

伊方発電所第 3 号機
制御用空気圧縮機 3 A 配管フランジ部からの
空気漏れについて

平成 2 9 年 2 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 制御用空気圧縮機3A配管フランジ部からの空気漏れについて

2. 事象発生の日時

平成28年 9月26日 11時25分頃

3. 事象発生の設備

3号機 制御用空気圧縮機3A系統

4. 事象発生時の運転状況

3号機 通常運転中（電気出力913MW）

5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機は通常運転中のところ、平成28年9月26日11時25分頃、待機停止中の制御用空気圧縮機*1 3Aの配管フランジより空気漏れがあることを確認した。

その後の調査において、制御用空気圧縮機3A出口配管フランジのパッキンに割れおよび漏えい跡があることを確認した。このため、当該フランジのパッキンを交換後、確認運転を実施した結果、当該フランジ部からの漏えいが無いことを確認し、9月29日9時27分に通常状態に復旧した。

なお、本事象によるプラント運転への影響および周辺環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料-1）

*1 制御用空気圧縮機

プラント各部の空気作動の制御弁などに圧縮空気を供給する設備。

制御用空気圧縮機は2台設置しており、通常、そのうち1台を運転している。

6. 事象の時系列

9月26日

10時03分	委託運転員が、制御用空気圧縮機3A付近よりキーンという音がしていることを確認し、当直長へ連絡 運転員により現場確認開始
10時23分	保修員が現場確認および調査開始
11時25分	保修員が空気漏れを確認
13時24分	隔離作業開始
14時45分	隔離作業終了

9月27日
18時53分 配管取り外し開始
22時30分 配管取り外し終了
9月28日
10時55分 確証試験開始
13時16分 確証試験終了、シート面およびパッキン外観異常なし
16時12分 復旧作業開始
18時00分 復旧作業終了
18時58分 確認運転のため、制御用空気圧縮機3A起動
19時59分 リークチェック良好
21時57分 制御用空気圧縮機3A停止
9月29日
8時07分 通常系統として、制御用空気圧縮機3A起動
9時27分 リークチェック良好、通常状態に復旧（連続運転）

7. 調査結果

当該配管フランジ部からの漏えい原因について、以下の調査を行い要因の検討を実施した。

(1) 当該漏えいフランジ部の調査

a. フランジボルト締結状態

当該配管フランジの面間距離を測定した結果、上下方向および左右方向で0.5mmの差があることを確認した。

(添付資料-2)

b. フランジパッキンの状態

当該配管を取り外し、フランジパッキン（膨張黒鉛製、全面パッキン*2）の外表面を確認した結果、空気漏れ箇所漏えいの跡および漏えい箇所と対角線上の外周部に径方向の割れを確認した。

また、フランジパッキンシート面の締め付け痕が、空気漏れ箇所付近のみ薄いことを確認した。そのため、フランジパッキンのシート面の厚さ測定を行った結果、空気漏れ箇所付近が最も厚く、パッキン割れ箇所付近に向けて薄くなっていることを確認した。

なお、異物等の付着はなかった。

(添付資料-3)

*2 全面パッキン

パッキン外径がフランジ外径と等しく、ボルト穴があいているもの

c. フランジ面の外観目視点検

制御用空気圧縮機のフランジ面（普通鋳鉄製、全面座フランジ*³）および出口配管のフランジ面（炭素鋼製、平面座フランジ*⁴）の外観目視点検の結果、接触面にキズ等の異常は認められなかった。

（添付資料－４）

* 3 全面座フランジ

パッキン座面を全面に平面に仕上げたもの

* 4 平面座フランジ

ボルト穴の内側に平らな座面を設けたもの

d. 配管の外観目視点検

当該出口配管（炭素鋼製）の外観目視点検の結果、有意な曲がりや傾き等の異常は認められなかった。

e. 出口配管の取り付け状況

吐出消音器側のフランジを仮付けした状態で、制御用空気圧縮機側フランジ面間の隙間測定を実施した結果、わずかに隙間が均一でないこと（最大2.5mm）を確認した。

（添付資料－５）

f. 作業体制および作業員の力量

平成27年7月～8月に実施した当該出口配管の取り付け作業は、伊方発電所第3号機の制御用空気圧縮機の保守作業を10年以上経験している作業員が実施しており、フランジの締め付け作業も豊富にあり、十分な力量を有していることを確認した。

