

再処理工場 高レベル廃液ガラス固化建屋における
供給液槽 B の安全冷却機能の一時喪失について

2022 年 7 月 19 日

2022 年 9 月 5 日（補正）

日本原燃株式会社

はじめに

2022年7月19日に本事象に対する原因と対策について、報告書を提出し、その後、対策を講じてきた。

改めて計画段階、実施段階、事象発生段階における問題点と対策をそれぞれ整理し、不足部分がないか体系的に確認した。

その結果、対策について具体的な実施方法や定着に向けた活動に関して記載の充実化を図るとともに、水平展開の実施範囲について報告書へ追記することとした。

あわせて、安全性の評価（安全冷却機能喪失時における廃液の温度評価）についても報告書へ追記することとした。

目 次

1. 件名	1
2. 発生日時	1
3. 発生場所	1
4. 発生事象の概要	1
5. 時系列	1
6. 原因	4
7. 対策	13
8. 現地原子力検査官への連絡の改善	18
9. 今後の対応	18

添付資料－1	供給液槽 B の系統概要図
添付資料－2	事象発生時のポンプ流量と温度推移
添付資料－3	時系列
添付資料－4	当直体制図
添付資料－5	当該仕切弁の識別・施錠状況
添付資料－6	工事中の安全冷却水 A 系列の弁
添付資料－7	供給槽保守第 2 室内の弁の配置
添付資料－8	問題点に対する対策と今回の事象に対する歯止めの整理表
添付資料－9	供給液槽 B の安全冷却機能喪失時における廃液の温度評価

1. 件名

再処理工場 高レベル廃液ガラス固化建屋における供給液槽 B の安全冷却機能の一時喪失について

2. 発生日時

2022 年 7 月 2 日（土）15 時 31 分（安全冷却水ポンプ B 出口流量低下時）

3. 発生場所

高レベル廃液ガラス固化建屋 地下 1 階 供給槽保守第 2 室

4. 発生事象の概要

高レベル廃液ガラス固化建屋において、7 月 2 日 18 時 50 分頃、当直員が安全冷却水 B 系列の流量が 15 時 31 分から低下していることを中央制御室の監視制御盤で確認した。これを受け、当直員が当該建屋の管理区域で安全冷却水の漏えいの有無など原因の調査を実施した。23 時 43 分に供給液槽 B に供給される安全冷却水 B 系列の仕切弁が閉止していることを確認し、直ちに、仕切弁を全開としたことで、供給液槽 B に供給される安全冷却水 B 系列の流量が正常に戻り、安全冷却機能は回復した。

高レベル廃液ガラス固化建屋の供給液槽 B は、安全冷却水系（A 系列、B 系列）により冷却されているが、安全冷却水 A 系列は、6 月 19 日から工事のために計画的に停止中であり、安全冷却水 B 系列のみが運転中であったことから、安全冷却水 B 系列の仕切弁の閉止により、供給液槽 B への安全冷却水の供給が停止となり、この間、安全冷却機能が喪失した（添付資料－1 参照）。

供給液槽 B の廃液温度は、安全冷却水の供給が停止していた間、約 25℃から緩やかに上昇し約 32℃となった。23 時 44 分に仕切弁を全開としたことで廃液温度の低下が始まり、7 月 3 日 3 時 25 分に安全冷却水の停止前と同程度の温度（約 25℃）となった（添付資料－2 参照）。供給液槽 B の廃液温度は最大で約 32℃まで上昇したが、警報設定値（70℃）より低い値であった。

なお、本事象による外部への放射性物質の放出はないことを確認している。

5. 時系列

本事象における主な時系列を以下に示す。なお、詳細な時系列については、添付資料－3 に、当日の当直体制を添付資料－4 に示す。

【7月2日（土）】

18:50頃	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Aは、定刻のデータ確認時に安全冷却水B系列の安全冷却水ポンプB出口流量が15時30分頃から低下し、その後安定していることを確認。なお、14時から15時の定刻データ確認時は通常流量であることを確認している。 ・当直員Aは、安全冷却水B系列で冷却している7つの貯槽の廃液温度は約25～30℃付近で推移していたことから有意な温度上昇がないものと認識し、当直員Aは、安全冷却水B系列の安全冷却水ポンプB出口流量が低下していることと貯槽の廃液温度に異常がないことを当直長Aに報告を行った（現状の廃液保有状態では、廃液温度は安全冷却水の温度変化により、約25℃～30℃の範囲（警報設定値（70℃））で温度変動をしている）。 ・当直長Aは22時の定刻確認で状況を再度確認することを当直員Aに指示した。また、当直長Aは、統括当直長Aへ流量低下と廃液温度に異常がないことを報告した。 ・統括当直長Aは、安全冷却水B系列の供給ラインからの漏えいによる流量低下を疑い、管理区域にて漏えいの有無の確認を行うよう当直長Aへ指示。
18:50	<ul style="list-style-type: none"> ・当直長Aは、Y区域の巡視点検で現場にいた当直員BにY区域の安全冷却水B系列の供給ライン（途中から機器別に9系統に分岐して供給）の漏えいの有無、G区域の膨張槽液位および安全冷却水ポンプBの起動状態の確認を指示。 ・当直員Bは、Y区域の安全冷却水B系列の供給ラインの確認を開始。
22:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Aは、定刻のデータ確認時に安全冷却水B系列で冷却している7つの貯槽のうち、供給液槽Bの廃液温度だけが約5℃上昇し、通常の変化と違うことを確認し、当直長Aへ報告。 ・当直長Aは、統括当直長Aに供給液槽Bの廃液温度が約5℃上昇し、通常の変化と違うことを報告。 ・当直長Aから報告を受けた統括当直長Aは、流量低下が回復しておらず、温度上昇も継続していることから、供給液槽Bの安全冷却水の供給ラインを中心に再度徹底的に弁の開閉状態を確認するよう当直長Aへ指示。 ・当直長Aは、当直員C、Dに供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある流量調整弁の全開操作を指示。
22:51	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Aよりこれまでの状況を工場長へ連絡。 ・工場長は統括当直長Aに弁の開閉状態を徹底的に確認するよう指示。
22:52	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Aは当直長Aに弁の開閉状態を徹底的に確認するよう指示。 ・当直長Aは当直員C、Dに弁の開閉状態を徹底的に確認するよう指示。
23:43	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員C、Dは、現場にて供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある仕切弁が閉止していることを確認し、当直長Aに「弁が閉まっている」と報告。 ・当直長Aは、仕切弁が閉まっていることを統括当直長Aに報告。

23:44	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Aは、当直長Aに供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある仕切弁の全開操作を指示。 ・当直長Aは、当直員C、Dに仕切弁の全開操作を指示。 ・当直員C、Dは、現場にて供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある仕切弁を全開とした。 ・当直員Aは、安全冷却水B系列の安全冷却水ポンプB出口流量の増加を確認。
23:50	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Aは、供給液槽Bの温度低下開始を確認（仕切弁を全開操作するまでの間、供給液槽Bの廃液温度は最大で約32℃まで上昇したが、警報設定値（70℃）より低い値であった）。 ・当直長Aは、統括当直長Aに供給液槽Bの廃液温度の低下が開始したことを報告。
23:50頃	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長A、当直長Aおよび当直員は、次直への業務引継ぎを開始。

【7月3日（日）】

0:30頃	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長A、当直長Aおよび当直員は、次直への業務引継ぎを終了。
2:25	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Bは、前直で仕切弁の開操作を行った当直員Cに仕切弁の閉止状態を確認した結果、全閉であった事実を確認。
2:26	<ul style="list-style-type: none"> ・連絡責任者A（統括当直長B）は、安全上重要な施設の2系列の機能喪失に該当することから、A情報と判断。
3:16	<ul style="list-style-type: none"> ・トラブル情報（A情報）発信（第1報）。
3:25	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Eが供給液槽Bの廃液温度が冷却機能停止前の廃液温度と同程度の温度（約25℃）に戻ったことを確認。
3:50	<ul style="list-style-type: none"> ・六ヶ所対応会議立上げ。
5:47	<ul style="list-style-type: none"> ・トラブル情報（A情報）発信（第2報）。

【7月8日（金）】

11:00	<ul style="list-style-type: none"> ・法令報告に該当すると判断し、トラブル情報（A情報）発信（第3報）。
-------	--

6. 原因

供給液槽 B への安全冷却水の供給が停止した直接原因は、安全冷却水 A 系列の計画停止中に、運転中である安全冷却水 B 系列の仕切弁（通常開状態）（以下、「当該仕切弁」という）が閉止したことである。

B 系列の停止を速やかに確認できなかったこと、また、当該仕切弁が閉となったことについて、運転管理、設備管理、作業管理に関する調査を実施した。

6. 1 運転管理、設備管理、作業管理に関する調査結果

(1) 運転管理に関する調査結果

安全冷却水系は、A 系列が工事により停止中で 1 系列（B 系列）での運転状態であった。

しかしながら、運転管理の観点で運転中の 1 系列に対し速やかに異常を確認するための監視強化等の措置を講ずることなく、当直員による制御室での監視は、2 系列運転の場合と同様に 4 時間毎に流量、温度等の確認をしていた。

(2) 設備管理に関する調査結果

① 当該仕切弁の管理

当該仕切弁は、安全冷却水 B 系列の運転開始時に当社社員が開状態であることを確認し、その後は常時開で運用していた。ただし、当該仕切弁はアクセスが可能で施錠管理もされておらず操作が可能な状態であった。

② 当該仕切弁の識別の状況

当該仕切弁の識別の有無や周囲の状況、形状について調査を行った結果、以下のとおりであった。

- ・当該仕切弁にはハンドル部に銘板（弁番号）があるものの、弁の周辺が狭隘のため視認しにくい状況であった。
- ・当該仕切弁は、安全冷却水 A 系列の弁と操作ハンドルの形状が同じであった（添付資料－6）。
- ・当該仕切弁には、開／閉状態の表示がされておらず、弁の開／閉状態も視認しにくかった。
- ・安全冷却水 A 系列と B 系列で弁番号は異なっているが、系列の識別表示（A 系列／B 系列）はされていなかった（添付資料－5）。
- ・安全冷却水 A 系列の仕切弁（添付資料－6）の近傍に B 系列の当該仕切弁があった（添付資料－7）。

(3) 作業管理に関する調査結果

事象発生当日の当該仕切弁の開閉作業の実績等の作業管理について調査し

た。

①当該仕切弁の特性

当該仕切弁は手動弁であり、全開から全閉までには、操作ハンドルを数回回転させる必要がある。

②当該仕切弁が閉となった時間の推定

安全冷却水B系列の安全冷却水ポンプB出口流量低下開始時間（15時31分）と供給液槽Bの廃液温度上昇開始時間（15時31分）から、当該仕切弁が閉となった時間は、15時30分頃と考えられる。

③当日の作業状況の調査結果

高レベル廃液ガラス固化建屋において、6月19日から供給液槽Bに供給される安全冷却水A系列の工事が行われていた。事象発生日（7月2日）の安全冷却水A系列の工事では、別室の供給槽保守第1室において、作業員Aが溶接作業に係る準備作業を行っていた。

本作業において、作業員Aが配管から空気の流出を確認したため、電話で工事監督者に報告した。これを受けた工事監督者は、供給槽保守第2室にある安全冷却水A系列の2つの手動弁の閉操作を作業員Aに指示した。これを受け、作業員Aは、1人で手動弁の閉操作を行った（添付資料-7）。（以上は聞き取り）

このため、供給槽保守第2室へ入室し弁の閉操作を行った作業員Aおよび作業を指示した工事監督者に対し、さらに作業状況の聞き取りを行った。

a. 作業員Aが実施した作業に対する聞き取り調査結果

供給槽保守第2室で工事のため安全冷却水A系列上にある2つの弁の閉操作に携わった作業員Aおよび作業を指示した工事監督者に聞き取った内容を以下に示す。

- ・作業員A：「供給槽保守第1室にて安全冷却水A系列の配管溶接準備をしていたが、溶接するための配管から空気の流出を確認したため、工事監督者へ電話連絡した。」
- ・工事監督者：「供給槽保守第2室の安全冷却水A系列の配管番号を伝え、その配管につながる手動弁2つを閉操作するように電話で指示した記憶がある。」
- ・作業員A：「工事監督者から2つの弁番号を聞き、その弁を閉操作するように電話で指示を受けた。」
- ・作業員A：「供給槽保守第2室で安全冷却水A系列上にある2つの弁の操作（全開から全閉）を実施した。」
- ・作業員A：「今回の原因である安全冷却水B系列の仕切弁の操作は実施し

