

## 第1回原子力機構報告会での質問事項への回答

### 【ご質問】

地層処分技術の最後のスライドに「知識管理システムの開発による知的財産の継承と発展」とありますが、「知財」として確保する工業所有権の設定などの手だてが図られているのですか？

### 【回 答】

従来から機構において工業所有権を確保すべきものについては適宜その手続きを取っておりますが、ここで知的財産といっているのはそのようなものに限らず、機構内の技術資料、学術誌や国内外の学会で発表した論文に示した内容、また個々の研究者に蓄積された経験・ノウハウなどすべての知識を指しています。これらは、適切かつ効果的に実施主体である原子力環境整備機構や安全規制に関わる機関、さらには広く関係の専門家などに利用できるようにしておくことが重要です。現在進めている知識管理システム構築のプロジェクトでは、他の研究開発機関の成果も含め、こうした研究開発成果をすべて対象にして、日本全体としての知識基盤を構築することを目標としています。学会誌に掲載された論文の取り扱いなど、知識管理システムを構築する中で、法律なども踏まえながら必要に応じてルール作りをしていく予定です。

## 【ご質問】

FBR の実用化には長い期間を要することから機器システムの製造、建設のための産業界の技術及び人材の確保維持についての方策への関わりをお聞きしたい。また、国外との関わりがあればお伺いしたい。

## 【回 答】

FBR サイクルの実用化に向けて、実際に施設の建設にあたる産業界の技術及び人材の維持・確保が重要な課題であると、わたくしどもも同様に認識しております。日本電機工業会の会員企業のなかで FBR 関連の技術者は、「もんじゅ」の建設や FBR 実証炉計画が進められた 1980 年代をピークに、その後は「もんじゅ」建設作業の収束と実証炉計画延期に伴い減少し、現在はピーク時の約 1/5 程度になっています。再処理関連の技術者についても、六ヶ所再処理工場の建設やリサイクル機器試験施設（RETF）の設計作業が行われた 1980 年代後半から 1990 年代前半がピークであり、その後は減少しています。FBR、再処理関連ともに技術者の年齢が高く、特に FBR は 50 歳代が多く、今後数年以内に退職し、産業界に主要な技術者がいなくなることが懸念されています。

1)

このような状況の中で、本年 3 月に第 3 期科学技術基本計画が閣議決定され、FBR サイクル技術が「国家基幹技術」の一つとして位置付けられました。これは国家的な大規模プロジェクトとして基本計画期間中に集中的に投資すべき基幹技術として国家的な目標と長期戦略を明確にして取り組むものです。この目的のため、文部科学省、経済産業省、原子力機構、電気事業者、メーカーの 5 者からなる「FBR サイクル実用化推進協議会（仮称）」を設置し、FBR サイクル技術の研究開発を円滑に実用化につなげていくために官民一体となって協議を行っていくこととしています。

2015 年頃までの FBR サイクル技術体系の整備に至る研究開発を産業界と密接に連携を図りながら進めていくとともに、上記のような協議を経て実用化に至る実証炉建設等の道筋を明らかにし、産業界の役割を明確にすることで、産業界の技術力、人材の維持・確保が図られるよう努力していきたいと考えます。

1) エネルギー Vol.39, No.5, pp.16-18 (2006)

### 【ご質問】

FBR の実用化の要件は何か。エネルギー資源価格、供給の安定などの予備検討結果をお聞きしたい。

### 【回 答】

実用化戦略調査研究フェーズ においては、FBR サイクル実用化に向けての要件として、安全性、経済性、環境負荷低減性、資源有効利用性および核拡散抵抗性の5つの開発目標を掲げて研究開発を進めてきました。安全性については社会の既存のリスクに比べて小さいこと、経済性については将来の軽水炉の発電原価に比肩すること、環境負荷低減性については放射性廃棄物による負荷を低減すること、資源有効利用性については持続的に核燃料を生産するとともに多様なニーズへ対応できること、核拡散抵抗性については核物質防護及び保障措置への負荷低減です。

このうち経済性では、将来（FBR サイクル実用化時期）の軽水炉サイクルの発電原価を4円/kWh程度と推定しています。推定にあたっては、原子炉建設費や天然ウラン価格などを想定していますが、天然ウラン価格については、天然ウラン資源量と生産コストの関係から2050年頃は80ドル/kgU程度まで上昇すると予測しています。このような状況下において、FBR サイクルは経済的な目標である4円/kWhを下回り、十分将来の軽水炉サイクルと競合できるという評価結果を得ています。

一方、資源有効利用の観点からは、世界の天然ウラン資源総量の5%程度を日本が利用できることを目標にFBR 導入シナリオを検討しています。代表的なNa 冷却炉(MOX燃料)では、2050年からの導入でおよそこの目標を達成し、2100年過ぎには海外からの天然ウラン資源輸入の状況から脱却できる見通しを得ています。図1にFBR サイクルを導入した場合の天然ウランの年間需要量を、図2にはその累積需要量を示します。

