

第 126 回定例研究会 資料IV



Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories



水素中における トライボロジーの諸現象

水素エネルギー協会 定例研究会
2008年10月30日

九州大学 大学院工学研究院機械工学部門
産業技術総合研究所 水素材料先端科学研究センター
杉村丈一

1



Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

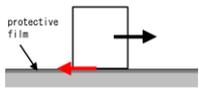


Machine elements

Bearings, seals, valves, piston rings etc.
operate in low and high pressure hydrogen

Hydrogen may do harm!

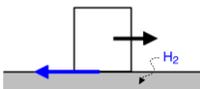
in air



protective film

lower friction
less wear

in hydrogen



H₂

higher friction
greater wear

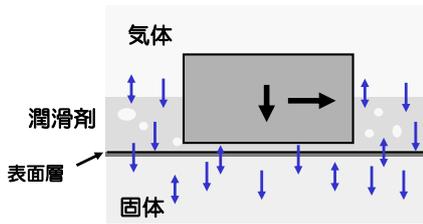
2



Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories



気体成分の挙動



発生、溶解、吸着、反応、浸入、拡散

↓

表面層の機械的特性・化学的特性の変化

3



Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories



目次

- 背景と目的
- トライボ界面
- 酸化
- 吸着
- 還元、水素化
- 浸入
- むすび

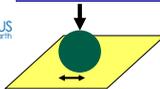
4



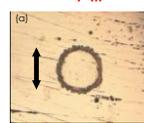
Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories



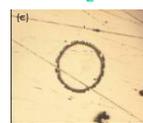
フレッチング摩耗



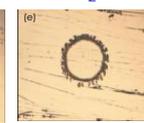
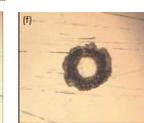
Air




N₂

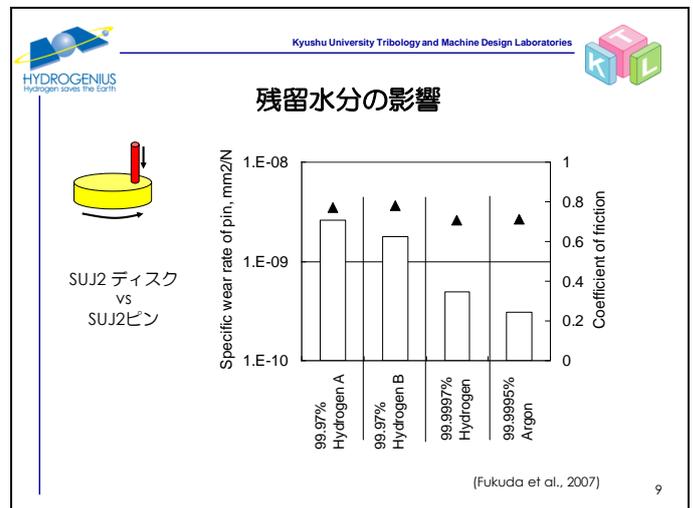
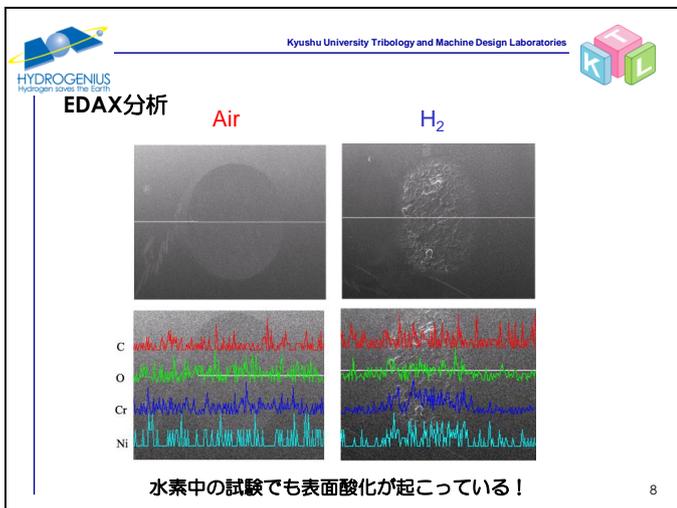
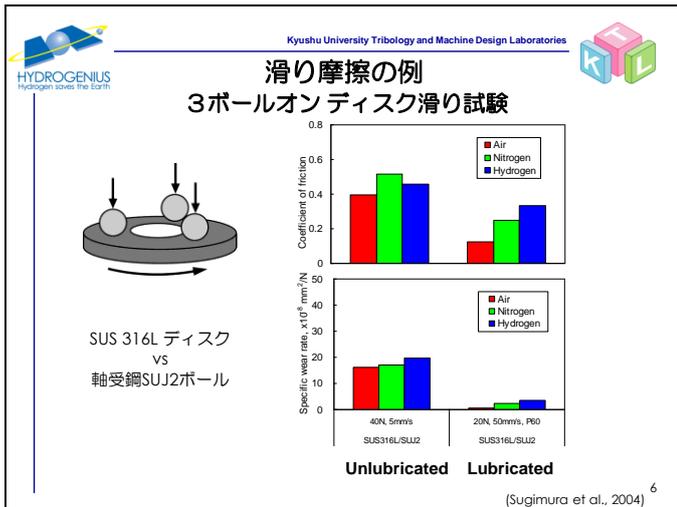



