

### 第3部 現状・課題と今後の対応

国際的な資源獲得競争が激化しつつある中で、エネルギー自給率が極めて低い資源小国の我が国にとって、核燃料サイクルを含む原子力の推進は、エネルギー安全保障の確立と地球環境問題を一体的に解決する要である。

世界的に見ても、米国は原子力発電の発展と核不拡散の両立を目指した国際原子力エネルギー・パートナーシップ(GNEP)構想を提唱し、欧州各国においても地球温暖化対策やエネルギー安全保障の観点から原子力を評価する気運が高まる等、核燃料サイクルを含む原子力を推進する動きが急激に進展しつつある。

我が国としても、国家戦略として将来を見据えて確固とした方向性を堅持しつつ、喫緊に原子力の推進に取り組むべきである。その際、これまでに蓄積された技術的な強み等を發揮して、世界的な原子力の推進に先導的な役割を果たすべきである。また、原子力の推進の必要性について、広く国民と共有し、政府・関係機関、電気事業者、メーカー等による戦略的かつ総合的な取組を推進すべきである。

2005年10月に原子力委員会が策定した『原子力政策大綱』においては、

- ①2030年以後も総発電電力量の30～40%程度以上の供給割合を原子力発電が担うことを目指すことが適切である。
- ②核燃料サイクル路線を基本方針とする。
- ③高速増殖炉については、2050年頃から商業ベースでの導入を目指す。

等の考え方が示され、これを政府の基本方針として閣議決定(2005年10月)しており、これらの実現に向けて、関係者が一体となって取り組むべきである。

## 第1章. 現行水準以上の原子力発電比率の中長期的な実現に向けた取組

### 第1節. 電力自由化時代の原子力発電の新・増設、既設炉リプレース投資の実現

#### 1. 政策目標

『原子力政策大綱』では、エネルギー安全保障や地球温暖化対策等の観点から、我が国の原子力比率に関し、「2030 年以後も総発電電力量の 30～40%程度以上の供給割合を原子力発電が担うことを目指す」とする政策目標が設定された。

この政策目標を達成していく上での当面の目安としては、2006 年度の供給計画において 13 基の新・増設案件が掲げられていることから、これらの案件の実現を目指す(表 3.1.1、表 3.1.2)。

表 3.1.1 2006 年度供給計画上の新・増設案件

事業者名	発電所名	出力(万kW)	着工年月	運転開始年月	進捗状況
北海道電力	泊3号	91.2	2003年11月	2009年12月	建設中
東北電力	浪江・小高	82.5	2012年度	2017年度	
	東通2号	138.5	2012年度以降	2017年度以降	
東京電力	福島第一7号	138.0	2008年4月	2012年10月	
	福島第一8号	138.0	2008年4月	2013年10月	
	東通1号	138.5	2008年度	2014年度	
	東通2号	138.5	2010年度以降	2016年度以降	
中国電力	島根3号	137.3	2005年12月	2011年12月	建設中
	上関1号	137.3	2009年度	2014年度	
	上関2号	137.3	2012年度	2017年度	
電源開発	大間原子力	138.3	2006年8月	2012年3月	
日本原子力発電	敦賀3号	153.8	2007年5月	2014年3月	
	敦賀4号	153.8	2007年5月	2015年3月	
合計	13基 1,723万kW				

表 3.1.2 供給計画を実現した場合の 2017 年における原子力比率

稼働率	原子力比率 (発電電力量ベース)
77%※	35% 程度
90%	41% 程度

※ 過去10年間の実績値

## **2. 基本的な考え方**

国は、『原子力政策大綱』を尊重して原子力政策を推進していく旨の閣議決定を行っており、その政策目標の実現に向け、電気事業者の自主的な経営判断として原子力発電投資が円滑に行われるよう、事業環境の整備を行う必要がある。

電気事業者からは、バックエンド対策、地方との信頼関係の強化、科学的合理的な安全規制など国の取組が進められている中、政策目標をガイドラインとして全力で取り組む旨の決意が表明された。電気事業者は、安全確保を大前提として、国による事業環境整備の下、政策目標が実現されるよう、最大限の努力を行うことが期待される。

なお、事業者による投資判断の結果、万が一政策目標を達成しない場合の対策については、電気事業者の決意を尊重し、まずは電気事業者の取組状況を見守ることとし、今後の検討課題とする。

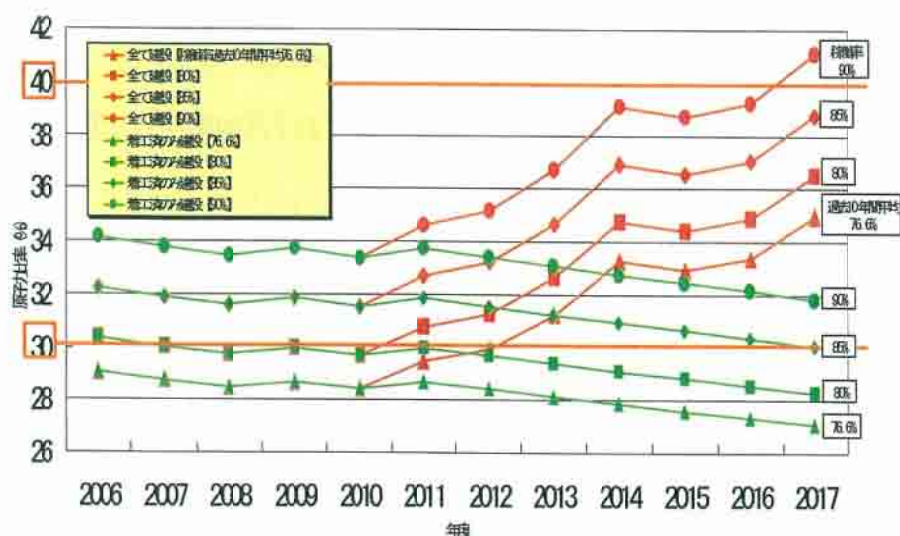
## **3. 原子力比率の推移**

### **(1) 当面の新・増設**

今後 10 年程度の原子力比率は、2006 年度供給計画どおりに新増設が進んだ場合には、稼働率によっては総発電電力量の 40%前後にまで到達すると見込まれる。一方、今後新・増設が行われない場合には、稼働率が比較的高水準で推移しても総発電電力量の 30%を割り込むおそれもある(図 3.1.1)。

したがって、政策目標の実現を確かなものとしていくためには、今後の新・増設を着実に進めていく必要がある。

図 3.1.1 原子力比率の推移



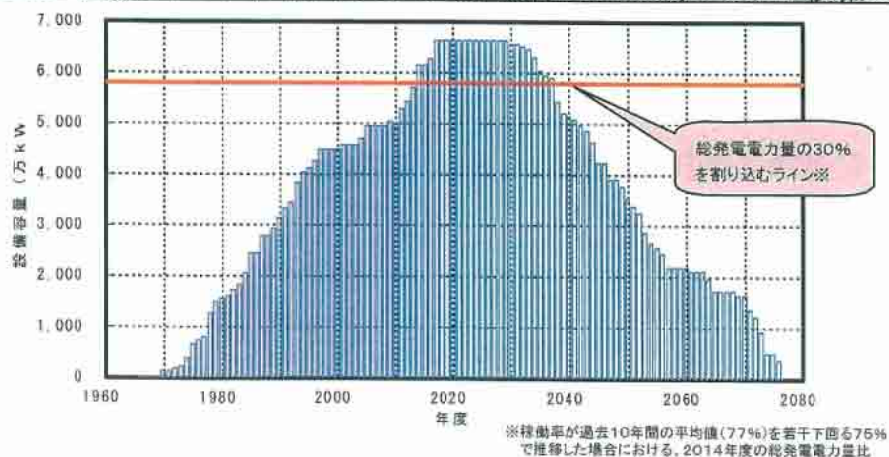
※原子力発電電力量については、2006年度供給計画を基に計算。  
 ※総発電電力量については、2014年度までは「第106回電力需給の明細書」(日本電力調査委員会)を基に計算し、以降は2006年度～2014年度の9年間の平均増加量で一律に増加していくものと仮定。

## (2)リブレース

2006年度供給計画どおりに新・増設が進んだ場合でも、2030年前後からと予想される本格的なリブレースが円滑に行われない場合には、急激に原子力比率は落ち込んでいくものと考えられる。

その具体的な傾向を掴むため、原子力発電所が一律60年間運転された後停止されるものと仮定して試算を行うと、2038年度には総発電電力量の30%を割り込む可能性もある(図 3.1.2)。

図 3.1.2 今後リブレースが行われていかない場合における原子力発電設備の推移





したがって、2030 年前後からと予想される本格的なリプレースについても、これを計画的かつ着実に進めていくことが必要である。

#### 4. 政策目標の実現可能性(財務・立地・需要の各面からの分析)

財務面については、あくまで一定の仮定の下に技術的に行った試算の結果ではあるものの、新・増設やリプレースにより、電気事業者によっては、資金面・収支面に一時的に相当程度の影響を受ける可能性もある(図 3.1.3、図 3.1.4)。

図 3.1.3 財務インパクト(有利子負債の償還年数)

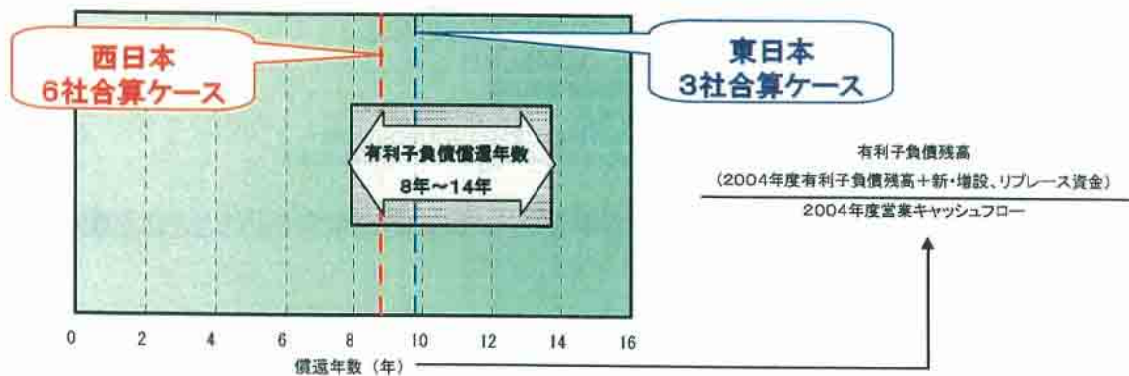
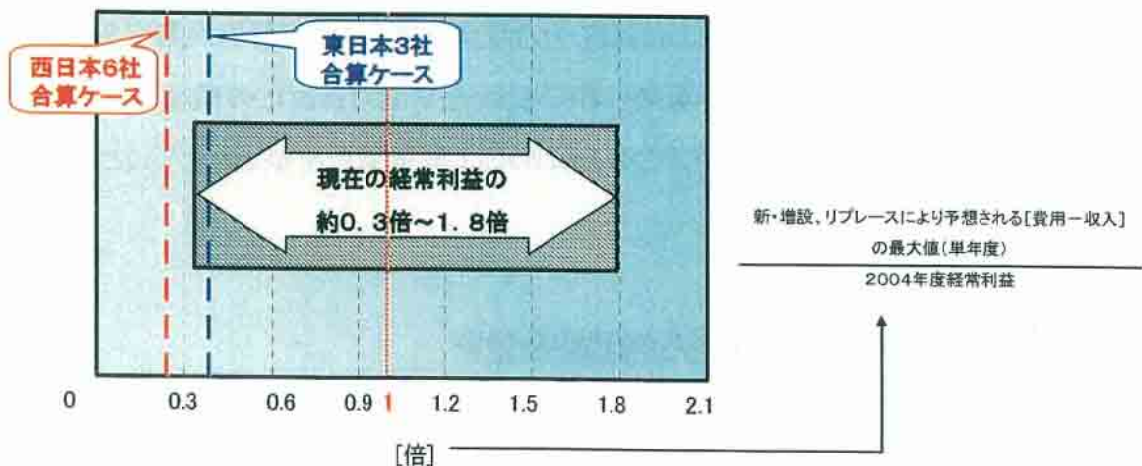


図 3.1.4 財務インパクト(経常損益に与える影響)



立地面については、供給計画に掲げられた新・増設案件については、既に用地が確保済か目途が立っている状況にある。リプレースについては、各社別にはともかく、少なくとも全国ベースでの用地の確保は可能であると考えられる。

需要面については、今後10年間のピーク電力の伸びに着目する限りは、全体としては150万kWクラス10基分以上の伸びが見られるが、各社別には、大型の原子力発電投資に見合う需要の伸びが見られない電気事業者が存在する(表3.1.3)。

**表3.1.3 今後10年間のピーク電力の伸び**

	2005年度から 2015年度までの ピーク電力の伸び(万kW)	年平均伸び率 (%)
北海道電力	67 ※1	1.2
東北電力	135	0.9
東京電力	848	1.4
中部電力	227	0.9
北陸電力	36	0.7
関西電力	124	0.4
中国電力	117	1.0
四国電力	41	0.7
九州電力	152	0.9
9電力全体	1,740 ※2	

(注)2005年度実績は気温補正後。

※1 冬季のピーク電力

※2 北海道電力以外の各社については夏季のピーク電力、  
北海道電力については冬季のピーク電力を使用して算定

以上の各面での影響は、電気事業者が協力して広域的運営を行うことにより緩和されるものと考えられる。

## 5. 政策目標の実現に向けた課題と対応策

以上の分析なども踏まえて考えると、『原子力政策大綱』の政策目標の実現を確かなものにしていくためには、電気事業者が需要の伸びの低迷や電力自由化の環境下においても原子力発電投資を安心して行うことができる中長期的な事業環境を整備していくことが必要である。

### (1) 原子力発電に特有な投資リスクの低減・分散

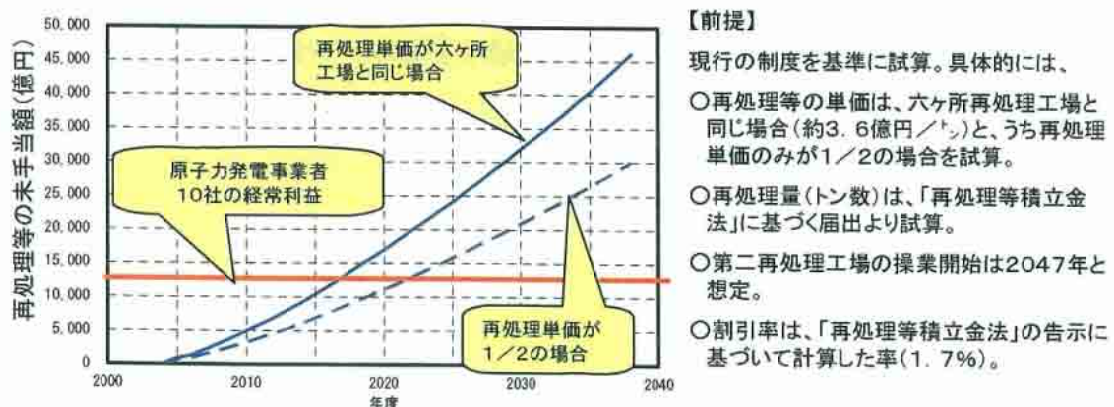
#### ① バックエンド対応

『原子力政策大綱』において、使用済燃料の扱いについて、我が国で全量再処理すると  
の基本方針が確認され、六ヶ所再処理工場で再処理される以外の使用済燃料に関する費用についても、将来費用が発生することが現実となった。

