

〈6/8 監視チームにおける議論のまとめ〉

1. 議題1について

- ① ガラス固化技術開発施設(TVF)の耐震性を確保すべき設備について
 - 貯液量制限等の検討

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟

受入槽等の液量管理について

【概要】

- ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟において高放射性廃液貯蔵場(HAW)から高放射性廃液を受け入れる受入槽及び回収液槽については、それらを直接支持している据付ボルトの強度について、実機構造に基づく荷重試験を実施した。
 - ・ 設計地震動が作用した際の発生せん断力は荷重試験の結果から定めた許容荷重を下回り、必要な耐震性が確保できることを示した。
 - ・ しかしながら、機構としてリスクの大きい高放射性廃液を取り扱うという観点を重要視し、更なる耐震裕度を確保するために、貯槽の液量を管理して地震時に発生する荷重を低減する方法を検討した。
 - ・ ガラス固化技術開発施設の運転は、高放射性廃液貯蔵場(HAW)にある高放射性廃液を安定なガラス固化体へ処理し、再処理施設全体のリスク低減を行う重要な作業であることも考慮し、液量管理によってガラス固化処理工程に影響が及ばないよう、これまでの運転におけるタイムチャート等の詳細や運用条件に基づき検討を行った。
- 濃縮器の据付ボルト強度は材料規格に基づく保守的なもので評価し、地震時のせん断荷重が許容荷重を満足していることを確認している。ただし、余裕が少ないことを保守的に考慮し、実際の運転で扱う液量等に基づいて、液量管理による耐震性裕度確保について検討した。

令和2年7月16日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟 受入槽（G11V10）及び回収液槽（G11V20）の 据付ボルトのせん断強度と安全裕度の向上に関する検討について

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の受入槽及び回収液槽の据付ボルトについて、廃止措置計画用設計地震動が作用した際のせん断荷重の評価結果（最大 50 kN/本（ボルト有効断面積に対するせん断応力は 205 MPa）、45℃条件）は、実機を模擬して実施した荷重試験の結果から算定された許容荷重（供用状態 D_s : 71 kN/本、45℃条件）を満足する結果が得られている（付表）。

しかしながら荷重試験に基づく許容荷重は実機の実力値に近くその裕度は大きくない。そこで、リスクの大きい高放射性廃液を取り扱うという観点からさらなる耐震裕度を確保する方策として、貯槽の液量を管理した場合に地震時に据付ボルトに作用する荷重がどの程度低減可能かについての評価を行った。受入槽の機器設計では工程後段にある濃縮器で濃縮した高放射性廃液（設計上想定する密度 1.6 g/cm³）を貯槽の荷重条件としているが、高放射性廃液貯蔵場（HAW）から受け入れる高放射性廃液の密度は 1.28 g/cm³以下であることから、この 2 つの条件に基づき評価を実施した（付図）。

実際の運転（直近の 16-1、17-1、19-1 キャンペーン）における高放射性廃液の受入時濃度は最大で 1.23 g/cm³程度、濃縮器（G12E10）での濃縮処理後の高放射性廃液の密度は最大でも 1.315 g/cm³程度である。また、通常運転では濃縮後の高放射性廃液を受入槽・回収液槽で扱うことはない。濃縮後の高放射性廃液を受入槽・回収液槽で扱う場合というのは、機器故障等で固化処理運転を中断せざるを得なくなった際に、工程内に残留した濃縮後の高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ返送するために一時的に受け入れるときである。

したがって、現実的には受入槽で通常運転時に扱う高放射性廃液の条件として密度 1.6 g/cm³の高放射性廃液を仮定する必然性はなく、高放射性廃液貯蔵場（HAW）から受け入れる高放射性廃液の設計上の密度である 1.28 g/cm³に基づいて耐震裕度確保の検討を行うことは十分妥当である。その上で管理する液量を設定するにおいて以下の特徴を考慮する。

- ・通常運転状態で受入槽の液量が最大となるのは、高放射性廃液貯蔵場（HAW）から高放射性廃液を受け入れた直後である（参考 1 参照）。
- ・受入後に分析の結果が出るまで、約 1 日程度は上記液量を保持する。その後に濃縮器に 1 バッチ／日当たり 0.46 m³を払い出す操作を開始するので、最大液量を保持する期間は約 1 日程度と短い。受入頻度は 1 回／7 日で、ガラス固化運転は年間最大 160 日を予定していることから、最大液量を保持する期間は 23 日／年程度である（参考 1 参照）。
- ・受入槽の最大容量は 11 m³で、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（最大容量 120 m³）と比べると 1/10 であることから、高放射性廃液を保持することのリスクは相対的に小さい。

- ・ ガラス処理運転の中断等の非通常時の運用においては濃縮後の高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場（HAW）に返送する場合もあり，そのために一時的にこれらの密度の高い高放射性廃液を受入槽・回収液槽に受け入れる必要がある。ただし，返送する溶液すべてを一度に受け入れる必要はなく，複数回に分けて返送することができる。（参考3参照）

このようなガラス固化処理の運転状態及び運用の特徴に基づき，通常運転時（G12E10での濃縮済み高放射性廃液を受入槽では扱わない状態）においては，受入槽・回収液槽で扱う高放射性廃液の密度を 1.28 g/cm^3 以下で管理することとし，耐震裕度を確保するために管理する液量の検討を以下のように進めた。

据付ボルトの荷重試験を実施して得られた許容荷重（71 kN/本）より，設計地震動に対する据付ボルトの強度は確認済みである。しかしながら，より高い耐震裕度を確保するためには，地震時に発生する荷重を，材料規格及び設計規格に基づく明確な弾性範囲に収めることが望ましい。設計規格のSSB-3121においては3つの評価式から最小値を採用する規定となっており，このうち，ひずみ硬化性の高いオーステナイトステンレス鋼を $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 超で用いる場合に対応する式は $F = 1.35 S_y$ となっている（F値に基づく許容荷重の考え方については参考4に示す）。これに基づけば許容荷重は38 kN/本となり，これを満足する液量は付図より約 7 m^3 であると読み取れる。一方，高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽における耐震裕度確保の考え方に倣い，より厳密な意味で規格の許容荷重に収めようとする場合には，SSB-3121の3つの評価式の比較から得られる最小値に基づき34 kN/本となり，これを満足する液量は付図より 5.5 m^3 となる。

上記では液量管理の目安となる値として2つの値（約 7 m^3 と 5.5 m^3 ）を示したが，より保守的な値は当然ながら 5.5 m^3 である。一方で，ガラス固化処理を計画通りに速やかに進めることも本質的なリスク低減につながる安全上の重要な課題であって，耐震裕度の確保とガラス固化処理はいずれも重要な使命であると認識している。したがって，その使命を両立すべく，液量管理の下で計画しているガラス固化処理運転を如何に行うかについて検討をおこなった（参考1）。その結果，受入槽の管理上必要となる最低液位を水封の扱いを工夫することにより最大液量を 5.5 m^3 に管理してもノミナルの運転計画（受入槽での最大液量 5.42 m^3 ）は満足する見通しが得られた。

