

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2021-490	事故の呼称 ポリエチレン製造施設高圧分離器エチレン噴出火災事故			
事故発生日時 2021年11月3日(水) 20時19分	事故発生場所 千葉県 市原市	事故発生事象 1次)漏えい③ 2次)火災	事故発生原因 主)検査管理不良 副)	
施設名称 ポリエチレン 製造施設	機器 分離器、 配管、 放出管	材質 高圧分離器: (胴体)A302B Modify (上部蓋)A336 Modify 配管:STS49(STS480) 放出管:STPG370	概略の寸法 高圧分離器:外径 1300mm、 長さ 3600mm 配管:4B XXS※ ※米国 MSS が定めた肉厚 放出管:2B	
ガスの種類および名称 可燃性ガス(エチレン)	高圧ガス製造能力 39,412,886.4 m ³ /日(事業所) 4,200,003.4 m ³ /日(施設)		常用圧力 29MPa	常用温度 320℃
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害 : なし 物的被害 : 放出管と保温材の焼損				
<p>事故の概要</p> <p>ポリエチレン製造施設において、定常運転中、配管内でエチレンの分解反応(デコンポジション)が発生し、安全装置(破裂板と自動圧力制御装置)が作動し、可燃性ガス(エチレン)が漏えいした。</p> <p>漏えいした可燃性ガス(エチレン)は、放出管の開口部から放出されたが、放出管下部の水抜き穴からも噴出し、静電気火花により着火し、火災が発生した。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>20時19分 中央計器室の運転員は、異常音を確認した。 (このとき、高圧分離器とリサイクル高温クーラを結ぶ配管(以下「リサイクル配管」という)で、エチレンの分解反応(デコンポジション)が発生していた(図1参照)。) リサイクル配管に設けた破裂板(図1参照(※1))が、破裂した。 高圧分離器に設けた2つの破裂板(図1参照(※2))が、破裂した。 高圧分離器に設けたインターロック(温度制御)が作動し、大気放出弁(図1参照(※3))が、開となった。 それぞれの安全装置の放出管から、黒煙とともにエチレンガスが放出された。 中央計器室の運転員は、遠隔監視カメラの映像で、高圧分離器付近で火災が発生したことを確認した。</p> <p>20時22分 運転員Aは、放水銃による放水を開始した。</p> <p>20時25分 計器室で緊急通報警報ボタンを押下してサイレン音を吹鳴させて、自衛防災体制へ移行した。</p> <p>20時25分 運転員Aは、遠隔監視カメラの映像で、高圧分離器付近で火災の鎮圧を確認した。</p> <p>20時40分 当直者Aは、ホットラインで公設消防に通報した。 運転員Bは、リアクター第7系列の窒素パージを開始した(図2参</p>				

	照)。
21 時 30 分	公設消防が、入構した。 自衛防災隊の現地部長は、公設消防に指揮権を移譲した。
22 時 02 分	公設消防は、鎮火を確認した。
22 時 06 分	運転員 B は、窒素パージ大気放出管と高圧分離器の破裂板の放出管で(図 2 参照)、携帯型ガス検知器を用いて、ガス検知なしを確認した。
22 時 37 分	運転員 B は、リアクター第 7 系列の窒素パージを終了した。 運転員 A は、放水銃による放水を停止した。
22 時 56 分	公設消防は、撤収した。

事故発生原因の詳細

(1) エチレンの分解反応(デコンポジション)

エチレンの分解反応(デコンポジション)は、高圧法ポリエチレンプラント特有のエチレンの分解反応である。ポリエチレンの熱分解を経由する反応と同時に進行すると考えられ、炭素、メタン、水素が発生する。反応開始後 0.1 秒～0.2 秒以内に 1000℃近くまで上昇し、圧力も急上昇する。詳細なメカニズムは解明されていないが、管壁に付着したポリマーの蓄熱(ホットスポット)と分解を起点に発生するという説が有力である(図 3 参照)。

(2) エチレンの分解反応(デコンポジション)の発生箇所

高圧分離器に設けたインターロック(温度制御)が作動する前後のリサイクル配管の圧力と温度のトレンドを見ると、温度と圧力が瞬時に急上昇し、検出上限(温度 450℃、圧力 31.31MPa)以上に振り切れた後、温度と圧力が低下していることから、リサイクル配管内でデコンポジションが発生したと推定される(図 4、図 5 参照)。

なお、過去、反応系でのデコンポジションは発生したことがあるが、リサイクル配管におけるデコンポジションについては当該事業所においては発生していない。

(3) エチレンの分解反応(デコンポジション)が発生したメカニズム

高圧分離器から回収されるリサイクルガスにポリマーが飛沫同伴し、リサイクル配管内壁に付着、蓄積した。リサイクル配管の温度計上流部分に蓄積したポリマー内で蓄熱が起こり、ポリマーの熱分解反応が進行し、その分解熱によりエチレンの分解反応(デコンポジション)に至ったと推測される(図 6 参照)。

