

福岡水素戦略会議研究開発支援事業

弾性変形シール形ステンレス 金属パッキンの実用化研究開発の 進捗報告

久保田 祐信・谷口 隆夫



九州大学大学院 工学研究院 機械工学部門



Air Liquide Industrial Chair of Hydrogen Structural Materials and Fracture



九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所(WPI-I²CNER)



産業技術総合研究所 HYDROGENIUS

福岡水素エネルギー戦略会議 平成22年度第6回研究分科会
～ 高圧水素下における機械要素研究分科会 / 高圧水素貯蔵・輸送研究分科会 ～

平成24年1月20日(金)

九州大学伊都キャンパス ウエスト4号館910

研究開発の内容

「弾性変形シール形ステンレス金属パッキンの実用化研究開発」

TOKiエンジニアリング

設計・製作・とりまとめ

HyTReC

実証試験

九州大学

コンピュータ解析・損傷解析



研究期間：3年間

研究開発費：平成22年度1000万円

平成23年度1000万円

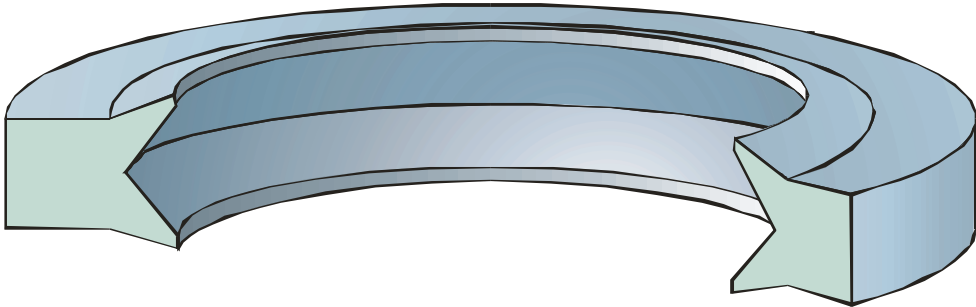
研究開発のキーポイント：

「水素高圧貯蔵」に求められる「高信頼性のガス気密技術の開発」

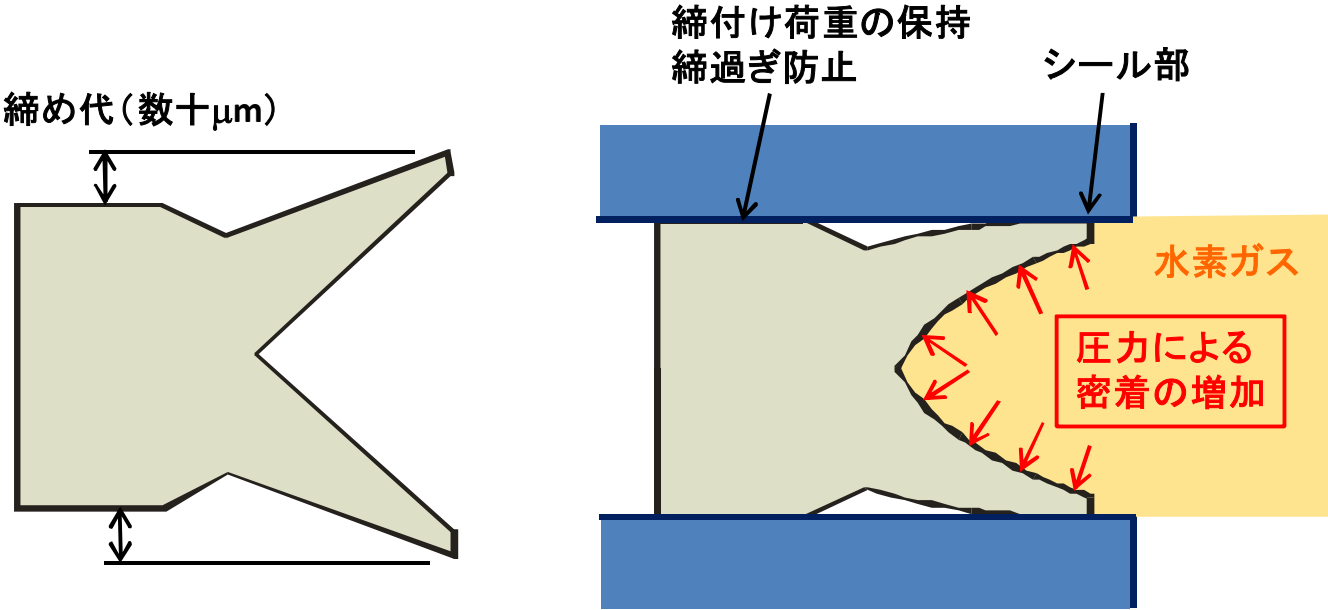
「従来のゴム製・金属製Oリングの問題点を解決した新しい発想の製品」

「市場投入」

弾性変形シール形金属パッキン

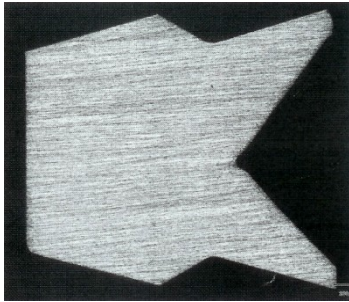


シール機構



サイクル試験(1回目)

