



Japan Atomic Energy Agency

0

# 安全研究センターにおける研究の概要

日本原子力研究開発機構  
安全研究・防災支援部門  
安全研究センター

与能本 泰介

平成29年度 安全研究センター報告会  
平成29年11月29日  
富士ソフト アキバプラザ

# 安全研究について(1/2)

## 研究の目的

- ▶ 通常時や異常時の原子力施設や放射性物質の挙動、並びに、安全対策の有効性について、工学的理解と安全評価手法を高度化
  - ✓ 深層防護は「防護策の有効性に係る、知見の不足や偶発性から必然的に生じる不確かさに対する備え」
  - ✓ その不確かさを把握し低減することにより、頑強な深層防護の構築に貢献
  - ✓ 安全性の継続的な向上に貢献
- ▶ 核拡散防止に係る保障措置の高度化に貢献

## 研究の内容

- ▶ 原子力規制行政への技術的支援
  - ✓ 原子力規制委員会等の行政機関から要請される原子力安全の評価等に係る研究
- ▶ 長期的視点からの先導的・先進的な安全研究
  - ✓ 原子力施設の安全評価や向上に係る解析、実験、計測技術等に係る研究

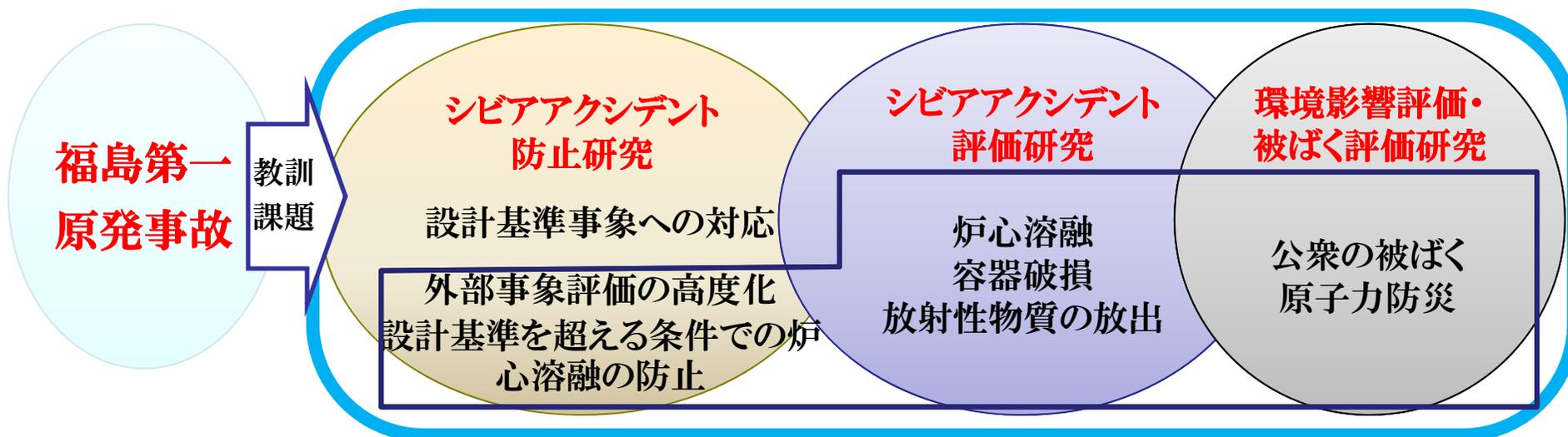
# 安全研究について(2/2)

## 研究の方法

- 実効性、独立性・中立性、透明性・説明性の確保と向上
  - ✓ 実効性
    - 研究能力の向上、人材の育成、施設基盤の維持・発展、国内外の研究機関との交流
  - ✓ 独立性・中立性
    - 施設管理組織からの区分、研究協力や外部組織の研究参画などのルール策定等
  - ✓ 透明性・説明性
    - 研究プロセス(課題設定、研究方法、検討、結果評価、結論)の透明性
    - 対象とする原子力施設安全性に対する当該研究の位置づけについての十分な説明性 (実機適用性等)
- 実施状況の確認
  - ✓ 規制支援審議会、安全研究・評価委員会、安全研究委員会、受託事業専門部会等

# 1F事故の教訓を踏まえた重点的研究テーマ

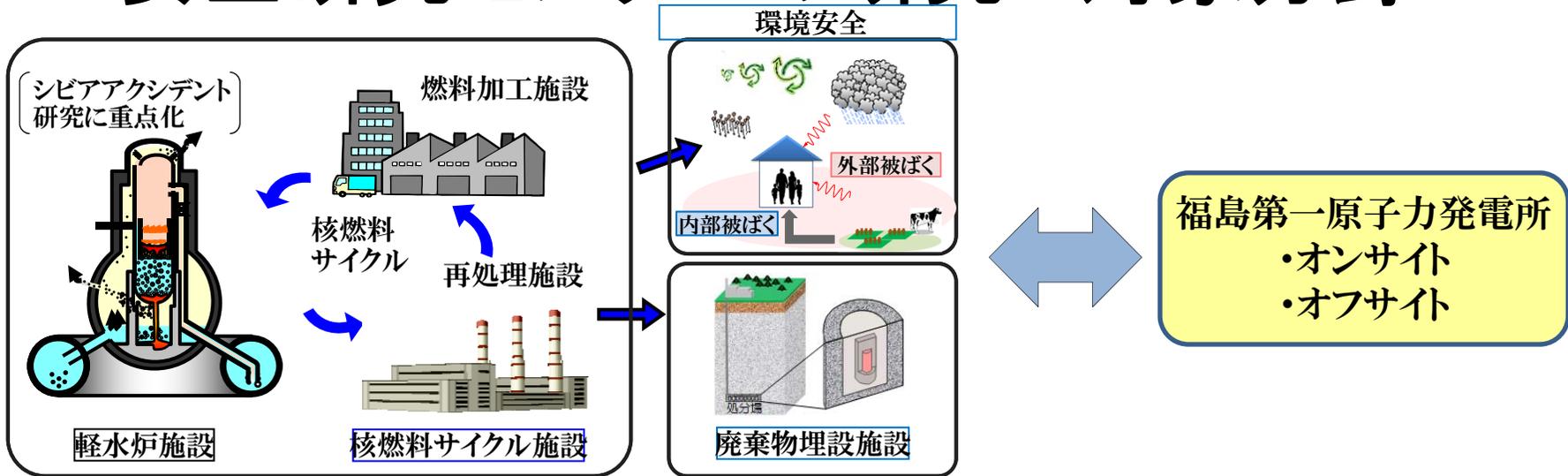
深層防護の強化(シビアアクシデント対策、防災)



