(昭和 32 年 10 月 14 日受理)

兎 毛 に 関 す る 研 究

第 XXII 報 水中における摩擦係数測定時のライダーおよび
浸漬条件の検討東京都立大学工学部 岡 島 三 郎・池田佐喜男・井上 昭 朗
工 業 化 学 科

STUDIES ON RABBIT FIBRES (XXII)

THE CONDITIONS OF MEASUREMENT OF FRICTION IN THE WATER

By Saburo Okajima, Sakio Ikeda and Teruo Inoue

(Faculty of Technology, Tokyo Metropolitan University, Fukazawa, Setagaya, Tokyo)

In order to measure the coefficient of friction μ , of Angora rabbit fiber in water by means of the inclined method, the conditions were studied in detail and the following results were obtained:

- (1) The attached fibre to a frame is bent when it is ridden by a rider. The effect of the bending of test piece is however, negligible when the bending angle from the horizontal line is smaller than 15° .
- (2) The lighter the rider weight (20~120 mg) the greater is the obtained value of μ ($\mu_w=0.1 \sim 0.3$, $\mu_a=0.2 \sim 0.4$).
- (3) The difference of the curvature of the riding part of the rider does not affect μ , when it is 1.0~1.5 mm.
- (4) μ in the water is larger than that in the air. It does not change within 30 min. after the sample is immersed in the water.
- (5) The temp. and pH of the water have affect on the value of μ tolerably.

(Received 14. 10. 1957)

1. 緒 言

前報においては摩擦係数測定に対する予備実験を報告した¹⁾。本報はライダーの重量および曲率半径の相連による影響と、水溶液への浸漬時間、浸漬温度、pH などの変化による摩擦係数の影響につき述べる。

2. ライダーの重量および曲率半径
の影響

2-1. アモントンの法則について

摩擦係数 μ は荷重によらないことが古くから経験的に知られ、レオナルド・ダ・ビンチのノートにも記されている²⁾。1669 年アモントンはこのことをも含めた摩擦の法則を提唱し³⁾、以来アモントンおよびクーロンの法則として知られてきた。この法則は摩擦現象の多くの場合適合し、繊維においても東氏⁴⁾は、直径 1.25 mm の真鍮製ライダーを用い、0.1~0.5 g の範囲において、空中における生糸の μ は重量によらないことを示された。最近に至り金属のような固い物体においても⁵⁾、合成高

分子においても⁶⁾、繊維についても荷重の軽いところでこの法則の成り立たない場合が知られ、アモントンの法則の不成立を理論づけるべく摩擦以前の問題である接触機構の研究が盛になつてきた。このような現象に対する観察と理論が、どのように取扱われてきたかを記号を統一して第 1 表にまとめてみた。

2-2. 実験法の検討

単繊維にライダーを乗せ、これを傾斜して摩擦現象を観測する場合、大きな欠点が 2 つある。その 1 つは傾斜法による一般的欠点で、Fig. 1 に示すごとくその法線方向の荷重 R は傾斜と共に次第に減少するという点である。理想的には法線荷重 R が不変で、摩擦力 F のみが次第に増加するようであればよい。第 2 の欠点はライダーを乗せた時、Fig. 2 のごとく多少なりとも繊維がたわむことである。Fig. 1 のように繊維がたわまない場合は、ライダーの滑り始めた傾斜角 θ から直ちに $\mu = F/R = W \sin \theta / W \cos \theta = \tan \theta$ なる関係を用い、 μ を算出することができるが、Fig. 2 のような場合はそう簡単でない。Howell ら⁷⁾はたわまないよう十分繊維を伸張して実験