したがって，耐震裕度の確保のために厳格な規格基準を満足しうる液量である 5.5 m^3 を管理値と考えることとする。

なお，運転計画上の最大液量に対する余裕が少ない（ 0.08 m^3 ）ことから，送液精度や配管内液戻り等による変動によって 5.5 m^3 を若干量上回る事態が稀に生じることが想定される。この場合においても，上述したようにオーステナイトステンレス鋼の許容荷重の $1.35 S_y$ に対しては十分な余裕があるため直ちに耐震上の影響を与える事態ではないこと，通常運転時の最大液量の保持時間は分析に要する1日程度に限られることから，速やかに液量を 5.5 m^3 以下にすることを条件として一時的な超過を認める運転管理を考慮する。

一方，非定常時には濃縮済み高放射性廃液（ 1.28 g/cm^3 を超える密度）を受入槽・回収液槽に受け入れる可能性がある。その具体的な場合とは，機器トラブル等によりガラス固化処理運転途中

で工程を停止し、工程内の高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ戻す場合である。このような事象は非定常で頻度も少なく、受入槽での液保持期間も一時的なものである。そのため、その際の液量目安としては、上述した通常運転時の考え方と合わせて材料規格値に基づく許容荷重（密度 1.6 g/cm³）より管理値を 4 m³とする。ただし、より緊急性の高い状況（高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能の喪失やセルへの溶液の漏えい等が生じた場合）においては速やかに高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ移送することを優先し、1 週間程度の短期間の溶液貯留を条件として液量管理は適用しないこととする。

以上をまとめると受入槽・回収液槽の運用条件は下表のようになる。

耐震裕度確保のための受入槽・回収液槽の運用条件

	通常運転時	非定常時	緊急時
密度条件	1.28 g/cm ³ 以下	1.6 g/cm ³ 以下	1.6 g/cm ³ 以下
液量管理値	5.5 m ³	4 m ³	—
許容超過期間	※	※	一週間以内

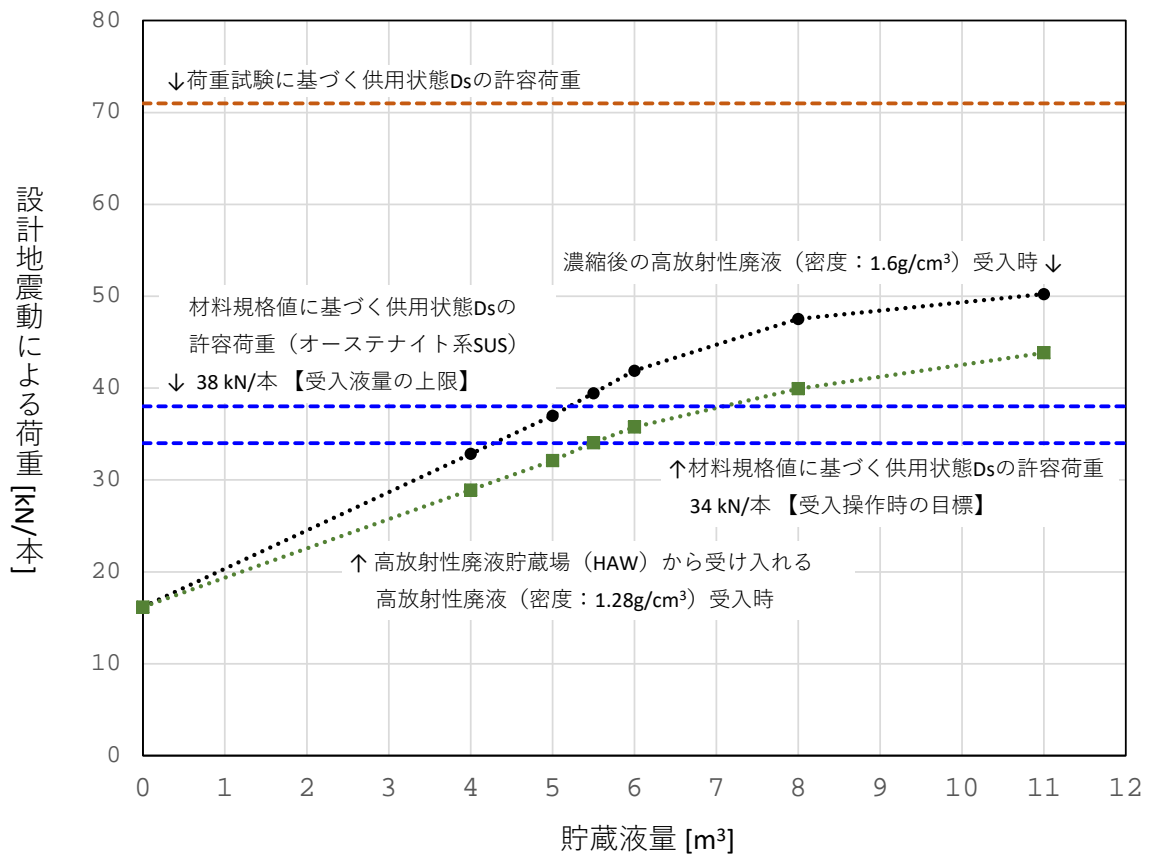
※ 通常運転時及び非定常時の許容超過期間については数日以内を目安として詳細に検討後、保安規定にて明記する。

以上より、受入槽・回収液槽においては高放射性廃液を取り扱うという観点を重要視し、液量管理による耐震裕度向上に向けた運用を当面の間行うことについて検討を進める。検討の結果、上記運用について保安規定を変更して明確にするとともに、その際に管理値を超過する状態として許容する期間（許容超過期間）や手続き等についても示すこととする。

付表 廃止措置計画用設計地震動に対する受入槽・回収液槽据付ボルトの発生荷重と各許容荷重

高放射性廃液 密度	設計地震動において据付ボルトに加わる 最大せん断荷重		荷重試験に基づく 許容せん断荷重 (供用状態 Ds)	材料規格値に基づく 許容せん断荷重 (供用状態 Ds)
	液量 満水 (11 m ³) 時	液量 低減 (5.5 m ³) 時		
1.6 g/cm ³	50 kN/本	39 kN/本	71 kN/本	34 kN/本 (38 kN/本 ※)
1.28 g/cm ³	44 kN/本	34 kN/本		

※ 材料規格において、ひずみ硬化の大きいオーステナイトステンレス鋼を 40℃超で用いる場合の許容せん断荷重から求まる値 (F 値=1.35Sy)。当該据付ボルトはオーステナイトステンレス鋼である SUS316 製であることから、この許容せん断荷重の方が本来の材料特性を反映した許容値と見なすことができる。したがって、34 kN/本は荷重に関して 10%程度の裕度を持ったものと考えられる。



付図 受入槽・回収液槽の貯蔵液量と地震時の据付ボルトに発生するせん断応力の関係

(参考1) ガラス固化処理施設 (TVF) におけるガラス固化処理運転の基本フローと液量管理時の運転対応案

ガラス固化処理施設 (TVF) において、高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から受け入れて、溶融炉へ供給するまでの設備構成を参考1-図1に示す。また、これまでの運転におけるタイムチャート (運転に伴う各貯槽・設備における液量の時間変動を示したものを参考1-図2に示す。(直近の運転に基づく液位を抑えたパターン))