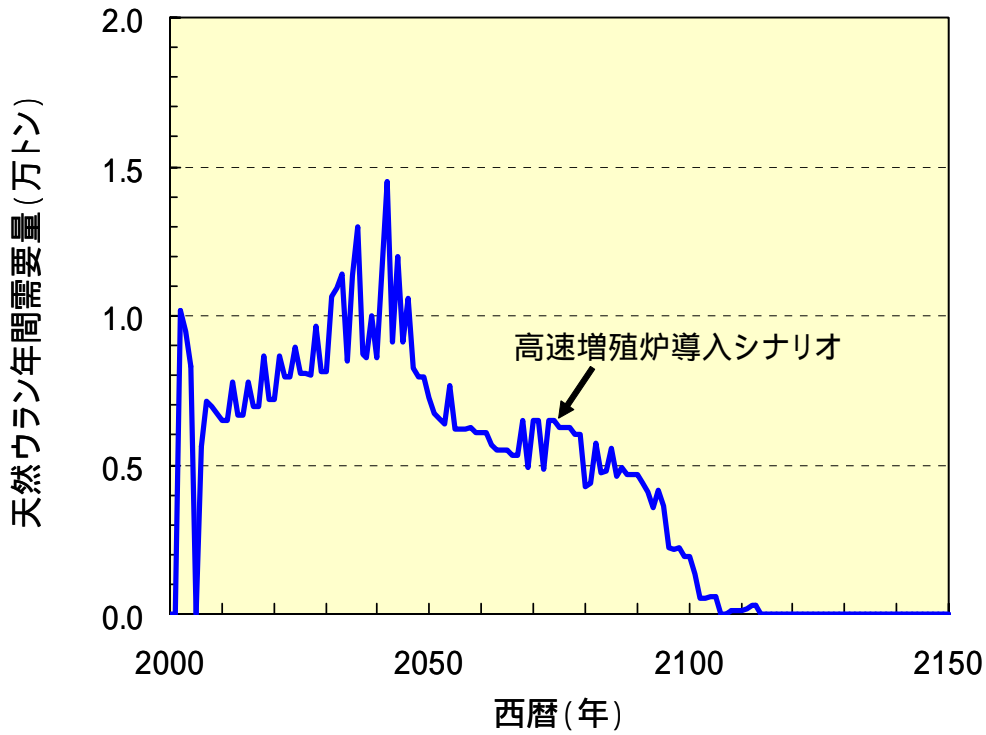


図1 FBR サイクルを導入した場合の天然ウラン年間需要量

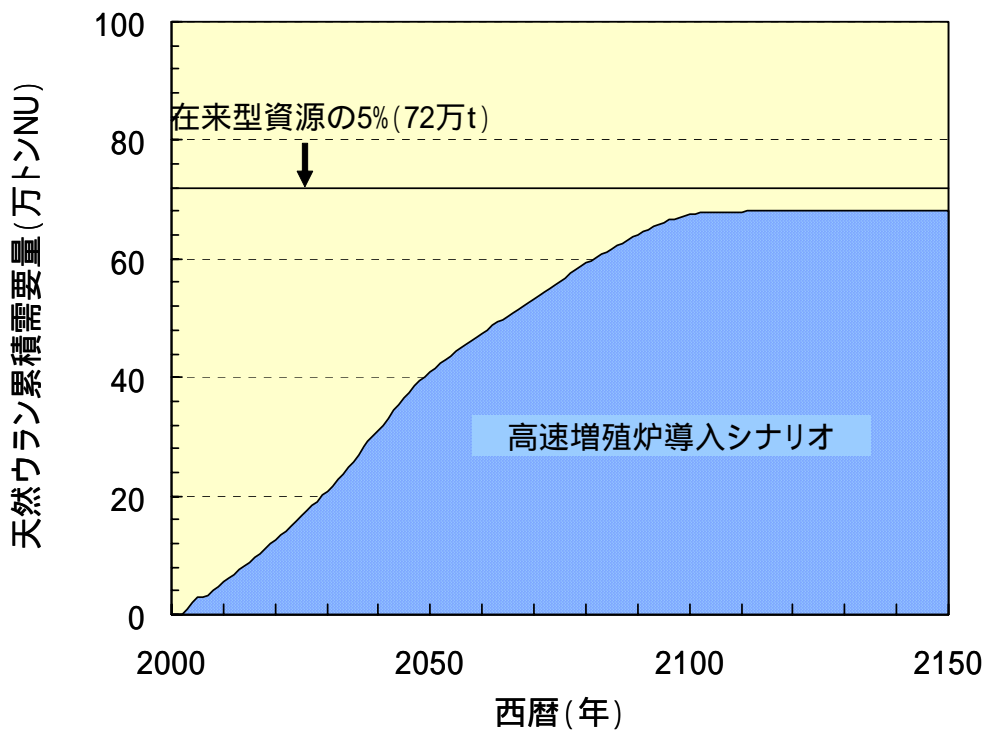


図2 FBR サイクルを導入した場合の天然ウラン累積需要量

### 【ご質問】

もんじゅの改修について もんじゅの改修が現在行なわれ、温度計の取替えが行なわれているが、その構造は本質的に失敗した先回のものと変わらず管中にとっ出した構造となっている。前回と同じ折れる可能性のものをやめて、管の側壁からナトリウムの抵抗を受けない構造のものに変更する予定はないのでしょうか。万一同じ失敗をしたら再起不能となる恐れがあるが。

