■200227　廃炉と環境回復　～若手研究者と創る福島の未来～

廃炉・環境再生、復興に向けた

地域コミュニケーション

福島県のシンボル、ケヤキ・キビタキ・ネモトシャクナゲ（県HP)

崎田裕子　　ジャーナリスト・環境カウンセラー
NPO法人持続可能な社会をつくる元気ネット理事長

これまでのコミュニケーション経験

＜理念＞くらし・地域の環境負荷に　市民・NGOとして責任を持ち
持続可能な社会づくりに貢献したい

＜具体化のポイント＞　多様な主体の「連携」で「共創」する

くらしの ごみとCO2

くらしの 化学物質

高レベル 放射性廃棄物

福島の放射 性物質汚染

市民・企業・行政との パートナーシップで実施

- 公設環境学習センター 指定管理者（自治体と連携）
- 3Rめざすマルチステークホルダー会議（企業・行政と連携）
- アジア3R 推進市民ネットワーク（環境省と連携）

全国各地で 学び合う場づくり

- 「高レベル放射性廃棄物の地層処分」に関する地域ワークショップ（資源エネ庁事業）

専門家・NGO・行政の情報共有

- 「環境回復勉強会」
- 「環境再生プラザ相談員支援センター運営支援」

内容

PART-1　福島の未来をイメージする

PART-2　未来への道筋を支え・創る研究者の役割

PART-3　ユース世代への期待

PART-4　地域コミュニケーションの可能性

国連広報センターHPより

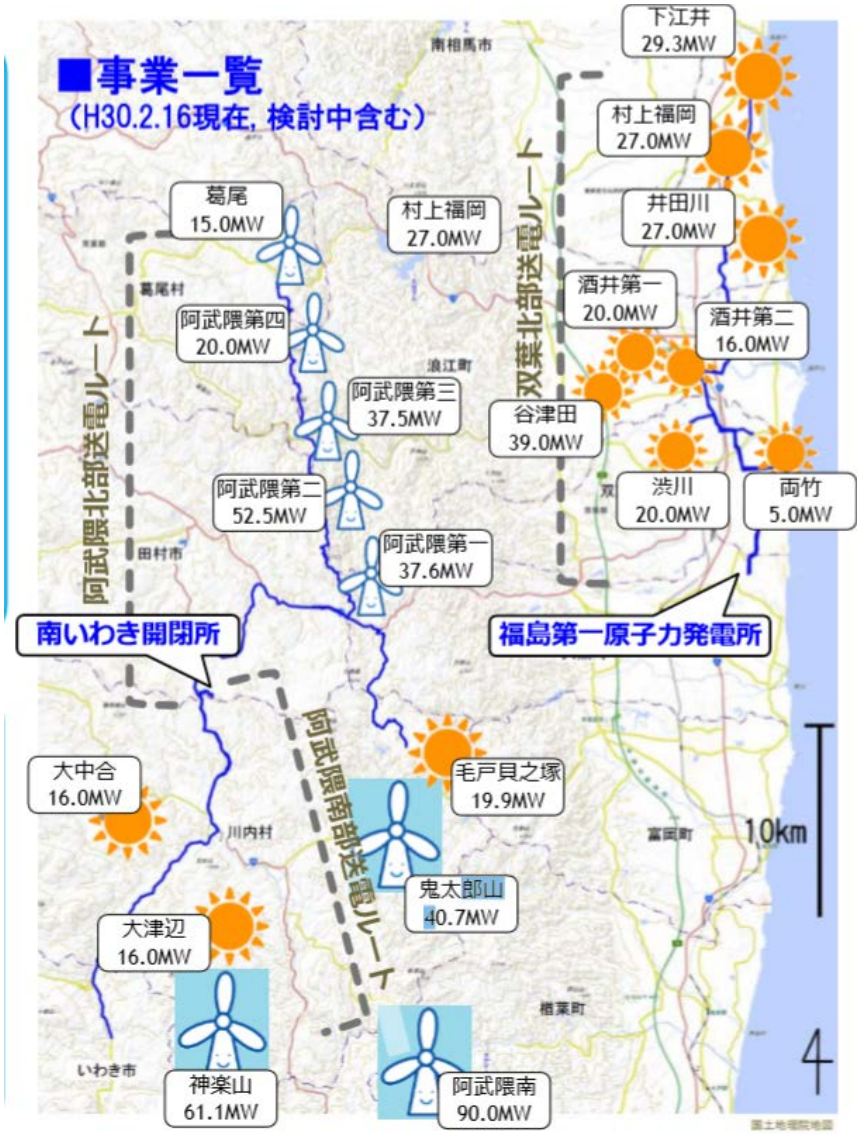
PART−1　福島の未来をイメージする

福島県HPより

持続可能性は東京2020大会のレガシー

図は「東京2020大会　持続可能性に配慮した運営計画第二版（2018年6月）」より
「https://tokyo2020.org/jp/games/sustainability/sus-plan/data/20180611-sus-plan-2_JP.pdf

2050年福島は「日本の脱炭素地域モデル」に



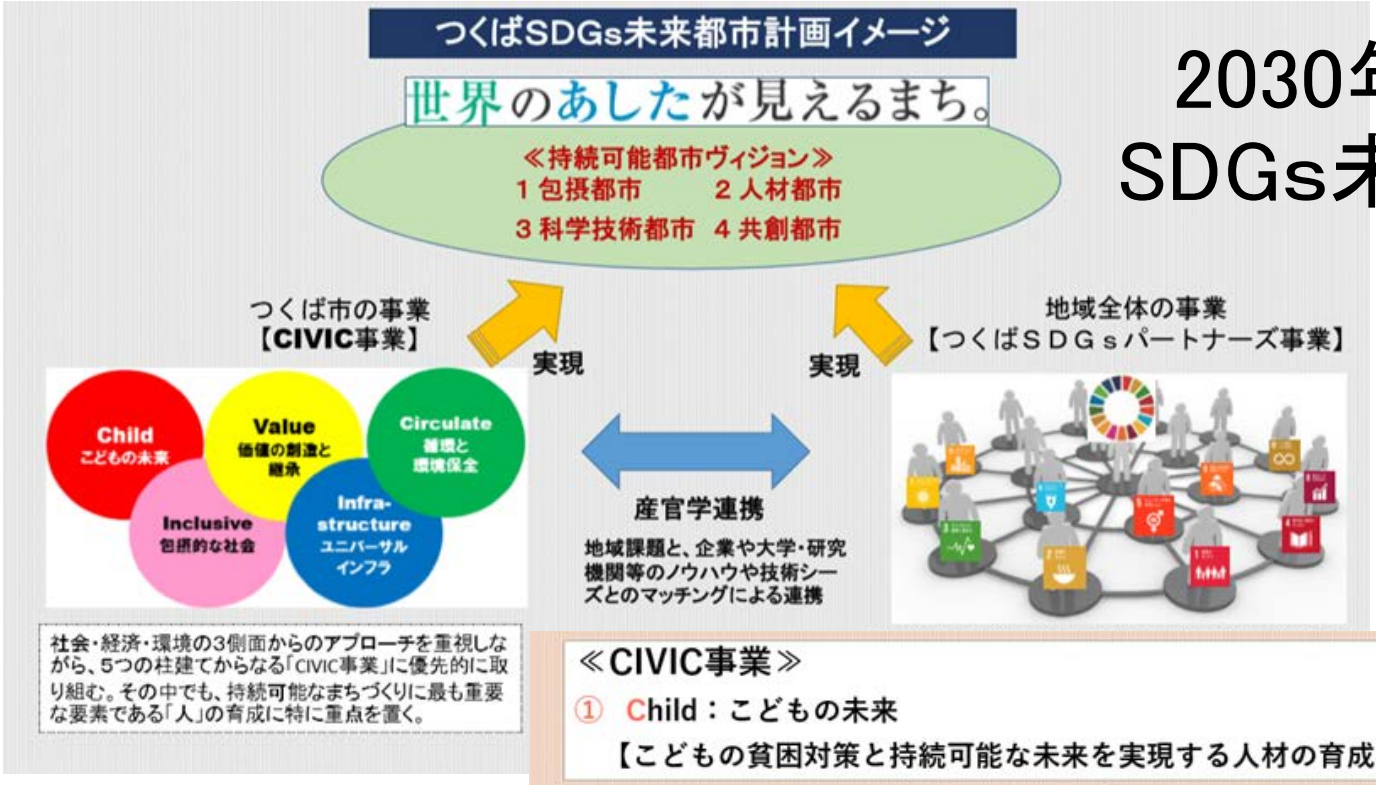
福島県エネルギー課資料より

NEDO事業　東芝エネルギーシステムズ(株)

2020選手村はCO2フリー水素モデル

組織委員会資料

2030年 「つくばSDGs未来都市計画イメージ」



①CHILD
こどもの未来

持続可能な未来を
実現する人材育成

https://www.city.tsukuba.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/004/784/outline2.pdf

≪CIVIC事業≫

② Inclusive：包摂的な社会

【地域の強みの再発見と見守り機能の充実】

地域包括支援センター

中心市街地の活性化

【事業概要】
- 中心市街地の活性化
  ーブレイスメイキング事業
- 周辺市街地の活性化
  ー現状や課題等を「地域カルテ」として整理
  ー地域共創プラットフォームの設置　等
- 地域包括支援センターの拡充

【KPIの設定】
- 2030年に向けたKPI
  指標①：市全体人口に対する居住誘導区域内の人口割合
  現在　53.3% ⇒ 目標　60.0%
  指標②：地域包括支援センター設置数
  現在　3か所 ⇒ 目標　8か所

周辺市街地の活性化

②INCLUSIVE
包括的社会

地域の強みの
再発見
と見守り機能の
充実

≪CIVIC事業≫

③ Value：価値の創造と継承

【SDG s ×Society5.0による社会課題解決と新たな価値の創造】

Society5.0社会実装

【事業概要】
- 「SDGs×Society5.0」による先進モデルの構築
  ーSociety5.0に関連するフィールド実証実験支援
- スタートアップの活動支援
- オープンデータ利活用の環境整備

【KPIの設定】
- 2030年に向けたKPI
  指標：2015年度以降の産業競争力強化法に基づく新規創業者数
  現在　187社 ⇒ 目標　619社
- 2020年に向けたKPI
  指標①：2015年度からのベンチャー企業創業数
  現在　24社 ⇒ 目標　54社
  指標②：Society5.0社会実装トライアル支援事業採択件数
  現在　5件 ⇒ 目標　15件
  指標③：国際戦略総合特区推進事業連携企業数
  現在　233社 ⇒ 目標　641社
  指標④：オープンデータ件数
  現在　0件 ⇒ 目標　300件

スタートアップ推進イベント

③VALUE
価値の創造-継承

SDG×Society5.0
による社会課題解決と
新たな価値の創造

https://www.city.tsukuba.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/004/784/outline2.pdf

≪CIVIC事業≫

④ Infrastructure：ユニバーサルインフラ
【市民の足の確保による地域間交流の促進】

#コンフォータブルライフ
#スローライフ
#スマートライフ
#アクティブライフ

BICYCLE CITY TSUKUBA
自転車のまちつくば

【事業概要】
- 公共交通ネットワークの利便性向上
  －コミュニティバスやデマンドタクシー等の再編
- 安全な自転車走行空間の確保
  －自転車通行帯の整備
- 交通インフラの社会実証
  －「歩行者信号情報発信システム」の開発・設置

コミュニティバス(つくバス)

「歩行者信号

【KPIの設定】
➢ 2030年に向けたKPI
指標：市全体人口に対する居住誘導区域内の人口割合
現在 53.3% ⇒ 目標 60.0%

④ INFRASTRUCTURE ユニバーサル インフラ

市民の足の確保による地域間交流の促進

≪CIVIC事業≫

⑤ Circulate：循環と環境保全
【地域の活力を生み出す市民環境活動と地産地消の推進】

地産地消の推進

常陽リビング社提供

つくばワイン・フルーツ酒特区

【事業概要】
- 農作物の地産地消の取組促進
- つくばブランド農作物等の確立及び普及
  －ワイン・フルーツ酒特区の活用
  －農業関係者と大学・研究機関等とのマッチング
- 地域コミュニティのエコライフ促進
  －再生可能エネルギーの利用支援
  －低炭素住宅の建築支援

つくば環境スタイル "SMILe"

#コミュニティエコライフ
#モビリティ・交通
#最先端技術
#環境教育、実践

【KPIの設定】
➢ 2030年に向けたKPI
指標：「低炭素社会の推進」に係る市の取組への満足度
（「満足」または「どちらかといえば満足」の割合）
現在 19.7%⇒ 目標 30%
➢ 2020年に向けたKPI
指標①：低炭素モデル街区数
現在 1件 ⇒ 目標 4件
指標②：地元食材レストラン認定件数
現在 0件 ⇒ 目標 100件

⑤CIRCULATE 循環と環境保全

地域の活力を生み出す市民環境活動と地産地消

https://www.city.tsukuba.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/004/784/outline2.pdf

「福島の未来」だれが　どう考え　実現する？

福島の方々、支援者、農林水産業・商工業者、自治体、
等々・・・みんなで計画をつくり実現をめざす。

例えば

・脱炭素地域づくり　「再エネ・CO2フリー水素・新技術」
・自然共生　「山・川・里・海の恵みで地場産業」
・こどもの笑顔　「次世代人材育成・教育・育児」
・くらし　「医療・介護・心と体の健康」
・地域間交流　「脱炭素型のコミュニティー交通網」
・多様性つなぐ文化　「福島の方々と新しい方々をつなぐ」

未来を可能にするのは
着実な「廃炉・環境回復」研究の進展

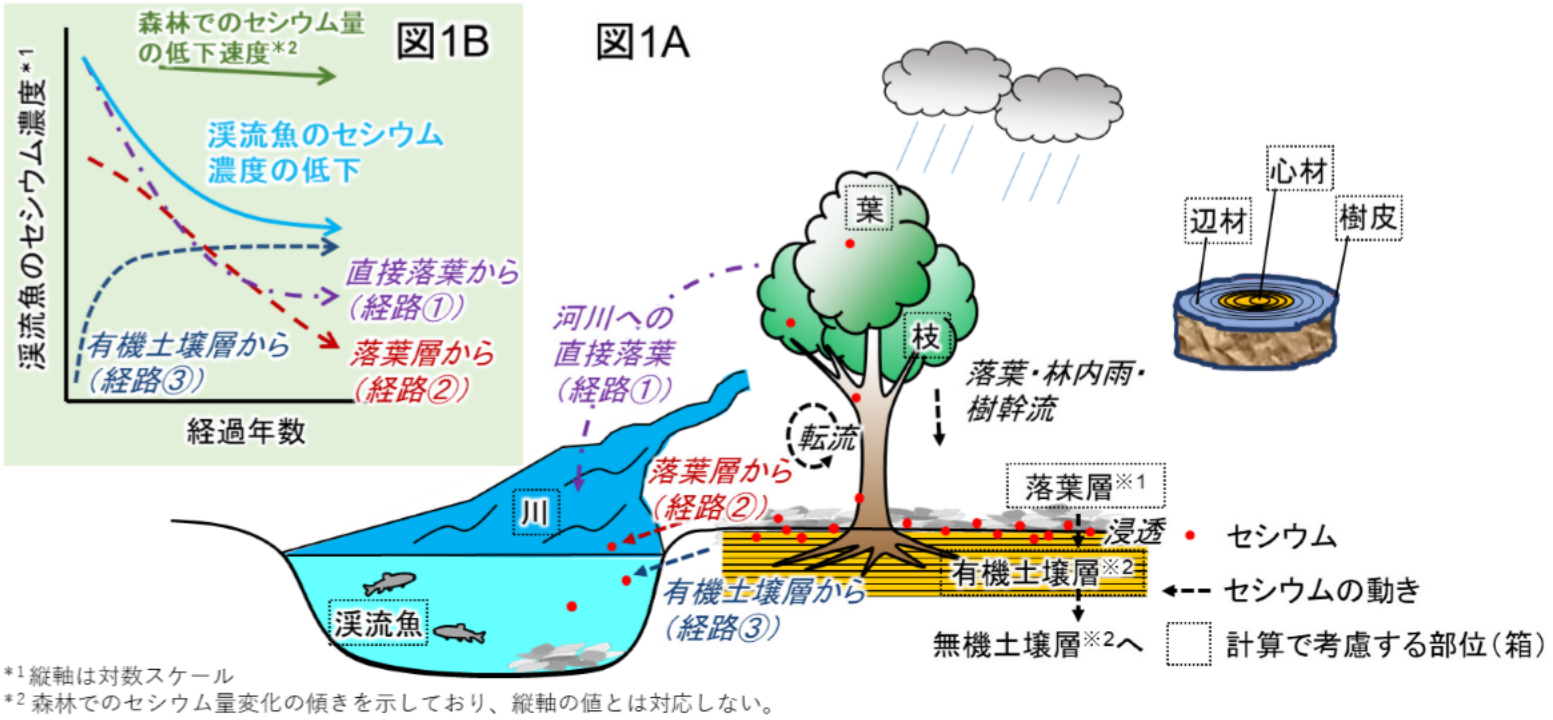


図１　森林内のセシウムの動きと渓流魚への影響（計算モデルの概念図）

【河川水を経由して渓流魚に取り込まれるセシウムの供給経路】

経路①・・・樹木から河川に直接落葉し溶出する経路

経路②・・・落葉層から河川へ溶出あるいは流出する経路

経路③・・・有機土壌層から表層水・地下水を通って河川へ溶出する経路

JAEA HPより　https://fukushima.jaea.go.jp/info/pdf/2019-1224.pdf

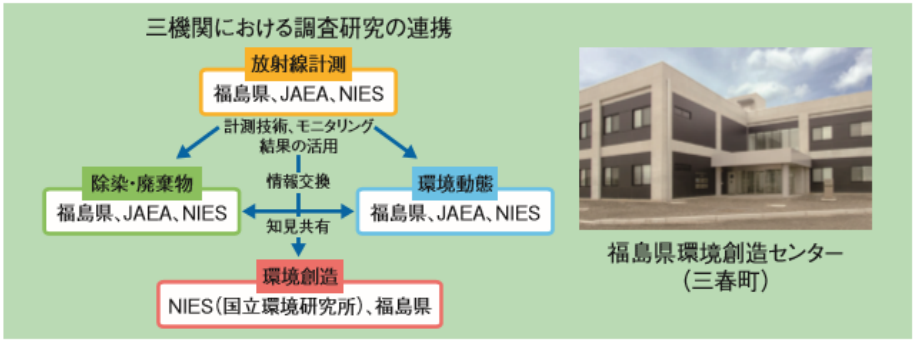
PART-2　未来への道筋を支え・創る研究者の役割

福島県HPより

https://fukushima.jaea.go.jp/pamphlet/pdf/fukushimakousen.pdf

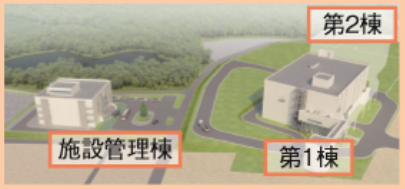
自分の研究成果が復興にどう役立つか、だれが･どう活かすか、明確なイメージを

英知を結集し 1F の廃止措置と環境回復に役立つ研究成果の提供を目指す



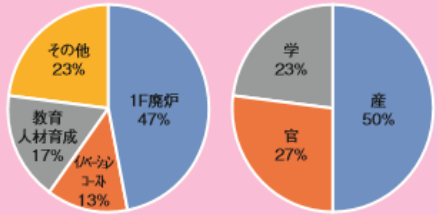
福島県環境創造センター
（三春町）

大熊分析･研究センター
（施設管理棟）



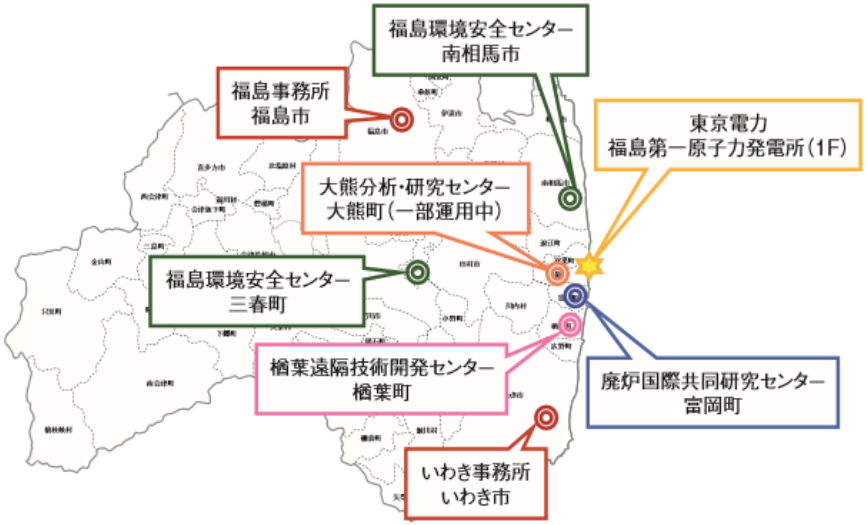
1F敷地隣接
大熊分析･研究センター（完成予想図）

楢葉遠隔技術開発センター



課題別利用割合
（2017年度）

組織別利用割合
（2017年度）



廃炉国際共同研究センター
（国際共同研究棟）

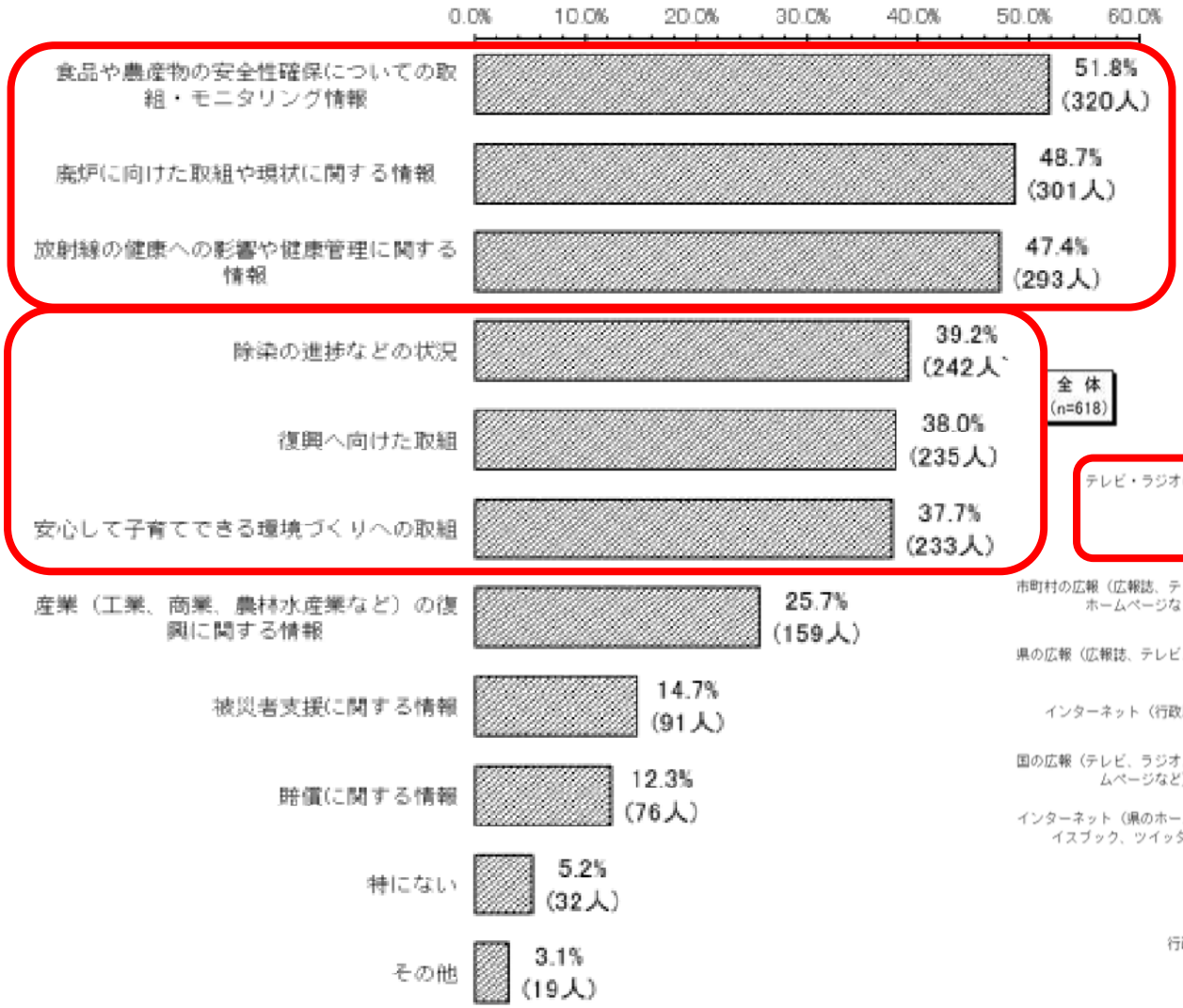
国内外の研究者、専門家が参加する会合
「福島リサーチカンファレンス」を
2017年度は6回開催

図1-1　福島県内における主要な研究開発拠点とその活動状況

JAEA　HPより

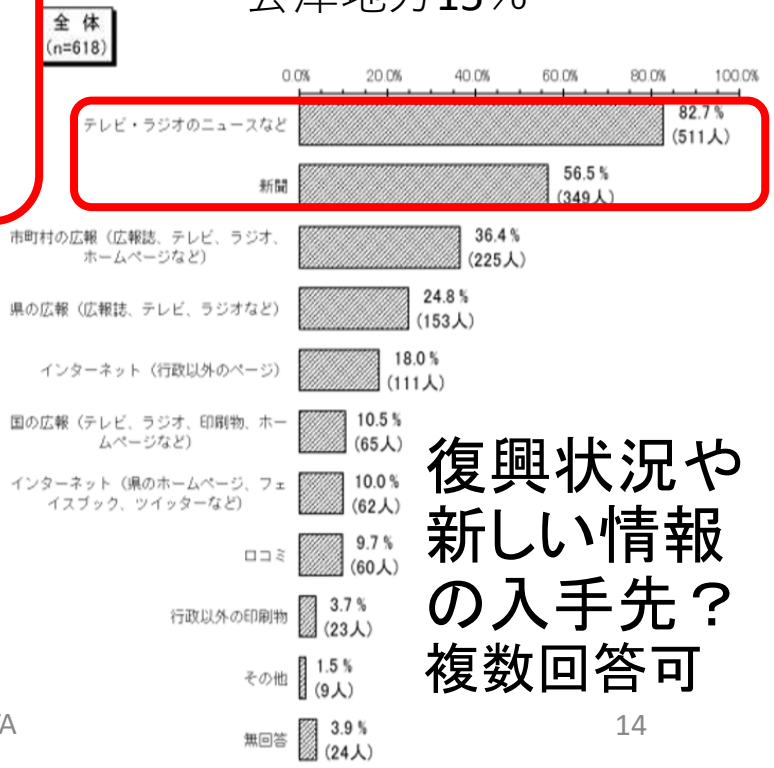
震災・原発事故や復興について知りたい情報は？

全域15歳以上1300人（回答618人）複数回答可



令和元年度福島県県政世論調査より

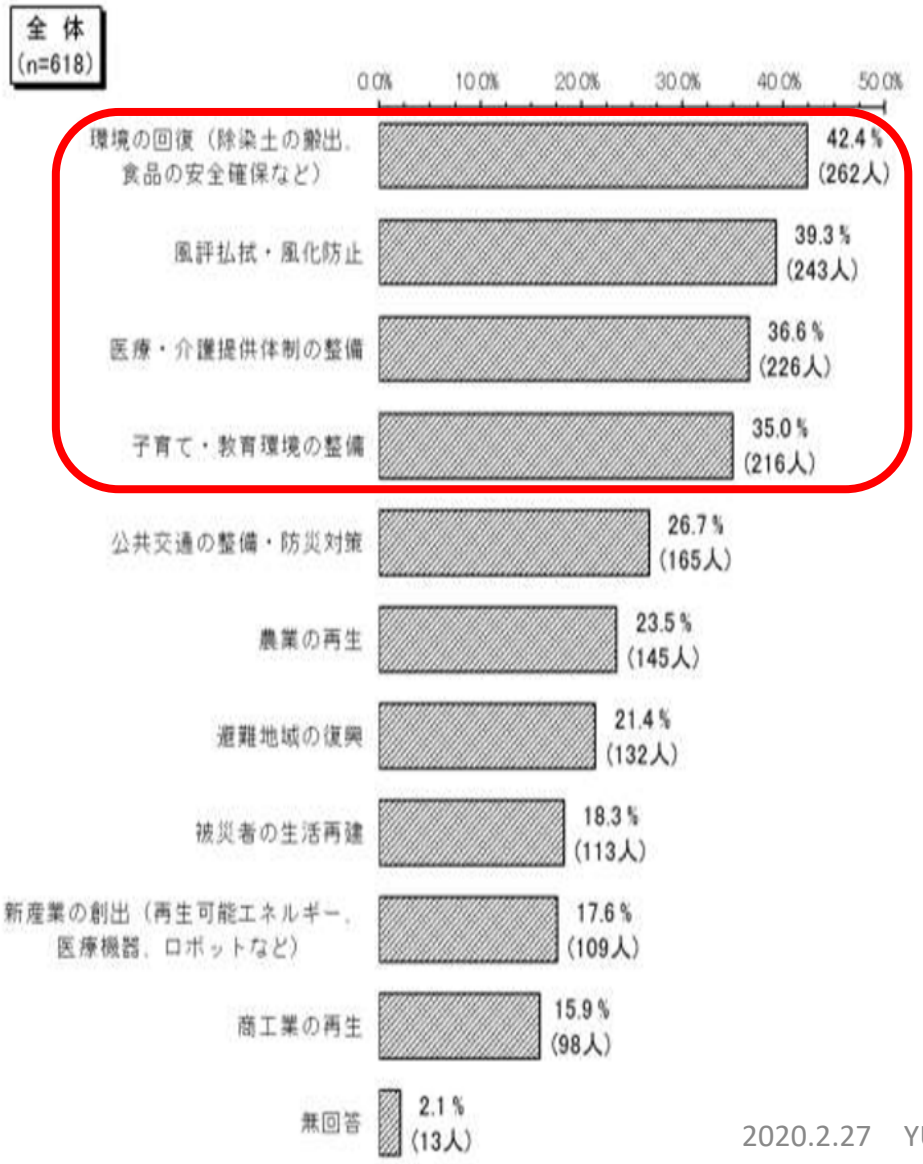
回答618人内訳
中通り地方59％
浜通り地方23％
会津地方15％



復興状況や新しい情報の入手先？
複数回答可

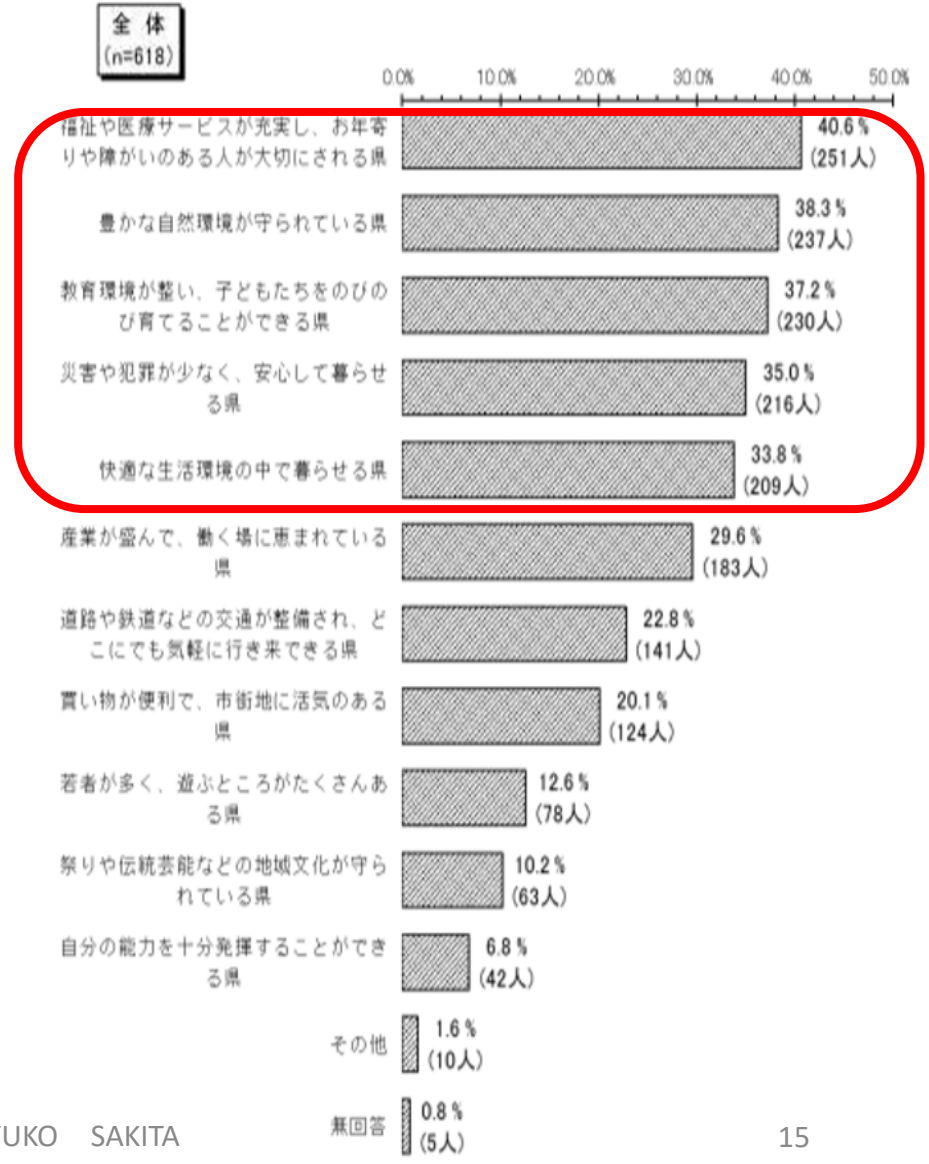
福島の復興に必要なのは？

3つまで可



どのような県になって欲しい？

3つまで可



開発者インタビュー

No.	タイトル	ページ
ロボット 18	情報科学のエビデンスで開けゆく次代。ドローンの聖地化プロジェクト @ 都路 インタビュー事業者 [illegible]	6
ロボット 20	ドローンなら、空を飛ぶ郵便局という近未来イメージも運べるかもしれない。 インタビュー事業者 日本郵便株式会社	8
ロボット 22	土地の履歴もディテールも可視化した知見で描く、ふるさと再生ストーリー。 インタビュー事業者 株式会社ふたば	10
エネルギー 1	CO_2 フリー・循環型の水素社会へサステナブルな未来計画は相馬から インタビュー事業者 株式会社ＩＨＩ	12
エネルギー 2	メイドイン福島の風車タワーを造って世界が認めるサプライヤーの仲間入り。 インタビュー事業者 会川鉄工株式会社	14
エネルギー 6	もしもの時、命を守り抜ける電源を！ケアに臨む誓い心から生まれる発明。 インタビュー事業者 YTS International 株式会社 株式会社シンエイ	16
環境・リサイクル 7	火力発電の産物は、希望のマテリアル。フライアッシュで復興資材を造り出す。 インタビュー事業者 福島エコクリート株式会社 [illegible]	18
環境・リサイクル 10	EV の心臓部を４つの「Ｒ」で活かすエネルギー貯蔵の新ソリューション。 インタビュー事業者 日産自動車株式会社	20
農林水産業 3	葛尾村で叶える、なりわい・にぎわい。アグリインフォマティクスで拓く次代。 インタビュー事業者 国立大学法人 東北大学大学院農学研究科 東北復興農学センター	22
農林水産業 9	気候をつくり、植物工場で育てる作物。船引を元気にする栽培ノウハウ事始め。 インタビュー事業者 プランツラボラトリー株式会社	24
農林水産業 11	担い手が育ち、引き継いでいく美田。ハイテク化する営農モデルが面白い。 インタビュー事業者 農事組合法人あいアグリ太田 株式会社ミライト・テクノロジーズ、株式会社空編技研	26
医療機器等 5	在宅高齢者に関わる人々の"思い"を繋げるシステムを提供したい。 インタビュー事業者 コニカミノルタ株式会社 福島コンピューターシステム株式会社	28

ロボット分野

No.	テーマ	ページ
1	災害救援物資輸送ダクテッド・ファン UAV の実用化開発 実施事業者 株式会社 [illegible]　実施場所 南相馬市	30

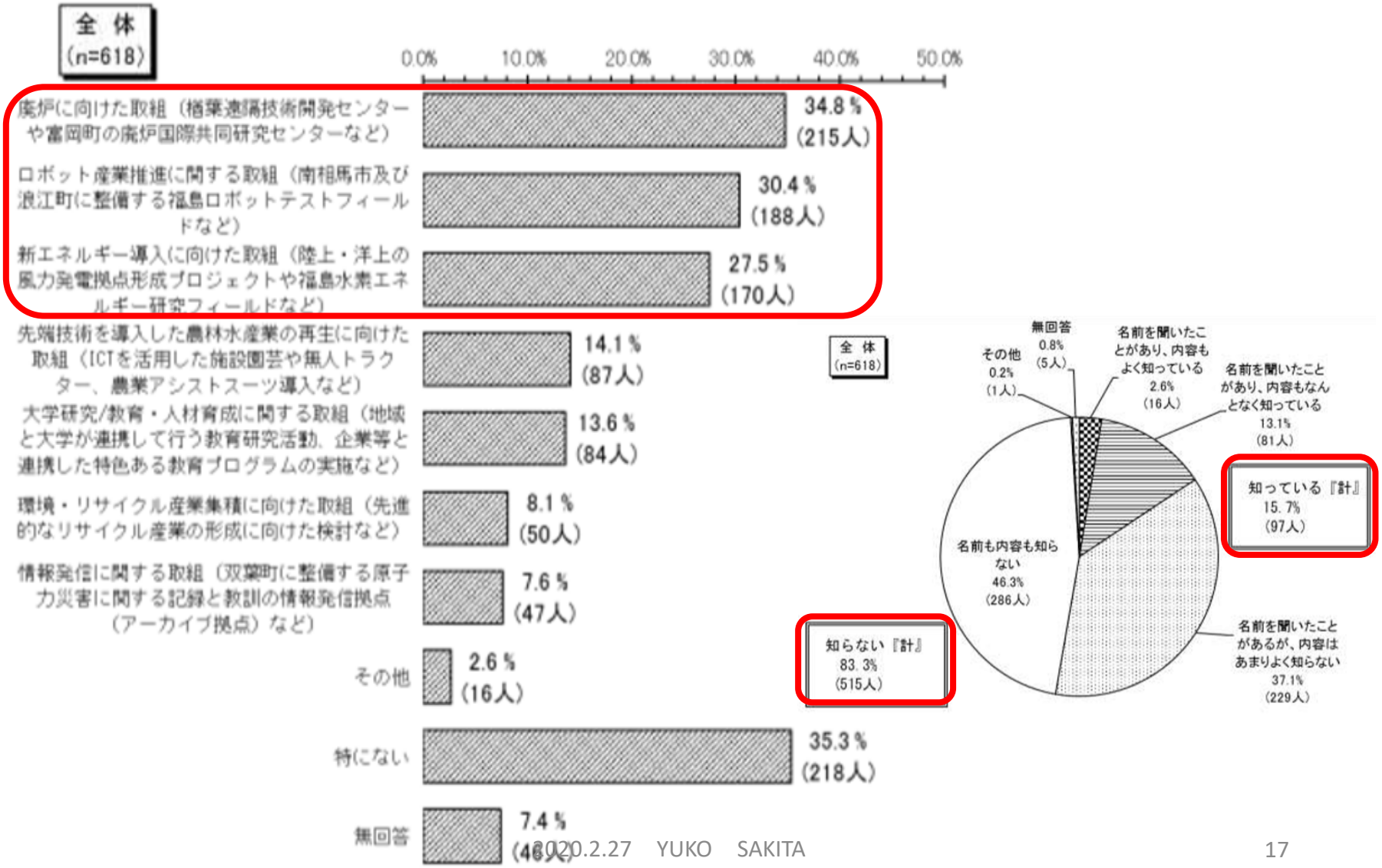
ロボット分野

No.	テーマ	ページ
2	自動運転車（ロボットカー）向けシステム開発 実施事業者 アルパイン株式会社　実施場所 いわき市	31
3	マルチコプター型 UAV 自動航行システムの開発 実施事業者 アルパイン株式会社　実施場所 いわき市	32
4	デマンド交通を実現するモビリティ技術開発 実施事業者 アルパイン株式会社　実施場所 いわき市	33
5	マッスルスーツの高機能化・品質優化のための実用化技術開発 ～軽量化・防水性・脱着時・脱＋脱着時・軽包小型化など～ 実施事業者 株式会社イノフィス　実施場所 南相馬市	34
6	・ドローンおよび無人地上車両による活動対策と物資輸送サポート技術の開発 ・ドローン用の高効率モーターの開発 実施事業者 株式会社エンルート M's 有限会社ツインデング福島　実施場所 南相馬市 浪江町	35
7	UH-CL ロボットを搭載したライン型フルカラーデジタルオンデマンド印刷システムの実用化開発 実施事業者 有限会社品川通信計算サービス イオス株式会社　実施場所 いわき市	36
8	ロボットを活用した半凝固鋳鍛成型の生産システム実用化開発 実施事業者 日本オートマチックマシン株式会社　実施場所 南相馬市	37
9	海洋調査を目的とした無人観測船の開発 実施事業者 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 株式会社ウインディーネットワーク　実施場所 [illegible]	38
10	無人飛行体をプラットフォームとする放射線分布の 3D 可視化技術の開発 実施事業者 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 株式会社千代田テクノル　実施場所 [illegible]	39
11	ドローン開発拠点の実現に向けた実証実験 実施事業者 株式会社東日本計算センター　実施場所 いわき市	40
12	多様な作業を可能にする４腕極限作業ロボットの実用化開発 実施事業者 フューチャーロボティックス株式会社　実施場所 南相馬市	41
13	自律型ドローンロボットにより山岳救助を劇的に効率化する「捜索支援システム」の開発実用化事業 実施事業者 エム・デー・ピー株式会社　実施場所 広野町	42
14	UAV を利用した災害時即時情報収集システムの技術開発 実施事業者 株式会社大和田測量設計　実施場所 広野町	43
15	量産を見据えた高信頼性マルチコプター実用化開発 実施事業者 株式会社柴田製作所　実施場所 南相馬市	44

福島イノベーションコースト構想HPより

福島イノベーション・コースト構想について知っている取り組みは？

複数回答可



新しい研究者像の確立に向けて

- 研究が、福島の放射線影響の状況把握、線量低減、将来予測にどう役立っているか、伝えて欲しい。

- 浜通り地域の廃炉研究や新エネ開発、ロボットアーム研究などが、廃炉・環境回復はもちろん、私たちの持続可能な未来への道筋を支え、次世代育成にも重要な役割を果たすことを、しっかり伝えて欲しい。

伝えるから伝わるへ

▪福島の、社会の方々の、心に伝わっているか。

・研究者の真剣な姿を目の当たりにして初めて、市民は、社会は、廃炉・環境回復への歩みを信頼できる。

除染・環境回復めざし政策担当者・専門家・NGO等をつなぐ「環境回復に関する勉強会」(2011～2018)

◆2011年6月3日の第1回目から約8年間に、48回開催

・放射性物質汚染からの一刻も早い環境回復・復興を願い、環境廃棄物や原子力分野の専門研究者、各省庁担当者、企業、自治体、ＮＧＯ等対処に直接係る人々が、最新情報を基に意見交換。

