

# ステンレスパッキンの挑戦

## —構造による機能の実現—

(独)産業技術総合研究所: 上野直広、卜楠、福田修  
TOKiエンジニアリング(株): 小柳悟、大津由美子

## ステンレスパッキンとの出会い

と、ある縁で...

なんで、皆さんゴムパッキン  
使うんですかねえ? CIP洗浄  
で、すぐボロボロなりますよ!  
ステンレスなら大丈夫!



これ、すごいこと  
なりますよ!



確かに、すごいこと  
なりそうだ...

TOKiエンジニアリング(株)代表取締役 小柳悟氏  
福岡県福岡市博多区比恵町1-18

# ステンレスパッキンとは？

フェルール



通常のゴムパッキン



パッキンに乗せて...



・ステンレスでできた、配管接続部分のシーリングを行うパッキン



テーパーが特徴



もう一つのフェルールと...



チャックで締めて出来上がり！



優れた特徴：

- ・従来配管接続部との**完全な互換性**
- ・配管と**同一の材料**
- ・**弾性変形領域**での使用 → 繰り返し使用可
- ・配管接合部の**高い剛性** → 耐震性の向上

本当にこれで漏れないの？  
→ 漏れません。

# でも、なかなか採用してくれない？

採用側の言い分

- ・どんな仕組みでシーリングできているの？
- ・振動に耐えるの？
- ・耐圧性はどこまでOKなの？
- ・洗浄性はどうかなのよ？
- ・企業のデータじゃ信用ならん！

加えて...

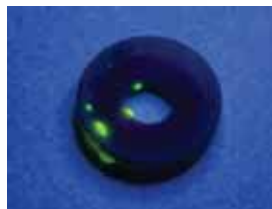
- ・業界の保守的な体質
- ・利害関係者の妨害

採用されれば...

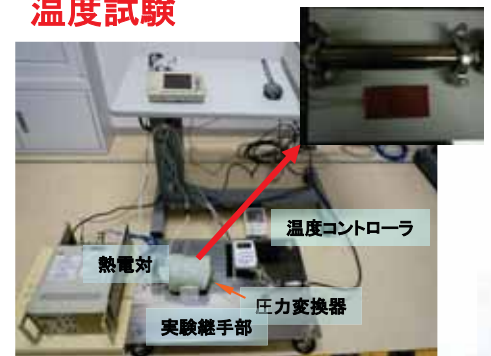
- ・異物混入による製品廃棄の防止
- ・廃棄物となるパッキンの削減
- ・アスベスト代替
- **社会的な意義は大きい**

