

制御室パラメータ監視・津波監視システムの設置について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- 令和2年10月30日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和3年1月14日認可)において示した計画に従い、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)に係るパラメータを監視できる機器をガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に設置する工事を実施する。
- また、外部の状況の把握について、分離精製工場(MP)屋上に設置された屋外監視カメラの映像を確認できる機器をガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に設置する工事を実施する。
- 本工事にあたっては、材料検査、据付・外観検査、作動試験により、設計を満足していることを確認する。

令和3年5月11日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 目的

令和2年10月30日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和3年1月14日認可)の「別添 6-1-10-1 再処理施設の制御室の安全対策の基本的考え方」の別添資料 6-1-10-1-3「再処理施設の制御室の安全対策について」において、想定される起因事象の発生時、運転員が分離精製工場(MP)中央制御室に留まることが困難となった場合は、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室において対処するとした基本方針に基づき、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)に係るパラメータを監視できる機器及び分離精製工場(MP)屋上に設置された屋外監視カメラの映像を確認できる機器をガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に設置する計画とした。

この計画に従い、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に監視装置等を設置する工事を実施する。

2. 設備概要

分離精製工場(MP)制御室、高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室の位置を図-1に示す。高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全機能に係る監視対象パラメータを表-1に示す。

3. 設計条件

ガラス固化技術開発施設(TVF)の制御室に HAW パラメータ監視装置を設置し、屋外監視カメラ用 PC を配備する。HAW パラメータ監視装置等の配置図を図-2に示す。

3.1 HAW パラメータ監視装置

監視対象は高放射性廃液貯槽の液温、液位、圧力、及び冷却水の流量、液温並びに建家及びセル換気系の差圧等とする。

HAW パラメータ監視用設備は、設計地震動に対して耐震性を有し、設計津波に対して浸水の恐れはない場所に設置する。

分離精製工場(MP)中央制御室が想定される起因事象(設計竜巻や外部火災)に対し居住性を損なう場合、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全機能に係るパラメータをガラス固化技術開発施設(TVF)制御室でも監視できるよう、高放射性廃液貯蔵場(HAW)とガラス固化技術開発施設(TVF)間の伝送信号は有線と無線により多様化を図るとともに、敷設するケーブル及び電源ケーブルは難燃性とする。

なお、全動力電源喪失時の事故対処において、HAW パラメータ監視機能は喪失するが、高放射性廃液の沸騰が始まるまでに既に有効性評価を得ている手順により高放射性廃液貯蔵場(HAW)の現場にて可搬型計装設備を設置し監視することができる。

3. 2 屋外監視カメラ

屋外監視カメラ用設備は、設計地震動に対して耐震性を有する又は可搬型とし、設計津波に対して浸水の恐れはない場所に設置する。

分離精製工場(MP)中央制御室が想定される起因事象(設計竜巻や外部火災)に対し居住性を損なう場合、津波の発生状況をガラス固化技術開発施設(TVF)制御室でも監視できるよう、分離精製工場(MP)、高放射性廃液貯蔵場(HAW)とガラス固化技術開発施設(TVF)間の伝送信号は有線と無線により多様化を図るとともに、敷設するケーブル及び電源ケーブルは難燃性とする。

なお、全動力電源喪失時の事故対処において、屋外監視カメラによる監視機能が喪失するが、設計津波の遡上波が敷地に侵入するまでに、既に有効性評価を得ている手順により、分離精製工場(MP)の中央制御室又は屋上で監視を継続することができる。さらに、動的機能が維持できない場合(映像を確認できない場合)は、設計津波の遡上高さを上回る建家屋上等から目視により施設周辺を監視する代替処置により対応することとしている。

4. 工事の方法

HAW パラメータ監視装置等のシステム構成図を図-3 に示す。本工事では、材料、ケーブル、部品・配線類を入手後、機械加工、組立等を行ったうえ現地に搬入し、計測信号を伝送するための既設盤の改造、光ケーブルの敷設、監視装置デスクの据付などを行う。また、無線アンテナを各施設屋上に設置する。

本工事を行うにあたっては、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の計測・制御を行う主制御盤、ガラス固化技術開発施設(TVF)の計測・制御を行う工程監視盤等に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

HAW パラメータ監視装置等を据え付けた後、材料検査、据付・外観検査、模擬信号入力による作動検査を実施する。

5. 安全機能への影響

本工事は、工程監視盤、建家監視盤、工程制御装置などの計測制御系統設備の構成を変更するものではなく、計測・制御する設備に影響を与えないことから、安全機能(崩壊熱除去及び閉じ込め機能)への影響はない。

また、工事のために足場等を設置する際には、蒸発乾固の発生防止のための事故対処の妨げにならないようにする。

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-2に示す。

表-2 HAW パラメータ監視装置等の設置に係る工事工程表

	令和4年度									備考	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
パラメータ 監視装置 等の設置											
	工 事										

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

表-1 安全機能に係る監視対象パラメータ(1/3)

対象機器	監視対象 パラメータ	監視対象	計器番号
高放射性廃液貯槽(272V31)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA*31.1 272TRA*31.2 272TRA*31.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR31.1.1 272LA*31.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR31.1 272PA*31.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA*3161 272FRA*3162
	液温	冷却水温度記録計	272TR314.1 272TR315.1
高放射性廃液貯槽(272V32)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA*32.1 272TRA*32.2 272TRA*32.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR32.1.1 272LA*32.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR32.1 272PA*32.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA*3261 272FRA*3262
	液温	冷却水温度記録計	272TR324.1 272TR325.1
高放射性廃液貯槽(272V33)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA*33.1 272TRA*33.2 272TRA*33.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR33.1.1 272LA*33.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR33.1 272PA*33.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA*3361 272FRA*3362
	液温	冷却水温度記録計	272TR334.1 272TR335.1
高放射性廃液貯槽(272V34)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA*34.1 272TRA*34.2 272TRA*34.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR34.1.1 272LA*34.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR34.1 272PA*34.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA*3461 272FRA*3462
	液温	冷却水温度記録計	272TR344.1 272TR345.1

表-1 安全機能に係る監視対象パラメータ(2/3)

対象機器	監視対象 パラメータ	監視対象	計器番号
高放射性廃液貯槽 (272V35)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA ⁺ 35.1 272TRA ⁺ 35.2 272TRA ⁺ 35.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR35.1.1 272LA ⁺ 35.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR35.1 272PA ⁺ 35.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA ⁻ 3561 272FRA ⁻ 3562
	液温	冷却水温度記録計	272TR354.1 272TR355.1
高放射性廃液貯槽 (272V36)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA ⁺ 36.1 272TRA ⁺ 36.2 272TRA ⁺ 36.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR36.1.1 272LA ⁺ 36.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR36.1 272PA ⁺ 36.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA ⁻ 3661 272FRA ⁻ 3662
	液温	冷却水温度記録計	272TR364.1 272TR365.1
冷却水系	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA ⁻ 8161 272FRA ⁻ 8162 272FRA ⁻ 8163
	液温	冷却水温度記録計 冷却水温度上限警報	272TRA ⁺ 8161 272TRA ⁺ 8162 272TRA ⁺ 8163
建家及び セル換気系	差圧	差圧下限警報	272dPA ⁻ 103.3 272dPA ⁻ 105.3
セル等	液位	漏洩検知装置	272LA ⁺ 001 272LA ⁺ 002 272LA ⁺ 003 272LA ⁺ 004 272LA ⁺ 005 272LA ⁺ 006 272LA ⁺ 007 272LA ⁺ 008 272LA ⁺ 009 272LA ⁺ 010 272LA ⁺ 011 272FA ⁺ 201 272FA ⁺ 202

表-1 安全機能に係る監視対象パラメータ(3/3)

対象機器	監視対象 パラメータ	監視対象	計器番号
<u>中間貯槽 (272V37)</u>	液温	温度記録上限警報	<u>272TRA+37.1</u> <u>272TRA+37.2</u>
	液面	液面記録下限操作 液面上限警報	<u>272LRO+37.1</u> <u>272LA+37.2</u>
	流量	流量記録下限警報	<u>272FRA+37.1</u>
	温度	温度記録計	<u>272TR37.3</u>
<u>中間貯槽 (272V38)</u>	液温	温度記録上限警報	<u>272TRA+38.1</u> <u>272TRA+38.2</u>
	液面	液面記録下限操作 液面上限警報	<u>272LRO+38.1</u> <u>272LA+38.2</u>
	流量	流量記録下限警報	<u>272FRA+38.1</u>
	温度	温度記録計	<u>272TR38.3</u>



図-1 各制御室の位置

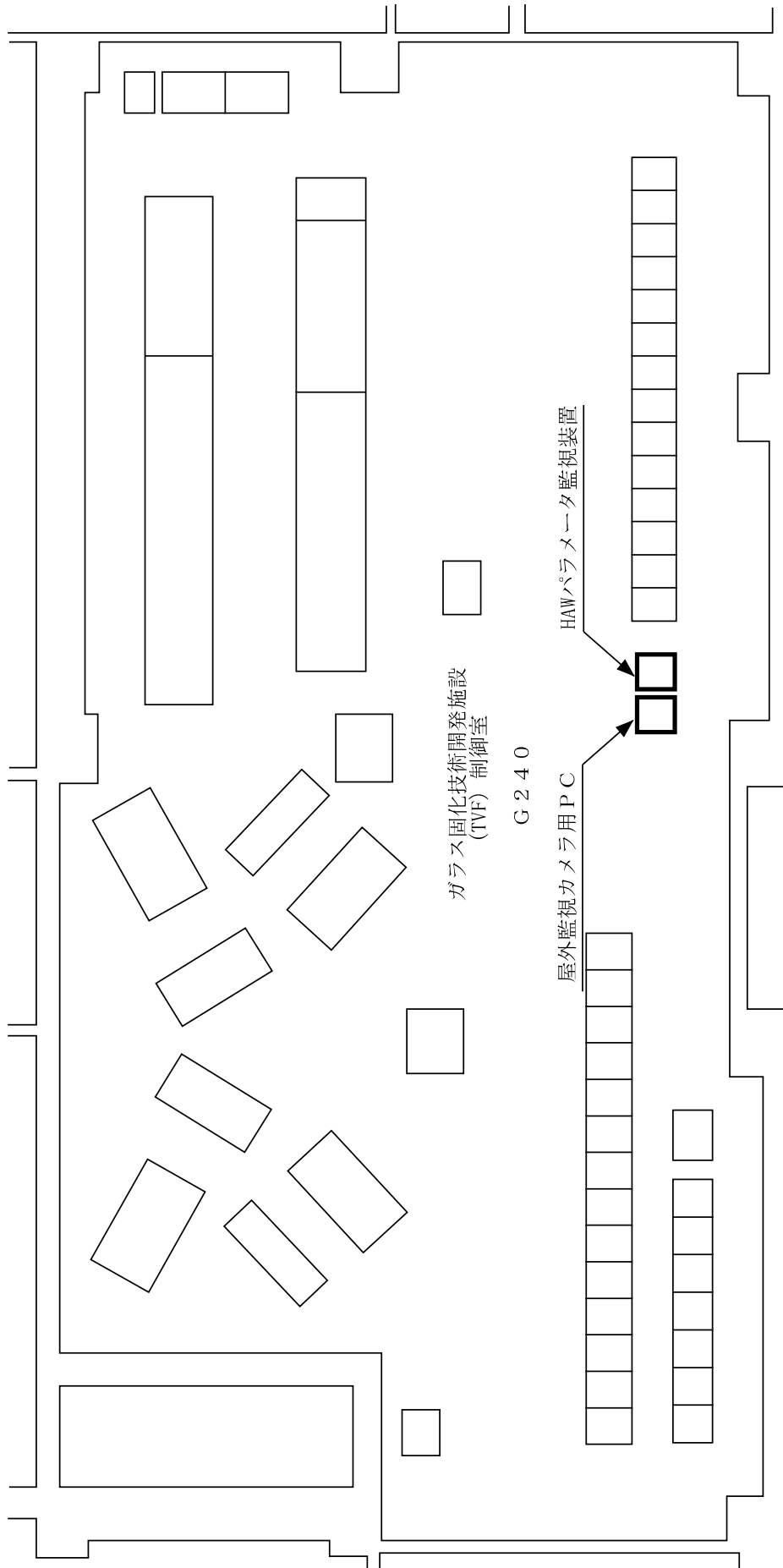


図-2 HAWパラメータ監視装置等の配置図

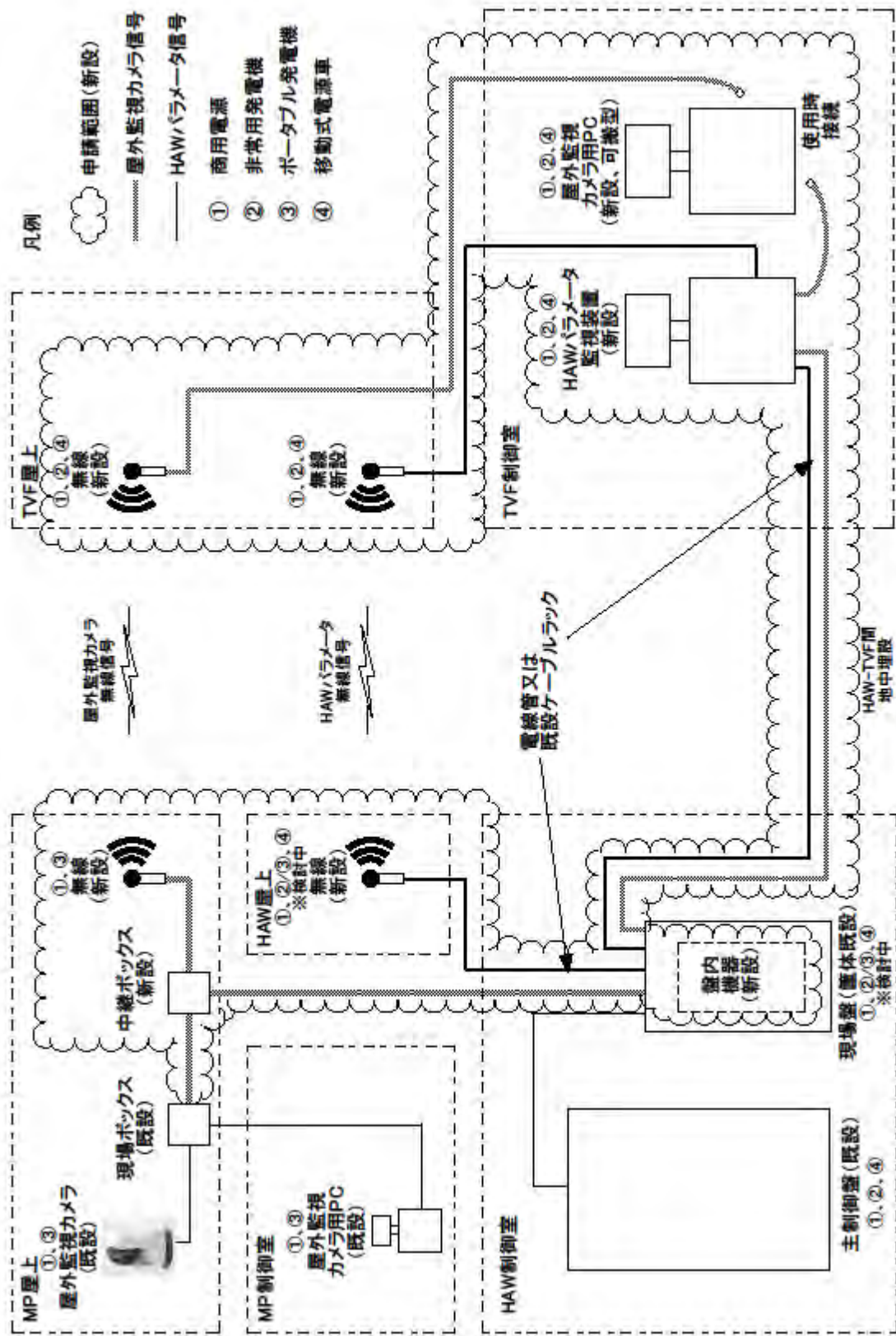


図-3 HAWパラメータ監視等のシステム構成概要図

屋外監視カメラ及びHAWパラメータ監視の対応状況

参考資料

	施設	通常	設計地震動に対する影響		設計津波襲来による影響		事故対処対応時の影響	
			電源系	設備	電源系	設備	未然防止対策②又は③の場合 (電源供給なし)	未然防止対策①の場合 (移動式発電機からの給電)
屋外監視カメラ	屋外監視カメラ(既設:屋上)	MP 商用電源より給電	商用電源が停電した場合、津波到来までの時間でポータブル発電機により給電される	耐震Sクラスにより影響なし	ポータブル発電機による給電継続	津波の影響なし	ポータブル発電機による給電継続	ポータブル発電機により給電継続
	屋外監視カメラ用PC(既設:制御室)			可搬型により影響なし。なお、破損した場合は予備品へ交換				
	無線器(新設:屋上)			耐震Sクラスにより影響なし				
	MP屋外監視カメラ用PC(新設:制御室)	TVF 商用電源より給電	商用電源が停電した場合、非常用発電機から給電される	可搬型により影響なし。なお、破損した場合は予備品へ交換	全電源喪失	津波の影響なし	全電源喪失	移動式発電機からの給電
	無線器(新設:屋上)			耐震Sクラスにより影響なし				
HAWパラメータ監視	現場盤(既設盤内改造:制御室)	HAW 商用電源より給電	商用電源が停電した場合、非常用発電機から給電される	耐震Sクラスにより影響なし	全電源喪失	津波の影響なし	全電源喪失	移動式発電機から一部恒設設備(計装計器)には給電されるものの、バージェアーに必要な圧空設備に給電されないため計測は不可
	HAW無線器(新設:屋上)		商用電源が停電した場合、ポータブル発電機により給電される					
	HAWパラメータ監視装置(新設:制御室)	TVF 商用電源より給電	商用電源が停電した場合、非常用発電機から給電される	耐震Sクラスにより影響なし	全電源喪失	津波の影響なし	全電源喪失	移動式発電機からの給電
	無線器(新設:屋上)							



	通常	設計地震動に対する影響	設計津波襲来による影響	事故対処対応時の影響	
				未然防止対策②又は③の場合 (電源供給なし)	未然防止対策①の場合 (移動式発電機からの給電)
監視状況	MP制御室:○ TVF制御室:○	MP中央制御室:○ TVF制御室:○	MP中央制御室:○ TVF制御室:× TVFが全電源喪失のためMP制御室のみ	MP中央制御室:○ TVF制御室:× TVFが全電源喪失のためMP制御室のみ	MP中央制御室:○ TVF制御室:○ 移動式発電機からの給電によりMP制御室及びTVF制御室で監視可能
	MP制御室:○ HAW制御室:○ HAW現場:○ TVF制御室:○	MP中央制御室:○ HAW制御室:○ HAW現場:○ TVF制御室:○	MP中央制御室:× HAW制御室:× HAW現場:× TVF制御室:× HAW、TVFが全電源喪失のため監視不可	MP中央制御室:× HAW制御室:× HAW現場:○ TVF制御室:× ・恒設計装設備は全電源喪失により使用できないが、可搬型計装設備をHAW沸騰時間までに設置することによりHAW現場にて監視可能。 ・TVFは電源給電されるが、HAW可搬型計測設備はTVFへデータ転送していないので、TVFでの監視不可。	MP中央制御室:× HAW制御室:× HAW現場:○ TVF制御室:× ・恒設計装設備は全電源喪失により使用できないが、可搬型計装設備をHAW沸騰時間までに設置することによりHAW現場にて監視可能。 ・TVFは電源給電されるが、HAW可搬型計測設備はTVFへデータ転送していないので、TVFでの監視不可。

屋外監視カメラ及びHAWパラメータ監視の対応状況

参考資料

	施設	通常	設計地震動に対する影響		設計津波襲来による影響		事故対処対応時の影響	
			電源系	設備	電源系	設備	未然防止対策②又は③の場合 (電源供給なし)	未然防止対策①の場合 (移動式発電機からの給電)
屋外監視カメラ	屋外監視カメラ(既設:屋上)	MP 商用電源より給電	商用電源が停電した場合、津波到来までの時間でポータブル発電機により給電される	耐震Sクラスにより影響なし	ポータブル発電機による給電継続	津波の影響なし	ポータブル発電機による給電継続	ポータブル発電機により給電継続
	屋外監視カメラ用PC(既設:制御室)			可搬型により影響なし。なお、破損した場合は予備品へ交換				
	無線器(新設:屋上)			耐震Sクラスにより影響なし				
	MP屋外監視カメラ用PC(新設:制御室)	TVF 商用電源より給電	商用電源が停電した場合、非常用発電機から給電される	可搬型により影響なし。なお、破損した場合は予備品へ交換	全電源喪失	津波の影響なし	全電源喪失	移動式発電機からの給電
	無線器(新設:屋上)			耐震Sクラスにより影響なし				
HAWパラメータ監視	現場盤(既設盤内改造:制御室)	HAW 商用電源より給電	商用電源が停電した場合、非常用発電機から給電される	耐震Sクラスにより影響なし	全電源喪失	津波の影響なし	全電源喪失	移動式発電機から一部恒設設備(計装計器)には給電されるものの、バージェアーに必要な圧空設備に給電されないため計測は不可
	HAW無線器(新設:屋上)		商用電源が停電した場合、ポータブル発電機により給電される					
	HAWパラメータ監視装置(新設:制御室)	TVF 商用電源より給電	商用電源が停電した場合、非常用発電機から給電される	耐震Sクラスにより影響なし	全電源喪失	津波の影響なし	全電源喪失	移動式発電機からの給電
	無線器(新設:屋上)							



	通常	設計地震動に対する影響	設計津波襲来による影響	事故対処対応時の影響	
				未然防止対策②又は③の場合 (電源供給なし)	未然防止対策①の場合 (移動式発電機からの給電)
監視状況	MP制御室:○ TVF制御室:○	MP中央制御室:○ TVF制御室:○	MP中央制御室:○ TVF制御室:× TVFが全電源喪失のためMP制御室のみ	MP中央制御室:○ TVF制御室:× TVFが全電源喪失のためMP制御室のみ	MP中央制御室:○ TVF制御室:○ 移動式発電機からの給電によりMP制御室及びTVF制御室で監視可能
	MP制御室:○ HAW制御室:○ HAW現場:○ TVF制御室:○	MP中央制御室:○ HAW制御室:○ HAW現場:○ TVF制御室:○	MP中央制御室:× HAW制御室:× HAW現場:× TVF制御室:× HAW、TVFが全電源喪失のため監視不可	MP中央制御室:× HAW制御室:× HAW現場:○ TVF制御室:× ・恒設計装設備は全電源喪失により使用できないが、可搬型計装設備をHAW沸騰時間までに設置することによりHAW現場にて監視可能。 ・TVFは電源給電されるが、HAW可搬型計測設備はTVFへデータ転送していないので、TVFでの監視不可。	MP中央制御室:× HAW制御室:× HAW現場:○ TVF制御室:× ・恒設計装設備は全電源喪失により使用できないが、可搬型計装設備をHAW沸騰時間までに設置することによりHAW現場にて監視可能。 ・TVFは電源給電されるが、HAW可搬型計測設備はTVFへデータ転送していないので、TVFでの監視不可。

漂流物の影響防止施設として設ける津波漂流物防護柵について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- 「再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書の一部補正」(令和2年5月29日申請)において、高放射性廃液貯蔵場(HAW)、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒(以下「防護対象施設」という。)を、廃止措置計画用設計津波(以下「設計津波」という。)の遡上に伴い発生することが想定される漂流物(代表漂流物)の衝突から防護するために、漂流物の影響防止施設を設けることとした。
- 漂流物の影響防止施設の捕捉対象とする漂流物は、漂流物の検証結果に基づき、建家外壁において防護が可能な漂流物(流木(約 0.55 t))を超える影響をもたらす代表漂流物とした(最大のもので還水タンク(約 14 t))。
- 遡上解析及び漂流物の軌跡解析の結果等に基づき津波漂流物防護柵の配置及び設計を行った。
＜津波漂流物防護柵＞
 - ・ 支柱は外径 1600 mm、管肉厚 19～29 mm の鋼管杭を使用し、基本として 9.5 m 間隔で設置する。
 - ・ 支柱を支える基礎杭は支持地盤(砂質泥岩)まで打ち込み、支持地盤以浅周辺は地盤補強を行う。
 - ・ ワイヤロープはロープ径 25 mm の構造用ワイヤロープ(7 本撚り)を、高さ方向に 300 mm 間隔で設置する。捕捉面上端高さは、津波浸水高さとして T.P.+13.4 m とする。
 - ・ 本申請においては、PCDF 管理棟駐車場の地盤改良工事予定範囲に総延長約 25m、支柱の総本数 4 本からなる防護柵を設置する。また、PCDF 管理棟駐車場からのアクセスルート上には通行が可能となるよう防護柵の機能を兼ね備えたスイング式ゲートを設置する。
- 上記の対策に加え、津波流況解析では漂流物が引き波によって防護対象施設へ到達することはないと判断しているものの、昨年6月の原子力規制委員会での引き波に関する指摘を踏まえて、構内を走行する核サ研内の公用車(中型バス 約 9.7 t)の漂流(引き波の流速約 3 m/s)を想定した予防的な防護対策(引き波による漂流物侵入防止のための予防的処置(引き波用津波漂流物防護柵))を行う計画とした。
- 遡上解析及び漂流物の軌跡解析の結果等に基づき引き波用津波漂流物防護柵の配置及び設計を行った。
＜引き波用津波漂流物防護柵＞
 - ・ 支柱は外径 1000 mm、管肉厚 16 mm の鋼管杭を使用し、基本として 9.5 m 間隔で設置する。
 - ・ 支柱を支える基礎杭は支持地盤(砂質泥岩)まで打ち込み支持する。
 - ・ ワイヤロープはロープ径 25 mm の構造用ワイヤロープ(7 本撚り)を、高さ方向に 400 mm 間隔で設置する。捕捉面上端高さは、津波浸水高さとして T.P.+11.3 m とする。
 - ・ 津波漂流物防護柵は漂流物の想定侵入経路に応じて設置することとし、それらの総延長は約 135 m、支柱の総本数は 17 本となる。

令和3年5月11日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

漂流物の影響防止施設として設ける 津波漂流物防護柵の設計及び工事の計画の概要について

1. 概要

「再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書の一部補正」（令和2年5月29日申請）において、高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒（以下「防護対象施設」という。）を、廃止措置計画用設計津波（以下「設計津波」という。）の遡上に伴い発生することが想定される漂流物（代表漂流物）の衝突から防護するために、漂流物の影響防止施設を設けることとした。

漂流物の影響防止施設は、設計津波の遡上方向及び漂流物の軌跡等を考慮して防護対象施設までの漂流物の侵入経路途中に設置し、漂流物を捕捉することで、漂流物を防護対象施設の外壁等に到達させないことをその機能とする。なお、漂流物の影響防止施設の捕捉対象とする漂流物（設計上考慮する最大の漂流物）としては、建家外壁において防護が可能な漂流物（流木（約0.55 t））を超える影響をもたらす代表漂流物（最大のものは還水タンク（約14 t））とする。

本申請においては、PCDF管理棟駐車場の地盤改良工事予定範囲に設置する防護柵、PCDF管理棟駐車場からのアクセスルート上には通行が可能となるよう防護柵の機能を兼ね備えたスイング式ゲート及び引き波用津波漂流物防護柵の設計及び工事の概要を示す。

2. 設計

2.1 漂流物の影響防止施設の構成

2.1.1 施設の目的

漂流物の影響防止施設は、設計津波の遡上に伴い防護対象施設に向かって流れてくる漂流物を防護対象施設の外壁に衝突（到達）させないことを目的とし、目的達成の方法としては、防護対象施設の周囲の漂流物の侵入経路上において漂流物を捕捉しその侵入を防止できるように、障害となる施設を設置することである。

したがって、漂流物の影響防止施設の構成及び配置は、設計津波の遡上解析の結果（流況）に基づき想定される津波の侵入経路、漂流物の特徴（大きさ、質量等）、漂流物の発生位置及び漂流後の軌跡解析の結果等を考慮して定める。

また、求められる機能としては、設計津波による波力及び侵入を阻止する漂流物の衝突荷重に耐えるとともに、津波の起因である地震（廃止措置計画用設計地震動を想定する。）による地震力に対しても耐えるものとする。

2.1.2 施設の構成

漂流物の影響防止施設は、新たに設ける津波漂流物防護柵と、既存の分離精製工場（MP）建家から構成する。津波の遡上方向と想定される漂流物の侵入経路及びそれらの施設の配

置関係の概要を図 1に示す。

再処理施設の東側（太平洋側正面）には常陸那珂火力発電所が立地していることから、津波の再処理施設敷地内への遡上方向としては、再処理施設の北東側の新川河口付近から南東方向に向けてと、常陸那珂火力発電所の南側にある常陸那珂港（再処理施設の南東側）から北西方向に向けての2方向が想定される。したがって、これら2方向からの遡上波に伴って漂流物が高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に向けて流れ込むことが予想される。

分離精製工場（MP）建家は、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の北側、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の東側のそれぞれ近傍に位置していることから、これらの防護対象施設に津波が侵入する経路上に存在している。また、

の鉄筋コンクリート造建築物であり、漂流物の影響防止施設として要求される要件（配置及び強度の要求）を満たしたものであることから、分離精製工場（MP）建家（鉄筋コンクリート造部分）を漂流物の影響防止施設とする。

一方で、分離精製工場（MP）建家によって閉塞できない侵入経路上には、新たに漂流物防護柵を設け、漂流物を捕捉する。設置箇所は、分離精製工場（MP）の南側から高台までの間（図 1の下図の漂流物防護柵（A））と、分離精製工場（MP）の西側からガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の北側を通過して津波の浸水深が浅くなる位置まで（図 1の下図の漂流物防護柵（B））の2か所とする。

なお、引き波による漂流物については、遡上解析と軌跡解析の結果に基づき、敷地西側から高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に到達することはないと判断している。ただし、引き波の最大流速が約3 m/sと有意であることを踏まえ、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の西側から公用車等が漂流物として流れ込むことを保守的に仮定し、予防的に防護対策を行う。

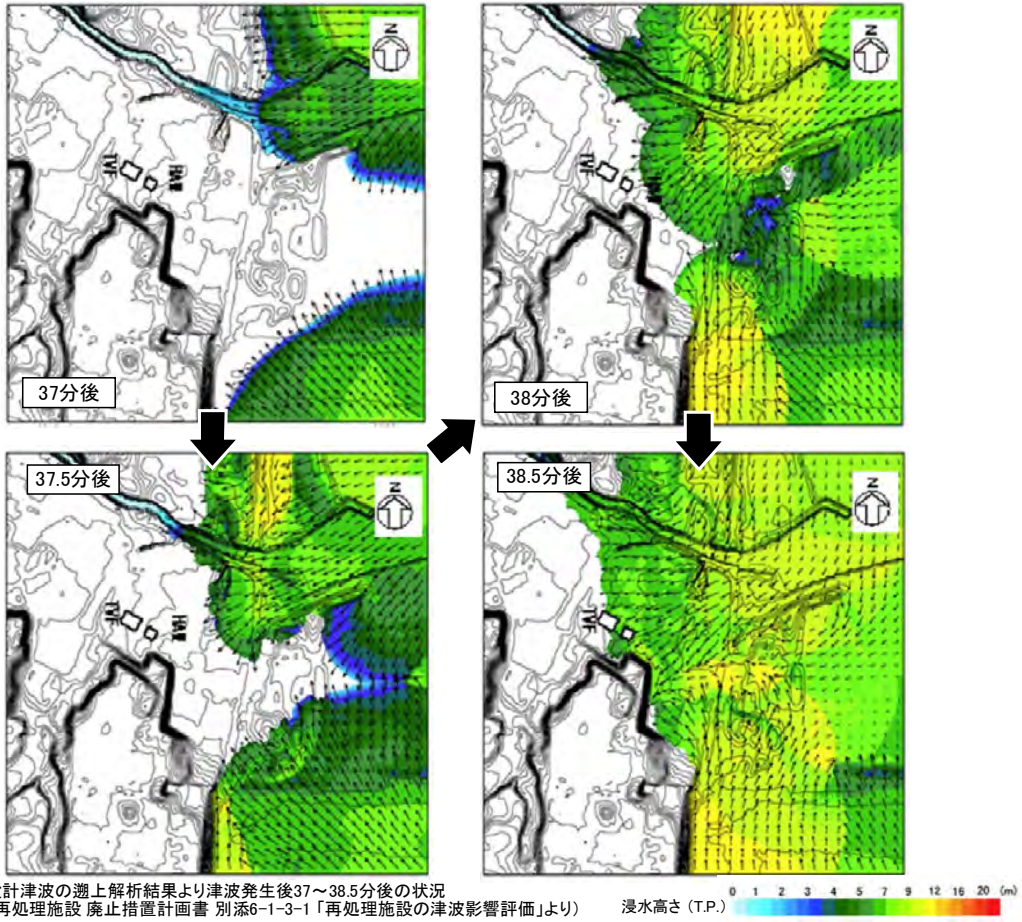


図 1 津波の遡上状況を考慮した漂流物の影響防止施設の配置概念

2.1.3 設計及び評価の流れ

図 2に漂流物の影響防止施設の設計及び評価の流れを示す。

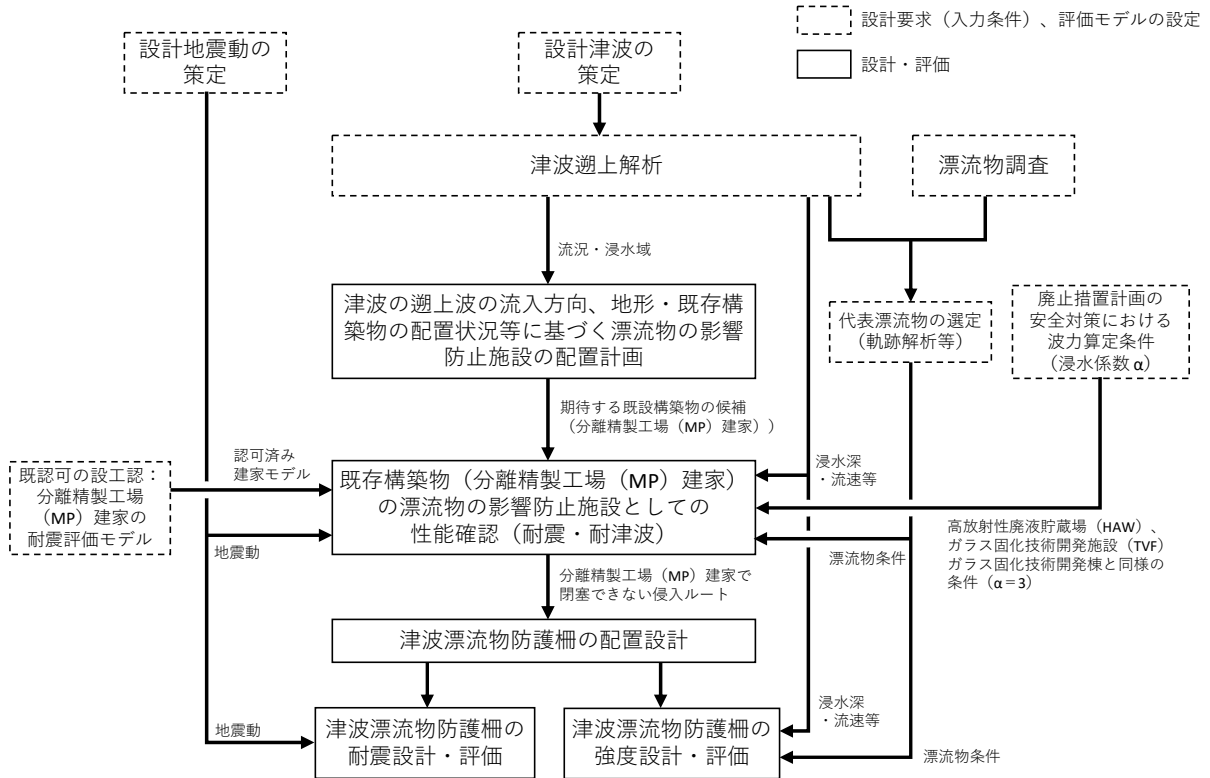


図 2 漂流物の影響防止施設の設計及び評価の流れ

はじめに、設計津波の遡上解析結果に基づき防護対象施設への津波及び漂流物の侵入ルート进行を想定し、そのルート上に漂流物の影響防止施設をどのように設けるかの概略を検討する。その際には、地形・既存構築物の配置状況を考慮し、既存構築物の内、漂流物の影響防止施設として期待できるものを抽出する。

次に、漂流物の影響防止施設として期待できるものとして選定した既存構築物がある性能をもちうるものであるかの確認を行う。性能確認においては、設計津波の波力及び漂流物調査等に基づき選定された代表漂流物の衝突荷重を考慮する。その結果に応じて、漂流物の影響防止施設として期待できる既存構築物が存在しない漂流物侵入ルート上に、津波漂流物防護柵を配置するための設計を行う。

最後に、設置する津波漂流物防護柵が漂流物の影響防止施設として十分な性能をもちうるものとなるよう強度設計を行い、諸元・仕様を決定する。併せて、漂流物の影響防止施設とする既存構築物及び津波漂流物防護柵は、津波の起因となる地震動（廃止措置計画用設計地震動を想定する。）に対しても十分な耐震性を有することを確認する。

2.2 津波漂流物防護柵の設計

2.2.1 適用基準

支柱及びワイヤロープにおける漂流物に対する強度設計は（財）沿岸技術研究センター及び（社）寒地港湾技術研究センター発行（平成26年3月）の「津波漂流物対策施設 設計ガイドライン」（以下「設計ガイドライン」という。）に基づき行う。

設計地震動に対する強度設計は、（公社）日本道路協会発行の「道路橋示方書・同解説」に基づき行う。

2.2.2 概念と全体構造

津波漂流物防護柵は、漂流物が防護対象施設に到達する前にこれを捕捉するもので、漂流物の侵入経路を横断するように一定間隔をもって支柱を列状に設置し、それら支柱間に多数本のワイヤロープを張ることにより柵を形成するものである（図3）。漂流物は支柱間のワイヤロープによって捕捉されるか、支柱本体に衝突して停止することで、津波漂流物防護柵の内側へ侵入できなくする。漂流物の衝突エネルギーはワイヤロープの張力と伸び、支柱の変形（弾性及び塑性）によって吸収する。

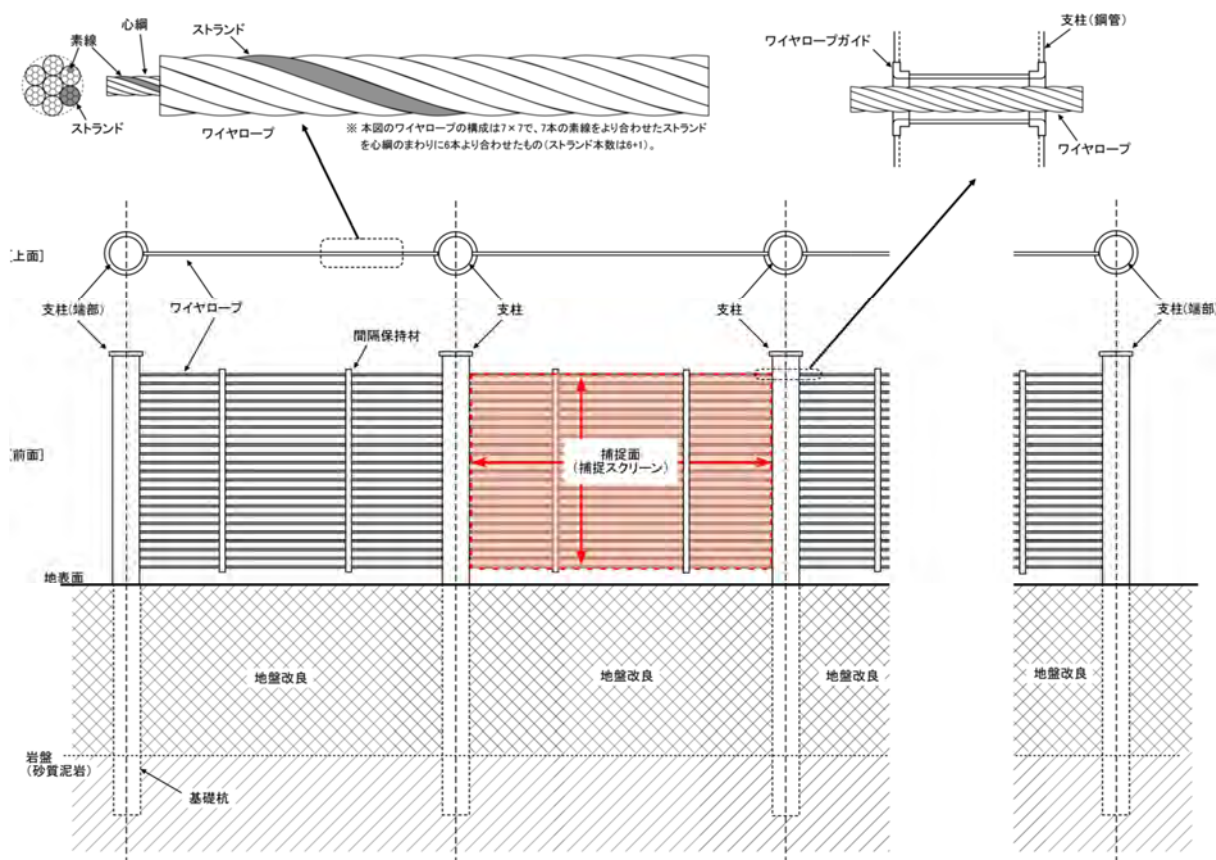


図3 漂流物防護柵の概念図

津波漂流物防護柵の支柱にはJIS規格（JIS A 5525）の鋼管杭を用いる。支柱内部は中空である。端部の支柱はワイヤロープを津波漂流物防護柵両端において固定する役割を持ち、ワイヤロープは途中の支柱に開けられた孔を通して津波漂流物防護柵の両端部の支柱まで張られる。個々の支柱は地下に埋め込まれた基礎杭によりそれぞれ支持される。なお、基礎杭周辺は地盤改良により、地震時における支持地盤以浅の地盤の液状化の影響を受けないようにする。

支柱間の上下方向に一定間隔でワイヤロープを複数本張り巡らすことによって漂流物を捕捉する捕捉面（捕捉スクリーン）を形成する。捕捉面の高さ方向の幅は設置位置における津波の浸水深（地上から津波の最大高さ位置までの距離）と捕捉対象となる漂流物の大きさに応じて定め、津波の最大浸水深時においても漂流物が津波漂流物防護柵を乗り越えることが無いようにする。

ワイヤロープにはJIS規格（JIS G 3549）の構造用ワイヤロープを用いる。ワイヤロープの構造は、複数本の鋼製素線を撚り合わせた線材（ストランド）を、さらに複数本撚り合わせたものとなっている（図 3の上図）。ワイヤロープは津波漂流物防護柵の両端部の支柱で固定され、途中の支柱に対しては固定せず支柱に開けられた孔を通してのみとし、ワイヤロープの伸縮を拘束しない。ただし、ワイヤロープが漂流物を受けた際にワイヤが孔の隅部に押し付けられて摩耗するのを防止するため及び漂流物捕捉時のワイヤロープの伸縮を妨げないようにロープガイド（ロープと杭の当たり面を曲面にする部材）を設ける。ワイヤロープの上下方向の間隔は捕捉対象とする漂流物の大きさに応じて適切に定め、漂流物がワイヤの間から抜け出さないような間隔とするとともに、作用する荷重に耐えうるものとする。また、上下方向のワイヤロープ間の間隔を維持するために支柱間のワイヤロープの中間位置に間隔保持材（スペーサー）を設ける。

2.2.3 設計条件

(1) 検討ケース

津波漂流物防護柵の評価に係る検討ケースを表 1に示す。

表 1 検討ケース一覧

検討ケース	評価部材	津波		地震力	
		衝突荷重	抗力	廃止措置 計画用 設計地震動	余震
耐震性評価					
①地震力が作用するケース	支柱	—	—	○ (弾性)	—
	基礎杭				
	ゲート				
耐津波性評価					
(1) 衝突エネルギーに対する検討					
①漂流物が支柱に衝突するケース	支柱	○ (弾塑性)	—	—	—
②漂流物がワイヤロープに衝突するケース	ワイヤロープ	○ (弾塑性)	—	—	—
(2) 抗力に対する検討					
①ワイヤロープに抗力が生じるケース	ワイヤロープ	—	○ (弾塑性)	—	—
(3) 伝達力に対する検討					
①漂流物が支柱に衝突した場合に生じる伝達力	支柱	○ (弾性)	—	—	—
②漂流物がワイヤロープに衝突した場合の伝達力	支柱	○ (弾性)	—	—	—
③ワイヤロープが閉塞した場合の支柱への伝達力	支柱	—	○ (弾性)	—	—
(4) 基礎杭に対する検討					
①漂流物あるいは抗力が作用した場合	基礎杭	○ (弾性)	○ (弾性)	—	—
(5) 津波荷重と余震との重畳に対する検討					
①津波荷重と余震が同時作用するケース	支柱	—	○ (弾塑性)	—	○ (弾塑性)
	ワイヤロープ				
(6) 取付け部の検討					
①ワイヤロープに最大張力が作用するケース	ねじ部 カップラー	○	○	—	—
(7) ゲートの検討					
①ゲートに津波漂流物が作用するケース	ゲート	○	—	—	—

(2) 強度条件

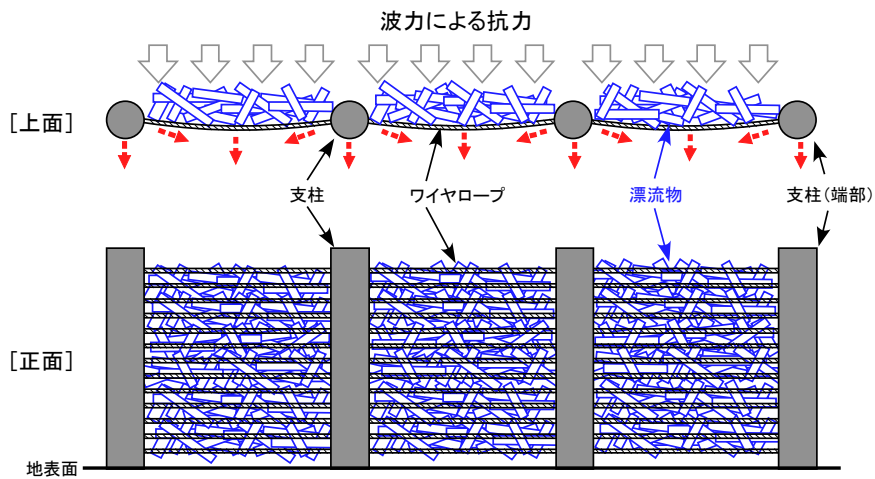
支柱及びワイヤロープは、捕捉する漂流物のうち、最大の衝突エネルギーを持つ漂流物を受け止めることが可能な耐力を持ったものとする。

また、ワイヤロープそのものは断面積が小さいため直接受ける津波の波力は小さいものの、漂流物が捕捉された後では漂流物の断面積に作用する波力も伝達されることから、保守的にワイヤロープが構成する捕捉面が完全に閉塞したと仮定した場合に受ける波力の荷重（以下「抗力」と示す。）に対しても耐え得るものとする。

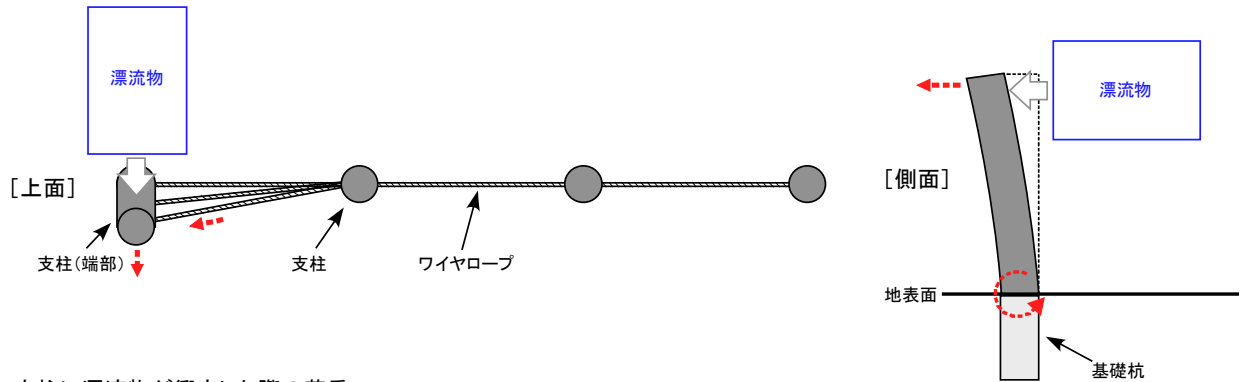
これらのワイヤロープに作用する荷重は支柱にも伝達されることから、支柱及び支柱を支持している基礎杭の強度もそれに耐え得るものとする。なお、漂流物が直接衝突する支柱は塑性変形を許容する。ただし、その場合、衝突した支柱を支える支柱（隣接する支柱）は弾性範囲内で支えるものとする。

