



KYUSHU UNIVERSITY 2011
100th Anniversary

高圧水素下における機械要素研究分科会

樹脂シール材の水素雰囲気における 摩擦摩耗とガスシール性

澤江 義則

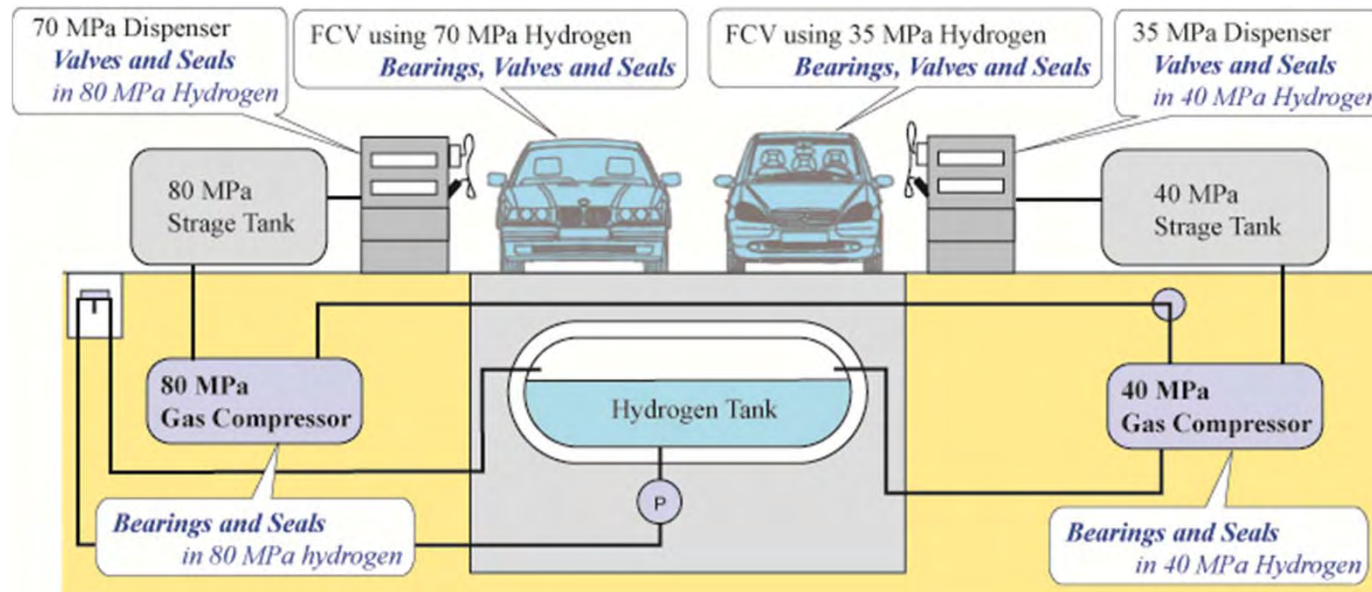
九州大学大学院 工学研究院 機械工学部門
設計工学研究室



KYUSHU UNIVERSITY

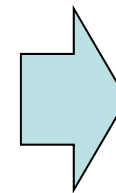


水素ステーション



□ 多数のトライボロジー要素

- レシプロ式高圧水素圧縮機, 遮断弁, 流量調整弁
- 航続距離を伸ばすためのガス圧の上昇
 - 35 MPa から 70 MPaへ高圧化
- 充填時間の短縮のためのプレクール
 - -40°Cに高圧水素ガスを冷却
- 直接充てん方式の採用
 - 処理量増加による高滑り速度化



