

日本原子力研究開発機構における 安全研究について

平成26年2月5日

原子力の自主的安全性向上に関するWG(第9回会合)

独立行政法人日本原子力研究開発機構
上塚 寛

- 原子力機構の役割
- 安全研究の経緯
- 原子力機構が実施して来た安全研究の分野
- 軽水炉に係る基礎基盤研究の経緯と役割
- 原子力事故対応への旧原研・原子力機構の貢献
- 原子力機構における研究基盤
- 研究開発における推進と規制の関係と共同研究例
- 推進側と規制側の安全研究における協調の重要性
- 軽水炉に係る基礎基盤研究の強化の方向性
- まとめ

原子力機構の役割

- 独立行政法人である日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）の担うべき軽水炉の安全に関わる研究
 - 国の安全規制を支援する研究（安全研究）
 - 推進と規制の区別のない基礎基盤研究
- 国として保有すべき研究インフラの維持・運用・開発も大きな使命

安全研究の経緯 (1/2)

- 1970年頃から、大型研究施設を用いた実験的安全研究を原子力機構の前身である日本原子力研究所(以下、旧原研)で開始。並行してモデル開発、安全評価手法の開発等を進め、原子力安全委員会による指針の策定等に貢献。
- 1990年代に入り、商用炉の運転経験が蓄積。軽水炉に関わる多くの安全上の課題についての研究が収束し、我が国や欧米諸国においても安全研究予算が縮小。
- このため、安全研究において国際レベルでの重複の排除、役割分担が検討され、重要度の高い大型施設のみが維持されている状況。
- 福島第一原子力発電所事故の発生以降、事故を踏まえた教訓の抽出、基準や研究計画への反映が各国で展開。

安全研究の経緯 (2/2)

- 原子力安全委員会は、1976年から国が実施すべき研究課題として、「安全研究*年次計画」を策定し、5年ごとに改訂を重ねてきたが、2004年7月に内容の大幅な見直しを行い、「**原子力の重点安全研究*計画**」を策定。
- その後、原子力安全委員会は中間評価や一部改定を行うとともに、2010年度から5年間を対象とした第2期の重点安全研究計画を策定。
- 原子力規制委員会は2013年9月に「原子力規制委員会における安全研究について」をとりまとめ、規制に必要な研究分野を特定。
- 原子力機構では、**安全研究センター**を中心に、これらの安全研究計画に沿った研究を実施。

*「安全研究」は国が規制を行うための「規制研究」の意味で用いられてきた。

原子力機構が実施してきた安全研究の分野*

*原子力安全委員会が定めた重点安全研究計画(第2期、2009年8月)の分類による

安全研究センター実施部分

規制システム分野

- ① リスク情報の活用、事故・故障要因等の解析評価技術

軽水炉分野

- ② 安全評価技術 (1) 熱水力安全研究
- ③ 安全評価技術 (2) 燃料安全研究
- ④ 材料劣化・高経年化対策技術

核燃料サイクル施設分野

- ⑤ 安全評価技術

放射性廃棄物・廃止措置分野

- ⑥ 地層処分技術、余裕深度処分・浅地中処分技術、廃止措置技術
- ⑦ 地層処分技術 (開発研究成果の活用)

新型炉分野

- ⑧ 高速増殖炉の安全性評価技術 (開発研究成果の活用)

放射線影響分野

- ⑨ 放射線リスク・影響評価技術 (基礎基盤研究成果の活用)

原子力防災分野

- ⑩ 原子力防災技術

軽水炉に係る基礎基盤研究の経緯 (1/3)

- 旧原研ではJPDRの建設・運転を含めて軽水炉の研究開発を進めていた。
- 一方、産業界は1965年頃より米国からの技術導入を進めたため、国の研究機関への依存が少なくなり、産業界主体に進める軽水炉の導入及び開発から、国の進める基礎基盤研究の乖離が生じていくことになった。
- 原子力機構では、国の安全規制を支援する研究を除き、軽水炉の研究開発は自ら実施する項目ではなくなってしまった。

➔ 軽水炉研究に関する中期計画(2010年4月1日～2015年3月31日)の記述:

「・・・機構の保有する技術的ポテンシャル及び施設・設備を活用し、関係行政機関、民間事業者等が行う軽水炉技術の高度化等に貢献する。」

[8.産学官との連携の強化と社会からの要請に対応するための活動
(7)産学官の連携による研究開発の推進]の記述を抜粋

軽水炉に係る基礎基盤研究の経緯 (2/3)

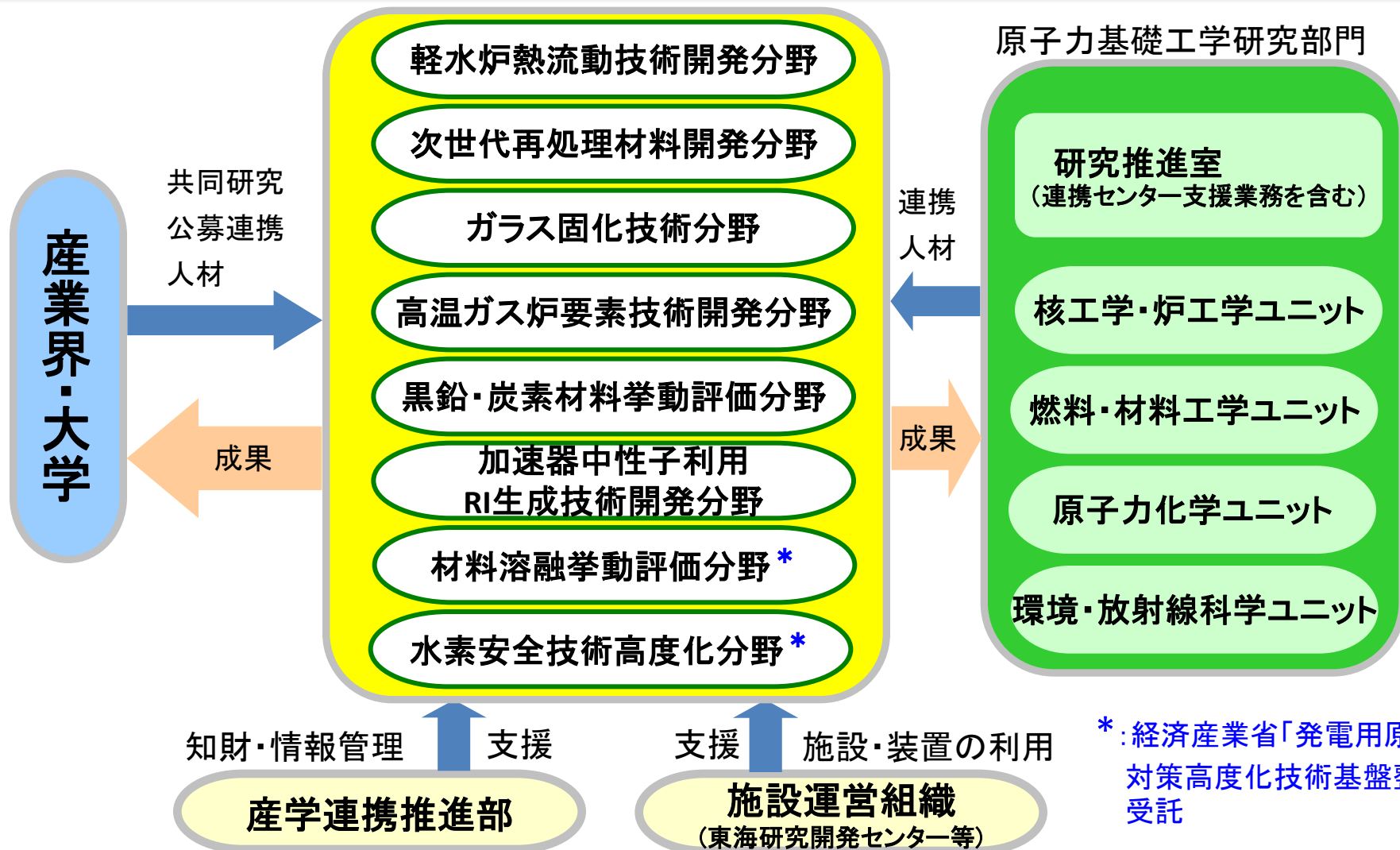
- 一方、原子力機構では、原子力の共通科学基盤として基礎基盤的な研究を実施。
 - ➔ 原子力基礎工学研究に関する中期計画の記述：

