



流動接触分解装置の運転調整に失敗し、フレア配管が破裂・爆発

基本事項	
事例番号	00205
投稿日	2007/11/28
タイトル	流動接触分解装置の運転調整に失敗し、フレア配管が破裂・爆発
発生年月日	1994/07/24
発生時刻	13:22
気象条件	天候： 気温： 湿度：
発生場所（国名）	イギリス
発生場所（都道府県、州、都市など）	ミルフォードヘブン
プロセス	石油精製

事故事象	
事故事象	<p>概要</p> <p>1994年7月24日、落雷により原油蒸留装置の火災が発生し、引き続き施設の障害、停電が起こった。</p> <p>その後、流動接触分解装置（FCCU）回収セクションの運転調整に失敗し、フレアロックアウトドラムが満杯となり、流れた液体の圧力でフレアラインが破裂、蒸気雲を形成し爆発した（13時22分）。火災収束までに36時間を要し、爆発発生から2日半後に鎮火した。</p> <p>被害規模は大きく、製油所外の家屋の多くが窓ガラス破損等の被害を受けた。この事故で一般市民を含む26名が打撲または裂傷などを負った。</p> <p>【事故事象コード】火災・爆発</p> <p>経過</p> <p>（1）落雷により原油蒸留装置から火災が発生し、停電により各装置はその措置に追われた。</p> <p>（2）9時前、流動接触分解装置（FCCU）のデエタナイザーのフローが停止し、デエタナイザーのレベル低下により、バルブAが閉止した。このためデブタナイザーのフィード不足を引き起こし、デブタナイザーのレベル低下により、排出バルブBが閉止した。</p> <p>デブタナイザー内の炭化水素は出口を失い、蒸発し、内部圧力が上昇した。安全弁が開き、1回目はフレアロックアウトドラムへ、その後はフレアに直接ガス抜きが起こった。</p> <p>（3）9時過ぎ、デエタナイザー液レベルが回復したので、バルブAは開放され、デブタナイザーへのフローも回復した。本来ならバルブBが開き炭化水素はデブタ</p>



流動接触分解装置の運転調整に失敗し、フレア配管が破裂・爆発

ナイザーからナフサスプリッターに流れるはずであったが、バルブBは固着して開かなかった。

(4) 制御室のディスプレイではプロセス全体を見渡せず、計器類はバルブBが開いていることを示していたが、プロセス全体やマスバランスを示すものがないため、実際にはナフサスプリッターへのフローがないことを発見できなかった。

(5) オペレータは満杯のデブタナイザー・オーバーヘッド・ドラムからバルブCを開けたがデブタナイザーへの液体の蓄積を抑えられず、10時過ぎデブタナイザーからフレアロックアウトドラムを経由してフレアに2度目のガス抜きが起こった。

(6) バルブCの開放で中間ドラムのレベルが上昇し液体があふれ、10時8分にコンプレッサは停止した。大量のガスが行き場を失い、フレアスタックに排気した。

(7) フレアへの排気により、フレアロックアウトドラムのレベルが急上昇した。あふれた液体をスチームホースを用いてフレアラインに排出させようとしたことで更に増加した。ウェットガスコンプレッサは12時28分に運転を再開したが、当該装置を通じたフローが増加しただけでなく、デブタナイザーの圧力も更に高まった。

バルブBが閉止されていたため、12時46分にデブタナイザーからフレアへ3度目のガス抜きがあり、このガス抜きは36分後に爆発が起こるまで続いた。

(8) オペレータは、再びデブタナイザーの圧力を軽減するため、バルブCを開放し、ウェットガスコンプレッサへ逃した。ウェットガスコンプレッサはドライ・エンドへのオーバーフローのため13時22分に停止した。その結果大量のガスをフレアへ排出する必要があった。

しかし、フレアドラムは設計容量を超えて満杯で、槽を通過するガスの速い流れにより、液体はロックアウトドラム排出管に向った。排出管は液体を想定した設計ではなく、腐食で穿孔が生じ、周辺の肉厚は0.3mmまで低下していた。