### 【回 答】

配管に温度計を挿入してナトリウムの温度を測定することが、一番精度良くナトリウムの温度変化も含めて測定できます。ナトリウム温度に限らず、流体の温度を測定するために温度計を配管に挿入しているのは、火力発電所でも使用されています。「もんじゅ」では、2次系の温度計の形状がナトリウムの流れによる振動と温度計の持つ固有振動数が共振して破損に至りましたが、改良型の温度計では、共振現象が発生しないような構造とし、同じ原因での破損は防止しています。

なお、配管の外側から内部のナトリウムの温度を測定する方法として、超音波による温度測定が検討されていますが、大きな配管での短時間の温度変化を測定するには、まだ研究開発が必要な状況です。研究開発の現状として、ナトリウム試験ループを用いた試験結果から、超音波温度計の計測精度は良好であるという結果が得られています。今後は、大型配管への適応性、信頼性等について確認することとしています。具体的には「もんじゅ」において試験的に超音波温度計を改造工事期間中に設置し、その後の性能試験時において過渡応答や安定運転のデータ収集等を行い、実機への適応性を確認していくこととしています。

### 【ご質問】

トリウムはウランに比べて量的に豊富にあるといわれているが、日本で核燃料として全くつかわれていないが、本質的に欠かんがあるのだろうか。

### 【回 答】

トリウム (Th) はウランとともに天然に存在する核燃料資源であり、地球上にはウランよりも埋蔵量が多いといわれています。トリウムサイクルの主なメリットとしては、以下の項目が挙げられています。

- ・ トリウムサイクルは、熱中性子領域で 2 を超える中性子再生率を持ち、熱中性子炉で燃料増殖ができる可能性がある。
- ・ トリウム 232 は資源量がウラン 235 の 3 倍～5 倍以上と豊富である。
- ・ トリウム - ウラン 233 利用のサイクルでは、使用済燃料中に含まれる TRU 核種の量は、ウラン - プルトニウムサイクルの場合に比べて格段に少なくなる。

しかし、現実には、トリウム 232 からウラン 233 に変換される途中で生成するプロトアクチニウム 233 が中性子を吸収するため、固体燃料炉では定期的に燃料集合体のシャッフリングを行う必要があり、この吸収効果を考慮すると、増殖比が 1 を超える炉心設計、高い稼働率を確保していくことは難しく、0.8～0.9 の転換率の達成も容易ではないと考えられています。溶融塩炉では、このプロトアクチニウムを連続処理することで増殖性能を追求できる可能性を有していますが、この連続処理装置の開発や減速材の黒鉛の寿命が累積中性子照射量の厳しさから数年程度を短いことなどの解決困難な数多くの課題を有しています。

日本では当初から軽水炉を海外から技術導入し、ウラン - プルトニウムサイクルによる原子力発電開発を進めてきました。これまでの長年の軽水炉の運転実績により国内にはプルトニウムを含んだ使用済燃料が蓄積され、高速増殖炉を開発することでこれらを準国産のエネルギー資源として活用していくことが可能です。高速増殖炉については、既に「常陽」、「もんじゅ」などの実験炉が設計・建設され、基本的な技術的成立性が確認されています。今後、2050 年頃の実用化に向けた研究開発を着実に進めていくことで、ウラン資源を有効活用し、長期にわたってエネルギーを安定供給していくことが可能と考えられます。

なお、インドでは、豊富なトリウム資源が存在していることから、長期的な目標としてトリウムの有効利用を図った独自の核燃料サイクルを目指しています。

### 【ご質問】

「海水からのウラン回収について、余り報告がないが、火力発電所、原子力発電所の冷却水出口に吸着材を取り付け、動力費を節約し、また高温を利用して、吸着速度を速めるというアイデアはどうだろうか。」

### 【回 答】

海水に溶存するウランの捕集については、モール状の捕集材を海水中に一定期間沈めてから引き上げ、捕集材に吸着したウランを溶離して回収することを現在想定しています。動力費は掛からずコストは抑えられますが、100万kW級原子炉1基分の年間使用量である200tのウランを捕集するには、200km<sup>2</sup>程度の広い海域と60日間の長期浸漬が必要になります。これに対して、コメントを頂きました手法は、火力・原子力発電所の冷却水を積極的に利用しようとするもので、大変興味深いものです。例えば、発電所の冷却水は周辺海水より10度ほど高いといわれていますが、海水温度が約10度上がるとウラン捕集効率は約1.5倍に上がりますし、海水の流速が早いほど捕集材へのウラン吸着速度は上がると考えられます。したがって、原理的には効率の高いウラン回収につながるものと期待されます。反面、冷却水を利用するには、捕集材を詰めたカラム（直径1m、長さ10m程度）を大量に用意して、冷却水出口に取り付けなければなりません。カラムでのウラン捕集効率を100%と仮定しても、200tのウラン捕集には約3万本という膨大な数のカラムが必要と試算されます。勿論、このような専用カラムの製作・敷設等には相応の資金が必要となります。また、出口にカラムを付けることによって冷却水の流れは悪くなりますから、発電所の冷却系に悪影響を及ぼさないように、冷却水の圧力や流量を制御するシステムが余分に必要になると推測されます。このため、発電所冷却水利用の具現化は現時点ではかなり厳しいのですが、技術面、コスト面で今後大幅な改善が図れれば、大変有効な方法となりうると考えられますので、将来計画策定時の参考にさせていただきます。貴重なご意見をいただき、ありがとうございました。

