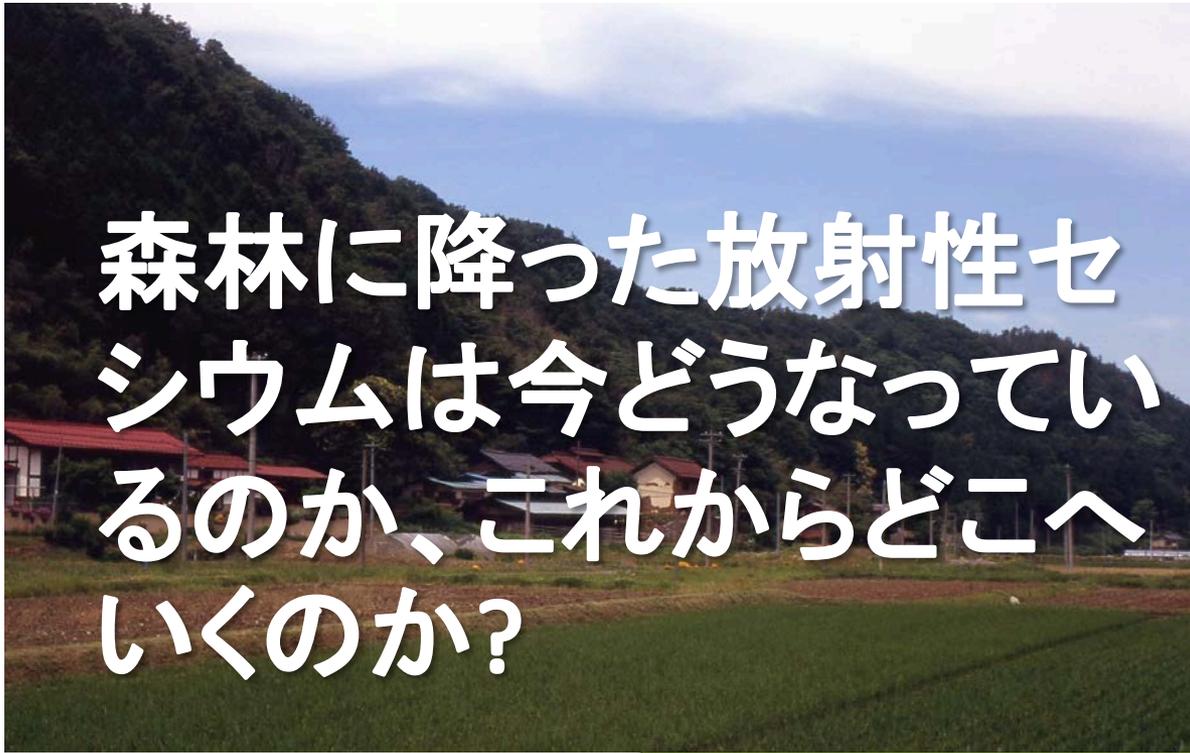


2014/11/9



森林に降った放射性セシウムは今どうなっているのか、これからどこへいくのか?

大手 信人¹, 村上正志², 伊勢田耕平¹,
遠藤いず貴¹, 鈴木隆央², 田野井慶太郎¹,
石井伸昌³

1 東京大学, 2 千葉大学, 3 放射線医学総合研究所

森林で生じていることを知る重要性

- 面積が広い
 - 産業的価値、公益的機能(災害防備)
- 水源である
 - 集水域上流
- 自然に近い生態系である
 - 生態系における生物の活動への影響

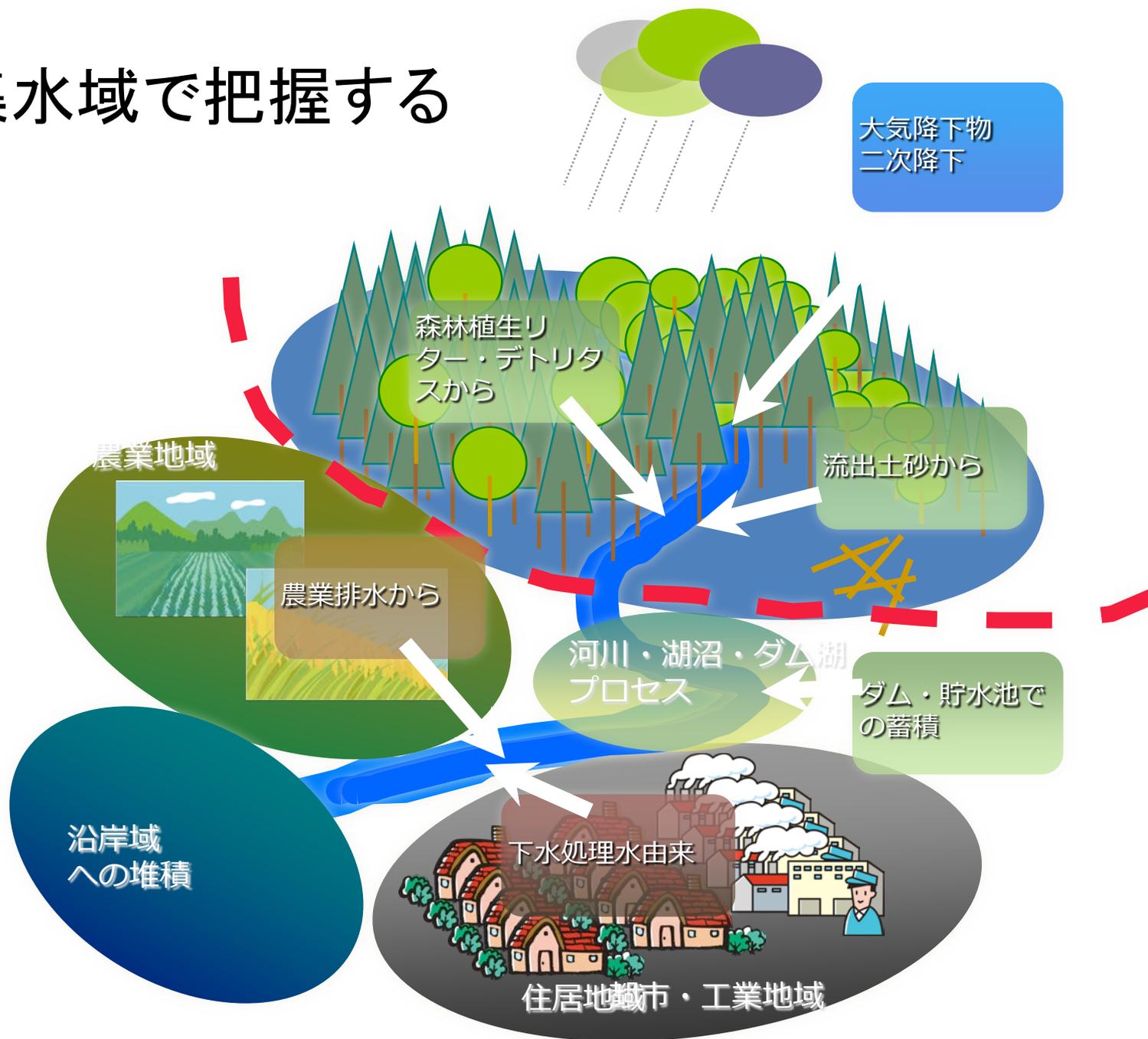


どのように調べていくか

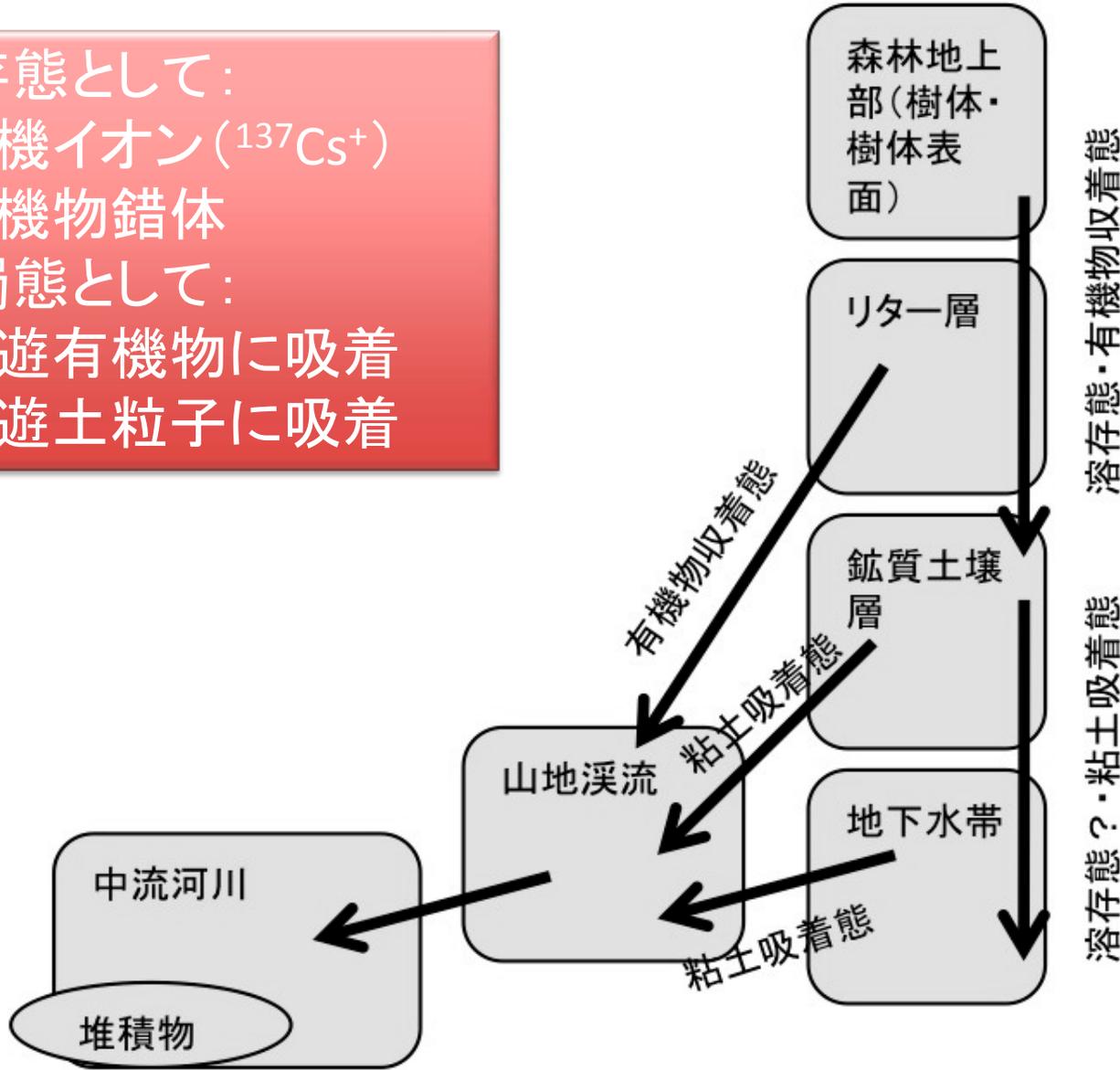


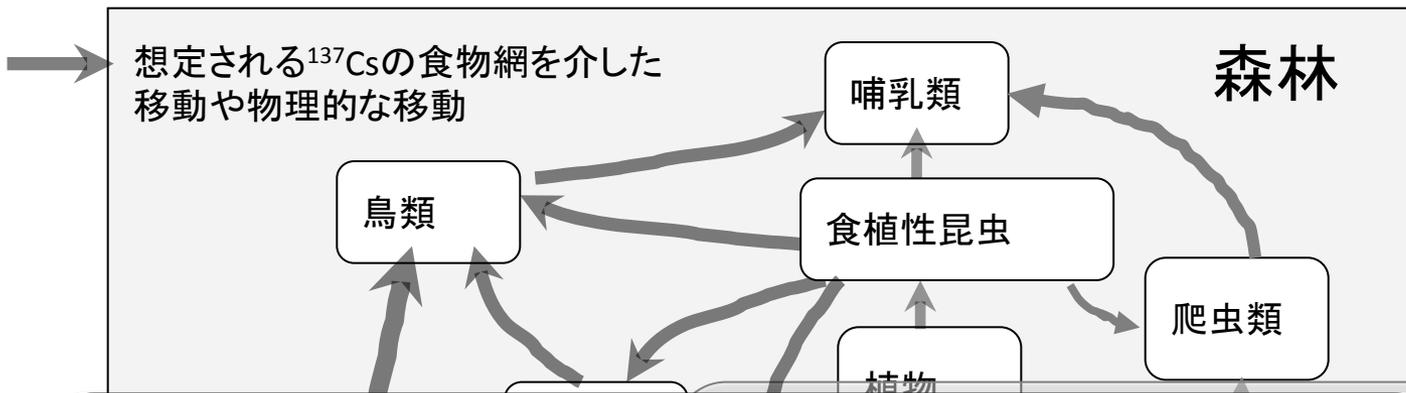
- 集水域でみる
- 水文学・物質循環論的に考える
- 生物群集への移行・分散を調べる

