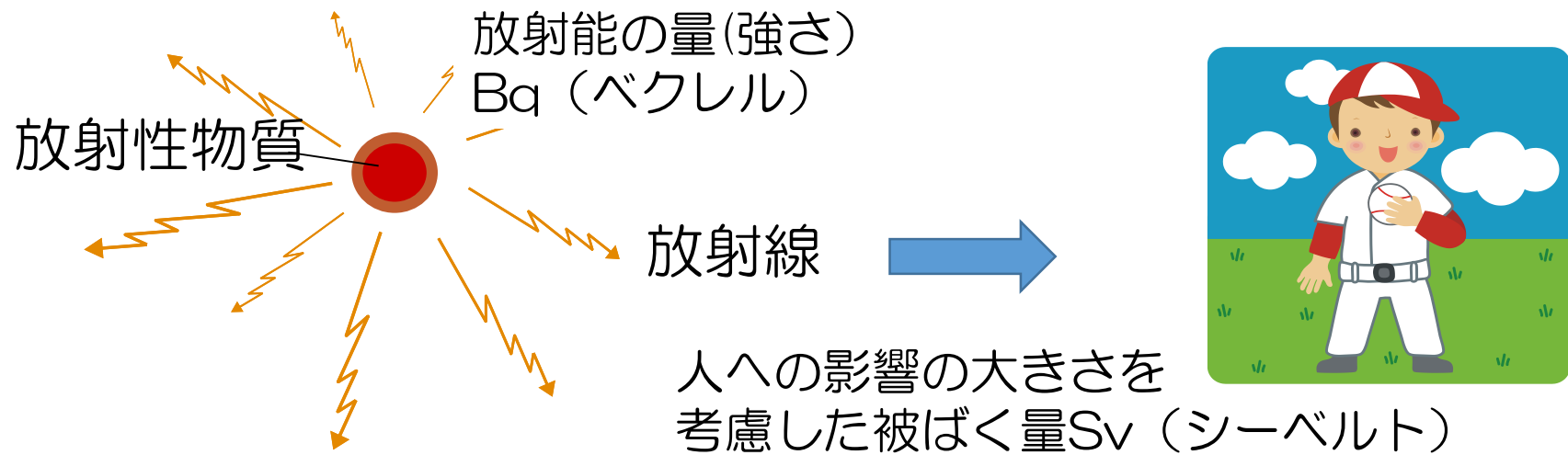


水環境における放射能汚染の現状と 環境回復に向けた取組

国立研究開発法人国立環境研究所

福島支部 林 誠二

—放射線と放射性物質について—



- 放射能：原子核が崩壊して放射線を出す能力
- 放射性物質：放射能を持つ物質の総称
- 半減期：放射性物質の量が2分の1になるのに要する時間

福島第一原発事故で大気中に放出された主な放射性物質と半減期

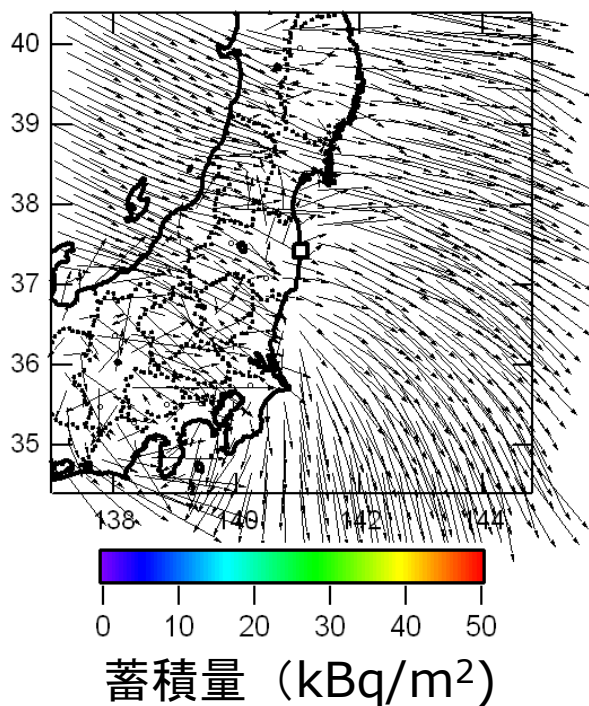
- ・ ヨウ素131 (^{131}I) : 8日
- ・ セシウム134 (^{134}Cs) : 2年
- ・ セシウム137 (^{137}Cs) : 30年

—放射性物質に関する基準値等について—

- 食品中の放射性物質に関する基準値（食品衛生法）
対象物質：放射性セシウム（セシウム134＋セシウム137）
 - 飲料水（水道水は管理目標値）：10Bq/kg
 - 魚介類を含む一般食品：100Bq/kg
- 灌漑用水から水稻への移行を考慮する場合の目安
 - 放射性セシウム（溶存態）：1Bq/L

福島第一原発事故による放射能汚染状況の推移

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

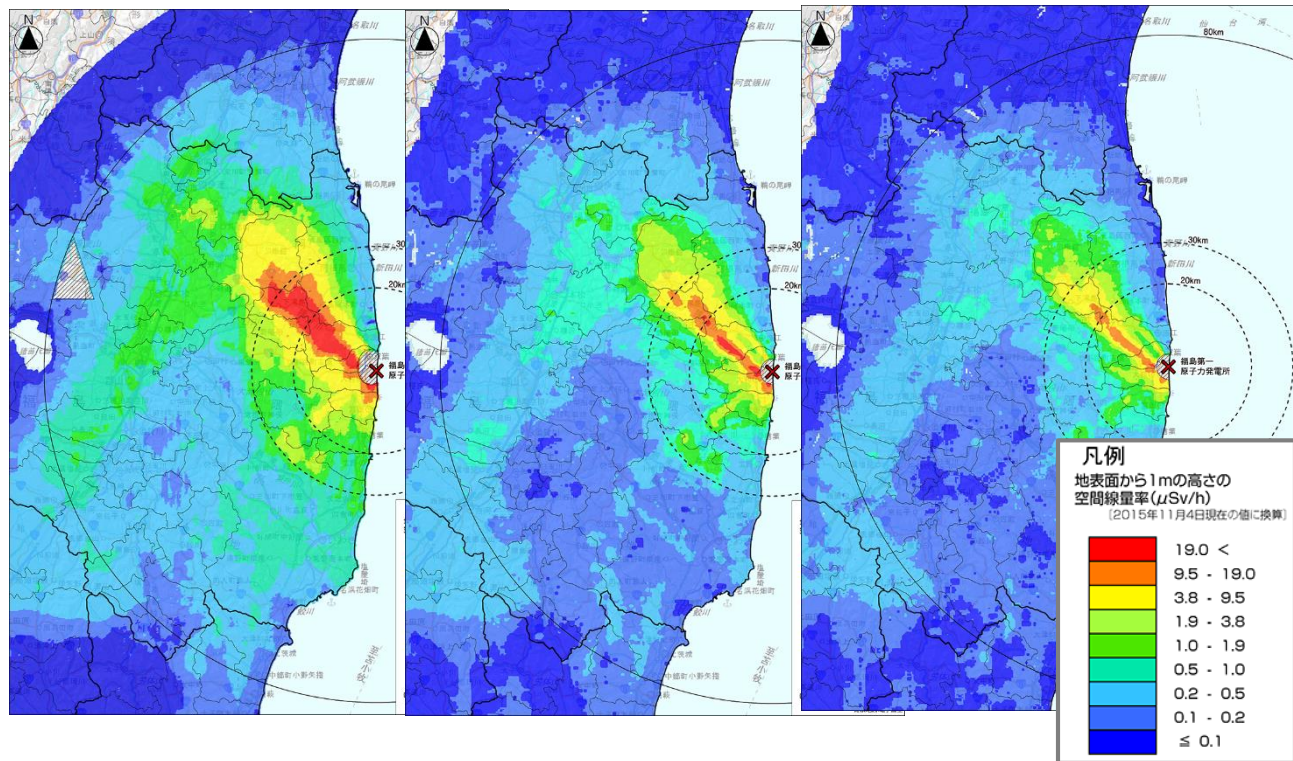


航空機モニタリングによる地表面から
1m高さの空間線量率の経年変化

2011年5月

2013年11月

2015年11月



出典: 放射性物質の分布状況等調査による航空機モニタリング(H23年度
- H27年度 文部科学省, 米国エネルギー省, 原子力規制庁)

