

高圧ガス事故概要報告

整理番号 —	事故の呼称 常圧蒸留装置火災事故（非高圧ガス事故）		
事故発生日時 2020年5月26日(火) 21時20分	事故発生場所 大分県 大分市	事故発生事象 1次)火災 2次)	事故発生原因 主)組織運営不良(リスク アセスメントの機能不全) 副)
施設名称 常圧蒸留装置	機器 主蒸留塔	材質 炭素鋼(SB410相当)	概略の寸法 全長 51m、内径 6.2m
ガスの種類および名称 (重質軽油、軽質軽油)	製造能力 136,000 バレル/日	設計圧力 0.3 MPa	設計温度 190°C(塔頂) /365°C(塔底)
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害: なし 物的被害: 主蒸留塔、ストリッパーおよび周辺機器			
<p>事故の概要</p> <p>常圧蒸留装置の主蒸留塔は、定修期間中に重質軽油段(以下、「HGO 段」という)の規則充填物(以下、「パッキング」という)の更新作業を行っていたが、夜間に同段付近の内部から火災が発生し、塔が倒壊した(図1参照)。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>5月12日(火) 定期修理工事のため、常圧蒸留装置を停止した。</p> <p>5月16日(土) 主蒸留塔内部の油分を除去するため、スチームパージを完了した。</p> <p>5月16日(土) 主蒸留塔の内部を冷却するために散水(以下、「塔内散水」という)を開始し、24日朝まで継続して実施した。</p> <p>5月24日(日) 塔内作業のため4:30に塔内散水を停止し、作業完了後20:00に塔内散水を再開した。</p> <p>5月25日(月)</p> <p> 昼間 工事のため、5:40に塔内散水を停止した。 工事作業者は、HGO段のパッキングの更新工事のため、液分散器(以下、「ディストリビューター」という)を撤去した(図4参照)。</p> <p> 夜間 工事終了後、18:00に塔内散水を再開した。</p> <p>5月26日(火)</p> <p> 昼間 工事のため5:00に塔内散水を停止した。工事作業者は、HGO段のパッキングを全10段中4段撤去した(図5参照)。</p> <p>20時34分 運転員は、塔頂温度計のアラーム鳴動で、塔内温度が上昇していることを覚知し、塔内散水を開始した。</p> <p>21時20分 温度上昇は止まらず、現場で主蒸留塔本体からの火炎を発見し、塔が中段付近で東側に傾いていることを確認した。</p> <p>21時24分 公設消防に通報した。</p> <p>21時30分 主蒸留塔本体の火点への放水を開始した。</p> <p>21時35分 公設消防隊が到着した。</p> <p>21時48分 主蒸留塔が、中段付近で西側を中心にシェルが破断し、東側に倒壊した。</p>			

5月27日(水)

05時35分 公設消防が鎮火を確認した。

事故発生原因の詳細

(1) 主蒸留塔の構造

主蒸留塔は、1972年に建設され、当初塔内にトレイ(棚板)が設置されていたが、2000年に性能改善を目的として一部のトレイをパッキングに変更した。この変更に伴い、液捕集器(以下、「コレクター」という)、ダウンパイプ、ディストリビューターが設置された(図2、4参照)。破断した部位は、HGO段のパッキングより上部のディストリビューターが設置されている空間部分であった(図3参照)。

(2) 過去の定期修理工事

2008年の定期修理工事で、HGO段のパッキングの一部が発熱により損傷するトラブルを経験した。再発防止策として塔内散水方法を見直し、設備停止後から塔内作業開始前までは昼夜連続して塔内散水し、塔内作業開始後は工事をしていない夜間に塔内散水することを定めた。塔内散水は、軽質軽油段(以下、「LGO段」という)の上部にあるコレクターに水を供給して、LGO段とHGO段を湿潤し、冷却する(図4参照)。2008年以降の定期修理工事では、発熱のトラブルはなかった。2018年にLGO段のパッキングの更新工事を実施したが、上記の方法で問題なく行われた。

(3) 調査結果

① 火災原因物質

火災前に搬出していたパッキングの空隙部からスケールを採取して、成分分析と発熱・燃焼試験を行った結果、2008年から2020年の運転で堆積した硫化鉄類と重質炭化水素を火災原因物質と特定した。

