

核燃料サイクル関連分野に係る
技術に関する施策・事業
評価報告書
(案)

平成27年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会
研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

技術に関する施策・事業評価報告書概要

技術に関する施策

| | |
|---|----------------------------------|
| 技術に関する 施策名 | 核燃料サイクルに係る施策 |
| 担当課 | 資源エネルギー庁電力・ガス事業部原子力立地・核燃料サイクル産業課 |
| <p><u>技術に関する施策の目的・概要</u></p> <p>我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本的方針としている。また、原子力研究開発は、技術開発から事業化まで相当な期間を要し、多額の費用を要する他、世界的な核不拡散体制等の国際的動向も踏まえた政策対応を図ることが必要であるため、民間のみに取り組みを求めることは困難であり、国が適切に技術開発の推進や事業環境の整備を図ることが必要である。</p> <p><u>軽水炉サイクルの実現</u></p> <p>核燃料資源を合理的に達成できる限りにおいて有効に利用することにより、我が国のエネルギーの安定供給を確保する観点から、再処理施設で用いられるガラス固化技術について、新しい性状のガラス素材及びこれに対応しうる新型溶融炉の開発、六ヶ所再処理工場から回収される回収ウランの利用技術の開発及び使用済プルサーマル燃料の再処理実証に係る技術開発を実施する。</p> <p><u>高速炉サイクルの実現</u></p> <p>高速炉導入後も、全ての軽水炉が高速炉に置き換わるまでの間、長期にわたって軽水炉と高速炉が共存する。この移行期には高速増殖炉サイクルと軽水炉サイクルで相互にウラン等を受給できることがそれぞれのサイクルの燃料バランスを保つうえで必要となる。そのため、軽水炉サイクルから高速炉サイクルへの円滑な移行を念頭におきつつ、高速炉サイクルの確立において、次世代再処理工場から回収が想定されている高線量回収ウラン等の軽水炉サイクルへの供給は極めて重要であり、これら高線量回収ウラン等の軽水炉への供給を実現するために必要な研究開発を実施する。</p> <p><u>技術に関する事業一覧</u></p> <ul style="list-style-type: none">A. 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発委託費に係る事業B. 回収ウラン利用技術開発委託費に係る事業C. 使用済燃料再処理事業高度化補助金に係る事業D. 次世代再処理ガラス固化技術基盤研究委託費に係る事業(開始年度であり次回以降の評価とする) | |

技術に関する施策評価の概要

1. 施策の目的・政策的位置付けの妥当性

エネルギー資源の乏しい我が国にとって、原子力エネルギーを安全かつ適切に活用していかざるを得ないと考えられるため、それを支える核燃料サイクルの推進は不可欠である。本施策は、準国産かつ持続可能な核エネルギー体系の開発を進める上で、環境適合性や核不拡散性の確保に配慮した技術戦略が追求されており、長期的視点から将来の社会的ニーズに適う計画となっている。

なお、個々の研究開発プロジェクトにおいては、解決すべき課題と達成すべき目標及びそのために開発対象となる技術が示されているが、核燃料サイクル関連分野全体を俯瞰したとき、それぞれの研究開発事業開始時点で、何故、その時、その技術開発を実施するのかが必ずしも明確でない。今後は、過去の研究開発事業や他の今後実施すべき事業と並べて全体としての取組方針や取り組む対象技術及び取り組むべき時期を議論してからすすめるべきである。また、原子力政策大綱やエネルギー基本計画に基づく原子力戦略を進める上では、既定戦略に沿った選択枝以外の選択枝についても一定規模の範囲で並列して調査、検討を実施すべきである。

2. 施策の構造及び目的実現の見通しの妥当性

各事業は、施策を具体化する上で、現時点においても極めて必要性の高いものと判断される。また、各事業とも、調査、開発の目標を的確に設定するとともに、中間評価の実施により、開発を実施していく上での問題点の洗い出し、進捗管理を実施しており、事業スケジュール、成果も概ね妥当である。

なお、福島第一原発事故によって我が国の原子力政策は大きな変革が求められており、今後、施策の構造については見直しが必要である。

3. 総合評価

技術に関する施策、技術に関する事業共に、事業の進捗と問題点、課題を的確にモニタリングするための中間評価と終了時評価を外部の有識者を交えて実施しており、評価体制は問題ないとする。本施策は国がイニシアチブを持って実施すべき施策であり、評価対象事業の成果、費用対効果についても肯定的評価に値するものであると判断できる。得られた成果が次なるステップに有効に活用され、商用利用されることを期待したい。

なお、これらの事業を推進した結果、課題が解決できた一方で新たな課題も分かったはずであり、その整理も必要ではないかと思われる。核燃料サイクル先進国との国際連携については、適切な契約の下で情報交換や共同開発を進めることが、資金的な制約の補完などの観点で必要である。また、施策による確実な成果確保と実施過程の妥当性確保のために、諸外国では一般と考えられるマネジメント手法の導入が期待される。