液体の流入により、配管エルボ部が破損し、20トンの炭化水素が流出した。これらは蒸気雲を形成し、爆発が発生した。

(9) オペレータは施設の3つのフレアシステムの内2つが爆発と火災で機能しなくなった際、プロセス装置を停止し、隔離した。

(10) 火災は発生から約2日半後に鎮火した。フレアシステムが機能しなかったため、炭化水素の発生源を取り除くまで燃焼を継続させた。また、消防隊は槽や機器を冷却をした。

原因

フレアロックアウトドラムへの想定外の液体の流入に対して適切な対応が取れなかった原因

(1) 12時56分に高レベル警報が作動しているが対応がとられなかった。警報の大部分は不必要に頻度を高めて鳴るように設定されていたため、制御室では多くの警報音が鳴り響いていた。このためオペレータは状況を正確に把握することができなかった。



流動接触分解装置の運転調整に失敗し、フレア配管が破裂・爆発

(2) 数年前に環境面と経済性面からフレアドラムのポンプ排出システムの変更が行なわれ、液体が自動的に装置外部のスロップタンクへ汲み出されるのを妨げた。変更前は液体が指定レベルに達すると自動的にスロップタンクへ汲み出されたが、変更後は液体は排出された後、循環するようになっていた。また汲み出すためには手動操作が必要だった。従ってシステム内の液体は全く減少しなかった。

起回事象・進展事象

起回事象		バルブBが固着し開放せず 【起回事象コード】静止機器の故障、機能喪失・低下									
起回事象の要因	1	バルブBの固着 【要因コード】直接要因>保守・点検要因>保守・保全不良									
進展事象・進展事象の要因	1	デブタナイザーの液レベル上昇し、フレアノックアウトドラム経由でフレアに2度目のガス抜き発生 【事象コード】プロセス状態の変動・異常 要因一覧 <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>要因(テキスト)</th> <th>要因(コード)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>オペレータが装置の全体的なマスバランスを判断できる情報がないためバルブBの閉を見抜けぬまま運転対応</td> <td>直接要因>設計要因>電気・計装設計不良</td> </tr> </tbody> </table>	No	要因(テキスト)	要因(コード)	1	オペレータが装置の全体的なマスバランスを判断できる情報がないためバルブBの閉を見抜けぬまま運転対応	直接要因>設計要因>電気・計装設計不良			
No	要因(テキスト)	要因(コード)									
1	オペレータが装置の全体的なマスバランスを判断できる情報がないためバルブBの閉を見抜けぬまま運転対応	直接要因>設計要因>電気・計装設計不良									
	2	フレアノックアウトドラムのレベル急上昇 【事象コード】プロセス状態の変動・異常									
	3	ノックアウトドラム排出管に液化石油ガス流入 【事象コード】プロセス状態の変動・異常 要因一覧 <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>要因(テキスト)</th> <th>要因(コード)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>フレアノックアウトドラムの高レベル警報が作動したが、オペレータは警報の洪水で未対応(警報レベル設定の検討不足)</td> <td>直接要因>情報要因>プロセス特性・危険性の評価・検討不足</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>液体が自動的に装置外部の貯蔵タンク(スロップ)へ汲み出されなかった</td> <td>間接要因>管理・運営要因>変更管理制度の不備・不十分</td> </tr> </tbody> </table>	No	要因(テキスト)	要因(コード)	1	フレアノックアウトドラムの高レベル警報が作動したが、オペレータは警報の洪水で未対応(警報レベル設定の検討不足)	直接要因>情報要因>プロセス特性・危険性の評価・検討不足	2	液体が自動的に装置外部の貯蔵タンク(スロップ)へ汲み出されなかった	間接要因>管理・運営要因>変更管理制度の不備・不十分
No	要因(テキスト)	要因(コード)									
1	フレアノックアウトドラムの高レベル警報が作動したが、オペレータは警報の洪水で未対応(警報レベル設定の検討不足)	直接要因>情報要因>プロセス特性・危険性の評価・検討不足									
2	液体が自動的に装置外部の貯蔵タンク(スロップ)へ汲み出されなかった	間接要因>管理・運営要因>変更管理制度の不備・不十分									
	4	配管破損 【事象コード】静止機器の腐食・劣化・破損 要因一覧 <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>要因(テキスト)</th> <th>要因(コード)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No	要因(テキスト)	要因(コード)						
No	要因(テキスト)	要因(コード)									



