

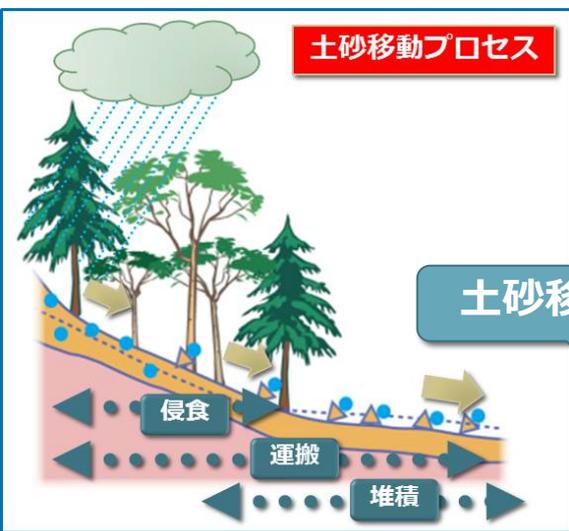


福島長期環境動態研究 (F-TRACE) 平成25年度成果と平成26年度計画の概要

独立行政法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島環境安全センター
環境動態研究グループ

現象論モデルを用いて、水流等の移動経路における放射性物質移動量を定量的に予測する

放射性物質の移動経路



モデルでの予測を目指す放射性物質の移動挙動

森林内での化学種毎の放射性物質流出・流入挙動予測

- 森林内での作業従事時の外部被ばく線量変化評価
- 森林内での放射性物質循環挙動評価に活用

環境水への化学種毎の放射性物質流入挙動予測

- 水の摂取による内部被ばく線量変化評価
- 作物・水産物中放射性物質濃度の評価に活用

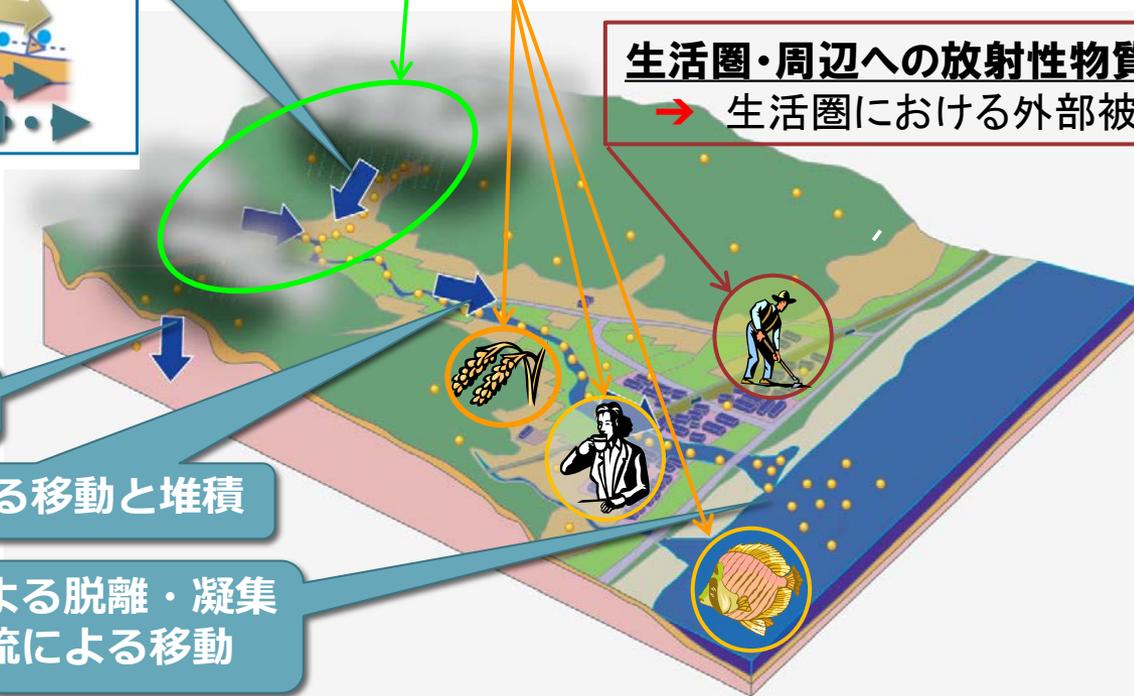
生活圏・周辺への放射性物質流入挙動予測

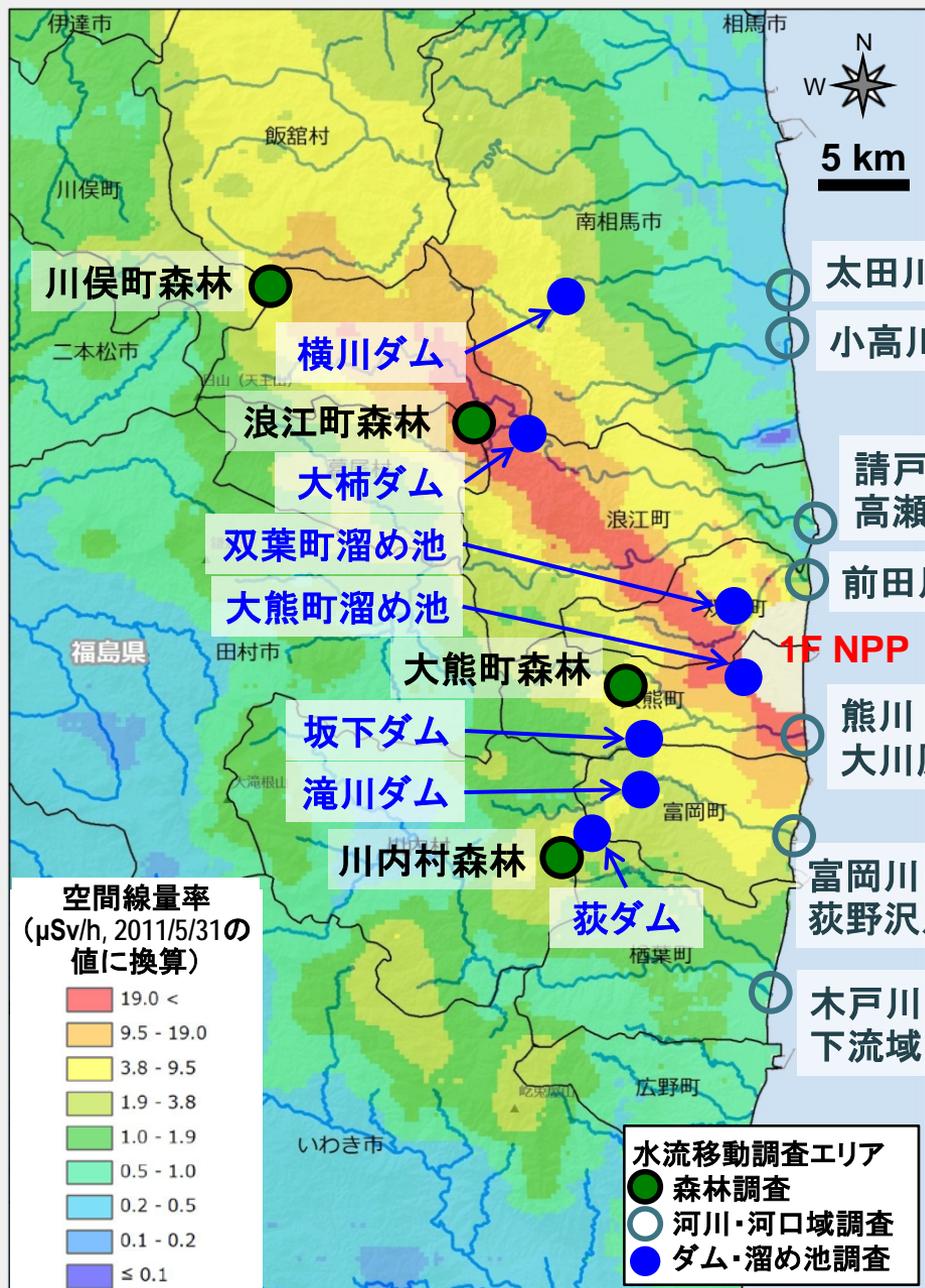
- 生活圏における外部被ばく線量変化評価

地下への移流

河川水流による移動と堆積

塩による脱離・凝集
海流による移動





□ 森林

- ✓ 川俣町 (落葉樹)
- ✓ 浪江町 (常緑樹 / 落葉樹)
- ✓ 大熊町 (常緑樹)
- ✓ 川内村 (常緑樹 / 落葉樹)

□ 河川・河口域

- ✓ 太田川 (H26～, 流域のセシウム蓄積量高)
- ✓ 小高川 (ダム無, 河口付近で海水流入)
- ✓ 請戸川 (流域のセシウム蓄積量高)
- 高瀬川 (ダム無, 流域のセシウム蓄積量高)
- ✓ 前田川 (ダム無, 流域のセシウム蓄積量高)
- ✓ 熊川 (ダム無)
- 大川原川
- ✓ 富岡川
- 荻野沢川 (除染済みエリアを流れる)
- ✓ 木戸川下流域 (除染済みエリアを流れる)

□ ダム・ため池

- ✓ 横川ダム (H26～, 太田川水系)
- ✓ 大柿ダム (請戸川水系)
- ✓ 坂下ダム (H26～, 大川原川水系)
- ✓ 滝川ダム (富岡川水系)
- ✓ 荻ダム (荻野沢川水系)
- ✓ ため池 (大熊・双葉町内)

- 浜通りの6河川水系を中心に、森林、河川、ダム湖・溜め池、河口域において放射性セシウムの移動挙動の調査を実施するとともに、予測解析のための計算コードの整備を行ってきた。
- その結果、
 - 1年間に森林斜面から土砂とともに流出する放射性セシウムの割合は、表土中に含まれるセシウムの0.2~0.5%であった。
 - 河川水系において、放射性セシウムの堆積しやすい場所を明らかにした。
 - 河川： 河川敷の高水敷
 - ダム湖： 流入口付近(大粒径/低濃度)、取水口付近の最深部(小粒径/高濃度)
 - 山地からの土砂流亡、ダム湖内における土砂堆積、河川敷における土砂堆積の計算コードによる計算結果は、これらの調査結果とよく一致した。
- その他、以下のような知見が得られた。
 - 河川の河床土中の放射性セシウム濃度は減少傾向を示した。
 - ダム湖底土中の濃度に比べ、湖水中の放射性セシウム濃度は極めて低い。底土中の濃度のピークは、数~数十cmの深さにある。
 - 大柿ダム： 湖水中 0.12 Bq/L ⇔ 底土表面 200,000 Bq/kg程度
 - 河口域の堆積物中の放射性セシウム濃度は、河床土中に比べると低い。

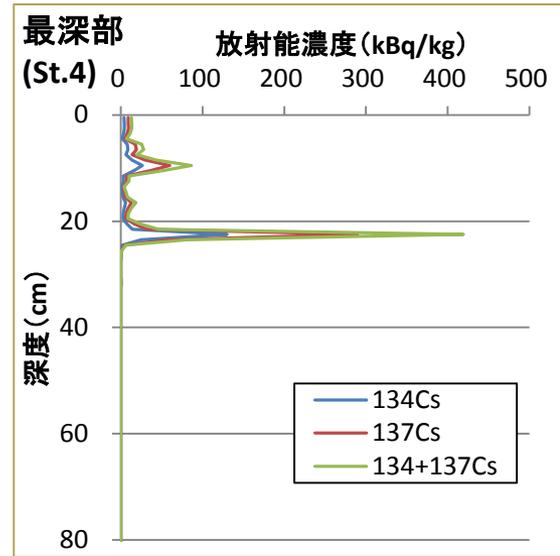
山地森林～ダムにおける放射性セシウムの動き

川内村萩地区における測定例をまとめたもの。
枠内はCs-137濃度。

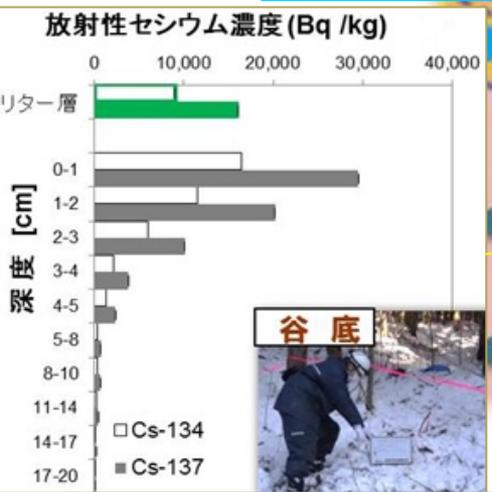
土砂とともに流出するセシウムの割合：
1年間に約0.5 %

林内雨：
～2 Bq/L

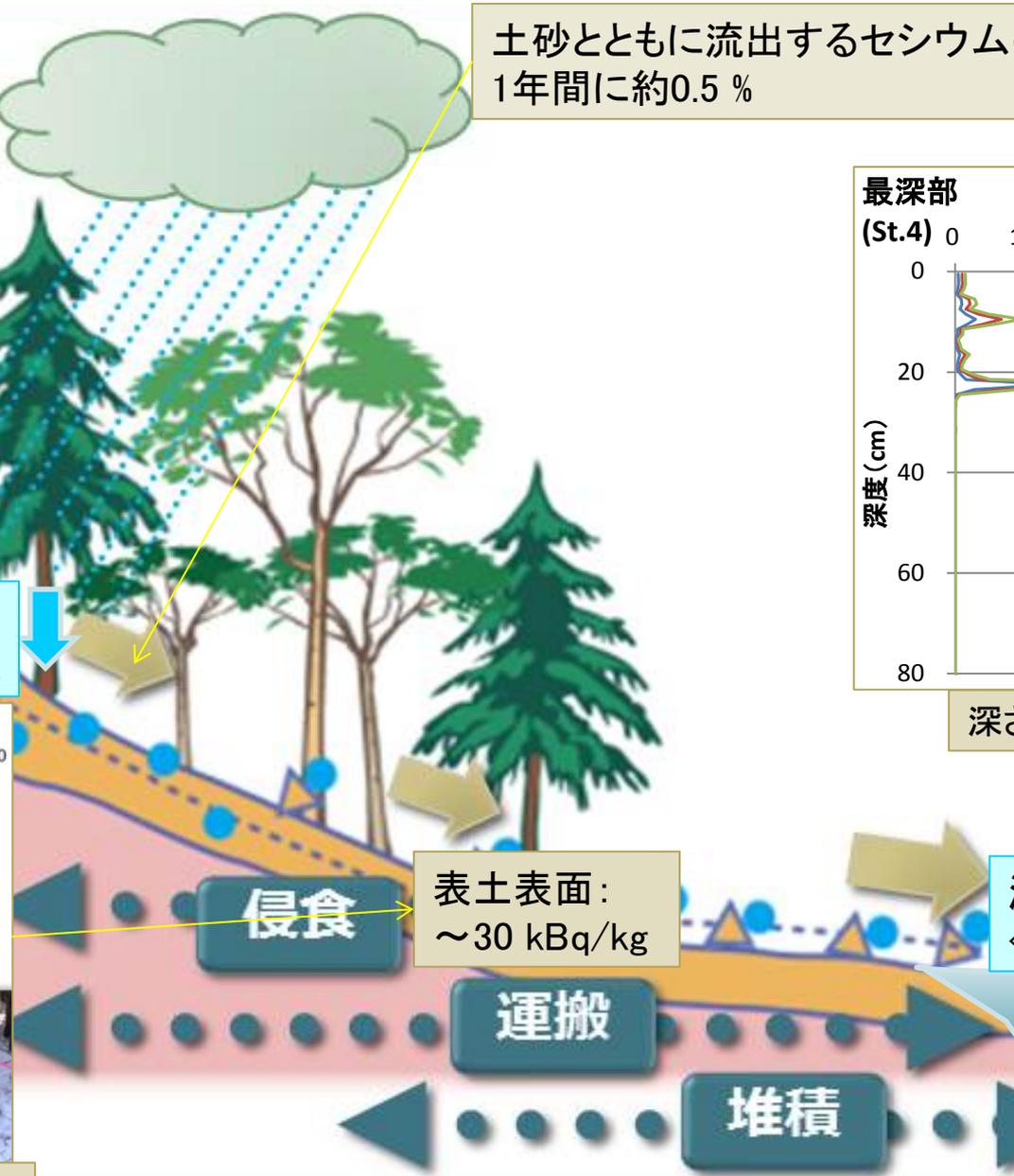
樹幹流：
～20 Bq/L



深さ数十cmに最大ピーク



5 cmまでの表土に多くが存在



表土表面：
～30 kBq/kg

湖水中溶存態：
＜ 0.01 Bq/L

湖底土表面：
～10 kBq/kg



ダム～河川～河口域における放射性セシウムの動き

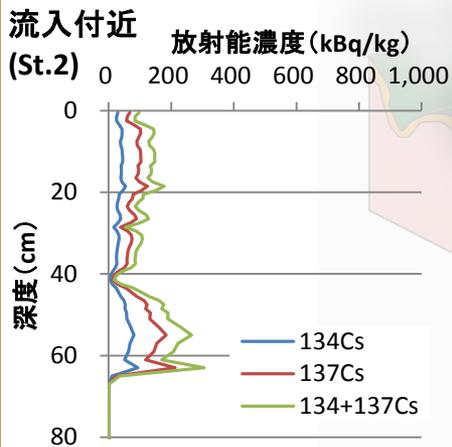
ダム湖水中溶存態:
0.12 Bq/L

ダム湖底土表面:
100～200 kBq/kg

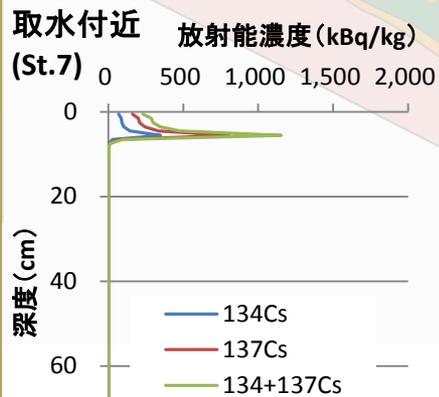
高水敷:
～100 kBq/kg
(増減なし～微増傾向)

河床土:
～10 kBq/kg
(減少傾向)

