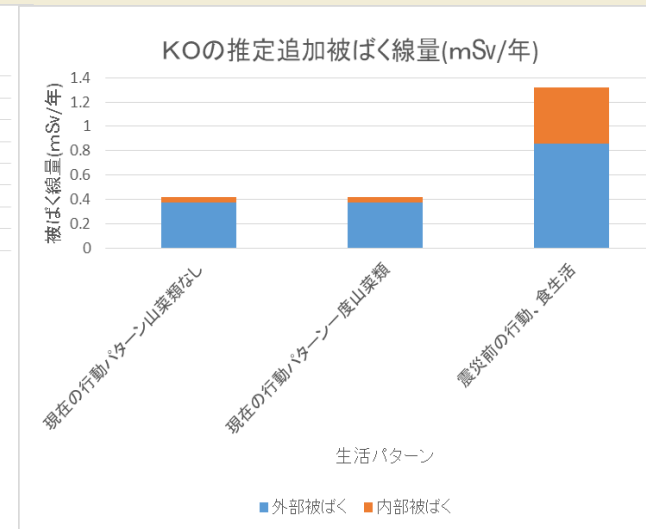
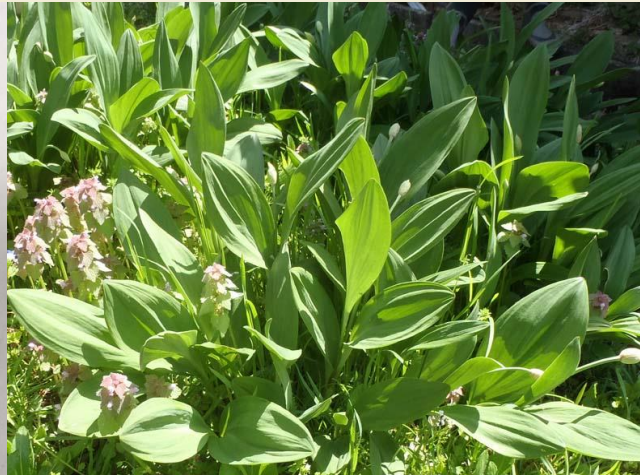


図11. 生活パターンと追加被ばく線量(KO)

- ・現在の生活→1mSv/年前後、震災前の生活→1mSv/年以上
- ・山菜類を一食分取り入れた場合は、取り入れなかった場合に比べて約 5 μ Sv 高い
- ・追加被ばく線量における外部被ばく線量の割合
現在の行動→75%以上、震災前の生活で→50%以上



