



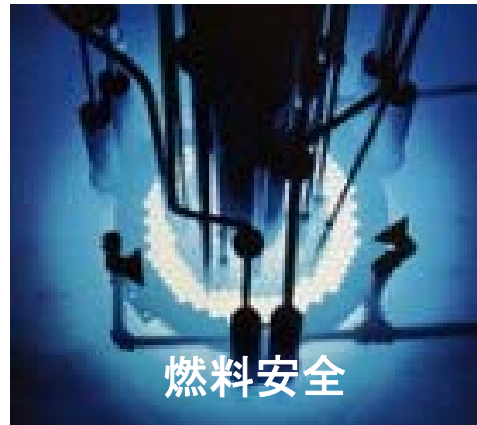
安全研究センターの研究活動について

平成31年2月12日

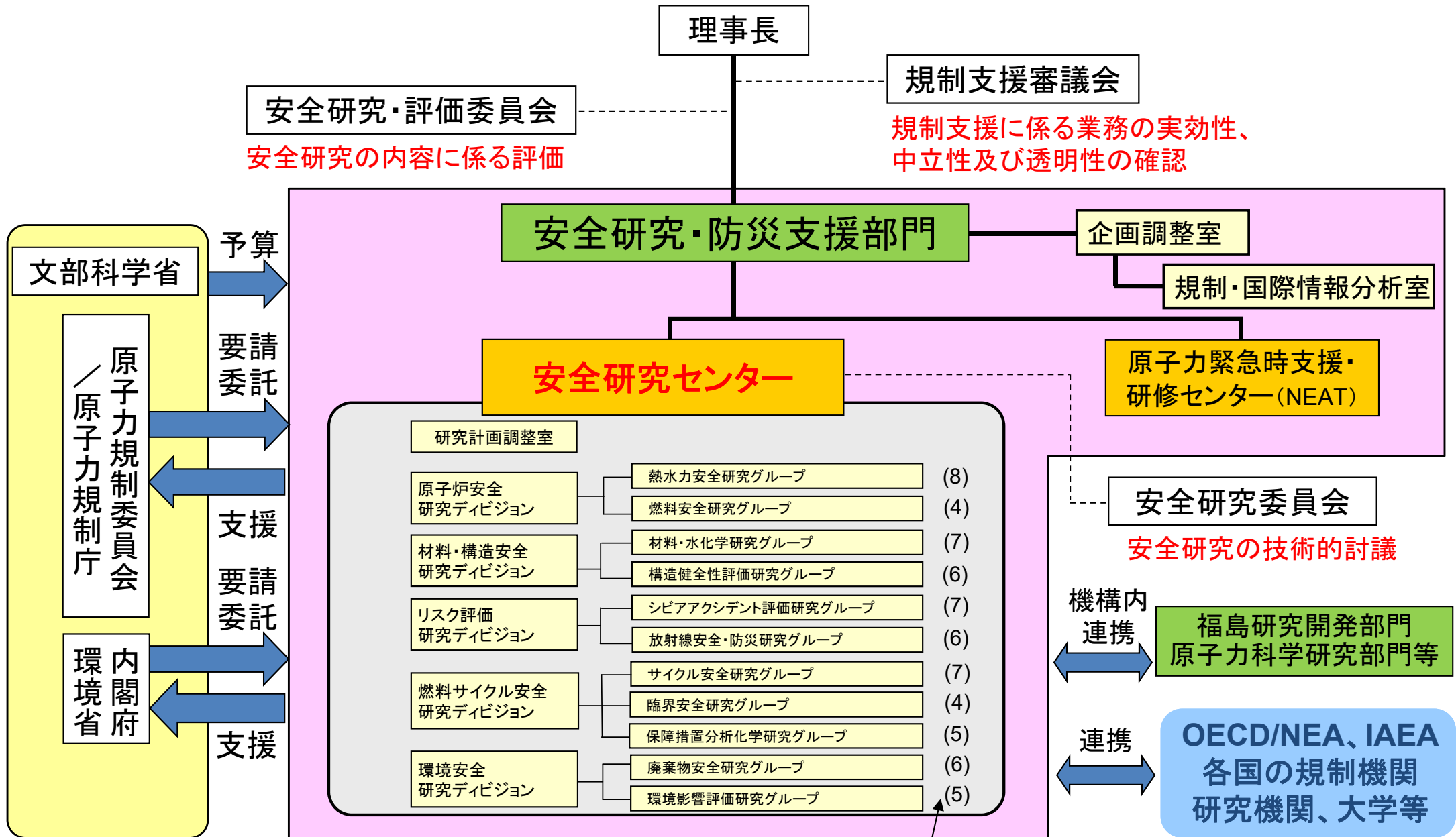
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
安全研究・防災支援部門 安全研究センター

原子力安全の継続的改善には、原子力事業者の自主的努力と、これを監視・評価する規制行政の技術的進歩が車の両輪として必要。

JAEAの安全研究・防災支援部門は、規制行政や国・自治体の緊急時対応を技術的に支援する役割を担っており、安全研究等を行って、これに必要な技術を整備し、人材の育成を図る。