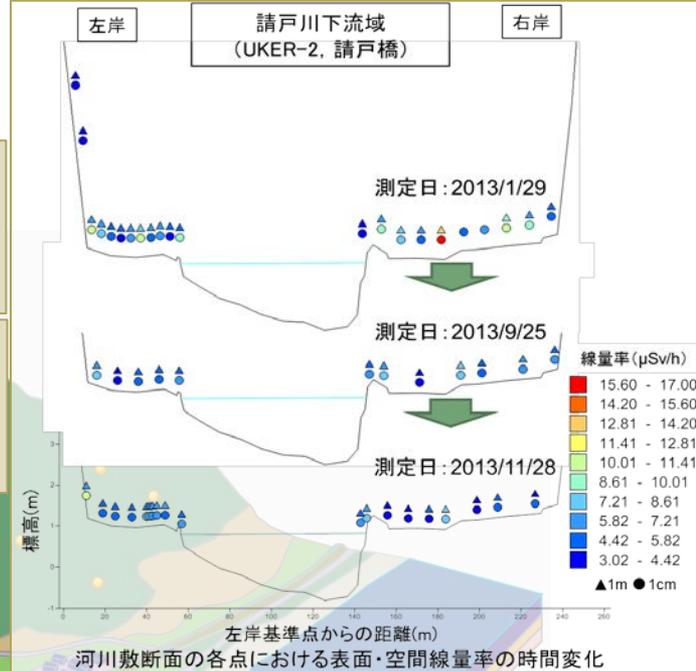
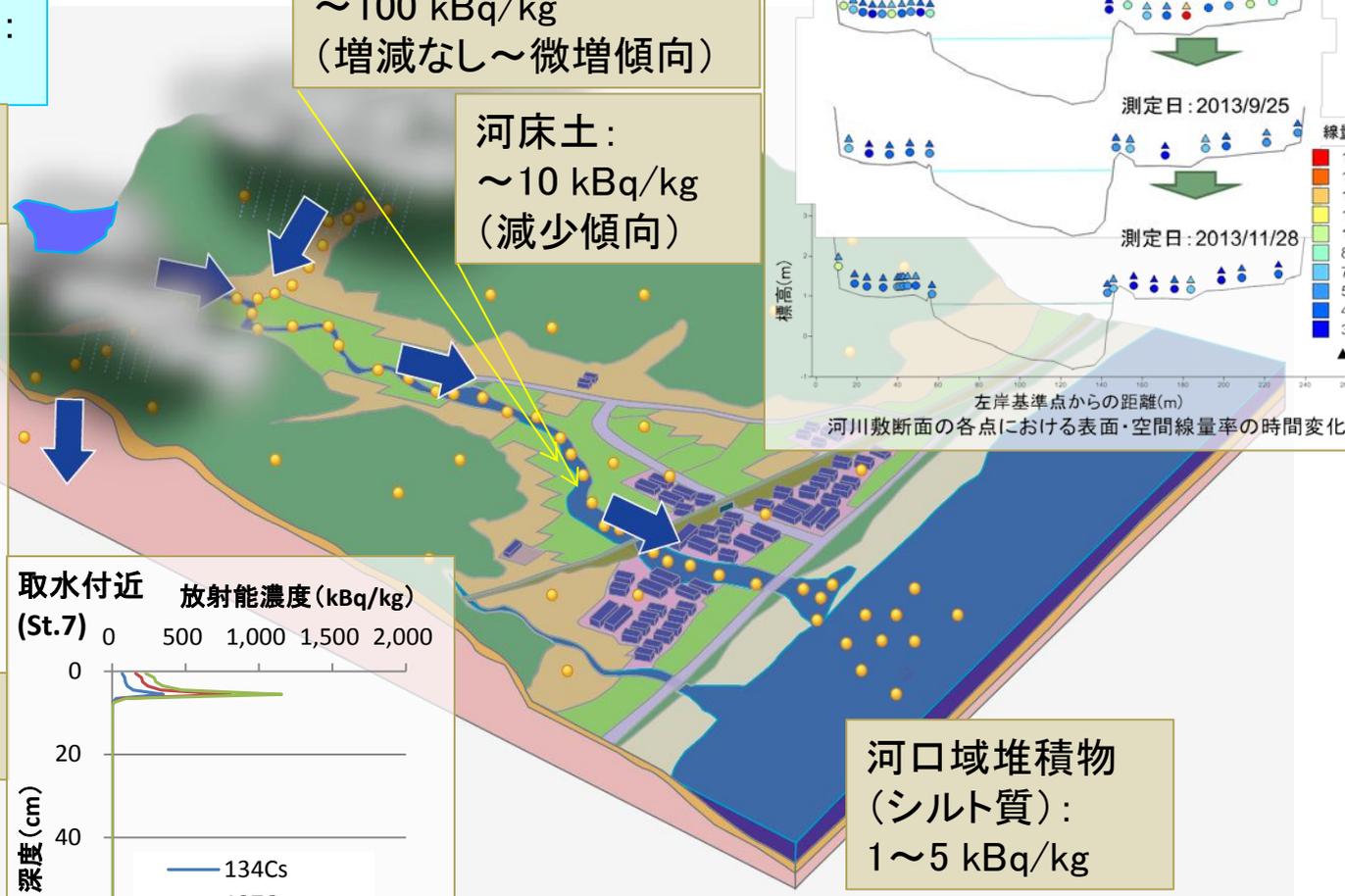
河口域堆積物
(シルト質):
1～5 kBq/kg



深さ数十cmに最大ピーク。
比較的低濃度←粒径大。



深さ数cmに最大ピーク。
比較的高濃度←粒径小。



河川敷断面の各点における表面・空間線量率の時間変化

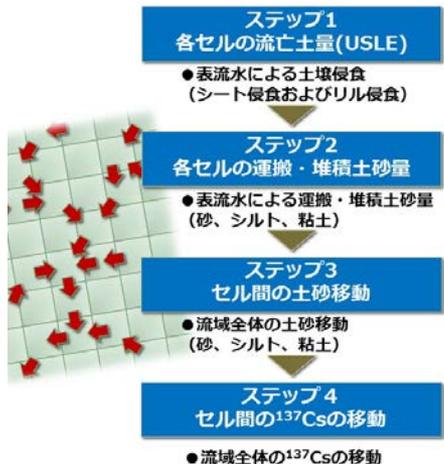
大柿ダム・請戸川水系における測定例をまとめたもの。
枠内はCs-137濃度。

解析モデルの概要・特徴

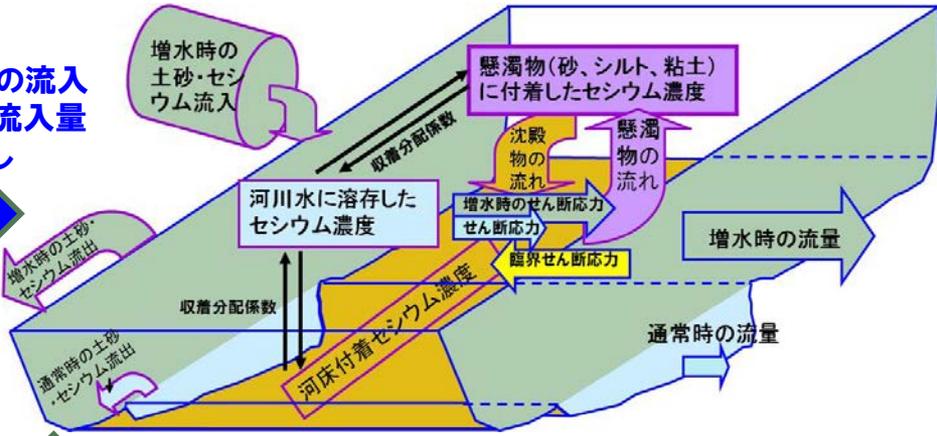
土壌流亡予測式 (USLE) $A=R \times K \times LS \times C \times P$

A: 単位面積あたりの年間流亡土量
[ton/ha・y]

- R**: 降雨係数
- K**: 土壌係数
- LS**: 地形係数
- C**: 作物係数
- P**: 保全係数



上流からの流入量、側面流入量を引き渡し



土砂Cs移行解析モデル SACT

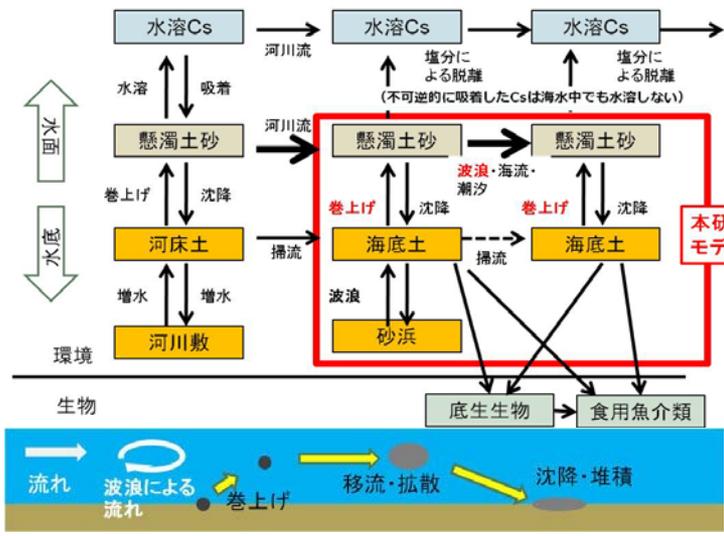
1D・2D河川解析モデル TODAM, Nays2D/iRIC

土地からの流出量を引き渡し

河川からの流出量を引き渡し

将来のCsの分布マップを引き渡し

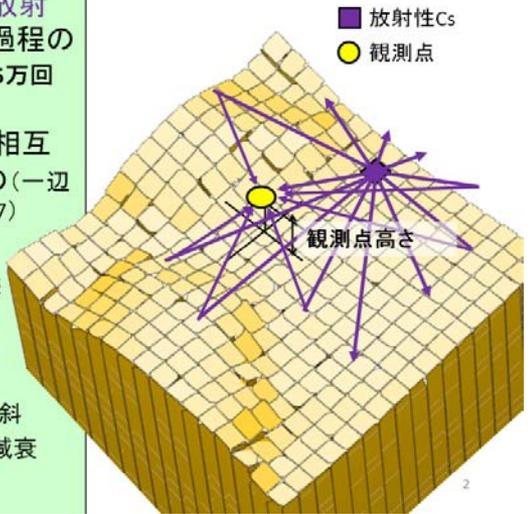
河川敷のCsの分布マップを引き渡し



本研究中でモデル化

河口域のCsの分布マップを引き渡し

- 地表面のセシウムからの放射線が、観測点に至る輸送過程の模擬計算 (モンテカルロ法; 25万回 × 5万回試行)
 - 空気、土壌とγ線光子との相互作用により、観測点周囲の(一辺約200m、12.5mメッシュ、17 × 17)
 - ①セシウム濃度分布
 - ②地形による起伏・傾斜*
 - ③地下セシウムの深度分布**を考慮可能
- * 地表を8方位中最下降方向へ傾斜
** 深度分布は5cmまで1cm毎に減衰 (× exp(-1.2)/cm)



3Dダム・河口域解析モデル FLESCOT, ROMS

被ばく評価解析モデル PHITS

Case2(通常時の10倍の流量)



河床変動



Time: 200 sec

河川敷まで水が増水し、その水が引くときに土砂が堆積する。

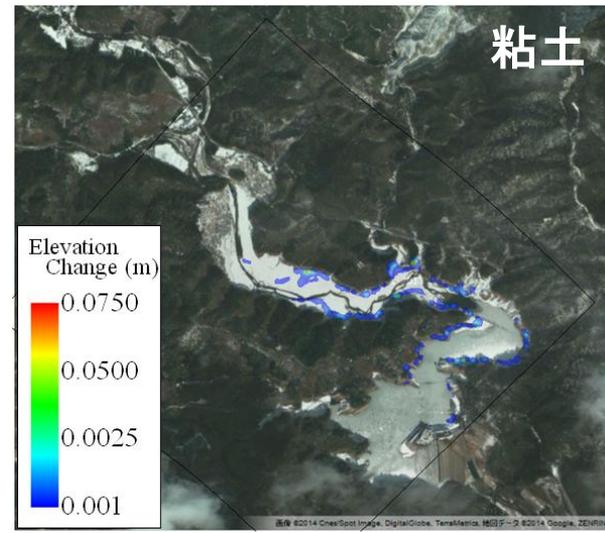
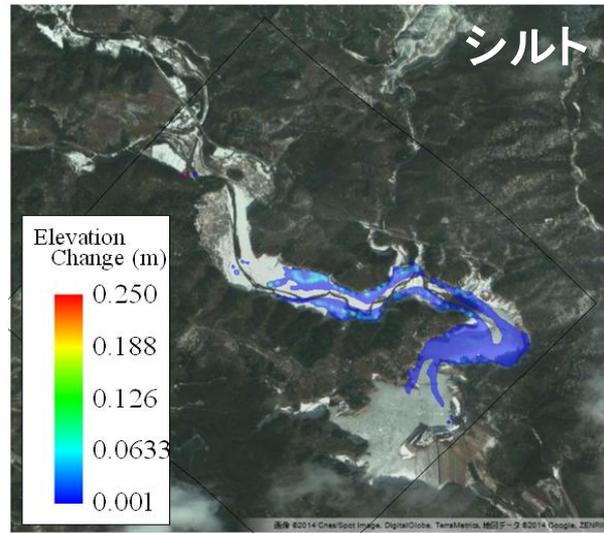
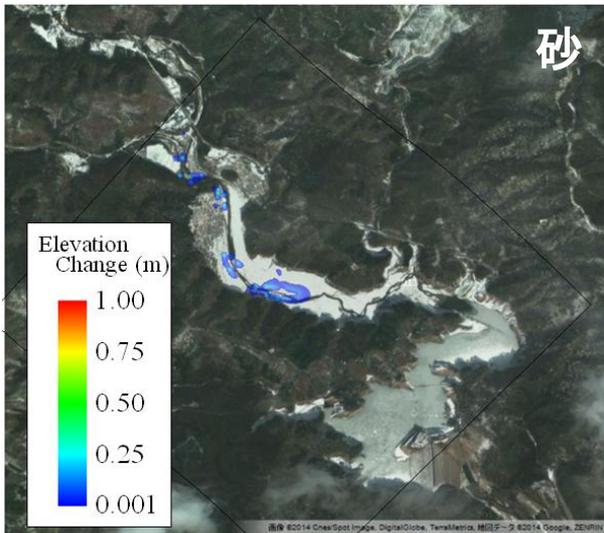


水深

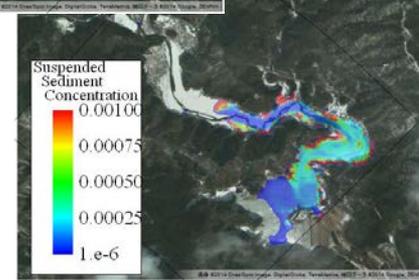
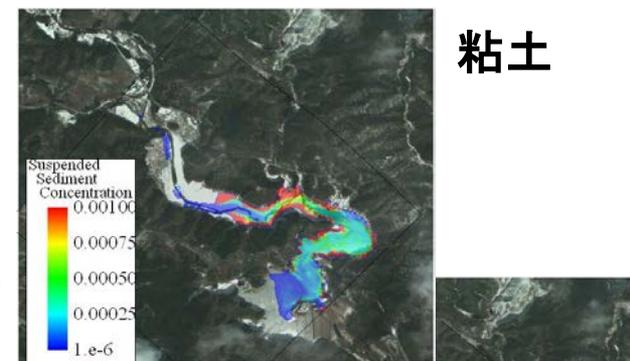
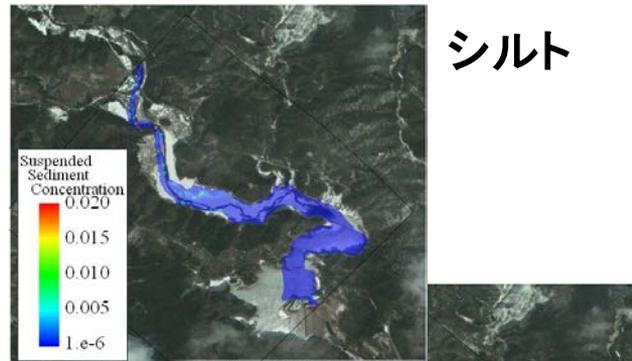


Time: 200 sec

粒径の異なる堆積物の堆積量と濃度 (Nays2D解析)



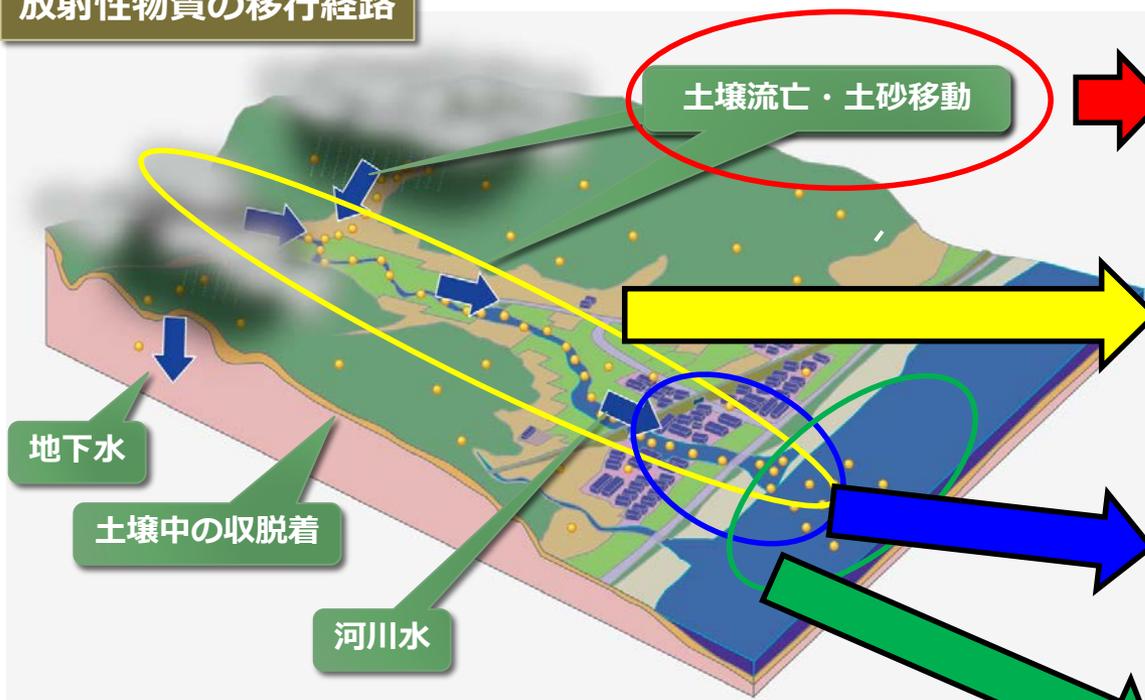
高水時120時間後の砂(左), シルト(中)および粘土(右)分画の堆積量



高水時40および120時間後の砂(左), シルト(中)および粘土(右)分画の湖水中濃度

イベント毎の移動量の定量的評価、化学種毎の放射性セシウムの挙動評価

放射性物質の移行経路



- **森林:** イベント毎表土流出割合、流出土砂粒径・組成・Cs濃度の評価
- **河川:** イベント毎のCsマスフローの定量的評価
- **ダム:** イベント毎流入・堆積・流出量、土砂粒径・組成・Cs濃度の評価
- **河口域:** 放射性Csの動的挙動(脱離、凝集等)の把握
- **Cs挙動:** 環境水中の放射性Csの化学種分析と分配挙動の把握

