

「原子炉熱利用懇談会」

原子炉熱利用に関する将来展開検討会

--- 高温ガス炉の展望と実用化に向けて ---

報 告 書

本 文

平成 1 2 年 3 月

日本原子力産業会議



## 1. 検討の背景

高温ガス炉は、安全で、高温熱が利用できるという特長が有り、過去には米国やドイツで大型指向の原型炉が建設されたが、運転後、経済性の問題で、その開発が停滞した経緯がある。

しかしながら最近、南アフリカや米国－ロシアは、10～30万kW<sub>e</sub>級の小型モジュールによる高温ガス炉は、固有の安全性が優れ、かつ経済性でも軽水炉、火力等と競合し得るとして、発電、あるいは解体プルトニウム燃焼処理等を目的に、実用化開発をそれぞれ推進し始めた。このため、高温ガス炉が再び、新たな視点も加えて、内外の注目を浴びるようになった。一方、我が国でも1998年11月に、原研の高温工学試験研究炉（HTTR）が初臨界を達成し、核熱利用へ向けての技術開発計画が進められている。

これらの情勢に鑑み、当会議では、以前、軽水炉や高温ガス炉による熱利用の可能性について検討したことが有るが、上記のような新たな動きや状況を踏まえて、今回改めて高温ガス炉に焦点を絞って、その開発利用に関する検討を行った。

## 2. 検討内容

### （1）高温ガス炉の開発の経緯と現状および特徴の整理

高温ガス炉の開発は、当初の大型化開発路線から、固有の安全性を積極的にかつ最大限に活用した小型モジュール型炉（10～30万kW<sub>e</sub>級）へ移行し、現在南アフリカの発電用高温ガス炉の建設計画（PBMR）、米国－ロシアのGT-MHR計画などが進められている。

高温ガス炉は、優れた固有の安全性、高温核熱エネルギー供給などの特長を持ち、標準設計モジュール化、安全設備の大幅簡素化、高効率発電・高熱利用率、需要地近接立地、シリーズ生産効果などにより、コストを大幅に低減できる可能性を持つ。このため、高い安全性と経済性を備えた、運転容易な高効率発電利用炉、原子力エネルギーの利用拡大をはかるプロセス熱利用炉、および途上国に適した発電・熱利用炉として実用炉としての高い可能性を持っている。

### （2）熱利用システムの検討と導入効果の評価

- 世界的な一次エネルギー需給想定については、1990年から2100年の間について、IIASA<sup>注1</sup>予測を基に整理した。年率1.2%の一次エネルギー需要増加が予想され、2050年以降に化石資源枯渇問題が発生すると考えられること、またCO<sub>2</sub>排出量抑制効果があることから、原子力の比重が大きく伸びると予想される。

注1）IIASA：International Institute for Applied System Analysis

○ 熱利用システムにおいては、次のような分野への高温ガス炉の適用について、さらにそれらの実現に向けた開発工程について検討した。

- ① 発電（ガスタービン発電、蒸気タービン熱電併給、I P P 運用）
- ② 2 次エネルギー媒体製造（水素、メタノール、石炭ガス化・液化）
- ③ 製造業（還元鉄生産）

○ 導入効果の評価には、MARKAL モデル<sup>注2</sup>による分析および簡易モデルにより解析評価を行った。2030 年から 3 0 万 kWe/年の割合で高温ガス炉を導入すると仮定した場合、6 0 ～ 7 0 百万トン/年(2070 年時点)の C O<sub>2</sub> 低減が期待できる。また、エネルギー輸入依存度低減に繋がり、環境およびエネルギー問題解決の選択肢の一つとして十分な効果が期待できることが明らかとなった。

### （3）実用化への課題と方策

技術、経済社会、開発体制、規制体系、国際協力面から見た課題と方策について検討した。今後の主要課題は、経済性見通しの明確化、技術開発、国際協力上の具体的方策、および原子力政策の中での位置付けを明確化させることである。

### （4）導入シナリオと実用化施策

#### ① 導入シナリオ

比較的早期に実用化が可能な発電利用炉について、2010 年代に運転開始を想定した実用化に向けたフイージビリティ・スタディを実施し、総合評価を行うべきである。この評価の結果、実用化についての合意が得られれば、それに向けた開発準備を進める。また、並行して長期的観点から、プロセス熱利用炉の 1 号機建設目標を 2030 年頃に置き、2050 年頃の本格実用化を想定して、核熱利用技術の開発等を進める。

#### ② 実用化施策

上記導入シナリオに基づいて、実施すべき施策を下記の提案として示す。

注<sup>2</sup>) MARKAL モデル：長期エネルギーシステムの最適化分析モデル

## 【提 案】

優れた固有の安全性を備え、経済性向上、高温核熱エネルギー利用に高いポテンシャルを持つ高温ガス炉は、地球環境問題やエネルギー安定供給等を解決する選択肢の一つとなり得る可能性がある。従って、我が国のエネルギー政策における高温ガス炉の位置付けを明確化させるため、国の主導のもとに次の検討を進めることを提案する。