第 1 表

年号	研 究 者	表 現 法	供 試 資 料	備 考
1746	Martin, Mittelman ⁶⁾	$T = T_0 e^{\mu \theta}$ $\mu = A - B \log T_0$	Wool と Keratin	T_0 : 初めの張力 T : 滑動時の張力
1950	Whitehead ⁸⁾	$F = \mu R + F_0$	Cu と Cu	θ : 繊維のなす角
1950	McFarlane, Tabor ⁸⁾	$R = 10 \sim 1 \text{ g}$ で μ は上昇	Indium の転がり	μ : 摩擦係数
1951	Bowden, Young ⁸⁾	$F \propto R^{0.8}$	ダイヤモンド	F : 摩 擦 力
1951	Rowell ⁸⁾	60 mg までの小範囲 $F = \mu_0 R + \alpha A$	Vis. R, Cu-Am. R, Cell-Ac, Nylon	R : 法線荷重 F_0 : 恒数(粘着力)
1952	Shoëter ⁸⁾	$R = 100 \text{ g}$ 以下で μ 上昇	Plastic	μ_0 : 恒 数
1952	Gralen ⁸⁾	$F = aR + bR^{1-\beta}$	Terylen	α : 恒 数
1952	Lincoln ⁶⁾	$F \propto R^{2/3}$	Nylon の平面と半球	A : 見掛の接触面積
1953	Howell, Mazur ⁷⁾	$F = \alpha R^n$	Visc. R, Cell-Ac, Nylon	a, b : 恒 数
1953	Gralén, Olofsson Lindberg ¹⁾	$F = CW + dID$ $\mu = C + (dID/W)$ $\mu = \gamma \sqrt{ID/W}$	Visc. R Nylon, Terylene	β : 0.5~1.0 の恒数 n : 2/3~1.0 の恒数 c, α, γ : 恒数
1954	三 浦 ⁹⁾	$F = \alpha R^n$	綿布, 絹布	W : 全荷重(燃り摩擦)
1955	三 浦 ¹⁰⁾	$F = \alpha R^n$	毛 織 物	l : 接触の長さ D : 繊維の直径

Fig. 1

Fig. 2

しているが、再生および合成繊維を用いたためか、張力の影響については述べていない。著者らの予備実験では兎毛を10%前後伸張しても μ は変わらないことを知ったが、動物繊維は伸張により部分的に不均一挙動を示し¹¹⁾、スケール間隔は長くなる。伸張されない繊維のスケール間隔は μ の測定値に大きな影響を与えるとされているので¹²⁾、伸張には十分注意を払わねばならぬ。たわみの量はライダーの重量と共に増大するので、重量増加の影響をしらべるためにはこのことにつき吟味しておく必要がある。

まずV型溝をもつ剛体の上に剛体の球が乗り、V型溝の傾斜により球が滑りだす状態につき考えてみる。Fig. 3(a)に示すごとく、AB, CBなる斜面がおのおの θ_1 なる傾斜をもつてB点で谷を作っている場合、この上に剛体の球を乗せると、このものはA'およびC'で接触する。このようなV型溝をAを上げて θ_1 だけ傾斜さすと、(b)のごとくBCは水平となる。この場合の球の全重量はA'点の接着がなければC'点のみにかかる筈である。そしてBC面と平行の分力は零であり、(b)の状態より

さらに傾斜させることによりはじめて摩擦力が生ずる。従つて Fig. 3 のような場合には (b) の状態を基準とし、これよりV型溝が傾斜した角を測り、この角より μ を求めるのがV型溝を形成している物質と球との正しい摩擦係数となる。

ところが繊維のような弾性物質では剛体の場合と大分様子が異なる。例えば Fig. 4 のごとくたわみが非常に大きな場合には、ライダーの見掛の滑動面が Fig. 3(b) のように水平になる前に、Fig. 4(b) の状態で滑りだす。

Fig. 3

Fig. 4

兎毛ではライダーの滑動速度が速いので見掛の滑動は上昇するようであるが、ゴム紐のように μ の大きいものでは、摩擦が大ききまた滑動速度が遅いので、この間の様子が十分観察される。ゴム紐にライダーを乗せ、Fig. 4(a)のごとくたわんだものを次第に傾斜して(b)のごとくすると、ABとCBとは張力が異なってくるので、極端な場合にはBCはたわむこともある。今ライダーが滑る寸前の状態で桿の傾斜を保つた場合、時間と共に変化する接触部を拡大してみると、Fig. 5(a)の状態から

Fig. 5

(b), (c) となりライダーの接触部の傾斜が次第に急になり, (d) で遂に滑りだし, (e) の状態となる。ライダーの微小変位においては (e) の状態は (a) の状態と同一であるから, このような現象が繰返されライダーは次第に右方に滑動する。したがって兎毛の場合にもゴム紐の場合のごとく, 少しずつ下りながら右に移動するのであろう。(a) から (b) への移行は Fig. 4

