Safety & Tomorrow 220
ISSN 2433−8214

危険物事故関連情報

触媒充填中に発生した火災
～非定常作業のリスクアセスメントの重要性～

大分市消防局 予防課　田口 誠司

1　はじめに

本事例はベンゼンとエチレンを原料として合成樹脂の素材であるスチレンモノマーを製造する危険物製造所の設備停止中、反応器内に触媒を充填する作業時に出火し、機器の焼損は無かったものの、作業員2名が熱傷を負った事案である。

2　火災の概要

⑴発生日時　令和6年3月27日　15時15分ごろ
⑵覚知日時　令和6年3月27日　15時42分
⑶被害状況　人的被害：作業員2名熱傷（1名：両大腿部等Ⅱ度熱傷）
（1名：左下腿部Ⅰ度熱傷）
物的被害：タイベック防護服1着
⑷気象状況　天気：晴　風向：東北東　平均風速：3.8m/s
相対湿度：30.5%　気温：14.5℃　霜注意報発表中

3　反応器の概要

直径2.2m、高さ27mの円筒型で、3つのベッド（触媒層）があり、1つのベッドの高さは5.85mである。

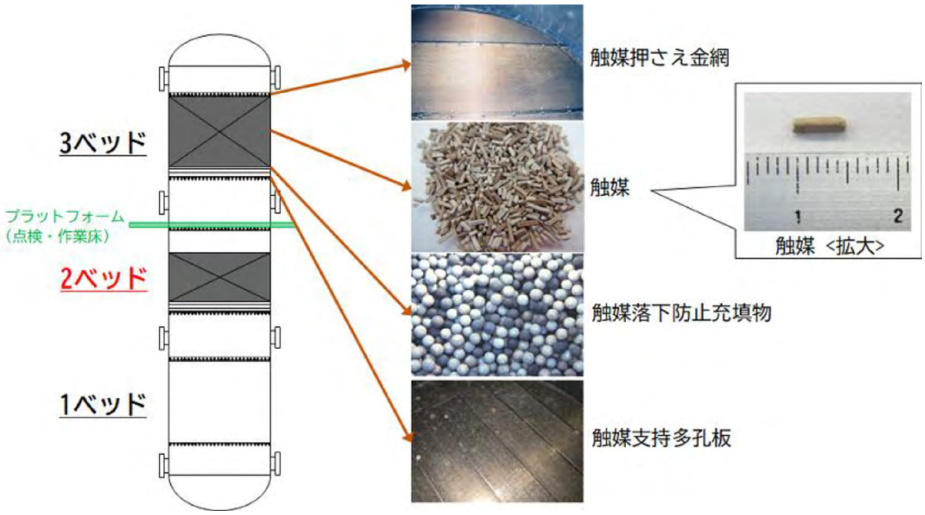
また、1～3ベッドの外周にはそれぞれプラットフォーム（点検・作業床）があり、側面の南北に1箇所ずつあるマンホールから入槽出来る構造である。

反応器内部には触媒を支える触媒支持多孔板の上に触媒落下防止充填物（アルミナボール）を充填、さらにその上に触媒を充填し、上部は触媒の浮き上がりを防止するための金網を取り付けている。

