

<概要>

WAGRは、英国原子力公社のウィンズケール原子力研究所が所有する、グロス出力36MWeの改良ガス冷却炉の**原型炉**で、1962年から1981年まで運転された。運転終了後は、将来の商業用発電炉の**廃止措置**に備え、**解体**技術の開発と経験の蓄積を目的として、これを解体撤去することとした。廃止措置は、1983年に開始され、これまでに蒸気発生器等の撤去、また、原子炉炉心部を遠隔操作で解体できるマニピュレータ型の遠隔解体装置を開発した。炉心部の解体から発生する中レベル廃棄物保管庫をサイト内に建設し、1998年から**炉内構造物の放射能**レベルの低い部分について解体を始めた。1999年の10月には高**放射化**部分の解体を開始し、炉心部、**原子炉圧力容器**等の解体を2011年に完了した。建屋等の解体は約30年間管理した後の2040年頃と見込まれている。

<更新年月>

2015年02月

<本文>

WAGR (Windscale Advanced Gas-Cooled Reactor) は、英国原子力公社 (UKAEA) のウィンズケール原子力研究所が所有する、グロス出力36MWeの改良ガス冷却 (AGR型) 原型炉で、1962年から1981年まで運転された。この運転でAGR型原子炉の商業化の使命を達成した。その後、WAGRデコミッションング・プロジェクトは、将来の商業用発電炉の廃止措置に備え、解体技術の開発と経験の蓄積を目的として、EUのEC委員会から解体実地試験施設に指定され、解体技術開発を含め解体撤去が進められている。

WAGRの解体計画は、1979年から1980年にかけて、そのフィジビリティスタディ (実行可能性の研究) とコストスタディ (経費評価の研究) が行われ、1981年にUKAEAの管理委員会によりステージ3 (IAEA定義: 解体撤去) までの**デコミッションング**が承認された。解体作業等は、1983年に開始し、1998年までに終了する予定であったが、予算不足、技術開発の遅れ、中レベル**放射性廃棄物**の処分場が確保できないなどの理由から大幅に遅れた。その後、計画が変更され、2011年までに炉心部、原子炉圧力容器等の解体が終了した。これまでのWAGR解体の主な経過を**表1**に示す。

WAGRの解体は、燃料の搬出から始められ、制御棒等の処置、燃料交換装置の解体撤去等の順に進められた。タービンホールは非放射性であるため、従来の解体工法により約9ヶ月かけて行われ、1984年12月に終了した。初期段階で用いられた解体適用技術を**表2**に示す。

(1) 熱交換器の撤去

4基の熱交換器SG (190トン/基) は、**燃料破損**による**核分裂生成物**によりかなり汚染しているため、まず**除染**を行い、その後、原子炉格納容器の屋根部分に穴をあけ、大型クレーンを用いて一括撤去し (**図1** 参照)、1995年10月にドリッグ処分場に埋設した。

(2) 炉心部の解体搬出ルート及び保管建屋

WAGRの解体作業時の格納容器断面、炉心部等の解体物搬出ルート及び廃棄物保管建屋を**図2**に示す。遠隔解体装置で解体された廃棄物は、遠隔操作で新設の廃棄物処理建家に搬送し、遮へい容器に収納されて廃棄物保管建屋内に保管される。この保管建屋は、原子炉格納容器に接続して新設された。また、2基の熱交換器のあったその下部スペースは、解体廃棄物の搬送ルート及び搬送装置の保守、点検室として利用されている。

(3) 炉心部等の遠隔解体装置による解体方法

炉心部等の構造概念図を**図3**に示す。炉内構造物 (約280トンのグラフィイトを含む)、原子炉

圧力容器（直径6.5m、高さ13m、厚さ44mmから111mm）などは放射化し、放射能レベルが比較的高い。このため遠隔解体装置を開発し、原子炉圧力容器の上部に設置した（[図4](#)参照）。装置は、回転式床遮蔽、マスト、マンピュレータ、3トンホイスト、視覚操作システム等で構成されている。また、新たに開発されたマスト型遠隔装置は、プラットフォームがありマンピュレータを取付けることができる。この装置とループチューブ吊り上げ装置による撤去の様子を[図5](#)に示す。マンピュレータは、腕の最大到達長さ約2m、6自由関節を持ち、容量は油圧式で120kgまで操作できるように改良されている（[図6](#)参照）。その先端には、ガス切断トーチ等を取り付けて解体にも用いられており、解体対象物によっては[表3](#)に示す切断冶具類が使われる。