・登録者は400人以上。　毎回50人前後が参加した。

◆テーマは、除染などの進展に合わせて参加者で検討

・「空間線量マップに基づく汚染推計や環境回復シナリオ検討」

・「放射性物質汚染廃棄物・土壌等の処理シナリオ」

・「除染ガイドライン、仮置き、中間貯蔵に関する意見交換」

・「環境動態研究などの成果を環境回復・復興にどう活かすか」

・「住民の方々の今後に資するコミュニケーションのあり方」 等

◆呼びかけ人共同代表

・崎田と、東京大学大学院工学系研究科教授　森口祐一氏

福島の方々の「想い」にどう寄り添うか試行錯誤

2011.3.11

東日本大震災による津波で、原子力発電所事故。「安全神話の崩壊」
放射線リスクをしっかり伝えてこなかった「事業者や専門家・国への不信感」
「抑えられない　怒り・悲しみ」

避難した方々含め、不安・不満はICT活用で瞬時の広がり
マスメディアには不安あおる専門家も登場
社会不安の増幅、 福島に対する多様な風評被害の高まりに 「困惑」

「信頼」の再構築に向けて、「顔の見える信頼」づくり
「過剰なリスクと、付き合うリスク」を伝える専門家への信頼
除染・環境回復から復興にむけた生活再建、地域再生への想い
JAEA福島研究開発部門の研究者の「伝わる」努力に敬意

廃炉と復興の同時進行
国内外の風評被害の再度の高まりへの懸念
福島の未来を支える専門家・研究者との新たな信頼構築の必要性

PART-3　ユース世代への期待

2050年を
自分事として考え、
生きる世代へ

福島県HPより

２００７～２０１７　放射性廃棄物地域ワークショップ「共に語ろう、電気のごみ」参加型地域WS開催

■市民が放射性廃棄物処分について自らの問題ととらえ、自分たちができることを考え、行動につなぐため、率直に意見交換できる場を設定。

■全国のWSでは、国からの一方的な政策紹介ではなく、各地のオピニオンリーダーが「地域のつなぎ手」として参加。情報のあり方、信頼に必要なことは何か考え、 廃棄物処分場の決め方について意見交換。

写真：元気ネットHPより

参加者から寄せられた特徴的な質問・疑問

■そもそも「エネルギーのことをもっと知りたい！」
　再生可能エネルギーをもっと増やせないのか
■放射性廃棄物　地層処分「技術は本当に安全か」
　放射線って？　ガラス固化体って？
　地震国なのに大丈夫？　地下水への影響は？
　長い年月、地下をどう管理するの？
■処分地を「決める仕組み」はどうなっているの？
　調査候補に一度手を挙げても断れるのか？
■地域共生。デメリットだけでなく、メリットも知りたい
■海外では「どうしているの？」
■「情報・学び・コミュニケーションの機会が少ない！」

「電気のごみ」地域ワークショップの声

■総論　「この課題を知らなかった」「漠然と不安」

①教育現場・普及啓発・マスコミなどでもっと議論を

②専門機関・NGOが納得する情報がほしい

③調査地域・処分地域に、全国が感謝する意識を

④海外ではどうしているのか、状況を知りたい

■候補地になったら？　⇒「市民参加で考えたい」

①住民･自治体が「誇り」を持てるよう全国の理解を

②「安全」への努力の「顔の見える」信頼感醸成を

③「地域活性化」“見える化”と近隣自治体との連携

④住民自ら学び考え地域の将来を話し合える場を

2007年以来全国で地域ワークショップの開催を支援
学び合いの大切さを共有する「地域ファシリテーター」との連携

高レベル放射性廃棄物に関する地域WS
（エネ庁事業）
これまでに560名の地域ファシリテーターと
連携し、リスクコミュニケーションの場づくりを支援
１００回開催　参加者４４５０名

●東京大学オピニオン熟議型（'10, '11, '12）
●ファシリテータースキルアップ研修（'10, '14）
●若者ワークショップ（'12, '15）
●地域熟議型（'14）

★ 網走市（'09）
★旭川市（'10, '13(2)）
★ 札幌市
（'07, '08, '09, '11, '12, '13(2), '12, '14(2), '15）

全国の地域ファシリテーター
と意見交換2016.9▼

★秋田市（'10）
◎瑞浪市
（'07～ '10, '14, '15）
★ 仙台市（'08, '14, '15）
★ 福島市（'07, '08）
★柏崎市（'10, '12 '15）
★いわき市（'10）
★ 福井市
（'08, '10, '11, '12, '15）
★ 水戸市（'08）
★ 松江市（'08, '09, '12, '15）
★大町市（'11）★ さいたま市（'08）
★ 岡山市（'09, '14）
★ 京都市（'08）★ 千代田区（'09）★ 朝霞市（'12）
★ 大阪市
（'09, '12, '14, '15）
★ 新座市（'09, '10, '11）
★ 北九州市（'13(2), '15）
★静岡市（'08, '15）★ 横浜市（'08）
★ 福岡市（'07, '08, '12, '14）
★ 松山市
（'07, '10, '12, '14, '15）
★ 名古屋市　◎ 東京（'11, '12, '13, '15(2)）
（'07, '08, '11, '12, '13(2), '14, '15）
★佐賀市（'10）
★ 宇和島市（'08）
★四日市市（'09, '12, '13, '14）
★薩摩川内市（'12）
★ 新居浜市（'09）
★ 津島市（'10）★ 津島・稲沢市（'13）
★ 鹿児島市（'08, '09, '10）
★今治市（'11）
★ 津市（'08）★ 鳥羽市（'10）

２０１５年度までの状況（２０１６年３月末現在）
◎：全体会議開催回数　（　）：開催年度
エネ庁事業に協力　運営担当：持続可能な社会をつくる元気ネット

地域WSのコミュニケーションからの学び

・高レベル放射性廃棄物の処分問題を初めて知った人が多く、事故後も学び合いを希望する声が多かった。

・情報は「信頼」できるのか？「安全」を「安心」に変えるには？
安全に向けて専門家が真剣に努力する姿を「信頼」できるか？

＜リスク・コミュニケーションの3要素＞

①「情報公開」　説明責任・情報開示・わかりやすい情報提示

②「対話」　一方通行ではなく質疑応答や意見交換を尽くす

③「参加と協働」課題解決に向けて市民・地域・社会との連携

ユース世代の参加で意見がポジティブに
地域の未来を自由に発想する柔軟性

- 地域WSには、若者や女性参加者が少ない。
- けれど、学生など次世代層は、自分たちが中心になる次の時代を自分事として真剣に考える。

- 100年後の事業終了までに、地域の資源・特性
  を生かした産業興しを。
- 選択肢考えるために、処分事業のリスクだけでなく、地域共生のメリットも提供して欲しい、との声。
  率直な意見交換の広がりに。

PART-4　地域コミュニケーションの可能性

福島県HPより

知る、考える、進めるために。
除染情報プラザ

2012

福島県と環境省の連携運営「除染情報プラザ」の取り組み戦略

2012年1月、除染や放射線の情報を伝える拠点として福島駅近くに開設。

「人から人へ情報を伝える」「人と人が話し合う」「人が人をサポートする」
①情報提供　②対話の場への専門家派遣　③地域とのコミュニケーションを推進。

①除染や放射線に関する情報の提供

タッチパネル、大型モニター、映像や模型でわかりやすく。来館者の疑問を常駐スタッフに相談。

②専門家派遣移動展示

専門家を市町村や町会、学校などへ派遣。パネルや模型の移動展示や学校への出張セミナーも。

③地域とのコミュニケーション

除染や放射線に関して、地域の方々とともに学び考えるためのセミナーやワークショップの実施、除染や復興に向けた活動を紹介する企画展示。
気軽に利用できるサロンスペースなど、コミュニケーションの場も提供。

資料「除染情報プラザ」 http://josen-plaza.env.go.jp/

知る、考える、進めるために。
除染情報プラザ

地域コミュニケーションの進展
情報提供から対話の場づくりへ

2013

2013年、地域で除染・モニタリング活動や放射線不安低減など、
福島再生に取り組む方々の　情報交換・経験共有の場づくり。

地域活動としての放射線対策、線量低減活動の高まり

・第1、2回は主に線量測定や線量低減化等に取組む方々からの事例紹介。
・第3回は農地の測定などに取組む専門家や避難者支援団体の方などと情報共有。

資料「除染情報プラザ」 http://josen-plaza.env.go.jp/

知る、考える、進めるために。
除染情報プラザ

地域コミュニケーションの進展
中通りから浜通り地域で対話の場づくりへ

2014

県外避難者の視点もふまえ、中通りの放射線不安への対策と実践

第1回ポジティブカフェ

個人線量の測定体験 勉強会

食に関するワークショップ

県外避難から戻った方の意見も踏まえ、紙芝居で放射線を学ぶイベントや、地元食材を用いた陰膳調査体験、個人線量の測定体験勉強会など、「測る」「知る」活動を実施。

2015

浜通りを中心とした地域との連携、情報共有へ

いわき、南相馬、楢葉と、浜通りの地域で「ポジティブカフェ」を開催。浜通り地域の方々が抱える放射線や除染後のくらしの不安、福島再生へ取組みを情報共有し、不安の低減と課題解決に向けて一緒に考えました。

資料「除染情報プラザ」

知る、考える、進めるために。
除染情報プラザ

地域コミュニケーションの進展
「くるまざカフェ」ふくしま“みち”さがし

2016

企画委員会をふまえ、参加・協働で一歩づつ前に

「くるまざカフェふくしま“みち”さがし」。WSで体験プログラムづくり

放射線不安と向き合い、
日常を取り戻すため
一歩ずつ前に向かって
様々な取組みをしている
方々の情報を共有し。
皆が知りたい、体験型
企画を考案。

ふくしま“みち”さがし　体験プログラム

「浜通りとあぶくまの森林里山のいまを知る」「食の安全対策とふくしまの美味しいものさがし」

資料「除染情報プラザ」

環境再生プラザ

地域コミュニケーションからまちづくりの視点へ
「情熱がっこう」で地域の未来を考えて発信

2017

浜通りの浪江、富岡、楢葉の“みち”を探し地域の未来を考え

様々な地域・分野で一歩ずつ日常を取り戻す取組みが始まっています。
その地を訪ね、体験し明日の姿を共に語り合います。

2019

包括的体験参加型プログラム
2019.12「ふくしま“みち”さがし」
情熱がっこう　Town Planning編

避難指示解除3年目の南相馬小高地区へ。
おいしい食材をいただきながら、これからの「まちづくり」について考えるツアーを実施。
見る・知るから参加者の情報発信へ挑戦

環境再生プラザHPより

放射線不安に寄り添う「相談員」を支える
放射線リスクコミュニケーション相談員支援センター

2014

2013原子力規制委員会の提言を基に、2014年設立

内閣府が相談員制度を運営。
環境省が支援センターを運営

避難指示の出た12市町村で、住民の方々の放射線不安対応を行う相談員や研究者、生活支援相談員、復興支援員、行政職員、保健師等の方々を中心対象として、放射線相談への支援、測定へ専門家派遣、放射線に関する研修会など、活動を支援。

図・資料は相談員支援センターHPより

廃炉に向けて、処理水の風評被害対策の道筋

浜通り地域に住み続けている方々、帰還された方々、帰還を悩んでいる方々にとっても、廃炉情報は将来に関わる重要課題

トリチウム水の処分は長い廃炉の道筋の第一歩
廃炉全体でどのような作業が予定されているのか
復興に欠かせない道筋として、地域対話の場が必要

安全の徹底に向けた研究者・技術者、事業者・国の努力が
地域の農林漁業者、住民の方々に信頼されることが鍵に

周辺地域の方々との信頼づくりが、社会との信頼や、
流通の改善に向けた取り組みに、必ずつながる。

まず周辺地域の方々との信頼の回復

第1ステップ　情報公開

わかりやすい「情報」、

科学的な情報だけでなくプロセス情報が重要

第2ステップ　対話をつくす

一方通行の情報発信では心に届かない、伝わらない

不安・疑問に寄り添い、質疑応答を尽くす

第3ステップ　参加・協働

地域で放射線測定活動や対話活動、まちづくり活動等をしている方々と共に、意見交換や現場の体験共有

社会全体との信頼をどう回復するか
風評被害対策

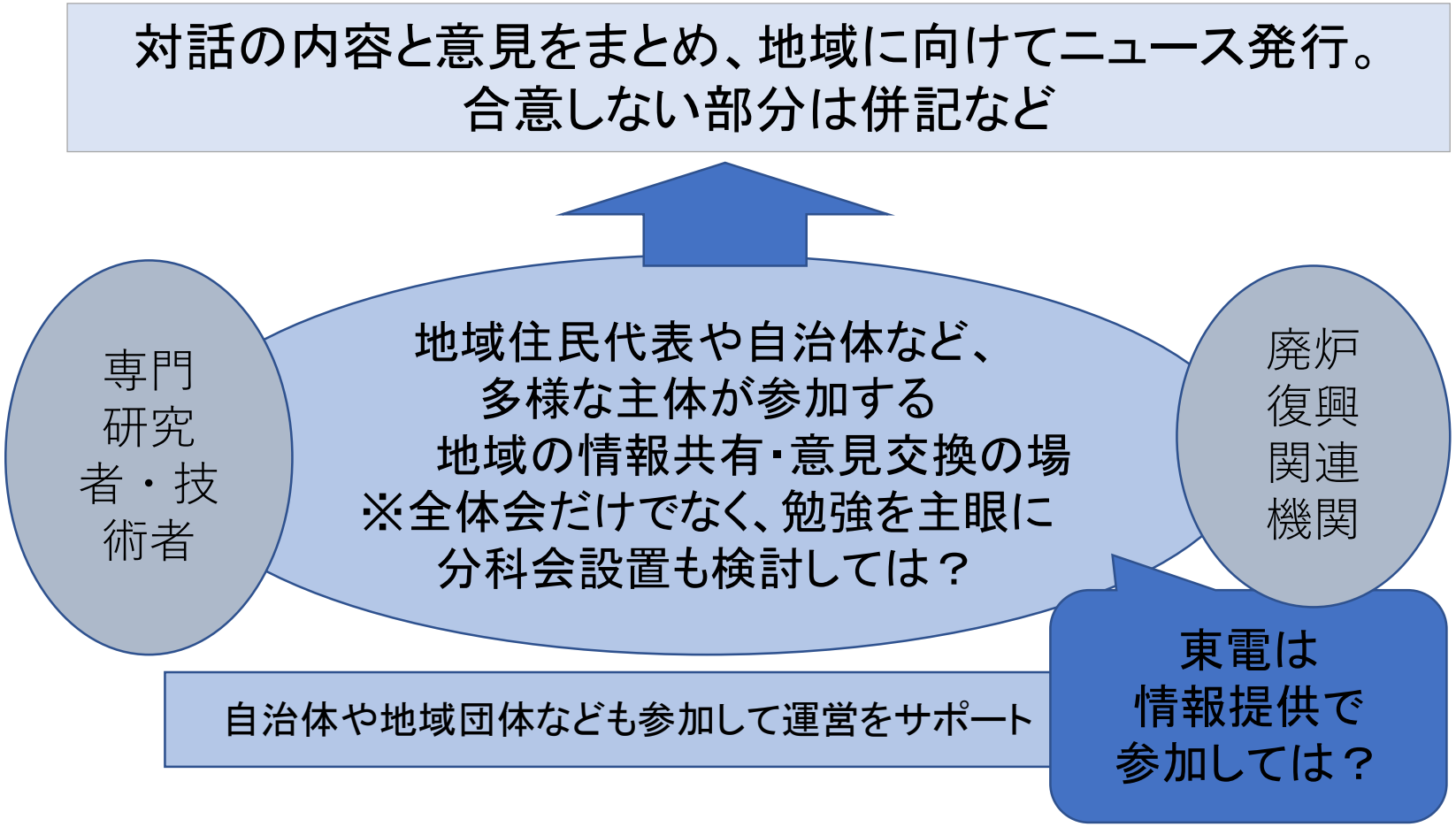
第４ステップ　参加・協働

地域で自分たちの農林漁業や仕事・行動に誇りを
もって取り組む人たちの、活動の「見える化」

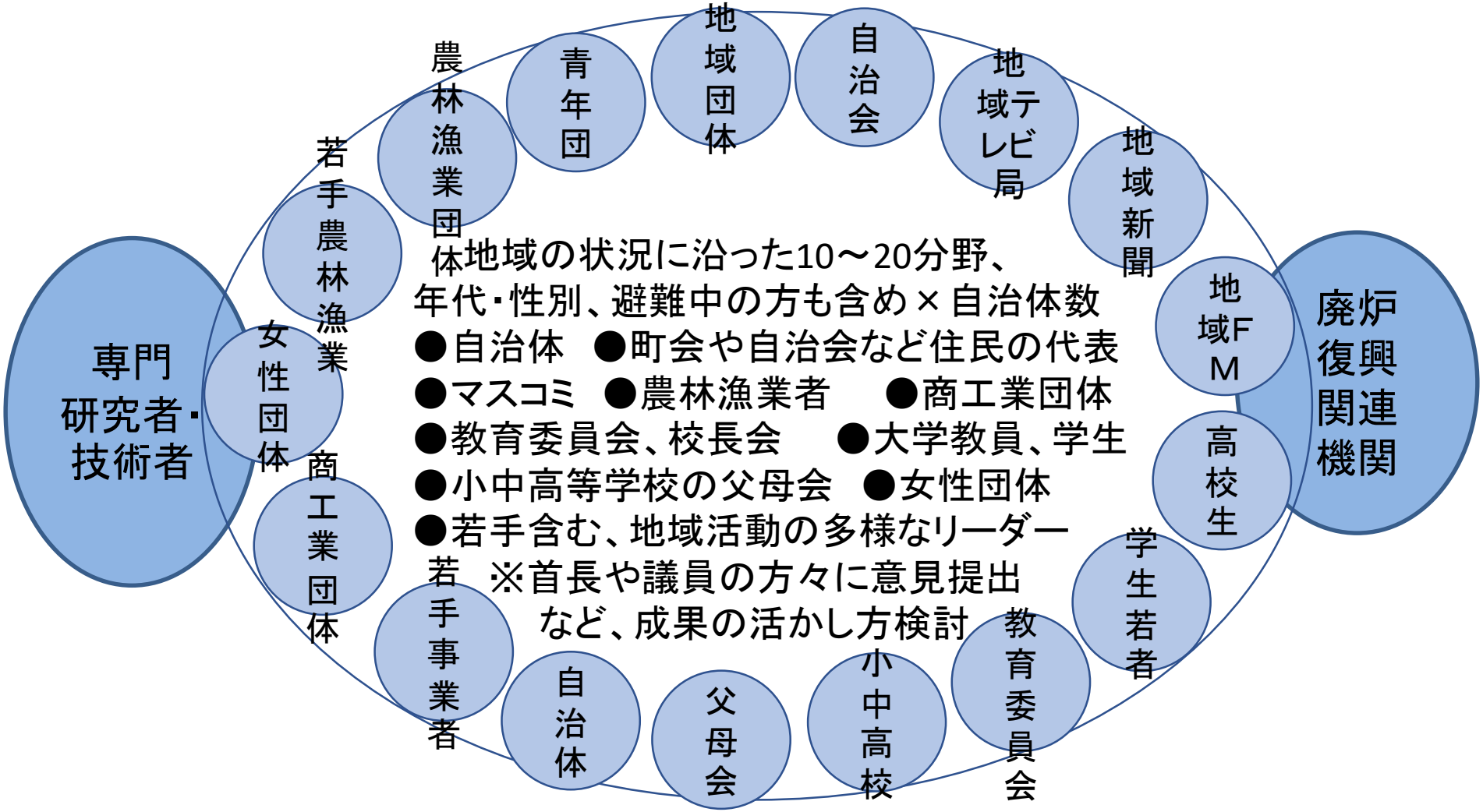
その人たちを応援する輪を広げ
全国の流通関係者にも体験機会の提供

安全チェック体制を整備し、おいしい食材を発信。
努力を続ける福島の人々の姿が全国の人の心に届く。

廃炉・環境再生、復興に向けて基本となる、専門家や浜通りの住民の方々と継続的「対話の場」を



参加者の多様性
地域特性に配慮したマルチステークホルダー会議に



どういう場がいいのか、まず地元の有志で検討を始めてはどうか

JAEAへの期待　信頼づくりを科学的に支える組織に

廃炉を経て、今世紀後半に福島はどのような姿を描くのか。

福島県は脱炭素社会をめざしており、メガソーラー施設や風力発電は、再生可能エネルギーを利用した水素貯蔵による水素燃料電池社会モデルの可能性も秘めている。

トリチウムを含む処理水を、使用済み燃料を、どう処分し、

燃料デブリをどう取り出し、どう処分するのか。

廃炉を進めた先にどんな将来を描くのか。

自然豊かな、次世代の笑顔あふれる地域再生めざして、

福島の方々が、多様な関係者と話し、共創したいことは多い。

放射線リスクと向き合う社会の、「信頼」をけん引する組織であり続けることを願っている。

令和元年度 福島研究開発部門成果報告会

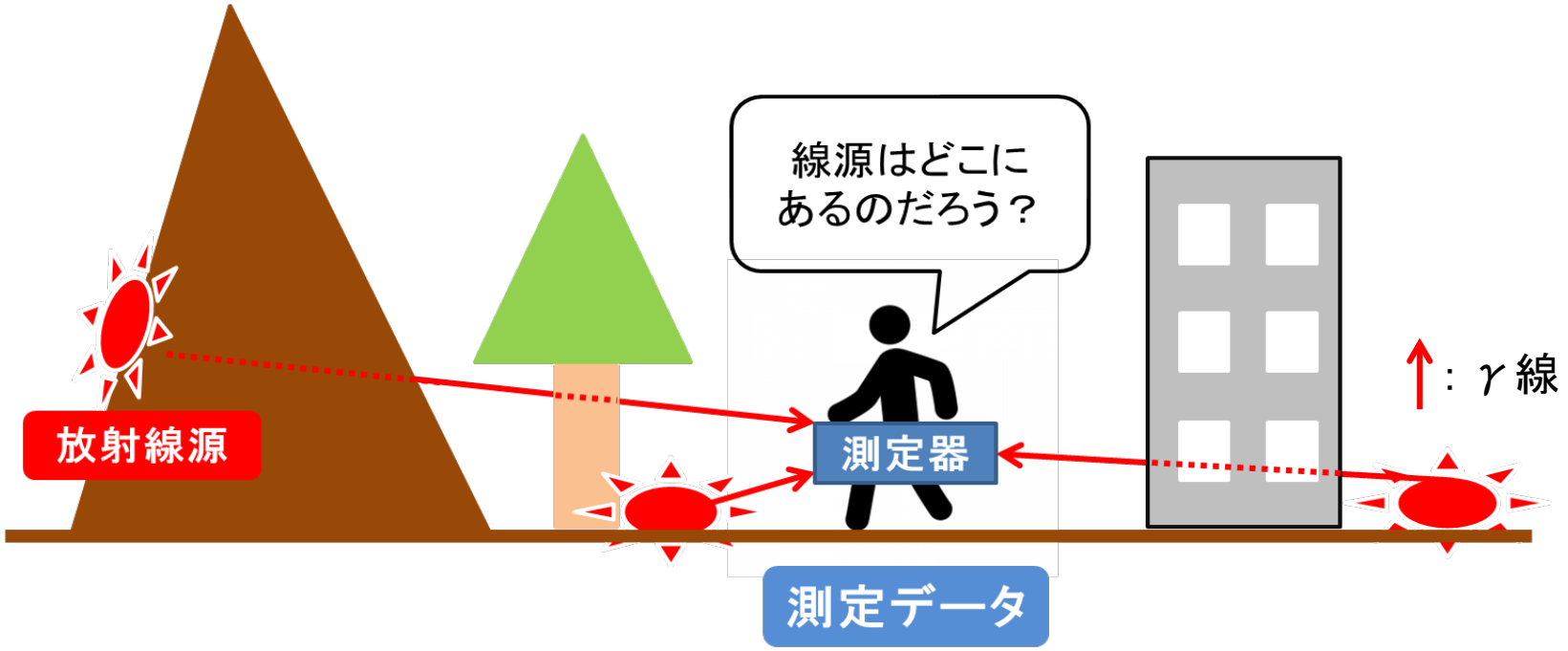
機械学習を用いた放射線源分布の推定

令和2年2月27日

福島大学共生システム理工学研究科
博士前期課程2年
植村　健朗

研究の目的

- 放射線測定データから放射線源の分布を推定する



モンテカルロシミュレーション

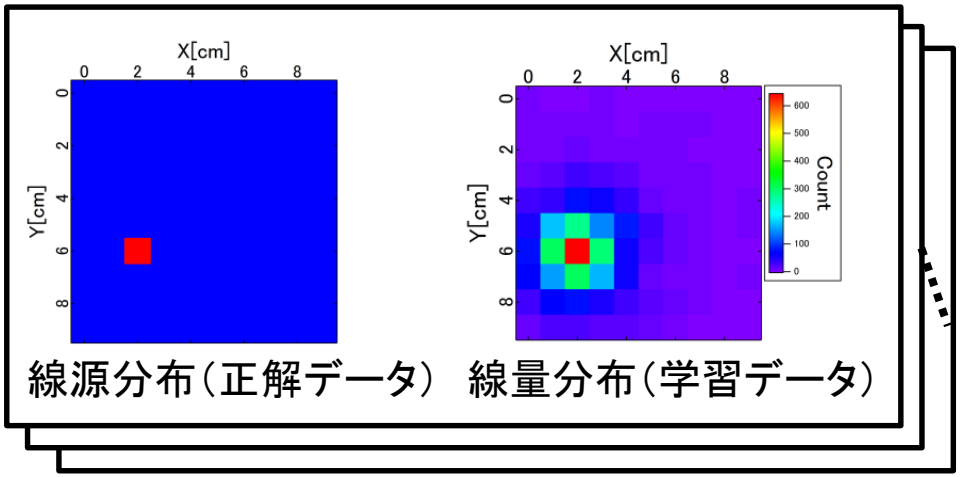
放射線源 → 測定データ

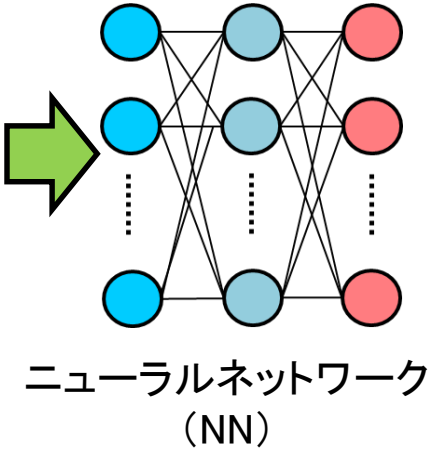
測定データ → 放射線源

機械学習でアプローチ

機械学習による放射線源推定

- 機械学習（線源分布おける測定データの変化を学習）



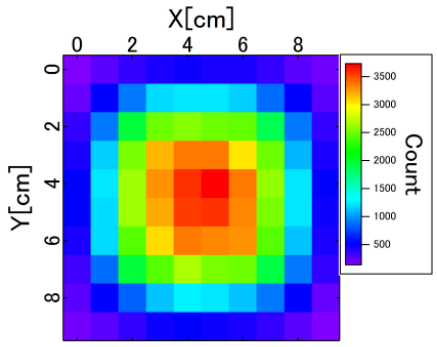


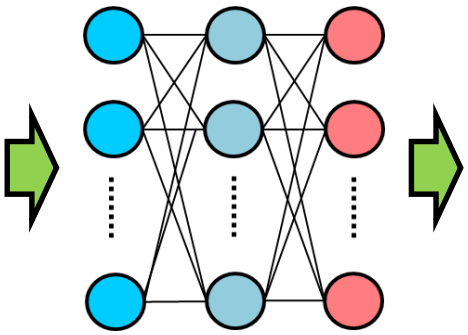
STEP1
学習データセットを用意

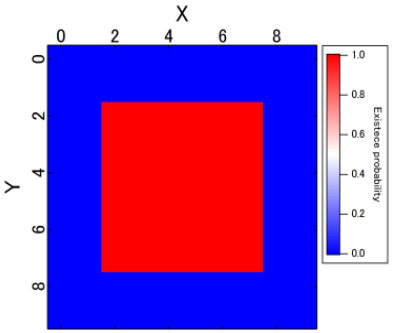
STEP2
NNに学習データを入力して学習

STEP3
学習後のNNで元の線源分布を出力

- 学習済のニューラルネットワークを線源推定に利用







STEP1　学習データセットを用意

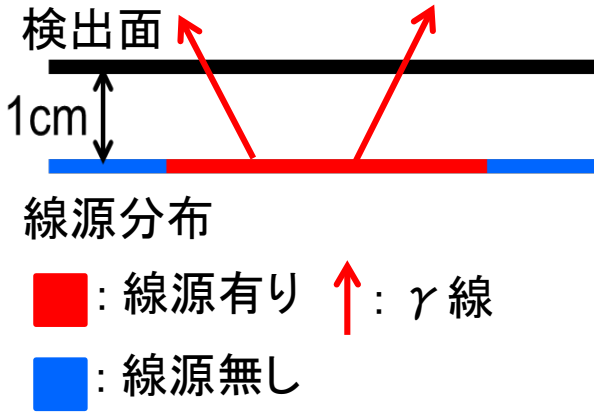
- 機械学習には大量の学習データ（放射線測定データ）が必要
- 実際に測定器を用いて学習データを用意することは困難

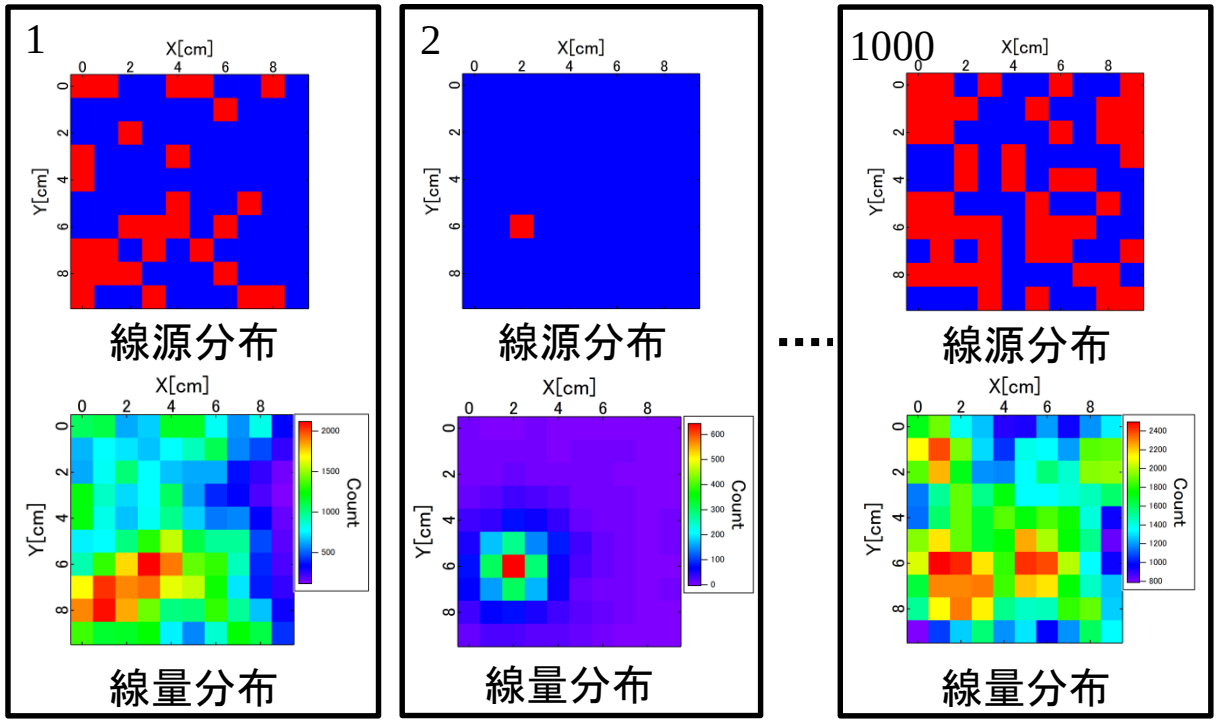
モンテカルロ（MC）シミュレーションで
仮想的な放射線測定データを作成する.

- 線量分布の作成

線源の設定

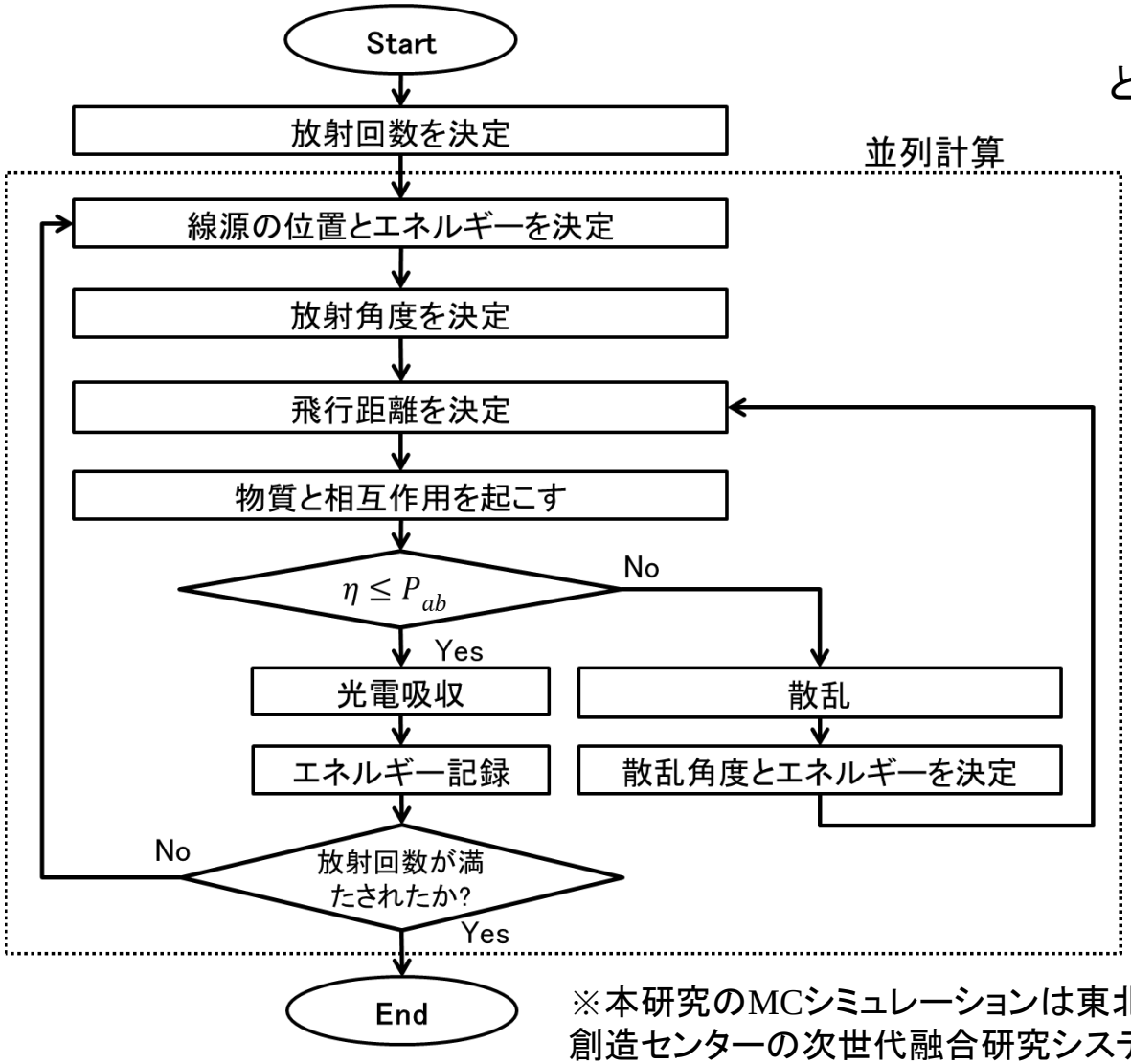
- ^{137}Csが水平に分布
- 赤色のメッシュから662keVのγ線が10万回放射

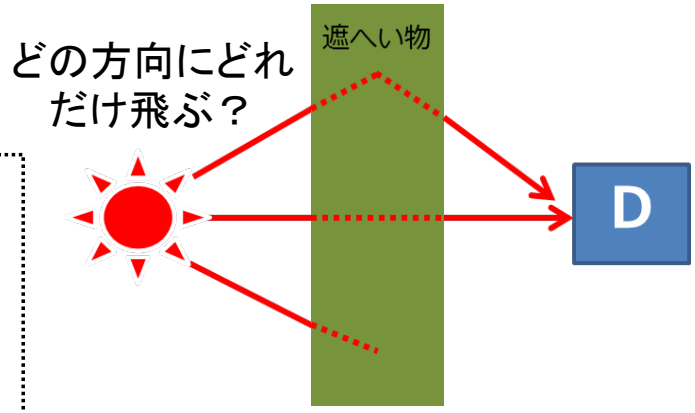




MCシミュレーション

- 乱数を用いて放射線の確率的な物理的現象を計算する.

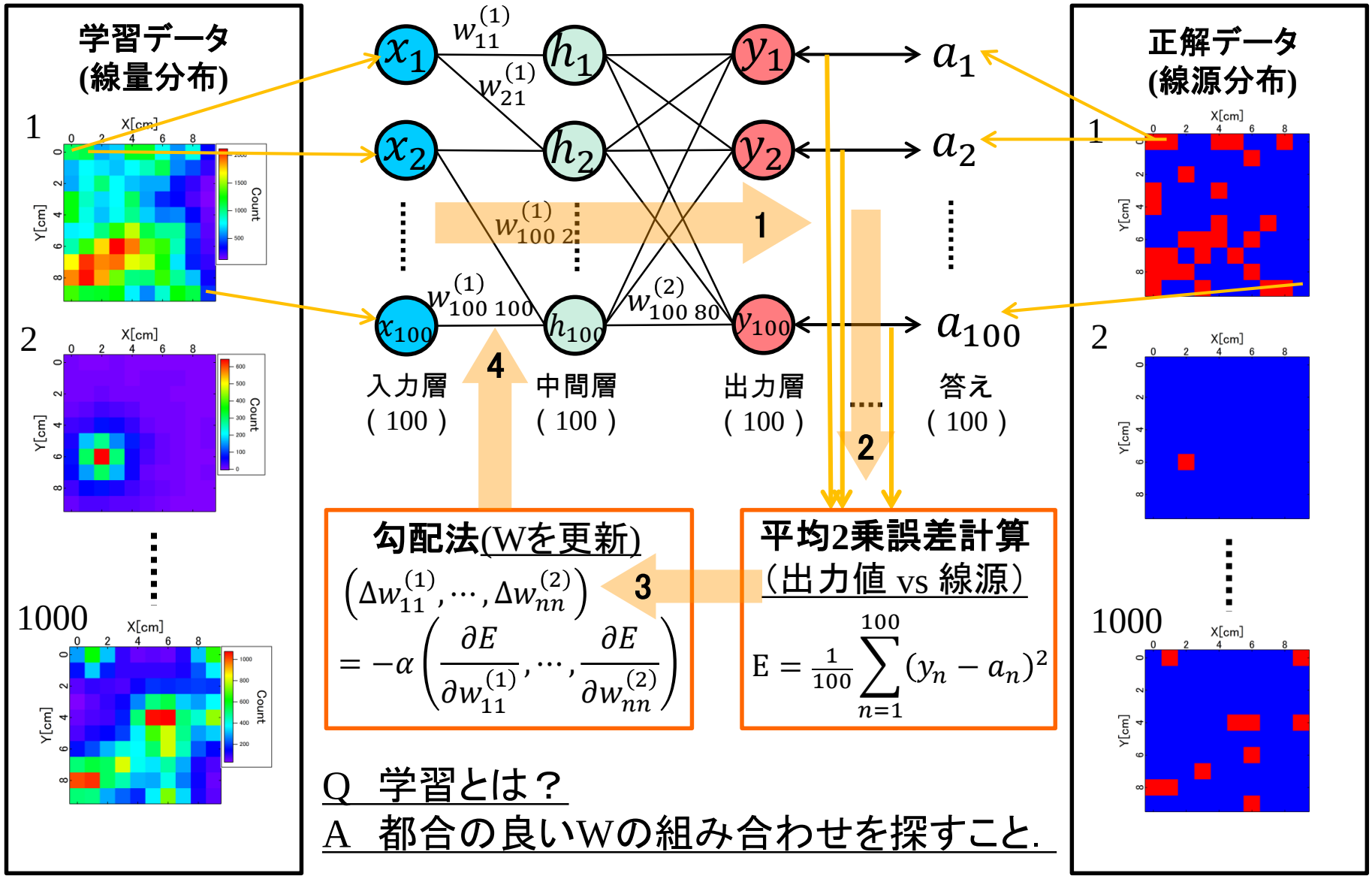




- ^{137}Cs線源分布から放射するγ線の計算に特化したシミュレータを作成
- 並列化によって計算速度を向上

※本研究のMCシミュレーションは東北大学流体科学研究所未来流体情報創造センターの次世代融合研究システム(AFI-NITY)により並列計算された.

STEP2　NNに学習データを入力して学習

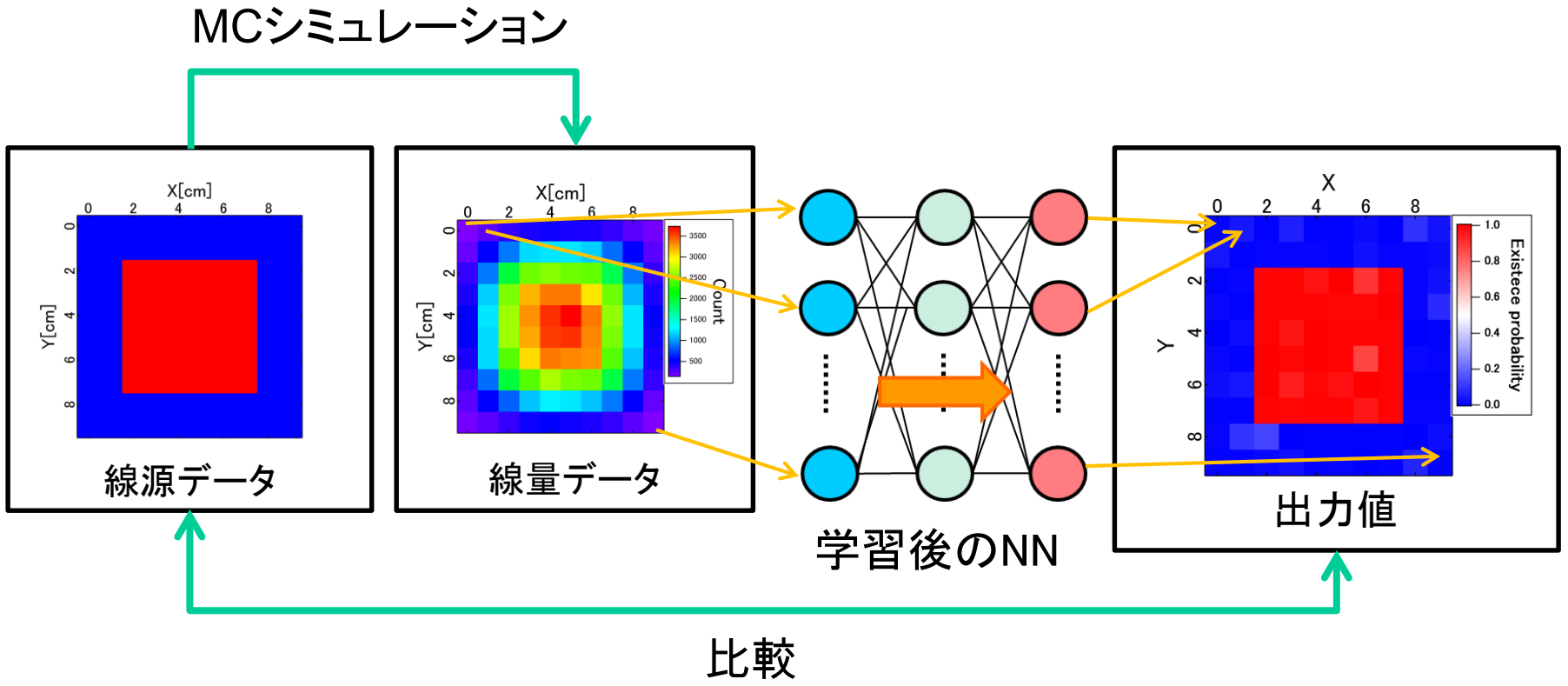


Q　学習とは？

A　都合の良いWの組み合わせを探すこと.

