

# 高圧ガス設備におけるフランジ締結部の事故対策について

高圧ガス保安協会

## 1. 目的

近年、高圧ガス設備での事故の件数が増加している。中でも、フランジ締結部の事故は、毎年、10 件を超える報告がなされており、対策が課題となっている。このため、フランジ締結部での事故の再発防止、未然防止に向け問題点を抽出し、今後の対策を図るための注意事項をとりまとめた。

## 2. 高圧ガス設備におけるフランジ締結部での事故統計

2007 年から 2011 年までの 5 年間で、高圧ガス設備におけるフランジ締結部の事故件数の推移を図 1 に示す。過去 5 年間で、フランジ締結部での事故は、63 件発生しており、2009 年を除き、毎年 10 件を超える高い水準で事故が発生している。

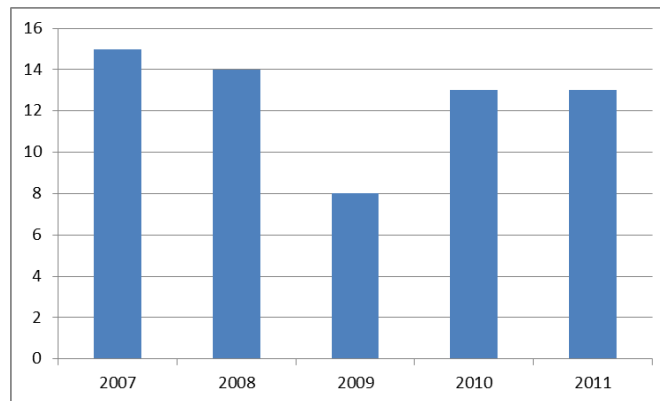


図 1 フランジ締結部の事故件数の推移

次に、フランジ締結部での事故の原因について分類した結果を図 2 に示す。締結管理不良 24 件、締結部のシール管理不良 11 件、誤ってフランジを開放してしまった等の誤操作、誤判断が 10 件と多くなっている。

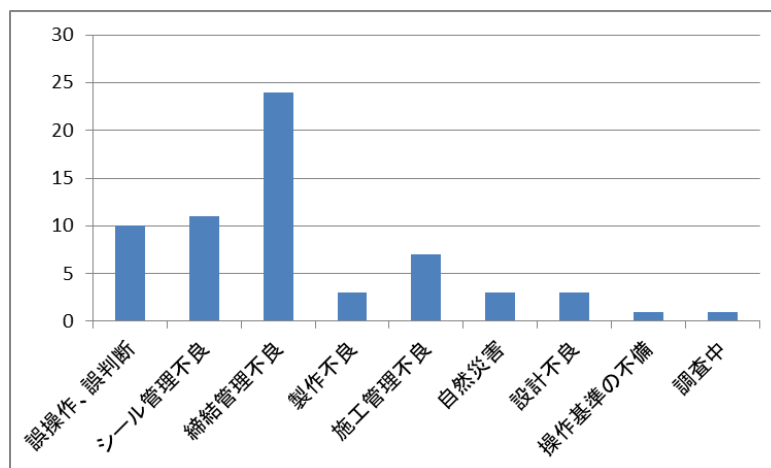


図 2 フランジ締結部の事故の原因

### (1) フランジ締結部の原因、要因別の整理

フランジ締結部での事故の主原因である、締結管理不良、シール管理不良、誤操作、誤判断の事故を精査し、事故の原因となった要因について分類した。

#### ①締結管理不良

締結管理不良の要因を分類した結果を図3に示す。過去5年間で、締結管理不良が原因の事故は24件発生しているが、温度変動による締付力低下が要因と考えられる事例は10件(約4割)、また、初期の締め付けトルク不足が要因と考えられる事故が8件(約3割)と、この二つの要因が、締結管理不良の約7割を占めていた。