以上より、津波漂流物防護柵で漂流物の衝突荷重を受ける構成要素は以下に示す荷重条件に耐える強度を持つものとして設計する（図 4）。

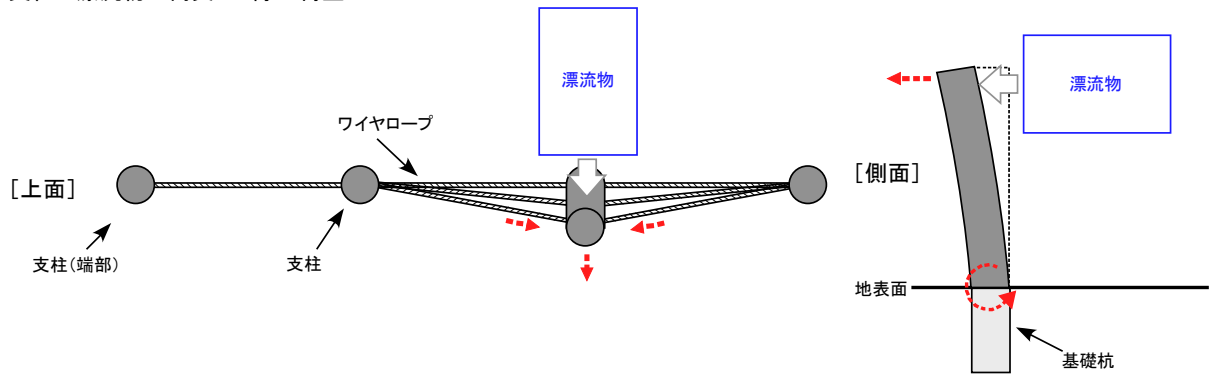
○ 捕捉面が閉塞した際に作用する波力による抗力



○ 支柱(端部)に漂流物が衝突した際の荷重



○ 支柱に漂流物が衝突した際の荷重



○ 捕捉面に漂流物が衝突した時の荷重

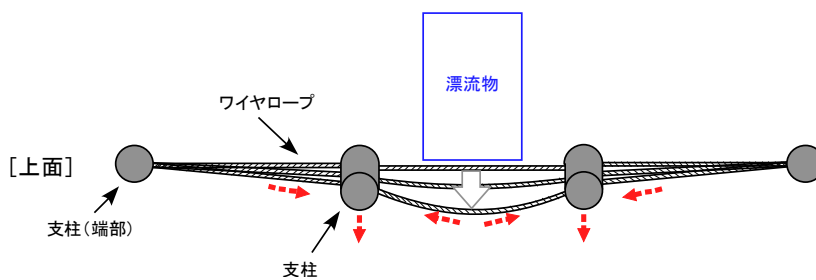


図 4 津波漂流物防護柵に作用する荷重の形態

強度設計の条件とする津波は設計津波とし、漂流物は分離精製工場（MP）建家の評価と同様に、漂流物の内、最も衝突エネルギーの大きい還水タンク（約14t、外径2m×長さ4.5m）とする。衝突エネルギーは、漂流物は衝突の体勢によって付加重量（慣性力により漂流物と一体となって動く水の質量）が異なることから、最も厳しい体勢を考慮する。

設計条件とする津波の浸水深（地上から津波の最大高さ位置までの距離）及び流速は、津波漂流物防護柵が配置される場所の中で最大となる値（5.6 m/s）を使用する（表 2）。

表 2 津波に関する設計条件

項目	条件	設定の理由
浸水深	7.0 m	漂流物防護柵の設置場所周辺における最大の津波高さ（波力算定用津波高さ T.P.+12.03 mに潮位のばらつき0.18 mを加えた高さT.P.+12.21 m）に保守性を加えた津波高さT.P.+12.3 mに対し、設置場所付近で最小となる地盤高さ（T.P.+5.3 m）を差し引いた値より設定。
津波の流速	5.6 m/s	漂流物防護柵の設置場所周辺における最大の流速（5.52 m/s）より設定。
海水密度	10.1 kN/m ³	理科年表より。

(3) 耐震性

津波は地震を起因として生じる自然現象であることから、津波の遡上に先立って発生する地震に対しても十分な耐震性を有する必要がある。したがって、津波漂流物防護柵は設計地震動による地震力（設計津波の起因となる地震による地震動に比べて設計地震動が上回ることは確認している。）が作用した後においても、漂流物の捕捉機能が保持できるものとする。

具体的には、設計地震動による地震力に対して施設全体として弾性範囲の設計とする。また、支柱を支える基礎杭は十分な支持性能を持つ地盤に設置する。

(4) 荷重の組合せ

津波による浸水中に余震が発生した場合を考慮し、余震による地震力と津波による抗力を組み合わせた荷重に耐えうる設計とする。また、ワイヤロープが全閉塞した場合を考慮して、抗力に対して捕捉面全体（支柱及び基礎杭）で耐えうる設計とする。

(5) その他の外部事象に対する条件

津波及び地震以外の、竜巻、火山事象、外部火災等は、津波との重畳を考慮しないことから、これらの事象により津波漂流物防護柵の機能が喪失する可能性がある場合に対しては、修繕による機能の回復が可能な設計とする。

ただし、これらの事象により津波漂流物防護柵が損壊等を生じ、防護対象施設の重要な安全機能に対して波及的影響を与えないように設計する。

安全機能に対して波及的影響を与えないように設計する。

(6) 津波後の再使用性

津波後の再使用性を考慮し、津波による波力及び漂流物の衝突により塑性変形を許容する部分に対しては、修繕による機能の回復が可能な設計とする。

2.2.4 構造及び配置

設置する津波漂流物防護柵の全体配置を図 5に、標準構造を図 6に、諸元を表 3に示す。

津波漂流物防護柵の配置は、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場斜面と分離精製工場（MP）建家の間からの漂流物の侵入（南東方向からの侵入）を防ぐもの（図 5の①及び②の区間）と、分離精製工場（MP）建家の西側側面からの漂流物の侵入（北方向からの侵入）を防ぐもの（図 5の③及び④の区間）から成り、それぞれの方向について通常時の資材等の搬出入を考慮しつつ漂流物の侵入を防ぐためにラビリンス状の配置（つづら折り）とすることから、全体で4区間に分割する。なお、事故対処設備の配備場所としているプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟の駐車場の地盤補強工事が計画されているが、当該工事範囲（作業範囲含む）に津波漂流物防護柵設置位置が重複する（図 5の①の南端部分の破線部）ことから、この部分の津波漂流物防護柵の設置工事はプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟の駐車場の地盤補強工事に含めることとする。

設置区間①と②は高放射性廃液貯蔵場（HAW）東側区間で、高放射性廃液貯蔵場（HAW）東側への漂流物の侵入を防止する役割で設ける。通常時の資材等の搬出入は設置区間①と設置区間②の隙間を通して行う計画である。

設置区間③は分離精製工場（MP）建家 西側区間で、分離精製工場（MP）建家と分析所（CB）の間を通過して侵入する漂流物から防護するために設ける。

設置区間④はガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の北側を全体的に防護するとともに分離精製工場（MP）建家まで延長することにより、分離精製工場（MP）建家とクリプトン回収技術開発施設（Kr）の間を通過して侵入する漂流物から防護するために設ける。通常時の資材等の搬出入は設置区間③と設置区間④の東端区間の隙間、もしくは設置区間④の西端を通して行う計画である。

なお、支柱設置場所周辺には既設の地中埋設物等が多数存在することから、工事においてこれら既設の地中埋設物等を回避するために支柱設置位置の微調整を行う場合があるが、その場合においても後述する強度評価が満たされるよう、既定の設計条件の範囲内に収まるように配置位置を調整する。

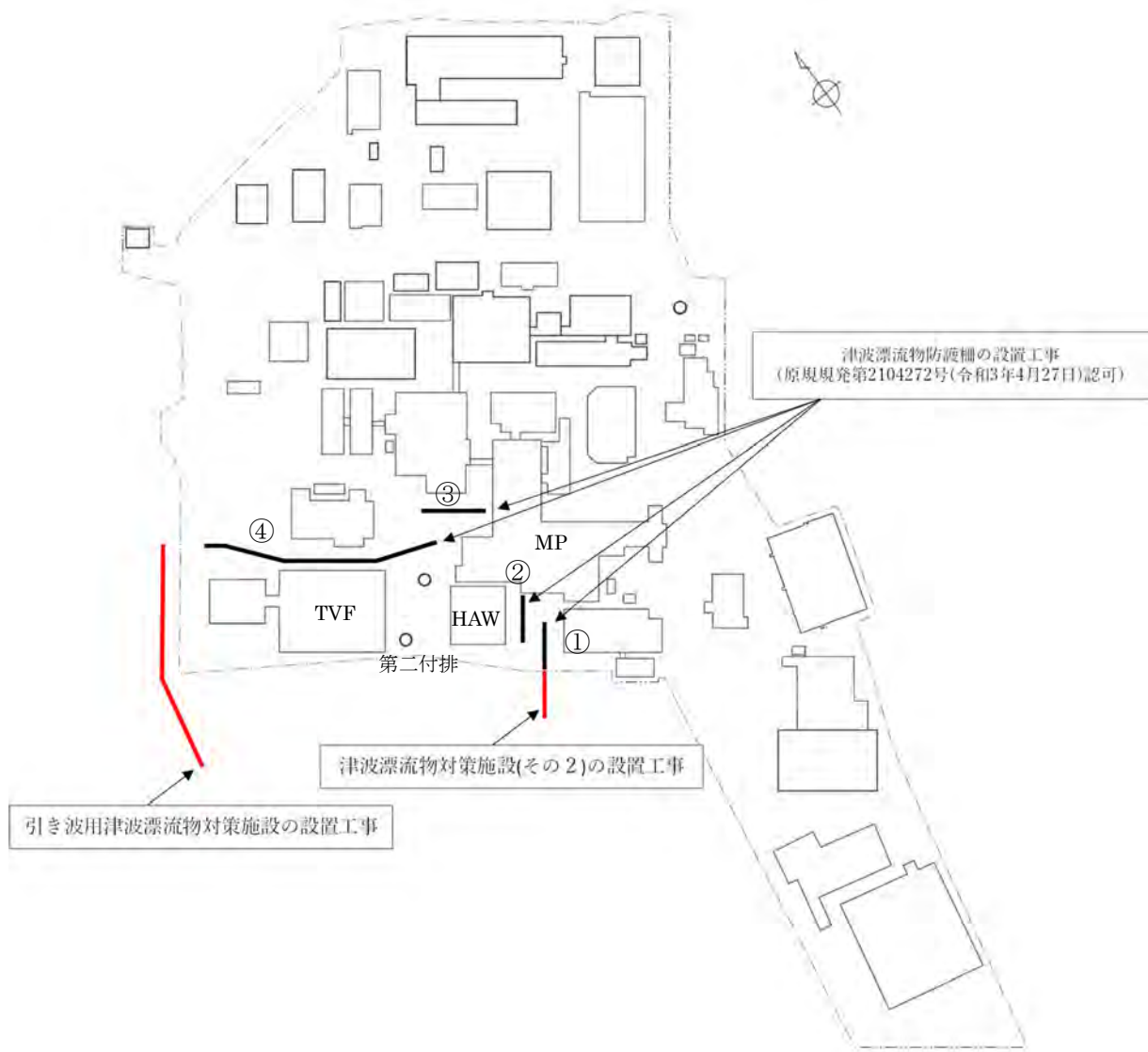


図 5 津波漂流物防護柵の全体配置計画図

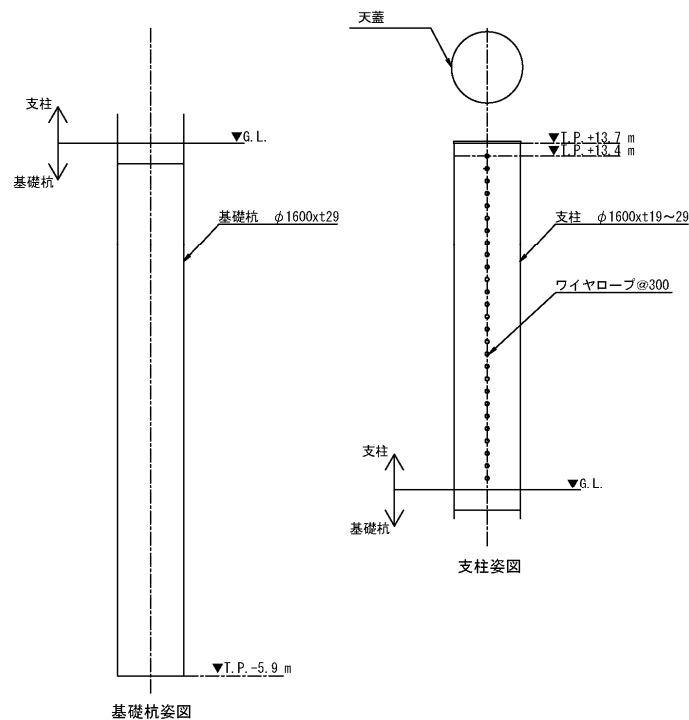


図 6 漂流物防護柵の標準構造

(1) 支柱

支柱は外径1600 mm、管肉厚19~29 mmの鋼管杭（JIS A 5525におけるSKK490）を使用し、支柱高さは設置場所によらず捕捉面上端高さがT.P.+13.7 m（表 2に示した津波浸水高さ T.P.+12.3 mに、代表漂流物の喫水面上高さと波面の振幅等に対する余裕に上端ワイヤロープ取付位置と天端までのマージンとして300 mmを考慮して設定）になるように定めるものとする。単一の津波漂流物防護柵の間に設置する支柱の設置間隔を9.5 mを基本とし、既設埋設物の状況により調整が必要な箇所は設置間隔を9.5 m以下とする。

代表漂流物である環水タンクが衝突した際の、支柱及び津波浸水深等の位置関係を図 7 に示す。

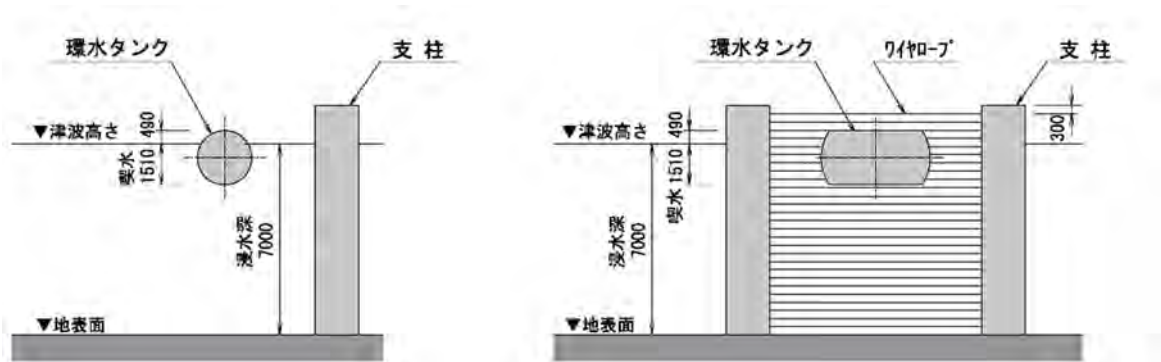


図 7 浸水深、代表漂流物の衝突位置と津波漂流物防護柵の位置関係

(2) ワイヤロープ

ワイヤロープは心綱有りの7×7構成（鋼製素線7本撚りのストランドを、鋼製素線7本撚りの心綱周りに6本撚りこんだ構成）、ロープ径25 mmの構造用ワイヤロープ（JIS G 3549におけるST1470）を用いる。

ワイヤロープは捕捉面（捕捉スクリーン）支柱天端から300 mmの位置（T.P.+13.4 m）から300 mm間隔で設置する。ワイヤロープは漂流物防護柵の両端の支柱で固定される。ワイヤロープと支柱との固定金具は図 8に示す構造とし、調整ロッドのねじ込みによってワイヤロープの張力や長さを調整する。

ワイヤロープの単一の最大長さは約47.5 mであり、漂流物防護柵の全長がこれを超える場合は複数のワイヤロープを接続金物により接続する。

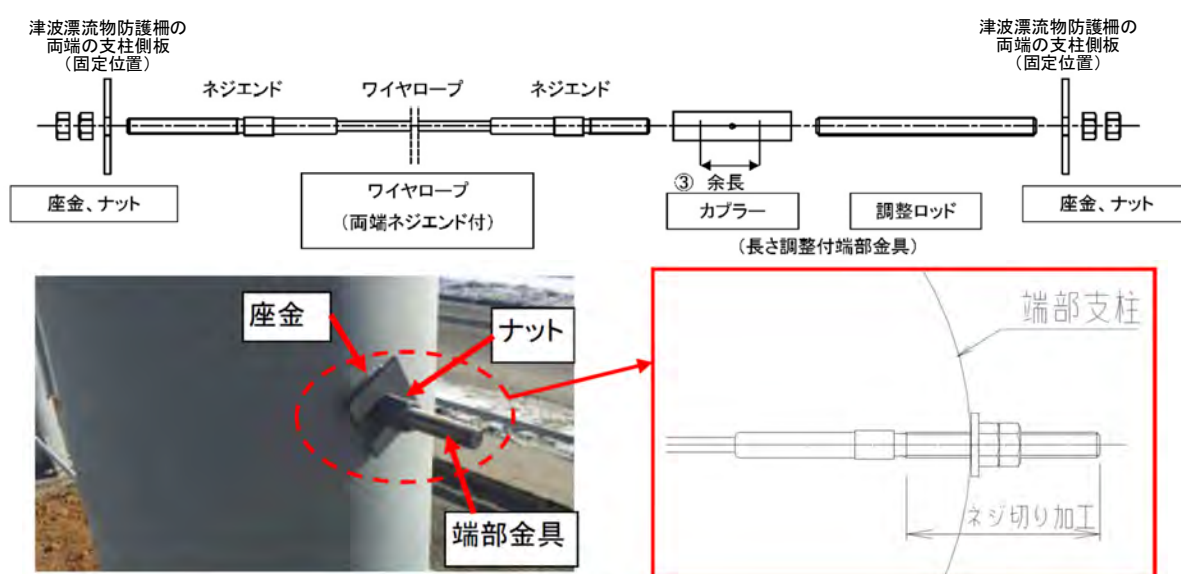


図 8 ワイヤロープの固定構造

(3) 基礎杭

基礎杭は支柱と同じ外径1600 mm、管肉厚29 mmの鋼管杭（JIS A 5525におけるSKK490）を使用し、支柱との構造的連続性を確保する。杭深さは、設置位置の支持地盤深さに応じて設定する。

基礎杭は十分な支持性能を持つ地盤に設置するが、支持地盤以浅の杭周囲の地盤の液状化により過大な土圧を受けることが無いよう、杭周囲の地盤を改良する。

表 3 津波漂流物防護柵の諸元

設置区間	支柱本数	津波漂流物防護柵 延長距離
① 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 東側 区間 (海側)	3 本 (4 本) *	19 m (25m) *
② 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 東側 区間 (陸側)	4 本	29 m
③ 分離精製工場 (MP) 西側区間	5 本	34 m
④ ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガ ラス固化技術開発棟 北側区間	17 本	134 m

※ 支柱設置位置が干渉する PCDF 駐車場の地盤改良工事において 4 本の支柱を設置する。

2.2.5 評価方針

漂流物に対する強度設計は「設計ガイドライン」に基づき以下に示す通りに実施する。

(1) 荷重条件

設計条件とする代表漂流物は還水タンク（横置円筒型タンク）であり、その諸元は質量約 14 t、外径 2 m×長さ 4.5 m である。設計ガイドラインに基づき衝突時のエネルギー（衝突エネルギー）を算出する。

- ① 衝突エネルギーは、漂流物の速度 V 、仮想重量（漂流物重量+付加重量） W と流速、重力加速度 g を使用して以下の式で算出する。

$$E = \frac{WV^2}{2g}$$

- ② 漂流物の仮想重量は、以下の式により質量及び長さ(又は幅)、喫水深さ、海水の単位体積重量を掛け合わせて算出した付加重量を考慮する。

$$W = W_0 + W' = W_0 + \frac{\pi}{4} D^2 L \gamma_w$$

ここで、
 W : 仮想重量 (kN)
 W_0 : 漂流物重量 (kN)
 W' : 付加重量 (kN)
 D : 漂流物の喫水 (m)
 L : 漂流物の長さまたは幅 (m)
 γ_w : 海水の単位体積重量 (kN/m³)

なお、漂流物が設計速度（遡上波の最大流速と同じとした）で衝突するのは、遡上波の先端波によって流されてくる場合であり、遡上波の流速の時刻歴に基づく第 2 波、第 3 波の流速は第 1 波より十分低いことから、漂流物が設計流速で衝突する回数は 1 回となる。しかしながら、漂流物防護柵の設計においては少なくとも最大流速での衝突が 2 回生じて耐

える強度を確保することにより十分な裕度を確保する。

(2) 支柱の強度評価方針

支柱に直接衝突する漂流物の衝突エネルギーが支柱の吸収エネルギー量を下回ることを確認する。

支柱による吸収エネルギー E_T は、図 9 に示すように、支柱の衝突断面の局部変形による吸収エネルギー E_R と支柱の梁変形による吸収エネルギー E_P を合わせた数値とする。

$$E_T = E_R + E_P$$

$$E_R = P_0 \frac{\delta_{L0}}{1.8}$$

$$E_P = P_0 \delta_{pa}$$

$$P_0 = \frac{Z_p \sigma_{yd}}{H}$$

ここで、 σ_{yd} : 動的降伏応力 ($\sigma_{yd} = 1.2 \times \sigma_y$)

σ_y : 静的降伏応力

$$\sigma_y = 703.3 \left(\frac{D}{t_p} \right)^{-0.104}$$

Z_p : 支柱の塑性断面係数

H : 荷重作用高さ

局部変形による吸収エネルギー E_R の計算において、荷重 P_0 に対応する凹み量は次式で計算する。

$$\delta_{L0} = D \left\{ \frac{4(D - t_p)^{1.25}}{KH t_p} \right\} = D \left\{ \frac{4Z_p}{KH t_p^2} \right\}^{1.25}$$

ここで、 D : 鋼管径

δ_L : 局部変形量 ($\leq D$ を適用範囲とする)

t_p : 鋼管肉厚

K : 実験係数 ($K = 185$)

σ_{yd} : 動的降伏応力 ($\sigma_{yd} = 1.2 \times \sigma_y$)

σ_y : 静的降伏応力

$$\sigma_y = 703.3 \left(\frac{D}{t_p} \right)^{-0.104}$$

Z_p : 支柱の塑性断面係数

H : 荷重作用高さ

梁変形による吸収エネルギー E_P の計算において、局部座屈発生時の塑性変形量 δ_{pa} 、塑性回転角 θ_{pa} は次式より計算する。

$$\delta_{pa} = \theta_{pa} H$$

$$\theta_{pa} = \frac{1.355}{\frac{D}{t_p}}$$

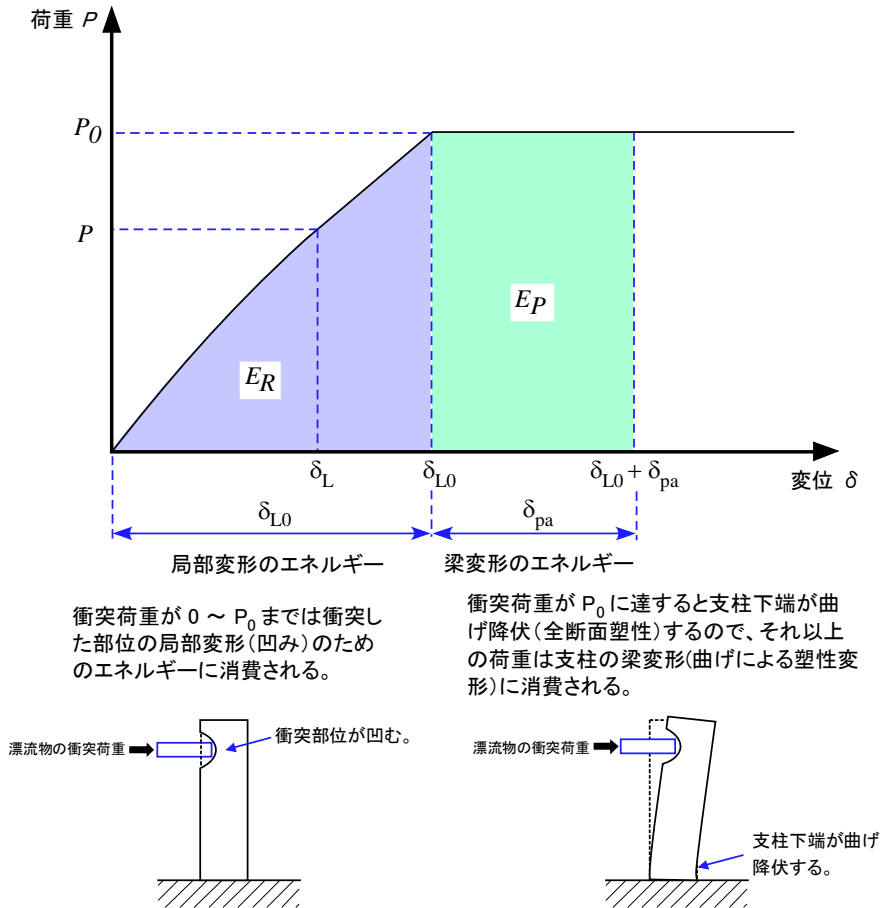


図 9 衝突荷重を受ける支柱の吸収エネルギーの評価モデル

また、支柱及びワイヤロープに漂流物が衝突した場合のワイヤロープから支柱への曲げ応力を算出し、支柱に生じる曲げ応力が支柱の動的降伏応力 σ_{yd} を下回ることを確認する（衝突は短時間に作用する衝撃荷重であることから動的降伏応力を用いる。）。

更に、ワイヤロープが漂流物により閉塞した場合のワイヤロープから支柱への曲げ応力を算出し、支柱に生じる曲げ応力が支柱の静的降伏応力 σ_y を下回ることを確認する。

(3) ワイヤロープの強度評価方針

漂流物の衝突エネルギーがワイヤロープの吸収エネルギー量を下回ることを確認する。ワイヤロープの吸収エネルギー量は以下に示す式を用いて算出する。ワイヤロープによる吸収エネルギーは、図 10に示すように、ロープの伸びによる弾性域における吸収エネルギー（ ER_1 ）と降伏域～塑性域による吸収エネルギー（ ER_2 、 ER_3 ）を合わせた数値と

する。また、ワイヤロープの伸び率は設計ガイドラインの規定により最大3%とする。

$$ER_1 = \frac{n_s L}{2E_w \times A} (T^2 - T_0^2) \quad (T_0 < T < T_y \text{の範囲})$$

$$ER_2 = n_s (T_y + T') \times (\Delta L' - \Delta L_e) \times \frac{L}{2} \quad (\Delta L_e < \Delta L < 1.5\% \text{の範囲})$$

$$ER_3 = 0.9n_s \times T_b \times L \times (\Delta L - 1.5\%) \quad (1.5\% < \Delta L < 3.0\% \text{の範囲})$$

- ここで、
- $\Delta L'$: ER_2 区間内でのワイヤロープの伸び率 (最大 1.5%)
 - T' : 伸び率が $\Delta L'$ の時の張力
 - T_y : ワイヤロープの降伏荷重 ($0.75T_b$)
 - n_s : ワイヤロープの設置本数
 - L : ワイヤロープの全長
 - E_w : ワイヤロープの弾性係数
 - T : ワイヤロープに作用する張力
 - T_0 : ワイヤロープに作用する初期張力 (= 5 kN)
 - T_b : ワイヤロープの破断荷重
 - ΔL : ワイヤロープの伸び率 (最大 3%とする。)
 - ΔL_e : ワイヤロープの弾性限界における伸び率

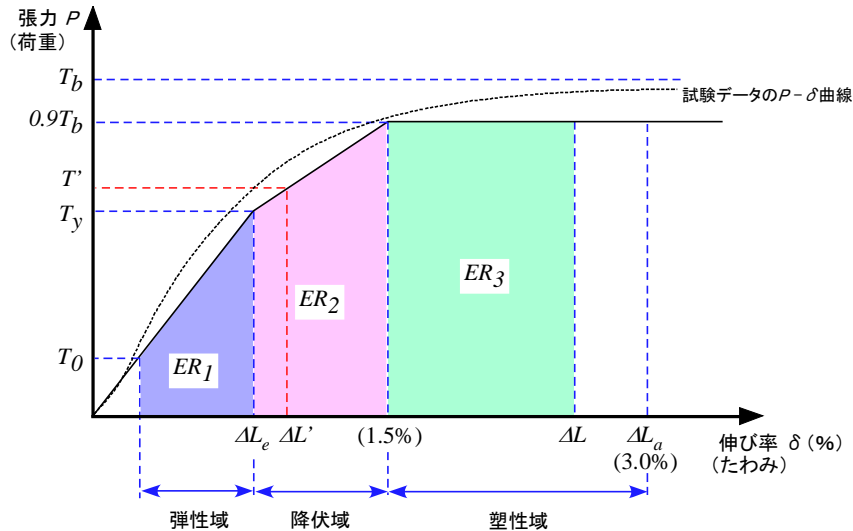


図 10 ワイヤロープの吸収エネルギーの評価モデル

また、ワイヤロープが漂流物により全面閉塞した場合に作用する抗力(津波の波力) F_D がワイヤロープの最大抵抗荷重 F_R (津波漂流物防護柵の単位長さあたりに受け止めることが出来る等分布荷重)を下回ることを確認する。評価は図 11に示すモデルに基づき、次式により計算する。

抗力：

$$F_D = C_D \frac{\gamma_w}{2g} AU^2 \quad (\text{kN/m})$$

ここで、 C_D : 抗力係数 (捕捉スクリーン面を平板と見なす)
 γ_w : 海水の単位体積重量 (kN/m³)
 g : 重力加速度 (m/s²)
 A : 防護柵の単位長さ当たりの捕捉スクリーン面積 (m²/m)
 (捕捉スクリーンの上端から下端まで閉塞すると仮定)
 U : 津波の流速 (m/s)

最大抵抗荷重 :

$$F_R = 8T_R\delta_R n_s / a^2 \sqrt{1 + 16 \left(\frac{\delta_R}{a} \right)^2} \quad (\text{kN/m})$$

ここで、 T_R : 設計引張張力 (kN/本)
 δ_R : 設計引張張力作用時の垂下量 (m)

$$\delta_R = \sqrt{\frac{3a\delta}{8}}$$

δ : 設計最大伸び量 (m)

$$\delta = L \times \Delta L_e$$

n_s : 捕捉スクリーン本数 (本)

a : 支柱間隔 (m)

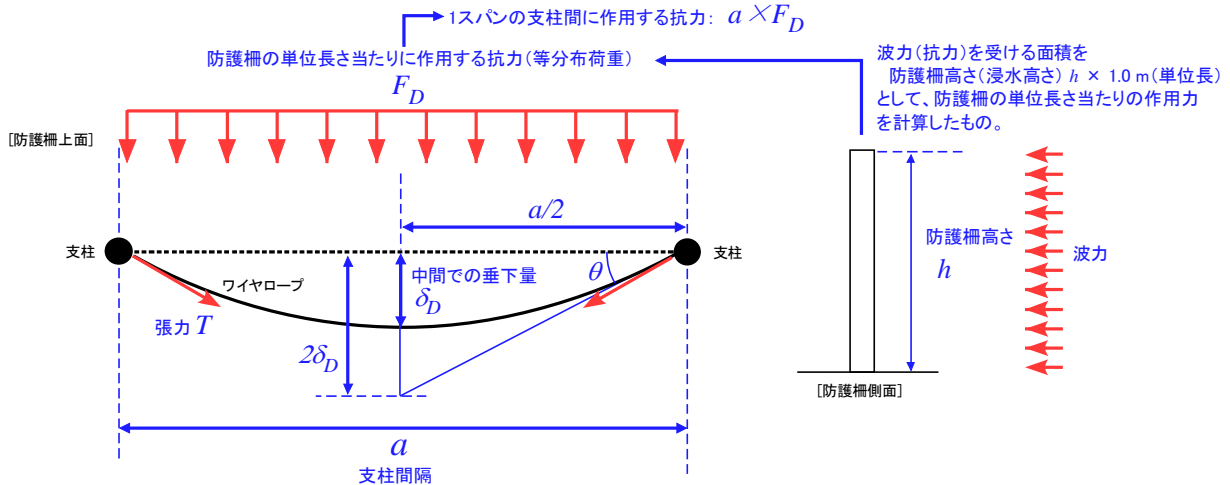


図 11 閉塞時の抗力評価モデル

(4) 基礎杭の強度評価方針

津波漂流物対策施設設計ガイドラインに基づき、基礎杭の強度設計は弾性設計とし、その挙動解析について下記の基本式を用いて算定する。なお、強度評価に当たっては鋼管の腐食（「道路橋示方書・同解説」より、腐食代 1 mmとした）を考慮する。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = -P = -pB$$

ここで、 EI : 杭の曲げ剛性 (kN・m²)

x : 地表面からの深さ (m)

y : 深さ x における杭の変位 (m)

P : 深さ x における杭の単位長さ当たりの地盤反力 (kN/m)

p : 深さ x における杭の単位面積当たりの地盤反力 (kN/m²)

$$p = \frac{P}{B}$$

B : 杭幅 (m)

上式を用いて算出した、抗力あるいは漂流物の衝突による荷重によって基礎杭に生じる最大曲げモーメント応力に対して、基礎杭の降伏曲げモーメントを比較することで、基礎杭が弾性範囲内にとどまることを確認する。

(5) 耐震性の評価方針

設計地震動により支柱及び基礎杭に生じる応力に対して、支柱及び基礎杭が弾性範囲内にとどまることを確認する。

具体的には解放基盤表面 (T.P.-303 m) における設計地震動を用いた地盤応答解析を行い、基礎杭位置での応答加速度 (震度) を算出し、支柱及び基礎杭の地震応答解析 (静的解析) を行う。

(6) 荷重の組合せに関する評価方針

津波襲来時に余震が発生する可能性があるため、津波による荷重と余震との重畳に対する検討を行う。津波による荷重はワイヤロープが津波漂流物によって閉塞した際に生じる抗力とする。

(7) 安定性の評価方針

液状化については道路橋示方書・同解説に基づき、地盤調査結果から液状化検討対象層を抽出し、それら検討対象層の液状化に対する抵抗率 (FL値) について設計地震動を用いて算出する。算出されたFL値について、1.0以下の土層については液状化が生じる可能性が否定できないことから、これら土層については地盤改良を行い、液状化が生じないように対策する。

2.2.6 評価結果

(1) 漂流物の衝突エネルギーに対する強度評価結果

表 4に支柱の衝突エネルギーに対する強度評価結果強度評価結果を示す。これより支柱及びワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突エネルギー及び設計津波の抗力に対して十分な強度を持つ。

表 4 漂流物の衝突エネルギーに対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
漂流物が支柱に衝突するケース	吸収エネルギー	1448 kJ	≥	衝突エネルギー	386 kJ	OK
漂流物がワイヤロープに衝突するケース	吸収エネルギー	1127 kJ	≥	衝突エネルギー	386 kJ	OK

(2) 抗力に対する強度評価結果

表 5にワイヤロープ抗力に対する強度評価結果を示す。これよりワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突エネルギー及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 5 抗力に対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
ワイヤロープに抗力が生じるケース	最大抵抗荷重	359 kN/m	≥	抗力	140 kN/m	OK

(3) 伝達力に対する強度評価結果

表 6に伝達力に対する強度評価結果を示す。これより支柱及びワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突力及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 6 伝達力に対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
漂流物が支柱に衝突した場合に生じる伝達力	動的降伏応力	533 N/mm ²	≥	曲げ応力	280 N/mm ²	OK
漂流物がワイヤロープに衝突した場合の伝達力	動的降伏応力	533 N/mm ²	≥	曲げ応力	280 N/mm ²	OK
ワイヤロープが閉塞した場合の支柱への伝達力	静的降伏応力	444 N/mm ²	≥	曲げ応力	274 N/mm ²	OK

(4) 基礎杭の強度評価方針

表 7に基礎杭の強度評価結果を示す。これより基礎杭は想定する代表漂流物の衝突及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 7 基礎杭の強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
基礎杭の評価	降伏曲げ モーメント	29,625 kNm	≥	最大曲げ モーメント	26,665 kNm	OK

(5) 耐震性の評価結果

表 8に設計地震動に対する支柱及び基礎杭の強度評価結果を示す。これより津波漂流物防護柵は想定する地震力に対して十分な耐力を持つ。

表 8 基礎杭の強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
支柱（曲げ）	許容応力度	277.5 N/mm ²	≥	発生応力	4 N/mm ²	OK
基礎杭（曲げ）	許容応力度	277.5 N/mm ²	≥	発生応力	130 N/mm ²	OK

(6) 荷重の組合せ評価結果

表 9に津波による荷重（ワイヤーロープの閉塞時の抗力）と余震との重畳に対する支柱の強度評価結果を示す。これより津波による荷重と余震との重畳に対して十分な耐力を持つ。

表 9 津波による荷重と余震との重畳に対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
津波と余震との重畳	静的降伏応力	444N/mm ²	≥	曲げ応力	276 N/mm ²	OK

(7) 安定性の評価結果

(i) 液状化

道路橋示方書・同解説を踏まえ、液状化対象検討層を抽出し、それら検討層に対して液状化判定を行った。表 10に液状化判定結果を示す。地下水位以深の砂層に液状化のおそれがあるため、地盤改良を行い液状化のおそれのないようにする。

表 10 液状化判定結果

上端 T.P. (m)	層種	N 値	FL 値	判定※
6.2	盛土	4.3	—	—
6.0	埋土	4.3	—	—
5.9	砂	3	—	—
4.9		3	—	—
4.0		3	—	—
3.1		4	0.253	NG
2.2		4	0.239	NG

▼地下水位(T.P.+3.1m)

※ 判定：OK=液状化のおそれがない。NG=液状化のおそれがある。

2.2.7 地震・津波以外の外部事象の影響に対する考慮

地震・津波以外に考慮すべき外部事象である、竜巻、火山事象、外部火災は津波の起因事象あるいは従属事象でないことから設計津波との重畳を考慮しないが、これらの事象に対して津波漂流物防護柵の機能が損なわれることがあったとしても、補修等により機能を回復するものとする。

ただし、これらの外部事象による損傷によって防護対象施設に波及的影響を与えることがないように、以下の対応を行う。

- ・支柱及びワイヤロープは、設計竜巻において飛来物となることがないように固定する。
- ・支柱及びワイヤロープは、不燃性の材料を用いる。
- ・津波漂流物防護柵の配置においては、事故対処のためのアクセスルートや作業場所の障害とならないよう考慮する。

2.3 ゲートの設計

2.3.1 適用基準

ゲートの評価において準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 「ダム・堰施設技術基準(案)」(国土交通省)

2.3.2 概念と全体構造

津波漂流物防護柵(その2)は主に鋼管、ワイヤロープ及びステンレス製のゲートで構成される。

ゲートは、事故対処に使用する重機等の通行が可能な両翼のスイング式構造とする。ゲートの姿図を図 12 に示す。

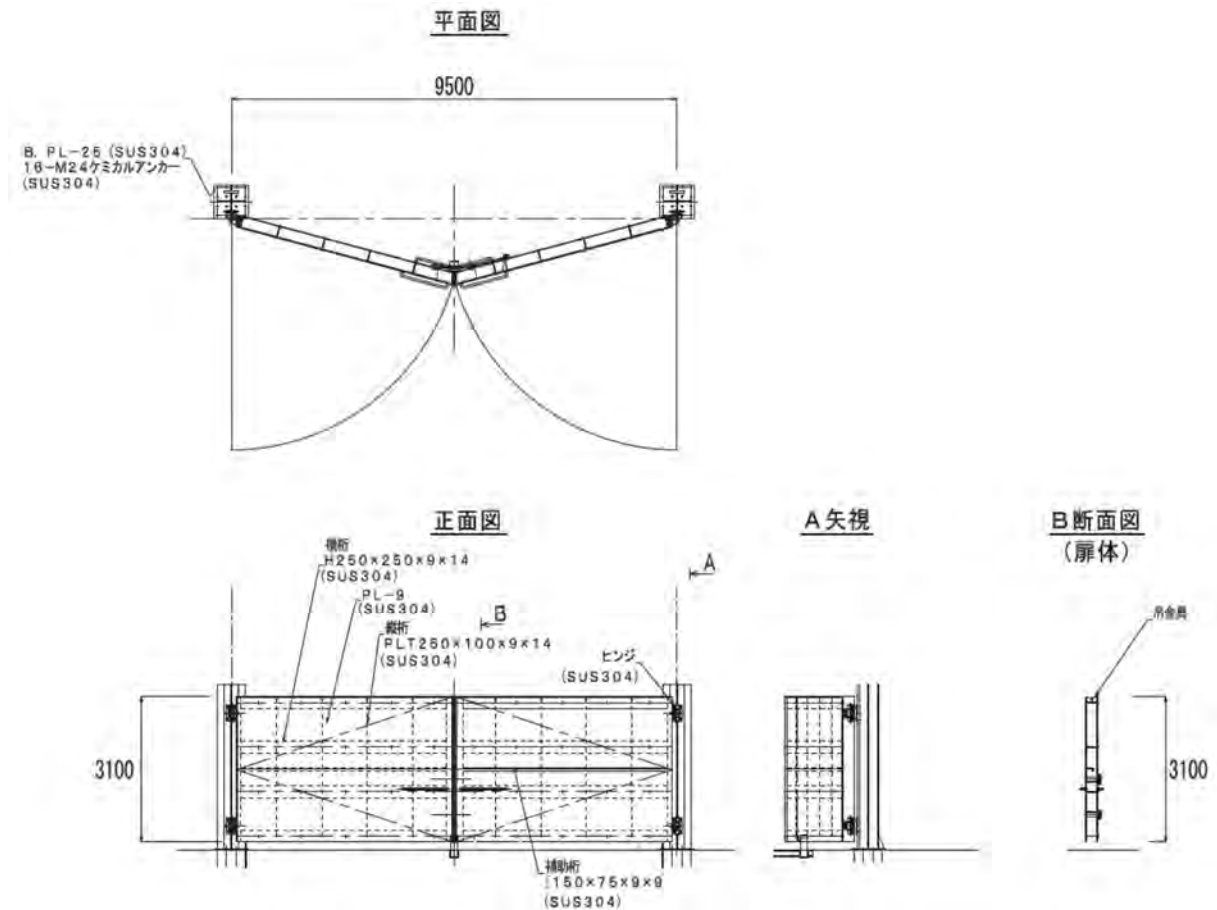


図 12 津波漂流物防護柵(その2) ゲート詳細図

2.3.3 設計方針

津波漂流物防護柵(その2)は廃止措置計画用設計地震動及び廃止措置計画用設計津波に対して耐震性及び耐津波性を有する設計とする。

2.3.4 配置

ゲートの位置を図 13 に示す。

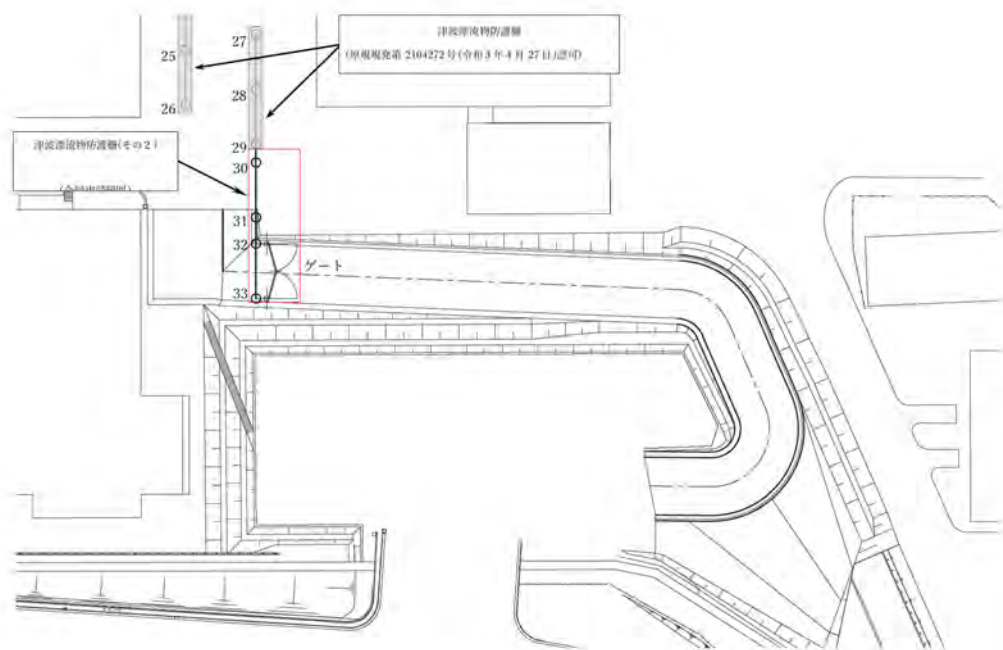


図 13 津波漂流物防護柵(その 2)の位置

2.3.5 評価方針

耐震性を有する設計として、ゲートの許容応力度に対して廃止措置計画用設計地震動による地震力によって生じる応力が下回ることを確認する。また、津波漂流物によって生じる衝突力及び津波によって生じる波力に対してゲートが必要な強度を確保することを確認する。

2.3.6 評価方法

地盤の地震応答解析結果を踏まえ、地表面の応答加速度を重力加速度で除した震度を用いて応力解析を行う。応力解析には水平動及び鉛直動の重ね合わせを考慮し、地表面の応答加速度が最大となる S_s-D について行う。応力解析に用いた震度を下表に示す。

ゲートの耐津波評価は、「ダム・堰施設技術基準(案)」に準拠して行う。照査については、ゲートの耐力に対してゲートに生じる応力(津波漂流物の衝突時)が下回ることを確認する。

表 応力解析に用いる震度

	震度	
	水平方向	鉛直方向
Ss-D	0.99	0.53

2.3.7 ゲートの強度評価結果

ゲートの強度評価については、地震力によって生じる応力がゲートの許容応力度を下回ることを確認する。

ゲートの強度評価結果を表 12 に示す。

表 12 ゲートの強度評価結果 (Ss-D)

評価項目		結果				判定	
地震力がゲートに作用した場合の評価	せん断	許容応力度	90 N/mm ²	≥	発生応力度	9 N/mm ²	OK

2.3.8 ゲートの耐津波評価結果

ゲートの耐津波評価結果を表 13 に示す。

表 13 ゲートの耐津波評価結果

評価項目		結果				判定	
津波漂流物が衝突した際の評価		許容応力度	150.0 N/mm ²	≥	発生応力度	120 N/mm ²	OK

2.4 引き波用津波漂流物防護柵の設計

2.4.1 適用基準

支柱及びワイヤロープにおける漂流物に対する強度設計は、(財)沿岸技術研究センター及び(社)寒地港湾技術研究センター発行(平成26年3月)の「津波漂流物対策施設 設計ガイドライン」(以下「設計ガイドライン」という。)に基づき行う。

設計地震動に対する強度設計は、(公社)日本道路協会発行の「道路橋示方書・同解説」に基づき行う。

2.4.2 概念と全体構造

引き波用津波漂流物防護柵は主に鋼管及びワイヤロープで構成される。

鋼管は支柱部分(径 1.0 m×板厚 16 mm)及び基礎杭部分(径 1.2 m×板厚 22 mm)となっており、取り付け部材により一体化させる。

基礎杭は基礎地盤である久米層(砂質泥岩)に支持させる。久米層は十分な支持性能を有するため、不等沈下は発生しない。

ワイヤロープは構造用ワイヤロープ(構造用ストランドロープ7×7、径 25 mm)の他、支柱との固定のためのネジエンド、カプラー、調整ロッドなどが付属する。鋼管をおおむね一定間隔で列状に設置し、それら鋼管の高さ方向にワイヤロープを 400 mm 間隔で所定高さまで複数本設置することにより津波漂流物防護柵を形成する。なお、支柱にはワイヤロープを固定させる端部の支柱と、ワイヤロープを貫通させる中間の支柱がある。また、付属するネジエンド等は構造用ワイヤロープよりも大きい強度を確保する。

引き波用津波漂流物防護柵の姿図を図 14 に、平面詳細図を図 15 に示す。標準的な支柱間隔は 9.5 m とする。引き波用津波漂流物防護柵の延長距離については、図 16 に示す 1-11 間は約 90 m、11-17 間は約 45 m として、約 48 m を超える場合については接続部(支柱間隔約 3 m)を設け、引き波用津波漂流物防護柵への影響が大きい車両が通過しないようにする。