② 散水調査

ディストリビューターなしで、ダウンパイプのみで塔内散水するテストを行った結果、水の分散面積は塔断面積の25%程度に留まり、塔壁面まで水は分散せず、散水が不十分であったことを確認した(図6参照)。

③ 変形調査

胴板は東側(倒壊側)が圧縮による変形を受けていた。東側胴板が加熱により膨張したが、壁面温度の低い西側から拘束を受け、圧縮応力が働き、座屈したと考察される(図7、図8参照)。

④ 燃焼シミュレーション

スケールの堆積が西側に偏重した条件で燃焼シミュレーションを行った結果、スケールの堆積が少ない東側のパッキング上部において燃焼が進み、壁面温度が上昇することを確認した(図7参照)。これはスケールの堆積が少ない東側に空気の流れが偏り、燃焼が進むためである。

⑤ 倒壊シミュレーション

東側180～240°範囲の壁面が加熱された条件で、有限要素法によるシミュレーションを行った結果、壁面温度が約900℃以上になると高温側に倒壊することを確認した(図8参照)。

(4) 直接要因

① ディストリビューターを撤去したため、塔内散水が全面に行き渡らず、硫化鉄類を

<p>含むスケールが部分的に乾燥して酸化反応を引き起こし、発熱した。</p> <p>② 塔、パッキングの空隙部に堆積していた硫化鉄類と重質炭化水素を含むスケールが、硫化鉄類の酸化発熱で温度が上昇し、燃焼した。</p> <p>③ アラーム鳴動後、塔内散水を再開したが、ディストリビューターがないため燃焼部位とシェル内壁に水が届かなかった。</p> <p>(5) 管理的要因 次の事由により、リスクアセスメントが不十分であった。</p> <p>① 工事開始の一か月前にリスクアセスメントを実施したが、各部門が個別に認識していた以下の情報が共有されず、プロセス安全の観点でのリスクに気付かなかった。</p> <p>運転部門： 硫化鉄スケールの発熱防止のため、工事中を除き塔内散水が必要 技術部門： ディストリビューターはパッキングへの均一な液分散のために必要 工務部門： パッキング搬出前にディストリビューターは解体撤去</p> <p>② これまでの定期修理工事で問題なかった経験を過信し、また硫化鉄スケール火災により短時間で蒸留塔が倒壊する知見が不足していたこともあり、リスクアセスメントの検討が不十分だった。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>(1) 設備的対策</p> <p>① 工事中は、パッキング上面に温度計、ガス検知器などを仮設して、異常を早期に検知できるようにする(図9参照)。</p> <p>② 工事中は、塔内に散水設備を仮設するなど、防災対策を講じる(図9参照)。</p> <p>(2) 管理的対策</p> <p>① 技術、工務、運転の各部門の知識と情報を共有するために、組織横断的なリスクアセスメントを実施する。</p> <p>② 工事過程で機器の状態と安全対策機能も変化する事も考慮したリスクアセスメントに改善する。</p> <p>③ 本事故の教訓、並びに海外を含む所内外の事故トラブルの教訓を含めたガイドラインを作成し、網羅的にリスクを抽出する仕組みに改善する。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>① リスクアセスメントにおいて、発熱反応というハザード状態を経て、火災というハザード状態に至るハザードとして、異物のうちで腐食生成物が特定されている。腐食生成物の代表が酸化鉄、硫化鉄である。</p> <p>② 硫化鉄の発熱を認識していながら、リスクアセスメントにより有効な対策を図ることができなかった。現行のリスクアセスメントをハザードの特定という出発点から見直す必要がある。</p>
<p>事業所の事故調査委員会</p> <p>社外の学識専門家および有識者、社内の幹部職員など11名からなる事故調査委員会を組織し、約5ヶ月にわたり委員会を4回開催して、事故現場の検証、関係者へのヒアリング、データの分析、検証、解析などを進め、原因究明と再発防止策を検討した。</p>

