

# ガラス固化 また中断

再処理工場

## 半年ぶり再開直後

### 原燃「溶融炉に不具合」

日本原燃は三日、六ヶ所再処理工場で二日再開したばかりのガラス固化体（高レベル放射性廃棄物）製造試験を、ガラス溶融炉の不具合のため、同日中断したと発表した。外部環境への影響はないが、原燃は法令が定める「故障の修理のため特別の措置を必要とする」事例と判断し、国の原子力安全・保安院に報告した。原因は不明で、試験再開の見通しは全く立っていない。原燃が自指していた再処理工場アクティブ試験（試運転）の七月内終了は、ほぼ不可能となった。

【関連記事2面】

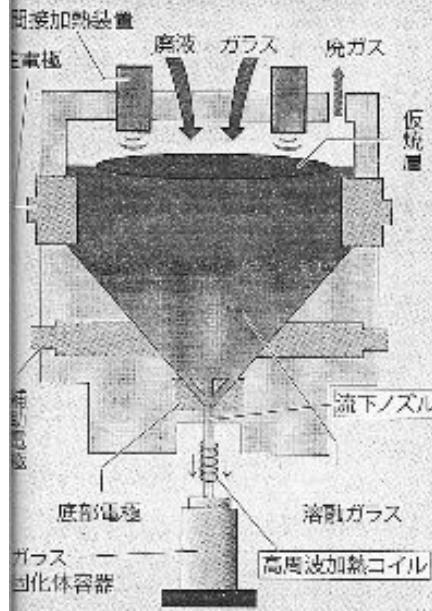


原燃の説明による 験を再開し、溶融炉の  
と、二日正午に製造試験ガラスに高レベル放射

性廃液を加えながら、をさらに加熱するなど、午後九時十分、最初  
の固化体容器へ溶融ガラスを流下させる作業を始めた。  
しかし、作業開始から間もなく、容器への注ぎ口となる流下ノズルを適切に加熱できなかった状態に陥り、ガラスの粘りが強まって流れなくなり、同九時四十分、試験中断を最終決定して三分に作業を中断。炉  
国へ報告した。

ノズルは、流下作業時には開閉に巻き付いた銅製の高周波加熱ケーブルで熱を加え、ガラスをスムーズに流す一方、作業終了時には空気を吹き付けガラスを固め、流下を止める格代わりにする仕組み。これまで正常に機能していた加熱ケーブルの不具合が生じた可能性があるが、さまざま

ガラス溶融炉の概略図



日本原燃提供の資料を基に作成

# 6月30日に試験再開を承認

## 原子力安全・保安院の見解

6月30日の核燃料サイクル安全小委員会で承認

### 5. おわりに

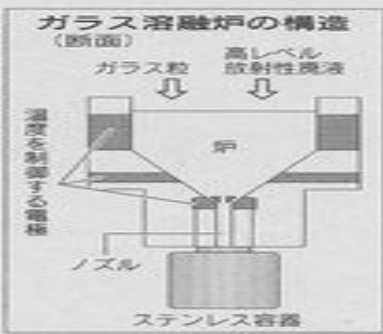
本安定運転条件報告は、上記2. に記したとおり、原因及び対策について技術的に合理的な調査・検討がなされ、高レベル廃液ガラス固化設備の試験運転再開に際し、これらの検討を踏まえた安定運転のための方法について、現時点において可能な限り具体化されており、同設備の試験運転を再開することは差し支えないものと考える。

日経記事  
7月21日

日本の核燃料サイクルも進み、工場の完成は政策の中核を担う日本原 目前に迫っていたが、最終の再処理工場（青森県 終工程でつまずいた。六ヶ所村）は、完成目前 不具合が起ったのは、になって廃液処理工程の プルトニウムを取り出し試験で不具合が続いていた後に残る高レベル放射線。二日、半年ぶりに試験 性廃液をガラスと溶融炉 運転を再開したもので、混ぜ、ステンレス容器 翌日には停止し追い込み に移してガラス固化体 された。国産技術を採用し する工程、溶融炉のノ たら工程だが、実際には新 スルが自詰まりし、容器 埋閉発の要素も多く、原 に廃液が流れ出たくな 因究明作業は長期化しそ った。

日本原燃の再処理試験トラブル

原因究明は長期化



一九七三年以来、既に 千四百トン再処理し たら、原研機構の杉山 俊英、核燃料サイクル工 学研究所副長が説明す ると、研究開発段階 といは、実績がある。 た日本原燃は原研機 構の溶融炉をその主導 入したわけではない。原 研究機構の実験炉では、 縮装置で廃液濃度を一定 倍に拡張するなど、実 質 二九七三年以来、既に 千四百トン再処理し たら、原研機構の杉山 俊英、核燃料サイクル工 学研究所副長が説明す ると、研究開発段階 といは、実績がある。 た日本原燃は原研機 構の溶融炉をその主導 入したわけではない。原 研究機構の実験炉では、 縮装置で廃液濃度を一定 倍に拡張するなど、実 質

未完成の国産技術採用

的には新機開発に近かっ た。 日本原燃は濃縮装置な どを省いても運転できるとみていた。しかし廃液 濃度が定まらなかったため 温度管理が難しい。廃液が 溶融炉の底に早く沈んで

コスト重視に落とし穴？

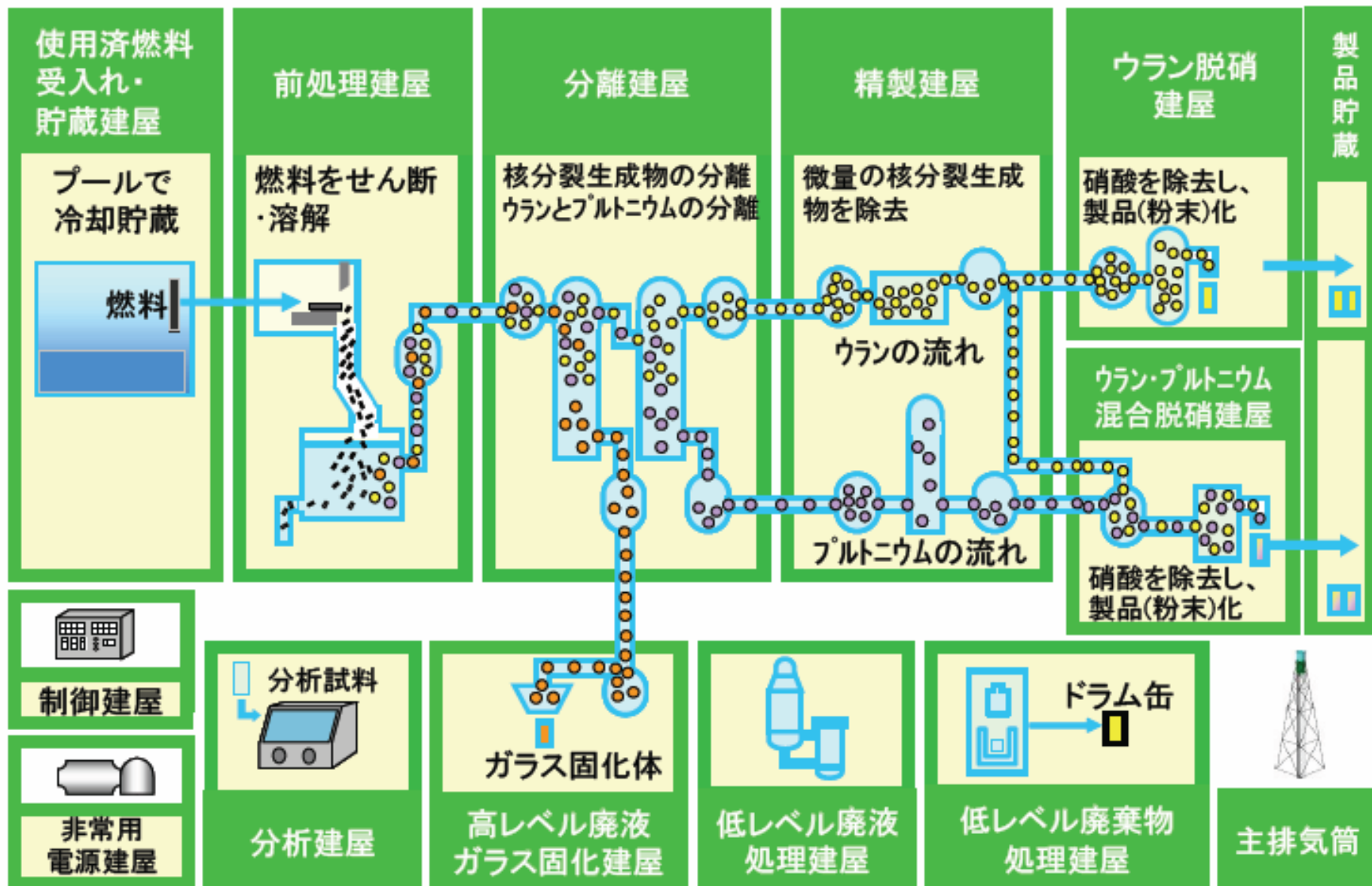
効率の良い国産技術は「作での作業を強いられて スト面で魅力的だ」といふこともあり、原因究 明に時間がかかりそう を投じた国産技術は無駄だ。 するな」といふ議論も 再処理工場の完成時期 あった。原研機構の元幹 部は「当時は国産技術を 活用すべきだと考えた 月完成だが、今回の不具 日本原燃は溶融炉の電 外して不具合の原因分析 急いでいるが、廃液が 地下奥深い地層に埋設す 射性廃棄物だ。強い放射 線を避けるために遠隔操

(川合智と)

# また止ったーガラス固化

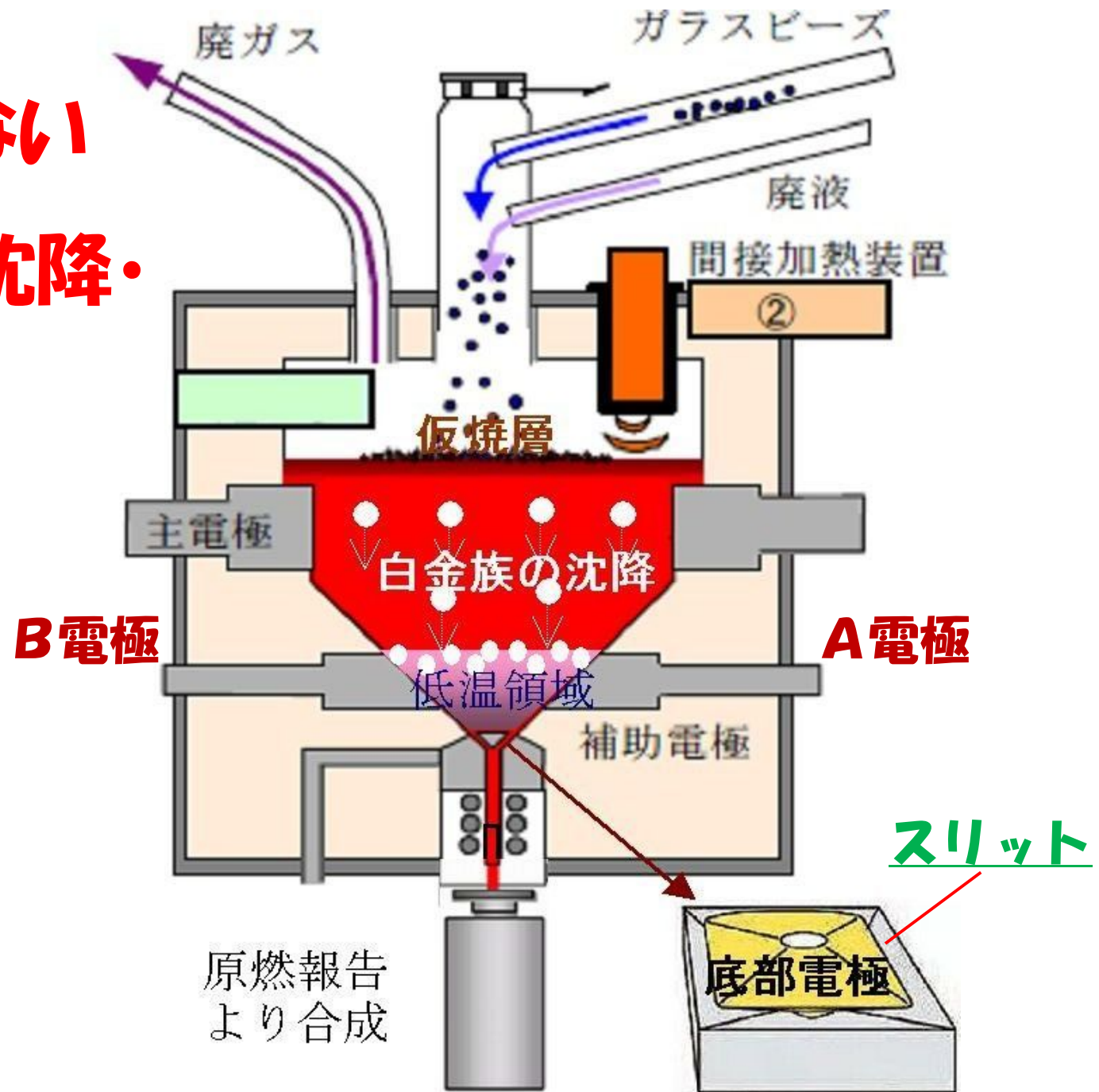
- 流下停止の経過・結果の事実確認  
ーそれが示唆するもの
- 真の原因は炉内に？  
A溶融炉の経歴ー白金族に堆積
- 調査・検討結果の公開
- 停止の意味する重大性に即して、どの  
ように政治的問題にしていくか

