

## <概要>

WAKはカールスルーエ原子力研究所に設置された**ピューレックス法**を用いた**再処理**施設で、抽出器にミキサセトラを用いており、年間処理能力35トン/年であった。1971年から1990年まで運転され、約200トンの**使用済燃料**が再処理された。

**解体**撤去は遠隔操作機器を用いて行うため、機器の開発を進めながら、**モックアップ試験**を実施する方針である。解体は1994年から本格開始し、サイト緑地化を2010年目標に計画を進めている。

## <更新年月>

2005年09月

## <本文>

### 1. WAKの概要と解体工程

WAK再処理プラントは、ドイツ（旧西ドイツ）の再処理パイロットプラントとして1967年にKfK（カールスルーエ原子力研究センター、現FZK）内に建設された。**図1**にカールスルーエ原子力研究センターの配置図を、**図2**にWAK再処理工程の概略を示す。本施設は20,000MWd/tUまでの照射燃料を年間35トン処理するように設計され、施設の運転は1971年から始まり、軽水冷却型研究炉および発電炉6基（MZFR、FR2、VAK、KWO、KRB、HDR）の平均燃焼量26,000MWd/tUの使用済燃料を約200t処理した（**表1**参照）。しかし、1989年に、商用規模で再処理を行わないというドイツ政策に従って決まった“Wackersdorf計画”の凍結により1991年6月に操業を停止した。

1991年10月にWAK-BG（WAK運転会社）とFZKがDWK社（ドイツ電力会社の子会社で再処理会社）との間で結んだ契約書によれば、この**デコミッショニング**に対しては連邦政府とバーデン・ヴュルテンブルグ州が電力会社の協力のもと財政支援を行い、WAK-BGが責任をもってプラント運転と解体を行うと同時に、FZKはデコミッショニング計画の総括的責任を負うことになっている。

WAKの**廃止措置**は、2005年目標に緑地化する計画であったが、サイト内で高レベル放射性廃液（HAWC）の**ガラス固化**を実施することになり、大幅に遅れている。2基のHAWCタンクに残っている60m<sup>3</sup>（放射能インベントリ：2.5×10<sup>15</sup>Bq）のHAWCは、WAK-BG社の当初の計画では、ベルギーモル研究所ベルゴプロセス再処理施設（Belgoprocess）のガラス固化設備PAMERAまで貨車輸送して処理する予定であった。1996年政府の方針変更によりWAK敷地内にガラス固化施設（VEK）を2000年から建設開始した。VEK建設には、米国DOEとUKAEAが技術協力した。ガラス固化処理計画では固化作業は2003年に始まり2005年中旬に終了する予定である。

その後、残る再処理プラント施設、中**高レベル廃液**貯蔵建物（LAVA及びHWL）、VEK施設および建屋を解体し、2010年頃にプロジェクト完了する。**図3**にWAKで発生する解体廃棄物の概要を示す。WAK廃止措置計画は、最終停止処置の後に解体プロセスを6ステップに区分して段階的に進めている（**表2**参照）。**図4**に2001年現在でのWAK再処理施設の解体スケジュールを示す。また、WAK廃止措置の総コストは、1998年の参考文献（4）によると約3,300MDMである。

### 2. 解体技術の選択、技術開発等

WAK解体には、遠隔、半遠隔、手動の3方法で行っており、手動と遠隔との放射**線量率**の分岐点は0.5mSv/hとしている。また、ドイツの職業人の許容線量率は20mSv/yとなっているが、WAKの作業ではその作業の5分の1、4mSv/yを制限値としている。

金属部品の解体は、主に機械的切断法により、鋸、せん断機、金属板切断機が用いられた。熱

的方法は、機械的切断方法が利用できない場合に限定された。直径80mmまでの配管は、油圧せん断機が用いられた。高レベル放射性廃液貯蔵タンクを除いて全ての容器は、そのままFZK廃棄物管理施設に運び、[除染](#)、裁断、保管される。

ステップ3の解体ではプロセス建屋が高線量であるため、解体に際しては遠隔解体が避けられない。このため、セル内にある機器等を解体に天井から設置できる垂直型遠隔装置（[図5](#)参照）、即ち、セルホール内床から3m上のクレーンに固定し使用する50/5kgホイスト付き自由度8の双腕型マニピュレータ（EMSM3）が開発された。この解体には、切断工具として油圧せん断、ダイヤモンドスク付きグラインダ又はハックソー（hack saw）をアーム先端に取り付けて行う。セル解体には、床面から接近できる水平型遠隔解体装置（[図6](#)参照）、即ち、一般用クロラー型掘削機（Brokk150）をアームに7自由度を持たせように改良された。これらの装置開発には、FZKセンターで解体中のMZFR炉のタービン建屋でモックアップ試験が行われた。

