

英国高温ガス炉実証炉建設サイト候補に関する 調査報告

Survey on Candidate Construction Site for the Demonstrator
of High Temperature Gas-cooled Reactor in the UK

藤原 佑輔 中嶋 國弘 卜部 光平 永塚 健太郎
浅野 和仁 清水 厚志 野口 弘喜 佐藤 博之
大橋 弘史 角田 淳弥 坂場 成昭

Yusuke FUJIWARA, Kunihiro NAKAJIMA, Kohei URABE, Kentaro NAGATSUKA
Kazuhito ASANO, Atsushi SHIMIZU, Hiroki NOGUCHI, Hiroyuki SATO
Hirofumi OHASHI, Junya SUMITA and Nariaki SAKABA

エネルギー研究開発領域
高温ガス炉プロジェクト推進室

HTGR Project Management Office
Nuclear Energy Research and Development Domain

May 2026

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所 プロモーション・オフィス 科学技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Promotion Office, Nuclear Science Research Institute, Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

英国高温ガス炉実証炉建設サイト候補に関する調査報告

日本原子力研究開発機構

エネルギー研究開発領域 高温ガス炉プロジェクト推進室

藤原 佑輔、中嶋 國弘⁺、卜部 光平[※]、永塚 健太郎、浅野 和仁、清水 厚志、
野口 弘喜、佐藤 博之、大橋 弘史、角田 淳弥⁺、坂場 成昭

(2026年1月7日 受理)

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、製鉄、化学工業等の脱炭素化が困難な分野における二酸化炭素排出削減には、水素エネルギーの利活用が不可欠とされる。高温ガス炉は優れた安全性を有し、二酸化炭素を排出することなく高温熱を供給可能であることから、安定的に大量の水素を製造することが期待され、「GX実現に向けた基本方針」（2023年2月10日閣議決定）の参考資料に2030年代の運転開始を目標とする高温ガス炉実証炉開発工程が示されるとともに、経済産業省の革新炉ワーキンググループは実証炉建設に向けた技術ロードマップを定めた。一方、英国政府は、温室効果ガス排出ネット・ゼロ達成に向け、2022年9月から2030年代初期運転開始とする高温ガス炉実証炉プログラムを開始した。このような背景を踏まえ、高温ガス炉技術の早期の社会実装を目指し、日本原子力研究開発機構（JAEA）は英国国立原子力研究所（UKNNL）と連携して、英国において我が国の高温ガス炉技術の実証を進め、我が国の高温ガス炉実証炉開発への還元を目指す。本資料は、英国高温ガス炉実証炉（UKJ-HTR）の設計検討に資することを目的として、英国における高温ガス炉生産物の市場調査、建設サイト候補であるHartlepoolの環境、社会条件及び産業基盤の調査結果をまとめた。

大洗原子力工学研究所：〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地

+ 大洗原子力工学研究所 高温工学試験研究炉部

※ 技術開発協力員

Survey on Candidate Construction Site for the Demonstrator of High Temperature Gas-cooled Reactor in the UK

Yusuke FUJIWARA, Kunihiro NAKAJIMA⁺, Kohei URABE[※],
Kentaro NAGATSUKA, Kazuhito ASANO, Atsushi SHIMIZU, Hiroki NOGUCHI,
Hiroyuki SATO, Hirofumi OHASHI, Junya SUMITA⁺ and Nariaki SAKABA

HTGR Project Management Office
Nuclear Energy Research and Development Domain
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received January 7, 2026)

High Temperature Gas-cooled Reactors (HTGRs) have excellent safety features and can supply high-temperature heat without emitting carbon dioxide, and therefore are expected to stably produce large amounts of hydrogen to contribute carbon neutrality by 2050. The pertinent material for the "Basic Policy for GX Realization" shows the development process for the HTGR demonstrator with the goal of starting operation in the 2030s. Meanwhile, to achieve net-zero, the UK government has started the Advanced Module Reactor (AMR) Research, development and demonstration (RD&D) programme with the aim of starting operations of the HTGR demonstrator in the early 2030s. Against this background, with the aim of early deployment of HTGR technology, Japan Atomic Energy Agency (JAEA), in collaboration with the United Kingdom National Nuclear Laboratory (UKNNL), aims to demonstrate Japanese HTGR technology outside Japan and reflect the development of HTGR demonstrator in the UK to Japan. This document summarizes the results of a market survey of HTGR products and surveys of industrial infrastructure in the UK, the environment and social conditions of Hartlepool, a candidate construction site, with the aim of contributing to the design study of the HTGR demonstrator in the UK (UKJ-HTR).

Keywords: Survey, Hydrogen, UK, HTGR, AMR, Hartlepool

⁺ Department of HTTR, Oarai Nuclear Engineering Institute

[※] Collaborating Engineer

目 次

1. はじめに	1
2. 高温ガス炉生産物の市場調査	2
2.1 英国水素需要予測	2
2.2 Teesside 水素需要予測	4
3. 環境影響分析	5
3.1 建設サイト候補の位置情報	5
3.2 建設サイト候補の環境社会条件	5
3.2.1 気象	5
3.2.2 地形	5
3.2.3 河川	5
3.2.4 生態系の状況	5
3.2.5 土地利用	6
3.2.6 社会インフラ	6
3.2.7 交通インフラ	6
3.2.8 社会条件	6
4. 産業基盤	10
4.1 関連機器サプライチェーン	10
4.2 原子力に係る産業基盤	18
4.2.1 AGR 概要	18
4.2.2 Hartlepool 発電所概要	20
5. おわりに	21
謝辞	22
参考文献	22

Contents

1. Introduction	1
2. Market research for High Temperature Gas-cooled Reactor’s products	2
2.1 Hydrogen demand forecast in the UK	2
2.2 Hydrogen demand forecast in Teesside	4
3. Environmental impact analysis	5
3.1 Location of candidate construction site of High Temperature Gas-cooled Reactor	5
3.2 Environmental and social conditions of candidate construction site of High-Temperature Gas-cooled Reactor	5
3.2.1 Weather	5
3.2.2 Terrain	5
3.2.3 River	5
3.2.4 Ecosystem status	5
3.2.5 Land use	6
3.2.6 Social infrastructure	6
3.2.7 Transportation infrastructure	6
3.2.8 Social conditions	6
4. Industrial infrastructure in the UK	10
4.1 Related equipment supply chain	10
4.2 Industrial infrastructure related to nuclear power	18
4.2.1 AGR overview	18
4.2.2 Hartlepool power station overview	20
5. Conclusion	21
Acknowledgements	22
References	22

1. はじめに

2050年カーボンニュートラルの実現には、製鉄、化学工業等の脱炭素化の困難な分野における二酸化炭素排出削減が必要である。そのため水素エネルギーの利活用が期待され、世界各国で二酸化炭素を排出しないカーボンフリー水素が着目される。高温ガス炉は安全性に優れるとともに二酸化炭素を排出することなく高温熱供給が可能であり、安定的に大量、かつ、安価なカーボンフリー水素を製造することが期待される。

このような背景を踏まえ、我が国の「エネルギー基本計画」（2025年2月閣議決定）¹⁾では、高温ガス炉の高温熱源を活用した水素製造技術の開発に取り組む方針が明記された。また、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2021年6月策定）²⁾や「GX実現に向けた基本方針」（2023年2月10日閣議決定）³⁾では、HTTR（高温工学試験研究炉）を用いた水素製造技術の実証や2030年代の運転開始を目標とする高温ガス炉実証炉開発工程が示された。さらに、経済産業省の革新炉ワーキンググループにより実証炉建設に向けた技術ロードマップが示された。

一方、英国では温室効果ガス排出量の削減に向けネット・ゼロ目標⁴⁾を制定した。英国諮問機関（NIRAB）は、英国政府に2030年から2035年の間に先進モジュール炉の実証炉を実現すべきであり、高温ガス炉を基準として、適切な候補選定を可能な限り早期に完了させる必要があると提言した⁵⁾。また、英国政府は、2030年代初頭までに高温ガス炉技術を実証することを目指す「AMR RD&Dプログラム（Advanced Modular Reactor Research, Development and Demonstration Programme）」⁶⁾を開始した。

これらの国の方針に基づき、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）は、高温ガス炉技術分野において連携関係にある英国国立原子力研究所（UKNNL）と、AMR RD&Dプログラムの下で、英国において我が国の高温ガス炉技術の実証を進め、我が国の高温ガス炉実証炉開発への還元を目指す^{7),8)}。

本資料では、英国高温ガス炉実証炉（UKJ-HTR）の設計検討に資することを目的として、英国における高温ガス炉生産物の市場調査、高温ガス炉の建設サイト候補である Hartlepool における環境、社会条件、産業基盤の調査を行った。

2. 高温ガス炉生産物の市場調査

本調査では、英国高温ガス炉実証炉開発に 900℃を超える高温熱供給が可能な我が国の高温ガス炉技術の特長を最大限活用する観点から、英国全体及び英国高温ガス炉実証炉の建設候補地である Hartlepool に近接した Teesside における水素の市場を調査した。Teesside は工業の盛んな都市地域であり、Hartlepool に高温ガス炉実証炉を建設した場合の水素、高温熱及び電力の供給先の候補地である。

2.1 英国水素需要予測

2019 年、英国政府は、2050 年までに英国における温室効果ガス排出量を 1990 年比で 100%削減するネット・ゼロ目標⁴⁾を制定した。現在の英国政府のエネルギー政策は、このネット・ゼロ目標に基づき実施されてきた。

英国政府は英国をクリーンエネルギー超大国にする計画⁹⁾を提示し、多様な低炭素エネルギーシステムの構築が計画の達成に不可欠であるとした。

英国政府はネット・ゼロ目標に基づく AMR RD&D プログラムにて、2030 年代初頭までに高温ガス炉技術を実証し、高温ガス炉により供給可能な高温熱を使用した低炭素水素製造や電力供給等を目指す¹⁰⁾。AMR RD&D プログラムのフェーズ A では、事前概念検討として、4 つの研究開発チーム(EDF-energy 社、UKNNL-JAEA、U-Battery Developments Limited、USNC UK) による原子炉と燃料の分野に関する研究開発に合計 250 万ポンド(約 5 億円)が提供され、2022 年 9 月から 2023 年 2 月にかけて行われた。さらに、フェーズ B では、UKNNL-JAEA が提案する英国高温ガス炉実証炉(UKJ-HTR)の設計(1,500 万ポンド(約 30 億円))と USNC UK による MMR の設計(2,250 万ポンド(約 45 億 3,000 万円))に加えて、英国被覆粒子燃料プログラムステップ 1 (the UK Coated Particle Fuel Programme - Step 1) による被覆粒子燃料の開発(1,600 万ポンド(約 32 億円))を 2023 年 7 月から開始した。

また、英国政府は水素割当ラウンド(Hydrogen Allocation Rounds)¹¹⁾により水素製造計画を支援するなど、炭素回収、利用、貯蔵産業の立ち上げ支援に 217 億ポンド(約 4 兆 3,700 億円(2025 年 11 月 19 日の外国為替相場により、1 ポンド=201.19 円で換算した。以下同じ。))の資金があることを発表した¹²⁾。

2024 年 12 月に発表された最新の水素戦略¹²⁾では分野ごとの水素利用の予測と方針が示された。水素利用の分野は、電力、産業、輸送、建設機械等のオフロード機械、既存の燃料ガスへの水素の混合及び建物暖房に分類した。また、2025 年 7 月に発表された水素市場の最新情報(Hydrogen Update to the Market)¹³⁾では、2024 年 12 月以降の水素戦略の進捗が報告された。

➤ 電力(水素発電)

「クリーンパワー2030 アクションプラン(Clean Power 2030 Action Plan)」¹⁴⁾が発表され、当該プランにて、2030 年までにおよそ 40GW の出力調整可能な発電が可能になり、その内の 2~7GW は水素発電を含む低炭素エネルギーによる発電方法であると推定された。また、水素

発電への投資のリスクを低減するため、水素発電ビジネスモデルの導入を 2026 年に開始することとした。水素発電ビジネスモデルの詳細設計に関する市場協議は 2025 年後半に開始する予定である。

➤ 産業

英国政府は、水素は電化が困難またはコストがかかる産業プロセスの脱炭素化の主要な選択肢となる可能性が高いとして、産業エネルギー変革基金¹⁵⁾、地域産業脱炭素化計画コンペティション¹⁶⁾等によって支援を進めてきた。産業エネルギー変革基金は、エネルギー消費量の多い産業施設等の水素燃料転換を含む将来的な低炭素化への移行を支援するために 4 億 2,000 万ポンド（約 840 億円）を提供した。また、地域産業脱炭素化計画コンペティションは、地域クラスターの脱炭素化計画策定の支援を目的として 600 万ポンド（約 12 億円）を提供することとした。

➤ 輸送

輸送分野での水素の利用として海事、航空、陸上輸送が示された。海事では、クリーン海運実証コンテスト（clean maritime demonstration competition）¹⁷⁾により、水素及び水素由来燃料に重点を置くプロジェクトに 1 億 2,900 万ポンド（約 260 億円）の資金が提供されることとなった。航空では、再生可能輸送燃料の供給量の増加が義務化^{18),19)}され、2025 年以降、英国から離陸する航空機のジェット燃料の 2%を持続可能な供給源から調達し、2030 年までに 10%、2040 年までには 22%に増加することが定められた。陸上運輸では、水素対応旅客列車の導入など、鉄道の脱炭素化や有害な排出物の削減を支援するプロジェクトに 1,250 万ポンド（約 25 億 1,000 万円）が割り当てられた。

➤ オフロード機械

オフロード機械は、建設機械や農業機械など、エンジンを有する移動機械、可搬型機器、車両のうち、道路での貨物や乗客の輸送が目的でないものを指す。

英国政府は、オフロード機械の脱炭素化のため、燃料電池または内燃機関での水素の使用を支援してきた。オフロード機械の脱炭素化に関する情報を取りまとめた文書を公開し²⁰⁾、また、オフロード機械の脱炭素化戦略を今後発表することとした。水素駆動のオフロード機械の公道使用も許可された。