現状、この費用は、合理的な見積もりが可能となった時点で一括計上することとされているが、その時点で過大な財務負担が生じることのないようにするためには、現時点から企業会計上適切な対応を行うことが望ましい。市場関係者からも、こうした対応への要請が高まっている。

このため、具体的な再処理計画が固まるまでの暫定的措置として、まずは当該事業に関する費用について、企業会計上、毎年度引当金として積み立てることとし、収支を平準化できる制度の2006年度決算からの導入を目指す。費用計上の適正規模や企業会計上の具体的な取り扱いなどについては、電気事業分科会の下で技術的・専門的な観点から制度設計が行われることが適切である(図3.1.5)。

図 3.1.5 現行の制度運用で未手当部分の累積額(億円)



## ②国内における安全規制変更、国際的なフレームワークへの対応

国内の原子力施設は、最高裁判決により、不断に進歩・発展する科学技術水準に照らした合理性が求められる安全規制に対応して、他電源に増して常に最新の知見を踏まえた安全確保が求められる。

また、核管理構想など国際的なフレームワークの動向によっては、核燃料サイクルに影響が及ぶ可能性がある。



こうした予め想定することが困難で、的確な対応が必要とされるリスクについては、米国の原子力補償制度も参考としつつ、官民が協力する形でリスクを低減・分散する対応策を検討していくことが望まれる。国と事業者は協力しつつ、対象とするリスクや具体的な対策のあり方などについて、今後検討を進めていくことが適切である。

<参考> 米国のリスク補償制度の概要（包括エネルギー法第638条）

- ・新たに建設されるプラント(6基)を対象とし、政府のミスもしくは第三者による訴訟によって許認可手続きが遅延したために生じる下記の損害について、1プラント最大500百万ドルを上限に補償を行う。<sup>(※)</sup>

①追加的に発生する借入金の元本と利子

②売電機会損失費用(発電した場合の想定売電価格と、電力市場価格の差額)

- ・政府(一般会計)および事業者の拠出金により、上記それぞれの補償財源となる勘定を設ける。
- ・政府と事業者それぞれの拠出額・割合や拠出の時期、損害額算定の基準、紛争処理手続きなど、具体的な制度設計については公聴会を実施しつつ検討していく予定。

<sup>(※)</sup> より速やかな建設を促す観点から、最初の2プラントについては損害額の100%カバー・上限500百万ドル、次の4プラントは50%・250百万ドルという差を設けている。

③一時的な需要の落ち込みへの対応

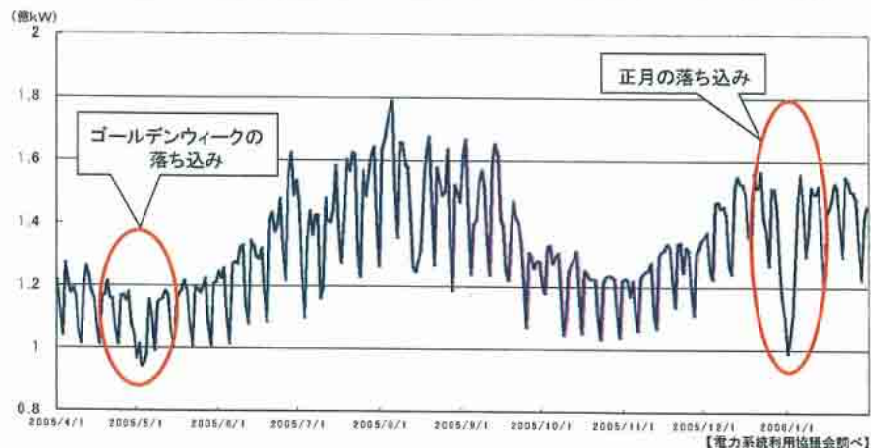
将来原子力比率が高まった場合には、正月やゴールデンウィークの深夜などに一時的に需要が大きく落ち込んだ際に、負荷追従運転が必要となる可能性があるが、その際の安全規制上の対応の必要性については、運転方法(回数、低出力運転を行う時間、出力の増加・減少に要する時間など)にもよるものと考えられる(図3.1.6)。

このため、電気事業者は、負荷追従運転の必要性が高まってきた段階で、具体的な運転方法を提示し、国はこれに基づき安全規制上の対応の有無を検討することが適切である。

ただし、実際に負荷追従運転を行うためには、立地地域の理解と協力を得ることを含め、相当程度事前に期間が必要であることに配慮が必要である。



図 3.1.6 1 日の最大電力の推移(2005 年 4 月～2006 年 1 月)



## (2) 初期投資・廃炉負担の軽減・平準化

### ① 減価償却費負担の平準化

今後原子力発電投資を進めていくと、電気事業者によっては収支上一時的に相当程度の影響を受ける可能性がある。特に、本格的なリブレースが始まると、電気事業者によっては、複数の原子力発電所の初期の巨額の減価償却費を同時に負担するなど、収支上大きな影響を受けるおそれがある(図 3.1.7)。

このため、企業会計上、予め初期投資額の一部を引当金として積み立てることとし、運転開始後の減価償却費負担を平準化できる制度の 2006 年度決算からの導入を目指す。

平準化についてのニーズは、電気事業者により差があることから、この制度を必要とする電気事業者が活用できるとすることを含め、電気事業分科会の下で技術的・専門的な観点から制度設計が行われることが適切である。

### ② 廃炉費用負担の軽減・平準化

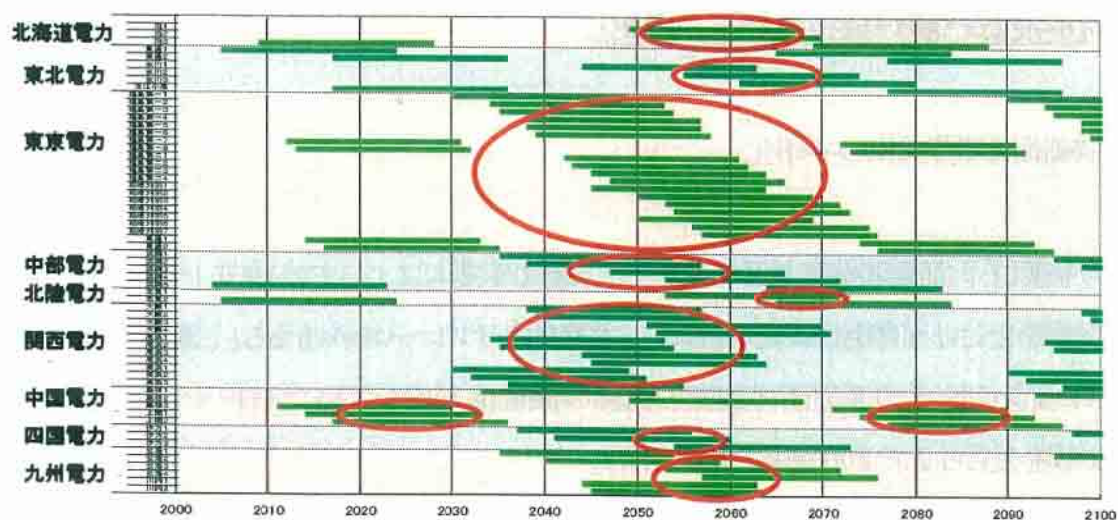
特にリブレースが本格化すると、リブレース時期の集中を緩和するための工夫や、廃炉に伴う原子炉の停止後、解体を開始するまでの期間を柔軟化する等の工夫を最大限行ったとして

も、初期投資負担と廃炉費用負担とが相当程度集中する可能性がある。

廃炉費用負担を軽減・平準化する仕組みとして、「原子力発電施設解体引当金」制度が既に存在するが、2005 年に新たにクリアランス制度や廃止措置に関する安全規制が整備されたことなどを踏まえ、最新の知見に基づき、積み立ての過不足の検証が必要である。

技術的・専門的な見地から、電気事業分科会の下でこの検証が行われることを期待する。

図 3.1.7 稼働から 60 年経過後リプレースしていった場合の減価償却負担期間



【前提】

○ 償却期間：20 年

○ 供給計画、運転開始年度が確定していない地点は、最短での運転開始としている。

※ 実際には、新・増設時期や廃炉時期の調整など、負担の集中を和らげる工夫が行われるため、表のとおりとはならない。

### (3) 広域的運営の促進

各社毎に見られる財務面、需要面、立地面での影響や制約は、各社が協力して広域的運営を行うことにより緩和されるものと考えられる。この広域的運営の促進に向けて、国は積極的に環境整備を行っていく必要がある。

## ①供給計画のあり方

### (ア) 勧告などの手続きの明確化

電気事業法では、電気事業者の自主的な協調を基本としつつも、広域的運営の制度的保証として、電気事業者に供給計画の作成・届出を求めており、国はそれが適切でないと認める場合には勧告などを行うことができるとされているが、その発動条件は明確化されていない。

この発動条件を現時点で明確化すべきかどうかについては、幅広い意見がある。電気事業者から、国による取組が進められている中、全力で政策目標の達成に自主的に取り組む旨の決意が表明されたことから、まずは電気事業者の取組を見守ることとし、明確化の必要性を含む幅広い対応策の検討は、将来必要に応じて行っていくとすることが適切である。

### (イ) 供給計画の対象事業者

今後も新規参入者(PPS)のシェアの拡大が見込まれる中で、原子力発電の広域的運営を計画的に行う観点から PPS も供給計画の対象事業者とするべきではないか、という問題提起が行われている。

この点については、原子力発電のみならず他電源にも広く影響を与えるものであることから、電気事業分科会において 2007 年を目途に開始される全面自由化の議論に併せて検討されていくことが適切である。

## ②連系線等の建設・増強の円滑化

今後、広域的運営により大規模な電源開発が行われる場合には、連系線や送電線の建設・増強が必要となるケースも想定され、事業者による自主的な建設・増強を促進する観点から、国は事業者間の調整が円滑に行われる環境の整備を行う必要がある。

連系線や送電線の建設・増強の費用の負担に関しては、国は個々のケースに応じて負担割合などの柔軟な取り扱いを認めていくことが必要である。

また、送配電等業務支援機関において、事業者間の調整プロセスを開始するための基準の策定など、送配電等業務支援機関としての連系線に関する課題への関与のあり方について更なる検討が行われていくことが期待される。国は、こうした送配電等業務支援機関における検討状況を踏まえつつ、必要に応じて検討を行うことが必要である。

こうした連系線や送電線の建設・増強を円滑に進める上での課題は、原子力発電のみならず、他電源との関係を含めた議論も必要であり、今後、電気事業分科会において必要に応じて検討が進められていくことが望まれる。

#### **(4)原子力発電のメリットの可視化**

##### **①地球温暖化対策に資するというメリット**

2006年4月の地球温暖化対策の推進に関する法律の改正により一定規模以上の需要家は電気の利用などに伴うCO<sub>2</sub>排出量(図3.1.8)を算定して国に報告し、国はこれを集計、公表することとされたことで、原子力発電におけるCO<sub>2</sub>メリットを可視化するための制度の枠組みは整備された。しかしながら、需要家がCO<sub>2</sub>排出量を算定するために必要となる電気事業者のCO<sub>2</sub>排出原単位の算定方法は統一されていない。

このため、国は、原子力発電におけるCO<sub>2</sub>メリットが需要家にわかりやすく示されるよう早急に統一的な算定方法の基準を定めるべきである。

その際には、電気事業者によるCO<sub>2</sub>排出クレジットの取得など、事業者の温暖化対策に向けた現時点での努力が適切に反映され、電気事業者間の公正な競争に資するよう配慮していくことが必要である。

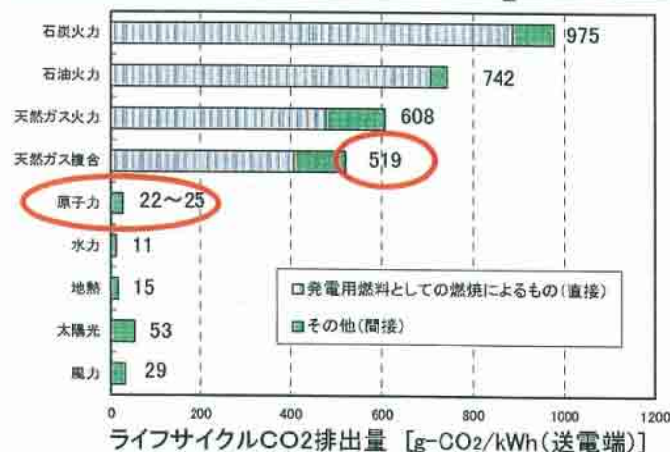


## ②供給安定性に優れるというメリット

原子力発電の供給安定性のメリットについては、火力発電に比べて燃料価格の影響を受けにくいといった面は、既に価格に織り込まれる形で需要家の適正な評価を受けている。

一方、原子力発電には、軽水炉を前提とした核燃料サイクルの確立や、高速増殖炉サイクルの実現を通じ、より長期的な供給安定性の確保が可能であるといったメリットも存在する。こうした面についても、需要家にわかりやすく示されるよう、国と電気事業者は協力して取組を進めるべきである。

図 3.1.8 各種電源別のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量(メタンを含む)



【出典：原子力については、電力中央研究所「ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量による原子力発電技術の評価 2001年8月」。  
他電源については、電力中央研究所「ライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量による発電技術の評価 2000年3月」】

## 6. 全面自由化の検討を行うに当たって留意すべき事項

### (1) 電力自由化が原子力発電投資に与える影響

電力自由化は、以下の3つの点で原子力発電投資に影響を与える可能性がある。

- ①法的供給独占による需要確保や総括原価主義によるコスト回収の保証がなくなる。
- ②競争の高まりを背景にコスト圧縮努力の一環として設備投資抑制圧力が高まる。
- ③電気事業者各社は競合関係に置かれることになり、事業者間競争の圧力が高まる。

ただし、全面自由化が原子力発電投資に与える影響については、大きな影響があるとする意見が多く見られるが、異なる見方もある。

## (2) 今後の検討に当たっての留意事項

全面自由化を行うかどうかなどの電気事業制度のあり方について、電気事業分科会において 2007 年を目途に開始される検討の際には、今後の原子力発電投資に及ぼす影響に十分に配慮して慎重な議論が行われることが適切である。

## 7. 新規参入者(PPS)の取り扱い

### (1) 新・増設

原子力発電の新・増設に当たり、これに見合う需要を電気事業者各社と PPS とが補完する場合など、『原子力政策大綱』の政策目標の実現に向けた原子力政策を推進していく上で、PPS の参画は意味を持ち得る可能性がある。

今後の議論の進め方として、まずは、電気事業者と PPS の間で、PPS の参画の形態、期間、規模などについて検討することが基本であると考えられ、今後事業者間で応分の負担を伴う適切な形での検討が行われていくことを期待する。

また、その過程で、電気事業者や PPS から具体的なニーズが出てきた場合などには、必要に応じて国は環境整備の検討を行うことが適切である。

### (2) 既設

既設の原子力発電への PPS の参画は、現行の電気事業制度において、優先給電指令など一定の手当により、既に原子力発電が安定稼働を担保される仕組みとなっているため、少なくとも原子力政策上の意味合いは薄い。

ただし、原子力政策以外の観点からの意味合いもあるものと考えられることから、今後の検討課題として整理することが望ましい。PPS が当面の課題と捉える CO<sub>2</sub> 排出係数の問題については、今後の統一的な算定方法の策定過程において、工夫ができるかどうかの検討が行われていくことを期待する。

## **第2節. 安全確保を大前提とした既設原子力発電所の適切な活用**

### **1. 我が国の設備利用率の低迷**

2030 年以後も総発電電力量の 30～40% 程度以上の供給割合を原子力発電が担うことを目指すという政策目標の実現に向けて、原子力比率を高めていくためには、現在、国内で稼働中の 55 基の原子力発電所を安定的に運転していくことが不可欠である。