汚染状況は改善されつつある

→ 自然減衰(特にセシウム134)や市街地等からの流出、**面的除染**の効果

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）



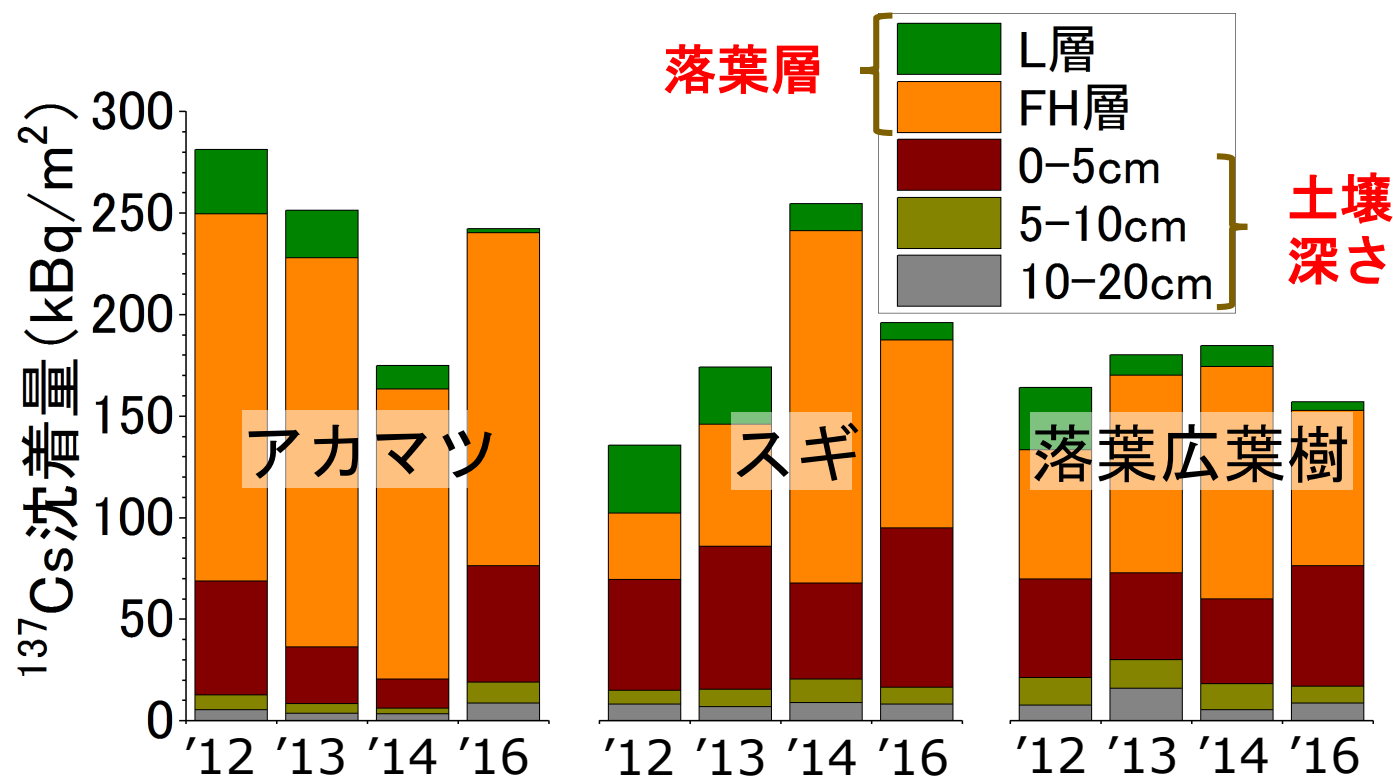
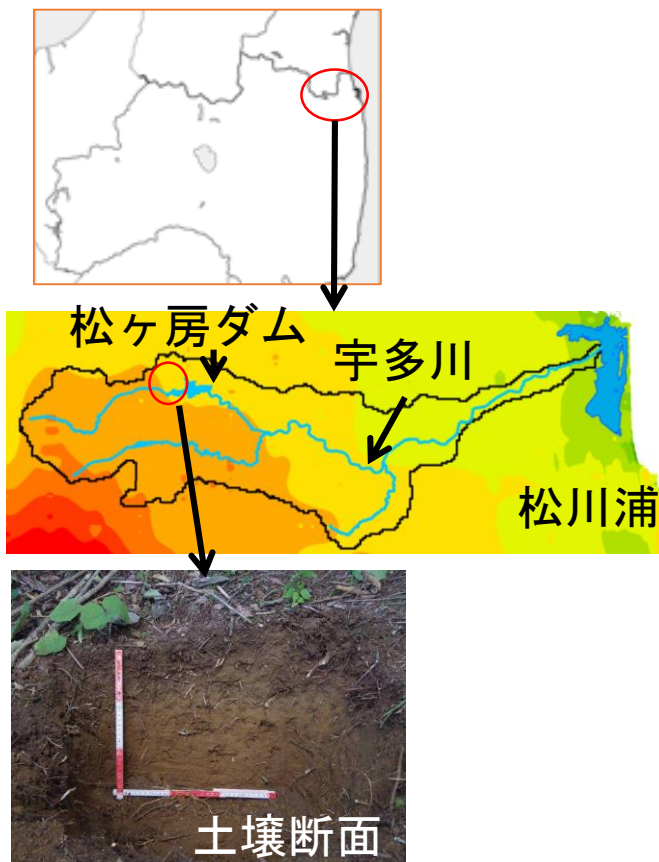
福島県においては、除染特別区域（国直轄）は実施済、除染実施区域（市町村除染）は大部分が実施済