「我が国の原子力研究開発の科学技術基盤を維持・強化し、新たな原子力利用技術を創出する。そのため、産学官連携の研究ネットワークを形成するなどして、産業界等のニーズを踏まえつつ、適切に研究開発を進める。」

1) 核工学・炉工学研究 3) アクチノイド・放射化学研究 5) 放射線防護研究 7) 分離変換技術の研究開発	2) 照射材料科学研究 4) 環境科学研究 6) 計算科学技術研究
--	---
- 原子力機構では、原子力基礎工学研究部門が中心に、これらの基礎基盤研究を実施。

軽水炉に係る基礎基盤研究の経緯 (3/3)

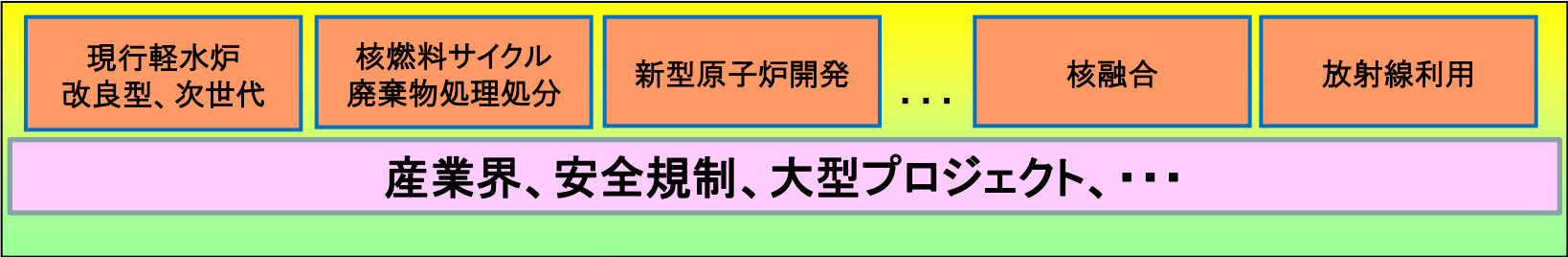
- 現在、原子力基礎工学研究部門が「**原子力エネルギー基盤連携センター**」を運営
- **経済産業省からの公募研究***を含め、現在8特別グループを設置し活動中



基礎基盤研究の役割

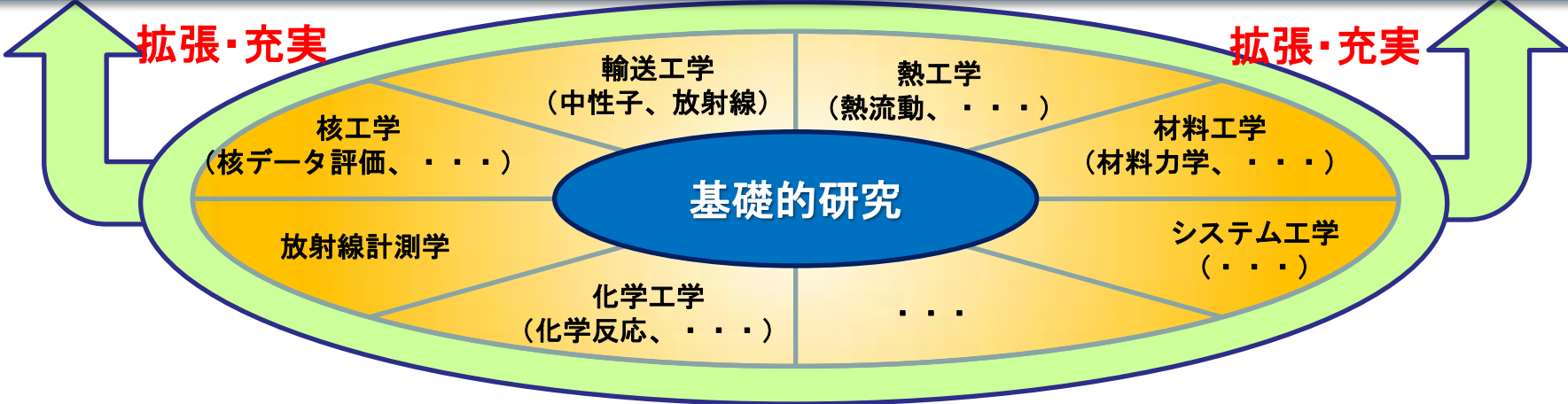
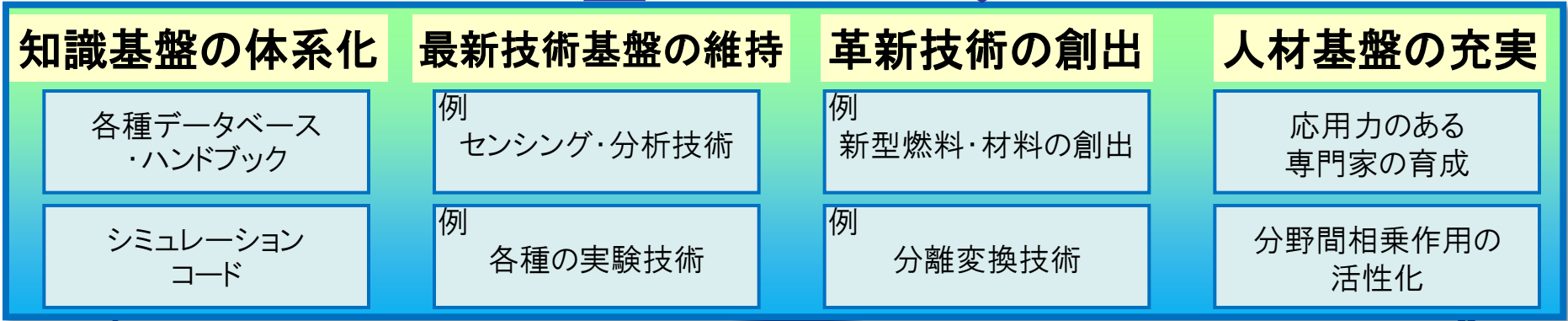
日本原子力学会「軽水炉に係る基礎
基盤研究の検討」特別専門委員会報
告書(平成24年8月31日)より