#### ②シール管理不良

シール管理不良の要因について分類した結果を図4に示す。過去5年間で、シール管理不良が原因の事故は、11件発生しているが、ガスケット劣化7件、Oリング劣化1件、ガスケット腐食1件と、ガスケット、Oリングの劣化、腐食が要因となる事例が9件(約8割)を占めていた。

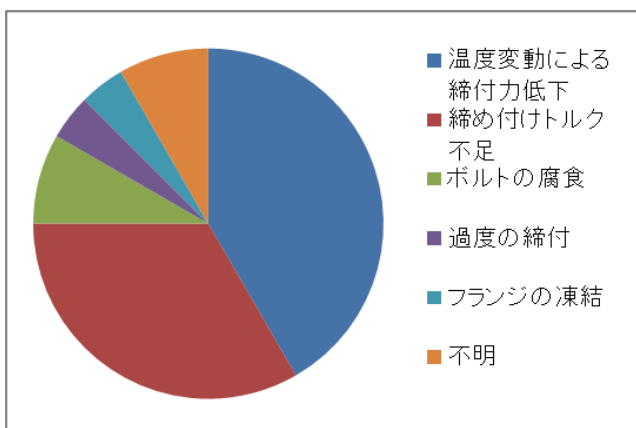


図3 締結管理不良の要因

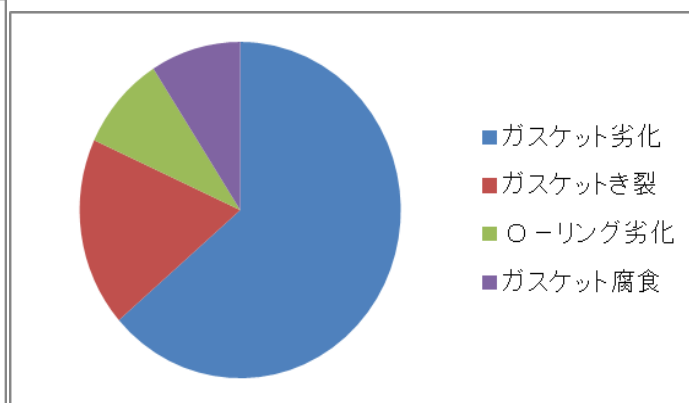


図4 シール管理不良の要因

#### ②誤操作、誤判断

誤操作、誤判断の要因について分類した結果を図5に示す。過去5年間で、誤操作、誤判断が原因の事故は、10件発生しているが、誤ってフランジを開放したと考えられる事例が5件(5割)と大半を占めていた。

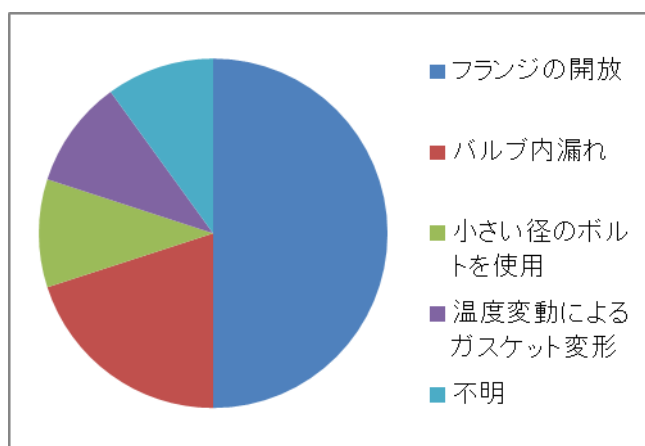


図5 誤操作、誤判断の要因

## (2) 部位毎の原因、要因別の整理

フランジ締結部の事故が発生した部位について分類した結果を図6に示す。過去5年間で、63件の事故が発生しているが、配管のフランジ締結部からの漏えいが36件(約5割)、熱交換器(本体)のフランジ締結部からの漏えいが8件(約1割)と、半数以上が、配管のフランジ締結部からの漏えいであった。

