

高温ガス炉実証炉開発事業を担う中核企業の選定結果（報告）

令和5年7月25日
技術評価委員会

経済産業省は、2023年度から開始する委託事業「高温ガス炉実証炉開発事業」において、基本設計を実施するとともに将来的には製造・建設を担う事業者（中核企業）を広く一般から募集^{※1}した。経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部原子力政策課は、技術評価委員会を設置して、高温ガス炉実証炉の基本設計を実施するとともに将来的には製造・建設を担う中核企業の選定審査を行った。

以下に選定審査結果を報告する。

1. 選定結果

三菱重工業株式会社を高温ガス炉実証炉の基本設計を実施するとともに将来的には製造・建設を担う中核企業に選定する。

2. 選定理由

（1）総合評価

三菱重工業株式会社は、高温機器実証試験ループ（HENDEL）の設計・製作、高温工学試験研究炉（HTTR）の建設、経済産業省NEXIP補助事業（NEXIP）における開発等の高温ガス炉開発の実績が豊富であり、これらの実績に基づく高温ガス炉に対する高い総合エンジニアリング能力及びこれらを支える健全な経営基盤を有している。

また、日本原子力研究開発機構や高温ガス炉特有技術を有するメーカーとの連携などの開発体制の提案に加え、十分な経験及び技量を備えた要員確保等の社内体制構築により、効率的且つ継続的な取り組みが期待できる。

さらに、HTTR建設の幹事会社を務めた実績等を活用し、本開発事業へのサプライヤー参加体制を構築してサプライヤーの技術力の維持や向上に努めることにより、我が国産業全体の實力涵養に貢献できる。

実用化への道筋として、国の方針に沿った具体的かつ詳細な開発計画及び高温ガス炉実証炉後の事業展開のシナリオや目標を示しており、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて高温ガス炉の社会実装を支えていくという強い責任意識と意欲を有していると評価する。

（※1）公募期間：令和5年3月1日（水）～令和5年3月31日（金）

(2) 選定基準への適合性の評価

1) 技術・経営基盤

① 総合エンジニアリング能力

[事業者提案]

- 1970年の美浜1号機運転開始以来、技術改良を重ね、安全性、信頼性、経済性、運転保守性のあらゆる面で世界に誇れる加圧水型軽水炉(PWR)を提供している。国内PWR 24基の全てを納入しており、既設プラントの再稼働も支援している。
- 研究開発から、基本計画・基本設計・詳細設計・製作/検査・据付/試運転、さらに運転保守サービスまで、信頼性、安全性、経済性に優れた製品とサービスの一貫した提供に努めている。
- 革新軽水炉SRZ開発、六ヶ所再処理事業、燃料製造事業、世界各国への原子力発電所向け主要機器輸出、高速炉開発、ITER等を通じた大型機器製造等の原子力分野の豊富な実績がある。

[評価]

- ・ 軽水炉の建設、技術開発、六ヶ所再処理事業、燃料製造事業、世界各国への原子力発電所向け主要機器輸出、高速炉開発など、国内外に豊富な原子力事業の実績があり、高い総合エンジニアリング能力を有している。

② 経営基盤

[事業者提案]

- 経営体制、組織構成、社員数は、高温ガス炉実証炉開発事業を進めるために十分な能力を有し、財務状況も問題ない。
 - ・ 社員数(連結) : 約7.7万人(2022年12月31日現在)
 - ・ 売上収益(連結) : 約 3.9 兆円(2022年3月期)
- 中期事業計画を策定し、これに基づいた事業を行っており、長期にわたり経営を健全に維持できる事業計画を有している。
- 株主構成は、外国法人等の株式保有比率は単独で20%、合計で50%を超えておらず、特定の外国法人等の影響を受けて経営判断が左右されることはない。

[評価]

- 経営体制、組織構成、社員数、財務状況、事業計画及び株主構成の観点から、長期にわたる高温ガス炉実証炉の業務を、責任を持って遂行できる健全な経営基盤を有している。

2) 開発体制

① 体制

[事業者提案]

- HTTRの建設及び幹事会社としての実績に基づき、主体となって開発を遂行する。安全・炉心技術に関しては技術を有する日本原子力研究開発機構と連携して開発を行う。高温ガス炉に特有である、被覆粒子燃料、黒鉛素材等の特殊技術に関しては、技術を有するメーカを含めた体制を構築する。
- 自社において、新型炉推進室を設置し、そこで技術取り纏め・プロジェクト管理を一元的に実施している。また、「原子力情報管理要領」を定め情報管理を徹底するとともに、原子力QMSを運用して適切に品質を確保する体制を構築している。さらに、HTTRの建設、NEXIPでの開発及び高温ガス炉の研究開発を実施した各試験施設に熟知した研究者を有しており、効果的な試験計画立案、試験及び評価が可能である。

[評価]

- 日本原子力研究開発機構との連携や高温ガス炉特有技術を有するメーカを含めた体制構築等、高温ガス炉実証炉の業務に責任をもって遂行できる開発体制が提案されている。

② 要員

[事業者提案]