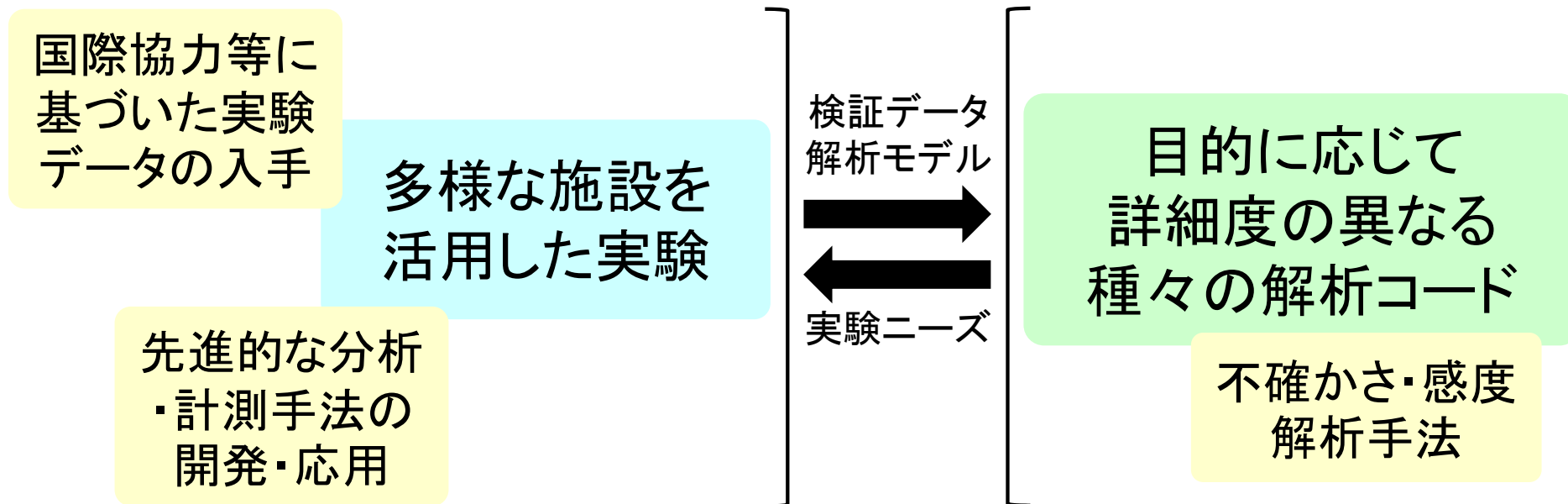
安全研究センターの組織



H30.4.1時点のプロパー職員数(兼務は除く)

- 独立性・中立性、透明性・説明性の確保と実効性の向上
 - 受託事業や共同研究の実施に係わる内部ルールを定め安全研究センターのウェブサイトにて公開
 - 内部ルールの妥当性を含め規制支援審議会に諮問
- 社会情勢の変化やニーズに対応した適時・的確な研究課題の選定
 - 福島第一原子力発電所事故から得られた教訓の反映
 - 放射性廃棄物に関する中深度処分への対応
 - 原子力規制庁や内閣府等との定期的な意見交換
 - 学会活動等を通じた産業界の動向に係わる情報の収集
- 外部資金と運営費交付金を併用した研究基盤(研究施設や解析手法)の維持・整備

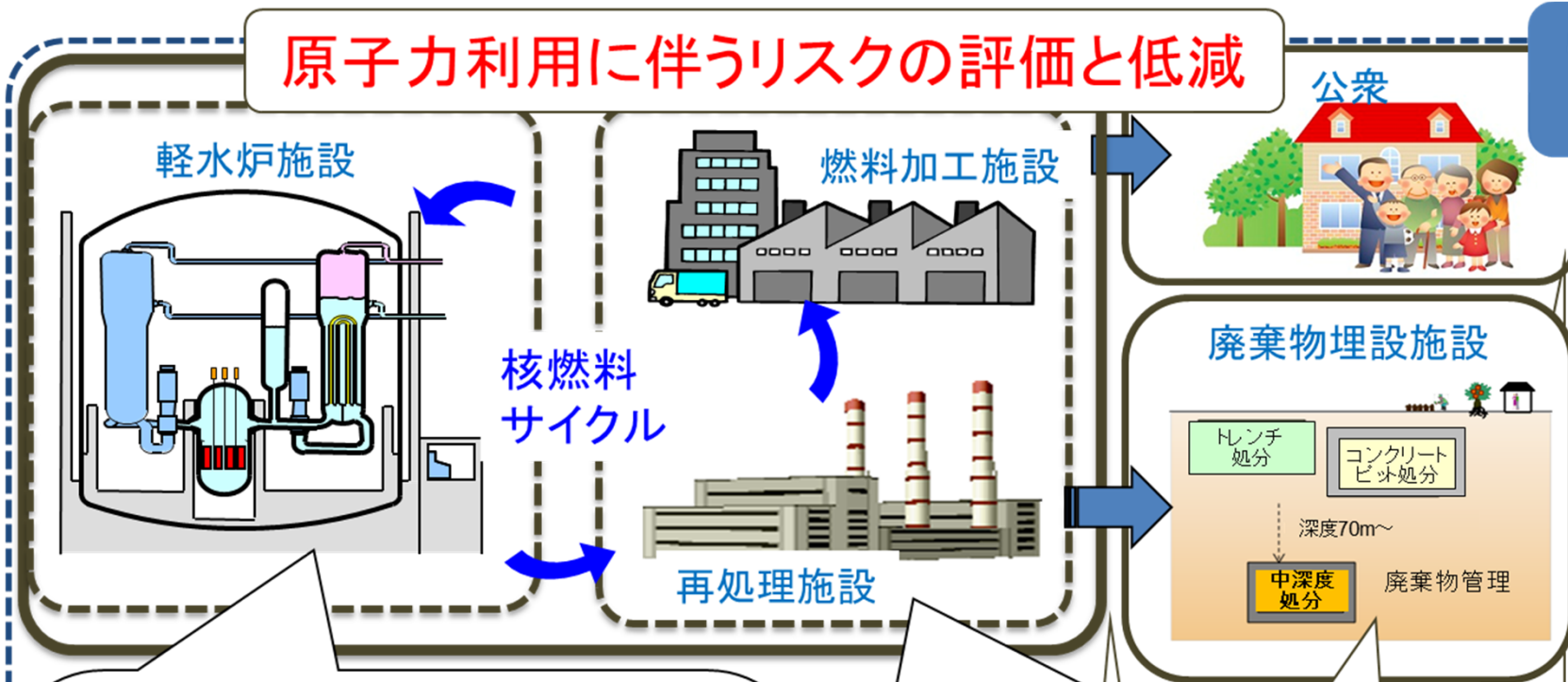
- 実験と解析を両輪とした安全研究を通じた研究力・技術力の向上
(規制を支援する組織として必要な総合力の向上)及び規制に科学的根拠を与える知識ベースの構築
 - 原子力規制委員会等、行政機関からの要請に基づいた安全研究(主に受託事業による研究)
 - 長期的視点からの先導的・先進的な安全研究(主に運営費交付金による研究)
 - 事故・故障に係わる調査等への人的・技術的支援
- 研究成果等の積極的な公開・発信



