

フランジ・ボルト締付管理

(2019年11月13日追補)

この追補は、2018年11月5日に改訂された“フランジ・ボルト締付管理”2018年版の追補である。
したがって、今後、**JPI-8R-15-2018** とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2019年11月13日の追補は次の7箇所（赤字+下線部）である。

<u>JPI-8R-15-2018 の該当頁： 2 頁（管理番号：8R-15-2018 追補 01）</u>	2
<u>JPI-8R-15-2018 の該当頁： 7 頁（管理番号：8R-15-2018 追補 02）</u>	3
<u>JPI-8R-15-2018 の該当頁： 8 頁（管理番号：8R-15-2018 追補 03）</u>	4
<u>JPI-8R-15-2018 の該当頁： 10 頁（管理番号：8R-15-2018 追補 04）</u>	5
<u>JPI-8R-15-2018 の該当頁： 11-12 頁（管理番号：8R-15-2018 追補 05）</u>	6
<u>JPI-8R-15-2018 の該当頁： 20 頁（管理番号：8R-15-2018 追補 06）</u>	7
<u>JPI-8R-15-2018 の該当頁： 29-34 頁（管理番号：8R-15-2018 追補 07）</u>	8

JPI-8R-15-2018 の該当頁： 2 頁 (管理番号： 8R-15-2018 追補 01)

4. 準備作業

4.2 フランジ面の確認

- a) ガasketの当り面に、有害な傷或いは異物等がないことを確認する。(事例34) ガasket当り面を現場で修正する場合は、表1-1 を目安とし、手仕上げによる。手仕上げによる修正が不可のものについては、表1-2 を参考にして機械加工により修正する。(事例1)
- b) ガasketの当り面に、有害なうねりや傾き等がないことを確認する。配管フランジに関しては、フランジ締付け前の時点で設計面からの傾き $1/250$ 以内 (ただしフランジ外径端部で最大3mm) を参考に(事例2)、また、熱交換器本体フランジに関しては、表1-3 を参考に補修加工要否を判断し、機械加工により修正する。(事例1) 漏れの経験を持つ、あるいは漏れに対してクリティカルな大口径配管フランジのガasket当り面の平坦度については、**ASME PCC-1-~~2010~~ 2013** Appendix D に基準が掲載されている。

備考 配管フランジの傾きは、JPI-7S-77-2010の28.1.1 C)1)項を参照した。

下線部 追記

取消し線部 削除

- c) リングジョイントフランジは分解前に、ガasket座外周の面間を測定して平坦度を確認する。フランジ面の接触による漏洩を避けるため、フランジ面間が全周のうち1か所でも1.5mm未満になっていた場合には補修を検討する。

- d) フランジ間に芯ズレがないか、合マークなどで確認する。芯ズレの許容値は、軸直方向に1.5mm、回転方向に3.0mmとする。フランジ間の隙間の許容値は、適度な力でフランジを引き寄せた状態で、ガasket厚さの2倍とする。(事例49)(事例50)

下線部 追記

備考 配管フランジの芯ズレの許容値は、ASME PCC-1-2013のAppendix Eを参照した。

- e) リングジョイントフランジの場合は、合マークを合わせて摺合せを行い、光明丹などにより切れ目なく当たりが溝の内側又は外側にあることを確認するとともに、底当りでないことを確認する。なお自緊式リングジョイントガasketの場合は当たりが外側となっていることを確認する。(事例29) ただし、オーステナイト系ステンレス鋼の場合は、かじり防止の観点から共摺りしないことが望ましい。
- f) リング及びリング溝に傷や割れがないことを確認する。
- g) フランジのボルト穴に、錆などが固着していないことを確認する。

(管理番号： 8R-15-2018 追補 01) の解説

(事例49) 2015年9月、大阪府の製油所で発生した球形タンク元フランジ部からの漏えい事例を反映した。球形タンクを繋ぐ可とう性のない配管の寸法が建設以来短く製作されており、バルブ切込み工事により配管が若干短くなったことでフランジ締め付け時にさらに引張られ、タンク元フランジ部のガasket面圧が低下し漏えいに至ったと推定される。(石連事故事例報告 保安 No.423)

(事例50) 2018年10月、茨城県の製油所のタンクヤードで発生した、42B 原油配管のフランジ漏洩事例を反映させた。本事例発生前に行なったバルブ切り込み工事において、当該バルブおよび直接接続された長さ1メートルの両フランジ短管の計3か所のフランジを組み立てたが、最後に締め付けを行なった短管のフランジが10月になって漏洩した。問題のフランジは、締め付け時には配管の反力が強く、十分なボルト締め付力が付加されたように見えたが、ガasketの締め付け自体は不足しており、外気温の低下する時期に漏洩した。本事例では対策として、今後、フランジ締め付け時には面間寸法を確認することとした。(石連事故事例報告書 保安 No.659)

JPI-8R-15-2018 の該当頁： 7 頁 (管理番号： 8R-15-2018 追補 02)

6.1 ボルトの締付要領 (事例4) (事例5) (事例19) (事例28) (事例30) (事例32) (事例36)

- a) 締付方法は手締め、トルクレンチ、パワーレンチ、ボルトテンショナーなどの方法があるが、各締付管理に適した方法を選択する。各締付管理方式の選定については、6.4のボルト締付力の定量的管理方法を参照とする。
- b) 対角のボルトの最低4本をガスケットの落ち込みがない程度まで締付け、フランジ間の芯ズレ、面の平行が出ていることを確認する。
- c) 締付力が均等になるよう、ボルトの締付けは対角方向に交互に行うことを基本とする。フランジボルト本数が8本以下の仮締付け及び本締付の順序は、図2を標準とする。フランジボルト本数が12本以上については、仮締付けの方法、及び本締付けについて同一方向のみの周回方法が提案されているので参考とされたい。詳細は、JIS B2251 (フランジ継手締付け方法) を参照のこと。ボルト本数が多い場合、締付けを開始するボルトにはマーキングを行い、締付け管理抜けが無いようにする。(事例24)