参 考 資 料

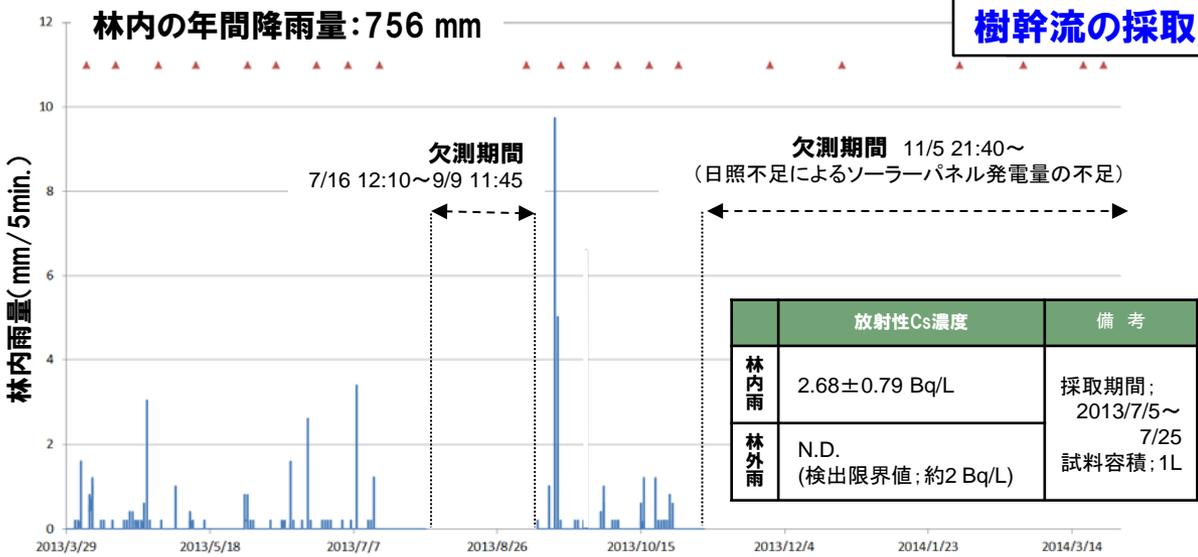
森林

- **樹木→地表面への移動**
 - 雨による洗い流し(樹幹流, 林内雨)や落葉等により移動。
 - 樹幹流, 林内雨, 落葉中のセシウム濃度を測定。落葉等の分解挙動を観察。
- **斜面上部→下部への移動**
 - 放射性セシウムは、ほぼ森林内に留まっている。
 - 森林内から林外への年平均セシウム流出率は、2013年の観測で0.2~0.5%。
- **地表面→深部への移動**
 - 放射性セシウムの大部分は土壌の表層付近に分布。
 - 地表から5 cm以内に90%以上の放射性セシウムが留まっている。
 - リター, 地形等の違いにより深部のセシウムプロファイルに相違。
- **森林→河川への移動**
 - 土砂の組成により移動挙動・セシウム濃度に相違。

森林調査(樹木→地表面): 樹幹流の観測(川内村萩)



※観測プロットの傾斜: 27°



KA-1(プロット上部)

	4/5	4/15	4/30	5/13	5/31	6/24	7/5	7/16	7/25	8/20	9/5	9/17	9/26	10/7
Cs-134	2.66	3.8	N.D.	4.55	2.65	3.82	2.42	5.39	L.T.D.	4.53	5.2	N.D.	N.D.	2.37
Cs-137	6.49	7.89	4.04	10.1	10.5	9.19	7.2	12.2	5.58	9.83	12	8.49	5.95	5.68
誤差														
Cs-134	0.767	0.745		0.846	0.823	0.859	0.804	0.923		0.828	0.938			0.72
Cs-137	0.854	0.946	0.817	1.08	1.11	1.04	0.996	1.18	0.814	1.05	1.14	1.01	0.953	0.935

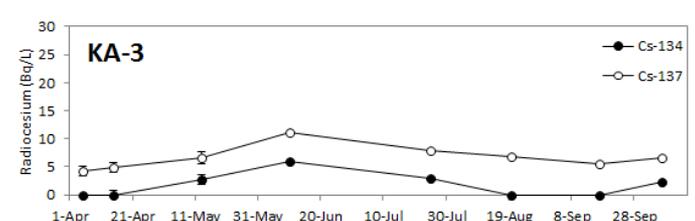
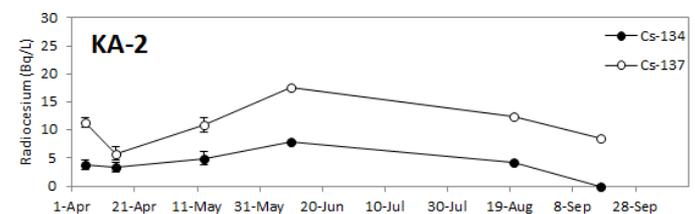
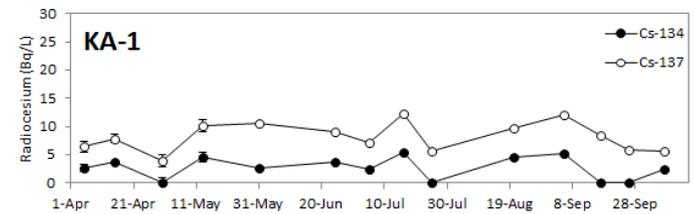
KA-2(プロット中部)

	4/5	4/15	5/13	6/10	8/20	9/17
Cs-134	3.82	3.39	4.98	7.83	4.22	N.D.
Cs-137	11.29	5.8	10.9	17.5	12.5	8.61
誤差						
Cs-134	0.994	0.798	0.797	1.11	0.875	
Cs-137	1.18	0.894	1.13	1.3	1.15	1.07

KA-3(プロット下部)

	4/5	4/15	5/13	6/10	7/25	8/20	9/17	10/7
Cs-134	N.D.	L.T.D.	2.69	5.98	2.84	L.T.D.	L.T.D.	2.37
Cs-137	4.21	4.88	6.6	11.2	7.93	6.87	5.45	6.58
誤差								
Cs-134			0.689	0.851	0.808			0.766
Cs-137	0.826	0.86	0.896	1.11	1.01	0.912	0.879	0.901

- ◆樹種: KA-1~3 スギ
- ◆試料の測定日: 2013/6/24~27, 2013/11/18~22
- ◆測定時間: 3,600秒
- ◆フィルタリング: なし
- ◆検出限界値: 約2 Bq/L



樹幹流の放射性セシウム濃度の測定結果(Bq/L)

森林調査(斜面上→下):移動拳動の観測区画

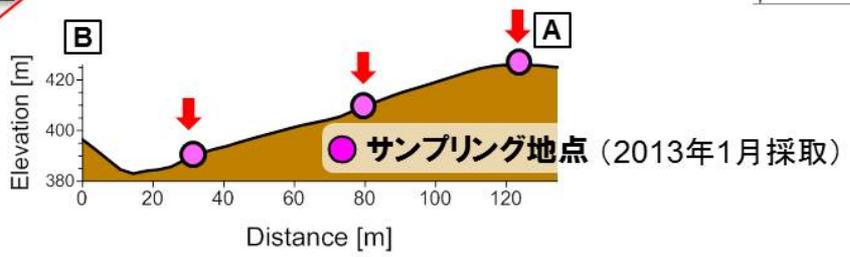
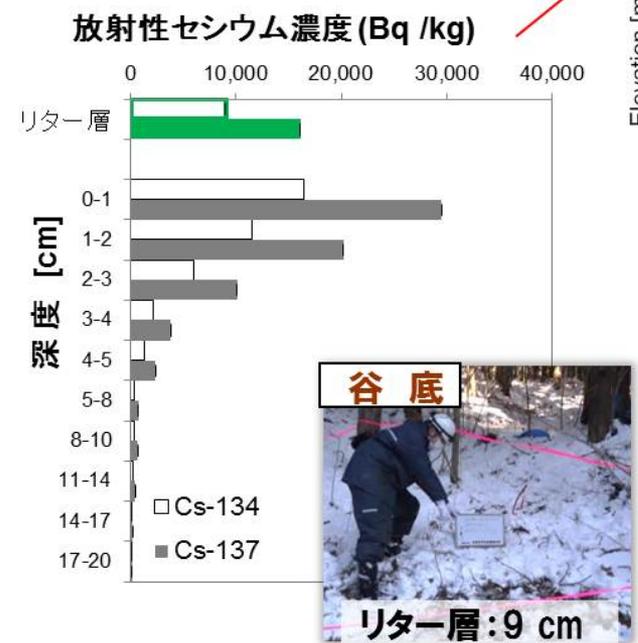
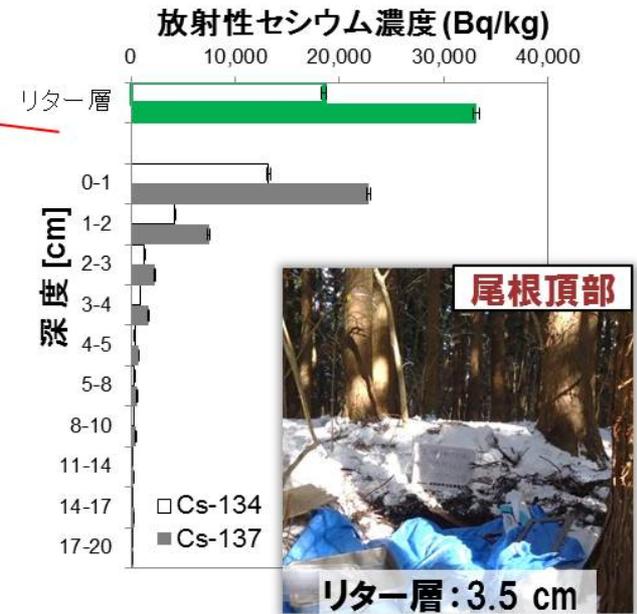
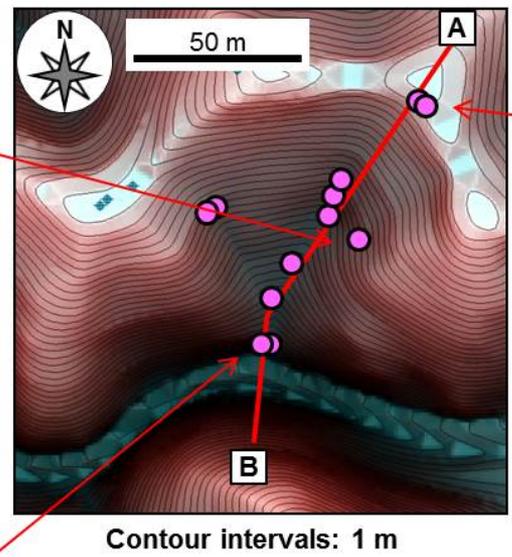
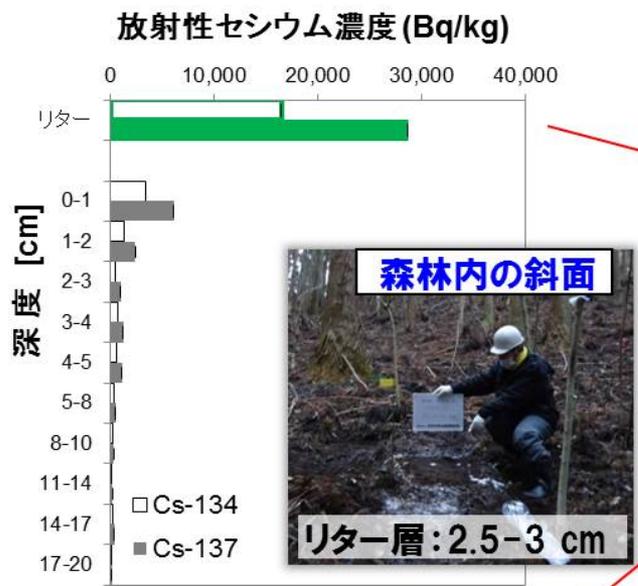


- 斜面に一定の区画を区切る
- 区画内の降水が表面流、樹幹流(木を伝う流れ)となって流れる量をそれぞれ定常的に観測
- 区画から流出する表面流を集め、水の濁度(土壌粒子等起因)を定常的に観測
- 流水中の放射性Cs濃度、空間線量率分布を測定し、Csの動きを観測

森林調査(斜面上→下): 森林内斜面でのセシウム移動挙動

	【KA】(川内村荻, スギ林, 急傾斜)	【KE】(川俣町山木屋, 広葉樹林, 緩傾斜)	【KW】(川俣町山木屋, 広葉樹林, 急傾斜)
観測期間	2013/6/10~11/18 ~23週間	2013/3/29~11/19 ~33週間	2013/6/28~11/19 ~20週間
観測プロット面積	4.5 × 11 m ~49.5 m ²	4.9 × 9.45 m ~46.3 m ²	5.8 × 9.5 m ~55.1 m ²
総流出土砂 湿潤重量 ※(リター重量)	4.24 kg (0.174 kg)	2.59 kg (0.932 kg)	2.54 kg (1.46 kg)
総流出土砂 換算乾燥重量 ※(リター重量)	1.22 kg (0.0272 kg)	0.606 kg (0.147 kg)	0.598 kg (0.236 kg)
土砂流出量	~1.20 kg/23週間	~0.459 kg/33週間	~0.362 kg/20週間
平均土砂流出量	1.20 kg/23週間/49.5 m ² ~4.20 g/m ² /4週間	0.459 kg/33週間/46.3 m ² ~1.21 g/m ² /4週間	0.362 kg/20週間/55.1 m ² ~1.31 g/m ² /4週間
平均土砂流出厚さ	土砂乾燥密度(仮定): 1.0 g/cm ³ → 0.0042 mm/4週間	土砂乾燥密度(仮定): 1.0 g/cm ³ → 0.0012 mm/4週間	土砂乾燥密度(仮定): 1.0 g/cm ³ → 0.0013 mm/4週間
地表部分の年間 放射性セシウム 流出割合	鉛直分布パラメータβ(仮定): 1.0 g/cm ² → 0.5%/年	鉛直分布パラメータβ(仮定): 1.0 g/cm ² → 0.2%/年	鉛直分布パラメータβ(仮定): 1.0 g/cm ² → 0.2%/年

森林調査(地表面→深部):セシウムの深度分布(川内村, 常緑樹)



- 植生 (林内/林縁) や地形 (尾根/斜面/谷底) が異なるとCsの深さ方向の分布が異なる
- 土壌やリター (落葉・落枝等) の侵食・運搬・堆積等の状況が異なる可能性
- 今後、分布の変化を見ることで、樹上・リター・土壌中のCsの動きを把握する

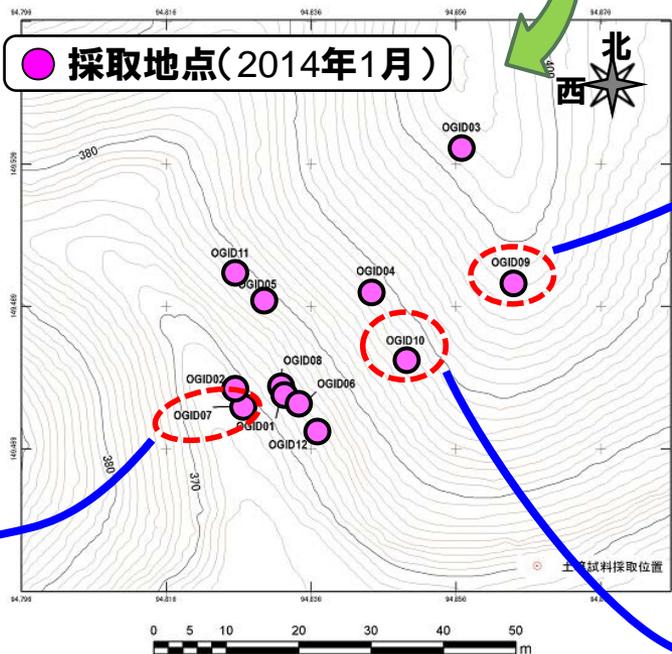
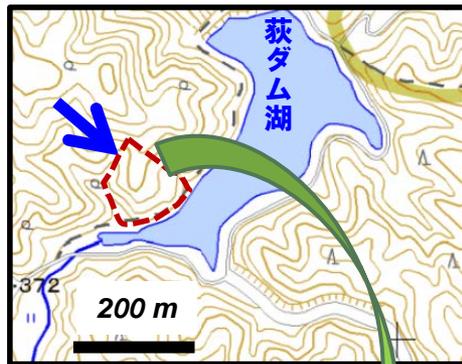
森林調査(地表面→深部):セシウムの深度分布(川内村, 落葉樹)



調査地点の状況

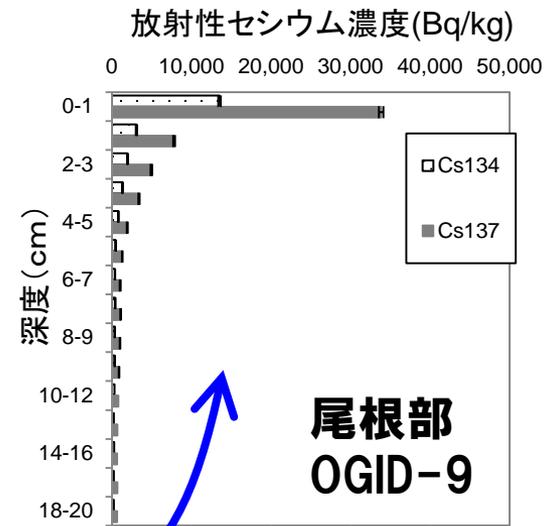


スクレーパープレートによる土壌採取

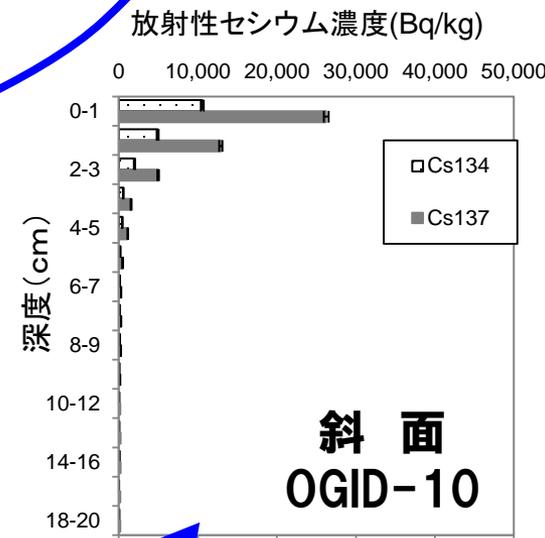


採取地点(2014年1月)

