



## 水素製造装置の炭酸水素カリウムタンク爆発

| 基本事項              |                      |
|-------------------|----------------------|
| 事例番号              | 00150                |
| 投稿日               | 2007/04/02           |
| タイトル              | 水素製造装置の炭酸水素カリウムタンク爆発 |
| 発生年月日             | 1996/07/22           |
| 発生時刻              |                      |
| 気象条件              | 天候：<br>気温：<br>湿度：    |
| 発生場所（国名）          | カナダ                  |
| 発生場所（都道府県、州、都市など） | アルバータ州               |
| プロセス              | 石油精製                 |

| 事故事象 |   |
|------|---|
| 事故事象 | <p><b>概要</b></p> <p>1996年7月22日、水素製造装置の炭酸水素カリウムタンクで水素爆発が発生した。爆発により屋根が152m吹き飛ばされ、軽油水素化脱硫装置の熱交換器の3つのノズルを切断し、軽油が61mの高さに噴出した。</p> <p>直ちに蒸気雲通過路上の装置の原料供給を減少し、加熱炉、軽油水素化脱硫装置を緊急停止した。蒸気雲への火災爆発は幸いにも起こらなかった。また炭酸水素カリウムタンク付近にいた従業員1名が軽傷を負った。</p> <p>【事故事象コード】火災・爆発</p>   |
|      | <p><b>経過</b></p> <p>(1) 1996年7月22日の午後、水素製造装置からストレーナーを取り除くため、二酸化炭素除去システムを手順通りに停止した。</p> <p>(2) 二酸化炭素除去システムはプロセスフロー（添付資料図）のように、吸収塔入口弁で隔離した。容器中の液体レベルを調整するため、吸収塔と再生塔の内容物から炭酸水素カリウムの一部を除去する必要がある。</p> <p>(3) 炭酸水素カリウムの後流は、再生塔底部のポンプにより、液体移送ラインを通り炭酸水素カリウムタンクに送られた。一方、底部ポンプにより、バルブ1を通して、吸収塔に返された。バルブ1は、再生塔の底部ポンプが停止された後も開の状態であった。</p> <p>(4) オペレータは液体移送ラインが振動し始めた時、炭酸水素カリウムタンクをシステムから隔離しようとしていた。続いて起こった爆発で炭酸水素カリウムタンクの屋根が外れ、152m飛ばされ、近くの軽油水素化脱硫装置に落下した。タンク近くで作業していた従業員1名は爆発により負傷したが、その場を離れることが</p> |



## 水素製造装置の炭酸水素カリウムタンク爆発

|    |  |
|----|--|
|    | <p>できた。</p> <p>(5) 屋根落下の際、熱交換器出口配管の3つのノズルを切断し、圧力12.4MPaの軽油が噴出した。風により大量の蒸気雲が、近接する装置および建設現場に流れ、約14万m<sup>2</sup>の敷地がガス雲で覆われた。</p> <p>(5) 蒸気雲通過路上の装置への原料供給を減少し、加熱炉、軽油水素化脱硫装置を緊急停止した。また緊急対応部門が消火活動を行った。消火活動中、人員や車両に対する通行規制は実施されなかった。</p>   |
| 原因 | <p>(1) ポンプ停止後3分以内に、開放されたままの液体移送ラインのバルブ1を通して、高濃度水素ガス(0.517MPa)が吸収塔からタンクに逆流した。当時炭酸水素カリウムタンクの液量は約15%であった。高濃度水素ガスはタンクに流入すると、タンク中に爆発性混合気をつくり直後に着火した。</p> <p>(2) 着火源は不明だが、タンク屋根ベントからの排気ガスにより生じた静電荷の可能性はある。</p> <p>(3) 水素ガス逆流の可能性に関しては、全装置停止手順の中で表面的には対応がなされていたが、二酸化炭素の最終段階(back-end)の停止手順では対応がなされていなかった。</p> <p>(4) 配管構成は水素逆流が起こりうる設計であった。過去にもこのタイプのニアミスが何度か起こっており、逆流を防ぐために、オペレータが手動バルブ位置やポンプ操作を調整して対応した。また、タンクへの高濃度水素ガス逆流の危険性に対する認識の甘さがあった。</p> |

