

日本原子力学会水化学部会 第26回定例研究会
日時:平成28年3月15日(火)
場所:秋葉原UDXビル



大学における人材育成の取り組み : 東北大学を例として

量子エネルギー工学専攻での教育活動

東北大学 大学院工学研究科
量子エネルギー工学専攻
渡邊 豊

東北大学工学部 (5学科体制)

機械知能・航空工学科

Department of Mechanical and
Aerospace Engineering

(234)

情報知能システム総合学科

Department of Information and
Intelligent Systems

化学・バイオ工学科

Department of Applied Chemistry,
Chemical Engineering and
Biomolecular Engineering

材料科学総合学科

Department of Materials Science
and Engineering

建築・社会環境工学科

Department of Civil Engineering
and Architecture

機械知能・航空工学科

- ρ 機械システムコース / Mechanical Systems
- ρ ファインメカニクスコース / Finemechanics
- ρ 航空宇宙コース / Aerospace Engineering
- ρ ロボティクスコース / Robotics
- ρ **量子サイエンスコース / Quantum Science and Energy Engineering (35)**
- ρ エネルギー環境コース / Environment and Energy Engineering
- ρ 機械・医工学コース / Environment and Energy Engineering

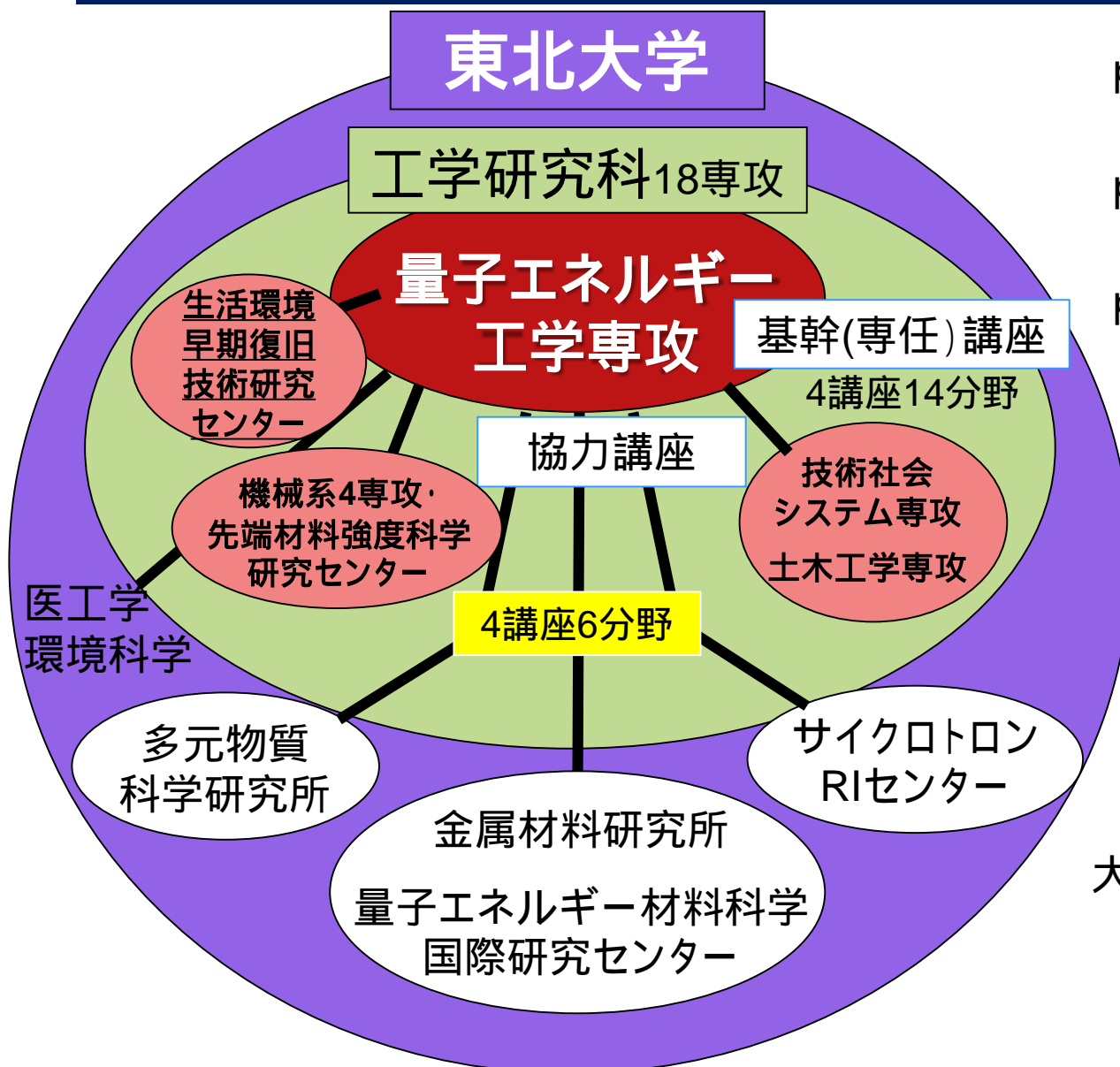
機械系・環境系と共通の基盤となる科目 + コース独自の専門科目

大学院(機械系と共通の入試制度)

量子エネルギー工学専攻 (38)

原子や電子などの振る舞いを理解する『量子』という概念を基礎に、核融合を含む原子力エネルギーや放射線の高度利用を展開する工学分野を構築し、その人材の育成を行う。

東北大学量子エネルギー工学専攻の 教育・研究の体制



- ρ 核融合を含む
原子力エネルギーの利用
- ρ 医療・環境科学等への
放射線の高度利用
- ρ 大規模プラントの
安全・保全、放射性廃棄物の
処理・処分等

複数の専攻、研究所との
協力体制を含めた
大学院(専門科目・基盤科目)カ
リキュラムの構築

量子エネルギー工学専攻の講座構成

専任(基幹)講座(4講座14分野, 教授8, 准教授10, 助教

講座	分野	講座	分野
エネルギー物理工学講座	核融合・電磁工学分野	粒子ビーム工学講座	高エネルギー材料工学分野
	核融合プラズマ計測学分野		粒子ビームシステム工学分野
	中性子デバイス工学分野		応用量子医工学分野
	炉システム工学分野		放射線高度利用分野(六ヶ所村分室)
原子核システム安全工学講座	原子力地質工学分野		核燃料科学分野(六ヶ所村分室)
	核エネルギーシステム安全工学分野		量子保全工学分野
	エネルギー物理工学教育分野	先進原子核工学講座 (生活環境早期復旧技術研究センター)	

協力講座(4講座6分野)

講座	分野	講座	分野
エネルギー材料工学講座 (金属材料研究所)	材料照射工学分野	量子物性工学講座 (金属材料研究所)	アクチノイド物性工学分野
	原子力材料工学分野		量子機能材料工学分野
エネルギー化学工学講座 (多元物質科学研究所)	エネルギーシステム研究分野	加速器放射線工学講座 (サイクロトロンラジオアイソトープセンター)	加速器保健物理工学分野

基礎を重視し応用力を鍛える一貫した工学教育

炉主任、放射線取扱主任、技術士

前期課程

原子炉実習
(KUCA)

原子力材料実習
(大洗)

先進原子力総合実習

放射線高度利用学

(プラズマ計測、材料損傷・評価、加速器、流動、コンクリート評価等)

大学院

炉物理

原子力安全

保全工学

炉材料

核燃料

核融合

加速器工学

4年生

原子炉工学

原子炉安全・設計学

材料照射工学

廃棄物処理処分

放射線安全工学

量子機械学

プラズマ物理学

バックエンド基礎実験

学外研修(弥生炉実習)