(4) 放射能インベントリ、廃棄物量等

WAGRの停止12年後の放射能インベントリは、テラ・ベクレル（TBq）と評価されている。各材料の放射能の占める割合は、ステンレススチールが最も多く、次に軟鋼、グラファイト及びコンクリートの順になっている。

解体廃棄物の発生量は、計画段階での評価によると全体で約16,000トンであり、放射性廃棄物が約2,700トン、非放射性廃棄物が約13,300トンと推定されている。放射性廃棄物は低レベル廃棄物と中レベル廃棄物に分けられ、重量はそれぞれ1,100トン及び1,600トンである。低レベル廃棄物は、ドリッグ処分場に送られ、埋設される。しかし、WAGRの炉心部にあるグラファイト・ブロック等は、中レベル放射性廃棄物に相当し、イギリスには、この廃棄物を処分することができる処分場の建設計画が進展していないため、処分場が確保されるまで少なくとも2020年まではサイト内に保管貯蔵する計画である。

WAGRの中レベル放射性廃棄物（ILW）は、廃棄物処理建家でコンクリート製（約2.4m×2.2m×2.2m高さ）のほぼ立方体のボックス型遮へい容器（[図7](#)参照）に遠隔操作で収納した後、セメントを充填、固化し、保管される。このボックス型遮へい容器は、設計寿命50年以上、列車で運べること及び取り扱い上から50トン以下に設計されている。ILWの廃棄体の保管庫への収納作業の様子を[図8](#)に、廃棄体の保管状況を[図9](#)に示す。1999年から2011年までの12年間で発生した廃棄物量は、炉内のグラファイト、熱遮蔽板、原子炉圧力容器等で約460m³である。廃棄体にした総量は、約2,500m³である。その内訳は、廃棄体にしてILW110体、低レベル廃棄物（LLW）75体及びISOコンテナ（LLW）20体である。

なお、タービン建家などの非放射性部分は、解体物をスクラップとして売却されている。

(5) 今後の計画

2011年以降の計画は、明確でない。生体遮へいの解体撤去を、次の工事として実施するか、放射能の減衰を待って、後で実施するかどうか不明である。生体遮へい及び原子炉格納容器は、約30年間安全貯蔵し、2040年頃完全解体される見込みである。

WAGR廃止措置予算は、1997年報告によると£80億であったが、これまでの総デコミコストは、2013年情報によると約£110億である。

（前回更新:2004年12月）

<関連タイトル>

[ロボットによる遠隔解体技術 \(05-02-02-03\)](#)

[英国における原子力発電所廃止措置計画 \(05-02-03-05\)](#)

[イタリア・ガリアーノ発電所の廃止措置 \(05-02-03-12\)](#)

<参考文献>

(1) 石川広範、ウインズケール改良型ガス冷却炉（WAGR）の解体、デコミッションング技報第12号（7/1995）、p.32-41

(2) Windscale : core decommissioning goes active, Nucl. Eng. Inter. Feb. 2000, p.14-17

(3) F.Bazerque & J.Halladay, Dismantling the Windscale Advanced Gas Cooled Reactor Pressure Vessel and Insulation-Design and Development, WM'99 Conf. (1999) .

(4) Windscale : getting down to the core, Nucl. Eng. Inter. Nov. 1997, p.26-27

(5) Proceedings of the UKAEA/JAERI Decommissioning Workshop. Windscale, 12-16 May 1987

(6) OECD/NEA協力協定に基づき入手した資料

(7) Windscale-core decommissioning goes active, Nucl. Eng. Inter. Feb. 2000, p.14-17

(8) G J Walters, Windscale advanced gas-cooled reactor decommissioning-hot gas manifold

dismantling strategy and tooling, C596/015/2001, ImechE 2001

(9) Core of the campaign, Nucl. Eng. Inter. Dec. 2002, p.34-35

(10) 宮坂靖彦、英国の放射性廃棄物管理政策の動向と低・中レベル廃棄物処分の概況、デコミッショニング技報 第28号 (10/2003) , p.10-22

(11) Terry Benest , Taking up arms for decommissioning, Nuclear Engineering International, 13 july 2004、<http://www.neimagazine.com/features/featuretaking-up-arms-for-decommissioning/>

(12) Chris Halliwell , The Windscale Advanced Gas Cooled Reactor (WAGR) Decommissioning Project , A Close Out Report for WAGR Decommissioning Campaigns 1 to 10 - 12474 , WM2012 (2012)

