

事故分析手法PFAを用いた 現場保安チェックポイントの抽出

SCE・Net 安全研究会 幹事

事故分析・コミュニケーション研究所

竹内 亮

経済産業省のプロジェクト

経済産業省が担当した白書・報告書

平成28年度 委託調査

「高圧ガスの過去事故分析によるチェックポイントの調査研究」
を産総研が受託

平成27年度石油精製業保安対策事業

「高圧ガスの危険性評価のための調査研究」の続き

経済産業省委託

平成28年度石油精製業保安対策事業

高压ガスの過去事故分析によるチェックポイントの調査研究
報告書


平成29年3月

国立研究開発法人産業技術総合研究所

H28年度報告書 目次(大項目)

1. 調査研究の目的等
2. 事故の発生要因(原因)の抽出・分析
3. 平成27年度調査研究において作成したチェックポイント集の公開
4. 現場保安チェックポイント集および検索システム説明会
5. アプリケーション(検索システム)の作成
6. チェックポイント集の評価
7. まとめ

チェックポイント検討会の編成

- 現場に役立つCP(チェックポイント)集を作成したい
 - 現場経験者による多面的な考察が必要
 - 事故分析能力を有するレベルと経験
 - 現場を対象とするため、マネジメント関係は不要
- 
- H28年度はマネジメント向けCPを含む

検討会メンバー15名中、12名が安全研究会所属
産総研客員研究員2名、その他1名

チェックポイント検討会の進め方

- 「CP抽出用フォーマット」と「手順書」の作成
- 12件の事例を毎回1件検討
- 事前に担当者が3M3E分析手法で原因(人、設備/設計、**管理**)を抽出、注意すべき事項、**対象分野**、**キーワード**の案を作成
- 担当者の案をベースに検討会を実施
- 検討会後のインプットも含めて、1件分のリスト作成
- 全12回の検討会で終了

事故事例の選択

H28年度 CP検討会対象事例

No.	発災年月日	事故名称(略称)	発災地名	死者数	負傷者数	RISCAD 事故ID
1	2014/11/15	メチルメルカプタン水和物閉塞	米国・テキサス州	4	3	8826
2	2007/12/21	エチレンプラントの火災	茨城県	4	0	7124
3	2004/1/13	四フッ化エチレン等製造工場の爆発、火災	茨城県	0	3	7026
4	2009/4/15	電解プラントで塩素ガスが漏洩	愛媛県	0	32	8829
5	2011/3/11	製油所の球形タンク倒壊で連鎖火災爆発	千葉県	0	6	7777
6	2006/9/7	PPS 樹脂製造装置の火災	福島県	0	0	8828
7	2011/3/11	地震と津波による製油所被災	宮城県	4	0	7778
8	2004/10/29 他	ウェザーシール不良による火災(全6件)	北海道 他	0	0	8830 他
9	2006/1/17	原油タンクのスラッジ回収作業中の火災	愛媛県	5	2	6708
10	2006/4/16	水素製造装置の爆発・火災	千葉県	0	0	6747
11	2014/12/12	液化ガス放出作業中にタンクが凍結し破裂	大分県	0	0	8827
12	2004/4/21	重油脱硫装置の加熱炉コーキング、火災	茨城県	0	0	6301

詳細は報告書 表2.1分析対象事故事例一覧 参照

事故原因の把握

- RISCAD (リレーショナル化学災害データベース)
- 「事故分析手法PFA[®]」 (PFA: Progress Flow Analysis)
事故進展フロー図



- 「3M3E 分析」

事故・ヒヤリハット事例活用ワーキンググループ(HHTWG)で考案

- 3M 原因

Man: 人, Machine: 設備/機器, Media/Management: 管理

- 3E 対策

Education: 教育/訓練, Engineering: 技術/工学, Etc.: その他

事故進展フロー図の様式(1/2)

PFA, RISCAD, AIST

事故概要		事故番号		発生日時(曜日)		所在地	
背景							
区分	原因事象	事故進展フロー				備考	
経過		1	日時 時間	事象1(事故発生前)		事象1の備考	
		2	日時 時間	事象2(事故発生前)			
	推定原因1					推定原因1の備考	
		3	日時 時間	事象3(事故発生前)		事象3の備考	
		4	日時 時間	事象4(事故発生前)			
	推定原因2* 推定原因3**					*推定原因2の備考 **推定原因3の備考	
		5	日時 時間	事象5(最終事象) 火災, 漏えいなど		事象5(最終事象)の備考	
対応操作							
		1	日時 時間	事象6(事故発生後)		事象6の備考	

