

放射能の影響と14年の変遷

福島原発事故による環境中の放射性物質濃度の 実態と推移について

福島国際研究教育機構 研究開発部門
地域環境共創ユニット ユニットリーダー

林 誠二

F-REI地域環境共創ユニットの紹介

2025年4月1日発足

取組の概要:

環境中での放射性物質の生態系への移行特性を把握するとともに、人間活動の影響を想定した移行抑制対策の効果について評価を行い、それらを踏まえた実装的な取組を住民との対話と協働を通じて進めることにより、福島環境回復と復興を目指す。

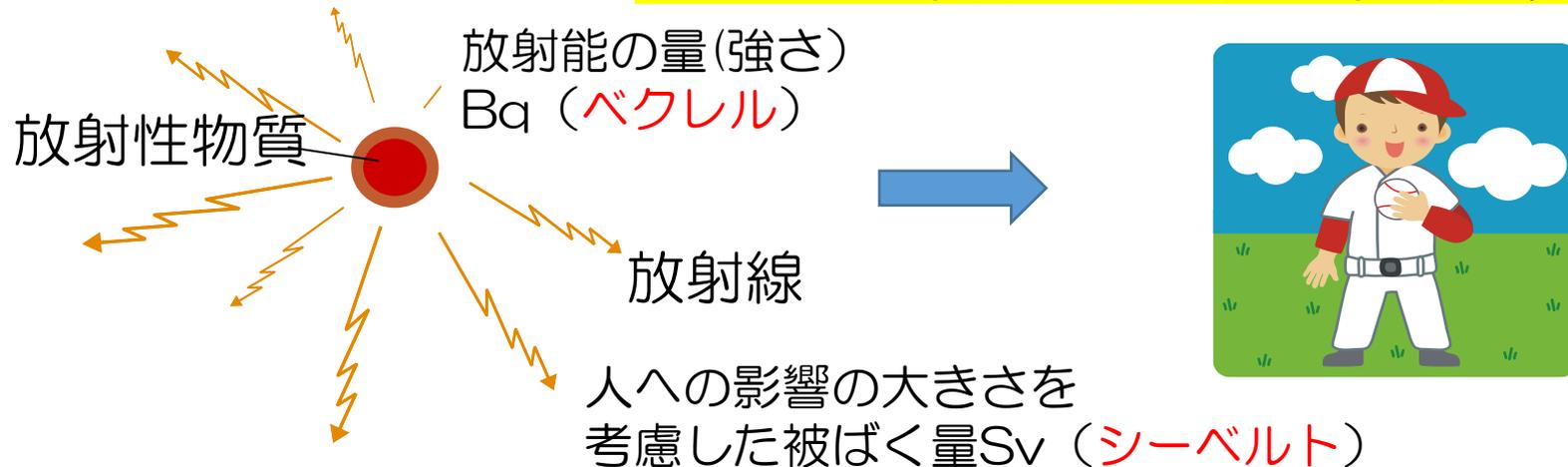
メンバー: 研究職員10名、研究支援スタッフ10名の計20名

活動拠点: 福島県環境創造センター研究棟



—放射性物質と放射線について—

1ベクレル：1秒間に1個の割合で原子核が変化



- 放射性物質：放射能を持つ物質の総称
- 放射能：原子核が崩壊して放射線を出す能力
- 半減期：放射性物質の量が元の量の2分の1になるのに要する時間
ヨウ素131：8日、セシウム134：2年、セシウム137：30年

2011年3月11日：福島第一原子力発電所（イチエフ）⁴ 事故の発生



写真：15 DECEMBER 2011 | VOL 480 | NATURE | 313

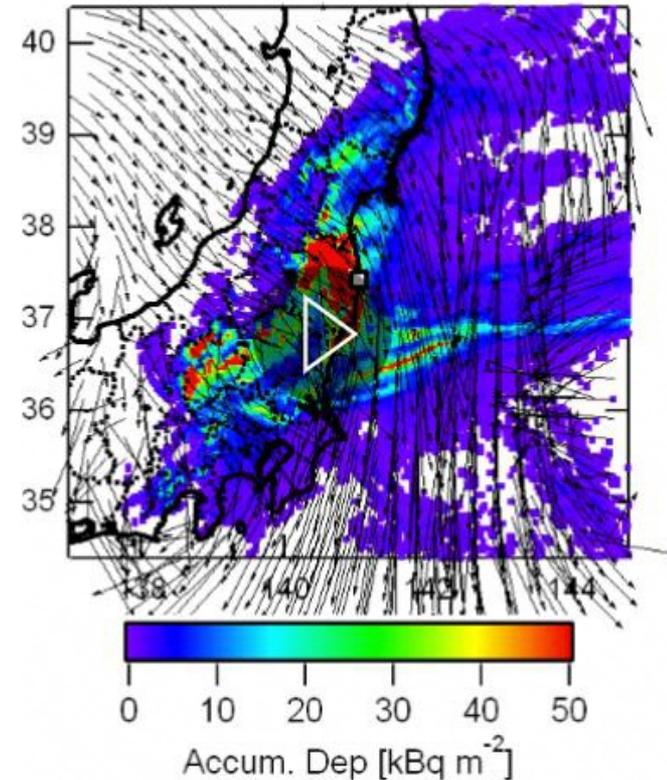
主な放射性物質の大気中への放出量（東京電力推計）

- ・ヨウ素131（半減期：8日）約 500×10^{15} Bq
- ・セシウム134（半減期：2年）約 10×10^{15} Bq
- ・セシウム137（半減期：30年）約 10×10^{15} Bq

約2割が陸域（日本国土）に降り積もった

国立環境研究所による
原発事故時セシウム137
沈着シミュレーション

DEP, 2011/03/23, 10JST
Cs-137



福島第一原発事故による空間線量率の推移

—航空機モニタリングによる地表面から1m高さの空間線量率(250mメッシュ)—

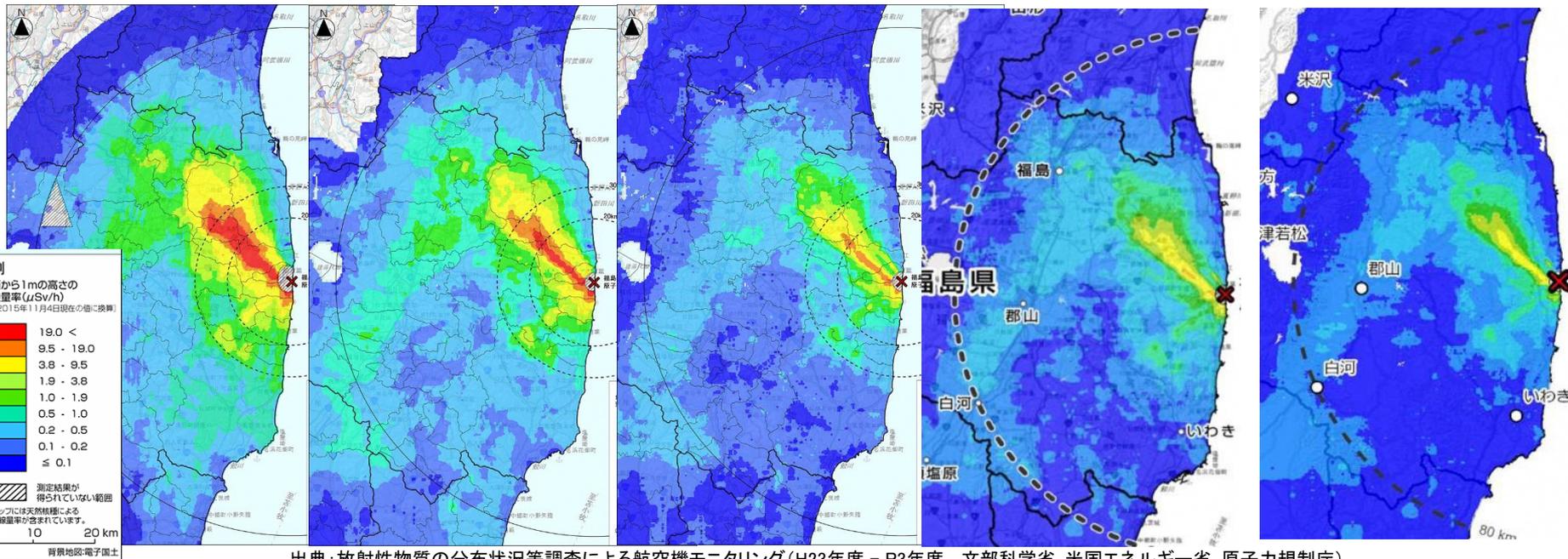
2011年5月

2012年6月

2015年11月

2019年11月

2024年12月



状況は明らかに改善されてきている

→自然減衰(特にセシウム134(半減期約2年))やウエザリング、**面的除染**の影響

面的除染の実施

- 宅地：洗浄・表土剥取
- 農地：5cmの表土除去→客土
- 森林：堆積物除去・枝打（**生活圏近隣、林縁から20mまでの範囲**）
（環境省：「除染関係ガイドライン」平成25年5月第2版（平成26年12月追補））

除染後の様子（福島県川俣町、飯館村）



福島県においては、除染特別区域（国直轄）、除染実施区域（市町村除染）ともに実施済

但し、県域の7割を占める**森林については検討課題**となっている

浪江町における除染の概要と空間線量率の推移

除染特別地域での取組



除染実施計画策定: 2012年11月

除染実施対象面積: 約3,300ha

面的除染の開始時期・完了時期 2013年10月～2017年3月

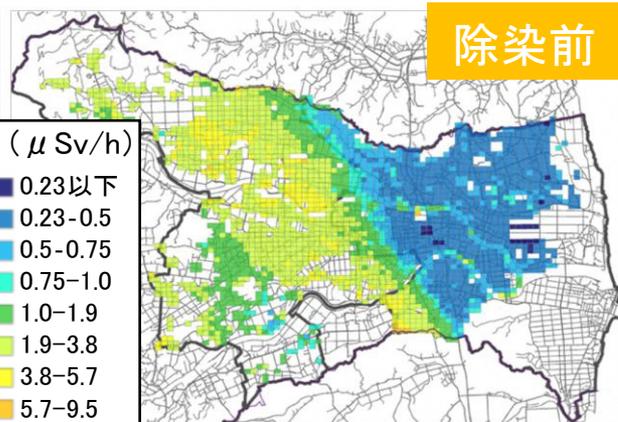
避難指示区域の解除 2017年3月31日

除染対象地域:

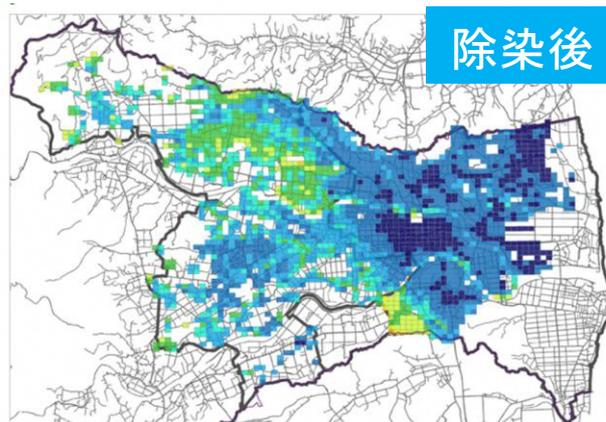
居住制限区域・避難指示解除準備区域の生活圏及び林縁部から森林側に20m入った部分