初期の断面形状



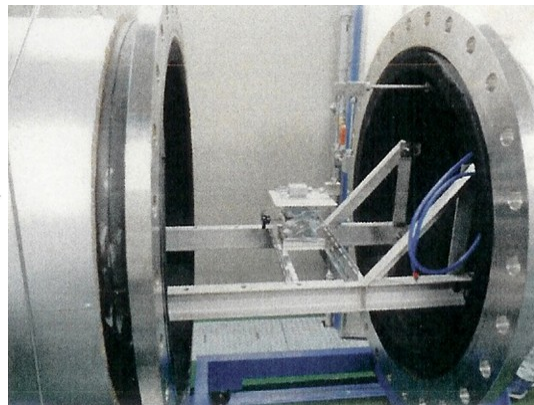
(水および水素ガス)

- ・圧力: 水圧 0~88MPa
水素ガス 1~90MPa
- ・回数: 11250回

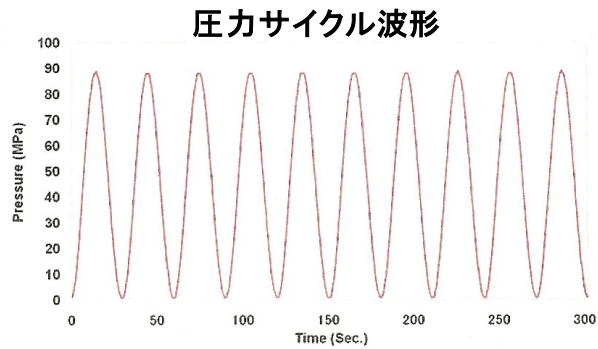
(試験結果)

- ・水および水素ガスで
圧力媒体の漏れ無し
- ・外観に顕著な変化なし

水素ガス試験装置

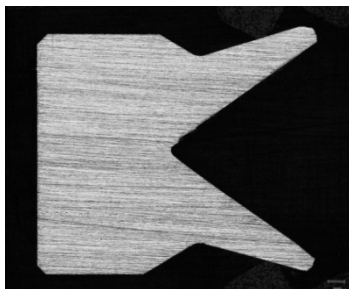


気密試験(水素ガス, 90MPa, 11250回後)



サイクル試験および気密試験(2回目)

改良型の断面形状



(材質)

- ・SUS316L ($\sigma_{0.2} = 472\text{MPa}$, $\sigma_B = 706\text{MPa}$)
- ・A6061-T6 ($\sigma_{0.2} = 347\text{MPa}$, $\sigma_B = 369\text{MPa}$)

(試験数)

- ・3
- ・3

サイクル試験

(水)

- ・圧力: 2~87.5MPa
- ・回数: 100000回

(結果)

- ・SUS316L 水漏れ無し
- ・A6061-T6 水漏れ無し*

気密試験

(Heおよび水素)

- ・圧力: 70MPa
- ・時間: 10分間

(結果)

- ・SUS316L 漏れ無し
- ・A6061-T6 漏れ無し*

* サイクル試験後の
試験片を使用

*試験後の解析により
試験片にマクロ的な塑性変形があることが判明

耐圧試験(2回目)

| (材質) | (水) | (試験数) | (結果) |
|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUS316L ($\sigma_{0.2} = 472\text{MPa}$, $\sigma_B = 706\text{MPa}$) ▪ A6061-T6 ($\sigma_{0.2} = 347\text{MPa}$, $\sigma_B = 369\text{MPa}$) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 水圧: 210MPa ▪ 時間: 30s | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 ▪ 3 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUS316L 水漏れ無し ▪ A6061-T6 水漏れ無し* |

*試験後の解析により
試験片にマクロ的な塑性変形があることが判明

試験結果のまとめ

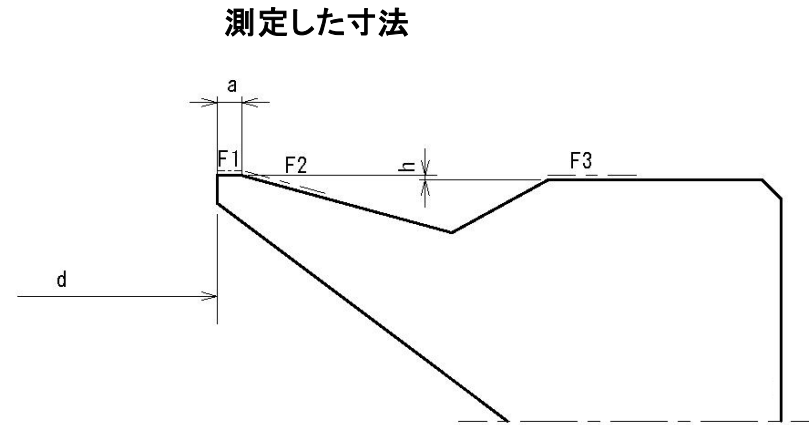
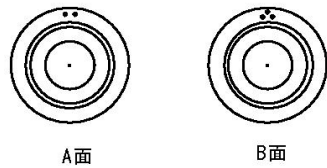
| 材質 | 90MPa水圧10万回サイクル試験 | | 90MPa水素気密試験 | 210MPa水圧耐圧試験 | |
|----------|-------------------|------|-------------|--------------|------|
| | 試験片番号 | 試験結果 | 試験結果 | 試験片番号 | 試験結果 |
| SUS316L | S1 | ○ | ○ | S4 | ○ |
| | S2 | ○ | ○ | S5 | ○ |
| | S3 | ○ | ○ | S6 | ○ |
| A6061-T6 | A1 | ○* | ○* | A4 | ○* |
| | A2 | ○* | ○* | A6 | ○* |
| | A3 | ○* | ○* | A8 | ○* |

