

別添 2

チェックポイント分析シート

(1)ポリプロピレン製造工場で爆発	1973年10月8日	千葉県
(2)水素還元プロセス中に爆発	1992年5月30日	神奈川県
(3)オレフィン製品製造工場で爆発	2005年10月6日	米国・テキサス州
(4)三フッ化窒素製造プラントで爆発	2009年11月4日	山口県
(5)ポリフッ化ビニルスラリー貯蔵タンクの爆発	2010年11月9日	米国・ニューヨーク州
(6)塩化ビニルモノマ製造施設で爆発	2011年11月13日	山口県
(7)レゾルシンプラントが爆発	2012年4月22日	山口県
(8)アクリル酸製造施設で爆発	2012年9月29日	兵庫県
(9)水冷熱交換器の洗浄作業中に爆発	2014年1月9日	三重県
(10)運転データを分析した事例		千葉県

(1)ポリプロピレン製造工場で爆発

事例に基づくチェックポイント					
原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
・補助冷却器目詰まり対策不良	・目詰まり対策という非定常作業に対する危険感覚欠如	・目詰まりしやすい箇所を把握しているか? ・目詰まりの要因(化学物質、危険性)を把握しているか? ・根本的な対策(バイパス運転、二系列化)はとれないのであるか? ・メンテ方法を考慮した設計になっているか?	・目詰まりを回避/減少させる操作方法はあるか? ・目詰まりが定常に発生する場合、その対策は作業手順書に含まれているか? ・非定常作業の危険箇所は確認したか? ・非定常の工事を実施する前に、危険分析を実施して対策を施したか?	・補助冷却器 ・目詰まり ・目詰まり防止 ・目詰まり要因	・目詰まり清掃 ・非定常作業/工事 ・危険分析
・シングルブロック自動弁	・シングルブロック自動弁の危険感覚欠如	・各ブロックバルブの使用目的は明確か? ・シングルブロック弁の位置は把握しているか? ・ダブルブロック化できないか? ・仕切板の挿入、弁の固定などを手順書に明記しているか?	・シングルブロック(自動)弁の誤操作対策はとられているか? ・工事エリア保護のために施錠、表示、確認を実施したか? ・駆動源をロックしましたか? ・シングルブロック弁はリークする可能性があることを知っていますか?	・シングルブロック弁 ・ダブルブロック化	・誤操作対策 ・工事エリア保護 ・施錠・表示、確認 ・駆動源
・遮断弁閉の表示	・コントロール室の遮断弁コックの重要性に対する危険感覚欠如	・遮断弁が閉であることを容易に確認できるか? ・DCS画面上でどのバルブを操作しようとしているか、明確にされているか? ・DCS画面上で工事エリアを把握できるか? ・ローカルではバルブの開閉状態を目視で容易に確認できるか?	・設備誤操作防止の二重化は正常に保たれているか? ・現状と実施しようとしている操作の結果を把握しているか?	・バルブ開閉表示 ・DCS ・ローカル操作	・誤操作防止 ・二重化 ・操作の結果
・遮断弁コックの表示	・遮断弁コックの確認ミス	・遮断弁コックが閉であることを容易に確認できるか? ・リミットスイッチは必要ないか?	・操作の確認(チェック)方法は定められているか? ・ロックする設備の施錠確認は済んでいるか?	・遮断弁コック ・誤動作の警告	・操作の確認 ・誤動作時の手順
・変圧器絶縁油の劣化による不良		・変圧器絶縁油の状態を把握しているか? ・劣化の起きにくい絶縁油に代替できないか? ・絶縁油の交換頻度は決められているか?	・絶縁油の交換頻度は明確か? ・絶縁油の交換は決められた通りに実施されているか?	・変圧器絶縁油 ・絶縁油の劣化 ・絶縁油の交換	・交換頻度 ・交換計画

・停電対策の不備		<ul style="list-style-type: none"> ・非常用電源は常に健全な状態で確保できているか? ・停電が起こらないような対策はないか? ・停電時に安全に停止できるシステムはできているか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用電源の能力確認は定期的に実施されているか? ・停電時にプラントを安全に停止できるか? ・系統ごとに停電で失われる機能を知っているか? ・停電に備え、懐中電灯は常備しているか? ・停電時にすべき作業、控えるべき作業を知っているか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用電源 ・停電対策 	・非常用電源の検査
・非常用照明の不足		<ul style="list-style-type: none"> ・停電時に照明が必要な箇所を抽出し、非常用の照明が確保されているか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用照明は所定の時間、点灯し続ける能力があるか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用照明 	・非常用設備の検査
・誤操作しやすい操作パネル設計	<ul style="list-style-type: none"> ・非定常操作時のバルブ操作の確認不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作パネル(DCS)の設計に人間工学的な配慮をしているか? ・無用な警報を出していないか? ・配列や表示などの配慮がなされているか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作方法は確認したか? ・危険な操作は監視役が必要ないか? ・誤操作防止の手法(指差呼称、ダブルチェック、復唱)を活用しているか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作パネル(DCS) ・人間工学 ・パネル設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作方法 ・二人作業/操作
・手動による緊急非常停止操作		<ul style="list-style-type: none"> ・緊急非常停止操作を自動化できないか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作方法は確認したか? ・安全な停止手段は知っているか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急停止 ・手動操作 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急停止 ・手動操作
・停電時の警報器の不作動		<ul style="list-style-type: none"> ・停電時などにも正常に作動するか? ・停電時のバックアップ電源は用意されているか? 		<ul style="list-style-type: none"> ・停電時の警報 ・バックアップ電源 	<ul style="list-style-type: none"> ・停電時の警報 ・バックアップ電源の検査
・警報器の不備		<ul style="list-style-type: none"> ・必要な場所に情報が伝わるか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・警報器の不具合に気づいたら報告していますか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・警報器の設計 	・警報器の検査
・緊急時全館放送設備の不備		<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時全館放送設備は必要か? 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時全館放送は誰が行うことか知っていますか? 	<ul style="list-style-type: none"> ・全館放送設備の設置 	・全館放送設備の検査

(2)水素還元プロセス中に爆発

事例に基づくチェックポイント

原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
<ul style="list-style-type: none"> ・設計者の材料についての知識不足 ・内容物の確認不足 ・応力腐食割れに対する認識不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・取り扱い物質に適合した材料を知っているか ・金属塩化物と水が存在するプロセス液にSUS304は適さないことを知っているか ・応力腐食割れの危険性があることを知っているか ・温度条件によって腐食環境が変化することを考慮しているか ・使用最高温度を運転側に知らせているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏洩を見つけたら原因の一つとして設備の材料を疑っているか ・内容物の塩化物濃度を定期的に確認しているか 	材料選定 金属塩化物含有のプロセス液 SUS304 SUS316 応力腐食割れ	漏洩原因
<ul style="list-style-type: none"> ・設計者の溶接についての知識不足 ・溶接指図書の不備 ・溶接検査の不備 		<ul style="list-style-type: none"> ・溶接施工要領に基づいて溶接部の施工指示、検査指示をしているか ・検査の結果を確認しているか ・放射線透過試験を行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏洩を見つけたら溶接部の不具合を調べ報告しているか 	溶接部の施工、検査の指示 溶接部検査確認 放射線透過試験	漏洩発見

<ul style="list-style-type: none"> ・点検の必要性の意識欠如 ・配管の点検・検査基準の不備 		<ul style="list-style-type: none"> ・プロセスに応じて材料の点検計画を決めているか ・点検計画は材料の寿命を考慮して行っているか ・配管漏れの原因を調査、解析しているか ・保温材施工の配管に点検しやすい工夫をしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・材料の点検計画を知っているか ・材料は点検計画通り実施されて処置されているか 	耐久性 点検計画	点検計画
<ul style="list-style-type: none"> ・再発防止策の未実施 ・配管漏れに対するリスク評価不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・防止策を実施するよう要請 ・配管漏れに対するリスク評価不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・事故原因を分析して再発防止策を実施しているか ・配管漏れに対するリスク評価を行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・配管漏れに対するリスク評価を行っているか ・事故が発生したら原因を見つけ、適切な対策を講じるよう要請しているか 	事故分析 再発防止策	事故の対策の要請
	<ul style="list-style-type: none"> ・原料仕込時のバルブ開状態の危険性に対する認識不足 ・バルブ閉止確認不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・バルブの締め切り防止措置を考えているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・原料仕込前のバルブ開状態の危険性を認識しているか ・バルブ完全閉止を確認しているか ・バルブ開閉チェックリストはあるか 		<ul style="list-style-type: none"> ・バルブ開閉確認 ・バルブチェックリスト

・自動バルブの警報システムの不備	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員のマニュアルと操作の意味の理解不足 ・原料仕込時のバルブ開状態の危険性に対する認識不足 ・バルブ閉止確認不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業マニュアルは適切か ・自動バルブの警報は適切か ・エア駆動バルブの開閉表示、警報システムを設けているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業マニュアルにあるバルブ開閉の意義を理解して、確実に操作しているか ・作業マニュアルの理解度は定期的に確認されているか ・原料仕込前のバルブ開状態の危険性を認識しているか ・バルブ完全閉止を確認しているか ・バルブ開閉チェックリストはあるか 	作業マニュアル 自動バルブの警報	<ul style="list-style-type: none"> ・バルブ開閉確認 ・バルブチェックリスト
	<ul style="list-style-type: none"> ・異音の調査、措置が未了で、運転開始 		<ul style="list-style-type: none"> ・異常を察知したら直ぐに報告して適切な対応をとっているか ・異常の原因が不明の場合の運転継続の判断は誰がするのか知っているか 		異常の報告
・配管の接地やボンディング等の静電気対策不備の可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・接地やボンディングの点検不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・配管の接地やボンディングの設計施工は適切か ・配管の接地やボンディングの点検は計画通りに実施しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・配管の接地やボンディングはパトロール時にチェックしているか ・可燃性ガスが漏洩した際に静電気で着火することを知っているか 	接地 ボンディング 点検計画	現場パトロール

(3)オレフィン製品製造工場で爆発

事例に基づくチェックポイント					
原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計/保守保全	作業/人/運転	設備/設計	作業/人
*車両衝突防護の不足→防護の実施 **車両通行箇所の現場表示なし→表示する	***危険感受性の不足→教育	<ul style="list-style-type: none"> ・サンプルバルブは重要設備と認識しているか ・車両衝突防護は保安設備、重要設備の両方に設置しているか ・車両通行箇所を決めて現場に表示しているか ・工事のための重機搬入計画は作成しているか ・工事のための重機搬入計画は承認されたか ・車両衝突防護が必要な設備は何か知っているか ・保安設備、重要設備の定義を知っているか ・プロセス流体を含む容器などは通路に面していないか 	<ul style="list-style-type: none"> ・車両通行禁止場所の車両通行は事前に車両通行許可を了解しているか ・車両通行禁止場所の車両通行のための養生を了解しているか ・車両通行禁止場所の車両通行は誘導員をおいているか ・工事のための重機搬入計画を了解しているか ・工事など非定常作業は実施前に安全検討を実施したか ・工事など非定常作業はエリア内に周知されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・車両衝突防護 ・保安設備 ・重要設備 ・Critical Equipment ・車両乗り入れ計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・車両通行許可 ・養生(仮設の衝突保護) ・誘導員 ・工事エリア/日程の連絡
*遠隔操作の隔離バルブなし→危険性分析の再評価と設置 **制御室からポンプ停止できず→緊急対応時の制御方法確立と設置	安全基準の不遵守→社員全員の安全教育	<ul style="list-style-type: none"> ・サンプルバルブの破損を想定して遠隔操作の隔離バルブを設置しているか ・または緊急遮断弁を設置しているか ・緊急対応の為、制御室にポンプ停止スイッチ設置しているか ・危険性分析の結果から防護層解析(LOPA)を実施して被害を食い止められる設計を行っているか ・最悪の事態に備えた設備を設計をしているか ・緊急遮断の知識はあるか 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏洩対策に必要な遠隔操作バルブまたは、緊急遮断弁は設置することを認識しているか ・緊急時に制御室からポンプを停止することを認識しているか ・漏洩発生時の作業手順は知っているか ・設備の安全基準を知っているか ・設備の安全基準は守られているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・最悪の事態 ・危険性分析 ・防護層解析 ・LOPA 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全基準順守 ・遵守困難
*安全確認不足			・誘導員を付けているか		
*静電気で着火→防爆エリアの再検討		<ul style="list-style-type: none"> ・防爆エリア外への漏洩防止は考慮されているか ・大規模漏洩を前提とした防爆エリアの検討をしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・プラント内の着火源となりうる箇所をリストアップされているか ・大規模漏洩を前提とした静電気対策の検討内容を認識しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模漏洩 ・防爆エリア ・危険場所 	<ul style="list-style-type: none"> ・静電気対策 ・着火源