原子力利用



原子力の基盤

提供・提案 (Upward Arrow) 要求(欠落、不足、脆弱、...) (Downward Arrow)



TMI-2号機事故

1979. 3

チェルノブイル事故

1986. 4

美浜2号機事故

1991. 2

JCO臨界事故

1999. 9

浜岡1号機事故

2001. 11

BWRシュラウドのひび割れ

2002. 8

美浜3号機2次系配管事故

2004. 8

BWRハフニウム板型制御棒のひび割れ

2006. 1

福島第一原子力発電所事故

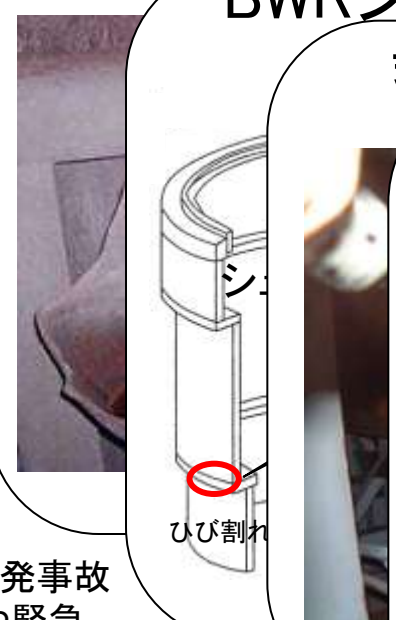
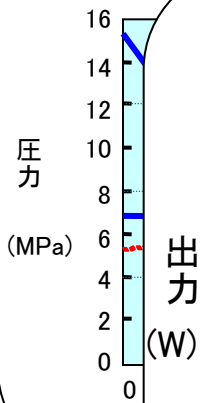
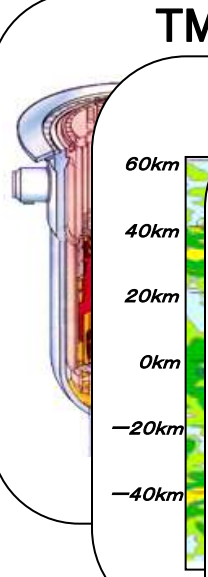
2011. 3

➤ 現在は、2011年の福島第一原発事故を受けて、シビアアクシデントや緊急事態に対応する研究に重点

➤ これまで安全研究の実施によって培った経験、知見、技術及び人材を活かし、事故の処理、原因究明等に技術的に貢献するとともに、国の様々な基準・指針等に成果を反映

➤ 1979年のスリーマイル島2号機の事故を受け、事故時の現象解明、確率論的安全評価などのシビアアクシデント研究を開始

➤ 1986年のチェルノブイル事故以降は、事故や故障の分析評価や環境放射線の影響に関する研究を実施



原子力機構における研究基盤(1/2)

安全研究の対象及び研究課題と、使用する主な大型施設

軽水炉

- ・燃料の安全性
- ・熱水力安全
- ・構造機器の高経年化評価
- ・中性子照射下の燃料・材料の劣化機構



原子炉安全性研究炉
(NSRR)



燃料試験施設
(RFEF)

核燃料サイクル

- ・リスク評価
- ・核燃料サイクル施設
安全評価



核熱結合
試験装置
(THYNC)



大型非定常
試験装置
(LSTF)



材料試験炉
(JMTR)



JMTRホットラボ
(JMTR-HL)

廃棄物処分

- ・放射性廃棄物
処分安全評価



燃料サイクル
安全工学研究施設
(NUCEF)

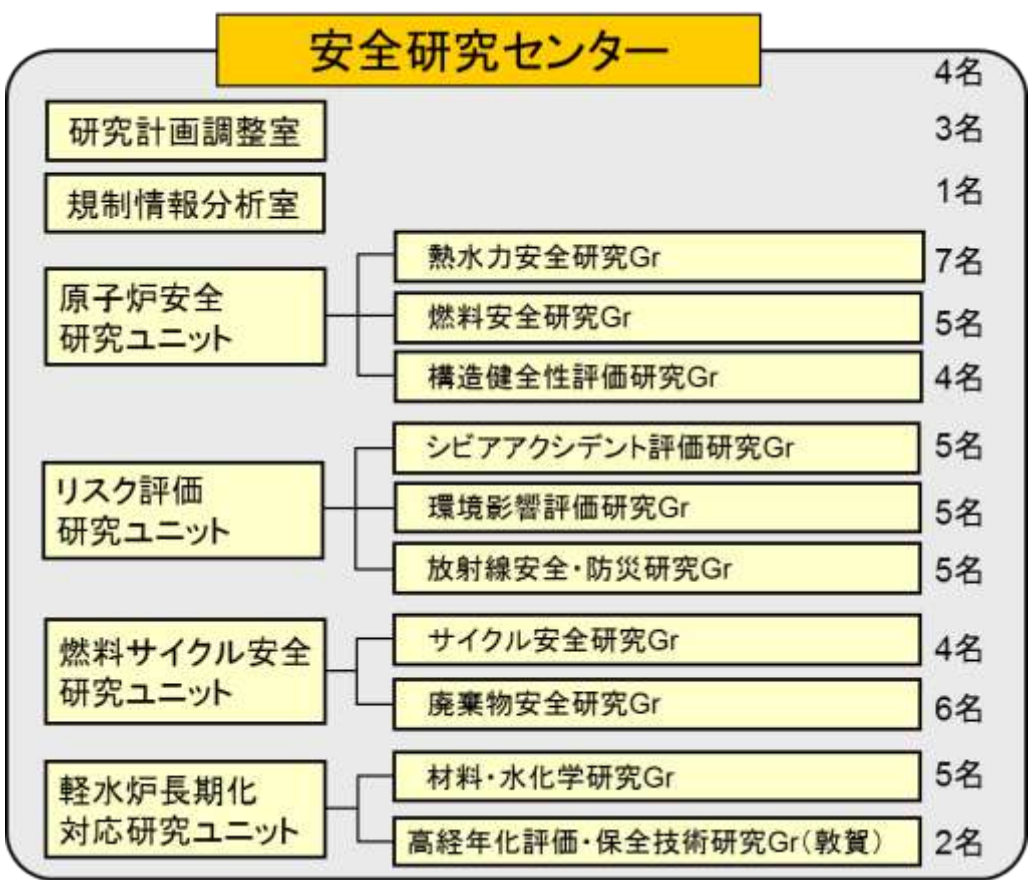
- 原子力の安全確保に有効な技術的知見を取得・蓄積
- 系統的な整理・解釈により利用可能な状態にして、社会に発信