STEP3　学習後のNNで元の線源分布を出力

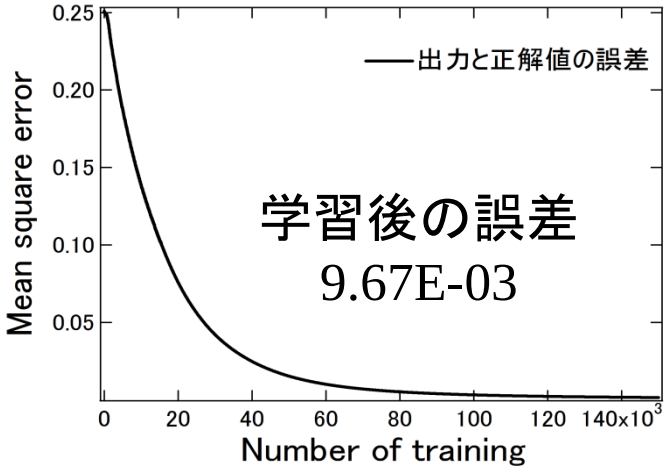
- STEP2の学習に使われていない線量データを用意
- 学習後のNNに入力して，出力値を元の線源分布と比較
- 出力値は元の線源分布を高い精度で推定した.

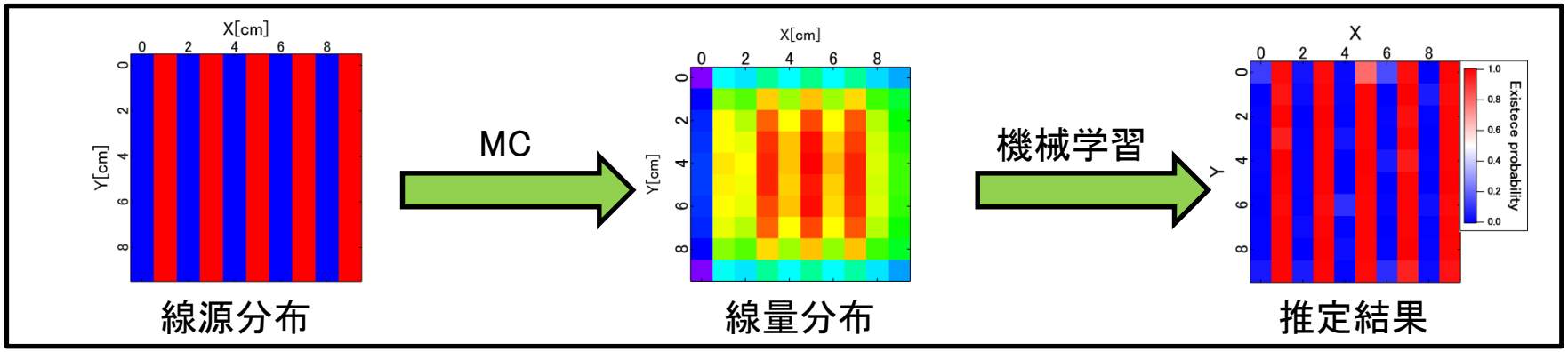


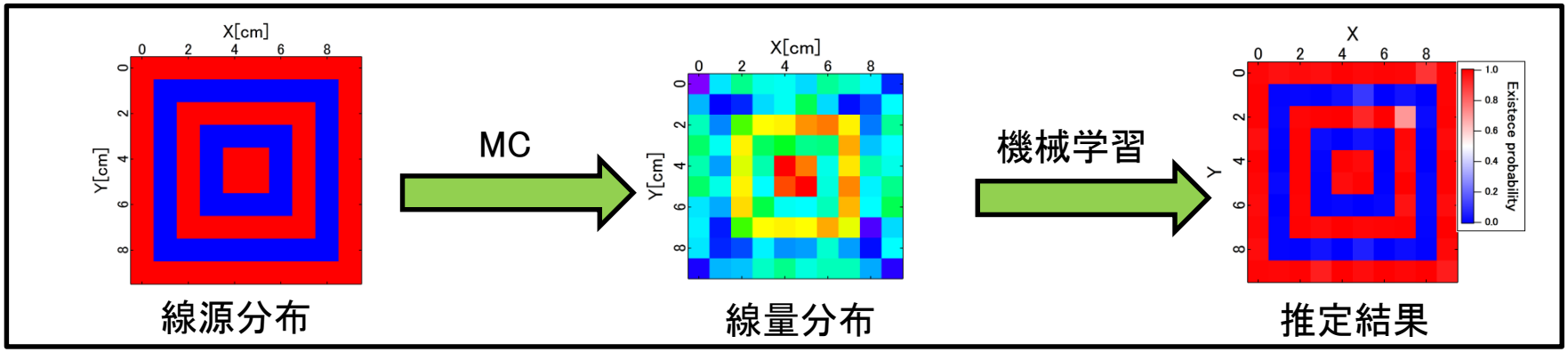
推定結果1

設定されたNNのパラメータ

- 層の数： 3層（100-100-100）
- 学習回数： 15万回
- 学習データ数： 1000

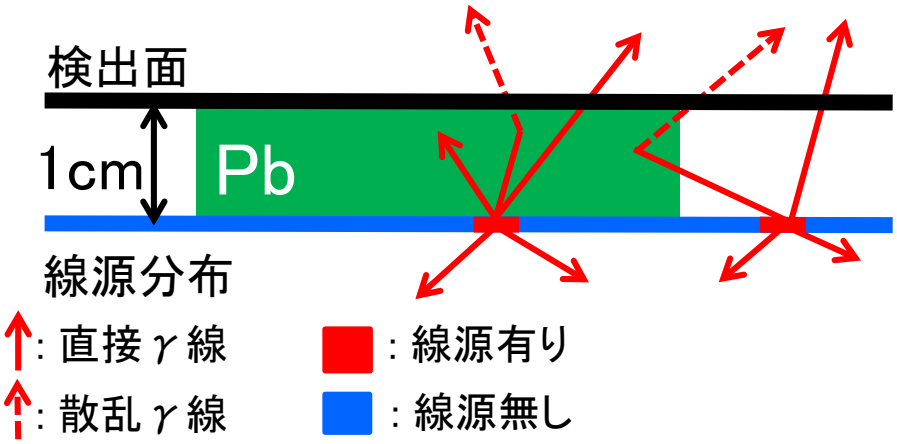


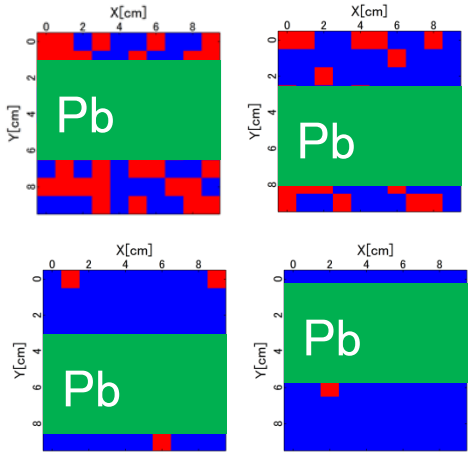


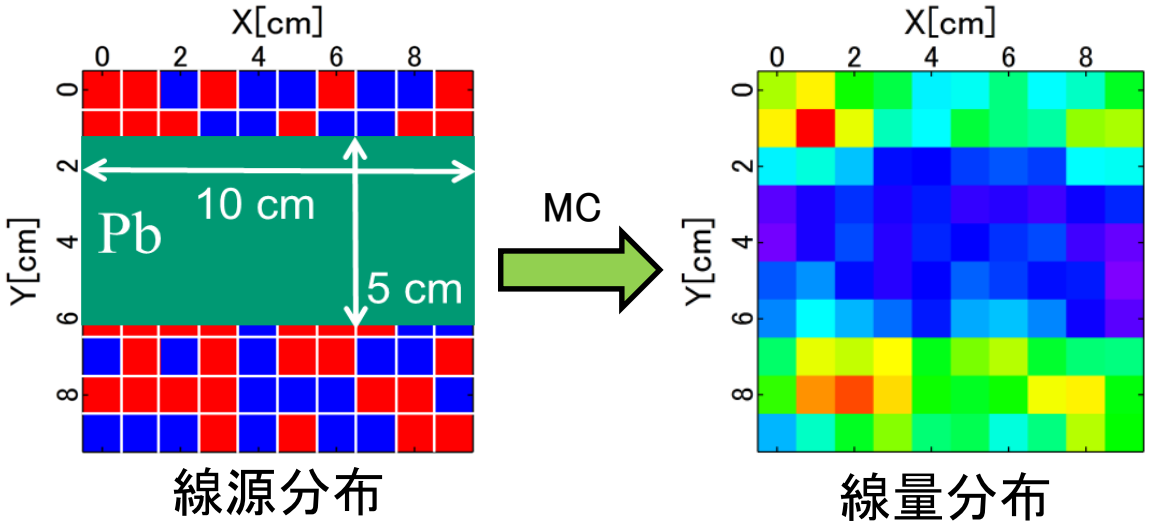


遮蔽体が存在する線源分布の推定

- 遮蔽体として鉛を線源分布平面の上に設置
- 鉛の位置はY軸に沿ってランダムに設定







遮蔽体がある場合，線量分布だけでは推定が困難

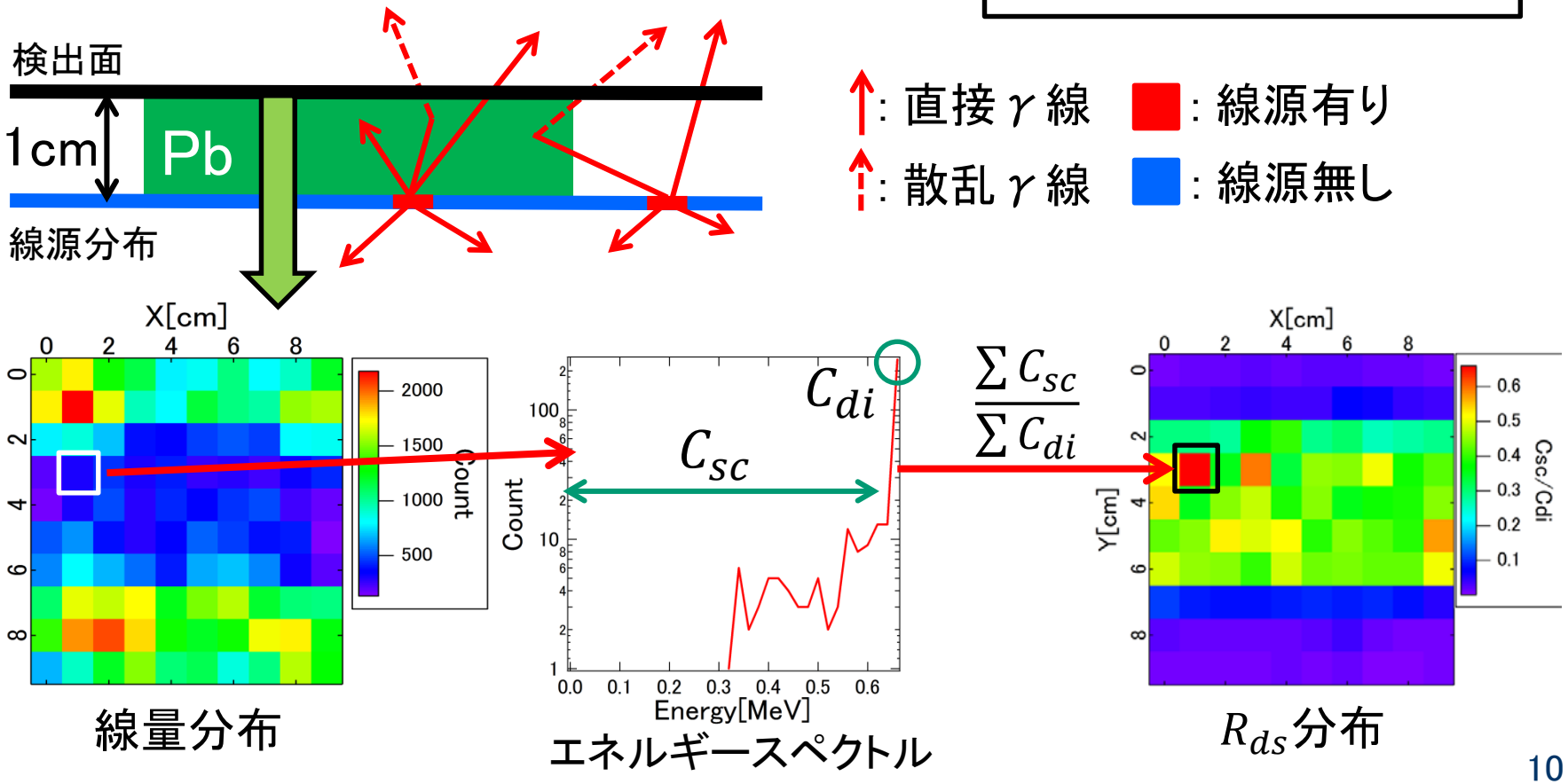
学習データの追加

- 通過したγ線のエネルギースペクトルを記録
- 直接γ線，散乱γ線それぞれの通過数の比率R_{ds}を計算
- R_{ds}分布を作成し，学習データとして追加

$$R_{ds} = \sum C_{sc} \Big/ \sum C_{di}$$

C_{di} ：直接γ線の透過数

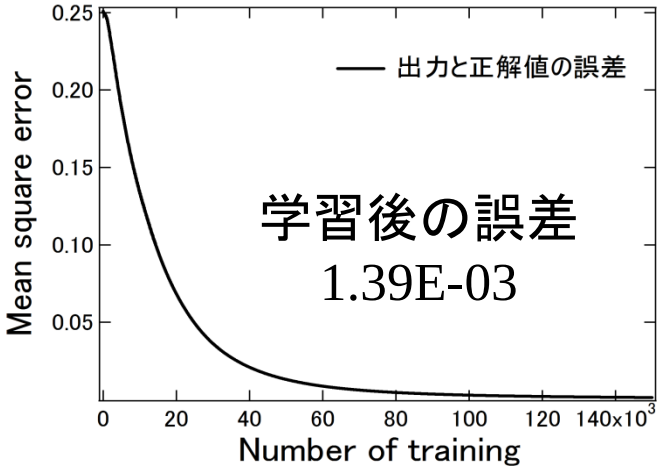
C_{sc} ：散乱γ線の透過数

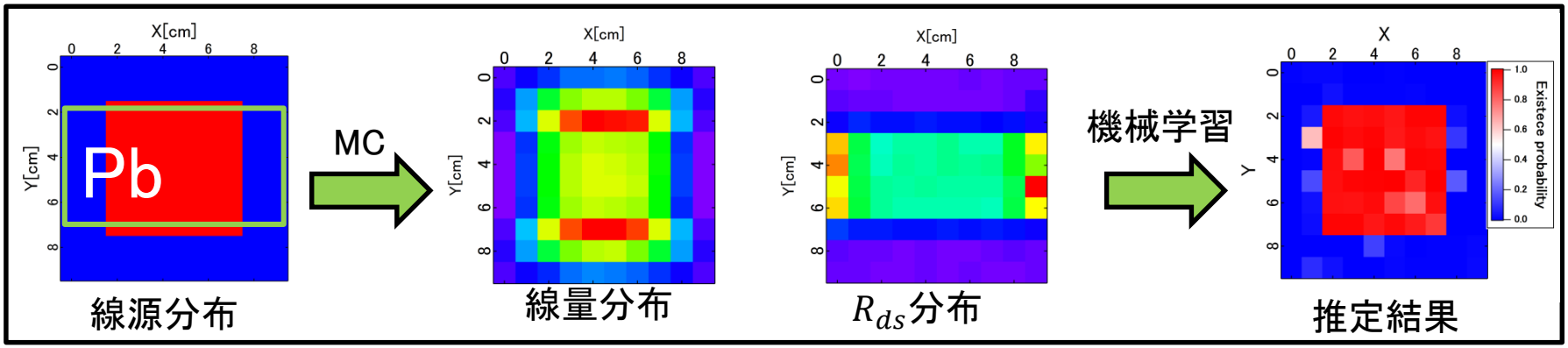


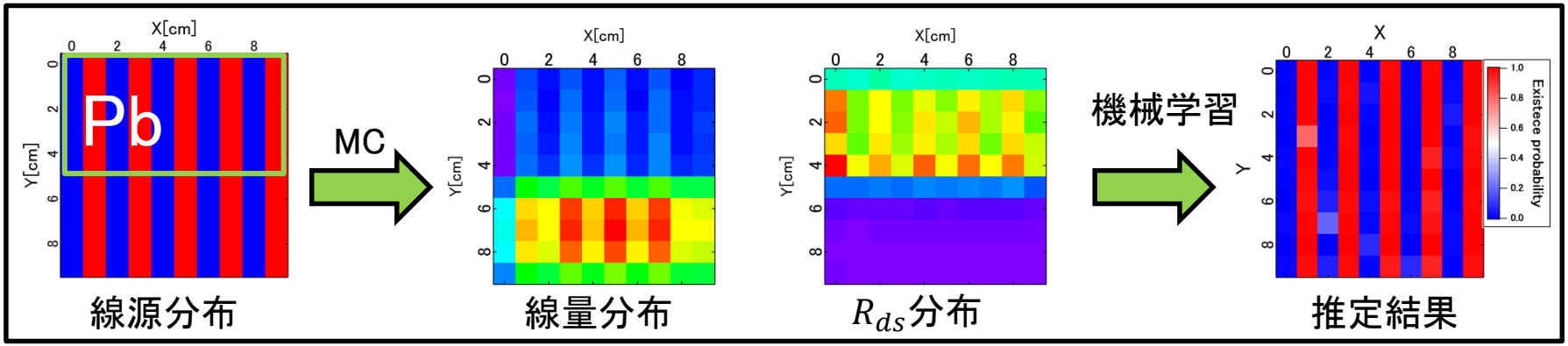
推定結果2-1

設定されたNNのパラメータ

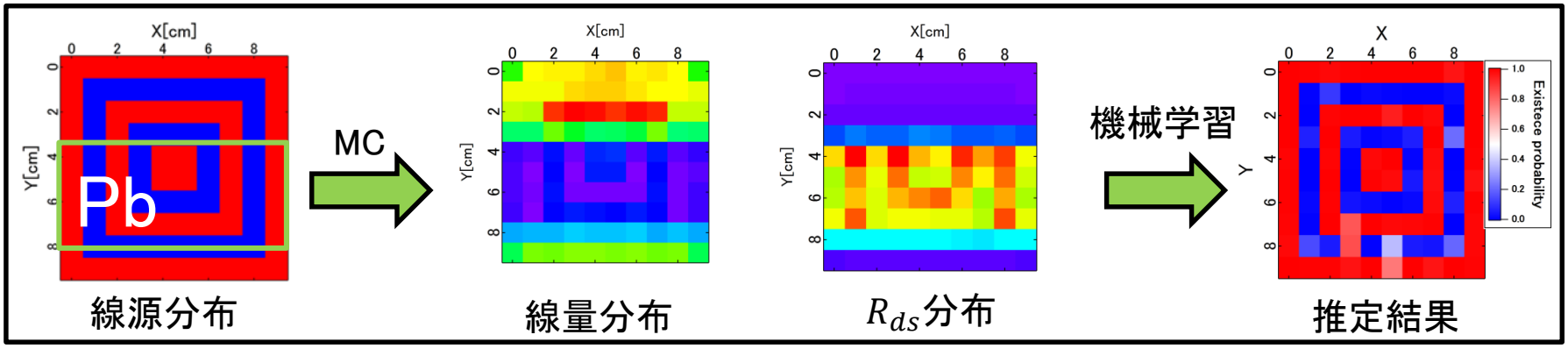
- 層の数： 3層（200-200-100）
- 学習回数： 15万回
- 学習データ数： 1000

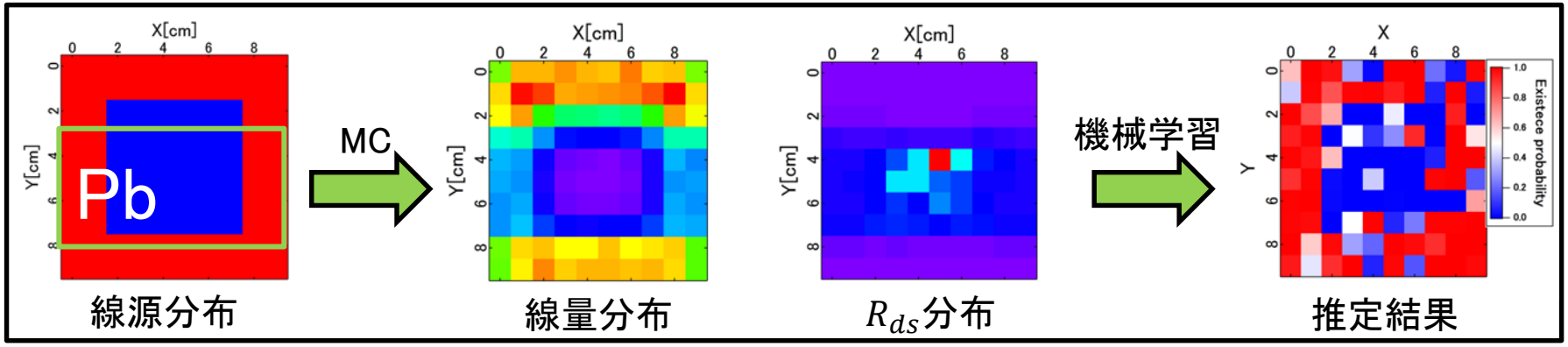


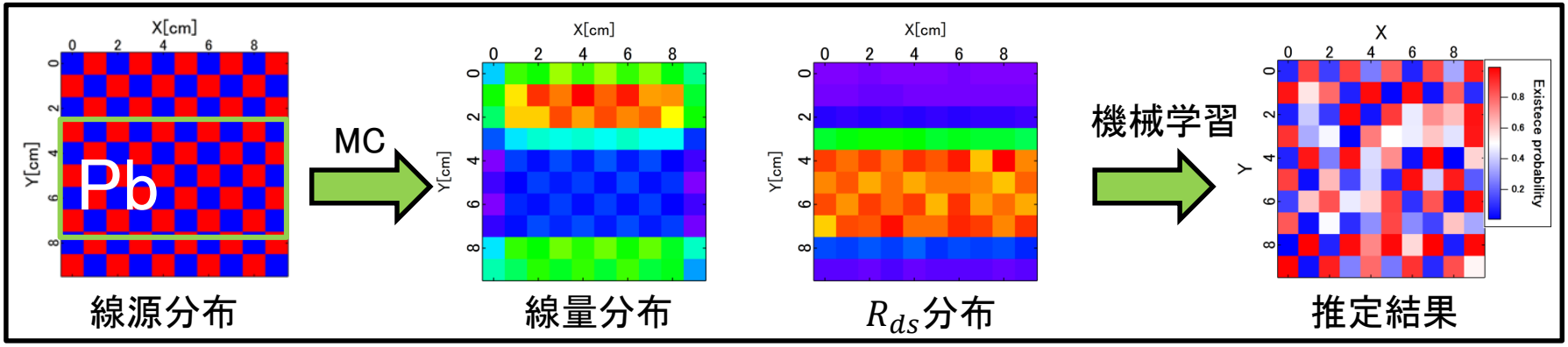




推定結果2-2


X[cm]
Y[cm]
Pb
MC
機械学習
X
Y
Existece probability
線源分布
線量分布
R_{ds}分布
推定結果


X[cm]
Y[cm]
Pb
MC
機械学習
X
Y
Existece probability
線源分布
線量分布
R_{ds}分布
推定結果

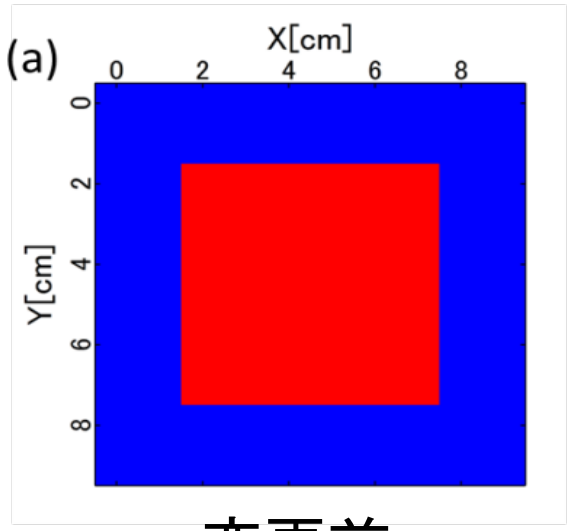

X[cm]
Y[cm]
Pb
MC
機械学習
X
Y
Existece probability
線源分布
線量分布
R_{ds}分布
推定結果

濃度変化を加えた線源分布の推定

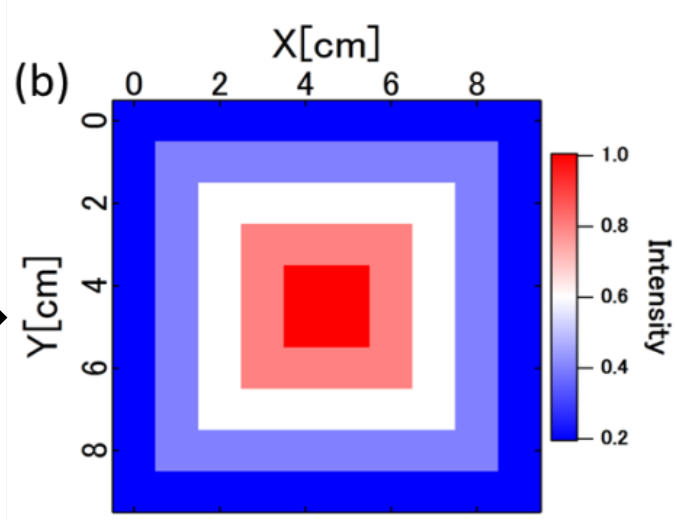
- 線源の設定を変更

変更前
- ^{137}Csが水平に分布
- 赤色のメッシュから662keVのγ線が10万回放射

線源の設定
- ^{137}Csが水平に分布
- 662keVのγ線が放射
- 各メッシュにおいて，最大放射回数を100万回として，放射回数の割合を設定



変更前

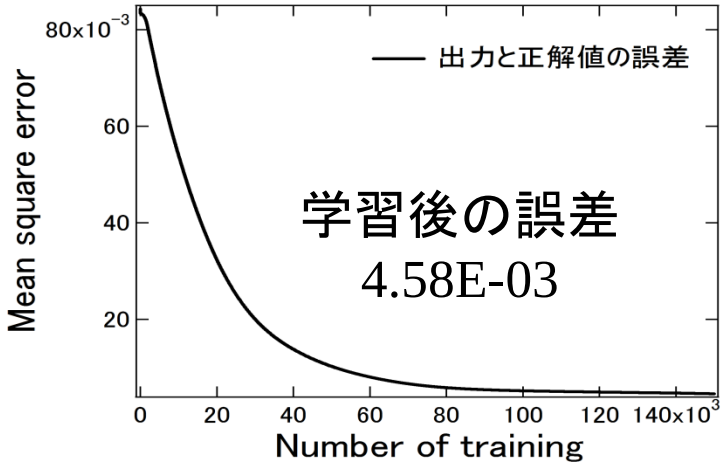


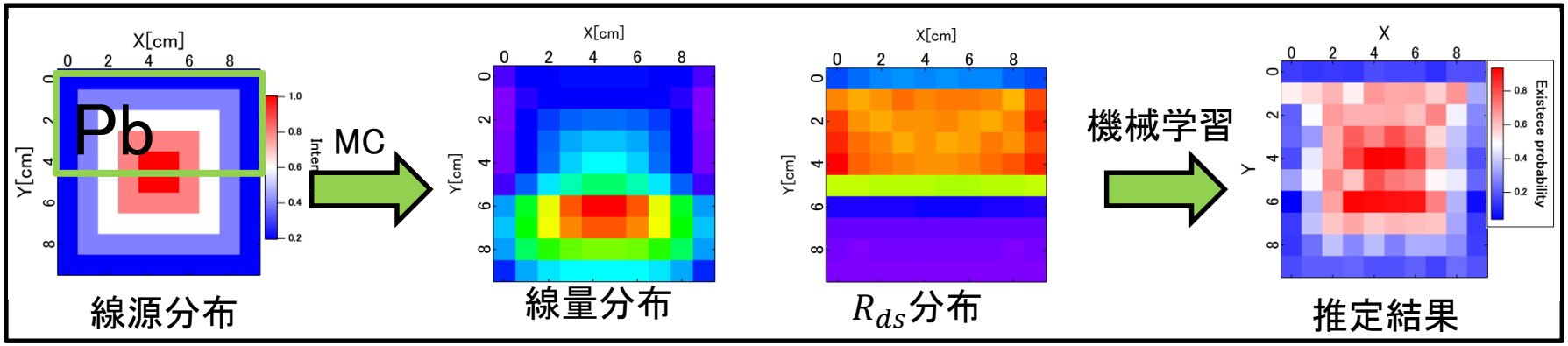
変更後

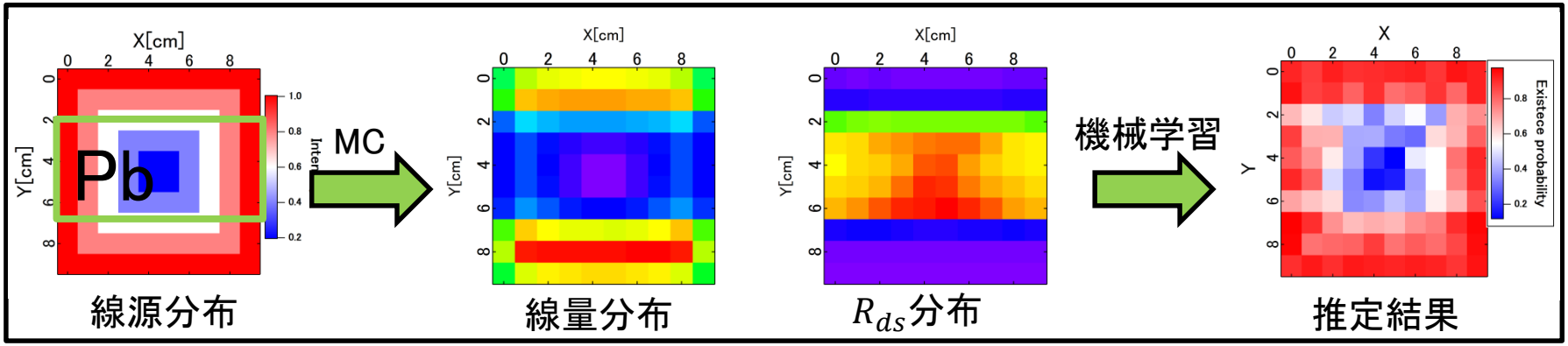
推定結果3-1

設定されたNNのパラメータ

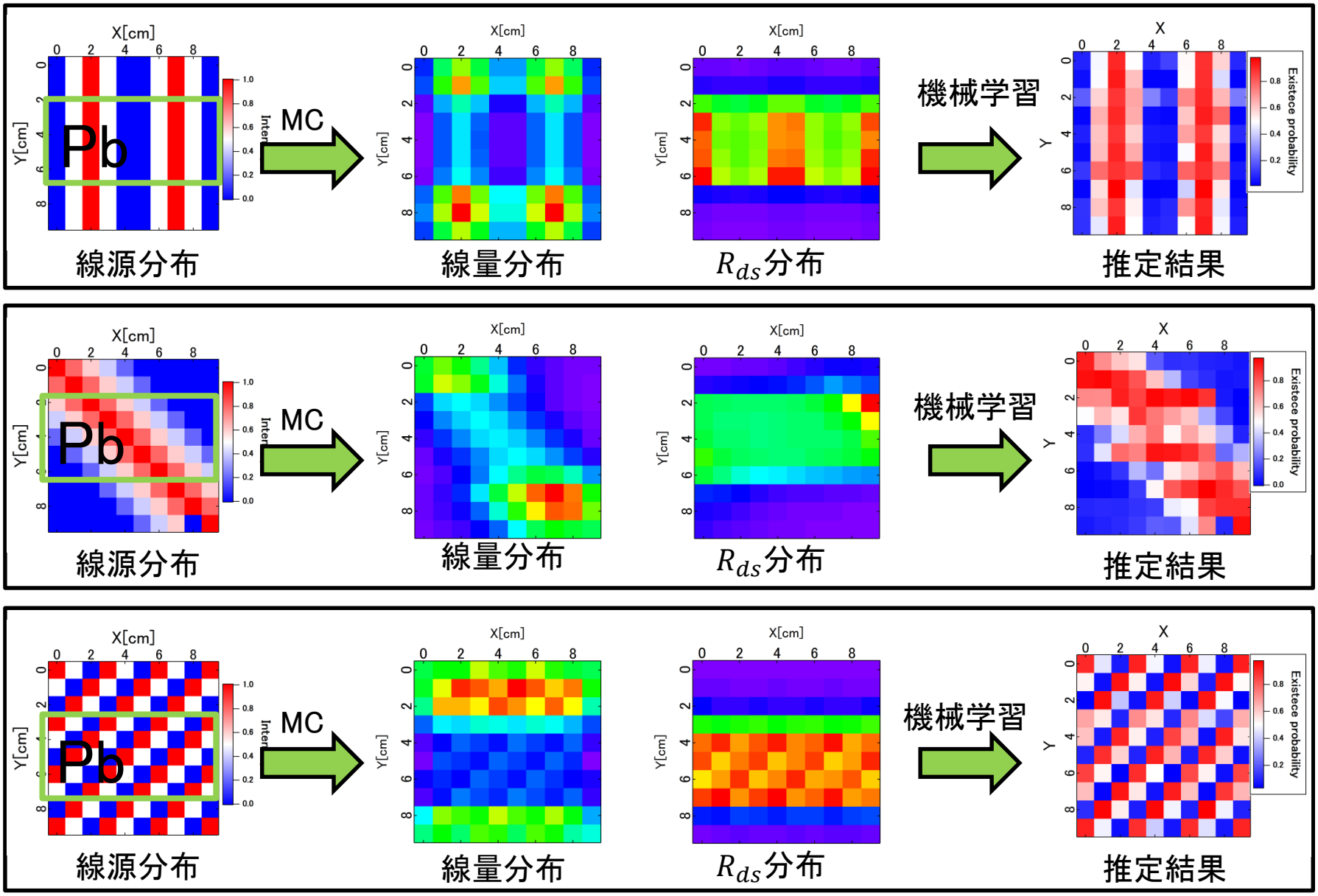
- 層の数： 3層（200-200-100）
- 学習回数： 15万回
- 学習データ数： 2000







推定結果3-2

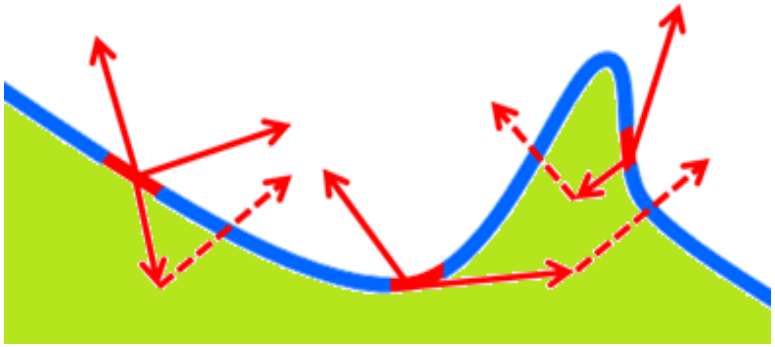

X[cm]
Y[cm]
Pb
MC
機械学習
X
Y
Existece probability
線源分布
線量分布
R_{ds}分布
推定結果

まとめ

- 機械学習を用いて．放射線測定データから放射線源分布を推定することを試みた．
- 測定データはモンテカルロシミュレーションで用意し，学習データとしてニューラルネットワークに入力した．
- 結果として，濃度が変化して遮蔽体が存在する場合でも大まかに線源分布を推定できることが，シミュレーションで示された．

今後の課題

- 三次元に散布された線源分布を扱う．
- 複数の核種が存在する線源分布を推定する．



第４回廃炉創造ロボコン成果報告

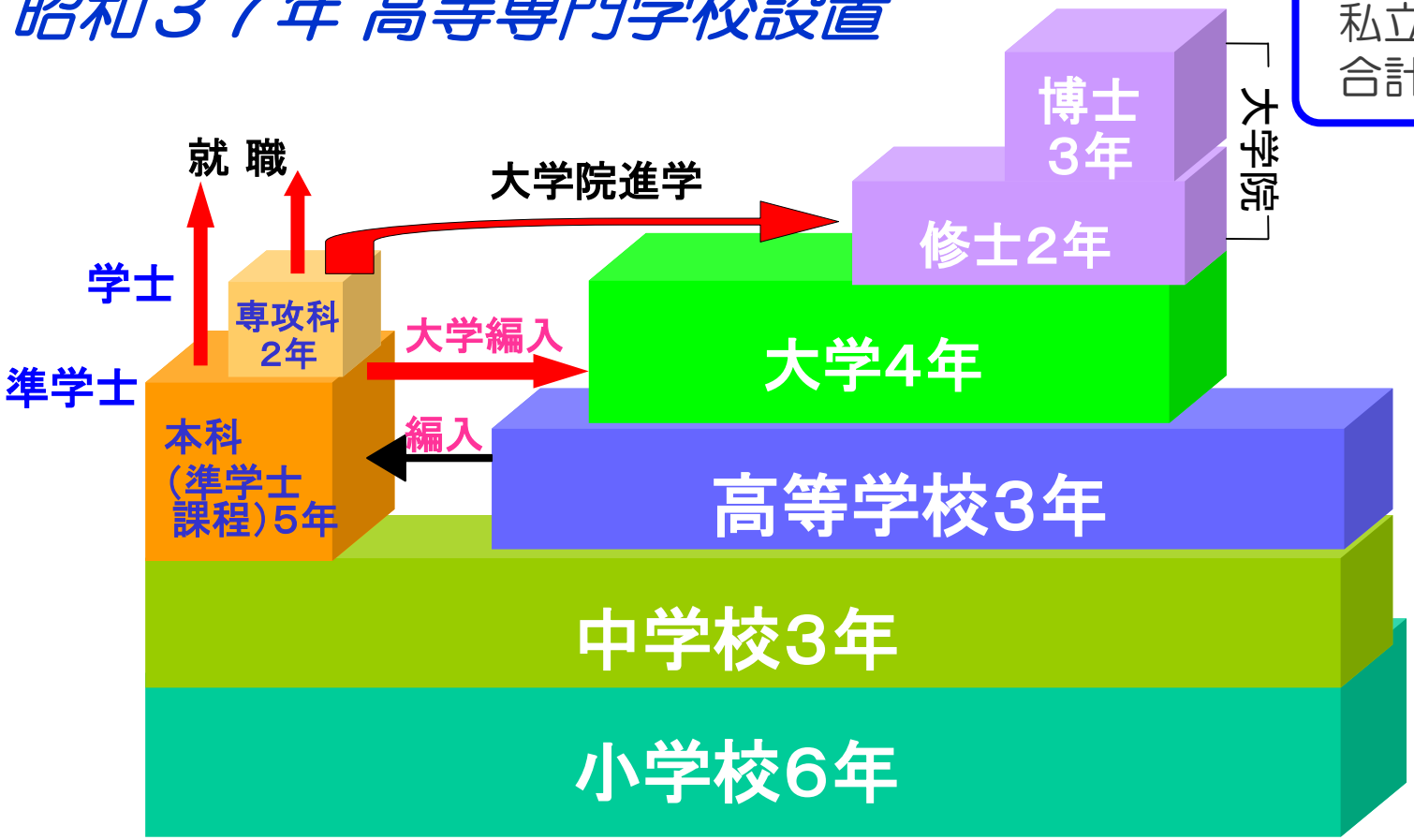
福島工業高等専門学校
機械システム工学科３年
猪狩　涼

ふくしまから
はじめよう。
Future From Fukushima.

