

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
事業概要説明と対象事故事例の紹介

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
主任研究員 牧野良次

本日本話する内容

1. チェックポイント事業の背景
2. チェックポイントとは？
3. 事業概要
 - 3-1 チェックポイントの抽出
 - 3-2 チェックポイントの活用を支援するソフトの開発
4. 想定される活用例
5. 対象事故事例の紹介

チェックポイント事業の背景

- 類似の高圧ガス事故が繰り返し起きる傾向にある
＝過去の事故事例の教訓が活かされていない

原因:

- 事故事例資料が長大で読まれないことが多い
- 「よその会社の話は別」という意識
- 事故事例集を「現場で使いやすい形式」で提供する工夫が必要

使いやすい形＝安全上の注意事項(チェックポイント)
を現場ユーザーが検索・活用し易くする

平成27年度石油精製業保安対策事業
(高圧ガスの危険性評価のための調査研究)
報告書: http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2016fy/000079.pdf

チェックポイントとは？

安全上の注意事項について「・・・はできていますか？」
と問いかけるもの

チェックポイント集最終版 <抜粋>		
No.	RISCAD 事例番号	チェックポイント
1	7134	・目詰まりしやすい箇所を把握しているか？
2	7134	・目詰まりの要因(化学物質、危険性)を把握しているか？
3	7134	・根本的な目詰まり対策(バイパス運転、二系列化)はとれないか？
4	7134	・目詰まりのメンテ方法を考慮した設計になっているか？
5	7134	・運転継続を困難にする要因(目詰まり、汚れ、腐食など)を把握して、対策を講じているか？

27年度事業(実績):
10事例、約800CP

28年度事業(見込み):
12事例、1000CP

- 実際に起きた事故を分析して抽出 => 過去事例の教訓化
- ある程度一般化 => 「よその会社の話は別」と思わせない

チェックポイント事業、2つの構成要素

1) 事故事例資料からチェックポイントを抽出

- 事故事例データベース「RISCAD」を使用
- 経験豊富なシニア技術者によるチェックポイント抽出

2) 現場でチェックポイントを活用するユーザーの作業*を支援するソフトウェアの開発

- * 現場監督者によるチェックポイントの検索と作業者への提供、作業員によるチェック、チェック結果を監督者と共有など

事故事例データベース : リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)



The screenshot shows the RISCAD website interface. At the top, it says 'Relational Information System for RISCAD Chemical Accidents Database'. Below this, there are navigation buttons: 'Home', '事例検索', '物質検索', '利用方法', and '特徴'. A secondary row of buttons includes 'RISCADについて', '研究協力機関', 'システムへのご要望', and 'コラム'. The main content area features the RISCAD title and logo, followed by the text: 'RISCADは、国立研究開発法人科学技術振興機構(旧科学技術振興事業団)の研究情報データベース化事業により、国立研究開発法人産業技術総合研究所と国立研究開発法人科学技術振興機構が平成11年度から平成14年度に共同で開発したデータベースです。平成18年度以降は、国立研究開発法人産業技術総合研究所がデータベースの譲渡を受け、運用・管理しています。平成20年度、平成23-25年度は、日本学術振興会 科学研究費補助金 研究成果公開促進費の交付を受けて、データベースの拡充を行いました。'

<https://riscad.aist-riss.jp/>

- ・化学災害に最適化
- ・約6,000事例収録
- ・年間約40,000アクセス

- ・ 事故を時系列で整理し、原因を抽出、対策を検討する「**事故分析手法PFA®**」を開発

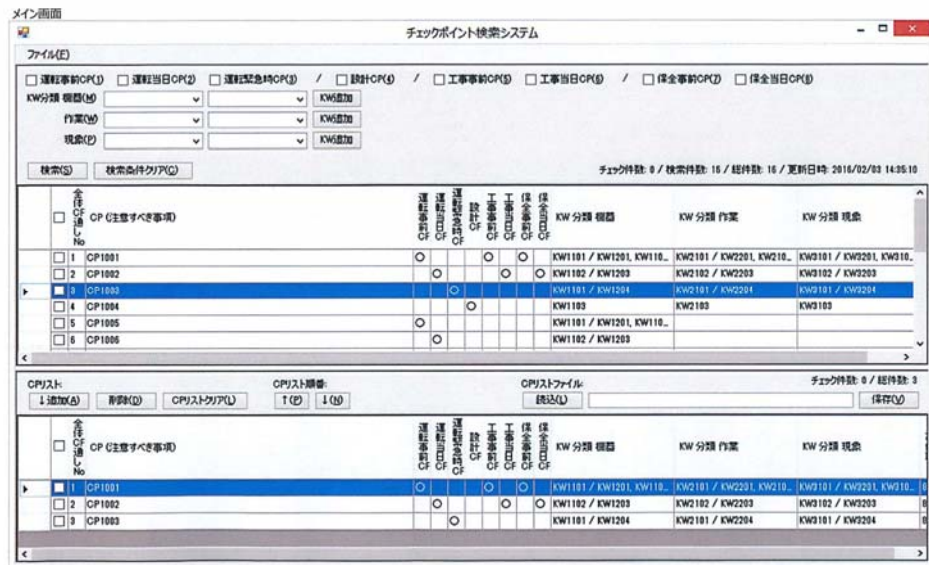
プラント現場経験豊富なシニア技術者によるCPの抽出

検討会

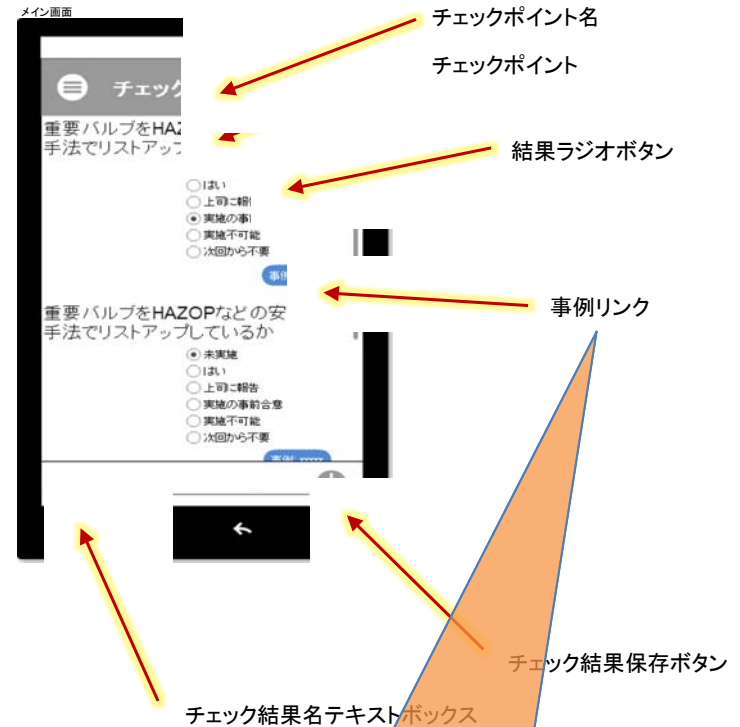
- プラント立ち上げ等を経験してきた経験豊富なシニア技術者13名からなる「検討会」を組織
- 事故進展フロー図をもとにディスカッションし、チェックポイントを抽出
 - 27年度事業(実績): 10事例、約800CP
 - 28年度事業(見込み): 12事例、1000CP
- 危険を理解し安全を管理してきたシニア技術者の高齢化の問題
- 世代交代でシニア技術者の知識・経験・知恵が伝承されない問題
- 本事業は彼らの知識・経験・知恵を保存し伝承するという意味も