### 起回事象・進展事象

|              |   |
|--------------|---|
| 起回事象         | 水素ガスが炭酸水素カリウムタンクに逆流<br>【起回事象コード】プロセス状態の変動・異常  |
| 起回事象の要因      | <p>1 バルブ1が開状態<br/>【要因コード】直接要因&gt;人的要因&gt;誤操作・不作為など</p> <p>2 装置停止手順書における水素ガス逆流防止処置が不適切<br/>【要因コード】間接要因&gt;管理・運営要因&gt;作業の基準・マニュアル類の不備・不十分</p> <p>3 逆流しうる配管設計であり、これまで逆流防止に対して手動バルブの位置やポンプ操作で対応<br/>【要因コード】直接要因&gt;設計要因&gt;機器・配管設計不良</p> <p>4 タンクへの高濃度水素ガス逆流の危険性に対する認識の甘さ<br/>【要因コード】直接要因&gt;情報要因&gt;プロセス特性・危険性の評価・検討不足</p> |
| 進展事象・進展事象の要因 | 1 <b>タンク中に爆発性混合気を形成</b><br>【事象コード】プロセス状態の変動・異常  |



## 水素製造装置の炭酸水素カリウムタンク爆発

|                   |                |   |
|-------------------|----------------|---|
|                   | 2              | タンク屋根ベントからの排気ガスにより生じた静電荷により着火<br>【事象コード】着火源の存在、発火 |
|                   | 3              | 爆発<br>【事象コード】火災・爆発                                |
|                   | 4              | 人身障害<br>【事象コード】火傷・怪我・急性暴露など人身傷害                   |
|                   | 5              | 軽油放出による蒸気雲発生<br>【事象コード】漏洩・噴出                      |
| 事故発生時の運転・作業状況     | 装置・機器のシャットダウン中 |   |
| 起因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       |  |  |
|----------------|--|--|
| 起因事象に関連した装置・系統 | 水素製造装置＞脱炭酸系                                    |  |
| 起因事象に関連した機器    | 静止機器＞槽＞槽<br>【補足説明】炭酸水素カリウムタンク（525KL、直径7m、高さ9m） |  |
| 発災装置・系統        | 1  | 水素製造装置＞脱炭酸系                                    |
| 発災機器           | 1  | 静止機器＞槽＞槽<br>【補足説明】炭酸水素カリウムタンク（525KL、直径7m、高さ9m） |
| 事故に関連したその他の機器  | 1  | 静止機器＞弁＞手動弁<br>【補足説明】バルブ1                       |
|                | 2  | 動機器＞ポンプ＞その他のポンプ（テキスト入力）<br>【補足説明】再生塔底部ポンプ      |
|                | 3  | 静止機器＞塔（蒸留塔、精留塔など）＞再生塔                          |
|                | 4  | 静止機器＞塔（蒸留塔、精留塔など）＞その他の塔（テキスト入力）<br>【補足説明】吸収塔   |
|                | 5  | 静止機器＞配管＞配管本体<br>【補足説明】液体移送ライン                  |
|                | 6  | 静止機器＞ストレーナ&フィルター＞ストレーナ&フィルター<br>【補足説明】ストレーナ    |



## 水素製造装置の炭酸水素カリウムタンク爆発

|      |                           |
|------|---------------------------|
| 運転条件 | 圧力:0.517MPa (逆流した高濃度水素ガス) |
| 主要流体 | 高濃度水素ガス                   |
| 材質   |                           |

|           |                            |
|-----------|----------------------------|
| 被害状況      |                            |
| 被害状況 (人的) | 死者：なし<br>負傷者：1名            |
| 被害状況 (物的) | 軽油接触水添処理装置8日間停止、損害額：20万米ドル |
| 被害状況 (環境) |                            |
| 被害状況 (住民) |                            |