また、ステップ4で行う中レベル及び高レベル廃液タンク（HLWC）の解体撤去には、セル解体の経験に基づき遠隔操作できる、3つの関節とアームで移動起重量8トンの中型のトラック・マニピュレータシステムの開発が進められている（[図7](#)参照）。その解体冶具の交換も簡単に遠隔操作で行う。このHLWC解体準備には、モックアップ試験に代えて3CADシミュレーションによる検討が行われている。

### 3. 最終停止処置

主要プロセス建屋からすべての燃料、再処理生産物が撤去された。また、化学処理系統の容器内を空にし、密閉処置、さらに換気系の運転維持が継続された。また、解体作業の基盤設備の準備が行われた。

### 4. 解体活動等

ステップ1は、運転保守クルー削減によるコスト低減を図るために、先行して旧プロセス施設解体撤去を行い、1995年に完了した。また、施設維持のためにオフガス浄化系統の主要機器（洗浄槽、凝縮器、加熱器、ポンプ、その他）の撤去、更新による系統の改修をしている。オフガススクラバーセル（OGSC）および同フィルターセル内の線量は最大20-100mSv/hに及ぶため、接近作業が不可能であり、遠隔解体法を取らざるを得ず、遠隔解体装置の開発と作業習熟に向けた作業訓練が行われた。OGSCの遠隔解体での総被ばく線量は、30mSvであり、これは計画値の20%弱と良い結果を得た。

ステップ2では、プロセス建屋の主要工程の解体を1996年半ばから開始し、1997年末完了した。主要プロセスの15システム、燃料貯蔵プール内のラック、燃料貯蔵プールの水浄化設備などの解体が行われた。ステップ2では主として運転時に使っていた遠隔機器を用いるとともに、また、手動により放射性廃棄物244トンが解体され、被ばく線量は $6.35 \times 10^{4\mu}\text{Sv}$ であった。[図8](#)に燃料プール解体撤去の状況を示す。

ステップ3では、[管理区域](#)の解除を目標に、第1段階では高レベル廃液貯蔵施設等の施設をプロセス建屋から分離する作業を行った。第2段階では化学処理系のセルの本格的遠隔解体作業を開始し、プロセス建屋にまだ残っている機器を全部解体撤去している。[ミキサセトラ](#)の遠隔解体とセルからの取出、容器への運搬と収納および廃棄物貯蔵施設への搬送も完了した。ステップ3の解体により高レベル廃液の分析系を除いて全ての試験施設はFZK内の廃棄物処理施設（HDB）から切り離され、プロセス建屋内の機器は解体され、室内は除染された後、管理区域が解除される。

### 5. 今後の予定

ステップ4として、高レベル廃液が処理された後、廃棄物貯蔵施設とガラス固化施設の規制解除が行われ、ステップ5ではこれらの施設の機器解体と全室の除染が行われ、管理区域が解除される。そして、最終的にステップ6としてサイトの緑地化に先立ち全施設と建物を解体する予定である。

---

## <関連タイトル>

[ベルギー、ドイツ、その他の国の再処理施設 \(04-07-03-19\)](#)

[ユーロケミック再処理施設の解体 \(05-02-05-07\)](#)

[フランスUP-1再処理施設の廃止措置 \(05-02-05-10\)](#)