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

森林土壌における放射性セシウムの挙動

—宇多川流域の森林土壌を対象とした調査結果—

セシウム137蓄積量の鉛直分布の推移

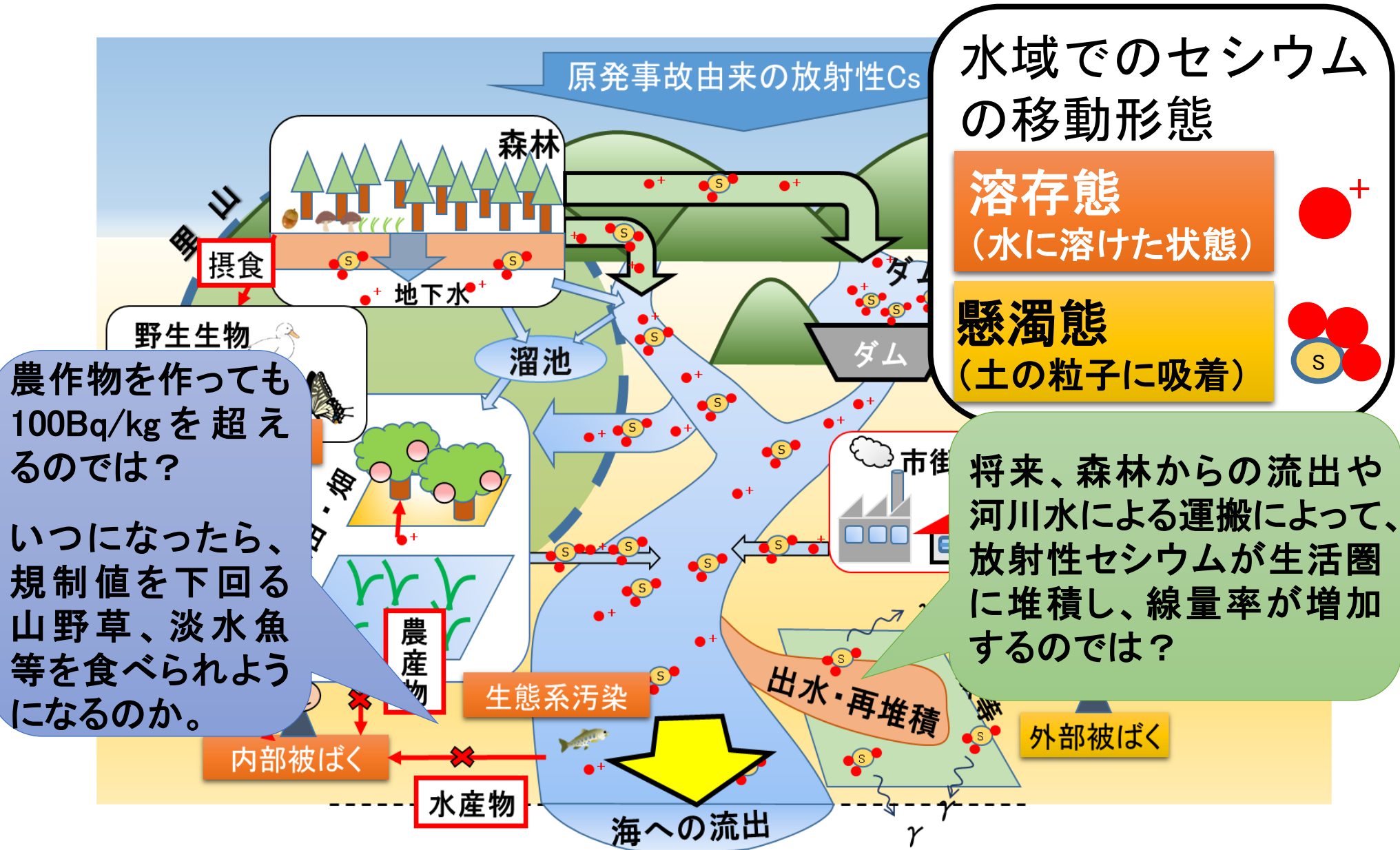


セシウムは落葉や土壌最表層に強く吸着し、下方へ移動していない

○地下水への影響は非常に小さい。

×林内の空間線量の減少率は小さい。土砂等流出に伴い水域へ流入。

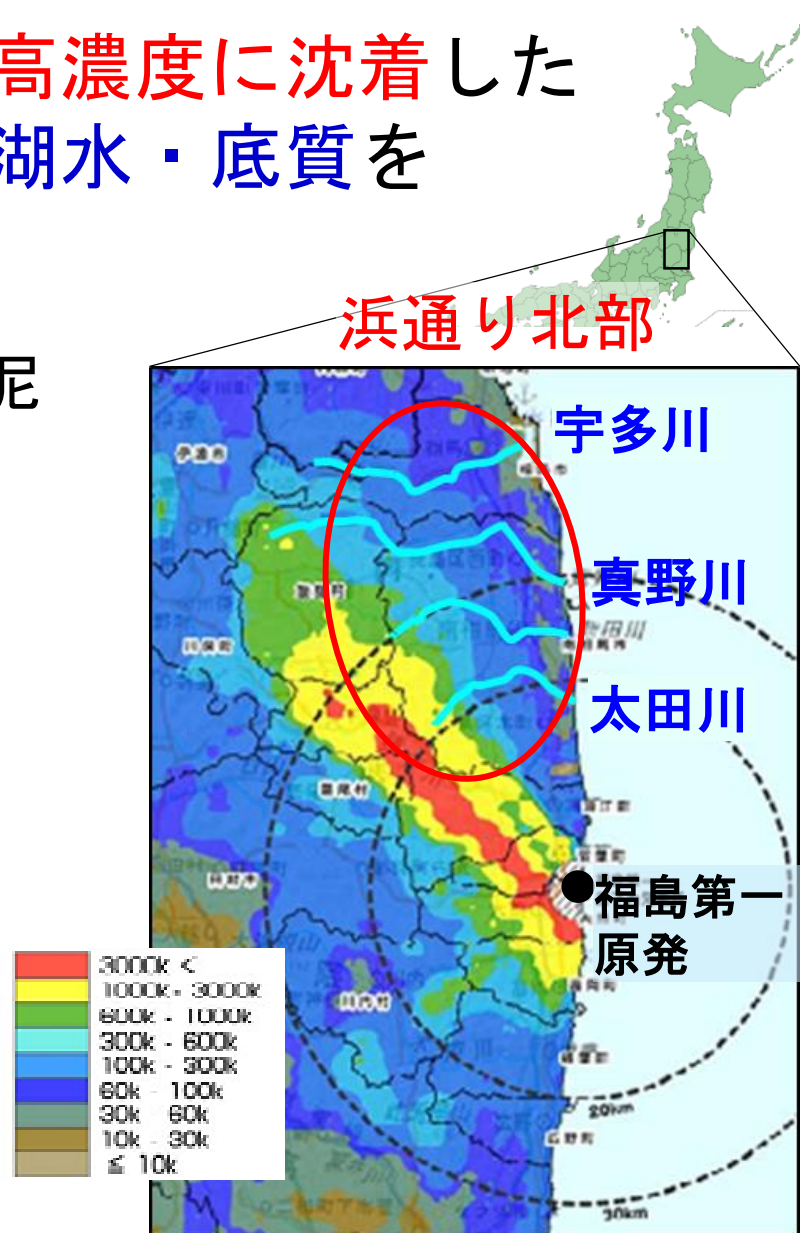
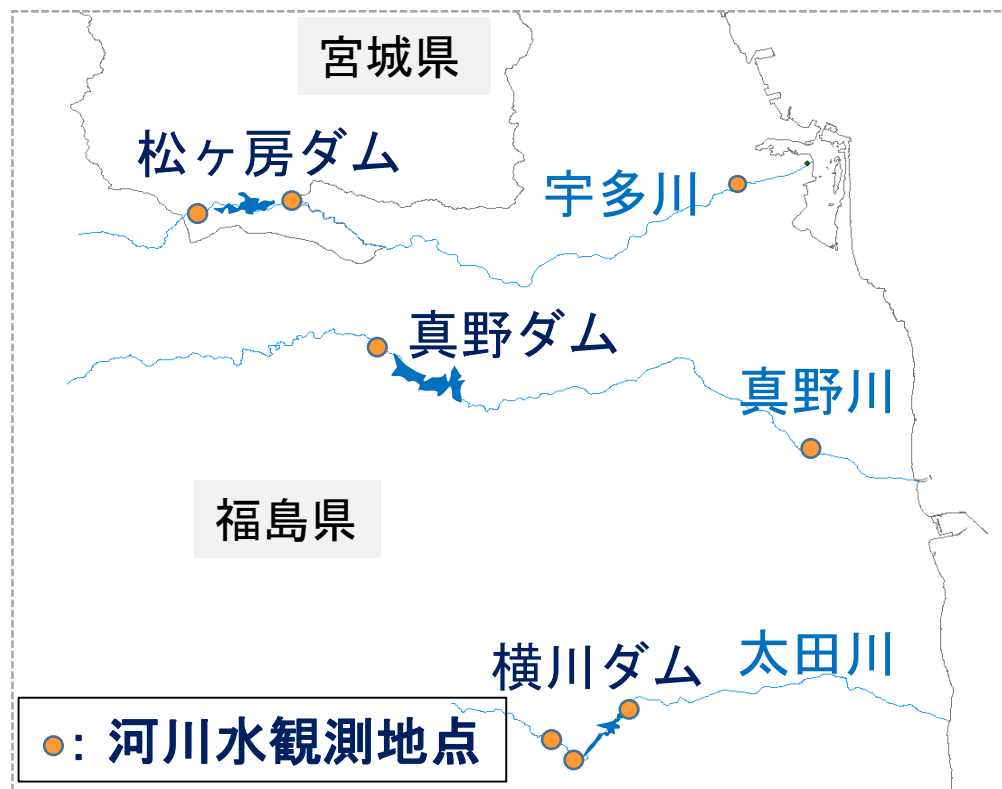
河川流域における放射性セシウムの動き



国立環境研究所による河川水系における調査

上流の**森林域に放射性セシウムが高濃度に沈着**した
河川流域において、**河川水**や**ダム湖水・底質**を
定期的にモニタリング

3河川の8地点, 3つのダムでの採水・採泥



本日はお話しすること

- 水環境における放射性セシウムによる汚染実態
 - 水源地である森林域からの流出状況
 - 水利用に不可欠なダム湖での動き
 - 淡水魚への移行状況
- 国立環境研究所における環境回復に向けた研究取組紹介

森から放射性セシウムは流れ出しているのでは？

自宅の裏庭や生活道路へ流れ出して
空間線量(被ばくリスク)を上昇させて
いるのでは？



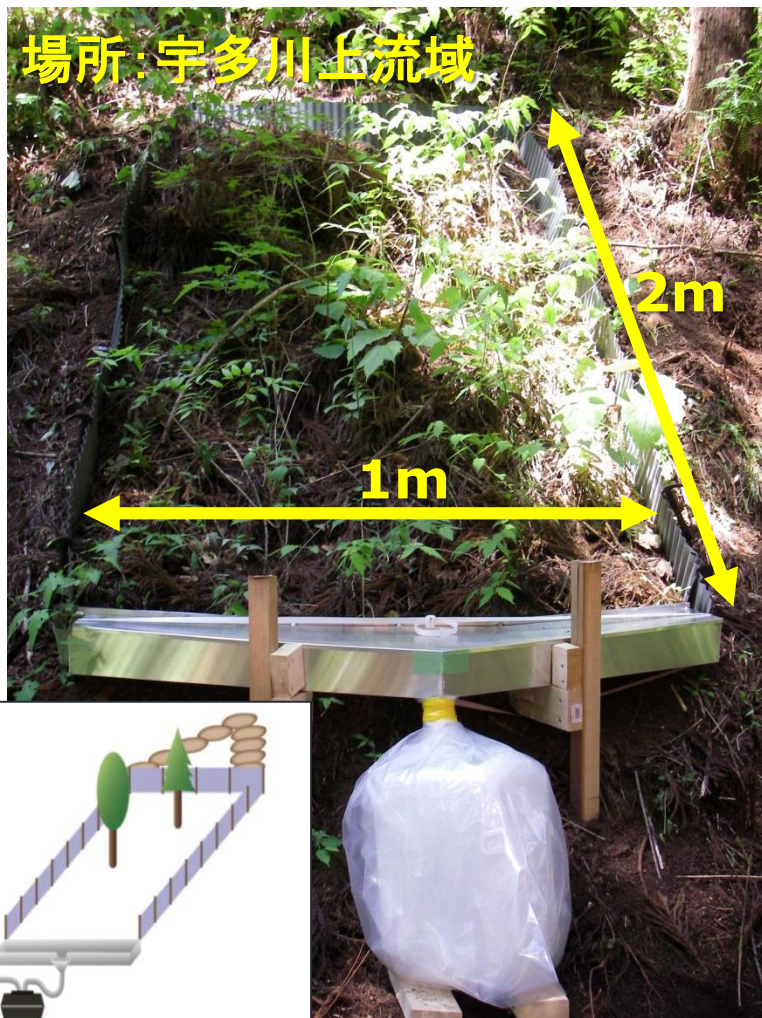
下流へ流れ出して様々な影響
をもたらしているのでは？



森林急斜面からの流出状況は？

急斜面地(斜度38度)における
試験流出枠を用いた実験

場所:宇多川上流域



実験結果

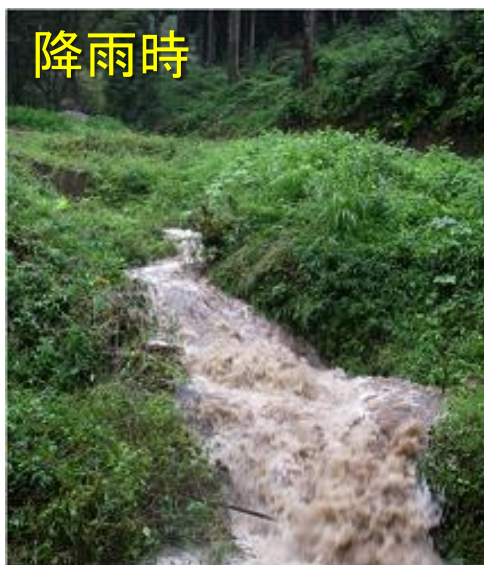
土砂移動に伴うセシウム¹³⁷移動量
(期間:2013年7月21日～10月16日, 総降水量720mm)