備考

他事業所においても硫化鉄の酸化発熱に起因する火災事故が発生しており、次の報告書が発行されている。

- ・ 消防危第 135 号「硫化鉄に係る火災事故防止対策の徹底について 別添 1」平成 29 年 6 月 16 日
- ・ 高圧ガス事故概要報告「スチームクラッキング装置精留塔の開放整備準備中の火災」2014 年 8 月 26 日

キーワード

蒸留塔、火災、軽油、硫化鉄、スケール、定期修理工事、充填物、散水、座屈、倒壊

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



図 1 倒壊した主蒸留塔
(左:火災事故前、右:火災事故後)

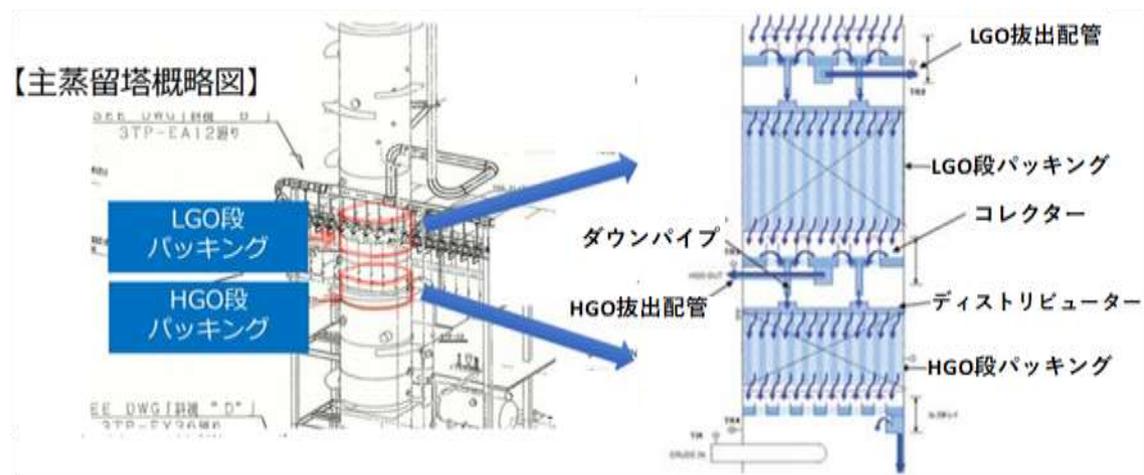


図 2 主蒸留塔の LGO 段と HGO 段の構造

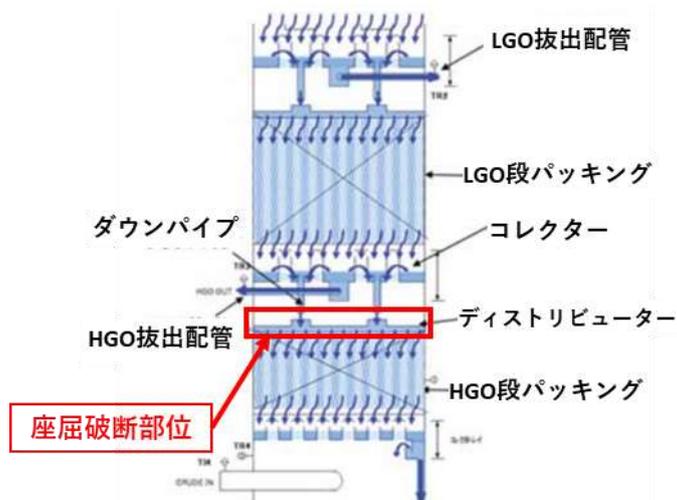
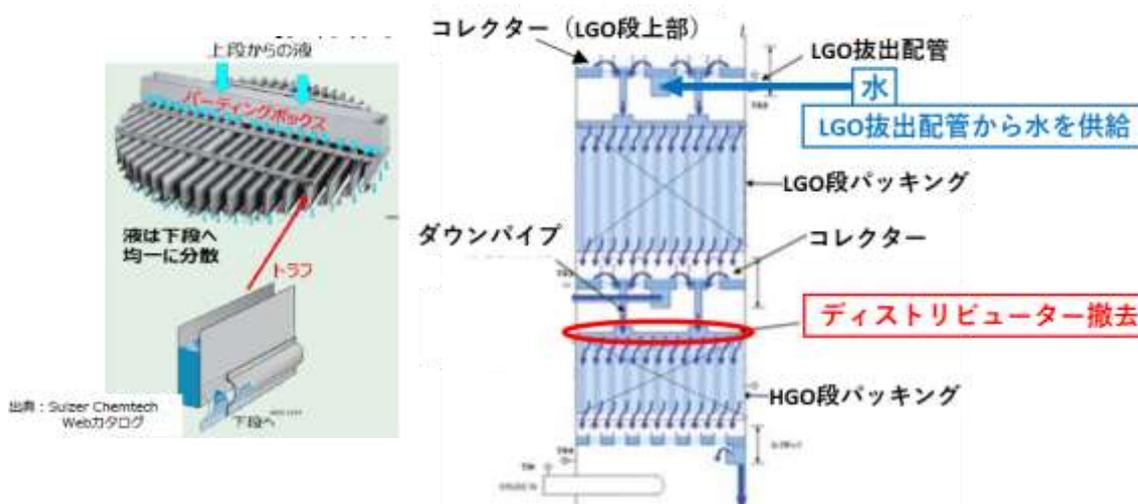