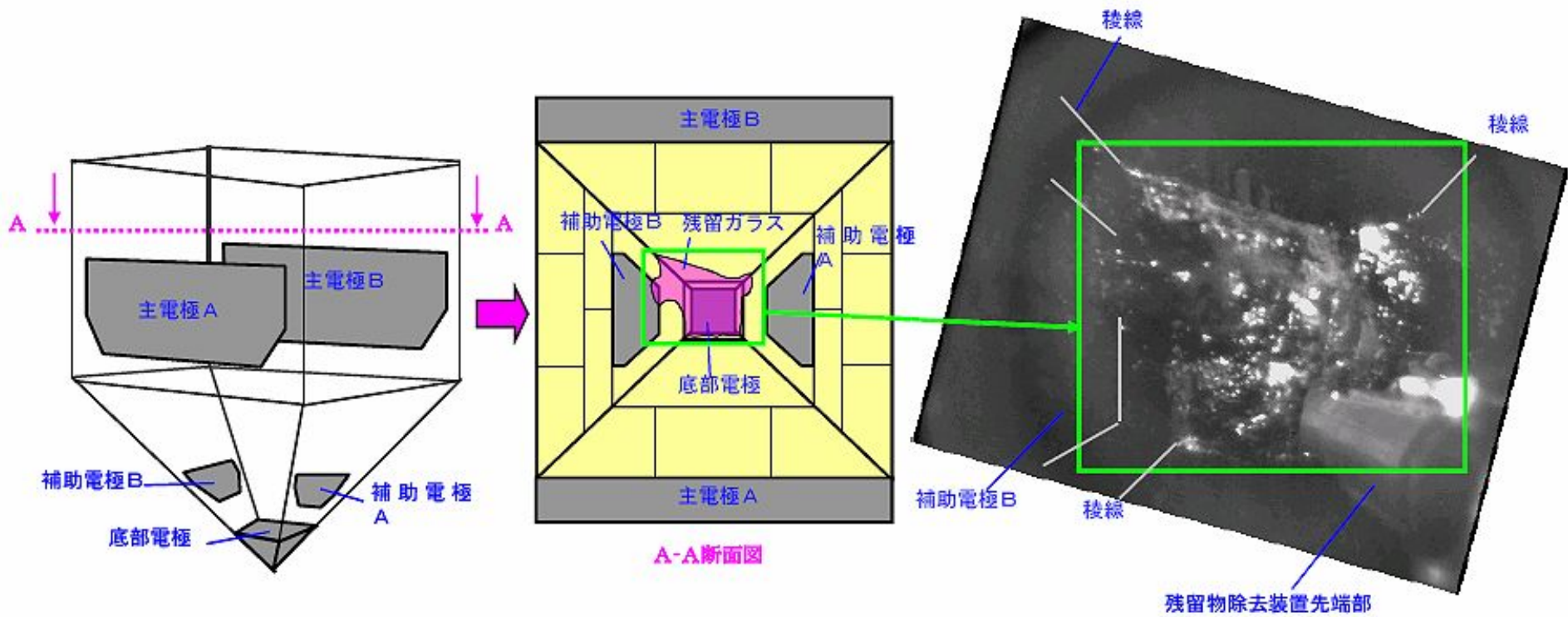
# 再処理施設全体工程



**避けられない**

**白金族の沈降・堆積**

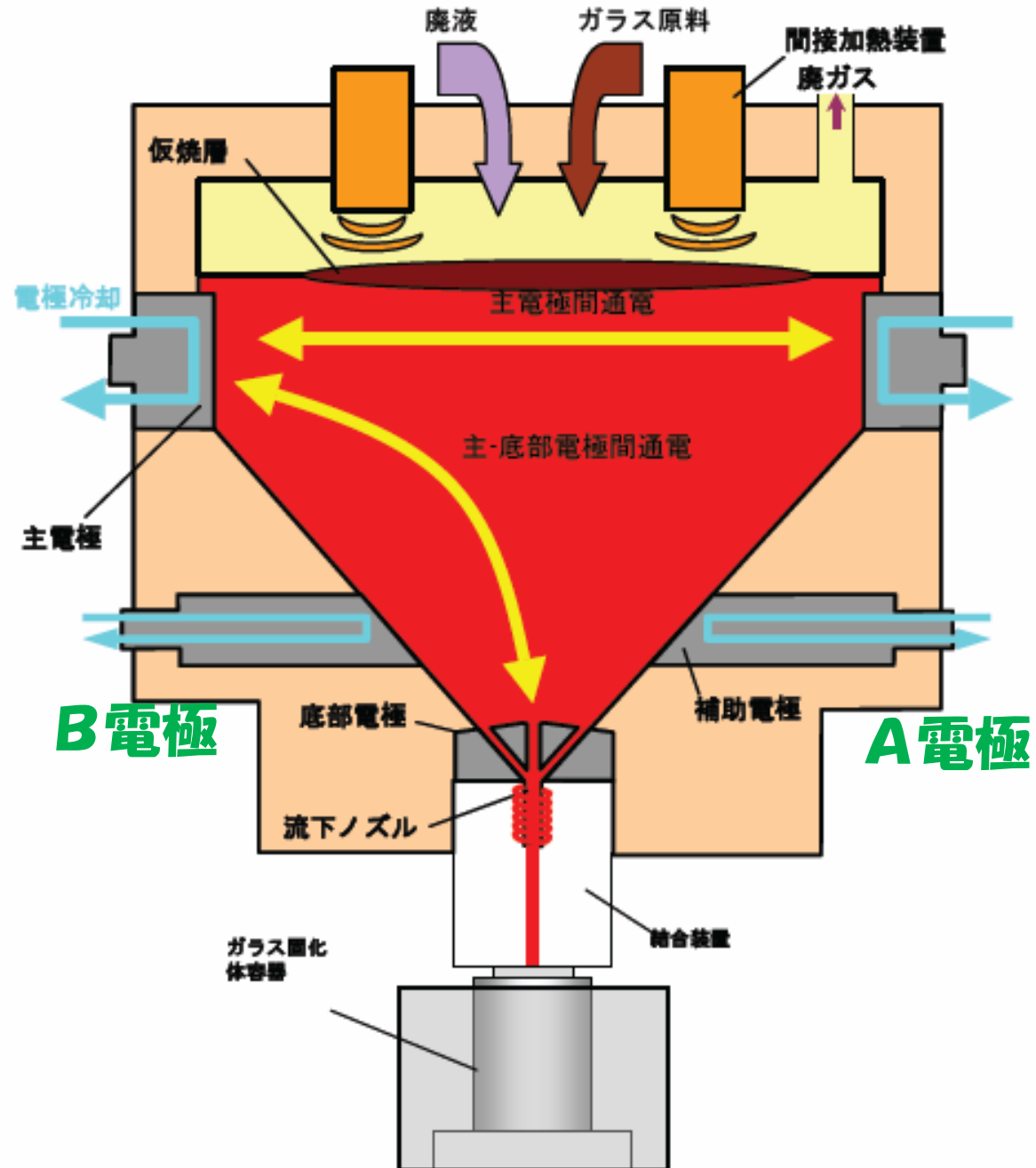




**昨年12月27日より半年間停止**

・炉内に12倍分(4800kg)のガラス

・6月17日から熱上げ運転



高レベル廃液ガラス固化設備の概要図 (ガラス溶融炉概要図)

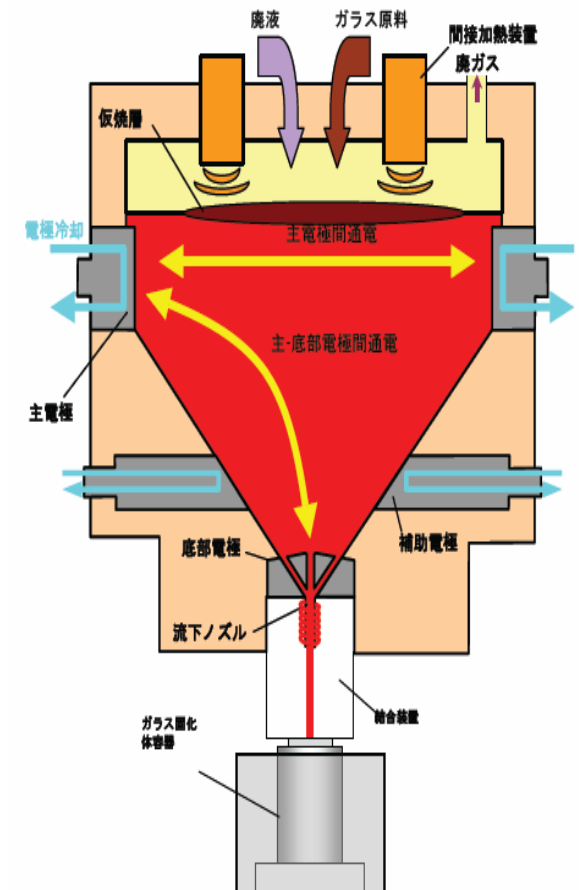


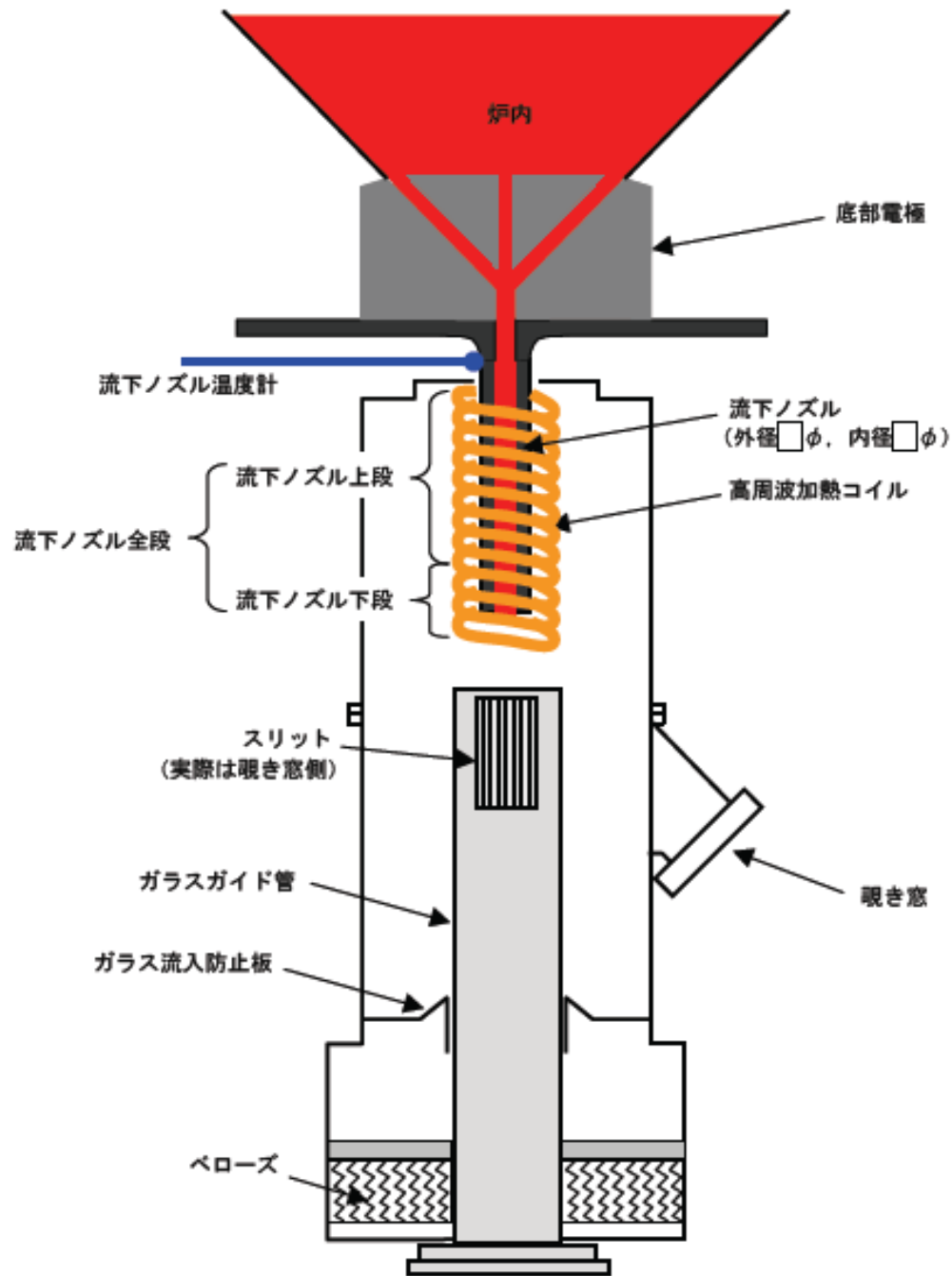
# 400kg流下するはずが、数百gで停止

- ・12:00 廃液供給開始 ⇒主-主通電
- ・18:00 主-底部電極間通電開始
- ・19:23 結合装置とガラス固化体容器の結合
- ・20:00 高周波加熱 流下/スル上段加熱開始
- ・21:00 同 流下/スル前段加熱開始
- ・21:11 ガラス流下を確認
- ・21:43 流下の継続が確認できなかったため、緊急流下停止措置
- ・21:46 主-底部電極間通電を停止

・炉内に12倍分  
(4800kg)の  
ガラス

・6月17日から  
熱上げ運転



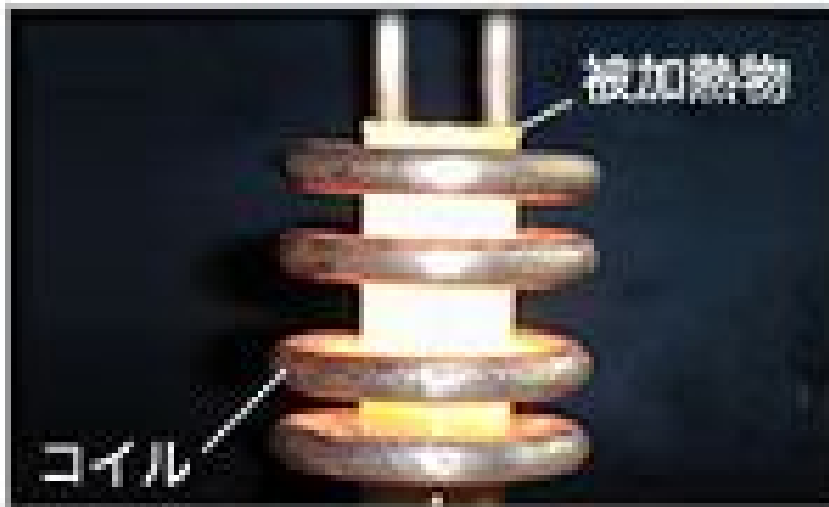


### 調査：流下ノズルの加熱性の確認

- ・流下ノズルの加熱状態において、流下ノズルの発光及び結合装置内部の発光は確認できなかった。
- ・また、昇温性のデータから、流下ノズルの加熱性に過去のデータとの有意な差は見られなかった。