なお、作業は、これまでの経験年数等を基に選任された作業責任者や品質管理者の監視の下、作業員が実施していることを確認しており、作業体制についても問題なかった。

（添付資料－６）

（２）運転状況の調査

制御用空気圧縮機は、10日に1回の頻度で運転機の切り替えを行っており、制御用空気圧縮機3Aは平成28年9月11日～9月21日の間で運転していた。

なお、運転員によるパトロールを1日に2回の頻度で実施しており、直近のパトロール時（平成28年9月26日7時頃）においても異常は確認されていない。

(3) 保守点検結果の調査

当該配管の取り付け手順は、標準作業要領書で定めており、当該フランジ部の締め付けは、トルク管理（目標値：150.4 N・m）を行っていることを確認した。なお、フランジ面にパッキン全周が密着するまでは、スパナ等の工具を用いて締め付けていることを聞き取りにより確認した。

当該配管フランジ部の過去の保守状況を調査した結果、当該配管は平成6年に設置しており、分解点検を2定検毎に実施している。至近では平成27年7月～8月にフランジ面の外観目視点検およびフランジパッキンの取り替えを実施しており、点検後のリークチェックにより漏えいがないことを確認している。

また、点検後の試運転データより、当該配管の流体である空気温度は、停止時では室内常温であり、運転時では130℃程度まで上昇していることを確認した。

(4) 調査結果の考察

当該フランジ部は、全面座フランジ（制御用空気圧縮機のフランジ）と平面座フランジ（出口配管フランジ）を接続している箇所であり、全面パッキンを使用していたことから、隙間が狭い上にフランジ面にパッキン全周が密着していることが確認しにくい状態になっていたものと考えられる。

また、吐出消音器側のフランジを仮付けした状態で、制御用空気圧縮機側フランジ面間の隙間がわずかに均一でないこと（最大2.5mm）を確認している。

そのため、トルクレンチによる締め付け時にフランジ面間の平行度が得られていない状態での締め付けとなり、締め付けがわずかに不均等となった。

点検後のリークチェック時に問題なかったことから、運転時の振動や10日に1回の頻度で行う運転機の切り替えによる温度変化（室内常温～130℃程度）により膨張、収縮し、シート面の締め付け面圧がさらに弱まったことで、締め付け面圧の弱い箇所で空気漏れが発生したものと推定される。一方、強い箇所ではパッキン外周部に働く引っ張り力によりボルト穴外側の幅が狭い部分が割れたものと推定される。

(5) 確証試験

空気漏れおよびパッキン割れの対策として、フランジ面間の平行度確認を確実に行うため、フランジパッキンを全面パッキンから内面パッキン^{*5}に変更し、フランジ面間の隙間測定を行った。

その結果、フランジ面間の隙間を均一に保ったまま、トルクレンチによる締め付け作業は可能であり、フランジパッキンシート面の締め付け痕も均等になることを確認した。

*5 内面パッキン

パッキン外径がフランジ締め付け用ボルトの内側に入るもの

(6) 類似箇所の調査

a. 制御用空気圧縮設備廻りフランジ部の調査

当該機器と同様に10日に1回の頻度で行う運転機の切り替えによる温度変化（室内常温～130℃程度）がある機器は制御用空気圧縮設備のみであり、その他のフランジについて調査した結果、空気漏れはなく、フランジ面間の平行度が得られていることを確認した。

また、当該フランジ部と同様に、異なるフランジ形状（全面座フランジと平面座フランジ）に全面パッキンを使用しているフランジ部は、当該フランジ部以外で制御用空気圧縮機廻りに7箇所あることを確認した。

b. トルク管理による配管フランジの締め付け手順の調査

当該配管フランジと同様にトルク管理による配管フランジの締め付け手順を調査した結果、当該配管フランジ部と同様に規定トルクで締め付け後に面間寸法を確認する手順となっていない配管フランジ部があることを確認した。

8. 推定原因

調査結果より、今回の配管フランジ部からの空気漏れ事象に至った原因は、配管取付作業時のトルクレンチによる締め付けの際に、フランジ面間の平行度が得られてない状態で締め付けたことで、シート面の一部が締め付け面圧の弱い状態となった。

また、平成27年7月～8月に実施した点検後のリークチェックやその後の運転時には問題なかったものの、運転時の振動や10日に1回の頻度で行う運転機の切り替えによる温度変化（室内常温～130℃程度）により膨張、収縮し、シート面の締め付け面圧がさらに弱まったことで、フランジシート面とパッキンにわずかな隙間が生じ、空気漏れに至ったものと推定される。