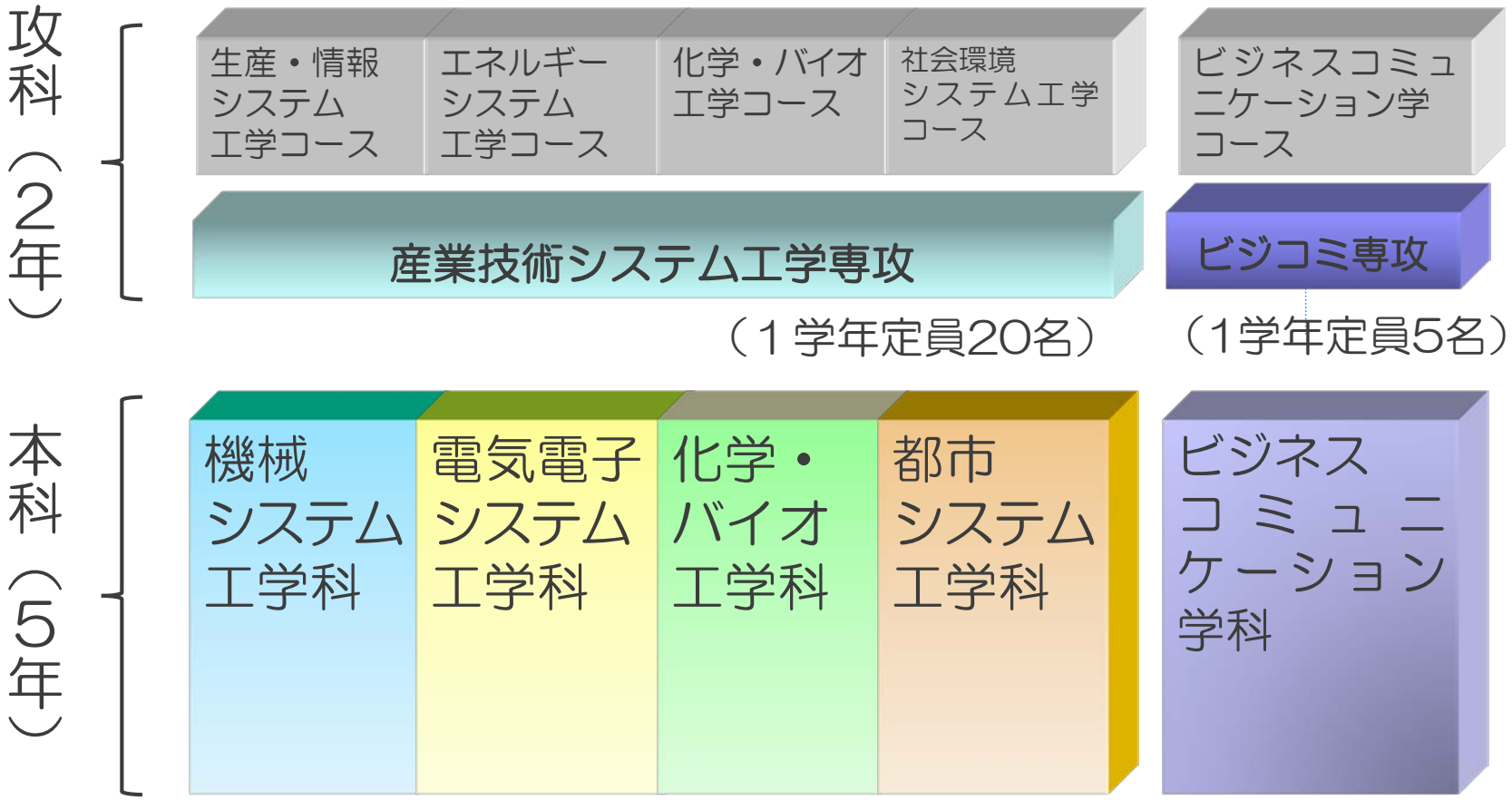
高専について

国立　51校
公立　 3校
私立　 3校
合計　57校

昭和３７年 高等専門学校設置



学科・専攻構成


専攻科（2年）
生産・情報システム工学コース
エネルギーシステム工学コース
化学・バイオ工学コース
社会環境システム工学コース
ビジネスコミュニケーション学コース
産業技術システム工学専攻
ビジコミ専攻
（１学年定員20名）
（1学年定員5名）
本科（5年）
機械システム工学科
電気電子システム工学科
化学・バイオ工学科
都市システム工学科
ビジネスコミュニケーション学科

廃炉創造ロボコンの目的

東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等について　政府及び東京電力は，「東京電力福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」に基づいて，各種の取組を進めている．その中長期ロードマップの中で，「中長期の視点での人材育成及び大学・研究機関との連携」に取り組むことが記載されており，若い世代に関心を持ってもらうためには，ロボットを通じた教育・人材育成が効果的であると考えている．

本ロボコンは，ロボット製作を通じて若い世代の学生に廃炉に関する興味を持たせることを目的として実施する．

本ロボコンで提案された手法・ロボットが直接，福島第一原子力発電所における廃止措置作業に適用されるものではないが，優れたアイデア・技術については適用可能性を検討する．従って，福島第一原子力発電所の現場で実際に活かされるアイデアと技術，ロボット製作を期待する．

実施概要

名　称：第４回廃炉創造ロボコン
日　時：令和元年１２月１５日（日）
場　所：日本原子力研究開発機構　楢葉遠隔技術開発センター
主　催：文部科学省
　　廃止措置人材育成高専等連携協議会
後　援：復興庁　経済産業省　国立高等専門学校機構
　　日本原子力研究開発機構　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
　　国際廃炉研究開発機構　福島県　いわき市　広野町　楢葉町
　　日本ロボット学会　日本原子力学会　原子力安全研究協会
協　賛：㈱アトックス　日立ＧＥニュークリア・エナジー㈱
　　東京エネシス　木村化工機㈱
協　力：古河電池㈱
表　彰：文部科学大臣賞（最優秀賞）　福島県知事賞（優秀賞）
　　高専機構理事長長（アイデア賞）　原子力機構理事長賞（技術賞）
　　特別賞（協賛企業賞）
事務局：福島工業高等専門学校
運　営：廃炉創造ロボコン実行委員会

参加チーム

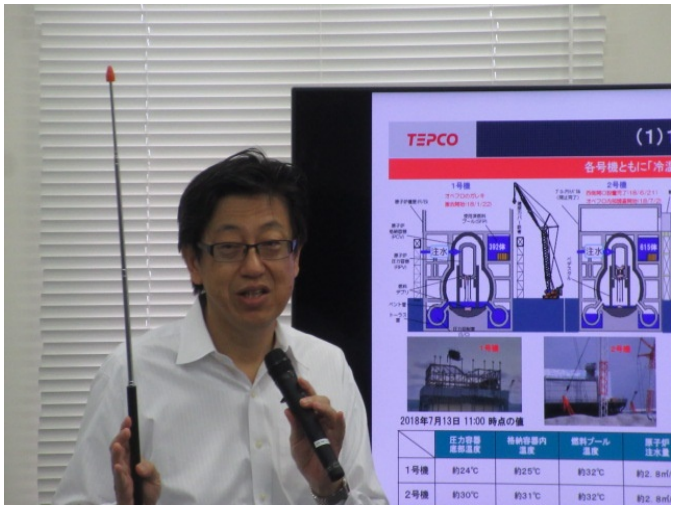
第1回（応募15チーム）15チーム
函館高専（2チーム） 旭川高専 仙台高専 福島高専 東京高専 富山高専
鶴高専 奈良高専 高知高専 北九州高専 熊本高専 都立産技高専 大阪府大高専

第2回（応募25チーム）16チーム
旭川高専 一関高専（2チーム） 福島高専 小山高専 富山高専 長野高専 鈴鹿高専 舞鶴高専
奈良高専 呉高専 高知高専 北九州高専 熊本高専 大阪府大高専
神戸市立高専

第3回（応募21チーム）16チーム
一関高専（2チーム） 鶴岡高専 福島高専 茨城高専 小山高専 長岡高専 富山高専
鈴鹿高専 奈良高専 舞鶴高専 呉高専 熊本高専 大阪府大高専 神戸市立高専
マレーシア工科大学

第4回（応募17チーム） 18チーム(赤字は初参加)
一関高専（2チーム） 鶴岡高専 福島高専 茨城高専 小山高専 長岡高専 富山高専 鈴鹿高専 奈良高専
舞鶴高専 呉高専 熊本高専 大阪府大高専 神戸市立高専
サレジオ高専 マレーシア工科大学（招待参加）

サマースクールの様子



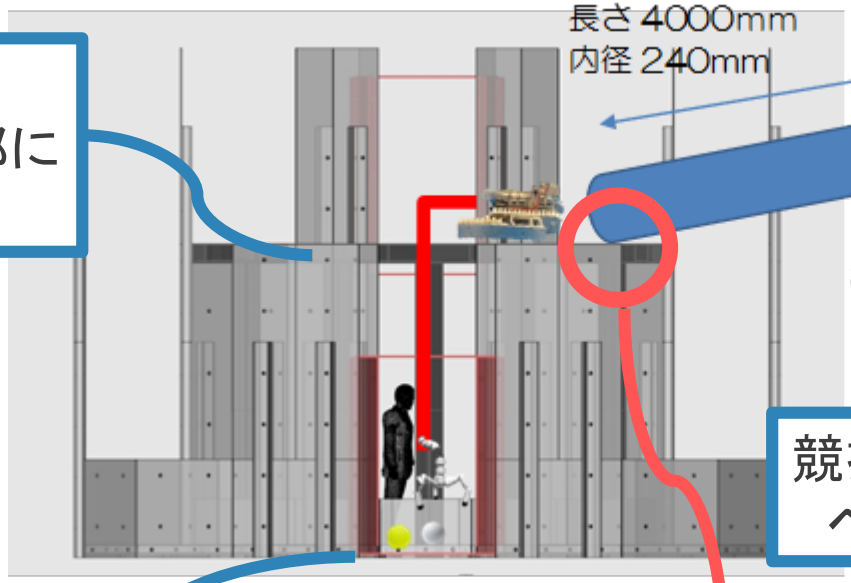
大会の様子

審査員によるヒアリング

文部科学大臣賞

競技フィールド及び競技課題

1Fのペデスタル下部に存在する燃料デブリ取り出しを想定し，
ペデスタルモックアップを競技フィールドとする



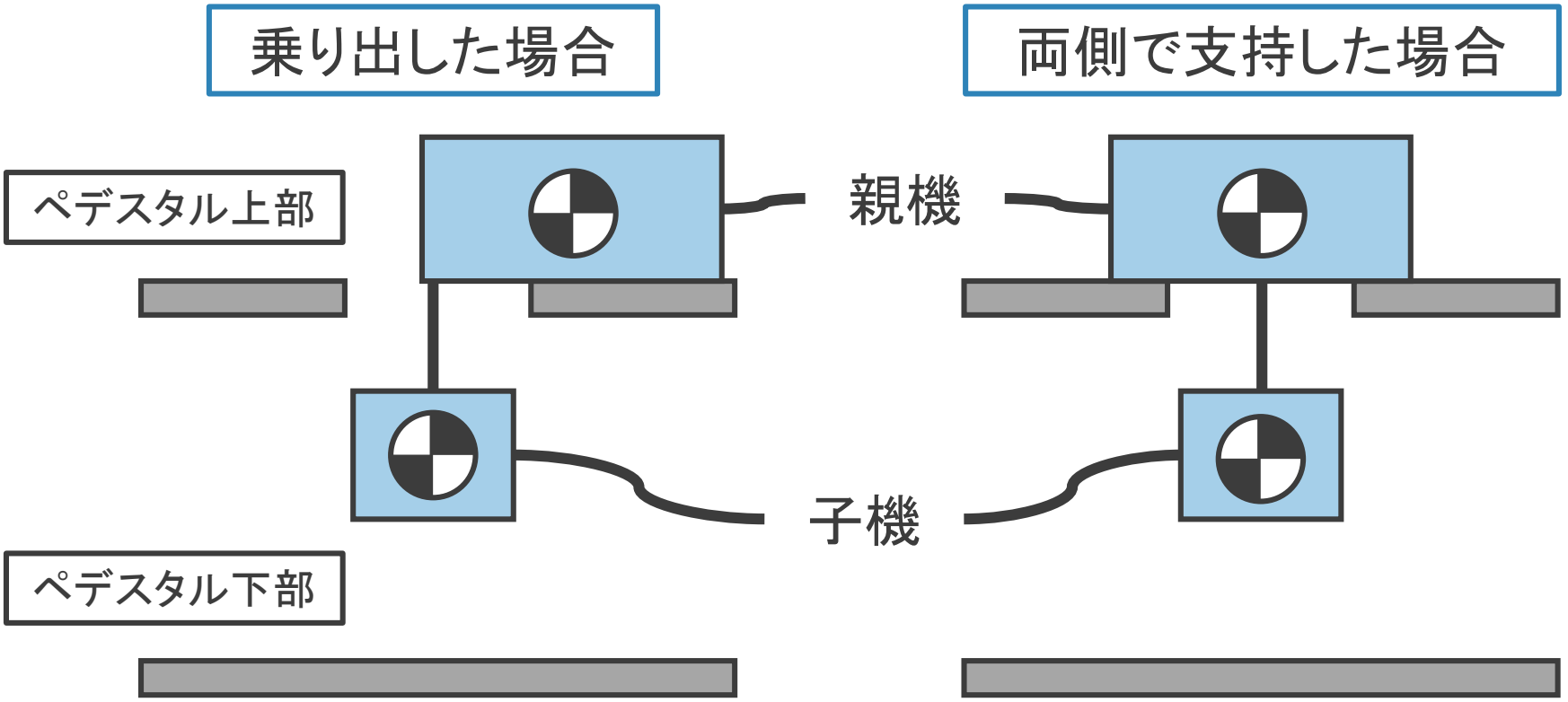
競技課題①
ペデスタル上部に
アクセスする

競技課題③
ペデスタル外に移動する

競技課題②
ペデスタル下部にアクセスし，
燃料デブリを回収する

ペデスタルーパイプ間に
約40mmの段差あり

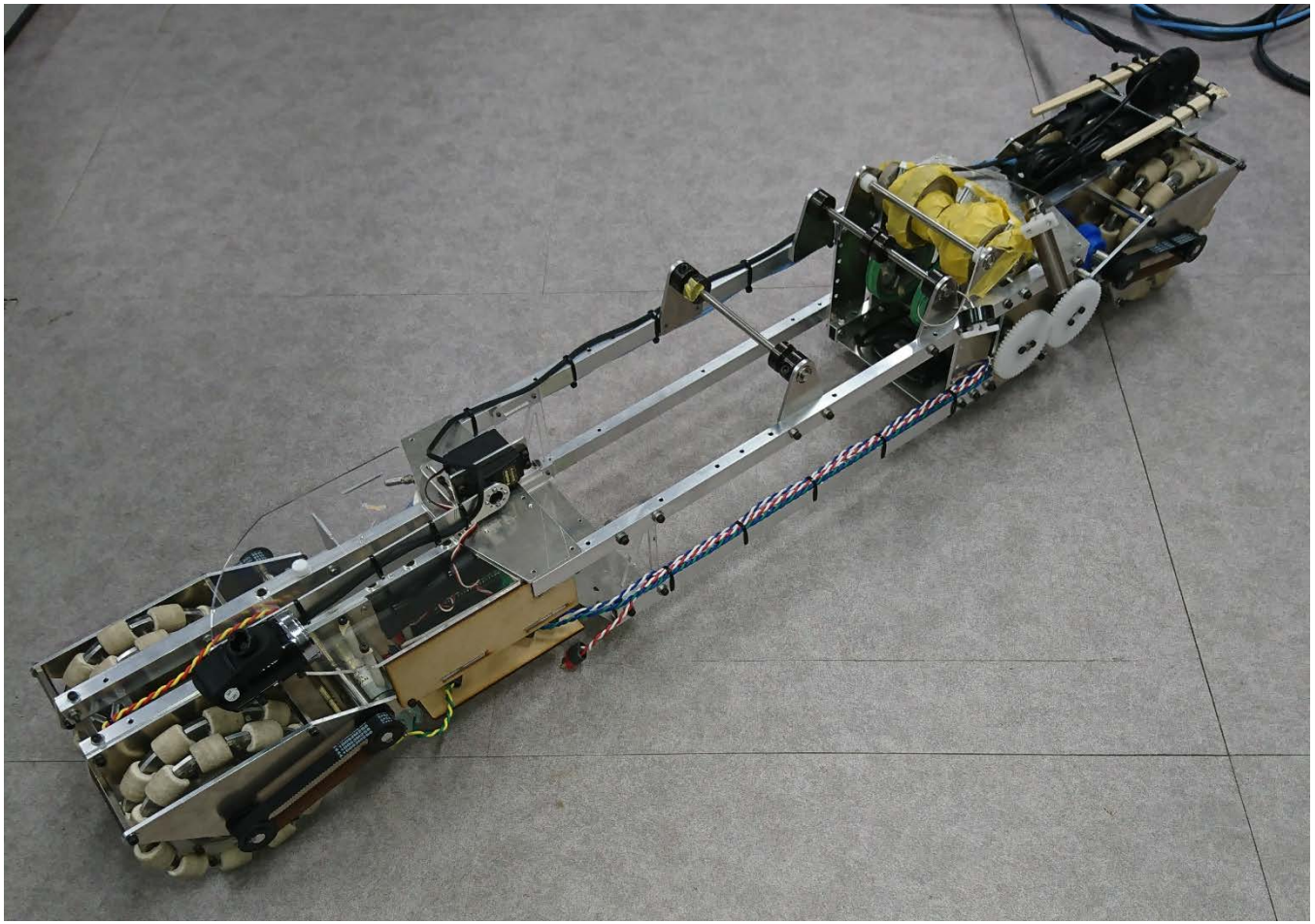
ロボットのコンセプト



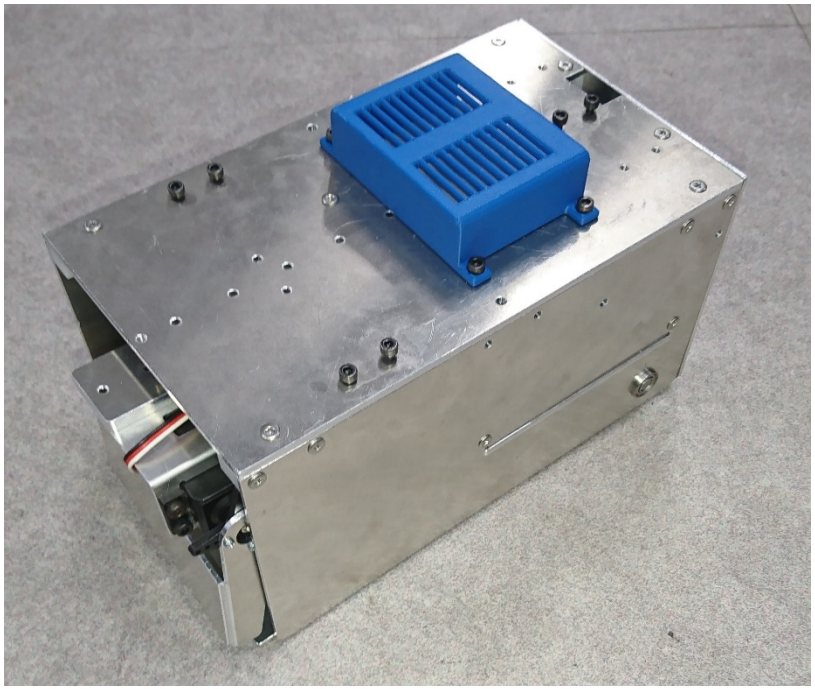
親機が転倒する恐れがある

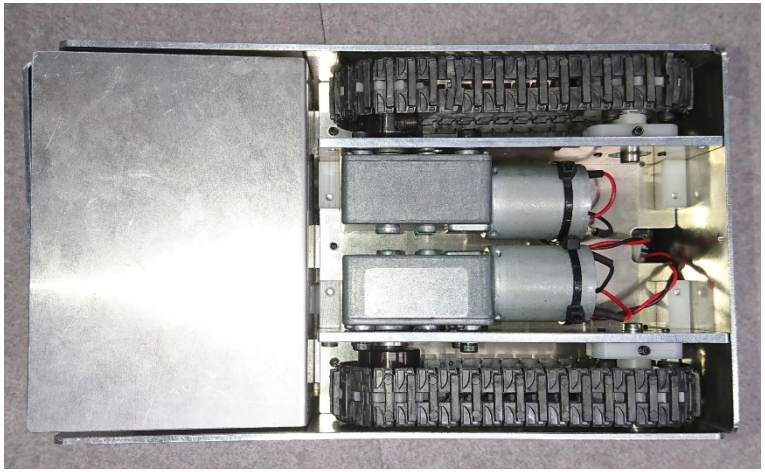
安定した回収作業が可能

製作したロボット（親機）

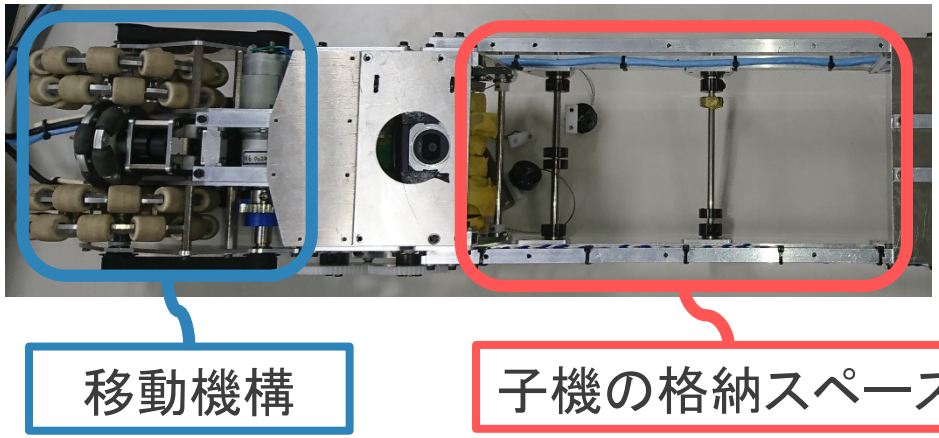


製作したロボット（子機）

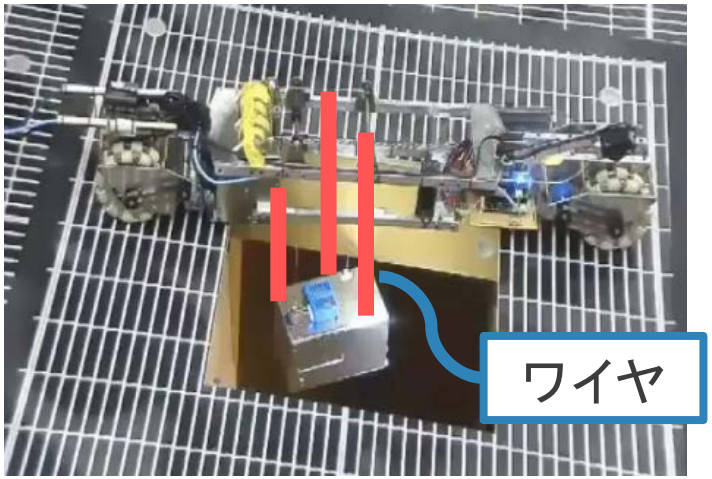




ロボットの工夫点

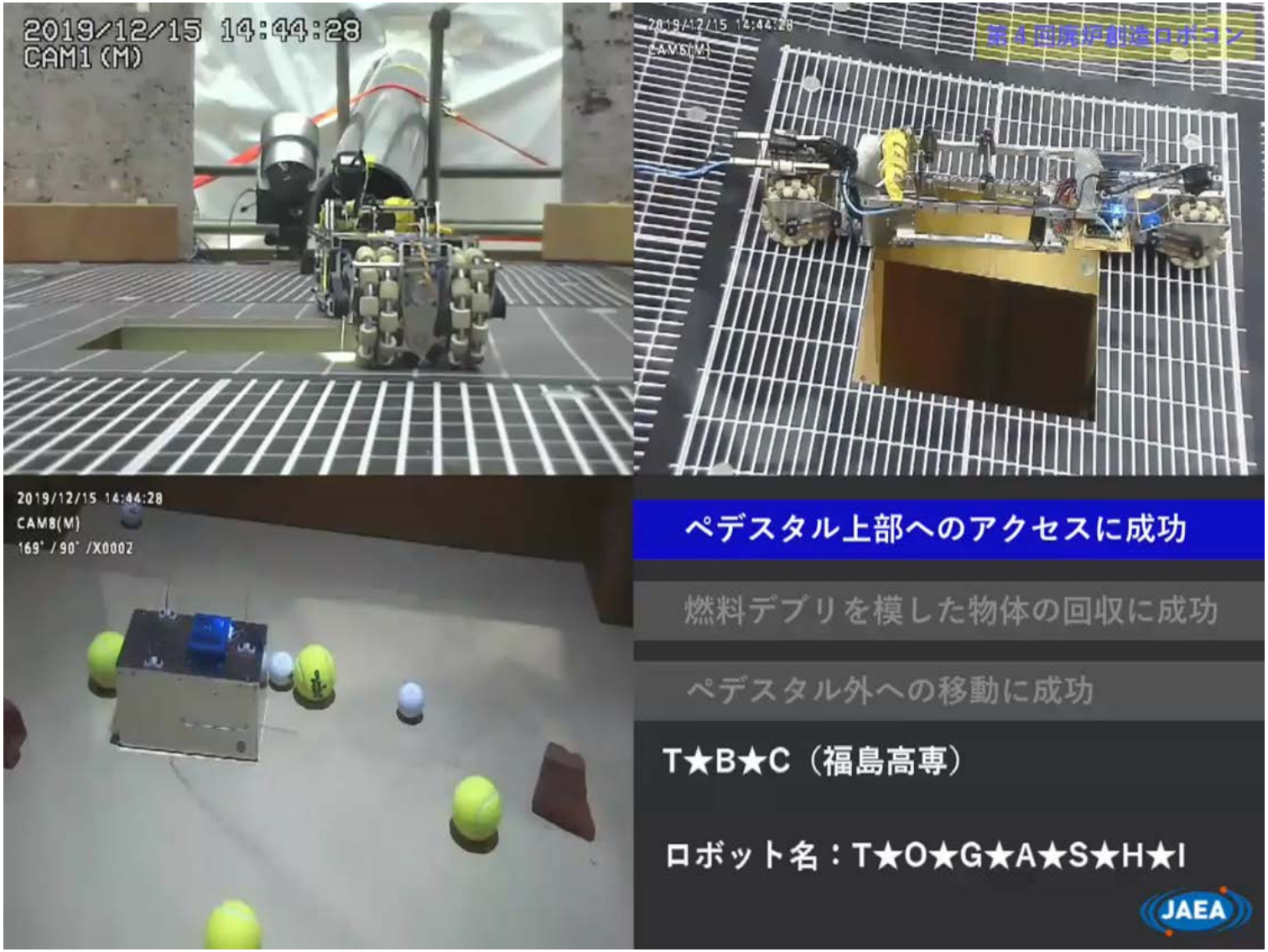


移動機構を小型化し，
子機の格納スペースを確保した



3本のワイヤを巻き取ることで
子機の昇降を行い，親機内に
確実に収納できるようにした

競技の様子


2019/12/15 14:44:28
CAM1 (M)
2019/12/15 14:44:28
CAM8(M)
169° / 90° /X0002
ペデスタル上部へのアクセスに成功
燃料デブリを模した物体の回収に成功
ペデスタル外への移動に成功
T★B★C（福島高専）
ロボット名：T★O★G★A★S★H★I
JAEA

競技結果

表彰名	高専名	チーム名	ロボット名
文部科学大臣賞 （最優秀賞）	鶴岡高専	鶴岡高専Bチーム	かきぴー
福島県知事賞 （優秀賞）	小山高専	小山高専廃炉ロボット 開発チーム2019	Thunder Belt Ⅴ
高専機構理事長賞 （アイディア賞）	舞鶴高専	舞鶴↑Hi-Low↓ 研究会	舞々
原子力機構機構理事長賞 （技術賞）	福島高専	T★B★C	T★O★G★A★S★H★I
特別賞 （アトックス賞）	熊本高専	NIT,K 廃ロボtrio	salvage
特別賞 （日立ＧＥﾆｭｰｸﾘｱ･ｴﾅｼﾞｰ賞）	一関高専	一関高専　藤原研究室 Bチーム	Join-T
審査員特別賞	マレーシア工科大	YATTA	YATTA
観覧者300名（関係者，報道等含む）			

まとめ

- カメラから取得した映像のみで操縦するのは困難だった
- 放射線対策は全くできなかった．今後，耐放射線を向上させる研究に関わりたい
- 将来的には廃炉ロボットの開発にも携わりたい

令和元年度 福島研究開発部門
成果報告会

福島研究開発部門の活動概況報告

令和２年２月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門　企画調整室

宮本　泰明

福島研究開発部門のあゆみ

組織図

2019年4月 現在

- 福島研究開発部門
  - 企画調整室
  - 福島研究開発拠点
    - 保安管理室
    - 計画管理室
    - 福島事業管理部
    - 施設部
    - 廃炉国際共同研究センター
    - 楢葉遠隔技術開発センター
    - 大熊分析・研究センター
    - 福島環境安全センター

沿　革

2011.3

- 東北地方太平洋沖地震
- 福島第一原子力発電所（1F）事故

2011.12

- 政府と東京電力による中長期ロードマップ策定

2011

- 1F事故直後から環境モニタリング・除染活動への支援、国・自治体への支援を実施
- 福島支援本部 設立（同年、福島技術本部に組織再編）
- 福島事務所 開設

2013

- 1Fの廃止措置に向けた研究開発を行う福島廃炉技術安全研究所を設置
- 国際廃炉研究開発機構に参画（IRID）

2014.4

- **福島研究開発部門**として組織再編

2014

2015

- いわき事務所 開設
- 福島県環境創造センター環境放射線センターでの業務開始

2016

- 楢葉遠隔技術開発センター運用開始

- 福島県環境創造センター研究棟での業務開始

2017

- 廃炉国際共同研究センター（CLADS）国際共同研究棟 運用開始

2018

- 大熊分析・研究センター施設管理棟 運用開始

福島研究開発部門の取組み

福島第一原子力発電所事故からの復興に向けて

科学技術的専門性を最大限活用した取組みを実施

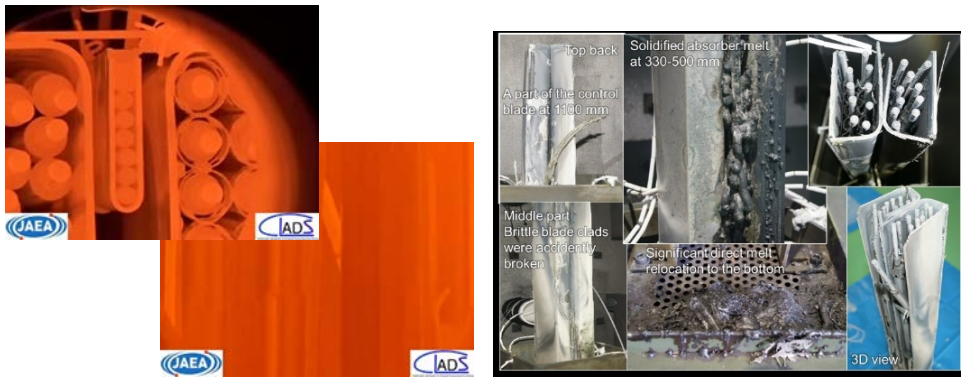
燃料デブリ取出し
放射性廃棄物処理処分
事故進展シナリオ解明
遠隔操作技術開発　等

環境モニタリング・
マッピング技術開発
環境動態研究

研究開発拠点の整備・運用
国内外の研究機関、大学、産業界等の
人材が交流するネットワークの形成
（人材育成）

廃炉国際共同研究センターの活動概況

研究開発：１F炉内状況の解明に関する研究



制御棒ブレード破損試験

事故シナリオの解明に向けて１F事故を模擬した条件で破損試験を富岡町の施設で実施。燃料デブリ（特に金属系デブリ）の特性評価に必要な情報を取得

デブリ取出し工程設計に反映

人材育成：福島リサーチカンファレンス（FRC）

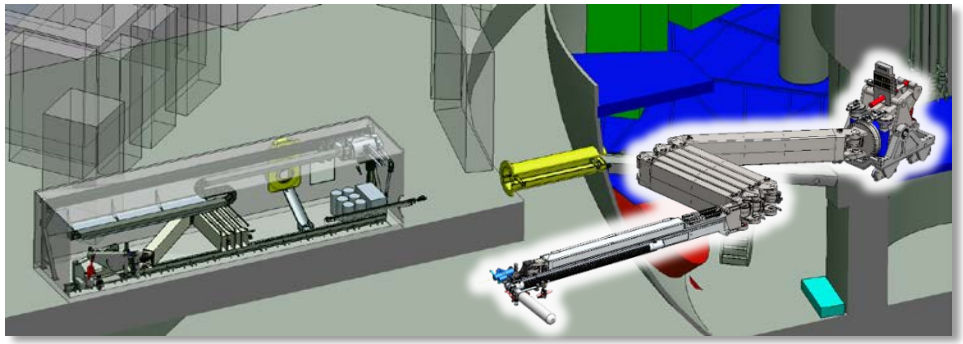
廃止措置関連の基盤研究を取り扱う国際会議2015年より福島県で継続的に開催。2019年度は富岡町、楢葉町等で計５回開催

国内外の廃止措置の専門家による最先端の英知を結集。人材育成のネットワークを形成

※ https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html

楢葉遠隔技術開発センターの活動概況

施設利用：アーム型アクセス装置モックアップ試験



※IRID 第18回鉛年間大会 奥住開発計画部部長講演資料より引用(http://irid.or.jp/_pdf/20191120.pdf)

この成果は、経済産業省/廃炉汚染水対策事業費補助金により得られたものです

燃料デブリ取出し等にむけ、国際廃炉研究開発機構（IRID）によるモックアップ試験を予定

このような施設利用を通じて、1Fの廃止措置に貢献

人材育成：ロボット操作実習プログラムの開設

仮想現実（VR）、ロボット操作・シミュレータなどの体験と講義による実習プログラムを開設

地元 福島県の高校をはじめ、大学・企業等が利用

大熊分析・研究センターの活動概況

拠点整備：放射性物質分析・研究施設（第１棟）の建設

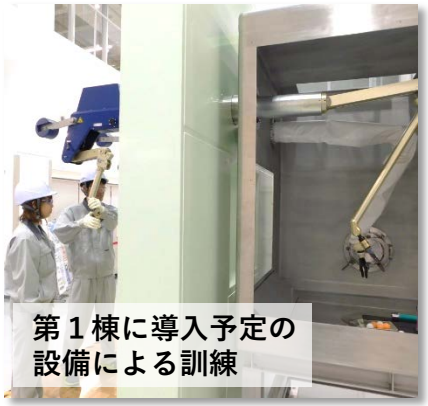
完成予想図

1Fで発生する低・中線量のガレキ類、水処理二次廃棄物等の処理処分にむけた分析を行う施設

2020年度末頃の運用開始にむけ建設中

人材育成：分析技術者の育成

施設管理棟

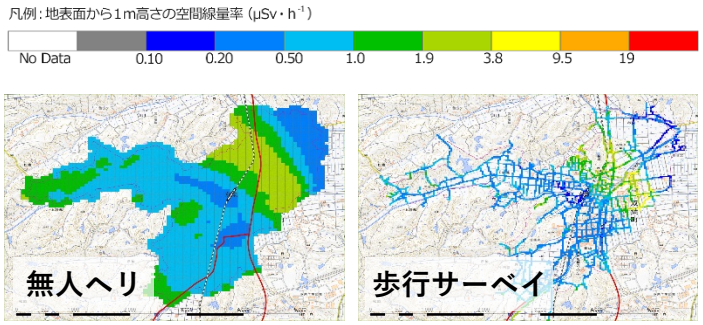

第１棟に導入予定の設備による訓練

施設管理棟のワークショップを活用して第1棟で行う分析作業を想定した訓練等を実施

第１棟の運用開始にむけ、若手の分析技術者を育成

福島環境安全センターの活動概況

研究開発：環境モニタリング・マッピング技術開発



特定復興再生拠点内の環境モニタリング

被ばく線量評価

特定復興再生拠点の環境モニタリングと被ばく線量評価を実施
（規制庁・内閣府からの受託事業）

自治体へ報告、一部の帰還困難区域の解除決定に貢献

人材育成：次世代を担う人材の育成

中学校での講演

研究開発成果のミニ講座

地元 福島県の中学校における講演や研究開発成果のミニ講座を開催

将来の福島の復興と担う世代の人材育成に貢献

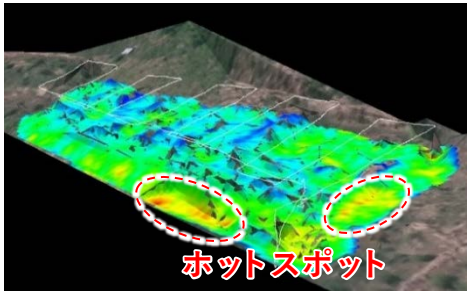
本年度の主な研究開発成果①

放射線源の位置推定が可能な小型軽量コンプトンカメラを載せた遠隔放射線イメージングシステムを開発。放射性物質分布の３次元可視化や局所的な汚染（ホットスポット）の把握に成功

本システムは、帰還困難区域内の広いエリアにおけるホットスポットの把握に有効であり、また1F現場への適用も期待されている

2019.5.9　プレスリリース

遠隔放射線イメージングシステム



航空写真の出典：国土地理院※

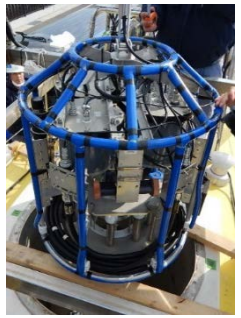
放射性物質分布

1F事故以降の無人船による河口域モニタリングの経験を活かし、福島県浜通りに拠点を持つ企業とともに、放射線測定の他、海底土のコアサンプル採取等、多目的に活用可能な無人船を開発

本無人船では、海底海中の放射線測定に加え、海底土のサンプル採取が可能となり、より詳細な放射能分布を得ることができる

2019.5.24　プレスリリース

開発した無人船

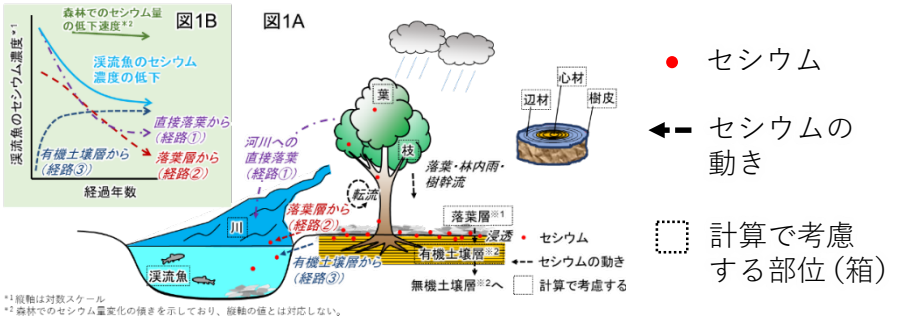


海洋調査用マルチセンサー

これまで蓄積されてきた環境モニタリングデータを利用して森林から渓流魚に取り込まれる放射性セシウムの経路を解明。継続して、渓流魚の放射性セシウム濃度の将来予測に向けた取組みを実施

本成果は、福島県における内水面漁業の再開に向けた今後の見通しを得るために活用されることが期待できる

2019.12.24　プレスリリース



森林内のセシウムの動きと渓流魚への影響（概念図）

※ https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html

本年度の主な研究開発成果②

1F事故由来の放射性セシウムについて、事故後初期に加え、年単位の長期間に対する河川から海への流出量を推定できる計算モデル「MERCUTY（マーキュリー）」を開発

本モデルを利用することで、河川水の農地用水への活用にあたり水門管理などへの利用が期待されている

2020.1.15　プレスリリース

降雨の時間変化(実測値)から
河川水流量の時間変化を計算

↓

河川水流量に応じた
懸濁物質の流出量を推定

↓

懸濁物質に付着／水に溶存する
放射性セシウム濃度の時間変化を推定

↓

放射性セシウム流出量を算出

1F構内排水路の水の放射線測定について、ベータ（β）線とガンマ（γ）線を区別し、かつ実験室でなく現場でリアルタイムに測定できるファイバ型放射線モニタを開発

本モニタを利用することで、排水路への汚染水漏えい有無の判断の迅速化および試料採取・分析を行う作業員の負担軽減が期待できる

2020.1.31　プレスリリース

ファイバ型放射線モニタ

ファイバ部を水に沈めて測定

まとめ

原子力機構は、我が国唯一の総合的原子力研究開発機関として、国内外の英知を結集し、東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所（1F）の廃止措置及び福島の環境回復に向けた研究開発に総力を挙げて取り組んでいます

- 廃止措置の課題解決のための研究開発を主導し、その成果を1Fの廃止措置の現場に橋渡しする取組みを推進し、安全かつ確実な1Fの廃止措置の実施に貢献していきます

- 福島の環境回復に向けては、環境中の放射性物質の移動量の測定や未来予測など、実効的な研究開発を実施し、安全で安心な生活を取り戻すために貢献していきます

- 廃止措置は、長期に亘る取組みであることから、国内外の人材育成ネットワークを構築し、人材の確保と育成に努めていきます

これらの活動を通して、福島の復興への貢献を果たしていきます

令和元年度 福島研究開発部門
成果報告会

福島第一原子力発電所事故条件下での BWR制御棒ブレード崩落挙動

令和2年2月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
廃炉国際共同研究センター

山崎　宰春、プシェニチコフ　アントン

概要

【背景】 沸騰水型軽水炉(BWR)事故の初期段階における制御棒ブレード等の金属系部材の破損・溶融挙動把握の必要性

⇒1Fの廃炉を進めるうえで顕在化した課題

【本研究の目的】

【制御棒ブレード崩落試験装置(LEISAN)の特徴】

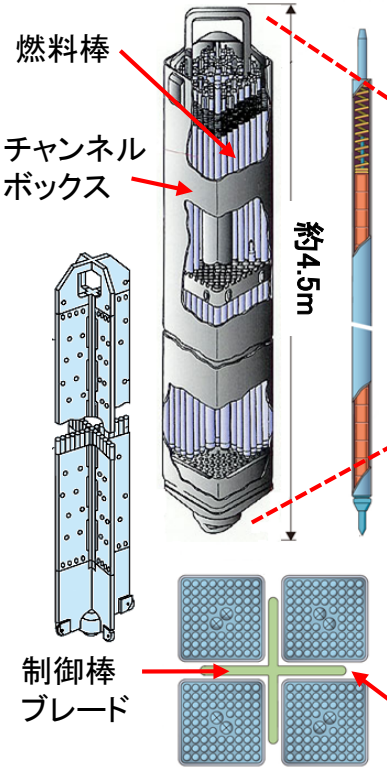
【これまでの主要な成果】

- ✓ 水蒸気枯渇（1F2号機模擬）条件での制御棒ブレード破損挙動
  （事故シナリオの解明）
- ✓ 溶融・崩落物中のホウ素の分布 （デブリ特性の重要課題の一つ）
- ✓ 模擬試験生成物と1F2号機格納容器堆積物との類似性の検討
  （デブリの試験的取出しに向けた知見提供）

背景：金属系溶融物による、その後の事故進展挙動への影響

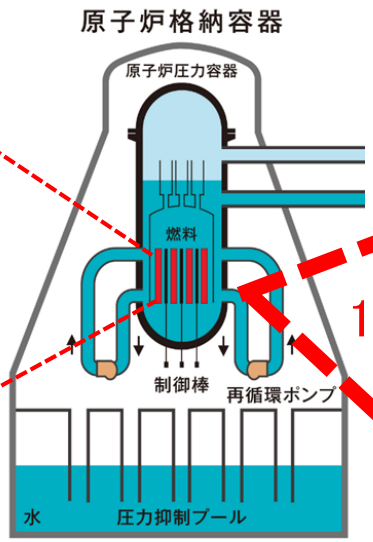
[1Fの廃炉を進めるうえで顕在化した課題]金属系部材が多く、炉内に非均質に装荷されているBWRでは、その破損・溶融挙動が、以降の燃料物質の崩落挙動に影響する。

BWR燃料集合体*

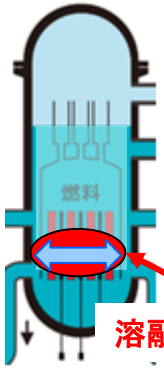


中性子吸収材として炭化ホウ素（B_4C）を内包

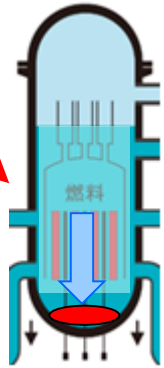
BWR原子炉*



1F?