しゅう動条件の過酷化



レシプロ式水素圧縮機の樹脂シール

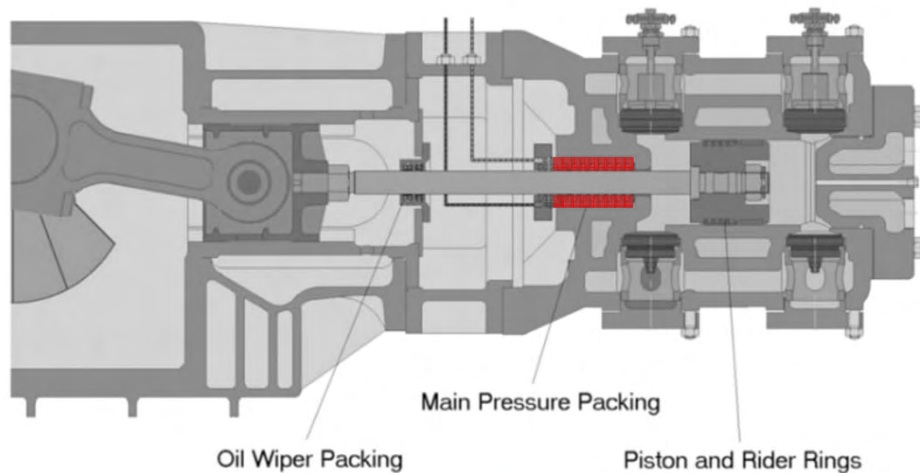


Figure 1. Critical seals in a reciprocating compressor.

C. Radcliffe, *Sealing Technology*, 2005



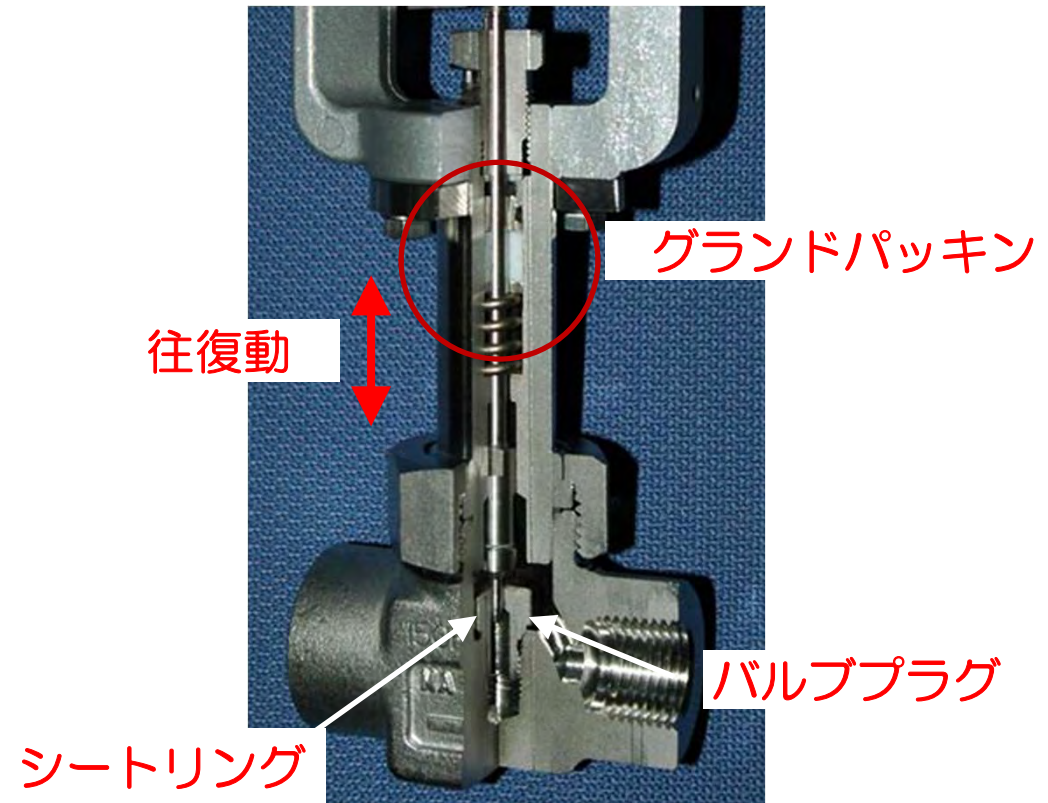
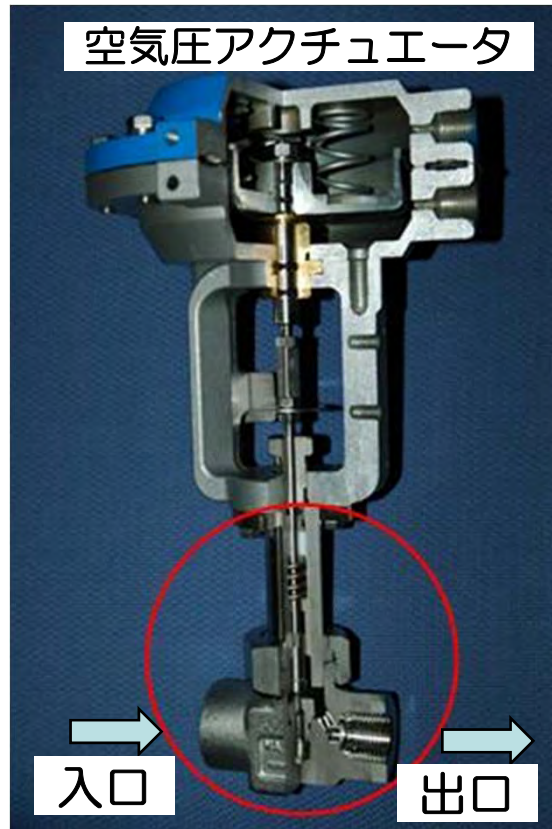
Damaged polymer seal

