



NEWS RELEASE

2012年6月13日
東ソー株式会社

南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故調査対策委員会 報告書について

2011年11月13日に発生しました弊社南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故に関しまして、近隣住民の皆様、行政官庁などの関係先、関連する会社やお客様などに多大なご迷惑をお掛けし、深くお詫び申し上げます。

当該事故の発生を厳粛に受け止め、事故原因の究明および再発防止対策の策定を目的として、2011年11月25日に外部有識者を交えた「事故調査対策委員会」を設置致しました。

同委員会は約6ヶ月にわたり、準備委員会を含めて計9回の委員会を開催し、事故現場の検証、弊社南陽事業所から提供したデータや分析結果の検証と解析を進めてきました。

爆発や保安に関わる学術・専門家の視点から議論を重ねた結果、事故原因を特定し、事故回避のための対策を立案するに至り、この度報告書として取りまとめましたので、お知らせ致します。

「南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故調査対策委員会 報告書」につきましては、添付資料をご参照願います。

本リリースに関するお問い合わせ先

広報室（TEL：03-5427-5103）

以上

南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設
爆発火災事故調査対策委員会 報告書

平成24年6月

東ソー株式会社 南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設
爆発火災事故調査対策委員会

目次

	ページ
1. 序	1
1-1. はじめに	1
1-2. 委員会の構成	2
1-3. 委員会の経緯	3
2. 設備の概要	4
2-1. 南陽事業所の概要	4
2-2. 第二塩化ビニルモノマー製造施設の概要	5
2-2-1. プロセス概要	6
2-2-2. 運転体制	9
2-2-3. 取扱物質	10
3. 事故の概要	11
3-1. 事故概要	11
3-2. 被害状況	11
3-3. 漏洩爆発火災の状況および事故後の対応	12
3-4. 現在の状況	13
4. 事故原因	14
4-1. 事故の調査方法	14
4-2. 事故の原因推定	14
4-2-1. 事故発生経過	14
4-2-2. 爆発原因を示唆する事実	18
4-2-3. 爆発原因の推定	22
4-2-4. 事故原因の推定	22
5. 再発防止対策	25
5-1. Phase 1 [発端事象] の再発防止対策	25
5-2. Phase 2 [進展事象] の再発防止対策	26
5-3. Phase 3 [確定事象] の再発防止対策	27
5-4. Phase 4 [終末事象] の再発防止対策	28
5-5. その他	31

	ページ
6. 今回の事故の背景と安全文化の醸成に向けた諸施策	32
6-1. 背景となった課題の抽出	32
6-2. 抽出された重要な課題	33
6-3. 背景となった課題への施策の提言	35
7. まとめ	37
8. 別紙	
別紙-1 発災場所と機器の飛散状況（南側立面図、平面図）	
別紙-2 EDC・VCM精製工程損壊状況	

1. 序

1-1. はじめに

平成23年11月13日（日）15時15分頃、山口県周南市にある東ソー株式会社南陽事業所第二塩化ビニルモノマー製造施設において、漏洩爆発火災事故が発生した。本事故は、ほぼ丸1日にわたり炎上するとともに、死者1名を出す惨事となった。

東ソーは、社規 環境保安管理規程第5条に基づき、南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故調査対策委員会（以降、「委員会」）を設置した。委員会の役割は、事故原因の究明および類似災害防止策の策定である。委員会は、爆発や保安に関わる社外の学術・専門家5名、および東ソー社内の主に製造に関わる責任者5名から構成された。

約6ヶ月にわたり、準備委員会を含めて計9回の委員会を開催して、事故現場の検証、東ソー南陽事業所から提供されたデータや分析結果の検証と解析を進めた。本委員会は、爆発や保安に関わる学術・専門家の視点から議論を重ねた結果、事故原因を特定し、事故回避のための対策を立案するに至ったことから、本報告書をもって報告する。

本事故は以下のいくつかの事象を経て発生している。オキシ反応工程A系の緊急放出弁の故障に端を発してオキシ反応工程A系が停止、その大幅なロードダウンの影響によってVCM精製工程の塩化水素（HC1）を蒸留精製する塩酸塔の運転状態が変動し、さらにこの変動への対応不備により塩酸塔の塔頂のHC1中に塩化ビニルモノマー（VCM）が混入した。これが原因となってプラント全工程を緊急停止させた。その後、塩酸塔還流槽内、および液塩酸一時受タンク内に溜まったHC1とVCMの混合液は触媒となる鉄錆等の存在下で長時間保持されたため、発熱反応である1, 1-二塩化エタン（1, 1-EDC）の生成反応が徐々に進行していた。しかし運転関係者はこれに気付かず、また、反応による槽内温度の上昇によりある時点から急激に反応が進行し、内部圧力が異常上昇した。その結果、液塩酸一時受タンクからの可燃物等漏洩、塩酸塔還流槽の破裂と爆発、火災につながった。

なお、今回の事故の特徴として、事故の発端事象であるオキシ反応工程A系の緊急放出弁の故障から、最終事象である漏洩、爆発、火災に至る約12時間の間に、複数の直接要因、間接要因が複雑に絡みあっていることが挙げられる。

このことから、委員会では、事故をもたらした直接的な要因に対して、設備の改善などのハード面、およびマニュアルの充実などのソフト面での対策を立案するだけでなく、直接的に事故を誘引した訳ではないが、誤判断などを引き起こした間接的な要因、例えば教育や訓練の方法・手段、についても対策を提言することとした。間接的要因への対策の中には、実行するにあたって時間のかかるもの、継続的に進めるべきものも含まれる。とりわけ、塩ビ製造部を始めとした東ソー南陽事業所、さらに東ソー全体の安全文化や保安を最優先する組織風土の更なる醸成を喚起すべく、この面についても提言する。

1-2. 委員会の構成

委員長	鯉江 泰行	東ソー（株） RC委員会委員長 常務取締役
副委員長	鈴木 和彦	岡山大学 大学院自然科学研究科 産業創成工学専攻 教授
委員	新井 充	東京大学 環境安全研究センター 教授
	荒井 保和	高压ガス保安協会 特別顧問 *
		（* 就任時、平成24年4月30日 退任）
	堀口 貞茲	（独）産業技術総合研究所 安全科学研究部門 博士
	三宅 淳巳	横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授
	中馬 直宏	東ソー（株） 四日市事業所長 取締役
	野村 正樹	東ソー（株） 環境保安・品質保証部長
	前田 由博	東ソー（株） 南陽事業所長 常務取締役
	村重 伸顕	東ソー（株） 生産技術部長 理事

[オブザーバー]

経済産業省 原子力安全・保安院

山口県総務部 防災危機管理課

周南市消防本部

千種 敏一 東ソー（株） 四日市事業所 環境保安・品質保証部長

発災した南陽事業所は、事故発生後の平成23年11月14日に南陽事業所の規程に基づき事故対策委員会（委員長：前田事業所長、事務局：環境保安・品質保証部）を設置し、塩ビ製造部、設備管理部、技術センター及び東ソー分析センター他が事故状況の把握、原因究明および対策案を検討した。また、必要に応じ社外の調査機関に依頼して事故原因の解析を行った。本爆発火災事故調査対策委員会は、この南陽事業所事故対策委員会が提供するデータ、検討結果も参考にし、審議を進めた。

1-3. 委員会の経緯

- (1) 委員会設置 平成23年11月25日(金)
- (2) 準備委員会(計3回) 平成23年12月 2日(金) 東ソー(株)南陽事業所
3日(土) 〃
6日(火) 〃
- ・委員が一同に会する調整がつかなかったため、3回にわけて準備委員会として実施。
 - ・事故概要、原因推定の説明、現場確認を実施。
- (3) 第1回委員会 平成23年12月17日(土) 東ソー(株)南陽事業所
- ・委員長 鯉江常務(RC委員会委員長)、副委員長 岡山大学 鈴木教授(社外)を選任。
 - ・事故解析状況の説明、議論を実施。事故原因・事故進展シナリオの洗い出し、時系列の操作・対応内容の確認他を継続。
- (4) 第2回委員会 平成24年 1月28日(土) 東ソー(株)南陽事業所
- ・事故発災中心部の現場確認、事故原因・事故進展シナリオの確認を実施。
- (5) 第3回委員会 平成24年 2月12日(日) 東ソー(株)南陽事業所
- ・前回委員会からの継続審議。事業所より再発防止対策(案)の説明。
- (6) 第4回委員会 平成24年 3月 6日(火) 東ソー(株)本社
- ・機器破損調査結果、爆発事象、再発防止対策について前回委員会からの継続審議。
- (7) 第5回委員会 平成24年 3月17日(土) 東ソー(株)本社
- ・爆発事象、再発防止対策について審議。
- (8) 第6回委員会 平成24年 3月31日(土) 東ソー(株)南陽事業所
- ・再発防止対策、委員会報告書(案)について審議。
- (9) 第7回委員会 平成24年 4月18日(水) 東ソー(株)南陽事業所
- ・長期的・継続的に取り組むべき課題、委員会報告書(案)について審議。
- (10) 第8回委員会 平成24年 5月19日(土) 東ソー(株)本社
- ・長期的・継続的に取り組むべき課題、委員会報告書(案)について審議。

2. 設備の概要

2-1. 南陽事業所の概要

事業所所在地： 東ソー株式会社 南陽事業所
山口県周南市開成町4560番地

事業内容： 南陽事業所では、苛性ソーダ、塩素、VCMといったクロル・アルカリ製品に加え、セメント、ポリエチレン、合成ゴム、スペシヤリティ製品等を生産している。

VCMの製造施設としては、(第一)塩化ビニルモノマー製造施設、第二塩化ビニルモノマー製造施設、第三塩化ビニルモノマー製造施設の3つの製造施設を有している。

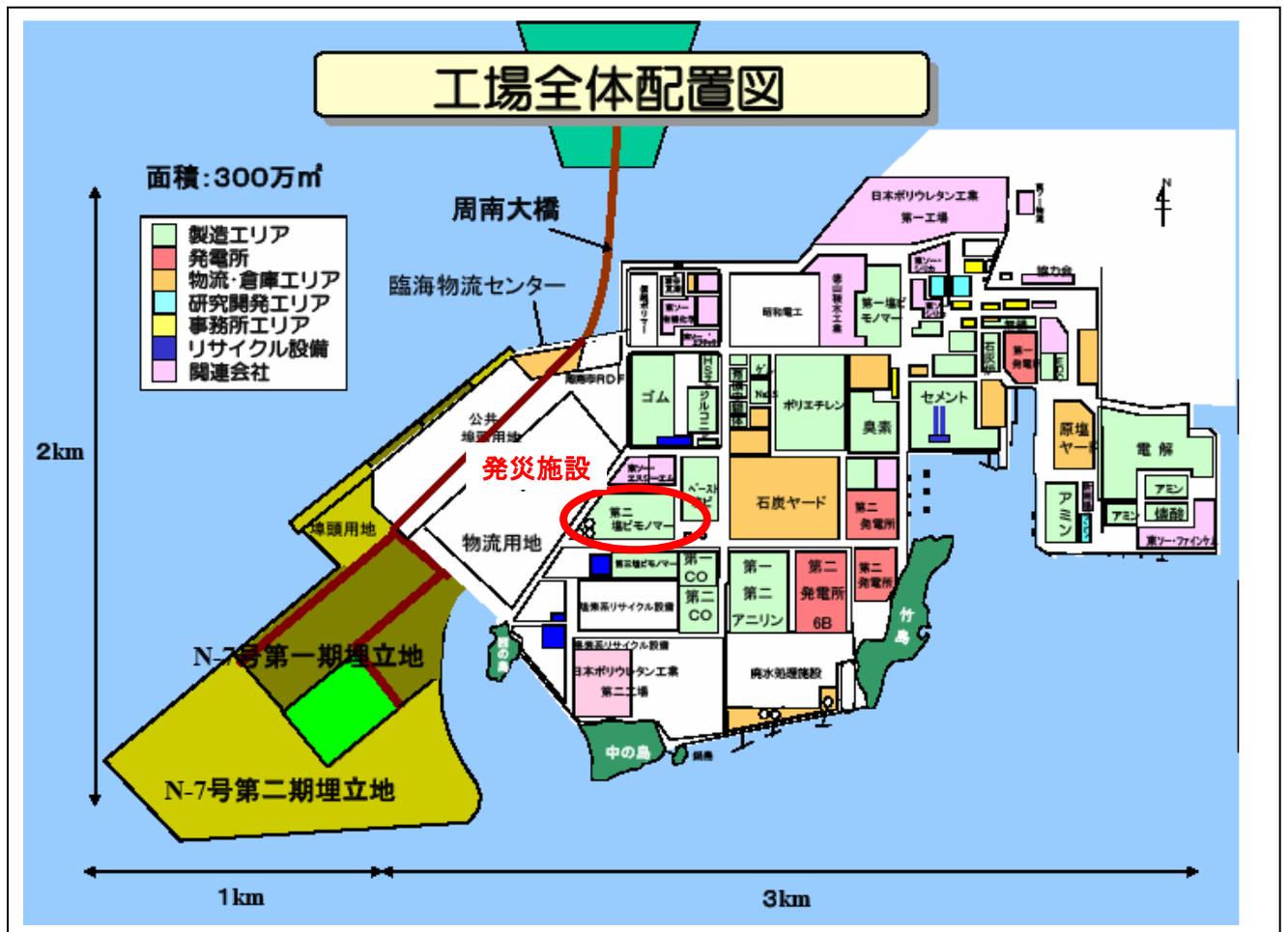


図-1 工場全体配置図

2-2. 第二塩化ビニルモノマー製造施設の概要

施設履歴：	平成 8年 6月	製造施設新設（VCM生産能力30万トン/年）
	平成11年 6月	製造施設能力増強（同 30→55万トン/年）
	平成14年11月	高圧ガス認定（認定保安検査実施者）追加取得
	平成16年 9月	高圧ガス継続認定取得
	平成21年 9月	高圧ガス継続認定取得
	平成24年 4月	高圧ガス認定取消

