

マラソン・マルティネス再生可能燃料施設 における加熱炉管の破裂および火災

カリフォルニア州マルティネス | 事故発生日：2023年11月19日 | No. 2023-01-I-CA

調査の最新情報

2024年2月

2023年11月19日午前0時21分頃、カリフォルニア州マルティネスにあるマルティネス再生可能燃料施設で、ユニット起動中に反応器チャージ加熱炉内で金属管が破裂し、再生可能ディーゼルと水素が流出した。これにより火災が発生し、マラソン社の従業員1名が重傷を負った（図1）。本報告書は、この事故に関するCSBによる継続中の調査に関する最新情報を提供するものである。

背景情報

- マルティネス再生可能燃料施設は、Marathon Petroleum社（以下「マラソン社」）とネステ社^aによる50対50の出資比率による共同事業であり、マラソン社の子会社^bによって運営されている [1]。この施設は、2020年にマラソン社が生産を中止するまで、さまざまな所有者の下で100年以上にわたって石油精製所として稼働していた。マラソン社は同施設を再生可能燃料製造施設に転換し、2023年初頭に生産を開始した。2023年末までに設計上のフル稼働まで引き上げる計画であった [2]。
- 事故の際、再生可能ディーゼルと水素が流出した。再生可能ディーゼルは、植物油や動物性脂肪を原料とするバイオマス由来のディーゼル燃料であり [3, 4]、引火点が135～168°F（約57～76°C）の可燃性液体である [5]。水素は無色無臭で非常に可燃性の高い気体である [6]。



図1：加熱炉火災の監視カメラ映像（出典：マラソン社）

^a ネステ社は、フィンランドのエスポーに本社を置く再生可能なディーゼル燃料および持続可能な燃料のサプライヤーである [9, 10]。

^b マルティネス再生可能燃料施設は、マラソン社の子会社である Tesoro Refining & Marketing Company LLC社が運営している [11]。

- この事故は、元の石油精製所のディーゼル水素化処理ユニットから転換されたプロセス装置である、水素化脱酸素反応（hydrodeoxygenation, HDO）ユニットの初期起動中に発生した。HDOプロセスは、再生可能原料から酸素を触媒反応により除去し、下流のユニットでさらに処理して、従来のディーゼル燃料の代替となる再生可能なディーゼル燃料を製造するものである [7]。マラソン社は、元のディーゼル水素化処理ユニットの機器を再利用し、プロセス配管を再構成し、新たな機器を導入して既存のユニットを新しいHDOユニットに転換した。
- HDOユニットは、再生可能な原料、リサイクルされた再生可能ディーゼル燃料、水素を、後続の処理工程の前に予熱するための加熱炉を備えている。この加熱炉内では、最大11基の燃料ガス燃焼バーナーが、炉内のステンレス鋼管を通して流れるプロセス流体を加熱する（図4）。HDOへの転換プロジェクトの際、マラソン社は加熱炉内に新たに再構成された管を設置した。記録によると、新しい管はASTM A312規格のグレード321ステンレス鋼で構成されていたことが示されている。