樹種	林床蓄積量 (kBq/m ²)	¹³⁷ Cs流出量 (kBq/m ²)	流出率 (%)
スギ	200±79	0.11	0.054
アカマツ	170±77	0.17	0.10
ヒノキ	160±75	1.0	0.66
広葉樹	110±52	0.70	0.66

- 地表面の被覆状況が強く影響
- 急斜面からでもセシウムの移動量は少なく、線量の上昇に与える影響は小さい

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



- セシウム流出は、主に**土粒子に付着した状態**（懸濁態）で発生
- **雨の降り方に強く依存**
- ただし、**流出は限定的**で流出源としての影響は小さい

森林流域からの原発事故由来のセシウム137流出状況

	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

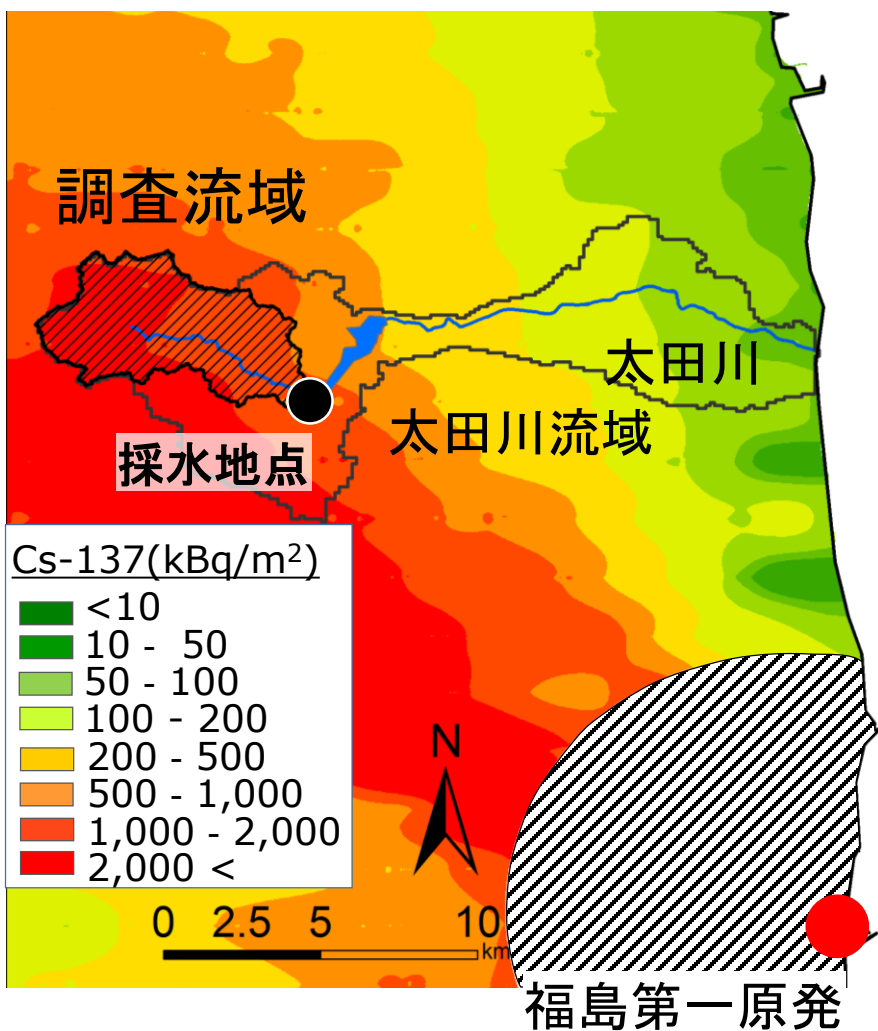
観測期間:

