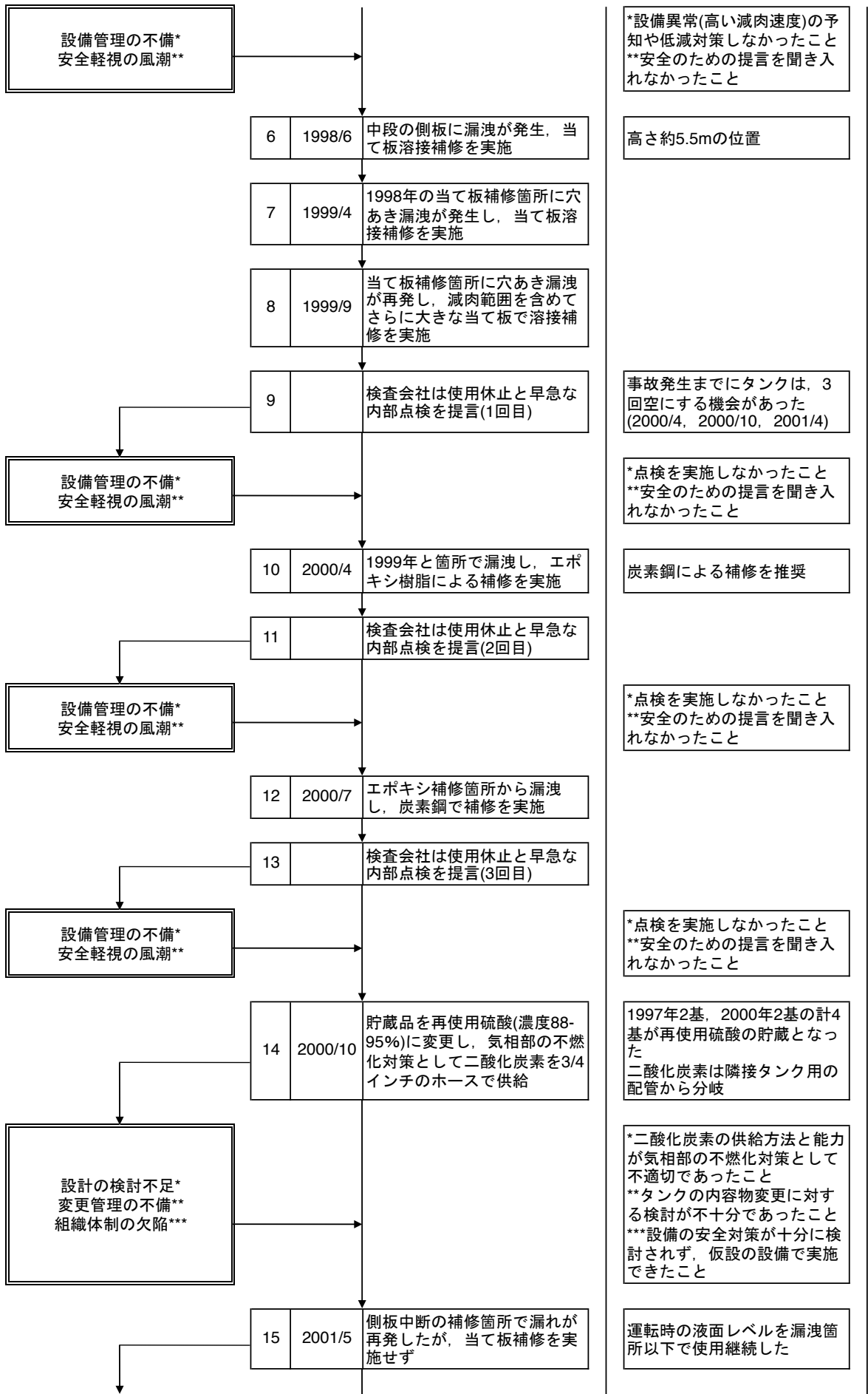
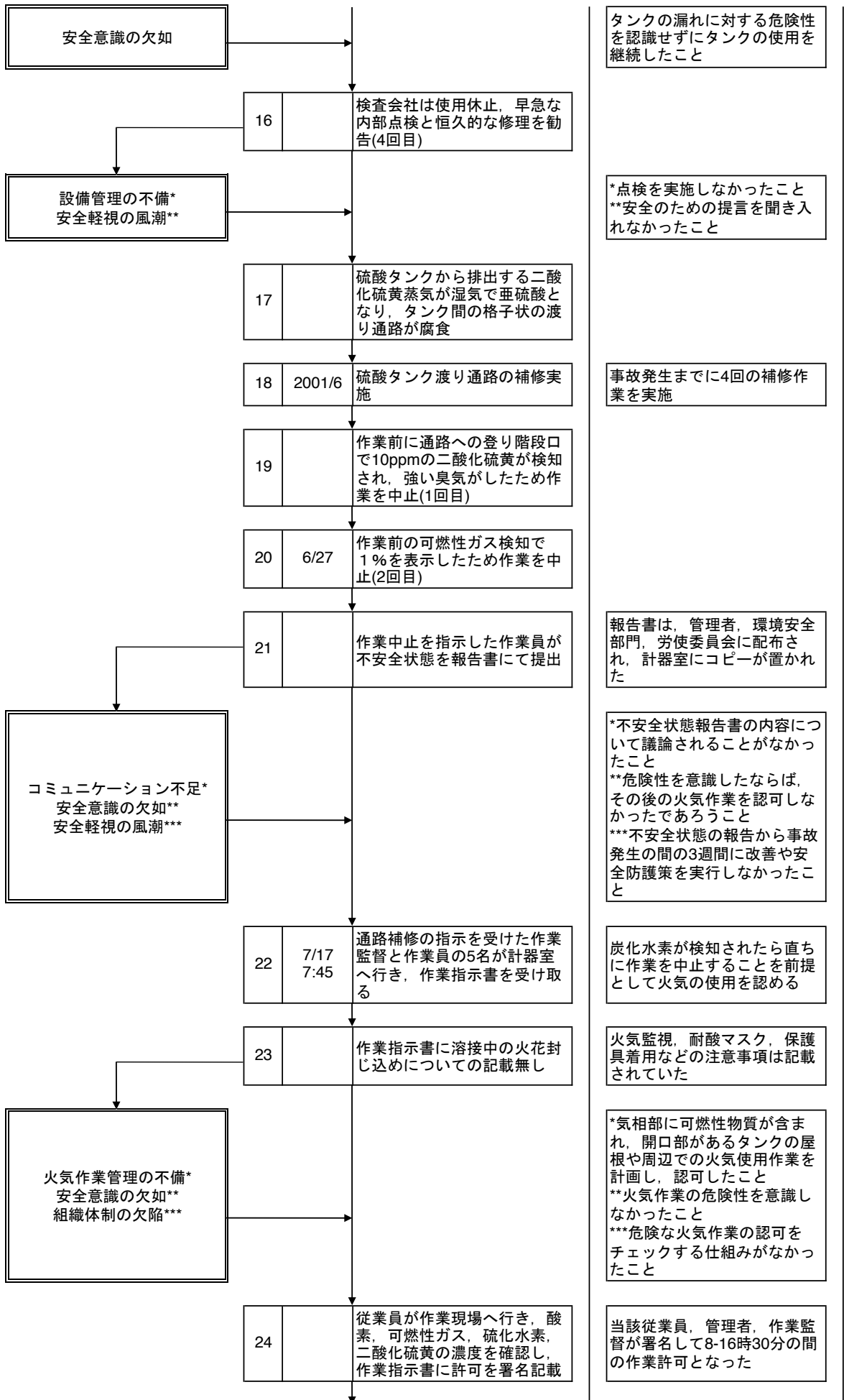