➤ 既存の燃料ガスへの水素の混合及び建物暖房

既存の燃料ガス（天然ガス）輸送システムへの水素の混合は、天然ガスの消費量の削減が可能である。この政策は、利害関係者との協議の後、2025 年内に実施可否を決定する予定である。利害関係者との協議では、既存のガス送電網に 2%の水素を混合する方針で検討を進めることとした²¹⁾。

建物暖房は、2025 年内に暖房脱炭素化戦略における水素の役割の協議を行う予定であり、可能な限り早期に家庭用脱炭素化に関する戦略を提示する予定である。

2.2 Teesside 水素需要予測

Teesside における産業クラスター（日本のコンビナートに相当）は、Middlesbrough、Redcar & Cleveland、Stockton、Darlington、Hartlepool の 5 つの自治体を中心に形成され、Tees Valley 連合自治体の地域と密接に関連する。主な産業は、化学・加工、鉄鋼、バイオ燃料、製薬、石油・ガス（輸入・加工）、鉱業、風力、原子力、廃棄物エネルギーである。この産業クラスターでは年間 350～450 万トンの二酸化炭素が排出されることに対し、脱炭素化に取り組んできた²²⁾。「ネット・ゼロ・Teesside (Net Zero Teesside)」²³⁾プロジェクトは CCUS の導入を通じて事業の脱炭素化を目指す、産業、電力、水素事業の集合体であり、Northern Endurance Partnership により年間最大 400 万トンの二酸化炭素を北海の海底約 1,000m 下に輸送し、恒久的に貯留する計画がある²⁴⁾。Teesside におけるエンドユーザー候補の調査結果を Table 2.1^{25)~34)}に示す。

Teesside クラスターでは原子力発電所を活用する計画があり、英国政府が高温ガス炉の実証炉開発を支援する AMR RD&D プログラムのフェーズ A において、EDF-energy 社による高温ガス炉実証炉を Hartlepool に誘致する提案が DESNZ (Department for Energy Security & Net Zero、英国エネルギー安全保障・ネットゼロ省) から支援対象として選定された³⁵⁾。Hartlepool は原子力の歴史が長く、既存の改良型ガス冷却炉 (AGR) の原子力発電所周辺に十分なスペースがあり、熱エネルギーのエンドユーザーである重工業が近辺にある。このため、高温ガス炉の実証炉や後続の商業用ユニットの候補地として理想的な場所である。高温ガス炉の実証炉の誘致や蒸気、熱の産業への活用に係るこのプロジェクトは、「Hartlepool・ヒート・ハブ (Hartlepool Heat Hub)」³⁶⁾と呼ばれる。

3. 環境影響分析

3.1 建設サイト候補の位置情報

高温ガス炉の導入検討を進める英国では、現在、高温ガス炉実証炉のサイトとして、England 北部、North Yorkshire 州の Hartlepool 南部に位置する英国 EDF-energy 社の Hartlepool 発電所³⁶⁾に隣接する敷地が候補である。Hartlepool の南に位置する Tees 川の河口には Teesport と呼ばれる大きな港があり、港周辺は製鉄及び石油化学を中心とした工業団地である。高温ガス炉は発電に限らず、工業団地への熱供給や水素供給の手段としても期待される。候補地周辺は港湾、工業団地及び自然保護区に囲まれ、居住エリアまでは 2km 程度の距離がある。Fig.3.1、Fig.3.2 及び Fig.3.3 に Hartlepool 発電所及び建設サイト候補地の位置を示す。

3.2 建設サイト候補の環境社会条件

3.2.1 気象

英国全体は西岸海洋性気候に属する。Hartlepool の日中平均気温は 10.8℃（1月：5.8℃、7月：18.2℃）で、年間を通じて一定の降水量があり、年間の平均降水量は 56.6mm である³⁷⁾。夏季は最高気温が 25℃を超えることがなく冷涼で、冬季は高緯度にもかかわらず平均最低気温は氷点下を下回らず、比較的温暖である。Fig.3.4³⁷⁾に Hartlepool の気象条件を示す。

3.2.2 地形

英国の地形³⁸⁾は低地が多く、島の中央には北 England から南 Scotland に掛けて延びる Pennine 山脈があり、England 北西部と北東部を隔てる位置にある。候補地は England 北東部の北海に面する Tees 川河口付近の海岸に位置する。候補地周辺は海拔 20m 以下の低地であり、Tees 川河口付近に干潟、湿地、砂丘など様々な地形を形成する。Fig.3.5³⁸⁾に英国の標高図を示す。

3.2.3 河川

候補地の付近には Tees 川が流れる。Pennine 山脈北部を源流として肥沃な平野を蛇行し、北海へ注ぐ。Tees 川流域には鉱山や炭鉱があり、Tees 川河口の南側には Teesport と呼ばれる大きな港があり、港周辺では製鉄業、鉄鋼業をはじめとした重工業が発展した。現在でも年間 6,000 隻以上が入港し、5,600 万トンの貨物を扱う海上輸送の要衝である。Tees 川河口の北側には大きな干潟と砂丘があり、自然保護区に指定される。

3.2.4 生態系の状況

英国の保護区は行政区画毎に規定され、候補地が位置する England には 221 の国立自然保護区 (NNR) が設定される。敷地周辺は Teesmouth NNR³⁹⁾が設定され、Tees 川の河口湾内にある Seal Sands と呼ばれる大きな干潟と河口北側にある North Gare Sands と呼ばれる砂丘が範囲である。周辺の生態系はアザラシ、水鳥の生息地であり、1995 年にラムサール条約に登録された。Tees 川の河口は 19 世紀から 20 世紀にかけてひどく汚染され、生態系が危機にさ

らされたが、およそ半世紀かけて浄化し、現在は豊かな生態系に回復した。Fig.3.6³⁹⁾に Teesmouth 国立自然保護区の概略図を示す。

3.2.5 土地利用

英国では70%が農耕地、13%が森林、15%が住宅・都市等である。候補地周辺は港湾、工業団地、自然保護区に囲まれ、敷地2km以内に住宅はほとんどない。候補地の敷地は英国 EDF-energy 社が所有し、英国政府から原子力発電所建設のための敷地として利用する許可を有する。

(現状の評価)

高温ガス炉の建設は Hartlepool 発電所に隣接する英国 EDF-energy 社が所有する敷地内で実施されることから、住民移転や土地利用に与える影響は想定されない。

3.2.6 社会インフラ

敷地30km圏内には Hartlepool、Middlesbrough、Stockton-On-Tees などの都市があり、合わせておよそ100万人が居住し、十分に整備された学校、宿泊設備、病院等のインフラを有する。

(現状の評価)

候補地は都市部近郊であり、労働者数は工事中で3,000人、供用時で600人と見積もられ、社会インフラ施設への大きな負荷はないと考えられる。

3.2.7 交通インフラ

英国では道路インフラ⁴⁰⁾や鉄道インフラ⁴¹⁾が全国的に整備され、特に道路インフラは高速道路を含めて極一部の特殊な区間を除き無料で利用できる。候補地周辺においても道路インフラが整備され、主な交通手段は自家用車である。鉄道インフラに関しては Hartlepool や工業団地の都市部を結ぶ鉄道を有する。候補地の近くに旅客用の駅はないが、貨物用の鉄道は Hartlepool 発電所敷地内にまで延び、使用済燃料を中間貯蔵施設のある Sellafield まで直接輸送することが可能である。Tees 川河口には Teesport と呼ばれる大きな港があり、整備された港湾インフラを有する。Fig.3.7⁴⁰⁾に英国高速道路図、Fig.3.8⁴¹⁾に英国鉄道路線図を示す。

(現状の評価)

候補地は Hartlepool 発電所に隣接する敷地であり、既設の鉄道や道路、港湾などの既存の交通インフラを有効に活用できる。工事中の期間は現在よりも多くの車両が通行するため、通勤時間帯に渋滞が発生する可能性がある。

3.2.8 社会条件

a. 英国の安全規制活動⁴²⁾

a-1. 英国の許可プロセス

英国では、Nuclear Installations Act 1965 に基づき、原子力サイト許可が交付される。交付された原子力サイト許可は、建設、試運転、運転、保守、改造及び廃止措置までの全てのサイ

クルを通じて有効であり、36個の標準的な許可条件（LC: License conditions）に基づき、安全規制活動が行われる。このうち、許可プロセスに関する主な許可条件を Table 3.1⁴³⁾にまとめる。

英国の新規原子力サイトを対象とした許可プロセスは、以下の9つのステップから成る。Table 3.2⁴⁴⁾に、各ステップにおける被規制者及び規制者の責務をまとめる。

- | | |
|------------------|---|
| 1. 許可可能な組織になる準備 | (Preparing to be a licensable organisation) |
| 2. 許可申請書の作成及び照合 | (Creation and collation of licence application dossier) |
| 3. 許可申請 | (Licence application) |
| 4A. 原子力サイト許可の評価 | (Nuclear site licence assessment) |
| 4B. 協議 | (Consultation) |
| 5. 原子力サイト許可の交付 | (Granting a site licence) |
| 6A. 許可の下での規制－建設 | (Regulation under the licence – construction) |
| 6B. 許可の下での規制－試運転 | (Regulation under the licence – commissioning) |
| 6C. 許可の下での規制－運転 | (Regulation under the licence – operation) |

a-2. 英国の一般設計評価（GDA）

必須の許可プロセスでないものの、英国原子力規制局（ONR: Office for Nuclear Regulation）及び環境規制機関（EA: Environment Agency）から新規原子力サイトに対して一般設計評価（GDA: Generic Design Assessment）が要求されることが予想される。GDAを行う目的は、Great Britain で要求される安全保障及び環境防護基準に従い、建設、運転及び廃止措置が可能であることの確証を得ることであり、ONR 及び EA の安全規制活動に対する不確実性及びリスクを低減する利点を有する。ONR 及び EA により行われる GDA は、以下の3つのステップから成る。

1. 設計並びに申請者の安全、セキュリティ及び環境防護ケースに関する知識を深める場であり、規制側が抱えるギャップの解決方法を提案することが重要である。期間は約1年間である。
2. 一般的な安全、セキュリティ及び環境防護ケースの基本評価を行い、設計進捗を妨げるような課題を特定する場である。期間は約1年間である。
3. 安全、セキュリティ及び環境防護ケースに関する一般的な事例をサンプリングして詳細評価を行う場である。期間は約2年間である。

b. 英国の緊急時区域範囲

b-1. 緊急時区域範囲の設定方法

英国では、Health and Safety at Work etc. Act 1974に基づき、国務大臣が The Radiation (Emergency Preparedness and Public Information) Regulations 2019（以下「REPPIR19」という。）を策定した。REPPIR19の目的は、原子力施設に起因する放射線緊急事態から一般公衆及び放射線業務従事者を保護するための枠組みの確立、緊急事態発生前及び発生中における一般公衆への情報提供の確保、万が一の放射線緊急事態発生時における対応事項の適切な情

報提供及びその準備である。承認実施基準（ACoP）は、REPPIR19 の要求事項の遵守に向けた実用的な助言を提供するために刊行され、ハザード評価及びコンシーケンス評価にて運転者に指針を提供し、かつ、地方自治体に緊急時計画区域の設定及び緊急時計画の策定の責務に関する指針を提供する。

REPPIR19 の規則 8 では詳細な緊急時計画区域（DEPZ: Detailed Emergency Planning Zones）に対する要求事項、規則 9 では、概略計画区域（OPZ: Outline Planning Zones）に対する要求事項が記載され、ともに地方自治体の敷地外緊急時計画の対象となる区域である。地方自治体は、DEPZ 範囲内の一般公衆を保護するために敷地外緊急時計画を始動し、この計画は DEPZ 範囲内の居住者に公表される。また、REPPIR19 ではより深刻な事態に向け、DEPZ を超える戦略的段階計画を必要とするサイトに OPZ 範囲を要求することがある。

DEPZ、OPZ の各地理的範囲の主な設定手順は以下のとおりである。

1. 敷地内外に関し、早期的及び長期的なコンシーケンス評価を行う。
2. 緊急時参考レベル（ERL: Emergency Reference Level）下限値に対し、緊急時防護措置が推奨される距離の候補を決定する。
3. 緊急時防護措置が推奨される距離を決定する。
4. 推奨される DEPZ の地理的範囲の候補を決定する。
5. 推奨される DEPZ の地理的範囲を決定する。
6. 該当する場合、英国健康安全局（HSE: Health and Safety Executive）が規制する原子力サイトの OPZ を決定する。

各手順の概要を順に記載する。

【手順 1】

早期的なコンシーケンス評価の対象期間は、放射性物質の放出又は直接的な被ばくの開始から少なくとも 2 日間とする。本評価は、敷地外の人に緊急時防護措置が要求される距離、地方自治体が決定すべき DEPZ の地理的範囲、そして敷地内外における緊急時従業員への実効線量を決定するために使用される。

長期的なコンシーケンス評価の対象期間は、放射性物質の放出又は直接的な被ばくの開始から 12 カ月間以内とする。本評価は、敷地外の一般公衆への実効線量を特定し、緊急時計画を連絡するために使用される。

【手順 2 及び 3】

Fig. 3.9 の「詳細な緊急時計画が要求される範囲」に位置付けられるソースタームを考慮し、緊急時防護措置（屋内退避、適当な場合には避難及び安定よう素剤の服用）の実施後に、全ての被ばく経路からの回避線量が ERL 下限値と等しくなる距離を計算し、その最大距離を特定する。ここで、各緊急時防護措置の実施に対する ERL 下限値は、屋内退避で実効線量 3mSv、避難で実効線量 30mSv、そして安定よう素剤の服用で甲状腺への等価線量 30mSv である。例えば、基本的に最初の緊急時防護措置である屋内退避の場合、屋内退避による線量低減係数 0.6 と ERL 下限値 3mSv から算出された屋外実効線量 7.5mSv と等しくなる距離を特定し、これ

