

# Low Emission 対応のシール材

## —グランドパッキンの低漏洩化—

Seal Products for Low Emission Use

---Grand Packing Design for Low Leakage---

日本バルカー工業株式会社 研究開発部 事業部研究グループ

石田 誠

Makoto Ishida

R&D Division, R&D Group, Nippon Valqua Industries, Ltd.

### 《Summary》

Leakage from valves has been estimated at about 80% of the whole leakage source at the extractive industry plant. It becomes important in reducing leakage to control leakage from the gland packing in valves, because gland packing is dynamic seal which basically utilize leaking fluid as a lubricant.

In general, to reduce the leakage, gland packing needs re-torquing. However, it is not easy to control leakage from gland packing because the torquing direction is parallel to the sealing surface. Therefore, we developed the low emission gland packing with new technology.

New gland packing design transformed the parallel torquing pressure to the vertical direction to the sealing surface, and the pressure of sealing surface was increased with low torquing force. This design enabled torquing force to half. Moreover, a more advanced seal was accomplished, when regular torquing force was applied.

Key words: low emission, gland packing, low friction,

## 1. はじめに

**近**年、環境問題の高まりなどにより、シール材の周囲を取り巻く環境が激変しつつある。そのため、シール材に対する要求は年々厳しさを増している。そこで、本稿ではグランドパッキン低漏洩化の新技術を紹介し、併せて環境関連の規制動向（規格化動向を含む）を紹介する。

## 2. Low Emission 対応グランドパッキンの開発の経緯と概要

### 2-1 開発の経緯

工業プラントにおける漏洩発生源としてはバルブが全漏洩の約80%を占めると見積もられている。バルブのシール部位では、動的シールとなるグランドパッキンからの漏洩が占める割合は約75%とも言われており、グランドパッキンからの漏洩をコントロールすることが重要となる。そこで、各国の漏洩規制をクリアする Low Emission 対応グランドパッキンの開発を行った。

### 2-2 Low Emission 対応

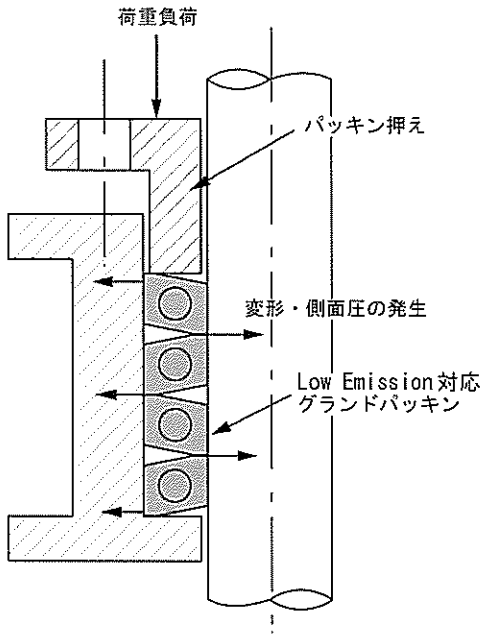
#### グランドパッキンの概要

今回開発したLow Emission 対応グランドパッキンは、接面漏れ、背面漏れを少なくすることを主眼にしている。

グランドパッキンにおけるシールの難しさは、締付け方向とシール面が垂直な位置関係にあることである。Low Emission対応グランドパッキンは、締付けと垂直な方向へ容易に変形し、接面への応力（側面圧）が低い締付力から発揮される構造となっている（第1図参照）。

#### 主な特徴

- 低漏洩  
Low Emission 対応である。
- 低締付  
締付力が大幅に低減される。
- 低抵抗  
軸抵抗が相対的に小さくなる。
- 低コストに貢献



第1図 Low Emission 対応グランドパッキン

スタッフィングボックスおよびシステムに特別な加工（表面处理、表面荒さなど）を要求しない。

○低コストに貢献2

パッキン、スタッフィングボックスおよびシステムに特別な寸法精度（真円度、厳しい寸法公差）を要求しない。

一般的なグランドパッキンで漏洩量を少なくする場合、パッキンとスタッフィングボックスおよびシステムのクリアランスを極限まで小さくすることや、寸法が僅かに大きいグランドパッキンを押し込めることで、ある程度までの低漏洩化が可能である。ただし、このような方法を用いた場合、作業性の悪化やスタッフィングボックスとシステムの高精度化、ステムトルクの増大などユーザー側に大きな負担をかけることになる。