ていない。」

供給槽保守第2室で弁の閉操作を行った協力会社作業員に対する聞き取りでは、当該仕切弁を閉操作した事実の特定には至らなかったことから、7月2日に高レベル廃液ガラス固化建屋において工事を行っていた他の協力会社作業員のうち、当該仕切弁が閉となった時刻（15時30分頃）の入域者を特定し、該当した協力会社作業員29名に対し、聞き取りを行った。

b. 協力会社作業員29名に対する聞き取り調査結果

協力会社作業員29名に対する聞き取りを行った結果、さらに1名の作業員が供給槽保守第2室に入室したことを聞き取ったが、工具を取るために入室し、すぐに退出したとの内容であった。

協力会社作業員29名に対する聞き取りにおいても、当該仕切弁を閉操作した者の特定には至らなかったことから、聞き取り対象を当該仕切弁が閉となった時刻（15時30分頃）に高レベル廃液ガラス固化建屋の管理区域へ入域可能であった者全員に拡大した。

高レベル廃液ガラス固化建屋の管理区域へ入域するためには、出入管理建屋から入域する必要があり、管理区域入域後は、誰でも高レベル廃液ガラス固化建屋へ行くことができる状況である。このため、当該事象発生時刻の管理区域入域者を特定し、該当した当社社員および協力会社作業員計233名（a.項およびb.項の聞き取り対象者30名を除く）に対し、調査を行った。

c. 管理区域入域者233名に対する聞き取り調査結果

管理区域入域者233名に対する調査を行った結果、当社社員1名が供給槽保守第2室に入室したことを聞き取ったが、工事監理のため現場を巡回しており、供給槽保守第2室へは火気作業の有無を確認するために入室し、作業が行われていないことを確認後、すぐに退出したとの内容であった。

6. 2 調査結果を踏まえた原因

運転管理に関する調査結果から、通常と同じ4時間毎の流量、温度等の確認であったため、運転中のB系列が停止したことを速やかに確認できなかったという問題点を確認した。

設備管理に関する調査結果から、当該仕切弁は操作可能であり、弁番号が視認しにくく、系列の識別がなかったため、当該仕切弁の近傍にある安全冷却水A系列の弁と誤認しやすい状況であったという問題点を確認した。

作業管理に関する調査結果（作業員等からの聞き取り結果）からは、当該仕

切弁を閉操作した事実は確認されなかったものの、工事監督者から作業員Aへの指示が口頭であったことから、当該仕切弁を工事中の安全冷却水A系列の弁と誤認した可能性があるという問題点を確認した。

上記により、当該仕切弁が閉となった原因は、安全冷却水系A系列の工事中に当該仕切弁を安全冷却水系A列の弁と誤認し、誤って閉止操作したことから供給液槽Bへの安全冷却水系の供給が停止したものと推定した。

6. 3 各段階における問題点の整理

6. 1で調査した結果を踏まえ、改めて計画段階、実施段階、事象発生段階における問題点を体系的に整理した。

(1) 計画段階

①作業要領書作成

a. 本工事で行った行為

- ・ 作業要領書（作業開始前までに当社が承認）には、運転中の系列への悪影響を防止（供用中の再処理施設に対する悪影響の防止）するための注意事項として、以下の注意事項（a）～（d）を記載していた。
 - (a) 作業許可されている既設構造物以外は触れないこと。
 - (b) ダブルチェック、2人以上で作業を行う。
 - (c) 所定の許可を受けた弁操作については、現場管理者の指示に従う。
 - (d) 作業要領書通り作業を進めることができなくなった場合、必ず当社に連絡し十分協議の上、作業要領書を改訂し承認を得て作業を進める。

b. 本来実施すべきであった対応

- ・ 作業要領書において、「許可されている既設構造物」を明確にする。
- ・ 作業要領書において、新規に設置した弁の当社が管理するタイミングについて明確にする。
- ・ 作業要領書において、弁の開閉作業等については当社社員立会のもと、「ダブルチェック、2人以上で作業を行う」対象を明確にする。
- ・ 作業要領書において、「所定の許可を受けた弁」を明確にする。
- ・ 上記を踏まえ、作業要領書には、運転中の系列への悪影響を防止するため、以下の注意事項（a）～（d）を記載する。
 - (a) 作業要領書等で作業許可されている既設構造物（新規に設置した弁等を含む）以外は触れないこと。

- (b) 弁の開閉作業等については、当社社員立会のもと、作業対象のダブルチェックを行い、作業を行う。
- (c) 作業要領書等で許可を受けた弁操作については、当社社員立会のもと、作業対象のダブルチェックを行い、作業を行う。
- (d) 作業要領書通り作業を進めることができなくなった場合、必ず当社に連絡し十分協議の上、作業要領書を改訂し承認を得て作業を進める。

c. 問題点

- (a) 作業要領書で、「許可されている既設構造物以外は触れないこと」としていたが、新規に設置した弁の取り扱い（開閉作業）に対し、既設構造物と同等に扱うことが不明確であった。
- (b) 作業要領書で、新規に設置した弁の当社が管理するタイミングが不明確であり、協力会社は新規に設置した弁を自社の作業管理下で弁の開閉作業ができる認識であった。
- (c) 作業要領書で、「ダブルチェック、2人以上で作業を行う」と記載していたが、対象が不明確であった。
- (d) 作業要領書で、「所定の許可を受けた弁操作については、現場管理者の指示に従う。」としていたが、新規に設置した弁を「既設構造物」と同等に扱うことが不明確であったため、当社と協力会社において、所定の許可が必要な弁操作の認識に差異があった。

②改造計画書作成

②-1 異常の検知手段・監視

a. 本工事で行った行為

- ・ 安全冷却水系の冷却機能低下については、以下の警報で検知することとしていた。
 - (a) 冷却水ポンプ流量 低警報
 - (b) 膨張槽液位 低警報
 - (c) 安全冷却水温度 高警報
- ・ 1系列運転においても、2系列運転時と同様、4時間毎にデータを確認することとしていた。

b. 本来実施すべきであった対応

- ・ 冷却機能の喪失に伴い警報を発報させる。
- ・ 1系列運転時には、安全冷却水の冷却機能低下を早期に発見するため、監視頻度を上げる等の対策を講じる。

c. 問題点

- (a) 「冷却水ポンプ流量 低警報」は安全冷却水系の全体流量に対して警報設定されており、個々の貯槽に対する安全冷却水の供給が停止したことを検知できない状態であった。
- (b) 1系列運転にもかかわらず、2系列運転時と同様の監視頻度としていた。

②-2 リスクの抽出

a. 本工事で行った行為

- ・ 社内有識者のレビューおよび運転を行う部門との協議を行い、工事中の故障リスクとして、運転中の安全冷却水ポンプの単一故障を抽出した。
- ・ 冷却機能が喪失するリスクに対しては、改造計画書（安全上重要な施設等の安全機能に影響を及ぼすおそれのある改造に係る作業の計画書）に記載していないが、以下の社内標準類に定める対応することとしていた。
 - (a) 警報対応手順書に基づく対応
 - (b) 安全冷却水系内部ループへの消防ポンプ等による注水等の対応（保安規定第29条の2に基づく対応）

b. 本来実施すべきであった対応

- ・ 工事における冷却機能が喪失するリスクとして、ポンプの単一故障に加えて、新規基準で整理されている重大事故につながる要因等を整理した上で、供用中の再処理施設に対する悪影響を与える要因として、誤操作による運転中の系列の弁の閉止も考慮する。
- ・ 冷却機能が喪失するリスクに対しては、社内標準類に定める対応を改造計画書に記載する。
 - (a) 警報対応手順書に基づく対応
 - (b) 安全冷却水系内部ループへの消防ポンプ等による注水等の対応（保安規定第29条の2に基づく対応）

c. 問題点

- (a) リスクの抽出において、重大事故につながる要因として誤操作により冷却機能の喪失に至るという観点が不足していた。
- (b) 社内標準類に冷却機能喪失時の対応を定めていたため、改造計画書に安全冷却水の供給が停止した際に冷却機能喪失時の対応に基づき対応を実施する旨を記載していなかった。

(2) 実施段階

①改造の実施

①-1 異常の検知手段・監視

a. 本工事で行った行為

- ・ 2系列運転時と同様、4時間毎にデータ確認を実施していた。
- ・ 当直へは日々の作業開始、終了時に連絡のみしていた。

b. 本来実施すべきであった対応

- ・ 1系列運転中の安全冷却水系は、異常等が発生した場合、早期に現場状況確認が行えるようにする。
- ・ 当直と工事部門は計画段階や実施段階において、コミュニケーションを実施しているが、判断をより早くするために、計画段階や実施段階において当直とのコミュニケーションを活発に行う。特に作業開始前の連絡において、工事部門から当直に対して当日の工事の具体的な内容を伝え、運転状態を踏まえて注意する点がないか確認する。

c. 問題点

- (a) 安全冷却水系の1系列運転中に、運転中の系列を停止してはいけない認識はあったが、運転データ確認は2系列時運転時と同じであった。
- (b) 当直は、工事部門から当日の工事の具体的な内容を伝えられていなかったため、運転状態を踏まえた作業上の注意すべき点を工事部門に共有できなかった。

①-2 作業管理

a. 本工事で行った行為

- ・ 作業中に作業指示を一部口頭で実施し、その結果、作業対象等が不明確に伝達され、それに基づき作業が実施された。
- ・ 協力会社は、工事中に設置した弁について、隔離された範囲内であり工事対象品であるため、当社工事監理員の立会なく、作業員が1人で弁の開閉作業等が行えると判断し作業を実施した。
- ・ 当直と工事部門は、作業予定、作業開始および作業終了連絡を日々行い、工事状況を共有していた。
- ・ 当社工事監理員は、工事中のホールドポイント（系統の隔離確認、溶接等の火気作業、検査等）において、立会を行い、作業が問題なく実施されていることを確認していた。

b. 本来実施すべきであった対応

- ・ 作業時の誤操作防止のために、作業指示、作業対象を明確にし、作業前に作業要領書等で確認する。
- ・ 工事中に設置した弁等についての取り扱い（開閉作業）は、既設設備に接続した以降、社内運用に定める表示札（隔離札等）等により

開閉作業の管理を行い、弁の開閉作業は、当社工事監理員立会のもと操作を行う。

- ・ 当直は、日々の工事開始連絡時に工事部門から作業内容の詳細を確認した上で、設備の運転状況を踏まえた作業上の注意すべき点を工事部門に共有し、工事中の設備の運転状態の監視を行う。また、作業終了に当直は制御室で設備の運転状態に変化がないか確認を行う。
- ・ 当社工事監理員は、工事中のホールドポイントにおいて、立会を行い作業が問題ないことを確認する。

c. 問題点

- (a) 作業要領書で、「所定の許可を受けた弁操作については、現場管理者の指示に従う。」を記載していたが、作業指示、作業対象等が口頭で不明確だったことから、許可されていない既設構造物を作業した可能性があった。
- (b) 作業要領書等で、「許可されている既設構造物以外は触れないこと。」としていたが、新規に設置した弁の取り扱い（開閉作業）に対して、既設構造物と同等に扱うことが不明確であったため、当社工事監理員の立会のもとで作業していなかった。
- (c) 作業対象が明確でなかったことから、工事部門と当直で当日の作業内容の詳細を共有できておらず、設備の運転状態を把握している当直より適切に注意すべき点を共有することができていなかった。

①-3 識別措置、弁の施錠管理措置

a. 本工事で行った行為

- ・ 作業現場では、同じ部屋内に異なる系列の配管や弁等が設置されている場所があり、配管への部分塗装（実施済）による識別措置を実施していた。
- ・ 弁のハンドル部の銘板にのみ弁番号を表示していた。
- ・ 工事で新規に設置した弁は、工事完了後に弁の開閉状態を表示する計画としていた。
- ・ 流量調節弁等の一部の弁については、固縛措置を実施していた。

b. 本来実施すべきであった対応

- ・ 作業現場では、系列を識別するための配管塗装に加え、どの系列の弁か識別できるようにする。
- ・ 作業員が弁を誤認することを防ぐために、弁番号をより分かりやすく表示する。
- ・ 工事中の弁についても弁の開閉状態を容易に確認できるようにする。
- ・ 作業員が作業対象の弁を誤認する、または、誤って接触することで

弁が開閉しないよう、弁の状態が変化しない措置を講じる。

c. 問題点

- (a) 作業現場では、同じ部屋内に異なる系列の弁等もある箇所があり、どの系列の弁か表示していなかった。
- (b) 弁番号の表示は視認しにくい状態であったが、より分かりやすい表示をしていなかった。
- (c) 工事中の弁の開閉状態を容易に判断できるように表示をしていなかった。
- (d) 運転中の安全冷却水系列中の運転状態を維持するための措置を実施していなかった。

