

## 文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

### 第5回 筑波大学 アイソトープ環境動態研究センター (2022.7.1)

次第の基本は下記となっております。

赤字部分に発表タイトルとお名前をご記入の上タイトルページにお使ください。

- |                  |   |                                       |
|------------------|---|---------------------------------------|
| 12:05-12:10(5分)  | : | 研究所・センターの概要                           |
| 12:10-12:25(15分) | : | 陸域環境中での放射性物質の動き<br>(放射性物質環境移行部門 加藤弘亮) |
| 12:25-12:45(20分) | : | 質疑応答                                  |

#### 【お願い】

- ☆担当研究所・センターを「共同ホスト」として設定いたしますので、司会進行をお願いします
- ☆録画等される場合は「コンピュータ上に保存」をお願いします（当方では録画等していません）
- ☆13時になりましたら、「共同ホスト→ホスト」に設定変更の上、NPO担当者は退席いたします。

# 筑波大学の先端研究センター

➤ 学際的な研究を推進する18の共同研究拠点

➤ 6つの全国共同研究施設により世界トップレベルの研究拠点を形成

## 全国共同利用施設

アイソトープ環境動態研究センター



計算科学研究センター



つくば機能植物イノベーション研究センター (T-PIRC)



下田臨海実験センター



プラズマ研究センター



ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター



エネルギー物質科学研究センター



生存ダイナミクス研究センター



国際統合睡眠医学研究機構



陽子線医学利用研究センター



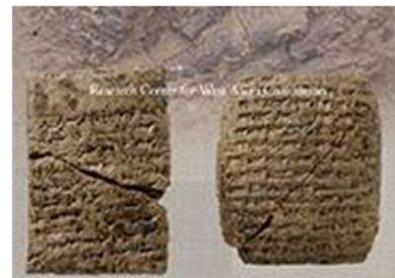
山岳科学センター



トランスボーダー医学研究センター



西アジア文明研究センター



地中海・北アフリカ研究センター



サイバニクス研究センター



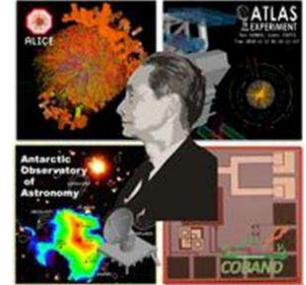
人工知能科学センター



微生物サステナビリティ研究センター

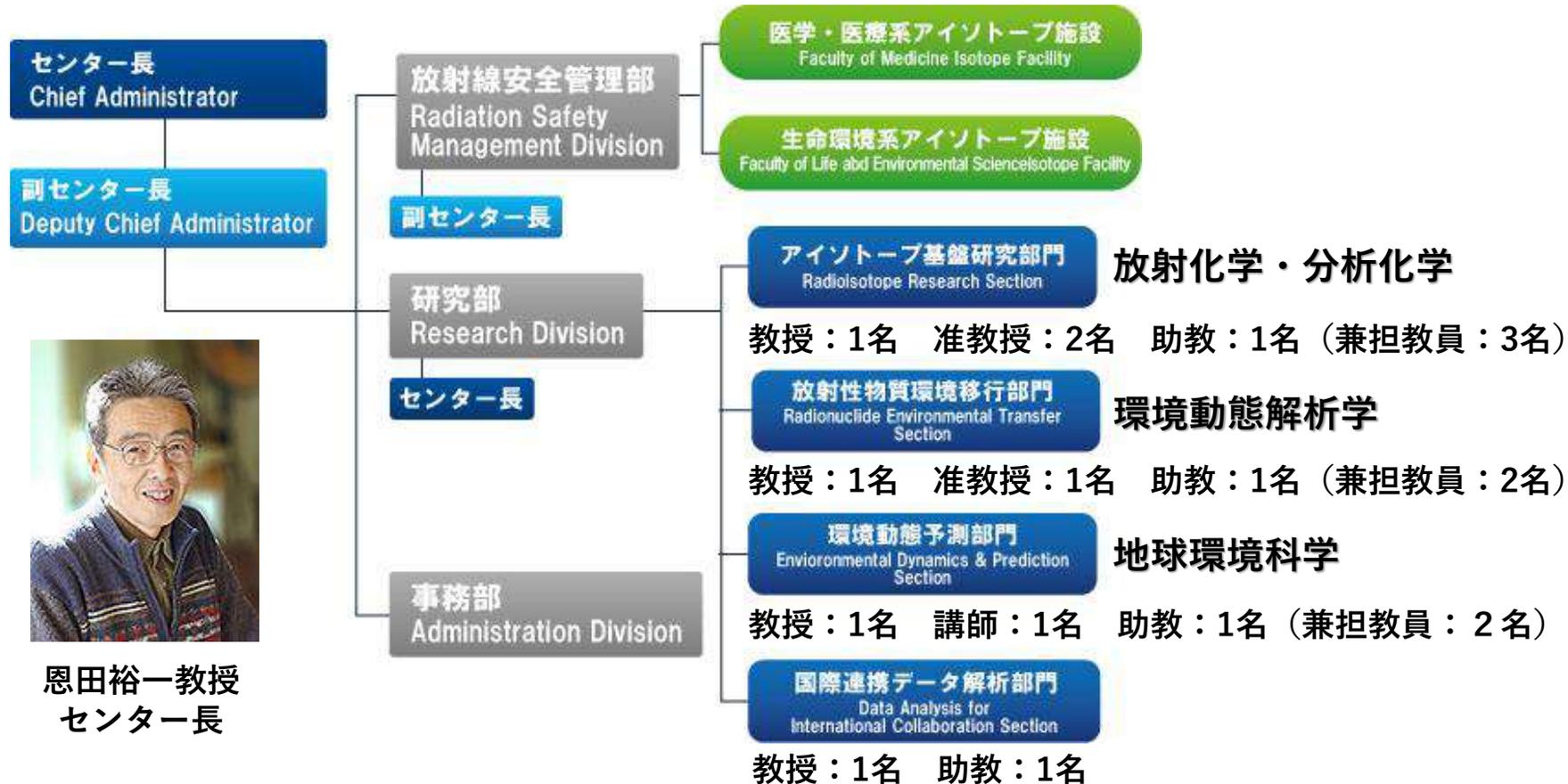


宇宙史研究センター



# 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

- 2012年12月に学内組織を統合再編し発足
- 放射性核種や放射線発生装置の安全管理および放射線教育
- 放射性物質の陸域及び海域、生態系における拡散・輸送・沈着・移行の実態とメカニズムを解明 (**放射性核種の環境動態研究**)
- 汚染状況と被ばく線量の長期予測を通して**原発事故影響の早期収束に貢献**



- 福島原発事故由来の放射性核種の陸域動態研究において、**我が国の司令塔の役割**を担ってきた
- 事故初期からの移行メカニズム研究を通じて、放射性物質の長期的影響の把握に不可欠な**長期モニタリングデータを蓄積**
- チェルノブイリ原発事故の海外研究機関との共同研究を通じて、我が国の陸域環境での放射性核種の移行メカニズム解明に貢献（**福島環境回復は予想よりも早い！！**）

## nature reviews earth & environment

### Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in terrestrial systems

Yuichi Onda<sup>1,2</sup>, Keisuke Taniguchi<sup>1,2</sup>, Kazuya Yoshimura<sup>3</sup>, Hiroaki Kato<sup>1</sup>, Junko Takahashi<sup>1</sup>, Yoshifumi Wakiyama<sup>4</sup>, Frederic Coppin<sup>5</sup> and Hugh Smith<sup>6</sup>

Onda et al. (2020) Nature Reviews Earth & Environment Vol.1, 644-660.

#### 《委託調査事業》

##### ■平成23年度～ 科学技術戦略推進費

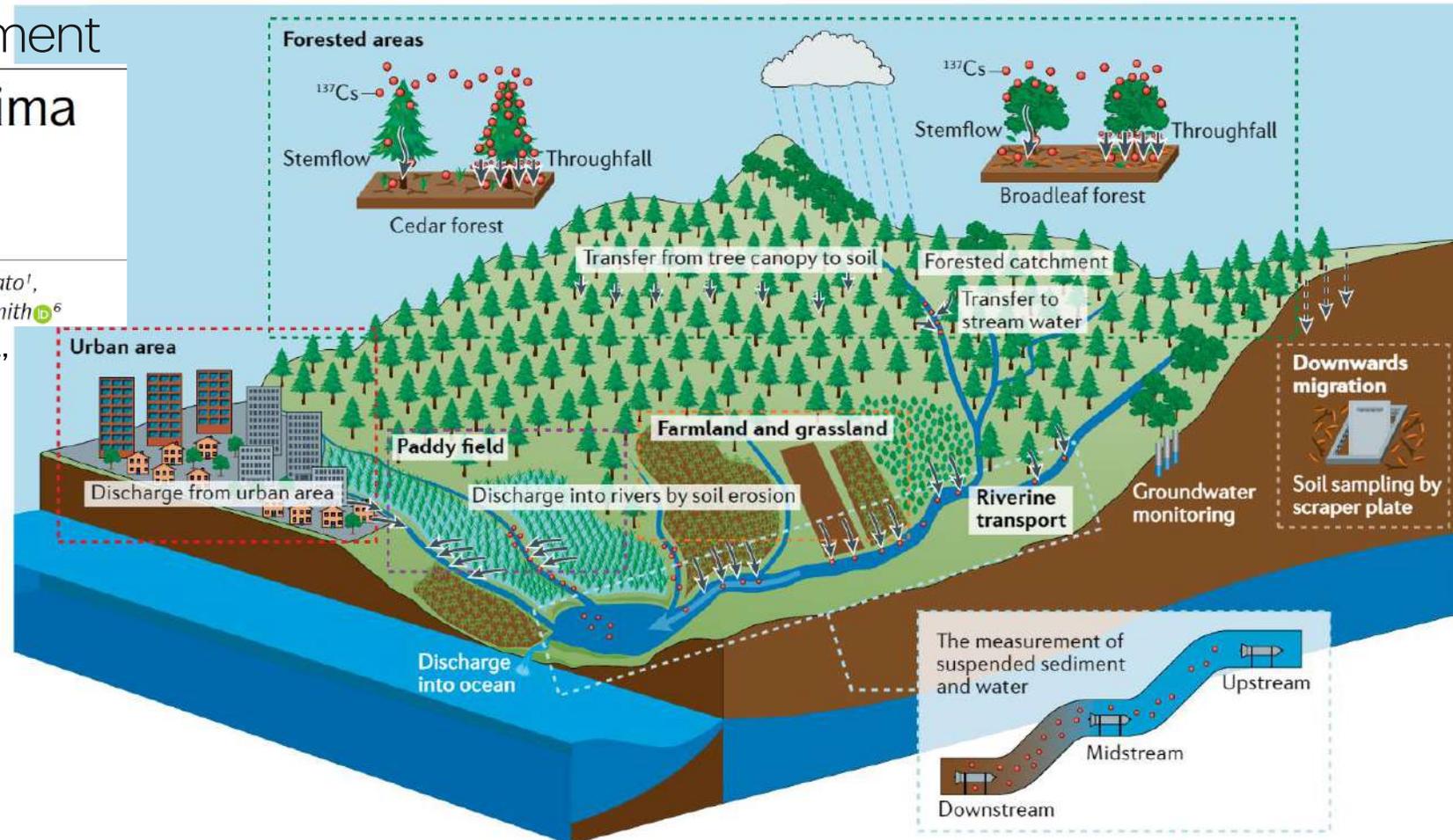
「福島・陸域・水域モニタリング大学連合チーム（FMWSE）」

##### ■平成25年度～ 原子力規制庁委託事業

「東京電力（株）福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立」

##### ■平成27年度～ 原子力研究開発機構委託事業

「森林・土壌に蓄積した放射性セシウムの移行メカニズム解明とモデル化に関する研究」





## H24～H28年度 新学術領域研究

### 「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究」

- 大気・陸域・海洋と異なるスフェアをカバーする計画班構成
- 放射化学や放射線計測学を加えた分野横断的な研究領域
- オールジャパンが集い、放射能環境動態を網羅的に解明し統合



放射性核種の動態を通じて、複数のスフェアをまたぐ物質の輸送プロセスが初めて明らかになってきた

『アイトープ環境動態学／放射能環境動態解析学』の創成



図3 研究組織図



# ERAN

Environmental Radioactivity  
Research Network Center  
放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点