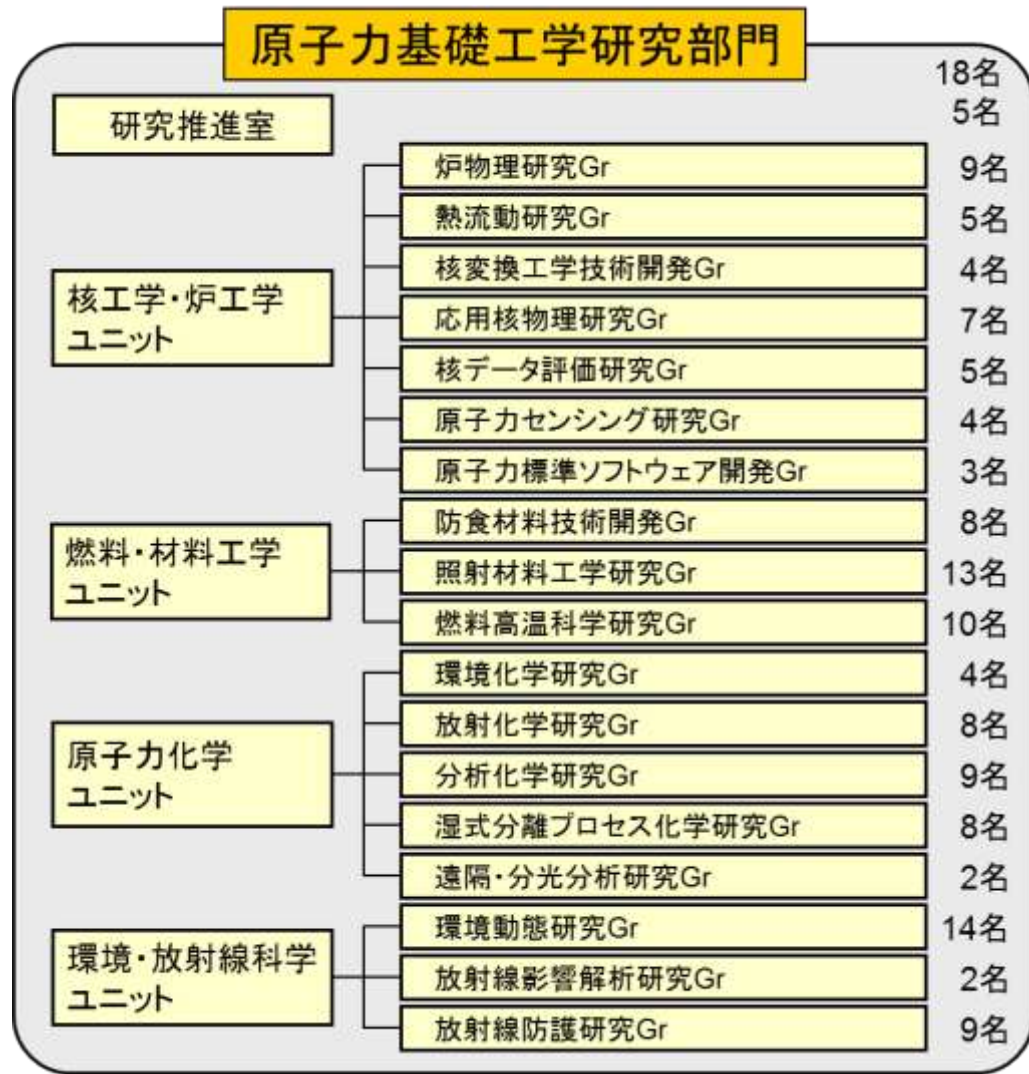
- 取得した技術データ・知識基盤を通じて、安全規制を技術的に支援
- 人材の育成と、必要な技術基盤の維持

原子力機構における研究基盤(2/2)

関連する研究組織と研究員数(2014年1月現在)