集水域で把握する



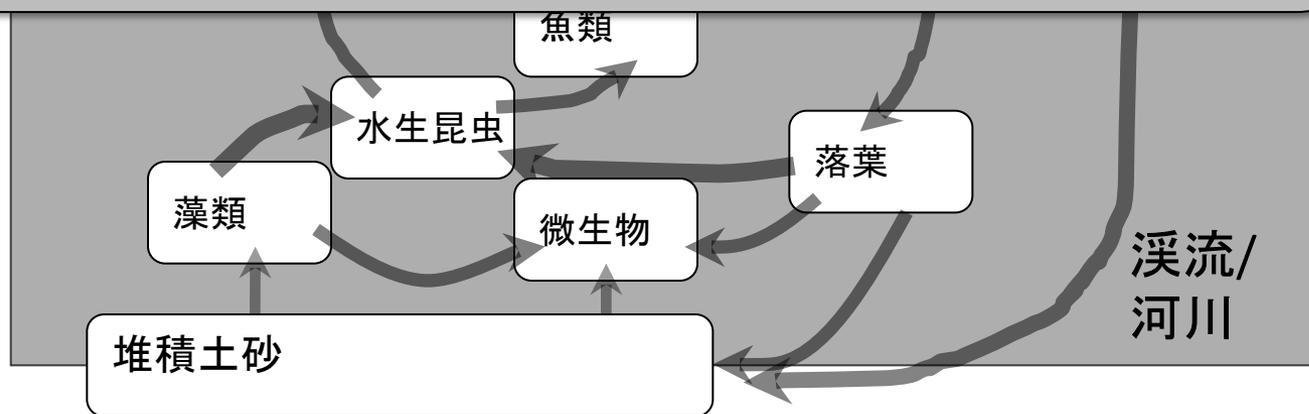
溶存態として：
無機イオン ($^{137}\text{Cs}^+$)
有機物錯体
懸濁態として：
浮遊有機物に吸着
浮遊土粒子に吸着





「森林における放射性セシウム蓄積の半減期」
を見積もりたい

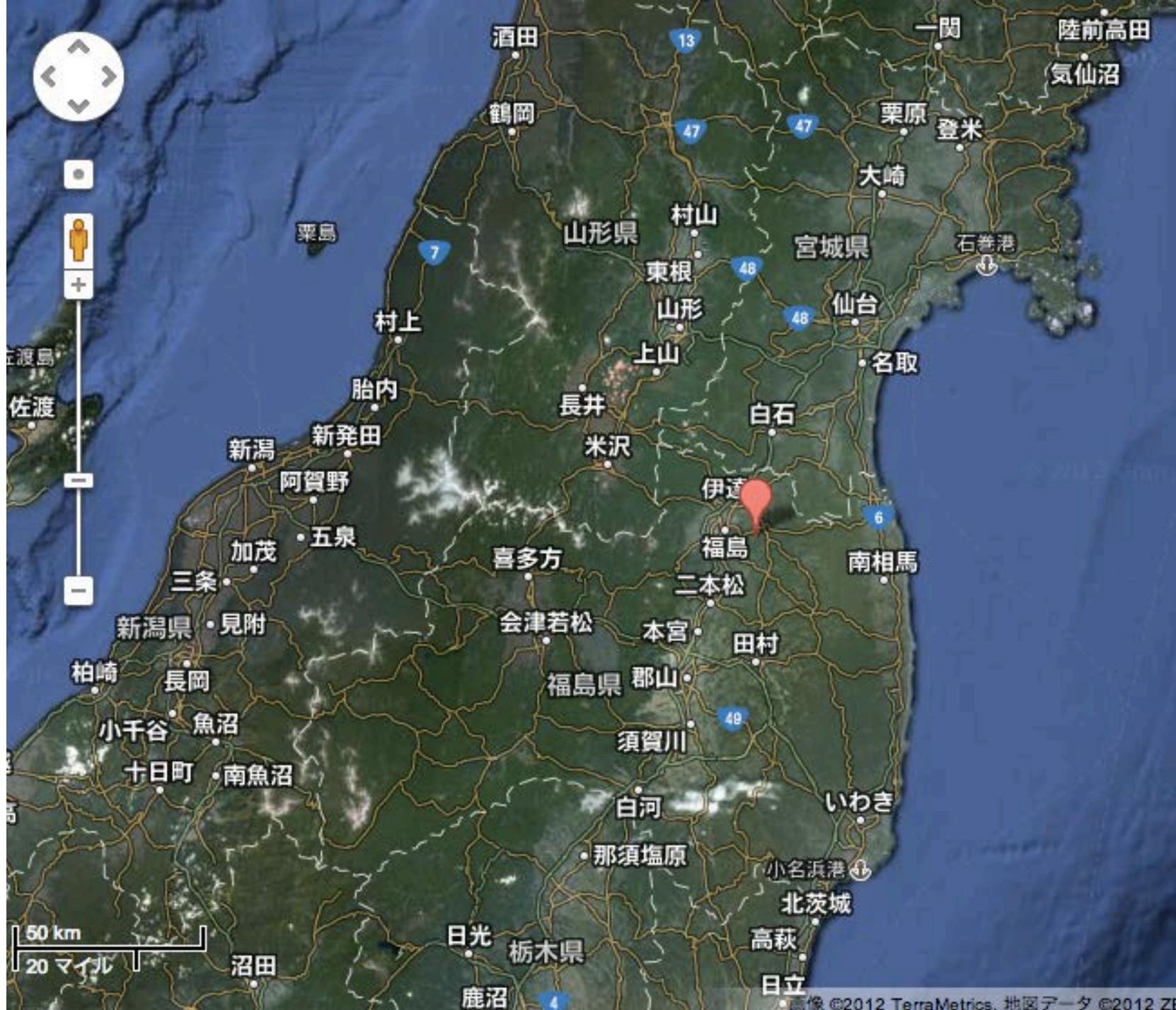
部位

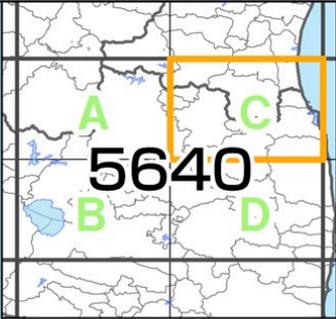
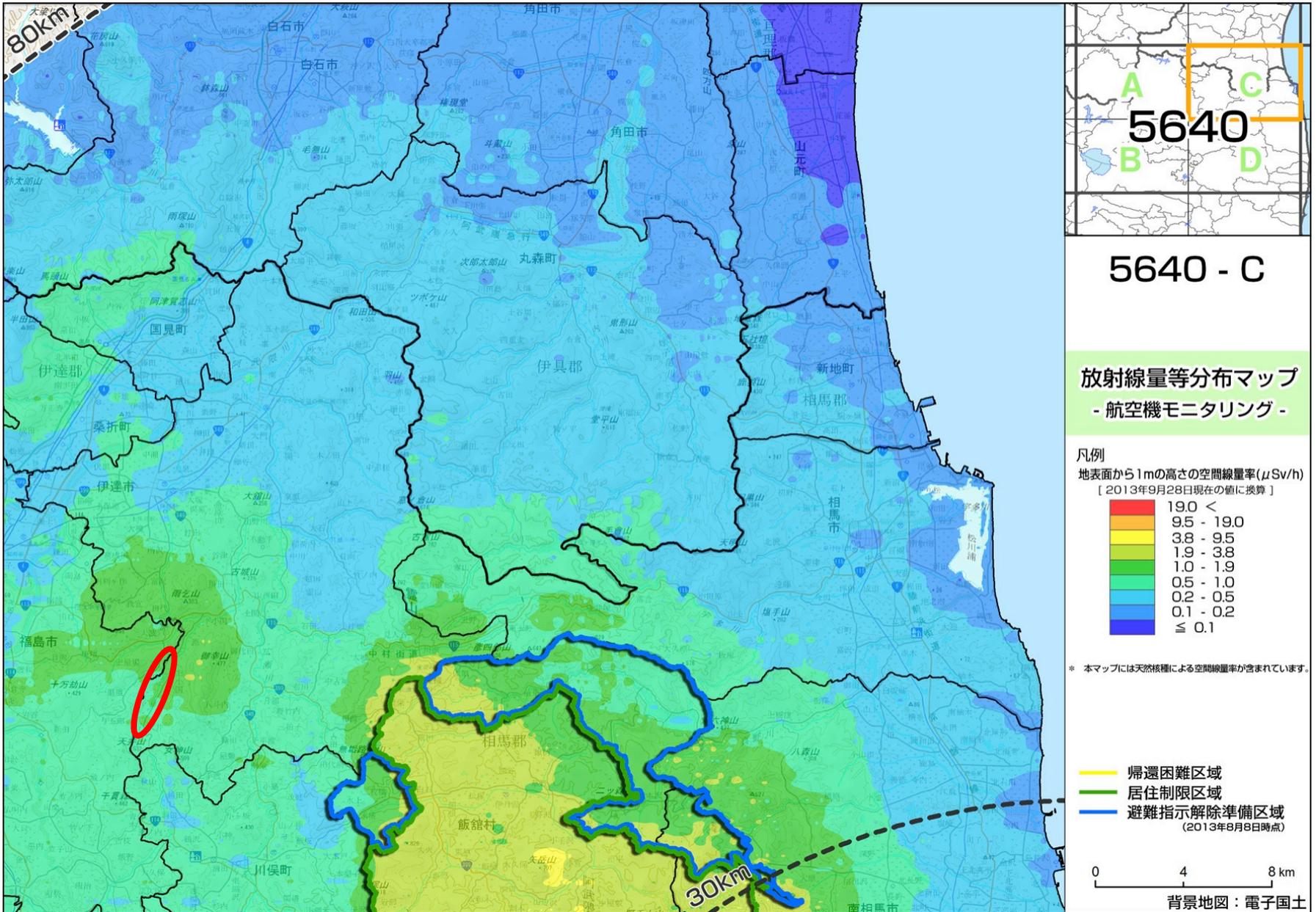


3つのことを話します

- 森林内の移動
 - 樹冠から林床へ
- 森林からの流出
 - 洪水流出の重要性
- 生物間の移動
 - 生物濃縮？



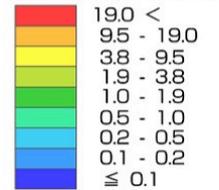




5640 - C

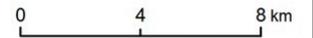
放射線量等分布マップ
- 航空機モニタリング -

凡例
 地表面から1mの高さの空間線量率(μSv/h)
 [2013年9月28日現在の値に換算]