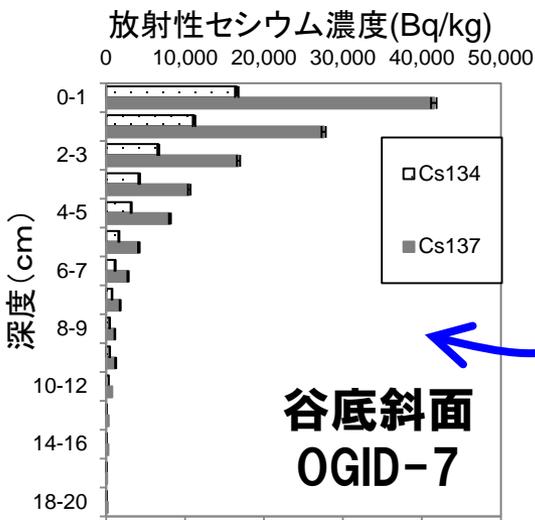
等高線間隔は1m



尾根部
OGID-9



斜面
OGID-10



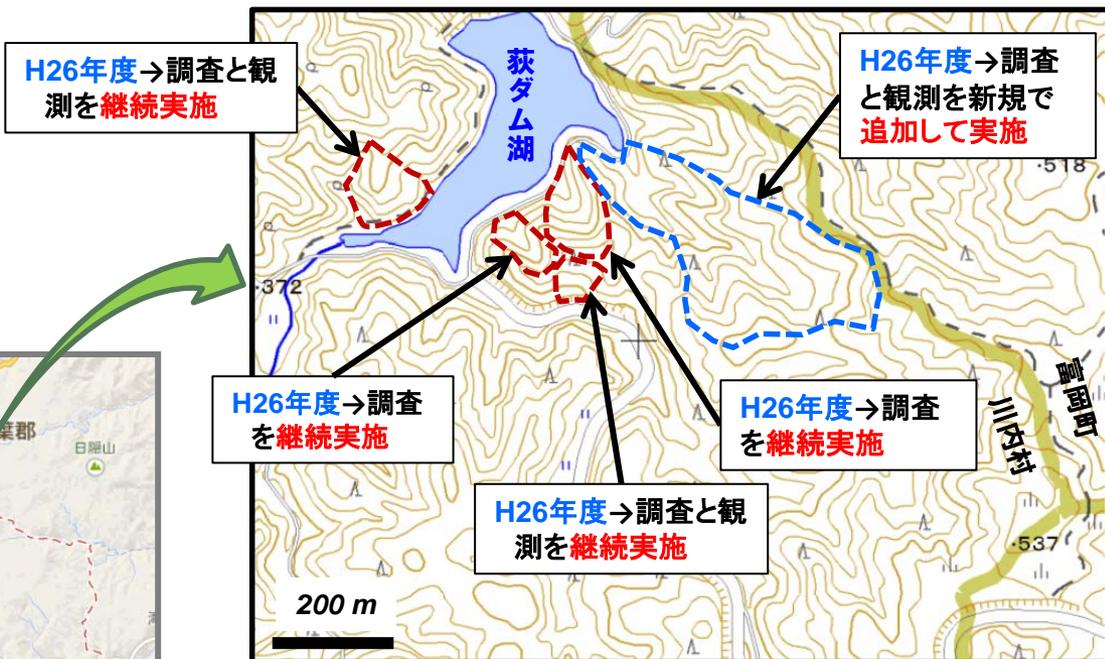
谷底斜面
OGID-7

※リターの放射性セシウムは分析中

森林調査：平成26年度調査計画(川内村)

- 荻ダム湖に隣接する**山地の森林**における放射性セシウムの移動に関する**経年変化**を把握する
→ 調査と観測を**継続して実施**
- 河川・ダム湖へ流入する放射性セシウムの観測地点を**追加して実施**
→ これまでの調査結果の**確からしさ**を確認

荻ダム湖周辺の拡大図



位置図



現地調査のイメージ



新規に設定する地点での調査・観測イメージ；
(土砂受け箱、雨水採取ボトル、渓流水の採取箱の設置および土壌採取)

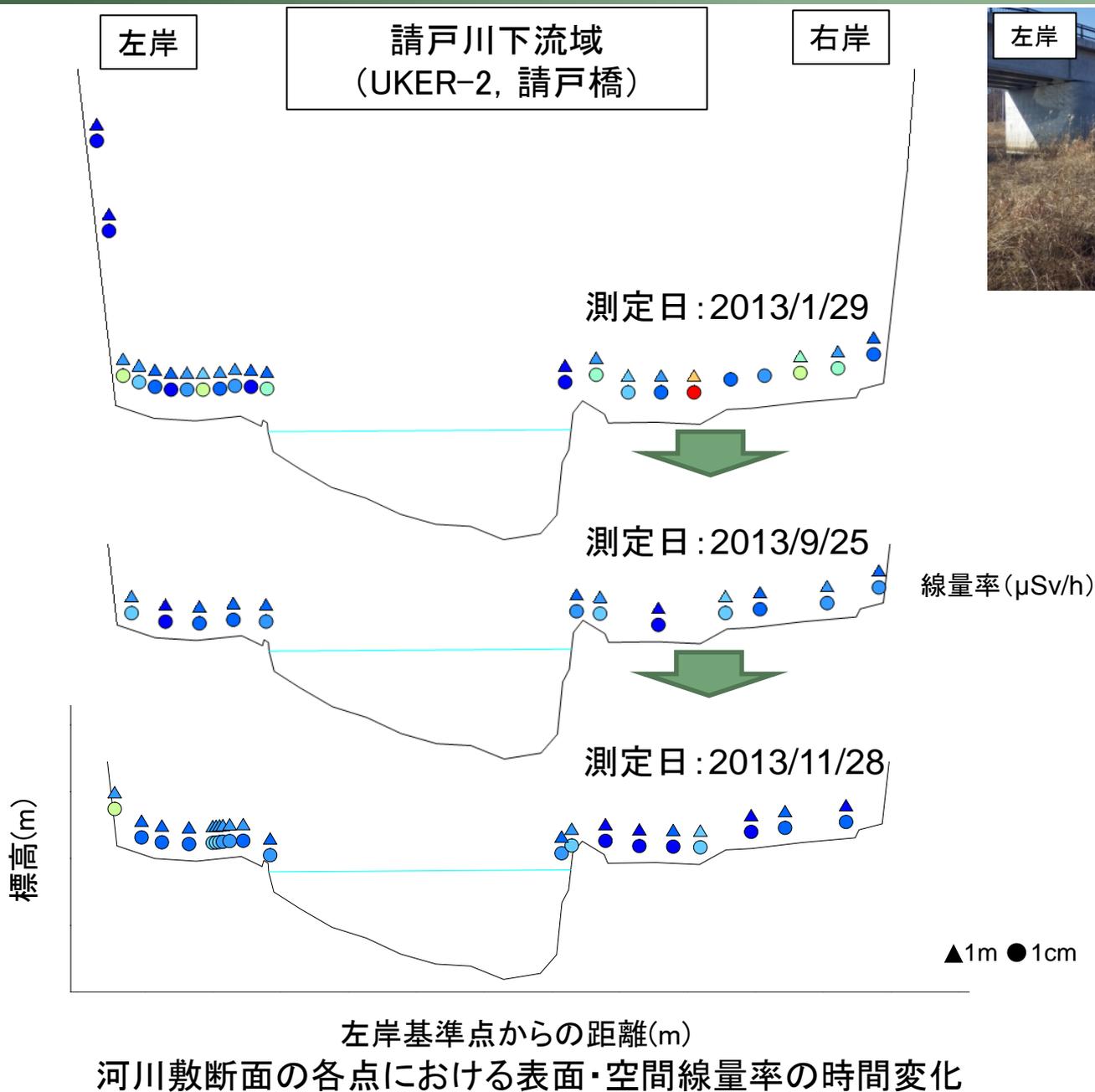


- ❑ 森林の斜面を移動してくる土砂を、「土砂受け箱」(右写真)で採取 (設置間隔は、10 mにつき10個程度)
- ❑ 森林内に降る雨を「雨水採取ボトル」で採取(調査地内に2個)

河川

- 移動プロセスの理解
 - 河川敷・河床におけるセシウムの堆積
 - 河川敷: 高水敷にはセシウムが継続的に蓄積
 - 河床: 浸食によりセシウム濃度が減少
 - 高水時の移動挙動
 - 濁度の上昇(≒流速の増加)とともに浮遊懸濁物質(SS)中のセシウム濃度は低下 → 大粒径のSSの増加に起因
 - セシウムを含む土砂粒子の流入・沈着
- モデル入力パラメータの取得
 - 異なる粒径の固相に対するセシウムの分配係数
 - 高水時の濁度－SS粒径分布－セシウム濃度の相関から粒径依存性をモデル化
 - 固相からのセシウムの脱離速度定数
 - バッチ式脱離実験から算出
 - 河床土の臨界せん断応力
 - 高水時の流速－粒径分布の相関から
- モデル検証データの取得
 - 河川敷セシウム濃度分布, 河床土中セシウム濃度等

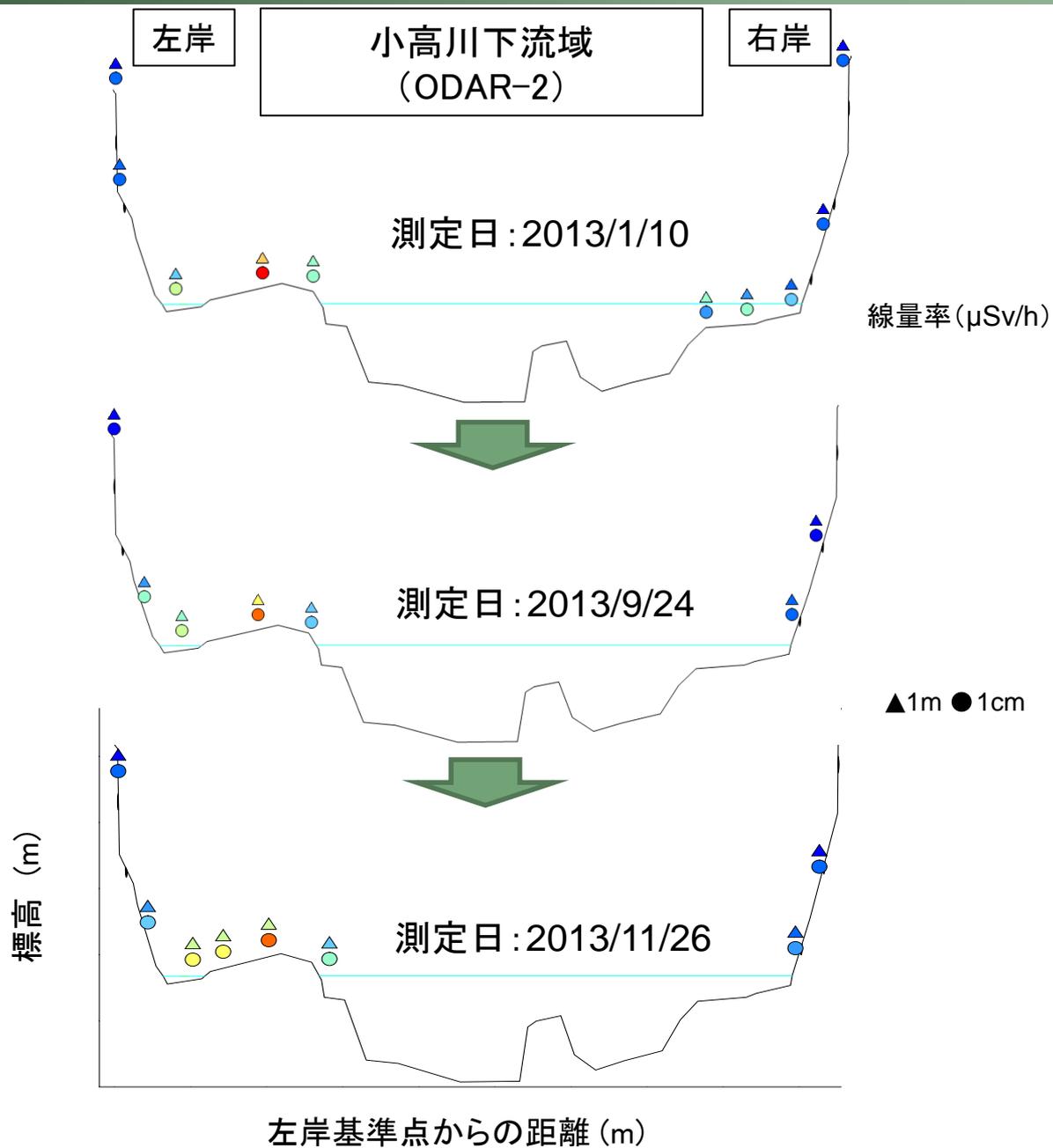
河川調査:河川敷の線量率の変化(請戸川)



- ✓ 高水敷の線量率が比較的高い
- ✓ 線量率は全体的に減少傾向

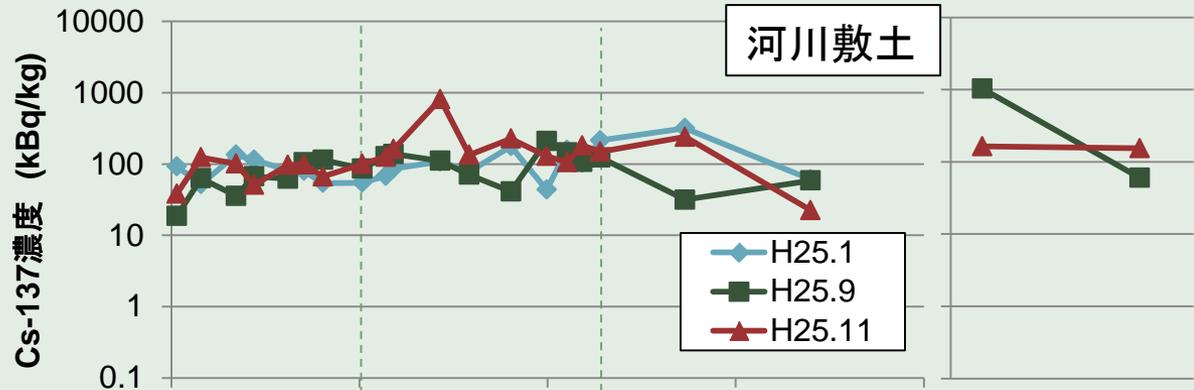
河川敷断面の各点における表面・空間線量率の時間変化

河川調査： 河川敷の線量率の変化(小高川)

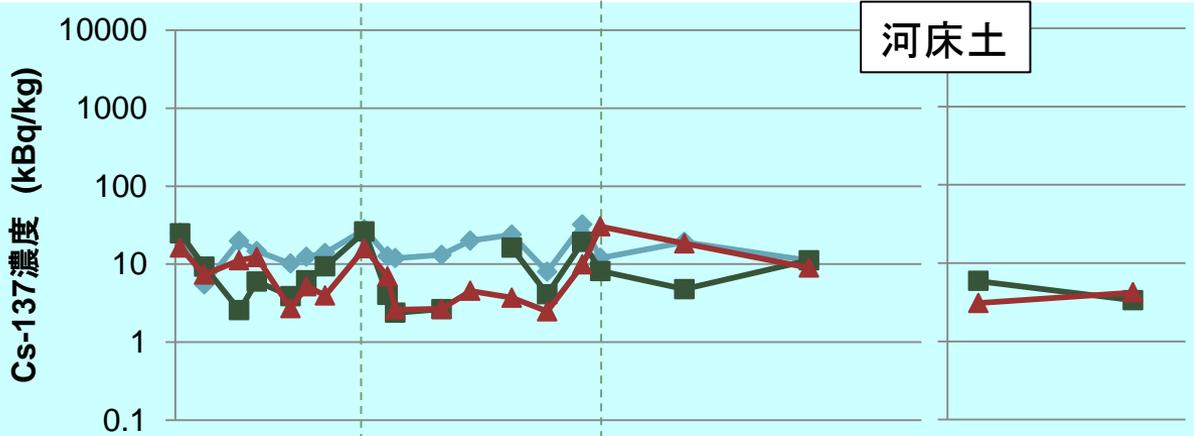


✓ 左岸側の高水敷の線量率が微増傾向
→ 出水の影響の可能性

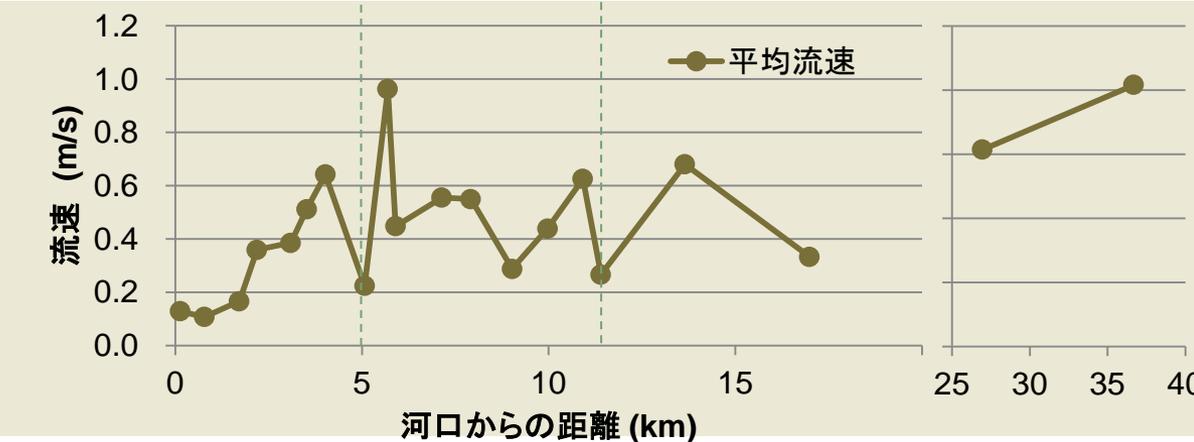
河川調査:河川敷・河床土中のセシウム濃度変化(請戸川) 25



✓ 河川敷土のうち、比較的線量率が高い場所のセシウム濃度は、増減なし～微増傾向
⇒ 蓄積しやすい場所には継続的にセシウムが蓄積されている可能性



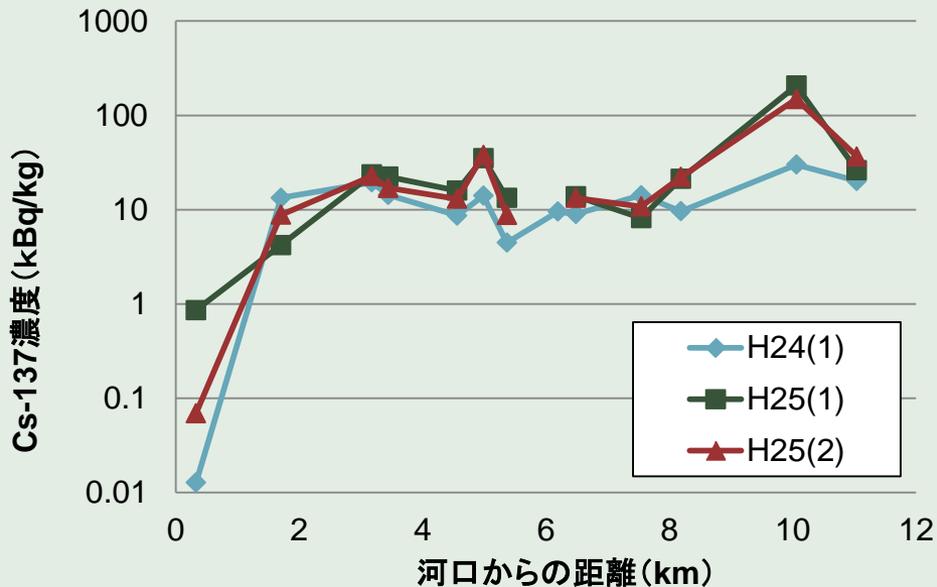
✓ 河床土のセシウム濃度は全体的に減少傾向
⇒ 河道付近では
・浸食が優位
・上流からの土砂中セシウム濃度は減少傾向
✓ 流速が急激に減少する場所付近で、比較的濃度が高い(図中点線)



