

# 燃料プラットフォームの状況

電力中央研究所 原子力技術研究所

研究参事 尾形 孝成

2020年10月6日

 電力中央研究所

# 背景・目的

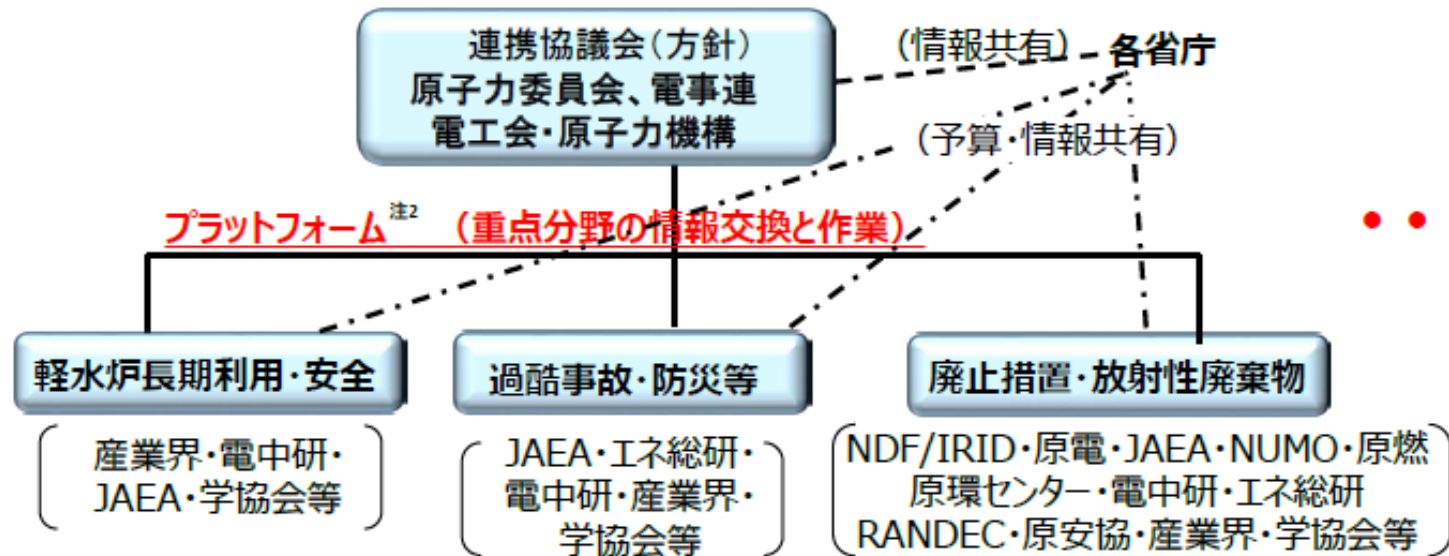
- 原子力委員会は、「原子力利用の基本的考え方」(平成29年7月20日原子力委員会)および「原子力利用の基本的考え方」のフォローアップ～原子力関係組織の連携・協働の立上げ～(第14回原子力委員会資料第2-1号、平成30年4月11日原子力委員会)(次頁)において、原子力関係事業者と研究開発機関の連携・協働の推進を提言
- これを受けて、「軽水炉の長期利用・安全」の取り組みにおける燃料の研究開発の分野において、原子力関係事業者と研究開発機関の連携や協働を行う場を構築し、科学的知見や知識の収集・体系化・共有による厚い知識基盤の構築を進めることを目的として、2018年10月に(一財)電力中央研究所(以下、電中研)原子力技術研究所に「燃料プラットフォーム」を設置
- ここでは、「燃料プラットフォーム」のフェーズ1(2018年10月～2020年3月)の報告書(参考資料参照)の概要とフェーズ2(2020年9月～2023年3月)の進め方(案)を説明