- 規制情報等の収集やそれを分析・活用する機能の強化
 - 安全研究センターの規制情報分析室と原子力緊急時支援・研修センターの国際情報課を安全研究・防災支援部門の組織として統合・効率化(2018年4月に規制・国際情報分析室を設置)
 - 施設管理部門に対する技術的助言等
- 安全研究の将来を担う人材の確保及び育成
 - 研究系職員の採用に加え夏期実習生や博士研究員の積極的な受け入れ
 - 優秀な博士研究員を定年制職員として採用
 - 安全研究を通じたOJTに加え国際協力関係会合等への参加や成果発表
 - 海外研究機関への長期駐在や留学を奨励
 - 原子力規制庁職員を外来研究員として受け入れ
- 効果的・効率的な課題の解決に向けた国際協力を含む機構内外との連携・協力
 - 機構内の検討会等による技術的な情報や課題の共有(リスク評価、シビアアクシデント、計算科学等)
 - 福島第一原子力発電所事故の継続的な調査・分析を含む多様な国内・国際協力の展開

安全研究の対象分野

原子力利用に伴うリスクの評価と低減



安全研究センター

原子力
緊急時支援・
研修センター

緊急時対応実務
の基盤となる
研究・研修

シビアアクシデント評価研究

軽水炉のレベル2PRA、シビアアクシデント評価手法の開発。SA対応策の有効性評価、ソースターム等の不確かさ評価

燃料安全研究

事故時の燃料破損条件やその影響等についての実験研究と解析コード整備

熱水力安全研究

事故模擬実験による現象解明と解析コードの検証

材料・構造安全研究

安全上重要な機器構造物に対する外的事象や原子力特有の照射環境の影響等の評価方法整備

燃料サイクル安全研究

再処理施設等の重大事故、ソースターム評価、臨界安全評価

放射性廃棄物・環境安全研究

1F事故汚染物を含む廃棄物の保管・貯蔵・処分及び原子力施設の廃止措置に係る安全評価手法の整備

保障措置研究

信頼性の高い分析技術の開発とIAEAへの貢献

放射線安全・防災研究

レベル3PRAコード整備、緊急時被ばく評価、緊急時対応策の有効性評価

緊急時対応研究

モニタリング技術整備、スクリーニング等の対応技術・計画の有効性評価

訓練・研修

防災中核・実務人材、モニタリング担当者など

軽水炉施設

- ・シビアアクシデント/リスク評価
- ・燃料安全 ・熱水力安全
- ・材料劣化/構造健全性評価

燃料



原子炉安全性研究炉 (NSRR)



燃料試験施設 (RFEF)

熱水力



大型格納容器実験装置 (CIGMA)



大型非定常試験装置 (LSTF)

核燃料サイクル施設

- ・重大事故/リスク評価
- ・臨界安全

サイクル安全



サイクル施設火災 (ACUA)

保障措置



高度環境分析研究棟 (CLEAR)

廃棄物処分施設

- ・放射性廃棄物処分安全評価

臨界・廃棄物



燃料サイクル安全工学研究施設 (NUCEF)

防災

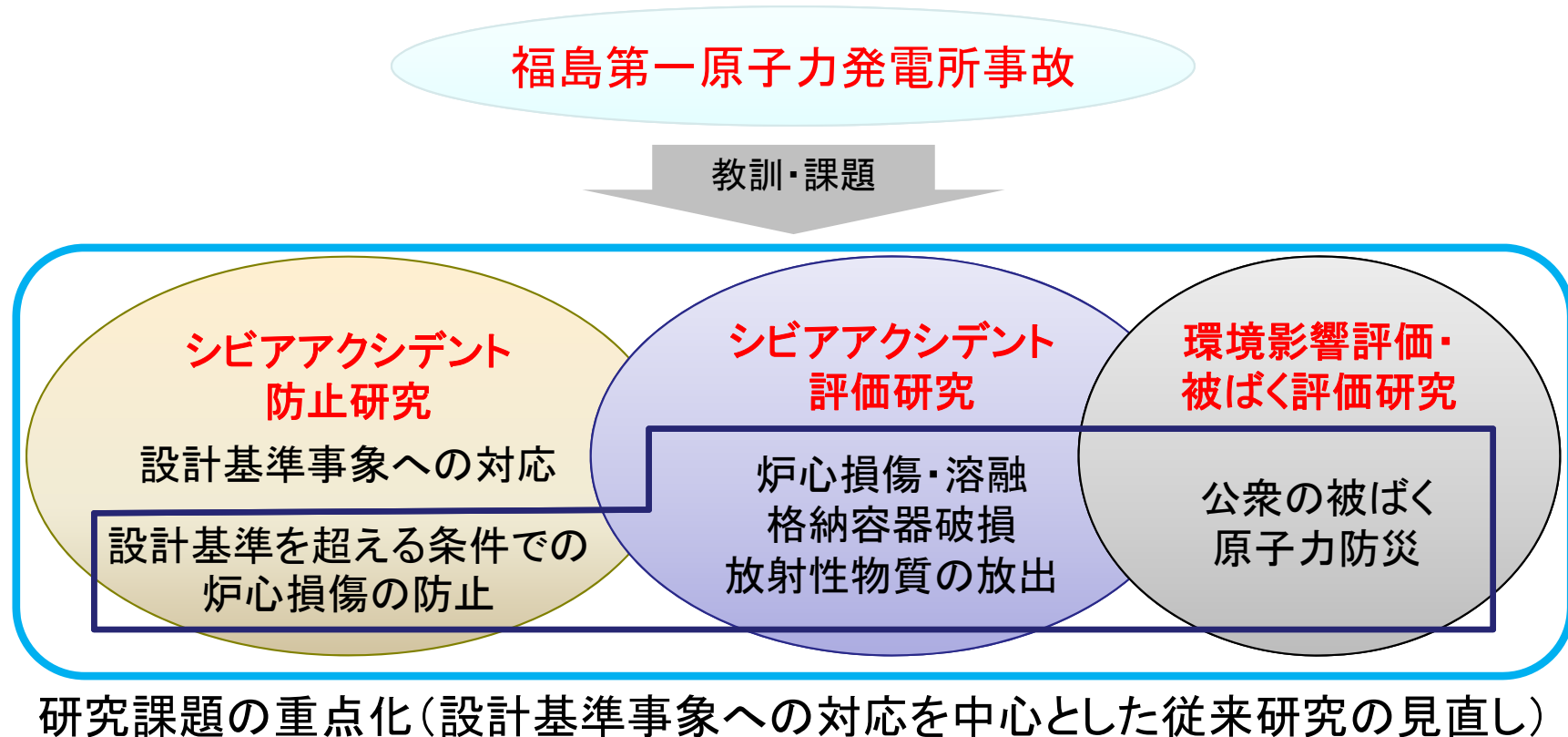
- ・緊急時対応技術
- ・モニタリング



原子力緊急時支援・研修センター (NEAT)



