

水潤滑下での PTFE 複合材のしゅう動特性に対する水質の影響

Effects of constituents of aqueous solution on the tribological behavior of PTFE composites

九大・工（学）*末竹 真 九大・工（非）堀 亮介 九大・工（正）新盛 弘法

九大・工（正）森田 健敬 日立製作所（正）斎藤 颯 九大・工（正）澤江 義則

Shin Suetake*, Ryoshuke Hori*, Hironori Shinmori*, Takehiro Morita*, Hayate Saito**, Yoshinori Sawae*

*Kyushu University, **Hitachi, Ltd

1. 緒言

樹脂複合材は、様々な機械要素に用いられている。その中の 1 つである四フッ化エチレン（Polytetrafluoroethylene: PTFE）複合材は、ベースである PTFE の自己潤滑性、成形性、耐薬品性など優れた性質を維持しつつ、繊維等で強化することで欠点である機械的強度や耐摩耗性を改善することにより、しゅう動部材として広く用いられている¹⁾。アプリケーションに応じて、水や油、無潤滑などの各種潤滑方式が採用されているが、特に水潤滑下では樹脂複合材の摩耗が増大することが報告されている²⁾。加えて、しゅう動経路によっても摩耗傾向が変化することが分かっている³⁾。しかしながら、その詳細なメカニズムは完全に解明されていない。本研究では、水潤滑下での PTFE 複合材のしゅう動特性に及ぼす水質の影響の解明を目的とした。

2. 実験方法

本研究では、Fig. 1 に示す多方向滑りピン・オン・プレート摩耗試験機を用いた。本装置は 2 軸サーボモータによって、様々な 2 次元運動を試験片に与えることができる。加えて、専用の溶液槽を用いることで液中での評価が可能である。本研究では直線往復動と旋回動の 2 種のしゅう動経路を採用した。ピン試験片には、直径 6 mm、長さ 15 mm の円柱状の PTFE 複合材を用いた。充てん材として炭素繊維とブロンズ、二硫化モリブデンが含まれている。プレート試験片にはアルマイト処理されたアルミダイキャストを用いた。潤滑液として、精製水、模擬海水（NaCl3.5wt%）と水道水を用意し、精製水と模擬海水は 2 回、水道水は 4 回の試験を行った。その他試験条件は Table 1 に示す通りである。

摩耗評価の指標には、試験前後のピン試験片の重量変化から算出した比摩耗量を用いた。また試験後の試験片に対し FT-IR や SEM-EDS を用いた化学組成分析を行った。

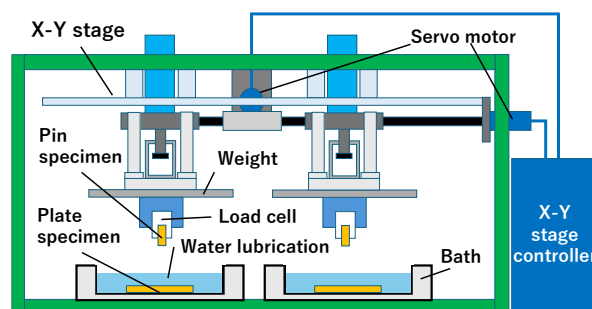


Fig. 1 Pin-on-plate test apparatus

Table 1 The condition of the wear test

Contact pressure, MPa	2.0
Sliding speed, mm/s	100
Sliding path shape	Linear, Round
Sliding distance, km	5 + 5

3. 結果

3.1 摩耗試験の結果

Fig. 2 に摩耗試験の結果を示す。精製水を基準に比摩耗量を比較すると、模擬海水の潤滑下では大きくなり、水道水の潤滑下では小さくなった。しゅう動経路について、水道水での潤滑下では直線往復動と旋回動のいずれの経路でも精製水と同様になじみ後減少する傾向を示した。一方で、模擬海水中ではなじみ後も摩耗が増大する傾向が旋回動で

