

資料3-2

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
原子力科学技術委員会
原子力研究開発・基盤・人材作業部会(第10回)
R3. 11. 4

群分離・核変換技術評価 タスクフォースについて

京都大学 中島 健 (タスクフォース主査)

群分離・核変換技術評価タスクフォースについて

- 令和4年度から開始となる原子力機構の次期中長期目標・計画を策定するにあたり、群分離・核変換技術について、我が国の現在の技術レベルや関連分野の技術の進展等を踏まえ、核変換実験施設の位置付けや必要な研究開発について整理を行うため、本作業部会の下にタスクフォースを設置し、集中的に議論を行ってきた。
- これまでタスクフォースは以下のとおり計3回実施し、資料3-3に示すタスクフォースとりまとめ(案)を作成したところであり、年末までのとりまとめを予定している。

第1回 7月30日

- (1) 群分離・核変換技術評価タスクフォースの設置について
- (2) 群分離・核変換技術のこれまでの経緯・研究開発状況について
- (3) その他

第2回 9月3日

- (1) 第1回タスクフォースの主なご意見について
- (2) 今後の研究開発の方向性について
- (3) 基礎基盤的な研究開発について
- (4) その他

第3回 10月5日

- (1) 今後の研究開発の方向性について
- (2) タスクフォースとりまとめ(素案)について
- (3) その他

群分離・核変換技術評価タスクフォース 委員名簿

主査	中島 健	京都大学複合原子力科学研究所教授
主査代理	小山 正史	一般財団法人電力中央研究所首席研究員
	小竹 庄司	日本原子力発電株式会社開発計画室担任
	竹下 健二	東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所長
	辻本 和文	日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター 副センター長
	長谷川 晃	東北大学大学院工学研究科教授
	藤田 玲子	日本原子力学会福島特別プロジェクト代表
	山本 章夫	名古屋大学大学院工学研究科教授

はじめに

I. 群分離・核変換技術及び関連技術の現況

1. 政策的な位置付け

2. 海外の動向

3. 研究開発の進捗状況

⇒平成21年の原子力委員会の検討会報告書で示された技術課題に対して要素技術の開発については着実に進められたとの評価。

4. 計算機科学技術の進展

II. 群分離・核変換技術の研究開発の進め方

1. 今後の研究開発の方向性

2. 重点的に取り組むべき事項

3. J-PARC核変換施設の在り方

4. ロードマップ

5. 基礎基盤研究の充実

⇒新たなアイデアの創出・検証は重要であり、異分野融合を進めつつ、基礎基盤研究を充実していくことが必要。

} 次頁から抜粋を掲載

III. 引き続き検討が必要な事項

⇒今後、将来の原子力システムの見通しが示されていく過程では、ADS導入のシナリオについても開発、実運用コストを含めて明確化し、これらを踏まえ、研究開発の方向性の再検討が必要。次のステップを見据えた産業界の参画、研究開発マネジメントの検討や理解増進活動も重要。

