

東海再処理施設の安全対策に係る廃止措置計画認可変更申請対応について

令和2年6月23日
再処理廃止措置技術開発センター

○ 令和2年6月23日 面談の論点

- 【資料1】TVFの建物・構築物及び機器・配管系の構造(耐震性)に関する説明書
- 【資料2】HAW及びTVFにおける事故対処の方法、設備及びその有効性評価について
- 【資料3】再処理施設の廃止措置を進めていく上での竜巻に対する防護について
- 【資料4】再処理施設の廃止措置を進めていく上での火山影響に対する防護について
- 【資料5】再処理施設の廃止措置を進めていく上での外部火災に対する防護について
- 【資料6】津波防護における引き波の考慮について
- 【資料7】ガラス固化技術開発施設(TVF)における固化処理状況について
— 運転再開に向けた対応状況 —
- 【資料8】廃止措置計画変更認可申請書 変更前後比較表
- (TVFの溶融炉の結合装置の製作及び交換について関連箇所抜粋)
- 【資料9】TVF保管能力増強について(H30.11申請の補正)
- 【資料10】耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せの考え方について
- 【資料11】耐震計算における波及的影響を及ぼす機器の評価の考え方について
- 【資料12-1】ガラス固化技術開発施設(TVF)の冷却塔コイルユニットの交換について
- 【資料12-2】第三低放射性廃液蒸発処理施設(Z施設)のエア抜き弁の交換について
- その他

以上

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の
建物・構築物及び機器・配管系の構造(耐震性)に関する説明書

【概要】

- ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟について、廃止措置計画用設計地震動(以下、「設計地震動」という。)に対して重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)が損なわれないよう、建家・第二付属排気筒並びに内部に設置されている重要な安全機能を担う施設の耐震性を確保する。今回はガラス固化技術開発施設(TVF)で特徴的な機器の計算書を提示した。すべての対象機器については7月中に提示する予定である。
- ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟において高放射性廃液貯蔵場(HAW)から高放射性廃液を受け入れる受入槽及び回収液槽については、それらを直接指示している据付ボルトの強度について、実機構造に基づく荷重試験を実施した。
 - ・ 設計地震動が作用した際の発生せん断力は荷重試験の結果から定めた許容荷重を下回り、必要な耐震性が確保できることを示した。
 - ・ しかしながら、機構としてリスクの大きい高放射性廃液を取り扱うという観点を重要視し、更なる耐震裕度を確保するために、貯槽の液量を制限して地震時に発生する荷重を低減する方法を検討している。
 - ・ ガラス固化技術開発施設の運転は、高放射性廃液貯蔵場(HAW)にある高放射性廃液を安定なガラス固化体へ処理し、再処理施設全体のリスク低減を行う重要な作業であることも考慮し、液量管理によってガラス固化処理工程に影響が及ばないよう対応について検討を進める。検討結果については7月中に提示する予定である。
- 濃縮器の据付ボルト強度は材料規格に基づく保守的なもので評価しているが、実際の運転で扱う液量等に基づいて、耐震評価結果に対する裕度確保について検討し、7月中に提示する予定である。

令和2年6月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

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

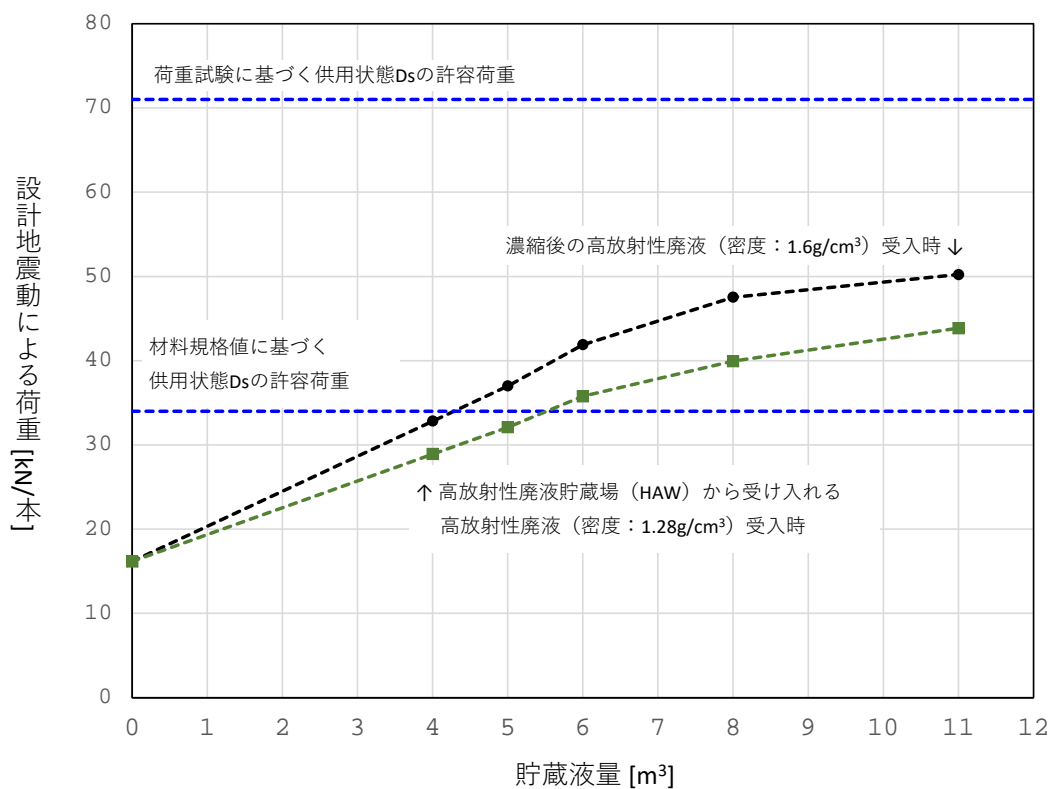
ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の受入槽及び回収液槽の据付ボルトについて、廃止措置計画用設計地震動が作用した際のせん断荷重の評価結果（最大 50 kN/本（ボルト有効断面積に対するせん断応力は 205 MPa）、45℃条件）は、実機を模擬して実施した荷重試験の結果から算定された許容荷重（供用状態 D_s : 71 kN/本、45℃条件）を満足する結果が得られている（付表）。しかしながら荷重試験に基づく許容荷重は実機の実力値に近くその裕度は大きくない。そこで、リスクの大きい高放射性廃液を取り扱うという観点からさらなる耐震裕度を確保する方策として、貯槽の液量を制限した場合に地震時に据付ボルトに作用する荷重がどの程度低減可能かについての評価を行った。受入槽の機器設計では工程後段にある濃縮器で濃縮した高放射性廃液（設計上想定する密度 1.6 g/cm³）を貯槽の荷重条件としているが、高放射性廃液貯蔵場（HAW）から受け入れる高放射性廃液の密度は 1.28 g/cm³以下であることから、この 2 つの条件に基づき評価を実施した（付図）。

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

したがって、このようなガラス固化処理の運転状態及び運用の特徴に基づき、通常運転時（G12E10 での濃縮済み高放射性廃液を受入槽では扱わない状態）においては、受入槽・回収液槽で扱う高放射性廃液の密度を 1.28 g/cm³以下で管理し、その条件において耐震裕度を確保するための液量管理を行う方針とする。なお、濃縮済み高放射性廃液（1.28 g/cm³を超える密度）を受入槽・回収液槽において受け入れる場合とは、機器トラブル等によりガラス固化処理運転途中で工程を停止し、工程内の高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ戻す場合である。このような事象は頻度も少なく、受入槽での液保持期間も施設寿命期間全体から見れば一時的なものである。したがって、設計地震動の発生頻度を合わせて考慮すると、そのような非定常時には液量管理の制限を解除することが合理的であると考えられる。

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

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



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

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

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

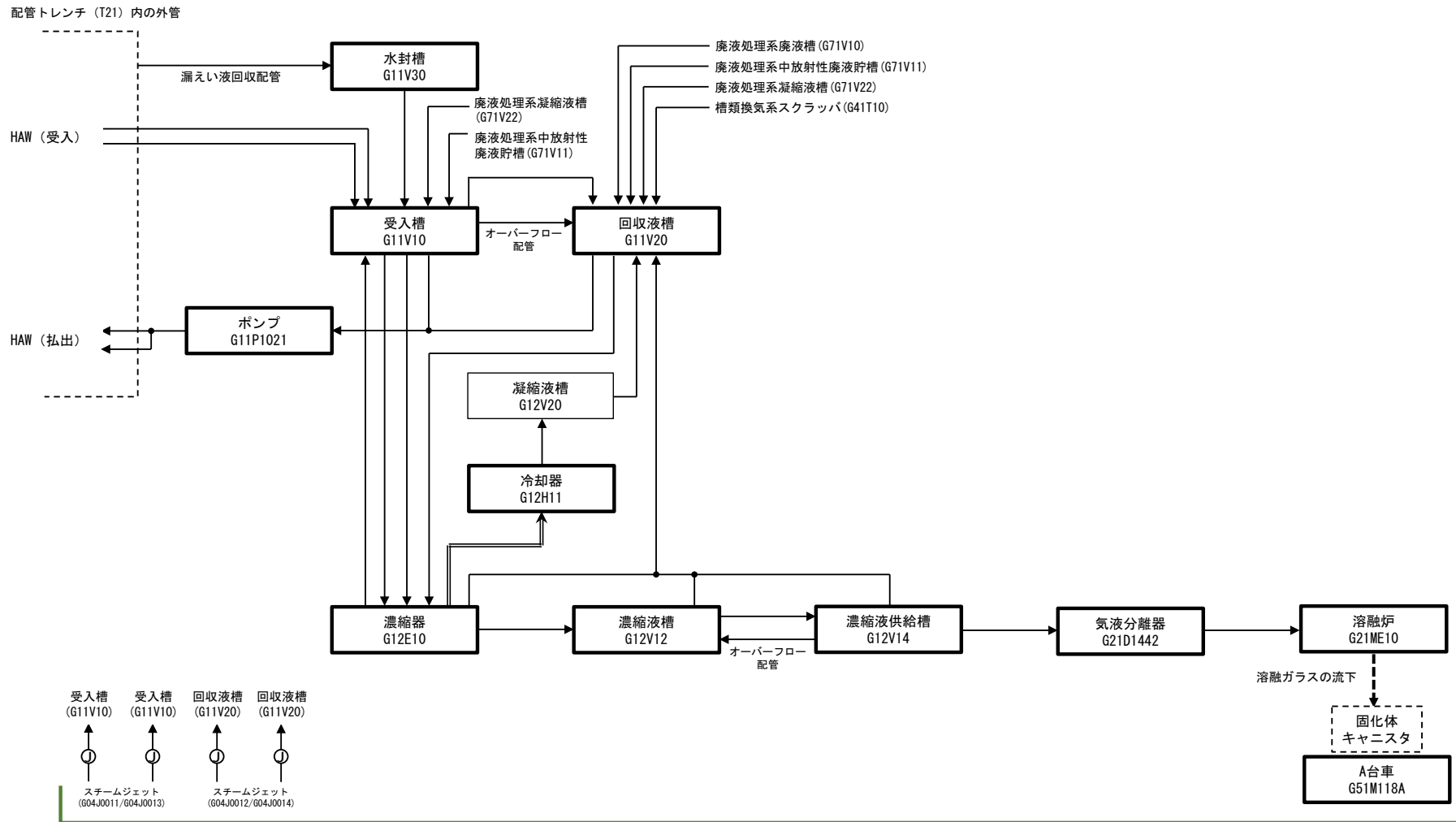
高放射性廃液貯蔵場 (HAW) からの高放射性廃液の受入は、一定期間ごとにバッチ操作で受け入れる (通常時は 6.22 m^3 の高放射性廃液を 7 日に 1 回の頻度で受け入れる)。受入後には次の濃縮操作及びガラス固化処理のためにサンプリングと分析を行うとともに、IAEA による確認を受ける。その後、濃縮器による濃縮操作 (バッチ操作で 1 回あたり 0.46 m^3 を受け入れて約 1.3 倍程度に濃縮する) のために、1 日に 1 回程度の供給 (受入槽→濃縮器) を行い、7 日程度で受け入れた液量に相当する高放射性廃液の濃縮操作を終える。溶融炉への濃縮済み高放射性廃液の供給は常時連続して行う必要があり、そのために濃縮液槽には一定量以上の濃縮済み高放射性廃液が入っている必要がある。

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

耐震裕度確保の目安として、保持している溶液の重量を考慮した上で設計地震動作用時における据付ボルト発生せん断荷重を、材料規格から求まる許容荷重以下に抑制しようとする場合、付図 1 より約 5.5 m^3 程度が上限と見なせる。上述した通常運転での受入槽の最大液量は 6.22 m^3 であるため、この液量管理値には収まらない。そこで、ガラス固化処理 (溶融炉の運転) を阻害せずに、高放射性廃液の受入を液量管理の下で行うための検討の対応案として以下を検討している (参考図 2)。

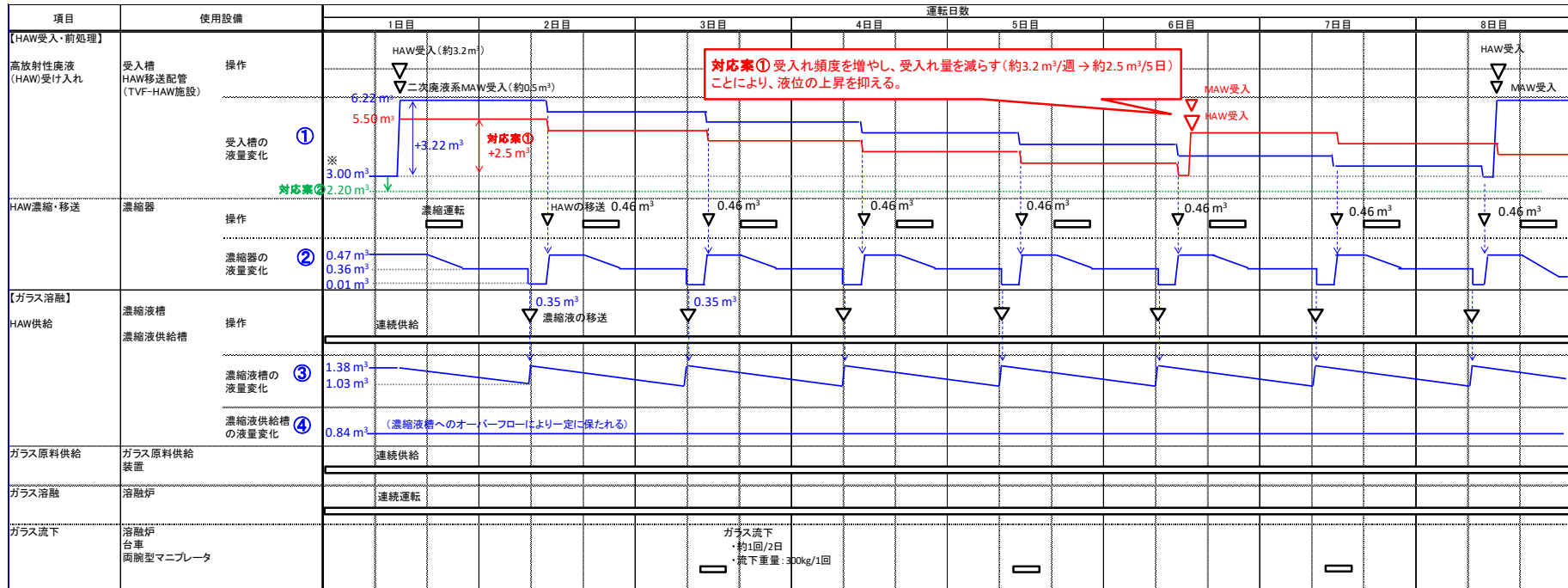
- ① 受入れ頻度を増やし、受入れ量を減らす (約 3.2 m^3 /週 → 約 2.5 m^3 /5 日) ことにより、受入槽の最大液位を抑える。
- ② 水封管理は HAW 施設側で担保し、受入槽の最低管理液位をパルセータ作動管理液位 (約 2.2 m^3) まで下げる

参考図 2 より上記対応案の概略の成立性は見込めるものの、運転管理・運転操作上の観点より詳細に検討を進めて運転成立性の確認を行う。



ドリフトレイ G04U001

参考図 1 ガラス固化処理における高放射性廃液の取り扱いフロー図



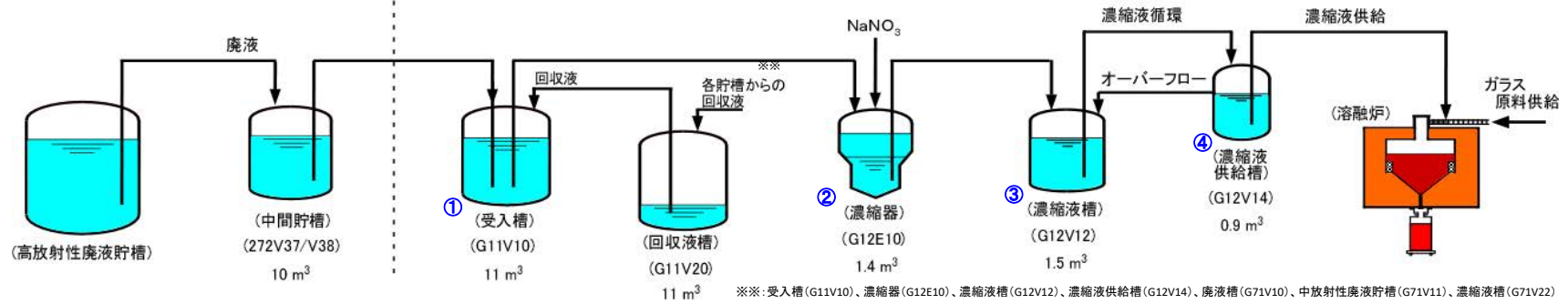
対応案① 受入れ頻度を増やし、受入れ量を減らす(約3.2 m³/週 → 約2.5 m³/5日) ことにより、液位の上昇を抑える。

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

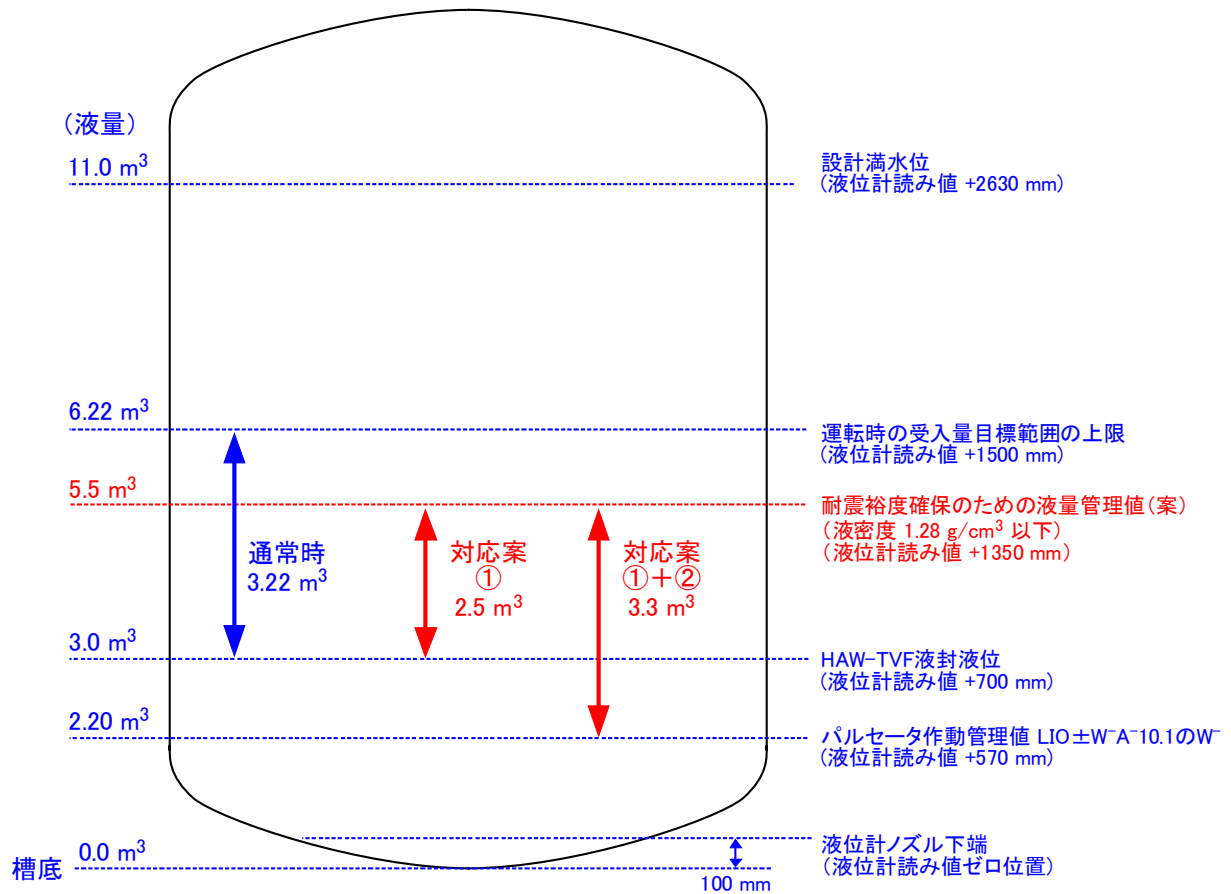
【高放射性廃液貯蔵場】

【ガラス固化技術開発施設】

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



参考図 2 ガラス固化処理運転の基本的なタイムチャート概要と受入槽液位制限に係る対応案 ①と②



参考図3 受入槽 液位（液位計読み取り値）と液量の関係

HAW 及び TVF における事故対処の方法、
設備及びその有効性評価について
(案)

【概要】

高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)における事故対処の有効性評価として、事象進展に応じた防護策を検討し、津波襲来後の事故対処の実効性の観点から、津波漂流物の影響、放射線環境等を考慮した作業環境を想定して評価を行う計画であり、その方針について示す(令和2年7月変更申請予定)。

両施設における事故対処は、地震、津波等により電源、ユーティリティを供給する安全系関連施設の機能が喪失した場合に、恒設設備の代替として緊急安全対策を含む可搬型設備等により必要な冷却機能及び閉じ込め機能を回復させる対応を行うものであり、訓練を通じて具体的な操作手順に要する時間、体制、対策に要する資源(水源、燃料、電源)等を確認する。

また、今後、予定している安全対策(HAW 周辺の地盤改良、津波漂流物防護柵の設置、プルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場の地盤改良等)の実施状況に応じた有効性評価を行う。

令和2年6月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

HAW 及び TVF における事故対処の有効性評価の進め方について

事故対処の有効性評価においては、現状配備している緊急安全対策を含む可搬型設備等により、必要な冷却機能及び閉じ込め機能を回復させる対応を行うものであり、訓練を通じて具体的な操作手順に要する時間、体制、対策に要する資源(水源、燃料、電源)等を確認する。

特に、津波襲来後の事故対処の実効性の観点からは、津波漂流物の影響、放射線環境等を考慮した作業環境を想定して評価を行う方針である。

有効性評価の実施の流れ、主要な実施項目について、以下に示す。

1. 事故の抽出

- ・高放射性廃液に伴うリスクが集中する HAW と、これに付随して廃液処理を含めて一定期間使用する TVF について、冷却機能及び閉じ込め機能を維持するために必要な設備に対し、事故の発生を仮定する設備を網羅的に特定する。特定に当たっては、事故の同時発生を考慮する。

2. 事象進展

- ・想定する地震、津波等の事象において、機能維持可能な設備の特定及び機能喪失する範囲を現状の設備状況をもとに明確にする。
- ・冷却機能喪失に伴う事象進展を明らかにし、沸騰に至るまでの時間余裕を評価して、発生防止対策及び事故の拡大を防止する対策手順の実施判断を明確にする。
- ・冷却機能の回復操作に失敗し放射性物質が外部放出に至った場合の放出量を評価する。
- ・事象進展の評価においては、高放射性廃液の核種組成及び崩壊熱密度等の評価条件の不確かさによる影響を考慮する。

3. 発生防止策、拡大防止策及び影響緩和策等の具体的対応フロー

- ・対策の実効性の観点から、津波漂流物の影響、放射線環境等を考慮した作業環境を想定した対応フローを明確にする。
- ・操作手順は事故の進展状況に応じて、対策の実施に必要な時間、組織体制(技術支援組織及び運営支援組織)、対応要員数、要員の招集方法、使用機材、対策に必要な資源(水源、燃料、電源)、アクセスルートの確保手段等を明確にする。
- ・事故が発生した場合において放出される放射性物質の濃度及び放射線量を監視、測定、記録するための必要な手順を整備する。

4. 有効性評価

- ・事故の進展状況に応じて、対策の実施に必要な時間、組織体制(技術支援組織及び運営支援組織)、対応要員数、要員の招集方法、使用機材、対策に必要な資源(水源、燃料、電源)、アクセスルートの確保手段等の有効性を訓練により確認する。訓練では、各操作に要する対処時間の積み上げ等をタイムチャートとして作成し確認する。
- ・事故対処設備の保管場所は地震、津波の影響が受けにくい場所に位置的分散等を考慮して保管されていることを確認する。
- ・事故時において作業現場、現場指揮所及び緊急時対策所での通信連絡に必要な設備が整備されていることを確認する。

5. その他の安全機能維持への対応

事故対処として実施する上記対応のほか、以下の項目に対し現状配備している緊急安全対策等の設備による安全機能維持を図る。

[津波に対する安全機能維持]

- ・TVF 建家外壁貫通配管損傷時のバルブ閉止操作を行うための手順等を整備し訓練により実効性を確認する。
- ・屋外監視カメラの監視機能維持のための構成部品の交換等の操作について、手順等を整備し訓練により実効性を確認する。

[漏えいに対する安全機能維持]

- ・漏えい液の回収等の操作を行うための手順等を整備し、操作の実効性を訓練により確認する。

[水素掃気に対する安全機能維持]

- ・水素掃気を行うための設備の回復操作においては、排風機を起動し換気機能の回復が可能であり、手順等を整備し、操作の実効性を訓練により確認する。

6. 今後の安全対策工事に伴う設備状況の反映

今後計画している主な安全対策工事を以下に示す。これらの対策工事を含め設備状況の変化を踏まえ、事故対処の操作手順、作業環境条件等へ反映する。特に、可搬型設備の保管場所として運用しているプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場の地盤改良工事の完了後に、一連の安全対策工事の結果を踏まえタイムチャートを含めた最終的な有効性評価を実施する。

- ・高放射性廃液蒸発乾固に係る対策(施設内対策工事(HAW、TVF))
- ・TVF ガラス固化体保管ピットの強制換気のための対策工事
- ・津波漂流物防護柵の設置工事
- ・プルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場の地盤改良工事

以上

再処理施設の廃止措置を進めていく上での
竜巻に対する防護について

【概要】

- 高放射性廃液貯蔵場(HAW)とガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟について、廃止措置計画用設計竜巻に対して重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)が損なわれないようするため、「再処理施設の廃止措置を進めていく上での竜巻対策の基本的考え方」を示した。
- 施設周辺のウォークダウン等に基づき竜巻防護の設計に必要な「設計飛来物」の選定を行った。
- 廃止措置計画用設計竜巻の条件(最大風速 100m/s)及び上記で選定した設計飛来物に対する施設の影響評価、防護方策については7月中に提示する予定である。

令和2年6月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

再処理施設の廃止措置を進めていく上での
火山影響(降下火砕物)に対する防護について

【概要】

- 高放射性廃液貯蔵場(HAW)とガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟について、廃止措置計画用火山事象(降下火砕物)に対して重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)が損なわれないようするため、「再処理施設の廃止措置を進めていく上での火山事象対策の基本的考え方」を示した。
- 建家への降下火砕物の堆積の影響評価の結果、火砕降下物の堆積荷重と積雪を重畳した場合においても建家屋スラブの許容荷重以下となった。
- 換気空調設備等への降下火砕物の影響評価結果及び火砕降下物の降灰が予想された場合の運用管理(降灰作業やフィルタの交換作業等)については、7月中旬に提示する予定である。

令和2年6月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

再処理施設の廃止措置を進めていく上での
外部火災に対する防護について

【概要】

- 高放射性廃液貯蔵場(HAW)とガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟について、外部火災事象に対して重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)が損なわれないようするため、「再処理施設の廃止措置を進めていく上での外部火災対策の基本的考え方」を示した。
- 外部火災の影響評価は「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に基づき、敷地外で発生する森林火災、近隣の産業施設の火災・爆発、航空機墜落による火災を評価し、対策を検討した。
 - ・ 森林火災シミュレーションの結果に基づき建家外壁コンクリートの温度を評価し、施設外壁コンクリート温度が許容値以下となることを確認した。
さらに火災への防護として、想定される火線強度に応じた防火帯を設ける。
 - ・ 再処理施設の近傍 10km 以内にある産業施設の火災・爆発の影響評価として、隣接する発電所等の石油類貯蔵施設を選定し、これらの火災時にも施設外壁コンクリート温度が許容値以下となることを確認した。また、近傍 10km 以内の最大の貯蔵量をもつ LNG 貯蔵施設の爆発(爆風)に対しても十分な隔離距離が確保されていることを確認した。
 - ・ 再処理施設周辺の航空機の飛行状況に基づき、落下確率が 10^{-7} (回/炉・年)以上になる範囲に墜落した航空機による火災影響を評価した結果、施設外壁コンクリート温度が許容値以下となることを確認した。
 - ・ 外部火災への対応として、自衛消防による延焼防止活動(防火帯への散水、初期消火等)を行う体制を確保する。

令和2年6月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

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
開発棟の近隣の産業施設の火災・爆発影響評価に関する説明書

1.基本方針

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所（再処理施設）（以下、「再処理施設」という）の廃止措置計画において、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部火災（石油コンビナート等火災・爆発）に対する安全対策の検討は、「添付資料6-1-4-2-1 再処理施設の廃止措置を進めていく上での外部火災対策の基本的考え方」に基づいて行う。また、影響評価については「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（原子力規制委員会，平成25年6月19日）^[1]（以下「ガイド」という。）を参考に実施する。

2. 石油コンビナート等について

茨城県内において石油コンビナート等災害防止法により石油コンビナート等特別防災区域に指定されているのは以下の区域である（茨城県地域防災計画資料編^[2]より抜粋）。また、石油コンビナート等特別防災区域を図2-1に示す。

- (1) 茨城県鹿嶋市大字国末字北浜山，字南浜山及び字海岸砂地，大字泉川字北浜山，字南浜山，字浜屋敷及び字沢東，大字新浜，大字光字光2番地から4番地並びにこれらの区域に介在する道路の区域。
- (2) 茨城県神栖市北浜1番地から4番地まで，3番地及び4番地に隣接する国有無番地，6番地から16番地まで，19番地の1（工業専用地域（都市計画法（昭和43年法律第100号）第1条第12項に規定する地域をいう。以下同じ。）に限る。），19番地2,20番地から24番地まで，27番地，3671番地6，3671番地37から3671番地41まで，3671番地44から3671番地46まで，6223番地54，6223番地55（工業専用地域に限る。），6223番地60，6223番地61並びに6318番地，奥野谷字浜野6223番地65，6225番地40，6225番地806，6225番地821，6225番地832及び6225番地833並びに宇東和田5588番地2，5590番地9，5591番地1，5598番地1，5599番地7及び5600番地5，東和田(39番地1及び39番地2を除く。)並びに東深芝1番地から20番地まで，21番地2から21番地4まで，22番地2，2番地3，22番地17から22番地21まで，34番地9,34番地10及び34番地13から34番地21まで並びに宇高山2988番地の区域並びに当該区域に介在する道路の区域。

これらの石油コンビナート等特別防災区域に指定されている区域は，再処理施設から50 km以上離れていることから評価対象外とした。再処理施設と石油コンビナートとの位置関係を図2-2に示す。



図 2-1 石油コンビナート等特別防災区域（鹿島臨海地区）



図 2-2 再処理施設と石油コンビナートとの位置関係

3.石油類貯蔵施設における火災熱影響評価

以下のデータを基に石油類貯蔵施設における火災熱影響評価を実施した。

3.1 評価条件

3.1.1 評価対象施設

再処理施設から 10 km の範囲内には石油類貯蔵施設が約 500 ヶ所存在する。再処理施設から 10 km 以内に存在する石油類貯蔵施設を図 3.1-1 に示す。

この調査結果をもとに、以下の方針に従い、評価対象施設を絞り込み、評価対象となった石油類貯蔵施設を表 3.1-1 に示す。

- (1) 再処理施設に隣接し、貯蔵量が多いタンクを保有する東京電力（株）常陸那珂火力発電所内の貯蔵施設について温度評価を実施した。なお、同火力発電所の危険距離よりも遠くにあり、かつ上記の評価対象としたタンクよりも貯蔵量が少ないタンクについての評価は本評価に包絡できるため、評価対象から除外した。
- (2) 東京電力（株）常陸那珂火力発電所内のタンクよりも貯蔵量が多く、同火力発電の評価に包絡できないについては施設を個別に評価対象とした。

3.1.2 石油類貯蔵施設における火災の想定

石油類貯蔵施設の火災の想定は以下のとおりとした。

(1) 想定条件

- a.評価対象とする石油類貯蔵施設は、東京電力（株）常陸那珂火力発電所（軽油貯蔵タンク、2号軽油サービスタンク）、出光興産(株)日立油槽所と(株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルを合算したものとした。
- b.タンクの燃料は満載した状態を想定した。
- c.離隔距離は評価上厳しくなるよう、a.で想定した危険物タンクの位置から再処理施設までの直線距離とした。
- d.火災はタンクの破損等による防油堤内の全面火災を想定した。
- e.気象条件は無風状態とした。
- f.火災は円筒火炎モデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とした。

(2) 輻射強度の算定

油火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるために、半径が1.5 m以上の場合で、火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火炎モデルを採用した。

3.2 データの算出

熱影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ
- ・燃焼半径の算出
- ・燃焼継続時間の算出

- ・石油類貯蔵施設と影響評価対象施設までの離隔距離
- ・形態係数の算出
- ・輻射強度の評価

データの算出過程を別紙 6-1-4-3-3-1 に示す。石油類貯蔵施設と再処理施設までの離隔距離を表 3.2-1 に示す。

3.3 外壁に対する熱影響評価

(1) 影響評価対象範囲

東京電力(株)常陸那珂火力発電所（軽油貯蔵タンク，2号軽油サービスタンク）を発火源と想定した場合及び出光興産（株）日立油槽所及び(株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルを合算したものを発火源と想定した場合のコンクリート外壁面及び第二付属排気筒の温度評価を実施した。

(2) 評価手法

a.許容温度

コンクリート製建家については，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度200℃^{*1}を許容温度とした。第二付属排気筒については，鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度350℃^{*2}以下とした。

^{*1} 「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」に基づき，コンクリートにおける常温時の強度が維持される保守的な温度である200℃を許容温度とする。

^{*2} 「発電用原子力設備規格 材料規格（JSMR）」に基づき，鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である350℃を許容温度とする。

b.コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した。コンクリート外壁に対する熱影響評価結果を第3.3-1表に示す。評価の詳細を別紙 6-1-4-3-3-2に示す。

評価の結果，コンクリート表面の最高温度は52.7℃であり，許容温度である200℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

c.第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で第二付属排気筒が昇温されるものとして，第二付属排気筒の温度上昇を評価した。第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を第3.3-2表に示す。評価の詳細を別紙 6-1-4-3-3-2に示す。

評価の結果、第二付属排気筒の最高温度は51.8℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

第 3.1-1 表 再処理施設周辺に位置する評価対象となった石油類貯蔵施設

事業所名	評価採用油種	数量 [m ³]
東京電力(株) 常陸那珂火力発電所 軽油貯蔵タンク	軽油	7,322.6
東京電力(株) 常陸那珂火力発電所 2号軽油サービスタンク	軽油	150
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ 日立オイルターミナル(※)	ガソリン	22,019

(※) 日立油槽所と日立オイルターミナルについては隣接して設置されているため、2施設の貯蔵数量を合算して評価を実施した。また、当該施設は複数の油種が混在して貯蔵されていることから、当該施設で貯蔵されている油種の中で最も保守的な物性値となるガソリンが一律貯蔵されているとみなして評価を実施した。

第 3.2-1 表 石油類貯蔵施設と影響評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	1,600
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	600
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	7,100

第 3.3-1 表 コンクリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.7	195
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.5	29
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.3	257

第 3.3-2 表 第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	51.8	97
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.2	15
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.2	127