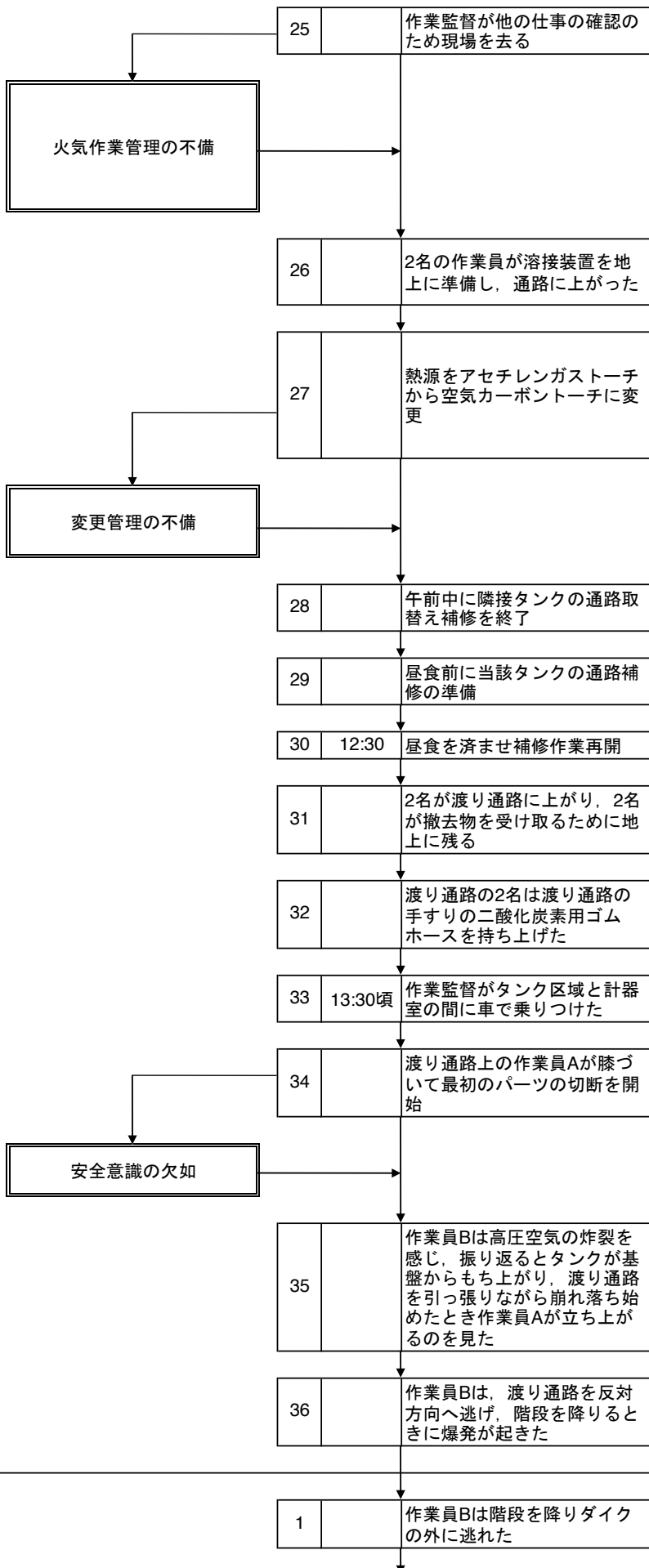


