

『高速増殖炉サイクルの研究開発方針について－「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」を受けて－（案）』に対するパブリックコメント及びこれに対する本委員会の考え方の概要

平成18年10月31日
原子力分野の研究開発に関する委員会

1. パブリックコメントの概要

- (1) 実施期間：平成18年9月15日（金）～平成18年10月14日（土）
- (2) 意見件数：76件（9名）
- (3) 提出方法：電子メール（FAX、郵送による提出なし）
- (4) ご意見の全体概要
開発目標・設計要求の内容、2015年までの研究開発計画（特に、研究開発段階から実証プロセスへの移行のあり方、実証炉）、技術開発課題の留意事項（分離変換技術、知識管理、規格・基準の整備など）や代替技術の研究開発の進め方、ならびに資金の確保などについてご意見をいただいた。

2. 主なご意見の概要

- (1) はじめに
 - FBR サイクル技術開発へのニーズとして、「核拡散抵抗性の向上」や「放射性廃棄物の問題」に加えて「ウラン資源の利用効率の向上」を記載すべき。
- (2) 総論 高速増殖炉サイクルの実用化に向けて
 - 開発目標に技術伝承性（又は技術継続性）を加えていただきたい。
 - MA リサイクル/低除染の採用により、従来の MOX 燃料よりも多くの放射線を発する新燃料を取扱うことに伴うリスクについても評価すべき。
 - 2015年までに実証施設（炉、サイクル）の概念設計を提出するためには

実証施設のスペックをどのようなものとするかを定める必要があり、その決定時期を明示すべき。また、実証炉の出力は、もんじゅの実績から見通せる適切な出力を熟慮の上に決定されるべき。

- 実証炉の立地は現在直面している課題として捕らえるべきであって、その解決の方針は研究開発の方針に含まれるべき。
 - ナトリウム冷却炉の大型試験施設を具体化する際、適切な実証範囲、規模、試験終了後も有効活用できる方策が提示されるべき。また、革新技術について大型試験施設により実証する項目と各革新技術の開発フェーズの整合性がわかりにくい。
 - 文部科学省は、独法の経営にのみ期待するのではなく、運営交付金を査定する立場として研究開発推進とその安全確保の両立についてきちんと評価すべき。
 - 高速増殖炉サイクル技術が国家基幹技術に指定されたことに鑑み、国が主導的な立場をもって五者協議会の議論をとりまとめ、国としての具体的な答えを導くべき。
 - 必要な資金の確保について、当該研究が国家基幹技術であることに鑑み、国と原子力機構の両者とも義務事項とすべきである。
 - 原子力機構はもとより、国もまた、世界標準に向けて日本の技術の有用性を積極的にアピールすることが重要。
- (3) 各論 第一部 高速増殖炉サイクルの技術的な検討
- LLFP や発熱核種の分離技術については原理確認のレベルにあり、今後開発資源を重点的に投資し、FBRサイクルの実用化を目指す枠組みの中で同列に進めることは、開発全体として合理的ではない。
 - 回収ウランの除染係数の設定においては、回収ウランの活用方法に関する議論を先んじて実施し、その結果に基づく将来の需給バランスの予測に留意する必要がある。
 - 代替技術への投資程度はある程度抑えつつも複数の技術を同時開発し、