事故進展フロー図の様式(2/2)

経過	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="768 372 807 444">5</td> <td data-bbox="807 372 967 444">日時 時間</td> <td data-bbox="967 372 1257 444">事象5(最終事象) 火災, 漏えいなど</td> </tr> </table>	5	日時 時間	事象5(最終事象) 火災, 漏えいなど	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1302 372 1609 444">事象5(最終事象)の備考</td> </tr> </table>	事象5(最終事象)の備考							
5	日時 時間	事象5(最終事象) 火災, 漏えいなど											
事象5(最終事象)の備考													
対応操作	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="768 515 807 586">1</td> <td data-bbox="807 515 967 586">日時 時間</td> <td data-bbox="967 515 1257 586">事象6(事故発生後)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="768 622 807 694">2</td> <td data-bbox="807 622 967 694">日時 時間</td> <td data-bbox="967 622 1257 694">事象7(事故発生後)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="768 729 807 801">3</td> <td data-bbox="807 729 967 801">日時 時間</td> <td data-bbox="967 729 1257 801">事象8(事故発生後)</td> </tr> </table>	1	日時 時間	事象6(事故発生後)	2	日時 時間	事象7(事故発生後)	3	日時 時間	事象8(事故発生後)	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1302 515 1609 586">事象6の備考</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1302 622 1609 694">事象7の備考</td> </tr> </table>	事象6の備考	事象7の備考
1	日時 時間	事象6(事故発生後)											
2	日時 時間	事象7(事故発生後)											
3	日時 時間	事象8(事故発生後)											
事象6の備考													
事象7の備考													
恒久的 対応策	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="768 865 807 901">1</td> <td data-bbox="807 865 967 901"></td> <td data-bbox="967 865 1257 901">恒久的対応策1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="768 908 807 943">2</td> <td data-bbox="807 908 967 943"></td> <td data-bbox="967 908 1257 943">恒久的対応策2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="768 951 807 986">3</td> <td data-bbox="807 951 967 986"></td> <td data-bbox="967 951 1257 986">恒久的対応策3</td> </tr> </table>	1		恒久的対応策1	2		恒久的対応策2	3		恒久的対応策3			
1		恒久的対応策1											
2		恒久的対応策2											
3		恒久的対応策3											
教訓	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="457 1058 1609 1108">教訓フレーズ1: 説明文</td> </tr> <tr> <td data-bbox="457 1115 1609 1165">教訓フレーズ2: 説明文</td> </tr> <tr> <td data-bbox="457 1172 1609 1222">教訓フレーズ3: 説明文</td> </tr> </table>		教訓フレーズ1: 説明文	教訓フレーズ2: 説明文	教訓フレーズ3: 説明文								
教訓フレーズ1: 説明文													
教訓フレーズ2: 説明文													
教訓フレーズ3: 説明文													

事故進展フロー図 + 3M3E

(1)ポリプロピレン製造工場爆発

PFA, RISCAD, AIST

事故概要	事故番号	発生日時(曜日)	所在地
1973-FC-05, 1973年10月8日(月)22:00頃, 千葉県市原市 ポリプロピレン製造工場でのポリプロピレン装置の冷却器洗浄後に爆発が起きた。複数基あるポリプロピレン装置の重合槽のうち、2基に付帯する補助冷却器の洗浄を行っていた。1基の洗浄が終わり、引き続き他の1基の洗浄を行っていたところ、工場に停電が起こり、後から停止した反応器の遠隔操作弁を開こうとした際に、誤って先に停止していた方の反応槽の遠隔操作弁を開いた。遠隔操作弁の先が工事のため大気開放になっており、ここから大量のプロピレン、ヘキサンなどが流出し、大爆発になった。ガス漏洩から4から5分後に着火したため、ガスが充満し、被害が拡大したと考えられる。物的被害は、建物、機器類の破損および焼損で約25億円となり、付近の民家でも、9戸に窓ガラス破損、2戸に壁破損、1戸に窓枠外れるなどの被害が出た。4名が死亡し、6名が重傷、付近住民1名を含む3名が軽傷を負った。			
背景			
<ul style="list-style-type: none"> 当該工場では、プロピレンからポリプロピレンを製造しており、当時の年間生産能力はポリプロピレン5万トンであった。 当該工場には、ポリマー製造装置が3プラントあり、事故の起きた第2プラントには重合器が4基(4号-7号)あった。 製造工程では、受け入れたプロピレンを一度タンクに貯蔵し、プロピレン精溜塔にてプロピレンの純度を高め、重合器に連続的に送入していた。重合器では、n-ヘキサンを溶媒に、アルキルアルミニウム系の触媒を用いて重合を行っていた。 重合反応は発熱反応であり、重合器内部の水冷却管および冷却用ジャケット、ならびに、重合器外部の補助冷却器により温度調節を行っていた。また、原料の充てん量を減らした場合、この補助冷却器を使用せずにも運転は可能であった。 事故時には補助冷却器のラインのフランジが切り離され、補助冷却器を使用せずにも運転していた。 			