(b) において AB と BC との張力が異なることに起因すると思われる。すなわち, AB の張力と BC の張力の変化点は或一点ではなく, 繊維軸に沿ってある長さの変化帯を持つていることが考えられ, 張力の大きい方 (AB 部) が, より小さい (BC のような) 張力になるよう張力変化帯が次第に張力の小さい (BC の) ほうに移動し, (a) $\rightarrow$ (d) のごとく変化すると思われる。

繊維のたわみが小さく, AB と BC の張力差が小さい場合には Fig. 4 (b) のごとき現象はみられないが, 見掛のライダー滑動面が BC 線上であつても, AB の傾斜角の大小により滑り始める BC の傾斜角が異なることには違いがない。そこで再びライダーの接触点を考えてみる。Fig. 6 は ABC の繊維が B なる接触部で少し彎曲している場合の図である。したがつてこの場合の法線圧力は彎曲点の法線方向であり, また滑動方向はこの点における切線と考えるのが適当 (微小変位における最も近似的な方向) と思われる。この切線方向は近似的には BC (AB) の直線部分と, AB (BC) の直線部分の延長とがな

Fig. 6

す角の 2 等分線方向と考えてよからう。ライダーが滑り始める時のこの 2 等分線が水平線となす角 θ を求めるのは面倒であるが, 特別の場合には非常に簡単である。すなわち繊維が Fig. 2 のように固定されていた場合, この枠が傾斜されライダーが滑り始める時, AB と BC の長さが同一になるような位置に最初のライダーが乗っていた場合は, 枠の傾斜角と θ は等しくなる (Fig. 6 において B 点における切線は $\overline{AC}$ と平行である。したがつて, $AA' = CC'$ になるよう取付けられた直角固定枠では $A'C'$ の傾斜が θ となる)。実際には枠の傾斜により繊維張力が変化するので, 当然たわみ h (Fig. 2 参照) も

変わってくる。しかし上述のような条件下では測定時の h がどのようなであつてもかまわない。すなわち h が枠の傾斜により変わると, ライダー重量により変わると θ の測定に変化はなく, μ の近似値は相当正確に求められる。またライダーが滑り始める時, $AB = BC$ になるような初めのライダー位置の決定はむづかしいようであるが, 著者らの用いたライダーの重量範囲では, 後述のごとく兎毛の伸びは 1% 前後であり, したがつて枠の傾斜による AB と BC の張力差のための伸びの相違は A B または BC の 1% 以下である。したがつて, 初めのライダー位置を繊維の中央におけば実的には差支えない。

2-3. 予 備 実 験

以上の検討により, h の補正は h の小さい範囲においては不必要となつたが, 著者らの試料でどの程度の h までは許容範囲とみなせるかが問題である。そこで蒸溜水中に脱脂兎毛¹⁾を浸し, 真鍮製同一ライダーを用い, ライダーを中央に乗せてたわみ量を種々変え実験し, 取付枠の傾斜角から μ を求め, たわみ量との関係を調べてみた。 h は繊維長により変わるの, Fig. 7 では傾斜角 θ_1 との関係を示した。したがつて, θ_1 が 18° 位までは μ_a , μ_w は枠の傾斜角 θ より μ を求めることが可能である。 θ_1 が 21° になると測定値が少し下つているが, この測定法で, θ_1 のどのあたりから μ が不正確になるかについては, 更に多くの実験を必要とする。

以上はライダー重量を一定にして h を変えた実験であるが, 繊維を普通のごとく枠に取付けた場合¹⁾, ライダーの重量増加による兎毛綿毛のたわみの程度を測定してみた。その結果の 1 例を Fig. 7 に合せ記入した。それによると 300 mg でも θ_1 は 8° 位であつた (この時の繊維の伸びを計算すると 1% となる)。 θ_1 は同一重量でも繊維の太さにより異なるが, 100 mg 前後までの重量であれば θ_1 は十分小さいので, ライダーの重量を変化させ μ を測定してもたわみの影響は無視でき, 測定結果をライダー重量の影響として取上げることができる。したがつて以後の測定法はライダーを中央に置き,