事故の概要

- 2023年11月18日の夜勤時、マラソン社はHDOユニットの起動作業を進めていた。作業員はユニット内に再生可能ディーゼルと水素の循環を確立し、加熱炉を使用してプロセス流体の加熱を開始していた。
- 事故発生までの1時間、マラソン社の運転スタッフは加熱炉の温度制御に関する問題に対処していた。炉内の温度計が炉管表面の過熱を示し、制御室にあるコンピューター制御システムの画面上で1,100°F（約593°C）に達した時点で、音声と視覚による高温アラームが作動した。破裂の数分前には、すべての管温度指示計が高温アラームの設定値を超え、10個の指示計のうち8個が約1,490°F（約810°C）から1,710°F（約932°C）の温度を示していた。
- 炉内の温度を下げるため、マラソン社の運転スタッフは炉内の流量を増加させ、現場のオペレーターに対して2基のバーナーを停止するよう指示した。現場オペレーターは加熱炉にて手動の燃料ガスバルブを閉め、点火中だった4基のバーナーのうち2つを停止させた。午前0時21分頃、現場オペレーターがこの作業を完了した直後に、加熱炉内の管が破裂し、高温の再生可能ディーゼルと水素が放出された。加熱炉から流出した物質が引火し、火災が発生した（図1）。現場オペレーターは流出した物質と火災により重傷を負い、顔と体の大部分にⅢ度熱傷を負った。現場オペレーターは重傷を負いながらも、加熱炉エリアから約80ヤード（約73メートル）離れた現場オペレーター用シェルターまで移動し、そこで同僚に発見され、ヘリコプターで近くの病院に搬送された。火災は午前1時15分頃に鎮火し、午前2時頃に警報が解除された [8]。
- 事故の翌朝、マラソン社の従業員は、通常は閉じられているはずの加熱炉上流の手動バイパスバルブが開いている（不適切な位置になっている）ことを発見した。これにより、加熱炉を迂回する流路が生じていた可能性がある。加熱炉内のディーゼル燃料の流量を監視するための流量計は、開いていたバイパスバルブの上流に設置されており、事故発生時にも流量を示していた。加熱炉へ流れる再生可能ディーゼル燃料の流量が少なく、炉の下流の温度が高い場合には加熱炉を自動的に停止させるための安全インターロックが存在したが、計器はこれらの条件を一切検知せず、インターロックは作動しなかった（図2）。加熱炉をバイパスする流れは、高温安全インターロック計器の上流にあるプロセス配管に戻されていたと思われる。

