

これからの原子力安全研究への取組み

# JAEA安全研究センターにおける研究 安全研究のあり方

日本原子力学会 秋の大会

平成26年 9月 9日

中村 秀夫

安全研究センター

日本原子力研究開発機構

# 目次

## ❖ 1F事故以前の安全研究

- 安全研究とは何か？
  - 安全研究年次計画と重点安全研究
- ロードマップの役割と利用
- マッチングファンド研究

## ❖ 新安全基準と安全研究

- 1F事故の教訓(要請)
- ❖ **現在事故以前の安全研究**

# 安全研究とは何か？

## 安全研究

- 原子力の重点安全研究計画（**第2期**、平成21年8月、**原子力安全委員会**）

2009

### 第1章 重点安全研究計画の目的

原子力安全委員会が、国による安全規制活動を向上させるため、重点的に進めるべき安全研究の内容とその推進方策を関係機関（規制行政庁、研究機関等）に提示することを目的とする。

**内容策定** 原子力の安全に関する研究活動の現状について官民を問わず広く俯瞰・把握し、原子力の研究、開発及び利用の計画を踏まえ、定める。

**推進方策** 国の予算により実施される安全研究を直接の対象とする  
総体としての効率的実施には、国による安全研究と民間における原子力の安全に関する研究、国・民間における開発研究、大学等における基礎・基盤的な研究との関係や協力が重要  
安全研究を行う研究機関や大学等に加え、民間、学協会に期待する役割にも言及

安全研究は、

安全規制活動の科学技術的基盤を確立し、安全規制活動の向上を目的として行われる研究の総称

- 安全研究を実施し、その成果を活用することにより、科学的合理性において優れた、効果的・効率的な安全規制活動が期待される。
- そのような活動により、原子力の安全確保に関する国民の信頼の醸成が期待される。

これらの効果の実現には、規制側と研究側との適切な関係が必要であり、そのための専門的能力や、研究施設、研究の運営・管理のための組織を将来にわたって確保することが不可欠である。

安全性の実証及び信頼性の実証に関する事業や安全技術の調査等における研究（**実証研究**）は、安全性・信頼性を実証するだけでなく、原子力の安全確保のための安全規制の整備に資するものであるから、安全研究に含めることとする。

# 安全研究とは何か？

## 安全基盤研究

- 原子力安全・保安部会\* 第1回 原子力安全基盤小委員会 (平成18年9月11日) 2006

- ❖ 規制当局、大学、公的研究機関で行われる、主として安全規制を目的とする研究
- ❖ 産業界などで行われる、主として安全性・信頼性向上を目的とする研究

総称

( ex. 規制当局における研究 = 安全研究 )

- 原子力安全・保安部会\* 報告

～原子力の安全基盤の確保について～ (H13年6月27日)

\* 総合資源エネルギー調査会  
原子力安全・保安部会 (METI)

知識基盤の強化に最も重要な活動は、原子力安全に関連する各種試験研究である。

本報告ではこれらを総称して「**安全基盤研究**」と呼ぶこととする。その中には、

- ✓ 原子力安全委員会が年次計画を取りまとめている原子力安全研究、
- ✓ 電源開発促進対策特別会計による安全性実証試験・確証試験、
- ✓ 大学における基礎的な安全研究、
- ✓ 電気事業者による電力共通研究

などがある。

平成19年  
**安全研究フォーラム2007**  
(原子力安全委員会)  
参考資料 など

安全研究 ～ 2種類に区分

- **安全研究** 規制支援のために行う
- **安全基盤研究** 原子力安全の関連内容を扱う

日本原子力産業会議 安全特別研究会 (S38年/1963～)

日立製作所、日本原子力事業、三菱原子力工業

## 報告書「軽水型動力炉の後備安全防護装置の研究」(S41年6月)

S41('66)年7月  
東海ガス炉運開

S45('70)年

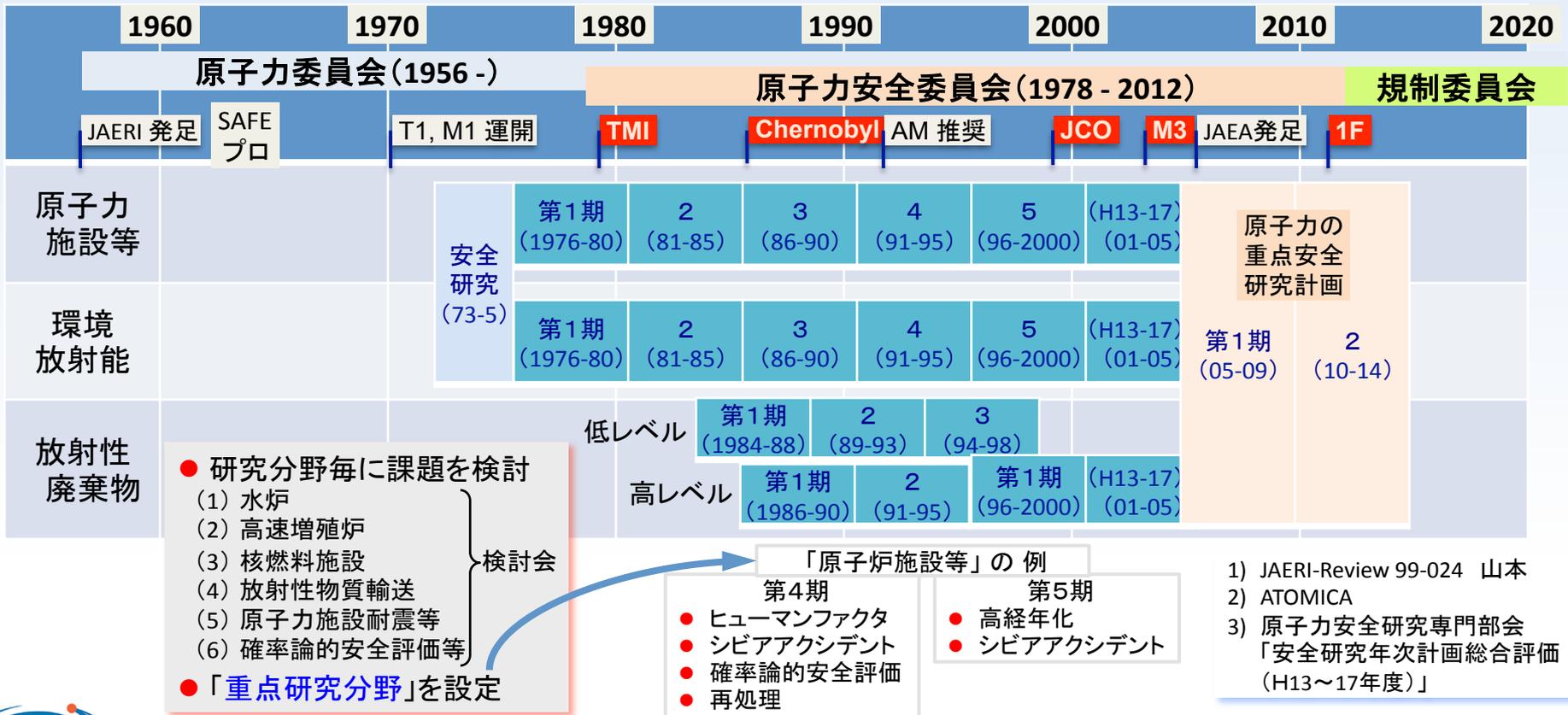
- 大阪万博実施
- 美浜1号 運開
- 敦賀1号
- 旧原研 ROSA-I

- **冷却材の流出とそれに伴う過渡現象**  
一次冷却系破断後の圧力容器ならびに格納容器内の過渡現象と温度・圧力変化について理論的研究と模型実験
- **コア・スプレー**  
炉心スプレーの電気加熱による模擬燃料要素に対する冷却効果
- **冷却材喪失事故(LOCA)解析計算**  
冷却系破断から格納容器外への核分裂生成物放出に至る事故の系統的検討に必要な着目現象や解析方法の検討、問題点の抽出の試みと、計算の実施
- **圧力抑制装置の基礎試験**  
BWR大LOCA時の圧力抑制装置の機能を実験と解析で評価
- **コンテナ・スプレー**  
核分裂生成物(特にヨウ素)に対する除染効果と容器内の冷却減圧効果を知るための模型容器を用いた実験
- **ケーブル等貫通部の気密性**  
格納容器をケーブルなどが貫通する部分のガス気密性の実験