3M解析(3M→対策)		
Man	Machine	Media&Management
**目詰まり対策という非定常作業に対する危険感覚欠如 →危険感覚向上の教育	*補助冷却器目詰まり対策不良 →重合物が付着しないように設備改善	*頻発する不具合の原因を究明しなかった →原因究明と設備や運転条件の改善の指示

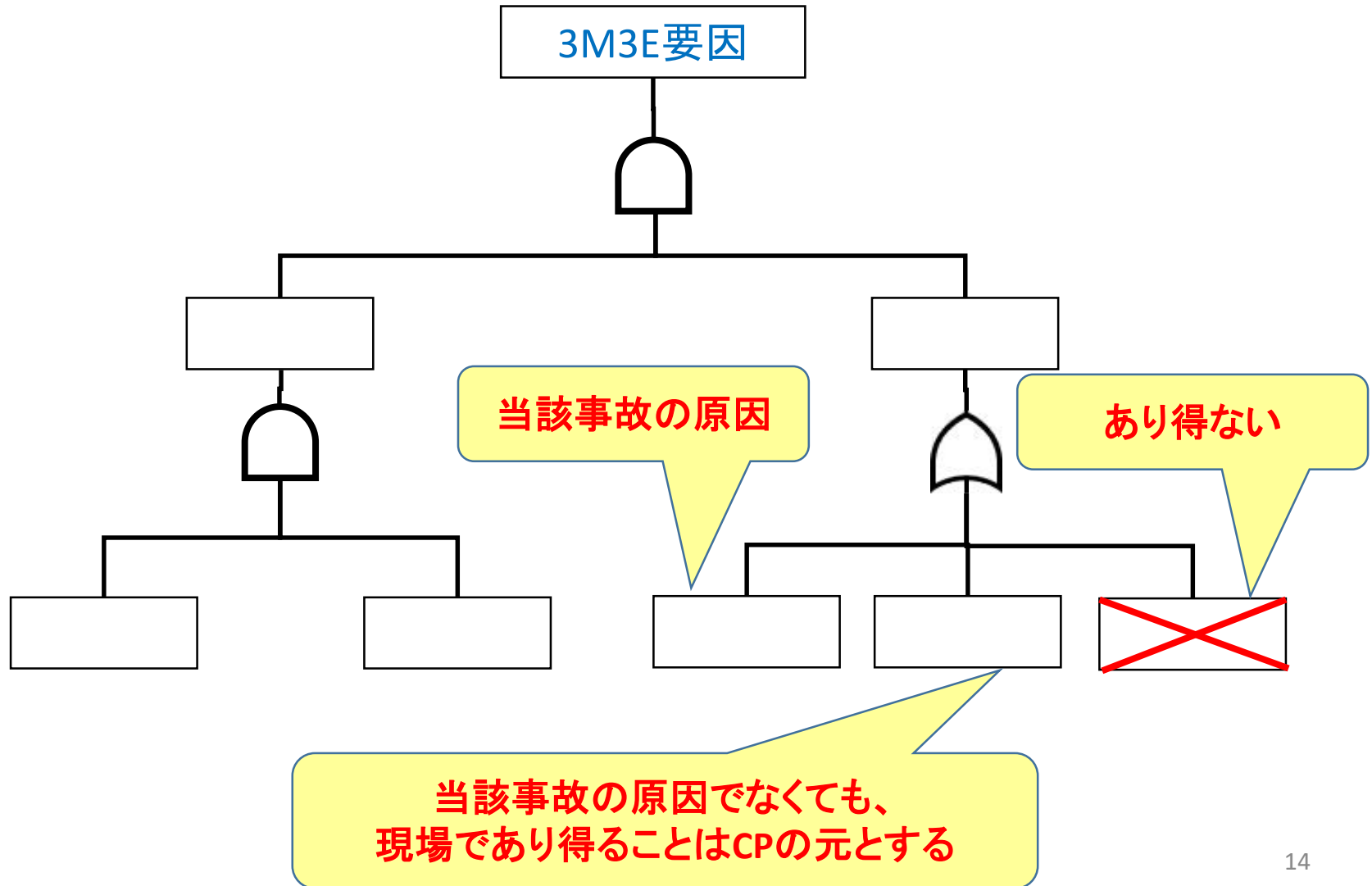
区分	原因事象	事故進展フロー	備考
経過	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 設備設計の問題* 非定常作業に対する危険意識の欠如** </div>	1 1973 10/4 6号重合器で補助冷却器の目詰まり発生	*重合器用補助冷却器は、これまでも度々目詰まりを起こしていた。 **そのため、弁の開放などに対する注意が鈍っていた(危険感覚の麻痺)
		2 6号重合器の補助冷却器の洗浄	
		3 10/5 18:00頃 6号重合器の運転開始	
		4 20:00頃 6号重合器で補助冷却器が再び目詰まり	
		5 10/6-7 6号重合器からガス抜き	
		6 6号重合器と補助冷却器をサクシオン弁より下方のフランジ部で切り離し	

