



金属摩擦によるExo-Electron Emissionの特性(第1報)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-06-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 北村, 正一, 山田, 攻 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3422

金属摩擦による Exo-Electron Emission の特性 (第1報)

北村正一・山田 攻

Characteristics of Exo-Electron Emission from Rubbed Metal Surfaces (Part 1)

Shoichi Kitamura and Osamu Yamada

Abstract

Experiments were made for rubbed metals, such as copper, aluminum and iron, in complete darkness at a room temperature. The electrons emitter were detected by measuring the electrons carried along the liquid insulator flowing on the metal surface with a potentiometer. A considerable emission current was detected from each metal under these conditions.

The emission current against time subsequent to friction showed simple decay curves for copper, but it showed curves containing a peak for aluminum and iron.

Characteristics of emission current against friction torque and friction time were mainly measured about copper.

I. 緒 論

exo-electron emission に関する研究が行なわれたのは比較的最近のことであって、この研究の端緒は製造直後の G-M 管 (Geiger-Muller counter) が非常に高い background count を示し、その原因が製造過程における金属の機械加工にあると考えられることにあった。exo-electron emission の特徴は金属に切削、研摩等の機械的処理あるいは X 線や紫外線の照射等の処理を施すと、見かけ上その物質の仕事関数より小さいエネルギーで電子放出を行なうことで、例えばアルミニウムの仕事関数は 4.25 eV で限界波長が 2910 Å であるが、研摩したアルミニウム表面からは 5000 Å 台の可視光線で電子放出を行なう¹⁾。

exo-electron emission の研究は Cramer によってその道が開かれ、exo- という名称も彼が研究初期において、この電子放出のエネルギーを金属の相変換における exo-thermal process に求めたことに由来している。この仮説は現在信じられていないが歴史的な意味から名称だけは今も使用されている。その後 Roubinek, Seidl, Lohff らの実験によってこの電子放出には酸素が関与していることが認められ、酸素圧がある値以下になると電子を放出しないことが知られている²⁾。しかし金属の酸化や酸素吸着のエネルギーだけではこの現象を説明することはできない。一般には金属の場合、その表面酸化層の格子欠陥が何らかの形で電子放出に寄与していると言われているが未だ定説はない。したがって放出に寄与する因子が定かでないため測定

条件の設定が難かしく、実験結果は必ずしも研究者によって一致しないのが現状である。

exo-electron の測定は、従来 G-M 管を用いて行なわれてきたが、ここでは独自の測定方法を用いることにより、まだ明らかにされていない摩擦力と放出量の関係など諸要素に対する exo-electron emission の特性を求めることを目的とした。摩擦力は今まで報告されてきたエメリー紙による研磨などに較べるとかなり強いものであり、その力も定量的に測定できる。また外部からは特に光、熱といったエネルギーを加えずに実験を行なった。

実験はまだ継続中であるが、この過程で 2, 3 の新しい結果を得たのでここに第 1 報として報告する。

II. 実験方法

試料は主として市販の銅であるが、一部市販のアルミニウム、鉄を用いて実験を行なった。この試料を直径 7 cm の円板状にし、これを密閉した容器中でモーターにより回転摩擦を加え、摩擦力をトルクメータで測定した。摩擦後試料表面に絶縁性液体を流して放出した電子を運び、これを 2 重にした絶縁容器に受けて放出した電子の量を測定する。このままでは電荷量として求まるが、これを短時間における放出量は一定であるとみなして電流値に換算し、図表等にはすべて exo-electron emission current として示した。

この際 exo-electron とは無関係に絶縁性液体がパイプ等を通るとき静電気を発生し液は正または負に帯電する (以後この帯電した液体の流れを電流として考え、流動電流と呼ぶ)。この電流分はある種の微量な成分 (例えば水分) を含むと変化するため実験を行なう毎に前もって測定しておき、金属を摩擦したあとは測定した値からこの流動電流を差し引いて exo-