を緊急時防護措置が推奨される距離として決定する。

【手順 4 及び 5】

ERL 下限値に対して特定された緊急時防護措置が推奨される距離のうち、最大距離に関し、推奨される DEPZ の最小地理的範囲として決定する。通常、原子力施設を中心とした円形で DEPZ の地理的範囲は決定されるが、敷地内に複数の原子力施設を有する場合、各原子力施設を中心とした DEPZ の地理的範囲を包括するような DEPZ の地理的範囲を定める、または、各原子力施設を中心とした DEPZ の地理的範囲を個別に定めることも可能である。事業者から提出された影響報告書を基に、地方自治体が最終的な DEPZ の地理的範囲を定める。

【手順 6】

放射性物質の放出に係る時間スケールに応じて Fig. 3.9⁴⁵⁾の「概略緊急時計画が要求される範囲」に位置付けられるソースタームを考慮し、ERL 上限値を基に、コンシーケンス評価を行う。ここで、各緊急時防護措置の実施に対する ERL 上限値は、屋内退避で実効線量 30mSv、避難で実効線量 300mSv、そして安定よう素剤の服用で甲状腺への等価線量 100mSv である。

本評価を基に、事業者と地方自治体との間で議論を行い、OPZ の地理的範囲は必要か、または包括的な取り決めは適切かを決定する。OPZ の地理的範囲が要求された場合、Table 3.3⁴⁵⁾に示す REPIR19 の規則 9.(1)(a)で要求される原子力サイトの特性を基に、OPZ の地理的範囲を定める。

なお、2025 年 11 月に原子力規制タスクフォースが原子力規制レビューの最終報告書⁴⁶⁾を公表し、英国の原子力規制の枠組みを改善するための提言の一つに、「最も優れた科学的知見に基づき、種類及び規模が異なる原子炉に向け、OPZ 範囲のデフォルト距離の改定版を算定するよう要請すべき」と挙げた。この提言の背景には、現在の OPZ 範囲のデフォルト距離は従来炉を前提に設定されたものであり、最新の SMR や AMR 等の設計が未考慮であることで過度に保守的な計画区域が設定されることに対する懸念がある。

b-2. Hartlepool 発電所の緊急時計画区域範囲

b-2-1. Hartlepool 発電所の DEPZ 範囲

Fig. 3.10⁴⁷⁾に、Hartlepool 発電所の DEPZ 範囲を示す。Hartlepool 区議会は、英国 EDF-energy 社から提供された Hartlepool 発電所影響報告書に基づき、各原子炉から約 2km 離れた範囲内を DEPZ に設定した。

b-2-2. Hartlepool 発電所の OPZ 範囲

Fig. 3.11⁴⁷⁾に、Hartlepool 発電所の OPZ 範囲を示す。REPIR19 の規則 9.(1) a)及び付録 5 のカテゴリー 2 に基づき、Hartlepool 発電所を中心に 30km 離れた円形範囲内が OPZ として設定された。

4. 産業基盤

4.1 関連機器サプライチェーン^{48),49)}

2025年11月現在、英国では1995年に Sizewell B が完成して以来、英国 EDF-energy 社の子会社である NNB Generation Company (NNB GenCo) 社にて Hinkley Point C と Sizewell C が建設中である他、原子力発電所の新設はない。また、英国内の4つのサイト (Hartlepool、Heysham、Torness、Sizewell) では原子力発電所が稼働中であり、British Energy 社の運営であったが、2010年以降は英国 EDF-energy 社が所有・運転してきた。

このうち、Hartlepool では約750名が運転・保守に従事するが、英国 EDF-energy 社によれば、今後既存炉の運転終了に伴い燃料搬出や廃止措置に移行して同サイト内に高温ガス炉実証炉や商用炉の建設を開始した場合には、転務によりこれらの人材を引き続き雇用しながら実施体制を組む予定とのことである。

本項では、既存の関連機器サプライチェーンとして、Rolls-Royce 社が主導する UK SMR (小型モジュール炉) コンソーシアムの2020年度時点での参加企業と、AMM (Advanced Manufacturing and Materials) プロジェクトのフェーズ2に選定された企業をリストアップすることで、英国において高温ガス炉実証炉を建設・運転する場合の実施主体やエンジニアリング会社、機器供給会社の候補を整理した。なお、2021年以降の UK SMR コンソーシアムの体制は、Rolls-Royce SMR Ltd (Rolls-Royce とは別の事業会社) 主体に移行した。

各企業の役割 (概要) を Table 4.1 に示す。以降では各企業の特徴や役割等を記載する。

① UK SMR コンソーシアムの参加企業

➤ Rolls-Royce 社

<https://www.rolls-royce.com/>

- 英国のエンジニアリング会社で、航空機エンジンや船舶・エネルギー関連機械等を製造・販売する。
- 安全システム、制御装置、自動化及びモニタリングシステム、臨界安全装置、中性子検出器等の機器の製造と、プラント設計・修正・分析、技術支援等、エンジニアリング事業を総合的に行う。
- Rolls-Royce 社が主導するコンソーシアムにより UK SMR を開発してきた。

➤ Assystem

<https://www.assystem.com/en/sectors/nuclear/>

- 英国のエンジニアリング会社で、Hinkley Point C と英国 SMR プログラムの開発をサポートするとともに、核融合エンジニアリングのリーディングカンパニーである。
- 商業用及び研究用の原子力施設の性能向上や解体のための管理、設計、建設、試運転を行う他、原子力発電所の新規建設のため、環境・社会影響評価や技術ライセンス等において、発電所オーナーを支援してきた。
- 運転中の原子力発電所においては、運転者が安全に修繕・保守活動を評価・実施するため、

改造や寿命延長の検討を行い、原子力発電所の保守計画を提案し、運転停止時のパフォーマンスやプロジェクト管理を支援する。また、解体シナリオの定義から低・中間核廃棄物の管理に至るまで、あらゆるエンジニアリングの側面において、原子力資産の寿命まで運転者をサポートする。

- SMR のフィージビリティスタディの一環として、蒸気発生器 (SG) の原子炉圧力容器からの距離の変化、配管・ノズル強化ゾーンの肉厚アップ、原子力機器の構造健全性に係る ASME 規格 Section III-原子力機器の一次及び二次応力限界に合わせた許容応力の検討、通常運転と代表的な設計基準のイベント地震荷重、SG 位置確認等の評価を行った。
- 2018 年 6 月、SMR を含む AMR やその他の革新的な原子力技術に関する共同研究プロジェクトのために、Nuclear AMRC との間で覚書を締結した。

➤ SNC Lavalin/Atkins (AtkinsRéalis)

<https://www.atkinsrealis.com/>

- 設計、エンジニアリング、プロジェクトマネジメントのコンサルタント会社。インフラ、輸送、原子力・電力、石油・ガス、エンジニアリング・設計、水、環境、防衛、航空宇宙、通信、プロジェクト管理、建築等、プロジェクトのライフサイクル全体をカバーする専門的なコンサルティングを提供する。
- NNB GenCo 社による Hinkley Point C の開発を支援し、20 年以上にわたり、原子力規制局 (ONR) による許認可支援を行った。
- 2016 年 9 月、英国で最初の SMR 運転を支援するために何を行う必要があるかを検討する報告書 “Preparing for deployment of a UK Small Modular Reactor by 2030” に参加した。調査では、SMR を単なる発電用ではなく、熱電併給 (CHP) プラントとして導入する場合の技術的な実行可能性とコスト面での影響も再評価された。また、低炭素熱を抽出して地域暖房ネットワークに供給することによる経済的メリットも記載される。
- 2018 年の BEIS (Department for Business, Energy & Industrial Strategy、英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省) による「原子力セクターディール」の一環として、英国の原子力新規建設プログラムと SMR と AMR の開発を後押しするため、英国原子力公社 (UKAEA) が設計を行う国立熱水施設 (NTHF) の試験用冷却材ループを設計した。

➤ BAM Nuttall

<https://www.bamnuttall.co.uk/>

- オランダに本社を置く Royal BAM グループの一員で、ヨーロッパ最大級の建設会社の 1 つ。世界中の道路、鉄道、原子力、その他の主要プロジェクトのポートフォリオに関与し、掘削、発破、杭打ち、グラウト、材料試験、地盤調査等を行う。
- Hinkley Point C の開発に関与し、深掘工事の一環として、コンクリートと土塁の品質管理、全面地盤調査を実施した。また、ONR の検証に先立ち、グラウティング計画の要件を確認した。さらに、実験室を設置し、建設資材の材料試験と現場試験を行ってきた。

➤ Laing O'Rourke

<https://www.laingorourke.com/>

- 英国のエンジニアリング会社。エンジニアリング、建設、資産管理サービスのすべてを網羅した統合的なビジネスモデルを運営し、世界で最も権威のある公的機関や民間企業に単一ソースのソリューションを提供する。
- Sizewell B や Hinkley Point C での土木工事を担当した。

➤ Wood (Jacobs (現在は Amentum 社))

<https://www.jacobs.com/>

- 米国に本社を置くエネルギーコンサルティング会社で、原子力分野では新規建設から廃止措置、放射性廃棄物管理まで、世界的に戦略的アドバイス、プログラム・プロジェクト管理、立地及び環境アセスメント、規制遵守、設計、エンジニアリング、遠隔操作やロボット工学、試験装置、建設、試運転、現場業務等を行う。
- 英国では既存の AGR と加圧水型軽水炉 (PWR) の設計・建設において豊富な経験を有し、Rolls-Royce 社が主導する UK SMR コンソーシアムの一員として、2020 年 3 月、Wood Nuclear 社の原子力事業を買収し参入した。第 3 世代以上の小型原子力発電所の開発を進め、エンジニアリングと高度な製造技術と能力を提供する。第 4 世代の先進的 AMR の設計を AMR ベンダーと共同で行ってきた。
- AMM プロジェクトフェーズ 2 の選定企業である。

➤ The Welding Institute (TWI)

<https://www.theweldinginstitute.com/>

- 英国の溶接専門の研究技術機関。会員制の組織であり、個人と企業の両方をサポートしてきた。エンジニアリング、材料、接合技術を通じて、権威ある公平な専門家のアドバイス、ノウハウ、安全性の保証を提供し、可能な限り最高の製品の設計、作成、運用を支援することを目的とする。
- 特に溶接や接合プロセス、新しい原子炉設計のための正しいコードや規格の使用に関して、新規建設の発電所における豊富な経験と専門知識を有し、この経験は、沸騰水型軽水炉 (BWR)、PWR、AGR、CANDU 等、主要な原子炉設計のすべてに及ぶ。AP1000 や EPR1000 等の原子炉の保守・運転をサポートする。
- 放射性廃棄物の管理と廃止措置にも関与し、溶接プロセスの選択や、深地層処分用の廃棄物貯蔵キャニスターの適用手順の開発に貢献してきた。米国のユッカマウンテンプロジェクトに参加してきた。

➤ Nuclear AMRC

<https://www.amrc.co.uk/>

- シェフィールド大学先進製造研究センター (AMRC) は、世界をリードする研究・イノベーションセンターのネットワークであり、世界中のあらゆる規模の製造企業と協力してきた。

- Nuclear AMRC は産業界の会員が主導し、製造イノベーション能力とサプライチェーン開発サービスは、英国の民間原子力製造サプライチェーンの専門の中小企業から一流の OEM まで、英国のすべての製造業者に開放される。
- 既に原子力サプライチェーンに参加する企業、又は真剣に参加を検討する企業を対象とした、2 段階の有料会員制度がある。
- 原子力産業向けの最先端の製造装置を備え、機械加工、溶接、その他の大規模製造技術の主要分野における革新的で最適化されたプロセスの研究工場、実験室や技術サポートスペース、バーチャルリアリティ施設、オープンプランのオフィス、安全な会議室等も含まれる。
- Westinghouse 社の SMR 設計のうち、原子炉圧力容器の検証を行った。また Rolls-Royce 社の SMR 設計の製造方法に関する研究を行う。
- 2017 年に、米国 DOE の支援で EPRI（米国電力研究所）が主導する SMR 原子炉圧力容器の開発プロジェクトに参加した。

➤ United Kingdom National Nuclear Laboratory (UKNNL)

<https://uknnl.com/>

- 英国政府が所有・運営し核燃料サイクル全体をカバーする原子力サービス技術を提供する研究開発機関である。

② AMM プロジェクトフェーズ 2 の選定企業

➤ Sheffield Forgemasters

<https://www.sheffieldforgemasters.com/>

- 英国の重工業会社で、世界最大の鍛造企業であり、民生原子力鋳造品及び鍛造品の ASME NCA3800 認証を保持する唯一の英国企業である。中国の原子力当局による HAF 600、蒸気発生器製品の供給では RCC-M 認定（ASME 規格 Section III-原子力機器に相当）をはじめとした多くの認定を有する。
- 鋳造（Casting）、鍛造（Forging）を専門とし、原子炉用部品の製造で核融合炉や SMR の開発に貢献してきた。
- これまでに、Westinghouse 社と三菱重工業による PWR の部品を供給した。スイス AXPO 社や原子力安全検査局（ENSI）にも技術研究や支援サービスを提供し、スイス・ベツナウ原子力発電所を 2 年ぶりに再稼働させた。
- 輸送や貯蔵用の原子力キャスク鍛造品の供給実績があり、トランジション・コーン、加圧器シェル、蒸気発生器シェル、シェル・ストレーク、蒸気発生器用のチューブシート、安全システム用の仕上げ加工ポンプ等の原子力関連部品を製造する。
- 製造における先進的な方法を探求し続け、シミュレーション、モデリング、中空インゴット鍛造といった革新的技術を長年にわたって開発してきた。1 度の試験で原子力グレード合金鋼の電子ビーム溶接（EBW）の有効性を深さ 200mm まで実証した。このことは、SMR への応用に大きな可能性を示すものである。
- 2017 年に、米国 DOE の支援で EPRI が主導する SMR 原子炉圧力容器の開発プロジェクト

トに参加した。

- AMM プロジェクトフェーズ 2 では、EBM セルの設計、建設、設置プロジェクトを行う。EBW の成功により原子炉圧力容器製造の生産性が飛躍的に向上し、SMR 製造のための重要な技術となる可能性がある。