我が国においては、1990 年代には、事業者が現場でできる創意工夫(予備品への入替点検方式の採用、作業環境の整備、綿密な工程管理、連続作業体制の工夫等)をこらし、安全レベルを低下させずに定期点検作業を改善したことにより、1998 年度には 84.2% の設備利用率を達成した。

しかしながら、近年の我が国の設備利用率は、2003 年度には、2002 年 8 月の東京電力の自主点検記録不正問題に起因する点検等のため定期検査の前倒し及び定期検査期間の延長を行った結果、59.7% まで低下し、翌 2004 年度には 8 月の関西電力美浜 3 号機の二次系配管破損事故に起因する点検等のために 68.9% に留まる等、低迷している。

### **2. 諸外国における設備利用率向上の取組**

我が国の設備利用率が 1990 年代後半に 80% 台で頭打ちとなった後、近年、低迷する一方で、欧米諸国や韓国では設備利用率の向上が進み、概ね 90% のレベルにある(図 3.1.9)。2005 年 4 月に閣議決定された京都議定書目標達成計画では、CO<sub>2</sub> 排出削減見込

量の積算において、2010年度における我が国の原子力設備利用率を87～88%まで向上することを前提としている。

設備利用率は、原子力発電所の計画外停止頻度、平均的な運転期間や定期検査の期間等に依存するが、我が国の計画外停止頻度は諸外国と比較して低い(図 3.1.10)。平均的な運転期間と定期検査期間を国際比較してみると、米国、韓国では、我が国と比較して、連続運転期間が長く、定期検査期間は短い(図 3.1.11)。また、フィンランド、フランスの平均連続運転期間は、法令により 13 ヶ月以内と規定されている日本と同程度の1年程度であるが、フィンランドは定期検査期間が短い。

図 3.1.9 設備利用率の推移

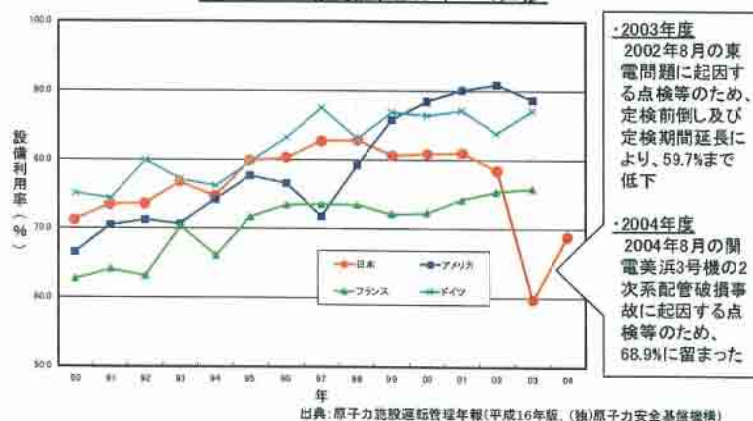


図 3.1.10 計画外停止の頻度 (2002 年)

(回/基・年)

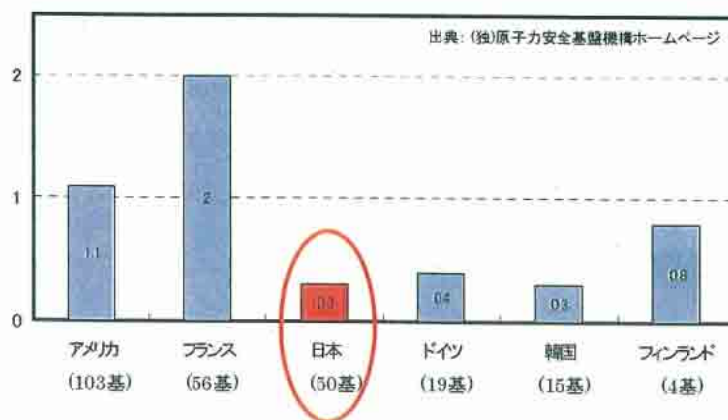
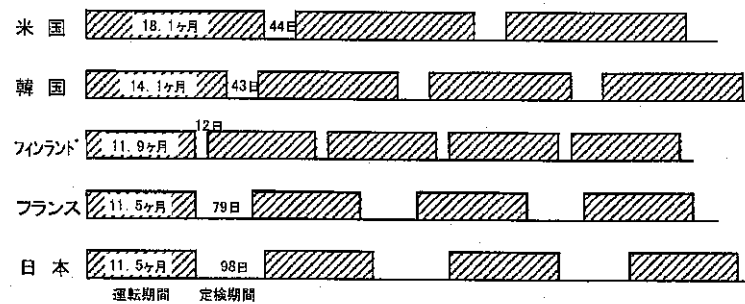




図 3.1.11 平均的な運転期間と定期検査期間

[各国の平均的な運転イメージ]



出典：電気事業連合会資料

米国においては、このような結果を裏付ける取り組みとして、INPO (原子力発電運転協会) が発電所の諸業務の標準化を支援したり、発電所の保安活動を厳格に評価しているほか、原子力エネルギー協会 (NEI) が良好事例の普及 (ベンチマーキング) や合理的規制の具体案を原子力規制委員会 (NRC) に提案する取組を行っている。また、電気事業者においては、状態監視保全やリスク情報を活用した運転中保守 (オンラインメンテナンス) の対象範囲拡大、連続運転期間の柔軟化 (1 年程度→18 ヶ月、24 ヶ月)、プラントの定格出力増加に取り組んでいる。このような安全性向上と利用率向上を同時に達成する取組が、設備利用率、被ばく線量の比較において、近年、米国が日本を上回る要因になっていると考えられる。

### 3. 既設原子力発電所の適切な活用に向けた今後の取組

原子力推進の大前提は安全を確保し、それに対する国民の信頼を得ることである。既設の原子力発電所を活用するに当たっても、安全を最優先に取り組み、国民のご理解を得ることが何よりも重要であるが、この取組はまだ道半ばであり、今後とも継続的に取り組んでいく必要がある。その上で、今後の取組としては、電気事業者は、現状の諸制度の下で安全確保を最優先に運転実績を積み重ねつつ、日本の長所を維持しながら、米国等の知見を参考に、「運転保守高度化」の取り組みを実現するべく、必要な技術課題を解決すべきである。また、日本原子力技術協会は、電気事業者のデータを客観的に収集・整理・評価し、「運転保守高度化」への支援を行っていくことが期待される。

#### ＜参考＞運転保守高度化の具体例

- ・状態監視保全の拡大
- ・オンラインメンテナンスの対象範囲拡大
- ・リスク情報の活用(信頼性データの蓄積評価)
  - 運転中の監視充実により、設備信頼性が向上
  - 定検中保守から運転中保守への移行により、年間作業量を平準化
    - ①定検中の作業輻輳<sup>ふくそう</sup>を回避し作業品質を向上
    - ②定検中、運転中ともに良質な作業者を確保し作業品質を向上

既設の原子力発電所を安全かつ有効に活用していくための具体策としては、充実させた高経年化対策を着実に運用していく必要がある。

2003 年 10 月に導入した事業者の品質保証を重視する検査制度が一定程度定着してきたところであり、今後、更なる品質保証の充実・強化、事業者の運転保守高度化も含めた保安活動の高度化を踏まえ、より実効性の高い検査への移行を進めるべきである。

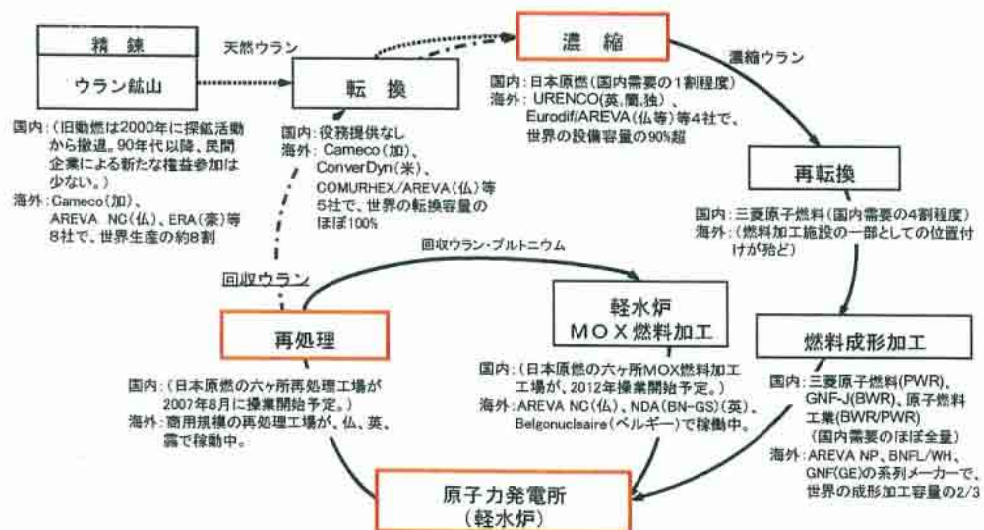
## 第2章. 核燃料サイクルの着実な推進とサイクル関連産業の戦略的強化

### 第1節. 基本的な考え方

#### 1. 軽水炉核燃料サイクルの早期確立に向けた取組の重要性

軽水炉核燃料サイクルは、天然ウランの確保、転換、ウラン濃縮、再転換、核燃料の加工からなる原子炉に装荷する核燃料を供給する活動、使用済燃料の中間貯蔵、使用済燃料再処理、MOX 燃料の加工、プルサーマル等使用済燃料から有用物質を回収して再び燃料として利用する活動及び放射性廃棄物の処分から構成される(図 3.2.1)。

図 3.2.1 核燃料サイクル関連産業



使用済燃料を再処理し核燃料をリサイクル利用する活動は、供給安定性に優れているという原子力発電の特性を一層向上させ、原子力が長期にわたってエネルギー供給を行うことを可能とする。このため、エネルギー基本計画及び『原子力政策大綱』において、使用済燃料を再処理して回収するプルトニウム、ウラン等を有効利用することを我が国の基本的方針とし、軽水炉において MOX 燃料を利用するプルサーマルを当面推進していくこととされている。

軽水炉核燃料サイクルを巡っては、2006年3月、六ヶ所再処理工場において実際の使用済燃料を用いた最終的な試験(アクティブ試験)が開始されるとともに、九州電力玄海原子力発電所3号機におけるプルサーマル実施の地元了解が得られるなど、その確立に向けた着実な進展が見られるところである(表 3.2.1)。

表 3.2.1 核燃料サイクルを巡る最近の動き

六ヶ所再処理工場	青森県六ヶ所村に建設中の再処理工場において、2006年3月に実際の使用済燃料を用いた最終的な試験(アクティブ試験)を開始。2007年に操業開始予定。
六ヶ所MOX燃料工場	2005年4月に青森県及び六ヶ所村は日本原燃との間で立地基本協定を締結。現在、事業許可の安全審査中。2007年に着工、2012年から操業開始予定。
プルサーマル	九州電力玄海原子力発電所でのプルサーマル実施に対して、2006年3月地元了解。同月四国電力伊方発電所において国の安全審査が終了。電源開発、中部電力、中国電力などにおいても着実な動きが見られる。
中間貯蔵施設	東京電力及び日本原子力発電により設立されたりサイクル燃料貯蔵(株)が青森県むつ市に建設を計画。2005年10月、青森県及びむつ市が立地を受け入れ。2010年までに操業開始予定。
もんじゅ (高速増殖炉の原型炉)	改造工事着手について2005年2月に福井県及び敦賀市が了解。5月に最高裁判決で国側勝訴が確定。今後、改造工事を行った上、2年後を目途に試運転再開の予定。
高レベル放射性廃棄物 最終処分施設	最終処分施設候補地の公募に関して、複数の地域から照会あり。これを受けて原子力発電環境整備機構(NUMO)が各地域での理解促進活動を続けている。
「再処理積立金法」の成立	2005年通常国会で六ヶ所再処理工場などに要する約12.6兆円の費用を積立てるための法律及び税制が成立(自民党、公明党、民主党賛成)。2005年10月より施行。

今後とも、2007年8月に予定されている六ヶ所再処理工場の操業開始、2010年度までの16～18基でのプルサーマルの導入、2010年度頃を目途とする六ヶ所ウラン濃縮工場への新型遠心分離機の導入、2012年からの六ヶ所 MOX 燃料工場の操業開始、高レベル放射性廃棄物最終処分候補地の選定等、早期の軽水炉核燃料サイクル確立を目指し、必要な研究開発や立地地域を含む広く国民の理解・協力を得るための取組等を推し進めていくことが不可欠である。

## 2. 我が国の軽水炉核燃料サイクルを担う原子力産業のあり方

世界の原子力産業においては、近年、世界的な再編・集約化を通じた寡占化が進展している。また、原子力産業は核物質及び関連技術を取り扱うため、核不拡散のための国際的な制度の下で事業活動を行うこととなるが、昨今、後述(第6章)するように、IAEA や米国から核不拡散と原子力平和利用の両立を目指したフレームワークが提案されるなど、世界の



核不拡散体制の変革をもたらす新たな動きが見られる。

こうした原子力産業を取り巻く世界的な動向の中で、エネルギー安定供給確保の観点から我が国の軽水炉に必要となるウラン資源や核燃料サイクル各工程の役務を将来にわたって安定的に確保していくためには、技術の戦略性（機微性、国際的優位性など）や国の積極的関与の必要性等の観点から戦略的産業分野を定め、我が国国内に相当規模の産業を確保することを基本戦略として、国、事業者、研究開発機関等の各関係主体が各々の役割を明確にした上で、持続的かつ自立した核燃料サイクル関連産業の実現に向けて我が国全体として取り組んでいく必要がある。

具体的には、核燃料サイクル関連産業の多くは、現在揺籃期から成長期に入った段階にあり、当該産業に対して広く国民の理解を得るためにも、まずは、技術的信頼性と安全の確立に取り組むことが肝要である。さらに、こうした国内の核燃料サイクル関連産業は、国際的な核不拡散体制下においても、国際競争力を有するものでなければ持続的で我が国のエネルギー安全保障に資する存在とはなりえないことを認識しながら、関係主体が競争力強化に向けたそれぞれの取り組みを進めていく必要がある。

こうした基本認識に基づき、世界及び我が国の現状と我が国核燃料サイクル関連産業が抱える課題について、「戦略的産業分野」、「戦略的産業分野を支える分野」とに大きく分類した上で、各産業分野毎に以下の通り整理するとともに、当該課題解決のため関係する各主体に求められる対応を列挙した。また、ウラン鉱山開発分野については、産業のあり方という観点に加えて、我が国のウラン資源確保を如何に進めるべきかという観点も含めて検討の上、別途整理を行った。

なお、軽水炉による原子力発電を支える原子力発電プラント産業についても、国内における技術・人材の維持や国際市場を目指した体質強化等に向けた対応が必要であるが、これらについては、第4章「技術・産業・人材の厚みの確保・発展」において詳述する。