早く開発できたものから順次採用し、間に合わないものは止める方が人類のエネルギー危機のリスク分散という意味では有効。

- 代替技術を用いることの影響について、原子炉システムの代表例しか示していない。また、示したものは経済性の観点が重視されているが、安全性への影響についても示すべき。
 - 常陽、もんじゅの経験を踏まえ、どのレベル、どの領域までを Design by analysis とし、どのレベル、どの領域から Design by test にするのか、開発ステップでの基本的な考え方、方針を予め整理して、明らかにする必要がある。
 - 約 40 年にわたり FBR サイクルの経験を積んできたので、その知識ベースをしっかりと構築し、幅広くシミュレーションして効率的に設計の妥当性を検証すべき。
- (4) 各論 第二部 今後の進め方
- 国際的に通用する技術的競争力を有するように開発を実施するため、2025 年実証炉運転開始の前倒しを視野に入れた研究開発もありえる。
 - 2050 年に 150 万 KWe の FBR を達成する必要性が不明。実証炉についても革新技術が実証できる範囲の規模で始め、その成果を踏まえ大型化を図っていくのが、安全性、経済性(投資リスク)等の面で妥当ではないか。
 - 今後行なわれる評価においては、プロセス成立性の判断基準、ステップアップする場合の判断基準、実用を見通すための判断基準を具体的に示して、その基準に合わせて評価する必要がある。
 - 原理実証として見極めが果たただけの技術については、早期にエンジニアリングジャッジができるデータを取得して、その結果を十分評価してから工学試験に入るべき。
 - これまでのもんじゅの再起動に向けた種々の取り組みは国民の信頼を回復するプロセスとも位置付けられ、国民の信頼回復に一定の成果をあげたと評価すべき。

- 規格・基準について、独自に規格策定に動くべきではないか。また、規格・基準策定こそ、国際協力が必要。

(5) その他（全体として）

- 専門家からなる作業部会を設けて、第3者評価がなされ広く意見を取り入れ独りよがりにならない方向で、早期実現に向けて関係者が一体となって進めていこうとする姿勢を評価したい。
- FBRの開発にあたっては国が責任をもって強力なリーダーシップを発揮し、ぶれない政策でありながら世界的、我が国の状況変化に柔軟に対応できる計画のもと進めて行っていただきたい。
- 世界の専門家（個別技術や核拡散の専門家も含む）によるピア・レビューを期待したい。
- 「ナトリウムは燃える」という、その化学的性質から、固有の安全性を持っていないので、燃えない冷却材（鉛など）に変更して、開発を進めていくべきである。
- 実際の研究開発を実施する現場のモチベーション維持のためにも、文部科学省には委員会の報告を尊重し、具体的な企画立案とそこに至った経緯の明示を切望する。

3. ご意見を踏まえた報告書案の修正案

（ご意見及びご意見に対する委員会の考え方の詳細については、詳細版を参照）

(1) はじめに

① i ページ、第2パラグラフ

（ご意見）

FBR サイクル技術開発へのニーズとして、「核拡散抵抗性の向上」や「放射性廃棄物の問題」に加えて「ウラン資源の利用効率の向上」を記載すべき。

（対応）

ご指摘の趣旨を踏まえ、「一方、高水準の安全性を前提に、核拡散抵抗

性の向上や放射性廃棄物の問題への対応に関心が高まっており、これに対応でき、ウラン資源の有効利用性が高い革新的な原子力システムとして、高速増殖炉サイクル技術の研究開発が進められています。」と修文しました。

(2) 総論 高速増殖炉サイクルの実用化に向けて

① 5 ページ、第 3 パラグラフ

(ご意見)

比較の結果を明確にするために、「・・・(プルサーマル)は、軽水炉ワンスルーと比較した場合、ウラン資源を・・・可能である。」とした方がいいと思われます。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「再処理して使用済燃料に含まれるウランやプルトニウムを回収し、再び軽水炉の燃料にすること(プルサーマル)は、軽水炉ワンスルーと比較した場合、・・・可能である。」と修文しました。

② 6 ページ、表総-2-1

(ご意見)

「冷却材 1 次／二次」→「冷却材一次／二次」

(対 応)

ご指摘の通り、「冷却材一次／二次」と修文しました。

③ 7 ページ、第 3 パラグラフ

(ご意見)

「放射性廃棄物の適切な管理による環境負荷低減」とありますが、環境負荷低減という観点からは、「適切な管理」というよりは、長半減期核種の低減(核変換)と放射性廃棄物の減量が重要なことだと思います。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「近年、原子力発電への回帰の動きが進展しており、ウラン資源の有効利用や放射性廃棄物による環境負荷の低減の観点などから高速増殖炉サイクルの研究開発の機運が再び高まっている。」と修文しました。