Intact polymer seal

- ピストンリング, ライダーリングとして高分子材料を使用
- 自己潤滑性の高いPTFE複合材
- 高圧水素ガス雰囲気において高速でしゅう動
- 摩擦・摩耗特性が効率, 安全性, メンテナンスコストに大きな影響



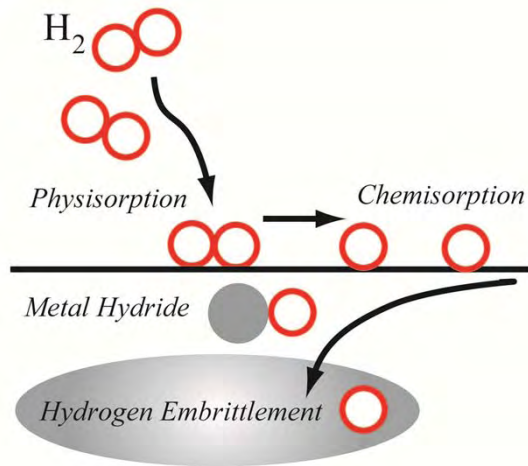
流量調整弁の樹脂シール



- グランドパッキンとして高分子材料を使用
- 自己潤滑性の高いPTFE複合材
- 高圧水素ガス雰囲気においてでしゅうどう動
- 摩擦・摩耗特性が大きさとコスト，信頼性，メンテナンスコストに大きく影響