---

## <参考文献>

(1) Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbHホームページ

- (<http://www.WAK-Karlsruhe.de/e/index.html>)
- ( 2 ) Forschungszentrum Karlsruhe Bericht Stilllegungホームページ
- ( 3 ) L.Finsterwalder and H.Wiese: "Dismantling of the WAK Reprocessing Plant", Proceedings of ICEM '99, Sept. 2630 (1999), Nagoya, Japan
- ( 4 ) K.Komorowski et al.: "Decommissioning of nuclear facilities in Germany–status at BMBF sites", Nuclear Decommissioning '98, 355 (1998)
- ( 5 ) K.Eiben and P.Fritz: "The WAK Decommissioning and Dismantling Program" Proceedings of ICEM'95, Sept.3–7 (1995), Berlin, Germany
- ( 6 ) K. J. Birringer et al.: "First Step of Remote Dismantling at WAK A Green Meadow Project in Progress", ibid.
- ( 7 ) (財)原子力研究バックエンド推進センター・デコミッショニング技術本部：第10回原子力施設デコミッショニング技術講座、核燃料施設のデコミッショニング（1998年12月）p.6–14
- ( 8 ) The NEA Co-Operative Program on Decommissioning, The First Ten Years 1985–1995, OECD (1996)
- ( 9 ) Decommissioning of Nuclear Facilities Other Than Reactors, Technical Reports Series No.386, OECD / NEA (1998)
- ( 1 0 ) ] G. Dutzi, L.Finsterwalder, C.R.Jungmann, H.Wiese, Lessons Learned with the Dismantling of the Karlsruhe Reprocessing Plant (WAK), WM'01, (March 2001) .
- ( 1 1 ) K.J.Birring, G.Katzenmeier, B.Hosemann. G.Hammer, Technical Concept for Remote Dismantling of the Storage Tank for High-level Liquid Waste at the Karlsruhe Reprocessing Plant (WAK), KONTEC 2003.
- ( 1 2 ) G. Dutzi, H. Prax, Report on Dismantling and Decontamination Activities in the main Process Building in WAK Plant, KONTEC 2005, (April 2005) .
-

表1 WAK再処理工場で処理した使用済燃料リスト

年	キャンペーン	ウランウム (Mg)	プルトニウム (Kg)	中心燃焼度 (MWd/Mg U)
1971	1.FR-2	3.30	9.70	8,500
1971/1972	1.VAK	0.99	5.25	16,200
1972	1.KWO	3.35	21.47	15,800
1972/1973	1.MZFR	17.03	51.47	5,000
1974/1975	HDR	6.91	1.49	400
1975	2.VAK	1.54	7.48	15,500
1975	2.MZFR	6.00	19.52	6,000
1975/1976	2.KWO	10.79	86.74	24,500
1976/1977	1.KRB	10.93	67.26	17,600
1977/1978	3.KWO	12.70	105.35	29,000
1978	3.MZFR	11.99	41.65	6,900
1979	4.MZFR	19.17	81.84	10,500
1980	2.FR-2	6.73	24.23	14,000
1980	3.VAK	2.44	13.01	17,000
1982	5.MZFR	6.25	29.64	12,000
1982/1983	3.FR-2	4.34	13.51	12,000
1983	4.KWO	9.92	81.59	28,000
1983/1984	Otto Hahn	2.89	14.96	19,500
1984	6.MZFR	11.80	56.75	12,700
1985	5.KWO	3.82	32.40	29,000
	1.KKS	6.78	60.50	31,700
1986	1.GKN	7.10	62.23	31,300
	2.GKN	3.72	36.18	38,000
1986/1987	7.MZFR	5.21	26.11	13,600
1987	2.KKS	6.09	57.20	34,300
	8.MZFR/MOX	5.42/0.23	17.09/7.24	7,300/32,180
1987/1988	3.GKN	4.39	39.88	32,700
1988/1989	3.KKS	5.00	46.19	33,900
1989/1990	9.MZFR	6.15	26.05	10,500
1990	4.VAK	2.06	6.82	9,320
1990	RMK	1.89	13.74	24,100
<b>Total</b>		<b>206.9</b>	<b>1164.5</b>	

[出典] Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH  
 ホームページ (<http://www.WAK-Karlsruhe.de/e/data/seite3.html>)



## 表2 WAK再処理施設の解体撤去概要

	概要
ステップ1	旧プロセス装置の解体撤去(1995年完了)、オフガス浄化系の撤去、更新。
ステップ2	接近可能エリアにおける汚染プロセス装置の手動解体 (1996年中旬～1997年末完了)
ステップ3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セル内に取り付けられたプロセス装置の遠隔解体(2001年1月開始)、 水平型遠隔装置及び垂直型遠隔装置を使用。</li> <li>・分析サービス及び放射線管理施設の移設、</li> <li>・プロセス建屋の管理区域の除染及び解除</li> </ul>
ステップ4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃液貯蔵建屋内の中及び高レベル廃液タンク等の解体撤去、</li> <li>・ガラス固化作業終了後のガラス固化施設の解体撤去</li> </ul>
ステップ5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・手動と遠隔操作による解体、</li> <li>・廃液貯蔵建屋およびガラス固化建屋の除染及び管理区域解除、</li> </ul>
ステップ6	・建屋の解体とサイトの緑地化