*耐熱耐炎性作業衣(アラミド繊維)なし→配備する		<ul style="list-style-type: none"> ・耐熱耐炎性作業衣は支給しているか ・必要な保護具が何か全て検討してあるか ・必要な保護具は全て支給しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐熱耐炎性作業衣は支給され、着用しているか ・必要な保護具が何か知っているか ・必要な保護具は全て支給されているか ・保護具の使用方法などは熟知しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐熱耐炎性作業衣 	<ul style="list-style-type: none"> ・保護具着用
安全基準で要求された耐火被覆をせず→施工する	設計・施工担当者の安全意識不足→安全基準の遵守	<ul style="list-style-type: none"> ・パイプラックの支柱は耐火被覆されているか ・耐火被覆に関する最新の安全基準を熟知しているか ・安全基準を必ず満たした設計・施工・工事完了確認を行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火被覆の機能は何か知っているか ・耐火被覆が必要と思われるのに、被覆されていなければ管理者に報告しているか ・安全基準を満たしていない設備を見つけたら管理者に報告しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火被覆 ・安全基準 ・設計・施工・工事完了確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の安全基準 ・安全基準不適合 ・管理者への報告

(4)三ツ化窒素製造プラントで爆発

事例に基づくチェックポイント					
原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
充填圧力による危険性を設計上評価不足	充填圧力が高くなると危険性が増すとの認識不足	<ul style="list-style-type: none"> ・充填圧力はどのように決めているか理解しているか ・充填圧力は設定基準に従っているか確認しているか ・充填圧力を高くすることに対する危険性を認識し、評価しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・充填圧力は設定基準に従っていることを確認しているか ・充填圧力の上昇に伴う危険性増加を教育され、理解しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスボンベ充填 ・充填圧力による危険性差異 ・危険性評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスボンベ充填 ・充填圧力による危険性差異
*容器ごとの圧力差異によって起るガス流動に対するリスクを設計上配慮不足	<ul style="list-style-type: none"> *容器ごとの圧力差異によって起るリスクの理解不足 **容器ごとに充填する作業手順の是非について未確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・容器ごとの充填圧力差異の許容幅は設定されているか ・容器ごとの充填圧力が異なる場合の対応方法を設計上考慮しているか ・充填圧力に差異がある際の弁開閉に関し、設計上配慮しているか ・個別充填=容器ごとの充填圧力差によって生じる危険性を認識し、評価しているか ・容器ごとの充填圧力差の許容値およびその根拠を明確にしているか ・容器ごとの充填圧力が許容値を超えた場合の対応措置を明確にしているか ・容器ごとの充填圧力が一定となるように制御できる設備になっているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・容器ごとの充填圧力を極力合わせるように注意しているか ・容器ごとの充填圧力差異によるガス流動リスクについて教育され、理解しているか ・ガス充填方法について作業手順書の不備があれば指摘しているか ・充填圧力の許容値について、明確にされているか、知っているか ・容器間の充填圧力差がある場合の対応措置は明確にされているか、知っているか ・個別充填と一括充填について、それらの合理性や危険性の有無を確認しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス流動 ・充填圧力差 ・作業手順書不備 ・危険性評価 ・充填圧力許容値 ・対応措置 ・個別充填 ・一括充填 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス流動 ・作業手順書見直し ・リスク教育 ・充填圧力許容値 ・対応措置 ・個別充填 ・一括充填
ガス流速による昇温推算を行わず、設計上の配慮不足	サンプリング時の弁開度による昇温リスクを考慮不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスサンプリング時の弁開度、ガス流速を設定しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・サンプリング時の弁開度、ガス流速の基準に従ってサンプリングを行っているか ・支燃性ガスのサンプリング時の弁開度による昇温リスクを教育され、理解しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・支燃性ガス ・ガスサンプリング弁開度 ・ガス流動による昇温 	<ul style="list-style-type: none"> ・支燃性ガス ・ガスサンプリング弁開度 ・ガス昇温リスク

*容器ごとのガス圧力制限を指定せず、流動による危険性評価が不足。 **容器弁を一括全開の作業手順に対する妥当性の検討不足 ***容器間差圧による摩擦熱発生、時断熱圧縮による昇温リスク配慮不足。	*容器ごとの圧力差による流動の危険性認識不足 **容器弁を一括全開の作業手順に対する妥当性の検討不足 ***弁全開時の容器間差圧による摩擦熱発生や断熱圧縮による昇温リスクに対する危険意識欠如	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス流動による危険性を認識し、容器ごとの充填ガス圧力範囲を指定しているか ・容器弁の一括全開とする作業手順の妥当性をチェックしているか ・弁全開時のガスによる摩擦熱や断熱圧縮による温度上昇を考慮しているか ・取扱いガス(NF3など支燃性ガス)の流動条件や容器内部の状態(汚染物、バリなどの存在)などによって生じる危険性を把握し、評価しているか ・容器間の差圧が許容値を超えた場合のリスクを評価し、均一化の方法を明確にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス流動による危険性を認識し容器ごとの充填時ガス圧力範囲を調整することを理解し、実行しているか ・弁開放時の作業手順の妥当性検証を依頼しているか ・弁開放時の流体摩擦、断熱圧縮による温度上昇について教育され、理解しているか ・容器間の差圧が許容値を超えている場合の均一化の方法は明確にされているか、知っているか ・支燃性ガスのバルブの急開き操作は発火の危険性を持っていることを知っているか ・取扱いガス(三フッ化窒素などの支燃性ガス)に対する異物、汚染物の危険性を教育され、除去しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス流動リスク評価 ・流体摩擦熱 ・断熱圧縮 ・流体昇温リスク ・容器弁開 ・差圧許容値 ・均一化 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業手順書不備 ・ガス流動危険性 ・容器弁 ・流体摩擦熱 ・断熱圧縮 ・差圧許容値 ・均一化
流体摩擦による温度上昇・可溶栓部の溶損リスク推算について検討不足	流体摩擦による温度上昇・可溶栓溶融について知識不足	<ul style="list-style-type: none"> ・流体摩擦による過度な温度上昇を抑える条件を設計上考慮しているか ・可溶栓の使用温度の設定は適正か ・高流速、流体摩擦などの使用条件(発熱)に適した材料を選定しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・流体摩擦による温度上昇、可溶栓溶融について教育され理解しているか ・流体摩擦による過度な温度上昇を起こさない操作条件が設定され、実行しているか ・従来の個別充填方法において、容器、弁、配管などの温度上昇などの気掛かりはないか、あれば上司に相談しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス流体摩擦 ・流体温度上昇 ・可溶栓溶融温度設定 ・材料選定 ・発熱 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス流体摩擦 ・可溶栓溶融 ・温度上昇
・3フッ化窒素ガスは支燃性ガスであるとの認識不足 ・難燃性といえ可燃性のフッ素樹脂を弁シートに使用の際のリスク対策配慮不足	充填流体の危険性認識不足 弁構造・材質についての知識不足	<ul style="list-style-type: none"> ・取扱い物質(三フッ化窒素)は支燃性ガスと認識しているか ・難燃性フッ素樹脂も可燃性物質であると認識しているか ・支燃性ガス存在下での難燃性樹脂の発火温度を確認しているか ・難燃性フッ素樹脂が正常に使用できる環境(温度など)条件を設定しているか ・取扱いガスの使用条件(支燃性、最高到達温度)、環境条件に適合したシール材を選定しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・取扱い物質(三フッ化窒素)の性状を教育され、知っているか ・難燃性物質でも可燃性であると教育され知っているか ・難燃性フッ素樹脂の使用環境条件を教育され、知っているか ・取扱い物質(支燃性、発熱危険性など)に不適切な可燃性材料の使用禁止を知らされているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・シール材 ・難燃性樹脂(可燃性物質)使用条件 	<ul style="list-style-type: none"> ・流体・構造材料性状の教育

<p>支燃性ガス高温になり、可溶栓が溶融・燃焼によって、他の金属(可溶栓本体)も燃焼する可能性を検討不足 ・支燃性ガス噴出による静電気発生着火源となり得る可能性の検討不足</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・可溶栓が着火源となる危険性に対する認識不足 ・支燃性ガスの噴出が燃焼を加速・拡大させる危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・支燃性ガスが存在すると可溶栓溶融により、他の金属も溶融燃焼する可能性を設計上配慮しているか ・可溶栓溶融によるガス噴出の可能性を検討しているか ・ガス噴出による静電気発生が着火源となり得ることを検討しているか ・溶融した可溶栓が着火源となる危険性を認識しているか ・支燃性ガスの噴出が燃焼を加速、拡大させる危険性を認識しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・溶融した可溶栓が着火源となる危険性を知らされているか ・支燃性ガスの噴出が燃焼を加速・拡大させる危険性を知らされているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・支燃性ガス ・溶融金属燃焼 ・ガス噴出 ・静電気 ・可溶栓 ・着火源 	<ul style="list-style-type: none"> ・可溶栓 ・着火源 ・支燃性ガス ・燃焼加速・拡大
<p>*高圧容器の異常時における最悪リスクシナリオ検討不足*高圧容器の温度上昇、可溶栓溶融、内部ガス噴出等のリスク検討不足**支燃性ガスの取扱場所での可燃物使用による危険性検討不足。**万一を考慮した消火・散水設備の不設置</p>	<ul style="list-style-type: none"> *異常事態発生時の対応・訓練不足 ・可溶栓の溶融飛散や支燃性ガス噴出時の危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧容器の温度上昇、可溶栓溶融、内部ガス噴出などの異常時におけるリスクを設計上考慮されているか ・支燃性ガスの取扱場所での可燃物使用による危険性は検討されているか ・万一を考慮して消防火設備は適切に設置しているか ・支燃性ガス充填場での可燃物使用を禁止しているか、車両などのタイヤ等に対する防護策は講じているか ・塩化ビニル樹脂は難燃性だが、可燃性であることを認識しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・異常事態発生時の対応体制が整備されているか ・異常事態での処置対応を熟知しているか ・異常事態に対応した緊急訓練が実施されているか ・可溶栓の溶融飛散や支燃性ガス噴出時を考慮して周辺の消防火対策は十分か、可燃物を撤去しているか、 ・塩化ビニル樹脂は難燃性だが、可燃性であることを教育されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・最悪リスクシナリオ ・難燃材使用適否 ・消火・散水設備 ・可燃物使用禁止 ・タイヤ防火策 ・塩ビ可燃性 	<ul style="list-style-type: none"> ・異常時対応体制 ・異常時対応訓練 ・防火対策 ・可燃物撤去 ・塩ビ可燃性
<p>初期消火・冷却に必要な散水冷却・消火設備未設置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・温度異常上昇や火災発生時の防消火設備の必要性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・支燃性ガスの取扱い施設では直火や輻射熱による温度上昇を回避するための散水冷却による初期消火設備を設置しているか ・熱感知器を取付けて異常検知で防消火設備を自動起動する設備を設置しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・温度異常上昇や火災発生時の防消火設備は十分か 	<ul style="list-style-type: none"> ・初期消火用散水冷却設備 ・防災設備 ・熱感知器 ・防消火自動起動 	<ul style="list-style-type: none"> ・防消火設備
<p>*弁制御作動部の金属カバー等による耐火保護性能不備。**万一を考慮した散水冷却設備**容器隔離機能等防災設備不備</p>	<ul style="list-style-type: none"> **防消火設備配置点検不備 **防消火教育訓練不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・制御弁など重要部分の耐火保護性能は十分か ・万一に備えた散水冷却設備、高圧容器の隔離機能等防災設備は適切に設置しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・万一に対応した防消火設備配置、体制を熟知しているか ・定期的防消火訓練が実施されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備設計適切性 ・防災設備機能 	

可燃物使用による延焼防止不備 火炎を消火対策不備による、他の可燃物への延焼発生	消火活動遅れによる着火源排除未実施	<ul style="list-style-type: none"> 支燃性ガスを取り扱う場所に可燃物を使用していないか 万一火災発生時の延焼防止対策が考慮されているか 	<ul style="list-style-type: none"> 万一火災が発生した際の消防体制は整備され、訓練されているか 	<ul style="list-style-type: none"> 初期消火体制 火災延焼防止対策 	消火活動対応遅延
*万一を考慮したリスク評価未実施 **支燃性ガスの取扱場所での可燃物使用による危険性考慮不足 **消火・散水設備の不設置	<ul style="list-style-type: none"> 充填場間仕切りや区分けに対する可燃物使用の危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> 万一を考慮したリスク評価を実施しているか 支燃性ガスの取扱場所での可燃物使用による危険性を考慮しているか 防消火設備は適切に設置しているか 充填場の間仕切りや区分けに不燃材料を使用しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 支燃性ガス取扱場所の可燃物の撤去および不燃物の使用は徹底されているか 支燃性ガス取扱場所に可燃物を持ち込んでいないか 	<ul style="list-style-type: none"> リスク評価不足 可燃物使用 防消火設備 不燃材料使用 	<ul style="list-style-type: none"> 可燃物撤去 不燃物使用
万一を考慮した散水冷却・消化設備等防災設備不備		<ul style="list-style-type: none"> 充填場所や車両に対する、万一を考慮した散水冷却、消防設備などの防災設備を設置しているか 異常時の人員や他の機器保護のための防護措置が取られているか 	<ul style="list-style-type: none"> 異常時の人員保護のための防護措置が取られているか 緊急時の対応訓練をされているか 	<ul style="list-style-type: none"> 防災設備 	

