雪上の滑走と摩擦 第2報

—雪上におけるプラスチックの摩擦について—

新 保 正 樹*

雪上におけるプラスチックの摩擦については Bowden^{1),2)}, 藤岡, 木下³⁾ および 筆者らのデータ^{4),5),6),7),8),9)}があり, Bowden は氷上のプラスチックの μ_s の測定値に差のあるのは, プラスチックの親水性の差に基づくものと論じ, 藤岡, 木下は雪上のプラスチックの μ_s は低温となるにしたがって増大し, その増加率はプラスチックの種類によってかなり異なることを観察している³⁾。

これに対して筆者らは雪上のプラスチックの μ_s は測定時の気温, 雪温, 雪の含水率, プラスチックの種類とその面のあらさおよびその吸水状態によって異なり, μ_K は気温, 雪温, 雪の含水率, 滑走速度およびプラスチックの種類とその吸水状態によって影響されることを明かにし, μ_s は μ_K と直接関与する数字を与えるものでなくそれぞれ独立の因子によって変化していることを明かにした¹¹⁾。また雪上のプラスチックの μ_K は原則としてその接触角の大小によって支配されると共に, ある条件の下では μ_K が μ_s よりも大きいという特殊な現象が見られることを確認したので, 以下その概要を略述する。なお本研究の測定は前報¹⁰⁾に記載した廻転円盤摩擦試験機を用い, 測定された μ の精度は ± 0.005 であり, 測定は μ_K , μ_s が滑走速度および接雪圧によって影響されぬ領域¹⁾を選んでおこなった。

1. 雪上におけるプラスチックの

μ_K , μ_s の逆転現象

筆者らが雪上の摩擦測定に着手したのはスキーまたは橇滑走面に関する問題と, スキーワックスの性能検査のためであるが, 雪質を異にする北海道, 青森, 山形, 新潟, 長野などのスキー場や山に8年間多くの測定をつづけて来た。もちろん最初の3~4年は測定方法の検討と改良が主眼目となり, 得られたデータも精度はよい

とは云えなかったが, 順次測定方法が改良され¹⁰⁾, 精度が良好となるにしたがって雪上のプラスチック, シェラックまたはラッカー滑走面で 0°C 以下の μ_K が $0.02 \sim 0.03$ を示すものが 0°C 附近またはそれ以上の気温で急に $0.05 \sim 0.10$ 程度の異常な増大値を示し, しかもこの場合滑走面への雪の凍結も伴わず, 在来の文献でもこのような異常な現象は記載されていない。

この問題を解決するために約20種のプラスチックを用い, 気温, 雪質をかえて多くの測定をくりかえして見ると, ある条件下では, μ_K が増大するのみならず μ_s も減少して $\mu_K > \mu_s$ となり, 在来の摩擦の常識をくつがえす例が極めて多く(表-1), 55の測定例中約半数の24例で $\mu_K > \mu_s$ となり, $\mu_K = \mu_s$ となるものが6例, 在来の通念通り $\mu_K < \mu_s$ となるものが25例で, 約半数のもので摩擦係数が逆転している(表-2)。

これらの測定値を通じて観察されるのは, 気温および雪温はいずれも 0°C 附近に集中し, しかも平滑面のものにのみ逆転例が見られ, しかも気温の低い場合は $\mu_K > \mu_s$ となる逆転例が減少している。またこのような気象条件下で弗素樹脂, 低圧法ポリエチレン, スチロール・アクリロニトリル・ブタチエン共重合体などでは上記の逆転現象が見られていないことは, 恐らくプラスチックの性質差も影響を与えるものと考えられる。

これらの事実の中からプラスチックの表面のあらさと雪の水分に着目し, 次の実験をおこなった。すなわちフェノール樹脂を平滑面から階段的に面のあらさを覚えて μ_s , μ_K を測定すると, μ_s はほぼ面のあらさに比例して増大するが, μ_K は面のあらさに関係なく一定値を示す(図-1)。またおなじ雪に予め 0°C に冷却した多量の水分を与えて測定をおこなうと, 滑走面が平滑面の場合に限って μ_s は減少, μ_K は増加し, 水分添加前は $\mu_K = 0.05$, $\mu_s = 0.06$ のものが, 水分添加後は $\mu_K = 0.15$, $\mu_s = 0.03$ となり, 雪の含水率変化に伴って μ_K は急増し, μ_s は減少して $\mu_K > \mu_s$ となることが観察され

