

英國及び米国における バックエンドに関する取組について



内閣府
科学技術・イノベーション推進事務局



米国のバックエンドに関する動き

● バックエンドも含めた規制の枠組みは提案されているが、更なる情報を必要としている

➤ DOE（エネルギー省）

「Fusion Energy Strategy 2024」（2024年6月）

- 2022年のホワイトハウスフュージョンサミットで発表されたビジョンに基づき、2030年代に民間主導のパイロットプラントの稼働を目指すとした戦略を策定。
- フュージョンは放射化及びトリチウム化された廃棄物を生み出しが、これらの廃棄物は長期的な地質学的貯蔵を必要とするとは予想されていない。しかし、廃棄物を最小化し、費用対効果の高い廃棄物の分離、リサイクル及び処分経路を開発するための研究開発が必要。さらに、フュージョンプラントは廃止措置戦略を念頭に置いて計画することが重要。

「Fusion Science & Technology Roadmap」（2025年10月）

- 米国におけるフュージョン民間産業の迅速な発展を促すためロードマップを策定。
- DOEは、フュージョンエネルギーの広範な導入までのタイムラインを短縮するため、廃棄物の課題に対応する革新を通じた投資も行うとし、初期段階のフュージョン発電所では、内部部品（プラズマ対向部材、ダイバータカセット、コイル、アクチュエータ、その他のシステム）の寿命が限られているため、大量の低レベル放射性廃棄物（例：クラスC）の発生が不可避免となる可能性がある。
- 高度なトリチウム除去技術は、環境への放出量と長寿命の放射性副生成物の物量の両方を削減し、さらに副生成物（トリチウムを含む水や材料を含む）の処理、保守、貯蔵に関する戦略は、規制遵守と長期的な持続可能性に不可欠である。

➤ NRC（原子力規制委員会）

「提案規則：フュージョン装置に関する規制の枠組み」（2024年12月）

- NRCはフュージョン装置に対する規制枠組みを策定中。
- NRCスタッフは、ADVANCE法による原子力法改正により、フュージョン装置で生成される放射性物質が副生成物（byproduct material）として定義されたことを踏まえ、10 CFR Part 20（放射線防護に関する基準）を改正することを提案。
- 具体的には、フュージョン廃棄物を廃棄する条件として、10 CFR Part 61（放射性廃棄物の陸上処分に関する許認可要件）の廃棄物クラスへの適合、または侵入評価（偶発的侵入者の予測線量が年間0.5レム（5mSv）未満）を明確化。
- この結論に至った経緯として、NRCの助言機関であるACRS（原子炉安全諮問委員会）からは、10CFR Part 61の廃棄物クラスを見直す必要があるとの指摘があったが、NRCスタッフはどの放射性核種がフュージョン装置廃棄物のリスク重要性を左右するかを判断するための十分な情報がまだ得られていない（材料の多くはまだ選定または開発されていないため、それらの材料に含まれる潜在的な放射化生成物の種類、量、濃度は現時点では不明である）ため、廃棄物クラスの改正は提案しなかったとしている。

【 廃棄物クラスの概要（10 CFR Part 61）】

分類	概要		
表層近傍 処分	Class A	最も低い放射能レベルの廃棄物 主に短寿命核種を含む 安定性要件を満たせば他Classとの分離不要 特別な閉じ込め構造は不要	
	Class B	Class Aより高い放射能レベルの廃棄物 短寿命核種を中心濃度が高いものが対象 厳格な安定性要件を満たす必要 長期にわたり廃棄体の物理的な安定性が必要	
	Class C	Class Bより高い放射能レベルの廃棄物 長寿命核種を含む場合が多いものが対象 厳格な安定性要件を満たす必要 長期にわたり廃棄体の物理的安定性が必要なことに加え、将来の不注意な掘削や侵入に対する措置が必要	
地層処分	Class Cを超える廃棄物（GTCC） 原則は地層処分、10 CFR Part 60（高レベル放射性廃棄物の地層処分）等に従い処分		

（出典）DOE「Fusion Energy Strategy 2024」（2024）（<https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-06/fusion-energy-strategy-2024.pdf>）

DOE「Fusion Science & Technology Roadmap」（2025）（<https://www.energy.gov/sites/default/files/2025-10/fusion-s%26t-roadmap-101625.pdf>）

NRC「Proposed Rule: Regulatory Framework for Fusion Machines」（2024）（<https://www.nrc.gov/docs/ML2401/ML24019A060.html>）より内閣府作成

英国のバックエンドに関する動き（1）

● CoRWMがフュージョンに伴う放射性廃棄物に関する予備的な見解を公表

(2021年11月)

- 英国政府のフュージョン開発と規制検討を支援するため、CoRWM（放射性廃棄物管理委員会）が放射性廃棄物に関する予備的な検討を実施。その結果を広く国民に情報提供。
- この見解において、発生が想定される放射性廃棄物は次のとおり。
 - **生体遮蔽（鉄筋コンクリート等）** : 100年後に規制解除を想定。もし規制解除が困難な場合、放射性廃棄物の量が大幅に増加する可能性あり。
 - **放射化構成部品（第一壁、ブランケット、ダイバータ、真空容器等）** : 100年後にLLW（低レベル廃棄物）を目指すがILW（中間レベル廃棄物）の可能性が高い。一部の部品は頻繁な交換で放射化をコントロール可能だが、その場合は、運転中も継続的に廃棄物が発生する。
 - **トリチウム汚染物（炉内部品、燃料リサイクル系、冷却系等）** : リサイクルを可能とするためトリチウム除去技術が必要となるかもしれないが、経済的に成立しない場合は大量の減衰保管施設が必要。
 - **発熱性廃棄物（プラズマ対向タイル）** : 遮蔽施設でILWとして減衰保管。
 - **再利用可能な材料（低放射化材料）** : 規制解除しリサイクル。非放射性特性（Beなどの有毒金属の含有量）は要考慮。
- ^{14}C や ^{94}Nb などの長半減期核種については、人工バリアに依存して閉じ込めを確保する浅地中処分施設での取り扱いは制限されるべき。
- 将来のフュージョンエネルギーの拡大から生じる廃棄物を管理するため、「統合された放射性廃棄物管理計画戦略」を策定することが必要。