➤ **Cammell Laird**

<https://www.cammell-laird.co.uk/>

- 海洋エンジニアリングのリーダーであり、大規模モジュールのオフサイト生産に焦点を当て、原子力分野へのサービスを拡大してきた。
- 英国の主に造船を専門とするエンジニアリング会社であるが、幅広い分野をサポートし、そのエンジニアリングの知識を造船業界（船舶の修理、アップグレード、改造を含む軍事及び商業プロジェクトに積極的に取り組んできた）だけでなく、産業サービス及びエネルギー分野でも採用してきた。
- 民生用原子力分野でも活躍し、同社のモジュール式建設施設が英国及び欧州全域の原子力発電所やその他発電所に最適化されたソリューションを提供できることを実証し、そのコアとなるエンジニアリングの強みを築いてきた。
- 原子力分野の他に、海洋石油・ガス分野、石油化学産業、幅広いエンジニアリング及び重加工作業にサービスを提供する。
- 海洋石油・ガス、重工業、港湾インフラ産業向けの大型で複雑な構造物のエンジニアリングと製作で成功した実績を持ち、この実績は、当社の戦略的な地理的立地と相まって、英国の原子力発電所新設計画をサポートする理想的な重工業パートナーである。
- AMM プロジェクトフェーズ 2 では、GE-Hitachi 社及び UKNNL との共同でプロジェクトであるプロジェクト FAITH (Fuel Assemblies Incorporating Thermal Hydraulics) において、熱流動装備の開発を行う。このプロジェクトは、時間、予算、安全衛生の面で業界を超えたモジュール式アプローチの利点を証明できる装備を開発するために、原子力セクター内の規範に挑戦し、革新性を示すものとなる。

➤ **Cavendish Nuclear**

<https://www.cavendishnuclear.com/>

- 13 の原子力発電所を運営するライセンスを取得し、新規建設、運転、廃炉の原子力ライフサイクル全体に渡ってサービスを提供する。
- 英国 Babcock International Group の完全子会社であり、英国最大の原子力事業会社である。
- 日本の廃炉事業に参入するため 2018 年 10 月 Cavendish Nuclear Japan 株式会社を設立した。
- 英国では、英国 EDF-energy 社、NNB GenCo 社、Hinkley Point C、CCFE (Culham Centre for Fusion Excellence)、Urenco UK Limited 等を対象に、設計、統合、デジタルエンジニアリング、安全事例の専門知識、環境・ライアビリティのコンサルティング、据

付、溶接、試運転の専門知識、高度な製造能力、新しい原子力発電所の建設プロセス全体にわたるトレーニングと総合的なエンジニアリングサポート、規制と許認可のアドバイスを提供する。

- 発電分野では、英国 EDF-energy 社の AGR と PWR の運転をサポートし、英国 EDF-energy 社が保有する原子力発電所全体の発電量の維持・向上を支援する。
- 新規建設分野では、Hinkley Point C や MEH (Mechanical, Electrical and HVAC - Heating, Ventilation and Air Conditioning) 企業等との間の革新的なジョイントベンチャーパートナーシップである MEH 連合の一員として、英国で 20 年ぶりとなる新原子力発電所の建設シーケンスを提供する。また、Hinkley Point C 試運転連合の一員でもある。
- 核融合分野では、Culham Centre for Fusion Energy (CCFE) で、よりクリーンな地球のためにカーボンフリーで安全かつ豊富な電力を生産する核融合プロセスを開発するという使命を支援してきた。
- モジュール炉分野では、SMR、AMR、先進原子力技術 (ANT) プログラム等、より広範なクリーンエネルギー市場を支援してきた。
- Nuclear AMRC の積極的なメンバーであり、Whetstone と Rosyth の工場で、フルモックアップ組立とオフサイト試運転活動支援のための大規模な設備と幅広い溶接エンジニアリングサービスを提供する。Whetstone の施設では、新型モジュール炉のモジュール構造の初の本格的な実証試験の導入を支援してきた。
- 主なプロジェクトとして、英国 EDF-energy 社の既存の原子力発電所運転の支援及び Hinkley Point C に対する主要な設備導入 (機械、電気、暖房、換気) の協力や、U-Battery に対する先進的なモジュール式原子炉の開発を支援してきた。
- AMM プロジェクトフェーズ 2 では、AWESIM (Automated Welding Equipment System Inspection and Monitoring) プログラムとして、検査、閉ループ制御、自動化を溶接現場で採用し、高品質の溶接を最初から正確に行う。AWESIM は、機械学習、センサー開発、高度なリモート製造プロセスを含む革新的な技術を結集し、溶接、溶接検査、そして潜在的には溶接認証をほぼリアルタイムで提供する。この技術を導入することで、欠陥の早期発見が可能になるため、手直しや修理を減らし、欠陥のない溶接部の冗長な中間検査を排除することが可能になり、原子力部品の製造において商業的に大幅なコストと時間の削減につながる。

➤ 英国 EDF-energy 社

<https://www.edfenergy.com/>

- フランス電力 (Électricité de France、EDF) の傘下の英国の電力会社である。
- 2009 年に British Energy 社を買収し、英国内に 8 か所の原子力発電所を所有する。そのうち、Dungeness B1&2、Hartlepool A1&2、Heysham A1&2・B1&2、Hinkley Point B1&2、Hunterston B1&2、Torness 1&2 は、AGR、Sizewell B は PWR である。
- 2007 年、4 基の欧州加圧水型炉 (EPR) の新規原子炉建設の意向を公表し、2 基を Hinkley Point C に、2 基を Sizewell C に建設する計画である。新規原子力発電所は子会社の NNB

GenCo 社が建設と運転を行う計画である。

- AMM プロジェクトフェーズ 2 では、多くの革新技术を開発し、既存の AGR の運転経験を活用して、AMR 設計の構造健全性を実証するための既存のコードや規格の長所と短所の情報を AMR ベンダーにガイダンスを提供する EASICS プロジェクトを行う。

➤ Nuclear Energy Components Ltd

<https://www.nec-ltd.co.uk/>

- 英国のエンジニアリング会社で、精密機械加工を専門とする。
- 50 年代初頭、Dounreay 及び Calder Hall 原子炉用の部品と組立部品を製造する民間原子力市場に参入した。
- システム、部品及び組立部品は、英国内の実質的にすべての原子力発電所と世界中の多くの原子力発電所で使用される。
- 効率的な製造のための設計、試作品開発、製造工程能力の計画立案、受託製造、エンジニアリングコンサルティングを行う。
- AMM プロジェクトフェーズ 2 では、次の通り、冷却に関する開発を行う。可溶性冷却油を超臨界二酸化炭素に置き換えることは、材料除去率の大幅な向上、コストの削減、環境への影響の低減という点で、機械加工プロセスにおける画期的な開発である。従来の工作機械への技術の普及を可能にする回転式冷却アダプターを開発しながら、原子力サプライチェーンにおけるこれらの節約効果を定量化する。

➤ U-Battery Limited

https://www.u-battery.com/cdn/uploads/supporting-files/U-Battery_brochure_Feb21.pdf

- U-Battery Limited は、U-Battery プロジェクトの持ち株会社として設立され、子会社の U-Battery Developments Limited と U-Battery Canada Limited が、U-Battery として知られる小型モジュール式高温ガス炉 (HTR) (FOAK) の安全な設計、建設、運転を英国とカナダでそれぞれ行うために設立された。
- U-Battery Limited は、英国とカナダのツイントラック戦略を実行し、2020 年代後半までに英国の FOAK U-Battery を Urenco UK Limited の原子力ライセンスサイト (Capenhurst、Cheshire 州) に、カナダの FOAK U-Battery を CNL の原子力ライセンスサイト (Chalk River、Ontario 州) にそれぞれ導入することを目標とする。
- U-Battery は、標準化された原子炉ブロック (一次ヘリウム回路と二次窒素回路及び使用済燃料貯蔵庫を含む、すべての原子力固有の系統及び機器を表す) で構成される、多目的原子炉である。用途としては、産業用のプロセス熱供給、ガスタービンによる発電及び熱と電力を提供できるコージェネレーションの 3 つを想定する。可能性のある用途としては、遠隔地への熱及び電力の供給、既存産業用の局所的な熱及び/又は電力の供給、水素製造等が挙げられる。多くの原子力システムと共通する点として、U-Battery から排出された熱は、地域暖房や脱塩等にも利用できる。
- AMM プロジェクトフェーズ 2 では、原子炉の 2 つの主容器と接続ダクトの設計と建設に

より、新型炉のモジュール式建設の初の本格的な実証を行う。

- なお、U-Battery プロジェクトはコンソーシアムの一員である Urenco UK Limited からの支援終了等に伴い、2025 年 11 月現在、活動停止状態である。

➤ Create Technologies

<https://www.createc.co.uk/>

- 英国の技術開発会社で、応用画像処理、センシング技術、ロボット工学に特化する。
- ロボット工学やコンピュータ画像処理の先進的な技術を開発し、原子力、輸送、エネルギーインフラ、防衛、セキュリティ分野に対する技術構築を行う。
- VR を用いたロボット制御システム、放射線予測モデルソフト、ガンマ線イメージャー、放射線環境 3D マッピング機器、拡張可能なロボットソフトウェアモジュール等を開発する。
- ガンマ線イメージャー N-Visage® は、原子力産業向けの世界で最も高性能で汎用性の高い放射線スキャニングシステムとして、小さな開口部や高線量領域に特化した初の特性評価システムであり、英国、米国、福島で使用される。
- AMM プロジェクトフェーズ 2 では、3D 位置検出技術と自律型ロボット技術を組み合わせて、一般的な溶接部やその他の産業用検査のための現場 (in-situ) CT を実現することで、より安全で、障害物が少なく、より高性能な in-situ X 線撮影システムを実現するコンセプトを開発した。

➤ Laser Additive Solutions

<https://www.laseradditivesolutions.co.uk/>

- 英国のエンジニアリング会社で、精密レーザー修理、製造、接合工程を専門とし、航空宇宙、発電、輸送、軍事分野での事業を行う。
- 3D レーザースキャニング、3D レーザー切断、3D 金属プリントも行う。
- AMM プロジェクトフェーズ 2 では、“SonicSMR”プロジェクトを行う。部品製品と製造の再現性に適した大型作業範囲をもつレーザーによる積層造形 (AM/3D プリント) システムを開発する。パワー超音波、光学プロセスモニタリング、AI ベースの自動欠陥認識等の最先端の補助技術を使用して、欠陥のない複雑な SMR 部品の AM 製造を可能にする。AM 機は、SMR の実証用部品の製造に使用される。

➤ Jacobs (Amentum 社)

<https://www.amentum.com/>

- 米国に本社を置くエネルギーコンサルティング会社で、原子力分野では新規建設から廃止措置、放射性廃棄物管理まで、世界的に戦略的アドバイス、プログラム・プロジェクト管理、立地及び環境アセスメント、規制遵守、設計、エンジニアリング、遠隔操作やロボット工学、試験装置、建設、試運転、現場業務等を行う。
- 英国では既存の AGR と PWR の設計・建設において豊富な経験を有し、Rolls-Royce 社が主導する UK SMR コンソーシアムの一員として (2020 年 3 月、Wood Nuclear の原子力

事業を買収し参入)、第3世代以上の小型原子力発電所の開発を進め、土木工学と高度な製造技術と能力を提供する。第4世代のAMRのコンセプトと設計をAMRベンダーと共同で行う。

- AMMプロジェクトフェーズ2では、将来の原子炉プラントで使用するための先進的な製造技術の認定を可能にするために、機械的評価の性能強化を行う。ハイテクな機械的評価実証(材料のクリープ、疲労、破壊試験)で応用研究を統合するとともに、機器開発や先進的な非接触計測システムの導入、適切なデータ処理や解析を行う。これにより、必要とされる試験回数を減らし、評価に要する時間を短縮し、複合材や溶接等の等級構造の異なる領域における繰返し試験の制御を可能にすることで、製造技術や材料技術を認定するための機械的評価手法を効率化する。
- 2024年9月、Jacobsのクリティカル・ミッション・ソリューション部門とサイバー&インテリジェンス部門はAmentum社に移管された。

➤ Rolls-Royce 社

組織概要は前述の通り。

- AMMプロジェクトフェーズ2では、FAST (Future Advanced Structural Technology) プロジェクトと SAS (Sensing Advanced Structures) プロジェクトが支援対象となった。
- FAST プロジェクトは、新しい原子炉圧力容器の製造方法を開発することを目的とし、この特定の用途のために開発される主な技術は、低合金鋼容器部の熱間等方加圧法 (HIP)、原子炉圧力容器の厚肉断面電子ビーム溶接 (TSEBW)、熱処理のプロセスモデリング及び物理プロセス開発、実証用小型原子炉圧力容器 (SVD) が製造され、世界初の HIP 及び TSEBW 圧力容器となる。
- SAS プロジェクトは、原子力発電所や原子力部品の従来の貫通部や圧力・温度・ひずみ変換器の必要性を排除するために、センシングファイバーを内部及び外部で接合する新しい方法を開発する。この用途に特化して開発される主要技術は、ファイバー・ブラッグ・グレーティング (FBG)、外部取付及び内部埋込ファイバーソリューション、シグナルインターロゲーションである。内部及び外部センシング技術を示すために、物理的な実証機器を製造する。

4.2 原子力に係る産業基盤

4.2.1 AGR 概要⁵⁰⁾⁵¹⁾

AGR (Advanced Gas-cooled Reactor) は改良型ガス冷却炉の以前のマグノックス原子炉の設計から開発された、英国のガス冷却原子炉の第II世代を表す。AGRはグラファイト減速、二酸化炭素冷却の原子炉であり、非常に高い安全性を有する特徴がある。Table 4.2⁵⁰⁾にAGRであるHartlepool発電所の諸元を示す。

Fig.4.1⁵¹⁾にAGR炉心の概要図を示す。1次系機器はコンクリート圧力容器内に収められ、原子炉圧力容器外は放射能レベルが低い。

➤ 燃料

燃料は二酸化ウランペレットを使用し、ステンレス鋼の被覆材に燃料を入れることで燃料ピンを作る。燃料ピンを3重リングに36本アセンブルして燃料要素を形成し、燃料要素を縦方向に8体積み重ねて燃料チャンネルとする構造である。燃料要素全体はグラファイトのスリーブにより包まれる。