現場でチェックポイントを活用する一連の作業を支援するソフトウェアの開発

上司がチェックポイントを選ぶソフト(PC)



部下がチェックポイントに記入するソフト(タブレット端末)



CPを送信

情報共有

結果を返信

- 検索キーワード等によって、上司が部下に伝えるべき一連のチェックポイントを探すのを支援
- 上司によって選択されたチェックポイントをタブレット端末に送信。
- 部下はタブレット端末を見ながらチェックポイントを確認。チェック結果を返信

そのチェックポイント抽出のもとになった事故事例(RISCAD)にリンク

想定される活用例(企業ヒアリング実施済み)

様々な場面・用途で活用可能。企業からの期待も大

活用場面	使い方
非定常作業の実施時	1ヶ月前といった計画段階でチェックポイントを作成し、安全に抜けがないか確認・対応。2-3日前といった直前に最終チェック
緊急時の現場監督者支援	緊急時はパニックになりがち。緊急時に留意すべきポイントを事前にリスト化しておき、実際の緊急時にはチェックリストを参照しながら確実に対処
作業手順書の作成時	安全確保の面で抜けがないかチェック。過去の事故に学び、同様の事故を起こさないような手順書を作成

企業ヒアリング:

2016年2月:川崎地区1事業所、千葉地区4事業所、水島地区1事業所

2016年7月:千葉地区1事業所

今年度も2月にヒアリング実施予定

対象事故事例の紹介と、 化学災害事例分析例

現場作業が原因となった重大な爆発・火災事故から10事例を選定

平成23年11月から1年の内に石油化学プラントで発生した重大事故3件を含み事件事例を選定。運転トラブルの改善事例からも抽出を試みた。

発災年	事故名称	抽出CP数
1973年	ポリプロピレン製造工場で爆発(千葉)	72
1992年	水素還元プロセス中に爆発(神奈川)	64
2005年	オレフィン製品製造工場で爆発(米国)	80
2009年	三フッ化窒素製造プラントで爆発(山口)	100
2010年	ポリフッ化ビニルスラリー貯蔵タンクの爆発(米国)	95
2011年	塩化ビニルモノマ製造施設で爆発(山口)	39
2012年	レゾルシンプラントが爆発(山口)	80
2012年	アクリル酸製造施設で爆発(兵庫)	106
2014年	高純度多結晶シリコン製造プラントで爆発(三重)	85
-	運転データを分析した事例(千葉)	70

化学災害事例分析例

- レゾルシン製造施設爆発火災事故
- **発生年月日**: 2012年4月22日(日) 2:15頃
- **場所**: 山口県玖珂郡和木町
- **被害**: 死者1名(従業員), 重傷2名(従業員),
軽傷23名(従業員5名, 協力会社社員2名,
近隣工場協力会社社員2名
近隣居住者14名)

当該施設酸化反応器破裂, 火災によるプラントの
甚大な損壊

その他のプラントおよび機器の爆風, 飛来物,
火災による損壊・延焼(15プラント)

近隣工業施設の爆風, 飛来物による一部損傷

近隣家屋の窓ガラス, ドア, シャッター等の
爆風, 飛来物による損傷(999件)

化学災害事例分析例

概要：

化学工場で蒸気発生プラントの不具合により蒸気の供給が停止し、レゾルシン製造プラントの緊急停止作業中に爆発、火災が起きた。

火災は約15時間後に鎮圧され、約36時間後に鎮火したが、爆発によって飛散した反応器の破片により、同工場内の約300mの範囲の製造設備(15プラント)および動力プラントの配管ラックで損傷や延焼が発生し、ガラス、スレートなども損傷した。近隣住宅の窓ガラス、ドア、シャッターなどの破損が999軒発生した。工場内で従業員1名が死亡、2名が重傷を負い、従業員および協力会社社員計7名が負傷、近隣居住者と近隣工場で16名が負傷した。

会社の調べでは、緊急停止による酸化反応器の温度下降が低いと運転者が誤判断し、インターロックを解除して緊急冷却水による冷却から、通常の運転停止時の循環冷却水による冷却に切り替えた際に液循環のために導入されていた窒素が自動で停止した。冷却用コイルが酸化反応器上部には設置されていなかったために酸化反応器上部で中間体のジヒドロキシパーオキシドの分解、発熱が起こり、温度、圧力が上昇して破裂し、爆発に至った可能性がある。

化学災害事例分析例

背景：

- 天候：曇り?，気温：14.7°C，風：北東1.6m/s
- 当該工場は1980年操業開始，1999年に酸化反応器などを新設，生産能力7,600t/年であった。
- 酸化反応器は2011年3月に仕込み量を101tから121tに変更しているが，その際に設備の変更はなかった。
- 主工程は酸化工程，再酸化工程，クリベージ工程，精製工程からなる。

(平成26年度事故防止対策事業報告書より)

化学災害事例分析例

背景:

酸化工程は、温度96°C、圧力520kPa、約40時間のバッチ処理でメタジイソプロピルベンゼン(m-DIPB)の空気酸化により中間体のモノヒドロキシパーオキシド(MHP)からジヒドロキシパーオキシド(DHP)を生成する。

その後は連続処理で、副生物の再酸化工程、さらにDHPの酸触媒クリベージ反応により、レゾルシンを製造している。

なお、酸化工程の目的生成物は、DHPであるが、ヒドロキシハイドロパーオキシド(HHP)を含むハイドロパーオキシド(HPO:副生成する過酸化物の総称)を副生する。

(平成26年度事故防止対策事業報告書より)

