

市川市クリーンセンターの稼働停止に係る

検証結果報告書

令和6年3月

NIKKEN

## 目 次

はじめに（第三者による検証の位置づけ）	1
1. 市川市クリーンセンターごみ焼却処理施設の概要	2
1.1 施設概要	2
2. 市川市クリーンセンターの稼働停止に係る経緯	3
2.1 発生経緯	3
2.2 被害状況	5
(1) ボイラ内の機器等の損傷	5
(2) ボイラ以外の設備等の損傷	7
(3) 人的被害	7
(4) ごみ処理への影響	7
3. 市川市クリーンセンターの稼働停止に係る検証	8
3.1 人的な要因に係る検証	8
(1) No.1 機器冷却水冷却塔 1 がトリップ（重故障）した段階に必要な対応	8
(2) 重故障時における焼却炉の緊急停止の判断	8
(3) 運転員間の正確な情報共有・連絡事項の伝達	9
3.2 組織的な要因に係る検証	9
(1) 緊急時や深夜時間帯等における指揮命令系統・連絡体制の再整理	9
(2) 緊急対応マニュアルの策定	10
(3) 緊急時や深夜時間帯等における教育・訓練	10
3.3 設備的な要因に係る検証	11
(1) 地絡協調における動作時間の許容範囲の是正	11
(2) 重故障時等におけるインターロックシステムの適用	11
(3) 定期点検整備の調査報告書（判定）の対応・管理	12
(4) ボイラ給水ポンプの安全弁出入口の開放先の変更	12
3.4 今回の要因のとりまとめ	13
4. 今後の再発防止策	14
4.1 人的な要因に対する再発防止策	14
4.2 組織的な要因に対する再発防止策	14
4.3 設備的な要因に対する再発防止策	14
結びに（有識者による検証報告）	17

### <添付資料>

添付資料 1：「市川市クリーンセンターの焼却炉の緊急停止に係る第三者機関による検証」有識者名簿

添付資料 2：「市川市クリーンセンターの焼却炉の緊急停止に係る第三者機関による検証」実施経過

## はじめに（第三者による検証の位置づけ）

---

市川市では、市民から排出される一般廃棄物の焼却・破砕処理を市川市クリーンセンターで行っているが、10月18日（水）において、市川市クリーンセンターの焼却処理施設（以下、「本施設」という。）の3炉のうちの2炉（1号炉及び3号炉）が緊急停止する事象が発生した。

市域には、焼却処理施設が本施設の1施設しかないため、燃やすごみの全量进行处理することができない非常事態に陥った。

そのため、点検整備中であった本施設の2号炉を急遽立上げ、緊急処理することになった。

しかし、2号炉のみの1炉運転だけでは、燃やすごみを全量処理できないため、市民の皆様に燃やすごみの削減への協力をお願いし、近隣自治体の清掃工場や民間の一般廃棄物処理施設に燃やすごみを受け入れてもらうことで対応することになった。

これらの対策を講じたことで、本施設が緊急停止する前に行っていた、ごみの収集の継続や、燃やすごみの全量処理が可能となった。

その間に、緊急停止していた1号炉及び3号炉を応急措置し、再稼働させたことで、現在は非常事態を回避することができている状況である。

本報告書は、今回の様に、燃やすごみの全量进行处理することができない非常事態を再び起こさないよう、本施設の緊急停止に至るまでの経緯や発生した後の対応、発生した原因、再発防止策等について、第三者機関として検証した結果を取りまとめたものである。

検証に当たっては、本施設の管理班や運転班を含めた関係者等への聞き取り調査を行い、同時並行で、故障箇所を確認し応急措置を実施した関係者等への聞き取り調査も実施することで、検証結果に反映させることとした。

# 1. 市川市クリーンセンターごみ焼却処理施設の概要

## 1.1 施設概要

表 1.1.1 本施設の施設概要

所在地	千葉県市川市田尻 1003 番地	
竣工年度	平成 6 年 4 月	
処理方式	全連続燃焼式ストーカ炉	
処理能力	600t/24h (200t/24h×3 炉)	
排ガス高度処理施設整備工事	概要	活性炭吹込装置設置
	工期	平成 12 年 9 月～平成 13 年 9 月
灰固形化設備整備工事	概要	薬剤注入装置設置
	工期	平成 13 年 6 月～平成 14 年 3 月
延命化工事	概要	主要設備、機器、部品の更新
	工期	平成 22 年 9 月～平成 26 年 3 月
運転体制	直営班 2 班 (7 名×2 班) 委託班 2 班 (5 名×2 班)	
組織図 (ごみ焼却処理施設に係る箇所抜粋)	<pre> graph TD     A[クリーンセンター所長] --&gt; B[クリーンセンター副参事]     B --&gt; C[管理グループ主幹]     B --&gt; D[電気主任技術者]     B --&gt; E[設備技術グループ主幹]     B --&gt; F[焼却プラントグループ主幹]     B --&gt; G[ボイラー・タービン主任技術者]     F --&gt; H[管理チーム]     F --&gt; I[運転チーム]     </pre>	

## 2. 市川市クリーンセンターの稼働停止に係る経緯

---

### 2.1 発生経緯

令和5年10月18日（水）、本施設では、1号炉及び3号炉が焼却炉運転中（蒸気タービンは発電機更新のため停止）であった。

同日の午前1時7分にNo.1機器冷却水冷却塔ファン1がトリップしたため、午前1時14分に電気室にてリセット（回復）し、予備機であるNo.1機器冷却水冷却塔ファン2を自動起動（バックアップ）させていた。

午前4時34分にNo.1機器冷却水冷却塔ファン1が再起動された際、No.1機器冷却水冷却塔の上位側の共通保安C/C（コントロールセンタ）がトリップした。その結果、機器冷却水系統、計装用空気圧縮機（コンプレッサー）、油圧装置系統などが停止し、焼却炉内のごみを攪拌・搬送するストーカも一時的に停止する事態となった。

その後、午前5時29分に共通保安C/Cのトリップ復旧、機器冷却水系統運転を経て、午前5時32分に油圧装置系統及びストーカ運転を開始した。しかし、その時点で計装用空気圧縮機が停止のままであったことから、計装用空気が一時的に遮断された状態での運転であり、午前5時39分には脱気器入口蒸気流量が上限となっている。