④ 9 ページ、第 1 パラグラフ

(ご意見)

仏国の法律では、次世代原子炉だけでなく加速器駆動システムを用いた核変換技術の研究も進めることが記述されていると思います。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、仏国の記述について、「2006 年 6 月、「放射性物質と放射性廃棄物の永続的管理計画に関する法律」が制定され、この中で、長寿命放射性元素の分離・変換に関する研究は、次世代原子炉に関する研究及び核変換用加速器駆動炉に関する研究と連携し、引き続き進めていくこととされた。」と修文しました。

⑤ 13 ページ、第 1 パラグラフ

(ご意見)

「(2) 日本的高速増殖炉サイクル研究開発」に、電気事業者を中心に実施してきた実証炉の設計検討について記述する必要はないでしょうか。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「また、1990 年代には電気事業者を中心に高速増殖炉実証炉の設計検討が進められた。」と追記しました。

⑥ 13 ページ、第 2 パラグラフ 他

(ご意見)

「東海再処理工場」と「東海再処理施設」が混用されています。また、この施設は LWR 燃料再処理を目的としているので、FBR サイクル研究に対しては、その経験が役に立つ、というような記述とすべき。

(対 応)

ご指摘の通り、「東海再処理工場」を「東海再処理施設」に用語を統一しました。

ご意見の趣旨を踏まえ、「これらの経験については、高速増殖炉燃料再処理の研究開発に反映されている。」と追記しました。

⑦ 17 ページ、第 4 パラグラフ

(ご意見)

「熱効率の向上により」高レベル廃棄物発生量が低減するのは何故でしょうか。また、発熱性 FP を取り除くことで固化体 1 体あたりに含有できる廃棄物量を高くすることが可能となり、結果として廃棄体数を減らす効果があるという関係がわかるような記述とするべきです。なお、「燃焼す

ることにより」は「燃焼させることにより」では。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「〇 マイナーアクチニドを回収し燃料に混ぜて燃焼させること及び熱効率が向上することにより、発電電力量あたりの高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)発生量は約2/3に低減可能となる。さらに、発熱性核分裂生成物等の分離技術と対応する廃棄体の処理処分技術が実現すれば、ガラス固化体1体あたりに含有する核分裂生成物量を増やし、発電電力量あたりの高レベル廃棄物発生量を約1/4まで低減できる可能性がある」と修文しました。

⑧ 17ページ、第5パラグラフ

(ご意見)

国際評価を踏まえれば、内在的核不拡散性を高める一手法の採用をもって「高い核拡散抵抗性を実現することができる」とまで評価することはバランスに欠く懸念がある。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「核兵器の原料ともなり得るプルトニウムを利用しているが、保障措置などの制度に加え、プルトニウムを常にウランやマイナーアクチニド等と混合された状態で取り扱うことにすれば、これにより燃料の放射線量が高くなり、テロリストなど、盗取を試みる可能性のある者の接近を阻害することができるなど、技術的にも核拡散抵抗性を更に向上することができる」と修文しました。

⑨ 18ページ、表総-3-1 及び 表総-3-3

(90ページ、表1-2-1)

(ご意見)

表総-3-1はFSの方針(表総-3-3も同様と認識していますが)とある。p19の文章中に「目標とすべきと考える」とあるが、FSの目標と委員会の目標がたまたま一致したのか。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、表総-3-1の表題を「今後の開発目標」に、表総-3-3の表題を「今後の開発目標を実現するための設計要求」に修文しました。

⑩ 24ページ、表総-3-4

(ご意見)

実用施設の概念設計が（導入期）と（平衡期）と分けて示されているが、2種類の設計を行うように解釈される。文章ではそのようには読めない。
（対 応）

ご意見の趣旨を踏まえ、「高速増殖炉サイクル実用施設（導入期及び平衡期）」と修文しました。

⑪ 31ページ、第2パラグラフ

（ご意見）

「再処理ではFBRサイクル導入期の検討を行う」というのは、唐突で、かつ意味がわかりません。

（対 応）

ご意見の趣旨を踏まえ、「特に再処理の設計研究では、高速増殖炉サイクル導入期の検討として、シナリオ解析、プラント概略仕様及び設備検討を行うこととする。」と修文しました。

