

原子力委員会 研究開発専門部会 革新炉検討会

革新炉開発への取り組み

2002年4月22日

富士電機(株)

大瀬克博

内 容

1. 21 世紀の原子力システムへの社会的ニーズ
2. 革新炉に求められる要件
3. 革新炉の要件に適合する高温ガス炉
4. 高温ガス炉開発への取組みのねらい
5. 高温ガス炉の位置付け
6. 開発の進め方

21 世紀の原子力システムへの社会的ニーズ

(1) エネルギー長期安定供給、地球環境保全

- ⇒
- ・ 適正規模の原子力発電
 - ・ 原子力エネルギーの利用分野拡大（発電分野のみでは、原子力の寄与は1次エネルギー供給の10%程度）
 - ・ 開発途上国への原子力普及

(2) 電力自由化、需要の伸びの不確実さ、社会状況の不確実さへの対応性

- ⇒ 投資リスクの低減、不確実性に対する柔軟性
- ・ 小型
 - ・ 低コスト
 - ・ 短リードタイム
 - ・ 燃料サイクルに対する柔軟性

(3) 社会的受容性

- ・ 安心できる安全性
- ・ 資源有効利用
- ・ 低環境負荷
- ・ 核拡散抵抗性

革新炉に求められる要件

革新炉：革新的概念により、既存の原子炉と比べ、21世紀の原子力システムへの社会的ニーズに、より適した特性を備えた原子炉

- (1) 優れた安全性：
 - ・固有の安全性、静的安全システムによる安全確保
 - ・安心できる安全性。分り易い安全性。
 - ・緊急退避不要
- (2) 優れた経済性：低コスト、低投資リスク
 - ・次世代大型軽水炉に匹敵する経済性
 - ・初期投資小、短リードタイム
- (3) 不確実性に対する柔軟性：
 - ・需要の不確実に対する柔軟性－ プラント出力の柔軟性
 - ・燃料サイクルに対する柔軟性－ 長期中間貯蔵、多様な燃料サイクルへの適合
- (4) 原子力エネルギーの有効利用：
 - ・高効率
 - ・水素、クリーン燃料製造
 - ・産業用熱供給
- (5) 核燃料資源の有効利用：
 - ・高転換
 - ・増殖 (U - Pu、Th - U)
- (6) 環境負荷の低減
 - ・放射性廃棄物量低減
 - ・排熱量低減
- (7) 核拡散抵抗性

革新炉の要件に適合する高温ガス炉 (1/2)

1. 優れた安全性

優れた固有の特性（被覆粒子燃料：耐熱、黒鉛減速：大熱容量、ヘリウム冷却：不活性、単相）

+ 固有の安全性を高める設計（低出力密度・小型 → 自然放熱による崩壊熱除去、負の反応度温度係数・燃料温度余裕）

⇒ 炉心溶融なし、被覆粒子燃料内FP閉じ込め、緊急退避不要

2. 優れた経済性

(1) 低コスト実現の高いポテンシャル

- ・ 高い固有の安全性 → 安全系統の簡素化
- ・ 直接サイクルG/T発電 → 高い発電効率(45～50%)、単純なプラント構成
- ・ 小型モジュール標準設計 → 連続生産効果、許認可標準化、現地工事低減
- ・ 需要地近接立地 → 送電コスト低減
- ・ 運転・保守の容易性

(2) 低投資リスク

- ・ プラント出力の柔軟性： 単基モジュール出力 100～300MWe
- ・ 初期投資小： 200～500億円
- ・ 標準設計モジュール複数設置 → 許認可期間短縮
- ・ 固有の安全性による安全確保 → 安全対策リスクの低減

革新炉の要件に適合する高温ガス炉 (2/2)

3. 不確実性に対する柔軟性

- ・ 需要見直しの不確実性に対する柔軟性 — 小容量モジュールの段階的増設
- ・ 燃料サイクルに対する柔軟性
 - 同一炉心構造で、多様な核燃料 (U, Pu, MOX, Th) に対応可能
 - 再処理、長期中間貯蔵に容易に対応