午前5時56分に計装用空気圧縮機も運転を開始したが、午前6時12分にボイラ給水圧力が上限となり、ボイラ給水ポンプ安全弁が作動したことで、午前6時37分に脱気器が水位極低まで達して、ボイラ給水ポンプが停止した。

その結果、1号炉及び3号炉がボイラに給水されず、午前6時41～42分に気水胴（ドラム）の水位が極低以下となった段階で焼却炉が非常停止（自動埋火）した。

極低発生後も脱気器圧力が上昇した状態で保持されたため、脱気器に給水できない状態が継続され、午前12時00～01分に気水胴の極低回復となるまで約5時間20分にわたって、給水されていない空焚き状態が継続された。

後日（令和5年10月20日（金））、炉内温度の低下後に内部確認を実施したところ、1号炉及び3号炉の気水胴水管から水漏れが確認されるなど、ボイラ各所で損傷が確認された。

表 2.1.1 本施設稼働停止に係る経緯（令和5年10月18日（水））

時間	発生事象						
	焼却炉	ボイラ	復水	ユーティリティ	電気設備	連絡・判断	備考
1:00					1:07 No.1機器冷却水冷却塔ファン1トリップ（重警報）  1:14 No.1機器冷却水冷却塔ファン1トリップ回復		自動起動するソフトにより、No.1機器冷却水冷却塔ファン2運転  トリップ原因不明のまま、電気室にてリセット（回復）
2:00							
3:00							
4:00					4:34 No.1機器冷却水冷却塔ファン1運転入力ON  4:34 共通保安C/Cトリップ（重警報）	4:40 焼却プラント班主幹に電話 4:45 電気主任技術者に電話 4:50 ボイラー・タービン主任技術者に電話（留守電）	ローテーション運転で、再度、No.1機器冷却水冷却塔ファン1運転
	4:34 油圧装置系統停止 1,3号炉ストーカ停止		4:51 No.2脱気器水位PV上限  4:53 No.1脱気器水位PV上限	4:34 機器冷却水系統停止 計装用空気圧縮機停止  4:52 No.1,2機器冷却水高架水槽水位極低（重警報）			
		4:56 1,3号ボイラ気水胴圧力PV上限  4:57~4:59 1,3号ボイラ気水胴水位PV上限					
5:00			5:19 No.1,2脱気器圧力PV上限（重警報）  5:39 脱気器入口蒸気流量PV上限	5:29 機器冷却水系統運転 5:32~5:34 No.1,2機器冷却水高架水槽水位極低回復  5:56 計装用空気圧縮機運転	5:29 共通保安C/Cトリップ回復		電気主任技術者にて復旧
	5:32 油圧装置系統運転 1,3号炉ストーカ運転		5:57 1,3号ボイラ気水胴圧力PV上限回復  5:59~6:00 1,3号ボイラ気水胴水位PV上限回復				
6:00			6:12 1,3号ボイラ給水圧力PV上限  6:15 No.1脱気器水位PV上限回復  6:26 1号ボイラ給水ポンプ軸受温度高  6:30 No.2脱気器水位PV上限回復  6:36~6:37 1,3号ボイラ給水圧力PV上限回復  6:37 No.1脱気器水位極低（重警報）  6:37 1号No.1ボイラ給水ポンプ停止 3号No.2ボイラ給水ポンプ停止				ボイラ給水ポンプ安全弁が作動し、側溝へ熱湯排出
	6:41~6:42 1号給じん装置、ストーカ、FDF、CDF停止 3号給じん装置、ストーカ、FDF、CDF停止	6:41~6:42 1号ボイラ気水胴極低（重警報） 3号ボイラ気水胴極低（重警報）					
7:00						7:30 管理班にて、1階ポンプ室が蒸気で満たされており、ポンプ室の水管破孔と判断	
8:00			8:03 3号ボイラ給水ポンプ軸受温度高  8:56~9:00 1,3号ボイラ給水ポンプ軸受温度高回復			8:50 ボイラー・タービン主任技術者にて、中央制御室の警報履歴から水管破孔ではなく安全弁の動作によるものと判断	
9:00							
10:00	10:23~10:31 1,3号炉給じん装置運転 1,3号炉ホッパゲート閉		10:32 No.1,2脱気器圧力PV上限回復  10:44 No.1,2脱気器水位極低回復  10:54~10:58 1,3号ボイラ給水ポンプ運転				燃焼室出口ガス温度が下がり、600℃程度で推移  脱気器圧力をバルブ操作で逃がし、脱気器への給水開始
11:00							
12:00		12:00~12:01 1,3号ボイラ気水胴極低回復					

## 2.2 被害状況

### (1) ボイラ内の機器等の損傷

ボイラ内の機器等の損傷については、長時間においてボイラ気水胴等に給水されていない空焚き状態により、設計値以上の熱伸び等が発生したことで、以下の機器等への損傷に至ったと推察される。

#### 1) ボイラ気水胴

焼却炉の緊急停止後に、ボイラ内部に水張りし、水漏れを確認した結果、ボイラ気水胴に接続されている上昇連絡管や本体水管、放射室水管の拡管部から漏水が確認されたことが、点検した業者及びプラントメーカーから報告されている。



