

電動機用グリースの検討(第4報)

—せん断安定性と熱効果について—

Studies on Greases for Electric Motors (Part 4)
Shear Stability and Thermal Effect

茂庭喜弘* 友部友綱*
Yoshihiro Moniwa Tomotsuna Tomobe

内 容 梗 概

グリースのスポンジ構造に対する機械的せん断破壊試験をシエルロール法により 20, 80°C で実施し、せん断試験前後のちょう度および離油度を吟味する一方、スポンジ基剤たる石けん繊維を電子顕微鏡により観察した。これらの実験結果よりグリースのせん断試験結果は試験温度の高低により著しく様相が異なること、および熱的機械的に構造が安定なグリースはまだきわめて少ないことを指摘できる。またグリースに対する熱効果は従来看過されがちであるが、実用上重要といわねばならない。

1. 緒 言

グリースの実用上その機械的せん断破壊による流動化がしばしば問題になる。すでに周知のとおりグリースはある種のスポンジ状構造物のなかに油を包蔵しており半固体状をなしている。汎用モータのベアリング用グリースではスポンジ基剤としておもに石けん類が使用され、石けん分子が互につながりあい、からみあってスポンジ状の構造を作っている。このスポンジ状構造がなんらかの理由で破壊しその機能を失えば流動化する。

グリースの構造破壊には大別して熱的原因と機械的原因とがある。後者はくり返しせん断作用によるスポンジ構造の分断破壊であって、せん断破壊に対する抵抗性の大きさをせん断安定性 (Shear Stability) という。別に機械的安定性、作動安定性、ねり安定度などといわれることもある。

せん断安定性を試験する方法としては ASTM⁽¹⁾あるいはFederal Spec.⁽²⁾ のグリース混和機による方法が一般的である。グリースを規定の混和容器に充てんし、その中で多孔板を上下に強制的に動かしてせん断作用を与える方法である。なお、やや試験機構を異にするものとしてシエルロール⁽³⁾⁻⁽⁹⁾法があり、わが国にも最近普及しつつあるようである。筆者らは第1報⁽¹⁰⁾に ASTMによる混和試験結果を報告したが、せん断機構的にころがり軸受における実際とは異なるのでさらに検討の余地があることを述べておいた。この点に着目したボールベアリングによる実用的せん断試験は最近昭和石油の小口氏⁽¹¹⁾、G. E. Co. の E. R. Booser⁽¹²⁾らによって試みられているが、現象的に複雑であり前記した机上試験結果との関連性は判然としていない。机上試験の場合はせん断比が小さいので試験過程における温度上昇はあまり問題にならないにしても、高速せん断を行なう実用のベアリング試験では摩擦熱による局部的温度上昇を無視できない。したがってせん断機構上の差異とともに熱効果を考慮しなければ結果の解析がむずかしいと考えられる。他方グリースの実用条件よりベアリング温度は通常 20~60°C、場合によっては 80°C 付近あるいはそれ以上になることと、グリースのスポンジ基剤たる石けんは上記の温度範囲で相転移を起すものがあることを考慮すれば、グリースのせん断試験は単にせん断機構を実情に近似させる必要があるばかりでなく、少なくとも 80°C 付近までの熱効果に留意すべきである。したがって本報ではせん断比が比較的大きく、すべりところがりによってせん断作用を与えるシエルロール試験機を採用し、試験温度 20°C および 80°C のそれぞれについて、グリース構造

のせん断破壊状況とこれに対する熱効果の検討を試みた。その結果若干の知見をえたので概要を以下に報告する。

2. 実験方法

2.1 せん断安定性試験方法

本報ではシエルロール法によったが、これは ASTM または Federal Spec. による混和せん断試験よりもせん断効果が大きく、かつせん断機構的に後者よりも実際に近いと考えられるためである。

すなわち各試験法におけるせん断比 (Shear Rate) は概略次のようである⁽¹³⁾。

ASTM 法	せん断比 $S \approx 450 \text{ sec}^{-1}$
Federal 法	$S \approx 5,400 \text{ sec}^{-1}$
シエルロール法	$S \approx 8,000 \text{ sec}^{-1}$

ASTM, Federal における混和せん断試験はグリース中で多孔板を上下に強制的に動かす方法によっているが、シエルロール法は次のようにして行なう。試験機の主要部は鉄製円筒容器およびこの中に入るローラよりなり、円筒容器中にグリース約 100 g とローラとを入れ、円筒容器を水平にして 160rpm に回転せしめる。ローラは円筒の回転により転動しすべりと回転 (Sliding-Rolling) を行ないながらグリースにせん断作用を及ぼす (本法の詳細は J. D. Smith の報告にゆずる⁽⁴⁾)。

試験時間は特に規定されていないが、二、三の実施例では 4 h としており、筆者らの予備実験結果も 4 h の試験で一応の優劣がつくので、以下の実験では 4 h を標準とすることにした。試験温度は 25°C (77°F) とするのが一般であるが、以下では 20°C \pm 3 deg. および 80°C \pm 1 deg. とした。80°C の高温試験を行なう理由は緒言に述べたとおりである。