下記の出典をもとに作成した

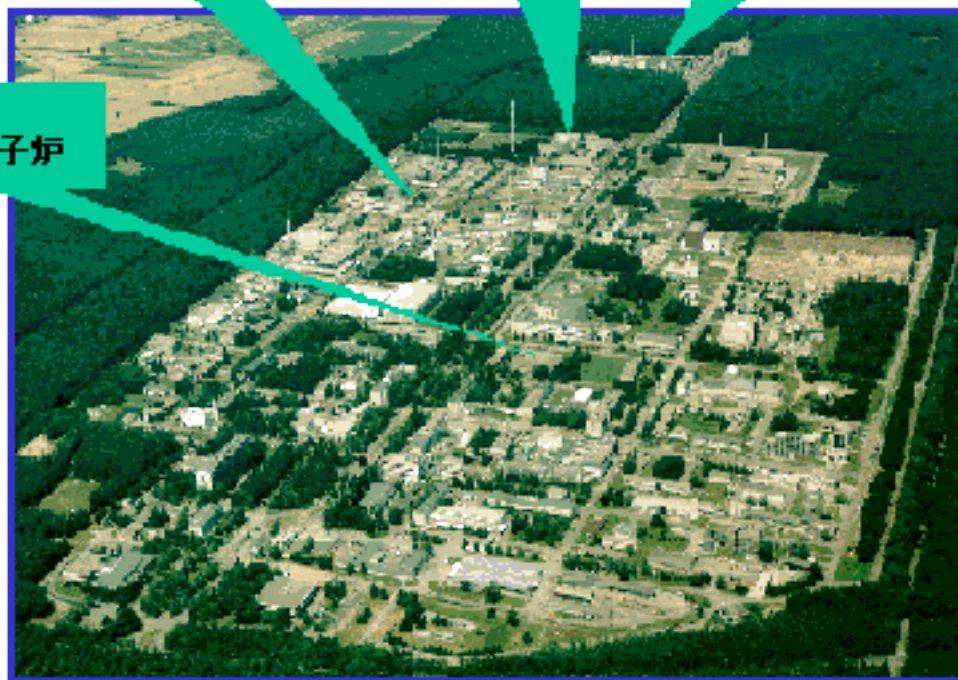
[出典]G. Dutzi, H. Prax, Report on Dismantling and Decontamination Activities in the main Process Building in WAK Plant, KONTEC 2005, (April 2005)

ナトリウム冷却  
熱中性子炉

多目的研究用  
原子炉

カールスルーエ  
再処理工場(WAK)

FR 2  
研究用原子炉



Karlstein 原子炉



Niederaichbach  
原子力発電所

図 1 カールスルーエ原子力研究センターの配置図

[出典] Forschungszentrum Karlsruheホームページ  
(<http://www-pbs.fzk.de/welcome.html>)

