

# 高速増殖炉サイクルの研究開発の現状

高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究フェーズ 最終報告の概要

## Current Status of Research & Development for Fast -Breeder Reactor Cycles

Phase II Final Report Outline of the Feasibility Study on Commercialized Fast-Breeder Reactor Cycle Systems

(原子力部 計画G)

高速増殖炉(FBR)はウラン資源の利用効率を飛躍的に高めることが可能なことから、我が国では将来の軽水炉に代わり得る電源として、官民が一体となって「FBRサイクル実用化戦略調査研究」を1999年から開始した。2006年3月、フェーズⅡの最終報告が取り纏められたことから、その概要を報告する。

(Plant Planning Group, Nuclear Power Department)

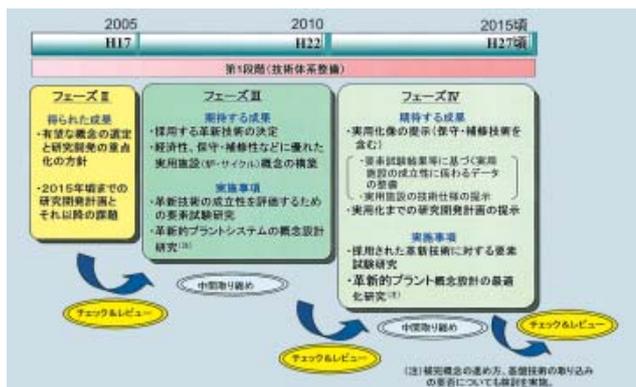
Fast-breeder reactors can be used to improve uranium usage efficiency. Therefore, in Japan, a "FBR Cycle Commercialization Feasibility Study" began in 1999 with cooperation between the public and private sectors in order to develop alternative electrical power sources instead of light water nuclear reactors. Here, we would like to report the outline of the Phase II Final Report that was made in March 2006.

### 1 研究の目的

高速増殖炉(FBR : Fast Breeder Reactor)はプルトニウムを燃料とし、発電しながら消費した量以上の新たなプルトニウムを生産(増殖)することが可能な原子炉であり、実用化段階では数千年間に亘りウラン資源の利用が可能となることから、我が国を始め各国で実用化に向けた研究開発が進められている。

我が国では、高速増殖実験炉「常陽」、同原型炉「もんじゅ」の設計、建設、運転を通じた経験や知見を蓄積するとともに、一層の安全性、経済性等の向上を目標に、核燃料サイクル開発機構(現、日本原子力研究開発機構)は1999年7月より「FBRサイクル実用化戦略調査研究(以下、実用化戦略調査研究)」を開始し、当社を始め9電力、原電および電発の電気事業者も本研究に参画している。

実用化戦略調査研究は1999から2000年度までのフェーズⅠに引き続き、2001年度よりフェーズⅡが開始され、2006年3月には、将来の有望なFBRサイクル候補概念の選定等を柱とするフェーズⅡ成果の取り纏めが行われた。2006年度からはフェーズⅢに移行し、選定された概念について実用化を目指した研究開発を本格化する計画である。以下、フェーズⅡの研究成果の概要を紹介する。



第1図 実用化戦略調査研究の研究工程

### 2 実用化戦略調査研究フェーズⅡの概要

実用化戦略調査研究フェーズⅡでは、過去の経緯に拘らず、幅広いシーズ技術を改めてサーベイした。例えば、冷却材については一般的なナトリウム以外にも着目し、ガスや重金属、水等を検討対象とする等、広範なサーベイを実施した。フェーズⅡではフェーズⅠで抽出された概念に対して、各概念に採用される重要な技術の基礎的な研究開発を実施し、得られた成果を基に経済性等のニーズに対する達成度を比較評価し、将来の有望なFBRサイクル概念の選定を行った。