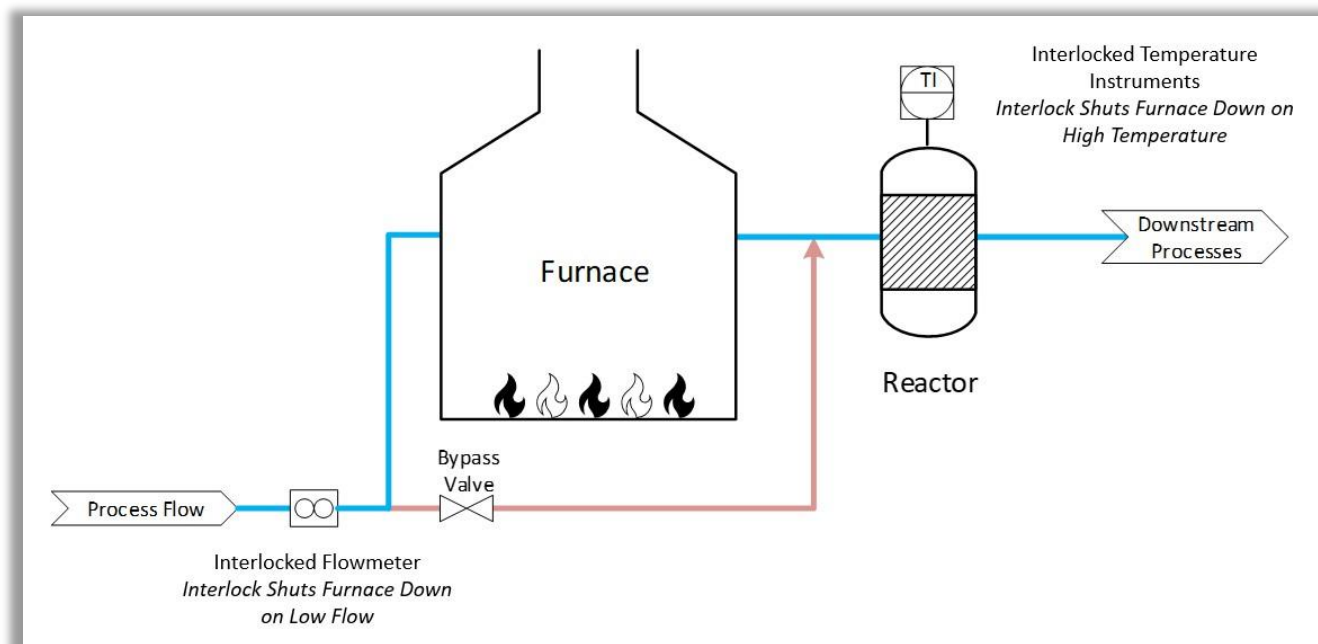


図2：事故後に開いていたことが確認されたバイパスバルブと加熱炉の安全インターロック計器との配置関係を示す簡略化されたプロセスフロー図。注：すべての計器およびインターロックが示されているわけではない。（出典：CSB）

加熱炉管の破損

- 事故後の加熱炉の調査により、流出箇所は加熱炉内の破裂した対流伝熱部の管であることが確認された（図3および図4）。加熱炉の管に関するさらなる調査が進行中である。