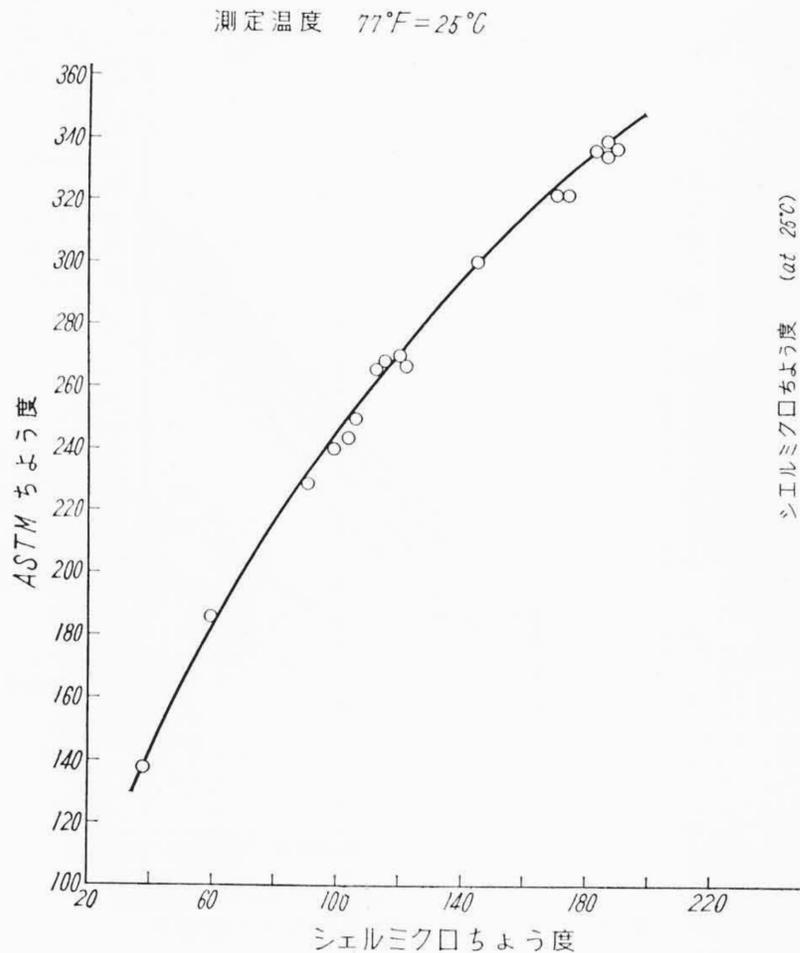
2.2 ちょう度測定方法

せん断試験によるグリースの軟化、流動化をみるため試験前後のちょう度を測定した。ちょう度測定方法は JIS⁽¹⁴⁾ または ASTM⁽¹⁾ に標準化されているが、本報のように 100 g 前後の試料しかない場合は適用できない。シエルミクロペネトロメータ⁽³⁾⁽⁴⁾がこの場合には適当である。グリース量は 85~90 g あれば十分であり、測定原理は ASTM, JIS 法などと同じである。なおシエルミクロちょう度と ASTM 標準ちょう度とは第1図の関係にある⁽⁴⁾ので換算できる。

2.3 離油度測定方法

グリース構造のせん断破壊状況と離油度との関連有無を吟味するため試験前後に離油度を測定した。測定方法は既報⁽¹⁰⁾⁽¹⁵⁾と同じ静的円すい離油度試験法により、試験温度 100°C、試験時間 50 h にお

* 日立製作所日立研究所



第1図 シェルミクロちょう度とASTMちょう度との関係

第1表 試料グリース

試験項目 グリース*	滴点 (°C)	ASTMちょう度 (25°C) 混和60回	離油度 (100°C, 50h) (%)	蒸発量 (98.9°C, 22h) (%)	酸化安定度 (98.9°C) 圧力低下, psi**
内 (Na)-A-0	151	275	2.95	2.45	52/100h
内 (Na)-B0-0	166	298	4.72	4.00	70/100h
内 (Na)-B1-0	148	225	4.47	11.82	110/100h
内 (Na)-B2-0	142	305	6.85	4.00	65/100h
内 (Na)-B3-0	153	302	10.05(20h)	5.13	76/100h
内 (Na)-B4-0	170	283	12.55	0.99	57/100h
内 (Na)-B5-1	191	282	3.82	0.86	10/500h
内 (Na)-D0-1	169	317	16.43(10h)	2.53	9.2/500h
内 (Na)-D1-1	183	260	2.70	1.72	40/500h
外 (Na)-A-0	172	233	0.93	0.98	77/500h
外 (Na)-B-0	171	312	26.05	1.29	77/100h
外 (Na)-C-1	202	290	3.83	0.22	19/500h
外 (Na)-D-1	168	251	2.54	2.88	2/500h
外(Na-Ca)-D-1	192	308	5.61	0.71	16.5/500h
内 (Li)-A-1	193	247	6.85	4.37	45/500h
内 (Li)-B0-1	200	282	3.94	0.69	16.5/500h
内 (Li)-C0-1	206	244	10.35	0.75	9/500h
内 (Li)-C1-1	199	277	9.79	1.04	2.6/500h
内 (Li)-C2-1	206	237	5.48	0.61	8/500h
内 (Li)-C3-1	203	256	2.81	0.66	10/500h
外 (Li)-A-1	195	267	4.11	0.63	10.5/500h
外 (Li)-A1-1	194	240	2.26	0.82	20/500h
外 (Li)-C1-1	186	294	2.70	0.74	2/500h
外 (Li)-D-1	168	260	5.08	0.31	10/500h

* 内: 国産品, 外: 外国品, (): 石けん基, アルファベット: 製造元
0: 酸化防止剤なし, 1: 酸化防止剤入り
** 1 psi = 0.07031 kg/cm²