原子力の安全確保には、総合実験(一種の事故模擬体験)、要素実験、解析/コード整備などを組み合わせた総合的な研究の継続が重要。



- シビアアクシデントの発生防止及び影響緩和に係わる研究
- 緊急事態への準備と対応(原子力防災)に向けた研究
- 外的事象(地震、火山等)の影響に係わる研究
- 福島第一原子力発電所の詳しい技術的調査・分析と安全な廃止措置・放射性廃棄物管理に係わる研究

具体的な研究例

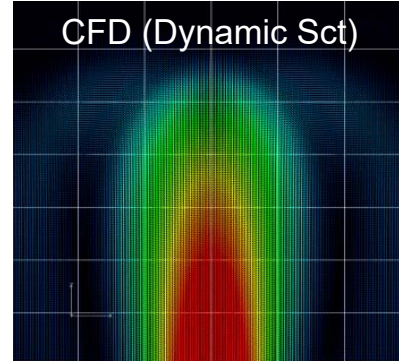
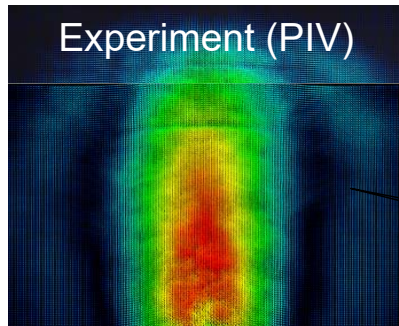
- 「今後推進すべき安全研究の分野及び実施方針」を踏まえた規制研究及び将来の規制課題に備えるための先導的研究を推進
- ◆ 規制動向等を踏まえた主な研究(青字:先導的な交付金研究)

分野・課題	主な研究項目
<外的事象> 損傷の程度(フラジリティ)評価	建屋3次元詳細地震応答解析手法、フラジリティ評価、地震観測による評価手法の妥当性評価、飛翔体衝突解析手法
<シビアアクシデント(SA)> 重要現象解明と解析手法整備	原子炉冷却系内FP化学、溶融炉心/コンクリート相互作用防止対策有効性、動的リスク評価、総合解析コード、不確かさ解析、格納容器内ヨウ素化学・再揮発、CFDコード(水素燃焼及び再結合)
<熱流動> 解析評価の妥当性確認等	水素移行、格納容器冷却、エアロゾル挙動、CIGMA等総合効果実験、PWRシステム効果実験、炉心熱伝達実験、二相流計測技術開発、CFDモデル、個別効果実験(多次元二相流挙動等)
<核燃料> 高燃焼度化	高燃焼度改良型燃料のRIA時・LOCA時挙動及び破損限界、RIA時機械的エネルギー、二軸応力下破損挙動、LOCA後長期冷却時形状維持条件、照射成長、燃料挙動解析コード、被覆管脆化、水素固溶析出、燃料棒形状喪失条件、窒素影響
<材料・構造> 中性子照射脆化評価法等	脆化予測、実機相当試験体破壊試験、確率論的破壊力学解析、微細組織解析技術、微小試験片技術、非延性・延性破壊解析、重大事故時強度評価
<核燃料サイクル> 不確かさ低減	揮発性Ru放出・移行挙動、注水冷却性、有機溶媒・グローブボックス燃焼、HEPAフィルタ特性、再処理機器腐食、燃料デブリ、未臨界度評価、火災事故時影響評価コード、臨界事故、再処理施設ソースターム解析コード
<放射性廃棄物> 中深度処分の安全評価等	人工バリア長期性能、モニタリング孔閉塞、長移行特性変化、廃止措置終了時の汚染濃度分布・線量評価、石綿等クリアランス、地下水流動、年代測定鉱物、マグマ滞留時間、廃止措置最適化
<放射線防災> 実効性向上	防護措置モデル、緊急時被ばく線評価モデル、屋内退避時被ばく評価、放射性プルーム挙動、確率論的事故影響解析コード、経済評価モデル、大気拡散、現存被ばく状況下線量評価

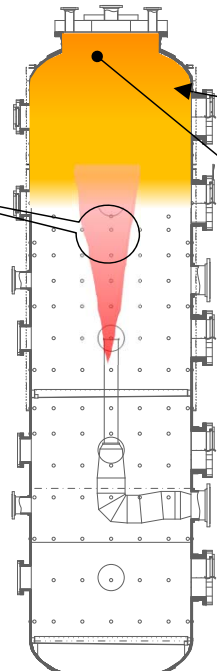
研究成果の例(熱水力安全)

- 水素リスクや格納容器の過温破損に係る熱水力挙動と安全対策に着目した**大型格納容器実験装置CIGMA**を用いた研究により、シビアアクシデント時の格納容器熱水力現象を把握するとともに評価手法を高度化。CIGMA装置は、炉心損傷後の格納容器等での熱水力現象を対象とする研究計画ROSA-SAの中心装置として製作

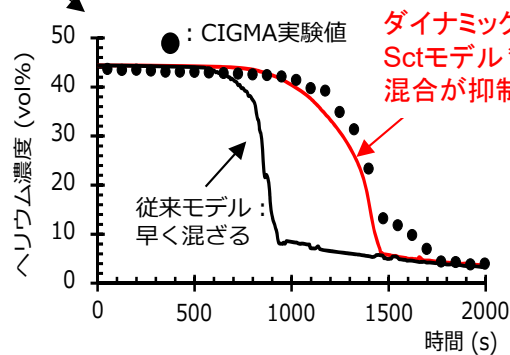
格納容器内の水素移行挙動



密度成層への衝突ジェット速度分布



- ・ ヘリウムが格納容器上部に蓄積した密度成層状態を実験的に模擬(水素をヘリウムで模擬)
- ・ ジェットによる密度成層の混合を計測し、評価する。



ヘリウム密度成層内のヘリウム濃度の時間変化

CIGMA実験とCFD解析:改良モデルは安定成層内の乱れを抑制し、崩壊・浸食を精度よく再現。

- ✓ 水素燃焼リスクを評価する上で必要な水素移行挙動の予測は、単純体系でも不十分。
- ✓ 水素に特徴的な浮力の効果を拡散・混合モデルに適切に組み入れることで、移行挙動の予測精度を大幅に改善。

