

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2007-705	事故名称 ブタンコアレッサー入口配管のベントノズルの破断		
事故発生日時 2007-12-22 8時49分頃	事故発生場所 三重県四日市市		
施設名称 流動接触分解装置	機器名 ブタンコアレッサー入口配管のベントノズル	主な材料 STPG38S	概略の寸法 20A Sch160
高圧ガス名 液化ブタン	高圧ガス製造能力 約 6,725 千 m ³ /日 (Nol.)	常用圧力 0.89MPa	常用温度 55
被害状況 定常運転中、ブタンコアレッサー入口配管に取り付けられたベントノズルが破断して、液化ブタンが噴出した(人的被害なし)。			
事故概要 製品ブタンを出荷するため、ブタン出荷ポンプ A を起動し、製品タンクの循環運転を開始した。 出荷ポンプ B を追加起動し、AB 並列運転にて、製品タンクの循環運転を継続した。 このとき、流動接触分解装置(FCC)は定常運転中であったが、突然、計器室のガス検知器が発報した。 運転員が、現場確認したところ、ブタンコアレッサーの入口配管に取り付けられた閉止弁付きベントノズルが破断していた。 破断部から液化ブタンが噴出していたので、架構の直ぐ下にある激しく振動しているこのラインのバルブを閉止し、上流側と下流側の縁切りを実施した。 破断したベントノズルは、コアレッサーの入口配管(80A)のボスに配管用テーパネジで取り付けられていた。 直ちに、脱圧操作を開始し、装置の緊急運転停止を開始した。 自衛消防車が出動し、窒素ガスにて漏えいガスの拡散を行った。			
事故原因 ベントノズルは、途中で閉止弁が付いてトップヘビーとなっていたが、配管のボスとはネジ接合であった。破断部は、ボスの天端(上端)のネジ部で全破断していた。 破断面の SEM 観察から、疲労により破断した様相を呈しており、配管の振動による繰り返し応力で疲労破壊したものと判断された。 トップヘビーのベントノズルが、ネジ接合で取り付けであったため、配管振動による繰り返し応力がネジ底に加わり、割れが進展して全破断した。 ブタン留出系を検証した結果、ベントノズルの破断につながる異常は認められなかった。 さらに範囲を広げ検索した結果、留出系の製品ブタンを貯蔵する球型タンクがあり、その入口配管に設置されているスイング式逆止弁の弁体とアームの接続ボルトが欠損して、弁体が脱落しているのを確認した。 バルブメーカーによる解析の結果、ボルトの欠損の原因は、弁体がチャタリングを起こし、経年による疲労破壊である可能性が高いと推定した この逆止弁は、設置から事故発生まで開放点検などは実施していなかった。 逆止弁の弁体脱落により、逆止弁が閉塞していた状態で、ポンプを起動し、循環運転にはいったため、背圧が上昇した。このラインとヘッダー配管で接続されていた FCC 側のブタン留出系の圧力が上昇した。 このため、ブタンコアレッサー入口ラインに設置されている安全弁が作動した。 このとき、安全弁でフラッター現象(低振幅で高周波振動)が発生したものと			

と推定され、この影響で配管が振動し、ベントノズルが共振したことにより、ボス天端付近のネジ部が繰り返し応力により疲労破壊して、大量のブタン噴出・漏えいに至ったものと推定した。推定漏えい量は、約 0.82 トンであった。

間接原因として、FCC 装置のブタン留出先と製品の海上出荷元が同一の球型タンクであり、ブタン出荷準備作業の循環運転において、高圧のブタン出荷系と低圧である FCC 装置ブタン留出系の2系統がヘッダー配管で接続されている状態となっていた。

ブタン出荷作業でのポンプ起動後、係員がポンプ吐出バルブにて、製品タンクの循環量を調節していた。

このとき、2次側圧力の確認不足により、圧力異常を発見できなかった。

ブタン留出系には、現場に圧力計が設置されているが、連続監視が可能な圧力検出機能を備えていなかったため、圧力変動の異常発生を常時感知できず、早期対応が取れなかった。

再発防止対策

ベントノズルの取り付け部は、溶接構造とする。

ねじ込み構造である閉止弁付小径ノズルの管理を強化する。

製品タンク入口配管に設置されている逆止弁の分解点検を実施し、健全性を確認する。

逆止弁のチャタリング現象の発生を低減するため、ポンプ起動による循環運転の循環量と流量管理値を作業標準に明示するとともに、ポンプ起動時のポンプ吐出圧力の管理値を明確化する。

