

経済産業省委託

平成29年度石油精製等に係る保安対策調査等事業

＜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＞
報告書

平成30年3月

国立研究開発法人産業技術総合研究所

目次

1	調査研究の目的等.....	1
1.1	目的.....	1
1.2	事業内容.....	1
2	チェックポイントの精査.....	3
2.1	目的.....	3
2.2	体制と方法.....	3
2.3	結果.....	5
2.3.1	システムのレビュー.....	5
2.3.2	キーワード分類の再検討.....	5
2.3.3	業務プロセスの検討.....	8
3	チェックポイント集の説明会.....	8
3.1	説明会の目的および参加者の募集.....	8
3.2	説明会のプログラム.....	14
3.3	参加者状況およびアンケート等の結果.....	15
3.4	鹿島地区における説明会.....	26
4	アプリケーション（検索システム）活用事例の作成.....	27
4.1	概要.....	27
4.2	活用事例作成方法.....	27
4.2.1	業務プロセス表の作成.....	27
4.2.2	業務プロセスに対応するチェックポイントの抽出.....	28
4.2.3	ライブラリ化.....	29
4.3	今後の課題.....	29
5	事故の発生要因（原因）の抽出・分析.....	29
5.1	事故分析手法 PFA®による事故原因分析.....	30
5.1.1	事件事例の選択.....	30
5.1.2	事故分析手法 PFA®の概要 ³⁾	30
5.2	チェックポイントの作成.....	35
5.2.1	現場保安チェックポイント集検討会.....	35
5.2.2	3M3E 分析.....	36
5.2.3	現場保安チェックポイント集検討会の進め方.....	38
5.3	チェックポイント集の作成.....	39
5.3.1	作成の手順.....	39

5.3.2	キーワードの再分類	39
6	現場保安チェックポイント集検索システム Ver.3 の開発	41
6.1	機能概要	41
6.2	マスタ管理機能	42
6.2.1	「種別」の新設	42
6.2.2	既存項目「分類」の追加変更機能	43
6.3	CSV一括登録インポート機能	43
6.4	システムの画面	43
7	チェックポイント集の評価	46
7.1	現地評価の結果	46
7.2	評価結果を受けた今後の課題	47
8	まとめ	47

別添 1 事故進展フロー図および 3M3E 分析シート

別添 2 チェックポイント案

別添 3 現場保安チェックポイント集（平成 27 年度、平成 28 年度、および平成 29 年度成果の統合版）

別添 4 説明会アンケート用紙

1 調査研究の目的等

1.1 目的

これまで高圧ガスを取り扱う事業所では、死傷者事故が発生するたびに事故の詳細分析（経緯・事象・原因・対策等）の結果を事故報告書等で公開してきた。また、各業界や団体でも、これらの事故報告書を独自の方法でそしゃく・解釈・追加調査して、事故に対する教訓情報として会員企業に提供してきた。しかし、近年の調査によると、公開された事故報告書や事故教訓情報は、現場レベルとしては、「自分の担当している設備との相違点がある」「事件事例をそしゃくするための時間的余裕がない」等の理由から活用が進んでいないという状況もある。そこで、平成 27 年度「高圧ガスの危険性評価のための調査研究」（以降「平成 27 年度調査研究」）及び平成 28 年度「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」（以降「平成 28 年度調査研究」）（以降、平成 27 年度調査研究と平成 28 年度調査研究をあわせて「過去の調査研究」）の一部として、22 件の過去事故を対象にチェックポイント抽出を行い、チェックポイント集としてまとめたものについて、事業所の現場経験者により現場レベルでの評価を受けたところ、分析した事故数を増やすこと及びチェックポイントの検索機能の充実を図ることにより、現場レベルで十分に活用できるとの評価を得たところ。

本事業においては、さらに過去事故を詳細分析し、現場作業員が安全に作業するためのチェックポイントの抽出を行い、チェックポイント集を充実させる。また、チェックポイントを活用する為の検索システムを構築し、現場レベルでの評価を受け改善する。

1.2 事業内容

公開されている過去の事故情報を、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以降「産総研」）で開発された事故分析手法 PFA（Progress Flow Analysis：事故進展フロー図を用いた事故分析）と同等の事故分析手法で、現場に潜む事故の危険性を顕著化させチェックポイントとして抽出し、上述の過去の調査研究で作成したチェックポイント集に統合する。

また、過去の調査研究で作成したチェックポイント集が、産総研の事故データベース（RISCAD）等の事故データベースから利用できるようにする。また、チェックポイントから事故データベースの過去事故が参照できる逆引き機能を有した検索システムを作成する。

なお、チェックポイント集は、現場作業員の始業前打合せ等で活用されるものとする。

(1) 事故の発生要因（原因）の抽出・分析（本報告書第 5 節）

過去に発生した事故を 8 事例程度選定して、事故が発生するまでの事象を以下の手順で抽出・分析し、チェックポイントを抽出する。事件事例選定において、必要に応じて海外事

例を選定すると共に、日本語翻訳を行い、事故進展フロー図を作成すること。

- ① 事象を事故進展フロー図で表し、事故分析手法 PFA 等の手法を活用し原因を抽出する。
- ② 人、設備・機器、管理等の視点で原因を分析し、教育、訓練、技術、工学等の視点で対策を検討する。
- ③ 上述 1 及び 2 の作成過程を通じ得られた知見に基づき、現場で活用できるチェックポイントを抽出する。
- ④ チェックポイントに関連情報を付加する。
- ⑤ 上述④のチェックポイントを、過去の調査研究で作成したチェックポイント集に統合する。

(2) アプリケーション（検索システム）活用事例の作成（本報告書第 4 節）

アプリケーションを活用した事例を 1 件以上作成し、その中には作業工程及び関連するチェックポイントを含めること。

(3) チェックポイントの精査（本報告書第 2 節）

過去の調査研究で作成した類似チェックポイントの統合、文章表現の統一、検索キーワードの改善等を実施すること。

(4) チェックポイント集の説明会（本報告書第 3 節）

チェックポイント集の説明会を、100 人以上収容できる会場を確保し、平成 29 年 7 月頃を目途に関東地域 1 回及び関西地域 1 回の計 2 回実施すること。また、来場者にアンケートを実施して、チェックポイント集及びアプリケーションの問題点、改善点等を抽出すること。

(5) チェックポイント集の評価（本報告書第 0 節）

チェックポイント集及びアプリケーションを、事業所内で現場レベルでの評価を 1 件以上受け、問題点、改善点等を抽出するとともに、必要に応じ反映すること。

セスの検討、キーワードのシステム対応などを実施するチームが結成された。メンバーは現場保安チェックポイント集検討会検討員から表 2.1 に示す 5 名が選出された。(以降「精査ワーキンググループメンバー」)。

表 2.1 チェックポイント精査ワーキンググループメンバー

	氏名	所属
1	竹内 亮 主査	事故分析・コミュニケーション研究所 所長 化学工学会 SCE-Net 幹事
2	井内 謙輔	化学工学会 安全部会
3	熊澤 信光	熊澤技術士事務所 所長
4	澤 寛	化学工学会 SCE-Net 幹事
5	中島 農夫男	産総研 客員研究員

平成 29 年度調査研究でのチェックポイントの精査は以下の手順で進めた。まず精査ワーキンググループメンバーで会合をもち、このメンバーで行う実施項目、実施手順について決定した。具体的な実施項目は「平成 28 年度のシステムのレビュー」、「キーワード分類の再検討」、「業務プロセスの検討」、および「キーワードの再分類」である。以下各実施項目について実施手順を説明する。

「平成 28 年度のシステムのレビュー」については、精査ワーキンググループのメンバー全員で平成 28 年度のシステムを操作して、気付いた不具合をシステム開発担当者に報告した。

「キーワード分類の再検討」については、システムレビューの結果を反映して、平成 28 年度に導入した「物質の分類」を GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals) に準拠する形式とするよう再検討した。「作業の分類」については OSHA の PSM (Occupational Safety and Health Administration / Process Safety Management) をベースとし、その 14 のエレメントに対応させることとした。

「キーワードの再分類」については平成 27 年度から平成 29 年度までの調査研究で抽出された全てのチェックポイントについて、「物質の分類」「作業の分類」を見直し、前述の「キーワード分類の再検討」の結果を反映させた。なお、「機器の分類」については従来どおりである。

表 2.2 「精査」の実施項目および実施手順のまとめ

実施項目	実施手順
システムのレビュー	28年度のシステムを操作し、改善点を見出す
キーワード分類の再検討	システムのレビューから得た改善点について、改良の方法を議論
業務プロセスの検討	事例から想定される業務にチェックポイントをリンク
キーワードの再分類	物質の分類と作業の分類を全チェックポイントに反映

2.3 結果

2.3.1 システムのレビュー

平成 28 年度のシステムをレビューし、システムのバグと考えられるものについてはリスト化してシステム開発担当に連絡した。実際にシステムを操作した際、キーワード検索では思い通りのチェックポイントが見つからないケースが複数報告されたことから、キーワード分類の見直しが必要であることが判明した。キーワードは二段階で検索することになっており、第一段階のキーワードを選択すると第二段階のキーワードが表示される仕様となっているが、第一段階のキーワードを見ただけでは第二段階のキーワードが予測できないものがあり、結果として検索が困難となった例が複数報告された。特に物質の分類と作業の分類については再考の余地があると判断した。

2.3.2 キーワード分類の再検討

「物質の分類」の第一段階については世界標準の考え方を取り入れるという観点から GHS での分類を採用しているが、GHS では標準状態における単一物質の特性を表示しており、物質が保持する物理的なエネルギーの観点が不足している。また、同じ物質であっても他の物質との混合の状況や温度・圧力条件が異なると、異なるハザードを示すことを考慮する必要があった。一方、統合することが適切だと考えられるものもあった。例えば、GHS では引火性と可燃性とは別の分類となっているが、ハザードが燃焼することであるという観点からはほぼ同等であり、特に引火性が事故に寄与したものではないケースがほとんどであった。従ってこれらを統合して「可燃性/引火性」とするなど、「物質の分類」の第一段階が再構築された。以上のとおり「物質の分類」については GHS を基本とすることが適切と判断したが、GHS 分類だけでは現場保安チェックポイント集の目的から考えて不十分と考えられたため、精査ワーキンググループで独自にキーワードを追加することとした。「高エネルギー」、「設備機能低下」などがそれである（表 2.3）。

また、GHS の分類では単体の物質に多くの性質があることが表記されるが、ここではその物質のどの性質が事故に寄与したか、もしくは事故に繋がる可能性が大きいかに着目して、事故に直接関与しない性質は取り上げないこととした。

表 2.3 本調査研究における物質のキーワード（KW）分類

	KW 分類 物質①	分類の説明（物質には混合物を含む）
爆発・火災の原因	爆発性	可燃性、反応性などと重複するが、GHS 分類で爆発の危険性のある物質
	可燃性/引火性	GHS 分類で可燃性/引火性の物質
	酸化性/過酸化物/支燃性	GHS 分類で酸化性/過酸化物/支燃性の物質
	反応/自己反応/発火/発熱/禁水性	GHS 分類で反応性/自己反応性/発火性/発熱性の物質および禁水性の物質
	高エネルギー	高温・高圧など内部エネルギーの高い状態が着火源・火傷などの危険性を持ち、事故に寄与した物質
人体への影響	発がん性	GHS 分類で暴露により発がんの可能性のある物質
	急性毒性	GHS 分類で暴露により直ちに死や重篤な状態となる可能性のある物質
	毒性	GHS 分類で急性では無いが、人体に有害な物質
	刺激性	GHS 分類で強い刺激で通常の行動が困難になる物質
	失明危険性	GHS 分類で暴露により失明の可能性のある物質
環境への影響	環境有害性/オゾン層破壊	GHS 分類でオゾン層破壊を含み、環境規制の対象となる物質
設備への影響	設備機能低下	固形物の閉塞、スケールの付着など設備機能を低下させることが事故に寄与した物質
	腐食性	設備を腐食することで事故に寄与した物質

	脆性破壊性	脆性破壊を起こさせたことで事故に寄与した物質
	凍結危険性	運転条件下で凍結し、閉塞や膨張破壊が事故に寄与した物質
	破壊力	高圧、過荷重や自然災害など物理的な破壊力が事故に寄与した物質

「作業の分類」はいずれの年度の調査においても議論の対象となっている。チェックポイントはこれらキーワードによる分類とは別に、「利用者・利用シーン」でも分類されて検索が可能になっているが、この「利用者・利用シーン」と「作業の分類」との差があまり明確ではないという指摘もあり、ユーザーにとって有益な分類とするには相当に実用場面を考慮したものとする必要がある。出された案が OSHA-PSM (Occupational Safety and Health Administration / Process Safety Management) に準じた分類である (表 2.4)。これは米国の労働省にあたる OSHA が一定規模以上の化学物質取扱い事業者に義務付けている安全管理の方法で、国内の化学産業でも注目されているもので、以下の 14 項目から構成されている。

表 2.4 OSHA-PSM 分類

No	OSHA-PSM 要素
1	従業員の参加
2	プロセス安全情報
3	プロセス危険分析
4	運転手順
5	トレーニング
6	協力会社
7	運転前安全レビュー
8	機器の健全性
9	火気使用許可
10	変更管理
11	事故調査
12	緊急時対応プラン
13	監査

これらが厳密に「作業の分類」と呼べるかについては異論もあるが、チェックポイントがどのPSMの要素と深く関わっているかを知る上で重要な要素であることから、作業の分類として採用した。

2.3.3 業務プロセスの検討

事例に取り上げた特定の事故において、なされたであろう過去の業務を振り返ると、当調査研究で抽出されたチェックポイントをチェックしていたなら事故を防ぐことが出来たはずだと言える場面が必ずある。その業務の工程を想定して、どのタイミングでチェックポイントを活用すべきかを検討する作業を実施した。例えば、設計時の配慮が足りなかったために機器に不具合があったとすれば、設計業務の工程中のどの時点でチェックされるべきかを示した業務プロセス表を作成した。これを見ればどの場面で何をチェックすべきかが分かるため、ユーザーがこれから実施しようとしている同様な業務においてチェックすべき内容とタイミングが分かるものと考えられる。

3 チェックポイント集の説明会

平成28年度石油精製業保安対策事業（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）の成果の発表、検索システム試用に関する経過報告、チェックポイント集や検索システム Ver.2 の問題点や今後に向けた改善点など企業のニーズに関してアンケート調査を行い情報収集すること等を目的として「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」を合計3回開催した。1回目は関西地域として平成29年7月13日（木）に産総研関西センター（大阪府池田市）にて、2回目は関東地域として7月20日（木）に産総研臨海副都心センター（東京都江東区）にて、3回目は鹿島コンビナート地区（茨城県神栖市）にて8月24日（木）に開催した。1回目と2回目の説明会について3.1節から3.3節で述べる。3回目の説明会は参加者募集の方法などについて1回目および2回目とは異なる方法により開催したため、別途3.4節にて述べることとした。

3.1 説明会の目的および参加者の募集

参加者定員を各会場100名とし、平成29年6月20日に産総研安全科学研究部門が運営する産業保安ポータルサイト「さんぽのひろば」（<https://sanpo.aist-riss.jp>）に説明会開催情報を掲載することによって参加者の募集を開始した。同時に、特定非営利活動法人安全工学

会、公益社団法人化学工学会安全部会、一般社団法人火薬学会には所属学会員への周知という形で本説明会の参加者募集にご協力いただいた。さらには経済産業省産業保安グループ高圧ガス保安室からは関係業界への連絡を通じて参加者募集にご協力いただいた。応募は上記「さんぽのひろば」のWebサイトから、もしくはFAXにより受け付けた。参加者募集のため配布したリーフレットを図 3.1 及び図 3.2 に、「さんぽのひろば」Webサイトの説明会告知ページを図 3.3 及び図 3.4 に、応募ページをそれぞれ図 3.5 に示す。

現場作業員が安全に作業するためのリスクアセスメントの指標を目指して

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2017開催のご案内

産業技術総合研究所は経済産業省より平成28年度石油精製業保安対策事業（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）を受託し、現場作業員が安全に作業するためのリスクアセスメントの指標となることを目指して、科学的手法により過去の重大事故情報から現場に潜む高圧ガスの危険性を顕著化させチェックポイント集として整理し、さらにチェックポイントの検索ソフトウェアを開発いたしました。本説明会では事業概要・チェックポイントの抽出方法・検索ソフトウェアの操作方法等を説明するとともに、東京大学名誉教授の田村昌三氏に基調講演いただきます。

チェックポイント集とその検索ソフトウェアについて皆様にご覧いただくとともに、今後の改善に向けたご意見を頂戴したく説明会を開催させていただくこととなりました。多くの方々のご参加をお待ち申し上げます。

なおチェックポイント集および検索ソフトウェアにつきましては説明会当日にデモンストレーションいたします。

参加費 無料 **定員** 各会場 100名

申込方法 産総研ウェブサイト(<https://sanpo.aist-riss.jp>)のお申込フォームから
もしくは、裏面のお申込書をFAX ※右のQRコードからもお申込いただけます



産総研 | 関西センター

大阪府池田市緑丘1-8-31 阪急宝塚線池田駅徒歩10分
※裏面案内図をご参照ください

平成29年 **7月13日** **木**
13:30~16:30 (受付13:00~)

産総研 | 臨海副都心センター

東京都江東区青海2-3-26 ゆりかもめテレコムセンター徒歩10分
※裏面案内図をご参照ください

平成29年 **7月20日** **木**
13:30~16:30 (受付13:00~)

開催プログラム ※スケジュールやプログラムは、当日の進行状況により変更される場合がありますので、予めご了承ください。

時間	内容	講師
13:00~13:30	受付	—
13:30~13:35	開会、資料確認等	—
13:35~14:35	基調講演「産業保安の向上に向けた事故情報の活用」	東京大学名誉教授 田村 昌三
14:35~14:55	事業概要説明と対象事故事例の紹介	産業技術総合研究所 牧野 良次
14:55~15:05	休憩	—
15:05~15:35	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	事故分析・コミュニケーション研究所 所長 現場保安チェックポイント集検討会 主査 竹内 亮
15:35~16:00	現場保安チェックポイント集検索システムVer.2の操作説明	産業技術総合研究所 鈴井 真紀
16:00~16:15	検索システム試用に関する経過報告	産業技術総合研究所 牧野 良次
16:15~16:30	質疑応答、閉会	—

主催/国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 HP:<http://www.aist.go.jp>
〒305-8569茨城県つくば市小野川116-1 TEL029-861-8138 FAX029-861-8138 E-mail:toiawase-ml@aist.go.jp

この説明会は「平成29年度石油精製等に係る保安対策調査等事業(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)」の一環として開催するものです

図 3.1 説明会参加者募集のリーフレット (1)

FAXでお申し込みの方はこちらの様式をお使いください
 ※産総研ウェブサイトからのお申し込みもできます (<https://sanpo.aist-riss.jp>)

FAX 029-861-8138

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2017参加申込書

下記会場の説明会への参加を申し込みます。

ご記入日 年 月 日

お申込の会場に
 チェック印を
 つけてください

産業技術総合研究所 関西センター
 平成29年7月13日(木)13:30～(受付13:00～)
 参加費:無料

産業技術総合研究所 臨海副都心センター
 平成29年7月20日(木)13:30～(受付13:00～)
 参加費:無料

所属:
 (会社名等)

連絡先住所:

連絡先電話:

E-mail:

フリガナ
 参加者氏名:

説明会に参加申し込みいただいた方に「産業保安」についての情報を産総研よりお送りしております。今後ご案内が不要の場合はチェックしてください。

配信を希望しない

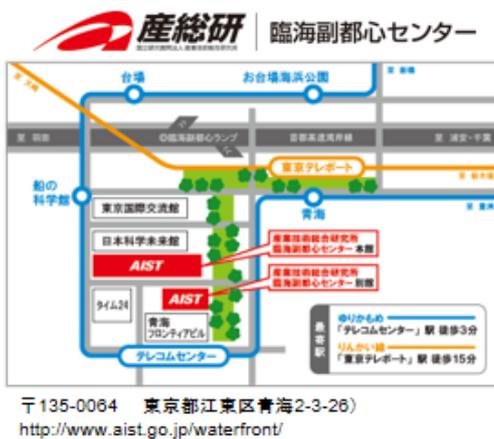


図 3.2 説明会参加者募集のリーフレット (2)

産業保安ポータルサイト「さんぽのひろば」の「さんぽ」は「産業保安」のさんぽです。産業保安に関する情報をお届けします。国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループが運営しています。



TOP

さんぽニュース

さんぽコラム：産業を語る、保安を語る

イベントカレンダー

現場保安チェックポイント集：過去事故からの知見

チェックポイント事業アーカイブ

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2017開催案内

RISCAD | リレーショナル化学災害データベース

こども向け化学災害コーナー

産業保安お役立ちリンク集

執筆者・編集者

さんぽのひろばメールマガジン

ご意見・お問い合わせ

サイト 産総研：安全科学研究部門 > さんぽのひろば | 産業保安ポータルサイト | 産業保安に関する情報をお届けします > 現場保安チェックポイント集：過去事故からの知見 > 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2017開催案内

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2017開催案内

現場作業員が安全に作業するためのリスクアセスメントの指標となることを目指して

現場作業員が安全に作業するためのリスクアセスメントの指標となることを目指して、科学的手法により過去の重大事故情報から現場に潜む高圧ガスの危険性を顕著化させチェックポイント集として整理し、さらにチェックポイントの検索ソフトウェアを開発いたしました。

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 2017

現場作業員が安全に作業するためのリスクアセスメントの指標を目指して



参加費無料

7.13 木 13:30～16:30 (13:00 開場) **大阪** 産総研 関西センター

7.20 木 13:30～16:30 (13:00 開場) **東京** 産総研 臨海副都心センター

本年も経産省事業「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2017」を開催することとなります。

《開催日時》

- ・2017年7月13日(木) 大阪会場 (産総研関西センター)
- ・2017年7月20日(木) 東京会場 (産総研臨海副都心センター)

※両会場とも開催時間は、13:30-16:30 (受付開始13:00) となります。

会場の詳しいご案内を下記に掲載しております

[【お知らせ】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2017 会場のご案内](#)

《開催内容》

図 3.3 さんぽのひろば告知ページ (1)

昨年9月以降の「現場保安チェックポイントおよび検索システム」事業についての進捗について産総研からご報告させていただき、皆様のご批判を頂戴することを通じて、現場の保安に具体的に貢献する成果に結びつけたいと考えております。

今年度は基調講演に東京大学名誉教授 田村昌三先生 をお迎えし「産業保安の向上に向けた事故情報の活用」との題目でご講演いただきます。また、新たに開発した検索システムVer.2の説明や、企業現場におけるソフト試用実績の経過報告などを予定しております。

《プログラム》

- * 下記プログラムは大阪、東京の両会場で共通です。
- * 下記プログラムは予定です。変更の可能性がありますのでその点ご理解下さい。

13:00	開場
13:30	開演
13:30	開会、資料確認等
13:35	産業保安の向上に向けた事故情報の活用 (東京大学名誉教授 田村昌三先生)
14:35	事業概要説明と対象事故事例の紹介 (産総研 牧野)
14:55	休憩
15:05	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 (事故分析・コミュニケーション研究所 竹内亮氏)
15:35	現場保安チェックポイント集検索システムVer.2の操作説明 (産総研 鈴木)
16:00	検索システム試用に関する経過報告 (産総研 牧野)
16:15	質疑応答
16:30	閉会

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 2017

お問い合わせはこちらから

図 3.4 さんぽのひろば告知ページ (2)

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2017

下記のフォームに必要事項を入力し、送信ボタンを押してください。

【 注意事項 】 ●本申込フォームで申込できるのは1回につきおひとりです。
【FAXでの申し込み】 ●FAXを使ったお申込みは[こちら](#)をご活用下さい。

参加会場

参加される会場にチェックをしてください。

(大阪・東京の両会場に参加される場合は両方にチェックしてください。) *

- 大阪：7月13日(木)13:30 - 産総研 関西センター
- 東京：7月20日(木)13:30 - 産総研 臨海副都心センター

所属(会社名等) *

郵便番号

連絡先住所

連絡先電話番号

E-mail *

参加者氏名 *

参加者氏名(フリガナ) *

*今後産総研から産業保安についての情報をお送りしてもよろしいですか?

- はい
- いいえ

図 3.5 さんぽのひろば応募フォーム

3.2 説明会のプログラム

プログラムは両会場共通で表 3.1 の通りとした。また、現場保安チェックポイント集検索システムのデモ機を iPad で用意し、プログラムの開始前及び終了後に、実際にシステムを体験できるコーナーを設けた。

表 3.1 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プログラム

講演	演者所属・氏名
13:00-13:30 受付	-
13:30-13:35 開会、資料説明等	-
13:35-14:35 産業保安の向上に向けた事故情報の活用	東京大学名誉教授 田村昌三
14:35-14:55 事業概要説明と対象事事故事例の紹介	産総研 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ 牧野良次
14:55-15:05 休憩	-
15:05-15:35 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	事故分析・コミュニケーション研究所 所長、現場保安チェックポイント検討会主 査 竹内亮
15:35-16:00 現場保安チェックポイント集検索システム Ver.2 の操作説明	産総研 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ 鈴木真紀
16:00-16:15 検索システム試用に関する経過報告	産総研 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ 牧野良次
16:15-16:30 質疑応答・閉会	-

3.3 参加者状況およびアンケート等の結果

参加人数は関西地域（産総研関西センター、平成 29 年 7 月 13 日）62 名、関東地域（産総研臨海副都心センター、平成 29 年 7 月 20 日）114 名、合計で 176 名の参加であった。平成 28 年度の説明会参加者は合計 140 名であったので、36 名の参加者増であった。当日の会場の様子をそれぞれ図 3.6、図 3.7（大阪会場）および図 3.8、図 3.9（東京会場）に示す。また、来場者の内訳などを図 3.10 に示す。



図 3.6 大阪会場の写真 (1)



図 3.7 大阪会場の写真 (2)



図 3.8 東京会場の写真 (1)



図 3.9 東京会場の写真 (2)

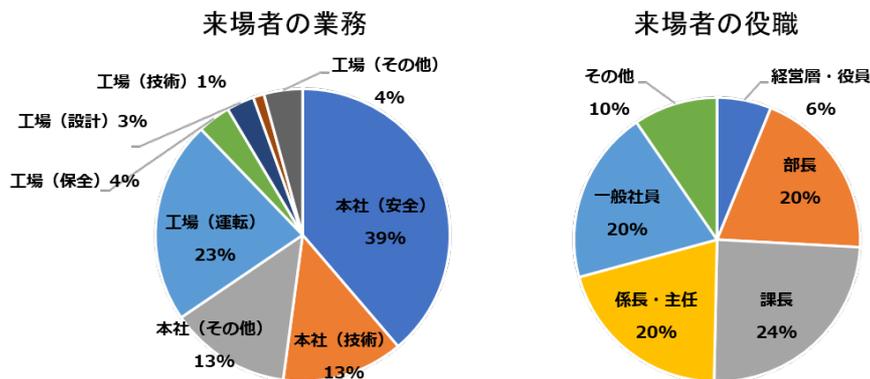


図 3.10 来場者の業務・役職内訳

説明会の目的は平成 28 年度調査研究の成果を発表すること、モニター試用に応じてくれる企業を募集すること、およびチェックポイント集と検索システム Ver.2 の問題点や今後の改善点などに関する企業のニーズについてアンケート調査を行い情報収集することであった。そこで下記アンケート調査を実施したのでその結果をレポートする。なおアンケート用紙を別添 4 に示した。

別添 4 のアンケート用紙における「Q18. 現場保安チェックポイント集検索システムを導入するとしたら、どのような機能があれば便利だと思いますか？ご自由にご記入ください」の箇所に自由記述形式によって参加者の意見を収集した。それらの内容を精査し、意見を下記の 24 種類に大別した。以下、各分類について実際のコメントを列挙する（なお「CP」は「チェックポイント」を意味する）。

1. 説明会へのニーズ：検索システムの操作についてもっと詳しく聞きたかった
2. 説明会へのニーズ：活用方法の具体例が聞きたかった
3. 説明会へのニーズ：CP そのものの中身が見たかった
4. チェックポイントの評価できる点：利用者・利用シーンで分類している
5. チェックポイントの評価できる点：教育・訓練資料として有効
6. チェックポイントの評価できる点：実務経験者が CP を抽出
7. チェックポイントの評価できる点：事故事例からの抽出
8. チェックポイントの改善すべき点：CP の重み付け
9. チェックポイントの改善すべき点：CP の数が少ない
10. チェックポイントの改善すべき点：事故事例からの CP 抽出だけでよいのか？
11. チェックポイントの改善すべき点：その他

12. 検索システムの評価できる点：オフラインでも使用できる点
13. 検索システムの評価できる点：各社オリジナルCPを追加できる
14. 検索システムの評価できる点：利用できる端末の種類が多い
15. 検索システムの評価できる点：インターネットに接続されている
16. 検索システムの評価できる点：その他
17. 検索システムの改善すべき点：インターフェース等
18. 検索システムの改善すべき点：インターネット接続では使いにくい
19. 検索システムの改善すべき点：その他
20. 社内業務との関連でのご意見
21. 継続希望のご意見
22. 否定的なご意見
23. 肯定的なご意見
24. ご要望

1. 説明会へのニーズ：検索システムの操作についてもっと詳しく聞きたかった

- システム操作については、もう少し詳しく知りたかった。
- 検索システムの中身をもっと詳しく見せて欲しかった
- 検索システムの説明の比率を増やした方が良い。具体例なども。

2. 説明会へのニーズ：活用方法の具体例が聞きたかった

- もう少しチェックポイント集検索システムの利用を具体的例で説明してほしい。
- 全体的に概要が多く、具体例の提示・説明が足りなかった。
- 事例をもっと多くしてほしい。
- 使い方の実例を多くしてくれると良い。
- 総合的な内容であった為、具体例が聞きたかった。
- 具体的導入事例、すくなくともシミュレーションまでを説明してもらわないと導入できそうかもわからない。試用しないと使えるか判断できない。
- チェックポイント集を実際に使うイメージが具体的に想像しにくかった。
- システムの使い方がわからなかった（場面）。日々使う様にするために何をすれば…つながらなかった。
- 具体的内容や、どう役に立つのかがイマーつ理解できなかった。官的な考え方で、実現場でどうすれば改善できるかが明確でない。
- このデータベースをユーザー側が実際に使う事で、どのような利点、効果があるか、

どのように使いこなしたらいいかを今後、説明いただければと思います。

- 抽出されたチェックポイントの現場で利要された良い事例などをもっと知りたかった。
- 具体的な活用方法、事例が分かるとよりよいと思います（今後、実例が蓄積していくことと思いますが）。
- 直感的に良いアイデアだと思うが、ツールとしての実感がわかなかった。
- 各種活用場面毎にチェックポイントがあるが、実際の現場でどう使うかイメージできないので、活用の仕方を説明すべき。

3. 説明会へのニーズ：CP そのものの中身が見たかった

- チェックポイント集の説明でしたが、実際のチェックポイント（的を得た）の紹介、説明が欲しかった。
- チェックポイントの説明がもう少し長ければ良かった。
- CPの内容がまだ確認できていないので「やや」の評価。
- チェックポイントの事例紹介をもっとすべきであると思います（イメージがわきません）。
- 初めにチェックポイント集のデモを見て、イメージを理解した方が前段の講演がよく理解できたと思います。

4. チェックポイントの評価できる点：利用者・利用シーンで分類している

- 使う対象者で分けている点。
- 各業務担当者レベルで使い分けができるところ。
- 対象者を分類していること。エンジニアの設備の安全設計にかなり役立つと考えます。事故等の要因は設計時に既に潜在的にある場合が多いからです。
- 現場ではない「設計」等の間接部門がどのように安全意識を持ち、高めていくか、という目的で拝聴させていただきまして、その為の手段を得られました。
- 管理的ポイントをCPに入れたのは良いかも。
- 工程、作業を細分化したうえで保安のチェックポイントを抽出しているところ。
- 製造、設計、工事、保全の広い層で利用できる点が良い。
- 実用性がまだのようなだが、設計・変更・非常時作業時に有用に思う。
- 当社の技術評価や変更管理を実施するときに活用できる。
- 作業（現場）から検索できるのは良い。
- 機器の分類がこまかくなった点は良い。
- GHS 分類区分で検索できることを前面にして欲しい。

5. チェックポイントの評価できる点：教育・訓練資料として有効

- 経験が浅い社員の教育ツールとして使用できないか？
- 現場担当者にとって OJT で活用でき、トラブルを模擬体感しながら業務遂行ができるシステムである点。
- 事故事例解析で社内事故の水平展開検討をしているが、マンネリ、形骸化しつつある。こういった視点を入れて小集団でやらせるとよいのかもしれない。
- チェックポイントの記載は、若手技術者、管理部門（事務系）には理解が困難だと思われるので、別途チェックポイントに対する解説等を作成し、教育資料としても使えるようにすべきでは。
- 現場内の教育やリスクアセスメント教育等に活用出来る。

6. チェックポイントの評価できる点：実務経験者が CP を抽出

- ベテランの方々の血、汗、なみだの詰まった CP が大量にあること。
- 実務の経験者が分析している事。

7. チェックポイントの評価できる点：事故事例からの抽出

- 過去の事故事例から抜けなくチェックできるので、類災防止、再発防止に役立つ点。
- 実際の事故事例から作成されていること。
- 過去の事故事例の教訓を活かすため、チェックポイントで確認し予防する考え方がよい。
- 事例からの教訓化、作業に対する CP の関連づけ。
- 事故事例からチェックポイントを抽出するというアイデア。これがすばらしい。
- 実際の事例から学べるのが、リアリティがあって良い。
- 事故事例の活用をしている。
- 事故事例から現場経験のある有識者が議論する点が評価できる。
- 具体的事例に結びつけた形で CP が提示されることで迫真力があると思う。
- 類似作業/プロセスでのトラブルであっても未経験のものは的確な予防がとりにくいが、他社での取り組みを通じて、ピンポイントで活用できる。

8. チェックポイントの改善すべき点：CP の重み付け

- 重大事故を防ぐための重要なチェックポイントを提示して欲しい。
- 重要なポイント、付属的なポイントをランク別に分けるのが良いのではないか。

9. チェックポイントの改善すべき点：CP の数が少ない

- チェックポイント項目が少ないように思われる（事例がまだまだ少ないため）。
- CP の数を増やす。

10. チェックポイントの改善すべき点：事件事例からの CP 抽出だけでよいのか？

- 事故がおきていないリスクについても評価してチェックポイントを検討する方向に変えていくことが必要かと思います。
- 網羅的に CP が抽出されているか確認されていますか？事件事例からだけで CP に抜けがあることはないですか？
- 過去事例だけでは網羅的にチェックするのは難しく、チェック項目が増えるばかりではないか？

11. チェックポイントの改善すべき点：その他

- Check Point の内容が何を目的としているかが分からない物がある。その場合どう Check すべきかが不明。
- チェック項目は具体的でないで結局は使用されない。
- 工程、作業を細分化することで、事例が個別具体的にになりすぎるため、ある程度共通のワードに落とし込む必要があると思う。
- 教育資料・背景資料（RISCAD そのものでは参照しにくいのでは？）。
- プロセスの変更等の際の変更管理のツールに特化される方がわかりやすく思います。
- チェックポイントを用いる対象がどこなのか、大企業？中小企業？対象となるところが使用しやすくする必要があるのであるのでは。
- 非定常作業ばかりだとチェックポイント作成の手間が多くなりそう。
- 内容が非常に多彩となるので、迅速に必要なものが取り出せるようにする。
- アイデアは非常に良いと思うが、現場に直接持ち込む前に、設計者、管理者が実機のどこをどの様にチェックするか？に展開する工程が必要であり、現場での使用は想定する必要はないと考える。

12. 検索システムの評価できる点：オフラインでも使用できる点

- オフラインで使用できること。
- オフラインでも使えること。
- オフラインでも使用可能。

- オフラインでも使える機能があること（現場でチェック見直しも出来る）。
- オフラインでも一部機能が使用できる点。
- オフラインでもチェックポイントの入力ができること。

1 3. 検索システムの評価できる点：各社オリジナル CP を追加できる

- 各社でカスタマイズできること。
- 自社事例の追加ができる点。
- 自社のチェック項目を追加できる点が良い。
- 検索システムへの自社 CP の取り込み。
- 自由に CP が追加できる点もよい。
- 各企業の個別の現場で、作成できること。
- 各社でアレンジして使用できるという点をもっと説明されると自社で使うイメージができると思いました。
- 「国や公共機関の追加登録」と「自社の追加登録」をスムーズに抜けなくできるシステムが望ましい（管理者の立場として）。

1 4. 検索システムの評価できる点：利用できる端末の種類が多い

- 今後、現場点検にタブレットを活用する計画で、それに反映できないかと考えている。
- パソコンでもタブレットでもスマートフォンでも使えるところ。
- タブレット使用可はよい。
- PC 以外でも使えるところ。
- タブレットで使えることで、関係者の間で速やかに共有化できる（ただし、化学工場では、現場に持ち込める機器に制約あり。クリアされているか？）。
- 利用できる端末の種類が多いこと。
- 使用機器を選ばないことはよい。
- OS を選ばないところがよい。

1 5. 検索システムの評価できる点：インターネットに接続されている

- ネットワーク環境のパソコンがあれば見ることは便利。
- クラウドに対応しているところ。複数の人が価値を共有できること。

1 6. 検索システムの評価できる点：その他

- 業種を超えて使えるようにしている点は良い。

- アイデアが良い。プラント系の事例なので自社でもその他の製造業への展開ができな
いか、検討したいと思う。
- 原因究明プロセスが解りやすい。
- 具体的に何をするのか分かり易いので現場では活用しやすい。
- 容易に使用できそう、使い勝手が良さそう、手軽（データ管理）、手軽に欲しい情報が
早く検索できるところ、欲しい情報を早い時点で抽出できる点が良いのではないかと。
- RISCAD の元事例とリンクされているところ。
- RISCAD の事故まで紐付けられるのは良いかも。
- 履歴機能、エクスポート機能は便利と思います。
- 事業所内の予定も確認できる点。
- 他部署と連携した非定常作業に使えるようである（フォローアップが拡大）。

17. 検索システムの改善すべき点：インターフェース等

- UI が研究者好みのデザインだと感じる。もっと簡素に。
- トップ画面がもう少し分かり易くなると良い（全体の作業が概観できるように）。
- チェックポイントのデフォルトは” NO” であるべきでは？
- チェックが Yes、 No の 2 択で十分なのかが少し気になった。チェックが No の時に
強制的に事故事象を提示するといった、強制的な教育的な機能は？
- 作業完了後に次への改善や CP 追加など入力後、完了としたら良い。
- 現在のソフトがどの事故事例を参考にしているかの一覧（リンク付き）があれば良い
（分野の強み、弱みが分かるため）。
- 他機関のデータも横断検索できると良い。
- 物質や機器を選択して行く際に、何点の CP がひっかかっているかがわかったほうが
良い。
- ウィザード形式で問いかける UI はいかがでしょうか（RISCAD 上で）。
- 紙媒体で手軽に入手出来るものが良い。
- 毎年エクセル版を出して欲しい。エクセル版だと自分で追加できる。
- 重複したログイン等にどう対応しますか？

18. 検索システムの改善すべき点：インターネット接続では使いにくい

- オンラインが必須？なところ。会社外のクラウド等のサーバーアクセスには制限がか
かるため、使用シーンが限られてしまう。
- 社外のインターネットにアクセスすることなく使用したい。

- オフラインで試用できないと、利用がむずかしい。
- クラウドでの運用は重くないですか RISCAD のリンクのためにはしょうがないのでしょうか。
- ウィルス感染。アタック対策を確実にして欲しい。

