



## 低温用フランジ継手からのガス漏洩

技術訓練センター

朝井 弥 市

これまでに、吊ボルトを例にとって、ねじ部品の強さと適正締付、締付力と締付トルクの関係、および締付工具などに就いて記述したので、これから低温用フランジ継手からの冷媒漏れの機構について話を進めることにします。

冷凍設備は、機器（压力容器類）、弁類（制御、調整）および配管類（接続管、配管付属品）から成り立ち、それらは溶接、ねじ込み、またはフランジ継手により接続していることは今更説明するまでもない事柄です。

冷凍機器内の冷媒、油などの外部への漏れや、空気、水などの設備内への浸入を防ぐためには溶接構造が確実で、ねじ込み、フランジ継手の順に密封（シール）効果は低下するが、構造的に前二者を採用できない部分（分解、点検、補修を要する部分）にはフランジ継手を用います。

配管、止弁、逆止弁、圧力調整弁、液面制御器、ドライヤ、こし器などのフランジ部に冷媒、油、温度（圧力）条件などの使用条件に合致した材質、形状、サイズのカセットを適切な締付圧力で使用しても、装置全般に亘る空気による圧力テスト、真空乾燥とその後の真空持続テスト、冷媒封入による漏れテスト、冷却テスト、保冷テスト、出港前の運転指導と作業過程（段階）の進捗に伴ない、漏れ調べと増締めを繰返し、カセットやフランジボルトが降伏し、冷媒が漏れ、そのために人命や関連設備の損傷（火災、爆発、アンモニアの漏れによる電気機器の損傷など）、冷媒の補給、製品の損傷および操業の停止（設備稼働率の低下）にまで発展し、有形、無形の損失を誘発している例があります。

### ○ フランジ継手からの漏洩機構

冷凍設備の流体の漏れ、または外部から異物の侵入を防止する部分に（カセットを装着した）

フランジ継手を設け、ボルトを接合締付けて部材とカセットの接触面圧を高め、カセットの表面を弾性変形又は塑性変形させ、接合部材表面（接面）の凹凸を埋めて流体の通路を遮断するからシール（密封）に必要な諸要素、諸条件が圧力、温度の変化、流体の化学的特性などでくずれ、シール効果を保持できなくなると漏れ出します。

低温用フランジ継手からの漏洩を例にとると、常温で締付けたところに低温の流体が通過すると締付部分（接触面）の温度が降下し、

- イ. カセットの応力緩和（クリープ）による締付圧力の低下（応力残留率の低下）が起り
- ロ. カセットが厚さの方向に熱収縮し、
- ハ. ボルトとフランジの温度差でボルトが相対的に伸び、締付力が減少し、さらにフランジを引き離す方向に内圧がかかり、カセット面圧が低下し、カセットまたは継手接触面の最小締付圧力が保てなくなる。

いいかえれば内圧とカセット係数に相当する面圧の均衡がくずれ、そのために漏れ始めます。

以上は、継手の伸縮、カセット自体の収縮からくる締付圧力の低下による漏れの説明ですが、この外にカセットと継手の接触面間隙を伝わる漏れとカセット内部を貫通する漏れとがあり、前者を接面漏れ、後者を浸透漏れ（分子漏れ）といい、漏れのトラブルが発生したら、締付力の増大以外に接面漏れの要素である、継手の疵、そり、うねり、平行度不良などの表面状態、座の仕上程度や浸透漏れの誘因であるカセットの種類、特性（物理的、化学的、経時変化）、形状（カセット座の）、サイズ（巾、板厚）などについても注意が肝要です。

温度、圧力の変化が激しく、カセットの弾性だけではボルトの伸縮に追従することが困難な場

合は初期締付圧力を十分に与えることによって、応力緩和が防止できるが、過大な締付力はカセットを破壊（破断）したり、ボルト自体が降伏（損傷）したり、あるいはフランジが永久変形し、他の要素と重なり合って（フランジ面がゆがむ、カセットの接触面が平面でなくなる）、漏れが増大するからご用心下さい。（図1参照）