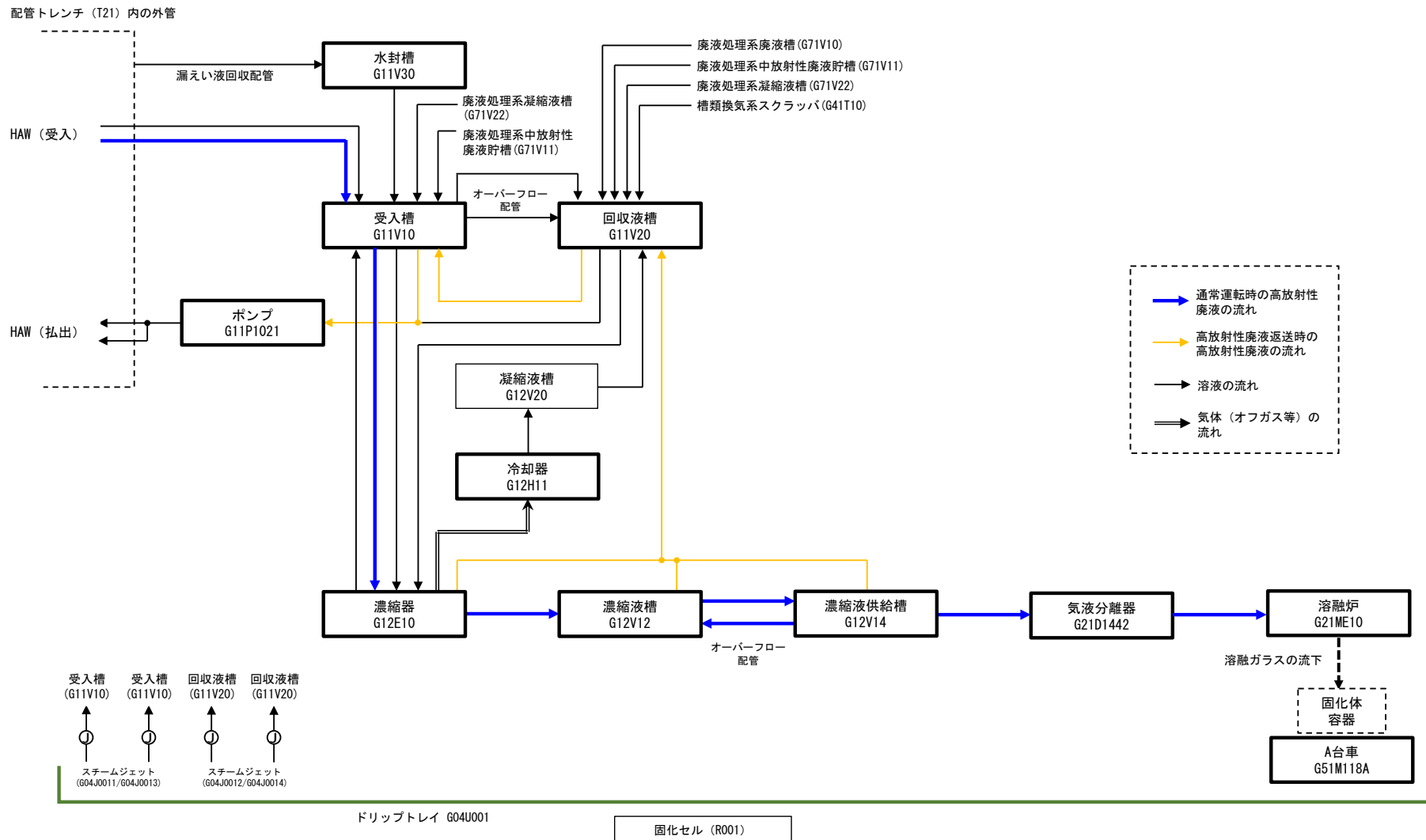
高放射性廃液貯蔵場 (HAW) からの高放射性廃液の受入は、一定期間ごとにバッチ操作で受け入れる (通常時は 3.22 m^3 の高放射性廃液を7日に1回の頻度で受け入れる)。受入後には次の濃縮操作及びガラス固化処理のためにサンプリングと分析を行うとともに、IAEAによる査察 (ランダム査察) を受ける。その後、濃縮器による濃縮操作 (バッチ操作で1回あたり 0.46 m^3 を受け入れて約1.3倍程度に濃縮する) のために、1日に1回程度の供給 (受入槽→濃縮器) を行い、7日程度で受け入れた液量に相当する高放射性廃液の濃縮操作を終える。溶融炉への濃縮済み高放射性廃液の供給は常時連続して行う必要があり、そのために濃縮液槽には一定量以上の濃縮済み高放射性廃液が入っている必要がある。

受入槽の運用上の条件とである液位と液量の関係を参考1-図4に示す。配管でつながっている高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の中間貯槽との間の水封のために、負圧分を考慮して接続配管が液浸する液位 (液位計読み取り値で 700 mm , 液量にして約 2.7 m^3 分) を最低液位として確保している。水封は高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の中間貯槽側でも行えるため、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 側での水封を確実にすることで受入槽の最低液位を下げるのが可能であるが、パルセータ作動の最低条件である液位 (液位計読み取り値で 570 mm , 液量にして約 2.2 m^3 分, パルセータの機能を参考1-図5に示す) 以下にすることは運転管理の点から難しい。

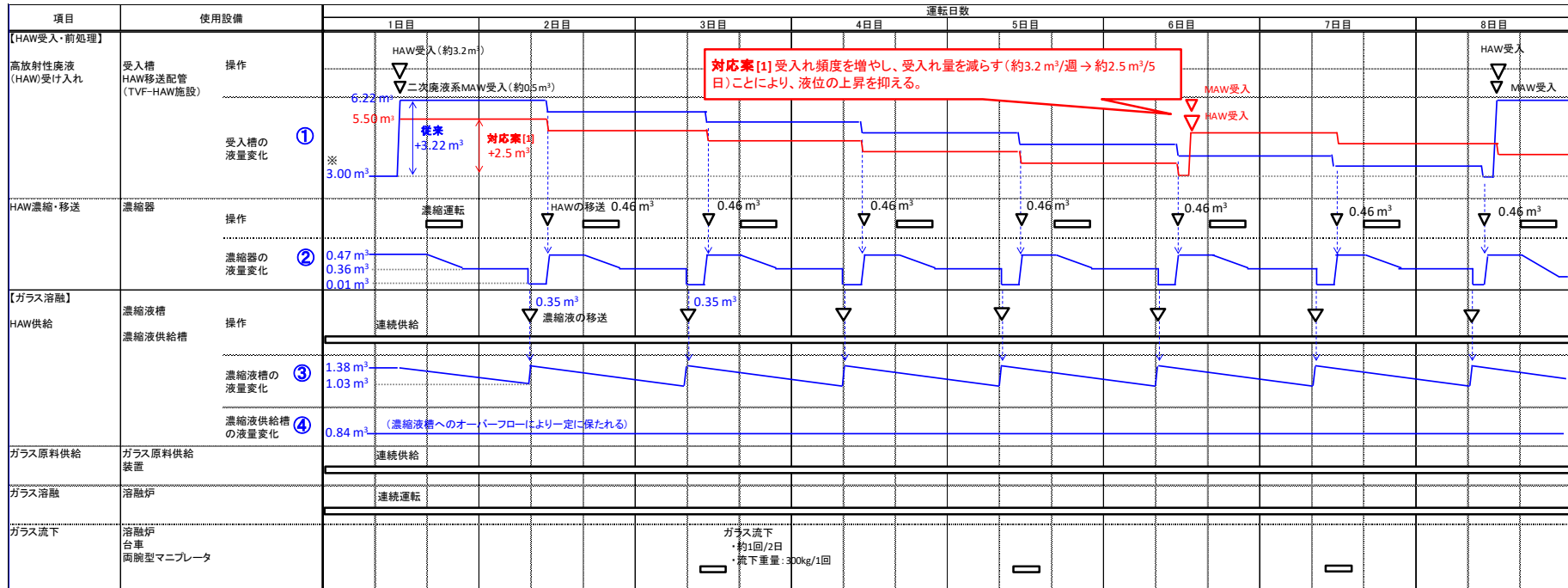
耐震裕度確保の目安として、保持している溶液の重量を考慮した上で設計地震動作用時における据付ボルト発生せん断荷重を、材料規格から求まる許容荷重以下に抑制しようとする場合、付図より約 5.5 m^3 程度と見なせる。上述した通常運転での受入槽の最大液量は 6.22 m^3 であるため、約 5.5 m^3 では収まらない。そこで、ガラス固化処理 (溶融炉の運転) を阻害せず、高放射性廃液の受入を液量管理の下で行うための検討の対応案として以下を検討している。