2.4.3 設計方針

引き波用津波漂流物防護柵は廃止措置計画用設計地震動及び廃止措置計画用設計津波(押し波並びに引き波)に対して耐震性及び耐津波性を有する設計とする。

2.4.4 構造及び配置

引き波用津波漂流物防護柵の位置を図 16 に示す。

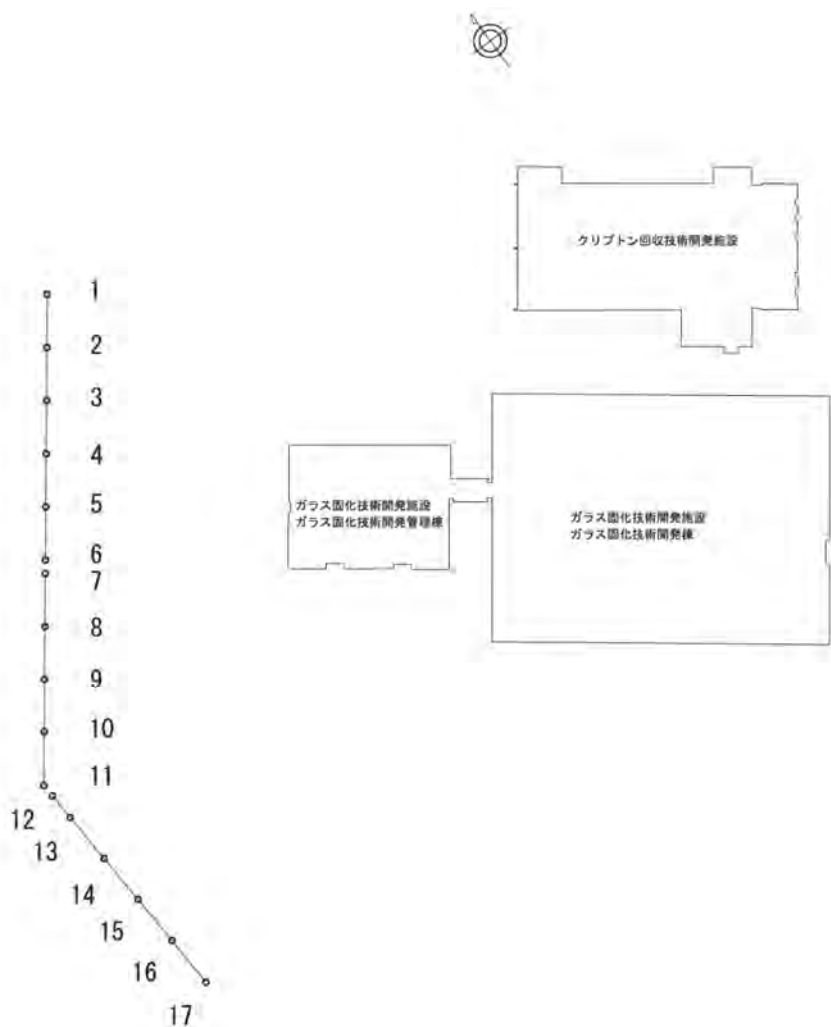


図 16 引き波用津波漂流物防護柵の位置

引き波用津波漂流物防護柵の構造を図 14 に示す。

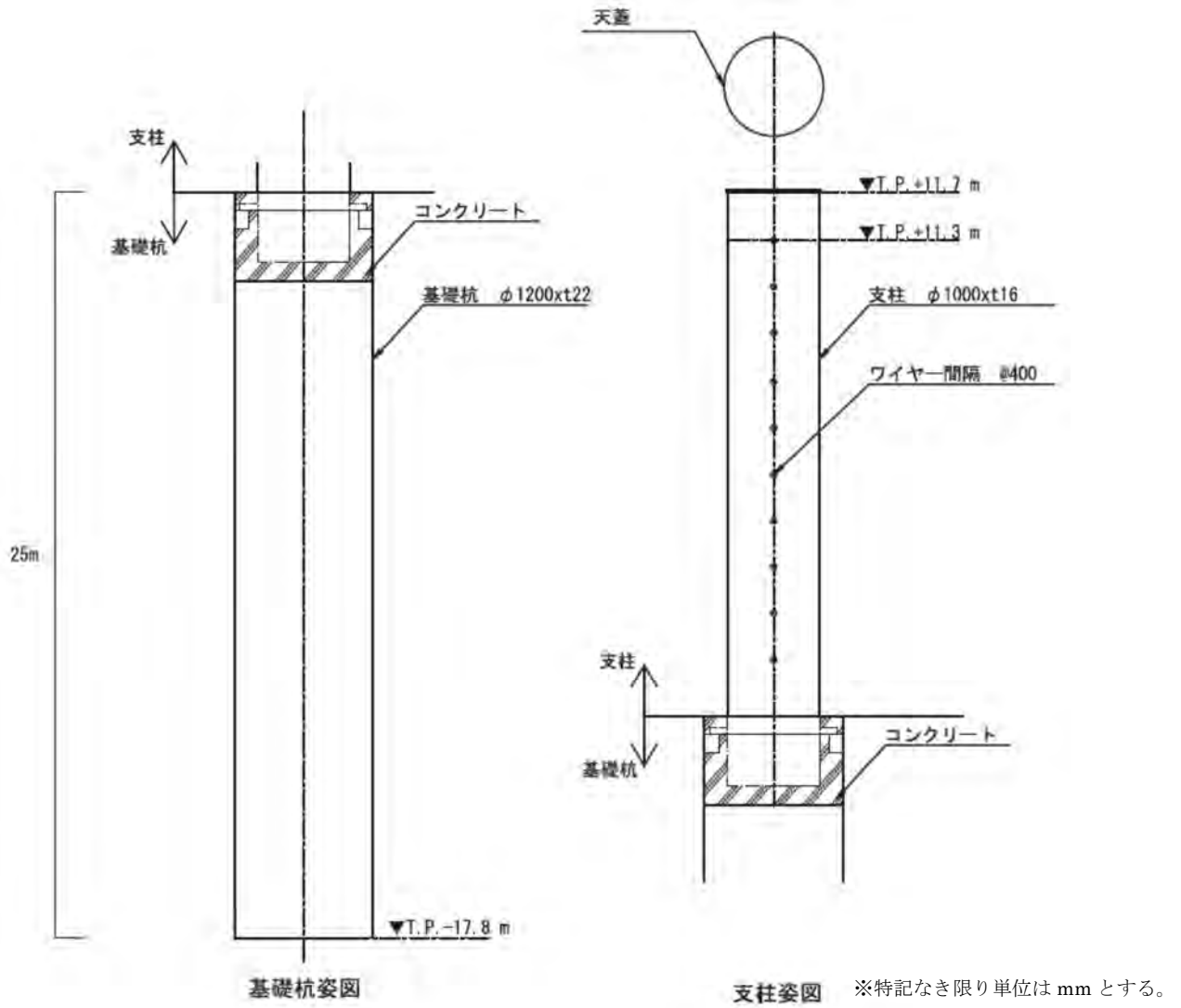


図 14 引き波用津波漂流物防護柵 姿図

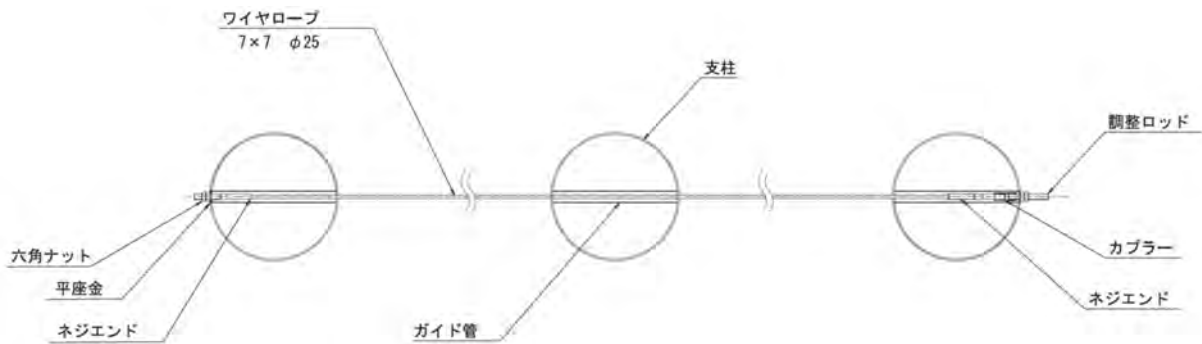


図 15 引き波用津波漂流物防護柵 平面詳細図

2.4.5 評価方針

耐震性を有する設計として、支柱、基礎杭及び支柱及び基礎杭の取り付け部の許容応力度に対して廃止措置計画用設計地震動による地震力によって生じる応力が下回ることを確認する。

耐津波性を有する設計として、廃止措置計画用設計津波によってワイヤロープが津波漂流物で全面閉塞した状態で津波を受けることで生じる抗力、並びに廃止措置計画用設計津波の引き波によって生じる津波漂流物による衝突に対して支柱、基礎杭、ワイヤロープ及び取り付け部が必要な強度を確保することを確認する。

(衝突エネルギーに対する検討)

- ・ 津波漂流物の衝突エネルギーが支柱の吸収エネルギーを下回る。
- ・ 津波漂流物の衝突エネルギーがワイヤロープの吸収エネルギーを下回る。

(抗力に対する検討)

- ・ 津波による抗力がワイヤロープの最大抵抗荷重を下回る。

(伝達力に対する検討)

- ・ 支柱に津波漂流物が衝突した場合について、ワイヤロープからの張力を通じて隣接支柱に生じる応力が支柱の動的降伏応力を下回る。
- ・ ワイヤロープに津波漂流物が衝突した場合について、ワイヤロープからの張力を通じて支柱に生じる応力が支柱の動的降伏応力を下回る。
- ・ ワイヤロープに抗力が作用している場合について、ワイヤロープからの張力を通じて支柱に生じる応力が支柱の静的降伏応力を下回る。

(取り付け部に対する検討)

- ・ 支柱及び基礎杭の取り付け部材に発生する応力が部材の耐力を下回ることを確認する。

2.4.6 評価結果

(1) 漂流物の衝突エネルギーに対する強度評価結果

表 4に支柱の衝突エネルギーに対する強度評価結果強度評価結果を示す。これより支柱及びワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突エネルギー及び設計津波の抗力に対して十分な強度を持つ。

表 111 漂流物の衝突エネルギーに対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
漂流物が支柱に衝突するケース	吸収 エネルギー	479 kJ	≥	衝突 エネルギー	41 kJ	OK
漂流物がワイヤロープに衝突するケース	吸収 エネルギー	1610 kJ	≥	衝突 エネルギー	41 kJ	OK

(2) 抗力に対する強度評価結果

表 5にワイヤロープ抗力に対する強度評価結果を示す。これよりワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突エネルギー及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 112 抗力に対する強度評価結果

評価項目	結 果		判定
ワイヤロープに抗力が生じるケース	最大抵抗荷重	125 kN/m \geq 抗力	89 kN/m OK

(3) 伝達力に対する強度評価結果

表 6に伝達力に対する強度評価結果を示す。これより支柱及びワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突力及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 113 伝達力に対する強度評価結果

評価項目	結 果		判定
漂流物が支柱に衝突した場合に生じる伝達力	動的降伏応力	412 N/mm ² \geq 曲げ応力	211 N/mm ² OK
漂流物がワイヤロープに衝突した場合の伝達力	動的降伏応力	412 N/mm ² \geq 曲げ応力	211 N/mm ² OK
ワイヤロープが閉塞した場合の支柱への伝達力	静的降伏応力	343 N/mm ² \geq 曲げ応力	281 N/mm ² OK

(4) 基礎杭の強度評価方針

表 7に基礎杭の強度評価結果を示す。これより基礎杭は想定する代表漂流物の衝突及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 114 基礎杭の強度評価結果

評価項目	結 果		判定
基礎杭の評価	降伏曲げモーメント	kNm \geq 最大曲げモーメント	kNm 追而

(5) 耐震性の評価結果

表 8に設計地震動に対する支柱、基礎杭及び取り付け部材の強度評価結果を示す。これより引き波用津波漂流物防護柵は想定する地震力に対して十分な耐力を持つ。

表 115 耐震性の強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
支柱（曲げ）	許容応力度	210.0 N/mm ²	≥	発生応力	4 N/mm ²	OK
基礎杭（曲げ）	許容応力度	277.5 N/mm ²	≥	発生応力	155 N/mm ²	OK
取り付け部材 （曲げ）	許容応力度	N/mm ²	≥	発生応力	N/mm ²	追而

3. 工事の計画

3.1 津波漂流物防護柵の工事の方法

津波漂流物防護柵の主要な材料は鋼管（基礎杭、支柱）及びワイヤであり、これら以外に地盤改良（液状化対策）を行うためのセメントがある。これらの材料のうち鋼管及びワイヤについては材料を入手後に工場にて加工して現地搬入する。また、ゲートについても向上にて加工して現地搬入する。

工事の手順としては、既存撤去（既存の構造物・埋設物及び設備の撤去・移設）の後、液状化対策としてセメント系固化材を用いた地盤改良を行う。その後、改良した地盤に対して鋼管（基礎杭）を打設し、支持層である砂質泥岩層（久米層）に埋め込む。鋼管（基礎杭）の打設の後、鋼管（支柱）を一体化させる。ワイヤ設置については、その長さに応じて必要な鋼管（支柱）を複数設置した後に中間の鋼管（支柱）の間を通して端部の鋼管（支柱）にて固定する。また、ゲートについては支柱を据え付けた後、支柱に取り付けてゲートの扉体を設置する。

上記の工事の手順に応じて試験・検査を行う。具体的には材料検査（鋼管など）、寸法検査（鋼管の径、基礎杭の埋込み深さ、支柱の天端高さ、支柱の間隔、ワイヤの間隔など）、強度検査（地盤改良土の圧縮強度）、外観検査、配置検査について、測定もしくは目視により確認を行う。

これらの工事に当たっては、火気作業、高所作業及び掘削作業を伴うため、所要の安全対策を行う。

本工事のフローを図 16に示す。

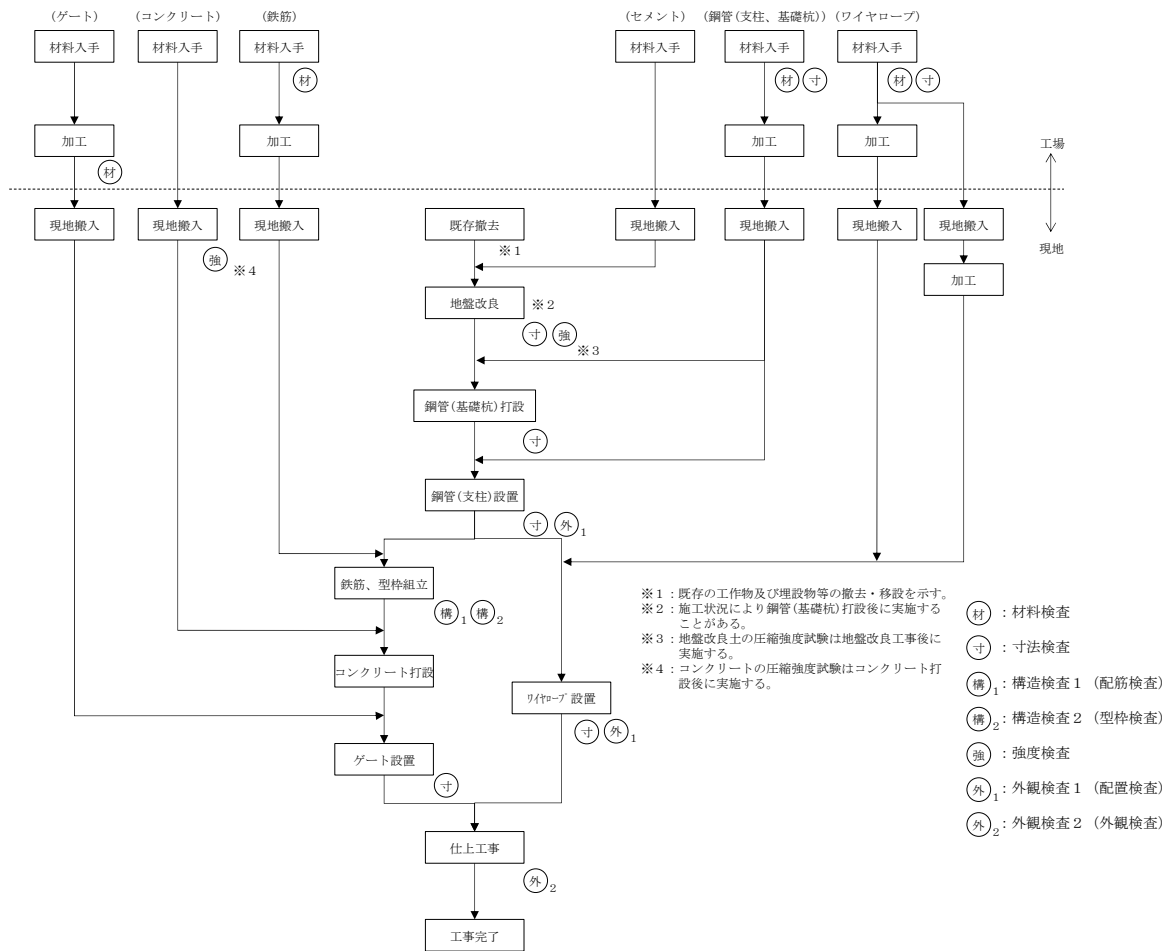


図 16 津波漂流物防護柵 (その 2) の工事フロー

3.2 引き波用津波漂流物防護柵の工事の方法

津波漂流物防護柵の主要な材料は鋼管（基礎杭、支柱）及びワイヤである。これらの材料のうち鋼管及びワイヤについては材料を入手後に工場にて加工して現地搬入する。

工事の手順としては、既存撤去（既存の構造物・埋設物及び設備の撤去・移設）の後、鋼管（基礎杭）を打設し、支持層である砂質泥岩層（久米層）に埋め込む。鋼管（基礎杭）の打設の後、鋼管（支柱）を一体化させる。ワイヤ設置については、その長さに応じて必要な鋼管（支柱）を複数設置した後に中間の鋼管（支柱）の間を通しながら端部の鋼管（支柱）にて固定する。

上記の工事の手順に応じて試験・検査を行う。具体的には材料検査（鋼管など）、寸法検査（鋼管の径、基礎杭の埋込み深さ、支柱の天端高さ、支柱の間隔、ワイヤの間隔など）、外観検査、配置検査について、測定もしくは目視により確認を行う。

これらの工事に当たっては、火気作業、高所作業及び掘削作業を伴うため、所要の安全対策を行う。

本工事のフローを図 17に示す。

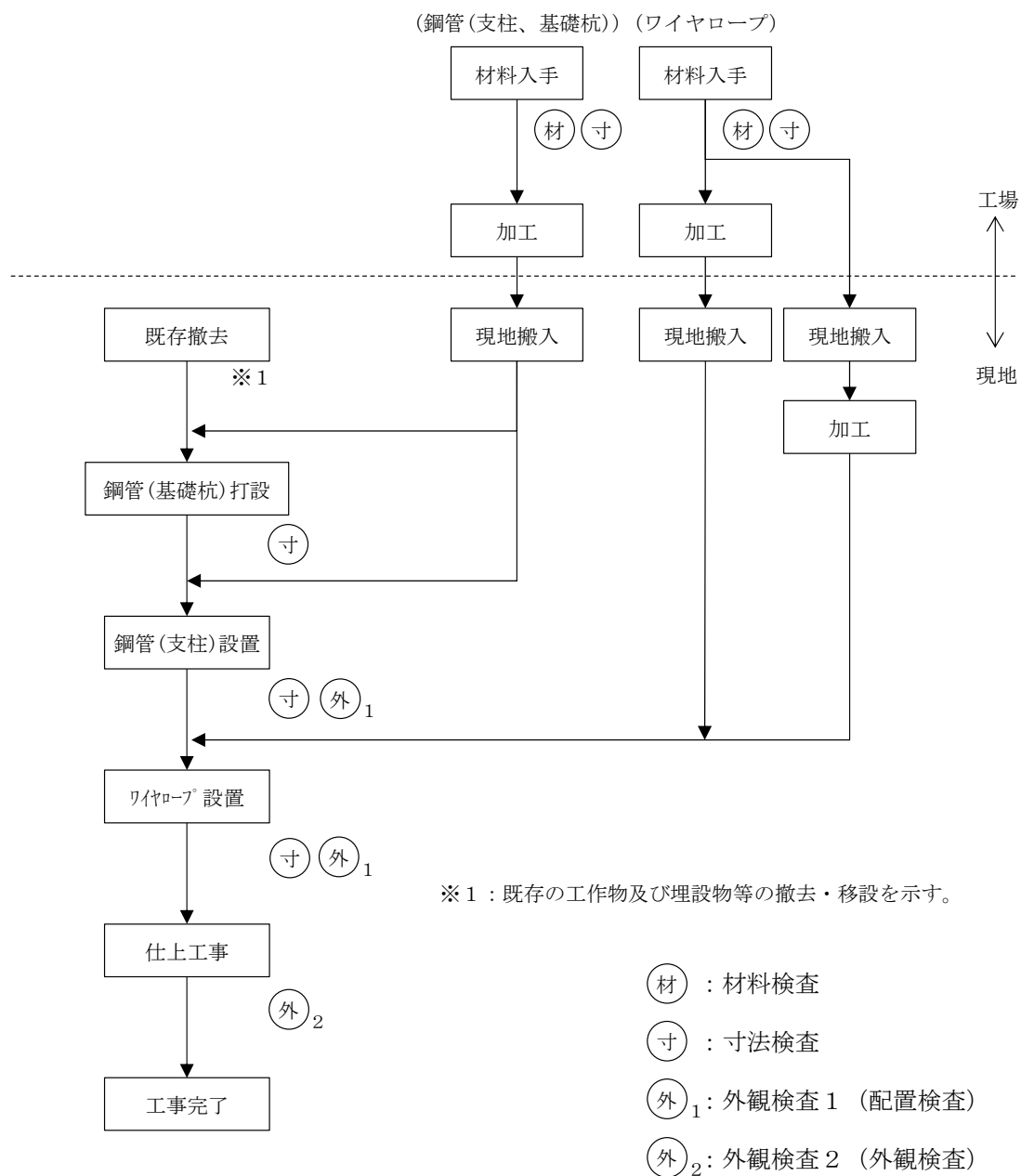


図 17 引き波用津波漂流物防護柵工事フロー図

3.3 津波漂流物防護柵、ゲート及び引き波津波漂流物防護柵の工事の時期

本工事の工程を表 17に示す。

本工事においては高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の周辺において作業を行う。このため、これら施設周辺の別工事（高放射性廃液貯蔵場（HAW）周辺の地盤改良工事、主排気筒の耐震改修工事、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場の地盤改良工事等）の計画と調整し、工事を進める。

表 17 津波漂流物防護柵の設置工事工程表

	令和 3 年度				令和 4 年度			
津波漂流物防護柵(その2) 設置工事					工事			
引き波用津波漂流物防護柵 設置工事					工事			

事故対処設備の保管場所の整備について
(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- 令和3年4月27日に認可を得た「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(原規規発第2104272号)の「添四別紙 1-1 事故対処の有効性評価」で示した事故対処設備の保管場所をプルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場(以下、PCDF 管理棟駐車場)及び南東地区に設定する。
- PCDF 管理棟駐車場の耐震性を確保するために地盤改良を行うとともに、事故収束に迅速に対応するため屋外の事故対処設備の保管場所からのアクセスルートを整備する。
- 南東地区の地盤については、設計地震動に対し十分な地盤支持力があることを評価において確認する。なお、南東地区から PCDF 管理棟駐車場までのアクセスルートについては、別途申請を行う。
- PCDF 管理棟駐車場に設置する移動式発電機からの給電を行う電源盤、電源ケーブル、地下式貯油槽等の設備設計については、別途申請を行う。

令和3年5月11日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

事故対処設備の保管場所の整備について
(設計及び工事の計画の概要について)

1. 目的

令和3年4月27日に認可を得た「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(原規規発第2104272号)の「添四別紙1-1 事故対処の有効性評価」で示した事故対処設備の保管場所をプルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場(以下、PCDF管理棟駐車場)及び南東地区に設定する。PCDF管理棟駐車場の耐震性を確保するために地盤改良を行うとともに、事故収束に迅速に対応するため屋外の事故対処設備の保管場所からのアクセスルートを整備する。また、南東地区の地盤については、設計地震動に対し十分な地盤支持力があることを評価において確認する。

2. 概要

再処理施設においては、高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場(以下、HAW)とガラス固化技術開発施設(以下、TVF)について最優先で安全対策を進めており、高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)の重要な安全機能(崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能)を構成する設備並びに事故対処設備が事故対処時に使用可能な状態にする必要がある。

再処理施設の立地の特徴として、核燃料サイクル工学研究所北東部のT.P.約+5 mからT.P.約+7 mまでの平坦地に位置しており、再処理施設の敷地に隣接して南方向にはT.P.約+18 mからT.P.約+30 mまでの高台が広がっている。南方向に広がる高台は設計津波(T.P.約+14 m)が襲来したとしても、浸水することはない、ドライサイトを維持できる。この地形の特徴を踏まえて移動式発電機等の大型の事故対処設備については高台(PCDF管理棟駐車場、南東地区)に分散配備している(図-1参照)。

本件は、事故対処設備の保管場所のうち、PCDF管理棟駐車場の耐震性を確保するために地盤改良工事を行うとともに、事故対処設備を使用場所まで運搬する経路の健全性を確保するものである。南東地区の地盤については、設計地震動に対し十分な地盤支持力があることを評価において確認する。

なお、既存の移動式発電機からの給電を行う電源盤、電源ケーブル、地下式貯油槽に係る設計及び南東地区からPCDF管理棟駐車場までのアクセスルートについては別途申請を行う。申請事項及び申請時期について表-1に示す。

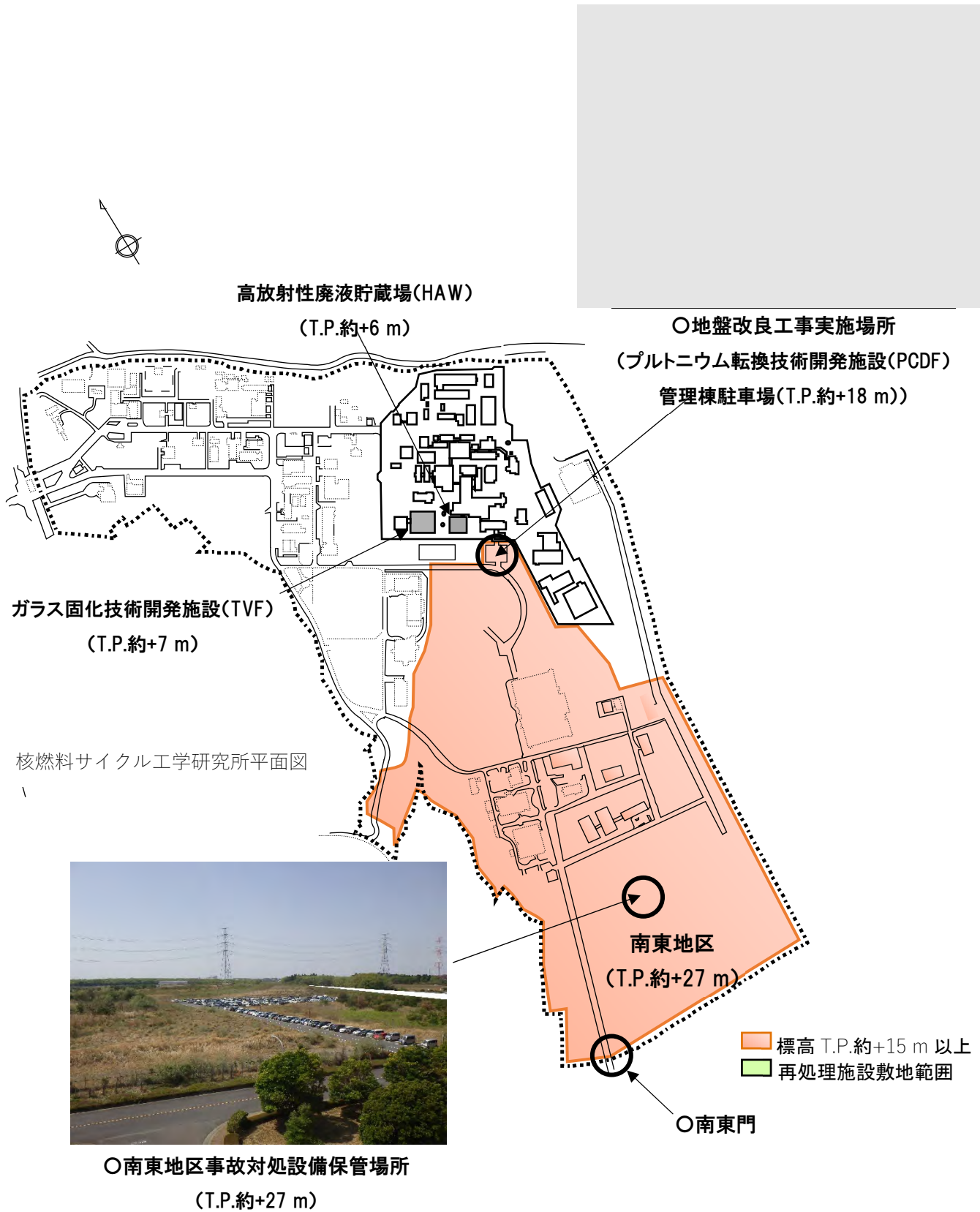


図-1 地盤改良工事実施場所

表-1 事故対処設備の保管場所の整備内容に係る整理表（変更申請（令 02 原機（再）079）に基づく実施内容等）

保管場所	実施目的	実施内容	工事期間	申請時期	備考
プルトニウム転換技術 開発施設(PCDF)管理 棟駐車場 (PCDF管理棟駐車場)	廃止措置計画用 設計地震動(設 計地震動)に対す る耐震性確保	・地盤改良(保管場所) ・地盤改良(アクセスルート) ・保管場所上部斜面の切土	令和3年8月～令 和5年3月予定	令和3年5月予定	・敷地下斜面のすべり評価 ・地盤支持力評価 ・液状化、不等沈下評価 ・切土は PCDF 管理棟駐車場 への土砂崩落防止のため
		・地下式貯油槽及び貯油タ ンクの設置 ・接続端子盤等の設置	令和3年11月～ 令和5年3月予定	令和3年8月予定	・機電設備の設計実施後の申 請を予定
	消防設備の整備 (一般取扱所) (地下タンク貯蔵所)	・防油溝、避雷針、消火設備 等の設置	令和3年11月～ 令和5年3月予定	令和3年8月予定	(消防法 第三章に基づく危険 物の規制に関する政令)
核燃料サイクル工学研 究所の南東地区駐車場	設計地震動に対 する地盤の安定 性の確認	・南東地区駐車場の地盤の 安定性評価	—	令和3年5月予定	・地盤支持力評価 ・液状化、不等沈下評価 ・アクセスルートについては申 請時期を検討中。

3. 設計条件

PCDF管理棟駐車場については、周辺斜面の崩壊の影響を無くするために切土工事を行うとともに、地盤改良を行い事故対処設備の保管場所として耐震性を確保しPCDF管理棟駐車場から事故対処設備の使用場所までの地盤改良したアクセスルート进行設ける。

また、南東地区の地盤については、設計地震動に対し十分な地盤支持力があることを評価において確認する。

4. 保管場所及びアクセスルートの影響評価

地震時にその機能を期待する事故等対処設備の保管場所の設計においては、保管場所に対する被害要因による影響評価を行い、その影響を受けない位置に保管場所を設定する。PCDF管理棟駐車場に対する被害事象及び結果を表-2に示す。また、南東地区に対する被害事象及び結果を表-4に示す。

液状化検討対象層の抽出においてはボーリング調査結果を踏まえた液状化検討を行う。PCDF管理棟駐車場のボーリング調査の位置を図-3、南東地区のボーリング調査の位置を図-9にそれぞれ示す。

PCDF管理棟駐車場の地盤改良範囲の断面を図4-1及び図4-2に示すとともにボーリング調査結果を図-5(No. 8ボーリング柱状図)に、南東地区のボーリング調査結果を図-10(No. 3ボーリング柱状図)にそれぞれ示す。

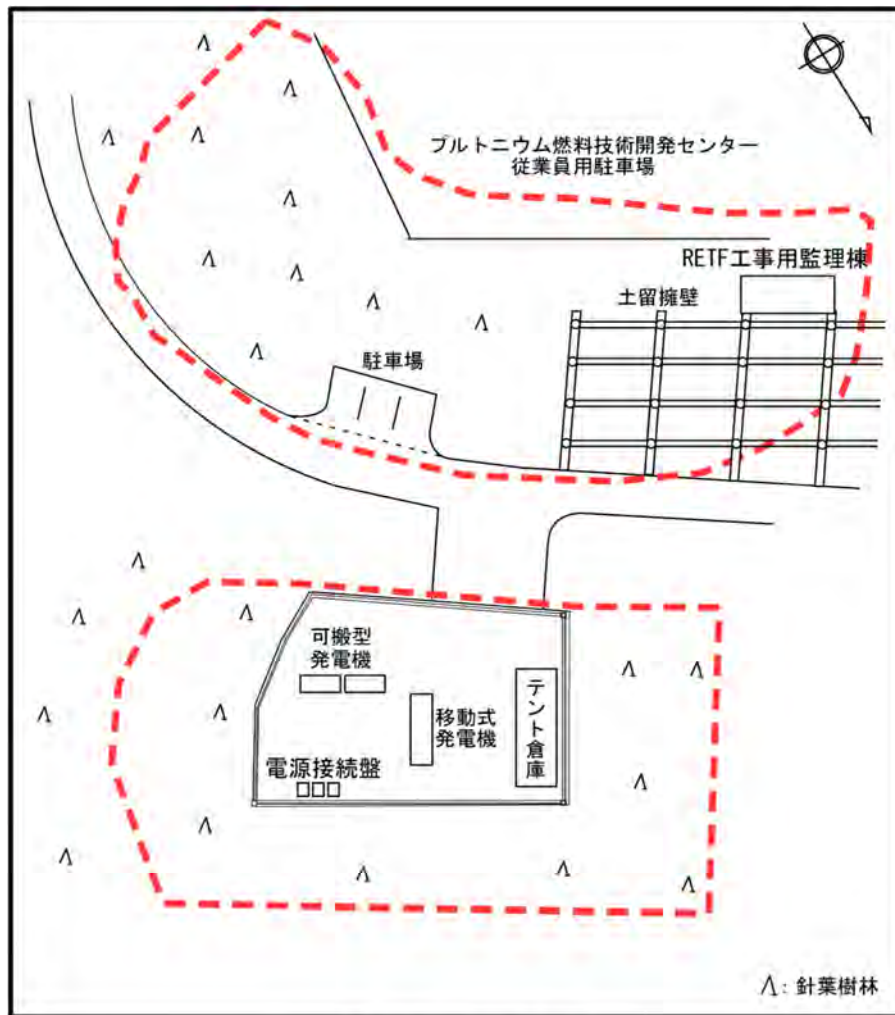
敷地下斜面のすべりによる影響については「道路土工-盛土工指針」に基づいて、廃止措置計画用設計地震動(S_s)での地表面応答加速度を考慮した静的震度を用いた分割法により、PCDF管理棟駐車場のすべり安定性評価を行う。敷地下斜面のすべり安定性評価結果を図-8に示す。

地震時における重大事故等対処設備の接地圧が地盤の支持力を下回ることを確認する。接地圧の算定にあたっては、荷重が最大となる可搬型事故対処設備を対象とし、当該設備の支持重量から常時及び地震時の接地圧を算定する。

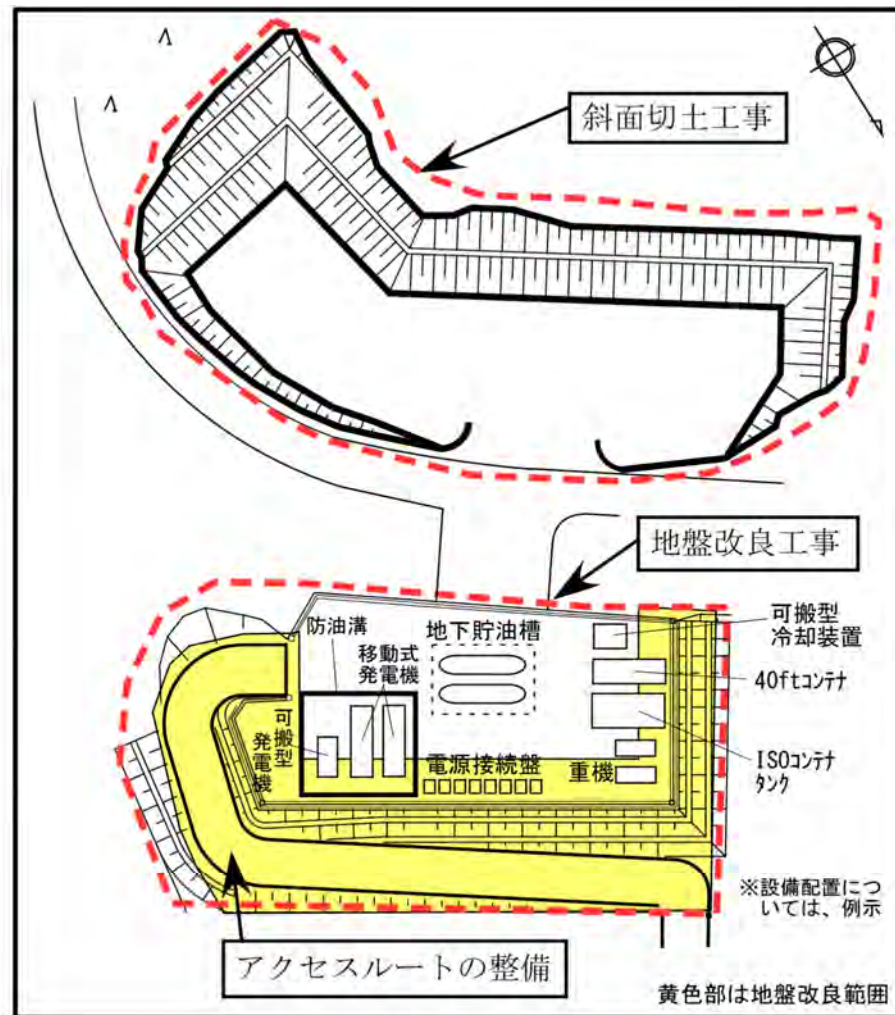
PCDF管理棟駐車場の移動式発電機の常時接地圧を図-6に、可搬型貯水設備の常時接地圧を図-7に示す。また、南東地区の移動式発電機の常時接地圧を図-11に、可搬型貯水設備の常時接地圧を図-12に示す。また、地盤支持力の評価結果を表-3及び表-5に示す。

地震応答解析には解析コード「k-SHAKE(株式会社構造計画研究所)」を、すべり計算には解析コード「COSTANA(富士通Japan)」を使用する。

※T. P. : 東京湾平均海面



工事前（現状）



工事後（概要図）

図-2 PCDF管理棟駐車場の地盤改良工事前後比較図

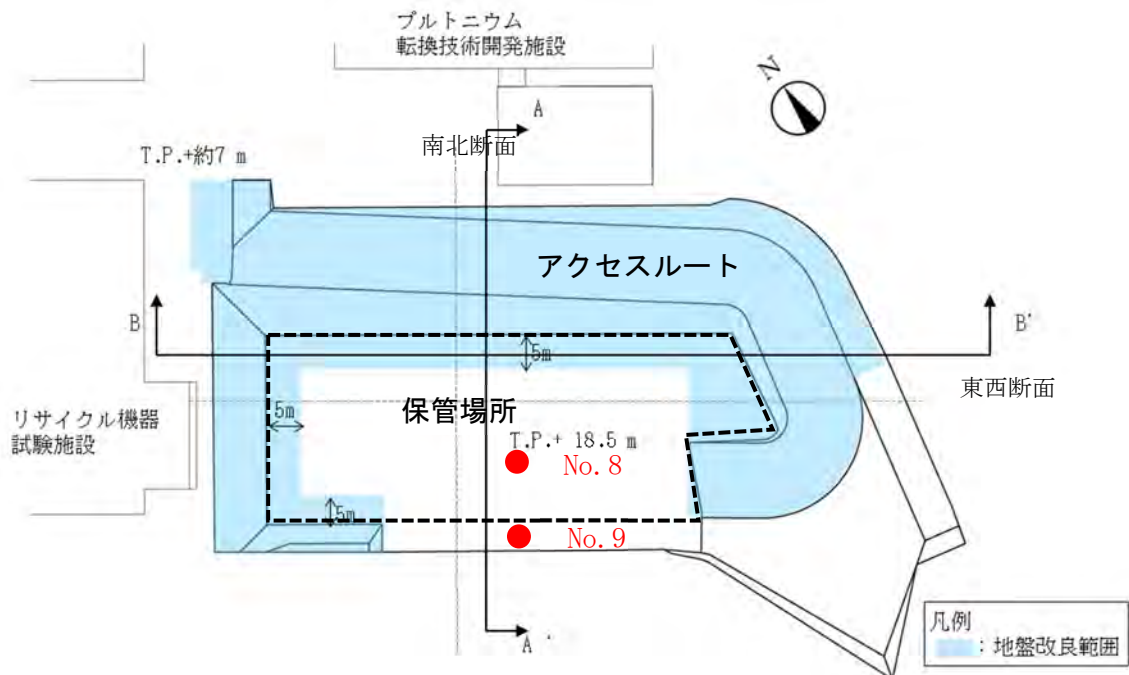


図-3 地盤改良範囲の平面図(図中赤丸印はボーリング調査位置を示す。)

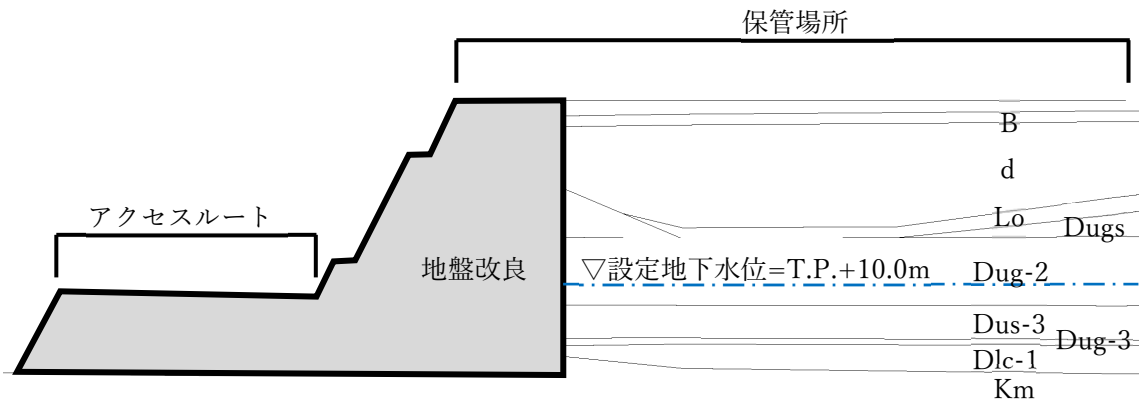


図4-1 地盤改良範囲の南北断面図

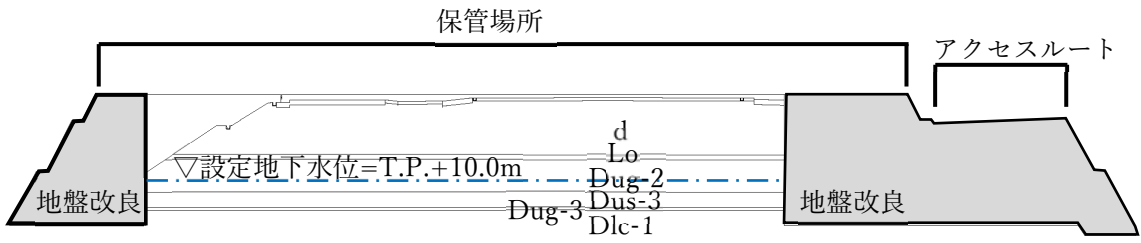


図 4-2 地盤改良範囲の東西断面図

ボーリング名	No.8	孔口標高	T.P.+18.48 m	総掘進長	16.40 m
--------	------	------	--------------	------	---------

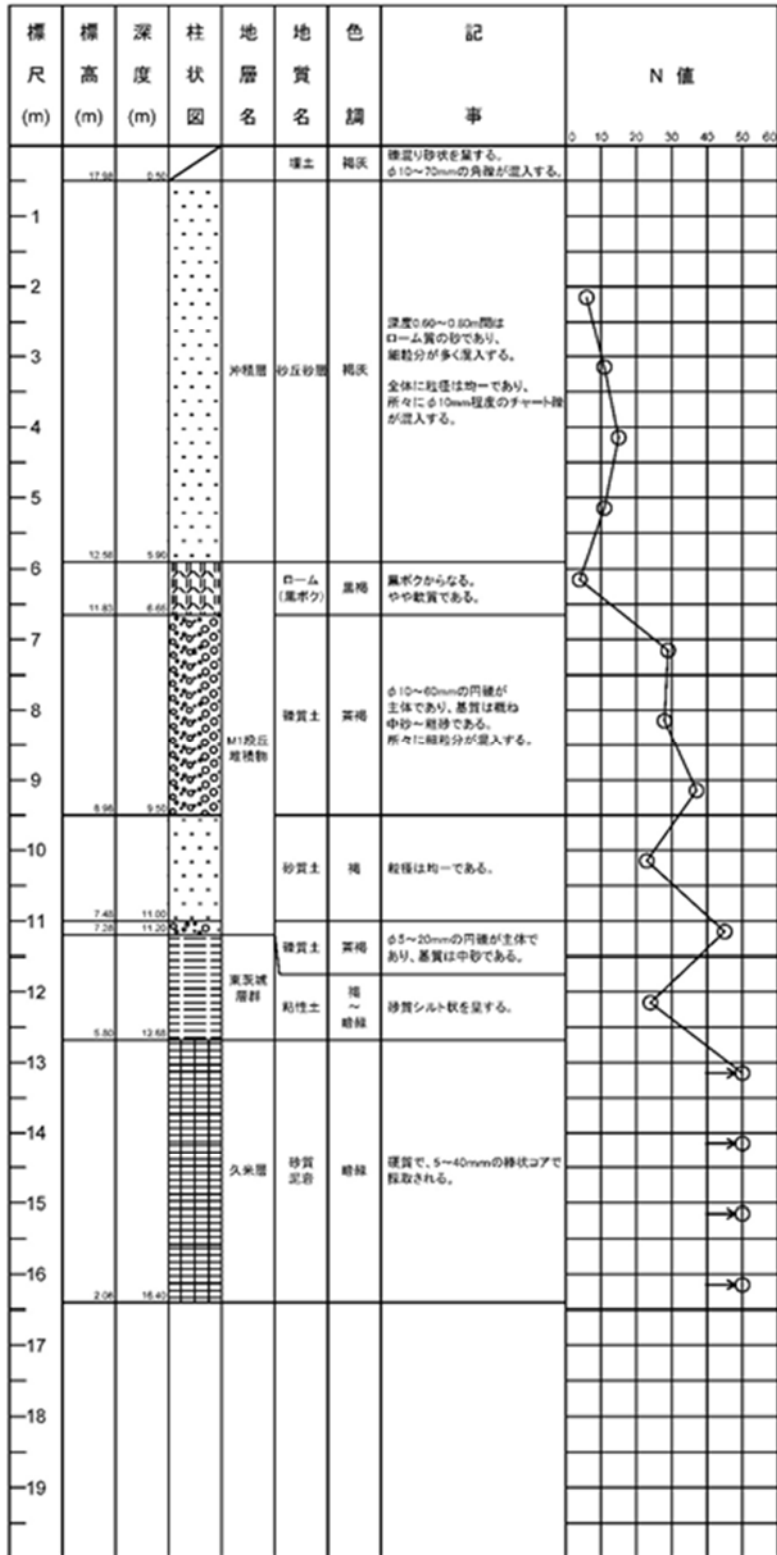
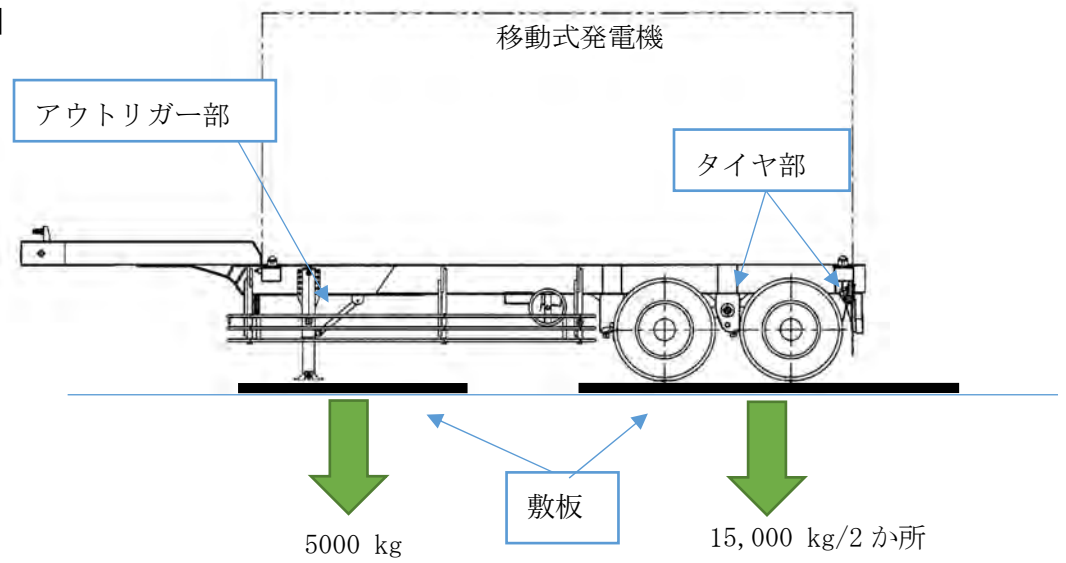


図-5 ボーリング調査結果 (No. 8ボーリング柱状図)