(5)ポリフッ化ビニルスラリー貯蔵タンクの爆発

事例に基づくチェックポイント

原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
<ul style="list-style-type: none"> ・工事の延期に対する協議、手続きの不備 ・工事の延期と工事日の決定をプラント関係者と協議せずに決めた 	<ul style="list-style-type: none"> ・変更管理規準および手順の不備 ・工事工程変更へのプラント側意向反映不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事計画の変更も変更管理されているか ・工事延期に伴う工程管理の基準と手順は定められているか ・非定常作業にかかるるプラント関係者と工事業者の連絡体制は整備されているか ・工事の変更管理にもプロセスを熟知した社員に承認させているか ・工事の延期について関係部署との協議、確認は行っているか、決められた手続きを遵守しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事延期に伴う変更管理は運転側のプロセスを熟知した人が承認し、周知しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事工程管理 ・工事延期計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事変更管理 ・周知
<ul style="list-style-type: none"> ・スタートアップ作業と火気作業が並行作業となる高リスク作業の実施をプラント関係者で協議せず決めた ・運転中における火気並行工事の危険性に対する配慮不足・認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物(VF)存在の認識欠如 ・運転作業の可燃物存在の可能性下での火気作業の危険性認識不足 ・スタートアップ作業での可燃物存在の危険性指摘不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・スタートアップ作業と火気作業が並行作業となる高リスク作業の実施についてプラント関係者と協議しているか ・設備の不具合を考慮して火気作業の安全性を検討したか 	<ul style="list-style-type: none"> ・変更工事とプラント作業の関わりを、プラント関係者として検討したか ・スタートアップ作業での可燃物存在の危険性を工事側に指摘しているか ・設備の不具合による可燃性物質の流入は考慮しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事の安全対策 	<ul style="list-style-type: none"> ・並行作業 ・可燃物

<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業の同時並行作業を回避すべきという認識が浸透していないなかった可能性 ・運転中の可燃性ガス存在下における工事の危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業の同時並行作業回避のプラント側からの指摘不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業を同時並行作業で行う危険を回避すべきということを認識しているか ・裸火や高熱が及ぶ範囲を検討したか 	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物存在下での火気作業回避を工事側に指摘しているか ・火気作業の火気が着火源になることを工事側に指摘しているか ・火気使用の養生が十分か工事側に指摘しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業 ・火気作業許可規準 	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物 ・火気作業許可 ・同時並行作業の回避
<ul style="list-style-type: none"> ・U字シールの目的や機能に対する知識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備不具合に対する情報不足 ・設備不具合に対する評価不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・U字シールの目的や機能を知っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・U字シールの目的・機能を工事側に伝えているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロセスの知識 ・U字シール 	<ul style="list-style-type: none"> ・U字シール
<ul style="list-style-type: none"> ・設備の管理不備(凍結原因の究明と防止対策) ・U字シール管の亀裂に対する補修の必要性に対する認識不足 ・U字管補修基準が不明確または補修基準の不遵守 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の管理不備(凍結原因の究明と防止対策) ・設備不具合に対する情報不足 ・設備不具合に対する修理の不徹底 	<ul style="list-style-type: none"> ・凍結による亀裂事故を考慮したか ・防止対策はなされているか ・U字シール管の補修の必要性を認識しているか ・U字管補修基準を理解しているか、遵守しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・凍結原因の究明と防止対策は検討されたか ・U字管の不具合を知っているか ・設備不具合の情報を提供されているか ・設備不具合を修理させているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・凍結防止対策 ・補修基準 	<ul style="list-style-type: none"> ・凍結防止対策 ・設備不具合
<ul style="list-style-type: none"> ・U字シール管未補修での継続使用の危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備不具合に対するリスク評価不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・U字シール管未補修に関する変更管理は不要か ・U字管未補修での継続使用について問題点を認識しているか ・U字管未補修での継続使用について関係部署と協議、確認しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備不具合による問題点を認識、指摘しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・不具合設備の継続使用 	<ul style="list-style-type: none"> ・リスク評価

<ul style="list-style-type: none"> ・U字管未補修での使用に対する関係部署との協議及び承認取得手続きの不 	<ul style="list-style-type: none"> ・U字管未補修での使用可否について関係部署と協議、確認不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・亀裂の影響の検討とその承認基準はあるか ・亀裂についてプラント側に伝え、協議したか ・検討結果を関係部門に周知したか 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の不具合を無視して運転していないか ・U字管未補修での運転可否について関係部署と協議、確認しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・周知 ・承認取得 	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物 ・火気作業許可 ・使用可否
<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業環境の不備(縁切り実施せず) 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業規準の不備 ・火気作業に対する養生(縁切り)不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気同時作業規準に適合した安全対策はなされているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物(VF)流入の可能性を考えたか、指摘したか ・火気作業に対する養生(縁切り)は十分か、フロー図やチェックリストはあるか 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業規準 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業の養生 ・フロー図 ・チェックリスト
<ul style="list-style-type: none"> ・火気並行作業の危険性について認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気並行作業の危険性に対する準備について認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業許可は適切な人の承認を得ているか ・火気同時並行作業のリスク評価は行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業準備に入るとき可燃物(VF)の存在の可能性を伝えているか ・火気作業準備と同時に並行作業を行っていないか ・火気同時並行作業のリスク評価は行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気作業許可 ・並行作業

<ul style="list-style-type: none"> 火気同時並行作業禁止に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> 火気同時並行作業の禁止の不徹底 火気同時並行作業禁止ルールの教育不足 火気同時並行非定常作業禁止に対する認識不備 	<ul style="list-style-type: none"> 運転と工事の火気同時並行作業は禁止しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 可燃物(VF)が存在したら並行作業・火気作業の禁止を知っているか、そして教育しているか 運転と工事の火気同時並行作業は禁止され、遵守されているか スタートアップ等と火気同時並行非定常作業の禁止ルールを知っているか、守っているか 	<ul style="list-style-type: none"> 同時並行作業禁止 	<ul style="list-style-type: none"> 同時並行作業禁止 可燃物 非定常作業
<ul style="list-style-type: none"> 設備の管理不足(圧縮機故障原因の究明と防止対策) 	<ul style="list-style-type: none"> 変更管理を実施せずに、可燃物(VF)を回収しないまま再スタート フッ化ビニル未回収時のフッ化ビニルのタンク3への流入増加による危険性の予知不足 	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機の点検を行っているか 故障原因の究明と防止対策はなされているか 変更管理は実施されたか 	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機故障について変更管理を実施したか 故障原因の究明と防止対策は検討したか 圧縮機停止によるフッ化ビニル流入増加のリスク評価をしているか 	<ul style="list-style-type: none"> 機器点検 圧縮機故障 故障対策 	<ul style="list-style-type: none"> 変更管理
<ul style="list-style-type: none"> コミュニケーションの不足 	<ul style="list-style-type: none"> 部門間のコミュニケーション不足と周知の不徹底 タンク3へのフッ化ビニル流入増加を関係部署へ連絡不備 	<ul style="list-style-type: none"> 運転の状況説明を受けたか 	<ul style="list-style-type: none"> 変則運転のリスクを部門間で協議したか 変則運転を周知させたか、コミュニケーションは充分か 可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか フッ化ビニル流入増加のリスクについて関係部門に周知したか 	<ul style="list-style-type: none"> コミュニケーション 	<ul style="list-style-type: none"> 変則運転 コミュニケーション

<ul style="list-style-type: none"> 火気作業許可システムの形骸化と火気工事の危険性意識の欠如、ならびに、火気作業許可規準・システムの不備 	<ul style="list-style-type: none"> 火気作業許可システムの形骸化と火気工事の危険性意識の欠如、ならびに火気作業許可規準・システムの不備 スタートアップ及び変則運転中における通常の火気作業許可手続きの実施の問題 	<ul style="list-style-type: none"> 通常と変則運転中の火気作業許可の違いを知っているか 火気使用許可基準はあるか 火気作業許可は適切な人の承認を得ているか 可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか 	<ul style="list-style-type: none"> 火気使用許可条件を知っているか 可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか スタートアップ中で変則運転中の火気使用に関する許認可手続きは明確になっているか、知っているか、守っているか 	<ul style="list-style-type: none"> 火気作業許可規準 	<ul style="list-style-type: none"> 火気作業許可システム
<ul style="list-style-type: none"> 変則運転中における火気作業規準の認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> 変則運転中における火気作業の危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> 変則運転中の火気作業に関する基準はあるか 変則運転中のプロセスの状態を把握しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか 変則運転中の非定常火気作業の可否について、協議及び管理する仕組みはあるか 	<ul style="list-style-type: none"> 変則運転中の火気作業 	<ul style="list-style-type: none"> 非定常火気作業可否の管理
変更管理認識不足	<ul style="list-style-type: none"> 変更管理基準および手順の教育が不適切 変更管理の対象となる変則運転の工事調整員に対する周知不足 	<ul style="list-style-type: none"> 変更管理規準を理解しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 変更管理の対象となる変則運転について関係者に周知しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 変更管理規準 	<ul style="list-style-type: none"> 変更管理規準教育
変則運転についての理解不足	<ul style="list-style-type: none"> 重要な運転条件の変更の関係者への周知徹底の重要性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> 変則運転の影響について理解しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか 重要な運転条件の変更について関係者に周知徹底しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 変則運転 	<ul style="list-style-type: none"> 重要な運転条件変更

火気作業許可システムの形骸化	火気作業許可システムの形骸化 *運転中の可燃物(フッ化ビニル)の存在に対する認識不足	・変則運転中の火気作業許可は適切な人の承認を得ているか	・変則運転中の火気作業工事に対する注意事項を把握しているか	・火気作業許可規準	・火気作業許可システム ・変則運転中の火気作業工事
変則運転の認識不足	火気作業の危険性に対して認識不足 **変則運転中のフッ化ビニル高濃度下での火気作業の危険性に対する認識不足	・変則運転中の火気作業に関する基準はあるか	・可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか ・変則運転中でフッ化ビニルが高濃度になっていることを知っているか	・変則運転中の火気作業	・変則運転 ・高濃度
・火気作業許可システムの形骸化 ・運転中の火気作業の危険性に対する認識不足 ・地区火気責任者の許認可権限に対する認識不足	火気作業許可システムの形骸化	・地区火気責任者の許認可権限を知っているか ・火気作業許可は適切な人の承認を得ているか ・可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか	・可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか ・運転中における火気作業の危険性を知っているか	・火気作業許可規準	・火気作業許可システム
・運転中火気作業に対する事前の安全性の確認不足	・火気作業規準の形骸化および火気作業の危険意識欠如、ならびに工事請負会社への教育不徹底 ・運転中火気作業に対する事前の安全性の確認不足	・火気作業許可は適切な人の承認を得ているか ・可燃物(VF)が存在したら何をすべきか知っているか ・火気作業に対する事前の安全性の確認を行っているか	・可燃物(VF)が存在したら何をすべき(何が禁止)か知っているか、そして工事請負会社の教育しているか ・火気作業に対する事前の安全性の確認を行っているか	・火気作業許可規準 ・事前確認	・火気作業許可システム ・事前確認

・可燃性ガス測定データ未確認	<p>プロセスの知識不足と認識の誤りのため、可燃性ガス(VF)の危険性を意識せず</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タンク内部の可燃性ガスの存在に対する認識不足 ・可燃性ガス取扱タンクの火気作業時の内部ガス検知の必要性に対する認識不足 	<p>・可燃性ガス測定データを確認したか</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃性ガスが流入する危険性のある容器内の作業の際、ガス検知しなければならないとの法規を知っているか ・容器内のガス検知をしたか ・可燃性ガス測定データを工事側に伝えたか 	<p>・可燃性ガス測定データ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物 ・容器内ガス検知
	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物貯蔵タンクにおける火気作業の業界標準に関する認識不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物貯蔵タンクにおける火気作業の業界標準に関して情報を入手しているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物貯蔵タンク ・業界標準
・火気工事の溶接火花や高温物体が着火源になることの知識と認識不足	<ul style="list-style-type: none"> ・火気工事の溶接火花や高温物体が着火源になることの知識と認識不足 ・タンク内の事前ガス検知の不実施 	<p>・溶接火花や高温物体が着火源になることを知っているか</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃物(VF)が存在したら何をすべき(何が禁止)か知っているか ・タンク内のガス検知をすべきことを認識しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気工事 ・溶接火花 ・高温物体 ・着火源 ・ガス検知 	<ul style="list-style-type: none"> ・タンク内 ・ガス検知