4. 原子力エネルギーの有効利用

- ・ 直接サイクルガスタービンによる高効率発電
- ・ 排熱の有効利用：地域冷暖房、海水淡水化
- ・ 高温熱利用：水素製造、化石燃料改質など

5. 核燃料資源の有効利用

- ・ 高燃焼度 ($> 100 \text{ GWD/ton}$)
- ・ 多様な核燃料サイクルへの対応

6. 環境負荷の低減

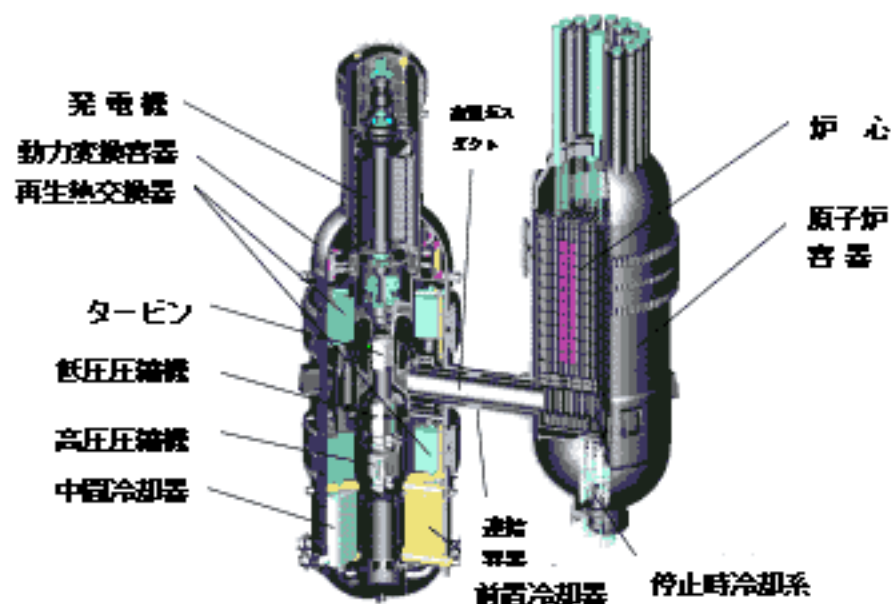
- ・ 高発電効率、高燃焼度 → 高レベル廃棄物量の低減

7. 核拡散抵抗性

- ・ 使用済燃料中のPu量小、分裂性Pu割合小

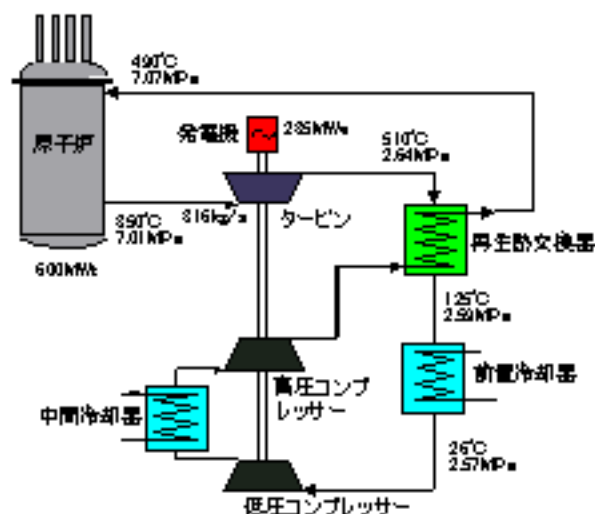
小型モジュール高温ガス炉

(例：GT-MHR)