【重量】



重量は車両及び移動式発電機を考慮している。

【敷板接地面積及び常時地圧】

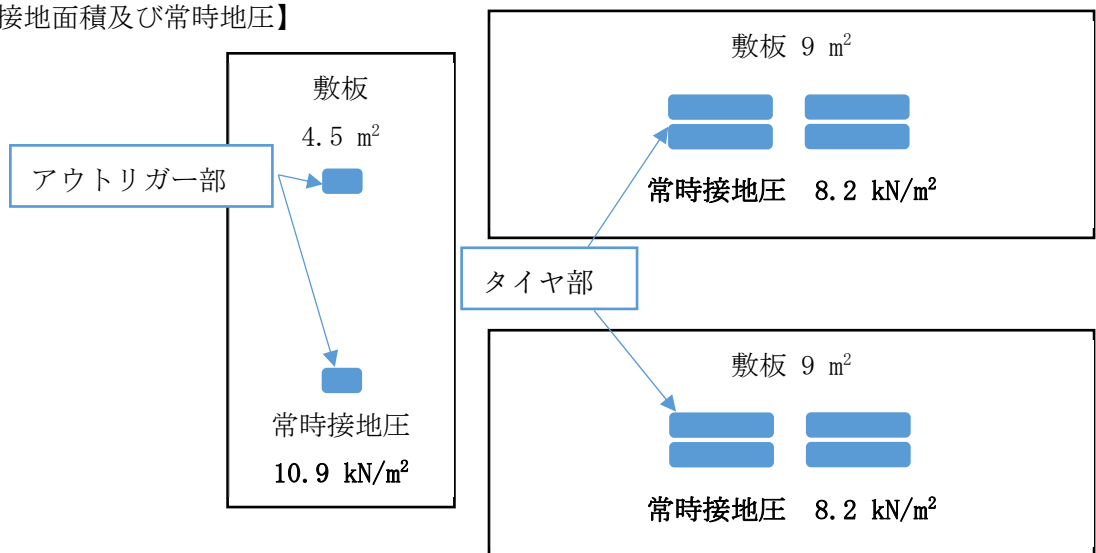
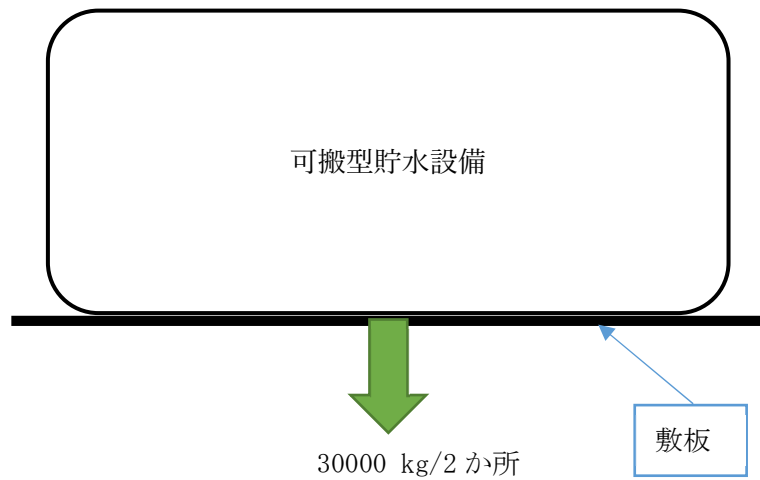


図-6 移動式発電機の常時接地圧

【重量】



重量は満水時を考慮している。

【敷板接地面積及び常時地圧】

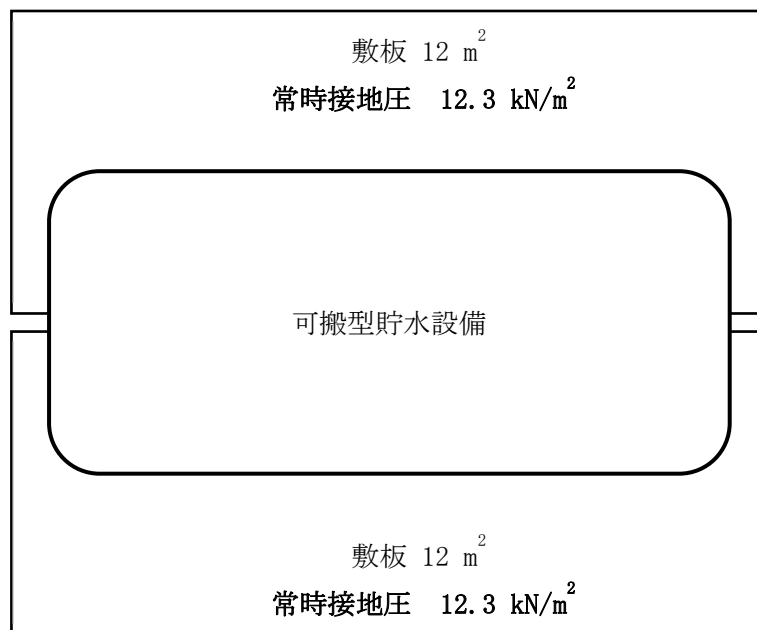


図-7 可搬型貯水設備の常時接地圧

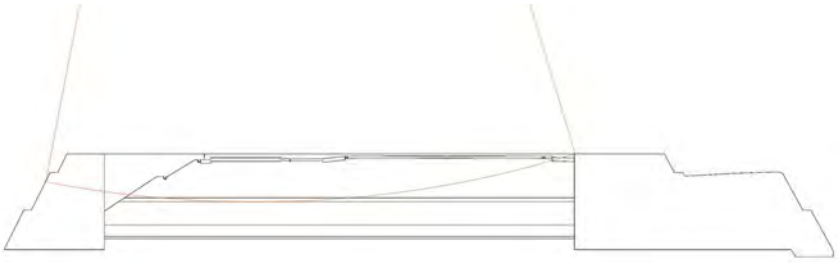
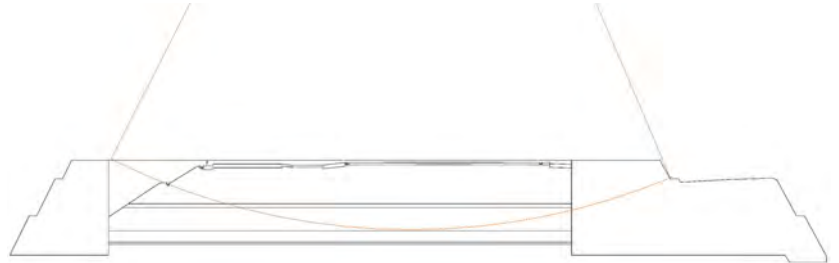
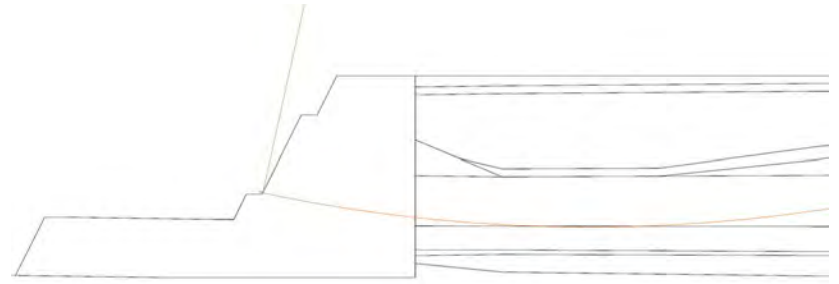
すべり線	最小すべり安全率
	1.325
(起点：東西断面，東側)	
	1.686
(起点：東西断面，西側)	
	1.324
(起点：南北断面，南側)	

図-8 すべり安定性評価結果 (PCDF管理棟駐車場)

表-2 PCDF管理棟駐車場の保管場所に対する被害事象及び結果

保管場所に影響を与えるおそれのある被害要因	保管場所で懸念される被害事象	評価結果		評価基準
敷地下斜面のすべり	敷地下斜面のすべりによる事故等対処設備の損壊，アクセスルートの通行不能	すべり線（起点）	最小すべり安全率	<p>「道路土工-盛土工指針」に基づいて，廃止措置計画用設計地震動(Ss)での地表面応答加速度を考慮した静的震度を用いた分割法により，すべり安定性評価を行う。組合せ係数法を用いて水平・鉛直震度を組合せた静的解析を行い，鉛直成分においては位相の反転を考慮する。評価基準については，PCDF 管理棟駐車場はSクラス施設に影響を及ぼすものではないが，事故対処設備を保管する場所であるため，保守的に安全率 1.2 を超えることとする。</p> <p>解析コード「COSTANA(富士通 Japan)」を使用する。</p>
		東西断面 東側	1.32	
		東西断面 西側	1.68	
		南北断面 南側	1.32	
液状化による不等沈下・傾斜，浮上り	不等沈下による事故等対処設備の転倒，アクセスルートの通行不能	<p>沖積層で，地下水位が地表面から 10 m以内であり，かつ，地表面から 20 m以内の深さに存在する飽和土層はないことから，液状化の判定を行う必要は無いことを確認した。</p>		<p>【液状化の判定を行う必要がある土層の抽出条件】</p> <p>①地下水位が地表面から 10 m以内にあり，かつ，地表面から 20 m以内の深さに存在する飽和土層</p> <p>②細粒分含有率FCが35%以下の土層，又は，FCが35%を超えても塑性指数Ipが15以下の土層</p> <p>③50%粒径D50が10 mm以下で，かつ，10%粒径D10が1 mm以下である土層</p>
地盤支持力の不足	事故等対処設備の転倒，アクセスルートの通行不能	<p>設計地震動に基づき算定した地震時最大接地圧は評価基準値を下回っており，地盤支持力に対する問題はない。</p>		<p>地震時における重大事故等対処設備の接地圧が地盤の支持力を下回ること。</p>

表-3 地盤支持力の評価結果

評価対象	地震時接地圧* (kN/m ²)	評価基準値 (kN/m ²)	
		移動式 発電機	アウトリガー部：17.5 タイヤ部：13.2
可搬型 貯水設備	19.7	地盤改良範囲外 (地山)	38.6

※ 地震時接地圧：常時接地圧×鉛直震度係数（設計地震動のうち地表面での鉛直最大応答加速度から算定。地震応答解析は解析コード「k-SHAKE(株式会社構造計画研究所)」を使用）

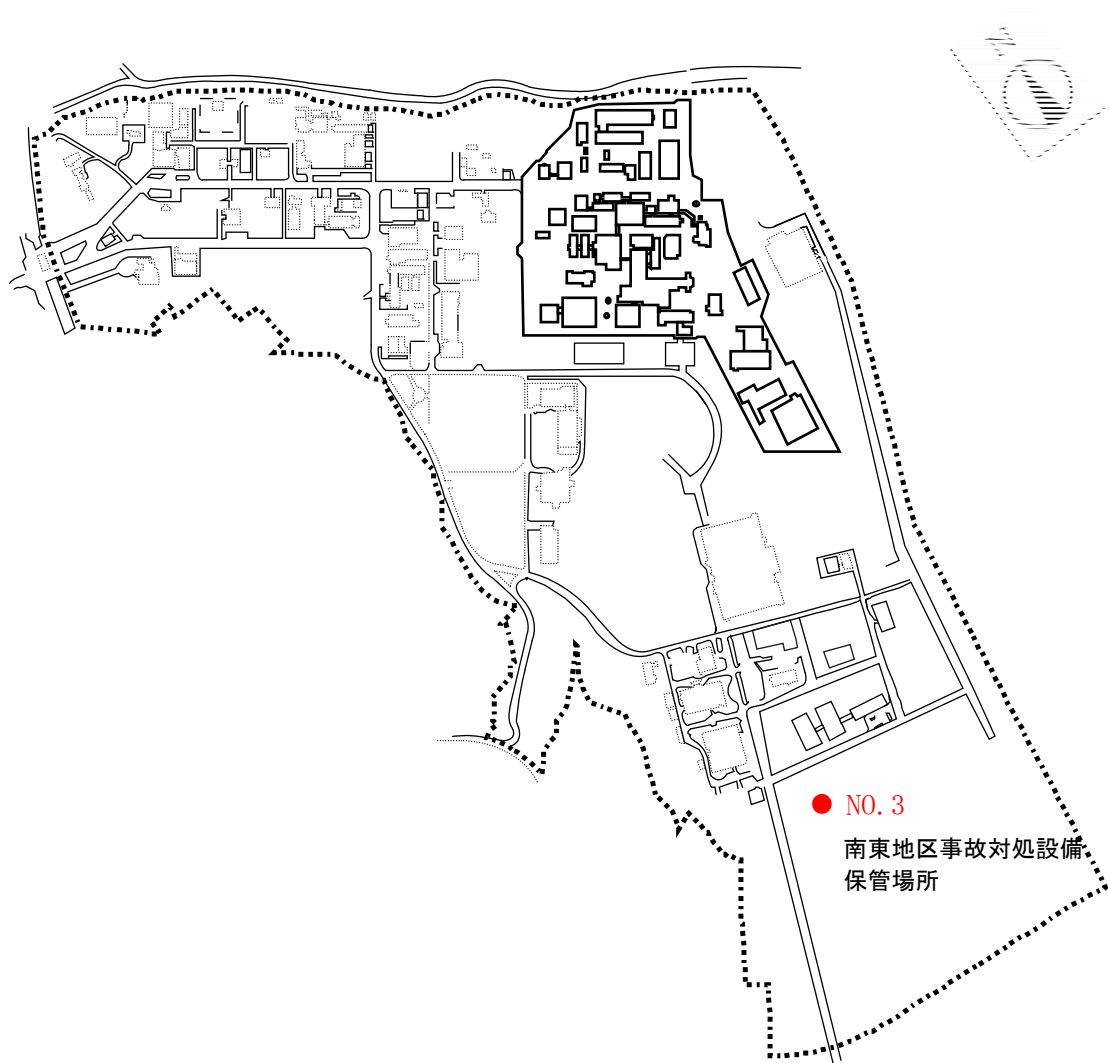
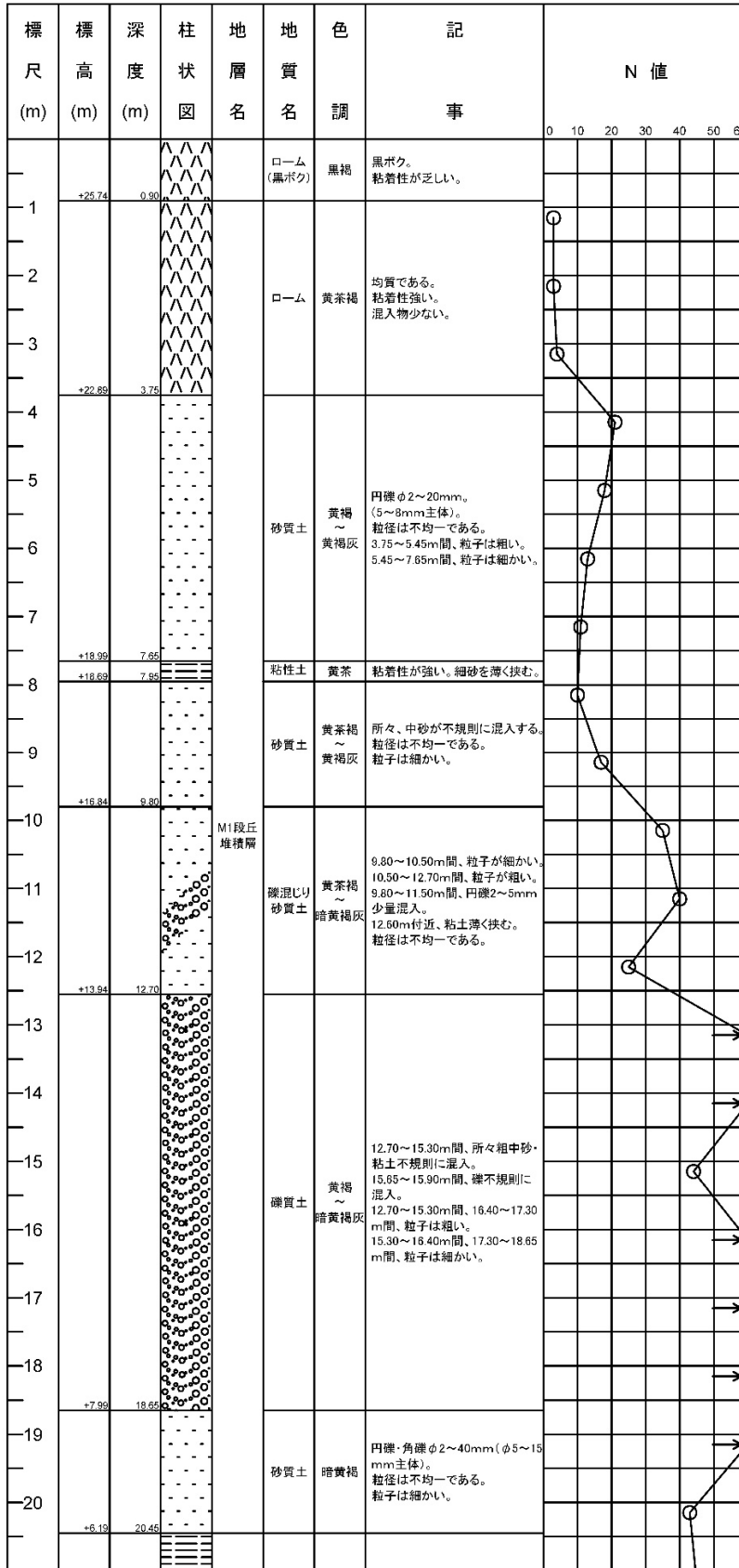


図-9 ボーリング調査位置図（南東地区）

ボーリング名	3	孔口標高	T.P.+26.64 m	総掘進長	34.38 m
--------	---	------	--------------	------	---------



ボーリング名	3	孔口標高	T.P.+26.64 m	総掘進長	34.38 m
--------	---	------	--------------	------	---------

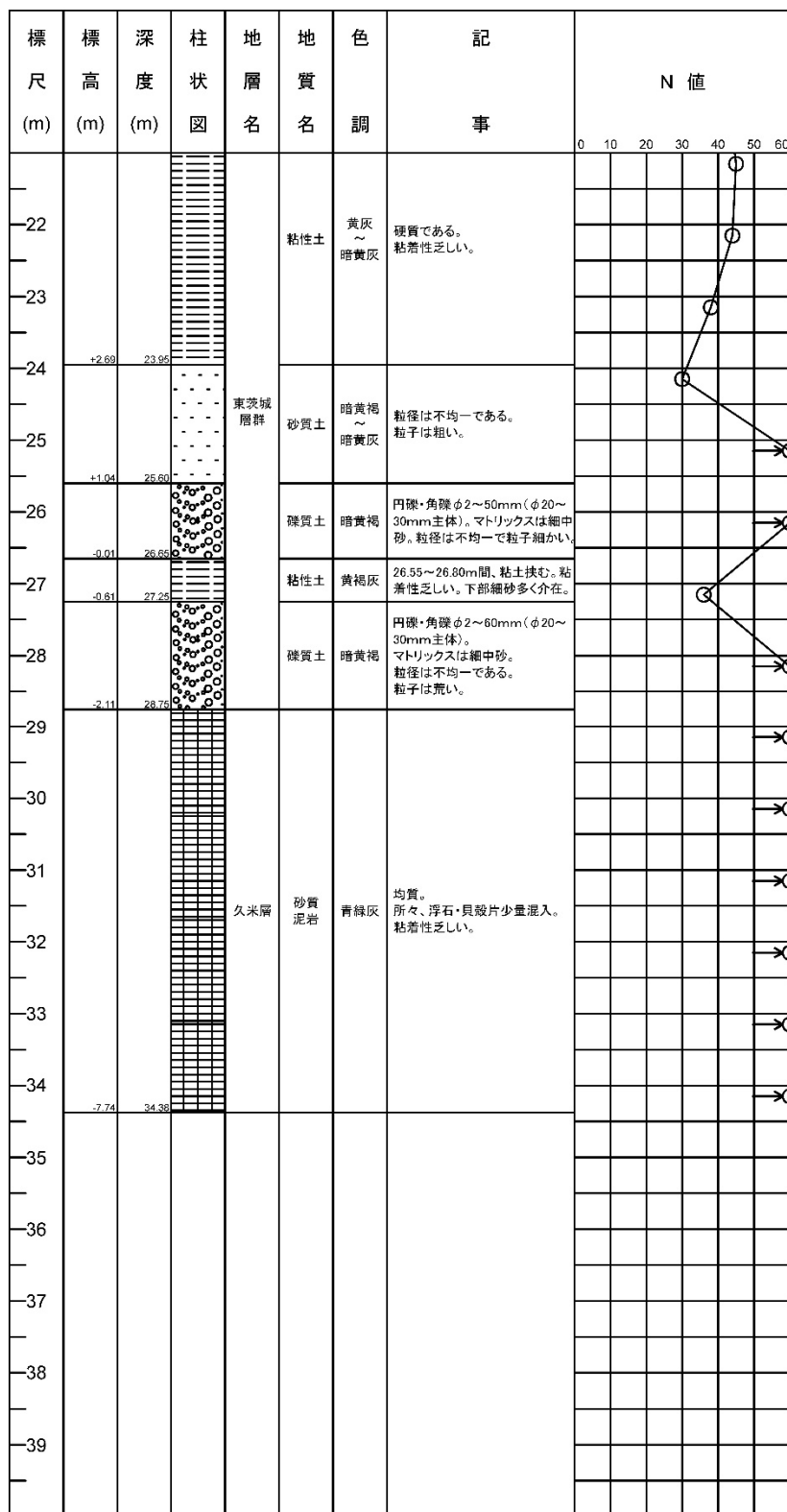
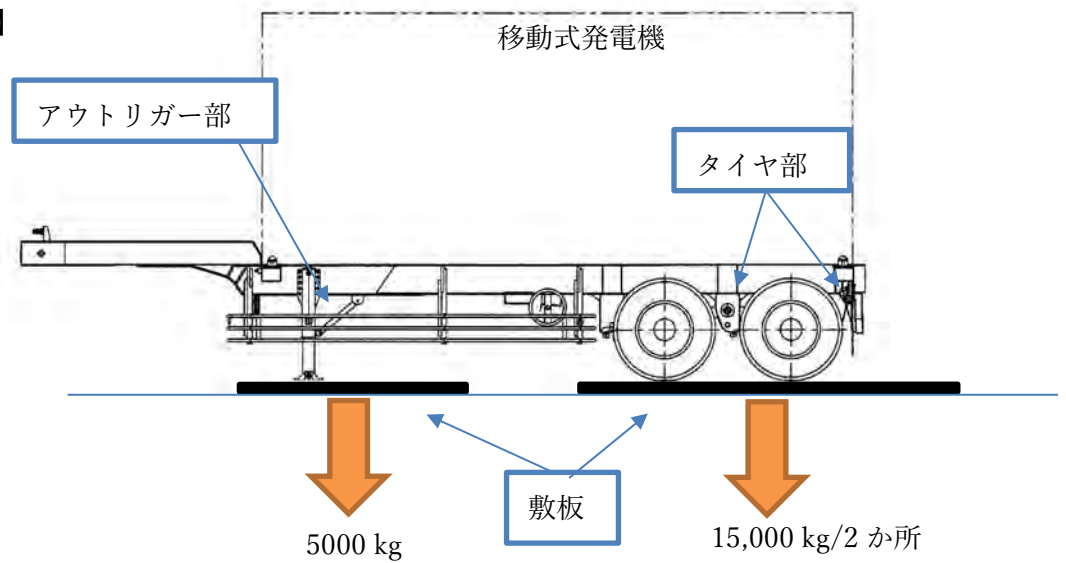


図-10 ボーリング調査結果(No. 3ボーリング柱状図)

表-4 南東地区の保管場所に対する被害事象及び結果

保管場所に影響を与えるおそれのある被害要因	保管場所で懸念される被害事象	評価結果	評価基準
敷地下斜面のすべり	敷地下斜面のすべりによる事故等対処設備の損壊	<p>茨城県発行の土砂災害危険箇所図及び独立行政法人防災科学技術研究所発行の地すべり地形分布図から地滑り地形等がないこと確認している。</p> <p>また、南東地区は東側に斜面高さ約 25 m の斜面があるが、保管場所は斜面高さに対して十分（200 m 以上）離れている。</p>	<p>土砂災害危険箇所として指定がないこと。</p> <p>保管場所は斜面高さに対して十分離れていること。</p>
液状化による不等沈下・傾斜、浮上り	不等沈下による事故等対処設備の転倒	<p>沖積層で、地下水位が地表面から 10 m 以内であり、かつ、地表面から 20 m 以内の深さに存在する飽和土層はないことから、液状化の判定を行う必要は無いことを確認した。</p>	<p>【液状化の判定を行う必要がある土層の抽出条件】</p> <p>①地下水位が地表面から 10 m 以内であり、かつ、地表面から 20 m 以内の深さに存在する飽和土層</p> <p>②細粒分含有率 FC が 35% 以下の土層、又は、FC が 35% を超えても塑性指数 Ip が 15 以下の土層</p> <p>③50% 粒径 D50 が 10 mm 以下で、かつ、10% 粒径 D10 が 1 mm 以下である土層</p>
地盤支持力の不足	事故等対処設備の転倒	<p>設計地震動に基づき算定した地震時最大接地圧は評価基準値を下回っており、地盤支持力に対する問題はない。</p>	<p>地震時における重大事故等対処設備の接地圧が地盤の支持力を下回ること。</p>

【重量】



重量は車両及び移動式発電機を考慮している。

【敷板接地面積及び常時地圧】

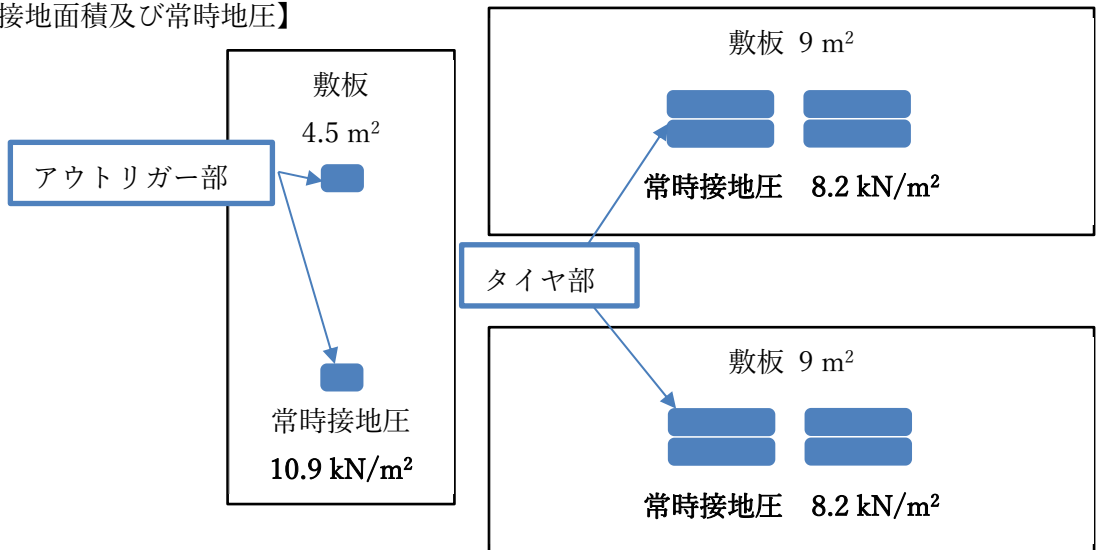
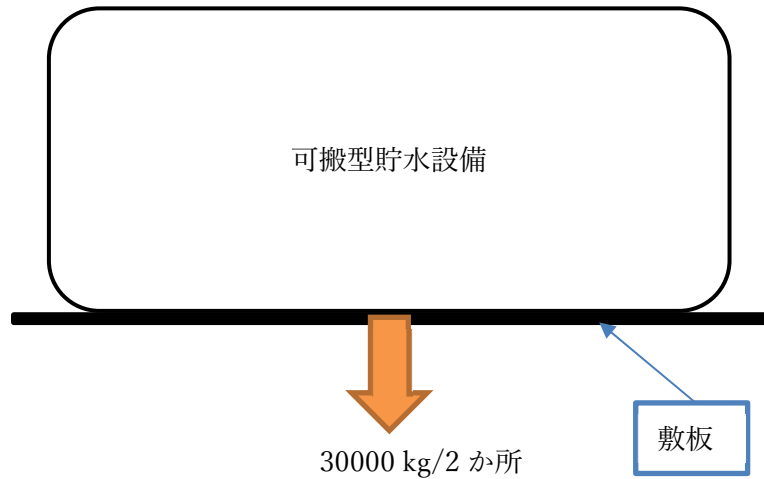


図-11 移動式発電機の常時接地圧

【重量】



重量は満水時を考慮している。

【敷板接地面積及び常時地圧】

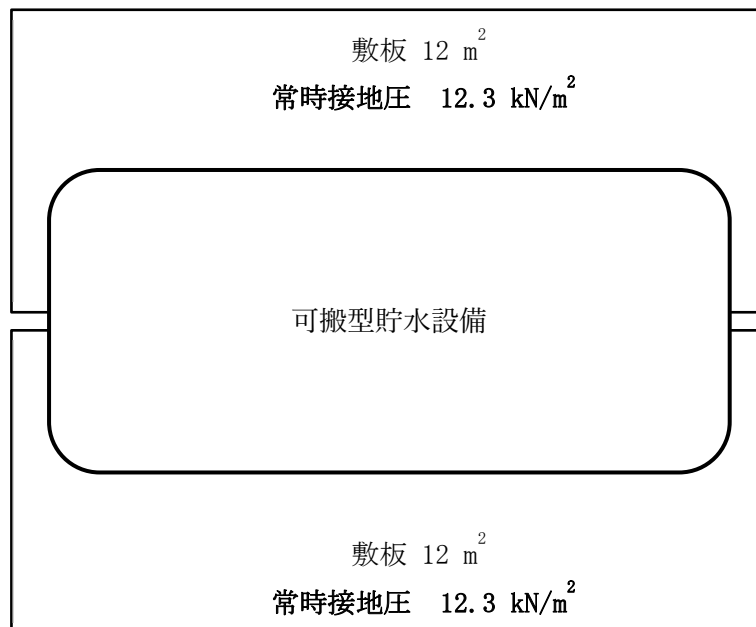


図-12 可搬型貯水設備の常時接地圧

保管場所の評価結果

設計用地震動に基づき算定した地震時最大接地圧は評価基準値を下回っており、地盤支持力に対する問題はない。

表-5 地盤支持力の評価結果

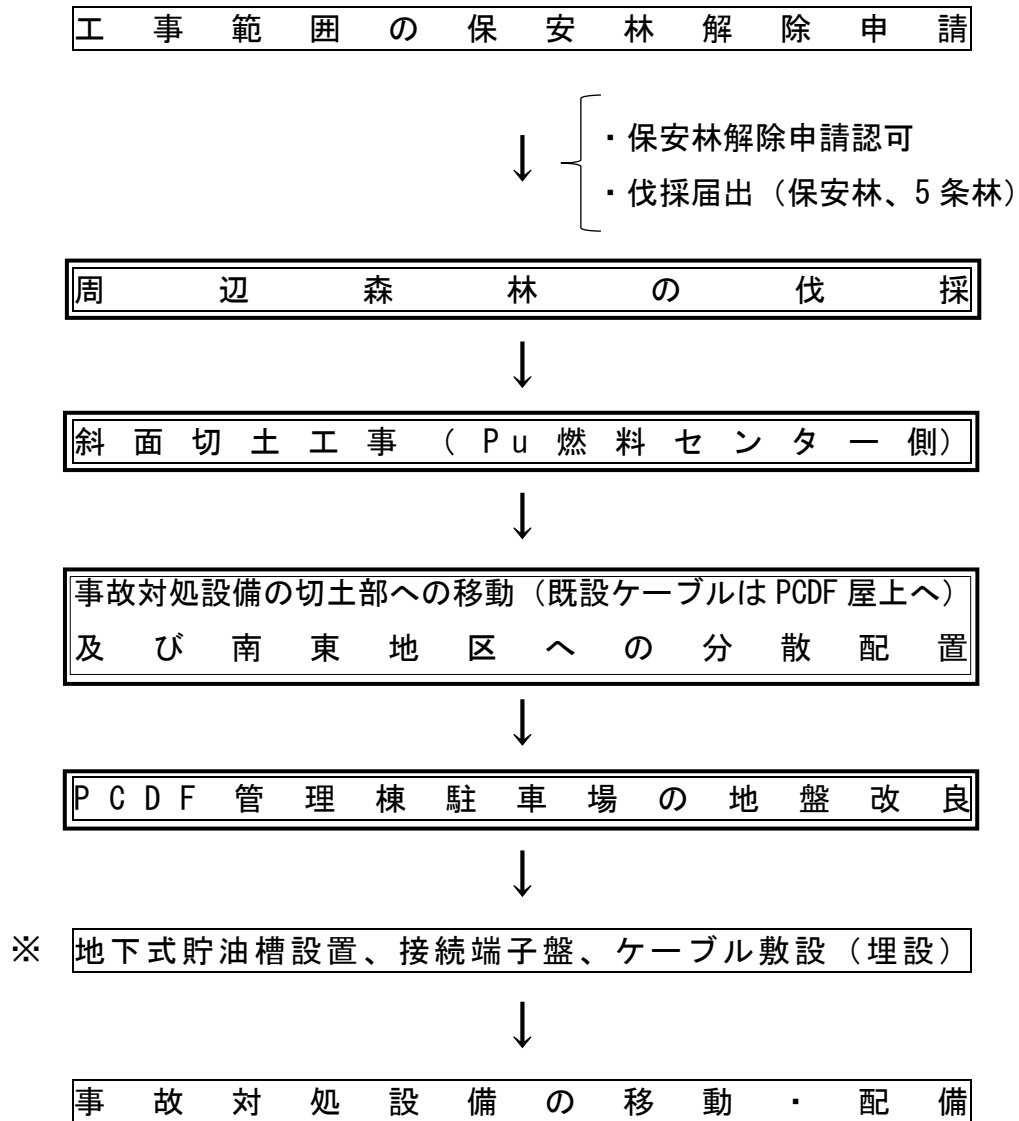
評価対象	地震時接地圧 (kN/m ²)	評価基準値 (kN/m ²)
移動式発電機	アウトリガー部：17.5 タイヤ部：13.2	アウトリガー部：36 タイヤ部：40.6
可搬型 貯水設備	19.7	52.2

5. 工事の方法

本工事の流れを図-13に示す。本工事では、周辺斜面の崩壊の影響を無くするために切土工事を行ったのち、現在PCDF管理棟駐車場に配備している事故対処設備を移動する。その後、PCDF管理棟駐車場の地盤改良を行う。また、地下式貯油槽の設置、電源ケーブル及び電源盤の設置、並びに危険物一般取扱所の防油溝等の消防設備の設置を行う*（図-2）。

本工事を行うにあたっては、高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）の事故対処に影響を与えないように、手順等を確認した上で電源等の仮設ルートを確認する。

*：別途申請



□ : 今回申請範囲

※別途申請

図-13 PCDF管理棟駐車場の地盤改良工事フロー

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-6に示す。

表-6 事故対処設備の保管場所の工事工程表

	令和3年度				令和4年度				令和5年度			
事故対処設備の保管 場所の工事 (PCDF 管理棟駐車 場)												
		工事										

※安全対策工事の進捗等により工程は見直す場合がある。

以 上

ガラス固化技術開発施設の溶融炉の更新について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- 東海再処理施設における高放射性廃液のガラス固化処理計画を確実に実施するための設備機器の計画的更新として、ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉(G21ME10)について、現行の2号溶融炉から3号溶融炉への更新を行う。
- 2号溶融炉における四角錐の炉底形状に対し、3号溶融炉は、高放射性廃液中に含まれる白金族元素の抽出性の向上が見込める円錐の炉底形状とする。
- また、3号溶融炉は、2号溶融炉の運転において発生した事象(流下停止事象、間接加熱装置の熱電対断線)を反映した設計とする。

令和3年5月11日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. はじめに

東海再処理施設における高放射性廃液のガラス固化処理計画を確実に実施するための設備機器の計画的更新として、ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉(G21ME10)について、現行の2号溶融炉から3号溶融炉への更新を行う。

以下に、溶融炉の更新に係る設計及び工事の計画の概要を示す。

2. 溶融炉の概要

溶融炉の構造概要を図-1に示す。

溶融炉は、炉内に連続的に供給した高放射性廃液及びガラス原料を加熱、溶融し、ガラス固化体容器に流下するものである。

溶融炉は、主に溶融ガラスを閉じ込めるための耐火レンガ、炉内構成部品(耐火レンガ等)を支えるためのケーシングにて構成している。炉内には、直接、溶融ガラスに電流を流すことにより溶融ガラスを加熱するための主電極及び補助電極、溶融ガラスを炉内から拔出し、ガラス固化体に流下するための流下ノズル等を設置している。

また、溶融炉特有の付帯品として、溶融炉の熱上げ時に炉内のガラスを加熱するための間接加熱装置、流下ガラスからの廃気を閉じ込めるための結合装置(G21M11)、高放射性廃液を浸み込ませたガラス原料を溶融炉に供給するための原料供給ノズル(G01X1091)、溶融炉から発生する廃気を冷却するための廃気冷却管(G41X1091)等を設置している。

3. 更新範囲

今回の更新対象の概要を図-2に示す。

更新対象は、溶融炉本体、2項に示した付帯品の他に廃気配管、廃液供給配管、ユーティリティ(圧空、冷却水、純水)供給配管等の配管類、熱電対等の電気計装品である。

4. 2号溶融炉からの変更点

(1) 炉底形状の変更

3号溶融炉は、設計方針として、開発要素を取り入れることに伴い発生する初期トラブルによって、固化処理が停滞することのないよう、実績を有している技術を採用する。具体的には、高放射性廃液中に含まれる白金族元素の拔出性の向上が見込める円錐の炉底形状とした。

2号溶融炉と3号溶融炉の炉底形状の比較図を図-3に示す。

① 構造

円錐の炉底形状については、3号溶融炉において初めて採用する構造で

はなく、以下のとおり、国内外において、既に炉底部築炉の実績を有している。

- ・ ドイツのKIT(カールスルーエ研究所)においては、WAK(カールスルーエ再処理プラント)で発生した高放射性廃液の固化処理に八角錐の炉底形状を有する溶融炉を開発、使用した。
- ・ 日本原燃(株)においては、六ヶ所再処理工場の現行の溶融炉(四角錐の炉底形状)の次期溶融炉として、円錐の炉底形状を採用している。

②白金族元素の抽出性

3号溶融炉に円錐の炉底形状を採用するにあたり、溶融炉の運転解析コードにより、以下のとおり、白金族元素の抽出性の向上が見込めることを確認した(添付-1 参照)。

- ・ 円錐の炉底形状においても、2号溶融炉(四角錐の炉底形状)と同様の運転パターンにより、1号及び2号溶融炉の運転において白金族元素の沈降堆積の抑制に実績のある炉底低温運転が適用できることを確認した。
- ・ 炉底形状を四角錐から円錐に変更することで、白金族元素が残留しやすい谷部がなくなることから、円錐と四角錐の炉底形状について、流下時の温度分布を比較し、四角錐の谷部における温度の低い箇所(ガラスの粘性が高い箇所)が円錐において解消されていることを確認した。

(2)トラブルの反映

①流下停止事象の反映

2号溶融炉では、流下ノズルを取り付けているインナーケーシングが非対称構造であることが原因となり、溶融炉の運転に伴う加熱及び冷却により流下ノズルに傾きが生じ、流下ノズルが加熱コイルに接触して漏電リレーが作動し、流下操作が自動停止した。

3号溶融炉では、本事象の発生防止対策として、流下ノズルの傾きの発生を抑制するため、インナーケーシングを対称構造に変更する(図-4 参照)。本変更の妥当性確認として、インナーケーシングの定常熱応力解析により、非対称構造における流下ノズル先端の変形量(東西方向 0.35mm)に対し、対称構造については変形のないこと(変形量:東西方向 0.00mm)を確認した(図-5 参照)。

また、2号溶融炉の流下ノズル観察結果において、水平方向へのずれ(約 3.5mm)も確認されている。この対策として、インナーケーシング取付け時に位置ずれが生じないように、インナーケーシング取付け時に耐火レンガとのクリアランスが均等であることを確認するとともに、3号溶融炉の作動試験後、流下ノズルの位置ずれ量を確認し、流下ノズル加熱コイルの位置決めに反映する。(図-6 参照)

②間接加熱装置発熱体の熱電対断線の反映

溶融炉の間接加熱装置は、5基のユニットで構成され、各ユニットには、発熱体2本及び発熱体温度監視用の熱電対が2本ずつ設置されている。2号溶融炉では、間接加熱装置発熱体の熱電対におけるアルミナ保護管の施工方法が原因となり、複数の熱電対の断線が生じたため、断線防止対策として、アルミナ保護管の固定方法を見直している。

3号溶融炉では、熱電対断線時の対策として、熱電対が断線したユニットを間接加熱装置の電源系統から分離することで、他のユニットにて間接加熱装置の運転が継続できるよう、遠隔操作によりユニット毎に電源を遮断できる構造とする。(図-7 参照)

5. 更新方法

溶融の更新に係る工事フロー案を図-8に示す。また、参考として1号溶融炉から2号溶融炉への更新(平成13年～16年)の実績を添付-2に示す。

(1)溶融炉の更新手順

TVFの固化セル(R001)内における溶融炉の更新は、遠隔操作により、以下の手順にて行う。固化セル内での遠隔操作による更新手順を図-9に示す。

- ・ 結合装置、原料供給ノズル等の2号溶融炉の付帯品を取り外した後、2号溶融炉を溶融炉架台から取り外す。
- ・ 3号溶融炉を固化セルに搬入し、溶融炉架台に据え付ける。
- ・ 3次元計測(カメラ画像からの寸法計算)により、3号溶融炉の付帯品(付帯配管等)の取合い位置を計測し、計測結果に基づき製作した付帯品を固化セル内に搬入し、据え付ける。3次元計測の概要を図-10に示す。

(2)溶融炉の更新に係る試験検査

本工事において、材料確認検査、外観検査、寸法検査、据付検査、作動試験及び耐圧・漏えい検査(配管類)を行う。

作動試験は、TVFへの搬入前に核燃料サイクル工学研究所モックアップ試験棟において行い、3号溶融炉の基本的な運転性能の確認として、非放射性の模擬ガラスを用いて、ガラスが溶融できること、ガラス固化体容器への溶融ガラスの流下の開始・停止ができることを確認する。

6. 「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性

1号溶融炉から2号溶融炉への更新に係る設工認(平成13年12月13日認可(平成13・11・01原第6号))における当時の「再処理施設に関する設計及び工事の方法の技術基準に関する規則」の適合性を踏まえた、今回の溶融炉の更新に係

る「再処理施設の技術基準に関する規則」(以下、技術基準規則。)の適合性を表-1に示す。

(1) 溶融炉の機能維持

技術基準規則第三条(廃止措置中の再処理施設の維持)について、3号溶融炉については、廃止措置中において溶融炉の閉じ込め機能及び運転機能を維持し、固化処理運転を着実に進めるため、表-2に示す設計、運転方法とする。

(2) 溶融炉の耐震性

技術基準規則第六条(地震による損傷の防止)について、地震発生時においても溶融ガラスの閉じ込め機能を維持するため、廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を有する設計とする。耐震性の評価対象を表-3に示す。

- ・溶融ガラスは、6項(3)に示すとおり、接液部耐火レンガとケーシング間の断熱性の高い耐火レンガ等によって形成される温度勾配によって、炉内に閉じ込められる。地震発生時において、この断熱性の高い耐火レンガ等は、接液部耐火レンガとケーシングにより内外から支える設計としている。
- ・接液部耐火レンガについては、地震発生時に炉内に倒れ込まないように、迫持ち構造を採用している。
- ・ケーシングについては、リブによる補強により耐震性を確保しており、溶融炉の架台上に、据付ボルトにより固定している。また、溶融炉の架台は固化セル床に基礎ボルトにより固定している。
- ・また、配管類については、高放射性廃液及び溶融炉ガラスからの廃気の閉じ込めを確保するため、廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を有する設計とする。

(3) 溶融ガラスの閉じ込め機能

技術基準規則第十条(閉じ込め機能)について、溶融炉における溶融ガラスの閉じ込め機能については、同条第1号から第10号の要求事項に該当しないものの、以下のとおり、3号溶融炉においても溶融ガラスの閉じ込め機能は維持できる。

溶融炉は、接液部耐火レンガとケーシング間に断熱性の高い耐火レンガ等(バックアップ耐火レンガ、断熱キャストブル、断熱膨張吸収材(図-1参照))を配置している。

この断熱性の高い耐火レンガ等による温度勾配により、溶融ガラスは、溶融炉内部で冷えて流動性を無くし固まることで、炉内に閉じ込められる。

四角錐から円錐への炉底形状の変更により、炉底部の接液部耐火レンガの形

状は変更するが、接液部耐火レンガの外側に設置している断熱性の高い耐火レンガ等の形状は変更しないことから、温度勾配による熔融ガラスの閉じ込め機能に影響は生じない。

7. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-4に示す。

以上

表-1 溶融炉の更新における「再処理施設の技術基準」の適合性(1/4)

1号溶融炉から2号溶融炉への更新の設工認(H13年12月13日認可)における「再処理施設に関する設計及び工事の方法的技術基準に関する規則」の適合性

「再処理施設に関する設計及び工事の方法的技術基準に関する規則」の条項		適合の有無	適合性 (設工認申請書の記載)
第一条	定義	無	-
第二条	特殊な方法による施設	無	-
第三条	核燃料物質の臨界防止	無	-
第五条	耐震性	有 (1,2項)	本申請に係る溶融炉、結合装置、廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類は、耐震分類A類で耐震設計を行っている。また、建築基準法に定められた地震力に対して、耐震分類に応じた係数を考慮した地震力を用いた耐震設計を行い、評価の結果、耐震性に問題はない。
第七条	閉じ込めの機能	無	-
第四条	火災等による損傷の防止	有 (3項)	本申請は、可燃性物質及び爆発性物質は取り扱わないが、溶融炉、結合装置、廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類の一部については、安全上重要な施設に該当するため、可能な限り不燃性材料及び難燃性材料を使用する。

今回の2号溶融炉から3号溶融炉への更新に係る申請における「再処理施設の技術基準に関する規則」の適合性

「再処理施設の技術基準に関する規則」の条項		評価の必要性の有無	適合性
第一条	定義	-	-
第二条	特殊な設計による再処理施設	-	-
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	有	3号溶融炉は、廃止措置中において溶融炉の閉じ込め機能及び運転機能を維持し、固化処理運転を着実に進めるため、表-2に示す設計、運転方法とする。
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	-
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	-
第六条	地震による損傷の防止	有 (2項)	3号溶融炉の耐震重要度分類はSクラスとし、廃止措置計画用設計地震動による発生応力に加え、溶融炉の運転に伴う耐火レンガの熱膨張による発生応力等を考慮しても、構造上の許容限界を超えない設計とする。 評価対象を表-3に示す。
第七条	津波による損傷の防止	無	-
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	-
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	-
第十条	閉じ込めの機能	無	-
第十一条	火災等による損傷の防止	有 (3項)	溶融炉本体及び付帯品には、不燃性材料及び難燃性材料を使用している。 本更新において、上記の設計に変更はないため、影響はない。
第十二条	再処理施設内における溢水による損傷の防止	無	-

表-1 溶融炉の更新における「再処理施設」の技術基準に関する規則の適合性(2/4)

「再処理施設に関する設計及び工事の方法の技術基準に関する規則」の条項	適合の有無	適合性 (設工認申請書の記載)
第十一 安全上重要な施設	無	-
第六 材料及び構造	有 (1,2項)	本申請に係る廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類は、設計上の耐圧強度を満足するように製作及び施工を行うとともに、当該廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類の耐圧強度を評価し、使用厚さが必要厚さより大きく、設計上要求される強度が十分満足するよう設計する。また、廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類は良好な耐食性を有するステンレス鋼とする。 また、廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類は、耐圧・漏えい試験を行い、変形及び漏えいがないことを確認する。
第十三 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設	無	-
第十四 計測制御系統施設	無	-
第十八 放射線管理施設	無	-



「再処理施設に関する規則」の条項	評価の必要性の有無	適合性
第十三 再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	-
第十四 安全避難通路等	無	-
第十五 安全上重要な施設	無	-
第十六 安全機能を有する施設	有 (2,3項)	溶融炉は、制御室からの圧力、温度状況の確認及びITVカメラによる外観確認により、検査又は試験が可能である。更新後においても、台車と結合装置のインターロックの作動試験が行えることを結合装置の作動試験により確認する。 また、溶融炉及び付帯品は、遠隔操作により交換等の適切な保守及び修理が可能である。 本更新において、上記の設計に変更はないため、影響はない。
第十七 材料及び構造	有 (1,2項)	廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類は、設計上の耐圧強度を満足するように製作及び施工を行うとともに、当該廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類の耐圧強度を評価し、使用厚さが必要厚さより大きく、設計上要求される強度が十分満足するよう設計している。また、廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類は良好な耐食性を有するステンレス鋼としている。 本更新において、廃気冷却管、原料供給ノズル及び配管類について、耐圧・漏えい試験を行い、変形及び漏えいがないことを確認する。
第十八 搬送設備	無	-
第十九 使用済燃料の貯蔵施設等	無	-
第二十 計測制御系統施設	無	-
第二十一 放射線管理施設	無	-

表-1 溶融炉の更新における「再処理施設」の技術基準に関する規則の適合性(3/4)

「再処理施設に関する設計及び工事の方法の技術基準に関する規則」の条項	適合の有無	適合性 (設工認申請書の記載)
第十五条 制御室	無	-
第十六条 廃棄物処理施設	無	-
第十七条 保管廃棄施設	無	-
第十八条 使用済燃料等による汚染の防止	無	-
第八条 しゃへい	無	-
第九条 換気	無	-
第十九条 非常用電源設備	無	-