宇多川上流: 2012年9月15日～2015年9月15日

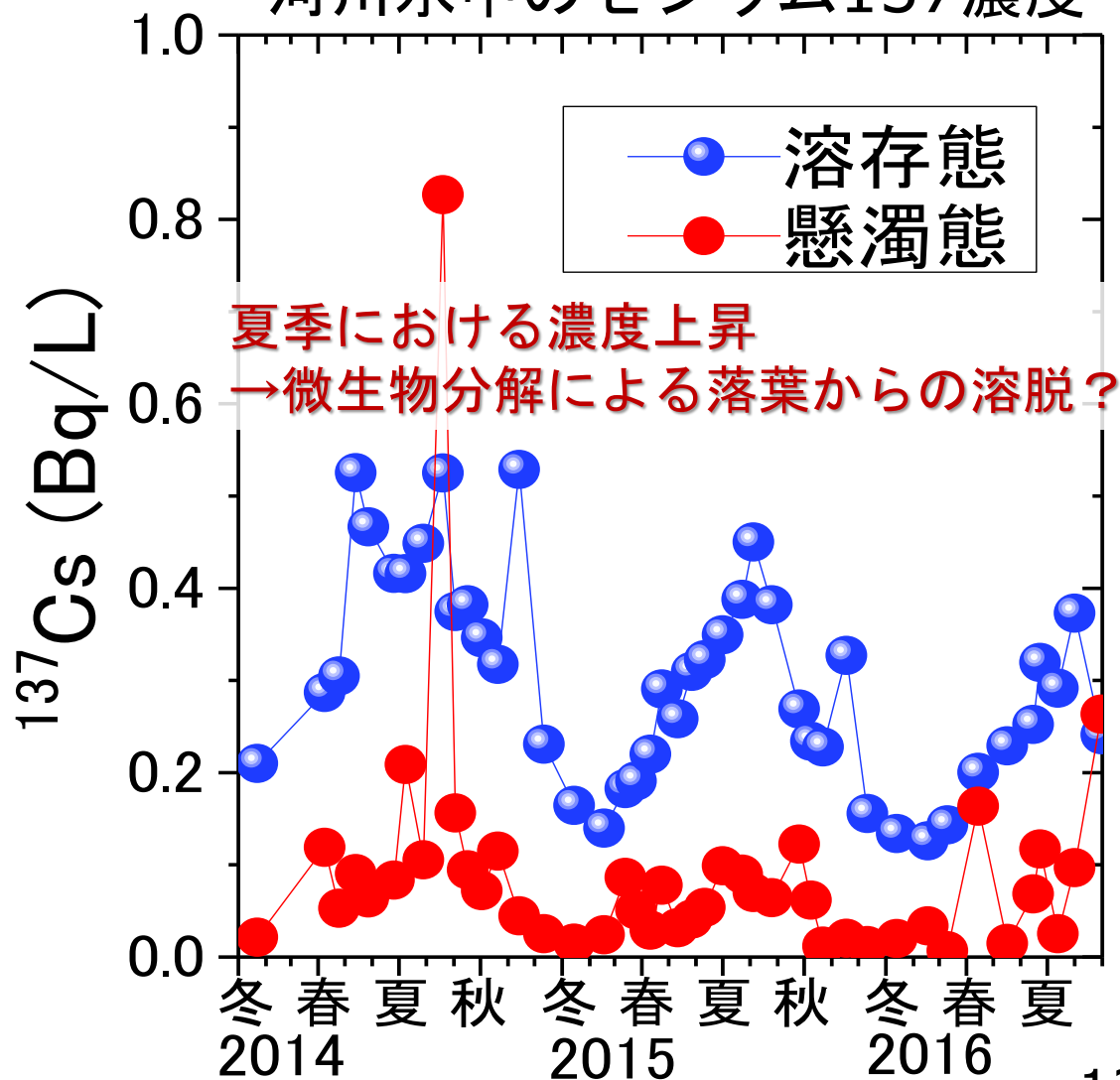
太田川上流: 2014年1月1日～2015年12月31日

高汚染森林域における溶存態セシウム137の流出実態①

調査地の概要

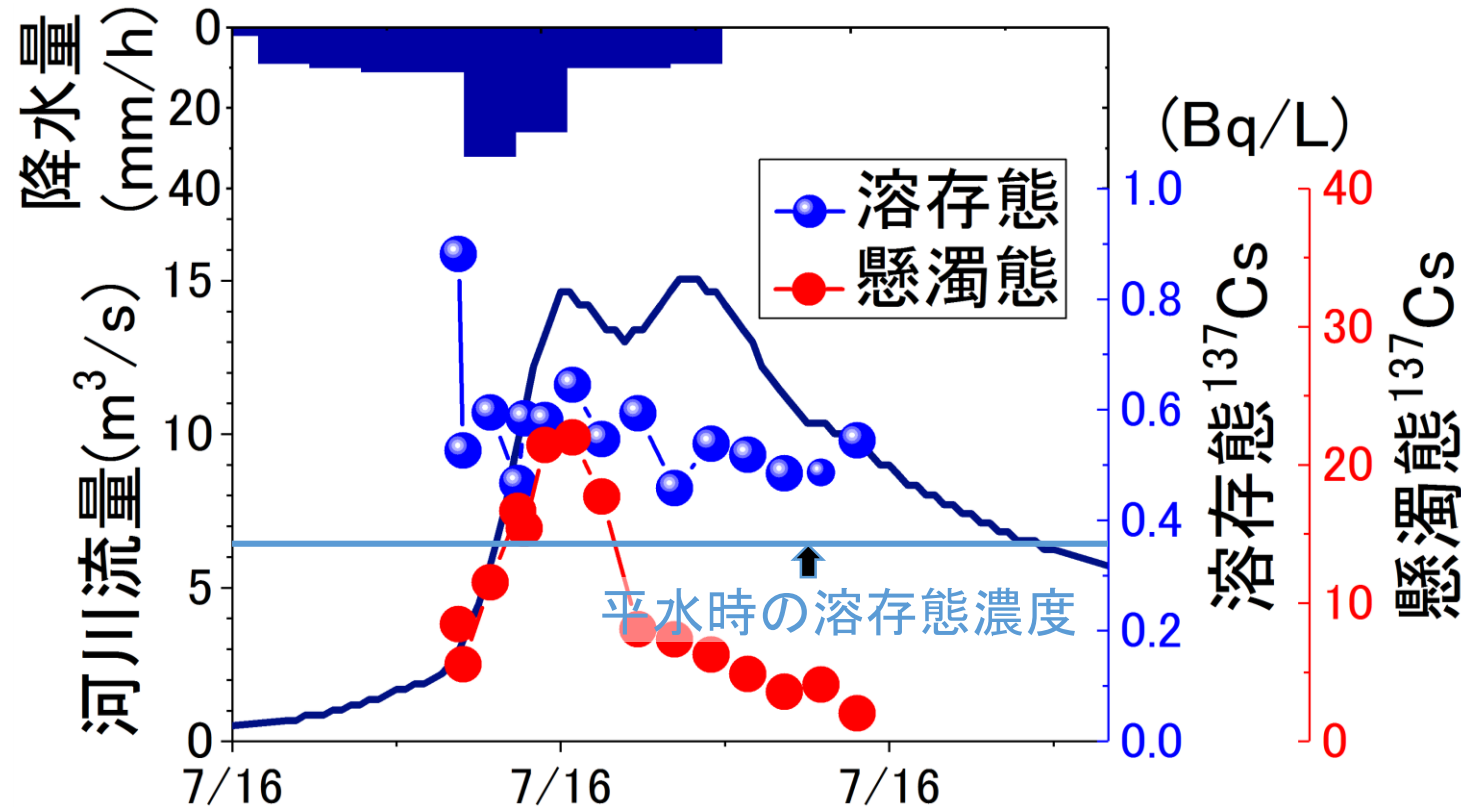


平水（晴天）時における 河川水中のセシウム137濃度



高汚染森林域における溶存態セシウム137の流出実態②

降雨流出時のセシウム137流出状況 (2015年7月16日観測)



- 溶存態濃度は平水時よりも上昇し、流量ピーク時でも低下しない
- 年間流出量の**30%**を**溶存態**が占めている

現在検討している課題

なぜ流れ出てくるのか、今後の推移は？ 対策は可能か？

放射性セシウムの動きに対するダム湖の影響は？

ダムの目的

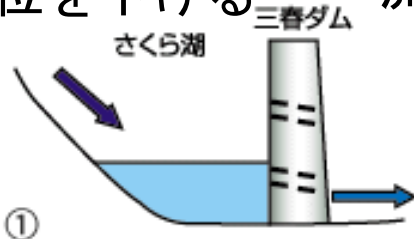
洪水防止, **水資源利用** (灌漑・生活・工業)