(6)塩化ビニルモノマ製造施設で爆発

事例に基づくチェックポイント					
原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
・重要バルブの管理不足 ・重要バルブの点検不足 ・緊急放出弁の設計不備	・重要バルブの管理の重要性の認識不足	・重要バルブをHAZOPなどの安全評価手法でリストアップをしているか ・重要バルブの管理方法は手順化されているか ・重要バルブの点検記録はチェックされているか ・重要バルブの定義・基準があるか	・重要バルブがどれか知っているか ・重要バルブの故障でプロセスがどう変化するか把握しているか ・重要バルブ故障時の対応訓練はしているか	・重要バルブの定義・基準 ・重要バルブ管理 ・重要バルブリストアップ ・重要バルブ点検記録	・重要バルブ故障時対応
・系統停止等の急激な条件変化に対する生産停止インターロック設置不備	・系統停止等の急激な条件変化対応不備	・系統停止等の急激な条件変化に対する生産停止インターロック要否の考えを明確にしているか	・系統停止等の急激な条件変化対応手順を習得しているか	・系統停止等の急激な条件変化 ・生産停止インターロック	・系統停止等の急激な条件変化 ・系統停止等の急激な条件変化対応手順
・塔頂、塔底の温度が管理範囲を超えたことを知らせる警報不備 ・インターロックの不備 ・重要警報の格付け不備 ・アラームの洪水に対する対策不足 ・全還流運転できないことによる塔頂組成維持不足	・塔頂、塔底の温度管理の重要性の認識不足 ・重要警報に対する認識不足	・塔頂、塔底温度の警報はあるか ・熱源遮断インターロックはあるか ・重要警報の基準・格付けに問題はないか ・DCSアラーム多発時の対策は十分か ・蒸留塔のミニマムロード運転時の運転条件は用意されているか ・塔頂(塔底)温度の変化によりプロセスに何が起こるか把握しているか(異物混入など) ・全還流運転は可能か	・塔頂、塔底温度管理範囲が外れた時の危険は何か ・重要警報を認識しているか ・DCS警報多発時の対応を明確にしているか ・塔頂、塔底温度管理範囲が外れた時のアクションは何か ・フィードの組成、温度、流量の状態を把握できているか ・蒸留塔の安定操作範囲を把握しているか ・ターンダウントラブル時の操作を把握しているか ・ミニマムロード運転時の運転条件と手順書はあるか ・プロセス流量の変動は把握できるか ・上流工程の異常はタイムリーに連絡があるか	・塔頂温度警報 ・塔底温度警報 ・温度管理範囲 ・塔内温度・圧力異常時の熱源遮断インターロック ・重要警報の格付け ・DCSアラーム洪水対策	・塔頂温度管理範囲 ・塔底温度管理範囲 ・危険認識 ・発熱反応物 ・熱源遮断 ・インターロック ・異常時の対応 ・重要警報 ・DCSアラーム洪水対応
・塩酸塔還流槽液面が上昇したことを知らせる警報がなかったこと	・塩酸塔還流槽液面の管理の重要性の認識不足	・蒸留塔(塩酸塔還流槽)液面が上昇したことを知らせる警報はあるか	・蒸留塔(塩酸塔還流槽)液面上昇時の危険は何か ・蒸留塔(塩酸塔還流槽)液面上昇時のアクションは何か	・液面上昇警報	・液面管理指標 ・液面管理手順 ・危険認識

<ul style="list-style-type: none"> ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)の危険性を想定していなかったこと ・全還流運転対応の設備になつてないので密閉化が発生した ・発熱反応抑制対策を実施していない (副反応:HCl+C2H3CL (VCM)→CH3CHCL2(1,1-EDC)) 	<ul style="list-style-type: none"> ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)の危険性の認識不足 ・還流槽縁切り(密封)の危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・異物混入(VCM分離不全)による反応の危険性は認識し、対応しているか分析したか ・異物混入(VCM分離不全)時の対応手順書は用意したか ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)に対する検知器はあるか ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)に対する防護機器はあるか ・他社トラブル情報の1,1-EDCの生成反応(発熱反応)の危険性に注意を払っているか ・全還流運転はできないのか ・鉄錆が1,1-EDCの生成反応(発熱反応)を引き起こすことを認識しているか ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)を抑制すべく機器材質を選定しているか、選定していないならば、防護策(防錆と管理)を明確にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)の危険予知をしているか ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)発生時の対応アクションは何か ・還流槽縁切り(密封)しない運転はできないか ・異物混入(VCM分離不全)による反応の危険性は知っているか ・異物混入(VCM分離不全)時の対応手順は知っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・発熱反応検知器 ・発熱反応防護機器 ・還流槽縁切り ・全還流運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・発熱反応危険予知 ・発熱反応対応アクション ・他社トラブル情報の活用
<ul style="list-style-type: none"> ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)物の密閉化の危険性を想定していなかったこと ・密封を防ぐ設備対応は十分か 	<ul style="list-style-type: none"> ・1,1-EDCの生成反応(発熱反応)物の密閉化の危険性の認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・密閉容器での1,1-EDCの生成反応(発熱反応)に対する検知器はあるか ・密閉容器での1,1-EDCの生成反応(発熱反応)に対する防護機器はあるか 	<ul style="list-style-type: none"> ・密閉容器での1,1-EDCの生成反応(発熱反応)の危険予知をしているか ・密閉容器での1,1-EDCの生成反応(発熱反応)発生時の対応アクションは何か ・容器を密封する際の液封厳禁、圧力・温度に注意 	<ul style="list-style-type: none"> ・密閉容器での発熱反応検知器 ・密閉容器での発熱反応防護機器 ・密封厳禁 	<ul style="list-style-type: none"> ・密閉容器での発熱反応危険予知 ・密閉容器での発熱反応対応アクション ・密封厳禁

<ul style="list-style-type: none"> ・塩酸塔還流槽(容器)の圧力・温度が上昇したことを知らせる警報がなかったこと ・DCSアラーム洪水に対する対策不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・塩酸塔還流槽(容器)の圧力・温度の管理意識不足 ・設備の正常停止確認の重要性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・蒸留塔(塩酸塔還流槽)の圧力・温度が上昇したことを知らせる警報はあるか ・DCSアラーム多発時の対応は訓練されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・蒸留塔(塩酸塔還流槽)の圧力・温度の管理指標を認識しているか ・蒸留塔(塩酸塔還流槽)の圧力・温度の管理手順を習得しているか ・DCS警報多発時の対応を明確にしているか ・設備の正常停止確認の重要性を認識しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・容器圧力上昇警報 ・容器温度上昇警報 ・アラームの洪水対策 	<ul style="list-style-type: none"> ・圧力管理指標 ・温度管理指標 ・圧力管理手順 ・温度管理手順 ・DCSアラーム洪水対応 ・設備の正常停止確認
<ul style="list-style-type: none"> ・現場操作禁止とする危険圧力を知らせる警報がなかったこと ・現場退避の基準を作ること 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場操作禁止とする危険圧力の認識不足 ・現場操作時の連絡徹底不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場操作禁止とする危険圧力を知らせる警報はあるか ・現場退避の基準は設定しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場操作禁止とする危険圧力を認識しているか ・現場操作禁止とする危険圧力に対する手順を習得しているか ・プロセス異常により退避すべき事態は何かを知っているか ・現場操作時の連絡を徹底しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場操作禁止の危険圧力警報 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場操作禁止の危険圧力 ・異常事態の対応訓練
<ul style="list-style-type: none"> ・事故発生に関する周辺住民への速やかな広報システムの欠如 	<ul style="list-style-type: none"> ・事故発生に関する周辺住民への速やかな広報活動の必要性の認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・事故発生に関する周辺住民への速やかな広報システムを設置しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・事故発生を周辺住民に速やかに知らせることの重要性を認識しているか ・事故発生を周辺住民に速やかに知らせる手順(役割)を習得しているか ・事故発生時に周辺住民に知らせる危険内容を認識しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・広報システム 	<ul style="list-style-type: none"> ・広報活動 ・広報手順 ・広報危険内容

(7)レゾルシングラントが爆発

事例に基づくチェックポイント					
原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
・緊急冷却水の能力不足 ・緊急冷却水の自動昇圧設備の不備	・緊急時の冷却水圧不足に対する認識不足	・緊急冷却水の必要能力を認識しているか ・緊急冷却水の自動昇圧機能はあるか ・緊急冷却水のDCS監視はできるか	・緊急冷却水の重要性を認識しているか ・緊急冷却水のDCS監視ができるか	・緊急冷却水能力 ・緊急冷却水自動昇圧	・緊急冷却水のDCS監視
・反応器緊急停止時等の暴走反応(HPO分解発熱)に対する誤認識/認識不足 ・緊急時の反応器冷却に対するリスク評価不足	・反応器緊急停止時等の暴走反応(HPO分解発熱)に対する誤認識/認識不足	・パーオキサイドには分解発熱反応があることを知っているか ・反応器緊急停止時等の暴走反応(HPO分解発熱)の危険性を正確に認識しているか ・HPO分解発熱反応のラボ解析を行っているか ・分解発熱反応の条件を正確に認識しているか ・過去の事例、他社事例を参考にしているか ・分解発熱反応を制御できる限界温度を知っているか ・冷却速度の根拠を明確にしているか ・温度低下目標値を示しているか ・冷却機能の必須要件(冷却コイル内冷媒循環+攪拌)を理解しているか ・異常反応を制御するシステムは設計に織り込まれているか	・反応器緊急停止時等の暴走反応(HPO分解発熱)の危険性について教育されているか、知っているか ・分解発熱反応の条件を正確に知らされているか ・冷却速度を知っているか ・温度低下目標値を知っているか	・暴走反応の危険性 ・ラボ解析 ・分解発熱反応条件 ・過去の事例、他社事例 ・冷却速度 ・温度低下目標値	・暴走反応教育
・反応器温度・液面監視用のDCS表示の不備	・反応器温度・液面監視の重要性に対する認識不足	・反応器の温度傾向管理/異常検知用画面を作成してあるか ・トレンド表示にしてあるか ・DCS上、反応器内の液面レベル表示はされているか	・反応温度の傾向管理/異常検知が容易に使えるか ・トレンド表示になっていないことを指摘しているか	・傾向管理/異常検知画面 ・トレンド表示	・傾向管理/異常検知

・緊急時の反応器冷却速度や温度低下目標値の不明記	・緊急時の反応器冷却速度に対する認識不足 ・冷却速度や温度低下目標値未達時の対応の不明記	・緊急時の反応器冷却速度や温度低下目標値の基準を明記しているか	・緊急時の反応器冷却速度の基準は明確になっているか、知っているか ・温度低下異常時の対応は明確になっているか、知っているか	・冷却速度/温度低下目標値	・温度低下異常時対応
	・反応器緊急停止時の冷却不足とその対応についての相談不足 ・伝熱に関する知識の不足		・反応器緊急停止時の異常対応について職制で話し合っているか ・反応器緊急停止時の異常対応について相談しているか ・異常時の対応を独断で判断しないよう指導されているか		・職制話合い ・異常対応の相談
	・インターロック解除の危険性に対する認識不足 ・インターロック解除手続きの不遵守		・インターロック解除の危険性を認識しているか ・インターロック解除の条件を知っているか ・インターロック解除の手続きを知っているか、守っているか ・インターロック解除の上長許可を取っているか		・インターロック解除の危険性 ・インターロック解除許可
・インターロック解除の条件設定の不備 ・インターロック解除機構の不備 ・インターロック解除の動作不備 ・冷却水切替スイッチの不備		・インターロック解除の条件を設定しているか ・インターロック解除条件をインターロック機構に組んでいるか ・インターロック解除時にバルブ等作動しないよう(現状保持)になっているか ・冷却水の単独切替機能があるか		・インターロック解除条件設定 ・インターロック解除現状保持 ・冷却水単独切替	
・インターロック解除条件の不明確	・インターロック解除条件に関する手順書の不備	・インターロック解除条件を明確にしているか	・インターロック解除条件は明確になっているか ・インターロック解除の権限は明確になっているか ・インターロック解除する際の確認事項は明確になっているか、チェックリストはあるか	・インターロック解除条件	・インターロック解除条件 ・インターロック解除権限 ・インターロック解除時のチェックリスト
	・インターロック解除の危険性に対する認識不足 ・インターロック解除時の確認の不徹底		・インターロック解除の危険性について教育されているか、認識しているか ・インターロック解除する際にプロセスの安定性を確認しているか		・インターロック解除の危険性 ・インターロック解除時の安定性