空間線量率1mメッシュマップ

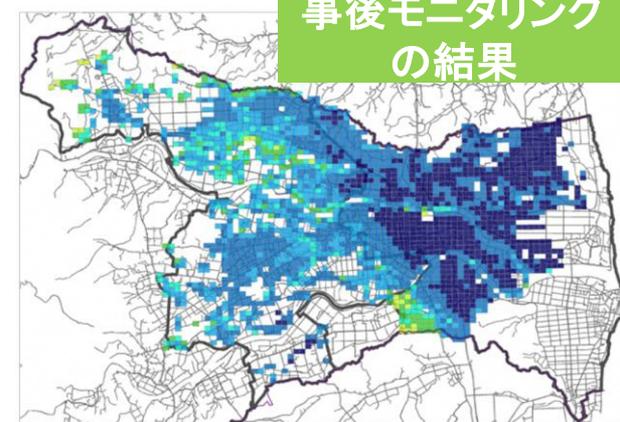
除染前



除染後



事後モニタリングの結果

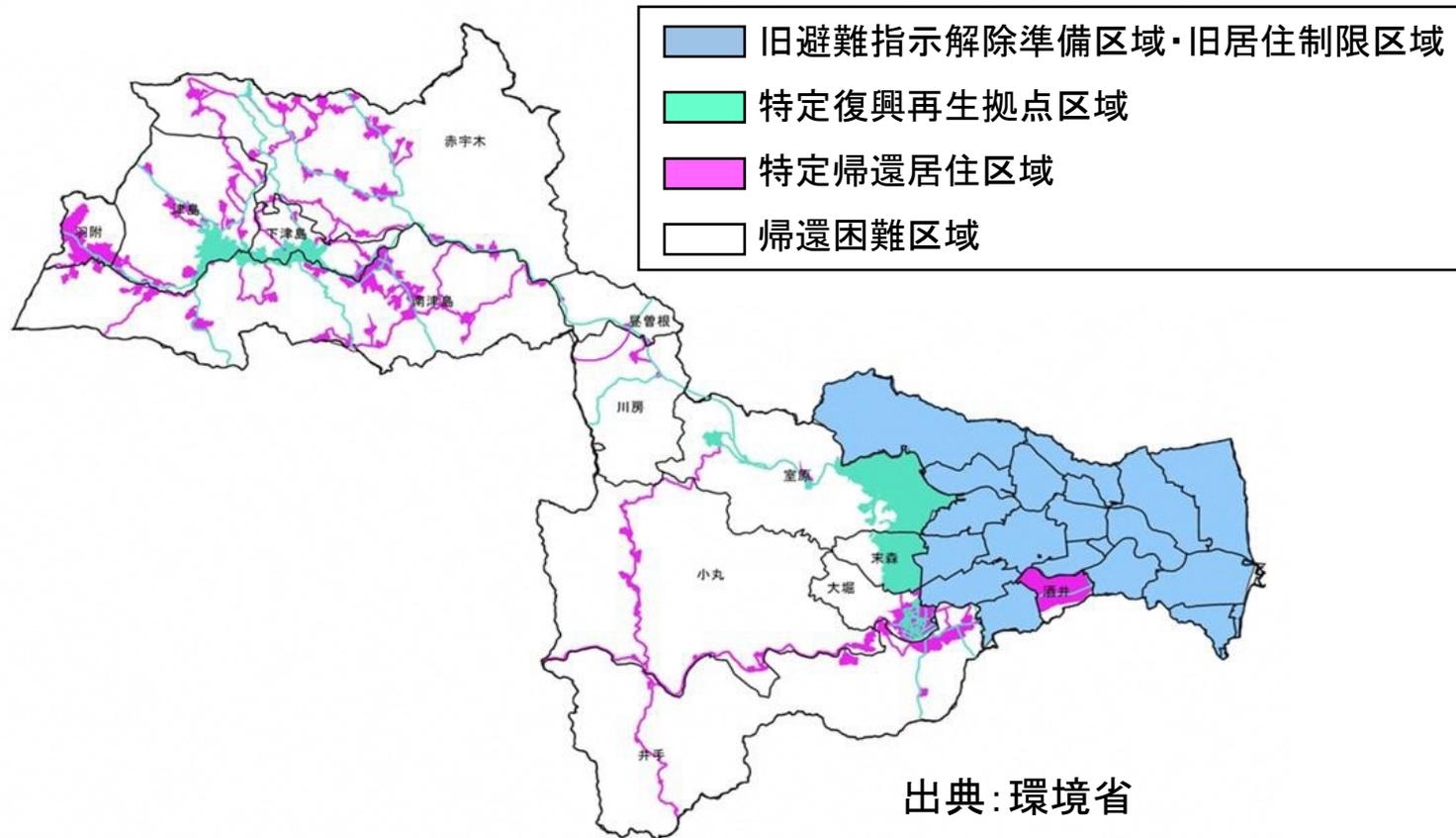


($\mu\text{Sv/h}$)



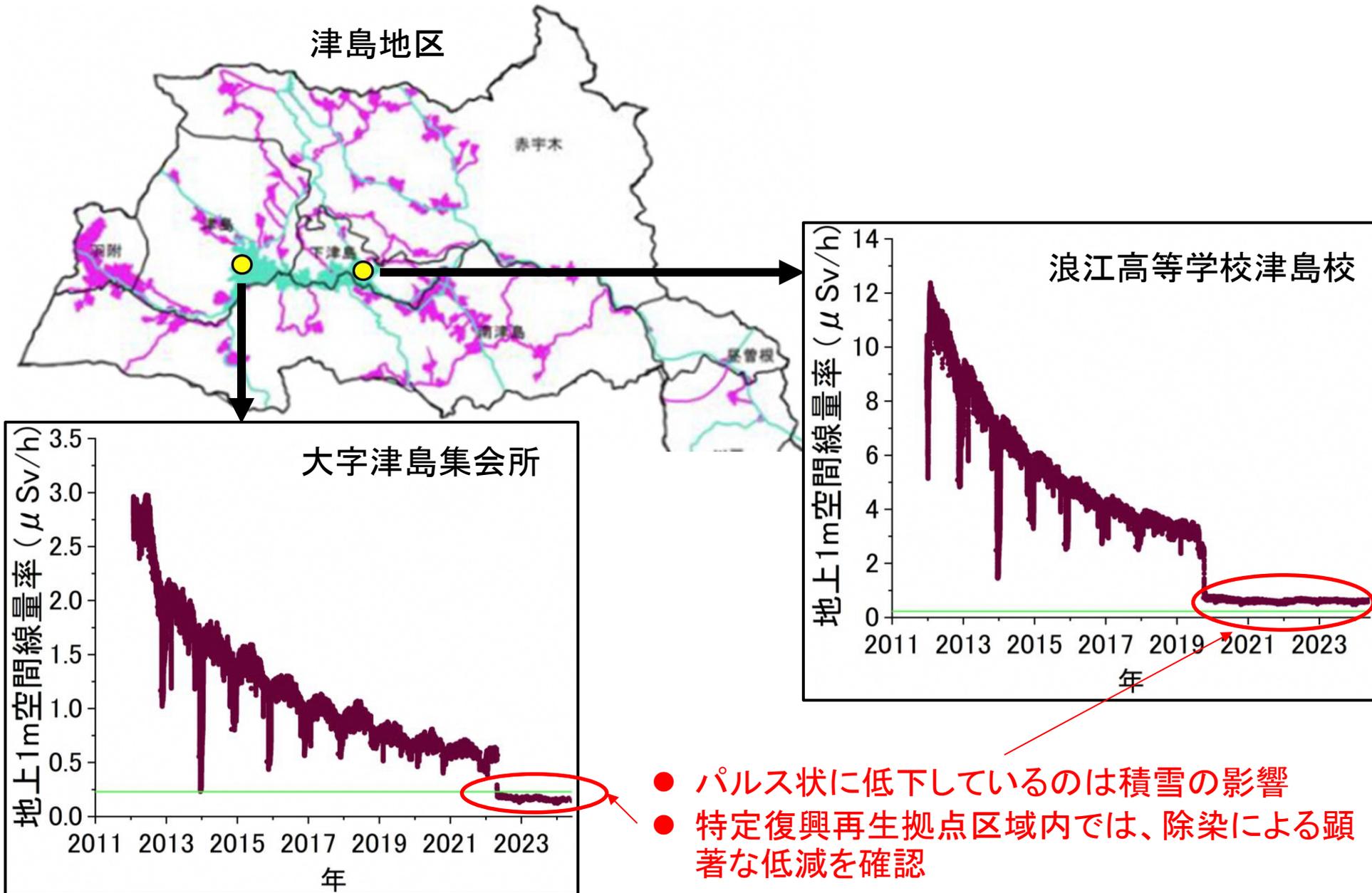
浪江町における除染の概要と空間線量率の推移

帰還困難区域での取組

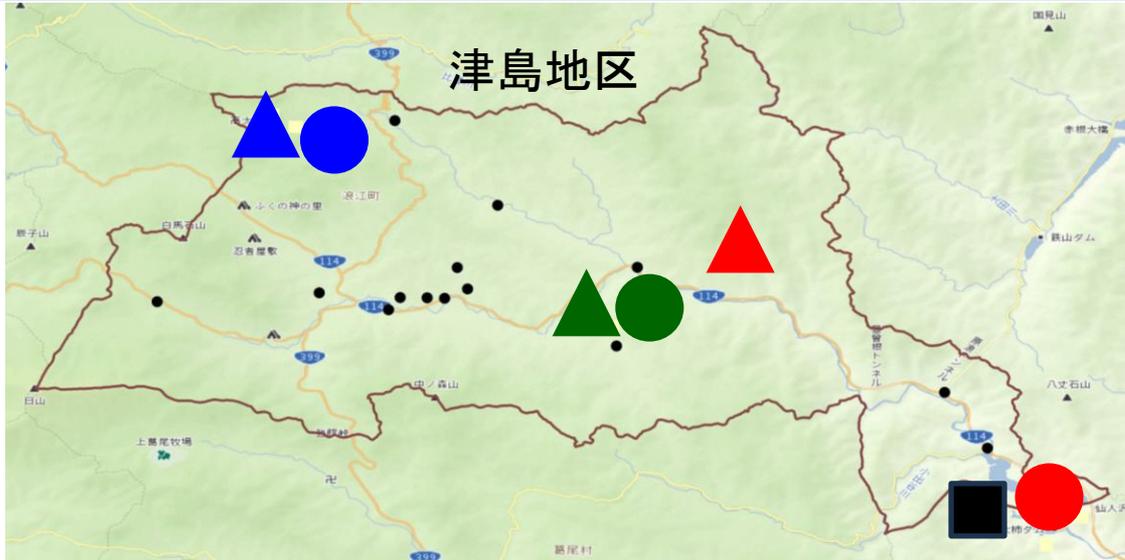


- 特定復興再生拠点区域：室原、末森、大堀、津島の各地区（約661ha）＋基幹道路や関連する町道（2023年3月までに完了）
- 特定帰還居住区域：2020年代をかけて、帰還意向のある住民全員が帰還することができる環境を整える（昨年6月除染開始）