# 原子力関係組織の連携プログラム

- 我が国において、組織毎にバラバラに存在している科学的知見や知識を収集・体系化・共有することによる厚い知識基盤の構築が重要。
- 過酷事故対策や放射性廃棄物といったテーマで、産業界と研究機関・大学をまたぐ連携プラットフォーム立ち上げを原子力委員会が声かけ。

## 原子力関係組織の連携プログラム【案】<sup>注1</sup>

まずは



目標・ビジョンの例：①知識力・技術力向上、②専門家と国民の理解増進、③経営力増進、④研究開発のかじ取り

注1) プロジェクトではなく、プログラム。似た目的の連携活動として欧州委員会のNUGENIAがある。

注2) プラットフォームには自立を求める。原子力委員会は立ち上げに協力し、連携を促進させる。

作業内容： 国内外の情報の収集と共有・公開。報告書、解説、研修資料などの作成。

情報交換、人材育成、役割分担して研究開発

作業費用： 各組織の費用、外部資金（各省庁の予算、競争的資金など）

期待する成果： 実務・ニーズに対応する研究開発、国民理解増進、厚い知識基盤の構築、根拠情報の明示・俯瞰、研究や利用の進展

# 対象分野・実施内容

## 【対象分野】

- 軽水炉燃料の研究開発(熱水力・原子炉物理・高速炉等との関連にも留意)
  - ✓ 軽水炉燃料の設計と製造
  - ✓ 通常運転時・過渡時・事故時の燃料と被覆管のふるまい
  - ✓ 使用済燃料の輸送・貯蔵
  - ✓ モデリング & シミュレーション、など