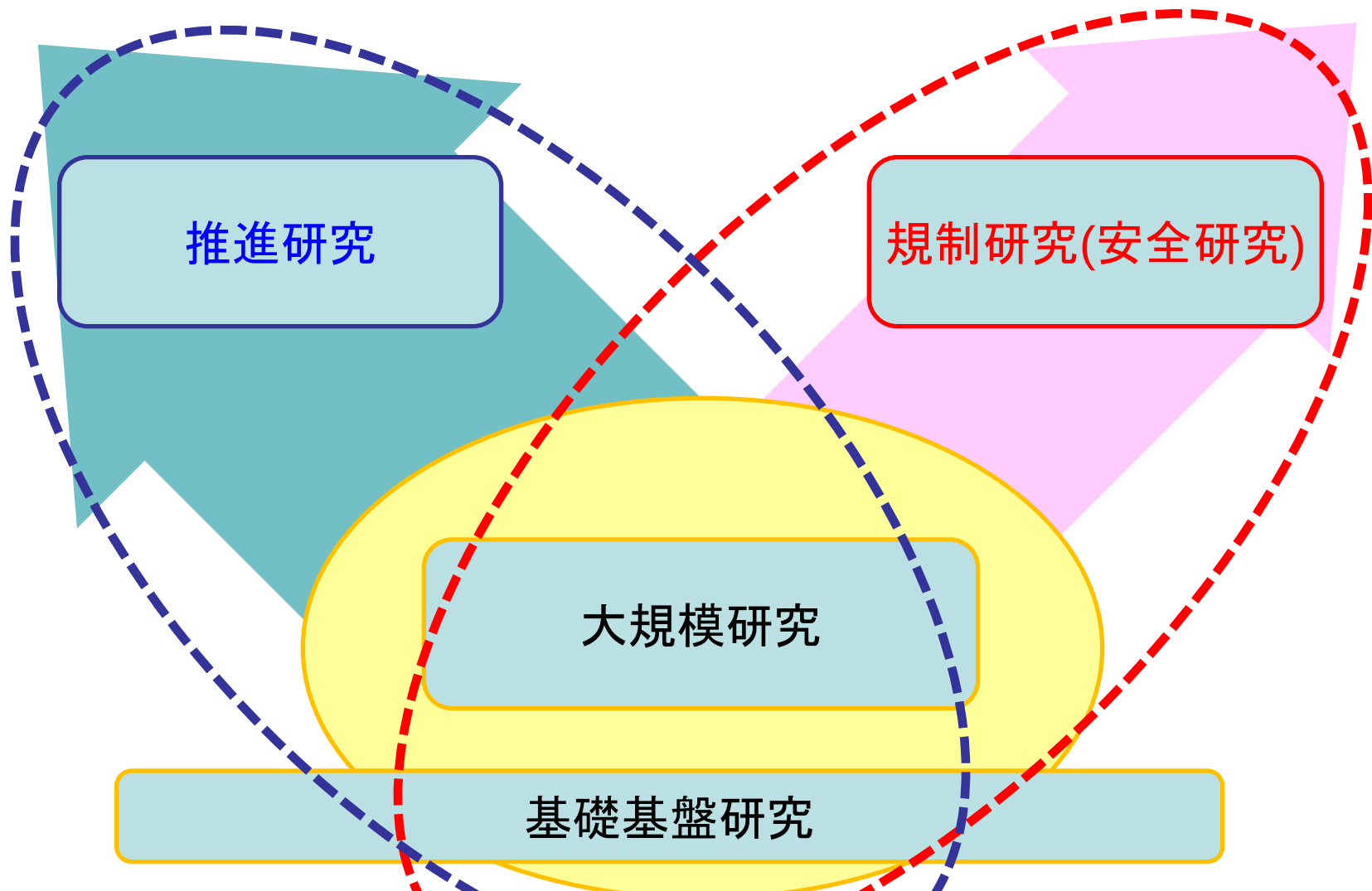


合計 56名

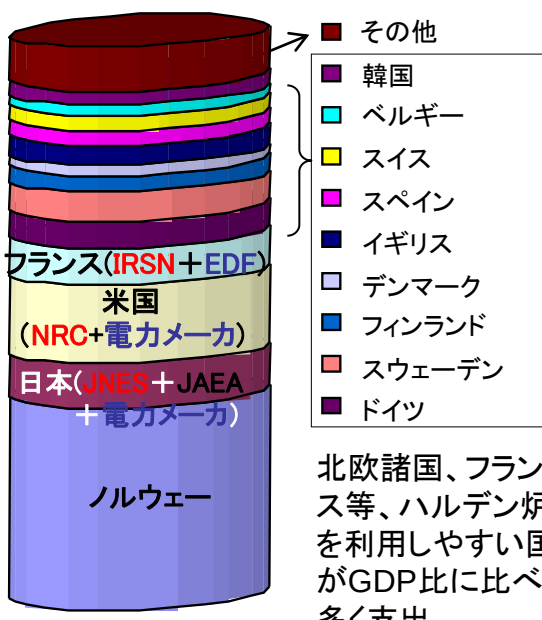
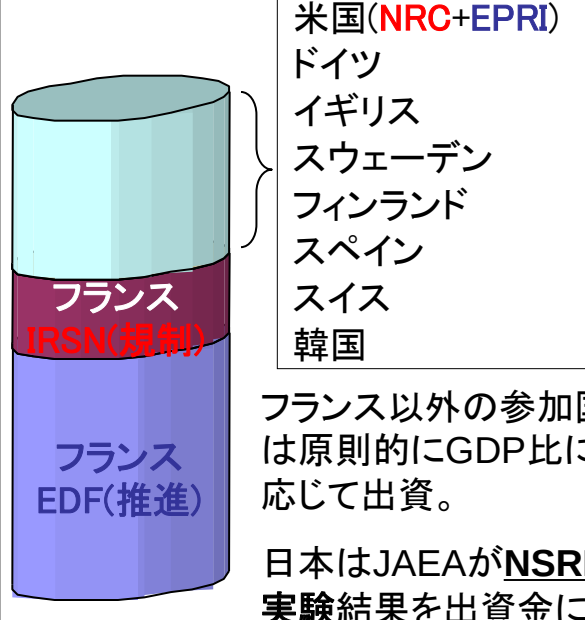
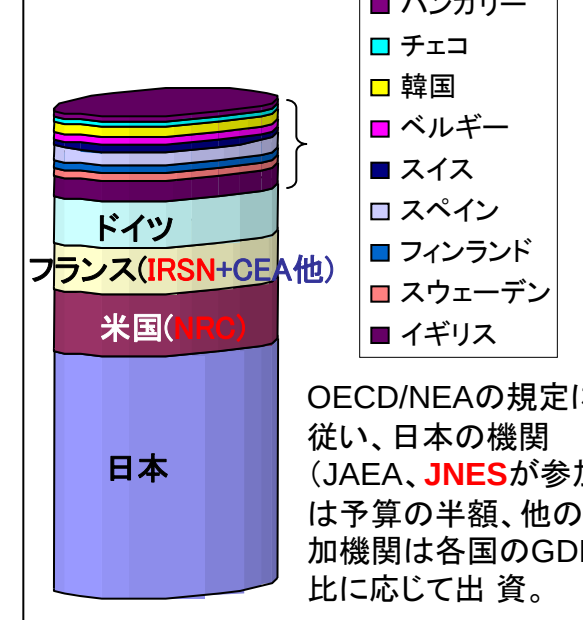


合計 147名

研究開発における推進と規制の関係(イメージ図)