今後の研究開発の方向等に関する提言

エネルギー資源の乏しい我が国にとって、原子力エネルギーを安全かつ適切に活用していかざるを得ないと考えられるため、エネルギー基本計画等を踏まえ、核燃料サイクル推進に資する具体的な施策を再度整理し今後も着実に実施に移していくことが重要である。また、国内外の最新研究動向を踏まえつつ、既成概念にとらわれない柔軟な発想で今後の施策を考え、開かれた政策決定プロセスを展開するこ

とが、原子力の信頼回復等に必要と考える。

今回の評価対象事業においては、期待される成果が得られ、成果による費用対効果の適切性が提示されているが、果たして、そのプロセスが適切であったかについては評価できない。この点についてのマネジメントと報告の必要性を示すべきである。

また、今回の施策に配置された事業の他にもキーコンポーネントが数多くある。事業の設定の際は、核燃料サイクル全体を見た大きな俯瞰図に基づいて計画的に事業を配置する必要がある。

技術に関する事業

| | |
|---------------|----------------------------------|
| 技術に関する 事業名 | A. 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発委託費に係る事業 |
| 上位施策名 | 核燃料サイクルに係る施策 |
| 担当課 | 資源エネルギー庁電力・ガス事業部原子力立地・核燃料サイクル産業課 |

事業の目的・概要

「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」では、2050年頃の商業用高速増殖炉の導入開始を目標に、プルトニウムのリサイクルを可能とする各種研究開発が進められており、その中で次世代再処理技術の候補として先進湿式法が有望視されている。

一方、商業用高速増殖炉の導入開始以降、既存の軽水炉がすべて高速増殖炉に置き換わるまでの相当長い期間、軽水炉と高速増殖炉が併存することになり、この移行期には高速増殖炉サイクルと軽水炉サイクルで相互にウラン等を受給できることがそれぞれのサイクルの燃料バランスを保つうえで必要となる。しかし、先進湿式法を用いた再処理により回収されたウランやプルトニウムは高線量であり、既存の軽水炉燃料加工施設では取り扱うことができないという問題がある。

そこで、本研究開発では、高速増殖炉サイクルから軽水炉サイクルへのウラン等の供給を行ううえで必要となる高除染化技術について調査及び基礎試験等を行い、商業的に利用可能な除染技術を開発する。

また、商業用高速増殖炉の導入開始時期が2050年頃となる場合を基本シナリオとしたうえで、導入開始時期が2050年よりも早まる場合や遅れる場合について、原子炉を含めた核燃料サイクル全体の軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの詳細な移行シナリオを策定・検討し、ここから導き出される移行期における最適なプラントスタイルの検討を実施する。

さらに、技術の知的所有権等に係る整理を実施するとともに、国内の再処理技術、運転経験等を次世代に引き継ぐための知識の体系化等に関する研究を実施する。

予算額等（委託）

（単位：千円）

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 事後評価時期 | 事業実施主体 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 平成19年度 | 平成23年度 | 平成21年度 | 平成26年度 | 日本原子力研究開発機構 |
| H21FY 予算額 | H22FY 予算額 | H23FY 予算額 | 総予算額 | 総執行額 |
| 540,317 | 293,301 | 373,279 | 2,116,397 | 1,735,436 |

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

| 個別要素技術 | 目標・指標 | 成果 | 達成度 |
|------------------------------------|--|---|-----|
| (1) 除染技術の調査・開発 ① 除染技術の調査 | ・除染技術としての技術的要件を整理するとともに、有望な除染技術を選定する。 | ・技術的要件として除染プロセス技術に求められる除染係数等の検討、設定を行った。 ・有望な除染技術として「溶媒としてTBPを、抽出器として遠心抽出器を用いる溶媒抽出法」を選定した。 | 達成 |
| ②溶媒抽出法による除染プロセス開発 a. 遠心抽出システム開発 | ・単段型遠心抽出器の試験機(200トン/年規模)を用いた中性子吸収材内封型遠心抽出器の成立性を評価する。 | ・200t トン/年規模の単段型遠心抽出器試験装置を用いて大型化設計の妥当性を確認した。その後、臨界安全上有利となる中性子吸収材内封型遠心抽出器の適用検討として流動試験を実施し、通常型と同等以上の流動性能を達成可能な中性子吸収材の最大体積を示した。 | 達成 |
| | ・単段型遠心抽出器の臨界安全上の最大規模を評価する。 | ・形状管理及び中性子吸収材管理を前提とした臨界管理のもと、達成される遠心抽出器の最大処理流量を評価した。その結果、濃縮ボロンの使用等の条件で、約5400L/h(800トン/年規模相当)まで達成できることがわかった。 | 達成 |
| | ・除染プロセスに対する多段型遠心抽出器の適用性を評価する。 | ・一般産業用多段型遠心抽出器又はその情報を用い、抽出性能(Nd使用)を評価した結果、段効率が0.74程度であり、また、臨界安全上の最大処理流量を評価した結果、600L/hであった。さらに、商用プラントに適用可能な構造検討を行い、構造案を示した。 | 達成 |
| | ・単段/多段の遠心抽出器における運転異常発生までの時間等の耐スラッジ性を評価する。 | ・単段/多段の遠心抽出器でアルミナを用い、異常発生時間、異常事象の種類等を取得するためにスラッジ試験(加速試験)を実施した。その結果、単段型が約250分に、多段型で約115分に異常が発生し、その異常は両機ともエントレインメント(有機相出口からの水相排出)の発生であった。 ・単段型遠心抽出器を用いてスラッジ粒径に対するロータ内の残留率を試験で取得し、ストークスの式に基づいた理論値と比較した。その結果、運転条件(回転数及び処理流量)も加味した補正係数を設定することで実験結果を計算で再現できることがわかった。 | 達成 |
| | ・流動解析シミュレーションの実用性を評価する。 | ・実験結果による検証の結果、実際の遠心抽出器の系を反映した混合部及びコレクタ部のフローパターン解析結果を得ることができた。これらの結果から、遠心抽出器用の流動解析シミュレーション技術が適用可能な見通しが得られた。 | 達成 |
| b. コプロセスニング法を用いた除染プロセス開発 | ・移行期における処理対象溶液からウラン、プルトニウムを共回収するプロセスフロー | ・軽水炉燃料(Pu/U比:1%)、軽水炉MOX燃料(Pu/U比:3%)、高速増殖炉燃料(Pu/U比:20%)を想定したプロセスフローシートを抽出計算コードにより設定した。分配段を対象 | 達成 |