### 【ご質問】

高レベル廃棄物はFBRで燃やしたりJ-PARCの高速中性子で破碎して無くす研究が予定されているが、これらが確立すれば地層処分は要らなくなるのではないか。

### 【回答】

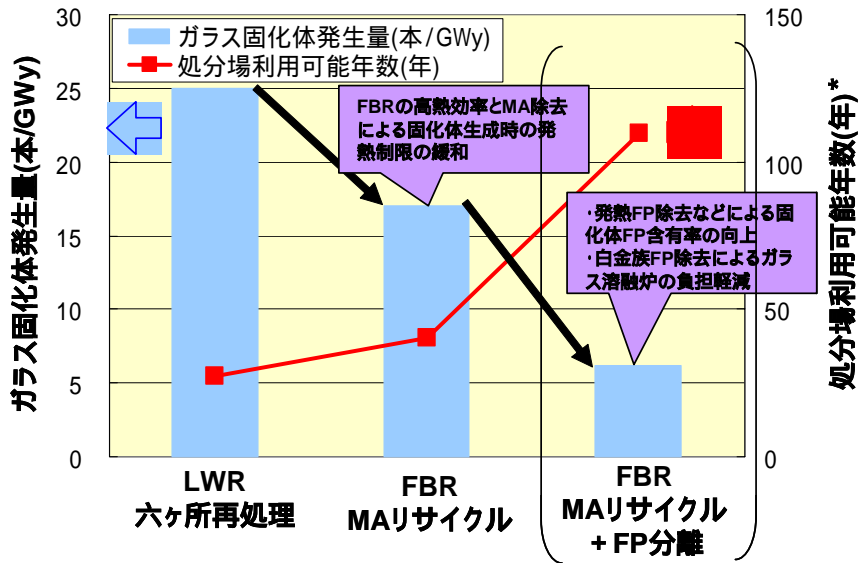
再処理施設で発生する高レベル廃棄物には、Sr(ストロンチウム)やCs(セシウム)などの核分裂生成物(FP:Fission Product)、Np(ネプツニウム)、Am(アメリシウム)、Cm(キュリウム)などのマイナーアクチニド(MA:Minor Actinide)、さらにわずかな量のUやPuを含んでいます。

FBRあるいは加速器(J-PARC)を用いて高レベル廃棄物に関する負担を軽減する研究では、発生量(体積)や潜在的有害度の削減を目的に、それを達成するために効率的な核種を高レベル廃棄物中から一部選択的に分離して消滅(核変換)することを考えています。高レベル廃棄物中の全ての放射性核種を消滅させることは技術的あるいは費用対効果の観点から非現実的です。そのため、高レベル廃棄物中にはその他の大部分の放射性核種(核分裂生成物等)が残ることになり、これらを安全に地層処分することはやはり必要となります。

FBRを用いた高レベル廃棄物に関する負担軽減について、図3に単位エネルギー当たりのガラス固化体発生本数を、図4に高レベル廃棄物放射能の潜在的影響の減衰を示します。ガラス固化体発生本数については、現状の六ヶ所再処理工場(軽水炉サイクルが対象)からは約25本/GWy発生しますが、熱効率の高いFBRサイクルを採用し、ガラス固化体の中からマイナーアクチニドを回収・リサイクルした場合、7割程度までに削減されます。さらに、発熱性の高い核分裂生成物を除去し、熱制限を緩和してより多くの核分裂生成物をガラス固化体に充填することができると想定した場合、約1/4まで削減されます。

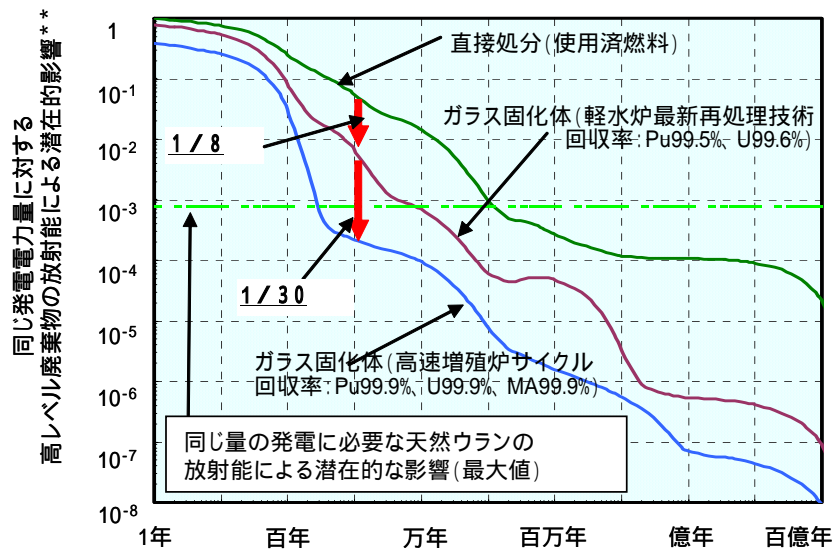
潜在的影響については、直接処分した軽水炉使用済燃料と比較した場合、1000年後の潜在的有害度は現状の軽水炉サイクル(六ヶ所再処理工場で回収したガラス固化体)で約1/8に減少します。FBRサイクル(マイナーアクチニドを回収・リサイクルを前提)を採用した場合、さらに軽水炉サイクルの約1/30まで減少します。その結果、もともとの天然ウランの有害度に等しくなるまでの時間が数百年程度まで減少することが分かります。