図-2に第二塩化ビニルモノマー製造施設の各工程の配置を示す。

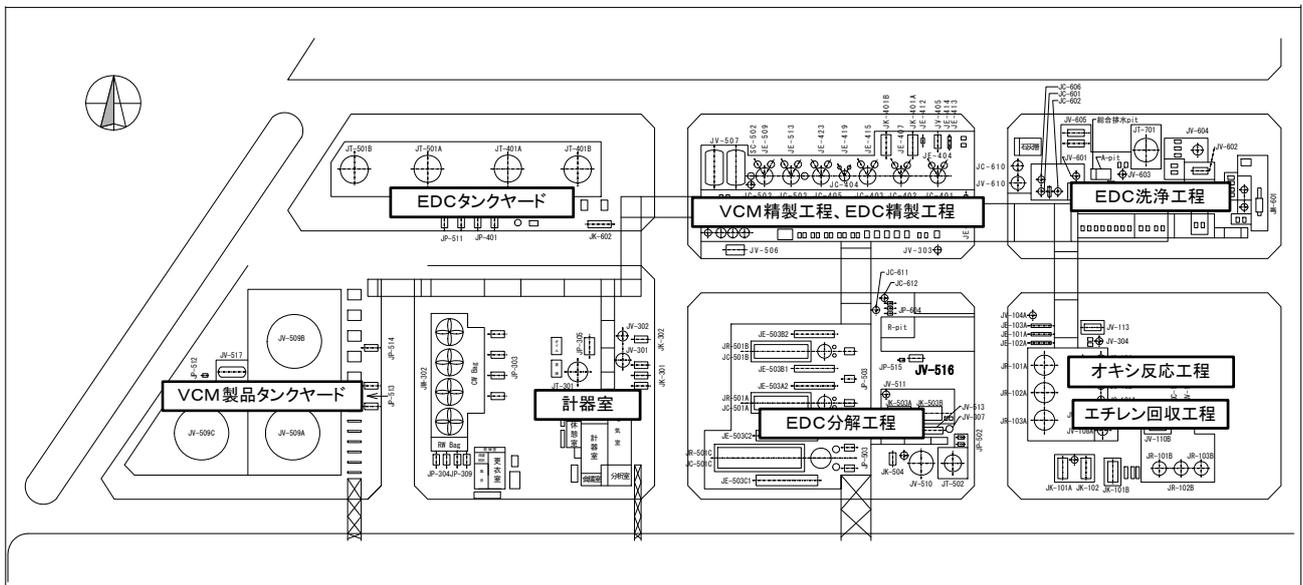


図-2 第二塩化ビニルモノマー製造施設 配置図

2-2-1. プロセス概要

当該製造施設は、オキシ反応工程、EDC洗浄工程、EDC精製工程、EDC分解工程、VCM精製工程（塩酸塔、塩ビ塔）他から構成され、年間55万トンのVCMを製造する能力を有する。オキシ反応工程は2系列あり、最終製品のVCMでの換算値でA系は40万トン/年、B系は25万トン/年の生産能力を有している。また、EDC分解工程は3系列に分かれており、それぞれの系列のVCM換算での生産能力は、A系が15万トン/年、B系が15万トン/年、C系が25万トン/年である。当製造施設のブロックフローを図-3に、VCM精製工程 塩酸塔まわりのフローシートを図-4に示す。

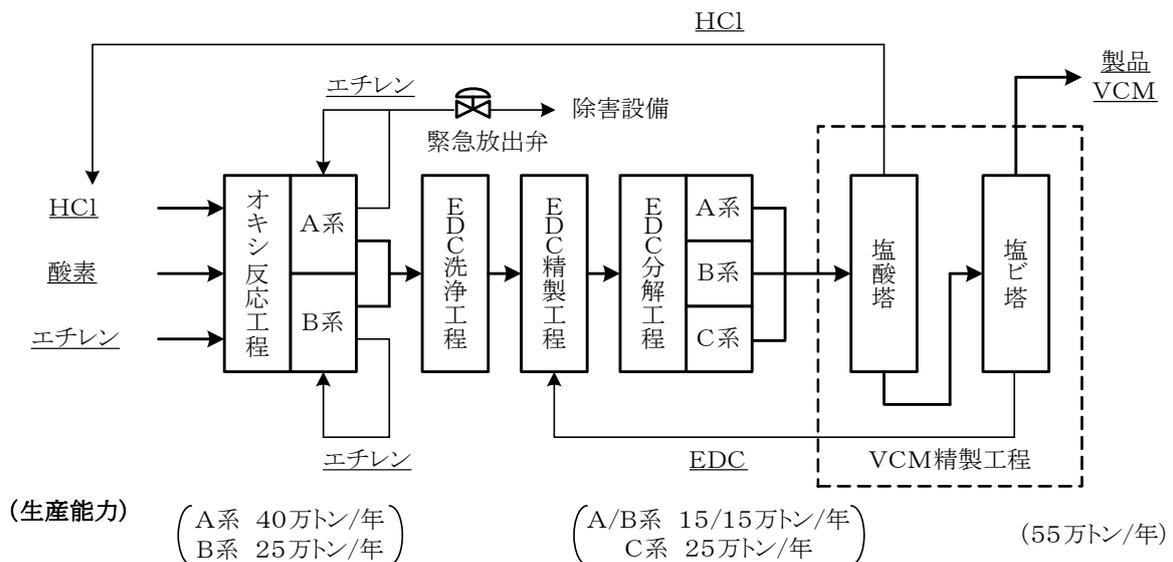
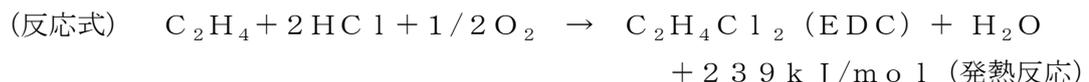


図-3 第二塩化ビニルモノマー製造施設 ブロックフロー

【①オキシ反応工程（A/B系）】（オキシA/B系）

オキシ反応工程では、エチレン（ C_2H_4 ）、HCl、酸素（ O_2 ）を原料とした気相のオキシクロロネーション反応により、1, 2-二塩化エタン（EDC）および水（ H_2O ）が生成される。



反応温度制御を容易にし、かつ酸素濃度を爆発限界以下に保持するために、エチレンはHClや酸素に比して大過剰に使用され、未反応のエチレンは系内を循環されている。

エチレンリサイクルラインには、停電時に系内の圧力を落とすことを目的として、緊急放出弁が設置されている。

[②EDC洗浄工程]

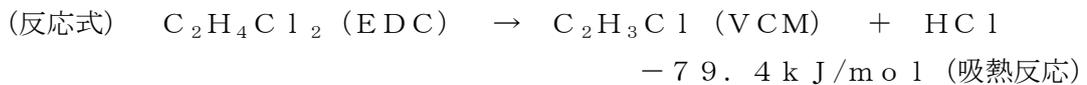
オキシ反応工程で生成されたEDCは、南陽事業所内の別の製造設備においてエチレンと塩素（ Cl_2 ）より合成された直接塩素化EDCと混和、中和洗浄され、粗EDCとしてEDC精製工程に導入される。

[③EDC精製工程]

粗EDCは、EDC精製工程において、水およびオキシ反応工程にて副生した微量のライト分やヘビー分が蒸留分離されて精製EDCとなり、EDC分解工程へ供給される。

[④EDC分解工程（A/B/C系）]（分解炉A/B/C系）

精製EDCは、EDC分解工程でVCMとHClに熱分解される。



生成したVCM、HCl及び未反応のEDCから構成される混合物は冷却され、塩酸塔へ供給される。

[⑤VCM精製工程]

a) 塩酸塔（JC-502）

塩酸塔では蒸留操作により、EDC分解工程より供給されたVCM、HCl、EDCの混合物の中からHClが蒸留分離される。塩酸塔は50段の棚段塔（塔底側から1段、塔頂が50段）で、塔頂圧力1.2MPaG、塔頂温度 -24°C 、18段温度 80°C 、塔底温度 $100\sim 110^\circ\text{C}$ で運転管理される。

塔下部にある塩酸塔加熱器において、蒸気により加熱され、塔頂からはHClガスが留出し、塩酸塔冷却器で冷却され、一部が凝縮（分縮）される。凝縮されたHCl液は塩酸塔還流槽に溜められ、塩酸塔還流ポンプで塔頂に還流として循環される。HClガスは、オキシ反応工程へ送られて原料として使用される。塔底のEDC、VCM混合液は塩ビ塔へ送液される。

b) 塩ビ塔（JC-503）

塩ビ塔では、塩酸塔塔底より供給されたVCMおよびEDCを含む液を蒸留分離し、塩ビ塔塔頂よりVCM、塔底よりEDCが留出される。塩ビ塔塔頂より蒸留分離されたVCMは、製品として出荷設備へ送液される。塩ビ塔の塔底から抜き出されたEDCは、EDC精製工程へリサイクルされる。

c) 液塩酸一時受タンク（JV-516）

液塩酸一時受タンクは、塩酸塔還流槽の還流液を一時的に保管するタンクで、通常は長期停止時の一時受け入れ先として使用される。その他、緊急停止時の一時受け入れ先としても使用される。

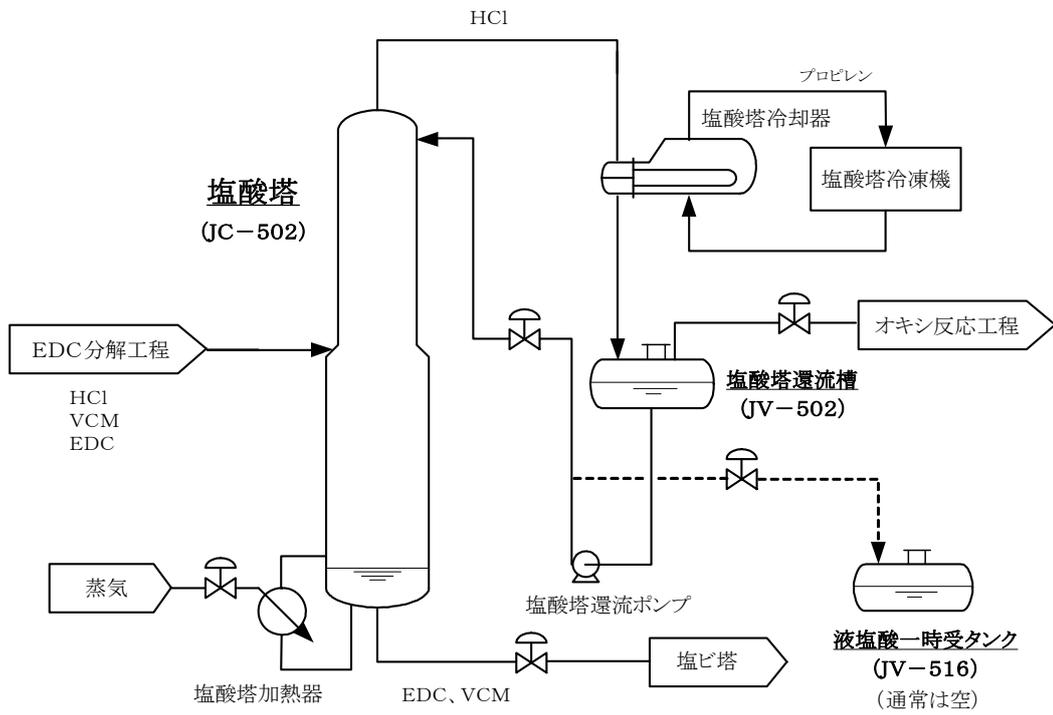


図-4 VCM精製工程 塩酸塔まわりのフローシート

2-2-2. 運転体制

組織及び運転体制

第二塩化ビニルモノマー製造施設は塩ビ製造部塩ビモノマー課第二係に属し、係長以下28名の人員で構成されていた。24時間連続運転を行うため、1班5名の三交替制をとっている。高圧ガス保安法で定める高圧ガス製造保安技術管理者（以下、保安技術管理者）、高圧ガス製造保安主任者（以下、保安主任者）、高圧ガス製造保安係員（以下、保安係員）を図-5のように選任している。

(平成23年11月13日時点)

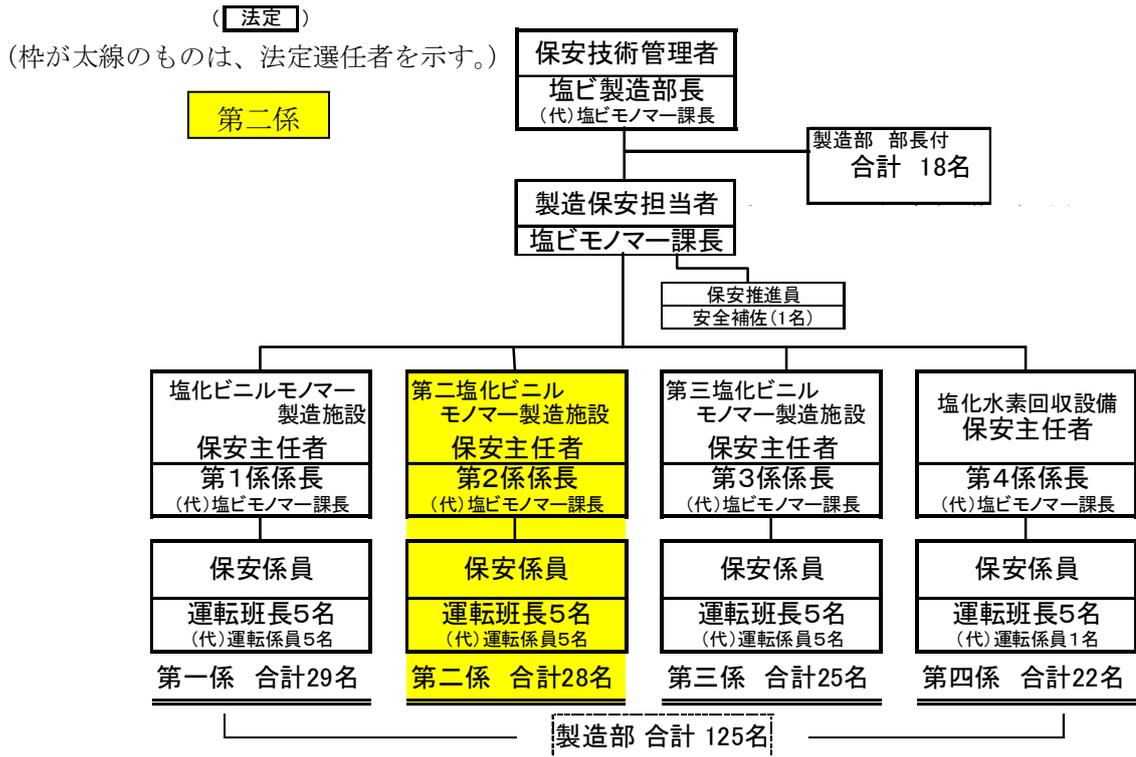


図-5 塩ビ製造部の組織図

[保安技術管理者等の職務]