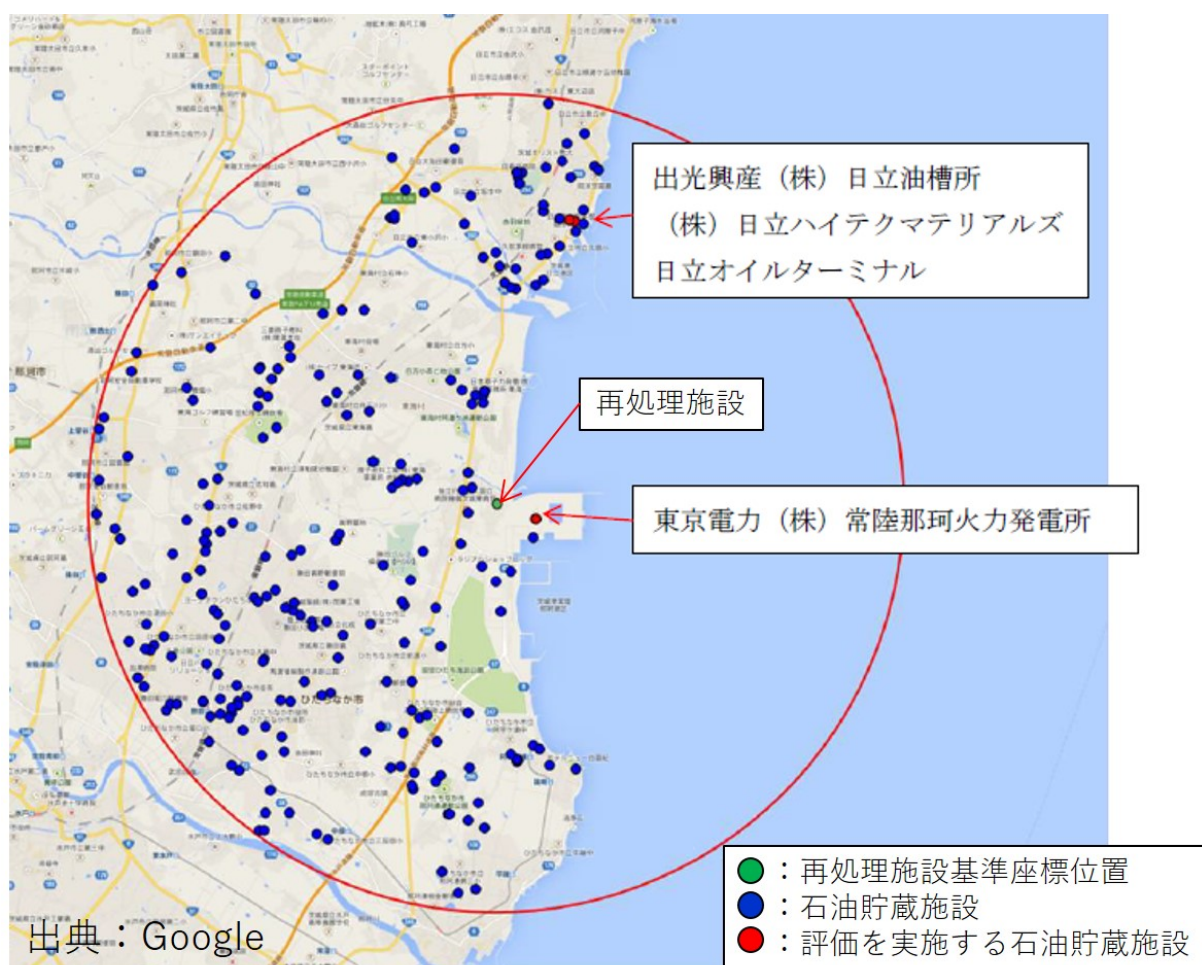


図 3.1-1 再処理施設から 10km 以内に存在する危険物貯蔵施設

4. 有毒ガス影響評価

外部火災により発生する有毒ガスについては、火災による上昇気流により上空に運ばれる。また、敷地外10 km以内には、石油コンビナート等特別防災区域に指定される石油コンビナート施設はなく、最も近くにある評価対象となった石油類貯蔵施設まで600 mと十分に離れていることから、敷地外を発生源とした有毒ガスの影響を考慮する必要はない。評価の詳細を添付別紙6-1-4-3-3-3に示す。

5. ばい煙影響評価

5.1 目的

外部火災により発生するばい煙については、火災による上昇気流により上空に運ばれる。また、敷地外10 km以内には、石油コンビナート等特別防災区域に指定される石油コンビナート施設はなく、最も近くにある評価対象となった石油類貯蔵施設まで600 mと十分に離れていることから、敷地外を発生源としたばい煙の影響を考慮する必要はないが、ばい煙が防護対象設備の周辺に滞留する可能性を考慮し、ばい煙が設備に与える影響について、評価を実施する。

5.2 ばい煙評価方法

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入気口位置における、外部火災によるばい煙の影響を評価した。

5.3 ばい煙影響評価結果

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入気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことが確認された。HAW換気系の系統概略図を図5.3-1に、TVF換気系の系統概略図を図5.3-2に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-3-3-3に示す。

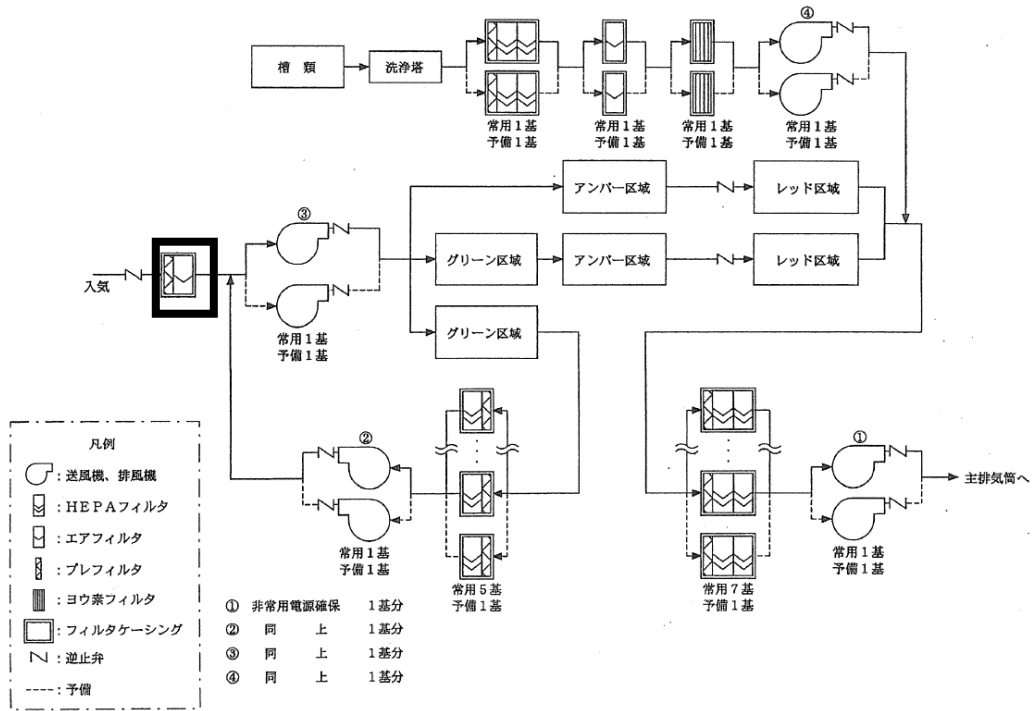


図 5.3-1 HAW 換気系の系統概略図

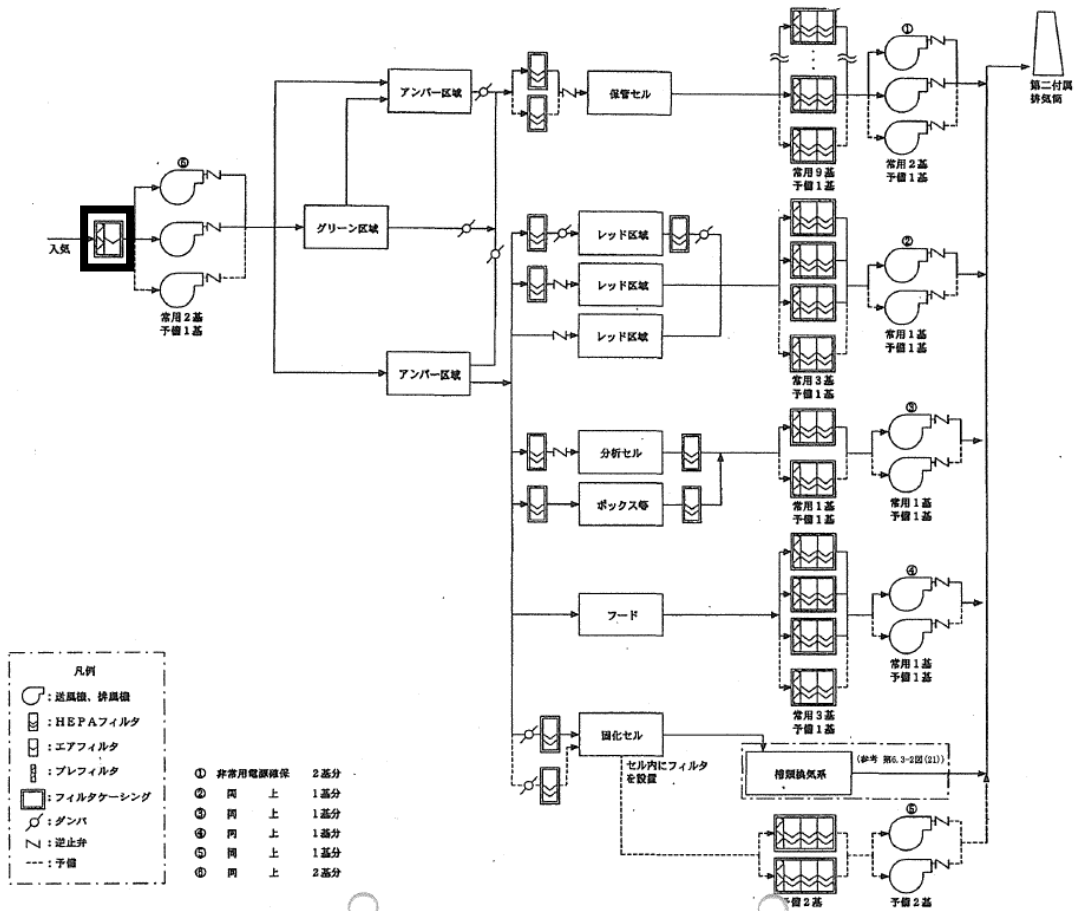


図 5.3-2 TVF 換気系の系統概略図

6. 高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価

以下のデータを基に高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発影響評価を実施した。

6.1 評価条件

6.1.1 評価対象施設

再処理施設から 10 km の範囲内には高圧ガス貯蔵施設が複数存在する。その中で最大となる東京ガス（株）の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG, LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクを評価対象とした。再処理施設と日立 LNG 基地の位置関係を図 6.1-1 に示す。

6.1.2 高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発の想定

高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発の想定条件は以下のとおりとした。

- a. 評価対象とする高圧ガス貯蔵施設は、東京ガス（株）の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG, LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクとした。評価対象となった日立 LNG 基地の想定条件を表 6.1-2 に示す。
- b. タンクの高圧ガスは満載した状態を想定した。
- c. 気象条件は無風状態とした。
- d. 高圧ガス漏洩，引火によるガス爆発とした。

6.2 データの算出

ガス爆発影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・ 設備定数
- ・ 危険限界距離

データの算出過程を別紙 6-1-4-3-3-4 に示す。

6.3 爆風圧の影響評価

(1) 影響評価対象範囲

東京ガス（株）の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG, LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクを合算したものを爆発源と想定した場合のガス爆発による爆風圧の影響評価を実施した。

(2) 評価手法

a. 危険限界距離

ガス爆発の爆風圧が 0.01 MPa 以下になる距離である危険限界距離を算出した。

b. 爆風圧の影響評価結果

東京ガス（株）の日立 LNG 基地内にある全てのガスを合算し、爆風圧影響

を評価した。爆風圧の影響評価結果を表6.3-1に示す。

評価の結果、危険限界距離は407 mであり、離隔距離である4 km以下であることを確認した。

表6.1-2 日立LNG基地の想定条件

想定爆発源	ガス種類	タンク容量 [m ³]
1号LNGタンク	液化天然ガス (メタン)	230,000
LPGタンク	液化石油ガス (プロパン)	50,000
2号LNGタンク	液化天然ガス (メタン)	230,000

表 6.3-1 爆風圧の影響評価結果

想定火災源	危険限界距離 [m]	離隔距離 [m]
東京ガス (株) 日立LNG基地	407	4,000



図6.1-1 再処理施設と日立LNG基地の位置関係

7.結論

再処理施設から10 kmの範囲内の石油貯蔵施設において火災が発生した場合、再処理施設のコンクリート製建家表面及び第二付属排気筒評価の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度52.7℃であり、許容温度を下回ること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の健全性に影響を与えないことを確認した。また、第二付属排気筒表面の最高温度51.8℃であり、許容温度を下回ることから第二付属排気筒の健全性に影響を与えないことを確認した。

核燃料サイクル工学研究所周囲には石油コンビナート等特別防災区域に指定される石油コンビナート施設はなく、最も近くにある評価対象となった石油類貯蔵施設まで600 mと十分に離れていることから、敷地外を発生源とした有毒ガスの影響を考慮する必要はない。また、ばい煙の影響評価については、評価対象建家の入気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことを確認した。

再処理施設から 10 km の範囲内の高圧ガス貯蔵施設においてガス爆発が発生した場合、危険限界距離は隔離距離を下回っており、再処理施設の健全性に影響を与えないことを確認した。

以上の結果から、再処理施設の敷地外において火災及び爆発が発生した場合、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への影響はなく、これらの施設に内包される安全機能を有する構築物・系統及び機器に影響を及ぼさないものと評価した。

8. 参考文献

- [1] 原子力規制委員会，原子力発電所の外部火災影響評価ガイドの制定について，平成25年6月.
- [2] 茨城県防災会議 茨城県地域防災計画 資料編

石油類貯蔵施設からの熱影響評価：データの算出について

1. 石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について^[1]」（以下「ガイド」という。）に従い、石油類貯蔵施設からの熱影響評価を行った。石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータを表1-1に示す。

表 1-1 石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ

想定火災源	燃料の種類	燃料量 [m ³]	輻射発散度 ^{※1} [W/m ²]	質量低下 速度 ^{※2} [kg/m ² /s]	燃料密 度 [kg/m ³]	防油堤 面積 [m ²]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	軽油	7,322.6	42,000	0.044	860 ^{※3}	7,200
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	軽油	150	42,000	0.044	860 ^{※3}	160
出光興産(株)日立油槽所及び(株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	ガソリン	22,019	58,000	0.055	783 ^{※4}	7,100

※1：ガイド記載値

※2：NUREG-1805記載値

※3：JIS K2204-2007記載値

※4：JIS K2202-2012記載値

2. 燃焼半径の算出

円筒火炎モデルとして評価を実施するため、ガイドに従い、燃焼半径Rは防油堤面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

$$R = \sqrt{S/\pi} \quad [\text{m}]$$

R：燃焼半径 [m]， S：防油堤面積（＝燃焼面積） [m²]

計算結果は小数点第4位以下を切り上げとした。

石油類貯蔵施設の燃焼半径を表2-1に示す。

表 2-1 石油類貯蔵施設の燃焼半径

想定火災源	防油堤面積 [m ²]	燃焼半径 [m]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	7,200	47.874
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	160	7.137
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	7,100	47.540

3. 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度（＝質量低下速度／燃料密度）で除して算出した。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t ：燃焼継続時間 [s]， V ：燃料量 [m³]
 R ：燃焼半径 [m]， v ：燃焼速度 [m/s]

計算結果は小数点以下を切り上げとした。

石油類貯蔵施設の燃焼継続時間を表3-1に示す。

表 3-1 石油類貯蔵施設の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 [m ³]	燃焼半径[m]	質量 低下速度 [kg/m ² /s]	燃料密度 [kg/m ³]	燃焼継続 時間 [s]
東京電力(株)常陸那珂火力発電 所軽油貯蔵タンク	7,322.6	47.874	0.044	860	19,903
東京電力(株)常陸那珂火力発電 所2号軽油サービスタンク	150	7.137	0.044	860	18,347
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ 日立オイルターミナル	22,019	47.540	0.055	783	44,178

4. 石油類貯蔵施設と再処理施設までの離隔距離

石油類貯蔵施設と再処理施設までの離隔距離を表4-1に示す。

表 4-1 石油類貯蔵施設と再処理施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	1,600
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	600
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	7,100

5. 形態係数の算出

ガイドに従い、形態係数 ϕ は以下の式から算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{t} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} \div 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 離隔距離 [m], H : 炎の高さ [m], R : 燃焼半径 [m]
 m, n, A, B は小数点第5位以下を四捨五入した。

石油類貯蔵施設の形態係数を表5-1に示す。

表 5-1 石油類貯蔵施設の形態係数

想定火災源	離隔距離[m]	燃焼半径[m]	形態係数[-]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	1,600	47.874	1.75E-03
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	600	7.137	2.73E-04
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	7,100	47.540	8.61E-05

6. 輻射強度の算出

ガイドに従い、火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度Eは、輻射発散度に形態係数を乗じて算出した。

$$E=Rf \cdot \varphi$$

E: 輻射強度 [W/m²], Rf: 火炎輻射強度 [W/m²], φ : 形態係数

計算結果は小数点第3位以下を切り上げとした。

石油類貯蔵施設の輻射強度を表6-1に示す。

表 6-1 石油類貯蔵施設からの輻射強度

想定火災源	燃料輻射発散度 [W/m ²]	形態係数 [-]	輻射強度 [W/m ²]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	42,000	1.75E-03	73.50
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号 軽油サービスタンク	42,000	2.73E-04	11.47
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	58,000	8.61E-05	5.00

7. 参考文献

[1]原子力規制委員会, 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について, 平成 25 年 6 月.

石油類貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について

1. 影響評価対象範囲

東京電力(株)常陸那珂火力発電所（軽油貯蔵タンク，2号軽油サービスタンク）及び出光興産（株）日立油槽所及び(株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルを合算したものを発火源と想定した場合のコンクリート外壁面及び第二付属排気筒の温度評価を実施した。

2. 評価手法

2.1 許容温度

2.1.1 コンクリート製建家

コンクリート製建家については，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度200℃を許容温度とした。（別紙参考6-1-4-3-3-2-1）

2.1.1 第二付属排気筒

第二付属排気筒については，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度350℃*以下とした。

* 「発電用原子力設備規格 材料規格（JSMR）」に基づき，鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である350℃を許容温度とする。

2.2 コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式^[1]よりコンクリート表面の温度上昇を求め，コンクリート外壁表面の温度Tが許容温度200℃以下であるかを評価した。また，同式を用いて，外壁表面の温度が200℃となる輻射強度を算出した。

$$T = T_0 + \left(\frac{E}{h}\right) \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}\right) - \exp\left(\frac{h}{\lambda}x + \frac{h^2}{\lambda^2}\kappa t\right) \left\{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}} + \frac{h}{\lambda\sqrt{\kappa t}}\right)\right\}\right] \quad (1)$$

T : コンクリート表面から x [m]の位置の温度[℃]

T_0 : 初期温度 (50 [℃]) *¹

h : 熱伝達率 (17 [W/m²/K]) ^[2]

κ : コンクリート温度伝導率 (= $\lambda/(\rho C_p)$) [m²/s]

ρ : コンクリート密度 (2400 [kg/m³]) ^[3]

C_p : コンクリート比熱 (963 [J/kg/K]) ^[3]

λ : コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m/K]) ^[3]

E : 輻射強度[W/m²]

- t : 燃焼継続時間[s]
 x : コンクリート壁表面深さ (0 [m])
 ※1 : 水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温に保守性を持たせた値

(1) 式で求めた輻射強度となる形態係数 Φ を、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について^[4]」(以下「ガイド」という。)に従い(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

- E : 輻射強度 [W/m²]
 R_f : 火炎輻射強度 [W/m²]
 ϕ : 形態係数

(2) 式で求めた形態係数 ϕ となる危険距離 L をガイドに従い(3)式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \quad (3)$$

- ϕ : 形態係数
 H : 火炎長 [m]
 L : 離隔距離 [m]
 R : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお、天井スラブは以下の理由により、外壁の評価に包絡されるため実施しない。

- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。

なお、温度については小数点1桁で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

コンクリート製外壁に対する熱影響評価結果を表2.2-1に示す。

コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は52.7℃であり許容温度である200℃以下であることを確認した。コンクリート製建家表面の温度が、コンクリートの許容温度200℃以下となる危険

距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

2.3 第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、下記の熱バランス式^[5]より第二付属排気筒の温度上昇を求め、第二付属排気筒の温度Tが許容温度350℃以下であることを評価した。また、同式を用いて、第二付属排気筒の温度が350℃となる輻射強度を算出した。

$$T = \frac{E}{2h} + T_0 \quad (1)$$

T : 温度 [°C]

E : 輻射強度 [W/m²]

h : 熱伝達率 (17.0 [W/m²/K])^[2]

T₀ : 周囲空気温度 (50 [°C])^{*1}

※1 : 水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温に保守性を持たせた値

(1)式で求めた輻射強度となる形態係数Φを、ガイドに従い(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

E : 輻射強度 [W/m²]

R_f : 火炎輻射強度 [W/m²]

φ : 形態係数

(2)式で求めた形態係数φとなる危険距離Lをガイドに従い(3)式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \quad (3)$$

φ : 形態係数

H : 火炎長 [m]

L : 離隔距離 [m]

R : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

なお、温度については小数点1桁で切り上げし、危険距離についてはメートル

ル単位で、切り上げとした。

第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表2.2-2に示す。

第二付属排気筒の温度上昇を評価した結果、第二付属排気筒の最高温度は51.8℃であり許容温度である350℃以下であることを確認した。第二付属排気筒の温度が、鋼材（SMA41）の許容温度350℃以下となる危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

表 2.2-1 コンクリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.7	195
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.5	29
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.3	257

表 2.2-2 第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
東京電力(株)常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	51.8	97
東京電力(株)常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.2	15
出光興産(株)日立油槽所 及び (株)日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.2	127

3. 参考文献

- [1]安全工学講座1 火災1983年海文堂出版
- [2]空気調和・衛生工学便覧 空気調和・衛生工学会 (2010)
- [3]日本機械学会 伝熱工学資料改訂第5版 (2009)
- [4]原子力規制委員会, 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について, 平成 25 年 6 月.
- [5]建築火災のメカニズムと火災安全設計, 原田和典, (財)日本建築センター, (2007)

コンクリートの許容温度について

1. コンクリートの許容温度

「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」^[1]に基づき、コンクリートの強度が維持される温度である 200℃を許容温度として設定する。図 1-1 に「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋を示す。

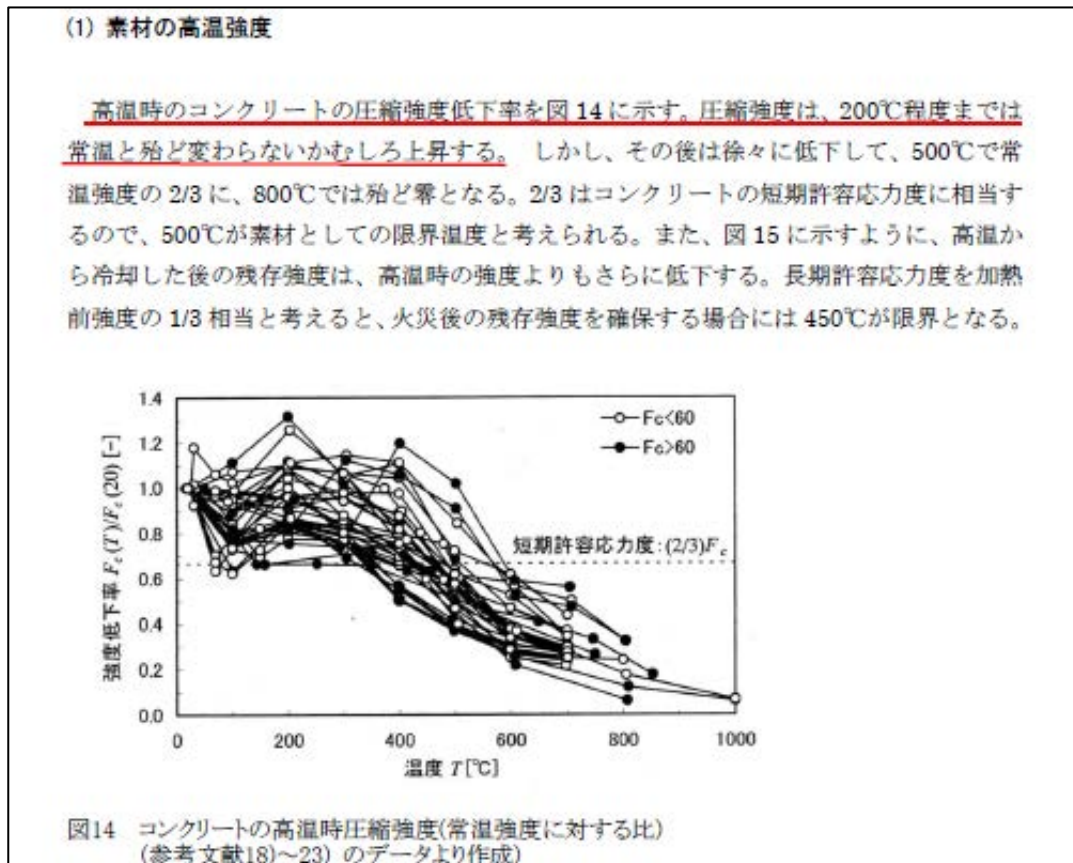


図 1-1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋

2. 参考文献

[1] 建築火災のメカニズムと安全設計，原田和典，財団法人日本センター，(2007)

有毒ガス及びばい煙の影響評価について

1. 概要

外部火災により発生するばい煙については、火災による上昇気流により上空に運ばれる。また、敷地外10 km以内には、石油コンビナート等特別防災区域に指定される石油コンビナート施設はなく、最も近くにある評価対象となった石油類貯蔵施設まで600 mと十分に離れていることから、敷地外を発生源とした有毒ガスの影響を考慮する必要はないが、ばい煙が防護対象設備の周辺に滞留する可能性を考慮し、ばい煙が設備に与える影響について、評価を実施する。

2. 評価対象

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド¹⁴⁾」では、ばい煙による安全上重要な設備に対する影響として、燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等が挙げられている。

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電力やユーティリティを供給する既設の恒設設備（外部電源及び非常用発電機、蒸気及び工業用水の供給施設）については事故対処設備として配備する設備により代替するため、ばい煙の影響が想定される設備として、「外気を取り込む空調系統」について評価を実施する。また、建家内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気を取り込まれた場合の居住性の観点から評価を実施する。影響評価対象設備を表2-1に示す。

表 2-1 ばい煙及び有毒ガスによる影響評価対象

分類	評価対象設備	
機器への影響	外気を取り込む空調系統	換気系設備
居住性への影響	外気を取り込む空調系統	HAW 内居住空間 TVF 内居住空間

3. 評価結果

3.1 外気を取り込む空調系統

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換気系統の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。捕集率85%以上（粒形10 μ m）のプレフィルタおよび捕集率97%以上（粒形0.3 μ ）のフィルタを有しているため、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙は、このフィルタにより侵入を阻止可能である。また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、給気圧又は施設負圧を監視することで検知可能である。

したがって、ばい煙の影響により外気を取り込む空調系統に直ちに影響を与えることはない。

HAW換気系の系統概略図を図3-1に、TVF換気系の系統概略図を図3-2に示す。

3.2 居住性評価

再処理施設から最も近くにある評価対象となった石油類貯蔵施設まで600 mと十分に離れていることから、敷地外を発生源とした有毒ガスの影響はない。

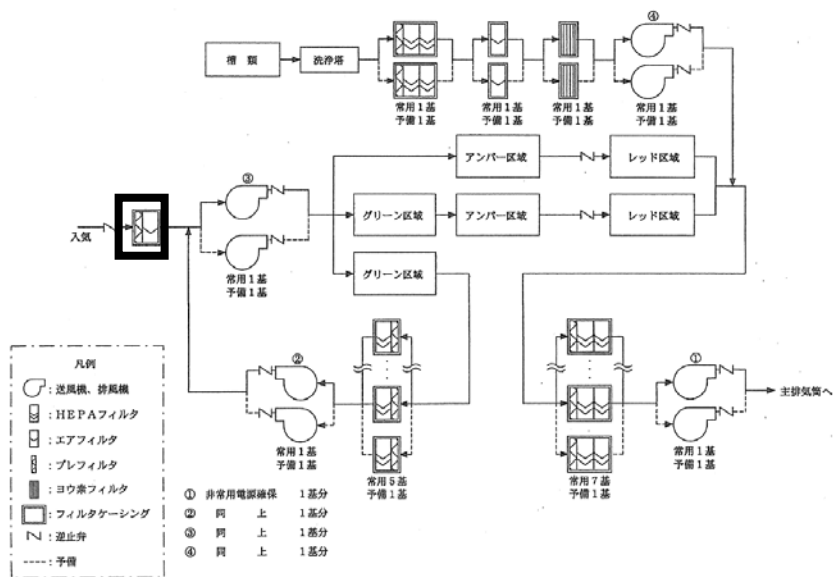


図 3-1 HAW 換気系の系統概略図

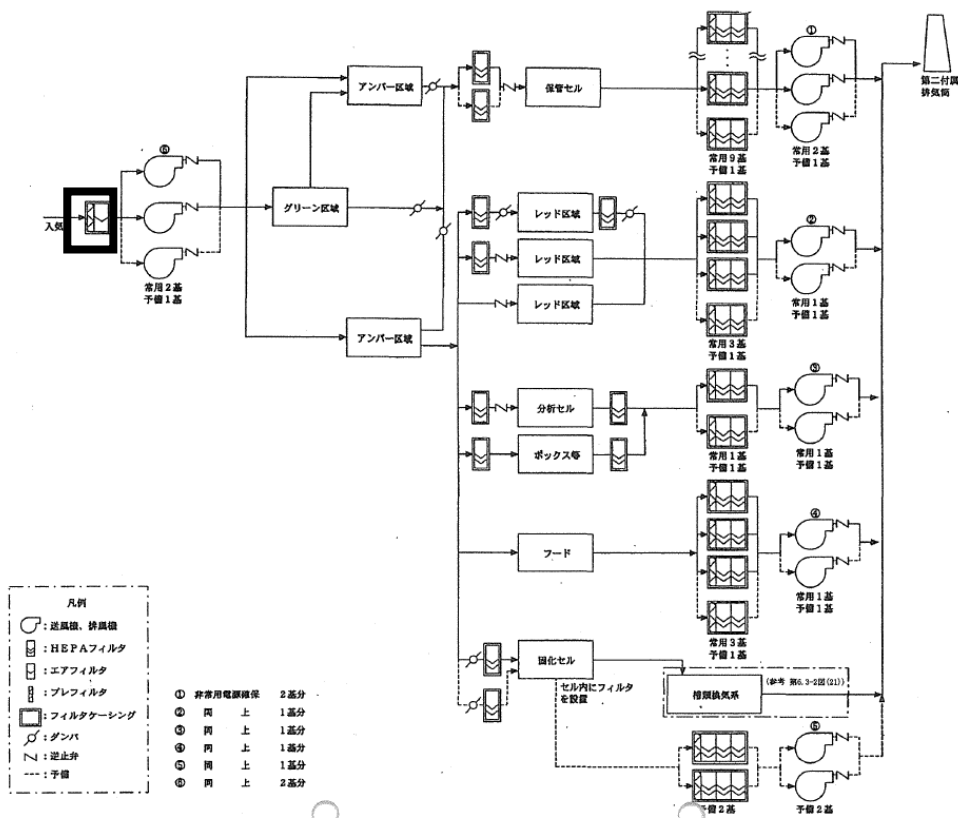


図 3-2 TVF 換気系の系統概略図

4. 参考文献

[1]原子力規制委員会，発電所の外部火災影響評価ガイド，平成25年6月.

高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価

1. 影響評価対象範囲

再処理施設より約4000 mの位置にある東京ガス（株）の日立LNG基地内にある1号LNGタンク、LPGタンク及び現在建設中の2号LNGタンクを合算したものを爆発源と想定した場合のガス爆発影響評価を「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」^[1]（以下「ガイド」という。）に基づき実施した。

2. 高圧ガス貯蔵施設及びガスに係るデータ

石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータを表2-1に示す。

表2-1 石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ

	1号LNGタンク	LPGタンク	2号LNGタンク
ガス種類	液化天然ガス (メタン)	液化石油ガス (プロパン)	液化天然ガス (メタン)
タンク容量 [m ³]	230,000	50,000	230,000
ガス密度 [kg/m ³]	424.8 ^{※1}	620 ^{※2}	424.8 ^{※1}
K値 [-] ^{※3}	714	888	714
ガス質量 [t]	97,704	31,000	97,704

※1：伝熱工学資料第5版記載値

※2：JIS K2240-2013 記載値

※3：ガイド記載値

3. 評価手法

日立LNG基地内には2種類のガスが貯蔵されているため、ガイドに基づき以下の式より危険限界距離を算出した。

$$X = 0.04\lambda\sqrt{K \times W}$$

X：危険限界距離[m]

λ：換算距離 (14.4[m・kg^{-1/3}])

K：石油類の定数[-]

W：設備定数[-]

また、ガイドには、2つ以上のガスがある場合においては、それぞれのガスの量（単位 トン）の合計量の平方根の数値にそれぞれのガスの量の当該合計量に対する割合を乗じて得た数値に、それぞれのガスに係るKを乗じて得た数値の合計により、危険限界距離を算出するとある。

それぞれのガス量の当該合計量に対する割合は表2-1より

$$\text{液化天然ガス（メタン）} : A = (97704 + 97704) / (97704 + 31000 + 97704) \\ = 0.863$$

$$\text{液化天然ガス（プロパン）} : B = 31000 / (97704 + 31000 + 97704) \\ = 0.137$$

次にガスの量の合計値の平方根であるWtは表2-1より、

$$Wt = \sqrt{97704 + 31000 + 97704} = 475.823$$

したがって、危険限界距離Xは、

$$X = 0.04 \times 14.4 \sqrt[3]{(714 \times 1000 \times A \times Wt) + (888 \times 1000 \times B \times Wt)} = 407$$

以上より、日立LNG基地までの距離4000 mは危険限界距離407 mを上回っているため、日立LNG基地がガス爆発を起こしても再処理施設への影響がないことを確認した。

4. 参考文献

- [1]原子力規制委員会, 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について, 平成 25 年 6 月.