化学災害事例分析例

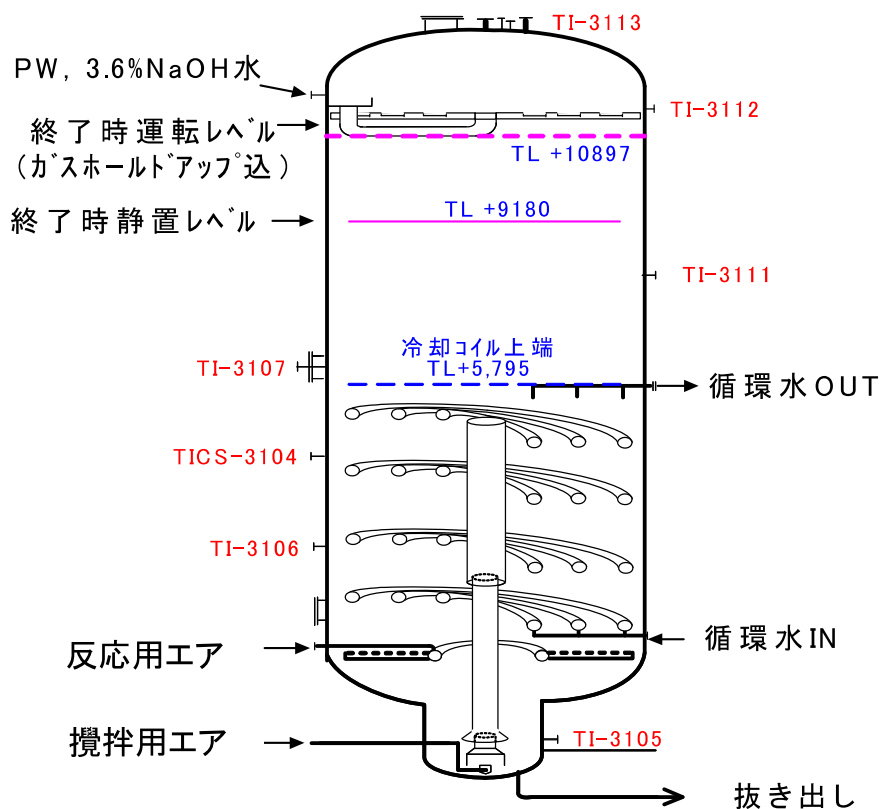
背景：

- 酸化反応器の仕様は、材質SUS304L(クラッド)、内径約5.2m、TL(正接線間)長12m、内容量288立方m、設計温度125°C、設計圧力0.8MPa、コイル伝面80平方mで、酸化用空気は、反応器下部より供給することで攪拌を兼ねている。
- 温度制御は、冷却コイル付近の制御用温度計が目標温度となるように冷却コイル入口の循環水温度で制御していた。

(平成26年度事故防止対策事業報告書より)

化学災害事例分析例

酸化反応器の概要



材質 : SUS304L
 (クラッド) / SM490B
内径 : 5,150 mm
TL長 : 12,000 mm
内容量 : 288 m³
設計温度 : 125℃
設計圧力 : 0.8MPaG
コイル伝面 : 80m²

◆運転条件

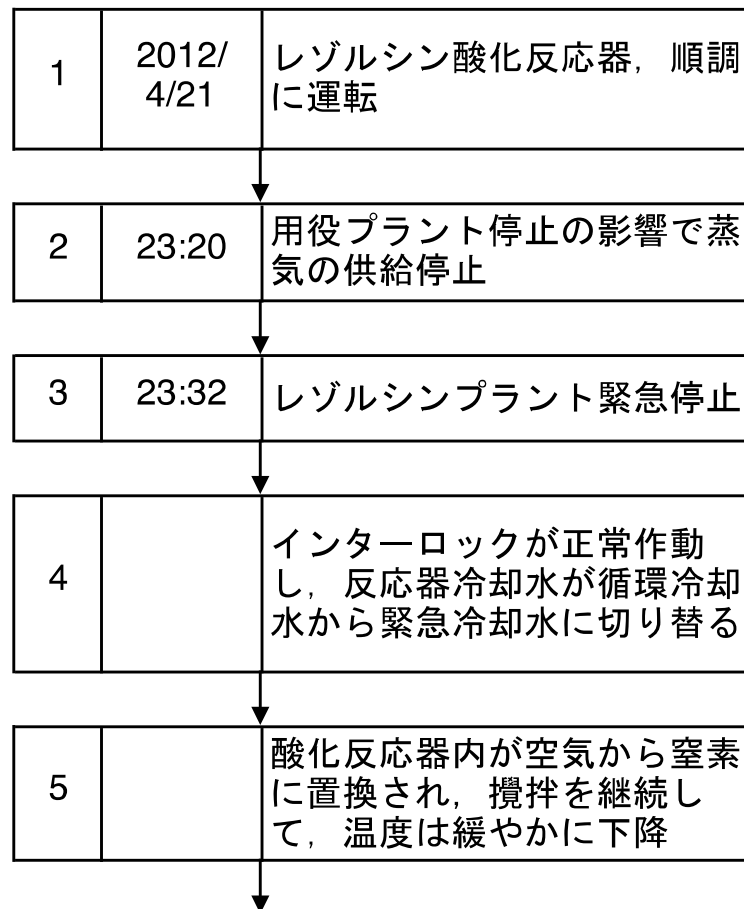
温度 : 96℃
圧力 : 520kPaG
バッチサイクル : 約46h

M社レゾルシン製造施設事故調査委員会報告書より引用

原因事象

事故進展フロー

備考



バッチ反応36時間経過(40時間を予定)
冷却水による温度制御

全工場に緊急指令発令
(0.3MPaG蒸気使用プラント)

ALL-ESD:Emergency Shut Downスイッチを作動

反应用空気の供給停止, 酸化反応停止のため, 窒素供給開始(窒素供給により酸化反応器内を攪拌)

6	23:52	液面下部温度(冷却水コイルあり)が下がっていないと感じ、緊急冷却水圧の水圧不足と判断
---	-------	--

デジタル表示のため温度の下降傾向がわかりにくかった
緊急冷却水圧:0.3-0.4MPaG

設備設計不備*
リスク評価不足**

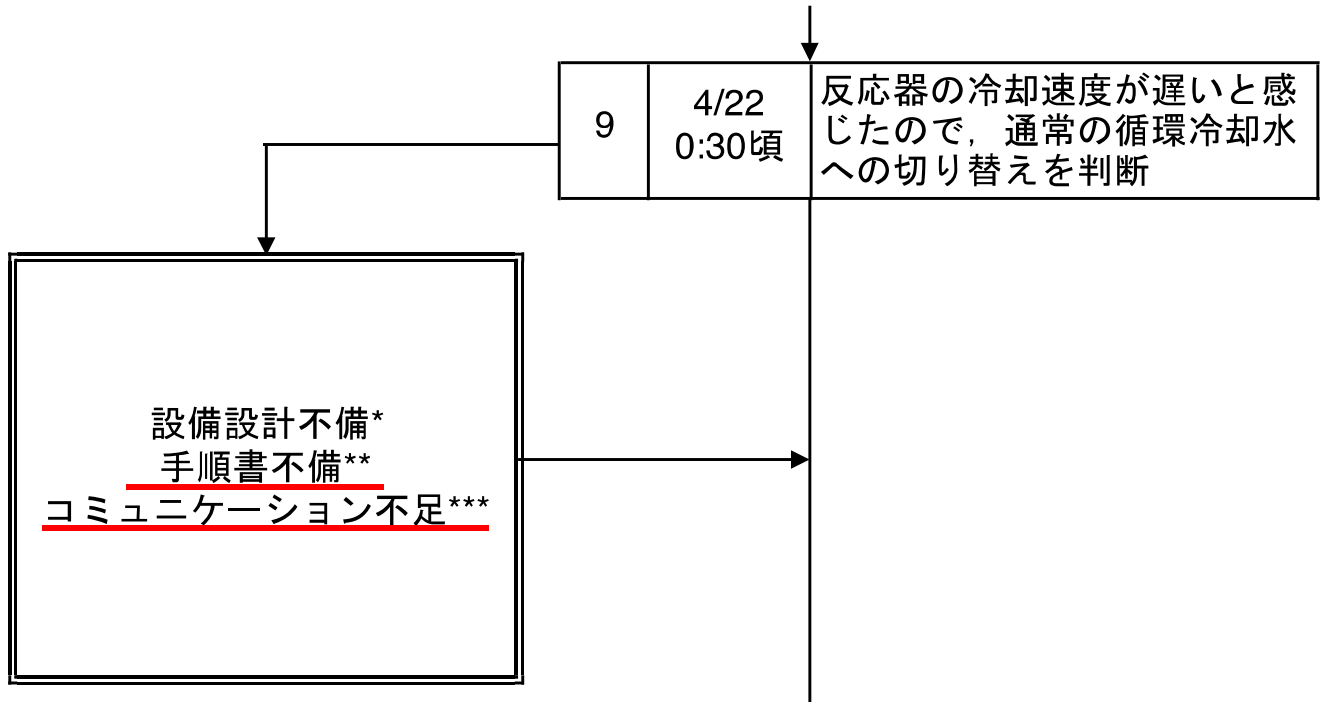
*緊急冷却水の冷却能力が(不足していたわけではないが)十分ではなかったこと
**緊急冷却水の冷却能力の評価が不足していた可能性