事故概要	発生日時(曜日)	発生場所
<p>2001年7月17日(火) 13:30頃, USA・デラウェア州 石油精製装置で生成するC4留分のアルキル化反応工程の触媒に使われる硫酸を貯蔵するタンク群のうち1基の硫酸タンクの溶接補修作業中にタンクの爆発が起きた。タンクは底板が膨潤するとともに設置箇所から飛散し、他の硫酸タンクも損傷して数週間にわたり硫酸の流出が継続し、合計約4,200立方mが流出した。この事故により工事作業員1名が死亡、8名が負傷した。近接したデラウェア川に大量の硫酸が流れ込み、海洋汚染および生態系に被害を与えた。事故発生に伴い米国連邦化学安全調査機関(CSB)の調査官5名と関連行政機関による原因・背景調査が行われ、当事者や関係機関に周知と再発防止策の勧告がされた。</p>		
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・当該工場は、1956年に操業を開始し、1967年に他社に買収され、その後も1984年、1989年、1998年と経営会社や合併相手が変わっている。 ・当該工場では、約650名の従業員と約300名の協力会社社員が働いていた。 ・硫酸貯蔵タンクは6基あり、同一基本設計で、いずれも直径約14m、高さ約10m、容量約1,600立方m、材質は炭素鋼で、1979年に同一の共有防液堤内に設置された。 ・貯蔵する硫酸は、当初は99%の高濃度(残りは水)であったが、その後、アルキル化工程の触媒として使用された硫酸(濃度88-95%、残りの5%以上が水)をリサイクル活用するために、6基のうち4基が1997年と2000年に2基づつ再使用硫酸の貯蔵に変更された。その際、事故を起こしたタンクは安全防護策として炭酸ガスシールとフレイムアレスター付きブリーザ弁を設置したが、炭酸ガスシールは、隣接タンクの炭酸ガス用圧力計配管から分岐して直径約2cm(3/4インチ)のホースで連結し、当該タンクの屋根にある小口径ノズルの開放箇所にはホースを差し込んだ仮設のものであり、レギュレータ1個で2基のタンクシールを行っていた。 ・爆発の影響で、硫酸が合計約4,200立方m流出し、近接したデラウェア川に約370立方mの硫酸が流れ込み、海洋汚染と魚約2,500匹およびカニ約250匹が死んだ。 ・保全検査計画は、米国石油協会の指針(API-653)に沿って5年に1回の内部検査、10年に1回の外部検査としていたが、全米腐食技術者協会(NACE)の濃硫酸用点検頻度指針(5年に1回の内部検査、2年に1回の外部検査)を採用すべきであった。 ・炭素鋼タンク中の硫酸は、反応により硫酸第一鉄と水素を生成する。硫酸第一鉄は、腐食保護層を作るが、水で希釈したり、加温されたり、攪拌されるとこの保護層が溶解して局所腐食を加速する。反応式 $Fe(鉄)+H_2SO_4(硫酸) \rightarrow FeSO_4(硫酸第一鉄)+H_2(水素)$ ・2002年10月、CSBIは最終調査報告書を提出し、調査結果に基づき当該事故工場と会社および職業安全衛生管理局(OSHA)、地区天然資源・環境管理部門(DNREC)、API、腐食技術者協会(NACE)、関連労働組合などにそれぞれ不備は正や周知の勧告を行った。 	