*試験後の解析により
試験片にマクロ的な塑性変形があることが判明

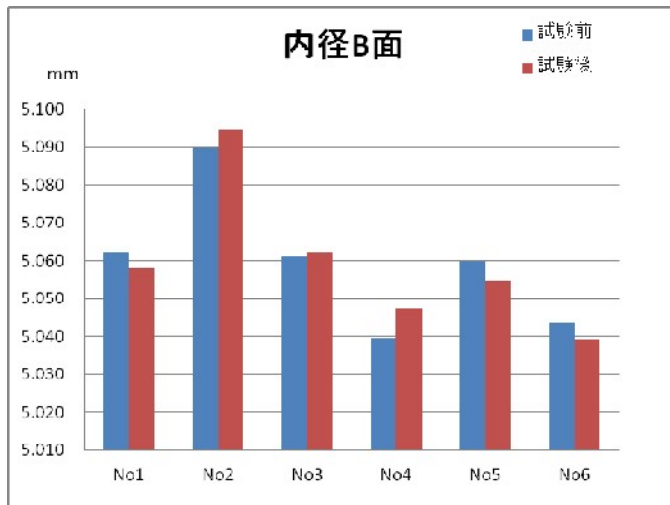
試験結果の解析(1)

寸法・形状 ・試験前後での比較

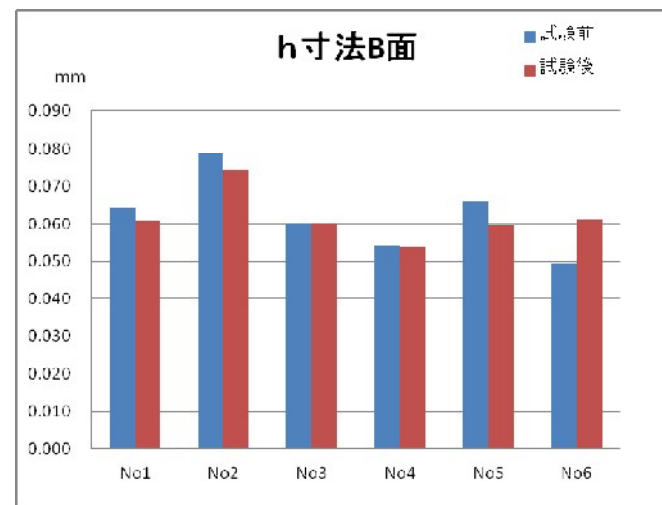
試験片のマーキング



内径



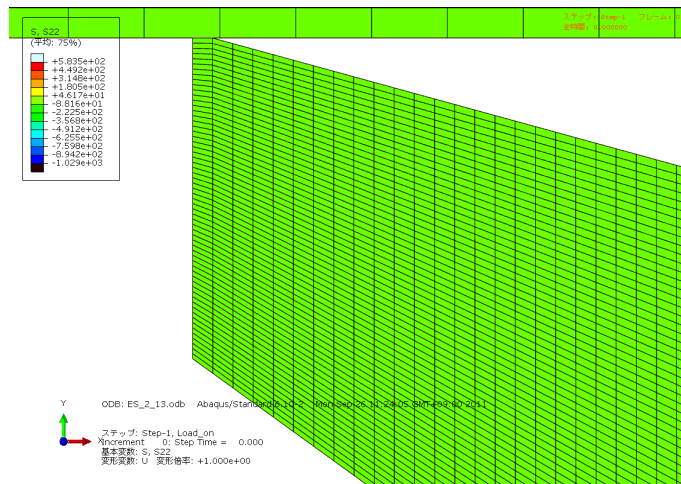
締め代



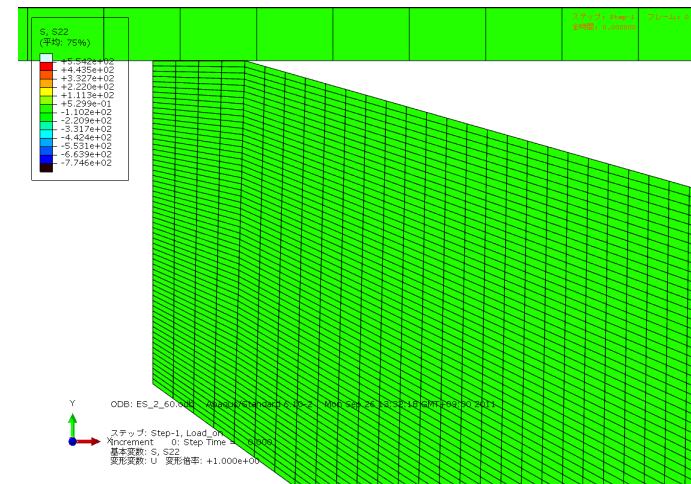
試験結果の解析(6)