パッキンの詳細は後述する。

### 3. 漏洩に関する法規制 および規格化動向<sup>1,2)</sup>

近年、世界的に環境問題が注目され、各国で有害物質の排出に対する法規制および規格化（漏洩規制量、試験方法、測定方法等）が進みつつある。公的機関であるISOでは、2002年に規格作成完了、2003年に施行予定で進められてきたが、ドラフト（試験方法）の審議（ISO/TC153/SC1 WG10）が継続中であり、規格化のスケジュールは大きく遅れている。

しかし、既に法規制を実施している国もあり、シール材に対してLow Emission 指定といった要望は確実に増えてきている。

第2図に規格化動向とLow Emission 対応グランドパッキンの動向を示す。

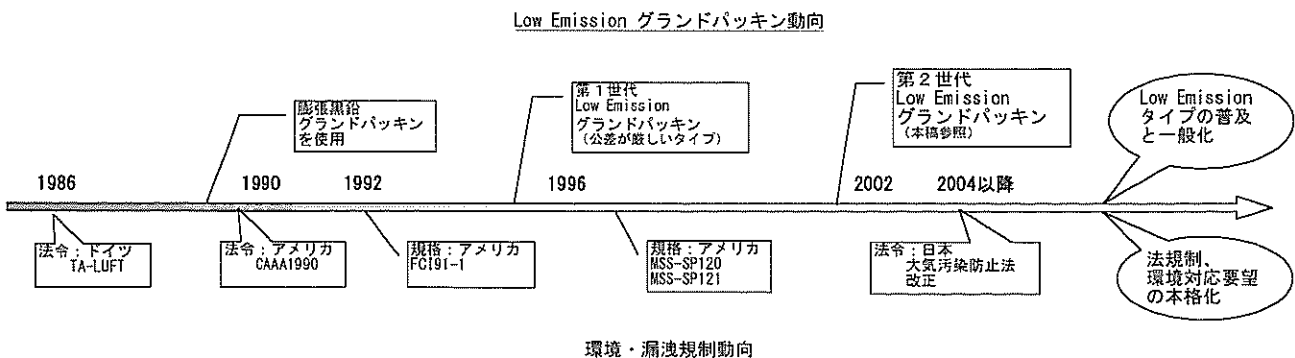
#### 3-1 米国の動向

米国では1990年に大気浄化法が改正（Clean Air Act Amendment: CAAA）された。これにより、揮発性有機化合物（Volatile Organic Compound; VOC）に対する微量漏洩の排出規制は大気濃度500ppmに規制された（カリフォルニア州では1997年から100ppmへ引き上げられている）。

その他、規格化されたものとして、FCI（Fluid Control Institute）のバルブ格付け評価方法があり、ANSI/FCI91-1 Standard for Qualification of Control Valve Stem Seal to Meet EPA Emission Guidelines For Volatile Organic Compounds として米国標準となっている。また、MSS-SP（DRAFT）VALVE FUGITIVE EMISSION MEASUREMENT AND CLASSIFICATIONという、バルブにおける微小漏洩の測定方法と格付けを行う規格のドラフトが策定中である。

#### 3-2 ヨーロッパの動向

ドイツでは、TA-LUFT（Technische Anordnung zur Reinhaltung der Luft）というC A A Aに相当する規制が1986年に制定され、指定有毒ガスのプロセスに使用する



環境・漏洩規制動向

第2図 規格化動向とLow Emission 対応グランドパッキンの動向

バルブとしてベローズバルブまたは、これに準ずるシール性能を有するバルブを使用することを義務づけている。

### 3-3 日本の動向

日本では、環境庁が2004年に大気汚染防止法の改正を予定している。J P I では、「石油工業用バルブのシール性能確認試験指針 (JPI-7R-85-1998)」を1998年2月に規格化している。