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
開発棟の航空機墜落による火災に関する説明書

1.基本方針

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所（再処理施設）（以下、「再処理施設」という）の廃止措置計画において、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部火災（原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災）に対する安全対策の検討は、「添付資料 6-1-4-2-1 再処理施設の廃止措置を進めていく上での外部火災対策の基本的考え方」に基づいて行う。また、影響評価については「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（原子力規制委員会，平成25年6月19日）^[1]（以下「ガイド」という。）を参考に実施する。

2.航空機墜落における火災熱影響評価

以下のデータを基に航空機墜落における火災熱影響評価を実施した。

2.1 評価条件

2.1.1 航空機墜落における火災の想定

航空機墜落の火災の想定は以下のとおりとした。

(1) 想定条件

- a. 航空機は当該再処理施設における航空機落下評価の対象機種のうち燃料積載量が最大の機種とした。
- b. 航空機は燃料を満載した状態を想定した。
- c. 航空機の落下は再処理施設敷地内であって落下確率が 10^{-7} （回/炉・年）以上になる範囲のうち再処理施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定した。
- d. 航空機の墜落によって燃料に着火し、火災が起こることを想定した。
- e. 気象条件は無風状態とした。
- f. 火災は円筒火炎モデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とした。

(2) 輻射強度の算定

油火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるために、半径が1.5 m以上の場合で、火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火炎モデルを採用した。

2.1.2 航空機の選定

航空機落下確率評価では、評価条件の違いに応じたカテゴリに分けて落下確率を求めている。また、機種によって装備、飛行形態等が同一ではなく、落下事故件数及び火災影響の大きさに差がある。したがって、これらを考慮したカテゴリごとに航空機墜落による火災の影響評価を実施する。

考慮する航空機落下に関する諸条件を表 2.1.2-1 に示す。選定の詳細を別紙 6-1-4-3-4-1 に示す。

2.2 データの算出

熱影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・ 航空機及び燃料に係るデータ
- ・ 燃焼半径の算出
- ・ 燃焼継続時間の算出
- ・ 航空機墜落地点と影響評価対象施設までの離隔距離
- ・ 形態係数の算出
- ・ 輻射強度の評価

データの算出過程を別紙 6-1-4-3-4-1 及び別紙 6-1-4-3-4-2 に示す。航空機落下確率が 10^{-7} (回/炉・年) に相当する面積より、航空機落下確率評価で標的面積として考慮している影響評価対象施設からの離隔距離(墜落地点)を求めた。落下事故のカテゴリごとの離隔距離を表 2.2-1 に示す。

計器飛行方式民間航空機の②航空路を巡航時については、対象航空機が同じ B747-400 でありより離隔距離の短い有視界方式民間航空機の③大型機(大型固定翼機および大型回転翼機)の評価に内包されるため評価対象外とした。

有視界方式民間航空機の④小型機(小型固定翼機および小型回転翼機)については、燃料搭載量が最大となる Do228-200 であっても 3 m^3 と F-15 の 15 m^3 に比べて年連搭載量が少ないため、より離隔距離の短い自衛隊機又は米軍機の⑦基地-訓練空域間往復時の評価に内包されるため評価対象外とした。

自衛隊機又は米軍機の訓練区域外を飛行中の⑥その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機については、対象航空機が同じ F-15 でありより離隔距離の短い自衛隊機又は米軍機の⑦基地-訓練空域間往復時の評価に内包されるため評価対象外とした。

2.3 外壁に対する熱影響評価

(1) 影響評価対象範囲

カテゴリ毎における航空機墜落によって発生する火災を想定した場合のコンクリート外壁面及び第二付属排気筒の温度評価を実施した。

(2) 評価手法

a. 許容温度

コンクリート製建家については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200°C を許容温度とした。第二付属排気筒については、鋼材(SMA41)の強度が維持される保守的な温度 350°C 以下とした。

b. コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した。コンクリート外壁に対する熱影響評価結果を表 2.3-1 に示す。評価の詳細を別紙 6-1-4-3-4-3 に示す。

評価の結果、コンクリート表面の最高温度は77.9℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

また、航空機が森林に落下した場合の航空墜落による火災と森林火災との重畳を考慮し評価をしたとしてもコンクリート表面の最高温度は148.9℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。重畳評価結果を表2.3-2に示す。評価の詳細を別紙参考6-1-4-3-4-3-2に示す。

c. 第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第二付属排気筒が昇温されるものとして、第二付属排気筒の温度上昇を評価した。第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を第2.3-3表に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-3-4-3に示す。

評価の結果、第二付属排気筒の最高温度は82.5℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

また、航空機が森林に落下した場合の航空墜落による火災と森林火災との重畳を考慮し評価をしたとしても第二付属排気筒の最高温度は109.5℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。重畳評価結果を表2.3-4に示す。評価の詳細を別紙参考6-1-4-3-4-3-2に示す。

表2.1.2-1 考慮する航空機

落下事故のカテゴリ		対象航空機	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	
	航空路を巡航時	B747-400	
有視界方式 民間航空機	大型機 (大型固定翼機および大型回転翼機)	B747-400	
	小型機 (小型固定翼機および小型回転翼機)	Do228-200	
自衛隊機 又は米軍機	訓練区域外 を飛行中	空中給油機等, 高高度での巡航 が想定される大型固定翼機	KC-767
		その他の大型固定翼機, 小型固 定翼機および回転翼機	F-15
	基地－訓練空域間往復時	F-15	

表2.2-1 考慮する航空機

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離 [m]
計器飛行方式 民間航空機	①飛行場での離発着時	B737-800	228
	②航空路を巡航時	B747-400	315
有視界方式 民間航空機	③大型機 (大型固定翼機および大型回転翼機)	B747-400	209
	④小型機 (小型固定翼機および小型回転翼機)	Do228-200	95
自衛隊機 又は米軍機	訓練区域外 を飛行中	⑤空中給油機等, 高高度での巡 航が想定される大型固定翼機	200
		⑥その他の大型固定翼機, 小型 固定翼機および回転翼機	58
	⑦基地－訓練空域間往復時	F-15	39

表 2.3-1 コンクリート外壁に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
飛行場での離発着時		B737-800	51.9	23
大型機（大型固定翼機および大型回転翼機）		B747-400	63.9	57
訓練空域外を 飛行中	空中給油機等，高高度での巡航 が想定される大型固定翼機	KC-767	59.7	46
基地－訓練空域間往復時		F-15	77.9	15

表 2.3-2 重畳評価結果

施設	壁面温度[°C]
HAW	106.9
TVF	148.9

表 2.3-3 第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
飛行場での離発着時		B737-800	52.3	15
大型機（大型固定翼機および大型回転翼機）		B747-400	64.8	36
訓練空域外を 飛行中	空中給油機等，高高度での巡航 が想定される大型固定翼機	KC-767	61.0	31
基地－訓練空域間往復時		F-15	82.5	11

表 2.3-4 重畳評価結果

施設	壁面温度[°C]
第二付属排気筒	109.5

3. 有毒ガス影響評価

3.1 目的

東海再処理施設における施設の入気口位置における、外部火災による有毒ガス濃度の評価を実施した。

想定事象は2.で実施した航空機墜落における火災とした。

3.2 評価手法

火災による有毒ガス発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で使用される有風時プルーム式を用いて、評価対象施設入気口における有毒ガス濃度を評価した。入気口における有毒ガス濃度の計算に用いる手法を別紙 6-1-4-3-4-4 に示す。

図 3.2-1 に、評価手法の概要を示す。

本評価では、危険物タンク火災及び航空機墜落における火災を想定し、それぞれの火災により発生する有毒ガスの入気口位置における濃度を求めた。それぞれの火災源に対して算出した入気口位置の有毒ガス濃度の合算値を評価値として、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」^[2]で判断基準とされている IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)^[3]の値以下であることを確認した。IDLH を表 3.2-1 に示す。

評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生する有毒ガス発生量を算出する。
- ② 火災源における排気熱量を算出する。
- ③ 排煙上昇過程式を用いて、入気口中央の地表面からの高さと同くなる風速を求める。
- ④ 有風時プルーム式を用いて、入気口における有毒ガス濃度を求める。

3.3 評価に用いるデータ

3.3.1 評価対象となる入気口

以下の2か所の入気口を評価対象とした。

- ・高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 入気チャンバー
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟給気塔

3.3.2 火災発生時の有毒ガス発生量の算出

有毒ガスの発生量は以下のとおり算出した。

- ・CO₂発生量：環境省の温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル^[4]に基づき算出
- ・CO発生量：原油火災試験^[5]の計測結果を採用
- ・SO₂及びNO₂発生量：米国EPA（環境省）及びFAA（連邦航空局）が提示するEmission Factorを使用^[6]^[7]

3.3.3 評価対象及び火災源に関するデータ

以下を火災源とした。

(1) 航空機墜落における火災

- ・計器飛行方式民間航空機 B737-800
- ・有視界方式民間航空機大型機 B747-400
- ・自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767
- ・自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15

有毒ガス影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・評価対象に関するデータ (離隔距離, 高低差)
- ・燃焼特性に関するデータ (発熱量, 質量低下速度, 他)
- ・火災源に関するデータ (燃焼面積, 風速, 他)
- ・拡散パラメータ

データの算出を別紙 6-1-4-3-4-4-1 に示す。

3.4 有毒ガス影響評価結果

表3.4-1～表3.4-4に有毒ガス影響評価の結果及びIDLH値を示す。

危険物タンクの火災を想定した有毒ガス影響評価については、全対象についてIDLH値以下となった。

表 3.2-1 IDLH(Immediately Dangerous to Life and Health) 値

基準	ガス濃度 [ppm]			
	CO ₂	CO	SO ₂	NO ₂
IDLH 値	40,000	1,200	100	20

表 3.4-1 評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

評価対象	高低差 [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			oy [m]	oz [m]	CO ₂ (40,000)	CO (1,200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW施設入気チャンバー	21.000	35.0	17.165	11.407	171	2.75	0.05	0.28
TVF開発棟給気塔	25.450	28.8	17.165	12.295	192	3.1	0.05	0.32

表 3.4-2 評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

評価対象	高低差 [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			oy [m]	oz [m]	CO ₂ (40,000)	CO (1,200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW施設入気チャンバー	21.000	58.5	15.83	10.893	643	10.36	0.16	1.06
TVF開発棟給気塔	25.450	48.3	15.833	11.803	718	11.57	0.17	1.19

表 3.4-3 評価結果(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767)

評価対象	高低差 [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			oy [m]	oz [m]	CO ₂ (40,000)	CO (1,200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW施設入気チャンバー	21.000	51.8	15.198	10.651	611	9.44	0.09	0.97
TVF開発棟給気塔	25.450	42.7	15.198	11.589	681	10.52	0.10	1.08

表 3.4-4 評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15)

評価対象	高低差 [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			oy [m]	oz [m]	CO ₂ (40,000)	CO (1,200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW施設入気チャンバー	21.000	8.3	3.328	7.028	2918	45.08	0.41	4.92
TVF開発棟給気塔	25.450	6.8	3.328	8.445	2962	45.76	0.42	5.00

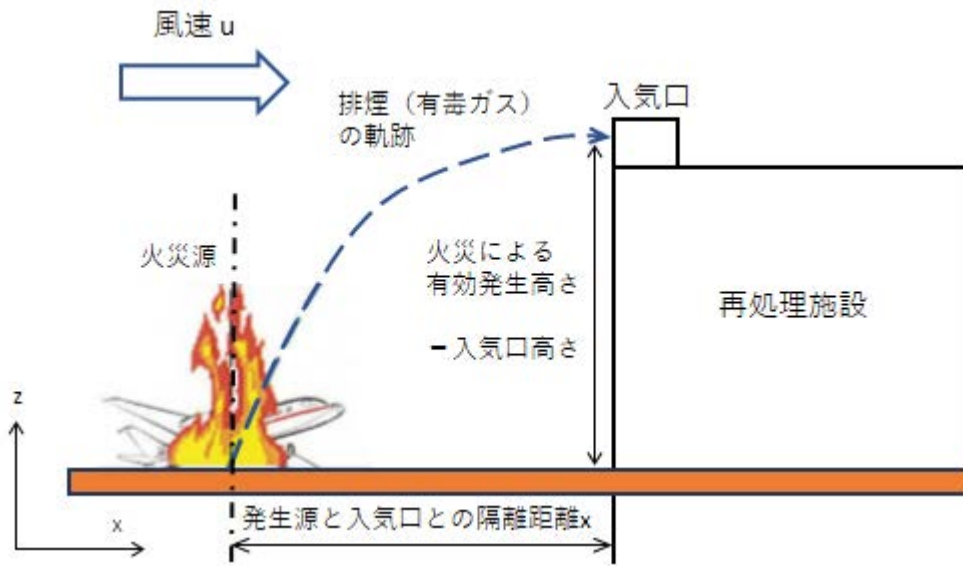


図 3.2-1 入気口における有毒ガス濃度評価手法の概要

4. ばい煙影響評価

4.1 目的

東海再処理施設における施設の入気口位置における、外部火災によるばい煙濃度の評価を実施した。

想定事象は、2.で実施した航空機墜落における火災とした。

4.2 評価手法

「3. 有毒ガス影響評価」と同様な手法により、評価対象施設入気口におけるばい煙濃度を評価した。入気口におけるばい煙濃度の計算に用いる手法を別紙 6-1-4-3-4-4 に示す。

本評価では、危険物タンク火災を想定し、それぞれの火災により発生するばい煙の入気口位置における濃度を求める。それぞれの火災源に対して算出した入気口位置のばい煙濃度の合算値を評価値とした。

評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生するばい煙発生量を算出する。
- ② 火災源における排気熱量を算出する。
- ③ 排煙上昇過程式を用いて、入気口中央の地表面からの高さと同しくなる風速を求める。
- ④ 有風時ブルーム式を用いて、入気口におけるばい煙濃度を求める。

4.3 評価に用いるデータ

4.3.1 評価対象となる入気口

以下の2か所の入気口を評価対象とした。

- ・高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 入気チャンバー
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟給気塔

4.3.2 火災発生時のばい煙発生量の算出

ばい煙の発生量は以下とおり算出した。

- ・ばい煙発生量：消防研報告書^[8]より、煙収率^(※)は0.10～0.15となることから、保守的に煙収率0.15として算出
- (※)煙収率：燃料中の炭素が煙に変換する割合

4.3.3 評価対象及び火災源に関するデータ

以下を火災源とした。

(1) 航空機墜落における火災

- ・計器飛行方式民間航空機 B737-800
- ・有視界方式民間航空機大型機 B747-400
- ・自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767
- ・自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15

ばい煙影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・評価対象に関するデータ（離隔距離，高低差）
- ・燃焼特性に関するデータ（発熱量，質量低下速度，他）
- ・火災源に関するデータ（燃焼面積，風速，他）
- ・拡散パラメータ

データの算出を添付別紙 6-1-4-3-4-4-1 に示す。

4.4 ばい煙影響評価結果

表4.4-1～表4.4-4にばい煙影響評価の結果を示す。

危険物タンクの火災を想定した有毒ガス影響評価については、すべての評価対象においてばい煙の濃度が低く、また評価対象建家の入気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことが確認された。HAW換気系の系統概略図を図4.4-1に、TVF換気系の系統概略図を図4.4-2に示す。

表 4.4-1 評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

評価対象	高低差 [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙 濃度 [mg/m ³]
			oy [m]	oz [m]	
HAW施設入気チャンバー	21.000	35.0	17.165	11.407	17
TVF開発棟給気塔	25.450	28.8	17.165	12.295	19

表 4.4-2 評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

評価対象	高低差 [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙 濃度 [mg/m ³]
			oy [m]	oz [m]	
HAW施設入気チャンバー	21.000	58.5	15.83	10.893	62
TVF開発棟給気塔	25.450	48.3	15.833	11.803	70

表 4.4-3 評価結果(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767)

評価対象	高低差 [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙 濃度 [mg/m ³]
			oy [m]	oz [m]	
HAW施設入気チャンバー	21.000	51.8	15.198	10.651	59
TVF開発棟給気塔	25.450	42.7	15.198	11.589	66

表 4.4-4 評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15)

評価対象	高低差 [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙 濃度 [mg/m ³]
			oy [m]	oz [m]	
HAW施設入気チャンバー	21.000	8.3	3.328	7.028	281
TVF開発棟給気塔	25.450	6.8	3.328	8.445	285

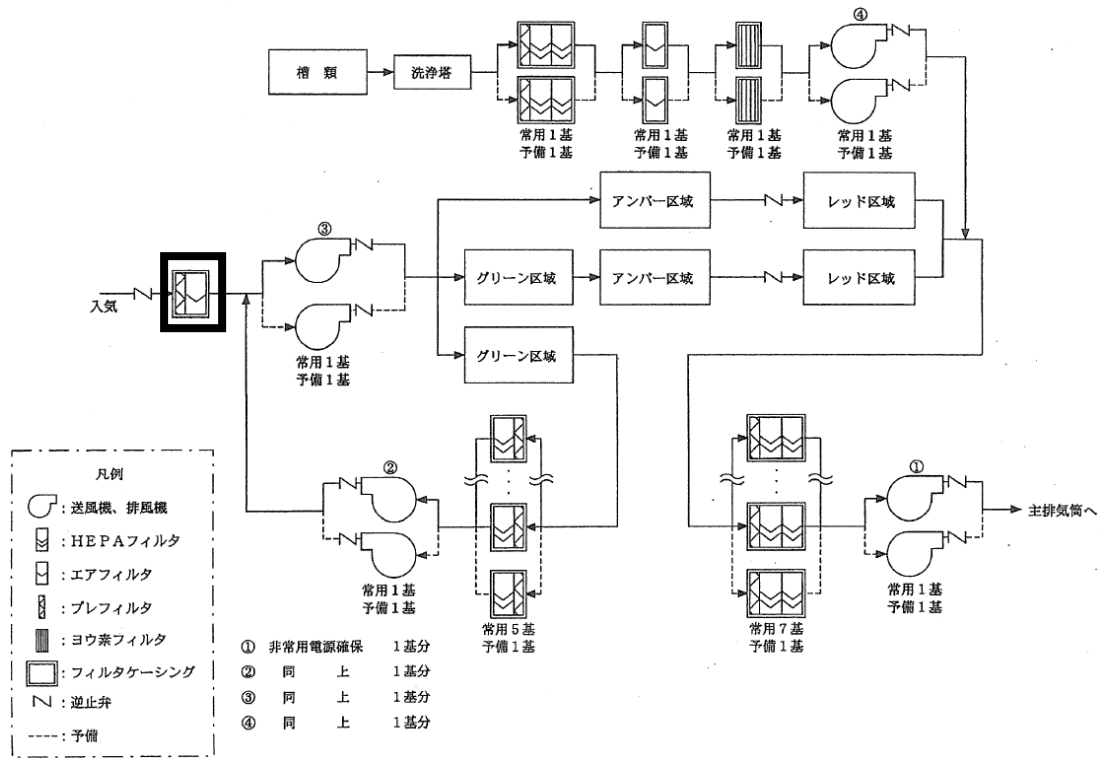


図 4.4-1 HAW 換気系の系統概略図

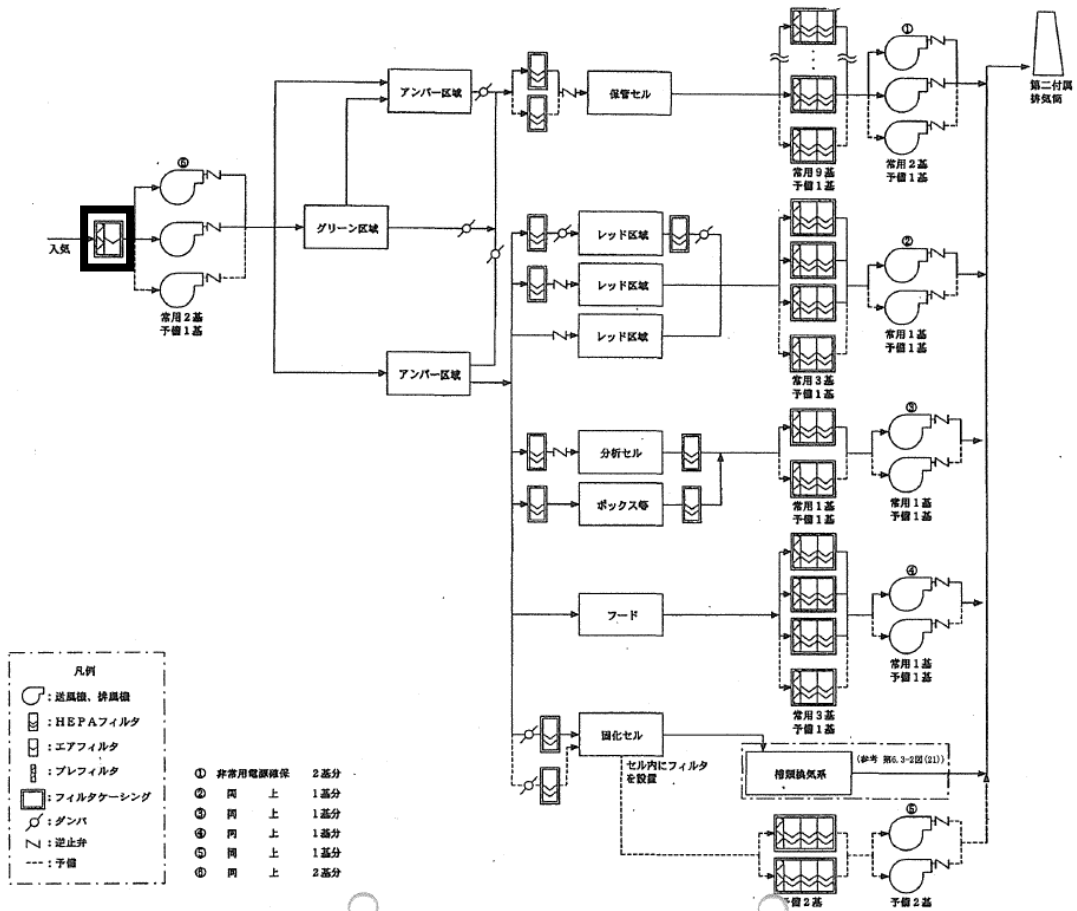


図 4.4-2 TVF 換気系の系統概略図

5.結論

落下確率が 10^{-7} （回/炉・年）以上になる範囲のうち東海再処理施設への影響が最も厳しくなる地点に墜落した航空機において火災が発生した場合、東海再処理施設のコンクリート製建家表面及び第二付属排気筒の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は 77.9°C であり、許容温度を下回ること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の健全性に影響を与えないことを確認した。また第二付属排気筒の最高温度は 82.5°C であり、許容温度を下回ることから第二付属排気筒の健全性に影響を与えないことを確認した。

なお、航空機が森林に落下した場合の航空墜落による火災と森林火災との重畳を考慮し評価をしたとしてもコンクリート表面の最高温度は 148.9°C であり、許容温度である 200°C 以下であることを確認した。また同様に、第二付属排気筒の最高温度は 109.5°C であり、許容温度である 350°C 以下であることを確認した。

落下確率が 10^{-7} （回/炉・年）以上になる範囲のうち東海再処理施設への影響が最も厳しくなる地点に墜落した航空機において火災が発生した際の有毒ガスの濃度はIDLHの値を下回ることから、有毒ガスによる影響はないことを確認した。また、同火災を想定したばい煙の影響評価については、すべての評価対象においてばい煙の濃度が低く、また評価対象建家の入気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことを確認した。

以上の結果から、東海再処理施設の敷地内外において火災及び爆発が発生した場合、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への影響はなく、これらの施設に内包される安全機能を有する構築物・系統及び機器に影響を及ぼさないものと評価した。

6. 参考文献

- [1] 原子力規制委員会, 原子力発電所の外部火災影響評価ガイドの制定について, 平成25年6月. [1] 茨城県防災会議 茨城県地域防災計画 資料編
- [2] 建築火災のメカニズムと火災安全設計 (財団法人 日本建築センター)
- [3] 原子力規制委員会 有毒ガス防護に係る影響評価ガイド (平成29年4月)
- [4] The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values (<https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>)
- [5] 環境省温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver3.4)
- [6] Ross J.L., Ferek R.J. and Hobbs P.V., " Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean" ,J. Air & Water Manage. Assoc. ,46 , pp.251-259(1996).
- [7] U.S. EPA AP-42, " Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I: Stationary Point and Area Sources".
- [8] FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- [9] 消防研究所研究資料第46号, 大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書 (平成11年)

航空機墜落における火災熱影響評価：対象航空機について

1. 対象航空機の選定

航空機落下確率評価では、評価条件の違いに応じたカテゴリに分けて落下確率を求めている。また、機種によって装備、飛行形態等が同一ではなく、落下事故件数及び火災影響の大きさに差がある。したがって、これらを考慮したカテゴリごとに航空機の選定を実施した。落下事故のカテゴリを表1-1に示す。

1.1 計器飛行方式民間航空機

計器飛行民間航空機の落下事故には、「①飛行場での離発着時」における落下事故及び「②航空路を巡航時」における落下事故がある。

①については、東海再処理施設から約33 km離れた位置に茨城空港があり、最大離着陸距離（最大離着陸地点（航空路誌（AIP）に記載された離着陸経路において着陸態勢に入る地点あるいは離陸態勢を終える地点をいう。）までの直線距離）約56 kmを半径とし、飛行場の滑走路端から滑走路方向に対して $\pm 60^\circ$ の扇型区域に東海再処理施設が存在するため、評価対象とする。詳細を別紙参考6-1-4-3-4-1-1及び別紙参考6-1-4-3-4-1-2に示す。

①における航空機は、茨城空港の定期便のうち、燃料積載量が多い航空機を（B737-800）を選定した。

②については、東海再処理施設上空に航空路が存在するため、評価対象とする。詳細を別紙参考6-1-4-3-4-1-3に示す。

②における航空機は、評価対象航空路を飛行すると考えられる定期便のうち燃料積載量が最大の航空機（B747-400）を選定した。

1.2 有視界飛行方式民間航空機

有視界飛行方式民間航空機の落下事故には、「③大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）」の落下事故と「④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）」の落下事故がある。

③における航空機については、全国の有視界飛行が可能な民間航空機のうち、燃料積載量が最大となる航空機（B747-400）を選定した。

④における航空機については、全国の有視界飛行が可能な小型民間航空機のうち、燃料積載量が最大となる航空機（Do228-200）を選定した。

1.3 自衛隊機又は米軍機

自衛隊機又は米軍機の落下事故には、「訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中⑤⑥」の落下事故と「⑦基地－訓練空域間往復時」の落下事故がある。

⑤⑥については、東海再処理施設周辺上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。

⑤における航空機については、全国の自衛隊機及び米軍機のうち燃料積載量

が最大となる航空機（KC-767）を選定した。

⑥における航空機については、全国の自衛隊機及び米軍機のうち空中輸送機の高高度での巡行が想定される大型機を除き燃料積載量が最大となる航空機（F-15）を選定した。

⑦については、東海再処理施設周辺の太平洋沖合上空に自衛隊機の訓練空域があり、東海再処理施設は自衛隊の百里基地と訓練空域間の想定飛行範囲（基地と訓練空域間を往復時の飛行範囲として、想定される区域）内に位置することから、自衛隊機の落下事故を評価対象とする。

⑦における航空機については、百里基地に所属する自衛隊機のうち燃料積載量が最大となる航空機（F-15）を選定した。

表1-1 落下事故のカテゴリ

落下事故のカテゴリ		
計器飛行方式 民間航空機	①飛行場での離発着時	
	②航空路を巡航時	
有視界方式 民間航空機	③大型機 (大型固定翼機および大型回転翼機)	
	④小型機 (小型固定翼機および小型回転翼機)	
自衛隊機 又は米軍機	訓練区域外 を飛行中	⑤空中給油機等, 高高度での巡 航が想定される大型固定翼機
		⑥その他の大型固定翼機, 小型 固定翼機および回転翼機
	⑦基地－訓練空域間往復時	

2. 離隔距離の評価

影響評価対象施設として、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を考慮し、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」（平成21・06・25原院第1号）の航空機落下確率評価式に基づき、カテゴリ毎に落下確率が 10^{-7} （回/炉・年）に相当する面積を算出し、その結果を用いて影響評価対象施設に対する離隔距離を算出した。離隔距離の算出方法を別紙参考6-1-4-3-4-1-4に示す。

2.1 計器飛行方式民間航空機

2.1.1 ①飛行場での離発着時

$$Pd, a = fd, a \cdot Nd, a \cdot A \cdot \Phi d, a(r, \theta)$$

$P_{d,a}$: 対象施設への離着陸時の航空機落下確率 (回/年)
 $f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$: 対象航空機の国内での離着陸時事故率
 (回/離着陸回)
 $D_{d,a}$: 国内での離着陸時事故件数 (回)
 $E_{d,a}$: 国内での離着陸回数 (離着陸回)
 $N_{d,a}$: 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数 (離着陸回/年)
 A : 標的面積 (km^2)
 $\Phi_{d,a}(r,\theta)$: 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数
 ($/\text{km}^2$)

飛行場	茨城空港
$f_{d,a}^{*1}$	約 1.43×10^{-7} (= 4/27,887,158)
$N_{d,a}^{*2}$	4210
$\Phi_{d,a}(r,\theta)^{*3}$	2.855×10^{-4}
空港までの距離 ^{*4}	約33.2 km
滑走路方向に対する角度 ^{*5}	11.72°
最大離着陸距離 ^{*6}	約56 km (30 nm)

- ※1 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において離着陸時に1件、着陸時に3件。
 離着陸回数は、平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表 1.輸送実績」における運航回数の国内の値及び国際の値の合計値。
- ※2 H24年空港管理状況調書(国土交通省)における百里(共用)の着陸回数を2倍した値。
- ※3 別紙参考6-1-4-3-4-1-5のとおり
- ※4 東海再処理施設と空港の緯度及び経度から、測量計算サイトより算出。
- ※5 別紙参考6-1-4-3-4-1-2のとおり
- ※6 AIP JAPANに基づき設定。別紙参考6-1-4-3-4-1-1参照

これらの式より $P_{d,a} = 10^{-7}$ に相当する標的面積 A を求めると約 0.58 km^2 となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、228 mとなる。

2.1.2 ②航空路を巡行中の落下事故

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A/W$$

Pc : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

fc=Gc/Hc :

単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率 (回/(飛行回・km))

Gc : 巡航中事故件数 (回)

Hc : 延べ飛行距離 (飛行回・km)

Nc : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

A : 標的面積 (km²)

W : 航空路幅 (km)

	直行経路	広域広報経路
対象航空路 ^{※1}	IWAKI(IXE)–SWAMP IWAKI(IXE)– KISARAZU(KZE)	Y30 (LOTUS–SWAMP)
Fc ^{※2}	約 5.13×10 ⁻¹¹ (=0.5/9,740,013,768)	
Nc ^{※3}	365	33580
W ^{※4}	14.816	18.52

※1 別紙参考6-1-4-3-4-1-3のとおり

※2 巡行時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において0件であるため、0.5件発生したものとして評価。

延べ飛行距離は平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表」の暦年輸送実績の国内の合計値。

※3 国土交通省航空局への問い合わせ結果(ピークデイの値)を365倍した値。別紙参考6-1-4-3-4-1-6参照。

※4 直行経路については「航空路等設定基準」を参照した。広域航法経路については、航法精度を航空路の幅とみなして用いた。

(1 nm=1.852 km として換算した。) 別紙参考6-1-4-3-4-1-3参照

これらの式よりPc=10⁻⁷に相当する標的面積Aを求めると約1.06 km²となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、315 mとなる。

2.2 有視界飛行方式民間航空機

2.2.1 ③大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)

$$Pv = (fv/Sv) \cdot A \cdot \alpha$$

Pv : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

fv : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

Sv : 全国土面積 (km²)

A : 標的面積 (km²)

α : 対象航空機の種類による係数

f _v ^{*1}	大型固定翼機 0.025 (=0.5/20) 大型回転翼機 0.05 (=1/20)
S _v ^{*2}	37.2 万
α ^{*3}	1

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において大型固定翼機で0件、大型回転翼機で1件。0件であったものは0.5件発生したものとして評価。

※2 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)による。

※3 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)」(平成21年6月 経済産業省原子力安全・保安院)による。

これらの式より $P_v = 10^{-7}$ に相当する標的面積Aを求めると約0.50 km²となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、209 mとなる。

2.2.2 ④小型機 (小型固定翼機及び小型回転翼機)

$$P_v = (f_v/S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_v : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

S_v : 全国土面積 (km²)

A : 標的面積 (km²)

α : 対象航空機の種類による係数

f _v ^{*1}	小型固定翼機 1.75 (=35/20) 大型回転翼機 1.20 (=24/20)
S _v ^{*2}	37.2 万
α ^{*3}	0.1

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において小型固定翼機で35件、大型回転翼機で24件。

※2 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)による。

※3 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について

(内規)」(平成21年6月 経済産業省原子力安全・保安院)による。

これらの式より $P_v = 10^{-7}$ に相当する標的面積 A を求めると約 0.13 km^2 となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、 95 m となる。

2.3 自衛隊機又は米軍機

2.3.1 訓練区域外を飛行中 ⑤空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機

$$P_{so} = f_{so} \cdot A / S_o$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年)

A : 標的面積 (km^2)

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積 (km^2)

f_{so}^{*1}	自衛隊機 0.025 (=0.5/20) 米軍機 0.05 (=1/20)
S_o^{*2}	自衛隊機 29.5 万 米軍機 37.2 万

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において自衛隊機で0件、米軍機で1件。0件であったものは0.5件発生したものとして評価。

※2 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)による。

これらの式より $P_v = 10^{-7}$ に相当する標的面積 A を求めると約 0.46 km^2 となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、 200 m となる。

2.3.2 訓練区域外を飛行中 ⑥その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機

$$P_{so} = f_{so} \cdot A / S_o$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年)

A : 標的面積 (km^2)

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積

(km²)

fso ^{※1}	自衛隊機 0.35 (=7/20) 米軍機 0.20 (=4/20)
So ^{※2}	自衛隊機 29.5 万 米軍機 37.2 万

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より，平成5年～平成24年において自衛隊機で7件，米軍機で4件。

※2 「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）による。

これらの式より $P_v = 10^{-7}$ に相当する標的面積 A を求めると約 0.058 km^2 となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると，58 m となる。

2.3.3 ⑦基地－訓練空域間往復時

(想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合)

$$P_{se} = f_{se} \cdot A / S_{se}$$

P_{se} ：対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_{se} ：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

A ：原子炉施設の標的面積（km²）

S_{se} ：想定飛行範囲の面積（km²）

fse ^{※1}	自衛隊機 0.25 (=5/20)
Sse ^{※2}	175,720
fse / Sse ^{※3}	3.00×10^{-6}

※1 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より，百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲内における自衛隊機の移動時の事故件数は平成5年～平成24年において0件であったため，全国の基地－訓練空域間の落下実績5件を用いた。

※2 全国の基地－訓練空域間往復時の想定飛行範囲の面積。

※3 f_{se} , S_{se} から算出された約 1.42×10^{-6} 回／（年・km²）を保守的に2倍し切り上げた値。

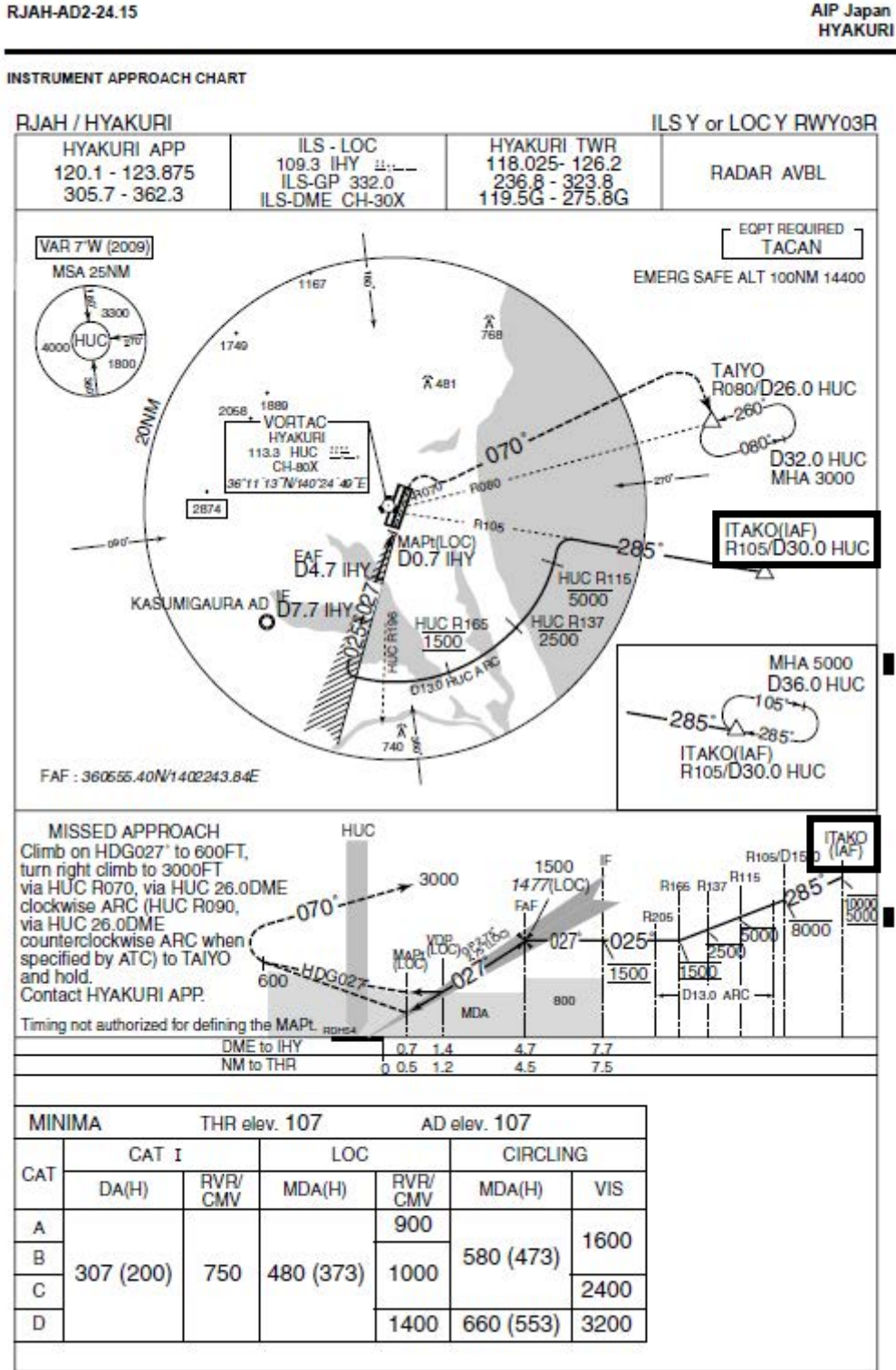
別紙参考6-1-4-3-4-1-7参照

これらの式より $P_v = 10^{-7}$ に相当する標的面積 A を求めると約 0.033 km^2 となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると，39 m となる。