| | | | |
|----------------------|---|--|----|
| | <p>シートを抽出計算コードにより設定する。また、設定したフローシートに基づき、ウラン、プルトニウムを共回収するプロセスの確立に向け、ミキサセトラ試験を行いフローシートの成立性を確認する。</p> | <p>としたウラン/プルトニウム共回収試験を実施し、1%、3%及び20%の全ての場合においてウラン/プルトニウム共回収フローシートが成立することを確認した。</p> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ウラン/プルトニウム共回収液中のウラン同伴を監視するためのウラン/プルトニウム混合モニタに係る試験を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> ウラン/プルトニウム混合モニタとして、ポルタンメトリー、吸光光度法、超音波計測法及び電気伝導率法により、ウラン、プルトニウム及び酸濃度の定量分析が可能であることを確認した。 | 達成 |
| c. モノアミドを用いた除染プロセス開発 | <ul style="list-style-type: none"> 事業化へ向けた研究開発段階へ移行するための判断材料となる分離プロセス基礎データを整備する。 | <ul style="list-style-type: none"> モノアミドのウラン、プルトニウム及び酸に対する分配比計算式を導出した。これを用いて連続抽出プロセスにおけるウラン及びプルトニウムの移行挙動のシミュレーション解析を行い、モノアミドを用いた除染プロセスのフローシートを作成した。 ミキサセトラによる連続抽出試験を実施し、プルトニウムの還元剤を使用せずにウランを除染するプロセスの成立性を支持する結果を得た。 モノアミド劣化物の一種であるカルボン酸の除去法としてアルカリ洗浄の有効性を示した。 X線構造解析等により、モノアミドの劣化物(カルボン酸及び二級アミン)と模擬核分裂生成物との錯体の構造を明らかにした。 | 達成 |
| ③フッ化物揮発法を用いた除染プロセス開発 | <ul style="list-style-type: none"> フッ化物揮発法や同手法にて課題と考えられる粉末ハンドリング技術に関する調査を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> フレーム炉を中心としたフッ化物揮発工程及び粉末ハンドリング技術に関して国内外の情報を調査し、プラントの実績や課題を整理した。フレーム炉に関してはロシア、フランス、カナダにおける炉の寸法や稼働実績からフッ化技術として採用可能との結論を得た。また、粉末ハンドリングでは機器の閉塞、固着等が課題として挙げられ、配管等内面のバフ研磨やコーティング等の対策が有効であることを示した。 | 達成 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 軽水炉へ供給可能なフッ化転換・高除染プロセスを検討し、ブロックフロー及びプロセスフローを作成し、プロセス概念と物質収支を検討する。 | <ul style="list-style-type: none"> 調査した情報や文献等を基に高除染を前提としたブロックフロー及びプロセスフローを作成し、機器・設備構成や物質収支などの設備設計が妥当であることを確認した。 | 達成 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 施設概念設計を行う上での課題抽出及び対策の検討を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> 施設概念設計を行う上での課題として、粉末ハンドリング以外にも、フッ化炉の残渣回収技術や計量管理技術等を抽出した。また、フッ化炉の装置構造の工夫による残渣回収機 | 達成 |

