



2025年1月31日(金)
令和6年度福島廃炉安全工学研究所成果報告会

東北大学 原子炉廃止措置基盤研究 センターの活動について

東北大学 原子炉廃止措置基盤研究センター

渡邊 豊

令和7年1月31日



8つのプロジェクト

PROJECT 01 災害科学国際研究推進プロジェクト

PROJECT 02 地域医療再構築プロジェクト

PROJECT 03 環境エネルギープロジェクト

PROJECT 04 情報通信再構築プロジェクト

PROJECT 05 東北マリンサイエンスプロジェクト

PROJECT 06 事故炉廃止措置・環境修復プロジェクト

PROJECT 07 地域産業復興支援プロジェクト

PROJECT 08 復興産学連携推進プロジェクト

PROJECT 06 事故炉廃止措置・環境修復プロジェクト



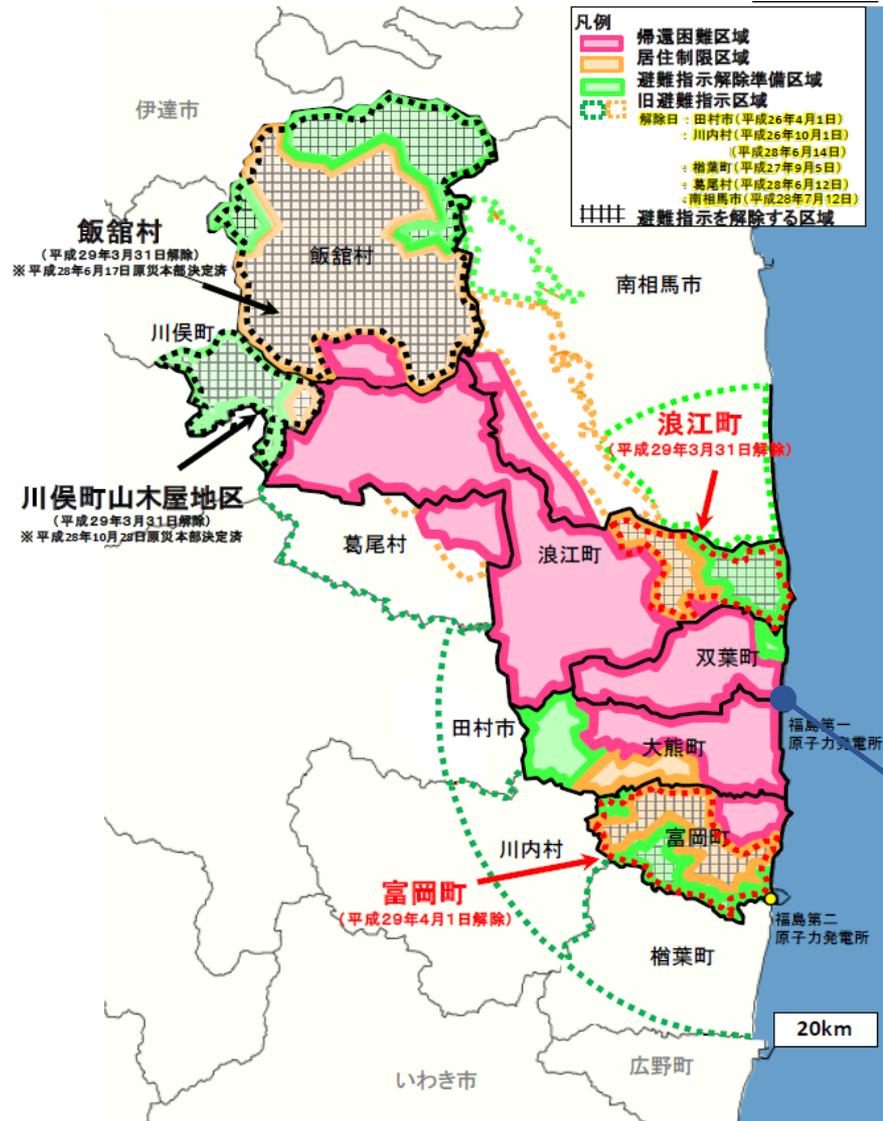
(1) 原子炉廃止措置基盤研究センター

安全・着実な廃炉を実現するためには、極めて広範囲の学術と技術の結集が必要であり、全学的な取組が不可欠であることから、全学を横断した組織である原子炉廃止措置基盤研究センター(CFReND)を2016年12月に設置しました。本センターの主たるテーマは、福島第一原子力発電所の安全・着実な廃炉に資する基礎研究と基盤技術開発です。本研究における成果は通常炉の廃止措置技術へ展開・応用が期待できます。また、今後の原子炉廃止措置を担う若い技術者や研究者の育成も行っていきます。

(2) 放射性物質によって汚染された生活環境の復旧技術の開発

福島第一原子力発電所の事故で飛散した放射性物質によって、家屋、田畑、山林、学校などの生活環境が汚染されました。地域住民の健康への影響に加え、農林水産物の放射能汚染は生産者及び消費者の生活に大きな影響を与えています。本プロジェクトでは、放射性物質によって汚染された生活環境の復旧技術の開発を目指します。また、放射性検査機器の開発や、被災自治体と連携して最適な除染方法の検討・提案も行っていきます。