- [1] 受入れ頻度を増やし、受入れ量を減らす (約 $3.2 \text{ m}^3/7 \text{ 日}$ → 約 $2.5 \text{ m}^3/5 \text{ 日}$) ことにより、受入槽の最大液位を抑える (参考1-図2)。
- [2] 水封管理はHAW施設側で担保し、受入槽の最低管理液位をパルセータ作動管理液位 (約 2.2 m^3) まで下げる (参考1-図3)。

対応[1]では受入操作頻度が7日間から5日間に短くなることから、受入時の分析作業やIAEAの査察対応への影響が大きく、計画的なガラス固化処理運転に支障をきたす恐れがある。一方、対応[2]では液封管理を行う場所を変えるだけで、ガラス固化処理運転への影響は少ないものの、最大液量時の余裕は少ない。したがって、液量管理下における運転計画の立案においては[1]と[2]の方法を組み合わせることで適正化を図っていく。



参考 1-図 1 ガラス固化処理における高放射性廃液の取り扱いフロー図

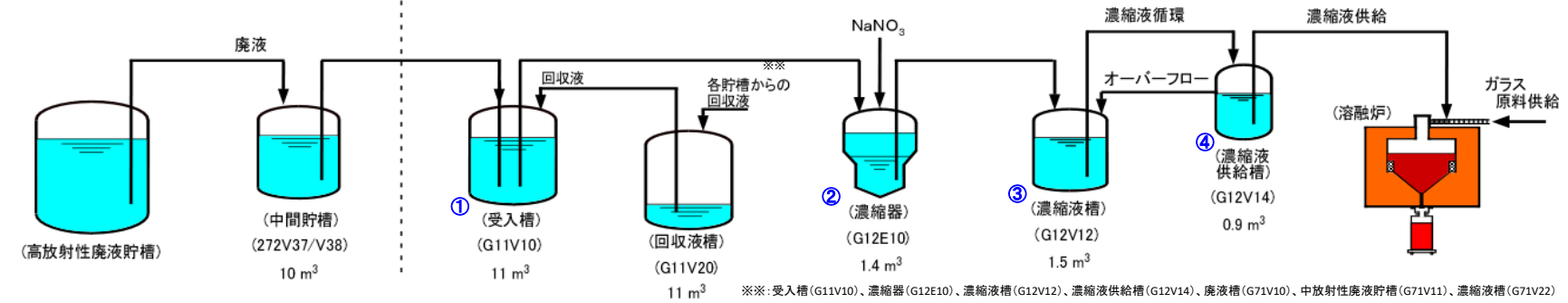


対応案[1] 受入れ頻度を増やし、受入れ量を減らす(約3.2 m³/週 → 約2.5 m³/5日)ことにより、液位の上昇を抑える。

※: 受入槽(G11V10)は、HAW施設との水封管理として、700 mm(約2.7 m³)を保持している。パルセータ作動の液位下限は、W-570mm(約2.2 m³)である。

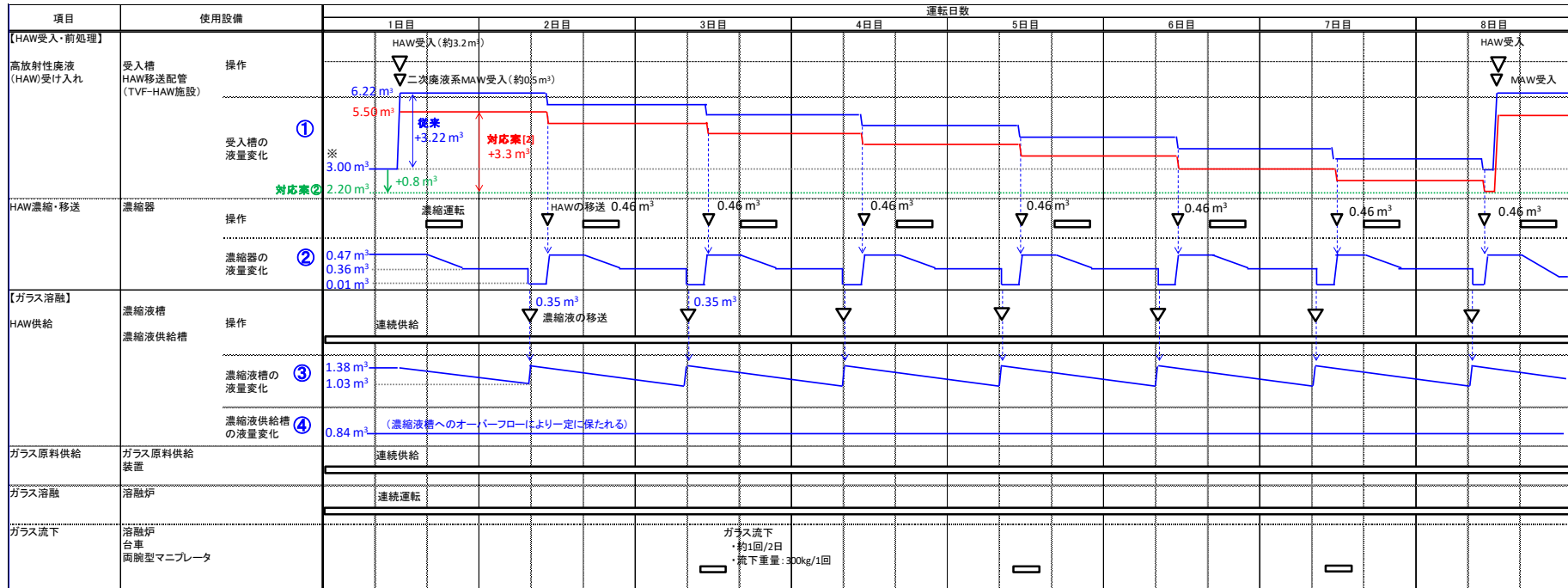
【高放射性廃液貯蔵場】

【ガラス固化技術開発施設】



※※: 受入槽(G11V10)、濃縮器(G12E10)、濃縮液槽(G12V12)、濃縮液供給槽(G12V14)、廃液槽(G71V10)、中放射性廃液貯蔵槽(G71V11)、濃縮液槽(G71V22)