ERAN（放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点）は筑波大学アイソトープ環境動態研究センター（CRiED）・福島大学環境放射能研究所（IER）・弘前大学被ばく医療総合研究所（IREM）を中核機関とした，日本原子力研究機構（JAEA）福島環境安全センター，国立環境研究所（NIES）福島支部，量子科学技術研究開発機構（QST）福島再生支援本部（～R3年度），環境科学技術研究所（IES，R4年度～）を含む6機関で構成される連携ネットワーク型共同研究拠点。

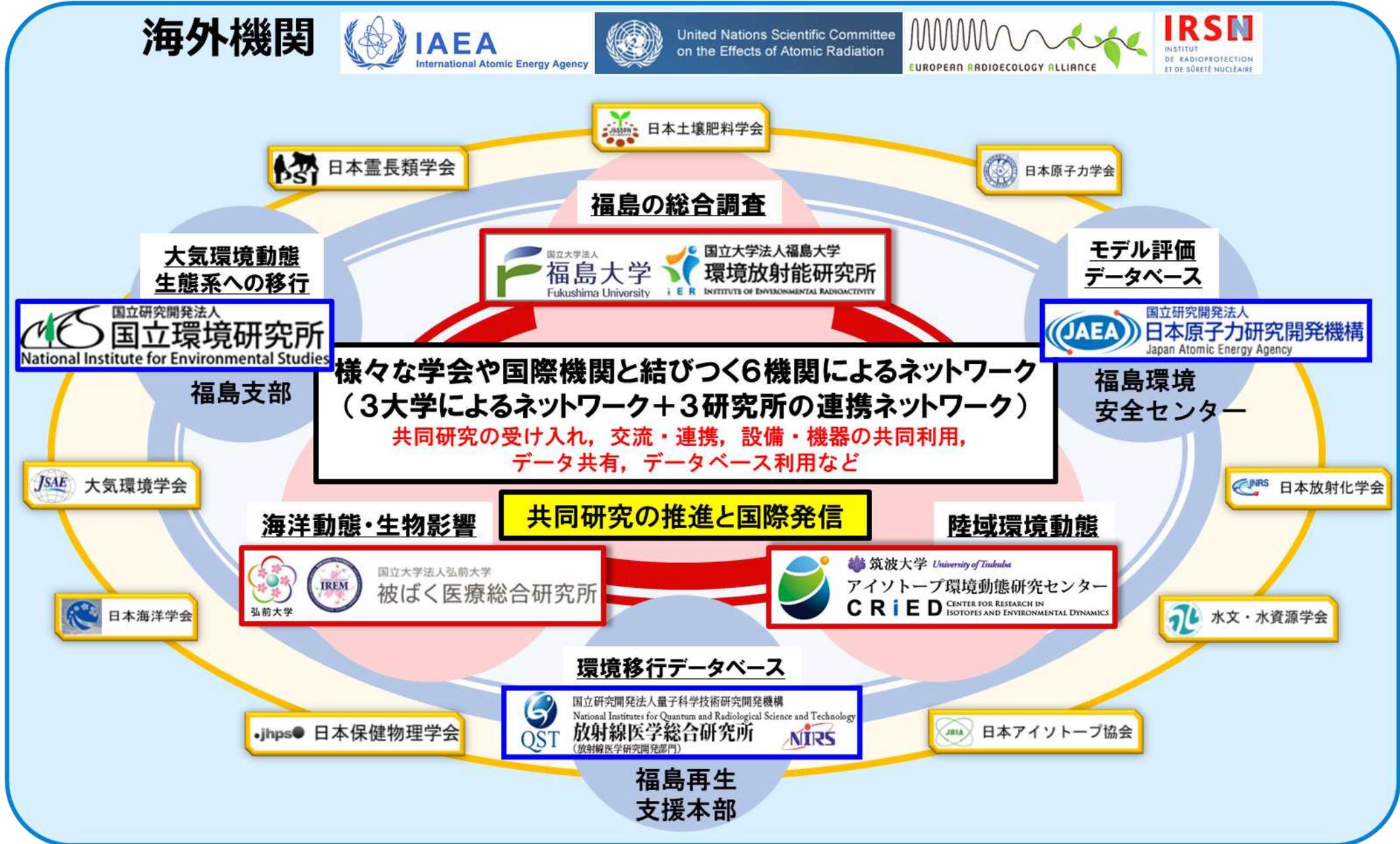
文部科学大臣の認定を受け，平成31年4月1日から活動を開始した。R3年度に文科省の更新認定を受け，R4年度から第2期の活動が開始した。

**分野横断的な共同研究を推進**することで，放射性物質の陸域及び海域，生態系における拡散・輸送・沈着・移行メカニズムの解明に基づき，汚染状況の定量的な評価と被ばく線量に及ぼす影響の解明，さらに移行モデリングを通じた長期的な汚染状況の予測と被ばく線量低減に資することを目的とする。

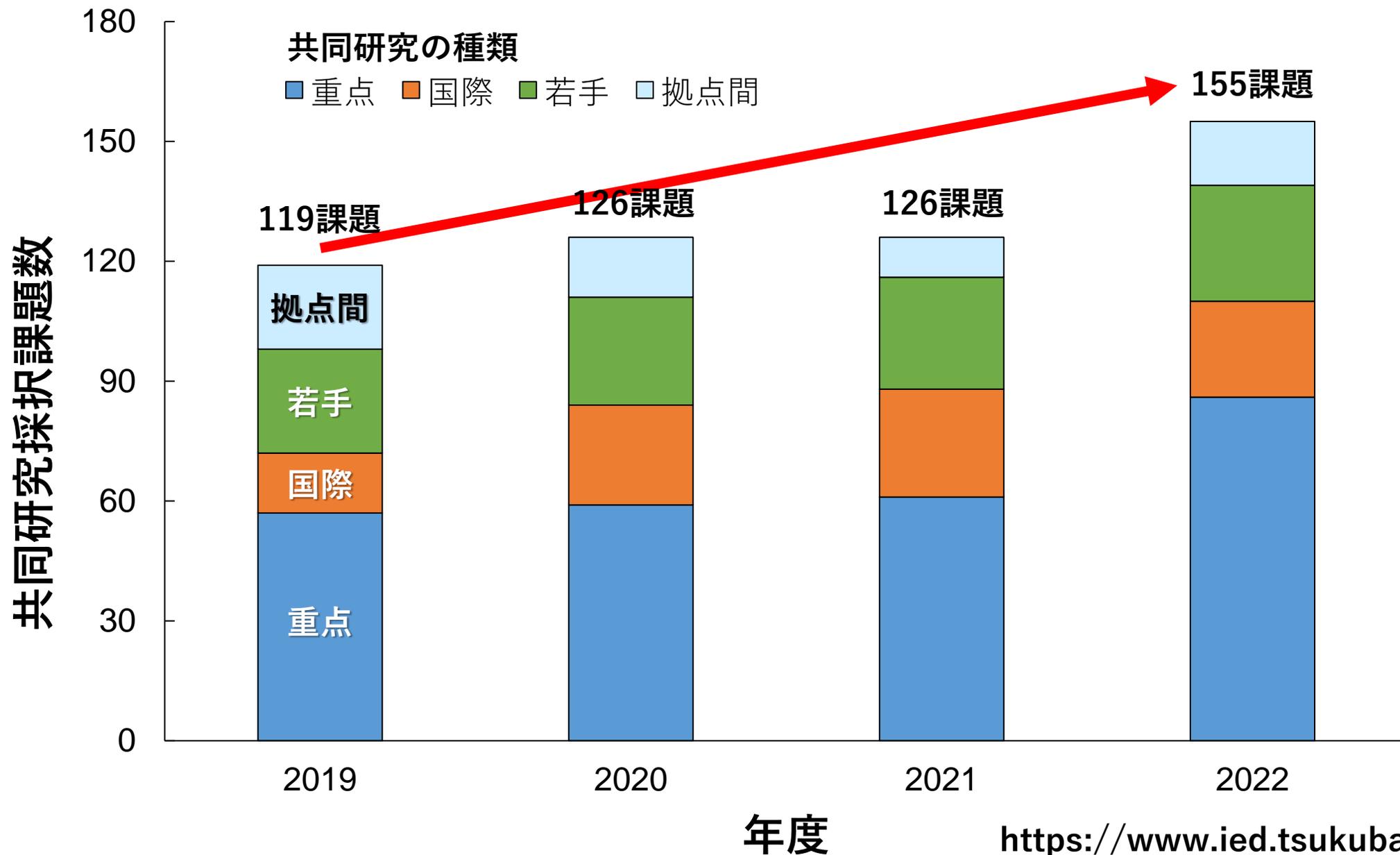


# 放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点

(Environmental Radioactivity Research Network Center)



➤ 国内外から毎年100件を超える共同研究が集まる（第2期は150件以上！）



# ERAN Database

<https://www.ied.tsukuba.ac.jp/database/index.html>

➤ 福島原発事故アーカイブに関する世界唯一のデータ・サンプルのデータベースサイト

ERAN Database  
in Environmental Radioactivity and Environmental Dynamics  
management by CRIED, Univ. of Tsukuba

## ERAN Database in Environmental Radioactivity and Environmental Dynamics

Management by CRIED at University of Tsukuba

You are free to share and adapt the data which were downloaded from this site or were retrieved through search function of this site when you give appropriate credit following  
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

ENTER  
Our Sample Archive  
Database

ENTER  
Our Main Database

ENTER  
ERAN Database  
for IAEA RAS 5084

原発事故を起こした日本の責務として、放射能及び放射線の観測データに加えて、サンプル情報をアーカイブしてデータベースサイトで公開



拠点の研究資源としてさらなる共同研究の推進に活用



# 原子力緊急時対応と放射性廃棄物処理・処分を支える高度人材育成事業

文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ（原子力人材育成等推進事業補助金）の支援により運営  
旧来の原子力人材育成で不足していた、原子力災害後の環境中（オフサイト）での放射性核種の動態解析や影響評価および測定・モデリング技術を有した人材を育成するための教育プログラム

## 2016～2019（第1期）

「原子力災害による環境・生態系影響リスクマネジメントプログラム（ENEPP）」

28機関75名の協力のもと、**延べ700名を超える参加者**があり、**環境科学分野における原子力人材育成に貢献**。

## 2020～（第2期）

「原子力緊急時対応と放射性廃棄物処理・処分を支える高度人材育成事業（ENEPP2）」

原子力緊急時におけるオフサイトでの環境影響評価に加えて、今後の原子力分野の最重要課題の一つである**放射性廃棄物の処理・処分**に貢献できる人材の育成を目指す



# ENEPの 授業風景

<https://enep.ied.tsukuba.ac.jp/>

## フィールド実習



原子力災害後の環境影響評価

## 海外実習



IAEA (Austria)

IRSN (France)

Chernobyl (Ukraine)