<ul style="list-style-type: none"> ・窒素による搅拌の重要性の認識不足 ・インターロック解除時の窒素自動設計の問題 →運転員の手動停止とすべき、インターロック解除で窒素停止させない ・インターロック解除の結果に関する知識の不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロック解除の設計不備に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロック解除しても搅拌用窒素が自動停止しないようになっているか ・インターロック解除してもバルブ等が自動動作しないよう(手動操作)になっているか ・インターロック解除がプロセスの危険に直結しない設計になっているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロック解除でバルブ等が自動動作する危険性を指摘しているか ・インターロック解除後のプロセスの状態を確認しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・搅拌用窒素 ・自動動作禁止 	<ul style="list-style-type: none"> ・手動操作
	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロック解除時の窒素自動停止の危険性に対する認識不足 ・インターロックシステムに対する教育不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・インターロック解除時の窒素自動停止の危険性を知っているか ・インターロック作動時及び解除時のバルブ等の動作及びその根拠について教育されているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・窒素自動停止の危険性 ・インターロック動作と根拠の教育
<ul style="list-style-type: none"> ・窒素流量計の不備 ・窒素停止の表示やアラーム設置の不備 ・外部警報の不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・窒素停止の表示やアラームの重要性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・搅拌用窒素の状態表示やアラーム設置の重要性を認識しているか ・搅拌用窒素流量計、停止表示やアラームを設置しているか ・緊急停止システムに関わる重要計器の状態表示、アラームを設置しているか ・重要アラームに格付けし、外部警報にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・窒素流量計やアラームの不備を指摘しているか ・緊急システムに関わる重要計器の状態表示やアラームの不備を指摘しているか ・重要アラームを認識しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・窒素流量計/アラーム ・重要計器状態表示 ・緊急システム ・重要アラーム 	<ul style="list-style-type: none"> ・重要計器 ・外部警報
	<ul style="list-style-type: none"> ・搅拌用窒素供給の重要性に対する認識不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・搅拌用窒素供給の重要性について教育されているか ・搅拌用窒素供給/停止の考え方を理解しているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・搅拌用窒素 ・窒素供給/停止の考え方
<ul style="list-style-type: none"> ・分解発熱反応に関する知識の不足 ・分解発熱反応に対する誤認識 ・搅拌停止時の冷却能力検討不足 ・反応器能力増強時の冷却コイル増強不実施 ・既存設備能力増強時のコスト優先 ・運転変更(仕込量増=液面上昇)時の温度制御及び管理強化の不実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・分解発熱反応に対する誤認識 	<ul style="list-style-type: none"> ・分解発熱反応の条件を正しく認識しているか ・搅拌停止時の流動解析はしているか ・搅拌停止時の冷却能力は十分あるか ・反応器能力増強時の冷却コイルは増強しているか ・既存設備能力増強時のコストより安全性を優先しているか ・液レベルアップ時の温度制御および管理強化は十分か ・既存設備能力増強時の計装設備強化は十分か 	<ul style="list-style-type: none"> ・分解発熱反応の条件を正しく理解しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・分解発熱反応の条件 ・搅拌冷却 ・冷却コイル増強 ・安全性優先 ・計装強化 	<ul style="list-style-type: none"> ・分解発熱反応の理解

<ul style="list-style-type: none"> ・反応器運転条件変更(仕込量増)時のリスク評価の不足 ・運転条件変更内容の周知徹底不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転条件変更内容の周知徹底不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応器運転条件変更(仕込量増)時の上部液相の冷却能力に対するリスク評価および対策は十分か ・運転条件変更時の変更管理としてリスク評価および対策、注意点に対するドキュメントを作成しているか、周知徹底しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転条件変更時のリスク評価および対策、注意点に対するドキュメントはあるか、周知徹底されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転条件変更 ・リスク評価と対策 ・ドキュメント ・変更管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・周知徹底
<ul style="list-style-type: none"> ・冷却器のない液相の存在の危険性に対するリスク評価不足 ・反応器上部液相温度管理の重要性の認識不足 ・運転条件変更(液面上昇)時の注意点の周知徹底不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却器のない反応器上部液相温度管理の重要性の認識不足 ・運転条件変更(液面上昇)の注意点の周知徹底不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却器のない液相の存在の危険性に対するリスク評価と対策は十分か、ドキュメントはあるか ・冷却コイルのない反応器上部の温度管理の重要性を明記しているか ・運転条件変更の周知徹底をしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却コイルのない反応器上部の温度管理の重要性を明確にされているか、知っているか ・運転条件変更の周知徹底されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・リスク評価と対策 ・暴走反応 ・上部温度管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・周知徹底
<ul style="list-style-type: none"> ・反応異常にに関する知識の不足 ・反応異常検知の重要性に対する認識不足 ・反応異常に対する温度検知システムの不備 ・外部警報の不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応異常の温度検知システムの必要性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応器上下温度分布や温度差のアラームやDCS表示画面を作っているか ・各部温度や温度差を重要アラームに格付けし、外部警報にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応器上下温度分布や温度差が容易に分かるようなDCS表示を指摘しているか ・外部警報で容易に発生部位を確認できるようになっていることを指摘しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応異常検知システム ・重要アラーム ・外部警報 	<ul style="list-style-type: none"> ・DCS表示 ・外部警報
	<ul style="list-style-type: none"> ・温度計の測定位置に対する理解不足 ・反応温度異常アラーム発生部位の確認不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・反応器の温度測定対象とその位置を正確に理解しているか ・反応器の温度アラームの発生部位を確實に確認しているか ・その原因について調査、確認しているか ・上司に報告、相談しているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・異常発生部位の確認 ・原因調査 ・計測位置/対象
<ul style="list-style-type: none"> ・重要外部警報の不備 ・レベル計が設置されていない 		<ul style="list-style-type: none"> ・正常に復帰しない場合、繰返し発報するようにしているか ・反応器内の液面レベルのセンサーは必要ないか 		<ul style="list-style-type: none"> ・重要外部警報 ・繰返し発報 	

	<ul style="list-style-type: none"> ・反応器運転条件変更(液面上昇)に対する認識不足 ・反応器各部温度の確認不足 ・反応器緊急停止時の管理項目に対する認識不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・窒素停止に伴う攪拌停止により反応器の各部温度(差)変化の有無を確認しているか ・反応器緊急停止時の管理項目について理解しているか ・反応停止時の反応器保持の条件(冷却継続+窒素攪拌継続)を知っているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・温度差管理 ・緊急停止時の管理項目
<ul style="list-style-type: none"> ・反応異常検知の重要性に対する認識不足 ・反応異常に対する温度検知システムの不備 ・外部警報の不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応異常の温度検知システムに対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応器上下温度分布や温度差のDCS表示画面を作っているか ・各部温度や上下温度差を重要アラームに格付けし外部警報にしているか ・プロセス流体が内在した状態での反応器停止条件を満たしていないことに対するアラームの必要性は検討したか 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応器上下温度分布や温度差が容易に分かるようなDCS表示を指摘しているか ・外部警報で容易に発生部位を確認できるようになっていることを指摘しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応異常検知システム ・重要アラーム ・外部警報 	<ul style="list-style-type: none"> ・DCS表示 ・外部警報
	<ul style="list-style-type: none"> ・反応器緊急停止後の空気再投入(反応再開)に対する注意不足 ・空気再投入(反応再開)条件の確認不足 ・緊急停止後の対応不適切 		<ul style="list-style-type: none"> ・反応器緊急停止後の空気再投入(反応再開)に対する危険性を認識しているか ・空気再投入(反応再開)条件を知っているか ・緊急停止後の空気再投入が不適切な措置と認識しているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・空気再投入の危険性 ・不適切な措置
	<ul style="list-style-type: none"> ・攪拌再開時の供給源(空気)に対する相談不足 ・反応再開に対する上長への確認不足 ・暴走反応の可能性に対する情報不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・攪拌再開条件(空気)に対する相談を行っているか ・攪拌再開の許可を上長に取っているか ・暴走反応の可能性の情報が提供されているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・再開条件の相談 ・上長許可 ・情報提供
	<ul style="list-style-type: none"> ・異常反応進行中への空気投入の危険性に対する認識不足 ・異常反応時の対応教育訓練の不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・空気投入前の反応器異常状態の確認をしているか ・異常状態にある反応器へ空気投入してはならないことを認識しているか ・緊急時に冷静に対応する訓練しているか、自信はあるか ・緊急時の様々な想定をして訓練しているか ・通常反応の他に異常反応が存在することを知っているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・異常状態の確認 ・空気投入禁止 ・緊急時対応訓練

<ul style="list-style-type: none"> ・異常反応検知(温度上昇等)によるインターロックの不備 ・上部液相温度のインターロック取込みの不備 ・緊急冷却水注入設備の不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・異常反応検知(各部温度または上下温度差上昇)による空気供給自動停止および窒素自動投入インターロックを設置しているか ・緊急時の冷却水投入設備を設置しているか ・緊急時の外部除熱設備を設置しているか ・緊急時の脱圧設備はあるか 		<ul style="list-style-type: none"> ・空気自動停止 ・窒素自動投入 ・緊急冷却水自動投入 ・緊急外部除熱設備 ・緊急脱圧設備 	
---	--	--	--	--

(8)アクリル酸製造施設で爆発

事例に基づくチェックポイント					
原因(3M3Eより抽出)		注意すべき事項		キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
<ul style="list-style-type: none"> ・アクリル酸配管の加温技術基準不備 ・配管の加温の重要性、内部流体温度上昇時の危険性に対する認識不足 ・温調トラップ、温度管理の重要性に対する認識不足 ・配管温度管理の重要性、内部流体温度上昇時の危険性に対する認識不足 ・温調トラップの重要性に対する認識不足 ・温調トラップを外し設備管理が容易な仕様に手続きを経ずに変更したこと ・精製塔塔底配管の加温仕様が、精製塔増設の都度温水ジャケット→蒸気ジャケット→蒸気トレースに変更 	<ul style="list-style-type: none"> ・アクリル酸配管の加温仕様重要性の運転側への技術伝承不足 ・温調トラップを外し、容易な仕様に手続を経ず行う変更管理不足 ・配管温度管理の重要性、内部流体温度上昇時の危険性に対する認識不足 ・温調トラップ、温度管理の重要性に対する認識不足 ・温調トラップの重要性に対する認識不足 ・温調トラップを外し設備管理が容易な仕様に手続きを経ずに変更したこと ・精製塔塔底配管は、低温でアクリル酸凍結、ヘドロ析出、高温だと重合の懸念があるリスクの重要性が継承されなかつた 	<ul style="list-style-type: none"> ・保温ジャケットの要求仕様に条件の理由は示されているか ・蒸気使用の保温ジャケットの制御異常はプロセス異常を起こさないか ・配管加温による内部流体温度上昇時の危険性を認識しているか ・温調トラップ取り外しのリスクを評価しているか ・温調トラップ作動不良の対策を講じているか ・温調トラップの取り外しは変更管理の手続きをしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・重合性モノマー(アクリル酸など)塔底液は何°Cで凍結したり、固形物析出したり、また、何°Cで重合が始まるか知っているか ・蒸気ジャケットで約100°Cで中間タンクに入り、天板リサイクル閉で運転を続けてよいかをマネージメントに確認したか ・温調トラップの機能を理解しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・配管の加温技術基準不備 ・温水ジャケット ・蒸気ジャケット ・蒸気トレース ・配管加温 	<ul style="list-style-type: none"> ・重合性モノマー(アクリル酸など)塔底液の加温仕様の重要性 ・技術伝承不足 ・凍結、固形物析出、重合 ・温調トラップ ・変更管理不足
<ul style="list-style-type: none"> ・施設の復旧作業工事中に、非定常作業の回収塔能力確認テストの運転計画の並行実施 ・テスト計画の実施を、工場の変更管理の仕組みで課外に発信し共有は無し ・指示書発行による課内の情報共有をしなかったので、中間タンクの液面が上がったときのコミュニケーション不足 ・指示書発行による課内の情報共有を実施しなかったこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・施設の復旧作業工事中に、非定常作業の回収塔能力確認テストの運転計画の並行実施 ・テスト計画の実施を、工場の変更管理の仕組みで課外に発信し共有は無し ・指示書発行による課内の情報共有をしなかったので、中間タンクの液面が上がったときのコミュニケーション不足 ・指示書発行による課内の情報共有を実施しなかったこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事期間中のテスト計画は工事側に知らされているか ・テスト計画は工事側の観点で安全確認を行った上で承認したか ・テスト計画の安全性を変更管理の仕組みで課外に発信し、共有しているか ・工事期間中のテスト計画は安全審査を行い、関係者の承認を得ているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事と能力確認テストの並行作業での時系列的運転状況のすりあわせの実施を確認したか ・工事と能力確認テストのすりあわせのコミュニケーションはうまく行われたか ・工事期間中のテスト計画は安全審査を行い、関係者の承認を得ているか ・テスト計画の安全性に疑問点はないか ・テスト計画の安全性を理解しているか ・通常管理範囲を超える(液溜め)テスト計画の事前確認および周知はされているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・非定常作業・並行実施・変更管理・回収塔能力確認テスト・コミュニケーション不足 ・通常管理範囲外 ・テスト計画事前確認