バックエンド基礎・RI全学講習会を受講

3年生

機械知能・航空実験 II (放射線、放射化学)

中性子輸送学

原子力学応用

放射化学

研修 II

原子力学基礎

量子サイエンスコース 約40名

研究室配属

学部2年生からの
原子力関連基礎教育

研修 I

流体・熱・材料力学

材料科学

2年生

数学(解析・幾何)、物理(力学・電磁気学・量子力学)、化学(溶液化学、電気化学)

1年生

科学技術とエネルギー(全学教育科目) 原子力利用 1セメ・2セメに計350名受講

研究テーマ(キーワード例)

原子力エネルギー利用

核融合炉の開発

原子力システムの
高度化と安全性向上・
保全技術の高度化

核燃料サイクル
技術の確立

放射性廃棄物の
低減技術の開発・
処分技術の高度化

原子炉の安全な
廃止措置技術開発

放射線の高度利用

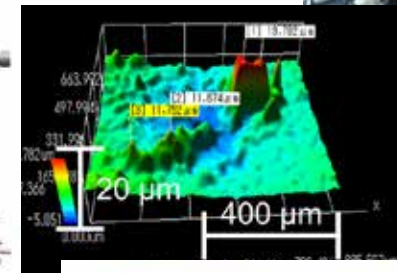
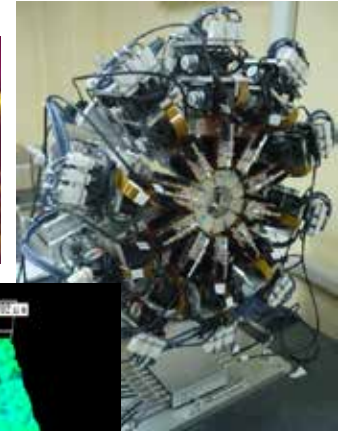
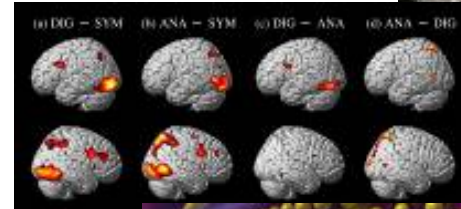
放射線計測技術による
診断(PET)

イオンビームによる
高精度元素分析(PIXE)