|            |   |                                       |
|------------|---|---------------------------------------|
| 検出・発見      |   |                                       |
| 事故の検出・発見時期 | 1 | その他 (テキスト入力)<br>【補足説明】目撃情報            |
| 事故の検出・発見方法 | 1 | 五感 (異音、異臭、振動、目視など)<br>【補足説明】炎目視と爆発の異音 |

|                |                                       |
|----------------|---------------------------------------|
| 想定拡大と阻止        |                                       |
| 重大事故への拡大阻止策・処置 | 軽油接触水添処理装置の停止<br>加熱炉の停止<br>製造設備への供給停止 |
| 想定重大事故         | 蒸気雲の爆発 (ファイヤーボール)                     |

|         |   |
|---------|---|
| 再発防止と教訓 |   |
| 再発防止対策  | <p>操作手順はプロセスのリスクや危険を考慮して評価する。</p> <p>作業前に危険性評価を実施する。ストレーナを取り除く作業は通常業務ではない。作業計画と管理には、担当者間の危険性に関する議論が含まれていなかった。プロセス、メンテナンス、技術担当者が関与して作業開始前に危険性の議論をすることを作業計画基準に含めるよう改訂した。</p> <p>リスク評価を全プロセス配管設計について実施するよう見直した。</p> <p>この事故では大量の蒸気雲が発生したため、より大きな被害を受ける可能性があった。緊急時準備計画には、大規模な緊急事態を含めるべきであり、オペレー</p> |



## 水素製造装置の炭酸水素カリウムタンク爆発

|    |  |
|----|--|
|    | <p>タと緊急対応担当者により計画の見直しを実施した。見直し後の緊急時対応には早期の交通規制、見物人誘導が含まれている。</p> <p>近隣事務所棟の窓は爆風にも耐えられるものに変更することが検討された。人が使用する建物の建設位置基準が作成され、様々な緊急対応計画でシェルターの概念が検討された。</p> |
| 教訓 | <p>作業手順変更管理を適用することの重要性（作業に関連する危険を認識する）及びプロセス配管の徹底的な見直しの必要性。</p>  |

### 安全専門家のコメント

#### 安全専門家のコメント

参考文献の記述内容から、脱炭酸系は吸収塔入口で切り離されており、吸収塔の塔底の液面は不足し、再生塔の液面は過剰で、系からタンクに炭酸水素カリウムを抜き出す必要があった。

手順としてはまず、バルブ1を開として塔底ポンプを運転し吸収塔の液面を正常にする。塔底ポンプを停止しバルブ1を閉とする。

次にタンクまでのラインを確立し、タンク入口のバルブを開とし、塔底ポンプを起動して、出口バルブで流量を調節しながら、再生塔の液面が正常となるまで抜き出す。再生塔の圧力を減圧にしてはならない。

このような手順は、運転技術者として当然組み立てることができなければならない。手順としては複数のケースがあるように思えるが、最も安全に実行できるケースはいつの場合も一つである。その判断は圧力、温度、液面などの条件を基準にして、運転のエネルギーが最も下がり、操作の数が最もシンプルとなるケースを選択する。

### 添付資料・参考文献・キーワード

#### 参考資料（文献など）

・ K. Ann Paine, Lessons Learned from an On-Plot Refinery Tank Explosion, CCPS International Conference and Workshop "Process Industry Incidents", P.3-8, 2000

#### ▶ 添付資料



[図 二酸化炭素除去システムプロセスフロー](#) (118 KB)

#### ▶ キーワード(>同義語)

- 🔑 配管 > パイプ
- 🔑 フィルター > フィルタ, 濾過器, ろ材
- 🔑 再生塔 > リジェネレーター



## 水素製造装置の炭酸水素カリウムタンク爆発

- 🔑 槽 > ドラム,受槽,ベッセル
- 🔑 水素製造装置 > HPU,HM,HU
- 🔑 ストレーナー
- 🔑 塔 > タワー
- 🔑 遠心式ポンプ
- 🔑 弁 > バルブ
- 🔑 脱炭酸系
- 🔑 ポンプ
- 🔑 手動弁 > マニュアルバルブ

▶ **関連情報**