

## 低温環境における PTFE 被膜と鋼球のすべり摩擦特性

### Sliding Friction Characteristics of Steel Ball on PTFE Coatings in Low Temperature Environments

富山大・工（正）\*小熊 規泰 富山大・工（非）長谷川 泰生 富山大・工（非）増田 健一

Noriyasu Oguma\*, Taisei Hasegawa\*, Kenichi Masuda\*

\*University of Toyama

#### 1. はじめに

ポリテトラフルオロエチレン（以下、PTFE と称す）は摩擦係数が小さく耐熱性にも優れた特性を有していることが知られている。そのため、すべり接触が発生する部分においては、摩擦抵抗を小さくして運動を阻害しないようにするために PTFE を使用することが多い。筆者らは無潤滑下における鋼球と種々の樹脂平板のすべり摩擦係数の測定および推定方法について検討するとともに、低荷重下ではファンデルワールス力によってすべり摩擦係数が増大することを確認した<sup>1)</sup>。その中で PTFE はすべり摩擦係数が最も小さく、潤滑剤を使用できない環境での利用に適していることを確認した<sup>2)</sup>。本研究では PTFE が低温環境においてもその特性を発揮することができるのか検討を行った。

#### 2. 実験装置および実験条件

すべり摩擦係数の測定は JIS P8147 に準じた傾斜法で行った。傾斜角測定のためのゴニオ上に試料をセッティングした様子を Fig. 1 に示す。40mm 四方のアルミ板に PTFE がコーティングされており、その板をゴニオ上に載せ、さらに 3 個の鋼球（直径 6mm の SUJ2 ball）が接着してある PVC プレートに錘をセッティングしたものを載せ、ゴニオテーブルを傾斜させることですべり出す角度を測定する仕様である。錘を載せないものと、5, 20, 50, 100, 200g の錘を装着したもの合わせて 6 条件で実験を行った。また、PTFE 被膜はフロロコート社の L-RS100, L-RN100 および L-4198GY の 3 種類を用いた。

低温環境は発砲スチロールの箱の中に Fig. 1 で示した測定装置とドライアイス 500g×2 個を入れ、箱の中の温度を測定する熱電対と角度を読み取るための CCD カメラおよびゴニオを操作するためのアクリルパイプを箱に挿入した。その様子を Fig. 2 に示す。なお、実験時はこの箱に蓋をして温度が一定となるまで待機するが、荷重条件を変更する際に蓋の開閉で温湿度が大きく変化するので、この箱の外周をさらに発砲スチロールで外枠を組み、ここにもドライアイスセットするとともにシリカゲルを配置して試験環境の温湿度変化が小さくなるように環境を整備した。この外枠の中に異なる錘を載せた PVC プレートおよび PTFE 薄膜を準備しておき、試験片を室内の空気と極力交わることのないようにした。

温度環境の比較として、室温 25℃（エアコンディショナーで制御、湿度 30～35RH%）と低温-32℃で実験を行い、摩擦角の測定は 1 条件につき 5 回行って、最大値と最小値を除いた 3 点のデータの平均をとり代表値とした。

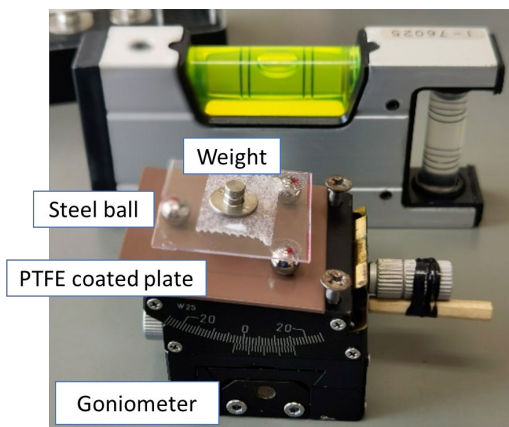


Fig. 1 Tilt angle measuring device

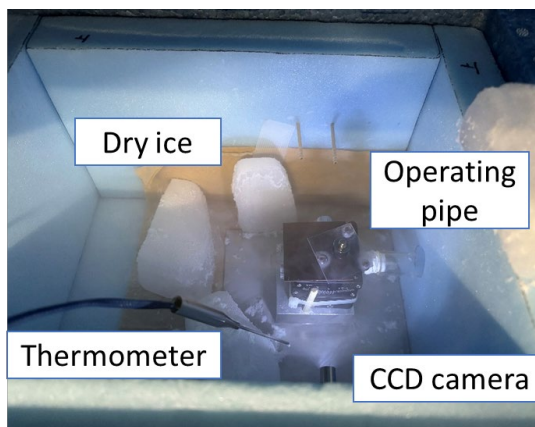


Fig. 2 Creating a low temperature environment

#### 3. すべり摩擦の測定結果

すべり摩擦  $\mu$  は鋼球がすべり出したゴニオの角度  $\theta$  を用いた摩擦角  $\tan \theta$  をそのまま代用した。室温環境と低温環境における 3 種類の PTFE 薄膜に対する鋼球のすべり摩擦係数を Fig. 4 に示す。いずれの PTFE 被膜も荷重が小さくなるほど摩擦係数が上昇することが分かる。また室温 25℃と低温-32℃では広範囲の荷重域において大きな差は見受けられないものの、極低荷重では L-RN100 のように低温環境の方が幾分小さくなる被膜もあった。