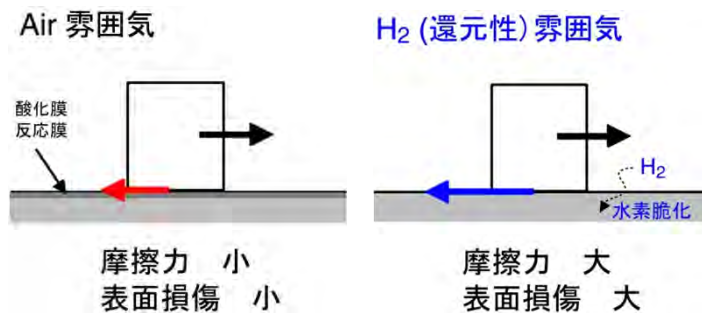
水素の特性とトライボロジーへの影響



- 表面への吸着
 - 固体表面への物理吸着
 - 触媒作用による化学吸着
 - DLC活性サイトへの吸着による低摩擦

- 小さな元素
 - 材料中に容易に侵入, 拡散
 - 水素脆化による材料強度の低下

- 還元性を持つガス
 - 金属表面の酸化膜や反応膜を還元
 - 境界潤滑膜の形成阻害



- ✓ 水素ガスは不活性ガスではない.
- ✓ 水素ガス中では材料の摩擦・摩耗特性が大きな影響を受ける可能性



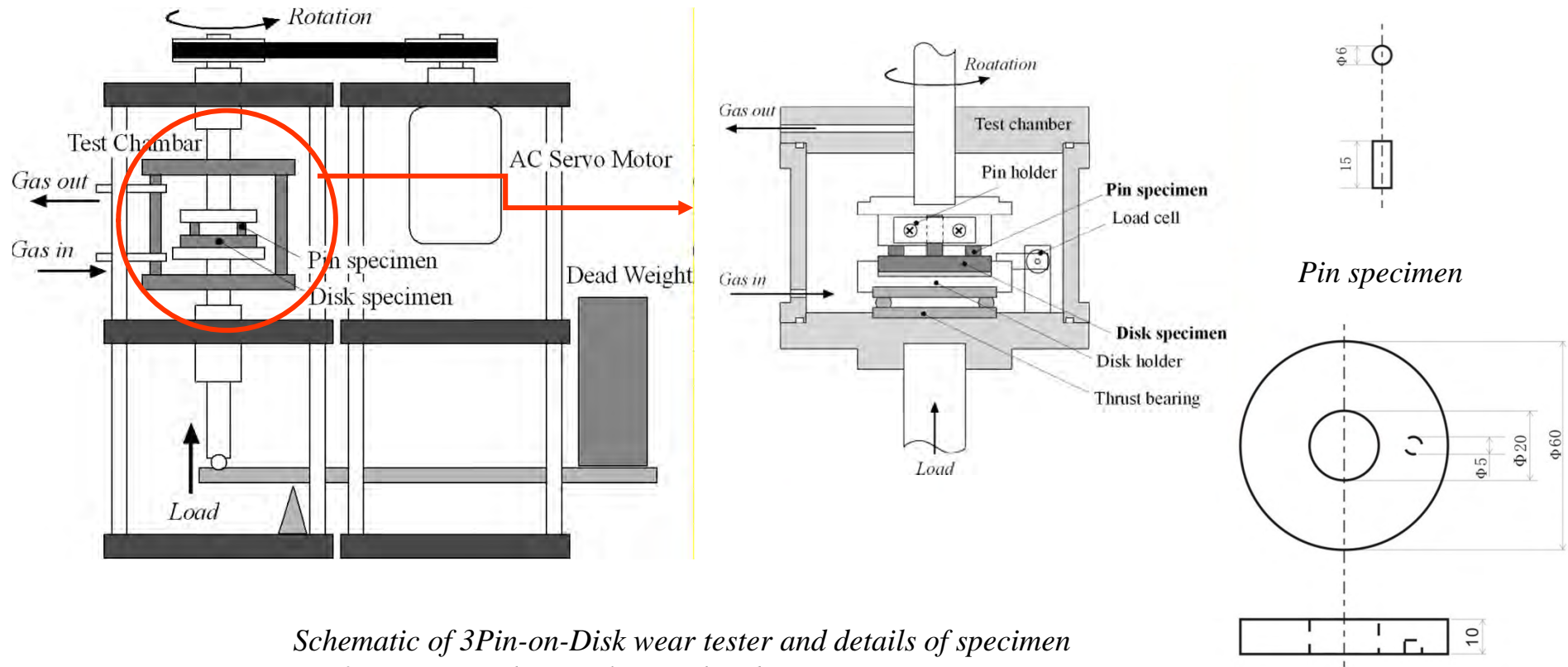
本研究の目的

- 安全・低コストな高圧水素ガスインフラの実現を目指した
シール用高分子材料の選定・設計指針の確立
- 水素ガス雰囲気における高分子材料の摩擦・摩耗評価
 - 摩擦・摩耗の支配因子の抽出
 - 高圧水素ガスの影響
 - 充てん材および相手面材質の影響
- 高分子材料のガスシール性評価
 - 相手面粗さの影響
 - 充てん材の影響