210MPa水圧耐圧試験

初期の幅の狭いもの



初期の幅が広いもの

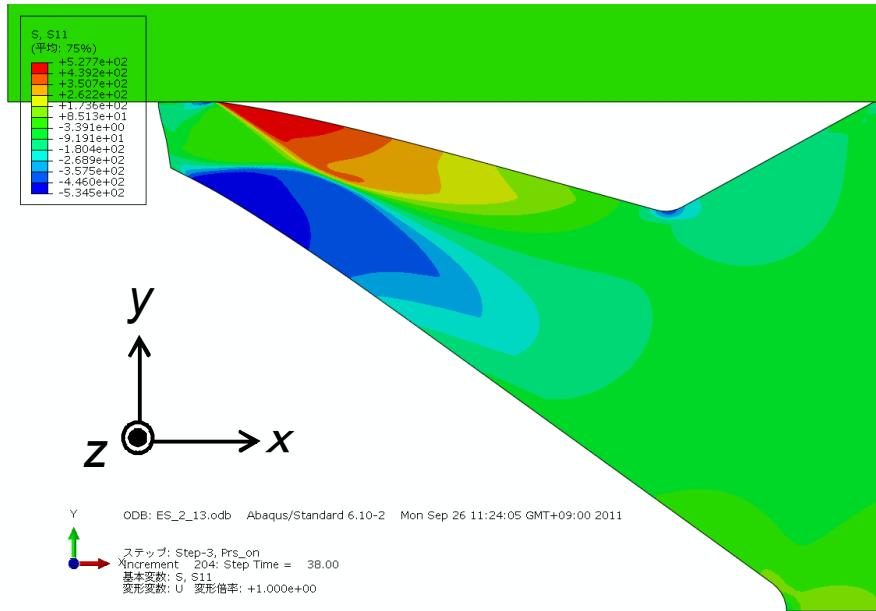


- SUS316L
- 弾塑性解析
- 締め付け + 内圧100MPaを10回繰返した後の変形と応力
- 締めめ代 14 μ m と 66 μ m

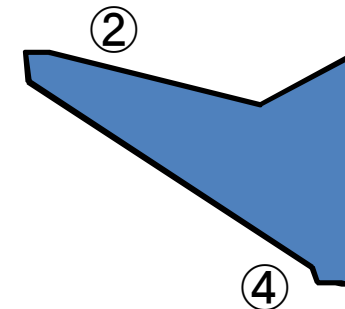
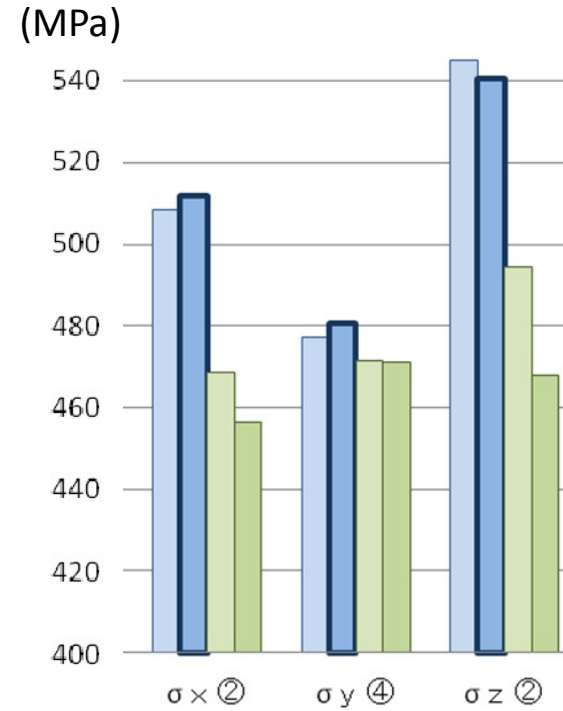
試験結果の解析(7)

先端初期形状の影響(内圧100MPa負荷時)

解析結果の例(幅13μm, 締め代66μm, σ_x)