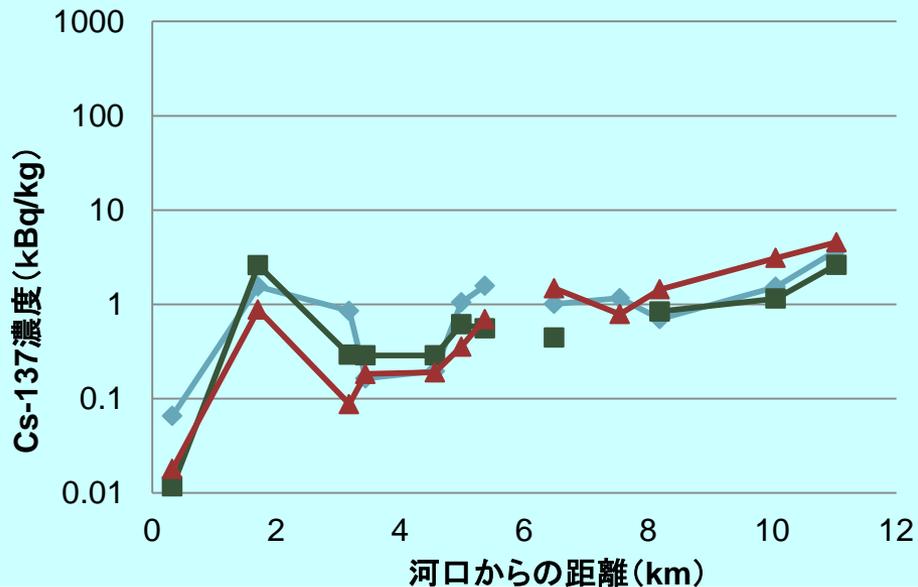
【試料採取日】
 ・H24(1): H24.12.27～H25.1.24
 ・H25(1): H25.9.25～27
 ・H25(2): H.25.11.22～28

河川調査:河川敷・河床土中のセシウム濃度変化(小高川)

小高川河川敷 (最大値)

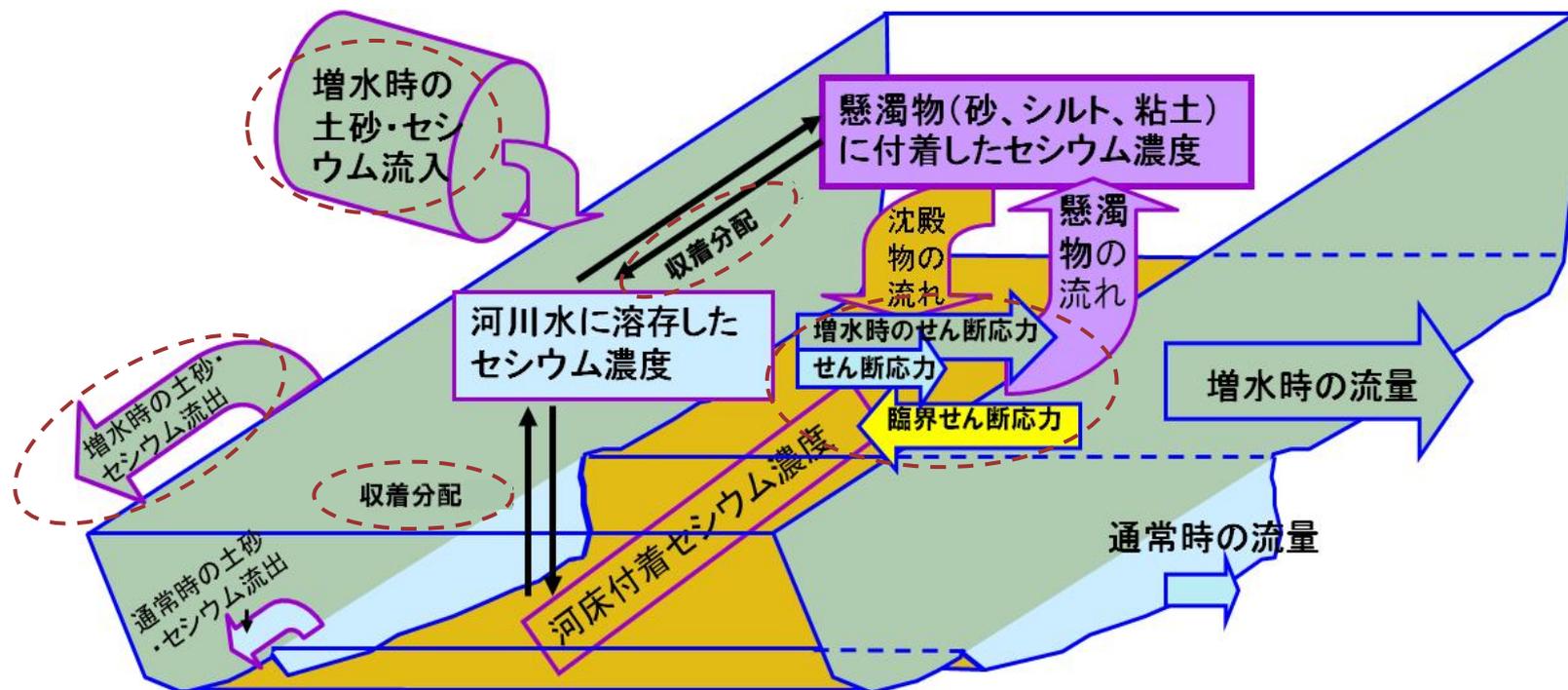


小高川河床土

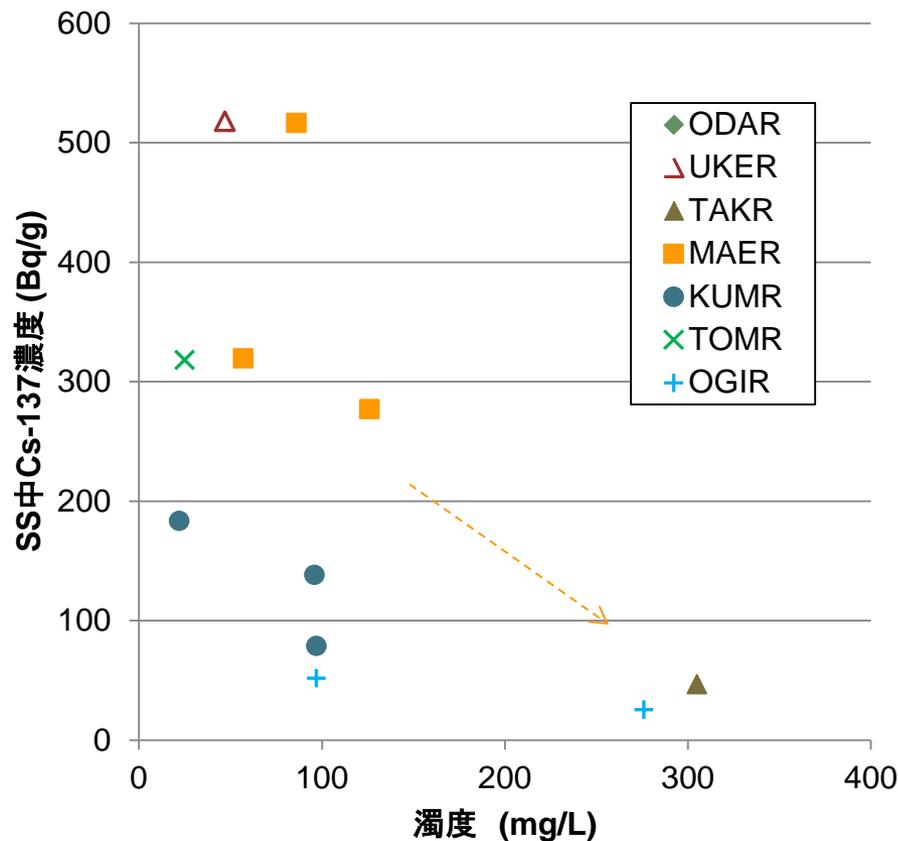


【試料採取日】

- ・H24(1): H25.1.10~H25.1.25
- ・H25(1): H25.9.19~25
- ・H25(2): H.25.11.25~26



- 河川やダム湖における粒径の異なる浮遊砂 (砂・シルト・クレイ) の移行・堆積を解析
- セシウムは、溶液 (溶存態)、懸濁物質 (懸濁態) 及び河床土に分配
- 地点により、セシウム・土砂の河川への流入および河川からの流出を考慮
- 米国パシフィックノースウェスト国立研究所 (TODAM) と北海道大学 (Nays2D) と共同研究で実施



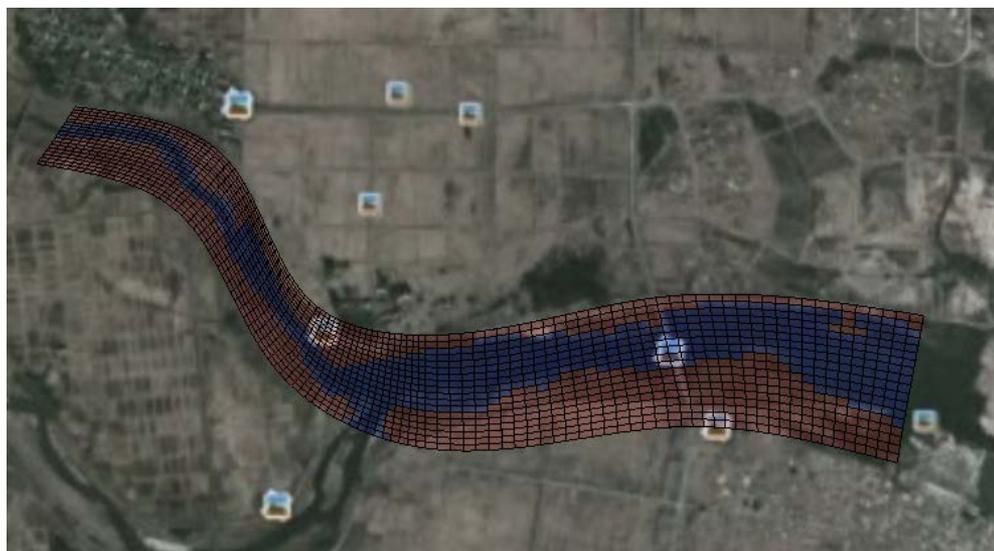
- ✓ 浮遊懸濁物質中(SS)のCs-137濃度は、濁度の上昇(≒流速の増加)とともに減少。
- ✓ 流域の放射性セシウム濃度により近似直線は相違。
 - ⇒ SSの粒径増加に伴うセシウム吸着量の減少により説明可能。
 - SS分の粒径分布・溶存セシウム濃度を取得し、**粒径毎の吸着分配係数**をモデル化。

河川解析：請戸川のシミュレーション例

2次元河川シミュレーションコードNays2Dを利用して請戸川の河口付近（高瀬川との合流点を含む）のシミュレーション



領域を101×19の格子点に分割してモデル作成



計算条件

- 河床材料の粒径: 10 μ m (シルト)
- マンニングの粗度係数: 0.05
- 境界から浮遊砂を流入
- 植物の密生度 (赤い部分): 0.2
- 植生の抵抗係数: 0.7 (既定値)



セシウムは粒径の小さな土砂に吸着しやすいため、シルトの堆積をセシウムの堆積とみなす

Case1(通常時の2倍の流量)

河床変動



Time: 200 sec

土砂はほとんど堆積しない

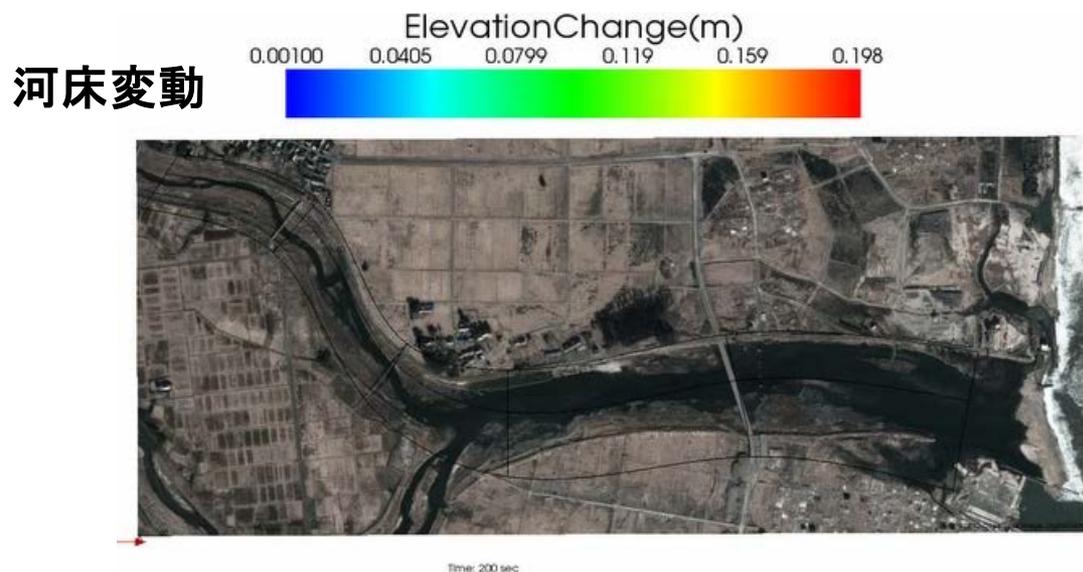
水深



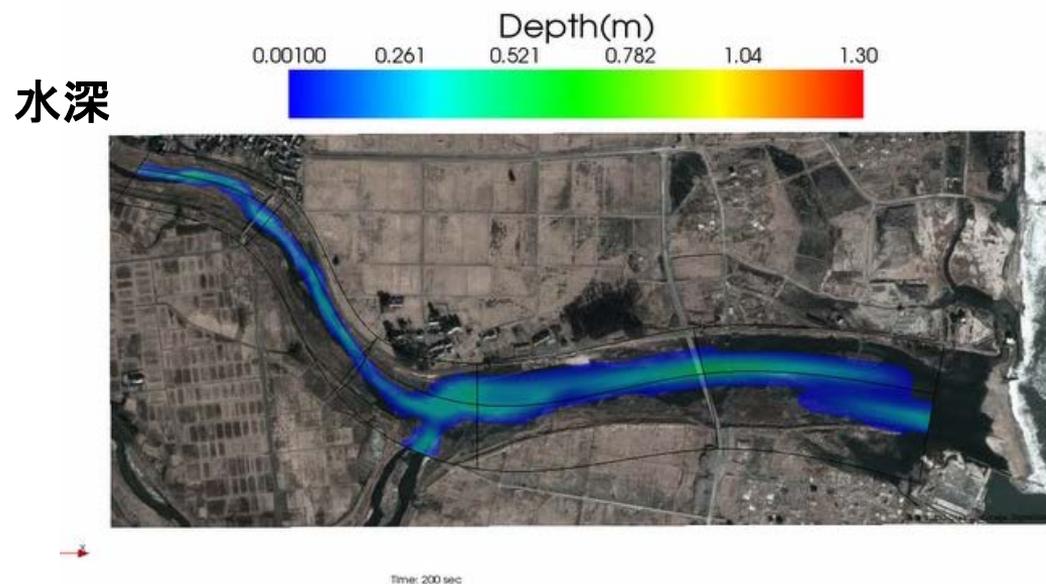
Time: 200 sec

河川敷まで増水しない

Case2(通常時の10倍の流量)



河川敷まで水が増水し、その水が引くときに土砂が堆積する



調査のポイント: 高水イベント時のセシウム移動挙動の定量的評価

高水期前後定期調査(各河川の定期観測点, 河川敷放射性セシウム堆積挙動確認試験場所)

- 河川横断面形状
- 低水時濁度・水中Cs濃度・化学種
- 低水時流速－河床土粒径分布
- 河川敷線量率分布測定



河川データ連続観測装置(各河川の下流域, 各ダムの流入・流出域)

- 水位－濁度相関



高水時流速等観測・採水(連続観測点等)