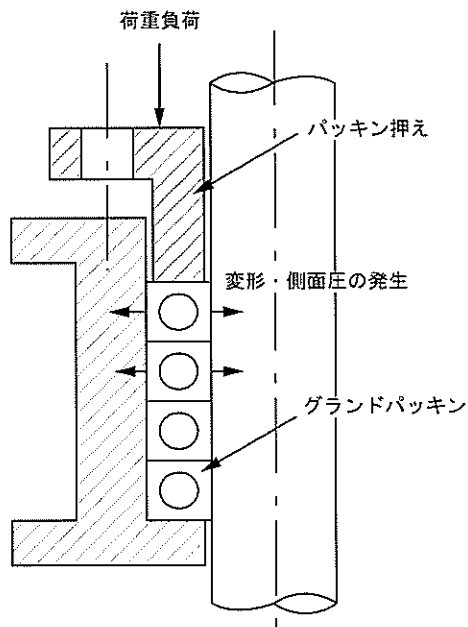
## 4. グランドパッキンの低漏洩化

工業プラントにおける漏洩発生源としてはバルブが全漏洩の約80%を占めるといわれ、バルブのシール部位では、動的シールとなるグランドパッキンからの漏洩が占める割合は約75%とも言われており、グランドパッキンからの漏洩をコントロールすることが重要となる。

### 4-1 グランドパッキンとは

グランドパッキンとは、スタフィングボックス (Stuffing Box) の中に装着し、パッキン押え (Gland) で押さえつけることで軸に対する緊迫力を高め、内部流体をシールするパッキンの総称を言う (第3図参照)。

軸シール方法としては、メカニカルシールやベローズシールも使用されているが、取扱の容易性、低価格、極限状態に使用可能 (耐熱、耐圧、耐薬品) 等の面からグランドパッキンが使用されることも多い。しかし、そのシール性能はベローズシールのような完全なものではな



第3図 一般的なグランドパッキン

く、接面漏れ、背面漏れ、浸透漏れなどがある (第4図参照)。

### 4-2 Low Emission 対応

#### グランドパッキンの新技術 (特許申請中)

3種類の漏洩パターンを第4図に示したが、図中の浸透漏れは、グランドパッキンを十分に高密度にすることや、樹脂や金属のスペーサーを用いて防止できることが一般的に知られている。

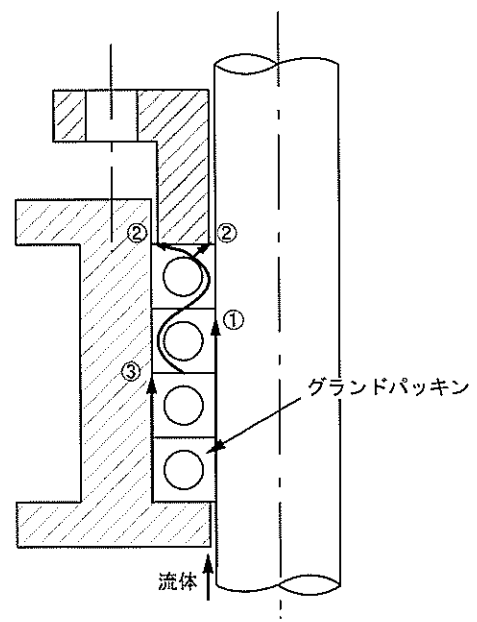
したがって、低漏洩化の新技術は、接面漏れ、背面漏れを少なくすることを主眼において開発した。

グランドパッキンにおけるシールの難しさは、締付け方向とシール面が垂直な位置関係にあることである (第3、4図参照)。Low Emission 対応グランドパッキンは、締付けと垂直な方向へ容易に変形し、接面への応力 (側面圧) が低い締付力から発揮される構造となっている。

Low Emission 対応品と一般的な矩形パッキンを、F E A (有限要素解析) によって比較すると、同一締付面圧を負荷した場合、側面圧のピーク値は1.5~2.5倍になることが示唆された (第5図参照)。また、確証試験においても、シール開始面圧が半減し、その効果が証明された。

