

- **高温ガス炉の意義と
英国高温ガス炉実証炉開発に係る日英連携の現状**

2024年11月8日

高温ガス炉プロジェクト推進室

優れた安全性

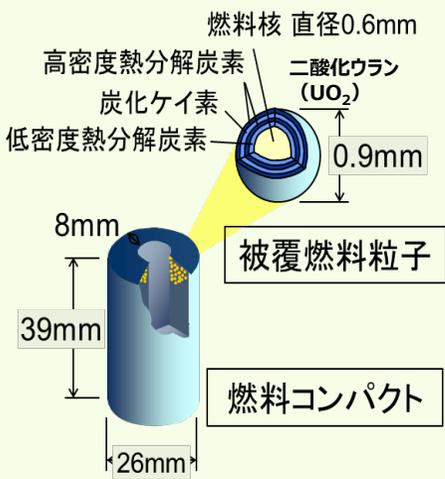
- 水を使わず化学的に安定なヘリウムで冷やすため、**水素爆発しない。**
- 燃料をセラミックスで厳重（四重）に被覆するので、**事故時にも放射性物質を燃料内に閉込め可能。**
- 黒鉛構造材により、事故時にも急激に温度上昇せず、**一定温度以下で安定。炉心溶融が起こらない設計が可能。**

多様な熱利用

- 発電のみならず、950℃の高温熱を供給可能。（日本の純国産技術、世界最高記録）で、水素製造、海水淡水化等の幅広い**熱の産業利用**が可能。
- カーボンフリー水素製造法（高温水蒸気電解法、メタン熱分解法、ISプロセス）との組合せにより大量かつ安定的に水素を製造することで、製鉄をはじめとした産業分野の脱炭素化へ貢献可能。

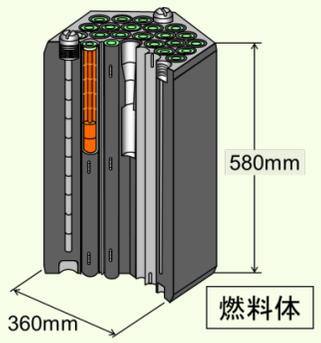
セラミックス被覆燃料

1600℃でも放射性物質を閉じ込める



黒鉛構造材

耐熱温度2500℃

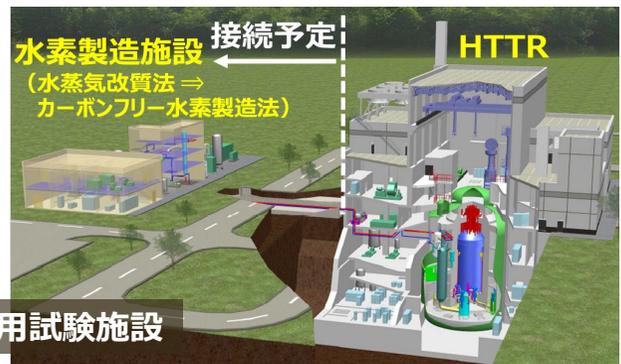


ヘリウム冷却材

高温でも安定 (温度制限なし)



HTTR (高温工学試験研究炉)



HTTR-熱利用試験施設

英国高温ガス炉実証炉及び燃料プログラムの概要

英国高温ガス炉実証炉プログラム概要

- フェーズ A : 事前概念検討 (2022.9~2023.2)
- フェーズ B : 基本設計、採算性評価 (~2025.3)
NNL JAEAチーム採択額1,500万ポンド (28.5億円)
- フェーズ C : 許認可、建設、詳細エンジニアリング・運転 (2030年代初期)