- 水位－流速－流量相関
- 流速－浮遊懸濁物質の粒径
- 流速－水中Cs濃度
- 浮遊懸濁物質中のCs濃度

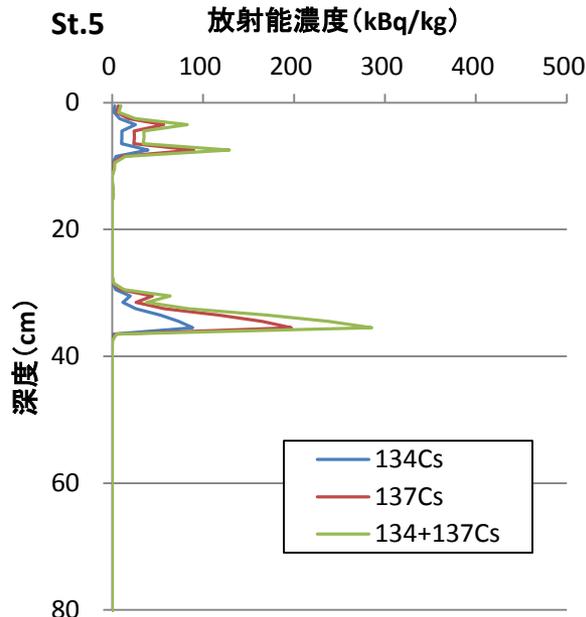
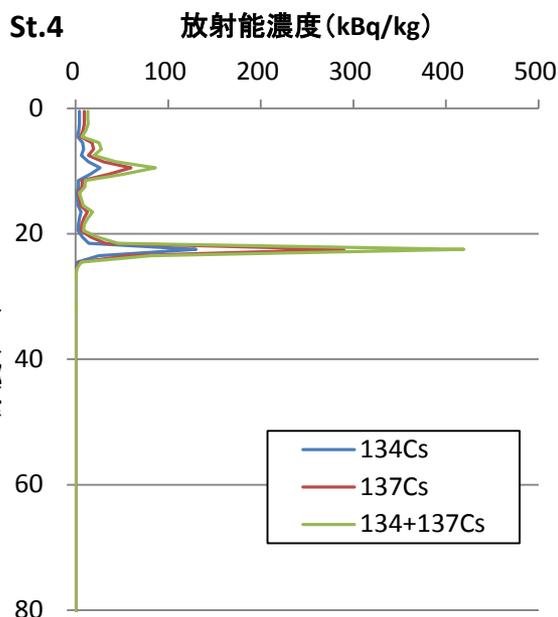
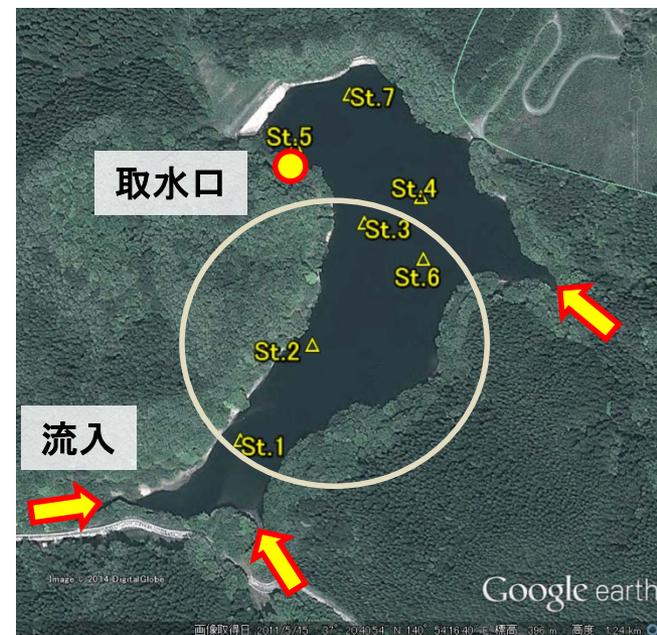
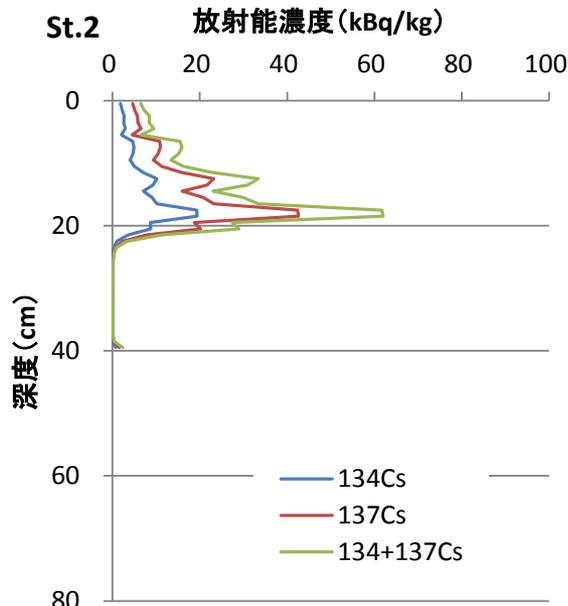
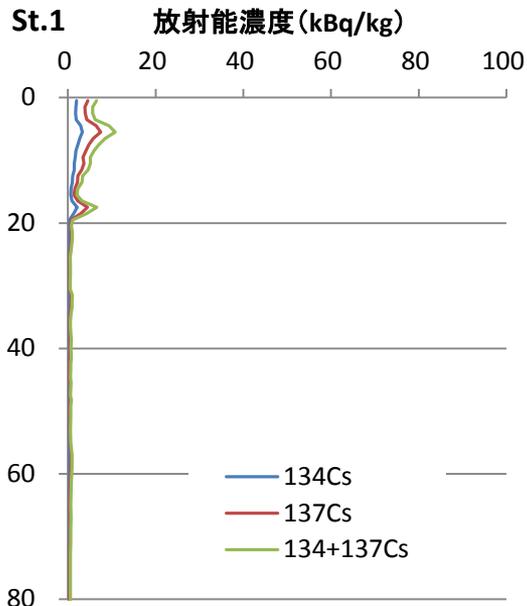


連続観測・自動採水装置

ダム

- 移動プロセスの理解
 - ダムにはセシウムを含む土砂が継続的に供給されている。
 - 底質中のセシウム堆積層の厚さが時間とともに増加
 - 土砂・セシウムの堆積厚さ・濃度は湖の場所により大きく異なる
 - ダム底質にセシウムは強く吸着されている。
 - 放流水中の溶存態セシウム(0.45 μ mフィルターろ過後)濃度は非常に低い。
 - 大柿ダム:0.12 Bq/L(Cs-137), 荻ダム:0.004 Bq/L(Cs-137)
- モデル入力パラメータの取得
 - 底質に対するセシウムの分配係数($>10^6$ L/kg)を取得。
 - 地形, 湖内流速・水質分布等。
- モデル検証データの取得
 - 年平均土砂流入量, ダム湖内の底質表面のセシウム濃度分布等。
- ダムの移動抑制機能
 - ダムにより下流域への汚染土砂移動が抑制されている。
 - 機能を生かして環境回復を進めていくために、ダムをどのように管理していくべきか、方策を提案していく。

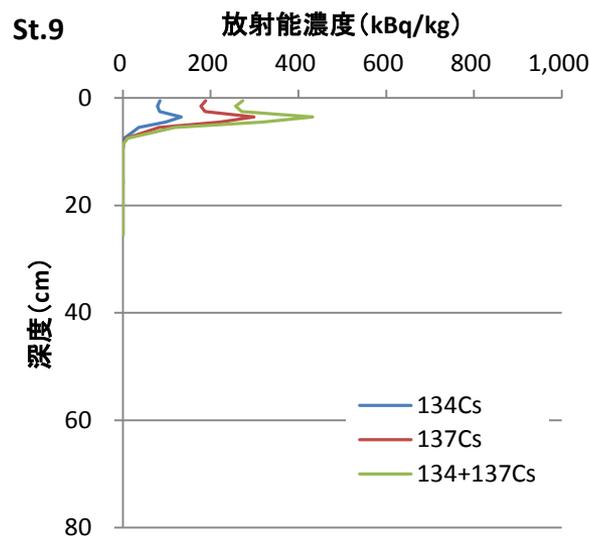
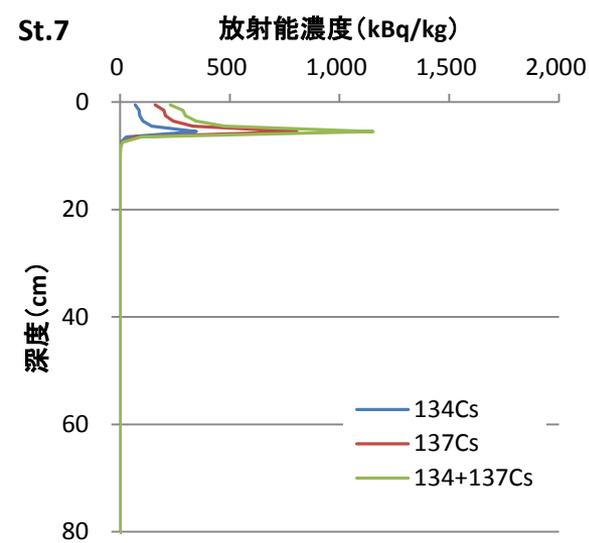
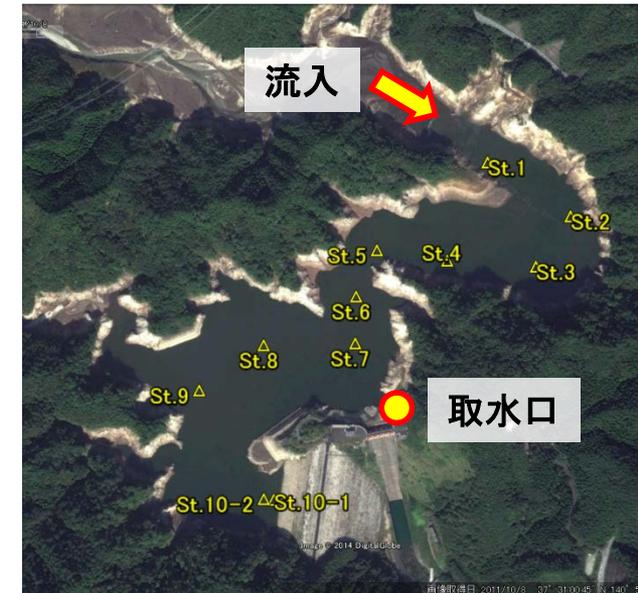
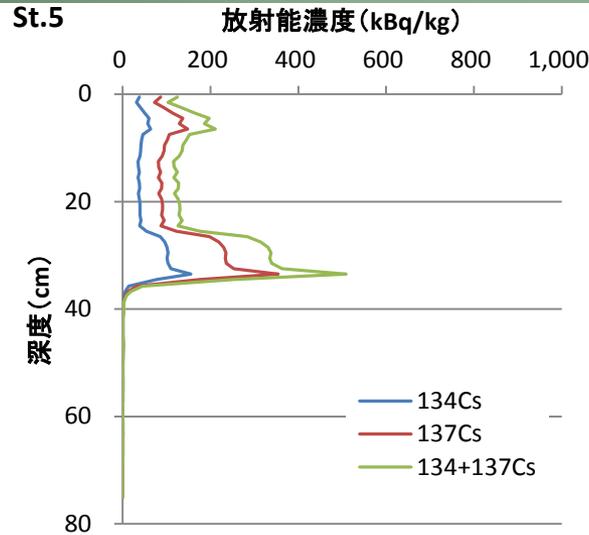
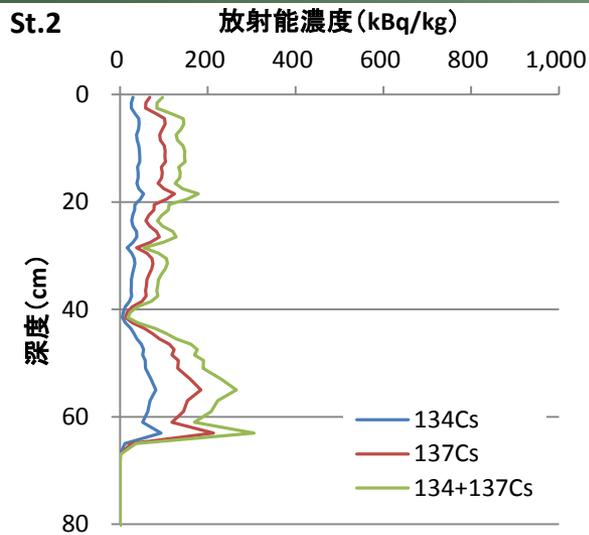
ダム調査：湖底土中セシウム濃度(荻ダム)



- 放射性セシウムを含む土砂の堆積厚さは、地点ごとのばらつきが大きい
- 最深部(St.4)や取水口付近(St.5)で下位に濃度の高い層
- ダム湖で採水した湖水中の溶解態セシウム濃度は極めて低い
 - ^{137}Cs : 0.004 Bq/L

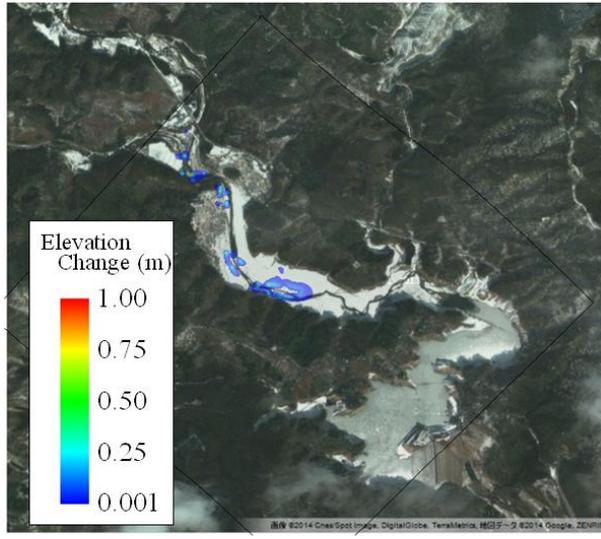
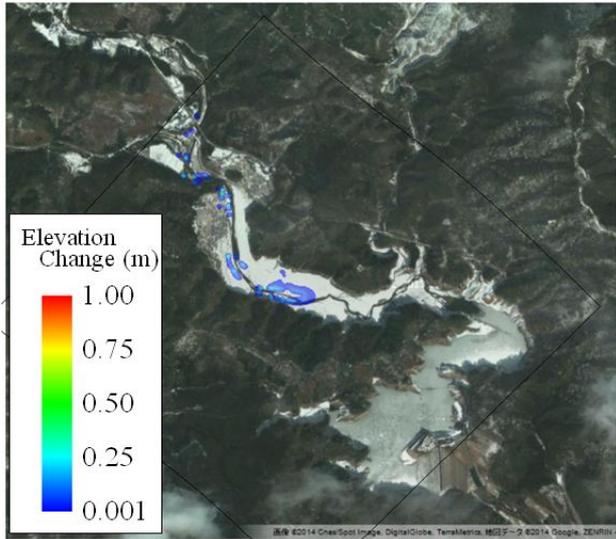
採取日: H25.10.15~22

ダム調査：大柿ダムの湖底・湖水中セシウム濃度(上流側)



- 上流側に放射性セシウムを含む土砂が厚く堆積
- 土砂の下位に最も濃度の高い層が存在
- ダム湖から採水した湖水(2013年10月28日に採取)中の溶存態放射性セシウム濃度は極めて低い
 - ^{134}Cs が 0.04Bq/L
 - ^{137}Cs が 0.12Bq/L

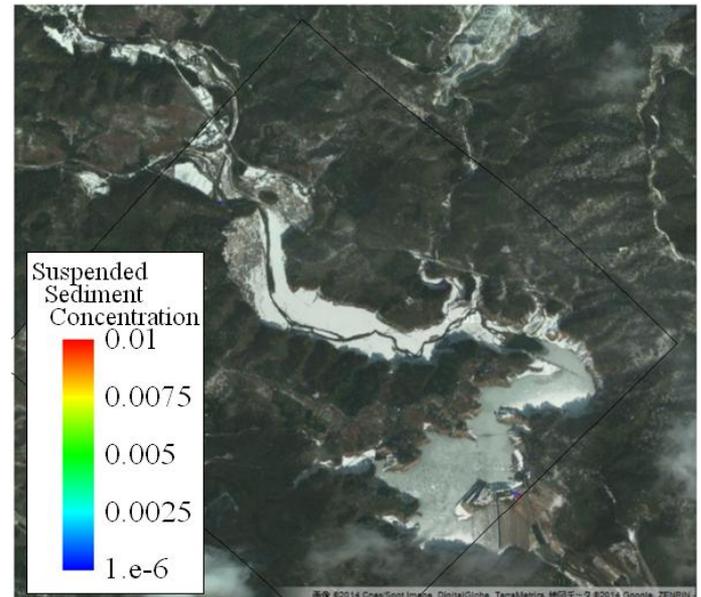
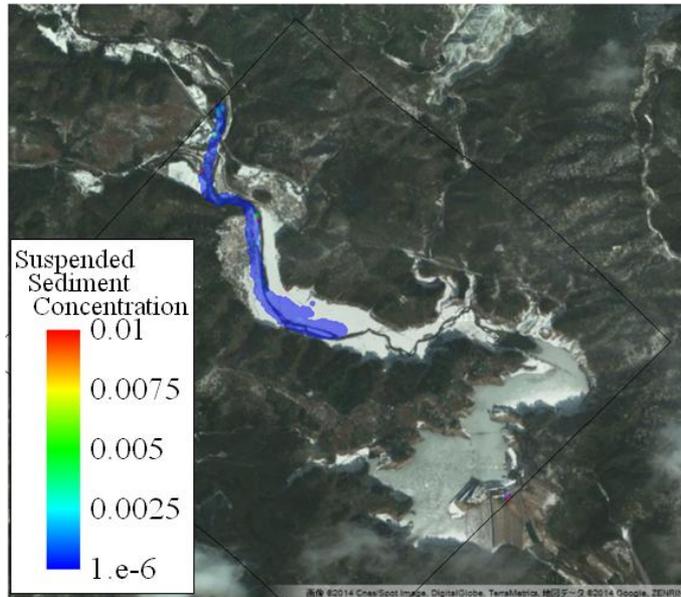
砂成分(粒径大)の堆積と濃度 (Nays2D解析)



解析のねらい: 台風後土砂はどこまで進み、どこに堆積するか? どれだけ待てば元に戻るのか?