大型施設を用いる大規模研究は、複数の規制・推進機関・産業界が相乗りで実施する共同(マッチングファンド)研究となることが国際的には主流

ハルデン原子炉計画	Cabri水ループ計画	ROSA及びROSA-2計画
ノルウェーのハルデン炉を用いた燃料照射試験及び材料劣化試験、並びにマンマシンシステム研究などを実施。燃料挙動評価モデル開発に必要なデータ取得などに成果。(1958年開始、日本は1967年より参加)	フランスのカブリ炉を用いた高燃焼度燃料の反応度事故時挙動試験を実施。高速炉実験用装置を用いた予備実験を2回実施済み、水ループ装置の設置や原子炉の耐震補強工事を実施中。水冷却条件で10回の実験を予定。	日本原子力研究開発機構のROSA/LSTF施設を用いた熱水力試験。軽水炉の設計基準事故及びこれを超える過渡事象で生じる熱水力現象の評価モデルを検証するため、総合試験と分離効果試験を実施。
実施主体：ノルウェーエネルギー研究所 予算総額：415M NOK(約70億円) 期間：2012-2014 (3年毎に更新)	実施主体：フランスIRSN 予算総額：73.8M EURO(約105億円) 期間：2000～ (当初10年間予定)	実施主体：日本原子力研究開発機構 予算総額：6.9M \$(約7億円) 期間：2005-2013 (8年間)
 ■ その他 ■ 韓国 ■ ベルギー ■ スイス ■ スペイン ■ イギリス ■ デンマーク ■ フィンランド ■ スウェーデン ■ ドイツ フランス(IRSN+EDF) 米国(NRC+電力メーカ) 日本(JNES+JAEA+電力メーカ) ノルウェー 北欧諸国、フランス等、ハルデン炉を利用しやすい国がGDP比に比べ多く支出	 米国(NRC+EPRI) ドイツ イギリス スウェーデン フィンランド スペイン スイス 韓国 フランス IRSN(規制) フランス EDF(推進) フランス以外の参加国は原則的にGDP比に応じて出資。 日本はJAEAがNSRR実験結果を出資金に代えて参加。	 ■ ハンガリー ■ チェコ ■ 韓国 ■ ベルギー ■ スイス ■ スペイン ■ フィンランド ■ スウェーデン ■ イギリス ドイツ フランス(IRSN+CEA他) 米国(NRC) 日本 OECD/NEAの規定に従い、日本の機関(JAEA、JNESが参加)は予算の半額、他の参加機関は各国のGDP比に応じて出資。

安全研究センターと産業界との共同研究例

産業界との共同研究 (H25年度、安全研究センター)

研究課題	相手機関
改良型PWR高燃焼度燃料の事故時挙動	三菱原子燃料(株)
再処理施設における放射性物質事故時移行挙動	JNES 日本原燃(株)
原子炉圧力容器鋼の破壊靱性試験法	電力中央研究所
使用済み燃料の燃焼度及び未臨界度測定に関する研究	電力中央研究所
原子炉圧力容器鋼の照射脆化	関西電力(株)



高性能燃料*の導入に向けた研究

*長期間利用して高燃焼度となっても性能劣化が小さく、高負荷利用が可能。

運転上の効果

- ・長期利用による経済性の向上
- ・運転の自由度の増加
- ・使用済み燃料の低減

安全上の効果

- ・通常時のトラブル減少
- ・事故時耐性の変化(特に高燃焼度で)

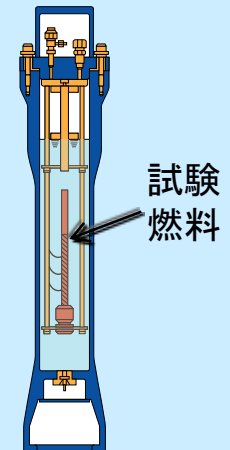
規制は性能を反映した規制基準の整備のための安全研究が必要

実際に原子力発電所で長期間使用された燃料の事故模擬実験を共同研究として実施。

高燃焼度燃料の反応度事故時の挙動を実験可能な実験施設NSRRを用いて出力暴走が生じた場合の燃料の破損限界を調べ、規制基準に反映。



NSRR



実験カプセル

- 事業者が安全性向上に向けた改善を進めるためには、規制機関もこれに対応して技術力を高めていく必要があり、共同研究はこれを合理的に進める枠組みとして有効。
- 国際的には推進機関と規制機関の共通的な課題に対し、大型施設を使用する大規模研究を共同で実施する例が多い。
- こうした研究を有効に効率よく進めるためには、推進側の開発計画と規制側の安全研究計画の間に技術課題等に関する共通的な理解が不可欠である。従来、日本原子力学会等の場で産官学が協働してまとめて来た技術戦略マップが、個別分野に対してその役割を果たして来た。
- 現在我が国では、規制及び推進機関等は独立に研究計画を策定しており、技術的共通項やそれぞれが果たす役割を踏まえた合理的な関係が築けていない。
- 我が国において継続的に安全を向上するためには、これらの計画やマップの有機的な関係を見直し、継続的に更新するための枠組みを再構築することが重要。

軽水炉に係る基礎基盤研究の強化の方向性

日本原子力学会「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会報告書
(2013年8月31日)を参照