(3) 事象発生段階

①初動対応

a. 本工事で行った行為

- ・ 2系列での運転時と同様に、4時間毎にデータ確認を実施していた。
- ・ 安全冷却水B系列ポンプB出口流量の低下を確認した時点から、現場状況の確認等を行い、冷却機能の一時喪失までの判断に時間を要した。

b. 本来実施すべきであった対応

- ・ 安全冷却水流量の低下を早期に検知する。
- ・ 仕切り弁の閉止に起因する個別貯槽の冷却機能喪失の可能性を考慮し、速やかに安全冷却水の流量が低下した貯槽等を判断する。

c. 問題点

- (a) 事象発生から発見までに時間を要した。
- (b) 各貯槽における冷却機能喪失を判断するための指標がなかった。

6. 4 まとめ

供給液槽Bへの安全冷却水B系列の安全冷却水の供給が停止したことを速やかに確認できなかったこと、また、当該仕切弁が閉となったことについて、各段階における問題点の整理を踏まえ、運転管理、設備管理、作業管理に関する原因を以下にまとめる。

(1) 運転管理

運転管理においては、安全冷却水系においてA系列が停止中でB系列のみが運転状態であり、1系列運転にもかかわらず、2系列運転時と同様の監視頻度としていたため、事象発生から発見までに時間を要した。

また、安全冷却水系の全体流量に対して警報設定されており、各貯槽におけ

る冷却機能喪失を判断するための指標がなく、個々の貯槽に対する安全冷却水の供給が停止したことを検知できない状態であった。

(2) 設備管理

設備管理においては、当該仕切弁は、操作可能な状態であったこと、同一部屋内にA系列とB系列の弁があり、系列が容易に識別できない状態であった。

(3) 作業管理

作業管理においては、作業指示、作業対象等が口頭で不明確であった。作業要領書等で作業対象の弁等が明確でないことから、新規に設置した弁の取扱いや作業時に当社工事監理員の立会が必要であるか確認できない等、工事開始時に当直から運転状況を踏まえた作業上の注意すべき点等を工事部門と共有できなかった。

また、安全冷却水系の1系列運転時のリスク評価が不十分であり、新規規制基準の審査で重大事故につながる要因として考慮されていた誤操作による冷却機能喪失の視点が不足していた。

7. 対策

7. 1 運転管理、設備管理、作業管理における対策

(1) 運転管理

安全冷却水系において片系を停止し1系列で運転する場合は、異常が確認された際に、速やかに設備が設置されている部屋での状態確認を行えるよう、当直員による制御室での温度、流量等の確認の頻度を通常4時間毎から1時間毎に強化する(2022年7月8日 統括当直長から当直員に対し指示済。当社標準類を2022年8月3日に改正済)。

監視強化の対策について、下記の①、②のとおり具体的な対策や定着に向けた活動を実施する。なお、当該貯槽における安全性の評価として、安全冷却機能喪失時における廃液の温度評価を③に記載する。

①安全冷却水が供給されている各貯槽の冷却水流量のリスト化

監視の強化の定着に向けた活動として、流量変動が確認された時点で、弁の閉止による流量低下の可能性を考慮し、弁の閉止による流量低下時の該当貯槽の推定を行えるように、複数貯槽に供給する冷却水ポンプ出口流量に対して、安全冷却水が供給されている各貯槽の冷却水流量をリスト化する。冷却水流量のリストは、制御室に配備するとともに、設備に対する知識があり異常の判断を行える力量を有する統括当直長、当直長にリストの使

用方法、機能喪失の疑い有りでの判断の運用について周知した（2022年7月29日実施済）。なお、リストを使用した機能喪失の判断に関する教育を行うとともに、当社標準類に反映する。

本対応を行うことで、工事に伴うリスクを正しく認識でき、弁が誤操作等により閉止された場合、速やかに異常を検知できる。

②冷却水流量の低下等の検知

異常の早期検知の補助的な役割として、冷却水流量の警報設定値等の見直しを行い、当社標準類に反映する。

なお、冷却水流量は脈動等により変動するため、個々に供給される冷却水流量、運転による変動等を考慮し対応する。

本対応を行うことで、工事に伴うリスクを正しく認識でき、弁が誤操作等により閉止された場合、速やかに異常を検知できる。

③安全性の評価

既許可での評価では、使用済燃料の冷却期間を15年とし、廃液中の崩壊熱が廃液および貯槽等の温度上昇のみに寄与する条件（断熱条件）としており、供給液槽Bの冷却機能の喪失から廃液が沸騰に至るまでの時間を24時間と評価している。

現状の運転管理において、廃液の移送の都度、その廃液中に含まれる放射性物質の濃度や性状に応じて、崩壊熱密度が変わるため、廃液の沸騰までの時間を断熱条件で評価している。事象発生時の廃液では、供給液槽Bの冷却機能の喪失から廃液が沸騰に至るまでの時間が約43時間であった。

供給液槽Bに対し貯槽等からセル雰囲気への放熱等を考慮した現実的な評価を改めて行った結果、廃液は沸騰に至らず、冷却機能喪失から約5日後に廃液温度が約56℃で平衡状態となる評価結果となった（添付資料-9）。

しかし、廃液温度の上昇が継続した場合においても、同一性状の廃液を保有する高レベル廃液混合槽の空容量があったこと、廃液移送に必要な設備が使用可能であったこと等から廃液温度の高警報（70℃）に至る前に統括当直長の判断により高レベル廃液混合槽への廃液移送および当該貯槽への純水等の供給による温度低下効果等の対処を行うことが可能であった。

（2）設備管理

運転状態の系列にある弁の誤った開閉操作を防止するため、弁の管理および弁の識別について以下のとおり実施する。

①弁の管理

運転状態の系列にある弁の開閉操作を防止するため、安全上重要な施設のうち、安全冷却水系を対象とし、安全冷却機能に影響を与えうる全ての仕切弁に対して、施錠管理を実施し（高レベル廃液ガラス固化建屋は、2022年7月28日実施済）、当社標準類に反映する。

②弁の識別

運転状態の系列の弁と誤認することを防止するため、また、弁の開閉状態を容易に確認できるようにするため、以下のとおり識別を行い、当社標準類に反映する。

本対策は、「①弁の管理」で対象とする仕切弁に対して実施する（高レベル廃液ガラス固化建屋は2022年7月28日実施済）。

- a. 弁番号の拡大表示
- b. 弁の「開/閉」状態表示
- c. 弁の開閉状態を視認できるマーキング
- d. 系列の表示（A系列/B系列の表示）

設備管理上の対策について、新規に設置する弁（工事中を含む）についても、既設設備に接続した時点から施錠管理および識別措置を実施することとし、当社標準類に追加する。

（3）作業管理

口頭による曖昧な指示は誤操作の原因となるため、作業により弁を操作するときは、当社および協力会社が確認できるよう、作業要領書等で対象の弁を明確にする（2022年7月5日 ガラス固化課長から協力会社に対し指示済）。

作業管理上の対策について、以下のとおり具体的な対策や定着に向けた活動を実施する。

①作業要領書等で対象の弁を明確化

誤操作防止のため、作業要領書等で作業時に操作が必要な対象の弁を明確にする（対象となる弁の弁番号等の記載）。「（2）設備管理」に示すように新規に設置する弁（工事中を含む）に対しても識別管理を行うことを当社標準類に反映する。

本対応を行うことで、工事等で新規に設置した弁（工事中を含む）についても、既設設備と同様に設備状態を当社管理下に置くことができる。

また、現場においても社内運用に定める表示札（隔離札等）等で作業対象の弁を明確にし、当社監理員の立会のもとダブルチェックを行い、弁の開閉

作業を行う。

本対応を行うことで、誤操作等により弁が閉止されることを防止できる。

②作業管理の関与の強化

安全上重要な施設の工事実施に対し、事前のリスク評価において、新規制基準で整理されている事故につながる要因（誤操作含む）を考慮したリスク評価を行うこと、また、想定したリスクに対する対応を改造計画書に記載することを当社標準類に反映する。

これらの工事にあたっては、リスク評価において、安全機能の喪失に至ることを防止するための識別表示、施錠管理、監視強化の措置が講じられることを事前に確認する。また、作業要領書等において、従前より当社工事監理員が立会を行う工事中のホールドポイント（系統の隔離確認、溶接等の火気作業、検査等）に、弁の開閉作業をホールドポイントに加える。なお、作業する弁を明確にした上で、弁の開閉作業は当社工事監理員が立会い、ダブルチェックで確認する。

また、工事部門から当直へ日々の作業内容を明確にすることにより、当直は、設備の運転状況を踏まえた作業上の注意すべき点を工事部門に共有する。当直員は工事監理員と適宜連携を取りながら、工事中に設備の運転状態の監視を行う。また、作業終了後に当直は制御室で設備の運転状態に変化がないか確認を行う。

本対応を行うことで、誤操作等により弁の閉止による冷却水の停止の可能性を工事に伴うリスクとして認識でき、弁の誤操作の防止、異常の早期検知が図れる。

③作業員一人ひとりの意識づけに向けた取り組み

作業要領書において、「許可されている既設構造物以外に触れないこと」と記載していたが、誤操作した可能性がある。

作業管理の定着に向けた活動として、協力会社が参加する会議において、以下の基本事項を再周知することにより、誤操作防止に取り組む（2022年7月28日実施）。

- a. 作業により弁を操作するときは、当社および協力会社が確認できるよう、作業要領書等で対象の弁を明確にする（工事中の弁であっても既設の弁と同様の取扱いを行う）
- b. 既設設備の無断操作の禁止※
※隔離された系統内での弁等の開閉作業は、当社工事監理員立会の下、2人作業でセルフ措置札を用いて確認し作業を行う。

- c. 現場判断での計画外作業の禁止
- d. 安全上重要な施設近傍での一人作業やその場での安易な判断による作業の禁止
- e. 現場の整理整頓の徹底

また、安全意識を再徹底するため、「現場作業におけるべからず集」を新規に作成し、協力会社が参加する会議で協力会社内（下請企業含む）での教育の実施を依頼する（2022年8月25日実施済）。依頼を受けた協力会社から、作業員一人ひとりまで教育を展開させ、その結果を当社に報告させることにより作業管理対策の定着を行う（2022年9月末まで）。

なお、作業員一人ひとりの意識づけを行う目的から、2022年9月以降の新規入所者については、入所時教育、現場指揮者教育等で教育を実施する。

本対応を行うことで、誤操作等により弁が閉止されることを防止できる。

7. 2 対策の水平展開

7. 1の対策の水平展開を以下のとおり実施していく。

(1) 設備管理（弁の管理、弁の識別）

水平展開の対象として、安全機能の喪失により、公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれのあるものとして、安全上重要な施設のうち、運転管理上管理を要する保安規定に定める「保安上特に管理を必要とする設備」を対象とする。当該設備については、誤操作等による運転状態の停止を防ぐ目的から、安全機能に影響を与えうる現場で手動操作が可能な仕切弁（ダンパ等を含む）に対し、弁等の施錠管理および弁の識別の対策 a. ～d. を行う。

措置を講じる対象を以下の表に示す。

なお、措置を実施するにあたり足場等の設置を要する等、期間内に実施困難なものは、順次実施する。

表：再処理工場における水平展開状況

対策を講じる対象	施錠管理	識別表示
安全冷却水系	2022年8月末実施済 ※1	2022年9月末まで
プール水冷却系	2022年7月末実施済	2022年9月末まで
補給水設備	2022年12月末まで	2022年12月末まで
建屋換気設備等	2022年12月末まで	2022年12月末まで
非常用所内電源系統	従前より対応済	従前より対応済
安全圧縮空気系（水素掃気用）	従前より対応済	2022年9月末まで
安全圧縮空気系（上記以外）	2022年12月末まで	2022年12月末まで
制御建屋中央制御室換気設備 および主排気筒ガスモニタ	2022年12月末まで	2022年12月末まで
安全蒸気系	対象外※2	2022年12月末まで

※1： 高レベル廃液ガラス固化建屋は7月末実施済

※2： 安全蒸気系は、セル内での漏えい液の回収時に使用する設備であり、使用の都度、ボイラを起動し、系統構成のために弁の開閉操作等を行う。このため、弁状態が通常状態から異なっていたとしても、当直員が運転手順書に基づきダブルチェックにて開閉操作を行うことから、施錠しなくても確実に安全蒸気の供給が行えるため、施錠対象から除外する。