溶融燃料プール



溶融した金属部材により炉心下部が塞がれる場合、その上に堆積・溶融した燃料が横方向へ広がる可能性（TMI-2型シナリオ**）

・溶融物の温度が高く（＞2500℃）、燃料酸化物が直接下部へ移行する。

金属部材が非均質に崩落し、炉心下部が塞がれない場合、半溶融物質が次第に下に移行する可能性（ドレナージ型シナリオ**）

・溶融物の温度が低く（およそ2300℃以下）、金属部材が燃料酸化物に先行して下部へ移行する。

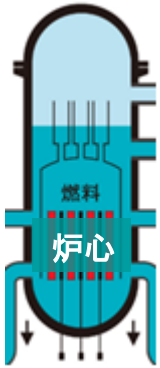
1F事故（1～3号機）ではシナリオの分岐条件は明らかでなく、発生したデブリの特性を推察するためにも、事故条件を模した制御棒ブレード破損・溶融挙動の把握が必要。

*電気事業連合会、HITACHI webサイト、東北電力 webサイト、　**R.O.Gauntt, NUREG/CR-6527, (1997)

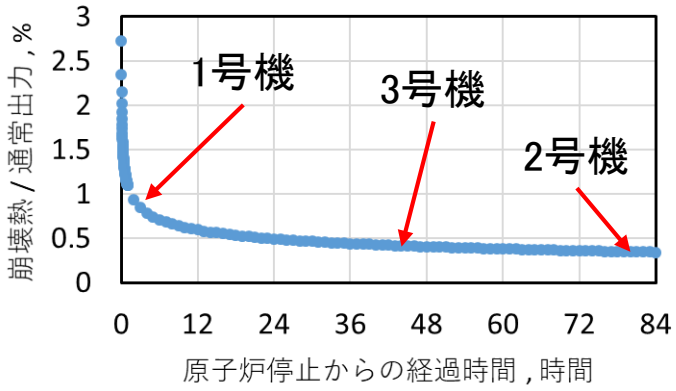
本研究の目的

本研究での着眼点

- 炉心露出時の崩壊熱が異なる。 ⇒燃料集合体破損に影響する昇温速度の相違
- 炉心水位低下傾向が異なる。 ⇒燃料集合体破損に影響する水蒸気量の相違
- 中性子吸収材(B_4C)の挙動が不明。 ⇒デブリ特性への影響（ホウ素分布、化学形）

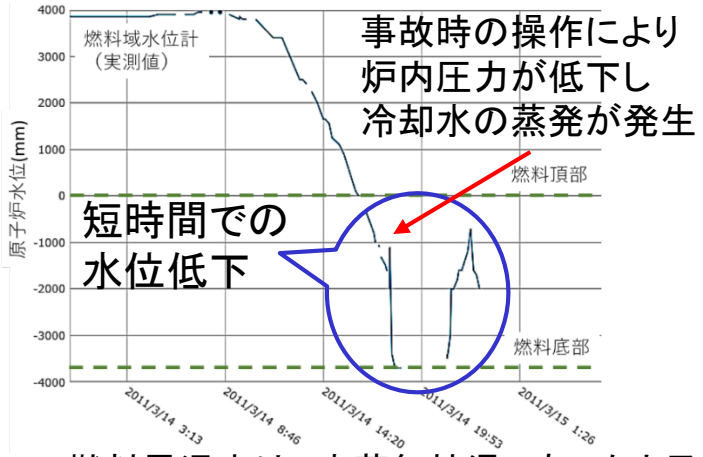


炉心露出時の崩壊熱



⇒冷却水低下による炉心露出時の崩壊熱が異なることにより、以降の燃料の昇温速度に影響する残留熱が異なると予想

2号機の場合の炉心水位変化*



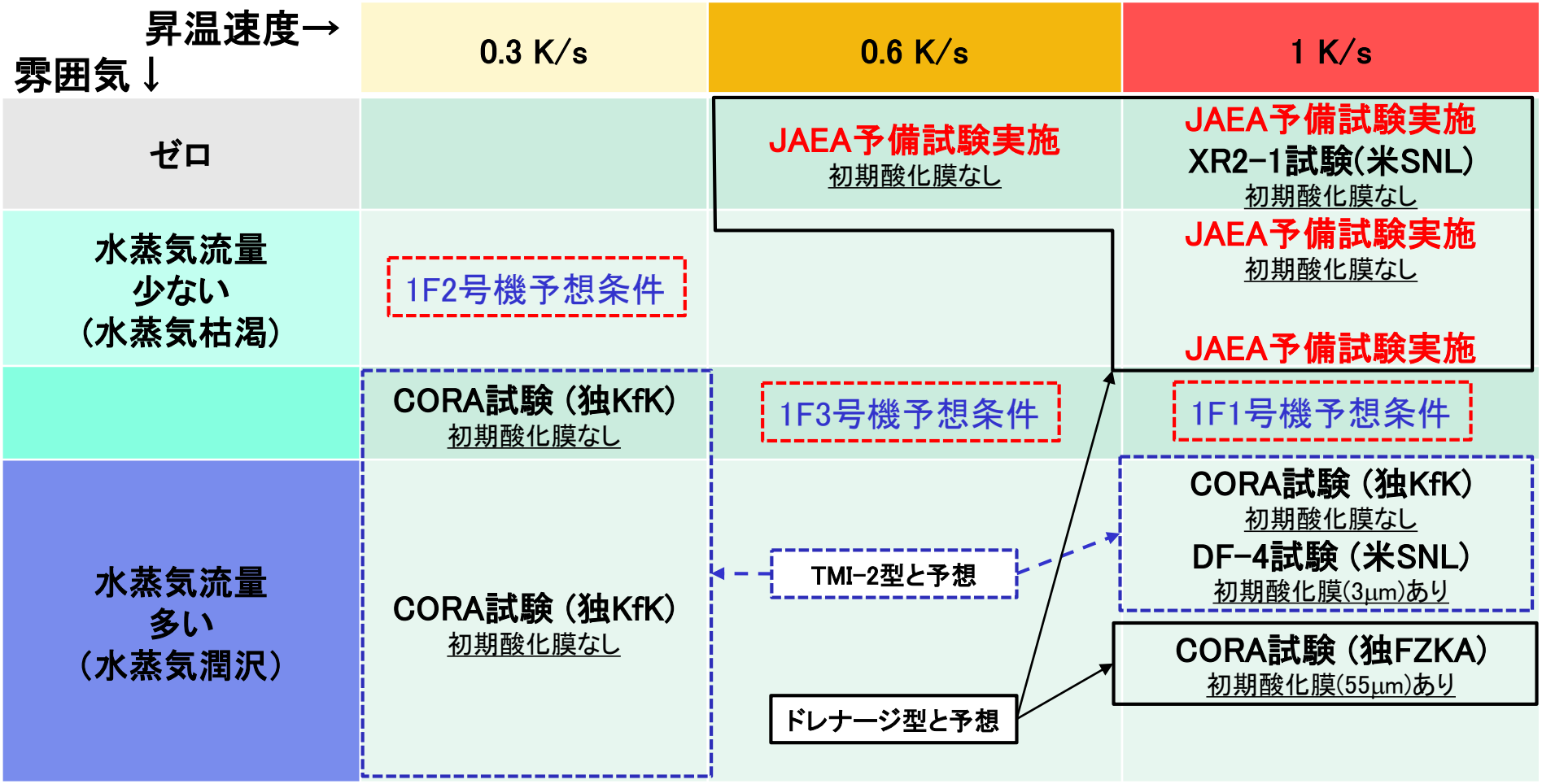
⇒燃料昇温中は、水蒸気枯渇であったと予想

目的：1F事故模擬条件を実現できる装置を整備し、

- 試験を通して制御棒ブレード破損挙動を調べることで、1F事故シナリオを解明し、
- 実デブリの取出しに向けて、その特性（元素分布、化学形、機械的特性）を推察するデータを取得する。

*Information Portal for the Fukushima Daiichi Accident Analysis and Decommissioning Activities

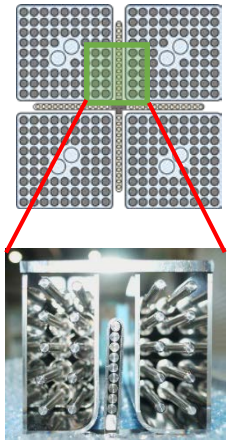
昇温速度と水蒸気流量で分類した事故シナリオの比較
～1F予想条件での知見は国際的に不足～



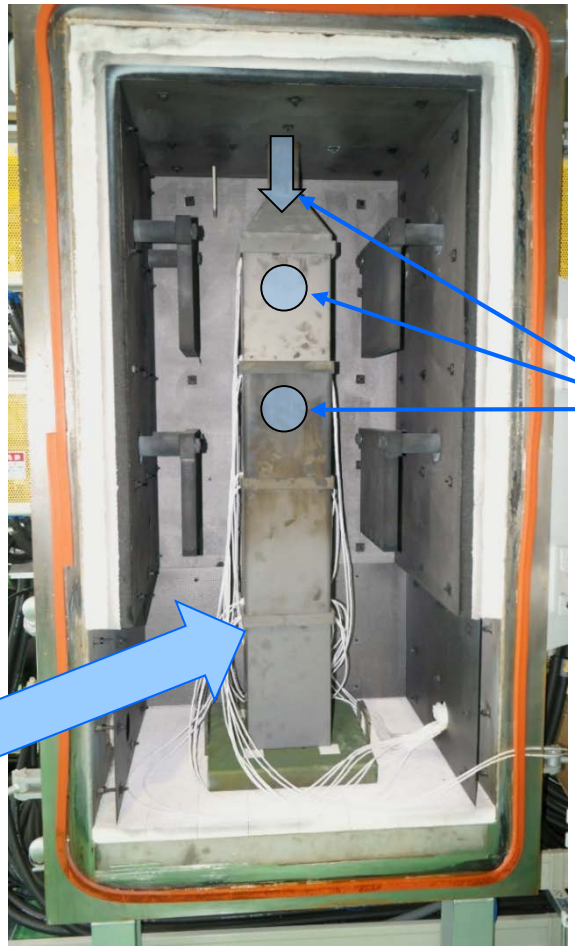
・昇温速度と水蒸気流量だけではなく、チャンネルボックス（ジルカロイ製）表面の酸化膜厚さも重要なパラメータと考えられる。

制御棒ブレード崩落試験装置(LEISAN)の特徴

BWR燃料集合体断面



BWR燃料集合体の
一部を模擬した試験体



制御棒ブレード
崩落試験装置

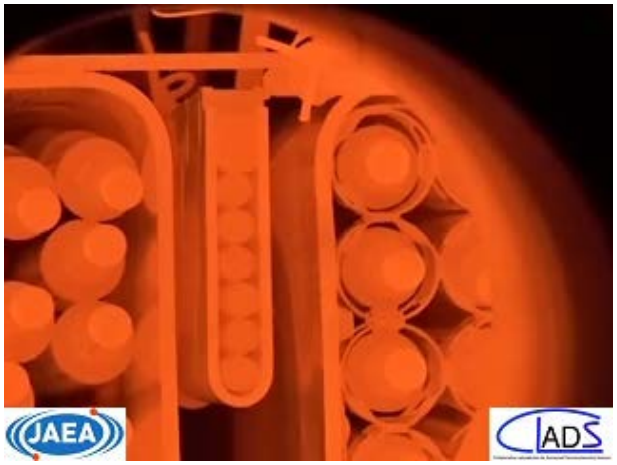
1F事故の検討で必要となる実験条件
- 0.3～1.0℃/秒の昇温速度
- 水蒸気流量が可変
- 軸方向温度勾配付加（約500℃/m）

その他の特徴：
- 試験中のその場観察
  （天井面と背面にビデオ設置）
- オフガス分析

LEISAN : Large-scale Equipment for Investigation of Severe Accidents in Nuclear reactors
廃炉国際共同研究センター
（福島県双葉郡富岡町）に整備

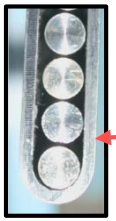
試験中のその場観察

全てのビデオは16倍速

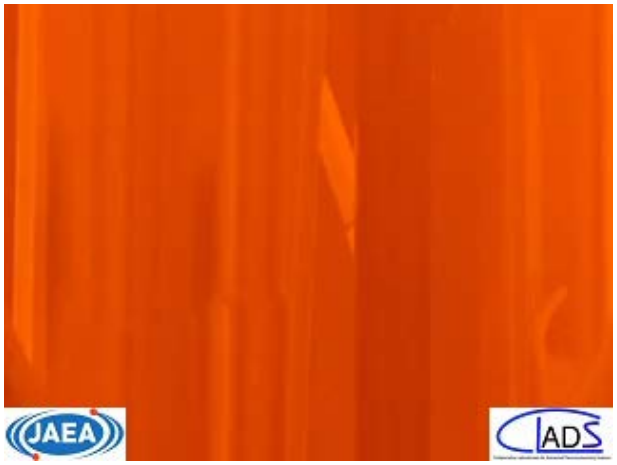


天井面から
観察高さ：1200 mm

・酸化した制御棒ブレードシース上部が直接落下した。



制御棒ブレード
シース



背面上部から
観察高さ：1150−1200 mm

・制御棒ブレード溶解物はチャンネルボックスと反応せず下部へ移行した。

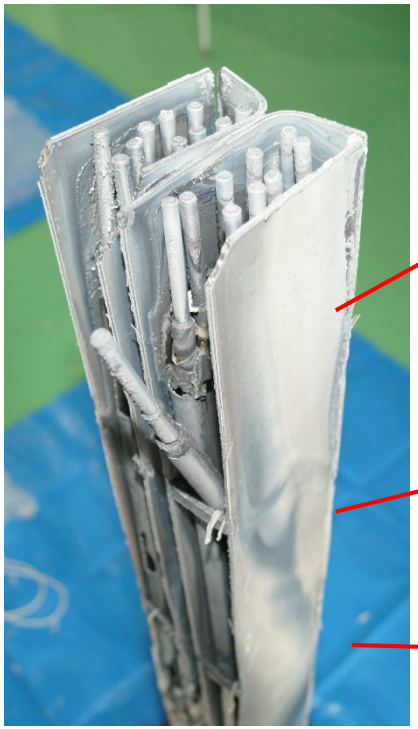
背面中部から
観察高さ：740−790 mm

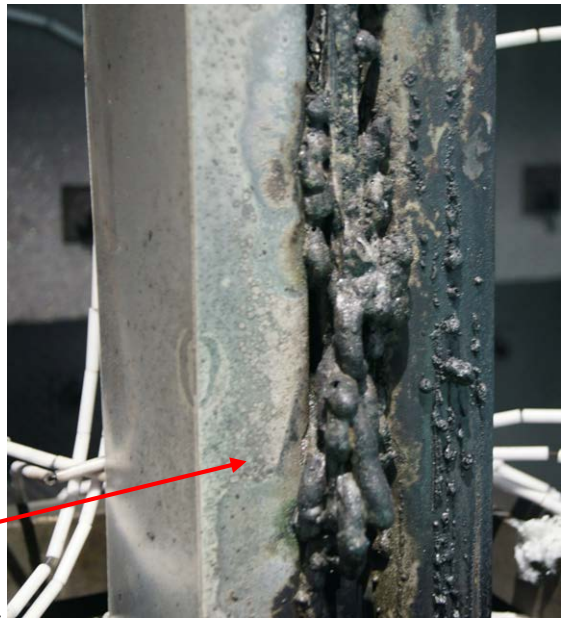
・上部にて溶解した制御棒ブレード溶解物が、下部にて凝固し、チャンネルボックス間の冷却ガス流路を閉塞した。

試験中のその場観察により、制御棒ブレード溶融開始温度、溶融物の移行挙動、凝固温度が把握可能となった。

2号機模擬条件での試験結果*

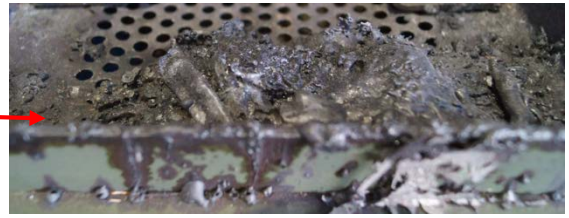
上部での制御棒ブレードのみの溶融・崩落





下部での非均質な凝固・閉塞

金属系溶融物が下部へ直接落下



【試験条件】
水蒸気枯渇条件を再現
（1F2号機模擬）
・初期酸化膜：～50 μm
・昇温速度：0.3 ℃/秒
・水蒸気流量：～40 g/分

水蒸気枯渇条件であっても、通常運転時および事故初期の昇温中に形成されるジルカロイ表面酸化膜によって、制御棒ブレードとチャンネルボックスの反応が抑制され、**制御棒ブレードのみが非均質に先行崩落**することが確認された。
⇒ドレナージ型に進む可能性

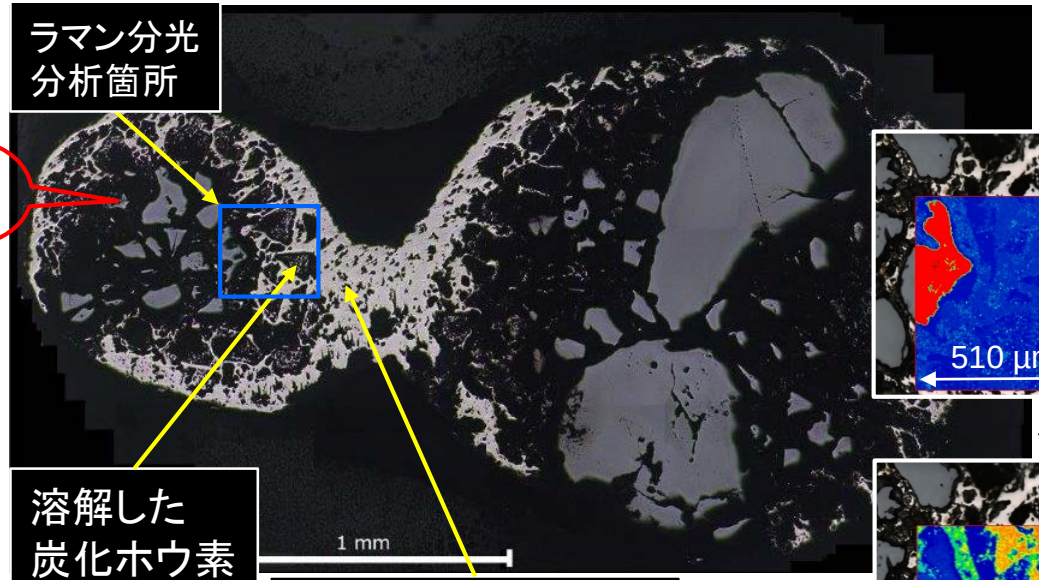
*A. Pshenichnikov, et al., Journal of Nuclear Science and Technology, vol. 56, issue 5, 2019, p.440-453.

溶融した制御棒ブレード内のホウ素の分布*

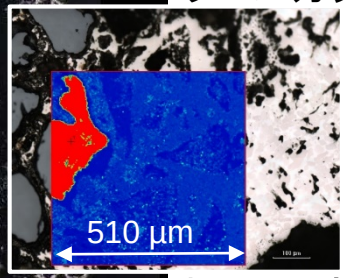
1F2号機模擬試験後に残存した、試験体
上部の制御棒ブレード溶融物断面

試験前の
制御棒ブレード

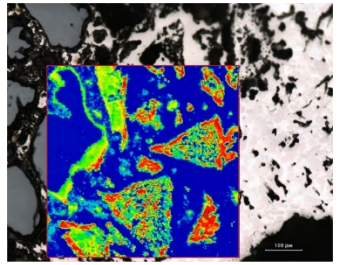
内部に
炭化ホウ素
(B_4C)を含有



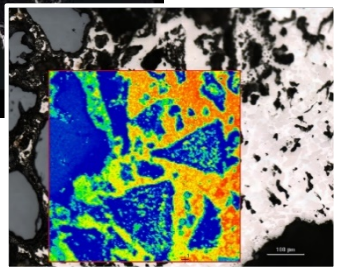
ラマン分光分析の結果



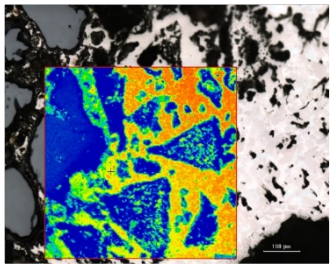
炭化ホウ素



炭素



クロム−リッチ金属

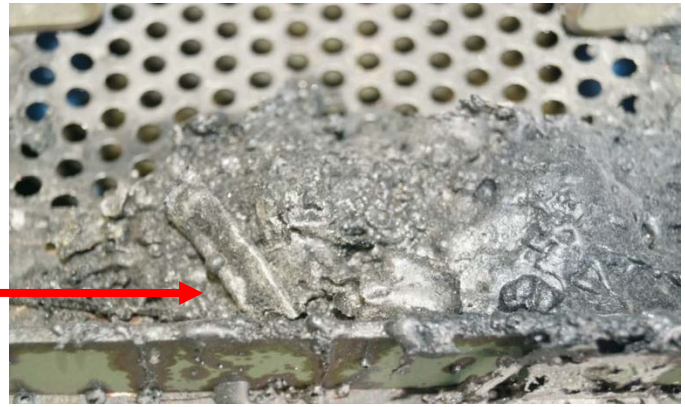


鉄−リッチ金属

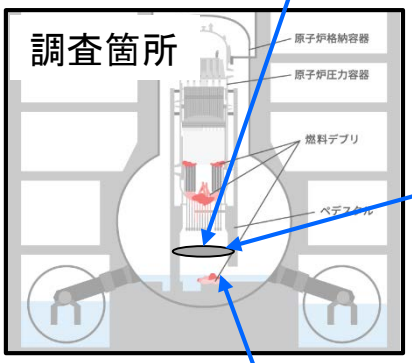
- ✓ 事故初期では、ホウ素は大部分未溶融で、溶融したステンレス鋼に被覆される。
  従って、ホウ素と水蒸気の反応による水素発生や熱発生には寄与しない。
- ✓ 溶融・凝固したステンレス鋼中に、ホウ素が溶解するため、デブリが硬化している
  可能性が示唆される。

*A. Pshenichnikov, et al., 25th International QUENCH Workshop, 22-24 October, KIT, Germany.

模擬試験生成物と、1F2号機内部調査堆積物の比較



溶融した状態で直接下部へ落下し、冷えて凝固したもの
（岩状の堆積物）



溶融前の形のまま酸化し下部へ崩落したもの
（構造物の一部と推定される堆積物）

1F2号機格納容器内堆積物*

LEISAN試験生成物

チャンネルボックスに付着凝固した小石状の堆積物

*TEPCO 福島第一原子力発電所 2号機 原子炉格納容器内部調査 実施結果（2019年2月28日）

まとめ

- 1Fの廃炉を進めるうえで顕在化した金属系溶融物の挙動に係る検討課題について、検証試験を実施できる試験装置を、世界で初めて福島県富岡町に整備した。
- BWR事故で懸念されるドレナージ型シナリオの発生条件の解明に向けて、系統的な試験を実施している。

- これまでの検討により、以下の知見を得た。
  - 水蒸気枯渇条件(1F2号機)においても、制御棒ブレードの先行崩落と非均質な凝固が発生し、ドレナージ型シナリオに進んだ可能性が高い。
  - ホウ素は溶融したステンレス鋼で包まれるため、水素発生や熱発生に寄与しなかった可能性が高い。
  - 2号機模擬条件のLEISAN試験で生成した堆積物は、実際の1F2号機格納容器内部調査での堆積物と形状が類似していた。

    ⇒デブリの特性評価に知見提供
- 今後の展開
  - ドレナージ型シナリオの閾条件解明に向けて、系統的な試験を実施するとともに、1Fで堆積していると予想されるデブリの特性を調査する。

謝辞:本研究の成果は、平成29年度原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業(シビアアクシデント時の燃料破損・溶融過程解析手法の高度化)の一部である。

令和元年度 福島研究開発部門
成果報告会

放射性物質の粒を見る
～アルファ線可視化検出器の開発～

令和2年2月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
廃炉国際共同研究センター
森下　祐樹

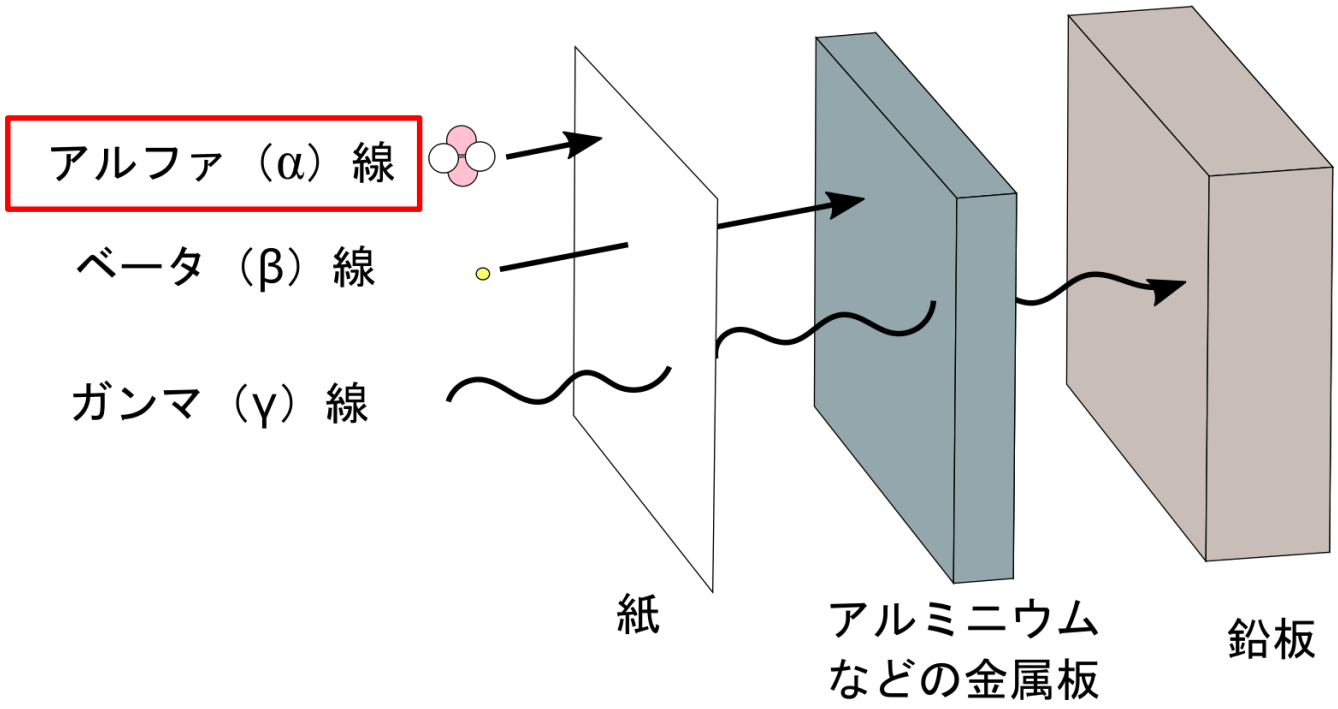
本日の報告の内容

1. 研究の目的
2. 研究の背景
3. アルファ線イメージング装置
4. 測定結果と評価
5. まとめ

1. 研究の目的

- 燃料デブリ取り出し作業で核燃料物質由来のアルファ核種を含む塵（アルファダスト）が発生する可能性がある。
- このため、作業管理での内部被ばく評価において重要なアルファダストがどこで（位置）どのように分布しているか（粒径分布）を迅速・高精度に測定（アルファ線イメージング）することが必要。
- 加えて、アルファ線を精度よく測るには周囲のベータ線やガンマ線と弁別して測定する必要がある。
- 上記の課題を解決するため、1Fの現場でアルファダストの位置と粒径分布の測定が可能な検出器の開発を実施中。

ヘリウム-4の原子核
透過力が小さい（紙一枚で止まる）

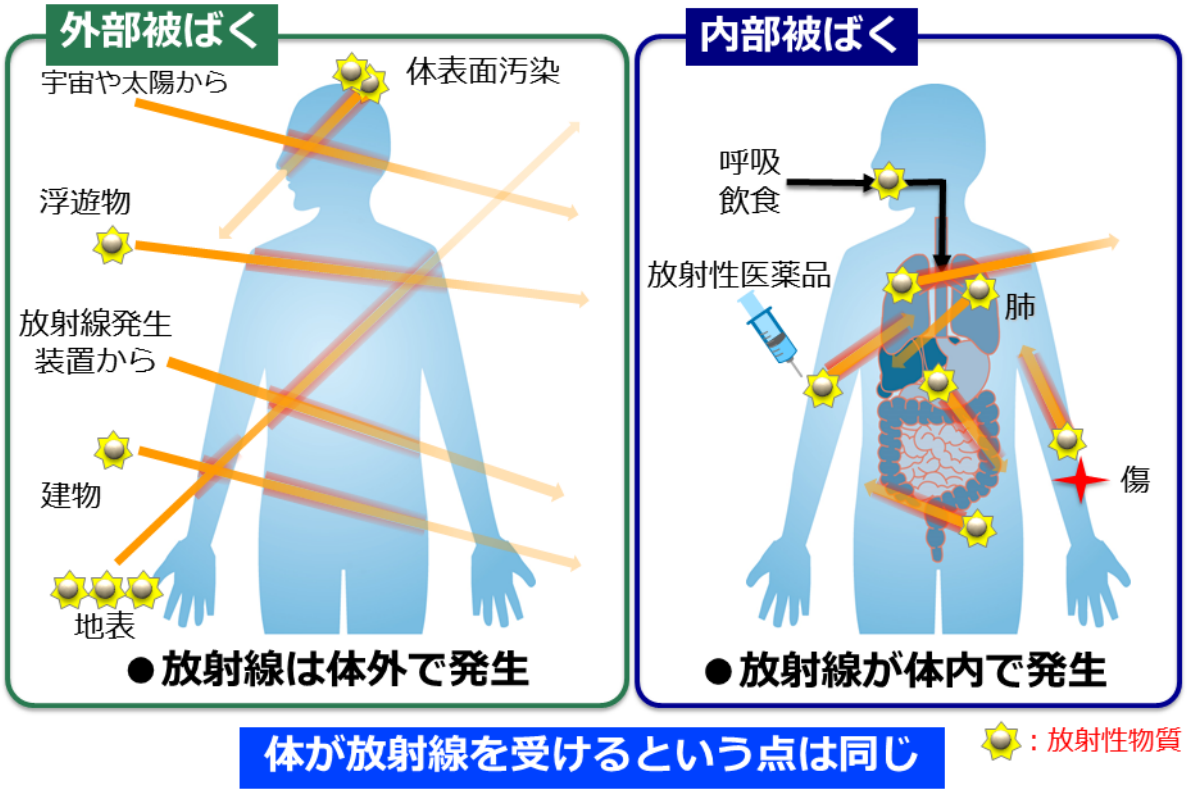


従来は放射性セシウム等のガンマ線の測定がメイン

福島第一原子力発電所(1F)建屋内における、**“アルファ線”**の測定は、
内部被ばく評価上重要。

2. 研究の背景② –アルファ線の人体への影響–

被ばくの経路 **外部被ばくと内部被ばく**



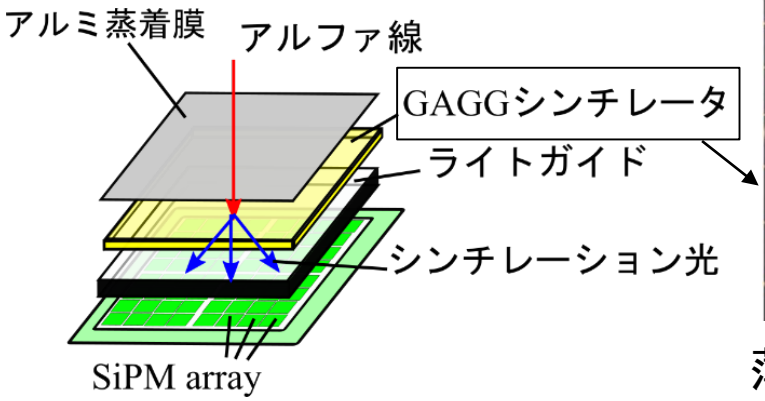
環境省、外部被ばくと内部被ばく
（https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryo/h29kiso-02-01-01.html）より引用

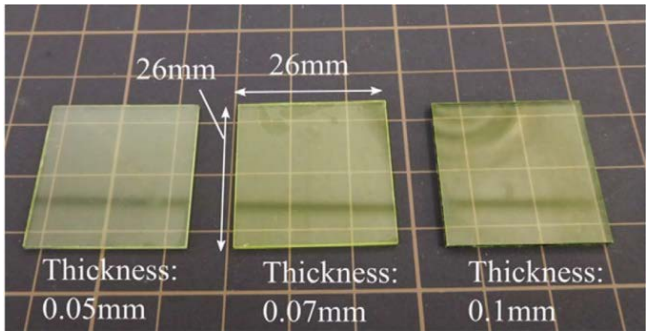
外部被ばくは主にガンマ線による

内部被ばくは取り込んだアルファ核種による影響が大きい

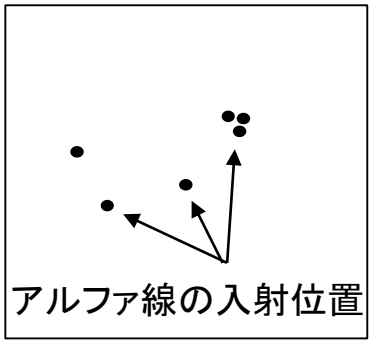
3. アルファ線イメージング装置① ー構成ー

アルファ線が「どのような分布をしているか」測定可能な検出器





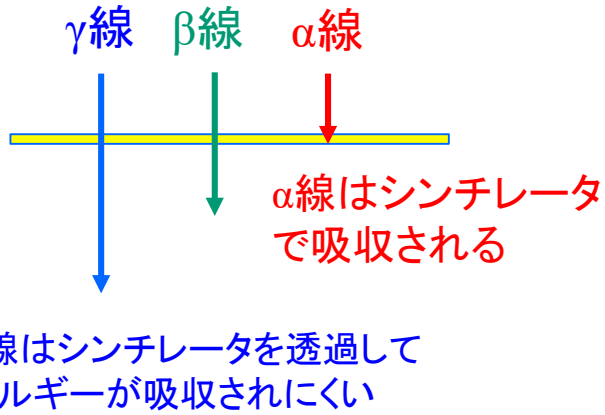
薄膜化したGAGGシンチレータ。
周囲のγ線の影響を受けにくく、
α線に対して感度を有する



アルファ線の入射位置の分布が得られる

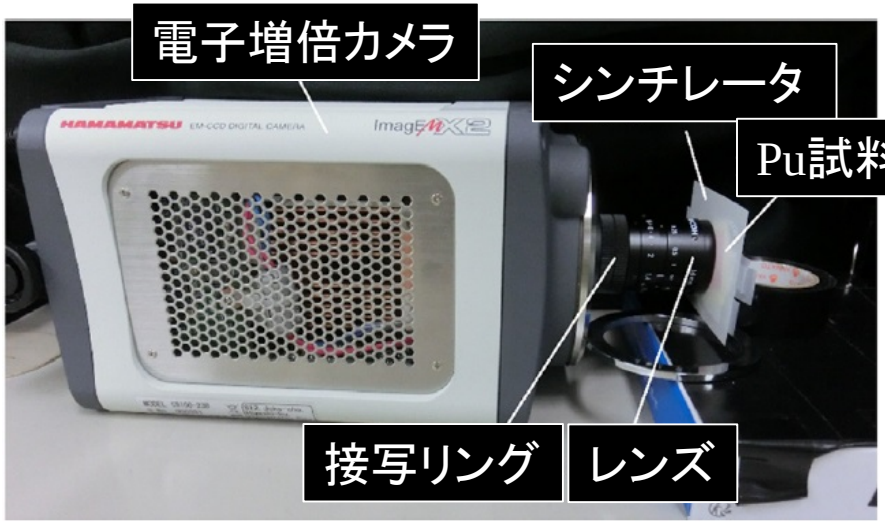
アルファ線位置検出器の構造

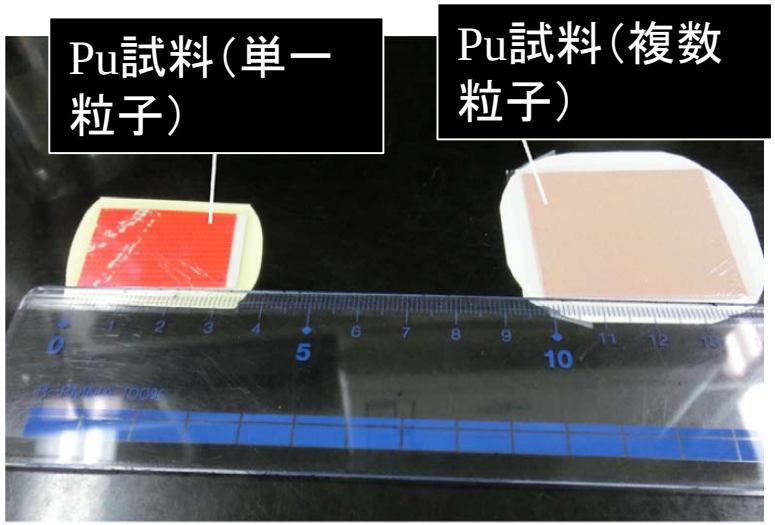
シンチレータ（α線が入射すると発光）と
複数の光検出器（SiPM array）で構成。
α線の位置情報とα線が出すエネルギースペクトル（核種情報）を同時に取得する。



3. アルファ線イメージング装置② ー構成ー

アルファ線の「高分解能で分布測定」が可能な検出器

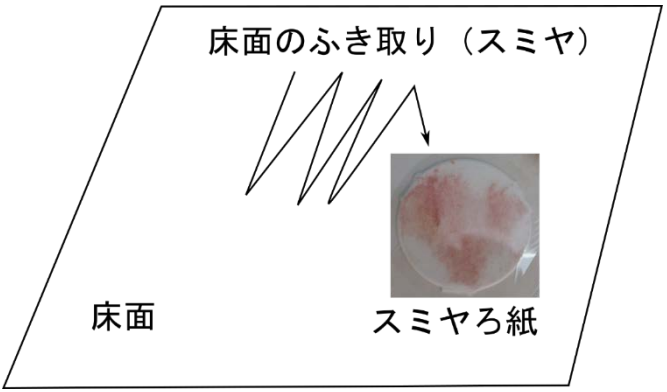




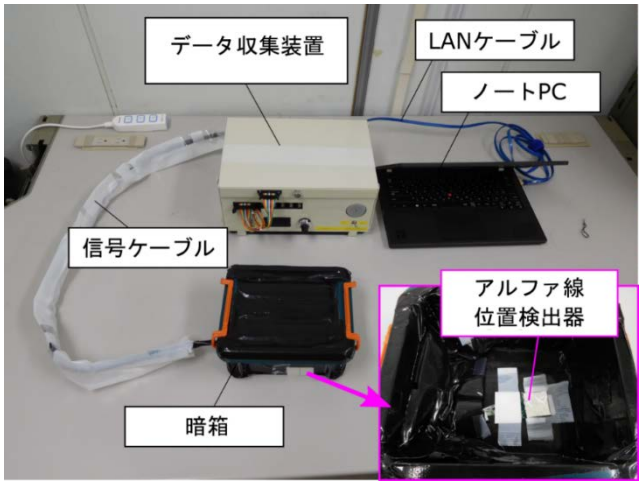
電子増倍カメラ（EM-CCD カメラ）とアルファ線用シンチレータ（ZnS(Ag)シンチレータ）で構成

プルトニウム（Pu）粒子の付着する試料をシンチレータと密接させ測定を行った。

3. アルファ線イメージング装置① ー測定方法ー



スミヤ法による採取

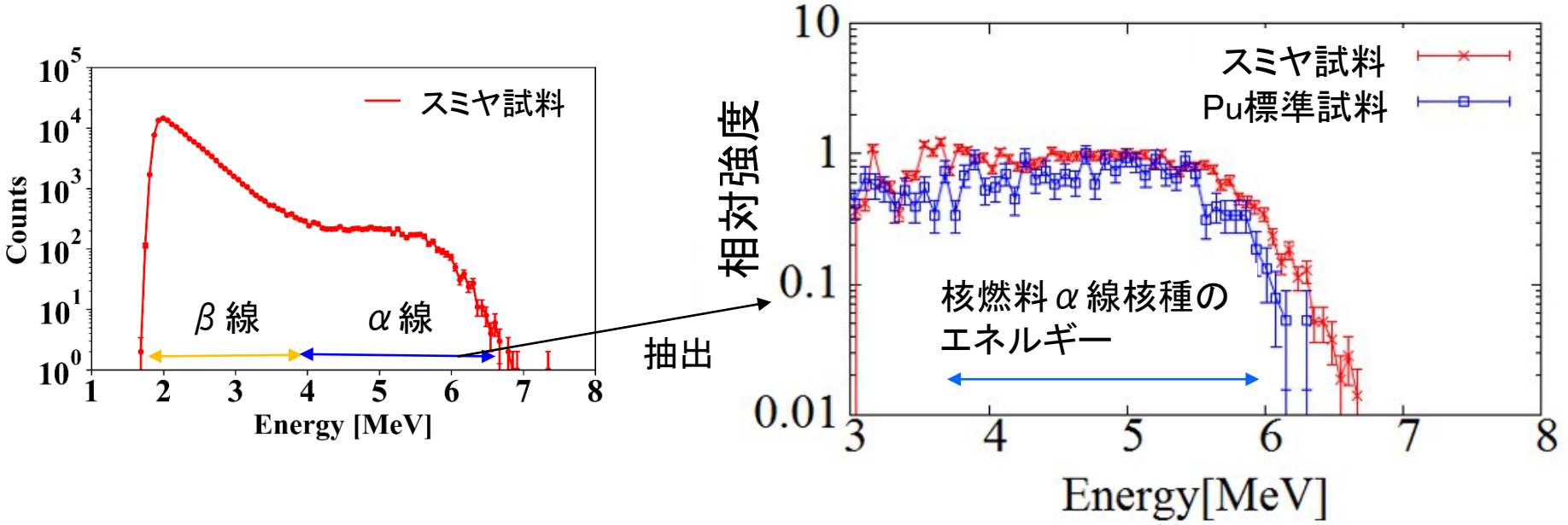


α線位置検出器の外観

測定の様子

2号機及び3号機の原子炉建屋で採取されたスミヤろ紙をα線位置検出器にセットし、スミヤろ紙に付着するα核種を測定。

4. 測定結果と評価
装置①–アルファ線のエネルギースペクトル

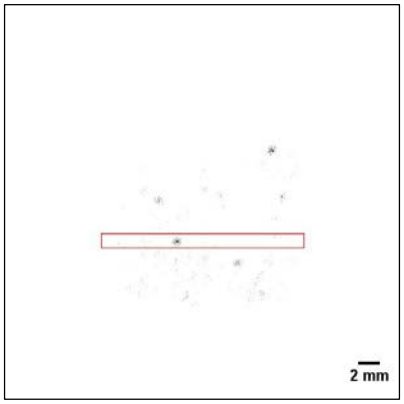


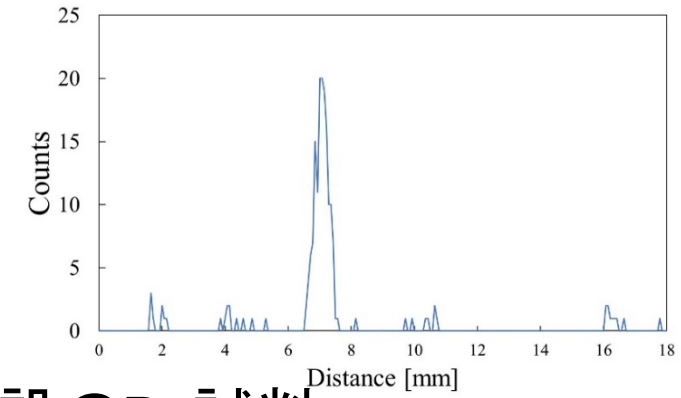
スミヤ試料とプルトニウム試料（^{238}Puが主）のα線エネルギースペクトルの比較。（^{238}Puのα線エネルギー（5.5MeV）付近において両者のスペクトルが一致）