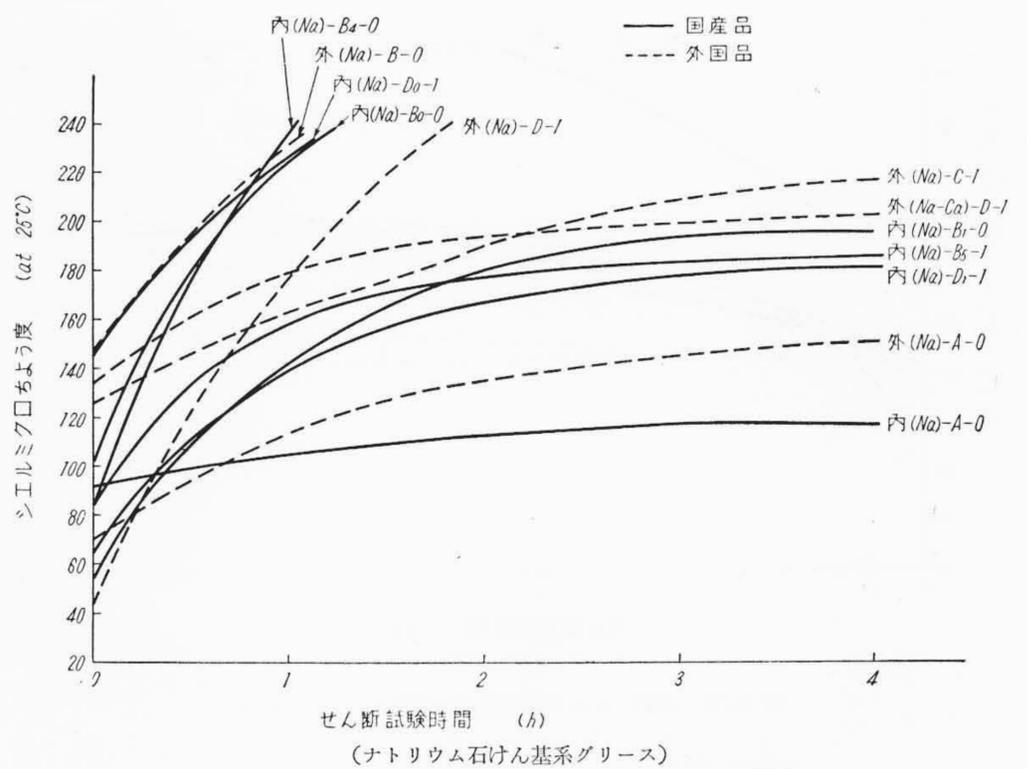
ける値を求めた。

2.4 電子顕微鏡観察

せん断試験前後のグリースにつき、常法によりグリース中の油分を溶剤で除去した後倍率 5,000 倍で電子顕微鏡写真をとった。

3. 試料

第1表に示す。内外市販の代表的モートル用ベアリンググリースであって、試料記号は第1報⁽¹⁰⁾とまったく同じ使い方をしている。



第2図 20°Cせん断試験におけるちょう度変化

第2表 せん断試験*によるちょう度の変化

グリース	外 観	シェルミクロちょう度 (C**)					
		処女試料 C ₀	20°Cせん断後		80°Cせん断後		C ₂ /C ₀
			C ₁	C ₁ /C ₀	C ₂	C ₂ /C ₀	
内 (Na)-A-0	長繊維状	93	110	1.18	72	0.77	0.65
内 (Na)-B0-0	長繊維状	102	>230 (流動化)		72	0.71	—
内 (Na)-B1-0	長繊維状	65	185	2.85	63	0.97	0.34
内 (Na)-B4-0	長繊維状	85	>230 (流動化)		87	1.02	—
内 (Na)-B5-1	短繊維状	86	181	2.15	75	0.87	0.41
内 (Na)-D0-1	長繊維状	146	>230 (流動化)		—	—	—
内 (Na)-D1-1	バター状	52	184	3.54	130	2.50	0.71
外 (Na)-A-0	短繊維状	72	155	2.15	106	1.47	0.68
外 (Na)-B-0	長繊維状	150	>230 (流動化)		180	1.20	—
外 (Na)-C-1	バター状	128	213	1.66	145	1.13	0.71
外 (Na)-D-1	短繊維状	45	>230 (流動化)		41	0.91	—
外(Na-Ca)-D-1	バター状	135	200	1.52	120	0.89	0.60
内 (Li)-A-1	バター状	104	148	1.42	—	—	—
内 (Li)-B0-1		76	150	1.97	>230 (流動化)	—	—
内 (Li)-C0-1		103	168	1.63	>230 (流動化)	—	—
内 (Li)-C1-1		123	>230 (流動化)		—	—	—
内 (Li)-C2-1		98	160	1.63	>230 (流動化)	—	—
内 (Li)-C3-1		85	132	1.55	>230 (流動化)	—	—
外 (Li)-A-1		106	103	0.97	142	1.34	1.38
外 (Li)-A1-1		88	78	0.89	125	1.42	1.60
外 (Li)-C1-1		97	116	1.20	87	0.90	0.75
外 (Li)-D-1		96	160	1.67	210	2.19	1.31

* せん断試験時間 4h
** 測定温度 25°C

(第1表下段欄外参照), なお第1表で酸化安定度試験結果の表示に圧力単位として psi を用いているのは、グリース関係では現在なお psi が慣用されているので比較の便宜上これによるものである。