(3) 被災動物の包括的線量評価事業



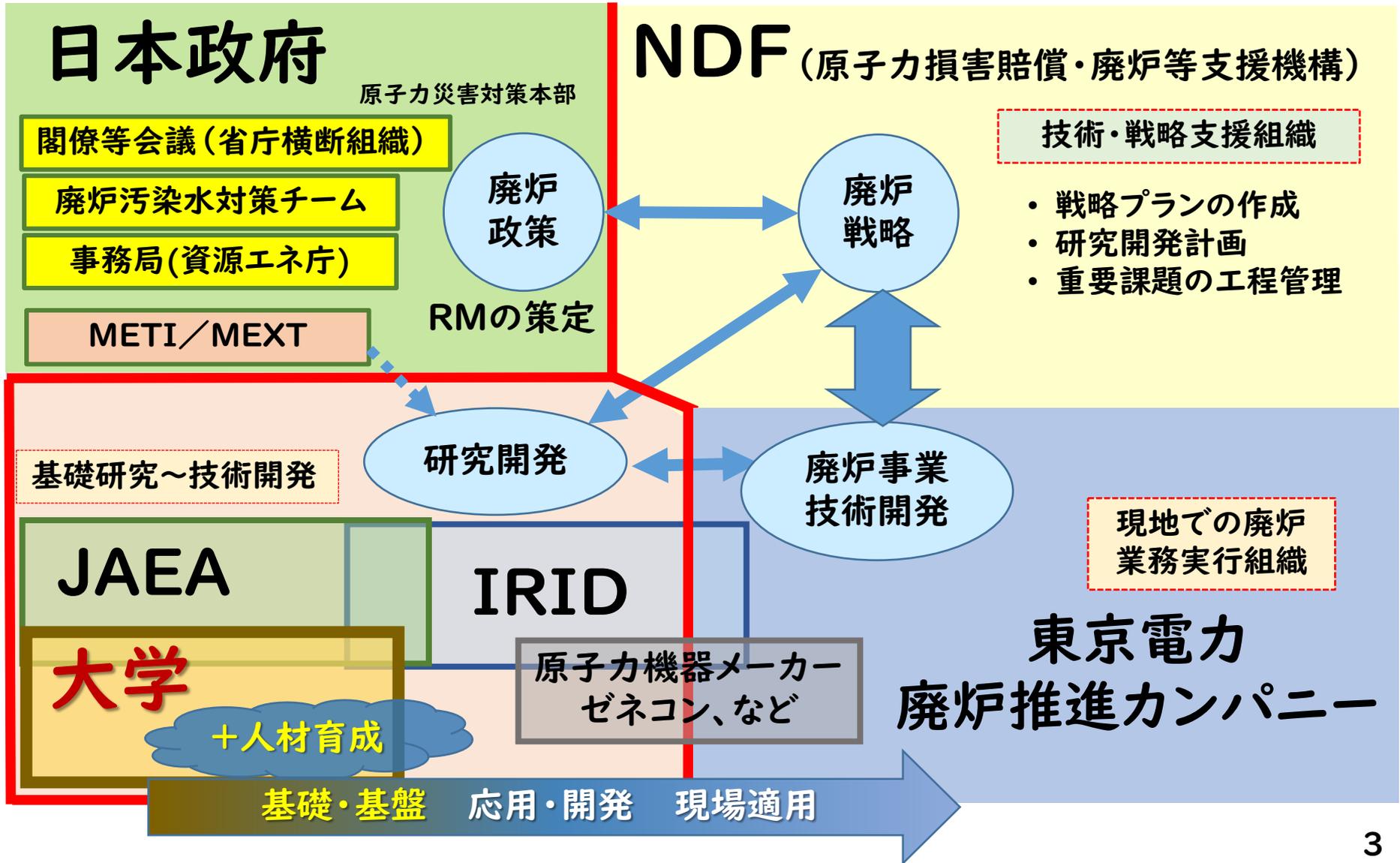
オフサイトの環境修復への貢献

- 放射性物質によって汚染された生活環境の復旧技術の開発
- 被災動物の包括的線量評価事業

事故炉の安全・着実な廃止措置への貢献

- 原子炉廃止措置基盤研究センターを中心とした基盤研究・人材育成

福島第一廃炉に関する役割分担



事故炉廃止措置に関わる東北大学の活動年表

年	月	主な事項
2011	3	東北地方太平洋沖地震ならびに福島第一原子力発電所事故発生
2012	8	総長 福島第一原子力発電所現地視察
2013	8	東北大学グローバルビジョンに福島第一発電所廃炉プロジェクトを宣言
2014	3	日本原子力研究開発機構(JAEA)との包括連携協定締結
	10	「文部科学省 廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」事業開始
2015	3	第一回「次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス」開催(東北大学青葉山キャンパス)
	10	学生による福島第一原子力発電所廃炉作業見学(第一回)
2016	12	「東北大学 <u>原子炉廃止措置基盤研究センター(CFReND)</u> 」設置(10年間の時限付) 
2017	11	「文部科学省 廃炉加速化研究プログラム(日仏原子力共同研究)」事業開始
	11	Fukushima Research Conference on “Corrosion Prediction and Mitigation for Key Components of Fukushima Daiichi NPS”開催(福島県富岡町)
	12	原子炉廃止措置基盤研究センター1周年記念シンポジウム開催
2020	4	東北大学災害復興新生研究機構-東京電力HD(株)福島第一廃炉推進カンパニー包括連携協定締結 「福島第一原子力発電所廃炉支援基盤研究部門(同カンパニーとの共同研究部門)」設置
	10	「CLADS補助金 課題解決型廃炉研究プログラム」(格納容器内防食技術関連)事業開始
2021	10	「CLADS補助金 課題解決型廃炉研究プログラム」(原子炉建屋健全性関連)事業開始
	11	<u>原子炉廃止措置基盤研究センター(CFReND)</u> 時限なし「産学連携関連組織」への変更承認
2023	8	日米廃炉ワークショップ“A Forum Co-Hosted by Tohoku Univ. and the Univ. of Michigan, Round 1”開催(オンライン、日米よりDOE,NRC,EPRI,エネ庁,NRA, FEPC等120名が参加)
2024	2	同ワークショップRound 2開催(オンライン、日米よりES, NRC, NRA, JAEA等70名が参加)
	5	日米革新炉ワークショップ開催@片平(東北大学・ミシガン大学主催、在札幌米国総領事館後援、日米及びインドネシアより、政府機関、産業界、大学及び研究機関約80名が参加)
	9	「文部科学省 廃止措置研究・人材育成等強化プログラム(第3フェーズ)」事業開始



TOHOKU
UNIVERSITY

福島第一発電所の安全・着実な廃炉への貢献は東北大学の使命

【現地視察】

2012年8月27日

(職名はいずれも当時)

里見 進 総長

原 信義 理事(震災復興推進担当)

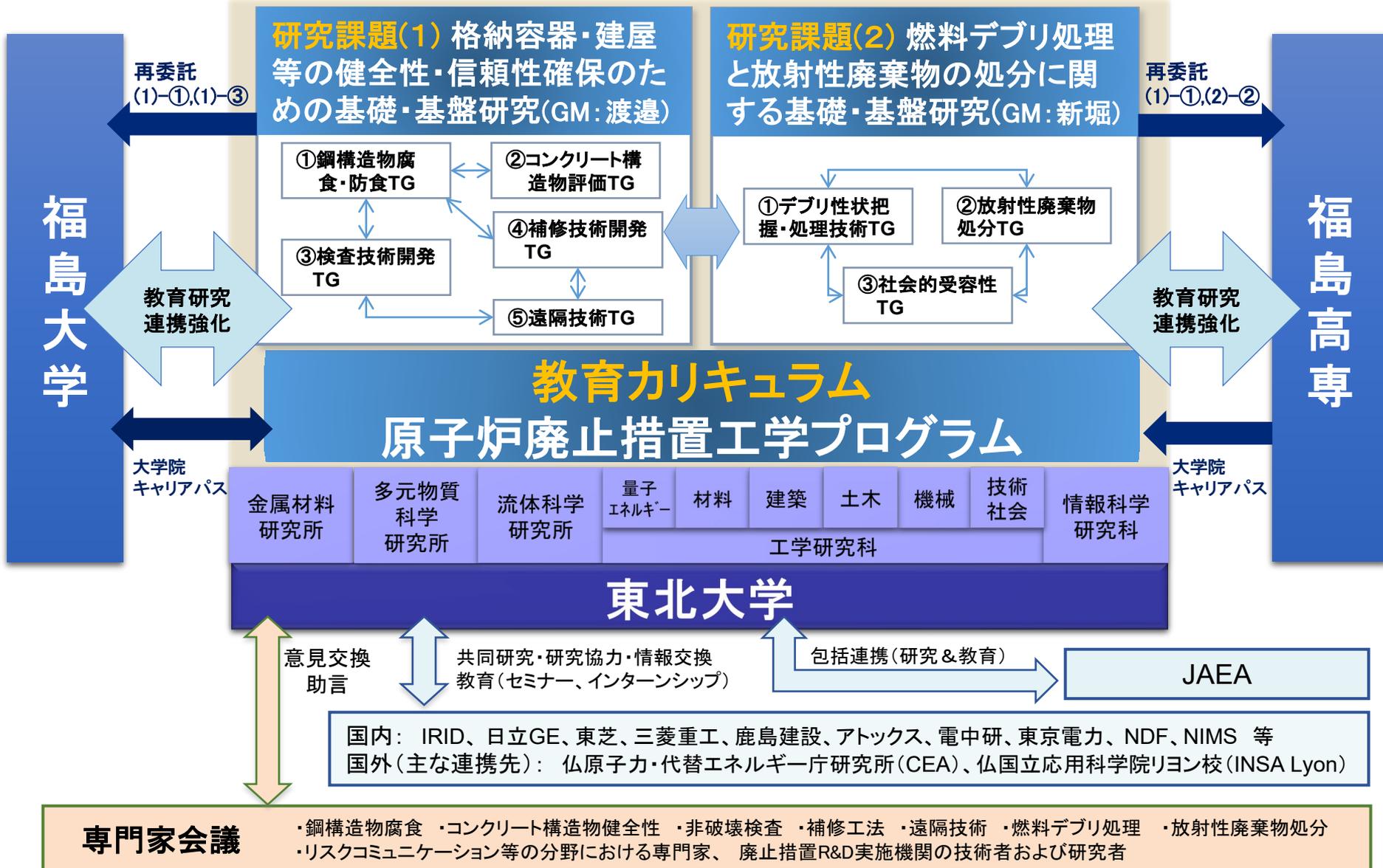
青木孝文 副学長(広報・社会連携・情報基盤担当)