区分	原因事象	事故進展フロー	備考																				
経過	<p>設計の検討不足* 設備管理不備** 組織体制の欠陥***</p>	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>1979</td> <td>炭素鋼製の硫酸タンクを6基設置</td> <td>容量は約1,600立方m、99%の高濃度硫酸に使用</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1992/9</td> <td>肉圧測定で広範囲の接液箇所 で腐食減肉が腐食代(しろ)の 約半分に達していた</td> <td>屋根板には顕著な減肉は見られず</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1992/9</td> <td>検査会社が2年に1回の肉厚検査頻度を提言</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1994/7</td> <td>検査会社による内部点検の結果、 底板近くの側板でベルト状に270度の範囲で局部減肉があり、 発生箇所の溶接補修を実施</td> <td>内部点検の計画を1996年から2002年に延期</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1995/1</td> <td>最終検査報告書では、側板2箇所の腐食速度は腐食代を4年で減肉すると予測し、腐食のモニタを提言したが、実施されず</td> <td></td> </tr> </table>	1	1979	炭素鋼製の硫酸タンクを6基設置	容量は約1,600立方m、99%の高濃度硫酸に使用	2	1992/9	肉圧測定で広範囲の接液箇所 で腐食減肉が腐食代(しろ)の 約半分に達していた	屋根板には顕著な減肉は見られず	3	1992/9	検査会社が2年に1回の肉厚検査頻度を提言		4	1994/7	検査会社による内部点検の結果、 底板近くの側板でベルト状に270度の範囲で局部減肉があり、 発生箇所の溶接補修を実施	内部点検の計画を1996年から2002年に延期	5	1995/1	最終検査報告書では、側板2箇所の腐食速度は腐食代を4年で減肉すると予測し、腐食のモニタを提言したが、実施されず		<p>*タンクの設計において硫酸腐食の危険性や環境への影響を軽視したこと *大気中の湿気や雨水の混入防止策を設計に織り込まなかったこと **維持管理などの欠陥を検知し、設備の健全性を適切に保持できなかったこと ***設計の不備や維持管理の不備を改善する仕組みがなかったこと</p>
		1	1979	炭素鋼製の硫酸タンクを6基設置	容量は約1,600立方m、99%の高濃度硫酸に使用																		
		2	1992/9	肉圧測定で広範囲の接液箇所 で腐食減肉が腐食代(しろ)の 約半分に達していた	屋根板には顕著な減肉は見られず																		
		3	1992/9	検査会社が2年に1回の肉厚検査頻度を提言																			
		4	1994/7	検査会社による内部点検の結果、 底板近くの側板でベルト状に270度の範囲で局部減肉があり、 発生箇所の溶接補修を実施	内部点検の計画を1996年から2002年に延期																		
5	1995/1	最終検査報告書では、側板2箇所の腐食速度は腐食代を4年で減肉すると予測し、腐食のモニタを提言したが、実施されず																					







