

# 高真空中における二硫化モリブデンの摩擦の研究

Studies on Friction of Molybdenum Disulfide in High Vacuum

## — 第5報 再び雰囲気の影響について —

Fifth Report, Influence of Certain Vapors, Continued

松永 正久\*・星本 健一\*\*・内山 吉隆\*\*\*

Masahisa MATSUNAGA, Ken-ichi HOSHIMOTO and Yoshitaka UCHIYAMA

### 1. 緒 言

二硫化モリブデン（以下、化学記号を用い  $\text{MoS}_2$  と書く）の摩擦は雰囲気が大きく依存することが知られている<sup>2)</sup>。とくに Haltner<sup>3)</sup> らは水蒸気に着目して実験をおこない、窒素中に含まれる水蒸気の水蒸気による摩擦の変化を測定し、 $\text{MoS}_2$  の接触面への水蒸気の吸着が高摩擦をもたらすものと考えた。一方、吸着水蒸気により高摩擦がおこることに対する説明として、Deacon ら<sup>4)</sup> は吸着水蒸気が存在が結晶間の水素結合をおこさせ、結晶間の凝着を増加させると考えている。実用面に着目して Gänshaimer<sup>5)</sup> は種々の蒸気および液体中で実験をおこなった結果、蒸気や液体がない場合に摩擦係数はもっとも低く、蒸気や液体の分圧が増すと  $\text{MoS}_2$  の摩擦係数が上昇することを示した。最近、Pritchard ら<sup>6)</sup> は水蒸気の影響が摩擦係数を上昇させ、耐磨耗性をいちぢるしく低下させることを報告している。

$\text{MoS}_2$  は実用的に潤滑剤として空気中および真空中で使用されているので、摩擦係数におよぼす雰囲気の影響を知ることは、実用上からも重要である。また、いろいろの気体の効果を研究することは、層状固体の潤滑機構を理解する上に重要である。真空中および空気中において、停止時間効果による摩擦の変化が知られており<sup>17)</sup>、これは吸着気体によるものと推定しているが、どのような気体がどの程度摩擦係数を上昇させるかを知ることはきわめて重要である。そこで、筆者らは、摩擦部を真空中に排気した後に、各種の気体を導入して実験をおこない、雰囲気の影響による摩擦係数および接触電気抵抗の変化をしらべたのでここに報告する。

### 2. 実験装置および方法実

実験装置はさきに報告したものと同一であり、これに気体導入用バルブをとりつけたもので、図1に示す。摩擦長さ1ストロークは片道15mmであり、1往復時間は3秒とした。摩擦速度は正弦的に変化し、両端で0、中央部で15.7mm/secであった。荷重は95gとし、摩擦力および接触電気抵抗を同時に測定した。

試料は次のものを用いた。スライダは1/4インチ径

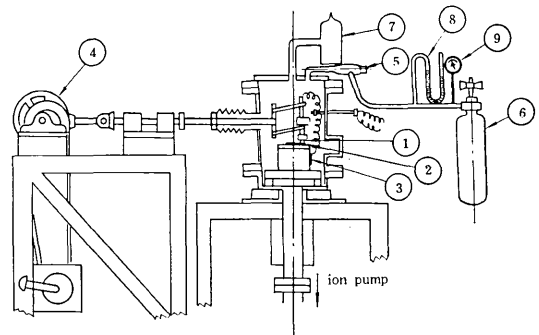


図1 実験装置

- 1. スライダ、2.  $\text{MoS}_2$  付着試料、3. ストレインゲージ、
- 4. クランク機構、5. バリアブルブリークバルブ、6. ガスボンベ、7. 電離真空計管球、8. 水銀マノメータ、9. 圧力ゲージ

のボールベアリング用鋼球に57 $\mu$ の厚さに銅メッキしたもの、下方板は厚さ1mmの純銅板（市販品）を電解研磨後バフ盤により  $\text{MoS}_2$  を重量でほぼ1 $\mu$ の厚さに付着し、真空焼鈍炉内 ( $10^{-5}$  Torr) にて600°Cで30分焼鈍した。 $\text{MoS}_2$  はスーパーラン“P”を使用した。