モニタリングポストにおける空間線量率の推移

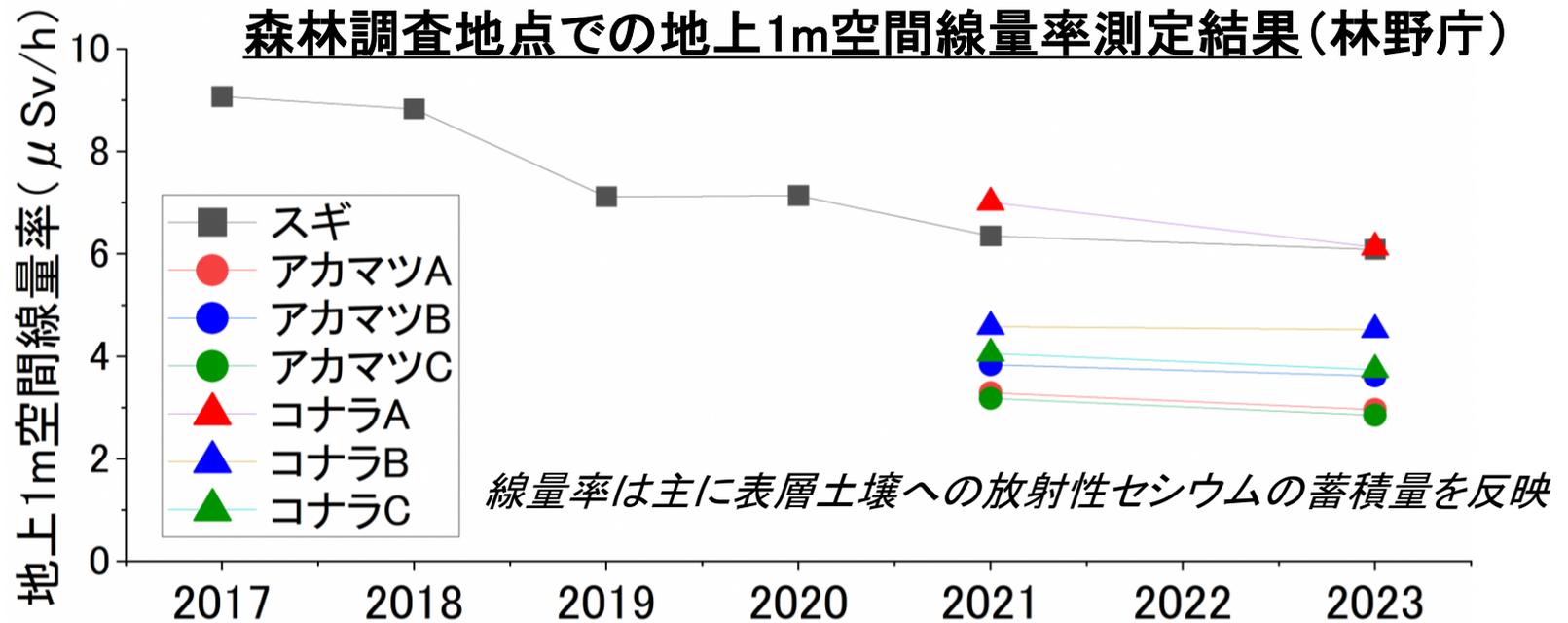


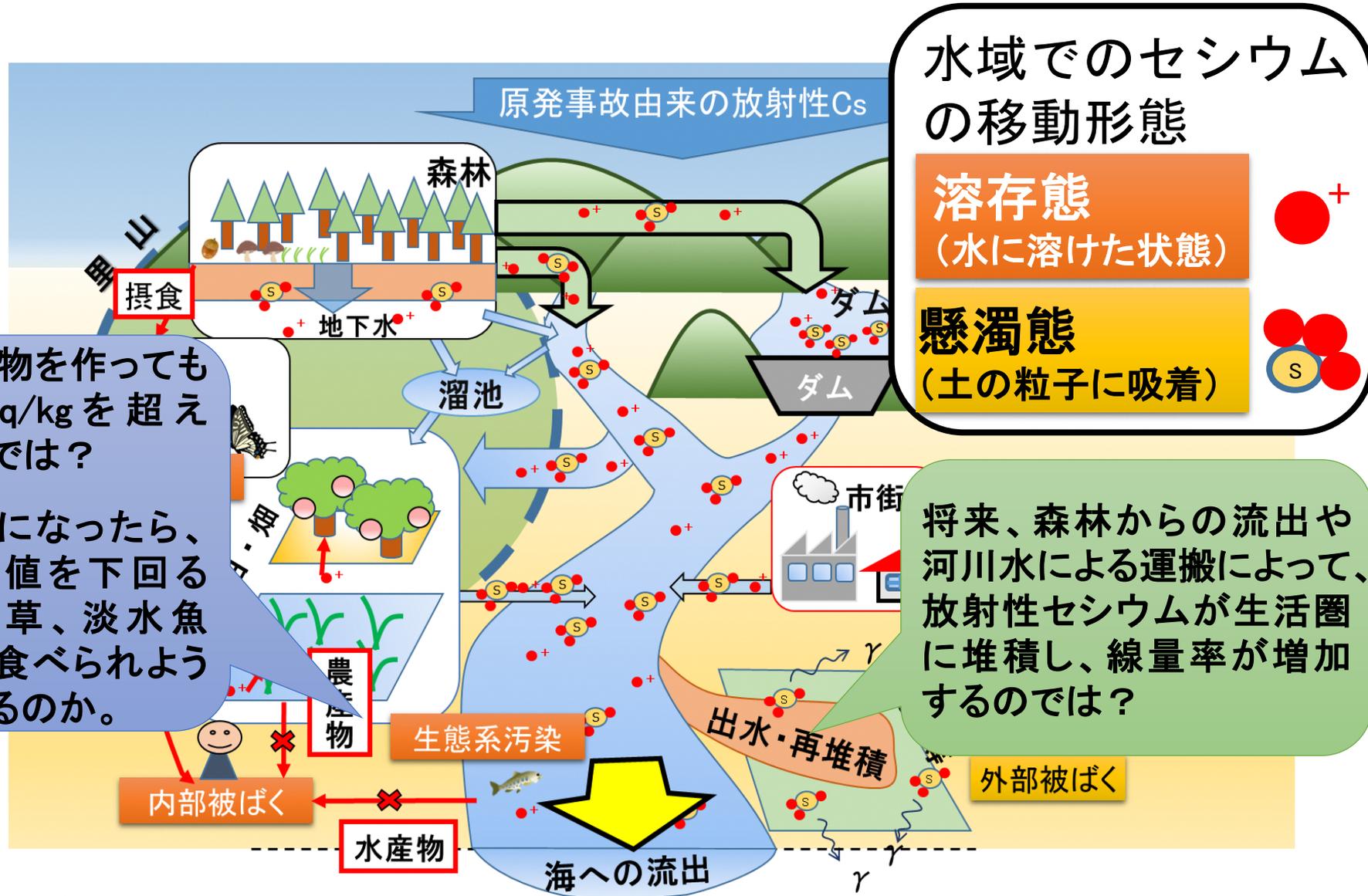
森林内の空間線量率の推移



- 林内の線量率は初期沈着状況を反映
- 線量率の低減速度はほぼ自然減衰と同じ
- 0.23 μ Sv/hを下回るのに90～120年は要する

出典: 林野庁 令和5年度 森林内の放射性物質の分布調査結果について



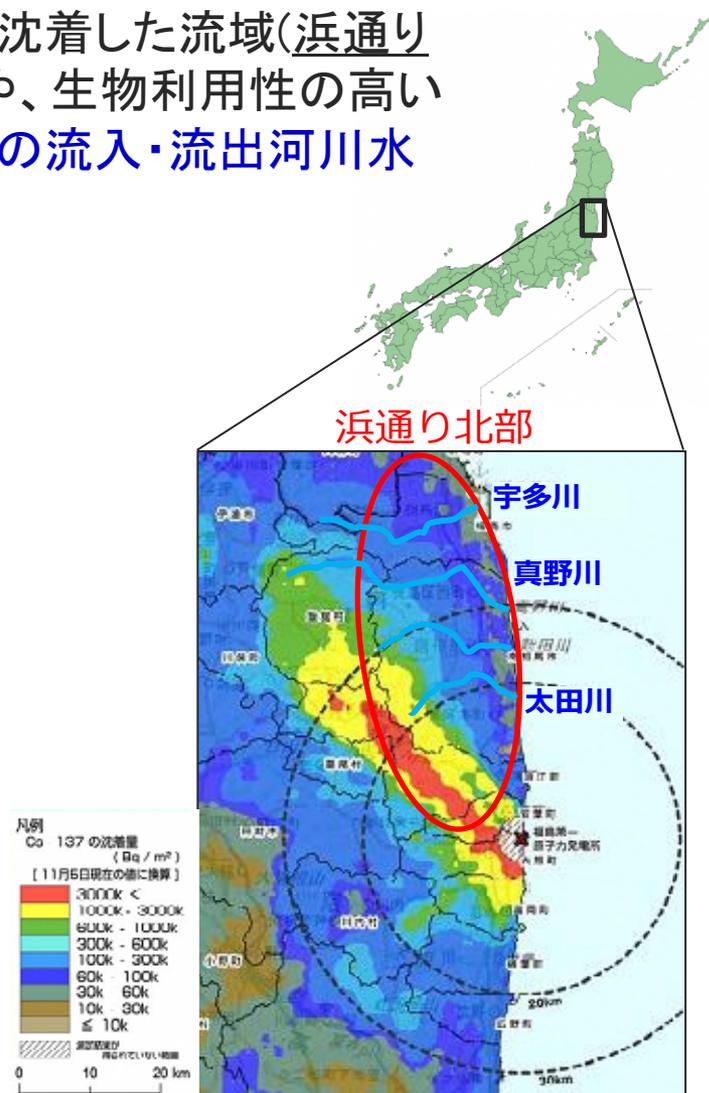


動きを理解することで被ばくリスクを評価し、その低減対策に役立てる

河川流域における放射性セシウム環境動態調査

上流の森林域に放射性セシウムが比較的高濃度に沈着した流域(浜通り北部)を対象に、ダム湖によるセシウムの貯留機能や、生物利用性の高い溶存態セシウムの挙動に着目し、2012年よりダム湖の流入・流出河川水とダム湖水を定期的にモニタリング

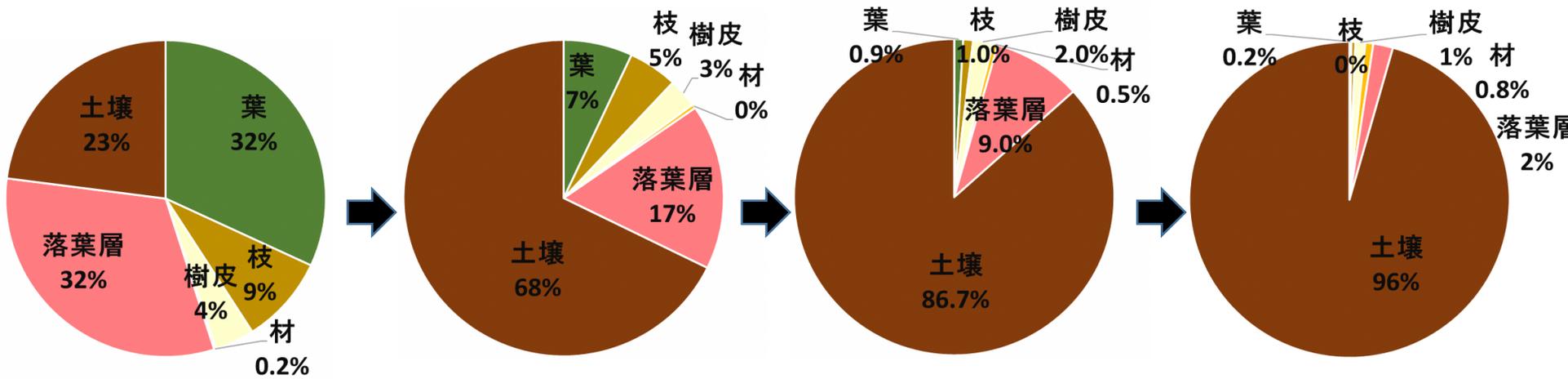
3河川の8地点, 3つのダムで定期的に採水・採泥



森林に沈着した放射性セシウムはどのように動いたのか

放射性セシウムの部位別分布割合の変化

スギ(川内村)

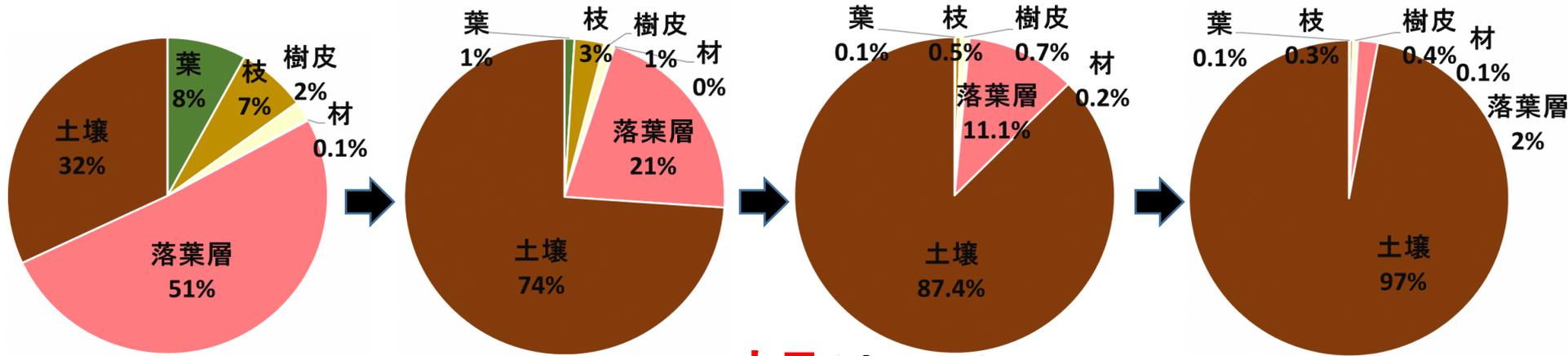


2011年8月

2012

2015

2019 or 2020



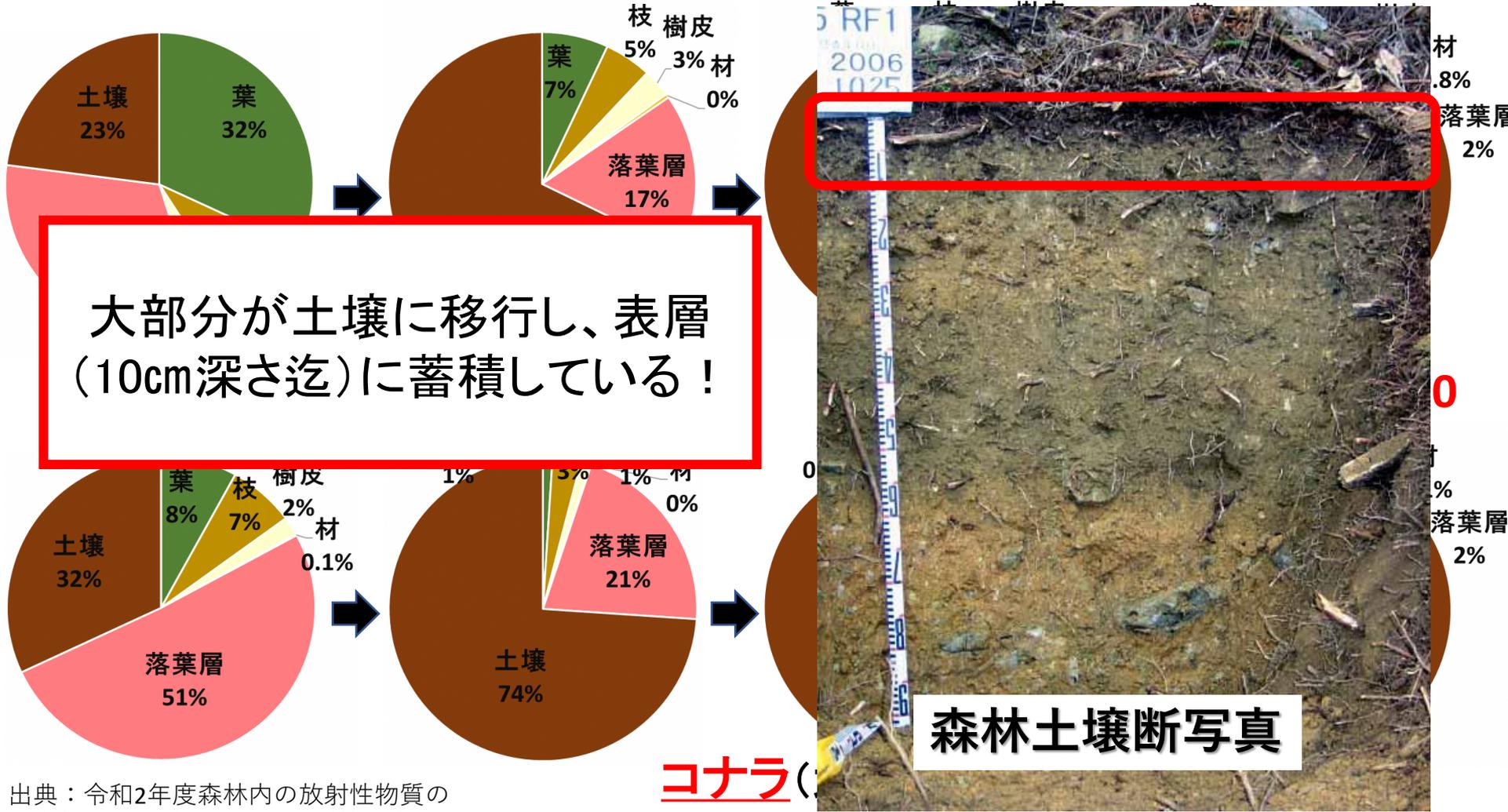
コナラ(大玉町)

出典：令和2年度森林内の放射性物質の分布状況調査結果について（林野庁）

森林に沈着した放射性セシウムはどのように動いたのか

放射性セシウムの部位別分布割合の変化

スギ(川内村)