9. 対策

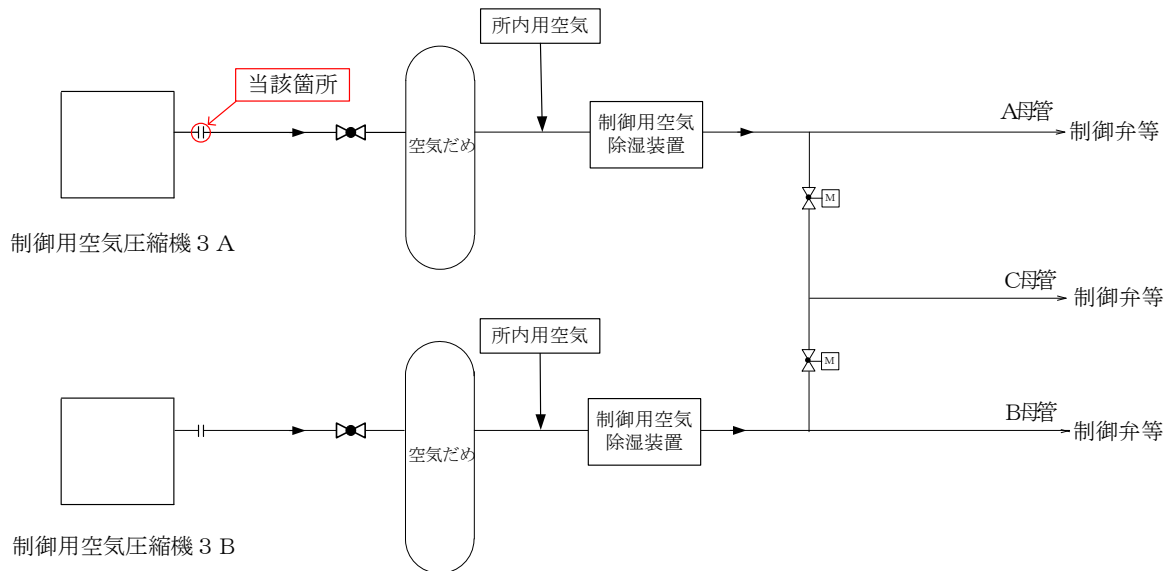
- (1) 当該配管フランジについては、フランジ面間の隙間測定を確実に行えるようにフランジパッキンを全面パッキンから内面パッキンに取り替えた。
- (2) 類似配管フランジ（7箇所）については、点検周期に併せてフランジ間の隙間測定を確実に行えるようにフランジパッキンを全面パッキンから内面パッキンに取り替える。
- (3) 制御用空気圧縮設備の配管フランジ組み立て時は、これまでのトルク管理に加え、トルクレンチによる締め付け前および締め付け毎にフランジ面間の隙間確認を行い、フランジ面間の平行度が得られていることを確認するよう作業要領書を改定した。
- (4) 当該配管フランジ部と同様に規定トルクで締め付け後に面間寸法を確認する手順となっていない配管フランジ部について、作業要領書への反映を行う。

以上

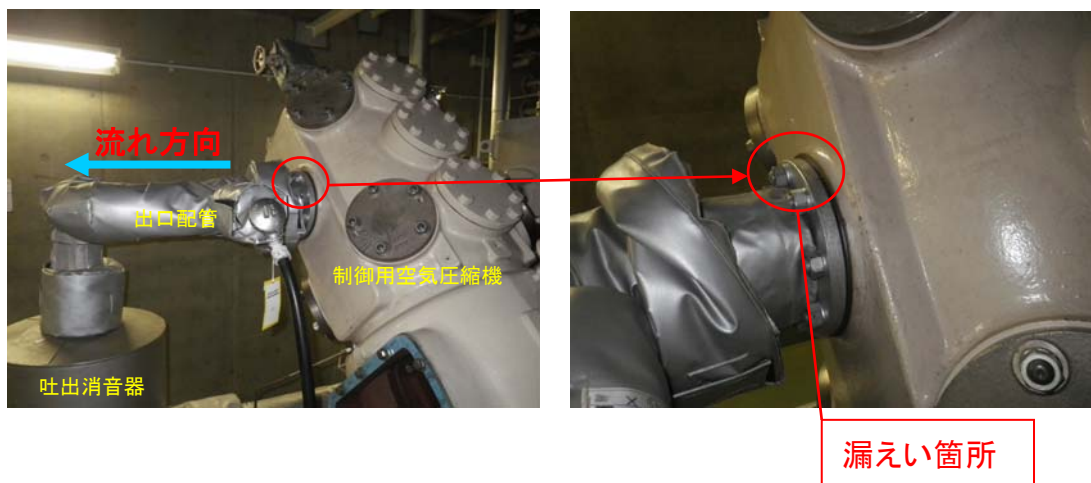
添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方発電所第 3 号機 制御用空気圧縮機概略系統図
- 添付資料－ 2 フランジボルト締付状態
- 添付資料－ 3 フランジパッキンの状態
- 添付資料－ 4 フランジ面の状態
- 添付資料－ 5 出口配管の取り付け状況
- 添付資料－ 6 作業体制および作業員の力量