高レベル廃液ガラス固化設備の概要図（結合装置概要図）

## 高周波誘導加熱の原理



### 誘導加熱の原理

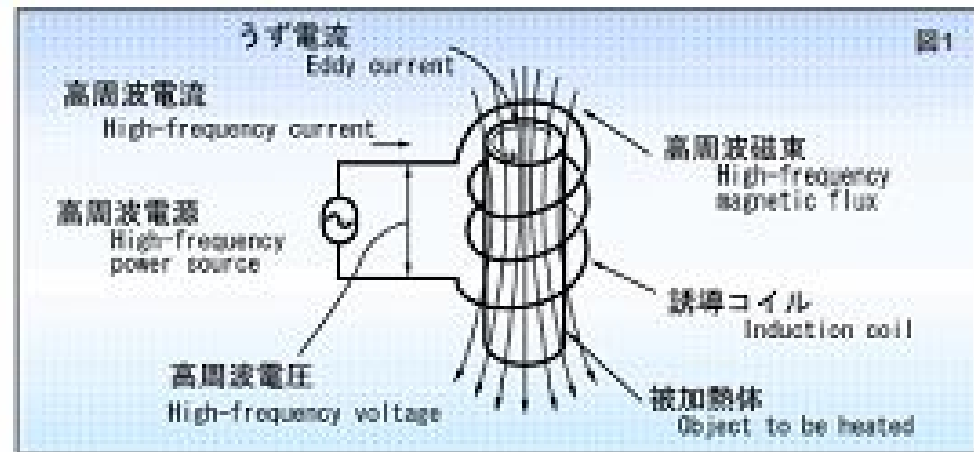


図2. 前回第1バッチ(A01)と今回の比較

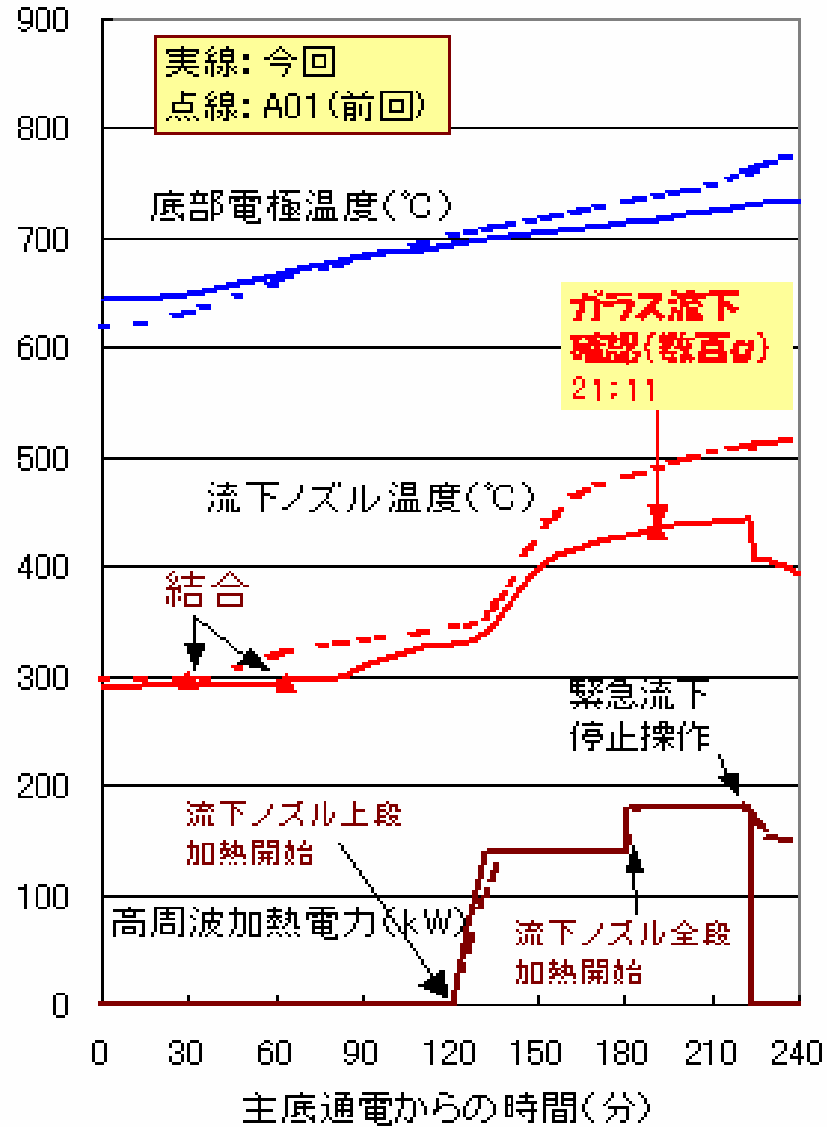
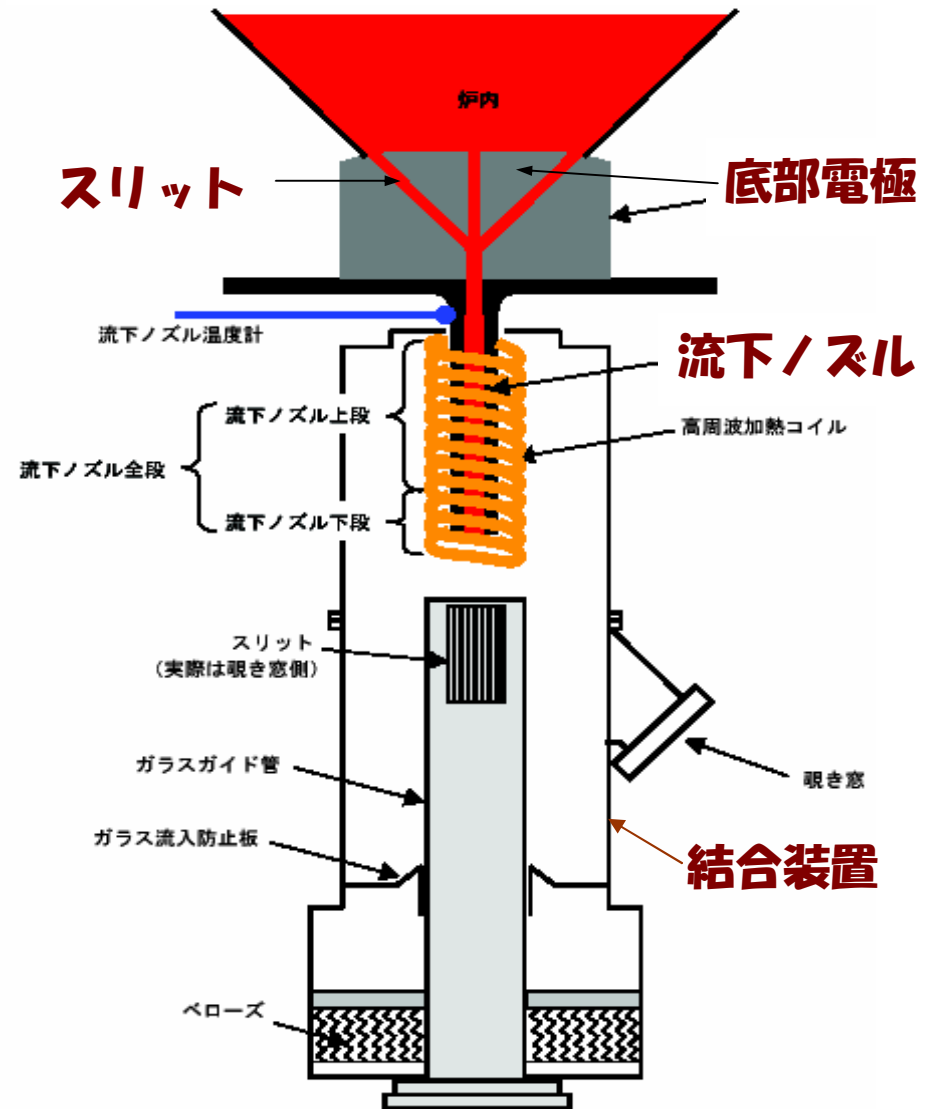
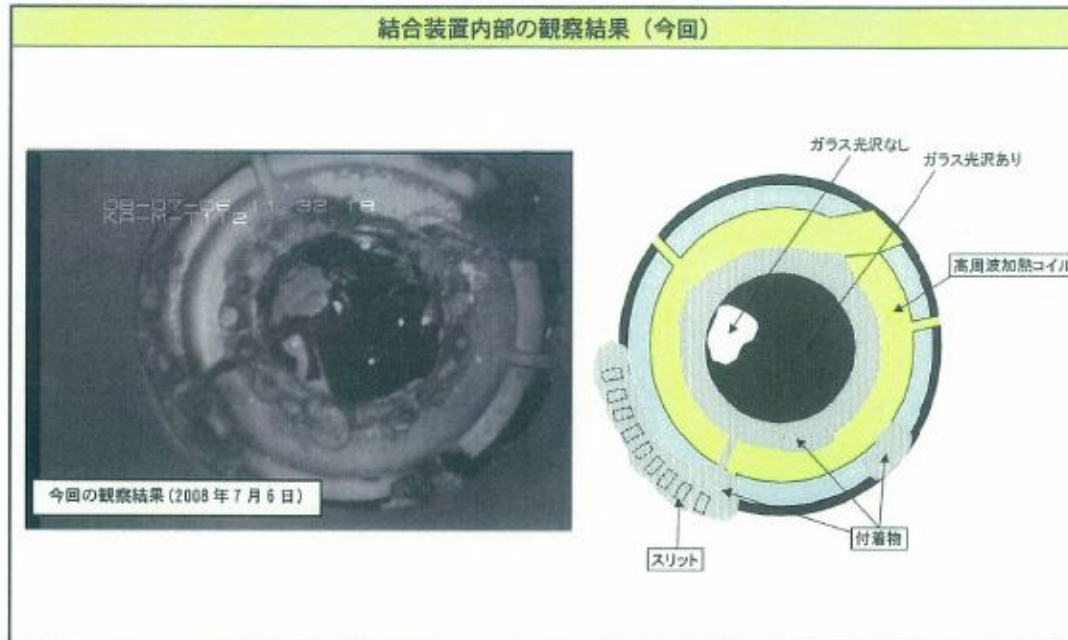


図3. 流下ノズルと底部電極

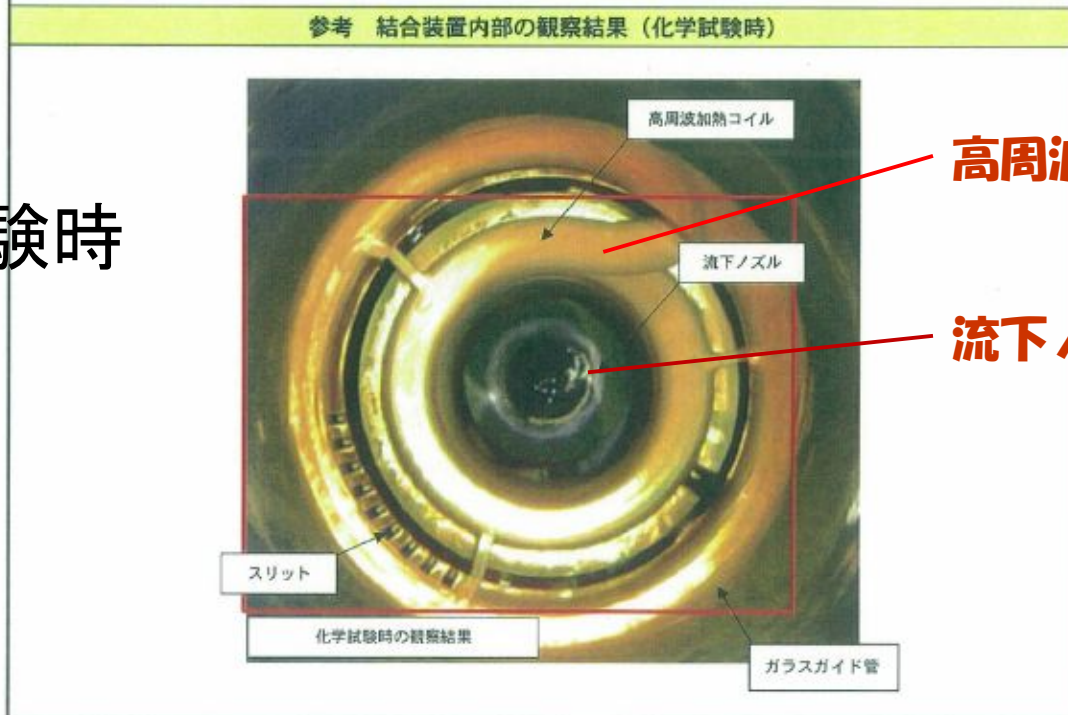


注: 第2図は経過報告の10頁のグラフと8頁の時系列を基に、主—底部電極間通電開始時から240分までの時間経過をまとめたもの。

今回

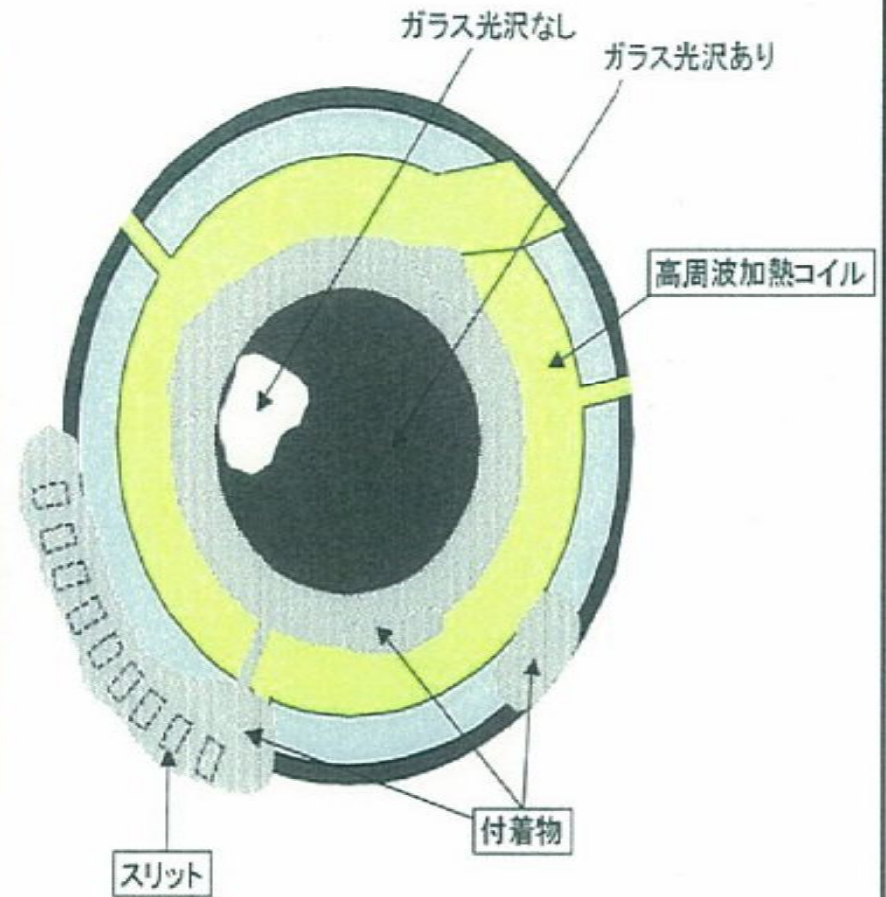
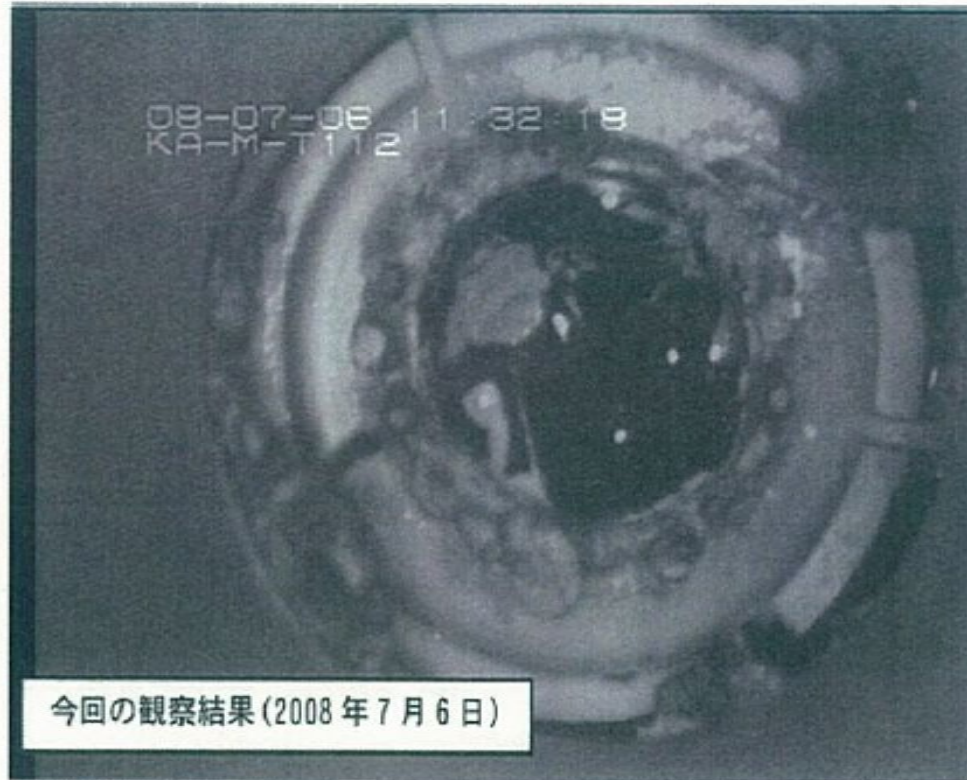


