

用語解説(40)

『トライボロジー』

トライボロジー (Tribology)

摩擦・摩耗・潤滑に関連する表面近傍での諸現象を取り扱う工学分野の総称。ギリシャ語の tribos (rubbing; こする) と学問 (logy) との複合語であり、1966年英国の Peter Jost¹⁾ によって提唱された。現在では摩擦・摩耗・潤滑というそれぞれ孤立した呼称に代わってトライボロジーという名称がポピュラーになってきた。学会名称や学術誌においてもトライボロジーというタイトルを掲げている例が多い。すべりやこりといった相対運動下で生ずる表面の現象を取り扱うことから、広大な範囲の工学分野—例えば圧延や発電等に関する巨大なスケールのもから、電子機器のような極微の世界まで—を包含する。トライボロジーは表面から原子やその集団を無理やりに取り去ってしまう苛酷な現象を取り扱う。近年、宇宙、超高温、極低温、化学プラント、海洋、農耕、掘削、油田等の苛酷な環境下で使用される装置や機器の寿命や信頼性を予測・解析するのにトライボロジーの重要性が再認識されている。最近のトライボロジーの動向として、宇宙機器や電子情報機器等を対象として原子や電子のレベルに至る微視的解析が取り入れられていることが挙げられる。旧来からのアプローチに対して一種のイノベーションが起こっている。

(阪大工・大前伸夫)

- 1) Department of Education and Science: Lubrication (Tribology)—A Report on the Present Position and Industry's Needs, H.M. Stationery Office, London (1966).

エキソ電子放出 (Exoelectron Emission)

光や熱の励起による固体からの電子放出は、それぞれ光電子放出および熱電子放出と呼ばれるが、このような外部からの刺激を全く与えることなく、あるいは与えるにしても固体の仕事関数以下の低い刺激エネルギーによっても固体表面から電子が放出されてくることがある。この現象を前述の電子放出とは区別してエキソ電子放出(あるいは Kramer 効果)という。特に、光と熱による刺激を区別して光刺激エキソ電子放出 (PSEE) および熱刺激エキソ電子放出 (TSEE) と呼ぶこともある。

エキソ電子放出は表面の状態に非常に敏感であり、あらかじめ放射線、電子線、紫外線等の照射、機械的損傷または酸化等により固体が何らかの意味で励起状態になっていることが必要である。エキソ電子放出は金属だけでなく、金属上の酸化層、半導体、イオン結晶および高分子材料等からも観察されている。

エキソ電子の放出機構については、いまだに不明な点が多いが、誘電体材料や酸化層からのエキソ電子放出は、薄い表面層における電子捕獲準位に密接に関係しているようである。また、ハロゲン化アルカリ金属からの TSEE は、熱ルミネッセンスと非常によく似た温度依存性を示すとの報告もある。いずれにしても、単一の機構ではなく複数の機構が関与しているようであり、表面に生じた欠陥が重要な役割を果たしていることは確かなようである。光や熱だけでなく電界刺激によるエキソ電子放出 (FSEE) も観察されている。

(静大電子研・村上健司)

- 1) P. Kelly: Phys. Rev. Lett. 5, 749 (1972).
- 2) Yu. D. Dekhtyar and G. L. Sagalovich: Phys. Stat. Sol. (a) 102, 665 (1987).
- 3) H. Lanteri, P. Rostaing and R. Bindi: Phys. Stat. Sol. (b) 149, 203 (1988).