➡ 測定したアルファ線は核燃料由来のアルファ核種

4. 測定結果と評価
装置①–アルファ線の2次元分布

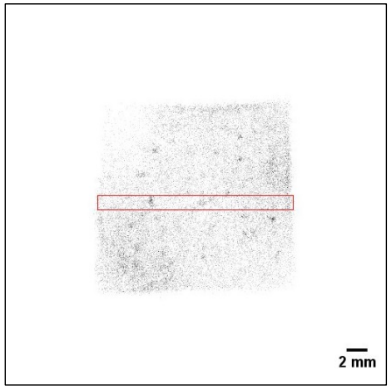
・核燃料施設のPu試料は局所的な分布のみが点在

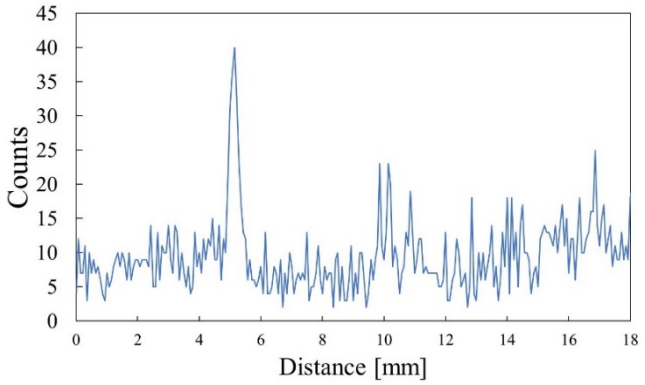




核燃料施設のPu試料

・福島第一原発のスミヤ試料は局所的な分布と一様分布が混在



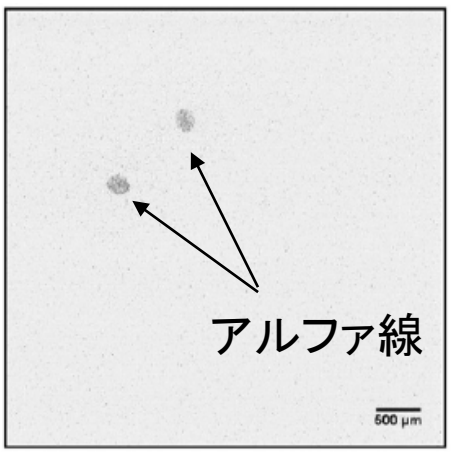


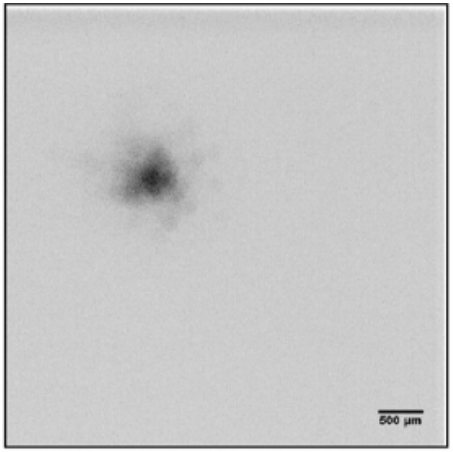
福島第一原発のスミヤ試料

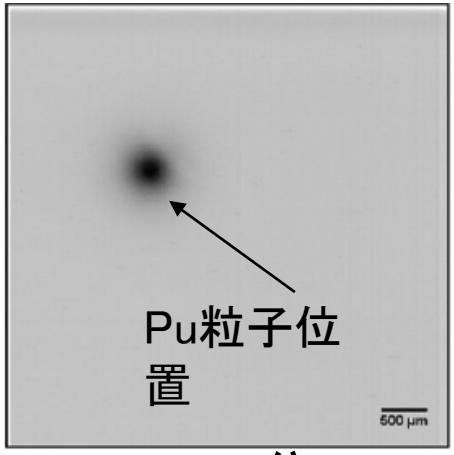
粒径分布が異なる可能性がある。被ばく評価上、アルファ線の「高分解能で分布測定」が可能な検出器が必要

4. 測定結果と評価
装置②ーアルファ線のイメージングー

Pu単一粒子

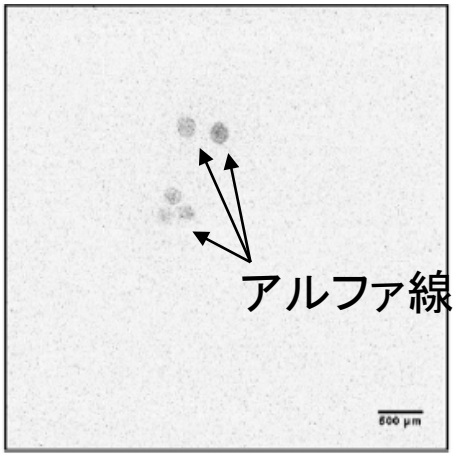


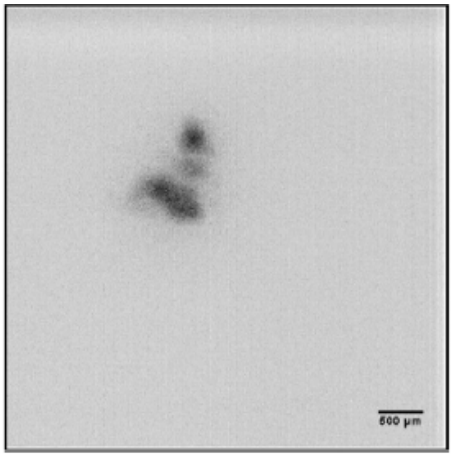


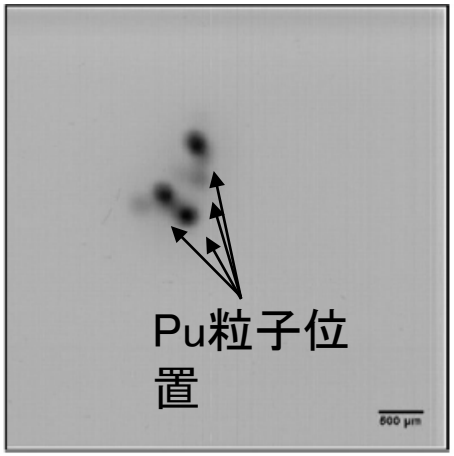


測定時間　1秒　60秒　60分

Pu複数粒子



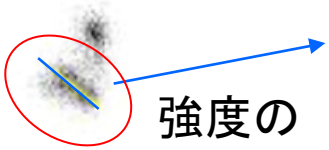




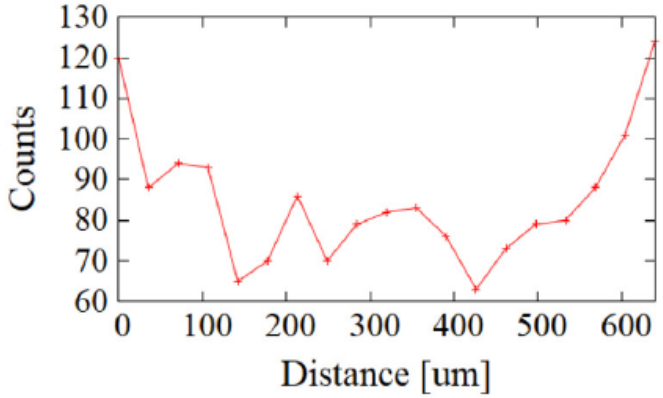
1秒　60秒　60分

1発1発のアルファ線が可視化できている。長時間測定し積算するとPu粒子の位置が特定できる。

4. 測定結果と評価
ー装置①と装置②の比較ー



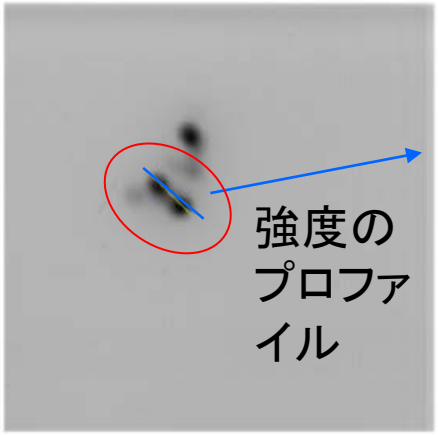
強度のプロファイル



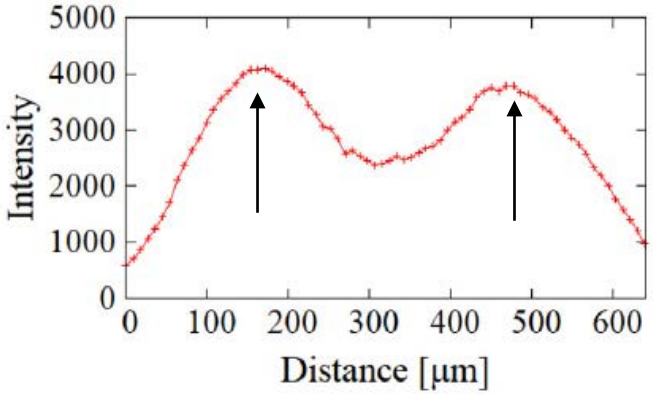
従来の装置のα線画像

・2つの隣接したPu粒子が分離できていない。

ミクロン（μm）オーダーの分解能が必要



強度のプロファイル



高分解能α線イメージング装置のα線画像

・2つの隣接したPu粒子を分離して測定できている。
更なる分解能を得るため高度化を進めている（～数μm）

5. まとめ

- アルファ線イメージング装置を用いて、個々のアルファ線をイメージングできる見通しを得た。
- プルトニウム粒子位置を高分解能で測定でき、その放射能の評価ができる見通しを得た。
- 現在、デブリ取り出し時に1F現場で迅速な粒径分布の測定を目指して、数μmの分解能を有する装置の開発を進めている。
- 空気中のアルファ汚染の迅速検知可能な高信頼アルファ線用ダストモニタの開発も進めている。

令和元年度 福島研究開発部門
成果報告会

遠隔操作技術の基盤の整備
～ロボットの試験法の開発～

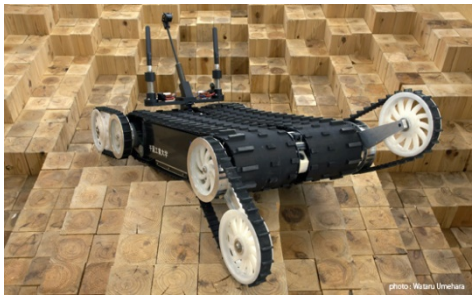
令和2年2月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
楢葉遠隔技術開発センター
モックアップ試験施設部 遠隔基盤整備室

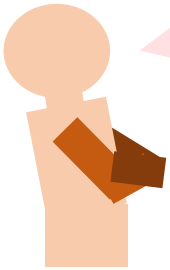
山田　大地

はじめに

東京電力福島第一原子力発電所では
危険な場所での作業を<u>ロボットの遠隔操作</u>で実施
- ▶ 人の危険は避けられるが、難しい作業



出典：東京電力ホールディングス株式会社



ある作業の実施を計画しているのだけど・・・
- ■ ロボットの遠隔操作で、できる？ できない？
- ■ どのロボットが適しているのかな？
  - ▶ **試験**して確認したい

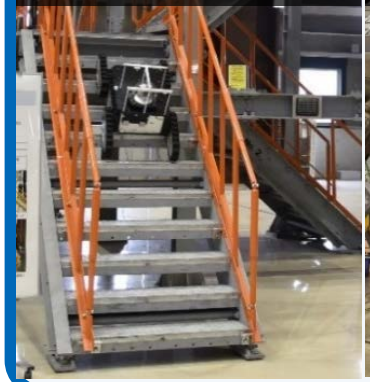
楢葉遠隔技術開発センター　ロボットの試験施設

NARREC ナレック
NARaha center for REmote Control technology development

大規模な試験ができる空間

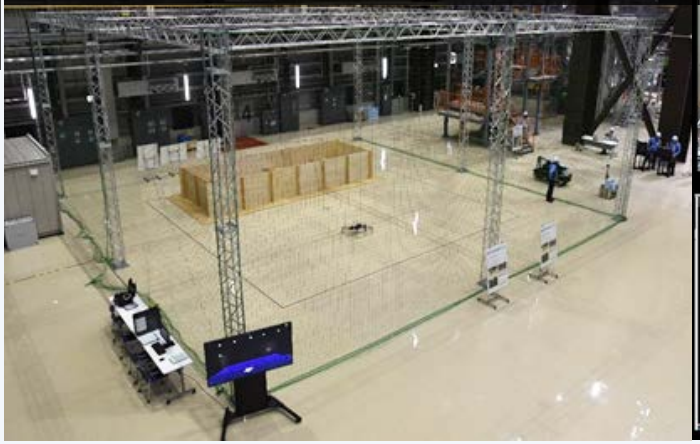
ロボットの試験をするための設備

モックアップ階段

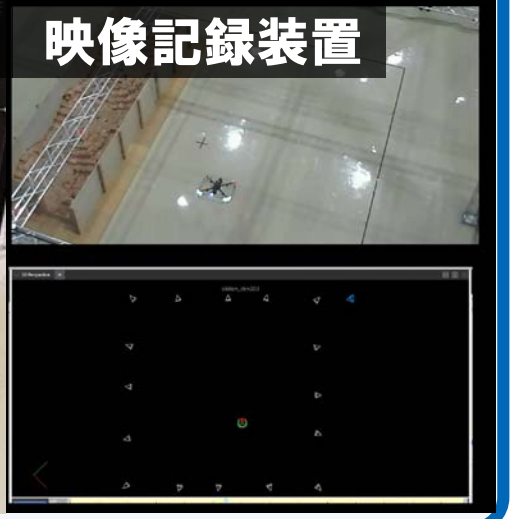


ロボット試験用水槽

大型モーションキャプチャ



映像記録装置



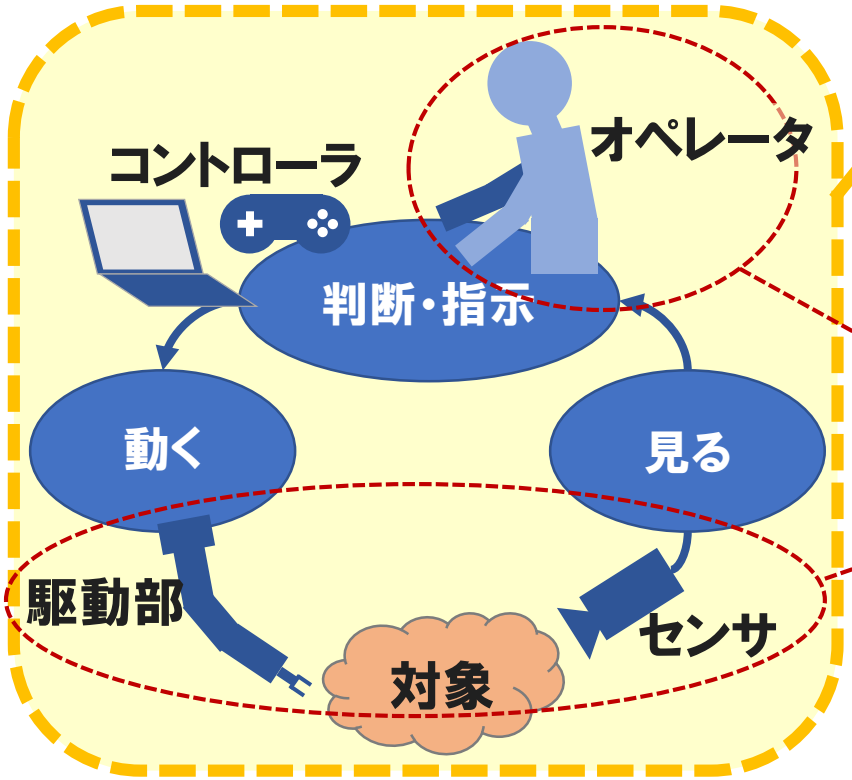
なぜロボットの試験が重要か?

試験：性能を測るために、課題を与え、取り組ませること

- 課題とは、どんな作業項目をどんな条件の下で実施するか

条件
- 障害物
- 暗い

作業項目
- 移動する
- 調査する



ロボットの遠隔操作システム

- 遠隔操作システムがどのくらい、できるか/できないか測る
  ① 作業の計画
- オペレータが課題に取り組む
  ② オペレータの訓練
- ロボット（の研究/開発者）が課題に取り組む
  ③ ロボットの改良

ロボットの試験法の開発

① どんな課題について試験するか？

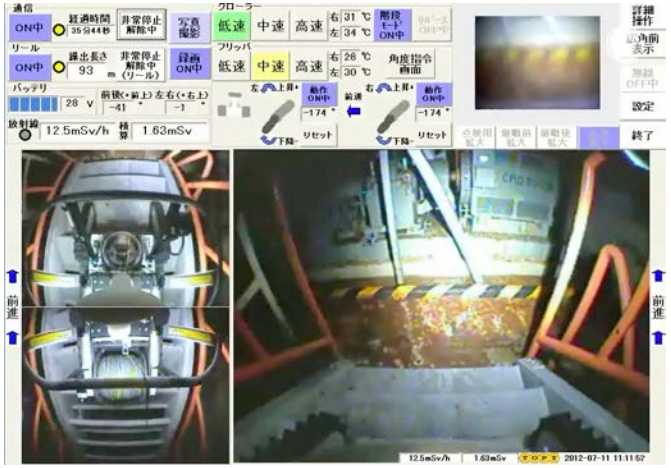
- 廃炉作業で、よくある作業項目・難しい条件
- 1つ1つの課題にわける

よくある作業項目：

目的の場所までの往復

難しい条件：

1. 狭い通路の移動
2. 階段の昇り降り
3. ケーブルの牽引
4. 配管内（貫通孔など）の移動



② 課題に取組める場所（試験場）を開発

③ 性能をどう測るか決める

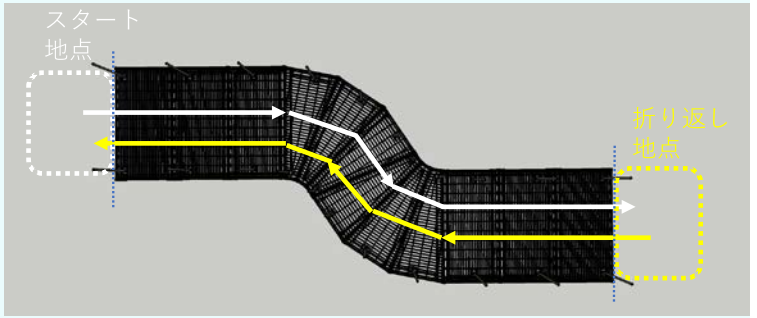
出典：東京電力ホールディングス株式会社

目的の場所までの往復に関する試験法　1/2

1. 狭い通路の移動

試験の様子

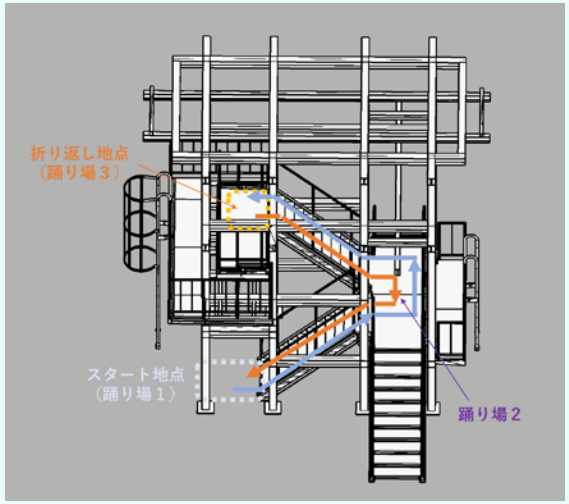
ロボットのカメラ映像



試験場

2. 階段の昇り降り

試験の様子



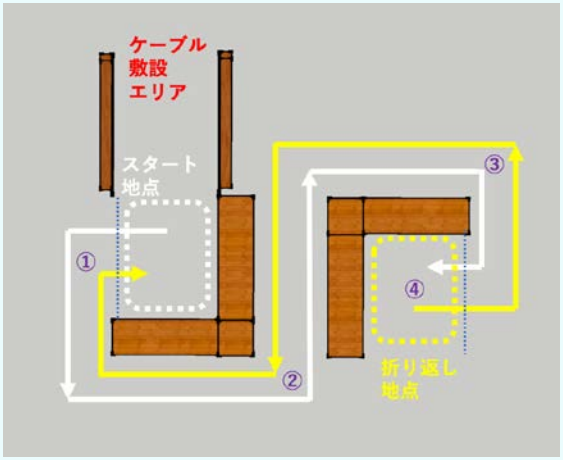
試験場

目的の場所までの往復に関する試験法　2/2

3. ケーブルの牽引

試験の様子

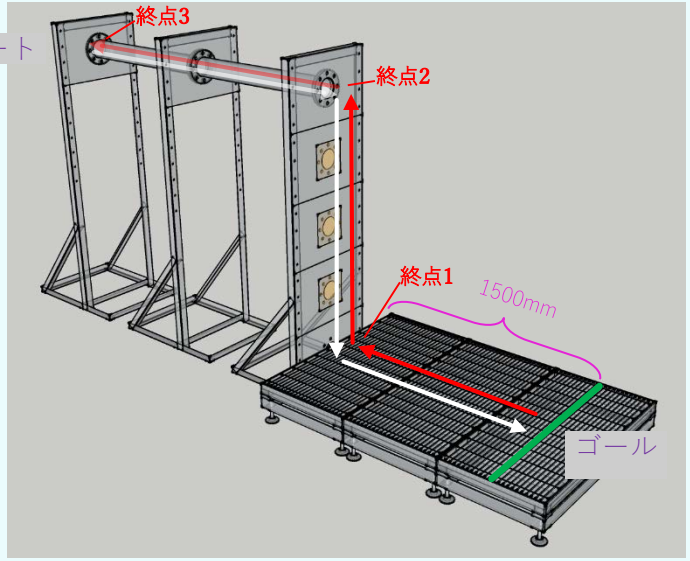
ロボットのカメラ映像



試験場

4. 配管内（貫通孔など）の移動

出典：東京電力ホールディングス株式会社



試験場

1つ1つの課題の試験をする効果 1/2

なぜ1つ1つの課題について試験するのか？

- 1つ1つの課題の試験と総合的な試験
  - ▶ それぞれの効果がある

総合的な試験

- 本番と同等の試験場を用意して、本番と同じ手順で試験

例：原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術実規模試験

楢葉遠隔技術開発センター(NARREC)にて国際廃炉研究開発機構(IRID)が実施

提供：国際廃炉研究開発機構(IRID)

1つ1つの課題の試験をする効果 2/2

1つ1つの課題の試験 → 簡単/低コスト

作業の計画
初期検討（試作機の試験等）

オペレータの訓練
反復練習

ロボットの改良
- ▶研究開発
- ▶他分野との課題の共有
  （災害対応ロボットなど）

ロボット技術の底上げ

作業の実行性の見える化

オペレータの技能向上

総合的な試験 → 本番さながら

作業の計画
- ▶作業の可否の確認
- ▶作業の効果の確認

オペレータの訓練
リハーサル（手順確認）

ロボットの改良
問題の洗い出し

作業実施の最終的な確認

安全で確実な廃炉作業に貢献

まとめ

遠隔操作技術の基盤として試験法の開発

- 1つ1つの課題について試験
  - 作業の計画の初期検討
  - 反復訓練によるオペレータの技能向上
  - 研究開発によるロボット技術の向上

現在、試験法を広く使ってもらうための取り組みを実施

- マニュアルの整備・公開
- 市販のロボットの評価

令和元年度 福島研究開発部門
成果報告会

ベータ線放出核種の迅速分析に向けたICP質量分析法の開発

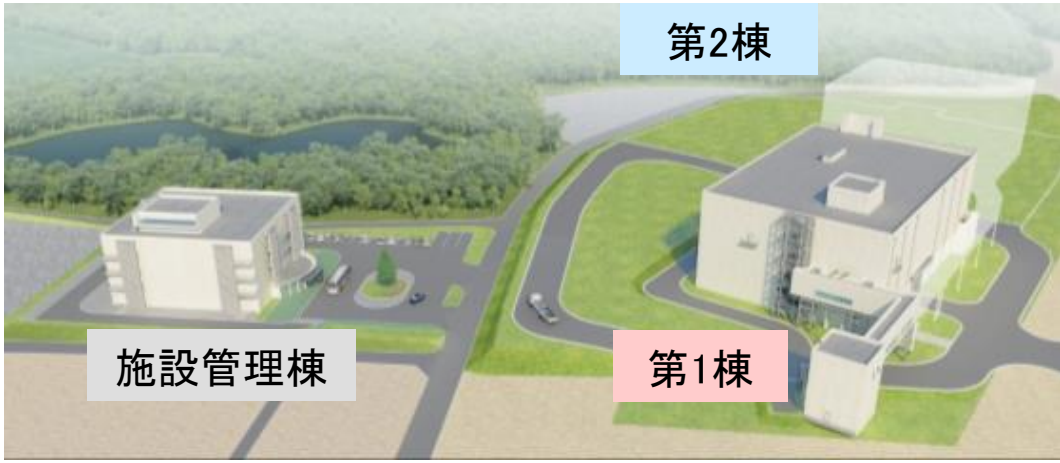
令和2年2月27日
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
大熊分析・研究センター 分析管理準備室
富塚　知博

本発表は、平成30年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金（固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発）」に係る補助事業の成果の一部を取りまとめたものです。

大熊分析・研究センターの概要

施設管理棟（2018年3月 運用開始）

第1棟、第2棟の円滑な設計、建設及び運用のための施設
居室、会議室、ワークショップ等から構成



第1棟（2021年3月 運用開始予定）

低・中線量のガレキ類、水処理二次廃棄物等の分析を行う施設
鉄セル、グローブボックス、ヒュームフード等の分析設備を設置

施設管理棟

第1棟

第2棟（ 詳細設計中）

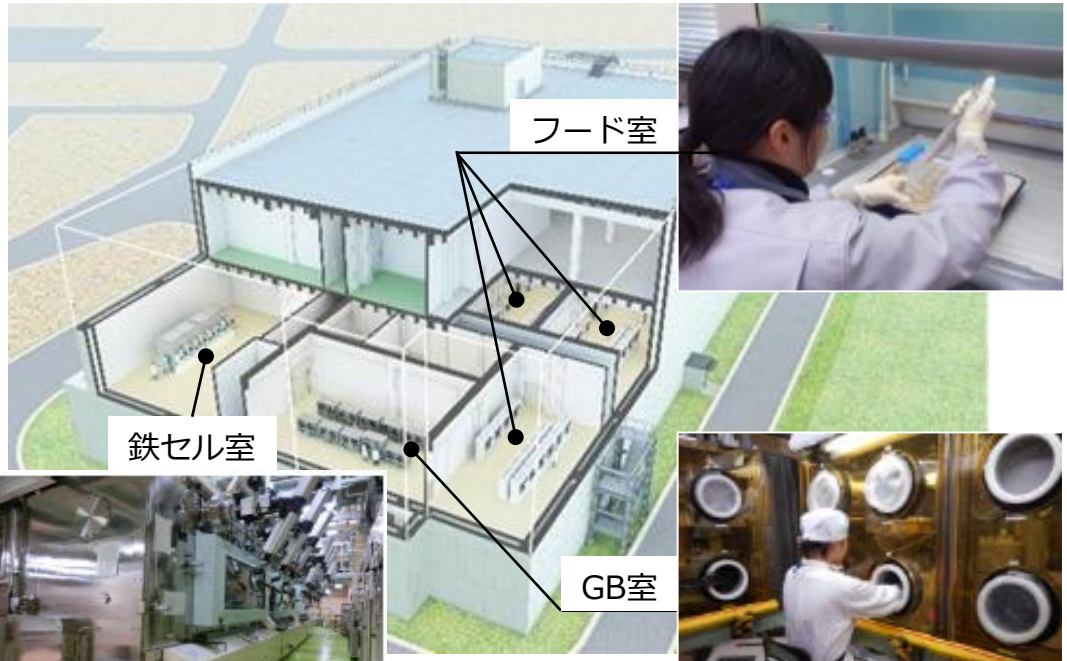
高線量の燃料デブリ等の分析を行う施設

運用目的

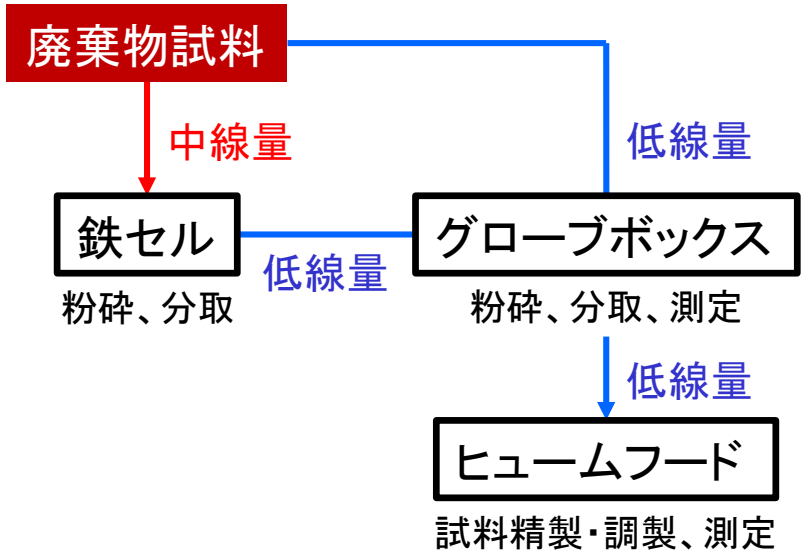
東京電力ホールディングス 福島第一原子力発電所(1F) の廃止措置に向けて、放射性物質分析による固体廃棄物の性状把握等を行い、廃棄物等の保管、処理・処分方法に関する技術・研究開発に寄与する。

放射性物質の分析

放射性物質ごとの放射能や質量の測定を行い、測定データより固体廃棄物中への各放射性物質の移行挙動等を検討する。

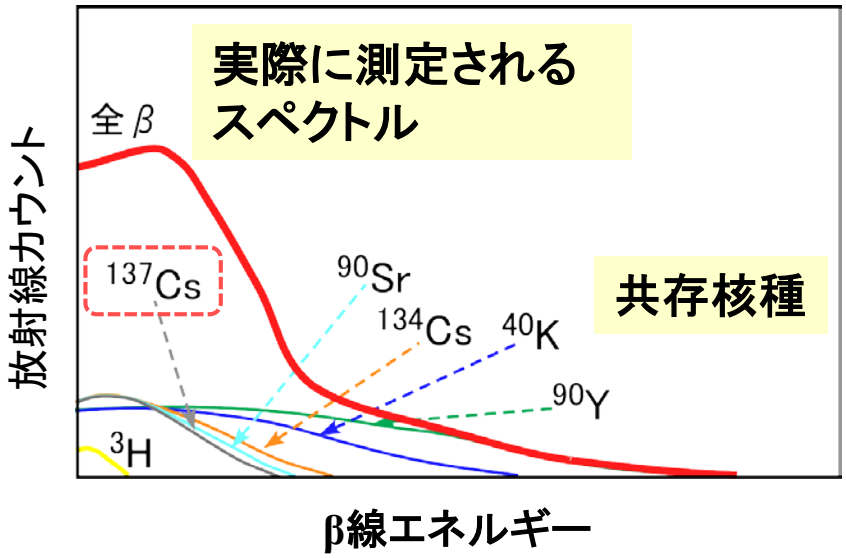


試料処理フロー



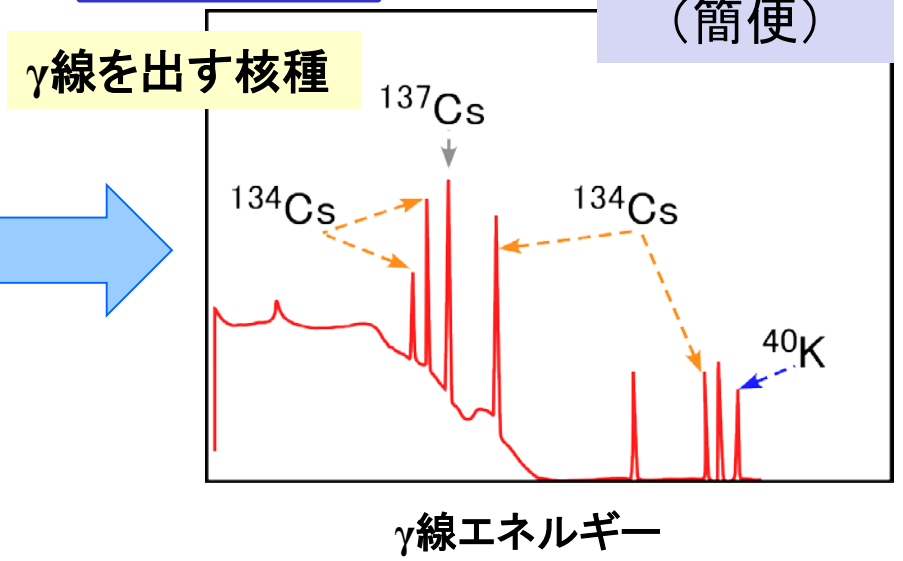
放射性廃棄物の多核種分析における課題

β線測定



γ線測定

そのまま
（簡便）



β線しか出さない核種

ββ線を放出する核種は多い。このスペクトルから

どのような核種が、どのくらいあるのかを

測ることは難しい。

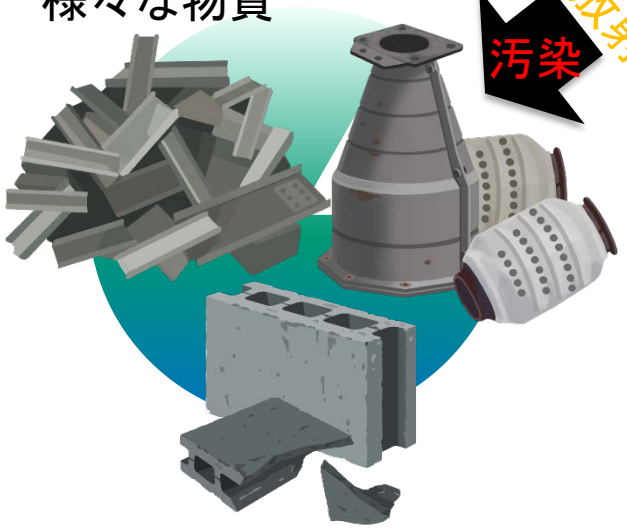
測りたい核種を分ける必要
（前処理作業が必要）

分けづらいと
（煩雑・複雑）

放射性廃棄物の多核種分析における課題

放射性廃棄物中の長半減期核種

様々な物質



汚染

炉内放射化物

核燃料

放射性物質を含む
試料を採取

β線放出核種を
他の核種や廃棄物の基材から
分ける操作：長時間

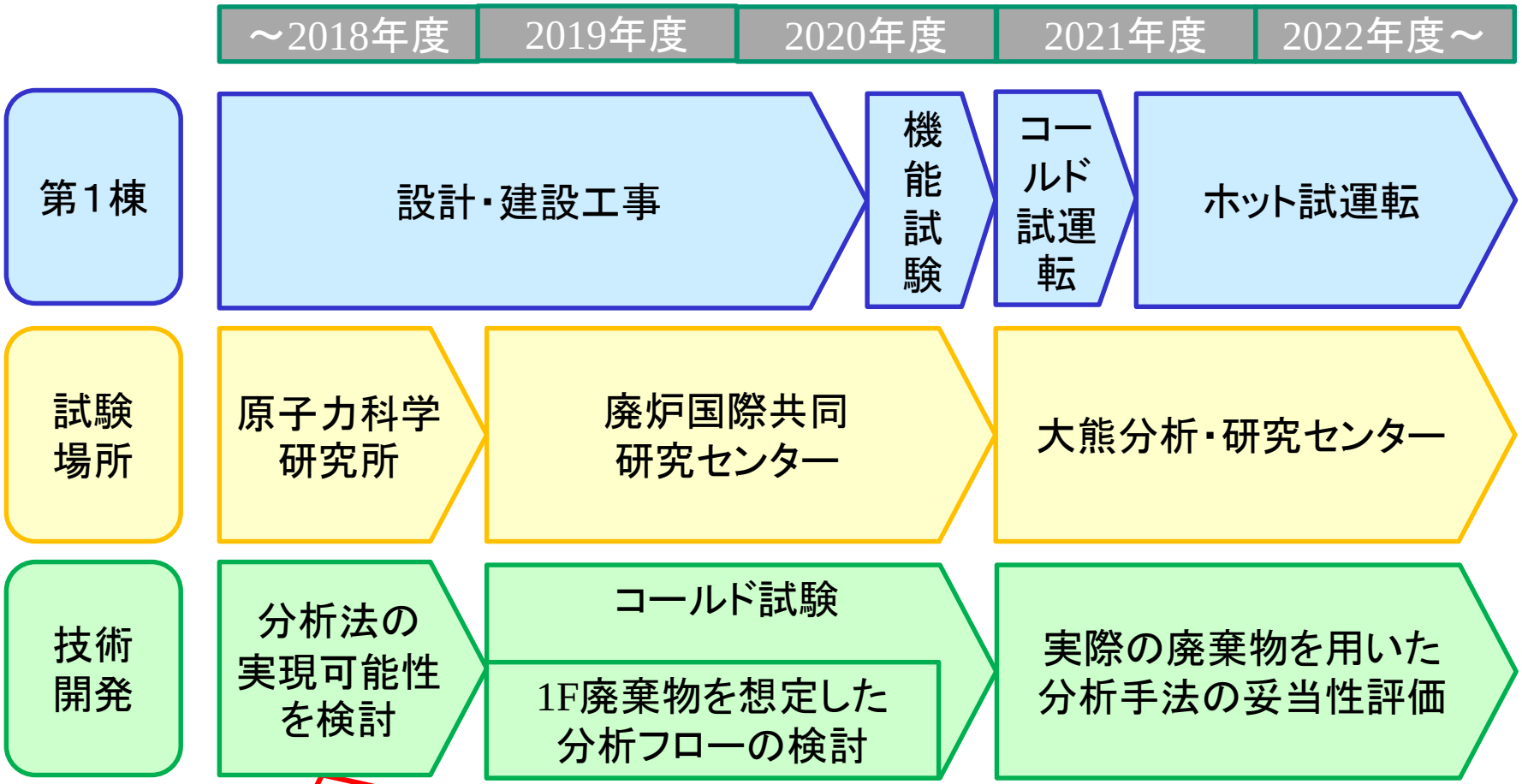
低濃度の放射性物質
（特に長半減期核種（1000年～））
時間当たりの壊変に伴う放射線が少ない
測定時間：長時間

二重苦

長半減期の放射性物質（^{93}Zr,^{93}Mo,^{107}Pd,^{126}Sn等の難測定核種）の分析

簡素化・迅速化による合理的な分析手法の開発

第1棟での分析作業に向けた技術・研究開発



ICP質量分析法（ICP-MS）を用いた迅速分析法を検討

近年開発された新型のICP-MS（タンデム型ICP-MS；ICP-MS/MS）を用いた難測定核種（^{93}Zr,^{93}Mo）の迅速分析について実現可能性の検討

ICP質量分析法の概要

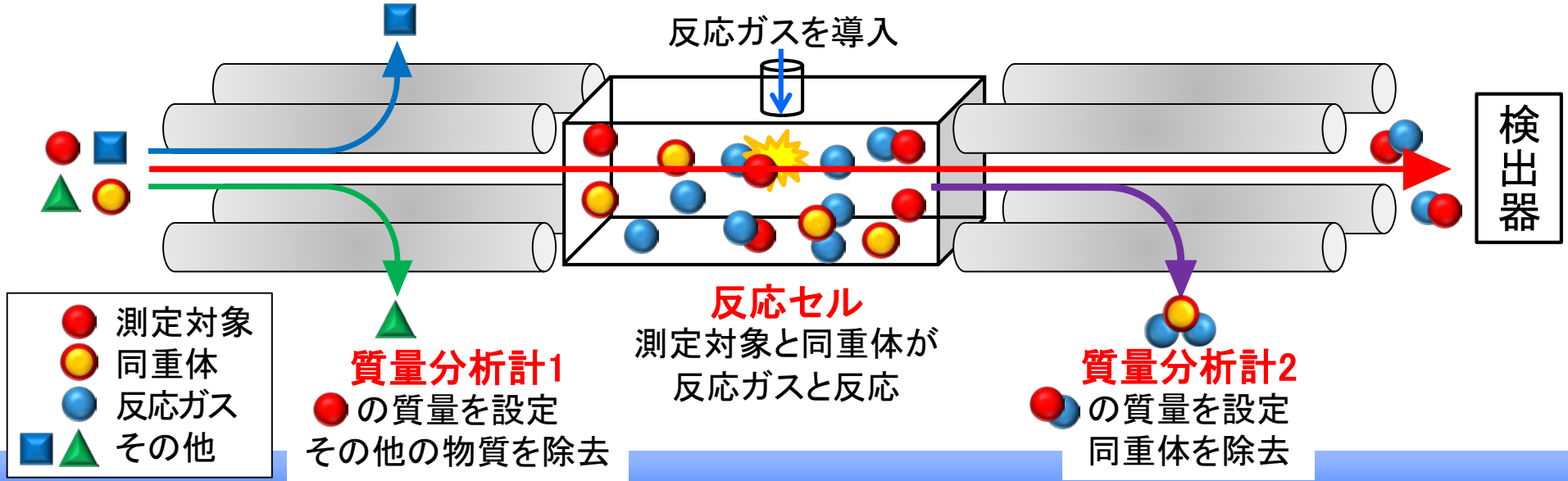
ICP質量分析法：ICP（誘導結合プラズマ：Inductively Coupled Plasma）によって物質をイオン化させ、イオンの質量数ごとに選別して計数する方法

イオンの質量数に対する分離機能
短時間・高感度での測定が可能 → **分析の迅速化**

従来のICP-MSの課題点：同質量数の異なる元素のイオン（同重体）は分離不可
（^{93}Zr, ^{93}Nb, ^{93}Mo）

ICP-MS/MS測定

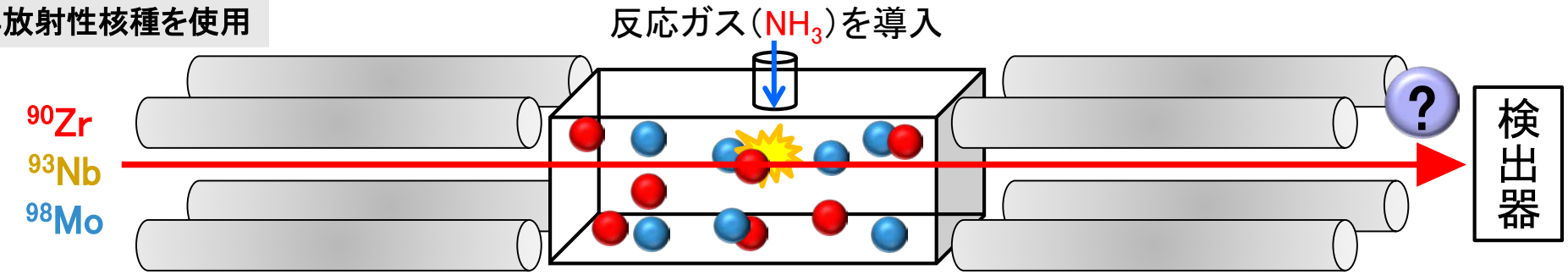
反応セルと2段目の質量分析計により同重体の分離も可能



ICP-MS/MSによるZr, Nb, Moの分離試験

元素ごとの反応ガス(アンモニア:NH_3)との化学反応挙動を確認して
生成する分子イオンを把握

化学的性質が同じ
非放射性核種を使用



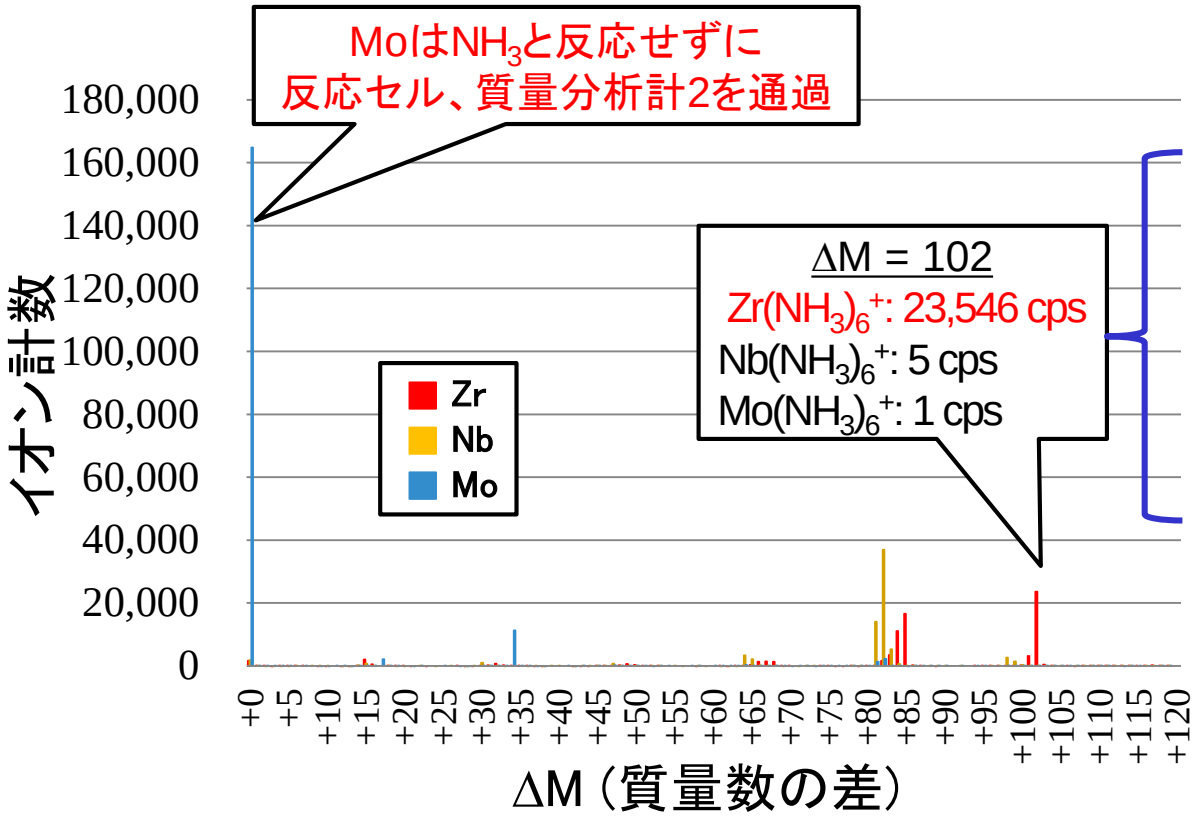
質量分析計1
m/z = 90, 93, 98
m :原子または分子の質量数
z :イオンの価数