- | | |
|--------------------|--|
| 1) 保安技術管理者
(部長) | ①保安統括者（南陽事業所長）を補佐して、高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的な事項を管理 |
| 2) 保安主任者
(係長) | ①保安技術管理者の補佐
②保安係員の指揮 |
| 3) 保安係員
(運転班長) | ①製造施設及び設備が法令基準に適合するように監督
②製造方法が法令基準に適合するように監督
③定期自主検査実施の監督
④製造施設及び製造方法についての巡視及び点検
⑤高圧ガスの製造に係る保安についての作業標準、設備管理基準及び協力会社管理基準並びに災害の発生又はそのおそれがある場合の措置基準作成の助言
⑥災害の発生又はそのおそれがある場合における応急措置の実施 |

2-2-3. 取扱物質

当該製造施設での主要な取扱物質について、表-1に示す。

表-1 第二塩化ビニルモノマー製造施設 取扱物質

		塩化ビニルモノマー (VCM)	エチレン	酸素	塩化水素	二塩化エタン (EDC) (1,2-EDC)	プロピレン	1,1-EDC
化学式	-	C ₂ H ₃ Cl	C ₂ H ₄	O ₂	HCl	Cl-CH ₂ CH ₂ -Cl	C ₃ H ₆	CH ₃ CHCl ₂
分子量	g/mol	62.5	28.05	32	36.47	98.97	42.1	98.97
密度/比重	-	比重:0.971 (-20°C)	蒸気密度比: 0.98 (空気=1)	蒸気密度比: 1.105 (空気=1)	蒸気密度比: 1.30 (空気=1)	密度:1.253 (g/cm ³) (20°C)	蒸気密度比: 1.45 (空気=1)	比重:1.175 (20°C)
沸点	°C	-13.8	-104	-183	-84.8	83.5	-47	57.3
融点	°C	-153.8	-169	-218.8	-114.2	-35.5	-185.25	-96.9
引火点	°C	-78 (可燃性ガス)	可燃性ガス	(支燃性)	不燃性	13	-107.7 (可燃性ガス)	-17
発火点	°C	472	425	(支燃性)	不燃性	413	455	458
爆発限界 (空气中)	-	3.6~33vol%	2.7~34.0wt%	(支燃性)	不燃性	6.2~15.9vol%	2.0~11.1vol%	5.6~11.4vol%
許容濃度	ppm	1 (TWA)	200 (TWA)	-	2 (Ceiling limit)	10 (TWA)	500 (TWA)	100 (TWA)
腐食性	-	無	無	水と共存化で金属 の腐食を促進	有	無	無	無
備考	-	製品	原料	原料	原料	原料	冷媒	(副生物)

3. 事故の概要

平成23年11月13日（日）15時15分頃、第二塩化ビニルモノマー製造施設の液塩酸一時受タンクから白煙が噴出した。その後、15時24分頃、塩酸塔還流槽を中心とする爆発火災が発生し、当該施設並びに周辺施設へ甚大な被害をもたらすと共に、東ソー従業員1名が死亡する重大事故となった。

3-1. 事故概要

発生日時： 平成23年11月13日（日曜日）15時15分頃

気象状況： 天候 晴、 気温 19.9℃、 湿度 54.2%、
風向 西北西、 風速 3.4 m/s

（山口県大気環境監視システム 「新南陽公民館」 11月13日15時の測定データ）

発生場所： 塩ビ製造部 塩ビモノマー課
第二塩化ビニルモノマー製造施設（高圧ガス設備）、（危険物製造所）
VCM精製工程

発生状況： 11月13日 3時39分、第二塩化ビニルモノマー製造施設のオキシ反応工程A系の緊急放出弁の故障を発端に、5時57分にプラントを全停止した。その後、プラント点検のために液抜き等の作業を行っていた。塩酸塔還流槽から液塩酸一時受タンクへの液抜き作業中の15時15分頃に液塩酸一時受タンクのマンホール周辺からHC1、VCM他のガスが漏洩し、15時24分頃にVCM精製工程の塩酸塔還流槽付近にて爆発2回及び火災が発生し、液塩酸一時受タンクへも延焼した。

3-2. 被害状況

【別紙-1 発災場所と機器の飛散状況（南側立面図、平面図）】

【別紙-2 EDC・VCM精製工程損壊状況】

人的被害： 東ソー従業員（塩ビモノマー課第二係 係長） 1名死亡
（発見場所） EDC分解工程北側消火栓付近
（死因） 気道熱傷による窒息死

物的被害： VCM精製工程の塩酸塔還流槽を中心に甚大な損壊。
爆風及び飛来物による周辺プラントへの一部損壊あり。

[発災中心部の損壊機器]

熱交換器 5 基、槽 6 基、塩酸塔周辺の架構、ポンプ、配管等の損壊、焼損多数

[周辺プラントの損壊]

北側に隣接する東ソー・エスジーエムでは、爆風、延焼、飛来物により甚大な損壊。
他プラント等でも爆風、飛来物による一部損壊あり。

3-3. 漏洩爆発火災の状況および事故後の対応

(枠内は 4 章で詳細説明)

平成 23 年 11 月 13 日(日)

- 3 : 3 9 オキシ反応工程 A 系でエチレンリサイクルラインの緊急放出弁が故障で全開となり、系内圧力の低下を確認
- 3 : 5 2 オキシ反応工程 A 系 インターロック停止
- 3 : 5 3 分解炉 A 系 緊急停止
- 3 : 5 4 分解炉 B 系 緊急停止
以降、塩酸塔塔内温度が不安定になった。
- 5 : 0 0 過ぎ 塩ビモノマー課第二係係長他が計器室到着
- 5 : 5 7 オキシ反応工程 B 系内の酸素濃度が上昇したためプラントを全停止（オキシ反応工程 B 系、分解炉 C 系を停止）
- 6 : 1 0 頃 塩ビモノマー課第二係係長が液処理等、停止後の作業を運転員に指示
- 11 : 3 9 塩酸塔還流槽から液塩酸一時受タンクへの内容液の移液開始
- 15 : 1 5 頃 液塩酸一時受タンクより異音とともに白煙噴出を確認し、班長は有線ページングにて一斉避難を指示した。塩ビモノマー課第二係係長は計器室から事務所の課長に電話で状況連絡。
- 15 : 2 2 頃 HC 1 漏洩発生（ガス検知器作動）、防災センターへ通報、消防車要請
- 15 : 2 4 頃 塩酸塔還流槽付近で爆発 2 回、火災発生覚知
塩ビモノマー課第二係係長の所在を確認できず。

- 15 : 2 7 防災センター消防車出動
- 15 : 2 9 防災センターから周南市消防本部へ通報
- 15 : 3 1 防災センターから徳山海上保安部へ通報
- 15 : 3 7 初期防災体制発令
- 15 : 4 7 周南市消防車着、消火活動開始
- 16 : 3 0 防災本部設置（防災指令体制へ移行）、行方不明者 1 名（塩ビモノマー課第二係 係長）
- 17 : 1 0 爆発時に HC 1 ガスの放出が考えられたため、近隣自治会へ広報開始
- 17 : 5 0 ~ 近隣会社応援消防車 2 台が各々入構し、消火活動開始

- 22:28 山口県、周南市消防本部から第二塩化ビニルモノマー製造施設停止命令
発令（口頭）
- 22:34 市街地10地点のHC1濃度を測定開始
11/13 22:34～11/14 17:03まで計4回の測定を
行い、全ての場所で検出下限界（0.5ppm）未満を確認

平成23年11月14日（月）

- 7時頃 火災鎮圧状態、冷却放水を継続
山口県周南市、下松市並びに事業所敷地境界線付近でHC1ガスが検出
されなかったため、両市住民への屋内待機要請を解除
- 9:15 行方不明者（塩ビモノマー課第二係 係長）をEDC分解工程北側消火
栓付近で発見
- 11:00 行方不明者（塩ビモノマー課第二係 係長）の死亡を確認
- 15:30 周南市消防本部より鎮火宣言
- 16:35 防災指令体制を解除

3-4. 現在の状況

- ・第二塩化ビニルモノマー製造施設（発災施設）は発災以降停止中。

4. 事故原因

4-1. 事故の調査方法

今回の爆発・火災事故の原因究明に向けた検証は、以下の方法で行った。

- (1) プラント及び装置の挙動は、DCS（プラント制御用コンピューターシステム）に残っている計測データを活用して把握した。
- (2) 運転員の操作については、その証言とDCSに残された操作記録をもとに把握した。
- (3) 機器の損傷状況や現場の焼損状況については、現場検証を行った。
- (4) 発生事象をより明確に解析する必要があるものについては、東ソー社外の調査研究機関に委託、あるいは社内の技術部門にて技術的検討を実施した。

4-2. 事故の原因推定

今回の「第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故」は、図-7のように異常、トラブルが時系列的に連なり、最終的に人的被害を伴う漏洩・爆発・火災といった重大事故に発展した。

事故に至る大きなポイントを Phase 1 発端事象、Phase 2 進展事象、Phase 3 確定事象、Phase 4 終末事象の4つの Phase に分けて整理した。

4-2-1. 事故発生経過

1) Phase 1 【発端事象】（3：39～3：52）

オキシ反応工程A系（オキシA系）の緊急放出弁の故障に端を発してオキシA系が停止。

3：39 オキシA系で除害設備行き緊急放出弁（HV110A）（通常 閉、緊急停止時 開）が故障し、オキシA系が稼動しているのに突如「開」状態に。

3：52 インターロックが作動してオキシA系が停止。

*オキシ反応：

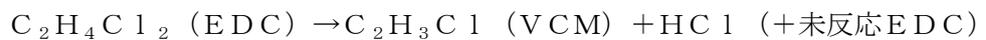


2) Phase 2 [進展事象] (3:53~5:56)

プラント全体の約6割に相当する大幅なロードダウンを行った際、VCM精製工程の塩酸塔の塔頂温度を適正に管理出来なかったため、塔頂組成が異常となりHC1中にVCMが混入。

- 3:53 稼動しているオキシ反応工程B系(オキシB系)で生成するEDC量に合わせるため、分解炉A/B系を停止。分解炉C系は稼動。
これにより、オキシ反応工程、EDC分解工程の設備の運転負荷は100%から45%まで低下。

* EDC分解反応 :

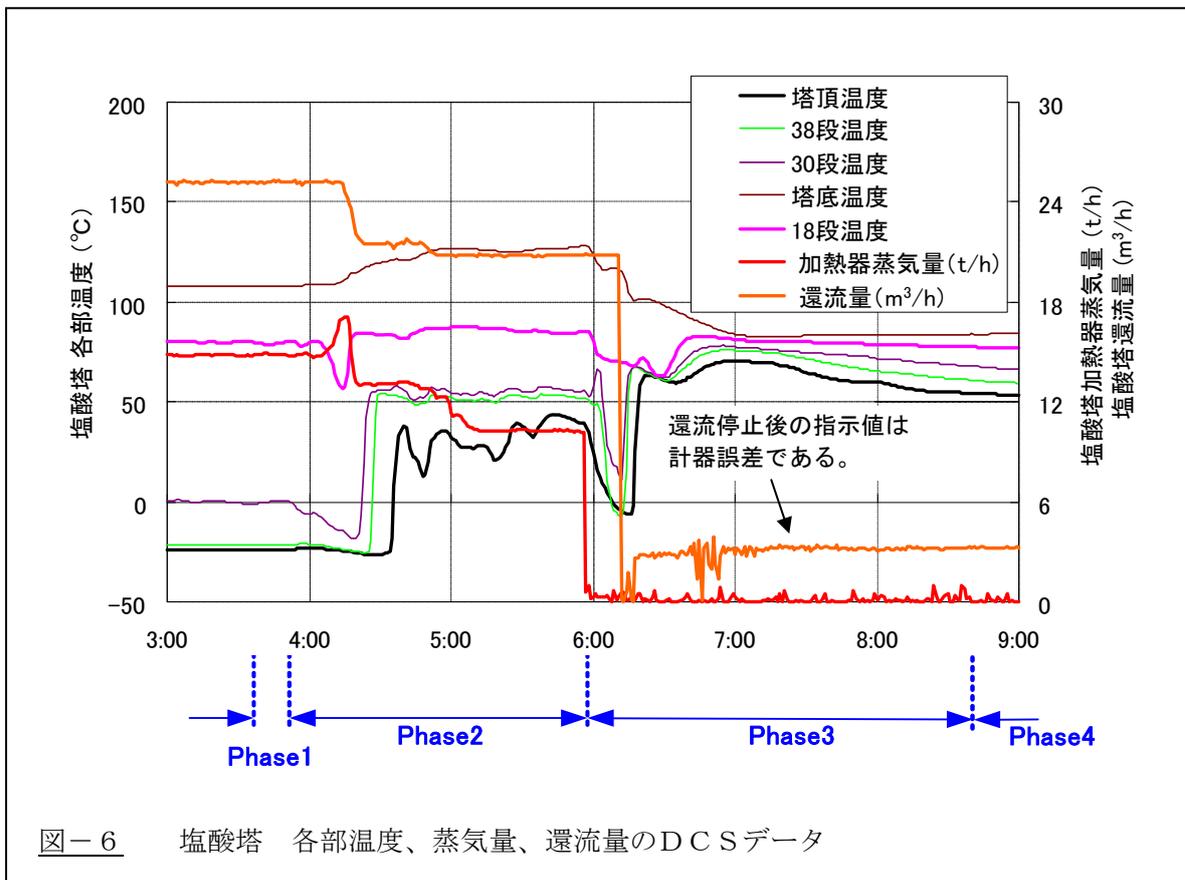


- 4:10頃 分解炉A/B系を緊急停止したため、HC1及びVCM生成量、未反応のEDC量が大幅に低下。

これらが供給される塩酸塔の状況が変化し、通常運転では重要とされる塩酸塔中段(18段)の温度が低下。(通常80℃→57℃)

