

## 高圧ガス事故概要報告

整理番号 2012-120	事故名称 重油直接脱硫装置の熱交換器チューブからの漏えい		
事故発生日時 2012-5-11(金) 10 時頃	事故発生場所 香川県坂出市		
施設名称 重油直接脱硫装置	機器名 熱交換器 (E-006B)	主な材料 チューブ STB410-SC シェル SB410+SUS316L(クラッド鋼)	概略の寸法 チューブ $\phi 25.4\text{mm} \times t6\text{mm} \times L6,000\text{mm}$ シェル $t81\text{mm}+3\text{mm}$
内容物 HP HOT FLASH GAS(炭化水素、液化石油ガス、水素など)	高圧ガス製造能力 約 34,988 千 $\text{m}^3/\text{日}$	設計圧力 シェル 16.18MPa チューブ 0.57MPa	設計温度 シェル 90°C チューブ 65°C
被害状況  重油直接脱硫装置の循環冷却水配管に可燃性ガスの混入が確認された。その後、熱交換器(E-006B)のチューブからガスが漏えいしていることを発見した(人的被害なし)。			
事故概要  9:30 頃 前日に比べて、製油所内の循環冷却水量の低下が認められ、全体整合が取れていないことから、原因調査を開始した。 10:00 頃 重油直接脱硫装置の循環冷却水ラインにて可燃性ガス溜まりを確認 各熱交換器の内部リークの確認を開始した。 14:00 頃 重油直接脱硫装置の熱交換器(E-006A/B)の循環冷却水側ベントノズルより大気ブローを実施したところ、ポータブルガス検知器にて可燃性ガス及び硫化水素を確認した。 17:00 頃 他の熱交換器などからのガス漏えいはないことを確認し、E-006A/B の内部漏えいと特定。同装置の降圧、降温を開始。 17:15 香川県危機管理課へ通報した。  5月14日(月) 15:30 頃 系内の降圧を完了した。窒素置換を開始した。 5月15日(火) 18:30 頃 スチームページを開始した。  5月17日(木) 9:00 頃 スチームページが終了し、冷却、窒素置換を開始した。 10:00 頃 E-006A/B チャンネルカバーを開放する。 14:00 頃 E-006A 漏えいのないことを確認した。 19:00 頃 E-006B 漏えい箇所を特定。250 本の U チューブのうち、1 本(#24-6)からの漏えいを確認した。 漏えい量は、内部検査のための超高压水洗浄により開口部の孔径が拡大している可能性があることと、漏れ箇所での差圧が分からることから不明である。			
事故原因  ① チューブの肉厚測定の結果、熱交換器(E-006A/B)の 2 基ともチューブ内面は孔食が散在していた。 ② チューブ外面は、下段側に局部的な著しい腐食減肉を確認した。特に下 3 段チューブのシェル出口ノズル側(低温側)の腐食が顕著であった。 ③ この熱交換器は水硫化アンモニウム濃度が高い腐食環境にあった。 ④ チューブの開口は最下段のシェル出口ノズル近傍にあり、A、B 両基ともこの付近の局部的な腐食が特に著しい。 ⑤ このため、出口ノズル付近での流体の乱れとともに、低温域表面での硫化アンモ			

ニウムの濃縮などが腐食減肉に影響したと推定した。

#### 再発防止対策

- ①熱交換器(E-006A/B)両基ともチューブ材質をSUS321に変更して、チューブバンド式を2013年7月更新予定としていたが、製油所閉鎖が発表されたことで、チューブ全数の寿命評価を実施し、残寿命2年以下のチューブにプラグ施工を行い、閉鎖までの間、既存チューブバンドルを再使用した。
- ②この熱交換器シェル内面および上流に位置する空冷式冷却機(E-005A1～A5/B1～B5)チューブは、SUS316材を用いており顕著な腐食がないことを確認した。
- ③水硫化アンモニウム腐食が懸念される軽質重油脱硫装置の類似系統(リサイクルガス系)には、熱交換器(E-006A/B)と同様なトリムクーラーはなく、空冷式冷却機のチューブはSUS316を用いており、顕著な腐食がないことを確認した。

#### 教訓

- ①水硫化アンモニウム環境では、高流速が腐食を促進し、滞留部ではスケールの付着、腐食成分の濃縮による腐食の進行が懸念されている。チューブの温度分布、ノズル付近を含む流速分布など、熱交換器内部の腐食環境が異なっている場合がある。さらに、運転後のスケール堆積により、温度分布、流速が大きく変化している場合があるので、腐食要因の変化を確実に捉え、予測することが重要である。
- ②このチューブバンドル下部の局部腐食は2005年から認められるようになっていた。腐食範囲が限られていたことから検査とりチューブ対応としていた。2011年SDMの結果、最下段チューブの寿命を2年と予測し、2013年SDMで対応することになっていた。腐食環境の変化に伴い、急速に局部腐食が進行することもあるので、安全側で評価を行なうことも必要である。

