

電動機用グリースの検討(第3報)

—低温性能について—

Studies on Greases for Electric Motors (Part 3)

—Low Temperature Performance—

茂庭喜弘* 友部友綱*

Yoshihiro Moniwa

Tomotsuna Tomobe

内 容 梗 概

内外各種の電動機用グリースについて低温起動試験を行い、グリースの組成上これに関連すべき二、三の因子を検討した結果、処女試料の低温起動性は基油の粘度および粘度指数により大きく左右されることを認めた。すなわちこれら二因子から低温起動性を推定しうる実験式が得られる。なお現市販グリースにつき製造者が提示している使用温度下限に触れ若干の問題があることを指摘した。

1. 緒 言

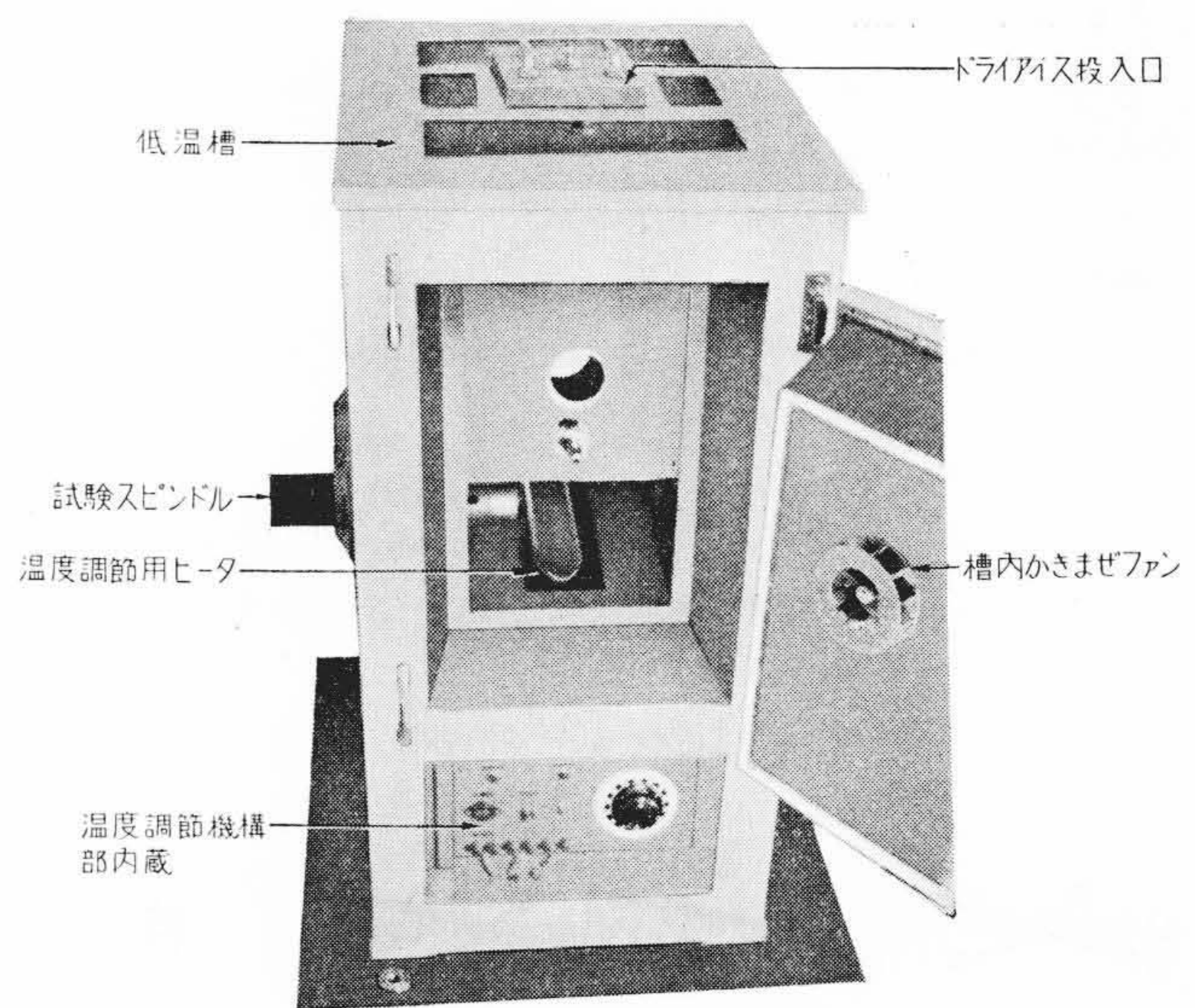
グリースの性能評価にあたって一般に行われるのは、その物理化学的性状試験、規格試験である。その試験法とわが国の現状および各種試験結果については第1報⁽¹⁾に述べた。これらの試験により一応の選択指針をうることはできるが、グリースを静的状態において試験する場合が多く、実際のころがり軸受における動的性能、使用寿命の推定などには十分でない。このためさらにしばしば実用的試験が行われるが、単なる実用的試験にのみ終始するのでは普遍的結論を得にくい。したがって筆者らはグリースの各種性状と使用寿命との関連性、あるいは机上試験の意義などをいっそう明らかにする必要があることを指摘し、かかる実験例として第2報⁽²⁾に6204ボールベアリングによる100°C、10,000rpmの回転試験結果を紹介した。この実験では、グリースの蒸発、離油、酸化劣化などが寿命関連因子として重要であり、機械的せん断安定性の良否や滴点およびちょう度の貯蔵安定性なども使用寿命上軽視できないことを認めた。