3M3E分析の例

事象：冷却器の目詰まり		
原因 1：危険意識欠如	原因 2：設備設計不備	
Man	Machine	Media/Management
目詰まり対策という非定常作業に対する危険感覚欠如 →危険感覚向上の教育	補助冷却器目詰まり対策不良 →重合物が付着しないように設備改善	頻発する不具合の原因を究明しなかった →原因究明と設備や運転条件の改善の指示

図 2.2 3M3E 分析の例

事故原因を参考にCPを抽出



チェックポイント案のフォーマット

「Wet系換気装置の流量測定を行わなかった」という事実に対して

表 2.3 チェックポイント案のフォーマット

3M3E 要因分類	3M3E 要因内容	チェックポイント
人	換気装置の性能テストや解析/評価を 取りやめとした	換気装置の性能テスト及びその解析/ 評価の重要性は理解しているか？
		換気装置の性能は定期的に検査して いるか？
設備/機器	換気装置の能力は致死濃度回避には 不十分であった	取り扱う毒性ガスの致死濃度は把握 しているか？
		大量漏洩による窒息に対する対策は 講じているか？

チェックポイント抽出

事例に基づくチェックポイント					
原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
		<ul style="list-style-type: none"> ・目詰まりしやすい箇所を把握しているか？ ・目詰まりの要因(化学物質、危険性)を把握しているか？ ・根本的な対策(バイパス運転、二系列化)はとれないか？ ・メンテ方法を考慮した設計になっているか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・目詰まりを回避/減少させる操作方法はあるか？ ・目詰まりが定常的に発生する場合、その対策は作業手順書に含まれているか？ ・非常作業の危険箇所は確認したか？ ・非常の工事を実施する前に、危険分析を実施して対策を施したか？ 		
<ul style="list-style-type: none"> ・補助冷却器目詰まり対策不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・目詰まり対策という非常作業に対する危険感覚欠如 			<ul style="list-style-type: none"> ・補助冷却器 ・目詰まり ・目詰まり防止 ・目詰まり要因 	<ul style="list-style-type: none"> ・目詰まり清掃 ・非常作業/工事 ・危険分析

H27年度は10事例で 791件

H28年度は12事例で 1426件

詳細は報告書の添付2「チェックポイント案」

システム化の課題

- CPリストは、DB構造であること
 - H27年度のCPリストも同じDB構造であること
- 各CPは、誰がどの場面で使うものか?
 - 管理者向けCPを追加
- キーワード検索機能の再検討
 - キーワード分類の構造
- 限られたリソースの有効活用

チェックポイント分類とキーワード整理

- 検討会メンバーから4名の代表者を選定
- チェックポイント集が参照される場面の想定
 - 対象者と場面で分類(H27年度と同じ)
- 特定のチェックポイントを検索する方法
 - H27年度システムの弱点を補強
 - 現象を止めて、物質の分類を追加
 - 物質の分類にGHSの考えを導入
 - 機器の分類を体系化
 - 作業の分類はH27年度と同様
- 代表者が分類・キーワード整理の作業実施
 - H27年度CPリストとH28年度CPリストの統合
 - 全2217件のCPを整理

表 2.4 チェックポイント集の分類の考え方 (1) 利用者による分類

対象者	活用場面
管理者	管理者向けチェックポイント
運転作業者	事前チェックポイント
	当日チェックポイント
	緊急時チェックポイント
設計者	設計時チェックポイント
工事作業者	事前チェックポイント
	当日チェックポイント
保全作業者	事前チェックポイント
	当日チェックポイント