* 美津濃株式会社研究部

表一 雪上のプラスチックの摩擦（その1）気温、雪温および面のあらさと μ_K の関係

表面の状態と気温、雪温	粗 面			平 滑 面			
				左 と 同 じ		其他の気象条件	
	気温 0.5℃ 雪温 0℃	気温 -1℃ 雪温 0℃	気温 +1℃ 雪温 0℃	気温 0.5℃ 雪温 0℃	気温 -1℃ 雪温 0℃	気温 2℃ 雪温 -1℃	気温 -1℃ 雪温 -1℃
プラスチック						粗面 (0.03)	粗面 (0.03)
弗 素 樹 脂	0.02	—	0.02	—	—	0.09	0.18
セ ル ロ イ ド	0.03	—	—	0.06	—	0.10	—
アセチルセルローズ	0.02	—	0.03	0.06	—	0.09	0.15
ポリエチレン低圧法（ドイツ）	0.03	—	0.03	0.05	—	0.09	0.09
〃 〃 （国産）	0.03	—	0.02	0.08	—	0.09	—
ポリアミド（ナイロン）	0.05	—	—	0.05	—	0.22	—
ポリ塩化ビニール	0.05	—	—	0.16	—	0.03	—
ポリウレタン	0.03	—	0.04	0.03	—	0.03	—
フ ラ ン 樹 脂	0.03	0.03	0.04	0.03	—	0.10	0.20
尿 素 樹 脂 A	—	0.08	0.08	—	0.06	0.15	—
〃 B	—	0.07	0.08	—	0.04	0.10	—
アミノアルキッド	—	0.03	0.03	—	0.03	0.10	—
メ ラ ミ ン 樹 脂	—	0.08	0.08	—	0.06	0.10	—
フェノール樹脂（積層板）	—	0.09	0.14	—	0.09	0.10	—
〃 A	—	0.05	0.05	—	0.05	0.11	—
〃 B	—	0.03	0.03	—	0.04	0.08	—
ポリスチロール	—	0.06	—	—	0.10	0.09	—
スチロール，アクリロニトリル，ブタジエン共重合体	—	0.04	0.04	—	0.03	0.09	—

表二 雪上のプラスチックの摩擦（その2） μ_S 、 μ_K の逆転現象

雪 質	気 温	雪 温	$\mu_K > \mu_S$	$\mu_K = \mu_S$	$\mu_K < \mu_S$	合計
しまりゆきおよびぬれしまりゆき	-0.5℃	-1℃	6	1	12	19
〃	2	-1	10	2	6	18
〃	-1	-1	5	0	3	8
〃	-1	-0	3	3	4	10

図一 雪上のプラスチックの摩擦（その1）面のあらさと摩擦係数（フェノール樹脂）気温 3℃ 雪温 0℃

図二 雪上のプラスチックの摩擦（その2）面のあらさと摩擦係数および雪の含水率増加の影響（フェノール樹脂）気温 3℃ 雪温 0℃

このようにして雪上におけるプラスチックの μ_K 、 μ_S の逆転現象は平滑なプラスチックと雪の含水率増大に伴って起る現象であることが明かとなるが、同一の現象がラッカーまたはシエラックの雪上の摩擦でも観察され（後述）、雪上のみならず砕氷（後述）上のモデル実験でもこれを再現することができる。

この機作については改めて報告するが、接触角の大きいプラスチックはこの逆転現象を起し難く、接触角の小さいプラスチックでは、広い気温、雪温または雪質でこの逆転を観察することができ、そのようなプラスチックでも滑走面のあらさを充分にあらくすると、雪の水分の影響を免れ、雪の含水率を顧慮することなく雪上