化学試験時



結合装置内の状況確認結果

# 結合装置内部の観察結果 (今回)



# 数百グラム流下した後に流下停止 は何を意味するか

- 流下ノズル内のガラス重量はおよそ数百グラムに相当
- 炉内底部から何かが降りてきて流下ノズル内を満たしたところに停止したのではないか



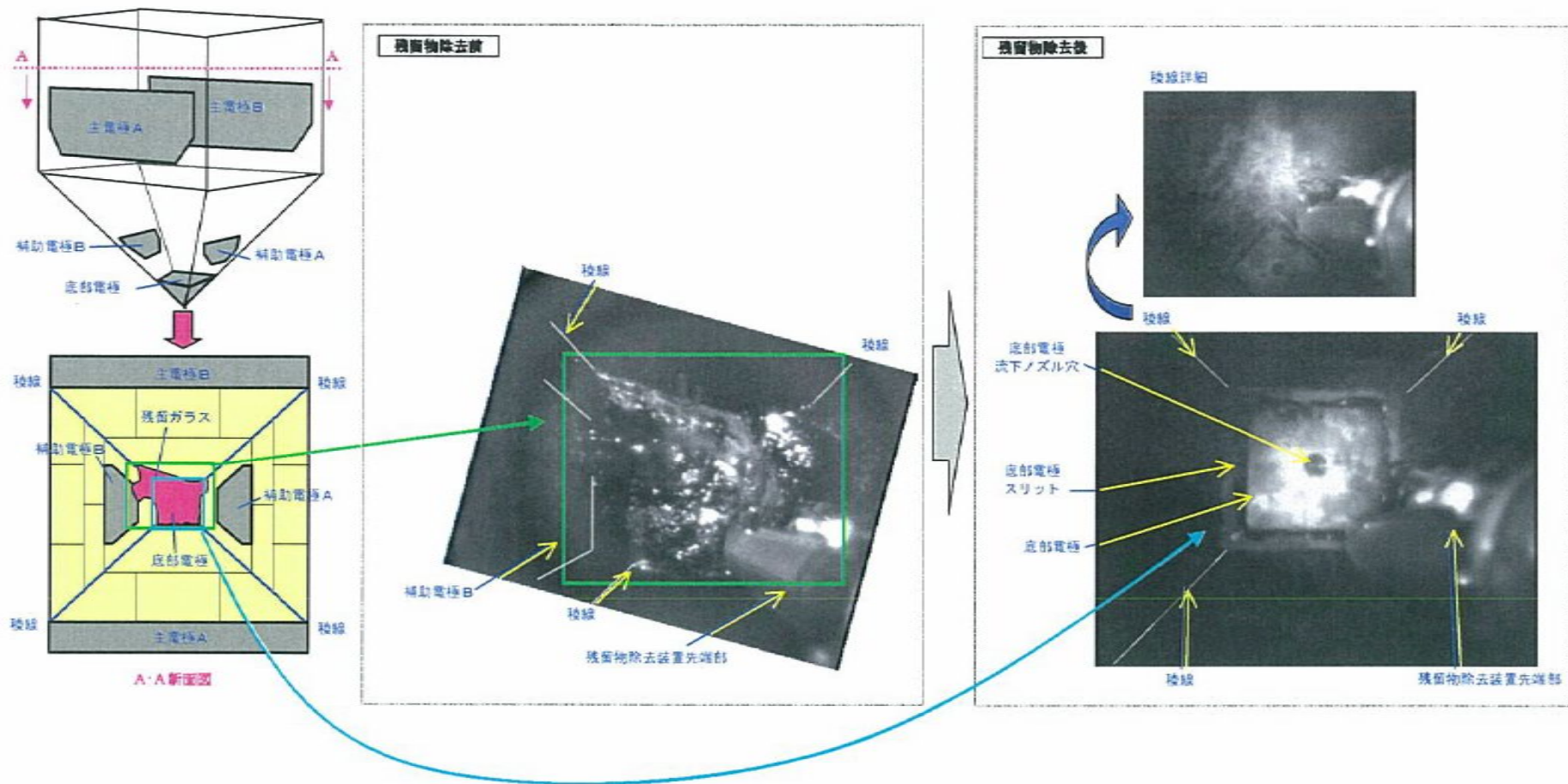


**A溶融炉の炉内はどうなっている**

**白金族が堆積した経歴**

をもつA溶融炉の実態

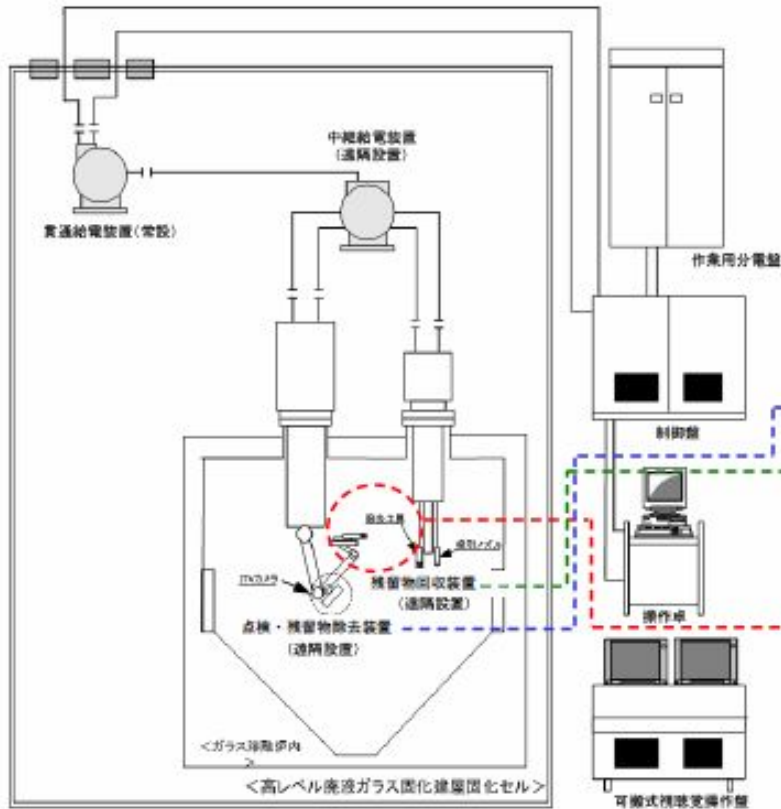
**白金族は除去できていたのか**



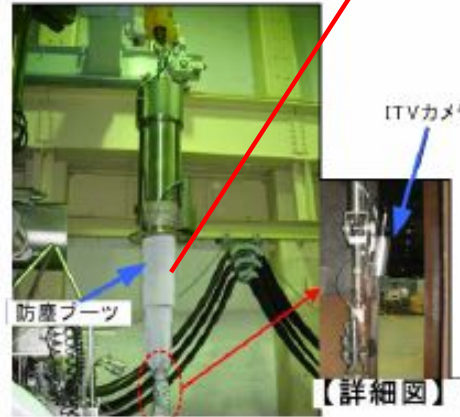
図—28 炉内残留物除去後の炉内観察結果

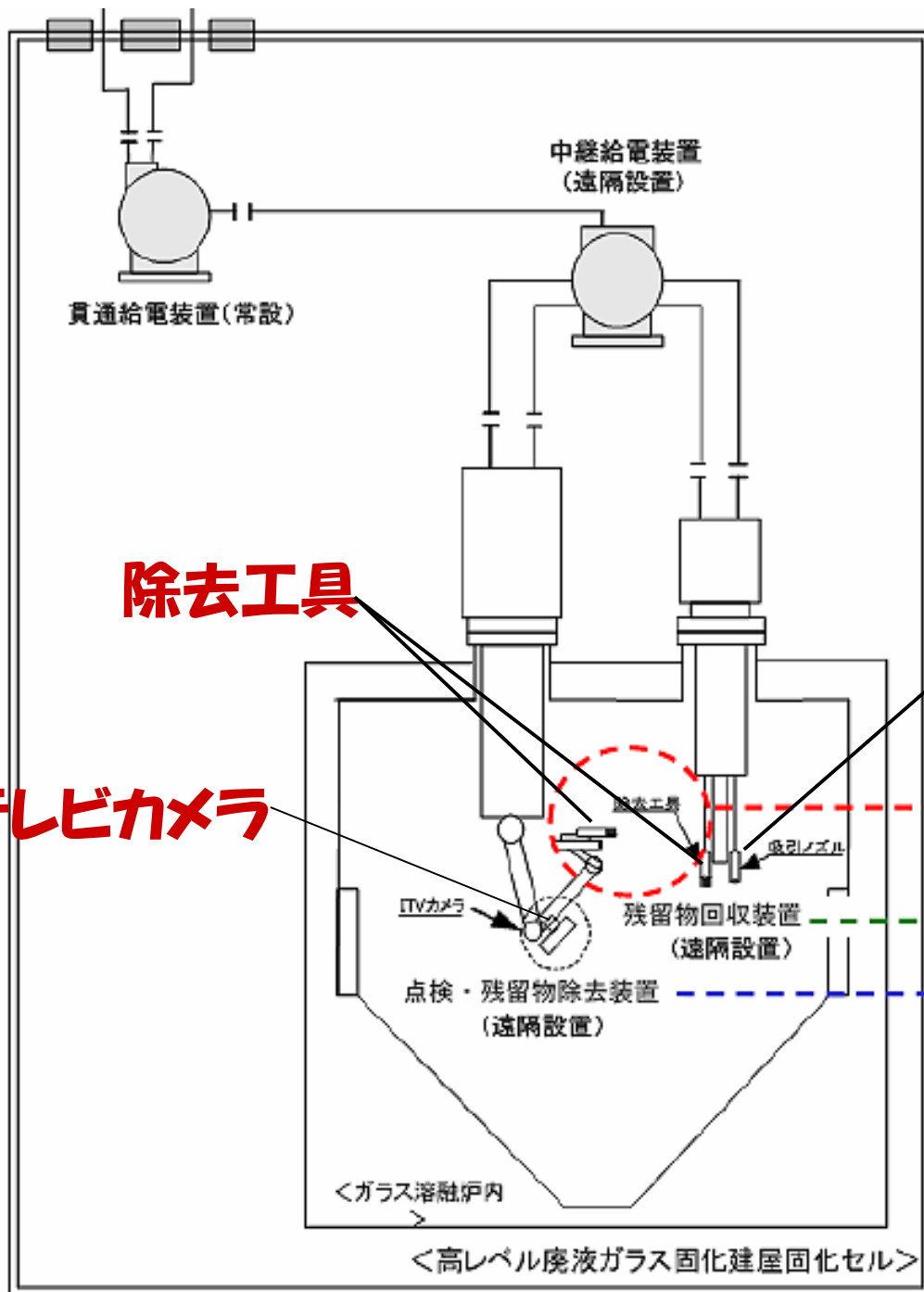
# 点検・残留物除去装置概要

## 防塵ブーツ



\* 本図は、炉内廃液物除去作業時における各装置類の配置を示す。
   
 —●— 遠隔→近接接続    —●— 電力配線
   
 —●— 制御→制御    —●— 排気配管





ニードル  
スケーラ



エアチップ

除去工具

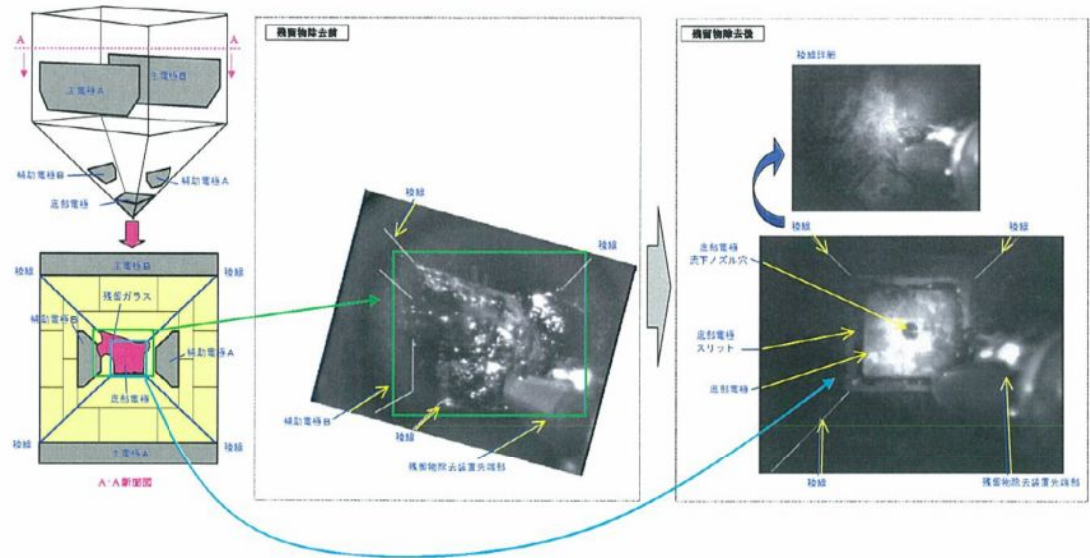
吸引ノズル

テレビカメラ

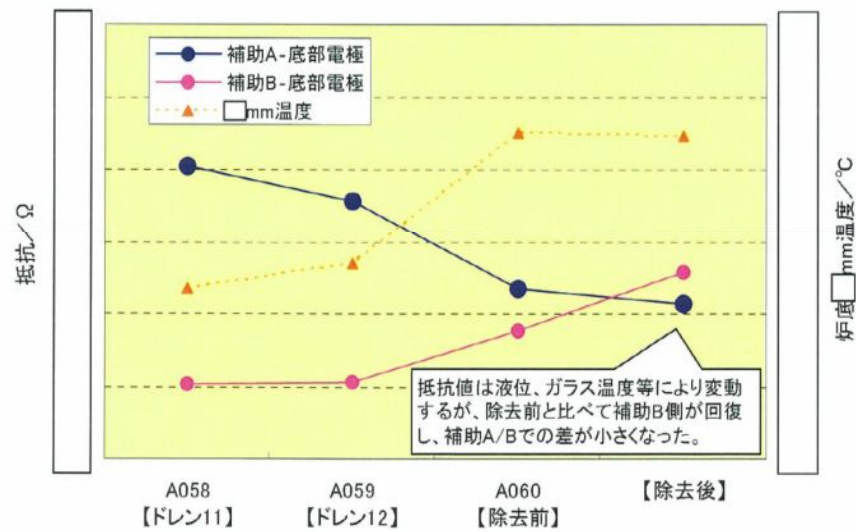


吸引ノズル

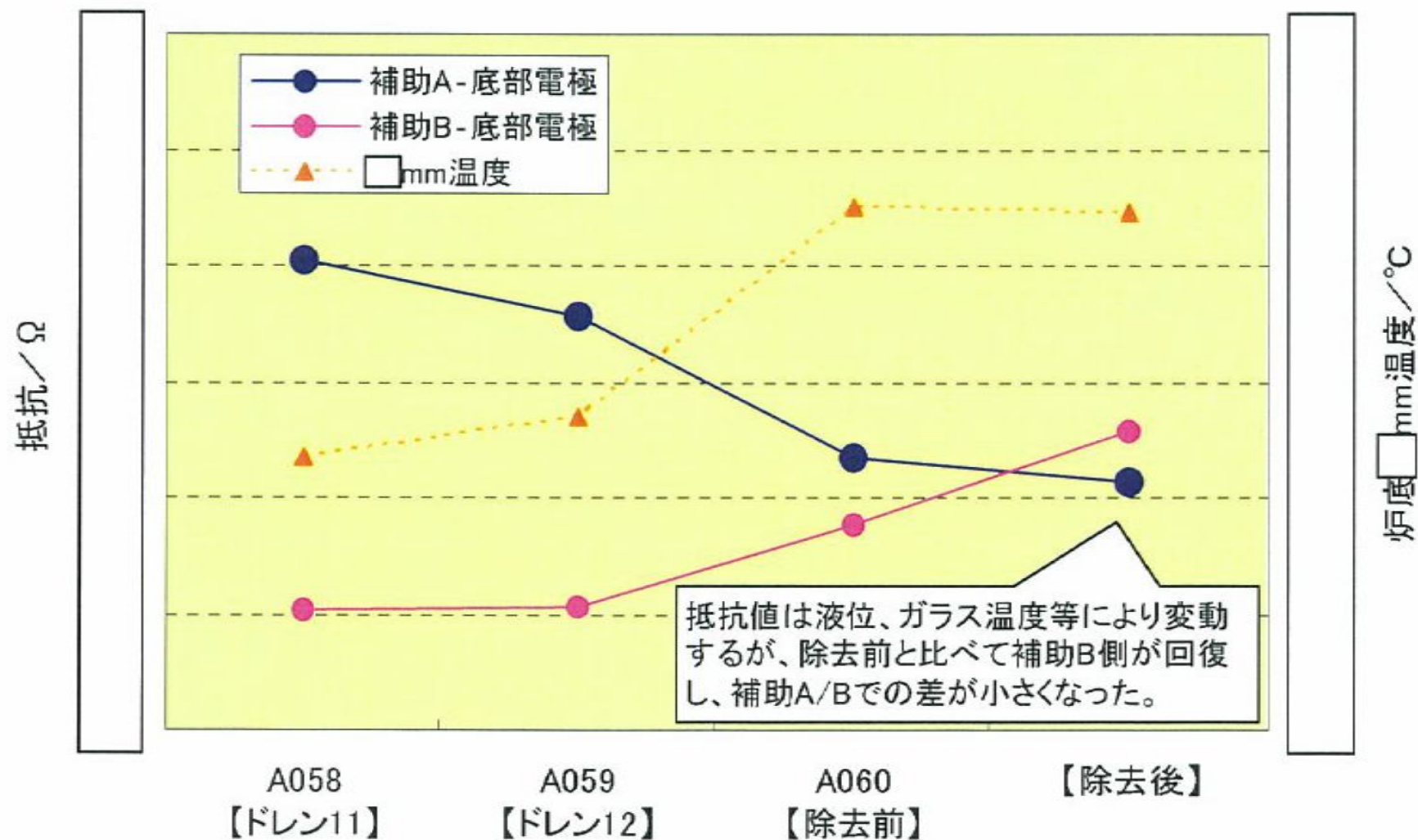
除去工具



図—28 炉内残留物除去後の炉内観察結果



図—29 炉内残留物除去前後における補助電極 A/B—底部電極間抵抗



図—29 炉内残留物除去前後における補助電極 A/B—底部電極間抵抗

## A 溶融炉の経歴

- 07.11.4 ガラス固化開始
- 07.12.27 ガラス固化停止