国境を超えた問題 国境を超えて学ぶ

## 除染・廃炉・ 地層処分サイト見学



放射性廃棄物の処理・処分

# 陸域環境中での放射性物質の動き

—福島第一原子力発電所事故により放出された  
放射性核種のモニタリング研究—

筑波大学アイソトープ環境動態研究センター  
放射性物質環境移行部門  
加藤弘亮

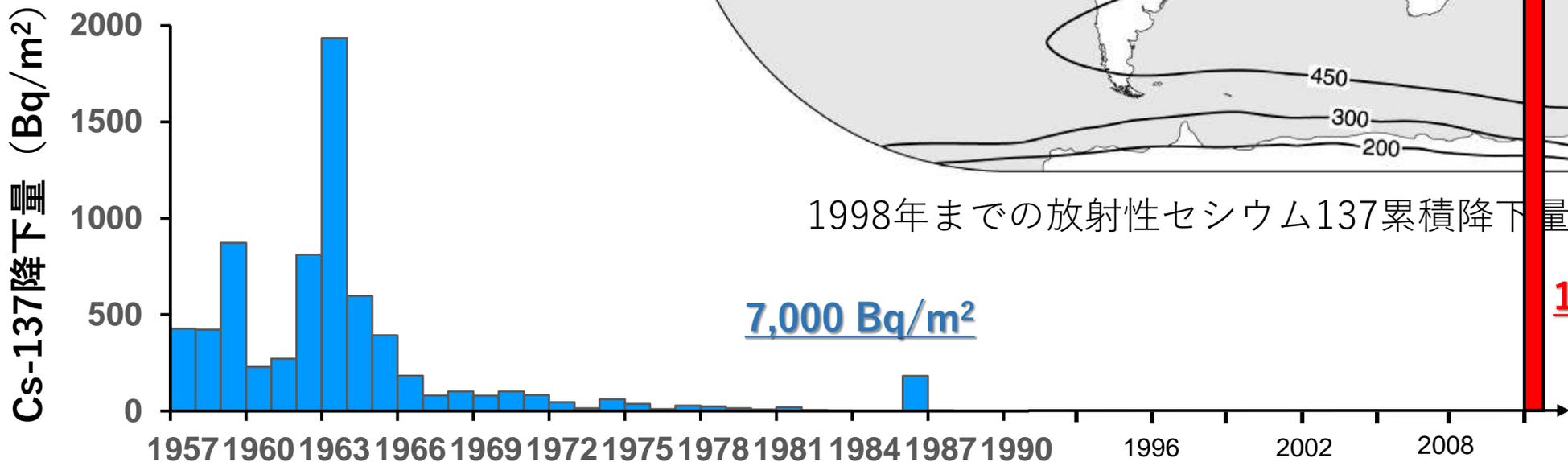
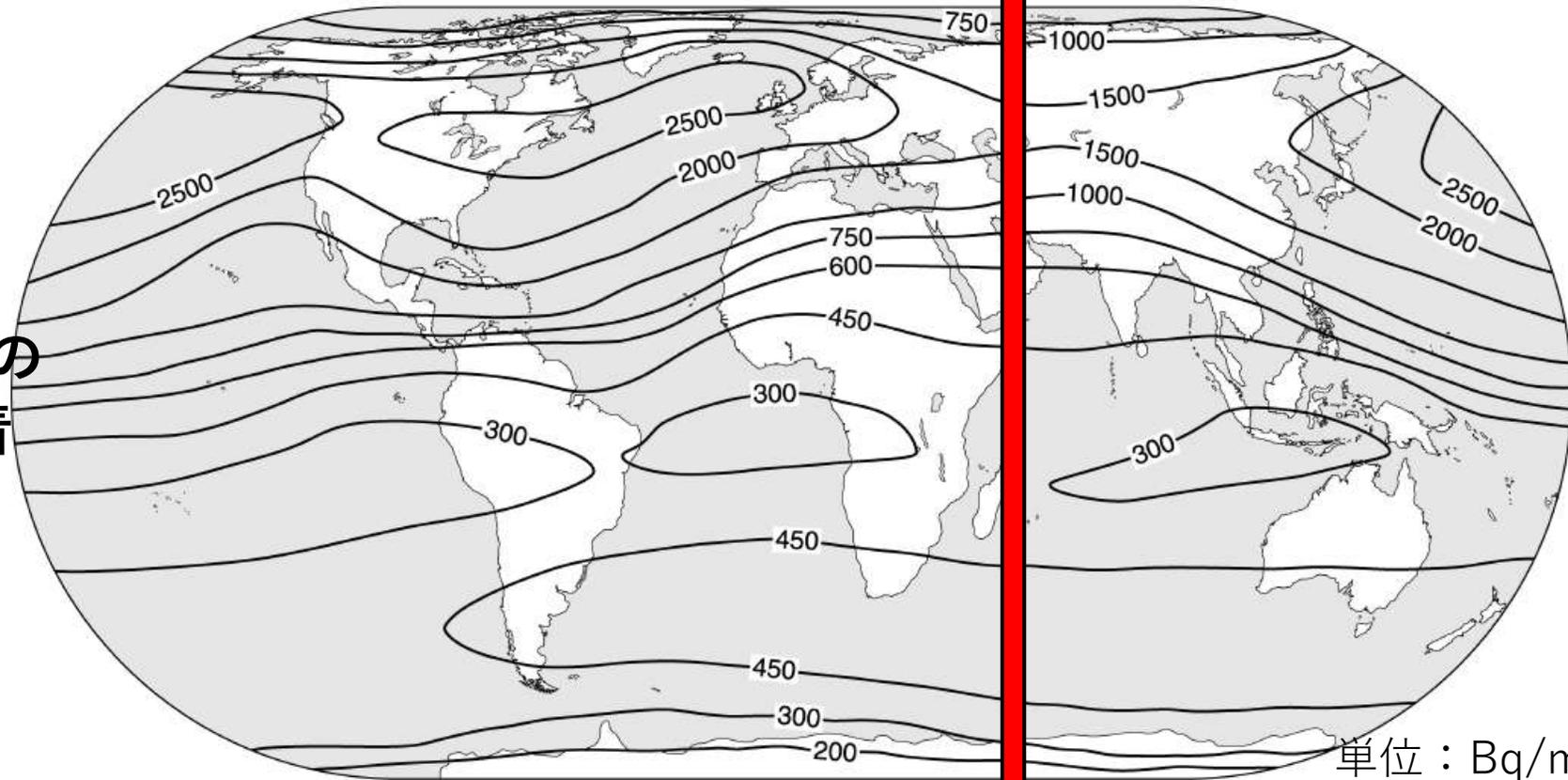
↑ 対流圏まで

# グローバルフォールアウト



大気圏原水爆実験@ビキニ環礁 1946年

## 原水爆実験による全球規模の放射性セシウム拡散と沈着



7,000 Bq/m<sup>2</sup>

11,000 Bq/m<sup>2</sup>

東京の年降下量の時間変化 (Mahara, 1993)

# 土壤粒子のトレーサーとしての放射性核種

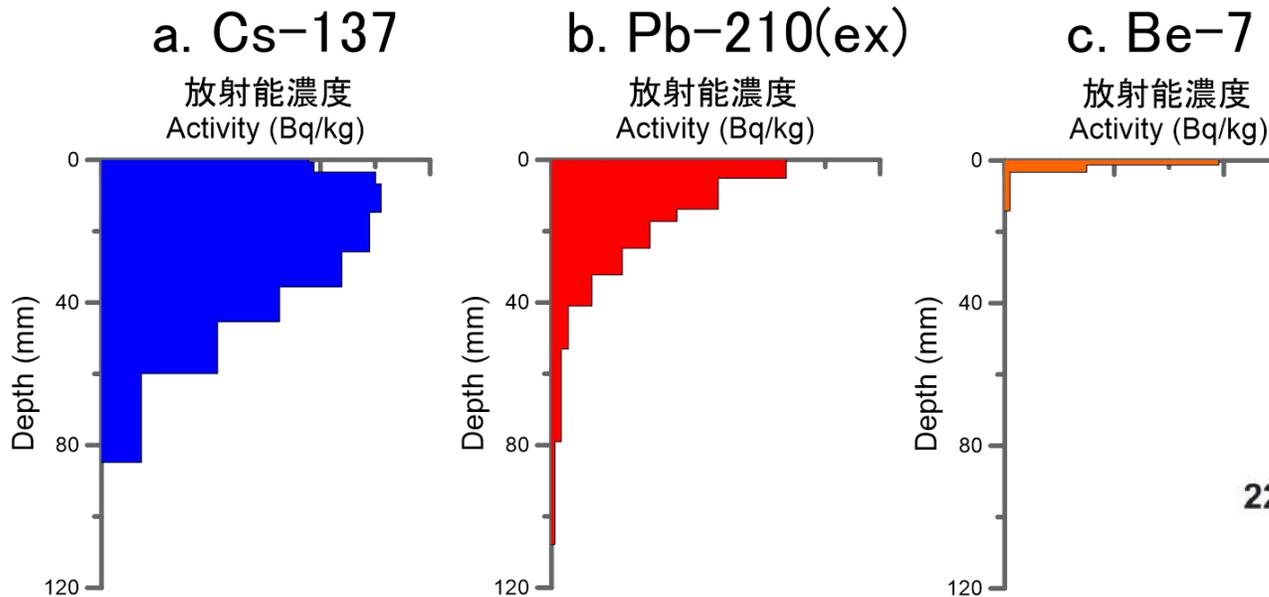


図 土壤中の放射性核種深度分布

## 降下放射性核種 (Fallout Radionuclides)

放射性セシウム ( $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ),  
鉛210 ( $^{210}\text{Pb}$ ), ベリリウム7 ( $^7\text{Be}$ )

※大気から地表に降下する放射性核種

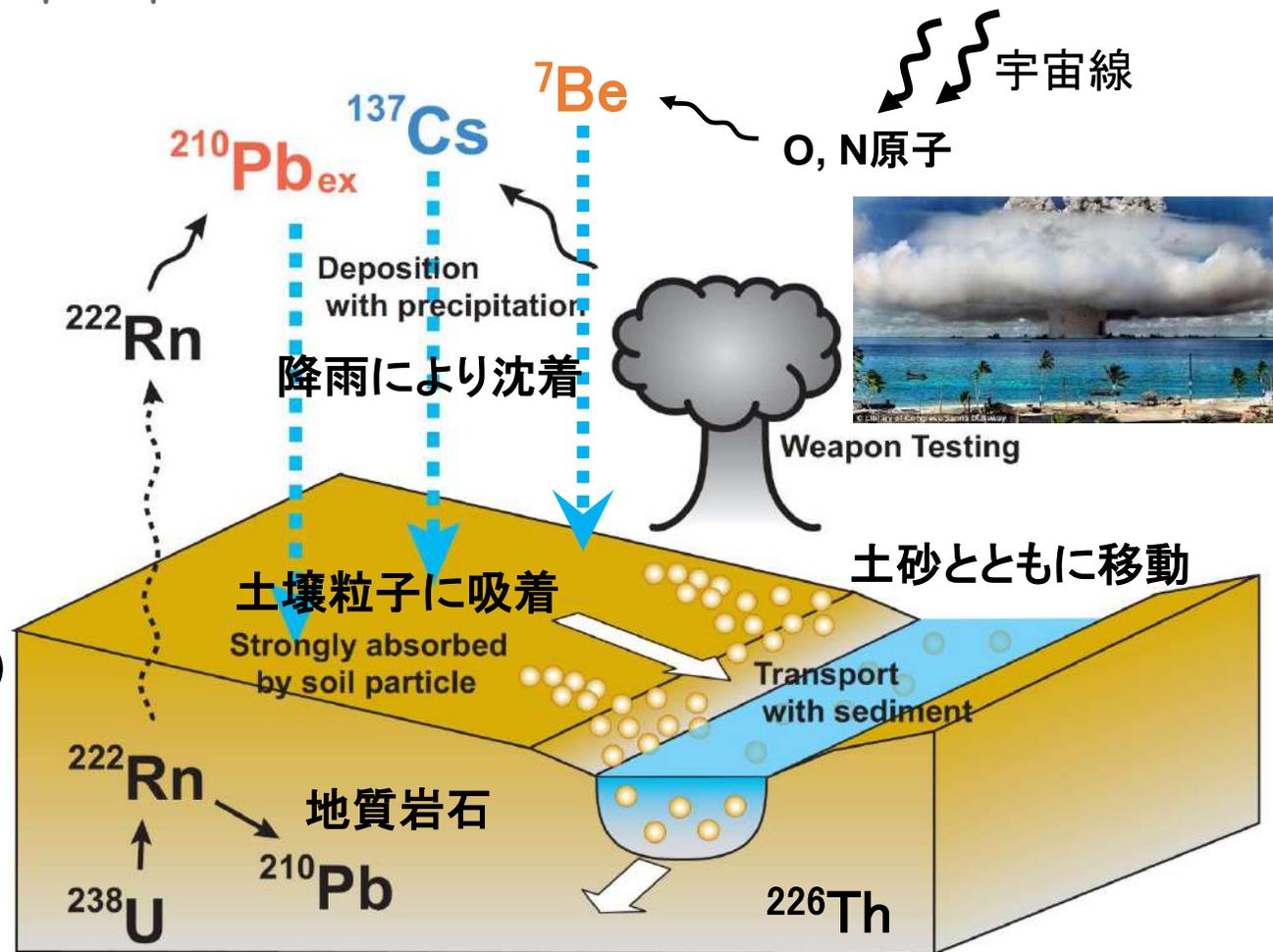


図 放射性核種の環境中での移行

# Assess the Effectiveness of Soil Conservation Techniques for Sustainable Watershed Management Using Fallout Radionuclides