イオンビームによる
材料の微細加工・改質

イオンビームによる
医療用RI製造手法開発

粒子線治療
システム

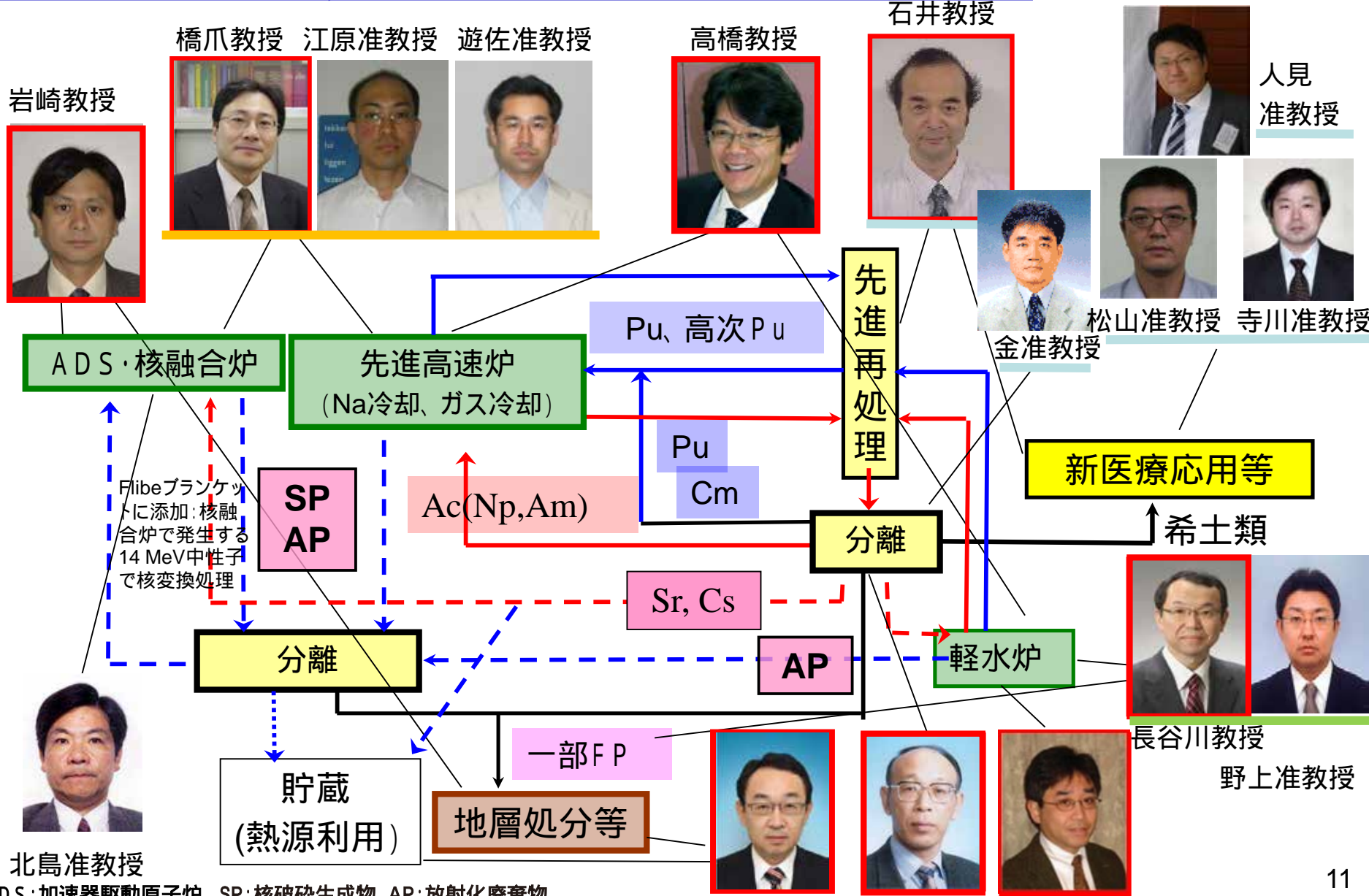


サブミリビームライン

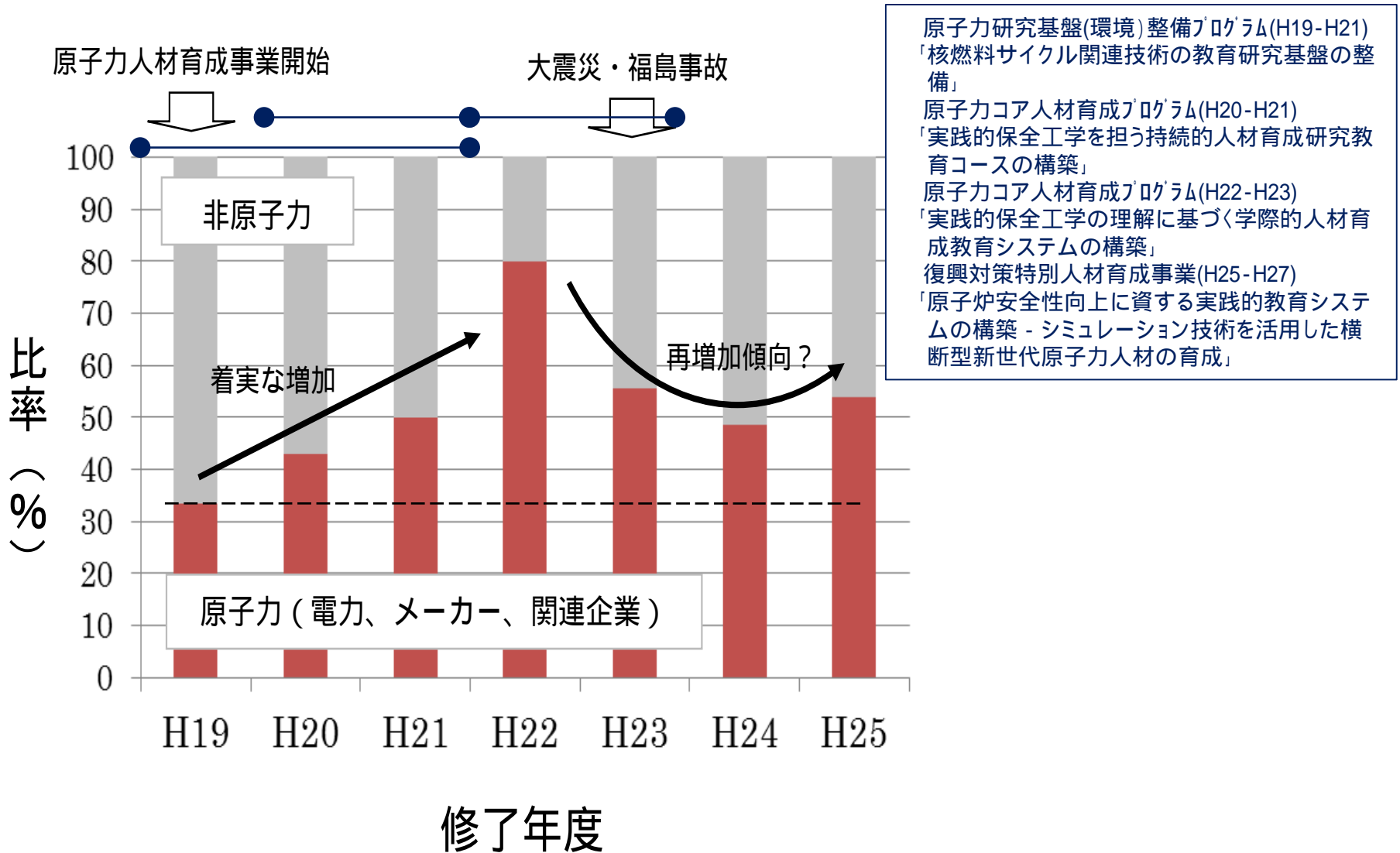
研究マップ 一例 (核燃料サイクル関連) 写真は教員の一部になります



核融合炉・高速炉・軽水炉を含めた広範囲な中性子エネルギースペクトルを利用することによる放射性廃棄物を低減するための技術開発と、プルトニウムゼロエミッションサイクルの確立を最終的な目標



ADS: 加速器駆動原子炉, SP: 核破砕生成物 AP: 放射化廃棄物, Ac: アクチニド, FP: 核分裂生成物, Flibe (LiFとBeF): 溶融塩冷却材



東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻(大学院)の就職状況の推
(平成25年度「復興対策特別人材育成事業」公募申請書(東北大学)より抜粋)

卒業生の進路の最新状況

2015年4月入社

< 修士 >

IHI、旭硝子、いすゞ、オリンパス、関西電力、キヤノン、栗田工業、コマツ、JFEスチール、島津製作所、デンソー、東芝ソリューション、東京電力、新潟原動機、東北電力、日本海事協会、日本原子力研究開発機構、日本航空、日立製作所、北海道電力、三菱化学エンジニアリング、三菱重工業、宮城県、明電舎 など

< 博士 >

東北大学、日本原子力研究開発機構、Pacific Northwest National Laboratory (米国国立研究所) など

2014年4月入社

< 修士 >

IHI、NGK、コマツ、JR東日本、JFEスチール、JFEエンジニアリング、J-Power、島津製作所、住友重機械工業、デンソー、東芝、東北電力、東京電力、新潟原動機、日本原子力研究開発機構、日本原燃、日本航空、日立製作所、日立造船、日立ハイテクノロジーズ、日立パワーソリューションズ、フジクラ、富士通、富士電機、北陸電力、三菱ガス化学、ミネベア、YKK AP など

< 博士 >

東北大学

就職活動については、就職担当教員が情報提供や面接練習などで全面的に支援

震災以降 (2011.3以降)の専攻の主な動き

- ・生活環境早期復旧技術研究センターの設置(センター長 石井教授: 本学リサーチプロフェッサー)
平成24年度4月より「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」プロジェクトを推進
(H25.10 非破壊式の放射能検査機器を開発(水揚げした魚をそのまま測定))
- ・六ヶ所村分室移行「新原子力利用研究分野の開拓」(H21年度開始)H25年度一般経費化
- ・復興対策特別人材育成事業: 原子炉安全性向上に資する実践的教育システムの構築
—シミュレーション技術を活用した横断型新世代原子力人材の育成—(H25-H27)
- ・公開講座: 福島事故以降の安全学に向けて / 軽水炉安全セミナー (保全・活断層)
- ・国際廃炉研究開発機構(IRID)への協力: 文科省、IRID 共催 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関するワークショップ開催協力(H25.11)
- ・直接処分に関連するJAEAとの共同研究を開始(H25.11 ~)
- ・先進核融合炉工学総合実験棟の完成(H26.1)
- ・青森県 原子力人材育成・研究開発拠点施設整備事業への立案協力(H26年より予算化)



六ヶ所村分室



生活環境早期復旧技術
研究センター



先進核融合炉工学総合実験棟

東北大学における原子力教育の特色と展開

- 学部低学年から大学院までの一貫した原子力教育
- 多角的な連携と協力

ρ 地域連携：原子力エネルギーの拠点地域

- 東北・青森

- ・六ヶ所村、青森県、日本原燃、東北電力、東京電力、電源開発、八戸工大等
- ・六ヶ所分室、大学院出前講義、量子エネルギーフォーラム等
- ・原子力共生活動(地域との連携教育、専攻独自のプロジェクト)

ρ 産官学連携

ρ 大学間連携

ρ 学内多部局・多分野連携

ρ 世代間連携

日本原子力学会水化学部会 第26回定例研究会

日時:平成28年3月15日(火)