表1 WAGR解体撤去の実施経過等

年	工事内容等
1981	運転開始
1981	原子炉永久停止
1982-1983	<ul style="list-style-type: none"> ・初期廃止措置作業の開始 ・燃料撤去完了
1989	燃料交換機の解体撤去を完了
1990-1992	原子炉上部生体遮蔽及び原子炉圧力容器上部ドームの撤去とその位置に解体作業可能な特殊遮蔽体設置
1993-1994	中レベル廃棄物(ILW)貯蔵庫建設
1994-1995	蒸気発生器(4基)の一括撤去・ドリック処分場へ搬出・埋設
1995	解体廃棄物移動ルート及び廃棄体化装置設置
1997-1999	放射能のない部分の解体完了
1999-2011	炉心部のグラファイト、原子炉圧力容器等の解体撤去

下記の出所をもとに作成した。

【出所】 Chris Halliwell , The Windscale Advanced Gas Cooled Reactor (WAGR) Decommissioning Project, A Close Out Report for WAGR Decommissioning Campaigns 1 to 10 - 12474 (2012)、
<http://www.wmsym.org/archives/2012/papers/12474.pdf>

表2 解体対象物と適用切断技術

切断解体対象物	適用切断技術
熱交換器接続ダクト	酸素／アセチレンガス切断
圧力容器やホット・ボックス等	ガス／パウダー切断
燃料交換用ブランチ等	プラズマアーク切断
中性子シールドプラグ等	ダイヤモンド・ソー
プラグストリンガー	カーボンランダムディスクカッタ クラッシング装置
制御棒	動力付き弓ノコ スウェーピング・カッタ
生体遮へいコンクリート	油圧ブレーカ
グラファイトブロック	グラファイトブロック引抜き治具

[出典] Proceedings of the UKAEA/JAERI Decommissioning Workshop. Windscale, 12-16 May 1987

表3 WAGR炉内構造物等の遠隔装置による切断・撤去工法

ホットボックス	プラズマ・トーチ
中性子遮へい	プラズマ・トーチ
黒鉛ブロック	つかみ治具
原子炉圧力容器及び断熱材	鉄パウダー入りガス切断

下記の出典をもとに作成した。

- [出典] (1) F. Bazerque & J. Halladay, Dismantling the Windscale Advanced Gas Cooled Reactor Pressure Vessel and Insulation – Design and Development, WM' 99 Conf. (1999)
- (2) G. J. Walters, Windscale advanced gas-cooled reactor decommissioning – hot gas manifold dismantling strategy and tooling, C596/015/2001, ImechE 2001.