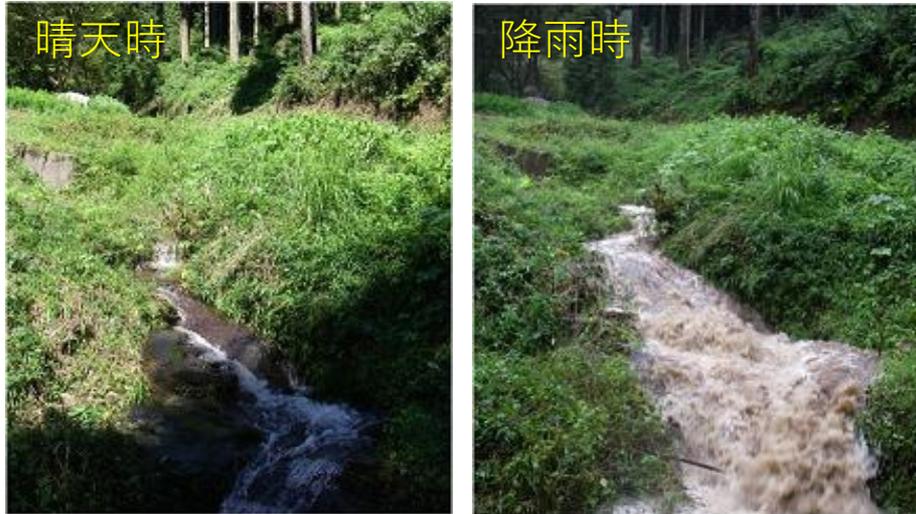


コナラ(川内村)

出典：令和2年度森林内の放射性物質の分布状況調査結果について (林野庁)

森林流域からの流出状況は？

森林溪流における土砂流出の様子



森林域を対象とした事故由来のセシウム137流出の実態

| | 太田川上流 (24か月間) | 宇多川上流 (36か月間) |
|--|------------------|------------------|
| ^{137}Cs 沈着量 (kBq/m ²) | 1,900 | 170 |
| 流出土砂由来 ^{137}Cs 濃度 (kBq/kg) | 61~130 | 6.8~9.3 |
| 流出土砂由来 ^{137}Cs 流出量 (kBq/m ²) | 8.8 | 0.51 |
| 年間流出率 (%) | 0.08~0.38 | 0.04~0.16 |

観測期間:

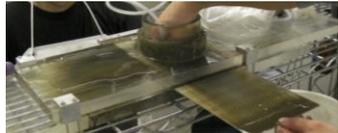
宇多川上流:平成24年9月15日~平成27年9月15日

太田川上流:平成26年1月1日~平成27年12月31日

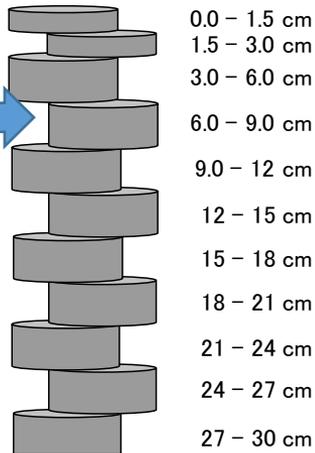
- 森林からのセシウム流出は、主に**土粒子に付着した状態**(懸濁態)で生じている。
- セシウムの流出は**雨の降り方に強く依存**している。
- ただし、蓄積状況に関わらず、**台風等の大規模降雨時を考慮してもセシウムはほとんど流出していない。**

放射性セシウム137の移行に対するダム湖の役割

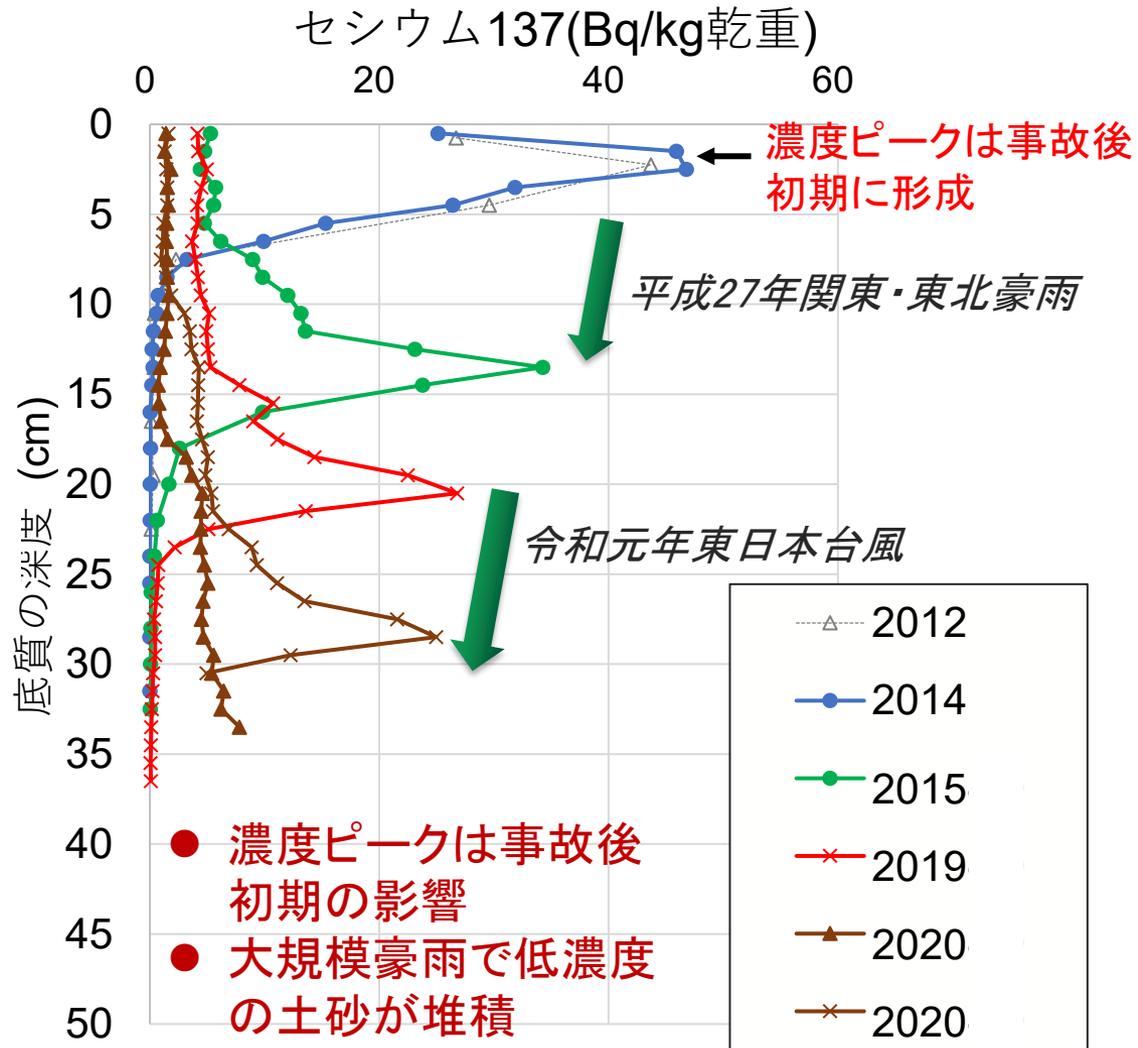
ダムの役割は水の流れを堰き止めて貯めること
↓
流入土砂も自ずと溜まる
(堆砂作用)



採取し底泥を層別に切り分け



ダム湖底泥に蓄積したセシウム137濃度鉛直分布



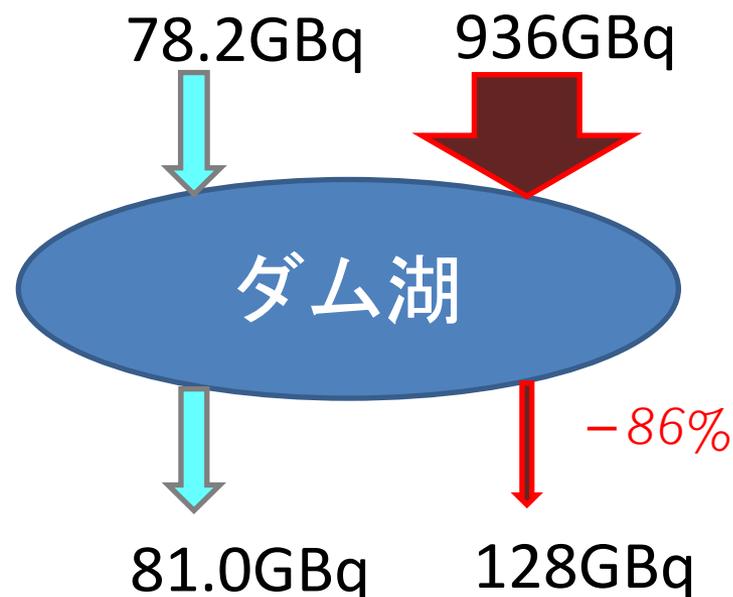
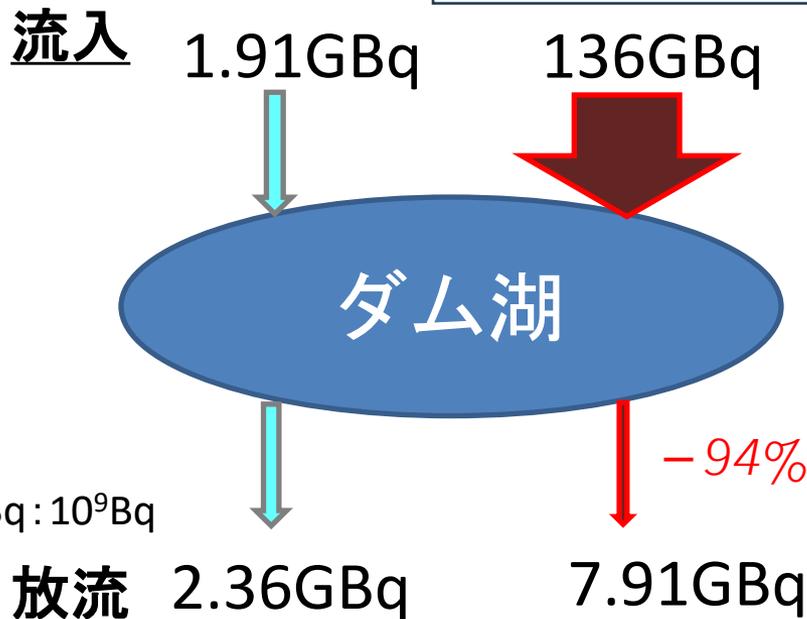
放射性セシウムの移行に対するダム湖の役割 ¹⁷



ダム湖におけるセシウム137の貯留実態

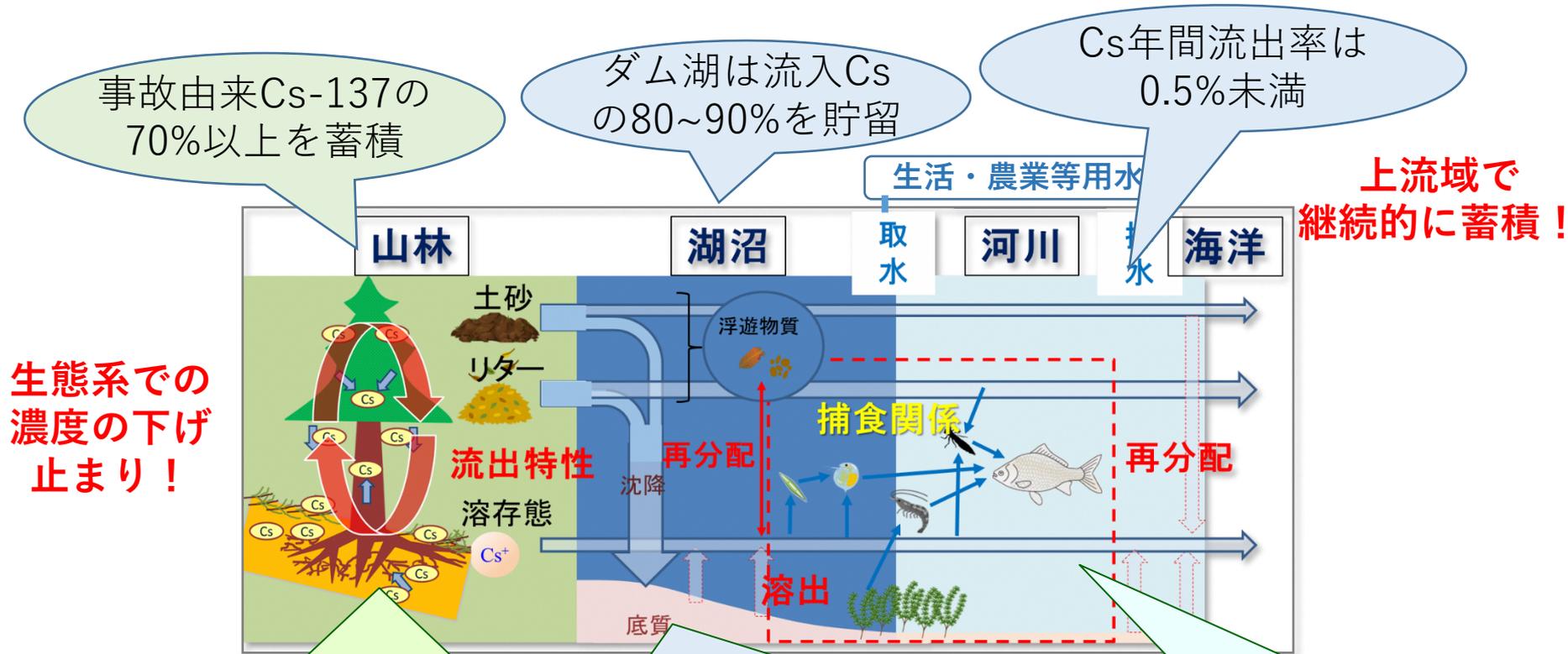
松ヶ房ダム(宇多川)
(期間:2014.1.1-2020.12.31)