→ 我が国の安全に係る研究は、産業界による**安全基盤研究**により開始

# 安全研究年次計画

- 国が実施すべき研究課題について、内容と実施機関、研究期間等を明示
- S48年度('73)から原子力委員会が原子力の安全研究を実施<sup>1)</sup>
- S51年度に年次計画化 原子炉施設等と環境放射能について、5年間に実施すべき研究課題
  - 企画立案と調整、成果の評価と活用、国際協力の推進が図られ、より総合的計画的に実施されることとなった。
- S53('78)年10月に原子力安全委員会が発足し、安全研究を担当した。



# 安全研究年次計画のテーマ

原子力安全研究専門部会  
「安全研究年次計画総合評価  
(H13～17年度)」

研究分野	研究項目	課題数	実施機関
I. 規制システム	I-1 リスク情報の活用	5	JAERI、海上技術安全研究所
	I-2 事故・故障要因等の解析評価技術	2	JAERI
II. 軽水炉	II-1 安全評価技術	8	JAERI、海上技術安全研究所
	II-2 材料劣化・高経年化対策技術	6	JAERI、海上技術安全研究所、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所
	II-3 耐震安全技術	7	JAERI、海上技術安全研究所、建築研究所、防災科学技術研究所、国土技術政策総合研究所
III. 核燃料サイクル施設	III-1 安全評価技術 (臨界安全、火災・爆発、閉じ込め、中間貯蔵、輸送、データベース等)	22	JAERI、海上技術安全研究所、産業技術総合研究所
IV. 放射性廃棄物・廃止措置	IV-1 高レベル放射性廃棄物の処分	19	JAERI、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所、防災科学技術研究所、原子力環境整備促進・資金管理センター、筑波大学
	IV-2 高 $\beta\gamma$ 廃棄物、TRU廃棄物、ウラン廃棄物等の処理・処分	8	JAERI、日本分析センター、高エネルギー加速器研究機構
	IV-3 廃止措置技術	4	JAERI、原子力研究バックエンド推進センター、産業技術総合研究所
V. 新型炉	V-1 高速増殖炉の安全評価技術	17	JAERI、物質・材料研究機構
VI. 放射線影響	VI-1 放射線リスク・影響評価技術	65	JAERI、NIRS、環境科学技術研究所、日本分析センター、気象庁、気象研究所、農林水産省農業環境技術研究所、海上保安庁、水産庁中央水産研究所、静岡県環境放射線監視センター、国立健康・栄養研究所、放射線影響研究所、広島大学、京都大学、北海道大学、大阪府立大学、東京理科大学
VII. 原子力防災	VII-1 原子力防災技術	16	JAERI、NIRS、日本分析センター、長崎大学、京都大学、金沢大学
VIII. その他	MOX炉物理、コンクリート構造強度、核データ、活断層、地震評価、宇宙線被爆、環境中放射線影響、内部被爆、医療等被曝、除染、再処理、廃棄物処理、等	41	JAERI、NIRS、建築研究所、地震予知総合研究振興会、産業技術総合研究所、海上技術安全研究所、環境科学技術研究所、原子力研究バックエンド推進センター、産業創造研究所、福山大学、東京医科歯科大学、名古屋大学、大阪府立大学、旭川医科大学、新潟大学

# 原子力の重点安全研究計画

## 安全研究

### ● 原子力の重点安全研究計画（**第1期**、平成16年7月、**原子力安全委員会**） 2004

- 重点的に実施すべき安全研究の**について明確な基本方針を打ち出す。**
- 原子力安全の確保や安全規制に係る状況や、安全研究の実施を担う機関の体制が変化した（H13: 中央省庁再編とNISA設立およびNIRS独法化、H15: JNES設立、H17: JAEA設立）ことから、原子力安全委員会及び規制行政庁が行う原子力安全の確保のための安全規制の向上に向けて、特に必要な研究成果を得るために重点的に進めるべき研究及びその推進に関する事項を新たに策定して、原子力安全委員会自らが関係機関に提示した。

「安全研究年次計画」は研究機関から安全研究として提案された研究課題を取りまとめたが、上述の評価を適確に実施するため、計画の初期段階において、重点安全研究計画に沿って各研究機関で計画及び実施されている研究課題や期待される研究成果等を原子力安全委員会として予め把握しておくこととした。

- 安全研究を実施する上で中核的な役割を担うことが期待されるJAEAの設立から5年程度の安全研究のあり方を中心に示す（中期計画にシンクロ）と共に、新しい形での安全研究計画の策定であることから、問題認識や策定の目的・意義等を説明した。

#### 問題意識の例:

(2) 原子力発電を中心とする原子力の利用と開発に係わる課題への対応

#### ① 軽水炉に関する安全研究

我が国へ軽水炉が導入された時代に必要とされていた安全性を確保するための安全研究から、既存の軽水炉の安全性をより高いレベルで維持・向上するための安全研究へと、その必要性が変化している。 具体的には、..

# 重点安全研究計画のテーマ

第1期、平成16年7月、  
原子力安全委員会

## 安全研究年次計画(H13～17) 2001～

## 重点安全研究計画(第1期) JAEAでの項目分類(16課題) 2005～

研究分野	研究項目
I. 規制システム	I-1 リスク情報の活用
	I-2 事故・故障要因等の解析評価技術
II. 軽水炉	II-1 安全評価技術
	II-2 材料劣化・高経年化対策技術
	II-3 耐震安全技術
III. 核燃料サイクル施設	III-1 安全評価技術 (臨界安全、火災・爆発、閉じ込め、中間貯蔵、輸送、データベース等)
IV. 放射性廃棄物・廃止措置	IV-1 高レベル放射性廃棄物の処分
	IV-2 高βγ廃棄物、TRU廃棄物、ウラン廃棄物等の処理・処分
	IV-3 廃止措置技術
V. 新型炉	V-1 高速増殖炉の安全評価技術
VI. 放射線影響	VI-1 放射線リスク・影響評価技術
VII. 原子力防災	VII-1 原子力防災技術
VIII. その他	MOX炉物理、コンクリート構造強度、核データ、活断層、地震評価、宇宙線被爆、環境中放射線影響、内部被爆、医療等被曝、除染、再処理、廃棄物処理、等



- ボトムアップから  
トップダウンへ
- 安全の確保から、より高いレベルでの維持・向上へ
- ……
- 人的資源の活用と養成・確保
- 研究施設の有効活用と維持

研究分野	研究項目
I. 規制システム	1.1 確率論的安全評価(PSA)手法の高度化・開発整備
	2.1 事故・故障分析、情報収集
II. 軽水炉	1.1 軽水炉燃料の高燃焼度化に対応した安全評価
	1.2 出力増強等の軽水炉利用の高度化に関する安全評価技術
	2.1 材料劣化・高経年化対策技術に関する研究
III. 核燃料サイクル施設	1.1 核燃料サイクル施設の臨界安全性に関する研究
	1.2 核燃料サイクル施設の事故時放射性物質の放出・移行特性
	1.3 核燃料サイクル施設の安全性評価に関する研究 －基盤・開発研究の成果の活用－
IV. 放射性廃棄物・廃止措置	1.1/2 高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究 / 同 ー開発研究の成果の活用ー
	2.1 低レベル放射性廃棄物の処分に関する研究
	3.1/2 廃止措置に係る被ばく評価に関する研究 / 同 ー開発研究の成果の活用ー
V. 新型炉	1.1 高速増殖炉の安全評価技術に関する研究 －開発研究の成果の活用ー
VI. 放射線影響	1.1 放射線リスク・影響評価技術に関する研究
VII. 原子力防災	1.1 原子力防災に関する技術的支援研究

分野と項目(I～VII)はほぼ同一

# 重点安全研究計画のテーマ

第2期、平成21年8月、  
原子力安全委員会

## 重点安全研究計画(第1期)

2005～

## 重点安全研究計画(第2期)

2010～

研究分野	研究項目
I. 規制システム	1.1 PSA手法の高度化・開発整備
	2.1 事故・故障分析、情報収集
II. 軽水炉	1.1 <u>軽水炉燃料の高燃焼度化</u> に対応した安全評価
	1.2 <u>出力増強等の軽水炉利用の高度化</u> に関する安全評価技術
	2.1 <u>材料劣化・高経年化対策技術</u>
III. 核燃料サイクル施設	1.1 核燃料サイクル施設の臨界安全性
	1.2 核燃料サイクル施設の事故時放射性物質の放出・移行特性
	1.3 核燃料サイクル施設の安全性評価－ <u>基盤・開発研究の成果の活用</u> －
IV. 放射性廃棄物・廃止措置	1.1/2 高レベル放射性廃棄物の地層処分 / 同－ <u>開発研究の成果の活用</u> －
	2.1 低レベル放射性廃棄物の処分
	3.1/2 廃止措置に係る被ばく評価