公的機関で評価し、普及させる  
ことが社会的利益につながる

洗浄性試験



温度試験



振動試験



客観的な評価データを提供

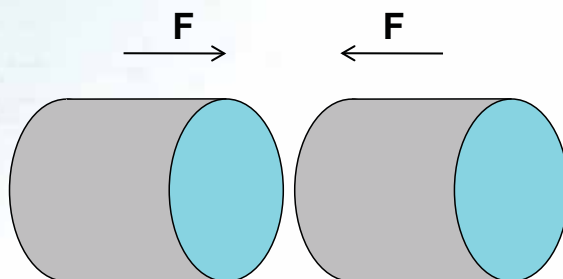
# ステンレスパッキンの仕組み

構造で機能を実現

# 配管接合の力学的解析

内圧： $P$ 、断面積： $A$

非粘性流体：内圧は内面に垂直に作用する



必要な締付力： $F = P \cdot A$

Example

内圧： $70\text{MPa}$ 、管径： $5\text{mm}$



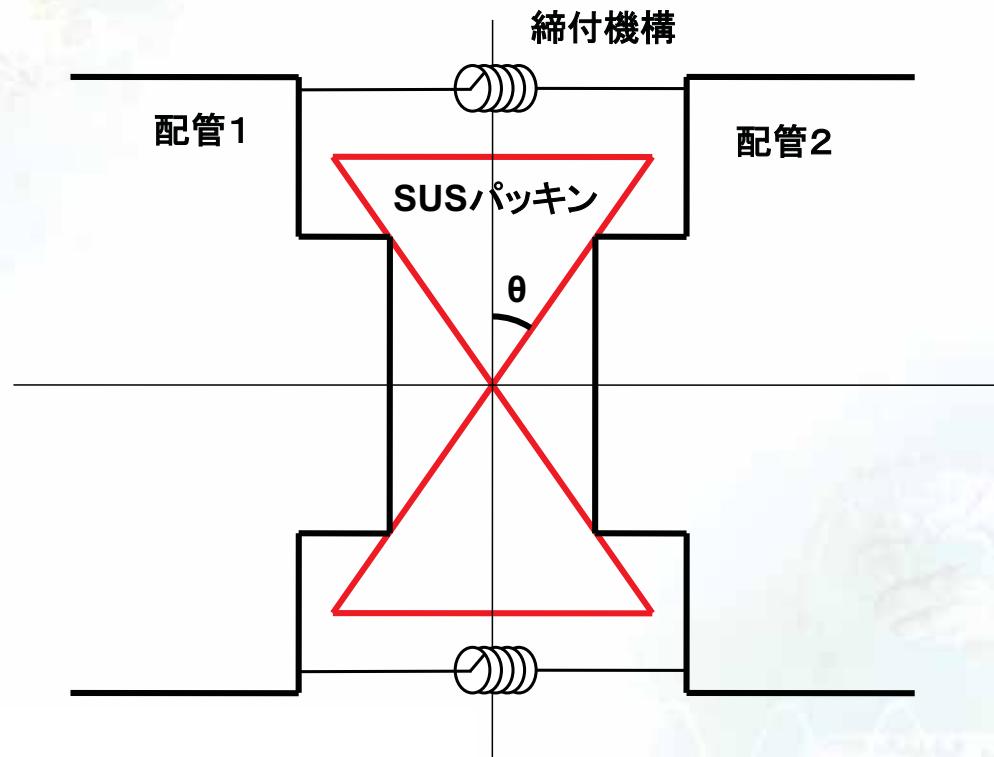
$F \doteq 1374[\text{N}] \doteq 137[\text{kg重}]$