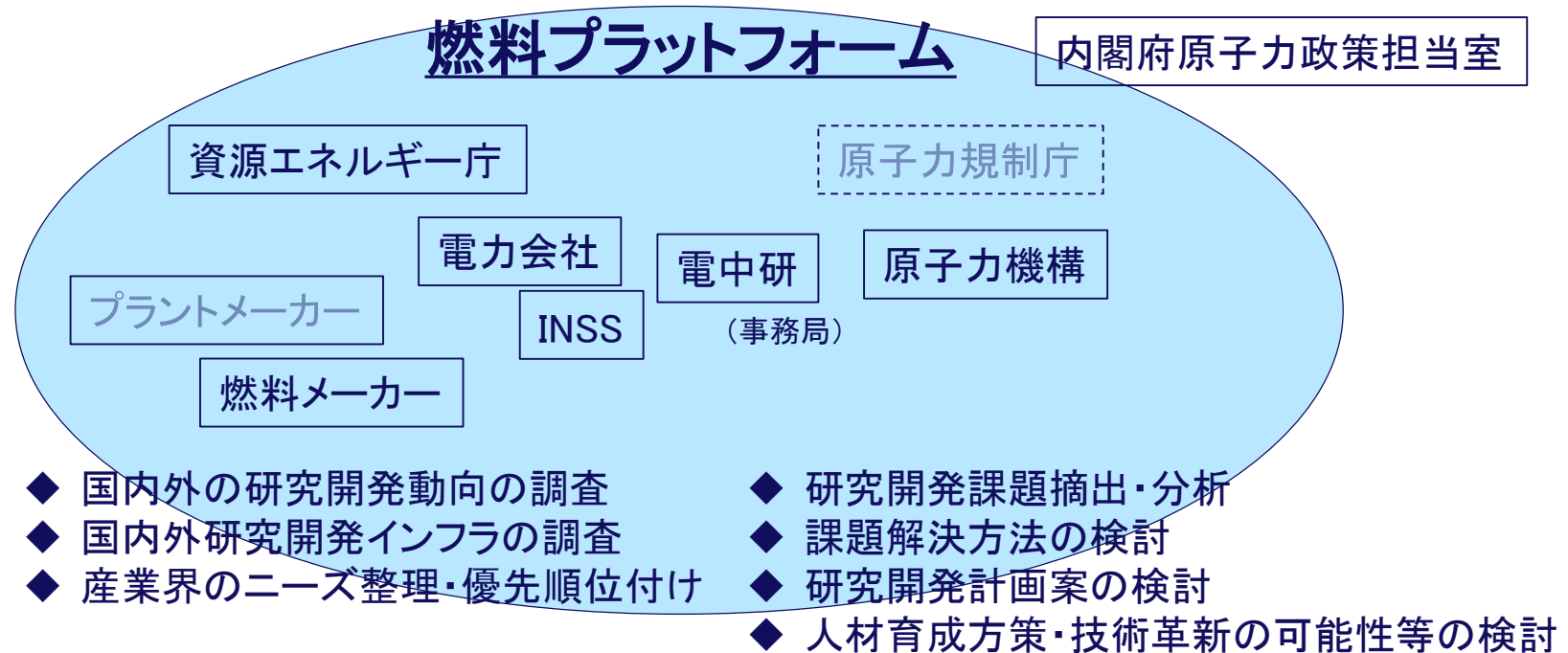
## 【実施内容】

- フェーズ1(2018～2019年度): 国内で利用可能な研究開発設備と国内外の研究開発動向の調査・整理、研究開発課題の抽出と産業界の立場からの重要度評価
- フェーズ2(2020～2023年度): 国内外の研究開発動向の調査と情報共有、フェーズ1で抽出した研究開発課題に関する国内外の取組みの充足性の分析、課題解決に向けた取組みの優先順位付け、実施すべき研究開発項目の抽出とロードマップの検討、効率的・効果的な研究開発計画案の検討(人材育成の方策や技術革新の可能性についても検討)

# 期待される成果

- 産業界のニーズに合った研究の推進を加速し、産業界の課題を解決するための道筋を明示
- 核燃料の研究開発の発信源
- 国際共研など、研究開発の新たな枠組の創出を期待
- 国内外の研究開発動向の分析による研究開発課題の確認、見直し
- 将来必要とされる学術基盤の提示による核燃料分野の研究開発の活性化、人材育成

# 体制と分担



- 実現可能性を重視する観点から、産業界と研究機関の連携を重視
- 学術論文、国際会議、IAEAレポート、OECD/NEALレポート等の調査を分担
- 配布資料は原則として公開可能とし、議事録と成果報告書は公開を前提
- 燃料研究への取組み状況を踏まえて、必要に応じて大学に参加頂く
- 炉物理・熱流動・高速炉燃料等の専門家にも参加頂く

# フェーズ1の成果(1)

- 5回の会合を開催
- 国内外の軽水炉燃料研究開発状況の調査
  - ✓ 原子力規制庁・原子力機構・電中研・電力/燃料メーカー・大学における研究開発の現状、経産省・文科省による公募事業
  - ✓ 最近10年のIAEAおよびOECD/NEAにおける活動と関連報告書
    - IAEAでは使用済燃料の貯蔵に関する報告書が比較的多く、OECD/NEAでは事故時(RIA・LOCA)における燃料のふるまいに関する報告書が多い。
  - ✓ 欧州の軽水炉に関する研究開発プラットフォームNUGENIAのロードマップ
    - トリウム燃料、SMR用燃料、MA含有燃料などを含め、網羅的に言及
  - ✓ 最近10年の国際会議における発表論文の動向
    - 燃料ペレットに関する研究は減少傾向、事故耐性燃料開発に関する発表件数は高止まり、被覆管改良・貯蔵・輸送に関する報告は継続



# フェーズ1の成果(2)

- 調査結果を踏まえて抽出した研究開発課題について、産業界の立場から重要度・緊急性・分担案を検討、取り組みの現状・研究の現状・海外の取り組み・研究機関からの提案を整理

表3 軽水炉燃料に関する研究開発課題の評価（産業界の立場から評価した重要度・緊急性・分担案、産業界の取り組み）

重：重要度 H：高、M：中、L：低  
 緊：緊急性 H：5年以内、M：10年程度以内、L：10年以上後に本格的な研究開発に着手  
 分：分担案 E：電力、M：メーカー、R：研究開発機関