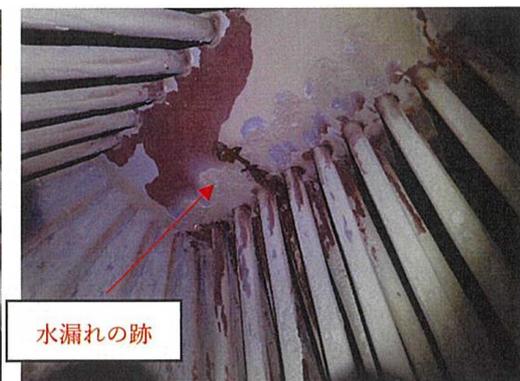
1号炉 上昇連絡管



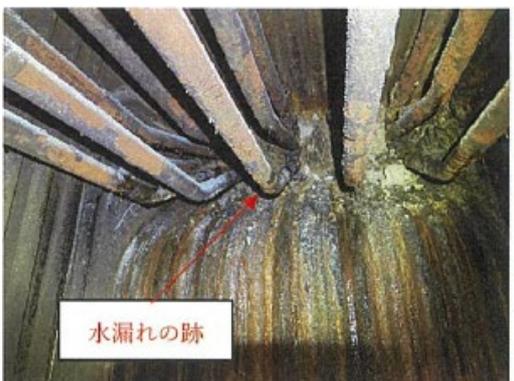
3号炉 上昇連絡管



1号炉 本体水管



3号炉 本体水管



1号炉 放射室水管



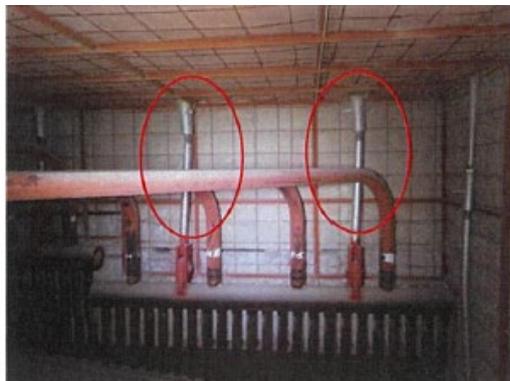
3号炉 放射室水管

## 2) 吊ハンガ

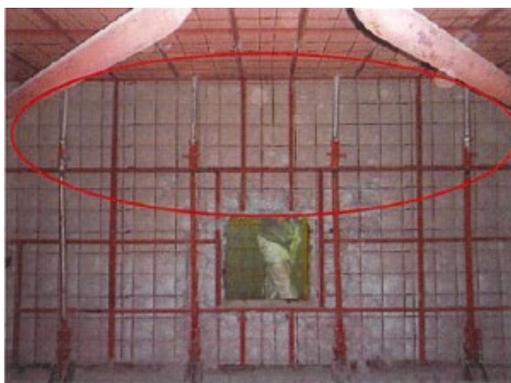
焼却炉の緊急停止後に、ボイラの天井部に設けられている天井室（ペントハウス）内で目視点検を行った結果、側壁水管と後壁水管を上部から支えている吊ハンガに変形が確認されたことが、点検した業者及びプラントメーカーから報告されている。



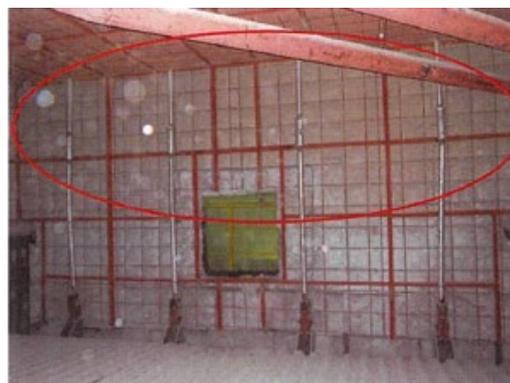
1号炉 吊ハンガ（側壁水管）



3号炉 吊ハンガ（側壁水管）



1号炉 吊ハンガ（後壁水管）



3号炉 吊ハンガ（後壁水管）

## 3) 水管

焼却炉の緊急停止後に、焼却炉内部を目視点検した結果、第一放射室側壁水管及び後壁水管の一部に大きな変形（30～50mm程度、炉外側に膨らんでいること）が確認されたことが、点検した業者及びプラントメーカーから報告されている。

※後壁膨らみ：炉中心で36mm

※後壁膨らみ：炉中心で48mm



1号炉 第一放射室



3号炉 第一放射室

#### 4) 管寄せ

焼却炉の緊急停止後に、焼却炉及びボイラ等の外周部を目視点検した結果、第一放射室後壁水管管寄せのエキスパンションに破損が確認されたことが、点検した業者及びプラントメーカーから報告されている。



1号炉 第一放射室後壁水管  
管寄せエキスパンション



3号炉 第一放射室後壁水管  
管寄せエキスパンション

#### (2) ボイラ以外の設備等の損傷

重故障の No.1 機器冷却水冷却塔ファン 1 電動機については、線間絶縁抵抗測定を実施した結果、0Ω（短絡状態）であることが確認された。

#### (3) 人的被害

今回の焼却炉の緊急停止において、けがなどの人的被害はなかったと市川市から報告されている。

#### (4) ごみ処理への影響

焼却処理施設の基幹的設備であるボイラ内の機器等が損傷したことで、本施設において、1号炉及び3号炉で燃やすごみを焼却できなくなり、点検整備中の2号炉を急遽立上げて処理することになった。

この状況を受け、燃やすごみの収集停止による市民生活の大きな混乱を避けるよう、緊急対応として、近隣自治体の清掃工場や民間の一般廃棄物処理施設に燃やすごみの処理を受け入れて頂けるよう調整を図ったことで、燃やすごみの収集を継続することができたと市川市から報告されている。

### 3. 市川市クリーンセンターの稼働停止に係る検証

#### 3.1 人的な要因に係る検証

##### (1) No.1 機器冷却水冷却塔 1 がトリップ（重故障）した段階に必要な対応

No.1 機器冷却水冷却塔 1 は、ファン電動機回路の故障（重故障）によってトリップしたが、予備機である No.1 機器冷却水冷却塔 2 のポンプが自動起動（バックアップ）するソフトによって運転が開始された。

一方、運転員は No.1 機器冷却水冷却塔 1 がトリップした原因を確認しないまま、電気室でリセットし、回復させていた。

時間	発生事象	
	電気設備	備考
1:00	1:07 No.1機器冷却水冷却塔ファン1トリップ（重警報）	自動起動（バックアップ）するソフトにより、No.1機器冷却水冷却塔ファン2 運転
	1:14 No.1機器冷却水冷却塔ファン1トリップ回復	トリップ原因不明のまま、電気室にてリセット（復旧）