○軽水炉基盤研究の果たすべき役割

- ・ 技術基盤を高い水準に維持するとともに、新しい知識や技術概念を獲得・創出
- ・ 研究者・技術者の養成
- ・ 原子力関連学術活動と他の学術分野との橋渡し

➔このような基盤があって初めて持続的な「自主的安全性向上」が可能になるのではないか。

○国の果たすべき役割

- ・ 産学官が連携して基礎基盤研究を進める仕組みを構築すべき
- ・ 必要な研究インフラ(施設、知識基盤、計算コード)の維持・整備に取り組むべき

○強化の方向性

- ・ 従来の安全(規制)研究に加え、軽水炉基盤研究を原子力機構の重要業務とし、原子力エネルギー基盤連携センターを中心に国の資金も活用して産業界との連携を強化。

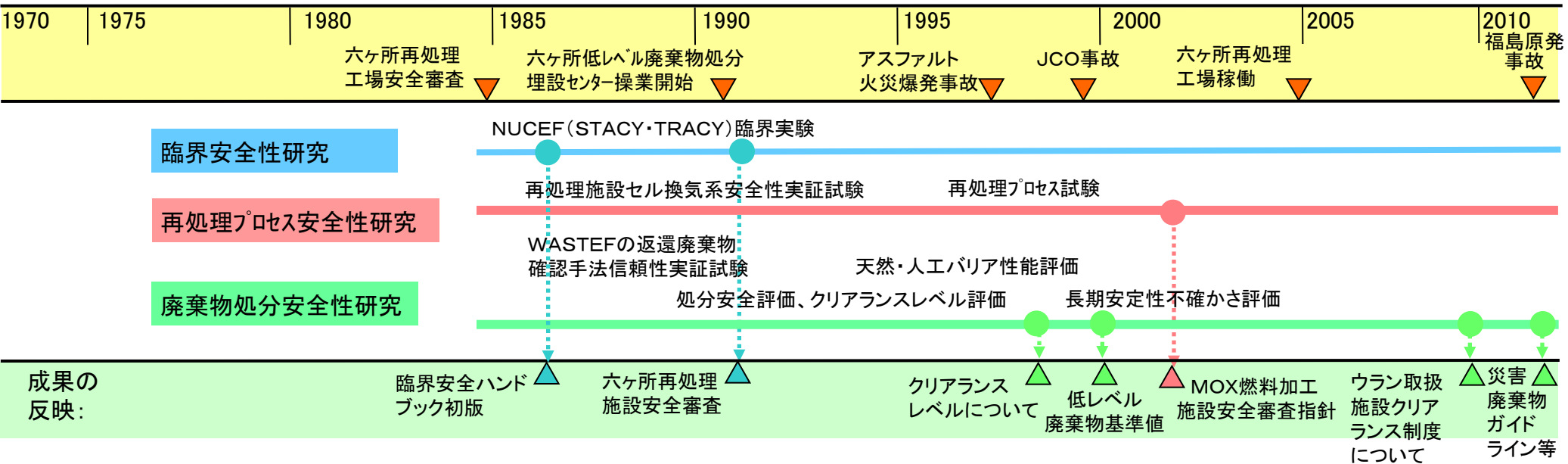
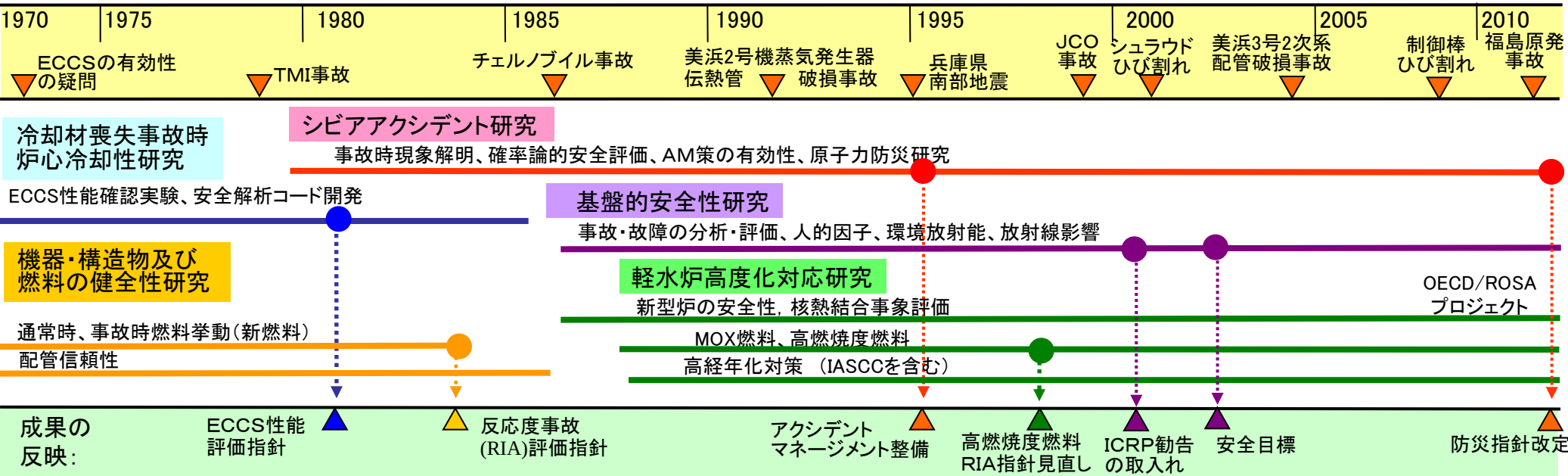
【経緯と現状認識】

- 原子力機構は、旧原研時代から原子力の安全に係わる研究を行い、指針策定や原子力安全委員会への人材供給など、一定の役割を果たして来た。
- 原子力機構は軽水炉の事故を模擬出来る装置など、国際的にも貴重な研究施設等を有している。
- ただし、これまでの経緯により、この分野の研究ポテンシャル(予算・人員)は低下している。

【今後の方向性】

- 「安全研究」と「軽水炉基盤研究」を推進することで、軽水炉の自主的安全性向上に貢献できる。
- 効果的に研究を推進するためには、
 - 国主導による取組の強化(人員、予算、インフラ)
 - 産業界との連携活性化(人員交流など)
 - 中立的な研究における「規制」と「推進」との合理的な協調
(研究の透明性確保等により「規制」の独立性を侵さない仕組みが前提)
 が重要。

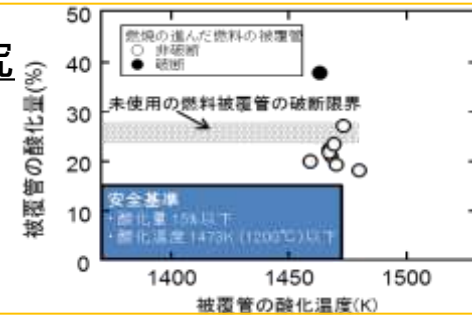
参考資料



○冷却材喪失事故 (Loss Of Coolant Accident) 時における燃料棒の破断に関する研究

【成果】 燃料被覆管が破断する場合の酸化量、酸化温度条件を提示

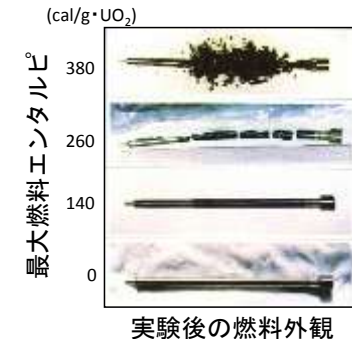
「**非常用炉心冷却系 (ECCS) の性能評価指針**」(1981年原子力安全委員会決定) に反映



○原子炉の安全性を確認するための想定事象の一つとして、制御棒の飛び出し等により原子炉出力が急激に上昇する事象 (RIA) の検討

【成果】 被覆管等の燃料の破損形態、破損に至る条件、破損による影響等を評価

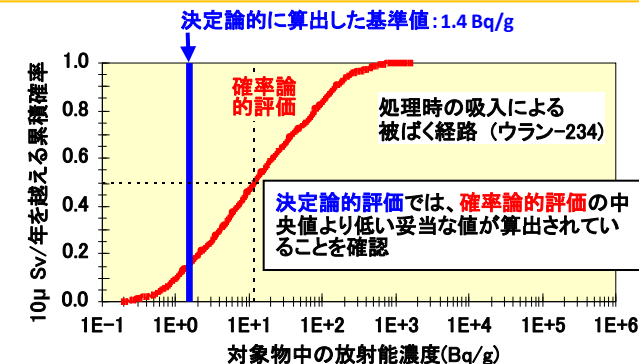
「**発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象に関する評価指針**」(1984年原子力安全委員会決定) に反映