* ダイナミック Sc_t モデル:

乱流シュミット数 Sc_t (乱流粘性と乱流拡散の比)を勾配リチャードソン数 Rig (浮力と慣性の比)の関数とし、**乱れの生成や減衰に及ぼす浮力の影響**を定量的に評価するためのモデル

⇒OECD/NEAのHYMERESプロジェクトで同モデルが現象評価に活用された。

主な解析コード(1/2)

燃料安全

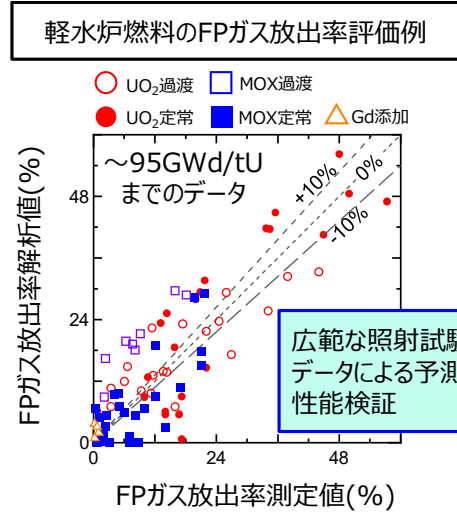
熱水力安全

*オープンソースCFDコード

FEMAXI/RANNS

➤ 通常運転から事故条件下における燃料の挙動を解析

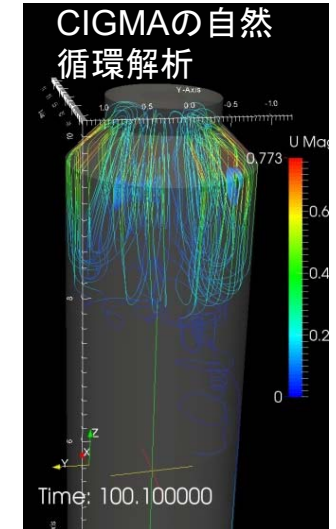
- 燃料棒の使用中の健全性や事故時の安全性を評価



OpenFOAM*

➤ 気液二相流や密度成層を含む熱水力挙動の詳細解析

- SA対策の有効性評価に係わるモデルの高度化や局所熱水力挙動の評価



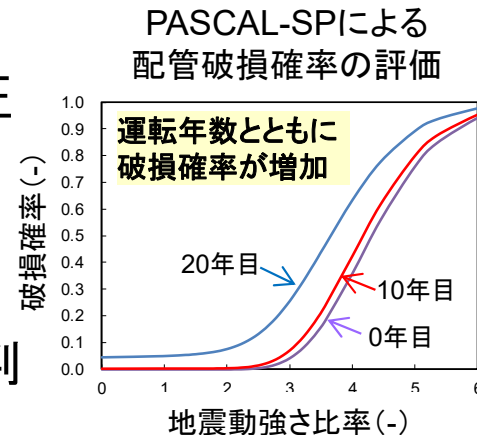
材料・構造安全

臨界安全

PASCAL4/PASCAL-SP

➤ 圧力容器や配管の破損確率評価(加圧熱衝撃、地震等)

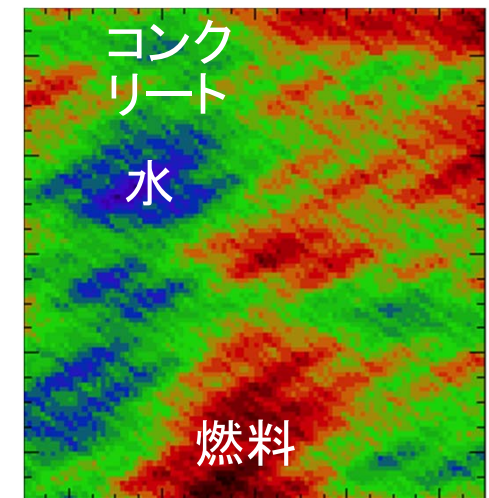
- 確率論的健全性評価、検査の合理性判断や安全裕度評価



Solomon

➤ 乱雑な組成分布を持つ燃料デブリの臨界特性評価

- 福島第一原発燃料デブリ取り出し検討への貢献



主な解析コード(2/2)