\*) 処分場利用可能年数(年)  
 原子力発電設備58GWeとして、各処理技術を適用した場合に、ガラス固化体4万本処分可能な処分場を満杯にするのに要する期間を示す。

図3 単位エネルギー当たりのガラス固化体発生本数



\*\*) 高レベル放射性廃棄物と人間との間の障壁は考慮されておらず、高レベル放射性廃棄物の実際の危険性ではなく、潜在的な有害度を示している。使用済燃料の1年目の潜在的影響を1とした相対値。

図4 高レベル廃棄物放射能の潜在的影響の減衰

### 【ご質問】

一般市民の信頼を得ることが大切ですが、この獲得に向けてどのように取り組まれていますか。又取り組んでいきますか。マスコミ対応など、広報活動を含めて考えを説いて下さい。

### 【回 答】

広報部としましては、原子力機構の研究成果、事業の進捗状況、トラブル情報等々をわかり易く、積極的に、タイムリーにお知らせすることを使命と感じております。このため、「責任をもって、楽しく、いい仕事をしよう!」を行動方針として、積極的な情報発信、情報公開の徹底、きめの細かい報道対応等を心がけるとともに、研究者・技術者の顔の見える研究開発機関となることを目指しております。

具体的には、機構が行う事業の概要や研究成果を判り易く伝えることにより、業務の透明性を確保し皆様にご理解いただくとともに、原子力全般に対する理解増進を目指し、各種成果報告会の開催、ホームページの一層の充実、メールマガジンの発行、映像資料やパンフレット等の作成、広報誌の発刊・配布を実施しています。

さらに社会・立地地域との共生を目指して、機構の事業に対する安心感・信頼感を持って頂くために、情報公開・公表の徹底等に努めています。法令や立地地域との安全協定に基づく報告等はもとより、あらゆる機会を捉えて、安全確保への取り組みや故障・トラブルの対策等の情報の発信、対話集会、モニター制度等の広聴活動の他、相互の交流と理解を深めるための活動として自治体等の推進する原子力教育に協力する等して、機構へのご理解をいただけるよう、情報公開を進めるとともに、広聴・広報・対話活動を継続的に進めています。

また、皆様に最新の情報を提供するとともに、原子力全般に対するマスメディアの正確な理解を得るため、プレスを対象とした勉強会や見学会を実施しています。

**【ご質問】**

核融合研究開発の技術実用化は どのような部門 何年後に 想定されるのでしょうか。

**【回 答】**

我が国の核融合研究開発は、原子力政策の一環として、原子力委員会の基本方針(第三段階核融合研究開発基本計画)に基づき、大学、研究所、研究機関、産業界等を中心として、それぞれの役割分担を踏まえて推進されています。

ITER 計画では、核融合燃焼プラズマ制御技術の確立を中心とした技術目標を掲げており、最短では ITER 運転開始後約 7 年程度(2020 年代初頭)で主要な基本性能の達成が期待されます。核融合エネルギーの早期実現のためには ITER での基本性能の達成を受けて原型炉の建設を進めることが望ましく、2020 年代初頭に原型炉段階への移行を行い、速やかに原型炉の建設を進めることができれば、2030 年代から原型炉による試験研究と改良を進めることが可能となり、今世紀中葉(約 50 年後)までに実用化の見通しを得ることも視野に入れることが可能と判断されています。

### 【ご質問】

FBR のナトリウム冷却炉概念において、原子炉容器のコンパクト化、2ループ化及びポンプ組込型中間熱交換器を採用していますが、これらはいずれも機器、配管の信頼性と原子炉の安全性を著しく低下させる概念です。たとえば、炉心が正のボイド反応度であるにもかかわらず、万一のガス巻き込みによる炉心の反応度事故の可能性がある炉容器コンパクト化を選択してよいのか、またポンプと中間熱交換器の両方の信頼性を低下させる組込み方式を選択してよいのか、高流速化による曲がり管のキャビテーションエロージョンの可能性がある2ループ化を選択してよいのか、について成立性を議論する以前に設計思想の妥当性を国民レベルで十分議論し評価しておく必要性があります。FS 最終報告から次の計画に進む前に以上の事を十分に討議しナトリウム冷却炉概念の優位性が本当にあるのかを国民に説明できるようにすることが重要です。

