

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2021-201	事故の呼称 連続触媒再生改質装置第一反応塔入口フランジ部からの火災		
事故発生日時 2021年6月20日(日) 20時55分	事故発生場所 山口県 玖珂郡和木町	事故発生事象 1次)漏えい② 2次)火災	事故発生原因 主)締結管理不良 副)
施設名称 連続触媒再生 改質装置	機器 反応塔	材質 フランジ(反応塔) : SFVAF22B フランジ(配管) : SFVAF11B	概略の寸法 フランジ : 20B、JPIクラス 300
ガスの種類および名称 可燃性ガス(液化石油 ガス、水素、炭化水素)	高圧ガス製造能力 144,452,125 m ³ /日(事業所) 44,622,620 m ³ /日(施設)	常用圧力 0.971MPa	常用温度 543℃
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害: なし 物的被害: なし			
<p>事故の概要</p> <p>連続触媒再生改質装置において、定常運転中、第一反応塔の入口フランジ継手(ボルト締結フランジ継手)から可燃性ガス(液化石油ガス、水素、炭化水素の混合ガス)が漏えいし、火災に至った。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>6月20日(日)</p> <p>20時55分 現場巡回点検をしていた運転部門員(フィールド担当)は、連続触媒再生改質装置の第一反応塔の入口フランジ継手で、およそ30cm高さの火災を覚知した。 運転部門員は、直ちに計器室に連絡した。</p> <p>21時00分 連絡を受けた計器室の運転部門員(ボード担当A)は、班長の指示のもと、連続触媒再生改質装置の緊急停止措置を開始した。 また、計器室の運転部門員(ボード担当B)は、119番通報した。</p> <p>21時00分 運転部門は、連続触媒再生改質装置の緊急停止措置後の措置として、第一反応塔の脱圧および縁切り措置を開始した。</p> <p>22時20分 公設消防は、鎮圧を宣言した。</p> <p>22時43分 運転部門は、第一反応塔の縁切り措置を完了した。</p> <p>6月21日(月)</p> <p>00時19分 公設消防は、鎮火を確認した。</p>			
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>(1) 事業所の締結管理</p> <p>事業所では、フランジ継手を①軸力管理の対象、②トルク管理の対象、③その他(①または②以外)の3つに分類し、締結管理を実施していた。</p> <p>連続触媒再生改質装置内の4つの反応塔のフランジ継手は、③その他に分類していた。ただし、2009年に第三反応塔において、停電に伴う緊急停止中、温度降下に伴う反応塔と配管の熱膨張の差により、出口フランジ継手の締結力が低下し、漏えい、火災に至った事故が発生した。その対策として、連続触媒再生改質装置内の4つの反応塔のフランジ継手は、緊急停止、計画停止における、温度下降時の増し締</p>			

め(コールドボルティング)を規定していた。

(2) 事業所のガスケットの取替え

事業所では、ガスケットの取替え周期は定めず、フランジ継手を開放したとき、ガスケットを交換する運用をしていた。

(3) 第一反応塔の入口フランジ継手の気密試験、ガスケット取替え、増し締めなどの履歴

第一反応塔の入口フランジ継手の過去5年の気密試験、ガスケット取替え、増し締めなどの履歴を、表1に示す。

表1 過去5年の気密試験、ガスケット取替え、増し締めなどの履歴

年月	気密試験		ガスケット取替え	備考
	区分	漏えいの有無		
2016年 3月	停止中	無	実施	・ 計画停止 ・ フランジ継手開放 ・ ホットボルティング実施
2016年 9月	—	—	—	・ 緊急停止 ・ コールドボルティング、 ホットボルティング実施
2017年 2月	運転中	無	—	—
2017年 11月	運転中	無	—	—
2018年 3月	停止中	無	実施	・ 計画停止 ・ フランジ継手開放 ・ ホットボルティング実施
2018年 10月	運転中	無	—	—
2019年 10月	運転中	無	—	—
2020年 3月	停止中	無	—	・ 計画停止 ・ コールドボルティング、 ホットボルティング実施
2020年 5月	—	—	—	・ 緊急停止 ・ コールドボルティング、 ホットボルティング実施
2020年 10月	運転中	無	—	—

(4) 第一反応塔の入口フランジ継手の事故発生後の調査結果

① フランジ継手の締結状態の確認

- ・ 圧力 100kPa の窒素ガスを用いた気密試験(漏れ方向確認試験)では、配管側から見て1時方向に発泡を認めた(図2参照)。
- ・ レンチを用いたボルト、ナットの緩み確認では、ナットは回転せず、緩みは認められなかった。

② フランジ継手開放後のガスケットの確認

- ・ ガスケット(渦巻型、フープ SUS321、マイカ・酸化防止剤配合膨張黒鉛フィラー、内輪 SUS321、外輪 SUS304)は、フープの一部と外輪だけが残存していた(図3参照)。