■ 高い専門性に  
基づく**先見的な  
安全研究**

■ 規制支援機関  
の**支援体制の  
充実**

### 反省

- 基礎・基盤的な安全研究の推進に関して、**大学等の活用**について具体的な方策が示されていない、
- 研究成果の集約・分析や研究成果の規制への橋渡しに係る**技術支援機関の支援体制**が十分に整っていない

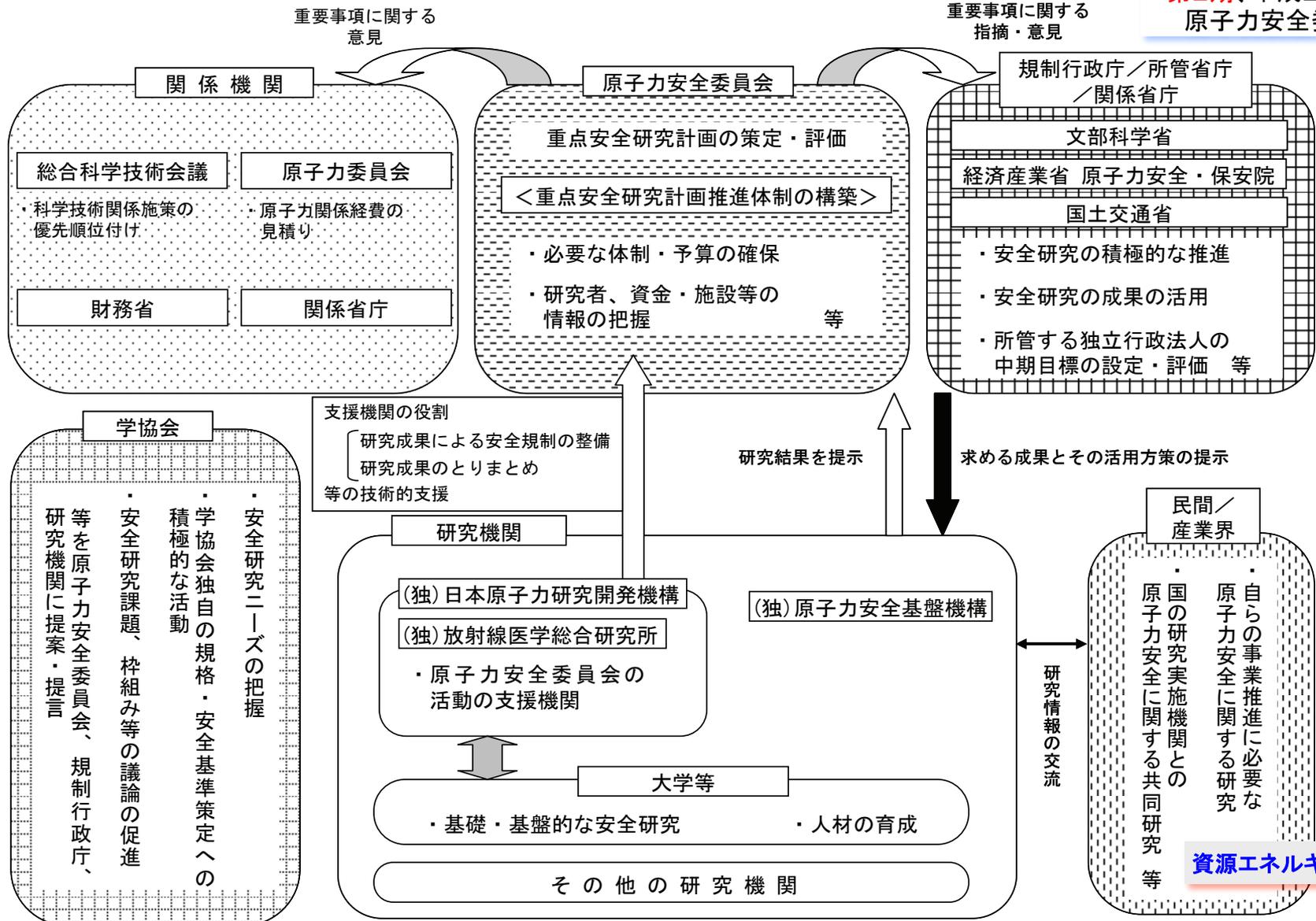
研究分野	研究項目
(重点安全研究分野)	
I. 規制システム	○ リスク情報の活用
	○ 事故・故障要因等の解析評価技術
II. 軽水炉 (軽水炉施設、 核燃料サイクル 施設、新型炉)	○ 安全評価技術
	○ 材料劣化・高経年化対策技術
	○ 耐震安全技術
III. 放射性廃棄物・ 廃止措置	○ 地層処分技術
	○ 余裕深度処分・浅地中処分技術
	○ 廃止措置技術 (廃止措置、関連する廃棄物の処理技術等)
IV. 放射線影響	○ 放射線リスク・影響評価技術
V. 原子力防災	○ 原子力防災技術

### (基礎・基盤的な安全研究)

- **目的**: 将来実施される安全研究や**予期しなかった事象・課題が発生した場合の対応に必要とされる専門的知識・能力**の取得・向上
- 専門的能力の向上、人材育成並びに関連研究施設の整備及び将来の原子力開発計画と不可分である安全研究につながるもの
- 中・長期的視点から実施される研究
- **大学等の役割を期待**
- 分野の例: 炉物理・炉工学、燃料・材料工学、化学工学、生物学、医学、放射線生体影響・環境影響科学、等

# 原子力の重点安全研究計画の推進体制

第2期、平成21年8月  
原子力安全委員会

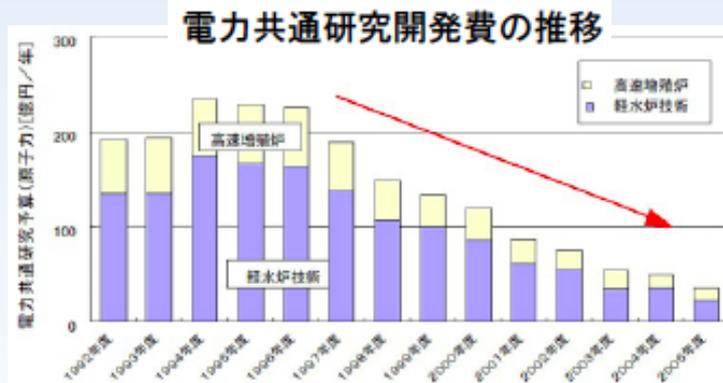


# 原子力安全基盤小委員会の役割 (1/2)

## 「原子力安全基盤小委員会」の設置

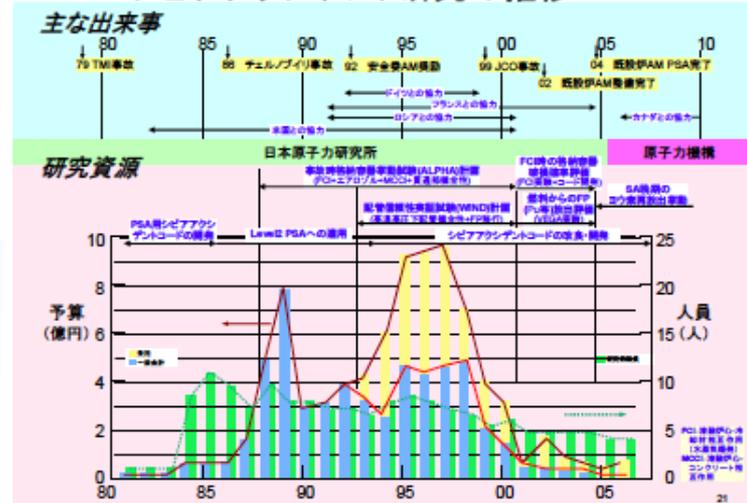
H18年7月 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会  
2006

- 目標: 規制ニーズに応じた安全研究の企画、立案から実施、評価に至る政策サイクルにおいて客観性・透明性の向上を図り、安全研究ニーズ、安全研究事業等について幅広く専門的、技術的な観点から検討を加え、関係組織間の連携を図る。このため、安全研究ニーズおよび安全研究ニーズに基づく安全研究事業の内容、実施体制、成果の活用、広報等に関して審議する。