リアクター、高圧分離器および低圧分離器では、運転中に流体を流すことでデコンポジションの要因となるポリマーの付着を除去している。デコンポジションが発生したリサイクル配管では、運転中のポリマー付着物の除去が行われていなかった。

(4) 火災の発生原因

破裂板の破裂により漏えいした可燃性ガス(エチレン)は、本来、放出管の開口部から放出され、瞬時に燃焼範囲以下まで拡散し、火災には至らない。

しかし、高圧分離器に設けた破裂板の放出管の下部には、水抜き穴(内径 10mm)があり(図 7 参照)、遠隔監視カメラの映像では、この水抜き穴から可燃性ガス(エチレン)と炭化物が噴出する様子が確認された。この噴出した可燃性ガス(エチレン)が、高圧分離器の周辺に滞留したと考えられる。なお、流動解析を行った計算結果でも、放出管の水抜き穴から可燃ガス等が噴出することが確認されている。

高圧分離器の周辺は防爆エリアであり、定常運転中、火気は存在しない。また、噴出した可燃性ガス(エチレン)は、破裂板の破裂による圧力低下と外気の接触により急冷されるため、自然発火温度(425℃)には達しない。水抜き穴から噴出した可燃性

<p>ガス(エチレン)に炭化物の粒子が含まれていたことで噴出帯電が発生し、この静電気が着火源になったと考えられる。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 放出管の水抜き穴を閉止し、破裂板が破裂したとき、放出管の低い箇所ではガスが漏えいしないようにする(他の系列を含む)。また、放出管には、放出時の妨げとならないキャップを取り付け、雨水侵入防止措置を行う。 ② 事故が発生した系列では、2022年度の定期修理でリサイクル配管の内部点検を行い、ポリマーの付着が著しい場合は、清掃を行う。その点検結果をもとに、清掃周期を決定する。 ③ その他の系列は、事故が発生した系列と比較してポリマーの付着性が低いが、その中で比較的付着性の高い系列について、2023年度の定期修理でリサイクル配管の内部点検を行い、ポリマーの付着が著しい場合は、清掃を行う。配管の清掃方法は、配管を開放してジェット洗浄を行う。
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 異物は多くの種類がある。例えば、取扱い物質の化学反応では、目的とする反応主生成物以外に多くの副生成物が生成されるが、その種類と特性は十分に解明されていないということを認識しなければならない。 ② エチレンの分解反応(デコンポジション)の詳細なメカニズムは解明されていないため、発生の予測が困難であることを前提に被害拡大防止のための対策を講じることが有効である。デコンポジションが発生した際に、安全措置が適切に作動するよう維持されていることを確認することが重要である。 ③ デコンポジションはポリマーが起点となりうるため、ポリマーが付着する場所と量を把握し、管理することが必要である。
<p>事業所の事故調査委員会</p> <p>事故対策会議を3回(第1回:2011年11月5日、第2回:2011年11月17日、第3回:2022年1月18日)開催し、事故原因の調査、対策の確認(実施済みの対策は、成果の検証を含む)を実施した。</p>
<p>備考</p> <p>エチレンの分解反応(デコンポジション)による事故は、過去にも発生しており、事故調査解析委員会は、次の事故について高圧ガス事故概要報告を作成している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2008-682 : 高圧法ポリエチレン反応器の破裂板作動による減音装置の破損 ・ 2014-312 : 反応器の破裂板作動によるエチレンガス漏えい <p>また、事故調査解析委員会は、反応暴走について、次の報告書も作成している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 反応副生成物等に係る反応暴走の事故の注意事項 <p>事業者は、石油化学工業協会の分科会(高圧ポリオレフィン保安研究会)において、他事業所に事故情報の共有を行った(2022年7月)。</p>
<p>キーワード</p> <p>異物(反応副生成物)、清掃、エチレンの分解反応(デコンポジション)、ポリエチレン製造施設、分離器、破裂板、インターロック、放出管</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