研究開発課題	重	緊	分	産業界の取組の現状とコメント	研究の現状	
バーナブルポイズンの改良	L	L	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バーナブルポイズンのGdについては、十分な使用実績がある。</li> <li>・既設炉（PWR, BWR）で想定される高燃焼度化の場合、現行のバーナブルポイズンでも炉心設計が可能と考えられるため、重要度はLとした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際プロジェクトでの情報収集（電中研）</li> </ul>	集合 検討
5%超濃縮度燃料の製造・照射挙動評価	H	L	MR	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後の燃料開発にあたり、濃縮度の上限が上がることは、検討の幅が広がることとなり電力ニーズは高い。</li> <li>・ただし、既設炉においては現行の濃縮度（5%以下）に基づく燃料を製造することで、炉心設計は十分可能であることに加え、国内加工施設の上限見直し対応も必要となることから、緊急性は低い。</li> <li>・既設炉・新設炉（PWR, BWR）で想定される高燃焼度化の場合、現行の濃縮度（5%以下）でも炉心設計が可能と考えられる。</li> <li>・濃縮度上限の制約が緩和される方向は好ましいが、長期的な課題である。</li> </ul>		・IA
高密度燃料など	L	L	MR	<ul style="list-style-type: none"> <li>・BWRのウラン燃料ペットの焼結密度は、約97%T.D.である。</li> <li>・PWRのウラン燃料ペットの焼結密度は、約97%T.D.である。</li> <li>・既設炉（PWR, BWR）で想定される高燃焼度化の場合、現行のウラン密度（二酸化ウラン燃料、ペレット密度は理論密度の97%）でも炉心設計が可能と考えられるため、重要度はLとした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ATFへの適用を目指したシリサイド燃料やマイクロカプセル燃料の開発（KAERI他）</li> </ul>	
高燃焼度燃料の挙動評価（PIEデータ拡充）	H	L	MR	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PWRとしては、更なる高燃焼度化燃料を採用する場合、評価手法の検証データ拡充が必要。</li> <li>・高燃焼度燃料を採用する場合、評価手法の検証データ拡充が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高燃焼度燃料を対象とした各種PIEデータ取得（JAEA, NFD, 他）</li> <li>・国際プロジェクト（ハルデン炉プロジェクト、SCIP, 等）での情報収集（電中研）</li> <li>・PIEデータを利用した、燃料挙動解析コード及び燃料設計コード用モデル検証（JAEA, 国内燃料メーカー, 等）</li> </ul>	・OE 者・
・炉心運用の最適化						



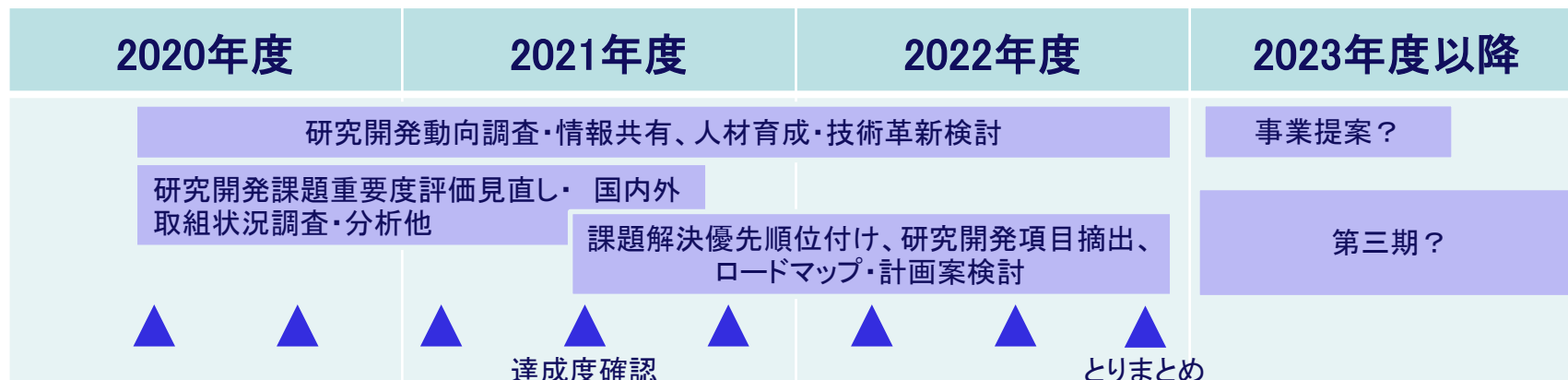
# フェーズ1の成果(3)