下線部 追記

- d) ガスケットの片締めは絶対に行わないこととし、必要に応じフランジ面間を計測しながら締付を行うこととする。(事例37) (事例38) また、このフランジ面間測定の結果、ガスケットに十分な面圧を与えることが困難あるいは配管に有害な拘束外力を与える懸念のあるフランジの芯ずれ、平行度不良、面間寸法不良等があった場合には、必要に応じて配管の面間調整などを行なう。(事例49) (事例50)
- e) 締付は、初めスパナで軽く締め、更にもう少し大きな締付力で均一に締付け、これを2回以上繰り返し、必要な締付力になるように締めていく。ボルトがかじると必要締付力が確保できないことがあるので、使用ボルトの事前確認やボルト孔の清掃等に留意する必要がある。(事例18)
- f) ボルト締付後の最終確認として、テストハンマーで締め具合を確認する。(事例24)
- g) ボルト締付後にガスケットの圧縮により締付力が低下する場合には、ガスケットメーカーと協議の上で、個別に設定された時間が経過した後で再度所定の締付力で増し締めを行うか、あるいは個別に設定された締付力低下を見込んで予め高めに締め付ける。

(管理番号：8R-15-2018 追補 02) の解説

(事例49) 2015年9月、大阪府の製油所で発生した球形タンク元フランジ部からの漏えい事例を反映した。球形タンクを繋ぐ可とう性のない配管の寸法が建設以来短く製作されており、バルブ切込み工事により配管が若干短くなったことでフランジ締め付け時にさらに引張られ、タンク元フランジ部のガスケット面圧が低下し漏えいに至ったと推定される。
(石連事故事例報告 保安 No.423)

(事例50) 2018年10月、茨城県の製油所のタンクヤードで発生した、42B原油配管のフランジ漏洩事例を反映させた。本事例発生前に行なったバルブ切り込み工事において、当該バルブおよび直接接続された長さ1メートルの両フランジ短管の計3か所のフランジを組み立てたが、最後に締め付けを行なった短管のフランジが10月になって漏洩した。問題のフランジは、締付時には配管の反力が強く、十分なボルト締付力が付加されたように見えたが、ガスケットの締め付け自体は不足しており、外気温の低下する時期に漏洩した。本事例では対策として、今後、フランジ締め付け時には面間寸法を確認することとした。
(石連事故事例報告書 保安 No.659)

JPI-8R-15-2018 の該当頁：8 頁 (管理番号：8R-15-2018 追補 03)

6.2 ボルト締付力

6.2.1 締付力の計算 締付力の計算の概要は、表 2 に示すとおりであり、以下にその要点を記述する。

なお、計算によって求められたボルト締付力は常温での締付時のもので、ホットボルティングなど高温時の締付けには適用しないこと。

- a) **最小締付力** 最小締付力は、以下の手順で算出される値であり、ガスケットの締付けに必要な最小締付力に、安全率とリラクゼーションを考慮した締付力を採用する。ただし、流体の種類や使用条件によっては、この締付力では不十分な場合があるので、JPI-7S-81 の参考2 (使用上の注意事項) を考慮する。

1) JIS B 8265 必要締付力の計算

JIS B 8265 必要締付力 = Max (Wm₁、Wm₂)

Wm₁ : 使用状態における必要な最小のボルト荷重 (= H + Hp)

Wm₂ : ガスケット締付時に必要な最小のボルト荷重 (= π bGy)

H : 内圧によってフランジに加わる全荷重 (= $\frac{\pi}{4} G^2 P$)

Hp : 気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力 (= 2π bGmP)

2) 最小締付力の計算 上記6.2.1 a) 1) のJIS B 8265 必要締付力 × (安全率) × (ボルトのリラクゼーションファクター) により算出する。(事例39) (事例51) ただし、安全率はトルク管理を行う場合は1.2、軸力管理を行う場合は1.05 とし、ボルト鋼種、ボルト温度ごとのリラクゼーションファクターを付表8に示す。

下線部 追記

(管理番号：8R-15-2018 追補 03) の解説

(事例 51) 2018年9月、和歌山県の製油所の水添脱硫装置の停止作業中に、熱交換器の管側入口フランジより軽油が漏洩した。当該熱交入口配管が図面通りに熱伸びを吸収する構造になっておらず、フランジに過大なモーメントが働いた状態で、高温運転中のリラクゼーションによりボルトの抗張力が低下し、装置停止時にフランジの温度が低下して締付力が弛緩した際に漏洩した。(石連事故事例報告 保安 No.639)

JPI-8R-15-2018 の該当頁：10 頁 (管理番号：8R-15-2018 追補 04)

6.2 ボルト締付力

6.2.1 締付力の計算

- b) **最大締付力** 最大締付力は、以下の手順で算出される値とし、フランジ、ボルト、もしくはガスケットに許容される限界の締付力のうち最小の締付力を採用している。

4) ボルト強度基準の許容締付力の計算 ボルト軸力をボルトの有効断面積で除したボルト軸方向許容応力は $0.8\sigma_y$ 程度であることとし、許容締付力 (目標値) はボルト軸力のばらつきを考慮してトルク管理を行う場合は1.4、軸力管理を行う場合は1.1 で除する。ここで σ_y はボルト材料の規格最小降伏点または0.2%耐力である。

ボルト強度基準の許容締付力 (目標値)

