

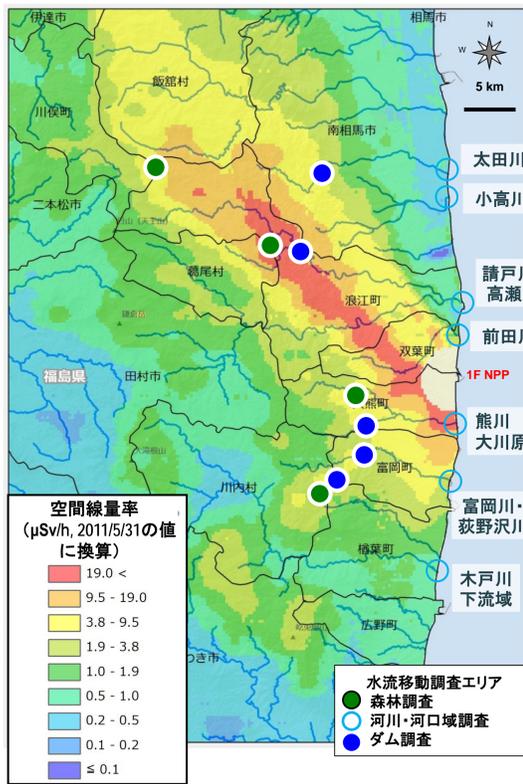
(1) プロジェクトの概要と森林における放射性セシウムの移動挙動調査

新里忠史・飯島和毅・北村哲浩 (福島環境安全センター環境動態研究グループ)

福島長期環境動態プロジェクトの目的と反映先

- 現象論モデルを用いた水流等の移動経路における放射性物質移動量の定量的予測
- 放射性セシウムの移動による被ばく線量・放射性セシウム濃度の変化の推定
- 被ばく線量・放射性セシウム濃度低減に有効な移動抑制等の対策の提案

河川水系の調査エリア



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)

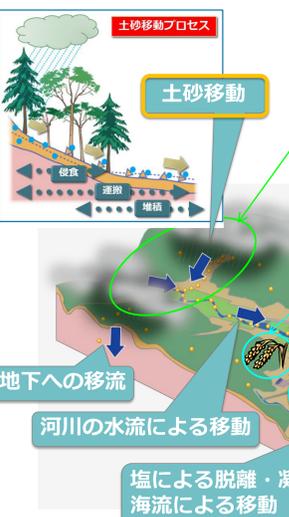
河川・河口域

- ✓太田川(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(太田川水系)
- ✓大柿ダム(請戸川水系)
- ✓坂下ダム(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)

放射性物質の移動経路



モデルで予測する放射性物質の挙動と活用先

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

- 福島県内の農業・林業・水産業等の復興促進
- 住民の帰還促進

これまでの環境動態研究で得られた調査研究成果の包括的なとりまとめ(森林域の例)