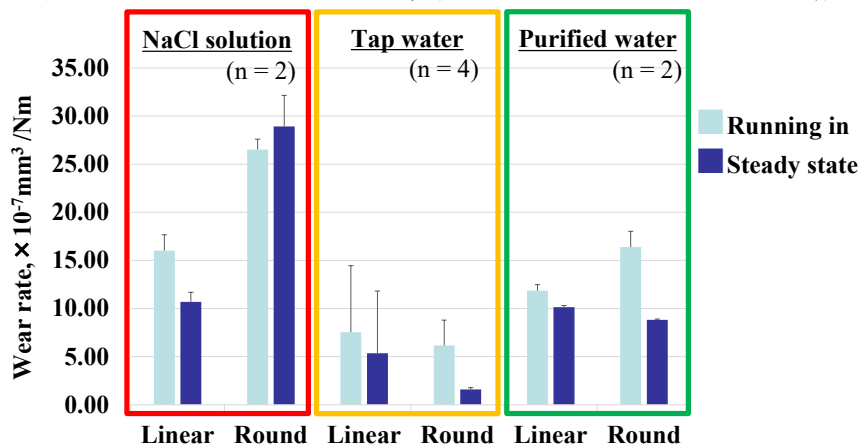


Fig. 2 Specific wear rate

確認された。また模擬海水中では、直線往復動と比較し旋回動での比摩耗量が大きくなった。

3.2 表面観察・分析

ピン試験片表面のレーザー画像を Fig. 3 に示す。いずれの潤滑液でも旋回動のほうが直線往復動よりも表面粗さが大きくなった。模擬海水潤滑下における試験片表面には白っぽい膜のようなものが観察できたのに対して、水道水潤滑下では観察できなかった。

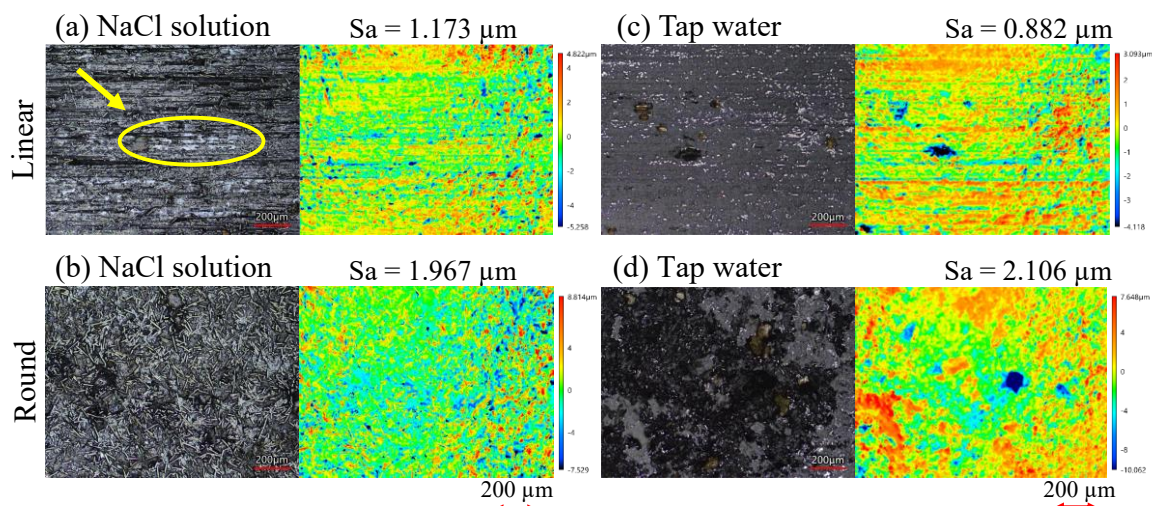


Fig. 3 FT-IR measurements of pin surfaces

SEM-EDS による模擬海水潤滑でのピン試験片表面の分析結果を Fig. 4 に示す。機器は JSM-IT700HR を使用し、低真空で観察を行った。直線往復動では、ピンに含まれる炭素繊維の周りに Al 原子と O 原子が見られた。旋回動では、ブロンズに含まれる Cu 原子が広がっている様子が見られた。また、Cu 原子と同様の位置に Cl 原子が観察された。