る。

茨城空港の最大離着陸距離

東海再処理施設から約 33 km 離れた位置にある茨城空港の最大離着陸距離は 55.56 km (30 nm) であるため、評価対象とする。

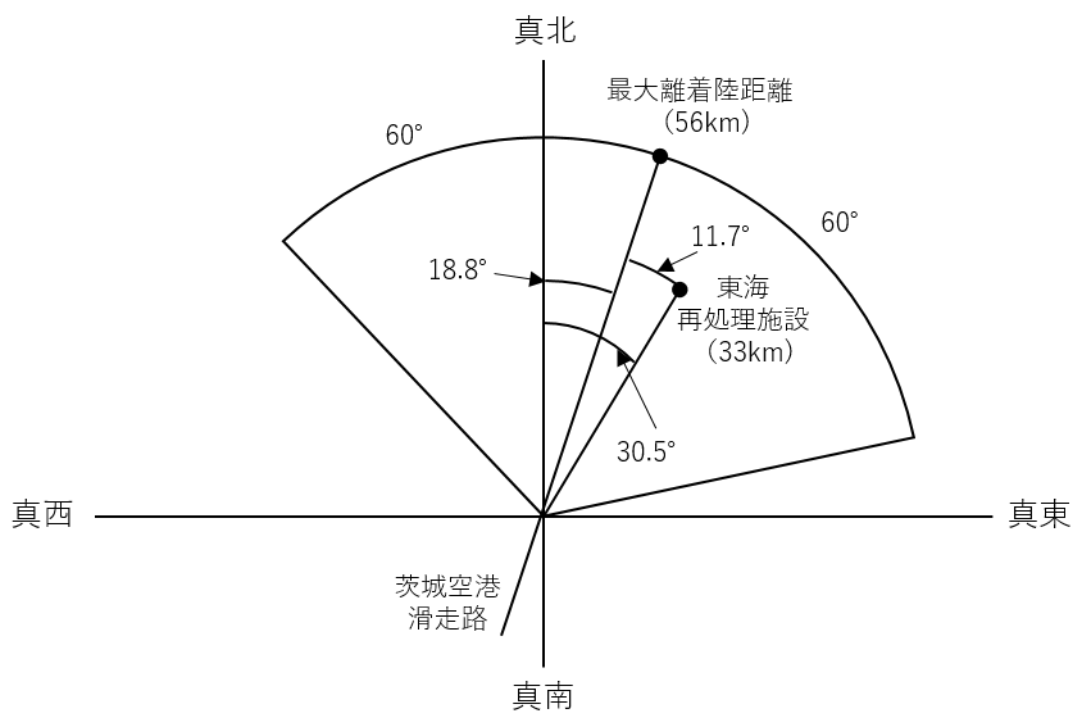


茨城空港の滑走路方向に対する茨城空港—東海再処理施設の角度

茨城空港の磁方位は 26° ※¹より，茨城空港の偏角を考慮し，真方位は約 18.8° である。 ※²

また，茨城空港—東海再処理施設の方位は約 30.5° （真方位）である。 ※³

したがって，茨城空港の滑走路方向に対する茨城空港—東海再処理施設の角度は，約 11.7° となる。



※¹ 茨城空港利用促進等協議会より

※² 国土地理院磁気偏角一覧図（2015年値）を基にしたHPツールより計算

※³ 茨城空港と東海第二発電所の緯度，経度より計測

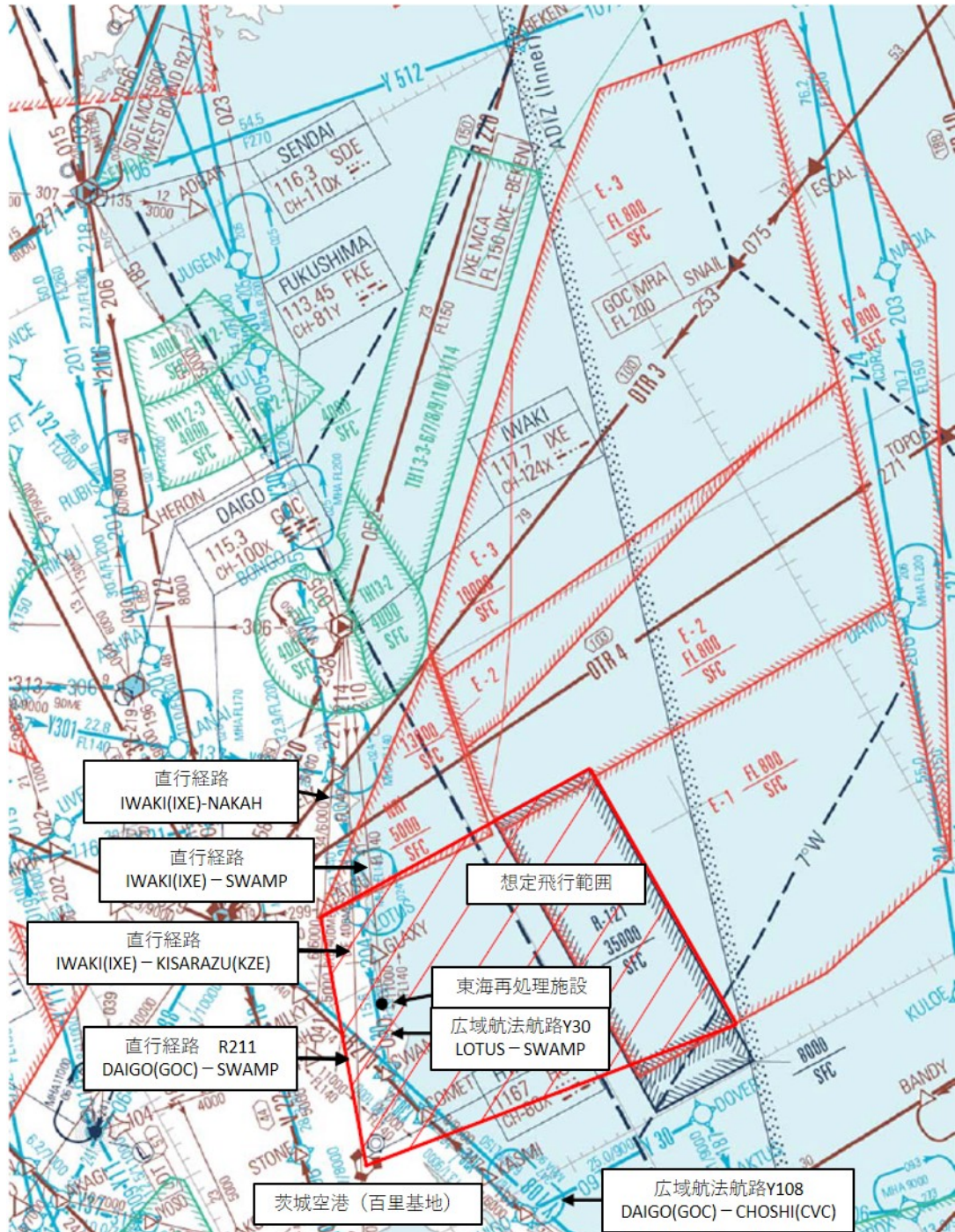
東海再処理施設周辺における航空路と各航路の幅

各航空路の中心線と東海再処理施設の最小距離が各航空路の片側の航空路幅を下回るものを評価対象として選定した。

周辺の航空路の名称	航空路の中心線と東海再処理施設の最小距離 ^{※1}	片側の航空路幅 ^{※2}	評価対象
直行経路 R211 DAIGO(GOC)－SWAMP	10.13 km	7 km	×
直行経路 IWAKI(IXE)－SWAMP	0.20 km	約 7.41 km (4 nm)	○
直行経路 IWAKI(IXE)－ KISARAZU(KZE)	5.14 km	約 7.41 km (4 nm)	○
直行経路 IWAKI(IXE)-NAKAH	16.70 km	約 7.41 km (4 nm)	×
広域航法航路 Y30 LOTUS－SWAMP	1.72 km	約 9.26 km (5 nm)	○
広域航法航路 Y108 (DAIGO(GOC)－ CHOSHI(CVC))	10.05 km	約 9.26 km (5 nm)	×

※1 施設と航空路の緯度及び経度より計測した。

※2 航空路 R211 については、「航空路の指定に関する告示」に記載の値とした。直行経路については、「航空路等設定基準」を参照した。RNAV 経路については、航法精度を航空路幅とみなして用いた。(1 nm=1.852 km として換算した。)



エンルートチャート (東海再処理施設付近)

離隔距離の算出方法について

1. 考え方

各影響評価対象施設における離隔距離が一定に確保されるように、影響評価対象施設近辺の航空機が落下しない範囲の面積の和が落下確率 10^{-7} (回/炉・年) に相当する面積となるまで標的面積を拡大させたときの離隔距離を算出した。

2. 離隔距離算出方法

2.1 断面が矩形の場合

影響評価対象施設の各辺の長さを (a_i , b_i) とした場合、離隔距離を L とすると、当該影響評価対象施設近辺の航空機が落下しない範囲 (面積: S_i) は以下の式で表される。断面が矩形の場合の離隔距離の概念図を図 2.1-1 に示す。

$$S_i = \pi L^2 + 2(a_i + b_i)L + a_i b_i \quad (1)$$

2.2 断面が円形の場合

影響評価対象施設の半径の長さを (R_i) とした場合、離隔距離を L とすると、当該影響評価対象施設近辺の航空機が落下しない範囲 (面積: S_i) は以下の式で表される。断面が円形の場合の離隔距離の概念図を図 2.1-2 に示す。

$$S_i = \pi(R_i + L)^2 = \pi L^2 + 2\pi R_i L + \pi R_i^2 \quad (2)$$

2.3 影響評価対象施設

影響評価対象施設である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の施設データを表 2.3-1 に示す。

2.4 離隔距離の算出結果

(1) (2) 式を用いて、全ての影響評価対象施設に対して S_i を計算し、それらを合計した上で L について解くことで離隔距離が得られた。

表 2.3-1 施設データ

施設名	a_i	b_i	R_i
HAW 施設	34.95 m	36.65 m	—
TVF 開発棟	44.30 m	59.80 m	—
第二付属排気筒	—	—	3.23 m

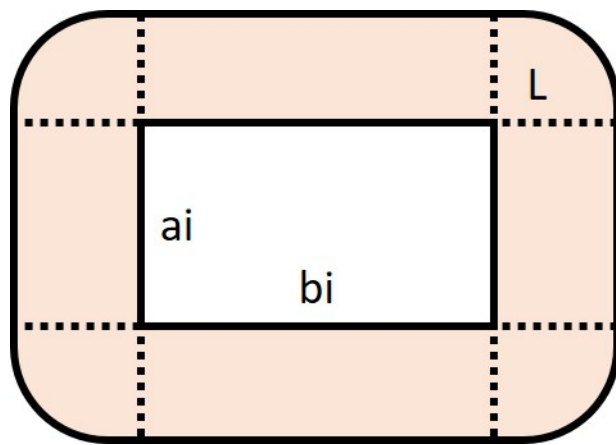


図 2.1-1 断面が矩形の場合の離隔距離の概念図

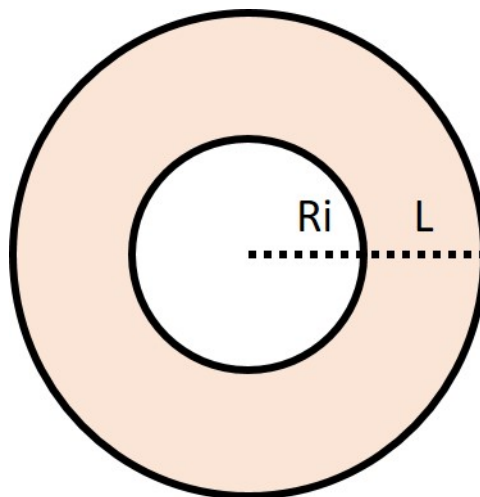


図 2.1-2 断面が円形の場合の離隔距離の概念図

計器飛行方式民間航空機における
離着陸時の事故における落下地点確率分布関数の算出

1. 考え方

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について（内規）」に基づき、計器飛行方式民間航空機の「①飛行場での離着陸時」における落下事故の確率分布関数には、滑走路端から最大離着陸地点までの直線距離（ r_0 ）内の内円で滑走路方向両側に対し $\pm 60^\circ$ 以内の扇型に一様な分布又は周方向で正規分布を仮定し、評価結果が厳しい方を用いる。

2. 確率分布関数の算出

2.1 一様分布

$$\Phi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{d,a}} \quad (\text{/km}^2)$$

$$A_{d,a} = \frac{2}{3} \pi r_0^2 \quad (\text{km}^2)$$

$$r_0 : \text{最大離着陸地点までの直線距離} \quad (55.56 \text{ km})$$

これらの式より一様分布における茨城空港での落下事故の確率分布関数 $\Phi(r_0, \theta)$ を求めると、 $1.55 \times 10^{-4} \text{ /km}^2$ となる。

2.2 正規分布

$$\Phi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{d,a}} f(x) \quad (\text{/km}^2)$$

$$A_{d,a} = \frac{2}{3} \pi r_0^2 \quad (\text{km}^2)$$

$$f(x) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cong 2.1 \times \exp\left(\frac{-30.42x^2}{\pi^2 r_p^2}\right)$$

$$A \equiv \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx \equiv \int_{-\pi r/3}^{\pi r/3} P dx \equiv \frac{2}{3} \pi r_p$$

$$\sigma = \frac{\pi r}{3 \times 2.6}$$

$$r_0 : \text{最大離着陸地点までの直線距離} \quad (55.56 \text{ km})$$

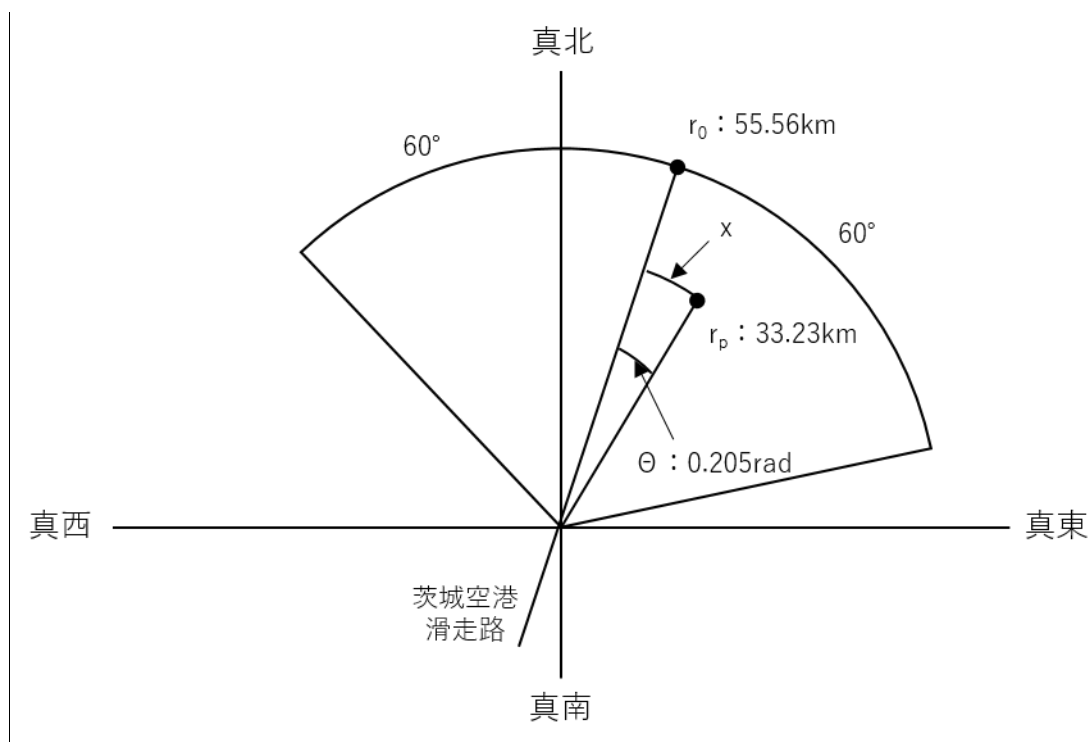
$$x : \text{滑走路軸上から原子炉施設までの距離（周方向）} \quad (6.80 \text{ km})$$

$$x = r_p \times \theta$$

$$\theta : \text{滑走路方向に対する空港一再処理施設の角度} \quad (0.205 \text{ rad})$$

$$r_p : \text{滑走路端から東海再処理施設までの距離（径方向）} \quad (33.23 \text{ km})$$

これらの式より正規分布における茨城空港での落下事故の確率分布関数 $\Phi(r_0, \theta)$ を求めると、 $2.85 \times 10^{-4} / \text{km}^2$ となる。



2.3 算出結果

以上の結果より、より厳しい正規分布を仮定した方法を用いることとした。

ピークデイにおける航空交通量について

国土交通省航空局交通管制部に問い合わせたピークデイにおける航空交通量を示す。

対象経路	平成 24 年ピークデイにおける航空交通量
IWAKI(IXE)－SWAMP	0
IWAKI(IXE)－KISARAZU(KZE)	0
Y30 (LOTUS－SWAMP)	92

基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率の推定について

1. 評価方法

基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率の推定にあたり、再処理施設上空に存在する「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」において、過去 20 年間に於ける事故実績はない。しかし、全国では基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下が過去 20 年間に 5 件発生している。

そこで、本航空機落下確率の算出においては、実際に落下事故実績のある全国の基地と訓練空域間を往復時の落下事故件数及び全国の基地の想定飛行範囲の面積を用いて算出した全国平均の基地－訓練空域間往復時の航空機落下確率を 2 倍した値（以下「全国平均の落下確率の 2 倍値」という。）を「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率とする。

以下に、全国平均の落下確率の 2 倍値を用いる考え方を示す。

- 百里基地特有の特殊な機種は配備されていない。また、全国では基地－訓練空域間往復時に合計 5 件の落下事故実績があるにも関わらず、百里基地－訓練空域間往復時では落下事故実績がないこと等を考慮すると、百里基地の落下確率は全国平均に対して同程度又はそれ以下と考えられる。
- 落下事故実績が存在する全国平均の落下確率を参考としたうえで、保守性を確保するために全国平均の落下確率の 2 倍値を百里基地－訓練空域間往復時の落下確率として採用する。
- 百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲の面積は小さいこと、防衛省による原子力関連施設上空の飛行は原則として行わないよう制限されていること等を考慮すると、全国平均の落下確率の 2 倍値には実際の落下確率より十分高いと考えられる。図 1-1 に「原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）」を示す。

原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）

昭和 44 年 2 月 6 日
陸幕航第 59 号

改正 平成 10 年 3 月 23 日陸幕運第 145 号 平成 19 年 1 月 9 日陸幕法第 1 号
平成 19 年 3 月 28 日陸幕法第 61 号 平成 21 年 2 月 3 日陸幕法第 10 号

各方面総監
中央即応集団司令官 殿
中央管制気象隊長
航空学校長

陸上幕僚長の命により
総務課長

（例規 99）

原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）

標記について、さきに防衛事務次官の指示に基づきその実施について通達したところであるが、その後さらに細部について示されたので、今後下記により実施されたい。

なお、陸幕航第 583 号（43. 9. 2）は廃止する。

記

- 1 原子力関連施設上空の飛行は、原則として行わないものとする。
- 2 管制機関の指示又は原子力関連施設の位置等の関係から、やむを得ずその上空を飛行する必要がある場合には、動力装置の停止等緊急事態が発生してもこれらの施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行するものとする。
- 3 原子力関連施設は航空路図誌（防衛省監修）に記載され、その設置・廃止等の状況は逐次追録されるので、関係者に当該施設の位置を周知徹底させるものとする。

図 1-1 「原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）」

2. 評価結果

1.で示した評価方法により，基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率に必要なデータを算出した。

$$Pse = fse \cdot A/Sse$$

Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

A：原子炉施設の標的面積（km²）

Sse：想定飛行範囲の面積（km²）

fse ^{※1}	自衛隊機 0.25 (=5/20)
Sse ^{※2}	175,720
fse / Sse ^{※3}	3.00 × 10 ⁻⁶

※1 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より，百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲内における自衛隊機の移動時の事故件数は平成5年～平成24年において0件であったため，全国の基地－訓練空域間の落下実績5件を用いた。

※2 全国の基地－訓練空域間往復時の想定飛行範囲の面積。

※3 fse, Sseから算出された約1.42×10⁻⁶回／（年・km²）を保守的に2倍

3. 全国平均の落下確率の2倍値を用いることの保守性について

「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」は過去20年間落下実績がなく，航空機落下確率算出時の発生件数の与え方に不確かさが存在する一方で，全国の基地－訓練空域間の往復時は過去20年間で5件落下実績が存在する。全国平均の落下確率は，評価の母集団を大きくすることにより落下事故件数を実績値（5件）に基づき評価していること，基地－訓練空域間を往復時の落下確率が基地毎に大きく異なることは考えにくいことを考慮すると，全国平均の落下確率は国内における平均的な落下確率として信頼性があると考ええる。本評価ではさらに保守性を考慮するために全国平均の落下確率の2倍値を用いることとする。

また，原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること，やむを得ず原子力関連施設の上空を飛行する必要がある場合には，動力装置の停止等緊急事態が発生しても原子力関連施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行することについて評価上考慮しておらず，この点においても保守性は確保されている。

航空機墜落における火災熱影響評価：データの算出について

1. 航空機墜落における火災熱影響評価

1.1 評価機種を選定

別紙 6-1-4-3-4-1 により抽出した航空機より、他のカテゴリの評価に内包されるものについては、以下のとおり評価対象外とした。落下事故のカテゴリごとの離隔距離と評価機種を表 1.1-1 に示す。

- (1) 計器飛行方式民間航空機の②航空路を巡航時については、対象航空機が同じ B747-400 でありより離隔距離の短い有視界方式民間航空機の③大型機（大型固定翼機および大型回転翼機）の評価に内包されるため評価対象外とした。
- (2) 有視界方式民間航空機の④小型機（小型固定翼機および小型回転翼機）については、燃料搭載量が最大となる Do228-200 であっても 3 m³と F-15 の 15 m³に比べて燃料搭載量が少ないため、より離隔距離の短い自衛隊機又は米軍機の⑦基地－訓練空域間往復時の評価に内包されるため評価対象外とした。
- (3) 自衛隊機又は米軍機の訓練区域外を飛行中の⑥その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機については、対象航空機が同じ F-15 でありより離隔距離の短い自衛隊機又は米軍機の⑦基地－訓練空域間往復時の評価に内包されるため評価対象外とした。

1.2 各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータ

各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータを表1.2-1に示す。

表1.1-1 落下事故のカテゴリごとの離隔距離と評価機種

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離 [m]
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	228
有視界方式 民間航空機	大型機 (大型固定翼機および大型回転翼機)	B747-400	209
自衛隊機 又は米軍機	訓練区域外を飛行中，空中給油機等，高高度 での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	200
	基地－訓練空域間往復時	F-15	39

表 1.2-1 各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータ

落下事故のカテゴリ		対象航空機	燃料の種類	燃料量 [m ³]	輻射発散度 [W/m ²]	質量低下速度 [kg/m ² /s]	燃料密度 [kg/m ³]	燃焼面積 [m ²]
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	JET A-1	26.02 ^{※1}	50,000	0.039 ^{※4}	840 ^{※5}	126 ^{※6}
	有視界方式民間航空機	B747-400	JET A-1	216.84 ^{※1}				700 ^{※6}
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中 空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	JP-4	145.04 ^{※2}	58,000	0.051 ^{※4}	760 ^{※4}	406 ^{※6}
	基地－訓練空域間往復時	F-15	JP-4	14.87 ^{※3}				45 ^{※7}

※1：ボーイングジャパン ホームページ“737, 747 型機情報”

※2：「世界航空機年間 2012-2013」記載値

※3：航空ジャーナル 2月号増刊 F-15 イーグル（航空ジャーナル社 昭和 55 年 2 月 5 日発行）記載値

※4：NUREG-1805 記載値

※5：JISK2209-1991 記載の 1 号の値

※6：ボーイング社 web 資料記載の図面より、主翼並びに胴体下部が燃料タンク面積と同等と想定し算出した値

※7：※3 記載の機体図面より燃料タンクの配置並びに大きさを想定し面積を算出した値

2. 燃焼半径の算出

円筒火炎モデルとして評価を実施するため、燃焼半径は燃焼面積を円筒の底面と仮定して以下の通り算出した。

$$R = \sqrt{S/\pi} \quad [\text{m}]$$

R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積[m²]

小数点第4位以下を切り上げた。

航空機の燃焼半径を表2-1に示す。

表 2-1 航空機の燃焼半径

落下事故のカテゴリ		対象航空機	燃焼面積 [m ²]	燃焼半径 [m]
計器飛行方式民	飛行場での離発着時	B737-800	126	6.334
有視界方式民間 航空機	大型機（大型固定翼機および大型回転翼機）	B747-400	700	14.928
自衛隊機又は米 軍機	訓練空域外を飛行中空中 給油機等，高高度での巡航が想 定される大型固定翼機	KC-767	406	11.369
	基地－訓練空域間往復時	F-15	45	3.785

3. 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度（＝質量低下速度／燃料密度）で除して算出した。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間 [s], V : 燃料量 [m³], R : 燃焼半径 [m], v : 燃焼速度 [m/s]

計算結果は小数点以下を切り上げとした。

航空機の燃焼継続時間を表3-1に示す。

表 3-1 航空機の燃焼継続時間

落下事故のカテゴリ		対象航空機	燃料量 [m ³]	燃焼半径 [m]	質量低下速度 [kg/m ² /s]	燃料密度 [kg/m ³]	燃焼継続時間 [s]
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	26.02	6.334	0.039	840	4,451
	有視界方式民間航空機	大型機（大型固定翼機および大型回転翼機） B747-400	216.84	14.928			6,677
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外を飛行中、空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	145.04	11.369	0.051	760	5,325
	基地－訓練空域間往復時	F-15	14.87	3.785			4,925

4. 形態係数の算出

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 C 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について^[1]」(以下「ガイド」という。)に従い、以下の式から形態係数を算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし $m = \frac{H}{R} \cong 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1 + n)^2 + m^2$, $B = (1 - n)^2 + m^2$

ϕ :形態係数, L :離隔距離[m], H :炎の高さ[m], R :燃焼半径[m]

m, n, A, B は小数点第 5 位以下を四捨五入した。

航空機の形態係数を表4-1に示す。

4-1 表 航空機の形態係数

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離 [m]	燃焼半 径[m]	形態係数 [-]
計器飛行方式	飛行場での離発着時	B737-800	228	6.334	1.50E-03
有視界方式民間航空機	大型機(大型固定翼機および大型回転翼機)	B747-400	209	14.928	1.00E-02
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中空中給油機等, 高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	200	11.369	6.40E-03
	基地-訓練空域間往復時	F-15	39	3.785	1.90E-02

5. 輻射強度の評価

ガイドに従い、火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値になる。

$$E = Rf \cdot \phi$$

E:輻射強度[W/m²], Rf:輻射発散度[W/m²], ϕ :形態係数

計算結果は小数点第3位以下を切り上げとした。

航空機の輻射強度を表5-1に示す。

表 5-1 航空機設からの輻射強度

落下事故のカテゴリ		対象航空機	燃料輻射 発散度 [W/m ²]	形態係数 [-]	輻射強度 [W/m ²]
計器飛行方式	飛行場での離発着時	B737-800	50,000	1.50E-03	75
有視界方式民間航空機	大型機（大型固定翼機および大型回転翼機）	B747-400		1.00E-02	500
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	58,000	6.40E-03	372
	基地－訓練空域間往復時	F-15		1.90E-02	1,102

6. 参考文献

[1]原子力規制委員会，発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 C 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について，平成 25 年 6 月．

航空機墜落における火災熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について

1. 影響評価対象範囲

カテゴリ毎における航空機墜落によって発生する火災を想定した場合のコンクリート外壁面及び第二付属排気筒の温度評価を実施した。

2. 評価手法

2.1 許容温度

2.1.1 コンクリート製建家

コンクリート製建家については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度200℃を許容温度とした。(別紙参考6-1-4-3-4-3-1参照)

2.1.1 第二付属排気筒

第二付属排気筒については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、鋼材 (SMA41) の強度が維持される保守的な温度350℃*以下とした。

* 「発電用原子力設備規格 材料規格 (JSMR)」に基づき、鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である350℃を許容温度とする。

2.2 コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式^[1]よりコンクリート表面の温度上昇を求め、コンクリート外壁表面の温度Tが許容温度200℃以下であるかを評価した。また、同式を用いて、外壁表面の温度が200℃となる輻射強度を算出した。

$$T = T_0 + \left(\frac{E}{h}\right) \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{kt}}\right) - \exp\left(\frac{h}{\lambda}x + \frac{h^2}{\lambda^2}kt\right) \left\{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{kt}} + \frac{h}{\lambda\sqrt{kt}}\right)\right\}\right] \quad (1)$$

T : コンクリート表面から x [m]の位置の温度[℃]

T_0 : 初期温度 (50 [℃]) ※1

h : 熱伝達率 (17 [W/m²/K]) ^[2]

κ : コンクリート温度伝導率 (= $\lambda/(\rho C_p)$) [m²/s]

ρ : コンクリート密度 (2400 [kg/m³]) ^[3]

C_p : コンクリート比熱 (963 [J/kg/K]) ^[3]

λ : コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m/K]) ^[3]

E : 輻射強度[W/m²]
 t : 燃焼継続時間[s]
 x : コンクリート壁表面深さ (0[m])

※1 : 水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温に保守性を持たせた値

(1) 式で求めた輻射強度となる形態係数 Φ を、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書C原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について^[4]」(以下「ガイド」という。)に従い(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

E : 輻射強度 [W/m²]
 R_f : 火炎輻射強度 [W/m²]
 ϕ : 形態係数

(2) 式で求めた形態係数 ϕ となる危険距離 L をガイドに従い(3)式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \quad (3)$$

ϕ : 形態係数
 H : 火炎長 [m]
 L : 離隔距離 [m]
 R : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお、天井スラブは以下の理由により、外壁の評価に包絡されるため実施しない。

- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。

なお、温度については小数点1桁で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

コンクリート製外壁に対する熱影響評価結果を表2.2-1に示す。

コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は77.9℃であり許容温度である200℃以下であることを確認した。コン

クリート製建家表面の温度が、コンクリートの許容温度200℃以下となる危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

2.3 第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、下記の熱バランス式^[5]より第二付属排気筒の温度上昇を求め、第二付属排気筒の温度Tが許容温度350℃以下であることを評価した。また、同式を用いて、第二付属排気筒の温度が350℃となる輻射強度を算出した。

$$T = \frac{E}{2h} + T_0 \quad (1)$$

T : 温度 [°C]

E : 輻射強度 [W/m²]

h : 熱伝達率 (17.0 [W/m²/K])^[2]

T₀ : 周囲空気温度 (50 [°C])^{*1}

※1 : 水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温に保守性を持たせた値

(1)式で求めた輻射強度となる形態係数Φを、ガイドに従い(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

E : 輻射強度 [W/m²]

R_f : 火炎輻射強度 [W/m²]

φ : 形態係数

(2)式で求めた形態係数φとなる危険距離Lをガイドに従い(3)式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \quad (3)$$

φ : 形態係数

H : 火炎長 [m]

L : 離隔距離 [m]

R : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

なお、温度については小数点1桁で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表2.2-2に示す。

第二付属排気筒の温度上昇を評価した結果、第二付属排気筒の最高温度は82.5℃であり許容温度である350℃以下であることを確認した。第二付属排気筒の温度が、鋼材（SMA41）の許容温度350℃以下となる危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

表 2.2-1 コンクリート製外壁に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度 [℃]	危険距離 [m]
計器飛行方式	飛行場での離発着時	B737-800	51.9	23
有視界方式民間航空機	大型機（大型固定翼機および大型回転翼機）	B747-400	63.9	57
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	59.7	46
	基地－訓練空域間往復時	F-15	77.9	35

表 2.2-2 第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度 [℃]	危険距離 [m]
計器飛行方式	飛行場での離発着時	B737-800	52.3	15
有視界方式民間航空機	大型機（大型固定翼機および大型回転翼機）	B747-400	64.8	36
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	61.0	31
	基地－訓練空域間往復時	F-15	82.5	11

3. 参考文献

- [1]安全工学講座1 火災1983年海文堂出版
- [2]空気調和・衛生工学便覧 空気調和・衛生工学会（2010）
- [3]日本機械学会 伝熱工学資料改訂第5版（2009）
- [4] 原子力規制委員会、発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 C 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について、平成25年6月。

[5] 建築火災のメカニズムと火災安全設計, 原田和典, (財) 日本建築センター,
(2007)

コンクリートの許容温度について

1. コンクリートの許容温度

「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」^[1]に基づき、コンクリートの強度が維持される温度である 200℃を許容温度として設定する。図 1-1 に「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋を示す。

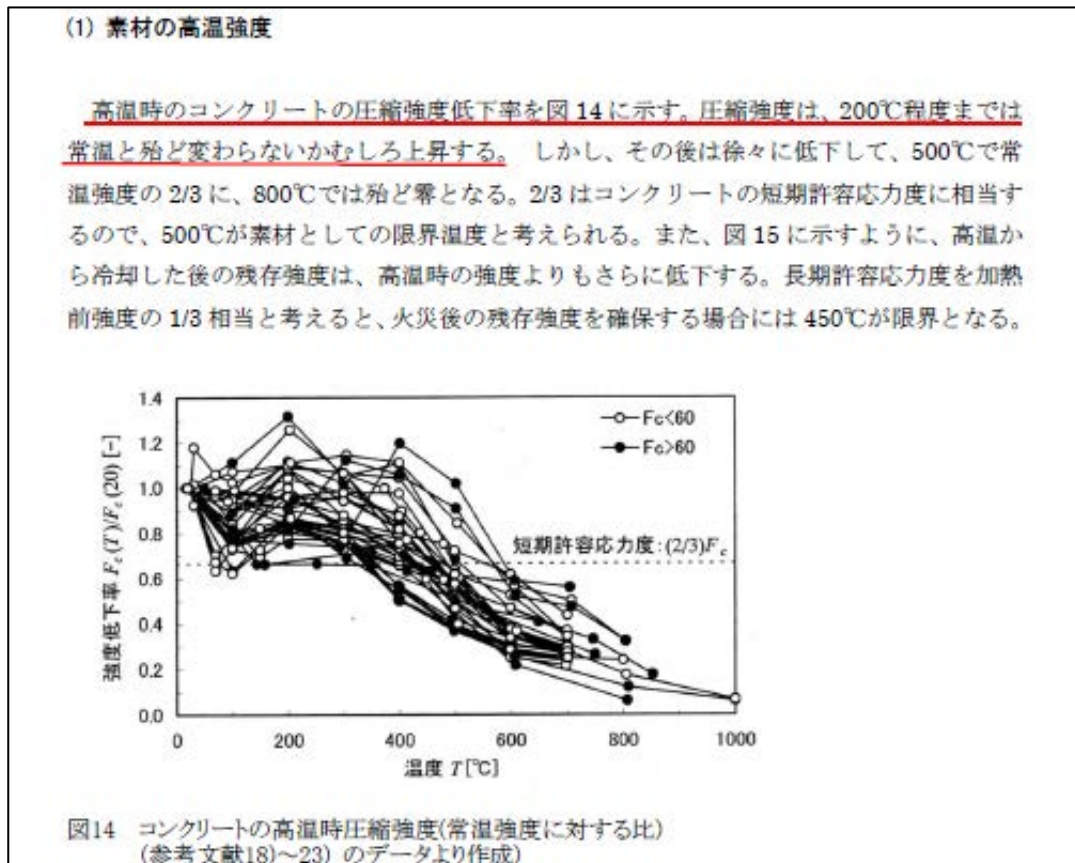


図 1-1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋

2. 参考文献

[1] 建築火災のメカニズムと安全設計，原田和典，財団法人日本センター，2007年

航空機墜落火災と森林火災の重畳評価

1. 重畳評価で想定するケースの検討

航空機が森林に落下したことを想定して、航空機墜落火災と森林火災による重畳評価を実施した。

航空機墜落火災として想定する機種は別紙 6-1-4-3-4-3 の評価結果より、最も熱影響が大きい F-15 とした。

火災火災として想定するケースは添付資料 6-1-4-3-2 の評価結果より、コンクリート製建家については最も熱影響が大きい発火点 1，第二付属排気筒については発火点 3 とした。

2. 評価に使用したデータ

重畳評価に使用したデータを表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 重畳評価に使用したデータ (コンクリート製建家)

火災源	HAW		TVF	
	壁面温度[°C]*	上昇温度[°C]	壁面温度[°C] *	上昇温度[°C]
航空機墜落火災 (F-15)	77.9	27.9	77.9	27.9
森林火災 (発火点 1)	79	29	121	71

※初期温度は 50°C

表 2-2 重畳評価に使用したデータ (第二付属排気筒)

火災源	HAW	
	壁面温度[°C]*	上昇温度[°C]
航空機墜落火災 (F-15)	82.5	32.5
森林火災 (発火点 3)	77	27

※初期温度は 50°C

3. 評価結果

両火災源の上昇温度より重畳評価を行った。重畳評価結果を表 3-1 に示す。

どのケースにおいてもコンクリートの許容温度 200°C 及び鋼材 (SMA41) の許容温度 350°C を下回ることを確認した。

表 3-1 重畳評価結果

施設	壁面温度[°C] ※	許容温度[°C]
HAW	106.9	200
TVF	148.9	200
第二付属排気筒	109.5	350

※初期温度は 50°C

有毒ガス及びばい煙の影響評価について

1. 概要

外部火災により発生するばい煙については、火災による上昇気流により上空に運ばれるため、ばい煙が防護対象設備の周辺に滞留する可能性は低いと考えられるが、ばい煙及び有毒ガスが設備に与える影響について、評価を実施する。

2. 評価対象

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド^[1]」では、ばい煙による安全上重要な設備に対する影響として、燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等が挙げられている。

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電力やユーティリティを供給する既設の恒設設備（外部電源及び非常用発電機、蒸気及び工業用水の供給施設）については事故対処設備として配備する設備により代替するため、ばい煙の影響が想定される設備として、「外気を取り込む空調系統」について評価を実施する。また、建家内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気を取り込まれた場合の居住性の観点から評価を実施する。影響評価対象設備を表2-1に示す。

表 2-1 ばい煙及び有毒ガスによる影響評価対象

分類	評価対象設備	
機器への影響	外気を取り込む空調系統	換気系設備
居住性への影響	外気を取り込む空調系統	HAW 内居住空間 TVF 内居住空間

3. 評価結果

3.1 外気を取り込む空調系統

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換気系統の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。捕集率85%以上（粒形10 μm）のプレフィルタおよび捕集率97%以上（粒形0.3 μm）の高性能フィルタを有しているため、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙は、このフィルタにより侵入を阻止可能である。また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、給気圧又は施設負圧を監視することで検知可能である。

したがって、ばい煙の影響により外気を取り込む空調系統に直ちに影響を与えることはない。

HAW換気系の系統概略図を図3-1に、TVF換気系の系統概略図を図3-2に示

す。

3.2 居住性評価

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侵入する有毒物質（CO, CO₂, PM₁₀（ばい煙））の最大濃度を「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」^{〔2〕}で判断基準とされている **Immediately Dangerous to Life of Health**^{※〔3〕}（以下「IDLH」という。）と比較することで、有毒ガスに対する評価を実施し、作業員に影響を及ぼさないことを評価した。

※：30分曝露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。

3.2.1 影響評価手法

火災による有毒ガス及びばい煙の発生量、風速及び大気拡散度に基づき、原子力施設の安全審査で使用される有風時ブルーム式を用いて、評価対象施設入気口における有毒ガス濃度及びばい煙濃度 C_{xyz} を評価した。

（有風時ブルーム式）^{〔4〕}

$$C_{xyz} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left(\exp\left\{-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right) \quad (1)$$

（Briggs の排煙上昇過程式）^{〔5〕}

$$H_e = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot x^{\frac{2}{3}} \cdot u^{-1} \quad (2)$$