- プロジェクトリーダーは原子力業務に30年の経験を有する。プロジェクトメンバーは十分な要員数と技量を備えており、40歳以下のメンバーも相当数を揃えており、で、継続的な開発が可能である。

[評価]

- 高温ガス炉実証炉の業務を円滑に遂行するために必要な知識・知見を有する要員を長期的に十分に振り向けることできる。

- 自社において、業務を円滑に遂行できる組織/要員構成となっており、適切な業務管理、情報管理及び総合品質管理の体制を有している。

③ サプライチェーン

[事業者提案]

- 高温ガス炉実証炉に必要なサプライヤーのうち高温ガス炉特有のサプライヤーの評価を実施した。炉心、原子炉圧力容器、安全設備、高温機器、原子炉計装、運転保守等に大別して、脆弱性、優位性、状況等を整理した。
- 要素技術の特性や現状に応じて、海外調達を検討、新規製造メーカーの開拓、代替製品の検討等のサプライチェーン維持のための具体的方策を示した。

[評価]

- 高温ガス炉を構成する要素技術に関し、主要なサプライヤーの状況を把握しており、サプライチェーンの維持・発展に貢献する具体的方策を有している。

3) 開発実績

① 実績

[事業者提案]

- HENDELにおいて、高温高圧のヘリウムガスを使用して各種の試験を行うテストセクションの高温断熱配管と燃料体スタック実証試験装置等の製作を担当した。
- HTTRの建設において、幹事会社としてプロジェクトを統括した。系統や配置などの全体設計、主要機器の設計・製作・据付、試運転を担当した。
- HTTR接続システムの開発では、水素製造設備やガスタービンの設計等を含む核熱を利用した水素製造のコンセプトの構築、プラント全体設計を実施し、経産省委託「超高温を利用した水素大量製造技術実証事業」に繋げた。
- 高温ガス炉による発電プラントの概念構築として熱出力600MWの発電プラントGTHTR300の概念設計、安全評価、経済性評価等を行った。
- 三菱重工独自の電気出力5～10万kWの三菱型小型高温ガス炉MHR50/100の概念を構築し技術を提案した。
- NEXIPでは水素と電気を供給する高温ガス炉コージェネプ

ラントのシステム概念を構築した。

- 要素技術開発として、ヘリウムガスループを使った1/3スケールの圧縮機試験、高温隔離弁のモックアップ試験等を行った他、水素製造技術として熱アシスト型SOECの開発等を進めている。
- 海外では、南アフリカで計画されていた商業高温ガス炉PBMRプロジェクトの詳細設計や米国の次世代原子力プラント（NGNP）の予備概念検討に参加した。

[評価]

- ・ 1970年代から高温ガス炉の開発に携わり、HENDELの設計・製作、HTTRの建設、NEXIPにおける開発、南アフリカPBMRプロジェクトの詳細設計、米国NGNPの予備概念検討など、国内外において高温ガス炉に係る開発実績を十分に有している。

② 提案技術

[事業者提案]

- 実用高温ガス炉システムとして、安定に大量の水素を供給できる高温ガス炉水素製造プラントを提案し、高温ガス炉の固有の安全性を維持できる最大出力を採用しスケールメリットを生かす熱出力600MW、水素の効率的な製造のため、原子炉出口温度900℃以上を目標とした。
- 実用高温ガス炉システムに必要な主要技術として、炉心、原子炉圧力容器、安全設備、高温機器、設備設計、原子炉計装、運転保守技術、水素製造技術等に大別し、技術の概要と現状を整理して、実用化に向けた開発の要否を評価した。

[評価]

- ・ 安定で大量の水素製造を目的とした実用高温ガス炉システムの概念と出力等の基本的な仕様を提案するとともに、用いられる要素技術及び研究開発が必要な要素技術を明確にしている。

4) 我が国産業界全体の實力涵養への貢献

① 我が国産業界全体の實力を涵養する構想

[事業者提案]

- 高温ガス炉に関わるサプライヤーに広く本開発事業に参加してもらう体制を構築し、サプライヤーの技術力の維持や向上に努め、我が国産業界の實力の涵養に貢献する。

- HTTRでの幹事会社として複数サプライヤーを取り纏めた実績、軽水炉や高速炉のサプライチェーンを有しており、それらを活用して高温ガス炉に係る我が国産業全体の實力涵養に貢献することができる。

[評価]

- ・ サプライチェーンの新規開拓やHTTR幹事会社として複数メーカーを取り纏めた実績、軽水炉や高速炉のサプライチェーンを有するなど、高温ガス炉開発に係る我が国産業全体の實力を涵養する能力を有している。

5) 開発計画・事業展開戦略

① 開発計画、事業展開戦略

[事業者提案]