#### 備考

S/D開始:2013年6月22日(土)～STMページ終了:2013年6月29日(土)、  
7月31日製油所閉鎖

#### 事故調査解析委員会

#### 関係図面

表 熱交換器(E-006A/B)チューブの肉厚測定結果(水浸回転式超音波肉厚測定(IRIS))

単位:mm

	上段(1～12段)	下段(13～21段)	下段(22、23段)	最下段(24段)
E006A	4.4～5.6	4.2～5.1	3.0～4.8	3.6～4.6
E006B	5.4～6.3	4.2～5.4	3.1～5.1	1.5未満～5.8
最大腐食率 (mm/yr)	0.34	0.56	1.34	— (チューブ開口)

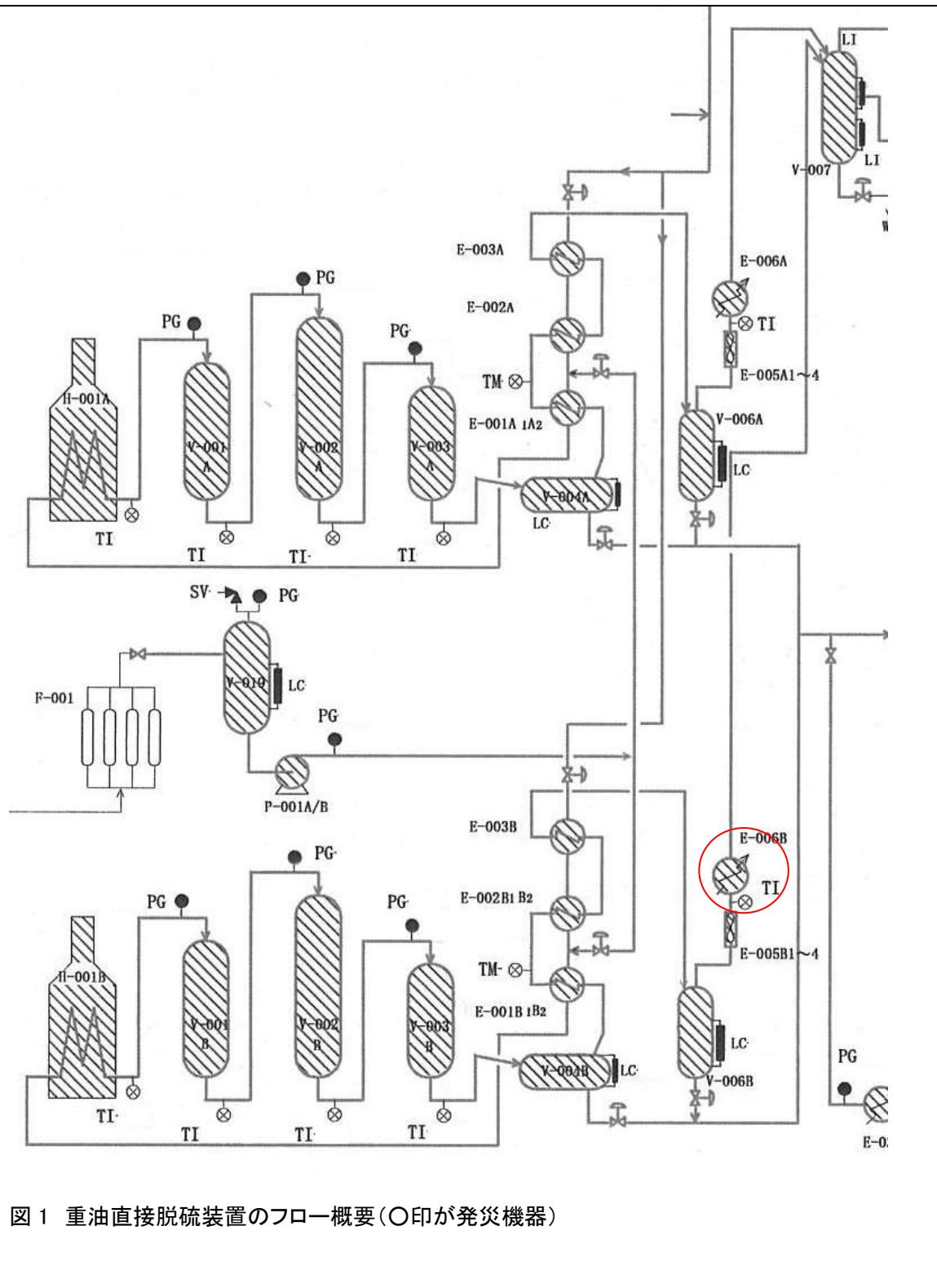


図 1 重油直接脱硫装置のフロー概要(○印が発災機器)