「再処理施設の技術基準に関する規則」の条項	評価の必要性の有無	適合性
第二十二条 安全保護回路	無	-
第二十三条 制御室等	無	-
第二十四条 廃棄施設	無	-
第二十五条 保管廃棄施設	無	-
第二十六条 使用済燃料等による汚染の防止	無	-
第二十七条 遮蔽	無	-
第二十八条 換気設備	無	-
第二十九条 保安電源設備	無	-
第三十条 緊急時対策所	無	-
第三十一条 通信連絡設備	無	-
第三十二条 重大事故等対処施設の地盤	無	-
第三十三条 地震による損傷の防止	無	-
第三十四条 津波による損傷の防止	無	-
第三十五条 火災等による損傷の防止	無	-
第三十六条 重大事故等対処設備	無	-
第三十七条 材料及び構造	無	-
第三十八条 境界事故の拡大を防止するための設備	無	-
第三十九条 冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	-
第四十条 放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	-

表-1 溶融炉の更新における「再処理施設に関する規則」の適合性(4/4)

「再処理施設に関する設計及び工事の方法の技術基準に関する規則」の条項	適合の有無	適合性 (設工認申請書の記載)	「再処理施設の技術基準に関する規則」の条項	評価の必要性の有無	適合性
			第四十一条 有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	-
			第四十二条 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	-
			第四十三条 放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	-
			第四十四条 工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	-
			第四十五条 重大事故等への対処に必要な水の供給設備	無	-
			第四十六条 電源設備	無	-
			第四十七条 計装設備	無	-
			第四十八条 制御室	無	-
			第四十九条 監視測定設備	無	-
			第五十条 緊急時対策所	無	-
		第五十一条 通信連絡を行うために必要な設備	無	-	
		第五十二条 電磁的記録媒体による手続	無	-	

表-2 溶融炉の機能維持に係る設計及び運転方法

機能分類	溶融炉の機能	機能維持に係る設計及び運転方法
安全機能	<p>溶融ガラスの閉じ込め機能</p> <p>高放射性廃液及び溶融ガラスからの廃気の閉じ込め機能</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱性の高い耐火レンガ等（バックアップ耐火レンガ、断熱キヤスタブル、断熱膨張吸収材）による温度勾配により、溶融ガラスは、溶融炉内部で冷えて流動性を無くし固まることで、炉内に閉じ込められる。 ・溶融ガラスに接する接液部耐火レンガ、電極類及び流下ノズルについては、溶融ガラスに対して耐食性を有する材料（クロミア・アルミナ質電鍍レンガ、NCF690）を使用する。 ・主電極については、腐食を抑制するため電流値を制限するとともに内部空冷を行う。 ・原料供給ノズル、廃気冷却管等の高放射性廃液、溶融ガラスからの廃気と接触する部位については、腐食を考慮し、耐食性を有する材料（SUS304JLC、NCF690）を使用する。
運転機能	熱上げ機能	<ul style="list-style-type: none"> ・間接加熱装置は、経年劣化による発熱体の断線を考慮し、遠隔操作による交換が可能な構造とする。 ・間接加熱装置の発熱体の熱電対が断線しても、熱電対が断線したユニットを間接加熱装置の電源系統から分離することで、他のユニットにて間接加熱装置の運転が継続できるよう、遠隔操作によりユニット毎に電源を遮断できる構造とする。（2号溶融炉において発生した間接加熱装置の発熱体の熱電対断線事象を反映）
運転機能	ガラス溶融機能	<ul style="list-style-type: none"> ・接液部耐火レンガ及び主電極については、500本のガラス固化体を製造するために必要な腐食代を設ける。 ・溶融炉運転中においては、炉底低温運転により、炉底部への白金族元素への沈降、堆積を抑制する。 ・炉底形状については、白金族元素の拔出性の向上が見込まれる円錐形状とする。 ・炉底部に残留した白金族元素を多く含むガラスを定期的に除去しながら、運転を継続する。 ・溶融炉の廃気配管については、配管内付着物による閉塞を考慮し、水洗浄による閉塞の解除を行いながら、運転を継続する。
運転機能	ガラス流下機能	<ul style="list-style-type: none"> ・流下ノズルを取り付けているインナーケーシングの熱応力により、流下ノズルが変形し、加熱コイルに接触することを防止するため、インナーケーシングの形状を対称構造とする。（2号溶融炉において発生した流下停止事象を反映）

下線部 : 2号溶融炉から設計変更を行った点

* : 補助電極間電流値の調整により、炉底部の温度を上部のガラス温度よりも低い温度に維持する運転

表-3 溶融炉の更新に係る耐震評価対象

部位		1号溶融炉から2号溶融炉への更新に係る設工認 (H13年12月13日認可)における耐震評価実績	今回の溶融炉更新の設計及び工事の計画に係る廃止措置計画変更申請における耐震評価内容
溶融炉 (G21ME10)	ケーシング	地震荷重及び自重による発生応力(一次応力)に炉内の耐火レンガ等の熱膨張荷重及びケーシングの熱応力(二次応力)を加え、一次+二次応力が、許容応力以下であることを評価した。	同左 (炉底形状の変更によるケーシング主要寸法の変更、また、気相部耐火レンガ及び断熱膨張吸収材の材料組成の変更に伴い、廃止措置計画用設計地震力に対して、溶融炉の耐震性に問題がないことを確認する。)
	据付ボルト	地震荷重及び自重による発生応力が許容応力以下であることを評価した。	同左
	架台(更新対象外) 基礎ボルト(更新対象外)		(廃止措置計画用設計地震力に対して、据付ボルト、架台及び基礎ボルトの耐震性に問題がないことを確認する。)
	接液部耐火レンガ(側壁部分)	地震時に耐火レンガ間に発生するせん断力を算出し、耐火レンガの熱膨張により生じる耐火レンガ間の摩擦抵抗力と比較することによって、耐火レンガ間にすべりが生じないことを確認した。	耐火レンガ組積構造について、地震荷重がかかった場合、耐火レンガが互いに圧縮することで、炉内への倒れ込みが生じない迫ち構造を採用することで、耐震性を確保する。
結合装置(G21M11) 廃気冷却管(G41X1091) 原料供給ノズル(G01X1091)	評価対象外(溶融炉の自重の一部として評価した。)		同左
配管類	地震荷重、自重及び配管内圧による発生応力が許容応力以下であることを評価した。		同左 (廃止措置計画用設計地震力に対して、配管類の耐震性に問題がないことを確認する。)

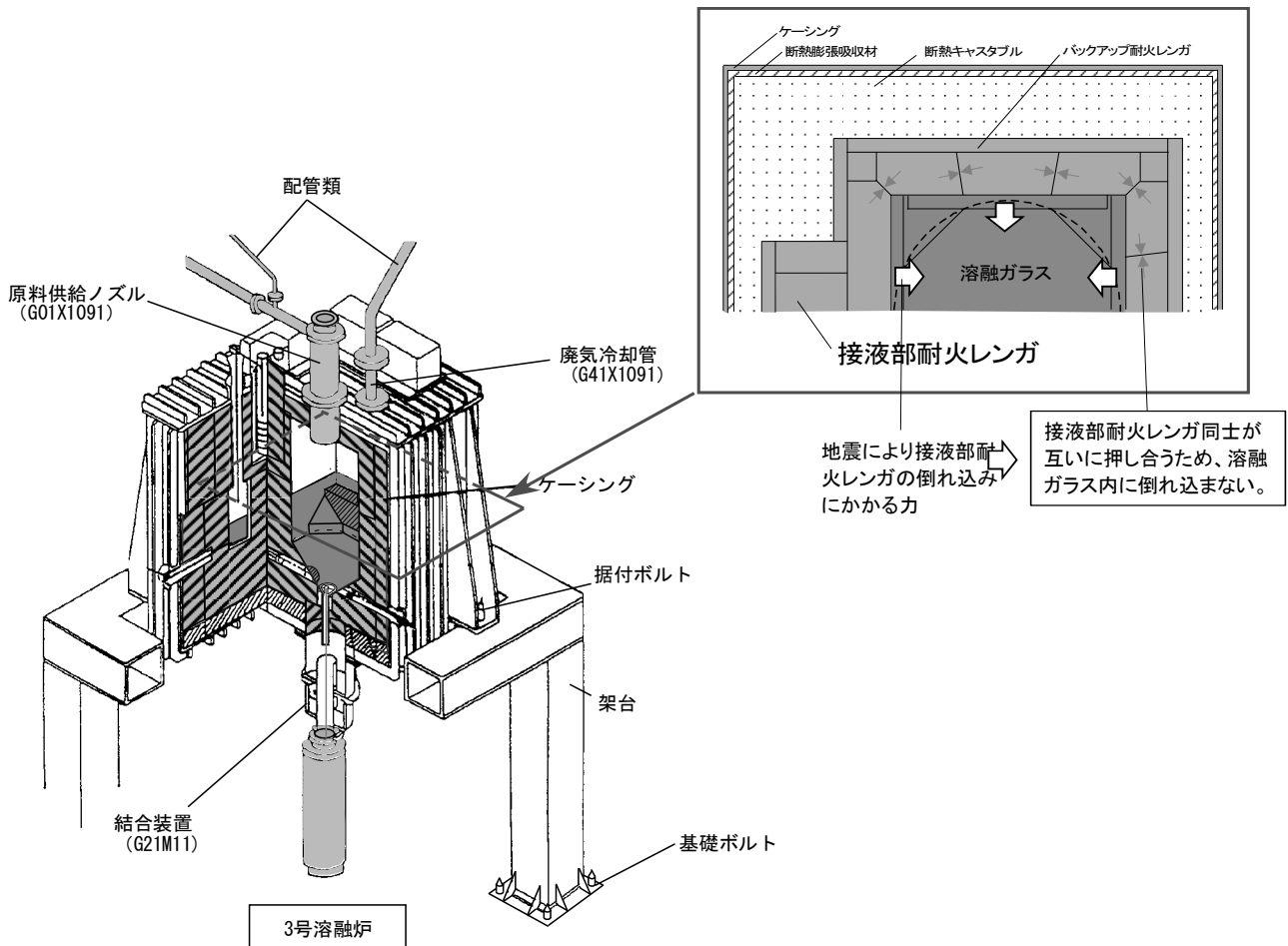


表-4 TVF の溶融炉の更新に係る工事工程表

		令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
①	・3号溶融炉製作(耐火レンガの加工～溶融炉本体完成)	9月 []	11月 []		
②	・3号溶融炉の作動試験		11～1月 []		
③	・2号溶融炉本体及び付帯品取り外し		1月 []	4月 []	
④	・3号溶融炉本体取付け ・固化セル内の3次元計測による付帯品の取合い位置計測 ・付帯品製作、取り付け			4月 []	4月 []

※上記③及び④は、2号溶融炉の運転状況を踏まえて計画を策定する。

具体的には、設計寿命(ガラス固化体 500 本製造)を目安とし、接液部耐火レンガ及び主電極の腐食状況から、溶融炉更新の判断を行う。また、耐火レンガ、電極類、流下ノズル等、遠隔操作により交換できない部位において、想定外の不具合が生じた場合、溶融炉の更新を行う。

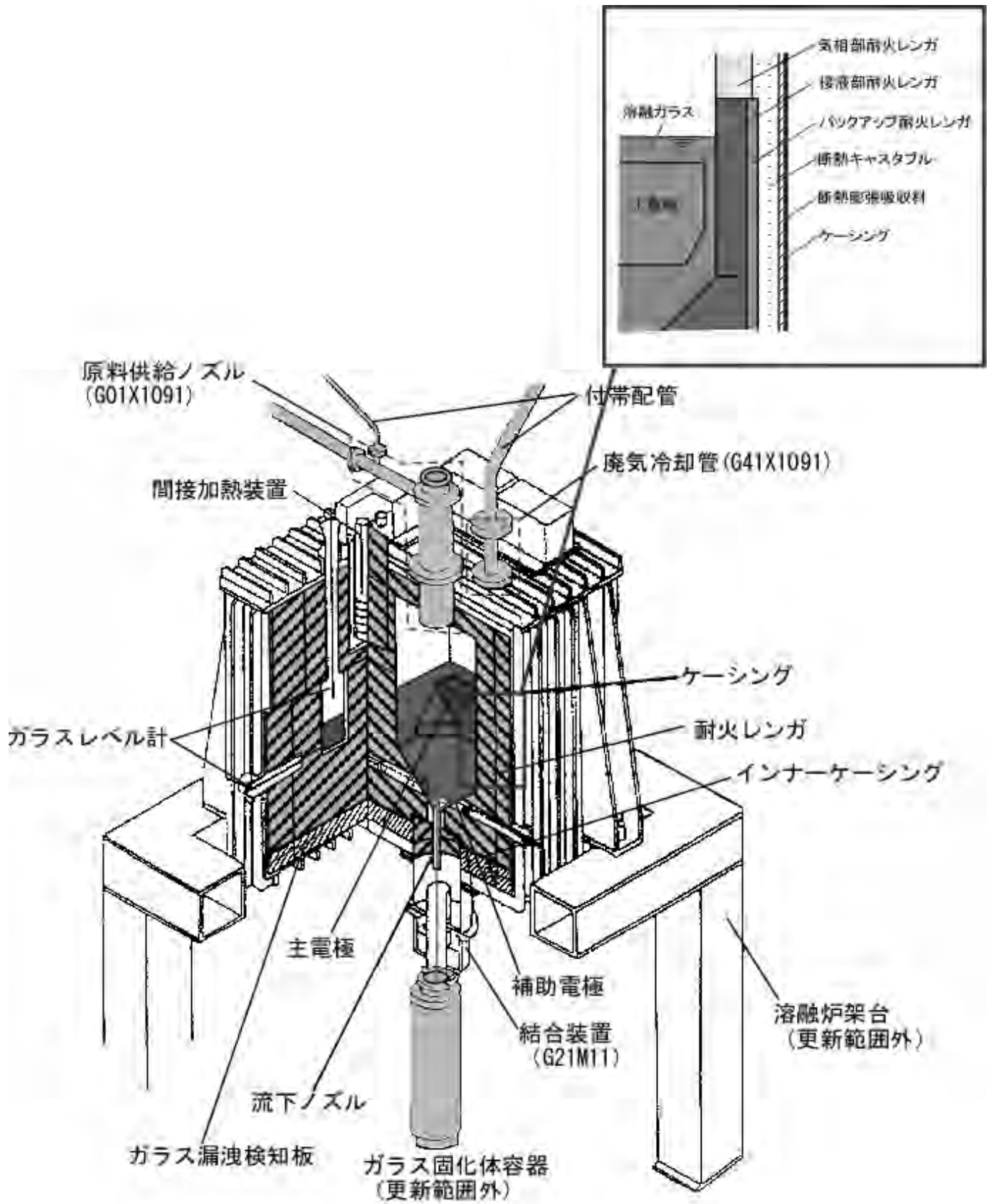


図-1 3号溶融炉 (G21ME10) の構造概要

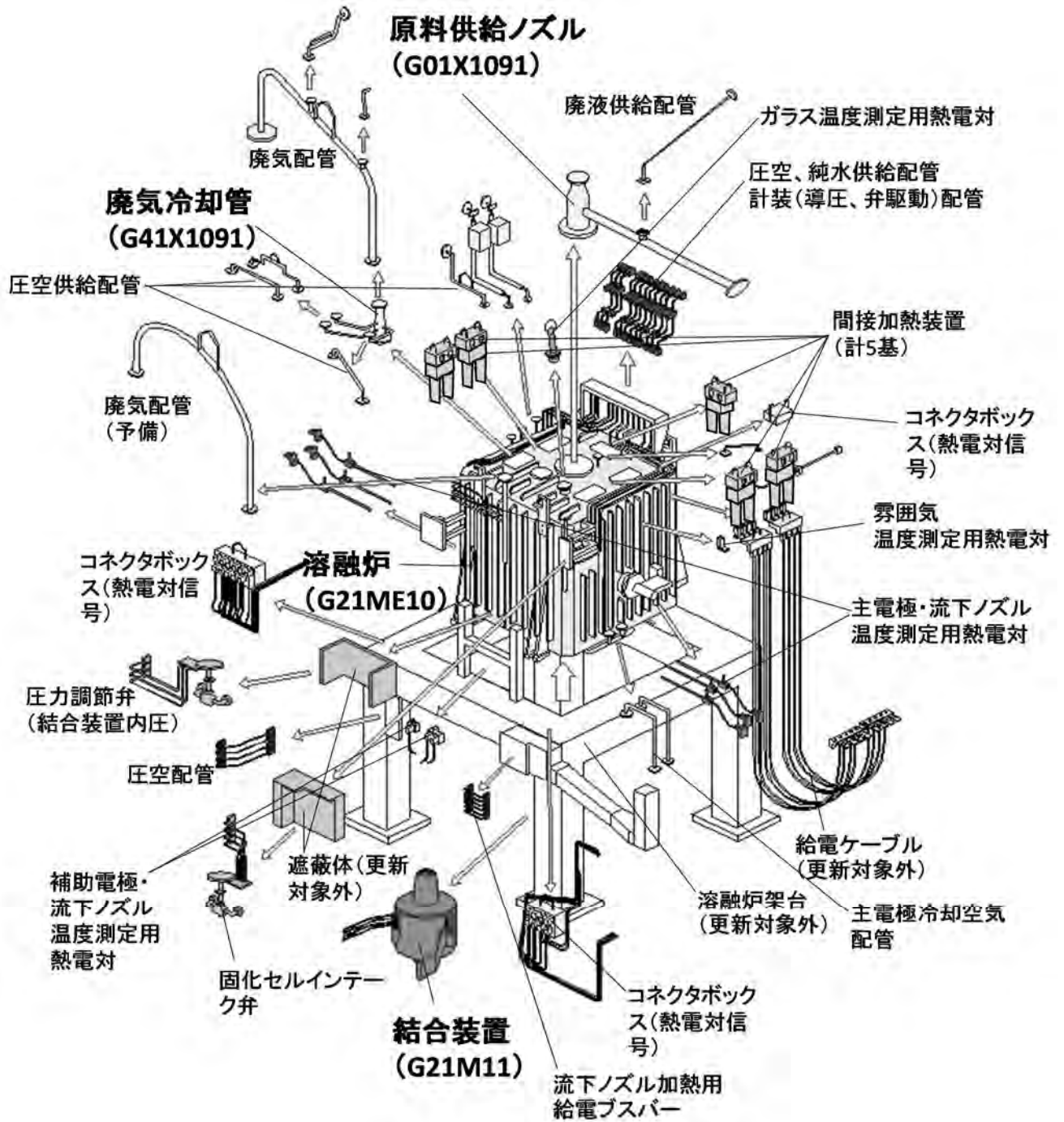


図-2 更新対象概要

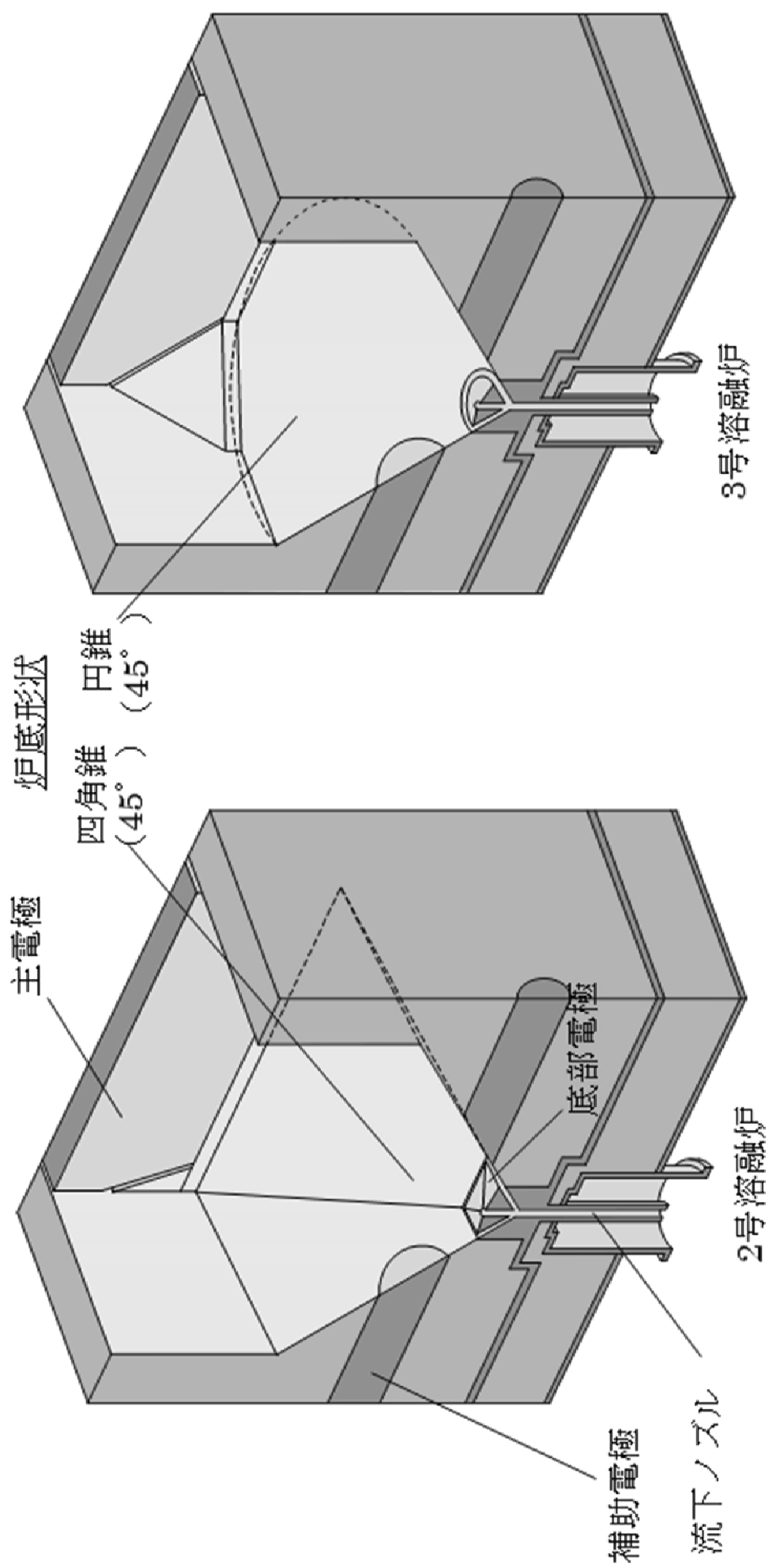
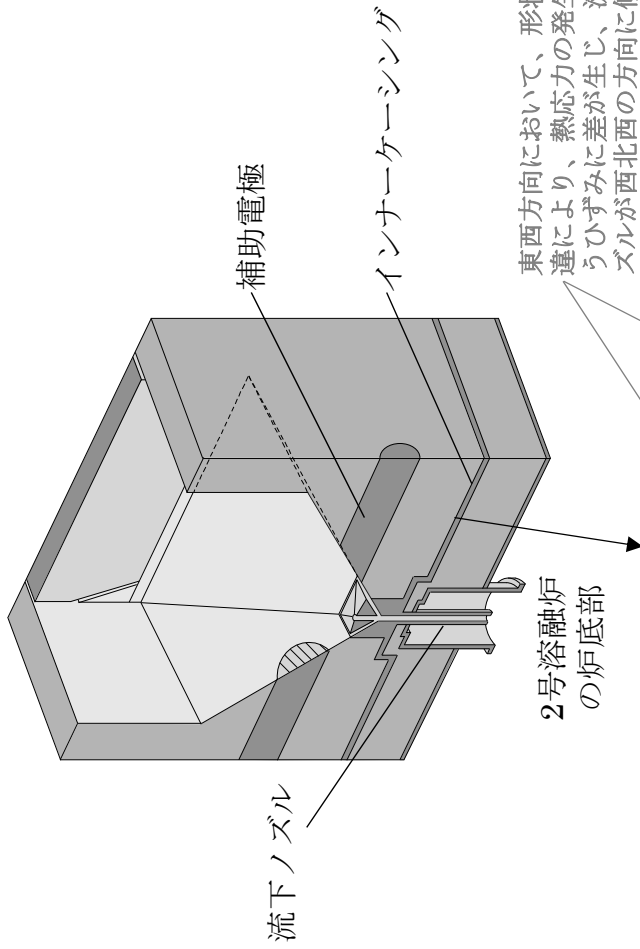
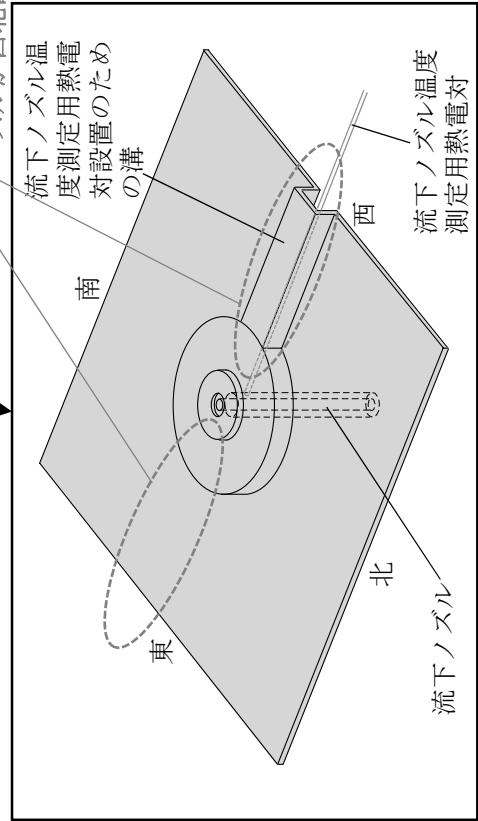


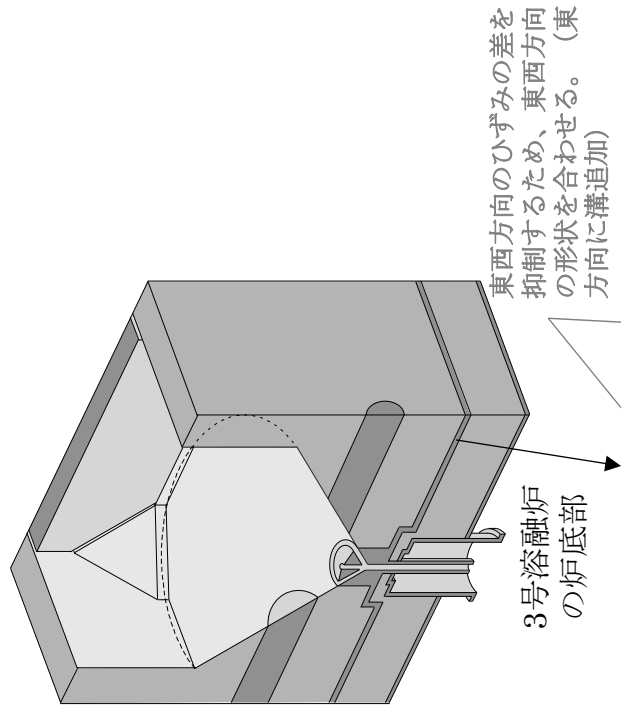
図-3 2号溶融炉と3号溶融炉の炉底形状の比較



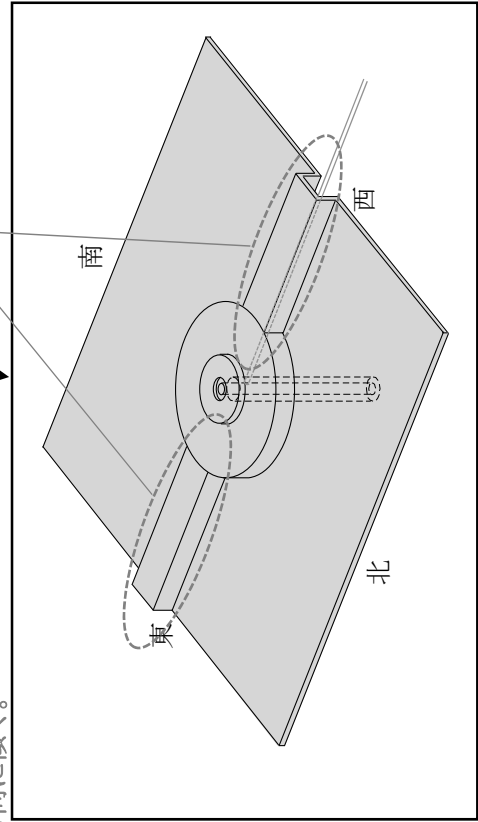
東西方向において、形状の相違により、熱応力の発生に伴うひずみに差が生じ、流下ノズルが西北西の方向に傾く。



2号溶融炉
のインナーケーシング

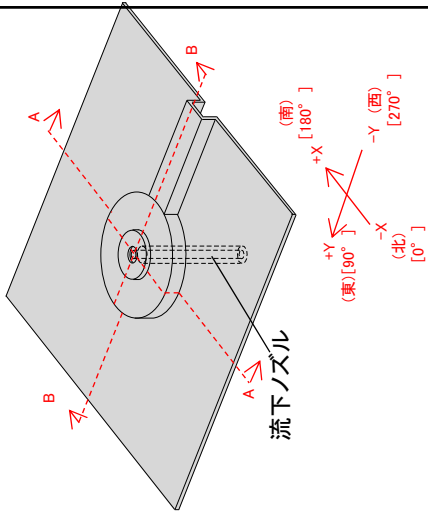


東西方向のひずみの差を抑制するため、東西方向の形状を合わせる。(東方向に溝追加)

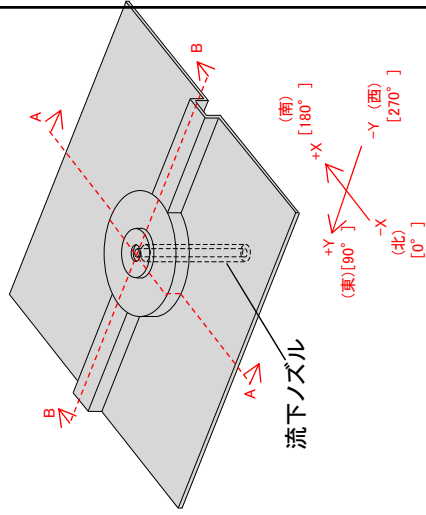


3号溶融炉
のインナーケーシング

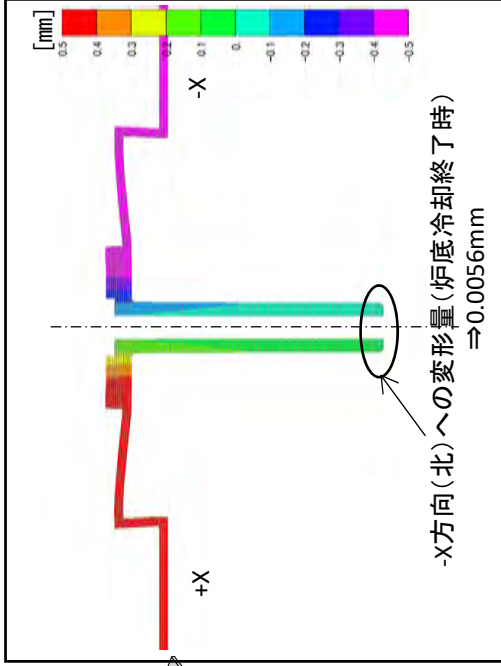
図-4 2号溶融炉と3号溶融炉のインナーケーシング形状の比較



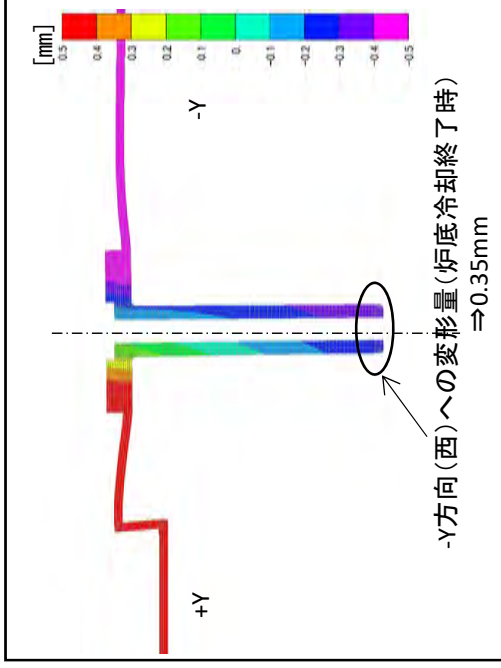
2号溶融炉インナーケーシング



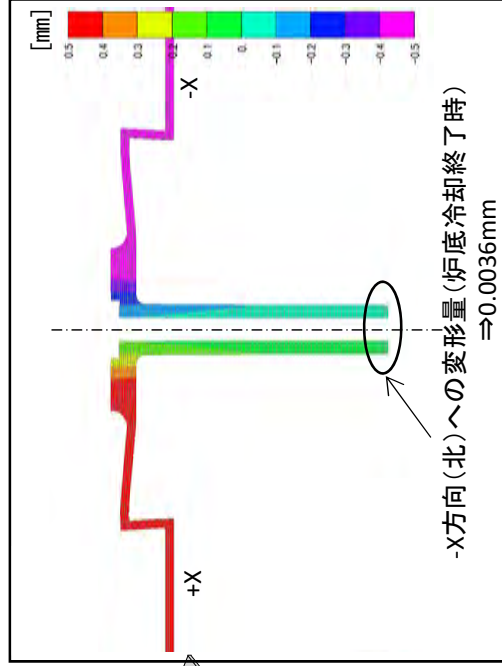
3号溶融炉インナーケーシング



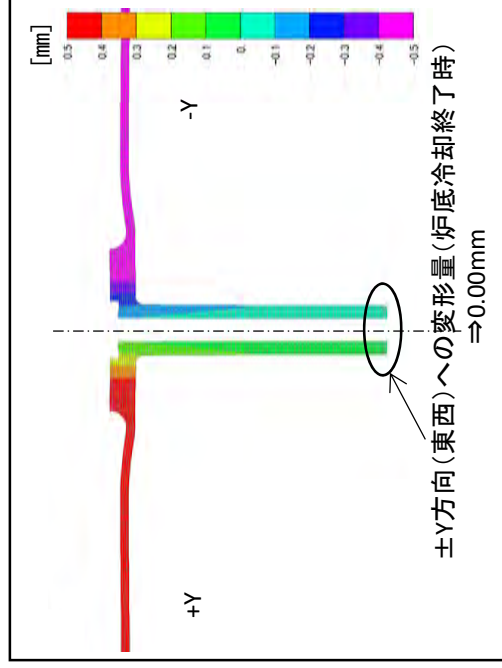
A-A断面の変形量分布



B-B断面の変形量分布



A-A断面の変形量分布

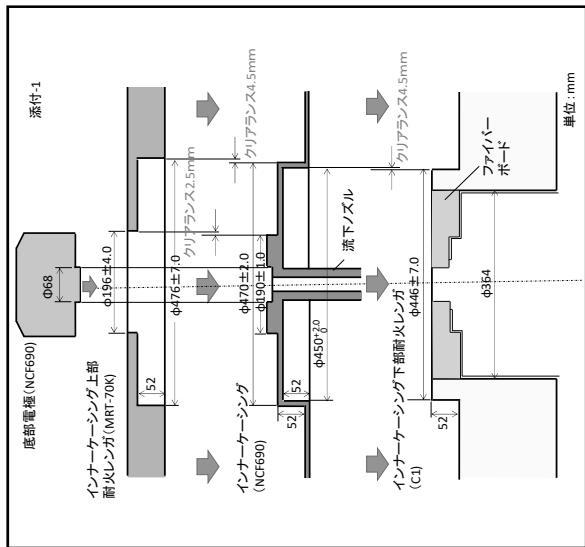
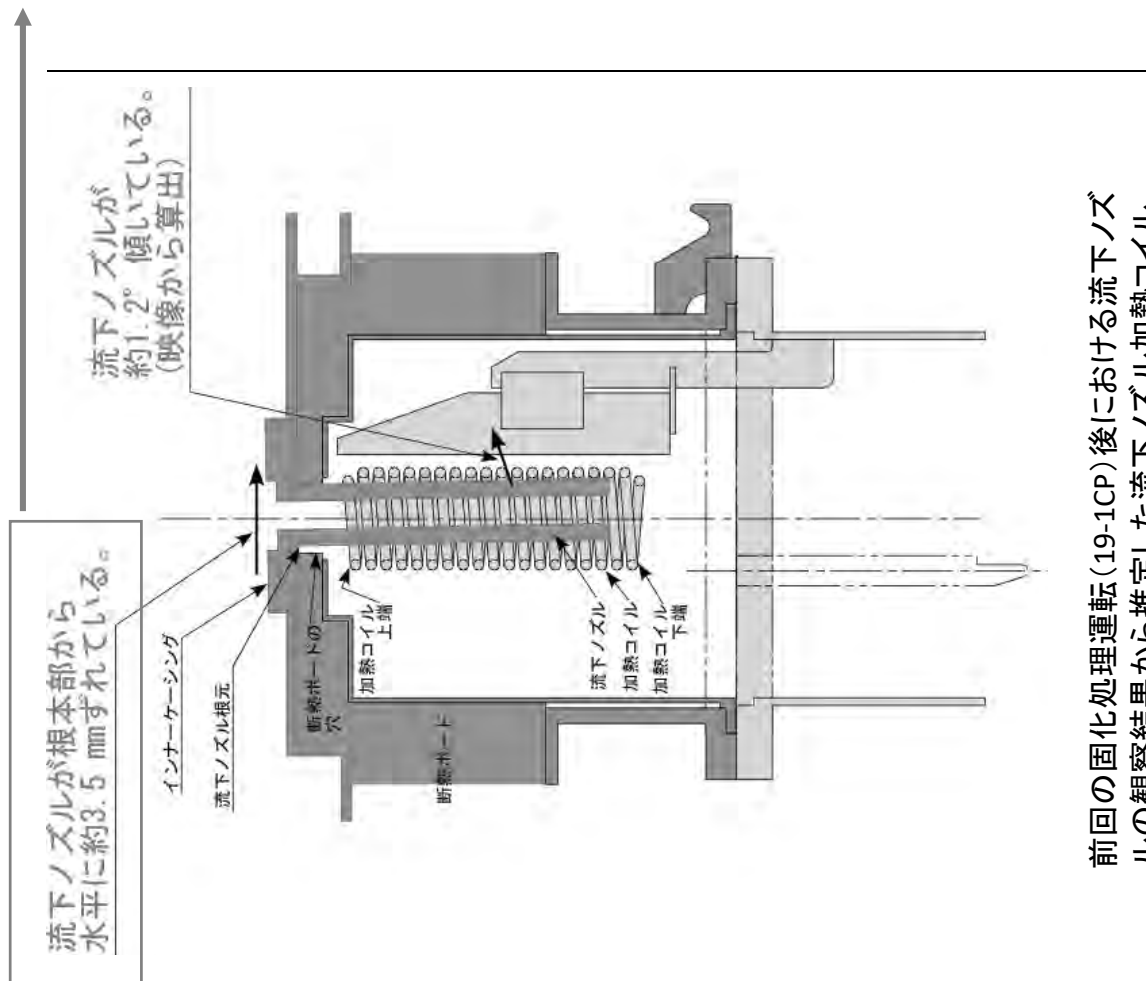


B-B断面の変形量分布

使用解析コード：汎用有限要素解析コード「ABAQUS」

図-5 流下ノズル先端の変形量比較(インナーケーシングの定常熱応力解析結果)

インナーケーシング取付け時に位置ずれが生じないように、インナーケーシング取付け時にインナーケーシングと耐火レンガ間のクリアランスが均等であることを確認する



3号溶融炉の作動試験後、流下ノズルの位置ずれ量を確認し、流下ノズル加熱コイルの位置決めを反映する。

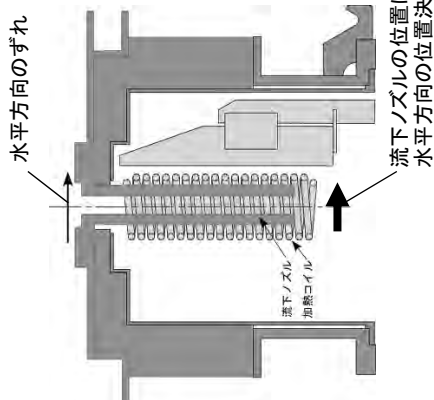


図-6 流下ノズルと加熱コイルのクリアランス確保に係る製作管理

前回の固化処理運転(19-1CP)後における流下ノズルの観察結果から推定した流下ノズル加熱コイルの位置関係(常温時)

発熱体の熱電対2本が断線したユニット内の発熱体2本を電源系統から分離できるよう、遠隔操作によりユニット毎に電源を遮断できる構造とする。

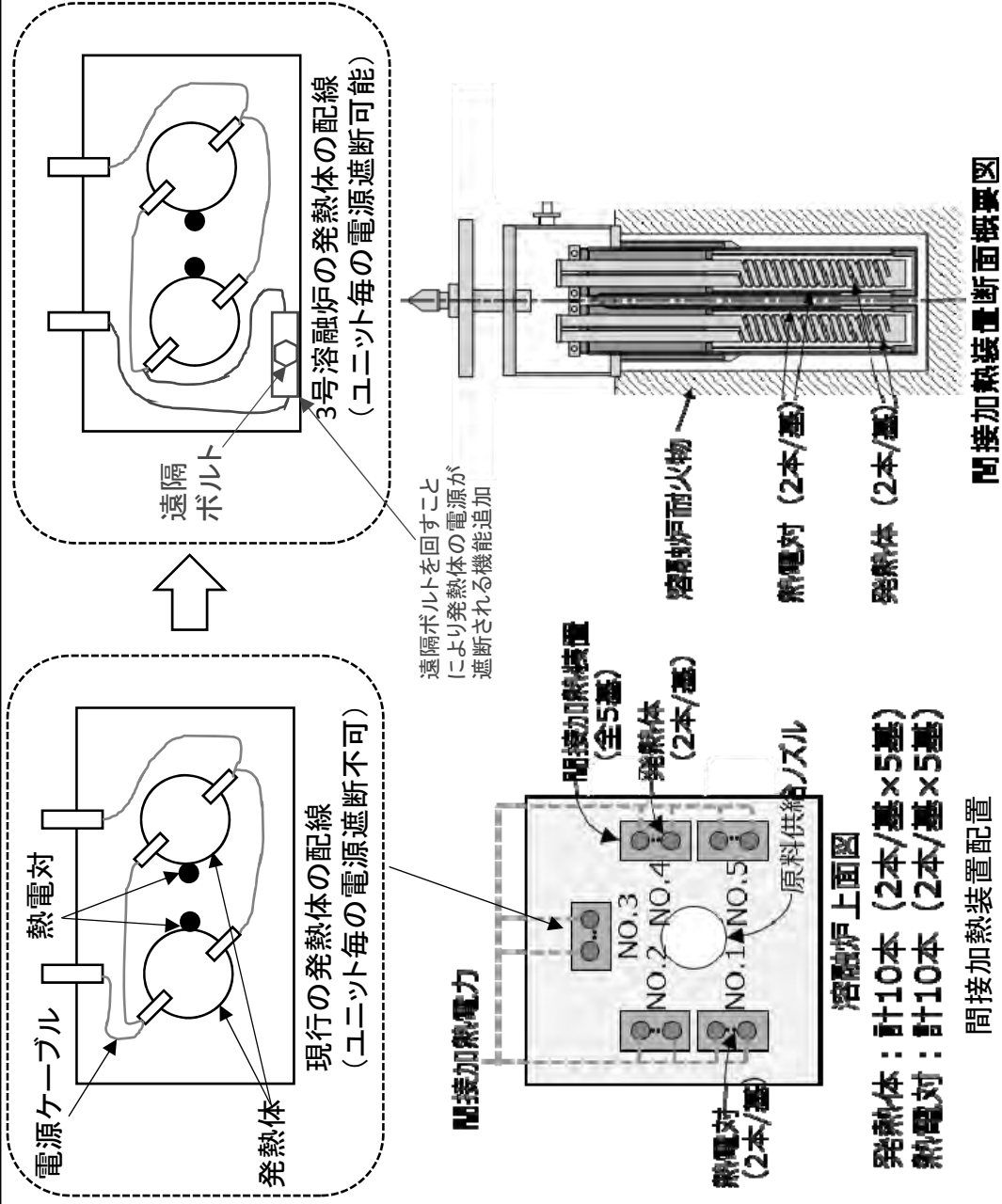


図-7 間接加熱装置発熱体の熱電対断線対策

① 溶融炉本体

② 溶融炉付帯品
(結合装置)

図-8 (1/2) 溶融炉の更新に係る工事フロー案

③ 溶融炉付帯品

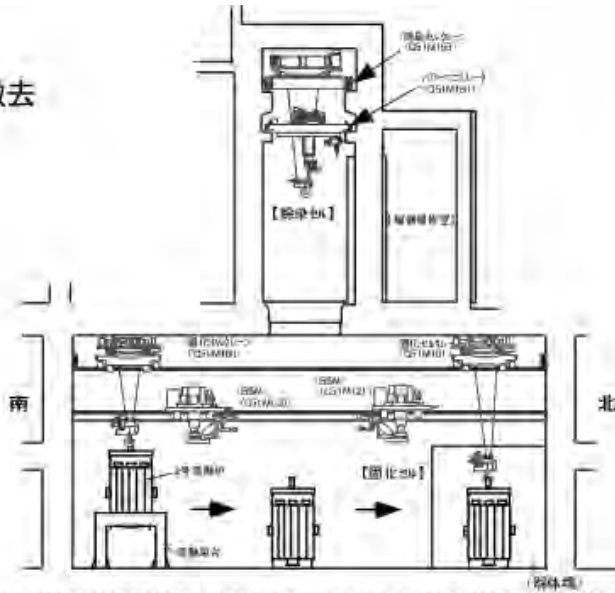
(廃気冷却管・原料供給ノズル)

④ 溶融炉付帯品

(配管類)

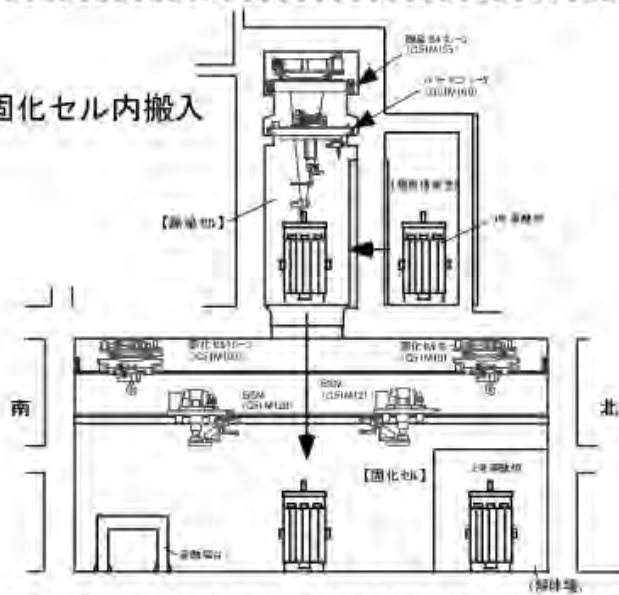
図-8 (2/2) 溶融炉の更新に係る工事フロー案

①2号溶融炉の撤去



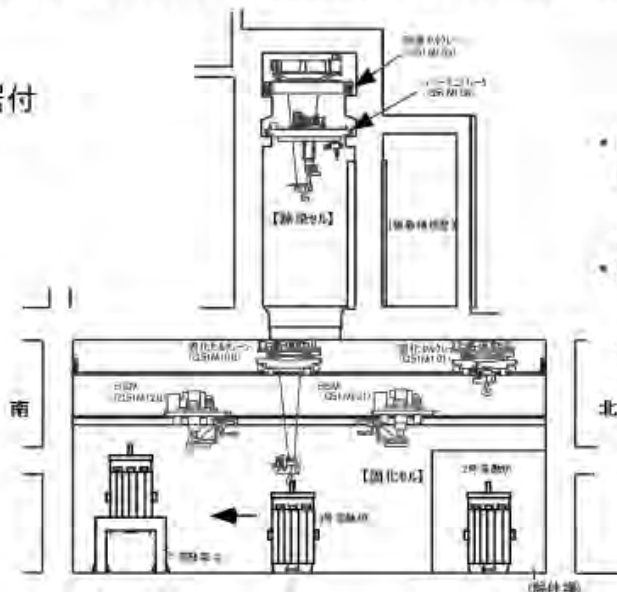
- ・2号溶融炉の付帯品（原料供給ノズル、結合装置等）を取り外した後、固化セルクレーン（G51M100）にて溶融炉架台から2号溶融炉を取り外し、固化セル中央に仮置きする。
- ・固化セルクレーン（G51M101）にて、2号溶融炉を解体場に移動する。

②3号溶融炉の固化セル内搬入



- ・TVFの管理区域に搬入した3号溶融炉を固化セル上部の除染セルまで移動する。
- ・除染セルクレーンにて3号溶融炉を固化セル内搬入し、固化セル中央に仮置きする。