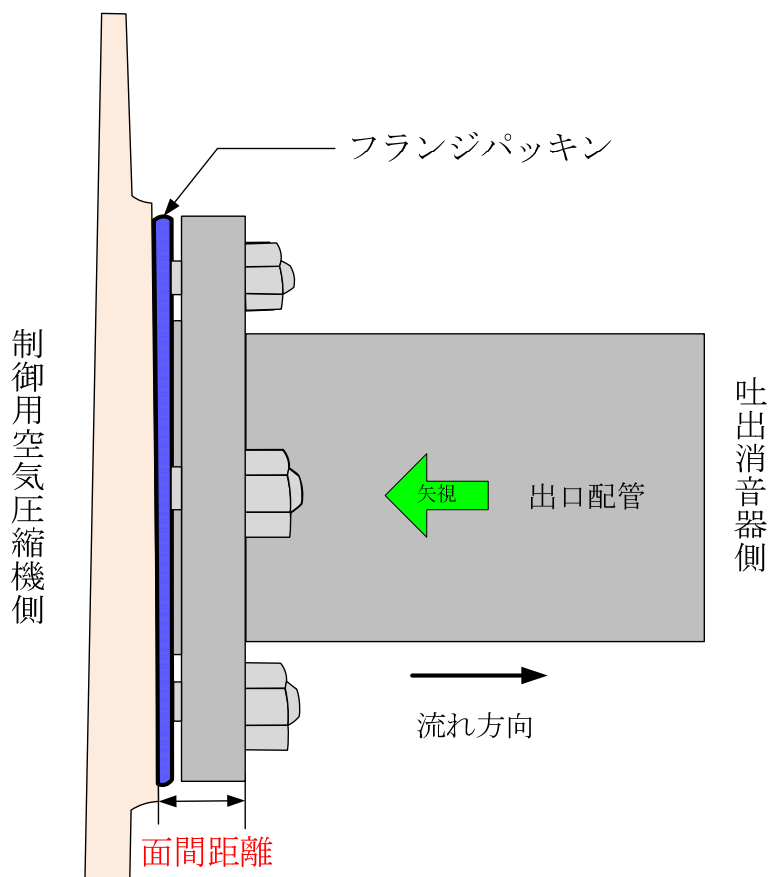
伊方発電所第 3 号機 制御用空気圧縮機概略系統図



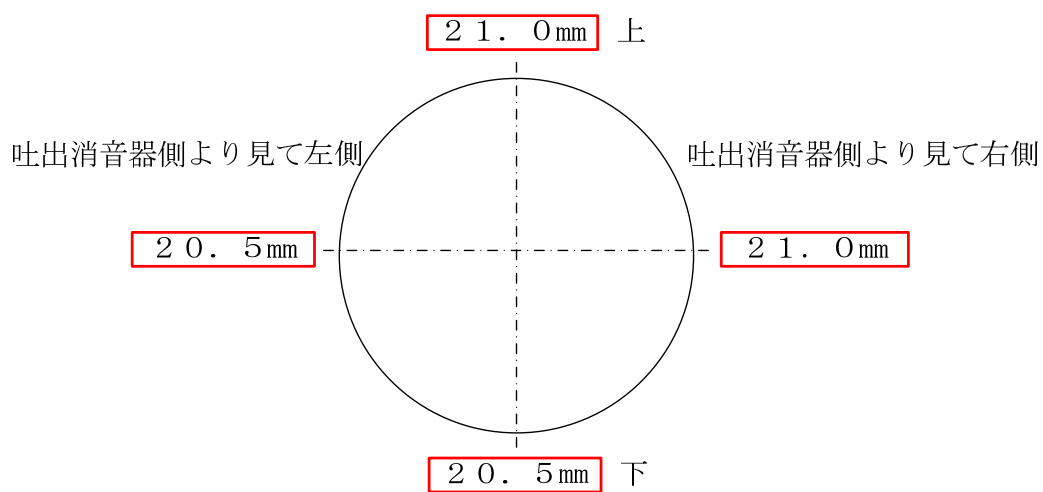
空気漏れ箇所