18段の温度を80℃に回復させるために、塩酸塔の加熱器蒸気量を増加、還流量を低減。塩酸塔のDCSデータを図-6に示す。

(塔頂、塔底の温度も制御すべきことを意識せず。)



- 4 : 4 0 塩酸塔の調整により、通常 -24°C であるべき塩酸塔塔頂（50段）の温度が上昇（ 38°C ）し、塩酸塔上部、および塩酸塔還流槽に、HC1に加えVCMが混入。（HC1 : VCM = 40 : 60 wt %）

3) Phase 3 [確定事象] (5 : 57 ~ 8 : 40)

Phase 2の挙動を要因とし、プラント全工程を緊急停止させた。その後の対応でHC1とVCMで通常状態の液面より上昇した塩酸塔還流槽を通常の塩酸塔停止基準に従い、塩酸塔から切り離し。

- 5 : 57 塩酸塔還流槽にVCMが混入したことにより、オキシB系へ供給していたHC1中にもVCMが混入。オキシB系内の酸素濃度が上昇したため、オキシB系を含む製造施設を全停止。

（塩ビ製造部管理職は、塩酸塔還流槽にVCMが混入した可能性を認識したが、1, 1-EDC生成反応の危険性を想定せず塩酸塔管理基準に基づく停止操作を決定。）

以下、塩酸塔の停止基準に則り操作。

- 6 : 20 塩酸塔還流ポンプを停止。
8 : 40 塩酸塔冷凍機を停止、HC1とVCMで液面が通常状態より上昇した塩酸塔還流槽を塩酸塔と縁切り。（封止）

4) Phase 4 [終末事象] (8 : 41 ~ 15 : 24)

その後、塩酸塔還流槽内、および液塩酸一時受タンク内に溜まったHC1、VCMの混合液は触媒となる鉄錆等の存在下で長時間保持され、発熱反応である1, 1-EDCの生成反応が徐々に進行していた。しかし運転関係者はこれに気付かず、また、反応による槽内温度の上昇によりある時点から急激に反応が進行し、内部圧力が異常上昇した。その結果、液塩酸一時受タンクからの可燃物等漏洩、塩酸塔還流槽の破裂と爆発、火災につながった。

- 11 : 39 塩酸塔還流槽から、液塩酸一時受タンクへの内容液を移液開始。
（この後、塩酸塔還流槽の温度、圧力が少しずつ上昇しているが、製造部員は気が付かず。）
15 : 00頃 液塩酸一時受タンクの圧力上昇を認知し、圧力除去作業を実施。
15 : 15頃 圧力除去作業等を実施中に、液塩酸一時受タンク上部から異音とともに白煙噴出を確認。
15 : 23 塩酸塔還流槽の圧力が2.0MP a G以上に上昇。
（設計圧力：1.9MP a G）
15 : 24 塩酸塔還流槽が破裂、爆発、炎上。

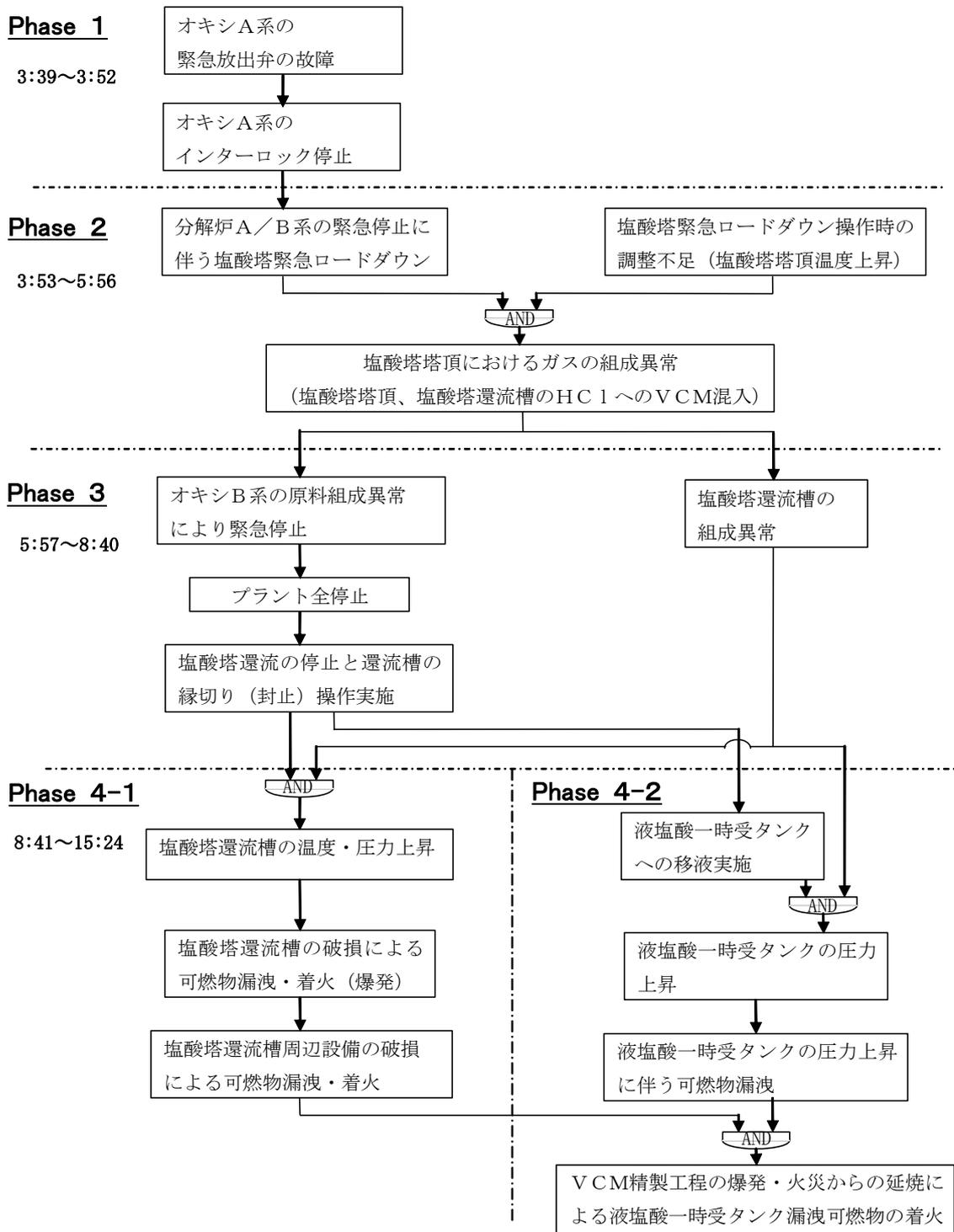


図-7 第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故 進展シナリオ

4-2-2. 爆発原因を示唆する事実

1) 爆発による破壊が最も激しい装置が塩酸塔還流槽であり、周辺の装置は、塩酸塔還流槽を中心に飛散、かつ塩酸塔還流槽側がへこみ、破損していた。

(別紙-1、2を参照)

2) 塩酸塔還流槽について、破壊後のき裂部分の解析を(株)日鐵テクノロジーにて実施したところ、内側から膨張して破壊していたことが明らかになった。

塩酸塔還流槽のき裂部の観察結果から、胴板肩部(プラットフォームラグ当板(6ヶ所)の下部)の胴方向のき裂(き裂A)が初めに発生し、南北の鏡板溶接部に到達した時点でこの溶接線に沿ってき裂が進んだ(き裂B)ことがわかった。(図-10) また、き裂Aの断面形状(図-11)等から、胴板が引き伸ばされていることが確認された。



図-8 塩酸塔還流槽の破壊状況



図-9 塩酸塔還流槽の外観 (第三塩化ビニルモノマー製造施設の同機器)

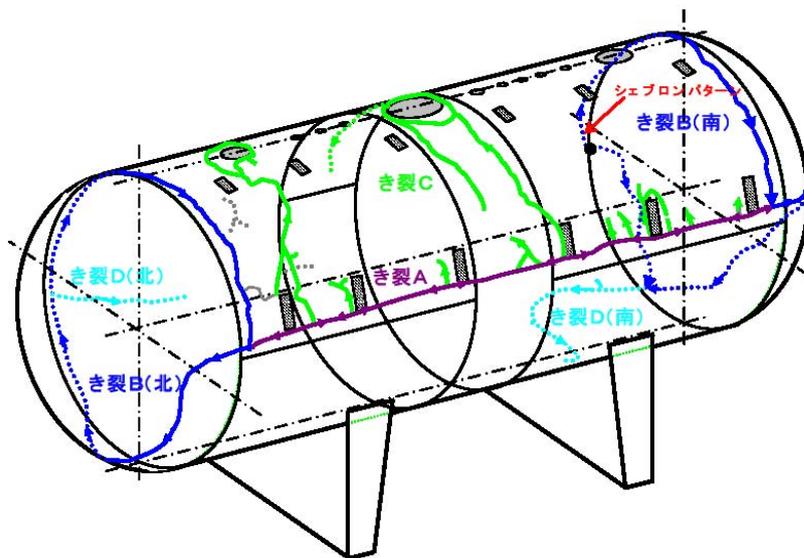


図-10 塩酸塔還流槽 き裂進展図

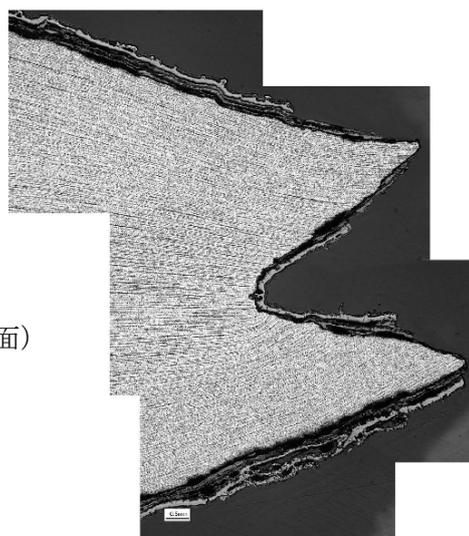


図-11 塩酸塔還流槽
メタルフロー（き裂Aの断面）

3) 塩酸塔還流槽の内容液を移液した液塩酸一時受タンク内の残液を発災から約1ヶ月後に分析したところ、液相部分の9割以上は1, 1-EDCであった。

表-2 液塩酸一時受タンク内容物分析結果

分析成分	液相	ガス相
1, 1-EDC	92 wt%	12 vol%
1, 2-EDC	1 wt%	—
VCM	2 wt%	4.1 vol%
HC 1	1.0 g/kg	2.9 mg/l
水分	160 ppm	—

4) 1, 1-EDC生成原因の調査のため、実験室におけるモデル反応実験を行い、鉄錆とHClから生成するFeCl₃を触媒として、HClとVCMから1, 1-EDCが生成することを確認した。

①塩酸塔還流槽、液塩酸一時受タンクの内容物の異常反応に関して、文献調査、ラボ反応実験を行ったところ、VCMもしくはHClが常温で分解反応を起こす可能性は確認できなかったが、VCMとHClから1, 1-EDCが生成する反応については、FeCl₃等のルイス酸系の触媒存在下では、容易に起こり得る発熱反応であることが判明した。また、鉄錆成分であるFe₂O₃、Fe₃O₄がHClと反応すると触媒作用を有するFeCl₃を生成することも判明した。

表-3 1, 1-EDC生成反応のラボ検討

Run No.	1	2	3	JV-502現象解析
触媒 (触媒原料) (Fe ³⁺ 含量 wt%)	Fe ₂ O ₃ (69.9)	Fe ₃ O ₄ (48.2)	FeCl ₃ (34.3)	(鉄錆)
平均粒子径	150 μm	45 μm		
溶解Fe (mg/l)	720	510	258	
反応温度	30°C	30°C	10°C	(30°C)
反応時間	120分	120分	23分	
VCM転化率	66%	51%	86%	
2次反応速度定数 (kmol/ (m ³ ·s))	6.5 × 10 ⁻²	2.8 × 10 ⁻²	3.1 × 10 ⁻¹	6.3 × 10 ⁻²

溶媒： 1, 2-EDC 430ml
仕込み原料： VCM 13.0g、HCl 10.2g、酸化鉄・触媒 0.5g

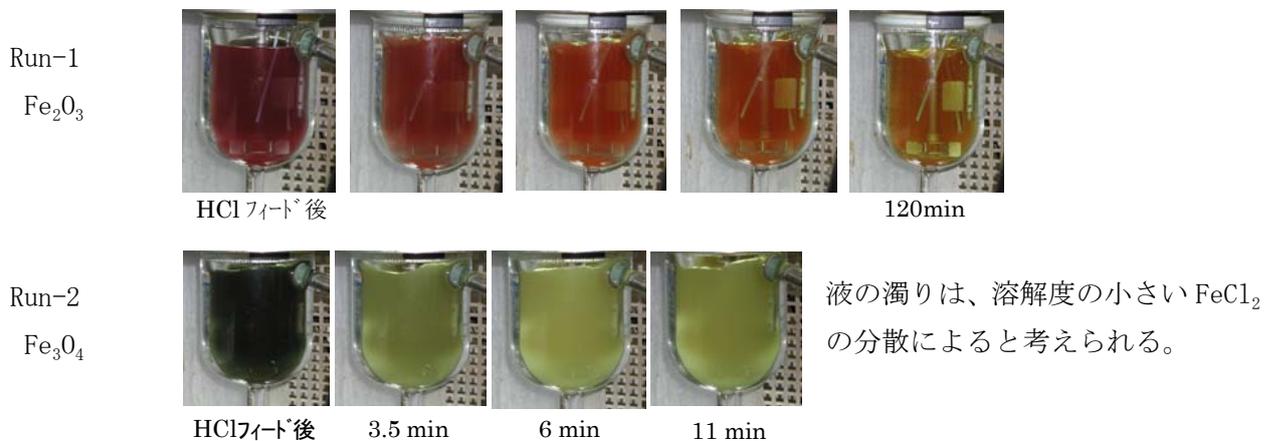


図-1-2 酸化鉄添加実験における反応液の外観

- ②第一および第三塩化ビニルモノマー製造施設の塩酸塔還流槽（HV-502、KV-502）の内部状況について、定修時の開放検査記録を確認したところ、開放直後は内壁気相部に鉄錆が存在し、定修での開放作業中に内壁は全面的に鉄錆に覆われていた。このことより、第二塩化ビニルモノマー製造施設の塩酸塔還流槽（JV-502）でも、鉄錆が存在していたと推定された。