（図一2）、しかもこの場合粗面では、水分の添加前も添加後も μ_S 、 μ_K の値いづれも変化しない（表一3、図一1、図一2）。

表—3 雪上のプラスチックの摩擦（その3）粗面と雪の含水率の変化による摩擦係数の変化

試料	表面状態	μ_s	μ_K	雪質	気温	雪温	その他
フェノール樹脂	平滑面	0.06	0.05	ざらめゆき	+3°C	0°C	速度 2.4m/sec 接雪圧 21g/cm ²
〃	〃	0.015	0.10	〃	〃	〃	〃
〃	〃	0.025	0.16	〃	〃	〃	〃
〃	〃	0.035	0.20	〃	〃	〃	〃
フェノール樹脂 水分添加	平滑面	0.03	0.15	ぬれざらめゆき	+3°C	0°C	上に同じ
〃	〃	0.015	0.11	〃	〃	〃	〃
〃	〃	0.025	0.16	〃	〃	〃	〃
〃	〃	0.035	0.20	〃	〃	〃	〃

の摩擦を測定することができる（表—1）。

2. プラスチックの粗面効果

プラスチックの雪上の摩擦測定に当って面のあらさと雪の含水率が μ_s , μ_K の値に大きな影響を与えるこ

表—4 雪上のプラスチックの摩擦（その4）面のあらさと摩擦係数

	面のあらさ	μ_s	μ_K	雪質	雪温	気温	その他
弗素樹脂	0.010	0.11	0.03	しまりゆき	0°C	0°C	速度 2.4m/sec 接雪圧 21g/cm ²
〃	0.014	0.18	0.03	〃	〃	〃	〃
〃	0.022	0.29	0.03	〃	〃	〃	〃
セルロイド	0.005	0.12	0.06	〃	0°C	0°C	〃
〃	0.015	0.26	0.05	〃	〃	〃	〃
〃	0.025	0.35	0.05	〃	〃	〃	〃
スチロール・アクリロ ニトリル・ブタジエン 共重合体	0.010	0.24	0.07	〃	0°C	0°C	〃
〃	0.014	0.31	0.06	〃	〃	〃	〃
〃	0.025	0.50	0.07	〃	〃	〃	〃
ポリエチレン（低圧法）	0.010	0.28	0.04	かわきゆき	-2°C	-1°C	〃
〃	0.020	0.47	0.05	〃	〃	〃	〃
〃	0.030	0.56	0.04	〃	〃	〃	〃

とを前述したが、プラスチックの種類をかえて今少しこれを詳しく検討すると、弗素樹脂、セルロイド、スチロール・アクリロニトリル・ブタジエン共重合体、ポリエチレン（表—4）以下多くのプラスチックについて μ_s は面のあらさに比例して増加し、 μ_K は面のあらさに関係なく一定の値を示している（表—3, 4, 5, 6, 7, 8 及び図—1, 2, 3, 4）。

この場合のプラスチックの面のあらさはそれ自体またはレプリカの横断面を顕微鏡撮影して測定したものであるが、さらにセルロイド（図—3）、アセチルセルローズ（図—4）を用いて平滑面から順次サンドペーパーのあらさをかえて順次粗面化をすすめて雪上の μ_s , μ_K 測定をおこなうと、 μ_s は面のあらさによく比例し、 μ_K は雪の含水率が高いために平滑面およびあらさの足りぬ場合には大きい値を示すが、面のあらさが充分となればそのあらさに関係なく一定値を示す。

この場合 μ_K が雪の含水率に影響されず一定値を示すプラスチック面のあらさ（粗面の山の高さ）は雪の含水率、気温、雪温、プラスチックの種類およびその吸水率などに影響され、必ずしも一定ではなく、上記の条件でフェノール樹脂 0.015mm、アセチルセルローズ 0.01mm、セルロイド 0.035mm 程度となり、雪の水分による μ_K の異常増大を防ぐための滑走面のあらさは多くの場合 0.03~0.05mm

図—3 雪上のプラスチックの摩擦（その3）含水率の高い雪における摩擦係数（アセチルセルローズ）

図—4 雪上のプラスチックの摩擦（その4）含水率の高い雪における摩擦係数（セルロイド）

程度あればよく、後述する砕氷上のモデル実験でもこれとよく一致した結果をうることができる。

以上のごとくプラスチックの雪上の摩擦で μ_s は面のあらさに比例するが、この現象は雪という粘弾性体がプラスチックの粗面に陥入し、 μ_s 測定はこの陥入面に平行方向の剪断値であるから、面のあらさ(山の高さ)と μ_s の値が比例するのはむしろ当然のことと言える。