H₂

部分滑り条件下でSUJ2表面に生じた摩耗痕

(Izumi et al., 2006) 5



Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

HYDROGENIUS Hydrogen saves The Earth

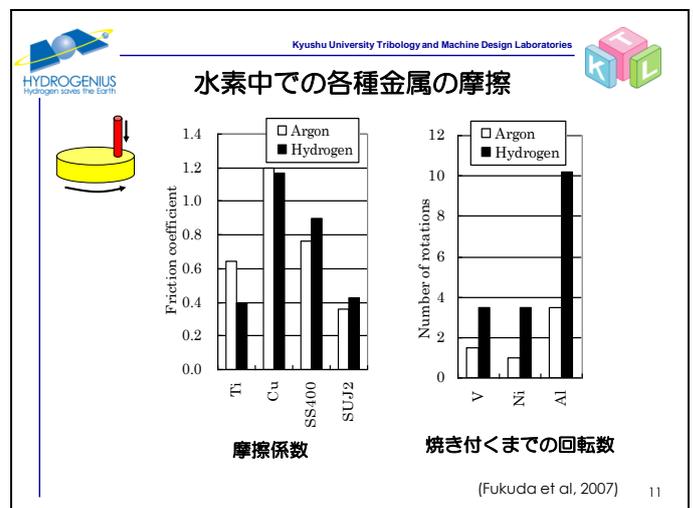
実用水素ガス

FCVの燃料として使われる水素ガス(例えば水素純度が99.99%以上のもの)は以下を含んでいる:

- 酸素, 水 (数 ppm以下)
- ヘリウム, 窒素, アルゴン
- 二酸化炭素, 炭化水素ほか

↓

トライボロジーの諸現象はこれら微量の不純物成分によって影響を受ける。この点を考慮する必要がある



Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

吸着

TABLE I. Classification of Metals and Semi-metals Based on Adsorption Properties. (A indicates Adsorption, NA No Adsorption)

Group	Metals	Gases						
		O ₂	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	CO	H ₂	CO ₂	N ₂
A	Cu, Sr, Ba, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Fe, (Re)	A	A	A	A	A	A	A
B ₁	Ni, (Co)	A	A	A	A	A	A	NA
B ₂	Rh, Pd, Pt, (Ir)	A	A	A	A	A	NA	NA
C	Al, Mn, Cu, Au‡	A	A	A	A	NA	NA	NA
D	K	A	A	NA	NA	NA	NA	NA
E	Mg, Ag‡, Zn, Cd, In, Si, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi	A	NA	NA	NA	NA	NA	NA
F	Se, Te	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

† The adsorption of N₂ on Fe is activated, as is the adsorption of O₂ on Ag films sintered at 0°.
‡ Au does not adsorb O₂.
() Metal probably belongs to this group, but the behaviour of films is not known.