横川ダム(太田川)
(期間:2014.1.1-2019.12.31)



流入するセシウムの多くは湖底に溜まって、下流へ移動していない

まとめと課題：河川流域における放射性セシウムの動き



- ▶ 落葉層への再集積と循環
 - 落葉広葉樹で顕著に
 - 溶存態の発生源として作用
 - **林産物（山菜や野生キノコ）等における濃度の下げ止まり**

- ▶ 底質からの溶出（発生源としての役割）
 - 温度と酸素条件が影響

▶ 淡水生態系への移行

- 湖沼魚類における生物濃縮
- 上位種における濃度の下げ止まり

- ▶ 都市河川での高濃度化
 - 浮遊性土粒子からの脱離

自然資源（木材や自家採取食品等）の放射性セシウム濃度の予測と低減対策の実施へ

生物（主に食べ物）への 放射性セシウムの移行状況

出荷できるかどうか判断する値（基準値）は
100Bq/kg（出荷する状態で）



摂取による追加被ばく線量が年間1mSVを
超えないように設定

山菜や野生きのご利用を通じた文化の喪失

① 娯楽性のある生業・余暇活動の喪失

- ・「経済的損失」と「季節イベントの消失」

② 地域住民同士のコミュニケーション機会の喪失

- ・「おすそ分け」や「調理法の伝授」

③ 地域の食文化を下支えする調理技術の喪失

- ・調理法には多様な「地域性」
凍み餅（阿武隈地域）、漬物（川内村）



山菜について

コゴミ



コシアブラ



タケノコ



ワラビ



フキノトウ

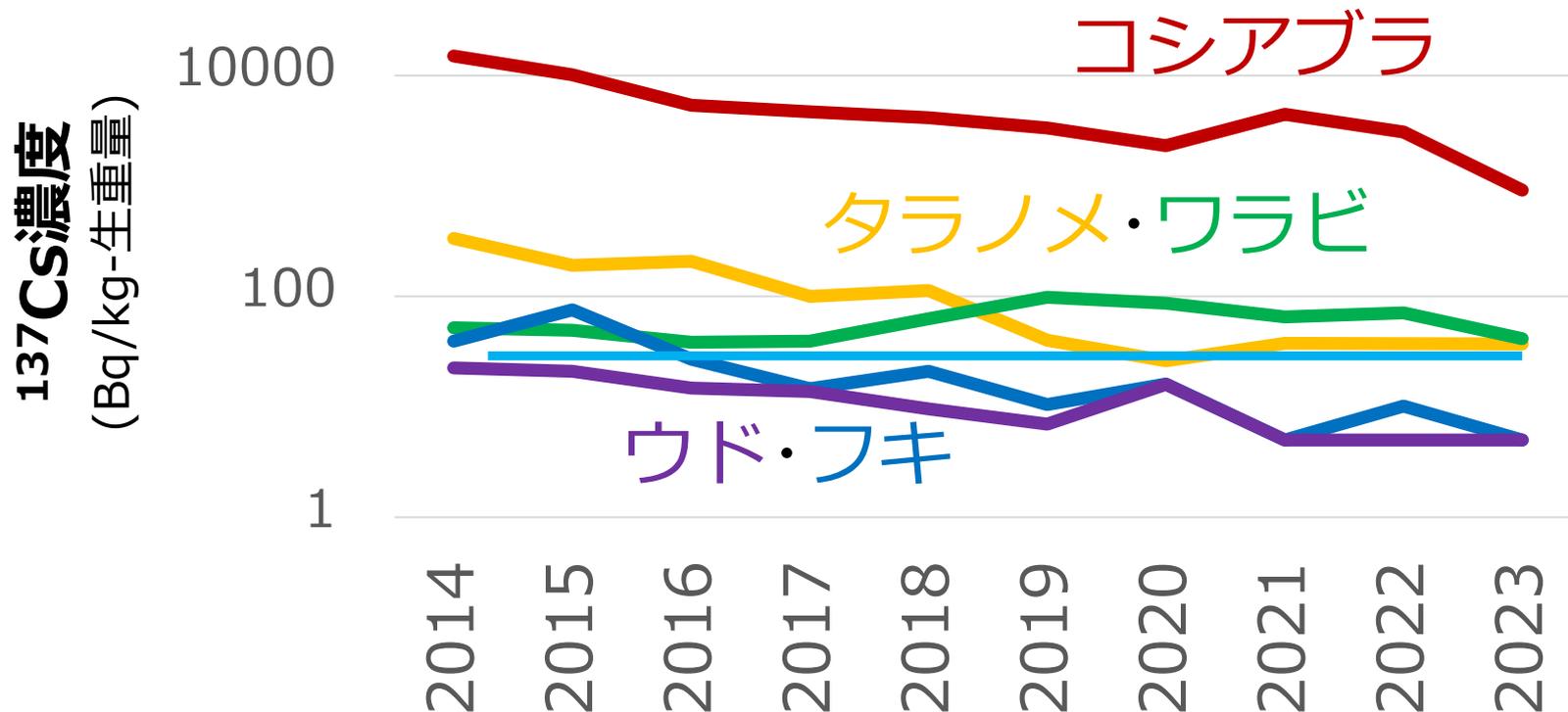


タラノメ



山菜における放射性セシウム濃度の推移

飯舘村で採取された山菜のセシウム137濃度の中央値

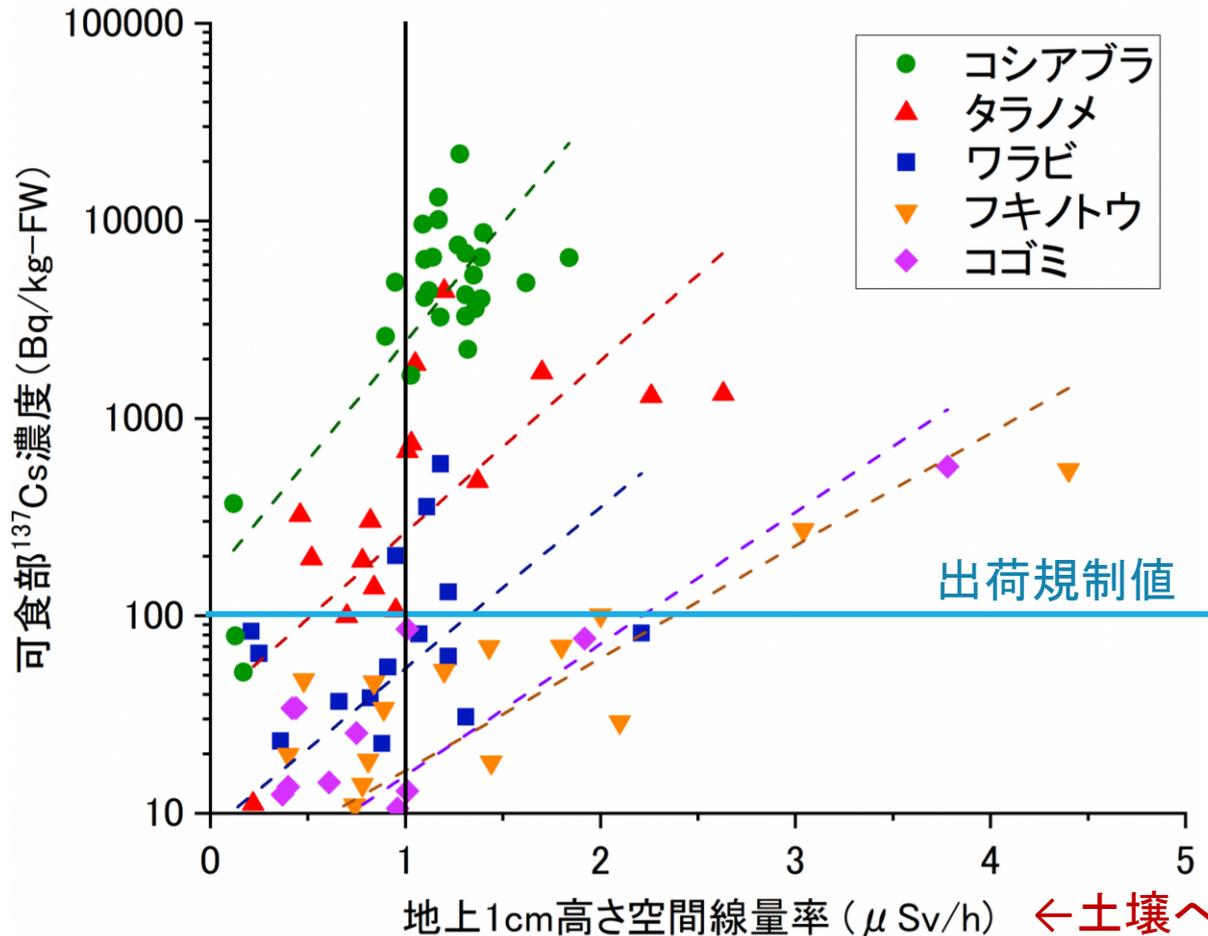


毎年4~6月測定分 (<https://www.vill.iitate.fukushima.jp/soshiki/4/400.html>)

- 濃度は低下傾向にあるが、未だに多くの種で基準値を超過
- 種類によって濃度レベルは大きく異なる。コシアブラが突出して高く、ほぼ福島県内全域で出荷制限状態が続いている。

土壌への放射性セシウム蓄積状況との関係

浜通り地方の様々な場所で採取調査を実施(2020-2024年)

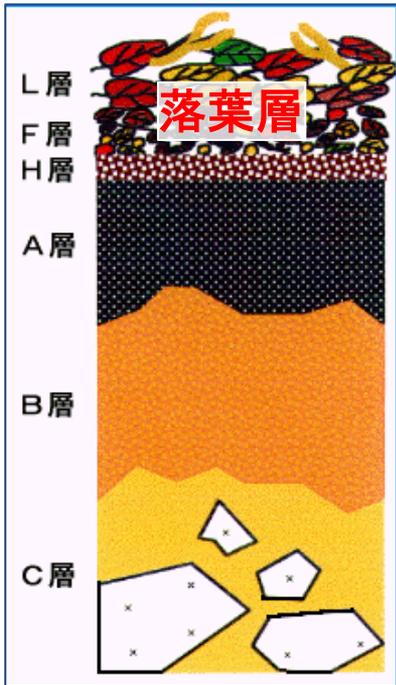


土壌への蓄積状況が同じでも、新芽の濃度は種類によって大きく異なる
土壌への蓄積状況が同じでも、新芽の濃度は同じ種類でも大きく異なる

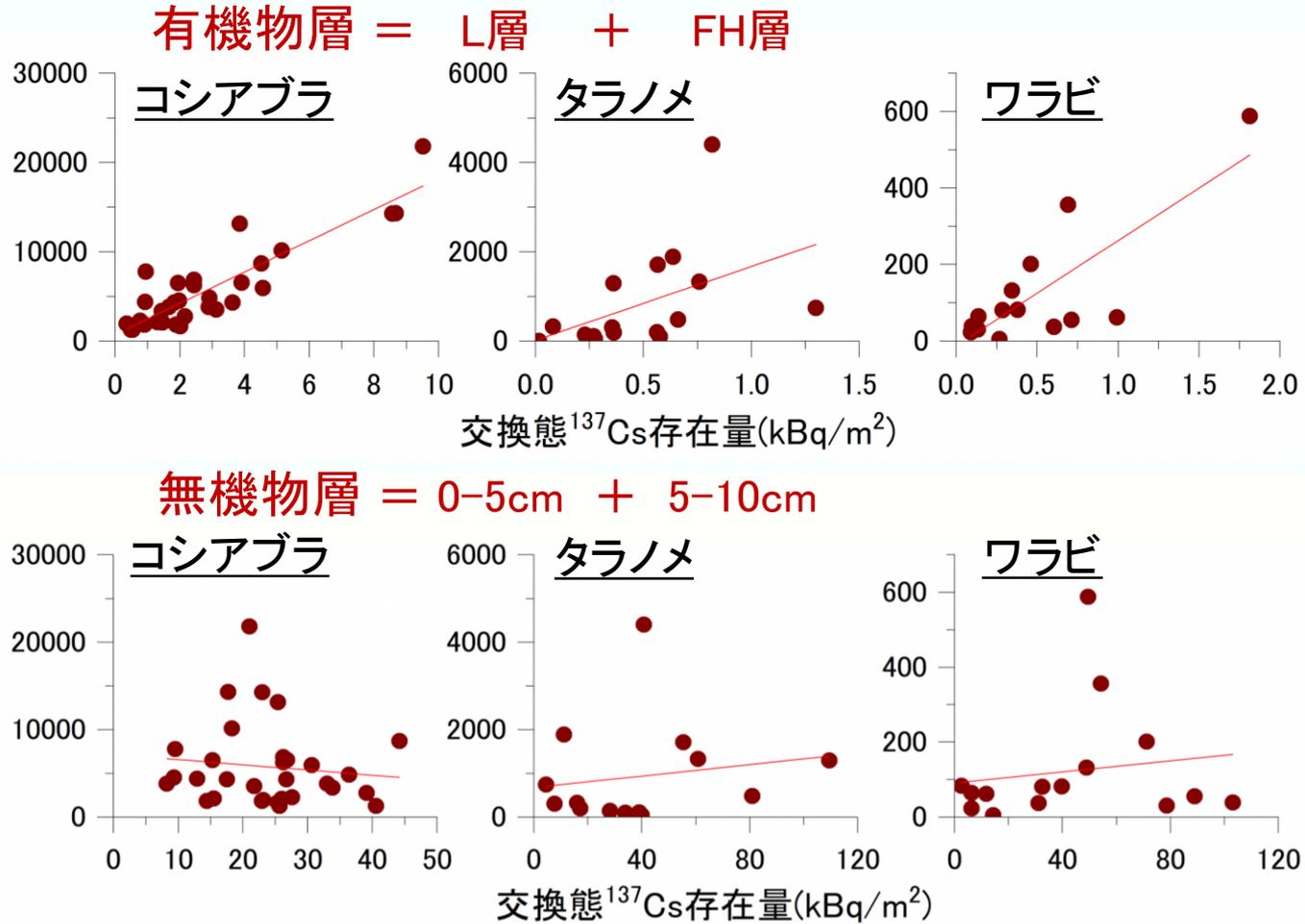
土壌への放射性セシウム蓄積状況との関係

交換態¹³⁷Cs: 生物に利用され易いセシウム137の形態

森林土壌断面の
模式図



新芽のセシウム137濃度
(kBq/kg-生重量)



蓄積の程度は圧倒的に無機物層 >> 有機物層だけど...