これに対して μ_K の場合は面のあらさに関係なく一定値がえられるが、雪上を滑走するプラスチックの速度はかなり大きいので(筆者らの実験で2~7 m/sec, 実際のスキー滑走では10~30 m/sec), これだけの速度では雪面がプラスチック粗面に陥入することができぬのは勿論, 双方の表面はお互いの山の頂点で僅かに接触して滑走し, 摩擦熱と滑走のエネルギーによって雪の頂点は融解と変形をうけるから, μ_K の値はプラスチックの面のあらさに影響されぬものと考えられる。

また含水率の高い雪上での $\mu_K > \mu_s$ の逆転現象は上述のごとくプラスチックの平滑面と雪の水分によることが明かとなったが, その機作は平滑なプラスチック面とそれによって圧搾された平滑な雪面との間に雪の水分が介在し, μ_s 測定の場合はプラスチック面と雪面との相対速度は殆んど0であるから介在する雪の水分は潤滑作用を働いて μ_s を減少させるが, μ_K の場合は滑走速度が大きいため水の粘度は滑走の阻止作用を働いて μ_K の値を異常に増大し, この μ_s の低下と μ_K の増大の両現象が同時に起るために $\mu_K > \mu_s$ となるもので, その間の機作と数値的な解析は次報に譲ることとする。

なを雪上でプラスチックの粗面の μ_s が大きく, μ_K が変らぬことは, 後述するシュタイグワックスと同一の現象と言え, μ_s が大きいことは坂を登ることができ, μ_K が小さいことは滑走能力がよいことになる。これを実物のスキー滑走面を粗面化して雪上で実験すると, 含水率の高い春雪でもストックを伴用すれば12~13度の傾斜を登ることができ, 同一条件でシュタイグワックスは20~25度の傾斜を登ることができるから, 程度こそあれ両者同一の効果と云える。

この両者の差は, プラスチックの粗面の場合は雪がこの粗面に陥入するのみであるが, シュタイグワックスの場合では雪面もワックス塗膜も共に粘弾性に富むので接雪圧(20~25 g/cm²)によって相互に陥入し, 滑走面方向に大きな剪断値を示して坂を登ることができると考えられ, プラスチック粗面では雪の陥入が不完全であるばかりでなく摩擦や圧力によって雪の融解または変形を起してこの陥入状態が破れやすいので, 実際のスキーで雪の斜面を登る場合上記の差を生ずるものと考えられ

る。

3. プラスチックの性質差と雪上の摩擦

雪上のプラスチックの μ_K の値は雪の含水率その他の条件によって甚だしいバラツキを示し, 在来は解困難な場合が多かったが, その表面を粗面化することによりこれらの影響を離れて正確な測定が可能となり, 雪上における滑走性能を正確に比較できるようになった。

このような測定値の中から代表的なプラスチック約20種を選び, 平滑面と粗面の μ_K の値を比較すると(表一5), 平滑面の μ_K は気象条件によって0.03から0.22にわ

表一5 雪上のプラスチックの摩擦 (その5)
平滑面と粗面と μ_K の相違

プラスチック	μ_K (粗面)*	μ_K (平滑面)
弗素樹脂	0.02	—
セルロイド	0.03	0.06~0.18
アセチルセルローズ	0.02~0.03	0.06~0.10
ポリエチレン(低圧法)(ドイツ)	0.03	0.05~0.15
〃(〃)(国産)	0.02~0.03	0.08~0.09
ポリ塩化ビニール	0.05	0.16~0.22
ポリウレタン	0.03~0.04	0.03
フロン樹脂	0.03~0.04	0.03
尿素樹脂(A)	0.08	0.06
〃(B)	0.07~0.08	0.04~0.08
アミノアルキッド	0.03	0.03~0.04
メラミン樹脂	0.08	0.06~0.20
フェノール樹脂(積層板)	0.09~0.14	0.09~0.15
〃(A)	0.05	0.05~0.10
〃(B)	0.03	0.04~0.09
ポリスチロール	0.06	0.10~0.11
スチロール・アクリロニリル・ブタチエン	0.04	0.03~0.09

* 面のあらさ(山の高さ)は0.03~0.035mm

たるが, 粗面プラスチックではこれがすべて0.02~0.09の範囲に収斂し(明かに吸水による異常値を示すフェノール積層板の例1個(表一8を除く), しかも測定気温が余り広範囲にわたらぬかぎり, 同一のプラスチックの μ_K は実験誤差(± 0.005)の範囲で正確に同一値を示している(表一5)。