クレーンで吊り取られている蒸気発生器
(低レベル放射性廃棄物に分類されている)
は、この後ドリック処分場へ6時間かけて
トレーラー輸送される。

図1 WAGRの蒸気発生器の 一括撤去

[出典] Windscale: getting down to the core,
Nucl. Eng. Inter. Nov. 1997, p.26

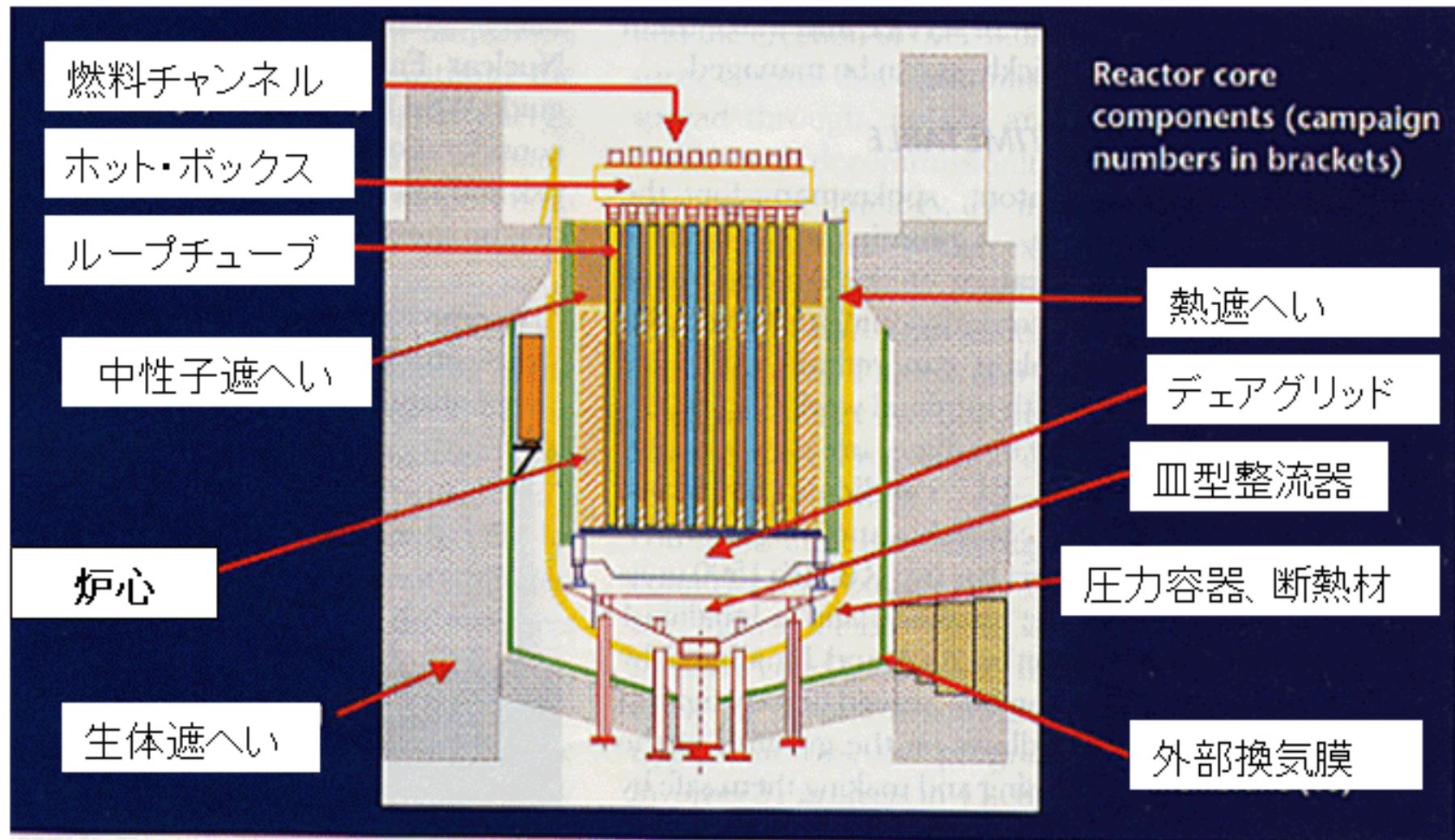