トルク管理を行う場合 $0.6\sigma_y \times Ab$

軸力管理を行う場合 $0.75\sigma_y \times Ab$

ここに、 σ_y : ボルトの最高使用温度における規格最小降伏点または0.2%耐力

Ab : 実際に使用するボルトの有効断面積

下線部 追記

(管理番号：8R-15-2018 追補 04) の解説

JPI 8R-15-2018 では、「トルク管理を行う場合 $0.6\sigma_y \times Ab$ 」「軸力管理を行う場合 $0.75\sigma_y \times Ab$ 」を「ボルト強度基準の許容締付力」としていたが、これらは正しくはボルト軸力のばらつきを考慮した「目標値」であって、「ボルト軸方向応力 $0.8\sigma_y$ 」が「許容値」であるため、改訂する。

JPI-8R-15-2018の該当頁：11-12頁 (管理番号：8R-15-2018 追補05)

6.2 ボルト締付力

6.2.4 一時的な温度変動時における締付力の注意点

- a) **ウェザー・シール** 一時的に雨や風の影響を直接フランジ継手に与えフランジとボルトの金属温度差を大きくさせてしまうと、これら部材の熱伸び差により、今までの締付力より大きい締付力に変化する。変動後の締付力がある限度を超えると、通常一番応力の高いガスケット又はガスケット当たり面を塑性変形させることで力学的な釣り合いを保とうとする。この状態から通常運転に戻ると、フランジとボルトの金属温度の差も以前の値にもどり、塑性変形を生じさせた分に相当するボルト締付力の低下を招き、漏れを生じさせることがある。このような現象は特に、スペーサーが設置されている等、フランジ間のボルトが長い場合に注意が必要である。(事例25) また、雨が片側のみ吹き付けると、同じ現象により部分的なボルトの締付力の低下を招いて、片締め状態をつくり漏れが生じる可能性がある。このような一時的な雨や風の影響を極力少なくするためには、ウェザー・シールの設置が有効である。ウェザー・シールは、完全な密閉構造とならないようにする。また、円周方向は部分的でなく全周にわたって囲むことが望ましい。(事例26)

ウェザー・シールが施工されているフランジ部については、施工不良又は点検・維持不良により漏洩・火災に至った事例も報告されており、ウェザー・シールの適切な管理が重要である。
(事例11) (事例12) (事例16) (事例17) (事例44) (事例45) (事例52)

下線部 追記

(管理番号：8R-15-2018 追補05) の解説

- (事例52) 2018年6月、千葉県製の製油所の水添脱硫装置において、熱交換器チャンネルフランジから漏洩・火災に至った事例を反映させた。ウェザー・シールに隙間や開口部が存在していたため、取り付け前後の降雨(最大45mm/h)により一部のボルトが冷却され縮むことでガスケットが過大に締め付けられた。その後、雨がやみボルトの温度が戻ることで締め付け応力が緩和され、ガスケット面圧の低下により内部流体(軽油および水素)が漏洩し、自然発火に至った。なお、本熱交換器には一般的にシール性が高いとされているカンプロファイルガスケットが使用されていた。(石連事故事例報告 保安 No.613)

JPI-8R-15-2018の該当頁：20頁 (管理番号：8R-15-2018 追補06)

付表3 ガスケットの許容締付圧力

ガスケットの許容締め付け圧力は、次表によるものとする。

名 称	記号の種類		ガスケット 厚さ (mm)	許容締付圧力 N/mm ²
ジョイントシートガスケット	NS		0.8	147.0(78.5) (1)
			1.5	98.0(49.0) (1)
			3.0	68.6(39.2) (1)
ゴムシートガスケット	RS	A	3.0	14.7
布入りゴムシートガスケット		B		
膨張黒鉛シートガスケット	GS-A/B		0.8、1.6	166.7
PTFE ソリッドガスケット	PS	A	1.5、3.0	39.2 (2)
		B	1.5、3.0	49.0 (2)
PTFE 被覆ガスケット	PJ	2.8	S、M形	49.0 (3)
			F形	
うず巻き形ガスケット	SW B/C/E		4.5	294.2 (4)
<u>リングジョイントガスケット</u>	<u>RJ</u>		—	— (5)

注 (1) 括弧内は、ガスケットペーストを併用した場合の値である。

下線部 追記

(2) PTFE ソリッドガスケットの許容締付圧力は、ラージメール・フィメール座又はラージタング・グループ座に用いた場合の締付初期の許容締付圧力である。

(3) PTFE 被覆ガスケットの許容締付圧力は、平面座に用いた場合の締付初期の許容締付圧力である。

(4) 内外輪付 (IOR 形)、タング・グループ座に使用する基本形 (R 形) 及びメール・フィメール座に使用する内輪付 (IR 形) に適用する。

下線部 追記

(5) JPI-7S-23-2018 に規定された材料 (純鉄、極軟鋼、低合金鋼、ステンレス鋼) で製作されたリングジョイントガスケットは許容締付圧力が十分に大きいため、フランジやボルトの強度基準の許容締付力が支配的となり、ガスケット許容締付圧力を設定していない。

備考 この表は、JPI-7S-81-2015の抜粋であるので、それが改訂された場合は、本付表に係わず最新版を適用する。

付属書 締付力計算例

1. 熱交フランジのボルト締付力計算例

1.1 ボルト・フランジ継手部の緒元 ボルト締付力の計算条件となるフランジ、ボルト、ガスケットなどの緒元は、以下のとおりとし、ボルトはトルク管理をおこなうものとする。

ボルト・ナットデータ

ボルト本数	—	—	28
ボルト規格	—	—	スタッドボルト
ボルト材質	—	—	SNB16
ボルト最高使用温度	—	℃	364.5
許容応力	常温	N/mm2	171.5
許容応力	最高使用	N/mm2	171.5
降伏点	常温	N/mm2	725.2
降伏点	最高使用	N/mm2	686.0 607.2
<u>ボルトの呼び径</u>	—	—	<u>W 2-1/4</u>
ボルト谷径	—	mm	49.02
ボルト有効径	—	mm	53.08
ボルト外径	—	mm	57.15
ボルト有効長さ	—	mm	530.2
ナット高さ	—	mm	57.15
ボルトのリラクゼーションファクター	—	—	1.40
安全率	—	—	1.2