- 産業界の立場から重要度が高い課題を抽出、本格的な研究開発の着手が望まれる時期によって整理

(◎は研究開発の重要性が高いと考えられる課題)

区分	本格的な研究開発の着手が望まれる時期		
	5年程度以内	10年程度以内	10年程度後で可
既設炉・新設炉での高効率利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎運転サイクル長期化への対応</li> <li>◎出力向上への対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎燃料ペレットの改良</li> <li>◎被覆管材料の改良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎5%超濃縮度燃料の製造・照射挙動評価</li> <li>◎PIEデータ拡充等高燃焼度燃料の挙動評価</li> </ul>
既設炉・新設炉での継続的安全性・信頼性向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎過渡時・事故時の燃料挙動解明</li> <li>◎熱水力設計評価技術の高度化・不確かさの定量評価</li> <li>◎核設計評価技術の高度化・不確かさの定量評価</li> <li>◎安全審査の効率化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎被覆管材料の改良</li> <li>◎事故耐性燃料の開発</li> <li>◎地震時の燃料集合体の健全性</li> <li>◎燃料集合体の構造強化</li> </ul>	
長期乾式貯蔵への備え (効率的貯蔵と安全性向上)		<ul style="list-style-type: none"> <li>◎キャスク構造材料の劣化評価技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎燃料長期健全性実証</li> <li>◎臨界管理の合理化 (燃焼度クレジット導入)</li> <li>◎高燃焼度MOX燃料貯蔵</li> <li>◎漏えい燃料の管理</li> <li>◎コンクリートキャスク導入</li> </ul>
共通事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎モデリング技術・解析コードの高度化</li> <li>◎照射試験・照射後試験技術の充実・高度化</li> <li>◎炉外試験技術の高度化</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>◎崩壊熱測定実験データの拡充と不確かさの低減</li> <li>◎使用済試験燃料の処理技術確立</li> </ul>

# フェーズ2の進め方(案)



- 国内外の研究開発動向の調査と情報共有
- フェーズ1で抽出した研究開発課題について、重要度評価の見直し、国内外の取組状況の調査と充足性分析、課題解決に向けた取組みの優先順位付け、研究開発項目抽出、ロードマップ検討、効率的・効果的研究開発計画案検討
- 人材育成の方策や技術革新(イノベーション)の可能性に関する検討
- 当面WebExやZoom等による遠隔会合を利用
- フェーズ1と同様に、配布資料は原則として公開可とし、議事録と成果報告書は公開を前提に作成

# 追加すべき実施内容の例

- 原子力関係事業者と研究開発機関の連携や協働を行う場の構築、および科学的知見や知識の収集・体系化・共有による厚い知識基盤の構築の観点から、下記のような活動の追加を検討
  - ✓ 近年の研究開発動向をまとめた現状報告の作成、発信
  - ✓ 上記のうち、テーマを絞り込んで深掘りした現状報告の作成、発信
  - ✓ IAEA技術会合の開催提案、OECD/NEA共同研究プロジェクト提案等
  - ✓ 人材育成への寄与を考慮し、核燃料に関する幅広い学術基盤を網羅した教科書の作成、若手研究者の研修会の企画など
  - ✓ 設計基準事象を超える事故時の燃料挙動、核設計・燃焼解析、水化学、熱水力分野など、核燃料研究との境界分野への展開・拡充
  - ✓ 軽水炉燃料研究への応用の観点から、高速炉・ガス炉・熔融塩炉等新型炉燃料研究の現状調査