実験は一旦  $10^{-6}$  Torr の真空中に排気後摩擦をおこない、次いで真空容器に気体を導入し、圧力を増加させて摩擦をおこなった。つぎに別のガスを入れるために再度  $10^{-6}$  Torr に排気後摩擦をおこない、摩擦係数が真空中摩擦に等しくなった後に別の気体を導入するという方法を用い、同一試料でシリーズに実験をおこなった。

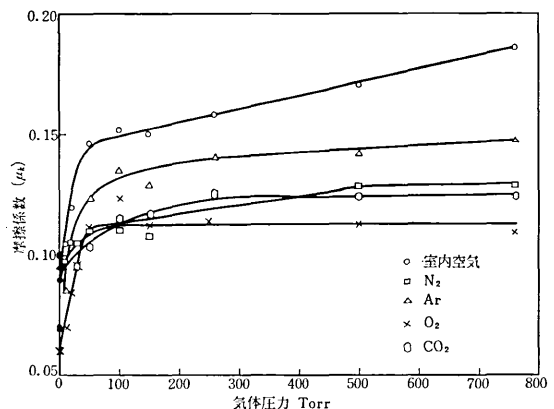


図2 摩擦係数におよぼす各種無極性気体圧力の影響

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

\*\* 科学技術庁, 金属材料技術研究所 \*\*\* 金沢大学工学部

3. 実 験 結 果

無極性の気体、室内空気・窒素・アルゴン・酸素・炭酸ガスをこの順に導入したときの摩擦係数と接触電気抵抗の変化とをそれぞれ図2, 図3に示す。この図は  $10^{-6}$  Torr より大気圧まで 10 段階に気体を導入し、おのおのの圧力で 10 分摩擦したときの結果である。いずれの場合においても、圧力の高いほど摩擦係数が高く、接触

電気抵抗も上昇していることを示している。このような気体の吸着によって摩擦係数も接触電気抵抗も上昇することは清浄な  $\text{MoS}_2$  の摩擦は本質的に低いとする考えに有利である。前報<sup>2)</sup>においては、乾燥空気中より室内空気中のほうが摩擦が大きく、室内空気中の水蒸気が摩擦を上昇させたことより、図2の結果においても、室内空気中の摩擦係数をもっとも高く、水蒸気が重要な役割を演じていることがわかる。接触電気抵抗についてみれば酸素をもっとも上昇させ、したがって空気もそれに準ずる。そのほかの気体については上昇の程度はほとんど同じである。空気およびアルゴンにつき各圧力において 10 分間摩擦を停止して、再開後の摩擦の変化を図4, 図5に示した。図4よりこの試験範囲においては高真空中では停止により摩擦の低下がおこる区域であることがわかる。しかし空気圧力が増すと停止により摩擦係数の上昇がおこる。さらに 100 Torr ていど以上になると、停止による摩擦係数の変化がおこらない。この現象は停止時間効果は気体の吸着によるとする考えに有利である。すなわち  $1.5$  ないし  $23 \text{ mm Torr}$  の間には摩擦中には気体の離脱がおこって摩擦が低下し、停止中には気体吸着