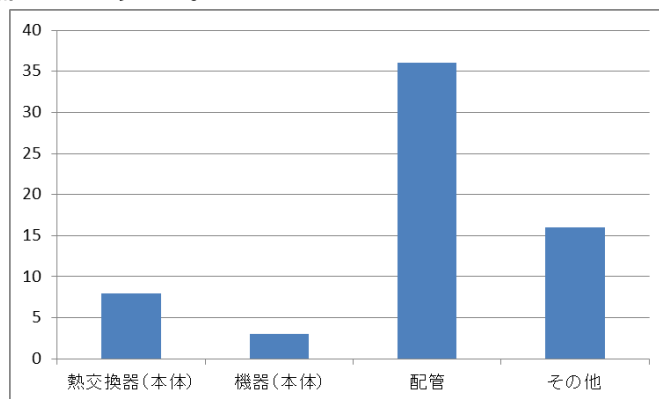


図6 フランジ締結部の事故が発生した部位

### ①配管

配管のフランジ締結部での事故の原因、要因について分類した結果を表1に示す。過去5年間で、配管のフランジ締結部での事故は36件発生しているが、締結管理不良が12件(約3割)であった。締結管理不良の要因としては、初期の締め付けトルク不足6件、温度変動による締付力低下3件となっている。次に、シール管理不良が原因の事故が8件(約2割)であった。シール管理不良の要因としては、ガスケット劣化5件、ガスケット腐食1件と、ガスケット劣化、腐食が大半を占めていた。

表1 配管のフランジ締結部での事故の原因、要因

原因	要因	件数
締結管理不良	締め付けトルク不足	6
	温度変動による締付力低下	3
	過度の締付	1
	フランジの凍結	1
	ボルトの腐食	1
	詳細不明	1
シール管理不良	ガスケット劣化	5
	ガスケットき裂	2
	ガスケット腐食	1
誤操作、誤判断	フランジの開放	4
	詳細不明	1
施工管理不良	ガスケットの取付不良	5
自然災害	地震による緩み	1
製作不良	配管の揺れ	1
設計不良	詳細不明	1
操作基準の不備	フランジの開放	1
不明	振動による緩み、ガスケット劣化	1
合計		36

## ②熱交換器

熱交換器のフランジ締結部での事故の原因、要因を分類した結果を表 2 に示す。

熱交換器(本体)のフランジ締結部での事故は 8 件発生しているが、締結管理不良が原因の事故が 6 件(約 7 割)であった。締結管理不良の要因としては、温度変動による締付力低下が 4 件と半数を占めていた。

表 2 熱交換器のフランジ締結部での事故の原因、要因

原因	要因	件数
締結管理不良	温度変動による締付力低下	4
	締め付けトルク不足	1
	不明	1
施工管理不良	ガスケットの取付不良	1
製作不良	ガスケット溝不良	1
合計		8