## 5. Low Emission 対応 グランドパッキンの特性

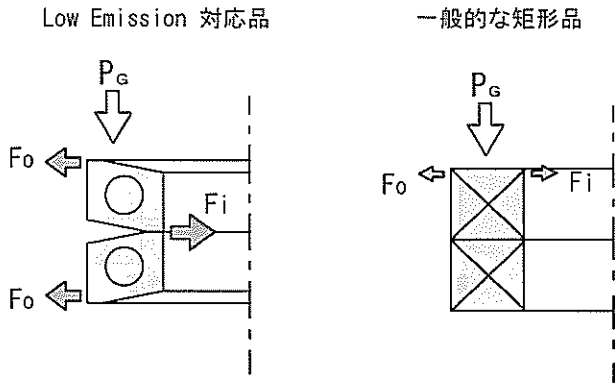
膨張黒鉛テープモールドグランドパッキンを用いて、



グランドパッキンの漏れ

- ① 接面漏れ
- ② 浸透漏れ
- ③ 背面漏れ

第4図 グランドパッキンの漏洩経路



$P_G$  : 締付面圧  $F_i$  : 内径側側面圧  $F_o$  : 外径側側面圧

第5図 側面圧のピーク発生箇所

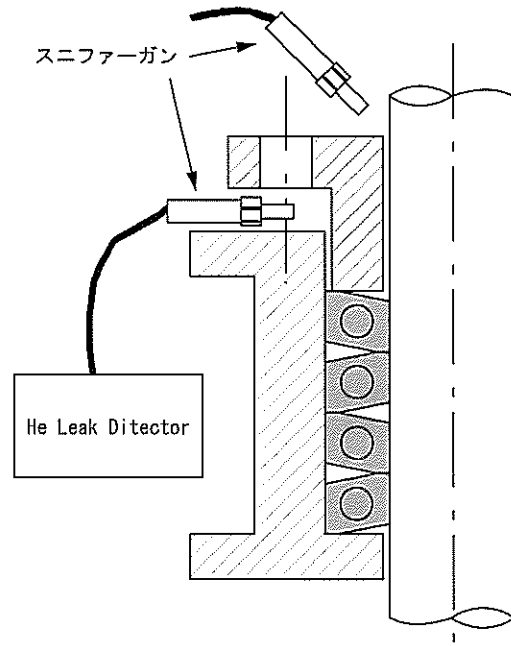
従来形状のVF-10T(第3、4図参照)とLow Emission対応グランドパッキン(第1図参照)を比較した。