4. せん断試験によるちょう度および離油度の変化

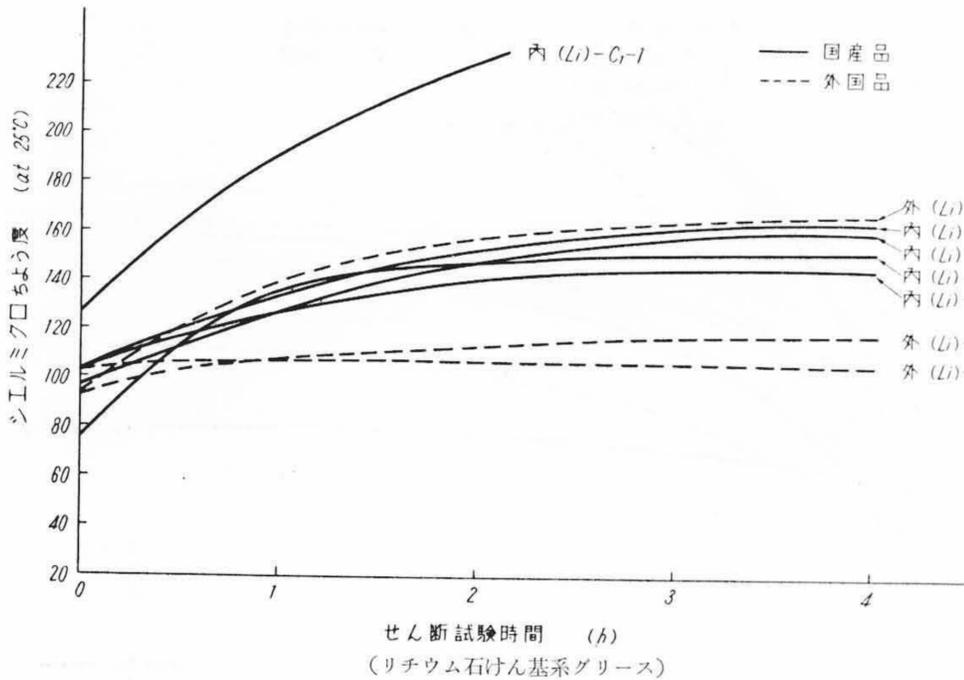
4.1 ちょう度の変化

4.1.1 20°Cせん断試験結果

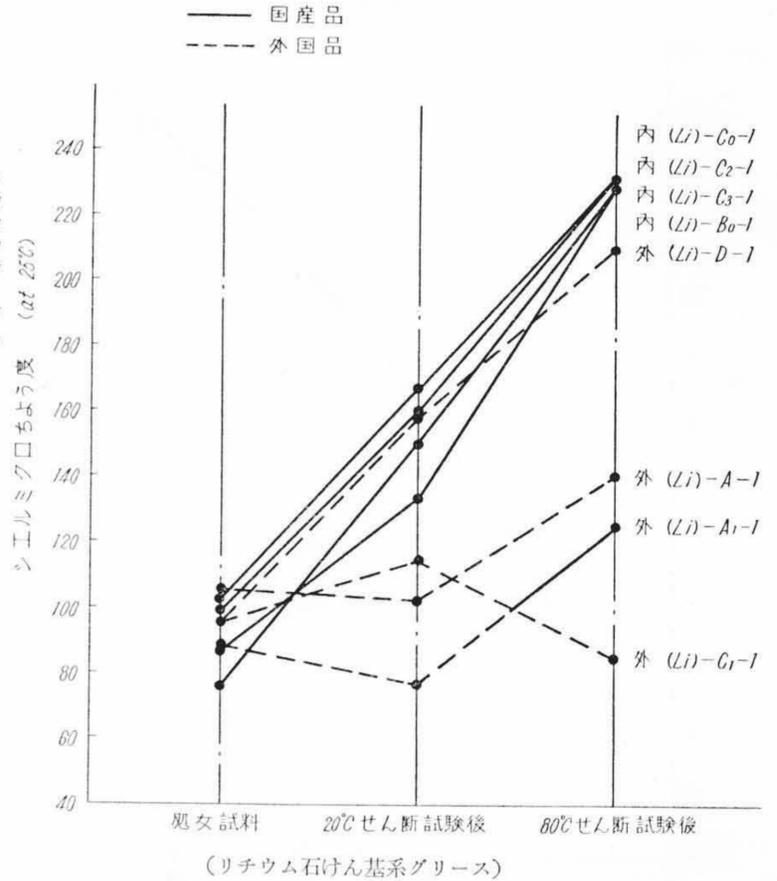
(a) ナトリウム石けん基系グリース

実験例を第2図に示す。試験時間4hにおけるちょう度変化率は第2表に比較したようになる。二、三の試料を除き軟化(ちょう度増大)傾向が大きく、約半数の試料はせん断試験時間1~2hで極端に軟化し流動状となる。すなわちナトリウム石けん基系グリースは一般に機械的せん断破壊を受けやすい。

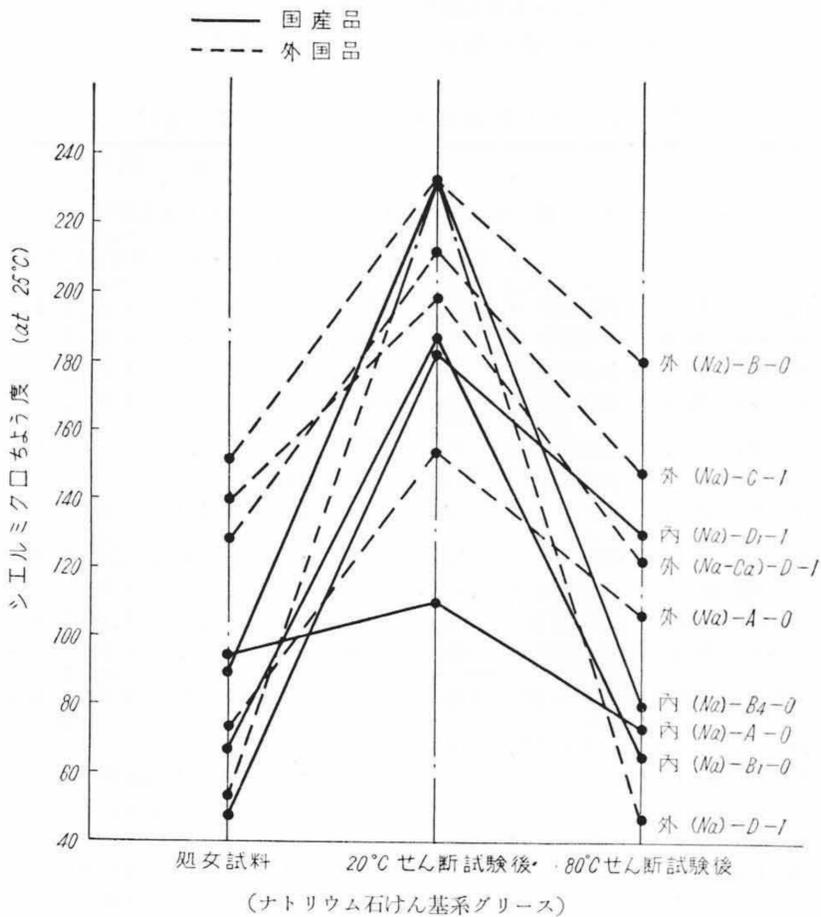
この際の石けん繊維の電子顕微鏡写真は次章(5.1参照)に例



第3図 20°Cせん断試験におけるちよう度変化



第5図 せん断試験温度とちよう度変化



第4図 せん断試験温度とちよう度変化

示したが、20°Cせん断試験4hで明らかに分断されている。石けん繊維の分断により一般にグリースは軟化、流動化するが、たとえ分断されてもあまり軟化しない場合がある。内(Na)-A-Oグリースはその一例である。また外観上から短繊維状またはバター状、長繊維状グリースを区別することがあるが、これとせん断試験による軟化、流動化の傾向は、第2表に示すように一般に長繊維状のものが流動化しやすい。

(b) リチウム石けん基系グリース

第3図および第2表(前出)に明らかなように、シエルロールによる20°Cせん断試験で流動化するものは例外的であり、一般に軟化しにくくナトリウム石けん基系よりも安定である。

リチウム石けん基グリースの石けん繊維は次章(5.2参照)に例示したが、長軸方向の長さが1μ付近の短いロッド状のものと、リボン状に細長いものとの2群に大別される。外(Li)-A-1は細長いリボン状のものとして代表的であるが、20°Cせん断試験で明らかに1μ付近までに分断される。また内(Li)-C2-1の石けん繊維はロッド状であり大部分が1μ前後で短い。これはせん断試験により1μ以上のものが分断されている。外(Li)-A-1は処