<ul style="list-style-type: none"> ・非定常操作の天板リサイクルの気付き表示が、ポンプから15m離れたところにある現場表示の不備 ・タンク温度管理の重要性、温度上昇の危険性に対する認識不足 ・天板リサイクルに関するルールが十分に伝達されていなかったこと ・タンクの温度管理は液移動と冷却水コイルによる徐熱が必要であることが伝承されなかつたこと ・2009/8に実施した当該操作を非定常作業標準化し、共有しなかつたこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・天板リサイクルの開閉に関するルール[通常閉25m3以上でR/C]の伝達不備 ・中間タンクの温度管理には、液移動と冷却水コイルによる除熱が必要であり、技術伝承不足 ・2009/8に実施した天板リサイクルの使い方を非定常作業の標準化にした手順書不備 ・不定期非定常作業の標準化の重要性に対する認識不足 ・誤操作や操作忘れの危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・重要な操作の現場表示の存在確認を定期的に実施しているか ・タンクの液循環による攪拌の必要性は運転側に定期的に注意喚起しているか ・タンク温度管理の重要性、温度上昇時の危険性、除熱方法を明記しているか ・操作方法の変更時にその作業を標準化しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・タンクの液循環による攪拌の必要性は定期的に注意喚起されているか ・重合性モノマーが温度上昇により重合する危険性について教育されているか ・タンクの液循環による攪拌の手順書を読んで、現場確認をしたか ・不定期非定常作業が確実に標準化されているか ・誤操作や操作忘れを未然に防止する対策は十分になされているか ・攪拌不足によるプロセス異常の可能性は教育されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・天板リサイクルの開閉 ・タンク現場表示 ・非定常操作 ・除熱方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・天板リサイクルの開閉 ・タンクの温度管理 ・液移動と冷却水コイル ・手順書の不備 ・二量化/重合の危険性 ・不定期非定常作業の標準化 ・操作忘れ防止対策
<ul style="list-style-type: none"> ・中間タンク内液体の温度がアクリル酸の二量化により高くなると思われ、そのために必要な温度計が設置されていない設備設計不備 ・重合反応物タンクの温度管理の重要性に対する認識不足 ・当該タンクに温度計が設置されていなかったこと ・通常運転から切り離された中間タンクの管理方法が不明確であったこと ・塔底液アクリル酸の二量化反応の危険性を意識せず、重合禁止剤が十分に含まれているので安全であると思い込んでいたこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・手順書不備のため通常運転から切り離された中間タンクの管理方法が不明確であった ・塔底液の二量化反応の危険性を意識せず、重合禁止剤が十分に含まれているので安全であると思い込む安全意識不足 ・中間タンクに温度計がついておらず、中間タンク内の状況が分らない状態だったので、非定常運転の人とのコミュニケーション不足 ・定常運転後の非定常運転操作の回収塔の能力確認テストを行う人と状況を共有しなかつた可能性があり、コミュニケーション不足 ・異常の早期処置に温度計がなく、手順書が不備な事より、天板リサイクルが開にならず、回転塔能力確認テストの人と初期対応不足 ・重合反応物の一時保管の危険性に対する認識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・工程中間タンクに温度計が必要かをプロセス異常時を考慮して決めているか ・重合発熱の危険性のある内容物に対して常時監視する温度計を設置しているか ・重合反応物の一時保管時のリスク評価を実施しているか ・工程中間タンク除熱の管理办法を明確にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・工程中間タンクの管理の手順書に一時保管の危険性を考慮した管理方法を明確にしているか ・重合禁止剤に温度の適用範囲があることを知っているか ・回収塔能力確認テストの計画者の意図をよく理解しているか ・設備にプロセスを管理し、異常を検知するのに必要な計装類が不足していないか確認しているか ・重合反応物の一時保管の危険性を考慮した管理方法は明確にされているか ・除熱不足による副反応(二量化反応)の危険性を理解しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・中間タンク液体温度 ・アクリル酸の二量化 ・二量化による温度上昇 ・温度計 ・設備設計不備 ・重合反応物 ・監視用温度計 ・一時保管リスク評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・中間タンクの管理 ・手順書の不備 ・管理方法の不明 ・二量化反応の危険性 ・重合禁止剤 ・安全意識不足 ・非定常運転の人 ・コミュニケーション不足 ・初期対応不足 ・天板リサイクル ・異常早期処置 ・一時保管時の管理方法

	<ul style="list-style-type: none"> ・タンク液面異常上昇の上司への連絡不足 ・異常発生時の報告・連絡体制の不備 ・タンク液面異常上昇に対する問題意識、危険性の認識不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・プロセス異常時に上司への報告を必ず行っているか ・異常発生時の報告・連絡体制は明確になっているか ・プロセス異常に対する対応は十分か、明確になっているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・タンク液面異常上昇 ・異常時の報告・連絡
<ul style="list-style-type: none"> ・工場の危機管理体制を取らず、放水初期対応措置のみを実施したこと ・直ちに工場内と関係行政機関に異常現象を通知し、異常現象を共有する行動を実施しなかったこと ・工場休日の再稼働期間中の運転異常時の連絡体制が整備されていない可能性 ・異常現象の共有と緊急行動の教育・訓練が不足していた可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場の危機管理体制を取らず、放水初期対応措置のみを実施した危機管理不足 ・直ちに工場内と関係行政機関に異常現象を通知、共有する行動不実施の緊急連絡欠落 ・工場休日の再活動期間中運転異常時の連絡体制が整備されていない可能性の緊急時体制の不備 ・異常現象の共有と緊急行動の教育・訓練が不足していた可能性の教育・訓練の不足 ・異常現象発生時の緊急対応の整備と訓練不足 ・異常現象発生時の緊急連絡体制の不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場の危機管理体制を基準化しているか ・関係行政機関に異常現象を直ちに通知することが基準化されているか ・工場休日の再稼働期間中の運転異常時の連絡体制を基準化しているか ・異常現象発生時の緊急連絡体制は整備されているか ・異常現象発生時の緊急対応は整備されているか、訓練を行っているか ・異常現象の共有と緊急行動の教育・訓練を実施しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場全体の危機管理体制が整備され、それに基づいて対応しているか ・工場内と関係行政機関に異常現象を確実に緊急連絡しているか ・運転異常時の緊急時体制は工場休日も含まれているか ・異常現象発生時の緊急行動の教育・訓練が確実に行われているか ・異常現象発生時の緊急連絡体制は整備されているか ・異常現象発生時の緊急対応は整備されているか、訓練を行っているか ・異常現象の処理手順を理解しているか ・異常現象を関係官庁に通知する手順を理解しているか ・工場休日時の異常現象の対応手順を理解しているか ・異常現象発生時の緊急行動を速やかに実施できるか 		<ul style="list-style-type: none"> ・工場全体の危機管理体制 ・初期対応措置 ・危機管理不足 ・関係行政機関 ・異常現象の通知と共有 ・緊急連絡欠落 ・工場休日の再活動期間中 ・運転異常時の緊急時体制 ・緊急時体制の不備 ・緊急行動の教育・訓練
<ul style="list-style-type: none"> ・有効な重合禁止剤と投入のためのシステムを準備していなかった ・重合反応抑制のための設備の不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロセス異常の存在を知らなかった ・プロセス異常の対処の方法を知らなかった 	<ul style="list-style-type: none"> ・想定されるプロセス異常に対処できる設計になっているか ・重合反応を抑制するのに十分な除熱設備を設置しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・どの様なプロセス異常が存在するか知っているか ・プロセス異常への対処の方法は知っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・重合禁止剤 ・投入のためのシステム準備 ・重合反応抑制 	

<ul style="list-style-type: none"> ・工場内への緊急連絡が15分程度遅れたこと ・自衛防災隊の出動、工場内緊急体制構築、行政機関への通報、社内関係部門への異常事態報告が遅れたこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場内への緊急連絡が15分遅れでの緊急時対応不足 ・自衛防災隊の出動、工場内緊急体制構築、行政機関への通報、社内関係部門への異常事態報告が遅れ、危機管理不足 ・異常事態に対する緊急通報・連絡訓練の不足 ・異常事態に対する危機管理体制の不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急連絡に必要な設備は揃っているか ・緊急連絡体制は整備され、訓練されているか ・異常事態に対する危機管理体制は明確にされているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛防災隊の出動、工場内緊急体制構築、行政機関への通報、社内関係部門への異常報告をもっと早くできなかつたか ・緊急連絡における自分の役割は理解しているか ・緊急連絡体制は代理者も含めて整備され、訓練されているか ・異常事態に対する緊急通報・連絡訓練を十分に行っていているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時対応不足 ・危機管理不足 ・緊急通報・連絡訓練
<ul style="list-style-type: none"> ・施設の異常事態発生から25分を過ぎて通報したこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・中間タンクから白煙がでて、貯蔵液温度が高くなり、25分過ぎて計器指示限界位置越え、圧力上昇等から、公設消防へ通報となり、緊急時対応不足 ・異常事態発生時の緊急通報・連絡訓練の不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・公設消防への速やかな連絡は緊急連絡体制で基準化され、訓練しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・異常現象の定義は明確にされているか ・公設消防への速やかな連絡は緊急連絡体制に組み込まれているか ・異常事態発生時の緊急通報・連絡体制は明確にされているか、訓練を十分に行ってているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・白煙の流出 ・公設消防への通報 ・緊急時対応不足 ・緊急通報・連絡訓練
<ul style="list-style-type: none"> ・当該タンクの状況が十分に公設消防に情報提供がされなかったこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・中間タンクの状況が、公設消防に十分情報提供されていないので、自衛防災隊の消防車の配置距離や放水箇所を安全に変更したり、放水する等のコミュニケーション不足 ・自衛防災隊への緊急対応不足、情報提供不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・公設消防への情報提供方法を基準化し、訓練しているか ・公設消防への異常反応の危険性を情報提供しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・公設消防に発災設備の状況の情報提供をしているか ・公設消防に知らせるべき事項は知っているか ・必要な事項は事前に公設消防や病院に知らせてあるか ・自衛消防隊への内容物や危険度、設備配置に関する情報提供訓練を行っているか 		<ul style="list-style-type: none"> ・情報提供 ・中間タンクの状況 ・公設消防 ・コミュニケーション不足 ・自衛防災隊 ・情報提供
<ul style="list-style-type: none"> ・飛散した金属による衝撃と電線の切断による火花の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ・制御不能状況となり、中間タンクに亀裂発生内容物放出、低位液面異常アラーム発報、過熱、蒸気爆発が起こり、さらに噴出内容物の火災発生着火源の存在 	<ul style="list-style-type: none"> ・退避指示は基準化し、訓練しているか 			<ul style="list-style-type: none"> ・制御不能状況 ・亀裂発生/内容物放出/過熱/蒸気爆発 ・噴出内容物 ・着火源

