

# フランジ・ボルト締付管理

(2024年10月31日追補)

この追補は、2023年11月15日に改訂された“フランジ・ボルト締付管理”2023年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8R-15-2023**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。2024年10月31日の追補は次の箇所(赤字+下線部)である。

<u>JPI-8R-15-2023</u> の該当頁：2頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 1)	2
<u>JPI-8R-15-2023</u> の該当頁：5頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 2)	3
<u>JPI-8R-15-2023</u> の該当頁：7頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 3)	4
<u>JPI-8R-15-2023</u> の該当頁：7-8頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 4)	5
<u>JPI-8R-15-2023</u> の該当頁：12頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 5)	6
<u>JPI-8R-15-2023</u> の該当頁：12-13頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 6)	7
<u>JPI-8R-15-2023</u> の該当頁：14頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 7)	8
<u>JPI-8R-15-2023</u> の該当頁：16頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 8)	9

JPI-8R-15-2023 の該当頁：2 頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 1)

#### 4. 準備作業

##### 4.1 工具類の準備

- a) 使用場所及び対象ボルト径に応じた適切な工具を準備する。
- b) 油圧レンチは完全に整備点検されたもの、また、スパナは所定のものを準備する。

##### 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, 60, 61, 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)

- 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, 75, 76) 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 Appendix D の基準も参考とできる。

**備考** 配管フランジの傾きは、JPI-7S-77-2018 の 28.1.1 C) 1) 項を参照した。

下線部追記

管理番号：8R-15-2023 追補 1 の解説

(事例 75) 2023 年 2 月、愛知県の事業所のパラキシレン製造装置で発生した熱交換器チャンネルステーションナリフランジからの漏えい事例を反映した。本事例では、フランジの歪みがあったこと、及び装置スタートアップ時にチャンネル上部と下部に大きな温度差(約 200℃)が生じたことで、局部的にガasket面圧が低下し、漏えいに至った。(石連事故事例報告書 保安 No.1087)

(事例 76) 2022 年 4 月、千葉県の製油所の熱交換器のシェルフランジで、フランジガasket当たり面のひずみによりボタンが漏洩した。過去から気密テストで漏れを認め、繰り返し増し締めを実施したことにより経年的にひずみが大きくなり漏洩に至った。(石連事故事例報告書 保安 No.1100)

JPI-8R-15-2023 の該当頁：5 頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 2)

## 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、JIS、API、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ない。JPI-7S-81-2015 参考 2 の 4. 8.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。

**備考** 建設当時、石綿ジョイントシートガasketが使用されていたフランジのガasketを非石綿ガasketに交換する際は、流体・運転条件踏まえ適切な仕様のガasketを採用する。(事例 71, 77)

下線部追記

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。

管理番号：8R-15-2023 追補 2 の解説

(事例 77) 2023 年 8 月、山口県の製油所のボイラのバーナーガンと燃料供給配管との接続部から燃料油が漏洩した事例を反映させた。この接続部のガasketは、建設当初は石綿シート製であったが、アスベストが使用禁止となって以降は膨張黒鉛製に変更した。しかし、材質変更後もそれ以前と同じ力で締め付けを行っていた為に膨張黒鉛製ガasketが破損し、漏洩に至った。(石連事故事例報告書 保安 No.1169)

JPI-8R-15-2023 の該当頁：7 頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 3)

## 5. ガスケット管理

### 5.3 ガスケットの挿入 (事例 35)

- a) ガスケットは、ガスケット当り面の正規の位置に挿入する。
- b) ガスケットが、フランジの当り面に正確に合っていることを確認する。(事例 73, 78)
- c) ガスケット挿入後は、ガスケットがずれない程度にボルトを軽く締めておく。
- d) 平形金属被覆ガスケットの M&F タイプ及び T&G タイプのフランジへの装着方法は、**図 1** を標準とする。すなわち、折り返しのない側の面を凸側フランジ面に向けて装着する。