図3 座屈破断部位



上左図は、ディストリビューターの一例である。ディストリビューターはパーティングボックスとトラフから構成される。コレクターで集められ、ダウンパイプから流下してきた液は、パーティングボックスに入り、ここから各トラフへと分配される。液は、トラフに空いている多くの小孔から均一に流れ出て、パッキングの全表面を均等に濡らす。
LGO 段と HGO 段を冷却するための塔内散水は、LGO 抽出配管から水をフィードして、LGO 段の上部にあるコレクターに水を供給して、LGO 段と HGO 段を湿潤、冷却する方法で行う。

図4 ディストリビューターの構造



図5 ディストリビューターを撤去してパッキング搬出作業中の塔内の状況

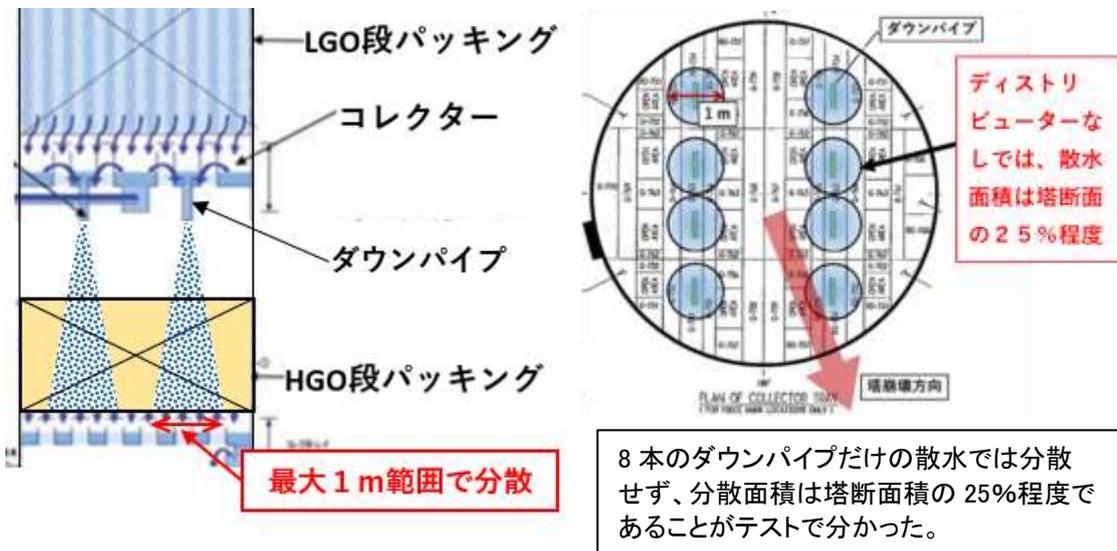
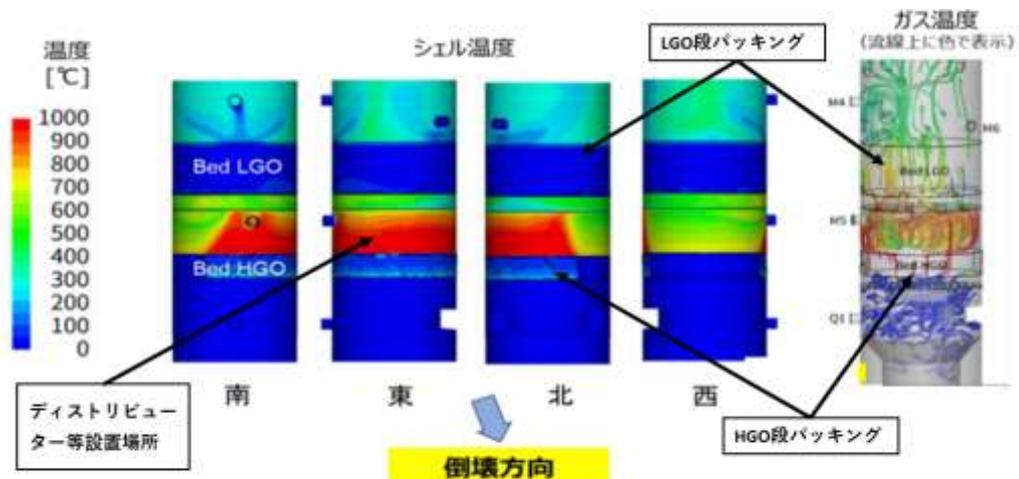