ブタン出荷系と FCC 留出系の圧力の異なる系統接続を回避するため、ブタン留出中の製品タンクからは出荷しないよう管理運用する。

ポンプ起動および停止時に圧力変動の影響を受ける可能性がある装置等を明確化し、作業開始時に関係部署へ連絡する。

ブタン留出系の圧力を連続監視可能な計装設備に変更する。

球形貯槽に設置されている類似逆止弁の健全性確認を行うとともに、開放検査時に逆止弁の機能を確認する。

入出荷系統(出荷、受入、タンク循環、タンク間転送等)ならびに装置留出系(低圧)の2系統が接続状態となる作業を洗い出し、ソフト運用で回避できない場合は、圧力上昇の異常が発生したら直ちにポンプを自動停止するハード対策を施す。

教訓

腐食環境下および振動環境下のネジ接続継手は、減肉および疲労破壊に注意しなければならない。上向きの閉止弁付ノズルは、トップヘビーとなり、取り付けネジ部の応力集中に注意が必要である。

逆止弁のメンテナンスも不可欠である。

安全弁作動による振動が配管に伝わり、共振が発生すると、思わぬ損傷につながる。振動対策として、配管のサポートなど、固定方法を検証する必要がある。

配管を固定する U バンドが緩く、配管がグラグラしている状態では、固定点とはいえない。振動対策は振動発生源に応じた振動防止、振動制御対策の効果などを振動解析により十分検討しなければならない。

発災後の事故現場の状況、位置関係は確実に把握、記録し、その後の解析の際の基礎データとする。

FCC 装置等のオンサイトとタンク出荷系等のオフサイトが配管で接続した状態であった。この状態で、それぞれ独立して運転していると思わぬ影響を与え

る。相互に運転情報を確実に伝える仕組みを構築する必要がある。
 現場作業員の感に頼るのではなく、ライン圧力、流量など管理値を明確に示す必要がある。
 ベントノズルはフロアの上であって、ラインの閉止弁は地上レベルにあった。運転員が、その閉止弁を閉めようとして作業したが、上のフロアからはボタンが大量に漏えいしている状況であり、下でバルブ操作していたのはかなり危険であったと思われる。バルブの振動も激しく、やっと閉止したような状況であった。着火していたら大災害に発展する可能性があったと思われる。可燃性ガスなどの大量漏えい時、現場対応を図るため作業員が漏えい箇所付近でバルブ閉止操作などを行うが、漏えいの状況によっては、人的被害が出かねず、かなり危険な状況となっていることがある。漏えい箇所の縁切り方法、装置の緊急停止操作について、十分検討すべきである。
 万が一の着火・爆発・中毒を考慮して、漏えい時の初動態勢のあり方を日頃から検討し、人命を危険な状況下に曝すことのないよう、危険回避措置を明確に定め、ケーススタディ毎に異常措置訓練を積み重ねる。

