



微細加工・設計チーム
東北大学大学院工学研究科
教授

足立幸志 Koshi ADACHI



ゲルを用いた機械システムの構築に向けて

摩擦・摩耗は材料単独の特性ではなく、環境や摩擦条件なども含めたシステムの応答特性です。同じディスクとピンの組み合わせでも、荷重や摺動速度によって摩擦係数も比摩耗量も大きく変わります。

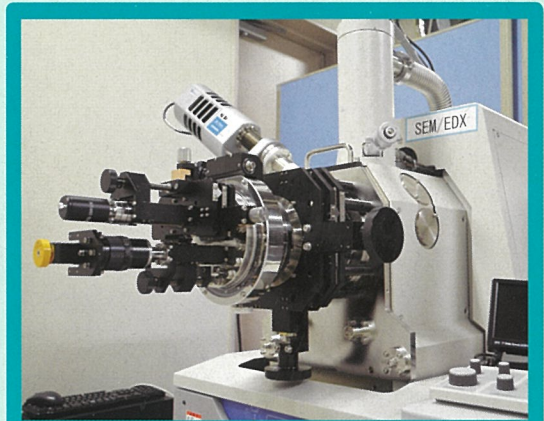
しかも、摩擦特性は、摺動開始時としばらく経ってからでは異なります。例えば、開始時にはディスク表面が削られて摩耗粒子ができたり、皮膜がはがれたり、ピンの材料がディスクに移って移着膜ができたりします。数百回程度摺動すると、これらは収まり、定常状態となります。定常状態として超低摩擦を発生している摩耗面には、時に数nm程度の安定した層ができあがります。この過程を「なじみ」、できた層を「ナノ界面」と呼んでいます。実は、摩擦を支配するのはナノ界面なのです。

逆に言えば、環境や摩擦条件に合わせてナノ界面の状態を制御できれば、いつも低摩擦を実現できるということになります。低摩擦の表面を一から設計するのに比べると、摩擦

材料の自発的な変化を利用する方法は、ずっと合理的です。私は、最先端・次世代研究開発プログラムにおいて、このアイデアを実現すべく研究を進めてきました。

例えば、SiCの表面間に水を挟むと摩擦はとて小さくなりますが、水は耐荷重性が低いので、すぐに焼き付いてしまいます。これを防ぐには、表面のぬれ性を高めて表面エネルギーをあげるとともに、平滑面で挟まれた厚さ1nmの均一な水の膜をつくる必要があります。そのために、私は表面に適切な形状の凹凸をつけることを考えました。これにより、こすれ合う部分がなじみ過程で平滑になり、さらに化学反応も起こってぬれ性があがりました。

また、摩擦表面に酸素を吸着させ



その場SEM内摩擦・摩耗解析システム

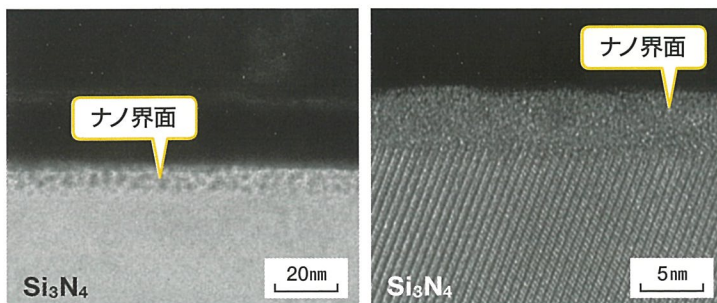
最先端・次世代研究開発プログラムにおいて開発したもので、摩擦試験を行いながら、リアルタイムで電子顕微鏡による観察ができる。さらに、エネルギー分散型X線分析装置により、摩擦面の化学組成も同時に調べられる。この装置により、なじみ過程の観察や摩擦面の制御の検討が可能になった。

てから「なじみ」を行うことで、低摩擦化が可能であり、このとき、きれいなナノ界面が形成されていることを明らかにしました。

本ネットワークでは、山形大学の古川英光教授、横浜国立大学の中野健准教授と共同で、こうした制御の考え方をDNゲルに適用する研究を行っています。DNゲルの柔軟性、超潤滑性や、外圧をかけると摩擦係数が小さくなる性質を生かした機械システムを構築するため、相手表面の材料の検討を進めています。

DNゲルの機械システムへの応用例としては、摺動シールやスライダが考えられます。DNゲルはポテンシャルの高い材料ですが、そのよさを引き出して低摩擦システムをつくるのは、簡単ではありません。機械屋として、その実現に貢献できればと思います。

ナノ界面の電子顕微鏡写真



窒化炭素膜と窒化ケイ素ボールの摩擦において、0.01 オーダの低摩擦係数を発現する時にボール摩耗痕に観察されたナノ界面。なじみ過程で形成されるナノ界面がその後の摩擦を支配する。