水素雰囲気における無充填PTFEの摩耗

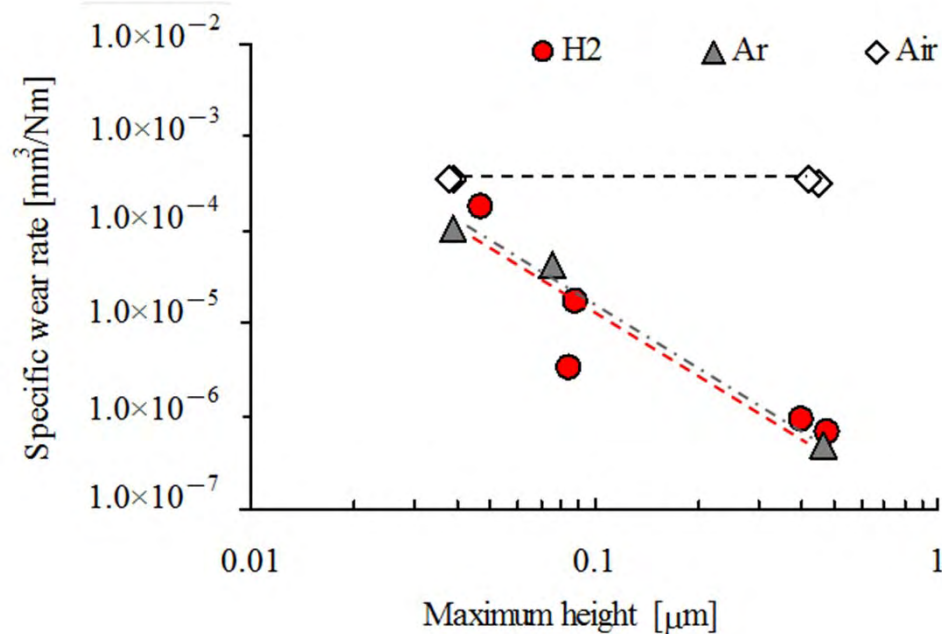
- Basic wear characteristics of unfilled PTFE in hydrogen were evaluated by using 3Pin-on-Disk wear tester coupled with a simple test chamber



Schematic of 3Pin-on-Disk wear tester and details of specimen configuration in the simple test chamber

Disk specimen

水素雰囲気における無充填PTFEの摩耗に対する相手面表面粗さの影響



Wear rate of unfilled PTFE plotted against maximum height in the surface profile of disk specimen (SUS316L)