- ① 発電用高温ガス炉に対しては、実用化（ここでは 2010 年代に 1 号機が運開すると想定）に向けたフイージビリティ・スタディを実施し、得られた結果を盛り込んで、以下の観点から、高温ガス炉システムの総合評価を行う。その結果、実用化についての合意が得られれば、体制を整えて、実用化に向けた開発準備を進める。その際、海外の実用化開発計画に関して国際協力等を通して得られた関連情報を積極的に活用する。

- |             |                |
|-------------|----------------|
| ・安全性と経済性    | ・燃料サイクル上の位置付け  |
| ・需要地近接立地の実現 | ・エネルギー安定供給と多様化 |
| ・地球環境負荷の低減  | ・核不拡散          |
| ・産業や経済の活性化  | ・近隣諸国の需要       |

- ② 原研で現在進められている H T T R 計画を着実に進めるとともに、実用化に必要な各種試験等の実施を加える。また、水素製造等高温プロセス熱利用の研究開発計画については、海外ニーズ動向等も見ながら長期的視点で取組む。

なお、アジア等発展途上国向けの高圧高温ガス炉システムの開発協力についても、地球環境問題やエネルギー安定供給等の解決に重要な役割を果たし得るため、具体的方策を検討する。

## 要 約

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1. はじめに                      | 7  |
| 2. 検討会設置の趣旨                  | 9  |
| 3. 調査・検討内容                   | 10 |
| 3.1 高温ガス炉開発の経緯と現状            | 10 |
| (1) 高温ガス炉の開発歴史と特徴            | 10 |
| (2) 高温ガス炉の熱利用システムについての過去の検討例 | 11 |
| (3) 最近の海外動向                  | 12 |
| (4) 海外調査                     | 16 |
| (5) 原研（HTTR計画等）              | 20 |
| 3.2 高温ガス炉導入効果の評価             | 20 |
| (1) 将来（21世紀）のエネルギー需給の想定      | 20 |
| (2) 高温ガス炉による熱利用システムの調査・検討    | 22 |
| (3) 高温ガス炉の導入効果の評価            | 25 |
| 3.3 高温ガス炉実用化への課題と方策          | 29 |
| (1) 技術的課題と方策                 | 29 |
| (2) 経済社会的課題と方策               | 31 |
| (3) 開発体制上の課題と方策              | 34 |
| (4) 規制体系上の課題と方策              | 34 |
| (5) 国際協力上の課題と日本の役割           | 35 |
| 3.4 高温ガス炉導入シナリオと実用化に向けた施策    | 39 |
| (1) 高温ガス炉導入シナリオの策定           | 39 |
| (2) 高温ガス炉実用化に向けた施策           | 41 |
| 4. 検討体制と進め方                  | 44 |
| 5. おわりに                      | 45 |
| 添付－1 参加機関と委員名簿               | 47 |
| 第1図 高温ガス炉開発の今後の展開            | 50 |

## 補 遺

- 補遺 - 1 「準備検討会」 原子炉熱利用調査・検討のための詳細検討項目
- 補遺 - 2 高温ガス炉の開発の歴史と特徴
- 補遺 - 3 高温ガス炉の熱利用システムについての過去の検討例
- 補遺 - 4 南アフリカ(PBMR計画)
- 補遺 - 5 米国—ロシア(GT-MHR計画)
- 補遺 - 6 中国(HTR-10計画)
- 補遺 - 7 オランダ(ACACIA計画)
- 補遺 - 8 インドネシア(高温ガス炉計画)
- 補遺 - 9 原研 HTR に関する現状と今後の予定
- 補遺 -10 将来(21世紀)のエネルギー需給の想定
- 補遺 -11 水素製造システム
- 補遺 -12 メタノール製造システム
- 補遺 -13 還元鉄生産システム
- 補遺 -14 石炭のガス化・液化 システム
- 補遺 -15 (その1) ガスタービン発電システム  
(その2) ガスタービンシステムの研究開発について
- 補遺 -16 蒸気タービン熱電併給システム
- 補遺 -17 (その1) IPP運用システムについて  
(その2) IPP運用システム
- 補遺 -18 (その1) 高温ガス炉の導入効果の評価  
(その2) 高温ガス炉の導入効果の長期的評価
- 補遺 -19 高温ガス炉実現化への技術的課題と方策
- 補遺 -20 訪中高温ガス炉調査 報告書
- 補遺 -21 「報告書の検討項目・期間と役割分担」

今回の会議にて配布した資料は多量な資料の為、入手を希望される方は下記3機関において閲覧・複写（有料）に応じております。

●原子力公開資料センター（東京都文京区白山5-1-3-101）

TEL 03（5804）8484 東京富山会館ビル6F

土・日・祝日、10／1日は休館

●未来科学技術情報館（東京都新宿区西新宿）

TEL 03（3340）1821 新宿三井ビル1F

第2・第4火曜日は休館

●サイエンス・サテライト（大阪府大阪市北区扇町）

TEL 06（6316）8110 扇町キッズパーク3F

月曜日、祝祭日の翌日は休館