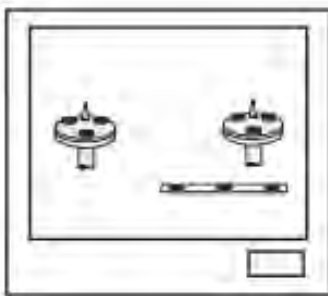
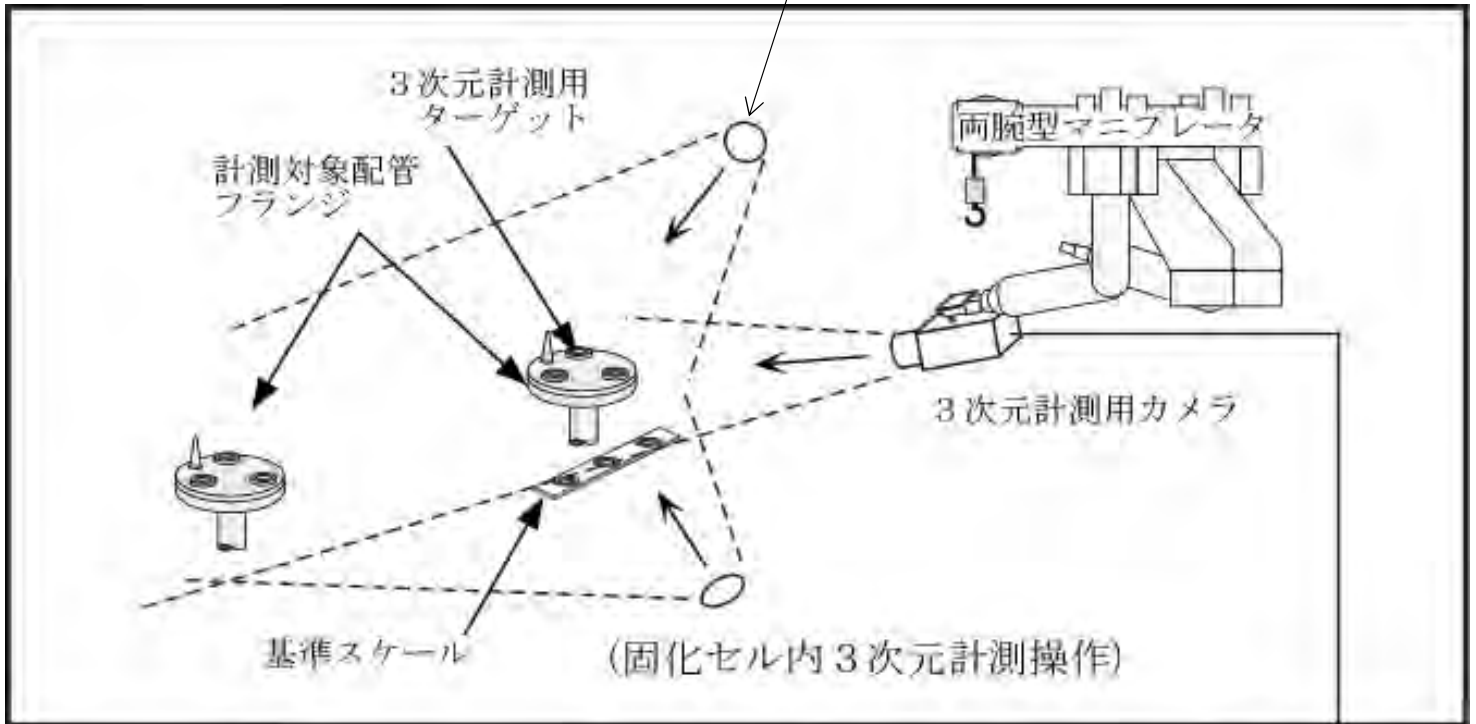
③3号溶融炉の据付



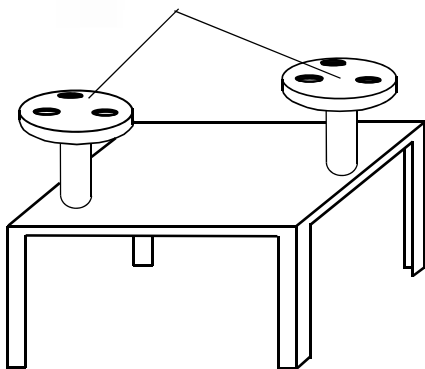
- ・固化セルクレーン（G51M100）にて3号溶融炉を固化セル中央から溶融炉架台まで、据え付ける。
- ・3号溶融炉据付後、3次元計測を行い、計測結果に基づき、原料供給ノズル等の付帯品を製作し、3号溶融炉への据付を行う。

図-9 固化セル内における溶融炉の更新手順

計測精度を高めるため複数の方向から、
ターゲットを撮影



配管フランジ間の位置関係を再現



型取配管イメージ

映像データからターゲットの位置座標を算出する。

ターゲットの位置座標より、配管フランジ間の 3 次元的な位置関係（取合い寸法）を算出する。

配管フランジ間の位置関係を再現した型取配管を製作する。

型取配管に取り付けられるように配管を製作する。

図-10 3次元計測の概要

平成29年11月10日
第16回 東海再処理施設等
安全監視チーム 会合資料より抜粋、加筆

【溶融炉更新の見直し結果】

・3号溶融炉の炉底構造の変更

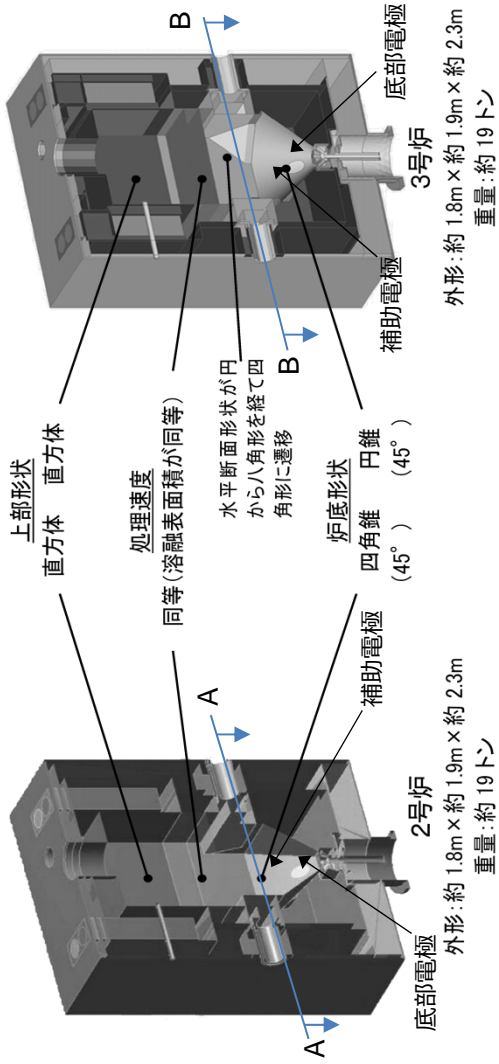
○溶融炉更新について、3号溶融炉は2号溶融炉とほぼ同じ基本構造とし、炉底形状については国内外の実績や最新の技術情報等を踏まえて円錐45度形状（左下图参照）とした。

○再検討の結果、信頼性向上が見込めることを確認した。

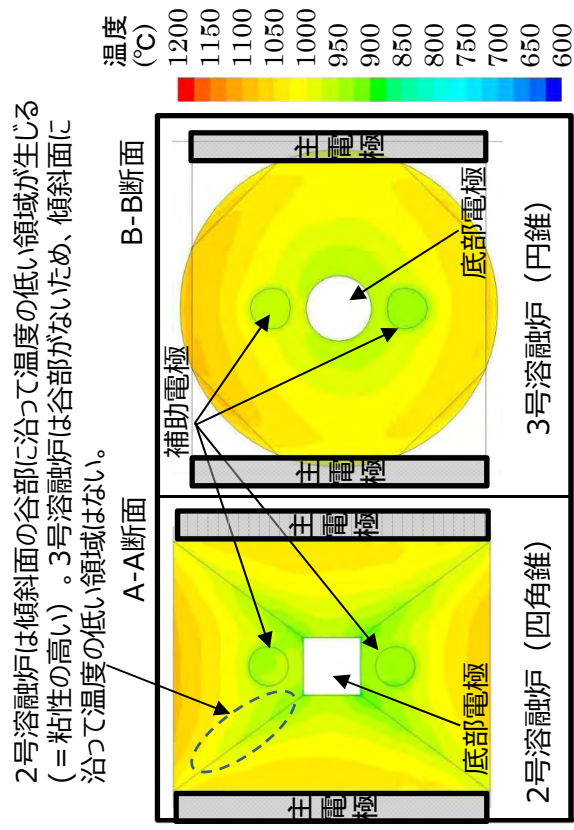
○溶融炉の運転解析コードにより以下を確認した。

- ・選定した円錐45度炉底形状では、2号溶融炉と同様の運転パターンで炉底低温運転が適用できる。
- ・2号溶融炉では谷部に沿って温度の低い（ガラスの粘性の高い＝流動が小さくガラスが残留しやすい）領域が生じるのに対し、3号溶融炉では円錐形状であり谷部が無いためガラスが残留しやすい箇所はなかった（右下図参照）。

➤ ガラスが残留しやすい場所はなかった。



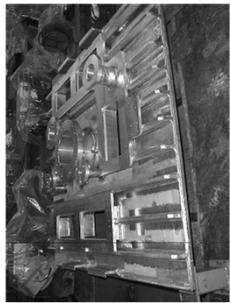
3号溶融炉の基本構造（2号溶融炉との比較）



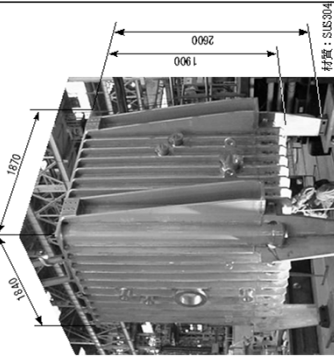
2号溶融炉は傾斜面の谷部に沿って温度の低い領域が生じる（＝粘性の高い）。3号溶融炉は谷部がないため、傾斜面に沿って温度の低い領域はない。

ガラス流下時（約100kg流下時）の炉底傾斜面上の温度分布

溶融炉ケーシングの製作状況



溶融炉天板

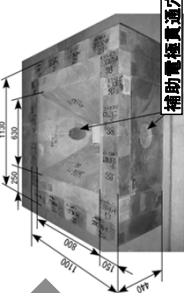


溶融炉本体

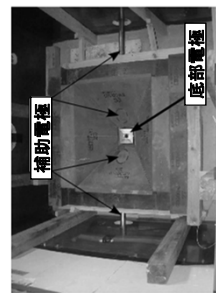
溶融炉の築炉(メーカ工場)



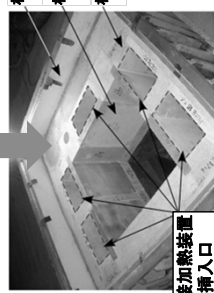
接液部耐火レンガの組立前検査(外観、材料確認等)



接液部耐火レンガの仮組確認(炉底部)
*材質:K31レンガ(アルミナ・クロミア質)



溶融炉ケーシング内への接液部耐火レンガ据付(炉底部位置合せ)



溶融炉ケーシング内への耐火レンガ据付(気相部仕上げ)

材質:セラミックファイバ(シリカ・アルミナ質)
材質:DO-N(酸化珪素結合炭化珪素質)
材質:AZ-GS(アルミナ・ジルコニア質)

溶融炉のモックアップ試験棟への搬入



溶融炉架台の設置



溶融炉の搬入



トローラから溶融炉の吊上げ



架台への溶融炉据付

溶融炉の築炉(モックアップ試験棟)



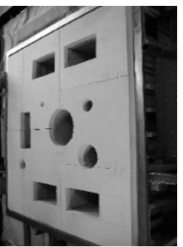
気相部耐火レンガの据付



断熱キャスタブルの施工



気相部耐火レンガの据付



断熱膨張吸収材の施工

溶融炉作動試験設備



ガラスカレット投入ホッパー(試験用)



カートリッジ投入器(試験用)

溶融炉及び操作架台

TVFへの溶融炉搬入



TVFへの溶融炉搬入(1)



TVFへの溶融炉搬入(2)

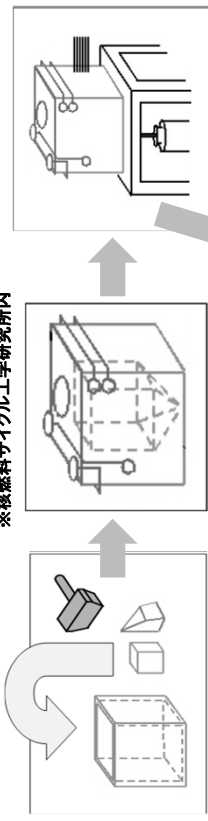


トラックロックから管理区域への搬入 管理区域への溶融炉仮置き

中間組立(メーカ工場)

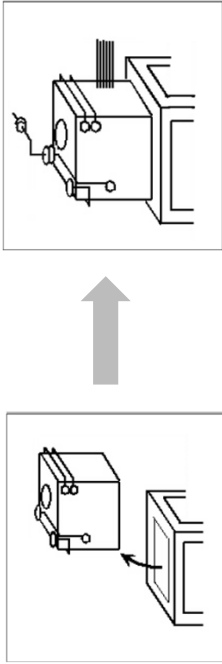
最終組立(モックアップ試験棟※)
※核燃料サイクル工学研究所内

作動試験(モックアップ試験棟)



2号溶融炉据付(TVF固化セル)

1号溶融炉撤去(TVF固化セル)



溶融炉更新工程の概要

1号溶融炉から2号溶融炉への更新実績

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の
設備耐震補強工事(冷却水配管のサポート追加)について
(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和2年9月25日認可)に示した計画に従い、廃止措置計画用設計地震動が作用した際に耐震性が不足する配管(ガラス固化技術開発施設(TVF)の屋上に設置している二次冷却水配管(KG83-616)の枝管)にサポートを追加し、耐震性を確保するための工事を実施する。

本補強にあたっては、材料検査、据付・外観検査等により、設計を満足していることを確認する。

令和3年5月11日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 目的

令和 2 年 8 月 7 日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和 2 年 9 月 25 日認可)の「別添 6-1-2-1 廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保すべき設備(ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟)」の別紙 6-1-2-5-3-101「配管の耐震性についての計算書」において、廃止措置計画用設計地震動(以下、設計地震動という。)による地震力が作用した場合、屋上に設置している二次冷却水配管(KG83-616)の一部枝管の取り付け部位の発生応力が許容応力を超える結果となったことから、当該配管についてサポートの追加工事を実施し、耐震性を確保する計画とした。

この計画に従い、当該配管についてサポートの追加工事(図-1、図-2)を実施する。

2. 設備概要

TVF の二次冷却水設備は、冷却塔、冷却水ポンプ、冷却器から構成され、一次冷却水設備(受入槽等の冷却)、非管理区域の冷水設備の冷凍機及び圧縮空気設備の圧縮機や冷却器に冷却水を供給している。

3. 設計条件

二次冷却水配管の耐震重要度分類は S クラスである。本補強においては、サポート(既設サポートと同仕様の材料:SS400, STKR400)を追加することにより、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても、その安全機能の維持が可能であることとする。

配管(KG83-616)の構造強度評価は、有限要素法(FEM)解析により行い、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する(別添資料に示す通り。令和 2 年 8 月 7 日申請の計算書と同様の方法、手順による)。

4. 設計方針

設計地震動に対して耐震性が不足する箇所は、二次冷却水配管の母管(管呼び径 200A)から分岐した枝管(管呼び径 15A)で、冷却水の圧力を確認するための現場指示計等を接続している導管であり、片方の端部は固定されていない。したがって構造的には片持ち梁となっており、地震動が作用した際に鞭振りのような挙動によって固定側付近の応力が大きくなると考えられることから、適切な位置にサポートを追加し、端部の振動を防止する。

5. 工事の方法

本工事で設置する配管サポートは図-1 及び図-2 に示すように、SS400 または

STKR400 材のアンゲル・角形鋼管を溶接により組み合わせた構造で、あと施工アンカーにより建家躯体に設置するか、既設架構上に溶接して設置する。補強対象の配管はUボルトによりサポート位置で軸直方向を拘束する。

本工事を行うにあたっては、既設配管に影響を与えないよう、施工範囲を養生等実施したのちに行う。本工事は、ガラス固化技術開発棟屋上であり、仮に工事において溢水等が生じたとしても施設の安全機能への波及的な影響は生じない。

本工事において、材料検査、据付・外観検査、寸法検査を実施する。

5. 安全機能への影響

サポート据付作業は、既設配管の切断・加工等は実施しないことから、二次冷却水設備の機能(崩壊熱除去及び閉じ込め機能)への影響はない。

また、工事のために足場等を設置する際には、蒸発乾固の発生防止のための事故対処の妨げにならないようにする。

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-1に示す。

表-1 二次冷却水配管の耐震補強対策に係る工事工程表

	令和3年度										備考	
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
耐震補強 工事						工 事(※)						

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の

耐津波補強工事

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- 令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和2年9月25日認可)に示した計画に従い、廃止措置計画用設計津波に対するガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の外壁について、波力と、余震、建家設計用漂流物の衝突との荷重のそれぞれの組み合わせを考慮した津波荷重に対して耐力が不足している部位(2カ所)の補強工事を実施する。
- 本補強にあたっては、材料検査、構造検査(配筋検査、型枠検査)、外観検査、寸法検査により、設計を満足していることを確認する。

令和3年5月11日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 目的

令和 2 年 8 月 7 日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和 2 年 9 月 25 日認可)の「別添 6-1-3-3 ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書」に基づき、「Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」において、発生応力が部材耐力を超える部位(1 か所:1 階西面(開口有))及び裕度を確保できない部位(1 か所:北面(開口有))の外壁について、外壁の内側に鉄骨梁補強あるいはコンクリートを増打ち補強を行うものである。

2. 設計条件

本補強においては、1 階西面(開口有)及び北面(開口有)の外壁について、外壁の内側に鉄骨梁補強及びコンクリート増打ち補強をすることにより、設計津波による荷重が作用したとしても当該壁面からの浸水が生じさせないようにする。これにより、建家内部に設置されている安全機能を担う設備が設計津波により機能を喪失するおそれがないようにする。

補強後の外壁の構造強度評価は、令和 2 年 8 月 7 日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」と同様の方法、手順により実施し、設計津波による波力と、余震、建家設計用漂流物の衝突による荷重の組み合わせをそれぞれ考慮した津波荷重を基に評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する(別添資料)。

3. 設計方針

設計津波による荷重に対して耐力が不足する箇所は、西面の扉開口部上部と北面の扉開口部周辺である。

西面の扉開口部では、両側面の壁には十分な厚さがあるものの、開口部上部の壁の厚さが薄くなっていることから、当該箇所が波力を受けた際に作用する荷重を分担させるため、鉄骨梁を外壁の内側に設置する。鉄骨梁の両端は補強対象となる壁の両側面にある厚さのある壁にあと施工アンカーにて支持させる。

また、北面の扉開口部周辺の内側には補強のため鉄筋コンクリートを増打ちするとともに、既存躯体と増打ち部分との一体性を確保するため、既存躯体にあと施工アンカーを打設して増打ち部分と連結する。

4. 工事の方法

本工事は、図-1 に示すように、西面の扉開口部上部と北面の扉開口部周辺である。

西面の扉開口部は、ガラス固化技術管理棟からガラス固化技術開発棟への通路であり、ガラス固化技術開発棟側の通路に足場を設置し、扉開口部上部に

鋼材をあと施工アンカーで取り付ける(図-2)。

また、北面の扉開口部はトラックロックとなり、トラックロック側よりコンクリートをハツリ、あと施工アンカー、鉄筋、型枠組立、コンクリート打設を実施する(図-3及び図-4)。

本工事を行うにあたっては、施工範囲を養生等実施したのちに行う。本工事は、扉開口部周辺の施工であり、扉やトラックロックのシャッター等の機能への波及的な影響は生じない。トラックロックは非管理区域(ホワイト区域)であることから、既定の要領に従って工事を行う。

本工事において、材料検査、寸法検査、構造検査(配筋検査、型枠検査)及び外観検査を実施する。

5. 安全機能への影響

非管理区域のトラックロックの外壁及びガラス固化技術管理棟とガラス固化技術開発棟間の連絡通路の上部外壁の補強であり、施設の閉じ込め機能への影響はない。

また、工事のために足場等を設置する際には、扉の開閉や事故対処の妨げにならないようにする。

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-1に示す。

表-1 耐津波補強対策に係る工事工程表

	令和3年度						令和4年度			備考
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
耐津波補強 工事										
	工事※									

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の
竜巻対策工事(開口部の閉止措置)について
(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- 令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和2年9月25日認可)において示した計画に従い、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の建家内の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う施設の損傷を防止するため、建家開口部 [REDACTED] を防護板等により閉止措置を行う。
- 設置する防護板等については、設計飛来物が貫通しない板厚を有すること、設計飛来物が衝突した場合でも既設設備に影響を及ぼすような変形を生じないことを確認したことから、評価結果及び工事の概要について示す。

令和3年5月11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ガラス固化技術開発棟の 竜巻防護対策（開口部の閉止措置）の概要

1. 概要

令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」（令和2年9月25日認可）の添付資料6-1-4-4-5「設計飛来物に対する竜巻防護対策（開口部の閉止措置）の概要」において示した計画に従い、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の建家内の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う施設（以下「防護対象施設」という。）のうち、一部施設は窓等の開口部に近接しており、設計飛来物の衝突等による防護対象施設の機能喪失を防止するため、開口部40箇所（窓24箇所、扉8箇所及びガラリ8箇所）を閉止措置を行う（表-1、図-1,2参照）※。

※ 添付資料6-1-4-4-5に示した計画の内、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の竜巻防護対策（開口部の閉止措置）に係る設計及び工事の計画については、令和2年10月30日に申請済み（令和3年1月14日認可）である。

2. 設計条件

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の窓、扉及びガラリを閉止する防護板、防護フード及び防護扉（以下「防護板等」という。）の設計条件は以下のとおり。

- 設計飛来物の衝突により貫通しないこと。
- 廃止措置計画用設計竜巻の組合せ荷重に対して破断に至るひずみを生じないこと。
- 防護対象施設に干渉する変形が生じないこと。
- 耐食性のあるステンレス鋼板等で構成すること。
- 蒸発乾固の発生防止のための事故対処の妨げにならないこと。

廃止措置計画用設計竜巻（以下「設計竜巻」という。）と廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）の重畳については、発生頻度の観点から無視できることから、防護板等の落下等により閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能に波及的影響を及ぼすおそれがない防護板等は耐震Cクラス相当とする。

なお、外部火災等を起因としたばい煙や有毒ガスの発生に対するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の制御室の換気対策（屋外との給排気のために扉に設置する接続パネルや仮設ダクト等）に使用する防護フード（2箇所）については設計用地震動に耐え得るよう設計する。

以下に防護板等の設計方針を示す。

(1) 防護板 (図-3 参照)

閉止板をステンレス鋼板 (t=15 mm) で構成し、設計竜巻の荷重を支える構造とする。防護板は、閉止板と角型鋼管を溶接した構造とし、建家外壁 (既設の窓の外側) にあと施工アンカーボルトで固定する。

(2) 防護フード (図-4 参照)

給排気のため外気の取り入れ口を設ける必要のある開口部 (2 階の制御室の換気対策のための仮設の給排気口を設ける扉) の外側に設ける防護板は、下部が開放しているフード構造を採用する。保護板をステンレス鋼板 (t=15 mm) で構成し、設計竜巻の荷重を支える構造とする。防護フードは、建家外壁 (ガラリーの外側) にあと施工アンカーボルトで固定する。

(3) 防護扉 (図-5 参照)

扉 (表面) の扉板の保護板をステンレス鋼板 (t=15 mm) で構成し、建家外壁にあと施工アンカーボルトで固定した扉枠に設置するヒンジで支持する構造とする。左右扉の合わせ部には鋼材を設置して設計竜巻の荷重を支える構造とする。

3. 評価項目及び結果

(1) 貫通評価 (BRL 式に基づく簡易評価)

防護板等の鋼材厚さを許容限界とし設計飛来物の貫通限界厚さを超えており貫通が生じない (表-2 参照)。

表-2 BRL 式に基づく貫通評価の結果

部位		評価結果 (mm)	許容限界 (mm)
防護板	閉止板	8.9	15
防護フード	閉止板	8.9	15
防護扉	閉止板	8.9	15

(2) 衝突解析評価

原子力施設における鋼製の竜巻防護設備に対する竜巻飛来物の衝突解析で許認可実績のある LS-DYNA を使用し、設計竜巻の組合せ荷重を受けた防護板等の 3 次元 FEM 解析を実施した。解析結果の一例として防護板の解析モデルを図-5

に、解析結果を図-6に、防護フードの解析モデルを図-7に、解析結果を図-8に、防護扉の解析モデルを図-9に、解析結果を図-10に示す。

① ひずみ量

設計竜巻の組合せ荷重を受けた防護板等の構成部材（厚さ方向の中立面）に生じる最大ひずみ量は、許容限界としたステンレス鋼材（SUS304）の破断ひずみを下回る（表-3参照）。

表-3 破断ひずみに対する評価結果

部位		最大ひずみ量 (-)	許容限界 (-)
防護板	閉止板	0.052	0.1673
防護フード	閉止板	0.084	0.1673
防護扉	閉止板	0.063	0.1673

② 変形量

設計竜巻の組合せ荷重を受けた防護板等に生じる変形量は、許容限界とした防護対象施設との離隔距離よりも下回る（表-4参照）。

表-4 変形評価の許容限界

部位		変形量 (mm)	許容限界 (mm)
防護板	閉止板	157	510
防護フード	閉止板	149	1745
防護扉	閉止板	135	1465

(3) 耐震評価

設計地震動による波及的影響の観点から、扉の2カ所の防護フード（図-1◇※1）について設計地震動に対する耐震評価を実施した。

防護フードの固有周期は0.05(秒)以下であったことから、地震動によって作用する荷重は設置階の床応答最大加速度を1.2倍した加速度を静的に与えた場合に生じる荷重とし、水平方向及び鉛直方向の応力を絶対和法により組み合わせた。評価部位は防護板を支持するために建家に固定している据付ボルトとした。据付ボルトの許容応力は「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 2012」に準拠し、供用状態Dsにおける許容応力（引張に対して $1.5 \times (F/1.5)$ ）、せん断に対

して $1.5 \times (F / (1.5\sqrt{3}))$ ，ここで F は JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値) を用いた。

評価の結果，地震力によって防護フードの据付ボルトに発生する応力は許容応力よりも十分小さく，設計地震動に対して十分な耐震性を有している（表-5 参照）ことから，設計地震動が作用したとしてもこれらの防護フードが他の防護対象施設や事故対処の実施に波及的影響を与えることはない。

表-5 据付ボルトの応力評価結果

部位			発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
防護フード (図-1 ◇※1)	防護フードの 据付ボルト	引張	14	700
		せん断	16	404

4. 工事の方法

防護板等は，材料を入手後，工場にて加工を行った後，現地に搬入する。本工事を行うに当たっては，閉止する窓部等の養生等を施し，ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の閉じ込め機能が失われないようにした後，ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟建家外壁にアンカーボルトを打設し，防護板等を取り付ける。

防護板等を据付けた後，所要の試験・検査を行い，最後に仮設足場の撤去を行う。これらの作業全般にわたり，高所作業等の所要の安全対策を行う。

本工事フローを図-12 に示す。

5. 工事の時期

本工事に際しては，ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の施設外壁付近に作業用足場を設置し，更にクレーン車等の工事車両が寄り付く作業エリアの確保が必要となる。

現在，高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 周辺の地盤改良工事を実施しており，また今後計画している津波防護柵に設置工事と作業エリアが干渉していることから，地盤改良工事等の進捗を踏まえて本工事を開始する。表-2 に工事工程を示す。

以上

防火帯の設置工事について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

○令和2年8月7日及び令和2年10月30日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(それぞれ、令和2年9月25日及び令和3年1月14日に認可)において示した計画に従い、高放射性廃液貯蔵場(HAW)、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒を外部からの衝撃(森林火災)による損傷から防護するため、防火帯を設置することから、本工事の概要について示す。

令和3年5月11日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

防火帯設置工事の概要

1. 概要

令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」（令和2年9月25日認可）の別添6-1-4-8「高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の森林火災影響評価に関する説明書」及び令和2年10月30日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」（令和3年1月14日認可）の別紙6-1-4-8-6-2「防火帯の詳細と防火帯内の施設の防火について」において示した計画に従い、防火帯を設置する。

2. 設計

2.1 設計条件

防火帯とは、防護対象設備への外部火災の延焼被害を食い止めるために防護対象設備を囲むように設けられる、可燃物のない帯状の区域であり、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）のうち、森林火災の防護対象施設への延焼防止のために設置する。

防護対象施設は、高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟、第二付属排気筒とする。また、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における高放射性廃液の蒸発乾固の発生を防止するため、必要な事故対処設備を防火帯の内側に配備する。

2.2 設計仕様

防火帯を設定する位置を図-1に示す。防火帯は、防火帯上に可燃物が無く、防護対象施設を取り囲むように帯状に設定する。また、防火帯外縁から外側の植生状況に応じて必要防火帯幅を確保するとともに、防護対象施設と防火帯外縁までの距離が危険距離以上となるように離隔距離を確保する。

- a. 防火帯は防護する建家周囲を切れ目なく囲む帯状の区域とすること。
- b. 以下の必要防火帯幅以上を確保すること。

・風上（防火帯外縁方向）に樹木がある場合 （防火帯の南側及び南西隅部）	： 21 m
・風上（防火帯外縁方向）に樹木がない場合 （上記以外）	： 9 m
- c. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の外壁と防火帯外縁の距離は、以下の危険距離（防護する建家外壁と火災の離隔距離として最低限必要な距離）以上を確保すること。

高放射性廃液貯蔵場 (HAW)	: 14 m
ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟	: 13 m
第二付属排気筒	: 19 m

3. 工事の方法

工事のフローを図-2 に、工事の工程を表-1 に示す。工事の工程については、防火帯の設置工事範囲に事故対処設備配備場所地盤補強工事及び津波漂流物防護柵の設置工事が含まれるため、これらの工事の完了に合わせて令和 5 年 3 月までに実施する。

3.1 工事の方法及び手順

既設の舗装道路を防火帯として設定する。防火帯とする道路上及び近傍に街路樹等がある場合は伐採する。舗装の範囲が必要な防火帯幅に満たない箇所においては、道路周辺の未舗装箇所にモルタル吹付又はアスファルト舗装を行い、草木の育成を防止してメンテナンスフリーとする。防火帯予定範囲に存在する既設の可燃物（屋外タンク貯蔵所 1 基、自転車置場、喫煙所）は撤去する。

上記の様に設定した防火帯が識別可能なように、防火帯上に標識の設置又はマーキングを行う。

3.2 検査

(1) 外観検査

- ・防火帯が、防護対象施設を取り囲むように帯状に設定されていることを確認する。
- ・防火帯として区画され標識されていることを確認する。
- ・防火帯上には可燃物が無いこと、アスファルト舗装やモルタル吹付により不燃帯化されていることを確認する。

(2) 寸法検査

- ・防火帯幅が必要防火帯幅以上確保されていることを確認する。
- ・防護対象施設から防火帯外縁までの最短距離がそれぞれの施設における危険距離を上回っていることを確認する。

表-1 防火帯の設置に係る工事工程表

	令和4年度												備考	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
防火帯 設置 工事														
	工 事 (※)													

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系排風機の

一部更新について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- ガラス固化技術開発施設(TVF)槽類換気系排風機の高経年化対策として熔融炉換気系の排風機及び貯槽換気系の排風機を更新する。
- 本更新においては、既設排風機と同等の排風機を製作した後、既設排風機と交換する工事を行う。
- 更新にあたっては、材料検査、作動試験、据付・外観検査により、設計を満足していることを確認する。

令和3年5月11日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 目的

ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系排風機は、竣工から約 28 年間使用しており、これまでの点検整備における経年劣化の状況を踏まえ、今後、段階的に更新を進めていく計画である。

本件で工事を計画する排風機は、熔融炉換気系の排風機(G41K50,K51)及び貯槽換気系の排風機(G41K60,K61)であり、更新用の排風機を製作した後、既設排風機と交換する工事を実施する。

2. 設備概要

ガラス固化技術開発施設(TVF)槽類換気系のフローを図-1に示す。槽類換気系排風機は、廃止措置期間中、閉じ込めの機能が要求される設備である。

本工事を計画する排風機は、熔融炉からの廃気を洗浄、吸着、ろ過する熔融炉換気系の排風機(G41K50,K51)及び濃縮器等からの廃気を洗浄、吸着、ろ過する貯槽換気系の排風機(G41K60,K61)である。

本工事を計画する排風機の配置を図-2に示す。排風機は、ガラス固化技術開発棟 地下 2 階(B2F) 廃気処理室(A011)内に熔融炉換気系に 2 基(常用 1 基, 予備 1 基)、貯槽換気系に 2 基(常用 1 基, 予備 1 基)設置しているものである。

3. 設計条件

(1) 性能

更新する排風機は、既設排風機の同等の性能(容量:約 6 m³/min/基)を有するものとする。

(2) 耐震性

更新する排風機の耐震重要度分類は S クラスである。廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても閉じ込めに係る安全機能の維持が可能となるよう耐震性を確保する。耐震性計算書を別添資料に示す(令和 2 年 8 月 7 日申請(令和 2 年 9 月 25 日認可)した「別紙 6-1-2-5-3-63_排風機(G41K50,K51)の耐震性についての計算書」及び「別紙 6-1-2-5-3-64_排風機(G41K60,K61)の耐震性についての計算書」と同様の手法、手順による)。

(3) 材料構造、火災及び溢水防止

更新する排風機に接続する配管(既設)は、既設と同様にフランジ継手で接続する。電源ケーブルは、難燃性ケーブル(既設)を接続する。火気使用時は、可燃物の除去、不燃シートの設置等、火災を防止する措置を講じる。

4. 工事の方法

排風機(G41K50,K51,K60,K61)の外形図を図-3 に示す。本工事は、ガラス固化処理運転の停止期間中に行う。また、TVF から高放射性廃液貯蔵場(HAW)に高放射性廃液を移送した後の、高放射性廃液を保有していない状態下で行う。工事は、熔融炉換気系及び貯槽換気系の各系統の排風機 1 基の運転を維持した状態下で、予備側となる排風機を対象に 1 基ずつ交換する。また、運転中の排風機及び既設に影響を与えないよう、隔離措置、養生を施して行う。

本工事では、材料検査、作動試験、据付・外観検査を行う。

5. 安全機能への影響

本工事は、槽類換気系の閉じ込めに係る性能を変更するものでなく、設備の系統、構成を変更するものでもないことから、槽類換気系の安全機能(閉じ込め、換気)への影響はない。工事は、ガラス固化処理運転の停止期間中であり、かつ TVF 内に高放射性廃液を保有しない状態で行うことから、重大事故対処に影響を与えるものではない。

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-2 に示す。

表-2 槽類換気系排風機の一部更新に係る工事工程表

	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	備考
槽類換気系排風機 の一部更新		製作				
				工事*		

* : 排風機 1 基あたりの工事期間は 1 週間程度であるが、工事の時期はガラス固化処理運転の時期や運転停止中に行う保全作業等との調整を踏まえて 1 基ずつ分けて実施する。

TVFの運転準備状況について

令和3年5月11日

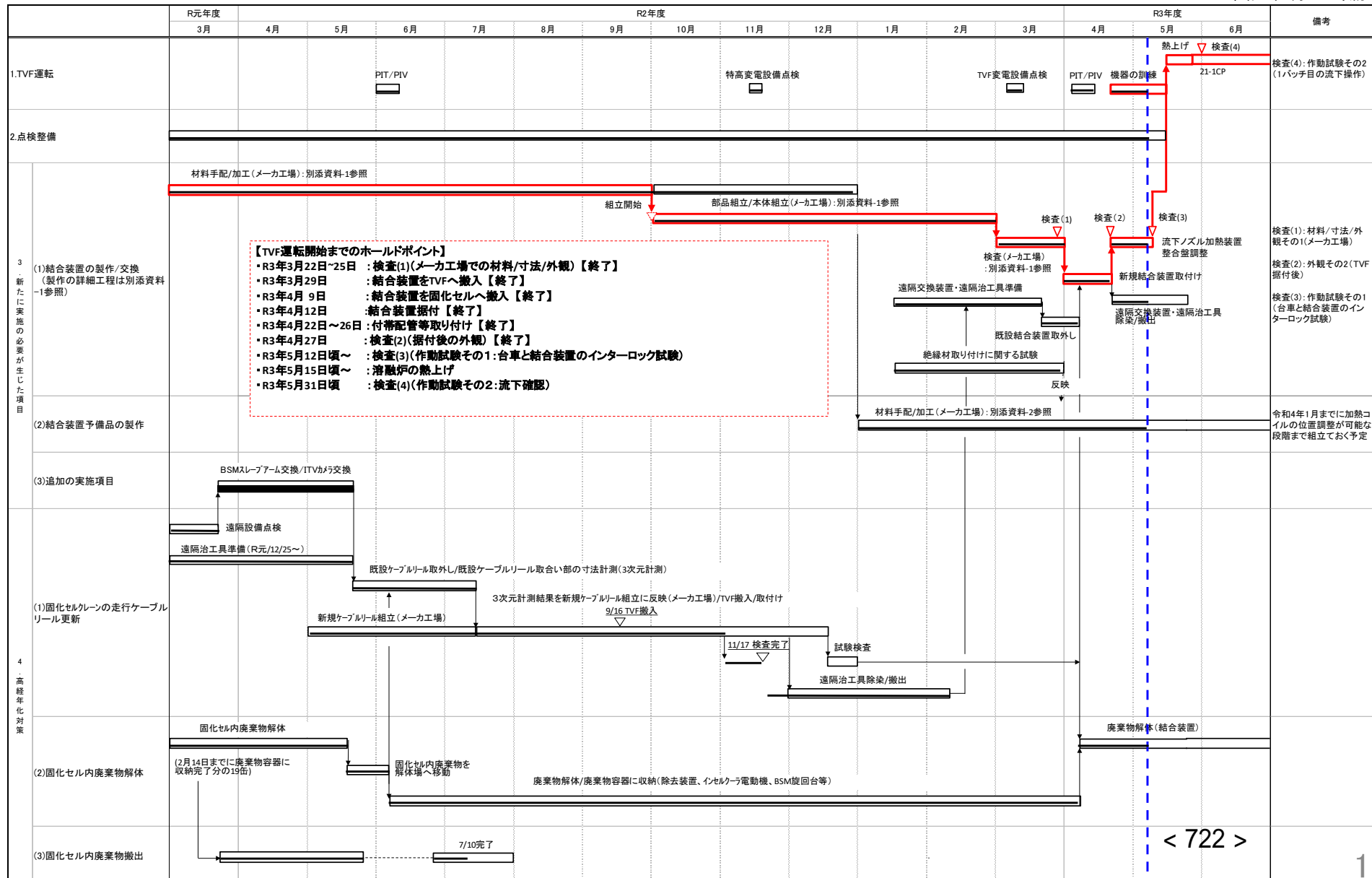
日本原子力研究開発機構(JAEA)



次回運転までのスケジュール

進捗を踏まえて令和3年3月9日第52回東海再処理施設安全監視チーム会合資料に実績追記、加筆

令和3年5月10日改訂





1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(1/5) -

- 前回の運転(19-1CP: 令和元年7月)で発生したガラス流下停止事象の対策として、流下ノズルの傾き方向に加熱コイルの取付位置を調整するとともに加熱コイル径を拡大することで、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確保した結合装置の製作をすることとした(令和2年2月5日監視チーム会合報告)。
- 次回運転までのクリティカルパスである結合装置の製作及び交換は、工程に遅れが生じないように **メーカとの工程会議(1回/週)により綿密な工程管理を行い進めた**。また、結合装置の製作が確実に進んでいることを確認するため、写真等による定期的な製作状況の確認も並行して進めた。
- 令和2年12月末までに材料手配、構成部品の加工・組立、部品メーカでの検査を計画通り終了した。その後、令和3年1月からメーカ工場による全体組立を開始した。
- 全体組立においては、新型コロナウイルス感染症対策として、Web会議システムを用いたりリモートでの立会検査を行うなどの工夫により、令和3年3月25日までに計画通りメーカ工場での全体組立を完了し、**3月29日にTVFに搬入した**。
- 令和3年4月から5月にかけてガラス溶融炉へ新規結合装置の取り付け及び検査を行う予定。
⇒令和3年3月30日に既設結合装置の取外しを実施し、4月8日に新規結合装置を固化セルに搬入し、4月12日に溶融炉に取り付けた。4月27日に、ノズルとコイルのクリアランスを確認したところ設計通りのクリアランス(設計:約10 mm、算出値:約9.9 mm)が確保できていることを確認した。
- 本事象はガラス固化技術の成熟化に貢献し得る貴重な経験であることから、原因調査、対策に係る技術情報等については、日本原燃へ情報共有を図っている。また、今回実施した遠隔交換についても、日本原燃の技術者が参画することにより、技術情報の共有を図った。 < 723 >

1. 次回運転までのスケジュール

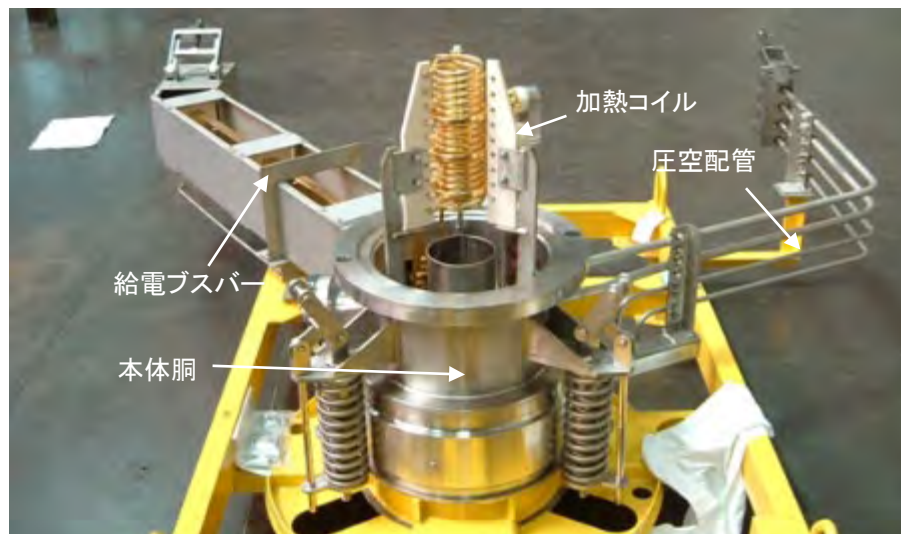
- 結合装置の製作及び交換の実施状況(2/5) -



加熱コイルの取付け位置調整の状況



Webによるリモート検査
(圧空配管の耐圧検査の例)



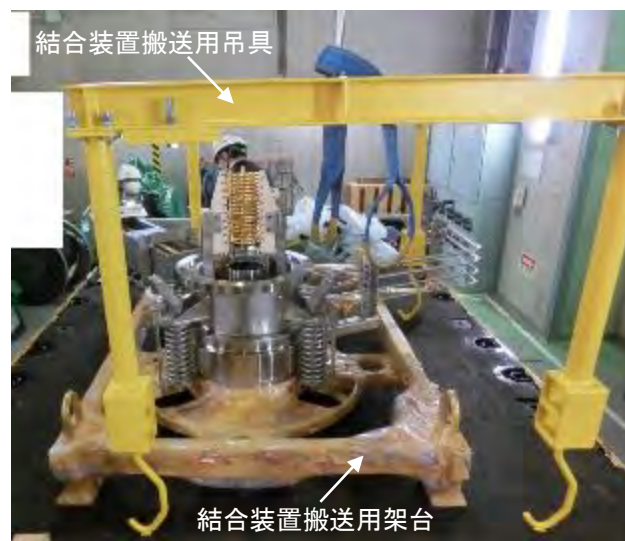
製作完了後の結合装置の外観 ^{< 724 >}

1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(3/5) -



模擬溶融炉架台への据付検査の状況

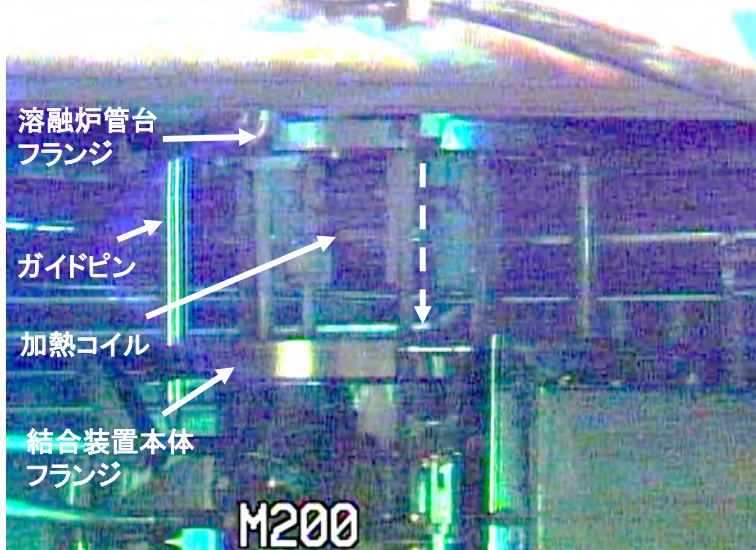


TVFへの搬入の状況

< 725 >

1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(4/5) -



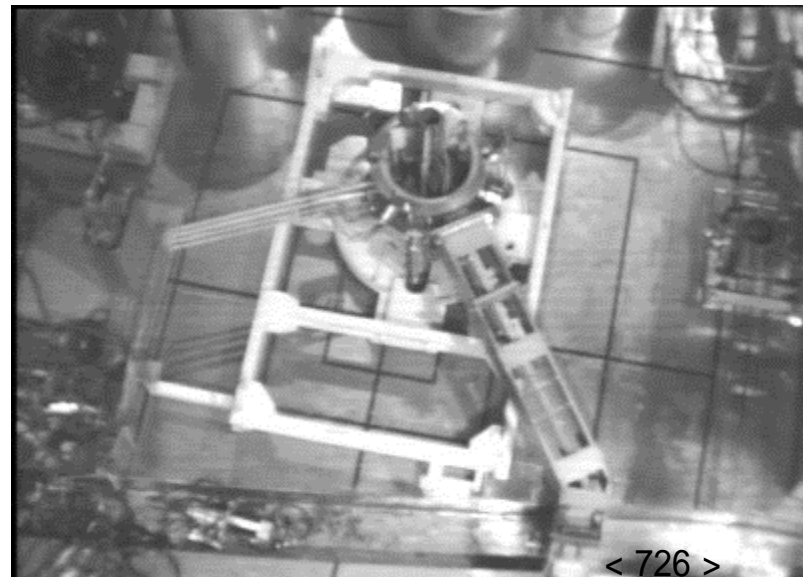
溶融炉管台フランジから取外し中の既設結合装置の状況



溶融炉下部より台車にて引出し中の既設結合装置の状況



取外した既設結合装置の固化セル内移動の状況



固化セル中央部に仮置きした既設結合装置の状況

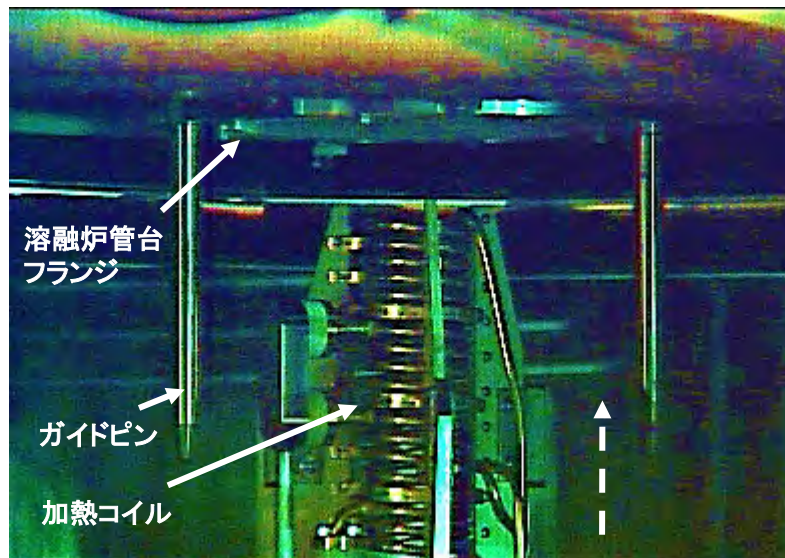
1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(5/5) -



除染セルハッチ開口

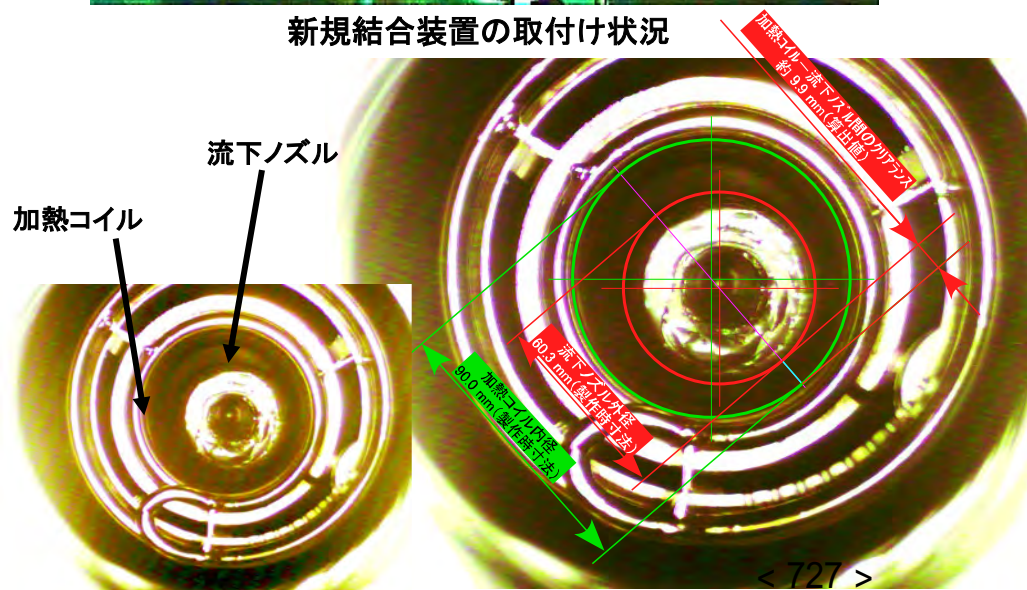
新規結合装置の除染セルから固化セルへの搬入状況



新規結合装置の取付け状況



台車にて溶融炉下部に新規結合装置を移動中の状況



新規結合装置の取付け状況(コイルとノズルのクリアランス確認結果)