- 08.2.14 安全小委で安定な運転方法を具体的に示すよう宿題
- 08.3.25 白金族の除去作業終了
- 08.4.7 炉の加熱開始、
- 08.4.14～ 1体分の原料ガラスを溶融し、電気抵抗測定  
→**4. 18に1体分の流下作業**
- 08.5.15 排風機の故障で溶融炉の運転停止—いつから運転？
- 08.6.11 運転方針を含む報告書提出
- 08.6.17 **溶融炉の熱上げ運転再開**—試験再開のための準備
- 08.6.30 安全小委で保安院見解了承

# 流下停止の推理

- ◆ 炉底部のスリット内に存在した白金族(削り塵をも含む)が熱上げ運転の過程で炉底部に沈降した可能性がある
- ◆ 流下ノズル内のガラスが抜けた後に白金族が入り込んだ可能性がある
- ◆ 高周波加熱コイルによって流下ノズルの管に誘導される渦電流が白金族を流れ流下ノズル内の温度が低下して、流下が停止した可能性がある



# 現在は流下 / スル周辺のみ調査

- 流下 / スル内をていねいに調査せよ
- 炉内の特に底部のスリット内がどうなっているか  
ていねいに調査せよ
- 炉内に存在するはずなので白金族の削り屑・塵を  
調査せよー低い抵抗値の評価は？

★すべての調査結果を公表せよー特に成分、  
白金族の実態

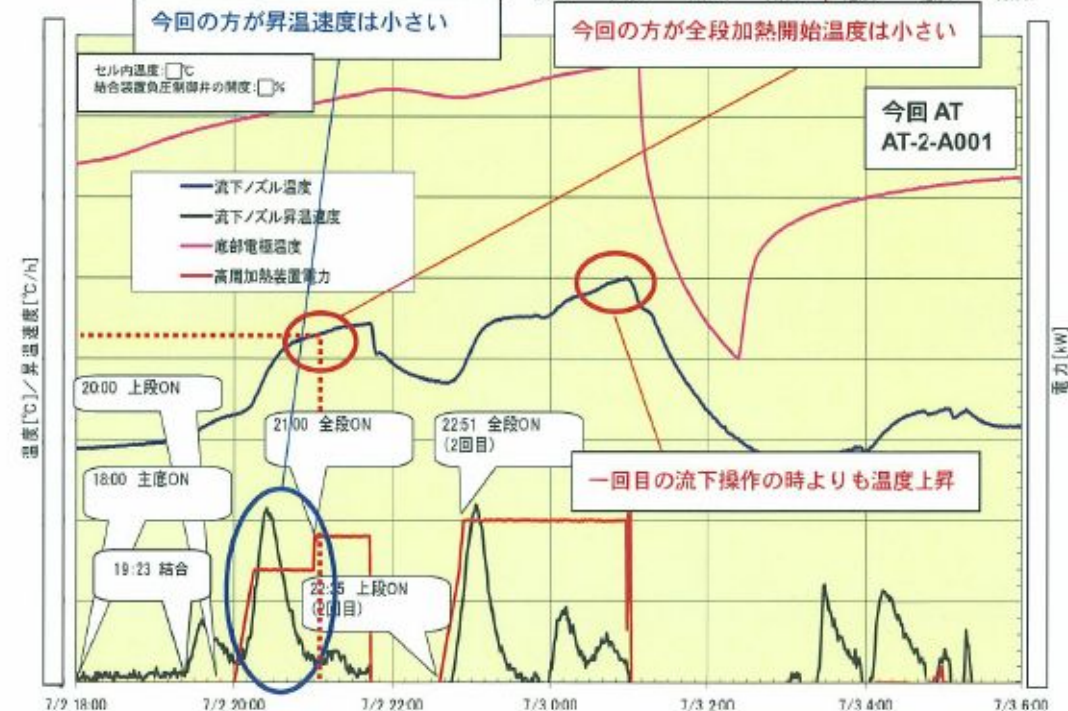
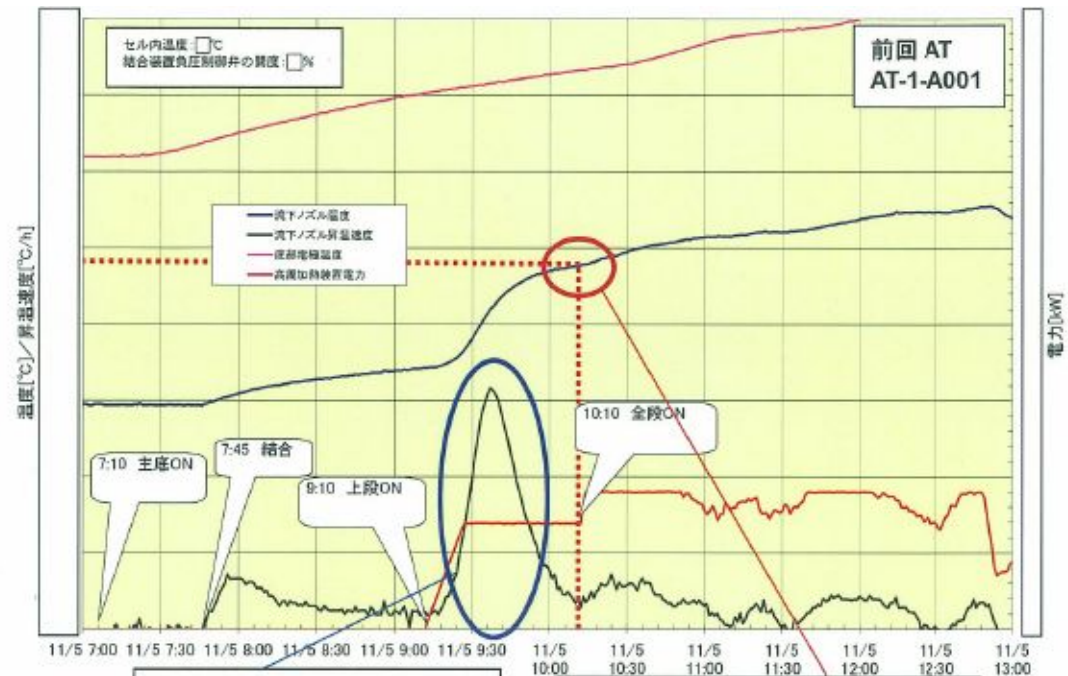
★新たな故障関係委員会を含めてすべての  
会議を公開せよ

# 原子力安全・保安院

事故・故障－防災関係  
委員会

核燃料サイクル安全小委員会

再処理ワーキンググループ  
(非公開)



流下ノズルの昇温性比較



# おそまつーその1

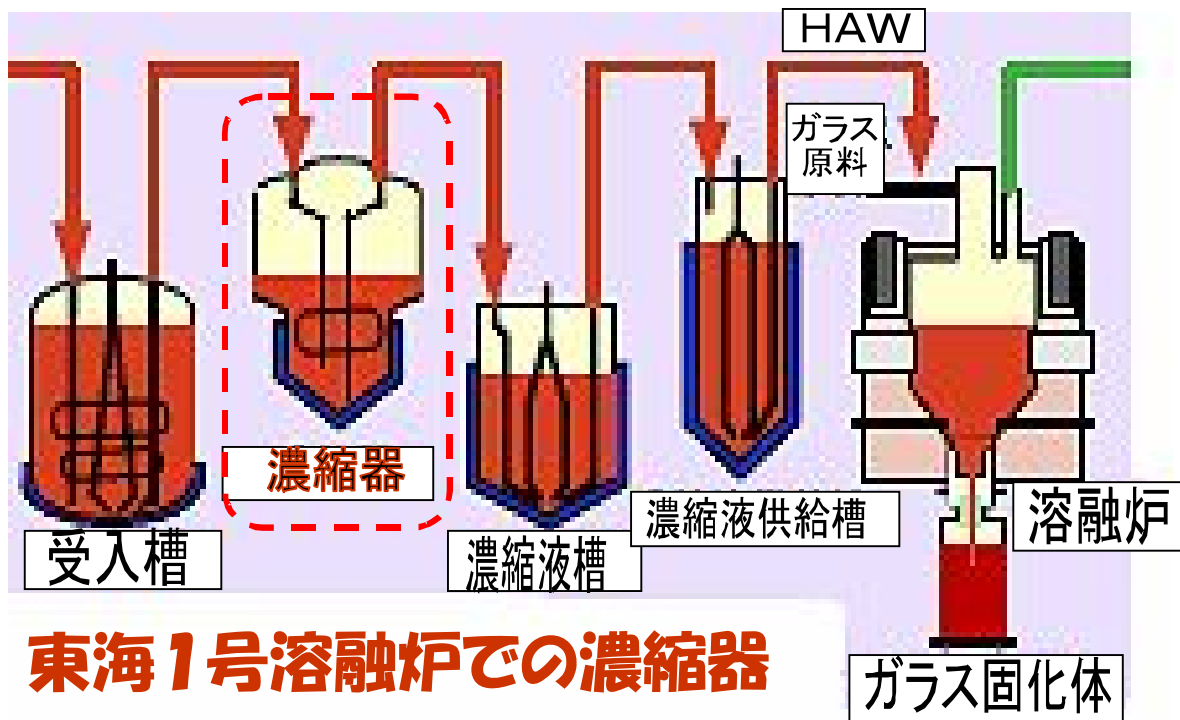
- 放射能を含まない模擬廃液による試験  
(コールド試験)で運転基準確立  
⇒実廃液(放射能を含む)による試験に当てはめて失敗