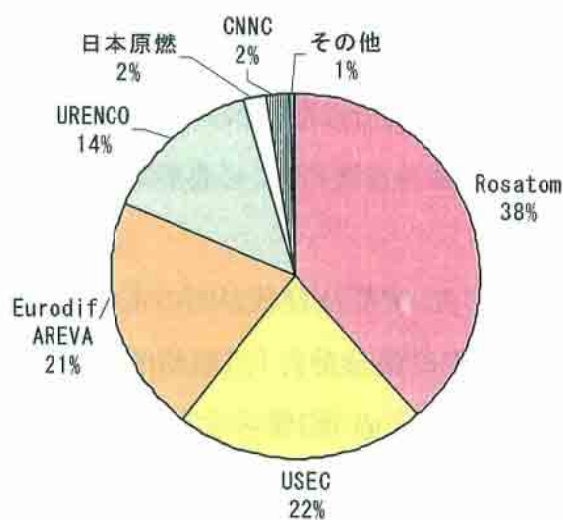
## 第2節. 戦略的産業分野

### 1. ウラン濃縮

#### (1) 世界の現状

世界のウラン濃縮設備は、Rosatom（ロシア）、USEC（米国）、Eurodif／AREVA（フランス他）、URENCO（イギリス・オランダ・ドイツ）で世界のウラン濃縮設備容量の90%超が担われる寡占状態にある（図 3.2.2）。また、世界的にガス拡散法から遠心分離法への移行、既存遠心分離機の更新のための遠心分離機の開発・導入競争が進行している。

図 3.2.2 世界のウラン濃縮設備容量の割合



【出典】 “The Global Nuclear Fuel Market (2005)”, World Nuclear Association  
注： USECとEurodif/AREVAはガス拡散法、それ以外は遠心分離法

#### (2) 我が国の現状と課題

我が国においては、日本原燃が濃縮事業を行っているが既存の遠心分離機は経年化が進み、年間1,050tSWUの施設規模のうち450tSWU分しか稼働していない。同社は、現在、より経済性の高い新型遠心分離機の開発を行っており、2010年度頃からリプレースを開始し、最終的な施設規模を年間1,500tSWUとする計画である（図 3.2.3）。

図 3.2.3 新型遠心分離機の開発計画



### (3) 今後の対応

- ① 日本原燃は、技術開発に際し、新型遠心分離機の信頼性の確保及びリプレースに向けた量産体制の確立によるコストダウンを図りつつ技術開発を成功させるとともに、濃縮事業の一層の効率化に努め、世界市場と対抗し得る濃縮役務価格水準を実現すべきである。
- ② 国は、この新型遠心分離機の技術開発に対し、支援(補助事業)を継続することが不可欠である。
- ③ 国内濃縮の規模については、新型遠心分離機の技術開発結果を見極めた上で、スケールメリットによる濃縮役務価格の更なる低減効果、海外市場における濃縮役務価格動向、濃縮役務調達先の偏り、劣化ウランの取扱い等を勘案して検討されるべきである。また、将来の天然ウラン調達の困難性、天然ウラン価格の上昇等を勘案すると、回収ウランを国内で再濃縮することも考慮して、新型遠心分離機の回収ウランへの対応可能性等について検討しておくことが必要である。
- ④ 近年国際的に議論されている核燃料供給保証構想(第6章参照)への我が国の貢献のあり方については、我が国の関係機関(日本原燃、燃料成形加工メーカー等)が経済合理性のある形でその一翼を担えるよう、国が国際的な議論の場で戦略的な対応を行うべきである。また、我が国関係企業には、民間レベルでの国際的議論への積極的

な参画の継続が期待される。さらに、研究開発が必要となる場合には、日本原子力研究開発機構の関与を検討すべきである。

## **2. 再処理**

### **(1) 世界の現状**

商業規模の再処理施設が、フランス、イギリス、ロシアで稼働しており、特にフランスは、自国再処理技術の積極的な海外展開を進めている。中国では、2020 年頃の操業開始を目指し、年間 800tU 規模の再処理施設の建設を計画している。また、ここ数十年間使用済核燃料の直接処分路線を採ってきた米国においても、今年、再処理施設立地費用も含めた政府予算を成立させている。さらに米国は、再処理に関する国際研究開発を含む国際原子力エネルギー・パートナーシップ (GNEP) 構想を本年になって世界に提案するなど、再処理を取り巻く国際的な状況は大きく変化しつつある。

### **(2) 我が国の現状**

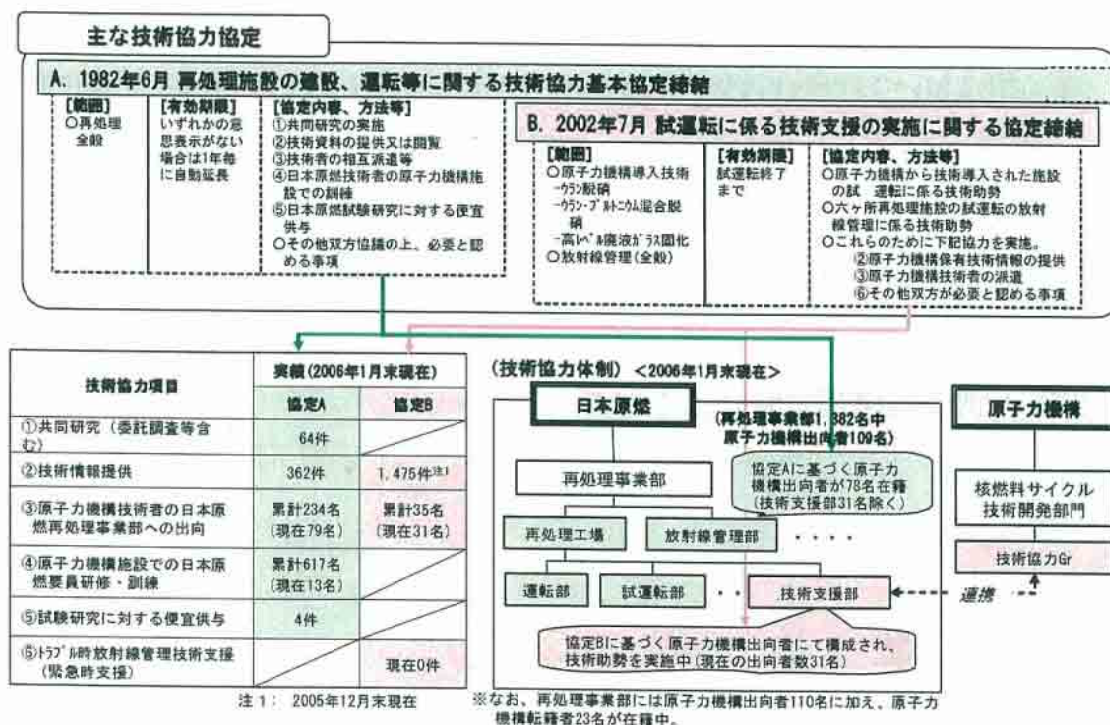
日本原燃六ヶ所再処理工場(年間処理能力:800tU)において、劣化ウランを用いたウラン試験が本年 1 月に終了し、本年 3 月には実際の使用済燃料を用いた最終的な試験(アクティブ試験)が開始されるなど、2007 年 8 月の操業開始に向けた活動が着実に進展している。六ヶ所再処理工場のせん断、溶解、分離、精製等の主工程にはフランスの技術が導入されており、現在もフランスからの技術支援を受けている。また、ウラン・プルトニウム混合脱硝工程、ガラス固化工程等には、日本原子力研究開発機構の技術が導入されており、施設の安定操業の観点から、日本原子力研究開発機構と日本原燃との間で技術協力協定が締結されている(図 3.2.4)。

高速増殖炉(FBR)に関連した再処理をはじめとする次世代技術に関する技術開発については、FBR 実用化戦略調査研究の中で、日本原子力研究開発機構が中心となり研究開発が進められている。なお、日本原子力研究開発機構の東海再処理施設は本年 3 月で電



気事業者からの役務再処理を終了し、研究開発を主体とした運営に移行した。

図 3.2.4 再処理事業に関する日本原子力研究開発機構から日本原燃への技術協力の概要



### (3)課題と今後の対応

- ① 日本原燃には、六ヶ所再処理工場が地元の理解を得ながら安定的かつ着実に操業されるよう最大限努力することが求められる。また、同社には、我が国に実用再処理技術を定着すべく、六ヶ所再処理工場の運転を通じた技術・運転経験の蓄積、人材維持・育成を進めていくことが期待される。
- ② 日本原子力研究開発機構は、これまでの技術協力の経験を踏まえ、六ヶ所再処理工場の操業開始後も引き続き適切な各種技術支援を行うことが不可欠である。今後の高燃焼度燃料や軽水炉使用済 MOX 燃料の実証試験等については、六ヶ所再処理工場及び第二再処理工場に係る要件を踏まえ検討を行うべきである。
- ③ 当該各種技術支援の実施のあり方(東海再処理施設、既設の試験施設の活用や人



的支援のあり方を含む) 及び必要な費用負担については、日本原燃、電気事業者、日本原子力研究開発機構、文部科学省、経済産業省の必要に応じた関係者間で調整を進めるべきである。

- ④ 国において次世代再処理技術開発を進めるに当たっては、FBR 実用化時期及び軽水炉サイクルからの移行プロセスの変動にも対応可能な、柔軟性のある内容とすべきである。また、当該技術開発は、日本が世界の中で孤立したり遅れたりすることがないように、国際協力を視野に入れつつ行うことが重要である。

### **第3節 戦略的産業分野を支える分野**

#### **1. 再転換**

##### **(1) 世界の現状**

世界的に見ると再転換工程は、燃料成形加工施設の一部として位置付けられている(燃料成形加工事業者が併設している) 場合がほとんどである。世界的な需要と設備容量を勘案すると、再転換役務需給が逼迫する可能性は低いと考えられる。

また、海外においては、再転換と同種の処理と考えることができる劣化ウランの酸化固形化処理について、フランスは、当該処理目的の再転換施設を保有しており、米国、イギリス、ロシアにおいては、同様の再転換施設の建設計画が進行中である。

##### **(2) 我が国の現状と課題**

我が国においては、過去には国内の再転換需要を賄うだけの設備容量を有していたが、JCO 臨界事故以降、三菱原子燃料1社のみが再転換役務を提供し、国内の再転換役務需要の約4割強の設備容量を有している。同社では自社の燃料成形加工向けの再転換を行うとともに、日本原燃六ヶ所ウラン濃縮工場で濃縮された六フッ化ウラン(UF<sub>6</sub>)の国内燃料成

形加工他社向けの再転換役務を提供しているが、今後の六ヶ所ウラン濃縮工場の施設規模増強や六ヶ所MOX燃料工場の操業時のMOX燃料加工用劣化ウランの再転換需要を勘案すると、現状の施設においてこれら再転換役務を定常的に提供することは困難である。

### (3) 今後の対応

- ① 国内での濃縮事業規模の増強や MOX 燃料加工の開始を視野に入れる場合、国内再転換設備容量の拡大(第二の再転換施設の建設を含む)が必要である。また国内再転換設備容量の拡大は、燃料加工事業を一定以上の品質を保持しつつ経済性のある形で行うためにも望ましいものと考えられる。かかる観点から、民間事業者による早急な検討が望まれる。
- ② また、劣化ウランの取扱・管理の容易さや貯蔵効率の観点から行われる劣化ウラン(UF<sub>6</sub>)の酸化固形化处理(再転換)は、濃縮ウランや MOX 燃料加工用の母材としての劣化ウランの再転換と技術的に類似する部分もあり、燃料成形加工のための再転換施設との併設によりスケールメリット確保の可能性もあることから、上記①と併せて検討が望まれる。

## 2. 燃料成形加工

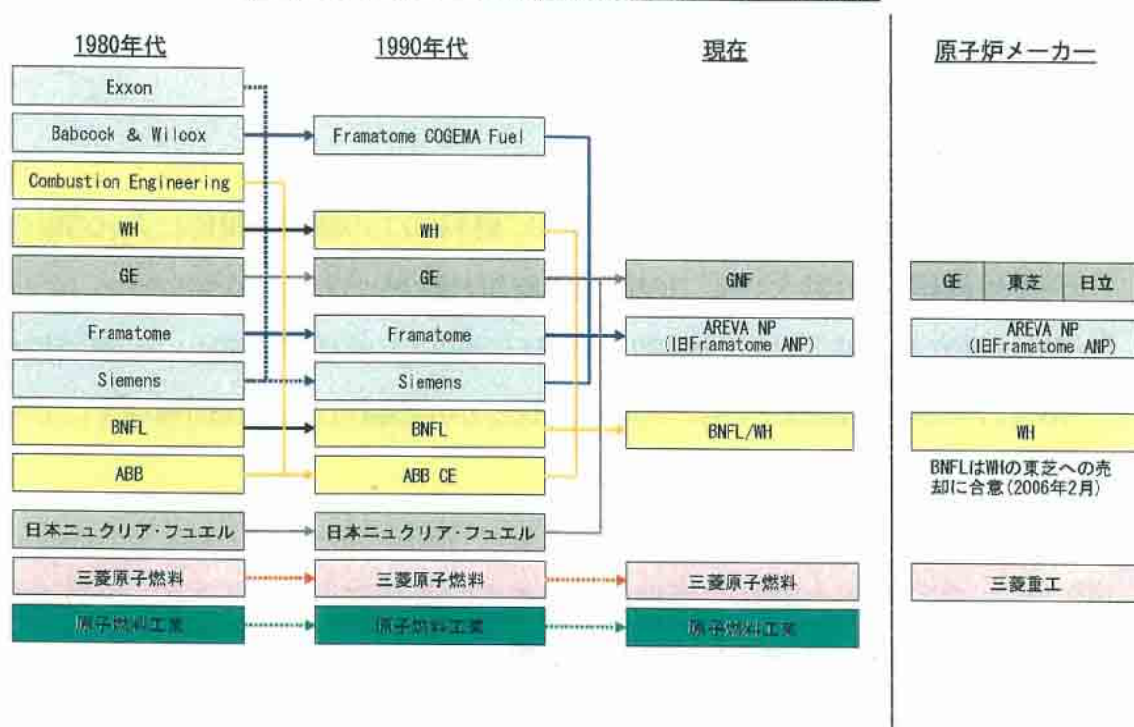
### (1) 世界の現状

燃料成形加工については、世界的に、需要を賄うに十分な設備容量がある。その一方で、原子炉メーカーと密接な関係を有する主要燃料成形加工メーカーの再編・集約化が進んだ(図 3.2.5)結果、AREVA NP(旧 Framatome ANP)、BNFL/WH 及び GNF(GE)の系列メーカーで、世界の燃料成形加工設備容量の 2/3 を占めている。

海外(米国、フランス、イギリス)においては、燃料成形加工の結果発生するウラン廃棄物は、独立した放射性廃棄物の区分として扱われておらず、低レベル放射性廃棄物として浅

地中処分されている。

図 3.2.5 世界の主要燃料成形加工メーカーの変遷



## (2) 我が国の現状と課題

我が国においては、三菱原子燃料(PWR 用燃料を製造)、グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン(GNF-J) (BWR 用燃料を製造)、原子燃料工業(PWR 用/BWR 用いずれの燃料も製造)の3社で、国内需要を賄うのに十分な設備容量を有している。三菱原子燃料は国内では唯一再転換からの一貫加工が可能である。グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパンは、再転換役務も含め、GNF グループ(GE系列)の世界的生産体制下にある。原子燃料工業は、BWR、PWR 双方の燃料成形加工が可能であり、原子炉メーカーと独立した立場を有するが、再転換役務のほとんどは海外から調達している。

我が国の燃料成形加工は、各社の品質の高さと価格低減努力により現在一定の国際競争力を有しているものと考えられるものの、各社は、燃料の高燃焼度化に伴う年間燃料需要量の低下や電気事業者による一部国際入札を含む競争入札導入等を通じた役務料金削減と需要低下により、収益が低下している。