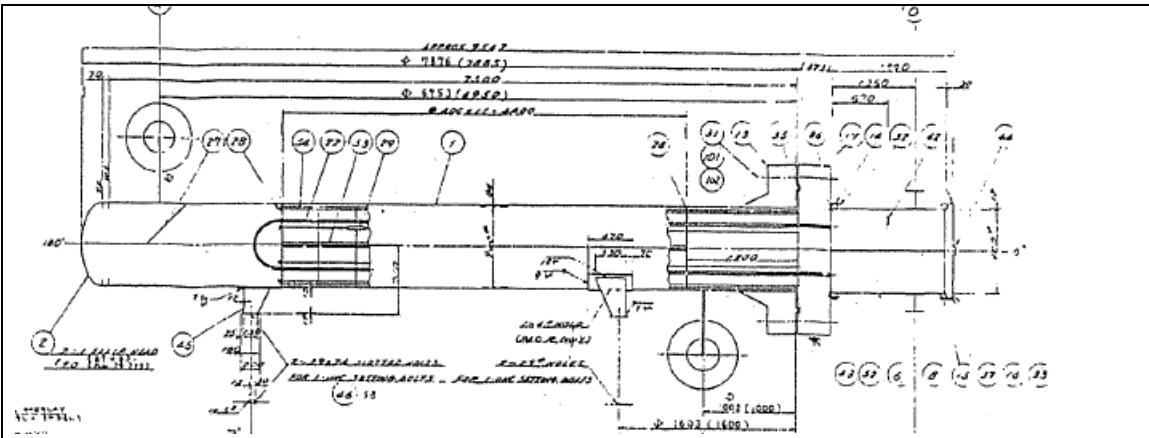


図2 热交換器(E-006A/B)の概要

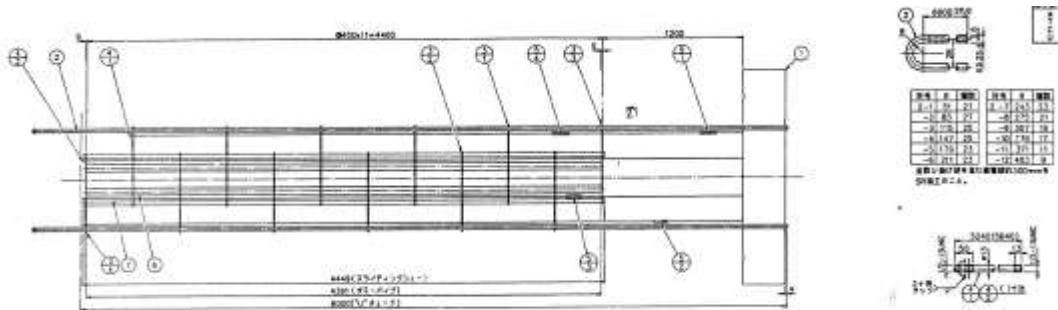


図3 チューブバンドルの概要

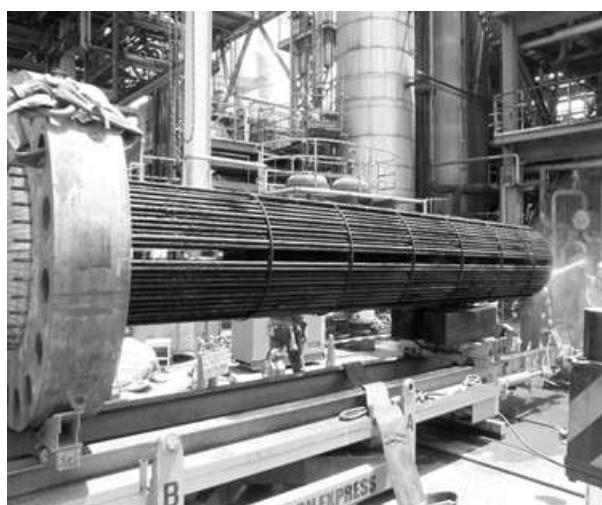


写真1 事故後のチューブバンドルの状況



写真 2 チューブバンドルの状況



写真 3 腐食開口部と減肉状況 (#24-6 開口、#24-5 減肉)



写真 4 腐食減肉状況 (#24-2)



写真 5 腐食減肉状況(チューブシートから約 900mm、#24-5)