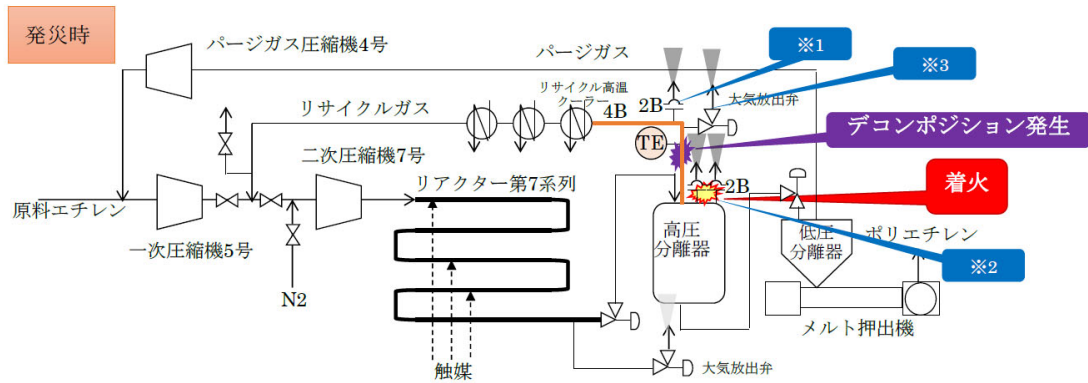


図1 ポリエチレン製造施設の高圧分離器の周辺フロー(事故発生時)

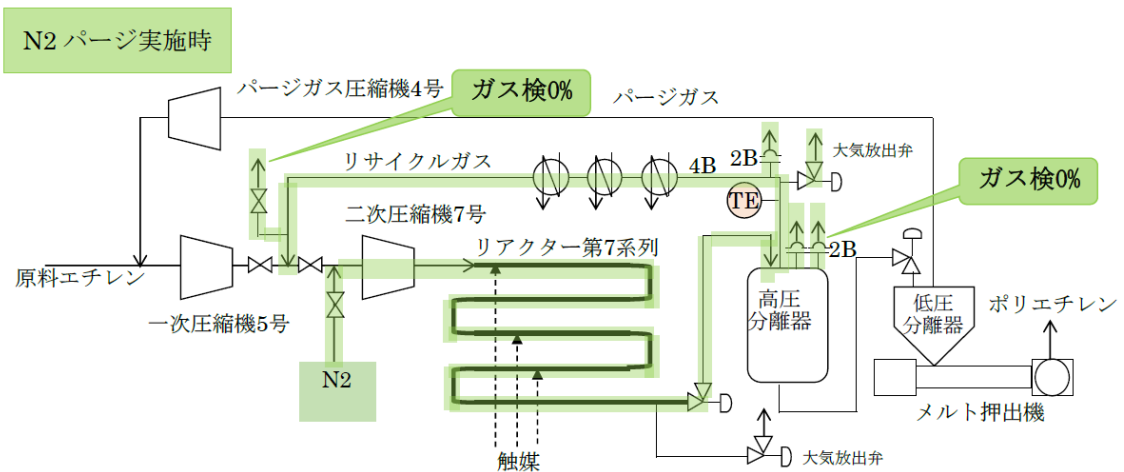


図2 ポリエチレン製造施設の高圧分離器の周辺フロー(窒素パージ時)

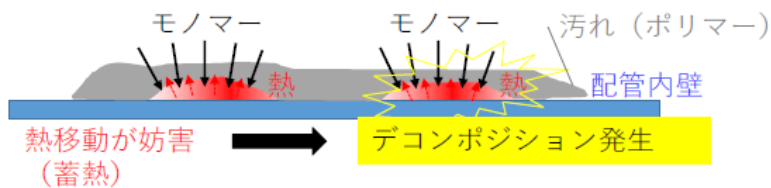
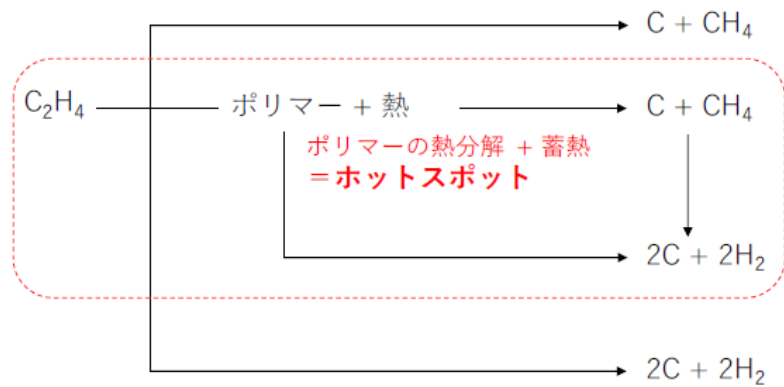


図3 エチレンの分解反応(デコンポジション)