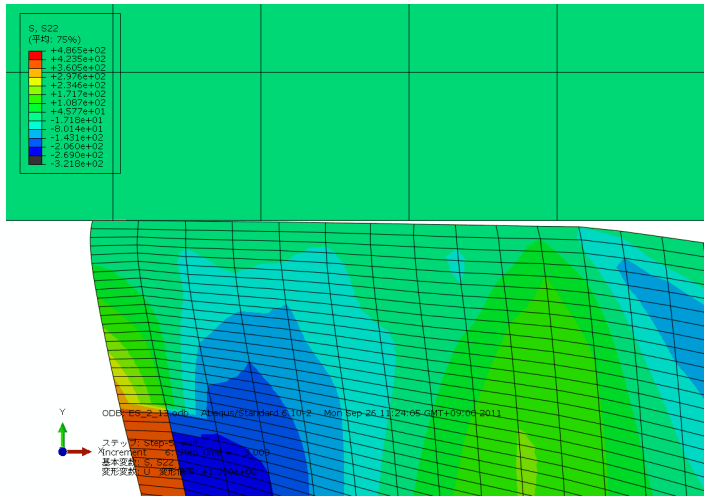
・応力の値



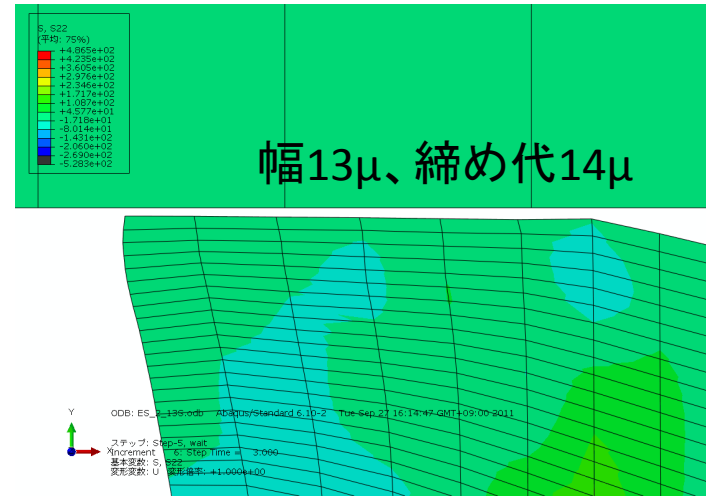
試験結果の解析(8)

先端初期形状の影響(低圧時)