原因事象:
この事事例では10種類の「原因事象」がある
新しい原因事象が出てくるたびに、対応する「備考」を紹介する

7		動力プラントの担当者に緊急冷却水圧の昇圧を依頼
---	--	-------------------------

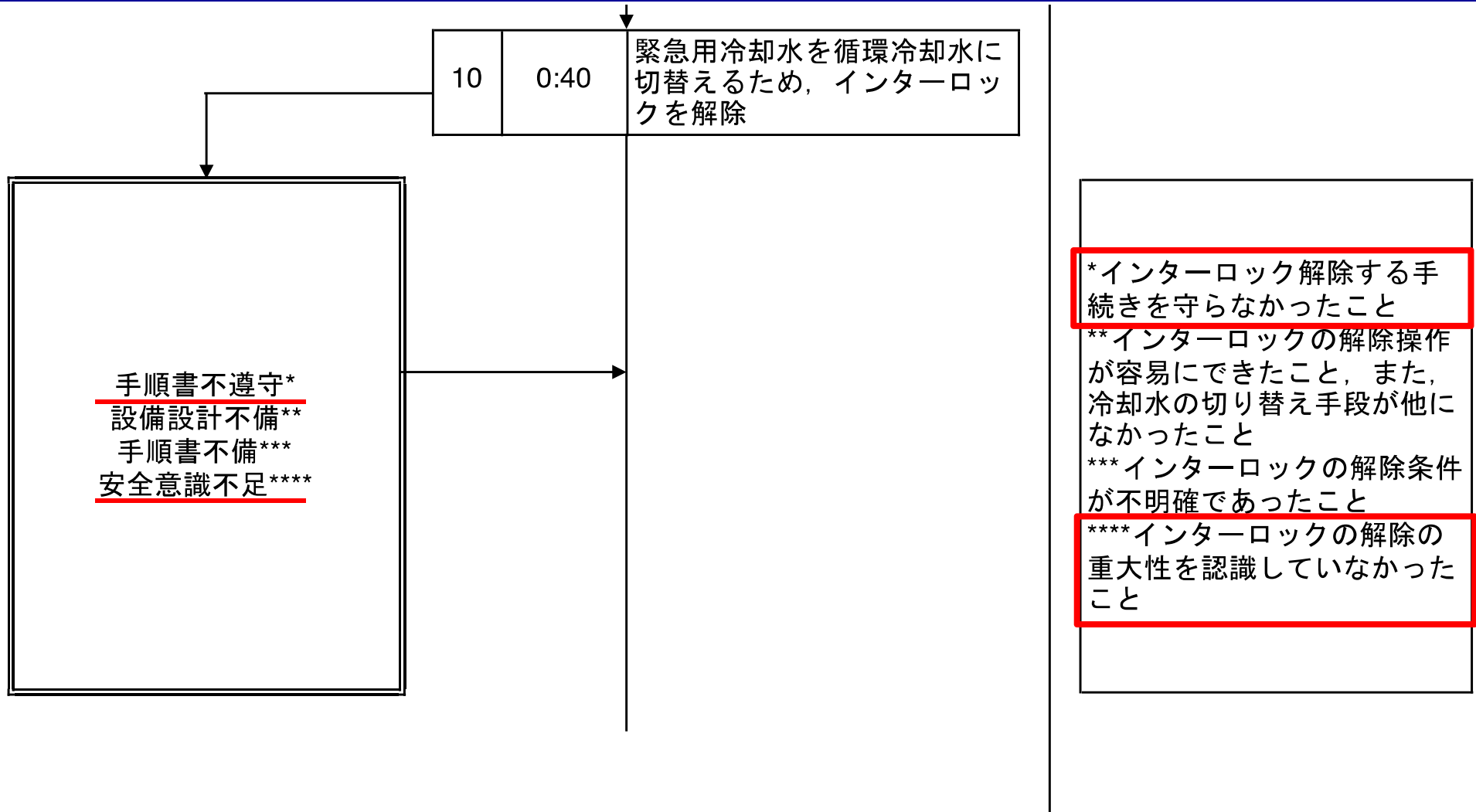
8	23:56	反応器温度の低下始まる
---	-------	-------------

備考:
「原因事象」に対してコメントを付け加えている



通常の冷却時の冷却操作経験から緊急冷却水より循環冷却水の方が冷えると判断

*分散制御システム(DCS)の表示で冷却の温度低下傾向がわかりにくかったこと
 **冷却時の温度低下の目標速度が緊急時対応マニュアルに記載がなかったこと
 ***冷却速度と対応の判断について誰にも相談しなかった可能性



手順書不遵守*
設備設計不備**
 手順書不備***
安全意識不足****

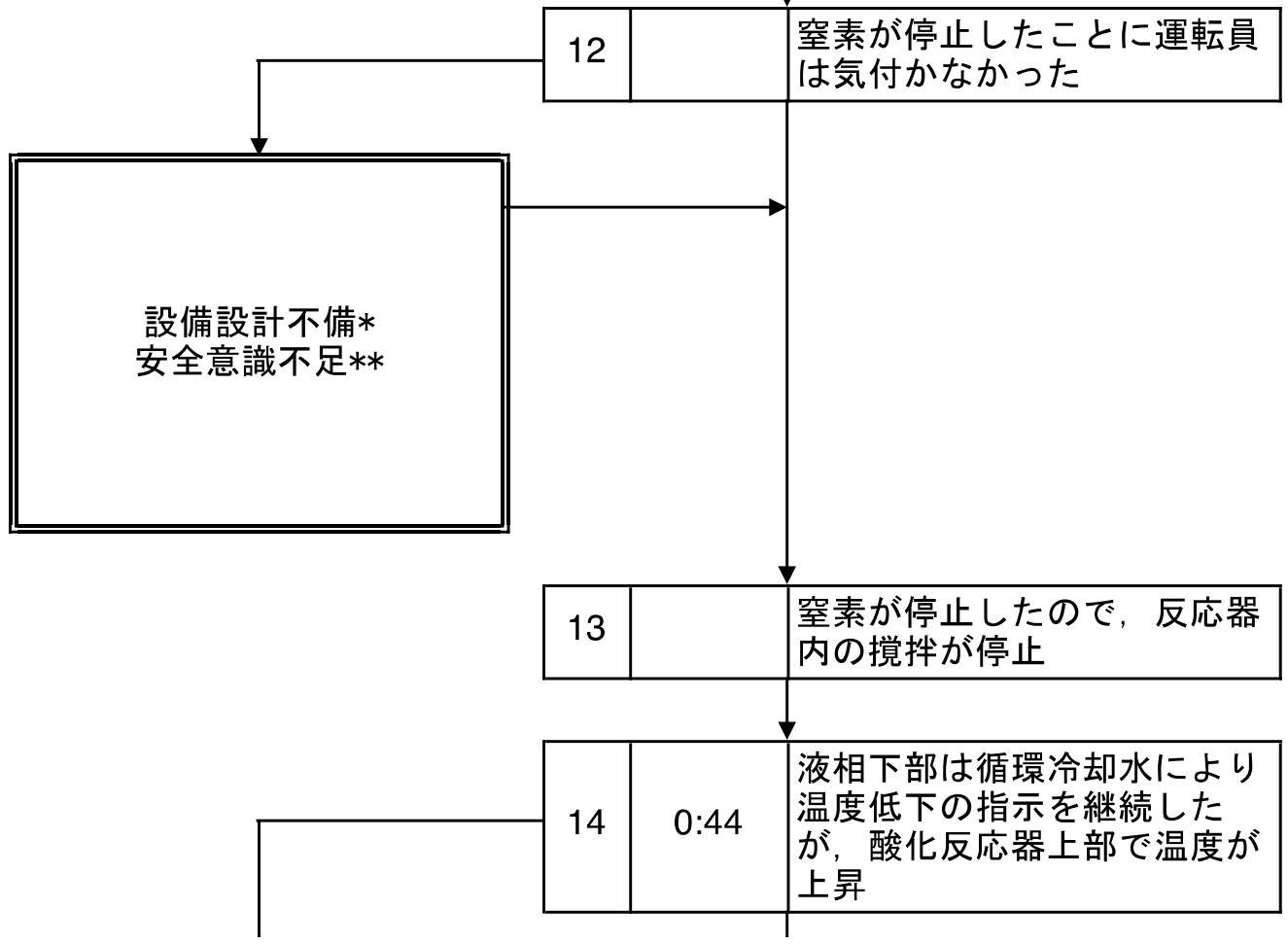
10	0:40	緊急用冷却水を循環冷却水に切替えるため、インターロックを解除
----	------	--------------------------------