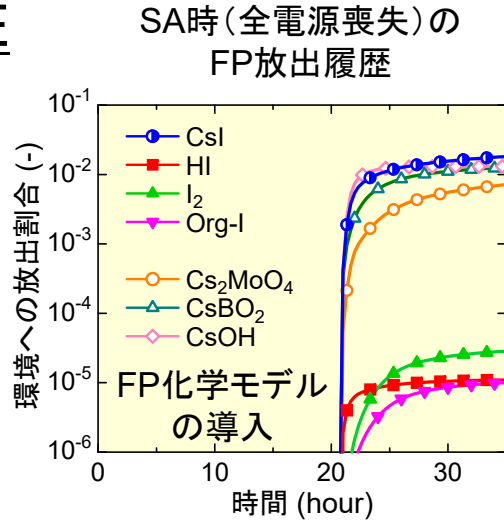
シビアアクシデント評価

放射線安全・防災

THALES2/KICHE

➤ 多岐なシナリオのソースターム評価

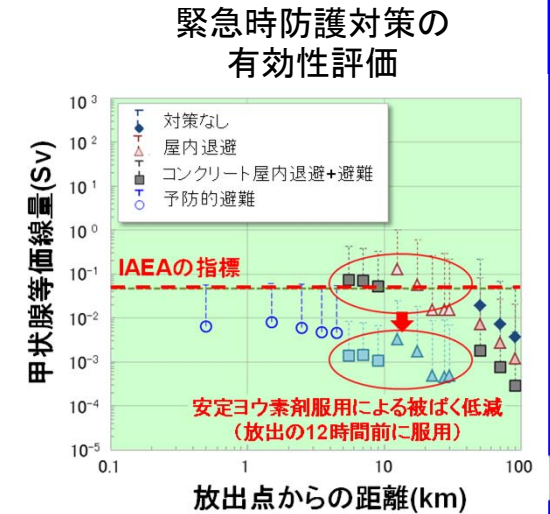
● SA対策の有効性やリスク評価、防護対策有効性評価へのインプット



OSCAAR

➤ 公衆の被ばくや経済損失の評価

● 防護対策の有効性評価や地域防災計画への技術情報の提供



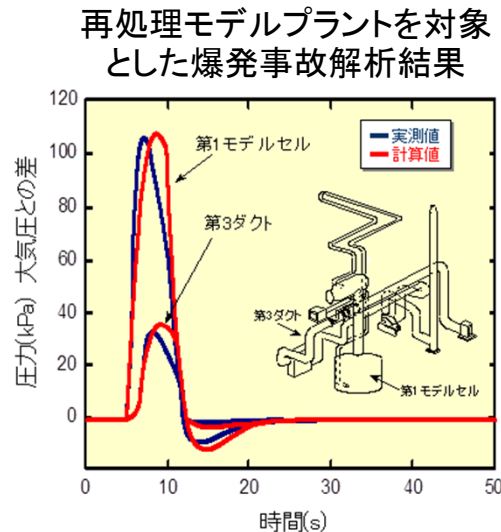
燃料サイクル安全

放射性廃棄物・環境安全

CELVA-1D

➤ 燃料サイクル施設内の熱流動・物質移行解析

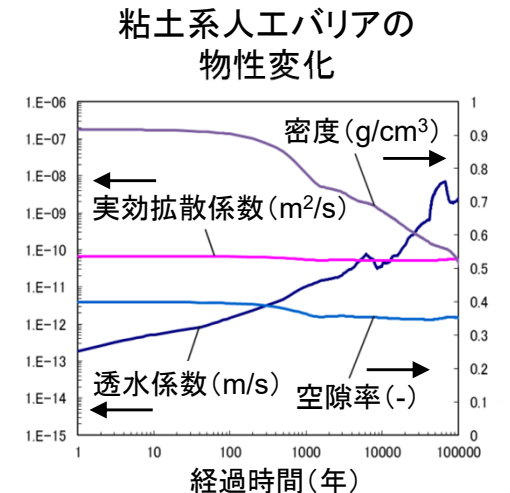
● セル換気系の健全性評価や放射性物質の閉じ込め評価



MC-BUFFER

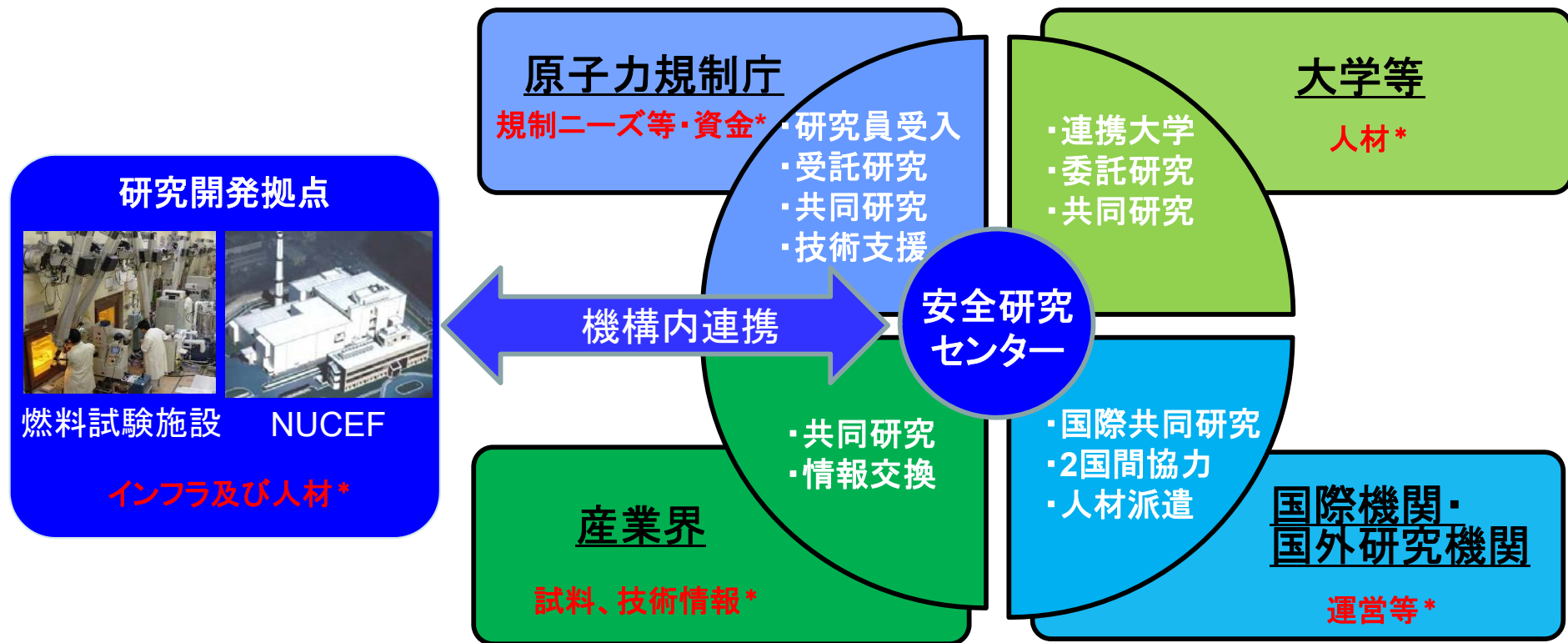
➤ 人工バリアの変質に伴う透水係数等の変化を解析

● 処分環境における人工バリアの長期性能評価



機構内外の連携

- 中立性・透明性を確保した上で、共同研究、国際協力や人材交流を発展させ、研究資源を最大限活用して安全研究基盤を強化し、安全規制に貢献



* 連携が必要な項目例(日本主体で開始するARC-Fプロジェクトの場合)

ARC-Fプロジェクト:

「OECD/NEA福島第一原子力発電所の原子炉建屋及び格納容器内情報の分析プロジェクト(2019年1月開始)」

- 大学等との連携を活用した研究・人材育成支援体制を強化し、相互補完により幅広い専門分野に対応できるようにするとともに、人材交流・育成を実施

＜研究の総合力強化（予定）＞

これまでの共同研究・委託研究に加え 大学との連携に係る協定等も活用する 教員・学生の相互受入れ等による研究活動



相互の研究力強化（外部事象、原子力防災・放射線安全など）

JAEA: 外的事象などの弱点分野の強化、研究者の効率的な学位取得
 大学: JAEAの 大型施設の利用、ホット実験への参加 等による安全研究を通じた 総合的な技術的知見の取得、リスクを俯瞰できる人材の育成