図3 WAGR原子炉本体構成

[出典] Core of the campaign, Nucl. Eng. Inter. Dec. 2002, p.35

Remote dismantling of WAGR core and vessel

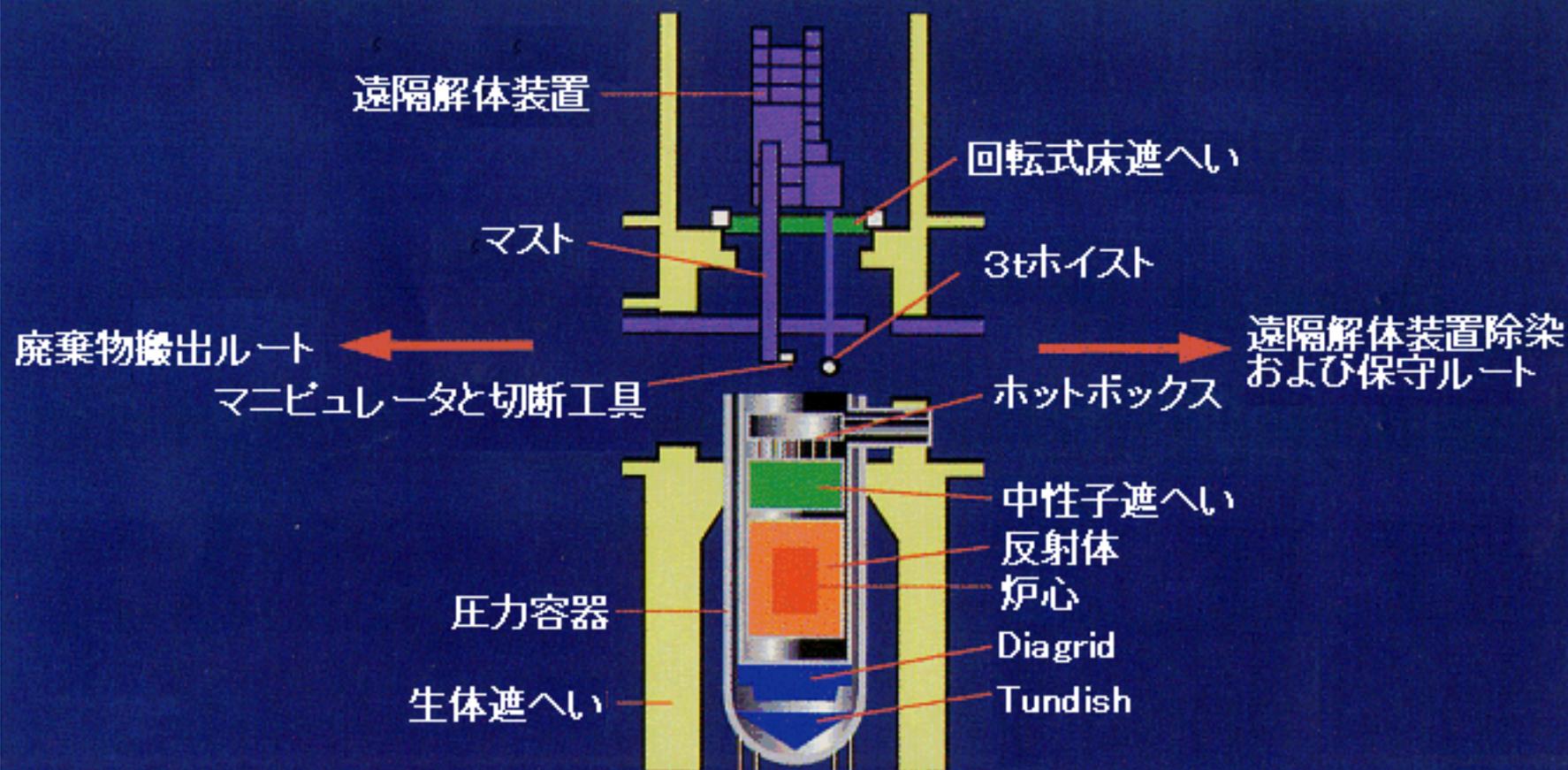


図4 遠隔解体装置による炉心グラファイトおよび圧力容器の撤去方法(WAGR)