質量分析計2
m/z = 90 ～ 275
93 ～ 275
98 ～ 275

質量分析計2のm/z 値を変化させ、m/z 値における分子イオン数を測定

定質量分析計1のm/z 値に対して増加した質量数(ΔM)ごとの分子イオン計数値から
他の2つの元素と分子数がもっとも異なるm/z 値を決定

ICP-MS/MSによるZr,Nb,Moの分離試験結果



NH_3 分子6つと反応した$Zr(NH_3)_6^+$が最も Nb および Mo から分離可能

カウント比

$Zr(NH_3)_6^+/Nb(NH_3)_6^+ = 4.7 \times 10^3$

$Zr(NH_3)_6^+/Mo(NH_3)_6^+ = 2.5 \times 10^4$

反応ガスにNH_3 ガスを使用することで、ICP-MS/MSによる^{93}Zr,^{93}Mo分析を見込める結果を取得

第1棟での分析作業に向けた技術・研究開発

	～2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度～
第1棟	設計・建設工事		機能試験	コールド試運転	ホット試運転
試験場所	原子力科学研究所	廃炉国際共同研究センター		大熊分析・研究センター	
技術開発	分析法の実現可能性を検討	コールド試験 1F廃棄物を想定した分析フローの検討		実際の廃棄物を用いた分析手法の妥当性評価	

ICP-MS/MSを用いた1F廃棄物中の^{93}Zr,^{93}Mo 分析手法の検討

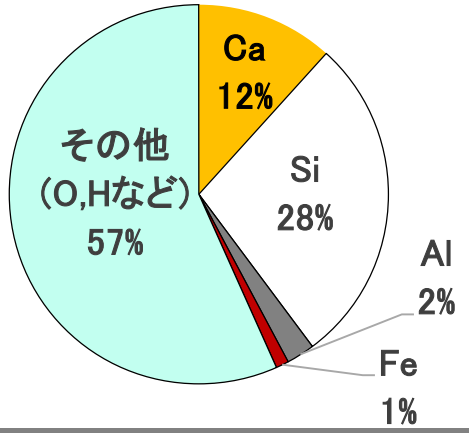
NH_3 ガス用いたICP-MS/MSによる1F放射性廃棄物を想定した
難測定核種（^{93}Zr,^{93}Mo）の迅速分析手法について検討

1F放射性廃棄物分析における課題

第1棟で取り扱う廃棄物の特徴

種類	内訳
ガレキ類	コンクリート、伐採木、土壌、焼却灰　等
水処理二次廃棄物	吸着材、スラッジ、スラリー　等

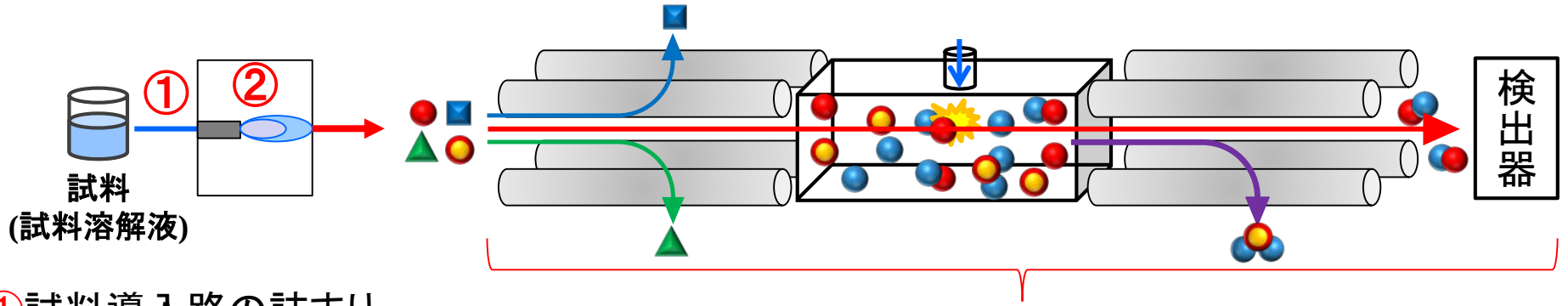
^{93}Zr: 0.001 %
^{93}Mo: 0.00000003 %
レベル以下を測定



例：コンクリートの元素成分表

多種多様かつ多量の廃棄物中からの極々微量な放射性核種の測定の必要性

ICP-MS/MS測定での課題



①試料導入路の詰まり

②測定対象のイオン化阻害

③汚れの蓄積による高感度測定の阻害

ICP-MS/MSを用いた^{93}Zr,^{93}Mo測定のための前処理

課題解決のための必要事項

放射性廃棄物試料作製の前処理

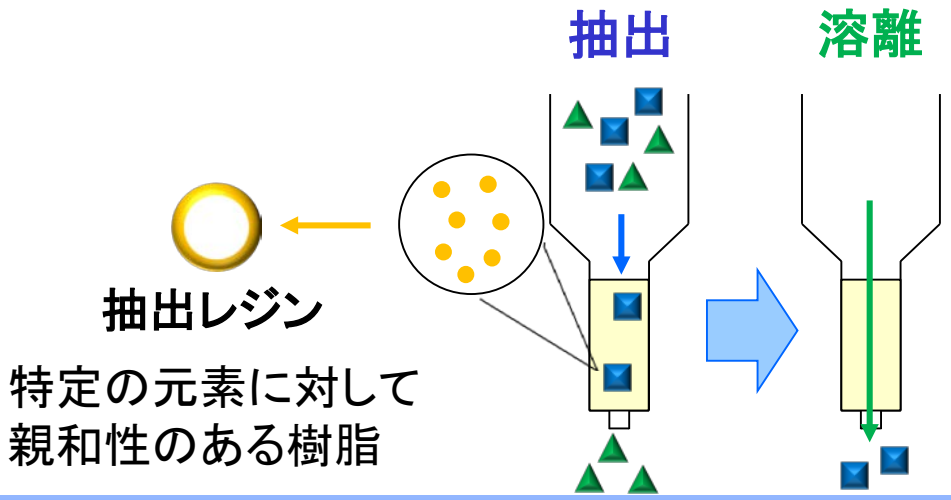
1. 大量に共存する廃棄物由来の元素を除去
2. 同重体（質量数93）が存在する元素（Zr, Nb, Mo）の粗分離
   （ICP-MS/MSの同重体分離機能を補助）

さらに多量の廃棄物試料の分析手法を考慮

3. 工程数の短縮かつ操作の簡易化
4. 測定設備保守のため腐食性の酸（フッ酸、塩酸）の使用低減

抽出クロマトグラフィによる前処理

抽出クロマトグラフィ



特徴

操作が簡便
特定の元素に対する高い抽出・分離性能

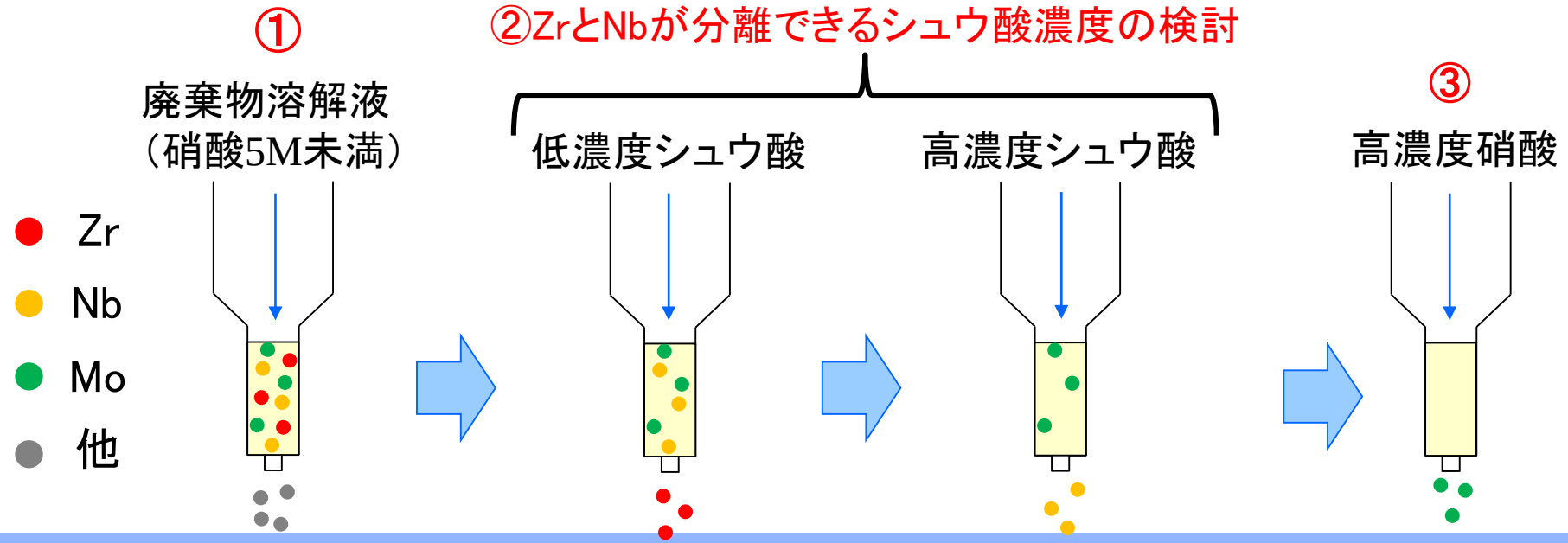
抽出クロマトグラフィによる前処理（分離手法）を検討

抽出クロマトグラフィによる廃棄物試料からのZr, Moの分離の検討

抽出レジン：TrisKem International製 ZRレジン（文献等の調査結果）

元素	抽出	溶離
Zr	5M より低濃度の硝酸溶液環境でレジンに抽出 ①	シュウ酸でレジンから溶離可能 ②
Nb	5M より低濃度の硝酸溶液環境でレジンに抽出 ①	Zrの方がNbより溶離されやすい
Mo	ZrとNbと同様の挙動をとる可能性が高い ①	シュウ酸でレジンから溶離不可能 ③ 5M以上の高濃度硝酸で溶離可能
その他	Tlなど一部の元素を除き、レジンに抽出されない ①	―

調査結果から提案した分離フロー



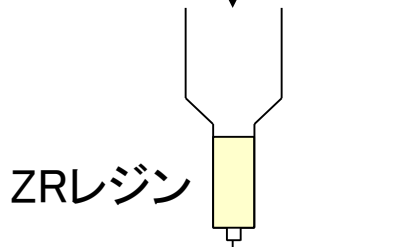
ZRレジンを用いたZr, Nb, Moの分離条件の検討試験

ZrとNbが分離できるシュウ酸濃度の検討試験

（1）コンディショニング液 (1M 硝酸)

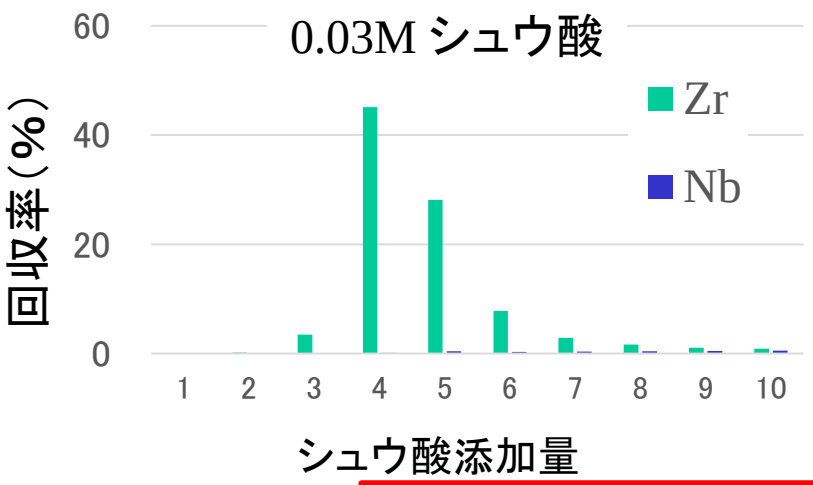
（3）0.03～0.1M シュウ酸

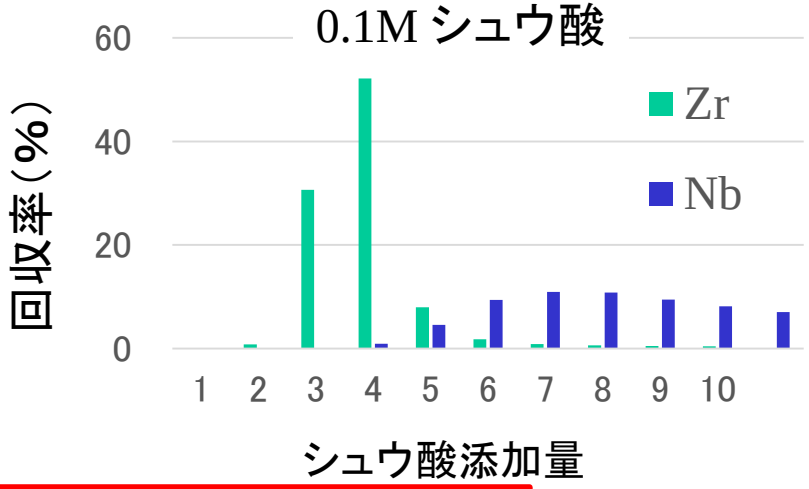
（2）Zr, Nb, Mo 1M 硝酸溶液（10ppm）



溶出液の Zr,Nb,Mo濃度を測定

検討試験結果





1. 低濃度（0.03 M）シュウ酸でほぼZrのみ溶出
2. 高濃度（0.1 M）シュウ酸でZrに続いてNbが溶出
3. シュウ酸でMoは溶離せず

ICP-MS/MSを用いた ^{93}Zr,^{93}Mo分析のための前処理フロー

代表的廃棄物(コンクリート)での前処理試験

(1)コンディショニング液 (1M 硝酸)

(2)コンクリート主成分Al, K, Ca, Si, Fe + Zr, Nb, Mo 1M 硝酸溶液(10ppm)

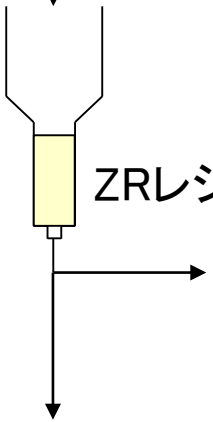
(3)1M 硝酸

(4)0.03M シュウ酸

(5)0.5M シュウ酸

(6)超純水

(7)8M 硝酸



(4)(7)溶出液の
Zr, Nb, Mo濃度測定

前処理試験結果

操作	Zr	Nb	Mo
(4)	78 %	2.6 %	不検出
(7)	不検出	< 2 %	100 %

1. 1Fの代表的廃棄物であるコンクリートの主成分から、簡易な抽出クロマトグラフィでZr, Moをそれぞれ分離可能
2. 分析装置の主素材ステンレスに腐食性が低いシュウ酸と硝酸で分離可能

ICP-MS/MSによる1F放射性廃棄物中の ^{93}Zr,^{93}Mo分析のための前処理手法を提案

まとめ・今後の対応

^{93}Zr,^{93}Mo分析手法

試料の溶解・分解

↓

ZRレジンを用いた抽出クロマトグラフィによる分離操作

- 代表的廃棄物試料中の主要元素の除去
- 測定対象核種の同重体の粗分離
- 装置素材に腐食性でないシュウ酸、硝酸による分離
- 工程を短縮した簡易な操作による分析

↓

NH_3ガスを用いたICP-MS/MSによる測定

これまでの成果と組み合わせることにより、ICP-MS/MSによる1F放射性廃棄物中の^{93}Zr,^{93}Mo分析手法を提案

今後の対応

1. 本分析手法が適用できる濃度範囲の評価
2. 同様に難測定核種である^{107}Pd, ^{126}SnについてもICP-MS/MSを用いた分析手法の検討

令和元年度福島研究開発部門
成果報告会

川から海へ、セシウムはどれだけ流出したか

−観測結果とモデルを組み合わせたセシウム流出量の推定手法を開発−

令和2年2月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
福島環境安全センター 環境動態研究グループ

佐久間　一幸

目次

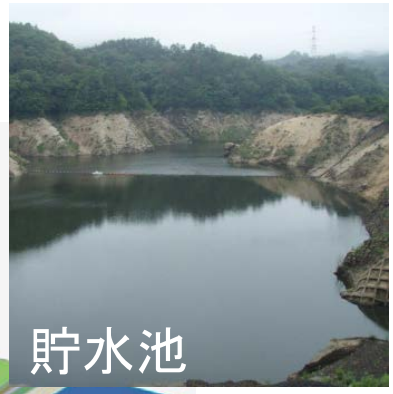
1. 背景

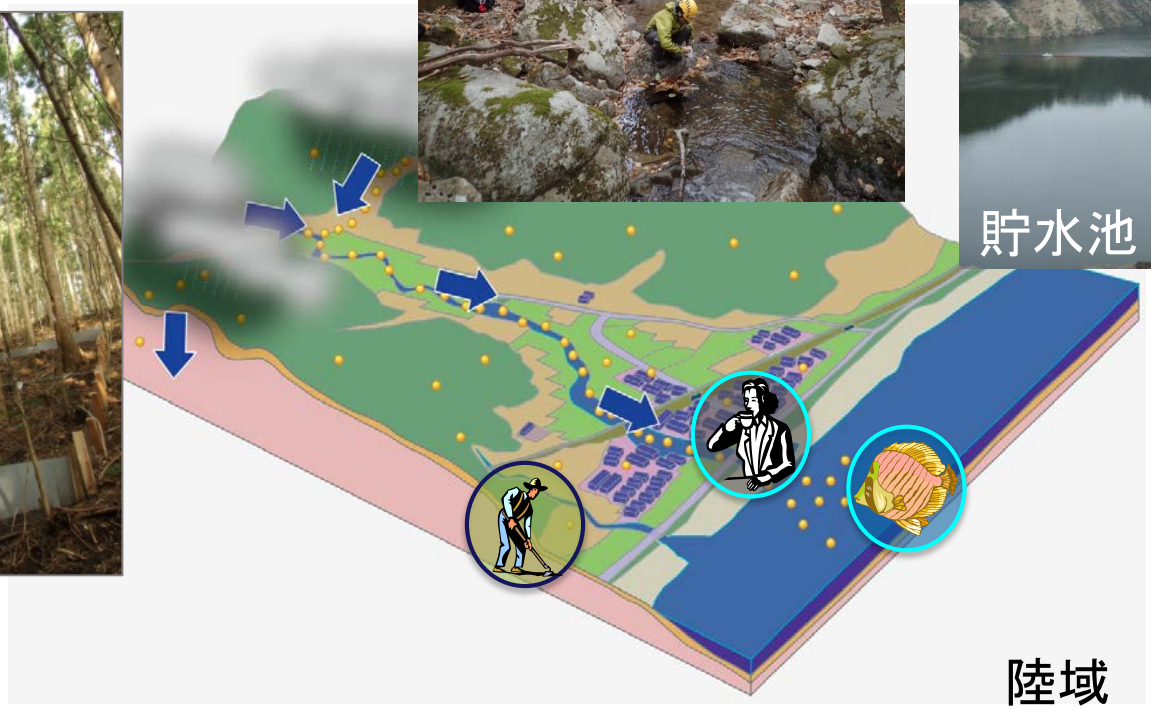
2. セシウム流出量推定モデル

3. 河川を経由した海への^{137}Cs流出量の推定

4. まとめと今後の課題

陸域の放射性セシウム挙動



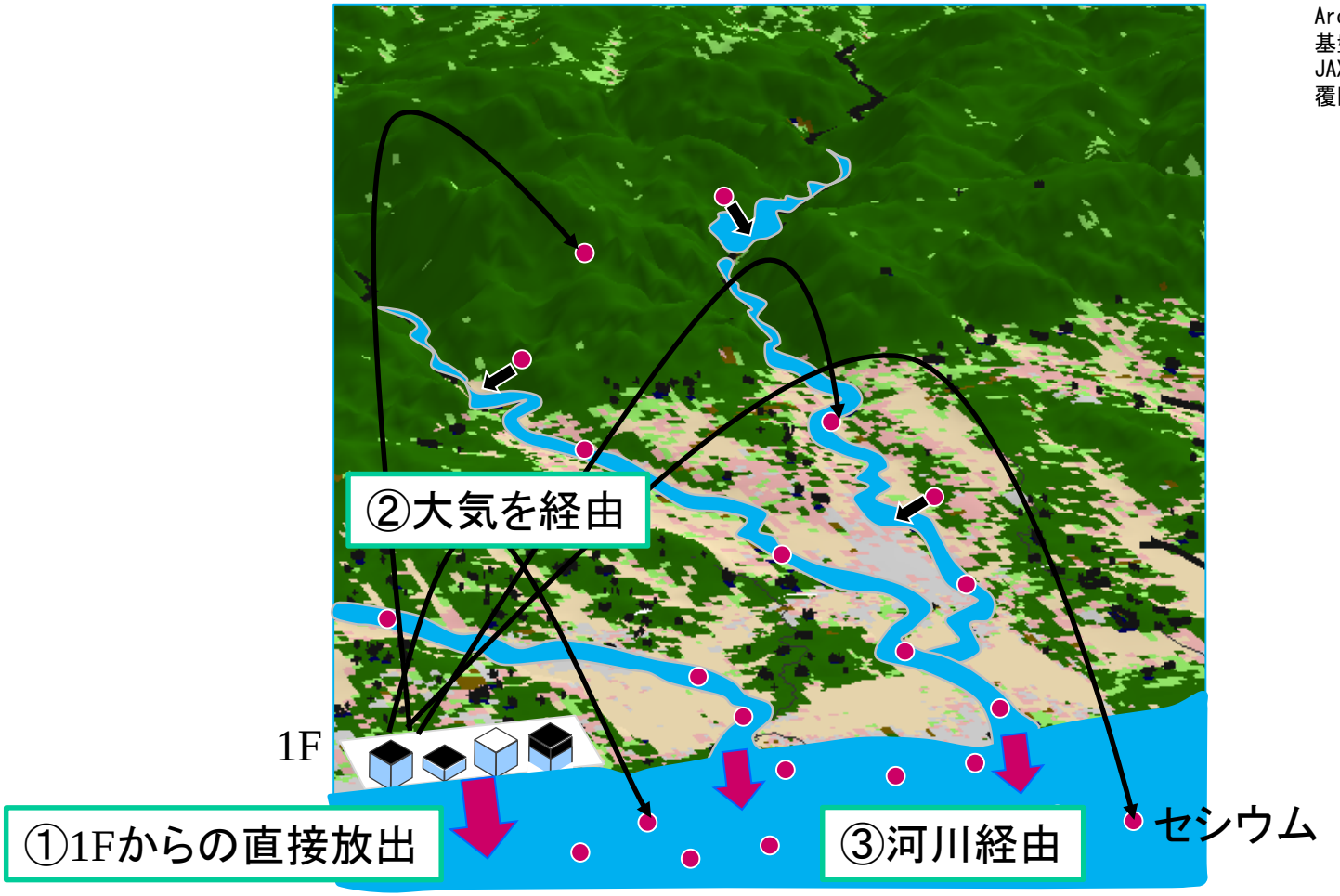


溶存態：
水に溶けた状態
懸濁態：
土壌や落ち葉等に付着した状態

- 事故後初期は水に溶けた状態（溶存態）として、環境中に多く存在
- 土壌中の粘土鉱物に強く吸着する特性⇒土壌表層5-10cm以内に大部分が残存
- 河川を通じて、出水時に土砂（懸濁態）の運搬に伴い森林、田畑、都市域から流出
- ただし、沈着量に対する流域からの年間流出は1%未満と非常に小さい
- 河川水中のセシウム濃度は事故後急速に低下し、その後も減少傾向

海へのセシウム流出経路

ArcSceneにより以下を利用し作成
基盤地図情報（数値標高モデル）
JAXA ALOS高解像度土地利用土地被覆図(16.09)



1Fからの直接放出や大気を経由した降下量に比べ河川由来の量はどの程度か
特に台風時等の大雨時のセシウム流出量(少ないながらも)を過去～将来にかけて把握⇒地域住民の安心に貢献

課題と本研究の目的

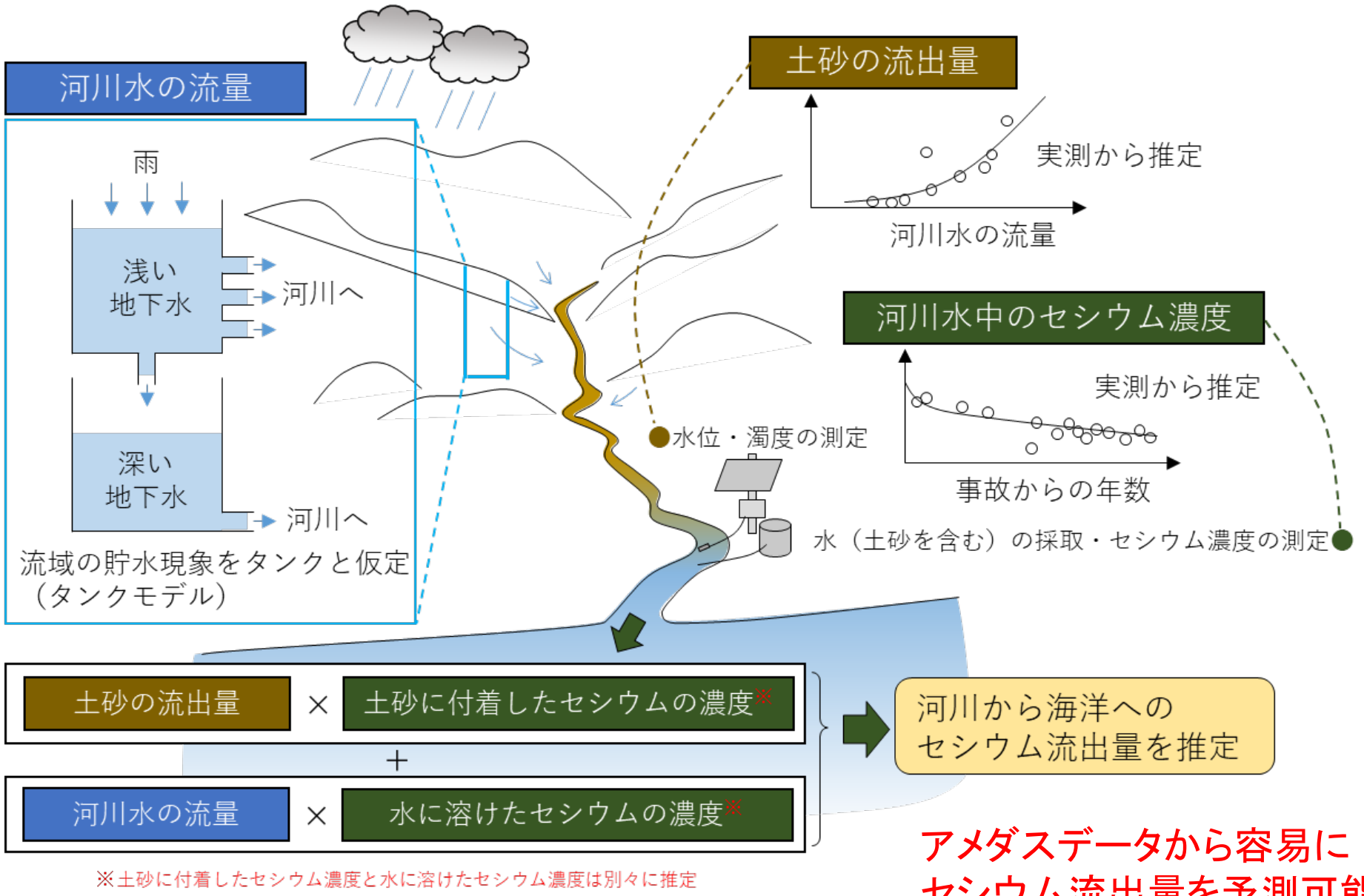
課題

- 事故後初期のモニタリングデータが乏しく(2011年6月頃から観測開始)その後も断片的な観測地点、評価期間しか存在しない
- 広域かつ複数の河川を対象とし、降雨時含め長期間評価可能な計算モデルは存在しない(複雑な現象論モデルで短期間の評価は可能)

降雨時の流出を表現かつ長期間計算可能なモデル開発

- 長年取得してきた観測結果とモデルを組み合わせることで、セシウム流出量推定モデルを構築
- 未だ見積もられていなかった事故後初期を含め、河川を経由した海へのセシウム流出量を算出し、他の流出経路と比較

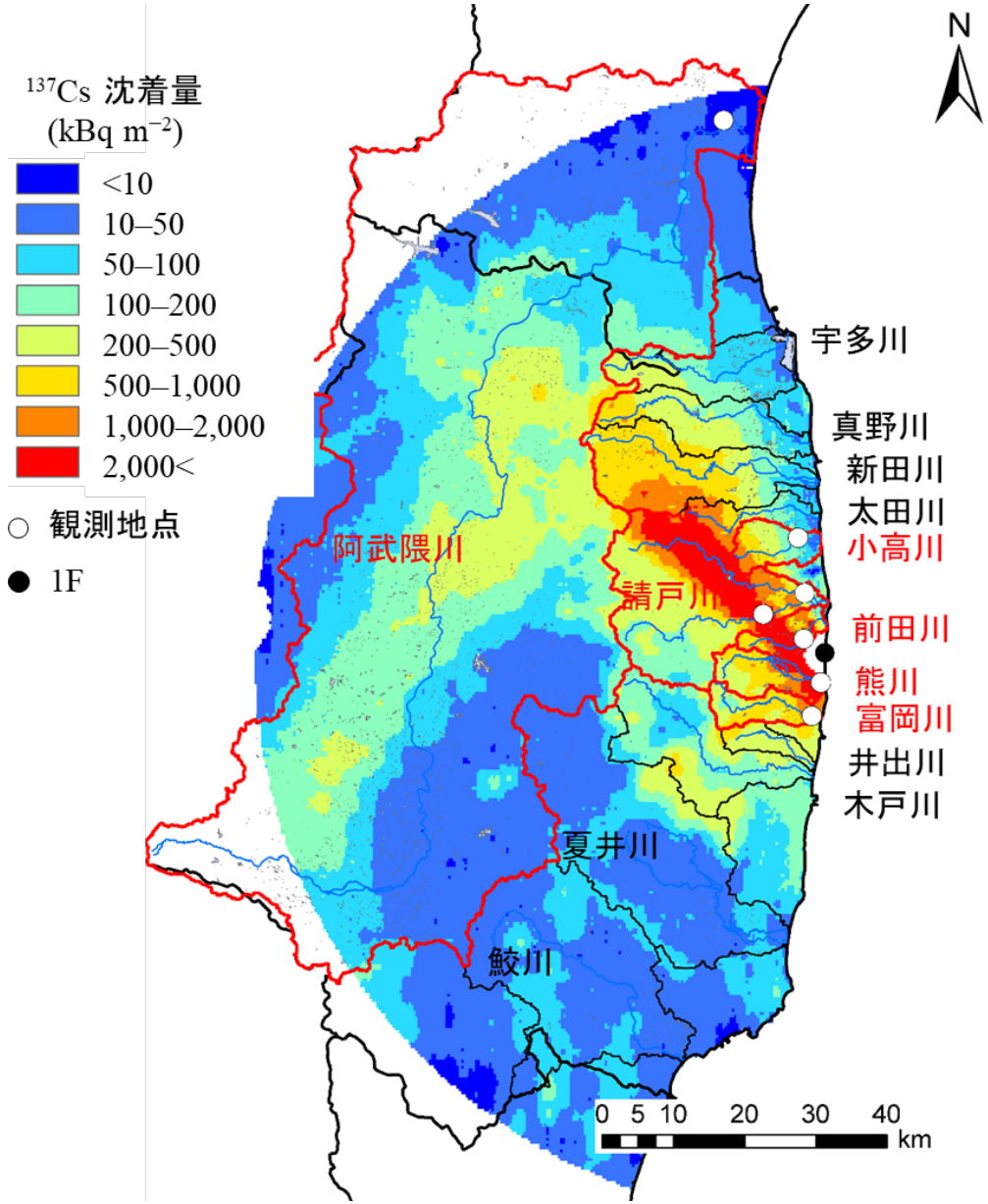
セシウム流出量推定モデル概念図



※土砂に付着したセシウム濃度と水に溶けたセシウム濃度は別々に推定

アメダスデータから容易に
セシウム流出量を予測可能

計算対象領域



ArcMapにより以下を利用し作成
第4次航空機モニタリング(MEXT, 2011)

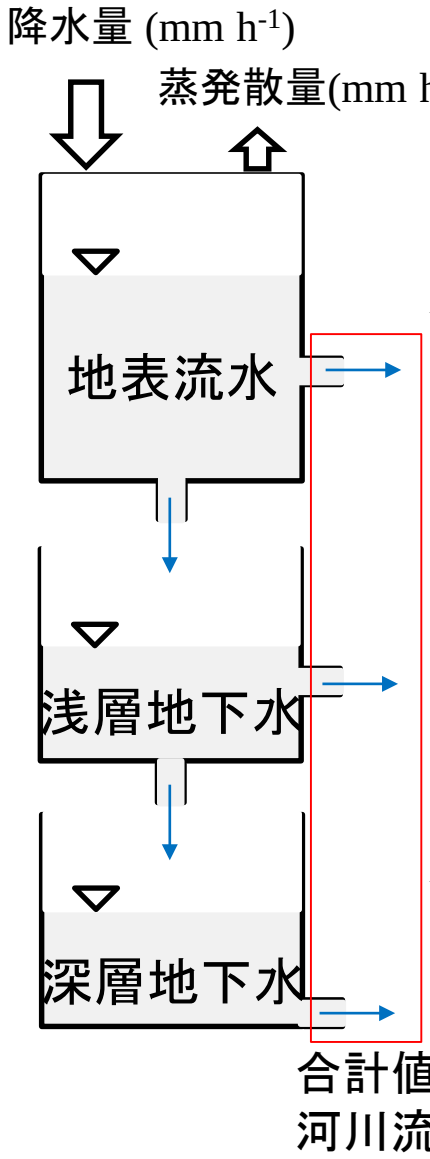
・阿武隈川

浜通り河川
・小高川
・請戸川(請戸川、高瀬川)
・前田川
・熊川
・富岡川

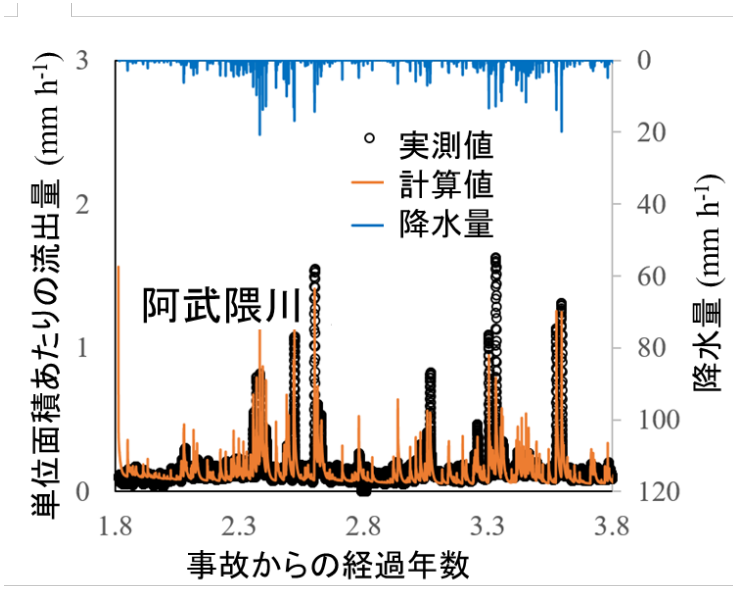
⇒総流域沈着量の74%を占める

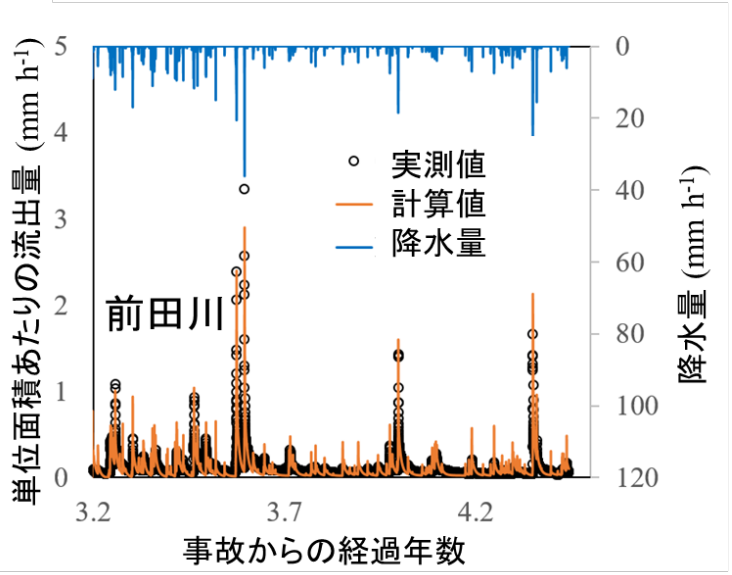
その他の浜通り河川
・上記の浜通り河川の結果を基に、沈着量の比率からセシウム流出量を推定

各タンクから流出率に応じて流出、浸透を表現(菅原、1972)



降水量と蒸発散量を入力し、時間ごとの流出量を算出
現象論モデルに比べ考慮するパラメータが非常に少ない



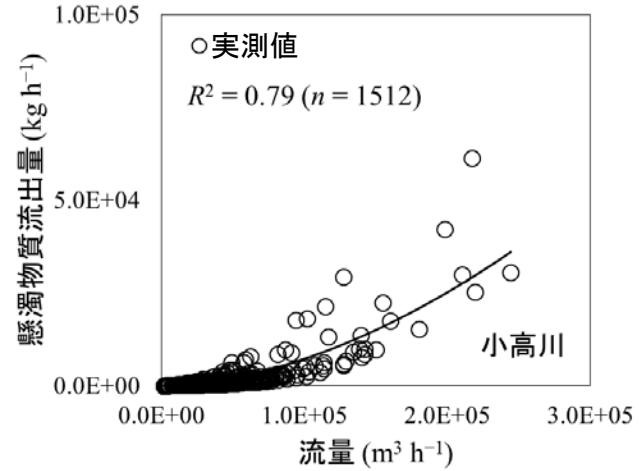


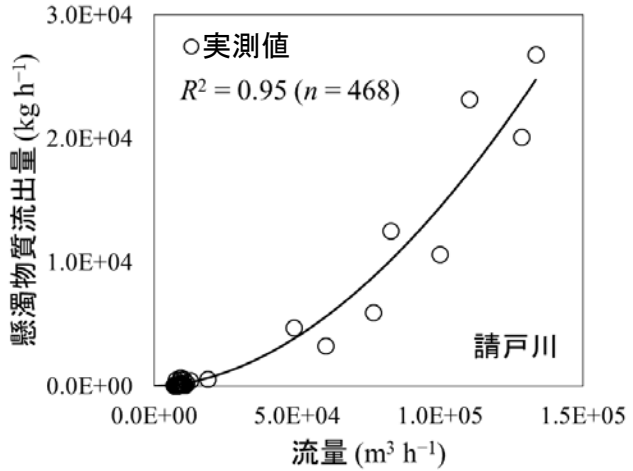
出水時の応答や流量の総量について妥当性確認

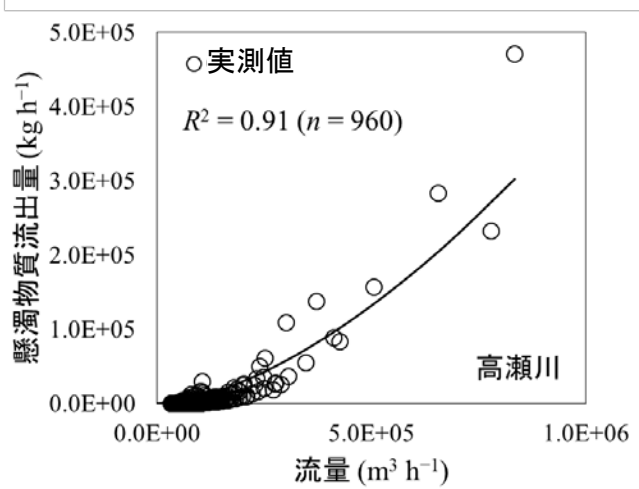
流量–懸濁物質流出量経験式

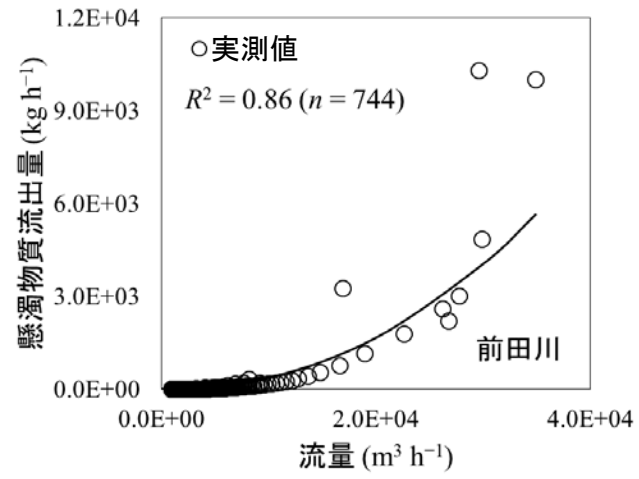
流量と懸濁物質流出量の経験式を作成：$Qs=aQ^b$
阿武隈川は山敷ら(2013)の経験式を利用