(Trapnell, 1953) 12

Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

酸化と還元

$$H_2 + \frac{1}{n} M_m O_n = \frac{m}{n} M + H_2O - \Delta G$$

鉄、クロム、アルミ、モリブデンなどは

- 微量の水蒸気によって酸化される
- 還元は高温でなければ起こらない

13

Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

高圧水素曝露した SUS316L 表面のXPS分析

高圧水素曝露により表面酸化膜が減少

(Nakashima et al., 2008) 14

Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

シール材料

PTFEとSUS316Lの3ピンオンディスク試験

PTFEは相手面に安定した転移膜を形成すると摩擦が減少
SUS316Lの高圧水素曝露により安定した転移膜が形成

(Nakashima et al., 2008) 15

Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

転がり疲れ

水素浸入によって加速されたフレーキング損傷

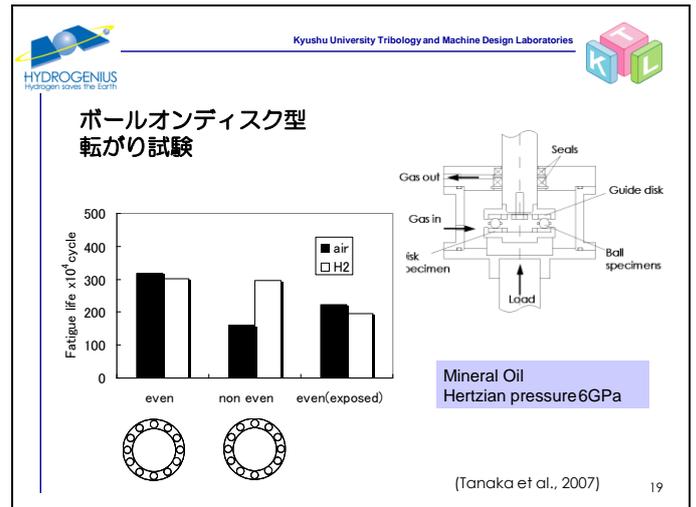
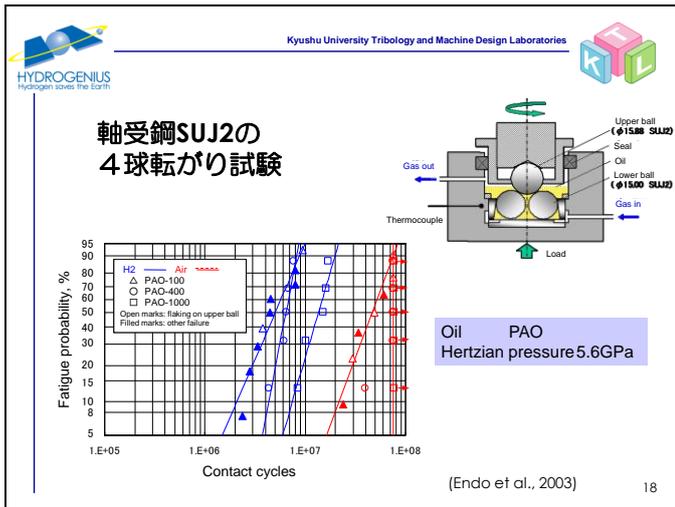
(Murakami et al., 1993) 16

Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

水素の発生

十分に厚い油膜が形成されている流体潤滑状態であっても、不純物として含まれる水が固体と反応して水素が発生し、また一般に炭化水素である潤滑剤が分解して水素を生じる。

17



Kyushu University Tribology and Machine Design Laboratories

HYDROGENIUS
Hydrogen saves The Earth

まとめ

- 水素は、トライボロジーの諸現象にさまざまに影響を及ぼす
- トライボインターフェースでの諸過程を調べることが必要
- 水素だけでなく、水素に含まれる水蒸気や酸素などの微量成分の影響を調べることが必要

ここで紹介した研究の一部は、NEDO技術開発機構の「水素材料先端科学基礎研究事業」の一環として行っているものである

20