場所:秋葉原UDXビル



TOHOKU
UNIVERSITY

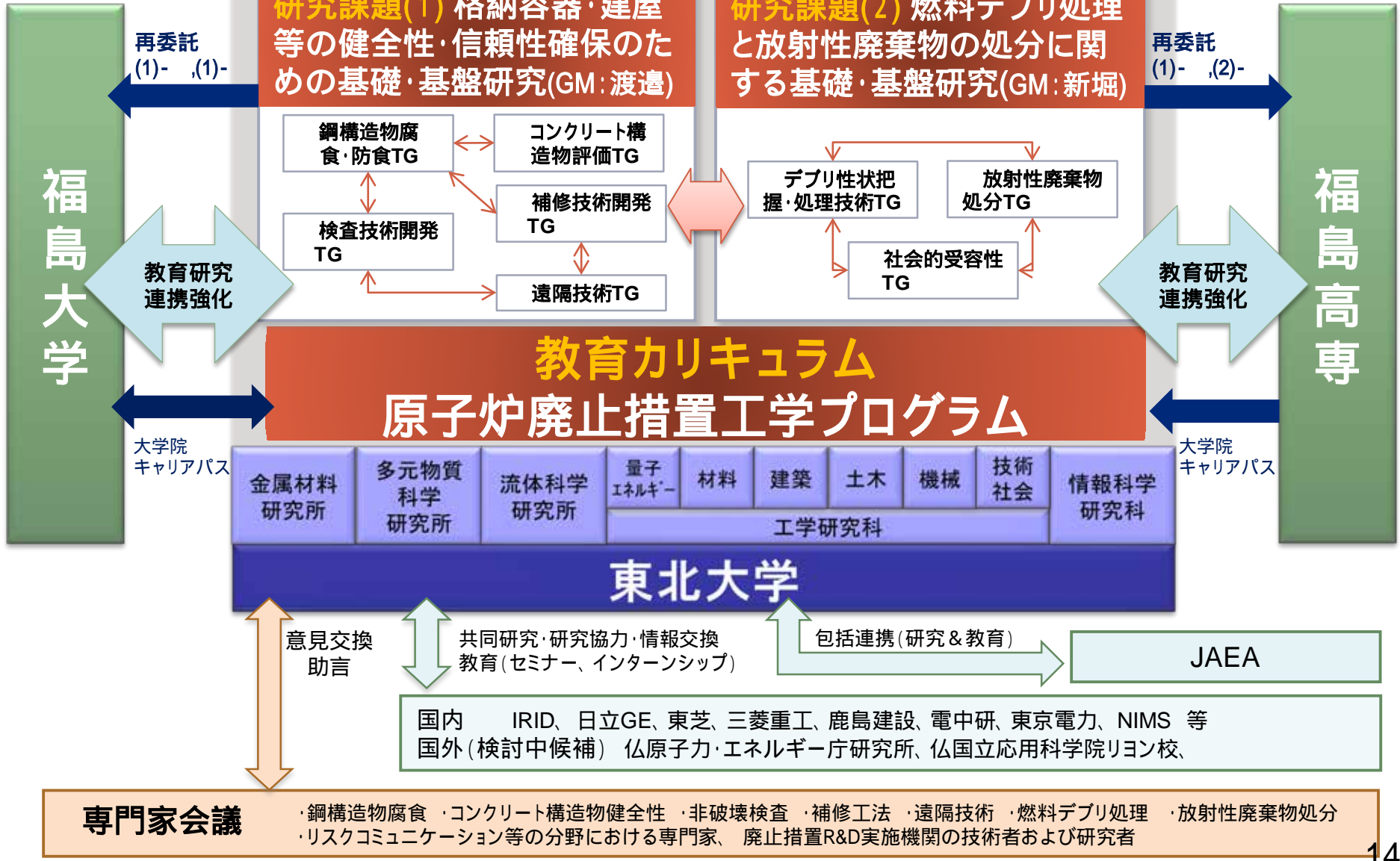
大学における人材育成の取り組み :東北大学を例として

『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及び中核人材
育成プログラム』概要

東北大学 渡邊 豊

1. 事業概要
2. 具体的研究の概要
 - (1) 格納容器・建屋等の健全性・信頼性確保に関する基礎・基盤研究
 - (2) 燃料デブリの処理と放射性廃棄物の処分に関する基礎・基盤研究
3. 教育プログラムの構築、研究推進
4. まとめ

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プログラム



東北拠点における基盤研究と人材育成

【基盤研究】 *現場ニーズが高く、かつ本学の研究ポテンシャルが高い分野*

- (1) 格納容器・建屋等の健全性・信頼性確保のための基礎・基盤研究
→『放射性物質閉じ込め機能』と『安定冷却』の維持
- (2) 燃料デブリの処理と放射性廃棄物の処分に関する基礎・基盤研究
→科学的・合理的な処理・処分方法の策定

- 基盤研究への主体的参加
- 専門家との議論

【人材育成】

「原子炉廃止措置工学プログラムの設置」

原理・原則に立ち戻って課題解決を図る能力
課題の本質(幹と枝葉)を的確に見分ける能力
異分野専門家との高度コミュニケーション・協働能力

合理的な道筋は？
クリティカルパスは？



専門的カリキュラムによる教育

状況が変化する廃止措置工程への的確かつ重層的対応能力を持つ中核人材

目標 格納容器・注水配管などの防食と長期寿命予測技術の基盤構築

冷却・遮蔽のため水環境の維持が必須 = 腐食リスクとの共存

1. 放射線下での劣化塗膜下の**腐食速度と形態を推定できる数理モデル**の開発
2. 複合影響下での**局部腐食発生・進展による強度低下推定モデル**の開発
3. 強度評価・検査・補修と連携した**長期健全性維持**

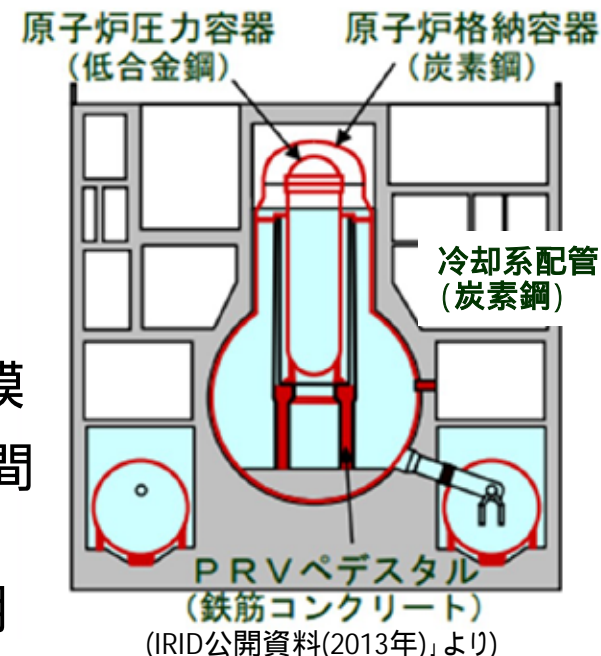
内容 対象：炭素鋼・低合金鋼

要求性能： 腐食モードの予測(均一/局部・割れ)
腐食進展速度の予測

特殊性：多様・特殊な環境条件
温度、Cl濃度、pH、酸化剤(電位)、
イオン種と濃度、流速、放射線、劣化塗膜

腐食機構・支配因子の解明 数理モデル化 時間的かつ空間的に網羅的な予測 検査との連携

腐食抑制剤の効果とリスクの評価、作用機構解明



年次計画 H26: 模擬劣化試料・試験技術手法の整備、H27~H28: 主要因子の単独影響評価、数理モデル開発着手、H29~H30: 複合影響評価と数理モデルへの反映、抑制剤の評価

目標

廃炉完了までのコンクリート構造物の要求機能維持に対する評価と対策

- 長期挙動予測も含めた精確な健全性評価
- 必要に応じた補修 / 補強の要否判定

要求機能: 大規模余震下でも、構造 / 放射性物質の閉じ込め / 安定冷却を維持。デブリ取り出し工法の特長(冠水等)を考慮

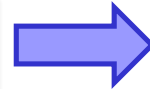
内容

構造物の性能評価 / 補修・補強法

構造物や材料に対する外乱の履歴と影響

短期

既往の技術・知見に基づく評価と問題点の検討



- 荷重・外力の履歴の調査
- 性能変化に大きな影響を及ぼす要因の抽出と定量評価

中期

材料劣化・構造損傷など複合要因を考慮した解析の確立



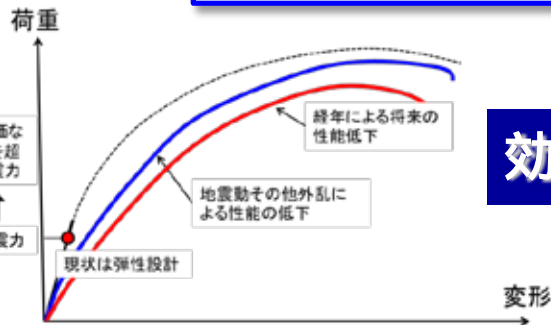
- 高度かつ複合的要因*による材料特性の变化解析 / 構成則導出
- 実測データとの照合によるフィードバック

長期

将来的な経年変化予測の導入と一般的施設への展開



*中性化、鉄筋腐食、飛来塩分、地震動、爆発、放射線 . . .