(9)水冷熱交換器の洗浄作業中に爆発

事例に基づくチェックポイント		注意すべき事項		キーワード		
原因(3M3Eより抽出)	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
<ul style="list-style-type: none"> ・クロロシランポリマー類の堆積量は熱交換器毎に差があり、洗浄作業の実施タイミングに一律的な期間管理法では不充分 ・クロロシラン類の発火・爆発危険性の調査不足 ・熱交換器の堆積量調査結果に基づく保全方式のリスク評価不足 ・発災の教訓を活かす安全意識の不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・クロロシランポリマー類の発火・爆発危険性の調査不足 ・クロロシランポリマー類の取り扱いでのリスクアセスメントの不足、作業員への教育不足 ・危険性の高い作業での安全意識の不足 ・事故後の詳細な原因調査の不足 ・発災の教訓を活かす安全意識の不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・閉塞物質(クロロシランポリマー類)の堆積量を正確に把握する手法を見出しているか ・堆積量の把握を元に効果的な開放洗浄作業のタイミングを決めているか ・潜在危険性物質(クロロシランポリマーなど)が機器内部に堆積しにくいように設計しているか ・クロロシランポリマー類の発火・爆発の危険性について原因の調査、対策の検討を徹底しているか ・熱交換器のポリマー等の堆積速度と堆積量に基づくリスク評価を行って保全方式を決定しているか ・過去の発災事例を有効活用して、未然防止の観点から抜本的対策を講じているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロセス内で発生が予想される物質の発火・爆発危険性の調査結果を知っているか ・プロセス内で発生が予想される物質(クロロシランポリマー類)のリスクアセスメントの結果を知っているか ・プロセス内で発生が予想される物質(クロロシランポリマー類)の取り扱い方法を教育され、知っているか ・過去の事故の詳細な原因調査結果を知らされているか ・潜在危険性物質(クロロシランポリマーなど)を取り扱う作業手順は確立されているか ・潜在危険性物質(クロロシランポリマーなど)を取り扱う機器洗浄作業は安全審査を実施し、承認されているか ・過去の発災事例を有効活用して、未然防止の観点から対策が十分か見直しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロセス内で発生が予想される物質量の把握(クロロシランポリマー類の堆積量把握法) ・作業実施のタイミング(開放洗浄作業の実施タイミング決定法) ・危険性調査 ・リスク評価に基づく保全方式 ・過去事例の有効活用 ・未然防止 ・抜本的対策 	<ul style="list-style-type: none"> ・取り扱い物質の発火・爆発危険性調査 ・リスク評価 ・発火・爆発危険性物質の教育 ・安全意識の向上 ・事故原因の調査 ・過去事例の有効活用 ・未然防止
<ul style="list-style-type: none"> ・事故調査の結果が設計や設備変更に反映されていない ・再発防止策のフォローアップ不足 ・再発防止策と改善策に対する関係部門との協議・検討不足 		<ul style="list-style-type: none"> ・事故後の原因調査の不足 ・作業の危険性について教育不足 ・再発防止策の検討不足 ・再発防止策のフォローアップ不足 ・再発防止策と改善策に対する関係部門との協議・検討不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・全ての事故は原因が調査され、設計や設備変更に反映しているか ・再発防止策の成果を評価し更なる改善の要否を検討しているか ・再発防止と未然防止に向けて関係部門と連携・協議する仕組みはあるか、協議・検討しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・過去の事故の詳細な原因調査結果を知らされているか ・作業の危険性が教育されているか ・再発防止策が検討されているか ・全ての事故は原因が調査され、作業手順の見直しに反映しているか ・再発防止策の有効性及び更なる改善に向けて注意を払って作業しているか ・再発防止策の不安要素に対して職制や関係部門に相談する仕組みがあるか 	<ul style="list-style-type: none"> ・再発防止策の評価 ・更なる改善 ・関係部門との連携・協議 	<ul style="list-style-type: none"> ・事故原因の調査 ・作業の危険性の教育 ・再発防止策 ・再発防止策の評価 ・不安要素

<ul style="list-style-type: none"> ・安易なその場凌ぎの対応で済ませ根本原因の究明・対策の不足 ・改善策に対する関係部門との協議・検討不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・原因調査の不足から抜本的な作業改善はできず ・誤った対応法に固執して危険な作業方法が継続 ・改善策の検討不充分と関係者への教育の不足 ・安易なその場凌ぎの対応で済ませ根本原因の究明・対策の不足 ・改善策に対する関係部門との協議・検討不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・取り敢えずの応急対応・暫定措置のままになっていないか ・火災・爆発発生のメカニズムを徹底究明しているか ・改善策について専門家・関係部門で連携・協議する仕組みはあるか、協議・検討しているか ・社外の類似事故も含めてプロセスの危険性の見直しをしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・多面的でより深い原因調査結果が知らされているか ・従来の作業方法に疑問を持って対応しているか ・改善策が検討されているか ・改善策が教育されているか ・化学物質に関わる事故は研究部門も含めて事故分析をしているか ・社外の類似事故も含めてプロセスの危険性の見直しをしているか ・取り敢えずの応急対応・暫定措置のまま作業を行っていないか ・火災事故が繰り返す作業方法に対する不安は解消されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・応急対応 ・暫定措置 ・発災メカニズム ・徹底究明 ・専門家との協議 	<ul style="list-style-type: none"> ・事故原因の調査 ・関係者を広く巻き込んでの対応策、改善策の検討 ・応急対応 ・暫定措置 ・不安解消
<ul style="list-style-type: none"> ・熱交換器整備時期の遅れに伴う変更管理不足、リスク評価不足 ・熱交換器整備時期の遅れに対する危険レベル規定の不備 ・整備時期が遅れたリスクを協力会社を含む作業員間での情報共有不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・定められた規定から外れる変更での対応不足 ・長期間使用の熱交換器での洗浄作業の危険性の認識不足、リスク評価の不足 ・条件が変わった洗浄作業の内容の関係者への周知不足 ・協力会社を含む作業員への教育不足 ・熱交換器使用期間の延長に伴う変更管理不足、リスク評価不足 ・熱交換器使用期間の延長に対する危険レベル規定の不備 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・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 ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・変更管理がされているか ・非定常作業の危険性が認識されているか ・非定常作業のリスク評価がされているか ・非定常作業の内容が関係者に周知されているか ・危険を伴う非定常作業は事前に安全審査を受け、全ての作業員に教育、周知しているか ・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 ・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 ・不安要素について工事作業員に情報提供しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・整備遅れ ・規定範囲外の変更管理 ・リスク評価 ・危険度レベル規定 ・情報提供 	<ul style="list-style-type: none"> ・変更管理 ・リスク評価 ・コミュニケーション ・作業員安全教育 ・使用期間延長 ・不安要素 ・事前養生 ・安全確保 ・情報提供

<ul style="list-style-type: none"> 当該熱交換器は設置8年後の最初の開放洗浄作業 熱交換器の切り替えの判断に出口温度と圧損管理を使う方法に信頼性が不足 発火・爆発危険物の堆積する熱交換器に対する設備管理不足、リスク評価不足 危険レベルの高い非定常作業に対する安全管理の不足 長期間使用された火災事故多発機器の初開放・洗浄作業に対する安全管理システムの不備 	<ul style="list-style-type: none"> 長期間運転の熱交換器の開放洗浄作業における手順書の不備 条件が違って危険性が高くなつた作業に対する安全意識の不足 限られた現場管理者、作業者による判断の狭量化、危険への認識の希薄化 火災多発の危険性の高い作業について作業員への教育不足 熱交換器の切り替えの判断法が未確立 危険レベルの高非定常作業に対する安全管理の不足 熱交換器堆積物付着量に対する管理方法の不備 	<ul style="list-style-type: none"> 長期間運転した機器の初めての停止作業で問題点を抽出、対策を取っているか 機器の運転停止、切り替えで信頼性の高い根拠を得ているか 潜在危険性物質(クロロシランポリマーなど)の堆積を考慮して機器洗浄頻度を決めているか 発火・爆発危険物の堆積する熱交換器の長期運転に伴う危険性をリスク評価して設備管理しているか 危険レベルの高い非定常作業に対して関係部門と協議し審査を受けているか 長期間使用された危険性の高い未開放機器のリスク評価、安全を担保するための仕組みはあるか 	<ul style="list-style-type: none"> 条件が変わった作業で手順書が作られているか 条件が変わった作業で安全意識が高まっているか 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 危険性の高い作業で作業員の教育がなされているか 機器の(予備機)切り替え判断法が確立されているか 危険レベルの高い非定常作業に対する不安要素は事前検討で十分に解消されているか 熱交換器の堆積物付着量の把握は総括伝熱係数が有効であることを知っているか 	<ul style="list-style-type: none"> 作業手順書 安全意識の向上 判断の狭量化、危険意識の希薄化 関係部門を挙げての多面的、階層的判断による抜けの防止 作業員安全教育 高危険レベル非定常作業 総括伝熱係数
	<ul style="list-style-type: none"> 限られた現場管理者、作業者による判断の狭量化、危険認識の希薄化 火災事故を繰り返す作業の危険性に対する認識不足、当事者意識不足 	<ul style="list-style-type: none"> 現場での作業の安全審査は充分な知識を持った人が行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> 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 火災事故を繰り返す作業手順の不完全さが引き起こす危険性を自覚し、マネジメントに改訂を提案しているか、その結果を共有しているか 火災事故を繰り返す作業手順の合理性、理論的根拠を教育されているか、理解しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 判断の狭量化、危険意識の希薄化 多面的、階層的判断による抜けの防止 作業手順の不完全さ 作業手順の合理性 作業手順の理論的根拠
<ul style="list-style-type: none"> 乾燥窒素ブローによりクロロシランポリマー加水分解物の爆発感度が上昇 作業手順書の不備 作業の目的と作業内容の教育不足 	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥窒素ブローの作業手順書の不備 目的と具体的な内容を作業員へ教育不足 作業の目的と作業内容の理解不足 	<ul style="list-style-type: none"> 運転条件の変化・相違により危険性が増大することはないか 作業手順書に状態の変化(乾燥など)による安全性の変化を記載しているか 作業手順書で目的や作業の基準値を明確にしているか、それらを教育しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥により危険性が高まる物質を扱っていないか 作業手順書で目的や作業の基準値を明確にしているか、教育されているか 	<ul style="list-style-type: none"> 条件変化での危険性評価 作業の目的 作業の定量化

<ul style="list-style-type: none"> 当該熱交換器におけるクロロシランポリマー類の加水分解でのマスバランスの把握不充分 添加水分量の大幅な不足により、クロロシランポリマー類の危険性の排除が出来ず 多管式熱交換器の構造から見て流入窒素の偏流により狙った効果が発揮出来ず 加水分解生成物の危険性と処理方法に関する調査・検討不足 加水分解処理に必要な水量の検討・確認不足 	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥窒素プロー終了、加湿窒素プロー開始の判断する手順書の不備 各窒素プローについて作業員への教育不足 加湿窒素プロー終了判断の手順書の不備と作業員への教育不足 加水分解処理生成物の特定条件下での発火・爆発の危険性について認識不足 加水分解生成物の危険性と処理方法に関する理解不足 加水分解に必要な水量に対する理解不足 	<ul style="list-style-type: none"> プロセス内で発生が予想される物質のマスバランスが把握されているか プロセス内で発生が予想される物質の危険性を排除する処理が確実に行われているか 機器の構造から見て事前処理に問題はないか、狙い通りの効果が出ているか 加湿処理完了基準を明確にしているか 加水分解処理条件の妥当性に対する理論的根拠を明確にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> 作業終了判断の手順書が作られ、作業員に教育されているか プロセス内で発生が予想される物質の発火・爆発性を認識しているか 潜在危険性物質(クロロシランポリマーなど)を扱う作業は万一爆発した場合に危険となるエリアを検討しているか 加湿処理完了条件は明確にされているか 加水分解処理方法の理論的根拠は明確にされているか 	<ul style="list-style-type: none"> 物質収支 起因物質の危険性排除 事前処理の効果確認 処理条件の理論的根拠 	<ul style="list-style-type: none"> 作業手順書 作業員安全教育 発火・爆発性の認識 処理方法の理論的根拠
<ul style="list-style-type: none"> 長期間未開放の熱交換器の開放洗浄作業について機器設計の面から検討不充分 総括伝熱係数の変化の把握による開放タイミングの推定手法の未検討 加水分解生成物の低温における爆発特性に対する調査・検討不足 内容物の危険性の排除、安全を担保するための基準不正確 	<ul style="list-style-type: none"> 窒素プロー作業の手順書(作業時間管理等)の不備 長期間運転の特殊条件の熱交換器でも従来の作業法を踏襲実施 判断の狭量化と危険認識の希薄化 クロロシランポリマー類の加水分解生成物は乾燥状態で爆発威力を増すことの調査不足 湿潤粉体の安全性、乾燥粉体の危険性について教育不足 内容物の危険性を排除し安全を担保するための基準不正確 	<ul style="list-style-type: none"> 非定常作業の計画に機器の設計面からの検討がなされているか 作業のタイミング決定に設計指標、指數を使った検討が行われているか 潜在危険性物質(クロロシランポリマーなど)を扱う機器は洗浄を安全かつ容易に行うことができるよう設計しているか 爆発危険性の環境依存性(温度など)について調査・検討しているか 内容物の危険性を排除し、安全に作業するための基準を明確にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> 作業時間管理で手順書が作られているか 同じ作業の継続実施によるマンネリ化はないか。 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 環境変化(湿度変化など)による物質の危険性増大を調査しているか 一般に粉体は乾燥状態が危険であることを教育されているか 内容物の危険性を排除し、安全を担保するための処理方法を考えているか 	<ul style="list-style-type: none"> 機器設計指標 低温の爆発特性 危険性の排除 安全担保 	<ul style="list-style-type: none"> 作業手順書 マンネリ化 判断の狭量化、危険意識の希薄化 環境変化による危険性増大 粉体の安全な取り扱い 危険性の排除 安全担保
<ul style="list-style-type: none"> チャンネルカバーの開放時のフランジ同士の衝突により着火、爆発 チャンネルカバー開放時のフランジの衝突が着火源になることの知識不足 		<ul style="list-style-type: none"> 潜在危険性物質を扱う機器は衝撃を与える間に開放できるように設計しているか 機器開放時のフランジの衝突が着火源になる可能性について調査・検討しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 金属同士の僅かな衝突でも着火源となることを知っているか 	<ul style="list-style-type: none"> チャンネルカバーフランジ衝突 	