他方ころがり軸受の回転に際してまず問題になるのは、起動トルク、摩擦回転モーメント、回転中の軸受温度上昇などである。これらに関する研究は従来油潤滑の場合について膨大なものがある⁽³⁾。しかして現在でも関連研究はきわめて多いが、グリースによる汎用ころがり軸受潤滑に関する研究に注目するとき意外に少なく、特にグリースの性状に着目した摩擦研究はほとんどみることがないようである。グリースにあってはスポンジ状構造物の種類およびそのミセル形態、含有油分の粘度、その油質、これらが配合されたグリースとしての物性は多種多様であって、ころがり軸受の運転性能もまた異なるものがある。さらに軸受内でグリースが受けるべき機械的せん断、かきまぜ作用による構造変化、周囲状況および軸受温度上昇に関連する熱履歴とグリースの物性変化、これらと摩擦あるいは寿命との関係も問題である。

グリースの実用上前記の関係が明らかにされない限り、その選択基準を明確にすることは困難といわねばならない。もちろんグリースの用途が広汎多岐であるとともに、化学的、機械的見地にたつ総合的研究が必要となるため、上記の問題を解明するのは容易ではない。現状においてはグリースの化学的研究と機械的研究とがそれぞれの分野で独立に行われる傾向にあるが、今後はこれらの研究者が密接に連携協力することが特に必要ではないかと考えられる。

かかる現状において日立製作所日立研究所では、グリースそのものの特性を吟味する一方、これところがり軸受における潤滑機構、運転性能との関連究明に努めてきた。軸受運転性能の一つとして低温性能があり、目下検討されつつある JIS ころがり軸受グリースの