火気作業管理の不備

変更管理の不備

安全意識の欠如

気相部に可燃性物質が含まれ、開口部があるタンクの屋根や周辺での火気使用作業において、危険物の連続モニタリングなどが実施されなかったこと

腐食被害が大きい渡り通路を切断し、新規のものの溶接を計画していた

アセチレンガスストーチでは、格子の錆が多く熱せられなかったため
空気カーボンストーチは熱せられ溶融した金属が広範囲に飛散する

火気使用作業の作業条件の変更時の再度の作業安全確認などが実施されなかったこと

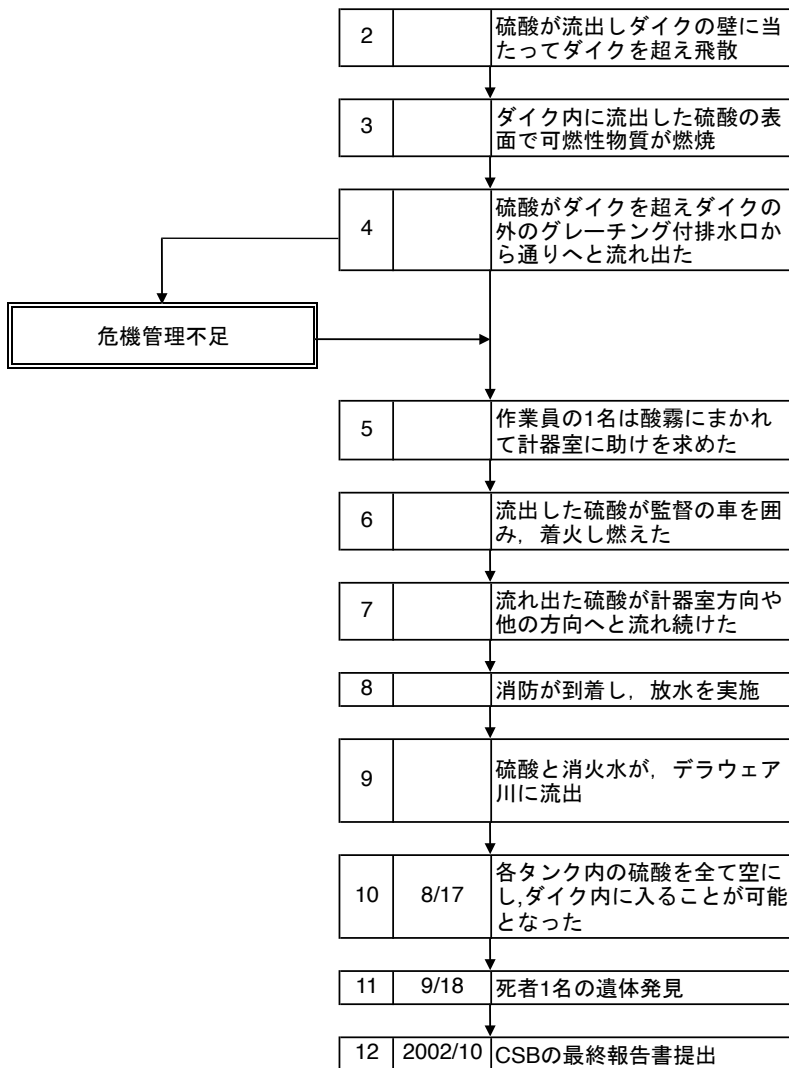
当該タンクの炭酸ガスシール用仮設ホース

もう1名の作業員Bは作業を背にして立っていた

火気作業の危険性を意識しなかったこと

対応操作

階段の途中で別の作業員に会い、助け合いながら避難した



危機管理不足

硫酸流出防止用のダイクの容積が不足していたこと

8名が顔、のど、手足に硫酸霧を浴び葉傷を負った

爆発後5分以内

工場の廃水中和処理システムはあふれて処理できなかった流出量(推定)約370立方m

恒久的対応策

1	安全管理	過去のトラブルの分析や専門家による検査報告書のレビュー、適切な保全計画を含む意思決定の仕組みの構築と実施
2	設備設計	可燃性物質を含むか、含む可能性がある既存タンクが、適切な不活性ガスシール設備と緊急放出装置を有するかどうかを含めた設計レビューの実施
3	変更管理	タンクの機能と内容物、不活性ガスシールシステムや緊急放出装置などのタンク周辺機器の変更の際のレビューの管理
4	安全管理	火気使用作業を見直し、物質を連続または周期モニタリングが必要な作業環境の制定
5	安全管理	問題を解決する管理者の指定、問題が解決されない場合に上層の管理レベルに上げる仕組み、危険情報を伝達する仕組みを組み込んだ不安全情報報告システムの構築と労働組合の協力による仕組みの実効化

CSB勧告(事業所に対する) CCPSの技術管理ガイドラインを参考

CSB勧告(事業所に対する) CCPSの技術管理ガイドラインを参考

CSB勧告(事業所に対する)

CSB勧告(事業所に対する)

CSB勧告(事業所に対する)

	6	安全監査	CSB報告書の内容と勧告を全従業員と協会社社に通知し、貯蔵タンクの設備の健全性や設計、不安全状態報告書、火気作業、変更管理および工場の責任体制の定期監査を行い、監査結果を全従業員で共有し、指摘事項の実行を確認すること	CSB勧告(事業所に対する)	
	7	安全標準	大気圧下で大量の可燃性物質と連結し、潜在的に破壊的な漏洩を伴う貯蔵タンクの安全管理標準(PSM, 29CFR)の適用範囲を確実にすること	CSB勧告(OSHAに対する)	