土壌全体の蓄積状況よりも、**有機物(落葉等)の含有状況**が山菜の濃度に強く**影響**している

野生の食用キノコについて

コウタケ



マツタケ



アマタケ



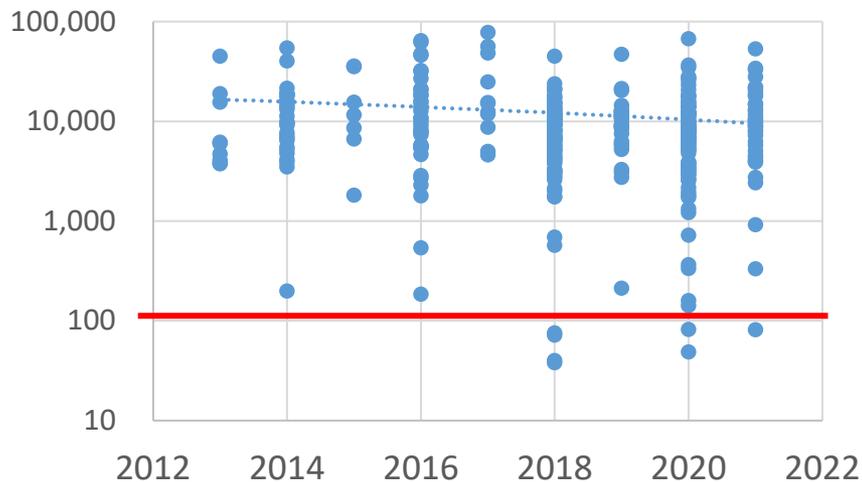
クリタケ



出典: 飯舘村役場

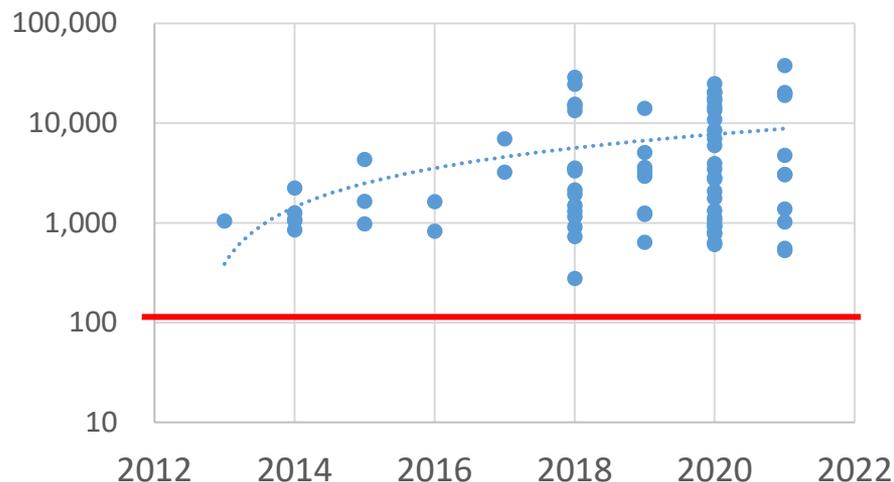
セシウム137 (Bq/kg湿重)

コウタケ



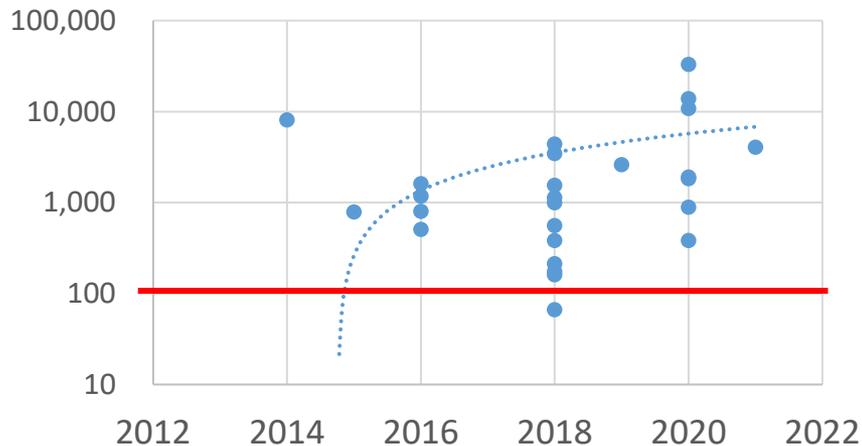
セシウム137 (Bq/kg湿重)

マツタケ



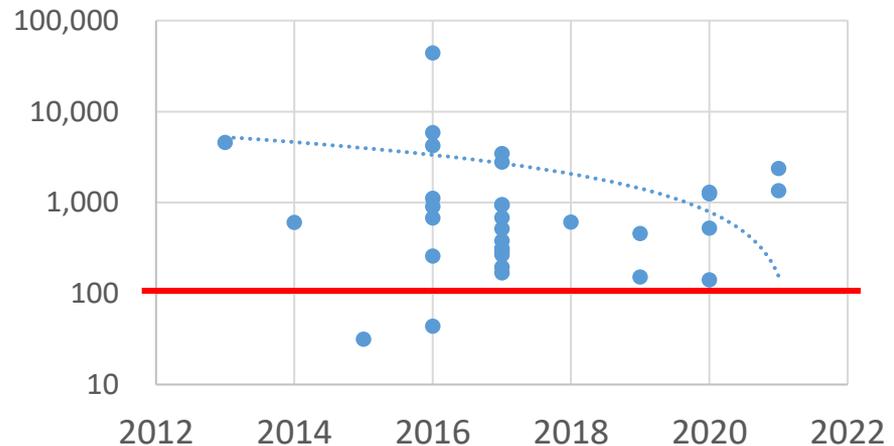
セシウム137 (Bq/kg湿重)

アマタケ



セシウム137 (Bq/kg湿重)

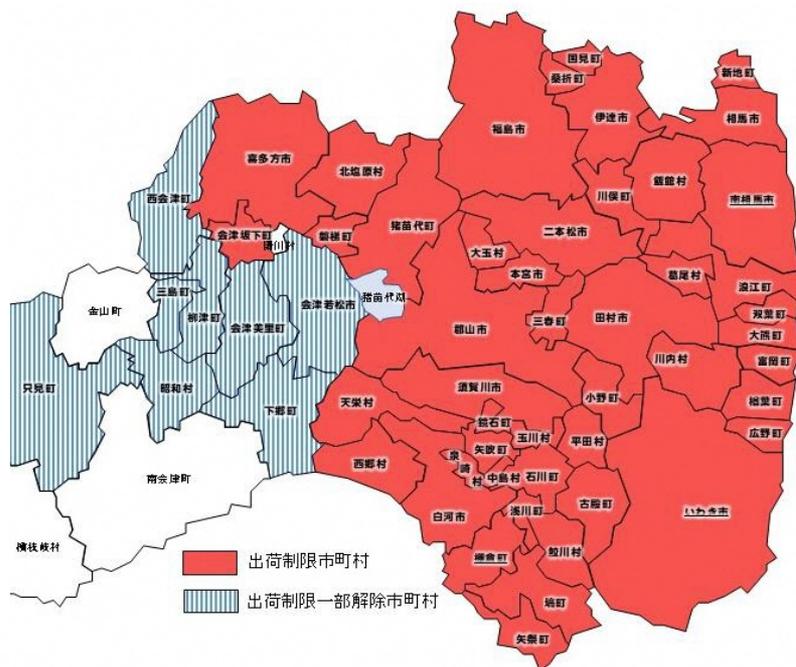
クリタケ



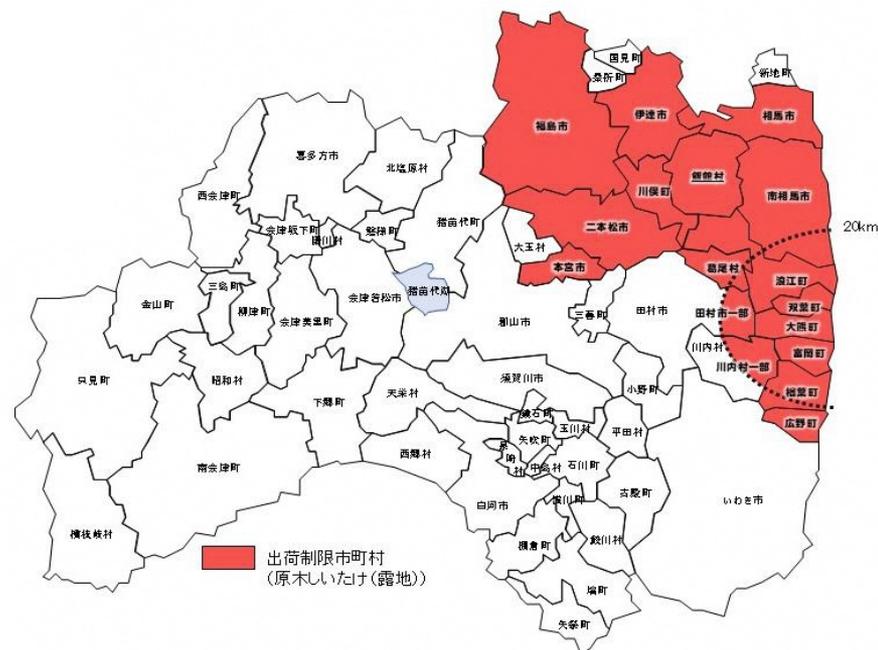
- 濃度の増減傾向は不明。種類によって濃度は大きく異なる
- 同じ種でも生息する場所によって濃度は大きく異なる

福島県におけるキノコの出荷制限状況（令和7年4月25日現在）

野生キノコ出荷制限位置図



原木しいたけ(露地)出荷制限位置図

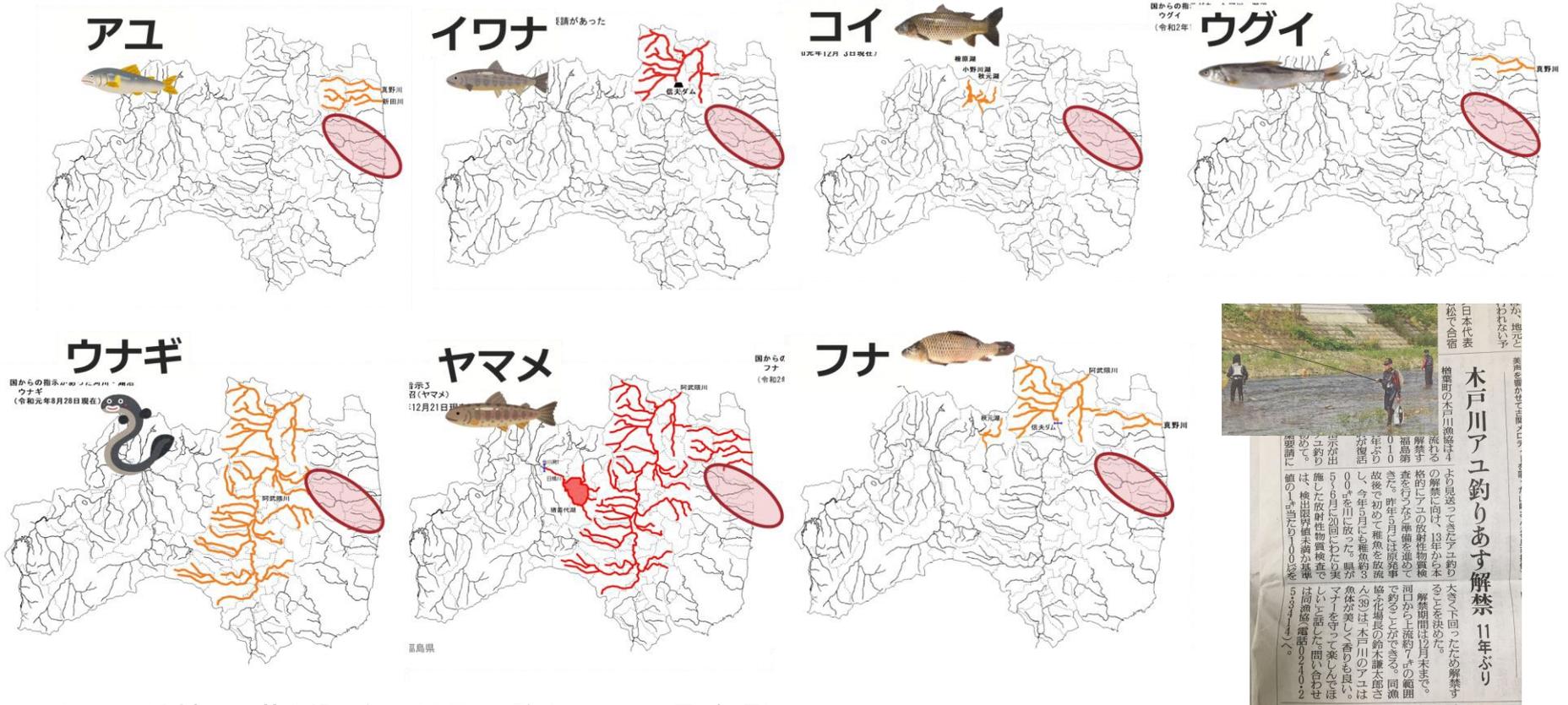


■ 出荷制限市町村 ▨ 出荷制限一部解除市町村

出典：<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36055c/ringyo-syukkaseigen.html>