参考 1-図 2 ガラス固化処理運転の基本的なタイムチャート概要と受入槽液量管理に係る対応案 ①

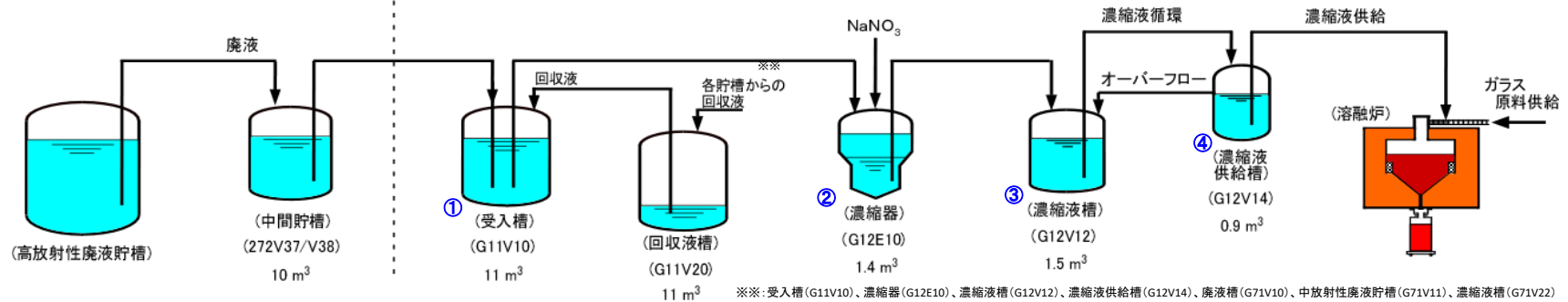


※：受入槽 (G11V10) は、HAW施設との水封管理として、700 mm (約2.7 m³) を保持している。パルセータ作動の液位下限は、W-570mm (約2.2 m³) である。