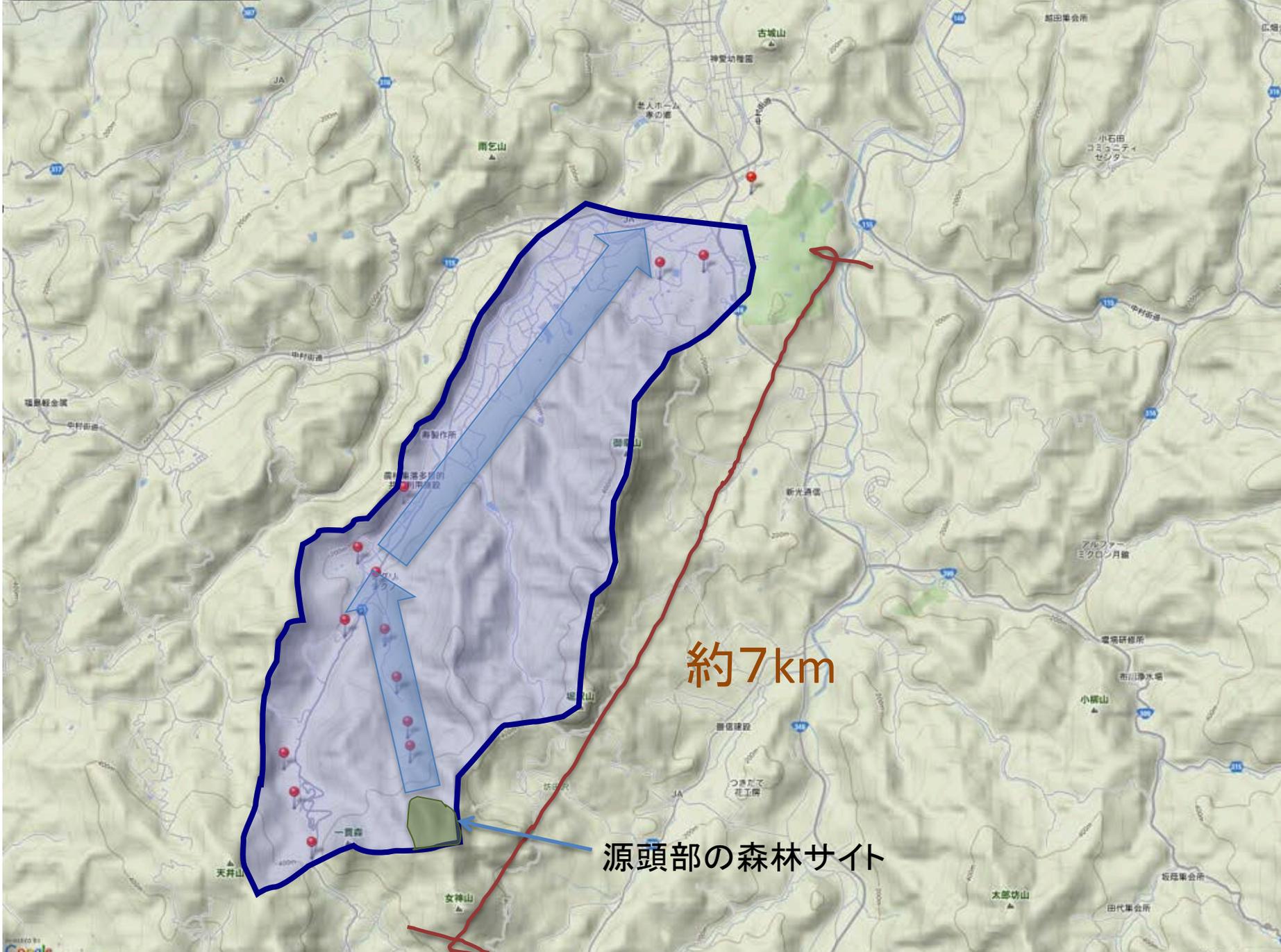


* 本マップには天然核種による空間線量率が含まれています。

- 帰還困難区域
- 居住制限区域
- 避難指示解除準備区域
(2013年8月8日時点)