【英国における放射性廃棄物の分類】

分類		概要
HAW	HLW (高レベル廃棄物)	4GBq／トンを超える α 線、または12GBq／トンを超える β / γ 線を放出。熱の発生の考慮をする。
	ILW (中間レベル廃棄物)	4GBq／トンを超える α 線、または12GBq／トンを超える β / γ 線を放出。熱の発生の考慮を要しない。
LAW	LLW (低レベル廃棄物)	4GBq／トン以下の α 線、または12GBq／トン以下の β / γ 線を放出。
	VLLW (超低レベル廃棄物)	通常の埋め立て処分が可能なレベル。

【懸念される主な核種】

核種	半減期	特徴
^3H	β^- , 12.3y	水に無制限に溶け、吸着しない。長期保管で減衰可能。現在は「希釈・拡散」により管理。
^{63}Ni	β^- , 100y	水に溶けやすく、強く吸着。地層処分施設の人工バリア内で減衰。
^{14}C	β^- , 5,700y	水に溶けやすく、炭酸塩として中程度に吸着。腐食でメタンとして放出の可能性あり。移動性とリスクは化学形態と地質条件に依存。
^{94}Nb	β^- , 20,000y	溶けにくく、強く吸着。地層処分での移動は限定的で、放射線リスクは非常に低い。

CoRWM (The Committee on Radioactive Waste Management)

政府から独立した立場で放射性廃棄物の処理・管理方針を評価し、改善のための助言を行う専門委員会。11人の委員で構成され、エネルギー安全保障・ネットゼロ省、スコットランド政府、ウェールズ政府、北アイルランド環境省の各大臣が委員を指名

(出典) CoRWM「PRELIMINARY POSITION PAPER: RADIOACTIVE WASTES FROM FUSION ENERGY」(2021)

(<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/61ae4caa8fa8f503780c1ce9/radioactive-wastes-from-fusion-energy-corwm3735-preliminary-paper.pdf>) より内閣府作成

英国のバックエンドに関する動き（2）

● UKAEAがJETの廃止措置を開始

- UKAEA（英国原子力公社）は、JETの運転終了（2023年12月）を受け、廃止措置を開始。
- 次の事項に取り組みつつ、2040年頃に廃止措置完了予定。
 - 遠隔/ロボットによる真空容器内容物の解体・小型化
 - トリチウム除去に関する研究と知的財産の創出
 - 輸送・保管を必要とするILWの量の削減
 - 建物、施設、資産の再利用
- 廃止措置において直面する課題に対応するため、次の4つの軸に基づいた作業計画を策定・実施。

Outside In (トーラス外側)

- JETの敷地を開発可能な状態にする
- 資産の再活用、リサイクル、売却、廃棄を進める
- プログラム内のリスクや責任を軽減する

Costs (コスト管理)

- 固定費（電力、保険など）の削減
- 移行期のコスト（JETのシステムの維持、人員配置など）の管理

JET (Joint European Torus)

1978年に欧州理事会で承認され、1983年にファーストプラズマ。トカマク型の装置では、世界で初めてD-T実験に成功。ITERの安全性・保守計画に関する重要な知見を提供。UKAEAが施設運営を担当しており、2023年に運転を終了。

Inside Out (真空容器内部)

- サンプルの回収
- タイル、部品、容器内の付属品の取り外し
- 遠隔操作技術の実証

Proving Concepts (概念実証)

- インテリジェントマシン（知能化された機械）の活用
- トリチウム除去とトリチウム科学の研究

長期的な廃棄物戦略

- 確実なトリチウム除去のために必要な取組
 - 技術的な実現可能性の検証
 - 運用条件の最適化
 - 廃棄方法の費用対効果の評価
- 対象となる廃棄物
 - トリチウムを含む水
 - 軟質廃棄物（PPE、プラスチックなど）
 - 硬質廃棄物（インコネル、ステンレス鋼、ベリリウム、タンゲステンなど）
- 廃止措置とトリチウム除去の間のギャップを埋めるために中間レベル廃棄物（ILW）の保管施設が必要

放射性廃棄物量の将来見積もり

- 主にJETの運転及び廃止措置により2022年4月以降に設置場所であるCulhamで発生する廃棄物量（廃棄物パッケージ体積）がリサイクルを前提に見積もられている。

Culham

ILW 479m³
LLW 4,140m³

（参考）日本における原子力発電所の廃止措置に伴い発生する廃棄物量見込み（単位：トン）

	BWR大規模	PWR大規模
L1 (ILW相当)	80	200
L2 (LLW相当)	850	1,720

以下の点に留意が必要。

- 最終的な廃棄体となっていないため、単位が異なる
- フュージョンと核分裂炉の廃棄物は特性も異なることため、比較できない
- フュージョンから発生する廃棄物量低減のためには研究開発（例：低放射化鋼など）が引き続き重要