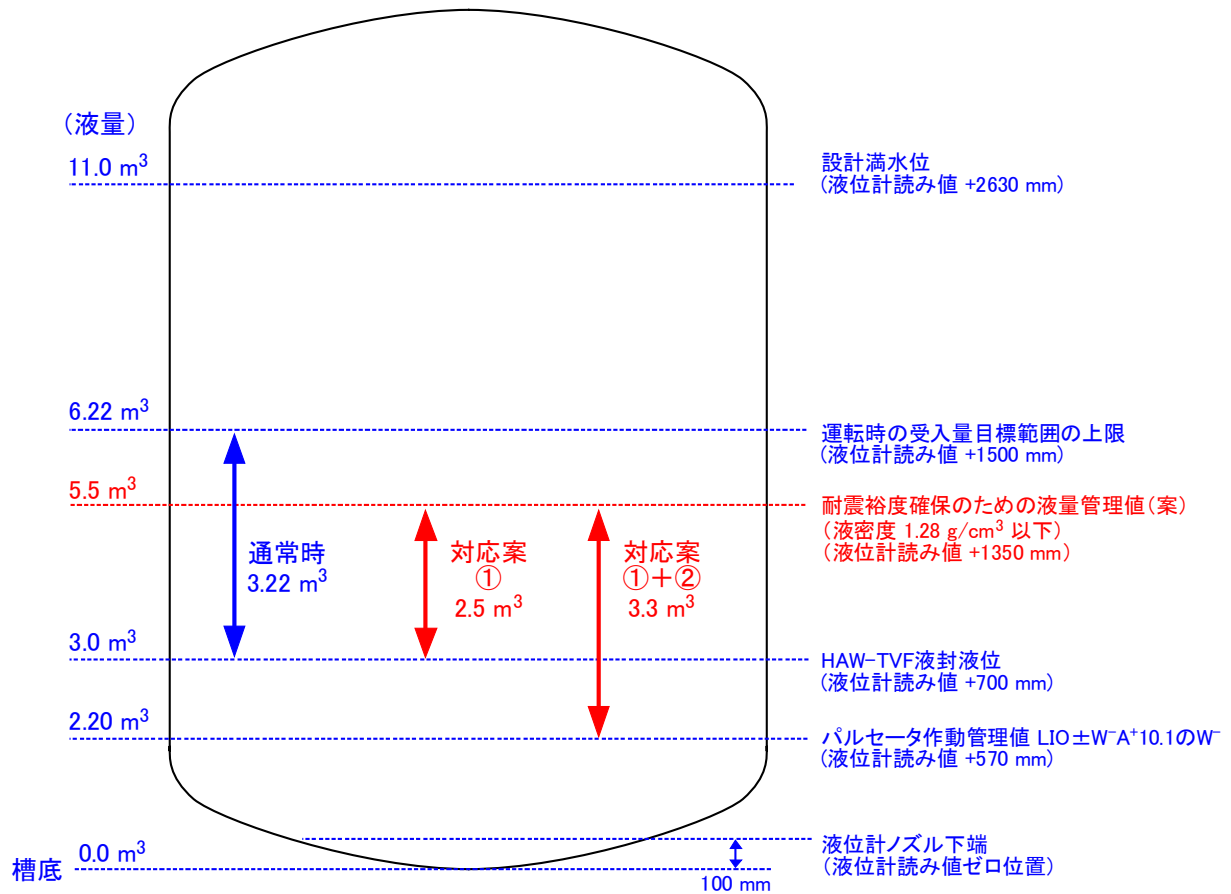
【高放射性廃液貯蔵場】

【ガラス固化技術開発施設】

対応案 [2] 水封管理はHAW施設側で担保し、受入槽の最低管理液位をパルセータ作動管理液位 (約2.2 m³) まで下げる。

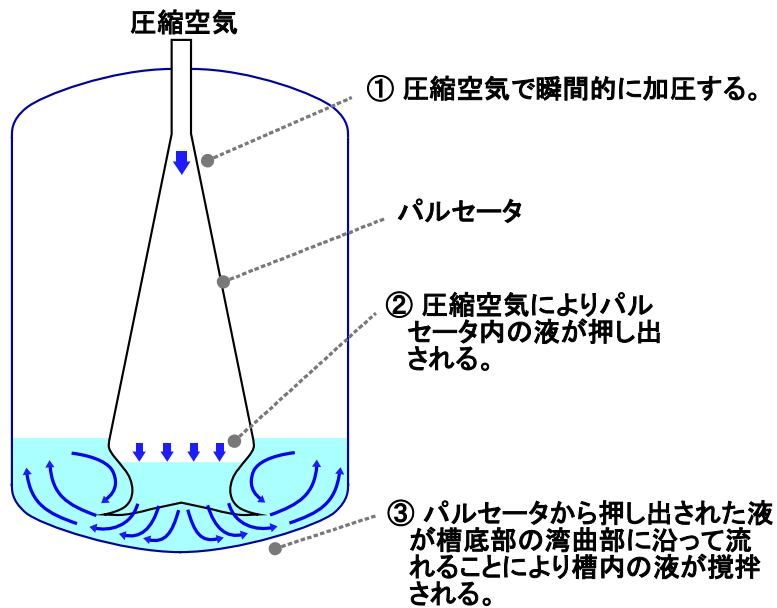


参考 1-図 3 ガラス固化処理運転の基本的なタイムチャート概要と受入槽液量管理に係る対応案 ②

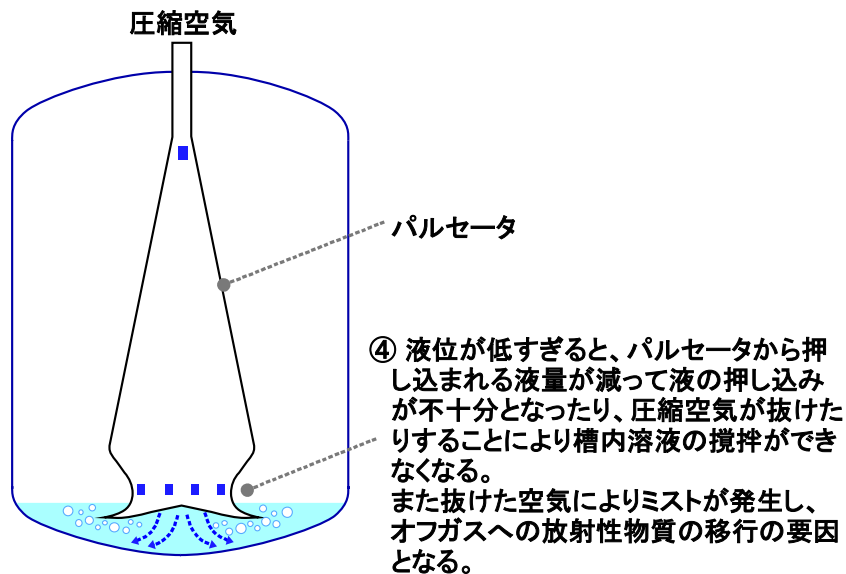


参考 1-図 4 受入槽 液位 (液位計読み取り値) と液量の関係

【液位がパルセータ作動管理値以上の時】



【液位がパルセータ作動管理値未満の時】



※ パルセータは溶液の攪拌のための機構であり、比較的大きな円筒槽の攪拌に適したものである。すり鉢状の槽底部に向けて押し出した水流を当てることができるので、底部に堆積しやすい不溶解残差の攪拌にも有効である。電動モーターや攪拌翼のような機械的構造を持たず、圧縮空気のみで動作させることができるため、保守が困難なセル内に設置する貯槽に利用される。

参考 1-図 5 パルセータの機能について

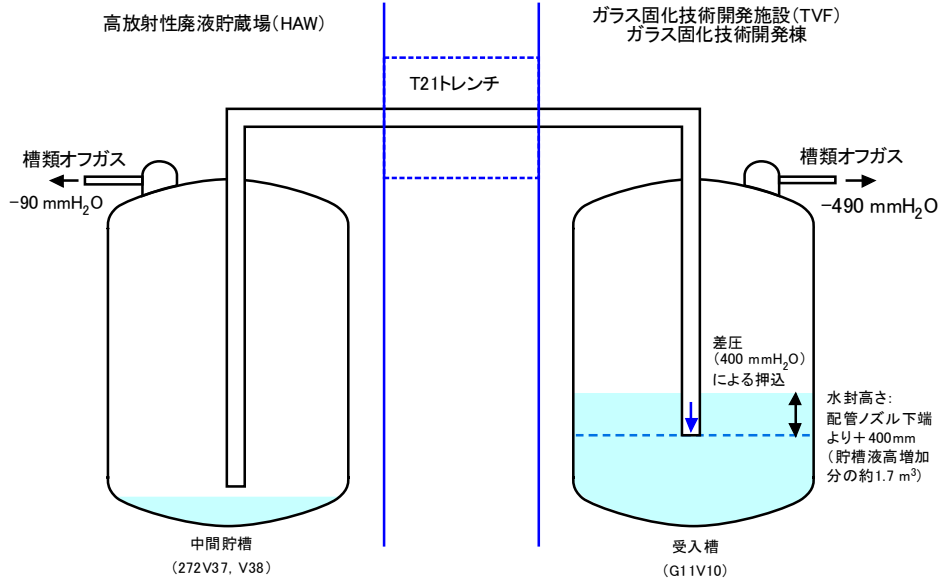
(参考 2) ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟 受入槽 (G11V10) と高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽 (272V37, V38) の間の水封について

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟 受入槽 (G11V10) と高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽 (272V37, V38) は両建家間を結ぶ T21 トレンチを通じて配管により接続されている。それぞれの建家に設置されている貯槽類は、各々の槽類換気設備によって負圧に維持されているものの、その圧力 (負圧圧力) は異なっている。したがって、負圧圧力の異なる建家間の槽を配管で直接接続した場合、負圧圧力の低い側へ空気が流れることになる。このような状態となったとしても、流入した空気は適切な換気システムにより処理されることから安全上の問題は生じないが、個々の建家で独立している換気システムの運転において圧力や流量の変動の要因ともなり得ることから、建家間で換気システムの運転の独立性を確保するために、このような配管を通じた空気の流れが通常は生じないように負圧圧力の差に応じて配管を水封することとしている。

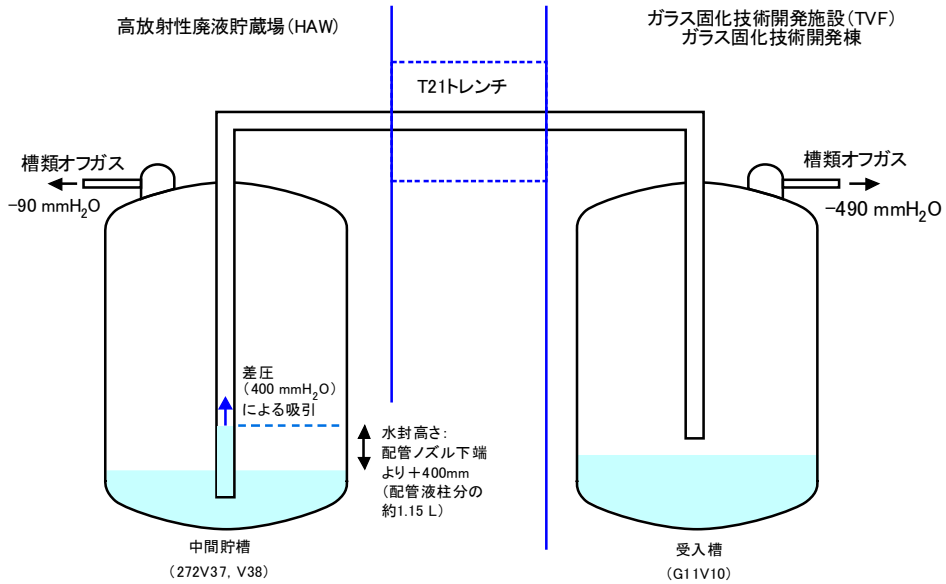
ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の受入槽の負圧は $-490 \text{ mmH}_2\text{O}$ 、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽の負圧は $-90 \text{ mmH}_2\text{O}$ であることから、水封に必要な液柱高さは $400 \text{ mmH}_2\text{O}$ となる。なお、水封が必要な配管は、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) からガラス固化技術開発棟へ高放射性廃液をスチームジェットにより送液するための配管で、ガラス固化技術開発棟から高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ高放射性廃液を返送するための配管は、ポンプ移送で閉止バルブがついていることから水封は不要である。