2. 次回運転に向けた取り組み

- 概要(1/2) -

- 19-1キャンペーンでのガラス流下停止事象及び19-1キャンペーン前に実施した項目を踏まえ、次回運転に向けた準備項目を整理した。

1. 従来 of 運転前準備

- 定期事業者検査/施設定期自主検査(合計約35件) ⇒R3/3/31記録確認をもって完了
- ISI(供用期間中検査)自主検査(合計約100件) ⇒R3/3/31記録確認をもって完了
- 各種法令に基づく年次検査・月例検査等(約630件) ⇒R3/3/31記録確認をもって完了

2. 前回の運転の結果、新たに実施の必要が生じた項目に係る対応

- 結合装置の製作/交換 ⇒R3/5/14作動試験(1)実施予定。
R3/5/31作動試験(2)をもって完了予定。
- 結合装置予備品の製作 ⇒結合装置予備品の材料手配中。
- 運転中想定される不具合事象等への対応 ⇒整理完了。

3. 高経年化対策等

- 固化セルクレーンの走行ケーブルリールの更新 ⇒R2/11/17作動確認をもって更新完了。
- 浄水配管の一部更新 ⇒R3/2/18作動確認をもって更新完了。
- 冷却塔コイルの一部交換 ⇒R3/2/5作動確認をもって交換完了。
- 固化セル内廃棄物解体 ⇒R3/3/25結合装置搬入前の解体場内廃棄物の解体完了し、R3/4/2結合装置搬入。
- 固化セル内廃棄物搬出 ⇒R2/7/10計画どおり搬出(19缶)を完了。

4. 運転体制の維持

- ⇒計画どおり運転員の階層別教育・訓練を完了。
- ⇒R3/5/17~25 班毎に事故対処訓練(スキルアップ)を実施予定。 < 728 >



2. 次回運転に向けた取り組み

- 概要(2/2) -

(1) 従来の運転前準備

点検・整備等	要領書等	教育・訓練
<ul style="list-style-type: none"> • 定期事業者検査/施設定期自主検査(約35件) • ISI(供用期間中検査)自主検査(約100件) • 各種法令に基づく年次検査・月例検査等(約630件) 	<ul style="list-style-type: none"> • 定期的な要領書等の改定 	<ul style="list-style-type: none"> • 各工程に係る運転操作教育・訓練 • 異常時対応訓練 • 総合訓練（班単位で実施）

(2) 次回運転に向けて、従来の運転前準備に加えて実施する取り組み等

取り組みの項目	点検・整備等	要領書等	教育・訓練
新たに実施の必要が生じた項目 <ul style="list-style-type: none"> • 19-1CP以降の不適合処置、是正処置等 [9頁参照] 	<ul style="list-style-type: none"> • 不適合処置、是正処置等に係る設備改良、点検・整備 	<ul style="list-style-type: none"> • 不適合処置、是正処置等に係る要領書等の改定 	<ul style="list-style-type: none"> • 不適合処置、是正処置等に係る要領書等の改訂教育・訓練
<ul style="list-style-type: none"> • 運転中に想定される不具合事象等（設備故障への対応） 	<ul style="list-style-type: none"> • 運転に使用する設備の点検・整備（部品交換等） • 予備品の確認 • 確保できない予備品の代替策の整理 • メーカーサポート体制の整備 	<ul style="list-style-type: none"> • 予備品リストの整備 	<ul style="list-style-type: none"> • 代替策に係る要領書等の教育・訓練
高経年化対策 <ul style="list-style-type: none"> • 設備の計画的更新 	<ul style="list-style-type: none"> • 設備の更新[31頁参照] • 更新設備の作動確認（初期トラブルの防止） 	<ul style="list-style-type: none"> • 更新設備に係る要領書等の改定（作動確認にて、改定内容の妥当性を確認） 	<ul style="list-style-type: none"> • 更新設備に係る要領書等の改定教育・訓練
運転体制の維持 <ul style="list-style-type: none"> • 5班3交替体制 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> • 運転員の階層別教育・訓練（新規の班長の認定等） • 事故対応に係る教育・訓練



3. 19-1CP以降に発生した不適合への対応 - 不適合への対応実績一覧 -

文字色による分類：設備対応、予備品対応、要領書等対応

(品):『センター品質保証会議』

	発生日	件名	要因/対策	処置状況
1	R元/7/23 R元/7/24 R元/7/27 R元/7/27	ガラス流下操作の自動停止	<p>要因：流下ノズル根元部が設計上の芯位置から約3.5mmズれていたことに加え、インナーケーシング構造が非対称であることから塑性ひずみを生じ、流下の繰り返しにより流下ノズルの傾きが進展したことで、流下ノズルと加熱コイルが接触して漏れ電流が発生した。</p> <p>対策：流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確保した結合装置の製作、キャンペーン終了毎のクリアランス確認手順の追記</p>	<p>(品)R2/4/9</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本事象について新たに得られた知見として課員に教育する（R3/4/30実施）。 ・流下ノズルの傾きの進展傾向を確認するために、推定方法を要領書に定め（R3/3/17）、キャンペーン終了毎にクリアランス量を確認する。 ・流下ノズルと加熱コイルのクリアランスが確保されるよう、2号溶融炉の新規結合装置を製作し交換し、R3/5/30予定のガラス流下による確認（不適合の再検証）をもって処置を完了する予定。
2	R2/2/7	冷却塔コイルからの水漏れ	<p>要因：冬季の冷却塔の停止を伴う作業において、コイルの凍結によって破損する認識がなかった。</p> <p>対策：コイルの交換、凍結防止に係る手順の追記</p>	<p>(品)R2/6/11</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本事象及び類似事象に関する課員へ教育した（R2/7/30）。 ・冷却塔の凍結防止措置（コイル内水排水手順）を手順書に明記した（R2/10/1） ・冷却塔コイルを交換し、R3/2/5に処置を完了した。



4. 想定される不具合事象

- 検討の概要 -

- (1) 設計上想定した不具合事象への対策(インターロックリスト)、TVFの運転(16-1CP及び17-1CP)において発生した不具合事象の是正処置(要領書改訂、設備改造・更新等)を整理した。
- (2) 前回運転(19-1CP)で発生したガラス流下停止事象については、原因調査結果を踏まえ、加熱コイル径の拡大等の対策を講じた結合装置の製作・交換を行うとともに、予備品の手配や3号溶融炉への反映を進めている。
- (3) また、2004年(2号溶融炉の運転開始)以降の運転経験に基づく気がかり事象を抽出し、事象が発生した場合の復旧方法及び工程への影響を机上整理した。
- (4) 以上より、次回運転(21-1CP)の準備及び運転においても不具合が想定され、定められた手順に従い早期の復旧を目指す。以下に特に注意すべき主な不具合事象を整理した。
 - ・ 運転継続することにより起こる事象: 溶融炉内への白金族元素の堆積、ガラス原料送込み荷重の増大など
 - ・ TVF特有の機器の不具合事象: 両腕型マニピュレータの作動不良、溶融炉の間接加熱装置熱電対の断線など
 - ・ 運転準備段階での不具合事象: 結合装置の遠隔継手の取付不良
- (5) 次回運転は、運転終了後の保守作業(定期事業者検査等)に要する期間を踏まえ、遅くとも11月中旬頃に終了する。次回運転の終了時期には、60本製造の計画※に対し、約1か月の裕度を見込んでおり、万一、不具合事象等が発生した場合は、この期間での対応を図る。

※進捗状況に応じて本数が変更となる可能性がある。
- (6) なお、60本製造後も溶融炉の主電極間補正抵抗が管理値(運転を停止して炉内整備に移行する管理値)に到達しない場合は、ガラス固化処理を前倒して進める。



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象の抽出 -

(1) 遅延リスク評価

設計上想定した不具合事象(インターロックリストから抽出)約525件に加え、TVFの運転(16-1CP及び17-1CP)の不具合事象[26件]を反映

○上記の不具合発生時の予備品への交換や代替策を整理した。

抽出不具合事象: 約550件

(2) 19-1CP以降に発生した不具合事象
[9頁参照]の反映
不具合事象: 2件
・ガラス流下停止
・冷却塔コイルからの水漏れ

抽出不具合事象
: 2件

抽出不具合事象
: 18件

(3) 机上整理(運転経験に基づく気がかり
事象などを含む)
不具合事象等: 18件

抽出不具合事象: 約570件

(4) 次回運転(21-1CP)の準備及び運転においても不具合が想定され、定められた手順に従い早期の復旧を目指す。以下に特に注意すべき主な不具合事象を示す[15~21頁参照]。

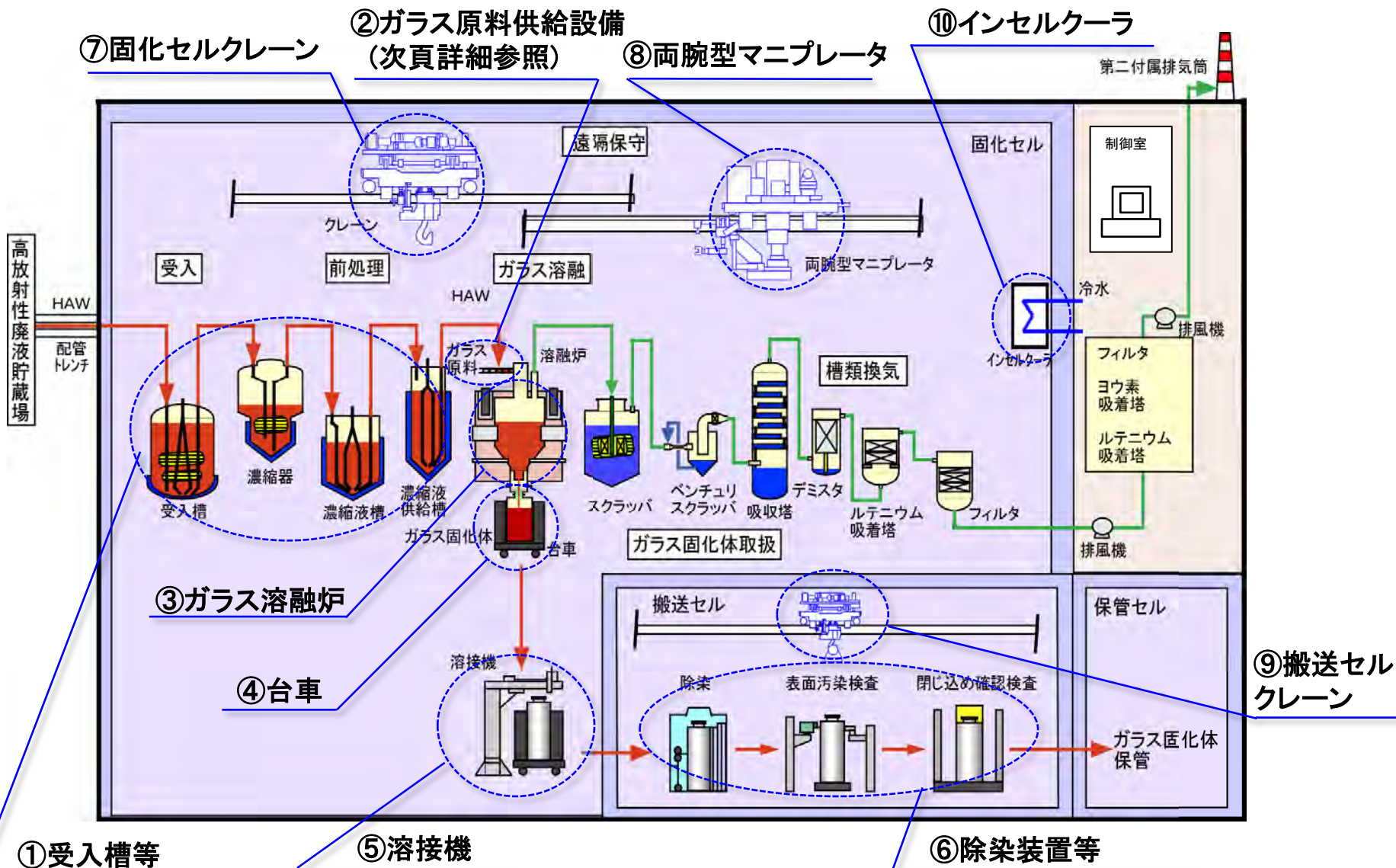
- (a) 運転継続することにより起こる事象 : 溶融炉内への白金族元素の堆積、ガラス原料送込み荷重の増大など(27件)
- (b) TVF特有の機器の不具合事象 : 両腕型マニプレータの作動不良、溶融炉の間接加熱装置熱電対の断線など(8件)
- (c) 運転準備段階での事象 : 結合装置の遠隔継手の取付不良(1件)※

< 732 >

※4/26に遠隔継手の取付は完了し、抽出した不具合は発生しなかった。

4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象の抽出(1/2) -



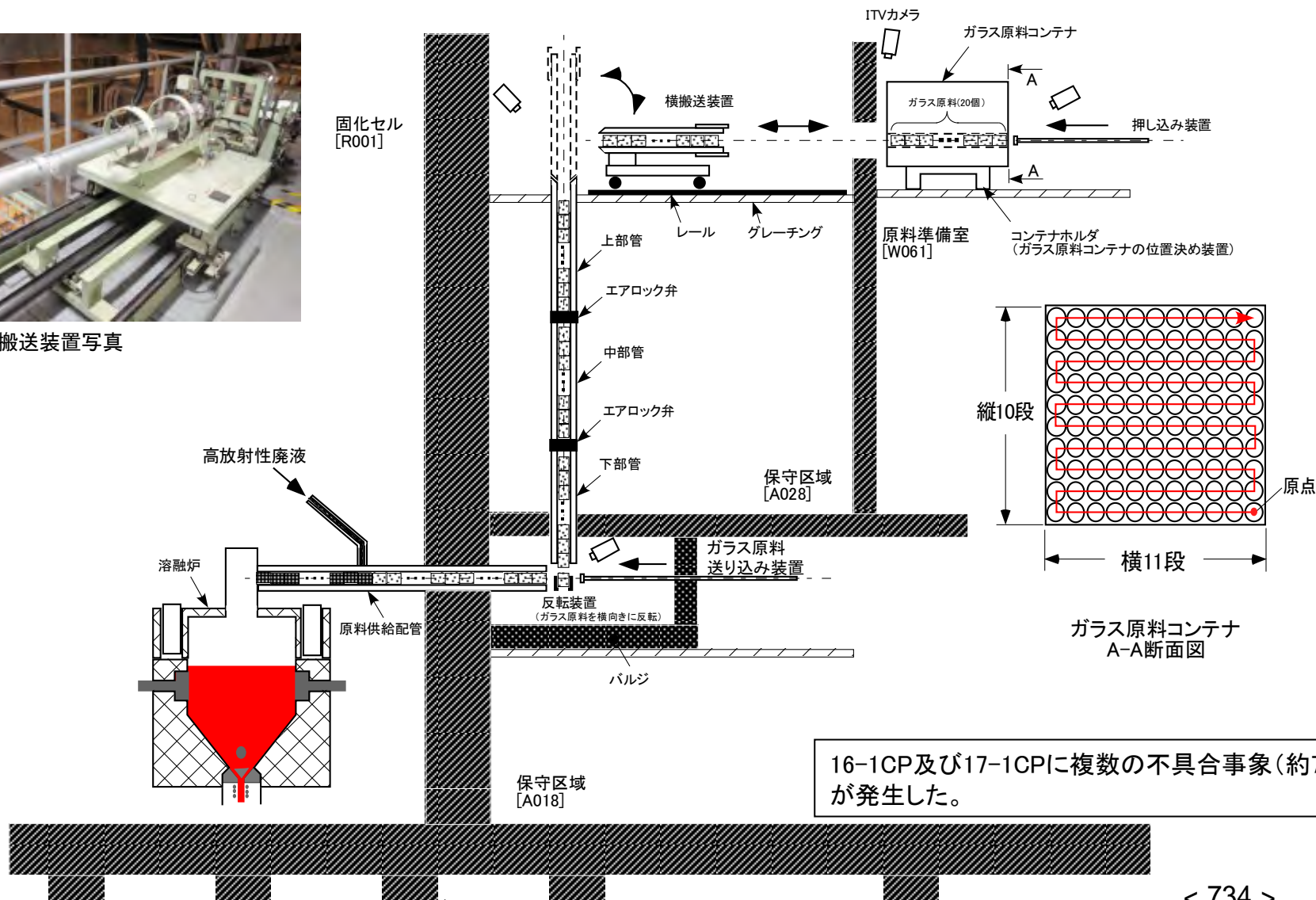
ガラス固化処理工程概要図

4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象の抽出(2/2) -



横搬送装置写真



16-1CP及び17-1CPに複数の不具合事象(約7件)が発生した。

ガラス原料供給装置概要図



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(1/7) -

○運転中に想定される特に注意すべき主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	対策	復旧期間
①受入槽等	HAWのサンプリング不調 (a)	サンプリングニードルの閉塞	サンプリングニードルを予備品と交換する。	約1日
	パルセータ均圧弁等の開閉表示不良 (a)	均圧弁等のリミットスイッチの不具合	均圧弁等の開閉信号が正常に出力されないため、自動運転が不可となることから手動で運転を継続する。	約1時間
	水素希釈空気流量低下、液位計等の指示値の変動 (a)	析出物等による配管の閉塞	純水等を用いた閉塞解除操作を実施し、詰まりを除去する。	約2時間
②ガラス原料供給設備	ガラス原料横搬送装置の走行不良、倒立不良 (a)	横搬送装置の走行駆動用Vベルト、走行ローラーの劣化	Vベルト、走行ローラーを予備品と交換する。	約1日
	ガラス原料の送り込み荷重上昇 (a)	溶融炉へガラス原料及び廃液を供給する原料供給ノズルにおいて、ガラス粉塵の堆積等によるガラス原料送り込み抵抗の増加	ガラス原料送り込み荷重をモニタリングし、随時駆動部への注油する。	—
			ガラス原料及び廃液供給を一時停止し、原料供給ノズル内を水洗浄する。	約1時間
	ガラス原料コンテナ交換時のコンテナ蓋の開閉不良等 (a)	コンテナ蓋のガイドレールの歪みによるコンテナ蓋の開閉抵抗の増大等	コンテナ蓋のガイドレールの歪みを修正する。 または、歪みを生じたガラス原料コンテナを使用しない。	約1時間
	ガラス原料反転カップ起伏異常 (a)	欠けや割れたガラス原料が反転カップの駆動部への詰まり	反転カップ内の欠けや割れたガラス原料を取り除く。	約1時間
縦管下部原料検知異常 (a)	ガラス原料の引っかかりにより縦管中部から下部へ原料が落下しない	縦管のハンマリングにより、ガラス原料の引っかかりを解除する。	約1時間	



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(1/7) -

○運転中に想定される特に注意すべき主な不具合事象

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	溶融炉温度計の指示不良(a)	熱電対の断線	熱電対を予備品と交換する。	約1週間
			ガラス温度計(TI10.27)は、前回運転(17-1CP)後に予防保全の観点で交換を実施した。	—
			その他予備品を保有していない熱電対等については、代替策(他の温度計による代替監視)により対応する。	—
	間接加熱装置の温度計指示不良(a)	熱電対の断線	1基の間接加熱装置に設置されている2本の熱電対のうち、2本とも断線した場合は運転を中断して、予備品と交換する。 なお、断線の原因となった熱電対の施工方法を見直した間接加熱装置の予備品を確保しており熱電対の断線の原因となった施工方法について、他の熱電対で同様の施工方法がないことも確認済み。	1か月
			1基の間接加熱装置に設置されている2本の熱電対のうち1本断線したとしても、他の熱電対で温度評価可能であり、運転を継続する。	—
主電極冷却ユニットの作動不良(a)	電動機ユニットの故障	予備系の冷却ユニットに切替える。 また、電動機ユニットを予備品と交換する。	約5日	



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(2/7) -

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	主電極間補正抵抗の低下(b)	白金族元素が主電極近傍まで堆積 [22~25頁参照]。	<p>管理値である主電極間補正抵抗に加えて、補助電極間補正抵抗及び炉底低温運転への移行時間(堆積が進むと長期化)に着目し、約110本の固化体を製造した2007年までの運転実績と前回の運転(2019年7月)実績を比較した[24、25頁参照]。</p> <ul style="list-style-type: none"> 主電極間補正抵抗：2007年までの運転の初期と同程度の値で推移している。 補助電極間補正抵抗：2007年までの運転の約50バッチ目に相当する値まで低下している。 炉底低温運転への移行時間：2007年までの運転の初期と同程度の値で推移している。 <p>以上から、補助電極間補正抵抗は、溶融炉の運転を停止し残留ガラス除去に移行する管理値ではないが、今回の運転本数や運転期間の見通しを得るため、以下の項目について傾向確認する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 補助電極間補正抵抗の低下傾向 (①のポイント) ← 運転開始後10バッチ程度 炉底低温運転への移行時間 (②のポイント) ← ①以降10~20バッチ程度 	—
			<p>主電極間補正抵抗が管理値に到達した場合は、溶融炉内のガラスをドレンアウトにより抜き出し、カレット洗浄を実施し、炉内残留ガラス除去作業後に運転を再開する。</p>	約半年



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(3/7) -

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	漏電によるガラス流下自動停止(b)	流下ノズルと加熱コイルの接触	<p>結合装置据付後に、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確認すること 通電確認試験により通電可能なことを運転開始前に実施することから、運転開始時には接触の可能性は無いと考えている。</p> <p>なお、運転中の接触による漏電発生については以下の対策を図り、早期の検知に努める。</p> <p>1. 加熱コイル給電系統にリークモータを設置して漏れ電流発生の有無を継続的にモニタリングする。</p>	—
		想定よりも大きな流下ノズルの偏心により流下ノズルと加熱コイルが接触。	<p>炉内ガラスを全量抜き出すことが必要な場合(ドレンアウト)、流下ノズルと加熱コイルが接触しても漏電が発生しないよう、高周波加熱給電系統に絶縁トランスを設置する。</p>	約半年
		予備品の材料手配に着手しており、流下ノズルと加熱コイルの位置を測定し、ノズル位置に応じた結合装置を製作して交換する。	1年	
	廃気冷却管の閉塞(a)	オフガス中のホウ素やナトリウムの析出(ホウ酸や硝酸ナトリウム)により、配管に閉塞事象が生じ、排気流量が低下する。	廃気冷却管を純水により付着物の洗浄を実施する。	数時間
④台車	台車の故障(b)	リミットスイッチの経年劣化により、所定の位置で停止しないため、周辺機器との衝突、溶融炉とのインターロック等不成立により運転不可。	<p>ガラス固化体台車を一式更新する。</p> <p>・機器の設計は終了している。既設との取り合い部について3次元計測を行い、その結果を機器を製作に反映する。</p>	約1~1.5年



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(4/7) -

設備機器	事象	想定される要因	対策	復旧
⑤溶接機	XYスライダユニットの動作不良(b)	溶接電極を移動させるXYスライダユニットの故障	XYスライダユニットを予備品と交換する。	約1ヶ月
	仮付け溶接時の蓋の浮き上がり(a)	溶接電極と蓋の溶着	蓋の抑え等により、蓋の浮き上がりを修正し、再溶接する。	数時間
⑥除染装置等	除染装置内ホイスのガラス固化体吊具の動作不良(a)	ガラス固化体吊具の開閉機構の経年劣化（摩耗等）	ガラス固化体吊具を予備品と交換する。	約3週間
	ガラス固化体閉じ込め検査での汚染検出(a)	ラドントロン等による閉じ込め検査装置のサンプリング配管内汚染（2系統あるため1系統で対応可能）	空運転（加熱）により、サンプリング配管内を除染する。	約1日
		ガラス固化体の汚染	セル内入室し、水洗浄等によりサンプリング配管内を除染する。	約3週間
⑦固化セルクレーン	絶縁抵抗の低下(a)	6月～9月頃、外気（温度、湿度）の影響により、固化セル内の湿度が上昇し、固化セルクレーン（G51M100、M101）の各駆動系（主巻、走行、横行等）の絶縁抵抗が低下する。	照明の点灯による雰囲気温度の上昇、動作による駆動系の温度上昇などにより、絶縁抵抗の回復を図る。	1～2日
⑧両腕型マニプレータ	制御信号系の異常(b)	両腕型マニプレータスレーブアームの制御信号系に異常が生じスレーブアームが動作しない。	制御基板等を予備品と交換する。	約1週間
	テレスコチューブ/スレーブアームの動作不良(b)	駆動系、ポテンショメータ、コネクタ部の劣化または接触不良	駆動系等を予備品と交換する。	約1週間 < 739 >

4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(5/7) -

設備機器	事象	想定される要因	対策	復旧期間
⑨搬送セルクレーン	ガラス固化体吊具の爪の開閉不可 (b)	ガラス固化体吊具の開閉機構の経年劣化 (摩耗等)	予備品と交換する。 なお、動作回数により交換頻度を定めており、本CP内での動作不良の発生は低い。	約2週間
	停止位置異常 (a)	位置検出用リミットスイッチの作動不良	手動にて停止位置を確認しながら運転継続する。	約1時間
⑩インセルクーラ	ファンの不具合(a)	ベアリング等の消耗部品の経年劣化 ※運転中は10台中6台が運転する設計となっており、1台停止により、固化セル内の温調に直接影響することはない	ファンユニット (電動機+送風機) を予備品と交換する。	約2週間
⑪その他	M/Sマニプレータ伸縮動作不良(a)	固化セル内及び搬送セル内でのM/Sマニプレータのマスターアームまたはスレーブアームの動作不良 駆動用ワイヤの噛み込み等	マスターアームや駆動用ワイヤ等を予備品と交換する。 [28頁参照]	約1週間
	冷却塔散水ポンプの不具合(a)	ベアリング等の消耗部品の経年劣化	ポンプ一式を予備品と交換する。	約1日
	2次廃液処理系移送ポンプの異常(a)	シャフトスリーブやベアリング等の摺動部品の摩耗による過負荷 (予備機に自動で切り替わるため、蒸発缶の運転には直接影響しない。)	分解して摩耗した部品を交換する。	約1ヶ月 (熔融炉の運転を停止し、分解整備可能な運転状態に移行するまでに約3週間を要する。)
	水素希釈空気流量低下、液位計等の指示値の変動 (a)	水素希釈空気配管や計装導圧配管の閉塞	純水等を用いた閉塞解除操作により詰まりを除去する。	約2時間
	パルセータ均圧弁等の開閉表示不良 (a)	均圧弁等のリミットスイッチの不具合	均圧弁等の開閉信号が正常に出力されないため、自動運転が不可となることから手動で運転を継続する。	約5時間
工程制御装置のプログラムエラー(a)	設備更新後、ドレンアウトの実証確認が取れておらず、ドレンアウトのプログラムに不具合が生じ、ドレンアウトができない。	ドレンアウト中はメーカを常駐することにより、不具合に対して速やかに対応できる体制を構築する。	数時間 < 740 >	



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(6/7) -

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
⑪その他	ITVカメラの不具合(a)	制御基板や撮像管等の劣化	制御基板等を予備品と交換する。	約1週間
		ケーブルの劣化	ケーブルを予備品と交換する。	約1週間
	固化セル内での水漏れ(b) ※固化セル内のドリフトレイに設置している仮設計器によりドリフトレイの液位変化をモニタリングしており、警報発報前に検知可能	結合装置の遠隔継手からの冷却水の漏えい	給電フィーダダクトにのぞき窓が設置されており、遠隔継手からの漏えいの有無を確認する。 遠隔継手からの漏えいの場合は、遠隔継手を予備品と交換する。	約1週間
		中放射性廃液貯槽のサンプリングポットからの漏えい	定期的にサンプリングポットへ廃液を循環させ、閉塞状況の確認を行っている。閉塞傾向が認められた場合は、純水等を用いた閉塞解除操作により詰まりを除去する。	数時間
		インセルクーラ、溶接機等固化セル内機器の冷却水配管からの漏えい	固化セル内ITVカメラで漏えい個所を確認し、予備品等へ交換する。 インセルクーラは運転中は10台中6台が運転する設計となっており、1台停止により、固化セル内の温調に直接影響することはないことから当該漏えいした系統の隔離処置（閉）を行う。	約1週間
	冷水設備ポンプ停止(a)	冷凍機制御系のリレー、電磁接触器等の接触不良	リレー等を予備品と交換する。 なお、過去の不適合の是正処置として定期的（1年・5年・10年周期）に制御系のリレーを交換している。	約1日
	圧空作動弁の動作不良 (a)	リミットスイッチの作動不良	予備品と交換する	約5時間



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(7/7) -

○運転準備段階で想定される不具合事象:既設ジャンパー管により取り付け完了し、抽出した不具合は発生しなかった。

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
ガラス溶融炉	結合装置の取り付け不良(c)	既設配管との新規配管接合部(ジャンパー管)の取り付け誤差(26~27頁参照)。	既設結合装置の製作時の位置情報を反映した治具に合わせて製作管理し、既設ジャンパー管を用いる。	—
			既設のジャンパー管が取付かない(冷却水の漏れが発生する場合を含む)場合は、現在保有している予備のジャンパー管を位置調整して取付ける。	約1週間
			上記の対応でも取りつかない場合は、既設配管との取り合いを3次元計測して、計測結果を反映した新規ジャンパー管を製作し交換する。	約3ヶ月

○その他設備機器の不具合以外の事象

事象	想定される要因	対策	復旧期間
運転員の新型コロナウイルス感染	運転員(5班3交替、1班10名体制)のコロナ感染により、運転体制を維持できず運転中断	機構の新型コロナウイルス感染症に関する対応ガイドラインに従って感染防止に努める。 運転員と日勤との接触を回避するため、休憩室、食事等の場所を分ける。また、運転員(全員)は腕章を着用し、認識強化と日勤との識別を図る。	—
		10名/班(班長1名含む)を維持するため、出勤見合わせとなった運転員を日勤の代直要員(各担当約2名、全体で約20名)により補い、運転体制(5班3交替)を維持する。	—
		日勤の代直要員により運転体制(5班3交替)を維持できない場合は、出勤見合わせとなった運転員が、班長または各工程の代直員数を上回った場合は、4班3交替により運転が継続できるかどうか検討する。 なお、4班3交替は、労務管理上短期間(約1か月間以内)の対応となる。	—
		日勤の代直により運転体制(4班3交替)を維持できない場合一旦運転を中断する。 < 742 >	約2週間

【炉底低温運転について (1/2)】

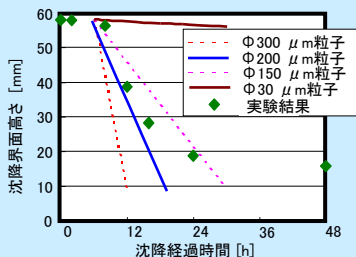
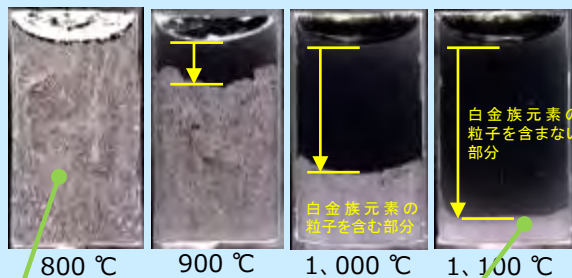
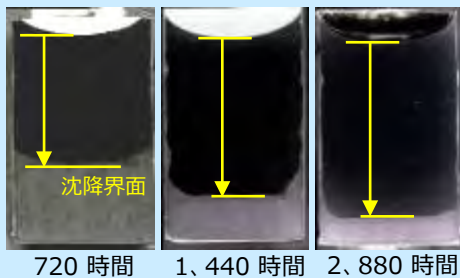
白金族元素の特徴と溶融ガラス物性への影響

- ① ホウケイ酸ガラスに対して溶けにくく、密度が高い (RuO₂: 7 g/cm³、ガラス: 2.5~ g/cm³)
⇒析出した白金族元素は酸化物もしくは金属粒子として沈降・堆積する
- ② ガラス中の白金族元素粒子の割合が高まると比抵抗が低くなる。
⇒堆積ガラスは、溶融ガラスより電流が流れやすい
- ③ ガラス中の白金族元素粒子の割合が高まると、粘度が高くなる。
⇒堆積ガラスは、流れにくく抜き出しがし難い

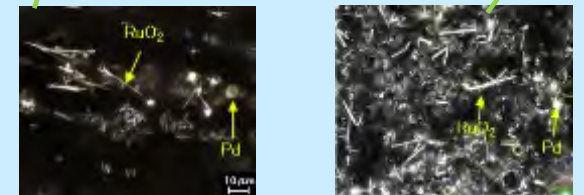
模擬ガラス中の白金族元素の観察

白金族元素の粒子を含むガラスを溶融した状態で保持すると、時間とともに粒子が沈降する。また、温度が高いほど粒子の沈降が速い。

- 保持時間が長いほど白金族元素粒子は沈降する
- 温度が高いほど白金族粒子は沈降しやすい



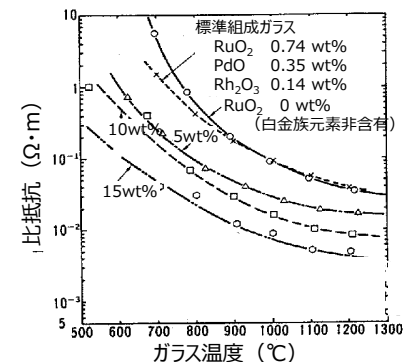
炉底部に沈降する白金族粒子サイズは 150~200 μmと推定



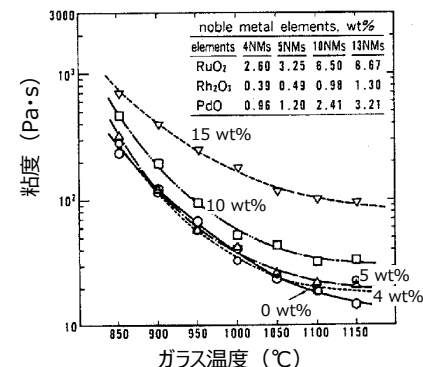
- 「溶融ガラス」は白金族粒子が分散。
- 底部の「堆積ガラス」は、RuO₂の針状粒子が絡みあっている。

① 白金族元素のガラス溶解度

酸化物	溶解度(wt%)	ガラス中の濃度(wt%)
RuO ₂	<0.1	0.74
PdO	<0.05	0.35
Rh ₂ O ₃	<0.05	0.14

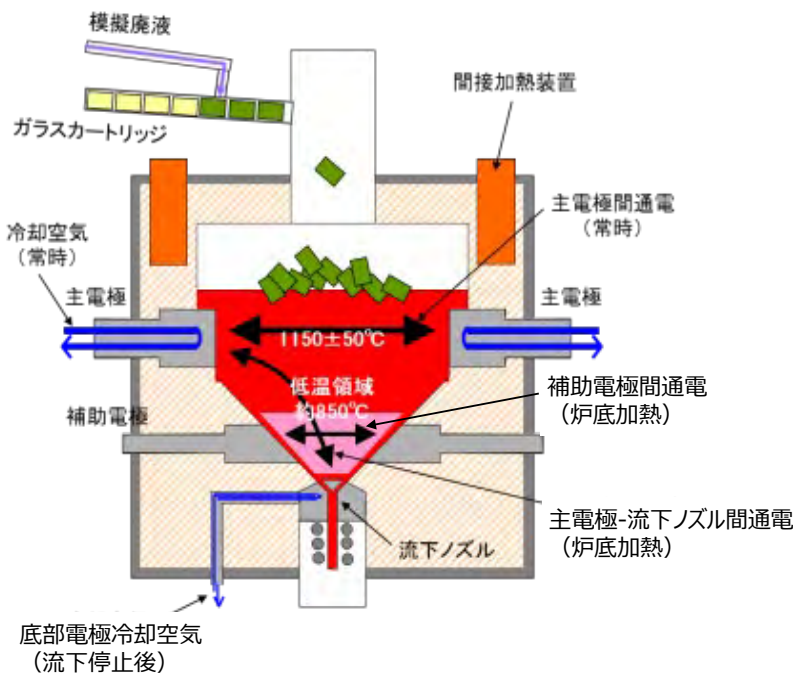


② 白金族元素含有ガラス温度と比抵抗 (RuO₂の依存性)

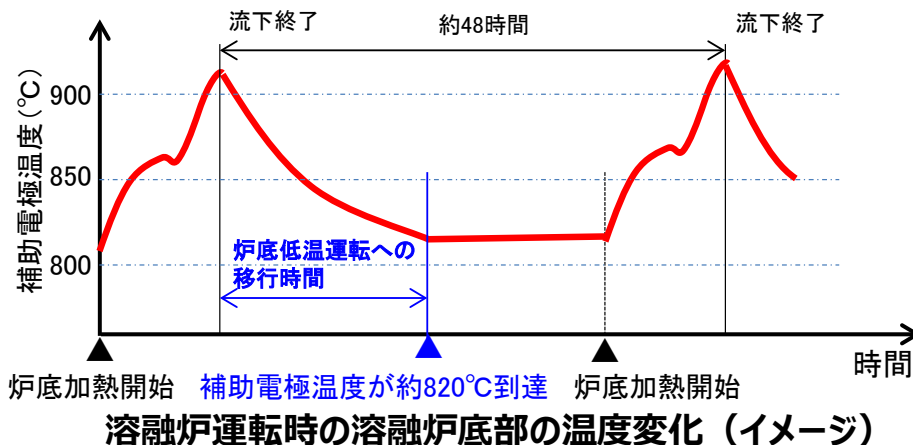


③ 白金族元素含有ガラス温度と粘性

【炉底低温運転について (2/2)】



原理：溶融炉底部のガラス温度を低温に維持することで、ガラスの粘性を増加させ、白金族元素粒子の沈降を抑制する



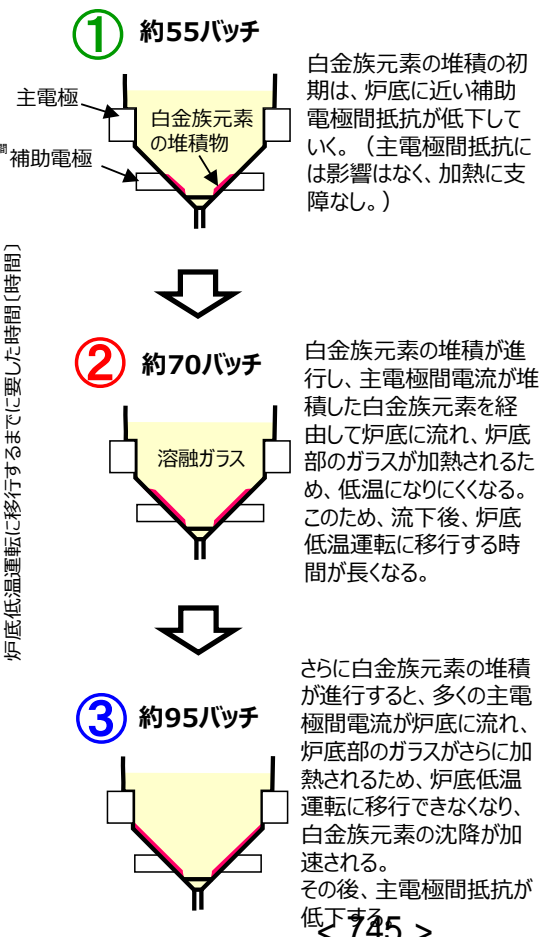
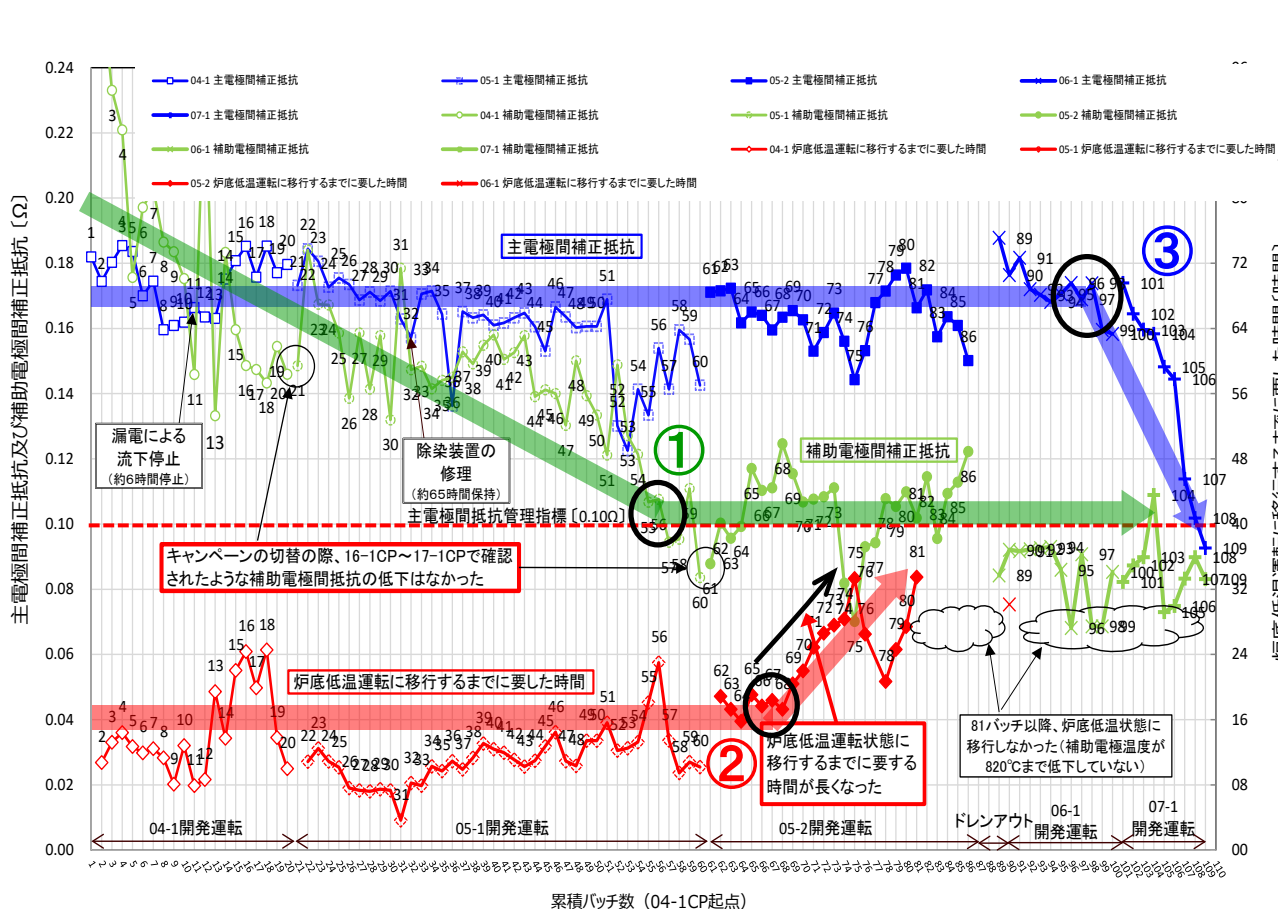
運転管理及び操作

- 主電極通電によりガラス温度 $1150^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ に保ち、同時に補助電極間電流を調節することで、炉底部のガラス温度を約 850°C とするために、補助電極温度を約 820°C に管理する。
- 流下にあたり、炉底加熱により炉底部の温度を上げる必要がある。また、流下中は、高温のガラスが炉底部に流れ込み温度が高くなる。
- 流下終了後、速やかに炉底低温状態に移行させるために、主電極-流下ノズル間の通電を止めるとともに、底部電極に冷却空気を流して、炉底部の温度を下げる運転操作を行う。

【電極間補正抵抗及び炉底低温運転への移行時間の推移（2007年までの運転実績）】

TVF溶融炉は運転継続に伴い、白金族元素が徐々に炉底部に堆積する。
白金族元素堆積に係る運転パラメータは、ガラス固化体製造に伴い以下のように推移。

➤ TVF2号溶融炉における2007年までの実績(炉内整備まで：ガラス固化体110本製造)



主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転*1に移行するまでに要した時間の推移

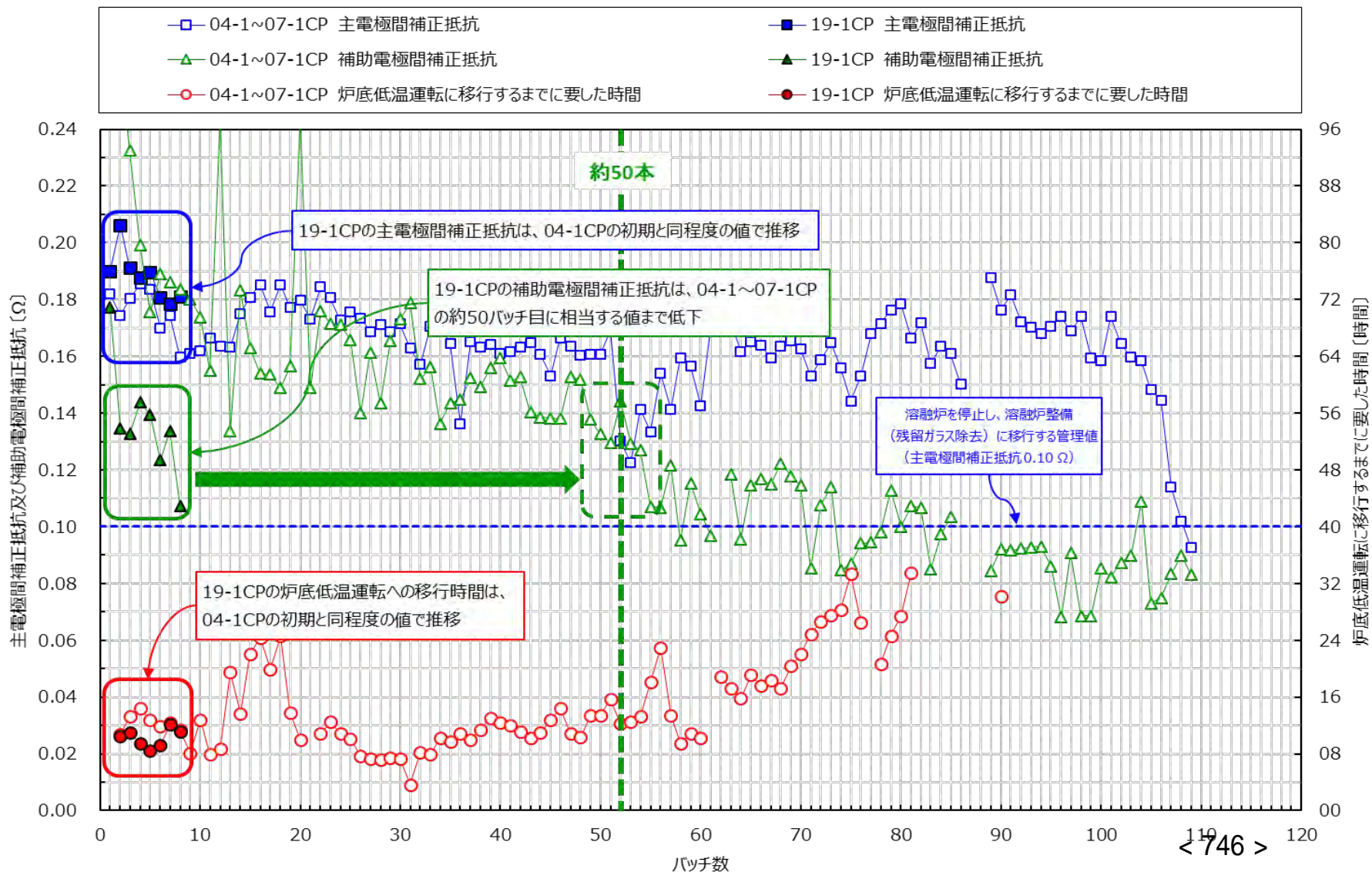
*1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで放冷されたタイミング

炉内白金族元素堆積の進行イメージ

4. 想定される不具合事象

- 白金族元素の堆積(4/4) -

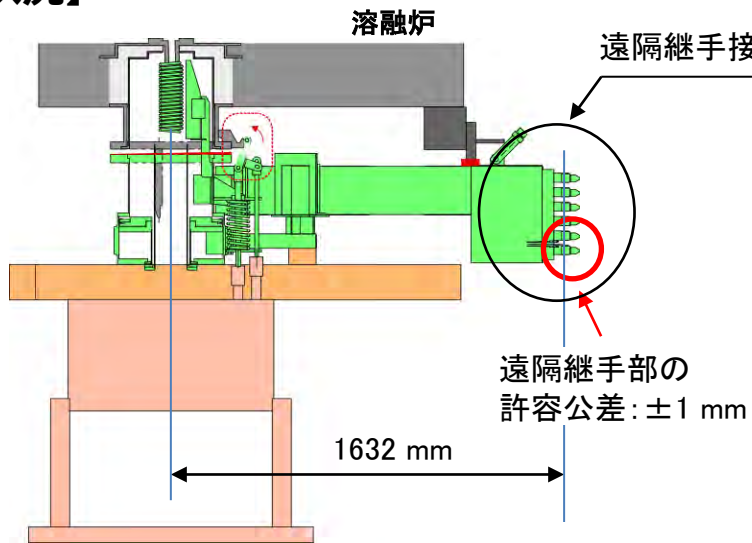
【2007年までの運転 (04-1~07-1CP) と前回運転 (19-1CP) の運転データの比較】