## (3)適用法規毎の原因、要因別の整理

適用法規毎に見てみると、コンビ則適用事業所 22 件、一般則適用事業所 15 件、冷凍則適用事業所 13 件となっていた。

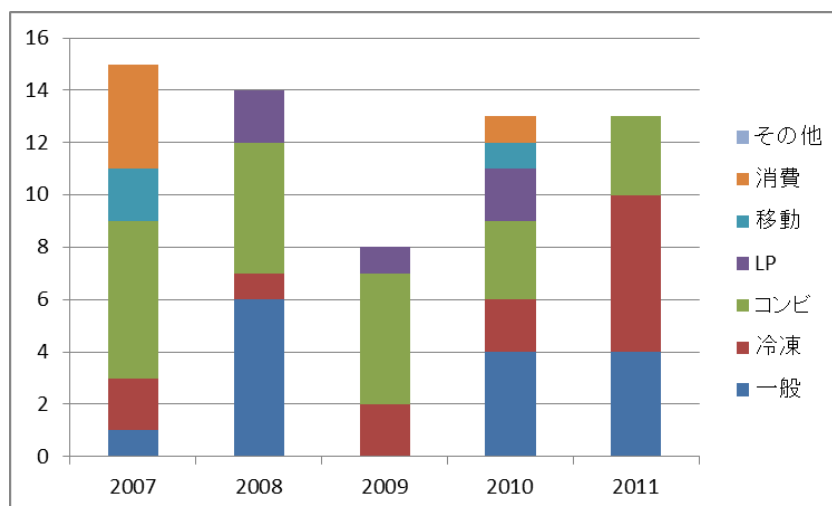


図 7 フランジ締結部の事故が発生した部位

①コンビ則適用事業所

コンビ則適用事業所の原因、要因について分類した結果を表 3 に示す。最も多かったのは、締結管理不良で、要因は、温度変動による締付力の低下が大半を占めていた。次に、ガスケットの取付不良が多くなっており、要因はすべてガスケットの取付不良であった。

表 3 コンビ則適用事業所での事故の原因、要因

原因	要因	件数
締結管理不良	温度変動による締付力低下	9
	過度の締付	1
	締め付けトルク不足	2
	詳細不明	1
施工管理不良	ガスケットの取付不良	3
シール管理不良	ガスケット腐食	1
	ガスケットき裂	1
誤操作、誤判断	温度変動によるガスケット変形	1
	フランジの開放	1
製作不良	ガスケット溝不良	1
設計不良	温度変動による締付力低下	1
合計		22

②一般則適用事業所

次に、一般則適用事業所の原因、要因について分類した結果を表 4 に示す。最も多かったのは、シール管理不良で半数以上の要因がガスケットの劣化によるものであった。次に多かったのが、締結管理不良で半数以上が締め付けトルク不足によるものであった。

表 4 一般則適用事業所での事故の原因、要因

原因	要因	件数
シール管理不良	ガスケット劣化	3
	ガスケットき裂	1
締結管理不良	締め付けトルク不足	2
	温度変動による締付力低下	1
誤操作、誤判断	バルブ内漏れ	2
	フランジの開放	1
製作不良	配管の揺れ	1
	オーリング割れ	1
設計不良	バルブ内漏れ	1
操作基準の不備	フランジの開放	1
調査中	振動による緩み、ガスケット劣化	1
合計		15

### ③冷凍則適用事業所

次に、冷凍則適用事業所の原因、要因について分類した結果を表 5 に示す。最も多かったのは、シール管理不良で要因はガスケット劣化が大半を占めていた。次に多かったのが、施工管理不良、締結管理不良、及び自然災害(地震)によるもので、それぞれ、ガスケットの取付不良、ボルトの腐食、地震による締付力低下が要因となっていた。

表 5 冷凍則適用事業所での事故の原因、要因

原因	要因	件数
シール管理不良	ガスケット劣化	4
	Oリング劣化	1
施工管理不良	ガスケットの取付不良	2
締結管理不良	ボルトの腐食	2
自然災害(地震)	地震による締付力低下	2
設計不良	詳細不明	1
誤操作、誤判断	フランジの開放	1
合計		13

### 3. フランジ締結部の対策の注意事項

2. 項で実施したフランジ締結部での事故統計より、事故が多く発生している要因ごとの注意事項について、以下にまとめる。

#### (1) 温度変動による締付力の低下

装置のスタートアップ、運転負荷調整、緊急停止時、シャットダウン等で大きな温度変動が生じる場合は、フランジ、ボルト、ガスケットの膨張の違いで、締結力が低下し、内部流体が漏洩する恐れがあり、温度勾配に併せて適切な締結管理(ホットボルティング/コールドボルティング)が望まれる。また、ホットボルティング/コールドボルティングを実施する際は、片締め、過度の力での締付によるボルトの伸び、ガスケットの損傷等を起こし、漏洩が生じることも考えられるために、適切な締結管理をすることが大切である。