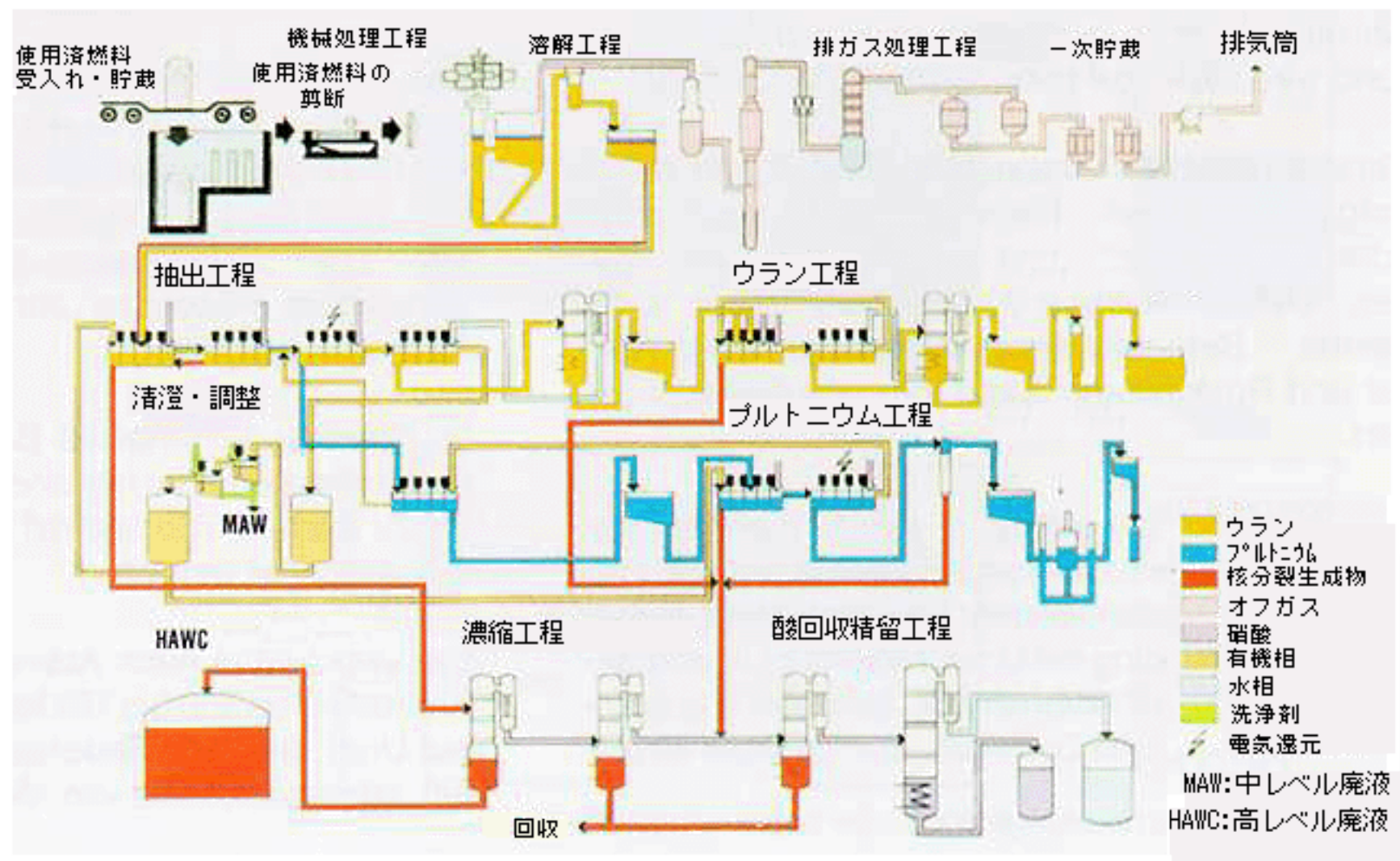
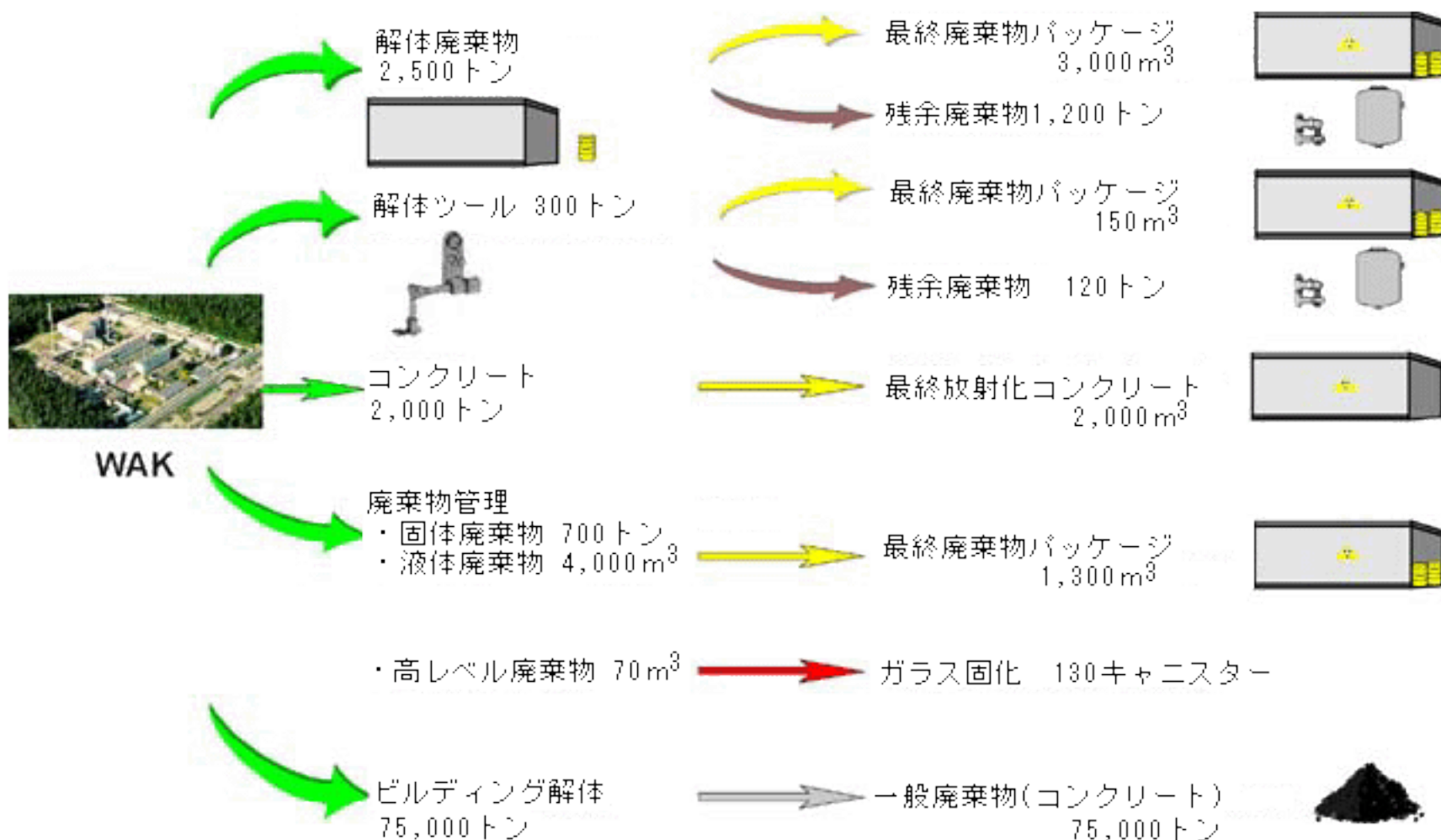