我が国ではウラン廃棄物については未だ処分方策が具体化されておらず、燃料成形加工各社は、ドラム缶換算で万単位のウラン廃棄物を貯蔵しており、今後十数年で貯蔵庫が満杯になる状態である。他方、各社は処理処分費用の一部として引き当て(有税引当)を自主的に行っている。

### (3) 今後の対応

- ① 海外の主要燃料成形加工メーカーの再編・集約化に伴う価格競争力の更なる向上や国内の電力自由化の流れ等を背景に、国際競争力確保の必要性は変わらないものと考えられ、このため、前述「第3節 1. 再転換」の項で示した再転換設備容量の取得も含め、国内燃料成形加工メーカーによる経営合理化の継続は不可欠となると考えられる。
- ② 国によるウラン廃棄物処分方策(処分方法及びクリアランスレベル)の具体化が必要であるが、現実的な対応としては、まず、国際的な基準も踏まえつつクリアランスレベルの策定に力点を置くことが適切である。

## 3. 軽水炉 MOX 燃料加工

### (1) 世界の現状

現在世界の軽水炉 MOX 燃料加工施設は、AREVA NC(旧 COGEMA)(フランス)、NDA(BN-GS)(イギリス)、Belgonucleaire(ベルギー)の3施設が稼働しており、米国においてもDCS(Duke COGEMA Stone & Webster)が解体核兵器起源のプルトニウムを用いた MOX 燃料加工施設の建設を進めている。このうち、AREVA NC 及び Belgonucleaire の施設における粉末混合工程には MIMAS プロセス(ウランとプルトニウムを十分に一次混合した粉末を、ウランと二次混合する方式)が採用され、また、米国で建設中の MOX 燃料加工施設も AREVA NC が技術供与者となって MIMAS プロセスが導入される計画であり、フランス技術

の寡占が進んでいる。

## **(2)我が国の現状と課題**

我が国においては、日本原燃が青森県六ヶ所村において、2007 年から軽水炉用 MOX 燃料工場の建設開始、2012 年から操業開始を計画している。この六ヶ所 MOX 燃料工場の導入技術は、粉末混合工程にフランスの MIMAS プロセスを導入する他は国産であり、計量管理・保障措置技術等は日本原子力研究開発機構からの技術導入を予定している。また、六ヶ所 MOX 燃料工場の着実な建設、運転を図るため、日本原子力研究開発機構と日本原燃との間で技術協力協定が締結されている。

## **(3)今後の対応**

- ① 六ヶ所 MOX 燃料工場の着実な操業開始のため、日本原燃は人材育成等に最大限努力するとともに、日本原子力研究開発機構は同機構が開発した技術を確実に民間に移転するため、日本原燃へ引き続き適切な技術協力を行う必要がある。
- ② 国は、かかる技術協力が適切に行われるよう、日本原子力研究開発機構の人的・技術的サポートを可能にする財政的・組織的な配慮を継続することが必要である。また、六ヶ所 MOX 燃料工場に係る技術的検証のための試験に対し、支援(補助事業)を継続すべきである。
- ③ 六ヶ所 MOX 燃料工場操業にあたっては、日本原燃と電気事業者間で、当該施設についての適切なバックエンド費用を見込んだ対応がとられるべきである。
- ④ 次世代の燃料製造技術開発については、FBR 実用化時期等も念頭において、柔軟に取り組むことが重要である。



## 4. 回収ウラン

### (1) 世界の現状

海外においては、フランス、スイス、ベルギーが、自国の使用済燃料の再処理による回収ウランを再濃縮又は濃縮ウランと混合することによって、軽水炉燃料として利用している。

### (2) 我が国の現状と課題

六ヶ所再処理工場の定格稼働時には、年間約 740tU の回収ウランが発生する見込みであり、運転開始後十数年間の回収ウランの濃縮度は、約1%となる見込みである。また、現在電気事業者が国内外に保管している回収ウランは約 7,000tU、うち海外再処理委託分の回収ウランは約 6,500tU (ガス炉分約 1,500tU を含む)である。

なお、過去に旧動力炉・核燃料開発事業団(旧動燃)が回収ウランの転換・濃縮技術を開発した経緯があり、その成果が残されている。

### (3) 今後の対応

- ① 軽水炉起源の回収ウランは、天然ウランに比べ核分裂性のウラン 235 の比率が高く、またその所有権も電気事業者が保有することから、実質的には既得の資源と位置付けることができる。
- ② 国は、海外再処理委託に伴う回収ウランの再濃縮等を念頭において、電気事業者が海外転換、濃縮、再転換役務の委託先確保(ロシアでの濃縮、カザフスタンでの再転換等)を円滑に行えるよう、政府間手続きの手当等の環境整備を行うことが重要である。そのため関係国との間で緊密な対話を行うことが重要である。
- ③ 国内における再処理の結果得られる回収ウランは、国内利用を第一目標とするが、

現在ウラン価格は上昇しているもののウラン調達自身に困難は見出されていないこと、ウラン濃縮度が高く備蓄効果も高いことから、当面は、将来のウラン需要に備えた戦略的備蓄と位置付けることが合理的である。

- ④ その一方で、電気事業者及び日本原燃は、回収ウラン利用への機動的な対応可能性を明らかにするため、日本原子力研究開発機構の協力も得つつ、回収ウランの国内利用を想定した転換施設の導入に要する期間、費用の見積もり、新型遠心分離機の対応可能性等に関する検討を進めることが不可欠である。
- ⑤ 電気事業者がイギリス、フランスへの再処理委託により保有している回収ウランは、既に海外に存在し、核燃料供給保証構想(第6章参照)への短期間での貢献も期待し得る。したがって、その移転・輸送・濃縮等についての関係国の了承が必要となるなどの課題はあるものの、供給先での平和利用が担保され関係国がサポートする枠組の下で、他国の民間在庫に比べて不利益な取扱いを受けず、商業ベースで適正価格で取引されることを前提として、同構想への我が国の貢献の選択肢の一つとして、これら回収ウランを他国へ提供することも考えるべきである。

## **5. 転換**

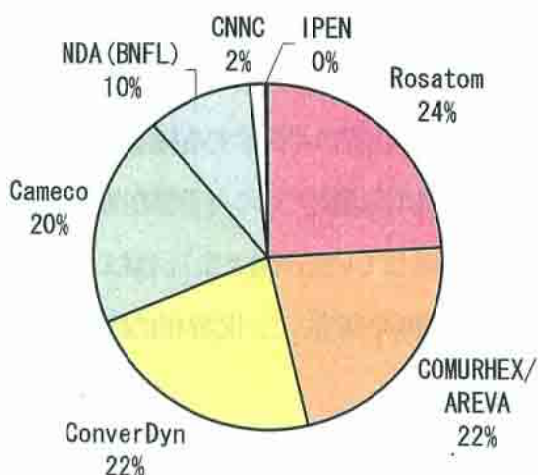
### **(1) 世界の現状**

世界の転換設備は、Rosatom(ロシア)、COMURHEX/AREVA(フランス)、ConverDyn(米国)、Cameco(カナダ)、NDA(BNFL)(イギリス)の5社で世界の転換設備容量のほぼ100%を担っている(図3.2.6)。

現在の世界の転換役務需要は設備容量を上回っており、役務需要の一部は二次供給(解体核兵器起源の高濃縮ウラン、民間在庫等)によって賄われていると推測される。今後の世界的な原子力開発規模の増大に伴う転換需要の増大や二次供給の減少を勘案しても、転換施設の新増設は、ウラン濃縮施設等その他の核燃料サイクル施設と比較して容易と見

込まれることから、天然ウランの増産に合わせて柔軟に転換設備容量を増強することは可能であると考えられる。

**図 3.2.6 世界の転換設備容量の割合**



【出典】 “The Global Nuclear Fuel Market (2005)”, World Nuclear Association

## **(2) 我が国の現状と課題**

我が国は、転換役務を完全に海外に依存しているが、現在、電気事業者による海外での転換役務の調達には大きな困難は存在しない。

なお、過去に旧動燃が天然・回収ウランの転換技術を開発した経緯があり、その成果が残されている。

## **(3) 今後の対応**

転換施設の国内立地については、天然ウランを完全に海外に依存せざるを得ないこと及び転換技術が高度なものではなく比較的安価かつ短期間での導入が可能であると考えられることを勘案すれば、世界的な転換役務需給状況に応じて判断すれば十分であり、現時点ではその必要性は低いものと考えられる。

## 第4節 ウラン資源確保戦略

### 1. 世界の現状

世界のウラン鉱山は、Cameco(カナダ)、AREVA NC(旧 COGEMA)(フランス)、ERA(オーストラリア:但し Rio Tinto(イギリス)が68%株式を保有)等の主要8社で、世界の天然ウラン生産の約8割を担い、我が国企業が保有する権益は極めて限定的である。近年のウラン価格は、ウラン二次供給(解体核高濃縮ウラン、民間在庫等)の減少、中国等の需要増加の見通しから、スポット価格が上昇している(図3.2.7、図3.2.8)。その一方で、需要の拡大や価格の上昇による投資環境の改善を背景に、世界的な天然ウラン増産に向けた動きも見られる。

図3.2.7 ウラン需給の見通し

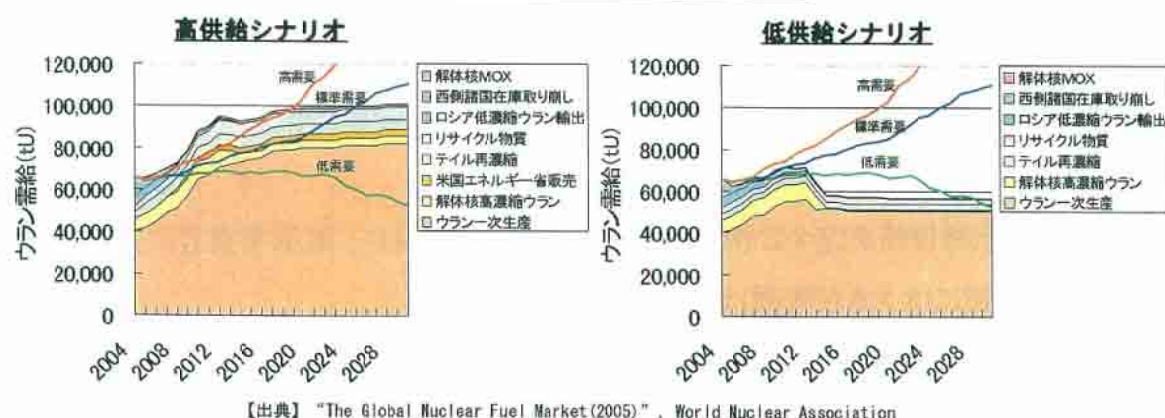
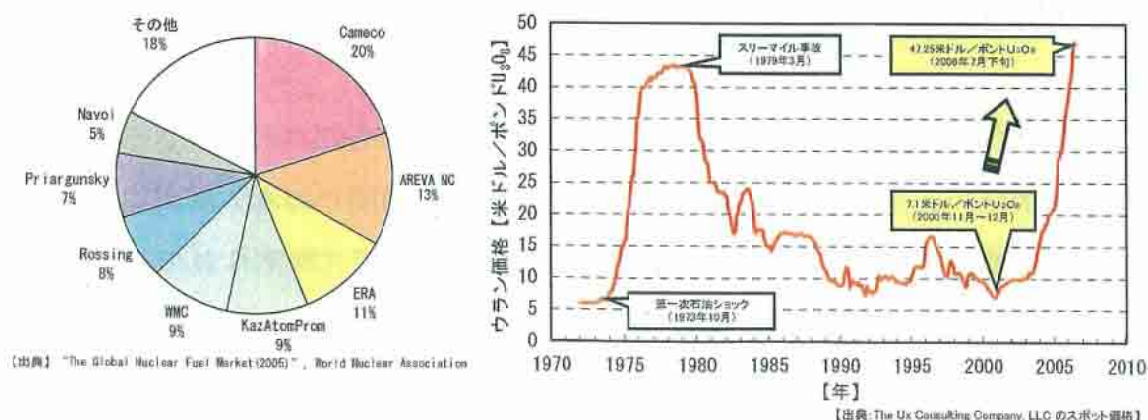


図3.2.8 世界の天然ウラン生産割合(2004年)とウラン価格の推移



## 2. 我が国の現状と課題

我が国の天然ウラン調達においては、需給のタイト化により市場は完全な売り手市場となっており、価格条件のみならず供給側の免責事項の拡大や前払いの要求など供給条件が悪化している。

ウラン鉱山に関する利権確保の方法としては、既にウラン資源の賦存が確認されている探鉱済鉱区に生産開発段階から参画して利権を確保する探鉱開発と探鉱段階からの権益参画の大きく分けて 2 つが存在する。我が国では、前者について民間による開発参加が旧金属鉱業事業団(MMAJ)による支援の下で進められ、後者については旧動燃による探鉱開発により行われてきたが、旧動燃は動燃改革の流れを受け 2000 年に探鉱開発から撤退した。

民間による探鉱開発については、ウラン価格が低位に推移してきたという背景はあるものの、1990 年代以降、我が国企業による新たな権益参画は少なく、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC(旧 MMAJ))による民間探鉱開発支援策も 1980 年代の活用実績を残すのみとなっている。

これらを背景に、旧動燃の人的・技術的蓄積が失われつつある現在、探鉱に関する知見・蓄積も我が国から失われつつある。

## 3. 我が国として必要とされる対応

ウラン二次供給減少の見通し、中国等の原子力需要増加の見通しから、世界的な天然ウラン増産が求められるところ、我が国としても世界の天然ウラン供給量拡大に貢献し、また、我が国のウラン資源安定供給を確保する観点から、我が国民間企業によるウラン鉱山開発への参画を促進・支援するための政策的対応が必要である。言い換えれば、①我が国として、契約ベースでのウラン調達に止まらず、我が国民間企業によるウラン鉱山開発権益への参画を通じたより供給安定性の高い調達方法の拡大を図るべきであり、②ウランの取引に



については、核不拡散等の民間だけの論理だけでは成り立たないという他の資源と異なる側面を有することも勘案し、これまで十分でなかった我が国民間企業によるウラン鉱山開発支援のための政策的対応を拡充する必要があると考えられる。

また、我が国探鉱に係る人的知見や技術的蓄積を維持・向上する観点から、旧動燃のウラン探鉱人材・技術の継承や拡大が必要である。

これらに加え、我が国には開発可能なウラン資源が存在せずウラン鉱山開発の何れもが海外において行われることを勘案すると、カザフスタン、オーストラリア、カナダをはじめとした資源国と良好な関係を維持することは不可欠であり、引き続き積極的な資源外交を進めることが不可欠である。

以上を踏まえると、ウラン鉱山開発に関する具体的な方策は以下のように整理される。

① 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)による民間企業の探鉱・権益取得に対するリスクマネー供給等の活用

ウラン鉱山開発は、探鉱から開発・生産へと段階的に進められていくが、これら各段階に対応した適切な対応が不可欠である。特に、探鉱段階においては、将来のキャッシュフロー予想ができないことから、デット・ファイナンスを調達することがきわめて難しい。かかる段階における我が国企業によるウラン鉱山開発を促進するためには、石油天然ガス・金属鉱物資源機構を実施機関とする民間企業へのリスクマネー供給等を活用して探鉱や探鉱権益取得を支援していくことを拡充する必要がある。

② 日本貿易保険(NEXI)、国際協力銀行(JBIC)等政策金融による一層効果的な支援

ウランの賦存する国の政情は比較的安定しているものの、民間企業としてカントリーリスクを意識せざるを得ない中央アジア(カザフスタン、ウズベキスタン等)やアフリカ(ニジェール、ナミビア、マラウイ等)等の国々におけるウラン鉱山開発プロジェクト