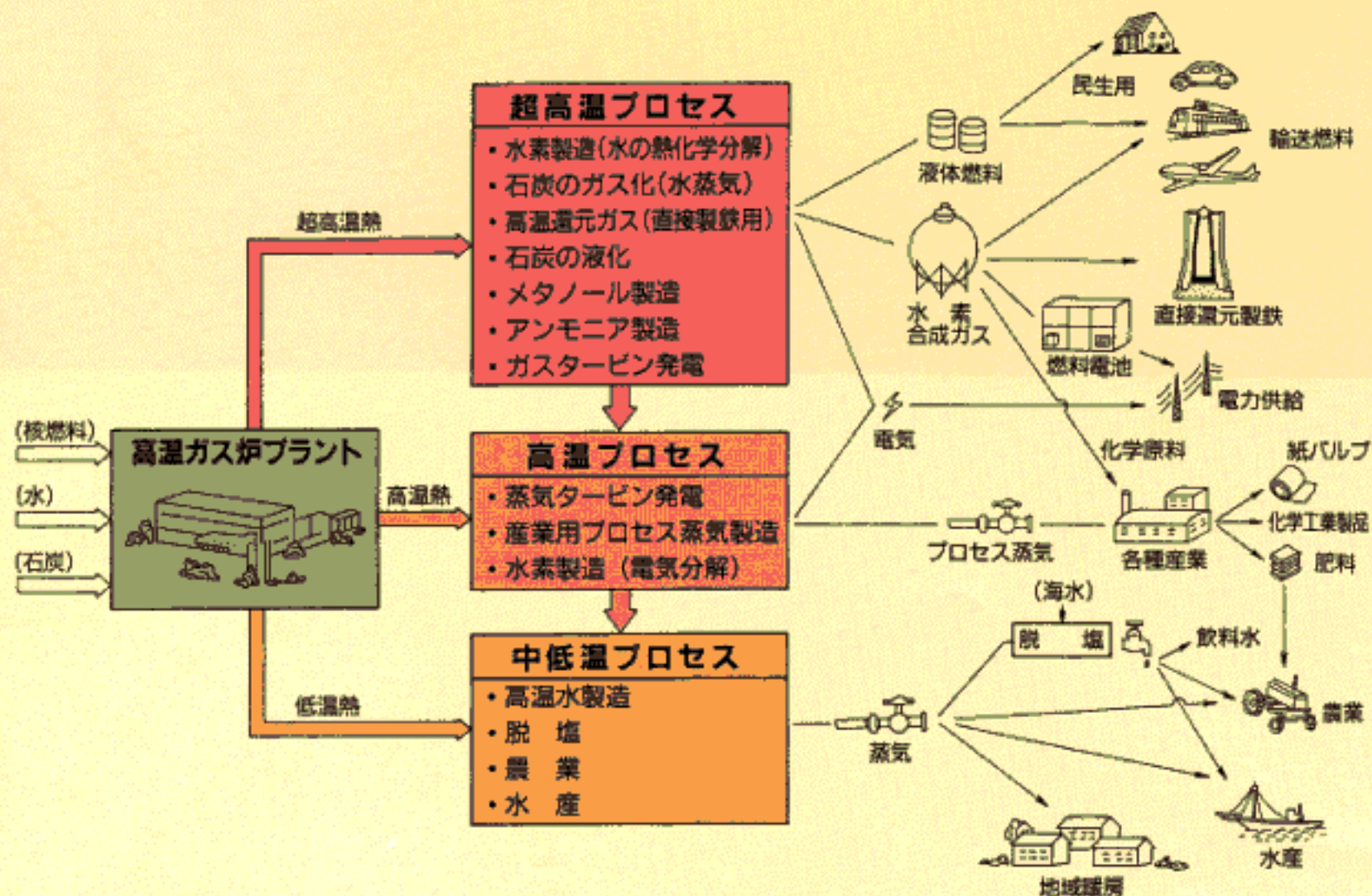


主要諸元

項目	データ
原子炉熱出力	600 MWt/基
電気出力	285 MWe/基
発電効率	~48 %
原子炉入口 /出口温度	490 °C /850°C
ヘリウム圧力	約 7.1 MPa
燃料	- Pu 消滅炉 PuO ₂ - 商用発電炉 UO ₂
減速材	黒鉛
冷却材	ヘリウム
ガスタービン型式	縦置き 1 軸型



高温ガス炉の熱利用



高温ガス炉開発への取組みのねらい

(1) 21 世紀を通じて、世界に普及しうる革新炉

高温ガス炉は、革新炉の主要な要件について、優れた特長を備え、21 世紀を通じて、我国および世界で、重要な役割を果たし得る

- ・短期～長期： 安全性と経済性に優れた高効率小型発電
- ・中期～長期： 産業用熱利用・化石燃料改質用熱電供給、熱のカスケード利用
- ・長期： 水からの水素製造用高温熱供給＋発電

(2) 現実的な革新炉

- ・確立された技術基盤
 - － 実証済みの原子炉・燃料技術
 - － 一般産業で成熟した技術の延長上の利用技術（発電炉の場合：ターボマシン、熱交換器）
- ・低開発コスト：要素技術確証試験、実用炉と同一規模の実証炉による実証