研究テーマの見直しと重点化



- シビアアクシデントの発生防止と影響緩和に係る研究
- **緊急事態への準備と対応(原子力防災)**に向けた研究
- 1F事故に関わる放射線影響・放射性廃棄物管理・デブリの臨界安全管理の研究
- **外部事象(地震、火山、飛行体衝突等)評価手法の高度化**



## 燃料安全性研究

通常運転条件から設計基準事故を超える条件までの燃料挙動に関する知見と燃料挙動解析コードの整備

## 熱水力安全研究

大型装置実験や評価手法の整備による、事故進展やアクシデントマネジメント策の有効性評価研究

## 材料劣化・構造健全性研究

材料の経年劣化事象の予測評価手法や確率論的構造健全性評価手法の研究

## リスク評価・原子力防災研究

ソースターム評価及び事故影響評価の手法の高度化と連携強化防災における防護戦略・被ばく管理の研究

## 臨界安全管理研究

核燃料サイクル施設の臨界評価手法を福島デブリの再臨界評価へ応用

## 核燃料サイクル施設の安全性研究

重大事故の発生可能性及び影響評価並びに安全対策の有効性評価に係るデータ取得及び解析コード整備

## 放射性廃棄物管理工学研究

1F事故廃棄物を含む廃棄物の貯蔵・処分における放射性物質の閉じ込めや移行抑制を評価するための研究

## 環境影響評価研究

外的事象に対応した処分及び廃止措置の安全評価手法の研究、1F事故廃棄物等の再利用基準の検討

## 保障措置分析化学研究

環境試料中の極微量核物質の同位体分析法の開発

## 最近の主要な研究項目

研究対象	研究項目
原子炉施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>リスク評価: ソースターム評価手法(THALES2/KICHEコード等)及び格納容器(CV)内デブリ冷却評価手法(JASMINEコード)の改良、これらコードを用いたシビアアクシデント(SA)対策の有効性評価</li> <li>燃料安全: 反応度事故(RIA)時及び冷却材喪失事故(LOCA)時燃料挙動、解析コード改良(FEMAXI、RANNS)、NSRR実験解析(JASMINE等)、LOCA時燃料破断限界評価</li> <li>熱水力安全: <b>総合効果実験</b>(LSTF、<b>CIGMA</b>)、個別効果実験(炉心伝熱、プールのスクラビング、二相流挙動)、CV内密度成層、<b>外面冷却による凝縮挙動</b>、二相流挙動等の<b>数値流体力学手法モデル</b></li> <li>材料劣化・構造健全性: 照射脆化、確率論的破壊力学解析コード(PASCAL)の実用化、非延性・延性破壊解析、外部飛翔体の衝突、建屋耐震評価の高度化、重大事故時強度評価の整備</li> </ul>
核燃料サイクル施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>DBA/重大事故評価、高レベル濃縮廃液蒸発乾固や火災時のFP移行、HEPAフィルタ特性、臨界事故時の出力挙動・水素生成、再処理施設機器の腐食・環境割れ</li> </ul>
防災・環境・廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>オフサイト事故影響評価(OSCAARコード)、リスク評価(レベル3PRA)防災活用、屋内退避時被ばく線量低減、原子力事故後の住民の被ばく線量評価、放射性プルーム測定技術の開発</li> <li>処分安全評価(中深度、地層)、廃止措置安全、貯蔵安全、事故廃棄物の再利用</li> </ul>
福島第一原発	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料デブリの特性を考慮した臨界・放射性分解ガス量評価、臨界実験装置STACY改造計画</li> <li>THALES2/KICHEコードを用いた事故進展挙動評価(OECD/NEA BSAF2計画)</li> <li>水処理二次廃棄物保管容器の劣化挙動</li> <li>OECD/NEA ARC-F計画(事故シナリオ推定や廃止措置(汚染状況等)に係る様々な技術情報の収集・分析及びこれらの情報を活用したソースターム解析等)の準備</li> </ul>
保障措置	<ul style="list-style-type: none"> <li>保障措置環境試料中の核物質含有粒子の性状分析技術、ウラン粒子の化学状態分析方法、濃縮ウラン粒子生成時期決定法、保障措置環境試料分析によるIAEA支援</li> </ul>