19. 検索システムの改善すべき点：その他

- アカウントを配布して欲しい。
- 単なる CP の抽出機能だけできるアカウントがあるとよい。システムはカスタマイズが必要になるので別途にした方がよい。
- YES・NO 判定の根拠は確認する事ができるのか？
- チェックリストと Yes/No だけでは何の作業か特定できない。色々な現場で同様の作業が行われる事がある。しかもいつやるのかなかなか決まらないケースも多い。
- 今後 IoT と関連したプラント運営ソフトとなればと思う。
- 検索システムがわかりにくい、検索機能を強化すべき。
- ユーザー参加費で育っていくシステムになるとよいですね。
- システムを利用した企業の発表会、ユーザー会を立ち上げてはどうか。

20. 社内業務との関連でのご意見

- キーワードは3分類ですか？現場から見ると操作関係が欲しいのですが。
- 業務プロセス毎に CP リストする方法は面白いと思う。現状の CP で対応できるか不明だが、工程別（機器別）の設計ポイント CP をリストしてもらえば参考になる。
- 各社の作業手順との関連がわかりにくかったので、実際に活用するイメージがつかみにくかった。これがわかれば良い点のイメージもわくのでは？
- 作業指示とチェックポイントシステムからの指示の位置付けについて社内で検討が必要と思われます。
- 作業名、作業予定のデータとその紐付けが必要。
- A 社の使い方が自分と同じイメージ（変更管理の際の利用）。

21. 継続希望のご意見

- 説明会の継続をお願いします。
- 具体的に現場がどう改善出来るのか？などのセミナー説明会にしてほしい。
- 定期開催していただきたい。
- 今後も継続して欲しい。

- 今後も継続して説明会を開催してほしい。
- チェックポイント集の問題はありませんが、ある程度の知識を持っていないと有効活用できないリスクがあると思いますので、継続したセミナー等をお願いします。
- 重大事故が多く登録されており良い。是非リソースを確保し、活動を継続して頂きたい。今後も化学工業の重大事故の CP を継続的に登録していただけると、社内でも PR しやすい。
- DB、チェックポイントの管理・追加は続けていただきたい。

2.2. 否定的なご意見

- いつまでこのシステムが運用されるかわからない中で、業務に利用することはできない。リスクが大きすぎる。
- 現場の人間に難しいややこしいシステムが理解できるか？いかに理解させるのか？
- 現場に行って実用的な使い方を考えた方が良い。今日の説明では、色々な機能は良いが、毎日、多くの作業が各部署である中で、使うことが想定されているとは思えない。ハコだけできたイメージが強かった。
- 危険物エリアで非防爆機器は利用できない。現場安全に使用出来るか？

2.3. 肯定的なご意見

- 現場で使えそうなデータベースになりつつあると感じた。
- まだまだという印象だが、企業間でつなげる、向上できるシステムとして大きく期待。
- チェックポイント集がレビューされ、あと数年経つとすばらしいものになってくるような気がします。

2.4. ご要望

- 事故からの分析であるが事故が防止できた事例やトラブル減少例があると興味がある。
- 消防法等の法令規制におけるチェックポイント＝点検・設備要件を含むこと。

3.4 鹿島地区における説明会

鹿島東部保安対策連絡協議会主催のもと、鹿島コンビナート地区（茨城県神栖市）における説明会を平成 30 年 8 月 24 日（木）に開催した。鹿島コンビナート地区に事業所を置く 9 社から 104 名が参加した。当日のプログラム（表 3.2）は東京会場および大阪会場におけるプログラムと基本的に同じである。

表 3.2 鹿島地区における説明会プログラム

講演	演者所属・氏名
14:00-14:10 主旨・経緯説明	産総研 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ 中島農夫男
14:10-14:50 事業概要説明と対象事故事例の紹介 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	産総研 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ 牧野良次
14:50-15:10 現場保安チェックポイントの具体例	産総研 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ 中島農夫男
15:10-15:20 休憩	—
15:20-15:50 現場保安チェックポイント集検索システム Ver.2 の操作	産総研 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ 鈴井真紀
15:50-16:00 質疑応答	—

4 アプリケーション（検索システム）活用事例の作成

4.1 概要

アプリケーション（チェックポイント集検索システム）に関しては、平成 28 年度調査研究の現地評価において議論があった「業務プロセスに対する一連のチェックポイントを収録したライブラリ」を作成する機能を実装し、チェックポイント集を活用する事例として実際にライブラリを作成した。ここで言う「業務プロセス」とは、事例として取り上げた特定の事故においてなされていたであろうと想定される一連の業務のことである。

4.2 活用事例作成方法

4.2.1 業務プロセス表の作成

検討会精査ワーキングにおいて、実際の事故事例に基づいた業務プロセス表を作成した。対象となる事故事例は、平成 27 年度調査研究において解析し、今年度の精査ワーキングで

精査の対象となった下記の事故とした。

発災年月日	事故名称	発災地名	RISCAD 事故 ID
2014/01/09	水冷熱交換器の洗浄作業中に爆発	三重県四日市市	8440

上記の事故について、業務の工程、すなわち業務プロセスを想定し、業務プロセス表として作成した。

表 4.1 「水冷熱交換器の洗浄作業中に爆発」の事例から想定された業務プロセス表

No	業務プロセス
1	熱交換器体積危険物の特定と発火メカニズムの解明
2	熱交換器堆積危険物による火災事故・トラブル事例の活用
3	危険物堆積熱交換器の運転管理
4	熱交換器の危険物堆積防止策
5	危険物堆積熱交換器の開放清掃時の安全対策
6	危険物堆積熱交換器の開放前処理
7	危険物堆積熱交換器の保全方式の決定
8	危険物堆積熱交換器の清掃延期の変更管理

4.2.2 業務プロセスに対応するチェックポイントの抽出

表 4.1 に示した業務プロセスのうち、「8.危険物堆積熱交換器の清掃延期の変更管理」に対応するチェックポイントは下記の通りとなった。

表 4.2 「危険物堆積熱交換器の清掃延期の変更管理」に対応するチェックポイント

チェックポイント No	チェックポイント
2015-565	規定された設備/機器(熱交換器)の使用期間の延長による整備遅れに対するリスク評価並びに変更管理を行っているか？
2015-566	設備/機器(熱交換器)の整備遅れに伴う危険性について危険度レベルが規定され、それに応じたリスク評価/変更管理を行っているか？
2015-568	整備時期の遅れなども変更管理がされているか？

2015-584	限られた人による判断の狭量化、危険認識の希薄化はないか？
2015-573	規定された設備/機器(熱交換器)使用期間の延長による整備遅れに伴う危険性/不安要素について認識しているか？
2015-576	長期間運転した機器の初めての停止作業で問題点を摘出、対策を取っているか？
2015-567	整備時期の遅れに伴う危険性について作業者に情報提供/周知しているか？
2015-574	整備遅れに伴う危険性の増大している設備/機器(熱交換器)事前養生による安全確保は十分か？
2015-575	不安要素について工事作業員に情報提供しているか？

4.2.3 ライブラリ化

表 4.2 で作成した業務プロセスとチェックポイントの対応表をもとにして、アプリケーションに新規のライブラリとして「テンプレート」を作成した。テンプレートはグループ化されたチェックポイントの集合であり、テンプレートを複製することで、再利用できるライブラリとしての機能を有する。

ライブラリ名称は業務プロセスの名称「危険物堆積熱交換器の清掃延期の変更管理」とし、対応するチェックポイントを抽出して関連付けた。これにより「危険物堆積熱交換器の清掃延期の変更管理」の業務を行う際には、このテンプレートを複製して、例えば「今日の作業のチェックポイント」として繰り返し利活用することができるようになった。

4.3 今後の課題

本調査研究におけるチェックポイントは実際の事故事例から抽出したものであるため、実際の業務プロセスに対応するチェックポイントがない場合がある。今後この課題に対応するためには、不足するチェックポイントを本システムのユーザー企業が必要に応じて独自に登録するといった方法が考えられる。

5 事故の発生要因（原因）の抽出・分析

本調査研究では、事故が発生するまでの事象を分析し、チェックポイントを抽出することを目的として、事故事例 8 件を選んで分析を行った。平成 27 年度調査研究および平成 28 年度調査研究で分析した事例とあわせると、合計 30 の事故事例を分析したことになる。事故事例の分析は、産総研が公開している「リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)」¹⁾において、事故の分析を行うために開発された「事故分析手法 PFA®」²⁾ (PFA : Progress

Flow Analysis) を用いて実施した。事故分析手法 PFA®によって抽出された原因に対して後述する「3M3E 分析」を行い、さらにその要因を分析した。8 件の事例から抽出されたチェックポイントをチェックポイント集という形で整理した。以下に詳細を述べる。

5.1 事故分析手法 PFA®による事故原因分析

5.1.1 事故事例の選択

本調査研究で分析対象とした事故事例を表 5.1 に示す。また、それらの事故を分析し作成した事故進展フロー図を別添 1 に示した。

表 5.1 分析対象事故事例一覧

No.	発災年月日 (検討会開催日)	事故名称	発災地名	死者数 (名)	負傷者数 (名)	RISCAD 事故 ID
1	2015/02/18 (2017/10/17)	流動接触分解設備で蒸留塔の炭化水素が逆流して電気集塵器で爆発	米・カルフォルニア州	0	4	未掲載
2	2014/09/03 (2017/10/23)	製鉄所のコークス炉上部の石炭塔内に高温(塊)炭が混入し火災	愛知県東海市	0	15	未掲載
3	2010/04/02 (2017/11/7)	製油所での水素脆化による熱交換器破裂と火災、爆発	米・ワシントン州	7	0	未掲載
4	2014/02/12 (2017/11/21)	製油所アルキル化装置の硫酸配管やブタン供給配系の非常作業中に硫酸噴出し薬傷労災	米・カルフォルニア州	0	4	未掲載
5	2017/01/22 (2017/12/12)	製油所の潤滑油製造装置の火災	和歌山県 蟻田市	0	0	未掲載
6	2014/06/03 (2017/12/19)	スチレン/酸化プロピレン併産プラントの水添用触媒交換後の初期処理で火災	オランダ・ブラバント州	0	0	未掲載
7	2013/06/01 (2018/01/16)	プロピレン精留塔の予備りボイラー切り替え時の破裂と火災拡大	米・ルイジアナ州	2	167	未掲載
8	(1) 2009/03/09 (2) 2015/06/22 (2018/01/18)	(1) アンモニア空調設備の冷媒噴出による死亡事故 (2) 仕切り板取り出し水素火災	(1) 福岡県太宰府市 (2) 千葉県原市	(1) 1 (2) 0	(1) 0 (2) 0	(1)7404 (2)未掲載

5.1.2 事故分析手法 PFA®の概要³⁾

事故事例の分析は産総研で開発された事故分析手法 PFA®を用いて行った。事故分析手法 PFA®は、利用者に複雑な事故の内容を一目で理解できるようにすることを目的として、RISCAD の中でいくつかの事例にリンクさせてきた「事故進展フロー図」を作成するための手法として発展してきた。

事故進展フロー図は、RISCAD 運用グループのメンバーが事故事例の事故調査報告書などから事故に関連する事象を時系列で抽出し、原因を考えて、原案を作成し、それを RISCAD 運用グループ全員で確認し、議論して仕上げる、という手順で行っていたが、その過程で、グループで議論することによって、お互いのバックグラウンドを補完しあって、知識や経験を共有できることがわかってきた。これは、まさに現在、企業現場で問題となっている熟練者の知識や経験の伝承や組織の安全意識の低下に対して有効な対策となる。

そこで、この知識と経験の共有を化学プラントの現場で実践できないかと考え、「事故進展フロー図を作成するための手法」を事故分析手法 PFA®としてまとめた。事故分析手法 PFA®は、単に事故進展フロー図を作成して事故を分析する手法にとどまらず、事故分析を通じて組織の安全文化を伝承し、安全意識を向上するための手法と考えている。

(1)事故進展フロー図の構成

以前は事故事例を理解するためには、数 10 ページに及ぶ難解な事故調査報告書を各自が読解しなければならなかった。しかし、それでは現場で十分に活用することは困難である。そこで、難解な事故調査報告書を読まなくても一目で事故が理解できるように整理したものを事故事例にリンクさせることにした。これが事故進展フロー図である。

事故進展フロー図は、「事故概要」、「背景」、「事故進展フロー」、「恒久的対応策」、および「教訓」から構成される。事故進展フロー図の様式を図 5.1 に示す。

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		<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>日時 時間</td> <td>事象1(事故発生前)</td> <td>事象1の備考</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>日時 時間</td> <td>事象2(事故発生前)</td> <td>推定原因1の備考</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>日時 時間</td> <td>事象3(事故発生前)</td> <td>事象3の備考</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>日時 時間</td> <td>事象4(事故発生前)</td> <td>*推定原因2の備考 **推定原因3の備考</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>日時 時間</td> <td>事象5(最終事象) 火災, 漏えいなど</td> <td>事象5(最終事象)の備考</td> </tr> </table>			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
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	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>日時 時間</td> <td>事象6(事故発生後)</td> <td>事象6の備考</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>日時 時間</td> <td>事象7(事故発生後)</td> <td>事象7の備考</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>日時 時間</td> <td>事象8(事故発生後)</td> <td></td> </tr> </table>	1	日時 時間	事象6(事故発生後)	事象6の備考	2	日時 時間	事象7(事故発生後)	事象7の備考	3	日時 時間	事象8(事故発生後)												
1	日時 時間	事象6(事故発生後)	事象6の備考																					
2	日時 時間	事象7(事故発生後)	事象7の備考																					
3	日時 時間	事象8(事故発生後)																						
恒久的 対応策	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>恒久的対応策1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>恒久的対応策2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>恒久的対応策3</td> <td></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>教訓フレーズ1: 説明文</td> </tr> <tr> <td>教訓フレーズ2: 説明文</td> </tr> <tr> <td>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																								

図 5.1 事故進展フロー図の様式

「事故概要」欄には、発生日時、場所、および概要文を記述する。RISCAD では一定のルールを定めて、この事故概要を作成している。「どこ（〇〇工場）で、何が（爆発、火災、漏えい、中毒）起きた」を最初に記載し、被害の拡大状況や消防活動などを続ける。最終的な被害は、物的被害、人的被害に分けて、それぞれこの順序で記載する。次に事故原因を記載し、最後に事故後の対応や行政による処分などを記載する。

次に、「背景」欄には事故事例の背景となった事柄や補足的な情報を記述する。事故が起きた設備の設立年代や設立の経緯、事故当時の社会情勢や事業所の状態、化学プロセスの事故であれば、関連化学物質の危険性やプロセスフローなど、必ずしも事故に直接関係のない事柄でも構わないが、事故を理解する上で役立つような情報があれば記載する。

「事故進展フロー」は、事故進展フロー図の主要部分であり、事故分析手法 PFA®を実施する土台となる。「事故進展フロー」部分は縦3列から構成される。中央列には事象を時系列に並べ、各事象において問題の有無を検討し、問題のある事象については左列にその原因を抽出する。火災、爆発、漏えいなどの最終事象に至るまでを「経過」として記載し、被害拡大や消防活動など事故後の事象は「対応操作」として記載する。右列は備考欄である。備考には各事象の補足情報を記載するほか、抽出した原因に対してその原因を抽出するに至った理由や経緯の説明を記載する。

「恒久的対応策」には「事故進展フロー」内で抽出された各原因に対する対応策を検討して記載する。さらに、恒久的対応策を普遍化したものを教訓として「教訓」欄に記載する。RISCAD では、教訓の表現方法として、簡潔で興味を持たれそうなフレーズをまず記載し、その説明文を一般的な意味とその教訓が分析した事例にあてはまる部分が理解できるように記載する。

事故進展フロー図は時間の流れを基に分析を実施するものであるため、初心者でも比較的容易に事故進展フロー図を作成することが可能である。事故進展フロー図を作成するにあたっては詳細な事故情報があることが望ましいが、少ない情報であっても相応に原因を抽出し対応策を検討することができる。また事故進展フロー図は、分析者以外の第三者が閲覧した場合に難解な事故報告書を読むよりも事故の進展や原因がより容易に理解できるといった利点がある。さらに、事故の進展を時系列に従って確認することにより事故を擬似的に体験できる効果が期待できる。

(2) 事故分析手法 PFA®の手順

事故分析手法 PFA®は以下の手順に従って分析を実施する。

- (a) 事象の時系列整理
- (b) 原因の抽出

(c)恒久的対応策の検討

(d)教訓の作成

(e)概要文のまとめ

(f)グループによる議論

手順の詳細を以下に解説する。

(a)事象の時系列整理

事象事例の分析に先立って、分析対象となる事象事例に関する事故調査報告書などの情報を精読して、内容を十分に理解する必要がある。ただし、一般に事故調査報告書などは難解であるため、事象を時系列で整理しながらまとめると理解しやすい。

事故分析手法 PFA®では、作業者および組織の行動、状況や設備、装置、化学物質および手順書の状態など全てを事象として時系列で並べる。

(b)原因の抽出

時系列で整理した事象には、どこかに事故に至った原因が隠れているはずである。そこで、各事象に問題がないかを逐次検討する。問題がありそうな事象については原因の抽出を行う。主な原因はすでに事故調査報告書などに記載されているが、残念ながら事故調査報告書には必ずしも全ての原因が記載されているとは限らない。そこで、分析者の知識や経験に基づいてできるだけ多くの原因を推定して抽出することが望ましい。ここが事故調査と事象事例分析の相違点と言える。事象事例分析では、真の原因を追及するよりも、事象事例からより多くのことを学ぶことが重要である。

(c)恒久的対応策の検討

恒久的対応策は、抽出した原因ごとに検討し、原因の数だけ恒久的対応策を挙げられることが理想的である。

(d)教訓の作成

教訓は恒久的対応策を普遍化して作成する。ただし、事象事例をより印象づけるために、教訓は1つの事象事例に対して2-4件程度に絞り込むのが望ましい。したがって、教訓を考える前に、まず、この事象事例でポイントとなる、事象事例を見る人に最も伝えたいことは何かを考える必要がある。こうした検討を行うことにより、事象事例をより印象的に記憶することができ、また、事故防止のためにまずどこに注意すべきか、どういう対策を優先すべきかを判断する能力が身につけられる。

(e) 概要文のまとめ

最後に分析結果をまとめて概要文を作成する。概要文の記載方法は本節で既に紹介したとおりである。

(f) グループによる議論

事故分析手法 PFA®による事故進展フロー図の作成は前節までの手順で一応は完成する。しかし、その事故進展フロー図には、情報源である事故調査報告書の内容と分析者個人の知識しか含まれていない。事故事例を知識化し、より有効に活用するために、数名のグループで議論し、事故進展フロー図を完成させる。ある分析者が作成した事故進展フロー図の原案に対して、分析者を含めた 4-5 名程度の異なるキャリアを持つ人たちからなるグループで事故事例について議論し、最終的に事故進展フロー図を完成させる。

(3) 事故分析手法 PFA®の効用

本調査研究とは直接は関係しないが、事故進展フロー図を囲んでのグループによる議論には次のような効果が考えられることを紹介する。

- (a) グループ内で事故の情報を知識として共有できる。
- (b) 事故の進展の見落としを補完し、違った視点で原因を抽出できる。
- (c) 原因の抽出や恒久的対応策について、他の参加者の知識や経験を共有できる。
- (d) 皆で原因を見つけ出そうという意識、組織全体の安全意識が向上される。

例えば、化学プラント現場での短時間のミーティングの中で活用するなどの方法がある。

できあがった事故進展フロー図は、事業所全体や企業全体など、さらに広い範囲に水平展開して、事故事例情報の共有と安全教育に役立てることができる。

本調査研究においては、作成されたチェックポイントから各事故事例とその事故進展フロー図を参照できるようにするが、事故進展フロー図を囲んで事故やその原因について議論する時間があれば、上述のような活用方法が考えられる。

5.2 チェックポイントの作成

5.2.1 現場保安チェックポイント集検討会

現場で活用可能な保安に係るチェックポイントは、事故事例の分析によって抽出された大事故につながる「原因」を気づかせ、危険が顕在化することを未然に防止するためのものと考えられる。チェックポイントの作成にあたっては、事故事例から抽出された原因からエキスパートが想起するものをリストアップしていくという方法が考えられるが、今後広く

現場で使えるようにするためには一定の手法として構築する必要がある。そこで、公益社団法人化学工学会（化学工学会）安全部会 事故・ヒヤリハット事例活用ワーキンググループ（HHTWG）で考案された「3M3E 分析」⁴⁾によって原因を「人」、「設備/機器」、「管理」の3つの要因に分類し、その分類結果をチェックポイント作成の出発点とすることとした。

チェックポイント作成にあたっては化学プラント現場での経験と知識が必須である。そこで、化学プラントでの現場経験を有する方に集まっていたいただき、「現場保安チェックポイント集検討会」（以下「検討会」という）を組織して、チェックポイントの作成の協力を依頼した。検討会は2017年10月から2018年1月かけて、2週間に1回の頻度で合計8回実施した。

検討会の人選にあたっては化学工学会安全部会に協力を要請し、その紹介で化学工学会産学官連携センターのシニアの化学工学技術者の活動組織である SCE・Net（Senior Chemical Engineers Network）⁵⁾のメンバーに協力を要請し、最終的に表 5.2 に示す方々に検討を依頼した。

表 5.2 現場保安チェックポイント集検討会検討員

	氏名	所属
1	竹内 亮 主査	事故分析・コミュニケーション研究所 所長 化学工学会 SCE-Net 幹事
2	井内 謙輔	化学工学会 安全部会
3	牛山 啓	化学工学会 SCE-Net
4	熊澤 信光	熊澤技術士事務所 所長
5	齋藤 興司	化学工学会 SCE-Net 幹事
6	澤 寛	化学工学会 SCE-Net 幹事
7	澁谷 徹	化学工学会 SCE-Net 監査
8	長安 敏夫	化学工学会 SCE-Net 幹事
9	中島 農夫男	産総研 客員研究員
10	若倉 正英	産総研 客員研究員

5.2.2 3M3E 分析

3M3E 分析とは、事件事例の分析から抽出された原因に対して、さらにその要因を 3M（Man：人、Machine：設備/機器、Media/Management：管理）の視点から分析し、それぞれに対して 3E（Education：教育/訓練、Engineering：技術/工学、Etc.：その他）の視点か

ら対応策を検討する手法である。一般的には、4M4E 分析や 4M5E 分析などが行われるケースが多いが、HHTWG では、分析を簡略化するために 3M3E 分析とした。

各事故事例の事故進展フロー図を基本として、抽出されたそれぞれの原因に対して 3M3E 分析を行い(厳密には対応策までは考えていないので 3M 分析である)、「人」、「設備/機器」、「管理」の視点で要因を抽出した。現場で活用されることを意図して「人」と「設備/機器」についての要因を抽出するとともに、現場保安において無視することのできない「管理」についての要因も抽出することとした。

ある事象の原因に対して 3M3E 分析を行った例を表 5.3 に示す。ここで問題となる事象として取り上げたのは「冷却器の目詰まり」である。これに対し「危険意識欠如」と「設備設計不備」が原因として抽出された。「危険意識欠如」という原因に対して、目詰まり対策が日常的に行われていたという実態を背景に、本来、非定常作業であり、危険性に十分配慮して行わなければならない作業に対する危険感覚が欠如していた、ということをも「人」の要因として分析している。これの対応策は矢印の後に書かれた「危険感覚向上の教育」となる。「設備設計不備」という原因に対しては、そもそもの目詰まり対策を設備的に行わず、毎回の作業で対応していたことを「設備/機器」の要因として分析しており、「設備改善」が対応策となる。「管理」要因として目詰まりの原因究明をせず放置したこともある。前述のとおり本調査研究では「管理」要因も検討対象とした。

表 5.3 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

3M3E 分析の結果は事故進展フロー図の原因欄の右側に追記し、別添 1 に示した。なお本調査の目的は発災場所における再発防止策の策定ではなく、チェックポイント検索システムのユーザーが自社の参考として事故を未然防止することにある。従って、より広く、多くのチェックポイントを抽出することが目的であったため、3M3E 分析は 3M のみ留め 3E については敢えて実施しなかった。この 3M3E 分析はチェックポイントの抽出と合わせて「現

場保安チェックポイント集検討会」の検討員が行った。

5.2.3 現場保安チェックポイント集検討会の進め方

検討会の進め方は、まず、分析対象とした各事故事例 1 件につき 1 名の担当検討員を決め、産総研が準備した事故進展フロー図を元に、検討会の開催前に 3M3E 分析からチェックポイント案の作成までを準備し、他の検討員に配布しておく。

その際、3M3E 分析によって「人」、「設備/機器」、および「管理」の視点から抽出された要因（3M）を書き出し、それぞれの要因を作り出す可能性のある状況を想定した。さらにこの状況を作らせないために必要な「気づき」を抽出した。この「気づき」がすなわちチェックポイントである。例えば人のエラーを事故の要因とすると、そのエラーは「異常を認知しなかった」「認知していたが判断を間違えた」「正しい対応方法が分からなかった」など、様々な状況が考えられる。実際の発災現場ではそのうちの一つ（あるいは複数）が真実であったはずであるが、それだけをチェックポイントとしたのでは不十分である。いずれの状況も作らせないチェックポイント集でなければならない。このようにして多くのチェックポイントが作成された。なお、要因が異なっても同様な状況が想定されることも少なくない。そのために同様なチェックポイントが複数現れることは必然である。

なお、各チェックポイントについて検索を容易にするためのキーワードも付与しておくこととした。

3M3E 分析結果からチェックポイント、キーワードの作成を行うために、一連の「要因」→「チェックポイント」→「キーワード」を記入するための「チェックポイント案」と呼ぶフォーマットを準備し、担当検討員は検討会開催前にチェックポイント案に分析結果を記入しておくこととした。チェックポイント案のフォーマット（要因分類からチェックポイントの部分）を表 5.4 に示す。また別添 2 に検討会で整理された分析対象事故事例 8 件に関するチェックポイント案を整理した。

表 5.4 チェックポイント案のフォーマット（要因分類からチェックポイントの部分）

3M3E 要因分類	3M3E 要因内容	チェックポイント
人	変更後の設備が抱える問題点を指摘、改善要求していない。	変更後の設備が抱える問題点を指摘し、管理者に改善を要求しているか？
設備/機器	毒性ガスの除害処理が完全密閉系になっていない。	毒性ガスの除害処理が完全密閉系でできる設備設計にしているか？

管理	一部門の危険な非定常作業方法の常態化が工場内で共有されなかった可能性	非定常作業を行う場合、その作業内容の安全分析を行い、承認を受けているか？
		非定常作業が繰り返される場合、その反復性が審議され、手順書作成に繋がっているか？

検討会は事故事例 1 件につき 1 回開催し、1 回に 2-3 時間をかけ、担当検討員が事前に作成・配布したチェックポイントの 1 件 1 件について参加した検討員全員の経験と知識を活かして検討し修正を加えた。各事故事例での議論では、設計者を含む現場の作業者に事故防止のための「気づき」を与えることを念頭に置き、さらに管理側の責任で実施すべきことも含めて検討した。

5.3 チェックポイント集の作成

5.3.1 作成の手順

各担当員は、チェックポイント検討会で議論された担当事例のチェックポイントのリストを最終的に見直し、検討会での意見の反映を行い、精査ワーキンググループに提出した。

精査ワーキンググループでは事例別のリスト第 1 回から第 8 回までを統合して、平成 29 年度チェックポイント統合リストとしてチェックポイント集作成作業のベースとした。

本調査研究では第 1 回検討会以前に「作業の分類」は前年度までとは異なる方式にすることが予め分かっていたため、この項目は担当者レベルでは記入しなかった。その他、同一の検索システムに載せるためには、精査ワーキンググループで決めた方式に従ってすべての書式をそろえる必要がある。

また、昨年度のチェックポイント集についても「物質の分類」と「作業の分類」の方法を変更したため、これに対応しなければならない。

5.3.2 キーワードの再分類

「物質の分類」「作業の分類」の変更内容は前述の通りである。「機器の分類」の方法は平成 28 年度調査研究と同様であるが、参考に表 5.5 に第一段階のキーワードを示す。

表 5.5 機器の分類キーワード

1. 容器・反応器・槽類
2. 塔類

3. 加熱・冷却・乾燥
4. ポンプ・ブローア・圧縮機
5. 分離装置
6. 配管・付属品
7. 弁各種
8. 工事車両・機器具
9. 安全装置
10. 制御システム
11. 警報・表示
12. センサー
13. 消防設備
14. 電気設備
15. 保護具
16. 非常用設備
17. 構造物・防護設備
18. 保温・断熱設備
19. 特殊場所
20. ユーティリティ
21. その他

表 5.5 の「7. 弁各種」は常識的には「6. 配管・付属品」に属するものであるが、これらをひとつの項目にまとめると第二段階の選択肢が多くなることから、システムを使用する際に不都合であるために敢えて分割したものである。

以上のルールに従って平成 27 年度から平成 29 年度のチェックポイント全てに対して「物質の分類」「作業の分類」を実施した。「機器の分類」については平成 29 年度のチェックポイント検討会で出された案のレビューを実施した。これらの作業の結果は「業務プロセス」を除いて、平成 29 年度調査研究の成果物として報告した。

引用文献

- 1) 「リレーショナル化学災害データベース」(Relational Information System for Chemical Accidents Database, RISCAD), <https://riscad.aist-riss.jp/>
- 2) 「事故分析手法 PFA」, 商標登録, 第 5580785 号(2013)

- 3) 和田有司,「産業保安と事事故例データベースの活用 -リレーショナル化学災害データベースと事故分析手法 PFA-」, シンセシオロジー, Vol.6(4), pp.219-227(2013)
- 4) 和田有司, 阿部祥子, 杉本まき子, 松倉邦夫, 中島農夫男, 若倉正英,「化学プラントの事事故例の活用に向けて-事故情報の収集と活用-」, 第 44 回化学工学会秋季大会 (2012)
- 5) 「公益社団法人化学工学会 産学官連携センター SCE・Net (Senior Chemical Engineers Network)」, <http://www.sce-net.jp>

6 現場保安チェックポイント集検索システム Ver.3 の開発

6.1 機能概要

平成 27 年度調査研究において作成した Ver.1、同じく平成 28 年度調査研究において作成した Ver.2 に引き続き、現場保安チェックポイント集検索システム Ver.3 を開発した。開発期間は説明会終了後の 2017 年 8 月下旬から 2018 年 2 月上旬であった。システム全体の構成図を、図 6.1 に示す。

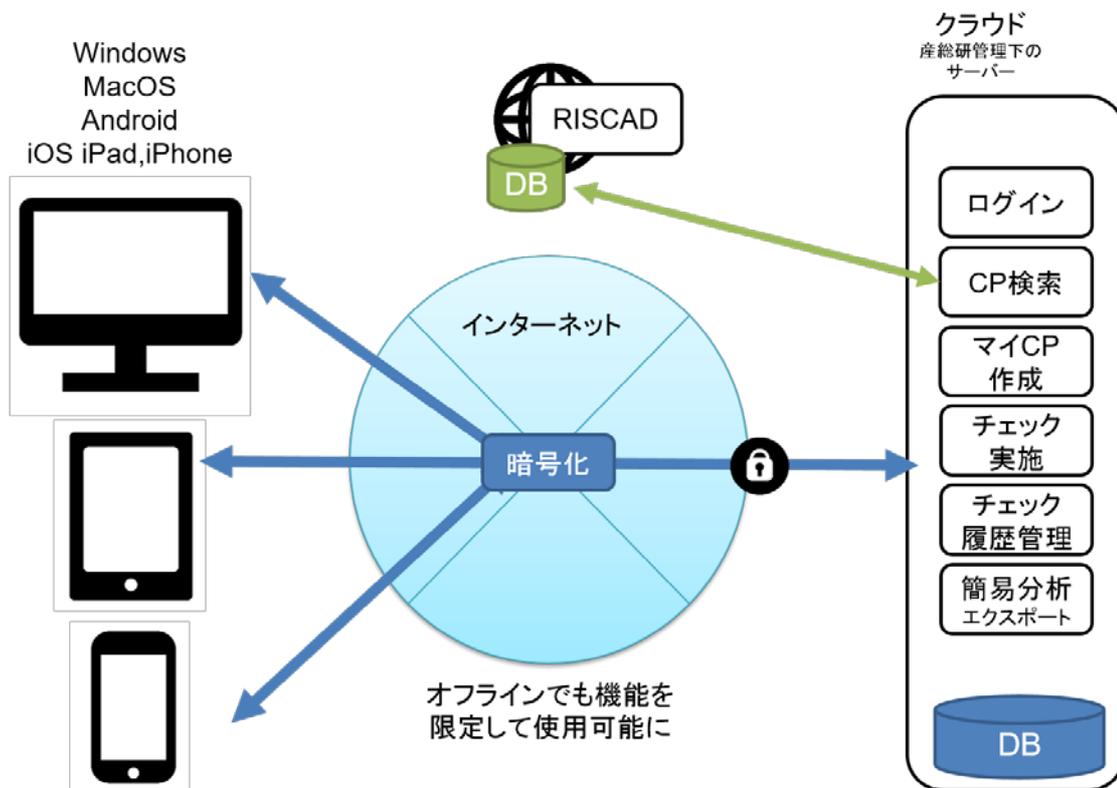


図 6.1 現場保安チェックポイント集検索システム構成図

Ver.3 では、平成 28 年度調査研究での現地評価において Ver.2 のモニターを希望した企業にシステムを試用してもらった上で聴取した要望と、平成 28 年度調査研究に関する説明会でのアンケート（3.3 節）での要望とを踏まえ、以下の機能の追加を実現した。

- (1) マスタ管理機能
- (2) CSV 一括登録インポート機能

6.2 マスタ管理機能

6.2.1 「種別」の新設

マスタ管理機能のひとつとして、チェックポイントを大きく分類する「種別」を設けた。この種別の使い方には、以下のような 2 つの利用パターンが想定されている。

6.2.1.1 産総研提供のチェックポイント集と、自社オリジナルのチェックポイントを分けて管理する利用パターン

既に自社で多くの指針等を利用している企業が、自社オリジナルの安全指針等をチェックポイントとしてこのシステムで管理したい場合の利用パターンである。例えば、以下のよ

うに種別を設定し、それぞれの種別ごとにチェックポイントを管理することになる。

（種別の設定例）

- ・産総研 平成 27 年度チェックポイント集
- ・産総研 平成 28 年度チェックポイント集
- ・安全指針
- ・安全マニュアル

6.2.1.2 産総研提供のチェックポイント集を事故ごとに分けて管理するパターン

産総研提供のチェックポイント集をそのまま利用したいユーザー企業向けの利用パターンである。産総研のチェックポイントは、事故事例で種別を設定されるため、実際の事故事例から抽出されたチェックポイントが一目でわかり、安全教育という観点からも有効な利用方法である。

（種別の設定例）

- ・ 流動接触分解設備で蒸留塔の炭化水素が逆流して電気集塵器で爆発：発生日 2015/02/18
- ・ 製鉄所のコークス炉上部の石炭塔内に高温（塊）炭が混入し火災：発生日 2014/09/03
- ・ 製油所での水素脆化による熱交換器破裂と火災、爆発：発生日 2010/04/02

6.2.2 既存項目「分類」の追加変更機能

チェックポイントの属性として設定する項目である「分類」について、Ver.2 では産総研が提供する分類のみであったが、ユーザー企業がオリジナルの分類を追加変更できる管理機能を装備した。

またこの分類は検索画面では選択肢として表示されるものがあるが、6.2.1 節で新設した種別に応じて分類（産総研のチェックポイントであれば「物質」「作業」「分類」）の表示が自動で変わるようにした。これにより、ユーザー企業がオリジナルのチェックポイントに対し、それぞれの目的にあった分類を設定することができるようになった。

6.3 CSV 一括登録インポート機能

チェックポイントを一括登録する CSV インポート機能を実装した。これにより、既に自社で多くの指針等をチェックポイントとして、このシステムで一元管理するためのデータ登録が容易になった。

またこのシステムは、クラウドでも、またユーザー企業のイントラ内にインストールして使用することもできる構成になっているが、イントラ内での運用ではデータのアップデートが常々問題となる。この機能を介することで、産総研提供のチェックポイント集を CSV で提供すれば、イントラ内運用でも最新のチェックポイント集の情報を入手することが可能となる。

6.4 システムの画面

システムの画面キャプチャを以下に示す。



図 6.2 現場保安チェックポイント集検索システム画面 (1)

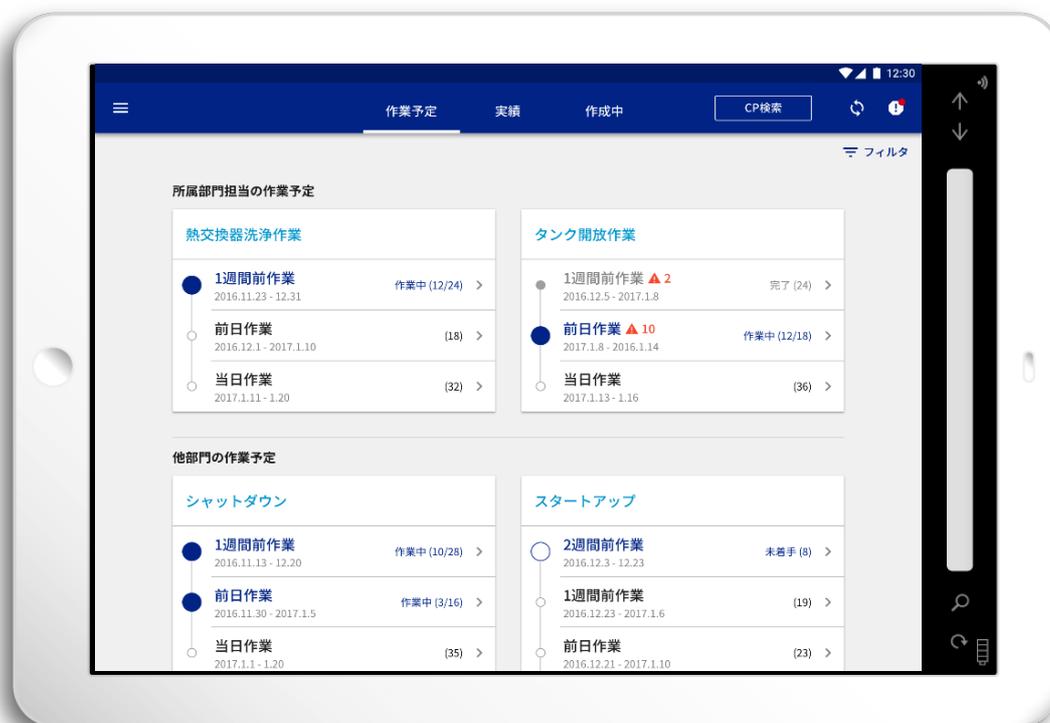


図 6.3 現場保安チェックポイント集検索システム画面 (2)



図 6.4 現場保安チェックポイント集検索システム画面 (3)