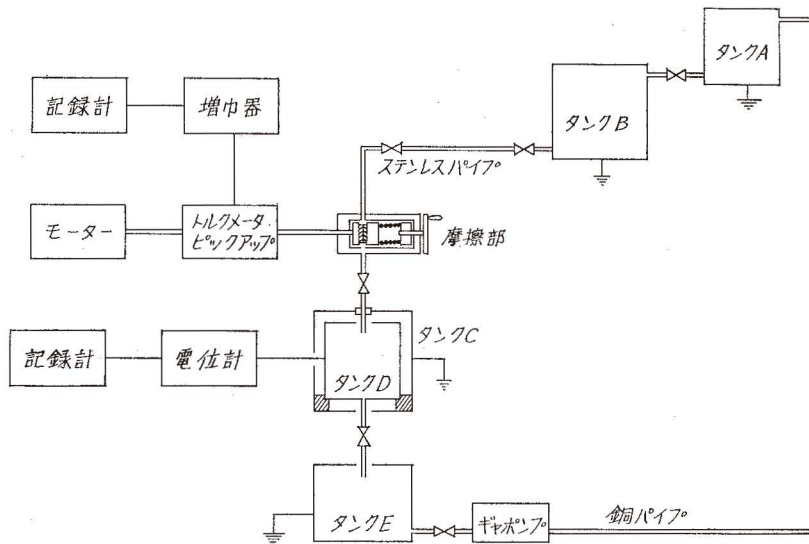


図-1 実験装置の概要

electron emission current とした。また流動電流は試料表面において空間電荷の作用をなし、exo-electron の放出量に大きく影響する。これは丁度 G-M 管における印加電圧の効果に相当する。したがって exo-electron を測定する媒体としての条件は、その絶縁性は勿論重要なものであるが、同時に正の流動電流を発生しその値が exo-electron emission current よりあまり大きくないことが必要である。更に粘性、経費、使いやすさの点を考慮しここでは灯油を用いた。実験装置の概要は 図-1 に示す。

摩擦部分は中空の円筒状で、中に 2 枚の金属円板がとりつけられ、1 枚はモーターにより回転し、1 枚は軸方向に移動可能でその位置、および対向金属に接する際の圧力はバネによって外部から任意に変えうる構造となっている。測定に使用した電位計の入力抵抗は $10^9 \Omega$ 、灯油の緩和時間は 20~40 秒である。また実験は室温で行なわれた。

III. 実験結果および考察

前述した実験方法は従来の G-M 管による方法と較べると、摩擦力をかなり広範囲にかつ定量的に加えることができ、また摩擦とその後の exo-electron の測定とが同一の条件で連続して実験できるのが利点である。摩擦は回転側が鋼鉄で、これを試料とすり合わせるのであるが、回転側の硬度が試料よりかなり大きいこととその摩擦面積が小さいことから回転側の金属摩擦面からの電子放出はこれを無視した。

図-2 は銅、アルミニウム、鉄 (鋳鉄) の表面からの放出特性を示す代表的な実験結果であって、摩擦後の時間に対する exo-electron emission current の特性である。exo-electron emission current の大きさはその最大値で $10^{-10} \sim 10^{-11}$ A である。ただし 図-2 は単に放出形

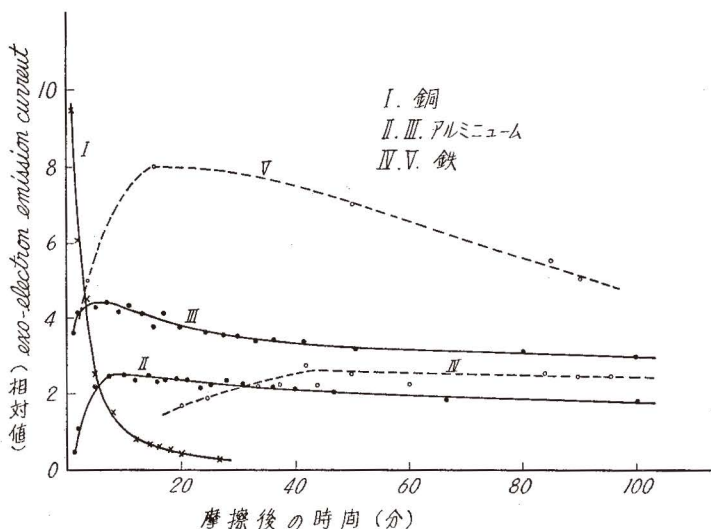


図-2 Cu, Al, Fe からの exo-electron emission

態を示したものであって、各金属に対する測定条件は同一でないためこの図から直接、金属間の放出量の大小を比較することはできない。この実験でこれまで発表されている報告と大きく異なる測定条件はエメリー紙などの研磨に比しかなり大きい摩擦を加えていることと、光、熱といったエネルギーを外部から特に加えていないことで、この条件下での実験から次の2点が明らかとなった。

第1は、Conrad 等によれば¹⁾ 光を完全に遮断した状態で金属に塑性変形を行なわせても exo-electron は検出されなかったとあるが、ここでは明らかに相当量の放出を観察しており、摩擦を加えるだけで exo-electron emission を行なわせることができるということ。第2は、鉄もこの種の電子放出を行なうことで、従来鉄は全く放出を行なわないかもしくは測定できないほど微量な放出であるとの報告がなされてきたが、この実験結果からは最大値で 10^{-10} A 程度の emission current を得ている。したがってこの2点に関して今まで exo-electron を観察し得なかったのはこの電子放出固有の現象であったのではなく、単なる摩擦力の大小の問題であったと言える。更に図-2において注目すべきことは、exo-electron の放出量が銅については摩擦後直ちに減衰する曲線となるのに対して、アルミニウムおよび鉄では一度増大してから減衰する特性を示すことであり、その減衰の割合も銅に較べるとはるかに緩かである。

この相違には酸化皮膜の形成の違いが大きく影響していると考えられるが、金属によっては摩擦後、電子の放出量が増大する部分を観察することができるということは exo-electron emission の現象を解明する上で重要な手がかりを与えるものと思われる Von Voss および Brstzen がアルミニウムに引っ張り力を加えて行なった実験においても同様な最大値を経て減衰する特性を得ている⁴⁾。