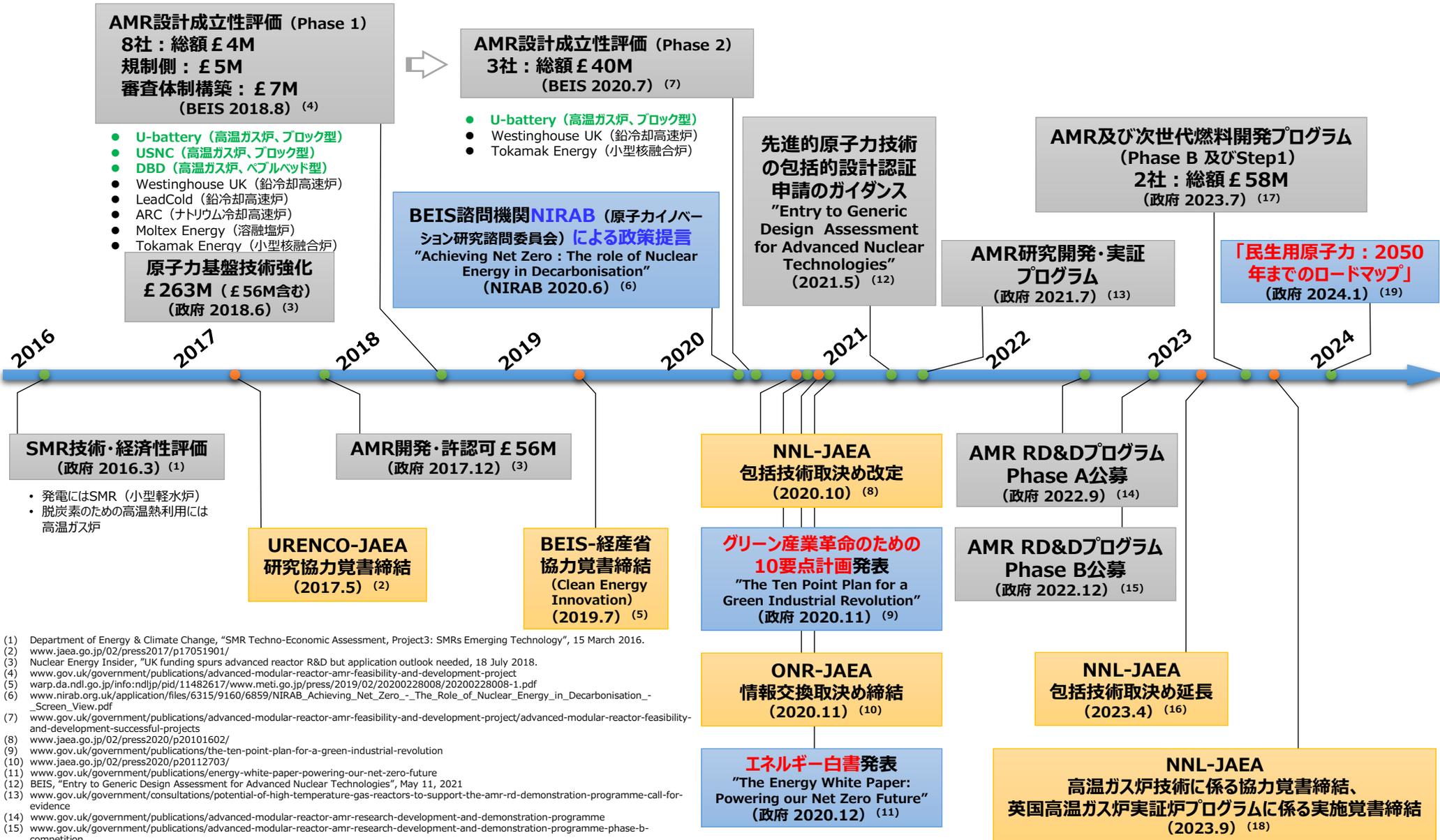


英国高温ガス炉燃料プログラム概要

- フェーズ A : 事前概念検討 (2022.9~2023.2)
- ステップ 1 : 燃料製造技術開発 (~2025.3)
NNL採択額1,600万ポンド (30.4億円)



英国におけるAMR・SMR開発・導入動向



(1) Department of Energy & Climate Change, "SMR Techno-Economic Assessment, Project3: SMRs Emerging Technology", 15 March 2016.

(2) www.jaea.go.jp/02/press2017/p17051901/

(3) Nuclear Energy Insider, "UK funding spurs advanced reactor R&D but application outlook needed, 18 July 2018.