- C_{xyz} : 濃度
- Q : 有毒ガス・ばい煙発生量 (Nm³/s)
- H_e : 有効発生高さ (m)
- σ_y, σ_z : 拡散パラメータ (m)
- u : 風速 (m/s)
- F : 排熱フラックス (m⁴/s³) = 0.037 Q_H
- Q_H : 排気熱量 (kcal/s) = $\dot{m}A\Delta H_{c,eff}$
- $\Delta H_{c,eff}$: 焼却時発熱量 (kcal/kg)
- A : 燃焼面積 (m²)
- \dot{m} : 質量低下速度 (kg/m²/s)
- x : 発生源と入気口との離隔距離 (m)
- z : 発生源と入気口との鉛直方向距離 (m)
- y : 排気ブルーム軸からの距離 (m)

図 3.2.1-1 に、入気口における有害ガス・ばい煙濃度評価手法の概要を示す。

本評価では、航空機墜落火災を想定し、それぞれの火災により発生する有毒ガス及びばい煙の入気口位置における濃度を求める。評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生する有毒ガス・ばい煙発生量 Q を算出する。
- ② 火災源における排気熱量 Q_H を算出する。
- ③ 式 (2) を用いて、入気口中央の地表面からの高さ H_e と等しくなる風速 u を求める。
- ④ 式 (1) を用いて、入気口における有害ガス・ばい煙濃度を求める。

有毒ガスの場合、それぞれの火災源に対して算出した入気口位置の有毒ガス濃度の合算値を評価値として、IDLHの値以下であることを確認した。評価結果を表3.2.1-1から表3.2.1-8に示す。算出に用いた詳細なデータを別紙参考6-1-4-3-4-4-1に示す。

その結果、全ての評価対象においてIDLH以下であり、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の居住性が損なわれることはないとは評価できた。

表 3.2.1-1 ガス濃度評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

評価対象	ガス濃度[ppm]			
	(IDLH 値)			
	CO ₂ (40,000)	CO (1,200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバ ー	171	2.75	0.05	0.28
TVF給気塔	192	3.1	0.05	0.32

表 3.2.1-2 ばい煙濃度評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

評価対象	ばい煙濃度[mg/m ³]	
	IDLH	1,750[mg/m ³]
HAW入気チャンバ ー	17	
TVF給気塔	19	

表 3.2.1-3 ガス濃度評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

評価対象	ガス濃度[ppm]			
	(IDLH 値)			
	CO ₂ (40,000)	CO (1,200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバ ー	643	10.36	0.16	1.06
TVF給気塔	718	11.57	0.17	1.19

表 3.2.1-4 ばい煙濃度評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

評価対象	ばい煙濃度[mg/m ³]	
	IDLH	1,750[mg/m ³]
HAW入気チャンバ ー	62	
TVF給気塔	70	

表 3.2.1-5 ガス濃度評価結果(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767)

評価対象	ガス濃度[ppm]			
	(IDLH 値)			
	CO ₂ (40,000)	CO (1,200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバ ー	611	9.44	0.09	0.97
TVF給気塔	681	10.52	0.10	1.08

表 3.2.1-6 ばい煙濃度評価結果
(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767)

評価対象	ばい煙濃度[mg/m ³]	
	IDLH	1,750[mg/m ³]
HAW入気チャンバ ー	59	
TVF給気塔	66	

表 3.2.1-7 ガス濃度評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15)

評価対象	ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
	CO ₂ (40,000)	CO (1,200)	SO ₂ (100)	NO ₂ (20)
HAW入気チャンバ ー	2918	45.08	0.41	4.92
TVF給気塔	2962	45.76	0.42	5

表 3.2.1-8 ばい煙濃度評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15)

評価対象	ばい煙濃度[mg/m ³]	
	IDLH	1,750[mg/m ³]
HAW入気チャンバ ー	281	
TVF給気塔	285	

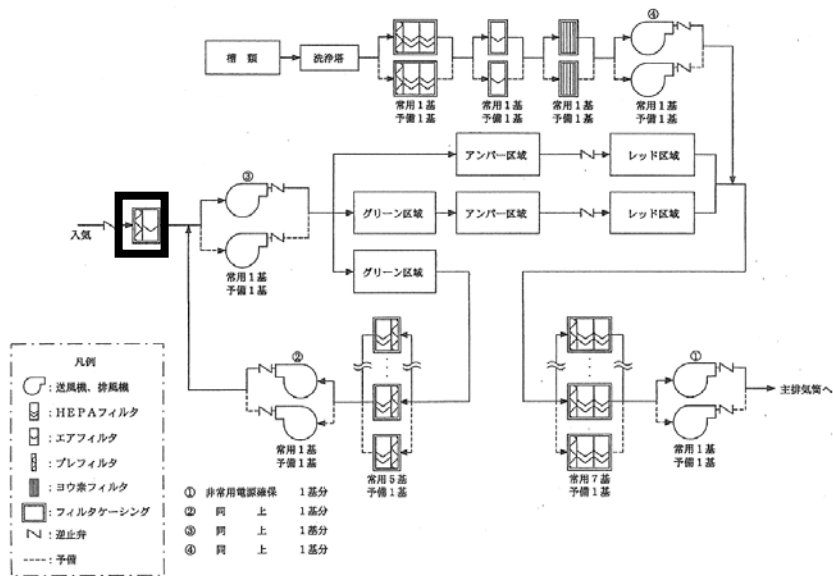


図 3.2-1 HAW 換気系の系統概略図

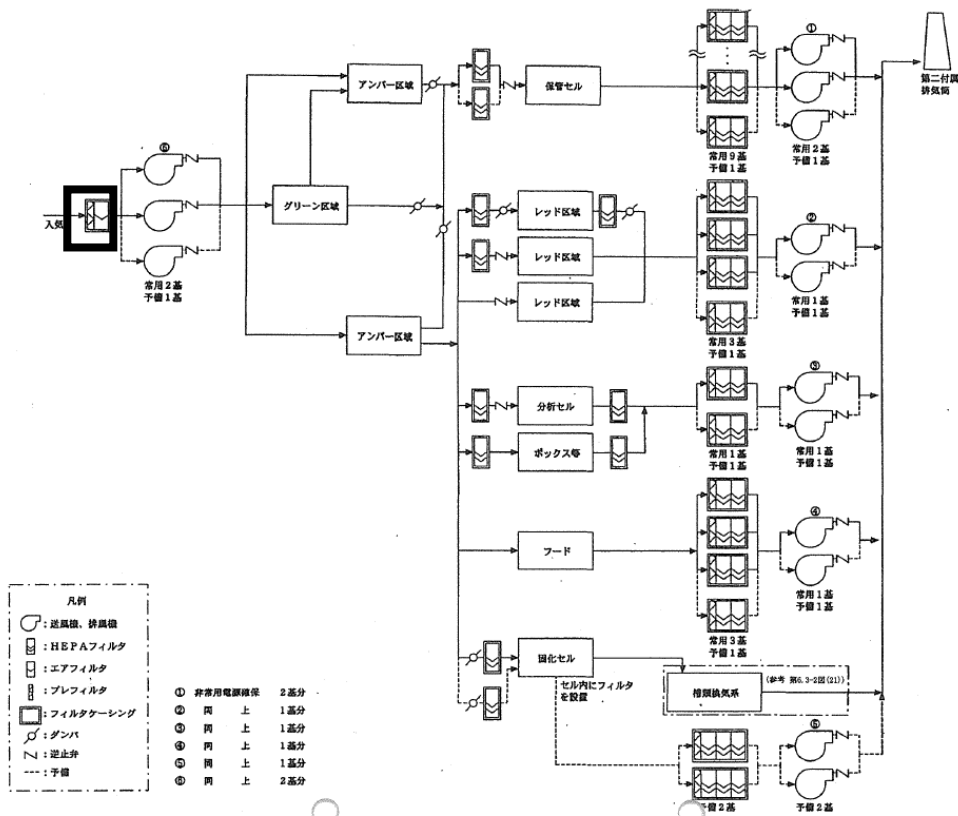


図 3.2-2 TVF 換気系の系統概略図

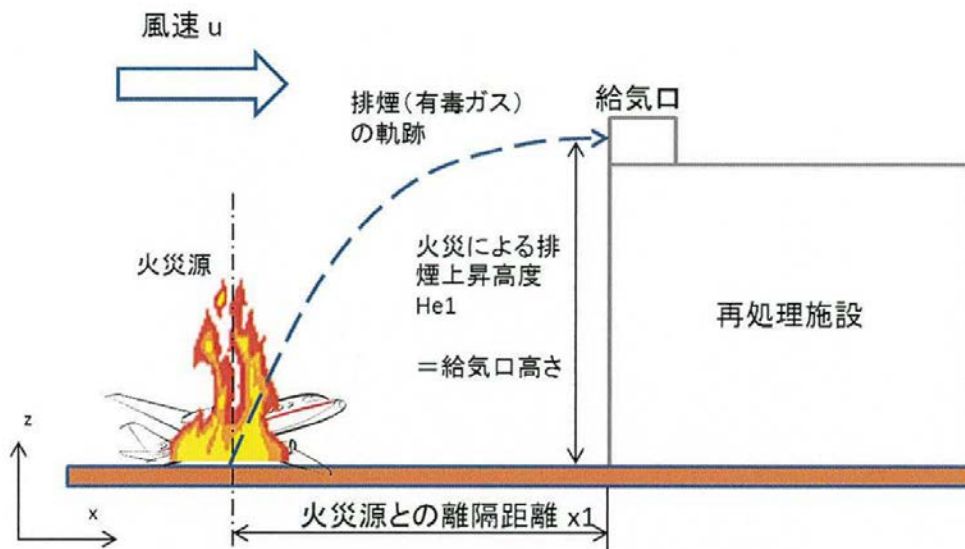


図 3.2.1-1 入気口におけるばい煙濃度評価手法の概要

4. 参考文献

- [1]原子力規制委員会，発電所の外部火災影響評価ガイド，平成25年6月.
- [2]原子力規制委員会，有毒ガス棒に係わる影響評価ガイド，平成29年4月.
- [3]The National Institute for Occupational Safety and Health
(NIOSH),Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values
(<https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>)
- [4]公害研究センター窒素酸化物総量規制マニュアル
- [5]S.R.Hanna, G.A.Briggs and R.P.Hosker,Jr., “Handbook on Atmospheric
Diffusion” , pp.13-15,DOE/TIC-11223.,U.S. DOE.

有毒ガス及びばい煙の影響評価：データの算出について

1. 評価対象及び火災源に関するデータ

表1-1から表1-4に評価対象からの距離に関するデータを示す。

表 1-1 計器飛行方式民間航空機 B737-800

評価対象	離隔距離 [m]	高低差 [m]
HAW施設入気チャンバー	228	21.000
TVF開発棟給気塔	228	25.450

表 1-2 有視界方式民間航空機大型機 B747-400

評価対象	離隔距離 [m]	高低差 [m]
HAW施設入気チャンバー	209	21.000
TVF開発棟給気塔	209	25.450

表 1-3 自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767

評価対象	離隔距離 [m]	高低差 [m]
HAW施設入気チャンバー	200	21.000
TVF開発棟給気塔	200	25.450

表 1-4 自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15

評価対象	離隔距離 [m]	高低差 [m]
HAW施設入気チャンバー	39	21.000
TVF開発棟給気塔	39	25.450

2. 火災発生時の有毒ガス・ばい煙の発生量の算出

表2-1に燃焼特性に関するデータを、表2-2に火災源に関するデータを示す。

表 2-1 燃焼特性に関するデータ

	JetA-1	JP-4
発熱量 [kJ/kg] ^{※1}	43,200	43,500
[kcal/kg] ^{※2}	10,300	10,300
質量低下速度 [kg/m ² /s] ^{※1}	0.039	0.051
Emission Factor [kg/kg]		
CO ₂ ^{※3}	2.9290	3.0530
CO ^{※4}	0.0300	0.0300
SO ₂ ^{※5}	0.0010	0.0006
NO ₂ ^{※5}	0.0050	0.0050
ばい煙 ^{※6}	0.1433	0.1493

※1：NUREG-1805 記載値

※2：1 J=4.184 cal で換算し百の位に丸めた

※3：環境省の温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルに基づき算出
[1]

※4：原油火災試験の計測結果を採用 [2]

※5：米国 EPA（環境省）および FAA（連邦航空局）が提示する
Emission Factor を使用 [3] [4]

※6：消防研報告書より、煙収率※は 0.10～0.15 となることから、保守的に煙収率 0.15 として算出 [5]

表 2-2 火災源に関するデータ (航空機)

火災源	油種	燃焼面積	燃料消費速度	排出熱量	排熱フラックス	ガス発生量[Nm ³ /s]				ばい煙発生量
		[m ²]	[kg/s]	[kcal/s]	[m ⁴ /s ³]	CO ₂	CO	S0 ₂	N0 ₂	[kg/s]
計器飛行方式 民間航空機 B737-800	Jet A-1	126.0	4.91	50,500	1,868	7.322	0.118	0.0018	0.012	0.704
有視界方式 民間航空機大型機 B747-400	Jet A-1	700.0	27.30	281,100	10,400	40.708	0.656	0.0096	0.067	3.913
自衛隊機及び米軍機 (訓練空域外高高度飛行) KC-767	JP-4	406.0	20.70	213,200	7,888	32.174	0.497	0.0044	0.051	3.091
自衛隊機及び米軍機 (基地-訓練空域往復) F-15	JP-4	45.0	2.29	23,500	869	3.560	0.055	0.0005	0.006	0.342

※ : ガス発生量 = 燃料消費速度 × Emission Factor × 22.4(L/mol) ÷ ガス成分の分子量

※ : ばい煙発生量 = 燃料消費速度 × Emission Factor

3. 評価対象

表3-1から表3-4に入気口における風速を示す。

表 3-1 計器飛行方式民間航空機 B737-800

評価対象	離隔距離 [m]	高低差 [m]	排熱 フラックス [m ⁴ /s ³]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	228	21.000	1,868	35.0
TVF開発棟給気塔	228	25.450	1,868	28.8

表 3-2 有視界方式民間航空機大型機 B747-400

評価対象	離隔距離 [m]	高低差 [m]	排熱 フラックス [m ⁴ /s ³]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	209	21.000	10,400	58.5
TVF給気塔	209	25.450	10,400	48.3

表 3-3 自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767

評価対象	離隔距離 [m]	高低差 [m]	排熱 フラックス [m ⁴ /s ³]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	200	21.000	7,888	51.8
TVF給気塔	200	25.450	7,888	42.7

表 3-4 自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15

評価対象	離隔距離 [m]	高低差 [m]	排熱 フラックス [m ⁴ /s ³]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	39	21.000	869	8.3
TVF給気塔	39	25.450	869	6.8

4. 拡散パラメータ

前述の表3-1から表3-4において、風速は6 m/s以上となっている。

表4-1に示す大気安定度分類表より、風速6 m/s以上については大気安定度CまたはDとなることから、保守性を考慮して大気拡散の弱い大気安定度Dを採用した。

表4-2に示すPasquill・Gifford図の近似関係（風下距離0～1000 m）の安定度E、F、Dの式より拡散パラメータを算出した。算出した拡散パラメータは風による拡散しか考慮されていないため、鉛直方向の拡散パラメータについては、浮力拡散を考慮するために表4-3に示す $\Delta H e^2/10$ を加えた値を採用した。

表 4-1 大気安定度分類表

風速 (U) m/s	日射量 (T) kW/m ²				放射収支量 (Q) kW/m ²		
	T ≥ 0.60	0.60 > T ≥ 0.30	0.30 > T ≥ 0.15	0.15 > T	Q ≥ -0.020	-0.020 > Q ≥ -0.040	-0.040 > Q
U < 2	A	A-B	B	D	D	G	G
2 ≤ U < 3	A-B	B	C	D	D	E	F
3 ≤ U < 4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 ≤ U < 6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 ≤ U	C	D	D	D	D	D	D

(発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針^[6]より抜粋)

表 4-2 拡散パラメータ（窒素酸化物総量規制マニュアル^[7]より抜粋）

Pasquill・Gifford 図の近似関係

$$\sigma_y(x) = \gamma_y \cdot x^{\alpha_y}$$

安定度	α_y	γ_y	風下距離 x [m]
D	0.929	0.1107	0～1,000
E	0.921	0.0864	0～1,000
F	0.929	0.0554	0～1,000

$$\sigma_z(x) = \gamma_z \cdot x^{\alpha_z}$$

安定度	α_z	γ_z	風下距離 x [m]
D	0.826	0.1046	0～1,000
E	0.788	0.0928	0～1,000
F	0.784	0.0621	0～1,000

表 4-3 拡散パラメータ σ_z

TABLE 2. SUMMARY OF RECOMMENDATIONS FOR INTERIM CHANGES IN THE WORKBOOK VALUES OF THE DISPERSION PARAMETERS σ_y AND σ_z

For crosswind spread σ_y , irrespective of the terrain roughness, release height and sampling duration up to up to about 1 hour, use the formula*

$$\sigma_y/x = \sigma_\theta f(x), \sigma_\theta \text{ in radians}$$

with σ_θ the best available estimate of the standard deviation of the wind direction fluctuation for the sampling time of interest and for the height at which \bar{u} is specified, and with values of $f(x)$ as follows:

x(km)	0.1	0.2	0.4	1	2	4	10	>10
f(x)	0.8	0.7	0.65	0.6	0.5	0.4	0.33	$0.33(10/x)^{1/2}$

For $x \geq 20$ km add to the square of the σ_y as obtained above the quantity $0.03\Delta\theta^2 x^2$ and take the square root to give the total σ_y , with $\Delta\theta$ the total change of mean wind direction over the depth of the plume.

For vertical spread σ_z , for any sampling time for a surface release, and say >10 min for an elevated release (see Section 2), use the existing Workbook curves with adjustment or constraint as follows:

- For terrain with z_0 different from 3 cm apply factors based on F. B. Smith's nomogram (Ref. 5 or Ref. 6, p 377)
- To allow for 'urban heating' adopt a stability category one-half category more unstable than that prescribed in the normal way in the Workbook
- For evaluating the concentration at the surface from a surface release, consider estimates of the effective mixed depth h' at the mid-time of sampling, recognizing especially its growth from very small values on stable nights, and then adopt either σ_z as given by the curves, or $0.8h'$, whichever is the smaller, for substitution in Eq (4).
- For buoyant plumes, increase the σ_z obtained from the curves by adding $\Delta H^2/10$ where ΔH is the estimated plume rise.

23

*. / see Notes on Table 2'

(Atmospheric dispersion parameters in gaussian plume modeling Part II ⁽⁸⁾ より抜粋)

5. 参考文献

- [1]環境省温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver3.4)
- [2] Ross J.L., Ferek R.J. and Hobbs P.V., "Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean", J. Air & Water Manage. Assoc. , 46, pp.251-259(1996).
- [3] U.S. EPA AP-42, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I: Stationary Point and Area Sources".
- [4] FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- [5]消防研究所研究資料第46号、大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書 (平成11年) .
- [6]発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針(昭和57年1月28日) 原子力安全委員会決定 (初版)
- [7]公害研究センター窒素酸化物総量規制マニュアル
- [8]Summary Report of the NCAQ Atmospheric Dispersion Modeling Panel Volume 2: Prepared for The National Commission on Air Quality, March 1980

津波防護における引き波の考慮について

【概要】

- 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の津波防護として、廃止措置計画用設計津波(設計津波)に対し、津波漂流物防護柵の設置等による安全対策の計画を5月末の補正申請書に示した。
- 第10回原子力規制委員会において、遡上津波の引き波による影響について考慮する必要がある旨の指摘があったことを受け、廃止措置計画用設計津波による解析を行い、遡上した津波が引く際の水位・流速分布の経時変化及び漂流物軌跡、東日本大震災による被災事例等の文献調査等を行い、漂流物の到達可能性等を確認する。
- 上記の引き波による影響確認結果も踏まえ、津波防護に係る安全対策の検討を進め、R3.1月に津波漂流物防護柵の設置に係る変更申請を行うこととする。

令和2年6月29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)における固化処理状況について

— 運転再開に向けた対応状況 —

【概要】

○加熱コイル内径拡大試験において、内径を $\phi 90$ mm に拡大した場合、解析結果と同様に加熱電力を約 15%増加することで、既設の加熱コイル(内径 $\phi 80$ mm)と同等の温度分布が得られることを確認した(内径 $\phi 80$ mm で 13 kW→内径 $\phi 90$ mm で 15 kW)。

また、流下ノズルの傾きや絶縁材の有無により、流下ノズル表面の温度分布に影響は生じないことを確認した。

令和2年6月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書

変更前後比較表
(TVFの溶融炉の結合装置の製作及び交換 について関連箇所抜粋)

変 更 前 令和2年●月●日付け原規規発第20●●●●号にて認可を受けた廃止措置計画				変 更 後				変更理由																				
六. 性能維持施設の位置, 構造及び設備並びにその性能, その性能を維持すべき期間並びに再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則(平成二十五年原子力規制委員会規則第二十九号)第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情がある場合はその内容 1 性能維持施設の位置, 構造 (省略) 2 性能維持施設の設備, その性能, その性能を維持すべき期間 (省略) 3 再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情 (省略) 4 性能維持施設の改造又は設置 (省略) 表6-3-1 設計及び工事の方法の認可の申請において必要とされる事項と同様の事項に係る改造等 (省略) 表6-3-2 設計及び工事の計画の認可の申請において必要とされる事項に係る改造等				六. 性能維持施設の位置, 構造及び設備並びにその性能, その性能を維持すべき期間並びに再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則(平成二十五年原子力規制委員会規則第二十九号)第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情がある場合はその内容 1 性能維持施設の位置, 構造 (変更なし) 2 性能維持施設の設備, その性能, その性能を維持すべき期間 (変更なし) 3 再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情 (変更なし) 4 性能維持施設の改造又は設置 (変更なし) 表6-3-1 設計及び工事の方法の認可の申請において必要とされる事項と同様の事項に係る改造等 (変更なし) 表6-3-2 設計及び工事の計画の認可の申請において必要とされる事項に係る改造等				○性能維持施設の改造等に係る設計及び工事の計画の追加																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>件名</th> <th>概要</th> <th>工事期間(予定)</th> <th>設計及び工事の計画^{※1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HAW及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事</td> <td>廃止措置計画設計用地震動に対してHAW及びT21の健全性を維持するために必要となる耐力を確保するためにHAW周辺地盤改良を行う。</td> <td>令和2年7月～令和4年3月(準備期間を含む。) 適宜工事 (別冊1-12参照)</td> <td>設計及び工事の計画は、別冊1-12による。</td> </tr> </tbody> </table>				件名	概要	工事期間(予定)	設計及び工事の計画 ^{※1}		HAW及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事	廃止措置計画設計用地震動に対してHAW及びT21の健全性を維持するために必要となる耐力を確保するためにHAW周辺地盤改良を行う。	令和2年7月～令和4年3月(準備期間を含む。) 適宜工事 (別冊1-12参照)	設計及び工事の計画は、別冊1-12による。	<table border="1"> <thead> <tr> <th>件名</th> <th>概要</th> <th>工事期間(予定)</th> <th>設計及び工事の計画^{※1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HAW及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事</td> <td>廃止措置計画設計用地震動に対してHAW及びT21の健全性を維持するために必要となる耐力を確保するためにHAW周辺地盤改良を行う。</td> <td>令和2年7月～令和4年3月(準備期間を含む。) 適宜工事 (別冊1-12参照)</td> <td>設計及び工事の計画は、別冊1-12による。</td> </tr> <tr> <td><u>ガラス固化技術開発施設の熔融炉の結合装置の製作及び交換</u></td> <td><u>ガラス固化技術開発施設の熔融炉(G21ME10)において、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(G21M11)を製作し、交換する。</u></td> <td>令和3年2月～令和3年6月 (別冊1-13参照)</td> <td>設計及び工事の計画は、<u>別冊1-13による。</u></td> </tr> </tbody> </table>				件名	概要	工事期間(予定)	設計及び工事の計画 ^{※1}	HAW及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事	廃止措置計画設計用地震動に対してHAW及びT21の健全性を維持するために必要となる耐力を確保するためにHAW周辺地盤改良を行う。	令和2年7月～令和4年3月(準備期間を含む。) 適宜工事 (別冊1-12参照)	設計及び工事の計画は、別冊1-12による。	<u>ガラス固化技術開発施設の熔融炉の結合装置の製作及び交換</u>	<u>ガラス固化技術開発施設の熔融炉(G21ME10)において、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(G21M11)を製作し、交換する。</u>	令和3年2月～令和3年6月 (別冊1-13参照)	設計及び工事の計画は、 <u>別冊1-13による。</u>
件名	概要	工事期間(予定)	設計及び工事の計画 ^{※1}																									
HAW及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事	廃止措置計画設計用地震動に対してHAW及びT21の健全性を維持するために必要となる耐力を確保するためにHAW周辺地盤改良を行う。	令和2年7月～令和4年3月(準備期間を含む。) 適宜工事 (別冊1-12参照)	設計及び工事の計画は、別冊1-12による。																									
件名	概要	工事期間(予定)	設計及び工事の計画 ^{※1}																									
HAW及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事	廃止措置計画設計用地震動に対してHAW及びT21の健全性を維持するために必要となる耐力を確保するためにHAW周辺地盤改良を行う。	令和2年7月～令和4年3月(準備期間を含む。) 適宜工事 (別冊1-12参照)	設計及び工事の計画は、別冊1-12による。																									
<u>ガラス固化技術開発施設の熔融炉の結合装置の製作及び交換</u>	<u>ガラス固化技術開発施設の熔融炉(G21ME10)において、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(G21M11)を製作し、交換する。</u>	令和3年2月～令和3年6月 (別冊1-13参照)	設計及び工事の計画は、 <u>別冊1-13による。</u>																									
※ 設計及び工事に係る品質管理は、「十一. 廃止措置に係る品質マネジメントシステム」により行う。				※1 設計及び工事に係る品質管理は、「十一. 廃止措置に係る品質マネジメントシステム」により行う。																								

【5枚版】

(別冊 1-13)

(案)

再処理施設に関する設計及び工事の計画

(ガラス固化技術開発施設の溶融炉の結合装置の製作及び交換)

1. 概要

ガラス固化技術開発施設の溶融炉（G21ME10）において、運転に伴う加熱及び冷却により流下ノズルが取り付けられているインナーケーシングに塑性ひずみを生じて流下ノズルに傾きが生じ、流下ノズルの加熱による熱膨張により流下ノズルが高周波加熱コイルに接触して漏電リレーが作動し、流下操作の自動停止が生じたことから、流下ノズルの傾き方向に高周波加熱コイルの取付位置を調整するとともに高周波加熱コイル径を拡大することで、流下ノズルと高周波加熱コイルのクリアランスを確保した結合装置（G21M11）を製作し、交換する。

2. 設計及び工事の基本方針

(1) 設計方針

結合装置（G21M11）は、ガラス固化体容器上に搭載されたガラスサンプリング装置と溶融炉（G21ME10）を結合し、溶融炉（G21ME10）下部にある流下ノズルを高周波加熱コイルにより加熱することで、溶融ガラスをガラス固化体容器に流下するための装置であり、溶融炉（G21ME10）との着脱を行う結合クランプ、ガラス固化体容器上に搭載されたガラスサンプリング装置と溶融炉（G21ME10）の結合を行うベローズ駆動部、流下ノズルの加熱を行う高周波加熱コイル、給電フィード、ガイド管、のぞき窓、流下ノズルの冷却空気配管、ベローズ駆動用の操作空気配管等から構成され、遠隔操作により装置一体での交換が可能なよう設計されており、本申請により製作する結合装置（G21M11）においても、これらの設計内容に変更はない。

本申請により製作する結合装置（G21M11）は、溶融炉（G21ME10）の流下操作の自動停止事象に係る対策として、流下ノズルの加熱を行う高周波加熱コイルについて流下ノズルの傾き方向に取付位置を調整するとともに内径を拡大し、流下ノズルと高周波加熱コイルのクリアランスを確保する。

結合装置（G21M11）の構造概要を別図－1、流下ノズルと高周波加熱コイルのクリアランスの確保方法を別図－2に示す。

(2) 工事の方法

本申請により製作する結合装置（G21M11）は、材料確認検査、寸法検査及び外観検査により、仕様を満足していることを確認する。

結合装置（G21M11）の交換作業は、遠隔操作にて結合装置（G21M11）に付帯するジャンパ管の取り外し後、遠隔交換装置等により既設結合装置を取り外す。また、新規結合装置を除染セル（R101）を介して固化セル（R001）へ搬入し、遠隔交換装置等により新規結合装置を取り付ける。その後、遠隔操作にて結合装置（G21M11）に付帯するジャンパ管を取り付ける。

本工事において以下の試験、検査を適時実施する。

① 材料確認検査

結合装置（G21M11）の主要部材の材料（材質・化学成分・機械的性質）について、材料証明書等により確認する。

② 寸法検査

結合装置（G21M11）の主要な寸法、加熱コイルの内径及び取付位置について、適切な測定機器（ノギス、金属製直尺、鋼製巻尺等）等により確認する。

③ 重量検査

結合装置（G21M11）の重量について、適切な測定機器（はかり等）等にて測定する。

④ 外観検査(1)

結合装置（G21M11）の外観を目視により確認する。

⑤ 外観検査(2)

交換した結合装置（G21M11）の設置位置を ITV カメラにより確認する。交換した結合装置（G21M11）の流下ノズルと加熱コイルの位置関係を ITV カメラにより撮影し、撮影した画像から求まる加熱コイルの内径、流下ノズルと加熱コイルの距離及び結合装置（G21M11）製作時の加熱コイル内径の実測寸法等を用いて、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確認する。

⑥ 作動試験(1)

A 台車（G51M118A）が流下位置で、結合装置（G21M11）が非結合状態において、流下ノズルの加熱が行えないことを確認する。

A 台車(G51M118A)が非流下位置で、結合装置(G21M11)がB台車(G51M118B)

上の結合装置スペーサと結合状態において、流下ノズルの加熱が行えないことを確認する。

⑦ 作動試験(2)

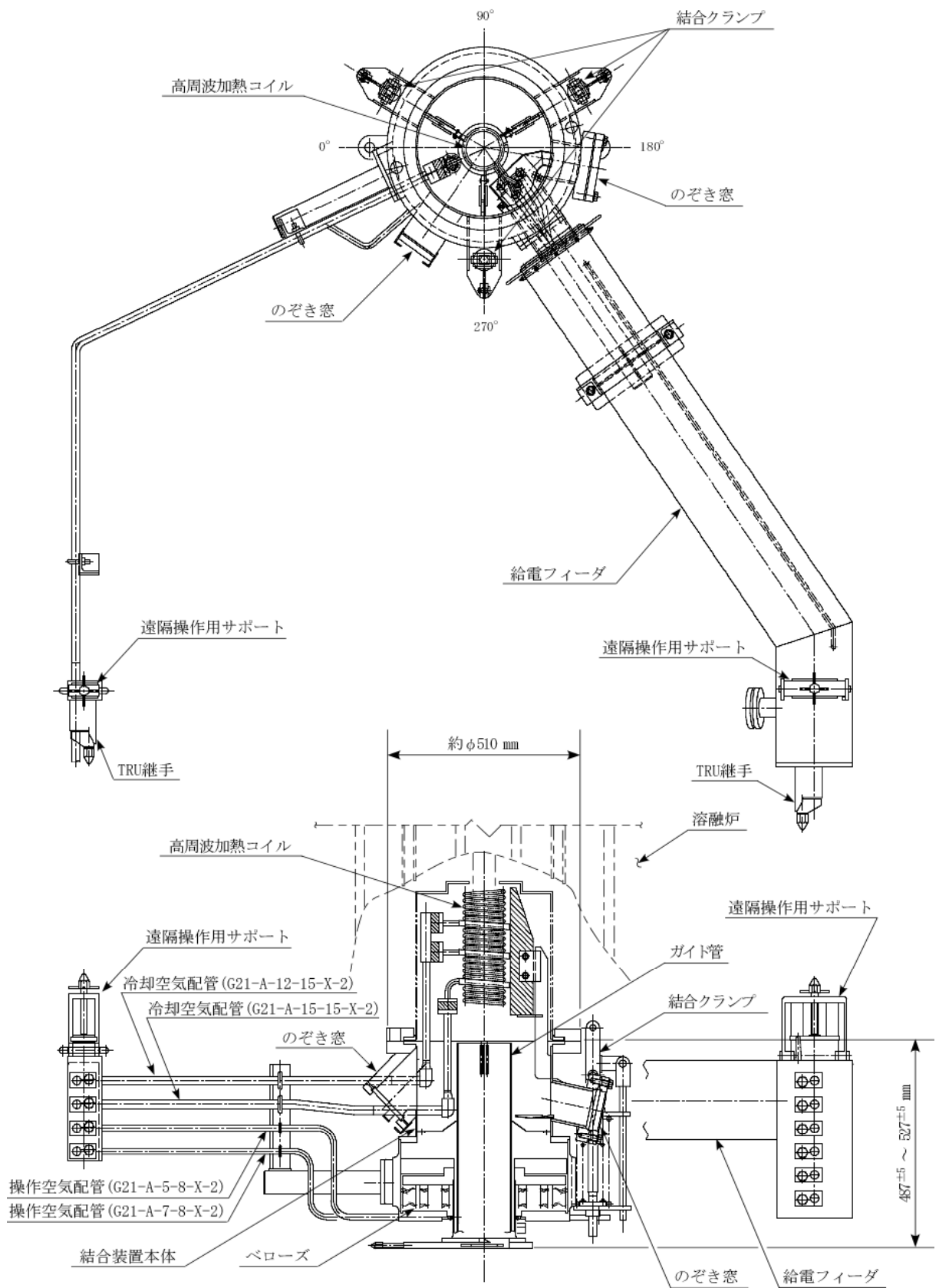
溶融炉（G21ME10）を運転状態とし、溶融炉（G21ME10）とガラス固化体容器上に設置されたガラスサンプリング装置との間が結合装置（G21M11）により結合された状態で流下操作を行い、流下ノズルと加熱コイルの接触による流下停止事象が発生しないことを確認する。

(4) 工事の工程

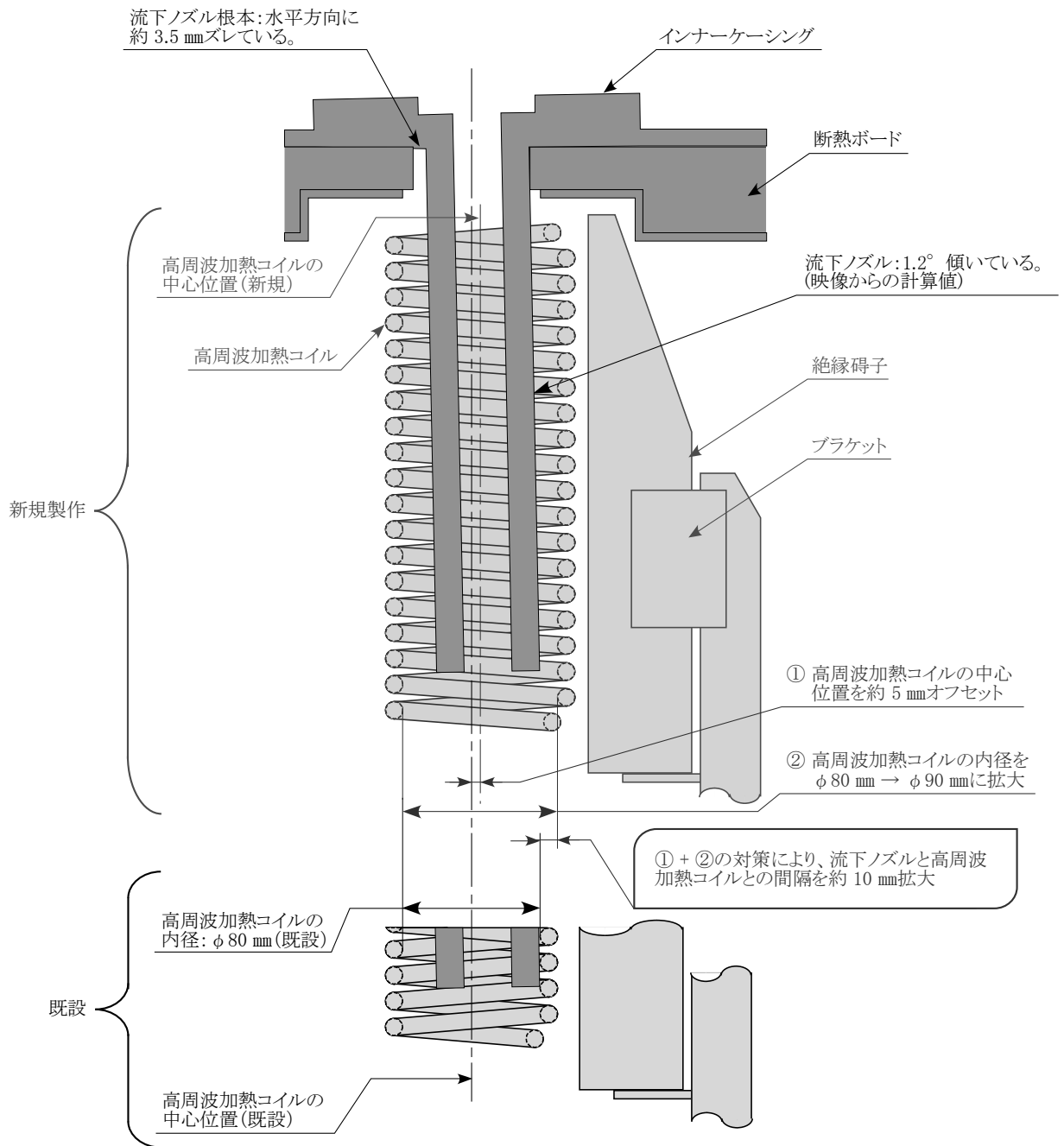
本申請に係る工事の工程を表－1に示す。

表－1 結合装置（G21M11）の製作・交換に係る工事工程表

	令和2年度			令和3年度			備考
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
結合装置（G21M11）の製作・交換		工 事					