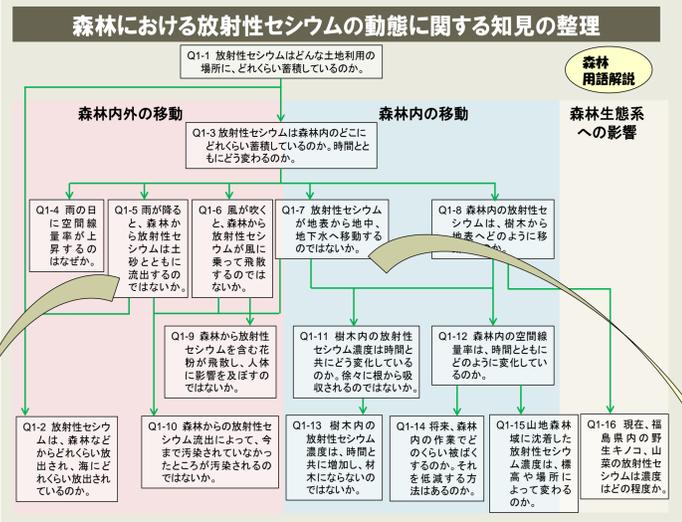
環境動態研究で得られた知見

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

移動を理解する際に出る

森林用語解説

- 心材**: 木部の中心部の色の濃い部分。樹齢が長く、強度と耐久性に優れ、含水率が低い。心材は全て死細胞。
- 辺材**: 木部の外方で心材の周辺にある白い部分。デンプンが多く、通常は含水率が高い。心材と比較し耐久性が低い。生きた細胞のある部分。
- 林床**: 森林内の地表及び地表に近い層。
- リター層(層)**: 植物の葉、枝、樹皮、果実等が分解されて地表に堆積している層。
- 樹冠層**: 森林に降った雨水のうち、樹冠を伝わって流れる雨水。
- 表層**: 地表を流れる水流。降雨の際、土壌に浸透しきれない雨水が地表を流れる場合や、土壌に一度浸透した水が地表に現れて流れる場合がある。



背景

- 様々なプロジェクトの成果により、環境中における放射性セシウムの分布状況や移動挙動が明らかになりつつある。
- 原子力機構・筑波大学等: 福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の二次分布状況等に関する調査研究(マップ事業)、福島長期環境動態研究(F-TRACE)
- 国立環境研究所: 霞ヶ浦流域・福島県浜通り北部河川水系における多媒体間動態研究、等々
- これらの成果は、効率的・効果的な除染方針の立案に役立てられている
- 生活圏における外部被ばく線量の低減
- 今後、避難されている住民の方々の帰還支援にも役立てられるべき。
- 農業・林業・水産業の復興: 農産物・林産物・水産物中の放射性セシウム濃度の予測・低減、林業従事者の外部被ばく線量の予測・低減
- 住民の方々の将来の生活に対する不安の解消: 放射性セシウム濃度の変化に伴う外部被ばく線量の変動の予測・低減、飲料水や自家消費農産物等の放射性セシウム濃度の予測・低減

Q: 雨が降ると、森林から放射性セシウムは土砂とともに流出するのではないかな?

流域全体から流出する放射性セシウムの流出量は、斜面からの流出量と比較して、より少ない可能性があります。

川内村荻地区スギ林の急傾斜地観測プロットにおける土砂・放射性セシウム流出量・流出率 (平成25年11月19日～平成26年10月20日)

A 土壌流出量 (1年間、1mあたり)	0.013 kg/m ² ・年間	A 土壌流出量 (3か月間、流域全体)	4.9 kg
B 流出土壌の放射性セシウム濃度(137Cs+137Cs)	28 kBq/kg	B 流出土壌の放射性セシウム濃度(137Cs+137Cs)	約80 kBq/kg
C 放射性セシウムの流出量(A×B)	0.36 kBq/m ² ・年間	C 流域54,000m ² あたり(3か月間)	約392 kBq
放射性セシウムの流出率	0.032%・年間	D 1mあたり(3か月間)	約0.0073 kBq/m ²
(参考:平成25年度)		E 年間(D×4)	約0.029 kBq/m ²
ある期間/ある傾斜における放射性セシウム流出量の定量的評価			

左図:川内村荻地区小水系の河谷堆積物

治山ダム(浪江町)の状況

治山ダム(浪江町)に堆積した表層土壌中の放射性セシウム濃度

治山ダムで観測された放射性セシウムの流出率は、セシウム137で年間約0.1%程度と、他の調査地点の値と同程度でした。

治山ダムに流入し堆積した土壌の表層0～5 cm部分を採取し、放射性セシウム濃度を測定したところ、時間とともに減少する傾向にありました。

Q: 放射性セシウムが地表から地中、地下水へ移動するのではないかな?