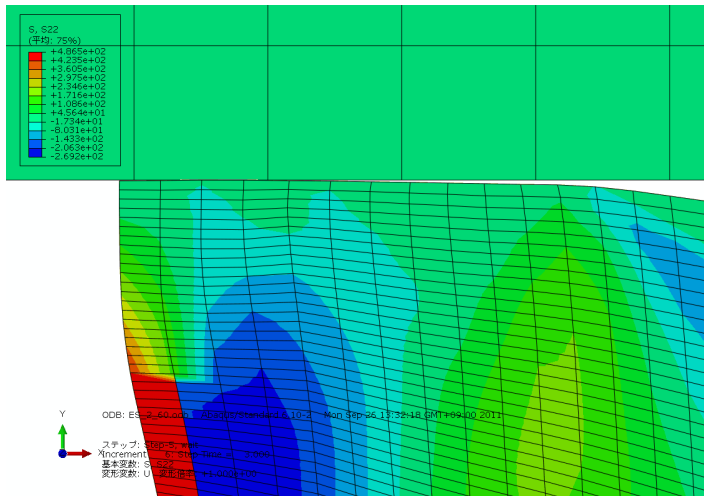
幅13 μ m, 締め代66 μ m



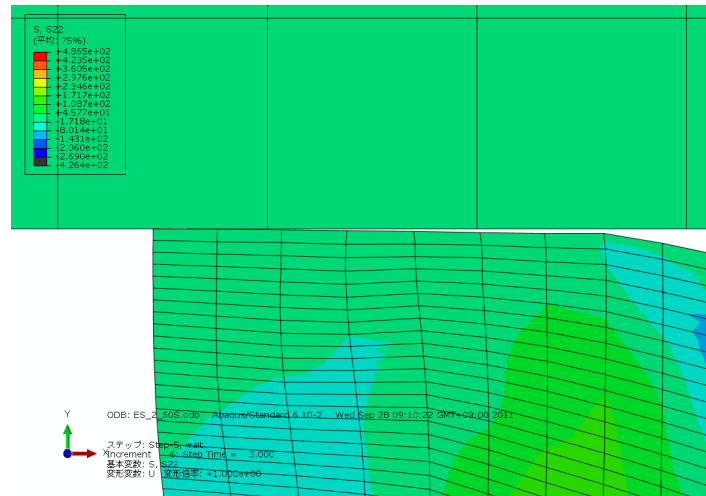
幅13 μ m, 締め代14 μ m



幅60 μ m, 締め代66 μ m

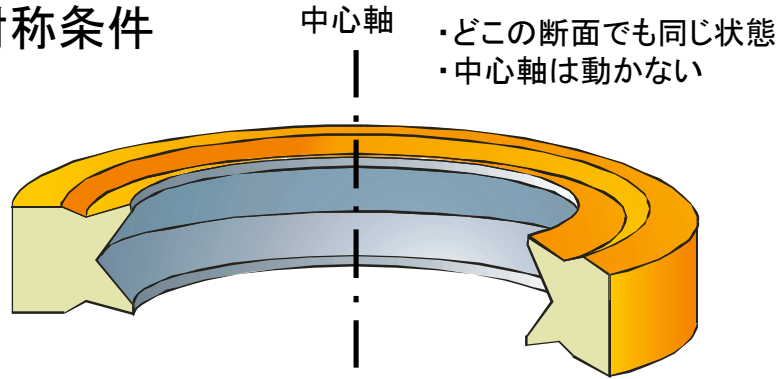


幅60 μ m, 締め代14 μ m

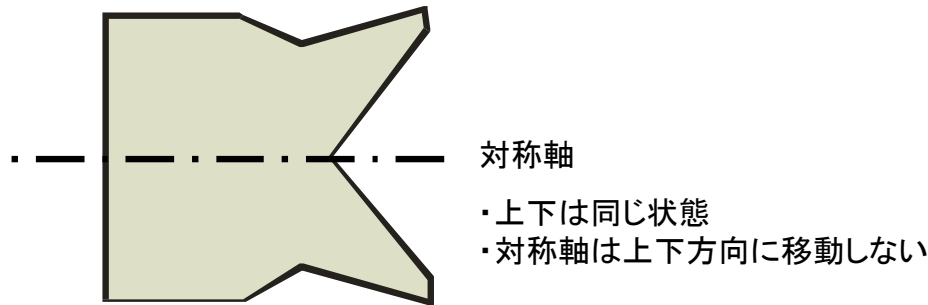


解析モデル

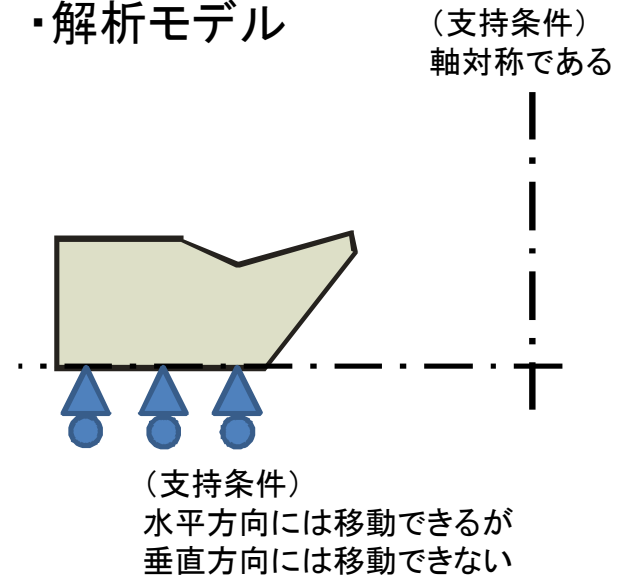
・軸対称条件



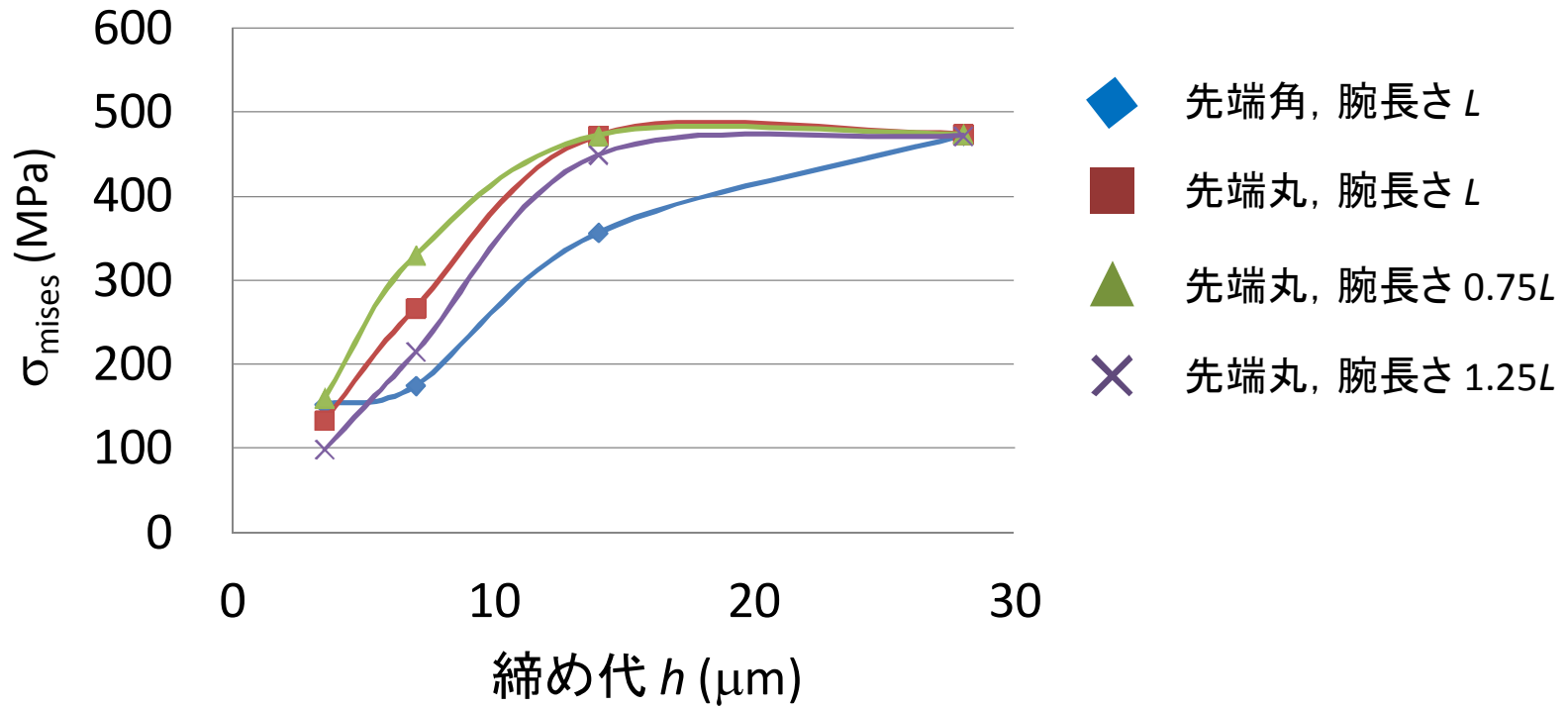
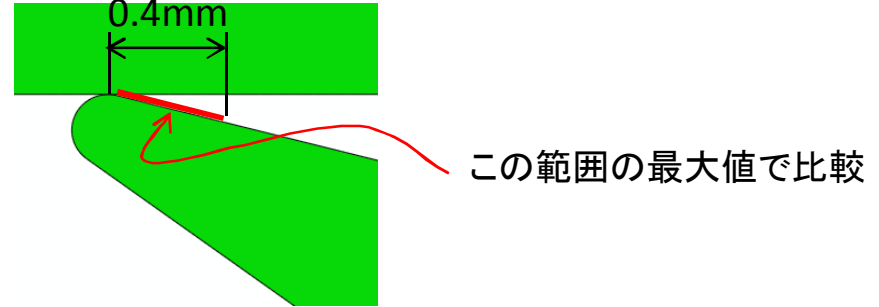
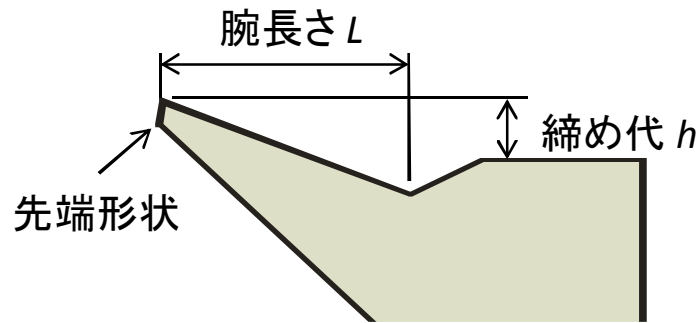
・上下対称