への我が国企業の参画を促すためには、政策金融による支援が極めて有効であると考えられる。かかる観点から資源エネルギー庁は、政策金融によるウラン鉱山開発プロジェクトの支援のあり方について日本貿易保険及び国際協力銀行との意見交換を行い、両者から、「エネルギー政策上重要と考えられる資源案件(ウラン資源開発案件も含む)について、既に優遇条件にて行われている積極的な対応は、それを継続するとともに、保険商品性の改善に向けた検討を併せて行う。」旨表明された。今後とも、ウラン資源の開発・取得・需給緩和や資源インフラ等整備に対する政策金融の積極的な活用及びウラン供給国・会社等との関係強化を行っていくことが重要である。

- ③ 石油天然ガス・金属鉱物資源機構は、日本原子力研究開発機構と協力し、ウラン探鉱に係る人的知見や技術的蓄積を拡大

旧動燃のウラン探鉱事業撤退以来、我が国におけるウラン探鉱に係る人的基盤の低下は著しい。我が国の探鉱に係る人的知見や技術的蓄積を維持する観点から、石油天然ガス・金属鉱物資源機構は、旧動燃のウラン探鉱人材・技術を継承する日本原子力研究開発機構と協力し、ウラン探鉱に係る人的知見や技術的蓄積の拡大を図るとともに、上記①のウラン資源開発支援機能の向上に繋げていくことが効率的であると考えられる。

- ④ カザフスタンとの必要な法的環境整備に向けた対話開始やオーストラリアとの原子力利用に係る意見交換の緊密化など資源外交の強化

これらの取り組みと併せて、カザフスタンとのウラン鉱山開発を中心とした原子力分野における協力拡大のために必要な法的環境整備に向けた対話の開始やオーストラリアとの原子力利用に係る意見交換の緊密化など、我が国民間企業によるウラン鉱山開発プロジェクトへの参画を促すための環境整備のため、政府として資源外交を強化すべきことは言うまでもない。

これまでも積極的な資源外交を展開しており、例えば、昨年 11 月、資源エネルギー庁幹部がカザフスタンを訪問し、同国エネルギー・鉱物資源省との間でハイレベル協議を実施。ウラン・鉱山開発分野における相互補完的かつ戦略的な協力関係構築が必要である等の日・カザフスタンの共通認識を内容とする共同プレス・ステートメントを発出した。また、豪州との間では、昨年 12 月、日豪エネルギー高級事務レベル協議を開催し、ウラン資源開発を通じた相互補完的な関係発展の潜在的可能性について認識を共有した。今後とも、こうした戦略的な資源外交を展開していくことが重要である。

### 第3章. 高速増殖炉サイクルの早期実用化

#### 第1節. 高速増殖炉サイクルの意義・必要性

高速増殖炉(FBR)は、発電しながら消費した燃料以上の燃料を生産することによりウラン資源の利用効率を飛躍的に高め、我が国のエネルギー安定供給に大きく貢献するものである。また FBR は、使用済燃料に含まれるプルトニウムとマイナーアクチニドを燃料として再利用すること等によって高レベル放射性廃棄物の発生量を削減することが可能であり、環境負荷の低減という観点からも開発意義が高い。本年 3 月に閣議決定された『第 3 期科学技術基本計画』においても、国主導で取り組む大規模プロジェクトで今後 5 年間集中投資すべき科学技術(国家基幹技術)として、FBR サイクル技術は位置付けられたところであり、可能な限り早期の実用化に向けて、全力を挙げて取り組むべきである。

#### 第2節. 高速増殖炉サイクルの位置付けのこれまでの経緯

FBR サイクルの実用化に向けた取組については、これまで原子力委員会が策定する「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」(以下、「原子力長期計画」)において、方針が定められてきた。

##### 1. 1994 年(平成 6 年)「原子力長期計画」まで

###### ～時期も実施主体も明確化～

原子力委員会が従来策定してきた「原子力長期計画」においては、1994 年(平成 6 年)の「原子力長期計画」まで、実現性のある FBR 実用化像が未確立なまま FBR 開発の実施主体や施設建設の実施時期・年限等の目標について具体的に定めており、この実現を目指して関係者が取組を進めてきた。

＜参考＞ これまでの「原子力長期計画」に盛り込まれた実施主体や実施時期・年限等

○1982 年(昭和 57 年)「原子力長期計画」

実証炉の建設・運転：国の支援の下に、電気事業者が積極的役割を果たす

実施時期：1990 年代初め頃 実証炉着工、2010 年頃 実用化 を目標

関連する研究開発：民間の役割を増大させながら、動力炉・核燃料開発事業団を中心に推進

○1987 年(昭和 62 年)「原子力長期計画」

原型炉「もんじゅ」の建設：動力炉・核燃料開発事業団が民間の協力を得て推進

実証炉の設計・建設・運転：FBR 開発の中核的役割を果たす動力炉・核燃料開発事業団と密接に連携して、電気事業者が主体的役割を果たす

実施時期：1990 年代後半 実証炉着工、2020 年代～2030 年頃 高速増殖炉のための技術体系の確立 を目標

関連する研究開発：電気事業者、動力炉・核燃料開発事業団、メーカー、その他関係する研究開発機関がそれぞれの役割に即し、整合性をとりつつ推進

○1994 年(平成 6 年)「原子力長期計画」

実証炉の建設：国を中心とした原型炉「もんじゅ」までの開発成果に基づいて電気事業者が建設

実施時期：2000 年代初頭 実証炉 1 号炉着工、2030 年頃 実用化が可能な高速増殖炉の技術体系の確立 を目標

関連する研究開発：動力炉・核燃料開発事業団が長期的に継続して主体的な研究開発を実施し、技術開発の中核的役割を果たす

## 2. 1995 年以後 2000 年(平成 12 年)「原子力長期計画」まで

### ～時期も実施主体も白紙に～

しかしながら、1995 年の「もんじゅ」事故や電力自由化の開始等を経て、これらの具体的な計画は頓挫し、2000 年(平成 12 年)の「原子力長期計画」では、先ずは FBR サイクル技術としての適切な実用化像を明らかにすることとされ、具体的な実施主体や時期は、種々の成果を評価した上で決定することとされ、事実上、両者とも白紙に戻った。

## 3. 今回の『原子力政策大綱』

### ～時期について最終ゴールのみ提示～

原子力委員会においてとりまとめられ、2005 年 10 月に閣議決定された『原子力政策大綱』においては、「今後の原子力発電に関する基本的な考え方として、高速増殖炉につい



ては、軽水炉燃料サイクル事業の進捗や「FBR サイクルの実用化戦略調査研究」、「もんじゅ」等の成果に基づいた実用化への取組を踏まえつつ、ウラン需給の動向等を勘案し、経済性等の諸条件が整うことを前提に、2050 年頃から商業ベースでの導入を目指す。」とされている。この基本方針を実現するため、商業ベースでの導入までの移行シナリオ、コスト負担や実施主体等移行シナリオにおける官民役割分担、国際戦略等については今後検討する必要がある。

### **第3節. 高速増殖炉サイクル実用化のシナリオ**

#### **1. 現状から高速増殖炉サイクル実用化に向けた移行シナリオ**

『原子力政策大綱』で示された核燃料サイクルの確立に向けた今後の取組の基本方針に沿って、国民や立地地域の理解を得つつ、高速増殖炉(FBR)サイクルへの移行を着実に進めるためには、現在の軽水炉による発電やFBR原型炉「もんじゅ」の段階から商業ベースでの FBR サイクルの段階への移行シナリオを明確にして、その移行シナリオにおける課題を明確にする必要がある。

これにより、FBR サイクルへの移行に必要となる技術開発課題等の政策ニーズを明らかにして、体系的に対応する必要がある。その際、技術動向や国際情勢等将来における不確実性が極めて大きいことから、軽水炉からFBRへ移行するという基本方針は保持した上で、シナリオや時期については柔軟に対応できるようにしておくことが肝要である。

また、取組を進めるに当たっては、技術の涵養やセキュリティの観点から、国内での実施を基本としつつ、国際協力の進展、世界の核不拡散政策の動向等に応じて、海外の活用についても柔軟性をもって考えるべきである。

#### **(1)「基本シナリオ」**

『原子力政策大綱』の基本方針に沿ったものとして、次のような「基本シナリオ」を想定す

ることが適当であり、この「基本シナリオ」の実現を目指して、国際的動向を十分注視しながら、遅滞することなく、技術開発等必要な取組を進めるべきである。

＜基本シナリオ＞（図 3.3.1、図 3.3.2）

- 1) 早期に FBR 原型炉「もんじゅ」の運転を再開し、“発電プラントとしての信頼性の実証”と“運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立”を実現する。
- 2) 商業ベースでの FBR 導入までは、軽水炉使用済燃料を再処理して回収したプルトニウムはプルサーマルで再利用し、プルサーマル使用済燃料は FBR 用に貯蔵する。
- 3) 2015 年頃までに「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究」を完了し、FBR サイクルの適切な実用化像とそこに至るまでの研究開発計画を提示する。
- 4) その後、実用化戦略調査研究の検討結果を踏まえ、実証炉及び関連サイクル施設の 2025 年頃までの実現を目指し、必要な実証プロセスを実施する。併せて、FBR サイクルの実用化に向けた再処理及び燃料加工に関するホット工学規模試験及び実用規模試験を行う。
- 5) 2030 年前後から始まる既設炉の代替に伴う大量建設に際しては、次世代軽水炉を開発して対応する。
- 6) 2050 年前の商業ベースでの FBR の導入に間に合うように、炉及び核燃料サイクル関係施設の実証プロセスを完了する。
- 7) 六ヶ所再処理工場の操業終了時頃(2045 年頃)に第二再処理工場の操業を開始し、回収されるプルトニウムは FBR で再利用する。
- 8) 2050 年より前に商業ベースでの FBR の導入を開始し、以降、運転を終える既設の軽水炉は順次 FBR にリプレースする。

図3.3.1「基本シナリオ」のイメージ

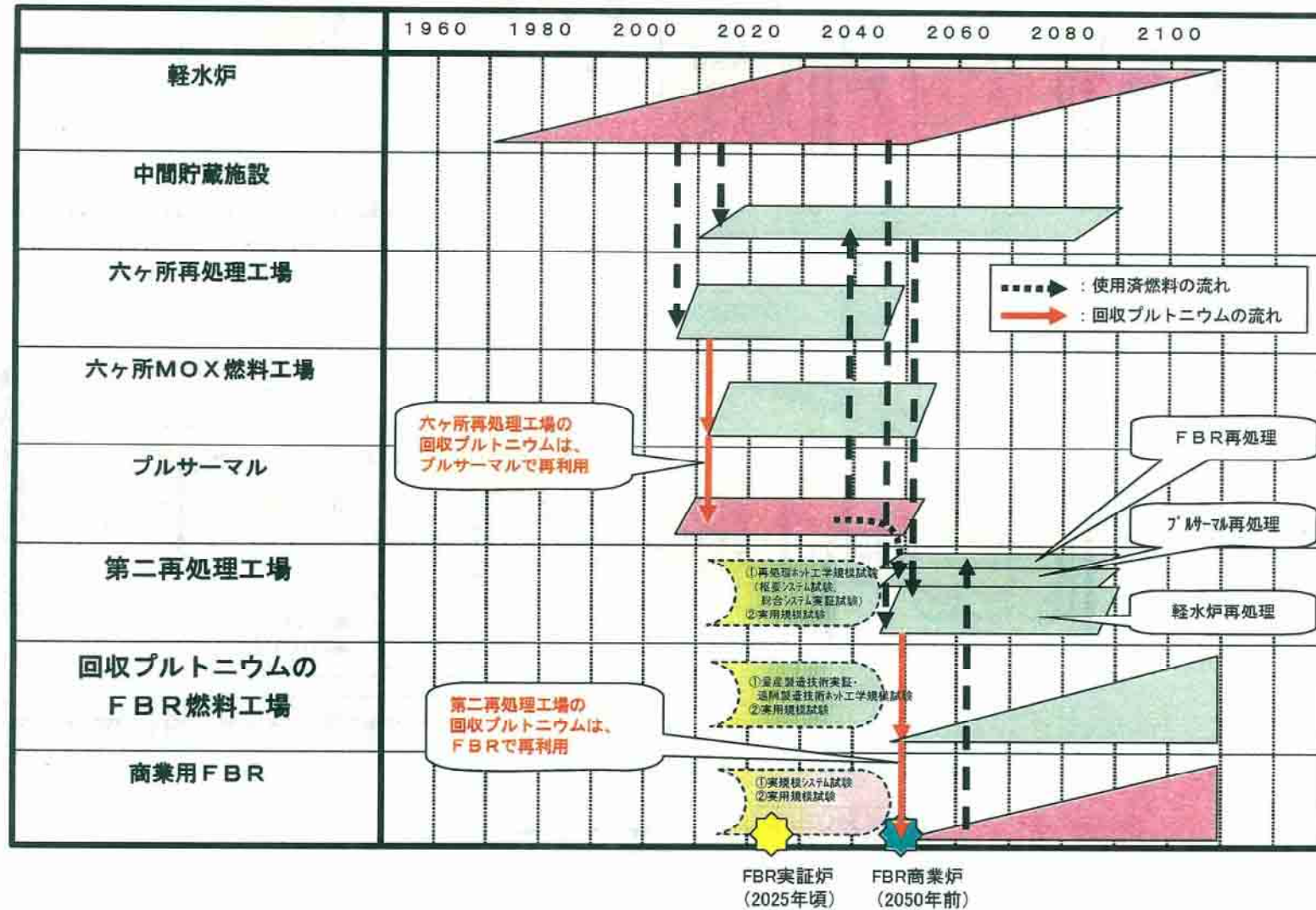
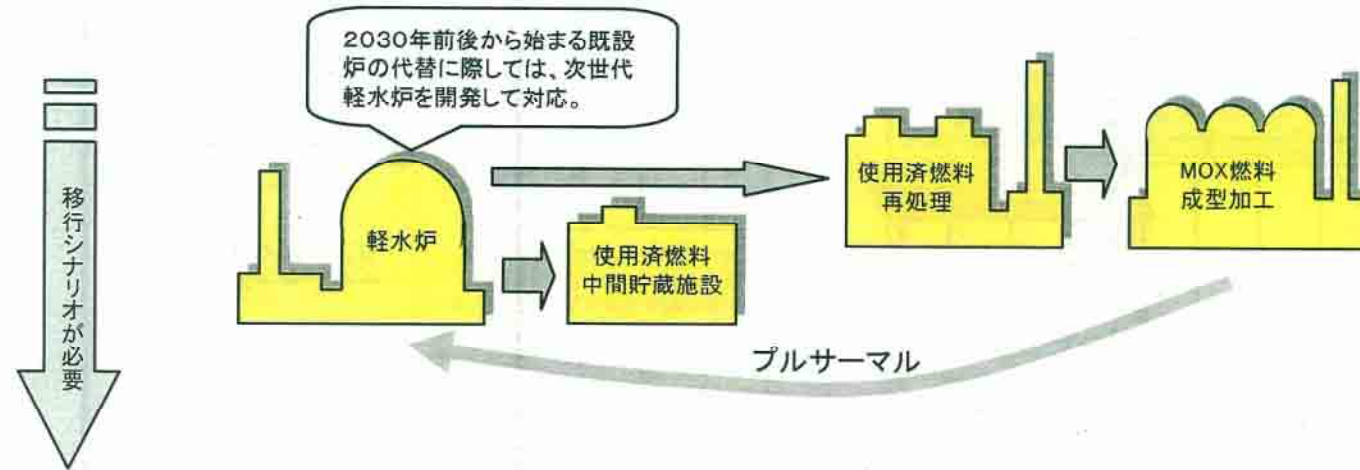
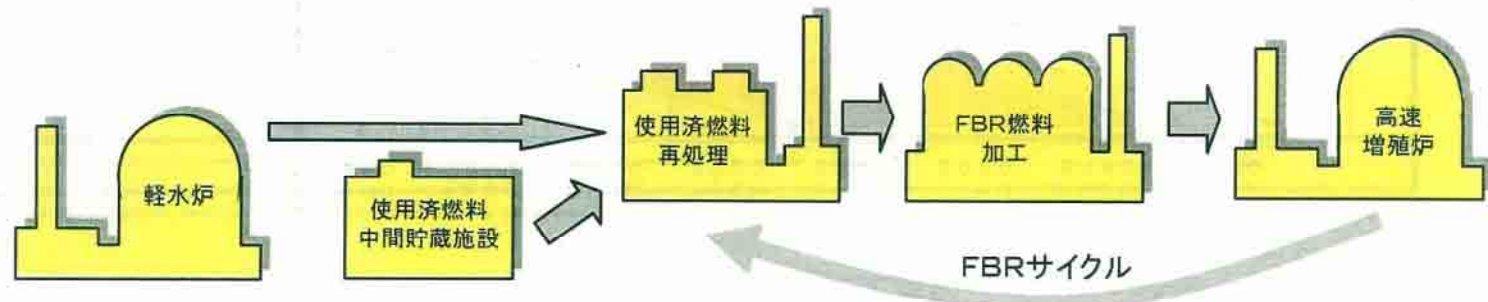