図3：事故後の加熱炉管の画像（上から見た図）（出典：マラソン社）

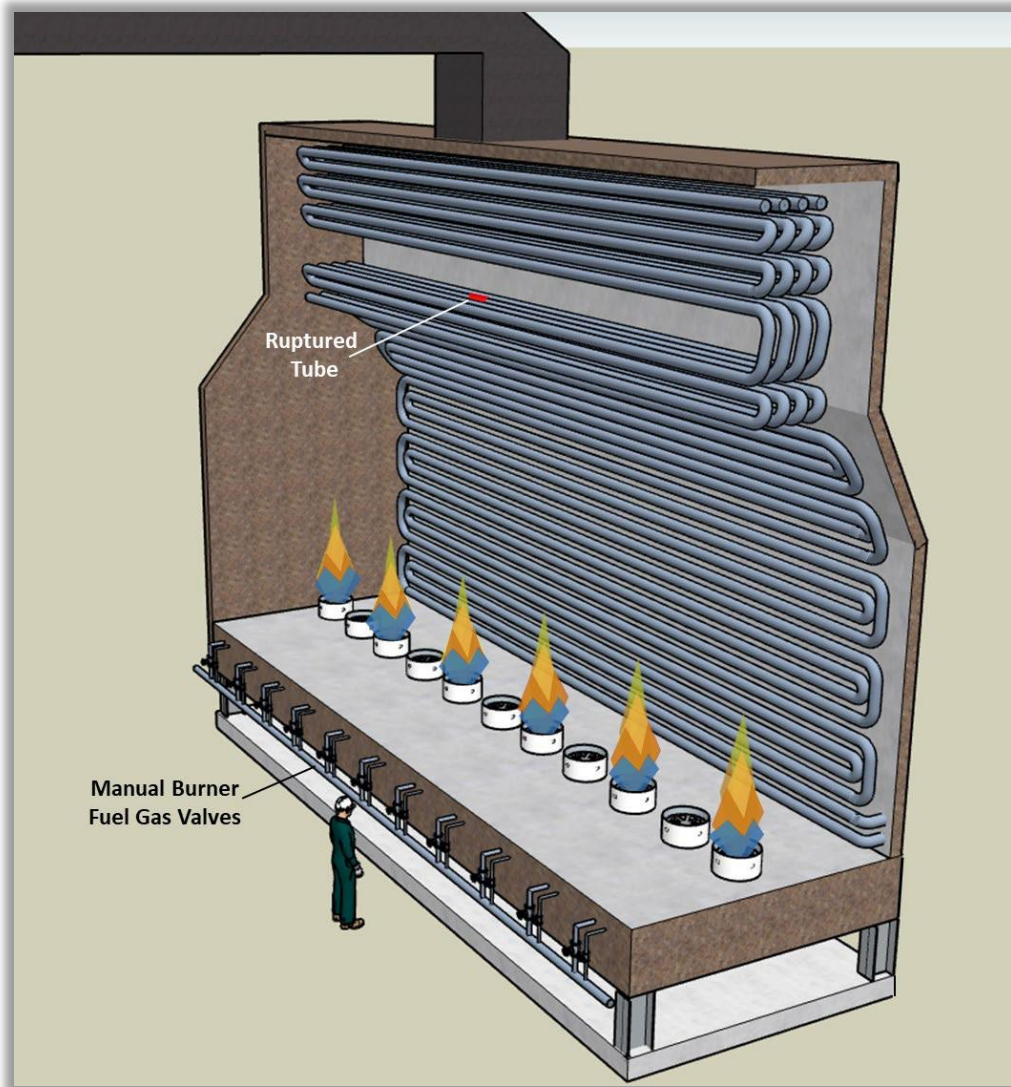


図4：加熱炉の内部図（管の破損箇所を示す）。人物は縮尺のために示している。上の図で点灯しているバーナーは、必ずしも事故発生時の実際の状態を表しているわけではない。（出典：CSB）

今後の進め方

- CSBは、事実の収集と以下の主要分野についての分析を継続している。
 - 加熱炉内部の部品の継続的な検査
 - 加熱炉管の冶金学的調査と故障モードの分析
 - 潜在的な危険シナリオの特定と管理
 - 関連施設、企業、業界の基準
- 調査は継続中であり、最終的なCSB調査報告書には、完全な調査結果、分析、および必要に応じて提言が詳細に記載される予定である。

参考文献

- [1] Marathon Petroleum 「Martinez Renewable Fuels Project」 (オンライン) <https://www.marathonmartinezrenewables.com/> (閲覧日 : 2024年1月16日)
- [2] Marathon Petroleum 「Portfolio」 (オンライン) <https://www.marathonmartinezrenewables.com/Portfolio/> (閲覧日 : 2024年1月16日)
- [3] United States Environmental Protection Agency (EPA) 「Renewable Fuel Annual Standards」 (オンライン) <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/renewable-fuel-annual-standards> (閲覧日 : 2024年1月17日)
- [4] 米国カリフォルニア州コントラコスタ郡 「Martinez Refinery Renewable Fuels Project」 (オンライン) <https://www.contracosta.ca.gov/DocumentCenter/View/74650/LP20-2046-Presentation-County-Planning-Commission-> (閲覧日 : 2024年1月26日)
- [5] Marathon Petroleum 「Safety Data Sheet - Renewable Diesel」 (オンライン) https://www.marathonpetroleum.com/content/documents/Operations/MPC_SDS_Sheets/Marathon_Petroleum_Renewable_Diesel/Marathon_Petroleum_Renewable_Diesel.pdf (閲覧日 : 2024年1月26日)
- [6] CAMEO Chemicals 「Hydrogen」 (オンライン) <https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/8729> (閲覧日 : 2024年1月26日)
- [7] G. D. V. Nolfi, K. Gallucci, & L. Rossi 「Green Diesel Production by Catalytic Hydrodeoxygenation of Vegetables Oils」 『International Journal of Environmental Research and Public Health』 vol. 18, no. 24, p. 13041, 2021.
- [8] コントラコスタ郡健康サービス局有害物質プログラム (2023年11月22日) 「Attachment B: 72-hour Follow-up Notification Report Form」 (オンライン) <https://www.cchealth.org/home/showpublisheddocument/28946/638362439614070000> (閲覧日 : 2024年1月16日)
- [9] Neste 「Neste in North America」 (オンライン) <https://www.neste.us/neste-in-north-america/who-we-are/neste-in-north-america> (閲覧日 : 2024年2月15日)
- [10] Neste 「Who we are」 (オンライン) <https://www.neste.com/about-neste/who-we-are> (閲覧日 : 2024年2月15日)
- [11] 米国カリフォルニア州コントラコスタ郡 「Martinez Refinery Renewable Fuels Project」 (オンライン) <https://www.contracosta.ca.gov/7961/Martinez-Refinery-Renewable-Fuels-Projec> (閲覧日 : 2024年2月15日)