触媒は長さ5mm程度のゼオライトで乾燥材や工業触媒に活用されている。



反応器全景



反応器内部構造

ISSN 2433－8214

4　出火時の状況

(1)　出火前の状況

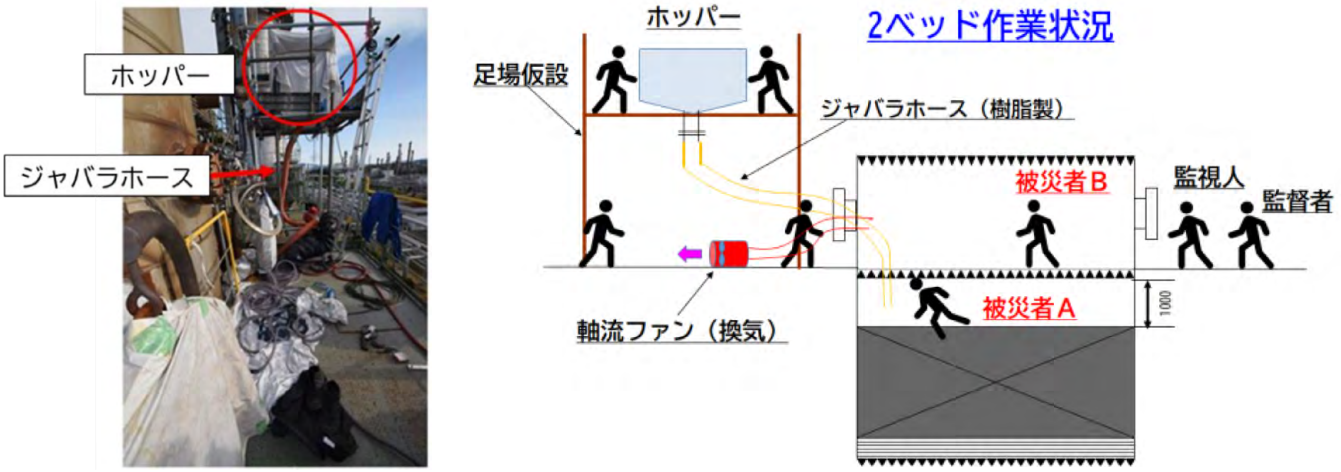
作業員２名が全面型エアラインマスク・ヘルメット・つなぎ・低帯電タイベックを着用して反応器の2ベッド（触媒層）内へ入槽し、充填した触媒をトンボを使って平らにする「ならし」作業をおこない、1名は補助作業にあたっていた。

(2)　出火時の状況

触媒が積み上がってきたため、サニーホース（多目的ホース）を取り外し、樹脂製ジャバラホースから直接投入していたところ、突然、音とともに足元から炎が上がった。

(3)　初期消火状況

炎が一時的に上がったが、自然鎮火したため初期消火なし。



発災状況

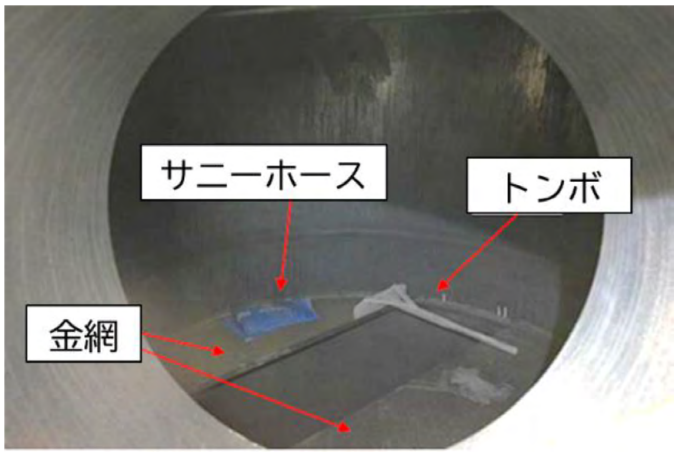
5　現場状況

焼損したのはタイベック防護服1着のみであり、反応器内部に焼損は確認できなかった。また、プラットフォームで臭気がしており、マンホール付近からの臭気が強い状況であった。※2ベッドの有機ガス濃度３００ppm