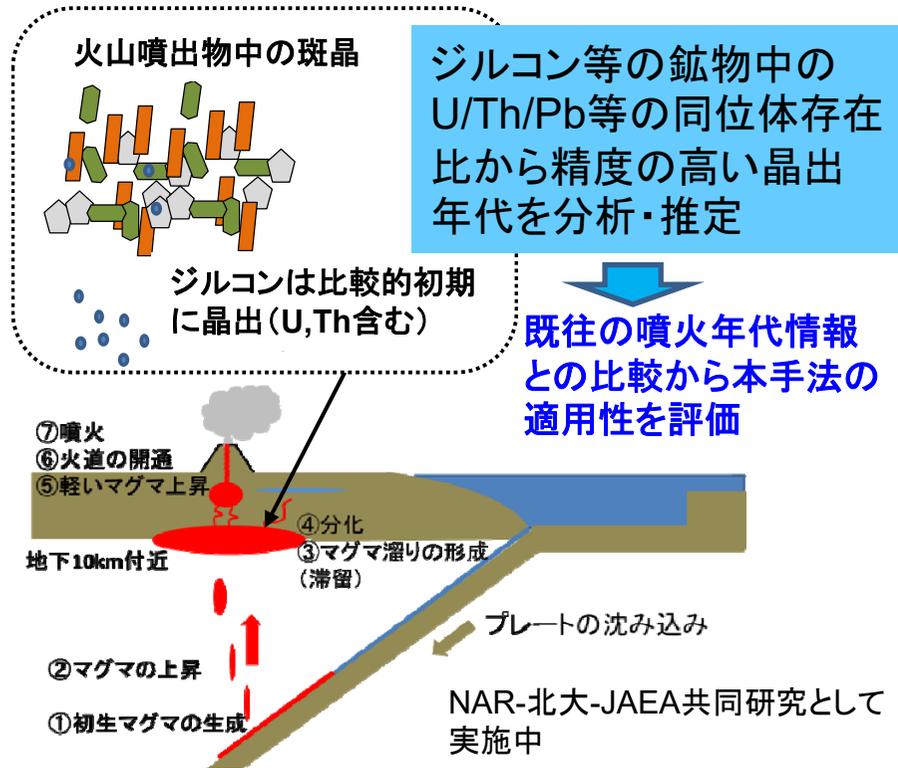
# 外的事象に関する研究の概要(1/3)

## 最新技術や外的事象の間接的影響に着目

環境影響評価研究/廃棄物安全研究グループ

### 火山活動性評価に関する研究

- ✓ 原子炉施設、廃棄物処分において火山活動性の評価は共通課題
- ✓ マグマの蓄積する準備期間(マグマ滞留時間)を推定する手法整備

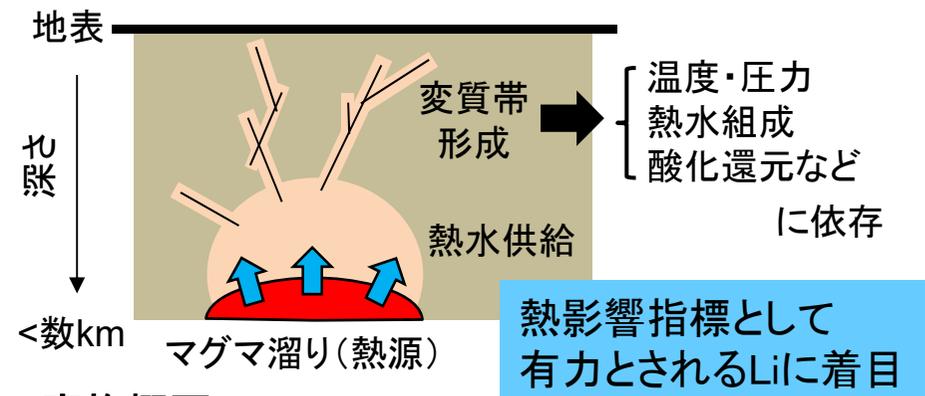


成果の  
反映先

- 原子炉施設: 将来の火山噴火に至る活動性の把握のための精度向上
- 廃棄物処分施設: 火山からの離隔や熱影響シナリオ選定の妥当性判断に活用

### 火成活動による熱影響評価に関する研究

- ✓ 処分サイトでは、マグマの直撃だけでなく周期的な噴火やマグマ接近による熱影響も安全性に強く影響
- ✓ 地下の岩石に残された熱履歴を読み取り、高温にさらされた年代や温度を評価する手法を、実験も行い開発



### 実施概要

- 圧力容器、電気炉を用い、<100MPa(地下数km相当)、100~500°Cでの変質反応再現試験
- 回収試料をSEM観察やXRDで分析
- Li濃度や拡散係数などの基礎データの取得

# 外的事象に関する研究の概要(2/3)

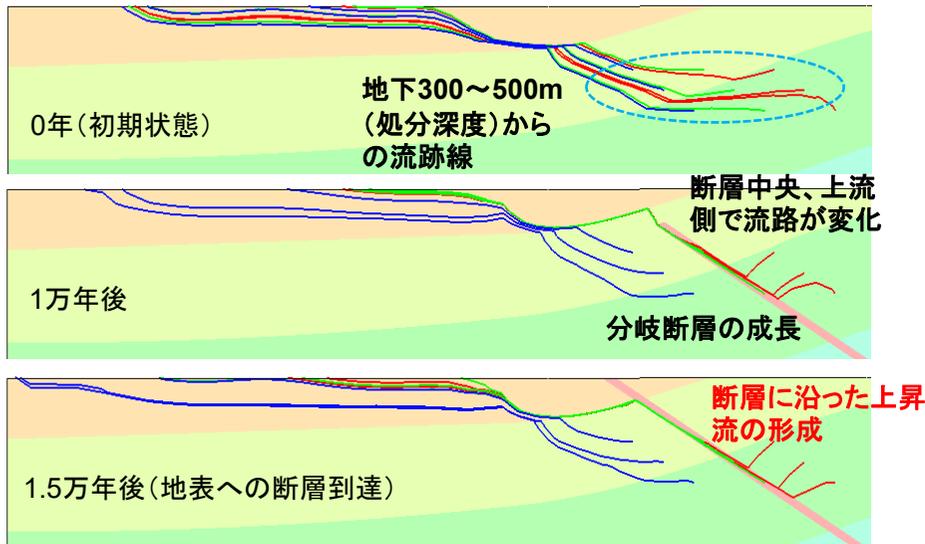
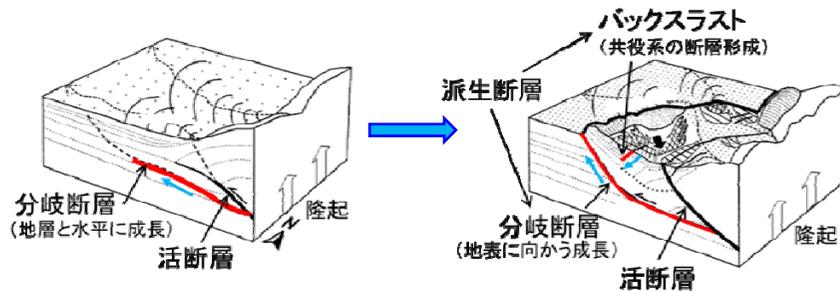
## 最新技術や外的事象の間接的影響に着目