河川流量の維持

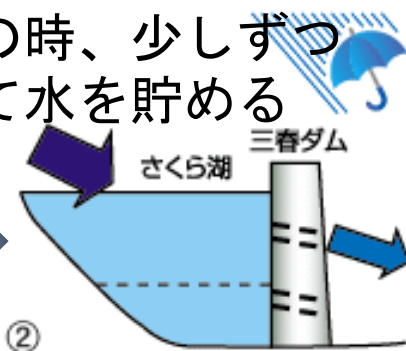
発電

例：洪水調節の仕組み

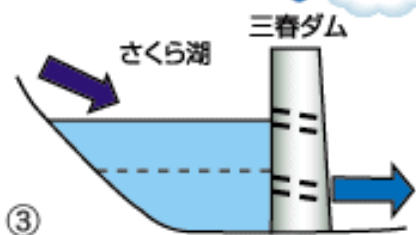
大雨に備えて
水位を下げる



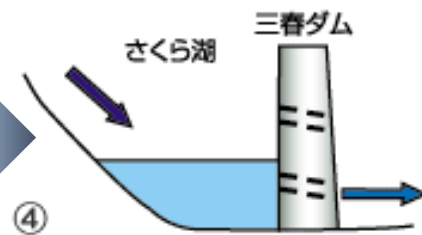
大雨の時、少しずつ
流して水を貯める



雨が弱まったら、
貯めた水を少しずつ
流す



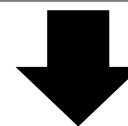
雨がやむと、
水位を下げる



ダムにおける貯水・放流量の調節



ダム湖への流入土砂の堆積



- 放射性セシウムも湖底へ貯留し、下流への移動・拡散を防止？
- どれくらい貯留できるのか？
- 溜まった状態は安全か？

ダム湖調査の概要

流入河川で流量と濁度、セシウム濃度を連続観測

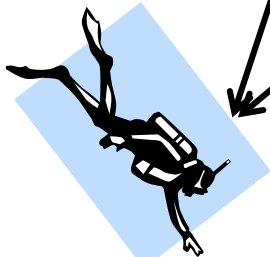
放流水路で流量と濁度、セシウム濃度を連続観測

流入部

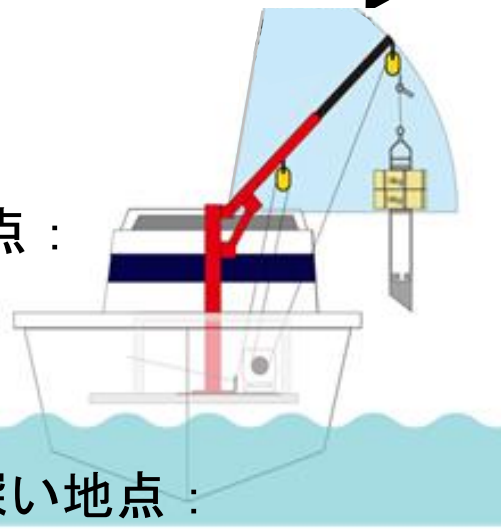
ダム堤体

松ヶ房ダム

宇多川湖



比較的水深の浅い地点：
潜水土による採泥



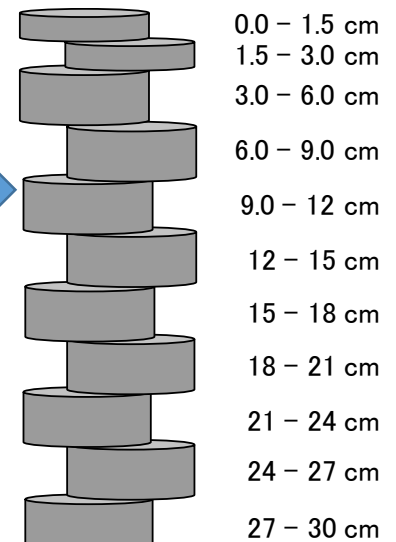
水深の深い地点：
調査船からコアサンプラーによって採泥



採取した
底泥コア試料

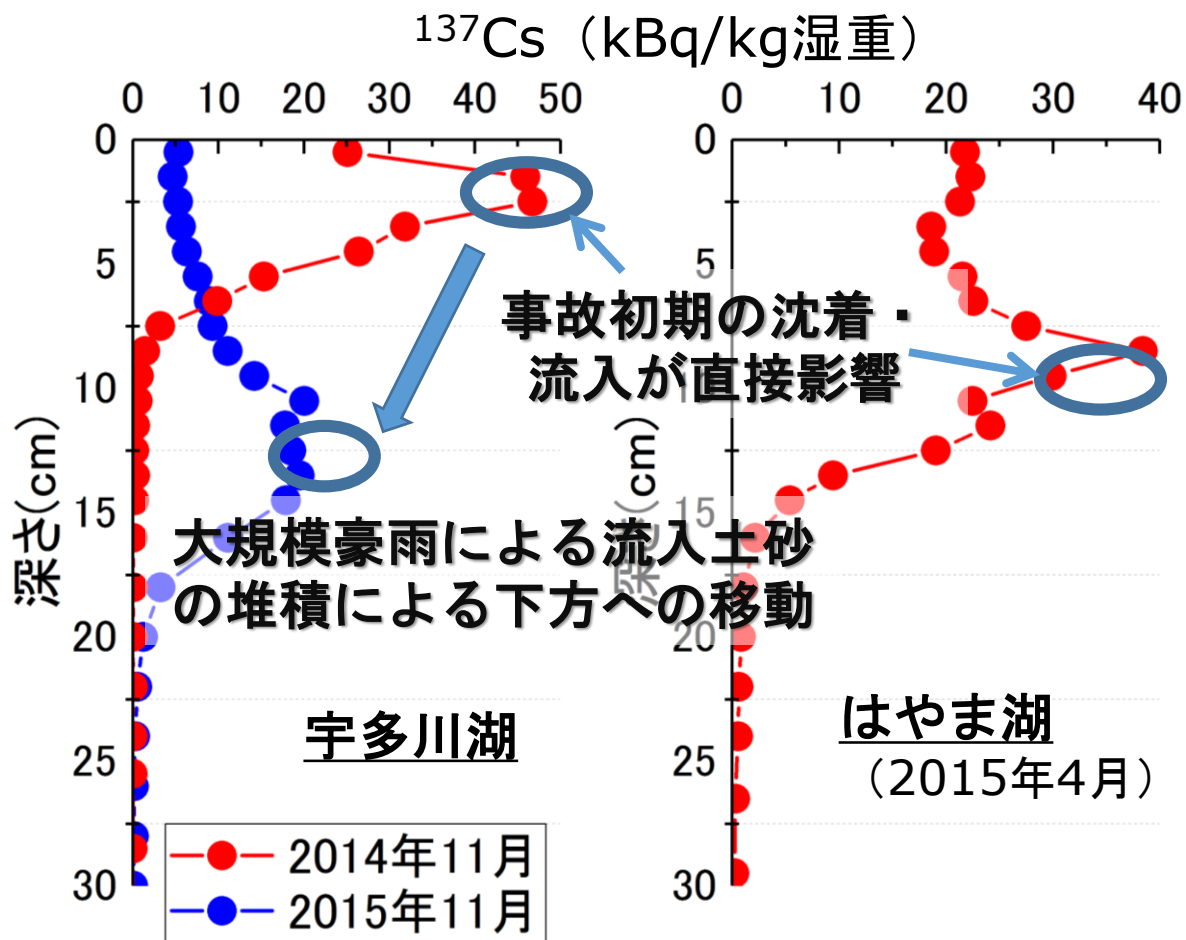


採取試料を層別に切り分け



ダム湖への放射性セシウム蓄積状況

底泥中のセシウム137濃度鉛直分布

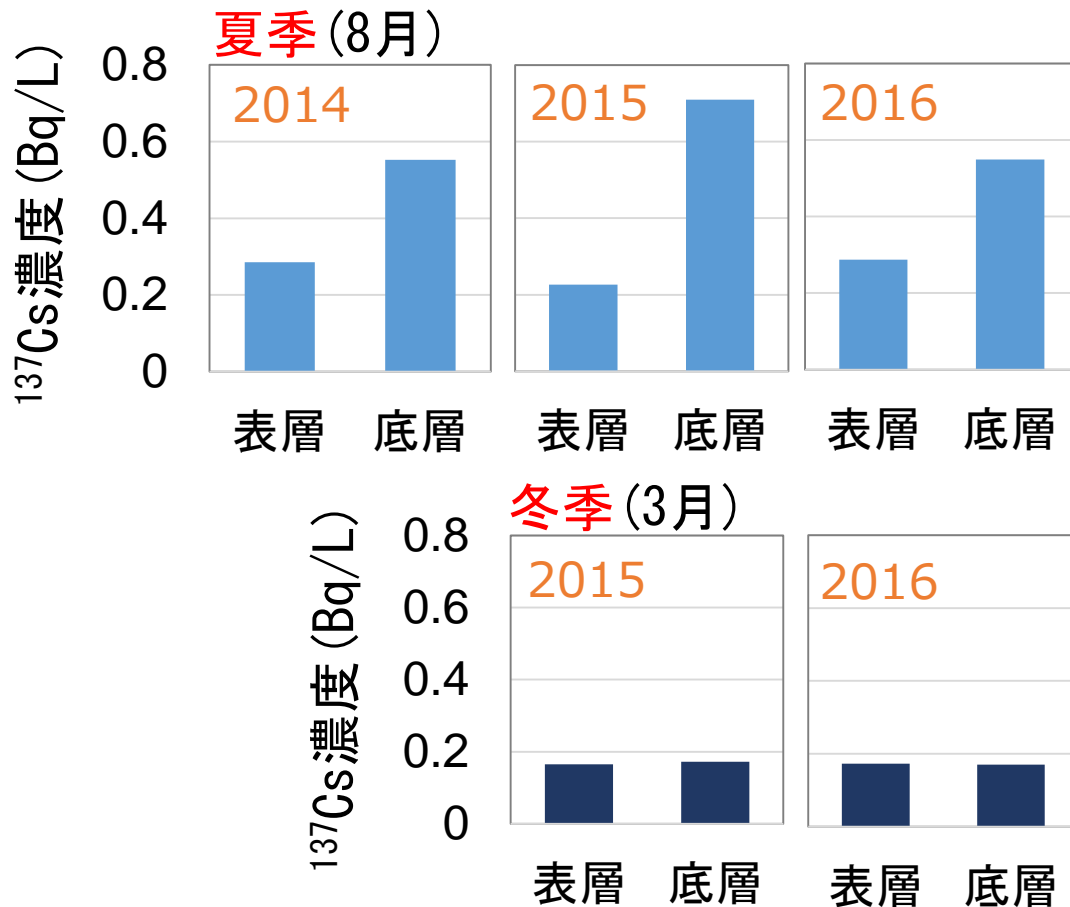


高濃度の泥層がそれよりも濃度の低い流入土砂で徐々に遮蔽されている

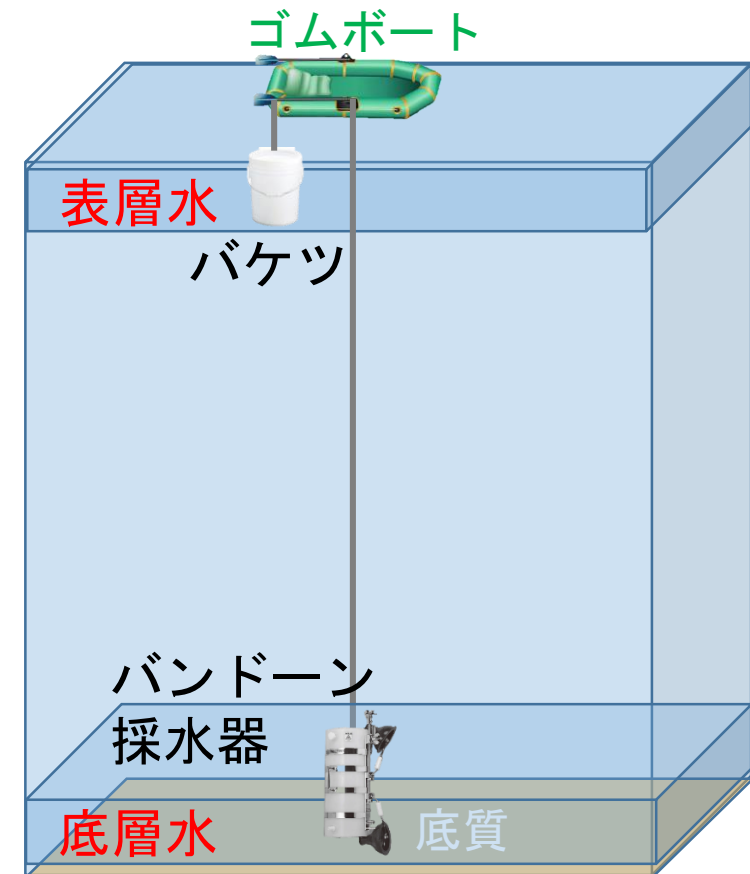
ダム湖水の溶存態放射性セシウム濃度

－太田川水系横川ダム湖での調査結果－

湖水の溶存態セシウム ^{137}Cs 濃度



採水方法