定修後の第一塩化ビニルモノマー製造施設の塩酸塔還流槽（HV-502）の内壁に付着していた鉄錆を分析した結果、 $FeOOH$ 、 Fe_3O_4 、 FeO が検出された。

図-13

第一塩化ビニルモノマー製造施設

塩酸塔還流槽（HV-502）

平成23年 定修時 開放時の内部状況

停止（0日目）→液抜（1日目）→
窒素置換（2～4日目）→水洗浄（5日目）
→空気置換（6日目）→非破壊検査
→開放（12日目）



- ③停止中の第三塩化ビニルモノマー製造施設の塩酸塔還流槽（KV-502）の内壁から、 $FeCl_3$ の存在を確認した。

図-14

第三塩化ビニルモノマー製造施設

塩酸塔還流槽（KV-502）

平成24年2月22日 開放時の内部状況

停止（約3ヶ月）→窒素置換（7日間）
→開放直後



- ④ラボ反応実験で得られた活性化エネルギーを用いた反応速度式では、塩酸塔還流槽内の圧力が2.0MPaGとなった段階では、10秒間で5K（ケルビン）の温度上昇となり、この温度上昇の影響による塩酸塔還流槽内部の圧力挙動を調べると、温度上昇による液密度低下により内容液が膨張して、塩酸塔還流槽及び塩酸塔コンデンサー（JE-508）内の気相部が急激に圧縮され、最終的には僅か10秒で10MPaG以上の圧力上昇に曝されることが推算され、1,1-EDC生成反応が塩酸塔還流槽破裂の原因となりうることを確認した。

4-2-3. 爆発原因の推定

密閉された塩酸塔還流槽内に存在したHC1とVCMが反応し、1, 1-EDCが生成した。



この反応は発熱反応のため温度上昇を伴い、温度上昇に伴い反応速度も指数関数的に大きくなったため、約6時間経過後、槽内の圧力が急上昇し、塩酸塔還流槽を破壊、激しく破裂させた。また、漏洩したVCM、1, 1-EDCが何らかの着火源により着火して爆発した。これらにより、周辺装置類が破壊され火災が拡大したと推定される。

4-2-4. 事故原因の推定

1) Phase 1 [発端事象]

オキシ反応工程A系（オキシA系）の緊急放出弁（HV110A）が故障で「開」となり、当該系列がインターロック停止した。

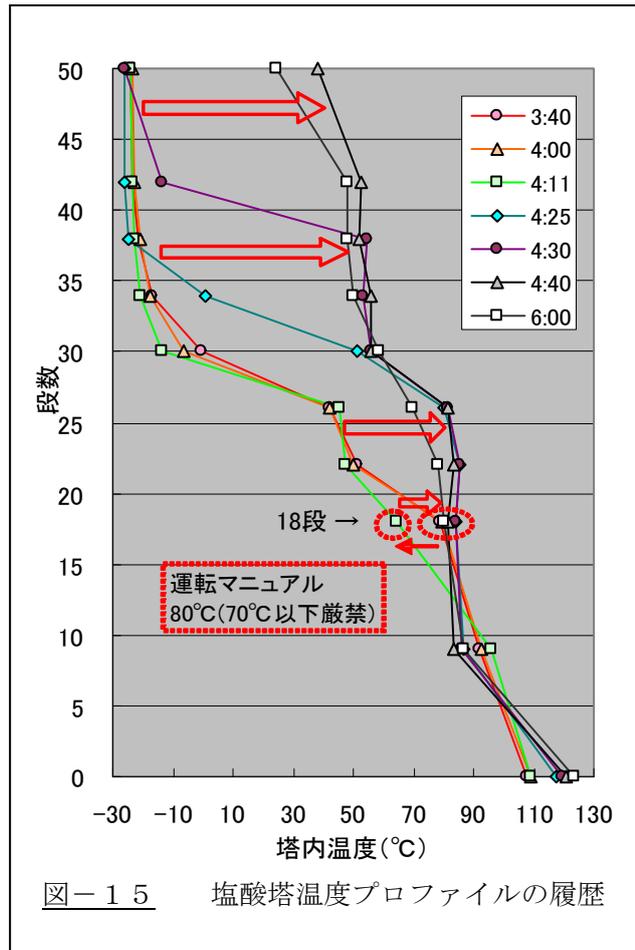
- ①オキシA系の緊急放出弁の故障は、ポジション内部のトルクモータコイルの温度変化による接触不良が原因であった。
- ②当該弁の故障によりオキシ反応工程が緊急停止に至る最重要トラブルに発展することは想定されていなかったため、対処方法についてマニュアルへの記載はなく、事前の危険予知や異常対応の教育・訓練がなされていなかった。

2) Phase 2 [進展事象]

オキシA系のインターロック停止および分解炉A/B系の緊急停止により、フル運転から大幅な緊急ロードダウンを実施せざるを得なくなった（100%→45%）。その際、塩酸塔の緊急ロードダウン時の温度制御について、適切な操作ができなかった。

- ①塩酸塔のロードダウン操作が通常運転時の管理点の1つである18段温度だけに注視したものとなっており、塩酸塔の30段以上の塔中段から塔頂部、および塔底温度は管理基準から外れて上昇した。これは、ロードダウン中に18段温度が低下したため、その対応操作を行い、80℃に回復したことで塩酸塔が安定状態になったと判断して他の設備の安定操作に移行してしまった結果、塩酸塔加熱器の蒸気量をロードダウン時に見合う蒸気量に設定せず、蒸気量過剰な状態で運転を継続したことによる。この時、塔頂温度が通常運転時の管理基準である-24℃から38℃まで上昇し、その結果、塔頂から出てくるガスの組成は、通常HC1だけのところだが、HC1：40wt%、VCM：60wt%程度になった。
- ②オキシA系停止時の塩酸塔の対応としては、緊急措置マニュアルに「塩酸塔還流、スチーム（蒸気）量の調整」のみ記載されているだけで、具体的な数値の目安は明記されていなかった。

- ③本来塩酸塔の運転管理では、塔底、塔頂部の温度管理が重要な項目であるが、塔頂温度（塔頂組成）がオキシ反応工程の緊急停止に直結する最重要管理項目であるという認識が薄かった。
- ④塩酸塔塔頂温度について重要度認識が低かったため、重要計器が発する異常を確実に認知させる設備となっていなかった。
- ⑤緊急ロードダウン時を想定したマニュアルの詳細な記述、教育及び対応訓練が不足していた。



3) Phase 3 [確定事象]

塩酸塔からオキシB系に供給されていたHC 1中にVCMが混入したことが原因となって、プラント全工程を緊急停止した。その後の対応でHC 1とVCMで通常状態の液面より上昇した塩酸塔還流槽を、通常の塩酸塔停止基準に従い、塩酸塔から切り離れた。

- ①オキシB系の反応異常によるプラント全停止後、部長、課長、係長が、DCS（プラント制御用コンピューターシステム）上のトレンド（傾向監視）データにて塩酸塔の塔頂温度異常に気付き、塩酸塔還流槽へのVCM混入の可能性を想定したが、1, 1-E DC生成の異常反応に関する知識がなかったため、特別な作業は必要ないと考え、そのまま塩酸塔停止基準に基づく停止操作を指示した。
- ②通常の塩酸塔停止基準に従ったため、塩酸塔還流槽は内部に液化されたHC 1とVCMが混在した状態となり、液面計の指示値は100%付近を維持したまま、塩酸塔と切り離され、縁切り、封止状態となった。通常管理液面以上となったHC 1、VCM混合液が内壁気相部に残存していたFeCl₃と接触した。

4) Phase 4 [終末事象]

密閉状態で放置した結果、1, 1-EDC生成反応の進行により、塩酸塔還流槽、液塩酸一時受タンク両槽の圧力がある時点から急上昇したため、最終的に塩酸塔還流槽の爆発に至った。

- ① HCl、VCM混合液に対して、鉄錆由来の $FeCl_3$ が触媒となり、1, 1-EDC生成反応が進行した。
- ② 1, 1-EDC生成反応について調査、解析が不十分であったため、危険性を認識していなかった。
- ③ 塩酸塔還流槽の温度、圧力が他からの熱供給なしで、徐々に上昇を始めたが、初期の上昇速度は小さく、運転員はこれに気付かなかった。
- ④ 塩酸塔還流槽から液塩酸一時受タンクへの内容物の移液により、液塩酸一時受タンクの圧力も他からの熱供給なしで、徐々に上昇を始めたが、初期の上昇速度は小さく、15:00頃に内部圧力高のアラームが発報するまで、運転員はこれに気付かなかった。

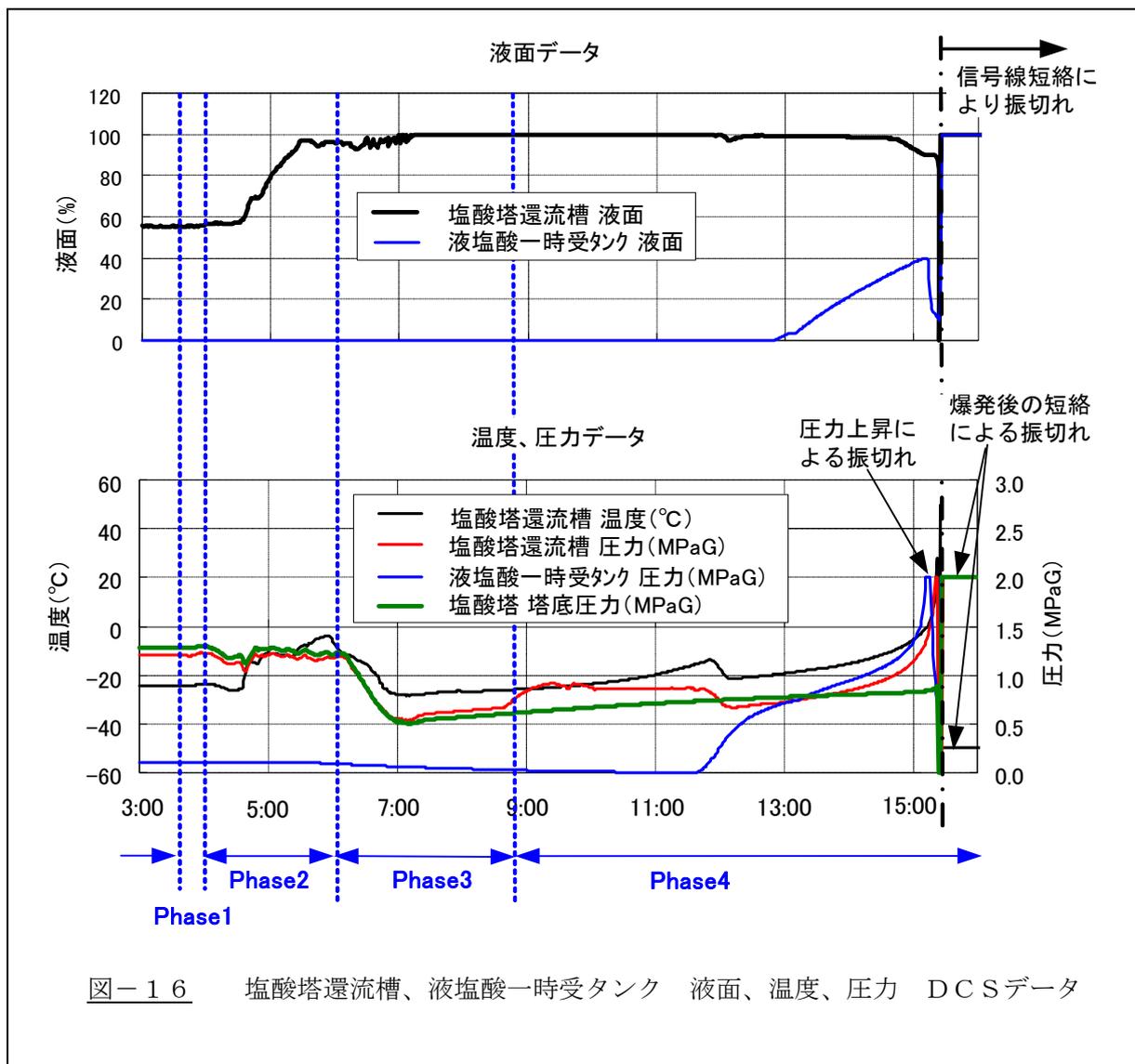


図-1.6 塩酸塔還流槽、液塩酸一時受タンク 液面、温度、圧力 DCSデータ

5. 再発防止対策

以下の再発防止対策を南陽事業所は確実に実行すること。

再発防止対策として、Phase 1～Phase 4の事象毎に、事故の直接的な原因を排除するものばかりでなく、事故となりうる他の要因を排除するものについても検討し策定した。また、対策は、設備にかかわるハード面と、製造部員の事故につながった判断、行動に影響を与えた要因にかかわるソフト面の両面から検討した。