女試料に比較すればかなり分断され構造変化が大きいと思われるにもかかわらず、せん断試験前後のちよう度はほぼ同じである。他方処女試料に比較しあまり分断が目立たず構造変化が少ないと思われる内(Li)-C2-1の場合はちよう度変化が大きい。

以上よりナトリウム石けん基系でもリチウム石けん基系でも石けん繊維の分断状況とちよう度変化とは必ずしも比例的対応を示さない。すなわちせん断による軟化に対し石けん繊維のL/D(L:長さ, D:直径)⁽¹¹⁾の変化がしばしば注目されるがこれだけで単純にわりきることはできないようである。本報の実験範囲では、繊維のよじれ方、からみあい方の複雑なものが分断によるちよう度変化が少ない傾向にある。

4.1.2 80°Cせん断試験結果

この場合は第4, 5図および第2表(前出)に示すように、20°Cせん断試験の結果とは著しく様相を異にする。すなわちナトリウム石けん基系グリースは20°Cせん断試験において流動化するが、著しい軟化を示したにもかかわらず、80°Cせん断試験では流動化するものがなく、ちよう度変化率が小さい。また一般にやや硬化の傾向を示す。

他方リチウム石けん基系グリースは20°Cせん断試験では軟化しにくく安定であったが、80°Cせん断試験では二、三の試料を除き著しい軟化または流動化をきたす。特にここに扱った国産リチウム石けん基グリースは例外なく流動化する。

以上のように20°Cのせん断試験結果と相反するような結果になる理由については後に考察する。

4.2 離油度の変化

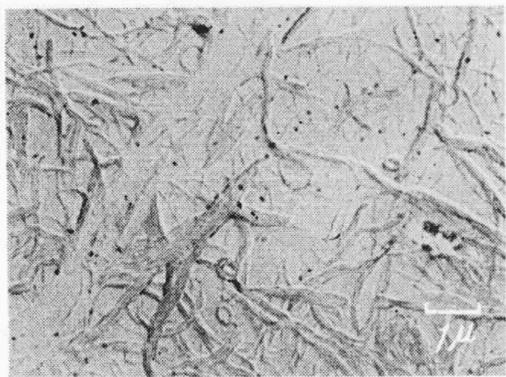
実験結果を第3表に示す。ナトリウム石けん基系グリースの場合、せん断試験による軟化、流動化の傾向と離油度との関係は必ずしも対応しないが、約半数の試料は20, 80°Cせん断試験による軟化、硬化に対応して離油度も増減している。ほかの半数の試料では軟化した場合離油度を減少し、硬化により離油度を増大するなどその挙動は個々のグリースによって異なり複雑である。他方リチウム石けん基系グリースでは軟化により一般に離油度を増大する傾向があり、ナトリウム石けん基系におけるほど複雑ではない。

せん断試験によるちよう度または離油度の変化は、上記したよう

第3表 せん断試験*による離油度変化

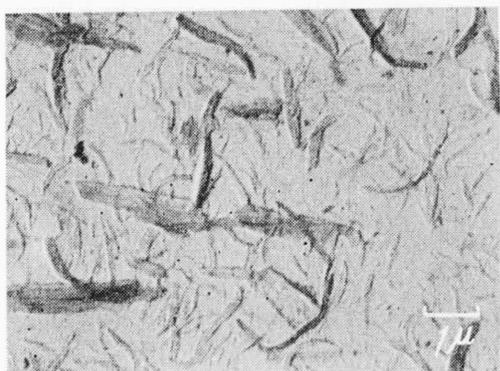
グリース	離油度 (B%wt.)				
	処女試料	20°Cせん断後		80°Cせん断後	
		B ₀	B ₁	B ₁ /B ₀	B ₂
内(Na)-A-0	2.95	1.86	0.63	0	—
内(Na)-B ₀ -0	4.72	8.95	1.90	6.78	1.44
内(Na)-B ₁ -0	4.47	16.23	3.63	3.49	0.78
内(Na)-B ₄ -0	12.55	8.34	0.66	17.30	1.38
内(Na)-B ₅ -1	3.82	4.55	1.19	6.04	1.58
内(Na)-D ₁ -1	2.70	9.32	3.45	6.07	2.25
外(Na)-A-0	0.93	4.44	4.77	7.39	7.95
外(Na)-B-0	26.05	24.98	0.96	33.17	1.27
外(Na)-C-1	3.83	1.13	0.30	7.55	1.97
外(Na)-D-1	2.54	25.71	10.12	3.09	1.22
外(Na-Ca)-D-1	5.61	4.17	0.74	12.83	2.29
内(Li)-A-1	6.85	6.00	0.88	—	—
内(Li)-B ₀ -1	3.94	5.94	1.51	—	—
内(Li)-C ₀ -1	10.35	6.84	0.66	14.79	1.43
内(Li)-C ₁ -1	9.79	24.15	2.47	—	—
内(Li)-C ₂ -1	5.48	8.85	1.61	10.13	1.85
内(Li)-C ₃ -1	2.49	2.88	1.16	7.25	2.91
外(Li)-A-1	4.11	5.39	1.31	8.59	2.09
外(Li)-A ₁ -1	2.26	2.21	0.98	5.29	2.34
外(Li)-C ₁ -1	2.70	2.51	0.93	1.42	0.53
外(Li)-D-1	5.08	8.15	1.60	9.65	1.90

* せん断試験時間 4h



(処女試料)
第6図 内(Na)-Bo-O
の石けん繊維

(20°Cせん断試験後)
第7図 内(Na)-Bo-O
の石けん繊維



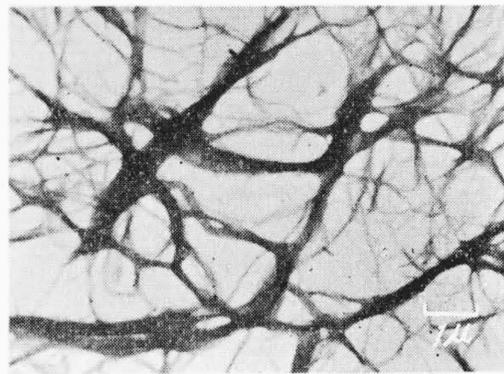
に単純ではない。すなわち機械的せん断応力によりグリースのスポンジ基剤が分断することは明らかであるが、80°C加熱せん断試験におけるナトリウム石けん基系グリースの硬化傾向は石けんが熱効果をうけて変質することを示唆している。またたとえ石けん繊維が分断をうけても容易に軟化せず、軟化したからといって必ずしも離油度を増加しない場合もある。これらは石けん繊維の形状とスポンジ構造の形成能との関係が複雑なことを示す。