適切な対応としては、No.1 機器冷却水冷却塔ファン 1 がトリップした段階で、運転員は先ず現場に向かい、トリップした原因を確認するべきであった。

今回の様に、原因が不明または原因が取り除かれない場合には、責任者に連絡し、指示を仰いだうえで対応するべきであったと判断する。

##### (2) 重故障時における焼却炉の緊急停止の判断

(1) の No.1 機器冷却水冷却塔 1 のトリップ回復の後に、同日午前 4 時 34 分に No.1 機器冷却水冷却塔 1 のファン電動機が運転を開始したところ、共通保安 C/C がトリップした。

時間	発生事象		
	焼却炉	ユーティリティ	電気設備
4:00			4:34 No.1機器冷却水冷却塔ファン1 運転入力ON
	4:34 油圧装置系統停止 1,3号炉ストーカ停止	4:34 機器冷却水系統停止 計装用空気圧縮機停止	4:34 共通保安C/Cトリップ （重警報）

その後、機器冷却水系統、計装用空気圧縮機、油圧装置系統が停止し、施設が停電した際の運転状態に近い状態となった。

その結果、各種調節弁が制御不能となり、ボイラドラムの水位・圧力が上限、脱気器の水位・圧力が上限になるなど、重故障が頻発する状況に陥った。

時間	発生事象		
	ボイラ	復水	ユーティリティ
4:00		4:51 No.2脱気器水位PV上限	4:52 No.1,2機器冷却水高架水槽水位極低（重警報）
	4:56 1,3号ボイラ気水銅圧力PV上限	4:53 No.1脱気器水位PV上限	
	4:57~4:59 1,3号ボイラ気水銅水位PV上限		

適切な対応としては、現場にて手動バルブの調整や計装用空気圧縮機の早期復旧、脱気器の圧力を早期に下げるなどの対応が考えられるが、本来であれば、焼却炉を早期に緊急停止し、ごみの焼却量を抑えるべきであった。

これら重故障が頻発している状況下においても、緊急停止する作業へと至らなかったことは、今後、焼却炉を緊急停止する際の条件や手順のマニュアル策定（改訂）が必要であると判断する。

### (3) 運転員間の正確な情報共有・連絡事項の伝達

午前 6 時 12 分には、ボイラ給水圧力が上限となり、ボイラ給水ポンプ安全弁が作動したことで、1 階ポンプ室の側溝へ熱湯が排出され始めた。

午前 7 時 30 分に出勤していた管理班は現地を確認したが、夜勤運転班からのトラブルに関する具体的な情報伝達がなかったため、ポンプ室の水管破孔と判断してしまった。その結果、ポンプ室に入室できるように冷却ファンによる換気等の作業に着手した。

適切な対応としては、出勤してきた管理班は、夜勤運転員から適切な状況説明を聞いた上で、現場確認だけでなく、中央制御室で警報履歴を確認し、トラブルの原因を把握して対応すべきであった。

夜勤運転班は、交代する日勤運転班に対して、これまでに発生しているトラブルについての正しい情報共有や、中央制御室の警報履歴を伝達・確認することができていれば、早期の現場復旧につながったと判断する。

時間	発生事象		
	復水	連絡・判断	備考
6:00	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6:12 1,3号ボイラ給水圧力PV 上限</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">6:36~6:37 1,3号ボイラ給水圧力PV 上限回復</div>		ボイラ給水ポンプ安全弁が作動し、側溝へ熱湯排出
7:00		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7:30 管理班にて、1階ポンプ室が蒸気で満たされており、ポンプ室の水管破孔と判断</div>	
8:00		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8:50 ボイラー・タービン主任技術者にて、中央制御室の警報履歴から水管破孔ではなく安全弁の動作によるものと判断</div>	
9:00			
10:00	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10:32 No.1,2脱気器圧力PV上限回復</div>		脱気器圧力をバルブ操作で逃がし、脱気器への給水開始

## 3.2 組織的な要因に係る検証

### (1) 緊急時や深夜時間帯等における指揮命令系統・連絡体制の再整理

本施設では、通常時の連絡体制としては、ボイラー・タービン主任技術者、電気主任技術者、焼却プラント主幹（ボイラー・タービン主任技術者代行を兼務）の 3 者へ同時に連絡し、指示を仰ぐことになっている。

また、焼却炉を緊急停止する必要があると考えられる事象が発生した場合には、ボイラー・タービン主任技術者、ボイラー・タービン主任技術者代行（焼却プラント班主幹が兼務）の順番で連絡し、指示を仰ぐこととされている。

今回、午前 4 時 34 分の共通保安 C/C のトリップをきっかけに、機器冷却水系統、計装用空気圧縮機、油圧装置系統が停止した際には、通常時の連絡と同様に、焼却プラント班主幹、電気主任技術者、ボイラー・タービン主任技術者の 3 者に電話をしている。

本来であれば、既に焼却炉を緊急停止させる状況にあるため、ボイラー・タービン主任技術者、

ボイラー・タービン主任技術者代行（焼却プラント班主幹が兼務）の順番で連絡して指示を仰ぐ必要があった。しかし、今回は深夜時間帯の作業であったことから、運転員としてはこれ以上に連絡を取り、指示を仰ぐ方法がなかった。

適切な対応としては、今回の様に深夜時間帯などで責任者に連絡が取れなく、焼却炉の緊急停止が必要な場合には、運転員がどの様に対処すべきかマニュアル等で規定しておくべきであった。

今後は、責任者が深夜時間帯や至急駆けつけられないことも容易に想定されるため、現場の運転班長等の判断によって焼却炉を緊急停止（または自動埋火）することができる権限を委譲することも含めて検討する必要があると判断する。

## **(2) 緊急対応マニュアルの策定**

市川市への聞き取り調査によると、引き渡し当時の取扱説明書は存在しているが、設備・装置の取り扱い方法や、緊急時の操作マニュアルなどが常備されている状況ではないことが確認できた。

特に、緊急時の対応マニュアルについては、各運転員への周知徹底が図られているとは言い難く、運転員間で傳承されている内容にもばらつきがあると想定されるため、各運転員において個人差が生じやすい環境にあると考えられる。

また、本施設では4班体制で施設を運転しており、直営班が2班、委託班が2班となっているため、直営と委託が混在している状況にある。しかし、緊急時などの対応方法は口頭による傳承などが多かったため、組織全体で共有できていなかったと考えられる。