- ◆ JAEA安全研究・防災支援部門では、原子力規制行政や国・自治体の防災を支援する活動を実施。
- ◆ シビアアクシデント、外的事象に対する建物・機器の構造健全性、放射線安全・防災などに関する研究を重点的に強化しつつ、安全上の大きな弱点を残さないための総合的で継続的な研究を実施。
- ◆ 安全研究によって原子力利用のリスクをゼロには出来ないが、リスクを適切に認識し、怖がり、対応するための技術、人材を供給することが重要。
- ◆ 原子力安全は事業者を主体に、規制、メーカー、学术界等多くのステイクホルダーの連携によって確保される。実効的な研究や人材の育成を進めるため、国内外のこれら関係機関との協力を更に進めて行きたい。

参考

機構内他部門等との研究協力(概要)

研究分野	部門・部署	協力項目
シビアアクシデント評価	原子力科学研究部門、 福島研究開発部門、 高速炉・新型炉研究開発部門	FP移行実験、1F試料分析
燃料安全	原子力科学研究部門	事故模擬実験、ATF研究、ADS研究
熱水力安全	原子力科学研究部門、 高速炉・新型炉研究開発部門	熱流動実験、水素移行等、
材料・構造	原子力科学研究部門、高速炉・新 型炉研究開発部門、システム計算 科学センター、建設部	高温材料データ・微細組織分析、 耐震安全、劣化解析、耐震解析
燃料サイクル安全、 保障措置	原子力科学研究部門	再処理施設劣化、臨界実験・解析、 極微量分析
放射性廃棄物・環 境安全	原子力科学研究部門、福島研究開 発部門、核燃料・バックエンド研究 開発部門	廃止措置、地層処分・中深度処分、 事故廃棄物管理
放射線安全防災	原子力科学研究部門、福島研究開 発部門、核燃料・バックエンド研究 開発部門、建設部	被ばく線量・大気拡散・放射線防護、 放射線量マップ・被ばく評価、緊急時 放射線防護、退避施設改良

国内関係機関との研究協力(概要)

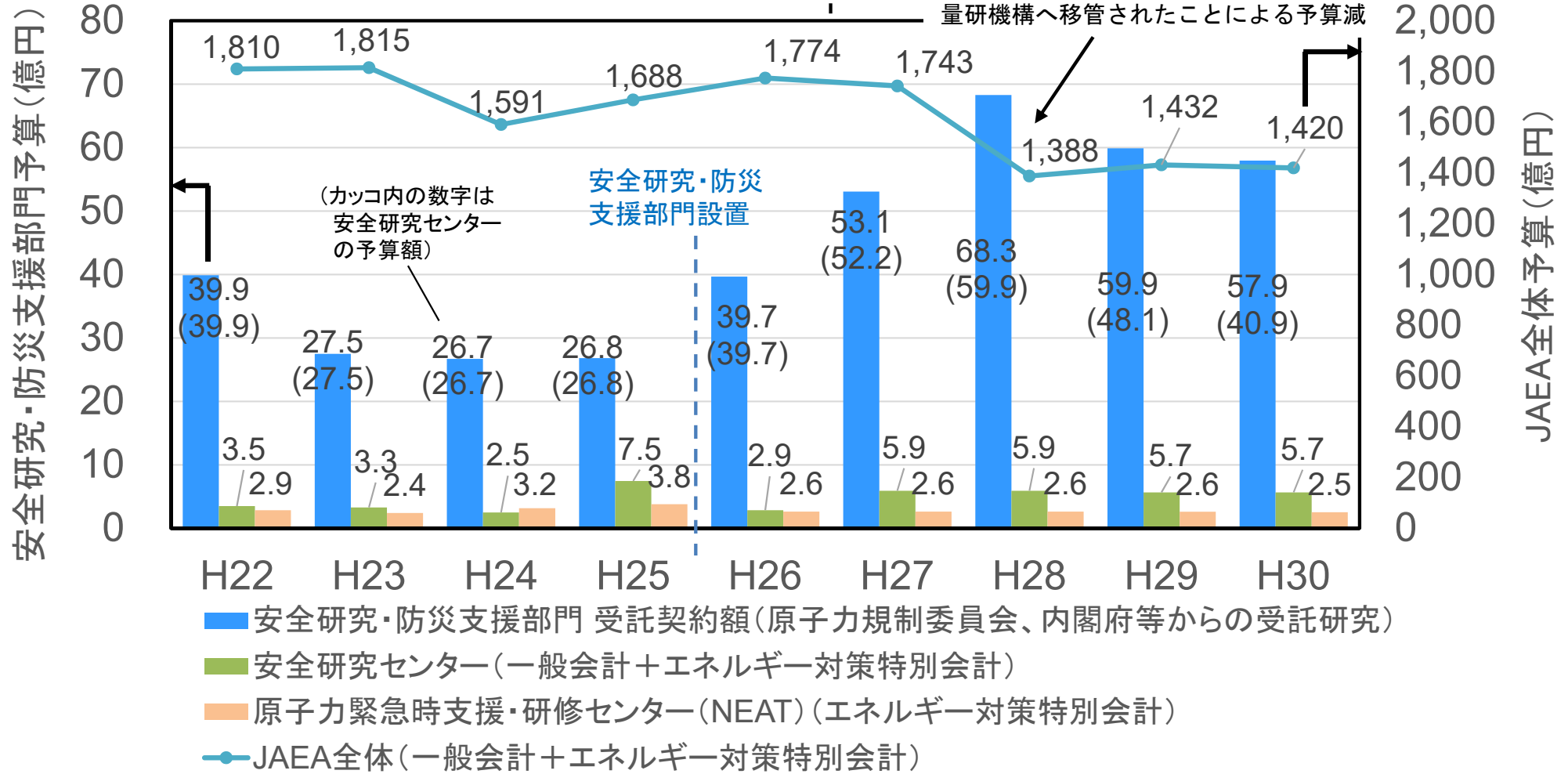
機関等	研究分野	協力項目
原子力規制庁	全分野	受託事業、共同研究
大学(筑波、早稲田、福井、京都、九州、東京、北海道、日本、東工大等)	シビアアクシデント、燃料安全、熱水力、材料構造、環境安全	熔融炉心冷却性・動的PRA、燃料挙動解析、材料分析、熱水力研究、耐震解析、廃止措置・中深度処分
学協会(原子力、機械、電気協会)	燃料安全、熱水力、材料構造、環境安全	ロードマップ、基準改定、熱水力研究・SAMG、照射脆化・健全性評価、中深度処分
INSS	熱水力	熱水力研究
産総研	熱水力、環境安全	熱水力研究、中深度処分
電中研	材料構造	PFM解析・破壊靱性・耐震安全
QST	環境安全、放射線安全 防災	事故廃棄物管理、放射線防護