### 【回 答】

ご指摘の3つの革新技术は、いずれも機器の信頼性やプラントの安全性に十分な注意を払って実用化していくべき技術と認識しています。原子炉容器コンパクト化に対するガス巻き込み現象とその防止対策、2ループ化に対する配管のキャビテーションエロージョン対策、ポンプ組込型中間熱交換器に対するポンプ及び伝熱管の信頼性確保については、モデル試験と試験解析、実機設計への適用性評価等を実施してきています。フェーズ 末までの研究開発の結果からは、今後解決していくべき課題があるものの、それぞれ実用化できる可能性は十分得られてきていると判断しています。

今後5年間の研究開発の成果を踏まえ、実用高速炉に採用可能かどうか判断した上、2010年以降の実証試験等を通じて成立性を確かなものとしていく計画です。

なお、これらの革新技术は、開発に失敗する可能性もあることから、これらの技術に代替できる技術についても並行して検討を行い、ナトリウム冷却炉の開発が確実に達成できるようにしていく考えです。

**【ご質問】**

プルサーマルの操業が始まるのはよろこばしいばかりですが、プルサーマル燃料の使用後の処理処分の具体的な方法についてはどのようにされるのか計画を教えてください。

**【回 答】**

原子力政策大綱（H17年10月11日）によれば、中間貯蔵された使用済燃料及びプルサーマルに伴って発生する軽水炉使用済MOX燃料の処理の方策は、六ヶ所再処理工場の運転実績、高速増殖炉及び再処理技術に関する研究開発の進捗状況、核不拡散を巡る国際的な動向等を踏まえて2010年頃から検討を開始するとされており、まだ具体的な計画は存在しません。

### 【ご質問】

- ・ FBR サイクルとは contents が変わっていく使用済 (SF) を数十回リサイクルして MOX、この Pull (enrich) のくりかえし、?、安全政策、付随するコストの見通しは如何。
- ・ もし、2 - 3 回のリサイクルでやめるとすれば U 燃料の補填が必要では。コスト、安全性の兼ね合いはあるとしても、このあたりは如何。(LWR-MOX では 1 回のみのリサイクルと聞いている)

### 【回 答】

軽水炉で使用した MOX 燃料を再処理し何度も繰り返し軽水炉でリサイクル利用する場合、使用済燃料から回収したプルトニウムは高次化し、核分裂性の Pu-241 及び Pu-239 の割合が減少して核分裂しにくい Pu-240 及び Pu-242 の割合が増加します。このため、燃料の核分裂特性を維持するために、プルトニウム富化度 (全プルトニウム核種の割合) を増やす必要が生じます。しかし、炉心安全性、燃料製造 (高次プルトニウムによる被ばく線量の増加) 等の観点から、プルトニウム富化度の上限が抑えられるため、一般に軽水炉では 1~2 回のリサイクルが検討されています。

一方、軽水炉よりも中性子のエネルギーが高い高速増殖炉では、中性子による吸収よりも核分裂する割合が多くなるため、プルトニウムが高次化しにくい特徴があります。また、高次化したプルトニウムを核分裂 (燃焼) させ、プルトニウムを低次化させることができます (これはプルトニウムの若返り効果とも言われています)。加えて、高速増殖炉では、原子炉の中心付近に炉心燃料を配置して燃焼させると同時に、その周辺部に Pu-239 の原料 (親物質) となる U-238 (ブランケット燃料) を配置して、ここで中性子を吸収させて燃料となる Pu-239 を生成させることができますが、炉心燃料とブランケット燃料を適切に配置することにより、高速増殖炉全体として回収されるプルトニウムの高次化を制御することができます。さらに、高速増殖炉においては、1 個の中性子吸収あたりの核分裂反応により発生する中性子の数が多いこと、わずかながら非核分裂性のウランやプルトニウムも核分裂を起こすことから、高次化が進んだプルトニウムでも効率的に利用できます。以上のことから、高速増殖炉サイクルにおいては、半永久的なリサイクルが可能となります。

このような高速増殖炉の特徴を踏まえて、実用化戦略調査研究では高速増殖炉による多重リサイクルを想定した炉心概念、燃料サイクルシステム概念を構築しました。その結果、十分許認可を受けられる安全性が確保できる見通し、及び設計検討結果に基づき発電コストを算出し、将来の軽水炉に比肩する発電単価を実現できる見通しを有することなどを確認しました。

【ご質問】

150万KWの本格下の前の中型60万KW位？は早期に着工すべきと思います。ここでドゥプラなどの反応の正負(+ -)及び大型炉に off fly できるかの見通し(or 今のもんじゅでも可能ではと思う?)