渡邊 豊 教授(工学研究科)



4号機原子炉建屋を南側から望む

廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分に関する基盤研究および中核人材育成(2014-2018年度):事後評価S

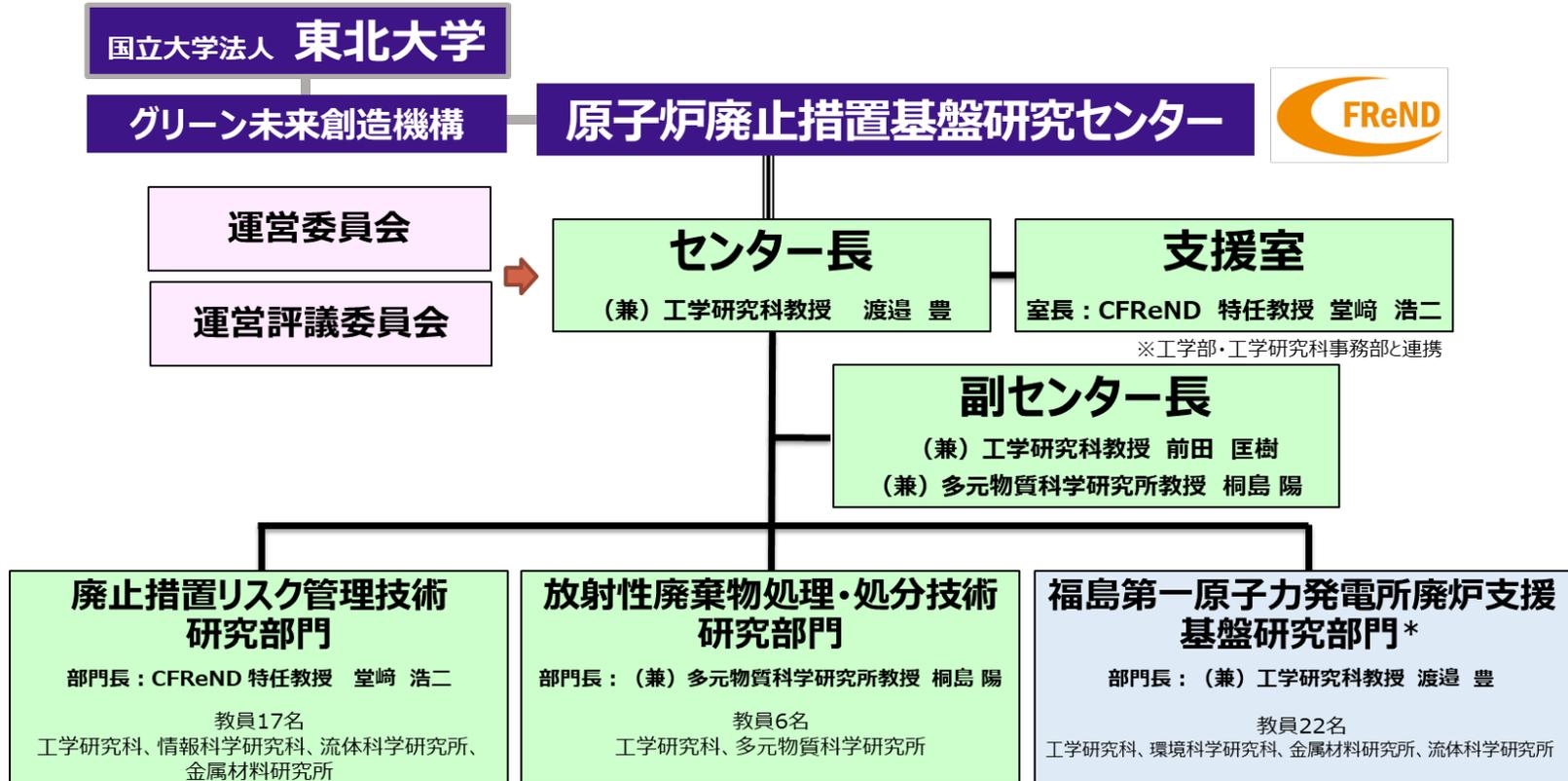


原子炉廃止措置基盤研究センター

CFReND : Center for Fundamental Research on Nuclear Decommissioning

2016.12~

2025年1月現在の体制



公的な競争的資金により基礎・基盤研究を推進
(シーズ主導型)

* 東京電力HD福島第一廃炉推進カンパニーとの共同研究部門

現場ニーズを研究課題にブレイク・ダウンし、
解決技術を開発(現場ニーズ起点型)

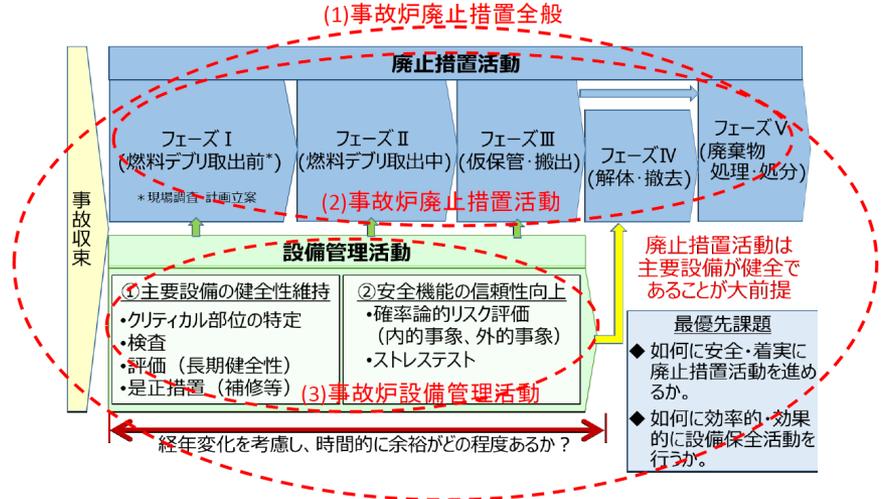
2025年度より、「1F廃炉イノベーション部門」に改称予定

<リスク管理・保全技術>

工学研究科



堂崎浩二 (廃炉センター)