国外関係機関等との研究協力(概要)

機関	研究分野	協力項目
OECD/NEA	シビアアクシデント、燃料安全、熱水力、材料構造、サイクル安全、臨界安全、環境安全、放射線安全防災	ARC-F・THAI3・BIP3・STEM2、HRP・CIP・SCIP3、HYMERES2・ATLAS2・SAPIUM、COSSAL・IRIS3、WPNCS、EGLM
IAEA	保障措置、環境安全、放射線安全防災	環境試料分析、COMDEC、EPRReSC・EPRIMS
USNRC	シビアアクシデント、材料構造	CSARP、PFMコード
IRSN	シビアアクシデント、熱水力、燃料安全、サイクル安全、臨界安全、環境安全、放射線安全防災	SA全般・水素爆燃、格納容器研究、燃料安全研究、火災防護、臨界実験、放射性廃棄物、環境モニタリング
KAERI	材料構造、放射線安全防災	耐震解析、環境モニタリング
CEA	シビアアクシデント、熱水力	FP移行実験、格納容器熱水力
その他(KTH・INL・NUGENIA、H2020、LLNL、マクマスタ大)	シビアアクシデント、熱水力、材料構造、環境安全	デブリ冷却性・PRA・IPRESCA、COVESTRAT、耐震解析、地層処分

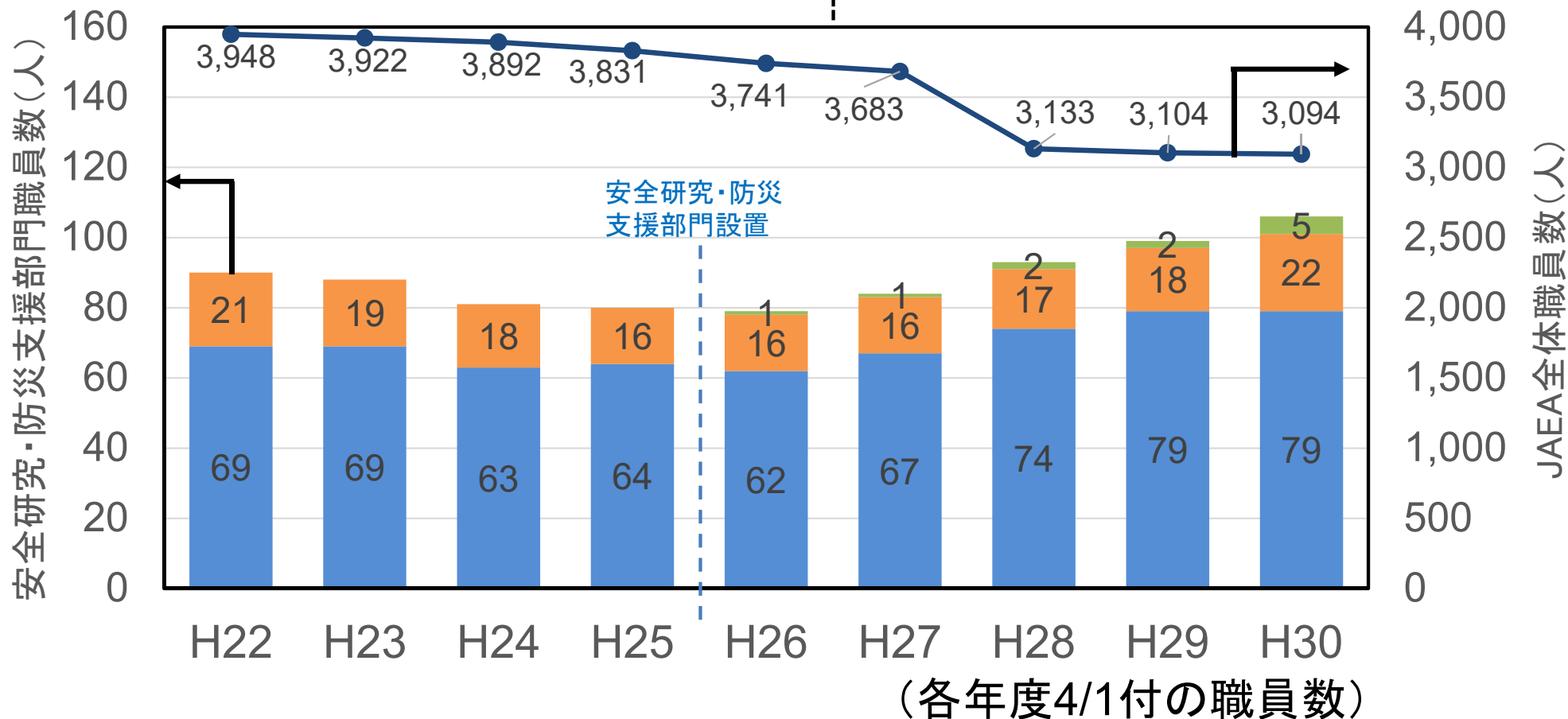
第2期中期計画 ← → 第3期中長期計画

核融合と量子ビーム応用研究の一部が
量研機構へ移管されたことによる予算減



定年制職員数等の推移

第2期中期計画 ← → 第3期中長期計画



■ 安全研究センター ■ 原子力緊急時支援・研修センター(NEAT) ■ 企画調整室 ● JAEA全体

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
研究系職員採用数	2	1	6	3	4	6	6	5	6*
博士研究員数	2	0	2	3	4	8	10	9	8

*10/1付け
1名を含む