*インターロック解除する手続きを守らなかったこと
 **インターロックの解除操作が容易にできたこと、また、冷却水の切り替え手段が他になかったこと
 ***インターロックの解除条件が不明確であったこと
****インターロックの解除の重大性を認識していなかったこと

11 | インターロックを解除したために窒素が停止した

設備設計不備*
緊急システム教育不足**

*インターロック解除により自動で窒素による攪拌が停止したこと
****インターロック解除により攪拌用の窒素が停止することに気付かなかったこと**



*窒素停止の表示やアラームがなかったこと
 **窒素注入による攪拌冷却の重要性の認識が不足していたこと

設備設計不備*
変更管理不足**

15 酸化反応器上部の温度上昇に
 気付かなかった

変更管理不足*
 設備設計不備**

*攪拌を前提としており、冷却能力が不足していた可能性
****仕込み量変更時に酸化反応器上部に冷却コイルを増設しなかったこと、また、液相上部の温度制御と温度監視が強化されなかったこと**

*仕込み量変更に対する反応器上部の温度監視の重要性が伝達されていなかったこと
 **酸化反応器の上下の温度差に対するアラームがなかったこと

16	1:33- 1:38	液相上部温度のアラーム発報
----	---------------	---------------

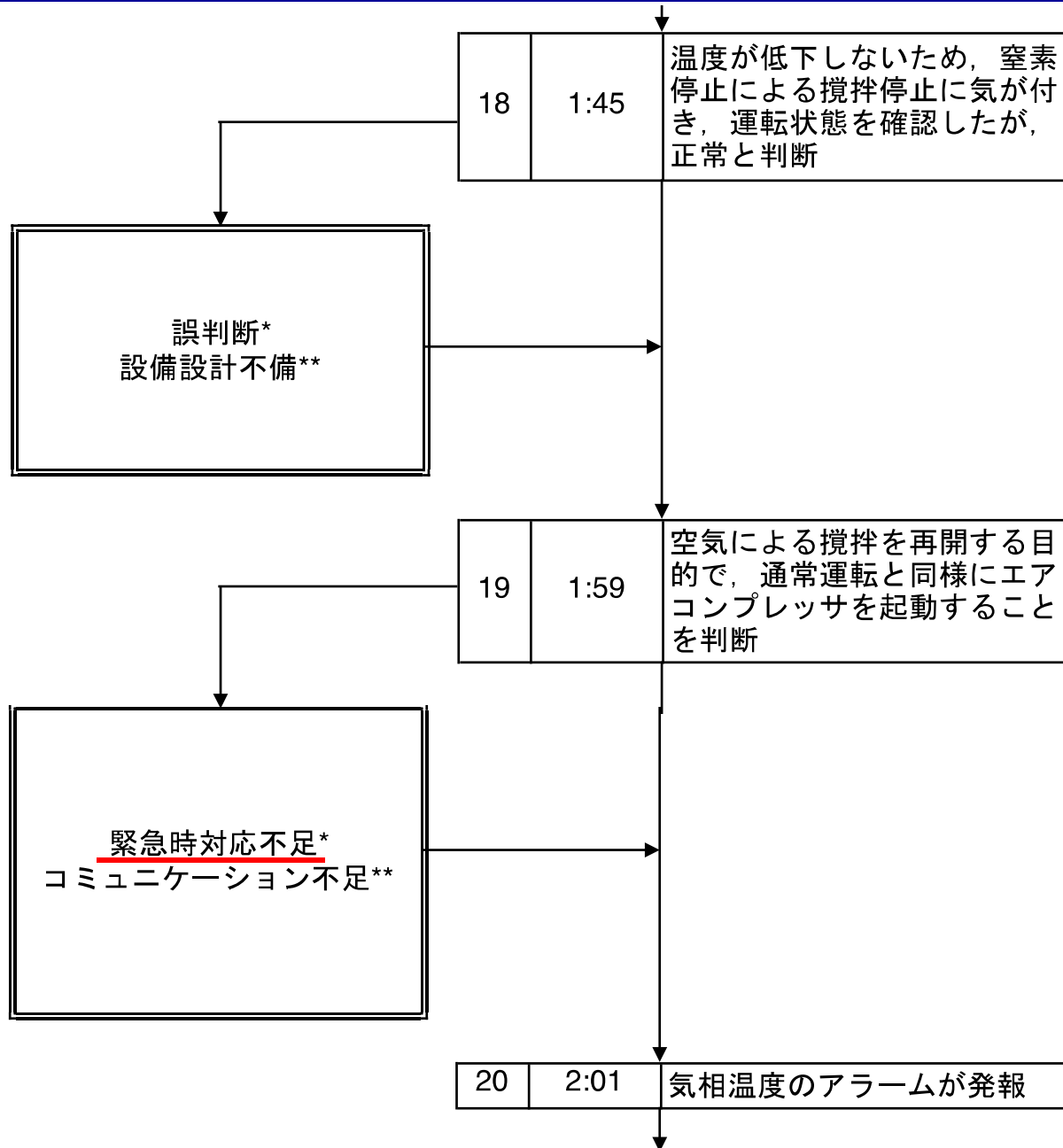
17		液相部は通常運転範囲と判断し、酸化反応器上部から2度にわたり循環冷却水を注入
----	--	--