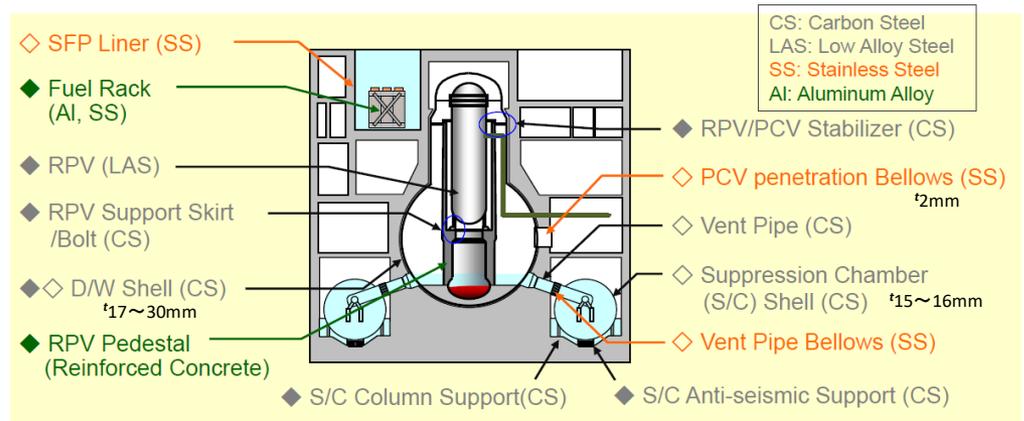
<腐食評価・対策技術>

工学研究科

金属材料研究所



渡邊 豊
(工:量子エネルギー工学)



Kumagai and Fukaya, 2016 Maintenance Science Summer School

<コンクリート構造物評価> 工学研究科



前田 匡樹
(工:都市・建築学)

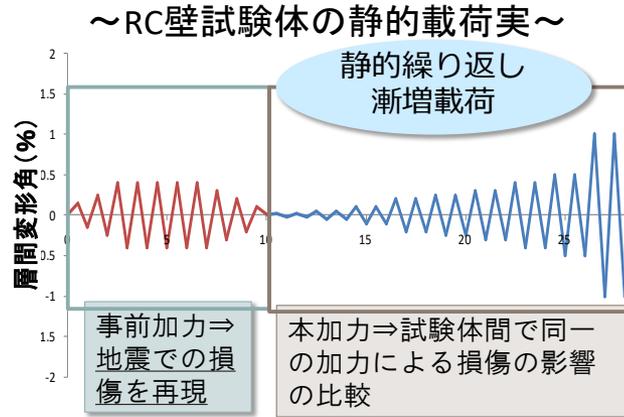


写真 加力装置

<非破壊検査技術>

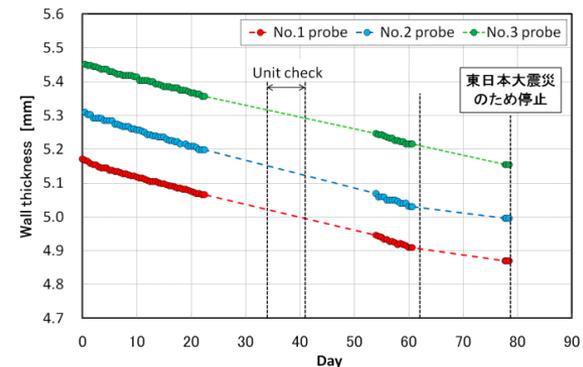
流体科学研究所
工学研究科



内一哲也
(流体科学研究所)



On-line monitoring of wall thinning



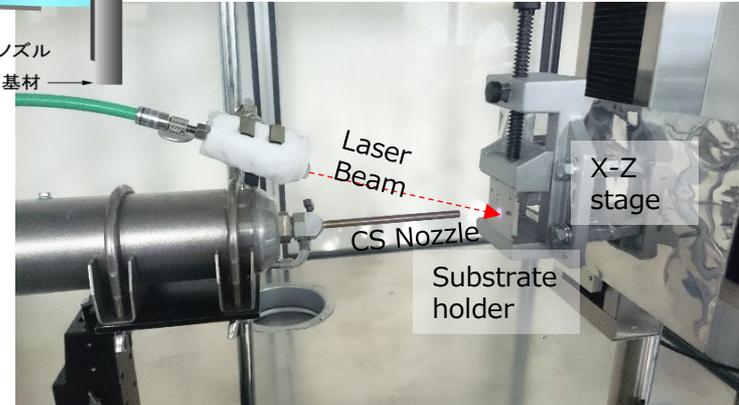
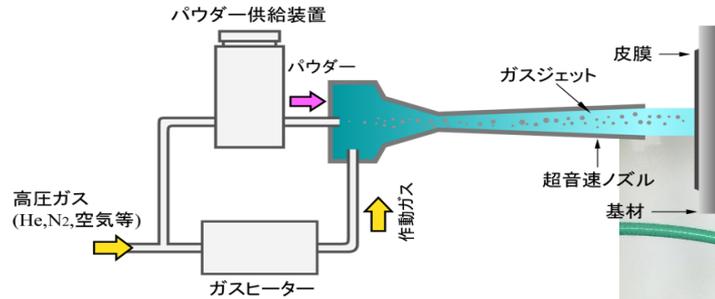
<補修技術>



小川 和洋

(工:先端材料強度科学研究センター)

工学研究科

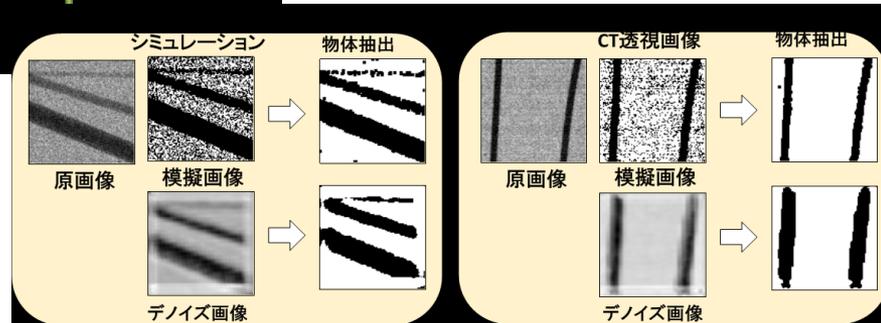
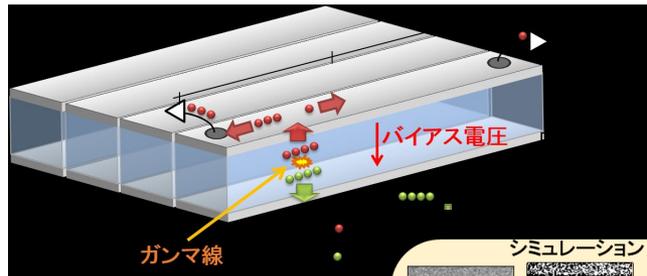


<放射線計測／利用>

工学研究科 ・ 金属材料研究所



松山 成男
(工学研究科)

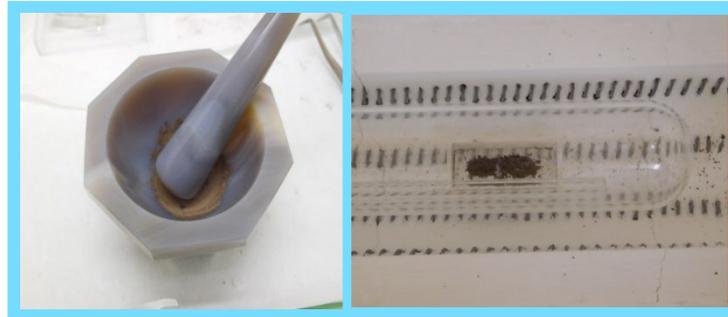


< デブリ性状評価 >

多元物質科学研究所



桐島 陽
(多元物質科学研究所)