### 外的事象による地下水流動等への影響評価

環境影響評価研究グループ

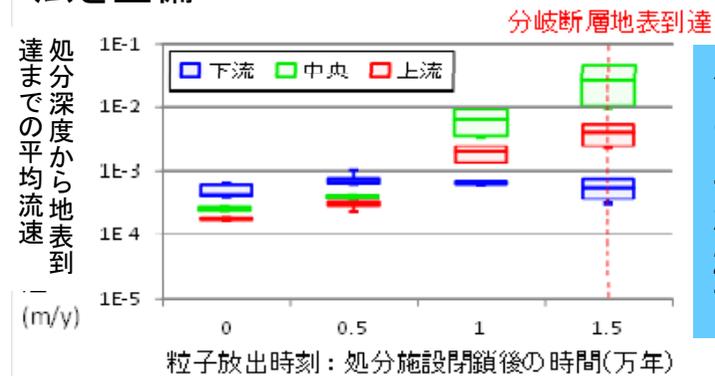
廃棄物処分施設の外的事象に対する安全評価のためには、地震活動、隆起・侵食、海水準変動などの外的事象の発生が、処分地の地下水流動等の特性に及ぼす影響の評価手法を整備する必要がある

#### 断層成長による地下水流への影響



分岐断層に対する地下水流動解析事例(分岐断層周辺部からの流跡線図)

- ✓ 処分施設に対する活断層の直接的影響については、十分な調査に基づく立地場所の選定により安全を確保。
- ✓ 深部に伏在する分岐断層による地下水流動等に対する影響について、従来研究は少ない。
- ✓ 国内の過去数10万年以内に発生した分岐断層の事例から、分岐断層の成長をモデル化し、2次元地下水流動評価コードと組み合わせた解析手法を整備