図3.3.2「基本シナリオ」のイメージ

★FBR稼働以前(2050年頃以前)



★FBR稼働以降(2050年頃以降)



## (2)「サブシナリオ」(“FBR 導入前倒しケース”及び“FBR 導入遅れケース”)

FBR サイクルの実用化に向けたシナリオの想定に当たっては、技術動向・ウラン需給動向や国際情勢等原子力を取り巻く環境等が変化する場合があり得ることから、将来における不確実性に対応できるように柔軟性をもたせておくために、「基本シナリオ」を今後の取組を検討する上での基軸としつつ、これとは別に「サブシナリオ」として、次の2つのシナリオを想定して、これらにも対応できるよう技術開発等必要な対応を進めておくべきである。

### ①「サブシナリオ1」～“FBR 導入前倒しケース”～

世界的な原子力発電の急速な進展等によって早期にウラン需給が逼迫した場合等には、次のような「サブシナリオ1 (FBR 導入前倒しケース)」を想定することが可能である。

#### <サブシナリオ1>

- 1)～5)は「基本シナリオ」と同様
- 6) 商業ベースでの FBR の導入を前倒しする。
- 7) FBR の導入に必要なプルトニウムは、六ヶ所再処理工場で軽水炉使用済燃料を再処理して回収したプルトニウムを再利用するが、それでもプルトニウムが不足する場合には、第二再処理工場を六ヶ所再処理工場の操業終了時頃(2045 年頃)を待たずに操業開始し、必要なプルトニウムを確保する。

### ②「サブシナリオ2」～“FBR 導入遅れケース”～

FBR の技術開発が大幅に遅れた場合や、ウランの需給が長期的に大幅に緩むような場合には、次のような「サブシナリオ2 (FBR 導入遅れケース)」を想定することが可能であるが、このケースのように、第二再処理工場の操業開始時期が六ヶ所再処理工場の操業終了から大幅に遅れることになると、(i)再処理技術の継承が難しくなる、(ii)使用済燃料の貯蔵量が大幅に増加し、十分な中間貯蔵施設の確保が難しくなる、(iii)第二再処理工場の操業開始について国際社会の受容性が低下する可能性がある、(iv)我が国のウラ

ン需要が大きくなり、そのウラン確保が難しくなる、等の問題が出てくることにも留意すべきである。

#### ＜サブシナリオ2＞

- 1)は「基本シナリオ」と同様。
- 2) 商業ベースでのFBR導入までは、軽水炉使用済燃料を再処理して回収したプルトニウムをプルサーマルで再利用し、プルサーマル使用済燃料はFBR用に貯蔵することとするが、必要に応じて再処理して回収プルトニウムを再度プルサーマル燃料として利用する。
- 3)～5)は「基本シナリオ」と同様
- 6) 商業ベースでのFBRの導入が大幅に遅れる。
- 7) 第二再処理工場の操業開始は、六ヶ所再処理工場の操業終了時頃(2045年頃)とする。この場合、第二再処理工場は、軽水炉プルサーマル用の再処理工場となり、FBR用燃料のための再処理はそれに続く再処理工場以降で行う。

## **2. 各シナリオに共通する主な課題**

### **(1) 高速増殖炉サイクル実用化までのシナリオや技術の選択に当たっての考慮事項**

高速増殖炉(FBR)サイクルの実用化までのシナリオやそれを実現するための技術の選択に際しては、世界における技術開発の進捗状況、原子力発電の状況や市場の動向等を十分に踏まえて、日本が世界の中で孤立したり遅れたりすることのないように、一方で世界の動きをリードしていくことができるという観点も必要である。

### **(2) FBR 実証炉等の開発・建設等**

FBR サイクルの構築に向けた実証炉等の炉の開発・建設等については、①日本国内で実施、または、②海外で国際共同開発の体制を構築して実施等の方法が考えられるが、どのような方法が適当か検討する必要がある。その際、技術の涵養や人材の育成、セキュリティ



イ等の観点からは国内立地が望ましいと考えられる一方、投資コストの分散等の観点からは海外での国際共同開発という選択肢も考えられる。

また、原型炉「もんじゅ」から商用 FBR サイクルへの実証プロセスとして、①実証炉及び実用導入炉、または、②「もんじゅ」の改造炉及び実用導入炉、または、③コンポーネント試験のための大型試験施設及び実証炉、というプロセスが考えられる。これらのステップを比較すれば、投資コスト抑制の観点だけから考えると、大型試験施設及び実証炉による実証ステップ(上記③)がコスト的には有利になると考えられるが、技術実証の信頼性確保の観点からは、実証炉及び実用導入炉による実証ステップ(上記①)を経ることが望ましい。ただし、「サブシナリオ1(FBR 導入前倒しケース)」のような場合には、大型試験施設及び実証炉による実証プロセス(上記③)以外はスケジュール的に実現困難とも考えられる。

### **(3) 第二再処理工場の機能等**

第二再処理工場については、「原子力政策大綱」において 2010 年頃からその検討を開始することとされているが、その検討のための準備として、第二再処理工場の目的や求められる機能について、調査研究やデータ蓄積を行うことが必要である。

### **(4) 再処理技術等燃料サイクル技術の開発等**

再処理技術等燃料サイクル技術の研究開発を推進するに当たっては、工学規模の FBR 再処理施設を建設し、その設計・建設・運転に際しては、将来の第二再処理工場に向けた技術の伝承も考慮した体制であたることが重要である。また、海外との協力を通じたノウハウの維持等の方策についても検討する必要がある。

更に、再処理工場の建設間隔(約 40 年)が原子力発電所に比べて長期であることを鑑みると、技術の継承のためには、これに加え、技術等のノウハウを工学的に体系化し、効果的に伝承する手法の研究が必要である。

## (5) FBR サイクル関連技術・ノウハウ等の次世代への継承

「もんじゅ」開発経験者(現在、メーカーや日本原子力研究開発機構等に在籍)が 50 歳を越えていることから、FBR サイクル関連技術・ノウハウ等を次の世代に継承していくためには、「FBR サイクルの実用化戦略調査研究」において技術・人材の継承・育成に努めるとともに、「もんじゅ」開発経験者が退職を迎えると想定される今後 10 年程度までに実証炉を睨んだ開発作業に着手することが必要である(図 3.3.3、図 3.3.4)。

図 3.3.3 メーカーの高速増殖炉関連の技術・人材の現状

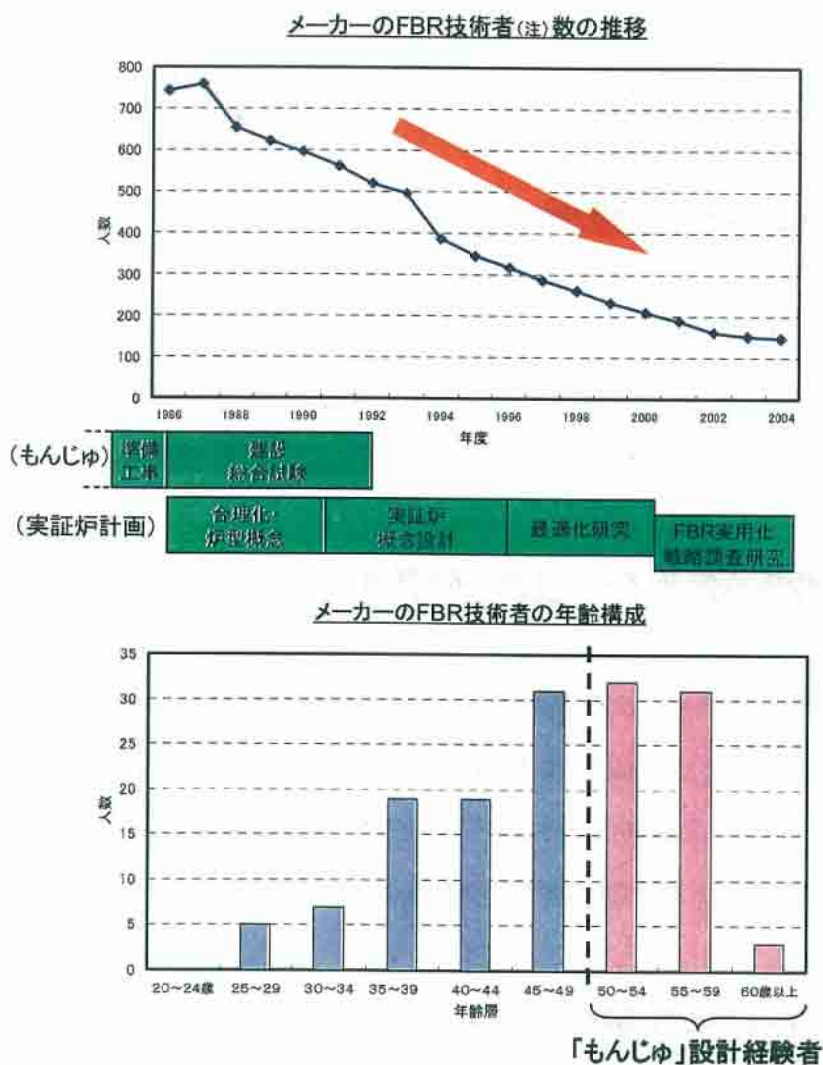
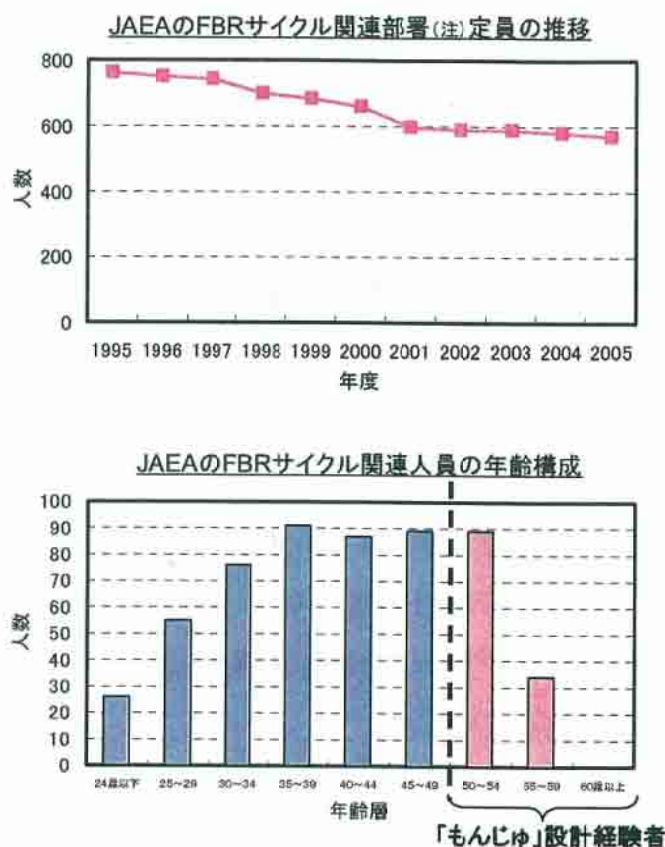


図 3.3.4 日本原子力研究開発機構(JAEA)における高速増殖炉及び  
高速増殖炉再処理関連の技術・人材の現状



(注) 設計、要素技術開発等の技術者及び試験施設等の運転・管理を行う現場作業者の合計。

(出典) JAEA調べ

## (6) 技術開発成果の技術移転・継承等

開発段階から商用段階への技術開発成果の産業化において、段階間の技術移転・継承をどのように行うか、また、商業化までのスケジュールが長期化した場合にも、技術移転・継承の問題が生じると考えられるが、どのように対処すべきか、体制、人事等を含めて検討することが今後の課題である。更に、原子力産業の国際化が進展する中、研究成果の拡散を防ぎ、我が国において技術を確保する観点から、研究開発主体が、従来のように性能仕様の作成を行うにとどまらず、構造仕様の作成までを担うべきかどうか今後の重要な課題である。

## (7)核不拡散に向けた取組への対応

核不拡散の議論が本格化し、日本の FBR サイクルシステムを(アジア等の)地域的な核燃料サイクルシステムの中で位置付ける必要が出てきた時に、どのような対応が考えられるか、といった点についても検討が必要である。

## 3. 各シナリオを検討するに当たっての主な留意点

### (1)天然ウラン需要量

「基本シナリオ」や「サブシナリオ1(FBR 導入前倒しケース)」は、「サブシナリオ2(FBR 導入遅れケース)」に比べて、天然ウラン需要量を大幅に抑制することができる。ウラン需給が逼迫した場合においては、「サブシナリオ2(FBR 導入遅れケース)」は、安定的なエネルギー供給の確保に支障を生じるおそれがある。

### (2)人材面

「サブシナリオ2(FBR 導入遅れケース)」のようにFBR 導入までの技術開発等の取組が長期間にわたる場合には、「基本シナリオ」や「サブシナリオ1(FBR 導入前倒しケース)」の場合と比べると、サイクル関係技術者の維持・確保や技術継承等の面での問題が生じる可能性が高い。

一方、「サブシナリオ1(FBR 前倒しケース)」においては、2つの再処理工場が同時並行して稼働する可能性も考えられ、そうした場合、両工場を円滑に稼働するためには、サイクル関係技術者の維持・確保に加え、適切な人材配置を考慮する必要がある。

### (3)実用化に必要な信頼性の確保とタイムスケジュール

「基本シナリオ」は、商業ベースでのFBRサイクルの導入まで、「サブシナリオ2(FBR 導入遅れケース)」に比べて、より短期間で技術開発・信頼性のある実証等を進めることが求めら

れる。また、「サブシナリオ1 (FBR 導入前倒しケース)」においては、「基本シナリオ」よりもさらに期間が短縮されるため、実用化に必要な実証プロセスにおいて、その実証ステップの選択肢が制限される(=実証炉と実用導入炉の 2 ステップアプローチは困難である)ことに留意が必要である。

#### **(4)技術開発面**

「サブシナリオ2 (FBR 導入遅れケース)」においては、「基本シナリオ」または「サブシナリオ1 (FBR 導入前倒しケース)」での技術開発課題に加えて、プルサーマル使用済燃料から回収されるプルトニウムを再度プルサーマルで利用するための技術的確認や技術開発が必要となる。