図6 散水調査



(例) 周方向東側240°スケール少 / 西側120°スケール多ケースの温度分布

図7 燃焼シミュレーション

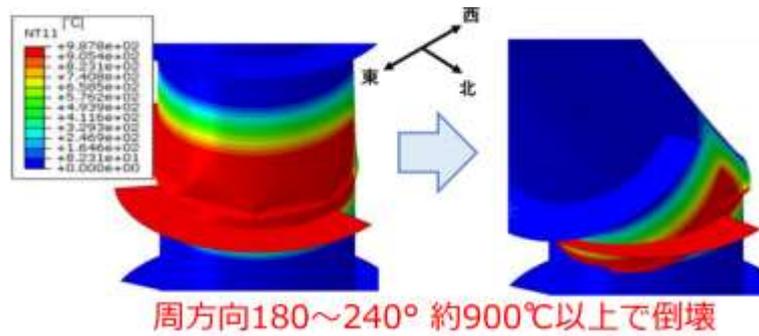


図 8 倒壊シミュレーション

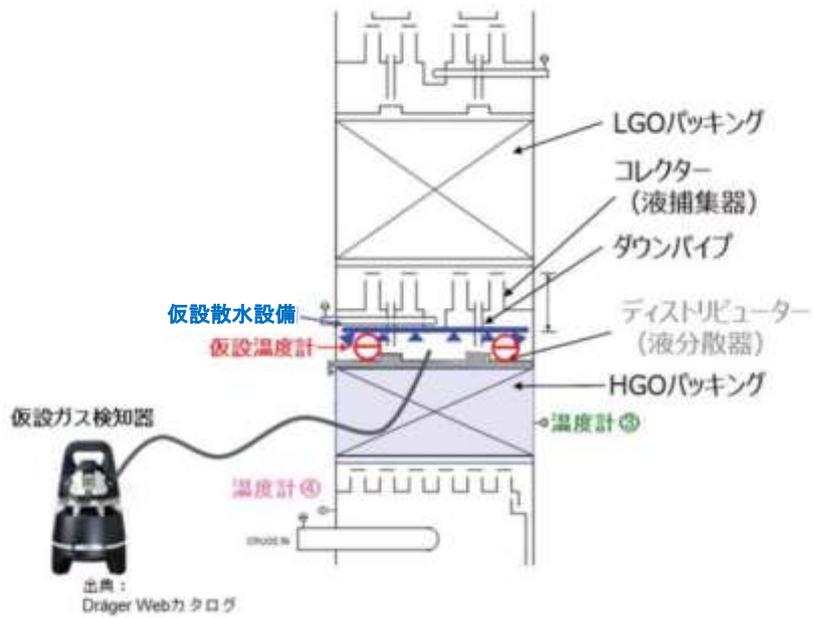


図 9 仮設温度計、仮設ガス検知器、仮設塔内散水設備