フェーズⅡで検討対象とした炉システムは冷却材や燃料形態、システムの組み合わせで約40種類に上る。また、再処理や燃料製造技術についても、国内外からの提案を含め、それぞれ約10、約20種類の技術について検討を実施した。第1表に例としてフェーズⅡでの炉システムの検討対象範囲と抽出結果を示す。

第1表 フェーズⅡでの炉システムの検討対象と抽出結果

| 対象技術   | 炉型の評価               | 燃料形態の評価      |     |    |   |
|--------|---------------------|--------------|-----|----|---|
|        |                     | MOX          | 窒化物 | 金属 |   |
| ナトリウム炉 | 大型タンク               | B            | A   | B  | A |
|        | 大型ループ               | A            |     |    |   |
|        | 中型モジュール             | A            |     |    |   |
| ガス炉    | 小型炉                 | A            | B   | A  | - |
|        | CO <sub>2</sub> ガス炉 | B            | A   | A  |   |
|        | Heガス炉ピン型            | B            |     |    |   |
|        | Heガス炉粒子型            | A            | B   | -  |   |
| 重金属炉   | 小型炉                 | B            | B   | A  | - |
|        | 大型                  | C            | B   | A  | A |
|        | 中型モジュール             | A            |     |    |   |
| 水炉     | 小型炉                 | A            | A   | A  | - |
|        | BWR型                | A            |     |    |   |
|        | PWR型                | A            |     |    |   |
|        | 超臨界圧水型              | A            |     |    |   |
| 溶融塩炉   | C                   | C [ 塩化物溶融塩 ] |     |    |   |

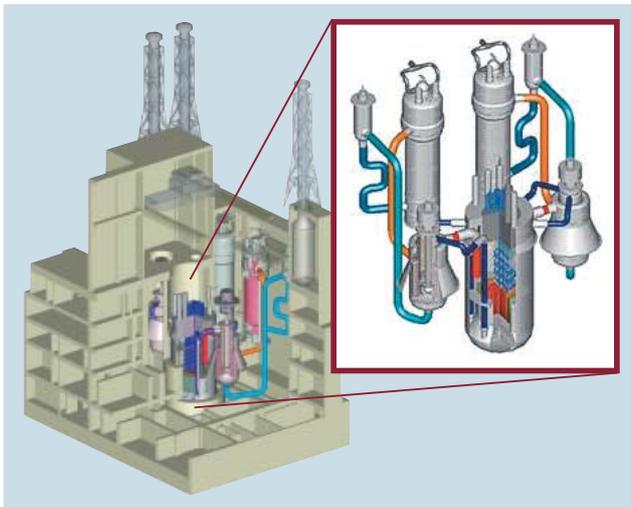
A : 引き続き検討 B : 国内外の研究のレビュー C : データ化

第1表に示すとおり、炉システムでは代表概念としてナトリウム冷却炉、鉛ビスマス冷却炉、ヘリウムガス炉および水冷却炉を抽出し、フェーズⅢにおいて設計研究

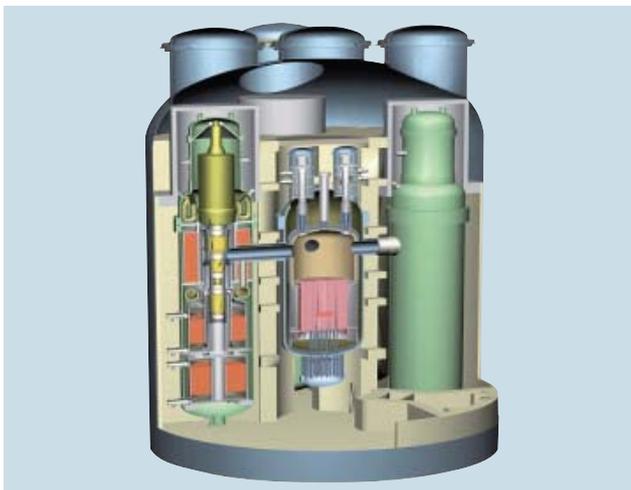
の更なる具体化および主要な要素技術に対する研究開発を実施し、得られた成果を基に今後実用化に向けて重点的な研究開発を進める主概念と研究開発の柔軟性確保のための補完概念を選定することを目的に経済性、技術的な実現性、ウラン資源の有効利用性等のニーズに対する達成度評価を実施した。