| | | | |
|-----------------------------------|--|--|----|
| | | 構や、新たな計量管理概念と中性子検出器の併用による計量精度の向上策等の対策案を提示した。 | |
| (2) 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行シナリオ等検討 | ・原子炉を含めた核燃料サイクル全体の軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行シナリオを明らかにする。 | ・発電設備容量、高速増殖炉への移行開始年、移行期間（高速増殖炉導入速度）等のパラメータを考慮して、複数のシナリオを比較検討するとともに、代表的な移行シナリオを明らかにした。これにより、第二再処理工場の設備容量及び導入時期を具体化した。 | 達成 |
| | ・軽水炉から高速増殖炉への移行期に必要な第二再処理工場のプラントスタイルについて、ブロックフローレベルでの概略検討を行う。 | ・第二再処理工場の主工程にコプロセッシング法を採用する場合について、施設の共有の有無や燃料の処理パターンを考慮した概略物質収支及びブロックフローを検討した。これに基づき、技術的成立性、経済性等の観点で各スタイル間の比較評価を行い、抽出工程以降を共用するスタイルが優位との結果を得た。 | 達成 |
| | ・第二再処理工場の主工程に採用される可能性のある複数の再処理プロセス技術を採用した場合のプラントイメージの整理と、種々の観点から相互比較を行う。 | ・再処理プロセス技術として、コプロセッシング法、先進湿式法、FLUOREX 法、超臨界直接抽出法を採用した場合の、工程系統図、物質収支、必要系列数、機器リストを検討・整理した。これに基づき、経済性、環境負荷等の観点での相互比較を行い、1400 トン/年の軽水炉/高速増殖炉共用 (LF 共用) 再処理施設に採用する再処理プロセス技術としてコプロセッシング法が最有力候補との結果を得た。 | 達成 |
| | ・コプロセッシング法の軽水炉/高速増殖炉共用再処理施設として考え得る複数のプラント概念の設備構成パターンを検討し、その特質を明らかにする。 | ・LF 共用再処理施設として考え得る3つのプラント概念について、原子力発電設備容量 68GWe を想定したプラント導入パターン、工程系統図、物質収支を検討した上で、3つのプラント概念の設備構成パターンを整理した。これにより、第二再処理工場はプルトニウム処理量の増加に伴いウラン/プルトニウム濃縮設備等の系列数が増加する特徴を有すること（モジュール型が最大）が分かった。 | 達成 |
| (3) 再処理工学の枠組み構築 | ・我が国の再処理技術に関する知的所有権について調査・整理し、技術汚染の可能性を評価する。また、国内再処理技術を次世代に引き継ぐための知識の体系化に関する手法を検討するとともに、再処理技術への適用性を検討する。 | ・我が国の再処理技術に関する特許及び実用新案について調査・整理し、既存の特許等が第二再処理工場へ採用される技術に影響を与える可能性は小さいと結論した。 ・再処理に係る知識の体系化を念頭に、一般産業界における知識の体系化事例や概念調査を行い、この調査結果も踏まえ、再処理技術に係る知識の体系化に関する手法の概念を提案した。 | 達成 |

(2) 目標及び計画の変更の有無

特になし

<共通指標>

| 論文数 | 論文の 被引用度数 | 特許等件数 (出願を含む) | 特許権の 実施件数 | ライセンス 供与数 | 取得ライセ ンス料 | 国際標準へ の寄与 |
|-----|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 5 | 11 | - | - | - | - | - |

総合評価概要

適切な技術開発マネジメントのもとで、達成目標が設定され、それに至る検討過程も妥当であり、目標も達成されていると考える。今回得られた成果は、将来の再処理施設での実用化が見込めるレベルにあるが、他の候補技術についても、引き続き検討を深めることが、将来の候補技術の絞り込みをより確かなものとする上で有用と考える。中間報告の指摘に対しても適切に対処しており、事業完遂に向けた姿勢は高く評価できる。再処理工学の枠組み構築は、技術継承のための1ツールとして引き続き整備していくべきである。

なお、軽水炉から高速炉への移行シナリオについては、事業実施期間や終了時期との兼ね合い、さらに今後の軽水炉再稼働の見通しが不透明なこともあり、十分な検討が行えていない。再稼働が見込める原発の基数や稼働年数、再処理量等について、幅広い想定による検討が必要である。

今後の研究開発の方向等に関する提言

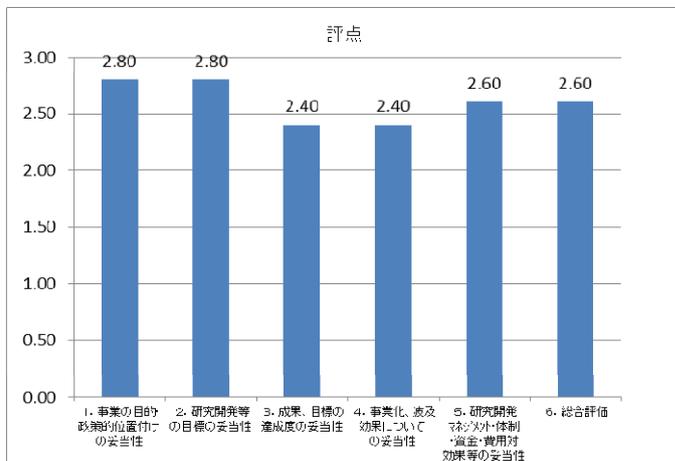
概ね適切な成果が得られている。本事業の成果をさらに発展させ、回収ウラン等の除染技術の実用化に向けて継続的に取り組まれることを期待する。

評点結果

評点法による評点結果

(A. 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発委託費に係る事業)

| | 評点 | A 委員 | B 委員 | C 委員 | D 委員 | E 委員 |
|--------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 | 2.80 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性 | 2.80 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性 | 2.40 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性 | 2.40 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.60 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 6. 総合評価 | 2.60 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |



【評価項目の判定基準】

評価項目1～5.