⑫ 34ページ第2パラグラフ 及び 167ページ第2パラグラフ

（ご意見）

必要な資金の確保について、当該研究が国家基幹技術であることに鑑み、国と原子力機構の両者とも義務事項とすべきである。

（対 応）

ご意見の趣旨を踏まえ、「また、国は、適切な資金を確保することが重要である」と修文しました。

(3) 各論 第一部 高速増殖炉サイクルの技術的な検討

① 40ページ、図1-1-3

（ご意見）

文章では「社会的な判断の視点」、図1-1-3では「政策的な判断の視点」となっています。

（対 応）

ご指摘の通り、「社会的な判断の視点」と修文しました。

② 43ページ、第2パラグラフ

（ご意見）

「ナトリウム-水反応の発生可能性を著しく低下させ」→「極力低下させ」（開発の途上にある中、断定的な表現は改めるべきで、設計思想を述

べるような表現の方が好ましいと考えます)

(対 応)

ご指摘の通り、「プラント寿命期間中にナトリウム－水反応の発生可能性を極力低下させ、」と修文しました。

③ 79 ページ、第2パラグラフ

(ご意見)

「軽水炉を60年でリプレースすると仮定すれば、これらのタイプの高速増殖炉が全ての軽水炉に置き換わるためには、」→「軽水炉の寿命を60年と仮定すれば、全ての軽水炉をこれらのタイプの高速増殖炉に置き換えるためには、」(特に後半部分はリプレース対象が軽水炉なのか高速増殖炉であるのか不明確と思われるため)

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「軽水炉を60年でリプレースすると仮定すれば、全ての軽水炉がこれらのタイプの高速増殖炉に置き換わるためには、」と修文しました。

④ 87 ページ、第4パラグラフ

(ご意見)

「再処理に関する技術的知見は相対的に少ないことから・・・より柔軟な姿勢が必要」とありますが、炉に比べれば時間的余裕があるから、今後の経験の蓄積を踏まえた長期的な視点が必要、というようなことであれば、そのようにもう少し具体的に記述していただきたい。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「再処理の研究開発にあたっては、新たな知見や経験などを積極的に取り入れるなどのより柔軟な姿勢が必要であると考える。」と修文しました。

⑤ 93 ページ、第2パラグラフ

(ご意見)

次世代軽水炉についての記述で表1-2-2を引用していますが、これはナトリウム冷却炉のものです。

(対 応)

ご指摘の通り、「高速増殖炉サイクルの研究開発(表1-2-2参照)においてもこのような最新の知見を踏まえた設計を目指すべきである。」と参照箇所を変更しました。

⑥ 93 ページ、第4パラグラフ

(ご意見)

次世代軽水炉の建設費が、文章では12~13万円/kWeとありますが、図1-2-4では20万円となっています。

(対応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「初号機の平均建設費として18万円/kWe程度(図1-2-4参照)、」と参照箇所を変更しました。

⑦ 95 ページ、第3パラグラフ

(ご意見)

増殖比を1.2に見直した理由の一つとして、日本のFBRサイクル技術を世界標準とするため、各国のエネルギー需給に対応できるポテンシャルを考慮したことが記述されていますが、具体的にどういうことなのか明確ではありません。

(対応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「各国それぞれのエネルギー需給状況によって高速増殖炉への設計要求が異なることが見込まれている(・・・)。この様な状況に対応し我が国の高速増殖炉サイクル技術を世界標準とするためには、」と修文しました。

⑧ 98 ページ、第3パラグラフ

(ご意見)