図2 WAK再処理工程の概略

[出典] Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbHホームページ  
[http://www.WAK-Karlsruhe.de/e/data/images/d\\_sl.jpg](http://www.WAK-Karlsruhe.de/e/data/images/d_sl.jpg)



**図 3 WAK解体廃棄物の概要**

[出典] Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH  
 ホームページ(<http://www.WAK-Karlsruhe.de/e/data/seite7.html>)



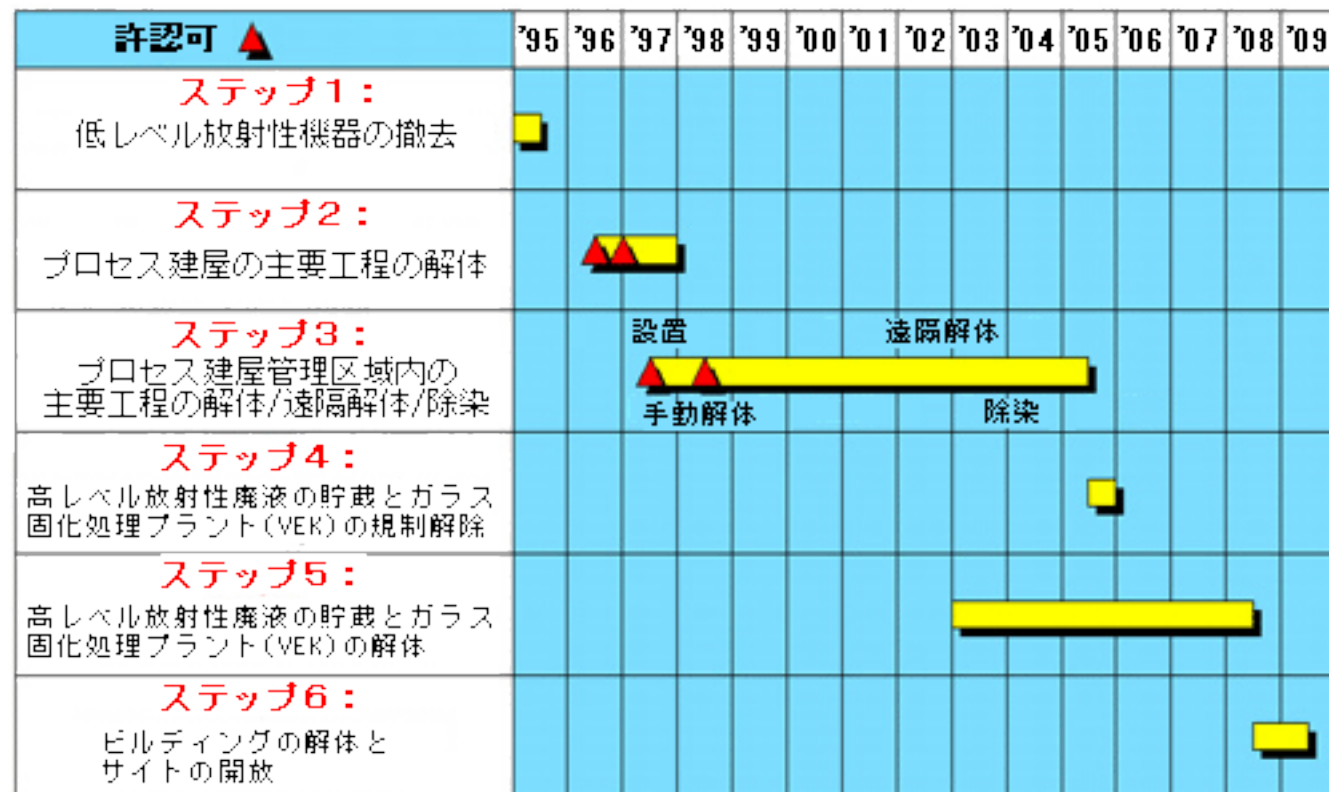


図 4 WAK再処理施設の解体スケジュール

[出典] Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe  
Betriebsgesellschaft mbH ホームページ  
(<http://www.WAK-Karlsruhe.de/e/data/seite6.html>)



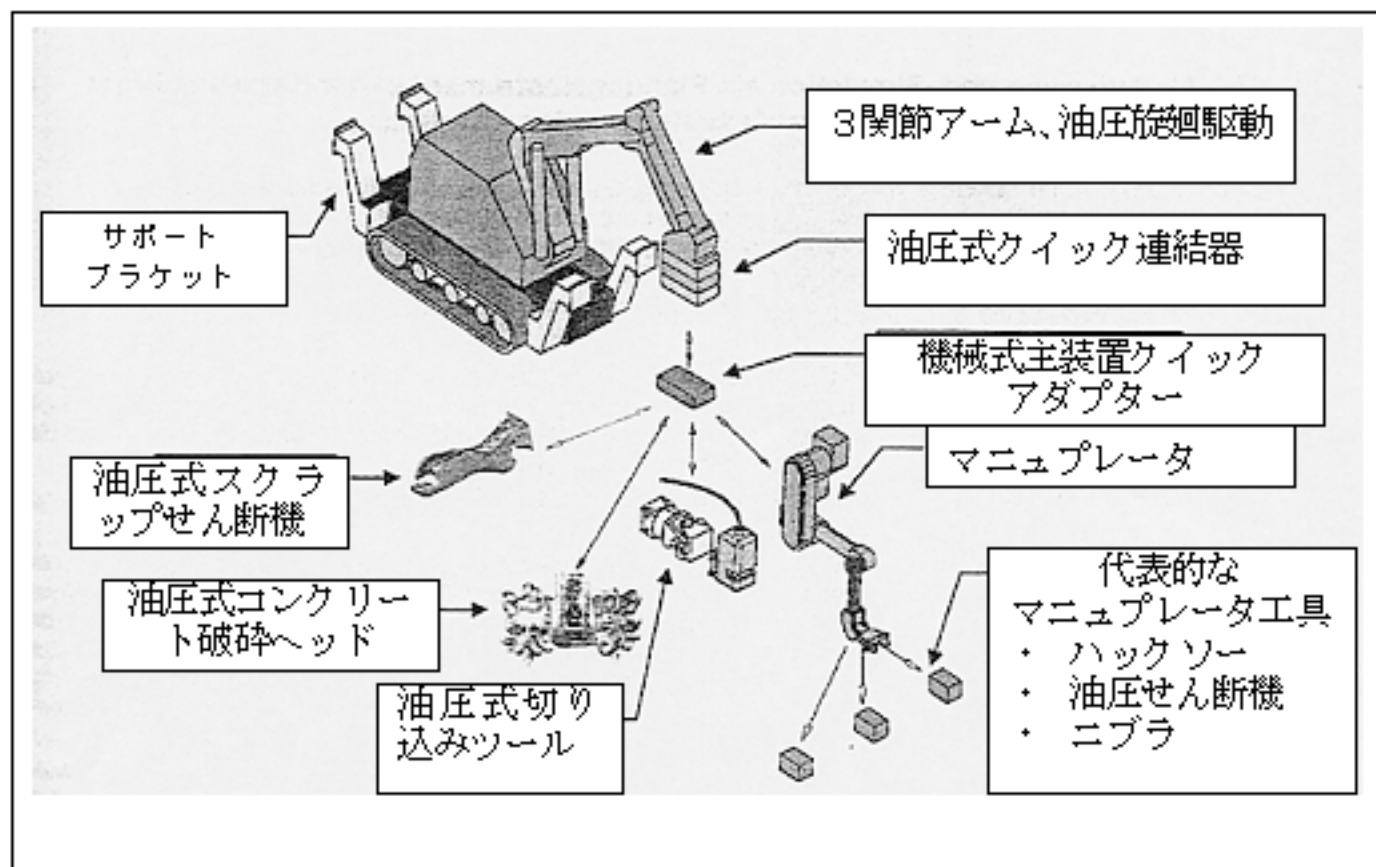
図5 天井から設置できる垂直型遠隔解体装置  
(双腕型マニピュレータ(EMS3))