3点: 非常に重要又は非常によい

2点: 重要又はよい

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

6. 総合評価

(事後評価の場合)

3点: 実施された事業は、優れていた。

2点: 実施された事業は、良かった。

1点: 実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点: 実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

技術に関する事業

| | |
|---------------|----------------------------------|
| 技術に関する 事業名 | B. 回収ウラン利用技術開発委託費に係る事業 |
| 上位施策名 | 核燃料サイクルに係る施策 |
| 担当課 | 資源エネルギー庁電力・ガス事業部原子力立地・核燃料サイクル産業課 |

事業の目的・概要

我が国では、核燃料資源の有効利用の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるウラン、プルトニウムを有効利用する核燃料サイクルの推進を基本方針としており、六ヶ所再処理工場の本格操業後には年間800トンの使用済燃料が再処理され、年間700トン以上のウランが回収される。

原子力政策大綱等では、使用済燃料の再処理により回収されるウランは、核分裂性ウランの含有率が天然ウランよりも高く備蓄効果も高いことから、将来のウラン需要に備えた戦略的備蓄と位置付けられているが、国内での回収ウランの利用にあたっては、転換施設（酸化物状態で回収されるウランを濃縮するためにふっ化物に転換するための施設）の導入に要する期間、費用の見積もり、既存のウラン濃縮施設の対応可能性等について検討が必要とされている。

また、回収ウランは、微量の核分裂生成物や超ウラン元素が含まれるとともに、天然ウランと同位体組成が異なることから、ウランの子孫核種等による作業員の被ばくや原子炉の中性子利用効率の低下等の影響についても考慮が必要と考えられている。

本プロジェクトでは、六ヶ所再処理工場から回収されるウランを再び軽水炉で利用するため、既存のウラン濃縮施設、再転換施設、成型加工施設での回収ウラン取扱いへの影響や原子炉の炉心特性に与える影響等を調査する。また、高性能で安全性、経済性に優れた転換プロセス、濃縮プロセス、再転換プロセスを検討し、回収ウラン利用の技術開発の概念検討を実施する。

予算額等（委託）

（単位：千円）

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 事後評価時期 | 事業実施主体 |
|----------------------|----------------------|-----------|---------|---------|
| 平成21年度 | 平成22年度 | - | 平成26年度 | 三菱マテリアル |
| H20FY 予算額 | H21FY 予算額 | H22FY 予算額 | 総予算額 | 総執行額 |
| 95,000 (H21FYに繰越) | 85,500 (H22FYに繰越) | - | 180,500 | 145,645 |