➤ 燃料交換

Fig. 4.1 に示す AGR 炉心の概要図において、中央が炉心部分であり、その周囲にボイラが配置される。両者の間にガスバッフルが配置され、ガスバッフルの上半球部は Fig. 4.1⁵¹⁾にみられるように多数のスタンドパイプが貫通する。スタンドパイプは原子炉圧力容器も貫通し、燃料交換に用いられる。炉心の1燃料チャンネルに対しスタンドパイプが1本あり、燃料交換はスタンドパイプのプラグを外して燃料集合体の頭部をつかんで引き上げることで行われる。燃料交換は原子炉運転中に行うことが可能であり、作業員が燃料交換機内にて手で燃料交換機を操作し、燃料の引き抜きを行う。燃料交換中の作業員の被ばくは十分に低く抑えられる。燃料交換中の原子炉出力の低下は約 16kW であり、1チャンネル当たりの燃料交換時間は約 10 時間である。

➤ 1次冷却材

1次冷却材である二酸化炭素はボイラを出た後にガス循環機（ガス循環機は原子炉圧力容器下部貫通孔に位置する。Fig. 4.1 に示す AGR 炉心の概要図を参照のこと。）で昇圧され、約 50%がそのまま炉心下部に流入するが、残り 50%は炉心とガスバッフルの間を上昇し、一度炉心上部とガスバッフルの間の空間に出る。その後 Fig. 4.1 に示す炉心に配置された減速材の隙間を通過して下降し、炉心下部へ流入した冷却材と合流する。合流後は燃料に沿って上昇し、炉心及びガスバッフルの上部に出た後にボイラに流入する。この流路は再流入方式と呼ばれ、減速材の温度を低く保つ目的で設計される。

➤ 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器はコンクリート製である。あらかじめ原子炉圧力容器内部に多くのケーブルを埋設し、原子炉圧力容器に内圧を加える前にケーブルを締め付け（プレストレスト）、内圧が加わることで応力のバランスを取る構造である。ケーブルは数千本ありそれぞれ独立することから、ケーブルの単体破損は原子炉圧力容器の健全性に影響を与えることはない。なお、原子炉圧力容器は遮へい体としての役割も兼ねる。

➤ 安全性

AGR は本質的に高い安全性を内蔵した原子炉である。その理由として、まず AGR はコンクリート製の原子炉圧力容器を用い瞬時破断のおそれがない。原子炉圧力容器の貫通孔の破断等により原子炉圧力容器内が大気圧になった場合においても、非常用ディーゼルを用いて送風機を起動すれば燃料の崩壊熱除去が可能である。また、ステンレス製被覆材や二酸化ウラン燃料

は高温下において二酸化炭素と化学的に十分安定である。さらに、グラファイト減速材の熱容量が大きく、原子炉運転中は温度を低く保つよう減速材を冷却することから、冷却ガス流がなくなるような事故時においても炉心全体の温度上昇は極めて緩やかである。これらのことからAGRは高い安全性を有し、都市周辺に立地することを容易にする。

4.2.2 Hartlepool 発電所概要

Hartlepool 発電所³⁶⁾は Hartlepool 南部に位置し、都市部近郊に建設された初めての原子力発電所である。原子炉はAGRが2基、1つの建屋に格納される。熱出力は1基あたり、1,575MWtであり、660MWeの発電機を2機使用して最大1,320MWeの発電が可能である。Hartlepool 発電所は1969年に建設が開始され、1985年に商用発電が開始された。当初は中央発電局（Central Electricity Generating Board）が運用してきたが、1990年代の電力事業の民営化に伴ってNuclear Electric社の運用となった。その後、1996年にNuclear Electric社はScottish Nuclear社と統合され、British energy社となり、2009年にフランス系エネルギー会社英国EDF-energy社によって買収され、現在に至る。Hartlepool 発電所は当初2009年に運転を終了する予定であったが、複数回の運転期間の延長を経て現在（2025年時点）も運用され、2027年まで運転が継続される予定である。

➤ Hartlepool 発電所の視察

2025年1月23日にHartlepoolを訪問し、ビジターセンタ、高温ガス炉実証炉の立地サイト候補地、訓練センター及びHartlepool 発電所内を視察した。まず、ビジターセンタを訪問し、発電所の概要や高温ガス炉を活用したHartlepool Heat Hubに関する説明を受け、発電所に隣接する高温ガス炉実証炉の立地サイト候補地を視察した。候補地は英国EDF-energy社が所有し、候補地の土地利用は英国政府から原子力発電所を建設するための土地としての許可を有する。候補地の面積は47haに及び、地形は平坦な湿地であり、敷地北部には自然保護区との境界がある。次に訓練センターを訪問し、制御室を再現したシミュレーター室を見学し、実際の訓練の様子を視察した。運転員になるためには18か月の訓練プログラムを受ける必要があるという。最後にHartlepool 発電所内のオペレーションフロア、蒸気発生器、タービン発電機、燃料/制御棒交換機、使用済燃料貯蔵設備（輸送容器及び輸送用鉄道含む。）を視察した。原子炉の炉型はAGRであり、当時は2基ある内の1基の原子炉が稼働中であり、発電量はおよそ550MWeであった。視察中、廃炉予定の2027年以降の計画や原子力規制、サプライチェーンに関して意見交換を行い、情報を取得した。

5. おわりに

高温ガス炉の早期社会実装のため、JAEA は UKNNL と連携し、英国において我が国の高温ガス炉技術の実証を目指す。我が国の技術により脱炭素化が困難なコンビナート等の産業界の脱炭素化に成功できれば、我が国のパブリックアクセプタンスの向上が期待でき、我が国に英国高温ガス炉の脱炭素化技術の還元を図りたい。このような背景を踏まえ、UKJ-HTR の設計検討に資することを目的として、英国における高温ガス炉生産物の市場調査、建設サイト候補のひとつである Hartlepool の環境、社会条件及び産業基盤の調査結果をまとめた。調査結果の概略は以下のとおり。

➤ 英国における高温ガス炉生産物の市場調査

英国政府のエネルギー政策はネット・ゼロ目標に基づき、高温ガス炉技術の実証を目指し、高温ガス炉により供給可能な高温熱を使用した低炭素水素製造や電力供給等を目指す AMR RD&D プログラム等が実施されてきた。また、Hartlepool に近接した Teesside にて原子力発電所を活用する計画があり、AMR RD&D プログラムのフェーズ A において EDF-energy 社による高温ガス炉実証炉を Hartlepool に誘致する提案が DESNZ から支援対象として選定された。

➤ Hartlepool の環境及び英国の社会条件調査

Hartlepool の南に位置する Tees 川の河口周辺は製鉄及び石油化学を中心とした工業団地であり、発電、熱供給及び水素供給の手段として期待される。Hartlepool 周辺は港湾、工業団地及び自然保護区に囲まれ、高温ガス炉実証炉の候補地から居住エリアまでは 2km 程度の距離がある。

英国では、Nuclear Installations Act 1965 に基づき原子力サイト許可が交付される。また、英国原子力規制局及び環境規制機関から新規原子力サイトに対する一般設計評価の要求が予想される。英国の緊急時区域範囲は REPP19 に基づき設定され、Hartlepool 発電所の DEPZ 範囲は各原子炉から約 2km 離れた範囲内、OPZ 範囲は Hartlepool 発電所を中心に 30km 離れた円形範囲内である。

➤ 英国の産業基盤調査

英国において高温ガス炉実証炉を建設・運転する場合、Rolls-Royce 社が主導する UK SMR コンソーシアム（当時）の参加企業と AMM プロジェクトのフェーズ 2 に選定された企業が実施主体やエンジニアリング会社、機器供給会社の候補となる。

Hartlepool 発電所の原子炉は AGR である。AGR はグラファイト減速、二酸化炭素冷却の原子炉であり、非常に高い安全性を有する特徴がある。EDF-energy 社が運用し、2027 年まで運転が継続される予定である。

謝辞

本調査にあたり、Hartlepool 発電所の視察にご協力いただきました Mark Lees 所長をはじめとする英国 EDF-energy 社の皆様にこの場を持ちまして御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁, “エネルギー基本計画”,
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218001/20250218001-1.pdf>
(accessed 2025-11-02).
- 2) 内閣官房他, “2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略”,
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf
(accessed 2025-11-02).
- 3) 経済産業省, “GX 実現に向けた基本方針”,
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/pdf/kihon.pdf
(accessed 2025-11-02).
- 4) UK Parliament, “Net zero in the UK”,
<https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/cbp-8590/>
(accessed 2025-11-02).
- 5) NIRAB, “Achieving Net Zero: The role of Nuclear Energy in Decarbonisation”,
https://www.nirab.org.uk/cdn/uploads/attachments/NIRAB_Achieving_Net_Zero_-_The_Role_of_Nuclear_Energy_in_Decarbonisation_-_Screen_View.pdf
(accessed 2025-11-02).
- 6) UK Government, “Advanced Nuclear Technologies”,
<https://www.gov.uk/government/publications/advanced-nuclear-technologies/advanced-nuclear-technologies>
(accessed 2025-11-02).
- 7) 日本原子力研究開発機構, “英国との協力で日本の高温ガス炉技術の実証へ—英国の高温ガス炉実証計画に採択—”, プレス発表,
<https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p22090502/>
(accessed 2025-11-02).
- 8) 日本原子力研究開発機構 高温ガス炉プロジェクト推進室 高温ガス炉設計グループ, “高温ガス炉に関する技術情報集”, JAEA-Technology 2023-019, 2024 年 1 月, 39p.
- 9) UK Government, “Make Britain a Clean Energy Superpower”,
<https://www.gov.uk/missions/clean-energy>
(accessed 2025-11-02).
- 10) UK Government, “Advanced Modular Reactor Research, Development and

- Demonstration Programme: successful organisations and programme summary”,
<https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-research-development-and-demonstration-programme-successful-organisations#full-publication-update-history>
(accessed 2025-11-09).
- 11) UK Government, “Hydrogen Allocation Rounds”,
<https://www.gov.uk/government/collections/hydrogen-allocation-rounds>
(accessed 2025-11-02).
 - 12) Department for Energy Security & Net Zero, “Hydrogen Strategy Update to the Market: December 2024”,
<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6761915126a2d1ff18253493/hydrogen-strategy-update-to-the-market-december-2024.pdf>
(accessed 2025-11-02).
 - 13) Department for Energy Security & Net Zero, “Hydrogen Update to the Market”,
<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6880b2139fab8e2e86160efe/hydrogen-update-to-the-market-2025.pdf>
(accessed 2025-11-02).
 - 14) UK Government, “Clean Power 2030 Action Plan”,
<https://www.gov.uk/government/publications/clean-power-2030-action-plan>
(accessed 2025-11-02).
 - 15) UK Government, “Industrial Energy Transformation Fund”,
<https://www.gov.uk/government/collections/industrial-energy-transformation-fund>
(accessed 2025-11-02).
 - 16) UK Government, “Local Industrial Decarbonisation Plans competition: winning projects”,
<https://www.gov.uk/government/publications/local-industrial-decarbonisation-plans-competition/local-industrial-decarbonisation-plans-competition-winning-projects>
(accessed 2025-11-02).
 - 17) UK Government, “Clean maritime demonstration competition winners”,
<https://www.gov.uk/government/publications/clean-maritime-demonstration-competition-cmdc>
(accessed 2025-12-21).
 - 18) UK Government, “The Renewable Transport Fuel Obligations (Sustainable Aviation Fuel) Order 2024”,
<https://www.legislation.gov.uk/ukdsi/2024/9780348262575/contents>
(accessed 2025-11-02).
 - 19) UK Government, “Sustainable Aviation Fuel (SAF) Mandate”,
<https://www.gov.uk/government/collections/sustainable-aviation-fuel-saf-mandate>

- (accessed 2025-11-02).
- 20) UK Government, “Non-road mobile machinery: decarbonisation options”,
<https://www.gov.uk/government/calls-for-evidence/non-road-mobile-machinery-decarbonisation-options>
(accessed 2025-12-21).
 - 21) Department for Energy Security & Net Zero, “Hydrogen blending into the GB gas transmission network: consultation document”,
<https://www.gov.uk/government/consultations/hydrogen-blending-into-the-gb-gas-transmission-network/hydrogen-blending-into-the-gb-gas-transmission-network-consultation-document#chapter-6-conclusion>
(accessed 2025-11-02).
 - 22) IDRIC, “Tees Valley Industrial Cluster”,
<https://idric.org/stakeholders/teesside-industrial-cluster/>
(accessed 2025-11-02).
 - 23) Net Zero Teesside “The UK’s first decarbonised industrial cluster”,
<https://www.netzeroteesside.co.uk/>
(accessed 2025-11-02).
 - 24) BP Exploration Operating Company Limited, “EAST CO₂AST CLUSTER”,
<https://eastcoastcluster.co.uk/>
(accessed 2025-11-02).
 - 25) Chemistry that matters, “WELCOME!”,
<https://www.sabic-teesside.co.uk/en>
(accessed 2025-11-02).
 - 26) Kellas Midstream, “Net Zero Blue Hydrogen”,
<https://www.kellasmidstream.com/net-zero/hydrogen>
(accessed 2025-11-02).
 - 27) CF Industries Holdings, Inc., “CF Fertilisers UK”,
<https://www.cfindustries.com/who-we-are/cf-fertilisers-uk>
(accessed 2025-11-02).
 - 28) Huntsman International LLC., “Wilton, United Kingdom”,
<https://www.huntsman.com/locations/detail/6669/wilton-united-kingdom>
(accessed 2025-11-02).
 - 29) North East of England Process Industry Cluster (NEPIC), “Alpek expands into Europe by acquiring the PET plants at Wilton International”,
<https://www.nepic.co.uk/alpek-expands-into-europe-by-acquiring-the-pet-plants-at-wilton-international/>
(accessed 2025-11-02).
 - 30) British Steel, “Teesside Service Centre”,