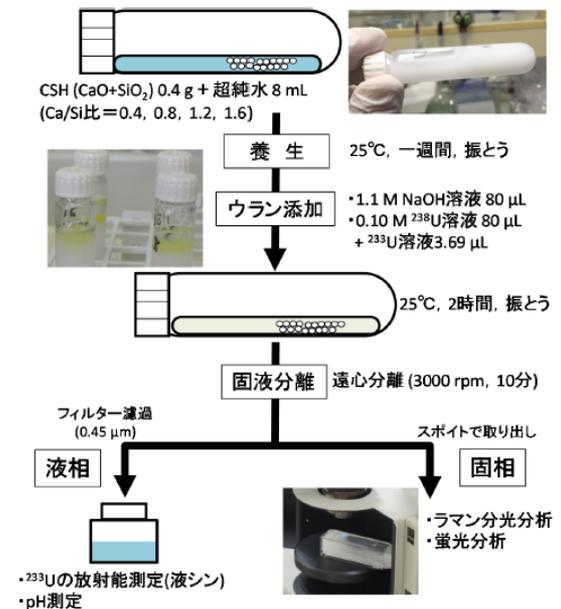
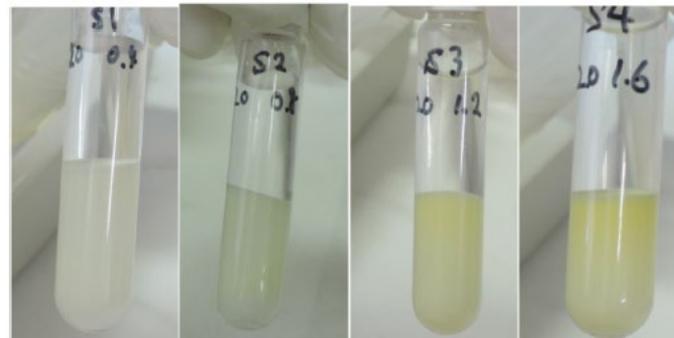


< 廃棄物処分技術 >

工学研究科



新堀 雄一
(工: 量子エネルギー工学)



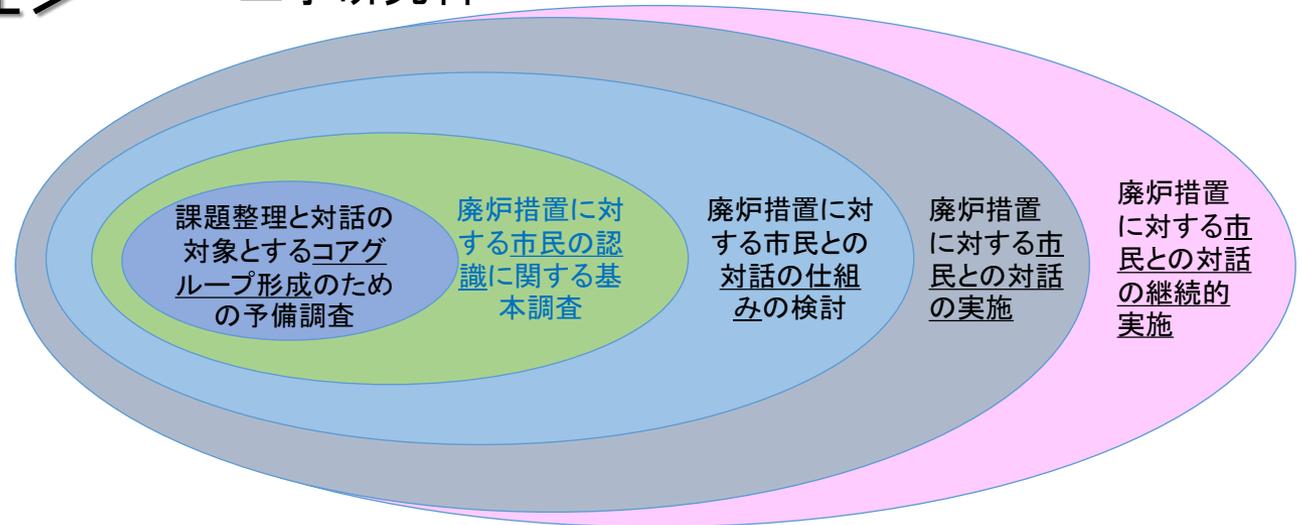
<社会的受容性>

工学研究科



高橋 信

(工:技術社会システム)

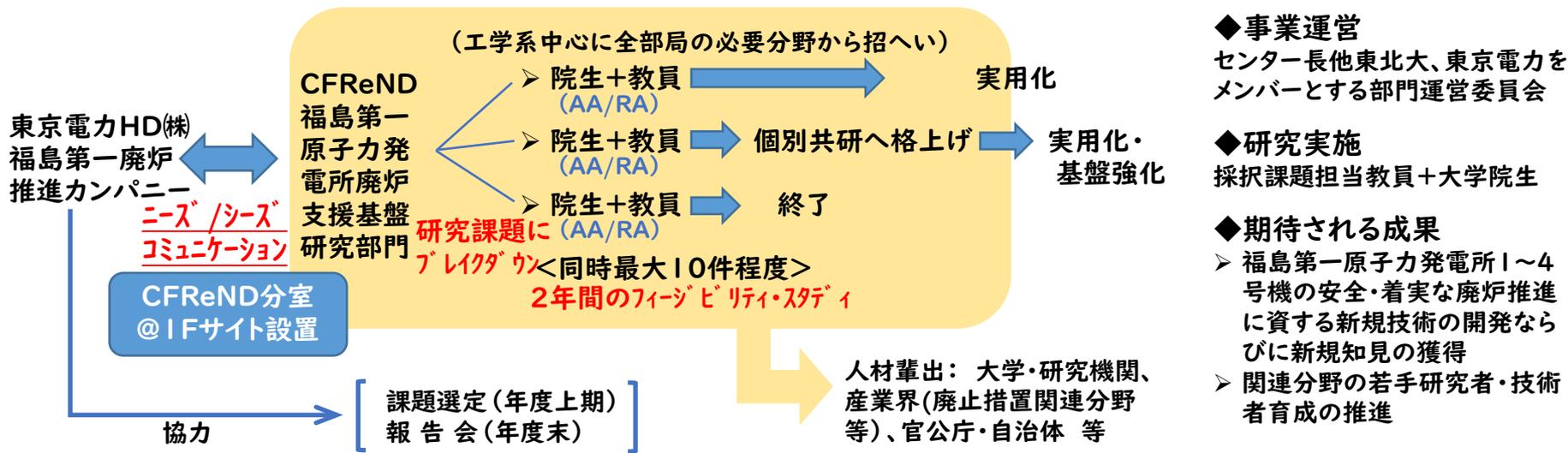


<順次分野を拡張中>

- 現場ニーズの高い技術／廃炉課題の局面を打開する新技術の開発
- 他分野・他産業へのインパクトが大きい研究開発

■ 本部門の狙い

廃炉事業の実施主体である東京電力の技術者と本学エキスパートとの密接なコミュニケーションに基づいて現場ニーズを研究課題にブレイクダウンし、東北大学が有する広範な分野での研究ポテンシャルを活用して廃炉現場の課題を解決するための研究開発を行う。



- 廃止措置リスク管理技術研究部門
- 放射性廃棄物処理・処分技術研究部門

}: シーズ主導型

- 福島第一原子力発電所廃炉支援基盤研究部門 : 現場ニーズ起点型

2つの異なるアプローチで研究・開発する体制

CFReND 東京電力共同研究部門 研究プロジェクト

【2023年度開始プロジェクト】

- 廃止措置の過程で発生する**コンクリート廃棄物への二酸化炭素固定**のための基礎的検討（研究代表者：環境科学研究科 飯塚 淳）
- **太陽電池型線量計**のガンマ線・中性子線検出特性の高感度化およびIF導入試験に向けた試作機開発（研究代表者：理研・東北大CFReNDクロアポ 奥野泰希）
- 鉄筋コンクリート構造物の鉄筋腐食を対象とした**サブテラヘルツ波非接触検査技術**の開発（研究代表者：都市・建築学専攻 西脇智哉）
- **燃料デブリとホウ素との反応**挙動（研究代表者：金属フロンティア工学専攻 及川勝成）