○ウラン廃棄物の放射性物質として取り扱わなくてよいレベルの検討

【成果】 処分場からの核種流出等の解析の評価コードの開発、評価パラメータの変動幅の設定

「**ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて**」(2009年原子力安全委員会決定) に反映



○福島第一原発事故により発生した汚染された災害廃棄物等の取扱い基準等の検討

【成果】 放射性Cs濃度が8,000Bq/kg以下であれば、安全が確保できることを提示

「**放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方**」(2011年原子力災害対策本部指針)
「**福島県内の災害廃棄物の処理の方針**」(2011年環境省指針) 等に反映

原子力機構の組織(現状)

研究開発部門

安全研究センター

先端基礎研究センター

原子力基礎工学研究部門

量子ビーム応用研究部門

核融合研究開発部門

次世代原子力システム研究開発部門

地層処分研究開発部門

バックエンド推進部門

理事長
副理事長
理事 7名

監事
2名

研究開発拠点

青森研究開発センター

人形峠環境技術センター

東濃地科学センター

幌延深地層研究センター

関西光科学研究所

高崎量子応用研究所

那珂核融合研究所

大洗研究開発センター

JIPARCセンター

核燃料サイクル工学研究所

東海研究開発センター

原子力科学研究所

高速増殖炉研究開発センター
原子炉廃止措置研究開発センター

運営管理部門

原子力機構改革本部

もんじゅ安全・改革本部

経営企画部

総務部

監査室

法務室

人事部

財務部

契約部

事業推進部門

福島技術本部

安全統括部

広報部

産学連携推進部

国際部

建設部

研究技術情報部

核物質管理科学技術推進部

システム計算科学センター

原子力人材育成センター

原子力緊急時支援・研修センター

埋設事業推進センター

核不拡散・核セキュリティ総合支援センター

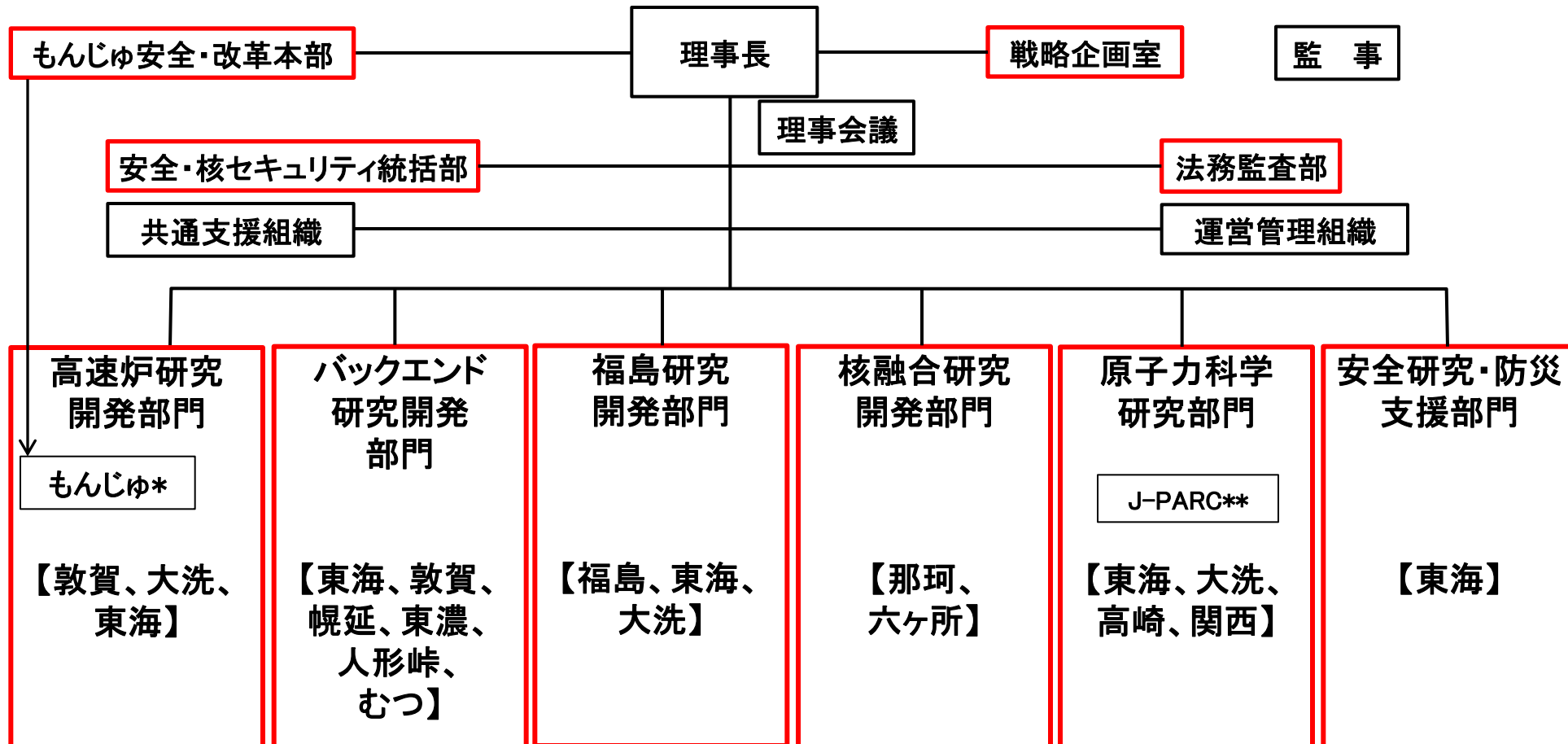
原子力機構の組織（機構改革による再編案）

トップマネジメントによる**ガバナンスが有効に機能する**体制整備

【戦略企画室の設置、もんじゅ安全・改革本部の設置、安全統括機能の強化、内部統制機能の強化】

機動的な事業運営のため、事業ごとに**大括り化した「事業部門制」組織に再編**

【現状の8研究開発部門・17事業所等の事業を**6事業部門に集約**】



名称は仮称。【 】内は、主な事業実施場所。

*) もんじゅの改革の重要案件については、本部長(理事長)が直接指揮

**) J-PARCはJAEAとKEKの共同事業であり、理事長直轄で運営