このようにして必要なあらさをもつプラスチック粗面で雪上の μ_K を測定すると, 最も μ_K が小さく滑走性能のよいものは弗素樹脂で, これに次いでポリエチレン(低圧法), セルロイド, アセチルセルローズのほかアミノアルキッドや親水性を封じたフェノール樹脂の μ_K が小さく, 良好な滑走性能を示す(表一5)。

これに対してポリ塩化ビニールは雪上の μ_K は大きく尿素, メラミンおよびフェノール樹脂も特殊の工夫をせぬかぎり μ_K は大きい(表一5)。

このような雪上の μ_K について弗素樹脂の場合は四弗化エチレン重合体(表—5)も、三弗化一塩化エチレン重合体もプラスチック中で最少の μ_K を示し、他のものの μ_K が増加するとき低温でも弗素樹脂の μ_K は増大率が低く、雪も凍結し難いばかりでなく、気温の高い場合でも各種のプラスチック中最小の μ_K を示す。これは弗素樹脂の大きな接触角と小さい吸水率に関連すると考えられるが、その機作については改めて別報に検討してゆくこととする。

ポリエチレンの雪上の μ_K は低圧法のものは小さく、高圧法のものは大きく(表—5, 表—6)、アミノ樹脂でも尿素、メラミン共通に原則として μ_K は大きい、アルキッドと結合したアミノアルキッドでは μ_K は極めて小さくなり(表—5, 表—7)、フェノール樹脂の場合も μ_K は大きい、エーテル状結合を増加したと考えられるものは雪上の μ_K は小さい(表—5, 表—8)。

セルローズ系ではニトロ誘導体であるニトロセルローズを用いたセルロイドもラッカーもいづれも雪上の μ_K は小さく、アセチル誘導体であるアセチルセルローズもほぼ同程度の μ_K を示すが(表—5)、いづれもセルローズの親水性 OH 基を保護したためと考えられ、セルローズ本体は甚だしく大きな μ_K を示す。

飽和ポリエステルも不飽和ポリエステルも原則として雪上の μ_K は大きく、これは構成成分であるグリコールや多塩基性酸のアルコールまたはカルボキシル基のごとき親水性ラジカルが残存するためと考えられ、その接触角も大きい。

アクリル樹脂も安定なエステルの重合体であるために親水基を欠き、接触角も大きく雪上の μ_K も予期通り小さい。これに対してポリ塩化ビニルの場合は雪上の μ_K は可なり大きい、これはその中に含まれる安定剤、可塑剤の影響ではないかと考えられる。

その他ポリウレタン、ポリアミド(ナイロン)も構成成分であるカルボン酸、アミドまたはイソシアネートなどの残存末端基によって親水性が左右され、雪上の μ_K に影響を及ぼすものと考えられる。

以上の測定値を通じてプラスチックの雪上の μ_K は主としてその接触角と関連し、親水性が小さく、吸水率の低いものほど雪上の μ_K が小さく、この逆のものは雪上の μ_K が大きく、含水率の高い雪上の平滑面の滑走では $\mu_K > \mu_S$ となる逆転例が多く、低温では雪の凍結が起りやすいほか、甚だしい場合は滑走時間が長くなるか、プラスチック自体を予め浸水しておくとも μ_K が増大する傾向が現われている(表—8)。

4. 雪上の摩擦係数を異にする同一種類のプラスチック

雪上のプラスチックの摩擦で、ポリエチレン、アミノ樹脂およびフェノール樹脂の場合、合成法などによって雪上の μ_K 値が相異なることを前述したが、ポリエチレンの場合は低圧法ポリエチレンの μ_K は小さく(表—6)、高圧法ポリエチレンでは μ_K が大きい、これは高圧法ポリエチレンの重合触媒に用いる酸素が OH 基のごとき親水基を生ずるためと考えられ、低圧法ポリエチレンでは酸素を用いずアルキルアルミニウム化合物を経て重合がおこなはれ、純粋な直鎖状炭化水素となるために、高圧法のごとき親水性末端基は考えられず、雪上の μ_K も弗素樹脂に次ぐ小さい値を示している(表—6)。