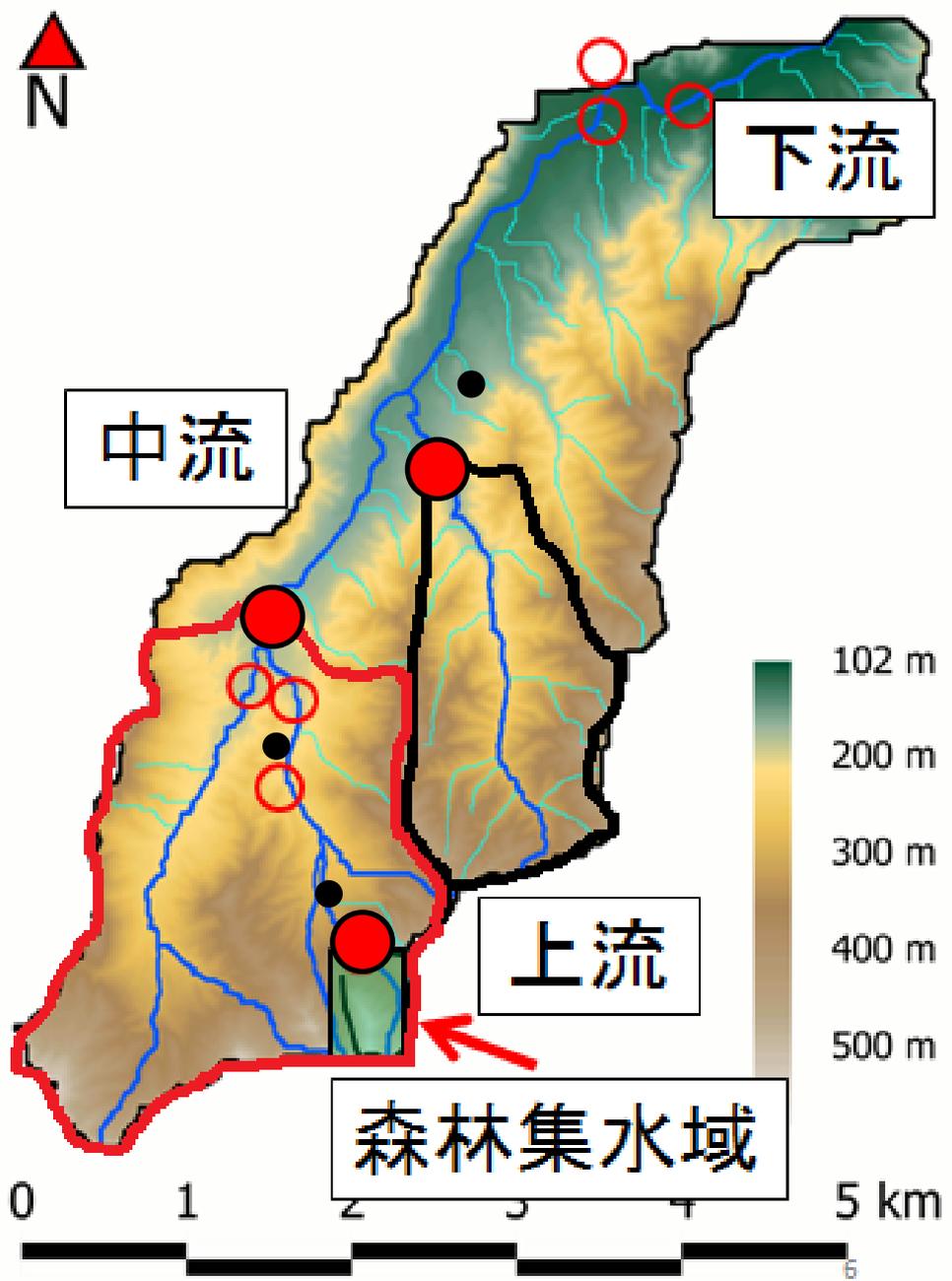


背景地図：電子国土



約7km

源頭部の森林サイト



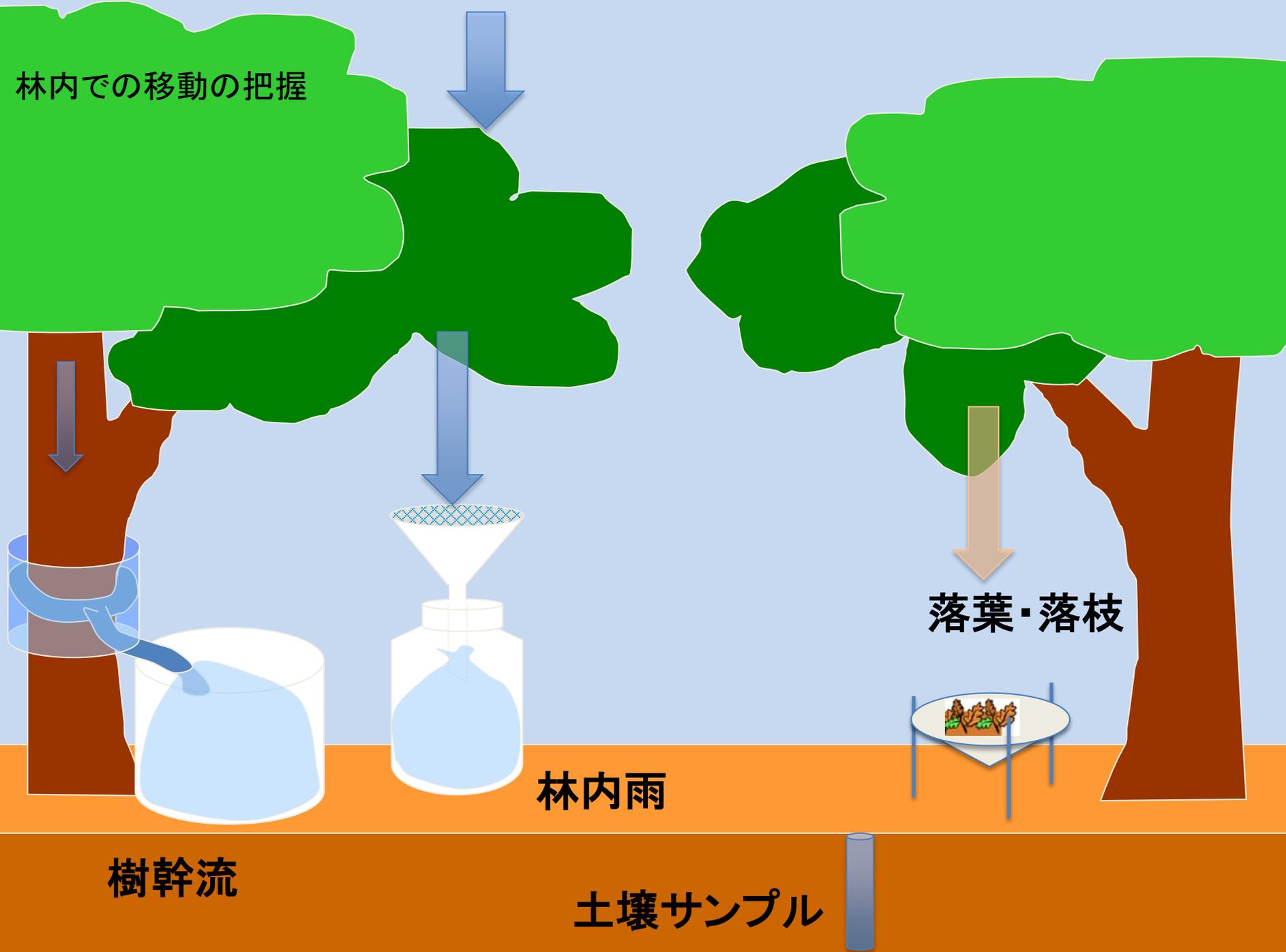
上小国川

阿武隈川水系広瀬川支流

森林集水域	0.189km ²
赤線中流域	5.11km ²
黒線支流域	2.40km ²
下流域	28.9km ²

- 流量(水位)観測地点
- 採水地点
- 降水観測地

林内での移動の把握



落葉・落枝

林内雨

樹幹流

土壌サンプル

森林サイトの観測機材



落葉広葉樹林で2プロット
スギ人工林で1プロット

水の中の ^{137}Cs

懸濁物質

$>0.7\mu\text{m}(\text{GF/F})$

土粒子 + ^{137}Cs

粒子状有機物 + ^{137}Cs

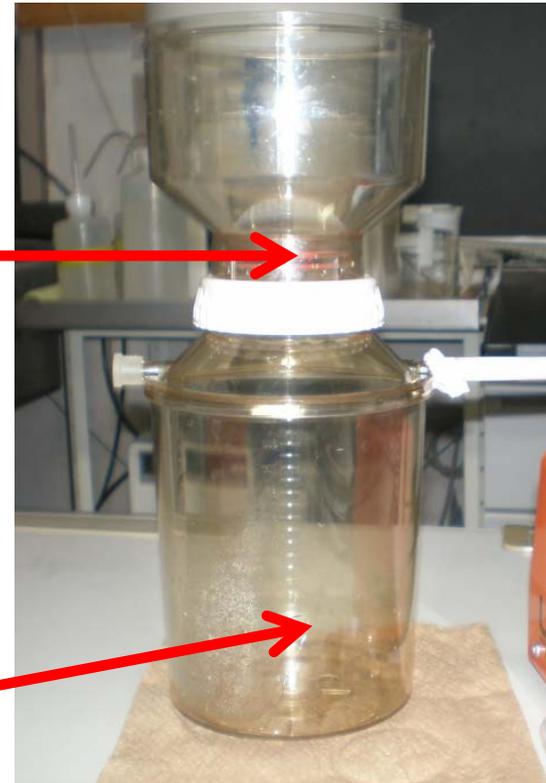
≡ 浮遊土砂

溶存物質

$<0.7\mu\text{m}(\text{GF/F})$

イオン態 $^{137}\text{Cs}^-$

溶存有機物 + ^{137}Cs



樹冠から林床へ

試料

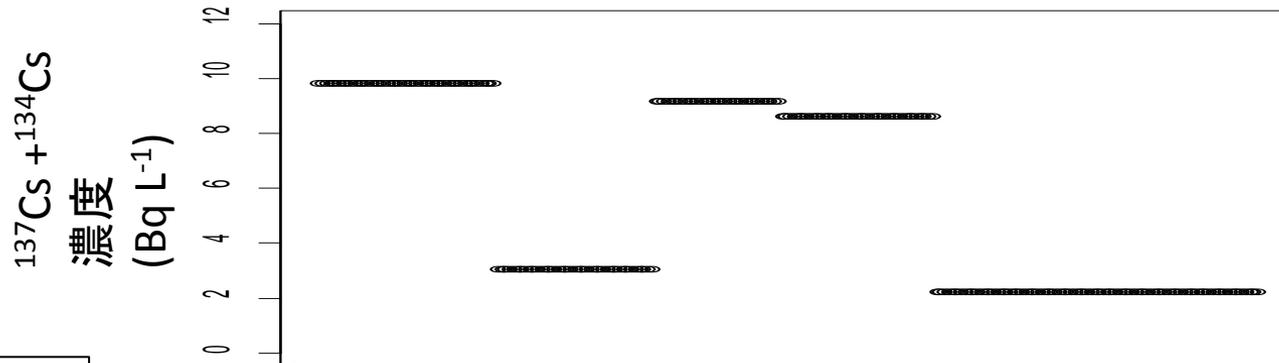
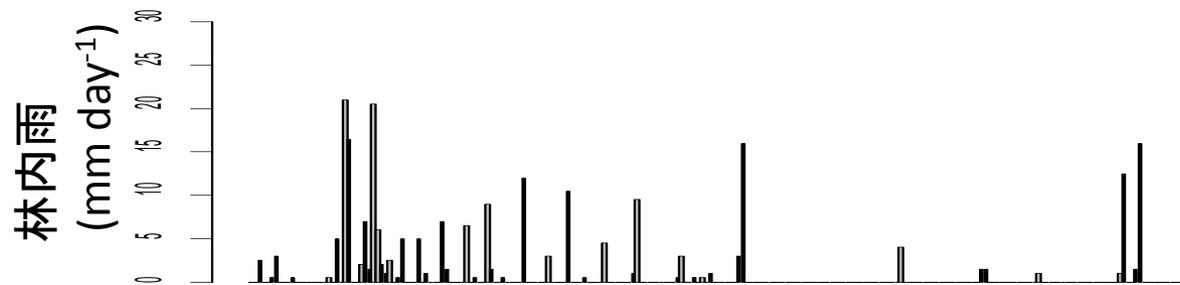
- 林内雨
- 樹幹流
- リターフォール

プロット

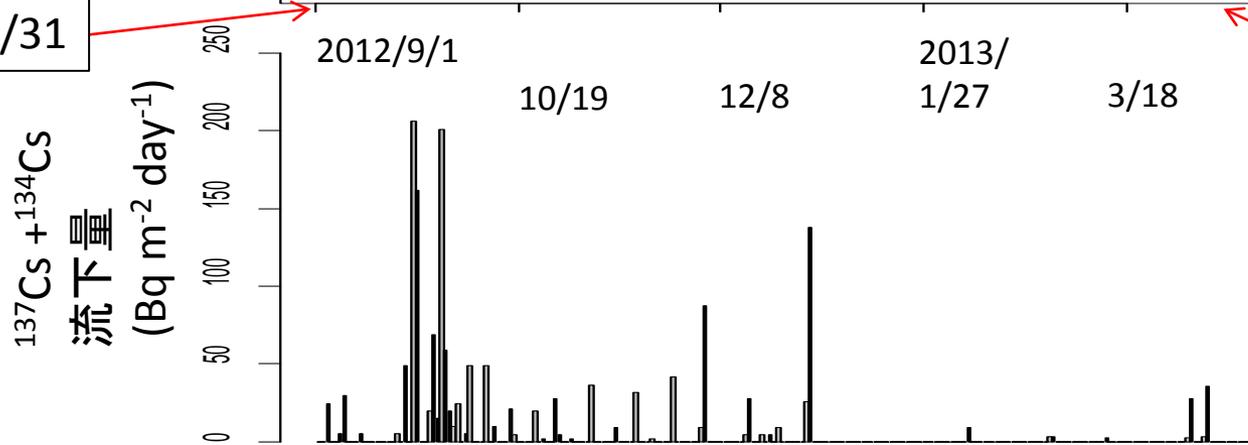
- スギ
- 広葉樹



樹冠から林床へ：プロットBスギ人工林 2012/8/31 ~ 2013/4/19



2012/8/31



2013/4/19



樹冠から地表への供給量(2013):

A: コナラ・アカマツ林

15.18 Bq m⁻² day⁻¹ (林内雨13.36, 樹幹流1.82)

B: スギ人工林

13.15 Bq m⁻² day⁻¹ (林内雨12.88, 樹幹流0.27)

C: コナラ・ケヤキ・アカマツ林

7.04 Bq m⁻² day⁻¹ (林内雨 6.67, 樹幹流0.37)

落葉・落枝

各プロットに受け口面積が1 m²のリタートラップを5個ずつ設置した。

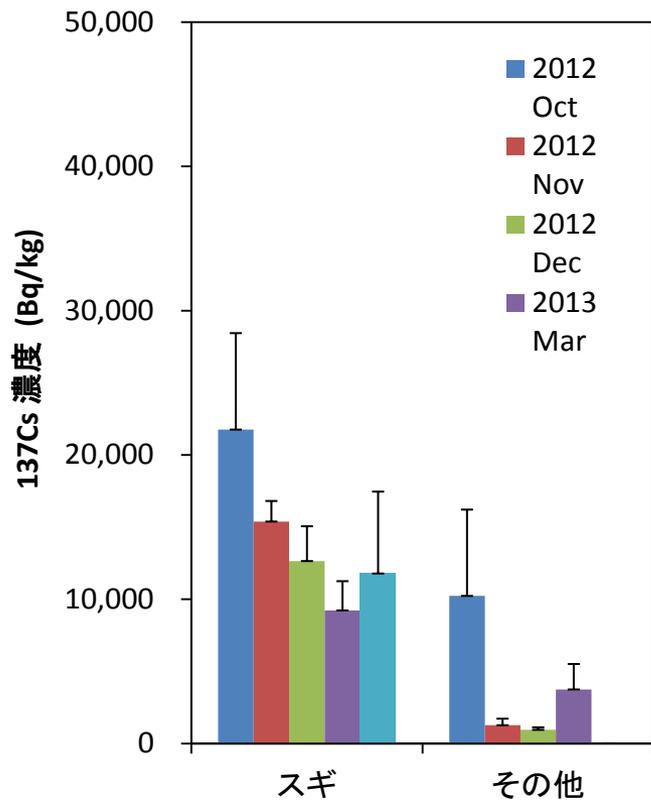
樹種ごとに分けたリターを、NaI(Tl)シンチレーションカウンターで¹³⁷Cs濃度を測定した。