誤判断*
設備設計不備**

液相上部温度は104°Cになった

*アラームは気相部の温度上昇によるものであり、液相温度は96-97°Cと思い込んだこと

**DCSのアラーム以外の液相上部温度の外部警報が不備であったこと

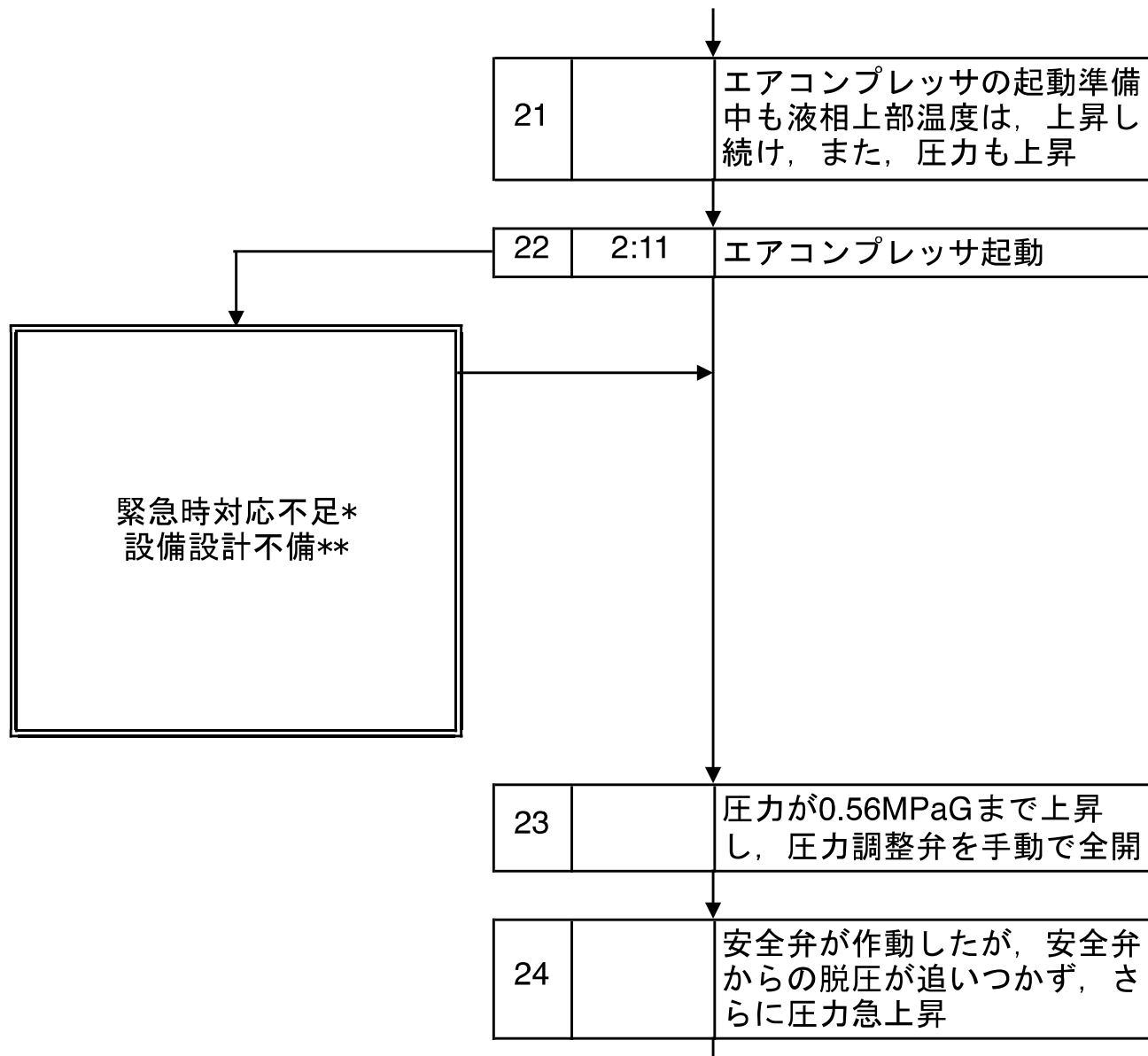


酸素濃度は0%で窒素置換ができており、圧力は0.52MPaGでコントロール状態下にあった

*酸素濃度と圧力だけで酸化反応器の上下の温度差を確認せずに判断したこと
**酸化反応器の上下の温度差の異常を当事者に知らせる仕組みがなかったこと

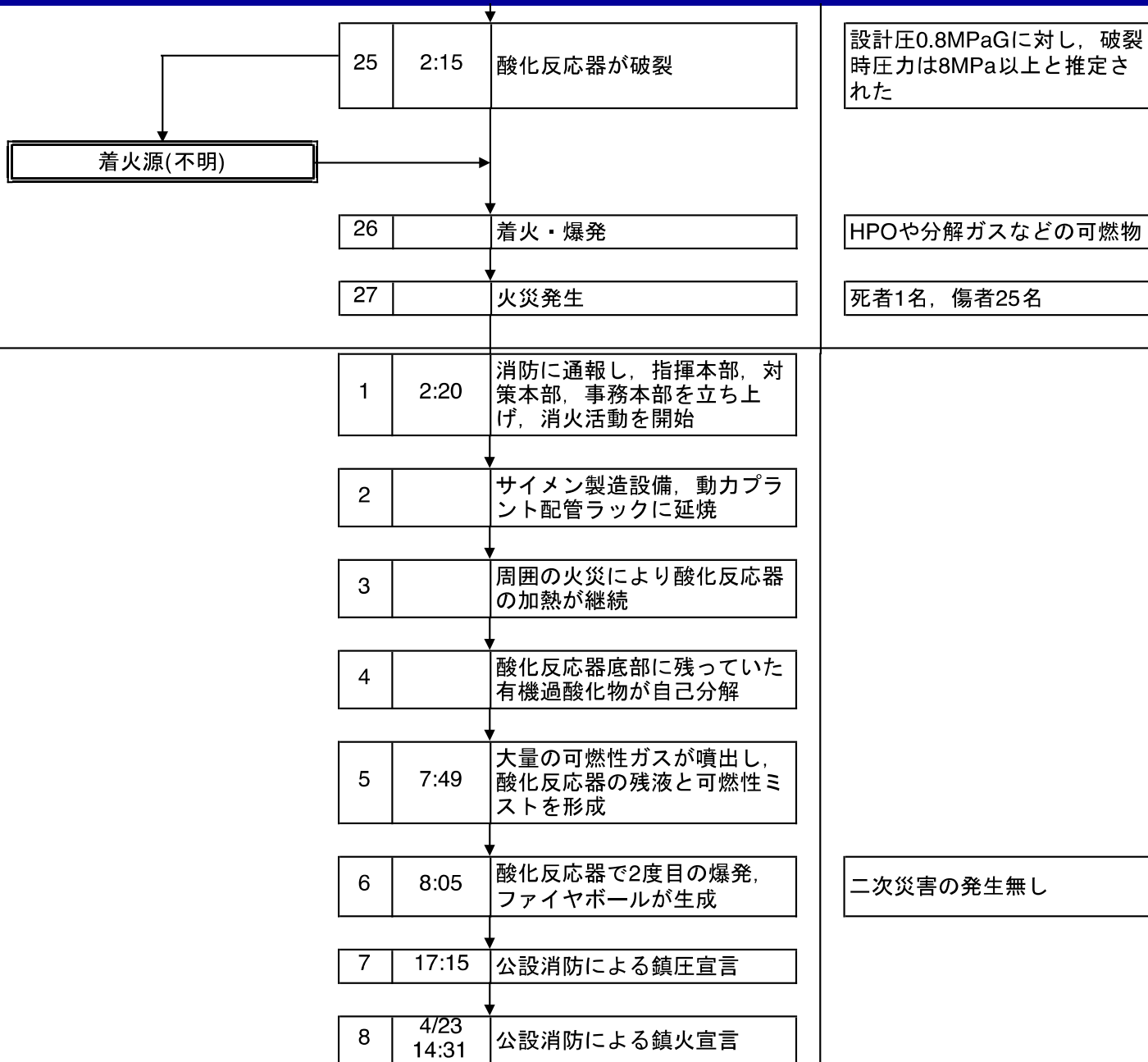
*窒素ではなく、通常再開と同様に空気を入れようとしたこと
**暴走反応の可能性についての情報が伝わっていなかった可能性、および、空気による攪拌再開の判断について誰にも相談しなかった可能性