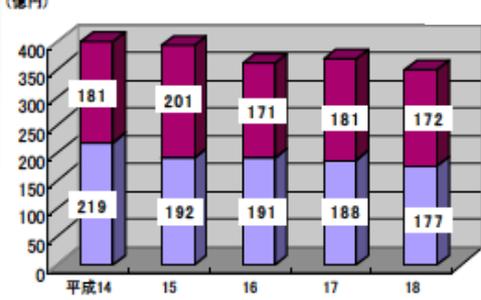


第一回委員会資料の一部  
g61010b04j.pdf

### シビアアクシデント研究の推移 [参考資料 302]



### 安全研究予算の推移



総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会(第1回)資料より

原子力安全・保安院予算及び「原子力安全委員会 原子力安全研究専門部会 原子力施設等安全研究分科会(第5回会合): 原子力安全委員会事務局資料」より作成

参考 「原子力立国計画」(H18年8月)  
総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会

# 原子力安全基盤小委員会の役割 (2/2)

## 「原子力の安全基盤の強化について」H19年10月 基盤小委報告 2007

- 検討のプロセス：  
推進と規制という二項対立を越えた形で原子力安全基盤の強化の方策を議論  
(委員に電力業界やプラントメーカー業界、オプザーバに原子力政策当局が参加)  
安全分野での学協会の役割の高まりを反映  
(原子力学会、機械学会、電気協会の標準委員会等が参画)  
技術戦略マップの策定を併行して実施  
関係者(産業界、規制、政策、研究開発機関、学協会等)が一同に会し、安全基盤を継続的に議論
- 原子力安全確保の観点からの「**対応の考え方**」：  
原子力安全基盤研究 安全基盤研究に係るロードマップを策定し産業界と規制当局の役割を明確化して考え方をロードマップに反映。規制当局の判断の独立性、研究実施の透明性を確保しつつ、安全基盤研究を産業界及び規制当局が連携して行うことは、研究資源の効率化の観点から望ましい規格基準の策定と学協会の取組み 関係の学協会が連携し、産学官の意見を踏まえ、規格基準の体系的整備に関する優先順位を含めた戦略の策定が重要。さらに、規格基準等標準の策定に加え、安全基盤研究や規格基準に係るロードマップの策定、安全規制制度等安全確保のあり方の提言等においても主たる役割を果たすことが期待される。  
人材基盤 人材問題は基本的に需要と供給の関係で決まるため、産官は教育研究機関へ具体的なニーズを示すことが重要 ～「**原子力専門家人材マップ**」(H19年7月、NISA + IAE)  
研究施設基盤 先見的な視点、中長期的な視点も念頭に、設備を利用する安全基盤研究の課題がロードマップ上に明確に位置付けられ、国際協力／共同研究の実施も十分に考慮する  
知識基盤 安全規制の高度化に際し、保全品質、故障率、人間信頼性等、安全情報の新データは産業界に依るため、規制当局は客観性・信頼性等を確保した上で産業界のデータ活用が基本的考え方

# 原子力安全に係るロードマップ

## ロードマップとは？

ある研究開発に関して、将来のニーズやターゲット(目的地)を定め、到達に必要な研究開発の手順・ステップ(道順)や中間目標(マイルストーン)を示したもの

- 「**原子力の安全基盤の確保について**」総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会  
(H13年6月27日、同年1月に省庁再編 = 原子力安全・保安院(NISA)設立@METI)  
2001

## 2. 知識基盤(安全基盤研究等)

### (2)対応の方向 ii) 産学官によるロードマップづくり・ピアレビュー

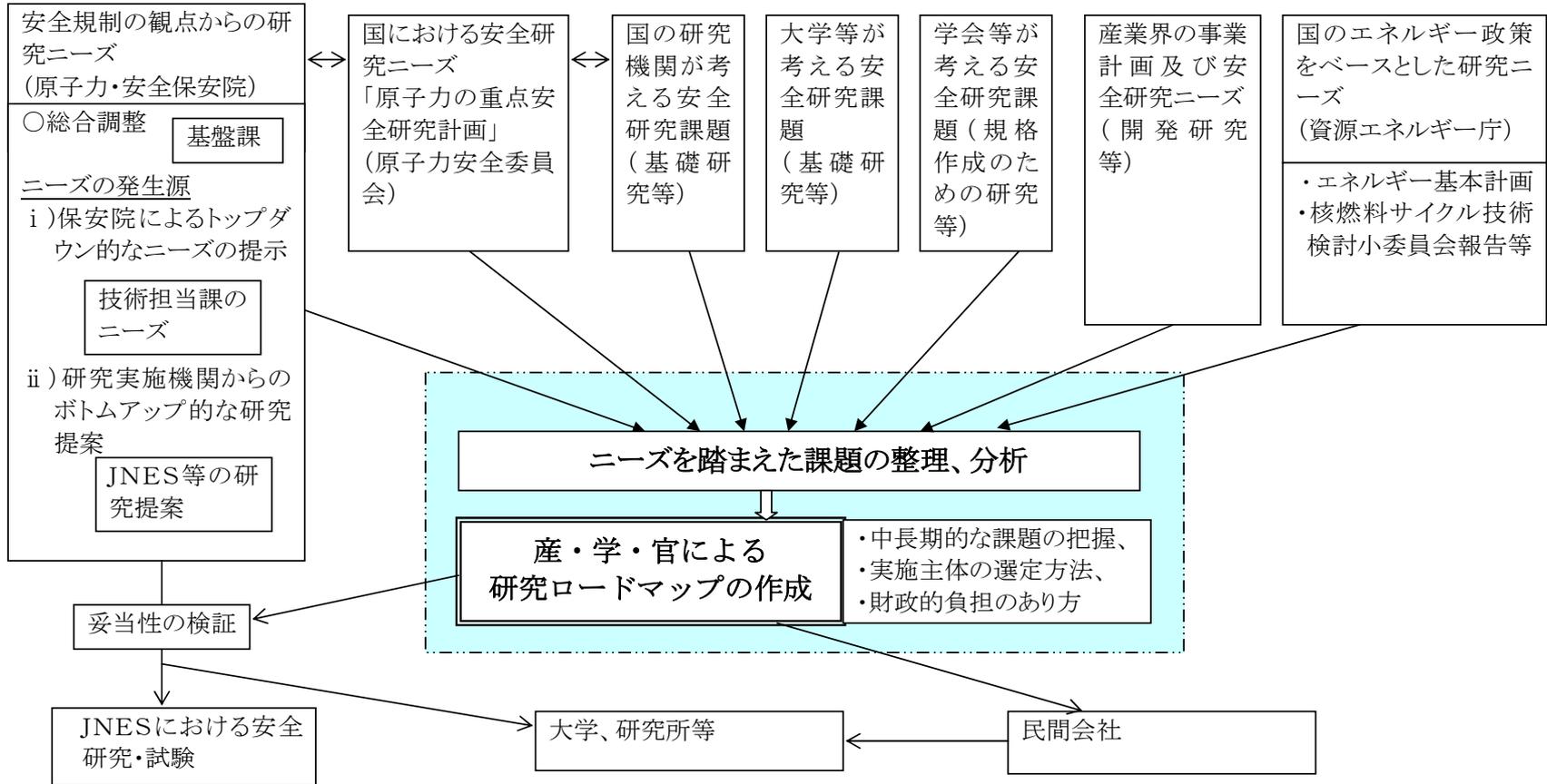
国による安全基盤研究には、明確な戦略と計画が必要である。

産学官によるピアレビューを行い、中長期的な課題を把握し、課題解決に向けたロードマップづくり、実施主体の選定方法、財政的負担の在り方等について方針を決めることが求められる。

- 「**原子力安全研究ロードマップの整備**」H17年12月13日原子力安全基盤機構 規格基準部
  - 原子力安全・保安院の**安全研究ニーズ**に基づき、JNESは**安全研究計画**を策定。
  - 産学官が共通認識を有し、それに沿った活動を促進することが重要と認識し、ロードマップ整備に着手。
  - ロードマップ作成の分野  
「原子力安全」調査専門委員会「**発電炉の安全に関する研究ニーズ調査WG**」(原子力学会)による発電炉の安全に関する研究ニーズ調査、米国における動向調査に基づいて決定。
  - **H16年度**に(1)燃料高度化、(2)高経年化対応、(3)軽水炉高度利用(出力向上)の3分野に重点化してロードマップを整備し、(4)高レベル放射性廃棄物処分について安全研究ニーズを調査した。
  - 産学官が対等の立場で参加できる日本原子力学会に委託し、学会主導で検討分野ごとに専門家によるワーキンググループにより検討を実施。(産学官のバランス重視)

# 安全研究ニーズの整理・分析、ロードマップ作成のフロー

国による安全基盤研究には、明確な戦略と計画が必要であり、産学官によるロードマップづくりが必要  
 (総合資源エネルギー調査会「原子力安全・保安部会報告書～原子力の安全基盤の確保について～」(平成13年6月))