8. 現地原子力検査官への連絡の改善

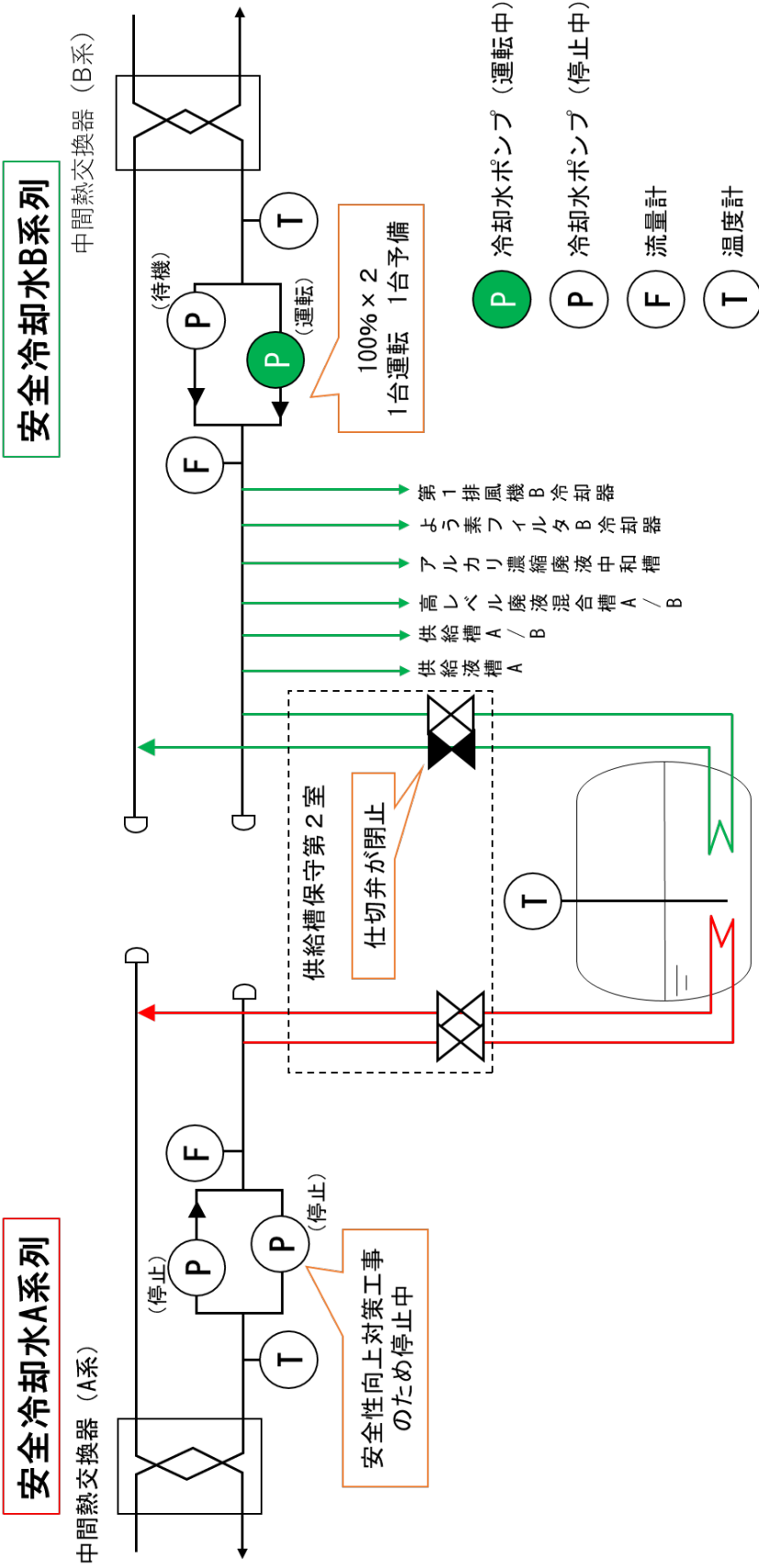
現地原子力検査官への連絡の改善として、安全上重要な施設の流量変動等が確認され、安全機能に影響を及ぼすおそれがあり、調査が必要と判断した場合は、夜間休祭日を問わず現地原子力検査官に連絡する運用を社内ルールに追加する。

なお、上記運用については、2022年7月27日に社内ルールに追加し、運用は開始したが、具体的な運用方法（対象事象、連絡方法等）については、今後、現地原子力検査官と調整する（2022年9月末まで）。

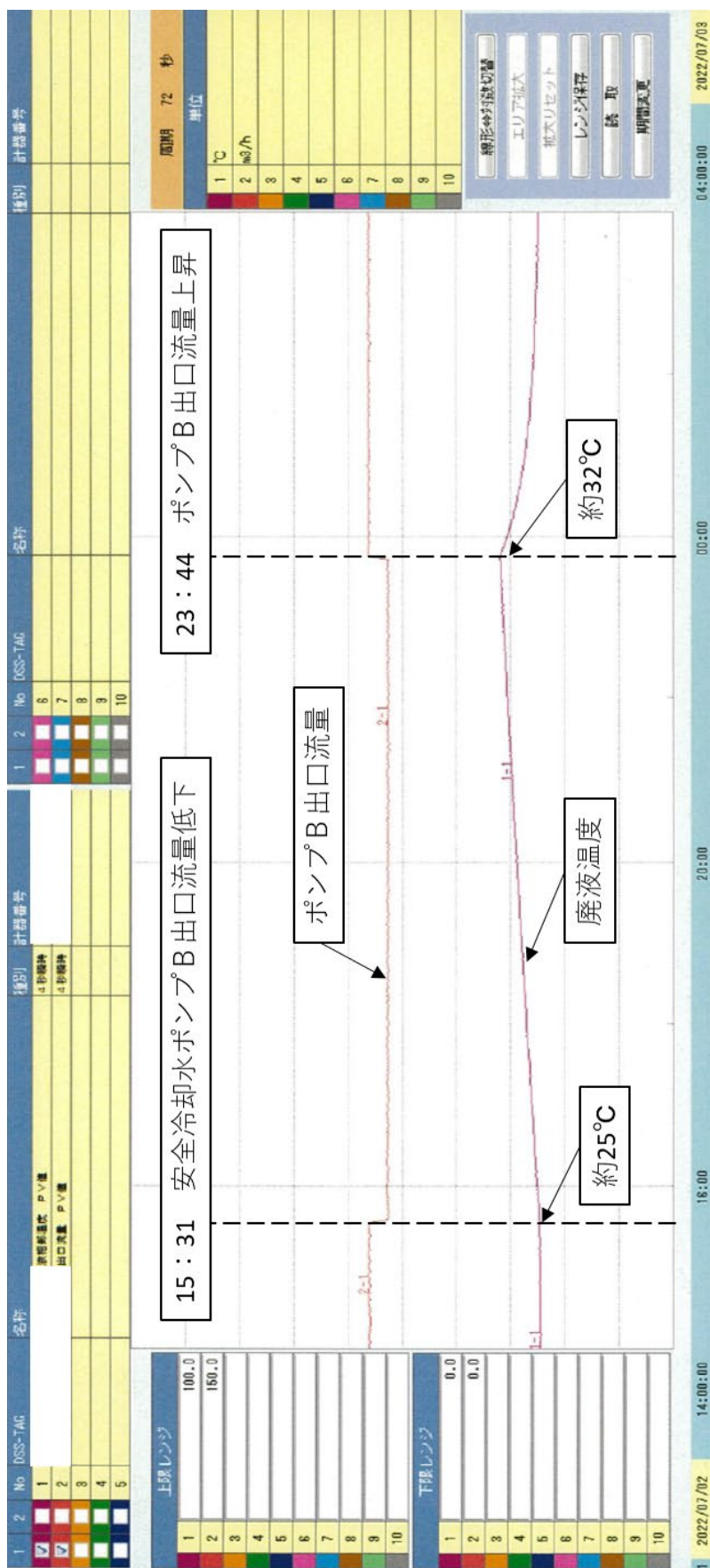
9. 今後の対応

今後、計画的に上記の対策を実施していく。また、根本原因分析（RCA）を実施する。

以上



供給液槽 B の系統概要図



事象発生時のポンプ流量と温度推移

時系列

【6月19日～】

	・「内部ループ/冷却コイル注水接続口配管工事」実施のために安全冷却水A系列は計画的に停止中。
--	--

【7月2日（土）】

18:50頃	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Aは、定刻のデータ確認時に安全冷却水B系の安全冷却水ポンプB出口流量が15時30分頃から低下し、その後安定していることを確認。なお、14時から15時の定刻データ確認時は通常流量であることを確認している。 ・当直員Aは、安全冷却水B系で冷却している7つの貯槽の廃液温度は約25～30℃付近で推移していたことから有意な温度上昇がないものと認識し、当直員Aは、安全冷却水B系の安全冷却水ポンプB出口流量が低下していることと貯槽の廃液温度に異常がないことを当直長Aに報告を行った（現状の廃液保有状態では、廃液温度は安全冷却水の温度変化により、約25℃～30℃の範囲（警報設定値（70℃））で温度変動をしている）。 ・当直長Aは22時の定刻確認で状況を再度確認することを当直員Aに指示した。また、当直長Aは、統括当直長Aへ流量低下と廃液温度に異常がないことを報告した。 ・統括当直長Aは、安全冷却水B系列の供給ラインからの漏えいによる流量低下を疑い、管理区域にて漏えいの有無の確認を行うよう当直長Aへ指示。
18:50	<ul style="list-style-type: none"> ・当直長Aは、Y区域の巡視点検で現場にいた当直員BにY区域の安全冷却水B系列の供給ライン（途中から機器別に9系統に分岐して供給）の漏えいの有無、G区域の膨張槽液位および安全冷却水ポンプBの起動状態の確認を指示。 ・当直員Bは、Y区域の安全冷却水B系列の供給ラインの確認を開始。
20:30	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Bは、Y区域確認後、異常がないことを当直長Aへ報告。 ※Y区域10部屋、弁：約40箇所、フランジ/ストレーナ：4箇所を確認。
20:30	<ul style="list-style-type: none"> ・当直長Aは、当直員Cへ当直員Bと合流しG区域の確認を行うように指示。
20:40	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Cは、G区域にて当直員Bと合流。

21:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員B、Cは、G区域確認後、異常がないことを当直長Aへ報告。 ※G区域1部屋、弁：約30箇所、フランジ/ストレーナ：約30箇所、膨張層液位、安全冷却水ポンプBの起動状態を確認。 ・当直長Aは、統括当直長Aへ安全冷却水B系の供給ラインからの漏えい等の異常がなかったことを報告。 ※流量計がシステムの全体流量を計測しているものであることから、漏えいやポンプの性能低下などシステム全体の流量に影響を及ぼす要因の可能性を優先して調査しており、この時点で弁の開閉状態の確認は実施していない。
22:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Aは、定刻のデータ確認時に安全冷却水B系で冷却している7つの貯槽のうち、供給液槽Bの廃液温度だけが約5℃上昇し、通常の変化と違うことを確認し、当直長Aへ報告。 ・当直長Aは、統括当直長Aに供給液槽Bの廃液温度が約5℃上昇し、通常の変化と違うことを報告。 ・当直長Aから報告を受けた統括当直長Aは、流量低下が回復しておらず、温度上昇も継続していることから、供給液槽Bの安全冷却水の供給ラインを中心に再度徹底的に弁の開閉状態を確認するよう当直長Aへ指示。 ・当直長Aは、当直員C、Dに供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある流量調整弁の全開操作を指示。
22:30	<ul style="list-style-type: none"> ・当直長Aから指示を受けた当直員C、Dは、供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある流量調整弁を全開に操作した。 ・当直員Aは、流量調整弁を全開にしても安全冷却水ポンプB出口冷却水の流量が増加しないことを確認し、当直長Aへ報告。 その後、継続して当直員C、Dは、供給液槽Bの安全冷却水供給ラインを中心に弁の開閉状態を確認。 ・当直長Aは、統括当直長Aに流量調整弁を全開にしても安全冷却水ポンプB出口冷却水の流量が増加しないこと、継続して供給液槽Bの安全冷却水供給ラインを中心に弁の開閉状態を確認していることを報告。
22:51	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Aよりこれまでの状況を工場長へ連絡。 ・工場長は統括当直長Aに弁の開閉状態を徹底的に確認するよう指示。
22:52	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Aは当直長Aに弁の開閉状態を徹底的に確認するよう指示。 ・当直長Aは当直員C、Dに弁の開閉状態を徹底的に確認するよう指示。
23:43	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員C、Dは、現場にて供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある仕切弁が閉止していることを確認し、当直長Aに「弁が閉まっている」と報告。 ・当直長Aは、仕切弁が閉まっていることを統括当直長Aに報告。 ※当直長Aと統括当直長Aは、安全冷却水B系の流量低下の原因が、仕切弁が閉まっていたことであり、仕切弁を全開とし、安全冷却水B系の流量を復旧させることを優先した。 その際、冷却水が全停止している場合は、安全冷却機能が喪失したことになるという点に思いが至らず、冷却水的全停止の判断に必要な弁の閉止状態を当直員C、Dに詳細に確認しなかった。また、当直員C、Dも、仕切弁が全閉となっていることを明確に伝えていなかった。このことから、統括当直長Aおよび当直長Aは、供給液槽Bへの安全冷