#### **(5)使用済燃料貯蔵量**

「基本シナリオ」及び「サブシナリオ1 (FBR 導入前倒しケース)」は、使用済燃料の貯蔵量を「サブシナリオ2 (FBR 導入遅れケース)」に比べて抑制することができる。

### **第4節. 移行シナリオにおける官民役割分担のあり方**

#### **1. 官民役割分担の判断要素を巡る最近の状況変化等**

##### **(1)電力自由化による電気事業者がとれるリスクの大幅な縮小**

高速増殖炉 (FBR) サイクルは、エネルギーの安定供給 (ほぼ無限のエネルギー供給) 及び放射性廃棄物の大幅な削減といった大きな国民的利益を有する一方、世界的に数十年間運転してきた実績を持つ軽水炉に比べて著しく未成熟な技術であることから、商業ベースでの導入のリスクは極めて大きい。また、電力自由化により、電気事業者がとれるリスクは、従来と比較して大幅に縮小している。このような FBR 導入による国民的利益の大きさと電気事業者各社のとれるリスクの大幅な縮小に鑑みれば、FBR サイクルの開発においては、国

の関与とそれに見合った役割分担が求められる。

## **(2) 核不拡散強化に向けた国際的要請の高まり**

イランや北朝鮮の核問題等に関連して、核拡散の懸念が国際的に高まっている。このような動きにも対応して、今後、国際的な核不拡散の枠組みづくりに関する議論が進展し、核燃料サイクルについて事業者の商業ベースでの判断・取組を越えた国際的な取組の要請が高まっていくことが予想される。これら国際的取組の必要性の高まりに伴い、国の関与とそれに見合った役割分担が求められる。

## **(3) 官から民への流れ**

我が国は、厳しい財政状況が続いており、少子高齢化が進展し、今後、国民負担が高まると予想されている。このような状況の中で、公的サービスの質や効率性に対する国民の目はより厳しいものとなっており、国(特殊法人等政府系機関を含む)の事業の非効率性も顕在化する中で、総論としては、官は真に官が行うべき必然性のある業務に特化し、その他の公的サービスについては「官から民へ」移管することによって民の経験やノウハウを活かし、より効率的で質の高い公的サービスを提供し、また、「民でできることは民で」行うことが時代の大きな要請となっている。

## **(4) 欧米における高速増殖炉(FBR)実用化像の不透明性**

これまで欧米各国にも FBR 実証炉計画はあったものの、現時点では多くが未だ実現しておらず、実用化された段階で、どのような FBR 技術が世界の標準となるか不透明になっている。また、FBR の技術開発を支えるメーカーとしても、世界的にどのような産業体制となるか不透明になっている。こうした不透明さの中では、FBR 実用化の具体的方策は、海外における動向や、FBR の核となる要素技術のブレークスルーの目途の進捗にあわせて、「戦略的な柔軟さ」をもって具体化していくことが必要である。



## (5) 軽水炉を超える実用性をもつための「革新技术」の開発のリスク

高速増殖炉(FBR)において軽水炉を超える安全性と経済性を実現しようとする、いくつかの「革新技术」が必要であることが分かってきた。こうした「革新技术」には、技術的難易度の高いものが含まれているため、その技術的成立性を確認することが今後の課題である。

(例)・高燃焼度化のための「ODS 鋼(酸化物分散強化鋼)被覆管の開発」

・高信頼性確保のための「二重伝熱管型の大型蒸気発生器」

・物量削減のための「上部流出入配管システムの開発」、「ポンプ組込型中間熱交換器の開発」、「2 ループ化の実現」

これらの技術が確立して初めて、実用炉の採用技術、仕様がどういったものになるのか、その施設規模、コストや建設時期がどうなるか、といったことが見通せるようになり、実用化像を確立できれば、それに向けての実証プロセスを決定することができる。

## (6) 高速増殖炉(FBR)実用化に向けての円滑な技術の移転・継承の必要性

FBR の実用化に向けては、発展段階別にあまりに観念的に官民役割分担を整理すると、技術の移転・継承や研究開発への事業者ニーズの反映が難しくなり、結果として実用化を遅らせることとなる。このため、実証ステップ段階間を連続的につなげて、技術の移転・継承を円滑に実施していく必要があり、民間企業と研究開発機関の協力体制が必要である。

## 2. 官民役割分担の基本的な考え方

こうした判断要素を踏まえると、今後の実用化に向けたFBR開発の移行シナリオにおける官民役割分担は、以下のとおりとすることが適当である。

### (1) 高速増殖炉(FBR)の基礎的・基盤的研究開発段階～原型炉「もんじゅ」段階

国が主体的に推進するが、「研究のための研究」に陥らず、「実用化に向けた研究」とす

るために、将来の製造者であるメーカーと最終的な導入者(ユーザー)である電気事業者が積極的参画を行うことが必要である。

国は電気事業者等の協力を得て、世界で競争上優位に立てる技術開発に取り組み、実現性のある FBR サイクルの実用化像の確立を行うことが肝要である。なお、これらに先んじて安易に施設、費用だけを決めてしまうような進め方は、過去の教訓に鑑みて避けるべきである。

その際、日本原子力研究開発機構においては、商業ベースで求められる経済性等を実現するために必要な要素技術のブレークスルーの実現に目途をつけることが求められる。

電気事業者及びメーカーにおいては、国を中心とした基礎的・基盤的研究開発や原型炉「もんじゅ」の実績・成果を踏まえながら、実用化に向けたステップアップのあり方に関して、技術的内容、実施体制のあり方、人材のあり方等それぞれのスタンスを明確にするよう検討することが求められる。

## **(2) 実証プロセス**

実用化へのステップアップについては、「FBR サイクルの実用化戦略調査研究」を通じて、商業ベースで求められる経済性等を実現するために必要な技術的ブレークスルーの目途、電気事業者のスタンス、メーカーの体制、世界の技術開発動向やエネルギー資源需給動向等を踏まえた上で、国が責任をもって判断していくことが必要である。

こうしたプロセスを経た上で、実証プロセスの資金やリスクの負担や実施主体については、次のように考えることが適当である。

### **① 資金やリスクの負担**

軽水炉発電相当分のコストとリスクは、民間事業者が負担することを原則とするのが適

切である。

それを超えるコストとリスクについては、(i) 電力自由化の中で電気事業者のとれるリスクは限定される中で、この段階のFBRは未だ世界的にも実用化の実績に乏しい技術であり、リスクが極めて高いこと、(ii) 世界的な核不拡散強化の流れの中で、商業ベースの判断を超えた政策的要請が高まることが予想されること、から引き続き、国の積極的関与が不可欠であること、を勘案して、国が相当程度の負担をするのが適切である。特に、建設費が当初予定額を大幅に上回るリスクや当初想定されなかった事態により操業が遅延・停止するリスク等を民間だけで負担するには限界があることに留意が必要である。

## ②実施主体

商業化につながる効率性の向上が不可欠であり、経済性等の見通しが現実的な視野に入っている場合には、事業経営に長じた民間事業者が実質的に運営することが適当である。他方、その時点の技術開発の進展状況やウラン需給動向等によっては、民間事業者による運営とすることに困難な状況である可能性があることから、この場合には、スケジュールに柔軟性をもたすとともに、当面、国が相当程度関与することが必要な場合も想定され得る。

また、基礎的・基盤的研究開発段階から実証プロセスへの技術の移転や継承を円滑に行うためには、日本原子力研究開発機構が実施主体に参画することが有益である。他方、実証段階から実用段階への技術移転・人材育成のためには、民間事業者の実施主体への参画が必要である。

いずれにせよ、以上のような考え方のもとに、先ず「FBR サイクルの実用化戦略調査研究」等を着実に進め、実際の実証プロセスにおいてどのようなステップと施設を実施するかが明らかになった段階で、各ステップや施設のリスクに応じて具体的な官民役割分担を決定する。

### ③第二再処理工場

まずは六ヶ所再処理工場を運転し、稼働実績・ノウハウを蓄積していくことが重要である。このため、民間事業者は責任をもって核燃料サイクル事業を推進し、六ヶ所再処理工場の技術的サポート体制を国の適切な協力を得つつ維持していくことが重要である。

日本原子力研究開発機構が現在実施中の「FBR サイクルの実用化戦略調査研究」については、実用化のための研究であること等を踏まえて、民間事業者も参画していくことが重要である。また、そのために東海再処理施設が担う役割についても検討していくことが必要である。

世界的な核不拡散の政策的要請が今後強まる可能性が高いことから、第二再処理工場で採用する再処理技術は、現在の技術から更に大幅に核不拡散性の高いものとする必要があることを踏まえると、こうした新しい技術を支える面での国の役割は極めて重要である。

第二再処理工場が FBR 用に使用済燃料を再処理する工場となり FBR サイクルの一部となる「基本シナリオ」においては、第二再処理工場の官民役割分担は、上記の FBR サイクル開発の官民役割分担と密接な関係があることに留意すべきである。

以上の考え方も踏まえて、第二再処理工場については、2010 年頃から行うこととされている検討の中で、具体的な官民役割分担を決定する。

## 第5節. 高速増殖炉サイクルの技術開発における国際協力

### 1. 高速増殖炉 (FBR) サイクルを巡る国際的な背景

我が国は、現在、米国、フランスと並んで世界の原子力発電の三極の一極を担う立場にある。また、保障措置への厳格な取組によって、我が国は非核兵器国の中で、唯一商業規

模で核燃料サイクル施設を保有することが国際的に認められている国である。

技術の面でも、先進諸国が FBR サイクル技術の開発をスローダウンさせ、あるいは計画を長期化してきた一方で、我が国は着実に開発を継続したことにより、これまで実験炉「常陽」の建設や運転、原型炉「もんじゅ」の建設で培われた FBR 技術、東海再処理施設の建設・運転や六ヶ所再処理工場に向けて開発した再処理技術等の燃料サイクル技術に関する蓄積・実績があり、FBR サイクル技術は世界でも高いレベルにある。

しかしながら、世界の FBR 開発のテンポが急速に早まり、高速炉の導入機運が高まっている。フランスでは本年1月にシラク大統領が第4世代原子炉のプロトタイプを 2020 年に運転開始すると発表し、米国では本年 1 月の大統領による一般教書演説を受け、ボドマン DOE 長官が 2 月 6 日に国際原子力エネルギー・パートナーシップ (GNEP) 構想を発表し、2014 年頃にナトリウム冷却高速炉の先進燃焼試験炉を、2023 年頃に商用の燃焼炉を運転開始する計画となっている。中国、インドは 2020～2030 年頃に FBR を商用化し、2050 年頃には 200GWe 程度とすることを目指し、ロシアは停滞していた実証炉 BN-800 の建設を再開した。

また、GNEP 構想等の国際的な枠組み作りの動きが出る中で、我が国の技術に対して国際協力が強く期待されており、我が国は核不拡散と原子力の平和利用の両立を実現している模範国として、これまでの経験や技術を最大限に活かして、国際的な枠組みづくりに最大限協力・貢献すべきである。非核兵器保有国である我が国が今後とも再処理技術を利用していくためには、核拡散抵抗性の強い核燃料サイクル技術を、国際協力を通じて合意を形成しつつ開発し、早期に実用化を図ることが重要である。

## **2. 高速増殖炉 (FBR) サイクル技術における国際協力の基本的考え方**

我が国がこれまでの蓄積によって築いてきた技術的優位性を今後も維持するためには、FBR サイクル概念を支える基盤となり、世界をリードできる枢要戦略技術(「コア技術」)を中心に開発し、コア技術およびそれらを集約したシステム技術は、主要国の設計への採用を

図ること等を通じて、国際標準化を目指すべきである。あわせて、その他の技術についても諸外国との連携も取りつつ、遅滞なく開発していくことが必要である。

このように、FBR サイクル技術における国際協力の基本的考え方としては、先ず、従来の受け身の国際協力から脱却し、FBR サイクル概念を支える基盤となる技術であり我が国が世界をリードして世界標準化を目指す枢要戦略技術(「コア技術」と、世界から取り残されないよう国際的な開発に協力する技術を明確化し、「世界から孤立せず、かつ、一步リードする」国際戦略を確立することが必要である。

なお、主要国と連携をとりつつ国際標準化を目指すためには、まずは2010年までの5年間で極めて重要であり、この間での技術開発の戦略的な選択と集中を図っていくことが必要となる。また、「常陽」、「もんじゅ」等を国際協力の有力な手段として最大限活用しつつ、第4世代原子力システムの研究開発に関する国際フォーラム(GIF)等の場においてFBR サイクル技術に関する国際的な合意形成を図ることも必要である。また、開発意欲の強いアジア諸国と、技術開発、安全基準類の整備等に係わる協力を行っていくことも必要である。

## **第6節. 高速増殖炉サイクルの実証・実用化への円滑な移行のための取組**

「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究」は、2005年度末にフェーズⅡが終了した。今後は、より実用化に近い段階にステップアップしていくこととなるが、研究開発側の調査研究から実証プロセスへの円滑な移行にあたっての課題については、関係者間での検討や認識共有が十分には進められていない状況である。

これまでの新型転換炉(ATR)等の開発に当たっては、研究開発側から実用化への円滑な移行が行われなかった経験に鑑みれば、FBR サイクルについては、円滑な移行に十分な配慮が必要である。

2015年頃の実用化戦略調査研究終了後、円滑に実証炉等による実証プロセスに移行するためには、その相当前から、実用化戦略調査研究と並行して、関係者間で実証プロセス



に向けた検討を進め、その結果を実用化戦略調査研究にも反映していくことが不可欠である。

なお、この検討にあたっては、

- ① 世界の技術開発動向を無視して我が国の技術のみに着目して検討しても、世界のマーケットから孤立して、かえって実用化が遠のくこと。
- ② 他方、世界のマーケットの選択する技術が海外で開発されるのを待ってから検討を始めたのでは、我が国で開発した技術が水の泡になるとともに、その後の我が国原子力産業の国際展開等に支障が生じる可能性があること、特に米国・フランス等が急速にFBR サイクルの開発に積極的に乗り出しており、世界の技術の標準が早期に選択される可能性があることから、こうした議論に我が国が参加していくためには、我が国がこの動きに乗り遅れることは致命的な問題になりかねないこと。

の両面に、十分に留意することが必要である。

このため関係者(経済産業省、文部科学省、電気事業者、メーカー、日本原子力研究開発機構)において、例えば以下のような項目を検討し、認識を共有するとともに、その結果を実用化戦略調査研究に反映し、その評価を行うことが必要である。

#### <研究会での検討項目例>

- 開発スケジュールと実証ステップのあり方
- 実証プロセスへの移行に必要な条件
- 実証プロセスへの移行に必要な技術的成果  
(実用化戦略調査研究に対する、ユーザー側からのリクワイヤメント)
- 世界の技術、マーケット動向との関係
- サイクル分野(燃料、再処理)における、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とリクワイヤメント

(注) なお、実施主体や資金負担等の官民役割分担については、「第4節. 移行シナリオにおける官民役割分担のあり方」の考え方を踏襲するものとする。

この検討を効果的なものとするために、実用化戦略調査研究の終了を待たずに、早期に

関係者による協議を開始することが必要であり、その内容を詰めるための場として、学識経験者を加えた研究会を設置すべきである。

また、FBR サイクル技術の実証・実用化のためには、将来のビジョンだけでは絵に描いた餅にすぎず、足元の予算をしっかりと確保していくことが不可欠である。国は、FBR サイクル技術の実証・実用化に向けた予算確保について、今後特段の取組が求められる。