適切な対応としては、今回の様に緊急時においては、各運転員によって操作や対処方法に差異が生じるケースがない様に、緊急時における各運転員の行動について規定しておくべきであった。

これまでは運転員同士で口頭により傳承されていた様に見受けられるが、今後は改めて取扱説明書等を踏まえた緊急対応マニュアル等を策定（必要に応じて改訂）しておく必要があると判断する。

## **(3) 緊急時や深夜時間帯等における教育・訓練**

市川市への聞き取り調査によると、これまで緊急時や深夜時間帯における操作マニュアル等に基づく訓練を実施してきたことは殆どなく、教育についても口頭により傳承されてきたことが確認できた。

今回の様な緊急時において、操作マニュアルもなく、訓練も実施していない状況であったことを考えると、各運転員がどの様な操作や対処を行えばよかったのか、判断することは難しかったと推察される。

適切な対応としては、今回の様な緊急時や深夜時間帯等に備え、重故障が発生した際の操作・運転の訓練を定期的実施しておくべきであった。

今後は、実施頻度、実施手順、実施内容などが決められた操作マニュアル等を策定（必要に応じて改訂）し、そのマニュアル等に基づき、運転員全体が体系的に教育・訓練を行い、緊急時に即座に同じ対応ができるようにしておく必要があると判断する。

### 3.3 設備的な要因に係る検証

#### (1) 地絡協調における動作時間の許容範囲の是正

No.1 機器冷却水冷却塔 1 のファンがトリップしたことが、上位側のプラント動力側に波及しているのか、最終的な原因究明まではできていない。しかし、今回のように電動機回路の故障によりトリップし、原因を除去しないままリセットして回復させた場合、次の運転時に地絡の様相が拡大し、より大きな地絡電流が流れて、上位側の地絡継電器が動作する可能性が高まることがある。

建設当時の納期段階では、定格感度電流は上位側のプラント動力側で 0.4A、下流側の共通保安 C/C で 0.1A と設定しており、協調が取れている。しかし、動作時間整定値は上位側のプラント動力側で 0.3 秒（許容範囲 0.19～0.33 秒）、下流側の共通保安 C/C で 0.2 秒（許容範囲 0.10～0.28 秒）となっており、動作時間幅が下位側と重複している。そのため、感度電流以上の電流が流れたことで、上位側が先に動作するに至った可能性がある。

適切な対応としては、午前 1 時 14 分に重要設備・機器である No.1 機器冷却水冷却塔ファン 1 がトリップした段階において、トリップした原因を確認、取り除いた上で、リセット、復旧すべきであった。

今後は、建設当時は販売されていなかったと聞いているが、概ね 2016 年以降の継電器（リレー）では動作時間を調整（延長）できる機種が販売されていることから、上位側の地絡継電器が動作しないような機種に変更する必要があると判断する。

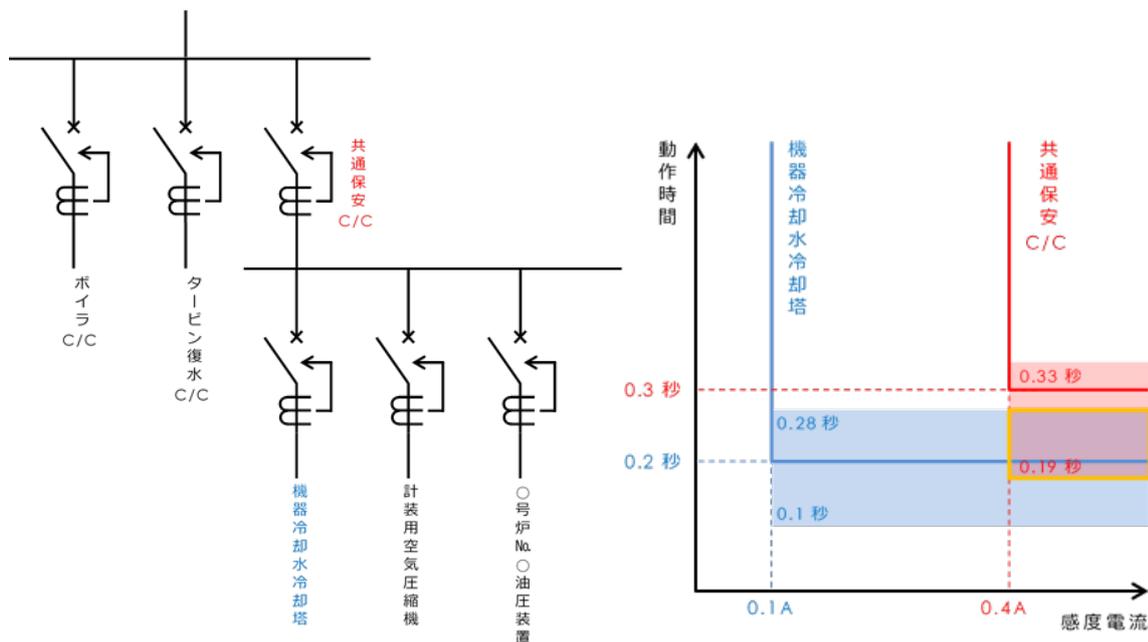


図 3.3.1 プラント動力設備の保護協調（現状）

#### (2) 重故障時等におけるインターロックシステムの適用

運転中の No.1 機器冷却水冷却塔 1 のポンプが故障した際は、予備機である No.1 機器冷却水冷却塔 2 のポンプが自動起動するソフトが組まれている。同様に、計装用空気圧縮機についても、圧力低下時には待機側の空気圧縮機が自動起動する回路が組まれている。また、計装用空気圧力が喪失した際は、空気式調節弁の開度ロックによりプロセスに急激な変動を与えない動作や、フ

ェイルクローズ、オープン/クローズにより安全サイドに動作させるようになっている。

しかし、機器冷却水停止や計装用圧縮空気喪失の場合には、直ぐに原因を調査した結果、早期復帰するケースも多くあるため、機器の異常を知らせる「機器冷却水高架タンク水位極低警報」や「軸受け温度高警報」などで運転員に注視を促すことにとどめていた。そのため、自動的に焼却炉を非常停止するようなインターロックは設けられていなかった。