#### 成果の反映先

中深度処分及びHLW地層処分の外的事象に係る影響評価の妥当性判断への活用

# 外的事象に関する研究の概要(3/3)

## 衝突に伴う原子力施設の構造健全性評価

構造健全性評価研究グループ

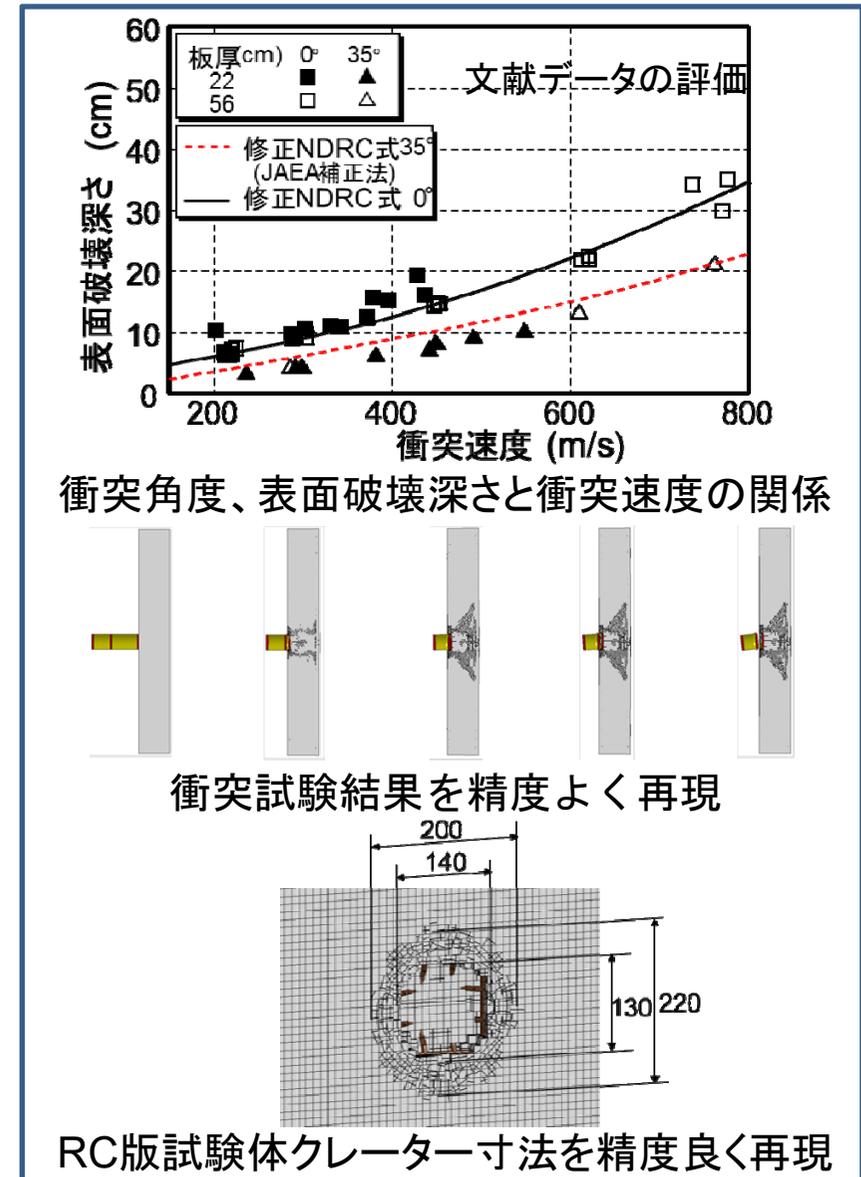
### 【研究開発の内容】

原子力施設への飛翔体衝突に関する解析的検討を行ない、衝突速度や衝突角度の影響を考慮可能な健全性評価手法を整備。

- 現実的に発生する可能性が高い**斜め衝突**については評価式がないことから、文献データを活用し影響を評価できる機構論的な予測式を開発。
- 柔飛翔体のコンクリート壁への衝突によるクレーター生成について、**詳細数値シミュレーション手法**を開発し文献データを用いて検証。

### 【成果の活用】

- 原子力施設への飛翔体衝突に係る規制判断や基準策定等に活用されることを期待。



## 確率論的事故影響評価手法の高度化

## 放射線安全・防災研究グループ

### 【目的】

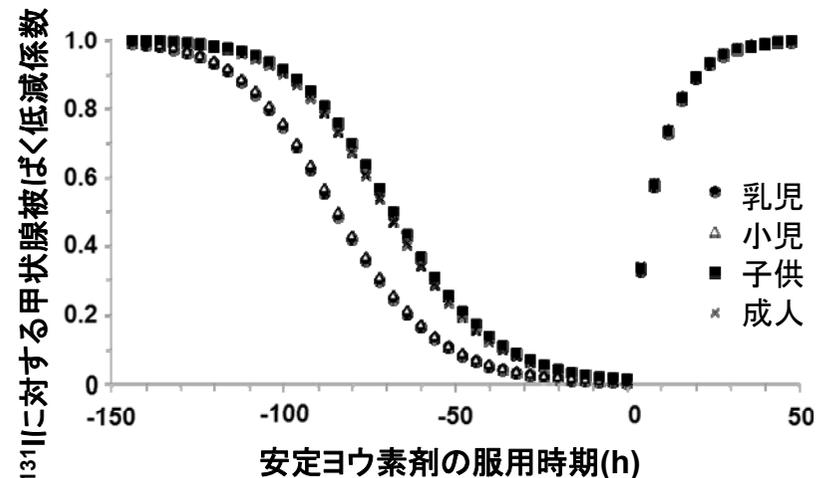
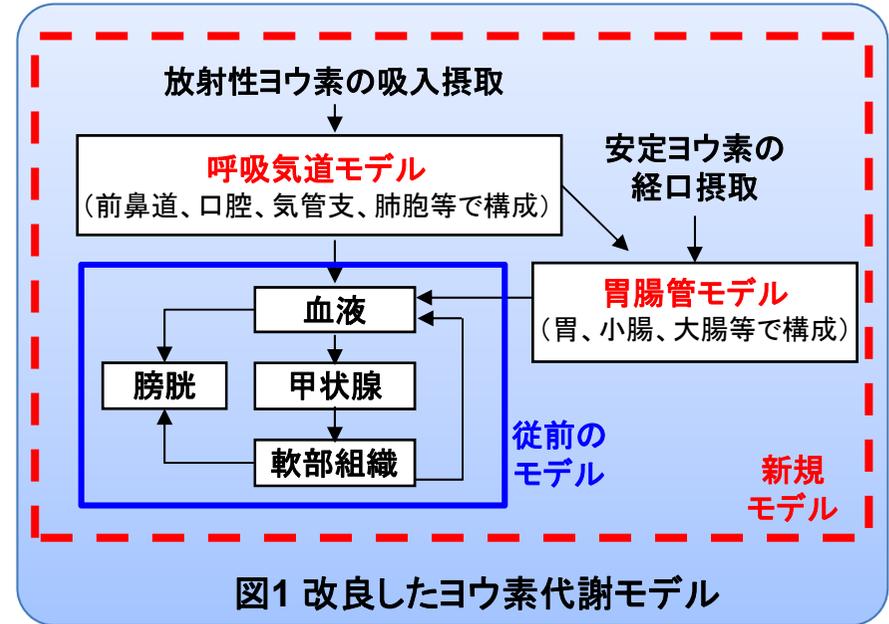
確率論的事故影響評価コード(OSCAAR)の高度化として、安定ヨウ素剤の服用時における甲状腺被ばく線量評価を行うため、新たなヨウ素代謝モデルを導入

### 【内容】

- ✓ 安定ヨウ素剤の服用効果を考慮できるJohnsonモデルに、ICRPの呼吸気道モデル(Publ.66)と胃腸管モデル(Publ.30)を組み込み(図1)
- ✓ ヨウ素を全て体内に取り込むと保守的に仮定した従前モデルに比べ、評価される線量は半減し、ICRPのヨウ素代謝モデルと同様となり、より現実的な被ばく線量評価が可能
- ✓ 作成したヨウ素代謝モデルを用いて、安定ヨウ素剤の服用量及び服用時期に応じた甲状腺被ばく低減係数(RF)のデータベース作成(図2)