図-3 および 図-4 にはそれぞれ銅を

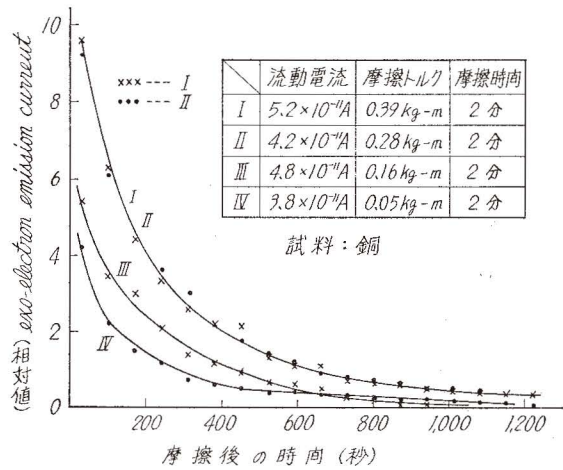


図-3 摩擦トルクに対する電子放出特性

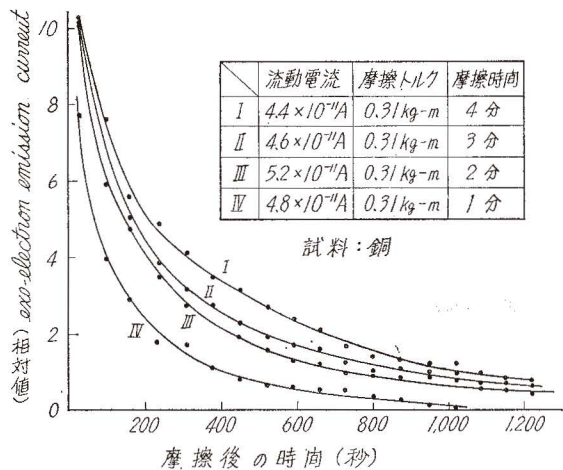


図-4 摩擦時間に対する電子放出特性

用いた場合の摩擦力および摩擦時間に対する exo-electron emission current の特性を示した。

図-3 からは、摩擦力が大きくなると電子放出量が飽和してくる傾向がみられるが、まだ実験期間が短かくこれを断定するに十分なデータは得ていない。

図-5 には流動電流が変化した場合の emission current に及ぼす影響を示した。試料は銅である。

これらの実験から摩擦の大小は単に電子の放出量の大きさに影響を及ぼすだけでなく、放出量に最大値をもつ金属ではその位置等にも関与していることが推察されるが、その摩擦トルクに対する関係式あるいは立ち上りおよび減衰の状態を示す係数などこれらに関する詳細な報告は第2報に譲りたい。

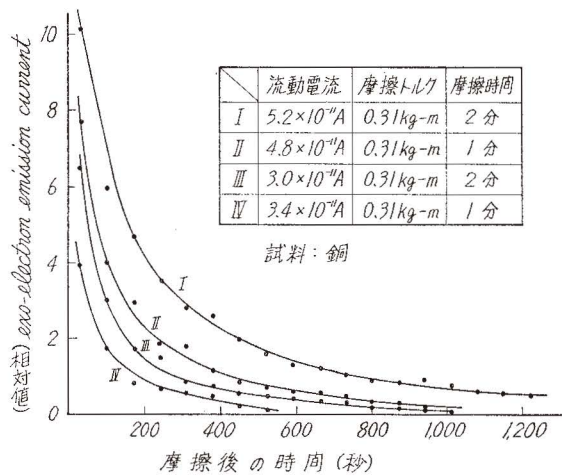


図-5 流動電流の電子放出に及ぼす影響

V. 結 言

exo-electron emission の現象は固体の表面状態と密接な関係をもっているため、固体の表面物理、金属酸化、触媒等の分野では注目されつつあり、この電子放出機構の解明には大きな期待が寄せられている。ここで報告した結果から明らかになったことは

- (1) 機械的なエネルギーだけで exo-electron emission が可能なこと
- (2) 鉄表面からも exo-electron が観察されること
- (3) 材料によってその放出傾向に大幅な差異があること
- (4) 測定方法を改良することによって、摩擦力のかなり大きなところまで広範囲にかつ定量的に加えて exo-electron の測定が可能なことなどである。

終りに本研究にあたって測定に協力された本学学生田中三樹、矢田弘志の両氏に深く謝意を表する。

なお本研究は 41 年度北海道科学研究費の補助を受けて行なわれたことを附記する。

(昭和 42 年 4 月 28 日受理)

文 献

- 1) L. Grunberg and K. H. R. Wright: Proc. Roy. Soc. **232** (1955).
- 2) J. Lohff: Z. Phys. **146** (1956).
- 3) M. A. Conrad and S. Levy: Nature **189** (1961).
- 4) W. D. Von. Voss and F. R. Brotzen: J. appl. Phys. **30** (1959).