淡水魚（川魚）について

出荷制限等の措置を受けている河川水系



内水面の採捕・出荷制限等の措置一覧(2022年7月確認)

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-suisanka-monita-top.html>

- 淡水魚は現在でも出荷制限・釣りの自粛地域あり。
- 出荷制限のある地域では、漁協の活動が制限される(放流, 遊漁券の販売)。

福島民友

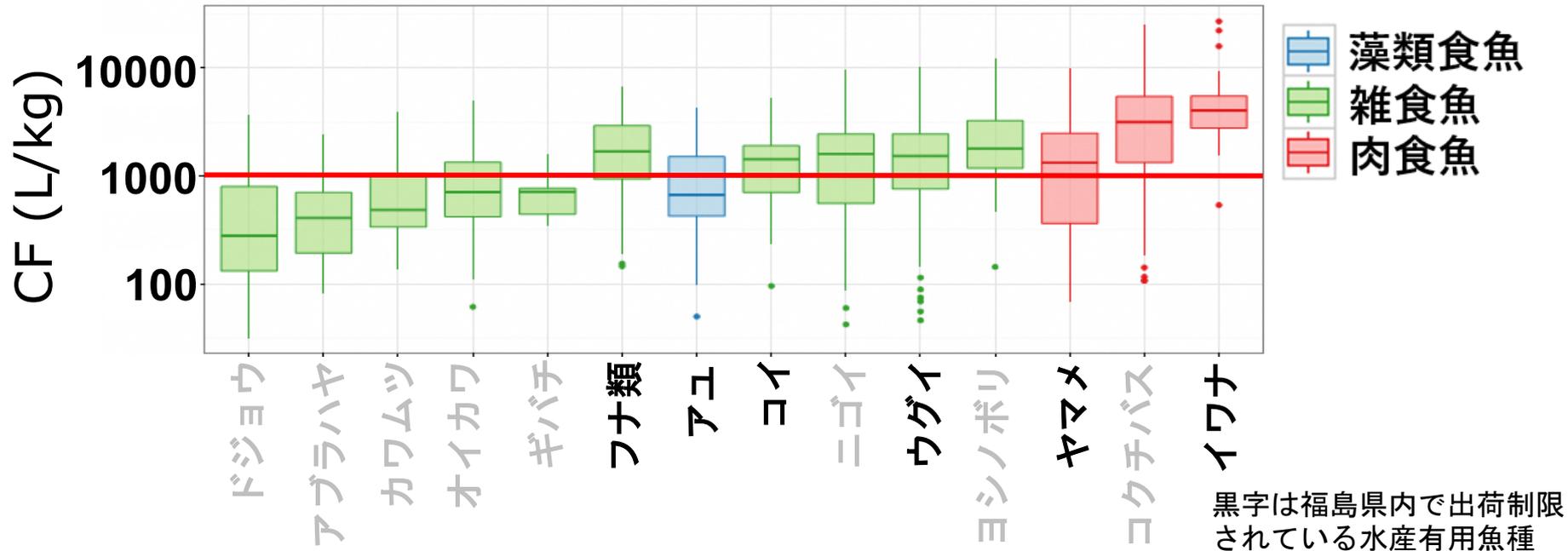
2021年 木戸川(7/4)・阿武隈川(7/1)
アユ釣り解禁

福島県内の淡水魚への放射性セシウム137の移行状況

魚への濃縮係数 (Concentration factor, CF)を用いた評価

$$CF [L/kg] = \frac{\text{魚のセシウム137濃度 [Bq/kg]}}{\text{水のセシウム137濃度 [Bq/L]}}$$

環境省測定値 (2014-2016年) を用いた濃縮係数算定結果



- **魚の種類**によっては移行状況は異なり (雑食魚 < 肉食魚)、水の濃度が下がっても (<0.1Bq/L) **出荷規制が続くケースが生じる**可能性が高い

請戸川水系における川魚の放射性セシウム濃度の推移³⁰

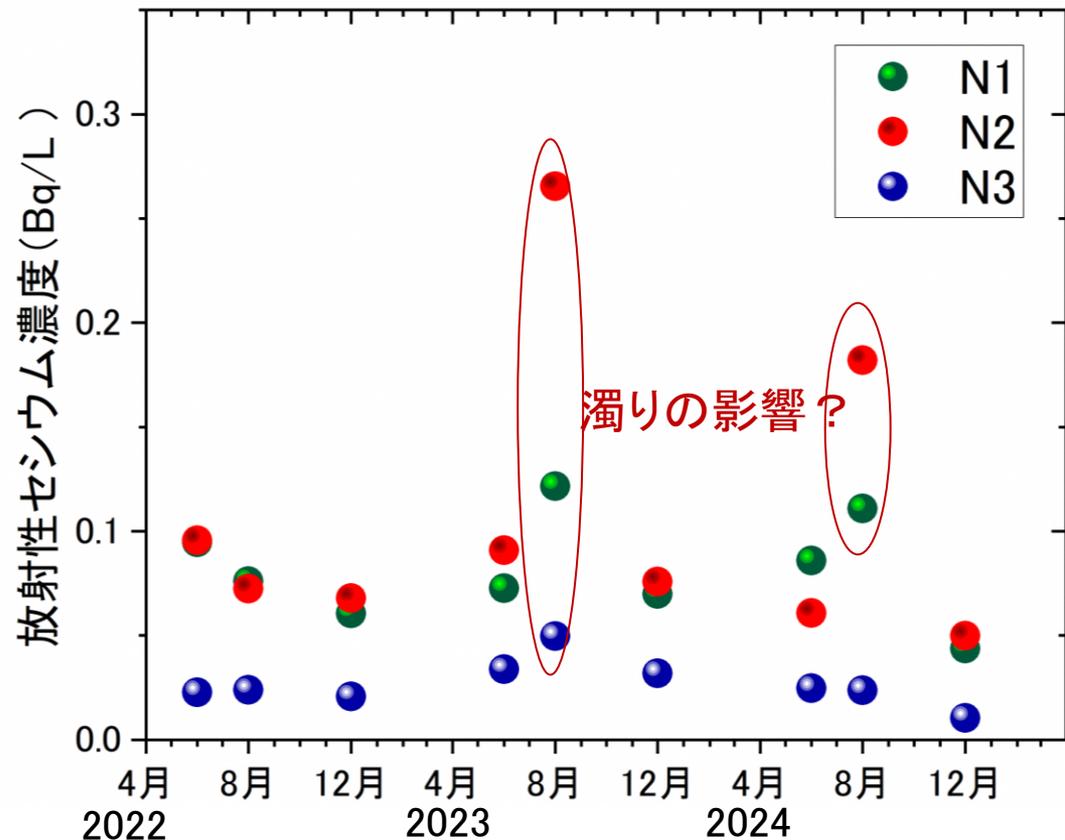
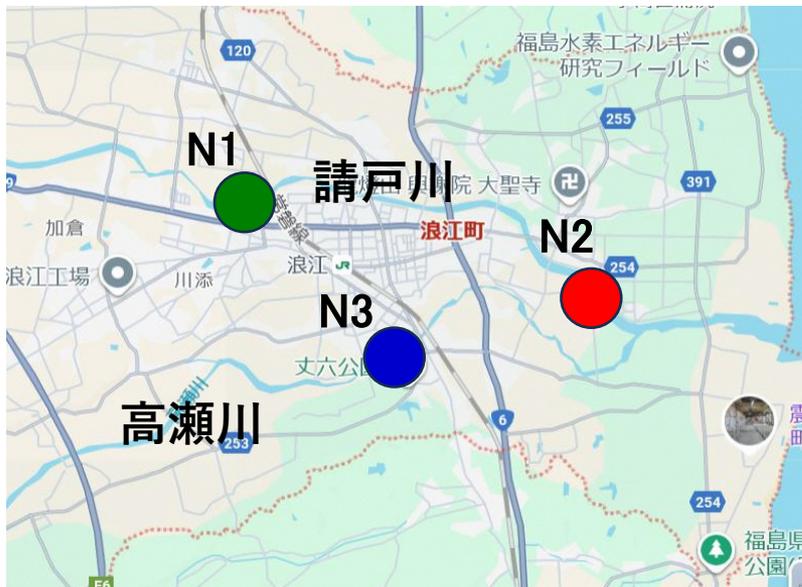
出典:環境省水生生物モニタリング

河川水の状況

河川水中の放射性セシウム濃度*

* 未ろ過水(浮遊性物質も含む)の濃度

環境省による調査地点

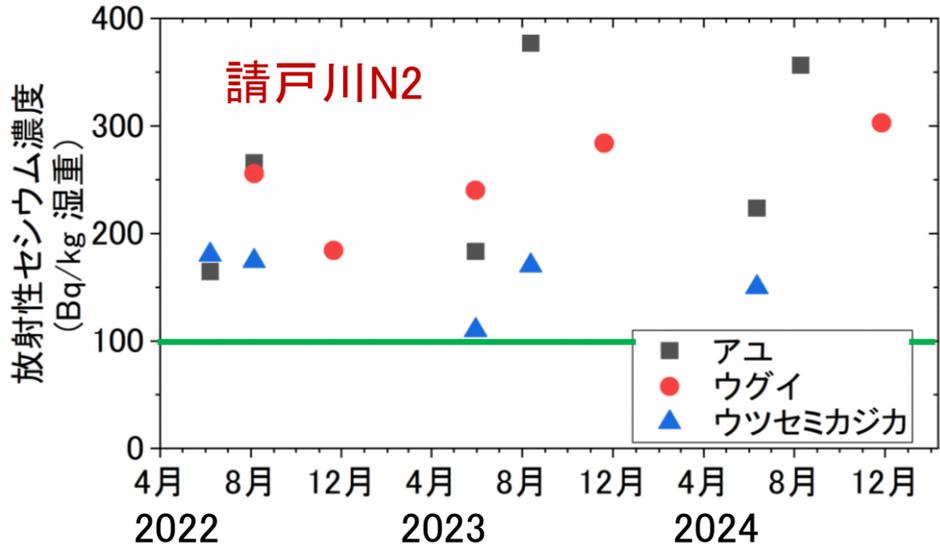
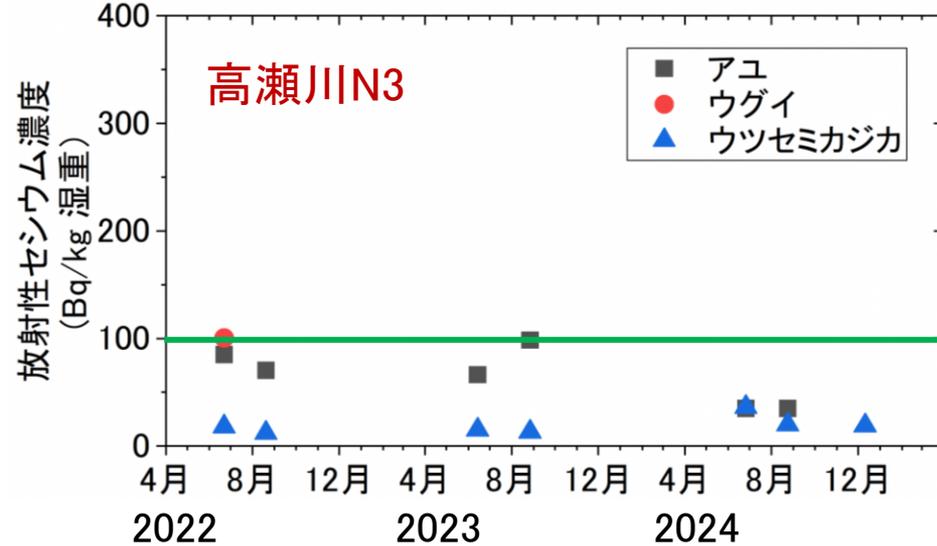
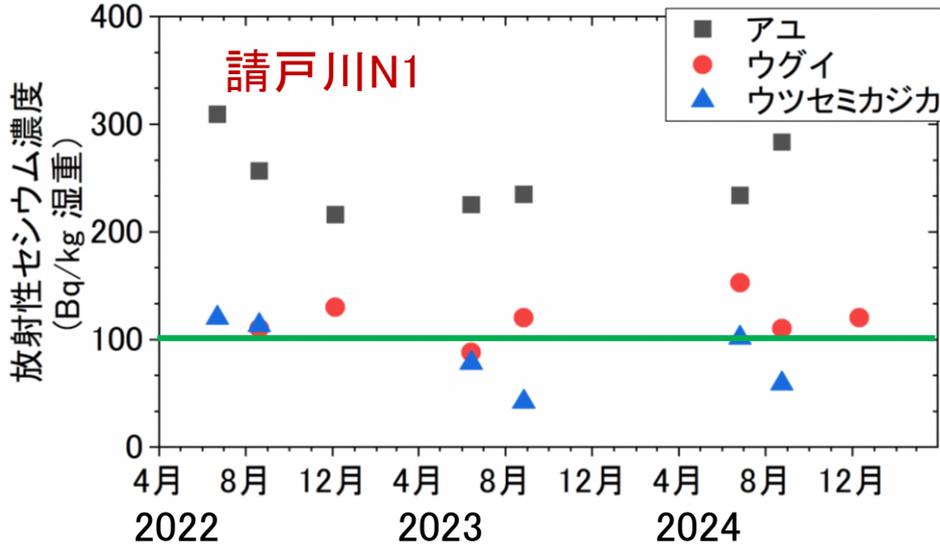