ストレージ効果 (Storage Effect)

ストレージ効果はエキソ電子放出に特有の現象である。光刺激エキソ電子放出 (PSEE) を例にとると、定常的な PSEE を観測しておき、その後紫外線の照射を一時中断すると PSEE 強度は 0 におちる。一定時間経過後再照射すると、PSEE 強度は鋭く増大した後定常値へと減衰する。再照射時の PSEE 強度の増分が紫外線の中断時間に依存していることから、この現象はストレージ効果と呼ばれている。すなわち、格子欠陥やガス吸着に起因して固体のバンドギャップ内にトラップ準位が形成され、そこに蓄えられた電子が光等の刺激によって放出されるという考え方である。1970年代に Ramsey らがアルミニウム引張り変形中の PSEE において、ストレージ効果を最初に認めた¹⁾。その後重川らによって、研究がなされ、電子放射量の増大部分が中断時間に依存していることが明らかとなった。ストレージ効果はフェルミレベルからトラップレベルへの励起過程とトラップレベルからの電子放出過程の 2 過程モデルによって説明されている²⁾。

(阪大工・大前伸夫)

- 1) D. R. Arnott and J. A. Ramsey: Surf. Sci., 28, 1 (1971).
- 2) H. Shigekawa and S. Hyodo: Jpn. J. Appl. Phys., 21, 1273 (1982), 24, 21 (1985).

ピン・ディスク試験 (Pin-disk Test)

代表的なすべり摩擦摩耗試験方法の一つである。図 1 (a) に示すように回転ディスクにピンを押しつけ摩擦させる。荷重は重り、ばね、空気圧などによって与え、回転はモーター・減速機の組合せを用いることが多い。ピン先端は球か平面を用いたり、三角錐などを用いてスクラッチ試験を行う場合もある。摩擦力はピンの支持系をバネ系にすれば、その変位から比較的容易に測定できる。摩耗はピンの寸法変化およびディスクの溝部の段差から測定される。この試験方法は形式が簡単で荷重・摩擦速度を広範囲に変化できる、試験片が単純形状で容易に製作できるなどの理由により基礎的実験に多く用いられている。その他の試験方法としてはピン・プレートに

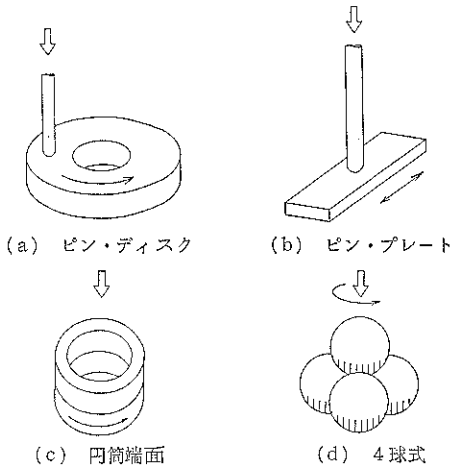


図 1

よる往復試験 (b), 円筒端面試験 (c), 4 球式試験 (d) などがある。

(日本工大システム工学科・三宅正二郎)

- 1) 日本潤滑学会編: 潤滑ハンドブック, 養賢堂 (1987).

クーロンの摩擦法則 (Coulomb's Law of Friction)

18 世紀のフランスの科学者クーロンの名前を取って呼ばれる摩擦に関する経験則である。

クーロンのすべり摩擦法則は次の 3 つからなる。(1) すべり摩擦力は垂直力に比例し, 見かけの接触面積の大小には無関係である。(2) すべり摩擦力はすべり速度に無関係である。(3) 静摩擦係数は動摩擦係数より大きい。(1) の法則はアモントンの法則とも言い, 比較的広範囲の条件で成り立つ。しかし, 極端な低荷重, 高荷重条件では成立しないなどの限界もある。(2) の法則はすべり速度が小さく静摩擦に近づく場合およびすべり速度が増大し温度上昇などによって表面の変化が生じる場合などでは成り立たない。(3) はクーロンの法則から除かれる場合もあるが実用的には重要である。しかし, そのメカニズムには不明な点も多い。

クーロンのころがり摩擦法則は, (1) ころがりの摩擦による回転モーメントは垂直力に比例する, と言うものである。ころがり摩擦力はすべり摩擦力に比べて著しく小さく, 複雑に要因が影響するので, この法則は限定的にしかり成り立たない。

(日本工大システム工学科・三宅正二郎)

- 1) 曾田範宗: “摩擦の話” 岩波新書, 791 (1971).