(4) www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-feasibility-and-development-project

(5) warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11482617/www.meti.go.jp/press/2019/02/20200228008/20200228008-1.pdf

(6) www.nirab.org.uk/application/files/6315/9160/6859/NIRAB_Achieving_Net_Zero_-_The_Role_of_Nuclear_Energy_in_Decarbonisation_-_Screen_View.pdf

(7) www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-feasibility-and-development-project/advanced-modular-reactor-feasibility-and-development-successful-projects

(8) www.jaea.go.jp/02/press2020/p20101602/

(9) www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution

(10) www.jaea.go.jp/02/press2020/p20112703/

(11) www.gov.uk/government/publications/energy-white-paper-powering-our-net-zero-future

(12) BEIS, "Entry to Generic Design Assessment for Advanced Nuclear Technologies", May 11, 2021

(13) www.gov.uk/government/consultations/potential-of-high-temperature-gas-reactors-to-support-the-amr-rd-demonstration-programme-call-for-evidence

(14) www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-research-development-and-demonstration-programme

(15) www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-research-development-and-demonstration-programme-phase-b-competition

(16) www.jaea.go.jp/news/newsbox/2023/041301/

(17) www.gov.uk/government/news/british-nuclear-revival-to-move-towards-energy-independence

(18) www.jaea.go.jp/02/press2023/p23090701/

(19) www.gov.uk/government/publications/civil-nuclear-roadmap-to-2050/civil-nuclear-roadmap-to-2050-accessible-webpage

英国高温ガス炉実証炉プログラム（実証炉）（1/2）

- 英国政府は、非電力分野では革新炉として高温ガス炉を選択し2030年代初期で高温ガス炉実証炉の運転開始を目指す高温ガス炉実証炉計画を発表
- プログラムは、エネルギー安全保障・ネットゼロ省*（DESNZ）による公募事業。Phase B以降はマッチングファンドを要求

➤ Phase A : 事前概念検討 (2022.9~2023.2)

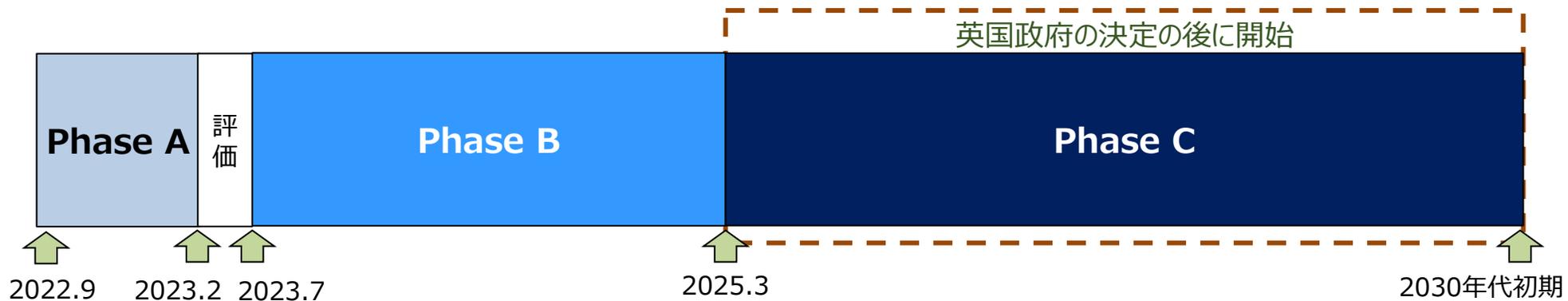
高温ガス炉実証炉概念をまとめるほか、研究開発上の課題や技術課題を特定して、その実行可能性を検討する

➤ Phase B : 基本設計、採算性評価 (2023.7~2025.3)

Phase Aで選定された複数の提案者又は新たな提案者が高温ガス炉実証炉の概念設計を詳細に評価し、投資総額やライフサイクル・コストを見積る

➤ Phase C : 許認可、建設、詳細エンジニアリング及び運転

Phase Bで選定された提案者をひとつに絞り、許認可以降、運転までをターゲットとする



*エネルギー安全保障・ネットゼロ省（Department of Energy Security and Net Zero）
ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）が担ってきたエネルギー政策を引き継ぎ、今年2月に新たに発足

BEIS, 「Advanced Modular Reactor (AMR) Research, Development and Demonstration Programme: Phase A competition」, September 2022.
www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-research-development-and-demonstration-programme
上記資料中の図を現状のスケジュールに合わせて修正