Report of the Fourth and Final Research Coordination Meeting of the  
FAO/IAEA Coordinated Research Project

Vienna, Austria, 15-19 October 2007

IAEA-TECDOC-1665



ASSESSMENT OF THE CONTRIBUTION FROM SURFACE EROSION  
OF FOREST FLOORS TO SUSPENDED SEDIMENT  
IN MOUNTAINOUS FORESTED CATCHMENTS IN  
THE TSUZURA WATERSHED, SOUTHERN JAPAN

Y. ONDA, S. MIZUGAKI, H. KATO  
Laboratory of Integrative Environmental Sciences,  
School of Life and Environmental Sciences,  
University of Tsukuba,  
Tsukuba, Japan

Authors: Mr. Felipe Zapata, Scientific Secretary  
Mr. Yong Li, Consultant

## Impact of Soil Conservation Measures on Erosion Control and Soil Quality



恩田先生

加藤



### Abstract

In mountain areas of Japan overland flow and associated soil erosion from unmanaged forest plantations of Hinoki trees (*Chamaecyparis obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl., Hinoki in Japan) seriously challenge the sustainability of watershed management. To identify the critical hot-spots for erosion and sources for suspended sediment the concentrations of fallout radionuclides such as  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  were analyzed in a representative forested watershed (33 ha) in the Shimanto river basin located 700 km southwest of Tokyo. Soil sampling was conducted on hillslopes in various locations such as landslide scars, unmanaged plantations of Hinoki trees and unpaved forest roads and tracks. Additionally, detailed sampling in the stream bed and bank was carried out in several tributaries. The activities of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  of soils and fluvial sediments were determined by gamma-ray spectrometry. The radionuclides associated with potential source materials and mobilized sediment from the forest floor showed different properties according to the source type. The concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  of suspended sediment were found to lie between values given by the forest floor and river bed sediment. In the studied area of the unmanaged Hinoki plantation watershed the estimated contribution from the forest floor ranged from 31 to 55%. This suggests that forest floor should be recognized as the most important source of fluvial sediment in this watershed.

### 1. INTRODUCTION

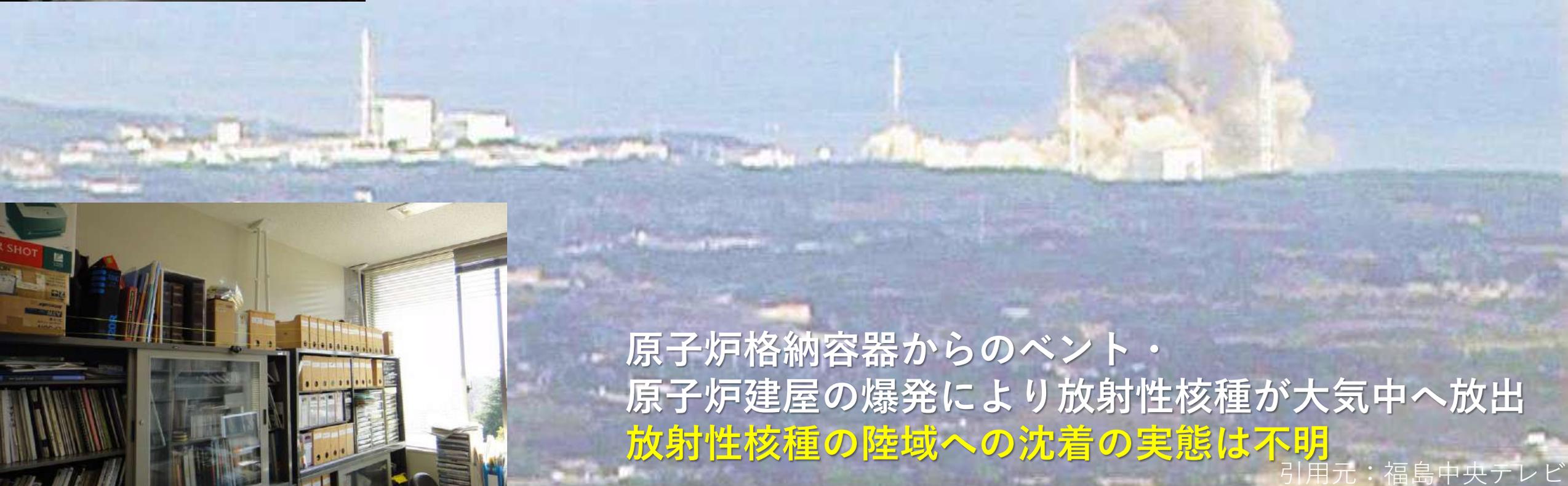
In most forested hillslopes, precipitation infiltrates into the soil and Hortonian overland flow rarely generates due to the high infiltration rate of the top soil, resulting in the ground water flow and subsequent runoff to the stream. However, overland flow and resulting soil erosion in forest floors in unmanaged plantations of Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl., called 'Hinoki' in Japan) are a serious problem for sustainable watershed management in Japan. This is attributed to the dense coverage of the Hinoki tree canopies, limiting light penetration and the forest floor becoming too dark for normal growth of understory vegetation. In addition the litter from the Hinoki tree is easy to dissipate and susceptible to moving downward. Forest floors in unmanaged Hinoki plantations can be similar to bare land without any understory vegetation, and can therefore be subject to severe overland flow and associated surface soil erosion.

Surface soil erosion in unmanaged Hinoki plantations has been reported in the literature [1, 2, 3]. Miura et al. [2] investigated the sediment transport on the forest floor using sediment traps, suggesting that significant amounts of sediment were transported by raindrop impact. Nanko et al. [3] observed the amount of detached sediment by raindrops using splash cups and indicated that large kinetic energy associated with throughfall raindrops can enhance the splash erosion. These studies, however, have been conducted at plot or hillslope scale, and the contribution of sediment yield on the forest floor in unmanaged Hinoki plantations has never been evaluated at the watershed scale.

Figure 2. Participants in the 4<sup>th</sup> and Final RCM held in VIC, Austria, 15-19 October 2007



セシウム137 ( $T_{1/2} = 30.2$ 年) 15 PBq  
セシウム134 ( $T_{1/2} = 2.1$ 年) 18 PBq  
ヨウ素131 ( $T_{1/2} = 8$ 日) 160 PBq



原子炉格納容器からのベント・  
原子炉建屋の爆発により放射性核種が大気中へ放出  
放射性核種の陸域への沈着の実態は不明

引用元：福島中央テレビ

# 福島原発事故由来放射性Csの広域分布調査 (2011年6~7月)

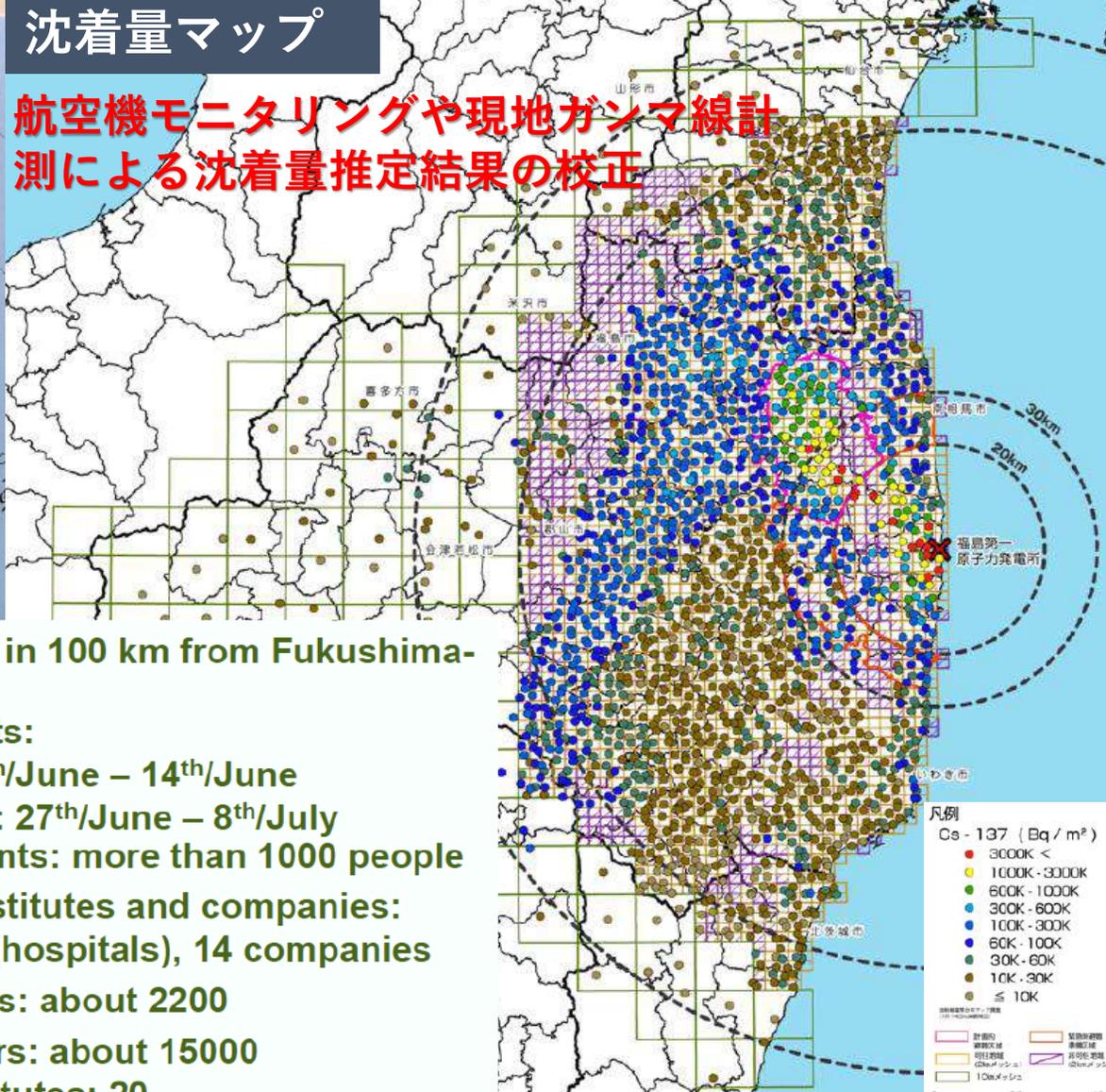
文部科学省の支援による日本原子力研究開発機構, 大学, 民間企業の共同調査

## サンプリング実施計画



## 沈着量マップ

航空機モニタリングや現地ガンマ線計測による沈着量推定結果の校正



- Sampling area: in 100 km from Fukushima-daiich NPP
- Sampling events:
  - First event: 6<sup>th</sup>/June – 14<sup>th</sup>/June
  - Second event: 27<sup>th</sup>/June – 8<sup>th</sup>/July
- Event participants: more than 1000 people
- Cooperative institutes and companies: 94 universities (hospitals), 14 companies
- Sampling points: about 2200
- Sample numbers: about 15000
- Analytical institutes: 20

# 土壌サンプリングの Protokol 作成 (2011年4月)

- 緊急時の大規模なサンプリング調査手法
- 広く普及した物品を使ったシンプルかつ統一されたサンプリング Protocol
- 大気からの沈着時の不均一性を考慮

## 《柔らかい土壌の採取方法》

目的: 表層5cm深までの土壌を効率良く採取する

- 用意する道具:
- ・U-8容器
  - ・使い捨てのプラスチックナイフ
  - ・使い捨ておしぼり
  - ・マジックペン
  - ・ジップロック



- 手順:
1. U-8容器を土壌に差し込む (印を付けたところまで土壌がくるように注意して差し込む)



2. ショベルでU-8容器を周辺の土壌ごと掘り出す



3. U-8容器をひっくり返し、余分な土壌をナイフでそぎ取る



4. U-8容器内の土壌をナイフでかき混ぜ、ふたをする (土壌をこぼさないように慎重に)



5. U-8容器の外側に付着した土壌をよく拭き取り、袋に入れる



## 《固い土壌の採取方法》

目的: 100cc土壌採取器を用いて堅い土壌の表層5cmを採取する (堅い土壌ではU-8容器を埋め込むことができないため)