下線部追記

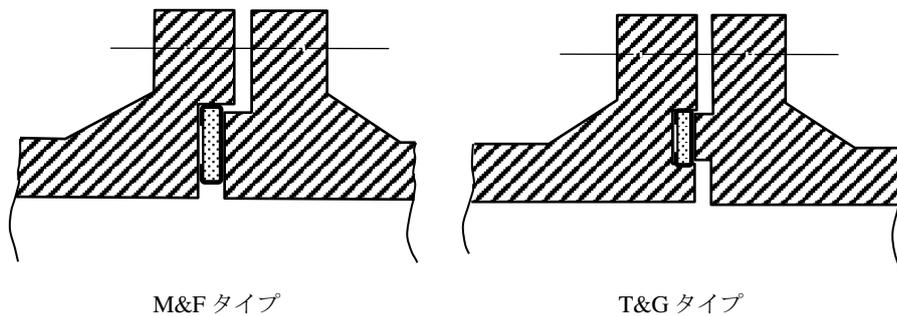


図 1 平形金属被覆ガスケットの装着方法

管理番号：8R-15-2023 追補 3 の解説

(事例 78) 2023 年 6 月、千葉県製の製油所でガスタービンの整備において、燃焼器と配管の接続フランジの締結時、ガスケットを本来の位置からずれて組み込んだため、スタートアップ時、昇圧過程で灯油が漏洩、タービン表面の高温部で着火し火災が発生した。当該フランジは配管の規格フランジではなく、ガスタービン用の特殊仕様（小径のタング&グループ型）であった（石連事故事例報告書 保安 No.1140）

JPI-8R-15-2023 の該当頁：7-8 頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 4)

## 6. ボルトの締付

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

- 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, 58, 66, 79, 80) 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, 54, 81) なお、フランジ面間測定では、フランジ鏝面に外面腐食による凹凸が生じている場合は測定結果に誤差を生じるので注意が必要である。(事例 82) 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, 50)

下線部追記

管理番号：8R-15-2023 追補 4 の解説

(事例 79) 2023 年 3 月、神奈川県製の油所で、配管工事完了後の液張り時に、フランジから軽油が漏洩した。原因は、配管取り付けの際にフランジの締め付けが不足していたことによるもの。(石連事事故事例報告書 保安 No.1091)

(事例 80) 2023 年 7 月、神奈川県製の油所の流動接触改質装置の触媒移送配管のボール弁ボンネットフランジでガasketが劣化したことによる水素ガスの漏洩、火災が生じた。当該バルブは特殊な構造であり、過去の定修では製作メーカーが整備を担当していたが 2021 年定修において構内業者で整備したところ、ガasketの取り付けが不適切、ナットが片締めとなりガasketを破損させ運転開始後にガasketが劣化した。(石連事事故事例報告書 保安 No.1205)

(事例 81) 2023 年 3 月、千葉県製の油所の中圧水素化分解装置反応器下流配管のバルブフランジで油が漏洩した。当該装置は定修に向け停止済みであり、触媒の不活性化作業のため挿入した仕切り板部で漏洩が生じた。当該フランジは水平配管に設置されたもので 16B 弁の自重が作用するが、周辺が狭く作業性が悪かった。締結時はジャッキでバルブの荷重を支えていたが、作業完了後にジャッキを外したところ、バルブの自重の影響でフランジ下方のガasket面圧が下がり漏洩に至った。(石連事事故事例報告書 保安 No.1139)

(事例 82) 2023 年 3 月、岡山県の製油所の硫黄出荷配管からの硫黄漏洩事例を反映させた。保温不良のため当該配管の保温を外して補修をした際に、フランジ締め付け後の面間測定を行っていたが、フランジ鏝面に外面腐食による凹凸があったために面間測定の実測値に誤差が生じており、正しい面間が測定できておらず、面圧の不足部位が残った。(石連事事故事例報告書 保安 No.1095)

JPI-8R-15-2023 の該当頁：12 頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 5)

## 6. ボルトの締付

### 6.2 ボルト締付力

**6.2.2 適正締付力** 前項の **6.2.1** 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。ただし、実際の締付け時には、適性な締付力の最大締付力を超えない範囲で極力強く締付けることが望ましい。(事例 83)

下線部追記

管理番号：8R-15-2023 追補 5 の解説

(事例 83) 2022 年 12 月に北海道の製油所で発生した接触改質装置の熱交換器ステーショナリーフランジからの漏洩・小火災事例を反映した。当該フランジは軸力管理をしていたが、経年的な昇温・降温の繰り返しに対して軸力が不足し、ガスケットの変形と漏えいに至った。対策として、より高い軸力設定に見直した。(石連事故事例報告書 保安 No.1085)