5. 電子顕微鏡によるスポンジ基剤の観察

5.1 ナトリウム石けん基系グリース

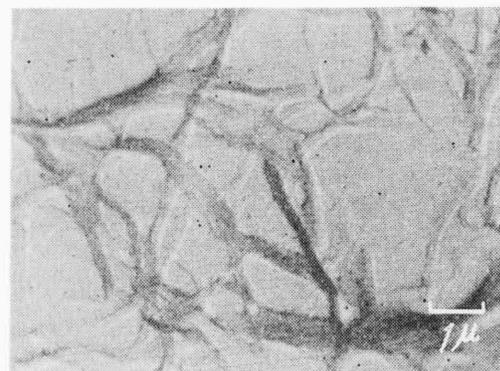
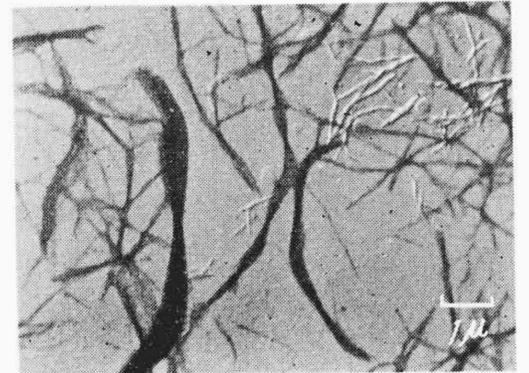
5.1.1 せん断試験による石けん繊維の分断

第6,7図に観察例を示す。この例にみられる石けん繊維は毛糸状で細長くやや扁平味を帯びており、幅約0.5μ以下、長さ約1~5μ以上である。20°Cせん断試験後は長さ約2~3μ以下になっており、明らかに引きちぎられた形跡が認められる。すなわち分断されており、この状態でグリースは流動状を呈し、離油度が



(処女試料)
第8図 内(Na)-A-Oの
石けん繊維

(20°Cせん断試験後)
第9図 内(Na)-A-Oの
石けん繊維



(80°Cせん断試験後)
第10図 内(Na)-Bo-O
の石けん繊維

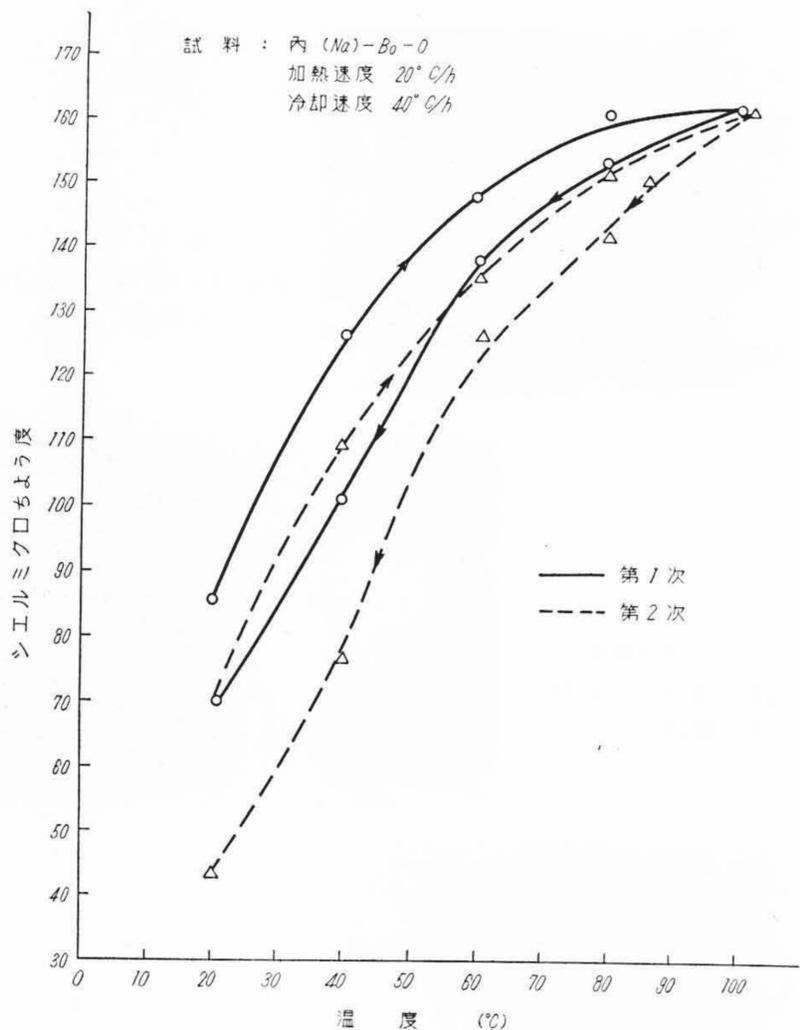
約2倍に増大している。この例はグリース構造を形成するスポンジ基剤の分断による流動化、離油度の増大が起った場合の典型例である。

第8,9図は同じくナトリウム石けん基グリースであるが、前者とは異なり石けん繊維は縄状によじれて樹枝状に発達している。これを20°Cでせん断試験を行なうと太い部分も細い部分も分断されており、第7図に例示した場合とは趣を異にするが処女試料に比較すれば相当に分断されたことがわかる。この状態でグリースのちょう度はほとんど変化していない。また離油度は処女試料の約70%に減少している。すなわちスポンジ基剤がたとえ分断されても、それがただちにちょう度に影響せず、必ずしも離油度を増さない場合の一例である。