マイルド摩耗 (Mild Wear)

固体表面の凝着と凝着部分のせん断によって摩耗が生じる凝着摩耗は 2 つの摩耗形態に分類される。そのうちのひとつがマイルド摩耗であり, もう一つがシビア摩耗である。固体を摩擦するとき, 固体表面の一部が他方へ移る移着現象が大きなスケールで発生せず, 損傷の少ない滑らかな摩擦面と数十 μm 以下の微細な摩耗粉を生成する摩耗形態をマイルド摩耗と呼ぶ。マイルド摩耗の比

摩耗量 (単位摩擦距離, 単位荷重あたりの摩耗体積) は潤滑剤のない状態 (乾燥摩擦) でも $10^{-7} \sim 10^{-9} \text{mm}^2/\text{N}$ と低く, その値はシビア摩耗の $1/100 \sim 1/10000$ である。

マイルド摩耗が生じる条件は, 摩擦する固体の種類と雰囲気の状態に依存する。表面を潤滑する物質が存在するときには, 固体表面の凝着が潤滑物質によっておさえられ, 潤滑膜の破断がなければマイルド摩耗が維持される。無潤滑下においては, 金属では不対 d 電子を有する遷移金属元素を含んだ材料を摩擦する場合にマイルド摩耗が発生する。以前には摩擦面に酸化物が生成することがマイルド摩耗の発生原因と考えられてきたが, 雰囲気気体の制御によって, 酸素に限らず雰囲気中の気体分子が金属表面に一定量以上化学吸着し, 吸着した気体が潤滑作用をもたらすときにマイルド摩耗は発生することが明らかになってきた¹⁾。

(理研・三科博司)

- 1) 三科博司: トライボロジスト, 35, 1 (1990) 60.

シビア摩耗 (Severe Wear)

凝着摩耗において, 摩擦する固体の表面間ではげしい移着現象が起こり, 摩擦面の損傷がはなはだしく, 大型の摩耗粉が生成する摩耗形態をシビア摩耗と呼ぶ。シビア摩耗の比摩耗量は $10^{-6} \sim 10^{-8} \text{mm}^2/\text{N}$ と高い。個々の摩耗粉は移着成長過程によって成長したのち摩擦面から脱落したものであり, その形状は摩擦面間で荷重とせん断力によって押し潰されて鱗片状をしたものが多い。摩耗粉の大きさは $0.1 \sim 1 \text{mm}$ に達することもある。シビア摩耗は, 表面を潤滑する物質が十分に働いた状態では発生しないが, 摩擦熱による発熱などによって摩擦面への潤滑作用が失われるときに起こり, “焼けつき” の原因となる。乾燥摩擦では, 非遷移金属は常に, また遷移金属やセラミックス等も高真空中でシビア摩耗が生じる。

シビア摩耗とマイルド摩耗の分類は, 実用上の耐摩耗技術を考える上で重要なものであり, 摺動面はマイルド摩耗の生じる状態を目標として設定されねばならない。その理由は, 摩耗量の差と同時に, シビア摩耗が焼けつきの発生に深く関与することにある。摩擦面の焼けつきは, 摩擦する表面が凝着して相対運動が止まる現象である。この強い凝着力は, シビア摩耗における摩耗粉の生成過程の中で成長した移着粒子が二面を強く凝着し, 急激な摩擦抵抗をもたらすことから生じる¹⁾。

(理研・三科博司)

- 1) H. Mishina and T. Sasada: Trans. ASME, J. of Tribology, 108, 1 (1986) 128.