Fig. 7

枠の傾斜角 θ のみから $\tan \theta = \mu$ として μ を算出することにする。

2-4. 実験および結果

真鍮製 0.3 mm ϕ のライダーを用い、始め 120 mg 位に切断し、1つは曲率半径 1 mm 位に他の 1つは 1.5 mm 位に曲げ、1つの重量についての測定が終わった後、順次ライダーの足を切つて軽くし、重量の変化による影響と、2種類のライダー彎曲による影響とを調べた。測定は1つの重量に対して5本の兎毛を用い、各繊維につき10個宛測定した。ライダー重量は 115 mg ~ 28 mg まで変化させた。

実験の結果は 95 % の信頼度による精度と共に第2、3表に示した。表において1つの繊維における測定値の

平均値は、いずれのライダーについても荷重の増加と共に減少している。しかしその割合は必ずしも同一でない。また実験における1つの条件下のばらつきは繊維間のばらつきより小さく、測定精度は各条件によらないことも知られる。このように繊維間の同一重量に対する μ の平均値のばらつきが大きいと、1つの荷重に対する兎毛自体の代表値は標本数が余りにも少ないので求められない。しかし総平均を推定して荷重と μ の変化の傾向を知ることはできる。そこでこの関係を書いてみると Fig. 8 のごとくになった。図に示すごとくライダー重量による μ の変化は直線的である。また東氏²⁾は、 μ がライダーの曲率によらないことを述べておられるが、著者らの場合にも曲率半径の影響はなさそうである。

第2表 ライダー 1 (曲率半径 1.0 mm)

試料 No.	ライダー 重量	115.4 mg		92.0 mg		50.0 mg	
		μ_a	μ_w	μ_a	μ_w	μ_a	μ_w
101		0.19 ± 0.03	0.09 ± 0.02	0.25 ± 0.03	0.13 ± 0.02	0.32 ± 0.02	0.18 ± 0.02
102		0.24 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.21 ± 0.02
103		0.29 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.31 ± 0.02	0.22 ± 0.03	0.36 ± 0.02	0.23 ± 0.01
104		0.28 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.30 ± 0.03	0.16 ± 0.02	0.41 ± 0.02	0.18 ± 0.02
105		0.18 ± 0.02	0.10 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.35 ± 0.03	0.19 ± 0.01

第3表 ライダー 2 (曲率半径 1.5 mm)

試料 No.	ライダー 重量	112.5 mg		75.4 mg		47.2 mg		28.0 mg	
		μ_a	μ_w	μ_a	μ_w	μ_a	μ_w	μ_a	μ_w
111		0.35 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.40 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.50 ± 0.03	0.32 ± 0.03
112		0.33 ± 0.03	0.14 ± 0.02	0.28 ± 0.02	0.15 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.44 ± 0.002	0.27 ± 0.02
113		0.16 ± 0.02	0.16 ± 0.01	0.21 ± 0.02	0.15 ± 0.01	0.34 ± 0.02	0.21 ± 0.03	0.42 ± 0.03	0.28 ± 0.02
114		0.19 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.21 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.19 ± 0.02	0.36 ± 0.03	0.25 ± 0.01
115		0.18 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.28 ± 0.02	0.18 ± 0.01	0.39 ± 0.03	0.25 ± 0.01

摩擦現象に関する多くの研究者はライダー重量 W よりも F と R の関係を求めているので、 W と μ より F と R を算出しグラフ化してみた。その結果は Fig. 9 のごとくである。また両対数目盛にとると Fig. 10 のごとくになった。これらの図はいずれも直線関係を示した。

Fig. 8

Gralén ら¹⁾は経験的に μ と $1/W$ が直線関係にあることを知り、これを理論的に裏付けようとしてある程度の成果を納めている。第1表に掲げた彼らの式における

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

W は撚り摩擦計における荷重であり、 W は法線荷重 R に比例する。そこで著者らは $1/R$ と μ との関係を画いてみた。その結果は Fig. 11 のごとく直線的となつた。

以上の結果より著者らの狭い荷重範囲の実験においては第4表のごとき実験式がすべて近似的に成立することを知つた。

第4表 荷重の影響に関する実験式(単位 mg)