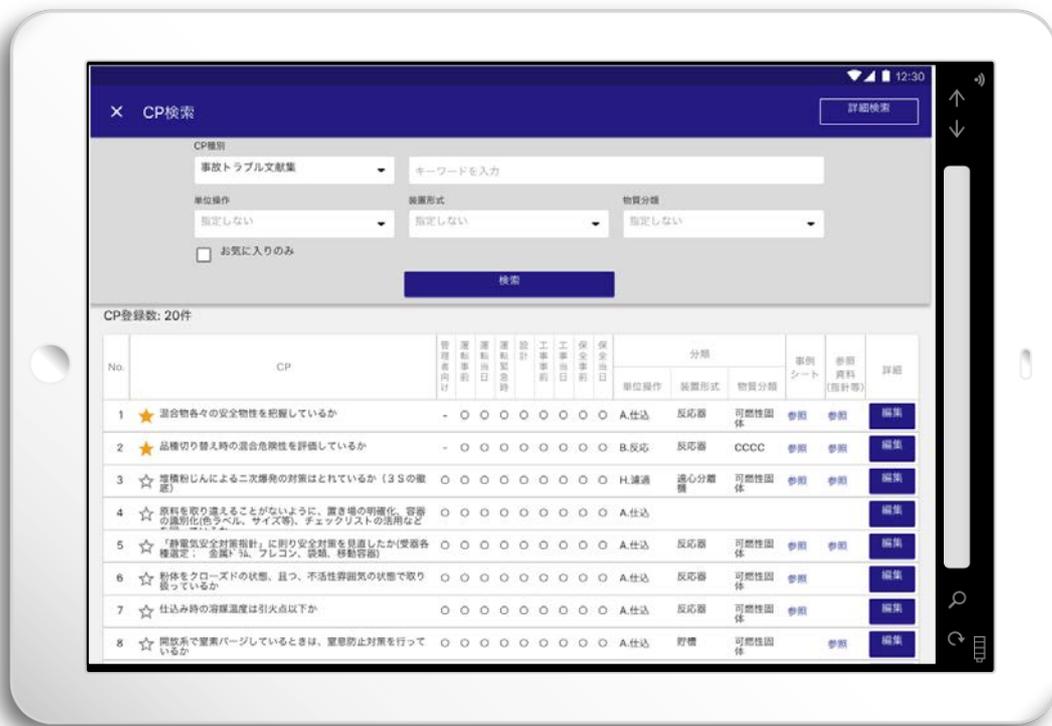


図 6.5 現場保安チェックポイント集検索システム画面 (4)

7 チェックポイント集の評価

チェックポイント集および2017年10月下旬から2018年2月中旬までの期間で開発した現場保安チェックポイント集検索システム Ver.3（6節）を実際に現場保安のために活用可能なものとするために、国内の化学プラントの事業所で現地評価を依頼した。

評価は2017年2月9日（金）に実施した。現地評価を依頼したのは千葉地区の事業所の合計2名の方々である。評価された方々の役職は、環境・安全関連部署の部長、技師である。

現地評価では、まず本調査研究の概要を説明し、チェックポイントの抽出方法を説明しつつチェックポイント集を提示し（事前に送付）、チェックポイント集検索システム Ver.3 の概要説明及びデモンストレーションを実施した。これに対して、チェックポイント集の活用の可能性、各チェックポイントの内容、分類方法、チェックポイント集検索システムの使い勝手などについて評価を受けた。

7.1 現地評価の結果

現地評価での討論の際に論点となった項目を、以下に列挙する。

チェックポイント集について

- 業界共通の安全指針として活用できるのではないか。

ライブラリについて

- 実際の事事故例から抽出されたチェックポイントからなるライブラリには、どうしても「抜け」が生じるが、その点をどのように運用するか。
 - 事事故例とは関係のないチェックポイントも提供していくべきか。
 - 「抜け」部分は各事業所、各企業が独自にチェックポイントを作っていくべきか。
 - 逆にこの程度の密度の方が、自社で活用しやすいとも思う。

システムについて

- 自社で既にチェックリストを作成し運用している企業が、このシステムを使って安全に関するチェックリストが一元管理できるようになる点が良い。
- 既に多くのチェックリストを自社で運用している企業にとって、一括で登録できる機能は有効活用できる。

7.2 評価結果を受けた今後の課題

事業所の規模によって、必要とするライブラリの密度が異なるのではないかという観点から、自社独自のチェックポイントがない事業所については、すぐそのまま現場で使用できるようなライブラリが望ましいと思われる一方で、自社独自のチェックリストが膨大にある事業所については、そのチェックリストに「抜け」「漏れ」がないか確認するためのツールとしてのライブラリのあり方が考えられる。

8 まとめ

本調査研究の目的である「さらに過去事故を詳細分析し、現場作業員が安全に作業するためのチェックポイントの抽出を行い、チェックポイント集を充実させる。また、チェックポイントを活用する為の検索システムを構築し、現場レベルでの評価を受け改善する」を達成するために下記各項目を実施した。

(1) 事故の発生要因（原因）の抽出・分析

産総研が運営する「リレーショナル化学災害データベース（RISCAD）」から 8 件の事故事例を選び、産総研で開発した「事故分析手法 PFA®」を用いて事故進展フロー図を作成するという科学的手法によって事故原因を抽出した。これを、化学プラントの現場経験を有するシニアを中心とする「現場保安チェックポイント集検討会」の検討員が、化学工学会安全部会で提案した「3M3E 分析」を用いて「人」、「設備/機器」、「管理」の要因を分析したのちに、それぞれの要因に対して、現場経験に基づく「チェックポイント」を 1,081 件作成した。作成されたチェックポイントは 8 事例分を集めて「現場保安チェックポイント集」としてまとめ、「対象者と活用場面」、および「物質」、「機器」、「作業」のキーワードで分類した。チェックポイントの抽出元となった事故事例を明示するために、当該事故事例の ID 番号（産業技術総合研究所が運営するリレーショナル化学災害データベース（RISCAD）における ID 番号）を付加した。以上の作業は、10 名のシニアエンジニアからなる現場保安チェックポイント集検討会を 2017 年 10 月から 2018 年 1 月のあいだに 8 回開催することによって実施した。平成 27 年度調査研究および平成 28 年度調査研究の成果とあわせて 30 事例から 3,298 件のチェックポイントを抽出したことになり、目的であるチェックポイント集の充実は一定程度達成されたと評価する。

(2) アプリケーション（検索システム）活用事例の作成

現場で作業を行う際に適切なチェックポイントを探し出すことを支援するために、キーワード検索以外に、業務プロセスに対する一連のチェックポイントをライブラリとして収録する機能をアプリケーション（検索システム）に実装した。さらにチェックポイント集を

活用する事例として実際にライブラリを作成した。事件事例「水冷熱交換器の洗浄作業中に爆発（2014年1月9日発生、三重県四日市）」に関わる業務プロセスとして「危険物堆積熱交換器の清掃延期の変更管理」を抽出し、この業務を行う際に確認すべきチェックポイントを9件抽出した。このような形式で日々行われる一連の業務にあらかじめチェックポイントを対応付けておくことにより、検索にかかる負担を軽減することが可能となった。

(3) チェックポイントの精査

チェックポイント集を数として充実させるだけでなく、質としてもより充実させることを意図してチェックポイントの精査を実施した。各年度の調査研究においてややばらつきがあったチェックポイントの内容の深さや詳細度の統一を図った。同じ意味の言葉を不必要に複数の言い方で表現することを避けるため用語の統一を図った。さらにチェックポイントに付与するキーワードの再検討も実施した。これは検索の利便性向上に寄与するものである。以上のように、本調査研究ではチェックポイントの抽出数だけでなく内容の質も改善されている。

(4) チェックポイントの説明会

平成28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）の成果の発表、およびチェックポイント集や検索システム Ver.2 の問題点や今後に向けた改善点など企業のニーズに関してアンケート調査を行い情報収集することを目的に、参加者定員を各会場100名として「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」を合計2回開催した。1回目は関西地域として平成29年7月13日に産業技術総合研究所関西センター（大阪府池田市）にて開催し参加者は62名であった。2回目は関東地域として7月20日に産業技術総合研究所臨海副都心センター（東京都江東区）にて開催し参加者は114名であった。チェックポイント集および検索システム Ver.2 の問題点や今後の改善点などに関する企業のニーズについてアンケート調査を行い情報収集した。

(5) 「現場保安チェックポイント集検索システム Ver.3」の構築

上記アンケート調査結果を受けて、「現場保安チェックポイント集」を実際に現場で活用しやすくするための「現場保安チェックポイント集検索システム Ver.3」を構築した。このシステムは、Webブラウザもしくは専用アプリケーションソフトを用いて管理者が現場に伝えたいチェックポイントを選択し、チェックポイントリストとして保存し、それをPCやタブレット端末に転送して現場で作業者が閲覧・チェックができるようにし、さらに、チェック結果を保存し、現場作業や管理者が後から確認できるようにしたものである。チェックポイントに関してコメントや写真を付与し、情報共有する機能も実装した。Ver.3では新たなマスタ管理機能として「種別」の新設、および「分類」の追加変更機能を実装した。前者はチェックポイントを大きく分類することを実現する機能であり、例えば「社内安全指

針」「操作マニュアル」という括りのもとにそれぞれ関連する「自社オリジナルのチェックポイント」を整理するといった使い方が可能である。後者はキーワード分類をオリジナルで追加できる機能である。従来、分類は「物質」「機器」「作業」に固定されていたが、オリジナルの分類によってチェックポイントにキーワード付けすることにより、各現場の実情にあった検索を可能とする環境を整えた。

(6) チェックポイント集の評価

チェックポイント集および本調査研究において開発した現場保安チェックポイント集検索システム Ver.3 を実際に現場保安のために活用可能なものとするために、国内の化学プラントの事業所で現地評価を依頼した。評価は2018年2月9日（金）に実施した。現地評価を依頼したのは千葉地区の1事業所の合計2名の方々である。評価された方々の役職は、各事業所の環境・安全関連部署の部長、技師である。チェックポイント集の活用の可能性、各チェックポイントの内容、分類方法、チェックポイント集検索システムの使い勝手などについて評価を受け、チェックポイントの表現や分類の見直しを行うとともに、対象ユーザーとなる事業所の規模によって異なる活用方法への要望など、今後のチェックポイント集とチェックポイント集検索システムの改良に向けた有意義な意見をいただいた。

(7) 最後に

平成27年度調査研究以来、3年間にわたってチェックポイント集の作成およびチェックポイント集検索システムの開発を実施した。説明会や現地評価のアンケート調査結果では、年を追うごとに本チェックポイント事業に関する企業の認知度が高まっている。本調査研究の成果であるチェックポイントが企業現場の保安向上において実際に役立てられることが期待されている。ある企業の方から「チェックポイントはベテランの汗と涙がつまったものである」とのコメントを頂いた。チェックポイントが企業で活用され、現場作業や安全管理に関わる様々な場面で役立つことを望むものである。

調査研究活動履歴

月日	内容
4月25日- 5月16日	平成29年度石油精製業保安対策事業（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）公募
5月1日	説明会に参加
6月16日	経済産業省との契約締結
6月20日	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の参加者募集開始
7月4日	現場保安チェックポイント集検索システム Ver.2.0 の試用に関するヒアリング（千葉地区）
7月13日	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（産総研関西センター）
7月20日	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（産総研臨海副都心センター）
8月14日	第1回現場保安チェックポイント集精査ワーキンググループ
8月23日	第2回現場保安チェックポイント集精査ワーキンググループ
8月24日	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（鹿島東部保安対策連絡協議会主催 保安講演会）
8月29日	経済産業省高圧ガス保安室において説明会の結果報告および平成29年度調査のスケジュール確認
9月19日	第3回現場保安チェックポイント集精査ワーキンググループ
9月29日	第4回現場保安チェックポイント集精査ワーキンググループ
10月17日	第1回現場保安チェックポイント集検討会
10月23日	第2回現場保安チェックポイント集検討会
11月7日	第3回現場保安チェックポイント集検討会
11月21日	第4回現場保安チェックポイント集検討会
12月12日	第5回現場保安チェックポイント集検討会
12月19日	第6回現場保安チェックポイント集検討会
1月16日	第7回現場保安チェックポイント集検討会
1月18日	第8回現場保安チェックポイント集検討会
2月9日	チェックポイント集の現地評価（千葉地区）
3月2日	報告書第一次案の提出

- 別添 1 事故進展フロー図および 3M3E 分析シート
- 別添 2 チェックポイント案
- 別添 3 現場保安チェックポイント集（平成 27 年度、平成 28 年度、および平成 29 年度成果の統合版）
- 別添 4 説明会アンケート用紙

別添 1

事故進展フロー図

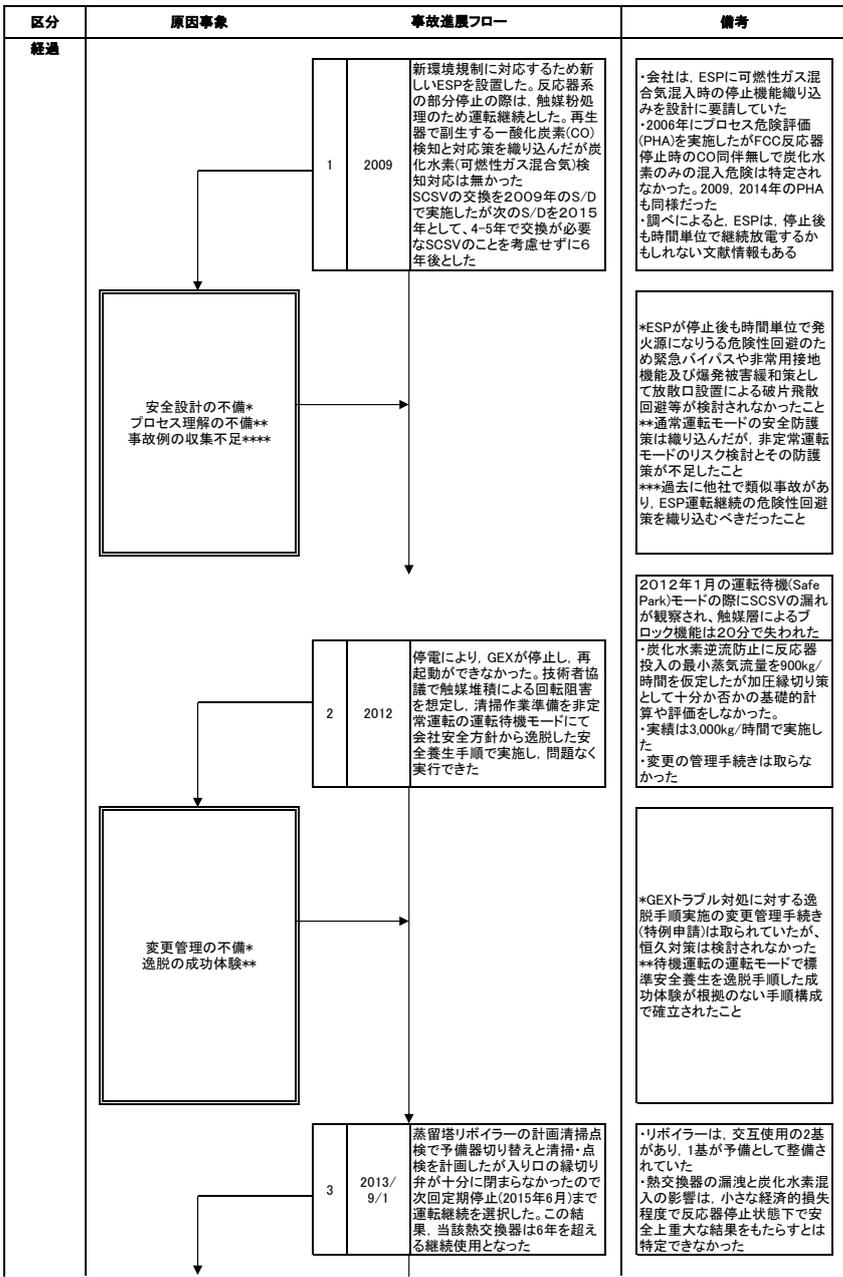
および

3M3E 分析シート

流動接触分解設備で蒸留塔の炭化水素が逆流して電気集塵器で爆発

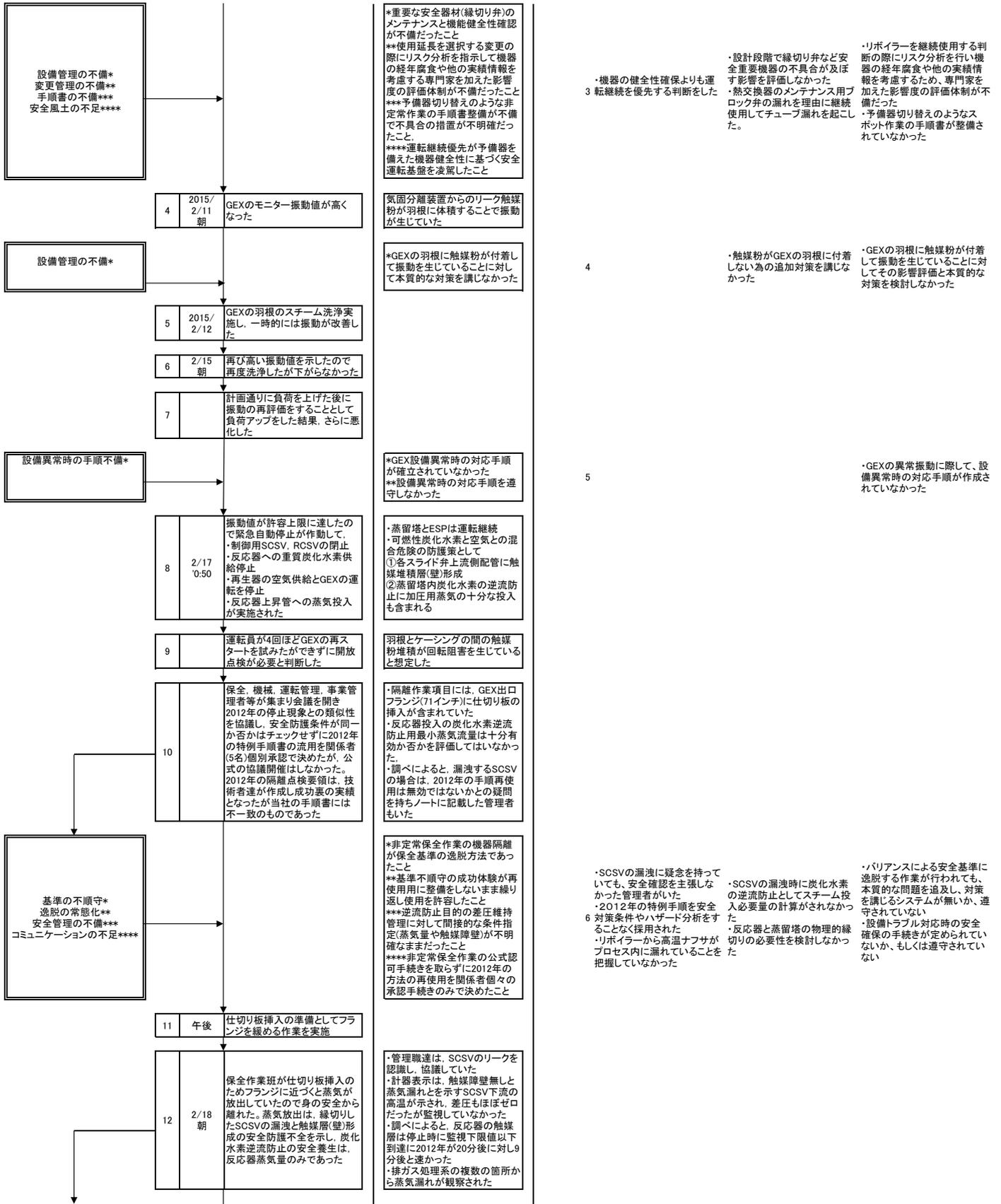
PFA, RISCAD, AIST

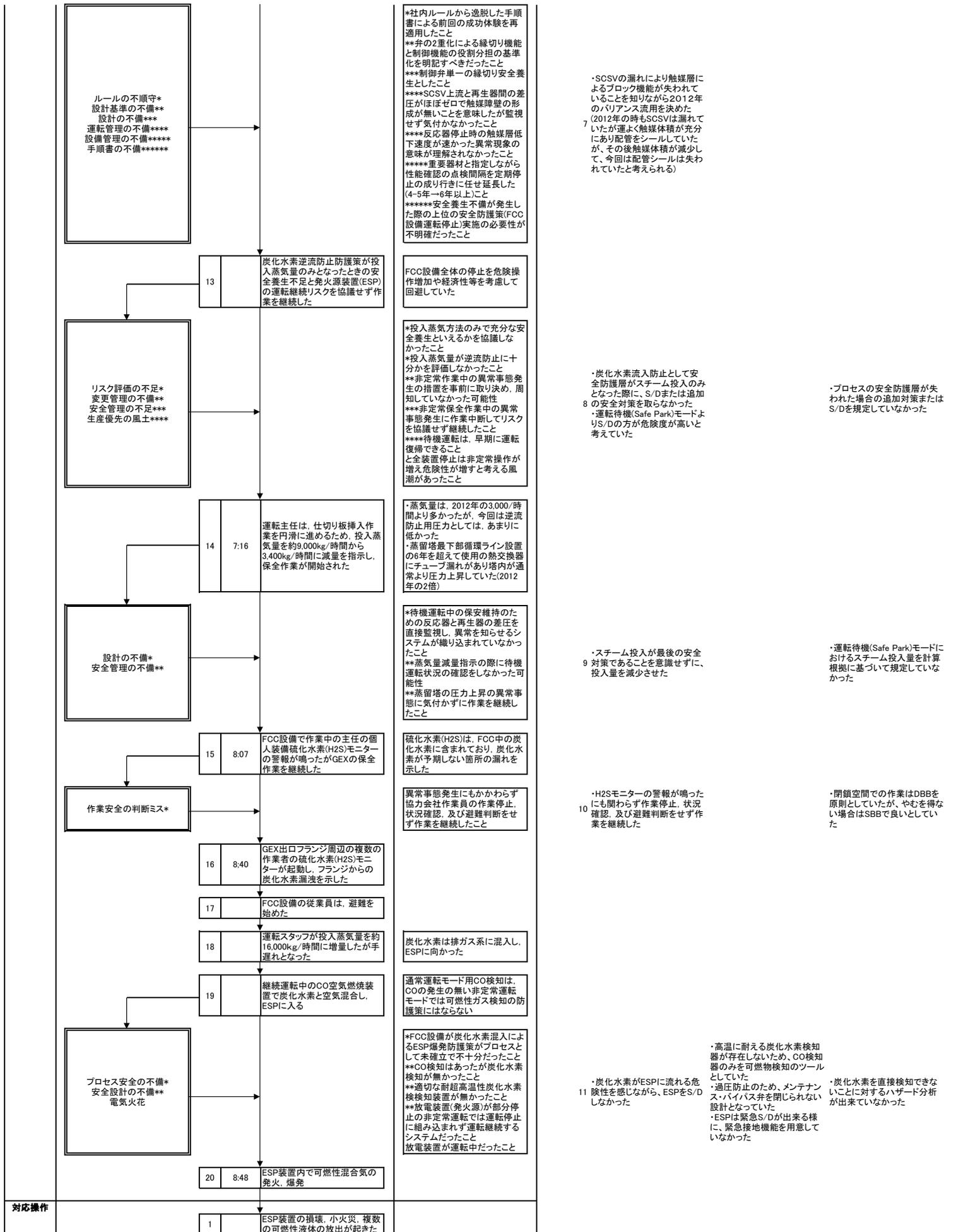
事故概要	発生日時(曜日)	発生場所
2015年2月18日(水)8時48分頃、米国・カルフォルニア州 石油精製の流動接触分解(FCC)装置でガスエキスパンダー(GEX)不調の隔離点検の準備作業の際に運転待機中の蒸留塔から防護対策が機能せずに炭化水素が逆流して運転中の電気集塵機(ESP)に混入してESPの放電を点火源とした爆発が起き、近くで作業中の協力会社員4名が負傷した。飛散したESP装置の破片が近くのアルキル化装置の毒性のあるフッ化水素酸等の貯蔵タンクに打撃を加え損傷することも起きた。原因は、運転待機装置とGEX隔離の安全防護層管理に不備があり排ガス処理系の末端まで可燃性ガスが逆流したことであった。事故調査機関(CSB*)は、事故を業界で情報共有してFCC装置のいかなる運転モードでもプロセスの安全を確立することを提起した。 *CSB:U.S. Chemical Safety Board		
背景		
・FCC設備は、炭化水素系と排ガス処理系に大別される。炭化水素系は、重質の高沸点炭化水素を流動反応器で触媒と反応してガソリンを主生成物とする低炭化水素の低沸点物を作り、下流の蒸留塔で分留炭化水素品(軽沸/中間/高沸物)が抜き出される。排ガス処理系には、流動触媒の空気燃焼再生装置→気固分離→GEX(動力回収)→CO空気燃焼と熱回収→蒸気副生→触媒微粉燃焼(ESP)が設置されている。 ・ESPの配置 2009年に環境対策上FCC設備地区の限られた空地に設置したESPは、15mの装置間距離確保を規定して他の装置とも近距離(アルキル化装置とは24m、前処理設備、ミナラル除去装置等は15m前後の距離)で配置した。 ・反応器と再生装置内の流動触媒量は、連結抜出配管設置の制御用スライド弁(SCSV)と再生触媒供給連結配管設置の制御用スライド弁(RCSV)でそれぞれの触媒層調整がされる。 ・SCSVの使用状況と検査点検間隔 (1)SCSVは、再生器行き固体触媒の流量制御弁でありブロック弁では無い。運転中は、通常少開程度であり、6年間使用の間にデスクやシール表面に摩耗が生じていた。調べによると、デスクの約103平方cmが無くなっていった。 (2)SCSVは、重要器材として定期停止の際の2000、2004、2009年に摩耗修理がされてきた。弁の劣化検査は、4-5年毎の目視点検を求めているが弁閉止テストで逆流防止の部品機能確認を実施していた。この方法は摩耗や閉止、シール性評価にはならなかった。2009年1月にSCSVは取り替えられそれ以降6年以上経過したが長期連続使用のリスク評価(変更管理)や目視点検は実施せず、次の点検は成り行きの2015年6月の定期停止となっていた。 ・GEX装置緊急停止時の排ガス処理系への炭化水素逆流防止の管理方法 (1)SCSV閉止と配管内触媒層(壁)、(2)反応器に蒸気投入による蒸留塔との加圧縁切り2重防護策があり、(1)弁閉止位置のモニター、(2)反応器投入蒸気流速(min 900kg/時間)の間接因子の確認管理であった。(1)配管触媒層間の差圧または触媒層面、(2)反応器と蒸留塔間の差圧検知、さらには差圧と蒸気量制御等の直接的な確認管理方法では無かったし、この運転モードの安全操作範囲や管理の上下限値と警報及び上位のプロセス停止操作等も設定されていなかった。		



No.	人 Man	設備/機器 Machine	管理 Media&Management
-----	----------	------------------	------------------------

	・会社の要求した可燃性ガス混入時の停止機能を採用しなかった	・ESPが着火源となる可能性の排除手段が考慮されなかった ・SCSVの余寿命予測の精度が足りなかった。	・運転待機(Safe Park)モードでのPHAが欠落していた ・過去の類似事故からESPの危険性を学ばなかった ・ESPは停止後も放電の可能性のあることを教育していなかった ・SCSVの交換を2009年のS/Dで実施したが次のS/Dを2015年として、4-5年で交換が必要なSCSVのことを考慮せずに6年後とした ・SCSVを安全重要機器と指定していたにも関わらず、安全性評価をせず、経済性評価だけで使用期間を延長した
	・運転待機(Safe Park)モードでGEXを開放するという、特例手順(1回のみ有効)作業を行い、成功したが、類似事象に対する先入観の原因となった(SCSVは漏れていたが触媒体積が十分にあり、運よく配管内に触媒が蓄積しシールとなっていたと考えられる)	・SCSVが粒状触媒の流動に曝されることで生ずる摩耗を設計で考慮しなかった ・触媒流量コントロール目的のSCSVをブロック弁として兼用する設計であった ・安全重要機器のSCSVの漏れが観察されていたにもかかわらず修理しなかった ・GEXが停止した場合、羽根への触媒堆積による起動障害を考慮した設計になっていなかった ・炭化水素逆流防止対策で水蒸気投入による方法を採用した際、リジネレータ側へのリークの可能性を考慮しなかった	・運転待機(Safe Park)モードについて安全上の必要条件を規定せず、生産継続優先の体制の原因となった ・GEXトラブル対処のバリエーション申請を吟味して恒久対策の立案および手順書作成を行わなかった





	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="359 163 391 248">2</td> <td data-bbox="391 163 662 248">爆発破片が予備熱交換器に穴を開け、近くのタンク2基(フッ化水素酸、水、炭化水素混合物とフッ化水素酸化防止用添加剤のタンク)の足場にも落ちた</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 248 391 333">3</td> <td data-bbox="391 248 662 333">近くで作業中で避難していた4名の協力会社作業員が怪我の応急手当てを受けた</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 333 391 371">4</td> <td data-bbox="391 333 662 371">触媒粉塵は、工場外近隣にも飛散した</td> </tr> </table>	2	爆発破片が予備熱交換器に穴を開け、近くのタンク2基(フッ化水素酸、水、炭化水素混合物とフッ化水素酸化防止用添加剤のタンク)の足場にも落ちた	3	近くで作業中で避難していた4名の協力会社作業員が怪我の応急手当てを受けた	4	触媒粉塵は、工場外近隣にも飛散した	<p>・フッ化水素の致死濃度:30ppm ・運転員が多用していたが空いていた建物にも破片が落下した</p> <p>一部住民は、健康面の心配をした</p>																														
2	爆発破片が予備熱交換器に穴を開け、近くのタンク2基(フッ化水素酸、水、炭化水素混合物とフッ化水素酸化防止用添加剤のタンク)の足場にも落ちた																																					
3	近くで作業中で避難していた4名の協力会社作業員が怪我の応急手当てを受けた																																					
4	触媒粉塵は、工場外近隣にも飛散した																																					
恒久的対応策	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="359 405 391 454">1</td> <td data-bbox="391 405 662 454">安全設計 COが無い状態で可燃性混合気がESP装置内で爆発を起こさぬ防護策を設置すること</td> <td data-bbox="683 405 882 454">CSB→当該製油所</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 454 391 689">2</td> <td data-bbox="391 454 662 689">安全管理 FCC設備において運転待機のような非常運転モードで炭化水素と空気の混合を防止するため以下の方針を実施すること ・安全上重要な器材の安全機能の特定 ・安全上重要な器材の故障時の影響把握 ・安全上重要な器材が必要事態に確実に機能する検査戦略の特定 ・安全上重要な器材について安全使用期間のような有効な目標の検査と修繕による維持</td> <td data-bbox="683 454 882 689">CSB→当該製油所</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 689 391 719">3</td> <td data-bbox="391 689 662 719">水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること</td> <td data-bbox="683 689 882 719">CSB→当該会社</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 719 391 801">4</td> <td data-bbox="391 719 662 801">安全管理 安全上の重要機器の検査やメンテナンス間隔の有効間隔を超える運転をする場合は、変更管理またはリスクアセスメント等のリスク評価を実施すること</td> <td data-bbox="683 719 882 801">CSB→当該製油所</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 801 391 831">5</td> <td data-bbox="391 801 662 831">水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること</td> <td data-bbox="683 801 882 831">CSB→当該会社</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 831 391 947">6</td> <td data-bbox="391 831 662 947">安全管理 運転中は、潜在的点火源であるESP装置は、精油業界内で歴史的に爆発を引き起こしてきた。ESP装置配置の危険分析を実施することと爆発被害を最小にする適切な安全防護策を管轄の全製油所に要求すること</td> <td data-bbox="683 831 882 947">CSB→当該製油所</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 947 391 976">7</td> <td data-bbox="391 947 662 976">水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること</td> <td data-bbox="683 947 882 976">CSB→当該会社</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 976 391 1106">8</td> <td data-bbox="391 976 662 1106">安全管理 逸脱手順書の防護策の見直しを実施し、改訂版は、承認と実施前に多面的な専門家チームのチェックを受けて堅実な作業方法とする。 専門家は、手順書作成者、プロセス技術者、熟練運転員、環境保安等の代表者構成とする</td> <td data-bbox="683 976 882 1106">CSB→当該会社</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 1106 391 1189">9</td> <td data-bbox="391 1106 662 1189">安全管理 上記専門家は、公式会合、協議、分析及び安全指標の調整をし、もし合意に至らなければ、最終承認のために上位管理レベルに送る</td> <td data-bbox="683 1106 882 1189">CSB→当該会社</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 1189 391 1238">10</td> <td data-bbox="391 1189 662 1238">手順書整備 FCC設備において運転待機のような非常運転モードの操作手順書を整備し、教育する</td> <td data-bbox="683 1189 882 1238">CSB→当該会社</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 1238 391 1563">11</td> <td data-bbox="391 1238 662 1563">プロセス安全 業界加盟各社のFCC設備技術者及び関連する適切な人達で当該事故の下記事項を含めた原因となる要因を議論するフォーラムを開催すること (1)ESP装置に入る炭化水素の検知方法 (2)待機運転時の炭化水素と空気の混合防止のための線切り方策 (3)(予備)待機機器の安全運転保持 (4)待機運転中の安全防護方法にSCSVの使用 (5)待機運転中の安全防護方法に反応器への蒸気投入 (6)待機運転中の反応器と蒸留塔間の差圧測定 (7)ESP装置爆発の安全装置 (8)ESP装置の爆発防止</td> <td data-bbox="683 1238 882 1563">CSB→同業産業界</td> </tr> <tr> <td data-bbox="359 1563 391 1615">12</td> <td data-bbox="391 1563 662 1615">プロセス安全 協議で得られた工業的知見を文書化して加盟各社と出席者で情報共有すること</td> <td data-bbox="683 1563 882 1615">CSB→同業産業界</td> </tr> </table>	1	安全設計 COが無い状態で可燃性混合気がESP装置内で爆発を起こさぬ防護策を設置すること	CSB→当該製油所	2	安全管理 FCC設備において運転待機のような非常運転モードで炭化水素と空気の混合を防止するため以下の方針を実施すること ・安全上重要な器材の安全機能の特定 ・安全上重要な器材の故障時の影響把握 ・安全上重要な器材が必要事態に確実に機能する検査戦略の特定 ・安全上重要な器材について安全使用期間のような有効な目標の検査と修繕による維持	CSB→当該製油所	3	水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること	CSB→当該会社	4	安全管理 安全上の重要機器の検査やメンテナンス間隔の有効間隔を超える運転をする場合は、変更管理またはリスクアセスメント等のリスク評価を実施すること	CSB→当該製油所	5	水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること	CSB→当該会社	6	安全管理 運転中は、潜在的点火源であるESP装置は、精油業界内で歴史的に爆発を引き起こしてきた。ESP装置配置の危険分析を実施することと爆発被害を最小にする適切な安全防護策を管轄の全製油所に要求すること	CSB→当該製油所	7	水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること	CSB→当該会社	8	安全管理 逸脱手順書の防護策の見直しを実施し、改訂版は、承認と実施前に多面的な専門家チームのチェックを受けて堅実な作業方法とする。 専門家は、手順書作成者、プロセス技術者、熟練運転員、環境保安等の代表者構成とする	CSB→当該会社	9	安全管理 上記専門家は、公式会合、協議、分析及び安全指標の調整をし、もし合意に至らなければ、最終承認のために上位管理レベルに送る	CSB→当該会社	10	手順書整備 FCC設備において運転待機のような非常運転モードの操作手順書を整備し、教育する	CSB→当該会社	11	プロセス安全 業界加盟各社のFCC設備技術者及び関連する適切な人達で当該事故の下記事項を含めた原因となる要因を議論するフォーラムを開催すること (1)ESP装置に入る炭化水素の検知方法 (2)待機運転時の炭化水素と空気の混合防止のための線切り方策 (3)(予備)待機機器の安全運転保持 (4)待機運転中の安全防護方法にSCSVの使用 (5)待機運転中の安全防護方法に反応器への蒸気投入 (6)待機運転中の反応器と蒸留塔間の差圧測定 (7)ESP装置爆発の安全装置 (8)ESP装置の爆発防止	CSB→同業産業界	12	プロセス安全 協議で得られた工業的知見を文書化して加盟各社と出席者で情報共有すること	CSB→同業産業界	
1	安全設計 COが無い状態で可燃性混合気がESP装置内で爆発を起こさぬ防護策を設置すること	CSB→当該製油所																																				
2	安全管理 FCC設備において運転待機のような非常運転モードで炭化水素と空気の混合を防止するため以下の方針を実施すること ・安全上重要な器材の安全機能の特定 ・安全上重要な器材の故障時の影響把握 ・安全上重要な器材が必要事態に確実に機能する検査戦略の特定 ・安全上重要な器材について安全使用期間のような有効な目標の検査と修繕による維持	CSB→当該製油所																																				
3	水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること	CSB→当該会社																																				
4	安全管理 安全上の重要機器の検査やメンテナンス間隔の有効間隔を超える運転をする場合は、変更管理またはリスクアセスメント等のリスク評価を実施すること	CSB→当該製油所																																				
5	水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること	CSB→当該会社																																				
6	安全管理 運転中は、潜在的点火源であるESP装置は、精油業界内で歴史的に爆発を引き起こしてきた。ESP装置配置の危険分析を実施することと爆発被害を最小にする適切な安全防護策を管轄の全製油所に要求すること	CSB→当該製油所																																				
7	水平展開 上記欄の実施事項を管轄の全製油所に要求すること	CSB→当該会社																																				
8	安全管理 逸脱手順書の防護策の見直しを実施し、改訂版は、承認と実施前に多面的な専門家チームのチェックを受けて堅実な作業方法とする。 専門家は、手順書作成者、プロセス技術者、熟練運転員、環境保安等の代表者構成とする	CSB→当該会社																																				
9	安全管理 上記専門家は、公式会合、協議、分析及び安全指標の調整をし、もし合意に至らなければ、最終承認のために上位管理レベルに送る	CSB→当該会社																																				
10	手順書整備 FCC設備において運転待機のような非常運転モードの操作手順書を整備し、教育する	CSB→当該会社																																				
11	プロセス安全 業界加盟各社のFCC設備技術者及び関連する適切な人達で当該事故の下記事項を含めた原因となる要因を議論するフォーラムを開催すること (1)ESP装置に入る炭化水素の検知方法 (2)待機運転時の炭化水素と空気の混合防止のための線切り方策 (3)(予備)待機機器の安全運転保持 (4)待機運転中の安全防護方法にSCSVの使用 (5)待機運転中の安全防護方法に反応器への蒸気投入 (6)待機運転中の反応器と蒸留塔間の差圧測定 (7)ESP装置爆発の安全装置 (8)ESP装置の爆発防止	CSB→同業産業界																																				
12	プロセス安全 協議で得られた工業的知見を文書化して加盟各社と出席者で情報共有すること	CSB→同業産業界																																				
教訓	<p>・成功体験のレポートに気を付ける:うまくいった非常作業手順は、将来も使われかねない。成功体験の運転データ整理と文書化の実績整備をして将来の不適切な活用リスク回避に加えて逸脱、異常発生時の多層安全処置と情報共有の仕組みも確認することが重要である。</p> <p>・止めた勇気の尊重が保安を継続する:仮に停止権限が明記されていても運転モードの停止は勇気がいる。安全最優先を実施した者を賞賛する仕組みが実行され、共有されると事故回避や拡大緩和にも通じる長期の安全基盤構築に貢献するものと考え</p> <p>・プロセス安全にゴールは無い:公知の生産プロセスも各種の運転モードを考慮した手順書や保安設備は、すべて実証と整備がされているものでもない。実運転が示した不透明な固有システム技術課題の発信と共有をして解消に努めていくことやプロセス構成や運転モード適性の定期的な鳥瞰レビューで長期安全向上につなげていくことが大切である</p>																																					