	却水が停止していたとは認識できなかった。
23:44	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Aは、当直長Aに供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある仕切弁の全開操作を指示。 ・当直長Aは、当直員C、Dに仕切弁の全開操作を指示。 ・当直員C、Dは、現場にて供給液槽Bの安全冷却水供給ラインにある仕切弁を全開とした。 ・当直員Aは、安全冷却水B系列の安全冷却水ポンプB出口流量の増加を確認。 ・当直員Aは、当直長Aに安全冷却水B系列の安全冷却水ポンプB出口流量の増加したことを報告。 ・当直長Aは、統括当直長Aに安全冷却水B系列の安全冷却水ポンプB出口流量の増加したことを報告。
23:50	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Aは、供給液槽Bの温度低下開始を確認。 ・当直長Aは、統括当直長Aに供給液槽Bの廃液温度の低下が開始したことを報告。
23:51	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Aは、工場長へ安全冷却水B系列の仕切弁が閉側に閉まっていたこと、全開としたことにより、安全冷却水B系の流量の復旧したこと、供給液槽Bの廃液温度が低下していることを連絡。 ※統括当直長Aは、当該弁を全開とし、安全冷却水B系列安全冷却水ポンプBの出口流量の増加、および供給液槽Bの廃液温度の低下を確認したことから、供給液槽Bへの安全冷却水の供給が復旧したと判断した（安全冷却水B系の流量復旧に意識が集中し、本事象が機能喪失にあたると思わなかった）。
23:50頃	・統括当直長A、当直長Aおよび当直員は、次直への業務引継ぎを開始。

【7月3日（日）】

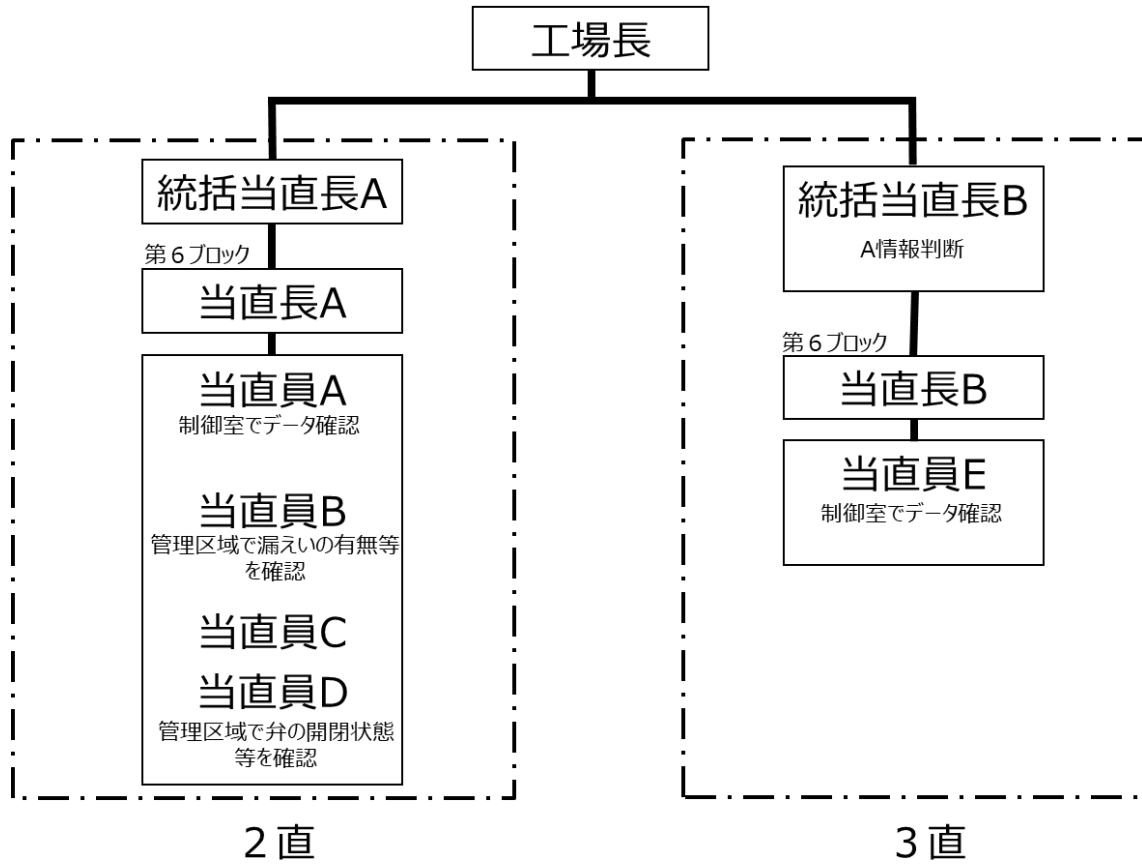
0:30頃	・統括当直長A、当直長Aおよび当直員は、次直への業務引継ぎを終了。
0:57	・統括当直長Aは、引継ぎ終了後に供給液槽Bの仕切弁が全閉であれば機能喪失に該当する可能性があるという点が心配になり、統括当直長Bにその旨を連絡した。
1:00頃	・統括当直長Bは、流量の低下を確認したものの、機能喪失にあたるか否かを判断するため、供給液槽Bへの冷却水の供給が完全に停止しているか継続しているか確認することとした。
1:00～	・このため、統括当直長Bは、供給液槽Bの冷却機能喪失の有無を判断するため、これまでの、事実関係を確認していた。
1:50	・前直の統括当直長A、当直長A、連絡補助者Aが中央制御室に戻り、当該事象対応のサポートを実施。
2:15頃	・統括当直長Bは、供給液槽Bの冷却機能喪失の有無を判断するため、最終的に仕切弁の閉止状態を当直員Cに確認することとした。
2:25	・統括当直長Bは、前直で仕切弁の開操作を行った当直員Cに仕切弁の閉止状態を確認した結果、全閉であった事実を確認。
2:26	・連絡責任者A（統括当直長B）は、安全上重要な施設の2系列の機能喪失に該当することから、A情報と判断。

2 : 2 7	<ul style="list-style-type: none"> ・統括当直長Bは、A情報を発信することを工場長へ連絡した。
3 : 1 6	<ul style="list-style-type: none"> ・トラブル情報（A情報）発信（第1報）。
3 : 2 5	<ul style="list-style-type: none"> ・当直員Eが供給液槽Bの廃液温度が冷却機能停止前の廃液温度と同程度の温度（約25℃）に戻ったことを確認。 ・連絡補助者Aから原子力規制庁へ電話連絡。
3 : 5 0 ~	<ul style="list-style-type: none"> ・六ヶ所対応会議立上げ。 議長：工場長 要員：運転部長、ガラス固化施設部長、機械保全部長、放射線管理部長、技術部長、再処理計画部長、報道部長、他 活動内容：第1報の報告内容を含め、これまでの状況把握 ・議長以下、参集した要員は、統括当直長Bからの聞き取りにより、機器が故障していないことおよび既に安全冷却水ポンプB出口流量が復旧したことを確認。 ・この状況を踏まえ、議長以下で「使用済燃料の再処理の事業に関する規則第19条の16の運用について（訓令）」を確認し、2号、3号に該当するのかの議論を開始した。 ・具体的には、今回の事象が「再処理施設の故障」に該当するのか？今回の仕切弁の閉止は誤操作に該当するのか？溶液等の温度が有意に上昇した時に該当するのか？再処理に影響を及ぼしたときに該当するのか？等の議論を重ね、2号、3号に該当しないとした場合、連絡区分として何に該当するのか、判断に迷っていた。 ・保安規定の設備に求められる状態としては、1系列が運転状態、同系列のポンプが運転可能か他の系列が運転可能であることを求めており、今回の事象（ポンプが運転状態で系列が止まるような状態）が該当するのか、判断に迷っていた。 ・機器の故障は発生していないものの安全冷却機能が約8時間喪失しており、保安規定で要求される措置（1直1回、運転状態の系列に異常がないことを確認する。）を講じることができていなかったことから、トラブル等対応要領A情報③-1「保安規定に規定する保安上特に管理を必要とする設備に求められる状態を満足していない状態において、保安規定で要求される措置を講じることができないとき」に該当するのではないか協議。 ・連絡責任者Bは、第1報に基づくプレス公表時間（3時間以内）が迫っていたが、A情報の連絡内容および連絡区分に誤りがあるとはいけないと考え、対応会議の議論に注力。
~ 5 : 4 2	<ul style="list-style-type: none"> ・六ヶ所対応会議で議論した結果、 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 機器が故障していないことおよび既に安全冷却水ポンプB出口流量が復旧しており異常状態ではないことから、「安全協定第12条7）施設の故障による閉じ込め、遮へい、火災・爆発防止機能の喪失又は喪失のおそれにより再処理に支障を及ぼしたとき」には該当しない。 ✓ 機器の故障は発生していないものの安全冷却機能が約8時間喪失しており、保安規定で要求される措置（1直1回、運転状態の系列に異常がないことを確認する。）を講じることができていなかったことから、トラブル等対応要領A情報③-1「保安規定に規定する

	<p>保安上特に管理を必要とする設備に求められる状態を満足していない場合において、保安規定で要求される措置を講じることができないとき」に該当。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・連絡責任者Bは、5時42分に、上記議論を基に本事象が「直ちに情報（A情報）安全協定第12条対象外」に該当することから、連絡区分の変更が必要と判断した。 ・連絡区分を変更したことにより、社内マニュアルに基づき、「直ちに情報（A情報）安全協定第12条対象外」が夜間に発生した場合、翌朝目処にプレス公表としており、プレス公表時間を遅らせた。
5 : 4 7	<ul style="list-style-type: none"> ・トラブル情報（A情報）発信（第2報）。

【7月8日（金）】

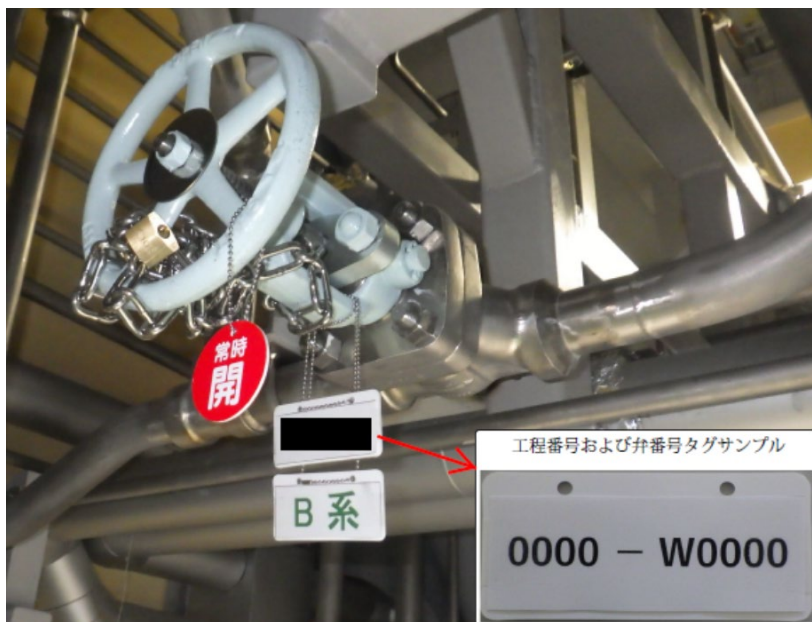
1 1 : 0 0	<ul style="list-style-type: none"> ・法令報告に該当すると判断し、トラブル情報（A情報）発信（第3報）。
-----------	--



当直体制図

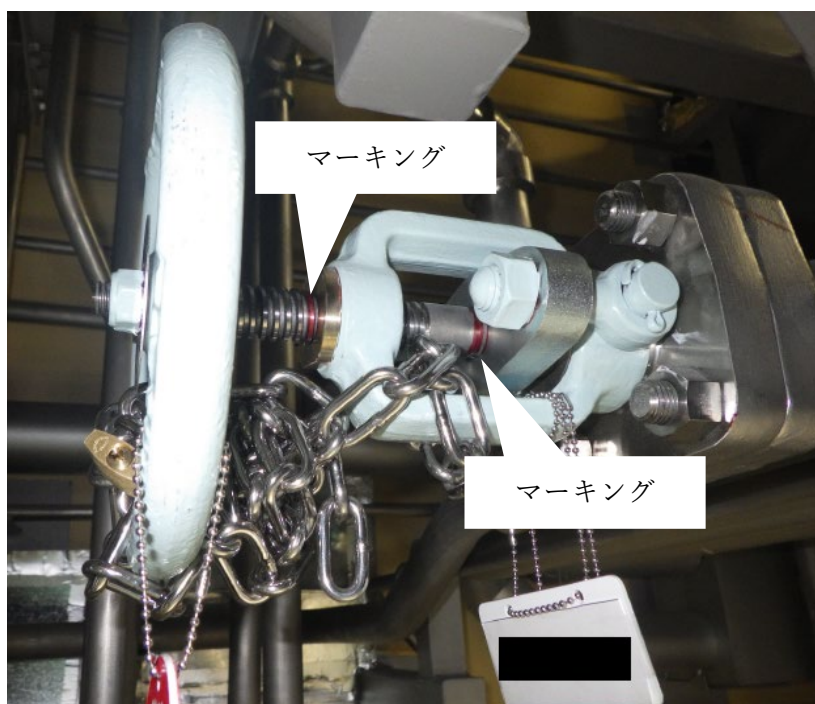


対策前 当該仕切弁



対策後 当該仕切弁

当該仕切弁の識別・施錠状況 (1/2)