摩擦方向	実験式
スケール順行	$\mu_w = 0.32 - 2.5 \times 10^{-3} W$ (1)
	$\mu_w = 0.06 + 6.5 \times 10^{-2}/R$ (2)
	$F = 6.2 + 0.07 R$ (3)
	$F = 1.6 R^{0.5}$ (4)
スケール逆行	$\mu_a = 0.45 - 2.5 \times 10^{-3} W$ (1)'
	$\mu_a = 0.19 + 6.5 \times 10^{-2}/R$ (2)'
	$F = 6.2 + 0.17 R$ (3)'
	$F = 1.6 R^{0.6}$ (4)'

第4表の(1)と(1)'式において方向係数が同一なのは、Fig. 8 において本実験の測定値のばらつきの範囲では μ_w と μ_a の2つの線が異なつた方向係数を持つとはいえないので同一としたためである。(2)式と(2)'式の方係数についても同様である(Fig. 11より)。また(3)式と(3)'式における常数項[6.2]および(4)式と(4)'

式における係数[1.6]が同一なのはFig. 9, 10において $R=0$ および $\log R=0$ のところで2つの線が実験誤差範囲内で交わるためである。著者らの実験条件においても20 mg 以下のライダーによる実験をすれば、Howell らのいうごとく $R=0$ の時 $F=0$ に近づくかもしれない。このような場合には(3)および(3)'の式は成立の範囲に制限を受けねばならぬ。

$F \propto R^n$ なる型の実験式は第1表に示すごとく、多くの人の理論および実験がある。それによると2つの弾性円筒の直角に交わる場合の接触面積 A は、Hertz の式より一般に $A \propto R^{2/3}$ となる筈であり、1つの円筒が固い物質であつてもこのような関係が成立し、2つの弾性円筒の平行接触においてのみ $A \propto R^{1/2}$ である。したがつて繊維の直交接触においては塑性変形と弾性変形の混合挙動を示し、 $A \propto R^n$ の n が $0.67 \sim 1.00$ の範囲と考えられている(塑性変形においては $A \propto R$ であり $n=1$ である)。また F は A に比例すると考えられているので、 $F \propto R^n$ の n も $0.67 \sim 1.00$ の範囲と考えられてきた。Gralén ら¹⁾ は $n=1/2$ を求めているが、これは撚り摩擦における接触は直交接触でもその接触部は連続的であり1つの直線と考えられ、彼らによると一部は塑性的に一部は弾性的に変形した場合、 $\mu = \gamma \sqrt{ID/W}$ なる関係式を導入している(第1表)。この式は $\mu = \gamma' \sqrt{ID/R}$ とおくことができ、 $R\mu = F = \gamma' \sqrt{IDR} = \gamma'' R^{1/2}$ とおくことができる。これは測定の方法により $n=1/2$ の付近があることを示している。種々なる理論式の導入については、未だ多くの仮定があるので、これ以上深入りせず、ここでは事実のみを述べるに止める。著者らの実験では測定値のばらつきが大きく(Fig. 10 参照)スケール順向の場合など(4)式では $n=0.5$ とでているが、傾斜のとりかたにより $0.4 \sim 0.6$ となるもので、 0.5 を強く支持するものでないことを付言する。

次にライダーの曲率半径によつて μ_a , μ_w は影響されないらしいことについて少し吟味する。同一母集団兎毛中の各毛についての μ のばらつきは相等大きいので、抽出された5本の兎毛から求めた総平均の推定値が、ライダー1, 2で等しいからといって必ずしも μ はライダーによらないとはいひ切れない。むしろこのようなことは偶然かもしれない。そこで著者らの場合の摩擦面における模型をFig. 12に画いてみる。図の(I)は繊維にライダーを掛けた場合の両足を含む面(これをA面とする)にて切断した場合の断面図であり、図の(II)は繊維の軸を含みライダーの両足を対象とする面(これをB面とする)にて切断した場合の図である。この場合には繊維の両側面におけるスケールの凹凸のみでスケールの端線は見えないのであるが、わかりやすくするため図ではこれを