下線部 追記
 取消し線部 削除

1.2 締付力の計算

b) 最大締付力の計算 (Step-2)

4) ボルト強度基準の許容締付力の計算 トルク管理を行うため、ボルト応力がボルトの規格最小降伏点または0.2%耐力の60%に見合う締付力で、次の計算によって算出する。

即ち、ボルト強度基準の許容締付力 (目標値) = $0.6 \sigma_y \times A_b = \del{776,805} \text{ N } 687,574 \text{ N}$
 ここに、 σ_y : ボルトの最高使用温度における規格最小降伏点または0.2%耐力
 A_b : 実際に使用するボルトの有効断面積

下線部 追記
 取消し線部 削除

JPI-8R-15-2018の該当頁：34頁 (管理番号：8R-15-2018 追補07)

1.3 適正締付力 1.2による計算結果の、最小締付力～最大締付力を適正な締付力の範囲とする。
各ステップでの締付力を比較すると下表となる。

1.2	項 目	ボルト軸力(N)
a)	1) JIS B8265 で定める必要締付力(W_{m1})	306,344
	2) 最小締付力 (安全率・リラクゼーションFを考慮)	514,657
b)	1) フランジ強度基準 (常温)	686,774
	2) フランジ強度基準 (設計温度)	552,849
	3) フランジ強度基準の許容締付力	552,849
	4) ボルト強度基準の許容締付力 (目標値)	776,805 = 687,574
	5) ガスケット強度基準の許容締付力	—
	6) 最大締付力	552,849

安全率=1.2、リラクゼーション F=1.40 を採用している。

(管理番号：8R-15-2018 追補 07) の解説

JPI 8R-15-2018 の付属書「締付力計算例」では、ボルト材の最高使用温度における降伏点に誤りがあったため、これに伴う計算結果を含めて訂正する。ボルト材の最高使用温度における降伏点は ASME BPVC Sec. II-D から引用した。最終的な適正締付力には影響しない。

フランジ・ボルト締付管理

(2020年10月5日追補)

この追補は、2018年11月5日に改訂された“フランジ・ボルト締付管理”2018年版の追補である。
したがって、今後、**JPI-8R-15-2018**とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2020年10月5日の追補は次の2箇所（赤字+下線部）である。

<u>JPI-8R-15-2018の該当頁：5頁（管理番号：8R-15-2018 追補08）</u>	2
<u>JPI-8R-15-2018の該当頁：7頁（管理番号：8R-15-2018 追補09）</u>	3

5. ガasket管理

5.1 ガasket選定の考え方 ガasketは、圧力、温度、流体（腐食性）及びフランジサイズにより選定を行い、基本的にはJPI規格、JIS規格、API規格、ANSI規格のいずれかに従うものとする。

一般的なガasketとして具備すべき条件は、以下のとおりである。

- a) 締付力（外部からの強制締付法によるものと自緊方式の締付けによるものがある。）によって、ガasketが弾性又は塑性変形してフランジの接合面になじみやすいものでなくてはならない。また、このとき、フランジの接合面を傷めないように、ガasketのほうが軟質でなければならぬ。**JPI-7S-81-2005参考2の4.7.b)**項では、リングジョイントガasketでフェライト系の炭素鋼又は低合金鋼では硬度差をHB30程度とすることができると記載されている。フランジ材料との相対硬度を保有させることとなるので、製作面及びコスト面からガasketメーカーと協議することが必要である。
- b) 流体圧力及び締付力によって破壊しない強さを有すること。
- c) ガasketは、使用流体が浸透することによりシール性能を損ない、漏れを起こすような材料であってはならない。
- d) できる限り小さな締付力で、効果のよいものであること。
- e) 使用する流体条件において、熱安定性、化学的安定性を有し、また、フランジ接合面を腐食させないものであること。
- f) 圧力変動、温度変動などによく追従し、接合面における締付応力の変動が少ないものであること。
- g) PTFEソリッドガasketはコールドフロー（クリープ）現象、並びにPTFE被覆ガasketはリラクゼーションが大きい特性を有するので、過大な締付力を与えないように注意する。
- h) PTFE被覆ガasketは外皮がテフロン製で中芯が滑りやすく、特に外皮の外周が溶着され中芯の外周がフランジボルト等で支持されない構造のものは、締付過多あるいは片締めにより中芯が変形してガasketのシール性が損なわれる可能性があるため、取扱いに注意を要する。**(事例31)**
- i) ガasketのシール性を確保するため膨張黒鉛シートを貼付する必要があるが、現場で施工した結果、運転中に継ぎ目より漏洩した事例があるため、施工前にガasketメーカーと協議するなど品質面で注意が必要である。**(事例43)**

j) 平面座や全面座に使用するうず巻き形ガasketは内外輪付を選定する。外輪付内輪無しのうず巻き形ガasketを平面座に使用し、締付過多が有った結果、内側のフープが変形して漏洩した事例が有る。(事例53) (なお、一般的に全面座フランジには強度上の問題からうず巻き形ガasketを使用しない)

下線部 追記

(管理番号：8R-15-2018 追補 08) の解説

(事例53) 2019年7月、神奈川県の製油所の廃ソーダ送液配管フランジから漏洩が発生した。当該フランジには外輪付内輪無しのうず巻き形ガasketが使用されており、内側のフープが変形して漏洩した。(石連事故事例報告 保安 No.689)

JPI-8R-15-2018 の該当頁： 7 頁 (管理番号： 8R-15-2018 追補 09)

6.1 ボルトの締付要領 (事例4) (事例5) (事例19) (事例28) (事例30) (事例32) (事例36)