なお、触媒充填作業員が作業中に静電気を強く感じ、つなぎが身体に張り付く感覚があったと申述している。



タイベック防護服焼損状況（正面・背面）



反応器内部状況

Safety & Tomorrow 220
ISSN 2433－8214

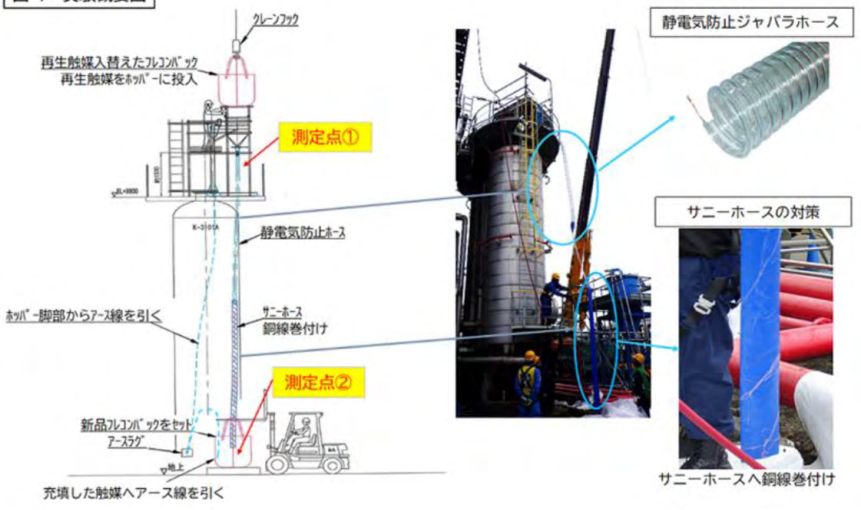
6　事業所の再現実験

触媒充填作業員が作業中に静電気の発生があったと申述していたことから、触媒充填中に発生する静電気の状況を確認した。

(1)　実験内容

図－1に示すような仮設設備を作り、焼成処理済みの触媒をホッパーから落とし、火災発生時と同仕様のジャバラホース、サニーホースを使用した場合と静電気対策品のジャバラホース、サニーホースを使用した場合の2ケースについて、測定点①②の電位を静電気チェッカーで測定した。静電気対策品については、いずれも設備のアースラグへアース線を接続した。

図-1　実験概要図



静電気チェッカー



(2)　実験結果

実験の結果、以下の４点が確認できた。

ア　ジャバラホースについては静電気対策品に明らかな効果が認められた。

イ　サニーホースに銅線を巻き付けたものは、明確な効果が認められなかった。

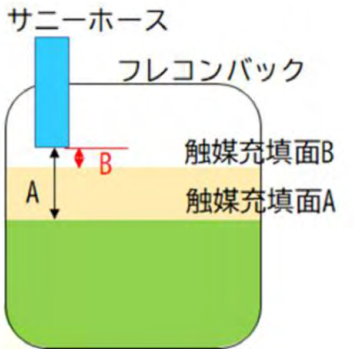
ウ　サニーホースの出口は、触媒充填面までの距離が短い方が静電気の発生は抑えられる傾向が見られた。

エ　触媒投下速度は遅い方が静電気の発生は抑えられる傾向が見られた。

	静電気電位(kV)		
	測定点①	測定点② 触媒充填面A	測定点② 触媒充填面B
従来仕様品	10	10以上(振切り)	2(参考)
静電気対策品	0	10以上(振切り)	2(参考)

※触媒の投下速度は７５ｋｇ／分程度に調整
　1フレコン（４５０ｋｇ）をおよそ6分で投下

充填時の測定位置図



ISSN 2433－8214

7　考察

現場の状況及び実験結果から「可燃性ガスの発生源」、「静電気の発生」について検討する。

(1)　可燃性ガスの発生源について

ア　反応器の停止操作

今回、反応器を停止する際に以下の操作を行っている。

(ア) ベンゼンのみによる循環運転

(イ) 液抜き

(ウ) 反応器上部から窒素吹き込みによるパージ操作を9日間実施

(エ) 出口ガス中のベンゼン濃度が0.6Vol%で下げ止まったところで停止

イ　使用済み触媒に含まれる有機物の測定量

使用済み触媒をデシケーター内で減圧乾燥したところ、触媒重量は約0.8wt%減少した。

このことから、使用済み触媒には、今回の停止操作で除去できなかった有機物が少なくとも約0.8wt%含まれており、触媒充填作業中に可燃性ガスとして発生したと考えられる。

(2)　静電気の発生について

火災発生後、触媒の充填をおこなった作業員が触媒充填作業中に静電気の発生があったことを申述している。

また、再現実験の結果から触媒（焼成処理済品）を樹脂製ジャバラホースで落とすと、高い電位が発生し得ることが明らかとなったことから、静電気が発生していた可能性が極めて高い。

8　結論

以上のことから、ベンゼンが付着した触媒を反応器へ充填作業中、帯電防止性能を有しないホースを使用したことで、触媒とホースの摩擦により静電気が発生し、時間経過とともに蓄積され、放電された静電気が滞留していた可燃性ガスに引火したものと考えられる。