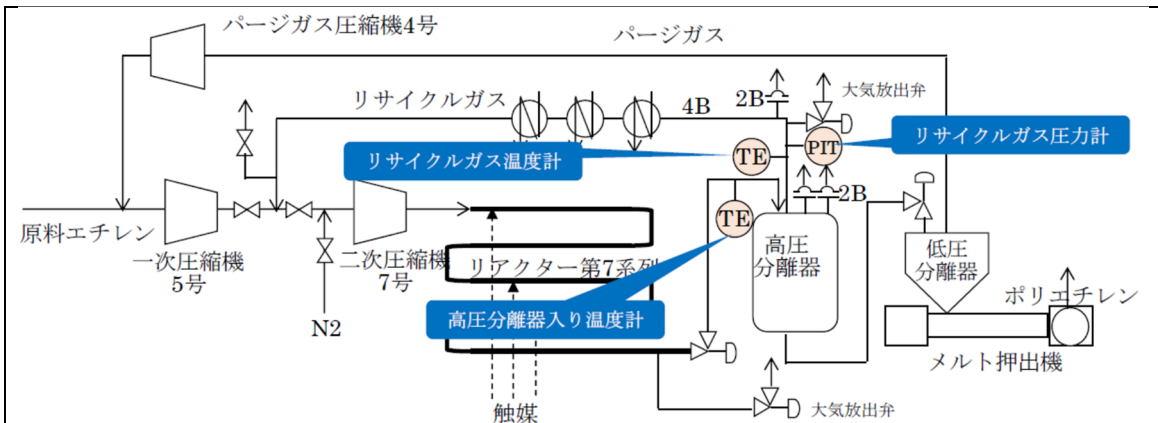
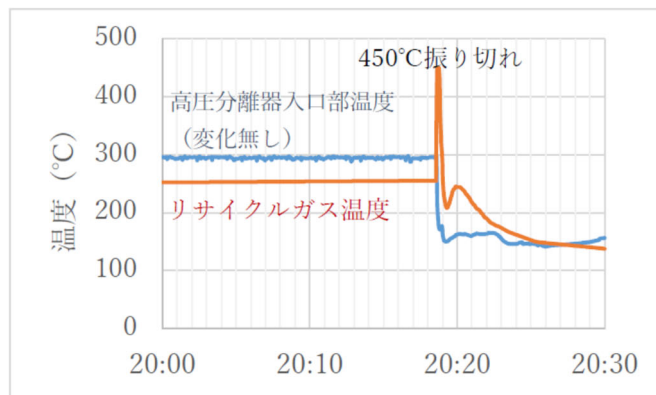


図4 高圧分離器周辺の温度計と圧力計

【グラフ1】



【グラフ2】

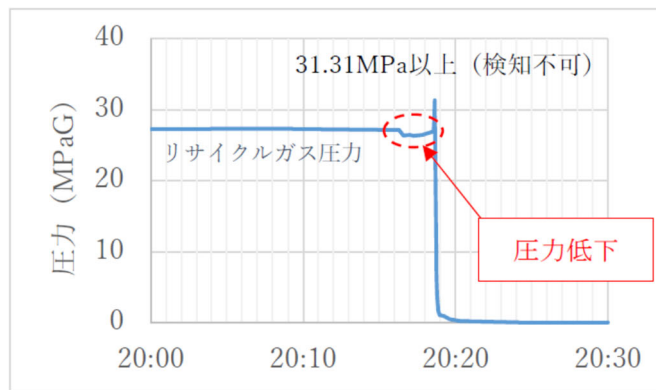


図5 高圧分離器周辺の温度と圧力のトレンド

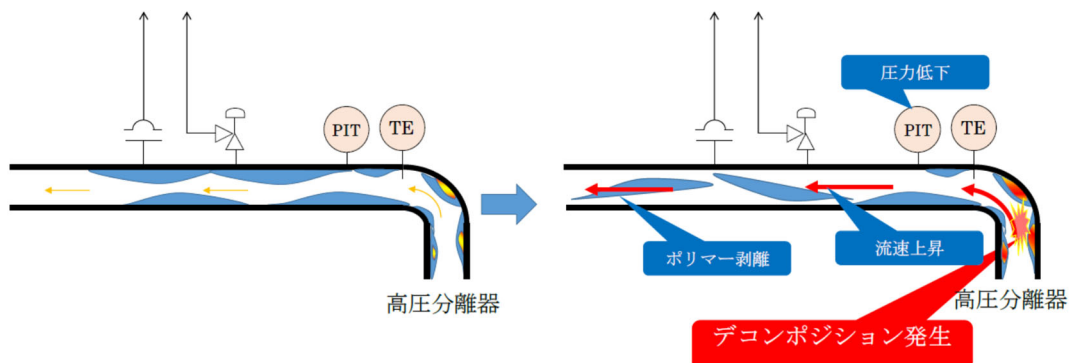


図6 エチレンの分解反応(デコンポジション)が発生したメカニズム



水抜き穴 (Φ10mm)

R/D 挿入箇所

図 7 高圧分離器に設けた破裂板の放出管の下部