別図-1 結合装置 (G21M11) の構造概要



別図-2 流下ノズルと高周波加熱コイルのクリアランスの確保方法

【従来版】

(別冊 1-13)

(案)

再処理施設に関する設計及び工事の計画

(ガラス固化技術開発施設の溶融炉の結合装置の製作及び交換)

その他再処理設備の附属施設（その18）
ガラス固化技術開発施設

目 次

	頁
1. 変更の概要	1
2. 準拠すべき法令、基準及び規格	2
3. 設計の基本方針	3
4. 設計条件及び仕様	4
5. 工事の方法	6
6. 工事の工程	10

別 図 一 覧

- 別図－1 結合装置（G21M11）の構造概要
- 別図－2 流下ノズルと加熱コイルのクリアランスの確保方法
- 別図－3 加熱コイルの内径及び取付位置
- 別図－4 結合装置（G21M11）の系統概要
- 別図－5 結合装置（G21M11）の製作及び交換に係る工事フロー

表 一 覧

表－1 結合装置（G21M11）の仕様

表－2 結合装置（G21M11）の製作・交換に係る工事工程表

1. 変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 2 年●月●日付け原規規発第 20●●●号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

今回、工事を行うガラス固化技術開発施設の溶融炉の結合装置の製作及び交換に係る廃止措置計画変更認可の申請は、平成元年 1 月 11 日に認可（63 安（核規）第 761 号）を受けた後、平成 13 年 12 月 13 日に「溶融炉等の更新」にて設計及び工事の方法の認可（平成 13・11・01 原第 6 号）を受け、その後、平成 14 年 5 月 30 日に「溶融炉等の更新に係る一部変更」にて設計及び工事の方法の変更の認可（平成 14・04・23 原第 6 号）を受けた「その他再処理設備の附属施設（その 18）ガラス固化技術開発施設」のうち、溶融炉（G21ME10）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、流下操作の自動停止が生じたことから、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（G21M11）を製作し、交換するものである。

本結合装置（G21M11）の製作及び交換に関する設計及び工事の計画に係る廃止措置計画変更認可の申請は、平成 16 年 11 月 24 日の使用前検査合格証（平成 14・03・20 原第 8 号）の取得後、最初のものである。

2. 準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」

「再処理施設の技術基準に関する規則」

「日本産業規格（JIS）」

3. 設計の基本方針

本申請に係る溶融炉（G21ME10）の結合装置（G21M11）は、ガラス固化体容器上に搭載されたガラスサンプリング装置と溶融炉を結合し、溶融炉下部にある流下ノズルを加熱コイルにより加熱することで、溶融ガラスをガラス固化体容器に流下するための装置である。

本申請は、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した結合装置（G21M11）を製作し、交換するものであり、「再処理施設の技術基準に関する規則」の第六条（地震による損傷の防止）の第2項、第十六条（安全機能を有する施設）の第2項及び第3項の技術上の基準を満足するよう行う。

4. 設計条件及び仕様

(1) 設計条件

結合装置（G21M11）は、溶融炉（G21ME10）との着脱を行う結合クランプ、ガラス固化体容器上に搭載されたガラスサンプリング装置と溶融炉（G21ME10）の結合を行うベローズ駆動部、流下ノズルの加熱を行う加熱コイル、給電フィード、ガイド管、のぞき窓、流下ノズルの冷却空気配管、ベローズ駆動用の操作空気配管等から構成され、遠隔操作により装置一体での交換が可能なよう設計されており、本申請により製作する結合装置（G21M11）においても、これらの設計内容に変更はない。

本申請により製作する結合装置（G21M11）は、溶融炉（G21ME10）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、流下操作の自動停止が生じた対策として、流下ノズルの加熱を行う加熱コイルについて、流下ノズルの傾き方向に取付位置を調整するとともに内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する。

結合装置（G21M11）の構造概要を別図－1、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスの確保方法を別図－2、加熱コイルの内径及び取付位置を別図－3、結合装置（G21M11）の系統概要を別図－4に示す。

(2) 仕様

結合装置（G21M11）の仕様を表－1に示す。

表－1 結合装置（G21M11）の仕様

項目	仕様
方式	圧空駆動方式
主要材料	SUS304、SUS304LTP、 SUSF304、SUSF304L
最高使用温度（℃）	200
使用圧力（kPa）	0.0～-1.0
ベローズ変位量（mm）	約 40
設計重量（kg）	約 404

(3) 保守

結合装置（G21M11）は、遠隔交換可能な構造とする。また、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。

保守において交換する付属品等は、ガイド管、冷却空気配管用ジャンパ管、操作空気配管用ジャンパ管及び給電ブスバ用ジャンパ管であり、これらの予備品を確保し、再処理施設保安規定に基づき、適宜、交換する。

5. 工事の方法

本申請に係る結合装置（G21M11）は、再処理施設の事業指定を受けたものである。本申請における工事については、「再処理施設の技術基準に関する規則」に適合するよう工事を実施し、技術基準に適合していることを適時の試験・検査により確認する。

なお、本工事は「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」第7条の2（溶接検査を受ける再処理施設）に該当する溶接はない。

(1) 工事の手順

本申請により製作する結合装置（G21M11）は、材料確認検査、寸法検査、重量検査及び外観検査により、仕様を満足していることを確認する。

結合装置（G21M11）の交換作業は、遠隔操作にて結合装置（G21M11）に付帯するジャンパ管の取り外し後、遠隔交換装置等により既設結合装置を取り外す。また、新規結合装置を除染セル（R101）を介して固化セル（R001）へ搬入し、遠隔交換装置等により新規結合装置を取り付ける。その後、遠隔操作にて結合装置（G21M11）に付帯するジャンパ管を取り付け、試験・検査を適時行う。

結合装置（G21M11）の固化セル（R001）内への搬入及び交換作業に際しては、クレーン（G51M100, M101, M155）、両腕型マニプレータ（G51M120）、パワーマニプレータ（G51M160）、台車（G51M115）等による遠隔保守作業、重量物運搬等の所要の作業に対して安全対策を施して行う。

取り外した既設結合装置は、放射性廃棄物として保管廃棄する。

結合装置（G21M11）の製作及び交換に係る工事フローを別図－5に示す。

本工事において実施する試験・検査項目、検査対象、検査方法、判定基準を以下に示す。

① 材料確認検査

対 象： 結合装置（G21M11）の主要部材

方 法： 結合装置（G21M11）の主要部材の材料（材質・化学成分・機械的性質）について、材料証明書等により確認する。

判 定： 結合装置（G21M11）の主要部材が、表－1に示す材料（材質・化学成分・機械的性質）であること。

② 寸法検査

対 象： 結合装置（G21M11）の主要な寸法、加熱コイルの内径及び取付位置

方 法： 結合装置（G21M11）の主要な寸法、加熱コイルの内径及び取付位置について、適切な測定機器（ノギス、金属製直尺、鋼製巻尺等）等により確認する。

判 定： 結合装置（G21M11）の主要な寸法が、別図－1 に示す所定の寸法であること。

結合装置（G21M11）の加熱コイルの内径及び取付位置が、別図－3 に示す所定の寸法及び取付位置にあること。

③ 重量検査

対 象： 結合装置（G21M11）の重量

方 法： 結合装置（G21M11）の重量について、適切な測定機器（はかり等）等にて測定する。

判 定： 結合装置（G21M11）の重量が 404 kg 以下であること。

④ 外観検査(1)

対 象： 結合装置（G21M11）の外観

方 法： 結合装置（G21M11）の外観を目視により確認する。

判 定： 結合装置（G21M11）の外観に使用上有害な傷、変形がないこと。

⑤ 外観検査(2)

対 象： 結合装置（G21M11）の設置位置、流下ノズルと加熱コイルのクリアランス

方 法： 交換した結合装置（G21M11）の設置位置を ITV カメラにより確認する。
交換した結合装置（G21M11）の流下ノズルと加熱コイルの位置関係を ITV カメラにより撮影し、撮影した画像から求まる加熱コイルの内径、流下ノズルと加熱コイルの距離及び結合装置（G21M11）製作時の加熱コイル内径の実測寸法等を用いて、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確認する。

判 定： 交換した結合装置（G21M11）が溶融炉下部に設置されていること。

画像処理により求めた流下ノズルと加熱コイルのクリアランスが、4 mm
以上確保されていること。

⑥ 作動試験(1)

対 象： 台車と結合装置のインターロック機能

方 法： A台車（G51M118A）が流下位置で、結合装置（G21M11）が非結合状態において、流下ノズルの加熱が行えないことを確認する。

A台車（G51M118A）が非流下位置で、結合装置（G21M11）がB台車（G51M118B）上の結合装置スペーサと結合状態において、流下ノズルの加熱が行えないことを確認する。

判 定： 工程制御装置（DC）の温度計（G21TIRA+10.12）が温度上昇を示さず、流下ノズルが加熱されないこと。

⑦ 作動試験(2)

対 象： 溶融炉（G21ME10）の流下操作

方 法： 溶融炉（G21ME10）を運転状態とし、溶融炉（G21ME10）とガラス固化体容器上に設置されたガラスサンプリング装置との間が結合装置（G21M11）により結合された状態で流下操作を行い、流下ノズルと加熱コイルの接触による流下停止事象が発生しないことを確認する。

判 定： 流下操作中に流下ノズルと加熱コイルの接触による流下停止事象が発生しないこと。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

- ① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。
- ② 結合装置（G21M11）の交換は、溶融炉（G21ME10）の停止中に行う。
- ③ 結合装置（G21M11）の除染セル（R101）への搬入は、作業員が直接セルに入域し、作業を行うことから、作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。また、系統及び設備の

経年変化により、作業場所が高線量となっていることを考慮し、作業場所の線量評価を実施するとともに、必要に応じ、除染、遮蔽の設置等を行い作業者の被ばくの低減を図る。

- ④ 結合装置（G21M11）の交換に係る溶融炉（G21ME10）の遠隔保守及び重量物の運搬については、クレーン（G51M100, M101, M155）、両腕型マニプレータ（G51M120）、パワーマニプレータ（G51M160）、台車（G51M115）等により行い、既設構造物に破損等の影響を与えないよう作業を行う。
- ⑤ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染、遮蔽等の処置を講じて作業者の被ばく及び作業場所の汚染拡大を防止する。
- ⑥ 結合装置（G21M11）の交換作業に伴うジャンパ管等の取り外し前に、圧空系統のセル外第1弁（G21W209, G21W212, G21W224, G21W233, G21W237）、冷却水系統の入口側弁（G21W244, G21W245）及び出口側弁（G21W248, G21W250）を閉止するとともに、「操作禁止」の表示を行う。
- ⑦ 結合装置（G21M11）の交換作業の開始前と終了後において、溶融炉（G21ME10）の炉内圧力、温度指示値等が正常に復帰していること及び周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

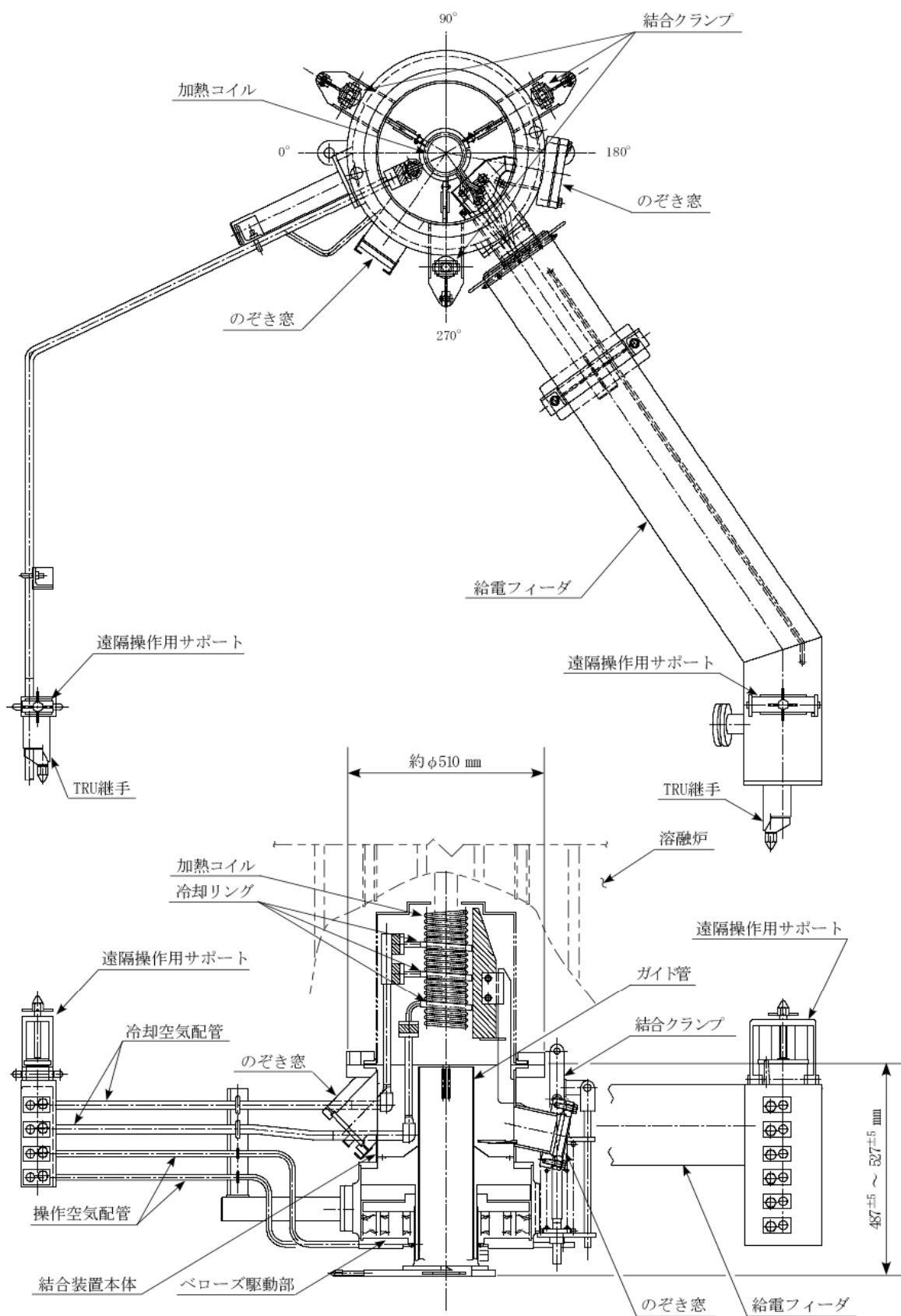
6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表－2に示す。

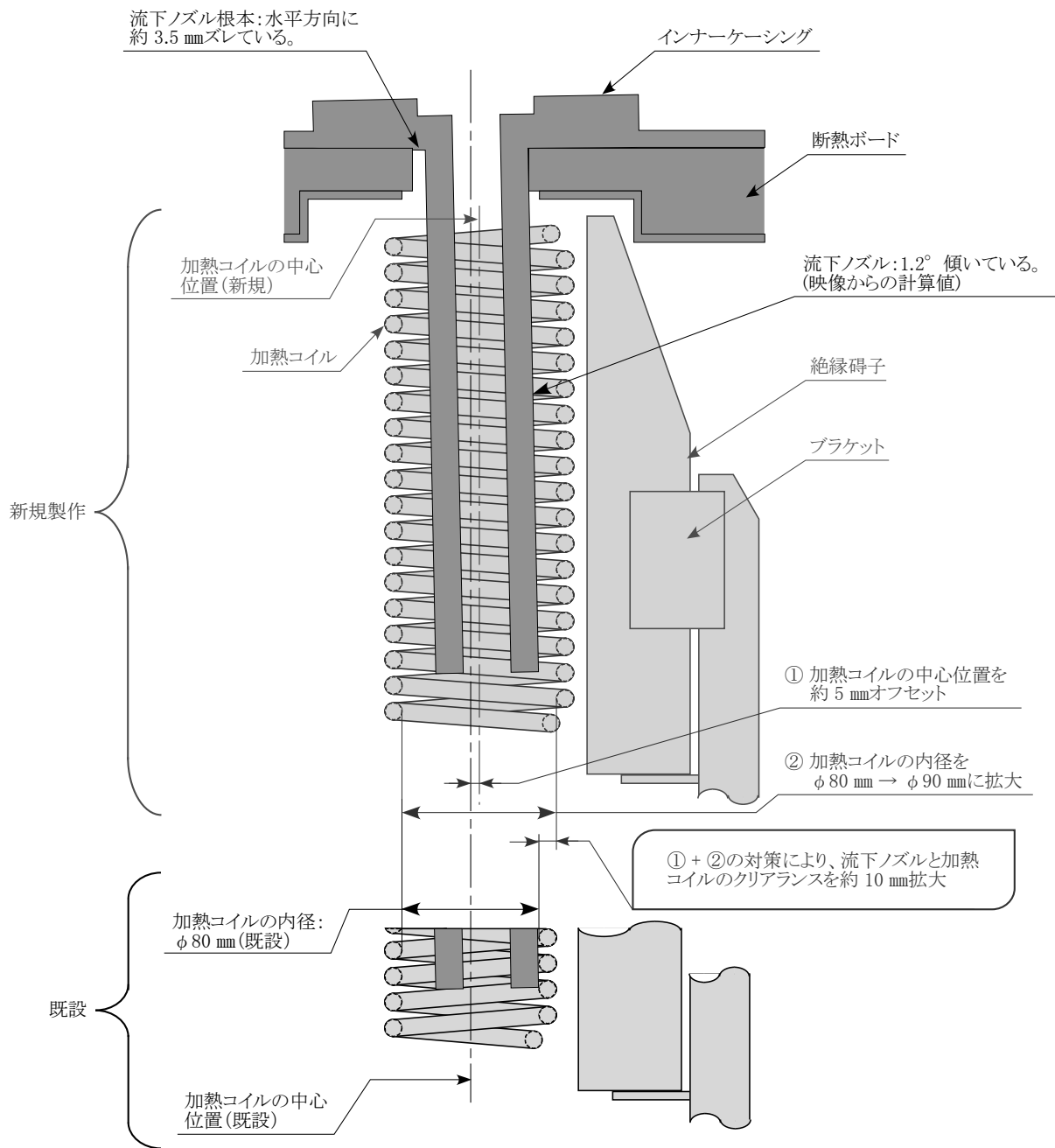
表－2 結合装置（G21M11）の製作・交換に係る工事工程表

	令和2年度			令和3年度			備考
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
結合装置（G21M11） の製作・交換		工 事					

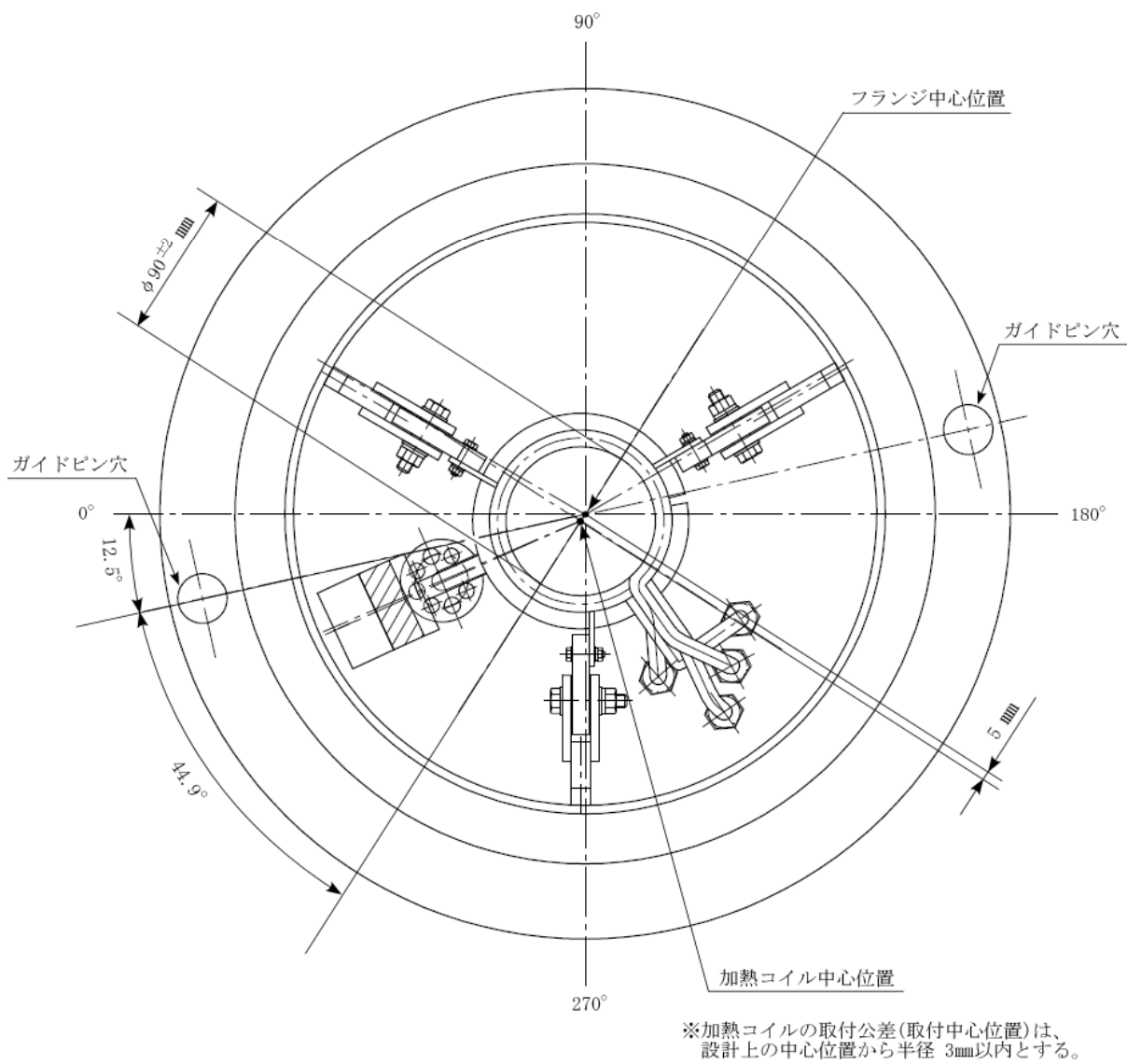
別 図



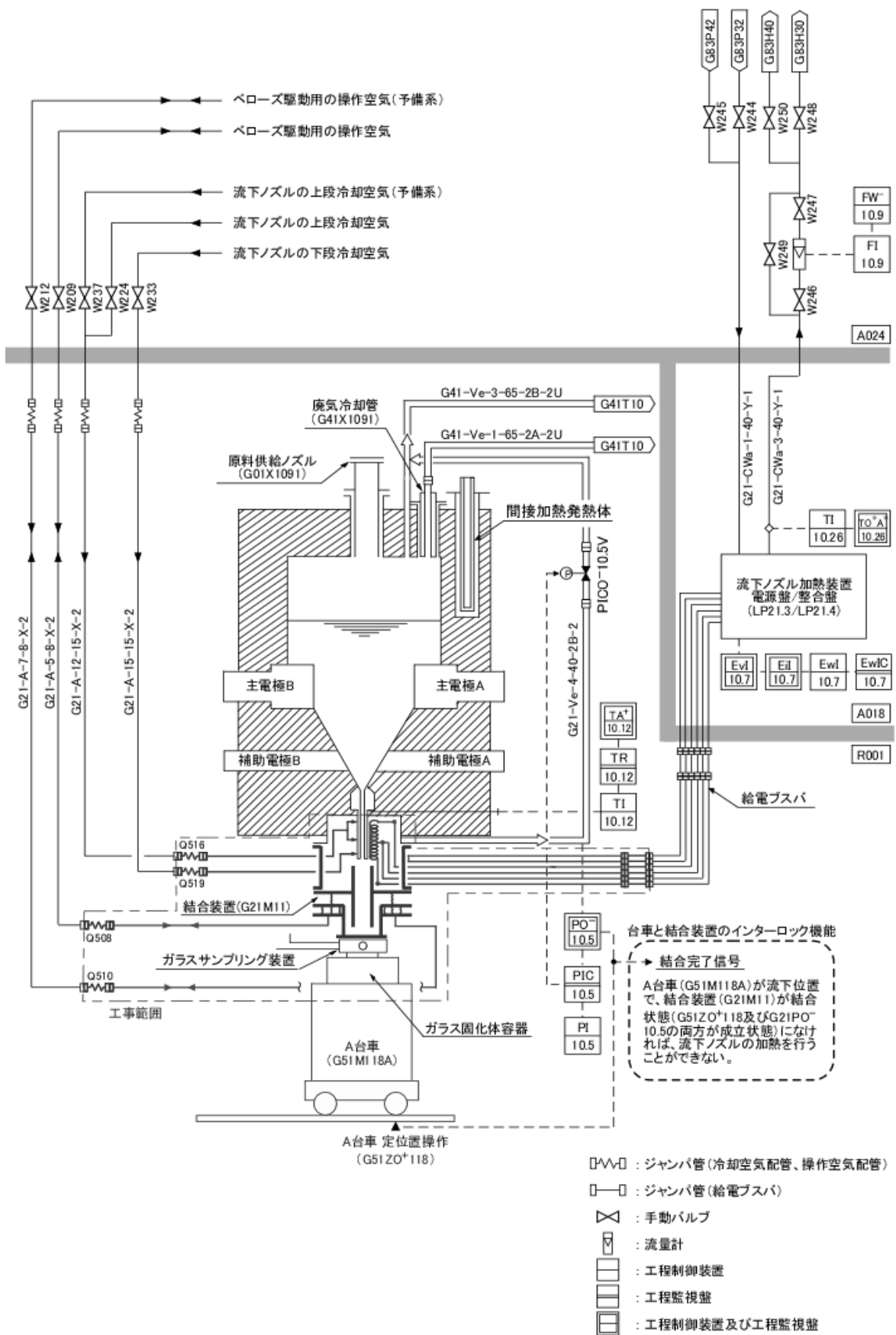
別図-1 結合装置 (G21M11) の構造概要



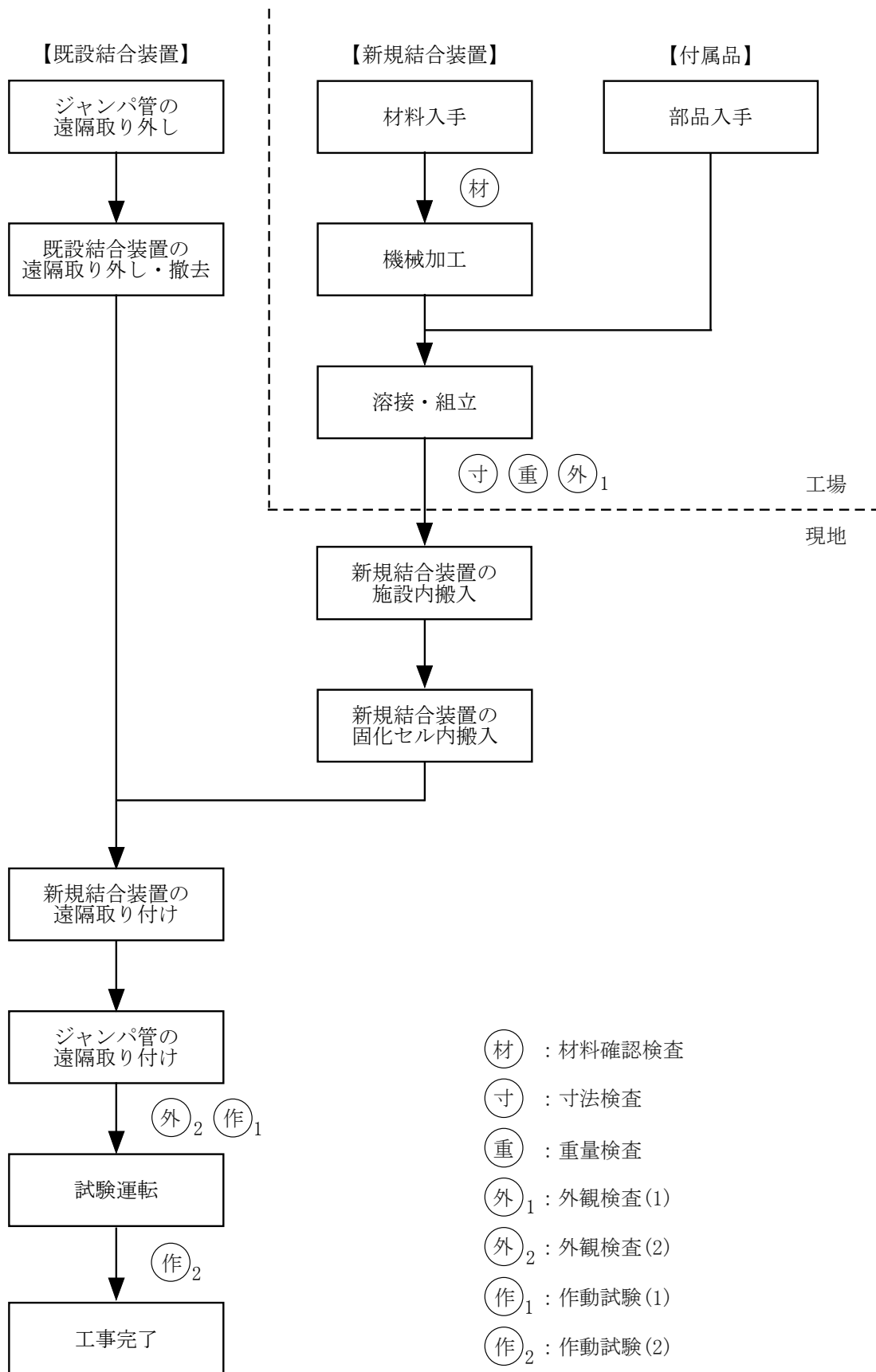
別図－ 2 流下ノズルと加熱コイルのクリアランスの確保方法



別図－3 加熱コイルの内径及び取付位置



別図-4 結合装置 (G21M11) の系統概要



別図－5 結合装置（G21M11）の製作及び交換に係る工事フロー

添 付 書 類

1. 申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性
2. 申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第44条第1項の指定若しくは同法第44条の4第1項の許可を受けたところ又は同条第2項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

1. 申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」
との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の方法」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
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	—	—	—
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	第2項	別紙-1に示すとおり
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	無	—	—
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	—	—
第十三条	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	—	—
第十四条	安全避難通路等	無	—	—
第十五条	安全上重要な施設	無	—	—
第十六条	安全機能を有する施設	有	第2、3項	別紙-2に示すとおり
第十七条	材料及び構造	無	—	—
第十八条	搬送設備	無	—	—
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	—	—
第二十条	計測制御系統施設	無	—	—
第二十一条	放射線管理施設	無	—	—
第二十二条	安全保護回路	無	—	—
第二十三条	制御室等	無	—	—

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
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	臨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	—	—
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	—	—

技 術 基 準 の 条 項		評価の必要性の有無		適 合 性
		有・無	項・号	
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	—	—	—

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

- 2 耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。
- 3 耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

- 2 本申請により製作・交換する結合装置（G21M11）は、既設と同仕様であり、既設結合装置の重量（設計重量：約 404 kg、製作重量：約 388kg）に対して加熱コイル径の拡大に伴う重量増加は約 0.5 kg と十分に小さく、設計重量に変更は生じないことから、溶融炉（G21ME10）の耐震評価に影響は生じない。

溶融炉（G21ME10）の耐震評価に影響が生じないことを結合装置（G21M11）の重量検査により確認する。

第十六条（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

- 2 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。
- 3 安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。
- 4 安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。
- 5 安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

- 2 結合装置（G21M11）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（台車と結合装置のインターロックの作動試験）が可能である。

交換後においても、結合装置（G21M11）の検査又は試験（台車と結合装置のインターロックの作動試験）ができるように施設された構造を変更するものではないため、影響はない。

- 3 結合装置（G21M11）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。

交換後においても、結合装置（G21M11）の適切な保守及び修理ができるように施設された構造を変更するものではないため、影響はない。

2. 申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第44条第1項の指定若しくは同法第44条の4第1項の許可を受けたところ又は同条第2項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第 5 条第 6 項において読み替えて準用する同法第 4 条第 1 項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和 2 年 4 月 22 日付け令 02 原機（再）007 により届出を行っているところによる。

TVF 保管能力増強について

【概要】

TVF 保管能力増強については、平成 30 年 11 月に変更申請している。

本件について、令和元年 10 月 18 日の面談において、「ブロワが停止し通常運転から自然通風換気に移行する際のガラス固化体の温度変化について、評価において適切に考慮していることを整理して説明すること。」等のコメントを受けている。また、令和 2 年 6 月 8 日の監視チーム会合において、「ガラス固化技術開発施設(TVF)の保管能力増強について、想定される事象の進展を踏まえて、自然通風換気がどの程度期待でき、また、強制換気がどのタイミングで必要となるのか、ガラス固化体の崩壊熱除去機能を維持できることを整理して説明すること。」のコメントを受けている。

上記コメントを踏まえ、TVF 保管能力増強については、安全対策との関係を整理した上で、令和 2 年 7 月に補正する予定である。

なお、本申請に含まれている設計地震動や設計津波に対する崩壊熱除去機能に係る対策(移動式発電機による強制換気、自然通風換気)については、事故対処として扱うこととし、本申請から切り離し、令和 2 年 7 月の安全対策に係る変更申請に含める予定である。

令和2年 月 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

TVF 保管能力増強について

1. 概要

平成 30 年 11 月に変更申請した TVF 保管能力増強については、令和元年 10 月 18 日の面談において、「ブロワが停止し通常運転から自然通風換気に移行する際のガラス固化体の温度変化について、評価において適切に考慮していることを整理して説明すること。」等のコメントを受けている。また、令和 2 年 6 月 8 日の監視チーム会合において、「ガラス固化技術開発施設(TVF)の保管能力増強について、想定される事象の進展を踏まえて、自然通風換気がどの程度期待でき、また、強制換気がどのタイミングで必要となるのか、ガラス固化体の崩壊熱除去機能を維持できることを整理して説明すること。」のコメントを受けている。

上記コメントを踏まえ、TVF 保管能力増強については、安全対策との関係を整理した上で、令和 2 年 7 月に補正する予定である。

なお、本申請に含まれている設計地震動や設計津波に対する崩壊熱除去機能に係る対策(移動式発電機による強制換気、自然通風換気)については、事故対処として扱うこととし、本申請から切り離し、令和 2 年 7 月の安全対策に係る変更申請に含める予定である。

2. 安全対策との関係

ガラス固化体の崩壊熱除去機能について、既往の許認可においては強制換気システムを前提としている。保管能力を増強した場合においても当該システムによる崩壊熱除去機能は十分な能力を有する。

一方、設計地震動や設計津波により恒設設備からの給電が停止した場合には、強制換気システムが停止することから、新たに配備する移動式発電機からの給電により強制換気を復旧する。また、換気停止から移動式発電機から給電するまでの間は自然通風換気状態となることから、排気経路に断熱材を追加することでドラフト力の向上を図り時間的裕度を確保する。これらの設計地震動や設計津波に対するガラス固化体の崩壊熱除去機能維持に係る追加対策については、事故対処として位置づける。

3. 変更申請の考え方

平成 30 年 11 月の変更申請では①から⑤の内容を含んでいる。

- ①保管ピットの耐震
- ②保管セルの遮蔽
- ③建家及びセル換気系送排風機によるガラス固化体の冷却
- ④全動力電源喪失後の移動式発電機からの給電
- ⑤全動力電源喪失後の自然通風換気対策