パッキンの役割：配管同士の非整合を緩和する

# 理想的な解析モデル

## 仮定

- ・摩擦なし
- ・点接触
- ・剛体モデル



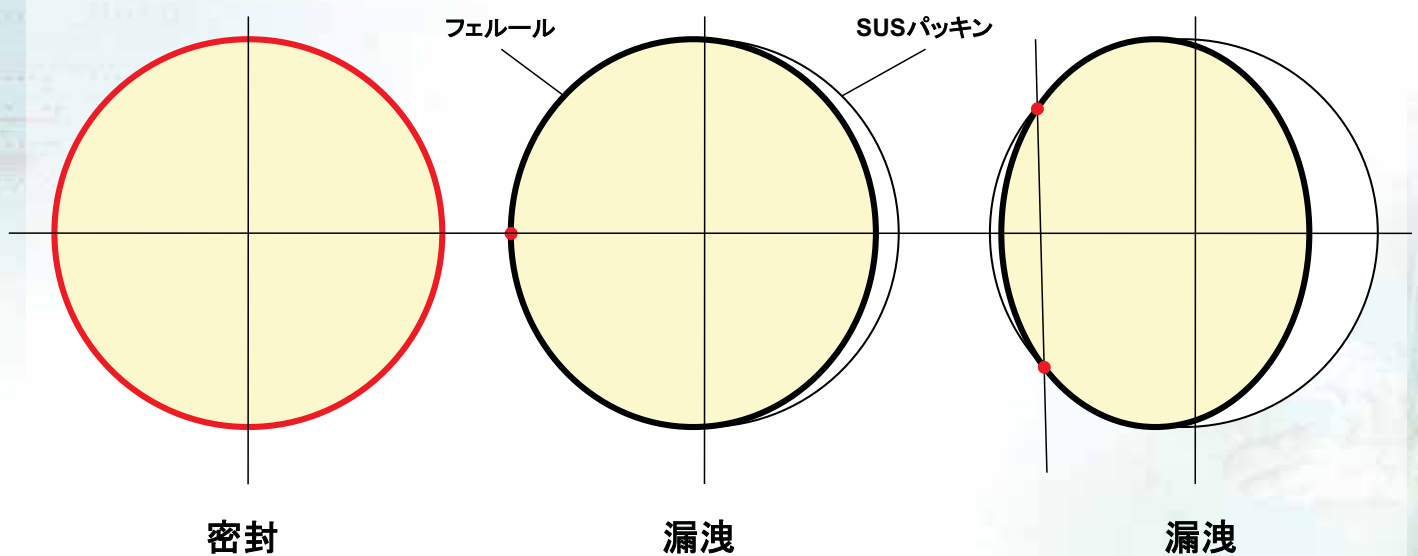
# 幾何学的な接触条件

## フェルールとSUSパッキンの接触状態

(1) 全点接触

(2) 1点接触

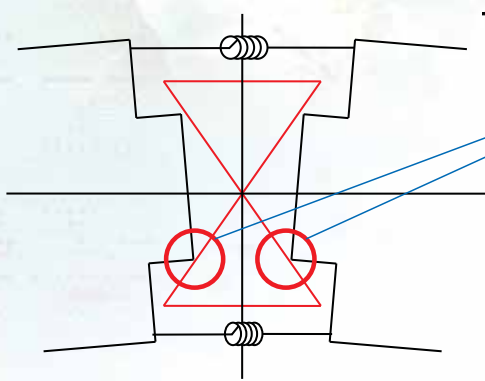
(3) 2点接触



← 締付力によって密封状態へ遷移するか？

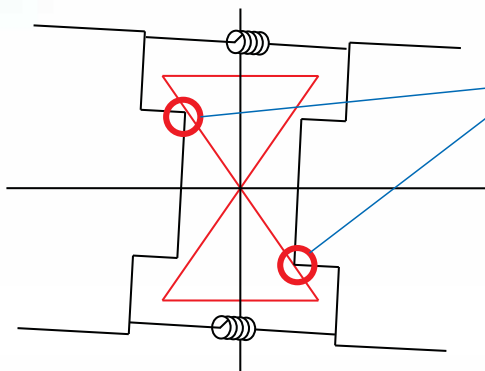
# 力学的平衡

全点接触状態は力が平衡している。



1点または2点での接触が発生

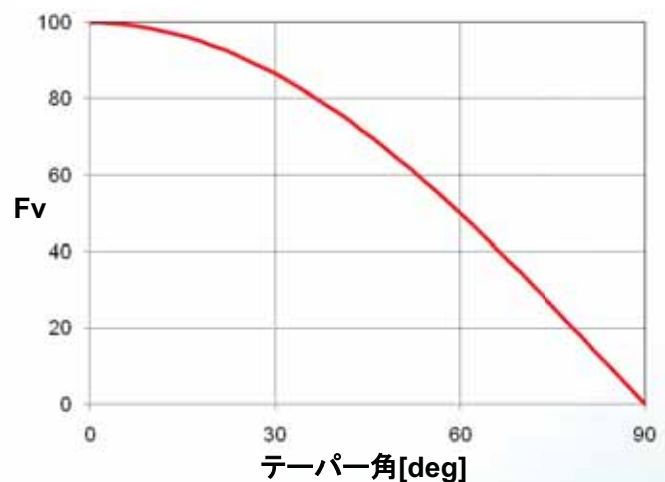
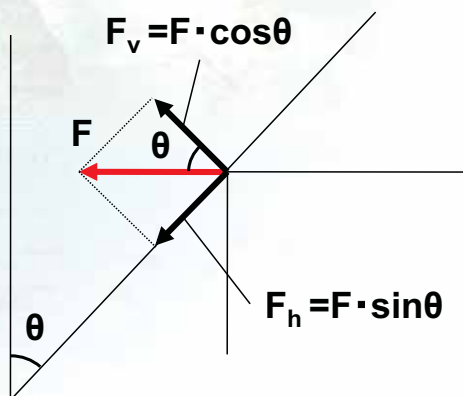
接触力と締付力により配管に回転モーメントが作用し、配管が正対する全点接触状態へ遷移