スギ人工林内のリタートラップ

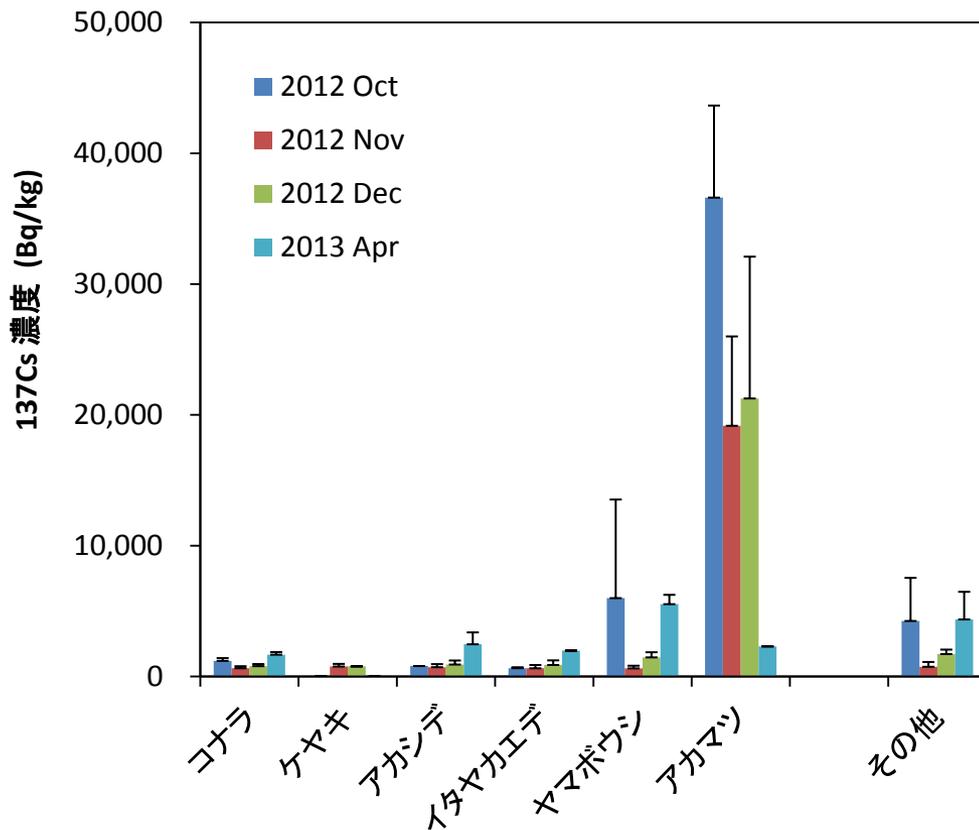


落葉・落枝

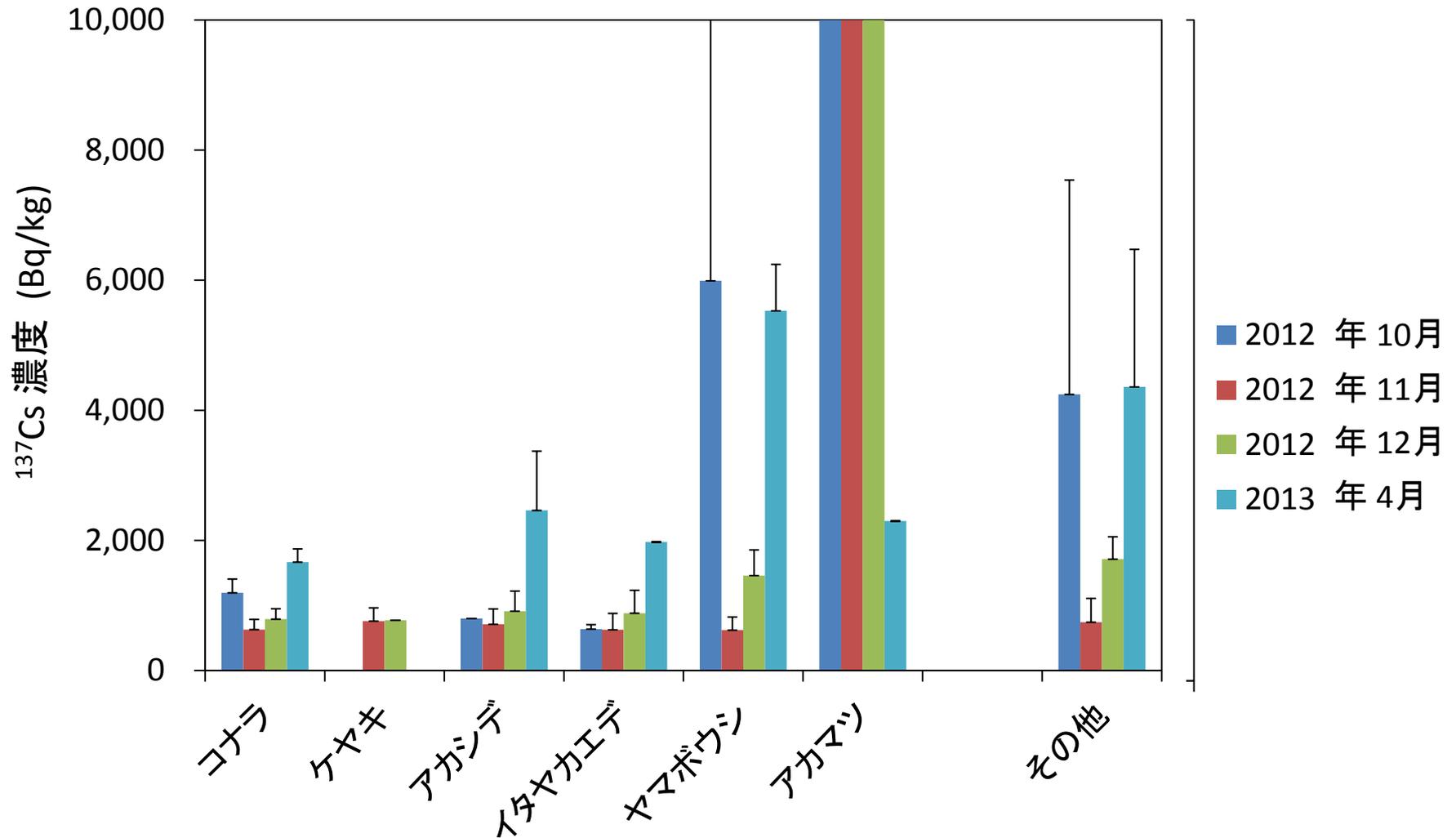
スギ



落葉広葉樹とアカマツ



落葉・落枝 落葉広葉樹林

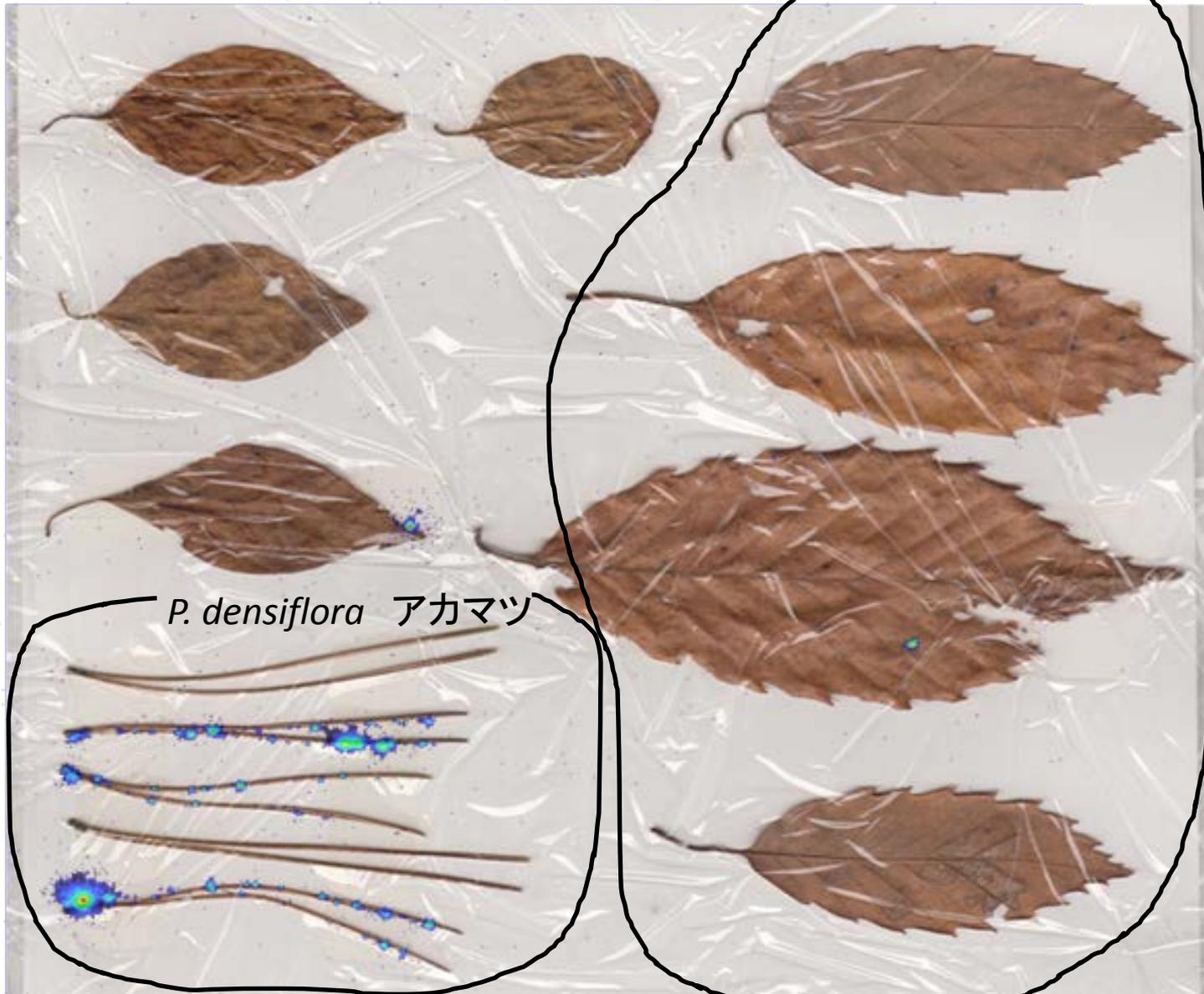




イメージングプレート

L. praecox アブラチャン

Q. serrata コナラ



P. densiflora アカマツ

2012年
11月
回収分

リター

- ^{137}Cs 濃度は、落葉樹に比べ常緑樹で高かった。
- ^{137}Cs 濃度は調査期間の経過とともに常緑樹では減少

常緑樹の樹冠に降下時に付着した ^{137}Cs は、落葉によって徐々に減少している。

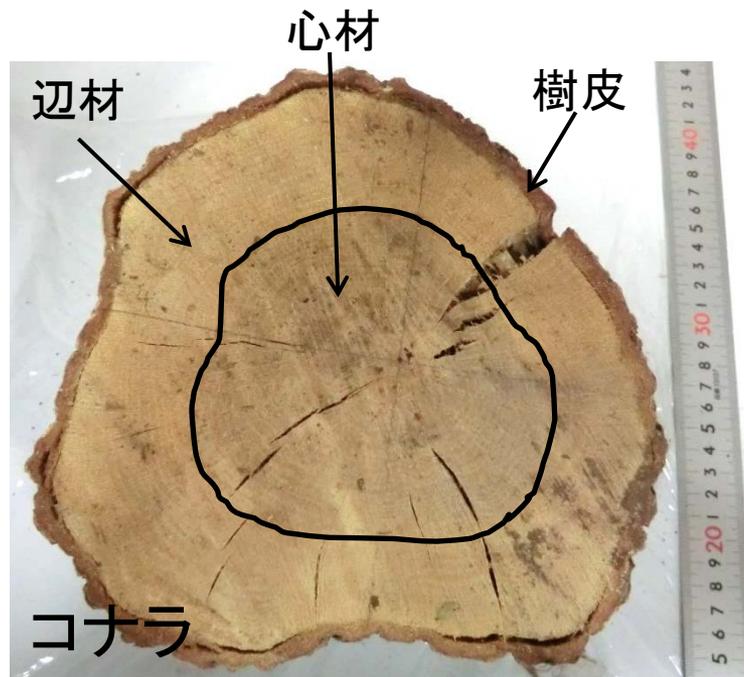
広葉樹の葉に1000 Bq/kgレベルの ^{137}Cs が検出されるのは、他の部位から転流してきていることを意味している。

伐倒サンプリング

コナラ3本とスギ1本を伐倒し、葉、枝、幹に分けた。

枝は太さごとに5-10 cm、1-5 cm、1 cm以下と分けた。

幹は、地際から2 mごとに切り出し、幹の一部を樹皮、辺材、心材に分け、ゲルマニウム半導体検出器で ^{137}Cs 濃度を測定した。

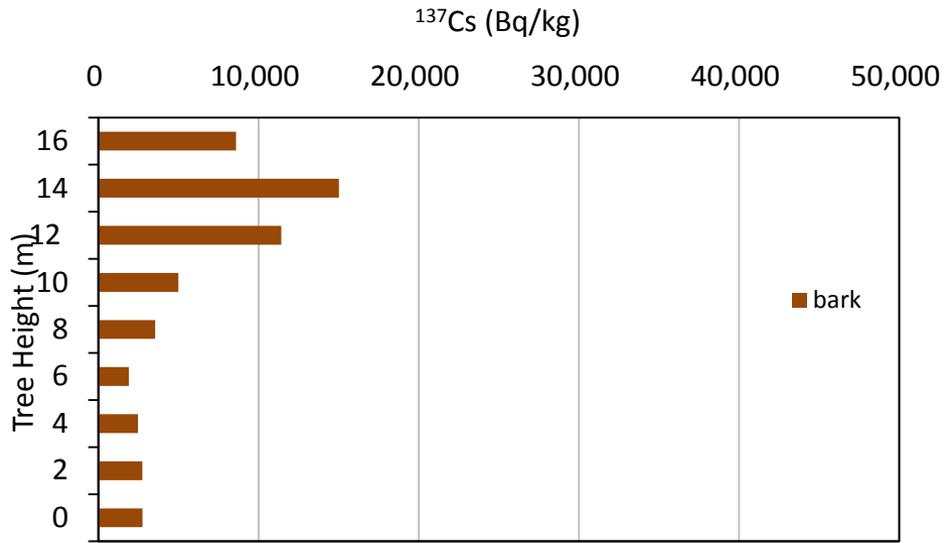
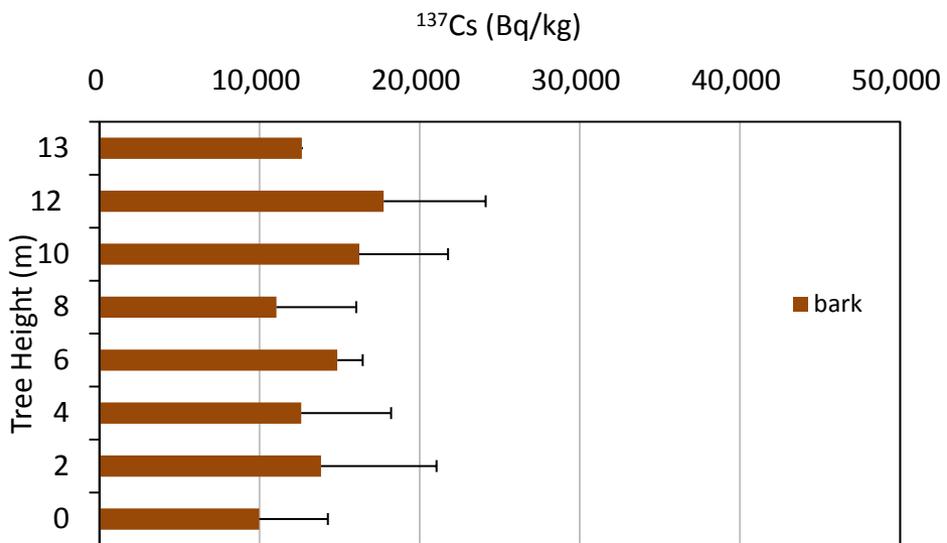