- 水利用(飲料や灌漑等)という面では被ばく影響は極めて小さい
(飲料水の基準値:10Bq/L、水稻の灌漑水利用の目安:1Bq/L)
- 流域へのセシウムの蓄積状況を反映して、河川水中の濃度は請戸川>高瀬川

請戸川水系における川魚の放射性セシウム濃度の推移³¹

川魚の状況

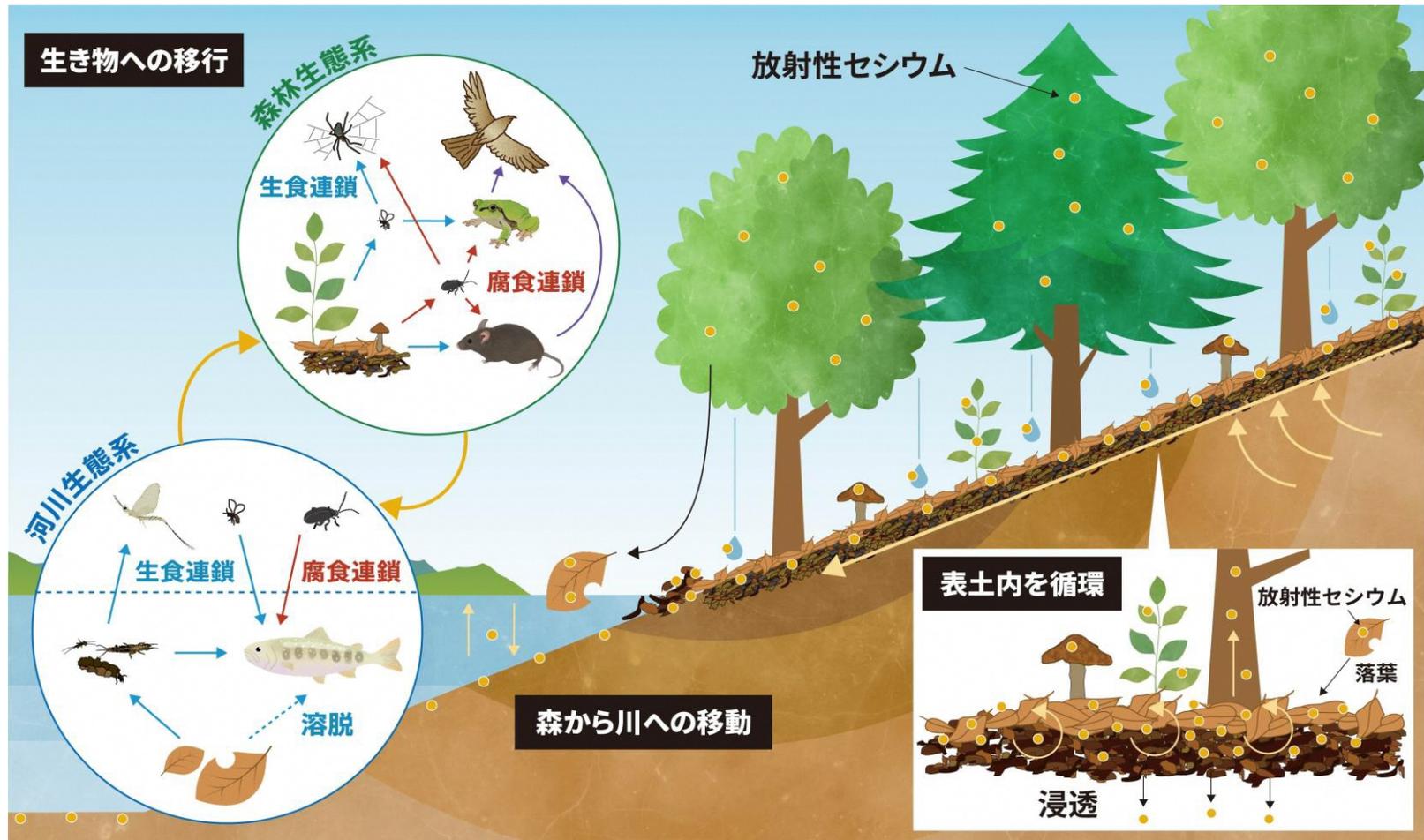
出典：環境省水生生物モニタリング



- 請戸川では多くの魚種が出荷規制基準値 (100Bq/kg) を超過している。
- 他の河川調査結果から、濃度は下げ止まり傾向にあることが示唆される。
- 健康影響よりも出荷規制解除の遅れによる経済影響が深刻。

自然資源に放射性セシウムが移行し、濃度が下がらない原因は？

落葉を介した生物・生態系への放射性セシウムの移行



- 植物を含む表土内の循環による落葉への移行の継続
- 落葉の分解とその利用過程での放射性セシウムの取り込み

自家採取食品の濃度の軽減を図るには

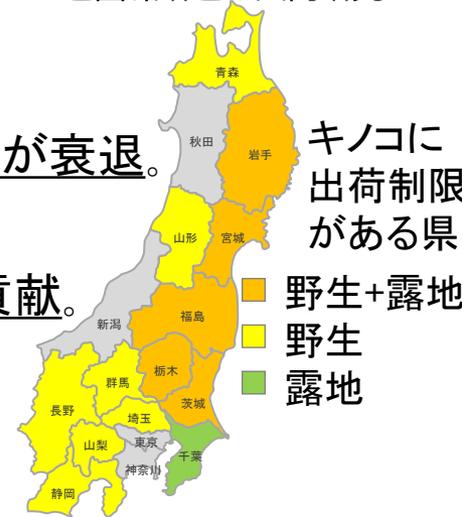
- 先ず出来ることとして、**露地栽培**や効果的な**移行抑制対策**を実施
- 中長期的な視点に立ち、**森林資源の利活用**による地域活性化と**放射性セシウム濃度の低減**を両立
⇒ 伐採と移行対策を施した新たな植栽によって、セシウムの循環を断ち切る
- 地域の様々な関係者との**協働**が不可欠
- 新たな技術開発と**対話(熟議)**に基づく地域の理解醸成が不可欠



F-REIによるキノコの菌床露地栽培の再開に向けた取組

露地栽培キノコにおけるセシウム137動態調査

福島県きのご振興センター
と国環研との共同研究



背景と目的

- 山林への放射性セシウムの蓄積により、キノコを利用する生業と文化が衰退。
- 基準値を下回るための、菌床露路栽培方法を提案できないか。
- セシウム137の動態解明と生産再開を通して、中山間山地の復興に貢献。

材料と方法

- 事故前に菌床販売されていた、人気のキノコ2種類で実態解明。
- キノコのセシウム137濃度と、土壌蓄積状態や環境因子の関係を県内広域で調査。

ムラサキシメジ



137Cs高い

落葉分解菌
菌床を被覆した
腐葉土から発生

ハタケシメジ



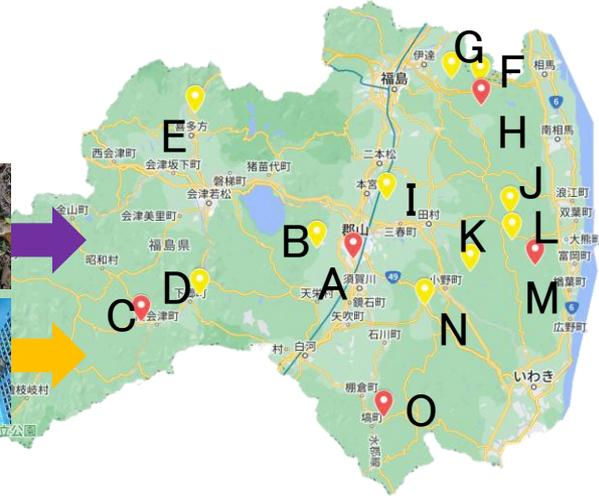
137Cs低い

木材腐朽菌
落葉分解菌
菌床直上に発生

F-REIによるキノコの菌床露地栽培の再開に向けた取組

実施概要とこれまでの主な結果

福島県内15地点で菌床露地栽培



結果①キノコの放射性セシウム濃度と収穫量

➤ 出荷制限値を下回る (<100Bq/kg)。



➤ 収穫量も見込める (適地と管理は必要)。

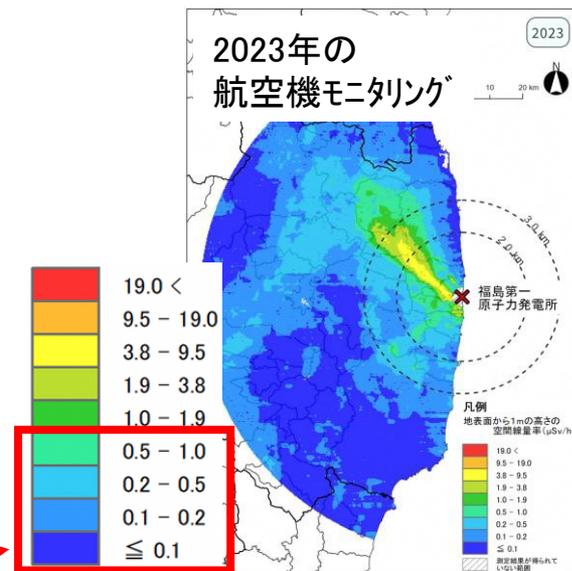
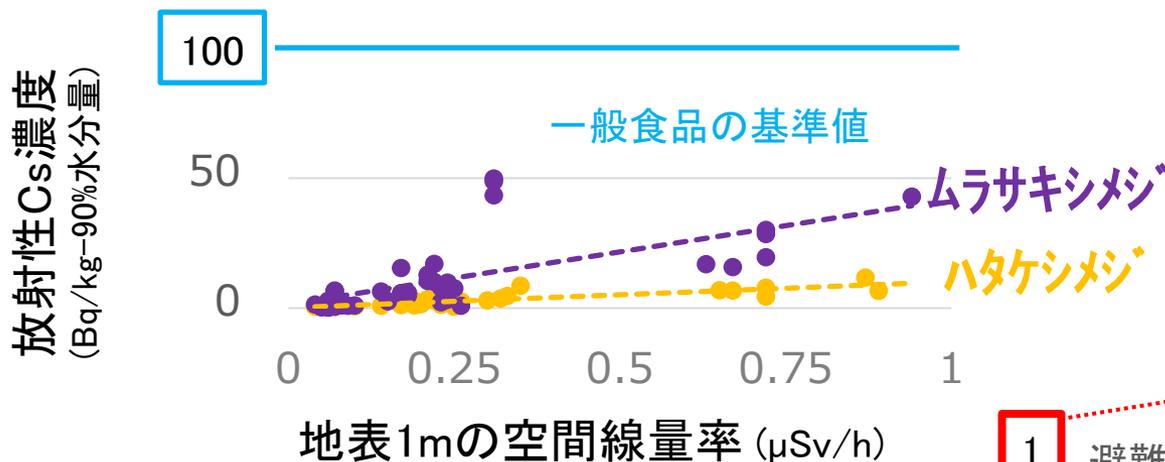


F-REIによるキノコの菌床露地栽培の再開に向けた取組

これまでの主な結果と現在の取組

結果②栽培地の空間線量率とキノコの放射性セシウム濃度

1 $\mu\text{Sv/h}$ を下回る場所では生産再開が見通せる



1 避難指示解除区域の大部分が該当
(森林域の約90%)

現在の取組と今後の展開

- キノコへの放射性セシウム供給源の推定と対策
- 浪江町津島地区等高線量地域における対策試験(地域と協働して実施)
- 栽培における安全性等を確認後、次年度からの菌床の販売と栽培普及への支援を実施



室内栽培+C_s同位体分析で起源推定



野外で対策試験

F-REIによる淡水魚の出荷規制解除に向けた取組

アユの出荷制限解除に向けた試験的放流を実施

➤ 対象河川

- 浜通り地方の河川(まずは新田川・太田川を予定)

➤ 対象魚種

- アユ: 漁協からの出荷制限解除のニーズ.
- 藻類食で濃度のばらつきは小さく, 放射性セシウム濃度を予測しやすい.

➤ 取り組みの内容(検討中)

稚魚の放流試験

- 来春以降に, 漁協や福島大学等関係機関と連携して実施
- 成長に伴う放射性セシウムの取り込み速度のデータ(付着藻類 / 筋肉 / 全身)を取得.

低減対策・環境への介入(生息場の保全・再生)によるアユへのセシウム移行影響調査

- 清浄な石や土砂の導入, ヨシ狩り, 流量の調整, 瀬の造成などの対策により, アユ漁場の創出と同時に局所的なアユの放射性セシウム濃度低減効果を検証.
- 環境への介入は, アユ以外の水生生物の生息環境回復への効果も期待.



F-REIによる淡水魚の出荷規制解除に向けた取組



ヨシの繁茂する太田川
(横川ダム(1984年竣工)下流区間)



- ヨシの刈り取りや河道改修等によってアユ漁場としての環境改善を図る。
- 長期モニタリングデータを活用したアユの放射性セシウム濃度への影響を評価。
- 環境DNAを用いたアユ資源量・魚類相・底生動物への影響を評価。
- 放流 / 天然遡上個体群への影響を評価(放流の効果評価)。

ご清聴ありがとうございました！



2025年7月30日 浪江町津島地区山林内において地域の方たちと協働して実施したキノコ菌床露地栽培試験(菌床の設置)の様子