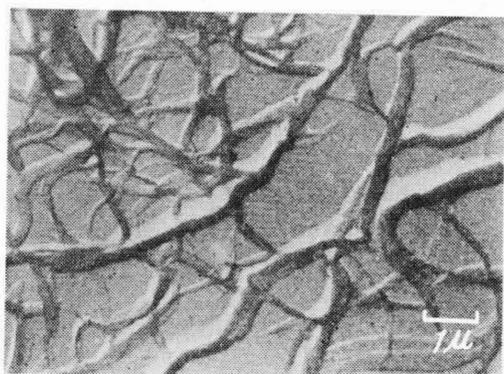
5.1.2 加熱冷却効果

第10図は前記第6,7図のグリースについて80°C加熱せん断試験を行なった場合であって、第6図に示す処女試料に比較し分断は認められず、逆に巨大に発達し全体的に大きな網目構造に変わったことが注目される。この状態でグリースのちょう度は処女試料に比較し減少している。また離油度はあまり変化していない(前出第2,3表参照)。なお第10図は80°Cせん断試験後ただちに同温度で電子顕微鏡観察を行なうことは技術的に困難であったので20°C前後まで徐冷してから観察したものである。

次にせん断応力を加えず静的に加熱冷却履歴を与えた場合のちょう度変化を追跡し、かつ石けん繊維を観察すると、上例と同じグリースについて第11,12図の結果がえられる。第11図は加熱冷却過程で所望温度に1h保ってちょう度測定を行なった結果である。ちょう度はヒステリシス的に変化し、かつ非可逆的であって加熱冷却サイクルのくり返しにより次第に硬化する。すなわち第11図において最終的ちょう度は20°Cで処女試料の約1/2となっている。この実験終了後に観察した石けん繊維は第12図のとおり



第11図 加熱冷却過程におけるちよう度測定例



第12図 20~100°Cに加熱冷却した内(Na)-B₀-Oの石けん繊維

であって、前記第10図によく似ている。

これらより80°Cせん断試験後にみられる石けん繊維の変質、巨大化はせん断試験中に起ったのではなく、試験を終り20°C前後まで徐冷される間に、一度分断されたのが再結合して発達生長したものとみなすべきであろう。また前記した80°Cせん断試験後のグリースのちよう度がナトリウム石けん基系において、処女試料に比較してあまり変わらず全般的に硬化の傾向を示す一因は、熱効果によりスポンジ基剤たるナトリウム石けんが変質し、処女試料よりも強固な網目構造になるためと思われる。(4.1.2参照)

5.2 リチウム石けん基系グリース

5.2.1 せん断試験による石けん繊維の分断

第13, 14図に観察例を示す。これは短いロット状の石けん繊維で大部分が1μ前後の長さにそろっている。20°Cのせん断試験により1μ以上のものは明らかに分断されている。この状態でグリースのちよう度、離油度はともに若干増大している。他方第15, 16図はリボン状の細長い石けん繊維が、せん断試験により1μ前後に分断された例である。この場合のちよう度、離油度はともにあまり変化していない。すなわちリチウム石けん基系においてもナトリウム石けん基系と同様に、石けん繊維の分断状況とグリースのかたさの変化とは必ずしも密接に対応しない。

5.2.2 加熱冷却効果

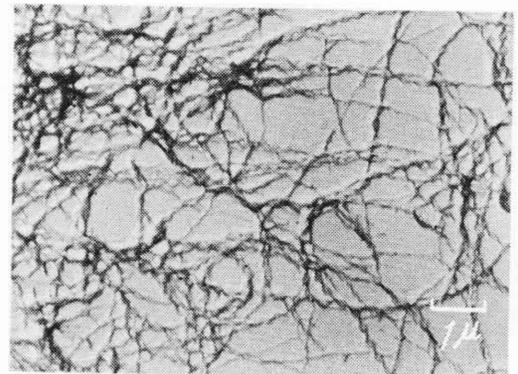
第17, 18図は80°Cせん断試験前後のリチウム石けん繊維を観察した一例である。せん断試験後のものは明らかに分断されてお

(処女試料)
第13図 内(Li)-C₂-1の石けん繊維



(20°Cせん断試験後)
第14図 内(Li)-C₂-1の石けん繊維

(処女試料)
第15図 外(Li)-A₁-1の石けん繊維



(20°Cせん断試験後)
第16図 外(Li)-A₁-1の石けん繊維

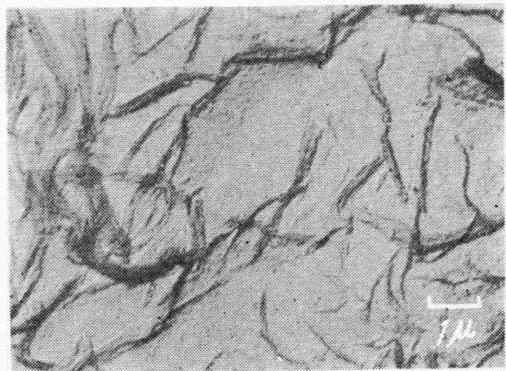
り、前記したナトリウム石けん基系にみられたような再結合、巨大化は起らない。この状態でグリースは流動状を呈し離油度は約2倍に増大している。

リチウム石けん基グリースが一般に20°Cのせん断試験では軟化しにくく安定でも、80°Cのせん断試験では軟化傾向が大きく流動化するものがまればない事実は(4.1.2参照)熱影響による石けん繊維の生長が起りにくく、単にせん断効果をうけるにとどまるためであり、せん断条件として高温試験のほうが過酷なためと理解される。

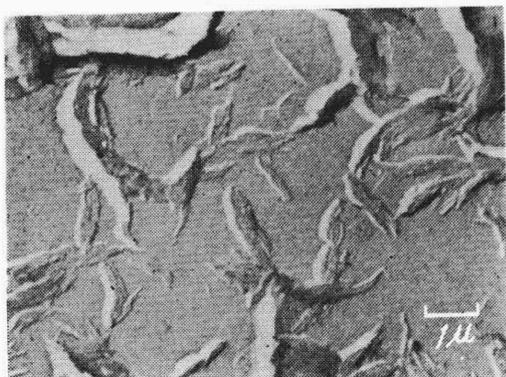
6. 石けんに対する熱効果と相転移現象について

ナトリウム石けん基系グリースとリチウム石けん基系グリースに対する熱効果は著しく異なることを示したが、これは石けんの相転移現象に関係があると考えられる。

すなわち A. S. C. Lawrence その他の研究者⁽¹⁶⁻¹⁹⁾により行なわれた石けんの相転移に関する研究結果から、高沸点液体中で石けんを加熱すると高温で等方性溶液、これより低い温度 T₁ 以下でゼリー状、さらに低温の T₂ 以下では微結晶のサスペンションとなることが見出されている。T₁, T₂ は転移温度であり、石けん単独、石けん-油系において温度変化により異なった相が存在し、相転移温度は石けんの分子構造、加熱または冷却過程で異なることが知られ