Ⅱ. 群分離・核変換技術の研究開発の今後の進め方

1. 今後の研究開発の方向性

- 高レベル放射性廃棄物の処理・処分の社会的負担を軽減するため、廃棄物の減容・有害度低減を進めることは重要であり、我が国においても群分離・核変換技術の確立に向けた研究開発は引き続き着実に進めるべきである。
- 研究開発を実施するうえでは原子力システムの今後について様々なシナリオを考慮することが必要であり、ADSによる「階層型」サイクル概念は、引き続き、技術選択肢の一つであり、今後も国内外の機関と連携・協力しつつ、着実に技術の確立を進めるべきである。
- 具体的には、原子力機構の次期中長期目標期間中には、国内外の既存施設を最大限活用して、原理実証（実験室規模、準工学規模）に必要な課題（TRL4～6に相当）に対応した研究開発を実施する。特に、性能実証段階（工学規模、TRL7以上）に引き上げるための課題の特定や、技術の絞り込みを判断するために必要な知見、データの取得を進めることが適当である。
- 研究開発手法について、様々な工学分野においてシミュレーション等の計算科学技術の活用による研究開発の効率化・迅速化が進んでいることを踏まえ、群分離・核変換技術に関しても、最新の計算科学技術を取り込んだ研究開発を積極的に進め、研究開発成果の最大化を図る必要がある。
- また、計算科学技術の結果を実際に応用していくためには、シミュレーション結果と実現象との乖離を実験データの活用により埋めるデータ同化が不可欠であり、このための新たな実験方法、計測器の開発等にもあわせて取り組むべきである。
- 国際協力については、海外研究機関（特にMYRRHA計画によるADS実験炉の建設を目指すベルギー-SCK・CEN）との研究協力を引き続き積極的に進めていくべきであり、現在検討中のOECD/NEAの廃棄物処理技術に関する検討も踏まえつつ、日本が先行する技術については国際的な貢献を行うことが望ましい。

2. 重点的に取り組むべき研究開発項目（1/3）

- 前段の研究開発の方向性に従い、次期中長期計画期間中に特に実施すべき内容を分野毎にそれぞれ以下に示す。

【群分離】

- MA分離に係る研究開発については、「発電用高速炉利用型」サイクル概念とADSによる「階層型」サイクル概念の共通の研究開発課題であり、また、分離については核変換より先に導入が進むことが想定され、我が国の技術による国際的な貢献という観点からも、着実に研究開発を推進すべきである。
- これまでに小規模実液試験により原理実証が行われたが、今後、実機の成立性の検討を実施するにあたっては、実スケールへの拡大の課題を整理するとともに、数値シミュレーションや既往プラントの経験の活用、小規模試験の拡充とデータ同化による工学規模試験の代替の可能性を検討することが重要である。また、この過程で、溶媒抽出法と抽出クロマトグラフィのどちらを選択するかの評価を進めることが重要である。
- 現在、99.9%としているMA回収率については、実スケールを検討する過程において、ガラス固化体本数や処分場面積の低減化への効果、分離プロセスで発生する二次廃棄物量等を評価した上で適切な回収率を設定することが求められる。
- また、MA分離の研究開発は、再処理研究の一環として研究開発を実施し、大学と再処理・廃棄物処理施設の開発・運用に経験のある国内外プラントメーカー等との連携・協力を積極的に推進することが重要である。

2. 重点的に取り組むべき研究開発項目（2/3）

【ADS】

- 多くのリソースが必要な施設建設に代わって、合理的かつ効率的に研究開発を進めるために、既存の施設を有効活用しながら、計算科学などの最新の技術・知見を活用した研究開発計画として、原子力機構が提案しているPSi計画(Proton accelerator-driven Subcritical virtual system)を進めることは妥当である。
- 具体的には、ADS概念検討において、成立性に大きく関わるビーム窓等のADS機器について解析の詳細化・高度化(核・熱・構造を連成させた詳細解析やビーム窓材料の照射損傷モデルの構築等)を進める必要がある。
- 炉物理・核データ分野では、運転時等の未臨界度監視概念を確立するとともに、ADS核設計の信頼性向上を目的とした核データの測定および検証実験のデータベース化を進める必要がある。
- Pb-Bi熱流動・材料の分野では、既存のPb-Biループを用いて計測や制御技術の開発を進めるとともに、国内外の既存施設を活用してビーム窓候補材の照射試験を実施し、照射損傷解析モデル構築に寄与する必要がある。
- 加速器開発では、ADS用超伝導加速器開発を継続するとともに、ビームトリップ低減策の検討を進める必要がある。
- 上記の成果等を活用し、柔軟性や経済性の観点を考慮し、高速炉との比較やADS導入シナリオ検討が可能な実現性の高いADSの概念を提案することが求められる。
- 概念の検討にあたっては、福島第一原子力発電所の事故後の安全設計思想の深化を踏まえた議論を十分に行い、深層防護の実装、過酷事故対策、外的事象対策(特に耐震設計)の検討を行い、基本的な安全設計思想を確立する必要がある。
- また、初号機の熱出力などの目標値は、段階的で現実的な実用化が進められるように適切な設定をする必要がある。