- 夏季の底層水における明確な濃度上昇（**底泥からの溶出**）を確認
- 現状の**水利用への影響は小さい**、環境変化による影響評価が課題

ダム湖における放射性セシウムの貯留作用

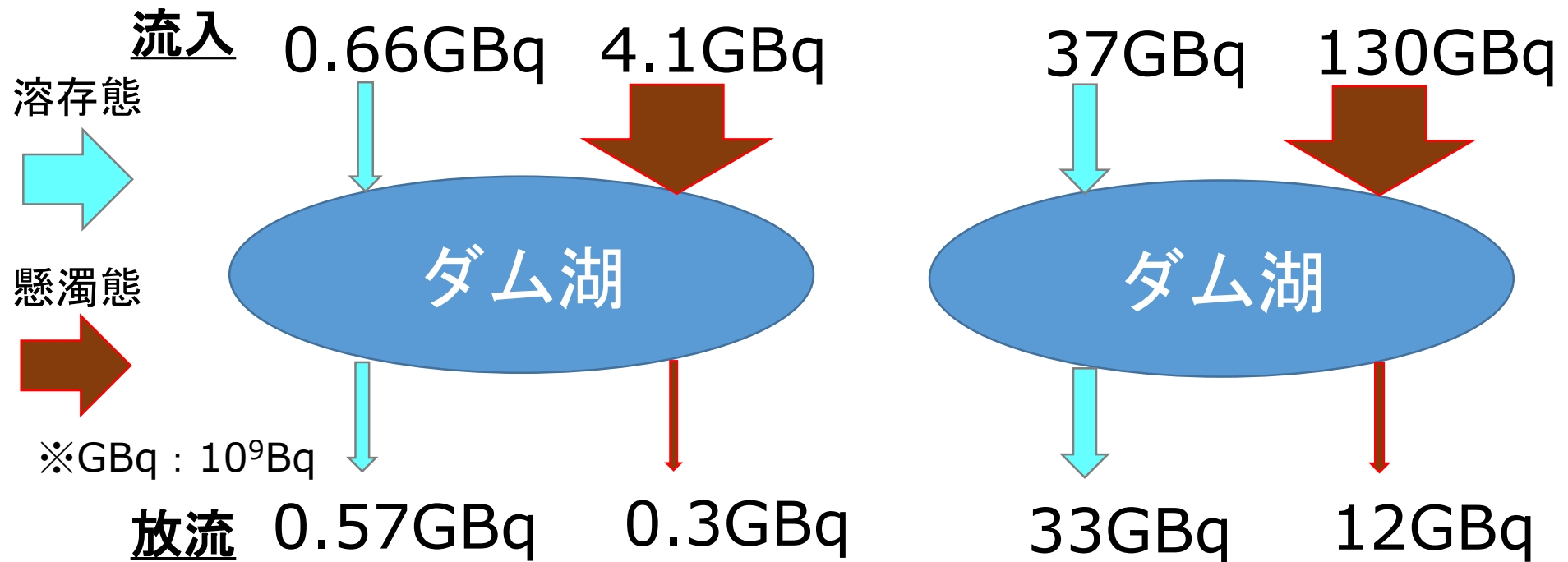
ダム湖におけるセシウム137の年収支推定結果

宇多川湖（宇多川）

（期間：2014.1.1－2014.12.31）

横川ダム湖（太田川）

（期間：2014.1.1－2014.12.31）

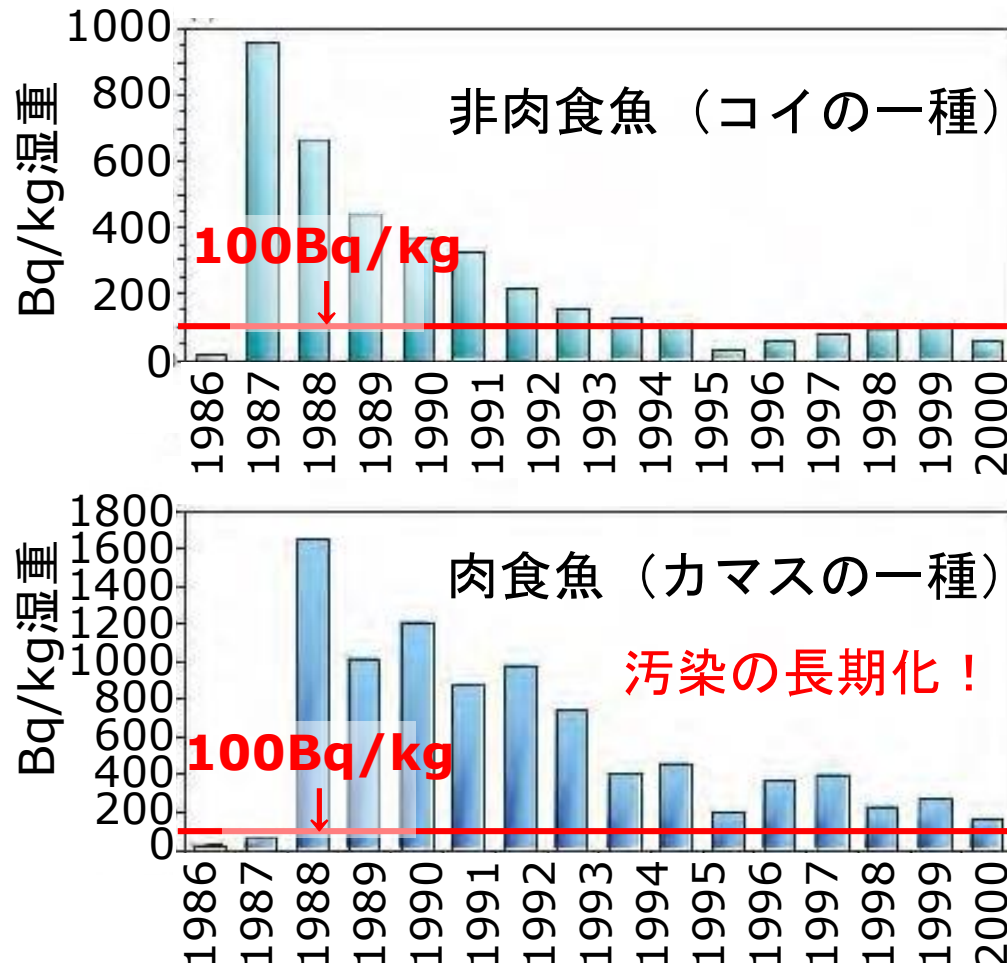


- 懸濁態セシウムの大部分は湖底に沈降・堆積し、下流へ移動しない
- 主要なダムは十分な土砂堆積容量を有している。安定的な蓄積を確認するため、定期的かつ長期的なモニタリングは必須

放射性セシウムの淡水魚への移行状況は？

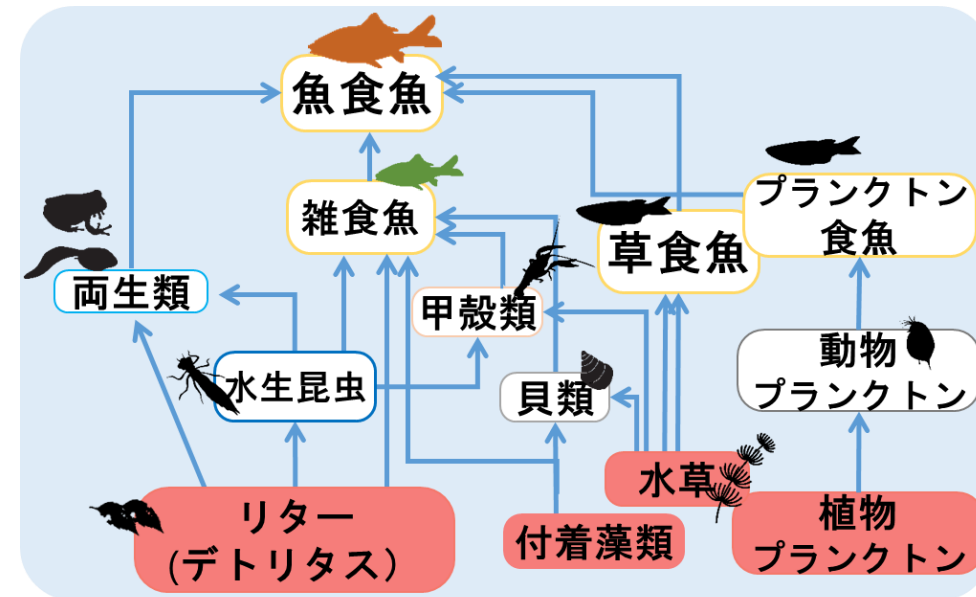
チェルノブイリ原発事故後の 川魚におけるセシウム137濃度の推移

(測定地点：キエフ・ダム湖)



出典：Ukraine Hydrometeorological Institute (2004)

河川・湖沼における食物網



魚の汚染の推移を把握するには、
食物網を介した移行実態を
明らかにすることが必要

水生生物の放射性セシウムモニタリング

- ✓ 福島県浜通り地方北部主要河川・ダム湖や猪苗代湖で実施
- ✓ 餌となる水生昆虫や底生動物なども含めた食物網全体の採集
- ✓ 環境省によるモニタリング結果も含めた移行実態の解析



投網による魚の採取



底生生物の採取

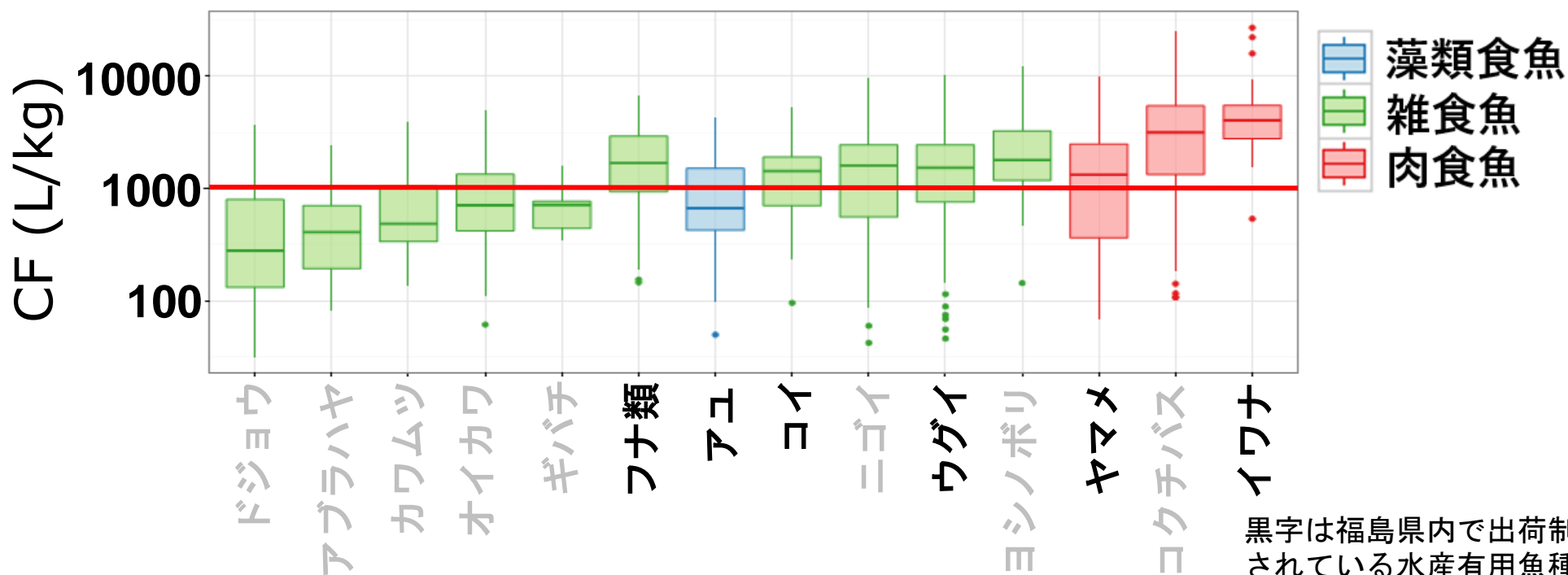


福島県内の淡水魚への放射性セシウムの移行状況 22

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

$$CF[L/kg] = \frac{\text{魚の}^{137}\text{Cs濃度}[Bq/kg]}{\text{水の}^{137}\text{Cs濃度}[Bq/L]}$$