効果

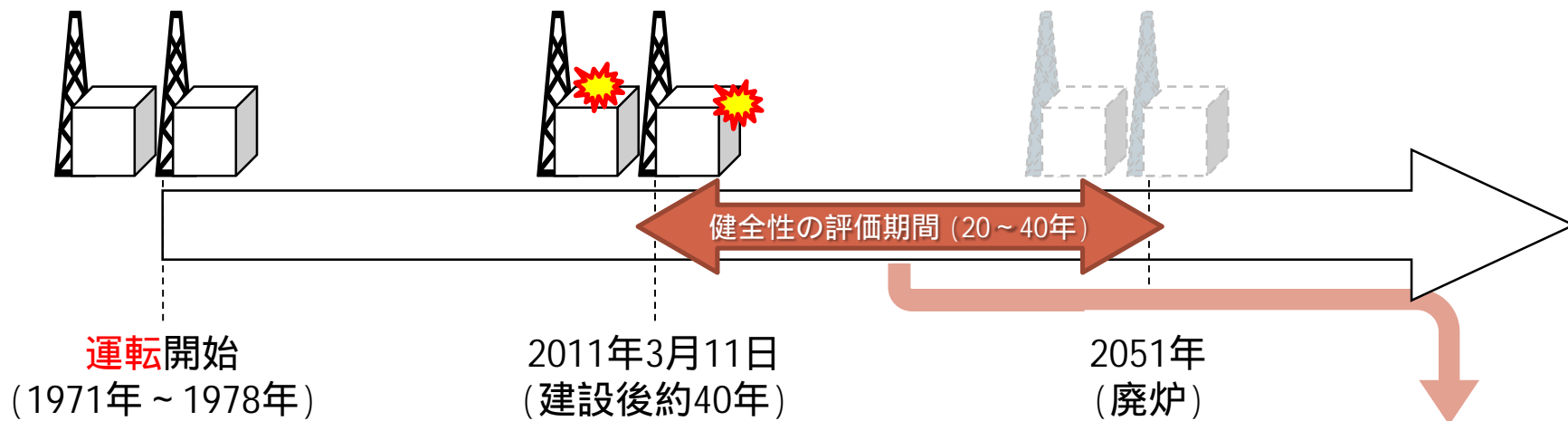
他の原子力施設

- 経年の影響も含めた性能評価
- 耐震裕度評価の精度向上

一般建築 / 土木構造物

- 経年の影響も含めた性能評価
- 爆発・火害など過大外力を受けた構造物の健全度評価

廃炉完了までのコンクリート構造物の要求機能維持に対する評価と対策



	建設時	3.11震災前	3.11震災後	将来 (廃炉まで)
地震動	設計用地震動と応答	中小地震の記録 ひび割れ・損傷	本震・余震の記録 ひび割れ・損傷	想定する地震動のレベル
爆発	なし	なし	衝撃荷重の大きさ・影響 範囲、ひび割れ・損傷
放射線	なし	通常運転時の低レベル放射線	炉心溶融による高放射線
熱	水和熱	通常運転時の熱	炉心溶融による高温 注水による急速な冷却
塩分	なし	飛来塩分	海水 (津波 / 冷却時)	飛来塩分・腐食の予測

➡ 【材料特性】 【部材性能】 【建屋性能】 の3レベルでの評価

目標 非破壊検査による格納容器重要部位の長期健全性保証

安定冷却と放射性物質閉じ込めの為の**構造健全性**の観点から、**非破壊検査・モニタリング技術適用**の基礎的開発を行う。(遠隔操作の観点でのFS: TG(1)- と協働)

内容

手法1: 電磁超音波共鳴法

○ 共鳴法による高精度肉厚評価

○ **接触媒質不要**

(高温多湿環境に適応)

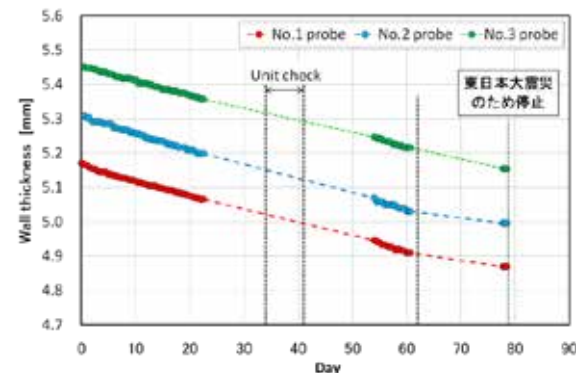
○ 粗い表面において送受信可能

適用例: 局所減肉懸念部位のモニタリング

減肉オンラインモニタリング*



大規模減肉試験ループに設置したプローブ



* 浦山良一, 内一哲哉, 高木敏行, 兼本 茂, 電磁超音波共鳴法による配管減肉オンラインモニタリング, 保全学, Vol.11 (2013), pp. 83-89.

手法2: 電磁アレイプローブによる材料劣化・き裂検出

適用例 ○ 含水したサンドクッションによる格納容器外面の腐食検査

○ 燃料プールのライナーの局部腐食検査・モニタリング

課題と解決方法 ○ 対放射線性の評価 (JAEA高崎研との連携)

○ 局所減肉の評価精度 (鋼構造物腐食・防食TGとの連携)

○ プローブの設計 (福島大学との連携)