これに対してアミノ樹脂の場合は尿素樹脂もメラミン樹脂も共に雪上の μ_K は大きく、アミノアルキッドは気温、雪質が変化しても常に雪上の μ_K は小さい(表—7)。これは尿素、メラミンいづれの場合も第1段の縮合ではフォルマリンとのメチロール化合物が生じ、ここに生じた OH 基は樹脂形成後も一部は遊離 OH 基となっ

て残存するが、アミノアルキッドではアルキッドがこの OH 基に結合し、親水性を減じ雪上の μ_K も小さくなるものと考えられる。

フェノール樹脂の場合も、フェノールとフォルマリンによるメチロール化合物生成の際生じた OH 基は樹脂形成後も残存するから、アミノ樹脂と同一機作で雪上の μ_K が増大するものと考えられ、フェノール積層板では繊維質のごとき OH 基の多い

表—6 雪上のプラスチックの摩擦(その6) ポリエチレン

試料	表面	μ_S	μ_K	雪質	気温	雪温	その他
ポリエチレン	低圧法(ドイツ)	平滑面	0.10	0.09	ぬれゆき	2°C	0°C
	“(国産)”	“	0.09	0.09	“	“	“
	高圧法	“	0.06	0.10	“	“	“
	低圧法(ドイツ)	“	0.07	0.05	“	0.5	0
	高圧法	“	0.03	0.05	“	“	“
	低圧法(ドイツ)	粗面*	0.41	0.03	“	0.5	0
	“(国産)”	“	0.50	0.03	“	“	“
	“(ドイツ)”	“	0.30	0.03	“	3.5	0
	“(国産)”	“	0.33	0.02	“	“	“

* 面のあらさ 0.03—0.035mm

表—7 雪上のプラスチックの摩擦（その7）アミノ樹脂

試 料	表 面	μ_s	μ_k	雪 質	気 温	雪 温	そ の 他
尿 素 樹 脂 A アミノアルキッド	平滑面 //	0.13 0.07	0.08 0.07	かわきゆき //	-6.5°C //	-1°C //	速度 2.4m/cm ² 接雪圧 21g/cm ²
尿 素 樹 脂 A アミノアルキッド	// //	0.03 0.03	0.05 0.04	ぬれゆき //	2 //	// //	
尿 素 樹 脂 A // B	// //	0.03 0.03	0.04 0.06	// //	-1 //	0 //	
メ ラ ミ ン 樹 脂 アミノアルキッド	// //	0.02 0.03	0.06 0.03	// //	// //	// //	
尿 素 樹 脂 A // B	粗 面* //	0.19 0.39	0.08 0.07	// //	-1 //	0 //	
メ ラ ミ ン 樹 脂 アミノアルキッド	// //	0.42 0.28	0.08 0.03	// //	// //	// //	
尿 素 樹 脂 A // B	// //	0.21 0.22	0.08 0.08	// //	+1 //	0 //	
メ ラ ミ ン 樹 脂 アミノアルキッド	// //	0.24 0.23	0.08 0.03	// //	// //	// //	

表—8 雪上のプラスチックの摩擦（その8）フェノール樹脂

試 料	表 面	μ_s	μ_k	雪 質	気 温	雪 温	そ の 他
フェノール樹脂	積 層 板 A B	平滑面 // //	0.07 0.03 0.06	ぬれゆき // //	-0.5°C // //	-0°C // //	速度 2.4m/cm ² 接雪圧 21g/cm ²
	積 層 板 A B	// // //	0.02 0.02 0.03	しまりゆき // //	-1 // //	0 // //	
	積 層 板 A B	粗 面* // //	0.50 0.41 0.26	// // //	// // //	// // //	
	一 夜 浸 水	積 層 板 A B	// // //	ぬれゆき // //	-1 // //	0 // //	
			0.40 0.25 0.14				
			0.14 0.05 0.03				

吸水性充填材を加えるために雪上の μ_k はさらに増大するものと考えられる（表—8）。ところがフェノール樹脂の可撓性と耐衝撃性を増す目的でエーテル結合を増加したと考えられるものは当然 OH 基も減少する筈であり（表—8 フェノール樹脂B）、雪上の μ_k も小さく、予期された結果とよく一致する。