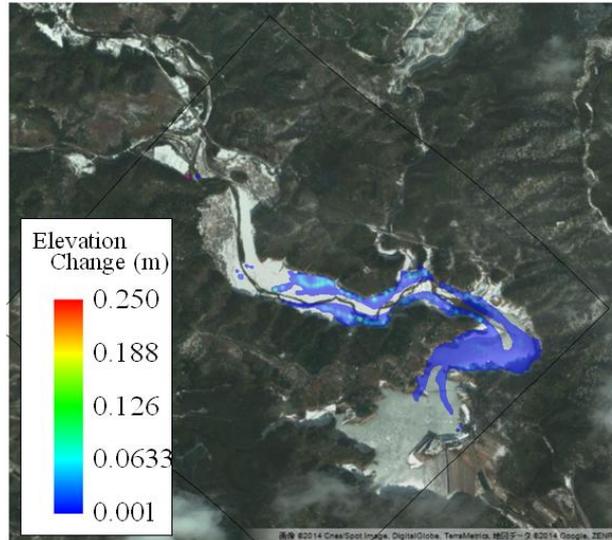
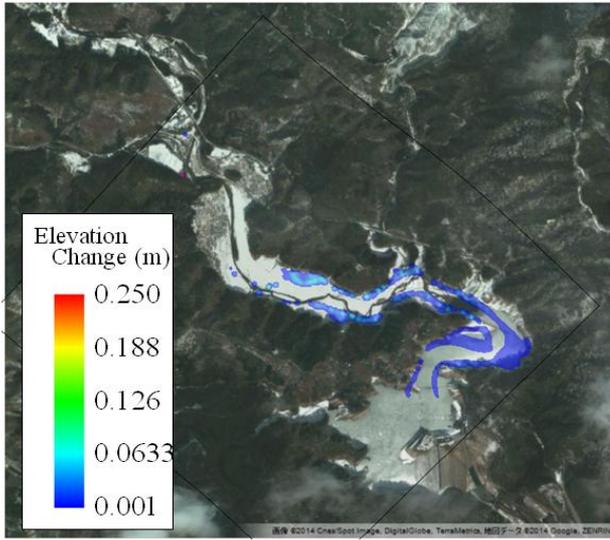
解析結果: 砂についてはダム湖中程までにとどまり、120時間後には水中濃度はほとんどない状態になる → **TODAMで長時間の計算を実施中**

砂の堆積 40時間後(左) と120時間後 (右)



砂の濃度 40時間後(左) と120時間後 (右)

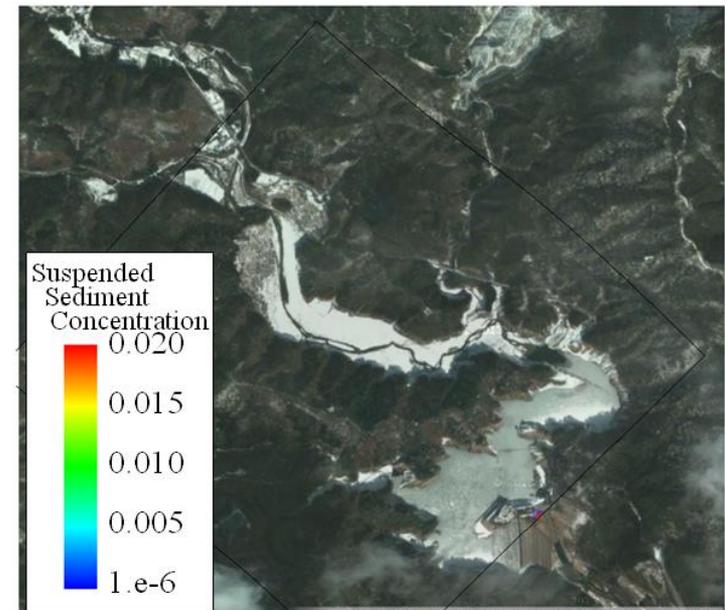
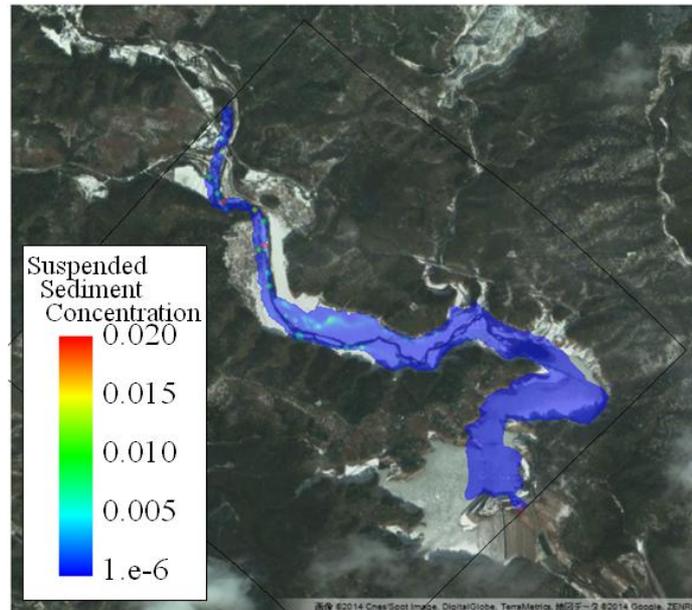
シルト成分(粒径中)の堆積と濃度



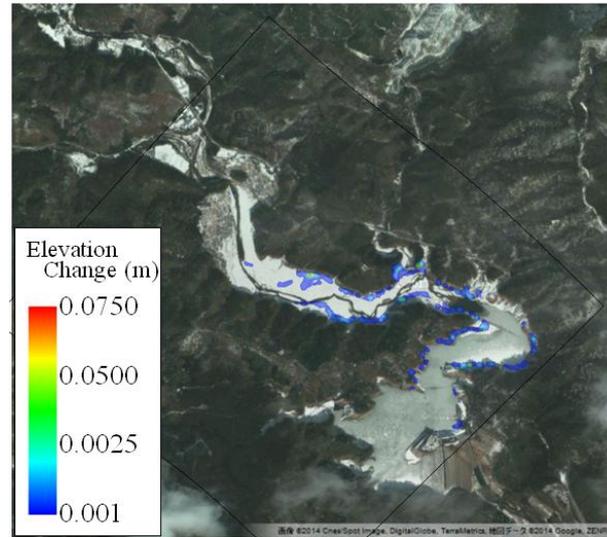
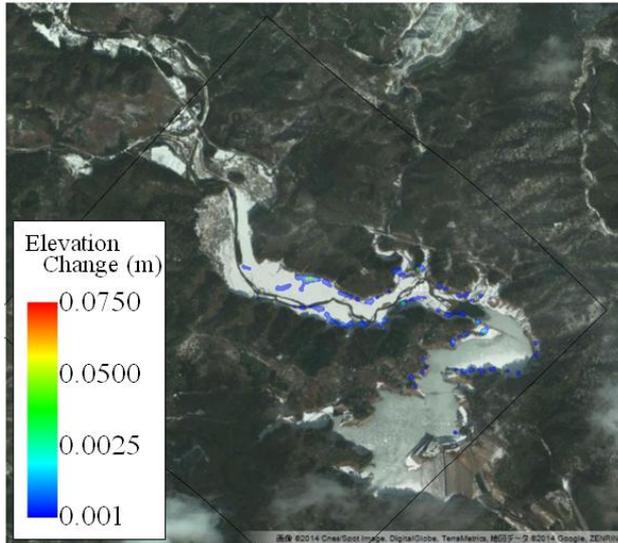
解析のねらい: 台風後土砂はどこまで進み、どこに堆積するか？

解析結果: シルトについてはダム付近まで到達するが、120時間後には水中濃度はほとんどない状態になる → **TODAMで長時間の計算を実施中**

シルトの堆積 40時間後(左) と120時間後 (右)



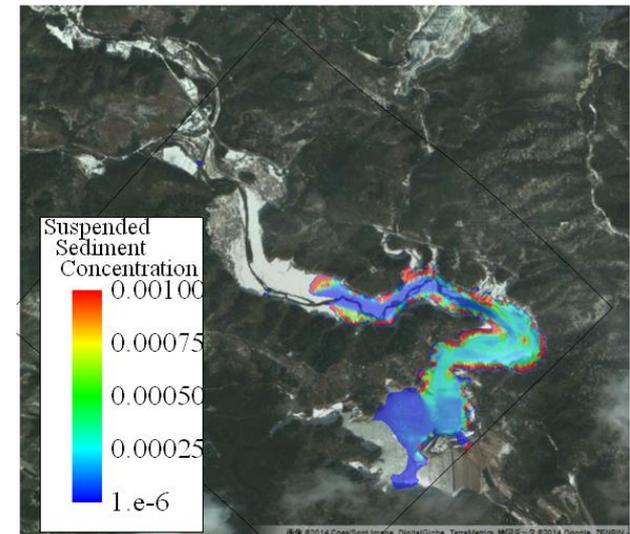
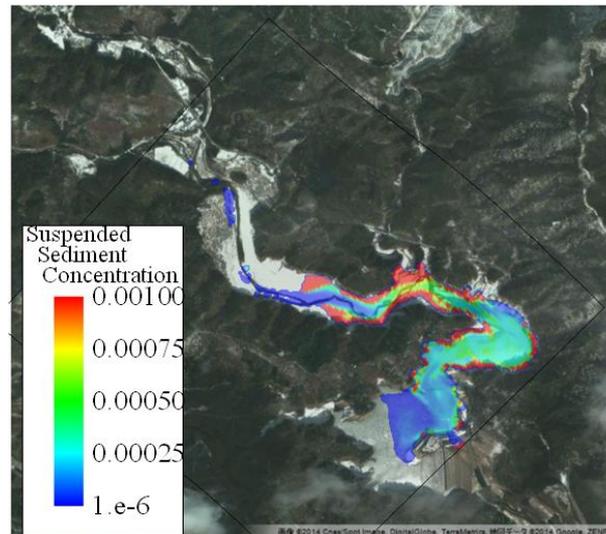
シルトの濃度 40時間後(左) と120時間後 (右)



解析のねらい: 台風後土砂はどこまで進み、どこに堆積するか？

解析結果: クレイについてはダムを超え、下流に流れるが、120時間後には水中濃度は2割程度減少
→ **TODAMで長時間の計算を実施中**

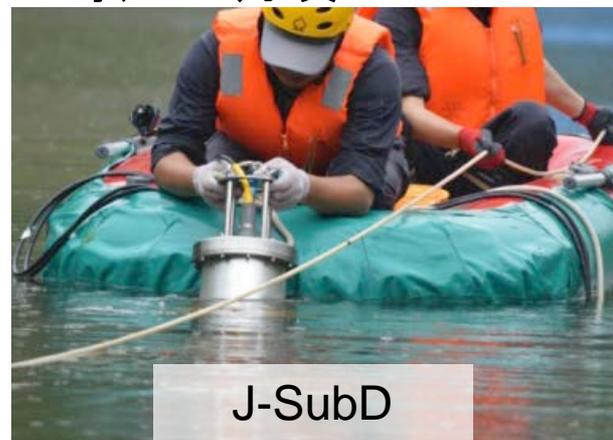
クレイの堆積 60時間後(左) と120時間後 (右)



クレイの濃度 60時間後(左) と120時間後 (右)

60時間後、 1520m^3 存在していたものが120時間後 1225m^3 に減少

- 平成25年度からの継続調査点（大柿，荻，滝川）
- 平成26年度からの新規調査点（横川，坂下）
 - 水質測定・採水（流入・放流・湖内等）：通年
 - 柱状採泥（水中バイブレーション式コアサンプラー等）：10月頃
 - 沈降粒子の捕捉（セディメントトラップ）：通年
 - 濁度・流速の連続観測：通年
 - 放射能分析など：適宜
 - 湖底放射能測定（J-SubD）：5月頃



柱状採泥



セディメントトラップ

溜め池

● 移動プロセスの理解

- 大熊町・双葉町の1F近傍のため池では、底質中のセシウム濃度は数万～数十万Bq/kgと非常に高い。
- 池水は、0.45 μ mフィルターろ過後も数～数十Bq/Lのセシウムを含有しており、底質中のセシウム濃度が同程度のダムと比較して、溶存態セシウム濃度が非常に高い。

● モデル入力パラメータの取得

- 底質・浮遊懸濁物質に対するセシウムの分配係数($\sim 10^4$ L/kg)を取得。

● 溜め池の移動抑制機能

- 溜め池により流出先(農地)への汚染土砂移動が抑制されている。
- 機能を生かして環境回復を進めていくために、溜め池をどのように管理していくべきか、方策を提案していく。

溜め池調査:平成25年度大熊町での調査結果

名称	採取日	濁度 NTU	水質				底質		
			¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	
			放射能 濃度 Bq/L	検出限界 濃度 Bq/L	放射能 濃度 Bq/L	検出限界濃 度 Bq/L	放射能 濃度 Bq/kg	放射能 濃度 Bq/kg	
焼館	2013/7/26	5	ろ過前	12.1	2.5	30.0	2.4	61,200	128,000
			ろ過後	10.9	2.2	20.0	2.2		
熊の沢上	2013/7/17	9	ろ過前	N.D	2.4	4.7	2.0	16,300	33,200
			ろ過後	N.D	0.6	1.1	0.6		
西後内沢	2013/7/25	12	ろ過前	15.3	2.4	40.9	2.2	152,000	324,000
			ろ過後	3.5	2.3	7.8	2.0		
熊の沢下	2013/7/18	19	ろ過前	N.D	2.3	1.9	1.9	8,700	17,800
			ろ過後	N.D	0.6	1.0	0.6		
鶴谷地	2013/7/17	16	ろ過前	38.5	2.7	89.4	2.6	166,000	352,000
			ろ過後	10.2	19.1	22.6	1.9		

底質;エッグマンバージ採泥器を用いて採取、105°Cで24時間以上乾燥した後で放射能測定

水質;ため池の表層水をひしゃくで採取

ろ過前;懸濁物質を含む状態での放射能測定

ろ過後;懸濁物質を孔径0.45μmのメンブレンフィルターでろ過し、ろ過後の水を放射能測定

- 焼館、西後内沢、鶴谷地ため池はろ過後の試料でも¹³⁷Csの濃度が7.8～22.6Bq/Lと高い値を示した。
- また、これらのため池は、底質でも¹³⁷Csの濃度が128,000～352,000Bq/kgと高い値を示した。

溜め池調査:平成25年度双葉町での調査結果

名称	採取日	濁度 NTU	水質				底質		底質;エッグマンバージ採 泥器を用いて採取、 105℃で24時間以上 乾燥した後で放射能 測定																																																																																																																																					
			¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs																																																																																																																																						
			放射能 濃度 Bq/L	検出限界 濃度 Bq/L	放射能 濃度 Bq/L	検出限界 濃度 Bq/L	放射能 濃度 Bq/kg	放射能 濃度 Bq/kg																																																																																																																																						
清戸迫西	2013/7/26	6	ろ過前	3.3	1.9	3.8	2.1	9,840	20,100	水質;ため池の表層水を ひしゃくで採取																																																																																																																																				
			ろ過後	1.1	0.6	2.4	0.6				下深沢	2013/7/18	4	ろ過前	4.7	2.0	12.4	1.9	64,600	133,000	ろ過後	3.1	1.6	8.6	1.5	茗荷沢	2013/7/25	2	ろ過前	N.D	2.3	L.T.D	2.1	16,100	32,900	ろ過前;懸濁物質を含む状 態での放射能測定	ろ過後	N.D	2.3	N.D	2.3	琵琶迫	2013/7/26	8	ろ過前	N.D	1.9	2.8	1.8	4,290	9,490	ろ過後;懸濁物質を孔径 0.45μmのメンブレン フィルターでろ過し、 ろ過後の水を放射能 測定	ろ過後	L.T.D	0.6	1.9	0.6	沢入第一	2013/7/25	11	ろ過前	3.0	2.2	7.0	2.3	27,600	57,200	ろ過後	N.D	2.4	3.6	2.1	久保谷地	2014/3/3	6	ろ過前	ND	1.5	2.5	1.7	3,730	9,710	ろ過後	ND	1.7	ND	2.3	水沢大堤	2014/3/3	7	ろ過前	2.1	1.7	6.2	1.6	64,100	160,000	ろ過後	ND	1.8	2.1	1.9	東羽黒	2014/3/3	3	ろ過前	L.T.D	1.5	2.7	1.5	32,700	81,900	ろ過後	ND	1.7	ND	3.2	多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000	ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5	北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000
下深沢	2013/7/18	4	ろ過前	4.7	2.0	12.4	1.9	64,600	133,000																																																																																																																																					
			ろ過後	3.1	1.6	8.6	1.5				茗荷沢	2013/7/25	2	ろ過前	N.D	2.3	L.T.D	2.1	16,100	32,900	ろ過前;懸濁物質を含む状 態での放射能測定	ろ過後	N.D	2.3	N.D	2.3	琵琶迫	2013/7/26	8	ろ過前	N.D	1.9	2.8	1.8	4,290	9,490	ろ過後;懸濁物質を孔径 0.45μmのメンブレン フィルターでろ過し、 ろ過後の水を放射能 測定	ろ過後	L.T.D	0.6	1.9	0.6	沢入第一	2013/7/25	11	ろ過前	3.0	2.2	7.0	2.3	27,600	57,200	ろ過後	N.D	2.4	3.6	2.1	久保谷地	2014/3/3	6	ろ過前	ND	1.5	2.5	1.7	3,730	9,710	ろ過後	ND	1.7	ND	2.3	水沢大堤	2014/3/3	7	ろ過前	2.1	1.7	6.2	1.6	64,100	160,000	ろ過後	ND	1.8	2.1	1.9	東羽黒	2014/3/3	3	ろ過前	L.T.D	1.5	2.7	1.5	32,700	81,900	ろ過後	ND	1.7	ND	3.2	多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000	ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5	北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000	ろ過後	ND	1.6	ND	1.8										
茗荷沢	2013/7/25	2	ろ過前	N.D	2.3	L.T.D	2.1	16,100	32,900					ろ過前;懸濁物質を含む状 態での放射能測定																																																																																																																																
			ろ過後	N.D	2.3	N.D	2.3				琵琶迫	2013/7/26	8	ろ過前	N.D	1.9	2.8	1.8	4,290	9,490	ろ過後;懸濁物質を孔径 0.45μmのメンブレン フィルターでろ過し、 ろ過後の水を放射能 測定	ろ過後	L.T.D	0.6	1.9	0.6	沢入第一	2013/7/25	11	ろ過前	3.0	2.2	7.0	2.3	27,600	57,200	ろ過後	N.D	2.4	3.6	2.1	久保谷地	2014/3/3	6	ろ過前	ND	1.5	2.5	1.7	3,730	9,710	ろ過後	ND	1.7	ND	2.3	水沢大堤	2014/3/3	7	ろ過前	2.1	1.7	6.2	1.6	64,100	160,000	ろ過後	ND	1.8	2.1	1.9	東羽黒	2014/3/3	3	ろ過前	L.T.D	1.5	2.7	1.5	32,700	81,900	ろ過後	ND	1.7	ND	3.2	多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000	ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5	北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000	ろ過後	ND	1.6	ND	1.8																										
琵琶迫	2013/7/26	8	ろ過前	N.D	1.9	2.8	1.8	4,290	9,490					ろ過後;懸濁物質を孔径 0.45μmのメンブレン フィルターでろ過し、 ろ過後の水を放射能 測定																																																																																																																																
			ろ過後	L.T.D	0.6	1.9	0.6				沢入第一	2013/7/25	11	ろ過前	3.0	2.2	7.0	2.3	27,600	57,200	ろ過後	N.D	2.4	3.6	2.1	久保谷地	2014/3/3	6	ろ過前	ND	1.5	2.5	1.7	3,730	9,710	ろ過後	ND	1.7	ND	2.3	水沢大堤	2014/3/3	7	ろ過前	2.1	1.7	6.2	1.6	64,100	160,000	ろ過後	ND	1.8	2.1	1.9	東羽黒	2014/3/3	3	ろ過前	L.T.D	1.5	2.7	1.5	32,700	81,900	ろ過後	ND	1.7	ND	3.2	多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000	ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5	北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000	ろ過後	ND	1.6	ND	1.8																																										
沢入第一	2013/7/25	11	ろ過前	3.0	2.2	7.0	2.3	27,600	57,200																																																																																																																																					
			ろ過後	N.D	2.4	3.6	2.1				久保谷地	2014/3/3	6	ろ過前	ND	1.5	2.5	1.7	3,730	9,710	ろ過後	ND	1.7	ND	2.3	水沢大堤	2014/3/3	7	ろ過前	2.1	1.7	6.2	1.6	64,100	160,000	ろ過後	ND	1.8	2.1	1.9	東羽黒	2014/3/3	3	ろ過前	L.T.D	1.5	2.7	1.5	32,700	81,900	ろ過後	ND	1.7	ND	3.2	多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000	ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5	北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000	ろ過後	ND	1.6	ND	1.8																																																									
久保谷地	2014/3/3	6	ろ過前	ND	1.5	2.5	1.7	3,730	9,710																																																																																																																																					
			ろ過後	ND	1.7	ND	2.3				水沢大堤	2014/3/3	7	ろ過前	2.1	1.7	6.2	1.6	64,100	160,000	ろ過後	ND	1.8	2.1	1.9	東羽黒	2014/3/3	3	ろ過前	L.T.D	1.5	2.7	1.5	32,700	81,900	ろ過後	ND	1.7	ND	3.2	多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000	ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5	北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000	ろ過後	ND	1.6	ND	1.8																																																																								
水沢大堤	2014/3/3	7	ろ過前	2.1	1.7	6.2	1.6	64,100	160,000																																																																																																																																					
			ろ過後	ND	1.8	2.1	1.9			東羽黒	2014/3/3	3	ろ過前	L.T.D	1.5	2.7	1.5	32,700	81,900	ろ過後	ND	1.7	ND	3.2	多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000	ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5	北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000	ろ過後	ND	1.6	ND	1.8																																																																																								
東羽黒	2014/3/3	3	ろ過前	L.T.D	1.5	2.7	1.5	32,700	81,900																																																																																																																																					
			ろ過後	ND	1.7	ND	3.2			多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000	ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5	北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000	ろ過後	ND	1.6	ND	1.8																																																																																																							
多々来	2014/3/4	8	ろ過前	L.T.D	1.6	6.5	1.8	73,600	185,000																																																																																																																																					
			ろ過後	1.7	1.5	2.1	1.5			北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000	ろ過後	ND	1.6	ND	1.8																																																																																																																						
北斗迫	2014/3/4	4	ろ過前	ND	1.5	L.T.D	1.7	17,900	50,000																																																																																																																																					
			ろ過後	ND	1.6	ND	1.8																																																																																																																																							