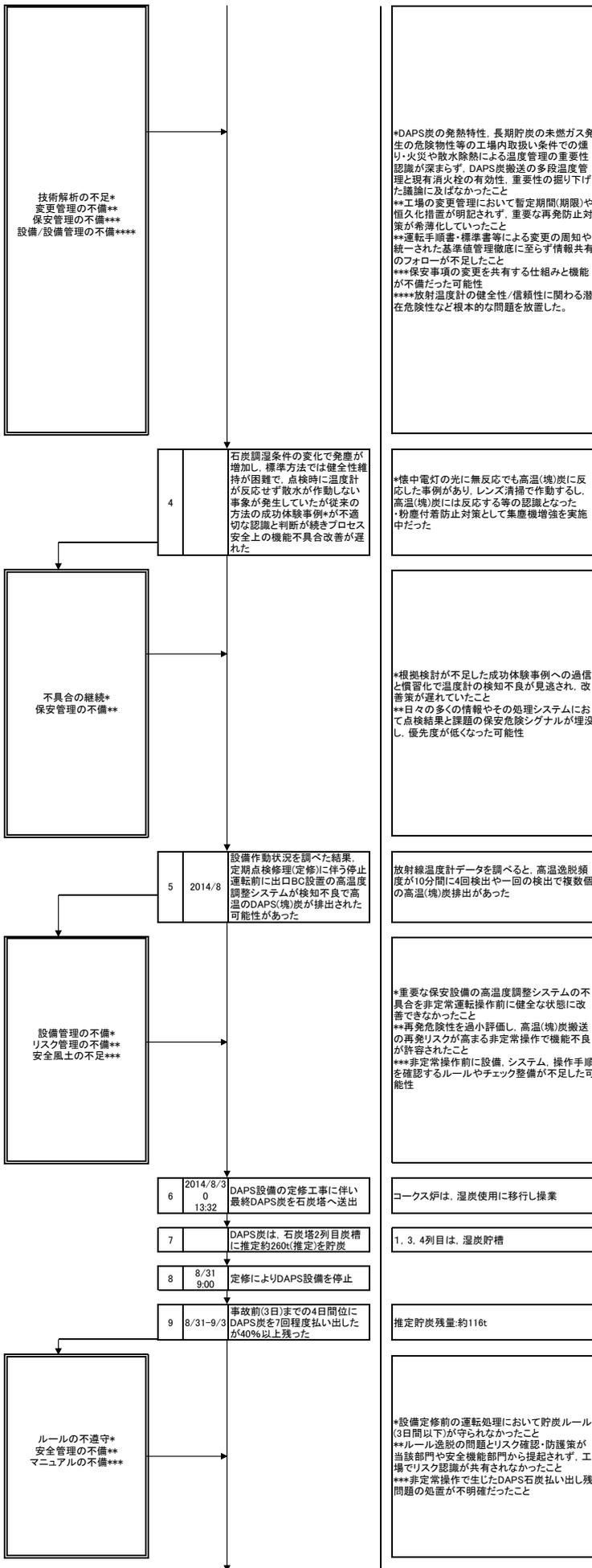
製鉄所のコークス炉上部の石炭塔内に高温（塊）炭が混入し火災

PFA, RISCAD, AIST

事故概要	発生日時(曜日) 発生場所
<p>2014年9月3日(水)12:00頃 愛知県東海市 製鉄所において製鉄用原料の一つとなるコークスの製造工程でコークス炉上部に固定設置の石炭塔において貯蔵炭に火災が発生した。初期対応活動中に、負傷者15名(従業員11名、協力会社4名)の人的被害が発生した。原因は、計画停止前の非定常の原料炭処置操作の(暫定)処理ルール逸脱の長期貯槽による自然発熱と、それを促進する高温(塊)炭の混入であった。また、初期対応対象の散水も設備に不備な点があった。再発防止対策として温度の異常上昇防止、高温石炭の混入防止、火災延焼防止の視点からの設備対応と防災管理組織体制強化、風化防止、人材育成と安全意識の向上の管理策実施が公表された。</p>	
背景(1)	
<p>・当該コークス炉設備能力 コークス生産量:1.567t/日、石炭塔貯槽量:1,000t、調湿・分級能力:510t/日 ・コークス製造工程概要 多様な石炭原料の前処理工程と石炭からコークス製造の乾留工程に大別される。前処理工程は、多様な石炭の配合と粉碎及び調湿・分級を実施して乾留工程の石炭塔へ送る。尚、調湿不要な湿炭は直接石炭塔へ送られる。調湿・分級工程をDAPS*設備と言い、原料炭の水分、粒度等の調整と微粒炭の回収を実施している。DAPSは、熱風(200℃)流動床で温度調整をして水分調整(約9→2%)と排出微粉炭を焼成回収する設備である。乾留工程は、石炭塔→炭灰車(移動搬送による各コークス炉投入)→コークス炉(蒸し焼き乾留)→押し出し・運搬(高炉)の構成である。 ・当該石炭塔 事前処理した原料炭を炭灰車へ払い出すための一時貯蔵設備で、塔下部には、炭槽(ホッパー)が列と槽に間仕切りされて設置されている。列は4列(南→北側連番)、槽は各列に5槽(西→東側連番)あり各列に異なる原料炭の搬入が可能。一回の払い出し量は、約21t、約50回分の貯蔵が可能。搬送コンベアは、2系列が連続し、1、2槽行(コンベア-1)と、3、4、5槽行(コンベア-2)の搬送に区分される。尚、また別のコークス炉行きコンベアも中継点として連続されている。塔は、高さ17.5m(内下部11mがホッパー設置部)、4列の炭槽長さは、19mある。 ・石炭塔の異常検知システムとその設置位置 塔建屋内にサーモピュア、一酸化炭素(CO)濃度計、光ファイバーが設置されている。サーモピュア(5ヶ所):塔の北側(4列目)の3、4、5槽側角①、同じく北側角(4列目、1、2槽側)②、東側(2列目、3、4、5槽側)、南側(一列目、1、2槽側)③、3、4、5槽側 ②CO濃度計(2、3列付近に5ヶ所、100ppm以上を10分連続検知で警報):東側に2箇所(槽上部と槽外)、2、3列の槽上部に2箇所、西側に1箇所(槽外)光ファイバー温度計:石炭塔の南北両側20m、東西両側14.3m、2つのベルトコンベア両端に沿い敷設 *過去の類似事故 (1)1997年3月27日 当該製鉄所の石炭輸送コンベア火災事故 (2)2013年7月23日 当該製鉄所の石炭塔石炭塵リフトトラブル ・未燃ガス火災(バックドラフト)現象:消防研究センター 燃焼している部屋から外部に吹き出す強い気流(ドラフト)がこの現象を特徴づける。フラッシュオーバーが、空気供給をうけながら火災拡大していく過程で起きるのに対し、バックドラフトは、空気不足でいったん火災成長が抑制された後に発生する。気密性の高い室内で火災が発生すると、空気があるうちは火災が成長するが、空気が少なくなると爆発したような状態になる。しかしこの段階でも火種が残り、可燃性のガスが徐々に室内に充満し不用意に新鮮な空気が火災室に入り込む火種が着火源となり、今まで燃えなかった可燃性ガスが爆燃する現象。</p>	
背景(2)	
<p>・DAPS炭の物性試験とシミュレーション (1)加熱挙動:可燃性ガスCO(一酸化炭素)と微量の炭化水素が約250℃から発生し、400-600℃の温度域で多量発生となる。 (2)自然発火試験 a. 標準(SIT)機器分析試験法:試験開始(初期)温度による誘導期間後の急激な温度上昇時間(日数)が異なる。 ・100℃→0.2日、90℃→約1日、80℃→3日間以上 b. ベール在試験(断熱影響評価条件) DAPS炭充填量 約3kg、高さ100mm)、300℃以上に連続温度上昇と白煙の連続確認を「急激な温度上昇」と定義 ・120℃→0.7日、110℃→1.0日、80℃→2.4日、70℃→5日以上となった。 高温炭混入(温度 200-250℃、重量 100-300g)の想定試験 ・70℃(250℃/300g)→1.1日、80℃(250℃/300g)→0.9日となった。 高温物の温度高低や重量変化からは若干自己酸化発熱に影響することを把握 (3)炭槽計算シミュレーション 条件:自然空気流入、初期石炭温度 70℃、貯槽炭量 100t、高温塊炭温度 250℃、高温塊炭量 1.5kg 結果:3日後には300℃以上の高温域が生じ、高温(塊)炭が混入した場合、自己酸化が促進され急激な温度上昇を示された。 (4)DAPS炭の可燃性ガス(ほぼCO)生成量推算 空気雰囲気下で可燃性ガス生成速度を測定し、生成量を試算した。生成速度は、操作温度300-600℃領域で急増(5.4-8.1(μL/mg/分)した。残炭量(1-4)が9回目払い出し終了から火災事故に至るまでの23分間で生成する可燃性ガス量(立法m)を推算した。推算結果は、3、4、5槽の総容量266立方mに対して、残炭1tで、300-400℃域で約300-400立方m、500-600℃域で約1,100立方m、2tで300-400℃域で約650-750立方m、500-600℃域で約2,250立方mを示し、多量のCO生成に十分な残炭量であったことが検証された。 ・一酸化炭素(CO)の安全データシート(SDS)抜粋 危険有害性:極めて可燃性・引火性の高いガスで加圧ガスは熱すると爆発のおそれがあり、吸入すると有毒(気体)である。 許容濃度:日本産業衛生学会勧告値(2005年版): 50ppm(57mg/立方m) ACGIH(2006年版): TLV-TWA 25ppm(29mg/立方m) 急性毒性:暴露濃度が50ppm 程度から中毒症状の兆候が現れ、400ppmでは2-3時間内に頭痛と不快が生じ、600-700ppmの1時間暴露では激しい頭痛、めまい、吐き気など顕著な障害が現れる。 吸入(気体): ラットLC50(4hr) データ: 1,805ppm、1,659ppm 引火点: -191℃、自然発火温度(発火点):605℃、燃焼範囲(下限-上限):12.5- 74.55vol.%</p>	

区分	原因事象	事故進展フロー	備考												
経過		<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>1997/3</td> <td>調湿/分級(DAPS)設備の高温(塊)炭排出が塊積石炭粉に落下しベルトコンベア(B/C)火災発生。対策として出口BCに温度逸脱検知調整システムを設置した。</td> <td>*2段の放射温度計/自動散水装置設置による高温(塊)炭のBC搬送防止対策(DAPS設備出口管理温度88±5℃)に対し、1/2段目が90℃/87.5℃の検知で2段の自動散水装置を設置</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>設置した放射温度計は、毎日点検*して日報に記録し、粉塵等の影響による作動不良時には清掃を実施した。また、定期的な校正も実施し機能維持に努めていた。</td> <td>*温度計に懐中電灯を照射する模擬テスト</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2013/7</td> <td>他の石炭塔内でのDAPS炭の塵リフト発生対策で暫定処置として貯炭日数を3日間以下を設定した。放水後の払い出し対応が軽微な塵りに留まり、原因や対策の技術的深掘りが強く、管理指標のみの対応にとどまった。</td> <td>暫定日数は、設備修繕の観点で定められ、技術的根拠は薄かった。</td> </tr> </table>	1	1997/3	調湿/分級(DAPS)設備の高温(塊)炭排出が塊積石炭粉に落下しベルトコンベア(B/C)火災発生。対策として出口BCに温度逸脱検知調整システムを設置した。	*2段の放射温度計/自動散水装置設置による高温(塊)炭のBC搬送防止対策(DAPS設備出口管理温度88±5℃)に対し、1/2段目が90℃/87.5℃の検知で2段の自動散水装置を設置	2		設置した放射温度計は、毎日点検*して日報に記録し、粉塵等の影響による作動不良時には清掃を実施した。また、定期的な校正も実施し機能維持に努めていた。	*温度計に懐中電灯を照射する模擬テスト	3	2013/7	他の石炭塔内でのDAPS炭の塵リフト発生対策で暫定処置として貯炭日数を3日間以下を設定した。放水後の払い出し対応が軽微な塵りに留まり、原因や対策の技術的深掘りが強く、管理指標のみの対応にとどまった。	暫定日数は、設備修繕の観点で定められ、技術的根拠は薄かった。	
	1	1997/3	調湿/分級(DAPS)設備の高温(塊)炭排出が塊積石炭粉に落下しベルトコンベア(B/C)火災発生。対策として出口BCに温度逸脱検知調整システムを設置した。	*2段の放射温度計/自動散水装置設置による高温(塊)炭のBC搬送防止対策(DAPS設備出口管理温度88±5℃)に対し、1/2段目が90℃/87.5℃の検知で2段の自動散水装置を設置											
	2		設置した放射温度計は、毎日点検*して日報に記録し、粉塵等の影響による作動不良時には清掃を実施した。また、定期的な校正も実施し機能維持に努めていた。	*温度計に懐中電灯を照射する模擬テスト											
3	2013/7	他の石炭塔内でのDAPS炭の塵リフト発生対策で暫定処置として貯炭日数を3日間以下を設定した。放水後の払い出し対応が軽微な塵りに留まり、原因や対策の技術的深掘りが強く、管理指標のみの対応にとどまった。	暫定日数は、設備修繕の観点で定められ、技術的根拠は薄かった。												

No.	人 Man	設備/機器 Machine	管理 Media&Management
-----	----------	------------------	------------------------



*DAPS炭の発熱特性、長期貯炭の未燃ガス発生
の危険性等の工場内取扱い条件での燃
り・火災や散水除熱による温度管理の重要性
認識が深まらず、DAPS炭搬送の多段温度管
理と現有消火栓の有効性、重要性の掘り下げ
た議論に及ばなかったこと
**工場の変更管理において暫定期間(期限)や
恒久化措置が明記されず、重要な再発防止対
策が希薄化していたこと
***運転手順書・標準書等による変更の周知や
統一された基準値管理徹底に至らず情報共有
のフォローが不足したこと
****保安事項の変更を共有する仕組みと機能が
不備だった可能性
*****放射温度計の健全性/信頼性に関わる潜
在危険性など根本的な問題を放置した。

*懐中電灯の光に無反応でも高温(塊)炭に反
応した事例があり、レンズ清掃で作動するし、
高温(塊)炭には反応する等の認識となった。
・粉塵付着防止対策として集塵機増強を実施
中だった

*根拠点検が不足した成功体験事例への過信
と慣習化で温度計の検知不良が見逃され、改
善策が遅れていたこと
**日々の多くの情報やその処理システムにお
て点検結果と課題の保安危険シグナルが埋没
し、優先度が低くなった可能性

放射線温度計データを調べると、高温逸脱頻
度が10分間に4回検出や一回の検出で複数個
の高温(塊)炭排出があった

*重要な保安設備の高温調整システムの不
具合を非定常運転操作前に健全な状態に改
善できなかったこと
***再発危険性を過小評価し、高温(塊)炭搬送
の再発リスクが高まる非定常操作で機能不良
が許容されたこと
****非定常操作前に設備、システム、操作手順
を確認するルールやチェック整備が不足した可
能性

コークス炉は、湿炭使用に移行し操業

1, 3, 4列目は、湿炭貯槽

推定貯炭残量:約116t

*設備定修前の運転処理において貯炭ルール
(3日間以下)が守られなかったこと
***ルール逸脱の問題とリスク確認・防犯策が
当該部門や安全機能部門から提起されず、工
場ですら認識が共有されなかったこと
****非定常操作で生じたDAPS石炭払い出し残
問題の処置が不明確だったこと

*石炭槽の燃りトラブルに対
する危険性の認識が不十分で
あった。
*****重要保安設備である放射
温度計の機能回復、維持管
理の間に高温炭の異常検知が
できない問題を安易に捉えてい
た。

*石炭槽の燃り防止対策として
石炭槽単独の散水設備を設置
しなかった。
*****移動する高温炭の検知に
対して定点固定で測定する放
射温度計の適合性を検証しな
かった。
*****放射温度計を使用しての
高温炭検出による自動散水設
備で石炭槽の発熱/燃り/火災
が確実に抑制できるか検討しな
かった。
*****放射温度計の高温炭自
動検知による自動散水設備の
信頼性/健全性を評価/確認を
実施しなかった。

*石炭の自然発火性に対する
認識が不足していた。
*夏場の外気温上昇時に自然
発熱しやすいことを考慮に入れ
ていなかった。
*DAPSでの高温炭排出の原
因となる大きな原料炭の供給を
防ぐ抜本的な対策を実施しな
かった。
*9日間貯炭によるDAPS炭燃
りトラブル対策として安易な暫
定措置(貯炭3日間以下)のまま
放置した。
*DAPS炭の燃りトラブルの原
因究明と抜本的対策を検討す
るために、DAPS炭の発熱特
性、条件の調査を実施しなかつ
た。
①**変更管理において、暫定
措置の根拠や期限などの適用
条件を明確にしなかった。
①**変更管理において、暫定
措置のリスク評価をせず技術
的な裏付けを行わなかった。
②**変更管理において、暫定
措置の文書による周知と情報
共有の重要性に対する認識が
不足していた。
****最大貯炭期間の変更とい
う重要保安事項に関する変更
管理について、審査する仕組
みを含めて明確に規定してい
なかった。
*****放射温度計の機能回復、
維持管理の間に高温炭の異常
検知ができない問題を放置し
た。

1 ①**重要保安設備である放射
温度計の検知不良の危険性
に対する認識が不足していた。
①**重要保安設備である放射
温度計の点検による検知不良
に対して、根拠のない安易な成
功体験を拠り所として問題を
指摘しなかった。
②**運転条件変更に伴う粉塵
増によるレンズ汚れ頻度増加で
健全性維持できないという問
題2点を指摘しなかった。
②**粉塵対策を早期に行う
べきことを改善提案しなかつ
た。
***放射温度計の作動不良者
め点検結果を日報に記録する
が問題点を上司に報告しなかつ
た。

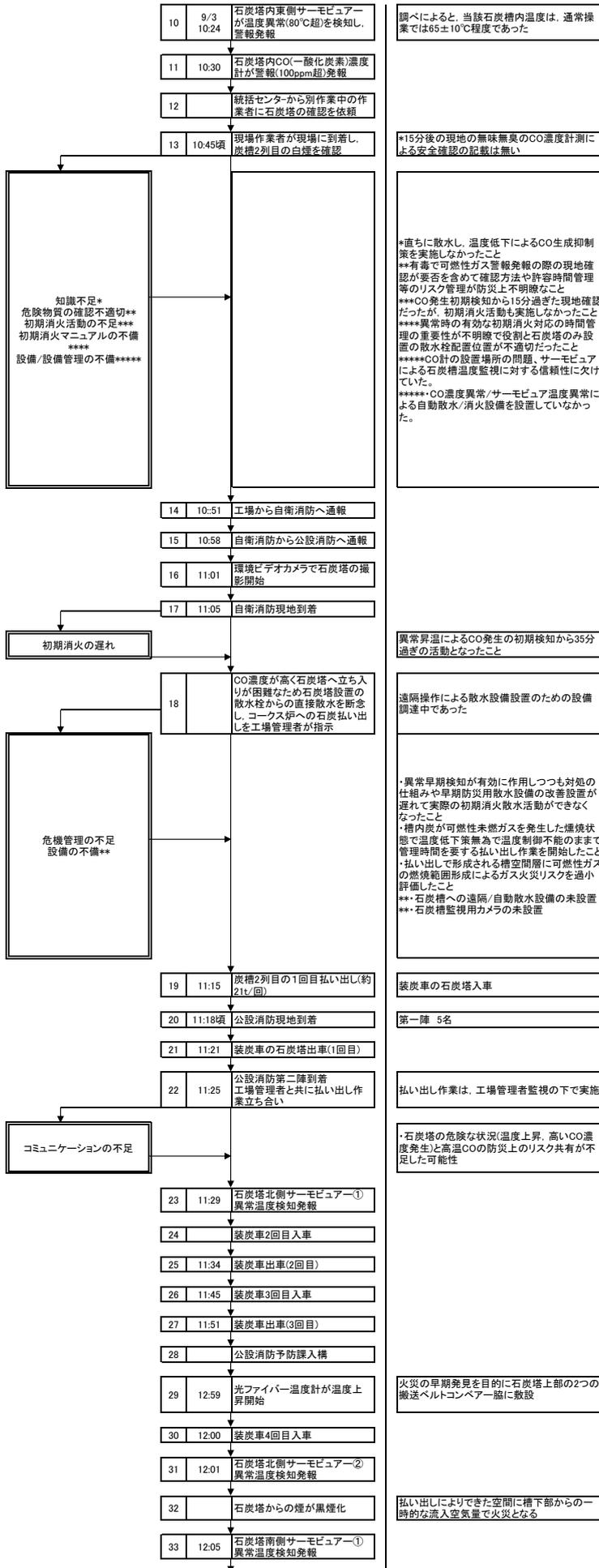
①**重要保安設備である放射
温度計の重要性に関する教育
が足りなかった。
②**放射温度計のレンズ汚れ
による作動不良の問題を正確
に把握していなかった。
②**放射温度計の汚れや維持
管理の間に高温炭異常検知機
能喪失の問題に対する認識不
足。
**重要保安設備に関する不
具合の情報/報告に注意を払わ
なかった。

*重要な保安設備の放射温度
計の作動不良の実態を詳細に
把握していなかった。
*放射温度計による温度異常
検出を見落とした。
**DAPS設備の定修に際して、
全量払出しに伴う高温炭排出
リスクが高まることに対して保
安設備の事前点検を実施しな
かった。

*重要な保安設備の放射温度
計の作動不良の詳細な実態調
査を指示しなかった。
*重要な保安設備の放射温度
計の健全性/信頼性に関する詳
細な調査を行わなかった。
*重要な保安設備の放射温度
計の作動不良に対して、早期に
抜本的な改善を行わなかった。
**DAPS設備の非定常操作
(定修)に際して、全量払出し
に伴う高温炭排出リスクが高
まることに対して重要保安設
備の事前点検を明記していな
かった。
***非定常操作(定修)前に重
要な保安設備の作動状況や維
持管理状況を確認する仕組
みがなかった。

*貯炭3日以下のルールを遵守
しなかった。
**ルールが遵守できないこと
によって生じるかもしれない
問題を指摘しなかった。
***貯炭残が残るリスクに対
して対応措置を要求しなかつ
た。

*貯炭3日以下のルールにつ
いて、指示書を発行して徹底し
なかった。
**貯炭3日以下のルールにつ
いて、関係部門にも文書を通
じて周知徹底を図らなかつ
た。
**ルール違反による貯炭量
に対するリスク認識が不足し
ていた。
**DAPS炭処理について、定
修前のリスクの洗い出しと事
前評価を実施しなかった。
**2列目のDAPS炭の監視強
化を指示しなかった。
***貯炭残の問題処理につ
いて関係部門と協議しなかつ
た。



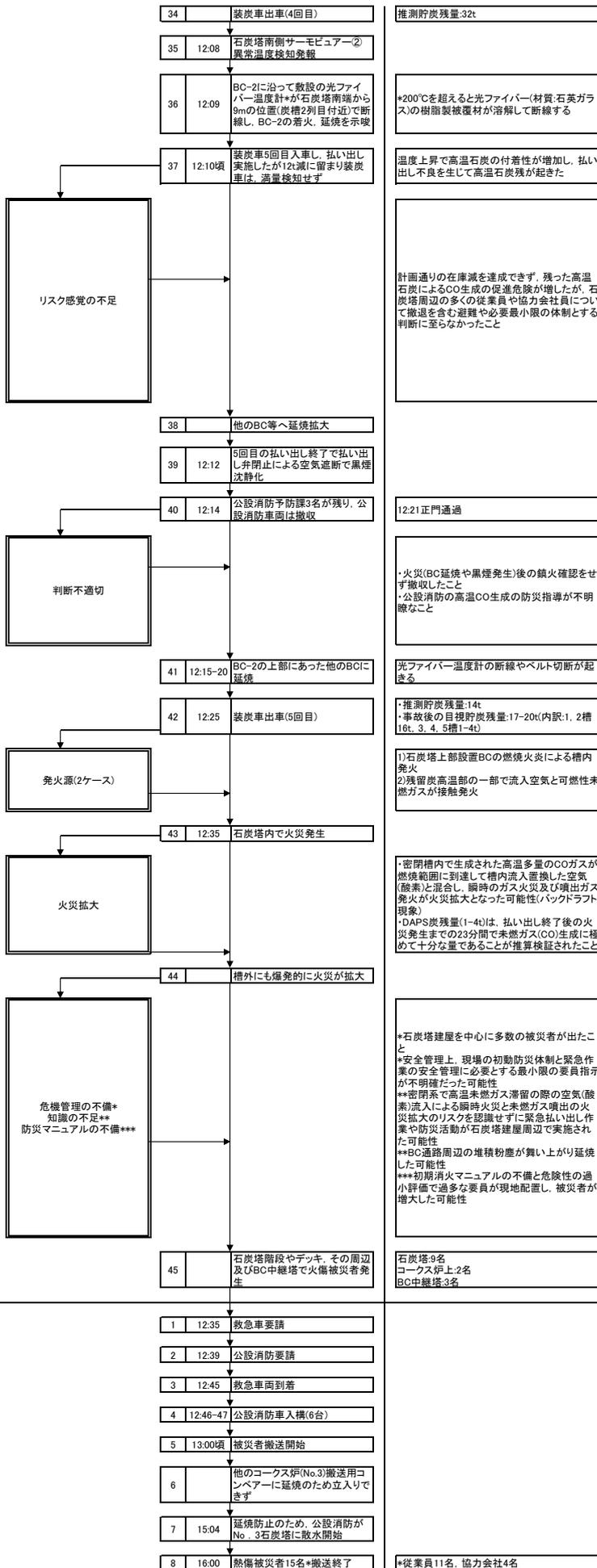
*CO濃度異常/サーモピュアー温度異常検知に対する異常確認の方法と対応の仕方を理解していなかった。
 **CO濃度異常/サーモピュアー温度異常検知に対する異常確認の方法と対応の仕方を教育していなかった。
 ***CO濃度異常/サーモピュアー温度異常検知に伴う現場確認時に、CO濃度レベルに応じた現場確認方法やCO濃度計の携行や保護具装着基準を明確にしていなかった。
 ****CO濃度異常/サーモピュアー温度異常/CO濃度異常から石炭の爆りを想定して現場確認の緊急性と初動操作を指示しなかった。
 *****CO濃度異常/石炭槽異常高温時の散水/初期消火マニュアルが不明確であった。

*直ちに散水し、温度低下によるCO生成抑制策を実施しなかったこと
 **有毒で可燃性ガス警報発報の際の現地確認が必要を含めて確認方法や許容時間管理等のリスク管理が防災上不明確なこと
 ***CO発生初期検知から15分過ぎた現地確認だったが、初期消火活動も実施しなかったこと
 ****異常時の有効な初期消火対応の時間管理の重要性が不明瞭で役割と石炭塔のみ設置の散水栓配置位置が不適切だったこと
 *****CO計の設置場所の問題、サーモピュアーによる石炭槽温度監視に対する信頼性に欠けていた。
 ****CO濃度異常/サーモピュアー温度異常による自動散水/消火設備を設置していなかった。

異常昇温によるCO発生の初期検知から35分過ぎの活動となったこと
 遠隔操作による散水設備設置のための設備調達中であった
 *異常早期検知が有効に作用しつても対処の仕組みや早期防災用散水設備の改善設置が遅れて実際の初期消火散水活動ができなかったこと
 *槽内炭が可燃性未燃ガスを発生した燃焼状態で温度低下策無為で温度制御不能のまま管理時間を要する払い出し作業を開始したこと
 *払い出しで形成される槽空間層に可燃性ガスの燃焼範囲形成によるガス火災リスクを過小評価したこと
 **石炭槽への遠隔/自動散水設備の未設置
 ***石炭槽監視用カメラの未設置

装炭車の石炭塔入車
 第一陣 5名
 払い出し作業は、工場管理者監視の下で実施
 *石炭塔の危険な状況(温度上昇、高いCO濃度発生)と高温COの防災上のリスク共有が不足した可能性
 *石炭槽の白煙を見て火災の危険性を指摘しなかった。
 *CO発生に対して毒性の危険性のみ伝え、温度上昇による火災/爆燃の危険性を伝達しなかった。

*異常検知に対する初動対応訓練を行っていなかった。
 **石炭槽の爆り/火災発生時の緊急事態に備えた消火設備の不備があった。
 ***COが発生している環境で時間のかかる石炭払い出しという作業に対して危険性を訴えなかった。
 ****石炭槽周囲のCO雰囲気下での対応マニュアルを作成していなかった。
 *****石炭払い出しによる槽内空間形成に伴う空気流入による火災拡大に対するリスクを想定しなかった。
 **石炭の払い出しという時間のかかる対応を選択するリスク管理の甘さがあった。



推測貯炭残量:32t

*200℃を超えると光ファイバー(材質:石英ガラス)の樹脂製被覆材が溶解して断線する

温度上昇で高温石炭の付着性が増加し、払い出し不良を生じて高温石炭残が起きた

* 払出が順調に進まなくなった際に、槽内で起こっている危険事象を想像しなかった。

* 払出が順調に進まなくなった際に、槽内で起こっている危険事象(温度上昇による石炭固着)を想像しなかった。
* 非常事態に対する行動計画や対応措置を明確にしていなかった。
* 非常事態の対応訓練を実施していなかった。
* 非常事態(火災/爆燃、CO濃度上昇など)に対して避難指示を出さなかった。
* 空気流入を抑えるために石炭払出の弁を全閉にできなかった。
* 火災を防ぐために窒素などの不活性ガスを投入しなかった。

8

12:21 正門通過

* 石炭槽の残炭の散水を実施していないので、鎮火の可能性が低いことを考慮しなかった。
* 火災の鎮火確認をしないで消防車を撤収した。
* 撤収前にCO濃度や石炭槽温度の確認を行わなかった。

9

推測貯炭残量:14t
* 事故後の目視貯炭残量:17-20t(内訳:1, 2槽16t, 3, 4, 5槽1-4t)

1)石炭塔上部設置BCの燃焼火災による槽内発火
2)残留炭高温部の一部で流入空気と可燃性未燃ガスが接触発火

* 着火源のないことの確認をしなかった。

10

光ファイバー温度計の断線やベルト切断が起る

* 密閉槽内で生成された高温多量のCOガスが燃焼範囲に到達して槽内流入置換した空気(酸素)と混合し、瞬時のガス火災及び噴出ガス発火が火災拡大となった可能性(バクドラフト現象)
* DAPS炭残量(1-4t)は、払い出し終了後の火災発生までの23分間で未燃ガス(CO)生成に極めて十分な量であることが推算検証されたこと

* 石炭排出弁を全閉にしたことによるバクドラフトの危険性を認識していなかった。
* 残炭の量によるCO発生の危険性に考えが及ばなかった。

11

推測貯炭残量:17-20t(内訳:1, 2槽16t, 3, 4, 5槽1-4t)

* 燃り状態にある石炭槽の周辺から避難しようとしなかった。
* 石炭槽が燃り状態にある危険性に対する危機管理意識が欠如していた。

* 緊急避難指示の徹底を怠った。
* 初動体制及び公設消防到着後の体制を明確にしていなかった。
* 空気遮断状態にある可燃物残存状態の設備の周辺での作業禁止/立入禁止を指示しなかった。
* 空気遮断状態にある高温石炭からの未燃ガスの大量発生を予測しなかった。
* ベルトコンベア周辺の堆積粉塵による火災拡大の危険性に考えが及ばなかった。
* 初期消火の体制とマニュアルに不備があった。
* 燃り状態の可燃物の危険性に対する認識/想像力が足りなかった。

12

石炭塔:9名
コークス炉上:2名
BC中継塔:3名

* 従業員11名、協力会社4名

9	20:15	公設消防許可後、当該石炭塔に放水開始
10		石炭塔以外の燃り箇所への放水実施
11	9/4 3:33	当該石炭塔鎮火確認
12	3:38	当該石炭塔放水停止、公設消防撤収
13		全環境項目は、事業所測定や行政モニタリングで基準値以下に推移し、周辺地区への影響は極軽微だった

恒久的対応策			
1	安全管理	石炭槽内に温度計を設置し、温度管理を60℃以下とする。特に、DAPS炭については60℃以下であっても最大3日以内に全量払い出す	60℃を超える場合は、速やかに(1日以内)に全量を払い出す
2	安全管理	高温石炭の石炭槽混入防止策として、高温炭を分離し別管理するために温度検知と放水設備を付けた分離ホッパーを新設する	*1既設温度検知で高温検知の石炭を分別(バッチ)管理し確実に冷却されたことを確認する
3	作業改善	粉塵抑制を目的に放射温度計付近に集塵機を設置	2014年9月末完工
4	延焼防止	燃り、火災の早期発見を目的に石炭槽内部に温度計とCO濃度計を設置する	
5	延焼防止	遠隔操作による炭槽内部、石炭塔建屋上部への放水設備を設置する	炭槽内火災とBC火災の確実な放水体制
6	水平展開	石炭塔内の石炭温度の管理値と延焼防止策を全社展開する	
7	事業所防災	防災ヒヤリや軽微トラブル対策の実施フォローを強化して防災PDCAの見直しと強化する	
8	事業所防災	コークス工場に防災専任者や技術スタッフを配置し、防災部門や技術部門との連携強化とライン管理者補佐をして防災活動強化とライン管理者の業務負担適正化を図る	
9	標準化	燃りトラブルの対応には課題*が残った。トラブルの大小に関わらず、原因究明、対策検討、技術標準書、手順書作成を明文化し、運用する	*原因の技術的掘り下げ、関連技術部門との連携、暫定処置の周知と運用等の不足
10	標準化	DAPS操業において守るべき標準類を防災強化の観点から再整備し、作業者が確認し易くすることと定期勉強会で風化防止を図る	
11	標準化	第三者機関の指導を受けながら設備毎標準類、実態との整合、文書体系の整備等の標準類の整備を推進する	
12	防災情報共有化	日報の情報で重要な安全・環境・防災情報をわかり易く識別表記する。また会議は、上記重要情報を冒頭の報告議題として共有化する	
13	防災教育	防災の重要な標準類や防災重要機器・設備が埋もれることがないように明確にして重点教育を実施する	
14	風化防止	「防災教育ルーム」を設置し、過去の事故・トラブル事例を用いた啓発活動を実施する	9月3日を「防災の日」と制定する
15	初動対応	火災に至る前の燃りや発煙の(体制構築を含む)初動対応を明確化し、実地的な教育・訓練でリスク感性の高度化を図る	
16	初動対応	防災機器警報発報時に必要に応じ確実に放水等の対応ができるように標準類を制定する	
17	危険予知	弱かった各製鉄所の防災トラブル情報共有の仕組みの率化による体質強化	2014年12月から各製鉄所の防災ヒヤリ情報の収集開始
18	危険予知	防災事故情報のリスクアセスメント手法による防災リスク抽出活動を実施し、防災感性の醸成、課題解決力の強化を図る	
19	横串組織	製造現場の防災リスク管理強化と共に潜在的な課題を含め中長期的視点での本質的課題解決の防災推進の機能部門を設置する	・2014年11月1日設置 ・基本方針 ①コンプライアンス ②現場保実力向上と防災意識改善 ③防災マネジメントレベルの向上
20	横串組織	非常対応を中心に標準類の整備不備が認められたので、標準化強化のため各製鉄所に標準化推進及び業務改善の担当者配置	・2014年11月1日設置 ・重点方針 ①標準体系の再構築 ②第3者モニタリング等を含む継続する仕組み作り
21	横串組織	コークス工程の共通防災課題、技術課題、標準類整備等を通じた基盤構築推進を目的とする機能部門の設置	2015年4月1日設置
22	人材育成	リスク(現場)に強い管理職を計画的に育成し、組織的に支援するため要求事項の再整理、プログラムの整備・充実に努める	
23	人材育成	設備、技術の高度化、複雑化、システム化に対応した防災エキスパートを計画的に育成・配置する	
24	SDSの整備	工場内の取扱い(または生成)危険物質の安全データシート(SDS)を整備し、従業員学習や公設機関との異常時コミュニケーション、リスク共有への活用を図る	・RISCAD提案 ・いつでも、どこでも、誰もが使えるSDS蓄積とネット基盤が望まれる
25	事故事例収集	密閉建屋での燃り火災で消防活動の被災事故事例*がある。高温可燃性未燃ガスのリスクと脅威を学ぶこと	・RISCAD提案 *事故事例:2003年11月神奈川県のスーパージョウ処理施設事故
26	延焼防止	新設放水設備が給水源の作動停止や大地震発生時の敷設配管健全性と給水車通路阻害の際も有効性発揮に配慮する	・RISCAD提案 ・放水による温度管理は安全の最後の砦である

製鉄所のコークス炉上部の石炭塔内に高温（塊）炭が混入し火災

27	安全組織	炉上から粉塵・塊炭がフィルタリングの埋没やフィルタリングを防ぐため工場の自律的PDCAと三現主義で解決する組織で牽引する	RISCAD提案
28	粉体管理	粉体用の種々のセンサーの長期機能維持は、容易ではない。先端検知技術情報や設置現場観察を基にした継続した改善で技術蓄積を図る	RISCAD提案

教訓

・**未燃ガス火災は脅威**: 多量の煙りと黒煙現象を伴う高温化した未燃ガス滞留は、酸素流入で管理が困難な爆発的拡大燃焼に至る。軽々に直接防火対応せず、遠隔の散水遠隔操作でガスの温度低下による発生抑制に努める被災拡大防止策が重要となる。

・**非常操作がリスク悪化を顕在化する**: 通常操作では顕在化しない小さな不具合も防護が手薄な非常条件下では寄与要因との複合作用で拡大災害を招くリスクがある。

・**異業種防災連携に寄与するSDS(IT)基盤**: グローバル標準の安全データシート(SDS)は、種々の防災公設機関とのコミュニケーションツールとしても使われている。緊急時こそ物質危険の状況把握と共有に活用する。情報技術による瞬時共有の仕組み確立が緊急時の時間管理が大切な各防災専門機関の協働成果に寄与する。

・**名(開業)医もチームオペレーションが創る**: 権限を有する防災エキスパートの育成と配置が述べられている。専門スキル支援ネットワークや新規技術・事故事例情報等の支援基盤に裏打ちされた工場のチーム活動と経験蓄積がエキスパートを創ると考える。