今回の場合、午前5時29分に共通保安C/Cのトリップ復旧、機器冷却水系統運転を経て、午前5時32分に油圧装置系統及び焼却炉ストロカ運転を開始した時点では、計装用空気圧縮機が停止のままであり、計装用空気が一時的に遮断された状態となっていた。

適切な対応としては、この段階では、計装用空気圧縮機が停止のままであり、計装用空気が一時的に遮断された状態となっていたため、運転を開始せず、緊急停止（自動埋火）すべきであった。

今後は、「IDF故障」や「ボイラドラム水位極低（IDFは運転継続）」など、ボイラ内の機器等の損傷につながる事態が発生した場合には、焼却炉が自動的に緊急停止（自動埋火）し、運転条件が再度整うまでは運転できないなどの対策についても検討すべきと判断する。

### （3）定期点検整備の調査報告書（判定）の対応・管理

令和5年2月に点検整備されたNo.1及びNo.2の機器冷却水冷却塔における定期点検整備の調査報告書によると、No.1及びNo.2ともに、電動機・軸受ユニットにおいて「設置後10年以上経過しております。駆動部の整備をお勧めいたします。」、また「その他運転状態は特に異常ありません。」との判定がなされている。

この調査報告書を受けて、後日、市川市と業者で現場立ち会いを行い、異常音等がないことについて確認しているが、調査報告書に対して、その後どのように対処し、確認されたのか、記録等が残されていない。

そのため、No.2機器冷却水冷却塔の調査報告書には、上部散水槽の判定は「×：不良（即日修理又は交換が必要です。）」、Vプーリーの判定は「△：要修理（今は良いがなるべく早く修理が必要です。）」となっているが、この後に修繕されているのか分からない状況である。

適切な対応としては、この調査報告書を受けた後に、駆動部の整備時期等について検討しておく必要があったと考える。

今後は、定期点検整備の調査報告書等において補修・交換や整備等が必要との判断があった場合には、いつ・どのように対処したのか、残件リスト等の記録にて保管・取りまとめておくべきと判断する。

なお、令和5年10月9～10日に点検整備されたNo.1及びNo.2の機器冷却水冷却塔における定期点検整備の調査報告書によると、No.1の電動機において「電動機より異音発生しております、早急な交換が必要と思われます。」との判定が追加されている。しかし、電動機の判定は「△：要修理（今は良いがなるべく早く修理が必要です。）」であり、即日修理又は交換という判断はなされていない。

### （4）ボイラ給水ポンプの安全弁出入口の開放先の変更

午前5時48分以降に1階ポンプ室でボイラ給水ポンプのバランス放水ラインの安全弁が動作して熱湯が漏出した事象については、バランス放水ラインの圧力計は現場計器となっており、計

装設備での検知はできないため、現場で圧力計や安全弁について確認する必要があると考えられる。

また、ボイラ給水ポンプのバランス放水ラインの安全弁が作動した場合には、側溝への排出となっているが、この高温水から発生した蒸気がポンプ室内に充満し、入室できない要因となってしまった。

適切な対応としては、バランス放水ラインの圧力が上昇するのは、バルブ閉又は脱気器圧力高になった状況と予想されるため、脱気器圧力高となった時点で安全弁の動作の可能性を予測することは可能であり、脱気器への加熱蒸気供給を断つなどの措置は可能だったと考えられる。

また、安全弁の二次側に背圧がかかると吹出し圧力に影響を与えるため、排出先を変更することは難しいと考えられるが、側溝に高温水が排出された場合に極力蒸気の噴出を抑える対策が必要であると判断する。

### 3.4 今回の要因のとりまとめ

本施設で発生した3炉のうちの2炉（1号炉及び3号炉）が緊急停止する事象に至った要因については、人的な要因、組織的な要因、設備的な要因として取りまとめられる。

#### ① 人的な要因

- ・ 冷却塔ファンがトリップした段階で必要な対応を行わなかったこと
- ・ 重故障時における焼却炉の緊急停止の現場判断が早期にできなかったこと
- ・ 運転員間の正確な情報共有・連絡事項の伝達ができていなかったこと

#### ② 組織的な要因

- ・ 緊急時や深夜時間帯等における指揮命令系統・連絡体制が機能しなかったこと
- ・ 今回のようなケースにおける必要に応じた緊急対応マニュアルがなかったこと
- ・ 緊急時や深夜時間帯等における教育や訓練が不十分であったこと

#### ③ 設備的な要因

- ・ 地絡協調における動作時間の許容範囲に不具合があったこと
- ・ 重故障時等におけるインターロックシステムが適用されていなかったこと
- ・ 定期点検整備の調査報告書（判定）の対応・管理の徹底がなされていなかったこと
- ・ ボイラ給水ポンプの安全弁出入口の開放先が側溝になっておりポンプ室に入れない事態に陥ったこと

## 4. 今後の再発防止策

---

### 4.1 人的な要因に対する再発防止策

人的な要因に対する再発防止策については、以下の事項を徹底し、新たな施設が建設されるまで、安全・安定稼働を行っていくことが求められる。

- ① 故障時・緊急時などにおいては、運転員が現場にて原因を確認し、中央制御室の運転員と連絡を取りながら復旧に努める必要がある。

ただし、原因が判明せず、復旧できない場合には、安全・安定稼働の観点から、焼却炉非常停止（自動埋火）を行うことについても検討し、場合によっては実践する必要がある。

- ② 緊急時の対応や、重故障などへの対応などについては、これまでの運転員の経験値によって判断されていることが多く、運転員同士で口頭により伝承されているため、緊急時等における対応マニュアルなどを策定（必要に応じて改訂）することで、全ての運転員が同じ対応ができるようにしておく必要がある。

### 4.2 組織的な要因に対する再発防止策

組織的な要因に対する再発防止策については、以下の事項を徹底し、新たな施設が建設されるまで、安全・安定稼働を行っていくことが求められる。

- ① 焼却炉の緊急停止を必要とする場合には、責任者への連絡及び指示を仰ぐことが難しい、または深夜時間帯などで連絡が取れない場合には、現場の班長の判断にて緊急停止できる権限を委譲しておくように改善する必要がある。