書き添えた。なお図の繊維のたわみは 30 mm の繊維長に対し 0.75 mm とした。したがってその角 θ_1 は約 1.5° である。この程度のたわみでも肉眼で十分繊維のたわみがみられる。ライダーの曲率半径が、1.0 mm の場合と 1.5 mm の場合では実物をみた感じでは随分違っているが(両足間の距離が 2 mm と 3 mm となる), Fig. 12 (I) に示すごとく綿毛との接触部においてはほとんど変わらないことが解る。したがって実験値でライダーによる μ の相違のなさそうなことも了解される。また表面に表われている 1 つのスケールの大きさは毛によつて異なるが、兎毛の綿毛のように細いものではその幅は 10μ 前後である。水中における境界状態は簡単に取扱えないが、ライダーと接触する可能性のあるスケールの個数は、図 (II) より 5~10 個前後ではないかと思われる。

Fig. 12

3. 蒸留水に浸漬する時間の影響

真鍮製ライダーを用い、5本の兎毛綿毛について空中および蒸留水中に浸漬した時間による μ の差を測定した。その結果は第5表のごとくで、30分位の浸漬時間では μ はライダーの位置による変動と思われるもの以上の大きな変動はなさそうである。また空中よりも水中の場合の μ が真鍮製ライダーを使用した場合にはいずれも上昇していることが解つた。ライダーを水中に入れると、浮力が働き軽くなるので、 μ は上昇することが考えられるが、使用したライダーに対するこの補正は μ として 0.01

第5表 真チウウ製ライダー使用による蒸留水浸漬時間の影響

試料 No.	空 中	水 中 浸 漬 時 間			
		5 min	10 min	20 min	30 min
71	0.28 ± 0.02	0.35 ± 0.03	0.35 ± 0.01	0.34 ± 0.03	0.35 ± 0.05
72	0.26 ± 0.04	0.34 ± 0.03	0.31 ± 0.01	0.30 ± 0.03	0.27 ± 0.02
73	0.28 ± 0.02	0.30 ± 0.04	0.29 ± 0.03	0.31 ± 0.03	
74	0.46 ± 0.06	0.58 ± 0.05	0.58 ± 0.06	0.49 ± 0.08	0.48 ± 0.07
75	0.48 ± 0.06	0.60 ± 0.03		0.45 ± 0.03	0.57 ± 0.07

以下である。

測定値の精度は範囲より求めた標準偏差である。

4. 媒体の温度および pH による影響

温度が高くなると μ は上昇することが一般に知られ、また動物繊維の摩擦係数は pH が等電帯を離れると上昇するといわれているので¹⁴⁾、常温付近における温度の上昇及び兎毛のフェルトに関係深い酸性側における μ の変化を調べてみた。pH の調整は HCl と CH_3COONa の緩衝溶液を用いた。使用したライダーは試料 a, b, c

および 80 番台の試料には真鍮線に金メッキしたもので、0.6 mm ϕ , 19.8 毫のものを、また試料 91~100 までは 0.3 mm ϕ , 13.2 g の白金線を用いた。その結果は第6表および第7表のごとくである。

表にみるごとく、温度の上昇は μ の増大を来す。また pH については水道水と pH 1.0 の時は μ に相違がみ

第6表 温度による μ の変化

試料	22°±1°C		30°±1°C	
	μ_a	μ_w	μ_a	μ_w
a	0.51±0.02	0.35±0.03	0.64±0.03	0.42±0.02
b	0.46±0.02	0.30±0.02	0.61±0.03	0.55±0.03
c	0.46±0.02	0.29±0.02	0.66±0.03	0.55±0.03

られたが、91~100番までの蒸留水と他の条件との間には差がみられなかった。Bohm は pH 1.0 から 11 までの範囲においてニュージーランド産メリノ羊毛につき μ を測定し¹⁴⁾、中性付近と pH 3 および 1 付近では μ_a は変わらず、 μ_w は中性付近のほうが大きく、pH 4.2 の時に μ_a および μ_w が最小であることを示している。彼の実験と著者らの結果はよく一致しているように思われる。

第7表 pH による μ の変化 (1 試料につき 10 回測定した平均値)