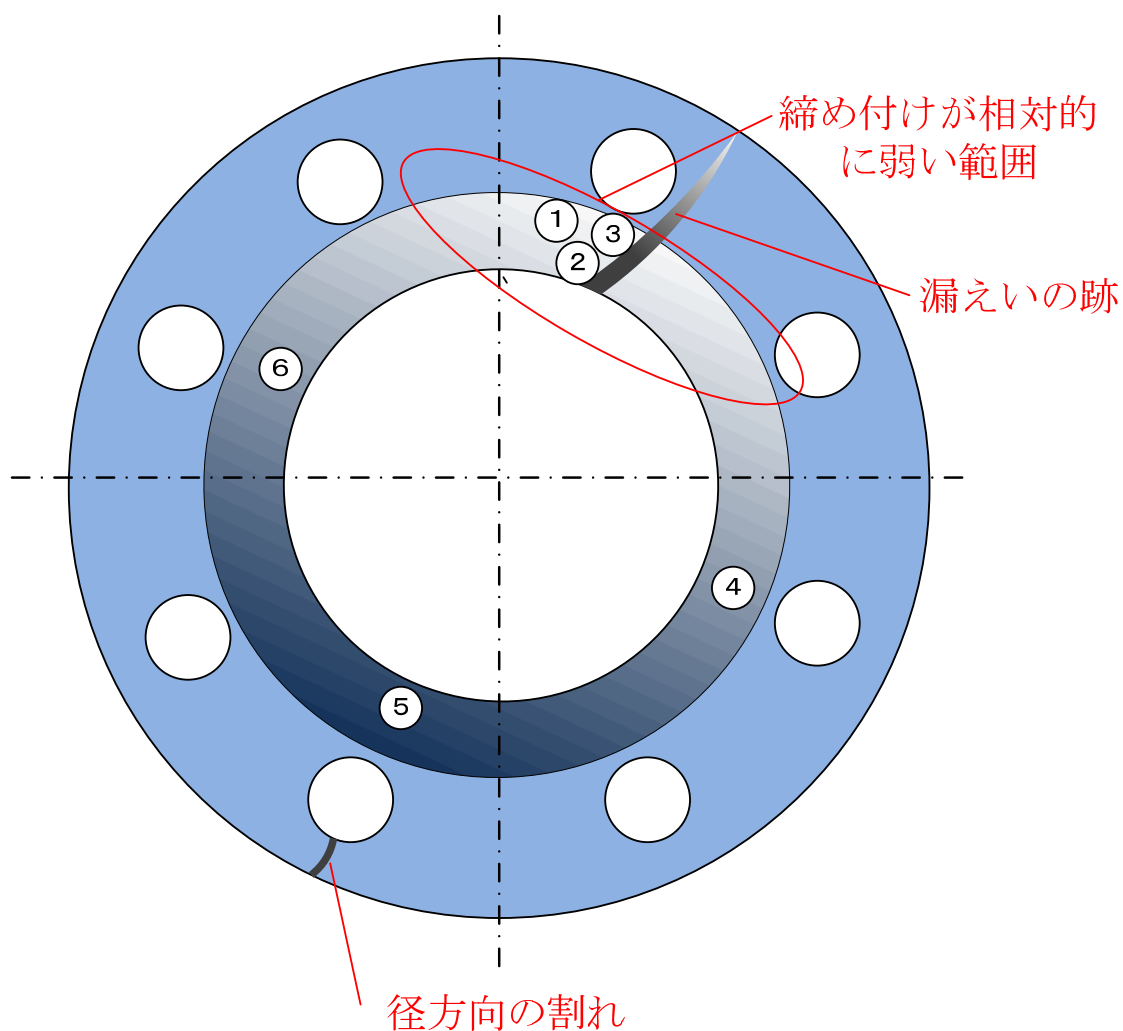
フランジボルト締付状態



面間距離測定結果



フランジパッキンの状態

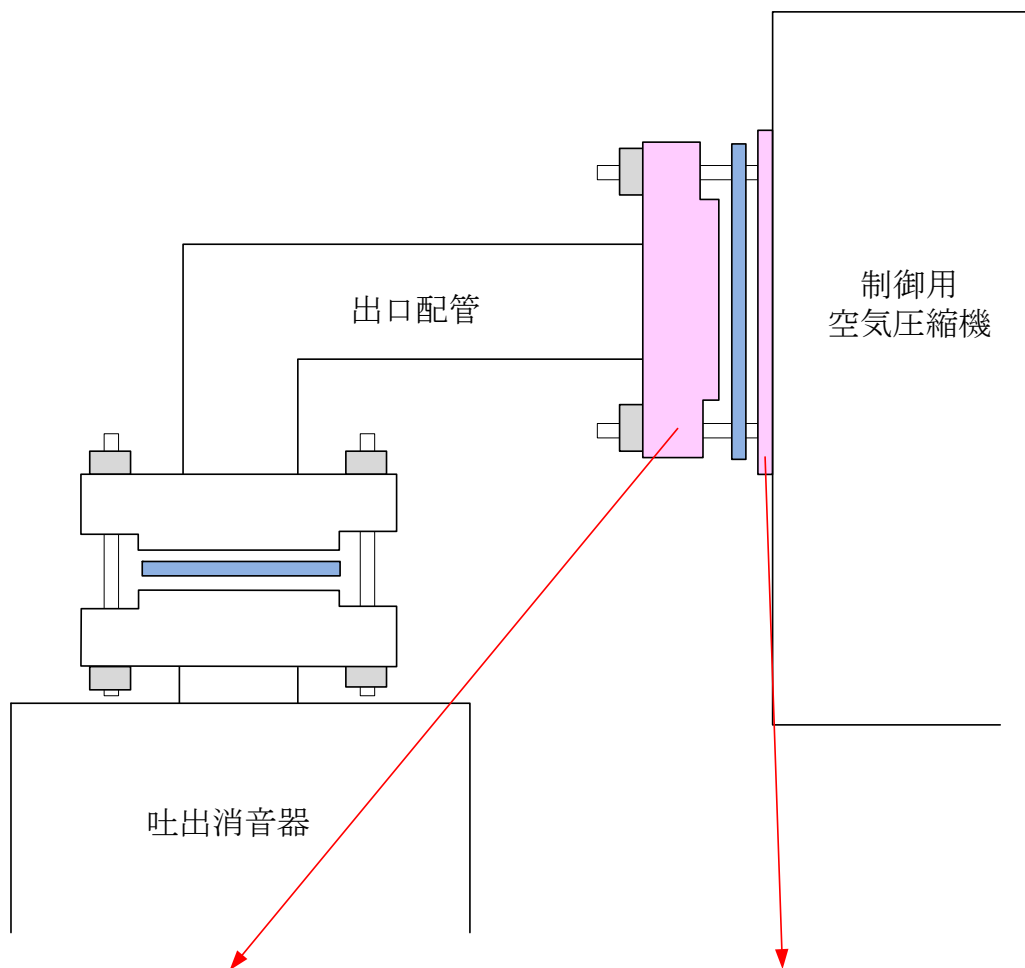


パッキンの厚み測定

測定箇所	厚さ	設計厚み	締め付けによる変形量
①	1.855	2.000	0.145
②	1.886	2.000	0.114
③	1.942	2.000	0.058
④	1.793	2.000	0.207
⑤	1.466	2.000	0.534
⑥	1.712	2.000	0.288