①～③は、既存の固化体保管設備及び強制換気システムを前提とした安全設計(耐震、遮蔽、冷却)として、保管能力増強の変更申請の補正に記載する。

④及び⑤については、設計地震動や設計津波に対して、新たに講ずる安全対策となることから、事故対処として扱うこととし、本申請から切り離すこととする。

4. 想定される事象の進展

商用電源及び非常用発電機からの給電が停止し全動力電源喪失した場合の想定される事象の進展フローを図-1に示す。

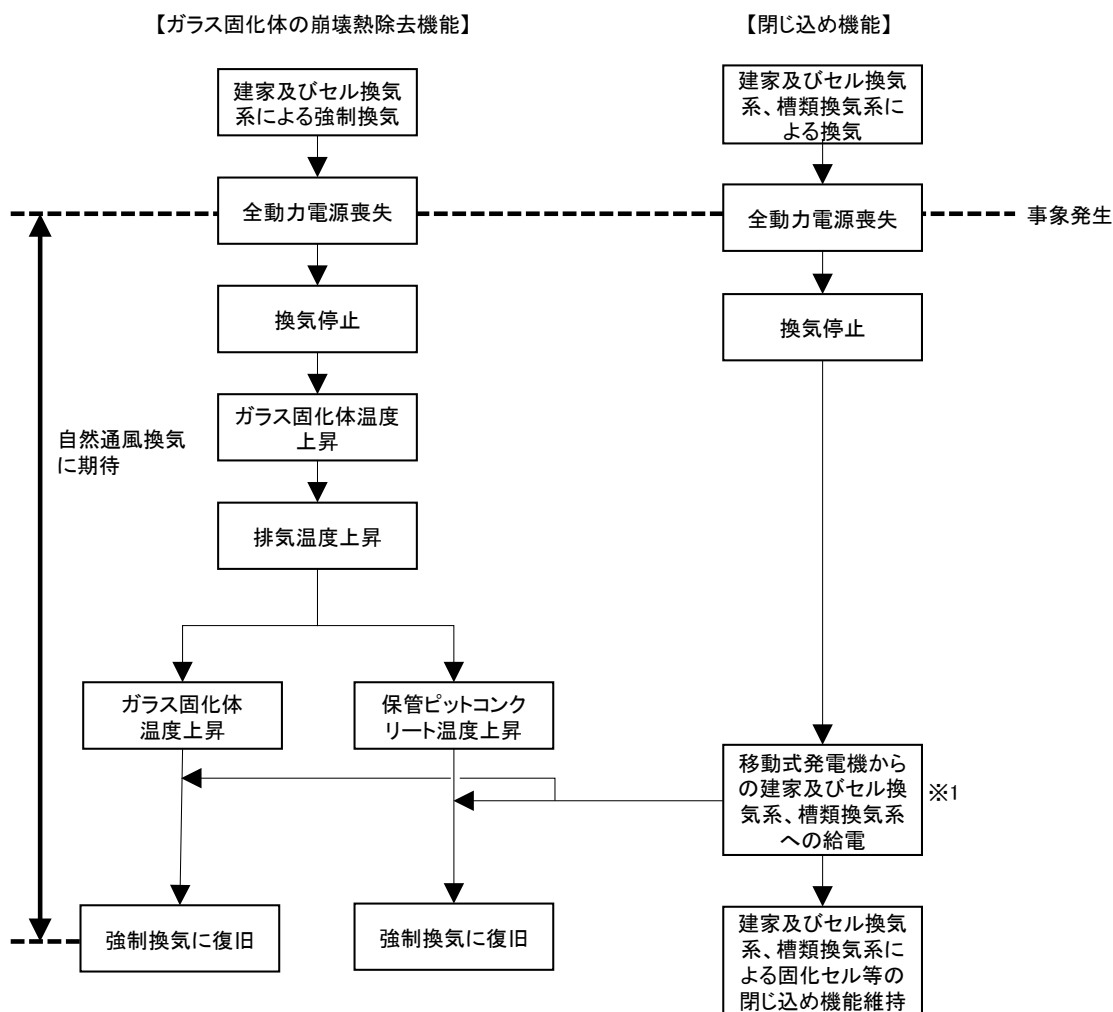
地震や津波により商用電源及び非常用発電機からの給電が停止し、全動力電源喪失となった場合には保管セルの強制換気は停止する。強制換気の停止に伴い、ガラス固化体の温度が上昇し、保管ピット内の空気温度及び排気温度が上昇する。排気温度の上昇に伴い、換気経路に流れを駆動する通風力が生じるため、自然通風換気の状態となるが、ガラス固化体及び保管ピットコンクリートの温度は徐々に上昇する。

ガラス固化体及び保管ピットコンクリートの温度が設計目標値に達するまでの間に、移動式発電機からの給電による強制換気の復旧を実施することで、ガラス固化体の崩壊熱除去機能を維持する。

5. 申請範囲の整理

上記を踏まえて、申請範囲を整理した結果を表-1に示す。

以上



※1 移動式発電機からの給電作業に要する時間については事故対処の有効性評価の中で示す。

- (事象進展シナリオ)
- ・通常時、保管セルは建家及びセル換気系送排風機により強制換気され、ガラス固化体等は冷却されている。
 - ・地震や津波等により商用電源及び非常用発電機からの給電が停止し、全動力電源喪失となった場合は保管セルの強制換気は停止する。
 - ・強制換気の停止に伴い、ガラス固化体の温度が上昇する。
 - ・ガラス固化体の温度上昇に伴い、ピット内の空気温度及び排気温度が上昇する。
 - ・ガラス固化体及び保管セルコンクリート温度が上昇する。
 - ・閉じ込め機能の維持の観点で移動式発電機から、建家及びセル換気系送排風機に給電される。
 - ・保管セルの換気は強制換気に復旧し、ガラス固化体の崩壊熱除去機能は維持される。

図-1 事象進展フロー

表-1 申請範囲の整理

		TVF保管能力増強 申請内容(補正)	安全対策(事故対処設備)の申請内容	
基本的考え方		・保管ピットの耐震、保管セルの遮蔽、保管セル換気による固化体冷却の範囲を保管能力増強の申請範囲とする。	・設計地震動や設計津波により恒設設備からの給電が停止した場合(全電源喪失時)の事故対処を申請範囲とする。 ・事故対処の有効性評価の中で、移動式発電機からの給電時間に対して、ガラス固化体及び保管セルコンクリート温度上昇は時間的裕度があることを示す。	
設計方針		・630本に増強したとしても、保管ピットの耐震、保管セルの遮蔽、保管セル換気による固化体冷却は既存の設備に必要な能力を有している。	・全動力電源喪失時の事故対処として、建家及びセル換気系、槽類換気系及び固化セル圧力放出系は、移動式発電機から給電することが可能な設計とする。	
再処理技術基準との適合性	(安全機能を有する施設)	【第6条】 地震による損傷の防止	・保管ピットは、630本に増強した場合においても、耐震重要度分類に基づくBクラス地震力に対して安全性を確保できる設計とする。	—
	【第15条】 安全上重要な施設	・安全上重要な施設に該当する保管セル換気設備は、排風機、電源設備等、多重化している。	—	
	【第25条】 保管廃棄施設	・現状の保管セルの除熱能力でガラス固化体630本の冷却が可能である。 ・外部電源喪失時においても、非常用発電機から保管セル換気への給電により冷却は維持される。 ・事故時(全動力電源喪失時)には、閉じ込め機能に係る事故対処として、槽類換気系排風機以外に建家及びセル換気系送排風機にも給電することから、閉じ込め機能を維持するとともに、結果として、固化体の冷却機能も維持される。	—	
	【第27条】 遮蔽	・630本に増強した場合においても、保管セル周辺区域の線量率は線量限度を下回る。 ・保管セルからのスカイシャイン線量は線量限度を下回る。	—	
(重大事故対処施設)	【第33条】 地震による損傷の防止	—	・保管ピットは設計地震動に対して安全性を確保できる設計とする。 ・保管セル換気設備(フィルタ、排風機、ダクト)は、断熱材を施工した場合においても、基準地震動に対して安全性を確保できる設計。 ・移動式発電機から建家及びセル換気系へ給電するための電源設備は、設計地震動に対して安全性を確保できる設計とする。	
	【第35条】 火災等による損傷の防止	—	・換気設備に施工する断熱材は不燃性のものを使用する。(ドラフト力向上による換気風量の確保及び温度上昇抑制による作業環境維持の観点から、ダクト等に断熱材を施工する。) ・移動式発電機からの給電対策で敷設するケーブルは難燃性とする。 ・移動式発電機からの給電系統、隔離距離を確保する等の火災防護措置を講じる。	
	【第36条】 重大事故等対処設備	—	・全動力電源喪失時には、閉じ込めの観点から事故対処として、環境への影響をより低減するため、移動式発電機から槽類換気系排風機、建家及びセル換気系に移動式発電機より給電する。 ・事故対処の有効性評価として、移動式発電機から給電するまでの間は、ガラス固化体及びコンクリートの温度上昇は緩やかであり設計目標値に到達しないことをFEM及び伝熱計算により評価して示す。	
	【第46条】 電源設備	—	・非常用発電機からの給電が不可となった場合には、閉じ込めの観点から、移動式発電機から建家及びセル換気系排風機、槽類換気系排風機へ給電可能な設計とする。	

耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せの考え方について

耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せについては、補正申請書の「添付資料 6-1-2-3-1 耐震設計基本方針」において以下の通りとしている。

5. 耐震計算の基本方針

．．．

耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せについては、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せで実施した上で、その計算結果に基づき水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せが耐震性に及ぼす影響を評価する。

上記記載は基本となる考え方を示しており、建物・構築物、機器・配管系の評価における個別の扱いは、それぞれで用いる評価手法及びモデルのもつ保守性、対象の構造的特徴、許容値に対する評価値の裕度の観点から、最終的な評価内容が保守的なものとなるように扱っている（図 1 及び表 1）。この考え方に従い、従来法である水平 1 方向及び鉛直方向の地震力の組合せによる評価を基本とし、水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響を評価した上で保守的となる結果を用いることとしており、本方針は適切であると考ええる。

表 1 耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せの適切性

<p>建家</p>	<p>○従来法による評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水平方向の地震力に対しては、せん断力（せん断ひずみ）について評価することを基本としている。水平 2 方向に対して、それぞれ荷重を負担する構造体（耐震壁）を明確に分けて剛性を算出し、水平方向毎に解析モデルを作成して評価を行っている。 ・鉛直方向の地震力は、地盤の接地圧の評価に用いる。接地圧については、従来より水平方向の回転による応力と鉛直方向（下向き、上向き）の並進による応力の影響が考えられることから、両者の応力を組み合わせて評価を行っている。 <p>○水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水平 2 方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する構造体（耐震壁）が異なるため、水平 2 方向の入力がある場合の評価は、水平 1 方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。 <p>○水平 2 方向による応答特性について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高放射性廃液貯蔵場（HAW）の建家の平面レイアウトは矩形（概ね正方形）で、耐震壁も直交方向に均等に配置されており、バランスの良い構造となっている。水平 2 方向入力時にねじれ等の平面 2 次元的挙動が生じる恐れはないことから、従来法に基づき、方向毎にモデル化を行い、地震動を入力することで建家の耐震性が確認できる。 ・なお、従来法のモデル（質点系モデル）の妥当性については、過去の地震観測波を用いた検証計算により妥当性を確認している。
<p>機器・配管系</p>	<p>○従来法である水平 1 方向及び鉛直方向の地震力の組合せによる評価の保守性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・剛な機器の評価（JEAG 式や FEM の静的解析で評価する機器、定ピッチスパン法に基づいて設計された配管）に用いる水平方向の入力加速度は、3 波の 2 方向の床応答の中の最大加速度を 1.2 倍した加速度を用いている。 ・剛でない機器の評価（スペクトルモーダル法で評価する機器）に用いる水平方向の入力加速度は、3 波の 2 方向の床応答スペクトルをすべて重ね合わせた後、周期方向に±10%拡幅したものをを用いており、単独方向の床応答スペクトルや時刻歴波に対して高い保守性を持つ。 <p>○水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機器の構造上の特徴として、剛な構造で明確な弱軸方向がある機器及び定ピッチスパン法に基づいて設計された配管については、水平 2 方向の組合せを考慮した場合に加わる強軸方向の影響は軽微である。 ・機器の構造上の特徴として、円筒容器胴のような対称性のあるものについては、水平 2 方向入力時の各方向での最大応力発生位置が異なるため、水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響は軽微である。 ・3 次元 FEM モデルを用いてスペクトルモーダル法で解析するもの（剛でない機器）については、従来法の評価で裕度が少なくなる場合に、Ss-D 波の 2 方向の床応答スペクトルを用いて水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響を評価し、保守的な結果となる方を評価に用いている。 ・3 次元 FEM モデルを用いて時刻歴解析を行うもの（剛であっても 3 次元的な変形挙動に基づき応力発生を評価すべきと判断したもの）については、水平 2 方向の組合せを評価している。解析においては、2 方向の床応答加速度の時刻歴波を直接用いている。 <p>○以上より、機器及び配管系の耐震評価では、水平 2 方向の組合せによる影響を適切に評価した上で、保守的な結果を用いることとしているため適切であると判断している。</p>
<p>土木構造物 （トレンチ）</p>	<p>○ T21 トレンチは厚みのある鉄筋コンクリート製の矩形断面を持った直線状の構造であることから弱軸方向が明確であり、水平 2 方向の組合せを考慮した場合に加わる強軸方向の影響は軽微である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周辺地盤改良工事により、弱軸方向の躯体に生じる応力低減を目的とした耐震性向上対策を行うこととしているが、評価モデル（弱軸方向）では、保守的に周辺地盤の改良範囲（改良幅）を工事計画より小さく考慮しており、耐震余裕を確保した設計としている。

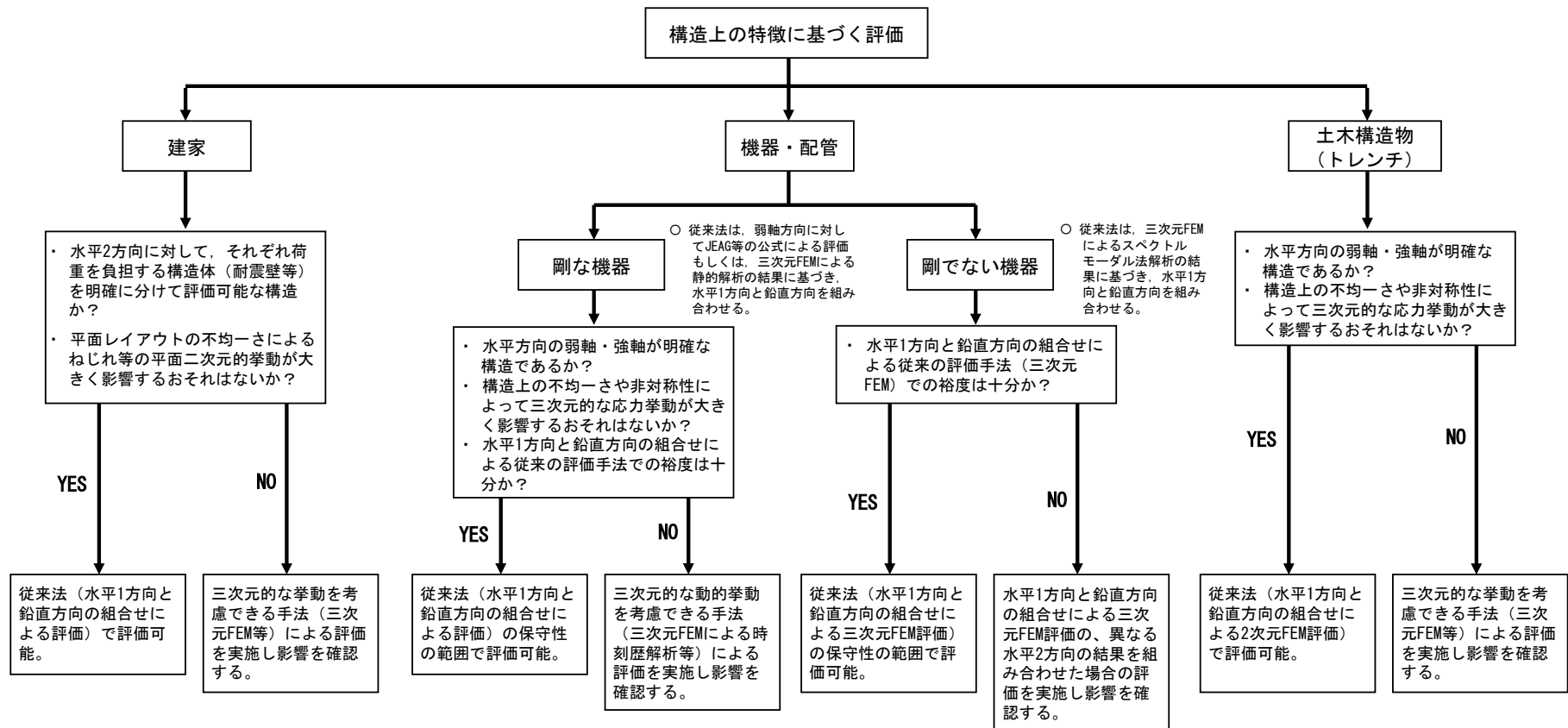


図1 水平方向及び鉛直方向の組合せに係る検討フロー

耐震計算における波及的影響を及ぼす機器の評価の考え方について

補正申請書の「添付資料 6-1-2-3-1 耐震設計基本方針」の「2. 耐震設計の基本方針」においては、高放射性廃液の崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能にかかわる設備に対して、その他の設備の地震による損傷等により波及的影響が生じないように設計するとしている。

これら波及的影響の可能性のある設備は、図面調査及びプラントウォークダウンに基づき、設計地震動に対して耐震性を確保するとした設備の近傍に配置され、設計地震動時に転倒、倒壊及び落下のおそれがあると考えられた設備を選定している。

これらの波及的影響の可能性のある設備は、設計地震動による地震力が作用した際には、その設備の機能の喪失は許容するものの、転倒、倒壊及び落下を生じないことが求められることから、それら設備の評価においては、設備の支持・固定部位について評価することとしている。また、それら設備の支持・固定部位が弾性範囲を超えて変形したとしても破断に至らなければ転倒、倒壊及び落下を生じないと考えられる。そこで、据付ボルト等による単純な支持構造をもつ設備に対しては、保守的な評価基準として弾性範囲に収めることとし、剛でない機器であっても JEAG 式等の公式に基づき支持部位の評価を行っている。

ガラス固化技術開発施設（TVF）の冷却塔コイルユニットの交換について

令和 2 年 6 月 23 日
再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

ガラス固化技術開発施設（TVF）の冷却塔コイルからの水漏れが生じた事象は、停止していた冷却塔コイル内の冷却水が凍結し、コイルの亀裂に至ったことによるものであった。

コイルに亀裂が生じているコイルユニットは、保安規定第 115 条に基づく部品交換の対象であるが、今回の交換は不具合事象に伴うものであることから、許認可上の取扱いについて確認したい。

2. 事象の概要

- ・ 運転停止中の TVF 屋上（非管理区域）の二次冷却設備（A 系統、B 系統の 2 系統）について、令和 2 年 2 月 3 日～2 月 7 日にかけて、B 系統を停止して冷却水ポンプ（G83P22）の点検整備を実施していた（A 系統から冷却水の供給を継続）。
- ・ 令和 2 年 2 月 7 日（金）14 時頃、B 系統の冷却水ポンプ（G83P22）の点検整備後の試運転のため、停止していた B 系統の冷却塔（G83H20）の外観点検（図-1、写真-1）を行ったところ、冷却塔内で水漏れを確認した。水漏れ箇所を調査したところ、コイルに亀裂（4 か所）があることを確認した。
- ・ その後、その他のコイルに亀裂がないか確認したところ、合計 13 か所の亀裂（約 30～50 mm）を確認した（写真-2）。
- ・ 凍結によるコイルの亀裂の防止のため、コイルに亀裂が生じているコイルユニット（全 18 系統中 7 系統）へ閉止板を取付け（図-2、写真-3）、当該冷却塔（G83H20）を 2 月 8 日（土）1 時頃から運転開始した。

3. 設備の概要

TVF の二次冷却水設備（図-1）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、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。

熱負荷に対し 100 %の冷却能力を有する系統を 2 系統（A 系統/B 系統）設けており、性能維持施設である。

冷却塔のコイルユニットは、西側 9 ユニット、東側 9 ユニットの全 18 ユニットがフランジ接続されており、容易に交換が可能である。

4. 原因

冷却塔の西面のコイル表面で亀裂を生じていることから、西方向の冷風により冷却塔（G83H20）の西面のコイル内の冷却水が凍結し、亀裂を生じたものとの製作メーカーの見解であった。

亀裂に至った原因として、冷却塔（G83H20）を停止していた状態で、コイル内冷却水の排水、ブルーシートによる養生などの凍結防止処置を行わず、急な冷え込み（気温の低下：図-3）があり、西面のコイル表面のコイル内の冷却水が凍結し、コイルの亀裂に至ったものである。

5. 対策

本事象は、「冷却塔の停止を伴う作業を冬期に実施したこと」、「冷却塔の凍結防止処置を行わなかったこと」が問題点として抽出されたことから、是正処置として、冬期に冷却塔の停止を伴う作業を実施する前に、冷却塔の凍結防止処置としてコイル内冷却水を排水する旨課内規則に明記する等の改善を図ることとしている。

亀裂の生じているコイル（13ヶ所）のコイルユニット（全18ユニットのうち7ユニット）については、同仕様のコイルを新規に製作し、交換する。

6. 事業指定申請書、設工認申請書、廃止措置計画に定める機能の維持について

冷却塔コイルユニットは、冷却水設備の系統に含まれる性能維持施設であり、再処理施設の技術基準に関する規則の第十六条「安全機能を有する施設」の第2項及び第3項の適用を受けるが、検査又は試験（冷却塔の出口の冷却水量）ができること及び適切な保守及び修理ができること（交換可能な構造）に変更はなく、これらの機能は維持される。

(1) 事業指定申請書に定める機能の維持

事業指定申請書には冷却設備（流量や温度の監視）、冷却塔（約870,000 kcal/時/基）に係る記載があるが、冷却設備及び冷却塔の系統や構造に変更はなく、同材質、同構造のコイルユニット交換後も機能は維持される。

(2) 設工認申請書に定める機能の維持

冷却水設備について、冷却塔（G83H20）の記載があり、別図に概略図（材質：C1220T-Hや交換熱量 9.75×10^5 kcal/H）、工程系統図、エンジニアリングダフローダイヤグラムに冷却水設備の記載がある。また、耐震設計に冷却塔が耐震分類A類の記載がある。冷却設備及び冷却塔の系統や構造に変更はなく、同材質、同構造のコイルユニットに交換することから、交換後も機能は維持される。

(3) 廃止措置計画に定める機能の維持

廃止措置計画には性能維持施設として冷却塔が定められており、要求機能として「その他（冷却機能）」がある。これを維持管理するための点検項目として、「冷却塔出口の冷却水流量が 195 m³/H 以上であること」の記載があるが、同材質、同構造のコイルユニットに交換することから、交換後も機能は維持される。

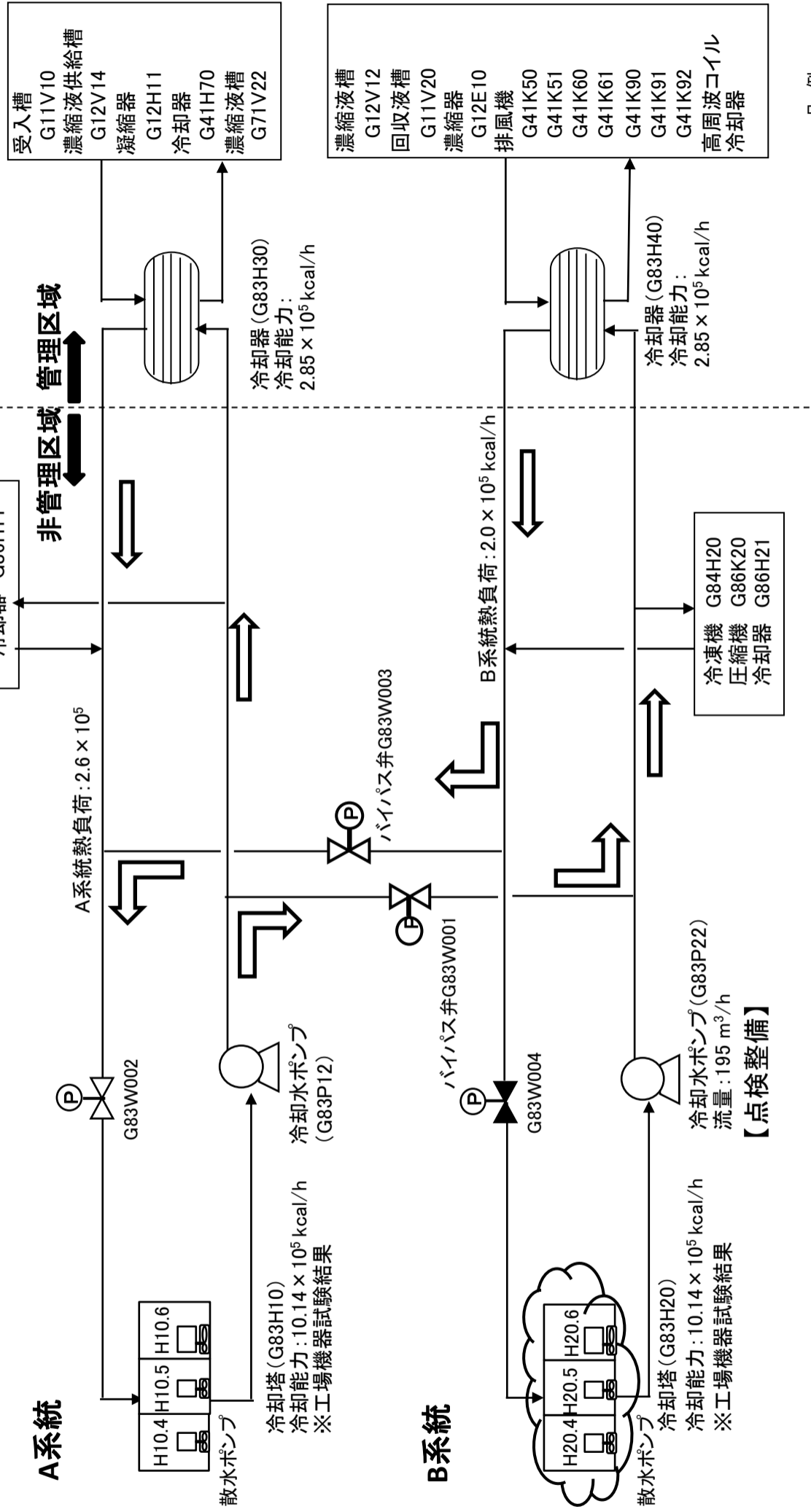
7. 許認可上の取扱い

交換するコイルユニットは、既設と同仕様であり、機能に変更はない。また、申請書等の記載に変更もないことから、許認可手続きは不要と考えているが、今回の交換は不具合事象(想定していない劣化等)に伴うものであることから、保安規定第 115 条第 2 項 (ハ) に基づき、許認可上の取扱いについて確認したい。

以 上

二次冷却水設備 (B系統) を停止中の状態を示す

一次冷却水設備



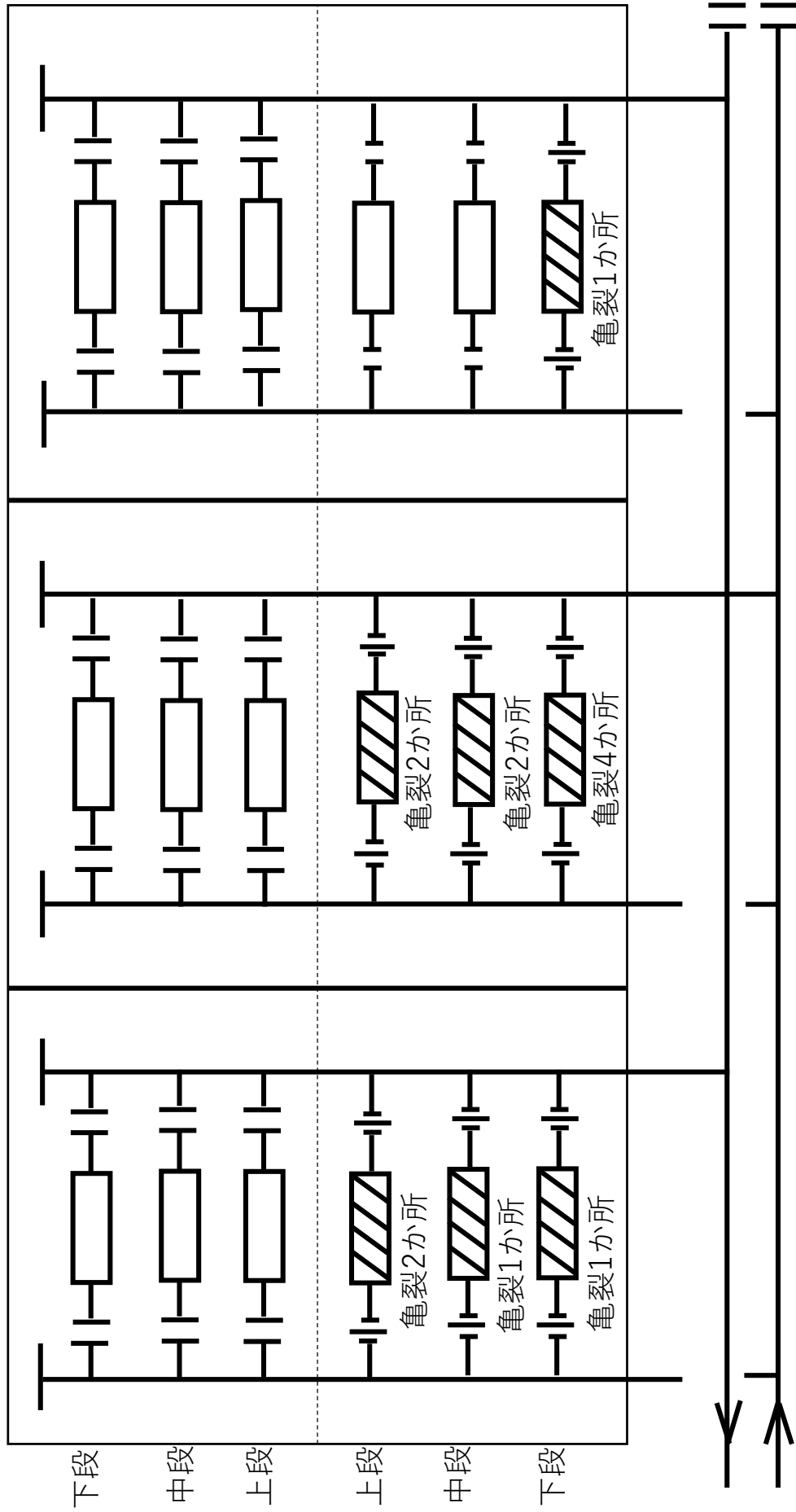
- 凡例
- : 亀裂が確認された箇所
 - : 散水ポンプ
 - : ポンプ
 - : 冷却水の流れ方向
 - : 弁 (全開)
 - : 弁 (全閉)

- ① 二次冷却水設備は、熱負荷に対し100%の冷却能力を有する系統を2系統(A系統/B系統)設けている。
 - ② 通常時は、バイパス弁 (G83W001, W003) を閉じて、A系統/B系統の両系統を運転している (50%の冷却能力で運転)。
 - ③ 片系統に異常が発生した場合には、バイパス弁 (G83W001, W003) が自動的に開き、正常な系統から異常が発生した系統に冷却水が供給される (100%の冷却能力で運転)。
- ※本記載は、B系統の冷却水ポンプ (G83P22) を点検整備するためB系統を停止し、A系統のみの運転としていた。

図-1 二次冷却水設備 (ユニットG83) の概略系統図

(東面)

□ : コイルユニット
▨ : コイルユニット
(閉止)



(西面)

図-2 冷却塔(G83H20)内冷却水系統 (イメージ)

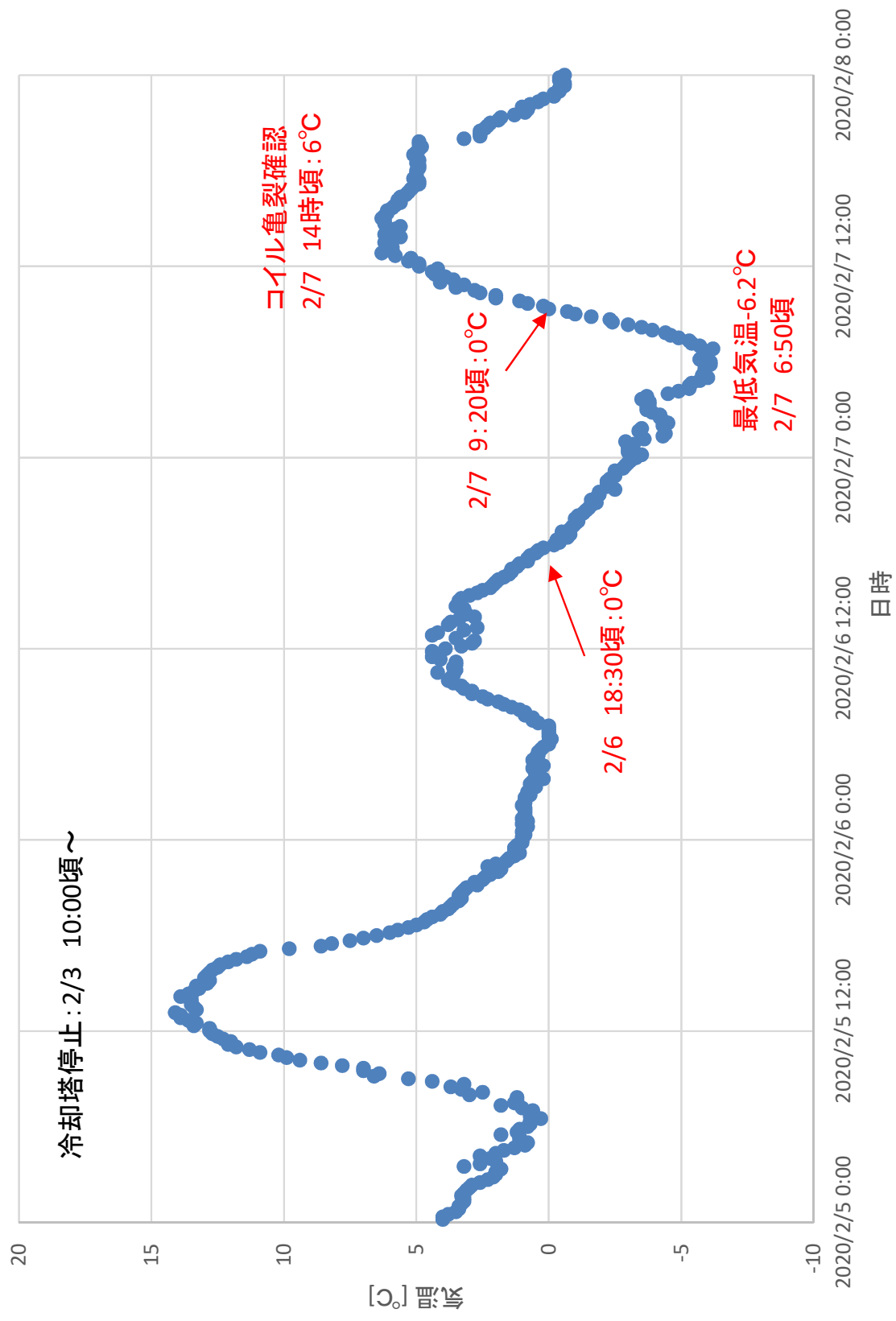


図-3 水戸気象台における気温の推移



写真-1 冷却塔外観

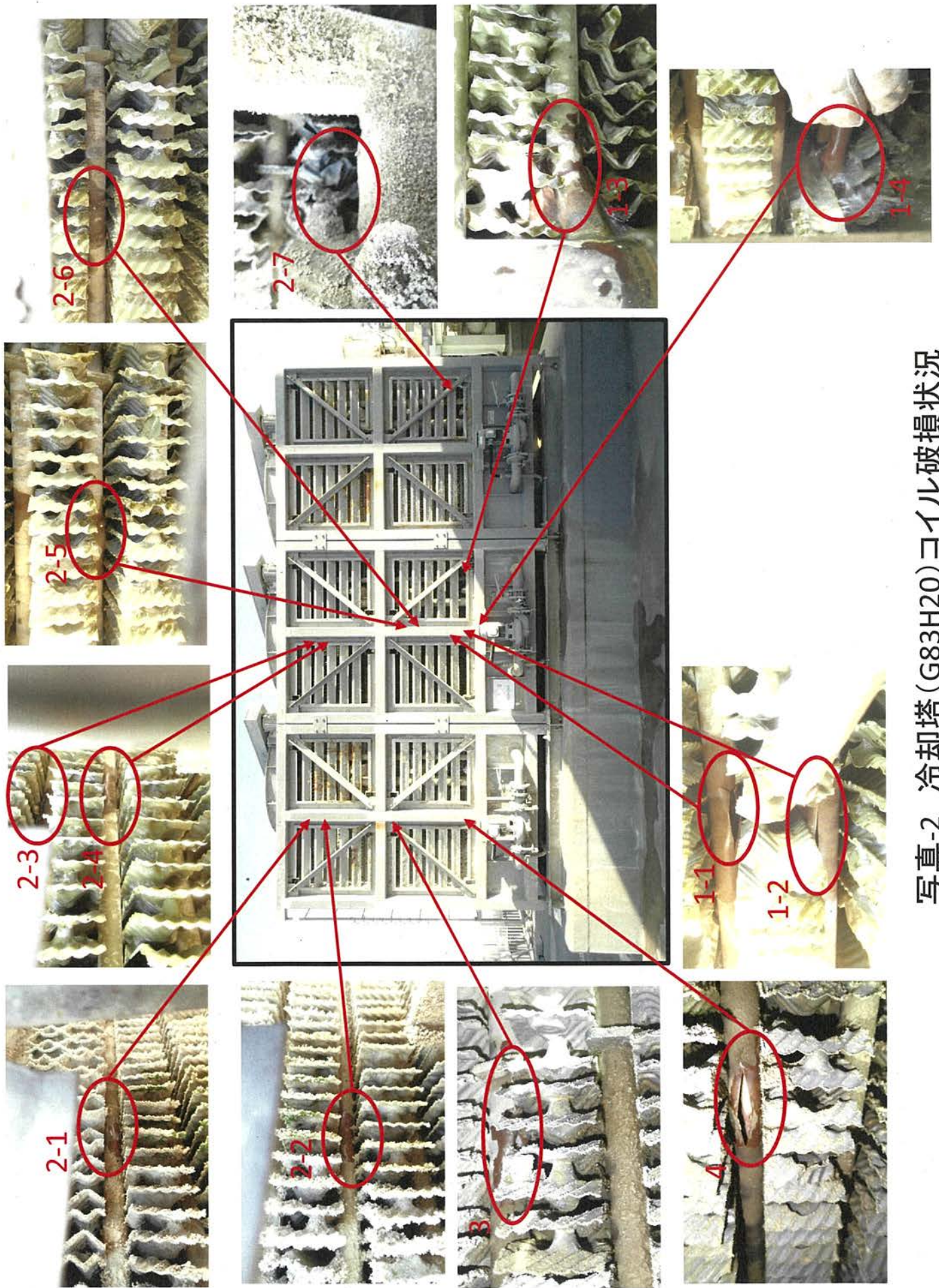
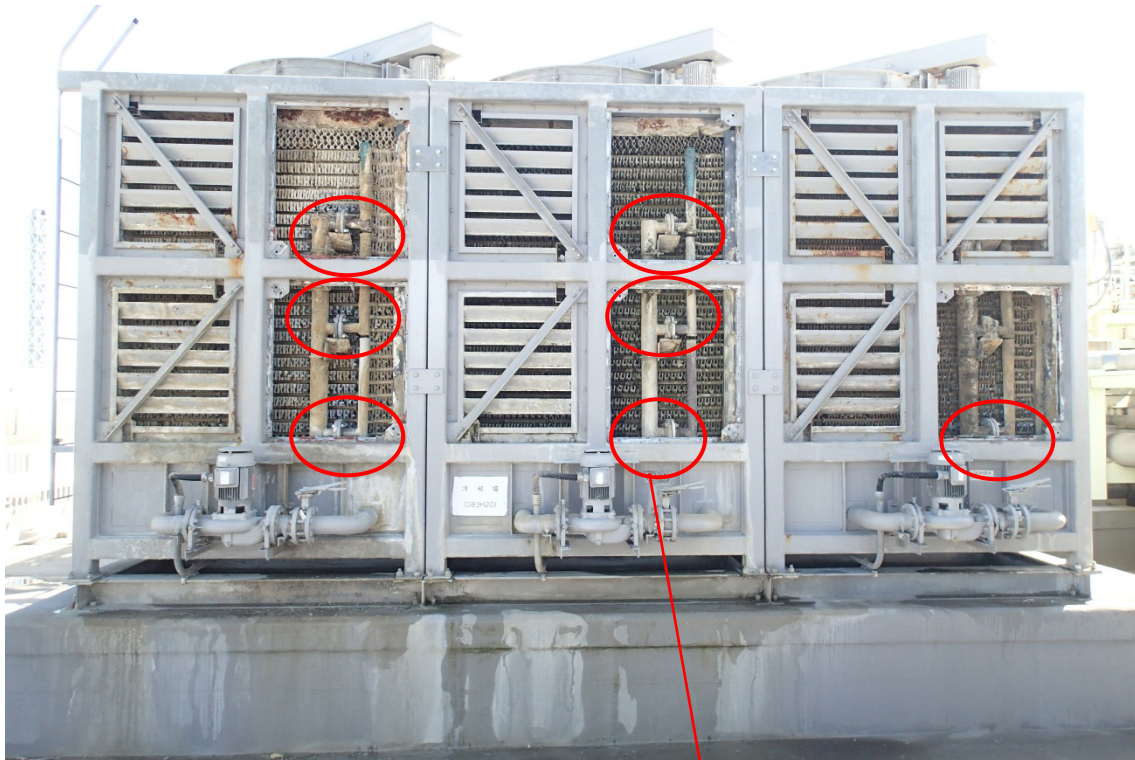