流動接触分解装置の運転調整に失敗し、フレア配管が破裂・爆発

	No	要因(テキスト)	要因(コード)
	1	配管の腐食	直接要因 > 保守・点検要因 > 点検・検査不良
	5	液化石油ガス噴出、蒸気雲の形成 【事象コード】漏洩・噴出	
	6	爆発・火災 【事象コード】火災・爆発	
事故発生時の運転・作業状況	トラブル発生時の運転対応中 【補足説明】 落雷による停電・他装置の火災トラブル対応中		
起回事象に関係した人の現場経験年数	不明・該当せず		

装置・系統・機器			
起回事象に関連した装置・系統	流動接触分解装置 > デブタナイザー系		
起回事象に関連した機器	静止機器 > 弁 > 調節弁 【補足説明】液面調節計		
発災装置・系統	1	その他装置 > 系統 (テキスト入力) 【補足説明】《フレア》 (系統不明)	
発災機器	1	静止機器 > 配管 > 配管本体 【補足説明】30B排出管 エルボ部	
事故に関連したその他の機器	1	静止機器 > 塔 (蒸留塔、精留塔など) > 蒸留塔、精留塔など 【補足説明】デエタナイザー、デブタナイザー	
	2	静止機器 > 槽 > 槽 【補足説明】フレアロックアウトドラム	
	3	静止機器 > 弁 > 調節弁 【補足説明】レベル調節計	
	4	静止機器 > その他の静止機器 > その他の静止機器 (テキスト入力) 【補足説明】フレアスタック	
	5	計装機器 > DCS、コンピュータ > DCS、コンピュータ 【補足説明】ディスプレイ	
運転条件			



流動接触分解装置の運転調整に失敗し、フレア配管が破裂・爆発

主要流体	液化石油ガス
材質	炭素鋼

被害状況	
被害状況（人的）	死者：不明 負傷者：26名
被害状況（物的）	<ul style="list-style-type: none"> ・爆発現場近くの建物の全壊 ・施設外の窓、屋根への被害 ・建物、容器、塔、タンクの被害 ・制御室内部の損傷
被害状況（環境）	
被害状況（住民）	市街地の商店や他施設の窓に被害

検出・発見	
事故の検出・発見時期	1 オンボード、パネル監視中に検出・発見 【補足説明】落雷による停電・他装置火災対応中
事故の検出・発見方法	1 プロセス計器・ガス検知器など 【補足説明】警報音

想定拡大と阻止	
重大事故への拡大阻止策・処置	
想定重大事故	火災の拡大

再発防止と教訓	
再発防止対策	<p>【提言】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 安全管理システムには、同種施設の過去の事故情報を蓄積し、検索し、見直す手段を備える。またシステムそのものの有効性に関する監視機能を備える。 2. ディスプレイ・システムは、質量・容量バランスの概要を含めプロセス全体の状況が確認できるような構成とする。 3. オペレータは、装置内のレベルや流量に問題が生じた場合、簡単な質量・容量バランスを確認できる能力を身につける。 4. スタッフの訓練に以下の内容を盛り込む。