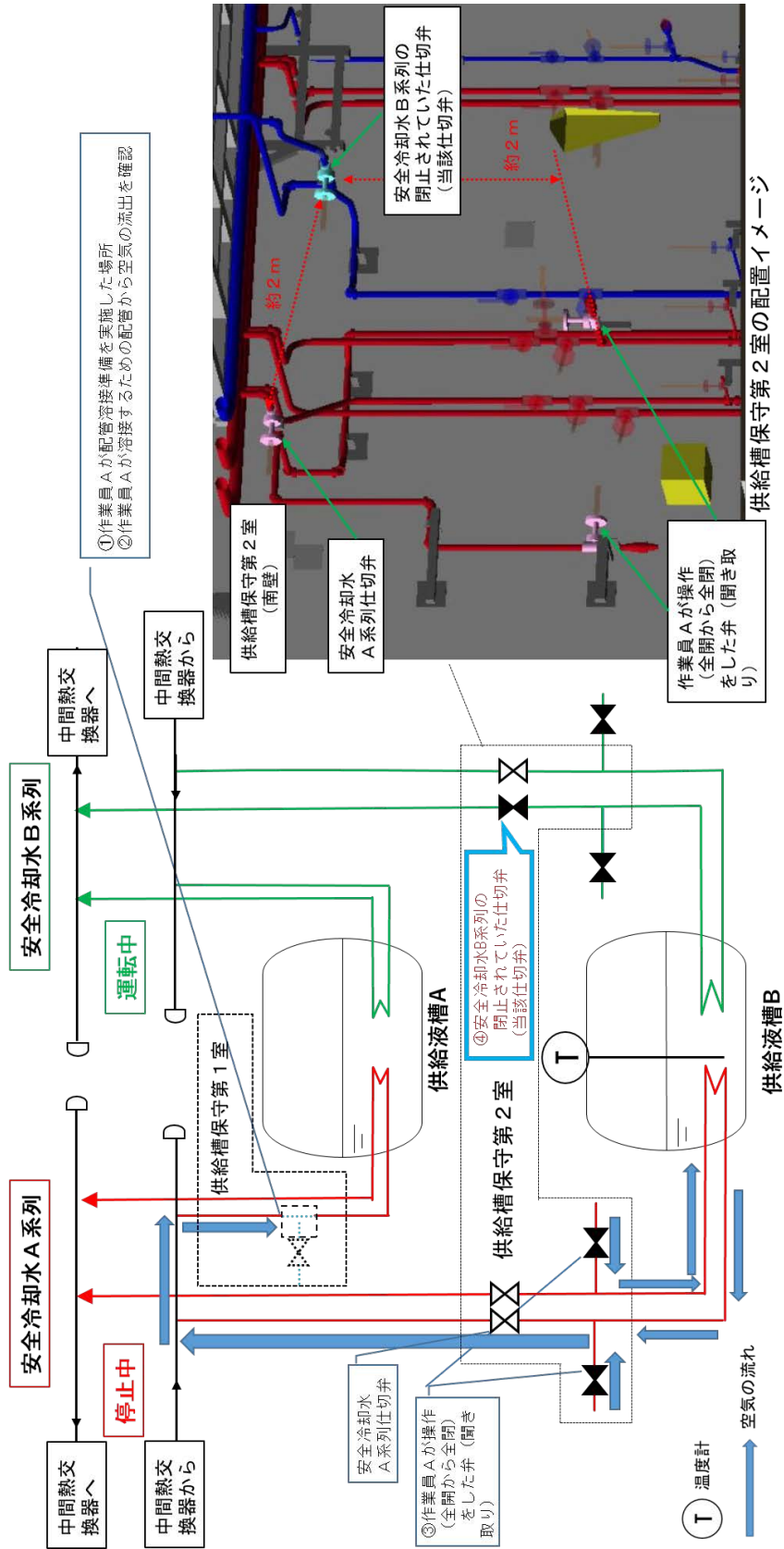
対策後 当該仕切弁(全開時のマーキング)

当該仕切弁の識別・施錠状況 (2/2)



対策後 工事中の安全冷却水 A 系列にある 2 箇所の一つの弁

工事中の安全冷却水 A 系列の弁



供給槽保守第 2 室内の弁の配置

問題点に対する対策と今回の事象に対する歯止めの整理表

問題点	対策	実施予定/完了	今回の事象に対する歯止め
(1) 計画段階 ①作業要領書作成	<p>(a)作業要領書で、「許可されている既設構造物以外は触れないこと」としていたが、<u>新規に設置した弁の取り扱い（開閉作業）に対し、既設構造物と同等に扱うことが不明確であった。</u></p> <p>(b)作業要領書で、<u>新規に設置した弁の当社が管理するタイミングが不明確であり、協力会社は新規に設置した弁を自社の作業管理下で弁の開閉作業ができる認識であった。</u></p>	<p>協力会社への基本事項の再周知 ：2022年7月28日実施済</p> <p>協力会社への「現場作業におけるべからず集」の周知 ：2022年8月25日実施済 作業管理対策の定着に向けた教育 ：2022年9月末まで</p> <p>当社標準類への反映 ：2022年10月末まで</p>	<p>誤操作等により弁が閉止されることを防止できる。</p>

①作業要領書作成	問題点	対策	実施予定／完了	今回の事象に 対する歯止め
	<p>(c)作業要領書で、「ダブルチェック、2人以上で作業を行う」と記載していたが、対象が不明確であった。</p>	<p>7. 1 (3) 作業管理 ③作業員一人ひとりの意識づけに向けた取り組み b. <u>既設設備の無断操作の禁止</u>※ ※隔離された系統内での弁等の開閉作業は、当社工事監理員立会の下、<u>2人作業でセルフ措置札を用いて確認し作業を行う。</u> d. <u>安全上重要な施設近傍での一人作業やその場での安易な判断による作業の禁止</u> 安全意識を再徹底するため、「現場作業におけるべからず集」を新規に作成し、協力会社が参加する会議で協力会社内（下請企業含む）での教育の実施を依頼する。依頼を受けた協力会社から、作業員一人ひとりまで教育を展開させ、その結果を当社に報告させることにより作業管理対策の定着を行う。 なお、作業員一人ひとりの意識づけを行う目的から、2022年9月以降の新規入所者については、入所時教育、現場指揮者教育等で教育を実施する。</p>	<p>協力会社への基本事項の再周知 : 2022年7月28日実施済</p> <p>協力会社への「現場作業におけるべからず集」の周知 : 2022年8月25日実施済 作業管理対策の定着に向けた教育 : 2022年9月末まで</p>	

①作業要領書作成	問題点	対 策	実施予定 / 完了	今回の事象に 対する歯止め
	<p>(d)作業要領書で、「所定の許可を受けた弁操作については、現場管理者の指示に従う。」としていたが、<u>新規に設置した弁を「既設構造物」と同等に扱うことが不明確であったため、当社と協力会社において、所定の許可が必要な弁操作の認識に差異があった。</u></p>	<p>7. 1 (3) 作業管理</p> <p>③作業員一人ひとりの意識づけに向けた取り組み</p> <p>a.作業により弁を操作するときは、当社および協力会社が確認できるように、<u>作業要領書等で対象の弁を明確にする（工事中の弁であっても既設の弁と同様の取扱いを行う）</u></p> <p>c.<u>現場判断での計画外作業の禁止</u></p> <p>安全意識を再徹底するため、「現場作業におけるべからず集」を新規に作成し、協力会社が参加する会議で協力会社内（下請企業含む）での教育の実施を依頼する。依頼を受けた協力会社から、作業員一人ひとりまで教育を展開させ、その結果を当社に報告させることにより作業管理対策の定着を行う。</p> <p>なお、作業員一人ひとりの意識づけを行う目的から、2022年9月以降の新規入所者については、入所時教育、現場指揮者教育等で教育を実施する。</p>	<p>協力会社への基本事項の再周知</p> <p>: 2022年7月28日実施済</p> <p>協力会社への「現場作業におけるべからず集」の周知</p> <p>: 2022年8月25日実施済</p> <p>作業管理対策の定着に向けた教育</p> <p>: 2022年9月末まで</p>	

問題点	対策	実施予定 / 完了	今回の事象に 対する歯止め
②改造計画書作成			
<p>②-1 異常の検知 手段・監視</p> <p>(a)「冷却水ポンプ流量 低警報」は安全冷却水系の全体流量に対して警報設定されており、<u>個々の貯槽に対する安全冷却水の供給が停止したことを検知できない状態であった。</u></p>	<p>7. 1 (1) 運転管理</p> <p>①安全冷却水が供給されている各貯槽の冷却水流量のリスト化監視の強化の定着に向けた活動として、<u>流量変動が確認された時点で、弁の閉止による流量低下の可能性を考慮し、弁の閉止による流量低下時の該当貯槽の推定を行えるように、複数貯槽に供給する冷却水ポンプ出口流量に対して、安全冷却水が供給されている各貯槽の冷却水流量をリスト化する。</u>冷却水流量のリストは、<u>制御室に配備するとともに、設備に対する知識があり異常の判断を行える力量を有する統括当直長、当直長にリストの使用方法、機能喪失の疑い有りでの判断の運用について周知した。</u>なお、リストを使用した機能喪失の判断に関する教育を行うとともに、<u>当社標準類に反映する。</u></p> <p>②冷却水流量の低下等の検知</p> <p><u>異常の早期検知の補助的な役割として、冷却水流量の警報設定値等の見直しを行い、当社標準類に反映する。</u></p> <p>なお、冷却水流量は脈動等により変動するため、個々に供給される冷却水流量、運転による変動等を考慮し対応する。</p>	<p>① リスト化および運用の周知 ：2022年7月29日実施済 教育および当社標準類への反映 ：2022年10月末まで</p> <p>② 警報設定値等の見直し ：2022年10月末まで 当社標準類への反映 ：2022年10月末まで</p>	<p>工事に伴うリスクを正しく認識でき、弁が誤操作等により閉止された場合、速やかに異常を検知できる。</p>
<p>(b)1 系列運転にもかかわらず、2 系列運転時と同様の監視頻度としていた。</p>	<p>7. 1 (1) 運転管理</p> <p><u>安全冷却水系において片系を停止し 1 系列で運転する場合は、異常が確認された際に、速やかに設備が設置されている部屋での状態確認を行えるよう、当直員による制御室での温度、流量等の確認の頻度を通常の 4 時間毎から 1 時間毎に強化する。</u></p>	<p>確認頻度の強化（統括当直長から当直員に対し指示） ：2022年7月8日指示済 確認頻度の強化（当社標準類への反映） ：2022年8月3日改正済</p>	

②-2 リスクの抽出	問題点 (a) リスクの抽出において、重大事故につながる要因として誤操作により冷却機能の喪失に至るといふ観点が不足していた。	対 策 7. 1 (3) 作業管理 ② 作業管理の関与の強化 安全上重要な施設の工事実施に対し、事前のリスク評価において、新規制基準で整理されている事故につながる要因（誤操作含む）を考慮したリスク評価を行うこと、また、想定したリスクに対する対応を改造計画書に記載することを当社標準類に反映する。 これらの工事にあたっては、リスク評価において、安全機能の喪失に至ることを防止するための識別表示、施錠管理、監視強化の措置が講じられることを事前に確認する。また、作業要領書等において、従前より当社工事監理員が立会を行う工事中のホールドポイント（系統の隔離確認、溶接等の火気作業、検査等）に、弁の開閉作業をホールドポイントに加える。なお、作業する弁を明確にした上で、弁の開閉作業は当社工事監理員が立会い、ダブルチェックで確認する。 また、工事部門から当直へ日々の作業内容を明確にすることにより、当直は、設備の運転状況を踏まえた作業上の注意すべき点を工事部門に共有する。当直員は工事監理員と適宜連携を取りながら、工事に設備の運転状態の監視を行う。また、作業終了に当直は制御室で設備の運転状態に変化がないか確認を行う。	実施予定 / 完了 当社標準類への反映 : 2022 年 10 月末まで	今回の事象に 対する歯止め 誤操作等により弁の閉止による冷却水の停止の可能性を工事に伴うリスクとして認識でき、弁の誤操作の防止、異常の早期検知が図れる。
	(b) 社内標準類に冷却機能喪失時の対応を定めていたため、改造計画書に安全冷却水の供給が停止した際に冷却機能喪失時の対応に基づき対応を実施する旨を記載していなかった。	7. 1 (3) 作業管理 ② 作業管理の関与の強化 安全上重要な施設の工事実施に対し、事前のリスク評価において、新規制基準で整理されている事故につながる要因（誤操作含む）を考慮したリスク評価を行うこと、また、想定したリスクに対する対応を改造計画書に記載することを当社標準類に反映する。	当社標準類への反映 : 2022 年 10 月末まで	