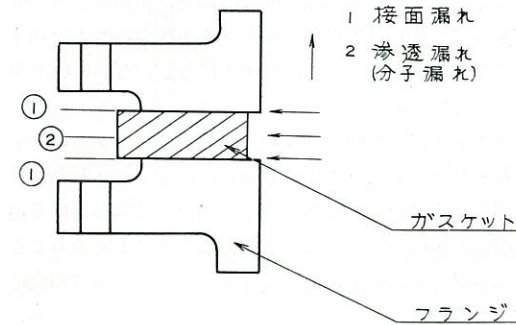


図1 トラブルの原因となる漏れ箇所

### ○ カセットを締付ける力とボルトに生ずる応力の関係

締付ボルトの荷重がすべてカセットに働く場合のボルト、カセットの力関係は図2、図2の2のようになります。

剛体のフランジを締付けた時にボルトの伸び量は、 $O_2P$ の伸び線に沿って変化し、カセットのひずみ量（変形量）は、 $O_1A$ の圧縮曲線に沿って増加し、ボルトの伸びとカセットの圧縮力がA点でバランスすると、ボルトには $Fb_1$ の引張荷重がかかり $\epsilon_4$ だけ伸び、またカセットの圧縮力は $F_1$ でひずみ量は $\epsilon_1$ になります。

締付ボルトの荷重（伸び）とカセットの締付荷重（圧縮量）が釣り合っているところに内圧 $F_0$ が加わると、ボルトはそれとバランスするため、 $O_2P$ 線上をC点まで伸び、カセットは復元曲線 $AB$ に沿ってD点まで圧縮力が減少します。

C点のボルトの引張荷重は $Fb_2$ で、荷重の増加量は $Fb$ 、伸びは $\epsilon_3$ になり、カセットの圧縮力は $F_2$ で、圧縮力の降下量は $Fg$ となります。したがって $F_2$ は、内圧が負荷されてもシール機能はたされる接触面圧、すなわち最小締付圧力を満足するものでなければなりません。ボルト締付、内圧負荷時のカセットの挙動（伸縮量）は図2、 $O_1AD$ の通りで、 $\epsilon_2 - \epsilon_3$ が多い程ガス

ケットの接合漏れを防ぐための復元量が多く残留していることを示します。

したがって、フランジ継手からの漏洩を防ぐには、カセットの低温における復元量とカセットの熱ひずみ量、ボルト、フランジの温度変化による相対的な伸び量、管の熱収縮による引張り、曲げ力の影響も考慮して $C_2$ 適正な締付力で均一に締付けた上で、カセット自身を膨潤、溶解、老化、腐蝕などの化学的、クリープなどの機械的（物理的）変化を誘起する環境（使用条件）から隔離（保護）することによります。

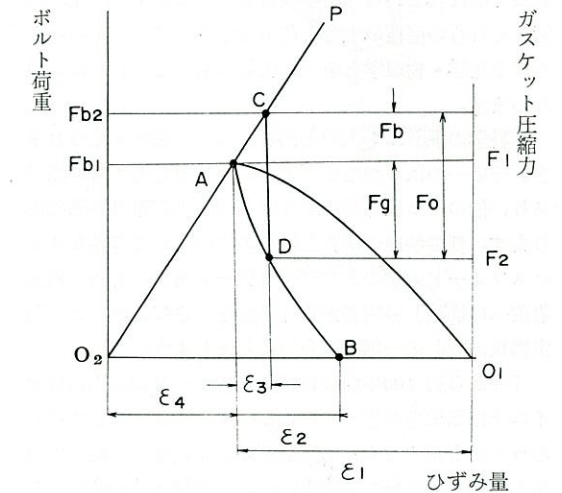


図2 ボルト荷重とカセットの圧縮力、ひずみ量

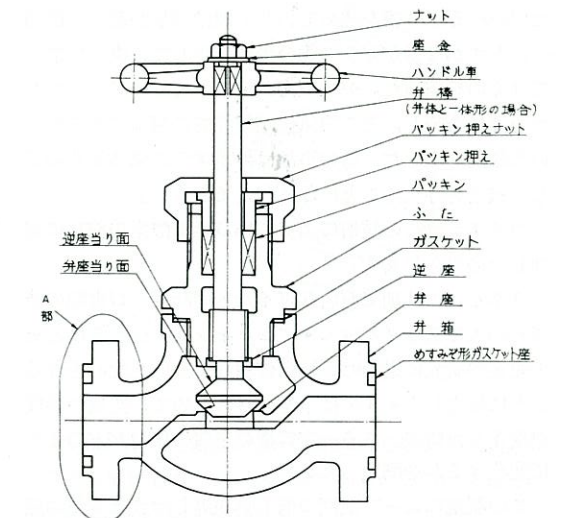


図3 アンモニア用止弁