- 用意する道具:
- ・U-8容器
  - ・採土補助器(100cc用)
  - ・100cc試料円筒管
  - ・移植ゴテ
  - ・使い捨てのプラスチックナイフ
  - ・使い捨ておしぼり
  - ・マジックペン
  - ・ジップロック

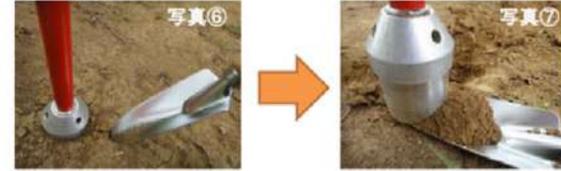
- 手順:
1. 100cc試料円筒管を採土補助器にセットし(写真③)、ハンマーで試料円筒管を土壌に打ち込む(写真④、⑤)



5. U-8容器の蓋を閉めて容器の外に付着した土壌を拭き取り(写真⑮)、ジップロックに入れる。



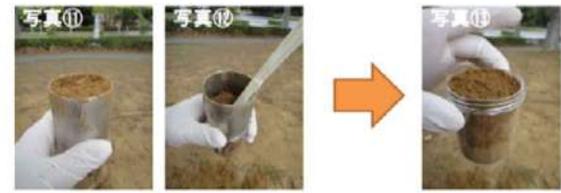
2. 試料円筒管ごと移植ゴテで掘り出す(写真⑦)



3. 採土補助器を取り外し、U-8容器を試料円筒管の上へのせる(写真⑧)。試料円筒管とU-8容器がずれないように押さえたままひっくり返し(写真⑨)、試料円筒管からはみ出した余分な土壌をプラスチックナイフで取り除く(写真⑩、⑪)。



4. 円筒管の土壌をプラスチックナイフでほぐしながらU-8容器に落とす(写真⑫)。ほぐされた土壌は体積が増えるので、U-8容器に詰めながら圧迫する。



平坦かつ上方の被覆 (障害物・植生等) がない、土壌侵食・堆積の痕跡がない場所を選定

3m×3mの範囲内で5個の土壌コアをサンプリング (5cm深)



# 福島原発事故による陸域環境の放射能汚染の実態

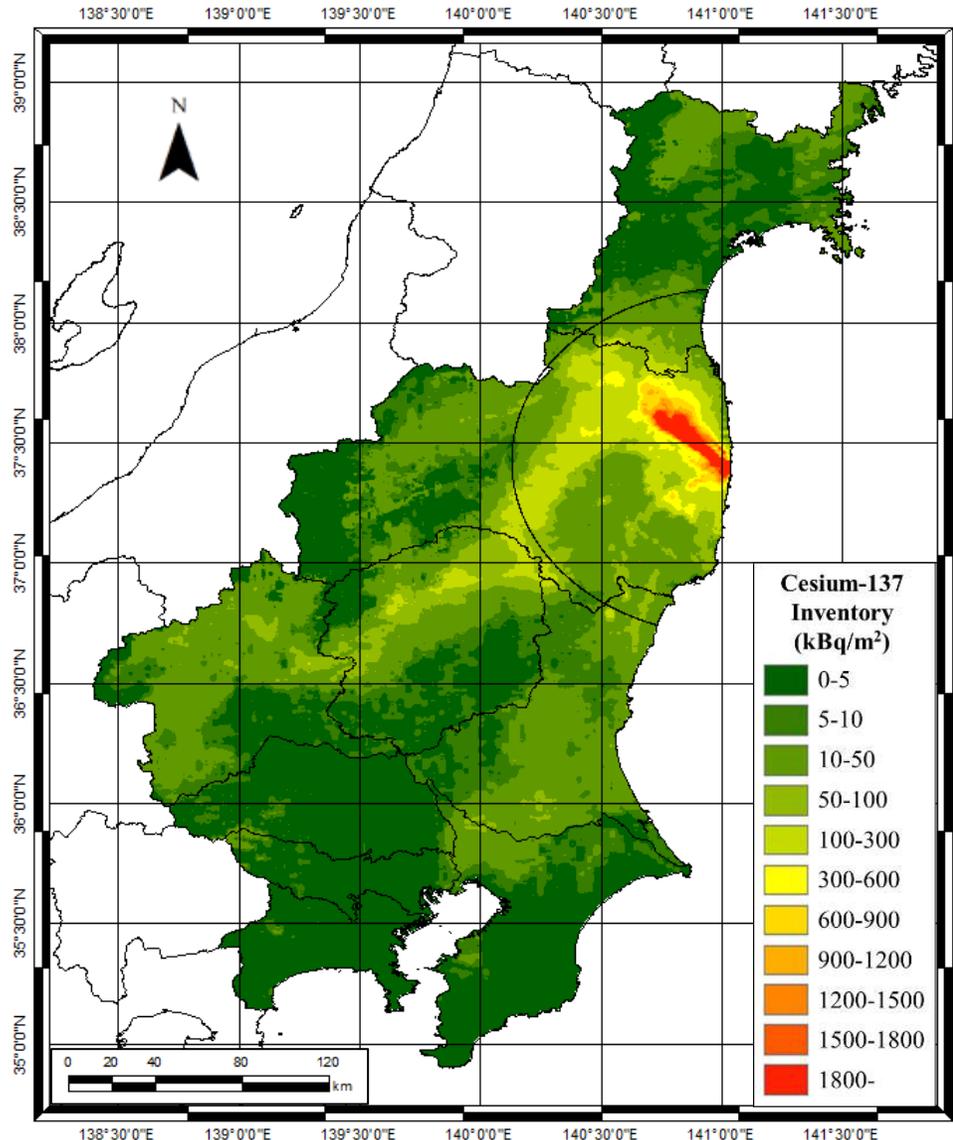


図 福島事故由来<sup>137</sup>Csの初期沈着量マップ（航空機モニタリング結果を統合して作成）

➤ 福島原発事故により陸域に沈着した放射性セシウムの72%が森林に保持されている（Kato et al., 2018, Journal of Forest Research).

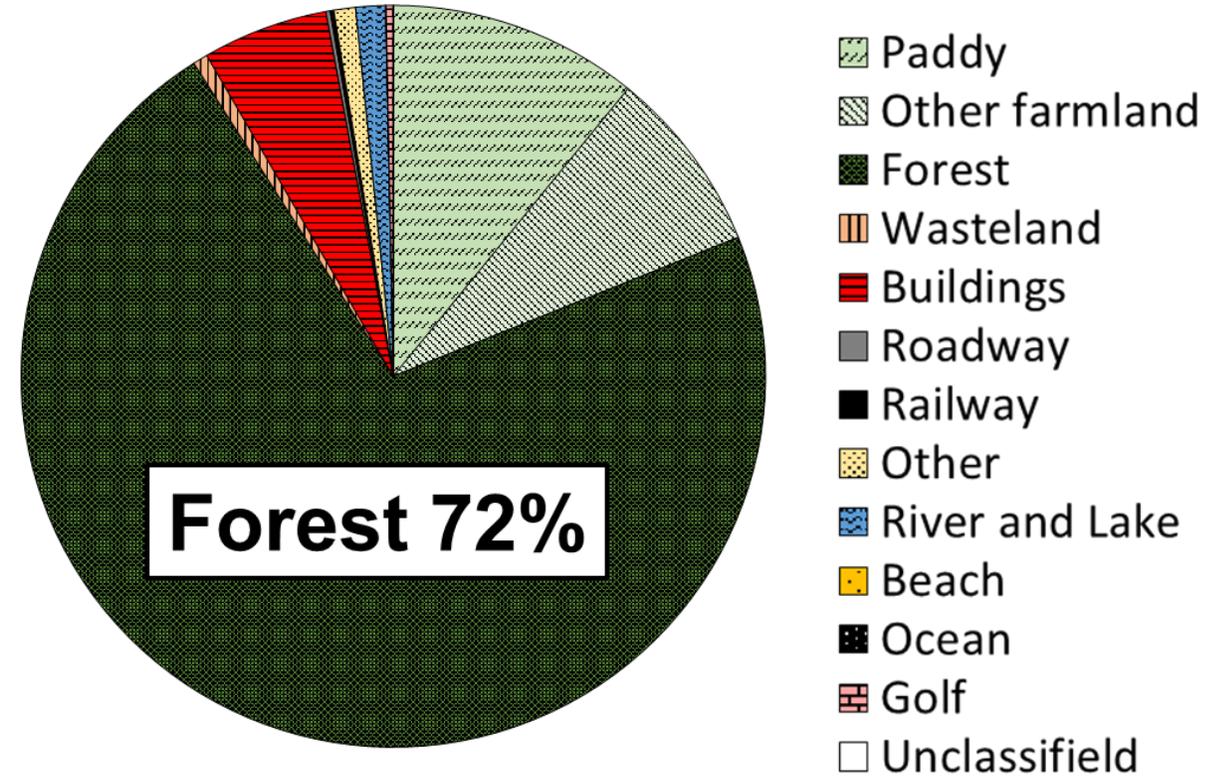
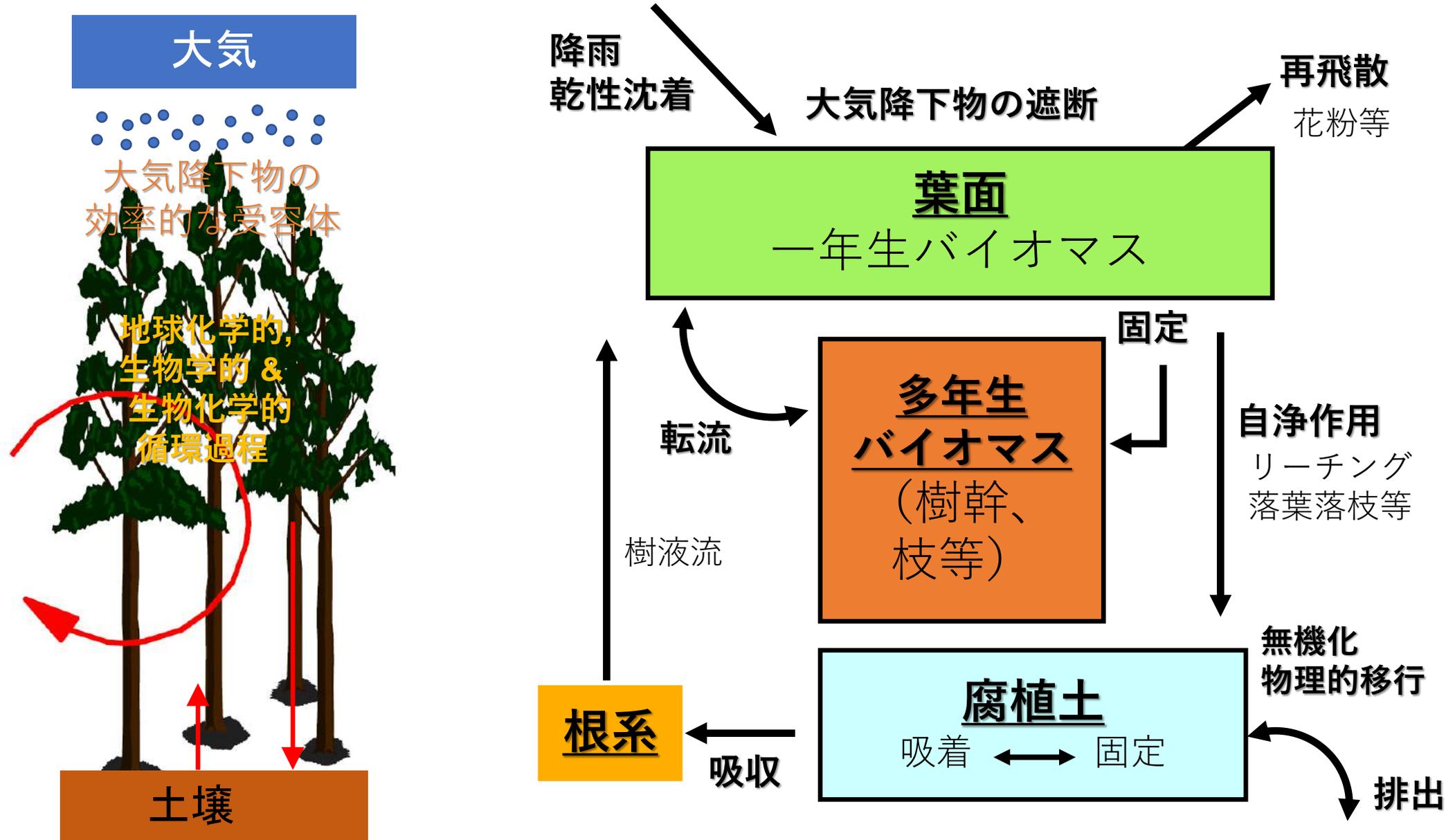


図 土地利用形態別の<sup>137</sup>Cs存在割合

# 森林生態系における放射性セシウムの生物地球化学的循環



IAEA-BIOMASS-1 (2002) Modeling the migration and accumulation of radionuclides in forest ecosystems. IAEA, Forest WG.