【2024年度開始プロジェクト】

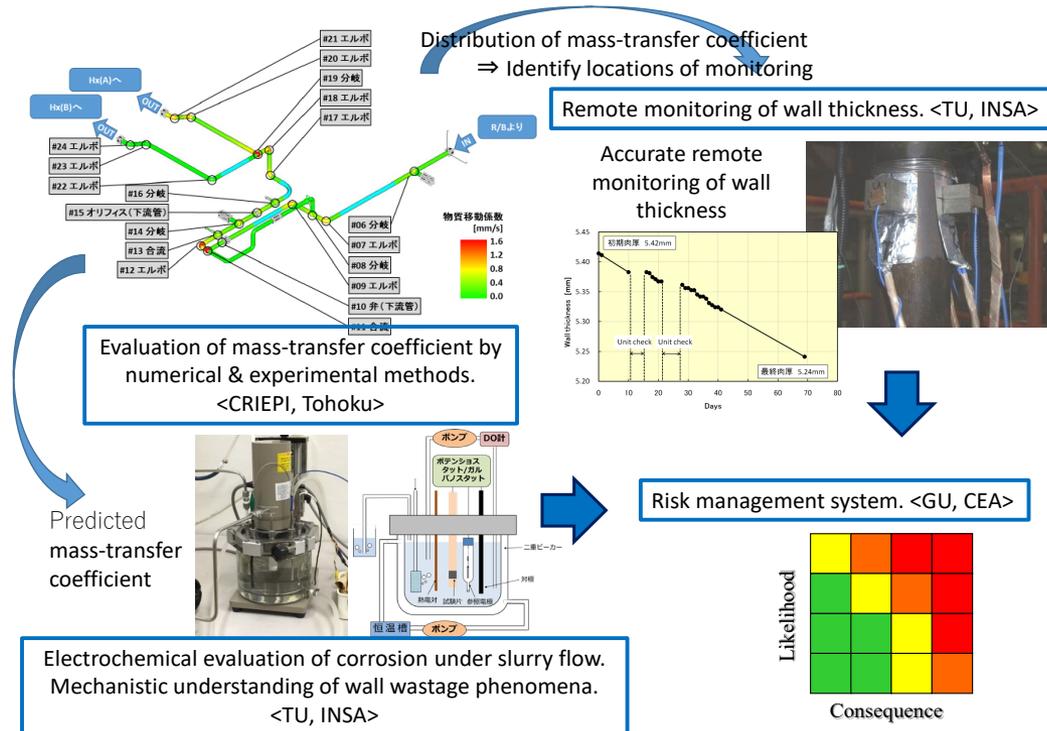
- ミクロからバルク領域に応じた分光分析による**模擬燃料デブリの性状評価**（研究代表者：多元物質科学研究所 秋山 大輔）
- コールドスプレー法を用いた**鋼構造物補修技術の確立**（研究代表者：先端材料科学研究センター 小川 和洋）
- 防護機能高度化処理を施した水晶体向け**ウエアラブル線量計**デバイスの開発と評価（研究代表者：量子エネルギー工学専攻 加田 渉）
- **構造ヘルスマニタリングシステム**に基づく構造健全性評価手法の開発と損傷した鉄筋コンクリート原子力発電所構造物に対する適用性検討（研究代表者：都市・建築学専攻 前田 匡樹）
- 加熱冷却を受けた**鉄筋コンクリート構造物**の地震動による**累積損傷評価法**の開発（研究代表者：都市・建築学専攻 鈴木 敦詞）
- 事故による損傷を想定した原子炉格納容器貫通部からの**エアロゾル漏えい挙動**に関する解析的研究（研究代表者：流体科学研究所 石本 淳）
- プラスチックシンチレーションファイバを用いた**トリチウム連続モニタ**の開発（研究代表者：量子エネルギー工学専攻 松山 成男）
- 二次元広域 **α 汚染検査システム**の開発（研究代表者：量子エネルギー工学専攻 松山 成男）



配管減肉のモニタリングと予測に基づく 配管システムのリスク管理 事後評価:S

Piping sYstem, Risk management based on wAll thinning Monitoring and preDiction (PYRAMID)
2017.11~2021.3

【日】東北大  電中研, 群馬大 【仏】INSA-Lyon, ELyTMaX, CEA



Fukushima Research Conference

on
Corrosion Prediction and Mitigation for Key Components of Fukushima Daiichi NPS
Organized by CLADS/JAEA, Tomioka-cho, Fukushima, Nov. 27-29, 2017
Dec. 9-11, 2019
(Next conference planned for 2022)



- ◆ Long-term prediction of carbon steel corrosion
- ◆ Radiolysis effect on corrosion
- ◆ Re-passivation of localized corrosion
- ◆ Microbial influenced corrosion
- ◆ Reinforced concrete corrosion

Conference Chair: Damien Féron (CEA)

Vice-Chairs: Y. Watanabe (Tohoku U.), M. Yamamoto (JAEA)

Invited Lecturers: D. Feron, Y. Fukaya, K. Hata, F. King,
V. l'Hostis, P. Marcus, J. Matsumoto, B. Normand, R. Rebak,
N. Sridhar, N. Tanaka, Y. Watanabe, J.C. Wren

課題解決型廃炉研究プログラム（2020年度～2022年度）

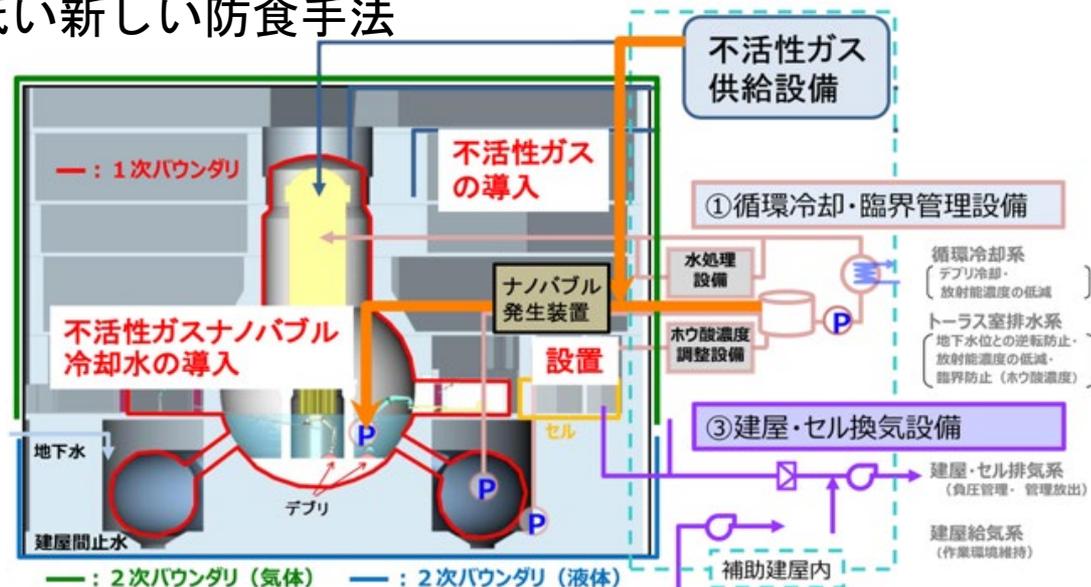
『 α / β / γ 線ラジオリシス影響下における格納容器系統内広域防食の実現：ナノバブルを用いた新規防食技術の開発』