リター層を流れる水流(リターフロー)中の放射性セシウム濃度は、土壌やリターと比較して極めて低く、放射性セシウムの流出量も約0.01%未満(2ヶ月間)でした。

地下水には放射性セシウム濃度は検出されませんでした(平成26年度時点)。

リターフローによる放射性セシウムの流出量は少ない(秋から初冬)という結果が得られました。

リターフローが確認された斜面の地下水(深さ80 cm)からは、放射性セシウム137は検出されませんでした。

森林内での放射性セシウムの流出率は、今後も継続して調査を行う予定です。

流出する斜面の面積	約50 m ²
流量	約55 L
放射性セシウム濃度(137Cs)	約0.050 Bq/L (137Csは検出されず)
放射性セシウム濃度(137Cs+137Cs)	約70 Bq/m ² (約0.008%)

広葉樹林において地下水を採取し、採取した水を0.45 μmのフィルターでろ過した後、放射能濃度の測定を行いました。

セシウム137の濃度は検出限界(0.0344 Bq/L)以下でした。

←手動のポンプにより、観測孔から地下水をくみ上げている様子

森林から流出する放射性セシウムの予測解析:放射性セシウムの流出量は、今後、減少する傾向

現地調査: Cs-137沈着量データ(経年変化:1年9ヶ月間)

Cs-137沈着量(kBq/m²)

試料採取日: 2013年1月, 2014年10月

【斜面②】
傾斜:約30°
α=0.73
α=0.40

【尾根の平坦面】
傾斜:約8°
α=1.39
α=0.49

【斜面下部】
傾斜:約20°
α=0.78
α=1.29

【斜面①】
傾斜:約30°
α=0.94
α=0.78

➢Cs-137沈着量は、地表付近で減少し、深度方向へ分布がわずかに広がる傾向(斜面①を除く)。2014年10月で深度5 cmまでにCs-137の全沈着量のうち84-92%が存在。

➢緩衝深度(α)は、小さくなる(土壌中にCs-137が浸透)傾向

$C_x = C_0 \exp(-\alpha X)$
C_x: 深度XにおけるCs-137濃度
C₀: 深度0-1 cmにおけるCs-137濃度
α: 緩衝深度

解析1: 土壌侵食によるCs-137の流出解析

SACT (Soil and Cs transport) model
山口ほか(2013)原子力バックエンド研究, 20(2), pp.53-69.
Yamaguchi et al., (2014).J.Environ. Radioact., 135, pp.135-146.

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

A: 単位面積当たりの年間流出土量 [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

ステップ1 各セルの流出土量(USLE)
● 表流水による土壌侵食(シルトおよびリシル侵食)

ステップ2 各セルの運搬・堆積土量
● 表流水による運搬・堆積土量(砂、シルト、粘土サイズの土粒子)

ステップ3 セル間の土砂移動
● 流域全体の土砂移動(砂、シルト、粘土サイズの土粒子)

ステップ4 セル間の¹³⁷Cs移動
● 流域全体の¹³⁷Cs移動

解析2: パラメータと解析ケース

対象領域: 川内村荻地区、計算メッシュサイズ: 12.5 m

解析ケース	粒度組成(砂:シルト:粘土)	パラメータ
Case 1		Cs-137の深度分布(α値) Case 1 ● 全域: α=1.2
Case 2	40:40:20	緩衝深度の変異ケース Case 2 ● 急傾斜部(17°以上): α=1.2、面積率58% ● 緩傾斜部(17°未満): α=0.5、面積率42%

解析3: 放射性セシウムの流出率

Cs-137流出率の経年変化(湖沼部を除く流域全体)

● 湖沼部を除く流域全体からの物理的減衰分を除くCs-137の減少率を計算

● 緩傾斜部においてCs-137がより深く分布するケース(α=0.5;ケース2)では、全域α=1.2に対してCs-137の流出率が約10%減少

● 森林域のみの場合は、
✓ 全域α=1.2で、年間0.31%
✓ 緩傾斜部α=0.5で、年間0.14%
→ 約半分の流出率になる。