# 森林に沈着した放射性セシウムの初期動態

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 39, L20403, doi:10.1029/2012GL052928, 2012

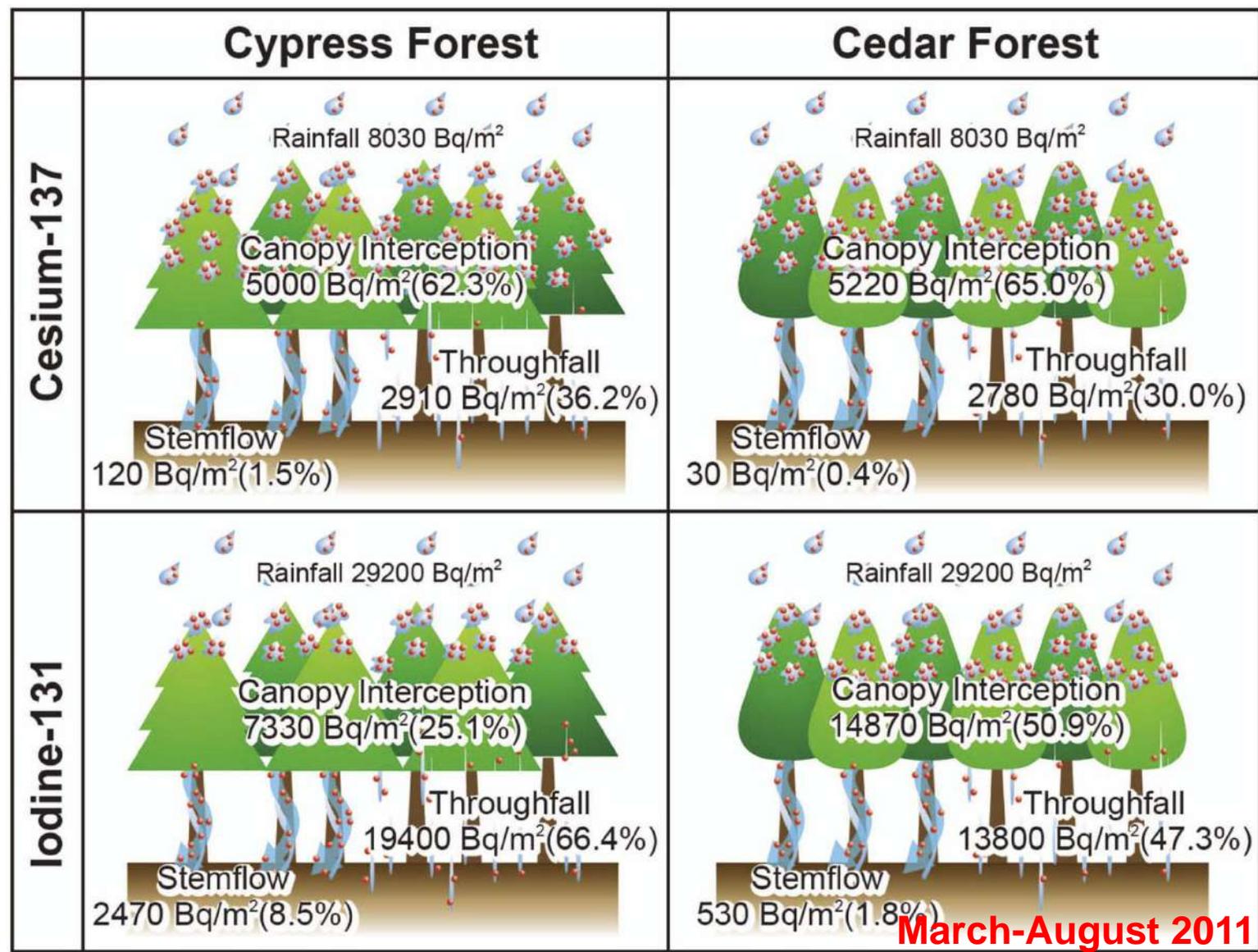
Interception of the Fukushima reactor accident-derived  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{131}\text{I}$  by coniferous forest canopies

Hiroaki Kato,<sup>1</sup> Yuichi Onda,<sup>1</sup> and Takashi Gomi<sup>2</sup>

- 森林水循環の研究体制を流用した事故初期の集中観測
- 雨水による事故初期の移行フラックスを世界で初めて観測



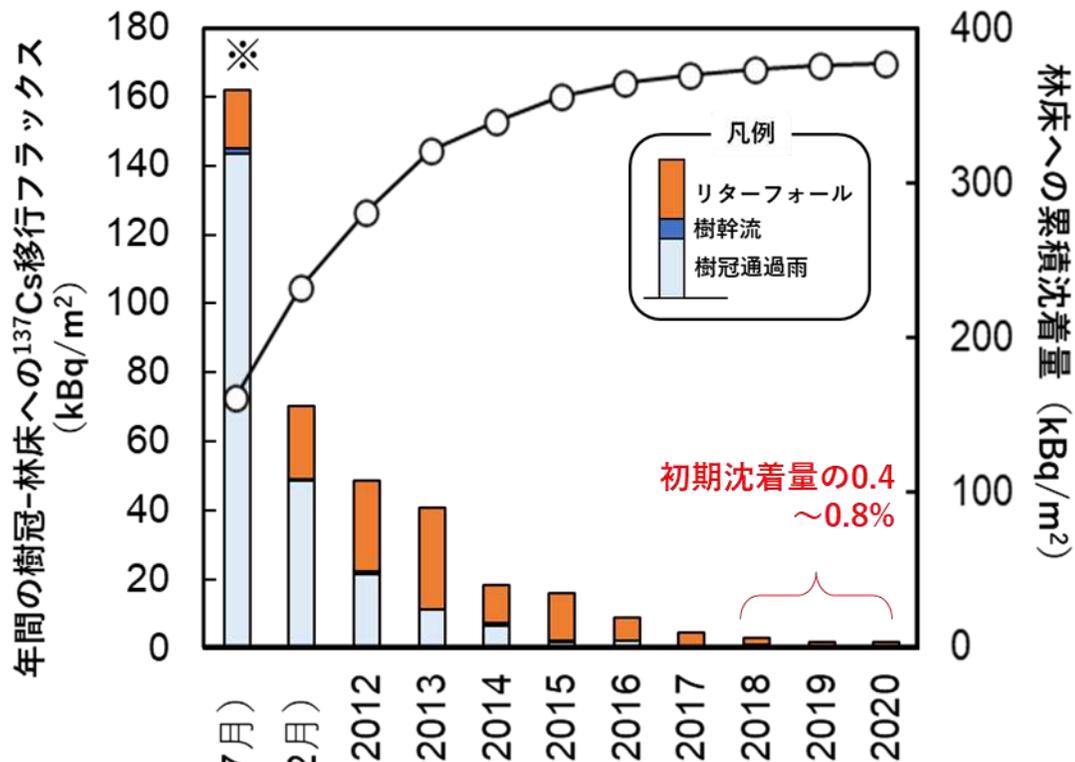
樹幹流 (Stemflow) : 幹を流下する雨水  
 樹冠通過雨 (Throughfall) : 枝葉を通過した雨水



March-August 2011

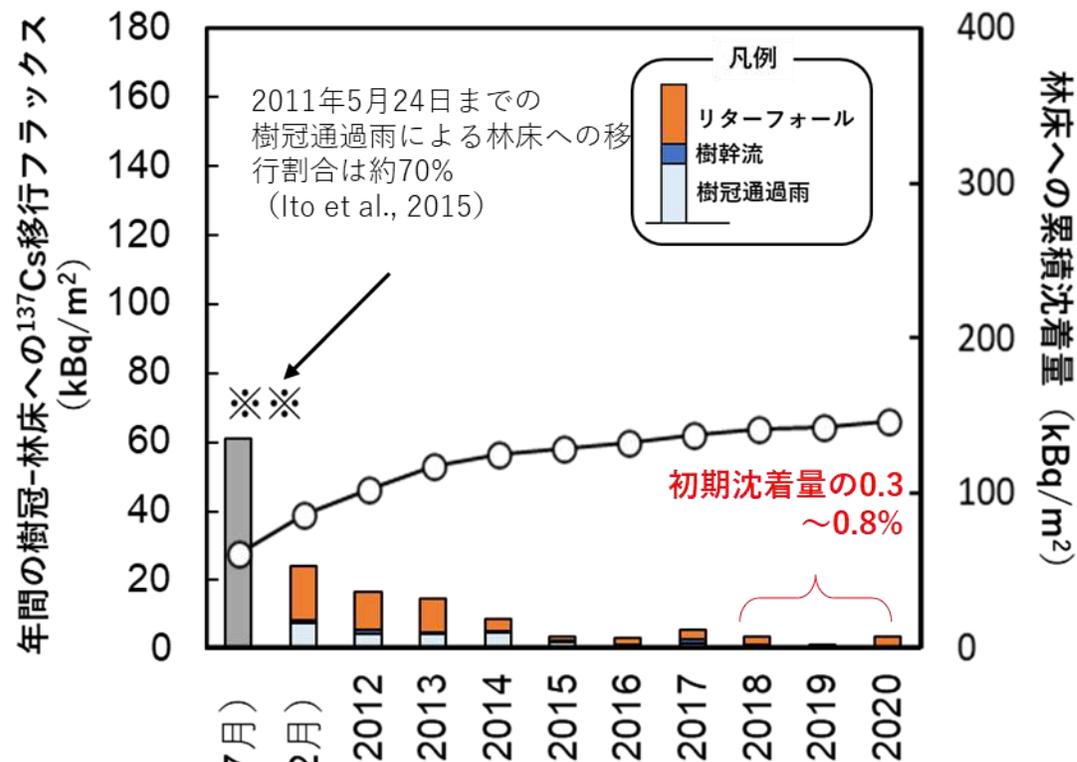
# 雨水・落葉落枝（リターフォール）による林床への長期移行

a) スギ林



対象林分の情報  
 位置：福島県川俣町山木屋  
 初期沈着量：442 kBq/m<sup>2</sup> (<sup>137</sup>Cs)  
 事故時の林齢：31年生  
 立木密度：800本/ha  
 平均樹高：22.5m  
 LAI:4.2 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