- 池水の¹³⁷Csの濃度はろ過前で最大12.4Bq/L、ろ過後で最大8.6Bq/L (いずれも下深沢ため池で検出)であった。
- ため池底質の¹³⁷Csの濃度は9,490~185,000Bq/kgの値を示した。

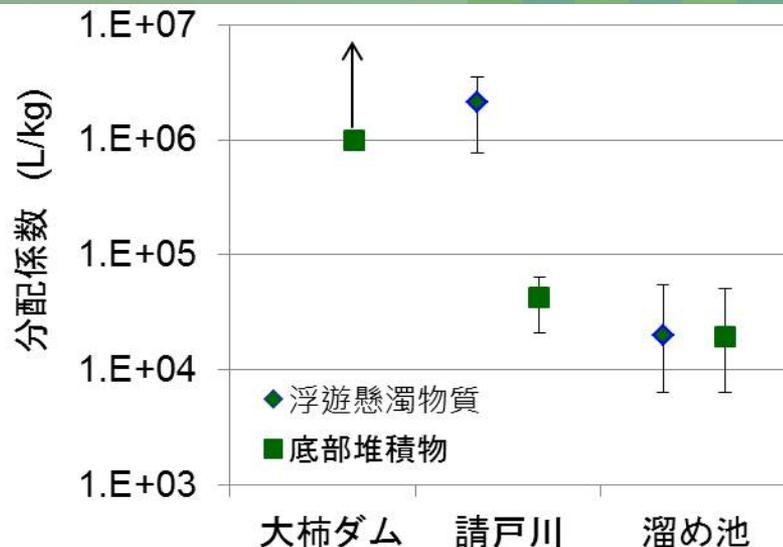
$$\text{分配係数} = \frac{\text{固体に吸着されているセシウムの濃度}}{\text{水に溶けているセシウムの濃度}}$$

固体に対する吸着力を示す係数

• 分配係数が大きい:

多くのCsが固体に吸着されており、水に溶けているCsが少なくなった状態

→ 固体の吸着力が強い



放射性セシウムの分配係数の比較

(誤差棒 請戸川:標準偏差, 溜め池:最大・最小値)

懸濁成分 (固体に吸着)

溶存成分 (水に溶けている)

土砂粒子等に吸着されているセシウム

イオンとして溶けているセシウム

有機物等にくっついてセシウム

河底・湖底堆積物に吸着されているセシウム

堆積成分(固体に吸着)

- **大柿ダム:底質の分配係数が最大**
→ **湖底堆積物**は細かいため、Csを強く吸着
- **請戸川:懸濁物質 > 河底土**
→ 流速が速く堆積物は粗いため、分配係数小
浮遊懸濁物質がCsを強く吸着
- **溜め池:懸濁物質・底土とも分配係数は小さい**
→ **有機物の影響?**で**溶存成分が多い**
- **いずれも分配係数の値は大きく、Csを強く吸着する粘土鉱物の寄与を示唆**

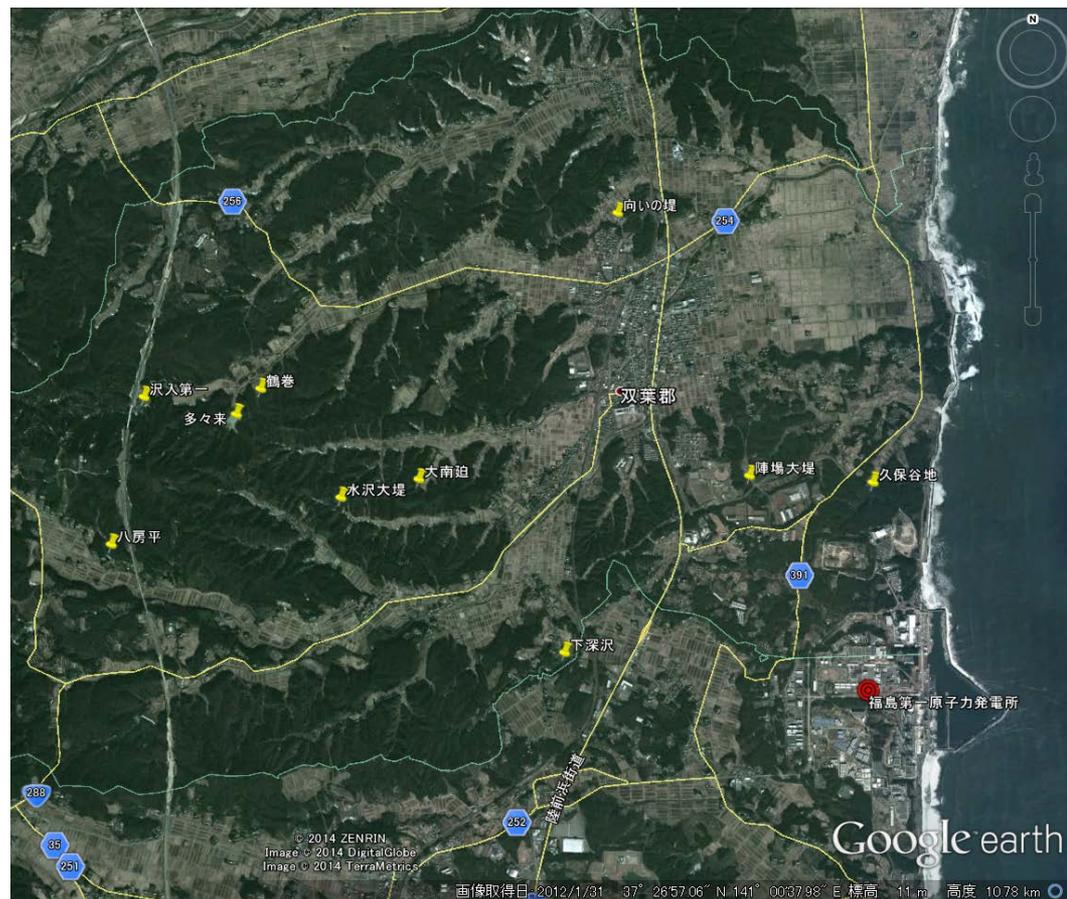
- 平成25年度調査したため池および東北農政局の調査結果を参考に水中の放射性セシウム濃度が高い値を示したため池の継続調査

(右図:双葉町の調査候補溜め池)

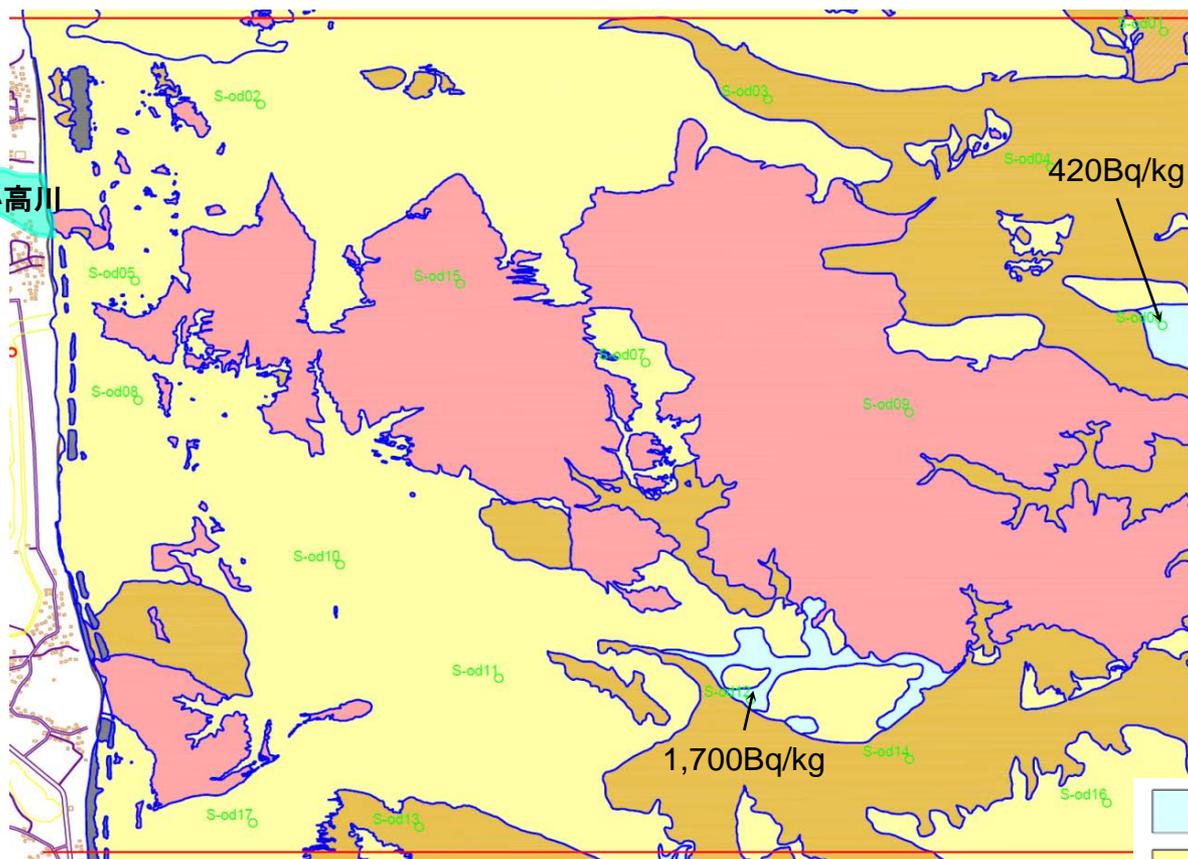
- 水質測定・採水(流入・放流・池内等)
- 柱状採泥(不攪乱型柱状採泥器)
- 沈降粒子の捕捉(セディメントトラップ)
- 濁度の連続観測
- 放射能分析など



セディメントトラップ



河口域

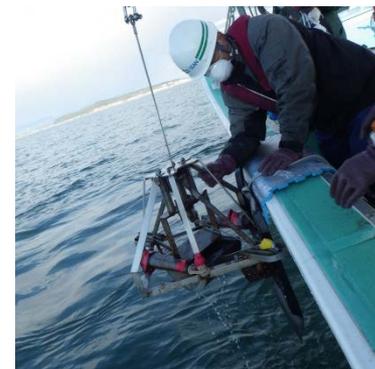


- 河川の前面から扇状に岩盤が分布
- 土砂は岩盤の両翼に分布
- 土砂の分布域のうち、より粒度が小さいシルト質の分布は、比較的限られている
- シルト質の土砂より、最大で1,700Bq/kgの放射能濃度を検出(その他の土砂試料については分析中)

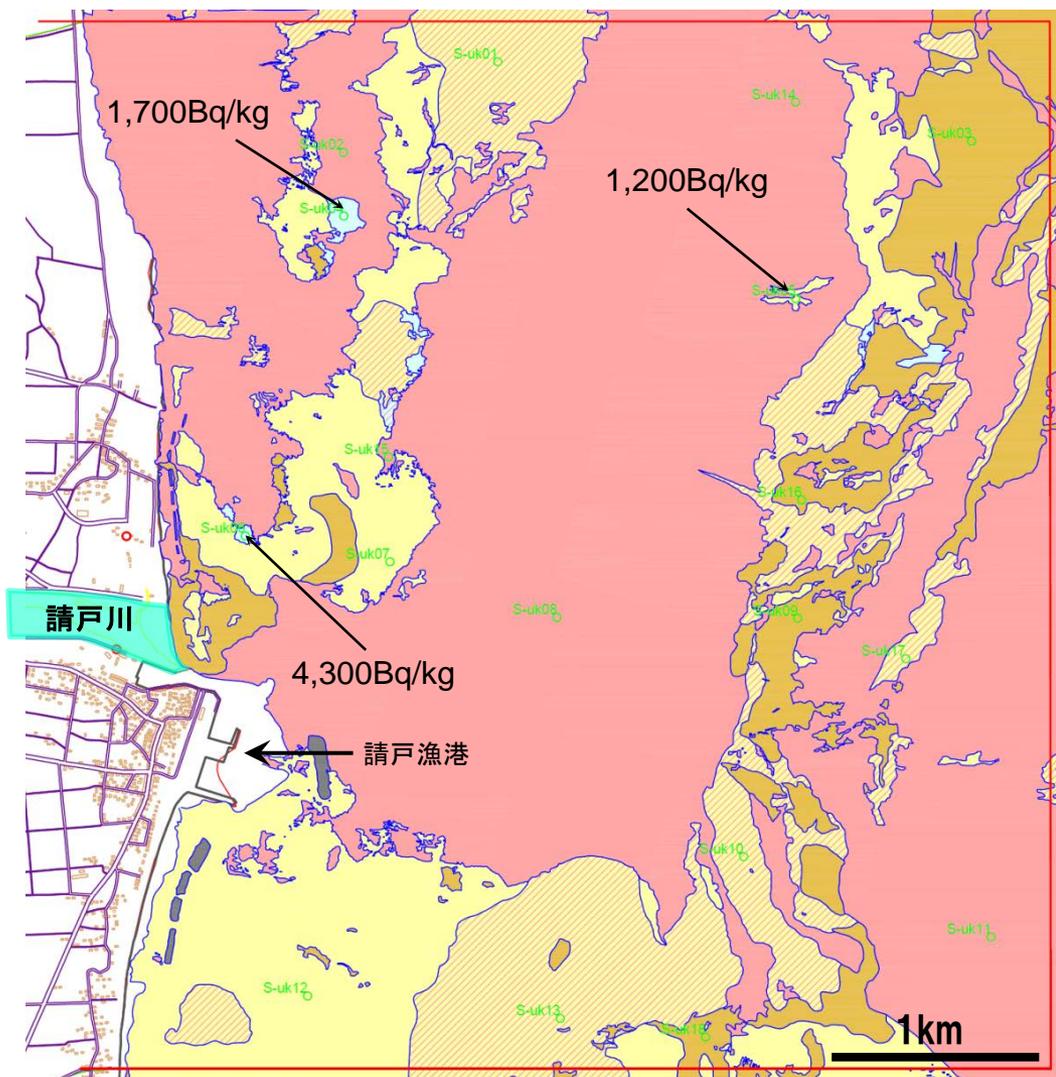


小高川河口域の底質分布推定図

図中の数字は土砂の放射性Cs濃度(Bq/kg;Cs-134+137)



海底土試料採取
(請戸川河口域;H25.11.12)



請戸川河口域の底質分布推定図

図中の数字は土砂の放射性Cs濃度(Bq/kg;Cs-134+137)

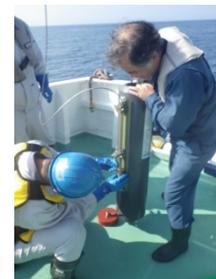
- 岩盤が広く分布
- 土砂は沿岸に平行～斜行する方位に帯状(砂嘴状), および請戸漁港の南に分布
- 土砂の分布域のうち, より粒度が小さいシルト相当の分布は, 岩盤縁辺部に限定
- シルト相当の土砂より, 最大で4,300Bq/kgの放射能濃度を検出(その他の土砂試料については分析中)

- シルト
- 細～中砂
- 粗砂、砂礫
- 露岩域
- 人工物
- 部分露岩域



海底土試料採取
(請戸川河口域;H25.11.11)

- **試料採取：平成26年6～11月頃(2回程度)**
 - ✓ 海底土，海水を採取し，海底土の放射能濃度や土砂の特徴等を調査
- **海底土の放射能分布調査：平成26年7～10月頃(1回程度)**
 - ✓ 粒度が小さい土砂が分布している領域を中心として，より詳細な放射能分布を把握するため，計測器を沈めて，多数の地点の海底土の放射能を測定
- **海底地形および堆積相調査：平成26年7～10月頃(2回：河川高水流量前後)**
 - ✓ 河口域における土砂の分布と海底地形との関連を把握するため，海底地形および堆積相調査を実施
- **海象調査：平成26年6～10月頃(月2回程度)**
 - ✓ 土砂の分布に影響を与える海浜流の特徴を把握するため，流れの速さや向き等を計測
 - ✓ 河川から運搬される土砂の影響範囲を把握するため，海水の濁度，塩分濃度，水温等を計測



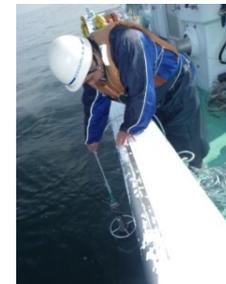
土砂試料(左)および海水試料(右)の採取



海底土の放射能計測器(例)



堆積相調査(音波探査)



海水の濁度，塩分濃度等の測定