- JNES「原子力安全研究ロードマップ整備に関する報告書」平成16, 17, 18年度
- 日本原子力学会誌 Vol. 48, No. 2(2006) 94-107 (JNES H16年度報告書に対応)

8-1

# 学協会等におけるロードマップの整備状況

## 安全基盤研究関連

平成 21 年 9 月現在

技術分野	ロードマップ	策定状況	策定活動の場
耐震	"地震安全"ロードマップ	策定中 中間報告(平成 21 年 5 月)	原子力学会
<b>H16年重点化3分野</b>			
炉心・燃料評価技術	燃料高度化技術戦略マップ	策定(平成 19 年 7 月) 以降定期的見直しを実施中	原子力学会
軽水炉利用の高度化 (新型軽水炉を含む)	熱水力ロードマップ	策定(平成 21 年 3 月) 以降定期的見直しを実施中	原子力学会
高経年化評価対策	高経年化対応技術戦略マップ	策定(平成 19 年 7 月) 以降定期的見直しを実施中	JNES
水化学評価技術	水化学ロードマップ	策定(平成 21 年 6 月)	原子力学会
放射性廃棄物処分技術	放射性廃棄物処分の安全に関する研究開発ロードマップ	策定(平成 19 年 6 月)	原子力学会(JNES 委託)
高速炉	高速炉熱流動安全評価に関するロードマップ	策定中 (平成 22 年 3 月策定予定)	原子力学会

※) 上表の他、原子力学会が JNES の委託を受け、次のロードマップを策定している。年月は JNES 報告書年月

- 燃料高度化ロードマップ(平成 17 年 6 月)
- 軽水炉利用高度化マップ(平成 17 年 6 月)
- 高経年化対応ロードマップ(平成 17 年 6 月)
- 第 1 次水化学ロードマップ(平成 19 年 6 月)

総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会  
原子力安全基盤小委員会  
安全基盤研究ワーキンググループ報告  
～原子力の安全基盤研究の効果的な実施について～  
平成 22 年 3 月

# ロードマップの利用（例）

## 安全研究計画と安全基盤研究ロードマップ（概要図）

（参考1）

### 国全体の方針

原子力政策大綱

原子力の重点安全研究計画

原子力安全・保安部会報告

### 原子力安全・保安部会原子力安全基盤小委員会

規制課題、安全研究ニーズ、安全研究計画のレビュー

### 原子力安全基盤機構(JNES)

#### 安全研究計画の策定

A分野

B分野

(構成案)  
・当該分野の規制上の課題  
(研究に関係するものに限る)  
・技術課題(国が実施する必要性を含む)  
・具体的な研究テーマと成果の活用方法  
・研究の実施期間 等

### 原子力安全・保安院(NISA)

毎年作成

#### NISAミッションペーパー

X課

Y課

(課室業務計画)  
・基本的考え方  
・具体的目標  
・実施計画

・規制課題

整理・とりまとめ

規制課題案の検討

安全研究計画の作成に際し、産業界、保安院、JNESの効果的な役割分担と連携を確保する観点から、ロードマップを参照する

### 学協会等

#### 安全基盤研究ロードマップ

aロードマップ bロードマップ ...

(ロードマップに必要な要素)  
・研究ニーズ(産業界、国(推進側を含む))、研究目標  
・技術動向、技術水準、目標達成への課題  
・目標達成時期、スケジュール・関係者の役割分担

作成

コンセンサス

学

役割分担

連携

産

官

ロードマップ  
策定への参考

情報収集  
意見交換

策定

協議 確認

提示

意見交換  
調整

・安全研究ニーズの抽出  
・安全基盤研究ロードマップの参照  
・その他参考となる情報

# 安全研究計画の作成単位

## NISA・JNESの安全研究

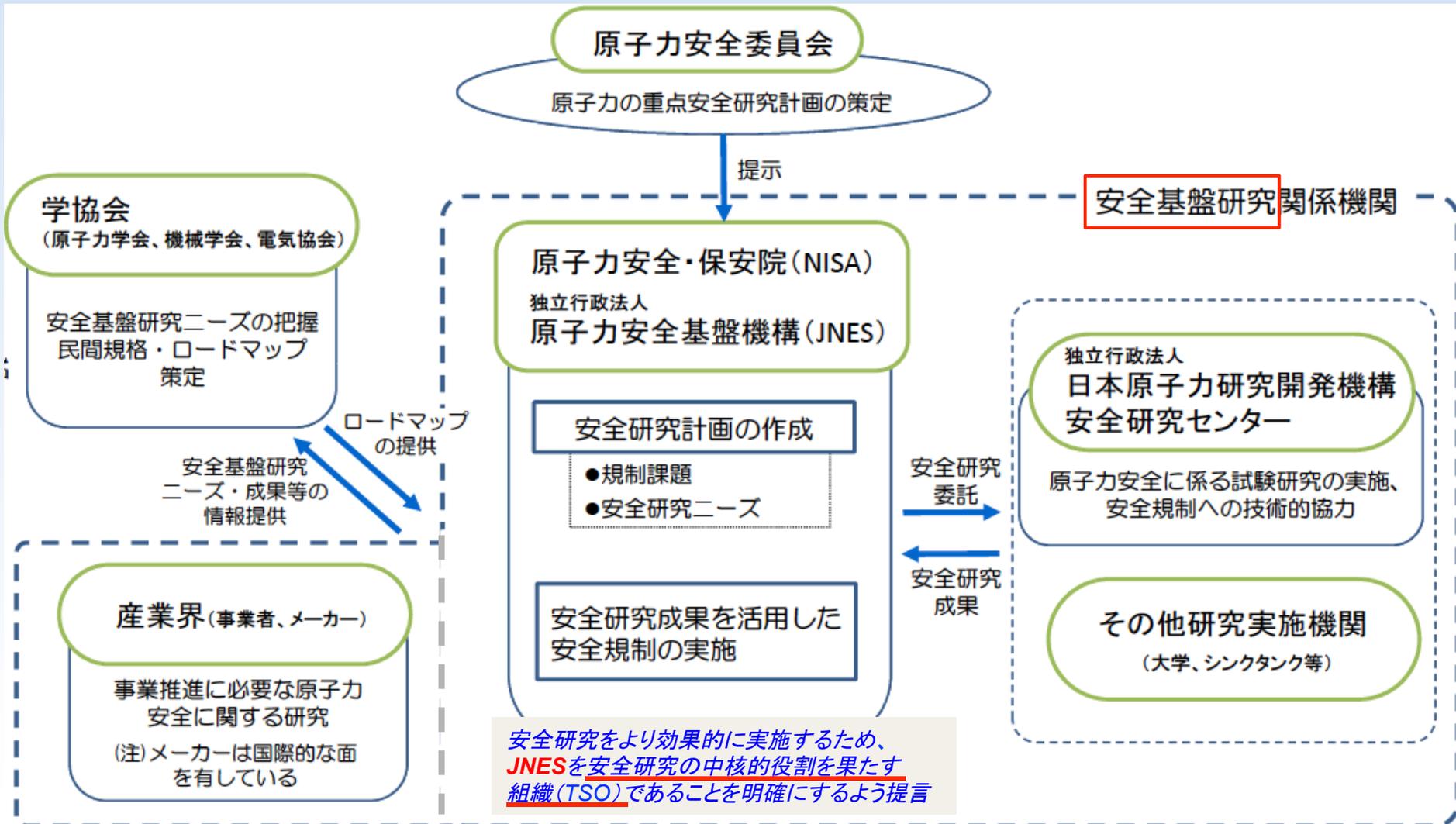
## 重点安全研究計画(第2期) 2010～

研究分野	研究項目
技術基盤	国内外の事故・トラブルや規制動向等の安全情報、リスク情報の活用等基盤的な知見の収集整備、その他安全規制に関する検討を実施する上で必要な情報の収集分析等
発電炉設計審査	発電炉(含、高速炉)の安全審査に使用する規制基準や、安全設計・評価手法の整備・見直しその妥当性確認のための知見の収集・整備等
発電炉運転管理	発電炉(含、高速炉)の高経年対策など運転中のプラントの安全確保に必要な規制基準、検査技術、補修技術の妥当性確認のための知見の収集・整備等
核燃料サイクル	燃料加工施設、再処理施設、中間貯蔵施設及び燃料輸送に対する規制基準の整備、検査技術の向上等のための知見の収集・整備等
バックエンド	放射性廃棄物処分、原子力施設の廃止措置及びクリアランスに関する安全規制に係る安全評価手法、技術基準整備のための知見の収集・整備等
原子力防災	原子力施設等の緊急時の災害対応技術。原子力発電所のシビアアクシデント対策についての知見の収集整備