<ul style="list-style-type: none"> ・防護設備の設置の未実施 ・危険な作業の遠隔操作化の未検討 ・火災・爆発の危険性のある作業に対して作業員配置に対する注意不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・危険性の高い作業での作業管理基準、手順書の不備 ・作業管理手順の作業員への教育不足 ・危険性の高い作業での安全意識の不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・危険な作業に防護設備が検討、設置されているか ・危険な作業に遠隔操作化が検討されているか ・潜在危険性物質(クロロシランポリマーなど)を扱う作業では人や設備の保護(防護壁など)を考慮しているか ・機器開放時に火災・爆発の危険性のある作業に対する作業員等の配置の安全性に配慮しているか ・機器開放時に火災・爆発の危険性のある作業に対して作業員以外は立入禁止にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業管理基準と手順書により作業管理が行われているか ・危険な作業では立入禁止エリアを指定し、充分な離隔距離を取っているか ・危険な作業は必要最少限の人員で作業すべきであることに注意しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・防護設備 ・遠隔操作化 ・安全配置 ・立入禁止 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業管理基準 ・作業手順書 ・作業員安全教育 ・安全意識の向上
<ul style="list-style-type: none"> ・サンプル採取時の機械的刺激で小爆発 ・防護策の不実施 ・加水分解生成物の爆発特性に対する知識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業の危険性について教育不足 ・安全意識の不足 ・加水分解生成物の爆発特性に対する知識不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・危険な作業に防護策が取られているか ・僅かな機械的刺激による爆発危険性の高い加水分解生成物の取扱いに対する注意事項を明確にしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・危険性の高い作業に対する教育が行われ、安全意識が高まっているか ・潜在危険性物質(クロロシランポリマーなど)を扱う作業は事前に訓練を受けているか ・僅かな機械的刺激による爆発危険性の高い加水分解生成物の取扱いに対する注意事項を知っているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・防護策 ・機械的刺激による爆発 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員安全教育 ・安全意識の向上 ・機械的刺激による爆発

(10)運転データを分析した事例

事例に基づくチェックポイント

原因(3M3Eより抽出)

設備/設計（狭い）	設備/設計（広い）	作業/人	注意すべき事項	キーワード	
設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人	設備/設計	作業/人
<ul style="list-style-type: none"> 装置構成材料は取扱い物質の影響で膨潤や縮小などが生ぜず適切か 長期実機運転での材料評価や確認をして採用決定しているか 採用材料の機能、寸法など運転中に変化や寿命が生じる可能性があるものを調査して確認しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 長期運転阻害要因の改善検討を運転、設備、技術（及び研究）機能部門の多面的な視点で取り進める仕組みが柔軟に構築され実行をしているか 定期的に繰り返される非定常作業の低減・解消を開発・設計の課題として反映させるべく情報収集しているか 重要機材の性能確認結果を設計や技術基準にフィードバックしているか 	<ul style="list-style-type: none"> 連続運転での熱交換器などの性能変化を評価する累積変化把握指標は適切か 運転性能が変化する装置の経過管理に累積通液量、汚れ、詰まり変化などの管理指標を統一して周知しているか 定期的に繰り返される非定常作業の低減・解消を開始・設計の課題として反映させるべく情報収集しているか 運転阻害要因解消の優先順位は整理し、把握しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 長期連続運転阻害要因解消は、各専門機能部門が連携して多面的な視点で検討しているか 長期運転実績による性能確認を要する技術事項は、チェック、確認項目を書面により現場に申し送り伝達しているか 運転実証による改善・改悪確認結果を設計や技術基準にフィードバックしているか 運転性能が変化する装置の性能変化情報をDCSなどで容易に把握し、逸脱や異常を発信し管理できるように整備されているか 	<ul style="list-style-type: none"> 長期運転阻害要因解消に向けた整理された優先順位を把握しているか 長期連続運転阻害要因解消を運転の必要課題として共有してチェックや監視項目として把握しているか 短期間に留まった運転の原因調査と対策を把握し、監視に反映しているか 連続運転中に性能が変化する装置に定めた運転性能管理指標は運転監視から見て適切か 洗浄などの非定常の機能復帰作業手順は、終点を定めて協力会社を含め周知、把握しているか 資機材が最新の設備基準となっていることを確認しているか 運転性能が変化する装置の性能変化情報をDCSなどで容易に把握し、逸脱や異常を検知し、定常復帰操作と管理ができているか 	<ul style="list-style-type: none"> 性能変化の把握指標 性能変化の把握と逸脱の管理 異常把握システム 運転負荷

		<ul style="list-style-type: none"> ・設備の性能劣化の問題は(設備メーカーなど)専門家を交えて解決策を考えているか ・設備の性能劣化対策を実施する際は、変更管理をしているか ・設備の性能劣化の状態を把握する方法は確立しているか ・設備の性能劣化の程度に応じた対策は決められているか ・納品された設備のばらつきの範囲は管理しているか ・油分中の同伴塩分量が増加する要因となったコアレッサ不調の原因を究明しているか ・コアレッサ異常を検知あるいは把握するセンサーとシステムを設置しているか ・運転負荷を考慮した汚れ速度の解析を行っているか ・原液の濃度管理はしているか ・要因になりそうなデータを現場から提供を受けているか ・閉塞物の分析をしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・どの設備が性能劣化の可能性があるかを教育され、知っているか ・設備の性能劣化を客観的に把握する方法を教育され、知っているか ・設備の性能劣化に対する処置や手順は教育され、知っているか ・想定外の性能劣化に遭遇した場合、何をすべきか教育され、知っているか ・設備の性能劣化がプロセスや安全に与える影響は教育され、知っているか ・油分中の同伴塩分が増加する要因となったコアレッサ不調の原因究明に関する情報を提供しているか ・コアレッサの異常を把握するセンサーとシステムが十分であるか ・熱交換器汚れ管理として運転時間管理が適切かどうか評価しているか 		
<ul style="list-style-type: none"> ・設備改良の際に前後の有効性比較用データを採取しているか ・設備改良で意図した改善効果が達成したかを把握しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備改良前後の有効性把握方法について標準化して周知や最新情報導入のため定期見直しをしているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備改良前後の有効性把握のための運転データ採取と整理方法を周知しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備改良の有効性の整理と把握及び標準化する仕組みが機能しているか ・定期的な設備改良の有効性確認の仕組みと確認内容の見直しを実施しているか ・設備改良の有効性は安全性も含めて評価しているか ・設備改良が安全で有効との結論が得られたら、同等設備に反映しているか ・問題解決(設備改良)に向けて幅広い情報収集を行っているか ・設備改良(長尺化)による連続運転期間の延長は理論的に妥当であることを検証しているか ・コアレッサの断面積を考慮して設計しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備改良前後の有効性把握のための運転データ採取と整理方法の準備を指摘しているか 	<ul style="list-style-type: none"> ・変更の有効性確認方法 ・妥当性検証 <p>・変更の有効性データ採取準備</p>

<ul style="list-style-type: none"> 標準カートリッジの構成材料や加工は、機能の維持に適切か 	<ul style="list-style-type: none"> 標準カートリッジを長期使用の際に不具合を調査し確認と改良する視点があるか 	<ul style="list-style-type: none"> 運転視点で標準カートリッジの機能低下現象や変化を連絡、報告できるか 	<ul style="list-style-type: none"> 長期使用の際に交換用標準材料部品の材料や加工、施工内容を調査し、確認と不具合指摘や改善の視点があるか <ul style="list-style-type: none"> 一層の長期運転化に備え消耗品の最新材料技術や加工部品の情報を収集しているか 設備の性能劣化を考慮して切り替えや再生のインターバルを決めているか 設備の性能劣化に対応するためのバックアップや予備品を検討したか 設備機能(水滴粗大化)の阻害要因を把握しているか 設備機能改善の検討をメーカーに依頼しているか 設備機能改善による連続運転期間延長の妥当性を検証しているか 設備機能の長期評価は現場でデータを取って評価しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 運転視点で標準消耗品の機能低下現象や変化の連絡や報告をしているか 消耗品の交換期間は教育され、知っているか 消耗品は交換の際に劣化の程度を評価し、設計者に報告しているか 設備機能の長期評価は現場でデータを取って評価しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 標準品の適合性 標準品の改善・改良(カスタマイズ化) 設備機能改善
---	--	---	---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> 予熱器機能低下要因を運転データの多面的関係性の定量化検討とリアルタイム管理情報化で最適監視を図る 	<ul style="list-style-type: none"> 異常兆候発見や運転最適化のための大量運転データの関係性絞り込みと運転ガイドのモデル化 	<ul style="list-style-type: none"> 実運転間隔から見た大量運転データの関係性評価と実施後の不適合、不具合の意見具申 	<ul style="list-style-type: none"> 設備の運転最適化のための重要な運転データの関係性から異常兆候を把握する技術(譬如ソフトセンサ)の有効性評価や開発、導入の適切性を検討しているか 設備の性能劣化を検知する方法として、プロセスの多変量データを活用しているか 熱交換器の汚れや異常を把握するための相関データを把握しているか 熱交換器の汚れや異常を把握するための解析手法(譬如、総括伝熱係数)を検討、確立しているか 熱交換器の汚れや異常に関わる微かな変調を見落していないか 新規運転監視技術が一部の人のみ理解に留まりブラックボックス化しないように緊急時の措置を含めたツール構成構造の表示、周知および教育などに工夫を織り込んでいるか 	<ul style="list-style-type: none"> 運転の多面的な関係性データから異常兆候を早期に把握する方法(譬如ソフトセンサ)の有効性評価結果を共有しているか 新規運転監視技術が運転の一部の人の理解に留まらないよう(採用パラメータや緊急時の措置など)ツール構成構造の教育、周知および表示工房に参画しているか 実運転感性から見たソフトセンサなど新規監視技術を導入した後の有効性や不具合を指摘できるか 設備の性能劣化により現れる現象を関係者に知らせているか 熱交換器性能に影響及ぼす運転変動を最小限に抑えているか、抑える工夫をしているか 新規技術をフォローアップするための期間を設けて実施しているか 新規技術のモデル化とモデル化の再分析をするための組織を設けて実施しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 運転視点のデータの関係性(ソフトセンサ) 運転変動最小化
--	--	---	---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> 過飽和水分中の無機塩分の混入が解消しても飽和分は混入すること 蒸発分離では蒸発部位で無機塩が固化すること 反応部の条件が無機塩混入を防止できること 	<ul style="list-style-type: none"> 液相酸化反応に均一化技術を採用して不均一(弱アルカリ塩)条件で必要とする油水液液分離工程を不要にする本質安全化策を意図した非定常の塩分詰まり除去洗浄作業の解消を検討する <ul style="list-style-type: none"> 液相酸化反応均一化の際の危険要因の厳格管理、定常運転と暴走開始温度との精度ある安全マージンなどと多層安全防護策に安全担保を求めた反応条件、安全防護策の再設計と施工を検討する 長期連続運転要請の環境変化に対応し、中朝時時間軸でプロセスを鳥瞰して長期運転阻害要因の改善、解消を検討(プロセスの技術評価レビューと最新情報の収集)する 		<ul style="list-style-type: none"> 油水液液分離工程を不要とする前工程の本質安全管理化を図り、塩分詰まり除去洗浄作業の解消を検討する <ul style="list-style-type: none"> 中長期時間軸で長期連続運転要請の環境変化に対応し、プロセスを鳥瞰して長期運転阻害要因の改善、解消を検討する 設備の性能劣化により、目的とする以外の反応が無いか確認しているか 油分中の無機塩入りの飽和水を除去する技術やプロセスを検討しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 環境負荷低減をも考慮した長期連続運転阻害要因解消の必要性、技術探索と経済合理性の整理、検討に参加する 長期連続安全安定運転達成に向けた運転と作業のあるべき姿と現状のギャップの把握に参加する <ul style="list-style-type: none"> 設備の性能劣化により発生する副反応について教育され、知っているか 非定常洗浄作業は手順化され、安全審査に合格したものとなっているか 	<ul style="list-style-type: none"> 長期連続運転技術 本質安全化(工程簡素化) 非定常洗浄作業削減 連続運転の経済性
---	--	--	--	---	---