かぶり約20mm超のコンクリート埋設部分腐食鉄筋 腐食領域把握

手法3: テラヘルツ波を用いた非破壊検査

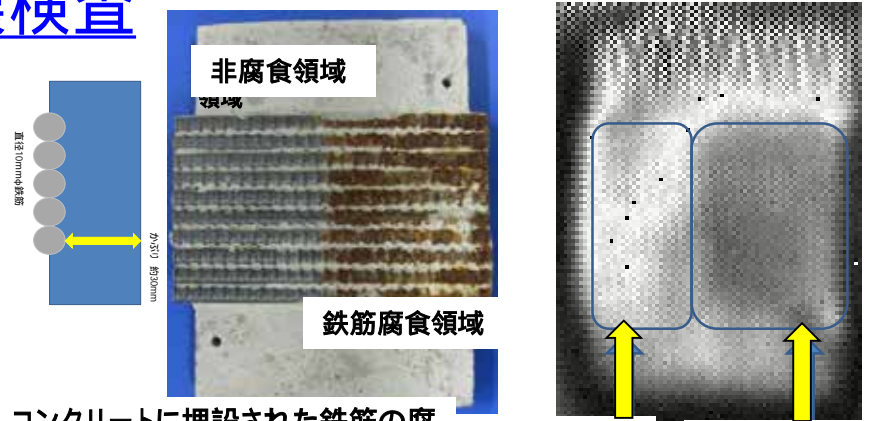
○ 金属に対する高い反射特性

→ 金属表面状態(腐食等)の診断に

○ 発振器・検出器ともに小型

→ ロボット等への搭載、遠隔操作へ

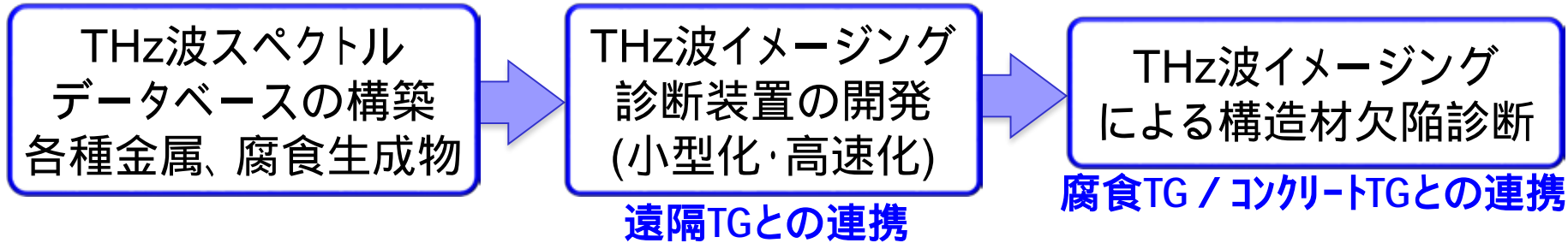
適用例 ○ 鉄筋コンクリートの構造健全性評価



コンクリートに埋設された鉄筋の腐食状態を、領域的に可視化することができた。
かぶり~20mm
かぶりの増大・水の存在により識別は困難になる。

非腐食領域 鉄筋腐食領域
*黒いドットはノイズによる

課題と解決方法



年次計画

- 平成26年度~27年度は要素技術の開発・基本的フェージビリティの評価
- 平成28年度~29年度は実機条件等をより詳しく考慮した上での基盤技術開発
- 平成30年度は開発された基盤技術の適用性評価と残された課題の整理

波及効果

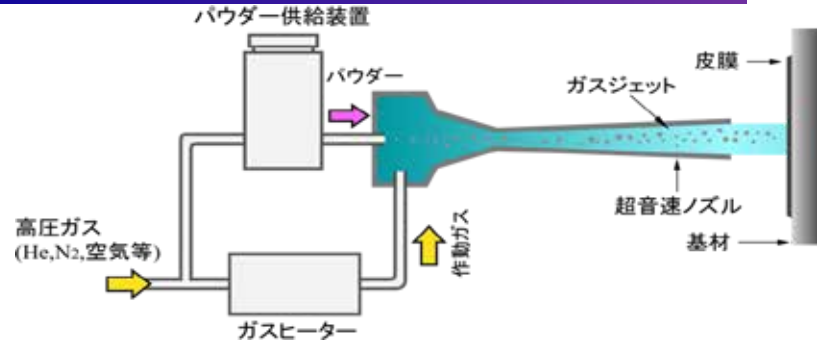
経年劣化が懸念される橋梁やダムなどの社会インフラの保全技術として応用

目標

損傷した格納容器等の補修・補強, **局所的な穴あき部の封止**, **防食被覆**などの施工技術の開発。遠隔操作の観点での設計とFS(TG)との協働)

内容 手法1: コールドスプレー (CS)

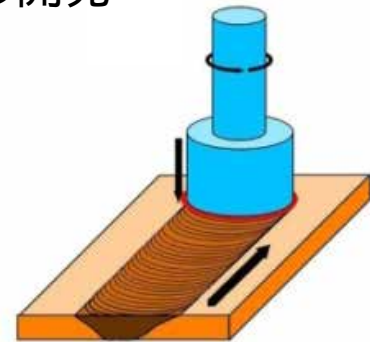
- 粒子を固相のまま吹き付けて成膜する技術
粒子温度: 100-200 (ガス温度600 前後)
- 火炎, 火花等の発生無し(防爆上有利)
- 欠陥補修 / 防食コーティング / 遮蔽への応用
高分子材料 **W, Pb**



開発課題 水中施工: 水中施工技術あるいは水除去施工法の開発
遠隔操作: ロボットでの可搬を考慮した軽量化・小型化技術の開発

手法2: 摩擦攪拌接合 (FSW)

- 非消耗の回転ツールを用いて被接合材を固相状態で攪拌し接合
- 金属を溶かすことなく接合。火花、ヒューム等の発生無し。
- 表面状態への依存性が小さい



開発課題 鋼のFSWに適した安価で長寿命なツール材の開発
接合部特性に及ぼす水中施工、錆び等の影響解明と最適化
遠隔操作技術への展開

年次計画

H26 ~ 27年度: 基本的FS評価、H28 ~ 29年度: 実機条件等をより詳しく考慮した技術開発
H30年度: 開発された基盤技術の適用性評価と残された課題の整理

波及効果

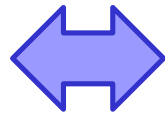
橋梁・海洋構造物等の水中補修・保全技術

目標 TG(1)- , の計測/補修装置を現場適用するための
ロボット台車設計および装置のアタッチメント化

内容

検査技術TG

- ・必要性能
- ・**プローブ**開発



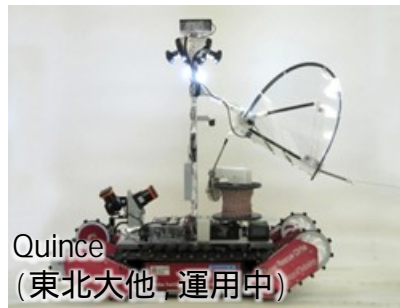
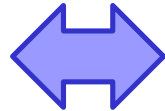
遠隔技術TG

- ・可搬化および遠隔化のための
装置スペック策定
- ・現場運用中/予定ロボットへの適用性

要求機能と可搬性の調整

補修技術TG

- ・必要性能
- ・小型軽量化



効果

- ・『現場で使える』計測/補修装置の開発促進
- ・装置や台車の制御・操縦IFの標準化→廃止措置の効率化

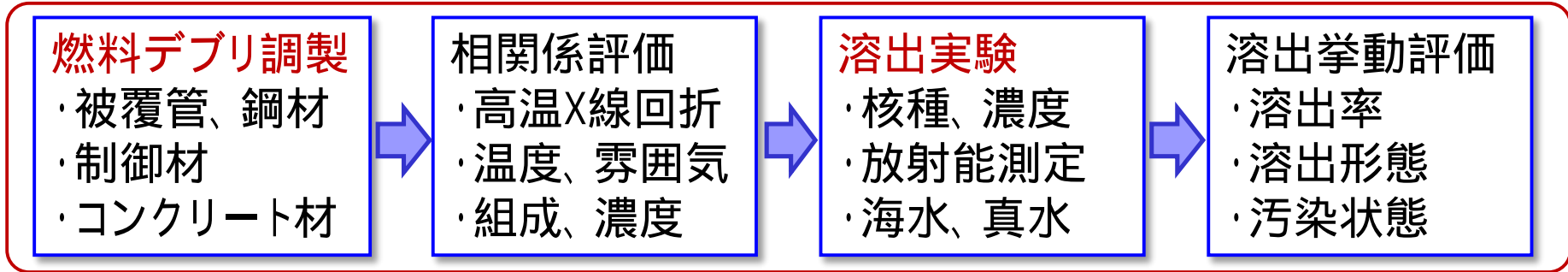
プラント状態	燃料デブリ取り出し前 (デブリ取り出し調査・準備)	燃料デブリ取り出し中		燃料デブリ取り出し後 (建屋保管、建屋内除染、 建屋撤去)
		水中工法	空中工法	
課題抽出 の観点	<ul style="list-style-type: none"> 正規の冷却系龍ではない。(RPV及びPCVの損傷部、建屋空間、建屋隙間などを通る流路) 損傷したPCVと建屋のバウンダリーで閉じ込め 	<ul style="list-style-type: none"> 冷却材の流路はほとんどが原子炉建屋内の短縮化流路。(想定) 閉じ込め機能のある原子炉建屋カバーが設置され、負圧管理。(想定) 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料及び燃料デブリは空冷状態。原子炉冷却水系は停止。 閉じ込め機能のある原子炉建屋カバーが設置され、負圧管理。(想定) 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての原子力設備が停止状態。 閉じ込め機能のある原子炉建屋カバーが設置され、負圧管理。(想定)
安全機能	止める (再臨界)			
	冷やす			
	閉じ込める			
放射性汚染水の外部放出				
放射性気体/ダストの外部放出				
作業員被ばく				
放射性廃棄物量				
原子力規制上の問題				