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

| 個別要素技術 | 目標・指標 | 成果 | 達成度 |
|------------------------------|---|--|-----|
| (1) 国内外の回収ウラン取扱実績等に関する調査 | ・各国の核燃料サイクル施設における回収ウランの取扱い実績、軽水炉における回収ウランの利用実績及び回収ウランの取扱いに関する技術的課題を調査する。 | ・各国の核燃料サイクル施設における回収ウランの取扱い実績や軽水炉における回収ウランの利用実績について調査・整理した。 ・回収ウランの γ 線に起因する事項、回収ウランの高い α 放射能によって影響される事項、回収ウランの微量不純物放射能によって影響される事項など、各国の事例を調査するとともに、回収ウランの特性と関連付けて整理した。 | 達成 |
| (2) 既存施設における回収ウランの受入条件に関する調査 | ・既存の国内外の主要な転換、濃縮、再転換、成型加工、原子炉、各種輸送設備における取扱核種、線量等の受入条件等を調査する。 | ・既存の国内外の主要な転換（人形峠）、濃縮（人形峠）、再転換・成型加工（4施設）、発電用原子炉、回収ウラン酸化物、UF ₆ 、回収ウラン燃料集合体の輸送設備における取扱核種、線量などの受入条件及び受入上限値を調査した。同様に、海外の転換（仏、露、英）、濃縮（独、英、蘭）、再転換・成型加工（仏、露、独）等における取扱核種、線量などの受入条件及び受入上限値を調査した。 | 達成 |
| (3) 炉心特性に与える影響に関する調査 | ・回収ウランに含まれるU-236、核分裂生成物（FP）、マイナーアクチニド（MA）、 α 線放出核種等が炉心特性に与える影響を調査する。 | ・六ヶ所再処理工場からの回収ウラン組成等の条件を考慮し、再濃縮燃料の組成を設定して、回収ウラン燃料を用いた炉心特性に与える影響を複数の許認可コードによる計算で評価し、PWR、BWRとも、濃縮回収ウラン燃料を使用した炉心の成立性に問題ないことを確認した。 | 達成 |
| (4) 国内外の転換プロセスに関する調査 | ・回収ウラン酸化物をUF ₆ に転換する国内外のプロセス技術を調査する。 | ・回収ウラン酸化物をUF ₆ に転換するプロセスについて、日 人形峠、仏 COMURHEX、露 SCC等のプロセスフローと各工程の要素技術、反応機器の特徴等を調査した。また、海外の主要な天然ウラン転換工場（仏 COMURHEX、加 Cameco、米 ConverDyn、英 Westinghouse、露 SCC等）の情報も調査し、それぞれのプロセスの特徴や課題等に関する情報を整理した。 | 達成 |
| (5) 転換プロセスの検討 | ・六ヶ所再処理工場からの回収ウランを六フッ化ウランに転換するプロセスの検討を行う。 | ・六ヶ所再処理工場の使用済燃料受入仕様に基づき、回収ウランの同位体組成の変動等を検討し、転換プロセスで扱う原料回収ウランの受入仕様を検討した。 ・原料の運搬と取出し、転換プロセスへの供給も含めて、六フッ化ウラン（UF ₆ ）ガスの形態にふっ化転換するプロセスを検討し、国内の技術実績の活用観点から2段ふっ化法を選定した。 | 達成 |
| (6) 回収ウラン濃縮プロセスの検討 | ・国内の既存のウラン濃縮施設（六ヶ所ウラン濃縮工場）で回収ウランUF ₆ を取扱う場合の課題を検討する。 | ・六ヶ所ウラン濃縮工場において、原料として回収ウランUF ₆ を取扱う上で課題となる事項を処理工程毎に抽出し、外部遮蔽対策、濃縮前後の待機時間の短縮等の対策の必要性を明らかにした。 | 達成 |
| (7) 回収ウラン再転換プロセスの検討 | ・濃縮された回収ウランUF ₆ を国内の既存の再転換施設 | ・濃縮された回収ウランを国内の既存の再転換施設で再転換する場合の回収ウラン取扱いによる課題 | 達成 |

| | | | |
|---------------------|--|--|----|
| 討 | 設で取扱う場合の課題を検討する。また、劣化ウラン(UF6)の酸化固形化を新たに実施する場合のプロセスを検討する。 | について検討し、遮蔽対策、設備の自動化や成型加工時間短縮等の対策の必要性を明らかにした。 ・劣化ウラン酸化固形化プロセスについて、国内の劣化ウラン貯蔵量、今後の発生量想定から、施設の規模、処理プロセスを検討した。 | |
| (8) 転換プロセスの事業化の概念検討 | ・回収ウラン酸化物をUF6に転換する回収ウラン転換プロセスの事業化に対する概念検討を行う。 | ・(5)で選定された転換プロセスによる転換施設の施設規模、機器構成、運転に必要な試薬、人員などの情報を整理し、二段ふっ化法に基づく800tU/年の処理能力を持つ回収ウラン転換施設について概念検討した。 ・回収ウラン利用における転換プロセスの成立性の検討を行うとともに、回収ウランの転換から再濃縮、再転換、成型加工を経て原子炉へ装荷されるまでの全工程について事業化に対する課題を整理した。 | 達成 |

(2) 目標及び計画の変更の有無

特になし

<共通指標>

| 論文数 | 論文の被引用度数 | 特許等件数(出願を含む) | 特許権の実施件数 | ライセンス供与数 | 取得ライセンス料 | 国際標準への寄与 |
|-----|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| - | - | - | - | - | - | - |

総合評価概要

今後、再処理施設の稼働により回収ウランが蓄積することは明らかであり、近い将来での事業化が見込め、その効果も大きな事業である。また、目標の設定・根拠・成果が明確に示されており、事業完遂に向けた姿勢は高く評価できる。

なお、全体として調査報告で終わっている傾向にあり、技術課題の洗い出しが甘く、もう少し深く掘り下げて次の研究開発アクションにつなげるべきではないか。特に、「(3) 炉心特性に与える影響」について、「濃縮回収ウラン燃料を使用した炉心の成立性に問題ないことを確認」とあるが、今後、実用化を検討するにあたって、原子炉の運転管理を行う電気事業者の判断材料を得るためにはさらなる検討が必要である。