【回 答】

本格導入の前の開発ステップとして、中程度の出力規模の炉を早期に建設し、そこで炉心特性を確認して大型炉心の見通しを明らかにすべきとのコメントと理解しました。

本格導入の前の開発ステップとして、技術実証が必要と認識しており、具体的な実証方策についての検討を始めたところです。実炉の建設・運転は実証方策の有力な候補であり、本年5月31日に公表された、資源エネルギー庁の「新・国家エネルギー戦略」では、「実証炉及び関連サイクル実証施設の2025年頃までの実現を目指すこととし、商業炉を2050年よりも前を目指して開発する。」とされていることもあり、その実現性を明らかにするための検討を鋭意行っているところです。

ドゥプラ係数等の炉心反応度特性については、大型の臨界実験や解析手法と核データの高精度化を図ってきており、大型炉についても精度良く評価することが可能であり、中型炉でその評価精度を検証して大型炉を見通すことは十分可能と考えています。

### 【ご質問】

LWR と安全性で同等を狙ってはと思われる。たとえばカザフスタンの実験（cost 大なので限度あるはわかるが）もんじゅの名古屋地裁、志賀 の耐震判決から見て、（裁判一二次まで）絶対とは思えないが、対応に相当な覚悟要。

### 【回 答】

軽水炉はすでに実用化された技術であり、社会受容性を有していると見ることができることから、軽水炉と同等の安全性の確保が必要であり、ナトリウム冷却炉の特徴をふまえつつ、これを目指しています。具体的には、信頼性向上を目指した二重伝熱管蒸気発生器、炉心損傷時の再臨界を回避する技術（カザフスタンの施設を用いた実験を実施しております）免震技術の採用など新技術を取り入れることにより安全性の向上を目指しています。ご指摘の安全性に関する裁判事例から、FBR の実用化の過程においては、同様の訴訟対応を求められる可能性はあるでしょうから、研究開発成果をしっかりと出すことによって、そのような事態に備えたいと思います。



【ご質問】

高レベル廃棄物の受入れ地点がなかなか決定出来ないようですが、受入れられるためにはどのような研究が必要だと考えていますか。

【回 答】

ご指摘のとおり、2002年12月から開始された原子力発電環境整備機構による「高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する区域」の全国の市町村からの公募につきましては、未だ応募がない状況と認識しております。

当機構におきましては、わが国の地層処分の研究開発の中核機関として、引き続き処分事業や安全規制の段階的な進展に先行する形で地層処分技術に関する研究開発を進め、得られた成果をわが国の地層処分計画を支える技術基盤として反映していく所存です。深部地下とはどのようなところか、地層処分システムの長期にわたる挙動はどのようなかなど、地道な研究を着実に進めていくと同時に、得られた研究成果をいかにご理解いただけるか、その発信の方法も重要ではないかと認識しております。これからも高レベル放射性廃棄物の地層処分について国民の方々に理解を深めていただくことができますよう、このような報告会や施設見学の間などをさらに有効に利用しつつ、国や他の関係機関と協力しながら情報ニーズを踏まえて研究活動に取り組んでいきたいと考えています。

### 【ご質問】

地層処分に関して、地下水の化学的性質（酸性度、還元性）が重要な因子になると思われるが、それを処分場候補地においてどのように調査するのか。また還元性雰囲気であればきわめて安全性が高いことは技術的には理解できるが、それを「安心」に代えて候補地の公募に結びつけるにはどのようなことが必要か。

### 【回 答】

ご指摘の通り、地下水の化学的性質は、地層処分システムを考えるときの重要な因子となります。一般的に地下深部の地下水は還元性であり、そのような地下水は物質を溶かしにくい等の性質があります。原子力機構では、ボーリング孔を利用して地下深部で直接地下水の酸化還元電位測定する方法の開発など地下水の化学的性質を原位置で正確に把握するための技術開発を行っております。これらの技術は、実施主体が行う概要調査や精密調査の技術基盤として提供されます。このような技術が存在すること、それらを通して得られる上記のような地下深部の情報を今後とも今回の報告会のような場や様々な手段で多くの方々にわかりやすく発信していきたいと考えています。

### 【ご質問】

2001～2005年にかけて花崗岩岩体で、深さ750mの調査ボーリングを行ってきたものです。(文科省委託研究)瑞浪や幌延のような地下研究施設の建設は、我が国において唯一のものであると思います。建設段階からの実施すべき研究内容の立案段階から、JAEA 外部の研究機関からの要望をとり入れていただけないでしょうか。「地層処分基盤研究開発調整会議」はそのような場になりうると考えています。テーマとして、掘削影響域での応力モニター・?水性モニター(瑞浪・幌延)、支保材や施工による地下地質環境の変化とその後の復元過程のモニター(特に幌延)。

### 【回答】

ご指摘の通り「地層処分基盤研究開発調整会議」は、国が行う地層処分研究に関し、関連各機関が有する特長を踏まえつつ効率的に進めるために適切に研究テーマを設定する場となっております。この中では、深地層の研究施設での掘削影響領域の力学的、水理的特性の理解やコンクリート影響といった施工の地質環境への影響等のテーマも議論されております。また、瑞浪と幌延の深地層の研究施設計画は、わが国の地下深部を理解するための場として非常に重要なものと認識しており、開かれた研究施設として、国内外の研究機関、大学のニーズも承りつつ共同研究や情報交換等を積極的に行っています。今後も上記会議の場を通して、また個別のニーズ把握にも努めつつ計画を進めていきたいと思っております。

### 【ご質問】

地層処分が実施されるまでには、時間を要することが予想される。高レベル・MA 廃棄物のことを中・高の学校教育に取り上げておくべきである。JAEA だけの仕事とは思いませんが。一般、生徒、学生への広報、教育をどう考えるか。