- <https://britishsteel.co.uk/what-we-do/teesside-service-centre/>
(accessed 2025-11-02).
- 31) Heidelberg Materials, “Heidelberg Materials Cement Teesport Regen”,
<https://www.heidelbergmaterials.co.uk/en/cement/teesport>
(accessed 2025-11-02).
- 32) North East of England Process Industry Cluster (NEPIC),
<https://www.nepic.co.uk/>
(accessed 2025-11-02).
- 33) UK Government, “H2NorthEast Project: Section 35 Direction, Planning Act 2008”,
<https://www.gov.uk/government/publications/h2northeast-project-section-35-direction-planning-act-2008>
(accessed 2025-11-02).
- 34) EDF-energy, “Bay Hydrogen Hub”,
<https://www.edfenergy.com/energy/power-stations/heysham-1/bay-hydrogen-hub>
(accessed 2025-11-02).
- 35) UK Government, “AMR Research, Development and Demonstration: Phase A (2022-2023) successful organisations”,
<https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-research-development-and-demonstration-programme-successful-organisations/amr-research-development-and-demonstration-phase-a-2022-2023-successful-organisations>
(accessed 2025-11-02).
- 36) EDF-energy, “Hartlepool power station”,
<https://www.edfenergy.com/energy/power-stations/hartlepool>
(accessed 2025-11-02).
- 37) Weather and Climate, “Hartlepool, United Kingdom Climate”, 2019,
<https://weatherandclimate.com/united-kingdom/hartlepool>
(accessed 2025-11-02).
- 38) Topographic Map, “England topographic map (TessaDEM, version 1.2)”, 2024,
<https://en-gb.topographic-map.com/map-kb57/England/>
(accessed 2025-11-02).
- 39) Natural England, “Teesmouth National Nature Reserve”, 2022,
<https://publications.naturalengland.org.uk/file/4692529982472192>
(accessed 2025-11-02).
- 40) UK Map360°, “United Kingdom (UK) highway map”,
[https://ukmap360.com/pdf/united-kingdom-\(uk\)-highway-map-pdf.pdf](https://ukmap360.com/pdf/united-kingdom-(uk)-highway-map-pdf.pdf)
(accessed 2025-11-02).
- 41) PROJECT MAPPING, “United Kingdom Train Operators”, 19/5/25,
https://projectmapping.co.uk/Resources/TOCs_GB_v63_May_2025.pdf

- (accessed 2025-02-06).
- 42) 財エネルギー総合工学研究所, “令和 4 年度 諸外国における原子力安全制度の整備状況等に関する調査 成果報告書”,
<https://wwwa.cao.go.jp/oaep/dl/houkoku2303.pdf>
(accessed 2025-12-21).
- 43) ONR, “License condition handbook”,
<https://www.onr.org.uk/media/gixbe2br/licence-condition-handbook.pdf>
(accessed 2025-12-21).
- 44) ONR, “Licensing nuclear installations”,
<https://www.onr.org.uk/publications/regulatory-guidance/miscellaneousother-guidance/licensing-nuclear-installations>
(accessed 2025-12-21).
- 45) HSE, “The Radiation (Emergency Preparedness and Public Information) Regulations 2019 Approved Code of Practice and guidance,”
<https://www.hse.gov.uk/pubns/books/l126.htm>
(accessed 2025-12-21).
- 46) Nuclear Regulatory Taskforce, “Nuclear Regulatory Review 2025”,
<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/692080f75c394e481336ab89/nuclear-regulatory-review-2025.pdf>
(accessed 2025-12-25).
- 47) Hartlepool Borough Council, “Nuclear emergencies”,
<https://www.hartlepool.gov.uk/emergencies/nuclear-emergencies>
(accessed 2025-11-02).
- 48) IAEA, “Country Nuclear Power Profiles UNITED KINGDOM”,
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/cnpp2022/countryprofiles/UnitedKingdom/UnitedKingdom.htm>
(accessed 2025-11-02).
- 49) WNA, “Nuclear Power in the United Kingdom”,
<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-kingdom>
(accessed 2025-11-02).
- 50) IPC Business Press Ltd., “The World’s Reactors No.47 HARTLEPOOL”, 1969 年
- 51) 穴原良司, “第 3 章 AGR (改良ガス冷却炉)”, 電気学会雑誌 1972 年 92 巻 5 号 IV.原子力発電所の設計と構成, 1972 年 5 月 20 日, pp.475-480

Table 2.1 Teesside におけるエンドユーザー候補の調査結果

エンドユーザー候補	業種	施設	需要	関連プロジェクト・備考
SABIC UK Petrochemicals ²⁵⁾	石油化学	化学プラント（エチレン、LDPE）	熱・電気	
Kellas ²⁶⁾	天然ガス	水素製造設備（天然ガス改質）	熱・電気	H2 northeast ³³⁾
CF Fertilizers ²⁷⁾	肥料	化学プラント（アンモニア）	熱・電気・水素	
HUNTSMAN Polyurethanes ²⁸⁾	化学品	化学プラント（アニリン）	熱・電気	
Alpek ²⁹⁾	石油化学	化学プラント（ポリエステル）	熱・電気	
British Steel ³⁰⁾	鉄鋼	保管設備、加工設備（圧延）	熱・電気	高炉なし
Heidelberg materials (Hanson) ³¹⁾	セメント	コンクリート設備	熱・電気	Bay hydrogen Hub ³⁴⁾
North East of England Process Industry Cluster ³²⁾	協会	—	—	

Table 3.1 許認可プロセスに関する主な許可条件⁴³⁾

許可条件	許可条件名
LC16	サイト計画、設計及び仕様
LC19	新規プラントの建設又は設置
LC20	建設中プラントの設計変更
LC21	試運転
LC22	既存プラントの改造又は実験
LC23	運転規則
LC24	運転要領書
LC25	運転記録
LC26	運転管理及び監視
LC35	廃止措置

Table 3.2 新規原子力サイトの規制—段階的な許認可プロセス 44)(1/3)

ステップ	被規制者（申請者）の責務	規制者（ONR）の責務
1. 許可可能な組織になる準備	<ul style="list-style-type: none"> ● 法人の設立 ● 組織能力の開発 ● 管理協定の策定 	<ul style="list-style-type: none"> ● 申請者への助言
2. 許可申請書の作成及び照合	<ul style="list-style-type: none"> ● 許可を受ける所定の原子力施設の特定 ● 適切かつ十分なサイト特性に基づき、許可申請者の LC14 の協定に沿って作成された SJR（サイト正当化報告書） ● PCSR（サイト固有の建設前安全報告書）に通じる安全提出スケジュールを遂行する提案 ● 開発した組織能力、社内体制、管理及び手順を文書化 ● 安全管理趣意書（組織構造、雇用モデル、原子力安全保障管理、サブプライチエーン戦略、LC 遵守協定、緊急時協定等を記載する。） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 申請者への助言
3. 許可申請	<ul style="list-style-type: none"> ● ONR の主席原子力審査官に許可申請書を提出 ● DESNZ の担当大臣に通知 	<ul style="list-style-type: none"> ● 受領承認 ● プロジェクト管理の確立及び管理協定の提案
4A. 原子力サイト許可の評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 組織能力、管理、安全及びその他提出の継続 ● DESNZ と原子力損害賠償責任保険に関する見解の合意 ● 廃止措置資金計画を準備し、DESNZ の担当大臣に提出 	<ul style="list-style-type: none"> ● サイト、組織、保有期間の保証、管理協定等の評価 ● 公的機関か否かの決定 ● 許可書の交付前に必要な通知書（該当する場合、許可申請者に NIA65 第 3(4)項の指示を与える。）

Table 3.2 新規原子力サイトの規制一段階的な許認可プロセス 44)(2/3)

ステップ	被規制者（申請者）の責務	規制者（ONR）の責務
4B. 協議	<ul style="list-style-type: none"> ● サイトに関する義務を負う公的機関に通知するため、NIA65 第 3(4)項の指示に対応 	<ul style="list-style-type: none"> ● 公的機関からの回答の検討 ● NIA65 第 3(13)項で要求される関係環境期間と正式に協議 ● 申請者の財政状態及び原子力損害賠償責任保険の管理に関し、DESNZ と協議 ● 許可書を準備し、政府法務部と協議 ● 許可報告書の準備及び相互評価
5. 原子力サイト許可の交付	<ul style="list-style-type: none"> ● 許可取得の準備が整ったことの正式確認 	
6A. 許可の下での規制－建設	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設段階を支援する PCSR の開発を継続 ● 安全保障を管理する適切な組織能力の開発 ● LC 遵守に向けた管理の実施及び計測的な適切性の確証 ● 作業、調達及び建設活動の管理、監視及び保証の維持 ● プラント機器の設計変更の管理、監視及び保証の維持 ● 試運転前安全報告書の準備 ● 非稼働中及び稼働中の試運転を支援するため、試運転前安全報告書を提出 ● 建設中に顕在化したリスク管理を反映した保証計画の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ● NSL（原子力サイト許可）の交付及び建設開始に続き、プラント機器の設計、サプライチェーンの管理、建設の管理、組織開発及び安全ケースの提出に対する被規制者の管理に信頼を得るための検査の実施 ● 原子力安全に関連する建設開始許可前に、FDP（廃止措置資金計画）の実施を確認 ● プラント、被規制組織、安全ケースの開発及び実施、NSL に課された LC の遵守、保証管理の継続的な検査及び規制監視

Table 3.2 新規原子力サイトの規制一段階的な許認可プロセス 440(3/3)

ステップ	被規制者（申請者）の責務	規制者（ONR）の責務
<p>6B. 許可の下での規制一試運転</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 全ての安全上の重要事項の管理及び監視の維持 ● 安全保障を管理する適切な組織能力の持続 ● LC 遵守及び保証管理の実施、持続的な適切性の確証 ● 試運転活動の管理及び監視の維持 ● POSR（運転前安全報告書）の準備 ● 試験及び保証計画の対象となるべきセキュリティに影響を与え得る施設、システム又はプロセスを運転開始又は運転復帰する前に、重要保証事項の監視の維持 	<ul style="list-style-type: none"> ● 必要に応じ、被規制者の管理の下、主要権限又は派生権限を使用した試運転の開始又はその後のある段階への進展を許可する許可文書の発行 ● プラント、被規制組織、安全ケースの開発及び実施、NSLに課されたLCの遵守、保証管理の継続的な検査及び規制監視 ● 緊急時実証訓練の評価
<p>6C. 許可の下での規制一運転</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● プラントの安全運転及び保守 ● 全ての安全上の重要事項の管理及び監視の維持 ● サイトの安全を管理する適切な組織能力の持続 ● LC 遵守の管理及び継続的な妥当性の確証 ● 承認された保証計画及びNISR（原子力安全保安規則）2003に対する遵守 	<ul style="list-style-type: none"> ● 必要に応じ、被規制者の管理の下、主要権限又は派生権限を使用した運転開始許可のための許可文書の発行 ● プラント、被規制組織、安全ケースの開発及び実施、NSLに課されたLCの遵守、保証管理の継続的な検査及び規制監視

Table 3.3 サイト特性と OPZ 範囲の関係 ⁴⁵⁾

カテゴリー	サイト特性	OPZ
1	高レベル廃棄物*の処理又は100tを超えるプルトニウムの貯蔵に関連するサイト	50km
2	運転中の原子力発電所及び照射済燃料を保有する廃止措置中の原子力サイト（原子力発電所以外）	30km
3	濃縮ウランを大量に保有するサイト及び照射済燃料を大量に保有する廃止措置中の原子力サイト	5km
4	照射済燃料を大量に保有しない廃止措置済みのサイト	1km
5	放射性医薬品の製造に関連するサイト	－（なし）

*高レベル廃棄物とは、放射性崩壊に伴う放出熱がその温度及びその周囲温度を著しく上昇させる放射能を帯びた廃棄物を指し、使用済核燃料の再処理から生じる放射能の大部分を含む液体残留物及びこの液体残留物が固形化したもの、又は、同様の放射性特性を有する他の廃棄物を含む。

Table 4.1 各企業の役割 (概要)

項目	企業名	エンジン全般	製作・製造	設計・開発	建設	(試)運転	プロマネ	環境評価	規制対応	備考(分野)
① UK SMR コンソーシアムの参加企業	Rolls-Royce 社	●	●	●						航空・船舶等
	Assystem	●		●	●	●	●	●	●	原子力全般
	SNC Lavalin/Atkins (AtkinsRéalis)	●		●			●		●	コンサル全般
	BAM Nuttall				●					土木建築
	Laing O'Rourke	●			●					土木建築
	Wood (Jacobs (現在は Amentum 社))	●	●	●	●	●	●	●	●	コンサル全般
	The Welding Institute (TWI)		●	●						溶接開発
	Nuclear AMRC		●	●						製造製作開発
	United Kingdom National Nuclear Laboratory (UKNNL)			●					●	原子力開発
	Sheffield Forgemasters		●	●						鑄造鍛造
② AMM プロジェクト フェーズ 2 の 選定企業	Cammell Laird	●	●							海洋造船
	Cavendish Nuclear	●	●	●	●	●	●	●	●	原子力全般
	英国 EDF-energy 社	●				●				電力
	Nuclear Energy Components Ltd	●	●							精密機械加工
	U Battery Limited ^注			●	●	●				多目的原子炉
	Create Technologies			●						技術開発
	Laser Additive Solutions		●							レーザー加工
	Jacobs (Amentum)	●		●	●	●	●	●	●	原子力全般
	(Rolls-Royce 社)		●	●	●	●	●	●	●	●
			●	●	●	●	●	●	●	●