東北大学  · JAEA · QST · NIMS

- 1 F 1～3号機PCV内部における腐食環境の特殊性は、燃料デブリ由来の α 線/ β 線放出核種の粒子やイオンと構造材料が直接接触し得ること。
- 皮膜型インヒビターには局部腐食のリスクが潜在するため、酸化剤低減の方法をトライする。
- 接触線源からの α 線/ β 線効果をも含むラジオリシス解析モデル
→ α 線/ β 線放出核種と鋼材が接触共存する条件下での腐食速度予測技術
- 新設設備※の材料選定根拠（※負圧維持系機器・配管、デブリ取り出しツール、収納缶等）
- 副次影響のポテンシャルが低い新しい防食手法



ダスト接触部での放射線分解水質 (高濃度 H_2O_2)



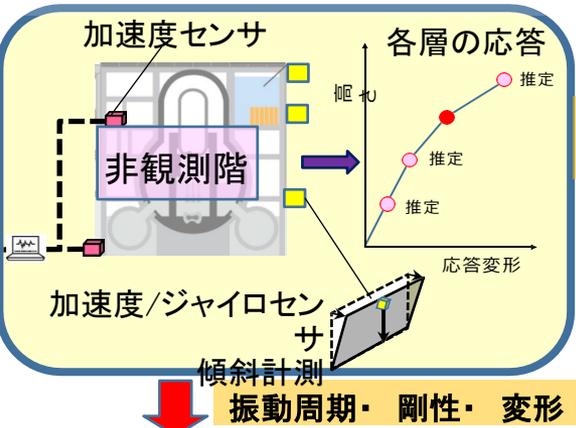
課題解決型廃炉研究プログラム（2021年度～2023年度）

『モニタリングと損傷イメージング技術を活用したハイブリッド型の原子炉建屋長期健全性評価法の開発研究』

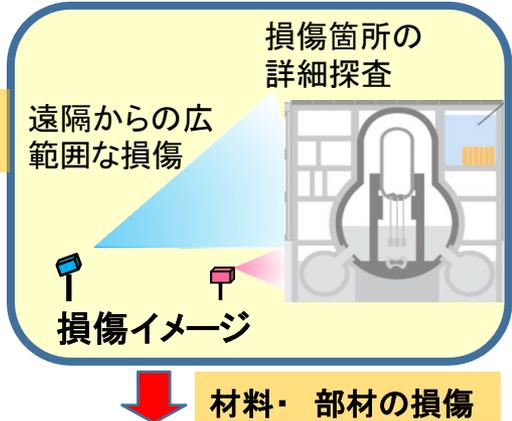
東北大学  ・ 東工大 ・ 芝工大 ・ 日本工大 ・ 木更津高専

- 1F1～3号機原子炉建屋の特殊性は、高放射線量率等により、接近が困難なため、ダメージを受けた建屋の現状把握や長期健全性評価などが難しいこと。
- 建屋への接近を最小限とする建屋健全性評価法と検査計画を提案する。

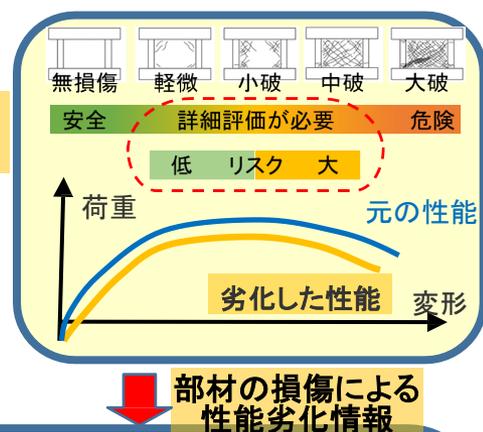
課題① 建屋応答モニタリング



課題② 電磁波による損傷検知



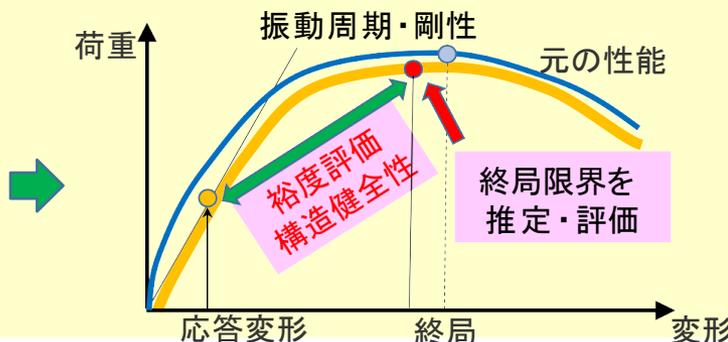
課題③ 材料・部材の性能評価



課題④ 構造健全性の評価法

剛性、変形、損傷度・位置など
様々な情報を組み合わせることで

建屋全体、及び、部位・部材の
構造性能を評価



- ・ 構造健全性の評価法
- ・ 検査実施計画を提案

人材育成への取り組み

教育プログラムの構築と研究実践に基づいた人材育成

福島第一原子力発電所の安全な廃止措置への貢献



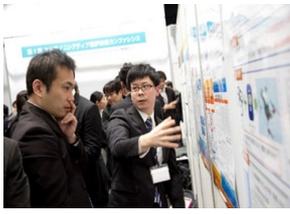
研究課題：8つのTG

- ① 鋼構造物腐食・防食
- ② コンクリート構造物評価
- ③ 検査技術開発
- ④ 補修技術開発
- ⑤ 遠隔技術
- ⑥ デブリ性状把握・処理技術
- ⑦ 放射性廃棄物処分
- ⑧ 社会的受容性

④ 「次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス(NDEC)」の提案・第1回開催

本学提案に賛同下された採択7機関により共催 → CLADS主催の定例会議に発展

- 2016年3月 東北大学
- 2017年3月 東京工業大学
- 2018年3月 福島県富岡町(東京大学)
- 2019年3月 福島県富岡町(福島高専)
- 2020年3月 コロナ禍のため中止
- 2021年3月 オンライン開催
- 2022年3月 オンライン開催
- 2023年3月 福島大学
- 2024年3月 福島県富岡町(東京大学)



人材育成：

① 「原子炉廃止措置工学プログラム」設置
座学（20科目）に加え、廃止措置R&Dインターンシップ研修を実施

【修了生人数】
2015年度～2023年度実績
111名うち61%が原子力関連分野に進んでいる



② 「専門家会議」の開催

企業等の研究者・技術者との意見交換を通じ人的ネットワークとキャリアパスを形成

【2018年度 専門家会議】
出席者：専門家10名、専門家補助12名、東北大学教員20名、福島大学教員1名、学生29名



③ 「施設現地調査」の実施

実環境を直接体験することにより机上の知識との差を認識

【2018年度】
（福島1）学生18名、教員2名
（敦賀1）学生10名、教員2名

【2022年度】
（福島1）学生17名、教員5名

【2023年度】
（福島1）学生11名、教職員6名



⑤ 第3期人材育成型英知事業への応募・採択

「燃料デブリ研究とSEEM学構築を基軸とした研究人材育成」2024年9月～2030年3月末

博士課程後期(博士) 科目表

区分	授業科目	単位と履修方法		備考
		必修	選択必修	
廃止措置工学 基幹科目	原子炉廃止措置工学特論Ⅰ：概論		2	左記授業科目から4単位以上選択履修すること
	原子炉廃止措置工学特論Ⅱ：腐食防食分野		2	
	原子炉廃止措置工学特論Ⅲ：検査技術分野		2	
	原子炉廃止措置工学特論Ⅳ：燃料デブリ処理分野		2	
	原子炉廃止措置工学特論Ⅴ：リスク・コミュニケーション分野		2	
	リーダー論		1	
	トップリーダー特別講義			
	原子炉廃止措置工学特別講義			