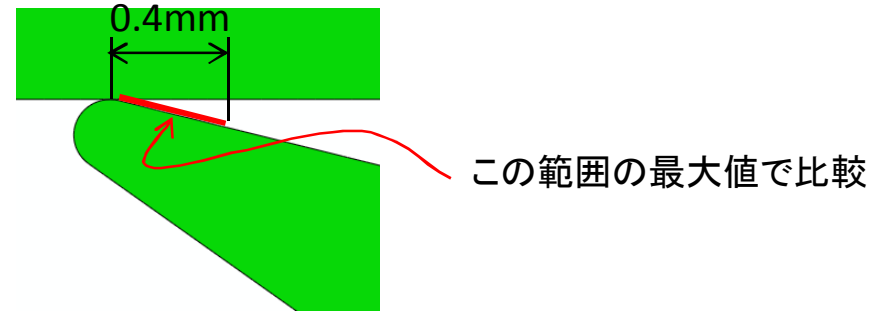
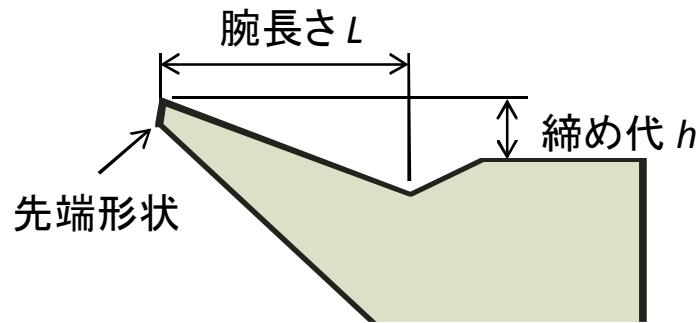
・解析モデル