現在、具体的なリスクを抽出中。

並行して、これまでの事故炉の廃止措置事例、廃止措置時のリスク評価手法、考え方等について調査中。

目標 燃料デブリの性状把握と放射性核種の溶出挙動評価
 廃止措置および放射性廃棄物処理・処分に不可欠

内容 燃料デブリの生成と一次冷却水や注入水との接触
 (熱膨張, 熱収縮の繰り返し)
 →FP(核分裂生成物)およびU/TRUが溶解・微粒子等の生成
 →固体汚染物および汚染水の発生、処理・処分が必要



- ・スラゲーメタル間の分配と乾式プロセスの適用性の評価
- ・放射性核種の分離のための湿式プロセス適用性の評価



燃料デブリの性状評価と処理・処分の検討

目標

冠水環境におけるセメント系材料とウランとの相互作用の解明、
閉じ込め性向上を目指した処分システムの提示

- ・ 燃料デブリと格納容器内セメント系材料との接触
- ・ デブリ燃料等の処分坑道の維持に多量のセメントが必要

内容

- ・ ウラン核種と劣化したセメント系材料との収着分配係数の評価
- ・ ラマン分光等を利用した収着の安定性とそのメカニズムの解明



・ デブリの性状把握、処分システムの安全評価への寄与

(当廃棄物の処分は、U, Pu, Am, Npなど長半減期核種を含み、1万年を超える範囲での安全評価が必要となる。オーバーパック、緩衝材に加え、劣化セメントとの相互作用の検討が不可欠。)

年次計画

H26～29前半: 6価ウランを中心にセメント系材料との相互作用を冠水環境内において評価

H29後半～30: 閉じ込め性の向上を目指した処分システムの提示

エネルギー基本計画における記載

『東電福島第一原発事故を受けて、国民の間に原子力に対する不信・不安が高まっていると共に、エネルギーに関わる行政・事業者に対する信頼が低下している。』



廃止措置の実施においても国民の理解を得ることは不可欠

目標 市民との対話に基づく社会的受容性醸成の実践

- 内容
- 現在の国民感情を考えた場合、対話の実施は極めて困難
時間をかけた対話の環境作りが重要
 - 対話の対象とするステークホルダーを慎重に検討する必要
第一歩としてコアグループの形成

平成26年度
課題整理と対話の対象とするコアグループ形成のための予備調査

平成27年度
廃止措置に対する市民の認識に関する基本調査

平成28年度
廃止措置に対する市民との対話の仕組みの検討

平成29年度
廃止措置に対する市民との対話の実施

平成30年度
廃止措置に対する市民との対話の継続実施とまとめ

教育プログラムの構築

恒常的な教育プログラムとして「学生便覧」内に位置付け

学生便覧(抜粋)

原子炉廃止措置工学プログラム

19 原子炉廃止措置工学プログラム 工学研究科、情報科学研究科

原子炉廃止措置工学プログラムは、本学が国家課題対応型研究開発推進事業「廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム委託費」(文部科学省)により採択された「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プログラム」を実施するための教育プログラムです。本プログラムは、東京電力福島第一原子力発電所の安全な廃止措置をリードできる中核人材の育成を図ることを目的としています。前期課程においては、(中略)本プログラム修了者には、修了証を授与します。

修了要件

各研究科の規定による。

修了するために必要な単位は、所属する専攻で定められている修了要件に従って習得しなければならない。(例：工学研究科1～18の専攻)

前期課程を修了するためには、・・・(略)・・・

後期課程を修了するためには、・・・(略)・・・

なお、本プログラム修了のためには、所属研究家・専攻における所定の講義及び研究の単位取得と並行して、以下に示す本プログラムの科目を履修し合格する必要がある。

【修士】

(1) 廃止措置工学基幹科目から必修2単位を含む8単位以上を修得すること。

(2) 廃止措置R&Dインターンシップ研修1単位以上を習得すること。

【博士】

(1) 廃止措置工学基幹科目から4単位以上習得すること

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		2	
	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Ⅼ：燃料デブリ処理分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅽ：臨界反応制御分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅾ：放射線防護分野		2	
	原子炉廃止措置工学Ⅿ：地層処分分野		2	
原子炉廃止措置工学ⅰ：リスク・コミュニケーション分野		2		
原子炉廃止措置工学ⅱ：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ⅲ：行動分析分野		2		
原子炉廃止措置工学特別講義		2		
学外実習	廃止措置R&Dインターンシップ研修	1~2		
	国際インターンシップ研修		...	

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		1	
原子炉廃止措置工学特別講義		2		

人材育成委員会
を設置して運営



H27年度「原子炉廃止措置工学概論」の状況

(1/3)

日時：平成27年9月26日(土)～29日(火)

場所：東北大学 青葉山キャンパス

集中講義

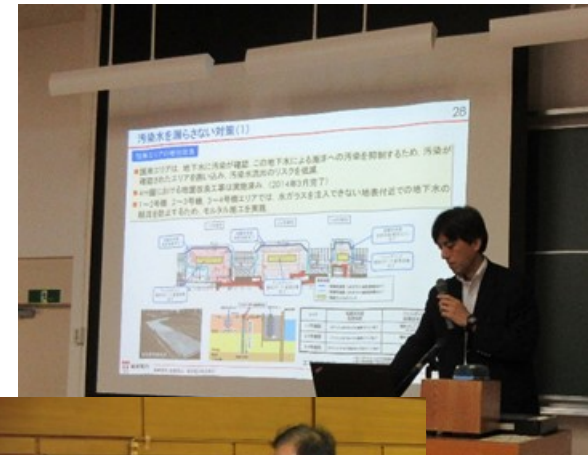
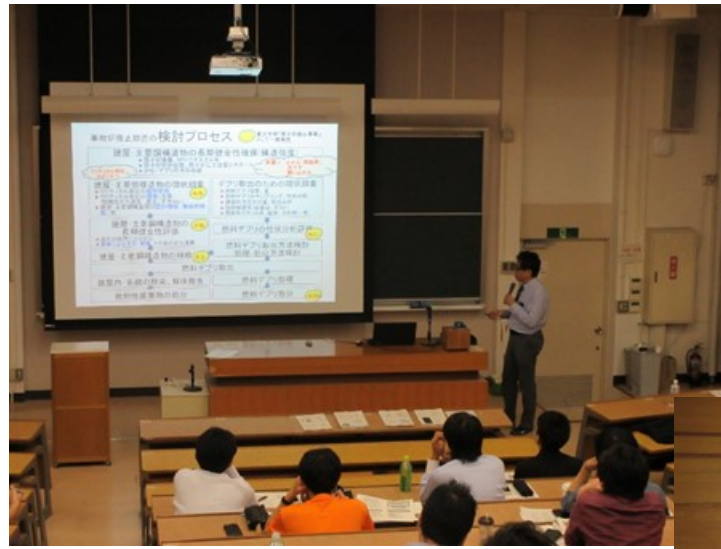
工学研究科量子エネルギー工学専攻大講義室

出席者：学生34名、講師17名(外部講師10名、東北大6名)