(処女試料)
第17図 内(Li)-C₃-1の石けん繊維



(80°Cせん断試験後)
第18図 内(Li)-C₃-1の石けん繊維

ている。また最近ナトリウム石けん基グリースのゲル化に対し油の組成、不純物が影響するとの報告もある。この石けんの相転移とグリースの物性変化との関係はまだ明らかにされたものはないが、相転移温度に関する従来の測定例を集めてみると第4表のようになっている⁽¹¹⁾⁽¹⁷⁾⁽²¹⁾。ナトリウム石けん、特に工業的ナトリウム石けんの相転移温度は45, 87°Cの低温部にもあり、かつ多くの転移点が見出されている。これに反しリチウム石けんでは高温部にあり、かつ相転移点が少ない。これらの個々の相転移温度がグリースの物性に関連してどのような意味をもつかは不明であるが、本報における試験温度の範囲が20~80°Cであることを考えると、ナトリウム石けんにおける低温部の相転移温度は結晶転移に関係があろう。グリースの石けんがゼリー状から結晶に転移する温度以上に加熱されると石けん分子の再配列が行われ、これがそのまま冷却されると、結合が強くもとのグリースとは異なった弾性固体になることは、日本石油株式会社の長野氏も述べている⁽¹⁷⁾。

以上よりグリース中の石けんの相転移温度は実用上重要な意味をもつと考えられる。またナトリウム石けん基グリースの高温特性はリチウム石けん基グリースにほぼ匹敵するとの説があるが、本報の実験結果より疑問である。既報にグリースの低温起動特性について報告した際⁽²⁰⁾、ナトリウム石けん基系の低温使用限界として経験的に知られている値が、MIL Spec. による低温起動性試験結果、その他の研究結果と合わないことを指摘したが、実用中の加熱冷却履歴が問題のように思われる。さらにナトリウム石けん基グリースのある種のもので、20~60°C常温運転のベアリングにおいて予想外に早く硬化し潤滑事故を起す例もある。従来グリースに対する熱履歴効果は看過されがちであるが本報の実験結果よりこれが重要であることを指摘できると思う。

7. 結 言

本報の実験結果よりグリースのスポンジ構造に対する機械的せん断試験は、従来行なわれているような25°C前後の常温試験のみでは不十分であり、実用条件を考慮した試験温度を選ぶことが必要であると考えられる。またグリースの実用上機器の起動停止に基く加熱冷却効果に留意しなければならない。

第4表 石けんの相転移温度測定例⁽¹¹⁾⁽¹⁷⁾⁽²¹⁾

石 け ん の 種 類	相 転 移 温 度 (°C)
純 Na ステアレート	87~93, 113~118, 129, 140, 198, 243~250, 272, 280
工業的 Na 石けん	45, 87, 196, 218, 260
Li-12-ヒドロキシステアレート	158~162, 204~207
工業的 Li-12-ヒドロキシステアレート	157
純 Li ステアレート	加熱時 99, 176, 207 冷却時 96, 116, 188, 206
70% Li ステアレート+30%Li-12-ヒドロキシステアレート	加熱時 171, 193 冷却時 120, 185
30% Li ステアレート+70%Li-12-ヒドロキシステアレート	加熱時 190, 194 冷却時 145, 186

さらにグリース構造の熱安定性については従来滴点の高低をもって指標としているが、本報に明らかなように滴点のみで判断することは危険であり、スポンジ基剤の熱的変質にも注目する必要がある。

これらよりグリースの高温使用限界、低温使用限界は単に処女試料に対する実験結果にのみ依存したのでは決定できないことも明らかであろう。

なお現在市販の内外各種モートル用ベアリンググリースについては、熱的機械的にその構造が安定なグリースはまだ少ないといわねばならない。

終りに、本研究の遂行に多大のご援助を賜った日立製作所亀戸工場、多賀工場の関係各位、島田課長に対し厚くお礼申しあげる。また終始ご指導ご激励いただいた日立研究所三浦所長、高橋部長に深甚の謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) ASTM D 217-52 T.
- (2) Federal Spec. VV-L. 791 e, 313 • 1
- (3) Shell Test Method Series No. 479/48
- (4) J. D. Smith: NLGI Spokesman 19, 8 (Nov. 1955)
- (5) H. A. Wood & H. M. Trowbridge: NLGI Spokesman 19, 29 (Aug. 1955)
- (6) R. J. Moore & A. M. Cravath: Ind. Eng. Chem. 43, 2892 (1951)
- (7) A. Charler: NLGI Spokesman 20, 16 (Jan. 1956)
- (8) H. Leet & L. C. Brunstrum: NLGI Spokesman 20, 19 (Feb. 1956)
- (9) B. John: NLGI Spokesman 19, 23 (Oct. 1955)
- (10) 茂庭, 友部, 高橋: 日立評論 42, 657 (昭35-6)
- (11) 小口: 昭石技報 3, 1 (Dec. 1959)
- (12) E. R. Booser & E. G. Jackson: NLGI Spokesman 20, 8 (Feb. 1956)
- (13) たとえば B. B. Farington: NLGI Spokesman 20, 24 (Feb. 1956)
- (14) JIS K 2560
- (15) Federal Spec. VV-L, 791 e, 321-1
- (16) A. S. C. Lawrence: J. Inst. Petroleum 24, 207 (1938), 31, 305 (1945)
- (17) 長野: 日石技報 8, No. 11, 811 (1956)
- (18) F. H. Stross & S. T. Abrams: J. Am. Chem. Soc. 73, 2825 (1951)
- (19) M. J. Vold, G. S. Hattiangdi & R. D. Vold: Ind. Eng. Chem. 41, 2539 (1949)
- (20) 茂庭, 友部: 日立評論 Vol. 43, No. 7 (昭 36)
- (21) F. D. Forster: NLGI Spokesman 19, 8 (Nov. 1955)