澤江 他：トライボロジスト, 54 (2009) 710

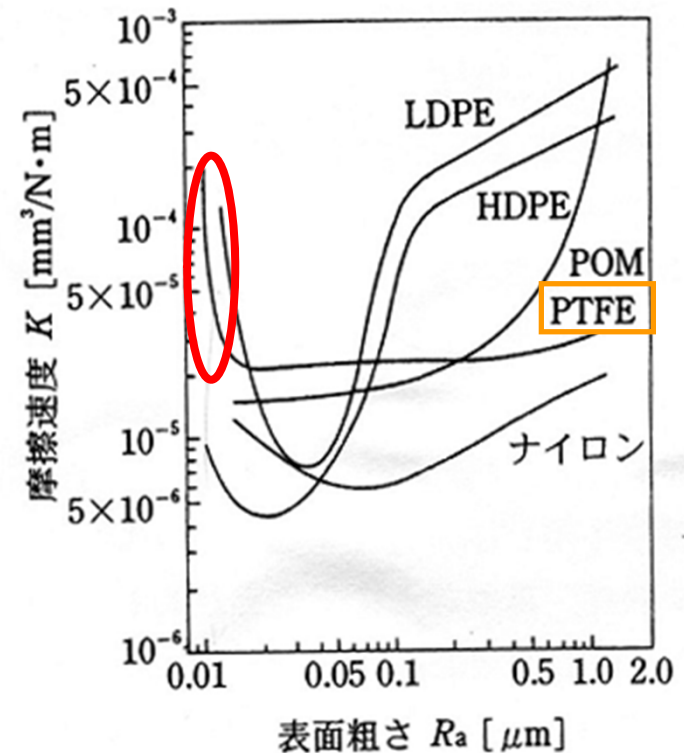
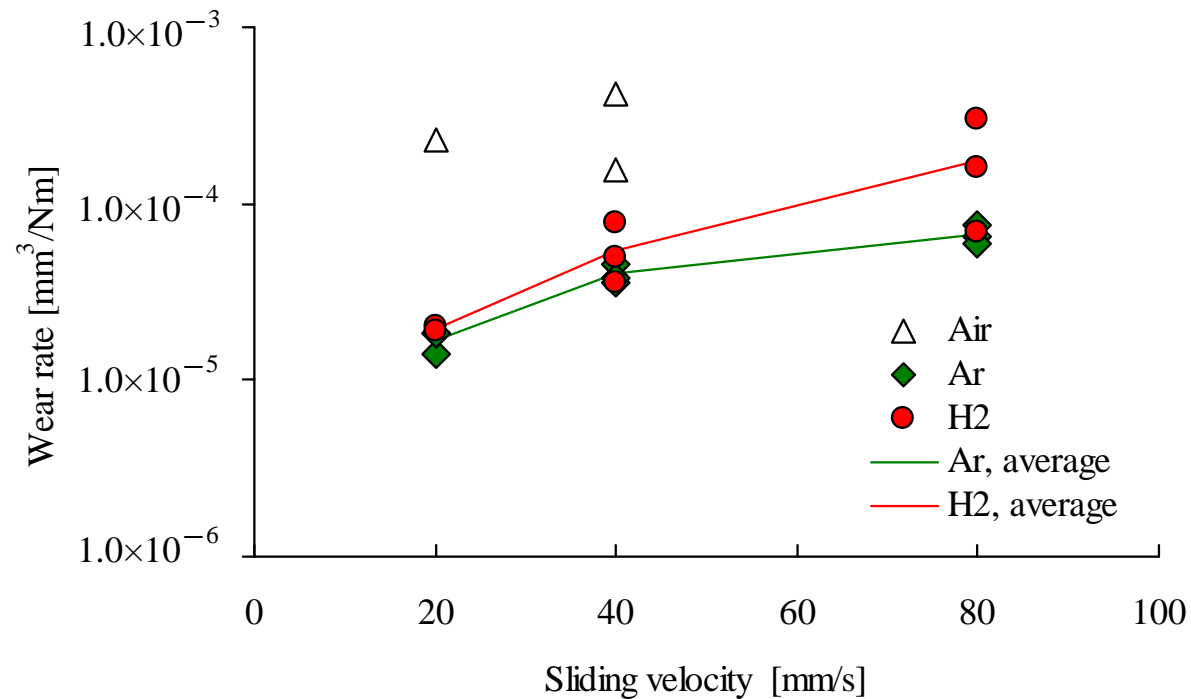