事故名称	年月日	物質	業種	事故概要
第3潤滑油水素化精製装置からの水素ガス等漏えい	2007/9/26	水素、硫化水素、潤滑油	石油精製	潤滑油水素化精製装置のプランニングシャットダウンのため、原料油をカットし、加熱炉メインバーナーを消火して、水素循環による冷却作業を行っていた時、リアクターエフェルメント熱交換器のチャンネルフランジ部より、チューブの内部流体(水素+硫化水素+潤滑油)が微量外部に漏えいした。調査の結果、フランジガスケット、チャンネルフランジ及びチューブシートには異常がなかったことから、降温により、チャンネルフランジ部の締め付け力が低下したこと、及び前回開放検査後のボルト(ボルトサイズ:1インチ2分)の締め付け管理が不十分であったことが原因と考えられる。従来、高圧高温機器の2インチ以上のボルトについては、軸力管理により締め付け力の管理を実施していた。今後は、1インチ以上のボルトに関しても同様に軸力管理を行うこととした。

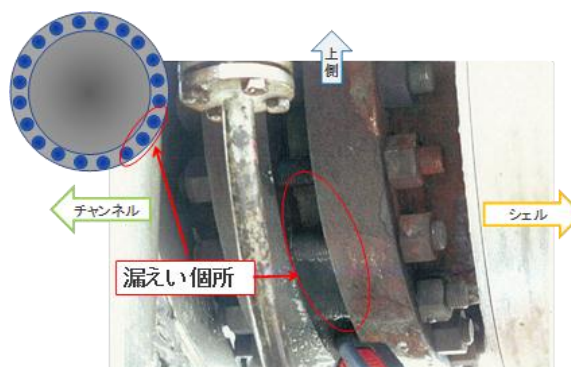


写真1 温度変動による事例①

## (2) 締付トルク不足

フランジを締付ける際は、ガスケットメーカーが推奨している最小設計締付圧力を確保することが重要であり、さらに使用条件等を考慮して最小設計締付圧力を超える締結力で管理する必要がある。また、施工を行う際は、適正な締結管理をすることが大切である。

事故名称	年月日	物質	業種	事故概要
液化アンモニア積み下し場の閉止フランジからの漏えい	2011/10/26	アンモニア	食品	消費事業所で、液化アンモニア積み下し場のガス検知器が作動し(27ppm)、自動散水を開始した。20ppmまで下がったことを確認した後、自動散水を停止し、現場点検を実施したところ、積み下し場のガス側閉止フランジからアンモニア反応を確認したため、フランジの増し締めを実施し、漏えい停止を確認した。原因は、閉止フランジのナットが緩んでいたためであった。

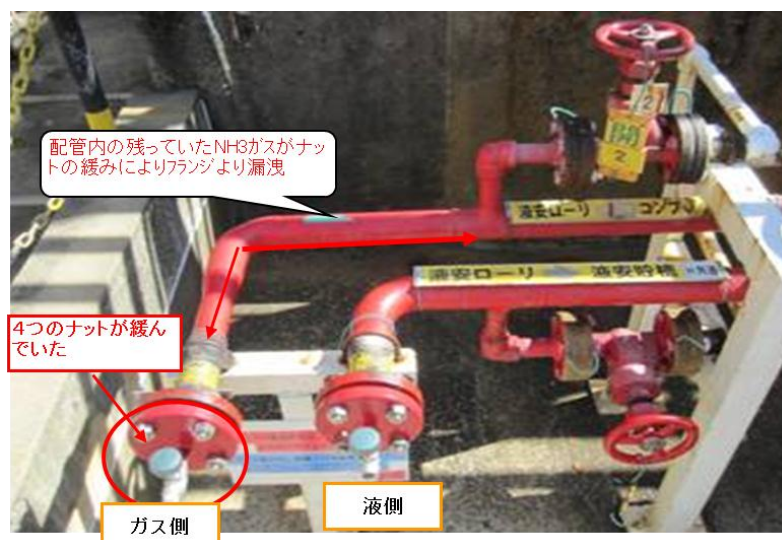


写真2 締付トルク不足による事例

## (3) ガスケット劣化・腐食

ガスケットを選定する時は、内部流体の温度、圧力、腐食性に応じた材質を選定する必要があり、選定にあたっては十分に検討することが大切である。また、取付後は定期的にガスケットの状態を確認し、維持管理する必要がある。