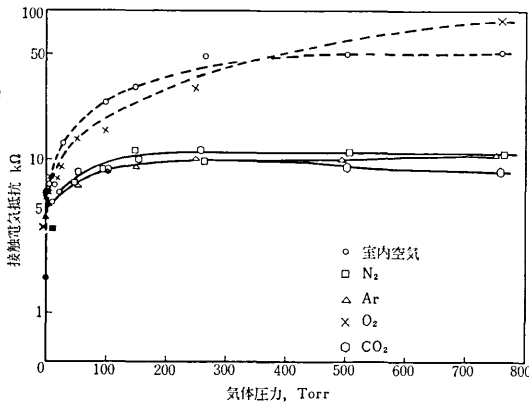


図 3 接触電気抵抗に及ぼす各種無極性気体圧力の影響

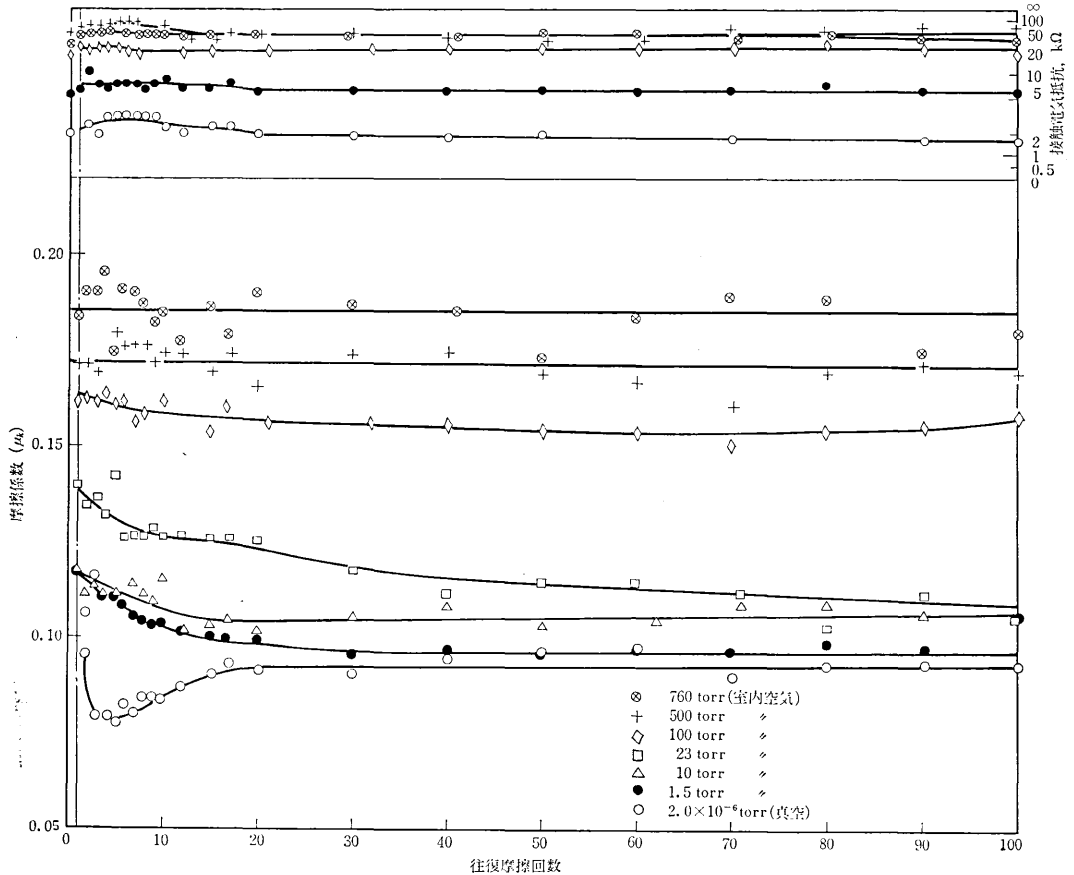


図 4 室内空気中 (20.5°C, RH 48%) における停止時間効果

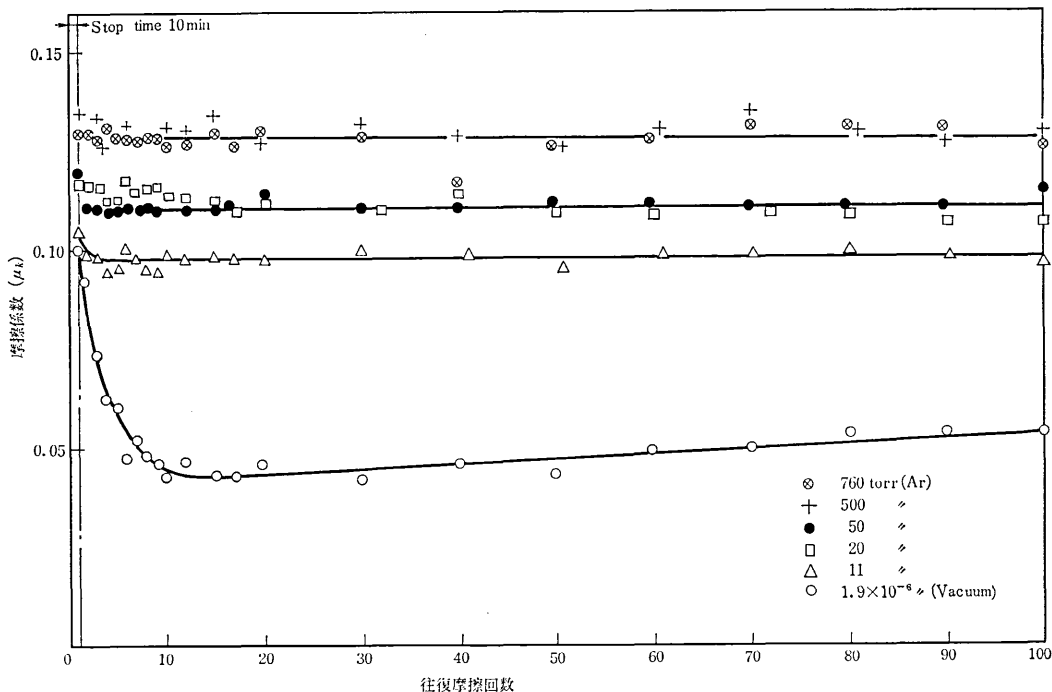


図 5 アルゴン中における停止時間効果

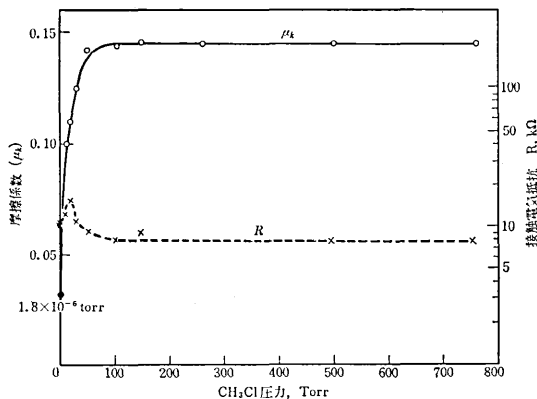


図 6 摩擦係数および接触電気抵抗に及ぼす CO の影響

がおこるために摩擦が上昇する。さらに空気圧が上昇して 100 Torr 以上になると、吸着が瞬時に起こるため停止時間効果がみられない。

図 5 のアルゴンにおける結果では、停止時間効果がほとんどみられない。このような結果はほかの無極性気体、窒素・酸素・炭酸ガスにおいても同様である。

極性気体 CO, CH<sub>3</sub>Cl についての結果は図 6 および図 7 に示す。この場合にも圧力とともに摩擦係数は上昇電すが、接触電気抵抗は複雑な変化を示す。しかし接触電気抵抗がこのような変化を示す理由は明らかではない。

4. 結 言

各種の無極性および有極性の気体が MoS<sub>2</sub> の摩擦係数に及ぼす影響を検討し、実験した範囲ではいずれの気体