樹皮

コナラ
Q. serrata

スギ
C. japonica



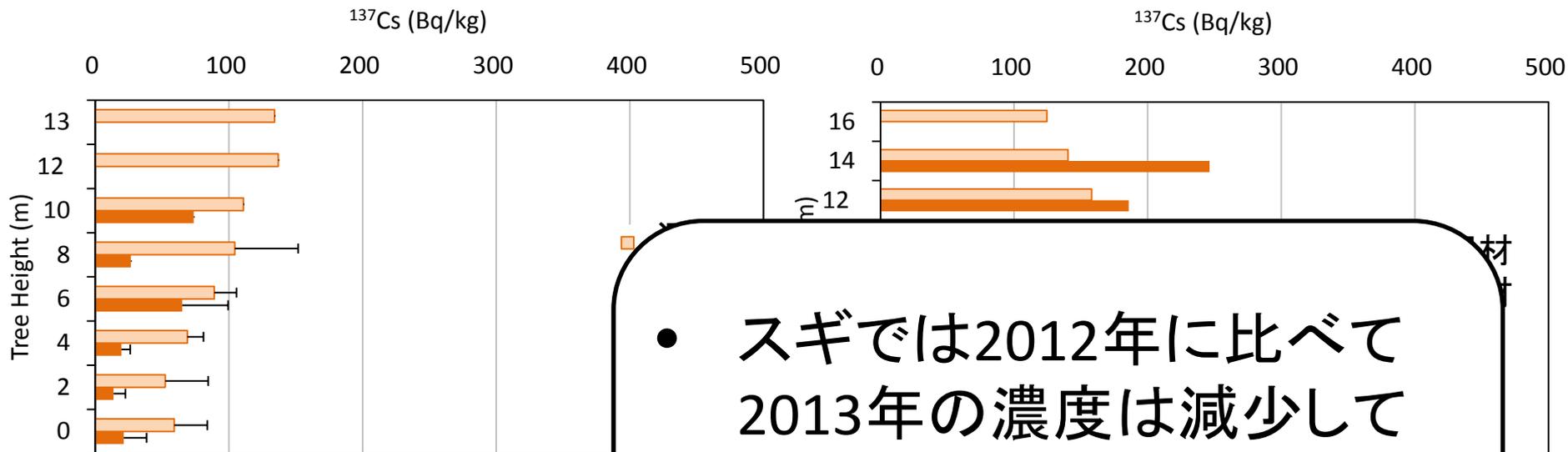
コナラ *Q. serrata* 5,000 - 24,000 (Bq/kg)
 スギ *C. japonica* 2,500 - 15,000 (Bq/kg)

mean ±SD (n = 1 or 3)

辺材と心材

コナラ
Q. serrata

スギ
C. japonica



辺材 コナラ *Q. serrata*
 スギ *C. japonica*

心材 コナラ *Q. serrata*
 スギ *C. japonica*

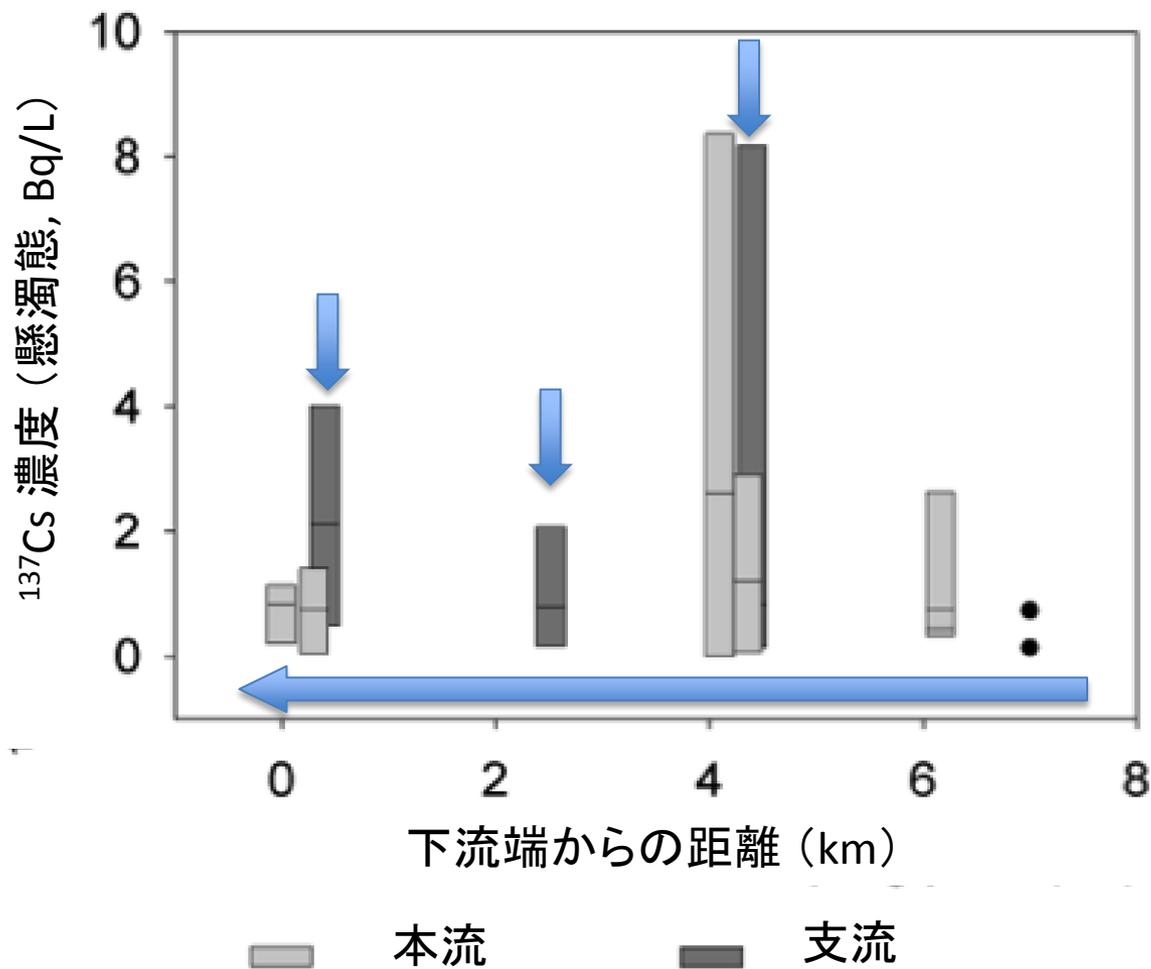
- スギでは2012年に比べて2013年の濃度は減少していた。
- コナラでは増加していた。

100 - 190 (Bq/kg)

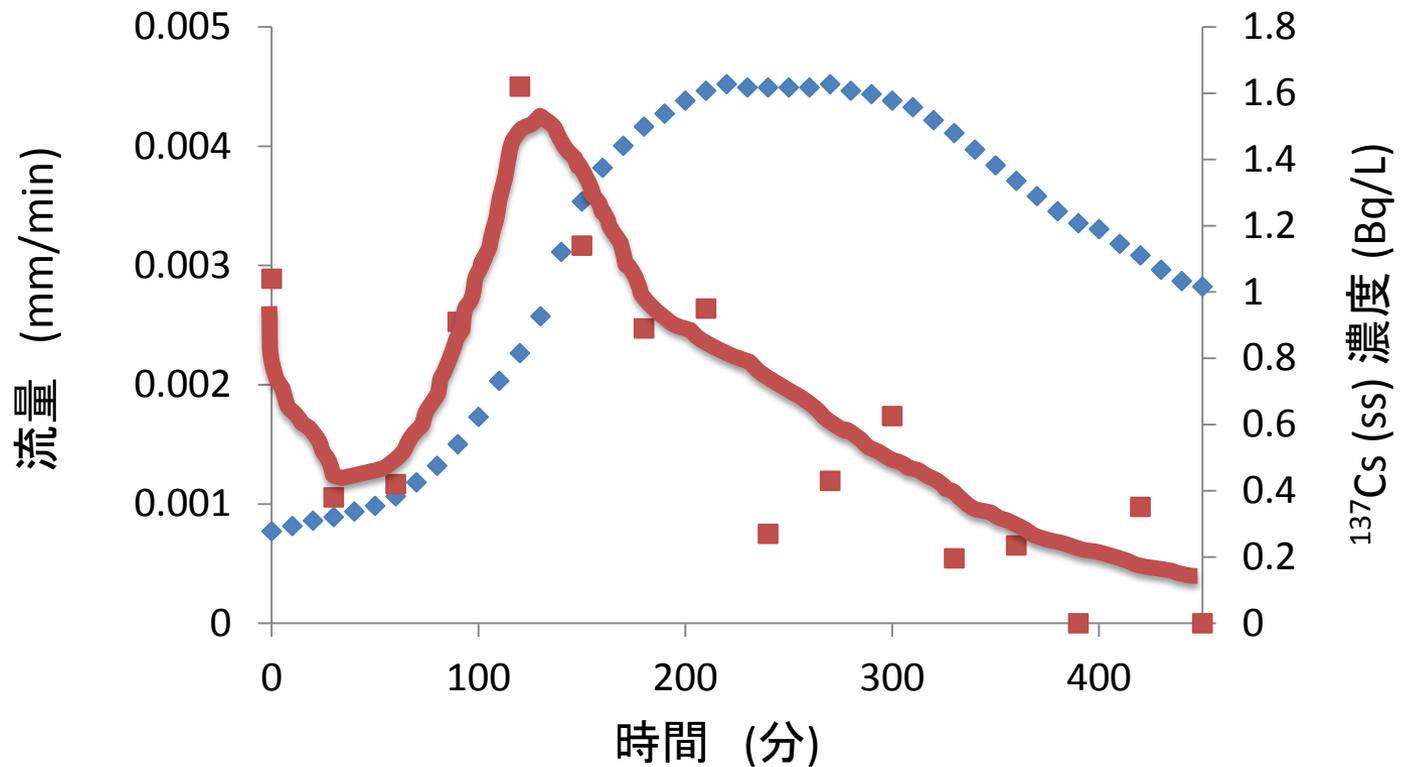
河川水



流程における¹³⁷Cs濃度 (2012年6～11月)



^{137}Cs 濃度は大雨で流量が増加したときに高くなる



溪流・河川を流れる¹³⁷Cs

- 森林からの流出放射性セシウムの主要な形態は懸濁態
- 平水時の溶存態の放射性セシウム濃度は0.2 Bq/L 以下
- 降雨イベントに反応して、流出Cs濃度は上昇する
- 集水域からの流出量 (懸濁):

330～670 Bq/m²/年

樹冠から林床へ vs 森林から河川へ

- 樹冠から地表への供給量 ^{137}Cs :

降水によって **1795 ~ 3712**
Bq/m²/年

落葉・落枝によって **1353 ~ 4786**
Bq/m²/年

- 集水域からの流出量 (懸濁態) ^{137}Cs :

330 ~ 670 Bq/m²/年

137Cs 沈着量

5640

5640 - C

文部科学省 MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, SPORTS, SCIENCE AND TECHNOLOGY JAPAN

放射線量等分布マップ
- 土壌濃度マップ -

100,000 ~ 300,000 Bq/m²

凡例

Cs - 137 の沈着量 (Bq/m²)
(6月14日時点)

- 3000k <
- 1000k - 3000k
- 600k - 1000k
- 300k - 600k
- 100k - 300k
- 60k - 100k
- 30k - 60k
- 10k - 30k
- ≤ 10k