ただし、通常時において焼却炉を緊急停止する場合には、ボイラー・タービン主任技術者、電気主任技術者、焼却プラント主幹（ボイラー・タービン主任技術者代行を兼務）の3者へ同時に連絡し、3者と相談しながら、指示を仰ぐことが大前提となる。

- ② 緊急時における対応については、口頭による伝承にとどまっているため、今後は定期的に訓練を実施するとともに、実施頻度、実施手順、実施内容などを決めたマニュアルやガイドブック等を策定（必要に応じて改訂）し、緊急時に即座に対応できるようにしておく必要がある。

- ③ 4班体制で施設を運転しているが、直営班が2班、委託班が2班であり直営と委託が混在しているため、故障時・緊急時などの対応方法は、組織全体で共有する必要がある。

また、引継ぎ時など、各班で改めて正確な情報共有・連絡事項について確認しておくことが重要である。

### 4.3 設備的な要因に対する再発防止策

設備的な要因に対する再発防止策については、以下の事項を徹底し、新たな施設が建設されるまで、安全・安定稼働を行っていくことが求められる。

- ① ボイラ内のボイラ気水胴に接続されている上昇連絡管や本体水管、放射室水管の拡管部などの水漏れのほか、施設の稼働に必要な損傷箇所については、早急に施設を稼働させるための応急措置として拡管・シール溶接等を実施したことが、点検した業者及びプラントメーカーから報告されている。今後、新しい施設が稼働するまでの間に恒久的な措置

が必要か検討していく必要がある。



拡管部補修前



拡管部補修後（再拡管及びシール溶接）

- ② 現時点の定格感度電流は、上位側のプラント動力側で 0.4A、下流側の共通保安 C/C で 0.1A と設定されており、協調が取れているが、動作時間整定値は上位側のプラント動力側で 0.3 秒（許容範囲 0.19～0.33 秒）、下流側の共通保安 C/C で 0.2 秒（許容範囲 0.10～0.28 秒）となっており、動作時間幅が下位側と重複しているため、動作時間を調整（延長）できる機種への変更を提案する。

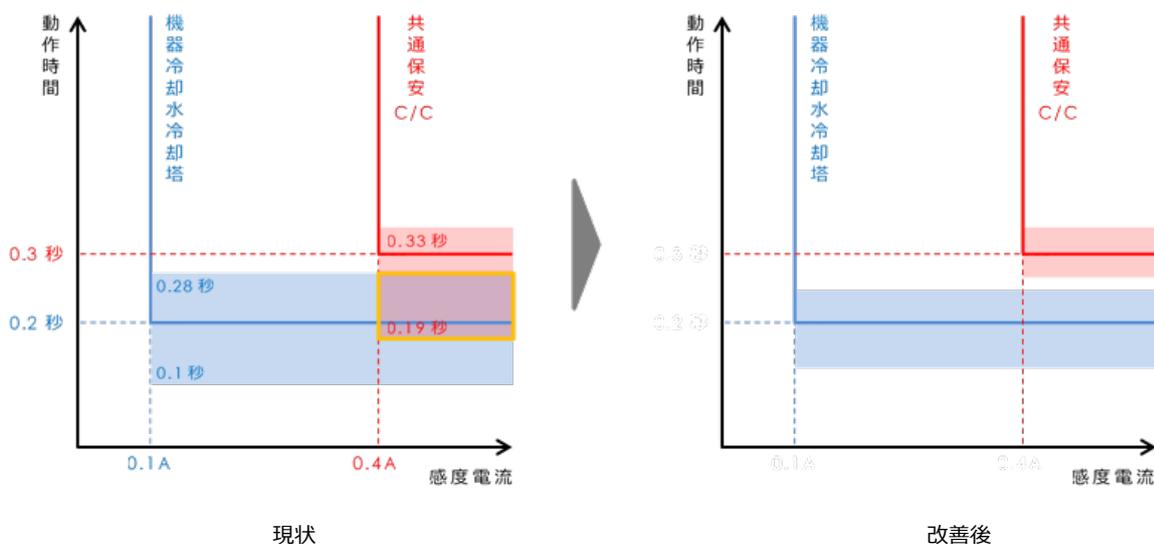


図 4.3.1 保護協調の改善イメージ（案）

- ③ 現状は、焼却炉非常停止（自動埋火）とする条件として、「IDF 故障」、「ボイラドラム水位極低（IDF は運転継続）」、「手動による非常停止操作」となっているが、機器冷却水、計装用圧縮空気の喪失時に自動的に焼却炉を非常停止したり、ストーカ動作を不可としたりするようなインターロックは設定されていない。その理由としては、ボイラ定期点検時にストーカ動作が動作できなくなることなど、自動で行うインターロックの設定によっては点検時の動作確認等の運用に支障をきたすためと考えられる。

そのため、ボイラ内の機器の損傷が想定される場合のインターロックの設定については、市川市とプラントメーカーで協議し、インターロックを設置する場合には運転員が十分に理解できるようにしておく必要がある。

- ④ 毎年実施している定期点検整備については、全ての調査報告書において、補修・修繕等が必要な事項については、残件リスト等に取りまとめを行い、次年度以降の対処時期や方法等について保管し、実施の有無の管理を行うことが重要と考える。なお、対処時期や対処方法については、点検整備した業者及びプラントメーカーと市川市で協議し、年度予算を含めて反映していく必要がある。

また、事故・不具合事象が発生した状況や処置結果・再発防止策についても、連絡書・報告書で共有することも重要である。

- ⑤ ボイラ給水ポンプのバランス放水ラインの安全弁が作動した場合には、側溝への排出となっているが、この排出先の蒸気がポンプ室内に充満し、入室できない要因となっていたため、今後は排出時においても、極力蒸気の噴出を抑える対策を講じておく必要がある。