③ フランジ継手開放後のフランジの健全性の確認

- ・ 目視検査では、ガスケットの当たり面に損傷は認められなかった。

- ・ 金属組織観察(SUMP 法)では、割れ、結晶粒の粗大化など火災の影響は認められなかった。
- ・ 硬度測定(ブリネル硬さ試験)では、硬度に異常は認められなかった。
- ・ 浸透探傷検査(PT)では、指示模様は認められなかった。
- ・ 超音波肉厚測定(UT)では、減肉は軽微であることを確認した。
- ④ 周辺構造の確認
 - ・ 反応塔の入口配管に設置されているスプリングハンガーの作動に異常がないことを確認した。
 - ・ 反応塔入口配管の熱応力解析を行い、運転条件で発生する熱応力に問題がない(入口フランジ継手に過度の応力負荷が発生しない)ことを確認した。
- (5) フィラメントコークスの発生

連続触媒再生改質装置の反応塔では、鉄原子の触媒作用により、①温度 480℃以上の高温、②低硫黄濃度、③低水素油比、④滞留部(微小な隙間)で、フィラメントコークスが発生する。
- (6) 事故原因の推定
 - ① 2018 年 3 月にガスケットを取り替えて以降、連続触媒再生改質装置の起動停止時に行うコールドボルティング、ホットボルティングを、事業所が備えている打撃スパナとハンマ(図 4 参照)を用いて、打撃により 5 回実施した。
 - ② 軸力管理、トルク管理の対象外のフランジ継手は、強く締付ければ、より安全という意識が、作業員にあった。
 - ③ 打撃による強い締付けにより、フランジに撓みが生じ、フランジとガスケット内径側(内輪側)間に微小な隙間が生じた(図 5 参照)。
 - ④ 微小な隙間に、フィラメントコークスが徐々に生成し、拡大した結果、ガスケットの内輪は変形により脱落し、フープとフィラーが損傷してガスケットのシール性が失われ、可燃性ガスが漏えいした。
 - ⑤ 漏えいした可燃性ガスは、自然発火温度を超えていたため、着火し、火災に至った。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- (1) 第一反応塔の入口フランジ継手の管理の見直し
 - ① 第一反応塔入口フランジ継手の締結管理の分類を、「その他(軸力管理、トルク管理の対象外)」から「トルク管理の対象」に変更した。
 - ② 第一反応塔入口フランジ継手は、定期修理(2 年)ごとに開放することを規定した。それに伴い、ガスケットは定期修理(2 年)ごとに取替えとなった。
- (2) 水平展開の実施
 - ① 第一反応塔の出口フランジ継手を開放したところ、ガスケットの損傷はなかった。
 - ② 第二から第四反応塔の出入口フランジ継手(6 箇所)を開放したところ、第二から第四反応塔の入口フランジ継手(3 箇所)のガスケットは、第一反応塔の入口フランジ継手のガスケットと同様の損傷が確認された。
 - ③ 第一から第四反応塔の出入口配管に付帯する小口径配管(9 箇所)のフランジ継手を開放したところ、ガスケットの損傷はなかった。
 - ④ 第一から第四反応塔のマンホールのフランジ継手(4 箇所)を開放し、ガスケットの損傷がないことを確認した。
 - ⑤ 事業所内の他装置を含め、フィラメントコークスが生成する運転条件の有無を調査し、類似の運転条件がないことを確認した。

<p>(3) 対策の有効性の検証</p> <p>① 2022 年 2 月の定期修理において、対策の有効性を検証するため、第一反応塔から第四反応塔の入口フランジ継手(4 箇所)を開放したところ、第三反応塔のガスケットに、フィラメントコークスの生成によると思われる損傷が確認された(図 6 参照)。</p> <p>② そのため、フィラメントコークスによる損傷の更なる対策として、ガスケットメーカーと相談の上、ガスケットの仕様を変更した。</p> <p>(4) 締結管理の教育</p> <p>① 2020 年に導入したボルト締結のシミュレータ、2021 年に開始した締結管理の技量認定制度を活用し、作業員の意識(フランジ継手は、強く締付ければ、より安全)を改革する。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>① フランジ面とガスケットの隙間に、反応生成物が生成する場合、応力状態が変わることで、ガスケットの変形、破損が生じる。反応生成物の生成を踏まえた、ガスケットの選定(寸法、材質、種類)と交換時期の設定が重要である。</p> <p>② フランジは強く締めれば、締めるほど安全と考えるのは間違いである。フランジを強く締めすぎるとガスケットが変形、損傷し、漏えいの原因となる。</p> <p>③ フランジとガスケットの組合せにより、シール性能を維持できる締結力の範囲が存在する。締結力はこの範囲を超えないように、管理することが必要である。</p>
<p>事業所の事故調査委員会</p> <p>事業所に常設のトラブル対策会議で 6 回審議し、事故原因の推定、再発防止対策の決定など行った。</p>
<p>備考</p> <p>消防庁は、この事故を令和 3 年中の危険物施設における火災事故及び流出事故の代表的な事例の 1 つとし、事故概要、事故事例から得られる事故防止対策上のポイントなどをまとめている。<https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/items/b24505e04c38d99101dda5c42b7f5f8f36aec676.pdf></p>
<p>キーワード</p> <p>締結管理、可燃性ガス、漏えい、火災、反応塔、フランジ継手、増し締め、ホットボルティング、コールドボルティング、フィラメントコークス</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