流動接触分解装置の運転調整に失敗し、フレア配管が破裂・爆発

- (1) 高い緊張状態下での実際の操作上の役割に関する知識および能力の評価
 - (2) 緊急停止操作を開始するタイミング、事故等の緊張下での効果的な作業など想定外の事態への対応に関するガイダンス
5. 警報の利用と構成に関しては、次の点に留意する。
- (1) 重要な安全警報は他の通常警報と区別する。
 - (2) 警報の数はオペレータが監視できる範囲に留める。
 - (3) 施設の安全をオペレータの警報への対応に委ねるべきではない。
6. 故障すると大事故につながるような、プロセスの安全性に関わるプラントの重要構成要素を特定すべきである。安全システムは、機能および適切な保全レベルを体系的に決定できるように、リスク分析に基づいて仕様を定め、設計すべきである。
7. プラントの新設、設備変更やプラントのレイアウト見直しの際には、建設場所や適切性についてリスク評価を実施する。
8. フレアシステムが関係するプロセスでは、フレアロックアウトドラムからのスロップ排出について、ドラムが満杯にならないように排出を迅速に開始する。また適切な速度で排出するよう調整する必要がある。
9. 設計段階で特定された安全性に関する全問題点に変更後に確実に反映されるように、変更の際は、危険性の特定や操作性分析のための公式かつ統制された手順を用意する。
10. 全ての安全上重要な部品を包括的な検査計画に含める。
11. 腐食に関する検査計画では、大きな腐食が見込まれる測定点の数と場所の特定に留意する。
12. 配管及び容器の限界許容肉厚を設定する際には、圧力だけでなく、見込まれる全ての操作条件を考慮する。
- 【企業の取った対策】**
1. リリーフ・システムの包括的見直し。
 2. 通常時および異常時の流動接触分解装置（FCCU）運転状態を再現可能な訓練用シミュレータの開発。
 3. オペレータ、監督者及び管理者の役割と責任に関する訓練の実施。
 4. 制御システムのディスプレイの改善、オペレータへの負荷を軽減するための警報システムの合理化。
 5. 重要施設の特定手順、予防保全および検査計画の見直し、および改善。

教訓

1. 大事故では、多くの偶発的な失敗が重なり最終的に爆発、火災、有害物質の漏洩などに至るのが一般的である。
2. この事故から得られる教訓は、いずれも世界の重大事故で以前から取り上げられてきたものばかりである。危険物を取り扱うプラントの運営責任者は、過去の教訓に注意を促すシステムを整備しなければならない。



流動接触分解装置の運転調整に失敗し、フレア配管が破裂・爆発

安全専門家のコメント

安全専門家のコメント

1. 運転に異常が発生したとき運転技術者は、流量、液面、温度、圧力などからここがおかしいという仮説を立て、それが成り立つかを検証し、もしそうでなかったら次の仮説へと展開する。その情報を一画面で見ることができなかつたら判断が極めて難しくなる。情報の読み取りに支障がなければ優秀な運転技術者は数秒間で二桁の仮説・検証・原因特定を行なう。
2. 参考文献では、バルブBは当日スティックにより閉止したとしているが、対応中多くの計器に異常な動作があったので、英国安全衛生庁（HSE）が検証したところ、39の検証対象の内24について、軽微な機械的故障からループを機能不全にするような欠陥が発見されたとある。そしてそれらは当日に発生したものではないとしている。このような劣悪な制御室では正確な判断・運転はできない。

添付資料・参考文献・キーワード

参考資料（文献など）

- ・ Health & Safety Executive (HSE), "The explosion and fires at the Texaco Refinery, Milford Haven, 24 July 1994", 1997

▶ 添付資料



[図1 プロセスフロー図](#) (52 KB)



[図2 フレアロックアウトドラムまわり（変更前）](#) (46 KB)



[図3 フレアロックアウトドラムまわり（変更後）](#) (49 KB)

▶ キーワード(>同義語)

- 🔑 槽 > ドラム, 受槽, ベッセル
- 🔑 常圧蒸留塔 > CDU, トッパー, トッピング, 蒸留塔, PS
- 🔑 配管 > パイプ
- 🔑 DCS
- 🔑 デブタナイザー系
- 🔑 コントロールバルブ > 調節弁, CV, 制御弁

▶ 関連情報