事故調査委員会

備考

写真・図面

図 1 蒸留塔と液面計ノズルの概要

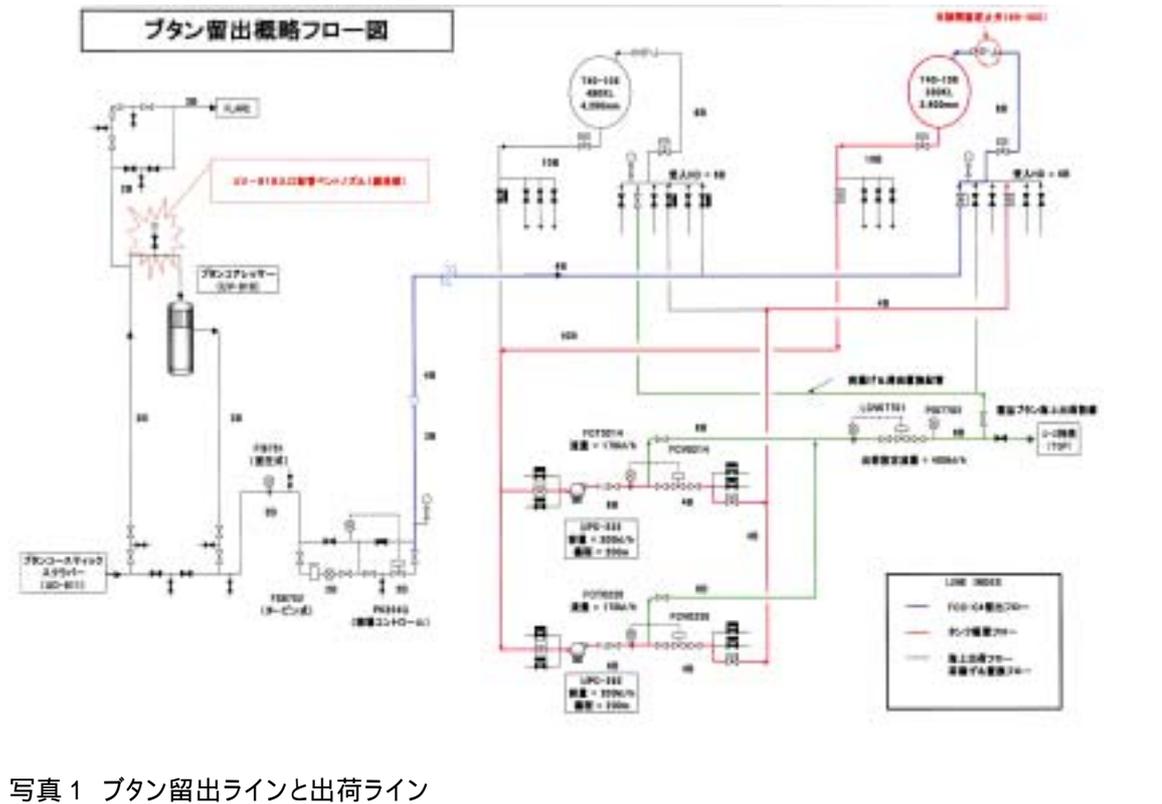
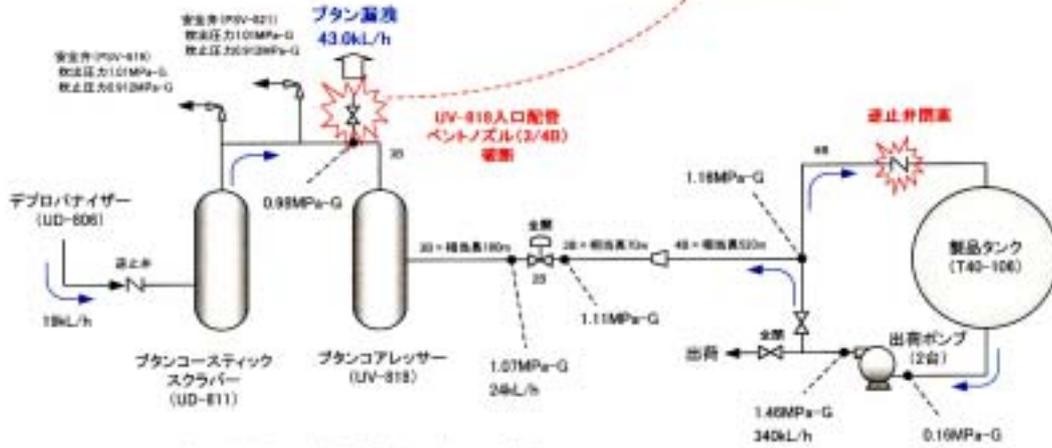
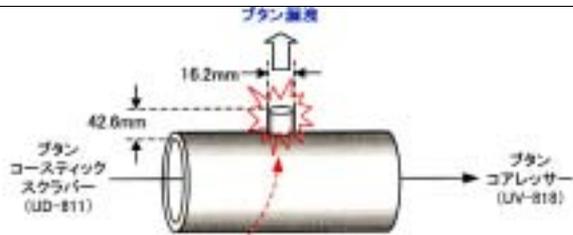


写真 1 ブタン留出ラインと出荷ライン

【漏洩量計算の前提条件】

絞孔の直径	d	16.2 mm
絞孔の厚さ	t	42.6 mm
流量係数	C	1.00 (d ≤ t)
比重	Q	0.586
一次側圧力	P ₁	10.01 kg/cm ² -G
二次側圧力	P ₂	0.00 kg/cm ² -G