製油所での水素脆化による熱交換器破裂と火災、爆発

PFA, RISCAD, AIST

事故概要	発生日時(曜日)	発生場所
<p>2010年4月2日(金)0:35頃, USA・ワシントン州 米国・ワシントン州の製油所で、ナフサ留分を水添して高オクタン価ガソリンを製造する工程で使用される炭素鋼製の予熱用熱交換器が高温水素による水素脆化により破裂し、放出された高温のナフサと水素による火災、爆発が起きた。同熱交換器は設置後40年弱経過しており、6か月毎で2系列あるうちの1系列を停止して、プラントを運転しながら清掃作業を行っていたが、事故時の清掃作業において、復帰操作の最終段階でほぼ定常運転条件に到達した際に破裂が起きた。復帰操作のための弁操作と漏洩時の対応策に携っていた従業員7名が死亡した。同熱交換器の破裂の原因は、製油業界では知られた高温高圧水素による水素脆化であった。同熱交換器は、製油業界で知られている2008年最新版の水素脆化対応のネルソナー®の安全側の運転条件で設計され、運転されてきたが、U.S. Chemical Safety Board(CSB)が解析した結果、炭素鋼のネルソナー®表示は水素脆化を防ぐには不適切であり、一段と低温度に限定された範囲での使用が提言された。また、プロセス危険性評価や腐食審査の形態化や常態化した漏洩時のその場しのぎの対策が問題視され、CSBより第三者機関による定期的な安全文化調査や安全指標活動の展開が勧告された。</p> <p>* 高温水素中で耐水素浸食・脆化材料の技術基準として炭素鋼とクロム／モリブデンを含む低合金鋼の実用運転転限を示した線図</p>		
背景		
<p>・当該製油所は、1955年建設、1972年ナフサ水素化処理装置(NHT: Catalytic Reformer / Naphtha Hydrotreater Unit: 接触改質/ナフサ水素化処理装置)を設置し、処理量は、日産約4,000立方mで稼働していた。 ・ナフサ水素化処理装置は、固定触媒のナフサ水素化処理反応器(反応条件: 入口温度316°C、圧力4.1MPaG)に反応液との熱交換による予熱熱交換器(遊動頭式シェル/チューブ型)と不足する熱量を補完する加熱炉で構成されていた。 ・予熱用熱交換器は、同一仕様で製作された2系列(A/B/CおよびD/E/F)のシリーズからなり、約半年間隔で汚れた面を清掃することで運転継続を促す設計となっていた。 ・シリーズ熱交換器の材質は、高温水素浸食(HTHA: High Temperature Hydrogen Attack)による脆化対応として、API RP 941のネルソナー®(温度対水素分圧)に基づき選定された。選定材料は、反応液上流はSUS316ステンレス、中間は高温部がステンレス、他は炭素鋼、下流の低温部は炭素鋼であった。 ・破裂した熱交換器と同仕様の熱交換器Bは、熱交換部のシェル側が4区画の溶接連結施工で構成され、高温側の1区画は、炭素鋼をSUS316で被覆したクラッド鋼で他の3区画は炭素鋼であった。事故後の検査の結果、熱交換器Bも同様の長くて深い亀裂があり、一つの周方向の熱影響部で50%超に拡大し、深さは元の肉厚の1/3以上に達し、高温水素浸食が生じていたことが確認された。 ・水素脆化は、高温高圧下で原子状の水素が鋼中の炭化物(Fe₃C)と反応し、脱炭素により生成したメタンなどが金属中に留まり高圧のガスとなり、金属内部に圧が生じて脆化して最終的には割れてしまう現象である。 ・高温の可燃性ナフサ漏洩時の対応は、自然発火温度以上での危険作業となる。MSDSでは、発火点が-21.7°Cと表記され、GHSでは、-5°C以下の発火点を持つ液体を最も危険な物質に分類している。 ・最近、ネルソナー®の安全側での高温水素浸食割れの報告が見られる。その共通な特徴は、(1)材料が炭素鋼である。(2)溶接施工が溶接後熱処理が実施されていない。(3)事故後の分析で溶接の熱影響部(HAZ: Heat Affected Zone)に沿ったマイクロ亀裂発生していることである。CSBは、炭素鋼のネルソナー®以下の運転条件で少なくとも8件の製油所事故を知り、APIも2011年に炭素鋼のネルソナー®に警報を発している。したがって、炭素鋼のネルソナー®は不正確で高温水素浸食の事故防止や予測に信頼して使うことはできない。CSBは、事故の解析に基づき炭素鋼の使用許容範囲を約204°C以下、水素分圧で0.34MPa以下を提案した。 ・DMHR: Damage Mechanism Hazard Review = Corrosion Review: 腐食審査</p>		

区分	原因事象	事故進展フロー	備考									
経過		<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>1990/1</td> <td>最初のナフサ水素化処理装置の高温水素浸食に対する腐食審査者が、当該予熱用熱交換器列の中間熱交換器は、シェル側のすべての熱交換器がSUS316ステンレスで被覆されたクラッド鋼であると誤解し、炭素鋼の存在に気付かなかった</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1993/12</td> <td>設計された運転条件でナフサ水素化処理装置の腐食審査実施</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1995</td> <td>ナフサ水素化処理装置の水素分圧増加の改造について、PHAと変更管理審査を実施したが、高温水素浸食の影響の検討、評価および勧告はなかった</td> </tr> </table>	1	1990/1	最初のナフサ水素化処理装置の高温水素浸食に対する腐食審査者が、当該予熱用熱交換器列の中間熱交換器は、シェル側のすべての熱交換器がSUS316ステンレスで被覆されたクラッド鋼であると誤解し、炭素鋼の存在に気付かなかった	2	1993/12	設計された運転条件でナフサ水素化処理装置の腐食審査実施	3	1995	ナフサ水素化処理装置の水素分圧増加の改造について、PHAと変更管理審査を実施したが、高温水素浸食の影響の検討、評価および勧告はなかった	<p>・実際は4区画のうち、高温側の1区画のみがクラッド鋼で他は無垢の炭素鋼であった ・審査は従業員とグループ会社で実施した</p>
	1	1990/1	最初のナフサ水素化処理装置の高温水素浸食に対する腐食審査者が、当該予熱用熱交換器列の中間熱交換器は、シェル側のすべての熱交換器がSUS316ステンレスで被覆されたクラッド鋼であると誤解し、炭素鋼の存在に気付かなかった									
	2	1993/12	設計された運転条件でナフサ水素化処理装置の腐食審査実施									
3	1995	ナフサ水素化処理装置の水素分圧増加の改造について、PHAと変更管理審査を実施したが、高温水素浸食の影響の検討、評価および勧告はなかった										
設備仕様書不備*			<p>*腐食審査者は、炭素鋼の水素脆化について、中間熱交換器の材質をチェックし機器製作図面に基づいた確認をできなかった 1 *水素化処理工程の熱交換器の材質について、ネルソナー®から炭素鋼とした場合でも、水素脆化検査の重要性を認識していない可能性</p> <p>*熱交換器材質審査マニュアルで材質について誤解を生じない表現ではなかった可能性あり ・当該予熱用熱交換器列の中間熱交換器のシェル側材質は水素脆化の危険性のある無垢の炭素鋼であった。 ・熱交換器の設計、仕様の考案方や根拠を明確にしなかった。</p>									
安全文化不足* 審査検討体制不備** 審査要求事項不備*** 審査能力不足****			<p>*運転実績を反映せず設計した運転条件での評価を許容する風土であったこと **審査体制が腐食の専門家に偏重した可能性 ***運転実績を採用した精度を要求しなかったこと ****機器製作図面による確認がされなかったこと *****水素脆化検査に対する審査不良</p>									
審査検討体制不備* 審査要求事項不備**			<p>・水素ガスリサイクル圧縮機を設置 ・PHA: Process Hazard Analysis</p> <p>*改造のプロセス安全への影響を重視し、水素分圧変化による高温水素浸食の専門的検討が抜けた可能性 **当該審査と腐食審査の範囲が不明確で、PHAや変更管理審査のルールとして腐食への影響評価が不明確であった可能性</p> <p>*ナフサ水素化処理装置の水素分圧増加の改造について、水素分圧変化による高温水素浸食の専門的検討が抜けた可能性 **ナフサ水素化処理装置の水素分圧増加の改造について、水素脆化への影響評価と検査計画の立案をしなかった可能性</p>									

No.	人 Man	設備/機器 Machine	管理 Media&Management
-----	----------	------------------	------------------------

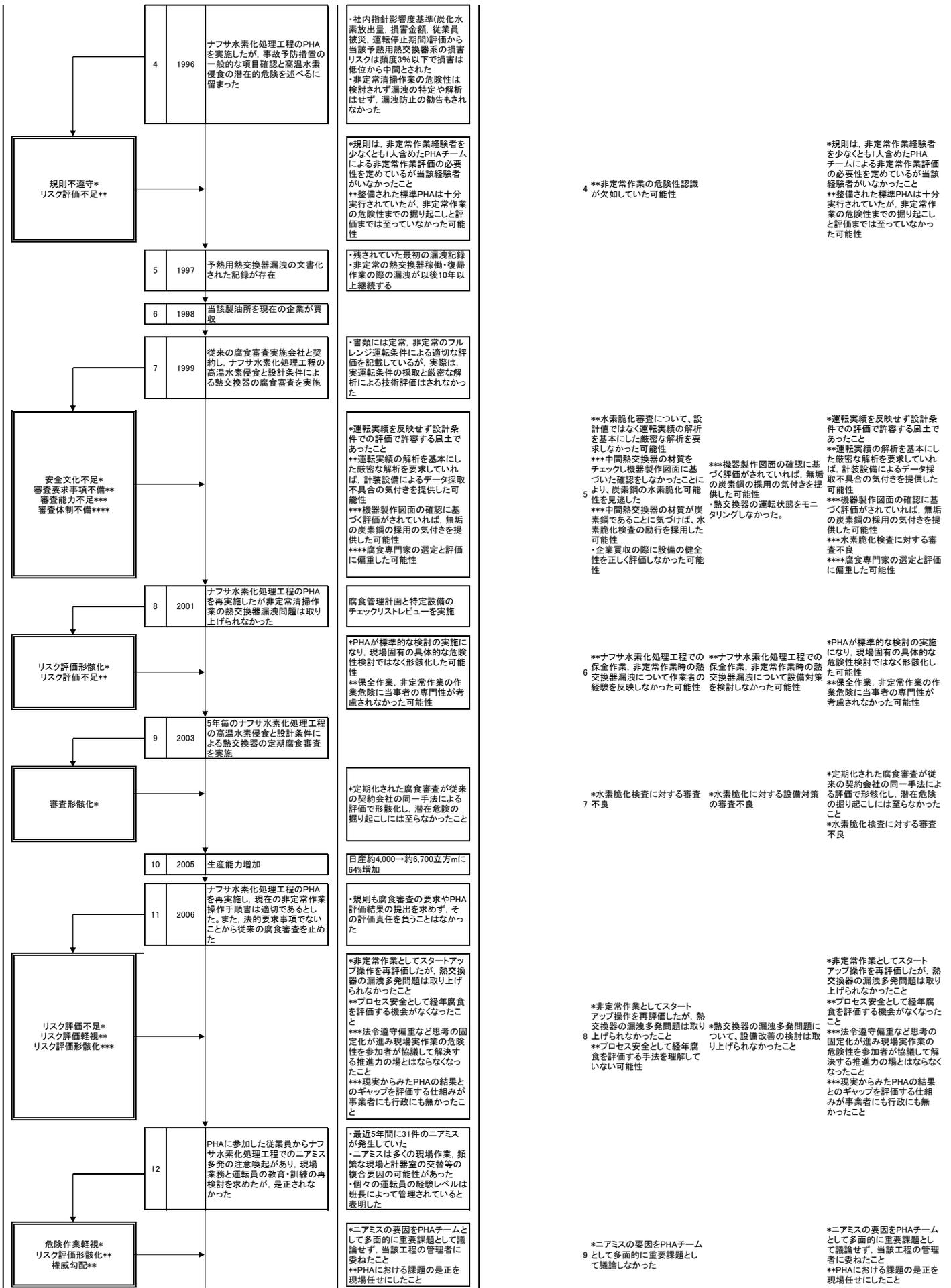
*腐食審査者は、炭素鋼の水素脆化について、中間熱交換器の材質をチェックし機器製作図面に基づいた確認をできなかった
 1 *水素化処理工程の熱交換器の材質について、ネルソナー®から炭素鋼とした場合でも、水素脆化検査の重要性を認識していない可能性

*熱交換器材質審査マニュアルで材質について誤解を生じない表現ではなかった可能性あり
 ・当該予熱用熱交換器列の中間熱交換器のシェル側材質は水素脆化の危険性のある無垢の炭素鋼であった。
 ・熱交換器の設計、仕様の考案方や根拠を明確にしなかった。

*運転実績を反映せず設計した運転条件での評価を許容する風土であったこと
 **審査体制が腐食の専門家に偏重した可能性
 ***運転実績を採用した精度を要求しなかったこと
 ****機器製作図面による確認がされなかったこと
 *****水素脆化検査に対する審査不良

*水素脆化審査について、運転実績を反映せずに設計条件での評価を許容する風土であった
 **水素脆化審査体制が腐食の専門家に偏重し、実際の運転状態を知る人材がいなかった可能性あり
 ***水素脆化審査に対して、運転実績を採用した精度を要求しなかった
 ****水素脆化審査で、材料に関して機器製作図面による確認がされず、間違った材料を想定した可能性あり
 *****水素脆化検査に対する審査不良

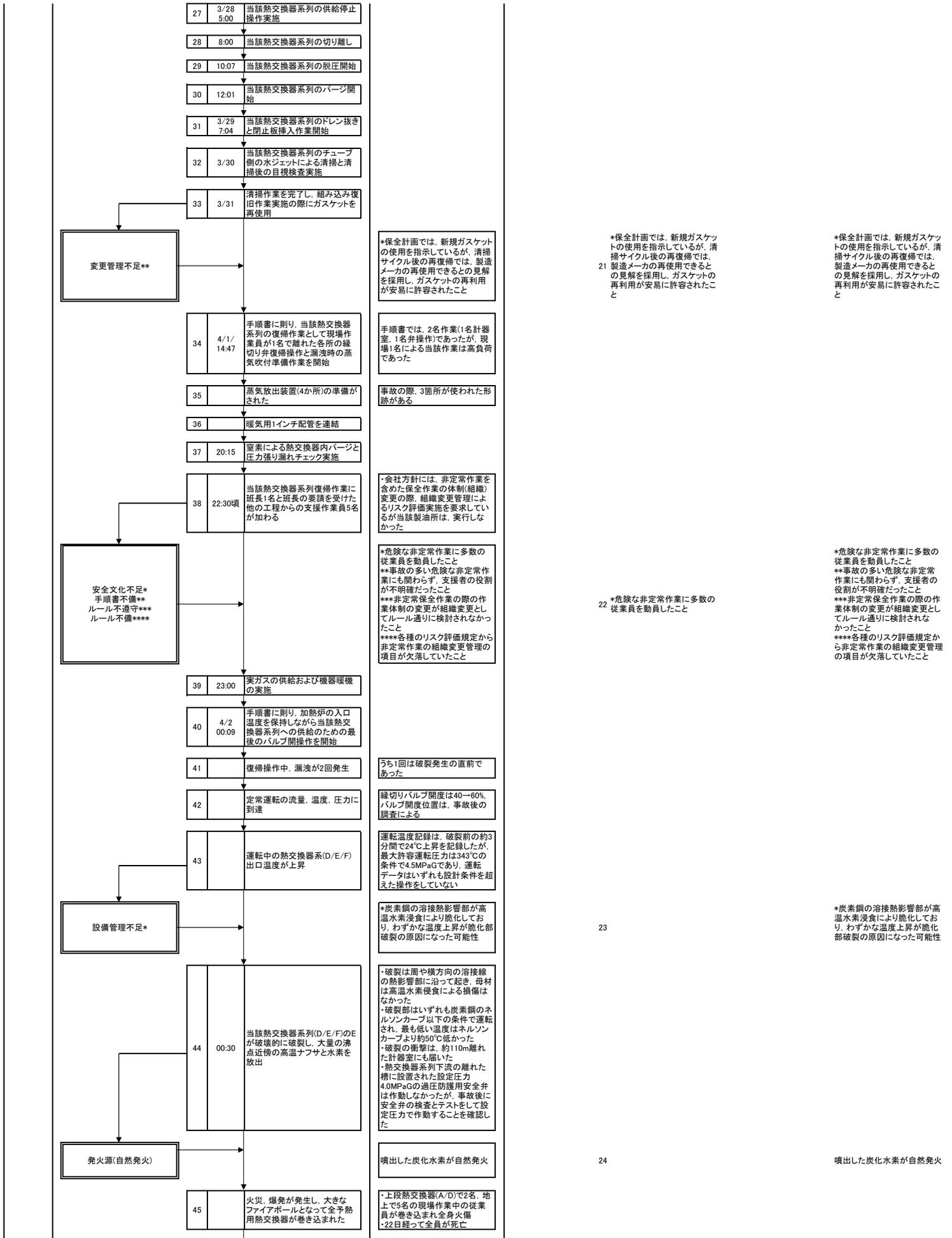
*ナフサ水素化処理装置の水素分圧増加の改造について、水素分圧変化による高温水素浸食の専門的検討が抜けた可能性
 **ナフサ水素化処理装置の水素分圧増加の改造について、水素脆化への影響評価と検査計画の立案をしなかった可能性



	13 2007	行政がPSM, RMP法令遵守監査を実施し、当該工程の以前のPHAは詳細に欠け、すべてのプロセス危険の特定がされていないと指摘した	<ul style="list-style-type: none"> ・アルキル化工程はプロセスの複雑性が半分程度にも関わらず、2006年のナフサ水素化処理工程のPHAと比べると約4倍の危険シナリオが作られ、約15倍の勧告がされた ・PSM: Process Safety Management (OSHA) ・RMP: Risk Management Plan (EPA) 			
行政監査形骸化*			<ul style="list-style-type: none"> ・行政当局の監査は、固有の課題が指摘できず比較検討から評価するに留まり、危険性の質が評価されずに量の評価となる可能性 	10		<ul style="list-style-type: none"> ・行政の指摘を受けたにも拘わらず、PHAを詳細に実施しなかった
	14 2008	管理者、従業員合同の調査チームが組織され、10か月間で過去4年半の事故調査をした。10年以上にわたり稼働時に漏洩が頻発に起きる当該熱交換器系も含まれた	<ul style="list-style-type: none"> ・5件の火災事故を含む14件の当該製油所の事故(2003/5-2007/12)を調査した 			
	15	当該熱交換器系の漏洩は、復帰時の通常に生じる事象と評価され、漏洩緩和策として蒸気吹付けを採用し、従業員支援を許容した	<ul style="list-style-type: none"> ・何年も保安担当や技術者が漏洩阻止に取り組んできたが有効な解決策は得られなかった ・定常温度に達すると止まる傾向があり事故報告も時々欠落した ・復帰の際の通常の事象との認識は、緊急対応活動への関心をそらすことを助長した ・漏洩寄与要因としては、フランジの締め付けやガスケットの挿入不適切などとサイクル頻度が多いことが挙げられた 			
安全意識低下* 作業管理不足** 安全軽視の風潮*** 安全文化不足****			<ul style="list-style-type: none"> ・フランジ漏洩は、稼働時の一時の事象として許容されていたこと ・組織として火災・爆発の危険性を知りつつも被害拡大想定が欠落し、危険区域での作業に従業員支援を許容したこと ・***新たな人的被害の危険を生じる可能性がある漏洩緩和策を採用したこと ・***新たな人的被害の危険を生じる可能性がある漏洩緩和策を採用したこと ・***労働災害の危機よりも定常運転復帰が優先したこと 	11	<ul style="list-style-type: none"> ・フランジ漏洩は、稼働時の一時の事象として許容されていたこと ・フランジ漏洩は、稼働時の一時の事象として許容されていたこと ・***新たな人的被害の危険を生じる可能性がある漏洩緩和策を採用したこと ・***新たな人的被害の危険を生じる可能性がある漏洩緩和策を採用したこと ・***労働災害の危機よりも定常運転復帰が優先したこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・フランジ漏洩は、稼働時の一時の事象として許容されていたこと ・組織として火災・爆発の危険性を知りつつも被害拡大想定が欠落し、危険区域での作業に従業員支援を許容したこと ・***新たな人的被害の危険を生じる可能性がある漏洩緩和策を採用したこと ・***労働災害の危機よりも定常運転復帰が優先したこと
	16	ある保安技術者が一時漏洩緩和策を活発に実行し、操作手順の変更や熱交換器のフランジガスケット面の平滑化修繕をしていたが、この技術者が去ると検討されなくなった				
技術伝承不足* コミュニケーション不足**			<ul style="list-style-type: none"> ・課題解決への技術者のアイデアが個人に留まり組織として有効性の評価がされなかったこと ・**重要課題への対処を個人止まりとせず共有して継続する機会がなかったこと 	12	<ul style="list-style-type: none"> ・課題解決への技術者のアイデアが個人に留まり組織として有効性の評価がされなかったこと ・課題解決への技術者のアイデアが個人に留まり組織として有効性の評価がされなかったこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・課題解決への技術者のアイデアが個人に留まり組織として有効性の評価がされなかったこと ・**重要課題への対処を個人止まりとせず共有して継続する機会がなかったこと
	17 2008/10/7	連邦強化法(NEP)に基づく唯一の公式監査が当該工程を対象に2段階で開始された。最初は、リストに基づくPSM規制事項の遵守確認案件。次はナフサ水素化処理工程で破裂した熱交換器を含む9基のランダムに特定された機器の動的な検査であり、9基とも検査記録から適切であるとされた	<ul style="list-style-type: none"> ・監査対象は製油所他の工程と比べ過去の事故多発やニアミス課題を考慮して選定された ・監査は、4-5週間程度製油所に立ち入り実施された ・NEP: OSHA Petroleum Refinery Process Safety Management National Emphasis Program(2007/6施行) 			
行政監査体制不備* 監査手法検討不足**			<ul style="list-style-type: none"> ・行政の監査を実施する能力が不足し、標準的な質問と技術的な深みの無い評価であったこと ・**監査の有効性が低く、費用対効果が悪く、後に廃止されたこと 	13	<ul style="list-style-type: none"> ・監査の際、検査記録だけで判断し、PHAが適切であるかを確認しなかった可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ・監査の際に、内容を理解し、実質的な指摘をすることの出来る人材を充てなかったこと
	18 2008/10	5年毎のナフサ水素化処理工程の高温水素侵食と設計条件による熱交換器の定期腐食審査を他の契約会社と実施し、高温水素侵食の心配なしの見解を得る	<ul style="list-style-type: none"> ・提供された運転条件がネルソンカーブ下の安全域なので高温水素侵食は、心配ないとした ・事故まで当該熱交換器(B, E)の高温水素侵食検査や材質向上検討はされなかった 			
安全文化不足* 事故情報活用不足**			<ul style="list-style-type: none"> ・運転実績を反映せず設計条件での評価で許容する風土であったこと ・**他の製油所で起きたネルソンカーブの不正確性や溶接後熱処理未実施機器による事故などの情報が考慮されなかったこと 	14	<ul style="list-style-type: none"> ・**他の製油所で起きたネルソンカーブの不正確性や溶接後熱処理未実施機器による事故などの情報が考慮されなかったこと ・**他の製油所で起きたネルソンカーブの不正確性や溶接後熱処理未実施機器による事故などの情報が考慮されなかったこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転実績を反映せず設計条件での評価で許容する風土であったこと ・**他の製油所で起きたネルソンカーブの不正確性や溶接後熱処理未実施機器による事故などの情報が考慮されなかったこと
	19 2009/3/12	公式NEP監査が終了し17件のプロセス安全違反が指摘されたが、破裂した熱交換器には指摘がなく、高温水素侵食の検査や検証もなかった	<ul style="list-style-type: none"> ・設備健全性関連が2件指摘されたが、当該機器に關した設備の不健全や安全管理不足は見つけられなかった ・事故後の指摘においても装置安全の有効性評価を求めている 			

<p>監査手法検討不足* 行政監査体制不備**</p>		<p>*監査フレームや規範手法が腐食損傷課題抽出に不適だったこと **プロセスに精通し、高い技能の人材が不足し検査記録から固有の問題抽出が難しかったこと</p>	15		<p>*監査で指摘を受けるおそれのある事実を隠すなどの行為があった可能性</p>
	<p>20 2009/3 予熱用熱交換器系(D/E/F)の復働の長時間作業で高熱炭化水素が漏れた。通常着用の保護具のみで作業していた近くの作業員が被災したが、当該熱交換器の遮断操作を行わず、装置の停止もしなかった</p>	<p>*調査した予熱用熱交換器復働作業の事故報告内容による *事故報告は、漏洩阻止の恒久対策の必要性を上げていない *漏洩危険に見舞われる作業対処が定常化していたことを示す事例となった *製油所の警報はならず、救急の自衛消防も駆けつけなかった</p>			
<p>情報共有不足* 安全文化不足**</p>		<p>*定期復働作業の際の異常事態として周知されなかったこと **漏洩による被災事故発生にも関わらず、再発防止対策を組織として検討しなかったこと</p>		<p>*定期復働作業の際の異常事態として周知されなかったこと **漏洩による被災事故発生にも関わらず、再発防止対策を組織として検討しなかったこと</p>	<p>*定期復働作業の際の異常事態として周知されなかったこと **漏洩による被災事故発生にも関わらず、再発防止対策を組織として検討しなかったこと</p>
	<p>21 2009/8 熱交換器(6基)清掃実施の際に3月の事故の対応策の一つとして従来と異なったタイプのごさケットを採用して再稼働した際漏洩は起きなかった</p>	<p>*再稼働の際、漏洩が起こらなかったで当該製油所は、対処に成功したと述べた</p>			
	<p>22 2009/10 漏洩危険緩和強化策として2か所の現地操作の蒸気放出装置が変更による危険性評価をせずに追加設置された。そのため、ナフサの危険な漏洩に立ち向かうことや消火活動の増強を促すこととなるが、安全な行為であるか否かは検討されなかった</p>	<p>*変更管理によってより安全な対策を検討し、労働者保護をすべきであったが、漏洩を許容し当該熱交換器の非定常復働作業を危険性が高い作業として直視してこなかった</p>			
<p>変更管理不足* 安全文化不足** 安全軽視の風潮***</p>		<p>*当該変更が変更管理の対象とされず、変更管理が実施されなかった **本質安全化に向かわず、作業員の危険性増加を方向づける変更行為を組織として検討しなかった ***変更による危険作業従事者数増加のリスクを検討しなかったこと</p>	17	<p>**本質安全化に向かわず、作業員の危険性増加を方向づける変更行為が組織として評価されなかったこと ***変更による危険作業従事者数増加のリスクを検討しなかったこと</p>	<p>*当該変更が変更管理の対象とされず、変更管理が実施されなかった **本質安全化に向かわず、作業員の危険性増加を方向づける変更行為が組織として評価されなかったこと ***変更による危険作業従事者数増加のリスクを検討しなかったこと</p>
	<p>23 追加設置の蒸気供給に適切にされた手順書の再検討や修正がされずに追加された複数の蒸気放出装置の操作対応に追加支援要員が必要となった</p>	<p>*手順書は、現場操作を1名で実施のままであり、漏洩が生じたら止めるため蒸気を吹きかけ漏洩箇所をゆっくり温めることを記載していた</p>			
<p>変更管理不足*</p>		<p>*手順書の変更がされず、安全指針や手順書なき危険作業に従業員をさらした</p>	18	<p>*手順書の変更がされず、安全指針や手順書なき危険作業に従業員をさらした</p>	<p>*手順書の変更がされず、安全指針や手順書なき危険作業に従業員をさらした</p>
	<p>24 大量漏洩と火災への対処要領が定められず、漏洩や火災の際の適切な避難の評価も実施されていなかった</p>	<p>*漏れた場合は、漏洩が止まるまで蒸気ホースを手で持ち続けることとなった</p>			
<p>危機管理不足*</p>		<p>*変更後の支援作業の役割や要員数が不明確で、現場の裁量にゆだねられたこと</p>	19	<p>*変更後の支援作業の役割や要員数が不明確で、現場の裁量にゆだねられたこと</p>	<p>*変更後の支援作業の役割や要員数が不明確で、現場の裁量にゆだねられたこと</p>
	<p>25 2010/2/1-3/21 ナフサ水素化処理工程のPHAは、2009年3月の熱交換器漏洩事故の際に定められていなかった管理を再検討したが、熱交換器復働支援作業は効果的であったと評価したものの、支援作業員の危険性が残された</p>	<p>*2007年の公式監査の指摘より改訂した新PHAは、配管1本、1本を評価することとしたが、腐食管理、保安や建設材料選定前提が再検討なしで使われ、検査や保安関連の予防措置の評価や高温水素侵食のような材料の腐蝕危険を考慮する評価への気づきを提供するものとはならなかった *漏洩危険性も評価されたが熱交換器(B、E)の高温水素侵食によるシェル側の差し迫った危険性は特定されず、新PHAも、重大な危険性や差し迫った原因の予防措置の評価には有効に機能しなかった *事故発生の38日前に完了</p>			
<p>物質危険の軽視* 安全軽視の風潮** 高温水素侵食検査不足***</p>		<p>*発火点以上の可燃物漏洩を稼働の際の一時的な事象として危険性の常態化を許容し、定着したこと **その場しのぎの対応を評価し、作業をする従業員の危険性を考慮しなかったこと ***熱交換器(B、E)の高温水素侵食によるシェル側の危険性は特定されなかった</p>	20	<p>*発火点以上の可燃物漏洩を稼働の際の一時的な事象として危険性の常態化を許容し、定着したこと **その場しのぎの対応を評価し、作業をする従業員の危険性を考慮しなかったこと ***熱交換器(B、E)の高温水素侵食によるシェル側の危険性は特定されなかった</p>	<p>*発火点以上の可燃物漏洩を稼働の際の一時的な事象として危険性の常態化を許容し、定着したこと **その場しのぎの対応を評価し、作業をする従業員の危険性を考慮しなかったこと ***熱交換器(B、E)の高温水素侵食によるシェル側の危険性は特定されなかった</p>
	<p>26 2010/3/24 当該熱交換器系列(A/B/C)の清掃のため夜勤班で切り離し開始と清掃準備作業実施</p>	<p>6か月毎の3日間の非定常清掃作業</p>			

製油所での水素脆化による熱交換器破裂と火災、爆発



対応操作	1	00:38	緊急警報が鳴る	
	2	3:40頃	火災鎮火	約3時間延焼
	3	9:00	社内調査チーム集結	7名
	4	6か月間	運転停止	
	5		被災した予熱用熱交換器の製作、設置および装置の修復実施	<ul style="list-style-type: none"> ・運転中の非定常作業リスクを回避するため予熱用熱交換器は1系列とし、装置停止による清掃とした ・炭素鋼より上位の材料を採用した
	6		再稼働	
恒久的対応策	1	安全管理	<ul style="list-style-type: none"> ・腐食審査チームを設置し下記の改善を求める ・腐食専門家のみに限らないチームによる腐食審査 ・正確に理解された運転データと定常作業と非定常作業の適切な区分けの再評価 ・材質選定、運転管理および腐食危険リスク低減の最近の優良事例との隔たりの確認と再評価 ・自社と世界の機器損傷事故の再評価 ・すべての変更管理の影響評価を腐食危険の視点で再評価 ・腐食専門家の最小限のレベルの把握と必要技能の確認 ・腐食と材料技術者が必須メンバーとして加わること 	CSB→当該製油会社
	2	設備設計	ナフサ水素化処理装置の各予熱用熱交換器の出入温度計と圧力計を設置し、計測した運転データから高温水素侵食を把握する	事業者事故調査チーム
	3	安全管理	全体のリスク低減や改善機会検討のための運転、検査、保全部門の合同再評価により問題の多い圧力設備を特定する	事業者事故調査チーム
	4	機器設計	想定される実運転条件下で高温水素侵食に耐えうる材料で再製作する	事業者事故調査チーム
	5	機器設計	再制作する熱交換器は、一般実績に則り、高温の反応器出口流体をチューブ側に通す	事業者事故調査チーム
	6	水平展開	高温水素侵食管理のために他の類似の炭化水素設備も計測設備が必要かを把握する	事業者事故調査チーム
	7	水平展開	水素分圧計算用のガイダンスを整備し、水素含有プロセス装置の水素分圧を再評価する	事業者事故調査チーム
	8	教育	担当地区の運転や技術スタッフの知識と腐食損傷機構の理解向上に特定の腐食教育を加える	事業者事故調査チーム
	9	水平展開	許容運転範囲内再評価を含めたナフサ水素化処理装置、触媒改質装置、燃料ナフサ水素化処理改質装置等の腐食審査と更新	事業者事故調査チーム
	10	水平展開	採用材料の使用条件変化箇所を再評価し、下流設備が許容範囲内であることを確認するために既存の計測、管理機能が十分であるか否かをチェックを実施する	事業者事故調査チーム
	11	安全管理	<ul style="list-style-type: none"> ・PHAにて下記事項を実施する ・既存の予防措置を評価した腐食危険の全特定と全記録を包含した直近の腐食審査とIOWの再評価および危険管理の新しい予防措置の提案 ・腐食危険の影響度と既存の予防措置の有効性を確認する運転監視画面を再評価する ・PHAを階層化安全の採用と広範囲に合理的な本質安全化適用の実行機会とする 	CSB→当該製油会社
	12	行政改善	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者記載のPHAは、下記を含んだ定期的で広範囲なものとする。 ・リスク低減に向けた重大危険に対応する保護手段の安全階層化管理を採用した組織的分析と書類化 ・適用した保護手段の有効性を担保する書類(方法、妥当性と結論) ・必須事項として多様な有資格者チームによる腐食審査の実施 ・全ての変更管理とPHA再評価は、保護手段決定に書面にした安全階層化管理と本質安全化分析を採用する 	CSB→州知事、議会
	13	水平展開	PHA、変更管理、腐食審査では、採用材料の使用条件変化箇所の設計と実運転の違いを確認する	事業者事故調査チーム
	14	水平展開	水素含有留分用の機器で溶接後熱処理を実施していない他の機器を特定し、適切な検査を適用する	事業者事故調査チーム
	15	水平展開	社内技術基準に則り高温水素留分設備の検査を完了する	事業者事故調査チーム
	16	行政改善	予算措置と優れた経験や技能を有する監査員の雇用数増で技術的な資格ある監査機関を設置する	CSB→州知事、議会

17	行政改善	<p>プロセス安全の継続的改善促進のために従業員や協力会社から収集、追跡、分析をする先行指標、進行指標の仕組み構築と実施に監査機関、製油所業界、労働者などが一緒に作業するための最小限下記の事項を含むこと</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PSMと重大事故防止の保護手段の有効性をモニターするための指標の使用 ・事故報告とその実施事項のような安全文化の指標 ・工場と会社に必須の年次報告指標要求 ・安全指標を使用して継続的改善促進と監査機関の適切な資源配分決定 ・新たな世界的な工業改善の取り入れのため定期的な更新 	CSB→州知事、議会
18	安全文化	安全文化調査では安全文化専門家の専門知識を組み入れること	CSB→EPA
19	安全文化	労働者の参加を得て調査の展開と適切な実施を効果的にすること	CSB→EPA
20	行政改善	技術的に有能な監査員による広範囲なPHAチェックを徹底すること	CSB→州知事、議会
21	行政改善	必須の監査機関による防止的監査と検査を義務付ける	CSB→州知事、議会
22	安全管理	設備健全性に影響する懸念がある運転許容操作範囲の短期逸脱を正しく記載、報告し、運転検査、保安規則に反映する仕組みを整備し実行すること	事業者事故調査チーム
23	安全管理	運転停止と稼働に係る高危険地区の従業員数の管理と限定	事業者事故調査チーム
24	非常常作業	非常常作業の危険性は、先導して実行前日の計画段階で多分野の専門家チーム評価と書面化がされていること	CSB→州労働安全部門
25	非常常作業	各製油所がプラント修理や停止等の非常常操作・作業を決めるために文書化した効果的な意思決定の実施要領を整備し、実施要領には、CCPSのガイダンスが反映されていること	CSB→州労働安全部門
26	非常常作業	非常常作業計画は、全ての危険な作業中において基本となる参加要員数を管理すること	CSB→州労働安全部門
27	技術基準	社内技術基準で定めたネルソンカーブに対する標準運転の安全率を増やす	事業者事故調査チーム
28	安全文化	当該製油所の安全文化調査委員会に参加し、プロセス安全文化の専門家の専門知識を委員会の推進や理解に取り入れること	CSB→州労働安全部門
29	安全文化	安全文化調査と是正活動に労働者やその代表の効果的参加を確認すること	CSB→州労働安全部門
30	安全文化醸成	書面にした安全文化調査手順書にて製油所の職場全体の定期的なプロセス安全文化の継続的改善計画の実行	CSB→当該製油所
31	安全文化	プロセス安全文化計画は、工場管理者、労働者代表、州の労働と産業部門の三者委員会で監督すること	CSB→当該製油所
32	安全文化	<p>第三者委員会の役割は、下記とする</p> <ul style="list-style-type: none"> ・少なくとも3年に1回の定期的なプロセス安全文化調査を管理する第三者専門家の選定 ・調査で得られた専門家レポートの再評価とコメント ・特定されたプロセス安全文化課題の実施事項の提起と効果的な実行の監督 ・重大事故防止の活動測定のためプロセス安全指標の取り決め 	CSB→当該製油所
33	安全文化	プロセス安全計画は、最小限、事故の報告、危険状態の正常化、プロセス安全計画と実行の説明責任及びプロセスの安全管理と義務の意欲を測る項目を含むものとする	CSB→当該製油所
34	安全設計	熱交換器系の再設計は、運転中の非常常清掃作業(線切り・清掃・復旧)で生じるリスクを取り除くため1系列とする	事業者事故調査チーム
35	機器設計	再制作する熱交換器は、一般実績に則り、高温の反応器出口流体をチューブ側に通す	事業者事故調査チーム
36	水平展開	炭素鋼やC-Mn-0.5Mo合金系が使われている炭化水素設備にIOWを確立する	事業者事故調査チーム *IOW: Integrity Operating Window
37	水平展開	DGS監視の高温水素浸食が懸念される装置のIOW表示画面に高温水素浸食表示を加えて、計算された高温水素浸食値表示と危険警報機能を提供する	事業者事故調査チーム
38	安全基準	プロセス条件が温度約204°C以上や水素分圧約0.34MPa以上の炭素鋼の使用を禁止する	CSB→API
39	基準改定	広範囲な本質安全化材料の使用、建設材料選定時の高温水素浸食予防に実運転条件での検証確認、温度約204°C以上、水素分圧約0.34MPa以上の炭素鋼の使用禁止を織り込み水素用鋼材コード(API RP941)を改訂する	CSB→API
40	規定改定	設置した保護手段が最大の範囲で有効に機能するために書面にした本質安全化分析や階層化安全管理要求の改訂(CAPP 40 CFR Part68)をすること	CSB→EPA