[出典] Windscale: getting down to the core, Nucl. Eng. Inter. Nov. 1997, p.26-27

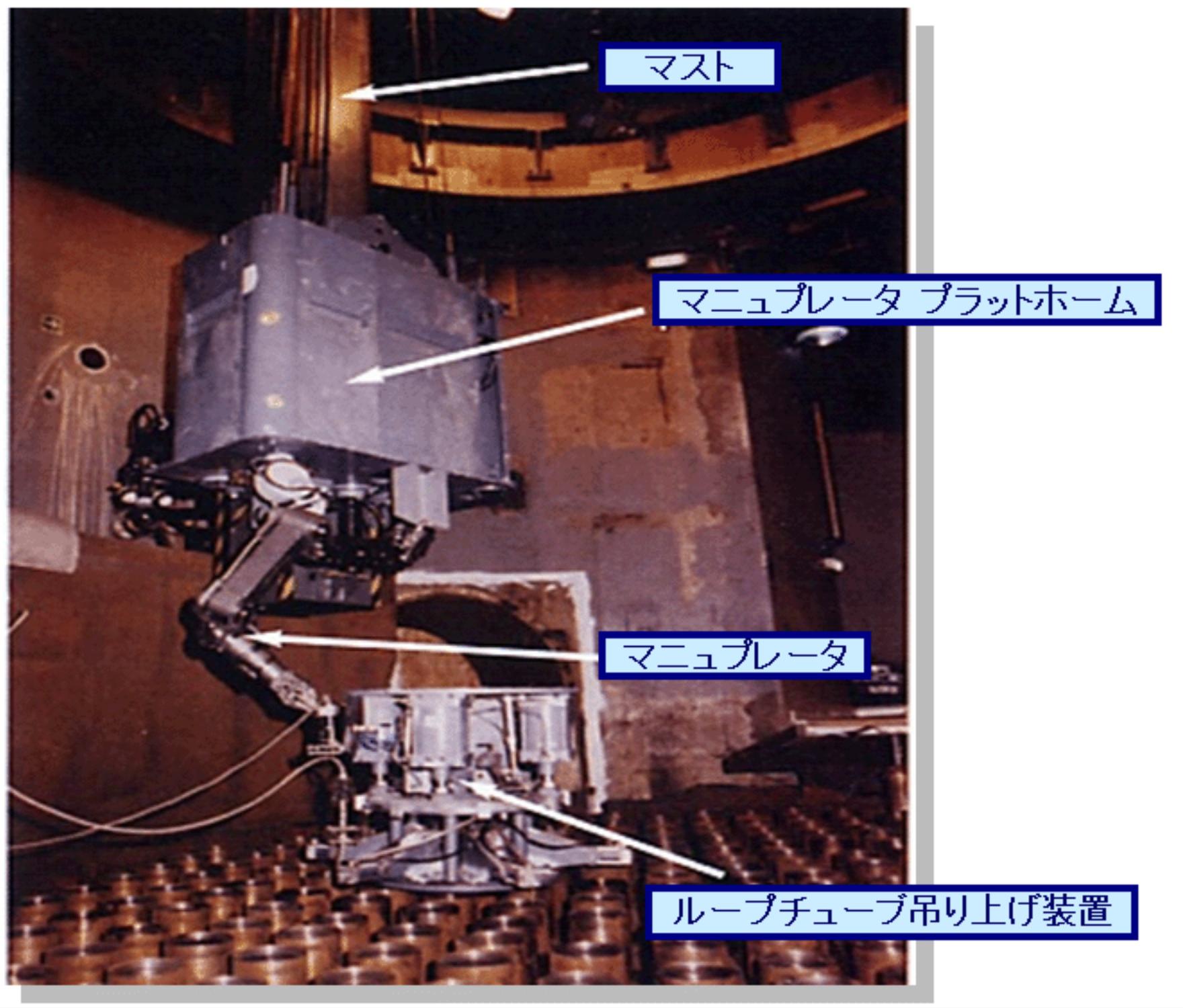


図5 WAGR炉心部解体に使用したマスト型遠隔装置

下記の出所をもとに作成した。

【出所】 Terry Benest , Taking up arms for decommissioning, Nuclear Engineering International、13 July,
<http://www.neimagazine.com/features/featuretaking-up-arms-for-decommissioning/>