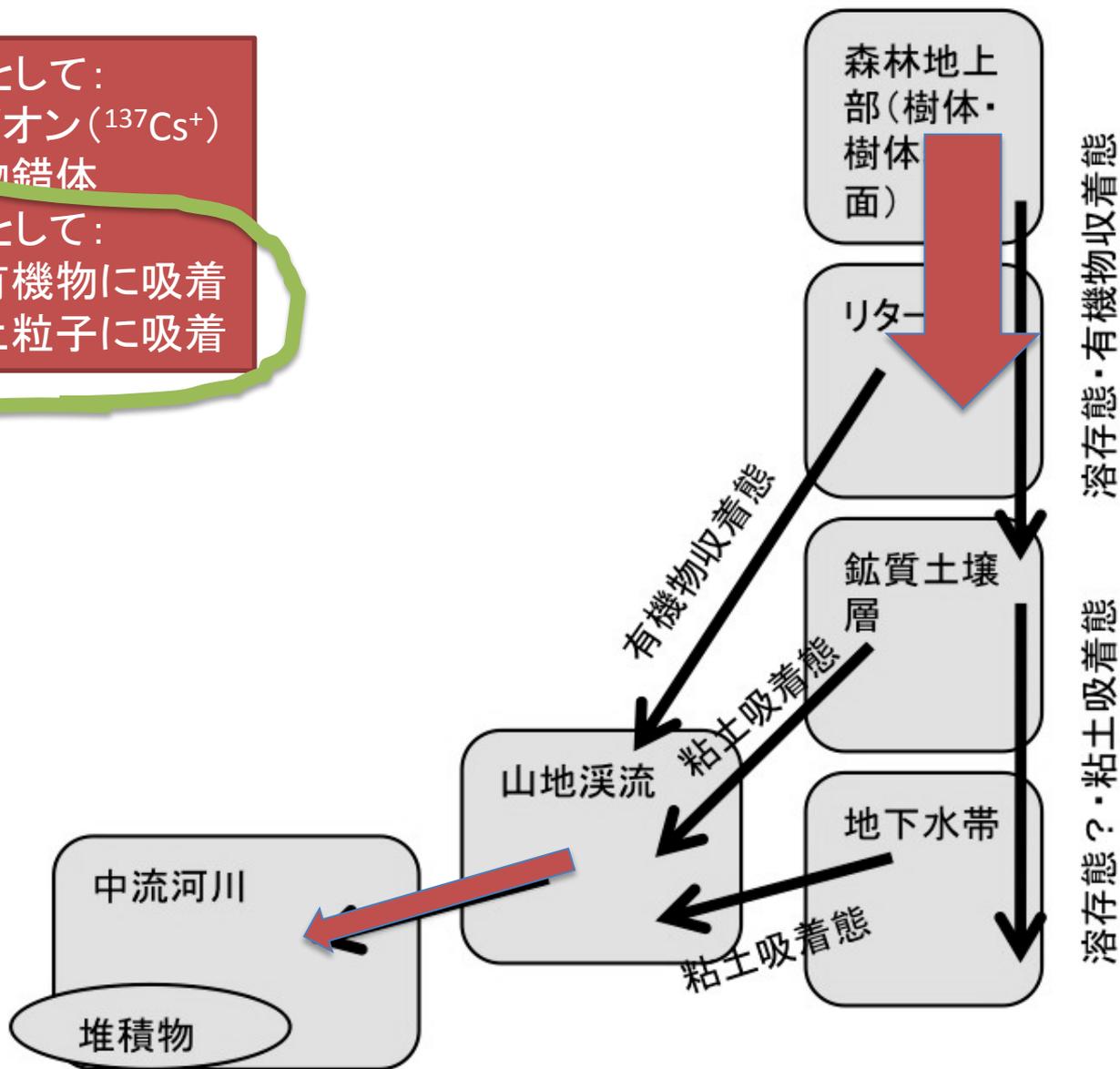
- 計画的避難区域
- 緊急時避難準備区域
(平成23年9月30日解除)

0 4 8 km

背景地図：電子国土

溶存態として：
無機イオン ($^{137}\text{Cs}^+$)
有機物錯体

懸濁態として：
浮遊有機物に吸着
浮遊土粒子に吸着

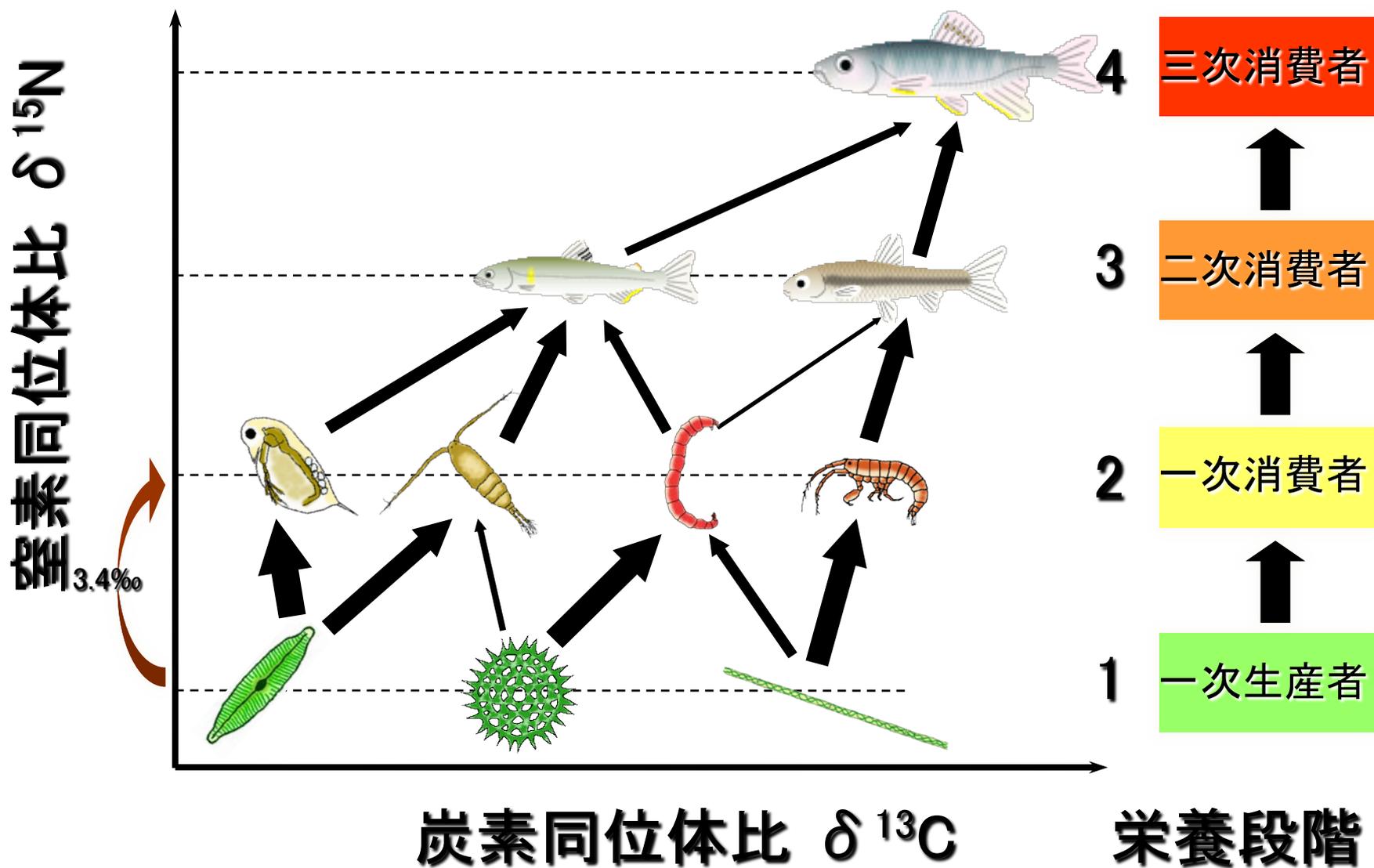


食物網での移動

- 移動経路を描く
- 生物濃縮の有無を確かめる



栄養段階：喰う喰われるの関係

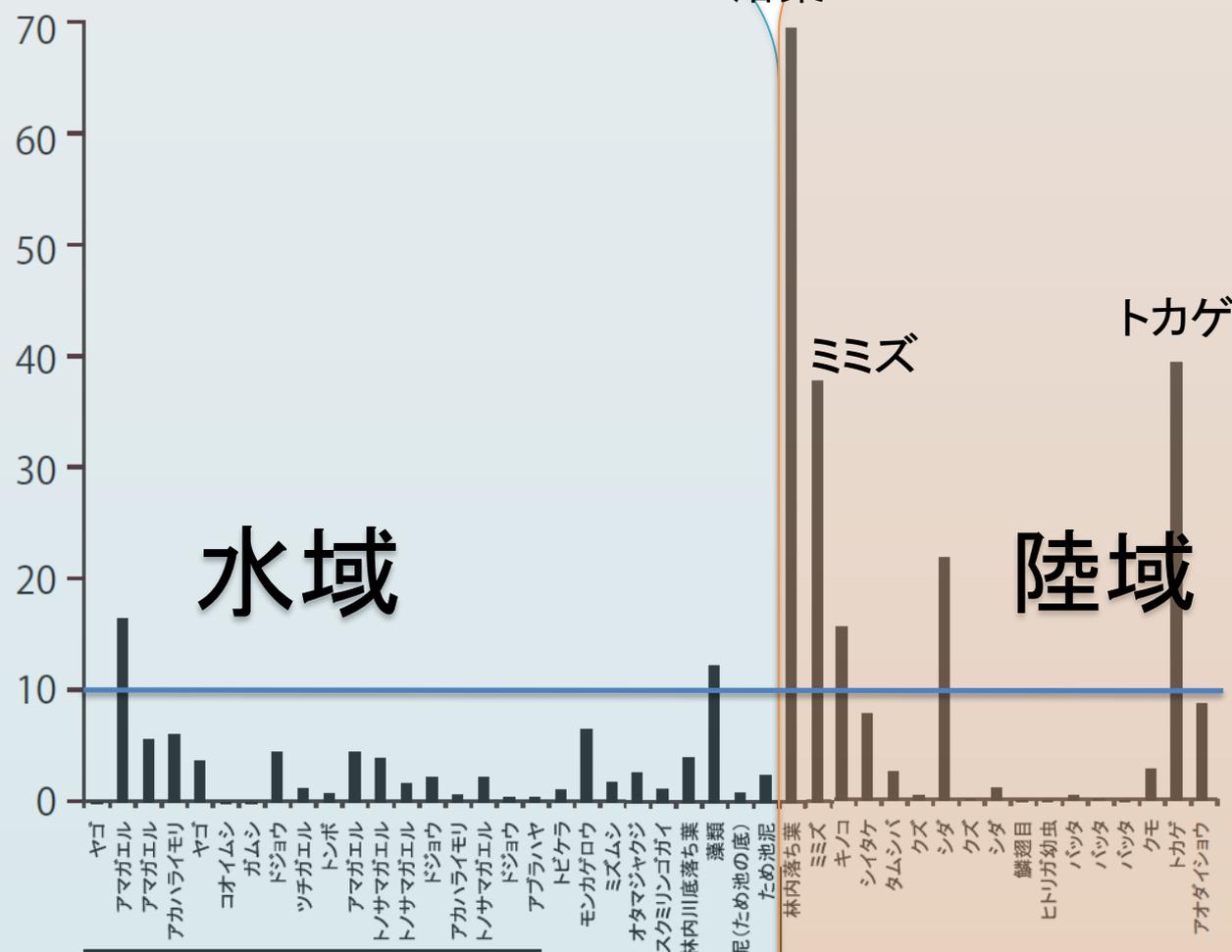


Cs137 (Bq/g)