これまでの運転においては、参考 2-図 1 の上段に示す通り受入槽側で水封を確保するように各槽の最低液位を管理している (運転管理上の要求はないが、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽側でも水封液位を維持している)。参考 1 で示した対応案②では参考 2-図 1 の下段の状態となる。水封に必要な液量の観点からは、吸引される側である高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽側で水封を行った方が少ない液量で水封可能である。なお、運転していない状態 (インターキャンペーン期間) においては、水封のために貯槽内に貯留している溶液は洗浄液 (硝酸水溶液) 等の低放射性的の溶液である。

【ガラス固化技術開発棟側で水封をとる場合(これまでの運用)】



【高放射性廃液貯蔵場側で水封をとる場合】



参考 2-図 1 高放射性廃液貯蔵場とガラス固化技術開発棟間における水封の概念図

(参考3) ガラス固化処理施設 (TVF) におけるガラス固化処理運転中断時の高放射性廃液の払い出しの基本手順について

1. 高放射性廃液の返送手順

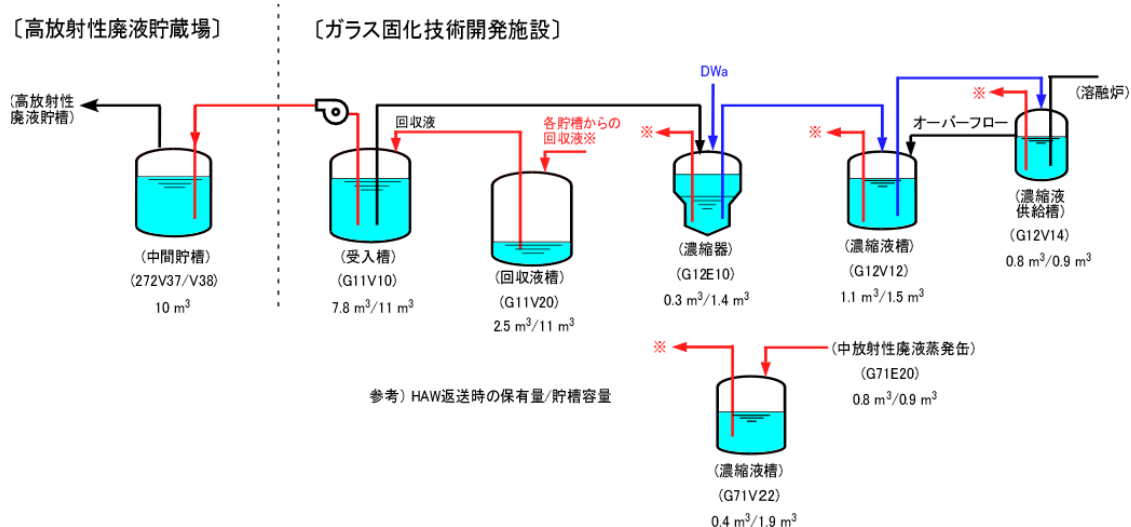
ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟のガラス固化処理運転において、機器故障等によって運転を中断する場合 (短期に復旧可能な軽微な停止を除く)、工程内に残留している高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ返送する。その際の基本的手順は以下の通りである。

- ① 受入槽 (G11V10) の残液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ返送し、受入槽の容量を空ける。
- ② 濃縮器 (G12E10)、濃縮液槽 (G12V12)、濃縮液供給槽 (G12V14) の残液と濃縮液槽 (G71V22) にある中放射性廃液の濃縮液 (高放射性廃液相当として扱う濃縮液) を回収液槽 (G11V20) へ送液する。中放射性廃液蒸発缶 (G71E20) の廃液は、直接回収液槽へ送液できないため、空にした濃縮液槽 (G71V22) にいったん払い出してから、回収液槽へ送液する。
- ③ 回収液槽に受け入れた高放射性廃液を受入槽へ送液する。
- ④ 受入槽に回収した高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ返送する。
- ⑤ 空にした各槽の洗浄を行う。洗浄手順は、始めに濃縮器に純水を満たした後、その溶液を濃縮液槽、濃縮液供給槽、回収液槽の順に送液して、最後に受入槽を經由して高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ送液する。

直近において上記のような高放射性廃液の返送を行った実績 (令和2年2月) においては、受入槽から高放射性廃液貯蔵場 (HAW) への送液は4回に分けて以下のように実施した。

- ・ 1回目 (令和2年2月13日) : 送液量 7.4 m³ (上記①の操作)
- ・ 2回目 (令和2年2月18日) : 送液量 7.0 m³ (上記②～③の操作)
- ・ 3回目 (令和2年2月21日) : 送液量 2.4 m³ (上記⑤の操作の1バッチ目)
- ・ 4回目 (令和2年2月27日) : 送液量 2.2 m³ (上記⑤の操作の2バッチ目)

いずれの返送操作も一回当たり一週間以内に実施できている。



参考3-図1 令和2年2月の高放射性廃液の返送時の各槽の状態

2. 高放射性廃液の返送時の最大液量の試算

非定常状態において工程中に残留し返送が必要となる高放射性廃液の最大量は、回収液槽、濃縮器、濃縮液槽、濃縮液供給槽の液量及び中放射性廃液蒸発缶の濃縮液の合計として求められる。

運転管理上では、各槽の最大液量（液位計 L0+ 時の液量）の総計となり、その場合は以下の表の通り約 8.6 m³となる。回収液槽のみ、通常運転時は 2.5 m³の液量しか保持しないため、この液量で計算している。また、受入槽の残液は前述した返送手順①の通り、先に全量を高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ返送するため加算していない。

ただし実際に返送できるのは各槽の最低液量を差し引いた量（A-B）となり、約 7.7 m³である。

この場合、受入槽の最低液量が 3 m³であることを考慮すると、一括して受入槽にまとめた時の液量（10.7 m³）は受入槽の最大液量を超えないため、一度で受け入れて返送することが可能である。

運転管理上の工程内最大液量（液位計のL0+の液位基準）						
濃縮器 G12E10	濃縮液槽 G12V12	濃縮液供給槽 G12V14	回収液槽 G11V20	濃縮液槽 G71V22	中放射性 廃液蒸発缶 G71E20	合計（A）
1.10 m ³	1.46 m ³	0.84 m ³	2.50 m ³	1.80 m ³	0.87 m ³	8.57 m ³

各貯槽の最低液量						
濃縮器 G12E10	濃縮液槽 G12V12	濃縮液供給槽 G12V14	回収液槽 G11V20	濃縮液槽 G71V22	中放射性 廃液蒸発缶 G71E20	合計（B）
0.02 m ³	0.02 m ³	0.02 m ³	0.30 m ³	0.47 m ³	0.02 m ³	0.85 m ³

一方、参考 1 に示した基本タイムチャートに基づけば、濃縮器以降の工程中の高放射性廃液が最大液量となるのは受入槽から濃縮器へ高放射性廃液の供給が終わった時点となり、約 7.9 m³となる。この場合も上記と同様に実際に返送できるのは各槽の最低液量を差し引いた量（A'-B）となり、約 7.1 m³である。