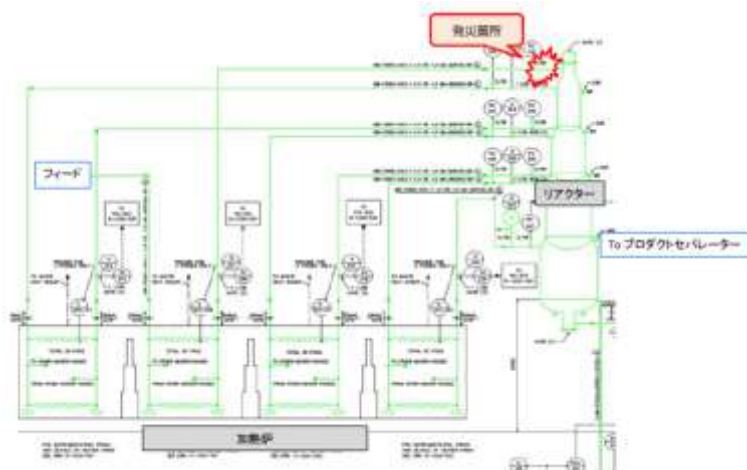


図1 連続触媒再生改質装置の反応塔周辺のプロセスフロー概略図

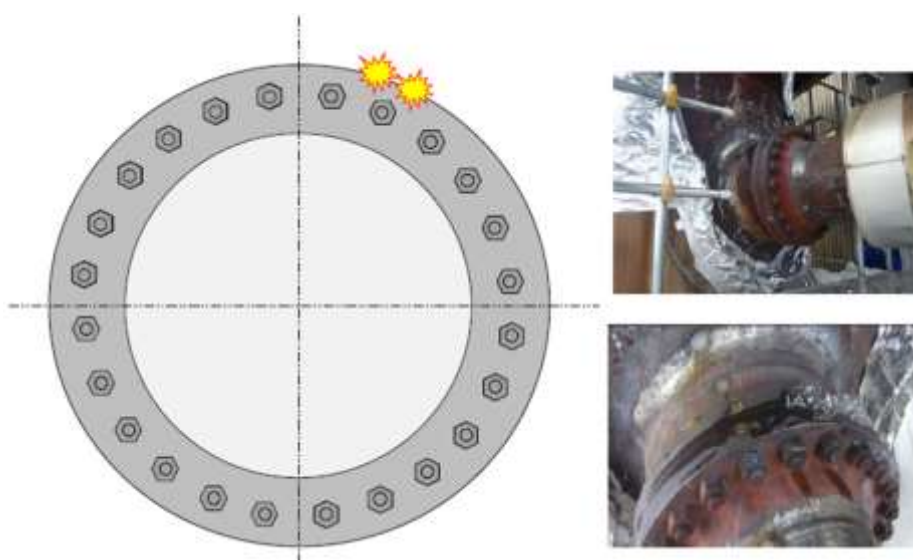


図2 気密試験(漏れ方向確認試験)で確認された漏えい
(配管側から反応塔を見る)



図3 第一反応塔の入口フランジ継手で使用していたガスケットの損傷状態
(左:使用していたガスケット、右:新品のガスケット(参考))



図4 事業所が備えている打撃スパナとハンマ(一部)

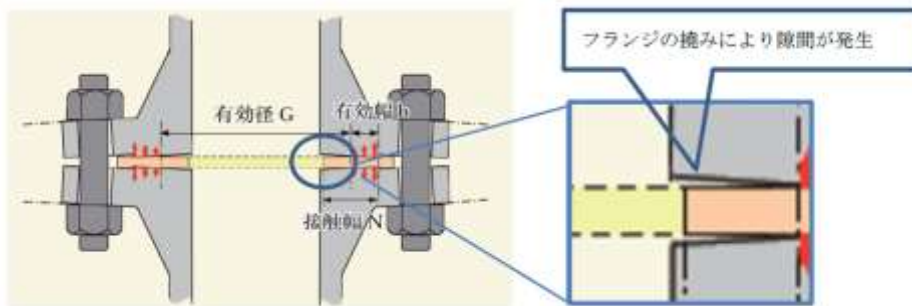


図5 打撃により生じた第一反応塔の入口フランジ継手の撓み



図6 第三反応塔の入口フランジ継手で使用していたガスケットの損傷状態