研究分野名	研究項目名
<b>(重点安全研究分野)</b>	
I. 規制システム	○ リスク情報の活用
	○ 事故・故障要因等の解析評価技術
II. 軽水炉 (軽水炉施設、核燃料サイクル施設、新型炉)	○ 安全評価技術
	○ 材料劣化・高経年化対策技術
	○ 耐震安全技術
III. 放射性廃棄物・廃止措置	○ 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 (廃止措置、関連する廃棄物の処理技術等)
IV. 放射線影響	○ 放射線リスク・影響評価技術
V. 原子力防災	○ 原子力防災技術
<b>(基礎・基盤的な安全研究)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 目的: 将来実施される安全研究や予期しなかった事象・課題が発生した場合の対応に必要なとされる専門的知識・能力の取得・向上</li> <li>● 専門的能力の向上、人材育成並びに関連研究施設の整備及び将来の原子力開発計画と不可分である安全研究につながるもの</li> <li>● 中・長期的視点から実施される研究</li> <li>● 大学等の役割を期待</li> <li>● 分野の例: 炉物理・炉工学、燃料・材料工学、化学工学、生物学、医学、放射線生体影響・環境影響科学、等</li> </ul>	

# 安全基盤研究の関係組織(概要図)



総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会  
原子力安全基盤小委員会 安全基盤研究ワーキンググループ報告  
～原子力の安全基盤研究の効果的な実施について～  
平成22年3月

# マッチングファンド研究

## 「原子力の安全基盤研究の効果的な実施について」

平成22年3月 原子力安全基盤小委員会 安全基盤研究ワーキンググループ報告

### 4. 産業界と保安院及びJNES との役割分担と連携及びロードマップについて

#### 4. 2 産業界と保安院及びJNES が共同研究を実施する際の要件

- 規制側と被規制側の**共同研究**は、予算の制約や技術的観点から必要性の高まりが想定される。実施に際しては、規制判断の中立性に影響を与えないことを示し、メリットの十分な活用を期待
- 被規制側が関与する安全関連研究の成果の活用については、安全規制に有益な研究成果であれば、専門的かつ客観的に十分な妥当性の確認を経た上で安全規制に活用することが適当
- 規制側と被規制側の共同研究も同様に、専門的かつ客観的に十分な妥当性の確認を行えることが要件。中立的な評価委員会において、研究計画、試験計画、試験方法、試験データの取扱い等を厳正にチェックし、規制判断の中立性に影響を及ぼすことのない研究となっていること等を確認する
- **十分な情報公開**が不可欠。研究の目的、スケジュール、費用、当事者の役割分担、会議等の議事結果等の情報を公開し、それらへの外部からの自由なアクセスを確保する。試験データ公開に際する知的財産保護については、**透明性確保の観点から原則的に公開が基本**。ただし、このような懸念を惹起しない十分な透明性が確保される場合、試験データの公開の範囲や時期など個別に適切な対応を検討する余地がある。

### マッチングファンド研究の例

(JAEA、JNFL、JNESで締結、平成20～25年度)

#### 「再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究に関する協定」

- NSCによる核燃料サイクル施設へのRIR導入の推奨、耐震設計審査指針改定を受けた規制行政庁から再処理施設設置者への残余のリスクの評価に向けたPSA手法整備の要請に対応
- 再処理施設の高レベル濃縮廃液が沸騰して乾固状態に至る事象を対象として、放射性物質の施設外への放出量評価に必要なデータを取得する

# 目次

## ❖ 1F事故以前の安全研究

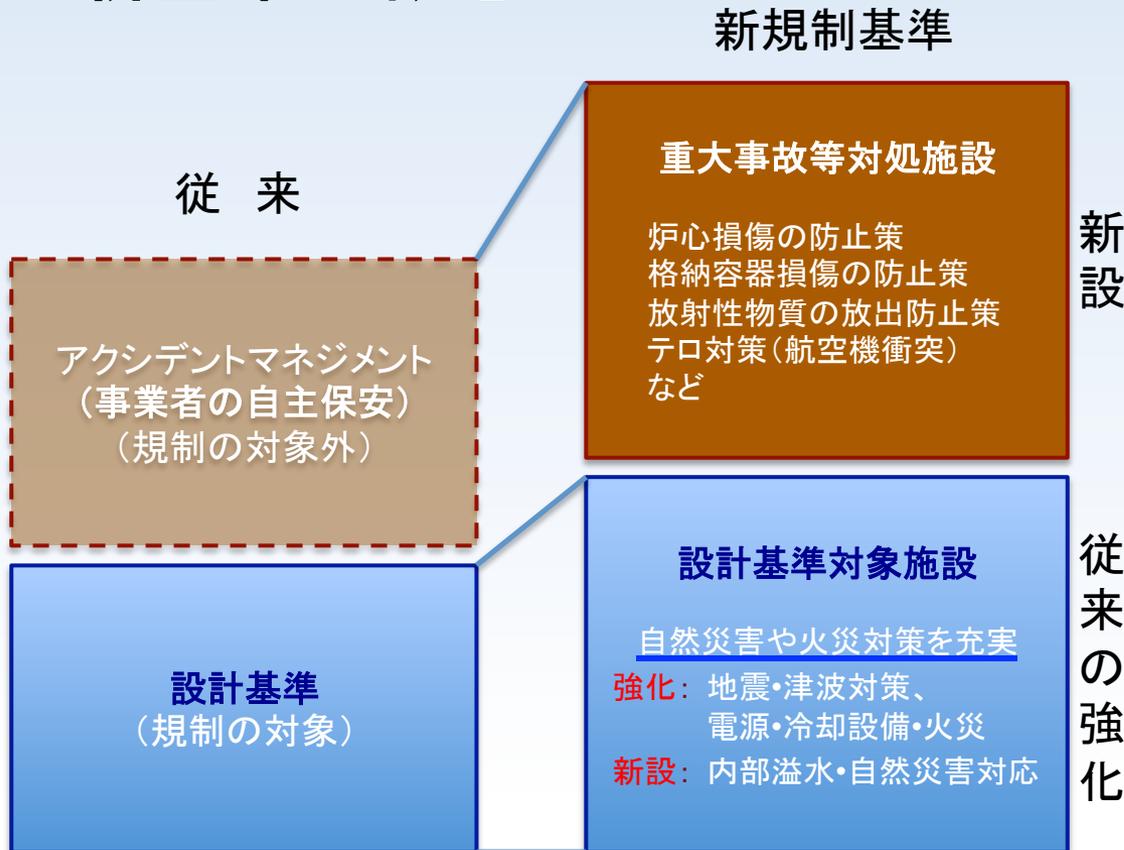
- 安全研究とは何か？
  - 安全研究年次計画と重点安全研究
- ロードマップの役割と利用
- マッチングファンド研究

## ❖ 新安全基準と安全研究

- 1F事故の教訓(要請)
- 現在・今後の計画

# 新しい規制基準 (原子力規制委員会)

## 新基準の概念



- ✓ 2013年7月施行 = 法律  
(2012年10月検討開始)
- ✓ 深層防護に基づき、  
シビアアクシデントへ対応  
→ 福島第一事故の進展に  
添った整理
- ✓ 低頻度高影響の外的事象  
(自然災害、テロなど)を考慮
- ✓ 現行炉への適用  
(バックフィット)
- ✓ 性能要求と最小の対応例を  
示し、継続的改善を促す

- 世界で最も厳しい基準
- 最適・的確な対策
- 厳密な性能確認

# 新しい規制基準

## 主な規則と内規 (実用発電用原子炉)

<http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/sekkei/hourei1.html>

規制委員会規則 2013年7月施行の法律	内規		
	審査基準	規制基準関連	手続き関連
設置、運転等に関する規則		<b>影響評価ガイド</b>	設置(変更)許可申請に係る運用ガイド
位置、構造及び設備の基準に関する規則	同規則の解釈	火山	工事計画に係る手続きガイド
技術基準に関する規則	同規則の解釈	竜巻	特定機器の型式証明及び型式指定運用ガイド
設置者の設計と工事に係る品質管理方法、その検査組織の技術基準に関する規則	同規則の解釈	内部溢水	
燃料体の技術基準に関する規則		外部火災	
		外部溢水	
		<b>審査ガイド</b>	
火災防護に係る審査基準		炉心損傷、PCV破損 防止対策の有効性評価	
設置者の重大事故の発生・拡大防止措置の実施に必要な技術的能力に係る審査基準		SFP 燃料損傷防止対策の有効性評価	
制御室の居住性に係る被ばく評価手法		停止炉 燃料損傷防止対策の有効性評価	
航空機落下確率の評価基準		重大事故時の制御室と緊急時対策所の居住性～被ばく評価	
ECCS、PCV熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等		敷地内、周辺の地質・地質構造調査	
		基準地震動、耐震設計方針	
		基準津波、耐津波設計方針	
		基礎地盤、周辺斜面の安定性評価	
		<b>工認審査ガイド</b>	
		耐震設計	
		耐津波設計	