したがって、一括して受入槽にまとめても液量（10.1 m³）は受入槽の最大液量を超えないため、一度で受け入れて返送することが可能である。

基本タイムチャートに基づく工程内最大液量						
濃縮器 G12E10	濃縮液槽 G12V12	濃縮液供給槽 G12V14	回収液槽 G11V20	濃縮液槽 G71V22	中放射性 廃液蒸発缶 G71E20	合計（A'）
0.47 m ³	1.38 m ³	0.84 m ³	2.50 m ³	1.80 m ³	0.87 m ³	7.86 m ³

上記の工程中の残留液量を液量管理の管理値（4 m³）の下で高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ返送することを考慮すると、2回に分割して返送する必要がある。

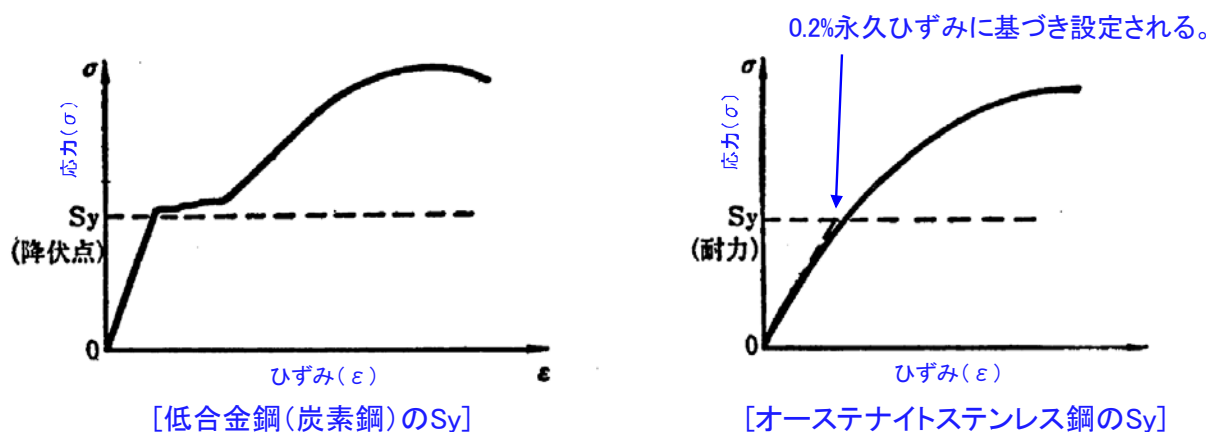
(参考4) ボルトの許容荷重について

設計規格^[1]SSB-3121に定められる許容荷重は、供用状態A、Bに対しては鋼構造設計規準の長期許容応力、供用状態C、Dに対しては鋼構造設計規準^[2]の短期許容応力に該当し、共に弾性範囲となる許容荷重である。したがって、本文で示した38 kN/本と34 kN/本の違いは特定の材料（ここではオーステナイトステンレス鋼）の特性に基づくものか否かである。

なお、 $F = 1.35 S_y$ の割り増し係数である1.35の考え方は、ASME SecⅢにおいて設計応力強さ(S_m)の規定が、炭素鋼に対して $S_m = 2/3 S_y$ 、オーステナイトステンレス鋼の常温以外において $S_m = 0.9 S_y$ となっている（炭素鋼に対してオーステナイトステンレス鋼はひずみ硬化による強度が期待できることに基づく）ことに倣ったものである^{[3]の第88条解説の3}。すなわち、同じ S_m の定義においてオーステナイトステンレス鋼の方が炭素鋼に比べて $0.9 \div 2/3 = 1.35$ 倍割り増した強度としてよいとされていることに基づく。したがって、支持構造物に対する許容荷重であるF値について、炭素鋼が $F = S_y$ であるならば、オーステナイトステンレス鋼は $F = 1.35 S_y$ となる。また、いずれもF値であることから、弾性範囲の許容荷重である。

なお、上記はオーステナイトステンレス鋼が明確な降伏点を示さない材料であることから0.2%永久ひずみ点をもって降伏点と見なすという考え方で設定された S_y が、明確な降伏点を示す炭素鋼の S_y よりも保守的な定義となっていることに起因している^{[3]の第13条解説の7}。

※ 設計規格SSB-3121については、別紙6-1-2-2-1-1「高放射性廃液貯槽の貯蔵液量制限による耐震裕度確保について」において定量的な比較を加えて示している。



(※ 資料[2]の図13.4、図13.5に加筆(加筆部分は青字で示す))

参考文献

1. “日本機械学会規格 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2012年版)〈第I編 軽水炉規格〉”, JSME S NC1-2012, 日本機械学会(2012)
2. “鋼構造設計基準—許容応力度設計法—2005年版”, 日本建築学会(2005)
3. “解説 原子力設備の技術基準 1994”, 通商産業省資源エネルギー庁 公益事業部 原子力発電安全管理課, 電力新報社(1995)

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟 濃縮器（G12E10）の据付ボルトの耐震裕度の向上に関する検討

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の濃縮器（G12E10）の据付ボルトについて、廃止措置計画用設計地震動が作用した際のせん断荷重の評価結果（最大 32 kN/本（ボルト有効断面積に対するせん断応力は 132 MPa）、45°C条件）は、材料規格の強度に基づく許容荷重（供用状態 Ds：34.8 kN/本、45°C条件）を満足する結果が得られている（付表）。しかしながら許容荷重に対する発生荷重の比（応力比）は 0.9 を若干上回る結果であり、その裕度は大きくない。

そこで、リスクの大きい高放射性廃液を取り扱うという観点からさらなる耐震裕度を確保する方策として、濃縮器の液量を低減した場合に地震時に据付ボルトに作用する荷重がどの程度低減可能かについての評価を行った。評価では 30 %程度の液量を減らしたケースとして満水時液量 1.4 m³を 1.0 m³に低減した場合を考慮した。その結果、応力比が 0.8 を下回り、十分な耐震裕度の確保が可能である。

通常ガラス固化運転においては「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟 受入槽（G11V10）及び回収液槽（G11V20）の据付ボルトのせん断強度と安全裕度の向上に関する検討について」の参考 1 のタイムチャートに示した通り、濃縮器の最大液量は 0.47 m³である。したがって、耐震裕度の確保を確認した液量 1.0 m³以下の範囲内で運転が可能である。

以上より、濃縮器の運転においても高放射性廃液を取り扱うという観点を重要視し、液量管理による耐震裕度向上に向けた運用を当面の間行う。

付表 廃止措置計画用設計地震動に対する濃縮器据付ボルトの発生荷重と許容荷重

[A] 設計地震動において据付ボルトに加わる最大せん断荷重		[B] 材料規格値に基づく許容せん断荷重 (供用状態 Ds)
満水 (1.4 m ³)	1.0 m ³	
32.3 kN/本 (132 MPa) ※	26.7 kN/本 (109 MPa) ※	34.8 kN/本 (142 MPa) ※
応力比 (A/B) = 0.93	応力比 (A/B) = 0.77	

※ 据付ボルト (M20) の有効断面積 245 mm²で除して得たせん断応力