(3) 我国がトップレベルの技術を保有

- ・原研HTTRの開発により蓄積した高温ガス炉技術
- ・HTTRの試験・運転データ、成果
- ・原研による水素製造用開発技術

我国の原子力開発における高温ガス炉の位置付け

1. 電源計画上の位置付けの考え方

- ・ 基幹ベース電源 : 大型軽水炉 → 大型FBR
- ・ 柔軟性に富むベース電源: 小型モジュール高温ガス炉

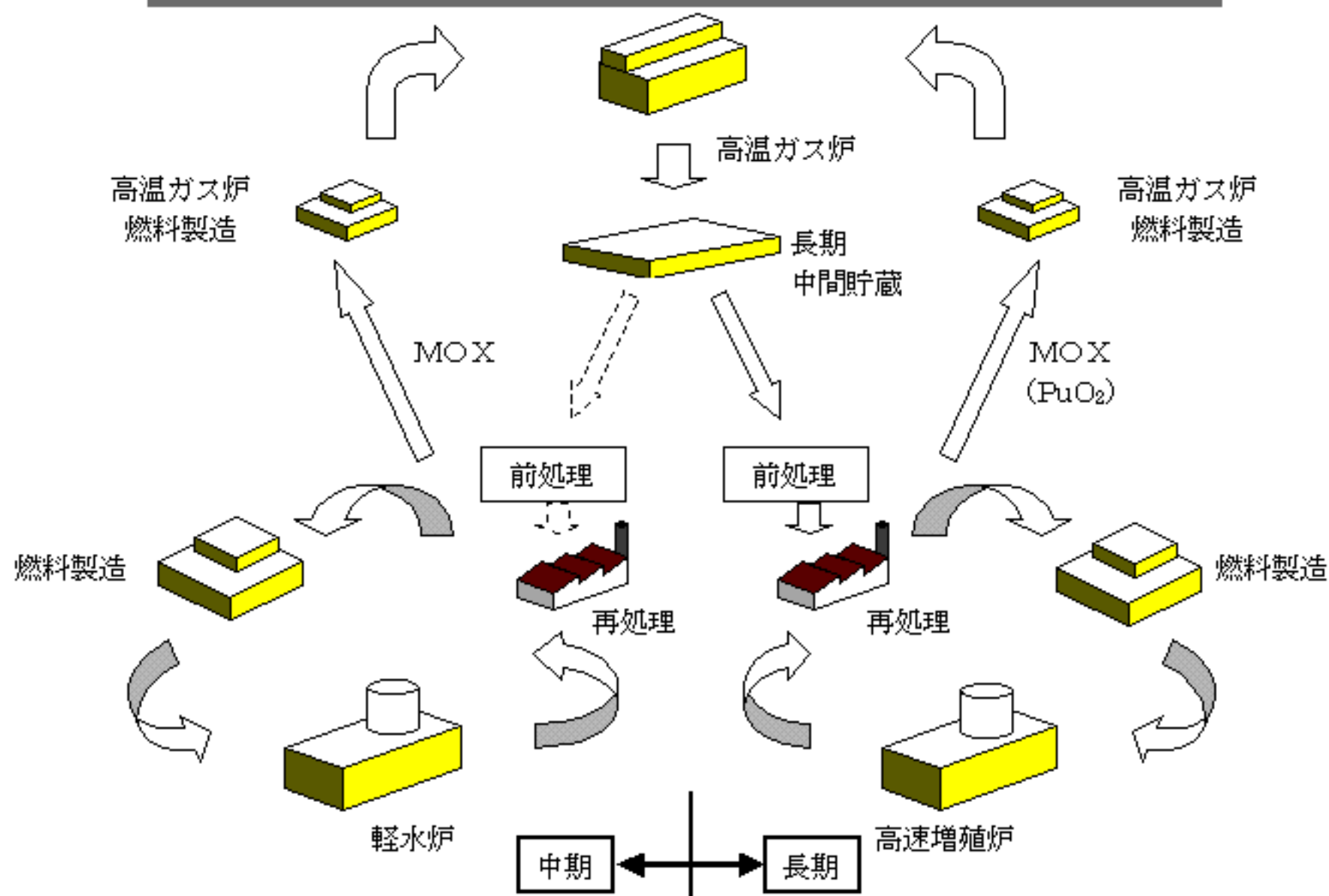
2. 燃料サイクル上の位置付けの考え方

- ・ 短 中 期 : 炉内での徹底燃焼→長期中間貯蔵
必要に応じてリサイクル — MOX燃料
- ・ FBRサイクル確立後: MOX燃料 — 再処理サイクルに組み込み
必要に応じて、Th-Uサイクル
(・ ガス冷却高速炉への展開)

3. 原子力エネルギー利用拡大

- ・ 低環境負荷燃料の製造—化石燃料改質、水からの水素製造
- ・ 核熱の産業利用

U-Puサイクルにおける 高温ガス炉の燃料サイクル



高温ガス炉開発の進め方

基本的考え方：

- ステップ1 技術基盤、需要両面から、短期に実現可能なプラントの実用化
 - － 高温ガス炉ガスタービン発電プラント
- ステップ2-1 熱利用技術を開発し、ステップ1で成熟した原子炉技術を組み合わせた熱利用プラントの実用化
 - － 高温ガス炉水素製造プラントなど
- ステップ2-2 核燃料サイクルの状況に応じた非ウラン燃料高温ガス炉
 - － リサイクルPu、トリウムサイクル高温ガス炉（発電、熱利用）
- ステップ3 原子炉技術、利用技術高度化による、超高効率発電など

実用化時期：

ガスタービン発電プラント	：	実証プラント	2010年代～
		実用プラント	2020年代～
熱利用プラント（水素製造等）	：	実証プラント	2020年代～
		実用プラント	2030年代～