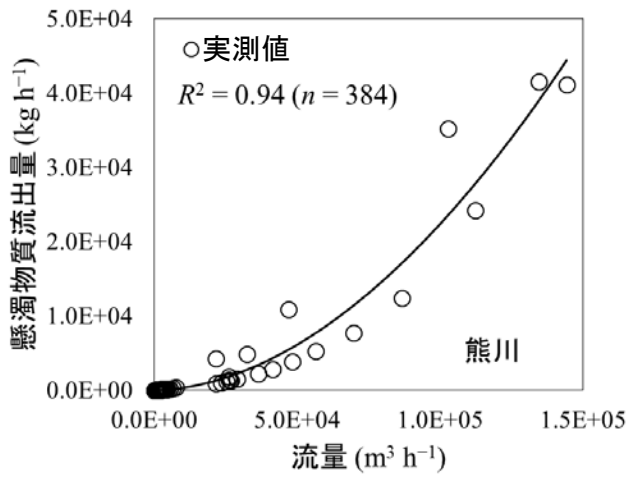
JAEA観測データ

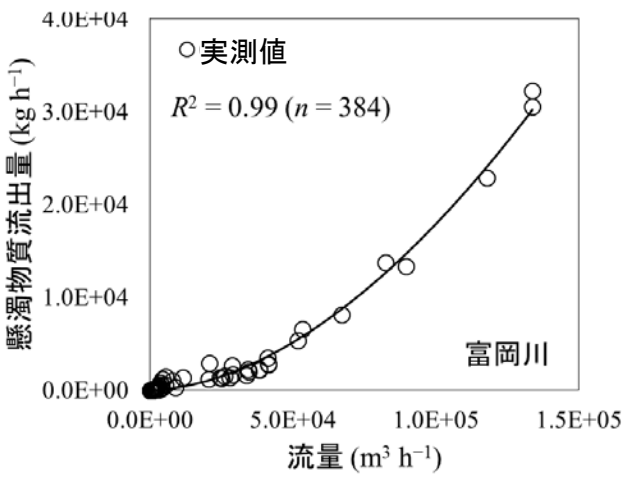








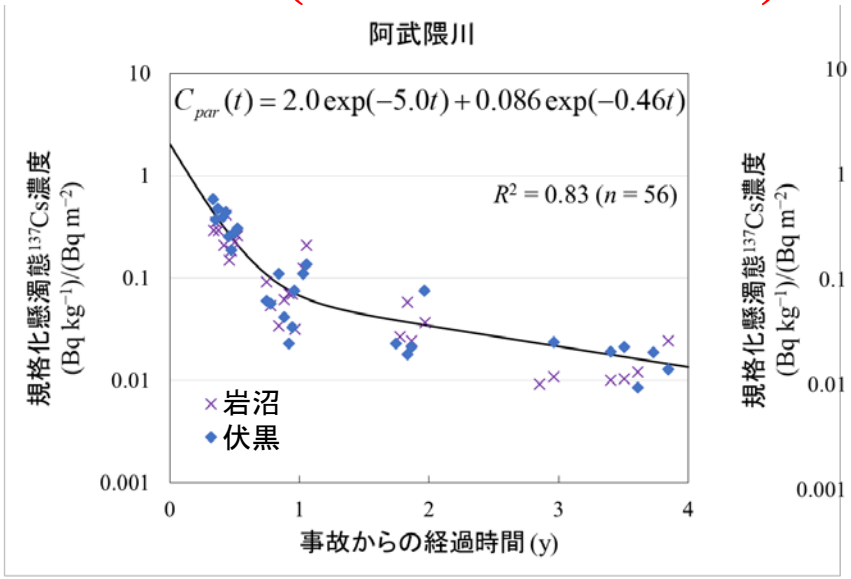


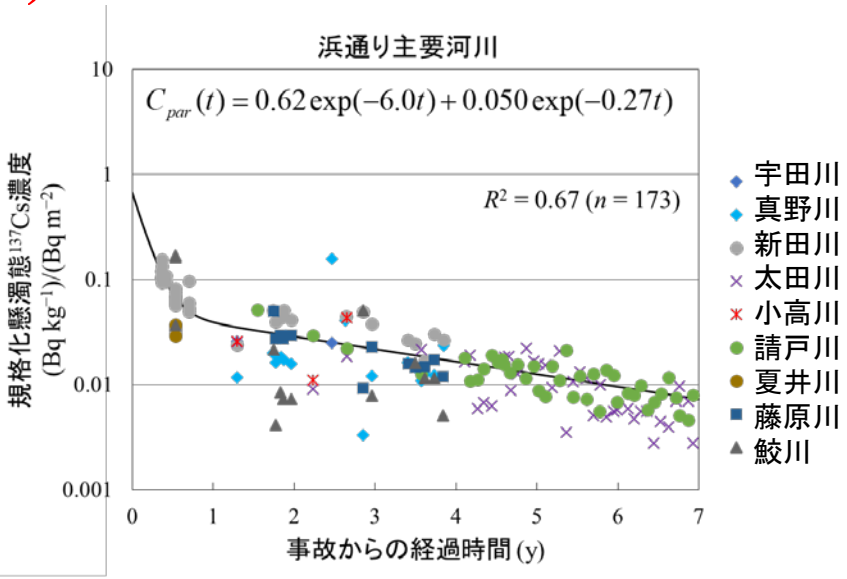


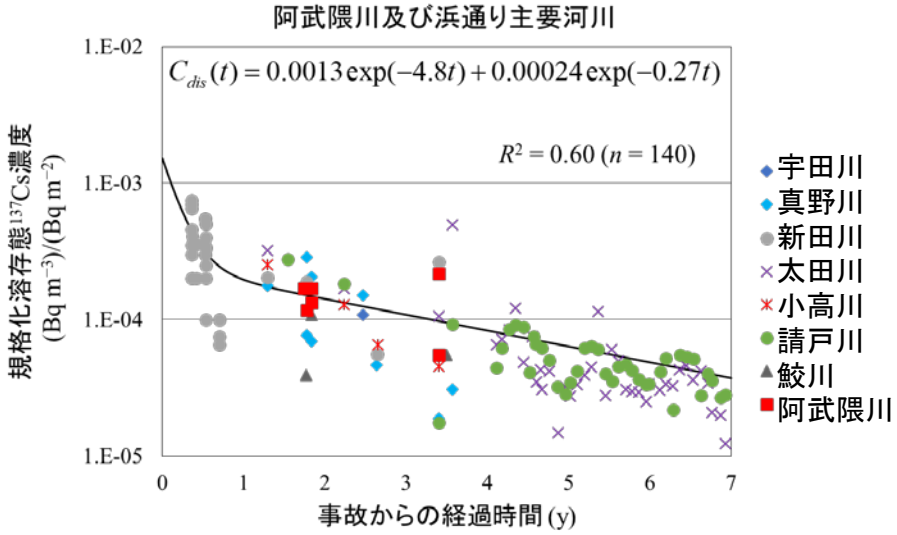
精度の高い経験式を各流域ごとに作成

河川水中の懸濁態・溶存態^{137}Cs濃度経時変化

公表データの各サンプリング地点毎に懸濁態・溶存態^{137}Cs濃度を流域沈着量で規格化→2成分(速い成分、遅い成分)の指数関数モデルで経験式を作成







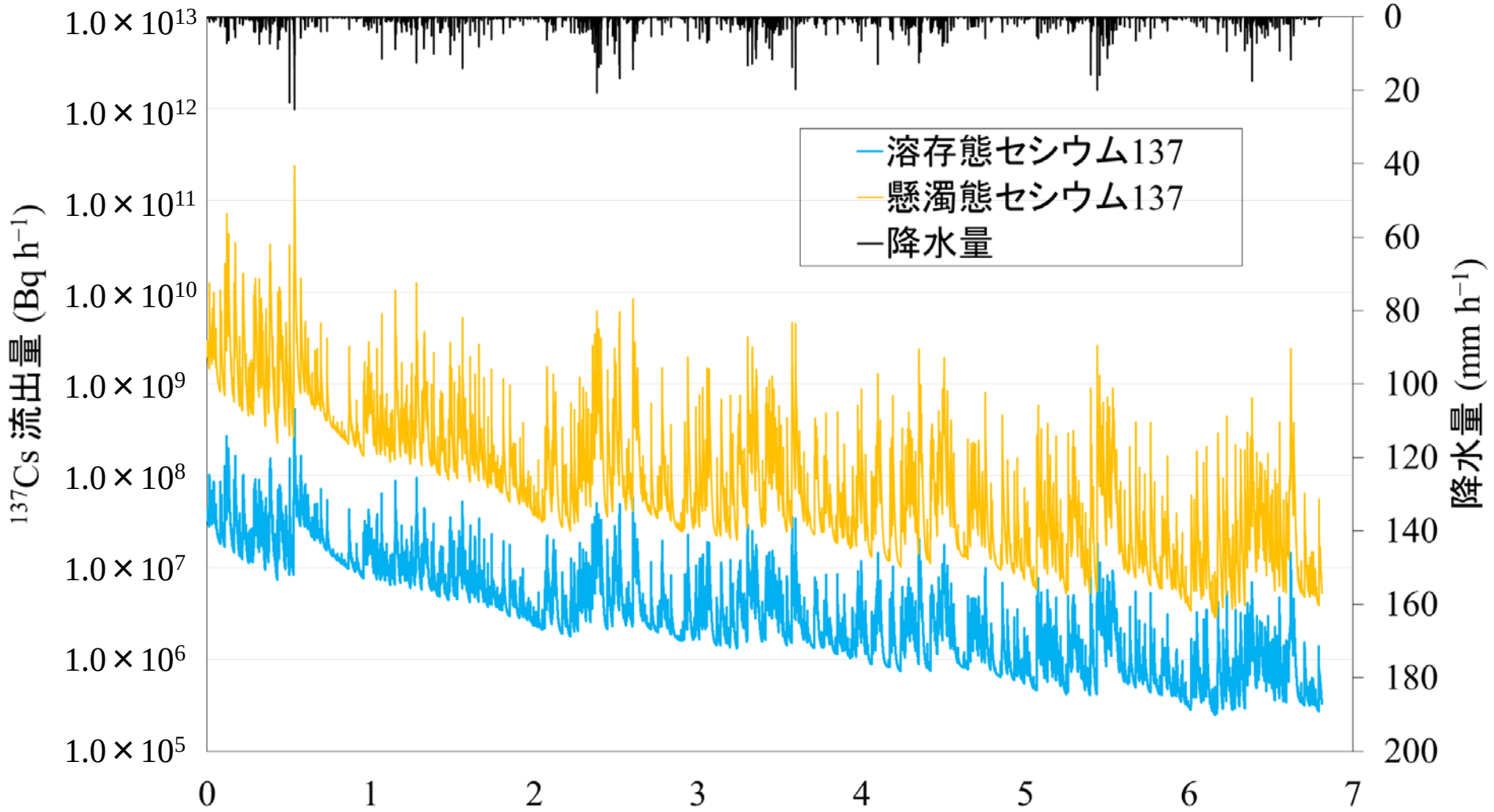
2011年6月以降のデータを用いて初期を外挿⇒過小評価の可能性あり

・懸濁態^{137}Cs：2成分で表現可能 (Sakashita et al., 2018)

・溶存態^{137}Cs：事故後初期がさらに速く減衰(Smith et al., 2004) ⇒過小評価の可能性を含む

阿武隈川における^{137}Cs流出量

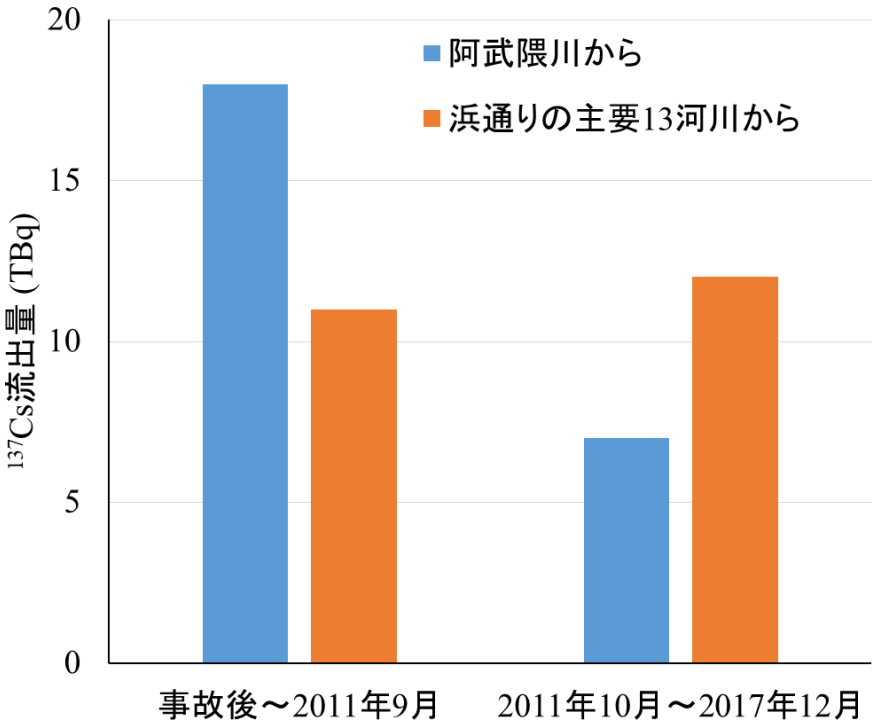
2011/3/12～2017/12/31を対象

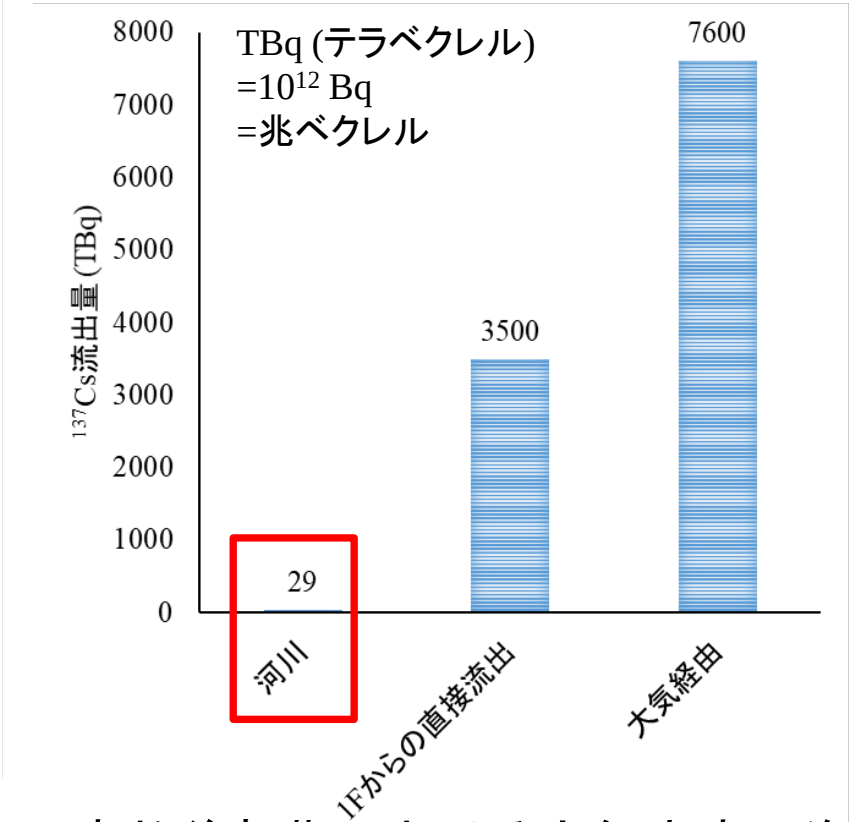


- 降水に応じた流量変化に伴う^{137}Cs流出量変化を時間単位で算出
- セシウム濃度の減少に伴い^{137}Cs流出量も減少

川から海への^{137}Cs流出量

事故後初期の河川水中^{137}Cs濃度は外挿、タンクモデル・経験式の不確実性は考慮しつつ





- 1F事故から約半年間の河川を通じた海への^{137}Cs流出量は2017年末までの流出量の約6割を占める
- 事故後初期における大気由来の海洋への降下量7600 TBq、1Fからの直接放出量3500 TBq (Kobayashi et al., 2013)と比較し、河川を通じた海への流出量は100分の1未満であることがわかった

まとめと今後の展望・展開

- 時間単位で長期間にわたり、河川から海洋へと流出するセシウム量を計算することが可能なモデルを開発し、事故後初期から2017年末までの河川から海洋へのセシウム流出量を計算した

- 1F事故から約半年間の河川を通じた海洋への^{137}Cs流出量は、2017年末までの流出量の約6割を占めること、大気由来のフォールアウトや1Fからの直接放出量と比較すると、100分の1未満であることがわかった

今後の展望・展開

- 降雨ごとのセシウム流出量や河川水中セシウム濃度の時間変化の予測

⇒営農再開時、河川水の灌漑における水門管理などに利用されることが期待

- 阿武隈川を含む複数の河川に対し、台風時等のセシウム流出量を評価

⇒地域住民の安心につながることが期待

- 事故後初期以降の河川から海洋へ流入するセシウム量と、河川からの影響を受けやすい沿岸域に存在するセシウム量との比較

本研究は、福島大学環境放射能研究所 平成30 年度環境放射能分野における学際共同研究事業(18-KOJ-10)の助成を得て行われた。記して謝意を表す。

令和元年度 福島研究開発部門
成果報告会

山菜(コシアブラ)の放射性セシウム分布調査結果と研究開発成果の発信(FaCE!S)

令和2年2月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
福島環境安全センター　環境動態研究グループ

伊藤　聡美

目次

- 山菜(コシアブラ)の放射性セシウム分布調査
  1. はじめに
  2. 目的・手法
  3. 結果
  4. まとめ

- 研究開発成果の発信(FaCE!S)

  福島総合環境情報サイト(FaCE!S)

  ・私が行っている活動

環境動態研究

調査・分析

✓ 環境中に残っている放射性物質の調査・分析から何が分かるのか

・移動の仕方、傾向、濃度
・水に溶けやすい^{137}Cs等の移動メカニズム
など

データ利用

研究のひとつ

コシアブラの放射性セシウム分布調査

解析

✓ 環境中の放射性物質の動きなどの解析から何が分かるのか

・環境中の放射性物質の動き
・放射性物質の植物等への移動
・被ばく線量評価

成果

FaCE!S（フェイシス）

福島総合環境情報サイト
(Fukushima Comprehensive Environmental Information Site)

調査・研究結果に基づいた情報を、
それぞれの特徴にあった形でわかりやすく提供

成果

利用

FaCE!Sを用いた

研究開発成果の発信

技術的広報活動

原子力機構で、行われている調査研究を皆様に広く知っていただくための活動

はじめに

最近の状況
- ☞ **福島県の空間線量率は自然減衰より早く減少**
- ☞ **ほとんどの農林水産物は基準値以下　(基準値超過 H30年：0.04%)**

コシアブラは、山菜の中で移行係数(土から植物への^{137}Csの移動割合)が高く、**食品の基準値(一般食品；100Bq/kg)を超えるものがみられる。**

$$\text{移行係数} = \frac{\text{植物体}^{137}\text{Cs濃度}}{\text{土壌}^{137}\text{Cs濃度}}$$

種類	採取日	移行係数
フキノトウ	平成28年4月	0.04
フキノトウ	平成28年4月	0.09
コゴミ	平成28年5月	0.02
コゴミ	平成28年5月	0.01
コゴミ	平成28年5月	0.01
コゴミ	平成28年5月	0.01
コシアブラ	平成28年5月	0.17
コシアブラ	平成28年5月	0.40
コシアブラ	平成28年5月	0.24
コシアブラ	平成28年5月	0.27
ユスラウメ	平成28年9月	0.06
ナツグミ	平成28年9月	0.03

*可食部を測定

参考：森林内における放射性セシウム(原子力機構 根拠情報Q&Aサイト)

調査の目的・項目

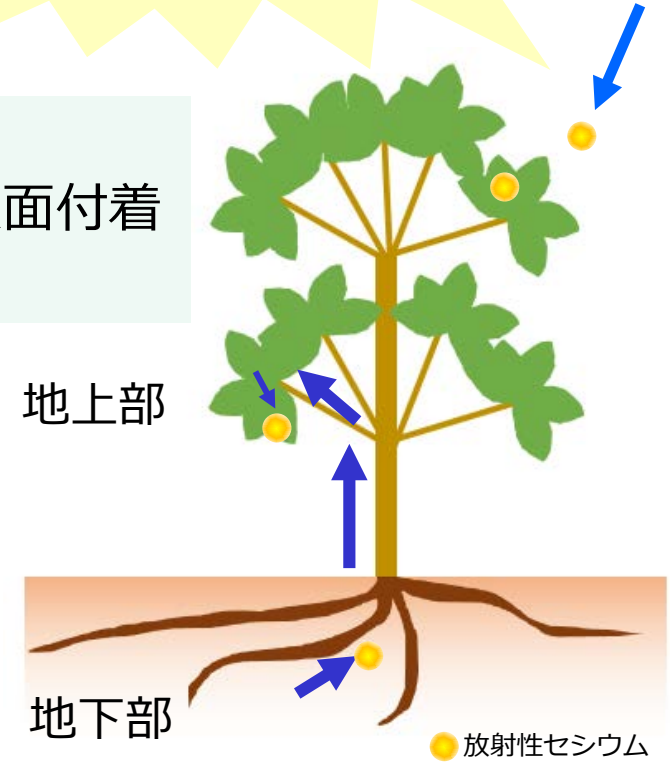
《コシアブラ》
- ウコギ科の落葉高木（～２０m）
- 新芽を食べる山菜(5月頃)
- 重金属を取り込みやすい

コシアブラの放射性Cs(以下、放射性Cs)
取り込みメカニズムの解明
⇒対策方法の提案

《植物の放射性Csが検出される要因》
1F事故前に生えていた植物⇒大気の流れによる表面付着
1F事故後に生えた植物⇒**土壌からの取り込み**

今後、新たに生えてくる植物への
対策を考えるため

(低木のため)山菜採取の対象となりやすい
1F事故後に生えたものを対象に調査



《調査対象》

平成29年7月

福島県伊達郡川俣町山木屋地区

(空間線量率:1.2 μSv/ h 平成29年測定：採取地森林内)

推定樹齢1～3年生(事故後に成長した若木)

《アプローチ方法》

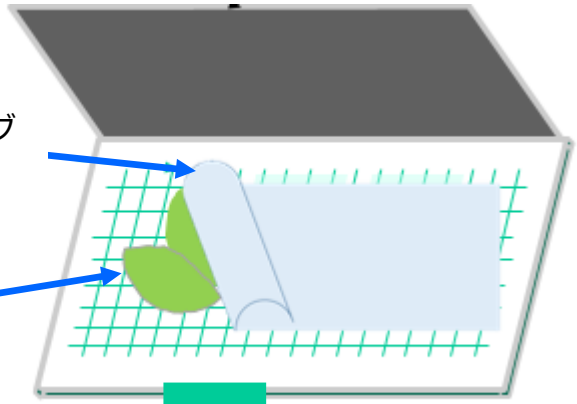
Step1：放射性物質の取り込みについて

Step2：植物のどこに存在しているか

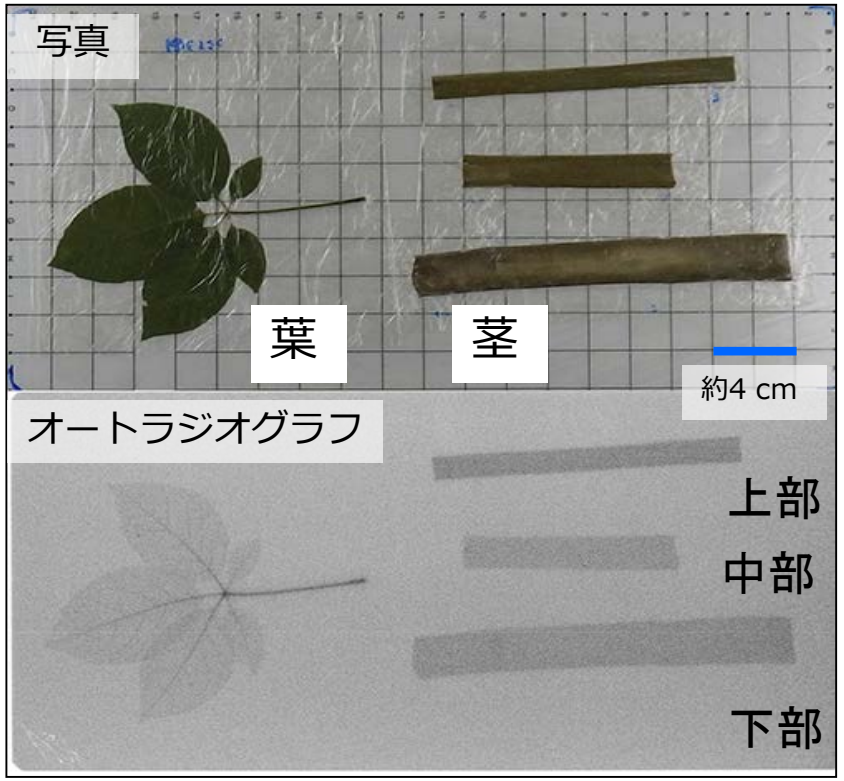
Step3：放射性Cs吸収のメカニズム解明

今後の課題

Step1.コシアブラの放射性物質の取り込み



オートラジオグラフ
読み取り機



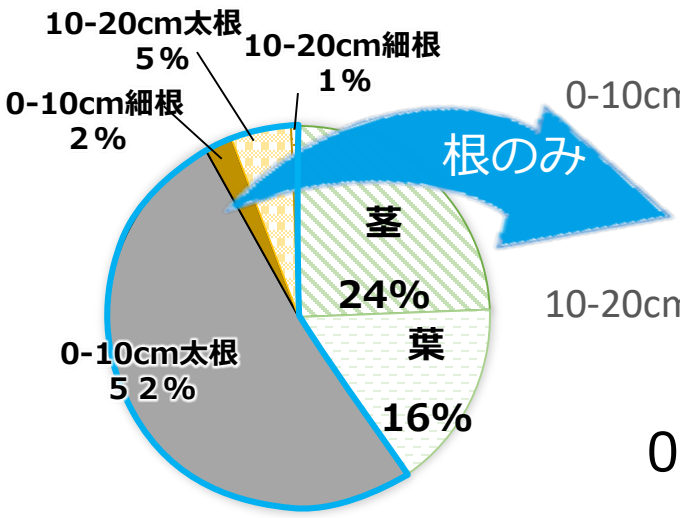
露光日数：11日

〇事故後に成長した若木⇒放射性物質の取り込みは根から
〇均一な分布⇒放射性物質は植物体内に均一に移動している

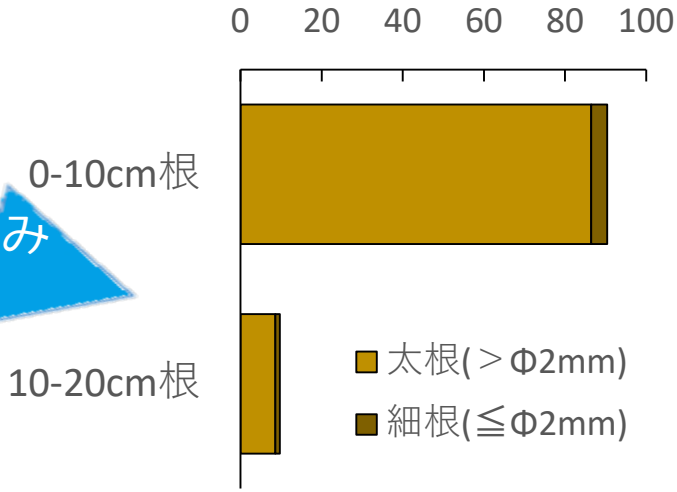
根から植物体内を通って葉まで放射性物質が移動している

Step1.コシアブラの放射性物質の取り込み

植物全体に占める各器官の割合(%-乾燥重量)

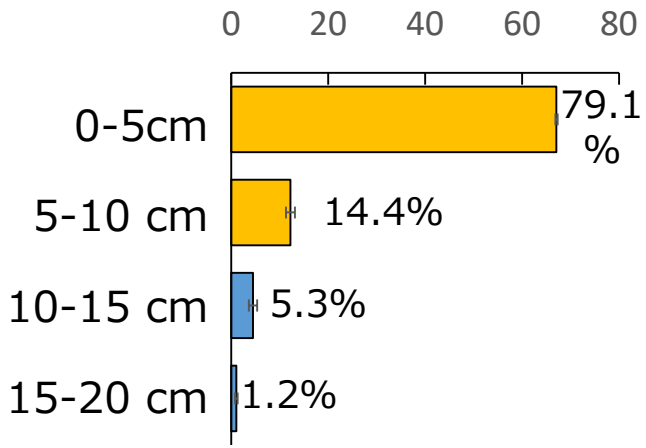


根の深度分布(乾燥重量-%)

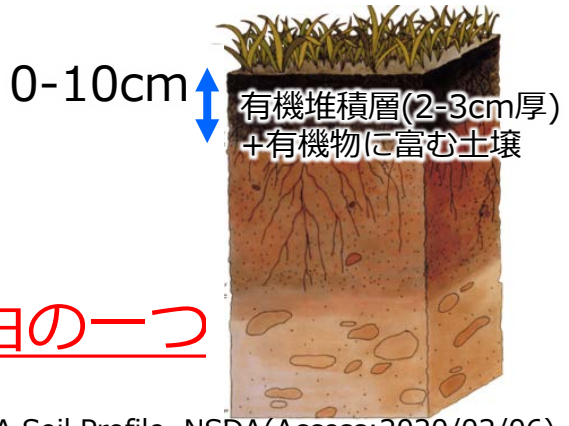


0-10cm深度に根全体の90%以上が分布

土壌の^{137}Cs量 (kBq/m^2)



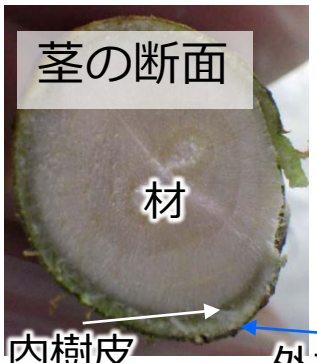
土壌表層0-10cm深度に^{137}Csの90%以上が存在

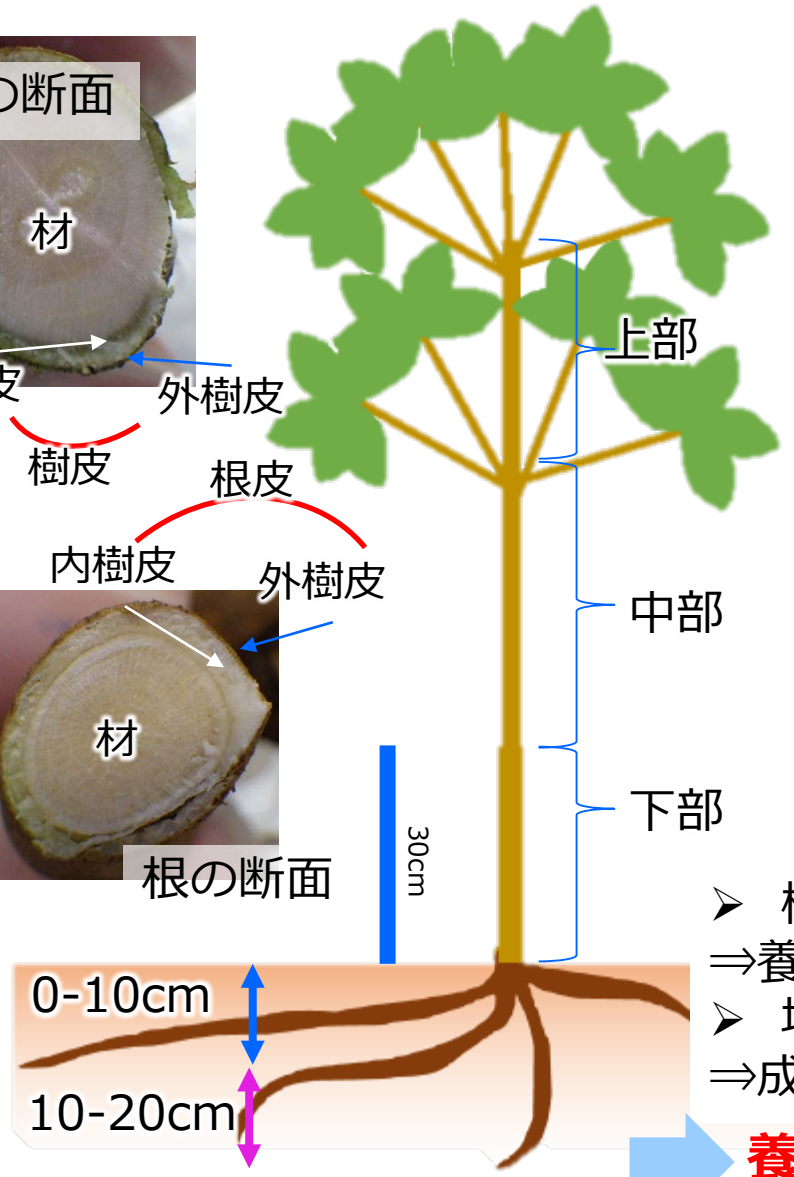


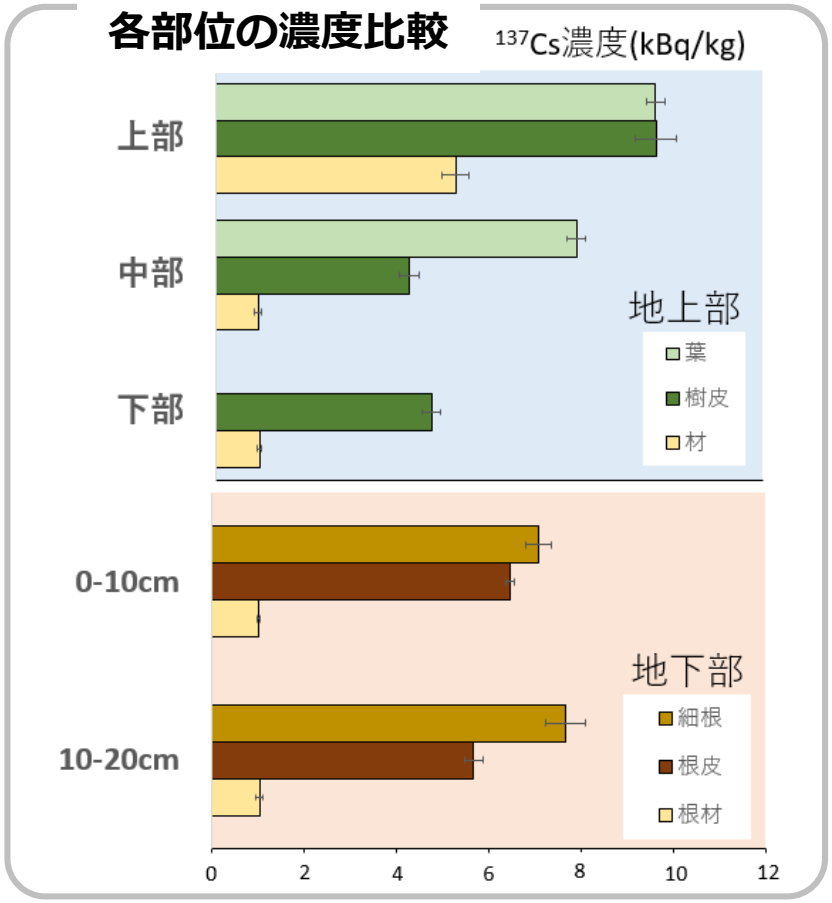
コシアブラ若木の放射能濃度が下がりにくい理由の一つ

出典：A Soil Profile NSDA(Access;2020/02/06)

Step2.植物のどこに存在しているか







- 樹皮・根皮の濃度が高
⇒養分の通り道に^{137}Csが存在
- 地上部・地下部ともに成長部位に若干濃度高
⇒成長部位に集積の傾向

養分と共に成長部位に集積している可能性

Step1～2のまとめとStep3について

- ✓ 根から放射性Csを吸収し、養分と同じ経路で成長部位に放射性Csが運ばれている可能性
- ✓ 養分を吸収する**根の周辺土壌の放射性Cs濃度が高い**ことが、　若木のコシアブラの**放射能濃度が下がりにくい理由**の一つ

課題　土壌にある放射性Csがなぜ植物に取り込まれるのか？

Step3　放射性Cs吸収のメカニズム解明

- ➢ 複数地点で調査
  - ✓ 土壌の性質、放射性Csがどのような形で存在しているか
  - ✓ 土壌に生息する菌による影響は？
- ➢ 他種の根の調査⇒**根の分布と放射性Cs濃度の違い**を確認

根からの放射性Cs吸収の抑制方法の検討などに役立てる

研究開発成果の発信(FaCE!S)（フェイシス）

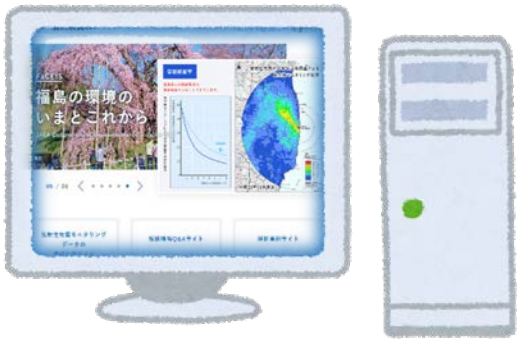
*3月末改訂予定のHPトップ画面

研究開発成果の発信(FaCE!S)

これまで原子力機構が
実施してきた調査・研究の成果

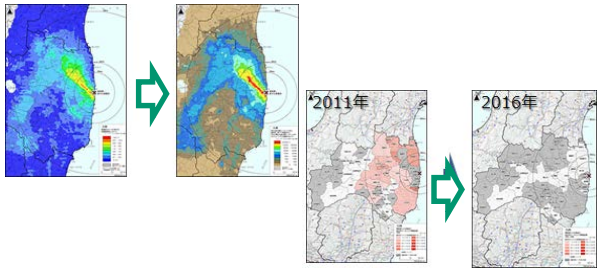
公開

福島総合環境情報サイト(FaCE!S)



調査・研究結果に基づいた情報を、
それぞれの特徴にあった形でわかりやすく提供

①環境モニタリング データ公開サイト



・様々な調査結果を集約
・様々な形式でダウンロード
(グラフ・マップ・数値)
・調査結果の可視化

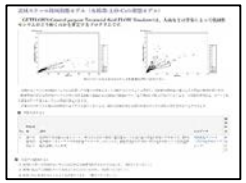
②根拠情報Q&Aサイト

・環境動態研究で得られた知見をQ&A形式で提示
・利用者の知りたい範囲の情報が自由に閲覧できる階層構造

③解析事例サイト

・個別モデルの成果による知見をQ&A形式で提示

（一般の方向け）



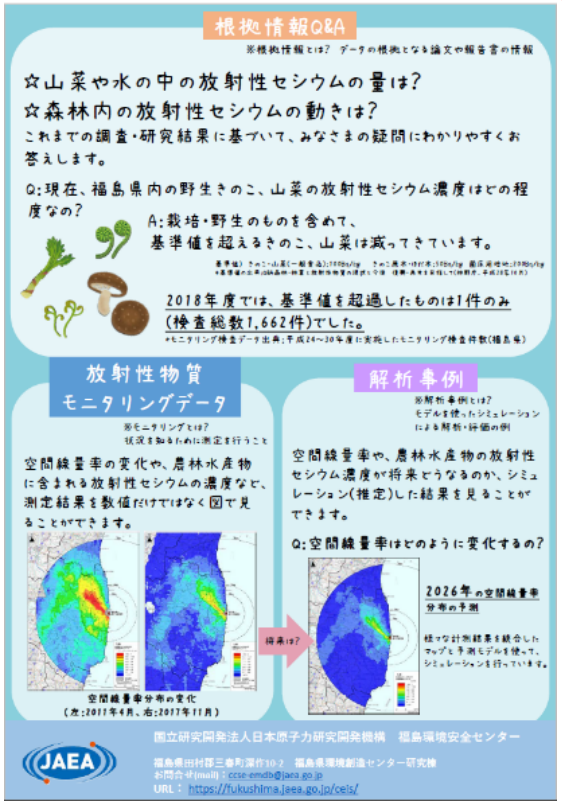
・解析ツールを自ら利用する環境を提供

（自治体向け）

FaCE!Sを知っていただく（普及・広報活動）

←広報用名刺の使用
（FaCE!SのQRコードを名刺に添付）
（平成31年4月下旬から使用しています）

↑広報用パンフレットの配布
（平成31年4月下旬から配布）



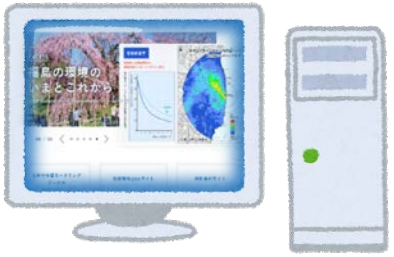
←フライヤーの配布
（2019年11月から）
私がデザインしました！

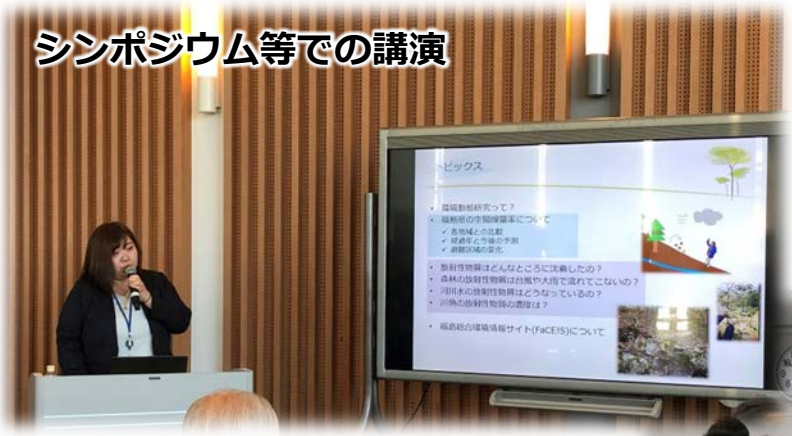
- 講演会やシンポジウムでのご紹介、パンフレット／フライヤーの配布
- コミュタン福島でのフライヤー常設設置・配布等

FaCE!Sを活用する（成果発信）

調査研究の成果を皆様に広く知っていただくため、FaCE!Sを活用した成果発信を進めています。

※月に１回の頻度で、シンポジウムや大学にお伺いしております





- 学生実習
- 大学の学園祭
- 講演会

これからの展望

調査・研究

・成果の展開
・情報発信

技術的広報活動

意見・要望

・ニーズの認知

調査・研究

住民の方々の不安解消に
必要な調査・研究

技術的広報活動

・大学や関係教育機関での活動
・広く知っていただくための活動

FaCE!Sを分かりやすくするための意見聴取
住民の方々に向けた幅広い情報公開
効果的な展開の仕方の検討

ご清聴ありがとうございました。

日本原子力研究開発機構　**福島研究開発部門HP**または、QRコードからアクセスをお願いいたします

←現在のHPトップページ

↑3月末改訂予定のHPトップページ