### 5-1 シール性

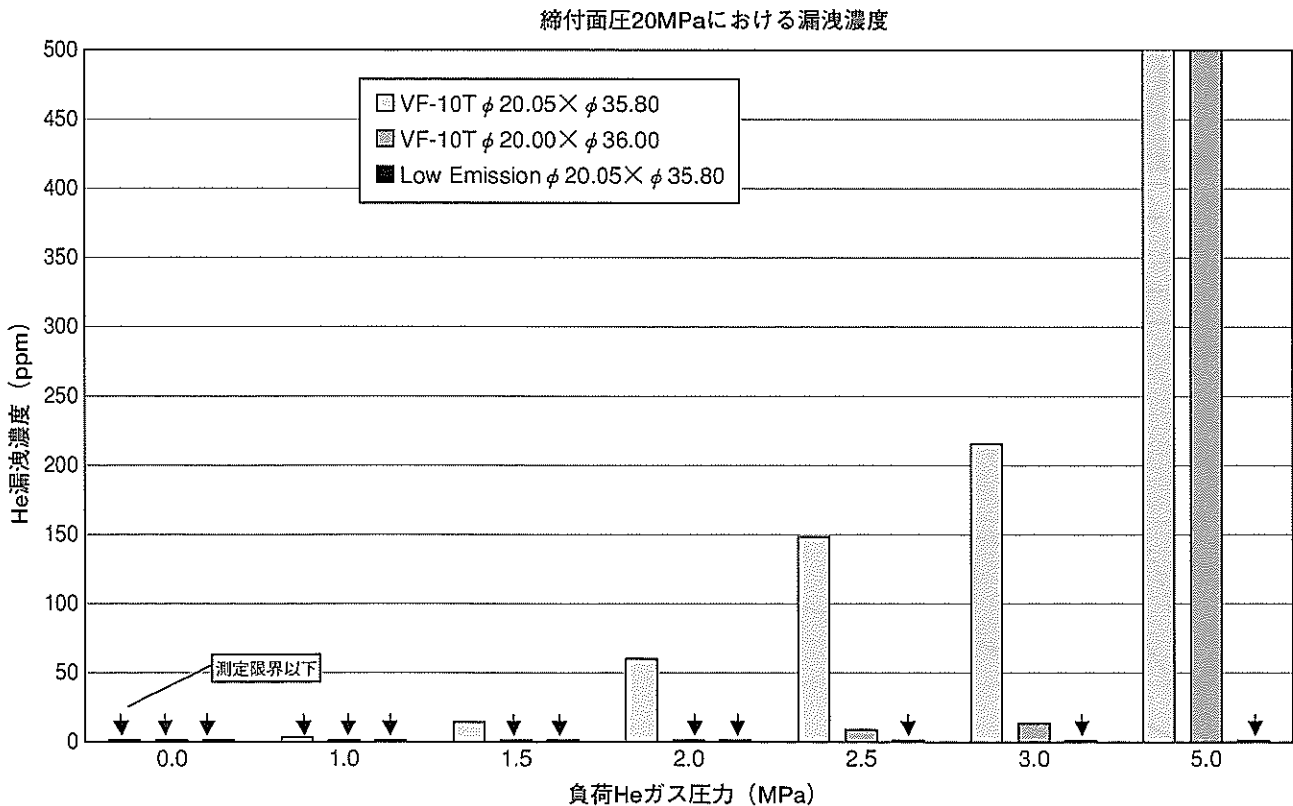
#### 5-1-1 漏洩量測定方法

漏洩量測定方法は、C A A Aに指定されているEPA Method 21を採用した。EPA Method 21は、炭化水素系蒸気やガスを取り扱うポンプやバルブ・ステムおよびガスケットからの漏れの大気濃度測定方法を規定しており、具体的には、測定部より風上側1 mにて、バックグ

ラウンド値を測定した後、測定部から1 cm以内に測定器の検出端(Sniffer)を近づけて計測し、その差より濃度(ppm)計測値を算出する方法である。流体はヘリウムガスを用いた(第6図参照)。



第6図 Method21による測定



第7図 負荷ヘリウムガス圧と漏洩量(矢印は測定限界以下を示す。)

5-1-2 Method 21 による試験結果

試料寸法)

Low Emission 対応グランドパッキンがシール面方向への変形に優れていること、および、装着性に優れていることを確認することも含め、以下の試料寸法で試験を実施した。

ステム径：φ 20.00

スタッキングボックス内径：φ 36.00

単位 (mm)	内径公差	外径公差	呼称高さ	リング数
試料 1	+0.05~+0.1	-0.15~-0.25	8	4
試料 2	±0.05	±0.05	8	4
試料 3	+0.05~+0.1	-0.15~-0.25	9.5	4

締付面圧)

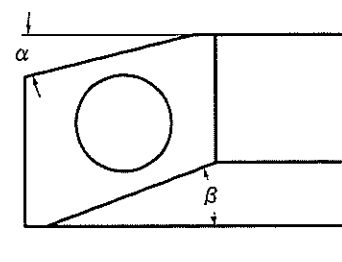
締付面圧：20MPa

漏洩量)

Method 21 による測定では、Low Emission 対応グランドパッキンは測定限界以下（測定限界は大気中のヘリウム濃度）であった。今回用いたヘリウムリークディテクターのバックグラウンド測定値は  $1.0 \sim 3.0 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  であるので、漏洩量もその数値以下であると言える。これは、バルブ用グランドパッキンの当社シール基準 ( $5.0 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ) より、さらに一桁低い漏洩レベルである。

第 7 図に、 $2.0 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} = 5 \text{ ppm}$ （大気中の He 濃度）とした場合の、負荷 He ガス圧と漏洩濃度の関係を示す。

また、内外径にクリアランスを持たせた寸法設定であるにもかかわらず、一桁低い漏洩量である。したがって、



第 8 図 パッキン上下面の角度

Low Emission 対応グランドパッキンの形状はシール面方向への変形に優れていることを示唆し、スタッキングボックスやシステムの公差にかかわらず高次元のシールが得られることを示している。