「効果が数百万年後といった極めて遠い将来に期待される」とありますが、何の何に対する効果かわかりません。

(対応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「LLFPの分離については、放射能による潜在的影響の低減効果が数百万年後といった極めて遠い将来に期待されるものであること、」と修文しました。

⑨ 107 ページ、第3パラグラフ

(ご意見)

「サイト毎の地震条件を均一化」は、「サイト毎の耐震設計条件を標準化」の方が正確だと思います。

(対応)

ご指摘の通り、「耐震性能の向上と同時に、サイト毎の耐震設計条件を標準化することにより」と修文しました。

⑩ 113 ページ、第4パラグラフ 及び 139 ページ、第1パラグラフ
(ご意見)

- 1) 代替技術への投資程度はある程度抑えつつも複数の技術を同時開発し、早く開発できたものから順次採用し、間に合わないものは止める方が人類のエネルギー危機のリスク分散という意味では有効。
- 2) 代替技術を用いることの影響について、原子炉システムの代表例を示しているが、再処理、燃料製造に関するものがない。また、経済性の観点が重視されているが、安全性への影響についても示すべき。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、113 ページ、第4パラグラフの該当部を「革新的な技術だけを代替技術に置き換えることが可能と考える。なお、代替技術の採用に際して、開発目標に対する適合性についてその影響度合いを評価しておくべきである(表1-2-4参照)」と修文するとともに、139 ページ、第1パラグラフの該当部に「なお、代替技術の採用に際して、開発目標に対する適合性についてその影響度合いを評価しておくべきである。」を追記しました。

⑪ 121 ページ、第2パラグラフ
(ご意見)

軽水炉において、ボイド反応度係数が負となるよう設計しているのは、自己制御性を有することを目的としているものであり、配管破断等に起因する減圧時のボイド発生による反応度制御をすることが設計条件となっているものではないと理解していますが。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、「軽水炉は冷却材である水を加圧状態で利用しており、万一の配管破断などの際には減圧に伴い冷却材に大量のボイドが発生することが想定されるため、そのような場合でも十分に「ボイド反応度係数が負」(出力の上昇などによりボイドが発生した場合、核分裂に寄与する熱中性子が減少、核分裂連鎖反応が抑制され、その結果、出力が低下する) である。」と修文しました。

⑫ 135 ページ
(ご意見)

約40年にわたりFBRサイクルの経験を積んできたので、その知識ベースをしっかりと構築し、幅広くシミュレーションして効率的に設計の妥当性

を検証すべき。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、以下の通り追記しました。

「②知識ベースの構築とシミュレーション技術の活用

研究開発の推進にあたっては、研究開発施設等の設計、建設、運転、保守・補修等でこれまで蓄積された知見と経験を体系的に整理し、設計研究等に反映するとともに、近年著しい発展を遂げたIT技術及びシミュレーション技術を活用するなど、研究開発を効果的かつ効率的に進めることが必要である。

概念設計研究を行うに際して、革新的な技術に関する研究開発成果を絶えずフィードバックして設計を改良、最適化していくためには、常に必要な知識ベースを意識して研究開発成果を体系的に集約して活用する必要がある。また、高速増殖炉サイクルの研究開発は研究開発機関、製造事業者、大学など多くの組織で実施されるが、今後の研究開発においては、これらの組織での研究開発成果を知的財産権の適切な保護を考慮しつつ体系的に集約し、確実に実用化に結び付けていく必要があると考える。

そのためにも、研究開発の早い段階から関係機関で連携を図りつつ、知識ベースの構築について検討すべきである。

なお、この知識ベースの構築を検討するにあたっては、これまで得られた知識・経験や研究開発成果を次世代においても積極的に活用することが可能となるよう、人材育成や技術継承にも留意して検討することが重要と考える。」

(4) 各論 第二部 今後の進め方

① 151ページ、第5パラグラフ

(ご意見)

「MAが含有されていない燃料」＝「高除染燃料」ではありません。

(対 応)

ご指摘の通り、「実証炉の初装荷燃料及び初期の取替え燃料として高除染燃料を想定している。」と修文しました。

② 152ページ、図2-1-8 (29ページ、図総-3-8及び207ページ、図)