問題点	対 策	実施予定 / 完了	今回の事象に 対する歯止め
(2) 実施段階			
①改造の実施			
①-1 異常の検知 手段・監視	(a)安全冷却水系の1系列運転中に、 <u>運転中の系列を停止してはいけない認識はあったが、運転データ確認は2系列時運転時と同じであった。</u>	7. 1 (1) 運転管理 安全冷却水系において片系を停止し1系列で運転する場合は、 <u>異常が確認された際に、速やかに設備が設置されている部屋での状態確認を行えるよう、当直員による制御室での温度、流量等の確認の頻度を通常の4時間毎から1時間毎に強化する。</u>	工事に伴うリスクを正しく認識でき、弁が誤操作等により閉止された場合、速やかに異常を検知できる。
(b)当直は、 <u>工事部門から当日の工事の具体的な内容を伝えられていなかったため、運転状態を踏まえた作業上の注意すべき点を工事部門に共有できなかった。</u>	7. 1 (3) 作業管理 ②作業管理の関与の強化 <u>工事部門から当直へ日々の作業内容を明確にすることにより、当直は、設備の運転状況を踏まえた作業上の注意すべき点を工事部門に共有する。当直員は工事監視員と適宜連携を取りながら、工事中に設備の運転状態の監視を行う。また、作業終了に当直は制御室で設備の運転状態に変化がないか確認を行う。</u>	確認頻度の強化 (統括当直長から当直員に対し指示) : 2022年7月8日指示済 確認頻度の強化 (当社標準類への反映) : 2022年8月3日改正済 当社標準類への反映 : 2022年10月末まで	誤操作等により弁の閉止による冷却水の停止の可能性を工事に伴うリスクとして認識でき、弁の誤操作の防止、異常の早期検知が図れる。

問題点	対策	実施予定 / 完了	今回の事象に 対する歯止め
<p>①-2 作業管理</p>	<p>7. 1 (3) 作業管理</p> <p>①作業要領書等で対象の弁を明確化 誤操作防止のため、<u>作業要領書等で作業時に操作が必要な対象の弁を明確にする（対象となる弁の弁番号等の記載）。「(2) 設備管理」に示すように新規に設置する弁（工事中を含む）に対しても識別管理を行うこと</u>を当社標準類に反映する。 また、現場においても社内運用に定める表示札（隔離札等）等で作業対象の弁を明確にし、<u>ダブルチェック等を行い、弁の開閉作業を行う。</u></p> <p>③作業員一人ひとりの意識づけに向けた取り組み a. <u>作業により弁を操作するときは、当社および協力会社が確認できるよう、作業要領書等で対象の弁を明確にする（工事中の弁であっても既設の弁と同様の取扱いを行う）</u></p> <p>安全意識を再徹底するため、「現場作業におけるべからず集」を新規に作成し、協力会社が参加する会議で協力会社内（下請企業含む）での教育の実施を依頼する。依頼を受けた協力会社から、作業員一人ひとりで教育を展開させ、その結果を当社に報告させることにより作業管理対策の定着を行う。 なお、作業員一人ひとりの意識づけを行う目的から、2022年9月以降の新規入所者については、入所時教育、現場指揮者教育等教育を実施する。</p>	<p>① 当社標準類への反映 ：2022年10月末まで</p> <p>③ 協力会社への基本事項の再周知 ：2022年7月28日実施済</p> <p>協力会社への「現場作業におけるべからず集」の周知 ：2022年8月25日実施済 作業管理対策の定着に向けた教育 ：2022年9月末まで</p>	<p>今回の事象により弁 が閉止されることを 防止できる。</p>

①-2 作業管理	問題点	対 策	実施予定 / 完了	今回の事象に 対する歯止め
	<p>(b)作業要領書等で、「許可され ている既設構造物以外は触れ ないこと」としていたが、新規に 設置した弁の取り扱い（開閉 作業）に対して、<u>既設構造物</u> <u>と同等に扱うことが不明確であ</u> <u>ったため、当社工事監視員の</u> <u>立会のもと作業して</u>いなかっ た。</p>	<p>7. 1 (3) 作業管理 ③作業員一人ひとりの意識づけに向けた取り組み b.既設設備の無断操作の禁止 ※ ※隔離された系統内での弁等の開閉作業は、当社工事監視員立会の 下、2人作業でセルフ措置札を用いて確認し作業を行う。 安全意識を徹底するため、「現場作業におけるべからず集」を新 規に作成し、協力会社が参加する会議で協力会社内（下請企業 含む）での教育の実施を依頼する。依頼を受けた協力会社から、作 業員一人ひとりまで教育を展開させ、その結果を当社に報告させるこ とにより作業管理対策の定着を行う。 なお、作業員一人ひとりの意識づけを行う目的から、2022年9月 以降の新規入所者については、入所時教育、現場指揮者教育等で 教育を実施する。</p>	<p>③ 協力会社への基本事項の再周 知 ：2022年7月28日実施済 協力会社への「現場作業におけ るべからず集」の周知 ：2022年8月25日実施済 作業管理対策の定着に向けた 教育 ：2022年9月末まで</p>	
<p>(c)作業対象が明確でなかったこ とから、工事部門と当直で当 日の作業内容の詳細を共有で きておらず、設備の運転状態を 把握している当直より適切に 注意すべき点を共有することが できていなかった。</p>	<p>7. 1 (3) 作業管理 ②作業管理の関与の強化 工事部門から当直へ日々の作業内容を明確にすることにより、<u>当直</u> <u>は、設備の運転状況を踏まえた作業上の注意すべき点を工事部門に共</u> <u>有する。当直員は工事監視員と適宜連携を取りながら、工事中に設備</u> <u>の運転状態の監視を行う。また、作業終了に当直は制御室で設備の運</u> <u>転状態に変化がないか確認を行う。</u></p>	<p>当社標準類への反映 ：2022年10月末まで</p>	<p>誤操作等により弁 の閉止による冷却 水の停止の可能性 を工事に伴うリスク として認識でき、弁 の誤操作の防止、 異常の早期検知が 図れる。</p>	

①-3 識別措置、 弁の施錠管理措 置	問題点	対 策	実施予定 / 完了	今回の事象に 対する歯止め
	(a)作業現場では、 <u>同じ部屋内 に異なる系列の弁等もある箇 所があり、どの系列の弁が表示 していないかった。</u>	7. (2) 設備管理 ②弁の識別 <u>運転状態の系列の弁と誤認することを防止するため、また、弁の開閉 状態を容易に確認できるようにするため、以下のとおり識別を行い、当社 標準類に反映する。</u> d <u>系列の表示 (A 系列/B 系列の表示)</u>	<ul style="list-style-type: none"> ・安全冷却水系 ：2022 年 9 月末までに実施 (高レベル廃液ガラス固化建屋 は 7 月 28 日実施済) ・プール水冷却系 ：2022 年 9 月末までに実施済 ・補給水設備 ：2022 年 12 月末までに実施 ・建屋換気設備等 ：2022 年 12 月末までに実施 ・非常用社内電源系統 ：従前より対応済み ・安全圧縮空気系 (水素掃気 用) ：2022 年 9 月末までに実施 ・安全圧縮空気系 (上記以 外) ：2022 年 12 月末までに実施 ・制御建屋中央制御室換気設 備および主排気筒ガスモニタ ：2022 年 12 月末までに実施 ・安全系蒸気系 ：2022 年 12 月末までに実施 	今回の事象により弁 が閉止されることを 防止できる。
	(b)弁番号の表示は視認しにくい 状態であったが、より分かりやす い表示をしていなかった。	7. (2) 設備管理 ②弁の識別 <u>運転状態の系列の弁と誤認することを防止するため、また、弁の開閉 状態を容易に確認できるようにするため、以下のとおり識別を行い、当社 標準類に反映する。</u> a <u>弁番号の拡大表示</u>		
	(c)工事中の弁の開閉状態を容 易に判断できるように表示をし ていなかった。	7. (2) 設備管理 ②弁の識別 <u>運転状態の系列の弁と誤認することを防止するため、また、弁の開閉 状態を容易に確認できるようにするため、以下のとおり識別を行い、当社 標準類に反映する。</u> b <u>弁の「開/閉」状態表示</u> c <u>弁の開閉状態を視認できるマーキング</u>		

①-3 識別措置、 弁の施設管理措 置	問題点	対 策	実施予定 / 完了	今回の事象に 対する歯止め
	(d) <u>運転中の安全冷却水系列 中の運転状態を維持するため の措置を実施していなかった。</u>	7. (2) 設備管理 ①弁の管理 <u>運転状態の系列にある弁の開閉操作を防止するため、安全上重要な施設のうち、安全冷却水系を対象とし、安全冷却機能に影響を与える全ての仕切弁に対して、施設管理を実施し、当社標準類に反映する。</u>	<ul style="list-style-type: none"> ・安全冷却水系 ：2022年8月末実施済 (高レベル廃液ガラス固化建屋は7月28日実施済) ・プール水冷却系 ：2022年7月24日実施済 ・補給水設備 ：2022年12月末までに実施 ・建屋換気設備等 ：2022年12月末までに実施 ・非常用社内電源系統 ：従前より対応済 ・安全圧縮空気系（水掃気用） ：従前より対応済 ・安全圧縮空気系（上記以外） ：2022年12月末までに実施 ・制御建屋中央制御室換気設備および主排気筒ガスモニタ ：2022年12月末までに実施 ・安全系蒸気系 ：対象外 当社標準類への反映 ：2022年10月末まで 	

問題点	対策	実施予定 / 完了	今回の事象に 対する歯止め
(3) 事象発生段階			
①初動対応	7. (1) 運転管理 安全冷却水系において片系を停止し 1 系列で運転する場合は、異常が確認された際に、速やかに設備が設置されている部屋での状態確認を行えるよう、当直員による制御室での温度、流量等の確認の頻度を通常の 4 時間毎から 1 時間毎に強化する。	確認頻度の強化 (統括当直員から当直員に対し指示) : 2022 年 7 月 8 日指示済 確認頻度の強化 (当社標準類への反映) : 2022 年 8 月 3 日改正済	工事に伴うリスクを正しく認識でき、弁が誤操作等により閉止された場合、速やかに異常を検知できる。
(b)各貯槽における冷却機能喪失を判断するための指標がなかった。	7. (1) 運転管理 ①安全冷却水が供給されている各貯槽の冷却水流量のリスト化 監視の強化の定着に向けた活動として、流量変動が確認された時点で、弁の閉止による流量低下の可能性を考慮し、弁の閉止による流量低下時の該当貯槽の推定を行えるように、複数貯槽に供給する冷却水ポンプ出口流量に対して、安全冷却水が供給されている各貯槽の冷却水流量をリスト化する。冷却水流量のリストは、制御室に配備するとともに、設備に対する知識があり異常の判断を行える力量を有する統括当直長、当直長にリストの使用、機能喪失の疑い有りでの判断の運用について周知した。なお、リストを使用した機能喪失の判断に関する教育を行うとともに、当社標準類に反映する。 ②冷却水流量の低下等の検知 異常の早期検知の補助的な役割として、冷却水流量の警報設定値等の見直しを行い、当社標準類に反映する。 なお、冷却水流量は脈動等により変動するため、個々に供給される冷却水流量、運転による変動等を考慮し対応する。	① リスト化および運用の周知 : 2022 年 7 月 29 日実施済 教育および当社標準類への反映 : 2022 年 10 月末まで ② 警報設定値等の見直し : 2022 年 10 月末まで 当社標準類への反映 : 2022 年 10 月末まで	

供給液槽Bの安全冷却機能喪失時における廃液の温度評価

1. はじめに

高レベル廃液ガラス固化建屋において、2022年7月2日に供給液槽Bの安全冷却水B系列の仕切弁が閉止し、一時的に安全機能を喪失した。

安全冷却機能停止により、供給液槽Bの廃液温度は約25℃から約32℃に上昇した。事象発生から約8時間後に当該仕切弁を全開としたことにより、廃液温度が低下した。

当該仕切弁が全閉の状態が継続した場合、廃液温度が上昇し沸騰するリスクがあることから、安全上の影響評価について、本書にまとめる。

2. 安全上の評価方法

安全上の評価方法について、以下の3点を行う。

(1) 再処理事業指定に基づく評価

2020年7月に許可された再処理事業変更許可申請書において、「地震発生による全交流動力電源の喪失を伴う冷却機能喪失事故」の沸騰に至るまでの時間について評価を実施している。