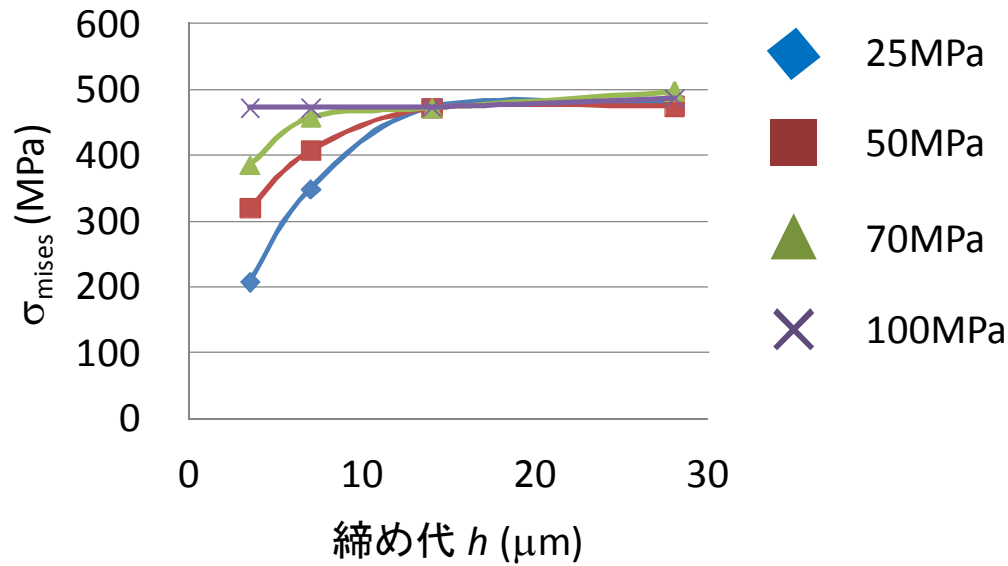
締め代・先端形状・腕長さの影響



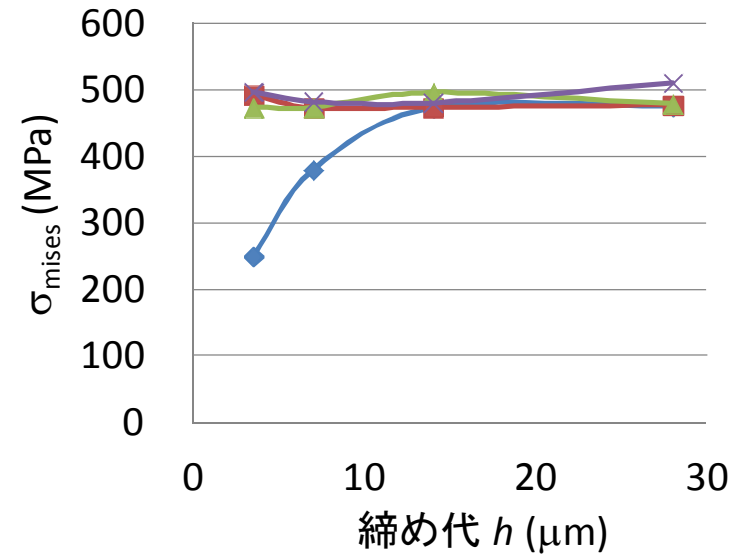
内圧・腕長さの影響



先端丸, 腕長さ L

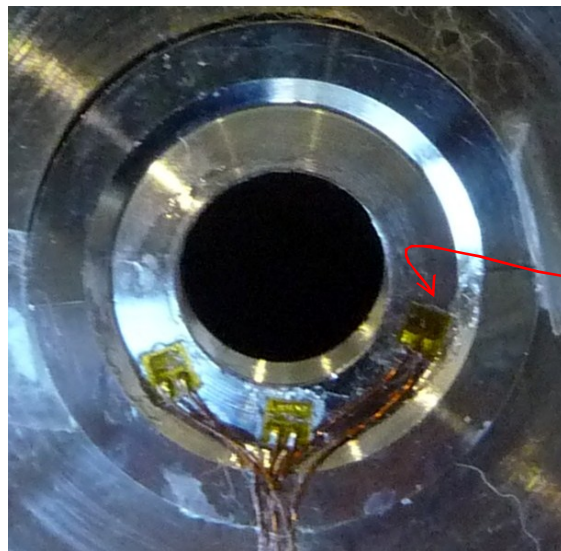
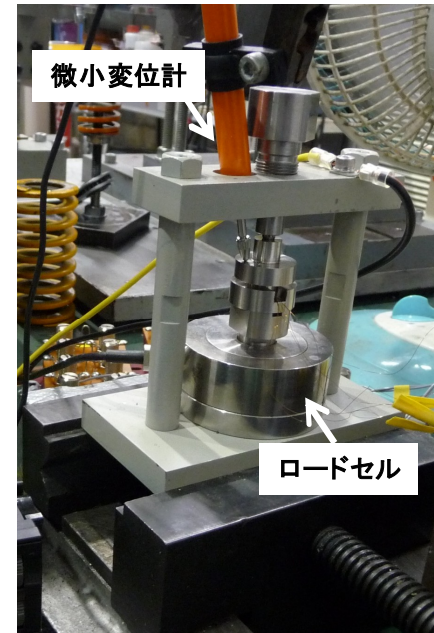
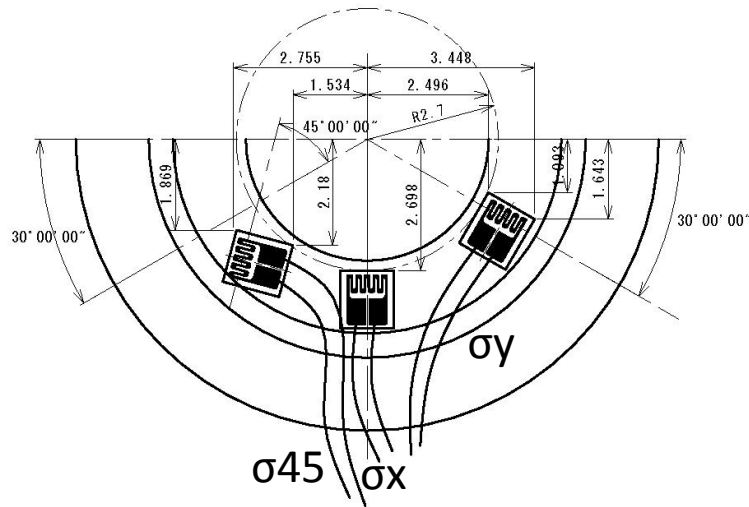


先端丸, 腕長さ $1.25 L$



コンピュータ解析結果と実測の比較

ひずみゲージによる実測
 ・3方向のひずみを測定するロゼッタ解析



半導体基板用
 超小型ひずみゲージ
 (共和電業製)