—**放射能が熱を出すことを忘れていた**

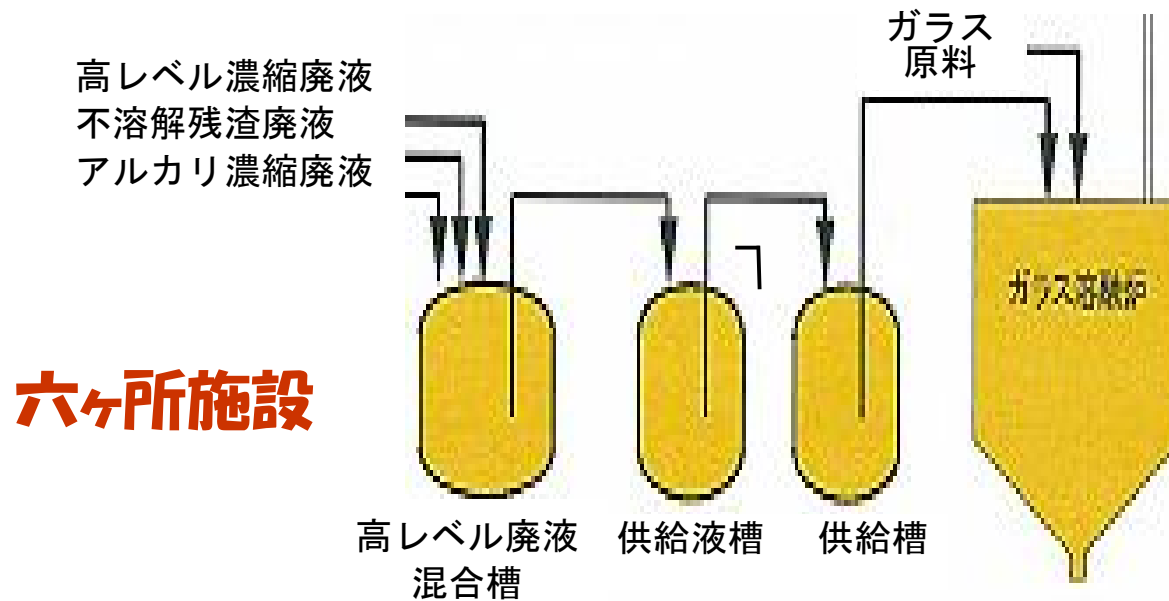
## おそまつーその2

- **実廃液の濃度が低すぎて  
うまく行かないことが判明**

**一廃液の濃縮器を、コストを理由に設計段階で省略していた**



## 東海1号溶融炉での濃縮器



## 六ヶ所施設

## おそまつーその3

- ・ **いまの溶融炉でもガラス固化可能な廃液を合成**

**ーそれをガラス固化する**

**⇒ガラス固化体の本数が増える**



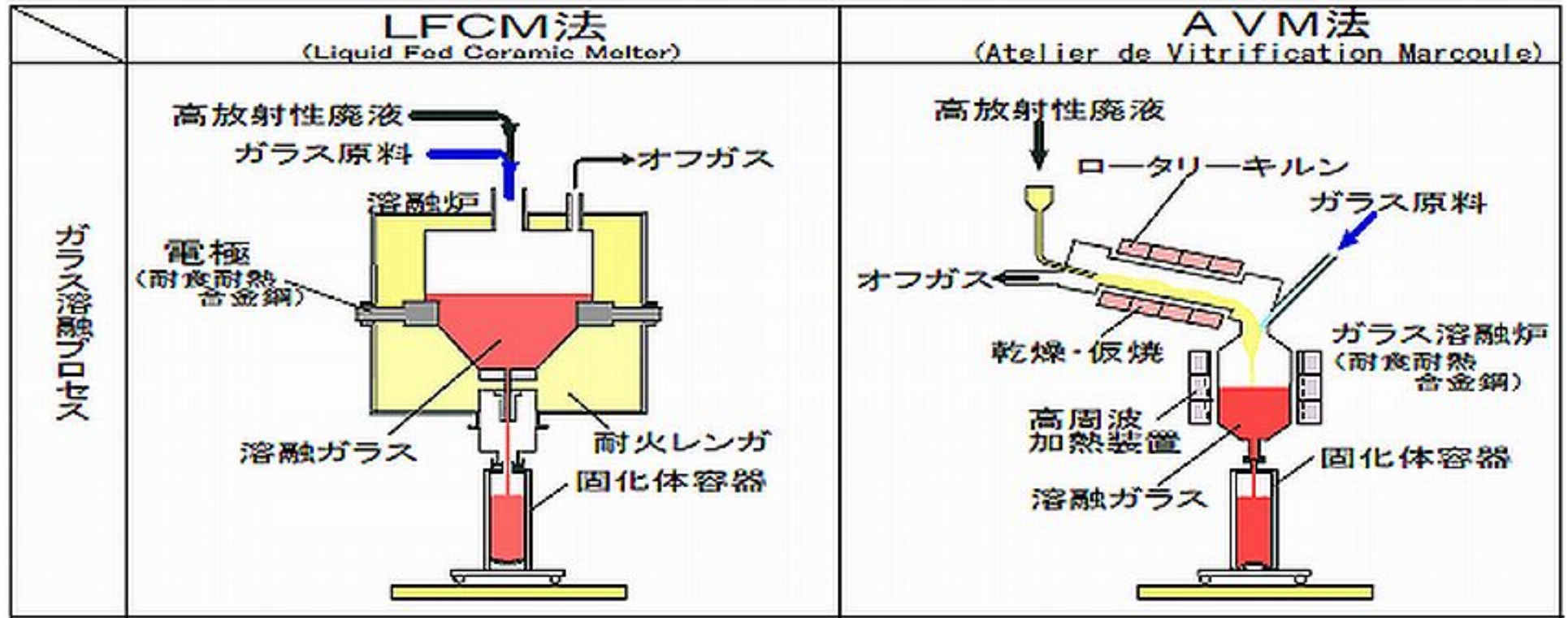
## おそまつーその4

- **白金族問題が露呈しない範囲に、試験の固化体本数を抑える**

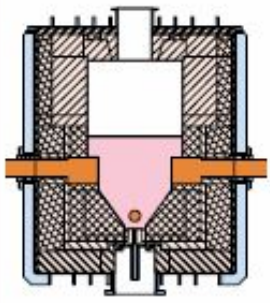

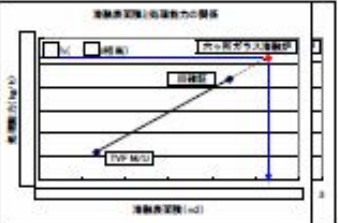
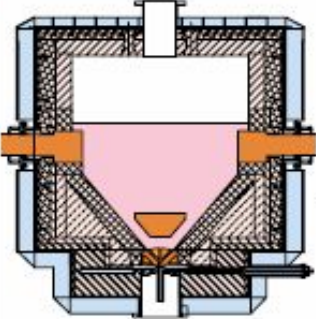

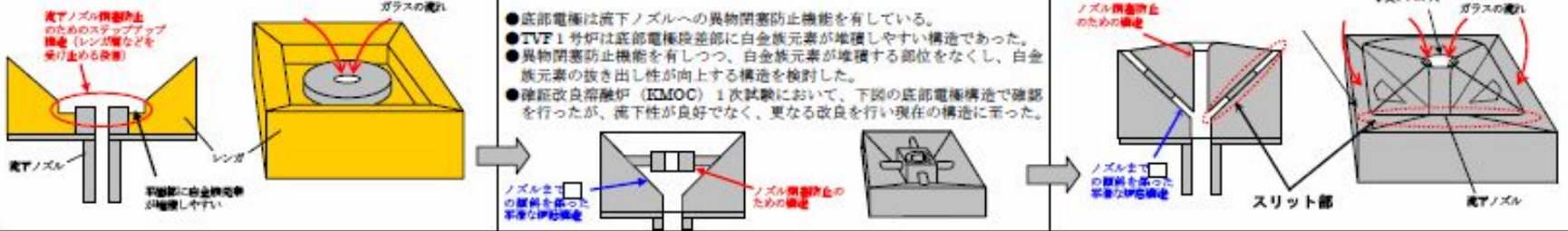
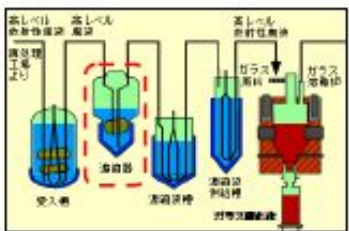
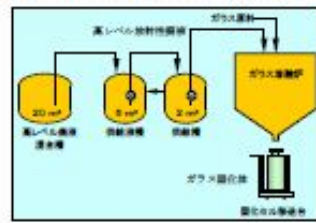
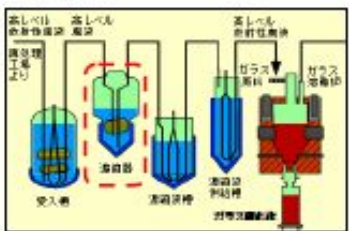
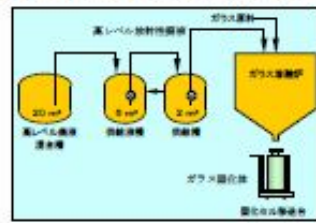
## 本質的なおそまつ