5-2 Low Emission 対応グランドパッキンのその他特性

5-2-1 歪率

Low Emission 対応グランドパッキンは、締付けと垂直な方向への変形を容易にするため、装着時に空間を持たせた構造となっている。したがって、歪率は一般に大きくなり、また、各パッキンの面角度（第 8 図参照） $\alpha$ 、 $\beta$  が大きくなるほど歪率も大きくなる。また、 $\alpha$ 、 $\beta$  はユーザーの要望で設定可能である。

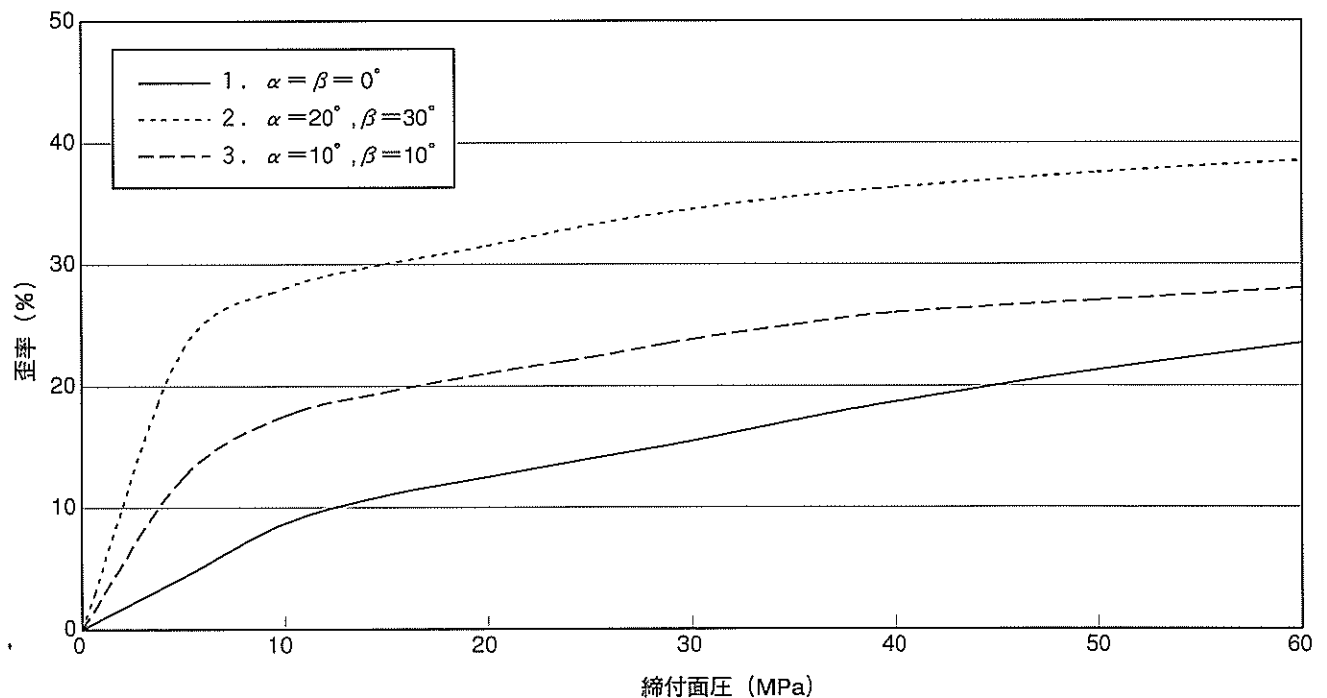
膨張黒鉛製グランドパッキン試料を第 1 図のように装着した場合の試験結果を第 9 図に示す。

1 :  $\alpha = 0^\circ$  ,  $\beta = 0^\circ$

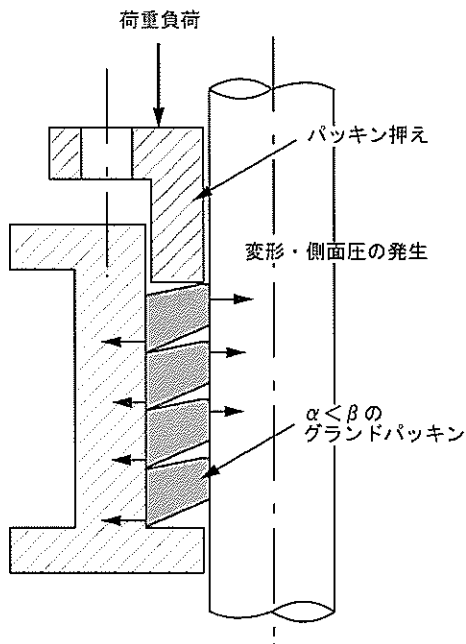
(一般的な断面矩形グランドパッキン)