JPI-8R-15-2023 の該当頁：12-13 頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 6)

## 6. ボルトの締付

### 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

b) **運転温度の変動** 通常の運転停止において温度を下げる場合には、一般的に徐々に温度を下げていくため、ボルトとフランジ本体の温度低下率はボルトのほうが大きく、締まる方向にある。しかし、運転停止時等に、ボルトの温度低下よりフランジ本体の温度低下が大きくなると、ボルトよりフランジ本体の熱収縮量が大きくなり、締付力が低下し、漏洩する可能性がある。この要因を含めて下記のトラブル事例が発生している。運転温度の変動を考慮した締め付け管理や操作マニュアルなどの整備が重要である。

- 1) 電気系統トラブルを発端とした全停電などによる緊急運転停止の場合、運転操作によっては、フランジ本体の温度低下率がボルトのそれを上回る場合があり、締付力の低下を招き、漏洩し火災が発生。(事例 13, 14, 23, 27, 39, 40)
- 2) 緊急運転停止で熱交シェル側が封じ込め状態となった状態で、チャンネル側に熱供給が続いたため流体の熱膨張が生じ液封状態となって漏洩し火災が発生。(事例 21)
- 3) 運転条件の変更あるいは非定常作業に伴い、内部流体温度が急激に変化したために締付力の低下を招き、漏洩および火災に至った事例。(事例 15, 19, 33, 46)
- 4) 運転再開を含め、熱交の入口と出口の温度差が大きくなる熱交で、ガスケットの面圧低下により、~~漏洩火災~~に至った事例。(事例 47, 75)

下線部追記、取消線部削除

管理番号：8R-15-2023 追補 6 の解説

(事例 75) 2023年2月、愛知県の事業所のパラキシレン製造装置で発生した熱交換器チャンネルステーションナリフランジからの漏えい事例を反映した。本事例では、フランジの歪みがあったこと、及び装置スタートアップ時にチャンネル上部と下部に大きな温度差(約 200℃)が生じたことで、局部的にガスケット面圧が低下し、漏えいに至った。(石連事故事例報告書 保安 No.1087)

JPI-8R-15-2023 の該当頁：14 頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 7)

## 6. ボルトの締付

### 6.3 ボルト締付力の定量的管理方法

#### 6.3.1 トルク管理の方法

d) 軸力管理と同等の精度で締付管理を行うべき箇所であるが、作業効率面などからトルク管理により代用する場合は、次の点に注意する。

- 1) ボルト・ナットを再使用する場合には、ボルト・ナットの点検を行い、ナットが軽く手で廻るようになるまで整備する。ただし、整備不可の場合は取替える。[\(事例 84\)](#)
- 2) ナット形状は面取りナットとし、ナットの座面及びフランジの座面との接触面には凹凸のないことを確認する。

下線部追記

管理番号：8R-15-2023 追補 7 の解説

(事例 84) 2023 年 3 月、山口県の製油所の連続再生式接触改質装置の脱ブタン塔塔頂冷却器（海水熱交換器）の内部漏洩事例を反映させた。開放点検時、現場での工事管理の不手際により、当該熱交換器のフローティングヘッドカバー締付ボルトの一部を未整備のまま組み込んで復旧したため、ボルト締結時にトルク管理を行なったものの、所定の軸力が得られなかったと推定された。（石連事故事例報告書 保安 No.1111）

JPI-8R-15-2023 の該当頁：16 頁 (管理番号 8R-15-2023 追補 8)

**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。

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、経済性など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, 48, 59, 85)**

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。

下線部追記

管理番号：8R-15-2023 追補 8 の解説

**(事例 85)** 2023年6月に神奈川県製の製油所で発生した減圧蒸留装置内の熱交換器 チャンネルカバーからの残渣油漏洩事例を反映させた。機器の昇温過程においてフランジの締付けが緩むことが把握されていた為、ホットボルディングを計画していたが、機器の温度確認が2回/日でしか実施されておらず、基準温度（200℃）に到達したタイミングでホットボルディングが実施されなかった結果、内部流体が漏洩に至った(石連事故事例報告書 保安 No.1131)