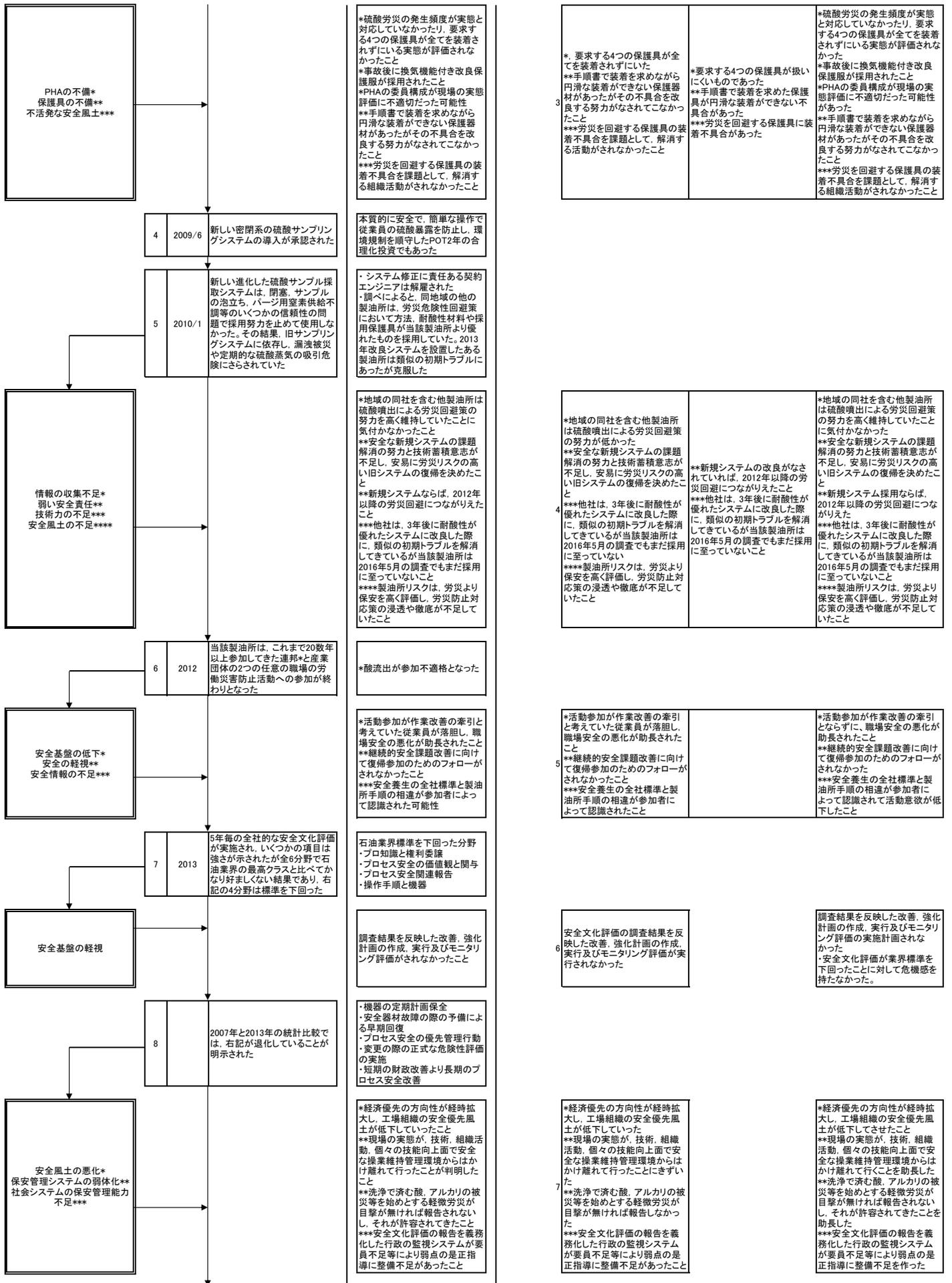
		<p>41 行政改善 調査結果報告書に基づき既存の製油所関連規則に厳格な目標設定の組み込みを協議すること</p> <p>42 行政改善 最低限の要求事項が含まれた規則の実現に、全ての条例、基準、事業者の手順書、認められた良好事例等が使われることを義務付ける</p> <p>43 行政改善 労働者の健康と保安に権利と責任の確立、労使安全委員会の設置等プロセス安全の運営に労働者の役割増加を要求する</p> <p>44 行政改善 労働者代表は、各種保安活動*で当事者としての役割を果たすことと不安全な、極めて危険な仕事を停止する権限を持つことを要求し、労働者参加は、監査機関と会社によって文書化する</p> <p>45 行政改善 保護手段の実施表やリスク低減用基準、有効性が裏打ちされたプロセス安全指標などの包括的なPHAの概要情報の市民に向けた報告を要求する</p> <p>46 安全監査 州の全製油所監査をして、高温水素侵食予防と運転条件モニター技術及び改訂APIの必要条件に合致した設備であることを確認すること</p> <p>47 基準改定 温度約204℃以上や水素分圧約0.34MPa以上の炭素鋼の使用禁止、潜在的な機器損傷の決定に実運転条件での検証確認の要求を繰り込みコード(API RP581)を改訂する</p> <p>48 改訂基準実施 API RP941の改訂への積極的参加と参加を書類化すること。改訂API RP941完成と効力発揮後は、要求事項に適合した計画の整備と是正活動の実行し、書類化をすること</p> <p>49 安全管理 PHA、IOW、腐食審査の見直しと改善及びすべての特定された危険性が効果的に管理するための個々の活動間の連携調整などを下記に求める。 ・直近の高温水素侵食危険の運転監視画面と危険性管理の予防措置 ・5年毎の運転監視画面再検討と評価 ・運転監視画面を分析してベストプラクティス、階層化安全管理、本質安全化設計を広範囲に取り入れる</p>	<p>CSB→州知事、議会</p> <p>CSB→州知事、議会</p> <p>CSB→州知事、議会</p> <p>CSB→州知事、議会</p> <p>CSB→州知事、議会</p> <p>CSB→州労働安全部門</p> <p>CSB→API</p> <p>CSB→当該製油会社</p> <p>CSB→当該製油会社</p>
<p>教訓</p>	<p>・安全管理は多面的な情報の統合から、特定の専門家だけの安全審査では思い込みや知識の偏りがあり、運転実績に基づく審査や他の専門分野の情報を取り入れた危険分析が不十分となり、全体を見た安全管理ができない可能性がある。各安全活動の間のコミュニケーションが重要である。PHAを繰り返しても、腐食情報が考慮されなければ、腐食による事故は防げない。</p> <p>・その対策は人命を危険に曝してないか、非定常の人に頼る作業は、プロセス、労働者ともに危険性が高い状況におかれる。作業を実施する前に、作業者へのリスクを評価し、当事者だけで決めるのではなく、管理者が確認する仕組みが必要である。</p> <p>・安全対策は根本治療が必要：その場しのぎの安全対策で正面からの根本原因追求を怠るとそれが常態化し、定着して悪しき方向性を助長する。組織として根本原因追求を行い、一段と高い信頼性の安全対策を求める仕組みと努力が必要である。</p>		

事故概要	発生日時(曜日)	発生場所
<p>2014年2月12日(水)、米国・カルフォルニア州 製油所アルキル化装置の静置分離槽の硫酸サンプル採取配管系の保全後に漏洩確認テストをしないまま復帰操作をして約38tの硫酸が流出し、浴びた従業員2名が傷度1, 2の薬傷を負った。その1ヶ月後の3月10日にも同装置の反応器の攪拌機のカナリカルシール用ボタン供給配管の非常常銀引き切断作業で、協力会社員2名が噴出した残液の硫酸を浴びて傷度2の薬傷を負った。4名の内の2名は150日以上休業となった。連邦化学産業事故調査局(CSB)は、当該製油所が生産効率を優先し、酸(硫酸)やアルカリの労働災害が過去から繰り返されていることから、その作業安全に対する安全風土の脆弱性を指摘した。</p>		
<p>背景</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当該製油所は、幾多の事業者変遷をたどるが80年に及ぶ操業歴がある。 ・アルキル化工程は、硫酸のような強酸を触媒にしてC4留分からガソリンを生産するガソリンハイオクタン化の大変重要な施設であり、数基の攪拌型アルキル化反応器の下流に静置分離槽(上層に炭化水素、下層が硫酸)が設置されている。 ・会社方針では、保全作業の安全管理に火気作業/縁切り方法/内液、内圧除去/洗浄等を規定しており、配管切り離しは、水洗用の追加の弁の設置や閉止板の挿入または2重ブロック&ブリードを求めていた。シングル弁のみの縁切りは、空気や水等の低リスク物質のみの適用であった。会社のエンジニアリング基準でもシングル弁のみの縁切りは許可してはいなかった。 ・当該製油所の火気使用許可方針は、高リスクと低リスク作業に区分し、高圧力系の硫化水素、二硫化硫黄、アンモニアおよび自然発火温度以上の高温流体を高リスク作業とし、該当する場合は、非常時の火気使用作業前に炭化水素の洗浄等による除去の確認に最大の注意点を置き、閉止板挿入や2重ブロック&ブリード等による完全な縁切りを規定している。低リスクについては具体的定義はなく、従業員は、高リスク作業以外を低リスク作業と理解していた。また、高エネルギーリスク火気作業として、溶接、切断、溶接前後の熱処理等、低エネルギーリスク火気作業として電動工具、電池式動具、手動削岩機等を定義していた。アルキル化装置のボタン配管縁切りは、通常は高リスクの内液物質なら短期間の処置として、シングルバルブ止めが安全養生として拡大解釈され、採用されていた。2009、2012年の社内監査においても社内標準と当該製油所の適用の違いを特定されなかった。 ・当該製油所の硫酸の最近5年間(2010-2014)の事故 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年6月 非常常ボタン配管取り外し作業で保護具装着不適切から残存硫酸を浴びて協力会社作業員1名薬傷。止弁の設置を提案したが事故レビューで除かれた ・2010年8月 他の配管系の保全作業の際に上にあった硫酸配管の漏洩で従業員1名薬傷 ・2010年10月 保全準備作業で協力会社作業員1名薬傷 ・2012年1月 本設ポンプ故障で修理に替えて、変更管理をせずに硫酸に不適切な仮設ポンプを設置して従業員が薬傷 ・2012年1月後半、非常常の大規模保全準備作業で協力会社作業員2名薬傷 ・2012年2月 非常常のバルブ交換作業で協力会社作業員1名薬傷 ・2012年8月 頭上の未連結状態のホースから硫酸が流出して作業中の従業員1名薬傷 ・2012年8月後半 1月の仮設ポンプ漏洩後、放置していた供給ホースも仕様不適切で漏洩し従業員2名薬傷。 ・2012年8月 反応器行き硫酸配管からの飛散軽減作業中に従業員1名薬傷 ・2012年9月 反応器の非常常保全作業の準備の際に連結チューブから硫酸が飛散し、作業員1名薬傷 ・2013年1月 硫酸の使用外のホース取り外しの際に協力会社作業員1名薬傷(流入源不明) ・2013年5月 反応器設置の計装作業中に硫酸と炭化水素で圧力上昇した弁から硫酸が飛散し、従業員1名薬傷 ・2013年11月 故障機器保全用の配管準備の最中に硫酸が飛散して従業員1名薬傷 		
<p>背景(2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当該製油所の安全風土 <ol style="list-style-type: none"> 1)事業者の安全施策 <ul style="list-style-type: none"> ・1999年の事故以来の15年の安全風土評価の歴史がある。 ・2002年経営者が変わった。 ・2005年のBPテキサス事故のペーカー報告に基づき2007年と2013年に新たな経営者独自の6分額、65項目のプロセス安全質問による全社的な安全基盤評価を実施した。2009年からは地方行政も5年毎の安全風土評価を義務付けた。 2)アルキル化反応器の経済運転圧力 <ul style="list-style-type: none"> ・触媒のアルキル化反応は、硫酸濃度下限近傍が経済的であるが、下限以下では、不安定な反応(酸暴走)から生産能力低下と機器の腐食加速と配管漏洩につながる可能性があり、最近では、酸暴走を2013年10月、2014年1月に経験した。運転員は、下限近傍では現有制御系が不十分なことや硫酸低強度の不安定な反応性を危惧していた。 ・近隣の他の製油所を調査すると、不安定な反応回避の先進的な制御管理と耐食等の他の重要な技術改良があった。 3)繰り返される労災と時間外労働 <ul style="list-style-type: none"> ・2014年3月10日の事故の時は、定員12名が6名のみ状態であった。2013年のアルキル化装置の時間外労働は、負傷による欠員を埋めるため平均約800時間(一部の者は1,300時間)で他の15装置より多く、製油所平均から180%を超えていた。事業者は、運転員確保のためある業務スタッフを減らしたが、技能レベルが低下し、のちに運転員負担が増した。正規運転員は、6、7年前2ヶ月で員数内となったが今は預か44日で評価している。最近の6ヶ月間で実習中の運転員が2月12日を含めて4名薬傷している。 4)保全準備の担当変更の影響 <ul style="list-style-type: none"> ・事業者は、日勤の保全効率向上を意図して作業許可準備要領を作成し、翌日計画の保全項目を夜勤に提供し準備作業をして、昼間は確認することとしたが、その情報提供が25%程度だったので昼間に残された準備作業も多くあり、中途半端であった。その為、許可待ちの長い計器室空け、準備遅れの解消圧力が運転員にかかった。日に15-20件の許可を得るため早朝7時に並ぶ者もいた。 ・3月10日の火気作業は、計画はされ、準備作業と実施に間が空き、前夜の許可準備作業項目からも欠落していた。 5)酸、アルカリ被災の軽視 <ul style="list-style-type: none"> ・アルキル化装置施設での酸、アルカリの被災労災は、ニアミス報告活動として不活発であった。軽微な被災はすぐに洗い落とされ、管理者の目撃が無いと報告されないものと思われていた。 		

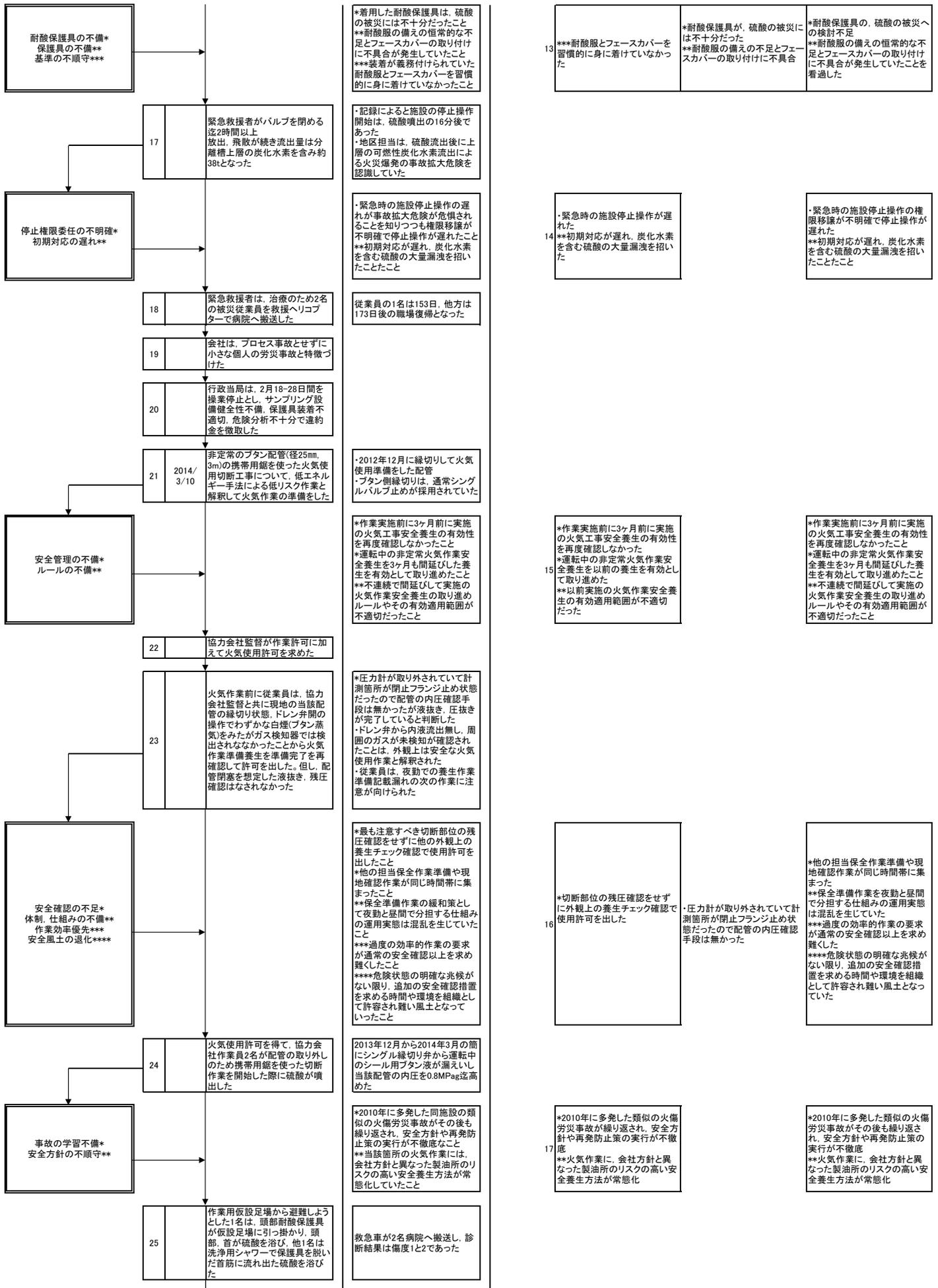
区分	原因事象	事故進展フロー	備考
経過		1 2007	全社的に安全文化評価が実施された。同社他製油所と比べ当該製油所は右記事項の対応に好ましくない面があったが事業者は、是正行動はとらなかった
	調査の形骸化* 経営効率優先**	2	従業員には、手順書の最新維持管理不備、機器の修理要員不足、更には安全管理部門の要員減少に強い反意の意見を述べるものもいた
	安全基盤の軽視	3 2009	アルキル化装置における硫酸サンプリング作業の危険分析(PHA)を実施した。潜在的に影響は欠勤労災のレベルと評価し、頻度を20年以内程度と想定し、社内のリスク評価基準で低リスク危険と評価した。対策は、手順書記載の保護具装着が従業員危険を緩和するとした

No.	人 Man	設備/機器 Machine	管理 Media&Management
1		*会社方針に沿って調査をしたが指摘された安全基盤の強化事項の実施とフォロー監査が実施されなかったこと **実態は、生産効率が安全確認より優先された運営をしていたこと	*安全基盤の強化事項の実施とフォロー監査が実施されなかった **生産効率が安全確認より優先された運営を実施

2	欠員6名発生にも関わらず増員されなかった		欠員補充の必要性を認識していても実施しなかった
---	----------------------	--	-------------------------



<p>9 2013/11/26</p> <p>硫酸サンプル採取配管系は、3/4インチ配管の連結カップラ部の漏洩と不適切なサンプル容器の補修のために機能停止した</p>			
<p>10</p> <p>定例サンプル採取によるアルキル化反応器の運転状態確認が無いまま運転は継続された</p>	<p>・事業者の技術者は、アルキル化装置の運転上は毎日のサンプル採取は基本ではないと表明した ・技術ライセンサーは毎日の確認を推奨していた</p>	<p>*日々のサンプリングと分析確認の重要性が不明確だったこと **生産停止権限が委任されておらず反応器の停止まで至らなかった可能性</p>	<p>*日々のサンプリングと分析確認の重要性が不明確だったこと **生産停止権限が委任されておらず反応器の停止まで至らなかった可能性</p>
<p>不明確なグレーゾーンの処置* 生産優先の風土**</p>			
<p>11 2013/12</p> <p>運転中の数基あるアルキル化反応器の1基のみを定期停止し、攪拌機のメカニカルシール用ボタン液供給配管は反応器側は閉止フレンジ止め、ボタン側は低リスク工事に則りシングル弁のみで緑切りをして、3月実施の火気使用による取り外し工事の準備をした</p>	<p>・ボタン供給配管の運転条件は、圧力、0.8kPag、温度10℃である ・ボタン側は、会社設定の保安全作業の配管緑切り技術標準とは異なった製油所側の方法であった</p>	<p>*日々のサンプリングと分析確認の重要性が不明確だったこと **生産停止権限が委任されておらず反応器の停止まで至らなかった可能性</p>	<p>*日々のサンプリングと分析確認の重要性が不明確だったこと **生産停止権限が委任されておらず反応器の停止まで至らなかった可能性</p>
<p>保安全基準の不備* ルールの不遵守** ルールの形骸化***</p>		<p>*酸、アルカリ液の危険性が明記されず保安視点から低リスクに該当する物質と解釈されている基準だったこと **社内ルールでは、シングル弁のみの緑切りが禁止されていた物質だったこと ***当該施設の緑切り操作が短期復帰を想定したシングル弁のみの採用が恒常化して、さらに期間が拡大解釈されていったこと</p>	<p>*酸、アルカリ液の危険性が明記されず保安視点から低リスクに該当する物質と解釈されていた **社内ルールでは、シングル弁のみの緑切りが禁止されていた物質だったことが周知徹底されていなかった ***当該施設の緑切り操作が短期復帰を想定したシングル弁のみの採用が恒常化して、さらに期間が拡大解釈されていった</p>
<p>12 2014/2/10-11</p> <p>非常で硫酸サンプリングシステムの配管補修とサンプル容器の取り換え作業を実施し、配管、フレンジ部については漏洩確認テストを実施したが、小口径チューブとその連結部は実施しなかった</p>	<p>・事業者保安全標準は、低リスク範囲に分類された工事についての修理後の漏洩確認テストを従業員に要求していなかった</p>	<p>*酸、アルカリ液の危険性が明記されず保安視点から低リスクに該当する物質と解釈されている基準だったこと **社内ルールでは、シングル弁のみの緑切りが禁止されていた物質だったこと ***当該施設の緑切り操作が短期復帰を想定したシングル弁のみの採用が恒常化して、さらに期間が拡大解釈されていったこと</p>	<p>*酸、アルカリ液の危険性が明記されず保安視点から低リスクに該当する物質と解釈されていた **社内ルールでは、シングル弁のみの緑切りが禁止されていた物質だったことが周知徹底されていなかった ***当該施設の緑切り操作が短期復帰を想定したシングル弁のみの採用が恒常化して、さらに期間が拡大解釈されていった</p>
<p>リスク分析の不備* コミュニケーションの不足** 技術標準の不備*** 安全風土の不備****</p>		<p>*不適切な設計の旧システムの修理作業の危険性分析と実施後のプロセス安全確認が不十分なまま工事が実施されたこと **保安全作業業務(計画、書面、伝達)間のリスク情報伝達が不十分だったこと ***酸、アルカリ等の労災防止措置として漏洩確認テストによる健全性確認がプロセス用チューブ配管は適用外だったこと ****労災が頻発してきた物質の工事箇所ながら重要危険作業として注視せずに安全確認が軽視された復帰作業を実施する職場環境だったこと</p>	<p>*不適切な設計の修理作業の危険性分析と実施後のプロセス安全確認が不十分なまま工事が実施されたこと **保安全作業業務(計画、書面、伝達)間のリスク情報伝達が不十分だったこと ***酸、アルカリ等の労災防止措置として漏洩確認テストによる健全性確認がプロセス用チューブ配管は適用外だったこと ****労災が頻発してきた物質の工事箇所ながら重要危険作業として注視せずに安全確認が軽視された復帰作業を実施する職場環境だったこと</p>
<p>情報収集の不足* 安全の設計不備** 安全管理の不備***</p>	<p>13</p> <p>調べによると、同地域の他社の製油所の硫酸サンプリング系は、危険性回避策において材料や採用保護具が当該製油所より優れたものを採用していた。他製油所と比べて従業員達は、定期的に硫酸蒸気吸引危険にさらされていた</p>	<p>・定期サンプリングの際には二酸化硫黄ガス検知器が鳴っていた 保護具は、手順書で4つの装着をルーブル化しているが、ゴーグルと化学手袋の2つを装着するだけで準備不備の耐酸服やゴーグルと干渉するフェースカバーの2つを装着しなかった</p>	<p>*作業の危険性分析と実施後のプロセス安全確認の方法が徹底されていなかった **保安全作業業務(計画、書面、伝達)間のリスク情報伝達方法についての周知徹底がされていない ***酸、アルカリ等の漏洩確認テストによる健全性確認がプロセス用チューブ配管は適用外となっていたこと ****労災が頻発の工事箇所ながら重要危険作業として注視せずに安全確認が軽視された復帰作業を実施する職場環境だった</p>
<p>硫酸噴出し* 技術標準の不備**</p>	<p>14 2014/2/12</p> <p>2名の従業員が会社方針の耐酸保護具を装着して硫酸サンプル系の運転復帰作業開始し、アルキル化装置本体とサンプル系の連結バルブを全開とした</p>	<p>*他社は、進化した技術や保護具を採用して危険回避に努めていたこと **労災多発箇所の改善策が優れた労災防止策とはならなかったこと ***手順書で記載の労災防止の柱の一つである保護具(耐酸服)の準備不足が放置されてきたこと</p>	<p>*他社は、進化した技術や保護具を採用して危険回避に努めていたことを看過していた **労災多発箇所の改善策を優れた労災防止策としなかった ***保護具(耐酸服)の準備不足が放置されてきた</p>
<p>硫酸噴出し* 技術標準の不備**</p>	<p>15</p> <p>直後に、サンプル配管系の圧縮継手連結箇所配管が外れて硫酸が噴出した</p>	<p>*運転管理用の密度と濃度(wt%)の2つの分析用サンプル採取</p>	<p>*締結施工不良 ・圧力0.8MPag、温度10℃</p>
<p>硫酸噴出し* 技術標準の不備**</p>	<p>16</p> <p>従業員2名共硫酸を浴び、直ちに近くに設置のシャワーへ駆け込んだ</p>	<p>*小口径配管連結用継手の締結強度が不足したこと **酸、アルカリ配管の連結施工基準がねじ込み等を許容し、チューブ管の変更や修理後のリクエストを要求していなかったこと</p>	<p>*小口径配管連結用継手の締結強度が不足 **酸、アルカリ配管の連結施工基準がねじ込み等を許容し、チューブ管の変更や修理後のリクエストをしなかった</p>
<p>硫酸噴出し* 技術標準の不備**</p>		<p>着用していた耐酸保護具は、強酸放散対応には不十分だった</p>	<p>*酸、アルカリ配管の連結施工基準がねじ込み等を許容し、チューブ管の変更や修理後のリクエストをしなかった</p>



<p>事故の学習不備* 安全方針の不順守**</p>	<p>26</p> <p>行政当局は、注意義務違反で協力会社と事業者からで連帯金を徴収した。</p>	<p>・作業安全分析で配管切断部からの硫酸漏洩を想定した対策が取られなかった ・安全シャワーの使用方法を定めて訓練していなかった</p>	<p>・万一被液した場合を想定し、退避ルートを確認しなかつた 18 ・安全シャワーの使用方法を定めて訓練していなかった</p>	<p>・作業安全分析で配管切断部からの硫酸漏洩を想定した対策が取られなかった ・安全シャワーの使用方法を定めて訓練していなかった</p>																																																										
<p>対応操作</p>																																																														
<p>恒久的対応策</p>	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>保全基準</td> <td>運転中の危険物配管のバルブ緑切りのみ養生や間隔の空いた養生の禁止等、火気使用の際のHSE、API等の緑切り養生の世界標準と社内基準の適合性を見直し、必要なら是正する</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>保全基準</td> <td>見直された火気使用の緑切り養生、技術基準、管理方針の全社徹底</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>保護具</td> <td>保護具装着基準で定めた保護具の配備、装着不具合の改善をして基準順守を徹底する</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>監査強化</td> <td>突出した効率優先を是正するため安全最優先行動事例の評価を監査項目に加える</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>監査強化</td> <td>会社方針や技術基準の工場での順守度や浸透度の定期的な評価を繰り返し実施し、不適切措置を低減する</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>PHAの充実</td> <td>当該現場の委員も参加して専門家偏重の構成員としない配慮をする</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>権限の委譲</td> <td>災害の極所化、拡大防止に向けて早期運転停止判断を運転責任者に委譲し、初期防災対応を向上する</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>安全風土の醸成</td> <td>保安と労災の防止価値の同等な重要性を明言した方針、基準に改訂し、周知する</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>安全風土の醸成</td> <td>関連機関の労災防止活動への参加を復活し、継続的なボトムアップ安全基盤を作る</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>安全風土の醸成</td> <td>過去の硫酸系の幾多の労災事故の学習と共有をして優れたリスク回避方法を協議し実行する</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>安全風土の醸成</td> <td>安全投資として、進化するプロセス技術、システム技術、保護具の技術等の情報収集をし評価して改善実施し、当該製油所操業の労災防止基盤を充実する</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>安全風土の醸成</td> <td>進化した技術の導入が古い設備の維持作業や保安全管理を軽減し、環境改善を含めた現場の合理化投資に連なることを検討する</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>安全風土の醸成</td> <td>ハード面の改善に対応して、適正な教育と実習期間を実施した正規の運転技能者数を維持して休業者補充のための過大な労働時間を回避する</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>安全風土の醸成</td> <td>業界の定期安全文化の調査結果の強み弱みを経営や個々の製油所方針に反映して改善指標活動をして成果をモニタリング評価と共有をする</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>横断コミュニケーション</td> <td>現場の声が所内に伝わる職場風土改善の仕組みを作り課題解消を協議し、実施のトレンドを共有して組織風土を変える</td> </tr> </table>	1	保全基準	運転中の危険物配管のバルブ緑切りのみ養生や間隔の空いた養生の禁止等、火気使用の際のHSE、API等の緑切り養生の世界標準と社内基準の適合性を見直し、必要なら是正する	2	保全基準	見直された火気使用の緑切り養生、技術基準、管理方針の全社徹底	3	保護具	保護具装着基準で定めた保護具の配備、装着不具合の改善をして基準順守を徹底する	4	監査強化	突出した効率優先を是正するため安全最優先行動事例の評価を監査項目に加える	5	監査強化	会社方針や技術基準の工場での順守度や浸透度の定期的な評価を繰り返し実施し、不適切措置を低減する	6	PHAの充実	当該現場の委員も参加して専門家偏重の構成員としない配慮をする	7	権限の委譲	災害の極所化、拡大防止に向けて早期運転停止判断を運転責任者に委譲し、初期防災対応を向上する	8	安全風土の醸成	保安と労災の防止価値の同等な重要性を明言した方針、基準に改訂し、周知する	9	安全風土の醸成	関連機関の労災防止活動への参加を復活し、継続的なボトムアップ安全基盤を作る	10	安全風土の醸成	過去の硫酸系の幾多の労災事故の学習と共有をして優れたリスク回避方法を協議し実行する	11	安全風土の醸成	安全投資として、進化するプロセス技術、システム技術、保護具の技術等の情報収集をし評価して改善実施し、当該製油所操業の労災防止基盤を充実する	12	安全風土の醸成	進化した技術の導入が古い設備の維持作業や保安全管理を軽減し、環境改善を含めた現場の合理化投資に連なることを検討する	13	安全風土の醸成	ハード面の改善に対応して、適正な教育と実習期間を実施した正規の運転技能者数を維持して休業者補充のための過大な労働時間を回避する	14	安全風土の醸成	業界の定期安全文化の調査結果の強み弱みを経営や個々の製油所方針に反映して改善指標活動をして成果をモニタリング評価と共有をする	15	横断コミュニケーション	現場の声が所内に伝わる職場風土改善の仕組みを作り課題解消を協議し、実施のトレンドを共有して組織風土を変える	<table border="1"> <tr><td>RISCAD提案</td></tr> </table>	RISCAD提案														
1	保全基準	運転中の危険物配管のバルブ緑切りのみ養生や間隔の空いた養生の禁止等、火気使用の際のHSE、API等の緑切り養生の世界標準と社内基準の適合性を見直し、必要なら是正する																																																												
2	保全基準	見直された火気使用の緑切り養生、技術基準、管理方針の全社徹底																																																												
3	保護具	保護具装着基準で定めた保護具の配備、装着不具合の改善をして基準順守を徹底する																																																												
4	監査強化	突出した効率優先を是正するため安全最優先行動事例の評価を監査項目に加える																																																												
5	監査強化	会社方針や技術基準の工場での順守度や浸透度の定期的な評価を繰り返し実施し、不適切措置を低減する																																																												
6	PHAの充実	当該現場の委員も参加して専門家偏重の構成員としない配慮をする																																																												
7	権限の委譲	災害の極所化、拡大防止に向けて早期運転停止判断を運転責任者に委譲し、初期防災対応を向上する																																																												
8	安全風土の醸成	保安と労災の防止価値の同等な重要性を明言した方針、基準に改訂し、周知する																																																												
9	安全風土の醸成	関連機関の労災防止活動への参加を復活し、継続的なボトムアップ安全基盤を作る																																																												
10	安全風土の醸成	過去の硫酸系の幾多の労災事故の学習と共有をして優れたリスク回避方法を協議し実行する																																																												
11	安全風土の醸成	安全投資として、進化するプロセス技術、システム技術、保護具の技術等の情報収集をし評価して改善実施し、当該製油所操業の労災防止基盤を充実する																																																												
12	安全風土の醸成	進化した技術の導入が古い設備の維持作業や保安全管理を軽減し、環境改善を含めた現場の合理化投資に連なることを検討する																																																												
13	安全風土の醸成	ハード面の改善に対応して、適正な教育と実習期間を実施した正規の運転技能者数を維持して休業者補充のための過大な労働時間を回避する																																																												
14	安全風土の醸成	業界の定期安全文化の調査結果の強み弱みを経営や個々の製油所方針に反映して改善指標活動をして成果をモニタリング評価と共有をする																																																												
15	横断コミュニケーション	現場の声が所内に伝わる職場風土改善の仕組みを作り課題解消を協議し、実施のトレンドを共有して組織風土を変える																																																												
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
RISCAD提案																																																														
<p>教訓</p>	<p>・ルール順守の積み重ねが安全風土の基盤：優れた安全標記も実際の行動に結びつかないギャップ懸念がある。組織に変化があっても、継続的にルール尊重の共通価値を定期モニター評価してその是正を共有していくことが、強固な安全風土環境の維持につながる。</p> <p>・物言えぬ職場に安全は続かない：設備のリスク変化をコントロール、管理するため継続的な不具合是正やニアミス事象の対処は、継続的な情報収集と弱点の改善活動を共有する柔軟な現場のコミュニケーション風土にある。</p> <p>・継続的向上追求姿勢が安全の結果となる：繰り返される軽微労災の軽視が、技術進歩や社会の要請変化への適応不備に広がる懸念もある。工場での異常兆候への迅速な対処機能の仕組みと、対応力向上追求が重要である。</p>																																																													

	発火源	経過	状況
	6		静電気放電(又は衝突した微粉)火花
	7	15:38	火災により圧力調節弁の調整機構が焼失し圧力再降下、弁閉止となり、下流からのガス逆流が止まり、可燃性ガス放出量が低下(約1.5t/時間)する
	8		溶剤抽出工程の最初の吸収塔への原料油供給制御弁の指示不良と弁閉止で流量低下事象が発生
	9	15:40頃	異常音検知により、班長指示で従業員が現場に向かい火災を発見、報告
対応操作	1	15:44-47	水素化精製工程の高温、低温分離槽の2つが満液となり、頂部から下流にオーバーフローが始まる
	2	15:45	自衛消防隊の出動要請と公設消防への通報指示
	3		公設消防から爆発音の通報連絡あり、担当部署から火災発生通報と公設消防の出動要請実施
	4		消火活動は、防災要領に基づき防液堤(高さ20cm)内周辺機器と防液堤から15平方m離れたBLEVE発生リスク対象タンクの高所放水冷却を優先実施した
	5	15:48頃	監視カメラの映像では黒煙への変化が認められて配管開口部の火災はガス火災から油火災に進展する
	6	15:49	火災拡大防止のため水素化精製工程の緊急降圧弁手動操作を試みるも火災発生地区にある当該弁に近づけなかった
	安全設計の不備		
	7	15:59	溶剤抽出工程2塔目の抽出塔の供給も流量制御弁を閉として供給量ゼロとしたが供給ポンプは継続運転を続けていた
	8	16:06	潤滑油製造工程の一括停止に向け原料油供給ポンプの停止を試みるも火災でポンプスイッチに近づけず停止が不可能だった。火災は継続
	安全設計の不備		
	9	16:14	溶剤抽出工程で供給流量制御弁が閉しているにもかかわらず供給量が約85kL/時間に急上昇した
	新たな配管開口		
	10		油が防液堤内に漏洩拡大し、油火災を拡大した
火災拡大			
11		さらに多量に機器の熱膨張で抽削(NMP)等の内部の油類が漏洩拡大し、防液堤(高さ20cm)内でフル火災拡大した	
火災拡大			
12	17:14	工場災害防止計画に則し、BLEVE発生回避の予防的な措置として近隣町内地区住民の避難指示発令	
先進的緊急対応			
13		工場の広報車で3回(17:30、19:00、19:45)の避難呼びかけ実施	

・可燃性ガス放出量は0.45t/時間へと低下する

* Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion の略で、破裂により急激に容器などの内圧が解放され、激しい沸騰が起こり爆発的に蒸発する蒸気爆発のこと

推定漏洩量:5.3kL

4 可燃物が漏出した場合に系内を緊急降圧するための遠隔操作がなかった

可燃物漏洩最小化の初期操作ができなかったこと

5 計器室の緊急停止機構に当該ポンプ停止は対象外であった

5 火災など緊急事態に停止すべきポンプ類が計器室の緊急停止機構に組み込まれていなかった

現行の緊急停止機構に原料油移送や抽削供給ポンプの停止が組み込まれていなかったこと

・この事象は、17:25の1段目供給ポンプ停止迄の70分間継続した
 ・事故後の現地調査によると供給量制御弁上流の配管部位でフィッシュマウス開口が認められた
 ・1段目供給ポンプの通常運転圧力は、127kPaGであり、そこに総め切り圧力が加わり当該配管は約920kPaGの内部圧力状態で、火災に多量に開口したものと推定した

潤滑油工程への供給ポンプが停止されず液面高圧化した配管が火災で多量に開口したこと

監視カメラの映像からも16時13分と比べ14分の輝度の拡大が認められる

近くに敷設の運転継続中の原料油配管に発生した新たな開口部から原料油が噴出し、着火したこと

漏洩、着火した油類は防液堤内に留まり、防液堤外の機器にはほとんど影響がなかった

火災で多量に機器の熱膨張による変形や開口で油漏洩箇所が増加し、着火して延焼拡大したこと

・定めた対象重大災害の回避策として予防的な避難措置を実施したこと
 ・予め地元行政当局と情報共有がなされた重大リスク回避の住民避難やリスクコミュニケーション等の在り方の参考となること