	8	法規制	地上保管タンク法*に則り作成される規則において人々や環境に危険をもたらすタンク腐食に対して迅速な措置をとることを義務づけること	CSB勧告(DNRECに対する) *Jeffrey Davis Aboveground Storage Tank Act	
	9	安全基準	未使用硫酸や再使用硫酸を貯蔵するタンクの検査を少なくともNACEの最新の基準(RP 0294-94)の頻度で実施するため、設計、製作、および、常温での濃硫酸や油の貯蔵タンクの検査に関するAPIの指針をよりよくするためにNACEと協同作業をすること	CSB勧告(APIおよびNACEに対する)	
	10	安全基準	側板や屋根の穴開きまたは最小許容肉厚を超えて薄くなった可燃性物質を含むかもしれないタンクは、即時の修理または使用禁止とするためにAPIのタンク検査基準を改正すること	CSB勧告(APIに対する)	
	11	安全基準	APIの実施基準で不活性ガスシールが推奨される環境、適切な配管径や不活性ガスの選定、警報装置を含む計装システムなどの不活性ガスシール設備の装置設計を示し、再使用硫酸タンクのように可燃性物質を貯蔵するタンクに不活性ガスシールの設置を推奨すること	CSB勧告(APIに対する)	
	12	安全管理	事業者の不安全状態報告プログラムの設計、実施に協力すること	CSB勧告(製紙、化学品、エネルギー産業労働組合に対する)	
	13	情報共有	CSB報告書の調査結果と勧告事項を会員に通知すること	CSB勧告(API, NACE, その他機関: PACE, NPRAなどに対する)	
	14	安全意識	特に火気作業などでは、作業者自らが作業の危険に対する意識を持つこと、また、そのような意識を持つように教育すること	RISCAD提案	

教訓	<p>・ 安全の責任は上流にある：経営層が安全最優先の姿勢を示さなければ、従業員の安全意識の向上ははかれない。安全を軽視してコストを優先し、設備設計、設備管理、火気作業管理などが不十分であったのは、経営層の安全に対する姿勢の問題が大きい。</p>			
	<p>・ 現場の声を掘り起こせ：安全に対する懸念や提言を誰もが声に出すことができる風土、組織としてそれを取り上げ、修正する風土、体制を創ることが大切。</p>			
	<p>・ 材料にも好みがある：貯蔵タンクなどに用いられている材料には、耐食性など安全に利用できる適用範囲が限定されている場合が多い。強酸などを工業的に大量に取り扱う場合には、濃度や水分などのわずかなズレが腐食の原因となる可能性がある。適用範囲内の条件を維持するための設計と管理が重要である。</p>			