- 革新炉ワーキンググループで示された高温ガス炉導入に向けた技術ロードマップに従い、2030年代後半の実証炉稼働を目指し、技術開発を進める。
- 高温ガス炉実証炉の運転に向け、革新炉ワーキンググループで提示された工程を具体的に展開し、基本設計Ⅰ、基本設計Ⅱ、詳細設計、製作、建設・据付等の開発工程を明確にした。
- 高温ガス炉実証炉後の事業展開として、国内では、鉄鋼連盟のsuper COURSE50（所外水素吹込みによる還元製鉄）への高温ガス炉水素の実装を想定し、2050年のカーボンニュートラルに向けて2050年代の高温ガス炉実用化を目指す。実用炉では、鉄鋼業界以外にも、大量安定な水素需要が見込まれる水素発電、化学製品原料や燃料電池トラックなどへの水素供給事業への展開を考えている。
- 海外では、高温ガス炉プロジェクトに係る日本原子力研究開発機構の取組みへの支援を通じて、我が国の設計を海外プロジェクトに反映することで我が国の高温ガス炉技術の国際スタンダード化を目指す。これにより、国内サプライチェーンの国際展開につなげる。

[評価]

- ・ 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 革新炉ワーキンググループ（第4回：2022年7月29日、第6回：11月2日）において提示された「導入に向けた技術ロ

ードマップ（高温ガス炉）」の内容及びスケジュールを満足する具体的かつ詳細な高温ガス炉実証炉の開発計画を提案しており、確実に実用化に進める道筋を示せている。

- ・ 国内での鉄鋼業界や水素供給事業への展開、海外での我が国の高温ガス炉技術の国際標準化による国内サプライチェーンの国際展開など、高温ガス炉実証炉後の事業展開に関わる具体的なシナリオや目標を示せている。

② ユーザー獲得に向けた活動実績及び今後の取組

[事業者提案]

- 鉄鋼メーカーと水素製造量などの協議を行える環境を整備済み。今後、ユーザーニーズを反映したプラント仕様を検討していく。
- 電気事業者と高温ガス炉を用いた水素製造プラントの検討を実施している。今後、導入に向けた課題の抽出と検討項目の具体化や、電力事業者の目的に合致するプラント構成の検討等を実施していく。

[評価]

- ・ 高温ガス炉のユーザー候補（水素、熱利用、電力等）の状況把握やユーザー獲得に向けた活動として、ユーザー候補となる鉄鋼メーカーや電気事業者との連携を行っている。
- ・ ユーザー獲得に向けた具体的な方策を有するとともに、ユーザーのニーズを適確に設計や事業計画に展開する能力を有している。

3. 選定にあたっての要望

GX実現に向けた基本方針（令和5年2月）では、新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設に取り組むことが明記されている。高温ガス炉は、次世代革新炉に位置づけられていることに鑑み、中核企業は今後、我が国産業界全体の實力涵養や国際標準化・国際協力等の国全体の利益の観点に十分配慮し、HTTRを保有し高温ガス炉の研究開発を先導してきた日本原子力研究開発機構と緊密に連携して高温ガス炉実証炉開発事業を進めることを期待する。

また、水素製造は外部メタンの水蒸気改質によるグレー水素製造が計画され、その燃料改質の反応熱の供給のために高温ガス炉

の利用が考えられているが、カーボンニュートラルを目指す上では、高温ガス炉を主に用いたグリーン水素製造の実用化が必要である。開発を通じてグリーン水素製造の道筋を示し、海外での原子力を活用した水素製造の拡大に寄与することが望まれる。

基本設計を進める中で、設置者や立地を確定させることが必要となる段階があるため、今後の工程について、国と事業者の間での十分な協議が求められる。

技術開発や部材の供給を確実にを行うため、サプライチェーンと研究開発体制の構築をしっかりと行う必要がある。加えて、サプライヤーのみでなくユーザーを見つけることも重要。

開発においては、国内のみならず海外への取組みも、日本原子力研究開発機構と連携協力して評価を進めてほしい。特に、水素製造技術については、未だ確立していない部分（特に、高温ガス炉とグリーン水素製造の接続）があり、中核企業として日本原子力研究開発機構と連携して進めてほしい。

本応募は三菱重工業株式会社の単独応募であるため国内での競争が働かない構造となっている。海外の競合相手の動向を見据えて競争力のある研究開発を進めてほしい。特に、米国では、Xe-100（小型高温ガス炉）が本事業と同じ200MWtで2028年の臨界を目指しているため、競争力を持つためにも、開発のさらなる加速が求められる。

技術評価委員会委員名簿

- | | |
|-------|--|
| 加藤 之貴 | 東京工業大学 科学技術創成研究院
ゼロカーボンエネルギー研究所長 教授 |
| 黒崎 健 | 京都大学 複合原子力科学研究所 教授 |
| 越塚 誠一 | 東京大学大学院 工学系研究科 教授 |
| 澤 和弘 | 北海道大学 工学研究院 応用量子科学部門
量子エネルギー工学 教授 |
| 武田 哲明 | 山梨大学大学院 総合研究部 工学域
機械工学系 教授 |
| 藤本 望 | 九州大学 工学研究院
エネルギー量子工学部門 教授 |

(五十音順)