- a) 締付方法は手締め、トルクレンチ、パワーレンチ、ボルトテンショナーなどの方法があるが、各締付管理に適した方法を選択する。各締付管理方式の選定については、6.4のボルト締付力の定量的管理方法を参照とする。
- b) 対角のボルトの最低4本をガスケットの落ち込みがない程度まで締付け、フランジ間の芯ズレ、面の平行が出ていることを確認する。
- c) 締付力が均等になるよう、ボルトの締付けは対角方向に交互に行うことを基本とする。フランジボルト本数が8本以下の仮締付け及び本締付の順序は、図2を標準とする。フランジボルト本数が12本以上については、仮締付けの方法、及び本締付けについて同一方向のみの周回方法が提案されているので参考とされたい。詳細は、JIS B2251 (フランジ継手締付け方法) を参照のこと。ボルト本数が多い場合、締付けを開始するボルトにはマーキングを行い、締付け管理抜けが無いようにする。(事例24)

下線部 追記

- d) ガスケットの片締めは絶対に行わないこととし、必要に応じフランジ面間を計測しながら締付を行うこととする。(事例37) 隣接配管などと接近していて作業性が悪い場合には締付力が不均一になり易いため特に注意を要する。(事例38) (事例54) また、このフランジ面間測定の結果、ガスケットに十分な面圧を与えることが困難あるいは配管に有害な拘束外力を与える懸念のあるフランジの芯ズレ、平行度不良、面間寸法不良等があった場合には、必要に応じて配管の面間調整などを行なう。(事例49) (事例50)
- e) 締付は、初めスパナで軽く締め、更にもう少し大きな締付力で均一に締付け、これを2回以上繰り返し、必要な締付力になるように締めていく。ボルトがかじると必要締付力が確保できないことがあるので、使用ボルトの事前確認やボルト孔の清掃等に留意する必要がある。(事例18)
- f) ボルト締付後の最終確認として、テストハンマーで締め具合を確認する。(事例24)
- g) ボルト締付後にガスケットの圧縮により締付力が低下する場合には、ガスケットメーカーと協議の上で、個別に設定された時間が経過した後で再度所定の締付力で増し締めを行うか、あるいは個別に設定された締付力低下を見込んで予め高めに締め付ける。

(管理番号：8R-15-2018 追補 09) の解説

(事例54) 2019年3月、神奈川県製の製油所のLPG精留塔の再沸器(ケトル形熱交換器)のフランジから漏洩が発生した。当該フランジ周辺には配管が干渉しており、ボルトが片締めになってしまい、締付トルクが低い箇所でも漏洩した。(石連事故事例報告 保安 No.675)

フランジ・ボルト締付管理

(2021年10月26日追補)

この追補は、2018年11月5日に改訂された“フランジ・ボルト締付管理”2018年版の追補である。
したがって、今後、**JPI-8R-15-2018**とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2021年10月26日の追補は
次の4箇所（赤字+下線部）である。

<u>JPI-8R-15-2018の該当頁：4頁（管理番号：8R-15-2018 追補10）</u>	2
<u>JPI-8R-15-2018の該当頁：6頁（管理番号：8R-15-2018 追補11）</u>	3
<u>JPI-8R-15-2018の該当頁：7頁（管理番号：8R-15-2018 追補12）</u>	5
<u>JPI-8R-15-2018の該当頁：15頁（管理番号：8R-15-2018 追補13）</u>	6

JPI-8R-15-2018 の該当頁： 4 頁 (管理番号： 8R-15-2018 追補 10)

4. 準備作業

4.3 ガasketの確認

a) リングジョイントガasket以外は全て新規のガasketを使用する。

下線部 追記

b) 使用するガasketが、仕様（レーティング、サイズ、型式、材質、硬度等）に適合していることを確認する。(事例55)

c) 表面に有害な傷又は異物などの付着がないことを確認する。特に、オーステナイト系ステンレス鋼を使用したガasketについては塩化物応力腐食割れにより、使用中に破断、火災となった事例が報告されており、保管、取扱いに十分な注意を払う必要がある。(事例3)

d) ガasketペーストを使用する場合は、仕様が適合していることを確認し、ガasketに均一に薄く塗布する。また、異物がかみ込まないように注意する。

備考1. 装置、流体によっては、ガasketペーストの種類の規定又は塗布が禁止されているものがあるため、注意が必要である。

2. ガasketペーストの使用目的は以下のとおりであり、単に漏れ止めの目的で接着剤などを使用してはならない。

— ガasketとフランジ当り面の密着性を良くし、シール性能を向上させる。

— ガasketのフランジ面への焼付きによるフランジ面の損傷を防ぎ、また、ガasketの取外しを容易にする。

(管理番号：8R-15-2018 追補 10) の解説

(事例 55) 2020年8月、神奈川県製の製油所で発生した原油移送ポンプ入口ストレーナーからの漏洩事例を反映した。ストレーナー上蓋フランジのシートガasketの外形が大きく、フランジボルトに干渉する状態であったため、ガasketの外側に亀裂が発生し、ポンプの発停による圧力変動によりガasketが破断したものと推定する。なお、当該ストレーナーは機器仕様図が定められておらず、採寸によりガasketを製作していたが、ガasketのサイズが誤っていた。(石連事故事例報告書No. 809)

JPI-8R-15-2018 の該当頁： 6 頁 (管理番号： 8R-15-2018 追補 11)

5. ガasket管理

5.2 ガasket保全の考え方 ガasketの寿命については、ガasketのみで単独に決まるものではなく、取付法、締付方法、塗布物質などの影響、取付場所の影響、流体の影響、増締めの方などの方などのいろいろな要因が絡み合っていると考えられ、一概に規定することは難しい。

以上から、ガasketの保全は、以下の考え方で対処することが望ましい。

- a) リングジョイントガasket以外の ジョイントシート、うず巻形、平形金属被覆、メタルソリッド、PTFEソリッド、PTFE被覆などのガasketについては、原則として機器・配管開放時にフランジを緩めた場合に取替えを実施する。