●：各企業が主に所掌する役割 注：U-Battery プロジェクトは活動停止中

Table 4.2 Hartlepool 発電所の諸元 ⁵⁰⁾

発電所性能	
総電気出力	2×666MWe
正味電気出力	2×625MWe
正味熱効率	41.65%
燃料	
燃料材料	中空二酸化ウランペレット
燃料ピン	ステンレス鋼
燃料要素	
材料	グラファイトスリーブ
寸法	長さ：1,041mm 直径：191mm
燃料ピンの数	36
燃料チャンネル当たりの燃料要素数	8
濃縮度（内側領域、外側領域）	初装荷 1.4%、1.6% 取替 2.1%、2.6%
炉心	
減速材及び炉心構成材料	グラファイト
有効炉心寸法	高さ：8.2m 直径：9.3m
燃料チャンネルの数	324
燃料チャンネルの直径	269.9mm
制御棒の数	81
制御棒の直径	114mm
原子炉	
熱出力	1,500MWt
燃料チャンネル流入冷却材温度	317℃
燃料チャンネル流出冷却材温度	648℃
原子炉冷却材	二酸化炭素
原子炉圧力容器	
材料、構造	プレストレストコンクリート
直径	内径：13.1m 外径：25.9m
高さ	内側：18.3m 外側：29.3m
圧力(gauge)	4.44MPa(644psi)
ガス循環機	
台数	8/炉
消費動力	34.4MWe/炉

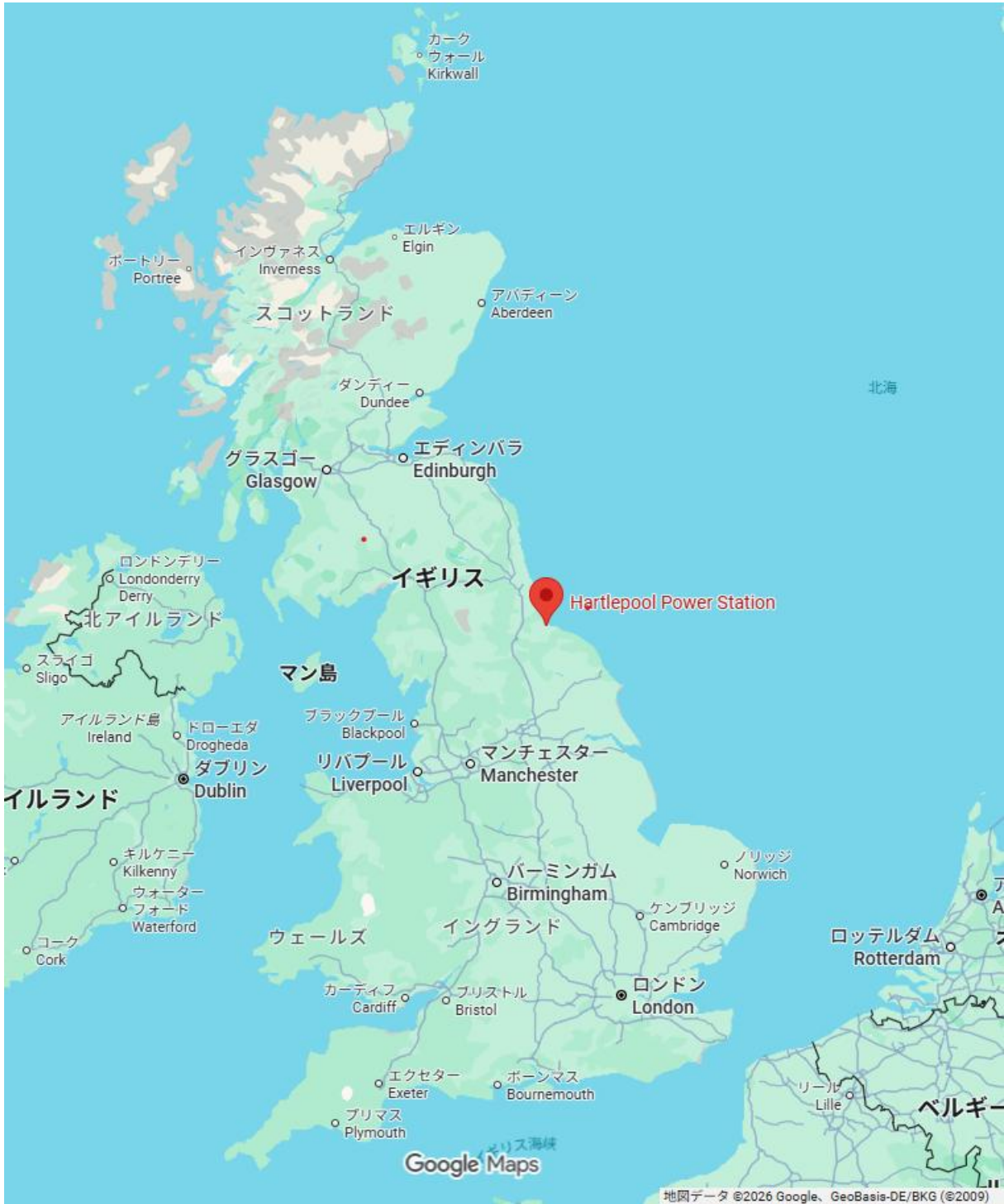


Fig. 3.1 Hartlepool 発電所の位置【出典：Google Map】

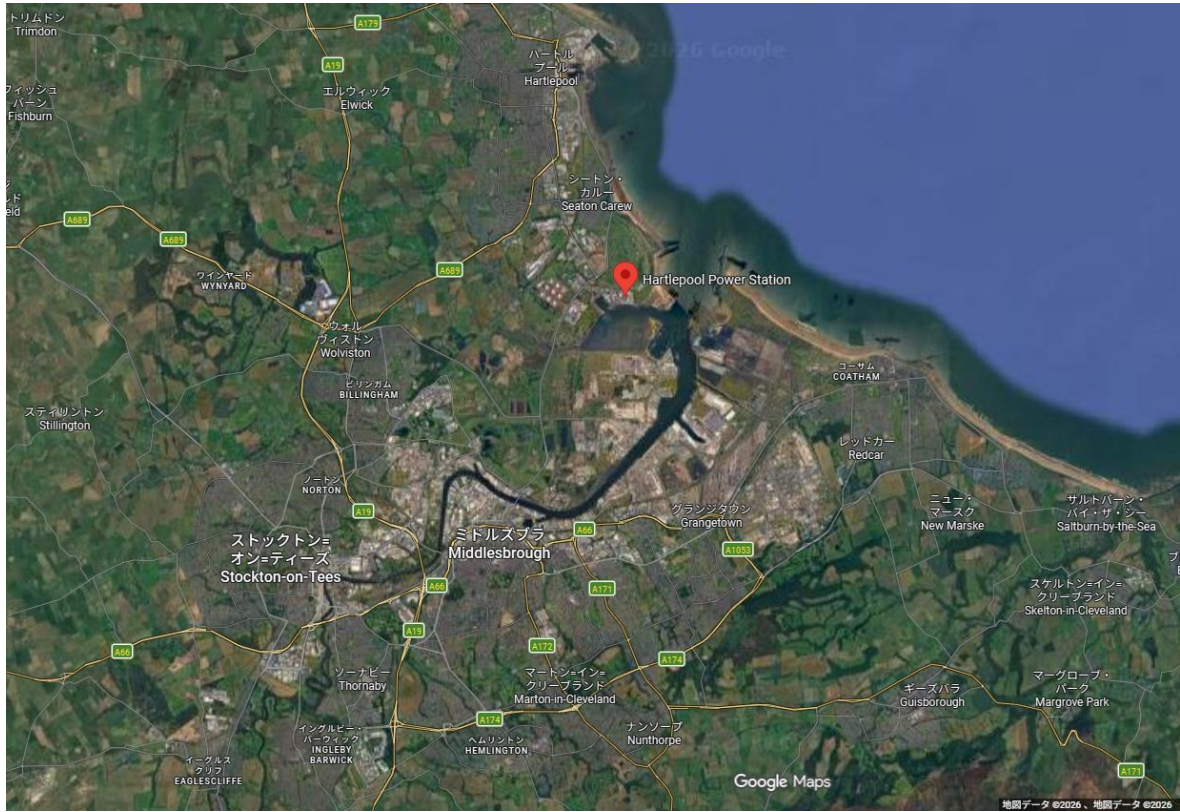


Fig. 3.2 Hartlepool 発電所 【出典 : Google Map】



Fig. 3.3 Hartlepool 発電所と候補地 【出典 : Google Map】

Climate Hartlepool: Monthly Averages

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Nov	Oct	Dec	Year
Record high °C (°F)	12.0 (53.6)	14.0 (57.2)	16.0 (60.8)	20.0 (68.0)	24.0 (75.2)	24.0 (75.2)	25.0 (77.0)	24.0 (75.2)	23.0 (73.4)	23.0 (73.4)	15.0 (59.0)	13.0 (55.4)	25.0 (77.0)
Average high °C (°F)	5.83 (42.49)	6.62 (43.92)	8.55 (47.39)	10.88 (51.58)	13.35 (56.03)	16.01 (60.82)	18.19 (64.74)	18.06 (64.51)	16.01 (60.82)	12.78 (55.0)	9.0 (48.2)	6.66 (43.99)	11.83 (53.29)
Daily mean °C (°F)	4.45 (40.01)	4.93 (40.87)	6.46 (43.63)	8.89 (48.0)	11.59 (52.86)	14.35 (57.83)	16.39 (61.5)	16.14 (61.05)	13.93 (57.07)	11.04 (51.87)	7.62 (45.72)	5.38 (41.68)	10.1 (50.18)
Average low °C (°F)	2.39 (36.3)	2.62 (36.72)	3.16 (37.69)	4.75 (40.55)	6.9 (44.42)	9.48 (49.06)	11.65 (52.97)	12.24 (54.03)	10.42 (50.76)	8.28 (46.9)	5.4 (41.72)	3.37 (38.07)	6.72 (44.1)
Record low °C (°F)	-5.0 (23.0)	-5.0 (23.0)	-3.0 (26.6)	-1.0 (30.2)	-2.0 (28.4)	2.0 (35.6)	4.0 (39.2)	0.0 (0)	4.0 (39.2)	1.0 (33.8)	-5.0 (23.0)	-8.0 (17.6)	-8.0 (17.6)
Average precipitation mm (inches)	44.45 (1.75)	45.71 (1.8)	38.78 (1.53)	35.19 (1.39)	51.73 (2.04)	73.54 (2.9)	73.32 (2.89)	83.76 (3.3)	53.09 (2.09)	67.22 (2.65)	65.53 (2.58)	47.14 (1.86)	56.62 (2.23)
Average precipitation days (≥ 1.0 mm)	11.91	9.91	9.55	8.73	11.55	12.73	14.82	15.91	10.82	13.18	12.82	10.91	11.9
Average relative humidity (%)	85.02	82.63	80.91	79.73	79.96	81.9	80.85	80.27	81.58	83.4	84.56	85.04	82.15
Mean monthly sunshine hours	5.7	6.3	8.81	12.07	12.58	12.74	12.89	12.46	10.82	6.34	6.06	5.65	9.37

Fig. 3.4 Hartlepool 気象条件 【出典：Weather and Climate】³⁷⁾

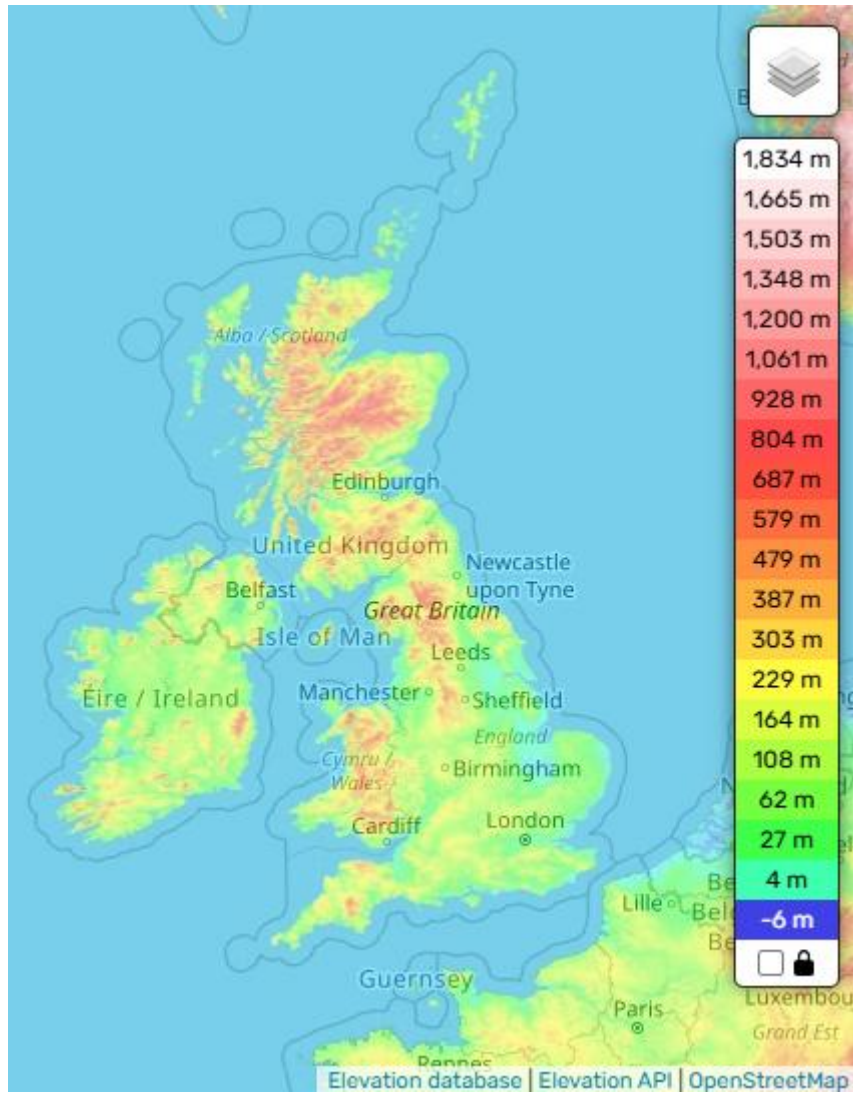
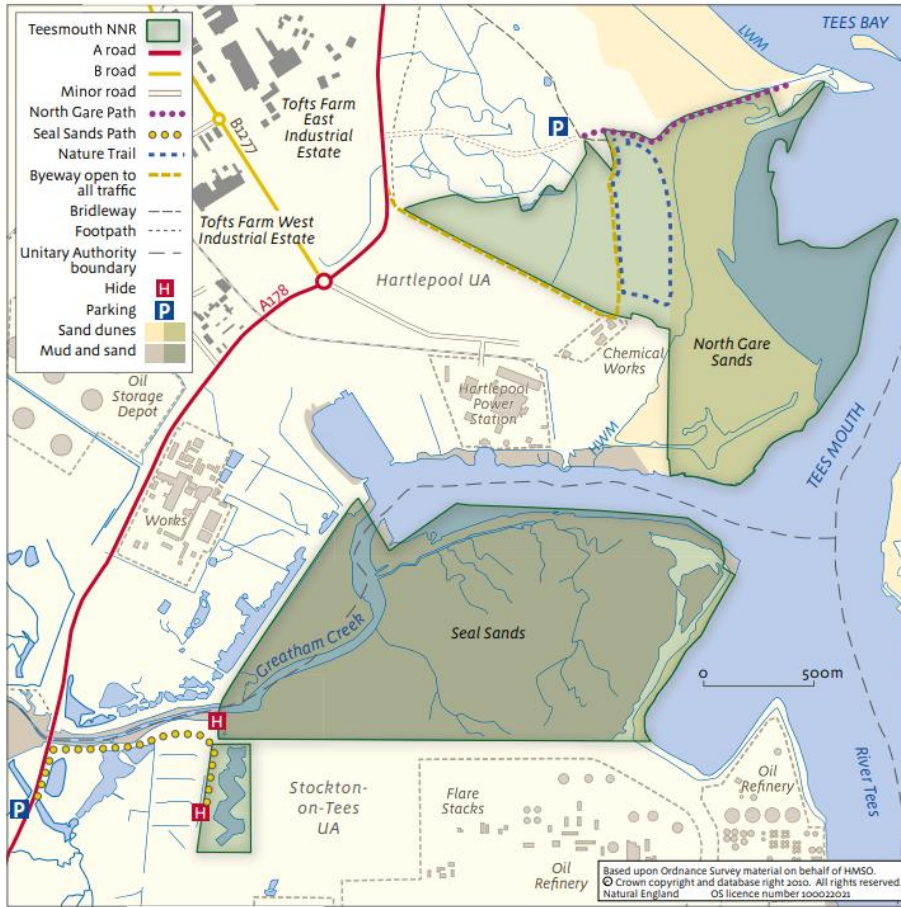