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）出荷規制が続くケースが生じる可能性が高い

まとめ： 水環境における放射性セシウムによる汚染実態

- 森林域では、放射性セシウムの流出は限られている
→ 流出源としての影響は小さいが、土壌表層に長期的に貯留
- ダムは、下流へのセシウムの移動を抑え、湖底に安定的に貯めている
→ 環境変化を考慮した長期的な監視は必須
- 河川流域全体でも上流から下流への移動量は少なく、且つ、減っている
→ 下流域の生活圏での顕著な再汚染は、生じ難い状況
- 淡水魚への移行は魚種によって異なり、水中のセシウム濃度が低くても出荷規制が続く可能性
→ 汚染の長期化、水産業への影響

今後、速やかに検討すべき課題

- 溶存態等の生物利用性の高いセシウムの動きを正確に理解する
- 水生生物や農作物への移行を予測する
- 生活環境へのリスクの評価や管理手法を考え、形にする

国立環境研究所における環境回復に向けた研究取組の紹介

- ①水環境における中長期的な放射性セシウムモニタリングの在り方を考える
- ②放射能に汚染された廃棄物等の適切な処理処分に向けて

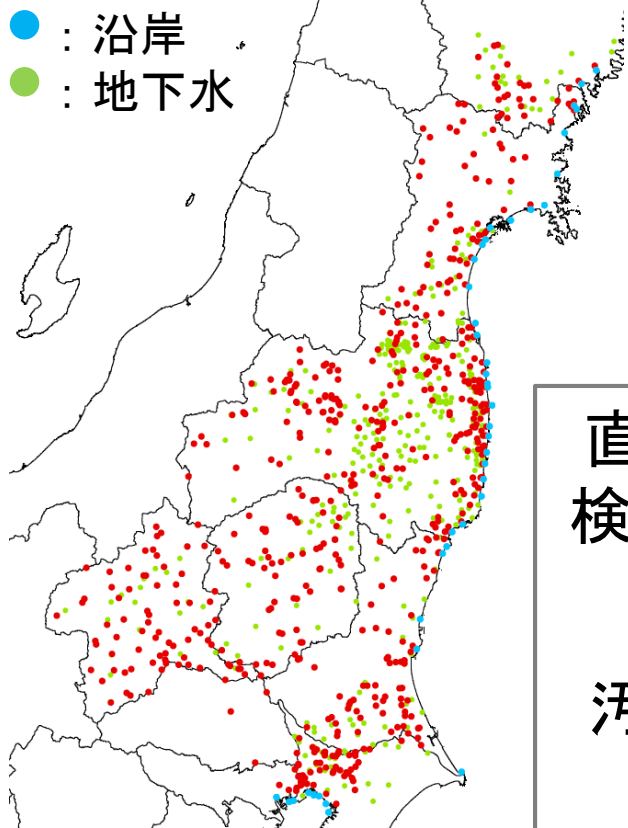
水環境の将来に向けた取組：

中長期的な放射性Csの水環境モニタリングの在り方について

行政による放射性物質のモニタリング

モニタリング地点

- : 河川・湖沼等
- : 沿岸
- : 地下水



出典：環境省

環境省：放射性物質の常時監視

「**福島県及び周辺地域**（東日本大震災の被災地等）
における放射性物質モニタリング」（**緊急時対応**）

- ・ 公共用水域については約600地点で測定
- ・ 2011年8月以降、各地点で年2～10回測定
- ・ 水質については、原水を測定

直近の報告では、水質は**ほとんどの地点で不検出**
検出下限値：セシウム134,セシウム137ともに**1Bq/L**



汚染の実態と推移を踏まえると、このまま続けても
測定結果に**N.D.(不検出)**が並ぶだけでは？

今後の水環境における放射性Cs モニタリングの在り方とは？

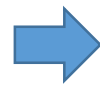
- 安全・安心な飲料水の提供
(検出下限値：1 Bq/L)

検出下限値の向上

- 食の安全や水環境の保全
のための生物移行・濃縮を考慮
(同：0.01～0.1 Bq/L)

検出下限値の向上

- 水環境におけるCsの挙動研究
(～0.001 Bq/L)



現行の汚染地域での
行政モニタリング（緊急時対応）



再構築

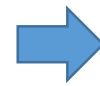


最新の科学的知見を踏まえた
新たな行政モニタリングとして
対応



支援

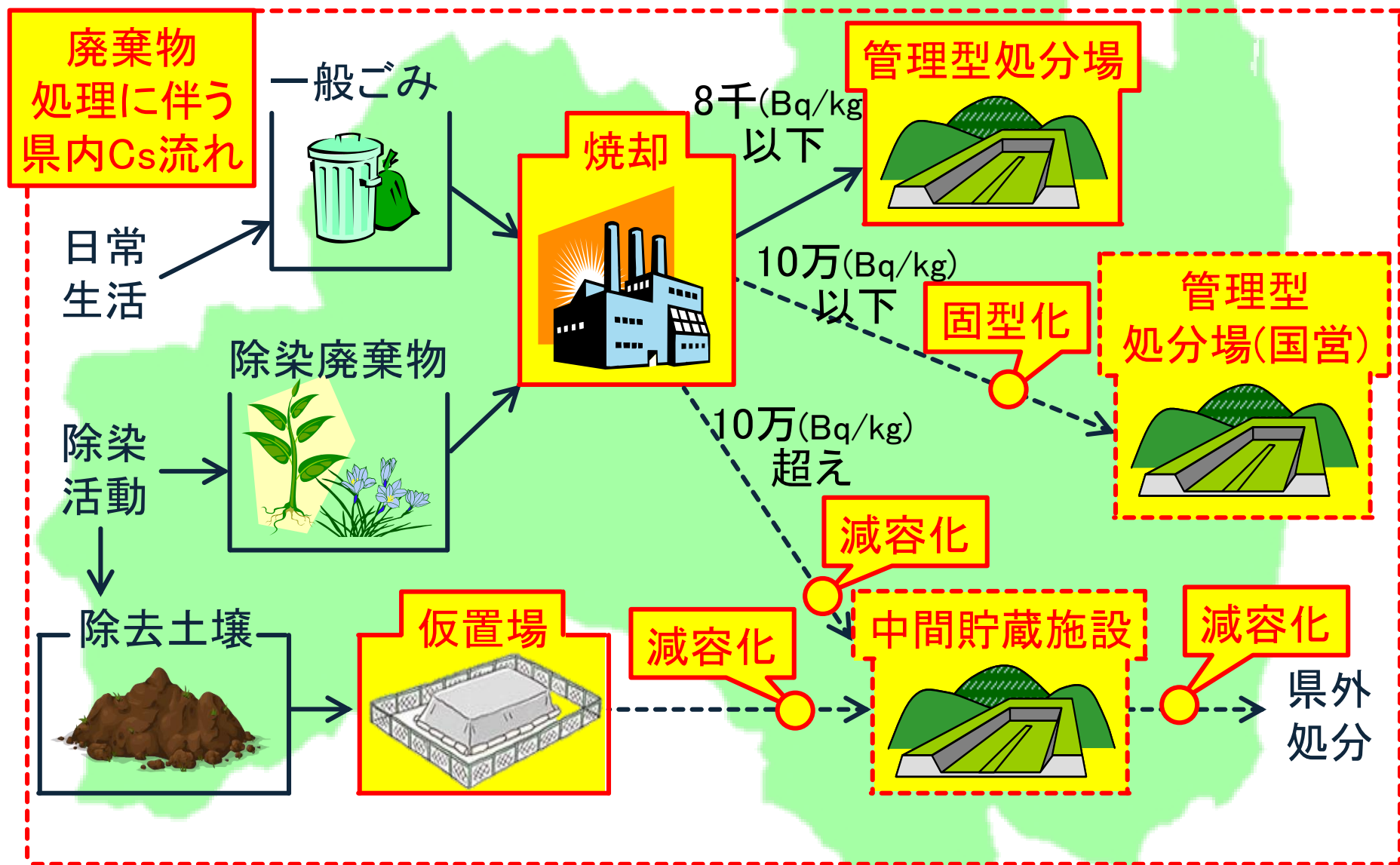
活用



研究として取り組むべき課題

社会的ニーズやコストも考慮しつつ、国内の主要研究機関
の協力を仰ぎ、具体的なプラン作成・提案を検討中

汚染廃棄物等の適切な処理処分に向けた取組



実除去土壌を用いたライシメータ試験による 中間貯蔵後の発生ガス/浸出水の予測

実際の除去土壌：
草木等が
混ざっている

■ 目的

除染による除去土壌等の、安全かつ長期保管可能な**中間貯蔵施設の要件**を示す

■ 方法 実試料を実証試験レベルで評価

- ライシメータ …容積 8m^3 x2基
(コンクリートや金属製の大きな枠に土壌を充填し、物質の移動等を計る装置)
- 人工降雨 … $10\text{mm}/\text{日}$

除去土壌等に含まれる草木由来の発熱や分解に伴う沈下、**発生ガスや浸出水**の特性を把握



- 危険なガスの発生しにくい**埋め方**
- 汚水処理などの**付帯設備の設計** へ貢献

ライシメータ

排水孔

ご清聴ありがとうございました！

2014年9月太田川上流での河川水採取作業の様子