生活も農業も多分大丈夫
でも、一度、復元力を失った地域を立て直すのは大変

- ・ 急激に減少し、老齡化した人口
- ・ 農業への風評被害
- ・ 将来が描けない



参考：福島県広野町の放射線相談室の取組み・・・的確な行政の大切さ

放射線に関する不安・疑問

自宅に戻ってもいいの？
県内産の食品は大丈夫？
庭の野菜は食べてもいいの？
山菜を食べてしまったけど？
屋外での仕事だけ大丈夫？
放射線の影響ってどんなもの？

学校や幼稚園・通学路は大丈夫？
給食を食べても大丈夫？

相談

情報提供

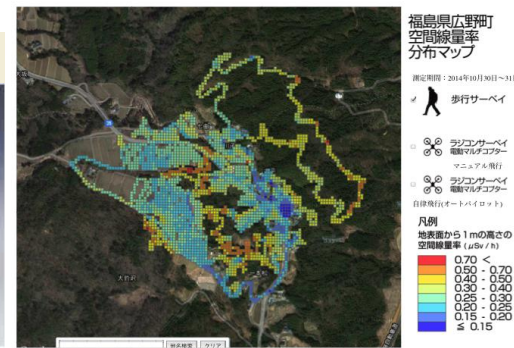
広野町（放射線相談室）

内閣府・環境省・原子力規制庁・福島県 等
（相談員支援センター）

流通食品の検査
自家消費食品の検査
学校給食の検査
WBCによる測定
モニタリングポスト
家屋のモニタリング
個人線量測定

住民の放射線に対する不安と広野町の取組み

住民主体の放射線リスク把握と対策
そのための仕組みづくり



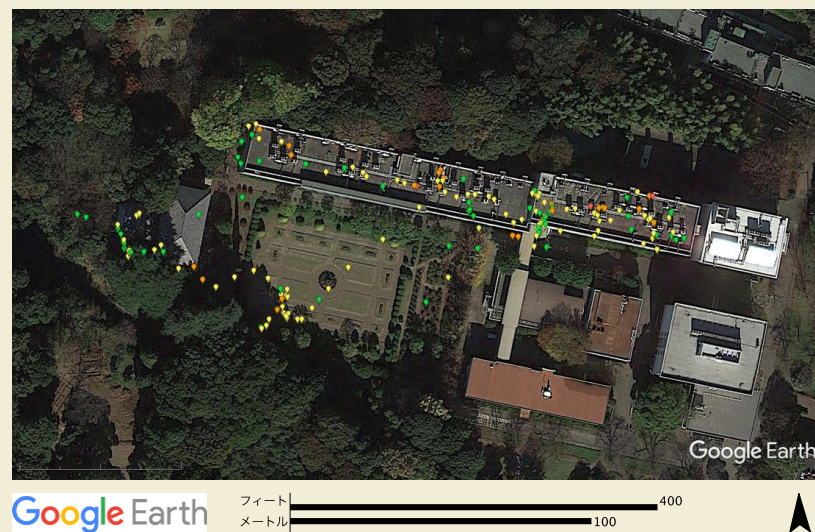
園芸学部放射性汚染廃棄物事件

2016年

- 8月29日：園芸学部のゴミ集積場に放射性汚染土壌が廃棄されていたことが、産廃業者の連絡でわかる。廃棄元の搜索と現地調査開始、メールにより各研究室への問い合わせるも、原因見つからず。
- 9月8日：本部へ連絡。本部は大混乱へ。
- 9月10日：記者会見を早期に行うことを本部は決定
- 9月13日：本部説明。本件について、文科省にも環境省への届け出義務がないことを確認。
- 9月15日：園芸学部教授会にて説明。

B棟C棟屋上の放射線量分布と堆積土の放射能および 産廃コンテナ投入土との関係について

- 9月15日の教授会后、教員より報告のあった、B棟C棟屋上の堆積土・落葉の8月3日の産廃ゴミ投棄に関連して、B棟C棟屋上の放射線環境を9月16日に調査
- BC棟屋上全体の現状の空間線量率の分布を調べたところ、一般には $0.05 \sim 0.06 \mu\text{Sv/h}$ だったが、泥や落葉が堆積しているところで特異的に線量が高かった。



- 表2: 福島第一原子力発電所事故由来と考えられる放射性セシウム同位体比が得られ、放射能濃度が高かった。
- 表3: 産廃コンテナに投棄された土の放射能濃度は同様な水準。
- 先般、産廃コンテナで発見された汚染土壌の少なくとも一部は、BC棟屋上由来。

表2 表1に示された箇所から採取された土試料の放射能濃度(9月18日測定)

表1測定 地点	態様	放射能濃度 Bq/kg		$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比
		^{134}Cs	^{137}Cs	
B棟⑥	土	7410	40100	0.18
C棟②	土	5340	29100	0.18
C棟④	土	6970	37200	0.19

表3 産廃コンテナ廃棄物から検出された放射性セシウムとその放射能濃度(9月8日測定、すでに本部報告済み)

試料 番号	態様	放射能濃度 Bq/kg		$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比
		^{134}Cs	^{137}Cs	
1	枯草等	733	2960	0.25
2	枯葉混じり土	7480	40100	0.19
3	土	10300	52400	0.20

教訓

- 信頼が崩壊した社会では科学は無力
 - ICRP勧告だけが頼り
- 科学は権力の意向の影響を受ける
- 人間の信頼があれば、科学は弱者を助ける