(ご意見)

燃料サイクルの革新技術のように原理実証として見極めがっただけ

で、実用化技術として採用できるかどうか見極めがついていない技術もあると考える。このような技術については、早期にエンジニアリングジャッジができるデータを取得して、その結果を十分評価してから工学試験に入るべきと考える。

(対 応)

図2-1-8の再処理の研究開発計画の工学規模ホット試験計画に関し、添付資料5の各計画と整合しておらず、誤解を招いたと考えられるため、「安全審査、詳細設計、設工認」の終了時期を2010年から2012年に変更します。

(5) その他

(ご意見)

図表を判読できるようにしていただきたい。特に、ロードマップ、研究開発計画、技術的実現性等に関する図表は極めて重要である。

(対 応)

ご意見の趣旨を踏まえ、特に図中の文字が小さく判読が難しい図総-3-6、図総-3-7、図総-3-8、図総-3-9、図2-1-1、図2-1-4、図2-1-7、図2-1-8、図2-1-9、p175下図、p180上図、p200下図、p201上図を拡大しました。

4. 事務局による表現等の見直し

① i ページ、第4パラグラフ

「研究開発・評価分科会」を「研究計画・評価分科会」に修正しました。

② 2 ページ、図総-1-2

ラベル色を修正しました。

③ 3 ページ、第2パラグラフ

「70ドル代」を「50ドル代から70ドル代」に修正しました。

④ 4 ページ、図総-1-5 他

「出典：フェーズⅡ報告書の概要」を「出典：高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書（以下、FS フェーズⅡ報告書）の概要」に修正しました。また、これ以降の図表中の出典に書かれた「フ

エーズⅡ報告書」を「FS フェーズⅡ報告書」に修正しました。

- ⑤ 18 ページ、表総-3-2
表タイトルを「今後の開発目標と GIF のゴールとの比較」に修正しました。
- ⑥ 23 ページ、第1パラグラフ
「核拡散抵抗性は現在の軽水炉サイクルよりも向上することになる」を「核拡散抵抗性は現在の軽水炉サイクルよりも更に向上することが期待される」に修正しました。
- ⑦ 74 ページ、表1-1-16
金属電解法の環境負荷低減性の値を約 50%から約 35%に修正しました。
- ⑧ 141 ページ、第5パラグラフ
「プルトニウム燃料開発室」を「プルトニウム燃料開発施設」に修正しました。
- ⑨ 144 ページ、図2-1-2
燃料照射試験の研究開発段階の「ホット工学試験施設」を「工学規模ホット試験施設」に修正しました。
- ⑩ 145 ページ、第4パラグラフ
「ホット工学試験施設」を「工学規模ホット試験施設」に修正しました。
- ⑪ 156 ページ、第1パラグラフ
「国際標準概念」を「世界標準概念」に修正しました。
- ⑫ 161 ページ、第3パラグラフ
「国際標準化概念」を「世界標準概念」に修正しました。
- ⑬ 180 ページ、図
「⑨直管2重伝熱管蒸気発生器の開発」の項目中の「制作」を「製作」に修正しました。
- ⑭ 186 ページ、上下図

図表タイトルの「高クロム構造材料」を「高クロム鋼の」に修正しました。

- ⑮ 186 ページ、上図
「技術開発の概要」中の「高クロム構造材」を「高クロム鋼」に修正しました（3箇所）。
- ⑯ 188 ページ下図、189 ページ上下図
図表タイトルに「中間」を追記しました。
- ⑰ 198 ページ下図、199 ページ上下図、200 ページ上図
図表タイトルを「保守、補修性を考慮したプラント設計」に変更しました。
- ⑱ 203 ページ下図、204 ページ上図
図表タイトルを「建屋の3次元免震技術」に変更しました。
- ⑲ 207 ページ、図
「設計研究」の項目を「シナリオ解析、プラント概略及び設備検討」に修正しました。