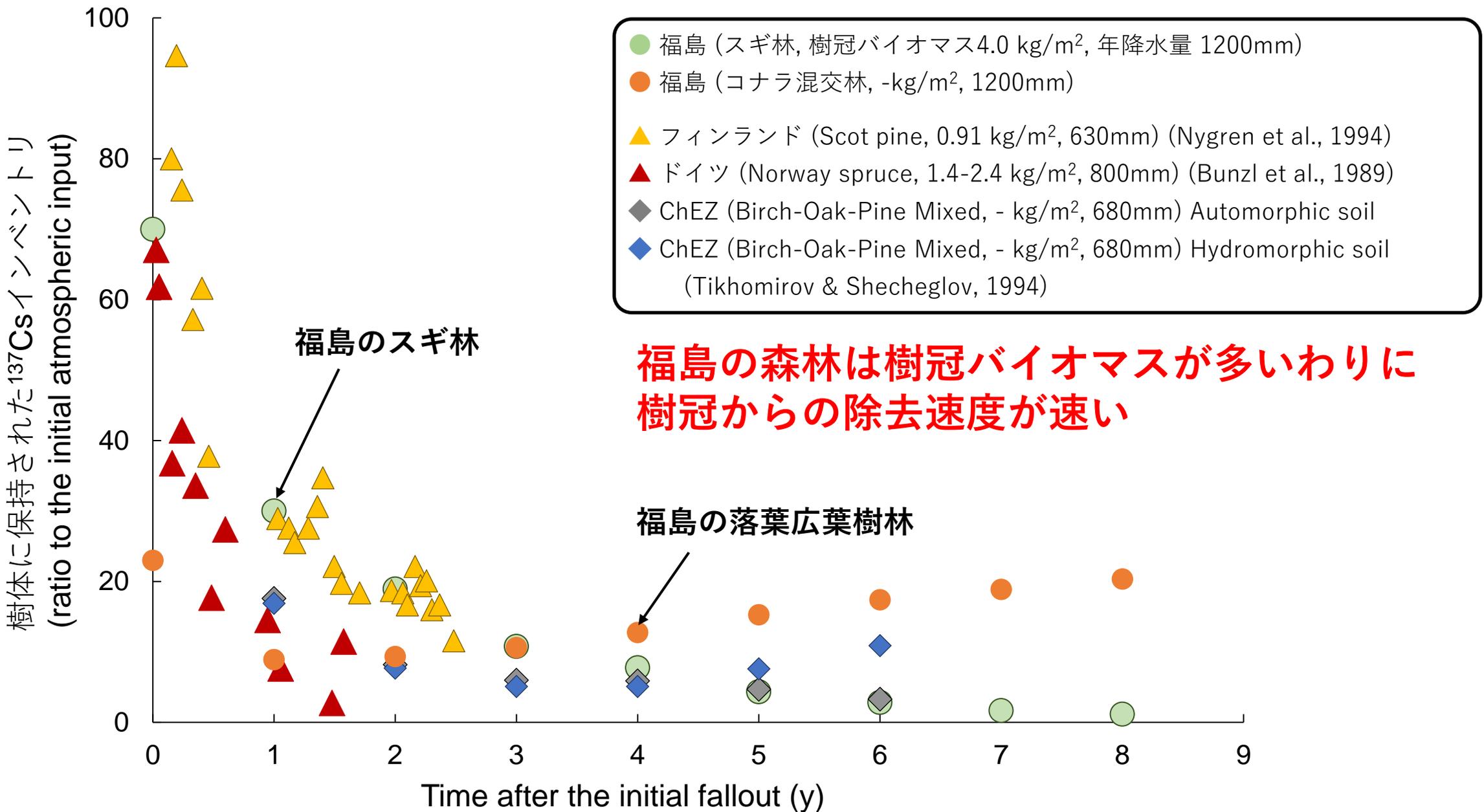
b) コナラ・アカマツ混交林



対象林分の情報  
 位置：福島県川俣町山木屋  
 初期沈着量：451 kBq/m<sup>2</sup> (<sup>137</sup>Cs)  
 事故時の林齢：-  
 立木密度：2500本/ha  
 (コナラ60%、アカマツ40%)

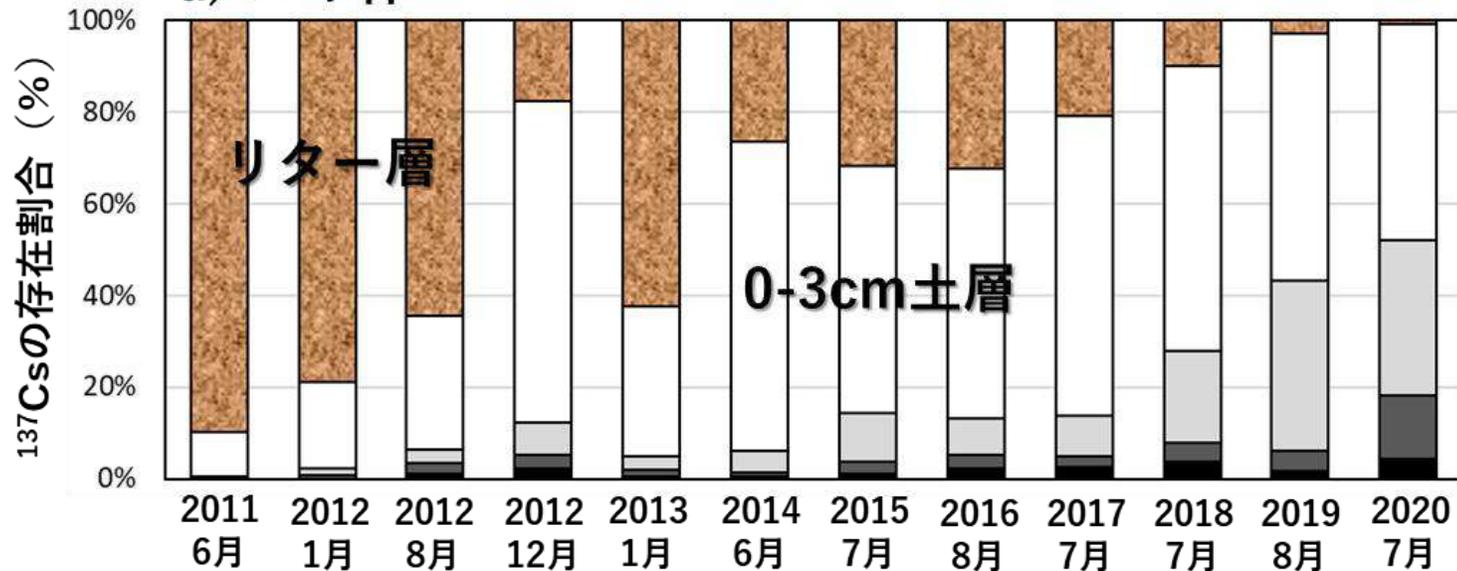
※栃木県佐野市のスギ林のデータから各経路の寄与率を推定 (Kato et al., 2012)  
 ※※二重指数関数モデルに基づく逆算推定のため総フラックスのみ (Kato et al., 2017)