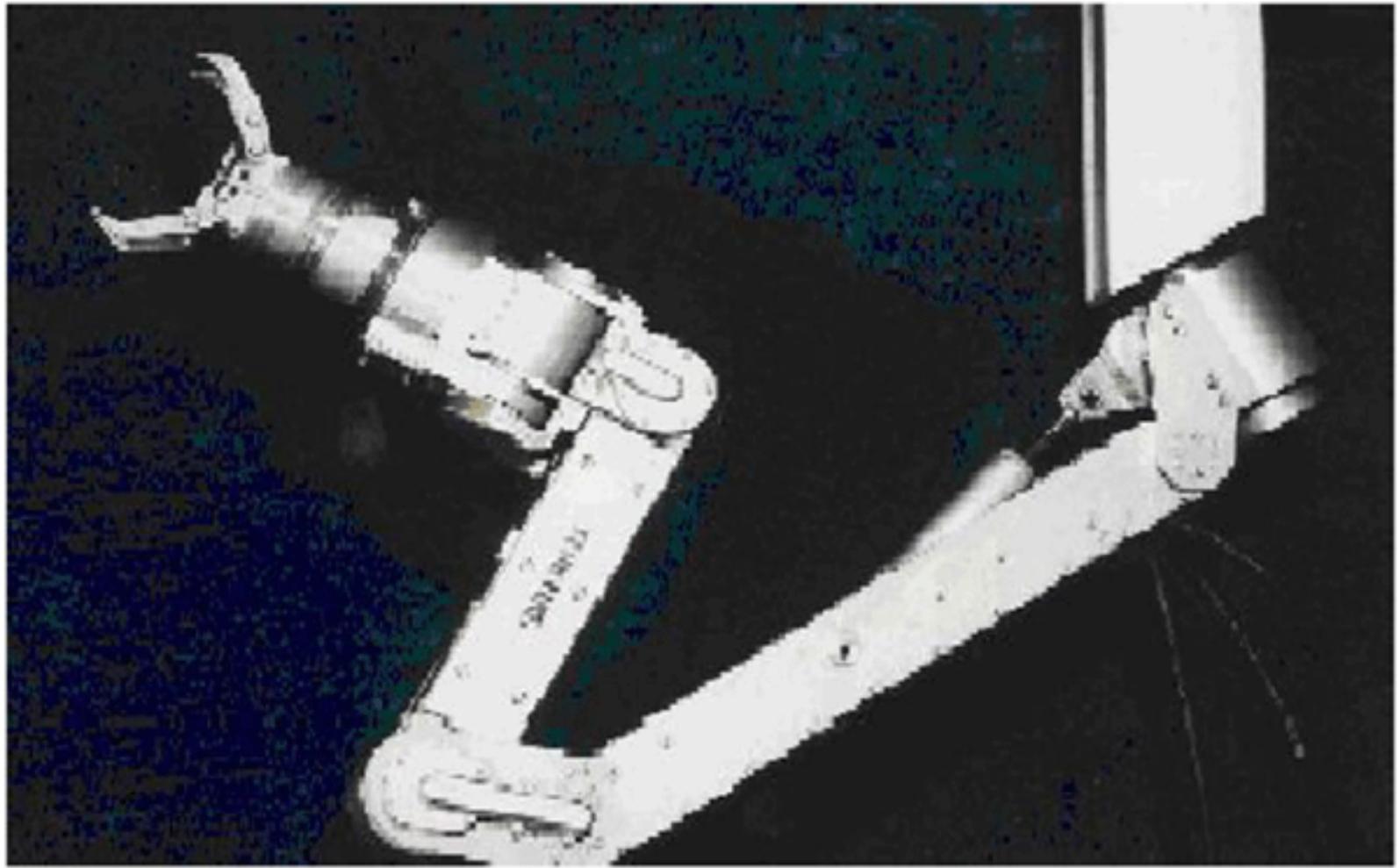


図6 マニピュレータ
(Schilling Gamma II TCO Manipulator)

[出典] Chris Halliwell , The Windscale Advanced Gas Cooled Reactor (WAGR) Decommissioning Project , A Close Out Report for WAGR Decommissioning Campaigns 1 to 10 - 12474 , WM2012 (2012). Fig.6