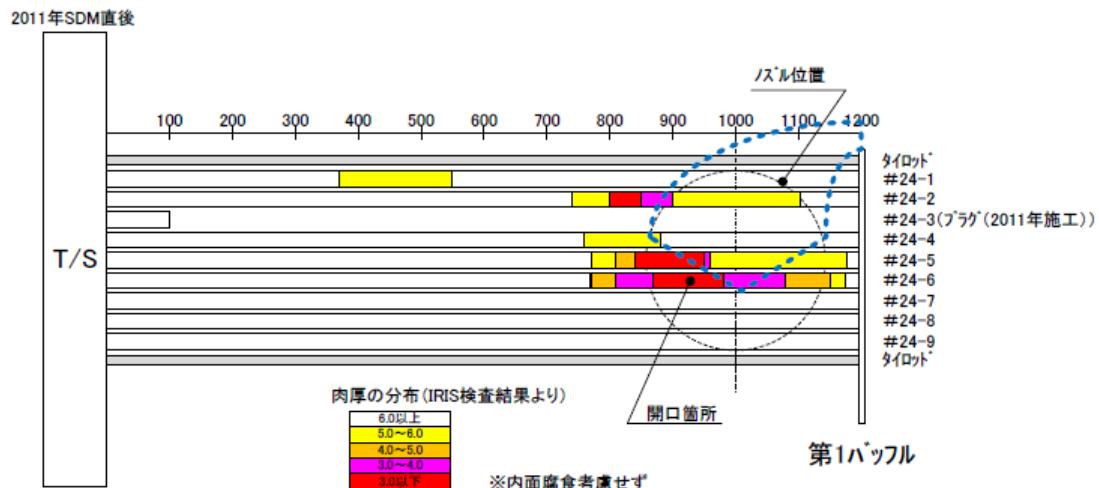
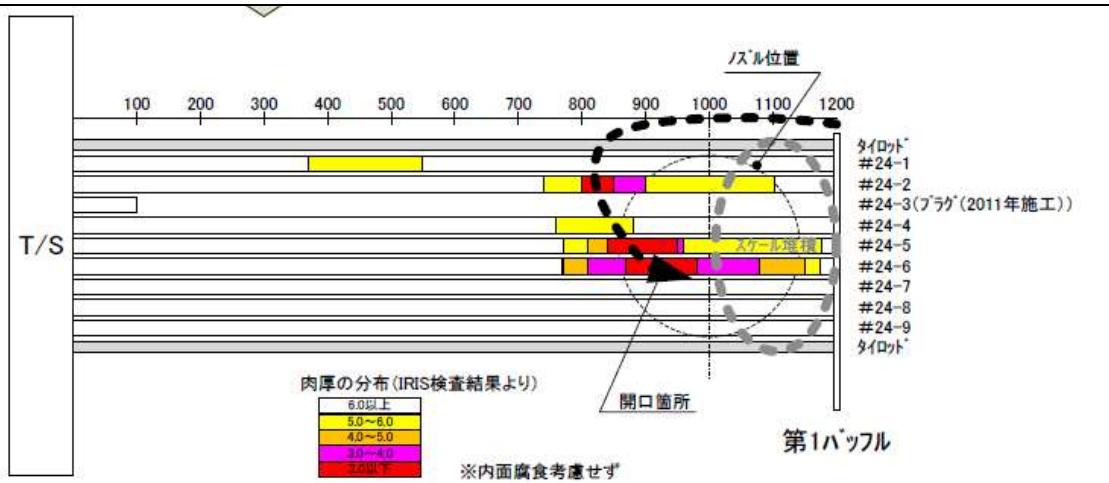


図 4 SDM後の状況(2011 年SDM直後はスケールも除去され、バッフルからノズルまで、異常な流れはなく、ボトムの流速も早くはなかったと推定)



・ホトム(特に最下段チューブ～シェルの隙間)の流れは上図の点線の様にT/S裏面より800付近からノズルに向かう高流速の流れが形成され、その流れ途上のチューブ下面のエロージが急激に進行し、開口に至ったと推定される。

図 5 発災時の状況(第1バッフル近傍にスケールが堆積し、チューブにスケールが付着することによって、チューブ上下の流れも少なくなる。)

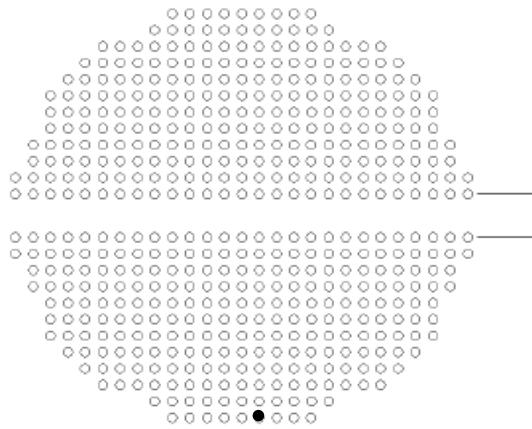


図 6 漏えいのあったUチューブ(チューブシート面)