『原子炉廃止措置工学プログラム』 科目表

博士課程前期(修士) 科目表

区分	授業科目	単位と履修方法		備考
		必修	選択必修	
廃止措置工学 基幹科目	原子炉廃止措置工学概論	2		左記授業科目から必修2単位を含めて8単位以上選択履修すること
	原子炉廃止措置工学Ⅰ：鋼構造物保全分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅱ：鉄鋼材料分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅲ：腐食防食分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅳ：環境強度分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅴ：非破壊検査分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅵ：補修・接合分野		1	
	原子炉廃止措置工学Ⅶ：コンクリート構造物保全分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅷ：建設材料分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅸ：耐震設計分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅹ：耐震性評価分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅺ：建築物寿命評価分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅻ：建築物信頼性分野		2	
	原子炉廃止措置工学ⅫⅢ：臨界反応制御分野		2	
	原子炉廃止措置工学ⅫⅣ：粒子ビーム分野		2	
	原子炉廃止措置工学ⅫⅤ：地層処分分野		2	
	原子炉廃止措置工学ⅫⅥ：リスク・コミュニケーション分野		2	
	原子炉廃止措置工学ⅫⅦ：人間-ロボット・インターフェース分野		2	
	原子炉廃止措置工学ⅫⅧ：行動分析分野		2	
	原子炉廃止措置工学ⅫⅨ：弾塑性力学分野		1	
原子炉廃止措置工学特別講義		2		
学外実習	廃止措置R&Dインターシップ研修	1~2		
	国際インターシップ研修		...	

コア科目「原子炉廃止措置工学概論」集中講義

<必修> 廃止措置R&Dインターシップ研修

原子炉廃止措置工学プログラム 修士コア科目『原子炉廃止措置工学概論』

公開講座として→『軽水炉安全セミナー（原子炉廃止措置編）』

	概論		各論	
	9月24日（火）	9月25日（水）	9月26日（木）	9月30日（月）
1限 (8:50-10:20)	8:50-9:05 開講趣旨説明（東北大学：渡邊豊）	福島第一の廃炉の為の技術戦略プラン (NDF：中村隆之)	機器・構造物の機能維持と 経年劣化対応の重要性 ～腐食現象と放射線影響～ (東北大学：渡邊豊/山本正弘)	8:50-9:50 燃料の固体化学と燃料デブリの基礎 (東北大学：佐藤修彰)
	9:10-10:40 リスクの概念とリスク評価・ 管理の基礎 (東北大学：高橋信)			10:00-11:00 東京電力福島第一原子力発電所 過酷事故の事故シナリオと炉内状況の推定 (JAEA：倉田正輝)
2限 (10:30-12:00)	10:50-12:20 原子力発電所安全管理、 設備管理の考え方 (東北大学：堂崎浩二)	福島第一の廃炉研究開発の現状と課題 (IRID：奥住直明)	原子力発電所の廃止措置における 遠隔技術の役割と適用技術 (東北大学：昆陽雅司)	11:10-12:10 燃料デブリの分析について (CLADS：荻野英樹)
3限 (13:00-14:30)	原子力発電所の廃止措置の 取り組み状況 (中部電力：生田康平)	損傷したコンクリート構造物の 長期健全性評価の考え方 (東北大学：前田匡樹)	廃炉作業に伴うロボット技術の 開発と現場適用の状況 (日立GE：岡田聡)	燃料デブリの特性把握と処理・処分について (JAEA：北垣徹 / 坪田陽一)
4限 (14:40-16:10)	福島第一原子力発電所の現状と 今後の展望 (東京電力：松本純一)	TMI 及びチェルノブイリの 経験から学ぶもの、 福島へ反映できるもの (東北大学：若林利男)	廃炉作業に伴うロボット技術の 開発と現場適用の状況 (東芝ESS：杉浦鉄幸)	放射性廃棄物の管理・処分 (東北大学：新堀雄一)
5限 (16:20-17:50)	福島第一原子力発電所事故の 概要と教訓 (東京電力：松本純一)	放射線計測技術 (東北大学：松山成男)	廃炉に向けた異分野を繋ぐ 放射線計測機器の研究開発から見えるもの (理化学研究所：奥野泰希)	16:20-16:40 課題・修了証についての説明 (東北大学：渡邊豊)

NDF: 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 IRID: 国際廃炉研究開発機構 JAEA: 日本原子力研究開発機構

『原子炉廃止措置工学プログラム』

履修学生数ならびに進路

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	合計
	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	
修士修了人数	19	21	18	19	11	2	2	3	7	102
博士修了人数	0	0	2	3	1	0	0	2	1	9
修了人数合計	19	21	20	22	12	2	2	5	8	111
内訳										
博士課程進学	3	1	1	2	1	原子力関係に進んだと推定される (内訳は不明)	0	1	3	12
電力会社	4	4	3	0	2		1	2	0	16
重工系メーカー	2	1	1	1	2		0	0	1	8
鉄鋼メーカー	0	2	1	3	1		0	0	0	7
官公庁・自治体 (環境省・福島県・栃木県・仙台市)	0	2	1	1	0		0	0	0	4
ゼネコン	2	1	3	2	1		0	0	1	10
研究機関 (大学教員・JSPS研究員・JAEA)	0	0	3	4	0		0	1	1	9
原子力関連合計	11	11	13	13	7	2	1	4	6	66
原子力関連割合(%)	58	52	65	59	58		50	80	75	61
その他企業等	8	10	7	9	5	0	1	1	2	43

注) 2020年度(令和2年度)の2名は、修了人数には含めているが、原子力関連割合の計算における修了者の合計、原子力関連合計(分母・分子)には含めていない。



……一言で言えば、二十代のこの二人はアツケラカンとしていたのである。これが、事故現場を見たことで重い気分になっていた私を救った。二十七歳は言った。

「なにしろすべてのことが始めてなので、他の会社なら当たり前のベテラン世代の経験量も、ここでは全く役立たない。廃炉のためには何をすればよいか、それには何をどう使えばより効果が出るかを決めるにも、ここでは全員のスタートラインが同一線上にあるのです。」

私について来てくれた東北大の教授二人は、この若者たちの旧師だそうだが、始めのうちは彼らとはわからなかったという。チコちゃんに叱られそうなぼんやりした感じの大学院生だったのが、わずか二、三年で自らの責任を自覚している大人に変わっていたということだろう。

（塩野七生氏の2019年「文藝春秋」コラムより）

東北大学グローバルビジョンからの抜粋
(+渡邊の解釈)

研究第一主義

日々の研究の実践を通じて未来を担う若者の育成にあたる。

実学尊重

学術的にも真に価値の高い研究課題は、現場から見いだされる。

門戸開放

多様な価値観・人材を受け入れる知の共同体。(=多様性の尊重)

JAEAへの期待等

これからも、日本の原子力研究・開発の揺るぎない中心であり続け、世界をリードする研究センターであって欲しい。

原子力の研究基盤の拠り所 – プロジェクト型研究とのバランスを適切に取りながらも、長期的視野で原子力研究基盤（研究施設、専門人材、計算コード、データライブラリ等）の継続的な充実を。

人材交流の拠点 – 原子力に興味を持ち、研究でこそ持てる力を発揮できる人たちが存分に活躍できる場であるとともに、国内・国際・世代間・分野間・産学官の人材交流の拠点であり続けて頂きたい。