気相温度は99.5°C



温度上昇により、反応生成物(HPO)の分解反応が加速し、酸化反応器の圧力が上昇

*窒素ではなく、通常再開と同様に空気を入れた可能性
**異常反応に対するインターロックが不備でエアコンプレッサが起動できたこと



化学災害事例分析例

恒久的対応策(RISCAD提案):

- **安全文化**: 異常時の状況の判断などを上司や周囲に相談する文化を醸成する
- **設備設計**: 緊急時に重要な役割を果たす窒素供給に対して停止時の表示やアラームを設置する
- **変更管理**: 仕込み量変更などの際に変更前とは異なる監視項目を検討し, 運転員に伝える
- **設備設計**: 酸化反応器の上下の温度差に対するアラームを設置する
- **安全教育**: 酸化反応器の状態を一部分の温度, 圧力で判断しないことを教育する

化学災害事例分析例

教訓:

・判断の前に思いを発信

思い込みで判断をすると事故につながる。行動する前に判断を周囲に伝えて情報を共有する必要があり、それを補う仕組みも大切である。

・インターロックは安易に解除するな

インターロックを解除する操作は、大きな危険を伴う操作である。だからこそ、安易に解除できないようにする設備の工夫や手続きなどの多重防護が必要である。

・変更はみんなが知ってる？

設備や条件の変更によって管理すべきことも変わる。仕込み量の増加によって、温度計測の位置や監視の方法を変える必要があるかどうかを検討し、情報共有し、伝承する必要がある。

- 事業概要と事故進展フロー図の見方について説明した
- チェックポイントの具体的な抽出方法や、業務フローの中のどういう場面でチェックポイントを使うかについては竹内主査から説明
- チェックポイントの検索システム（ソフトウェアのVer.1）の使い方、Ver.2への展開については鈴井から説明

ご静聴ありがとうございました

ご意見、ご質問は
ryoji-makino@aist.go.jp
までお願いいたします

参考資料

リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)の紹介

RISCADの紹介

- リレーショナル化学災害データベース
Relational Information System for
Chemical Accidents Database
- 国立研究開発法人産業技術総合研究所で公開
している化学災害を中心とするデータベース
- 2002年から[無料で公開](#)
- 登録件数6,756件, 期間1949-2016/3まで
毎年250件程度の事例, 20件程度の分析例を 追加
年間アクセス数 約40,000件

RISCADの紹介

- ・リレーショナル化学災害データベースの目標
 - ユーザが過去の事故と同様の事故を起こさないこと
- ・検索項目のキーワードを階層化（工程，装置，物質など）するなど，過去の事例と類似のする事故を検索しやすいよう，検索結果の幅を広げる
- ・付帯情報のリンク：文字だけでなく画像情報あり
 - 装置図，化学式，プロセスフローなど
- ・化学物質の危険性情報：混合危険の情報
- ・事故進展フロー図

RISCADの紹介

Relational Information System for
RISCAD
 Chemical Accidents Database

リレーショナル化学災害データベース

- Home
- 事例検索
- 物質検索
- 利用方法
- 特徴

発生年月日 ~

発生国 / 県 /

事故名称他

人的被害 (死亡) ~

人的被害 (負傷) ~

人的被害 (中毒) ~

工程

装置

事故進展フローあり

付帯情報あり

PDFあり

事例検索										
事例 ID	発生日	発生国	県	事故名称	死者数	負傷数	中毒数	フロー	付帯情報	PDF

RISCADの紹介



事例検索

	事例 ID	発生日	発生国	県	事故名称	死者	負傷	中毒	フロ-	付帯	PDF
1	8127	2012/04/05	日本	愛知県	自動車工場でダクトが赤熱	0	0	0	-	-	-
2	8128	2012/04/05	フランス	パンリー	フランスの原子力発電所で火災	0	0	0	-	-	-
3	8129	2012/04/05	日本	大阪府	輸出用金属スクラップ置き場で火災	0	0	0	-	-	-
4	8131	2012/04/11	日本	山形県	改装中のガソリンスタンドで地下タンクが爆発	0	1	1	-	-	-
5	8132	2012/04/15	日本	兵庫県	機械工場の溶解炉で一酸化炭素中毒が発生	1	0	1	-	-	-
6	8133	2012/04/15	日本	青森県	閉鎖された鉱山の廃水が沢に流出	0	0	0	-	-	-
7	8134	2012/04/16	日本	福岡県	製鉄所で火災	0	0	0	-	-	-
8	8135	2012/04/17	日本	東京都	複合施設内に開業準備中の水族館で火災	0	0	0	-	-	-
9	8136	2012/04/18	日本	愛知県	食品工場でガス爆発	0	1	0	-	-	-
10	8137	2012/04/22	日本	山口県	化学工場のレゾルシンプラントが爆発	1	25	0	o	-	-

Page of 2

 10

RISCADの紹介

事例 ID	8137	発生年月日	2012/04/22	
事故名称	化学工場のレゾルシンプラントが爆発		発生時刻	2 時
発生国	日本	地名	山口県 / 玖珂郡和木町	
発生業種	化学工業			
最終事象	爆発			
人的被害	死者数	負傷者数	中毒者数	不快被害者数
	死者1名	重傷2名, 軽傷23名	0	0
被害事象 *	物損 / 建造物 / 事故施設			
	物損 / 建造物 / 近隣工業施設			
	物損 / 機器 / その他の機器			
	物損 / 機器 / 事故機器			
	物損 / 建造物 / 住宅			

RISCADの紹介

事故概要

化学工場で蒸気発生プラントの不具合により蒸気の供給が停止し、レゾルシン製造プラントの緊急停止作業中に爆発、火災が起きた。火災は約15時間後に鎮圧され、約36時間後に鎮火したが、爆発によって飛散した反応器の破片により、同工場内の約300mの範囲の製造設備(15プラント)および動力プラントの配管ラックで損傷や延焼が発生し、ガラス、スレートなども損傷した。近隣住宅の窓ガラス、ドア、シャッターなどの破損が999軒発生した。工場内で従業員1名が死亡、2名が重傷を負い、従業員および協力会社社員計7名が負傷、近隣居住者と近隣工場で16名が負傷した。会社の調べでは、緊急停止による酸化反応器の温度下降が低いと運転者が誤判断し、インターロックを解除して緊急冷却水による冷却から、通常の運転停止時の循環冷却水による冷却に切り替えた際に液循環のために導入されていた窒素が自動で停止した。冷却用コイルが酸化反応器上部には設置されていなかったために酸化反応器上部で中間体のジヒドロキシパーオキシドの分解、発熱が起こり、温度、圧力が上昇して破裂し、爆発に至った可能性がある。