下線部 追記

- b) オクタゴナル型リングジョイントガasketについては、原則として機器・配管開放時にフランジを緩めた場合に検査を行い、当り面の健全性及びガasketの有害な変形(事例56)や傷が無いことが確認できれば、再使用してもよいが、オーバル型リングジョイントガasketについては原則的に再使用できない。(事例57)。

- c) 運転中にガasket部からの漏洩が認められた場合、外観検査により破損等の有無を確認した後、増締めにより漏洩を停止できたものは継続使用できるものとする。ただし、破損が認められた場合又は増締めにより漏洩が停止できない場合は、ガasketを取替えるものとする。

なお、ガasketの選定、保全については、石油各社は過去の保全実績に基づき基準などを規定し効果をあげているのが実態であり、以下に参考として例示する。

- 1) **選定基準** 基本的にJPI規格を主体とし、JIS、API、ANSI規格などで補完している。
- 2) **選定因子** 圧力、温度、流体（腐食性を含む。）及びフランジサイズにより選定している。
- 3) **種類** ジョイントシート、うず巻形、平形金属被覆、リングジョイントを始めとして、各種のガasketを用いている。
- 4) **交換基準** 原則としてBM（事後保全）対応とし、工事などによりフランジを緩めた場合に併せて交換するのが殆どである。
なお、ガasketごとに使用温度と標準交換年数を設定している場合もあるが、事例は少ない。
- 5) **選定の体系表** 選定の体系表を作成し、これに基づき選定している。

(管理番号：8R-15-2018 追補 11) の解説

(事例 56) 2020年12月、神奈川県製の製油所で発生した熱交換器フランジからの漏洩事例を反映した。装置の緊急停止により当該フランジに温度/圧力変化が発生したことでボルトが緩み、経年的に劣化していたリングジョイントガasketの面圧が低下したことで漏洩に至ったと推定する。当該ガasketは再使用されており、ガasketとフランジとの当りは出ているものの周方向の当りは不均一であった。(石連事故事例報告書No. 849)

（管理番号：8R-15-2018 追補 11）の解説

（事例 57）2020年1月、神奈川県の製油所で発生した水素製造装置のメタネータ出口下流弁フランジからの漏洩事例を反映した。当該フランジは、過去から繰り返し縁切り用の仕切り板が挿入されていた箇所であり、オーバル型リングジョイントガスケットを再利用していた。繰り返しのフランジ締結により、ガスケットが変形し、フランジ間のシール性が保てなくなり漏洩に至った。（石連事故事例報告書No. 785）

JPI-8R-15-2018の該当頁：7頁（管理番号：8R-15-2018 追補12）

6.1 ボルトの締付要領 (事例4) (事例5) (事例19) (事例28) (事例30) (事例32) (事例36)

下線部 追記

- a) 締付方法は手締め、トルクレンチ、パワーレンチ、ボルトテンショナーなどの方法があるが、各締付管理に適した方法を選択する。各締付管理方式の選定については、6.4のボルト締付力の定量的管理方法を参照とする。なお、増し締めを行う場合も同様の方法を選択する。(事例58)
- b) 対角のボルトの最低4本をガスケットの落ち込みがない程度まで締付け、フランジ間の芯ズレ、面の平行が出ていることを確認する。
- c) 締付力が均等になるよう、ボルトの締付けは対角方向に交互に行うことを基本とする。フランジボルト本数が8本以下の仮締付け及び本締付の順序は、**図2**を標準とする。フランジボルト本数が12本以上については、仮締付けの方法、及び本締付けについて同一方向のみの周回方法が提案されているので参考とされたい。詳細は、**JIS B2251**（フランジ継手締付け方法）を参照のこと。ボルト本数が多い場合、締付けを開始するボルトにはマーキングを行い、締付け管理抜けが無いようにする。(事例24)

下線部 追記

- d) ガスケットの片締めは絶対に行わないこととし、必要に応じフランジ面間を計測しながら締付を行うこととする。(事例37) (事例58) 隣接配管などと接近していて作業性が悪い場合には締付力が不均一になり易いため特に注意を要する。(事例38) (事例54) また、このフランジ面間測定の結果、ガスケットに十分な面圧を与えることが困難あるいは配管に有害な拘束外力を与える懸念のあるフランジの芯ズレ、平行度不良、面間寸法不良等があった場合には、必要に応じて配管の面間調整などを行なう。(事例49) (事例50)
- e) 締付は、初めスパナで軽く締め、更にもう少し大きな締付力で均一に締付け、これを2回以上繰り返し、必要な締付力になるように締めていく。ボルトがかじると必要締付力が確保できないことがあるので、使用ボルトの事前確認やボルト孔の清掃等に留意する必要がある。(事例18)
- f) ボルト締付後の最終確認として、テストハンマーで締り具合を確認する。(事例24)
- g) ボルト締付後にガスケットの圧縮により締付力が低下する場合には、ガスケットメーカーと協議の上で、個別に設定された時間が経過した後で再度所定の締付力で増し締めを行うか、あるいは個別に設定された締付力低下を見込んで予め高めに締め付ける。

(管理番号：8R-15-2018 追補12) の解説

(事例58) 2020年8月、愛知県の製造所において、ナフサ脱硫装置反応器フィード/エフルエント熱交換器のシェルカバーフランジが漏洩した事例を反映させた。当該フランジは、定修では締付トルクによる締結管理を行なって復旧しているが、その後の総合気密試験で微量のガス漏れにより増し締めを実施した。この時にトルク測定や面間測定等を実施しておらず、片締めになっていた可能性が考えられる。(石連事故事例報告書 No. 812)

JPI-8R-15-2018 の該当頁： 15 頁 (管理番号：8R-15-2018 追補 13)

7. ホットボルディング 高温流体部分のフランジ継手は常温では漏洩がなくても、フランジ、ボルト又はガスケットの熱膨張差により昇温時に漏洩を生じる可能性があるため、ホットボルディングを行うことが望ましい。