# 新しい規制基準

## 深層防護との対応(概略)

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
通常運転	異常過渡・故障 (設計基準)	事故 (設計基準)	設計基準を超える事故 シビアアクシデント*	防災(避難)

\*重大事故

強化

新設

### 地震・津波対策

#### 活断層の調査

- 12～13万年前まで
- それ以降の活動性が明確に判断できない → 40万年前まで

#### 津波対策

- 防波堤のかさ上げ
- 防潮堤の設置
- 水密扉(防水性)
- 海水ポンプの防護

### 電源の強化

#### 複数の外部送電線経路、など

### その他の自然災害や火災などの設計への考慮

#### 火山、竜巻、森林火災

### シビアアクシデントの発生防止 + 進展防止

- 空冷式非常用電源
- 電源車
- 可搬式消防ポンプ
- 海水ポンプ用モーターなどの予備
- がれき撤去用重機

### シビアアクシデントの進展防止 + 影響緩和

- フィルターベント(格納容器の減圧)
- 大容量注水ポンプ

### シビアアクシデントの影響緩和

- 放水砲(格納容器の外部冷却等)
- シルトフェンス(放水口)

- 特定重大事故等対処施設  
(航空機衝突時の緊急時制御室)

# 原子力規制委員会の安全研究計画

「原子力規制委員会における安全研究の推進について」H25年9月25日  
2013

## 基本的考え方

- 原子力安全を継続的に改善していくための課題に対応した安全研究を原子力規制委員会(NRA)及び所管する独立行政法人等が実施し、科学的知見を蓄積していく
- 蓄積された科学的知見が原子力安全規制等に的確に反映され、継続的な改善につながるよう、安全研究を実施
- 安全研究が原子力安全規制等における課題に対応し、その優先度を踏まえたものとなるよう、関係機関が常にその内容を調整していく

## 安全研究の進め方

- NRAが原子力安全規制等における課題を解決するための研究分野を特定し、それを踏まえた優先順位の設定と毎年度ごとの安全研究の進捗状況、および研究成果の原子力安全規制等への活用状況等の評価を行い、必要に応じて改善を実施いく

## 対象とする安全研究

- NRAが直接執行する予算並びに所管または共管するJNES、JAEA、NIRSが執行する予算のうち、以下の安全研究を対象とする。ただし、新たな実験、解析、分析等を伴わない調査等は含めていない

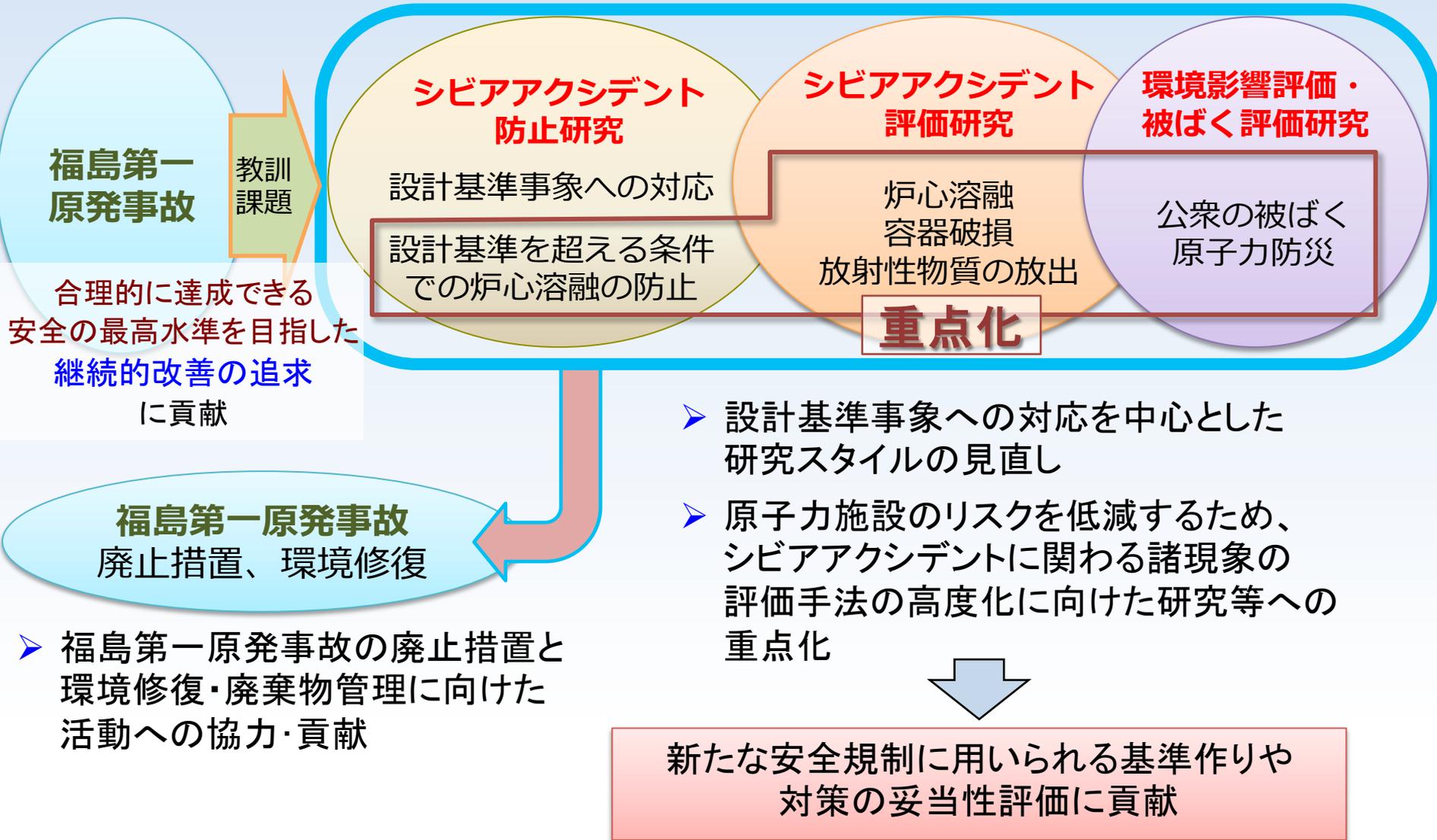
① 規制基準・制度、具体的判断基準等の整備に資する研究	規制基準や制度、審査・検査等に用いる具体的判断基準、技術マニュアル、解析コードの開発・整備・検証等を目的とする研究
② 原子力安全規制等を実施する際の判断に必要な技術的な知見の取得	審査、検査、施設健全性評価、その他の事業者に対する指導等を行う際、その検証の精度を上げるために必要なデータ取得を目的とする研究
③ 技術基盤の維持/構築	将来にわたって原子力規制委員会の業務を的確に実施していくために必要な技術基盤の維持あるいは構築を目指す研究

# 安全研究が必要な研究分野(原子力規制委員会)

カテゴリー	番号	研究分野	期間
1. 原子炉施設	1-1	安全解析手法、解析コードの整備	短～長 短～長 短～長
	1-2	軽水炉の事故時の熱流動現象に係る技術的知見の整備	
	1-3	重大事故に係る技術的知見の整備	
	1-4	燃料の規制基準に係る技術的知見の整備	中～長
	1-5	運転期間延長認可制度及び高経年化対策制度に係る技術的知見の整備	中
	1-6	原子炉水質管理技術に係る技術的知見の整備	中
2. 特定 原子力施設	2-1	特定原子力施設における放射性廃棄物・廃液の管理に係る技術的知見の整備	短
	2-2	燃料デブリの臨界評価手法に係る技術的知見の整備	長
	2-3	破損燃料輸送に係る技術的知見の整備	短
3. 共通要因故障 を引き起こす 内部・外部事象	3-1	基準地震動策定及び地震動・地盤評価に係る技術的知見の整備	短
	3-2	基準津波策定及び津波評価に係る技術的知見の整備	短
	3-3	地震・津波等に対する構造健全性評価に係る技術的知見の整備	短
	3-4	火山影響に係る審査のための技術的知見の整備	短
	3-5	火災防護に係る審査のための技術的知見の整備	短
	3-6	共通要因故障を引き起こす内部・外部事象のリスク評価に係る技術的知見の整備	中
4. 核燃料 サイクル	4-1	放射性物質の貯蔵・輸送に係る審査のための技術的知見の整備	中
	4-1	再処理施設における高経年化対策の妥当性評価に係る技術的知見の整備	長
5. バックエンド	5-1	クリアランス確認のための技術的知見の整備	短
	5-2	廃棄物埋設に係る審査のための評価技術の整備	中
6. 原子力防災			
7. 核物質防護			
8. 放射線計測・放射線 防護		現時点では、直ちに実施が必要となる研究分野は抽出されていないものの、継続的に技術基盤の確保・維持に努める必要がある。	
9. 横断的課題	9-1	人的・組織的要因に係る技術的知見の整備	短
	9-2	使用済燃料の臨界防止に係る定量的評価に必要な技術的知見の整備	中
	9-3	技術基盤の確保・維持	短～長