### 【回 答】

地層処分は長期間にわたる仕事であり、その意味で中学や高校の生徒など、次の世代をになう若年層向けの広報や教育がこれから重要になることはご指摘の通りであると思います。しかしながら、現在の学校教育の現場では、地層処分問題はおろか、原子力全体について取り上げることが少ない傾向が認められるのが実情であることはご承知の通りです。

そうした中、茨城県では原子力に関し小学生、中学生及び高校生向けの副教材を作り、原子力立地県として改めて原子力の基本問題に正しい理解を得ようとする活動が始まったのは大いに評価に値することであり、今後この種の活動が他の立地県にも拡大していくことを期待しています。

これらの教材の中で地層処分についてもほんの少しですが紹介しています。なお、これらの教材作成にあたっては原子力機構の何人かのOBも協力しております。

また、当機構のサイクル工学研究所（旧サイクル機構東海事業所）には「リスクコミュニケーション研究室」があり、その活動の一環として地域の方々との対話の場が設けられています。廃棄物の問題については関心が比較的高いようで、この問題に対する理解を得る貴重な場になっているようです。

以上、いくつかの事例を紹介させていただきましたが、こうした活動に対して今後一層のご支援を賜れば幸いです。

**【ご質問】**

High Z材の行方について

**【回 答】**

高Z材料（原子番号Zの大きい元素で構成される材料）には、プラズマ粒子による損耗量が少ないという利点があるため、ダイバータ表面材料としてITERでも部分的にタングステンが採用される予定です。連続運転時間が1年程度にも及ぶ原型炉に向けて、より損耗量が少ないプラズマ対向機器の開発が高Z材料を用いて実施されるものと考えられます。

【ご質問】

レーザービームの慣性核融合の可能性について言及してください。

【回 答】

慣性核融合方式では、燃料ペレットの投入・照射の繰返し周期の制御によって、直接的に出力を調整可能である。従って、出力安定制御や出力可変制御は比較的容易であると予想できる。熱設計が許す範囲でリアルタイムの負荷追従も可能であろう。ディスプレイという概念は存在しないが、慣性核融合方式ではペレットの打ち損じが発生する可能性がある。照準機器の問題などが連続的に発生すれば、出力低下または停止が起こる。しかし、連続的に発生するのでなければ、繰返し周期の制御で電気出力の維持は可能と思われる。

慣性核融合炉の炉心プラズマは、磁場核融合炉とは大きく異なり、プラズマ物理の観点から両者の共通点を見出すことは必ずしも容易ではない。また炉工学技術に関しても、高繰返し・高効率・大出力レーザーの開発や、均一なペレット生成技術など、慣性核融合炉固有の課題もある。(以上、「核融合会議開発戦略検討分科会報告書」より)

## 【ご質問】

核融合発電の実現性、技術的に明確な部分と不明確な部分、ITERの後、プロトタイプ炉は可能か。

## 【回答】

核融合発電を実現させる上で「技術的に明確な部分」と「技術的に不明確な部分」は、それぞれの技術分野について代表的なものを取り上げますと、およそ下記のようなになると考えられます。

### 1. 炉心プラズマ技術

- ・技術的に明確な部分 : エネルギー増倍率 ( $Q$ ) = 1 が達成可能であること。
- ・技術的に不明確な部分 :  $Q = 20$  程度以上を達成し、維持すること。

### 2. 核融合工学技術

- ・技術的に明確な部分 : 増殖ブランケットを用いて、燃料のトリチウムを生産できること。
- ・技術的に不明確な部分 : 増殖ブランケットを用いて、十分な量のトリチウムを生産すること。

「プロトタイプ炉」とは、原型炉の意味で使用されたり、実証炉の意味で使用されたりすることのある語句ですが、ここでは、原子力委員会の報告資料に基づき、「定常炉心を実現し、同時にプラント規模での発電実証を一定の経済性を念頭において実現するもの」として、説明させていただきます。

核融合エネルギーの実用化のために必要な技術開発には、ITERのような統合装置でしか実現し得ない課題と、要素技術開発によって実現し得るものとがあります。ITERでは、定常炉心プラズマの実現、発電ブランケット試験体による機能実証と小規模発電などを目指すことができるのに対し、発電プラントの中性子照射に耐える材料の開発やその他の経済性に関わる技術開発は要素技術として実施可能であると予想されます。したがって、一定の経済性を念頭においた原型炉に向けての開発研究をITERと並行して進めることにより、「プロトタイプ炉」をITERの後につくることが可能になると考えられます。

**【ご質問】**

核融合研究開発に関し、日・仏間での功罪

**【回 答】**

核融合研究開発に関しては、これまでのITER工学設計活動などを通して、我が国もフランスも、多大なる貢献をしてきました。ITER建設地を決める際には、我が国の候補地である六ヶ所村とフランスの候補地であるカダラッシュとが対立し、膠着状態が長く続いてしまうという局面もみられました。しかしながら、その交渉の過程で、ITER計画と並行して、日本と欧州が等分に分担して核融合炉開発に必要な幅広い研究開発を実施することに合意し、結果として、核融合エネルギーの早期実現のため、さらに大きな貢献を行うことができる機会が日本とフランス（欧州）に与えられたと考えられます。