下線部 追記

ホットボルディングの実施にあたっては、ホットボルディングの実施範囲、実施時期、実施方法（締付け力など）などが重要決定事項となるが、これら基準化に対する技術的な立証は困難である。従って、石油各社では、フランジ継手から漏洩した場合の危険度及び影響度、過去の実績、経済性を考慮した標準化がなされ、管理されているのが実態である。[\(事例41\)](#) [\(事例48\)](#) [\(事例59\)](#)

以上のことから、この指針ではあえて基準化することを避け、石油各社（石油化学含む）の管理方法の最大公約数的な方法を本文に例示し、具体的な基準を**付表 7-1**に例示することとした。

(管理番号：8R-15-2018 追補 13) の解説

(事例 59) 2020年11月、神奈川県製の製油所で発生した熱交換器フランジからの漏洩事例を反映した。当該機器はその運転温度からホットボルディングの対象であったが、定修での機器開放後、ホットボルディングを実施しなかったため、漏洩に至った。当該機器は過去の改造で運転温度が変更されたが、ホットボルディングの対象機器リストへの反映ができていなかった。(石連事故事例報告書No. 844)

フランジ・ボルト締付管理

(2022年10月31日追補)

この追補は、2018年11月5日に改訂された“フランジ・ボルト締付管理”2018年版の追補である。
したがって、今後、**JPI-8R-15-2018** とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2022年10月31日の追補は
次の箇所(赤字+下線部)である。

<u>JPI-8R-15-2018</u> の該当頁：2頁(管理番号 8R-15-2018 追補 14)	2
<u>JPI-8R-15-2018</u> の該当頁：4頁(管理番号 8R-15-2018 追補 15)	3
<u>JPI-8R-15-2018</u> の該当頁：5頁(管理番号 8R-15-2018 追補 16)	4
<u>JPI-8R-15-2018</u> の該当頁：7頁(管理番号 8R-15-2018 追補 17)	5
<u>JPI-8R-15-2018</u> の該当頁：11頁(管理番号 8R-15-2018 追補 18)	6
<u>JPI-8R-15-2018</u> の該当頁：14頁(管理番号 8R-15-2018 追補 19)	7

JPI-8R-15-2018 の該当頁：2 頁 (管理番号 8R-15-2018 追補 14)

4. 準備作業

4.2 フランジ面の確認

下線部追記

- a) ガasketの当り面に、有害な傷或いは異物等がないことを確認する。(事例34) (事例60) (事例61) (事例62) ガasket当り面を現場で修正する場合は、表 1-1 を目安とし、手仕上げによる。手仕上げによる修正が不可のものについては、表 1-2 を参考にして機械加工により修正する。(事例1)

管理番号：8R-15-2018 追補 14 の解説

(事例 60) 2020年7月、千葉県の製油所で発生した間接脱硫装置ガス圧縮機二段出口分離塔からの水素ガス漏洩事例を反映させた。本事例では、ガasket当たり面の異物によりシーリング性が低下し漏洩に至った。(石連事故事例報告書 No.856)

(事例 61) 2021年4月、神奈川県製の重質油脱硫分解装置の水素加熱炉出口配管の逆止弁から水素が漏洩した事例を反映した。分解整備毎の締め付けを繰り返したことでガasket当たり面に凹みができ、ガasket面圧が低下、漏洩に至った。(石連事故事例報告書 No.905)

(事例 62) 2021年8月、千葉県の製油所で発生した軽油水添脱硫装置 熱交換器出口配管フランジからの漏洩事例を反映した。漏洩部についてはフランジのガasket当たり面及びガasketに異物を噛み込んだような傷を認めた。傷は当たり面を貫通してはいないものの、フランジの面圧に何らかの影響を及ぼし漏洩に至ったと推定している。(石連事故事例報告書 No.914)

JPI-8R-15-2018 の該当頁：4 頁 (管理番号 8R-15-2018 追補 15)

4. 準備作業

4.3 ガasketの確認

- a) リングジョイントガスケット以外は全て新規のガスケットを使用する。
- b) 使用するガスケットが、仕様（レーティング、サイズ、型式、材質、硬度等）に適合していることを確認する。[\(事例55\)](#) [\(事例63\)](#) [\(事例64\)](#)

下線部追記

管理番号：8R-15-2018 追補 15 の解説

(事例 63) 2021 年 5 月、大阪府の製油所の塩酸貯槽と配管とのフランジ接続部から塩酸が漏洩した事例を反映させた。当該接続部は、塩酸貯槽側がポリエチレン製 FF フランジ、配管側が鋼製 RF フランジで、後者に合せたガスケットを使用して締結していたため、貯槽側の FF フランジが変形して塩酸の漏洩に至った。(石連事故事例報告書 No.937)

(事例 64) 2021 年 12 月、神奈川県製の製油所の軽油深度脱硫装置で発生した配管フランジからの漏洩事例を反映した。配管復旧時に誤った仕様（レーティング）のガスケットを装着したことにより、フランジ面とガスケット面とのズレが生じ、漏洩が発生した。(石連事故事例報告書 No.932)

JPI-8R-15-2018 の該当頁：5 頁 (管理番号 8R-15-2018 追補 16)

5. ガasket管理

5.1 ガasket選定の考え方

- i) ガasketのシール性を確保するため膨張黒鉛シートを貼付する必要があるが、現場で施工した結果、運転中に継ぎ目より漏洩した事例があるため、施工前にガasketメーカーと協議するなど品質面で注意が必要である。(事例43)
- j) 平面座や全面座に使用するうず巻き形ガasketは内外輪付を選定する。外輪付内輪無しのうず巻き形ガasketを平面座に使用し、締付過多があった結果、内側のフープが変形して漏洩した事例が有る。(事例53) (なお、一般的に全面座フランジには強度上の問題からうず巻き形ガasketを使用しない)
- k)