事故名称	年月日	物質	業種	事故概要
高級アルコール製造施設におけるフランジ部の火災	2008/9/11	オキシガス(一酸化炭素、水素)	石油化学	9月11日1時頃、計器室にて異音に気づき、パトロールを行った結果、高級アルコール製造施設内の2段側オキシ反応工程における、反応器入口配管のフランジ部において火災を発見した。直ちに2段側オキシ反応工程を停止し、脱圧を開始した。炎が拡大しないことを確認後、消防当局へ、消火活動を行うと一酸化炭素の拡散の恐れがあることを説明し、了解を得て消火せずに脱圧を継続した。約2時間後に脱圧が完了し、小型粉末消火器2本にて消火した。オキシガスが漏えいした原因は、フランジ部に装着されていた炭素鋼(材料:S10C)製のガスケットに腐食が発生したためである。腐食は、ガス中のCOによる鉄カーボニル腐食と、液中の蟻酸・水による孔食、フランジガスケット面の摺り合わせ不足によるガスケット面の不均一等の複合要因によるものと推定される。また漏えいしたオキシガス(一酸化炭素+水素)に着火した原因は、オキシガス中に含まれる水素ガスの最小発火エネルギーに達した為と推定される。今後、装置の調査及びガスケットの交換を実施することとした。交換に当たっては、材質をカーボンスチールからオーステナイト系ステンレス鋼に変更することとした。また、高級アルコール製造施設全体への水平展開として類似箇所の洗い出しを行い、点検及びガスケットの交換を実施することとした。さらに、設備の点検周期を定め、手順書を作成して従業員へ教育・周知することとした。



写真3 ガスケット劣化・腐食による事例

(4)ガスケット取付け不良

ガスケットを取付ける際は、使用するガスケットが適切なものか確認することが大切である。なお、ガスケットの使用を確認するために、PID、工事仕様書等でガスケットのスペックについて明確にしておく必要がある。また、施工の際は、ガスケットに保護フィルム、汚れ等がないかを確認し、芯ずれがないように取り付けることが重要である。

事故名称	年月日	物質	業種	事故概要
水酸化テトラメチルアンモニウム製造施設のフランジ部からの漏えい	2009/11/25	トリメチルアミン、メタノール、蟻酸メチル	一般化学	水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)製造施設の反応器で、液面低下警報が発報したため点検を実施したところ、液面調節弁の上流側フランジより反応液の漏えいを確認した。直ちに設備を停止し、液面調節弁の前後弁を閉止して漏えいを止めた。漏えいした反応液は大量の水に吸収させ、除害設備で処理した。また、反応器は建物内にあり、漏えいした反応液は建物内に溜まったため、周辺住民への影響はなかった。漏えい部を開放したところ、フランジのガスケットが破断していることが判明した。原因は、発災部はテフロンライニング管を使用しており、ガスケットにもテフロンライニング用を使用することになっていたが、バルブの更新時に誤って一般鋼管用を使用した。ガスケット内径が少し大きく単位面積当たりの面圧力が過大となったためと推定される。今後は、ガスケットの誤使用防止のために保管しているガスケットに識別表示を行う。

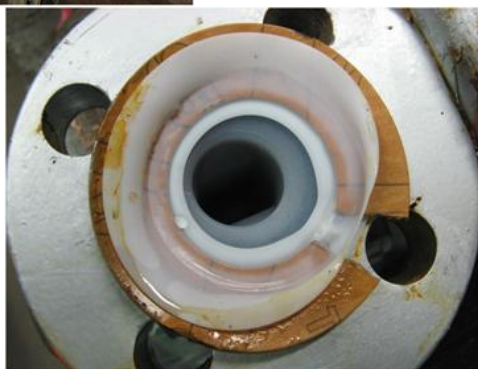


写真4 ガスケット取付け間違いによる事例

以上