Fig. 3.5 標高図【出典：Topographic-map】³⁸⁾



For further information please contact the NNR team: Castle Eden Dene Office on 0191 586 0004 or visit the Teesmouth National Nature Reserve Facebook page.

Fig. 3.6 Teesmouth 国立自然保護区【出展：NATURAL ENGLAND】³⁹⁾



Fig. 3.7 英国高速道路图【出典：UK Map360】⁴⁰⁾

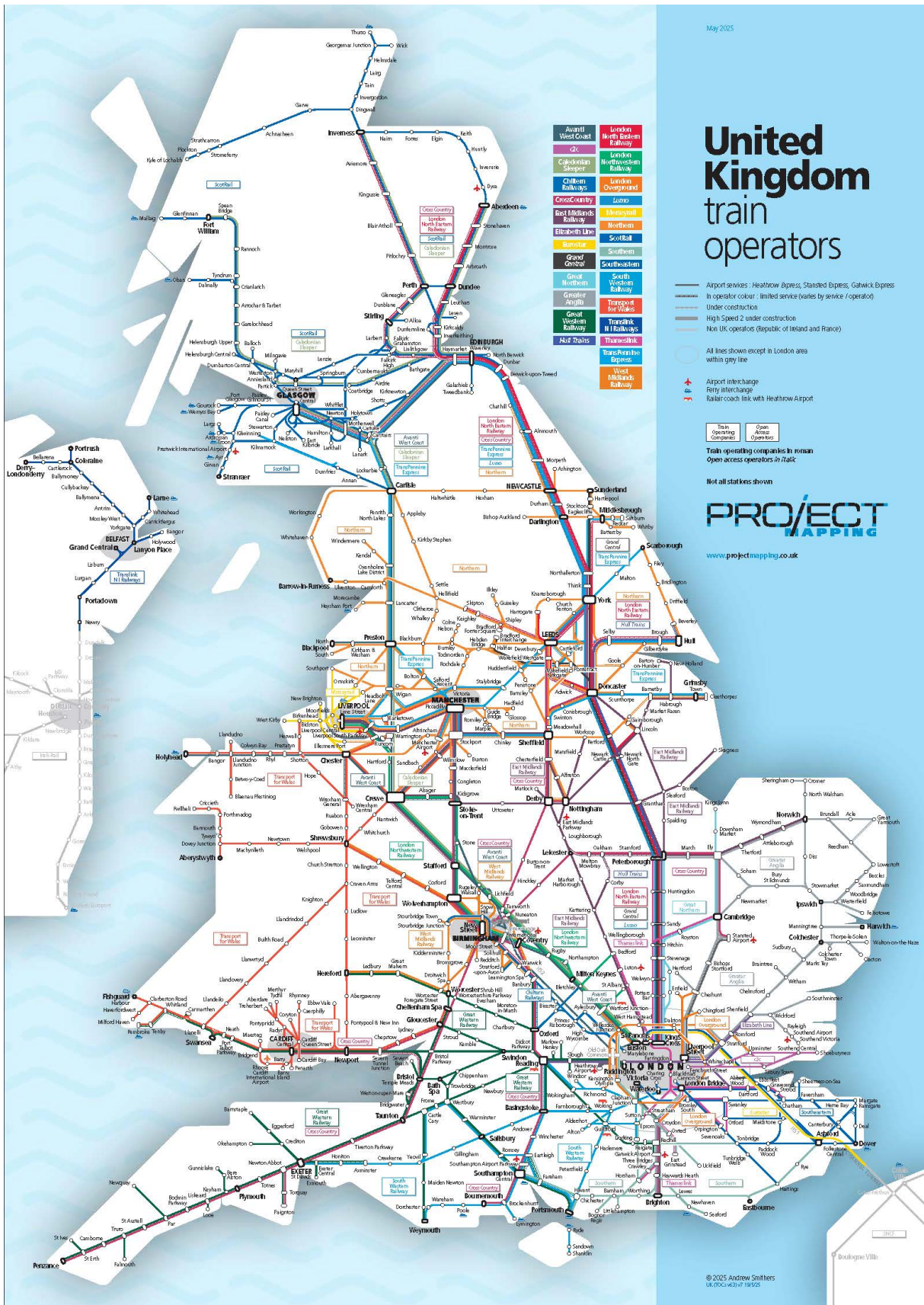


Fig. 3.8 英国鉄道路線図【出典：PROJECT MAPPING】⁴¹⁾

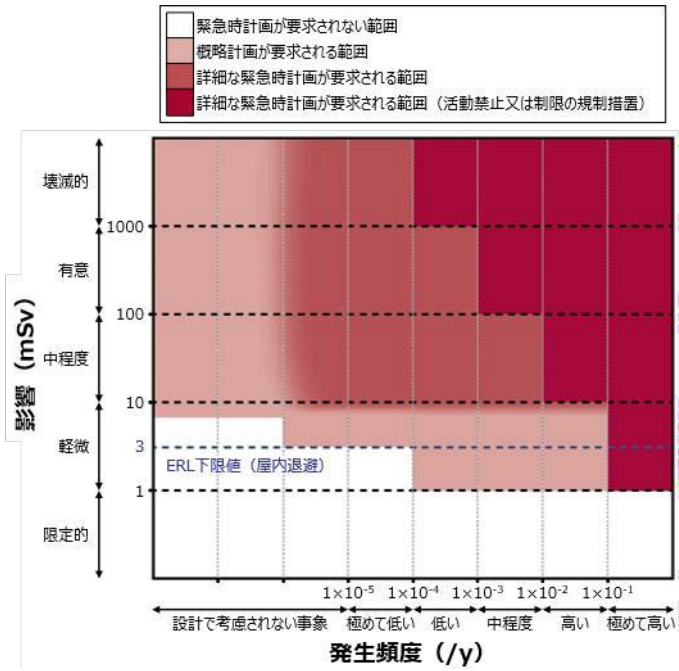


Fig. 3.9 発生頻度と影響に基づく緊急時計画の要求範囲 45)



Fig. 3.10 Hartlepool 発電所の DEPZ 範囲 47)

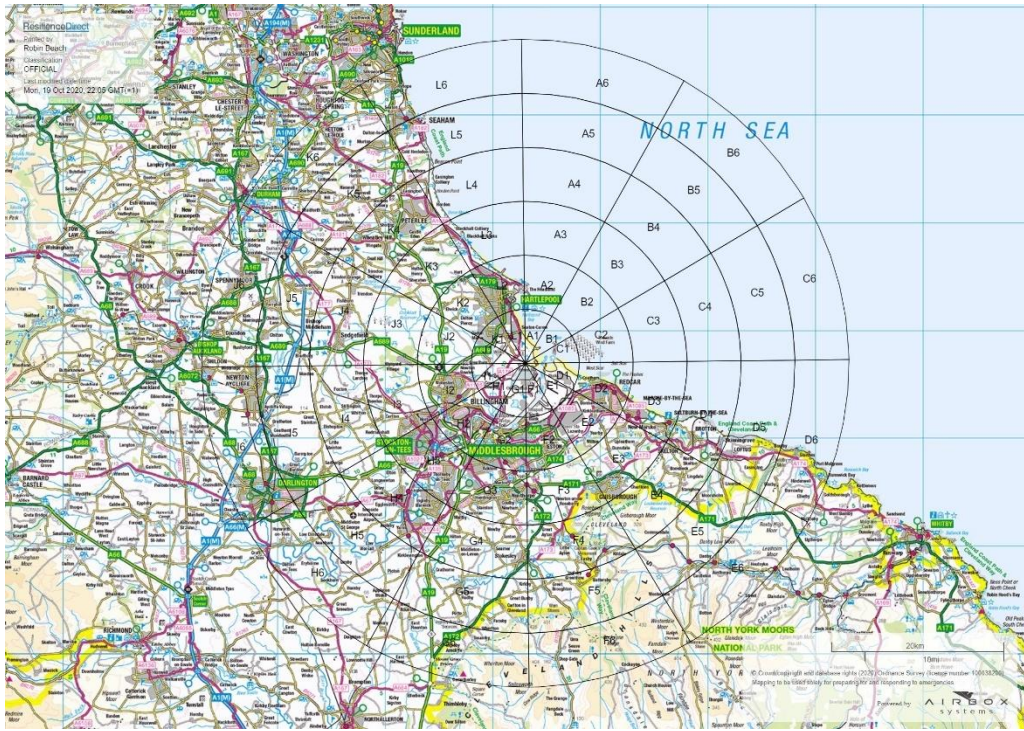


Fig. 3.11 Hartlepool 発電所の OPZ 範囲 47)

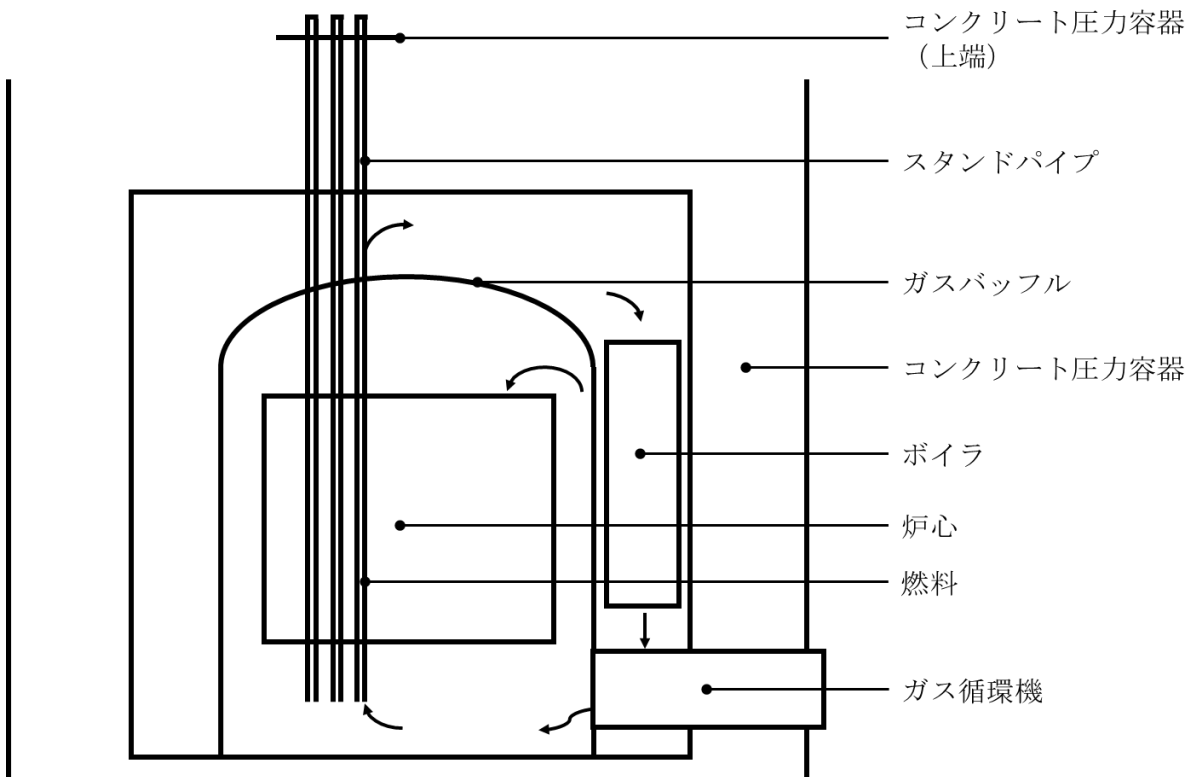


Fig. 4.1 AGR 炉心の概要図 (参考文献 51) を基に作成)

This is a blank page.