[出典] G. Dutzi, L. Finsterwalder, C. R. Jungmann, H. Wiese, Lessons Learned with the Dismantling of the Karlsruhe Reprocessing Plant (WAK), WM' 01, (March 2001). Fig. 2



図6 床面から接近できる水平型遠隔解体装置(Brokk150改良型)  
と制御パネル

[出典] G. Dutzi, L. Finsterwalder, C. R. Jungmann, H. Wiese, Lessons Learned with the Dismantling of the Karlsruhe Reprocessing Plant (WAK), WM' 01, (March 2001). Fig. 1

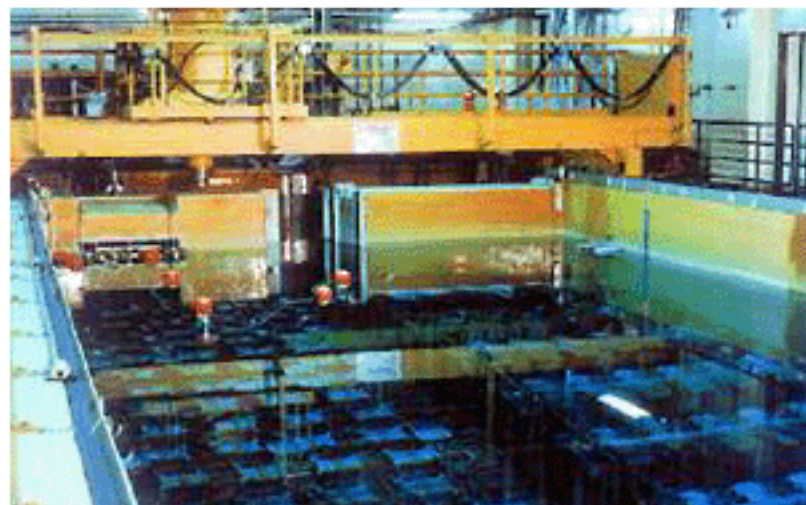


下記の出典をもとに作成した

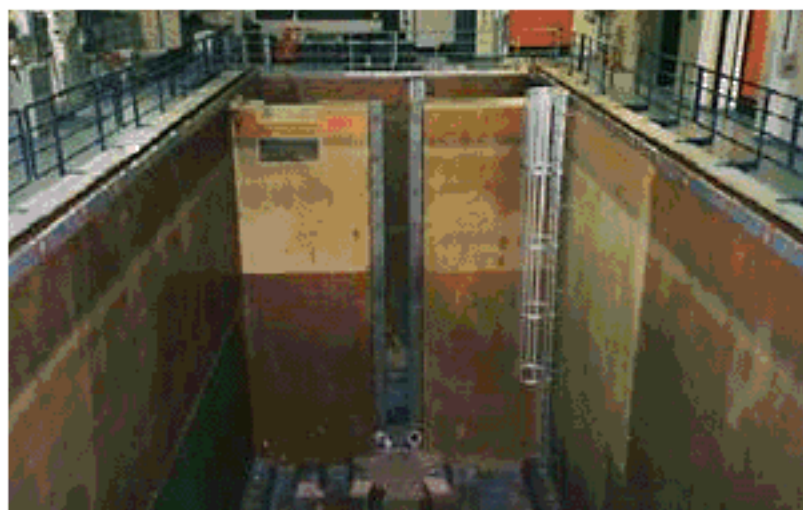
## 図7 トラック・マニピレータキャリアー・システム (MCS: 移動起重量8トン)

[出典] K.J.Birring, G.Katzenmeier, B.Hosemann, G.Hammer, Technical Concept for Remote Dismantling of the Storage Tank for High-level Liquid Waste at the Karlsruhe Reprocessing Plant (WAK), p265, KONTEC 2003. Fig.3





(before)



(after)

## 図8 WAK再処理工場使用済燃料貯蔵プールの解体撤去

[出典] Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbHホームページ  
(<http://www.WAK-Karlsruhe.de/e/set/seitel.html>)