水域

落葉

陸域



10000 Bq/kg

水域

藻類・分解者

落葉・藻類食

陸上

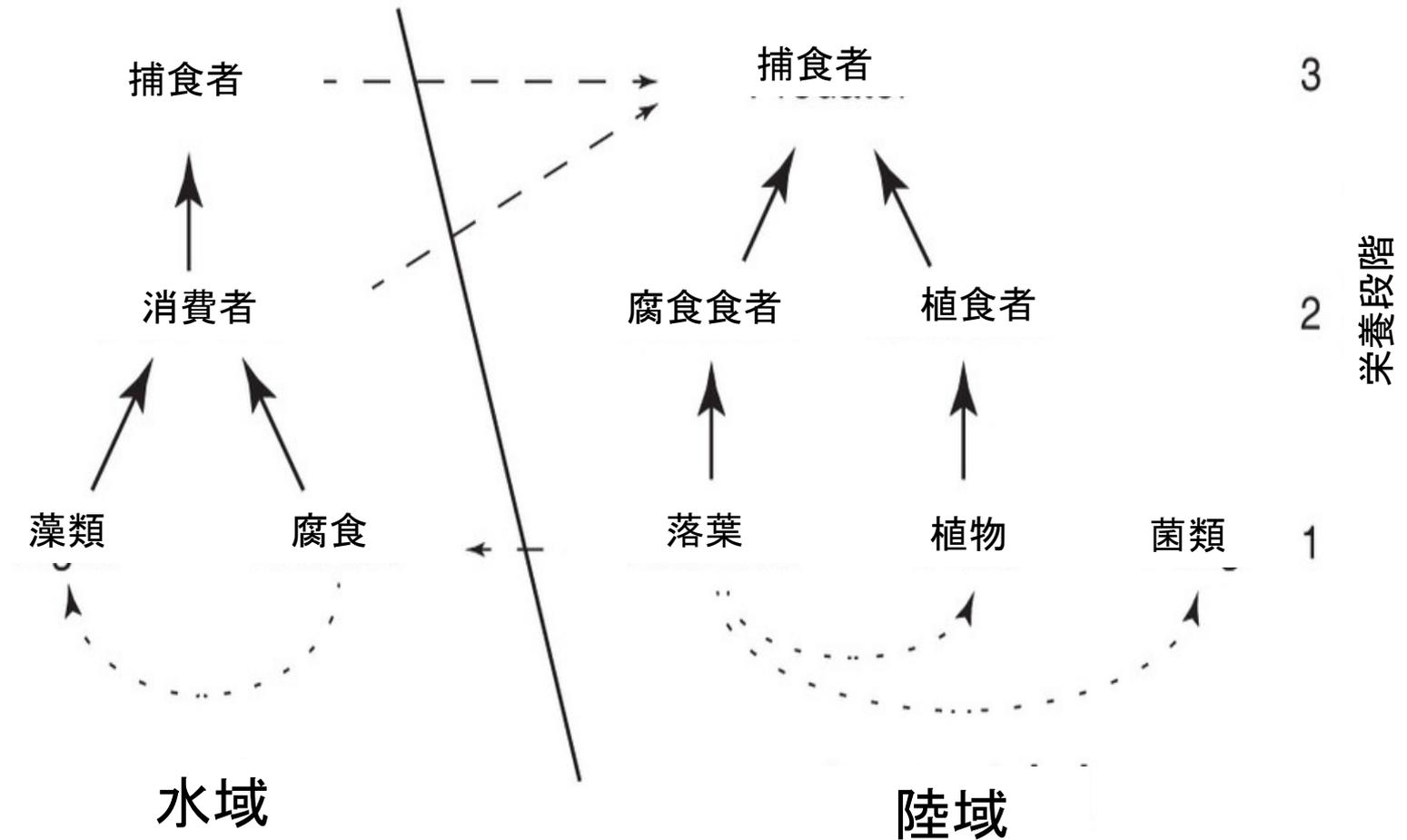
分解者

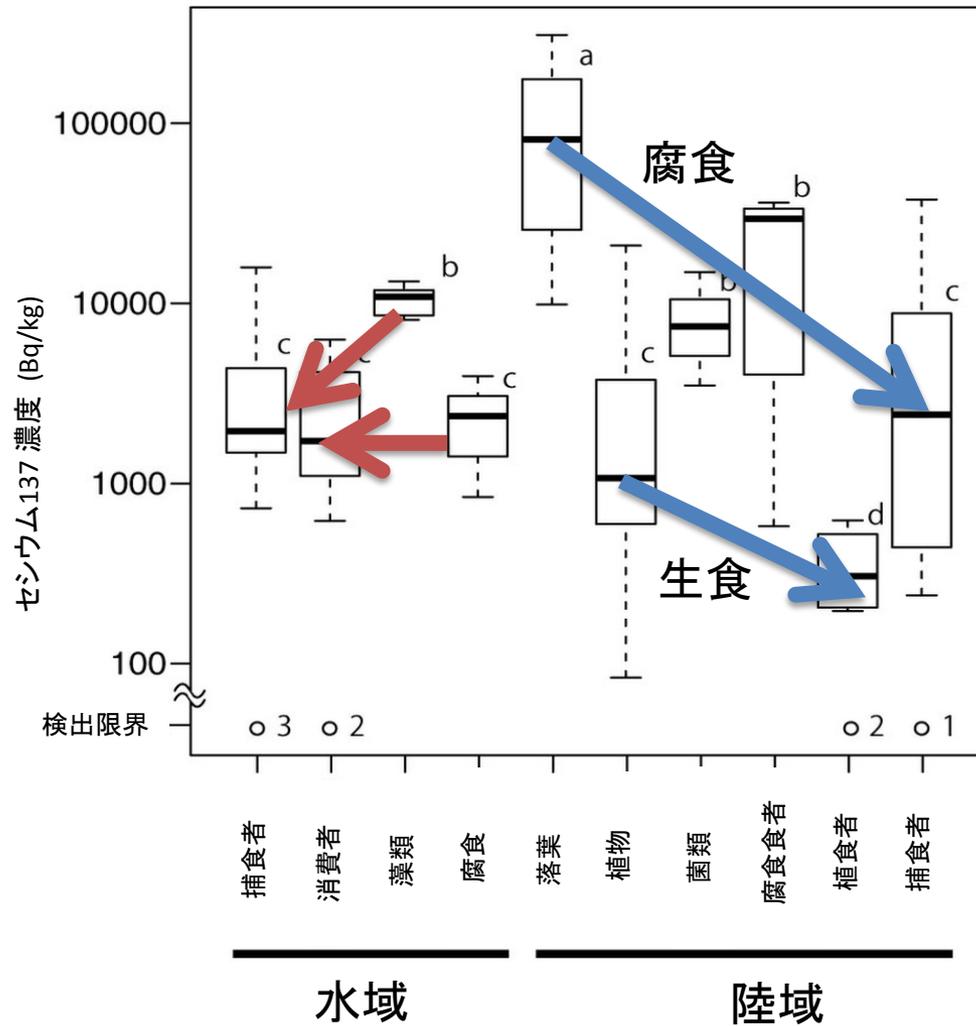
植物

植食

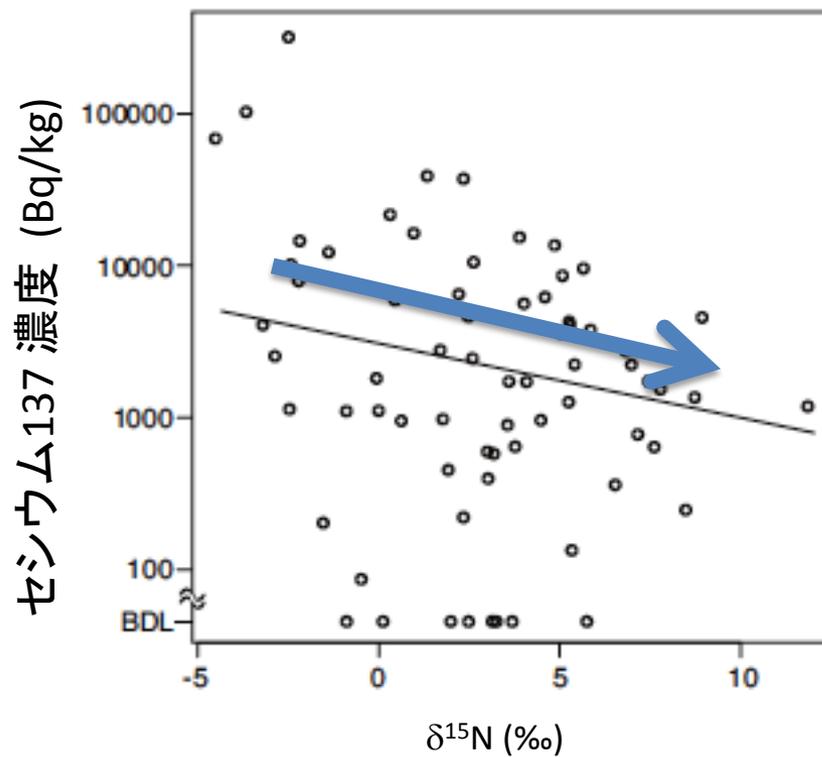
捕食

喰う喰われるの関係



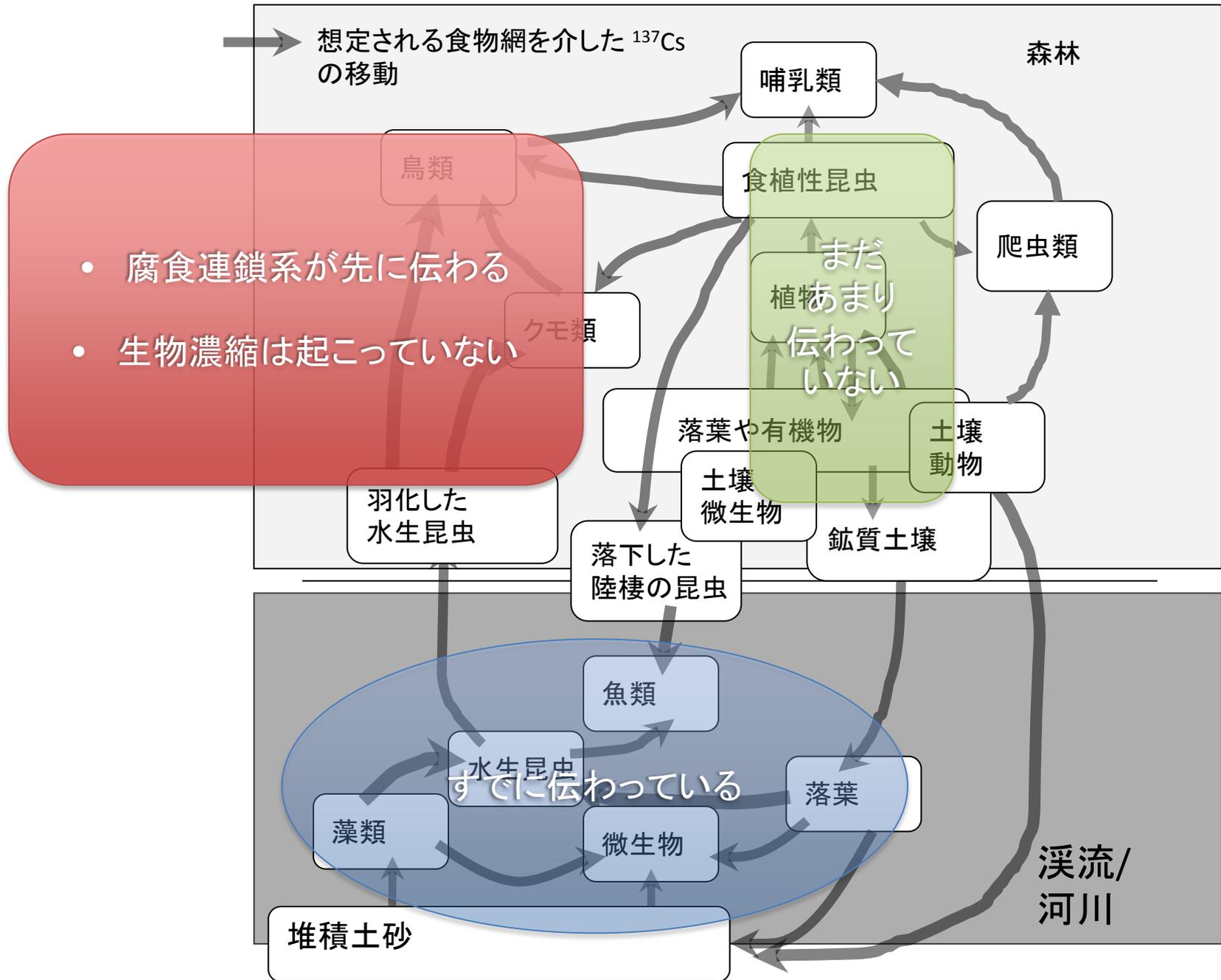


生食連鎖
よりも
腐食連鎖
の方が著しい
¹³⁷Cs移動



低い ← 栄養段階 → 高い

栄養段階が上がっても濃縮は見られない。



喫緊の課題

- 流下する有機物との吸着のメカニズム
- 落葉・落枝 — 土壌間の移行の速さ
 - 根圏への供給量
- 植物体内での転流の実態とメカニズム
 - 根から？ 樹皮から？
- 生物への移行経路
 - 食物網上の経路・濃縮の割合

大事なこと

- 森林からは少しずつしか流出しない。
 - 数年のオーダーでは、降ったものは殆どが留まっているとみてよい。
 - 大雨の出水で大きく動く。
 - 今はまだ林内でダイナミックに移動している。
- 生物相の放射性セシウム濃度は高い。1,000 ~ 100,000 Bq/kg のレベル。
- いわゆる生物濃縮は生じていない。

協力

- 渡辺長之助さん(小国地区)
- 伊達市のみなさん
- 根本圭介さん(東京大学)
- 中西友子さん(東京大学)
- 中村高志さん(山梨大学)
- 石井秀樹さん(福島大学)

研究グループ

- 西田継(山梨大学・衛生工学)
- 徳地直子(京都大学・森林生態学)
- 大橋瑞江(兵庫県立大学・森林生態学)
- 杉山裕子(兵庫県立大学・水域有機化学)
- 尾坂兼一(滋賀県立大学・生物地球科学)
- 堀田紀文(筑波大学・砂防工学)
- レーナ・フィナー(フィンランド森林研究所・森林生態学)
- ユッカ・レート(ヘルシンキ大学・放射線化学)



ありがとうございました。