# 樹体の $^{137}\text{Cs}$ インベントリ（存在量）の時間変化

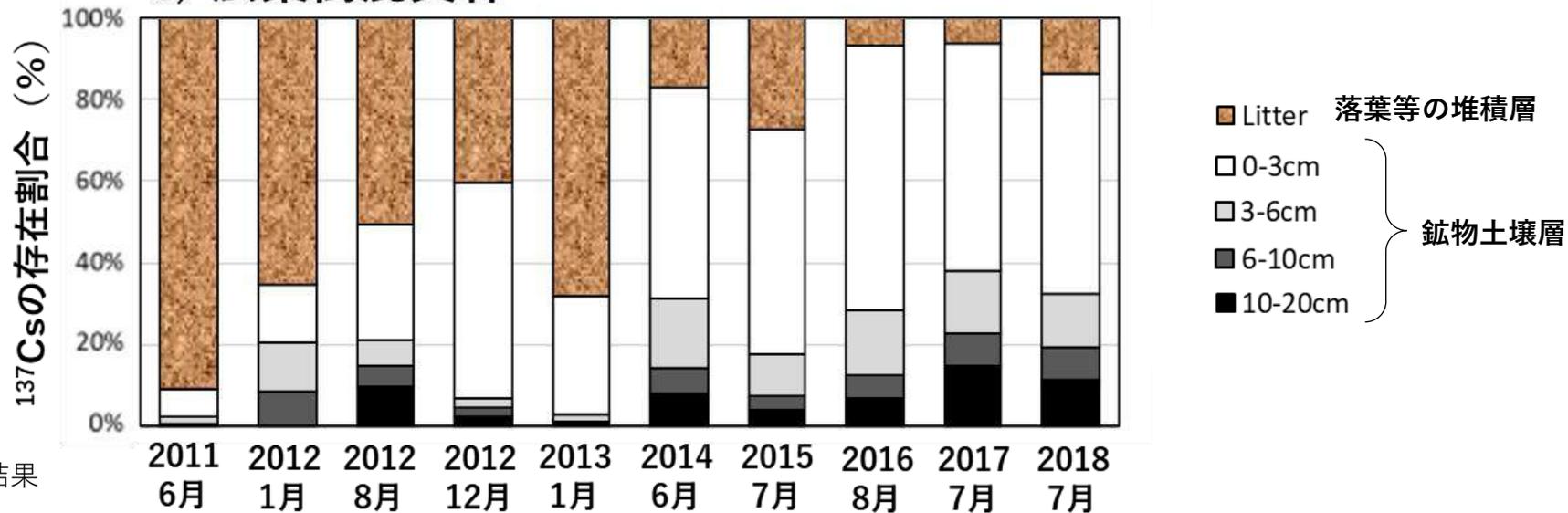


# 林床（堆積有機物及び土層）の $^{137}\text{Cs}$ の分布

a) スギ林



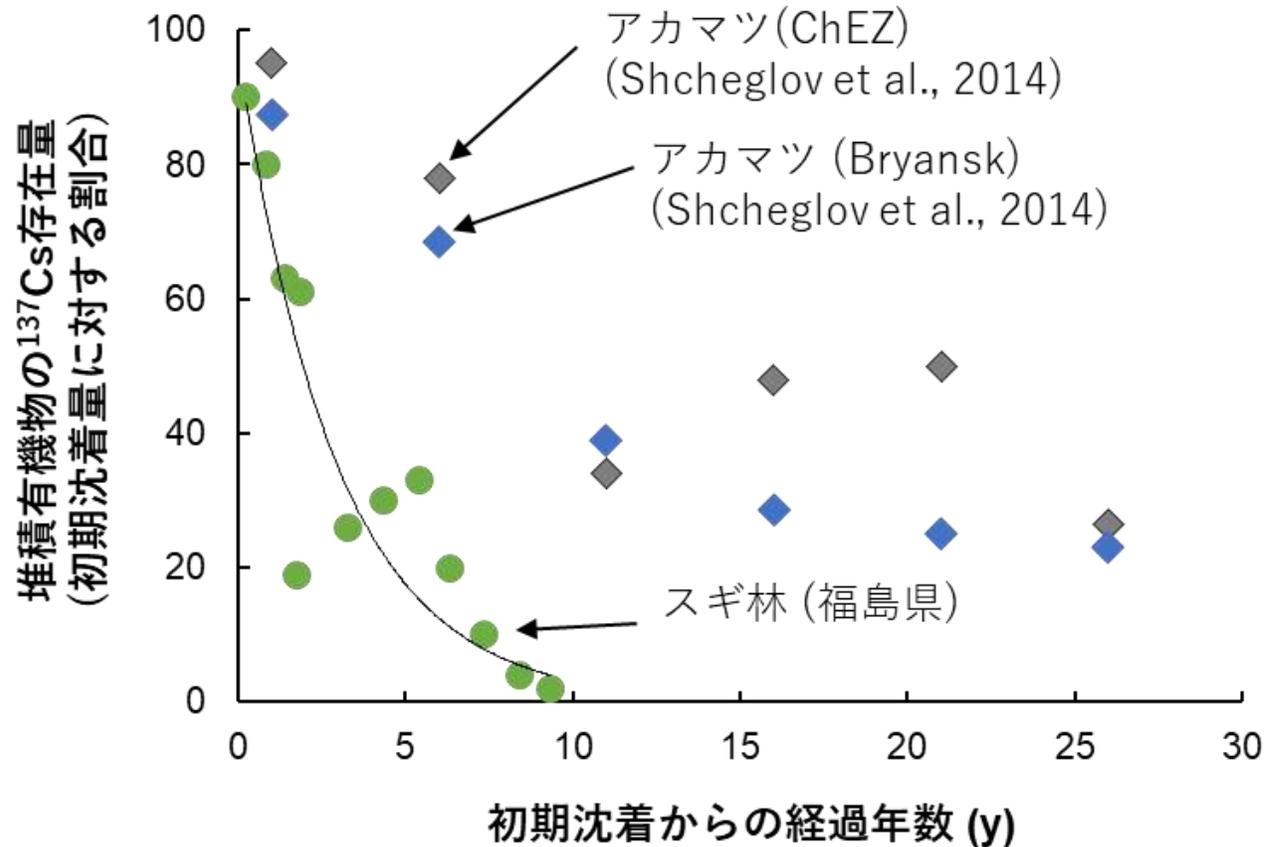
b) 広葉樹混交林



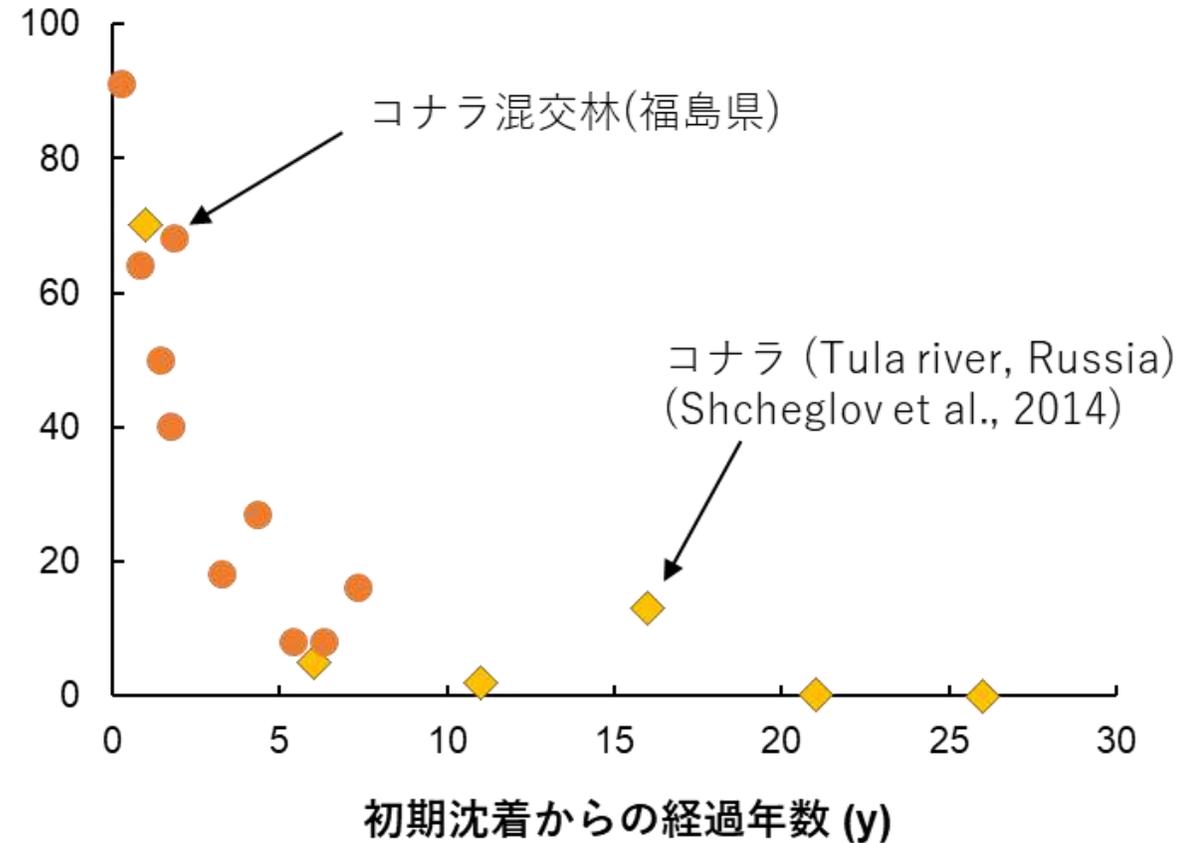
# 堆積有機物層の $^{137}\text{Cs}$ インベントリの経時変化

- 福島では堆積有機物の $^{137}\text{Cs}$ 保持能が低く、土層へ移行しやすい

a) 常緑針葉樹林

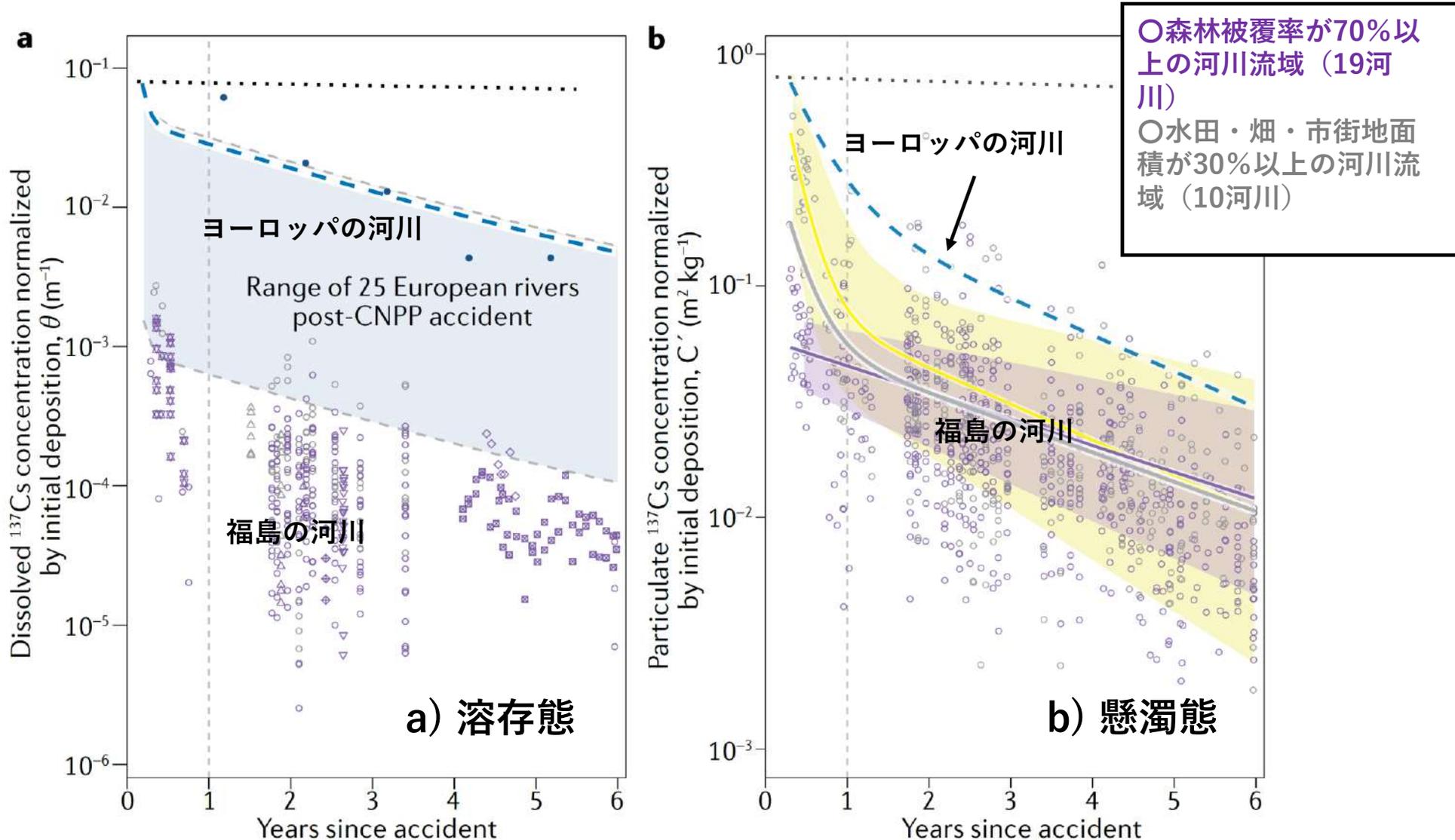


b) 落葉広葉樹林



# 森林ー水系への $^{137}\text{Cs}$ の移行（河川水中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度変化）

- 森林からのCs流出は他の土地利用と比べ事故初期の流出が少ないが低減速度が遅い（市街地の60%程度）



# 環境中の放射性核種移行パラメータの集約と統合

- 様々な環境中での放射性核種の移行パラメータを集約・統合する国際共同研究を通じて、福島を観測結果が世界に発信・共有された
- 高精度の放射性核種の長期移行予測による適切な被ばく防護や、将来発生しうる原子力災害後の環境管理に貢献

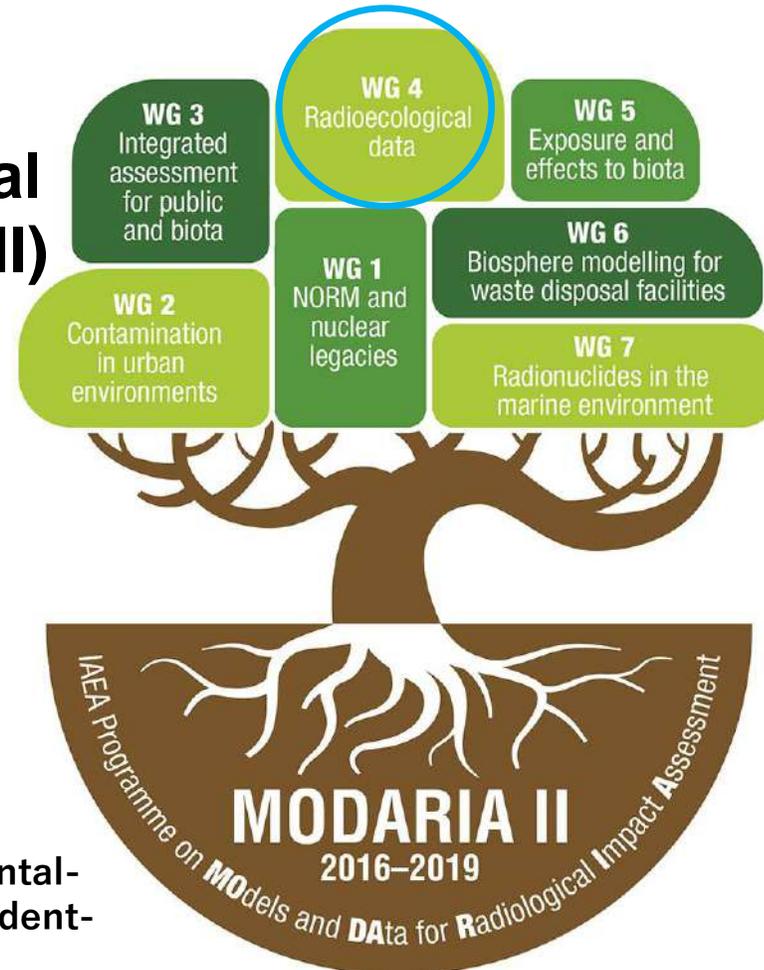
## Models and Data for Radiological Impact Assessment (MODARIA II)

⇒IAEAが主導する国際プロジェクト

⇒CRiEDからは、福島原発事故の森林や河川でのモニタリングデータ・パラメータを報告 (WG4)

⇒2020年10月に、IAEA技術報告書として公開された

<https://www.iaea.org/publications/14751/environmental-transfer-of-radionuclides-in-japan-following-the-accident-at-the-fukushima-daiichi-nuclear-power-plant>



IAEA TECDOC SERIES

IAEA-TECDOC-1927

### Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

Report of Working Group 4  
Transfer Processes and Data for Radiological Impact Assessment  
Subgroup 2 on Fukushima Data

IAEA Programme on Modelling and Data for Radiological Impact Assessments (MODARIA II)

## ■これまでの10年

- 原発事故対応の緊急時モニタリング
- 温暖湿潤な森林・環境での移行プロセス・パラメータの蓄積
- チェルノブイリで不足していた事故初期のデータなど、オープンなデータセットによる国際共同研究推進
- アイソトープ環境動態学の創成：新しい物質循環研究のコミュニティ

## ■これからの10年

- 原発事故対応の長期モニタリングはそれでやっていけない
- 誰がどうやるか？（マンパワー、資金、どのように研究につなげていくか？）
- 既存調査サイトの中には濃度低下により測定が困難になったり、住民帰還により調査を中止せざるを得ないこともある。帰還住民不安に寄りそった研究の必要性。
- 帰還困難区域での継続研究（高線量の影響、隣接環境へのCs源となる可能性があるためモニタリングの必要性が高い。依然として高濃度であることを生かしたトレーサ実験）
- 共同研究・モニタリング調査で形成された研究設備・ネットワークを生かして、事故由来核種とその他の天然核種等を含めた新しい研究の展開（アイソトープ環境動態学のさらなる発展）。
- 発表されていないデータ・サンプルを残す努力（英語化されていないもの含む）

 センターが果たすべき役割を議論し、原発事故を負の遺産にさせない努力を