集中講義スケジュール

	9月26日(土)	9月27日(日)	9月28日(月)	9月29日(火)
1限 (8:50-10:20)	10:20-10:30 開講趣旨説明 渡邊 豊(東北大学)	確率論的リスク評価と その使い方の基礎 (電中研:平野光將)	我国におけるシビアアクシデント 対策の歴史と新規制基準要求 (東北電力:佐藤大輔)	リスク・コミュニケーションの基礎 (東北大学:高橋 信)
2限 (10:30-12:00)	Effectively Achieving Safety in Commercial Nuclear Power Plants (米国MPR社: Douglas Chapin)	福島第一原子力発電所の 現状と今後の展望 (東京電力:山下理道)	福島第一の廃炉のための 技術戦略プラン (NDF 福田俊彦) 福島第一の廃炉研究開発の 現状と課題 (IRID:桑原浩久)	燃料の固体化学と燃料デブリの基礎 (東北大学:佐藤修彰)
3限 (13:00-14:30)	原子力発電所の 安全管理、設備管理の考え方 (東北大学:青木孝行)	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 (東北大学名誉教授: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 (日立GE:米谷 豊)	燃料デブリの処理 (JAEA:鷲谷忠博)
4限 (14:40-16:10)	浜岡原子力発電所1,2号機を 活用した材料研究 (中部電:熊野秀樹)	原子炉廃止措置への取り組み状況 (東海発電所の現場工事経験を踏 まえて) (原電:山内豊明)	腐食に及ぼす放射線影響 (JAEA:山本正弘)	放射性廃棄物の処分 (東北大学:新堀雄一)
5限 (16:20-17:50)	鋼構造物健全性確保における 腐食劣化評価の重要性と考え方 (東北大学:渡邊 豊)			

H27年度「原子炉廃止措置工学概論」の状況 (2/3)



H27年度「産学官連携セミナー」

セミナーシリーズ「大規模複雑システムのリスクを考える」

第1回セミナー「改めて原子力安全を考える」

実施済み

日時:平成27年9月30日(水) 15:00～17:00

場所:東北大学 青葉山キャンパス 量子エネルギー工学専攻講義棟 大講義室

講演「Dealing with Accidents in Commercial Nuclear Power Plants – Fukushima Daiichi D&D Project Experience」

講師:米国MPR社上級顧問 Dr. Douglas M. Chapin(米国工学アカデミー会員)

第2回セミナー「福島第一原子力発電所の炉心で何が起こったか」

実施済み

日時:平成27年11月18日(水)13:00～15:00

場所:コラッセ福島

講演「福島第一原子力発電所の炉心では何が起こったか」

講師:元北海道大学教授 石川迪夫(元日本原子力技術協会 理事長)

第3回セミナー「原子力産業と他産業のリスク管理の違いを考える」

日時:平成27年12月14日(水) 15:00～17:00

場所:東北大学 青葉山キャンパス

講演「化学プラントにおけるリスク管理の考え方 ～リスク管理のポイントは何か?～」

講師:旭化成ケミカルズ(株) 中原 正大

第4回セミナー「原子炉廃止措置研究は如何にあるべきか」

日時:平成28年2月17日(水) 14:30～16:00 (調整中)

場所:東北大学 青葉山キャンパス

講演「CEA's research activities on materials degradation/structure integrity issues of NPP and introduction of CEA's researches on nuclear decommissioning (仮題)」

講師:仏原子力庁CEA Dr. Damien FERON

H27年度「産学官連携セミナー」

セミナーシリーズ「大規模複雑システムのリスクを考える」

第1回セミナー「改めて原子力安全を考える」 **実施済み**

日時:平成27年9月30日(水) 15:00~17:00

場所:東北大学 青葉山キャンパス 量子エネルギー工学専攻講義棟 大講義室

講演「Dealing with Accidents in Commercial Nuclear Power Plants – Fukushima Daiichi D&D Project Experience」

講師:米国MPR社上級顧問 Dr. Douglas M. Chapin(米国工学アカデミー会員)



H27年度「施設現地調査」の状況(1/3)

実施日時:平成27年10月15日(木): 、平成27年10月27日(火):

訪問先: 日本原電(株) 東海発電所及び東海第二発電所
(独)日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所
東京電力(株) 福島第一原子力発電所

参加者: 15名(学生13、教員2)、 24名(学生21、教員3)

目的:「施設」「物」の全体システム、スケール感、実環境を直接体感することにより、机上の知識との差を認識する。

調査内容:

東海発電所及び東海第二発電所
廃止措置状況(東海発電所)
原子炉建屋内、PCV、取水口設備など(東海第二発電所)

原子力科学研究所
TMIデブリ観察(ホットセル)とデブリ試験計画/結果

福島第一原子力発電所
1～4号の概観をバスの中から視察

H26年度「施設現地調査」の状況抜粋



原子炉建屋内 (RHRポンプ)



ガスタービン発電機



海水熱交換器室 (津波跡)



原子炉建屋内 (オペフロ)



主蒸気隔離弁



原子炉格納容器内



原子炉格納容器内
(制御棒駆動水圧系配管)



原子炉圧力容器
ペDESTル内

H27年度「施設現地調査」の状況抜粋

東電 福島第一原子力発電所



汚染水タンク

免震重要棟内



地下水バイパス
揚水井№12(点検中)



4号機



多核種除去設備建屋



1号機屋根カバー



線量計モニター



H27年度「専門家会議」の状況(1/3)

日時:平成27年6月17日(水)13:00~17:00

場所:東北大学 青葉山キャンパス

工学研究科量子エネルギー工学専攻大講義室、他

出席者:専門家14名、専門家補助11名、東北大学教員30名、福島大学教員2名、福島高専教員2名、他(学生)



専門的、集中的議論を行うため、全体会議後、下記の3つのグループに分かれて議論した。

- (1) 鋼構造物TG会議
- (2) 建物評価TG会議
- (3) デブリ処理、廃棄物処分、社会受容TG会議

H27年度「専門家会議」の状況(3/3)



- U 全体会議
 福島第一原子力発電所の現状と課題、廃止措置研究の現状と課題などを参加者全員で確認。
- U 鋼構造物TG会議
 現状で考えられるクリティカル部位、腐食環境、検査・補修技術の詳細について議論。
- U 建物評価TG会議
 研究目標と研究計画、建屋の解体処分を行う上で考えられる課題、建屋が事故時に受けた損傷の評価等について議論。
- U デブリ処理・処分・社会受容TG会議
 Uとコンクリートとの相互作用、 UO_2 と金属鉄の共存系における金属鉄の還元作用、U化学種の整理方法等について議論。

参加学生の希望進路

学年		廃止措置関連機 関への就職/進学 希望人数	希望進路	備考
D1	博士後期1年(原子力)	2/2	廃止措置研究に取り組んでいる。	
	博士後期1年(非原子力)	0/0	-	
M2	博士前期2年(原子力)	4/6	1名:博士課程後期へ進学希望 3名:廃止措置関連企業への就職希望 2名:廃止措置以外	研究継続 電力
	博士前期2年(非原子力)	5/6	2名:博士課程後期へ進学希望 3名:廃止措置関連企業への就職内定 1名:廃止措置以外	研究継続 東電、IHI、日立 建機
M1	博士前期1年(原子力)	7/8	1名:博士課程後期へ進学または廃止措置 関連企業へ就職希望	進学の場合、研 究継続
			6名:廃止措置関連企業への就職希望	電力、重電メーカ
			1名:廃止措置以外	
	博士前期1年(非原子力)	10/12	2名:博士課程後期へ進学希望 8名:廃止措置関連企業への就職希望 1名:未定 1名:シンクタンクへの就職希望	研究継続 電力、鹿島、重電 メーカ、鉄鋼、プ ラントエンジニア リング会社
合計		28/34 (82%)		