4. 想定される不具合事象

- 結合装置の取り付け(1/2) -

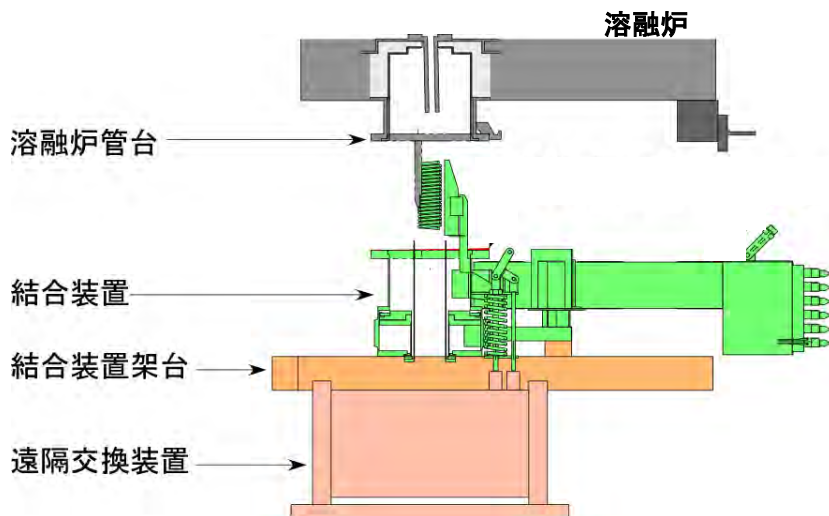
【結合装置据付状況】



結合装置を遠隔交換装置で上昇させ、
熔融炉管台に取り付ける



注) 本評価においては、図面寸法
(\pm 公差の中心値)を用いた。



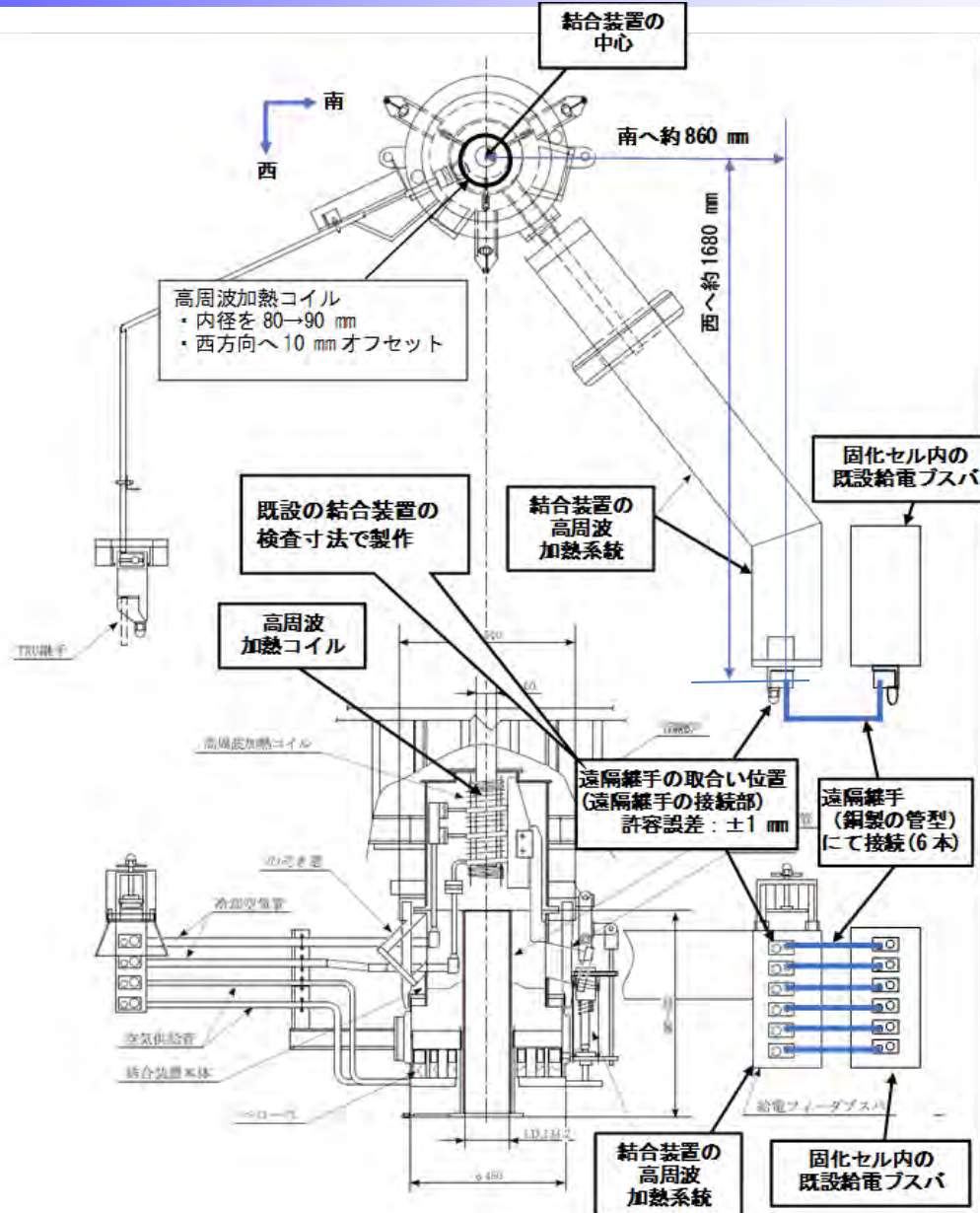
遠隔交換装置全景

< 747 >

4. 想定される不具合事象

- 結合装置の取り付け(2/2) -

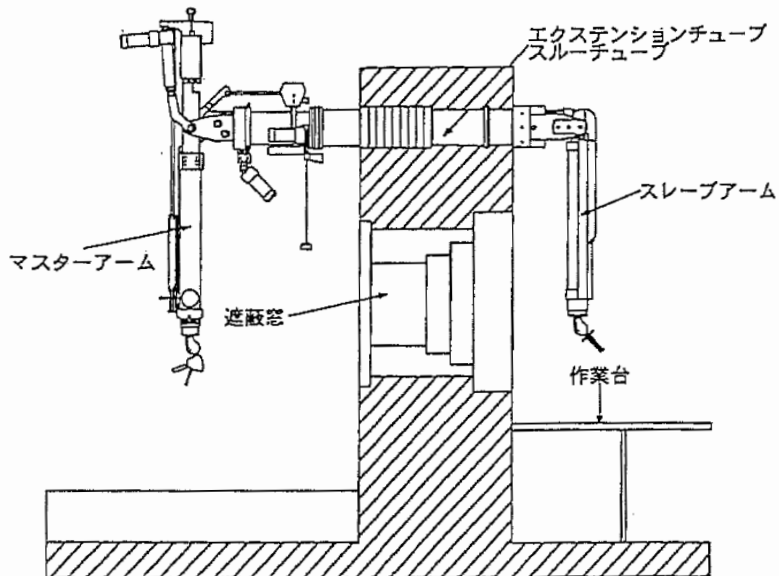
【遠隔継手の設計概要】



4. 想定される不具合事象

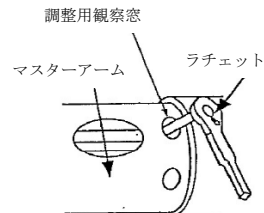
- M/Sマニプレータ -

【M/Sマニプレータの構造】



【分割型マニプレータの脱着】

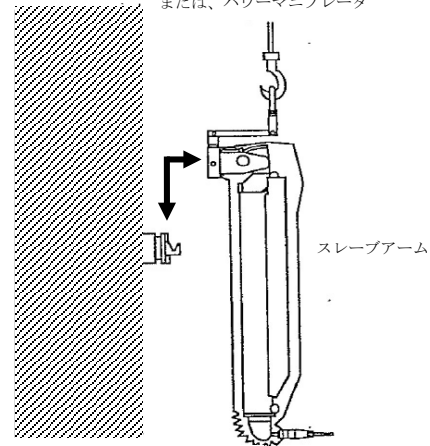
○固化セル



アンバー区域

保守区域側で、連結用ボルトを緩める

両腕型マニプレータホイスト
または、パワーマニプレータ

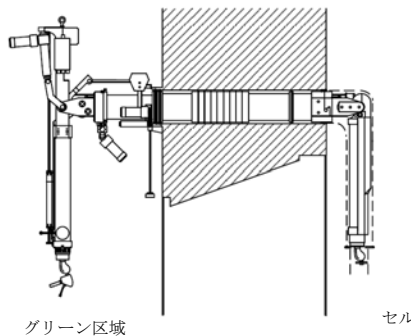


セル

固化セル側で、遠隔保守機器により取り付け、
取り外しを行う。

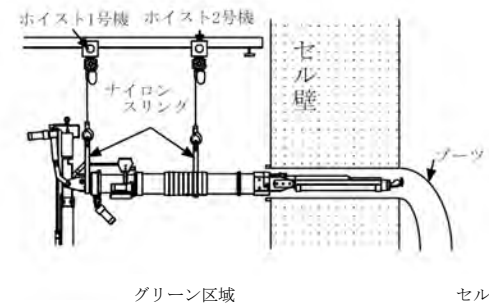
【一体型マニプレータの脱着】

○搬送セル



グリーン区域

セル



グリーン区域

セル

マスターアーム、スレーブアーム一体でブーツを残し、グリーン
ン区域側へ抜き出し、交換品をグリーン側から挿入する。 < 749 >



5. 主な高経年化対策等の実施状況

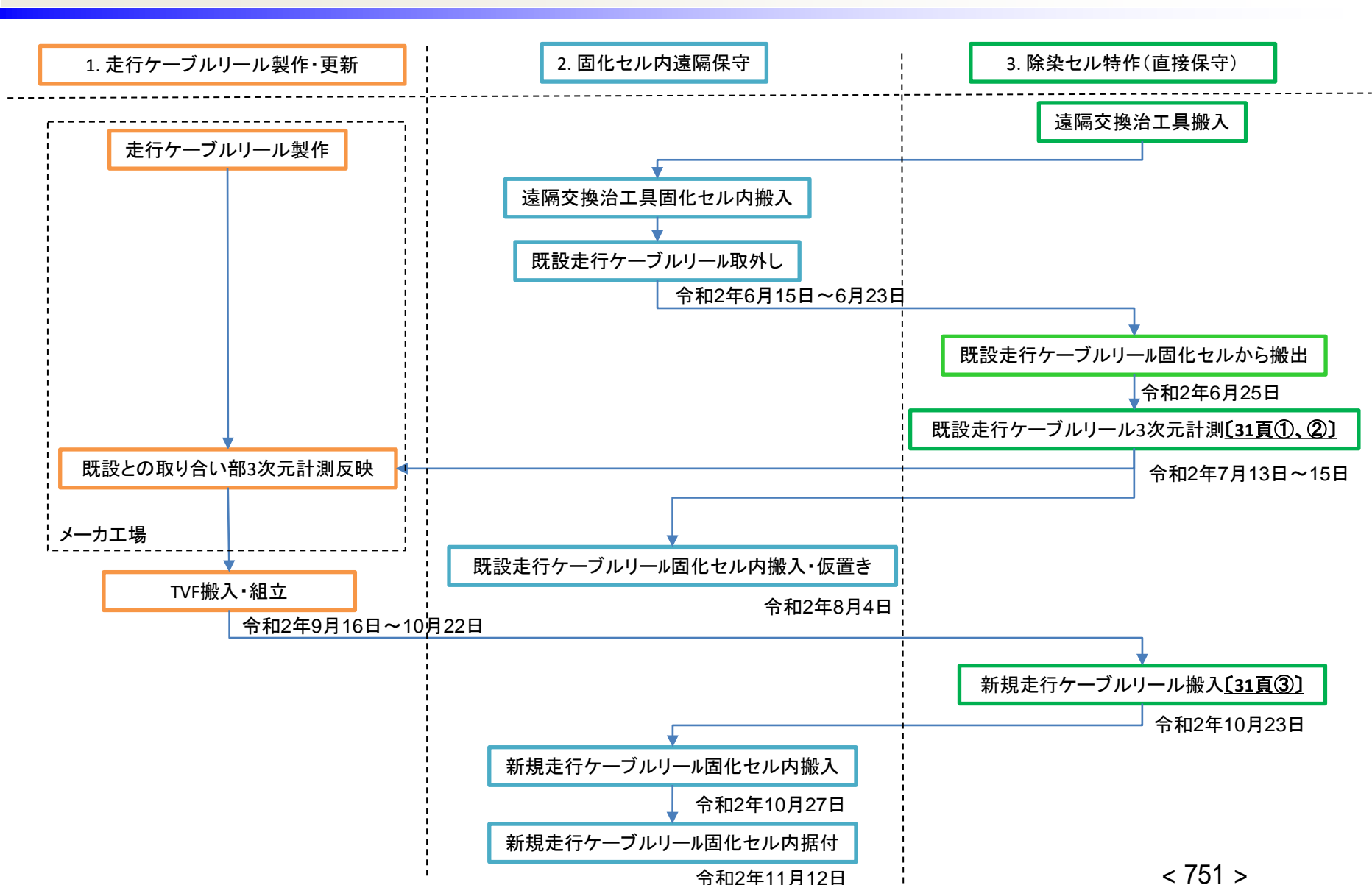
- 19-1CP以降に実施した項目 -

項目	実施内容	完了日	完了判断
①固化セルクレーンの走行ケーブルリール更新	・既設の固化セルクレーン(G51M101)の走行ケーブルリールを取外し、除染セルにて取り合い部等の位置情報を3次元計測を実施し、その結果を反映した新規走行ケーブルリールを製作し、交換を行った[30～32頁参照]。	R2/11/17完了	課長が試験・検査結果を確認し、更新完了を判断。
②浄水配管の一部更新	・TVFに受け入れた浄水を純水設備、非常用発電機の冷却水槽に供給する浄水配管の一部について、既設の炭素鋼製配管から耐食性に優れたステンレス鋼製配管に材質を変更して更新を行った。	R3/2/19完了	使用前自主検査の合格
③冷却塔コイルの交換	・凍結によりコイルに亀裂が生じているコイルユニット(全18ユニット中の7ユニット)の交換を行った。	R3/2/5完了	課長が試験・検査結果を確認し、交換完了を判断。
④表面汚染検査装置の更新	・ガラス固化体の表面密度検査(ガラス固化体表面の汚染密度が基準値以下であることを確認して保管ピットへ保管する)のための試料測定装置は設置から約30年経過しており、検出器、測定ユニット、データ処理装置、前置増幅器ユニットなど一式を高経年化の観点で更新を行った。	R3/3/17完了	課長が試験・検査結果を確認し、更新完了を判断。



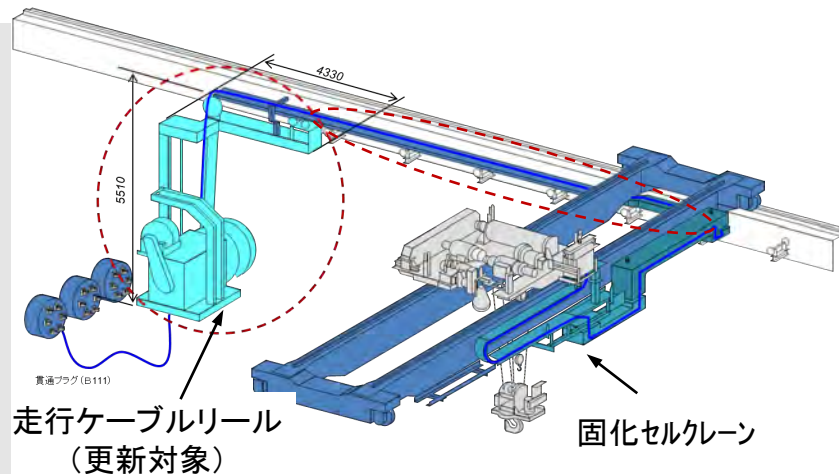
5. 主な高経年化対策の実施状況

① 固化セルクレーン走行ケーブルリールの更新(1/3)

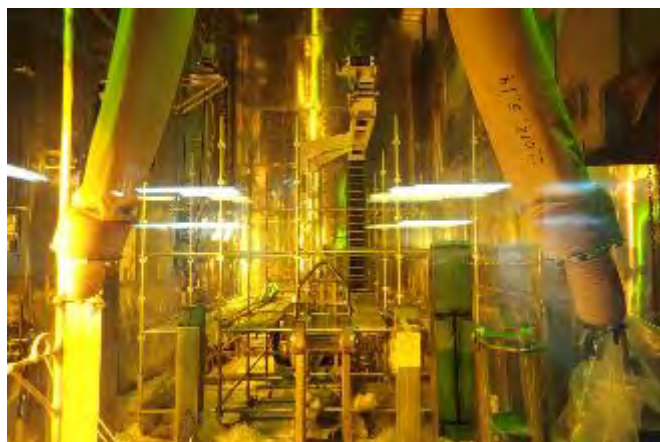


5. 主な高経年化対策の実施状況

① 固化セルクレーン走行ケーブルリールの更新(2/3)



③ 新規走行ケーブルリール組立完了後、除染セルへの搬入

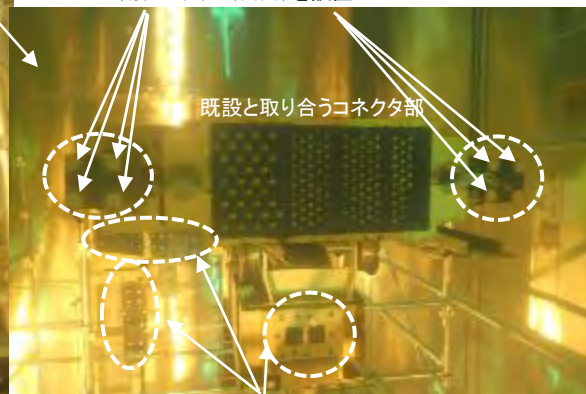


① 既設走行ケーブルリールとの取り合い位置確認(3次元計測)に向けた足場設置(除染セル)



② 既設走行ケーブルリールとの取り合い位置確認(3次元計測) (除染セル)

コネクタ取り合い用ガイドピン位置に3次元計測用ターゲット(白丸)を設置



既設と取り合うコネクタ部

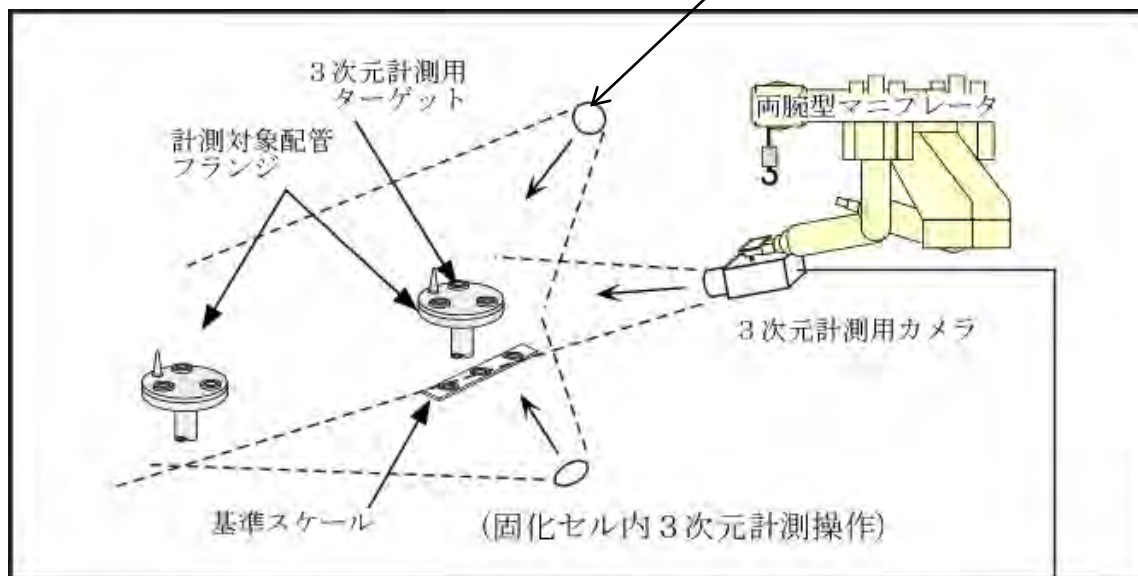
その他3次元計測用ターゲット(白丸)を設置

5. 主な高経年化対策の実施状況

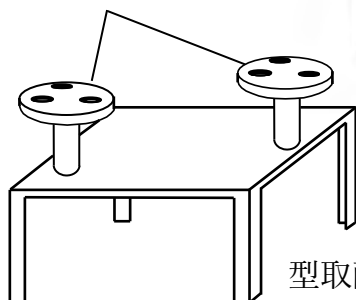
① 固化セルクレーン走行ケーブルリールの更新(3/3)

【3次元計測の概要（例：配管据付の場合）】

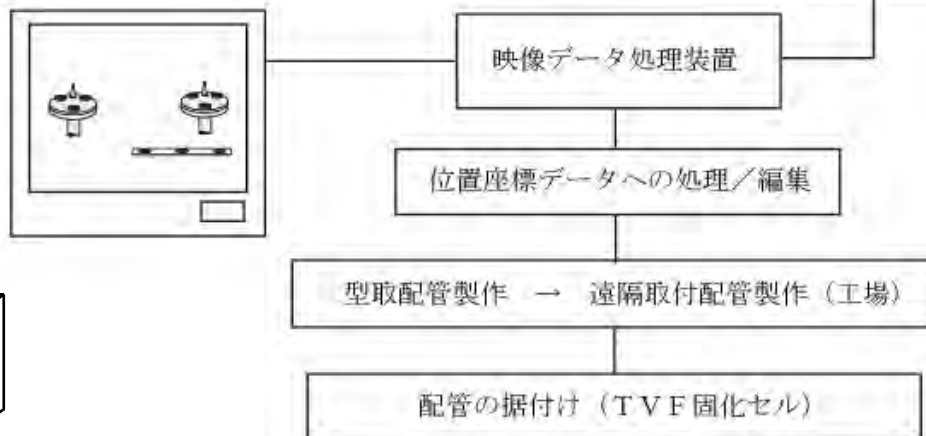
計測精度を高めるため複数の方向から、ターゲットを撮影

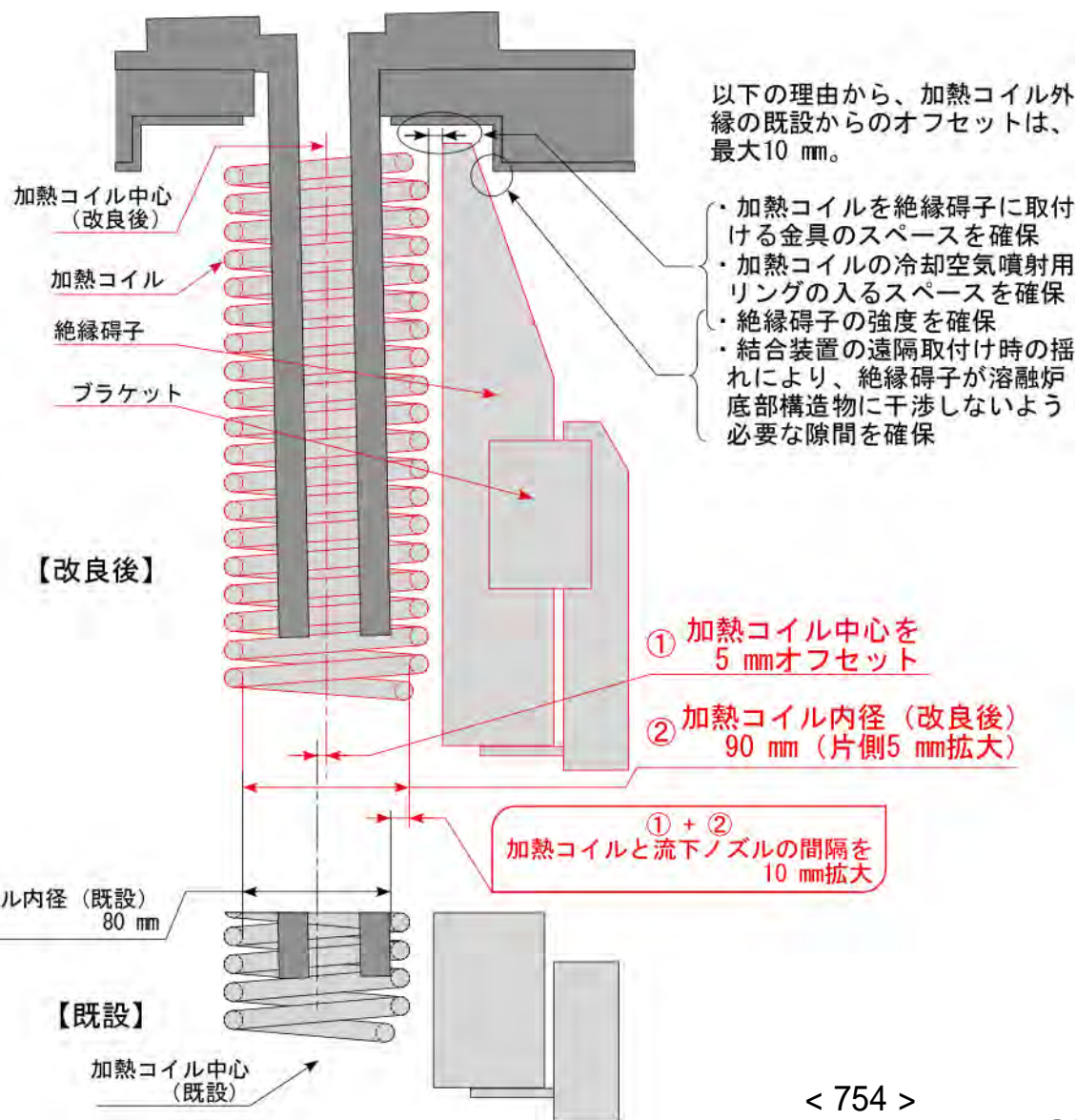
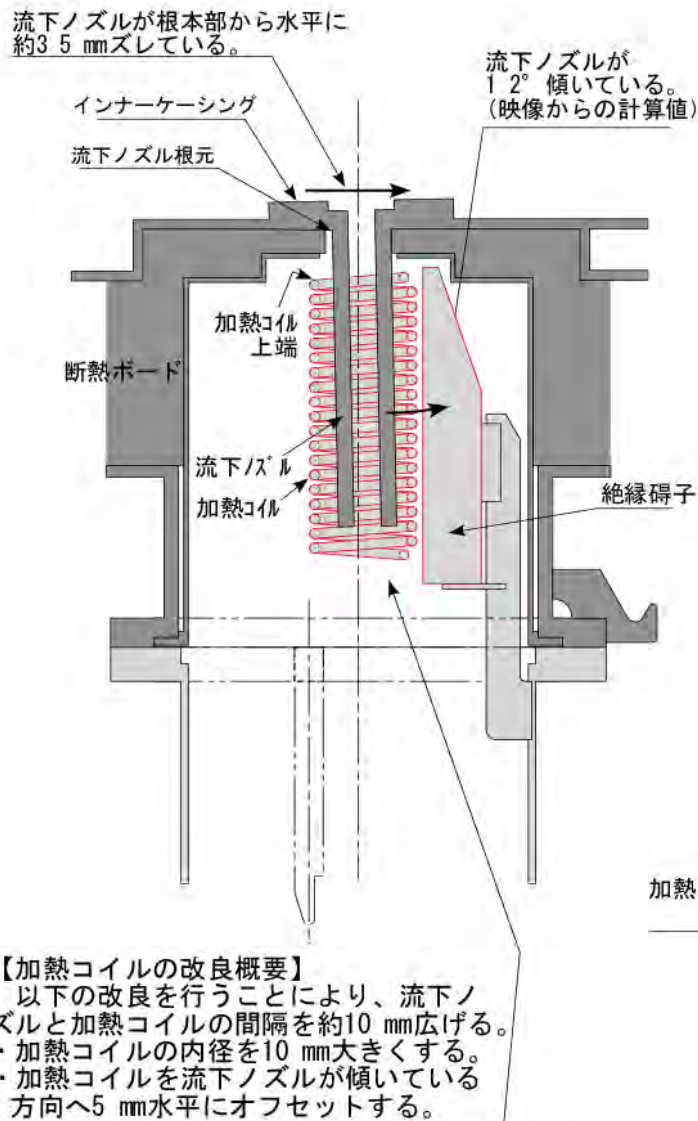


配管フランジ間の位置関係を再現



型取配管イメージ





加熱コイル径拡大のイメージ図

【推定方法】

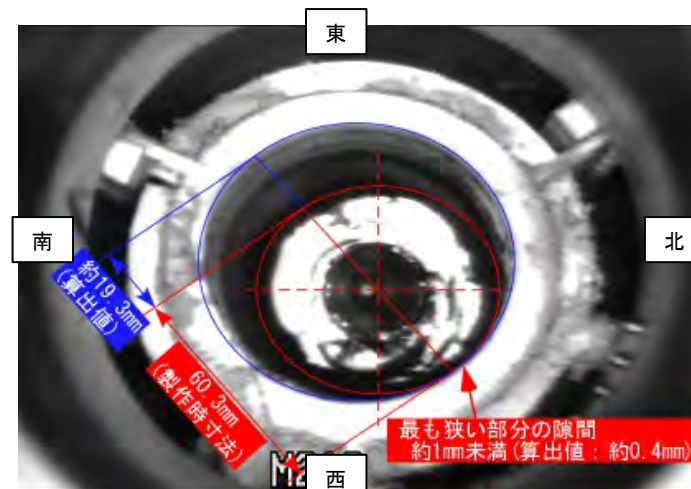
- 流下ノズル外径60.3 mm(製作時の実測寸法)を基準として、画像上での計測値を換算して寸法を算出した。
- 加熱コイルの内径は設計値80 mmとした。

① 流下ノズル先端部

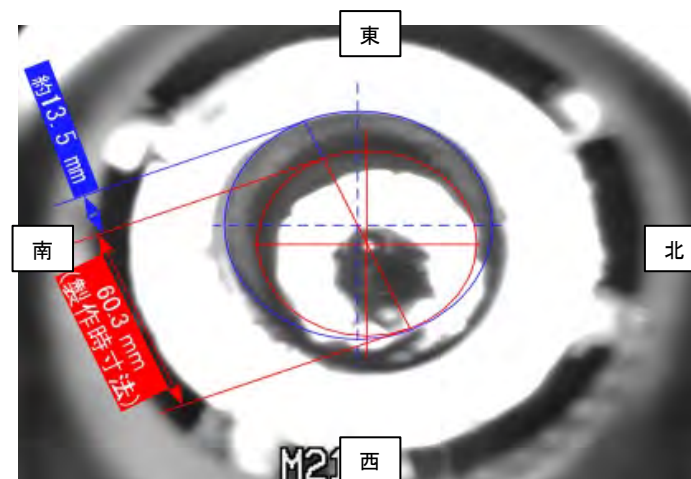
- 流下ノズル先端部と加熱コイルの間隔は、最も広い箇所では約19.3 mm。
- **流下ノズル先端部と加熱コイルの間隔は、最も狭い箇所では約0.4 mmと推定。**

② 流下ノズル根本部

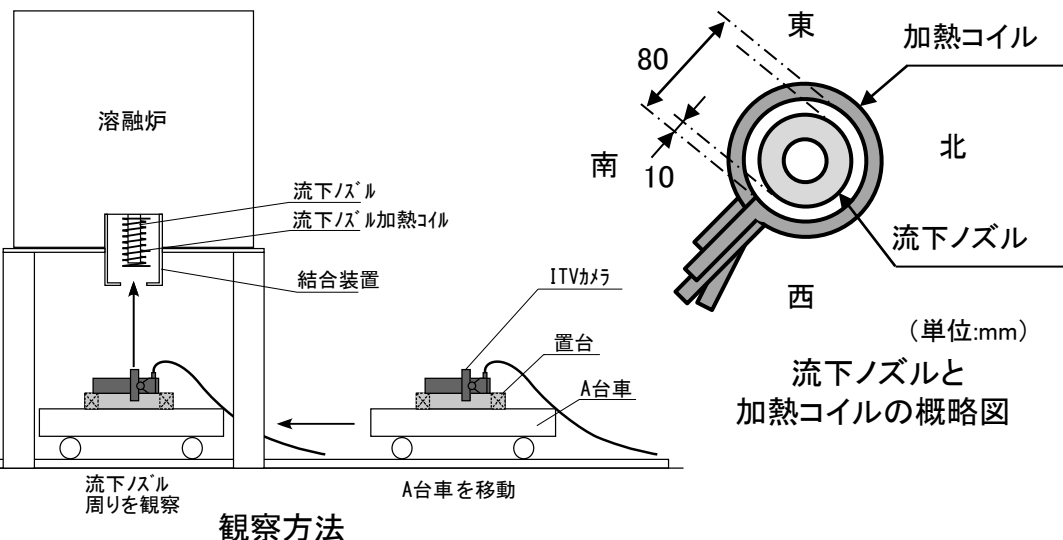
- 流下ノズルの根本付近と加熱コイル上部の間隔は、最も広い箇所では約13.5 mm。
- **流下ノズル根本部のズレは、北西側に約3.5 mmと推定。**



① 流下ノズル先端部の観察結果



② 流下ノズル根本部の観察結果
< 755 >
観察結果



廃溶媒処理技術開発施設の火災警報吹鳴（非火災報）について

令和3年5月11日
再処理廃止措置技術開発センター

1. 事象の概要

令和3年4月28日（水）23時20分頃、廃溶媒処理技術開発施設（ST施設）1階保守区域（A110）において火災警報（煙感知器 No.33）が吹鳴した。現場点検の結果、保守区域（A110）内に火及び煙はなかったが、蒸気配管（50A、保温材付）付近から蒸気が立ちのぼり、床には凝縮水と思われる液溜まりがあることを確認した。また、当該区域に設置されている6箇所の煙感知器のうち、No.33の煙感知器が作動しており、その他5箇所の煙感知器は作動していないことを確認した（別紙-1、2参照）。

23時50分頃、ST施設への蒸気の屋外バルブを閉めて蒸気の供給を停止し、当該区域の蒸気の立ちのぼりが停止したことを確認した。その後、公設消防による現場確認の結果、4月29日（木）0時37分、非火災であると判断された。その後、受信機をリセットし1時43分に通常監視状態に復帰した。

2. 当日の作業状況

火災警報吹鳴当日、保守区域（A110）への立ち入りは巡視点検（9時50分頃）のみであり、作業は行っていなかった。

3. 原因調査

火災警報吹鳴時の現場点検において確認した蒸気の立ちのぼりが屋外からの壁貫通部近傍であったこと、また蒸気配管の施設内元バルブ（328W682）を「閉」で管理していたことから、常時蒸気が通気されている範囲（保守区域（A110）の壁から施設内元バルブ（328W682）までの蒸気配管（約1.8m））について保温材を取り外し、配管及びバルブの点検を行った。

点検結果は以下の通り。

- 屋外からの壁貫通部から約80mmまでの配管全周が腐食しており、直径約2mmのピンホールが壁から約10mmの位置の配管下部にあることを確認した（別紙-3参照）。
- その他の配管、バルブに有意な腐食、ボルトの緩み等の異常はなかった。

4. 原因

保守区域（A110）の煙感知器（No.33）が作動した原因は、蒸気配管の腐食により発生したピンホールから流出した蒸気の影響によるものであった。

5. 蒸気の供給停止に伴う施設への影響

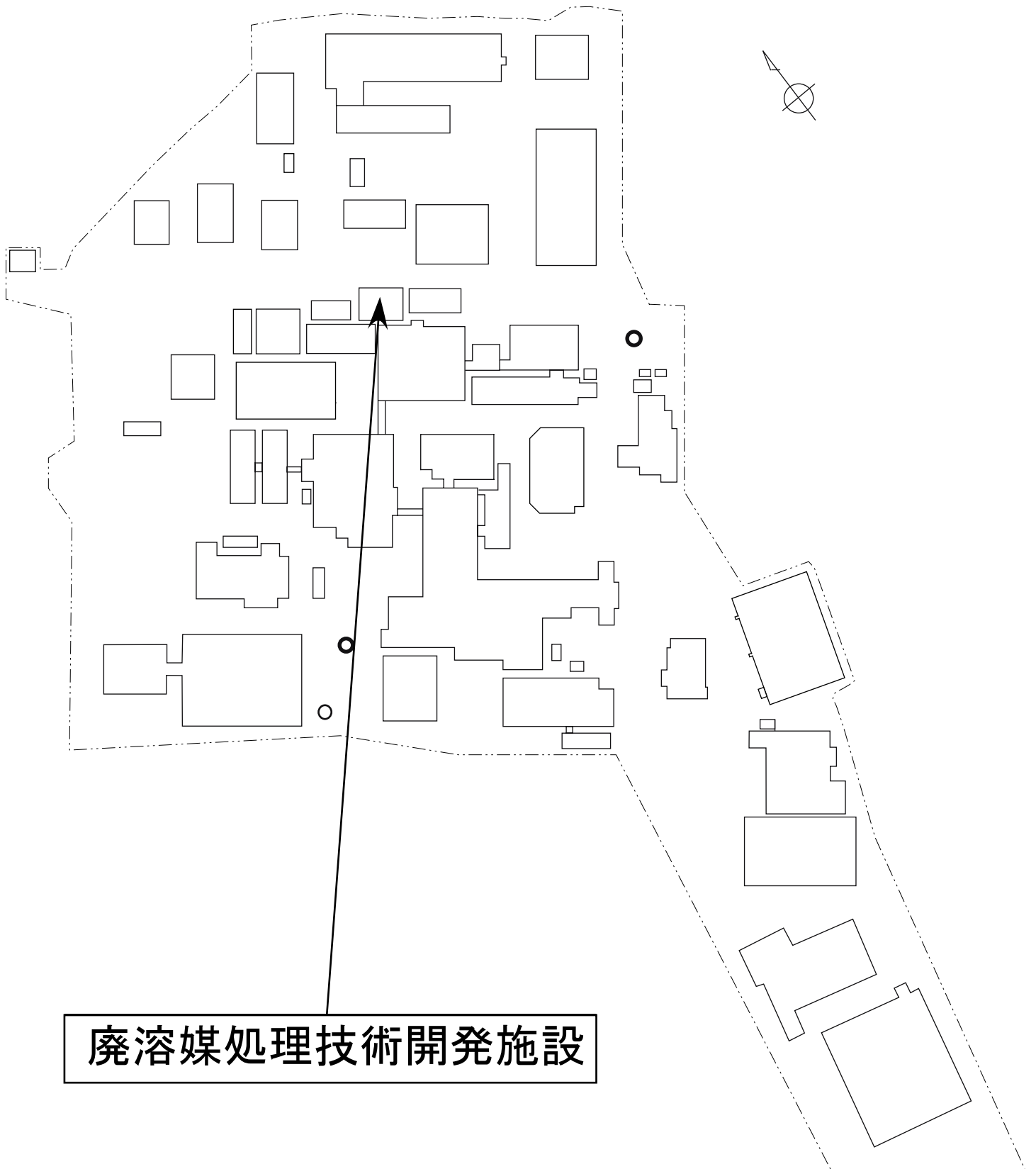
ST 施設の蒸気は、廃液処理のための蒸発缶の運転や貯槽等が設置されているセルのドリフトレイ液の移送用スチームジェットの駆動に用いるものである。

ST 施設は現在、運転を停止しており、ST 施設への蒸気の供給が停止しても安全上の問題はない。万一のスチームジェットを使用する場合に備えて、隣接する廃溶媒貯蔵場からホースを仮設して蒸気を供給する準備を進める。

6. 処置及び今後の対応

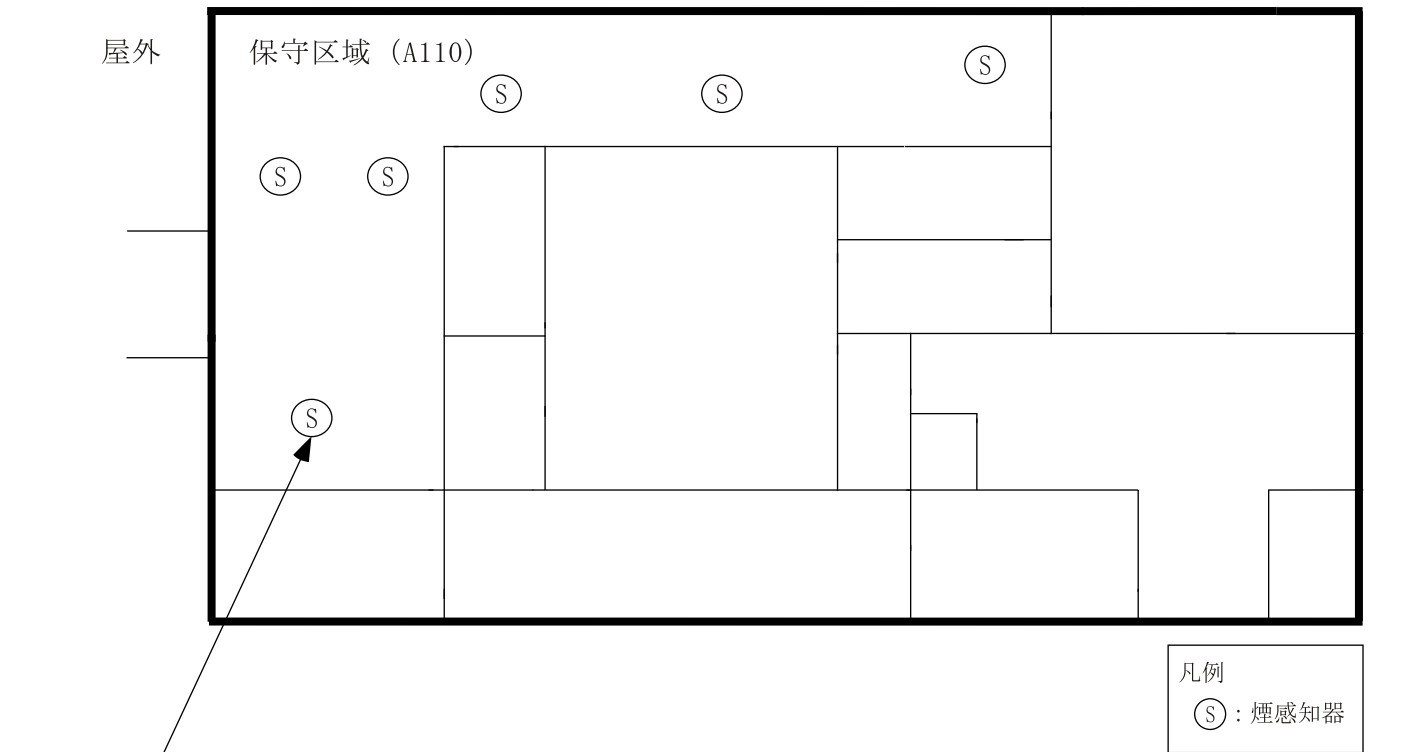
- (1) 応急処置として、蒸気配管のピンホール部に補修用クランプを取り付けた（別紙-3 参照）。
- (2) 腐食が確認された部位の蒸気配管については更新する。なお、更新にあたっては、屋外側の蒸気配管についても点検を行い、適切な更新範囲を定めたくえで計画的に実施する。

以上



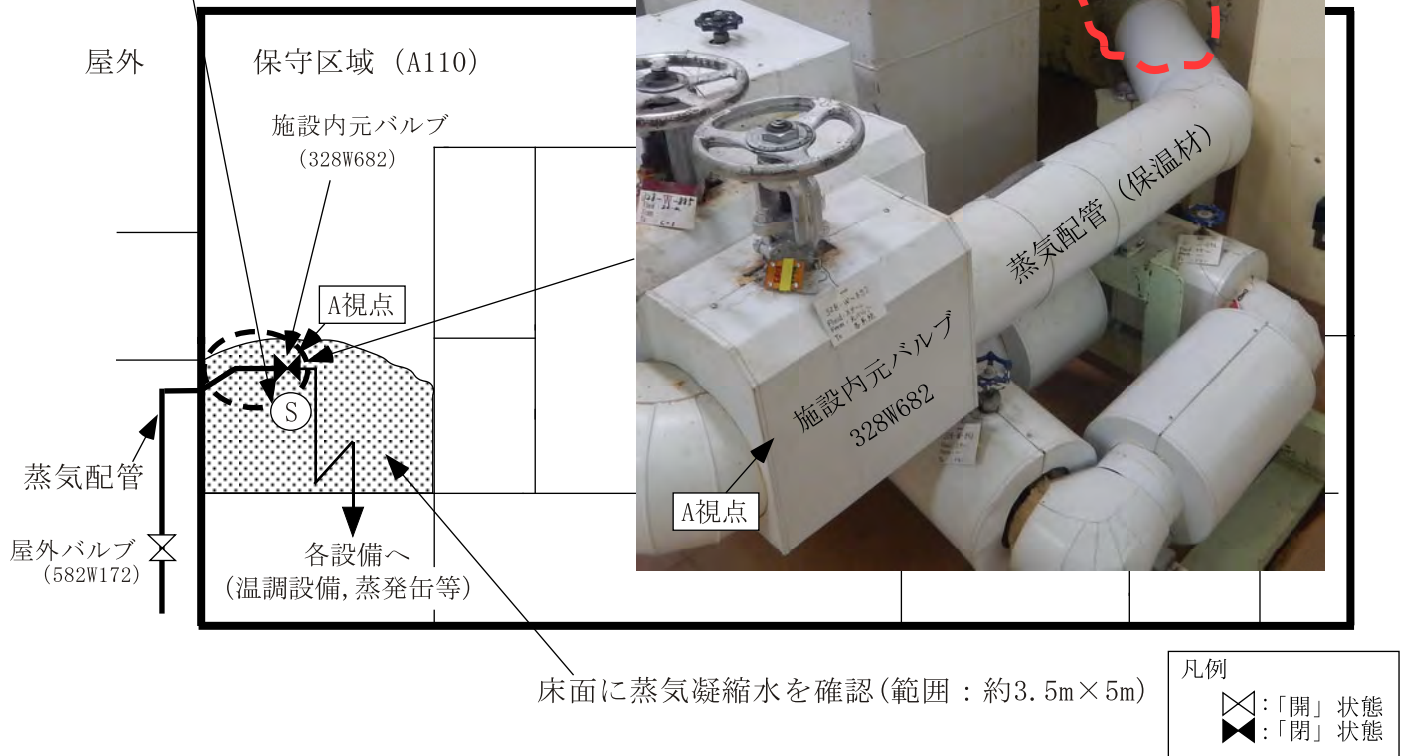
廃溶媒処理技術開発施設

再処理施設配置図



作動した煙感知器 (No. 33)

壁から60cmの範囲の蒸気配管から蒸気の立ち上がりを確認



廃溶媒処理技術開発施設 1階平面図



屋外からの壁貫通部から施設内元バルブ(328W682)までの保温材を取り外しての点検の結果、
その他の配管、バルブに有意な腐食やボルトの緩み等の異常はなかった。



壁貫通部から約10mm、直径約2mmのピンホール(上記写真のAの箇所)



蒸気配管の状況

東海再処理施設の安全対策に係る面談スケジュール(案)

令和3年5月11日

再処理廃止措置技術開発センター

面談項目 (下線：次回変更申請案件 青字：監視チーム会合コメント対応)		令和3年							
		4月					5月		
		~2	~9	~16	~23	~30	~14	~21	~28
安全対策									
地震による損傷の防止	○TVF 設備耐震補強工事 -設計及び工事の計画		◆5						
	○TVF 一部外壁補強工事 -設計及び工事の計画		◆5						
津波による損傷の防止	○引き波による漂流物侵入防止対策 -設計及び工事の計画						▽11▽13		
	○事故対処設備配備場所地盤補強工事 -設計及び工事の計画				▼20		▽11▽13		
事故対処	○審査ガイドとの適合性	▼31							
外部からの衝撃による損傷の防止	竜巻 ○TVF 建家の竜巻対策工事 -設計及び工事の計画		◆5						
	火山								
	外部火災 ○外部火災対策工事(防火帯の設置) -設計及び工事の計画		◆5						

▽面談、◇監視チーム会合

面談項目 (下線：次回変更申請案件 青字：監視チーム会合コメント)		令和3年							
		4月					5月		
		~2	~9	~16	~23	~30	~14	~21	~28
内部 火災	○火災に対する防護について	▼31	◆5	▼15	▼20▼22		▽11▽13		
	○HAW 内部火災対策工事 -設計及び工事の計画								
	○TVF 内部火災対策工事 -設計及び工事の計画								
溢水	○溢水に対する防護について	▼31	◆5		▼20		▽11▽13		
	○HAW 溢水対策工事 -設計及び工事の計画								
	○TVF 溢水対策工事 -設計及び工事の計画								
制御室	○パラメータ監視設備工事 -設計及び工事の計画			▼8		▼27	▽11		
その他 施設の 安全対 策	○ <u>その他施設の地震・津波対策</u> -放射性物質の流出に係る評価 -対策の内容	▼31	◆5 ▼8		▼20	▼27	▽11▽13		
	○ <u>地震・津波以外の外部事象対策</u> -放射性物質の放出に係る評価 -対策の内容	▼31	◆5 ▼8		▼20	▼27	▽11▽13		
性能 維持 施設	○ <u>安全対策に係る性能維持施設</u>		▼8			▼27	▽11		
その他									
廃止措 置計画 の既変 更申請 案件の 補正	○TVF 保管能力増強 ○LWTF のセメント固化設備及び硝酸根分 解設備の設置 - <u>技術的成立性の検証について</u> - <u>津波対策の対応方針について</u>				▼20				
保安規 定変更 申請									
その他 設計及 び工事 の計画	○TVF3 号溶融炉の製作				▼20		▽11		
	○ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類 換気系排風機の一部更新		◆5						
その他	○TVFの状況		◆5		▼20		▽11		

▽面談、◇監視チーム会合