以上のごとく雪上のプラスチックの摩擦で μ_s は面のあらさと雪の含水率に強く影響されるが、このほか気温および雪温が下れば μ_s は増大の傾向を示し、プラスチックが吸水状態にあればむしろ減少する傾向を示す（表—8）。

これに対して μ_k は滑走速度（第1報）および雪の含水率によって影響をうけるほか、気温および雪温が極度

に低い場合は増大し、プラスチックの種類によってその値を異ににするほか、吸水率が増加すれば μ_k も増大している（表—8）。

以上のうち気温による影響は雪の粘弾性または硬さの変化に関連するが、其の他のものはプラスチックの親水性に関連する問題で次報に接触角の測定結果と併せて雪上の滑走機作を扱うこととする。

以上の研究に当り大阪大学篠田軍治教授と美津濃株式会社副社長水野健次郎氏より多くの御援助にあづかった。記して厚く御礼申し上げる。

（日本雪氷学会 昭和34年度研究発表会講演¹¹⁾）

文 献

- 1) Bowden, 1953: Proc. Roy. Soc., **217**, 462.
- 2) Bowden, 1955: The Forty-first Thomas Hawksley Lecture, The Charctered Mechanical Engineer 86.
- 3) 藤岡, 木下: 極地時報 **2**, 1.
- 4) Shimda, Shimbo, 1953: Tech. Report, Re-

search Lab. R.K. Mizuno Co. II.

- 5) 新保 1957: 高分子 **6**, 120
- 6) 新保 1956: プラスチックス. **7**, [9], 9.
- 7) 新保 1958: プラスチックス年鑑. 1958.
- 8) 新保 1958: スキーの科学, **4**, 51.
- 9) 新保 1956: 近畿化学工業会報 **36**, 5.
- 10) 新保 1959: 雪氷, Vol. **21**, No. 5, 1.

—Abstract—

The rate of sliding and the analysis of friction on snow Part II

MASAKI SHINBO

(Mizuno Co.)

In the previous paper, we described the method of measuring the friction of snow and obtaining the accurate value of its friction without any influence of front drag and scale effect due to size limitation by our rotational friction tester though this effect could not be escaped even in model ski or sledge method, and proved that the degree of accuracy of μ_S and μ_K fell within the limit of ± 0.05 . Also we proved that μ_S and μ_K took constant value within certain pressure range ($21 \sim 66 \text{g/cm}^2$) and that μ_K took constant value within certain sliding speed range ($0.005 \sim 7.2 \text{m/sec.}$)

In this paper, we have described the result of the measurement of friction of plastics on snow and we proved that μ_S was affected by air tempeature, snow temperature, watercontent of snow, the kind of plastics, its water absorption and roughness of its surface, and that μ_K was affected by air temperature, snow temperature, water-content of snow, sliding speed, the kind of plastics and water absorption. But it was not affected by the roughness of its surface. Accordingly there are some factors which are not common in them.

Furthermore, we proved that, when the watercontent of snow increased, μ_K increased abnormally and μ_S decreased on the flat sliding surface, and consequently $\mu_K > \mu_S$.

As this abnormal phenomenon would be due to interaction of water and smooth sliding surface, we have overcome this with rough sliding surface.

As for the relation between the nature of plastics and μ_K on snow, we proved that μ_S showed fairly large value when the contact angle of plastics with water was larger, μ_K on snow showed different value when the method of synthesis gave difference of hydrophillic properties. As for mechanism of this phenomenon, we will report in near future.

〔表紙写真説明〕

積雪の沈降で折れた桐の枝

学校の庭先きにある鉄棒も、雪の中に埋っていると、雪の重みと引っばる力で、鉄棒が曲ってしまうし、スギの枝が、雪のために折れたりひどいものになると幹が裂けることもある。キリは枝張りがよい割合にもろいから、雪のために枝折れすることが多い。雪の害を防ぐことは、実際問題として難かしいから、第一には雪の吹きたまるようなところを避けて植えること、木を仕立てる

場合には、なるべく材質を固くするように、窒素性肥料を少く、加里や磷酸素の肥料を多くすることが大切である。

枝の折れた部分は直ちにそのつけ根から切って、コーラルタールや接木蠟を塗って病菌の侵入を防ぐようにする。(林野庁研究普及課 研究企画官小野陽太郎, 写真は新潟県撮影)