本評価では、使用済燃料の冷却期間を15年とし、廃液中の崩壊熱が廃液および貯槽等の温度上昇のみに寄与する条件（断熱条件）としている。

(2) 通常の運転管理における廃液の沸騰に至るまでの時間評価

廃液中に含まれる放射性物質の濃度や性状に応じて、崩壊熱密度が変わるため、通常の運転管理において、廃液の移送の都度、実際の廃液性状等を考慮した断熱条件で廃液沸騰までの時間評価を実施している。

(3) 放熱等を考慮した廃液の沸騰に至るまでの時間評価

(1) および(2)の計算評価では、廃液中に含まれる崩壊熱は全て廃液（貯槽含む）の温度上昇に使用される。しかし、実際には、廃液から安全冷却水への熱伝達、貯槽表面からセル雰囲気への熱伝達を除いた熱量が廃液の温度上昇に寄与する。

このため、本事象発生後に改めて安全冷却水やセル雰囲気への熱伝達を考慮した現実的な温度上昇の評価を実施した。

2. 1. 再処理事業指定に基づく評価

2020年7月に認可された再処理事業変更許可申請書 添付書類八 第7.2-21表では、以下の式(1)により断熱条件で供給液槽Bの冷却機能喪失から高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間は24時間と評価した。

なお、重大事故等対処設備については、今後配備する計画のため、現時点における対処については、「安全冷却水内部ループへの消火ポンプによる注水等の対応」※を行うことになる。

※「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた六ヶ所再処理施設の安全性に関する総合的評価に係る報告書」に基づき交流電源供給機能の喪失時における対応を整備したもの

$$\Delta t = \{(M \times C) + (\rho \times V \times C')\} \times \frac{(T_1 - T_0)}{Q \cdot V} \quad \dots \text{式(1)}$$

算定パラメータは以下のとおりである。

- Δt : 冷却機能の喪失から沸騰開始までの時間余裕 (h)
- M : 貯槽等の質量 (kg)
- C : 貯槽等の比熱 (kcal/kg·K)
- ρ : 高レベル廃液等の密度 (kg/m³)
- V : 貯液量 (m³)
- C' : 高レベル廃液等の比熱 (kcal/kg·K)
- T_1 : 高レベル廃液等の沸点 (°C)
- T_0 : 高レベル廃液等の初期温度 (°C)
- Q : 崩壊熱密度 (W/m³)

2. 2. 通常の運転管理における廃液の沸騰に至るまでの時間評価

実際に保有する廃液量(崩壊熱密度)及び実環境に基づく廃液の沸騰までの時間余裕 $t_{B,HALWC}$ については、以下の式(2)により算出を実施している。なお、廃液の移送等により崩壊熱密度が変動する場合に通常の運転管理として本評価を実施している。

式(2)より、事象発生時の廃液では、断熱条件で供給液槽Bの冷却機能の喪失から高レベル廃液等が沸騰に至るまでの時間余裕は、43.7時間であった。

$$t_{B,HALWC} = \frac{(C_{HALWC} \times \sigma_{HALWC} + C_{TANK} \times \sigma_{TANK}) \times (T_{B,HALWC} - T_{0,HALWC})}{Q_{HALWC} \times k} \quad \dots \text{式(2)}$$

ここで、算定パラメータは以下のとおりである。

- C_{HALWC} : 高レベル濃縮廃液の比熱 (kcal/kg·°C)
- ρ_{HALWC} : 高レベル濃縮廃液の密度 (kg/m³)

- C_{TANK} : 貯槽の比熱 (kcal/kg・°C)
- ρ_{TANK} : 貯槽の密度 (kg/m³)
- $T_{B, HALWC}$: 高レベル濃縮廃液の沸点 (°C)
- $T_{0, HALWC}$: 高レベル濃縮廃液の初期温度 (°C)
- Q_{HALWC} : 高レベル濃縮廃液の崩壊熱密度 (W/L)
- k : 換算定数 (0.8598kcal/h)

2. 3. 放熱等を考慮した廃液の沸騰に至るまでの時間評価

2. 1 および 2. 2 では、高レベル濃縮廃液の崩壊熱は、溶液および貯槽に吸熱される計算である。

しかし、実際は崩壊熱により加熱された廃液および貯槽は、冷却コイル（安全冷却水）やセル空気により放熱される。

このため、本事象発生後に、実現象に即した温度上昇評価を実施した。

冷却水温度、廃液温度を陽解法により以下の式（3）、（4）にて算出した結果、冷却機能停止から約 120 時間後に廃液温度が約 56°C で平衡状態となり、沸騰に至らない評価となった。

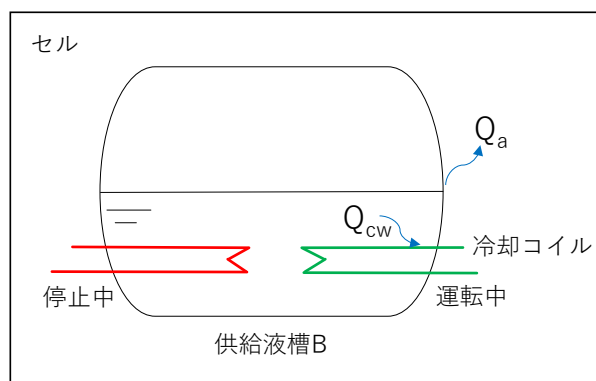


図 1 : 放熱を考慮した計算モデル

$$T_{cwn} = T_{cw} + dt \cdot \frac{Q_{cw}}{M_{cw} \cdot C_{cw}} \quad \dots \text{式 (3)}$$

$$Q_{cw} = h_{cw} \cdot A_c \cdot (T_{wt} - T_{cw})$$

算定パラメータは以下のとおりである。

- T_{cwn} : 時間刻み経過後の冷却水温度 (°C)
- T_{cw} : 現在の冷却水温度 (°C)
- dt : 時間刻み (s)
- Q_{cw} : 冷却水への熱伝達 (熱量) (W)
- M_{cw} : 冷却水重量 (kg)

- C_{cw} : 冷却水比熱 (J/kg/K)
- h_{cw} : 冷却コイル熱伝達係数 (W/m²/K)
- A_c : 冷却コイル伝熱面積 (m²)
- T_{wt} : 廃液温度 (°C)

$$T_{wt n} = T_{tw} + dt \cdot \frac{Q_{wt}}{\rho_{wt} \cdot C_{wt} \cdot V_{wt} + M_k \cdot C_k} \quad \dots \text{式 (4)}$$

$$Q_{wt} = Q - Q_{cw} - Q_a$$

$$Q_a = h_a \cdot A \cdot (T_{wt} - T_{wt0})$$

算定パラメータは以下のとおりである。

- $T_{wt n}$: 時間刻み経過後の廃液温度 (°C)
- T_{wt} : 現在の廃液温度 (°C)
- T_{wt0} : セル内温度 (°C)
- Q_{wt} : 廃液温度上昇に寄与する熱量 (W)
- ρ_{wt} : 廃液密度 (kg/m³)
- C_{wt} : 廃液比熱 (J/kg/K)
- V_{wt} : 廃液量 (m³)
- M_k : 機器重量 (kg)
- C_k : 機器比熱 (J/kg/K)
- Q : 崩壊熱量 (W)
- Q_a : 機器表面からの熱伝達 (熱量) (W)
- h_a : 容器表面熱伝達係数 (W/m²/K)
- A : 機器からの放熱面積 (m²)

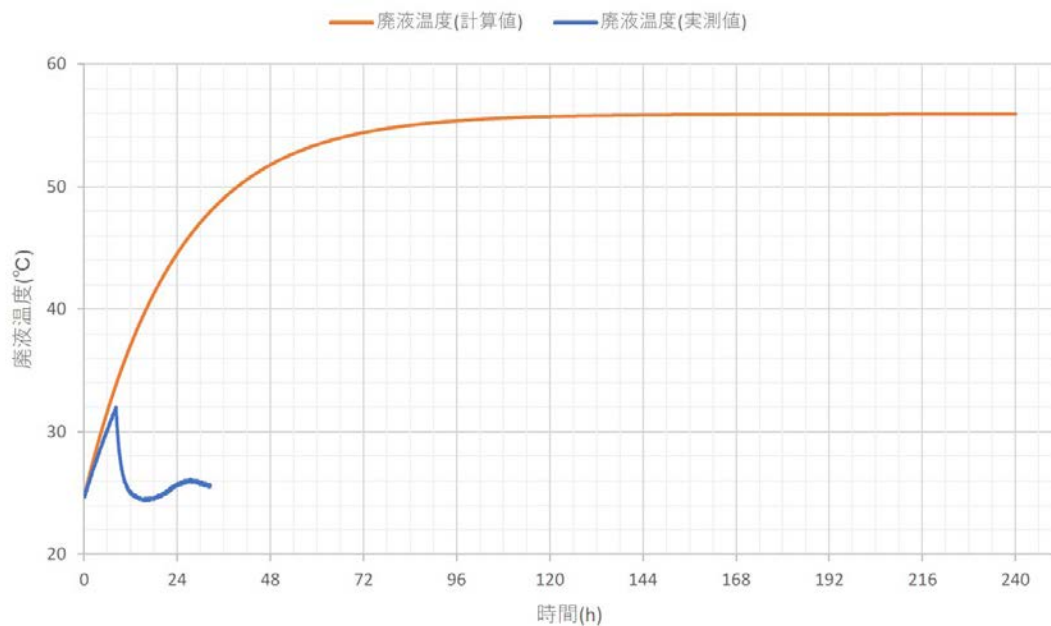


図2：廃液温度の推移（機能喪失から温度平衡まで）

3. まとめ

本事象では事象発生から約 8 時間後に安全冷却機能が回復した。通常の運転管理において評価した廃液の沸騰までの時間余裕は約 43 時間あったことから、冷却機能が回復せず、廃液温度の上昇が継続した場合、「安全冷却水系内部ループへの消防ポンプ等による注水等の対応」に加え、他貯槽への廃液移送、当該貯槽への純水等の供給による冷却などの廃液の沸騰に至らないための対処を行うことが可能であった。

また、改めてセル等への放熱を考慮した評価により、廃液の沸騰に至らないことが確認できた。

4. 添付

添付-1：各評価条件表

以上

各評価条件表

添付-1

表-1：再処理事業指定に基づく評価条件

記号	項目	値	
M	貯槽等の質量	8300	Kg
C	貯槽等の比熱	499	kcal/kg・K
ρ	高レベル廃液等の密度	1300	kg/m ³
V	貯液量	5	m ³
C'	高レベル廃液等の比熱	0.8	kcal/kg・K
T ₁	高レベル廃液等の沸点	102	°C
T ₀	高レベル廃液等の初期温度	41	°C
Q	崩壊熱密度	3600	W/m ³
	高レベル廃液等の硝酸濃度	2	mol/L
	沸騰までの時間	24	Hr

表-2：通常の運転管理における廃液の沸騰に至るまでの時間評価条件

記号	項目	値	
C _{HALWC}	高レベル濃縮廃液の比熱	0.732	kcal/kg・°C
ρ _{HALWC}	高レベル濃縮廃液の密度	1300	kg/m ³
C _{TANK}	貯槽の比熱	0.100	kcal/kg・°C
ρ _{TANK}	貯槽の密度	2938.053	kg/m ³
T _{B, HALWC}	高レベル濃縮廃液の沸点	110	°C
T _{0, HALWC}	高レベル濃縮廃液の初期温度	40	°C
Q _{HALWC}	高レベル濃縮廃液の崩壊熱密度	2.32E+00	W/L
k	換算係数	0.8598	kcal/h
V	貯液量	2.825	m ³
	高レベル廃液等の硝酸濃度 (HNO ₃ 付随)	2.5	mol/L
	沸騰までの時間	43.67	hr

表-3：放熱等を考慮した溶液の沸騰に至るまでの時間評価条件

記号	項目	値	
T_{cw0}	冷却水初期温度	24.2	°C
M_{cw}	冷却水重量	108	kg
C_{cw}	冷却水比熱	4186	J/kg/K
h_{cw}	冷却コイル熱伝達係数	2000	W/m ² /K
A_c	冷却コイル伝熱面積	3.49	m ²
T_{wt0}	廃液初期温度、セル内初期温度	24.7	°C
Q	崩壊熱量	5.371E+03	W
ρ_{wt}	廃液密度	1300	kg/m ³
C_{wt}	廃液比熱	3144	J/kg/K
V_{wt}	廃液量	2.646	m ³
M_k	機器重量	8300	kg
C_k	機器比熱	418.6	J/kg/K
h_a	容器表面熱伝達係数	8	W/m ² /K
A	機器からの放熱面積	21.52	m ²