2. 重点的に取り組むべき研究開発項目（3/3）

【燃料サイクル及び燃料】

- MA含有燃料の製造については、高線量環境を踏まえた遠隔での燃料製造の観点から、成立性について十分な検討が必要となる。また、この観点からは粒子分散燃料についてもふるまい解析を行うことが望ましく、燃料設計とADS炉心性能への影響についても評価しておくことが求められる。
- 固溶型燃料に関して、燃焼のふるまい解析については精度向上には照射試験が必須であるため、照射試験用燃料の作製に着手するとともに、燃料製造技術についてはMA等を用いた実証試験を目指した研究開発を進める必要がある。
- 乾式再処理については、使用済MA含有窒化物燃料を模擬した試料を用いて、アクチノイドを分離回収する技術の原理実証を目指し、要素技術試験を継続する必要がある。
- また、乾式再処理については、金属燃料高速炉等にも必要な技術であり、類似プロセスが実現している米国アイダホ国立研究所の事例を参考に実スケール化の課題について検討することや、一般財団法人電力中央研究所等と連携するなど研究開発体制の確保を図っていくことが重要である。

3. J-PARC核変換実験施設の在り方

- TEF-P、TEF-Tによる実験については、PSi計画により、計算機シミュレーションの高度化や既存施設の活用を進めることで代替を目指すが、既存施設における実験で十分な信頼性や精度が得られるのか、また、実験データを用いたデータ同化手法等について十分に検討する必要がある。
- 具体的には、TEF-Tで予定していた陽子照射下、かつ高温Pb-Bi流動環境下におけるビーム窓材料の実証試験は、照射損傷シミュレーションと既存施設での照射試験だけでは代替困難である可能性が高く、上記の取り組みによる実験項目の絞り込みや施設の合理化を検討する必要がある。
- また、TEF-Pで予定していた未臨界炉心の物理的特性試験も、既存施設やシミュレーションのみでは代替困難と考えられるが、使用を想定していた原子力機構保有の核燃料の一部（高濃縮ウラン、プルトニウム）が米国へ移送されたため、TEF-Pで実施予定であった炉物理研究項目が大幅に制限される。
- このため、TEF-Tの機能を優先した試験施設とする検討の方向性は妥当である。
- 検討にあたっては、PSi計画による実験項目の絞り込みや国際協力による役割分担も含めた合理的な研究開発の進め方について検討を行い、施設に求められる役割を確認し、施設概念の構築を進めることが必要である。
- また、ADSの工学的課題解決に加え、多様なニーズへの対応の可能性を含め、既存のJ-PARCの陽子加速器が利用可能な利点を最大限活用する施設仕様を検討することが望ましい。

- 現中長期計画においてTEFの建設着手を目指し、**必要なR&Dや施設設計を実施**。建設着手の準備が整ったが、現時点において建設予算獲得の見通しは得られていない。
- 多くのリソースが必要な施設建設に代わって、合理的かつ効率的に研究開発を進めるために、計算科学などの最新の技術・知見を活用した**研究開発計画の再検討**を行った。
- 新たな研究開発計画では、**計算科学技術を活用した新たな計算シミュレーション手法の開発を目指す**。新たに開発する計算機シミュレーション手法については、これまでの実験解析データを取り込むとともに、**国内外の既存実験施設を最大限活用**して実験的検証を進めながら開発を進める。

PSi 計画 (Proton accelerator-driven Subcritical virtual system)



計算科学アプローチを導入し、ADS設計の合理化、材料・燃料開発の効率化を図る。