#### 4. 考察

低温環境における PTFE 被膜の表面状態がどのようなになっているかは現状では観察が困難であるが、すべり摩擦係数の測定結果から推察すると常温と大きな違いはないものと考えられる。厳密な実験環境を精査すると、外枠の低温環境はドライアイスの設置量が少ないため、氷点下 10℃であった。乾燥剤を使用してはいるが、鋼球および PTFE を低温ボックスに入れると若干の霜が付着する。低温ボックスの蓋を開けた際に霜が付着してしまうので、ヘラで霜をそぎ落として実験を行った。そのため霜の影響によって摩擦係数が小さくなる可能性は低いと考えられるが、Fig. 4 に示すように、鋼球と PTFE 被膜に敢えて霜を付着させた状態でも測定を行った。その結果、試料がすべり出す傾斜角は大きくなり、霜はすべり抵抗として作用することが確認された。



Fig. 4 Frost adhering to a steel ball observed with the CCD camera

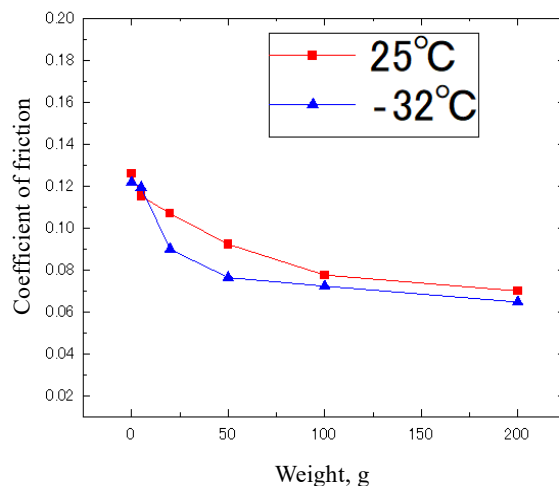
#### 5. おわりに

PTFE 被膜上を鋼球がすべるときの最大摩擦係数をドライアイスを用いた低温環境で測定した。その結果、摩擦係数の値は室温環境とほぼ等しく、-32℃の環境においても PTFE 被膜の低摩擦効果は維持できると確認できた。

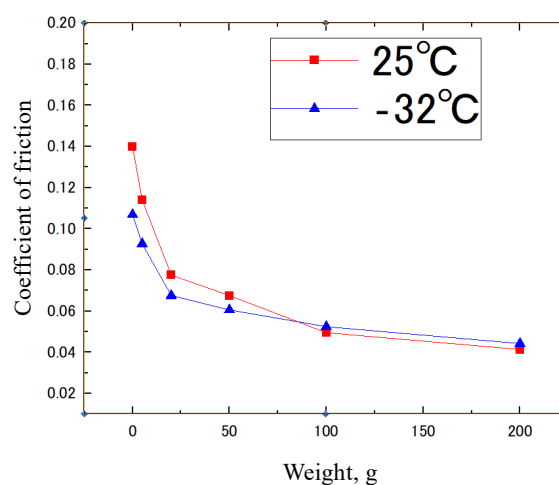
今後は、低温環境下での凝着力を導出し、精緻な摩擦係数を把握する予定である。

#### 文献

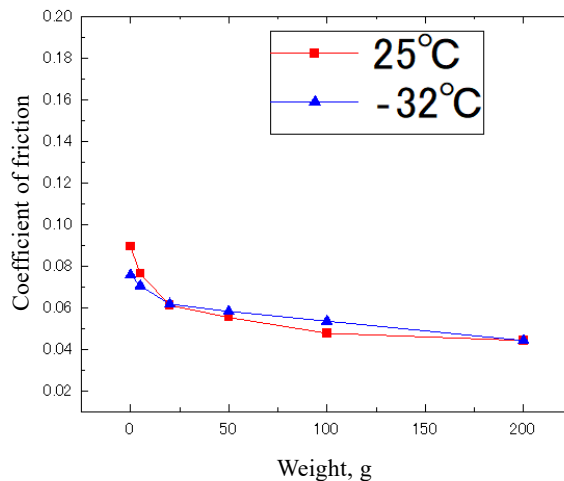
- 1) 島・小熊：無潤滑下における鋼球と樹脂平板のすべり摩擦で発生する最大摩擦特性，日本設計工学会北陸支部平成 29 年度研究講演会論文集，(2017) 41.
- 2) 小熊・山元・荒木・増田：水滴の接触角測定による樹脂平板と鋼球の最大すべり摩擦係数の推定，日本設計工学会北陸支部令和元年度研究講演会論文集，(2019) No.211.



(a) L-RS100



(b) L-RN100



(c) L-4198GY

Fig. 3 Measurement results of coefficient of friction using the inclination method