図3.2.7 比摩耗量の相手面粗さによる変化
3 mm直径ピン, 荷重10N, 速度0.01m/s

※木村, 野呂瀬: トライボロジーの解析と対策, テクノシステム (2003) 345

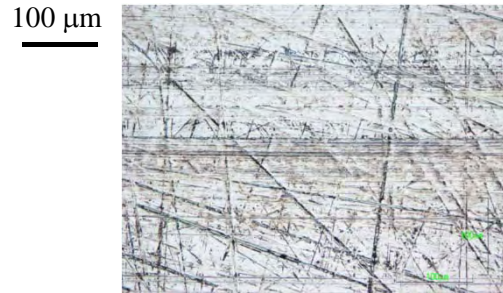
水素雰囲気における無充てんPTFEの摩耗に対する滑り速度の影響



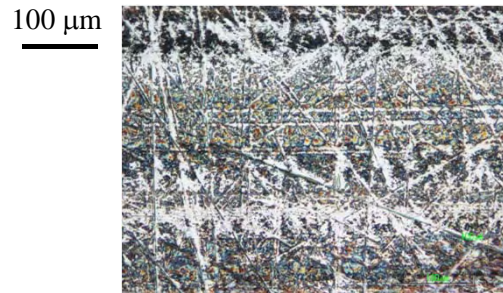
- ✓ 水素及びアルゴン雰囲気では速度の上昇に伴いPTFE比摩耗量は増加
- ✓ 低滑り速度条件では、水素雰囲気とアルゴン雰囲気におけるPTFE比摩耗量は同程度
- ✓ 高滑り速度条件では、アルゴン雰囲気と比較し、水素雰囲気におけるPTFE比摩耗量が増加する傾向



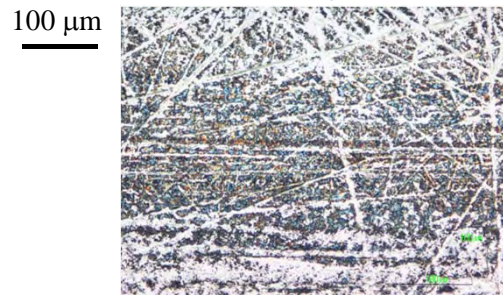
摩擦相手面への高分子転移膜の形成



(a) Air

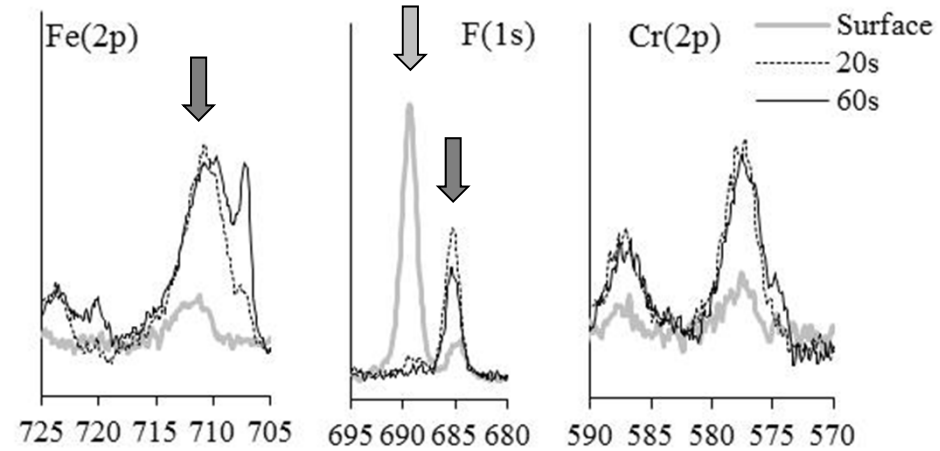


(b) Argon

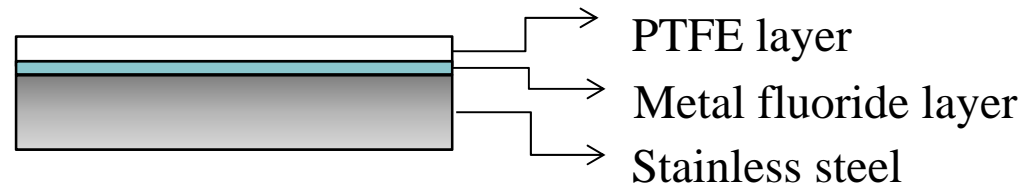


(c) Hydrogen

Microscopic observation of the polymer transfer film formation on the disk surface.



XPS spectra obtained from the polymer transfer film formed in hydrogen with sliding velocity of 40 mm/s. Depth profile were obtained after 20 s and 60 s argon ion sputtering.



Schematic of polymer transfer film with layered structure estimated from XPS analysis.