Advanced Modular Reactor (AMR) Research, Development and Demonstration Programme

2050年ネットゼロ達成のため、2030年代初頭に高温ガス炉（HTGR）技術の実証を目指す

Phase A LOT1（高温ガス炉実証炉）（それぞれに約£50万（約9,500万円））

- AMR（高温ガス炉）技術の開発に向けたプレFEED（フロントエンドエンジニアリング設計）を実施する4つのプロジェクトに資金を提供
 - **EDF-Energy**
2030年代の高温ガス炉実証に最も適した原子炉の設計特性を決定するため、サイト提供、エンドユーザーの要件に焦点
 - **NL (-Jacobs-JAEA)**
日本で実績のある高温ガス炉技術を活用
 - **U-Battery**
モジュール炉U-Batteryの英国での実証に最適なサイズ、タイプ、コスト、配送方法を決定
 - **USNC UK**
USNCのMMR設計をベースに、英国産業の現在・将来のプロセス熱需要に最適な改良型MMR+設計を開発・実証

（1£=190円で換算）

Phase B（高温ガス炉実証炉）

- 2025年3月までにFEED+（フロントエンドエンジニアリング設計および支援活動）開発を実施する2つのプロジェクトに資金を提供
- 原子力規制局（ONR）及び環境庁（EA）に最大£4.3m（約8.2億円）を割り当て

- **英国国立原子力研究所（NNL）及び日本原子力研究開発機構（JAEA）：£15m（約28.5億円）**

NNLはJAEAと協力して、英国発の高温ガス炉であるUKJ-HTRの設計を進める。この原子炉は、既存の技術よりも高い出口温度（950℃）を実現し、脱炭素化と水素の効率的な生産を可能にする。

- **USNC UK：£22.5m（約43億円）**

既存のMMRの設計を基に、英国産業界の現在および予測される将来のプロセス熱需要に最適なMMR3を開発し、英国政府の熱需要をサポートする。MMR3の設計は、出口温度を750℃まで上昇及び原子炉出力を増加させ、クリーンな水素と持続可能な航空燃料の生産の実証を目的とする。

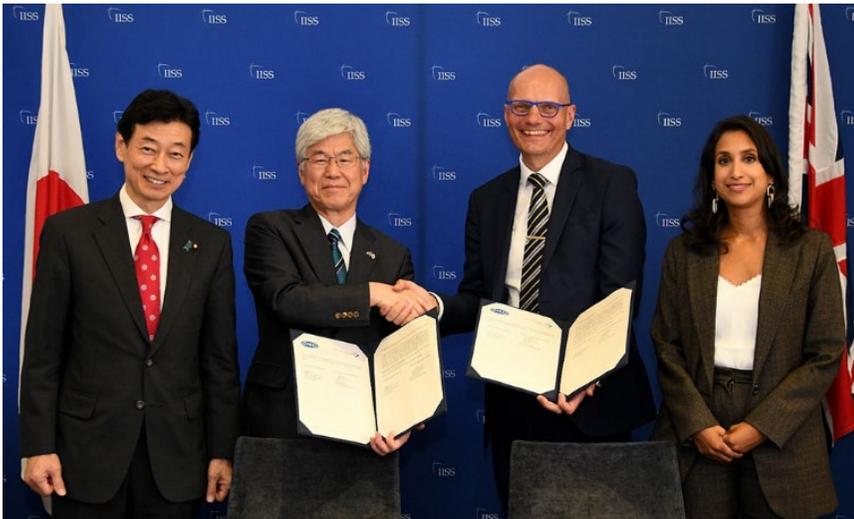
（1£=190円で換算）

高温ガス炉技術に係る協力覚書締結

英国高温ガス炉実証炉プログラムに係る実施覚書締結

英国高温ガス炉燃料プログラムに係る実施覚書締結

- JAEAとNNLは、西村康稔経済産業大臣及びクティア・クティーニョDESNZ大臣の立ち会いの下、**包括的な高温ガス炉技術に係る協力覚書を締結** (2023.9.6)
- **英国高温ガス炉実証炉プログラム (フェーズB) に係る採択を踏まえ、基本設計に係る実施覚書を締結** (2023.9.6)
- **英国高温ガス炉燃料プログラム (ステップ1) に係る採択を踏まえ、基本設計に係る実施覚書を締結** (2024.4.22)
- 高温ガス炉の熱を用いた炭酸ガス削減技術や経済性の見通しを得て、**国内高温ガス炉実証炉計画に活かす**
- 高温ガス炉用被覆燃料製造技術を英国で確立し、**国内実証炉用の燃料調達オプションとする**