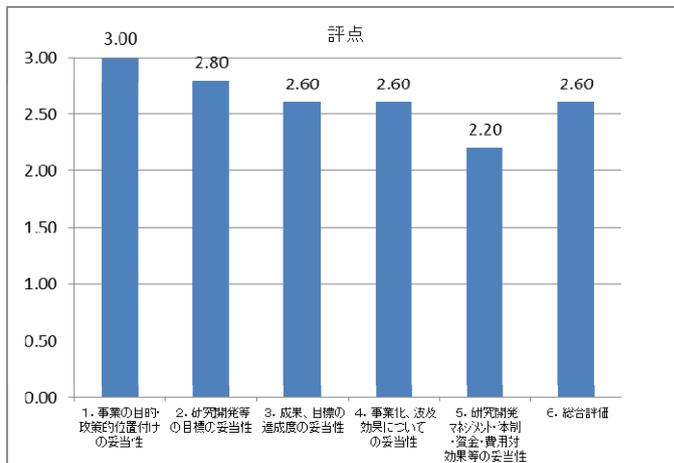
今後の研究開発の方向等に関する提言

概ね適切な成果が得られているが、「(3) 炉心特性に与える影響」については、原子炉の運転管理を行う電気事業者の判断材料を得るためにはさらなる検討が必要である。本事業の成果をさらに発展させ、実用化に向けて継続的に取り組まれることを期待する。

評点結果

評点法による評点結果 (B. 回収ウラン利用技術開発委託費に係る事業)

| | 評点 | A | B | C | D | E |
|--------------------------------|------|----|----|----|----|----|
| | | 委員 | 委員 | 委員 | 委員 | 委員 |
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 | 3.00 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性 | 2.80 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性 | 2.60 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性 | 2.60 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.20 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 6. 総合評価 | 2.60 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 |



【評価項目の半定基準】
 評価項目1～5.
 3点: 非常に重要又は非常によい
 2点: 重要又はよい
 1点: 概ね妥当
 0点: 妥当でない

6. 総合評価
 (事後評価の場合)
 3点: 実施された事業は、優れていた。
 2点: 実施された事業は、良かった。
 1点: 実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。
 0点: 実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

技術に関する事業

| | |
|---------------|----------------------------------|
| 技術に関する 事業名 | C. 使用済燃料再処理事業高度化補助金に係る事業 |
| 上位施策名 | 核燃料サイクルに係る施策 |
| 担当課 | 資源エネルギー庁電力・ガス事業部原子力立地・核燃料サイクル産業課 |

事業の目的・概要

我が国においては、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用するという基本的方針を踏まえ、当面、プルサーマルを着実に推進することとしており、事業者には核燃料サイクルの要である六ヶ所再処理工場の着実な操業運転を進めることが期待されている。

本プロジェクトは、再処理施設で用いられるガラス固化技術についてより多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能な新しい性状のガラス素材を開発するとともに、これに対応しうる新型のガラス溶融炉を開発することにより、我が国の使用済燃料再処理技術の高度化を図るものである。

また、新型ガラス溶融炉の開発に際しては、六ヶ所再処理工場の運転経験を反映する研究もあわせて行う。

予算額等（委託）

（単位：千円）

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 事後評価時期 | 事業実施主体 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 平成21年度 | 平成25年度 | 平成20年度 | 平成26年度 | 日本原燃 |
| H23FY 予算額 | H24FY 予算額 | H25FY 予算額 | 総予算額 | 総執行額 |
| 2,275,268 | 1,030,000 | 1,030,000 | 7,727,268 | 5,716,517 |

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

| 個別要素技術 | 目標・指標 | 成果 | 達成度 |
|--|---|--|---|
| (1) 新ガラス素材の開発 ①イエローフェーズ発生抑制ガラス素材の開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・イエローフェーズ (YP) の発生を可能な限り抑制する新ガラス素材を開発する。 ・開発したガラスの性能については、るつぼ試験、小型・中型溶融炉試験、新型ガラス溶融炉実規模モックアップ試験において確認する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・るつぼ試験により、YP 発生抑制ガラス素材の組成 (従来ガラス素材中のアルミニウム (Al) とケイ素 (Si) の一部を廃液側に分配) を選定した。 ・小型および中型溶融炉試験において、調整液を添加しない条件で YP 発生抑制効果を確認することができた。 ・新型ガラス溶融炉の実規模モックアップ試験において、調整液を添加しない条件で新ガラス素材を使用して、適切な温度管理ができ、安定した運転が可能であった。また、YP 発生抑制効果については、運転条件の最適化を図る等の課題を確認することができた。 | 概ね達成 (新型ガラス溶融炉により運転が可能なことを確認し、今後は、運転条件の最適化を自主事業の中で進める。) |
| ②高減容ガラス素材の開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・より多くの高レベル廃液を取り込める新ガラス素材を開発する。 ・開発したガラスの性能については、るつぼ試験、小型溶融炉試験において確認する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・るつぼ試験により、高減容ガラス素材の組成 (従来ガラス素材中のアルミニウム (Al) とホウ素 (B) の一部を廃液側に分配、バナジウム (V) の添加) を選定した。 ・小型溶融炉試験において、廃棄物含有率 34wt% (現行は 20.8wt%) を達成できることを確認できた。 | 達成 |
| (2) 新型ガラス溶融炉の開発 ①新型ガラス溶融炉構成技術の開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・白金族元素の堆積抑制および抜き出し性の向上を目的として、新型ガラス溶融炉を構成する技術 (炉底部技術、炉内要素技術) を開発する。 ・開発した各構成技術については新型ガラス溶融炉の実規模モックアップ試験において検証を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> ・炉底部形状を円すい、傾斜角度を 60° に変更し、炉底部の加熱手段を追加した炉底部のモックアップ試験等により、現行ガラス溶融炉と比べ、白金族元素の堆積抑制および抜き出し性、ならびにガラスの流下性が向上することを確認した。また、通常の約 5 倍の白金族元素濃度のガラスにおいても、良好に流下することができた。 ・新型ガラス溶融炉の実規模モックアップ試験により安定した温度管理が可能であり、白金族元素の堆積抑制、抜き出し性およびガラスの流下性が向上することを確認した。 | 達成 |
| ②ガラス溶融炉解析コードの高度化 | <ul style="list-style-type: none"> ・ガラス溶融炉内の温度および白金族元素分布等の挙動を模擬できる解析コードを開発する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・解析コードに仮焼層のモデルやガラス物性値の反映等を行うことで、従来の解析コードと比べ、ガラス溶融炉内のガラス温度および白金族元素分布の再現性が向上した。 ・解析コードを用いて、新型ガラス溶融炉の実規模モックアップ試験の運転条件の事前検討を行うことができた。 | 達成 |
| ③ガラス物性等の基礎試験 | <ul style="list-style-type: none"> ・白金族元素および模擬廃液成分を含有したガラスの物性等の基礎データを取得する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・白金族元素を含有したガラスの物性値、炉内の白金族元素の挙動、仮焼層の構造等のデータを取得し、ガラス溶融炉解析コードの高度化等に利用した。 | 達成 |