1-2) 製品タンクからのブタン逆流停止後の漏洩量 (848頃～852頃)

海上出荷開始 (848頃) による製品ブタンの逆流停止からFCC装置緊急停止 (852頃) までの時間が約4分間であり、当時のFCC装置のブタン荷出量が約21kL/hであったことから、ブタン漏洩量は約0.82tonであったと推測される。

$$\text{約}21\text{kL/h} \div 60 \times 4\text{分} \times 0.586\text{ton/m}^3 \approx 0.82\text{ton}$$

写真2 配管ラインの概要

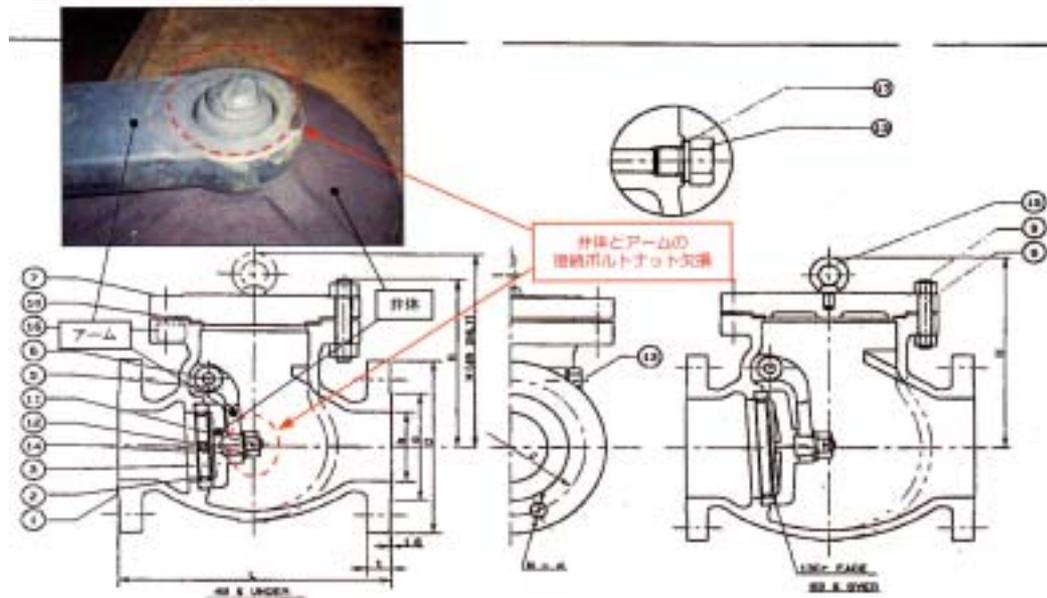


写真3 逆止弁の構造

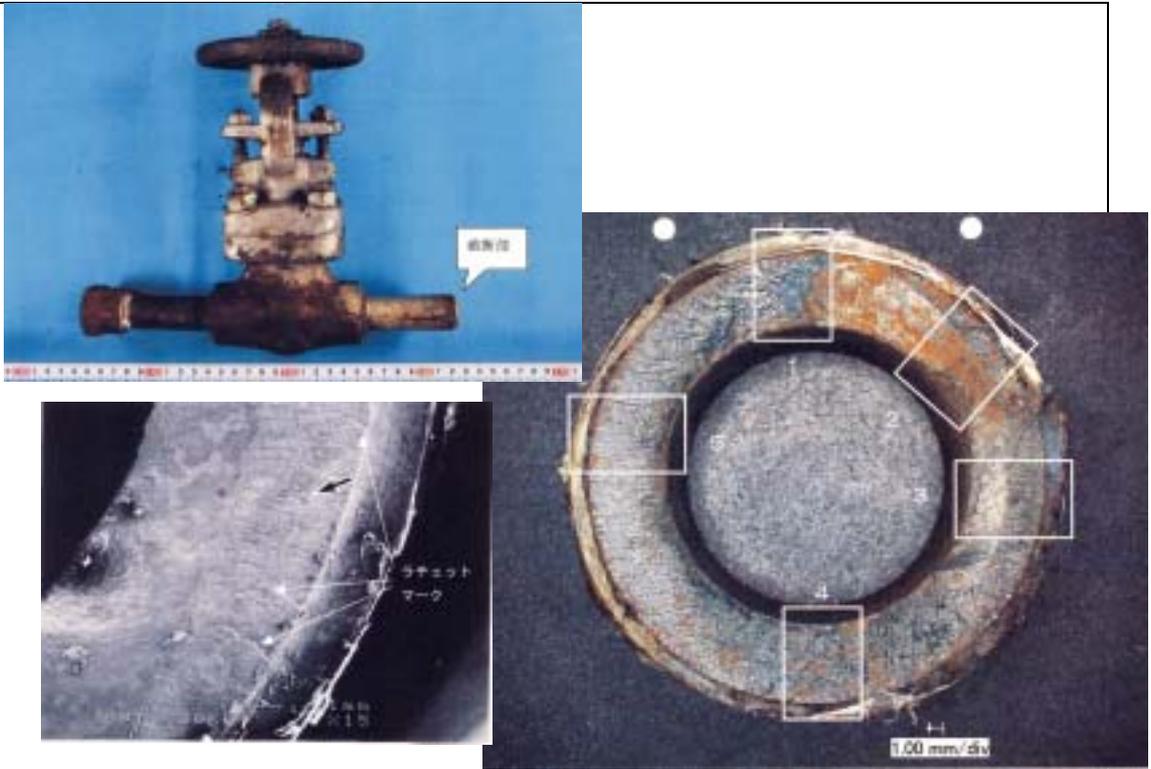


写真4 破断部の状況

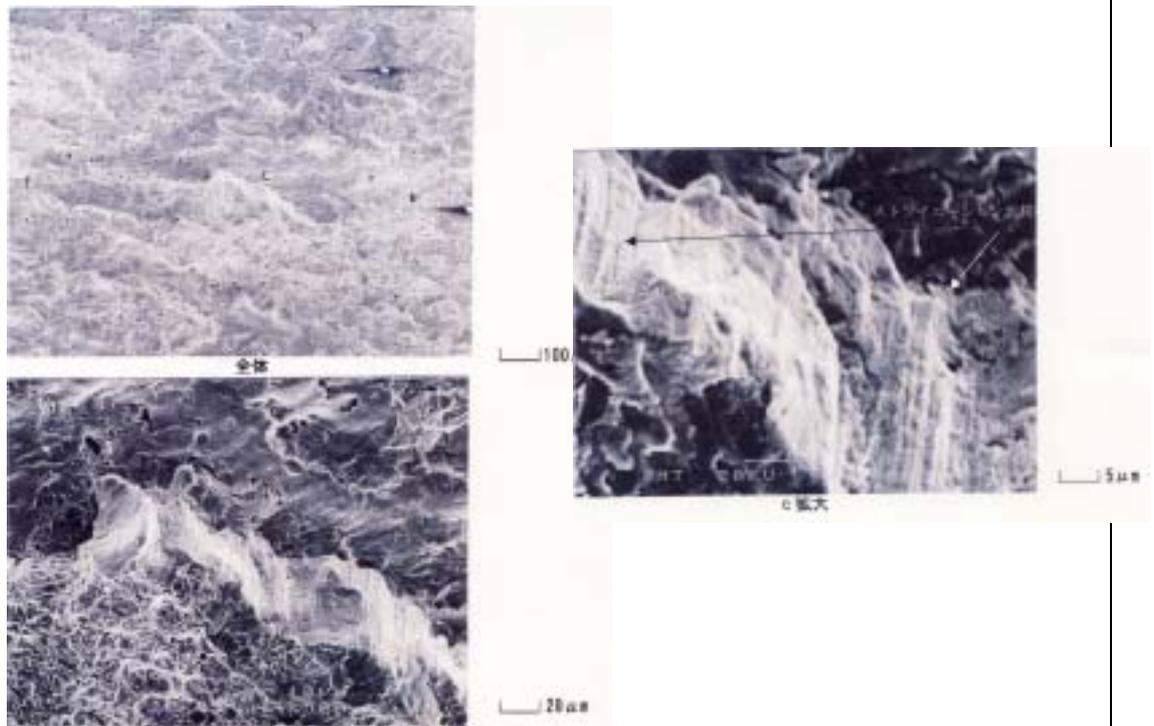


写真5 破断部のSEM写真