表 2.5 チェックポイント集の分類の考え方 (2) キーワード分類

物質	機器	作業
爆発性	容器・反応器・槽類	設計
可燃性	塔類	運転
引火性	加熱・冷却・乾燥	工事
支燃性	ポンプ・ブロア・圧縮機	保全
酸化性	分離装置	全体
自己反応性	配管・付属品	作業の分類は H27と同じ
自然発火性	弁各種	
自己発熱性	工事車両・機器具	
反応性	安全装置	-
過酸化物	制御システム	-
腐食性	警報・表示	-
GHSに準拠	センサー	-
	消防設備	-
	電気設備	-
失明危険性		

分類とキーワード選別作業

CP No.	RISCAD 事故ID	チェックポイント									KW分類 機器①	KW分類 機器②	KW分類 物質①	KW分類 物質②	KW分類 作業①	KW分類 作業②
			管 理 者 向 け CP	運 転 前 CP	運 転 当 日 CP	運 転 緊 急 時 CP	設 計 CP	工 事 前 CP	工 事 当 日 CP	保 全 前 CP						
15-0001	7134	目詰まりしやすい箇所を把握しているか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 目詰まり対策
15-0002	7134	目詰まりの要因(化学物質、危険性)を把握しているか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 目詰まり対策
15-0003	7134	根本的な目詰まり対策(バイパス運転、二系列化)はとれないか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 目詰まり対策
15-0004	7134	目詰まりのメンテ方法を考慮した設計になっているか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 目詰まり対策
15-0005	7134	運転継続を困難にする要因(目詰まり、汚れ、腐食など)を把握して、対策を講じているか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 目詰まり対策
15-0006	7134	目詰まりの根本的なトラブル対策はとれているか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 目詰まり対策
15-0007	7134	目詰まりを回避/減少させる操作方法はるか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	目詰まり対策
15-0008	7134	目詰まりが定期的に発生する場合、その対策は作業手順書に含まれているか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	目詰まり清掃
15-0009	7134	運転継続を困難にする要因(目詰まり、汚れ、腐食など)を把握して、対策は手順書に記されているか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	目詰まり清掃
15-0010	7134	非定常作業の危険箇所は確認したか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	非定常作業
15-0011	7134	非定常の工事を実施する前に、危険分析を実施して対策を施したか？									加熱・冷却・乾燥	冷却器	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	非定常作業
15-0012	7134	各ブロックバルブの使用目的は明確か？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計
15-0013	7134	シングルブロック弁の位置は把握しているか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 シングルブロック
15-0014	7134	シングルブロック弁をダブルブロック化できないか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 シングルブロック
15-0015	7134	シングルブロック弁の場合、仕切板の挿入、弁の固定などを手順書に明記しているか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	プロセス設計 シングルブロック
15-0016	7134	シングルブロック(自動)弁の誤操作対策はとられているか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	非定常作業 シングルブロック
15-0017	7134	シングルブロック弁はリークする可能性があることを知っているか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	非定常作業 シングルブロック
15-0018	7134	工事エリア保護のために駆動源を施錠、表示、確認を実施したか？									弁各種	自動弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	非定常作業 シングルブロック
15-0018	7134	工事エリア保護のために駆動源を施錠、表示、確認を実施したか？									弁各種	遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	工事	ロックタグ
15-0019	7134	遮断弁が閉であることを容易に確認できるか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	バルブ操作
15-0019	7134	遮断弁が閉であることを容易に確認できるか？									制御システム	DCS	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	DCS表示
15-0020	7134	ローカルではバルブの開閉状態を目視で容易に確認できるか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	バルブレイアウト
15-0021	7134	多重操作設計の重要弁において不適切な開閉位置状態の検知と情報発信が繰り返されているか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	設計	計装設計
15-0021	7134	多重操作設計の重要弁において不適切な開閉位置状態の検知と情報発信が繰り返されているか？									制御システム	リミットスイッチ	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン		
15-0022	7134	操作パネル(DCS画面)上でどのバルブを操作しようとしているか、明確にされているか？									弁各種	自動弁 遮断弁	可燃性/引火性	プロピレン/ヘキサン	運転	バルブ操作 7.1

反省と今後への期待

H27年度とH28年度を合わせて、2217件のCPを抽出

👉 CPのレベルが揃っていない

👉 CP集として完成したとするには不十分

システムが枯れていない

👉 ユーザーの意見を反映して修正する必要性

将来、人工知能のDBとして活用できる可能性に期待