設備や運転制御システムの変更を伴う対応施策を実施するに当たっては、東ソー南陽事業所変更管理基準に従い、承認・確認を確実に行うことが必要である。

5-1. Phase 1 [発端事象]の再発防止対策

【ハード対応】

① 緊急放出弁（HV 110 A）の機能変更と破裂板の設置

事故の発端となったオキシ反応工程A系に設置されていた緊急放出弁（HV 110 A）は、停電時のオキシ反応工程A系内の脱圧を目的としているため、通常は閉止状態にある。また、当該弁の二次側手動弁は常時開いている。

今後は、通常運転時の停電対策として、新たに緊急脱圧用として破裂板を設置し、停電時以外のオキシ反応工程の系列停止のリスクを低減する。

又、緊急放出弁（HV 110 A）は、今後、定修時等の系内の脱圧用に使用する遠隔操作弁と位置付け、通常運転時は、当該遠隔操作弁の二次側手動弁は閉止し、緊急用には使用しない。

同じプロセスであるオキシ反応工程B系についても、同様の対策を実施する。尚、破裂板が作動した場合の対応については、異常措置マニュアルに追加し、これを用いた危険予知訓練や異常対応訓練を実施する。

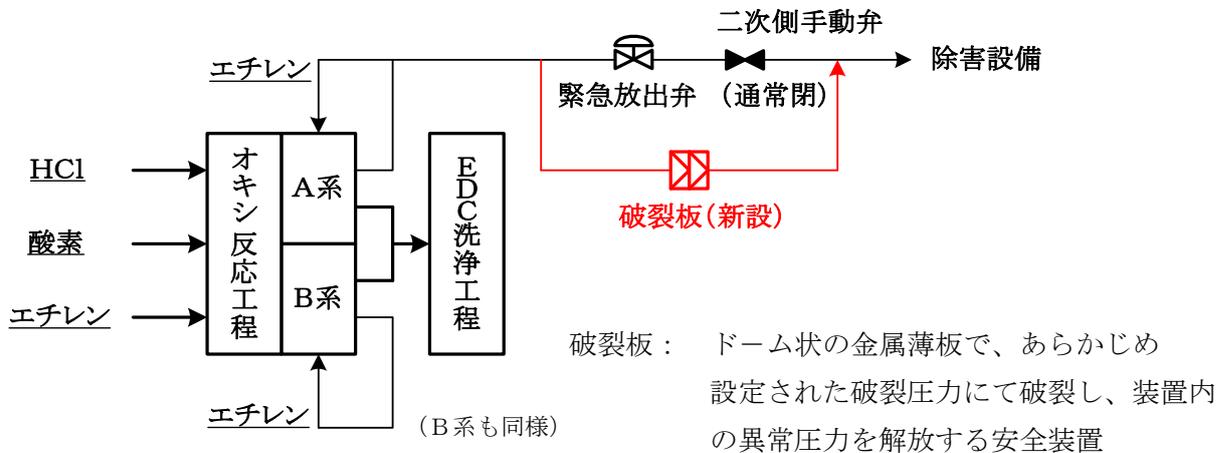


図-17 破裂板の新設

5-2. Phase 2 [進展事象] の再発防止対策

【ハード対応】

② 塩酸塔塔頂の温度異常時での自動停止用インターロック設置

塩酸塔では、塔底温度、塔頂温度が重要な運転管理項目である。特に、塩酸塔の塔頂温度を -24°C に維持することは、HC1ガスの純度を確保し、これを原料とするオキシ反応工程の異常反応や爆発の危険を回避するための必須要件である。また、塩酸塔の塔頂温度を確実に管理することは、塩酸塔還流槽へのVCM流入による1, 1-EDC生成の異常反応を防止するために不可欠な運転操作要件でもある。従って、塩酸塔塔頂の温度上昇を確実に防止する為のインターロックを設置する。具体的なインターロックの作動内容は、オキシ反応工程が稼動している際に、塩酸塔塔頂側の複数の温度計が異常高となった場合に、分解工程およびオキシ反応工程の全系列を停止すると同時に、塩酸塔加熱器への蒸気供給を停止（還流は継続）するものとする。

本インターロックの追加により、塩酸塔塔頂にVCMが上昇することを防止できる。

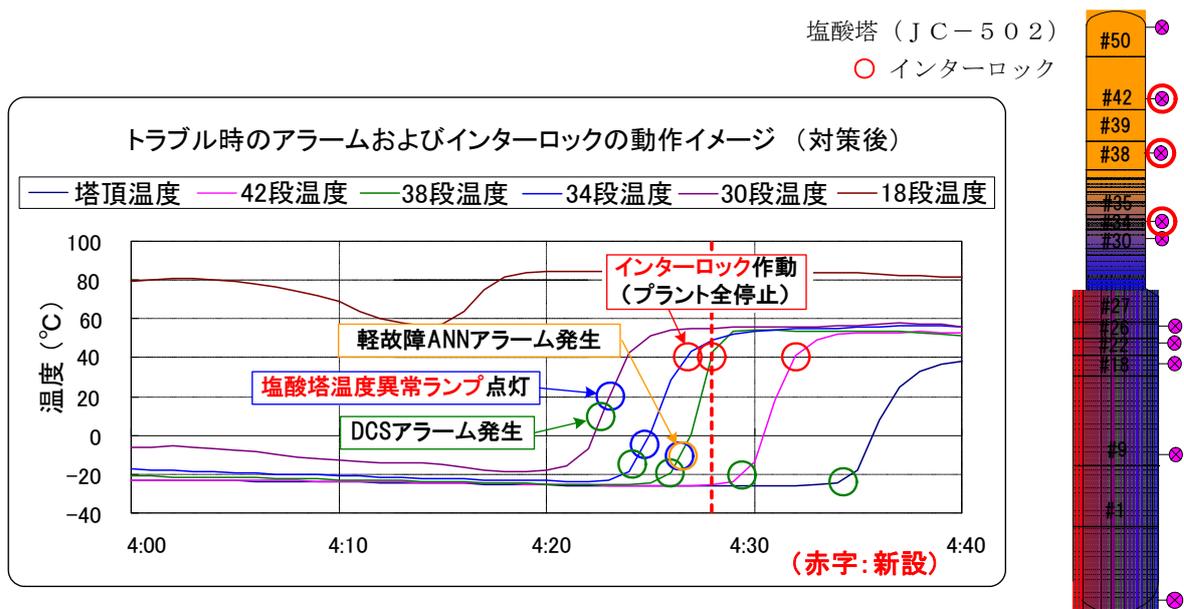


図-18 アラームおよびインターロックの動作イメージ図

③ 塩酸塔温度異常の警報強化

今回の事故では、この塩酸塔塔頂温度が 38°C と異常な状態で、稼動中のオキシ反応工程B系に原料としてVCMの混入したHC1が約1.5時間供給され続けていた。

塩酸塔塔頂温度の異常監視用としては、DCS上の警報と、壁に設置したランプ表示の警報 (ANN警報) の2種類を設置していたが、DCS上の警報については、その他多くの警報の中に埋没する結果となってしまった。

さらにANN警報は低位レベルの故障（軽故障ANN）としての取り扱いであったため、その他の運転員および管理者全員がこれらの警報を見過ごしてしまったことが重なり、塩酸塔還流槽へのVCM混入に対し適正な対処が出来なかったことが、今回の事故発生に至る大きな原因となった。

この様に、塩酸塔の塔頂温度は最重要管理項目であるため、現状の軽故障ANN（38段）に加えて別途、塩酸塔温度異常ランプを設置し、塩酸塔の途中の複数段（30段、34段、38段）の各温度異常を個別に発報させ、計器室内の関係者全員が異常を認知できるようにする。また、ANN盤の設置位置が運転員のDCS操作位置から見えにくいこともANN警報が見過ごされた要因のひとつであり、この対策としても塩酸塔温度異常ランプの設置は有効である。

【ソフト対応】

④ 塩酸塔運転マニュアルの改訂並びに教育訓練の見直し

塩酸塔の18段温度は注視していたが、塔頂を含む塔全体の温度管理が適切ではなかった。

即ち、塩酸塔の塔底から塔頂に至る各段の温度管理が重要であること、塩酸塔18段の温度は定常運転時、塩酸塔の塔底からのHC1のリーク量を抑制する指標であることや、緊急時、これら塩酸塔の温度管理はどのように調整すべきかについて、運転マニュアルには、明確かつ具体的に記載していなかった。

従って、上記の事に留意し塩酸塔の運転マニュアルを改訂し、運転員を始め塩ビモノマー課全員に、特に Know-Why（なぜそうするのかを知ること）に重点を置き周知徹底する。

同じく、塩ビモノマー課での教育資料により詳しく記載し、今回のトラブル事例を織り込んだ教育訓練を実施していく。

また、運転員全員が教育の内容を十分に理解できたか、適切な操作・対応ができるかなどの達成度について、受講者のレポート提出と塩ビモノマー課の教育担当者による添削で確認し、不足の場合は再教育を実施する。

運転マニュアルの改訂に際しては、定量的な記述とし、理由や数値の根拠、禁止事項、注意点などを運転員が理解しやすい適切な表現で明記することを課全体で取り組む。

5-3. Phase 3 [確定事象] の再発防止対策

【ソフト対応】

⑤ 塩酸塔停止基準の明確化（塩酸塔停止及び緊急停止マニュアルの見直し）

今回の第二塩化ビニルモノマー製造施設の停止では、塩酸塔還流槽内がHC1とVCMの混合状態のままとなったため、塩酸塔還流槽内で発熱反応である1, 1-E DCの生成反応が進行し、約6時間かけて温度・圧力が上昇し、最終的に塩酸塔還流槽が破裂し、内容物が漏洩した。

現在の運転マニュアルには、塩酸塔還流槽内にHC1とVCMが混在することを想定した場合の塩酸塔の停止に関する対処方法が記載されていない。

そのため、運転員は通常の塩酸塔停止マニュアルに従って塩酸塔と塩酸塔還流槽の切り離し操作を行った。これは、ライン、スタッフを始め製造部員全員が、HC1とVCMから鉄錆存在下で1, 1-EDCが発熱反応により生成することを知識として有しておらず、これを回避するための塩酸塔を全還流運転をするなど適切な対応をする必要があったことを想起できなかったことによる。

これらを鑑み、塩酸塔の塔頂温度（組成）異常が起きた後に塩酸塔の停止操作を実施する場合は、全還流運転を実施し、塔頂温度が正常な -24°C になっていることを確認した後、還流を停止するように、運転マニュアルに明記し、全運転員に周知徹底する。

また、塩酸塔還流槽にVCMが混入し、1, 1-EDCの生成反応が起きた場合、塩酸塔と塩酸塔還流槽を切り離すと、塩酸塔還流槽の温度、圧力が急激に上昇し、破裂事故に直結することを、全員に周知する。

5-4. Phase 4 [終末事象] の再発防止対策

【ハード対応】

⑥ 塩酸塔還流槽内の温度異常及び圧力上昇の検知設備の設置

塩酸塔還流槽内では、HC1とVCMからの1, 1-EDC生成反応（発熱反応）が進行し、約6時間かけて温度及び圧力が上昇した。この反応は低温においては極めて緩慢に進行するため、初期には塩酸塔還流槽の温度と圧力は僅かにしか上昇しておらず、運転員を始め製造部員はこの挙動に気付かなかった。

このため、早期に異常状態を認識できるようにすることが必要である。具体的には、塩酸塔還流槽内へのVCM混入により、塩酸塔還流槽圧力が通常のHC1単独の蒸気圧と異なる値となった場合に発報する警報をDCSに追加する。警報発報時には、⑤の塩酸塔還流槽へのVCM混入時の操作を実施する旨を運転マニュアルに反映する。

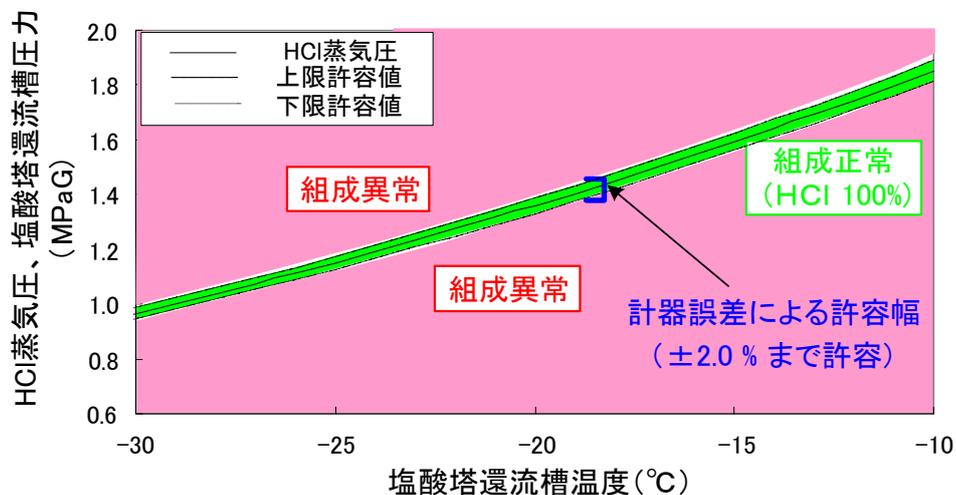


図-19 塩酸塔還流槽の温度、圧力監視（1）

また、1, 1-E DCの生成反応が起きているかを容易に認識できるようにするために、単位時間当たりの塩酸塔還流槽の温度及び圧力の変化（勾配）をDCSに表示し、監視できるようにする。