第2図に示すナトリウム炉は、国内外に豊富な技術的知見を有することから、最も高い確度で技術的な成立性が見通せる概念であり、また、新材料や新型機器の採用等による大幅な経済性の向上、優れたウラン資源の有効利用性等、全体的に高いレベルでニーズを達成できる概念である。また、ニーズへの適合性に関してはナトリウム炉に及ばないものの、第3図に示すヘリウムガス炉については、ガスタービン発電の採用に伴う高い熱効率(約48%)の達成や高温化(約850℃)による多目的な熱利用の可能性等、ナトリウム冷却炉を含む他の炉には無い特徴を有している。

なお、鉛ビスマス炉については、強い腐食性に起因して材料面で課題等を有すること、水冷却炉については増殖性等の炉心性能が低い等、ニーズへの適合性や技術的な実現性で劣る結果となった。



第2図 ナトリウム冷却炉(主概念)



第3図 ヘリウムガス冷却炉(補完概念)

評価の結果、フェーズⅠでは今後重点的に研究開発を進める主概念として、ナトリウム冷却炉を選定するとともに、補完概念としてヘリウムガス炉を選定した。

同様に再処理や燃料製造の燃料サイクル技術についても、フェーズⅠで抽出した代表概念に対してフェーズⅡでは設計研究や主要な要素技術の研究開発を実施し、その成果を基に2006年度以降、重点的に研究開発を進める主概念と補完概念を選定した。

燃料サイクル技術の主概念については、六ヶ所再処理工場等、既に実用化段階にある湿式再処理技術であるPurex法や燃料製造技術をベースに新技術の採用や工程の簡素化等による経済性向上等を図った先進湿式法と簡素化ペレット燃料製造法を主概念に選定するとともに、補完概念として米国等を中心に研究開発が行われている乾式再処理技術の金属電解法を選定した。

### 3 今後の展開

2006年度からはフェーズⅡへ移行し、フェーズⅡで選定された主概念について、実用化に向けた本格的な研究開発に着手する計画である。

FBRの実用化に向けた研究開発は、エネルギー消費の着実な拡大や近年の世界的なエネルギー価格の高騰等を背景に、世界各国での活動が活発化してきている。経済成長が著しい中国やインドでは、独自に実験炉や原型炉の開発を進めている。また、我が国と同様にエネルギー資源に乏しく高速増殖炉の研究開発を積極的に進めているフランスでは、シラク大統領の新年挨拶の中で2020年までに新たな高速炉の建設を表明するとともに、これまで高速炉開発や民生用のプルトニウム利用を中断していた米国でも高速炉によるプルトニウム利用を中心としたGNEP(Global Nuclear Energy Partnership)構想を世界に提案し、国際協力の下での研究開発を進めようとしている。

我が国では、昨年10月に閣議決定された「原子力政策大綱」において2050年頃からFBRを本格的に商業導入することを目標として研究開発を進めることとしている。商業導入までには大規模な実証試験等が必要となるが、実用化戦略調査研究が完了する2015年以降の具体的な研究開発プロセスについては、それまでの研究開発によって得られる成果を踏まえて検討する必要があることから、今後とも国が中心となって着実に実用化戦略調査研究を進めていくことが重要であり、電気事業者としても研究開発の進展に応じて協力していくこととしている。

実用化戦略調査研究フェーズⅡの詳細については、日本原子力研究開発機構の下記HPを参照。

(<http://www.jaea.go.jp/04/fbr/top.html>)



執筆者 / 嶋田雅樹  
Shimada.Masaki@chuden.co.jp