高温ガス炉技術に係る実施覚書及び英国高温ガス炉実証炉プログラムに係る覚書
左から西村経済産業大臣、JAEA小口理事長、NNLハースCEO、クティーニョDESNZ大臣
(2023年9月、ロンドン)



英国高温ガス炉燃料プログラムに係る実施覚書
左からNNLハースCEO、JAEA小口理事長
(2024年4月、東京)



EDF-Energyパンフレットより

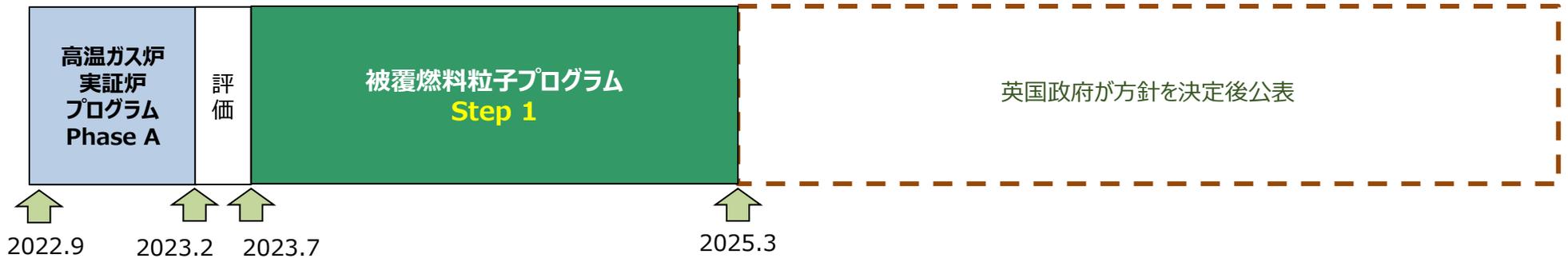


MOD - Ministry of Defence
 DRDL - Devonport Royal Dockyard Ltd
 EDF Energy - EDF Energy Nuclear Generation Ltd
 AWE - Atomic Weapons Establishment Plc
 BAE - BAE SYSTEMS Marine Ltd
 NNB - NNB GenCo HPC Ltd

周辺エリア (ティーズサイド) は、化学工業、製鉄等の産業集積エリア。
 2030年の水素需要量4GW (英国全体の水素製造目標値の40%) のうち、
 1GWを高温ガス炉由来の水素に期待 (再エネ1GW、化石由来 (+ccus) 2GW)

- LOT2、Phase A：事前概念検討（高温ガス炉実証炉プログラムの一部）（2022.9～2023.2）
- **STEP 1：製造技術開発、等**（2023.7～2025.3）

次ステップは、英国政府が方針を決定後に公表される見込み



Advanced Modular Reactor (AMR) Research, Development and Demonstration Programme
2050年ネットゼロ達成のため、2030年代初頭に高温ガス炉（HTGR）技術の実証を目指す

Phase A LOT2（燃料実証）（それぞれに約£25万（約4,800万円））

- 高温ガス炉技術用の被覆粒子燃料を開発するためのプレFEED（フロントエンドエンジニアリング設計）を実施する2つのプロジェクトに資金を提供
 - **NNL（-URENCO-JAEA）**
高温ガス炉実証炉用の最初の充填燃料から始まる英国内の商業用燃料供給を目指し、商業化に向けた被覆粒子燃料の開発を共同で実施
 - **Springfields（-URENCO）**
被覆粒子燃料の安全かつ信頼性の高い供給のための最も効果的なルートを決定。UCOカーネルTRISOに焦点を当て、幅広いバリエーションを製造可能な施設を設計

（1£=190円で換算）

Phase B Step 1（英国被覆粒子燃料プログラム）

- AMRに必要な被覆粒子燃料の開発を推進
 - **英国国立原子力研究所（NNL）：£16m（約30.4億円）**
JAEAと協力して、高温ガス炉用被覆粒子燃料開発を継続し、将来のエネルギー安全保障を実現する重要な要素である英国燃料の生産に向けた取り組みを継続する。本プログラムにより、世界をリードするスキルを向上させることに加えて、燃料サプライチェーンにおける大企業と中小企業双方に豊富な機会を提供する。

（1£=190円で換算）