重要性が高いと  
考えられる研究分野

# 安全研究センターにおける研究の方向性



**福島第一原発事故**

合理的に達成できる安全の最高水準を目指した継続的改善の追求に貢献

**福島第一原発事故廃止措置、環境修復**

- ▶ 福島第一原発事故の廃止措置と環境修復・廃棄物管理に向けた活動への協力・貢献

**シビアアクシデント防止研究**

設計基準事象への対応

設計基準を超える条件での炉心溶融の防止

**シビアアクシデント評価研究**

炉心溶融  
容器破損  
放射性物質の放出

**重点化**

**環境影響評価・被ばく評価研究**

公衆の被ばく  
原子力防災

- ▶ 設計基準事象への対応を中心とした研究スタイルの見直し
- ▶ 原子力施設のリスクを低減するため、シビアアクシデントに関わる諸現象の評価手法の高度化に向けた研究等への重点化

新たな安全規制に用いられる基準作りや対策の妥当性評価に貢献

# 原子力機構の特徴と安全研究

## 原子力機構が有する資源(実験設備)

### 軽水炉施設

- ・燃料安全
- ・熱水力安全
- ・構造機器の健全性評価
- ・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)

### 核燃料サイクル施設

- ・リスク評価
- ・燃料サイクル施設安全評価

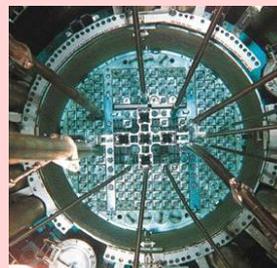


建設中



大型非定常試験装置 (LSTF)

格納容器模擬装置など



材料試験炉 (JMTR)



JMTRホットラボ (JMTR-HL)

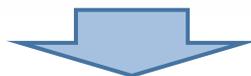
### 廃棄物処分施設

- ・放射性廃棄物安全評価



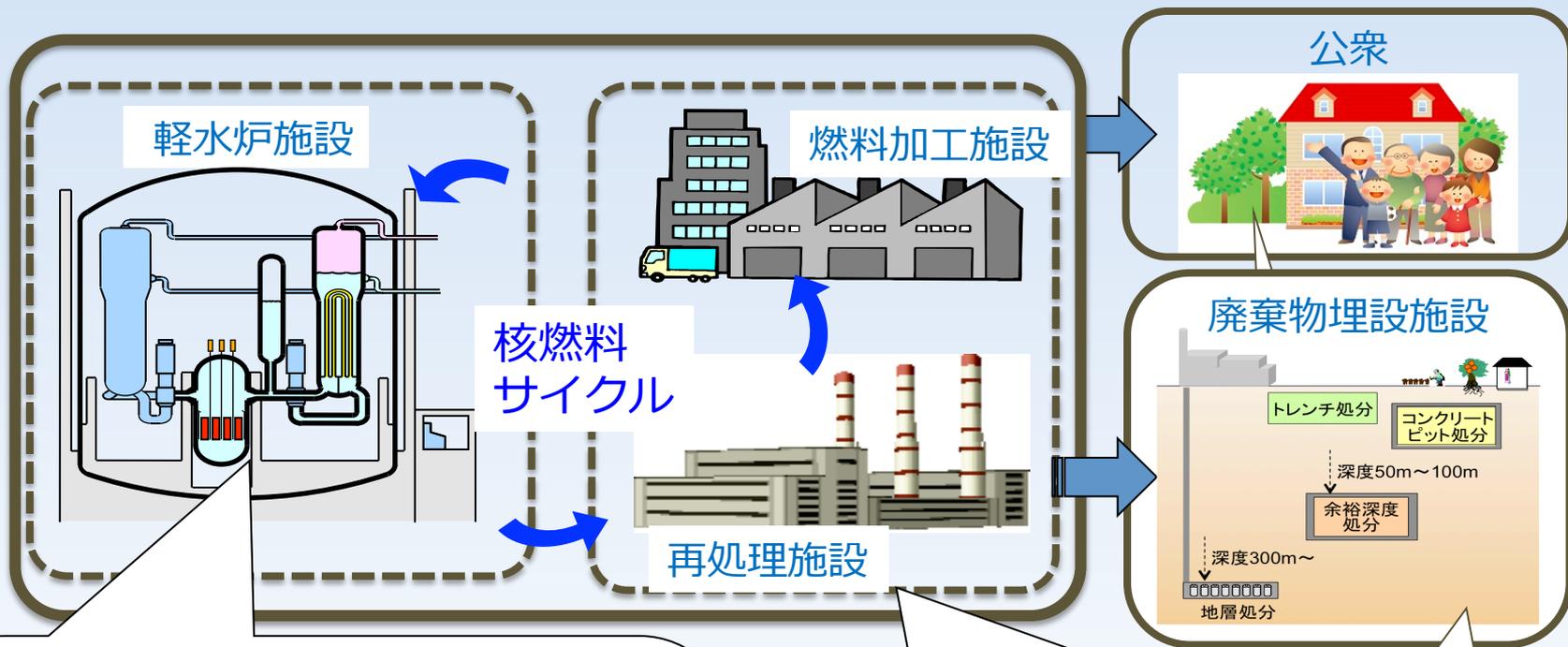
燃料サイクル安全工学研究施設 (NUCEF)

- ✓ 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

# 安全研究センターの対象分野



## 燃料安全研究

事故時の燃料破損条件やその影響などについて技術知見の取得と正しい現象理解  
 → より適切な安全評価手法を開発

## 熱水力安全研究

事故の実規模での模擬実験による現象解明と解析コードの検証  
 → 熱水力安全評価手法の現象予測精度の向上

## 材料・構造安全研究

安全上重要な機器構造物に対して、外的事象や照射環境での材料劣化等を考慮した高精度な健全性評価方法の構築

## 燃料サイクル安全研究

再処理施設等における放射性物質の放出移行率などの評価手法、臨界安全評価手法の整備

## 放射性廃棄物・環境安全研究

クリアランスレベルなどの安全基準整備に必要な技術情報の発信、地層処分等の安全審査に向けた評価手法の整備

## リスク評価研究

原子力施設のリスクを評価する手法の開発  
 防災における効果的な防護対策の提案

# まとめ

- ❖ 安全(基盤)研究の経緯、主に研究課題と選定法、関係者の役割について、1F事故前後の変化の概略を俯瞰
- ❖ 1F事故が示唆した主な教訓と対策は、
  - ✓ シビアアクシデントを規制対象へ ↔ **深層防護の見直しと基幹化**
  - ✓ アクシデントマネジメントの見直しと高度化
  - ✓ 低頻度高影響の外的事象(テロを含む)への対応
  - ✓ バックフィット
  - ✓ 継続的改善 等であり、  
安全研究は継続的改善を基本姿勢として目標を設定
- ❖ 課題対応力 =  $f(\text{人材})$  であり、中～長期の研究を通じた応用力の醸成が人材育成に求められるところ、取り組むべき課題の関係者間での共有、研究計画の策定・共有と安定した実施が求められる。

# 効果的な安全(基盤)研究の実施に向けて

- ❖ 安全確保の実施者＝安全基盤研究に係る組織間の、透明性を確保した議論の仕組みの構築
  - 規制、推進、産業界、研究機関、学協会
  - 安全に係る研究開発課題の俯瞰的整理・共有・継続的改訂
  - 共同出資研究による研究・開発資源の有効・効果的活用
  - 将来の原子力の質を規定する人材の確保・育成
- ❖ 安全研究の方法と体制
  - 原子力の寿命＝対処すべき時間の長さと同規模を考える
  - 「すべき研究」と「やりたい研究」の両立
    - インセンティブの確保による質の継続的向上
  - 国際共同研究の提案と主体的な実施
  - 研究・開発の到達点を継承・発展させる仕組みの構築
    - 成果の公開、整理、共有、利用の仕組みの確立