ファイラーに膨張黒鉛を使用しているうず巻き形ガasketは使用温度に注意する。膨張黒鉛は高温下では酸化減量するため、膨張黒鉛の内・外周への非石綿材またはマイカ材の取付け、酸化抑制剤の添加等を検討する。(事例65)	下線部追記
--	-------

管理番号：8R-15-2018 追補 16 の解説

(事例 65) 2020 年 8 月、神奈川県製の製油所の接触改質装置リアクタ入口フランジから内部流体が漏洩した事例を反映させた。フランジの片締めにより、うず巻き形ガasketの膨張黒鉛のファイラーが高温の内部流体にさらされ、有機成分が消失してばらけ、漏洩に至った。(石連事故事例報告書 No. 870)

JPI-8R-15-2018 の該当頁：7 頁 (管理番号 8R-15-2018 追補 17)

6. ボルトの締付

6.1 ボルトの締付要領

- d) ガasketの片締めは絶対に行わないこととし、必要に応じフランジ面間を計測しながら締付を行うこととする。(事例37) (事例58) (事例66) 隣接配管などと接近して作業性が悪い場合には締付力が不均一になり易いため特に注意を要する。(事例38) (事例54) また、このフランジ面間測定の結果、ガasketに十分な面圧を与えることが困難あるいは配管に有害な拘束外力を与える懸念のあるフランジの芯ずれ、平行度不良、面間寸法不良等があった場合には、必要に応じて配管の面間調整などを行なう。(事例49) (事例50)

下線部追記

管理番号：8R-15-2018 追補 17 の解説

- (事例 66) 2021 年 4 月、神奈川県製の製油所の接触改質装置の熱交換器のフランジより漏洩、火災発生事例を反映させた。品質管理計画に適正なフランジ締付の品質確保（フランジの面間測定や軸力管理等）の方法が明記されていなかったため締付力が偏った状態となった。（石連事故事例報告書 No. 900）

JPI-8R-15-2018 の該当頁 : 11 頁 (管理番号 8R-15-2018 追補 18)

6. ボルトの締付

6.2 ボルトの締付力

6.2.4 一時的な温度変動時における締付力の注意点

a) ウェザー・シール 一時的に雨や風の影響を直接フランジ継手に与えフランジとボルトの金属温度差を大きくさせてしまうと、これら部材の熱伸び差により、今までの締付力より大きい締付力に変化する。変動後の締付力がある限度を超えると、通常一番応力の高いガスケット又はガスケット当たり面を塑性変形させることで力学的な釣り合いを保とうとする。この状態から通常運転に戻ると、フランジとボルトの金属温度の差も以前の値にもどり、塑性変形を生じさせた分に相当するボルト締付力の低下を招き、漏れを生じさせることがある。このような現象は特に、スペーサーが設置されている等、フランジ間のボルトが長い場合に注意が必要である。(事例25) また、雨が片側のみ吹き付けると、同じ現象により部分的なボルトの締付力の低下を招いて、片締め状態をつくり漏れが生じる可能性がある。このような一時的な雨や風の影響を極力少なくするためには、ウェザー・シールの設置が有効である。ウェザー・シールは、完全な密閉構造とならないようにする。また、円周方向は部分的でなく全周にわたって囲むことが望ましい。(事例26)

ウェザー・シールが施工されているフランジ部については、施工不良又は点検・維持不良により漏洩・火災に至った事例も報告されており、ウェザー・シールの適切な管理が重要である。(事例11)(事例12)(事例16)(事例17)(事例44)(事例45)(事例52)(事例67)(事例68)

下線部追記

管理番号 : 8R-15-2018 追補 18 の解説

(事例67) 2021年3月、神奈川県製の製油所の軽質油精製装置の熱交換器のチャンネルフランジからガスが漏洩した事例を反映させた。当該フランジのウェザー・シールの損傷部から、雨水がフランジに直接かかり、漏洩に至った。(石連事故事例報告書 No. 907)

(事例68) 2021年8月、大阪府製の製油所の軽油脱硫装置の熱交換器のチャンネルフランジから内部流体が漏洩し、火災となった事例を反映させた。約2か月前の定修スタートアップでホットボルトニングを行なった際にウェザー・シールを復旧しておらず、降雨時の温度変化でガスケット面圧が低下し、漏洩～着火に至ったものと推定された。(石連事故事例報告書 No. 933)

JPI-8R-15-2018 の該当頁：14 頁 (管理番号 8R-15-2018 追補 19)

6. ボルトの締付

6.4 締付管理方式の選定

6.4.1 定量的締付管理を採用すべきフランジ継手 定量的な管理方法（トルク管理又は軸力管理）により締付力の管理を行うことが望ましい代表的なフランジ継手部は、次のとおりである。

- 1) 高温高圧機器・配管のフランジ継手（リアクターのフランジ継手、コンバインドフィード熱交換器など）。**(事例22)**
- 2) 内部流体（HC、H₂、H₂S を含む可燃性流体）温度が自然発火温度以上であるフランジ継手。
- 3) 大径のボルトを使用している機器本体・配管フランジ継手。**(事例69)**
- 4) 過去に漏洩が生じたなど、使用実績から管理を必要とするフランジ継手。また、定量的な管理方法により締付けを行うフランジ継手の具体的な基準例を**付表5**に示す。

下線部追記

管理番号：8R-15-2018 追補 19 の解説

(事例 69) 2021 年 6 月、神奈川県製の製油所の水素製造装置メタネーション熱交換器のチャンネルフランジからガスが漏洩し、火災となった事例を反映させた。漏洩したフランジの締結ボルトは 2B と大径であったが、開放点検後の復旧で手締めを行なった為に片締めとなり、その後の温度変化等により漏洩に至った。(石連事故事例報告書 No. 947)