	<table border="1"> <tr> <td>14</td> <td>17:25</td> <td>抽出工程行きオフサイト原料油タンクの移送ポンプを手動停止。油火災は継続</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>19:38</td> <td>警察署と市職員が手分けして個別訪問による避難呼びかけ開始</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>1/23 4:10</td> <td>避難解除</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>1/24 8:27</td> <td>鎮火確認</td> </tr> </table>	14	17:25	抽出工程行きオフサイト原料油タンクの移送ポンプを手動停止。油火災は継続	15	19:38	警察署と市職員が手分けして個別訪問による避難呼びかけ開始	16	1/23 4:10	避難解除	17	1/24 8:27	鎮火確認	<p>16:14から70分間、約100kLが潤滑油製造地区に送油された</p> <p>避難指示発令から呼びかけ終了まで3時間以上を要す</p> <p>漏洩量:約200t 物的被害:約8,700万円</p>																														
14	17:25	抽出工程行きオフサイト原料油タンクの移送ポンプを手動停止。油火災は継続																																										
15	19:38	警察署と市職員が手分けして個別訪問による避難呼びかけ開始																																										
16	1/23 4:10	避難解除																																										
17	1/24 8:27	鎮火確認																																										
<p>恒久的対応策</p>	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>設備管理</td> <td>製油所の腐食管理体制を設備管理、運転管理、技術部門のクロスチェック体制に強化する</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>腐食管理</td> <td>洗浄水を高圧高温分層槽頂部配管から注入する設備を設置し、洗浄水(0.5t/時間)を注入し、アンモニウムバイサルファイド濃度を2wt%以下に管理し、腐食率を0.5mm以下を期待する</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>腐食管理</td> <td>定期サンプリングと分析で排水pH、アンモニウムバイサルファイド濃度、塩素イオン、鉄イオン濃度をモニター管理する</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>腐食検査</td> <td>検査は、測定箇所を増やし、方法は超音波検査から放射線検査に変更する</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>腐食評価</td> <td>アルカリサワーウォーター腐食評価ソフト*を導入し、腐食率評価の精度向上を図る</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>情報共有</td> <td>技術、運転、設備管理の定例会議に腐食管理状況を報告する</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>情報収集</td> <td>専門機関、業界団体、事故情報等のアルカリサワーウォーター腐食の最新情報を収集し、当該装置を加えて水平展開する</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>定期監査</td> <td>操業安全管理システムの定期監査に定期的に本社外の専門家が適正な腐食管理を確認する</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>水平展開</td> <td>当該製油所の全脱硫装置の腐食懸念装置の特定と全放射線検査の実施</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>水平展開</td> <td>他製油所のアルカリサワーウォーター腐食のモニタリングの再点検をする。サンプリング困難な場合は、シミュレーションツールで濃度推定をする。濃度と流速から腐食チャートを用い腐食率を推定する。実際の検査結果と乖離があれば追加検査と検証をして健全性を確認する</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>火災拡大防止</td> <td>水添設備の緊急降圧操作を計器室からの遠隔操作にして可燃物漏洩最小化の初期操作を確実にする</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>火災拡大防止</td> <td>緊急停止機構に原料油移送や抽射供給ポンプの停止を加え移送遮断を確実に実行する</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>安全文化の醸成</td> <td>操業安全管理システムの抜きの無い実効性発揮に向けたリスクアセスメントの質向上の継続的努力</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>材質選定</td> <td>燃料油系脱硫装置は、API推奨基準の順守とするがその下流に設置の潤滑油製造系で内部流体が低温、低塩素濃度の場合は、ステンレス系(SUS316等)配管材料採用が防食向上の本質化になる</td> </tr> </table>	1	設備管理	製油所の腐食管理体制を設備管理、運転管理、技術部門のクロスチェック体制に強化する	2	腐食管理	洗浄水を高圧高温分層槽頂部配管から注入する設備を設置し、洗浄水(0.5t/時間)を注入し、アンモニウムバイサルファイド濃度を2wt%以下に管理し、腐食率を0.5mm以下を期待する	3	腐食管理	定期サンプリングと分析で排水pH、アンモニウムバイサルファイド濃度、塩素イオン、鉄イオン濃度をモニター管理する	4	腐食検査	検査は、測定箇所を増やし、方法は超音波検査から放射線検査に変更する	5	腐食評価	アルカリサワーウォーター腐食評価ソフト*を導入し、腐食率評価の精度向上を図る	6	情報共有	技術、運転、設備管理の定例会議に腐食管理状況を報告する	7	情報収集	専門機関、業界団体、事故情報等のアルカリサワーウォーター腐食の最新情報を収集し、当該装置を加えて水平展開する	8	定期監査	操業安全管理システムの定期監査に定期的に本社外の専門家が適正な腐食管理を確認する	9	水平展開	当該製油所の全脱硫装置の腐食懸念装置の特定と全放射線検査の実施	10	水平展開	他製油所のアルカリサワーウォーター腐食のモニタリングの再点検をする。サンプリング困難な場合は、シミュレーションツールで濃度推定をする。濃度と流速から腐食チャートを用い腐食率を推定する。実際の検査結果と乖離があれば追加検査と検証をして健全性を確認する	11	火災拡大防止	水添設備の緊急降圧操作を計器室からの遠隔操作にして可燃物漏洩最小化の初期操作を確実にする	12	火災拡大防止	緊急停止機構に原料油移送や抽射供給ポンプの停止を加え移送遮断を確実に実行する	13	安全文化の醸成	操業安全管理システムの抜きの無い実効性発揮に向けたリスクアセスメントの質向上の継続的努力	14	材質選定	燃料油系脱硫装置は、API推奨基準の順守とするがその下流に設置の潤滑油製造系で内部流体が低温、低塩素濃度の場合は、ステンレス系(SUS316等)配管材料採用が防食向上の本質化になる	<p>*Predict SW 3.0 (API RP 932-Bのアンモニウムバイサルファイド濃度と流速等の内部流体性状から硫化鉄保護被膜の剥離性を予測する簡易腐食率推定ツール)</p> <p>脱硫装置1基のみが高腐食率の懸念があったので腐食を助長する原料油の処理停止と腐食懸念される部位の放射線検査を実施中</p> <p>RISCAD提案 *米国石油協会(American Petroleum Institute)</p>
1	設備管理	製油所の腐食管理体制を設備管理、運転管理、技術部門のクロスチェック体制に強化する																																										
2	腐食管理	洗浄水を高圧高温分層槽頂部配管から注入する設備を設置し、洗浄水(0.5t/時間)を注入し、アンモニウムバイサルファイド濃度を2wt%以下に管理し、腐食率を0.5mm以下を期待する																																										
3	腐食管理	定期サンプリングと分析で排水pH、アンモニウムバイサルファイド濃度、塩素イオン、鉄イオン濃度をモニター管理する																																										
4	腐食検査	検査は、測定箇所を増やし、方法は超音波検査から放射線検査に変更する																																										
5	腐食評価	アルカリサワーウォーター腐食評価ソフト*を導入し、腐食率評価の精度向上を図る																																										
6	情報共有	技術、運転、設備管理の定例会議に腐食管理状況を報告する																																										
7	情報収集	専門機関、業界団体、事故情報等のアルカリサワーウォーター腐食の最新情報を収集し、当該装置を加えて水平展開する																																										
8	定期監査	操業安全管理システムの定期監査に定期的に本社外の専門家が適正な腐食管理を確認する																																										
9	水平展開	当該製油所の全脱硫装置の腐食懸念装置の特定と全放射線検査の実施																																										
10	水平展開	他製油所のアルカリサワーウォーター腐食のモニタリングの再点検をする。サンプリング困難な場合は、シミュレーションツールで濃度推定をする。濃度と流速から腐食チャートを用い腐食率を推定する。実際の検査結果と乖離があれば追加検査と検証をして健全性を確認する																																										
11	火災拡大防止	水添設備の緊急降圧操作を計器室からの遠隔操作にして可燃物漏洩最小化の初期操作を確実にする																																										
12	火災拡大防止	緊急停止機構に原料油移送や抽射供給ポンプの停止を加え移送遮断を確実に実行する																																										
13	安全文化の醸成	操業安全管理システムの抜きの無い実効性発揮に向けたリスクアセスメントの質向上の継続的努力																																										
14	材質選定	燃料油系脱硫装置は、API推奨基準の順守とするがその下流に設置の潤滑油製造系で内部流体が低温、低塩素濃度の場合は、ステンレス系(SUS316等)配管材料採用が防食向上の本質化になる																																										
<p>教訓</p>	<p>・労働安全がプロセス安全とはならない。労働安全の優れた成績がプロセス安全とは結びつかずに事故になる例が多い。長期運転では運転状況も変化するが装置も次第に変化する。的を得た設備健全性の検査・確認が維持管理においては極めて重要であり、変化を共有するための運転、設備、技術部門の円滑な意思疎通が大切な保安行動となる。</p> <p>・多角的で慎重な洞察で災害拡大防止: 大型プロセスでは、可燃物の確実な供給遮断が万一の被災拡大を最小にする。旧い基準の施工を放置せずに社会要請変化や技術進歩等の情報収集をして定期リスク点検で不適合の改善を継続するプロセス安全の技術管理が重要である。</p>																																											

6

7

8

9

◆アルカリサワーウォーター腐食管理の実施: 排水中のアンモニウムバイサルファイド濃度の上限管理値を決め、洗浄水注入により管理する

◆定期サンプリングと分析で排水pH、アンモニウムバイサルファイド濃度、塩素イオン、鉄イオン濃度をモニター管理する

アンモニウムバイサルファイド濃度と腐食率の関係評価の精度向上を図る

◆アルカリサワーウォーターの腐食原因物質であるアンモニウムバイサルファイド濃度をモニタリングする

事故概要	発生日時(曜日)	発生場所
2014年6月3日(火) 22:48頃、オランダ・ブラバント州 ステレン(SM)/酸化プロピレン(PO)のNo.2併産プラントでケトン類のアルコール変換用水素化反応器の3-4年毎の定期触媒交換で新規の高活性触媒交換後の還元処理前の液体エチルベンゼン(EB)加熱循環操作を実施した際に爆発と火災事故が生じた。機器破片や触媒が250-800m飛散し、近隣で作業中の協力会社員2名が2度の火傷を負った。気液分離槽や反応器の破壊は、高活性触媒とEBとの反応暴走からガス生成による急速な圧力上昇と対応する脱圧設備能力の不足状態で運転継続し、破壊圧力に到達したのもだった。尚、本PFAレポートは、オランダの独立事故調査機関(DSB)の報告書に基づき作成した。		

背景
・当該プラントは、すでに世界に5設備がある自社開発プロセスで2000年設置の3番目の設備である。当該工程は、前工程で生成したメチルフェニルケトン(MFK)を水素化反応によりSMの前駆体であるメチルフェニルカルブノール(MFC)に転換する工程である。 ・当該水添工程は、主に寸法の異なる2つの反応器と対応する気液分離槽(容量10と15立法m)及び水素の溶解を補完する比較的大容量の循環ポンプ(能力188立法m/時間)と加熱/冷却兼用熱交換器1基が液循環ラインに設置にされ、2段目の気液分離槽の気相部はフレアに連結されている。運転は、液を1段目分岐してバレル供給、ガスは1段目からシリーズ供給である。 ・水添反応器の型式は、1977年の最初の設備は、反応層を満液にした仕様であったが、その後の反応器型式の進歩から、No.2は、効率性が高く、低い温度、圧力の反応条件(本質安全化)とした液ガス混合分散による湿潤型反応器(ガス液とも塔頂から塔底流れ)を採用した。触媒湿潤化は、ジェット噴射作用とシャワー効果で触媒に満遍なく液分散する為所定ガス量と液量確保および均一分散湿潤化機能(HDトレイ)が重要である。 ・EBの反応性評価実験は、1977年に実施して液満型反応器と低クロム(VI)(含量<0.2%)品の組み合わせで130℃までの昇温条件下でEBの反応性が低く安全な不活性物質であることを確認し、温度の上限条件等は特定しなかった。従って、手順書にも使用上限温度や適切な昇温速度等は記載されていなかった。 ・水添触媒の選定は、当初低クロム(VI)であったが2000-2003年にかけて活性、安定性、選択制と単純交換可能な観点で評価し、2005年の5番目の設備から他触媒メーカーの酸化銅を含む高活性の高クロム(VI)(含量2.4-5.1%)品を使い始めた。当該設備は2014年の触媒交換で初めての採用であった。新触媒は、もっぱら水添性能に注視したメーカー性能試験条件の評価のみで採用し、EBの反応性の有無評価は実施されなかった。2014年の変更審査も新触媒の物性は従来と同等として試験による評価を実施しなかったし、触媒メーカーが安全情報シートで組成変化情報を提供したが気が付かなかった。 ・反応器型式変更時に正常運転向けの自動化制御が整備されたがスタートアップの際の初期加熱湿潤化や還元処理処理操作段階は、安全レビューやリスク評価がされず知識と経験に基づく手動操作のままとなっていた。また、EBが安全な不活性物質との認識から暴走反応の影響を緩和する適切な圧力逃し設備を設置していなかった。

背景(2)
・当該プラントは、すでに世界に5設備がある自社開発プロセスで2000年設置の3番目の設備である。当該工程は、前工程で生成したメチルフェニルケトン(MFK)を水素化反応によりSMの前駆体であるメチルフェニルカルブノール(MFC)に転換する工程である。 ・当該水添工程は、主に寸法の異なる2つの反応器と対応する気液分離槽(容量10と15立法m)及び水素の溶解を補完する比較的大容量の循環ポンプ(能力188立法m/時間)と加熱/冷却兼用熱交換器1基が液循環ラインに設置にされ、2段目の気液分離槽の気相部はフレアに連結されている。運転は、液を1段目分岐してバレル供給、ガスは1段目からシリーズ供給である。 ・水添反応器の型式は、1977年の最初の設備は、反応層を満液にした仕様であったが、その後の反応器型式の進歩から、No.2は、効率性が高く、低い温度、圧力の反応条件(本質安全化)とした液ガス混合分散による湿潤型反応器(ガス液とも塔頂から塔底流れ)を採用した。触媒湿潤化は、ジェット噴射作用とシャワー効果で触媒に満遍なく液分散する為所定ガス量と液量確保および均一分散湿潤化機能(HDトレイ)が重要である。 ・EBの反応性評価実験は、1977年に実施して液満型反応器と低クロム(VI)(含量<0.2%)品の組み合わせで130℃までの昇温条件下でEBの反応性が低く安全な不活性物質であることを確認し、温度の上限条件等は特定しなかった。従って、手順書にも使用上限温度や適切な昇温速度等は記載されていなかった。 ・水添触媒の選定は、当初低クロム(VI)であったが2000-2003年にかけて活性、安定性、選択制と単純交換可能な観点で評価し、2005年の5番目の設備から他触媒メーカーの酸化銅を含む高活性の高クロム(VI)(含量2.4-5.1%)品を使い始めた。当該設備は2014年の触媒交換で初めての採用であった。新触媒は、もっぱら水添性能に注視したメーカー性能試験条件の評価のみで採用し、EBの反応性の有無評価は実施されなかった。2014年の変更審査も新触媒の物性は従来と同等として試験による評価を実施しなかったし、触媒メーカーが安全情報シートで組成変化情報を提供したが気が付かなかった。 ・反応器型式変更時に正常運転向けの自動化制御が整備されたがスタートアップの際の初期加熱湿潤化や還元処理処理操作段階は、安全レビューやリスク評価がされず知識と経験に基づく手動操作のままとなっていた。また、EBが安全な不活性物質との認識から暴走反応の影響を緩和する適切な圧力逃し設備を設置していなかった。

区分	原因事象	事故進展フロー	備考
経過		1 2011	当該水添設備の反応性危険評価(RHA)を机上でツールを使い実施した。その結果、還元操作段階で触媒に含まれる酸化銅と水素の反応のみが特定された。 ・評価用資料として旧い2002年の銅-クロム系(クロム酸銅)組成を含まない安全データシート(MSDS)が使われた。 ・EBは、単に芳香族炭化水素とのみツール分類された。 *評価に使われた資料が技術進化を含んだ最新情報を反映したものではなかった。 **採用されたツールに基づき評価して、留意性が除外されていること。 **当該設備での特有の使い方を理解する評価構成員でなかったこと
	評価の形骸化* ツール偏重**	2 2014	3-4年毎のMFKのMFC転換用水添触媒交換の際の触媒選定で新たな触媒メーカーからクロム(VI)含量を最低6%含む新高活性触媒を自らのプロセス条件の試験評価を実施せずにメーカー試験条件の評価のみで採用した。審査は、新高活性触媒の物性は従来の高活性触媒と同等とし、触媒メーカーが安全情報シート(SDS)で組成変化情報を提供したが気が付かなかった。 ・従来の触媒は、クロム(VI)含量<0.2%が使われた。 ・メーカー試験は、あらかじめ還元処理された触媒で水添性能を注視した評価であった。 ・2005年の5番目の設備から高活性触媒が採用開始された。 ・2011年の製法転換で新高活性触媒は規格内ながらさらに高クロム(VI)含量化が図られた。 ・新高活性触媒採用で安全視点から循環、昇温操作の作業手順書見直しを実施された(特に昇温速度、差系流量の規定)
	変更管理の不備* 審査体制の不備** ルール不遵守*** SDS情報の軽視**** 事故・トラブル情報収集の不足*****	3 5/25	触媒交換を主目的とした短期間定修工事を実施した。 ・触媒メーカーや触媒の変更を変更管理の対象事象とした検討や手続きに技術専門性が欠けたこと ・触媒供給メーカーと触媒組成の両者変更審査において技術根拠なく従来の調達品と同等として評価したこと ・メーカー実験条件の評価のみで採用したこと ・**新高活性触媒について適用するプロセス操作条件下の危険性や性能の評価をラボ実験等で優先度高く確認する考慮に欠けたこと ・**従来の自社プロセスの実績から延長線上に安全を過信して触媒変化の影響確認を指摘できない審査員構成だった可能性 ・***自ら定めた変更管理ルールを順守して触媒変更の際の作業手順書の見直しが安全上重要であるとの認識に欠けたこと ・****触媒組成変化のメーカー情報に気が付かなかったこと ・****高活性触媒を採用したNo.5の設備で同様事象のニアミスが発生したが深掘した調査と水平展開をしなかったこと

No.	人 Man	設備/機器 Machine	管理 Media&Management
-----	----------	------------------	------------------------

1

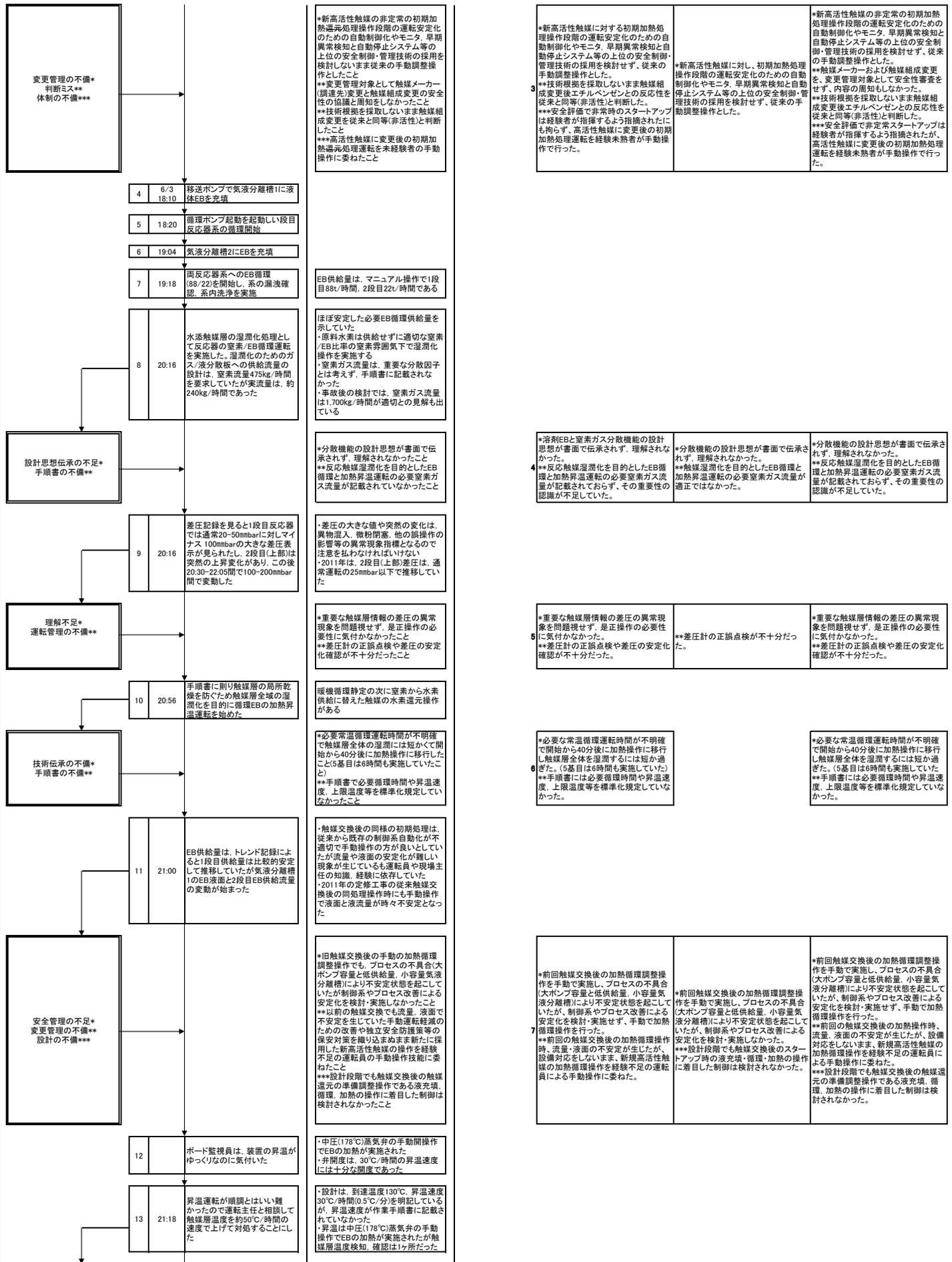
*反応危険性評価に使われた資料が技術進化を含んだ最新情報を反映したものではなかった。
 **反応危険性評価は人、設備や環境への影響が主眼のため、採用評価ツールが不適切で、反応プロセス条件が未考慮だった。
 **反応危険性評価者が評価対象設備の特有の使い方を理解していなかった。

*反応危険性評価に使われた資料が技術進化を含んだ最新情報を反映したものではなかった。
 **危険性評価は人や環境への影響を主眼としており、採用した評価手法が不適切で、反応プロセス条件が考慮されなかった。
 **評価者が当該設備での特有の使い方を理解していなかった。

2

*触媒供給メーカーと触媒組成の両者変更の審査において技術根拠なく従来の調達品と同等として評価した。
 *メーカー実験条件の評価のみで触媒を採用した。
 *メーカー実験条件の評価のみで触媒を採用した。
 **新高活性触媒について適用するプロセス操作条件下の危険性や性能の評価をラボ実験等で優先的に確認しなかった。
 **評価審査員は、従来の自社プロセスの実績から延長線上に安全を過信して触媒変化の影響確認を指摘しなかった。
 ***自ら定めた変更管理ルールを順守して触媒変更の際の作業手順書の見直しが安全上重要であるとの認識に欠けていた。
 ****触媒組成は仕様範囲にあったため、実際に大きな変化があったメーカー情報に気が付かなかった。
 ****高活性触媒を採用したNo.5の設備で同様事象のニアミスが発生したが深掘した調査と水平展開をしなかった。

*触媒メーカーや触媒の変更を変更管理の対象事象とした検討や手続きに技術専門性が欠けていた。
 *触媒供給メーカーと触媒組成の両者変更審査において技術根拠なく従来の調達品と同等として評価した。
 *メーカー実験条件の評価のみで触媒を採用した。
 **新高活性触媒について適用するプロセス操作条件下の危険性や性能の評価をラボ実験等で優先的に確認しなかった。
 **評価審査員は、従来の自社プロセスの実績から安全を過信して触媒変化の影響確認を指摘しなかった。
 ***自ら定めた変更管理ルールを順守して触媒変更の際の作業手順書の見直しが安全上重要であるとの認識に欠けていた。
 ****触媒組成は仕様範囲にあったため、実際に大きな変化があったメーカー情報に気が付かなかった。
 ****高活性触媒を採用したNo.5の設備で同様事象のニアミスが発生したが深掘した調査と水平展開をしなかった。



<p>運転管理の不備* プロセスの理解不足**</p>	<p>14 21:28 加熱蒸気弁をさらに開けた。実際の昇温は、記録によると1段目が約68℃/時間、2段目が約70℃/時間となった</p>	<p>*130℃までの手動による昇温速度の管理値を高速度の50℃/時間と高く定め実行したこと **高速昇温速度(50℃/時間)監視を中庄(178℃)蒸気弁の手動調整でプロセスを安定的に運転することの難しさが理解できなかったこと</p>	<p>8 *昇温速度の管理値を高速度の50℃/時間と高く定め実行した。 **高速昇温速度(50℃/時間)調節を中庄(178℃)蒸気弁の手動調整で実施し、調節困難を理解せず流量・温度変動を容認した。</p>	<p>*130℃までの手動による昇温速度の管理値を高速度の50℃/時間と高く定め実行した。 **高速昇温速度(50℃/時間)調節を中庄(178℃)蒸気弁の手動調整で実施し、調節困難を理解せず流量・温度変動を容認した。</p>
<p>設計の不備* 変更管理の不備**</p>	<p>15 実際は、昇温操作を始めるると計器室のパネル表示は、多くの検知データが一変動が示され、反応槽の圧力も高くなっていった。2段目反応器EB供給量は、約2.6-3.0(12-135%)時間、液面は気液分離槽1で25-79%、気液分離槽2で30-93%の変動が生じた</p>	<p>*加熱源は、低圧(133℃)と中庄(178℃)蒸気を選択肢があるが手動の弁調整が難しく監視強化が必要で、伝熱温度差が大きな中庄蒸気を選んだこと **新触媒導入時の非常加熱還元操作の制御管理機能と独立安全防護機能等の保安技術改善と強化および操作・監視指標の作業手順書への織り込みが欠けたこと</p>	<p>9 *加熱源は、低圧(133℃)と中庄(178℃)蒸気を選択肢があるが手動の弁調整が難しく監視強化が必要であるが、伝熱温度差が大きな中庄蒸気を選んだ。 **新触媒導入時の非常加熱における操作・監視のための指標を作業手順書へ記載していなかった。 **当初の作業手順書を運転員が理解できず軽視し、運転操作を作業指示に基づき実施。</p>	<p>*加熱源は、低圧(133℃)と中庄(178℃)蒸気を選択肢があるが手動の弁調整が難しく監視強化が必要であるが、伝熱温度差が大きな中庄蒸気を選んだ。 **新触媒導入時の非常加熱における操作・監視のための指標を作業手順書へ記載していなかった。 **当初の作業手順書を運転員が理解できず軽視し、運転操作を作業指示に基づき実施。</p>
<p>知識の不足* 変更管理の不備**</p>	<p>16 ホド監視運転員の交替があったが、その間も気液分離槽の高危険(HH)液面を含んだ多種類の警報が定期的に鳴った</p>	<p>解析によると、EBと新高活性触媒では、90-100℃から発熱反応が起きやすくなる。酸化銅も約180℃からEBと反応することが確認された</p>	<p>10 *溶剤EBは不活性と誤認識しており、触媒成分の酸化クロムや酸化銅との発熱反応による暴走反応、ガス生成による圧力上昇の危険性を見逃していた。 **ホットスポットがさらに進行して高温になるとEBの蒸発も起こりうる可能性。 **新触媒に交換決定の際に加熱EBとの反応条件の基礎データを取らず、EB加熱の際の反応特性が作業手順書に反映できず、共有もできなかった。</p>	<p>*溶剤EBは不活性と誤認識しており、触媒成分の酸化クロムや酸化銅との発熱反応による暴走反応、ガス生成による圧力上昇の危険性を見逃していた。 **ホットスポットがさらに進行して高温になるとEBの蒸発も起こりうる可能性。 **新触媒に交換決定の際に加熱EBとの反応条件の基礎データを取らず、EB加熱の際の反応特性の情報を提供しなかった。 **新触媒に交換決定の際に加熱EBとの反応条件の基礎データを取らず、EB加熱の際の反応特性が作業手順書に反映できず、共有もできなかった。</p>
<p>直交替ルールの不備</p>	<p>17 22:15 気液分離槽2の液面がHHの警報鳴る</p>	<p>*90℃を超えると酸化クロムとEBの発熱反応、酸化銅も約180℃からEBと反応し、ガスが生成して高温度になると暴走反応を起こして圧力上昇を生じる反応槽の認識が無かったこと *ホットスポットがさらに進行して高温になるとEBの蒸発も起こりうる可能性 **新触媒に交換決定の際に加熱EBとの反応条件の基礎データを取らず、EB加熱の際の反応特性が作業手順書に反映できず、共有もできなかったこと</p>	<p>11 *溶剤EBは不活性と誤認識しており、触媒成分の酸化クロムや酸化銅との発熱反応による暴走反応、ガス生成による圧力上昇の危険性を見逃していた。 **ホットスポットがさらに進行して高温になるとEBの蒸発も起こりうる可能性。 **新触媒に交換決定の際に加熱EBとの反応条件の基礎データを取らず、EB加熱の際の反応特性の情報を提供しなかった。</p>	<p>*溶剤EBは不活性と誤認識しており、触媒成分の酸化クロムや酸化銅との発熱反応による暴走反応、ガス生成による圧力上昇の危険性を見逃していた。 **ホットスポットがさらに進行して高温になるとEBの蒸発も起こりうる可能性。 **新触媒に交換決定の際に加熱EBとの反応条件の基礎データを取らず、EB加熱の際の反応特性の情報を提供しなかった。</p>
<p>異常対応の未実施* 警報多発時の対処不備** 設計の不備***</p>	<p>18 22:16 HH作動のフレイア連結配管の液体同伴防止の自動遮断装置が作動し閉となり排気できなくなり、設備がほぼ断熱状態となった</p>	<p>*気液分離槽の液面制御は、手動にしてあった *気液分離槽2の液面は定期的に高危険(HH)を超えた *非常作業での異常事態の交替の際は、送戻回避の支援等のルールが不明確だった可能性(支援記載なし)</p>	<p>12 *非常作業での異常事態の交替の際は、送戻回避の支援等のルールが不明確だった可能性(支援記載なし)</p>	<p>*非常作業での異常事態の交替の際は、送戻回避の支援等のルールが不明確だった可能性(支援記載なし)</p>
<p>異常対応の不備</p>	<p>19 22:26 弁の開復帰動作を試みるも復帰せず閉じたままだった</p>	<p>先に、夕方にも一度自動遮断装置が作動し閉となったが短時間で液面を下げ復帰していた</p>	<p>13 *非常作業での異常事態の交替の際は、送戻回避の支援等のルールが不明確だった可能性(支援記載なし)</p>	<p>*非常作業での異常事態の交替の際は、送戻回避の支援等のルールが不明確だった可能性(支援記載なし)</p>
<p>設計の不備* 緊急対応の不備** 事例学習の不足***</p>	<p>20 22:45 圧力は、次第に上昇して室素元圧の1.7-3bar(0.7-0.8MPa)となり、次第に室素供給が減り0kg/時間となって触媒層のホットスポットの高温化助長や拡大につながった</p>	<p>*非常時のスタートアップ作業で液面や圧力が急速に高危険(HH)領域になった際の機器保護策として独立安全防護の緊急運転停止機能が織り込まれていなかったこと *排気不能のほぼ密閉断熱状態となったが異常時の運転対応(ESP)を実行し、負荷低減や運転停止による異常回避操作をしなかったこと **重要警報が識別できなかった可能性 ***プロセス異常発生時の報告と運転員間で異常事態が共有されなかった可能性 ***フレイアラインにノックアウトドラム設置等による液飛散防止設備がなく、重要なガス排出ラインを自動閉止して系の圧力上昇を招くような、危険性の高い設備、制御構成としていた。</p>	<p>14 *非常作業での異常事態の交替の際は、送戻回避の支援等のルールが不明確だった可能性(支援記載なし)</p>	<p>*非常作業での異常事態の交替の際は、送戻回避の支援等のルールが不明確だった可能性(支援記載なし)</p>

<p>暴走反応* 設計の不備**</p>	<p>21</p> <p>断熱状態は、反応器の圧力も高くなり、破裂前最後の2分は、制御できない急激な圧力上昇が生じた。温度、圧力の異常上昇は、触媒槽内の局所的湿潤化不足で形成されたホットスポット(180℃到達)での発熱のガス生成暴走反応を加速したものであった。</p>	<p>・気液分離槽の安全弁は、暴走反応等の急激な圧力上昇に対処できる設計能力ではなかった。 ・ガス静置系は、閉止されたままだったが誰も気づかなかった。 ・反応器の安全弁設定圧力は、水系供給弁故障想定3.1bar(3.1MPa)であり、暴走反応には不十分な能力であった。 ・反応器設計圧力は、31bar(3.1MPa)なので破壊圧力は少なくとも3倍の93bar(9.3MPa)を超えるものであった。</p>	<p>*EBに対して水添触媒は不活性と誤評価してきたが、新高活性(銅-クロム系)水添触媒のEB循環昇温時の湿潤化不足により生じた発熱反応で、急速なガス生成暴走反応が起きた。 **暴走反応を想定せず反応器の安全弁能力を設計した。</p> <p>*EBに対して水添触媒は不活性と誤評価してきたが、新高活性(銅-クロム系)水添触媒のEB循環昇温時の湿潤化不足により生じた発熱反応で、急速なガス生成暴走反応が起きた。 **暴走反応を想定せず反応器の安全弁能力を設計した。</p>
<p>設計の不備* 事例学習の不足**</p>	<p>22 22:47</p> <p>反応器圧力も、次第に上昇して7bar(0.7MPa)となった。</p> <p>23 22:48:03</p> <p>従業員は、気液分離槽破裂の23秒前に排気配管系の圧力警報が非常に高い12bar(1.2MPa)の表示に気づいた。同時刻頃、反応器の温度計も高警報値を超えて鳴った。</p> <p>24 22:48:26-48</p> <p>気液分離槽2と段目反応器破裂、続いて20秒後に気液分離槽1の破裂による連鎖爆発と火災が起きた。反応器と気液分離槽の内蔵高温触媒が飛散した。反応器の破片は250m先まで飛んだものもあった。プラントの他の破片には300m先まで飛んだものもあった。</p> <p>25</p> <p>爆発設備近くで作業中の協力会社作業員2名は、爆風の熱風衝撃や飛散触媒で火傷(2度)と軽傷を負った。</p>	<p>*新高活性(銅-クロム系)水添触媒の還元操作前の湿潤化不足で不活性と誤評価してきたEBと触媒の発熱反応で急速なガス生成暴走反応が起きたこととしたこと **反応器の安全弁能力は、暴走反応を想定していなかったこと</p> <p>設備には、水系弁故障の際の過剰流入発熱反応の高温化や逆流を制御システム活用で防止策は織り込まれていたが独立した緊急停止システム(停止ボタン)が織り込まれていなかった</p> <p>*発熱反応設備に多重安全防護として独立の緊急停止システムが織り込まれていなかったこと **5番目の設備の同様のニアミス事例を反映し運転停止対応策(設備、手順書)を織り込まなかったこと</p> <p>爆発音は、20km離れたところでも聞こえた</p> <p>他の従業員は、計器室にいてけがを負わなかった</p>	<p>*他所の同種プラントにおける暴走反応発生ニアミス事例で指摘されたにも拘らず、それを反映した運転停止対応策を手順書に織り込まなかった。</p> <p>*発熱反応設備に多重安全防護として独立の緊急停止システムが織り込まれていなかった。 **他所の同種プラントにおける暴走反応発生ニアミス事例で指摘されたにも拘らず、それを反映した運転停止対応策を手順書に織り込まなかった。</p>
<p>対応操作</p>	<p>1 22:50</p> <p>港湾公設消防で爆発・火災報告受理</p> <p>2 22:51</p> <p>当該工場からの爆発・火災発生通報受理</p> <p>3</p> <p>自衛消防、港湾消防、地域公設消防の第1部隊はいずれも7分以内に到着した</p> <p>4 22:56</p> <p>当初、不明者5名と推定</p> <p>5</p> <p>火災が反応器近傍に広がり、大きな黒煙が立ち上った</p> <p>6 0.95625</p> <p>事故を大火災と設定</p> <p>7 23:08頃</p> <p>自衛消防と公設消防は現場偵察をして放水を始めた</p> <p>8 23:15</p> <p>消防活動を公設消防一括管理下に移行</p> <p>9 23:18</p> <p>当該水添設備近傍で高さ40-50mの大きなファイアーボール(球状火災)が生じた</p> <p>10</p> <p>火災拡大防止策として人員の被災回避とともに緊急対応計画に記載されていた無傷のアモンニアタンクの安全を確認にするために防災戦略として当該水添設備の水幕遮断や周囲の設備冷却を継続実施した</p> <p>11 23:25</p> <p>負傷者2名、不明者ゼロ確定</p> <p>12 23:50</p> <p>事故緊急対応本隊が到着し、燃え切り戦略を採用した</p> <p>13 6/4 1:00頃</p> <p>消防隊が爆発で飛散した触媒や危険物質のリスクに気づいたが、分析の結果、濃度が低く問題とならなかった</p> <p>14 2:00前</p> <p>工場から触媒の安全データシート(SDS)が提供された</p> <p>15 2:50</p> <p>爆発の約5時間後に消防隊の危険物質専門家が触媒の性質や組成情報を得ることができた</p> <p>16 2:00 -3:00</p> <p>EBを含む供給配管システムの弁を閉じして供給を停止した</p> <p>17 3:00</p> <p>火災は衰えはじめ、管理下となった</p> <p>18 5:15</p> <p>最後の中心部が泡で消し止められた</p> <p>19 6:00</p> <p>放水不要となった</p>	<p>大火災対応レベルは計器室周囲10分以内の到着であった。 ・ほぼ1時間程度で公設消防隊員150名、車両33台の動員が配備された</p> <p>・2つの爆発報告以外ほぼ情報がほとんど入ってこなかった ・他の爆発火災は起きていた</p> <p>公設消防隊員150名、車両33台の動員が推定された</p> <p>緊急対応部隊の活動調整場所を正門外の物流配送所に設置し組織再編した</p> <p>この時は、爆発原因やさらなる爆発発生リスクの有無は依然として明らかではなかった</p> <p>・港湾の消火力は十分な供給能力配備がされていた ・自衛消防隊は、消火活動中、時々プラント用地に入り可燃性物質箇所を確認をした</p> <p>事故は黒煙を垂直に着しく高く上げ溜りが周辺環境や居住者の危険性を最小にする気象条件であった</p> <p>大気汚染の観点で測定をして影響を確認した</p> <p>触媒粒子に六価クロムが含まれていることが分かった</p> <p>消防部隊は、規模縮小や撤収するものが出始めた</p> <p>明るくなってから、消火放水を継続した近隣の設備の確認も必要だった</p>	

		20	6.10	鎮火	
恒久的 対応策	1	方法変更	触媒の前処理は、窒素雰囲気下の水素のみで有機物無しの気相還元操作を採用し、安全を確認した。	事業者報告 (実績) ・2014年の4番目設備 ・2015年の当該設備	
	2	運転管理	運転管理に重要且つ危険性が高いプロセス因子が含まれることを確保するため運転職務の解析評価をして当該設備の運転技術力を向上する	事業者報告 *例えば、加熱速度、窒素流量等の 欠落データの特定と修正	
	3	運転管理	当該設備の運転職務の解析評価と変更を書面作成し、更新し、承認する方法を継続改善する	事業者報告	
	4	安全管理	新触媒採用の際は、触媒加熱、還元操作の危険な発熱反応発生リスクを触媒供給者、安全学会等と共有する	事業者報告	
	5	安全管理	反応危険に特別な注意を払いプロセスと触媒の選定を改善する	事業者報告	
	6	危険性評価	下記に焦点を当て当該設備の反応危険性評価(RHA)の効果を向上する ・組成の完全な入力 ・予想外の化学反応の特定と必要なラボ実験の選定を含む評価に最も効果的で利用可能な資源適用を評価する	事業者報告	
	7	水平展開	液満反応型式採用のNo.1設備の水添触媒の加熱、還元操作の安全性を再評価する	事業者報告	
	8	水平展開	他の設備で採用している酸化触媒(例、銀-クロム系)の活性化や還元操作の時に同様の発熱危険評価を実施する	事業者報告	
	9	業界貢献	事故から学んだことは、類似事故防止のための会議等を通して適切な産業界に公表する	事業者報告	
	10	変更管理	プラント、プロセス、操作手順の変更で生じるリスクに全ての従業員がたえず気を配ることを確認する	DSB→事業者	
	11	リスクアセスメント	当初の推定や仮定の再評価を含んだリスク分析がどのように実施されて変更を実行するかを評価する。特に以前除外したリスク仮定には格段の注意を払う	DSB→事業者	
	12	リスクアセスメント	新たなリスク分析に基づく適切な制御・管理方法の設置やリスク分析のチームが十分な専門能力を有した者の編成であることを確認する	DSB→事業者	
	13	安全教育	リスクに対して安全管理責任を負う従業員向けに知識や実際の事故、ニアミス学ぶ組織を設ける	DSB→事業者	
	14	原因調査	実際の事故、ニアミスの調査は、根本原因の洞察まで提供することを確認する	DSB→事業者	
	15	業界貢献	調査結果から生じる対策が実施され、さらに石油化学産業で知識を広めることに貢献することを担保する	DSB→事業者	
	16	危機管理	体系化した周辺への影響対応と伝達の準備を毎週の会議で確認する	地方行政当局	
	17	危機対話	既存の伝達ルートを確認する安全公共表示盤を設置し、有事の際に最新情報を提供し自主避難を容易にする	地方行政当局	
	18	危機管理	当該港湾地区では、国の非常事態適用が活動しなかったので広範囲な事業者への宣伝と国の代行要領基礎を整備する	中央行政当局	
	19	危機管理	非常事態は、港湾地区が未早く非常線で閉鎖し、立ち入り不能となるので緊急避難用循環車配備計画と周辺工場の安全関係者等の立ち入り許可要領を準備する	地方行政当局	
	20	水平展開	上記項目を他の港湾地区にも展開する	中央行政当局	
	21	危機管理	大気汚染除去作業は、消防活動と統合化する	地方行政当局	
教訓	<p>・変更は、上位の安全技術と多角的リスクコミュニケーションで共有、非定常中の新たな非定常、変更中の関係者に共有されない新たな変更とならぬよう共有を目的とした安全防護/制御/管理技術の上位システム化検討と標準化した作業フレームを基に逸脱リスクを協議調整し、事前に周知して前線の安全担保向上が継続できる。</p> <p>*備つては外部変化は従来より早い生産変動は、自らも変化しているが確信も確信している。詳細対応に備え変化に対応できるように構成員と方法に工夫を取り入れないと従来の作業フレームの延長や繰り返し思考が障害や想定外を生じることがある。</p> <p>*監査評価は、事故防止の支援で担保と解釈してはならない。内外の監査や行政機関の制度化された定期審査は、多くの要求項目とリスクシナリオを基にマクロ視点からの指導となるが設備特有の非定常作業等で生じる固有の内リスクは当事者が自ら深堀りして特定しないとリスク軽減の成果に結びつかないことがある。</p>				