環境条件

天候	気温 (°C)	風向き	風速 (m/s)
雨	15		0

RISCADの紹介

工程

生産・製造 / 反応

対応

装置

反応容器および付属機器

教訓

推定原因

人的要因 / 不適切な行動・操作 / 操作・作業ミス
 組織要因 / 安全管理不備 / 訓練・教育不足
 組織要因 / 安全管理不備
 人的要因 / 不適切な行動・操作
 組織要因 / 設計ミス / 条件設定ミス
 組織要因 / 設計ミス / 設備設計ミス
 組織要因 / 安全管理不備 / 組織体制の欠陥
 組織要因 / 設計ミス / 事前評価不足
 人的要因 / 不適切な行動・操作 / 判断・決定のミス
 組織要因 / 安全管理不備 / 管理手法ミス

主な出典

安全工学vol.53, no.2, 2014, p.131

付帯情報

フロー図

[8137.pdf](#)

PDF

*) 人的被害を除く

関連物質

ジヒドロキシパーオキサイド

事故分析手法PFAの紹介

事故分析手法PFAの紹介

- **事故に学ぶ**
→過去の事例を調べ、**再発防止策**、**安全対策**を知ること
しかし、十分な情報が得られることは少ない
- 事例を網羅的に収集して、統計的に分析
危険な工程、装置、原因をランキング
順位の高いものから対策を取る →一つの活用例
- 少ない事例を詳細に解析する
原因を分析し、教訓を得る

事故分析手法PFA[®]の紹介

PFA : Progress Flow Analysis

- 事故を**時系列で整理**して，理解し易く図示，
各事象に**原因が潜んでいないか**を検討
事故調査報告書に記載された原因
分析された**推定原因**(背景要因，根本原因)
- 原因から，**再発防止対策**，**安全対策** を抽出
→ 普遍化したものが**教訓**
- **グループディスカッション**が重要
- 商標登録「事故分析手法PFA」，第5580785号(2013)

事故概要		事故番号		発生日時(曜日)		所在地	
発生年月日, 発生場所, 事故概要を記載							
背景							
事故の背景を記載							
区分	原因事象	事故進展フロー		備考			
経過		1	年月日時刻	事故の進展を時系列で記載		特記事項を記載	
	事故原因を抽出 直接原因 間接・背景原因					原因の説明を記載	
	推定でもよい	2		事故前の正常状態から, 必要なら過去に遡って記載			
	直接的な刺激要因	3		人・設備・物質などの区別なく1本の系列で記載			
対応操作		4		事故発生		熱・火炎・機械的衝撃など	
		1		対応操作を記載			
恒久的対応策		2					
		1	項目	対応策を記載			
教訓		2					
		教訓フレーズ: 教訓説明文					

事故概要

事故進展フロー(事象)

推定原因

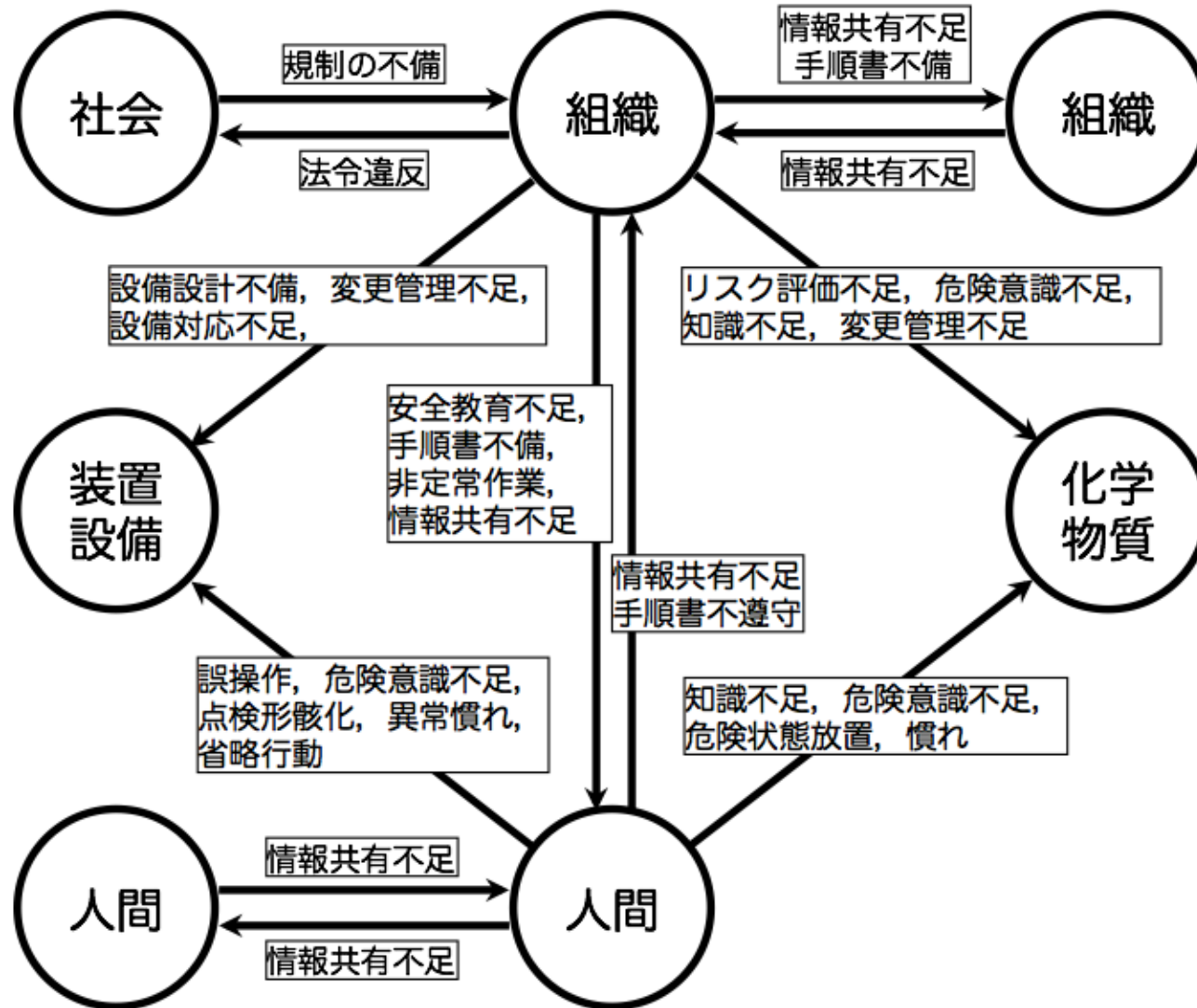
備考

推定原因

恒久的対応策

教訓

原因体系化モデル



事故分析手法PFAの紹介

グループによる議論の効果

- 1) グループ内で事故の情報を知識として共有全員が事故調査報告書読まなくても議論可能
- 2) 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→より多く学ぶ
- 3) 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→**安全教育, 技術伝承の効果**
- 4) 皆で原因を見つけ出そうという意識, 組織全体の**安全意識の向上**