- 白金族の沈降・堆積を防ぐ手はないことを認める

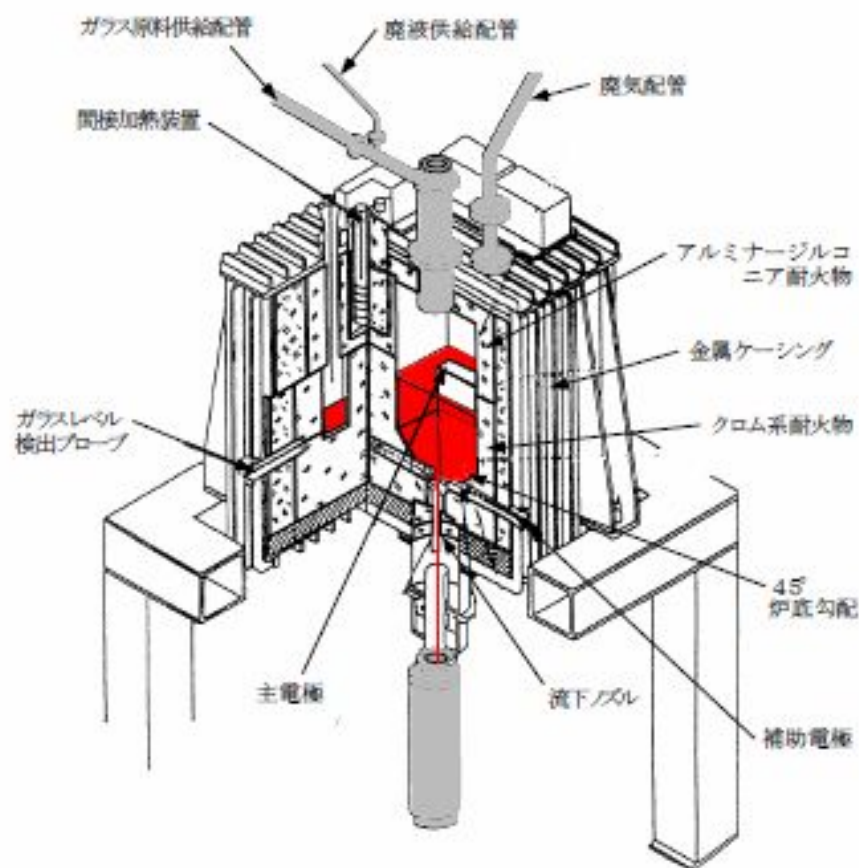
# フランス方式との比較



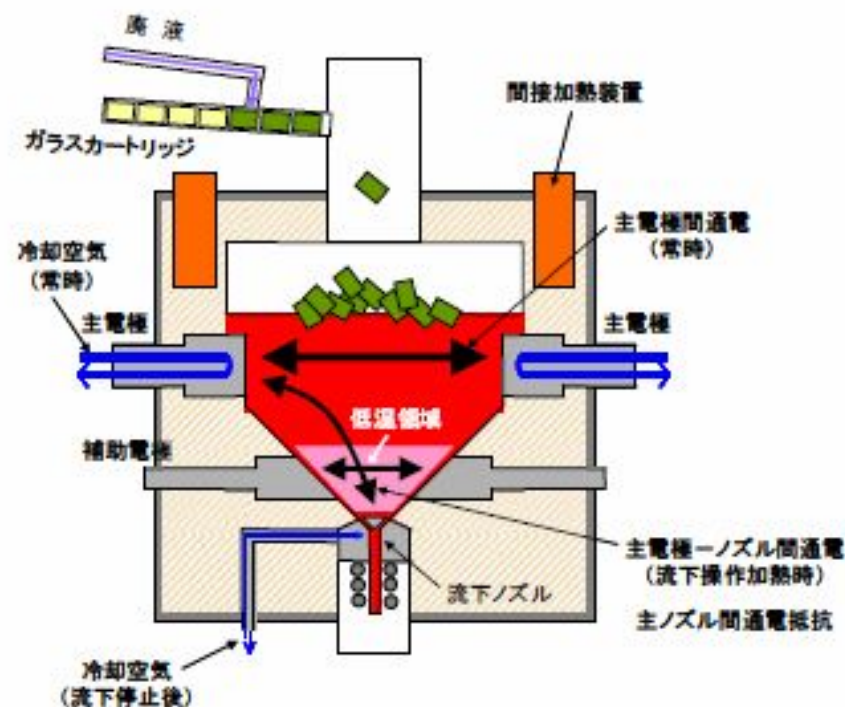
TVFからの設計導入

		TVF (1号炉)	TVFから当社ガラス溶融炉への変更の考え方	当社 (1号炉)																										
溶融表面積・ガラス原料	溶融炉構造	 <p><b>溶融表面積</b> 0.66m<sup>2</sup> ケーシング寸法 約1.97W×1.9D×2.5H (m) <b>ガラス保持量</b> MAX約880kg <b>腐液処理能力</b> 0.35m<sup>3</sup>/day <b>ガラス原料</b> ガラスカートリッジ100% (下写真参照)</p>  <p>ガラスカートリッジ 約φ70mm×70mm</p>	<p>●LFCM (液体供給式直接通電型セラミックメルト) 方式のガラス溶融炉の処理能力は溶融表面積に依存し、ほぼ比例の関係にあることがTVF溶融炉開発の過程で確認された。これに基づき当社ガラス溶融炉向けの確認試験炉初号機である旧確認溶融炉の表面積 (□m<sup>2</sup>) が設定され、最終的にこの旧確認溶融炉の結果も反映し、K施設ガラス溶融炉の溶融表面積□m<sup>2</sup>を設定した。(下図参照)</p>  <p>●処理能力向上のためガラスカートリッジ100%ではなく、ガラスビーズとの併用 (ビーズ30%) 又はガラスビーズ100%とした。その後KMOCを実施する中で、処理能力及びコスト面で優位なガラスビーズ100%のみの運転とした。</p>	 <p><b>溶融表面積</b> □m<sup>2</sup> ケーシング寸法 W2.95m×D3.08m×H2.77m <b>ガラス保持量</b> MAX約4800kg <b>腐液処理能力</b> 約70L/h <b>ガラス原料</b> ガラスビーズ100% (下写真参照)</p>  <p>ガラスビーズ 約φ2mm</p>																										
		<p>●底部電極は落下ノズルへの異物閉塞防止機能を有している。 ●TVF 1号炉は底部電極投送部に白金族元素が堆積しやすい構造であった。 ●異物閉塞防止機能を有しつつ、白金族元素が堆積する部位をなくし、白金族元素の吹き出し性が向上する構造を検討した。 ●確認改良溶融炉 (KMOC) 1次試験において、下記の底部電極構造で確認を行ったが、落下性が良好でなく、更なる改良を行い現在の構造に至った。</p> 	<p>●濃縮器あり ●濃縮方法: 溶融炉に供給する腐液の濃度が一定となるよう濃縮を行う。</p> 	<p>●濃縮器なし ●使用済燃料の燃焼度、上流建屋の運転状態によりK施設に受け入れる腐液濃度は変動 ●変動する腐液濃度に応じて溶融炉の運転方法を変更</p> 																										
腐液処理量・供給プロセス	供給プロセス	<p>●濃縮器あり ●濃縮方法: 溶融炉に供給する腐液の濃度が一定となるよう濃縮を行う。</p> 	<p>概念設計当時の判断 [昭和63年当時]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価項目</th> <th colspan="2">評価</th> <th rowspan="2">非濃縮の選定根拠</th> </tr> <tr> <th>濃縮</th> <th>非濃縮</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>機能</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>溶融炉で十分な処理能力が確保されるので減容機能は不要。従って、濃縮器がなくとも機地上特に問題は無い。</td> </tr> <tr> <td>信頼性</td> <td>△</td> <td>◎</td> <td>濃縮操作がないので運転上、耐食性の両面で信頼性が高い。保守対象も削減できる。</td> </tr> <tr> <td>操作性</td> <td>△</td> <td>◎</td> <td>濃縮器がないのでメンテナンスかつ確実な運転が可能。</td> </tr> <tr> <td>経済性</td> <td>△</td> <td>◎</td> <td>濃縮器周りの機器が削減される上、セル配置スペースも減少する。</td> </tr> <tr> <td>実績</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>国外に非濃縮プロセスの採用実績あり</td> </tr> </tbody> </table> <p>上記評価の結果、濃縮プロセスは運転操作が複雑となり、コストアップ要因が多いことから非濃縮プロセスを採用した。</p>	評価項目	評価		非濃縮の選定根拠	濃縮	非濃縮	機能	○	○	溶融炉で十分な処理能力が確保されるので減容機能は不要。従って、濃縮器がなくとも機地上特に問題は無い。	信頼性	△	◎	濃縮操作がないので運転上、耐食性の両面で信頼性が高い。保守対象も削減できる。	操作性	△	◎	濃縮器がないのでメンテナンスかつ確実な運転が可能。	経済性	△	◎	濃縮器周りの機器が削減される上、セル配置スペースも減少する。	実績	○	○	国外に非濃縮プロセスの採用実績あり	<p>非濃縮プロセス</p> 
評価項目	評価		非濃縮の選定根拠																											
	濃縮	非濃縮																												
機能	○	○	溶融炉で十分な処理能力が確保されるので減容機能は不要。従って、濃縮器がなくとも機地上特に問題は無い。																											
信頼性	△	◎	濃縮操作がないので運転上、耐食性の両面で信頼性が高い。保守対象も削減できる。																											
操作性	△	◎	濃縮器がないのでメンテナンスかつ確実な運転が可能。																											
経済性	△	◎	濃縮器周りの機器が削減される上、セル配置スペースも減少する。																											
実績	○	○	国外に非濃縮プロセスの採用実績あり																											

# TVF溶融炉の概要



TVF2号溶融炉鳥瞰図



- ・溶融炉底部のガラスを低温に維持  
ガラス粘性増加による白金族元素  
粒子の沈降を抑制
- ・固化体容器への注入操作・抽出し  
低流速流下による白金族元素抽出し

炉底低温運転概要

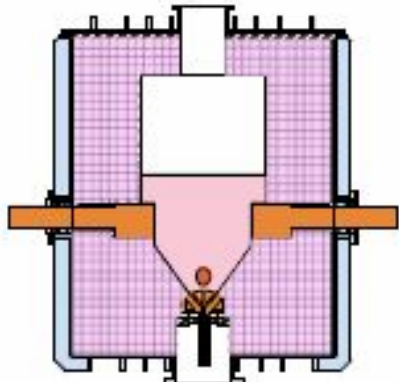
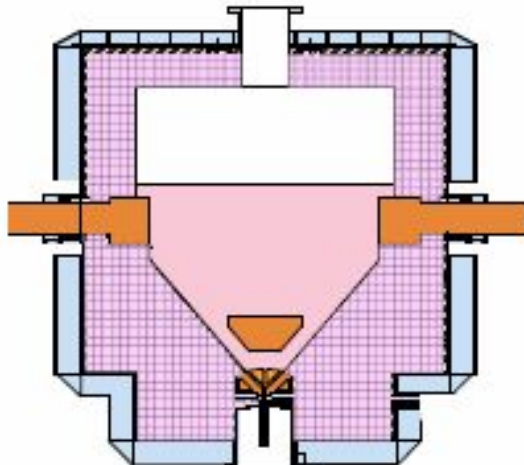
# ガラス熔融炉の比較

## 東海1号

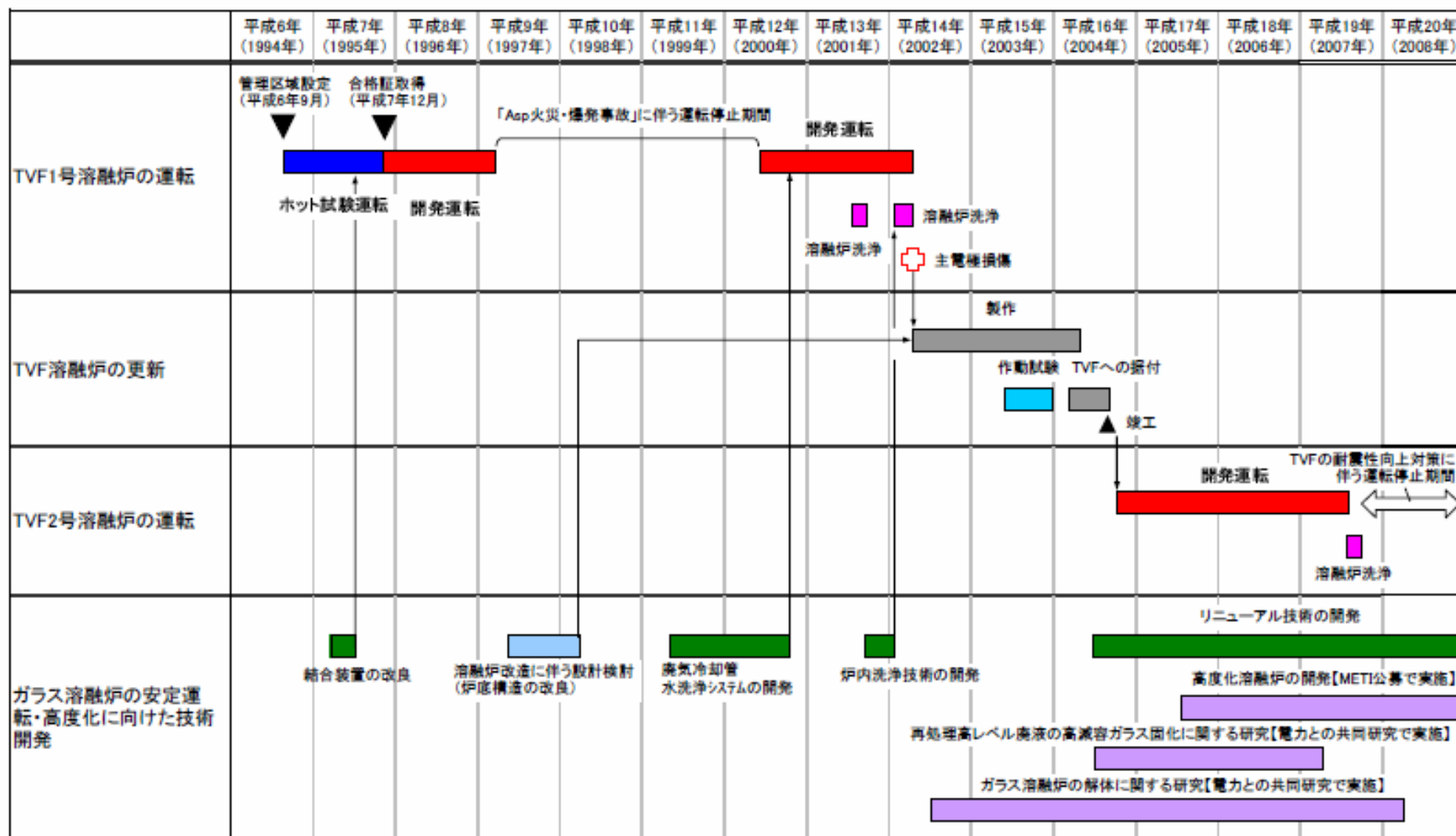
TVF熔融炉

## 原燃炉

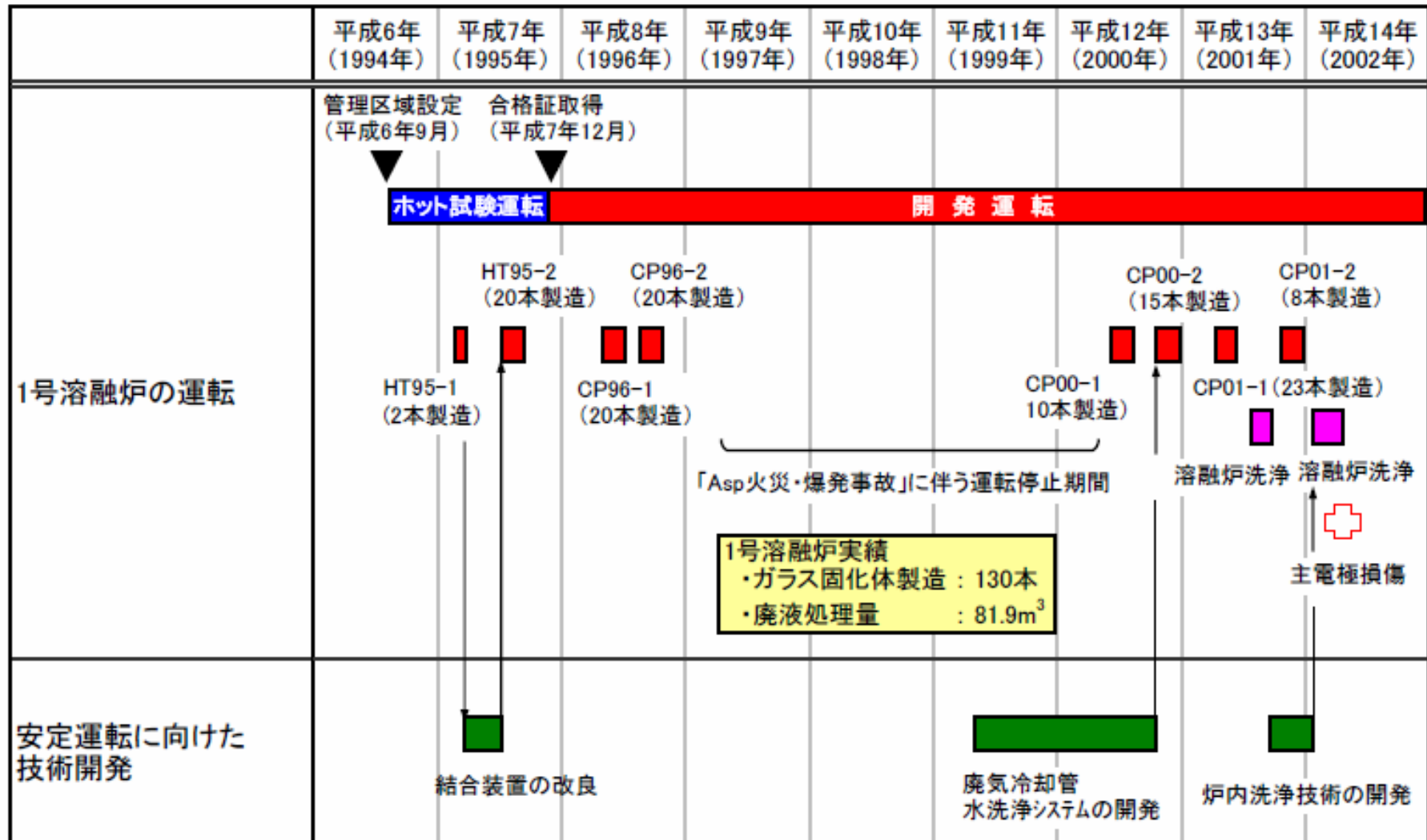
K施設熔融炉

熔融炉構造		
外形寸法	約1.9W × 1.9D × 2.3H (m)	約2.9W × 3.1D × 2.8H (m)
ガラス原料	ガラスカートリッジ	ガラスビーズ
廃液処理能力	0.35m <sup>3</sup> /day (約48hr/バッチ)	約70ℓ/hr
ガラス保持量	約880kg (ガラス固化体約3本分相当)	約4800kg <b>5.5倍</b>
キャニスタ	ガラス重量: 約300kg、容量: 約110ℓ 外形: 430mm φ × 1040mmH	ガラス重量: 約400kg、容量: 約150ℓ 外形: 430mm φ × 1340mmH