写真-2 冷却塔(G83H20)コイル破損状況



前面の7系統の冷水供給ラインのフランジ部に閉止板を挿入(前面9系統、後面9系統)

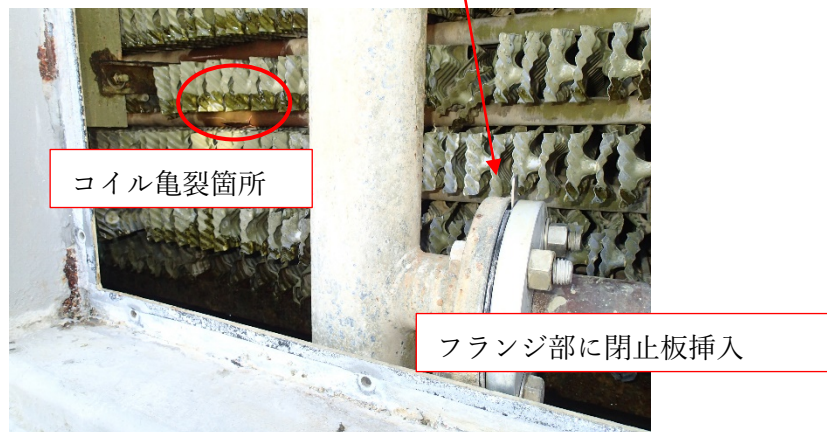


写真-3 水供給ラインの閉止処置の状況

第三低放射性廃液蒸発処理施設（Z施設）のエア抜き弁の交換について

令和2年6月23日
再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

昨年4月に第三低放射性廃液蒸発処理施設（以下「Z施設」という。）のユーティリティ室（G420）で発生した冷却水系配管のエア抜き弁（326X61）からの漏水事象は、エア抜き弁の駆動部に作動不良が生じたことによるものであった。

作動不良を生じたエア抜き弁は、既設と同仕様の汎用品に交換した。本エア抜き弁は、保安規定第115条に基づく部品交換の対象であるが、今回の交換は不具合事象に伴うものであることから、許認可上の取扱いについて確認したい。

2. エア抜き弁の概要及び事象の原因、対策（図-1,2参照、詳細は別紙参照）

エア抜き弁（326X61）は、低放射性廃液第三蒸発缶の運転により発生する凝縮液や濃縮液貯槽の廃気等を冷却するための冷却水系統に設置されており、冷却水系配管内の空気を自動で排出し、冷却水循環ポンプを安定に運転するための設備である。

当該エア抜き弁は、冷却水系配管にねじ込みで接続されており、容易に交換が可能である。

エア抜き弁から冷却水が漏れた原因は、長期間の使用において弁の駆動部についた付着物（錆び）が円滑な動作を妨げ、空気を抜いた後もバルブが閉まり切らなかったことによるものであった。この対策として、①エア抜き弁の動作を定期的に点検し、動作不良が確認された場合、速やかに同仕様の予備品と交換する、②エア抜き弁のエア抜き部にドレンホースを取り付け、エア抜き弁から冷却水が漏れた場合でも床に流出させない措置を施した。

3. 事業指定申請書、設工認申請書、廃止措置計画に定める機能の維持について

(1) 事業指定申請書に定める機能の維持

事業指定申請書にはエア抜き弁（326X61）に係る記載はない。

(2) 設工認申請書に定める機能の維持

放射性廃棄物の廃棄施設 第三低放射性廃液蒸発処理施設の冷却水系統について、付属品弁類との記載があり、また、エンジニアリングフローダイアグラムにエア抜き弁（326X61）が図示されているが、機能に係る記載はない。

(3) 廃止措置計画に定める機能の維持

廃止措置計画にはエア抜き弁（326X61）に係る記載はない。

なお、放射性廃棄物の廃棄施設については、管理区域解除までの期間、廃棄物処理に係る機能を維持管理するとしている。

4. 許認可上の取り扱い

交換したエア抜き弁は、既設エア抜き弁と同仕様の汎用品であり、弁の機能に変更はない。また、申請書等の記載に変更もないことから、許認可手続きは不要と考えているが、今回の交換は不具合事象（想定していない劣化等）に伴うものであることから、保安規定第115条第2項(5)ハ)に基づき、許認可上の取扱いについて確認したい。

以上

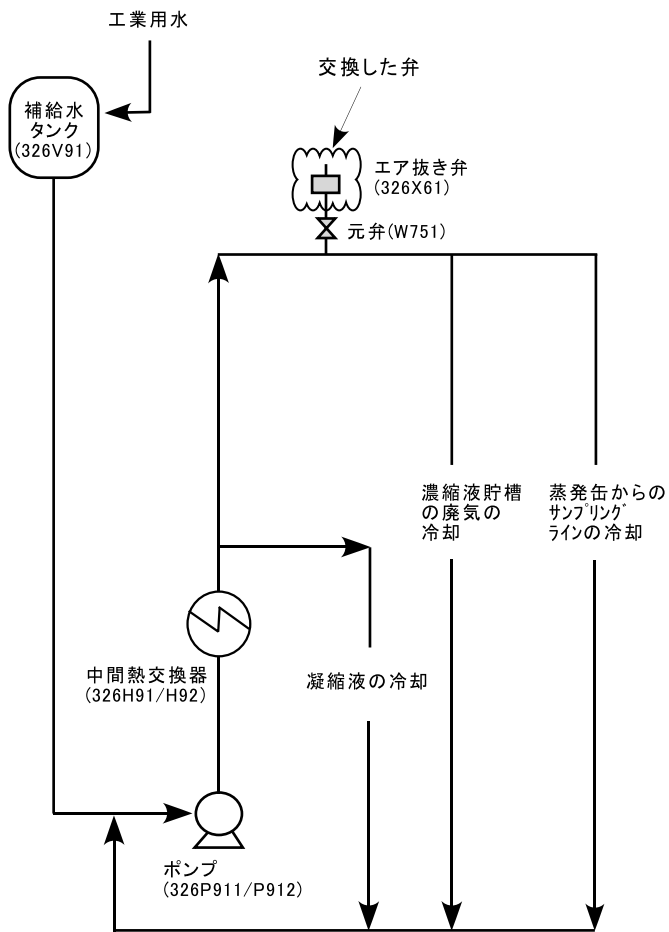
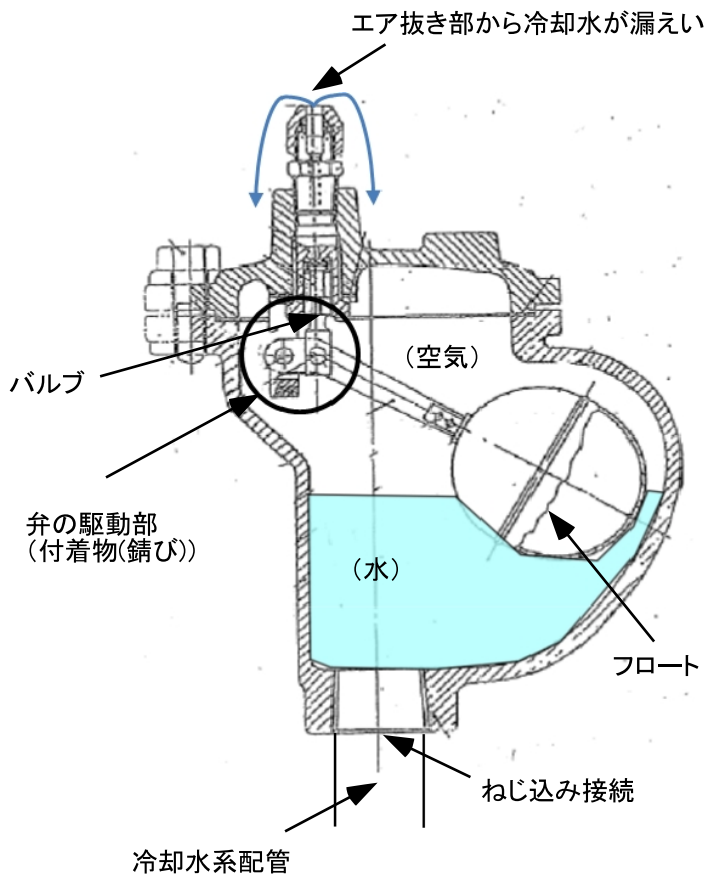


図-1 第三低放射性廃液蒸発処理施設 冷却水系統概要図



- エア抜き弁は、バルブがフロートに繋がった構造となっており、フロートは水に浮いている。
- 空気が流入して水位が下がると、フロートも下がってバルブが「開」となり、空気はエア抜き部から外部に排出する。
- 空気の排出により、水位が上昇すると、フロートも浮き上がり、バルブが再び「閉」の状態に戻る。

図-2 エア抜き弁 概要図

第三低放射性廃液蒸発処理施設 ユーティリティ室(G420)での漏水事象の 原因及び対策について

1. はじめに

平成 31 年 4 月 25 日(木)に第三低放射性廃液蒸発処理施設(Z 施設)蒸発缶セル(R120)内ドリフトレイの漏洩検知装置(326FW*120)が作動した原因は、ユーティリティ室(G420)に設置されている冷却水配管のエア抜き弁(326X61)から冷却水が漏れ、それが階下の蒸発缶セル(R120)に流入したものであった。このため、エア抜き弁(326X61)から冷却水が漏れたこと及び漏れた冷却水が上階のユーティリティ室(G420)から蒸発缶セル(R120)に流入したことについて、それぞれ原因を調査し、対策を実施したのでその結果を報告する。

2. 事象概要(添付-1)

平成 31 年 4 月 25 日(木)9 時 03 分頃、第三低放射性廃液蒸発処理施設(Z 施設)蒸発缶セル(R120)内ドリフトレイ(326U120)の漏洩検知装置(326FW*120)が作動した。ただちに施設内の点検を行ったところ、9 時 30 分頃、ユーティリティ室(G420)において、当該室内の冷却水配管に設置されているエア抜き弁(326X61)のエア抜き部から冷却水が漏れていること及び床面に液溜りがあることを発見した。エア抜き部からの漏れは、エア抜き弁(326X61)の元弁(326W751)を閉めて停止した。

なお、本事象発生時、蒸発缶セル(R120)内に設置されている低放射性廃液第 3 蒸発缶(326V11, E10)の運転は停止中(平成 31 年 4 月 24 日～)であり、冷却水の循環も停止中であった。

3. 原因調査結果

3-1 エア抜き弁(326X61)からの冷却水の漏えい

エア抜き弁(326X61)の外観観察、作動確認及び点検状況の確認を行った。

(1) エア抜き弁(326X61)の外観観察及び作動確認

原因調査のため、エア抜き弁(326X61)を分解して観察した結果は以下の通りである。

- ① 弁の部品(ボデー、カバー、バルブ、ノズル、レバー、サポート、フロート)に有意な変形や傷がないことを確認した。このうち、駆動部(バルブ、ノズル、レバー及びサポート)に黒色の付着物があることを確認した(添付-2)。
- ② 手動によりフロートを上下し、駆動部の動作を確認した結果、フロートを上げバルブを閉める時には動きが重く閉まりにくいことを確認した。
これは、フロートが上がり、それと連動してバルブがノズルに入り込む際、ノズル内の付着物がバルブと干渉し、円滑な動作を妨げていることが原因と推定した。

(2) エア抜き弁の点検状況

- ①エア抜き弁(326X61)については、同系統に設置されている2基のエア抜き弁(326X60、326X63)を含めて、日常巡視点検(1回/日)において漏えいの有無を確認してきており、これまで漏えいはなかった。
- ②当該エア抜き弁(326X61)を除く2基のエア抜き弁(326X60、326X63)は冷却水循環開始時の空気排出時にエア抜き部から冷却水が漏えいした実績があった。このため、冷却水の循環開始時には、作業員を配置し循環運転が安定するまでの間、エア抜き弁からの漏えいの有無を監視してきた。

上記の調査結果から、エア抜き弁(326X61)のエア抜き部から冷却水が漏えいした原因は、冷却水の循環運転停止後、循環ライン中の空気がエア抜き弁から抜けていく際に駆動部の付着物により動作不良を生じ、バルブが閉まり切らず漏えいしたものと推定した(添付-3)。

3-2 ユーティリティ室(G420)から蒸発缶セル(R120)への冷却水の流入

冷却水が漏れたユーティリティ室(G420)の床面にはビニール製床シートが敷設されており、ユーティリティ室(G420)と蒸発缶セル(R120)を貫通する冷却水配管が4本設置されている。このため、床貫通配管周辺の床面の点検及び床面の管理状況の確認を行った。

(1) ユーティリティ室(G420)の床面の点検(添付-4)

床貫通配管周辺のビニール製床シート及びビニール製床シート下部のコンクリート面の点検を行った結果は以下のとおりである。

- ①ビニール製床シートの溶着部(ビニール製床シートどうしの接続部)に数ミリ程度の剥がれが5箇所あることを確認した。また、当該箇所のビニール製床シートは、コンクリートとの接着が剥がれている部分が確認された。
- ②4本の床貫通配管とビニール製床シートの間コーキング剤が劣化し、すき間があることを確認した。また、このうち3本の配管貫通部は、配管とコンクリートの間にもすき間を確認した。なお、配管貫通部のすき間に対してスモークテストを行ったところ、いずれの配管貫通部も吸い込みはないことを確認した。

(2) 床面の管理状況

日常巡視点検や冷却水の循環運転時においてユーティリティ室(G420)の床面(ビニール製床シート)に数ミリ程度の剥がれが複数あることを確認していたが、剥がれの程度はごく軽度であり、補修は行っていなかった。

上記の調査結果から、ユーティリティ室(G420)の床面に漏れた冷却水が蒸発缶セル(R120)へ流入したのは、ビニール製床シートの溶着部(ビニール製床シートどうしの接続部)が剥がれていたことやビニール製床シートと床貫通配管にすき間があったことにより、ビニール製床シートの下部のコンクリート面に水が入り込み、近傍にあった床貫通配管のすき間から蒸発缶セル(R120)へ浸透したものと推定した(添付-4)。

4. 処置及び対策

エア抜き弁(326X61)のエア抜き部からの冷却水の漏えい及びユーティリティ室(G420)から蒸発缶セル(R120)への冷却水の流入について、以下の処置及び対策を実施した。

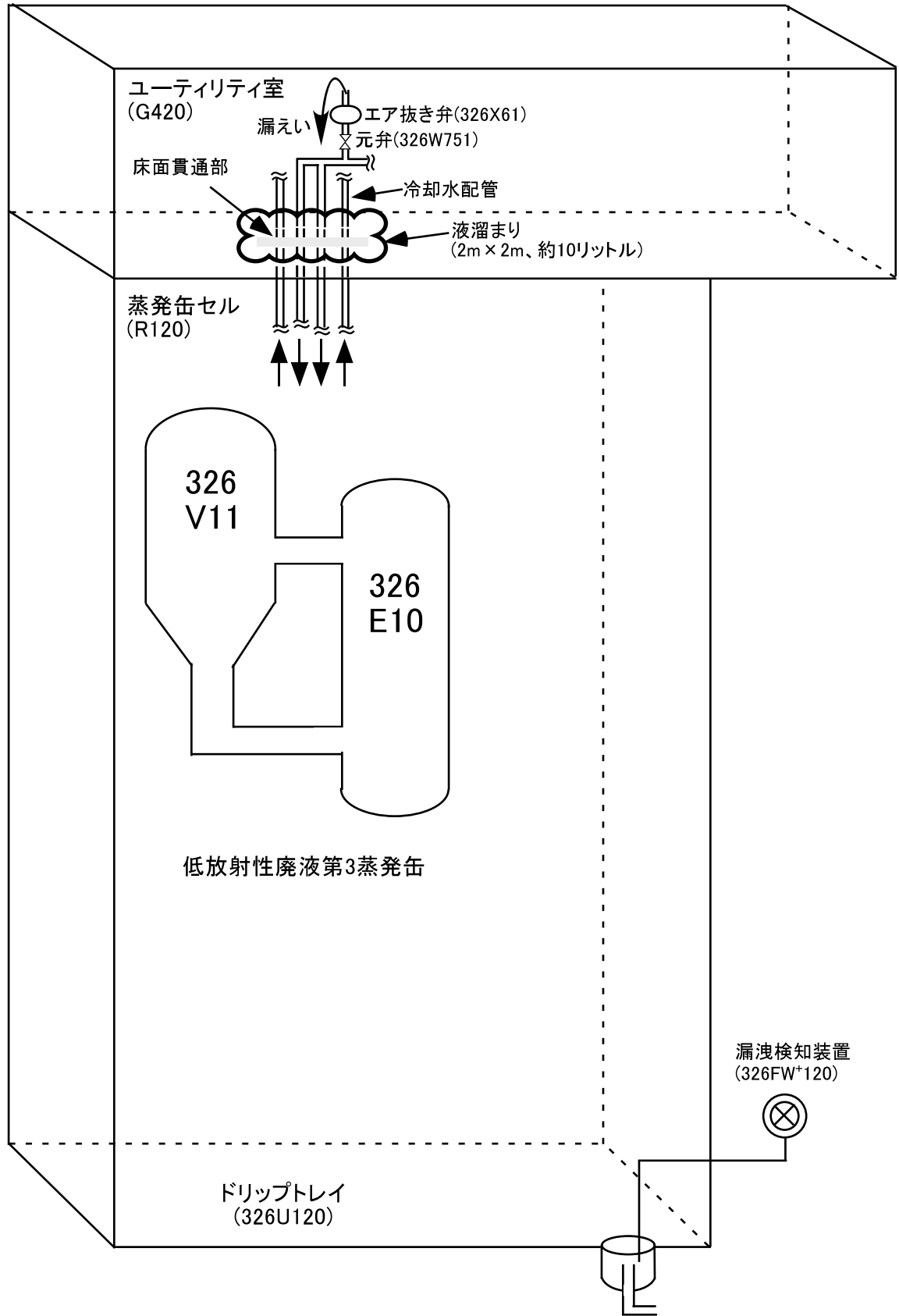
4-1 エア抜き弁(326X61)からの冷却水の漏えい

- (1) エア抜き弁(326X61)を新品の予備品に交換し、復旧した。
- (2) 今後は、以下の対策を講じ、漏えいに係る管理を強化したうえで、エア抜き弁からの漏えいが認められた場合は、従来どおり、速やかに弁の交換を行う。
 - ① 万一、エア抜き弁から冷却水が漏れた場合でも床に流出しないよう、当該エア抜き弁のエア抜き部にドレンホースを取り付け、ドレンホースからの排水は、一旦、容器に受けて漏えいを検知できるようにし、容器からオーバーフローした水が排水口に流れるようにした(添付-5)。
 - ② 漏水受け容器内の水の有無を日常巡視点検(1回/直)において確認・記録することとした。
- (3) 他施設の冷却水系統に設置されているエア抜き弁(フロート式)は、漏水に備えた対応がとられていることを確認した。

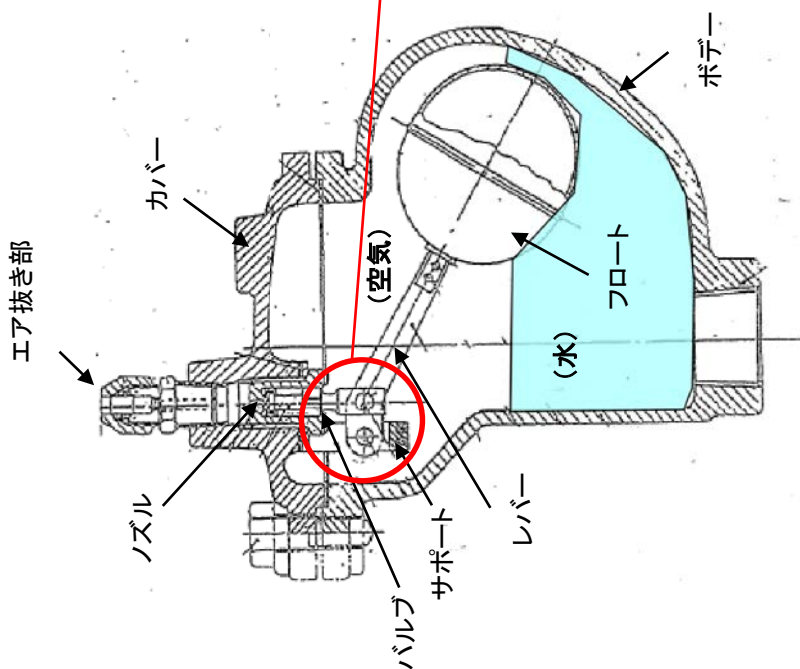
4-2 ユーティリティ室(G420)から蒸発缶セル(R120)への冷却水の流入

- (1) 床貫通配管とコンクリートのすき間、床貫通配管とビニール製床シートのすき間にコーキング処理を行った。また、ユーティリティ室(G420)の漏水があったエリアを含む全域について、ビニール製床シートの剥がれ箇所を溶着した。
- (2) ユーティリティ室(G420)のビニール製床シートの溶着部(ビニール製床シートどうしの接続部)及びビニール製床シートと配管のコーキング部を日常巡視点検(1回/日)において確認することとした。
- (3) 他施設の冷却水系統に設置されているエア抜き弁(フロート式)の設置フロアの床面については状態を確認し、剥がれがある箇所について流入しないよう処置を実施した。

以上

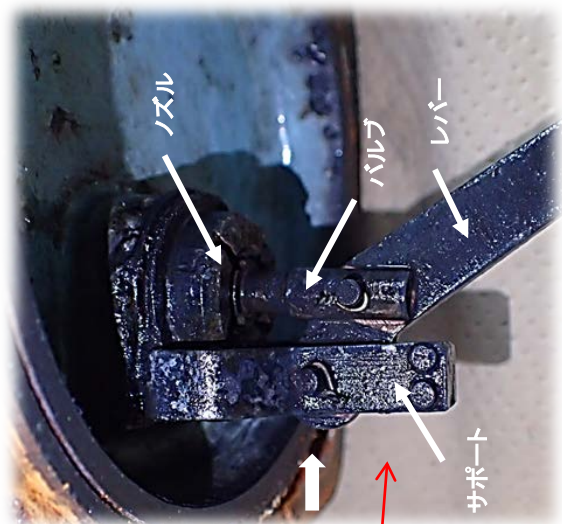


冷却水の漏えい箇所(G420)と漏洩検知装置(R120)の位置関係

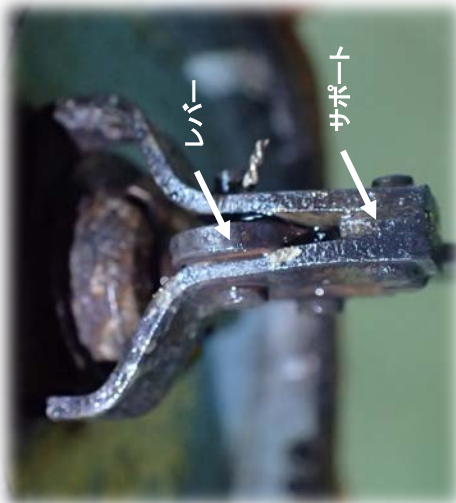


- ・エア抜き弁は、バルブがフロートに繋がった構造となっており、フロートは水に浮いている。
- ・空気が流入して水位が下がると、フロートも下がってバルブが「開」となり、空気はエア抜き部から外部に排出する。
- ・空気の排出により、水位が上昇すると、フロートも浮き上がり、バルブが再び「閉」の状態に戻る。

エア抜き弁の作動原理

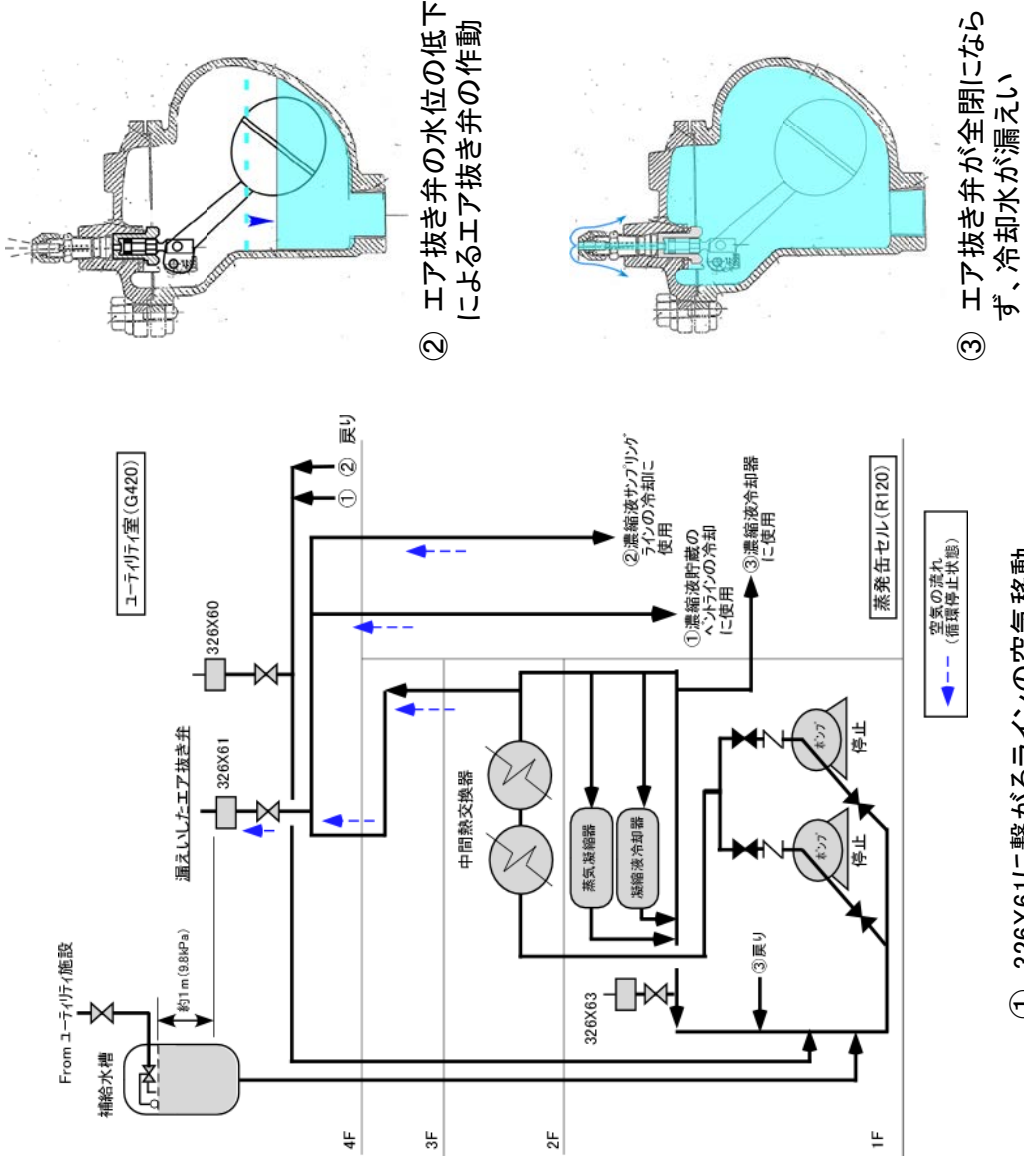


有意な変形や傷がないこと、黒色の付着物があることを確認した

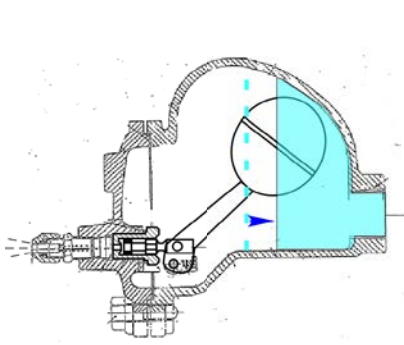


A矢視

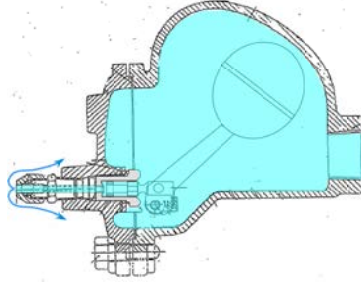
エア抜き弁の分解点検の状況



① 326X61に繋がるラインの空気移動



② エア抜き弁の水位の低下によるエア抜き弁の作動



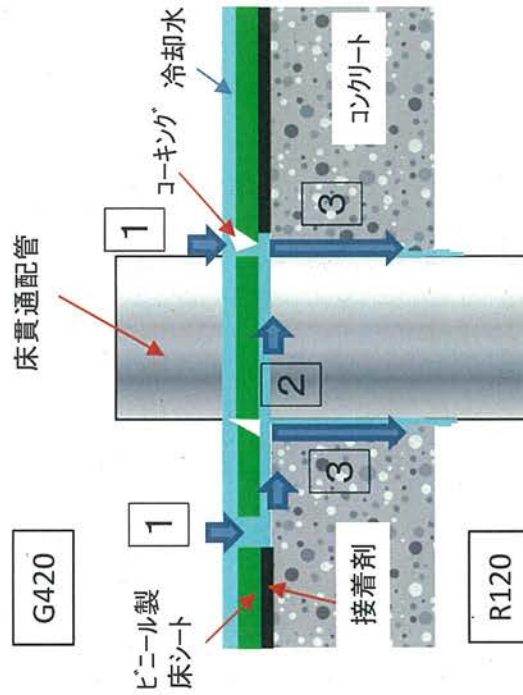
③ エア抜き弁が全閉にならず、冷却水が漏えい

- ① 冷却水の循環停止後、循環ライン内に残存する空気が、エア抜き弁 (326X61) に移動
- ② エア抜き弁内に空気が溜まっていき、徐々に水位が低下し、エア抜き弁が作動
- ③ 空気の排出後、バルブが全閉にならず冷却水が漏えいした
- ④ エア抜き弁には常時、補給水槽からの水頭圧が加わっていたことから、冷却水の漏えいが継続した



床貫通配管とコンクリートの間
のすき間の状況(一例)

①～⑤:ビニール製床シートどうしの溶着が剥がれ、
コンクリートとの接着が剥がれている部分を確認



- ① ビニール製床シートの溶着が剥がれた箇所やビニール製床シートと床貫通配管のコーキングのすき間から、冷却水がビニール製床シートの内側のコンクリート面へ流入した
- ② 流入した冷却水は、ビニール製床シートとコンクリート面の接着が剥がれている部分に広がった
- ③ その後、床貫通配管とコンクリートの間のすき間から蒸発缶セル(R120)へ浸透した

蒸発缶セル(R120)への流入経路(推定)

ユーティリティ室(G420)の床面の点検状況



エア抜き弁へのドレンホースの設置状況

東海再処理施設の安全対策に係る7月までの面談スケジュール(案)

令和2年6月23日

再処理廃止措置技術開発センター

面談項目 (○7月変更申請)		令和2年									
		6月					7月				
		1~5	~12	~19	~26	29~3	~10	~17	~24	~31	
監視チームコメント 対応	・TVF 機器系統図等用いた耐震計算説明		▼11			◇29					
	・廃液貯槽許容応力評価(貯液量制限等)			▼18		◇29					
	・津波警報時、T20バルブ閉対応の有効性					▽30					
全体概要		▼2	▼4	◆8	▼9						
安全対策											
地震による損傷の防止	○TVFの耐震性を確保すべき設備の整理	▼2	▼4	◆8							
	○TVF 建家耐震評価			▼11		◇29					
津波による損傷の防止	○TVF 設備耐震評価										
	・設備の耐震計算書				▼18	◇29					
	・受入槽の据付ボルトのせん断強度と安全裕度の向上に関する検討				▼18	▼23	◇29				
事故対処	○第2付属排気筒耐震工事										
	・耐震計算書					▽30					
	・設計及び工事の計画					▽30					
津波による損傷の防止	○TVF 建家健全性評価(波力、余震重畳)					▽30					
	○HAW 一部外壁補強					▽30					
	・設計及び工事の計画					▽30					
	・開口部浸水防止扉の健全性評価					▽30					
事故対処	○HAW・TVF 建家貫通部浸水可能性評価	▼2	▼4	◆8							
	・TVFの建家貫通部からの浸水の可能性確認										
	・トレンチと接する建家内壁棟の健全性評価結果					▽25	▽30				
事故対処	・浸水防止扉止水処理の耐圧試験結果					▽25	▽30				
	○引き波の影響評価			12	▼15						
事故対処	○HAW・TVF 事故対処の方法、設備及びその有効性評価(緊急安全対策を含む)										
	・基本的考え方					▼23	◇29				
	・事象進展及び対策手順(HAW) ＜冷却、閉じ込め機能維持＞ 系統設備構成、機能喪失の範囲 対策手順及び実施の判断				▼18						
	・対策の有効性評価(HAW) ＜冷却、閉じ込め機能維持＞ 対策時間、事故対処設備能力、必要な資源、要員、アクセスルート、保守性の考え方				▼18						
事故対処	・事象進展及び対策手順(TVF)										
	同上										
事故対処	・対策の有効性評価(TVF)										
	同上										

▽面談、◇監視チーム会合

面談項目 (〇7月変更申請)		令和2年										
		6月				7月						
		1~5	~12	~19	~26	29~3	~10	~17	~24	~31		
外部からの衝撃による損傷の防止	竜巻	○竜巻対策の基本的考え方 ○HAW・TVF 建家健全性評価 ・代表飛来物調査・選定 ・飛来物に対する防護の評価 ・新たな飛来物防護対策		▼11			◇29					
	火山	○火山対策の基本的考え方 ○HAW・TVF 建家健全性評価 ・降下火砕物の評価		▼11		▼18	◇29					
	外部火災	○外部火災対策の基本的考え方 ○HAW・TVF 建家健全性評価 ・森林火災に対する防護の評価 ・近隣工場の火災爆発に対する防護の評価 ・航空機墜落に対する防護の評価		▼11		▼18	◇29	◇29				
内部火災	○内部火災対策の基本的考え方 ○HAW・TVF の防護対象設備の整理と重要な安全機能への影響評価・対策						▽2 ▽2					
溢水	○溢水対策の基本的考え方 ○HAW・TVF の防護対象設備の整理と重要な安全機能への影響評価・対策						▽2 ▽2					
制御室	○制御室の安全対策の基本的考え方 ○重大事故等発生した場合でも対応可能な対策						▽2 ▽2					
その他施設の安全対策	・設計津波に対して発生する可能性のある事象検討 ・想定される事象発生時の環境影響評価・対策								▽16			▽28
その他												
TVF 保管能力増強	○平成30年11月変更申請の補正				▼23							
TVF 溶融炉の結合装置の製作・交換	○結合装置の製作及び交換に係る工事(設計及び工事の計画)				▼23							

▽面談、◇監視チーム会合