## 結びに（有識者による検証報告）

---

令和5年10月18日に本施設で発生した機器冷却水系統設備の地絡を契機としたボイラ設備の損傷は、以下のような状況であったと報告されている。

- ① No.1 機器冷却水冷却塔ファン1の電動機のベアリング封入グリースが劣化してベアリングが焼損した。局部過熱により絶縁が焼損して地絡発生および回転子の接触により素線間短絡が発生した。
- ② No.1 機器冷却水冷却塔ファン1の重故障が発報したが、そのまま警報回復した。
- ③ 交互運転していた No.1 機器冷却水冷却塔ファン2が運転・停止した後、No.1 機器冷却水冷却塔ファン1が再起動した際、再度地絡が発生して大きな電流が流れた。そのため、No.1 機器冷却水冷却塔の上位側の共通保安 C/C の遮断器が開極し、共通保安 C/C の下位系の負荷（機器冷却水冷却塔、計装用空気圧縮機、炉用油圧装置など）の電源が喪失した。
- ④ 冷却水・計装用圧縮空気の供給が停止し、各種調節弁が制御不能となり、ボイラドラム水位・圧力「上限」、脱気器水位・圧力「上限」が発生した。
- ⑤ 共通保安 C/C の電源が復旧し、炉用油圧装置、ストーカ運転した。ついで、約 0.5 時間後に計装用空気圧縮機を運転した。
- ⑥ ボイラ給水圧力が「上限」となり、ボイラ給水ポンプの安全弁が作動し、ポンプ室に高温水が流出した。
- ⑦ ボイラ給水ポンプが停止し、ボイラドラム水位「極低」、No.1 脱気器水位「極低」となり、給じん装置、ストーカ、押込送風機（FDF）、炉温制御用送風機（CDF）が停止した。
- ⑧ 約 4 時間後、脱気器圧力「上限」、脱気器水位「極低」が回復し、ボイラ給水ポンプを運転した。
- ⑨ さらに約 1.5 時間後、ボイラドラム「極低」が回復した。それまで、約 5.5 時間、空焚き状態が継続し、設計値以上の熱伸びが発生してボイラ設備が損傷した。

これらの事象は、深夜時間帯に発生し、夜勤運転班から日勤運転班と交代後まで復旧に時間を要したことも影響して被害が拡大した。主な原因としては以下の事項が挙げられる。

- ① No.1 機器冷却水冷却塔ファン1の重故障・停止の原因を確認せずに復旧したこと。
- ② No.1 機器冷却水冷却塔ファン1の地絡発生時に上位の共通保安 C/C の保護継電器が先に動作したこと。
- ③ 共通保安 C/C の電源が復旧した後、計装用空気圧縮機を運転する前にストーカの運転を開始したこと。
- ④ 脱気器圧力を低下させるため、脱気器圧力調節弁等の操作を行わなかったこと。
- ⑤ ボイラ給水ポンプの安全弁が作動して脱気器から高温水が排水溝に流出してボイラへの給水ができなくなるとともに、ポンプ室内に立ち入ることができなくなったこと。
- ⑥ 運転班交代時の状況説明が不十分であったため、適切なトラブル原因への対応・復旧作業が行われなかったこと。

ミス、トラブル、事故等の再発を防止するためには、原因の分析が重要となる。一般的に問題が発生する原因は、「直接原因（ヒューマンエラー、不注意など）」と「根本原因（業務プロセス・仕組みやマネジメントシステムの不備など）」に分類される。直接原因は特定しやすい反面、直接原因のみをもとに再発防止策を検討しても、直接原因を生み出した根本原因を解決しないと事故等の再発を防ぐことはできない。前述の①～⑥のような直接原因が生まれた習慣や組織のルールなどの根本原因を解決するためには、以下に示す人的・組織的な要因や設備的な要因について、再発防止策を検討することが重要となる。

① 人的な要因

- ・ 機器不具合、損傷等による警報への初期対応
- ・ 故障発生時の複数系統・予備機の運転方法
- ・ 重要設備・機器が停止した場合の施設立下げ

② 組織的な要因

- ・ 緊急時、休日・夜間における連絡体制、指揮命令系統、現場作業員への権限付与
- ・ 緊急時、事故時の運転管理方法のマニュアル化、教育・訓練
- ・ 不具合事象に関する情報共有、承継

③ 設備的な要因

- ・ 誤操作、誤動作による障害が発生しないようなシステム
- ・ 緊急時、事故時に自動で対応する安全・保安機能
- ・ 安全弁や保護継電器など安全・保安装置作動時にも対応した設備・施設

現在、令和13年の供用開始に向けて次期クリーンセンターの整備・運営事業が進められているが、今後、8年間程度は現クリーンセンターを運転する必要がある。そのため、設備の残存耐用年数や設備改修の費用対効果などを考慮して、ソフト・ハードの両面から適切な再発防止策に取り組むとともに、応急措置で復旧したボイラを本格的に原状復旧することが望まれる。また、次期クリーンセンター整備においても今回の事象から得られる知見を反映することで、安全で安定したごみ処理施設が実現されることを期待する。

添付資料 1

「市川市クリーンセンターの焼却炉の緊急停止に係る第三者機関による検証」有識者名簿

氏名	所属等
荒井 喜久雄	公益社団法人全国都市清掃会議 技術指導部長
藤原 周史	一般財団法人日本環境衛生センター 東日本支局 環境事業本部 環境事業第一部 部長 (総局 国際事業部 併任)
曾我部 浩	株式会社日建設計 都市基盤計画グループ ディレクター

添付資料 2

## 「市川市クリーンセンターの焼却炉の緊急停止に係る第三者機関による検証」実施経過

会議日程		内容
第1回	令和5年11月18日(土) 13時00分～16時30分	<ul style="list-style-type: none"><li>・検証内容の確認</li><li>・経緯報告及び意見交換 (市川市、川崎重工業株式会社)</li><li>・現場確認</li><li>・現場確認後の意見交換</li></ul>
第2回	令和6年1月5日(金) 13時45分～16時00分	<ul style="list-style-type: none"><li>・指摘・確認事項回答書の意見交換</li><li>・指摘・確認事項回答書を踏まえたヒアリング (市川市、川崎重工業株式会社)</li><li>・ヒアリング後の意見交換</li></ul>
第3回	令和6年1月29日(月) 13時00分～15時15分	<ul style="list-style-type: none"><li>・指摘・確認事項回答書を踏まえたヒアリング (市川市)</li><li>・検証結果報告書(案)の意見交換</li></ul>