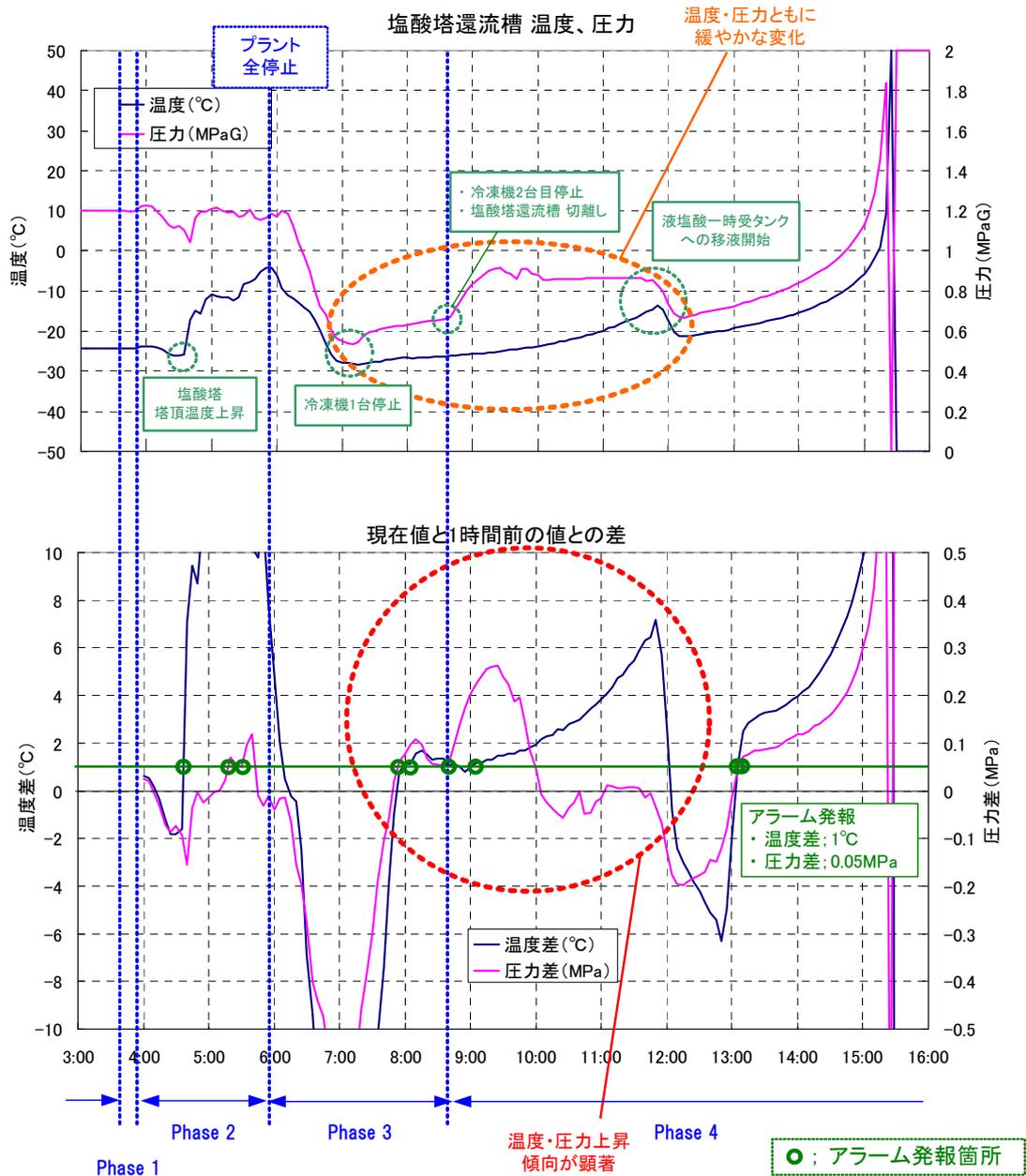


図-20 塩酸塔還流槽の温度、圧力監視（2）

⑦ 液塩酸一時受タンクの監視システムの強化

液塩酸一時受タンクまわりに、可燃性ガス検知器を増設する。また、温度監視装置がないため、温度計も設置する。

【ソフト対応】

⑧ 塩酸塔還流槽、液塩酸一時受タンク内での1, 1-EDC生成などの異常反応抑制対策

文献調査、並びにラボ実験等により、HClとVCMとの反応による1, 1-EDC生成反応については、 $FeCl_3$ 等(Fe^{3+})のルイス酸系の触媒が必須であることが判明した。

一方、事故後、定修後の第一塩化ビニルモノマー製造施設の塩酸塔還流槽(HV-502)の内壁に付着していた鉄錆を分析した結果、 $FeOOH$ 、 Fe_3O_4 、 FeO が検出された。これらは、定修時に内部をジェット洗浄で水洗した後、塩酸塔還流槽内面が空気酸化され全面的に形成されると推定される。これらの鉄錆がHClと反応してルイス酸である $FeCl_3$ となり触媒として作用した可能性が示唆された。

このことから、今後は、塩酸塔還流槽、液塩酸一時受タンクを定修時などで開放した際には、内壁に残存する鉄錆を取り除き、工事仕様書に添付した仕上り写真と比較して、除去完了を確認する。その後、露点 $-4^{\circ}C$ 以下の乾燥空気で乾燥し、その後の発錆を防止する。鉄錆除去完了確認と、乾燥の手順は、マニュアルに記載する。

塩酸塔還流槽と同様に、HClとVCMが混在する可能性がある、急冷塔レシーバー、塩ビ塔還流槽、塩ビ塔ベントセパレーターについても、開放時には同様に鉄錆の除去及び防錆処置を確実に行う。

なお、鉄錆の除去作業は、工事仕様書に規定した手順で実施し、作業後の表面状態は、運転部門で最終確認する。

⑨ 1, 1-EDC生成に関する運転マニュアルへの追記並びに教育の徹底

今回の塩酸塔還流槽及び液塩酸一時受タンク内で起きた、1, 1-EDCの生成反応については、その反応条件、反応速度、 $FeCl_3$ の触媒等について整理し、更に塩化ビニルモノマー製造施設内で1, 1-EDCの生成反応が起こりうる箇所(急冷塔～急冷塔レシーバー～塩酸塔内～塩酸塔還流槽～塩ビ塔還流槽)と留意点等について教育資料としてまとめ、運転員の教育訓練に活用していく。また、1, 1-EDCの生成反応に関する注意事項を運転マニュアルに記載し、運転員全員に周知徹底する。

⑩ 液塩酸一時受タンクの運用についてのマニュアル改訂並びに教育訓練の見直し

塩酸塔還流槽から液塩酸一時受タンクに移液を行う場合は、塩酸塔還流槽内にVCMが無いことを確認し、係長指示、班長が最終確認した上での作業とする。

塩酸塔還流槽へのVCM混入については、対策⑥で追加するVCM混入警報が発報していないことをチェックシートにて確認する。また、これに沿って作業基準も改める。

これらのことは、運転マニュアルに明記し、運転教育や訓練を通じて運転員全員に周知徹底する。

5-5. その他

【ソフト対応】

⑩ プラント異常停止時の対応と運転マニュアルや教育訓練の見直し

今回の事故では、異常でプラントを停止したにも拘らず、ライン、スタッフを含めた製造部員全員のその後の対応が不適切であった。このことから、プラントが異常で停止した場合の処置、その後のプラントの再起動といった、運転部門の対応について見直し、同時に、マニュアル、教育、訓練の内容についても見直す。

また、第二塩化ビニルモノマー製造施設の設計思想や運転条件の背景にある根拠、所謂 Know-Why が伝承できているとは言い難く、これら第二塩化ビニルモノマー製造施設を安全に運転する為に必須となる、設計思想や運転 Know-Why を十分に理解することに主眼を置いた教育、訓練を、製造部員全員（運転員、ライン、スタッフ）で着実に実施する。

6. 今回の事故の背景と安全文化の醸成に向けた諸施策

東ソー南陽事業所の塩ビ製造設備は、これまで大きな事故を起こすこともなく長期間にわたって運転されてきたこと、装置面、運転面からの検討が従来から加えられており技術的には確立されたと信じられてきたことが、安全意識の低下、安全推進体制の緩みに繋がり、今回の爆発火災事故を引き起こしたとも言える。

南陽事業所では、事業所規定に基づく事故対策委員会を設置して今回の事故原因の調査解析および対策を策定している。また、過去に南陽事業所で発生した事故やトラブルの原因調査結果を基に、全製造部門の部長（保安技術管理者）は自部門の保安状況について再調査を行い、自部門の保安管理面の課題を抽出するとともに、南陽事業所全体に共通する課題について討論会を開催している。一方、東ソー本社では、社長直轄の安全改革委員会が設置され、今回の事故の背景になった安全意識や文化、組織・体制など全社的な観点から課題を抽出し、改善策を検討しているところである。

これらすでに着手されている活動を推進するとともに、今一度原点に立ち返り、企業の社会的責任、事業所所在の地域住民、従業員、顧客など、東ソーに関わる全ての人々に対する責任を改めて深く認識し、トップの強いリーダーシップの下、全社が一丸となって安全推進体制の再整備と安全文化の再構築を強力に推進して行くことを期待する。

6-1. 背景となった課題の抽出

以下の手法にて、今後、全社一丸となって解決し改善すべき最優先課題が抽出された。

階層	抽出の手法	概要
全社	安全改革委員会でのディスカッション	若手運転員、中堅運転員、係長、スタッフ、課長の階層別のディスカッションと、部内検討会、製造課長による検討会（事業所横断）により課題を抽出した。
南陽事業所	保安状況アンケート	南陽事業所で2010年に全製造部のライン、スタッフ、運転員対象に「部門の組織風土」「自職場の保安・安全状態」「安全活動の実施状況」「教育・訓練ドキュメントの整備状況」に関するアンケートを実施しており、今回改めてレビューした。
	保安状況再調査	全製造部長が、自部門の保安状況を再調査した。
	部長討論会	上記の結果と今回の事故を踏まえ、全製造部長＋環境保安・品質保証部長により事業所全体の課題の討論会を実施した。
	地域自治会説明会	地域自治会に対して、今回の事故の原因と再発防止対策を説明し、南陽事業所に対する要望を伺った。
塩ビ製造部	ブレインストーミング	塩ビ製造部全員で今回の事故に関して、運転操作を中心に問題点、反省点、課題などを洗い出した。

	なぜなぜ解析	塩ビ製造部員＋設備管理部員により、製造現場の視点から今回の事故がなぜ発生したのか、事象毎になぜなぜ解析を行った。さらに、南陽事業所事故対策委員会メンバーは、事業所の観点で背景となった課題を抽出した。
--	--------	---

6-2. 抽出された重要な課題

東ソーが、今後、より高いレベルでの安全を確保し、地域住民、関係官庁を始めとする社会、従業員、顧客等全ての関係者に安心感と信頼感を持ってもらえるよう、上記検証を通し抽出された様々の課題から最優先に取り組むべき項目を以下に示す。

【全社共通の課題】

- ① 経営トップは、従業員全員に対し、企業活動にとって安全操業が最優先であることを改めて徹底し、力強いリーダーシップを持って「自主保安」を基軸とする保安活動への取り組みを指揮すべきである。

【事業所としての課題】

- ② 事業所管理部門の保安活動への関与

事業所長のリーダーシップの下に、環境保安、設備管理部門を始めとする事業所管理部門は、保安活動を製造現場任せとすることなく、保安関連情報の提供、保安施策の検討・実践などを通して各製造現場の保安活動を積極的に支援、指導するとともに、自らが先頭に立って行動することにより、事業所全体の保安レベルアップに結びつけるべく保安推進の役割を果たすべきである。

- ③ コミュニケーション面での課題

保安推進にあたっては、社内外のコミュニケーションが極めて重要であり、以下の種々の組織間、関係において、これを特段に意識して取り組むべきである。

<製造部内>

製造現場における不安感、やらされ感を誘引する要因として、運転員からの諸提案に対する管理職、スタッフからのフィードバックが不十分ではないか、また、保安に関する諸活動が管理職からは指示だけに終わっていないか、そしてその意義・目的・結果を製造現場の運転員へきちんと伝えていないのではないか。

<管理部門—製造部門>

製造部門から上がってくる諸案件、諸提案への事業所管理部門のレスポンスが的確に行われていないのではないか。

<事業所の部門間>

事業所の部門間の保安活動に関する連携が薄く、統率感、一体感、スピード感が不十分ではないか。

<地域一事業所>

事業所の保安に関する取組み、製品及び取り扱い物質に関する安全情報や、事故発生時の対応について、また事業所のそのほかのアクティビティーについても、地域住民や関係官庁への広報・通報体制とその方法にさらなる改善が必要ではないか。

④ 知識、技術伝承上の課題

製造部門における管理職、スタッフ、運転員の、プラントの設計思想や運転方法案の技術的な根拠に関する知識や理解を深めるべきである。特にスタッフや運転員に対し、プラントの設計思想や運転条件設定の背景にある根拠、所謂 Know-Why を納得感をもって定着させるための教育や、非常状態時での対応に関する教育プログラム、さらに教育後の各人の理解度の確認方法を見直すべきである。

⑤ 安全活動をより実効性のあるものとする上での課題

製造部門は、P Y T(プロセス異常予知訓練)、ヒヤリ・ハット、事故事例研究、HAZOP等の各種の安全活動を行っているが、これらの活動結果をプラントの保安に結びつける意識付けとその仕組みをさらに充実させるべきである。

特に、防災訓練については、南陽事業所全体での総合防災訓練、各製造部での部内防災訓練が実施されているが、複雑な事象や想定外のプラント異常への対応力向上に結びつけることを意識し、実践的かつ今回の様な緊急時のプロセス異常を想定した訓練メニューへの展開を図らなければならない。災害事例の情報収集および活用についても、スタッフ、管理職による事業所他部門の事故事例や他社の災害事例等の有益な情報や解析結果を、運転現場の教育や保安活動へ活かす方策が望まれる。

⑥ 人材育成

近年、南陽事業所では、世代交代や新プラント建設に伴う熟練運転員、スタッフの他部門への転出によって、製造現場での知識・経験が低下傾向となっている。このような状況において、異常や緊急事態への対応力や応用力の高いスタッフ、運転員をいかに育成するかが重要な課題であり、人材の配分と各部門内教育の内容を再検証し、重要度、優先度を考慮した対応が望まれる。

6-3. 背景となった課題への施策の提言

本事故調査対策委員会は、上述の南陽事業所等が抽出した課題に対する施策を立案し、着実に実行し、かつ継続的に改善して行くことを、東ソー全体、とりわけ南陽事業所に喚起することを目的に、以下に施策に関する基本的な指針を提示する。