### 【成果の反映先】

防護措置の効果に関する知見の提供、地域防災計画策定のための技術的検討に活用



## 1F事故による住民の被ばく線量評価

## 放射線安全・防災研究グループ

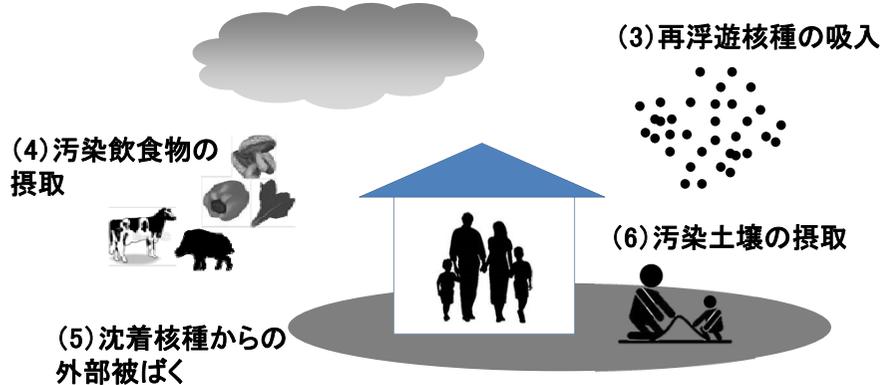
### 【目的】

原子力事故後の被ばく管理や住民帰還に係る判断に必要な、住民の被ばく線量評価手法を開発

### 【内容】

- 汚染の地域差や生活行動の個人差などの変動性を考慮
- 日常生活における複数の被ばく経路を考慮
- 福島県での個人線量測定や生活行動調査の結果、環境試料等の測定データなどを活用し、我が国の住環境や生活習慣を考慮した評価モデルを開発

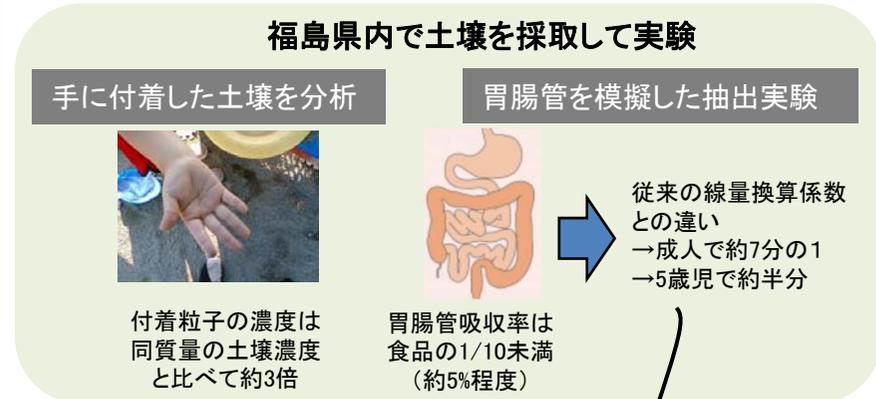
- (1) 放射性プルームからの外部被ばく
- (2) 吸入による内部被ばく



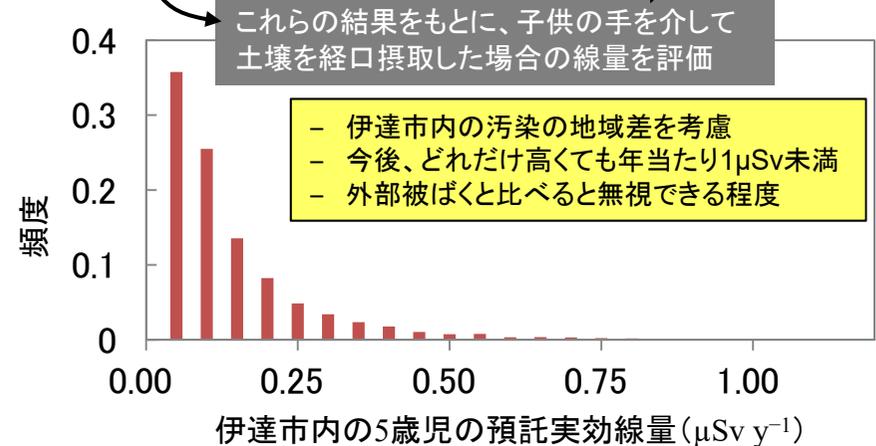
上記6経路のモデルを開発し、OILの導出に係る被ばく経路を網羅

OIL:運用上の介入レベル(防護対策の実施基準)