条件 試料	水道水中		pH=1.0		条件 試料	蒸留水中		pH=3.3		pH=0.9	
	μ_a	μ_w	μ_a	μ_w		μ_a	μ_w	μ_a	μ_w	μ_a	μ_w
81	0.39	0.30	0.58	0.34	91	0.60	0.47	0.60	0.41	0.60	0.40
82	0.50	0.37	0.62	0.36	92	0.57	0.41	0.57	0.41	0.57	0.40
83	0.44	0.33	0.59	0.37	93	0.57	0.45	0.59	0.42	0.58	0.39
84	0.42	0.28	0.52	0.37	94	0.61	0.40	0.58	0.34	0.56	0.34
85	0.43	0.33	0.58	0.32	95	0.65	0.44	0.60	0.38	0.62	0.39
86	0.42	0.32	0.52	0.38	96	6.61	0.39	0.60	0.39	0.58	0.41
87	0.42	0.32	0.55	0.30	97	0.64	0.42	0.60	0.36	0.60	0.41
88	0.44	0.34	0.55	0.32	98	0.67	0.41	0.65	0.41	0.60	0.40
89	0.40	0.33	0.50	0.34	99	0.62	0.36	0.60	0.37	0.60	0.40
					100	0.56	0.43	0.64	0.38	0.58	0.39
総平均	0.43	0.32	0.56	0.34	総平均	0.61	0.42	0.60	0.39	0.59	0.39

最近における固体表面のエネルギーに関する研究の展開と、対イオン密度に対する詳細な検討から表面状態は pH のみにより規定されず、使用試薬による影響が大きいことがわかり、この問題も簡単に pH の影響として取り扱えなくなってきた。

5. 総 括

以上の結果本実験の範囲における兎毛の摩擦係数測定により

1. ライダーの重量が軽くなると μ は上昇する。
2. ライダーの曲率半径の相違は μ に大きな影響を与えない。
3. 蒸留水中では空中よりも μ は大きく、30 min 前後の浸漬時間により μ は変化しない。
4. 媒体の温度、pH は μ に影響をおよぼす。

などが知られた。

付記：本研究は富士帽子工業株式会社の委託研究の一部である。繊維がたわむ場合の取扱いは本学教授永倉俊充理学博士の御教示をうけた。記して感謝の意を表す。

文 献

- 1) N. Gralén, B. Olofsson, J. Lindberg; *Text. Res. J.*, 23, 623 (1953)
- 2) 東; 科学, 8 (昭 8)

- 3) 例えば 曾田; 摩擦と潤滑 (昭 29), 岩波書店
- 4) 古賀, 大滝; 高分子, 5, 523 (昭 31)
- 5) H. G. Howell; *Text. Res. J.*, 23, 589 (1953)
- 6) A. J. P. Martin, R. Mittelman; *J. Text. Inst.*, 37, T 269 (1946)
B. Lincoln; *Brit. J. Appl. Phys.*, 3, 260 (1952) (5) より引用)
- 7) H. G. Howell, J. Mazur; *J. Text. Inst.*, 44, T 59 (1953)
- 8) J. R. Whitehead; *Proc. Roy. Soc. A.*, 201, 109 (1950)
J. S. McFarlane, D. Tabor; *Proc. Roy. Soc. A.*, 202, 244 (1950)
F. P. Bowden, J. E. Young; *Proc. Roy. Soc. A.*, 208, 444 (1951)
H. W. Howell; *J. Text. Inst.*, 42, T 521 (1951)
K. V. Schooter; *Proc. Roy. Soc. A.*, 212, 488 (1952)
N. Gralén; *Proc. Roy. Soc. A.*, 212, 491 (1952) (7) より引用)
- 9) 三浦; 織学誌, 10, 558 (昭 29)
- 10) 三浦; 織学誌, 11, 41 (昭 30)
- 11) 岡島; 織学誌, 6, 330 (昭 25)
- 12) B. Lincoln; *J. Text. Inst.*, 45, T 92 (1954)
- 13) E. H. Mercer; *Nature*, 155, 573 (1945)
- 14) L. Bohm; *J. Soc. Dyer. Col.*, 61, 278 (1945) (R. W. Moncrieff "Wool Shrinkage" (1953) より引用)
- 15) 池田, 岡島, 井上; 織学誌, 14, 15 (昭 33)