リポロジー (Rypology)

塵埃に関する科学と技術を総称してリポロジーと呼ぶ。半導体, 磁気ディスク, 光ディスク等のハイテク製品における歩留りや, 信頼性を向上するのに, 塵埃は主たる阻害要因となってきている。従来, 塵埃に対しては, クリーンルームや電気集塵機の使用などマクロスコピックな対応が主体であった。しかし, 近年, 特にハイテク産業において加工寸法がミクロンないしサブミクロン領域に達するに従い, 塵埃の発生, 混入経路の解明お

よび塵埃の物理, 化学的挙動のミクロスコピックな観測, 分析等が不可欠になってきている。

現在, リポロジーは磁気ディスクや半導体産業において, 部品製造または装置動作中の部品の摩擦や摺動に伴う塵埃の発生と抑制, 水, ガス, 溶剤, 原料中の異物の同定に主体が置かれている。将来は, 生体工学, 環境工学, 宇宙工学等に対しても重要な基礎科学となろう。

語源はトライボロジーと同様ギリシャ語である。筆者と同じ専門のギリシャ出身の磁気記録研究者である

Speliotis 博士の示唆に基づき, ホメロスのオデッセイの中で初めて使われた塵埃を表す古典ギリシャ語 *όόπος* (rypos) に語源を求め, 「塵埃の科学と技術」に関する学問領域をリポロジーと呼び始めたものである。最近では, 幅広い技術分野でリポロジーという呼び方が定着し始めている。

(日立製作所 堤 正義)

1) W. C. Hinds: Aerosol Technology (John Wiley & Sons, 1982)

会 告 (1)

学 術 的 会 合 情 報

開催期日	名 称 (開催地)	主催・問い合わせ先
1990. 10. 15	第 5 回課題研究成果発表会 ——テーマ 低温用アルミニウム合金—— (大阪 大阪証券会館)	軽金属学会 東洋アルミニウム(株)気付 Tel. 06-271-3151 (締切 10. 9)
1990. 10. 24	第 59 回見学会 都市鉱山を見る ——東京都中央防波堤内処理施設—— (東京駅丸の内南口前丸ビル明治屋横集合)	日本工学会 Tel. 03-475-4621 (締切 10. 12)
1990. 11. 6~7	日本結晶学会・講習会 ——回折法による結晶構造入門—— (名古屋 三の丸会館)	日本結晶学会事務局 Tel. 03-815-8514 Fax. 03-815-8939

財団法人軽金属学会 グループ研究助成金応募要領

1. 交付対象

本助成金は軽金属の学術あるいは技術に関する高度な共同研究の展開をめざすグループに交付する。その構成員は原則として主導的な研究を進める立場にある異なった研究機関の研究者 (大学教授等) 2 名以上とし, 相互に共同して緊密な連絡のもとに行う研究を対象とする。

なお, 外国の大学等研究機関の研究者を研究分担者とする事ができる。

2. 申請方法

- (1) 申請者 グループ研究代表者
- (2) 申請書様式 本財団所定の申請書様式による。
- (3) 送付先
〒541 大阪市中央区北久宝寺町 3 丁目 3 番 8 号
(住生下島ビル) 東洋アルミニウム株式会社気付
財団法人 軽金属学会 Tel. (06) 271-3151
- (4) 申請期限 9 月末日

新 入 正 会 員

(平成 2 年 5 月 20 日 ~ 7 月 20 日)

会員番号	氏 名	所 属	会員番号	氏 名	所 属
2307	松 田 敦 子	コニカ(株)	2314	古 滝 敏 郎	並木精密宝石(株)
2308	佐 藤 康 博	NTT LSI 研究所	2315	善 里 順 信	三洋電機(株)
2309	塩 川 善 郎	日電アネルバ(株)	2316	小 口 征 夫	川崎炉材(株)
2310	須 田 良 幸	東京農工大学工学部	2317	宮 武 功	シャープ(株) 超 LSI 開発研究所
2311	稲 葉 義 男	曙ブレーキ工業(株)	2318	加 藤 強	日本鉱業(株)磯原工場
2312	前 川 守	東北アルプス(株)	2319	遠 藤 譲 一	日本鉱業(株)
2313	児 玉 健 二	富士通(株)			