会社経営の根幹は、安全かつ確実に製品を製造し、社会に提供することで社会からの信頼を得ることを再認識することが肝要である。そのために、トップは、全社的に安全体制・システムの継続的な改善を推進する中心となって、力強いリーダーシップを発揮し、従業員のモチベーションを高めることが必須である。

また、事業所に於いては、事業所長が先頭に立ち、環境保安部門、設備管理部門、製造部門を指導し、各部門の現状に沿った保安に関わる諸施策を立案し、着実に推進していくことで「自主保安体制」を強化し、「安全文化の醸成」に繋げていくべきである。以下に主要な施策について提言する。

【早急に取り組み改善すべき諸施策】

① 信頼され誇りの持てる事業所創り

製造部門、とりわけ運転員が抱える不安感は、製造設備や生産技術に関する理解度や情報の不足、及びこれらに関する適切なコミュニケーション不足などに起因している。製造現場が抱える保安活動に関するやらされ感についても、これらの不足が要因であるが、さらに従業員個々の自発的な保安活動の喚起不足や保安活動の意義・目的、そして結果の説明不足が背景にある。

これら不安感や、やらされ感の払拭のために、事業所長は各製造部門、管理部門を統率し、適切な対策を確実に講じて行かなければならない。中でも、知識、技術伝承に関する課題に対しては、事業所一体となって取り組み、技術資料の再整備、教育資料の充実等を進め、運転員は勿論各部門の担当がそれぞれの持ち場、責務について、納得感を持って業務に当たれるようにして行くべきことが必須である。また、やらされ感の払拭を図るためには、製造部門全員に保安活動の意義・目的と結果を確実に説明して達成感を共有し、モチベーションを上げるとともに、運転員からの保安活動提案に対するタイムリーで的確な対応をスピード感をもって持続的に実施して行かなければならない。

【恒常的に取り組むべき諸施策】

② 安全を担保する事業所体制

事業所としての管理運営体制である部課長会等、既存の組織の役割をさらに強化し、各製造部門における保安・安全に関わる課題や方策、保安活動のあり方、これらを支える事業所としての取り組みなどについて定期的に意見交換、討論を行い、事業所全体としての安全戦略を立案、実行することが必要である。とりわけ、これらの安全活動に関わる議論については、各構成員が自助努力の精神を持ち、忌憚のない意見を交換して議論を煮詰めることができる風土の醸成が望まれる。その上で、事業所長のリーダーシップの下、各製造部門内の保安活動のレベルアップを図るだけでなく、事業所の各部門間における連携強化、問題意識の共有化に努めるべきである。

③ 地域社会とのコミュニケーションの積極的推進

従来からの取り組みに加え、事業所の保安活動や製品安全情報をわかりやすい形で地域住民へ発信し、また、緊急時の広報体制を強化するなど、社外に対しても、安全への取り組みの見える化を進めて、地域社会とのコミュニケーションをさらに深めていただきたい。

④ 安全文化醸成のレビュー

保安を担保する取り組みは、緊張感を持続させるために定期的なレビューや評価、見直しを行って進化させることが必要である。事業所は、本社保安担当者、他事業所、さらに社外の有識者などをアドバイザーとして定期的に保安活動の進捗を評価し、さらなる新しい取り組みへのアイデアを創出して、この取り組みを実行していただきたい。

【最後に】

今回の事故は、従業員の犠牲を伴う大事故であった。二度とこのような事故を起こしてはならない。安全の基本は思いやりの心であり、また仲間を信頼することである。そのためにはまず「人づくり」が最重要であり、常に同じ目線で活動できる一体感のある風土の醸成が強く望まれる。従業員一人一人が立場を超えて、自らが保安活動の主役であるとの意識を持ち、これまでの保安活動全般を総点検し、より実効性がある「自主保安体制の構築」に向けて、地に足がついた着実な活動を進めていただくことを強く望む次第である。

7. まとめ

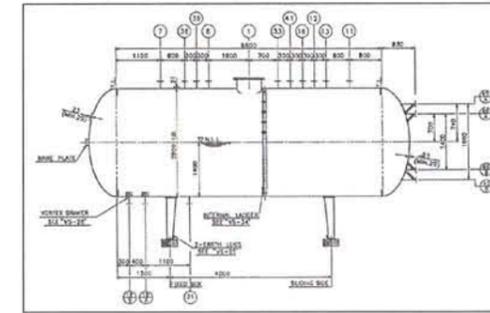
本事故は、第二塩化ビニルモノマー製造施設において、ロードダウン時に塩酸塔への対応に不備があり、塩酸塔還流槽内のHC1にVCMが混入したこと、塩酸塔還流槽のHC1、VCM混合液の液面が通常管理液面以上となり、内壁気相部に残存していた鉄錆由来の FeCl_3 と混合液が接触したこと、塩酸塔還流槽内のみならず、液塩酸一時受タンク内でも同条件のHC1、VCM混合液が密閉状態で長時間保持されたことが重なり、発熱反応である1, 1-EDCの生成反応が徐々に進行し、最終的に漏洩、爆発、火災へと至ったものである。

この背景としては、運転操作についての Know-Why が不足していたこと、製造部員全員が1, 1-EDC生成反応の危険性を認識していなかったため、塩酸塔還流槽内のHC1へのVCM混入を認知した後も適切な対応を取れなかったことが挙げられる。また、塩化ビニルモノマー製造施設は建設以来、装置面、運転面からの検討が積み重ねられ、技術的には確立されたと信じられてきたこと、長年にわたり大きな事故もなく運転されてきたことが、安全意識の低下、安全推進体制の緩みに繋がり、今回の事故を引き起こしたとも言える。

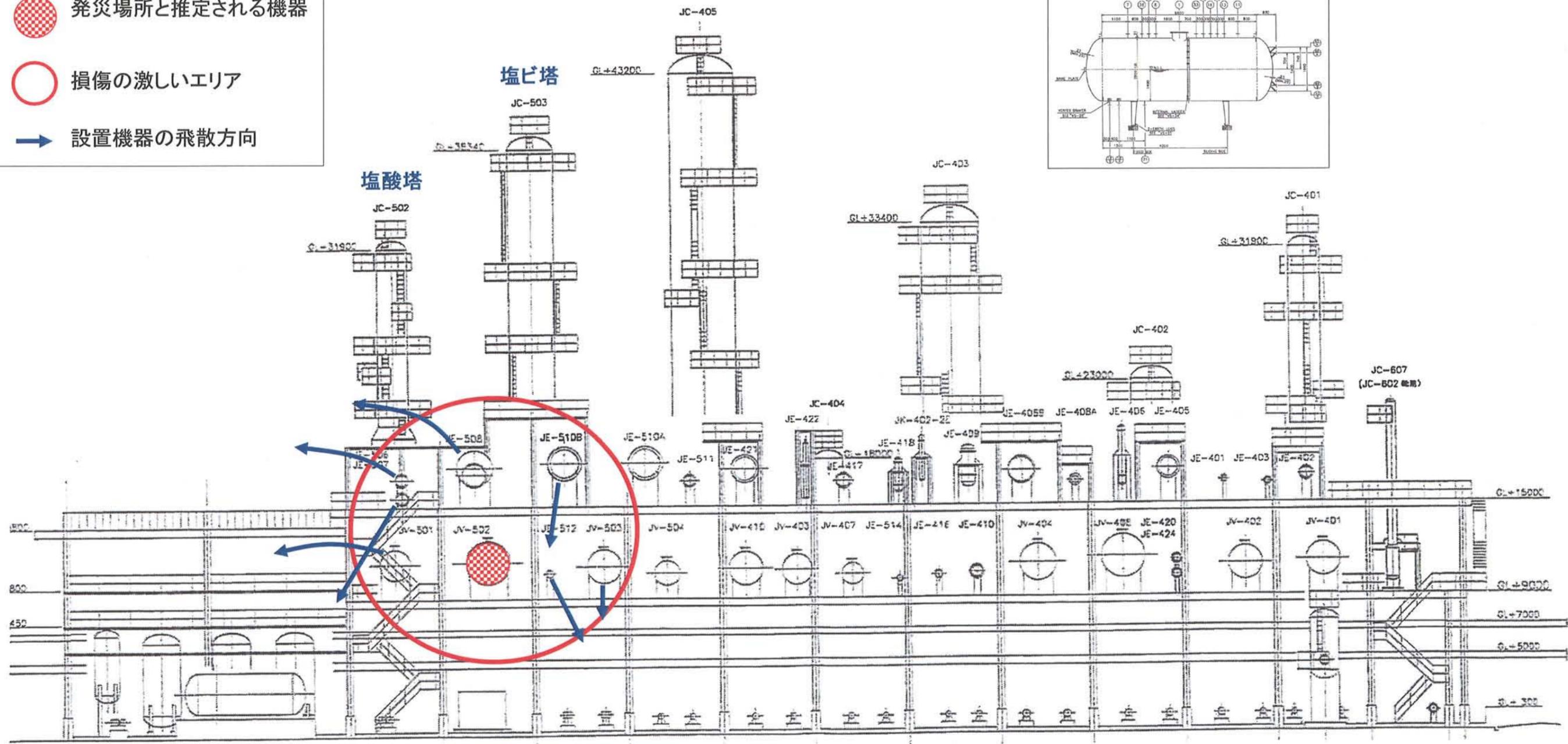
類似プロセスは勿論、多様な製造施設を運転されている業界各社におかれても、今回の事例から読み取ることのできる種々の要因を参考に、今一度更なる安全確保のための検証を進めて頂き、類似事故の防止に役立てて頂くようお願い申し上げ、本事故調査対策委員会報告のまとめとさせて頂く。

発災場所と機器の飛散状況

塩酸塔還流槽(JV-502)機器図
φ2,800×約8,000 46.3m³

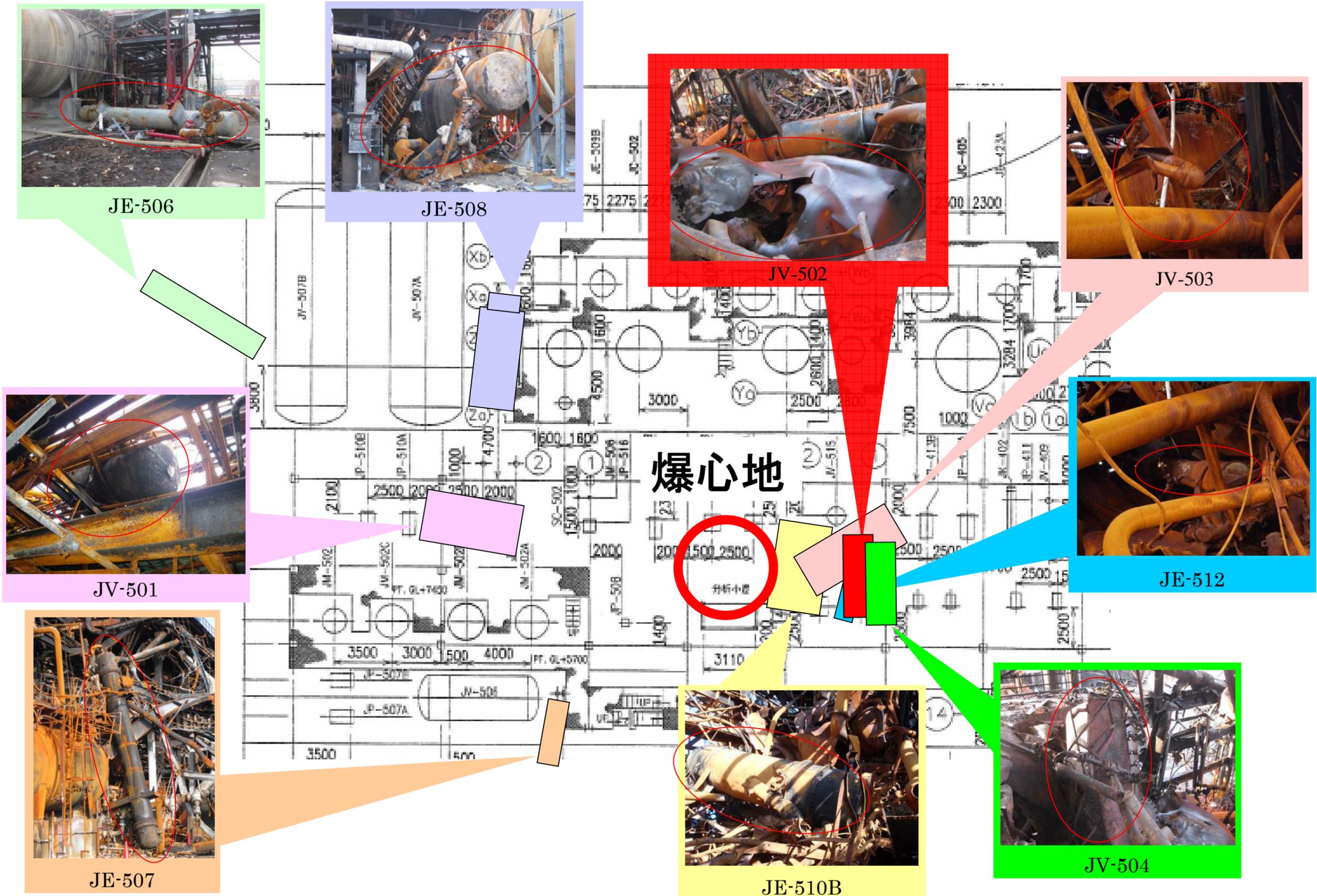


-  発災場所と推定される機器
-  損傷の激しいエリア
-  設置機器の飛散方向



JM-502D JM-502C JM-502B JM-502A JP-506 ANALYZER SHED JP-305B JF-505B JP-412B JP-405B JP-409B JP-501E JP-501C JF-501A JP-402A JE-610 (JE-603 継用)
 JP-507B JV-505 JP-505A JP-506A JP-412A JF-405A JP-409A JP-501D JP-501B JF-402B JP-301 JV-303
 JP-507A

発災場所と機器の飛散状況



EDC・VCM精製工程損壊状況