1点または2点での接触が発生

接触力と締付力によりSUSパッキンに回転モーメントが作用し、配管が正対する全点接触状態へ遷移

# SUSパッキンのメカニズム



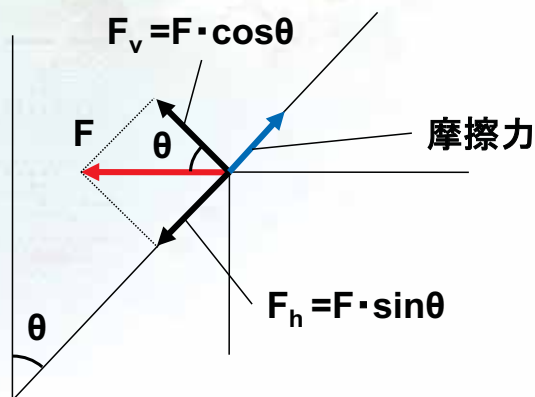
テーパ角 $\theta$ によって、締付力 $F$ を耐圧力 $F_v$ と耐擾乱力 $F_h$ に分配

ゴムパッキンの場合

- ・耐圧力: 締付によるゴムの硬化
- ・耐擾乱力: ゴムの弾性

テーパ「構造」によって  
パッキンの「機能」を実現!

# 実際は...摩擦の影響



- ・摩擦力は $F_v$ に比例する
- ・摩擦力の方向は運動方向と逆
- ・締付け力を増加させるほど、密封状態へ移行しにくくなる。

小さすぎるテーパ角は、大きな摩擦力を発生させ、全接触状態の実現を妨害する恐れがある

弾性体モデルなら面接触となり、摩擦の影響はもっと大きい

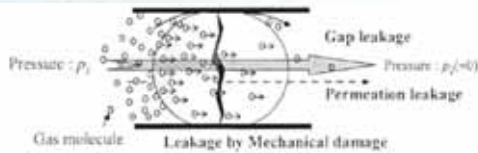
# モデル解析の結論

- ・締付け力はテーパ角によって耐圧性・耐擾乱性に配分され、シーリングを実現する。
- ・ただし、小さすぎるテーパ角は大きな摩擦力によって、密封状態に移行しない可能性がある。

# 現在・今後の展開

## ステンレスパッキン技術を水素配管の接合技術へ適用！

IST産学官事業：フルメタル水素配管接合システムの開発（H20～21）



高圧水素雰囲気下において、高分子材料ではブリストア破壊が発生する！

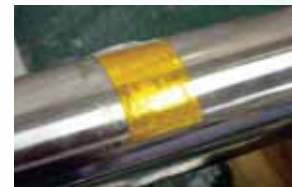
→ シーリング材として使用できない。

山辺：“高圧水素環境下におけるOリング用ゴム材料の破壊・変形挙動”、水素エネルギー先端技術展2008 燃料電池・水素エネルギー専門技術セミナー



水素脆化を受けにくい**SUS316L**によって問題点をクリアした、安全・安心なフルメタル水素配管接合システムを開発することを目的とする。

産総研のセンサ技術と組み合わせて...  
・パーフェクトコンタミフリー配管システム  
配管部品の混入を元から根絶  
万ー混入してもセンサで検知



# 新しい共同研究のスキーム

社会的な意義の大きいものは、公的研究機関でブラッシュアップ！？

### 公的研究機関

- ・原理解明
- ・評価
- ・改良
- ・シーズ技術(サブ)

共同研究

### 中小企業

- ・シーズ技術(メイン)
- ・事業化

製品の普及

市場

社会的利益の増大