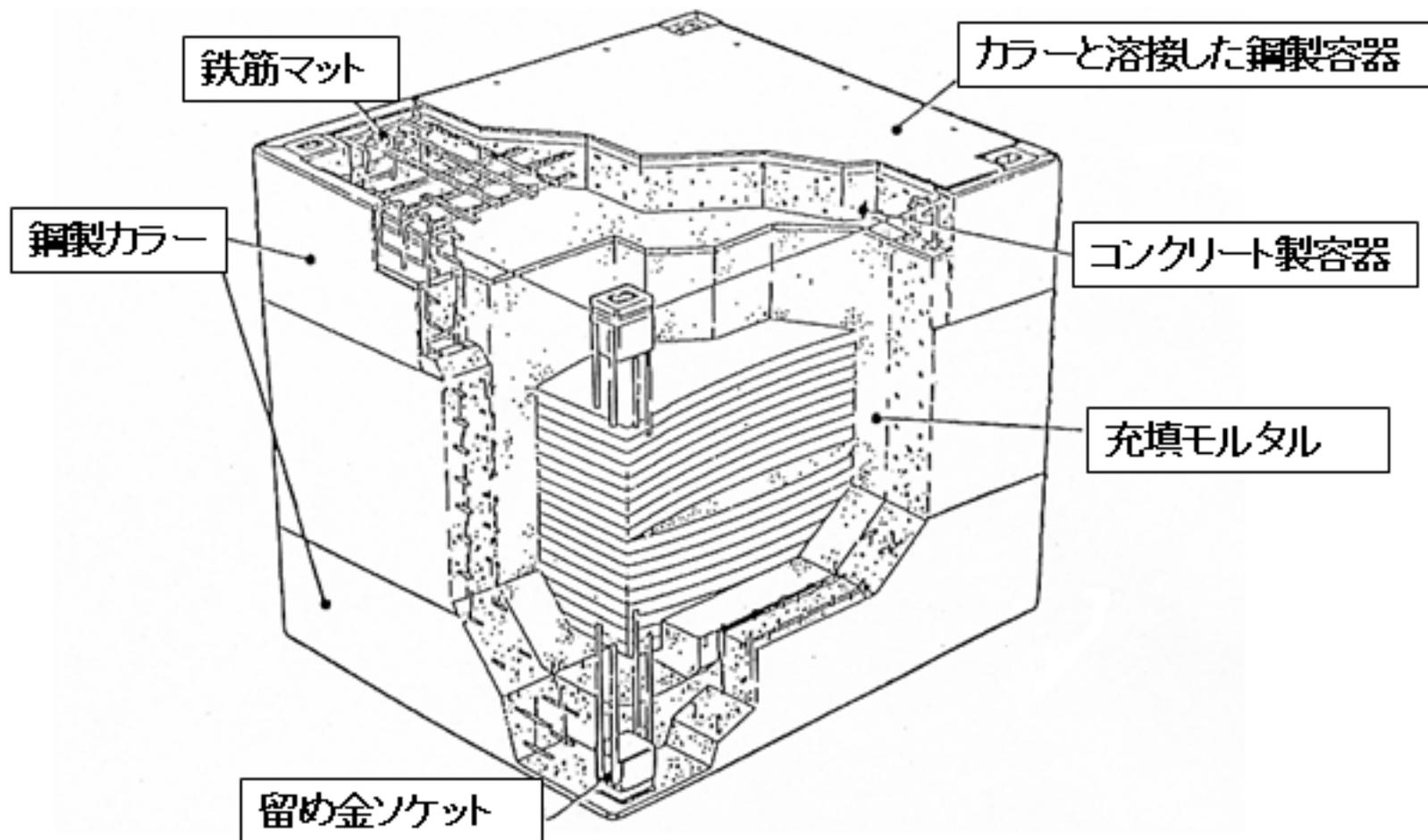


図7 WAGRの中レベル廃棄物(ILW)の廃棄体構造

[出典] 宮坂靖彦: 英国の放射性廃棄物管理政策の動向と低・中レベル廃棄物処分の概況
デコミッションング技報 第28号(10/2003), p.18

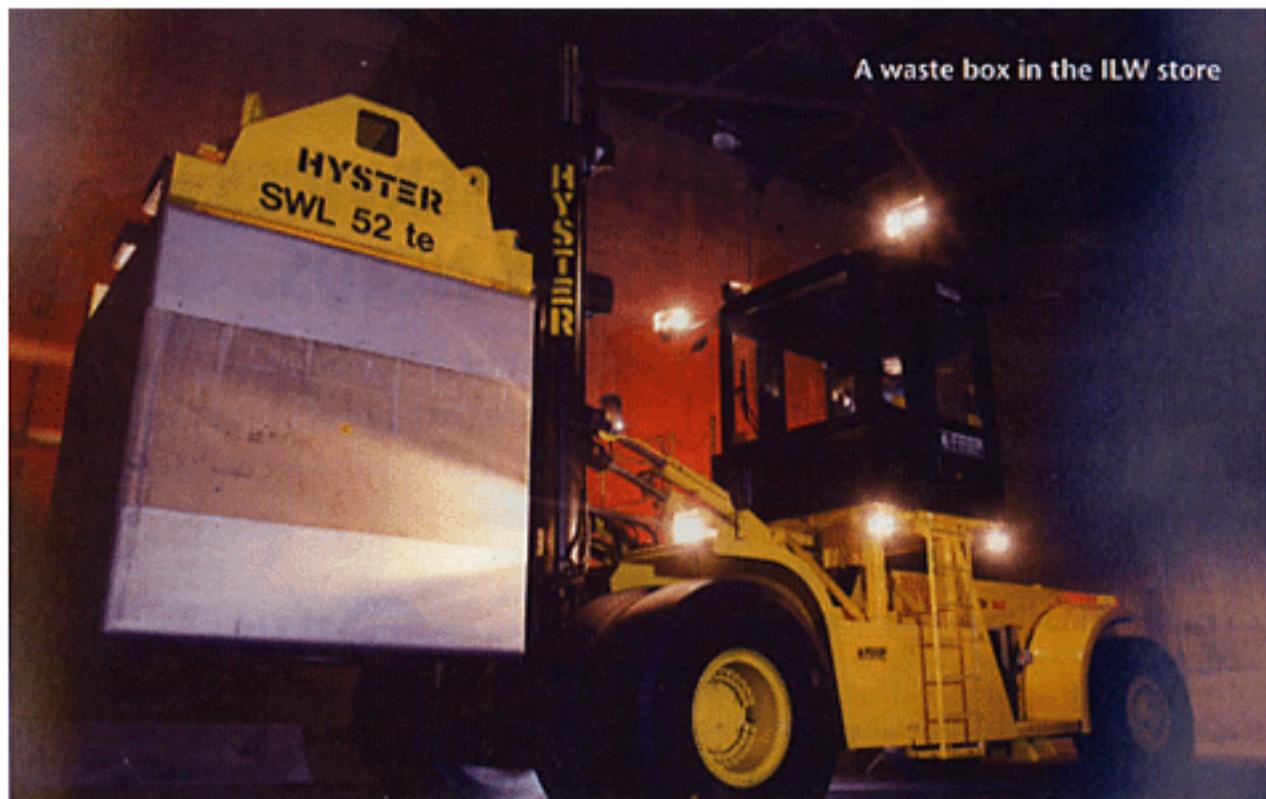


図8 中レベル廃棄物(ILW)の廃棄体のサイト内
貯蔵庫への搬入作業

[出典] Core of the campaign, Nucl. Eng. Inter. Dec. 2002, p.34



図9 WAGRの中レベル廃棄物(ILW)廃棄体の保管状況

[出典] Chris Halliwell , The Windscale Advanced Gas Cooled Reactor (WAGR) Decommissioning Project ,
A Close Out Report for WAGR Decommissioning Campaigns 1 to 10 - 12474 , WM2012 (2012).Fig.10