<p>MOCの不備* MOC取進めの不備** 変更管理の不備*** マニュアルの不備**** 不適切なMOC構成員***** MOC解析能力の不足*****</p>		<p>*施工前実施のルールが順守されず、取り進め結果が事後承認の方法となり方法の有効性が低下していたこと **書面による各部門ごとの一般的な項目のO&A方式で全体の議論による深掘りを求めない方法だったこと ***1996年の最終改訂のプロセス流体が管側を流れる熱交換器の稼働用一般操作手順書のみでプロセス流体がシェル側を流れる熱交換器の稼働用一般操作手順書の整備と更新の必要性が取り上げられなかったこと ****継切り弁設置のP&ID更新が指示されなかったこと *****切り替え手順書は、プロセス流体がシェル側を流れる当該リボイラーの切り替え操作には混乱を生じる不適切なものだったこと *****PHA不要と回答した者も数名いたこと *****施工前に過圧危険性を特定したり、回避対応策が提示できなかったこと *****業界規範、API、ASME標準の要求事項を満たさなかったこと *****調査した結果、MOC解析の不十分性が判明したこと</p>	<p>3</p>	<p>****切り替え手順書は、プロセス流体がシェル側を流れる当該リボイラーの切り替え操作には混乱を生じる不適切なものだったこと</p>	<p>*施工前実施のルールが順守されず、取り進め結果が事後承認の方法となり方法の有効性が低下していたこと **書面による各部門ごとの一般的な項目のO&A方式で全体の議論による深掘りを求めない方法だったこと ***1996年の最終改訂のプロセス流体が管側を流れる熱交換器の稼働用一般操作手順書のみでプロセス流体がシェル側を流れる熱交換器の稼働用一般操作手順書の整備と更新の必要性が取り上げられなかったこと ****継切り弁設置のP&ID更新が指示されなかったこと *****切り替え手順書は、プロセス流体がシェル側を流れる当該リボイラーの切り替え操作には混乱を生じる不適切なものだったこと *****PHA不要と回答した者も数名いたこと *****施工前に過圧危険性を特定したり、回避対応策が提示できなかったこと *****業界規範、API、ASME標準の要求事項を満たさなかったこと *****調査した結果、MOC解析の不十分性が判明したこと</p>
<p>検討の不足* 管理的対策のみ指摘**</p>	<p>6 2001/7 5年毎のプロセスのPHA評価を実施した結果、プロピレン精留塔リボイラーの継切り密閉時の過圧危険性は特定されずに重要度が相対的に低いP&ID更新の未実施を特定した</p>	<p>*プロピレン精留塔リボイラーの配管の弁設置が熱交換器の密閉に無防備である危険性が特定されず防止策検討に至らなかったこと **P&IDの未更新を特定したこと</p>	<p>4</p>		<p>*プロピレン精留塔リボイラーの配管の弁設置が熱交換器の密閉に無防備である危険性が特定されず防止策検討に至らなかったこと **P&IDの未更新を特定したこと(これは問題では無い TKU)</p>
<p>プロセスの理解不足* PHA実施の形骸化**</p>	<p>7 2006/7 PHA評価の実施。両リボイラーの過圧危険性を特定し、本体の安全弁と連通するためプロセス入り出設置の各継切り弁の少なくとも一方の開閉を警告</p>	<p>*Car Sealing Open *現在は、両方のリボイラーを同時に開として本体と連通して稼働中である危険性が特定されず防止策検討に至らなかったこと **危険解析が有効に機能しない活動となったこと</p>	<p>5</p>		<p>*現在は、両方のリボイラーを同時に開として本体と連通して使用していないことを知らずに実施を警告したこと(意味不明 TKU) PHA評価で両リボイラーの過圧危険性を特定し、本体の安全弁と連通するためプロセス入り出設置の各継切り弁の少なくとも一方の開閉を警告したが実施しなかった(TKU) **危険解析が有効に機能しない活動となったこと</p>
<p>不適切な判断* 安全階層アプローチ不足***</p>	<p>8 2008/1 事業者がエンジニアリングサービスクラスに安全防護装置の適性解析を依頼した結果、プロピレン精留塔のリボイラーの過圧防止未知の指摘と対策としてプロセスシェル側の開閉が圧力逃し弁の設置の二つの危険性緩和のための選択肢を示された</p>	<p>*CCPS* の防御層指針は、圧力逃し弁の信頼性は99%、施設は90%としている * CCPS Center for Chemical Process Safety</p>	<p>6</p>		<p>*予備器を含めた両リボイラーの弁の開閉実施の実現性は低いこと **外部専門家提案の評価と現物の状況確認をせぬままPHAの机上の推論決定をうのみにしたまま判断したこと ***2001年からの設計、PHA、PSSR等のリスク削減活動で信頼性がより高い危険回避技術/方法を選定していないこと</p>
<p>不適切な警告* MOC/PSSRの未実施** ルールの不明確***</p>	<p>9 事業者は、エンジニアリングサービスクラスの提示の評価をせずに2006年PHA警告の両リボイラーの弁の開閉の現計画の実施を決めた</p>	<p>*予備器を含めた両リボイラーの弁の開閉実施の実現性は低いこと **外部専門家提案の評価と現物の状況確認をせぬままPHAの机上の推論決定をうのみにしたまま判断したこと ***2001年からの設計、PHA、PSSR等のリスク削減活動で信頼性がより高い危険回避技術/方法を選定していないこと</p>	<p>7</p>		<p>*予備器を含めた両リボイラーの弁の開閉実施の実現性は低いこと **外部専門家提案の評価と現物の状況確認をせぬままPHAの机上の推論決定をうのみにしたまま判断したこと ***2001年からの設計、PHA、PSSR等のリスク削減活動で信頼性がより高い危険回避技術/方法を選定していないこと</p>
<p>現地検証の不足* 警告の不足**</p>	<p>10 2010/1 2006年実施のPHA警告事項の完了を宣言、使用中のリボイラー出口のみ開閉を実施したが予備器の弁は閉のままだった</p>	<p>*完了が誤解した警告の部分適用で残り予備器のリスクは継続されたこと **施設実施の有効性評価に変更管理や稼働前安全レビューが実施されずPHA警告実施の不備が特定できずまただったこと ***施設実施が変更対象となるかが不明確だったこと</p>	<p>8</p>		<p>*現地未確認の活動故に書類との不一致を特定できなかったこと **机上の解析で管理的項目の現物と不一致のP&ID更新のみを警告したこと</p>
<p>現地検証の不足* 警告の不足**</p>	<p>11 2011/9 PHA評価を実施し、もっぱら書類のみで前回のPHA以後設置した弁の開閉安全策を両方のリボイラーに実施したと特定した。P&IDに新たな弁施設の安全策を表示することを求めた</p>	<p>前回のPHA書類データが両方のリボイラーに施設実施と実際と不一致の記載がされていた</p>			<p>*現地未確認の活動故に書類との不一致を特定できなかったこと **机上の解析で管理的項目の現物と不一致のP&ID更新のみを警告したこと</p>
<p>現地検証の不足* 警告の不足**</p>		<p>*現地未確認の活動故に書類との不一致を特定できなかったこと **机上の解析で管理的項目の現物と不一致のP&ID更新のみを警告したこと</p>			<p>*現地未確認の活動故に書類との不一致を特定できなかったこと **机上の解析で管理的項目の現物と不一致のP&ID更新のみを警告したこと ***PHAへの開閉対策の記載漏れに対してプロセスオーナーが実施の調査を行わなかった</p>

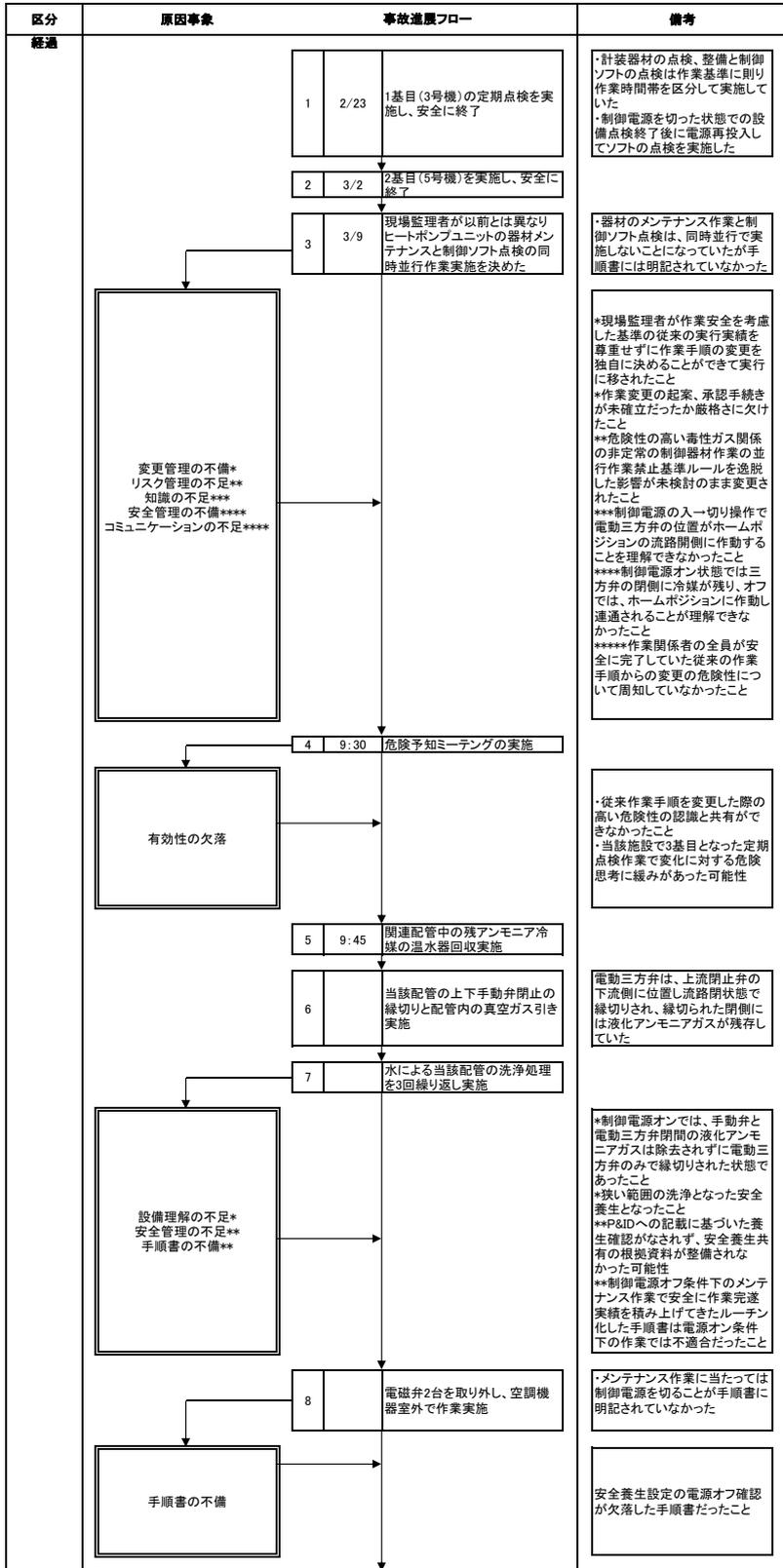
	12	PHA勧告のP&IDの弁施錠表記更新は、使用中のリボイラー出口配管弁(径50mm)施錠のみ表記して勧告の実施完了した。				
	13	2012/2	当該リボイラーの保安作業を実施した。その後当該リボイラーは、待機状態として単一線切り弁でプロセスから切り離し、管束封入(圧力約0.4MPa _g 維持)とした。	・シングル(ゲート)弁のみの線切りはリークのリスクがあり、閉止板挿入と合わせた切り離しにより確度が高い切り離し方法である。 ・プロセス流体(プロパン混合液)は、常温の平衡蒸気圧が0.96MPa _g であり、圧力計が設置されていれば定期的な圧力監視で漏洩監視ができた可能性がある		
待機安全養生の不備* 検知の不備** 管理の不足***					<ul style="list-style-type: none"> *長期待機期間の単一ゲート弁のみの漏洩防止が確実性として不十分だったこと **長期待機期間中の変化の監視に異常検知方法が不十分だったこと ***漏洩管理手段が無かったこと 	
	14	2012/5	技術管理者が使用中のリボイラーのみの弁の開錠実施を確認し、P&IDを更新した。技術管理者は、2011年のPHA勧告のすべてが含まれていない新たなP&IDを承認した。	<ul style="list-style-type: none"> *机上解析による勧告と最新図面や現場の実物検証が不一致のまま承認されたこと **不適合な活動の是正機会を逸したこと ***種々の安全活動や定期活動間の不一致が気付けない活動の運営構造だったこと 		<ul style="list-style-type: none"> *机上解析による勧告と最新図面や現場の実物検証が不一致のまま承認されたこと **不適合な活動の是正機会を逸したこと ***種々の安全活動や定期活動間の不一致が気付けない活動の運営構造だったこと
一貫性の不備* 改善機会の見落とし** 非有効的な活動***						
	15	2013/6	運転、保安担当の毎日定例早朝会場で現場課長が過去数日間からの循環急冷水の流量低下を注意した。解析した結果循環水全体の速度低下に気付いた。			
	16		トラブルシューティングで従来から頼りたされた運転主任は、急冷水系を評価した結果、プロピレン精留塔リボイラーが汚れているので流量回復のため(18ヶ月稼働中の予備塔と切り替えが必要と考えた。運転管理者と切り替えに必要な運転と保安要員の手配を協議しようとしたが会えなかった。			
	17	8:33	現場に戻った運転主任は、単独行動で予備塔の管側の温水弁を開けた。この操作は、過圧回避装置を持たないプロセス(シェル)側の密閉系にホットな熱供給をしたこととなった。	<ul style="list-style-type: none"> *当該予備塔の調査によると 1)急激な流量増が記録されている 2)線切り弁の状態は、事故後で管側が人出開、プロセス(シェル)側が出入とも閉であった 		
作業手続きの不備* 不適切な操作手順** 個人操作の実施*** 作業情報共有の不備**** 並行作業の調整未実施*****				<ul style="list-style-type: none"> *非定常作業が計画作成と安全確認および承認手続きが実施されずに実行されたこと **プロセス(コールド)側を開とって本体と連通した後に熱源(ホット)側を開とすべき操作が逆になったこと ***運転主任が随時の単独操作を実施したこと ****リボイラー切り替えの非定常操作の実行が周知されず近くにいる従業員が巻き添えとなったこと *****生産能力増強プロジェクトの多数の請負作業員が作業中の現場で非定常リボイラー切り替え作業が実施されまますま並行実施され多く請負作業員が負傷したこと 	<ul style="list-style-type: none"> *非定常作業が計画作成と安全確認および承認手続きが実施されずに実行されたこと **プロセス(コールド)側を開とって本体と連通した後に熱源(ホット)側を開とすべき操作が逆になったこと ***運転主任が随時の単独操作を実施したこと ****リボイラー切り替えの非定常操作の実行が周知されず近くにいる従業員が巻き添えとなったこと *****生産能力増強プロジェクトの多数の請負作業員が作業中の現場で非定常リボイラー切り替え作業が実施されまますま並行実施され多く請負作業員が負傷したこと 	
作業手続きの不備* 不適切な操作手順** 個人操作の実施*** 作業情報共有の不備**** 並行作業の調整未実施*****						
	18	8:36	予備塔破裂と精留塔連結配管の破裂で噴出したプロピレン混合液の沸騰液膨脹蒸気爆発を起こし、着火して大規模なファイヤボールとなった。爆発の威力は破裂した配管が9m上のパイプラック迄飛散した。	<ul style="list-style-type: none"> ・テストの結果 1)4.75-8.46MPa_g(推定)に圧力上昇して熱交換器の亀裂発生と破裂に進展したものでそれは、シェル側が密閉系で液満(少なくとも85.5vol-100%)となったプロパン液の熱膨脹によると結論付けた。 2)事故後の入り出の線切り弁(15ヶ所のリーク)テスト結果は、APIの許容基準規程内(速度64-72気泡/分)であった 		
プロセス流体漏洩* リボイラー亀裂、破裂**				<ul style="list-style-type: none"> *線切り弁のリーク、弁の開錠操作や他の理由等の漏洩原因を特定することはされなかった **満液熱膨脹は約34.6MPa_gに達することが推定されること、有限要素解析は、4.75-8.46MPa_gで亀裂、破裂の可能性を予測したこと ***塔低液面とリボイラーの配置関係は、リボイラーが十分液満になること 	<ul style="list-style-type: none"> *線切り弁のリーク、弁の開錠操作や他の理由等の漏洩原因を特定することはされなかった **満液熱膨脹は約34.6MPa_gに達することが推定されること、有限要素解析は、4.75-8.46MPa_gで亀裂、破裂の可能性を予測したこと ***塔低液面とリボイラーの配置関係は、リボイラーが十分液満になること 	
	19		運転主任と近くで作業中の運転員の2名が死亡した。生産能力増強プロジェクトに関わっていた従業員と請負業者 167名(従業員3名、請負作業員164名)も巻き込まれ被災した。			
対応策	1		火災は、約3時間半続き、可燃性炭化水素14t以上が焼失した。			
	2	2015/1	18ヶ月後、プラントは再稼働した。			
恒久的対応策	1	安全設計	予備器を含むリボイラー(密閉容器)の圧力差し弁の個別設置	CSB→当該会社		

	<p>2 安全文化の醸成</p> <p>労働安全/管理職/運転/保全の各機能部門代表を最小限含んだ委員会を作り下記の継続的改善を実施する</p> <ul style="list-style-type: none"> 従業員インタビュー調査が含まれた定期的なプロセス安全文化の評価 安全文化報告書の専門家のレビューと寄せ書き 特定された課題の行動計画と効果的な実行の監督 少なくとも5年毎の定期評価報告書の作成と従業員周知 	<p>CSB→当該会社</p>
	<p>3 安全活動の強化</p> <p>プロセス安全活動に下記の測定基準(指標)を設定し活動の継続的評価をする</p> <ul style="list-style-type: none"> 変更管理審査(MOC)の効果(網羅性と審査の質と徹底度)測定 稼働前安全審査(PSSR)の有効性(質と徹底度)測定 PHA, MOC, 事故調査, 監査及び安全文化評価の効果やタイムリー性視点の有効性測定 	<p>CSB→当該会社</p>
	<p>4 安全活動の強化</p> <p>最低限 MOC, PSSR, PHA, 操作手順書の管理が含まれた包括的な安全評価の実施要領を下記を考慮して整備し、実行する</p> <ul style="list-style-type: none"> 優秀な実施例適合に向けた弱点の継続的な改善の有効性の評価 少なくとも3年毎に独立した専門家による製油所の評価 	<p>CSB→当該会社</p>
	<p>5 技術標準</p> <p>特殊作業状態下の圧力容器破裂事故防止に向けて下記を考慮したAPI標準521*の改訂強化</p> <ul style="list-style-type: none"> 「待機」と「運転休止」の定義 機器の個々の運転状態に対応した圧力減し要求の指定 	<p>CSB→米国石油協会 * API Standard 521: Pressure-relieving and Depressuring Systems</p>
	<p>6 技術標準</p> <p>管理の無効、失敗の回避に向けた圧力容器破裂に対する圧力減し装置を必須としたAPI標準521の明確化</p> <ul style="list-style-type: none"> 現在は、液膨張の領域で圧力減し装置の省略を許容し、今回事例のような優先順位が下位の安全階層にある管理的手法の占有使用を許容している 	<p>CSB→米国石油協会</p>
	<p>7 安全管理</p> <p>重なった非正常行為の原則禁止をルール化して重大機裂リスク回避を図る。調整が必要時に備えた許認可手続きの仕組みを整備、厳守する</p>	<p>RISCAD提案</p>
	<p>8 技術の転換</p> <p>変化や変更を検討する際に積極的に優先安全技術職位を考慮した技術対価の評価と共有をする仕組みとする</p>	<p>RISCAD提案</p>
	<p>9 管理技術</p> <p>IT技術等を活用した異常の兆候段階の把握や人的操作低減と標準化・自動化に向けた非正常作業の技術システムを構築する</p>	<p>RISCAD提案</p>
<p>教訓</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・線切りの基本操作やモニタリングを怠るな: 運転中の線切りは、単独ではなく閉止板との合わせ技やダブルブロック&ブリードが言わば世界の標準である。また長期待機の予備機器には、定期的な監視用検知設備(例えば圧力検知)も変化の危険をモニタリング管理するうえで重要である。 ・安全審査諸活動の空回りはないか: 安全審査がステップごとに網羅的に見落としなく実施する仕組みを整えても本質を深層する活動の質が追いつかないと次第に形骸化に陥る危険がある。事始めの現場の現状確認と多面的な編成員が活動品質と有効性に重要である。 ・安全は、継続力であり、組織能力である: 組織機能を動員して三現(現地・現物・現象)主義を忘れずに色々な角度からチェックして事象の影響を理解する地道な活動があって危険リスクの低減を共有した組織文化が育まれて継続する。長期視点の人材育成や定期的な活動の有効性検討のプログラムが形骸化防止に重要である。 	

アンモニア空調設備の冷媒噴出による死亡事故

PFA, RISCAD, AIST

事故概要	発生日時(曜日)	発生場所
2009年3月9日(月)11時10分頃、福岡県太宰府市アンモニア冷媒の空調用ヒートポンプ6基(1号機~6号機)の計画点検で、3台目の定期点検、部品交換、および制御ソフトの変更を実施する予定で当該作業に着手したところ、今までと異なって部品交換作業と制御ソフトの点検を同時に行った際に制御器(シーケンサ)スイッチの電源操作で、給液用配管に設置してある電動三方弁が突然運動して切り替わり、空調機器室内で整備中の電子式膨張弁付近から冷媒(アンモニア)が20kg噴出した作業員が被災した。室内作業中でアンモニアを直接吸い込んだ作業員1名死亡、間接的にアンモニアを吸い込んだ3名が重症を負った。		
背景		
・公共施設で休館日を利用した6基の空調設備の定期点検を計画した。1日当たり1台の計6週間予定で作業員7名で作業手順に則り、ヒートポンプユニットの整備、部品交換及び制御ソフトの変更を実施し、発災当日は、3基目(3~5号機)の作業であった。 ・前週も5号機のメンテナンス作業とそれとは別に制御ソフトの点検作業も実施し安全に終了していた。以前は、制御電源を切った状態で弁のメンテナンス作業を実施し、作業終了後に電源を投入し制御ソフトの点検をしていた。 ・今回は、制御電源を「入れた状態」での計装器材のメンテナンス作業となった。		



No.	人 Man	設備/機器 Machine	管理 Media&Management
-----	----------	------------------	------------------------

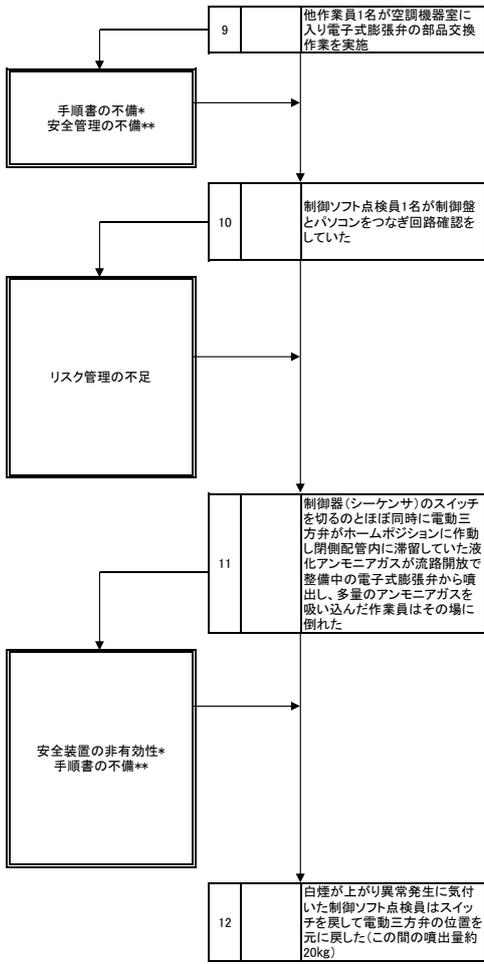
1			<ul style="list-style-type: none"> 現場監督者が作業安全を考慮した基準の従来の実行実績を尊重せずに変更作業の独自に決めることができ実行に移されたこと 危険性の高い毒性ガス関係の非常時の制御器材作業と制御ソフト点検・変更作業の並行作業禁止基準ルールを逸脱し、そのリスクが未検討のまま変更が実施されたこと
---	--	--	---

			<ul style="list-style-type: none"> 従来作業手順を変更した際の危険性が高まる点について現場管理者の認識が薄く、KYミーティングでの確かな指示ができていなかったこと 当該施設で3基目となった定期点検作業で変化に対する危険思考に緩みがあった可能性
--	--	--	--

2			<ul style="list-style-type: none"> 制御電源オン時の時と電源オフの時の、手動弁と電動三方弁系統の開閉関係が理解されておらず、電源オンでは液化アンモニアガスが除去されずに電動三方弁のみで緑切りされた状態で系に残留していることが理解できていなかった 制御電源オンでは、手動弁と電動三方弁閉側の液化アンモニアガスは除去されずに電動三方弁のみで緑切りされた状態であったこと P&IDへの記載に基づいた養生確認がなされず、安全養生共有の根拠資料が整備されていなかった可能性
---	--	--	---

3			<ul style="list-style-type: none"> メンテナンス作業に当たっては制御電源を切ることが手順書に明記されていなかった 計装保全作業と器材保全作業の同時並行作業を禁止することが明記されていなかった
---	--	--	--

アンモニア空調設備の冷媒噴出による死亡事故



9	他作業員1名が空調機器室に入り電子式膨張弁の部品交換作業を実施
10	制御ソフト点検員1名が制御盤とパソコンをつなぎ回路確認をしていた
11	制御器(シーケンサ)のスイッチを切るとほぼ同時に電動三方弁がホームポジションに作動し閉鎖配管内に滞留していた液化アンモニアガスが流路開放で整備中の電子式膨張弁から噴出し、多量のアンモニアガスを吸い込んだ作業員はその場に倒れた
12	白煙が上がり異常発生に気付いた制御ソフト点検員はスイッチを戻して電動三方弁の位置を元に戻した(この間の噴出量約20kg)

電子式膨張弁の整備手順が明記されたものが無かった
*室内でメンテナンス作業を実施したこと **室内メンテナンス作業が許容されていたこと
制御電源は、オンの状態であった ・制御ソフト変更作業の過程で制御器(シーケンサ)のスイッチを操作した
・制御ソフト点検、変更作業の際の弁作動の影響を協議しなかったこと ・異種作業で制御弁動作が起きうる作業を同室内で同時並行実施したこと ・器材保全作業の監督者には、制御、安全保護装置作動の影響が想定できなかった可能性
・室内には、アンモニアが漏れた場合に即時に洗浄する安全装置が設置されていたが装置の保守点検作業のため解除していた ・器材のメンテナンス作業と制御ソフト点検は、同時並行で実施しないことになっていたが手順書には明記されていなかった
*定期計画作業ながら事前調整不足で安全装置が解除状態だったこと **器材メンテナンス作業と制御ソフト点検の同時並行禁止を明記し、作業員間で共有していなかったこと

4		*室内メンテナンス作業が閉鎖空間作業に該当することが明記されていなかった **毒性ガスが関与する室内メンテナンス作業が許容されていたこと
5		*制御ソフト点検・変更作業の際の弁作動への影響を協議しなかったこと **異種作業で制御弁動作が起きうる作業を同室内で同時並行実施したこと ***器材保全作業の監督者には、制御電源オン/オフと制御ソフト点検・変更作業が、制御弁の作動に及ぼす影響が想定できなかった可能性
6		*定期計画作業ながら事前調整不足で安全装置が解除状態にあり、安全装置の管理体制と仕組みに不備があった可能性 *安全装置の管理者と現場管理者の間のコミュニケーションが不足していた **器材メンテナンス作業と制御ソフト点検の同時並行禁止を明記し、作業員間で共有していなかったこと

恒久的対応策

1	変更管理	客先で安易に個人的に保安作業手順の変更をしないことを徹底する。変更を要する場合のため起案、検討、承認手続きの仕組みを定めて周知する
2	安全管理	電磁弁、電子式膨張弁のメンテナンスと制御ソフトの点検作業を同時に行わない
3	安全管理	電磁弁交換及び電子式膨張弁の交換整備は、必ず制御電源を切ってから実施する
4	作業手順書	電磁弁及び電子式膨張弁の整備復旧を終えた後に、制御ソフトの変更を行う
5	作業手順書	作業の進捗状況により制御ソフトの変更は後日行っても良いが必ず動作確認を実施する
6	安全管理	作業は二人以上で行い、一人は状況の監視をする
7	作業手順書	電磁弁、膨張弁を取り外して整備を行うときは、仮に電動三方弁が動いても外部に冷媒液が漏れないよう、閉止フランジを取り付ける
8	作業手順書	弁類の整備はユニット外で行い、整備完了後に弁を復旧する
9	作業手順書	空調機器室内(マシナース内)で冷媒系の電磁弁、膨張弁の取り外し等の管の開放作業で冷媒が噴出する恐れのある時は、防毒面、呼吸器を装着し作業に当たる
10	安全教育	上記の安全管理と作業手順を作業手順書に明記し、作業安全基準として確実に実施するための教育を実施する
11	保護具装着	外部から救護に向かう際は、入室前に安全装備を装着する
12	装着訓練	保護具の取り扱いと装着訓練を繰り返し実施する
13	物質教育	現在行っている5年ごとの能力向上講習科目に、特定化学物質等取扱規則を入れる

アンモニア空調設備の冷媒噴出による死亡事故

		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="341 145 432 203">14</td> <td data-bbox="432 145 624 203">情報収集</td> <td data-bbox="624 145 836 203">並行作業の事故事例を収集し、危険作業回避を情報共有する</td> </tr> <tr> <td data-bbox="341 203 432 304">15</td> <td data-bbox="432 203 624 304">情報共有</td> <td data-bbox="624 203 836 304">客先作業こそ物質知識、安全養生、作業進捗、終了確認及び異常時の措置等を現地が迅速に情報共有できる仕組みを整備し、安全の信頼基盤とする</td> </tr> </table>	14	情報収集	並行作業の事故事例を収集し、危険作業回避を情報共有する	15	情報共有	客先作業こそ物質知識、安全養生、作業進捗、終了確認及び異常時の措置等を現地が迅速に情報共有できる仕組みを整備し、安全の信頼基盤とする	RISCAD提案
14	情報収集	並行作業の事故事例を収集し、危険作業回避を情報共有する							
15	情報共有	客先作業こそ物質知識、安全養生、作業進捗、終了確認及び異常時の措置等を現地が迅速に情報共有できる仕組みを整備し、安全の信頼基盤とする							
教訓	<p>安全と危険は紙一重：積み重ねてきた安全実績が合理的一面を持った小さな変更で安全防護が無識に崩れて事故に至ることもある。確立した標準作業の変更の際には、作業安全の多角的な情報収集、協議と厳格な手続きで慎重に安全を制御・管理することが信頼を高める職場風土づくりにもなる。</p> <p>人とICTの長所活用に目を向けよう：客先のユニット装置の定期繰り返し点検作業の安全向上を従来の方法である人の技量に託した個々の作業の監視強化で補うのか、一方で情報器材を活用してプロセス、機器、内容物処置、安全養生状態及び標準メンテナンス作業手順等を包含して提供して作業者が当該作業環境の確認と共有をする選択肢もある。</p>								

PFA, RISCAD, AIST

事故概要	発生日時(曜日)	発生場所
2015年6月22日(月)17時03分頃、千葉県市原市 1、2系列ある水添脱硫酸装置と3系列目を枝出した水添脱硫酸装置群に連結して水素ガスを供給している改質装置がある連結配管の3系列目枝取り部にて2ヶ月前に計画停止で挿入した仕切り板を3系列目の再稼働準備で抜き取り作業に取り掛かると水素ガスが漏洩発生した。仕切り板挿入時は、改質装置と3系列目が運転停止中で窒素バージ済みであり内圧が無く工事期間用のシートガasketを使用したが抜き取りの際には、すでに1、2系列水添脱硫酸装置へ水素ガスを供給する改質装置が運転中で水素ガス圧力(圧力2.3MPa)があり、縁切り弁のシート漏れがガasket使用圧力を超え、破断したものであった。		
背景		
*3系列ある水添脱硫酸装置に向けた発生水素リフタガスを送付する改質装置との連結配管がある。改質装置→1、2系列水添脱硫酸装置配管から枝取りして3系列目送出配管(炭素鋼、径4インチ(1.140mm))が連結され、枝取り部位には、2重ブロック&フリッド施工の縁切り弁が敷設されている。 *立ち合い従業員は、連結配管が窒素バージ済みの条件下の仕切り板挿入時にも立ち合い、取り外し時も同環境と思い込んでいた。さらに、近年、当該箇所の仕切り板取り外し作業は、改質装置と3系列目が停止し、当該配管系を使用していない状態(圧力0MPa)で実施されていて今回も同じと思った。 *運転主任は、連結配管が水素で圧力があることは認識していたが、従業員がベテランで仕切り作業経験豊富だったので特段の安全確認の作業指示はしなかった。		

区分	原因事象	事故進展フロー	備考	
経過	事前調整の不備* 手順書の不備**	1 4/20 3系列目水添脱硫酸装置設備の定期整備のため当該水素ガス供給配管の2重ブロック弁閉止&フリッド弁閉と第一弁下流に仕切り板挿入の実施。仕切り期間はシートガasketを使用	*2系列目は運転停止中であり、連結配管は、窒素バージ済(圧力0MPa)であった。 *シートガasketの使用範囲:1MPa以下 *今回は、当該配管の仕切り環境が従来と異なる条件変化がありながら従来と同様と思ひ込み確認が不足した事 **仕切り板取り外し時期が、運転中となる仕切り板挿入部のガasket仕様不明確だったこと	
	変更管理の不備* 手順書の不備** 誤認***	2 5/1 3系列目が定期整備のため計画停止 3 6/11 気密試験を実施。試験後脱圧して微加圧保持 4 6/21 運転開始準備 5 6/22 水素ガス連結配管の縁切り安全養生の仕切り板の取り外し作業を指示したが立ち合い従業員に特段の安全確認指示は無かった	*改質装置は、既に運転中で連結配管で水素ガスを1、2列に送出中(圧力2.3MPa) *仕切り板環境が変化していたが事前確認やリスク評価及び現場環境確認の指示をしなかったこと **工事前の1個の縁切り弁のシート漏れ確認の必要性。方法が不明だったこと **気づきを与える手順書。確認リストが不十分だったこと ***連結水素ガス配管を従来と同様で停止中(圧力0MPa)と判断したこと	
	ガasketの不適切* 漏洩拡大**	6 6/22 17:03 仕切り板取り外し作業でボルトを緩めながら立ち合い従業員がガス漏洩及び火災を発見	*調べによるとガasketは、内径50mm、外径30mmの幅で吹き抜け破断していた。 *漏洩量 約330Nm3 *使用範囲1MPa以下のガasketを圧力2.3MPaに使用したこと **ガasket破断が直ちに漏洩を止められなかったこと	
		7 6/22 17:05 自衛消防隊発令		
		8 6/22 17:08 公設消防ホットライン通報		
		9 6/22 17:15-20 当該配管、連結配管の元弁閉止		
対応操作		10 6/22 17:20 自衛消防隊本部設置		
		11 6/22 17:28 発災箇所周辺に放水開始		
		12 6/22 17:30 現地指揮所設置		
		13 6/22 17:36 関連施設の緊急停止操作開始		
		14 6/22 18:03-9 当該配管、関連配管の窒素投入開始		
		15 6/22 19:21-33 冷却放水及び窒素投入を停止し、発災箇所周辺、直近の可燃性ガス測定を実施し、周辺0ppm、発災箇所直近400ppmを確認		
		16 6/22 19:37 鎮火を確認		
		17 6/22 19:40 窒素投入再開		
		18 6/22 20:25 可燃性ガス再測定の結果、周辺0ppm、発災箇所直近0ppmを確認		
		19 6/22 21:40 自衛消防隊本部解散		
	恒久的対応策	1 作業管理	手順書の事前確認項目と作業現場確認項目を区分し、事前確認は直長の確認を終える仕組みに見直す	
		2 作業規則	仕切り作業においてブロックが必要な弁のシート漏れ有無を確認する。確認できない場合は、関係部署で協議して作業を行う仕組みに規則改定する	
		3 手順書	仕切り作業前に仕切り板の上流配管の安全確認*をずる手順書に修正する	*上下流の環境(内部流体、圧力、温度)の確認と記載
4 作業規則		弁一つで縁切り、漏れると加圧になる仕切り箇所のガasketは、運転中の正規のガasketを使用する		

No.	人 Man	設備/機器 Machine	管理 Media&Management
1			*今回の仕切り板挿入は、当該配管の仕切り環境が従来と異なる条件変化がありながら従来と同様と思ひ込み確認が不足したこと **仕切り板挿入時には上流と下流は停止状態にありシートガasketを挿入したが、その後上流が運転状態となり環境が変化した。環境変化に対して仕切り板挿入部のガasket仕様不明確であった。
2			*改質装置の運転開始にあたりガasketの仕様を確認しなかった *工事期間用のシートガasket(使用範囲1MPa)が水素ガスの圧力(2.3MPa)を受けていた可能性 *不適切なシートガasketのまま改質装置の運転開始が認められた
3			*仕切り板環境が変化していたが事前確認やリスク評価及び現場環境確認の指示をしなかったこと ***連結水素ガス配管を従来と同様で停止中(圧力0MPa)と判断したこと *縁切り弁がスケールの噛み込みによりシート漏れを起こしていた *工事前の1個の縁切り弁のシート漏れ確認の必要性。方法が不明だったこと **気づきを与える手順書。確認リストが不十分だったこと
4			*仕切り板に圧力が掛かっていることを知らずにフランジのボルトを緩めた *使用範囲1MPa以下のガasketを圧力2.3MPaの環境にある仕切り板に使用したこと **ガasket破断が直ちに漏洩を止められなかったこと

	5	水平展開	仕切り板作業の本事例の対策について全製造課管理職で検討、協議を実施し、見直し後の規則を含めて運転員教育を実施した。
教訓	<p>仕切り板の作業安全は抜き取りが肝心。縁切り安全養生に閉止板作業がある。挿入後の時間経過が挿入箇所リスク環境を変え、危険性が高まることもある。作業前の安全確認は、計画の確認、現場の確認をして作業環境変化に念を入れて再確認することが重要である。</p> <p>指示は思い込みを晴らすこと。ベテランへの道徳は、安全の担保確認とならない。繰り返した作業の安全経験が変化を読まない壁となることもある。都度、現地、現物の確認指示と確認する仕組み整備が思い込み作業にブレーキをかける。</p>		