9　再発防止対策

触媒充填時の静電気対策及び使用済触媒に含まれる有機物除去を主とした再発防止対策を以下のとおり実施している。

(1)　使用済触媒に含まれる有機物除去対策

ア　触媒の残存危険物を確実に除去するためパージ窒素を加熱する設備を設置する。

イ　使用済の触媒を再充填する場合は、必ず焼成処理を行う（未焼成触媒の充填を行わない）ことを作業標準に記載する。

(2)　触媒を充填する際の入槽作業に関して、下記の項目を作業標準に追加

ア　入槽の条件として酸素濃度･可燃性ガス濃度の測定を行い、酸素＝21%、可燃性ガスの爆発下限界（ＬＥＬ）1%未満を確認すること。

イ　作業前ガス検知で可燃性ガスを検知した場合は、入槽者にガス検知器を所持させ、警報が発報（ＬＥＬ=10%）した場合は、直ちに作業を中止し、槽外に退避させること。

ウ　反応器内に継続使用する触媒充填層がある場合、触媒から発生する可能性のある可燃性ガスの危険性を把握するため、監視口から内部の可燃性ガス濃度を常時ガス検知器で監視し、万が一ＬＥＬ=1%を超えたら作業を中断させ、入槽者を槽外に退避させること。

Safety & Tomorrow 220
ISSN 2433－8214

(3)　触媒充填時の静電気発生抑制対策

触媒充填作業に以下の静電気発生抑制対策を講じることを作業標準に記載する。

①　静電気防止ジャバラホースを使用する。

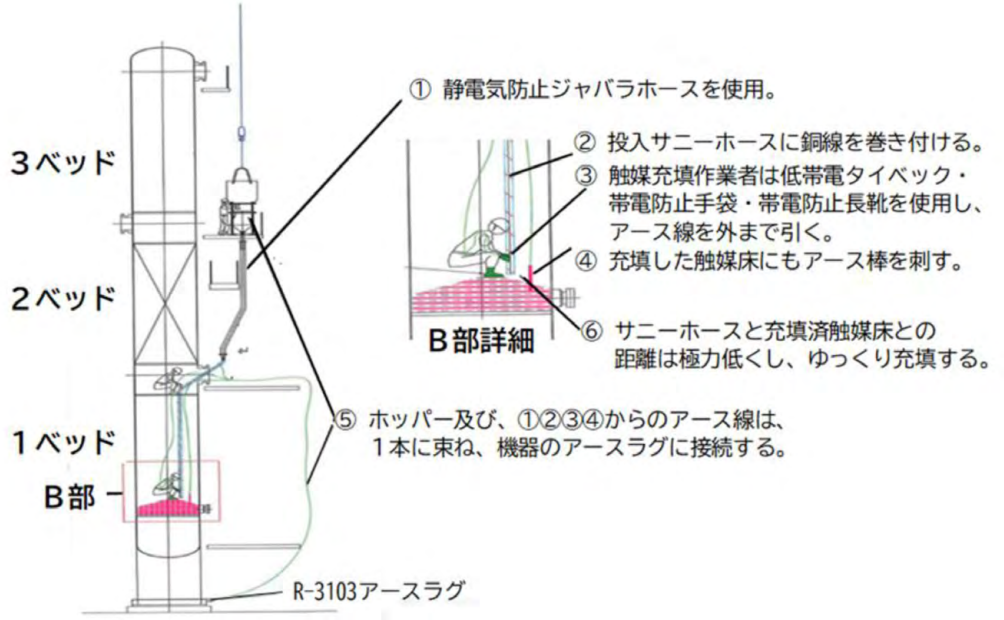
②　投入サニーホースに銅線を巻き付ける。

③　触媒充填作業者は低帯電タイベック、帯電防止手袋を使用し、アース線を外まで引く。また、帯電防止長靴を着用する。

④　充填した触媒床にもアース棒を刺し、帯電に留意する。

⑤　ホッパー及び①②③④からのアース線は、1本に束ね、機器のアースラグに接続する。

⑥　サニーホースと充填触媒床との距離は極力短くし、1フレコンあたり２０分間程度の時間をかけゆっくり充填を行い、静電気の発生を抑制する。



静電気防止対策図

10　おわりに

本事例は非定常作業時に1996年（平成8年）以降、実施したことがない反応器内の触媒の抜出し及び充填作業を実施した際に発生している。作業前には事業所もリスクアセスメントを実施しているが、予見できない危険性が残っていたため発生したと言える。

リスクアセスメントにおけるハザードの特定は、定期的に実施している作業については、事業所も経験・知見が豊富であるため容易に行うことができる。

しかしながら、本事例のように数十年も実施されていない作業については、経験・知見がないため、ハザードが見過ごされ実際に危険性が顕在化するまで対処されない可能性があることを前提に過大とも思われる要因についても抽出しておくべきだったと考える。

本事例を参考に非定常作業時における類似事故の防止に役立てていただければ幸いである。