



●超低摩擦システムの開発 - 低摩擦発現界面の自己形成とその制御 -

機械機能創成専攻 教授 足立 幸志 (機昭63)



相対運動しつつ互いに作用を及ぼしあう表面及びこれに付随する問題と事象に関する科学と技術と定義される「トライボロジー」が当研究室の研究分野である。中でも本稿では、接触面における事象の代表である「摩擦」に関する最近の研究結果を報告する。

自動車における全エネルギー損失の約20%はエンジンやトランスミッションなどにおける接触部分での摩擦に起因し、機械機器の故障や寿命の原因の75%は摩擦により引き起こされる摩耗に起因する。ゆえに低摩擦技術は、自動車産業のみならず、あらゆる機械産業分野および生活環境における効率的エネルギーの活用と安全・安心の鍵を握り、地球温暖化緩和に向けた温室効果ガス排出削減ならびに持続的発展を可能にする省資源・省エネルギー社会構築の観点からも非常に重要であると認識される。

また、化学技術戦略機構の委託調査報告「ST/GSC技術開発プログラム構想-ST戦略の具体化に向けて-」によると摩擦と摩耗に起因したエネルギー損失とコスト損失はGDPの2%に達すると計算されており、経済の観点においても、低摩擦は社会的要請の強い科学技術といえる。

このような背景をもとに、当研究室が目指す「低摩擦を発現する界面をその場で自己形成させ続けるシステム」の開発研究例2件を報告する。

方法の改善によってその両立が可能になることを明示している(図1)。さらに複数の形状を混合させた表面テクスチャを導入し、なじみを制御することにより、非常に高い許容荷重を有するとともに摩擦係数0.0001オーダーの低摩擦係数を発生させることも可能となっている(図2)。その本質は、摩擦初期のなじみ時の摩擦によって誘起される化学反応(トライボ化学反応)を制御し、表面の幾何学的形状及び化学的特性を制御することにより低摩擦を発現させるためのナノ界面(図3)を自己形成させることにある。

【炭素系硬質薄膜を用いた大気中無潤滑下での超低摩擦システム】

窒化炭素膜に不活性ガスを吹き付けるだけで無潤滑状態にもかかわらず油潤滑と同等の摩擦係数0.003の低摩擦を発生する(図4)。80℃程度の温度環境下であれば、大気中においても極めて安定な低摩擦を発生する。摩擦に伴ない自己形成されるナノ界面の形成(図5)が、この低摩擦発現の鍵を握る。

さらに近年、大気中に存在する酸素と水分子の存在がこのナノ界面形成と超低摩擦発現に必要な不可欠であることも明らかにされ、これらの知見を基に従来不可能であった条件下においても超低摩擦を発現する薄膜の形成に成功している(図6)。大気中における無潤滑状態での低摩擦技術は、油や摩耗粒子が問

題となる固体潤滑剤の使用が困難なマイクロマシンをはじめとする小型機器の潤滑法として大いに期待される。

今後も低摩擦を発現するナノ界面を摩擦中に自己形成させ続けることが可能なシステム開発を通し、エネルギーの高効率利用、安全・安心な社会構築、持続的発展を可能にする社会の構築に貢献する所存である。

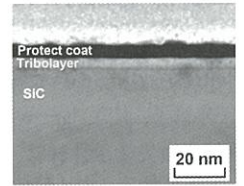


図3 水潤滑において炭化ケイ素表面に自己形成されたナノ界面(Tribolayer)

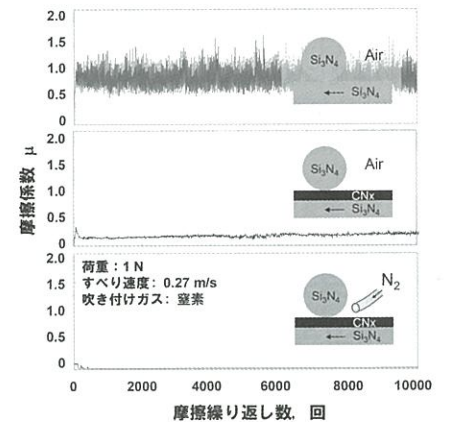


図4 窒素ガス吹付けによる無潤滑下における低摩擦の発生

【表面テクスチャを用いた低粘度流体(水)下での超低摩擦システム】

摩擦を抑制するための潤滑剤として油ではなく水を用いる水潤滑システムは、水の低い粘性ゆえに従来の油では実現できない極めて低い摩擦を発生させることが可能となる。医療機器や食品及び半導体製造等の特殊環境下における不可欠な潤滑技術として期待される。弱点は、低摩擦を与える水の特徴である低粘性であるがゆえに起こる許容荷重(低摩擦を発生させ得る限界荷重)の低さである。すなわち、水潤滑における低摩擦と優れた耐荷重性の両立が実用化のための重要課題となる。

これに対し、水潤滑において低摩擦と耐荷重性を両立し得る理想的な界面の自己形成を追求することにより、同じ材料、同じ摩擦条件においても、摩擦初期の表面をなじませる

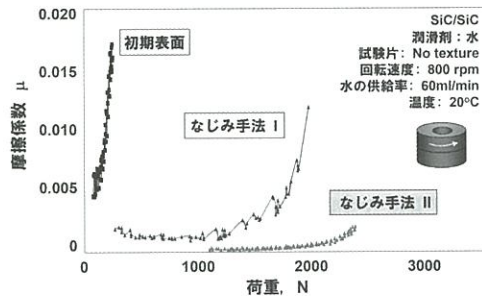


図1 なじみ手法の最適化による低摩擦・耐荷重性の両立

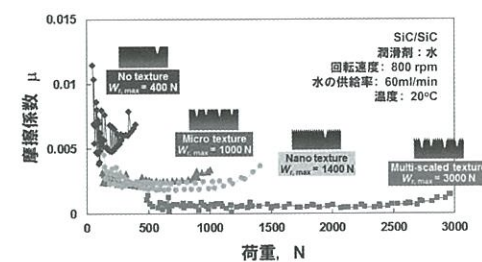


図2 表面テクスチャの最適化による低摩擦・耐荷重性の両立

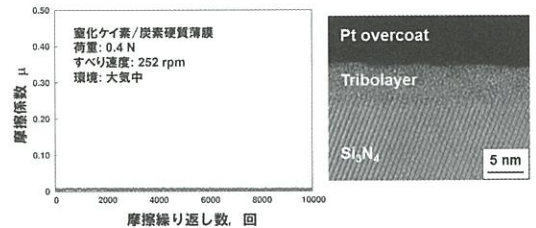


図5 無潤滑大気中での低摩擦現象と窒化ケイ素表面に形成されたナノ界面(Tribolayer)

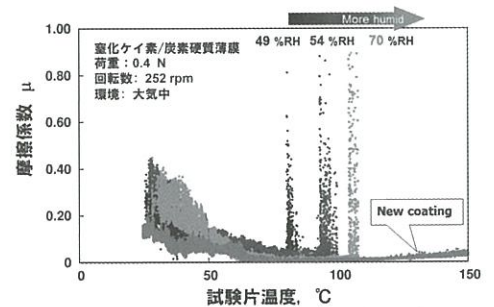


図6 新規被膜による高温環境下での低摩擦現象