2 :  $\alpha = 20^\circ$  ,  $\beta = 30^\circ$

(Low Emission 対応グランドパッキン)



第 9 図 角度による歪率の違い



第10図 αとβが異なるグランドパッキン

3 :  $\alpha = 10^\circ$  ,  $\beta = 10^\circ$   
 (Low Emission 対応グランドパッキン)

### 5-2-2 角度差の効果

第8図に示した Low Emission 対応グランドパッキンは、 $\alpha$ と $\beta$ の設定に自由度があり、同じ角度である必要はない。したがって、 $\alpha$ と $\beta$ に角度差を設けた場合、第10図に示すような使用方法でも断面矩形のグランドパッキンと比較して、側面圧が効果的に得られる。

異なった例として、断面矩形のグランドパッキンのうち、数リングをLow Emission対応グランドパッキンに変更してもシール性の向上が見込まれる(第11図参照)。

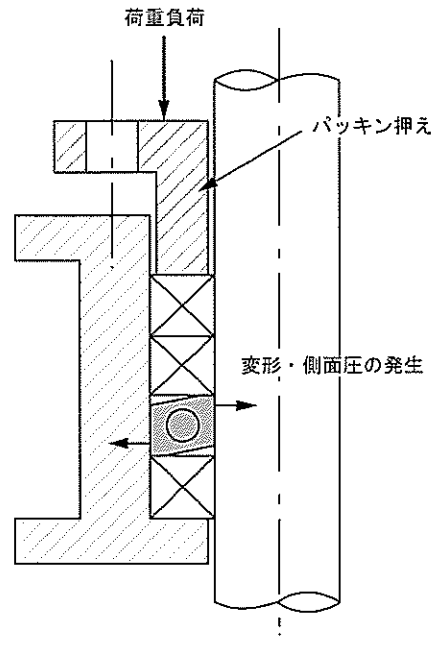
### 5-2-3 軸抵抗

Low Emission対応グランドパッキンは、従来品同等のシール性が、より低い締付け力によって達成される。これに伴い、第12図に示すように軸抵抗は見掛け上減少する。

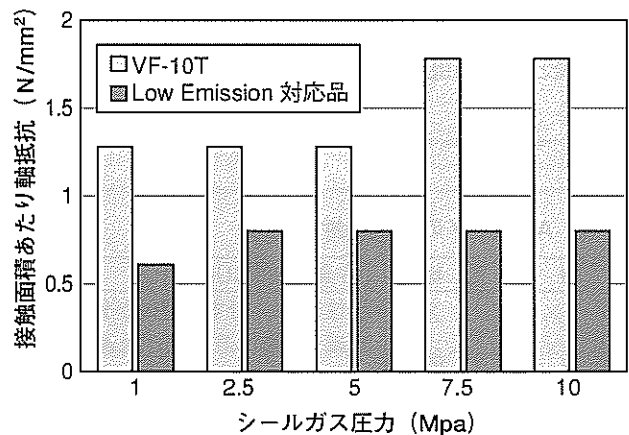
## 6. おわりに

近年の強まる規制の中、グランドパッキンの低漏洩化技術を開発することができた。今回、紹介した Low Emission 対応グランドパッキンは手動弁 (ON-OFF 弁) 用として、十分な性能を備えている。現在、自動弁 (コントロール弁) への適用可否判断のため、動的シール試験を検討している。

本報およびLow Emission 対応グランドパッキンが、グランドパッキン使用機器からの漏洩低減や、環境負荷を低減することに寄与できれば幸いである。



第11図 組合せ使用例



第12図 シール時の軸抵抗

### 〈参考文献〉

- 1) バルブ技報 第13巻第2号(通巻第41号)(Vol.13, No.2, 1998)
- 2) バルブ技報 第26巻第1号(通巻第46号)(Vol.16, No.1, 2001)