# TVF完成後から現在までのガラス固化技術開発全体概要



# TVF1号熔融炉の運転実績





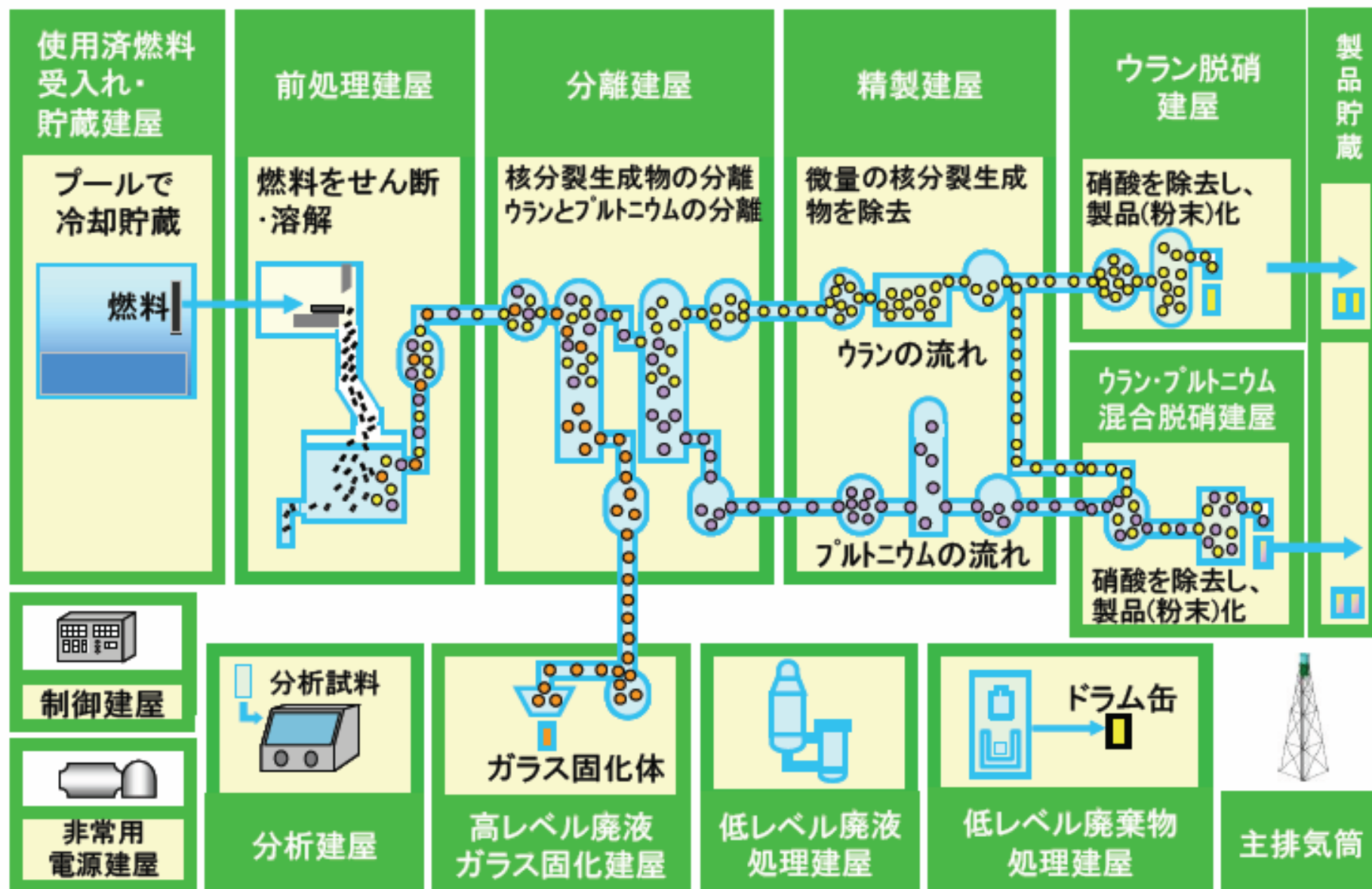


# 高レベル濃縮廃液貯槽

## 地盤のズレによる配管の破壊

- ・冷却機能の喪失⇒沸騰
- ・水素掃気の喪失⇒爆発

# 再処理施設全体工程





# 高レベル濃縮廃液貯槽

容量160m<sup>3</sup> 貯槽:  
**100万kW級原発**  
**約2基分の放射能**

高レベル濃縮廃液入口

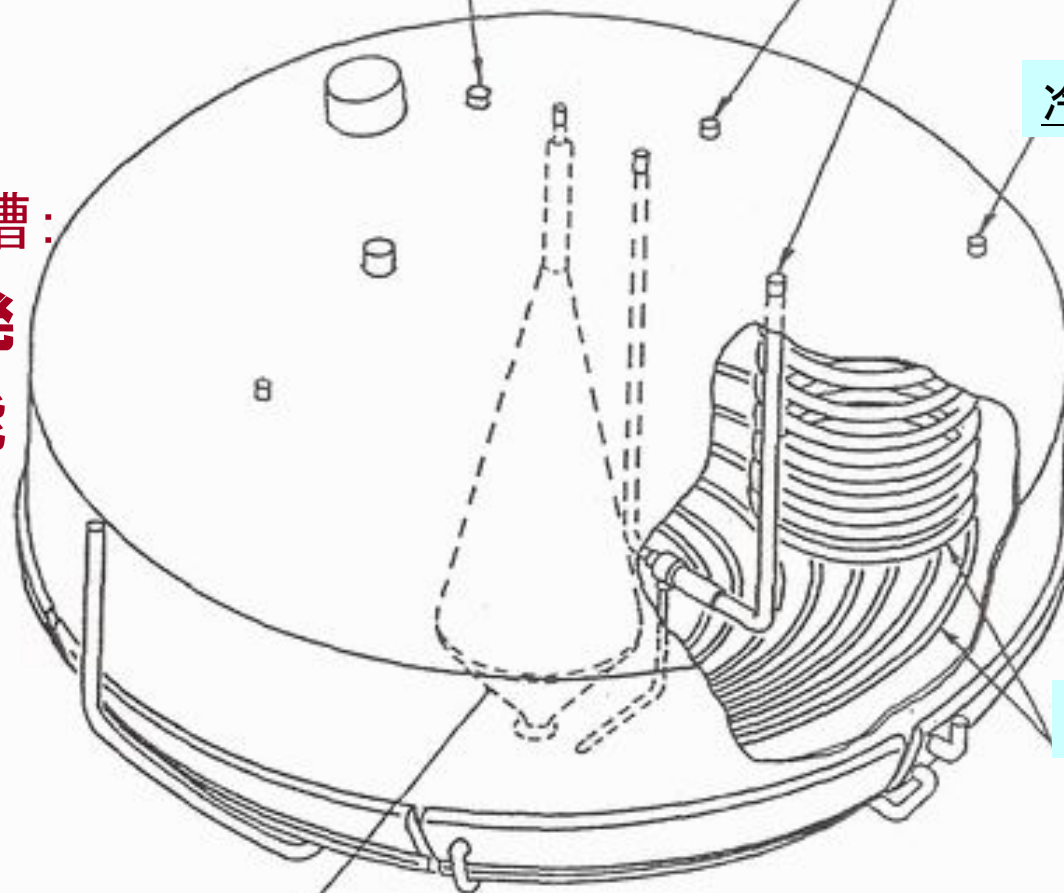
冷却水入口

高レベル濃縮廃液出口

冷却水出口

冷却コイル

かくはん装置



# 高レベル濃縮廃液貯槽 - 冷却系

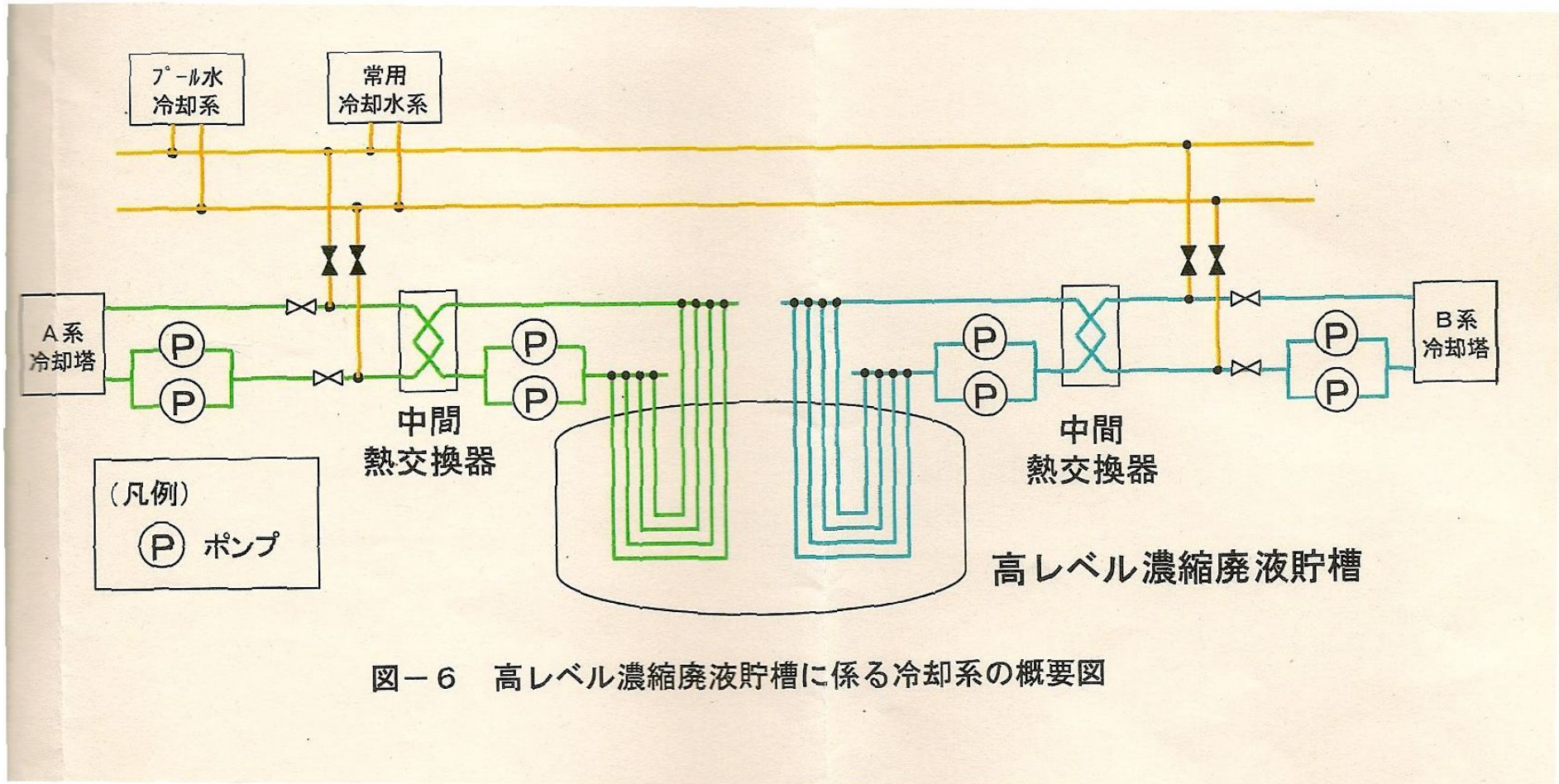
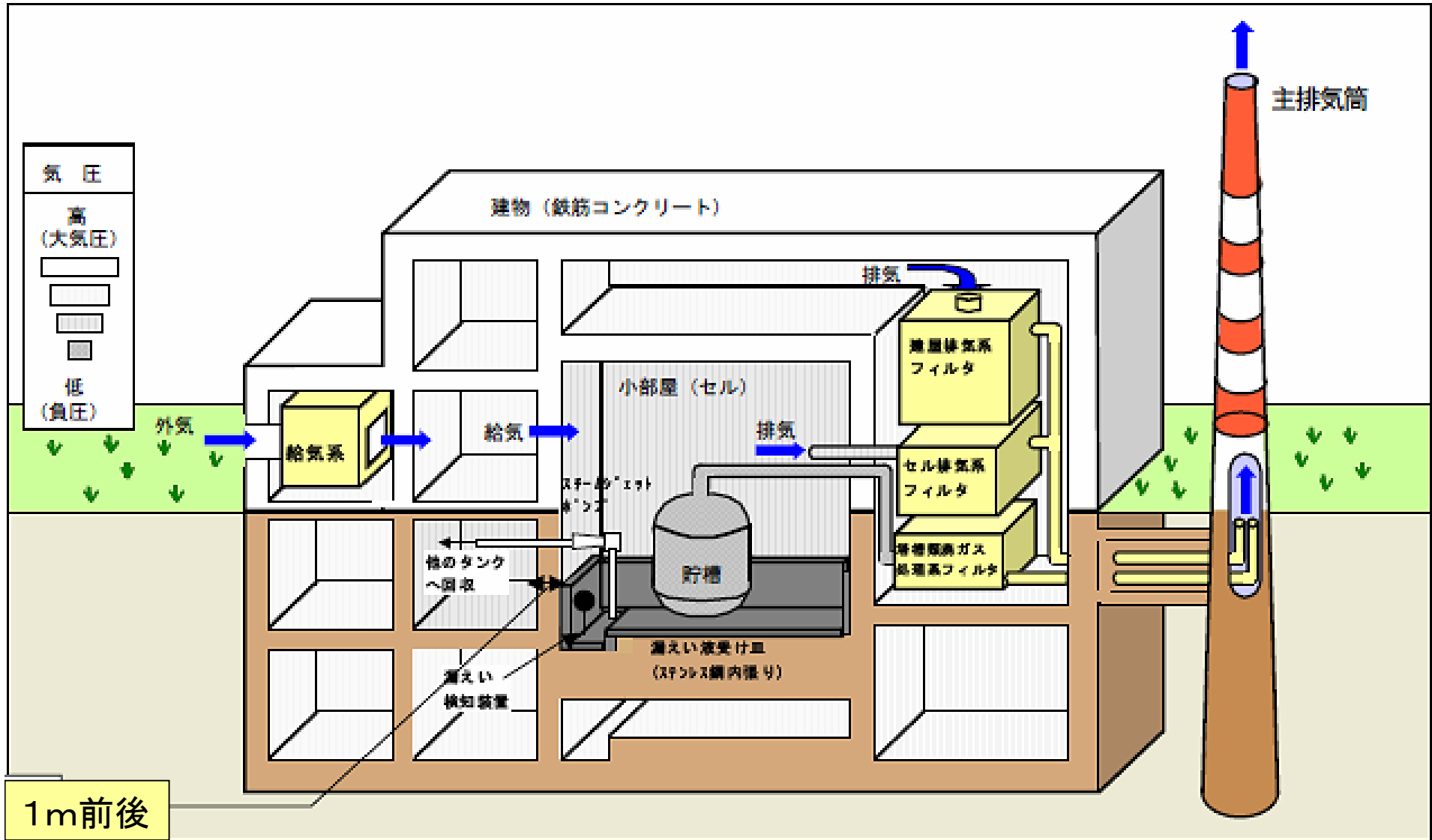


図-6 高レベル濃縮廃液貯槽に係る冷却系の概要図



気圧  
高  
(大気圧)  
低  
(負圧)

建物 (鉄筋コンクリート)

小部屋 (セル)

主排気筒

給気系

給気

排気

建屋排気系  
フィルタ

セル排気系  
フィルタ

有害揮発ガス  
処理系フィルタ

スチールネット

貯槽

他のタンク  
へ回収

漏えい  
検知装置

漏えい受け皿  
(スチール網内張り)

1m前後

# 冷却が止ると

- 約15時間程度で沸騰
- 放射能ミストを含む水蒸気で  
フィルター機能喪失



# 水素の掃気が止ると

- 放射線による水の分解で水素発生
- 圧縮空気によって水素を絶えず掃気
- 掃気が止ると1～2時間で水素爆発

⇒  
• 閉じ込め機能の破壊  
• 冷却機能の破壊