汚染土壌の摂取による被ばく線量評価モデルを開発



従来の線量換算係数との違い  
→成人で約7分の1  
→5歳児で約半分



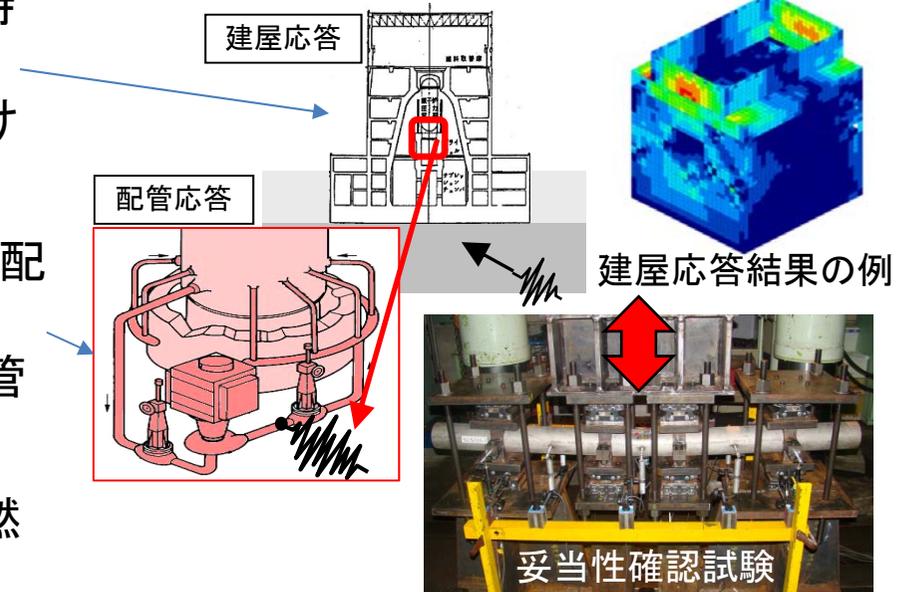
### 【成果の反映先】

事故直後の住民被ばく線量の遡及的評価の実施、我が国の生活習慣や居住環境を反映したOILの初期値の設定や初期値の変更のあり方に関する検討への基礎情報の提供

# 本日の報告

## 地震を起因とする原子炉への影響と原子力防災に関する安全研究

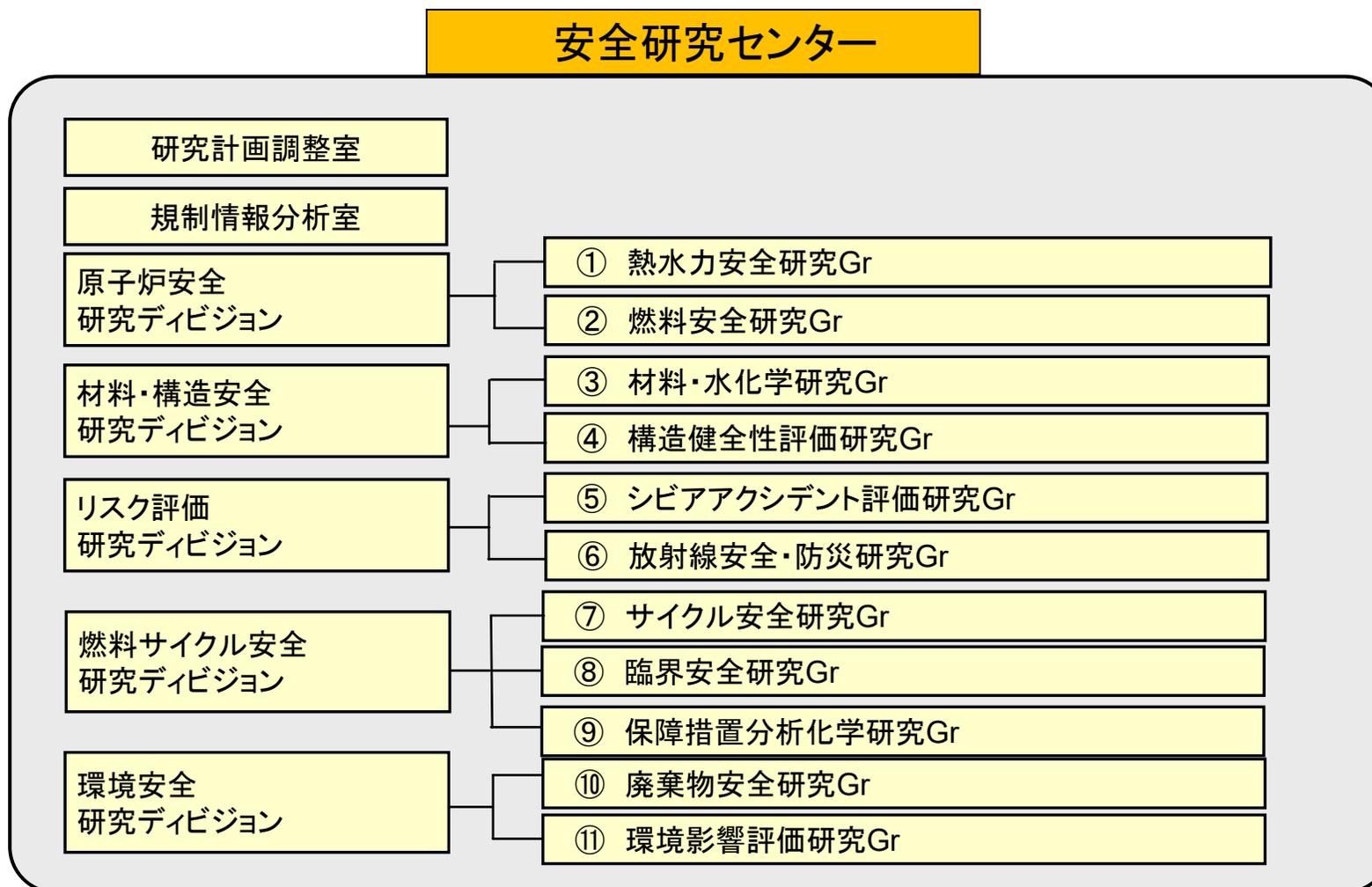
1. 原子力施設建屋システムのクリフエッジの特定及び回避技術に関する検討
  - 想定を超える地震時の原子炉建屋におけるクリフエッジ回避技術
2. 設計上の想定を超える地震を考慮した経年配管の健全性評価
  - 亀裂進展評価手法及び亀裂を有する配管のフラジリティ評価手法
3. 冷却材喪失事故(LOCA)時及びLOCA後の燃料被覆管の破損挙動に関する研究
  - LOCA時の被覆管の膨れ破裂挙動の支配因子の評価
  - 長期冷却時の耐震安全評価に関連した被覆管の曲げ強度の評価
4. 屋内退避による被ばく低減効果の評価
  - 確率論的評価手法も用いた防災計画の最適化に関する研究の一環として実施
  - 日本特有の住居に着目





# 参 考

# 安全研究センターの組織



# 研究の連携・協力

## 1. 国際研究協力

- ▶ OECD/NEA共同研究プロジェクトへの参加 (例) → 主催するプロジェクトを検討中
  - B S A F計画  
1 F事故ベンチマーク解析 1～3号機
  - T H A I - 3計画  
C V内ヨウ素挙動などソースターム解析
  - ハルデン原子炉計画  
燃料挙動
  - COSSALプロジェクト  
事故時強度評価
- ▶ 大学
  - カールスルーエ工科大学  
安全性、炉、廃棄物、放射線
  - マクマスター大学  
アクチノイドの鉱物への収着
  - スウェーデン王立工科大学  
熔融炉心冷却性
- ▶ 研究機関との協力 (例)
  - I R S N  
臨界、燃料挙動、廃棄物
  - K A E R I  
PSA、熱水力、SA、緊急時支援