- ②、③：パッキンシート面が厚く、締め付けが相対的に弱い
 ⑤：パッキンシート面が薄く、締め付けが相対的に強い

フランジ面の状態



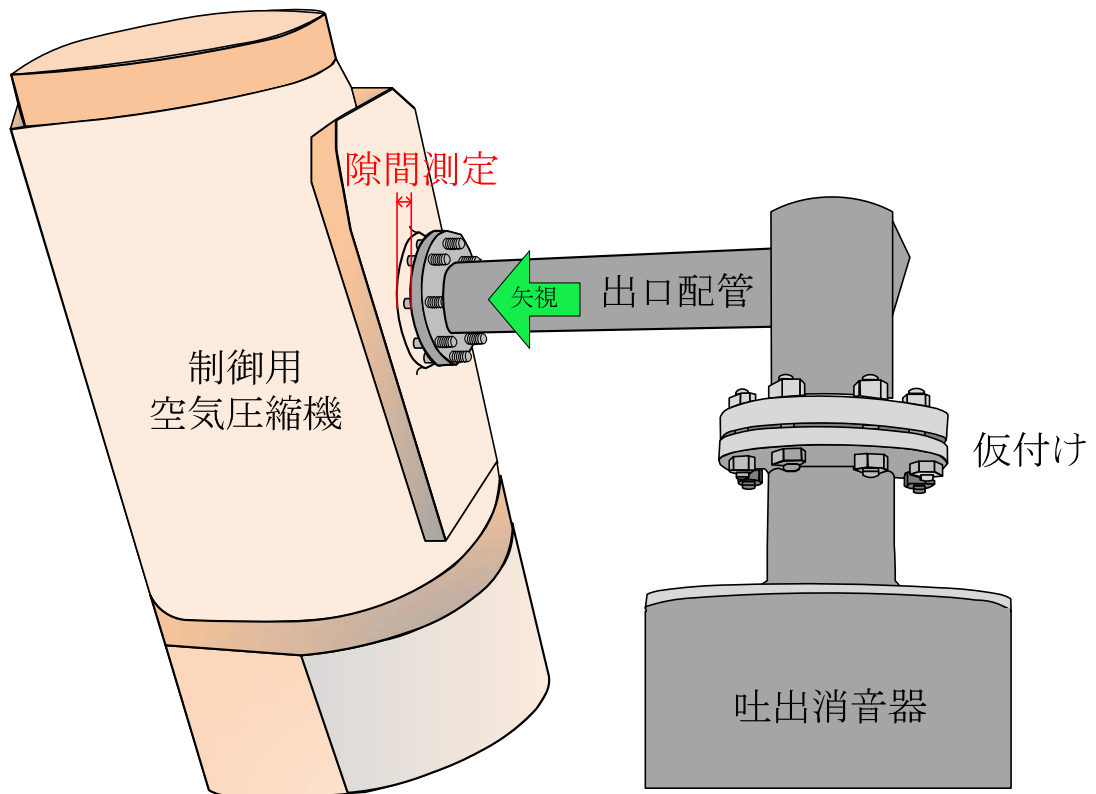
出口配管のフランジ面
(炭素鋼製、平面座フランジ)



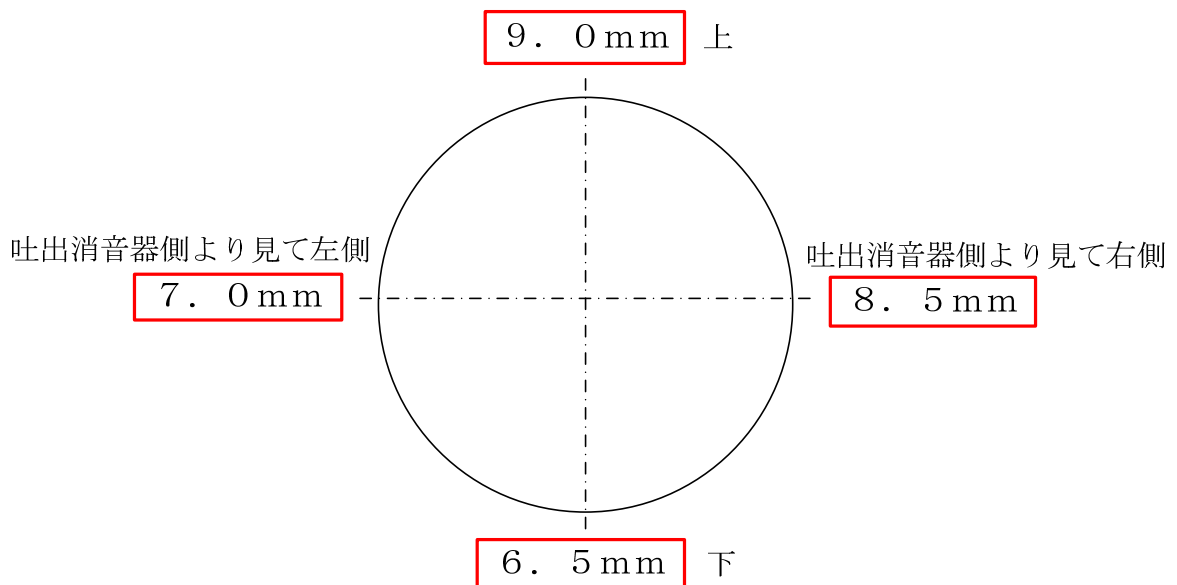
制御用空気圧縮機のフランジ面
(普通鋳鉄製、全面座フランジ)