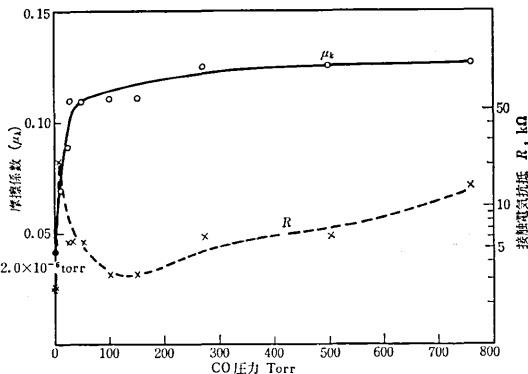


図 7 摩擦係数および接触電気抵抗に及ぼす CH<sub>3</sub>Cl の影響も摩擦係数を上昇させることを見出し、清浄な MoS<sub>2</sub> は本質的に摩擦係数が低いという、筆者らの説を裏づける結果となった。水素による影響については次に検討する予定である。終りにのぞみ、種々御討論を賜った機械試験所、津谷裕子技官および金沢大学工学部、田中久一郎教授に深謝します。(1969年12月24日受理)

文 献

- 1) 星本健一, 生産研究, 19, 256, 1967.
- 2) 松永・星本・深田, 生産研究, 21, 557, 1969.
- 3) A. J. Haltner and C. S. Oliver, IEC. Fundamentals, 6, 348, 1966.
- 4) R. F. Deacon and J. F. Goodman, Proc. Roy. Soc. A, 243, 464, 1958.
- 5) J. Gänshemer, ASLE Trans., 10, 390, 1967.
- 6) C. Pritchard and J. W. Midgley, Wear, 13, 39, 1969.
- 7) A. J. Haltner, Wear, 7, 102, 1964.