## 2. 国内研究協力

東北大学、埼玉大学、九州工業大学、東京工業大学、福井大学、長岡技術科学大学、大阪府立大学、京都大学、名古屋大学、東京都市大学、茨城大学、電力中央研究所、三菱重工業株式会社、IHI等と、軽水炉の熱水力、確率論的破壊力学、汚染地域に居住する住民の被ばく線量など、幅広い研究分野で協力

## 3. 機構内の協力 (例)

- ▶ シビアアクシデント時ソースターム評価手法の高度化 (SA Gr ⇔ 6 Gr + 1 部門)
- ▶ 1F事故廃棄物の保管・貯蔵 (廃棄物Gr ⇔ 2 Gr + 1 部門)
- ▶ 地震時構造健全性評価手法の高度化 (構造Gr ⇔ 1部門)
- ▶ 防災技術としての航空機モニタリング (放射線安全Gr ⇔ 1センター + 1 部門)

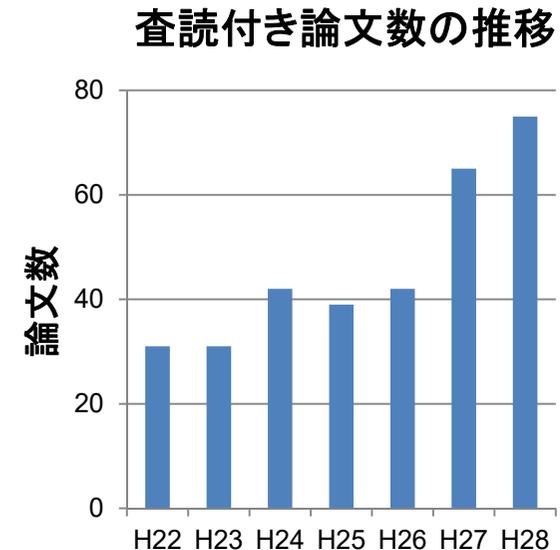
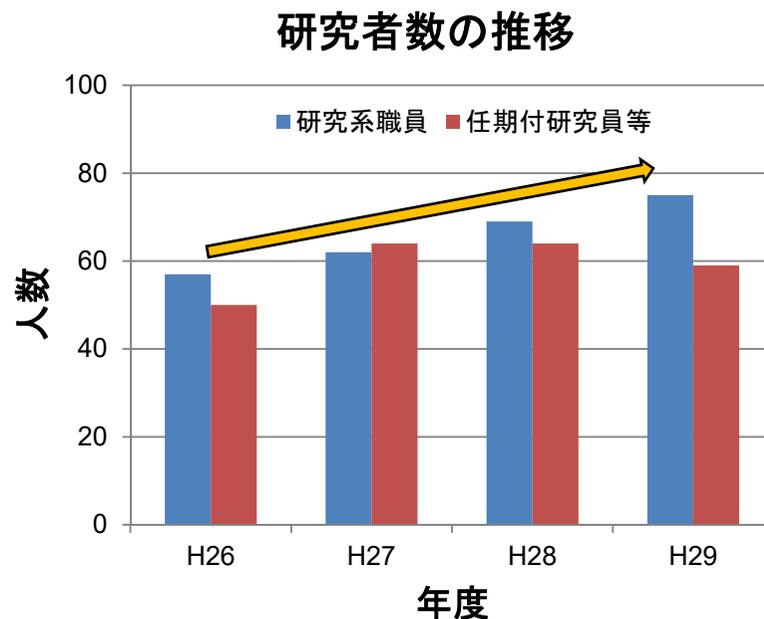
# 人材の確保と育成 (1/2)

—「原子力安全の継続的改善」を支える人的研究基盤の確保—

## 1. 人員の継続的確保

- 研究系職員数は 1F 事故以降、徐々に増加

➤ 論文数は増加傾向



H28年度の受賞	
日本原子力学会英文論文誌	Most Popular Article Award 2016
日本保健物理学会論文賞	

### 問題点

- 安全研究を十分に担うには、依然として**総数が少ない**
- 職員と同数程度を**外部に頼らざるを得ない**  
(博士研究員、特別研究生、夏期実習生、リサーチフェローなど**若手制度を最大限活用**)

—「原子力安全の継続的改善」を支える人的研究基盤の確保—

## 2. 研究活動を通じた若手研究者の育成 (数字はH29年度の実績)

### ● 研究環境の整備・動機づけ

- ✓ 人的環境の充実: 年齢ギャップの緩和、専門領域の伸張
- ✓ 知識・技術の継承と共有: 日常の議論、専門基礎の勉強会、論文指導
- ✓ 主体的参加意識の醸成: 中長期計画策定への参加、センター活動の企画
- ✓ グループ外専門家との研究情報の共有: 学会、委員会、WS等 参加の積極支援
- ✓ 成果発信・活用: 若手成果発信タスク、内外発表・発信の企画・支援

### ● 多様な交流や留学等、学習の支援

- ✓ 海外派遣:
  - 国外スクール(国際原子力大学(WNU)、MeV Summer School など)への計画的な参加
  - 原子力留学制度
  - 協力協定を通じた派遣 3名
- ✓ JAEA、安全研究センター等の企画イベント:
  - JAEA-IAEA 原子力マネジメントスクール
  - 国内プラント(東海発電所)の見学

### ● 原子力規制庁との人材交流

- ✓ 研究員の規制現場への出向 2名
- ✓ 規制者の研究グループへの受入 12名

安全研究センター報告会



国際原子力大学(WNU)