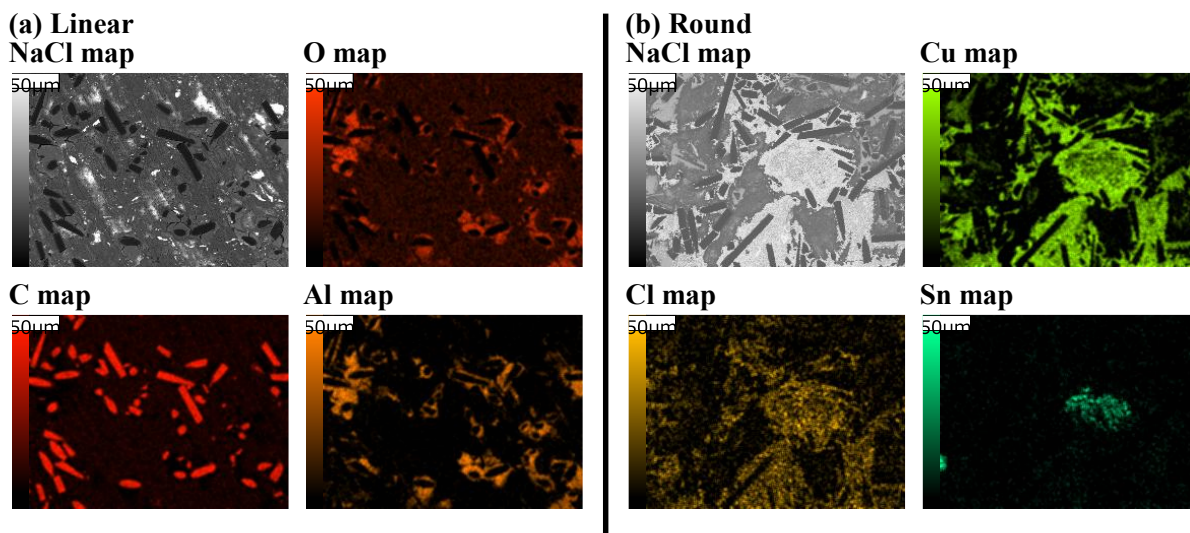


Fig. 4 EDS analysis of Pin surface

4. 考察

模擬海水潤滑下の直線往復動におけるピン表面の EDS 分析画像において、炭素繊維の周囲に Al 原子と O 原子が分布している様子が確認された。これは相手表面のアルマイトを炭素繊維が削っていることが考えられる。また、模擬海水の旋回動のレーザー画像において、青白い部分が観察され、EDS 分析において、ブロンズに含まれる Cu 原子が広がり、Cl 原子が同様の場所に分布している様子が確認された。これらはいずれも、ブロンズ中の Cu が水溶液中の Cl と反応し、溶けてピン表面に広がったことを示していると考えられる。NaCl の旋回動は特に摩耗量の増加が顕著であったが、ブロンズは充てん材として母材の摩耗量を抑える役割があるため、表面の Cu が塩化銅となることで、充てん材としての機能が低下し、摩耗量増加に繋がったと考えられる。

文献

- 1) 竹市嘉紀, 高分子材料のトライボロジー, 65(12), 562-567(2014).
- 2) 伊飼, 水潤滑における合成樹脂軸受の摩擦, 摩耗特性の研究, 船舶技術研究所報告, 18(1), (1981).
- 3) H. Saito et al.: Effect of sliding paths on wear and friction of polytetrafluoroethylene composites, Tribology International, 212, (2025) 110963.