出口配管の取り付け状況

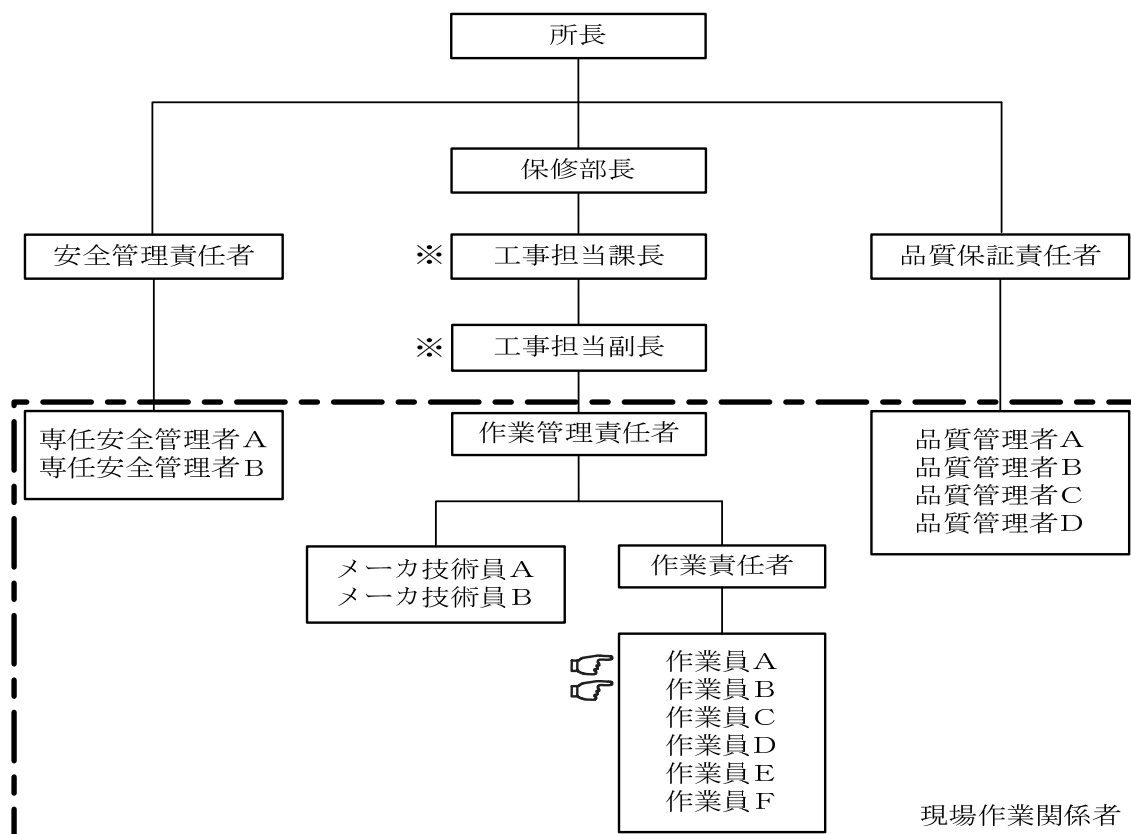


フランジ面間の隙間測定結果



作業体制および作業員の力量

(平成27年7月～8月 出口配管の取り付け作業)



※ : 他職種兼務者

: 当該出口配管の取り付け者

	経験年数	主な作業内容
作業管理責任者	10年以上	作業管理
作業責任者	10年以上	作業指示、監視
作業員A	10年以上	分解、手入れ、組立作業
作業員B	10年以上	分解、手入れ、組立作業
作業員C	10年以上	分解、手入れ、組立作業
作業員D	1年未満	作業補助
作業員E	1年未満	作業補助
作業員F	1年未満	作業補助
メーカー技術員A	10年以上	技術指導
メーカー技術員B	10年以上	技術指導