(2) 目標及び計画の変更の有無

特になし

<共通指標>

| 論文数 | 論文の 被引用度数 | 特許等件数 (出願を含む) | 特許権の 実施件数 | ライセンス 供与数 | 取得ライセ ンス料 | 国際標準へ の寄与 |
|-----|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 12 | - | - | - | - | - | - |

総合評価概要

再処理工場の安定運転だけでなく、処分の観点から、ガラス固化体の安定性向上、発生量抑制に寄与するものとして評価できる。特に、高減容ガラスや溶融炉（洗浄頻度低減、固化体発生数削減）の開発では、その部分の課題（イエローフェーズ、白金族挙動など）をビーカー試験から大型モックアップ試験まで緻密な実証試験で課題解決しており、事業を展開する上で大きな成果が得られた。また、中間報告の状況を勘案すると、明確かつ適切な成果が得られた。

なお、課題が解決できた一方で新たな課題も分かったはずで、その整理も必要で、それら全体を俯瞰した研究計画があっても良いように思われる。本施策の分野においてどのように国際的なイニシアチブを持つべきかについては難しい問題である。一方で、本分野における技術の国産化は様々な面で必要になることが考えられる。どのような手段をもって、事業の成功を得るかということは、マネジメントの基本的な課題である。

今後の研究開発の方向等に関する提言

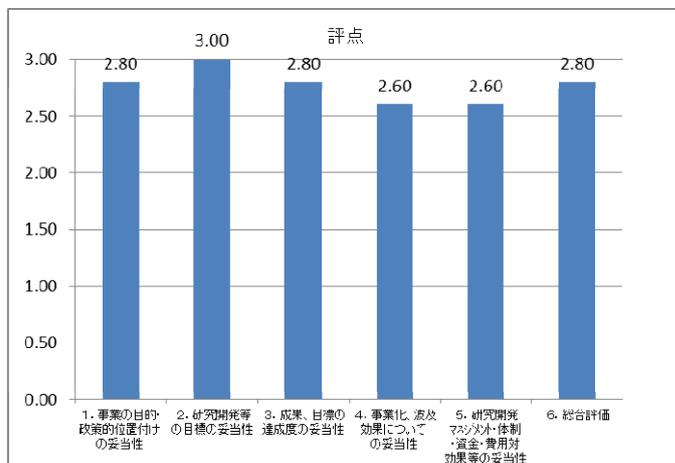
国策を推進していく上で、根幹となる事業であり、将来この技術が採用されたときに、先の六ヶ所再処理工場のガラス固化のトラブルのような問題が発生しないように、徹底した実規模レベルの実証試験が必要である。

また、高レベル放射性廃棄物処分の問題は、最大の問題であり、この問題に対処していくためにも、高速炉を活用した放射性廃棄物の減容、有害度減少などの研究開発に、より一層の力点が置かれるべきである。

評点結果

評点法による評点結果 (C. 使用済燃料再処理事業高度化補助金に係る事業)

| | 評点 | A 委員 | B 委員 | C 委員 | D 委員 | E 委員 |
|--------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 | 2.80 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性 | 3.00 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性 | 2.80 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性 | 2.60 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.60 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 6. 総合評価 | 2.80 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |



【評価項目の判定基準】

評価項目1～5

3点: 非常に重要又は非常によい

2点: 重要又はよい

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

6. 総合評価

(事後評価の場合)

3点: 実施された事業は、優れていた。

2点: 実施された事業は、良かった。

1点: 実施された事業は、成果等が今一步のところがあつた。

0点: 実施された事業は、成果等が極めて不十分であつた。