* 日立製作所日立研究所



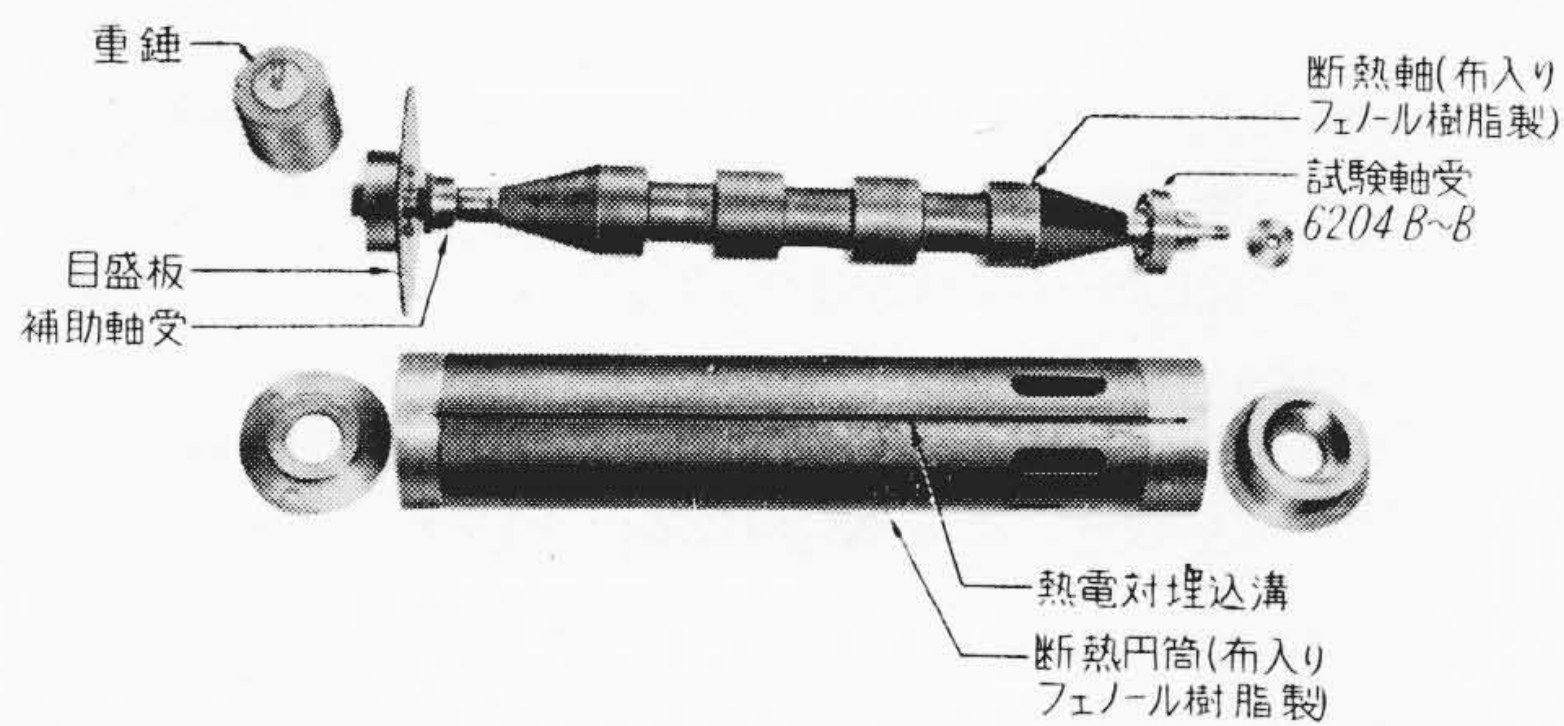
第1図 低温起動試験槽外観

審議委員会⁽⁴⁾においても問題になった。しかし現段階では関連データがきわめて乏しいため JIS に規定するに至らず、将来の課題として残されている。グリース使用者の立場からはその使用温度範囲の明確化を望むものであるが、現実に市販されているものについてこれは必ずしも明確でなく、かつ机上試験結果と製造者提示の使用温度範囲とははなはだしく異なる場合もあるため選択がむずかしい。わが国にはグリースの低温性能試験法として、アメリカ MIL 規格による低温トルク試験⁽⁵⁾が普及しつつあると聞くので、筆者らがこれによって実施した試験例を以下に報告し、その試験法の意義とグリースの選択に際して留意すべき問題点に触れ、おおかたの参考に資したいと思う。

2. 実験方法

2.1 試験機の概要

グリース潤滑によるころがり軸受の低温性能を吟味する方法は、すでにいくつか提案されているが^{(5)~(8)}、本報ではアメリカ MIL 規格に規定された低温トルク試験法によった。第1図は試験槽の外観、第2図は試験用スピンドルの写真である。ドライアイス起寒剤とする低温恒温槽と試験用スピンドル、温度調節装置その他よりなる。これらの詳細は MIL 規格⁽⁵⁾にゆずるが、主要部分である試験用スピンドルは一端に測定すべきグリースを充てんした 6204 B. B. (B. B. はボールベアリングの略号) を取付け、他端に補助 B. B.、目盛板、滑車、重錘を取付けるようになっている。試験用 6204 B. B.



第2図 試験用スピンドル外観

と補助 B. B. とはフェノール樹脂により断熱され、前者を低温槽中央部に位置せしめ、後者を槽外に出す。なおスピンドル円筒の縦みぞに熱電対を埋込み、その先端部を試験 B. B. の外輪に接触させ外輪温度を測定する。

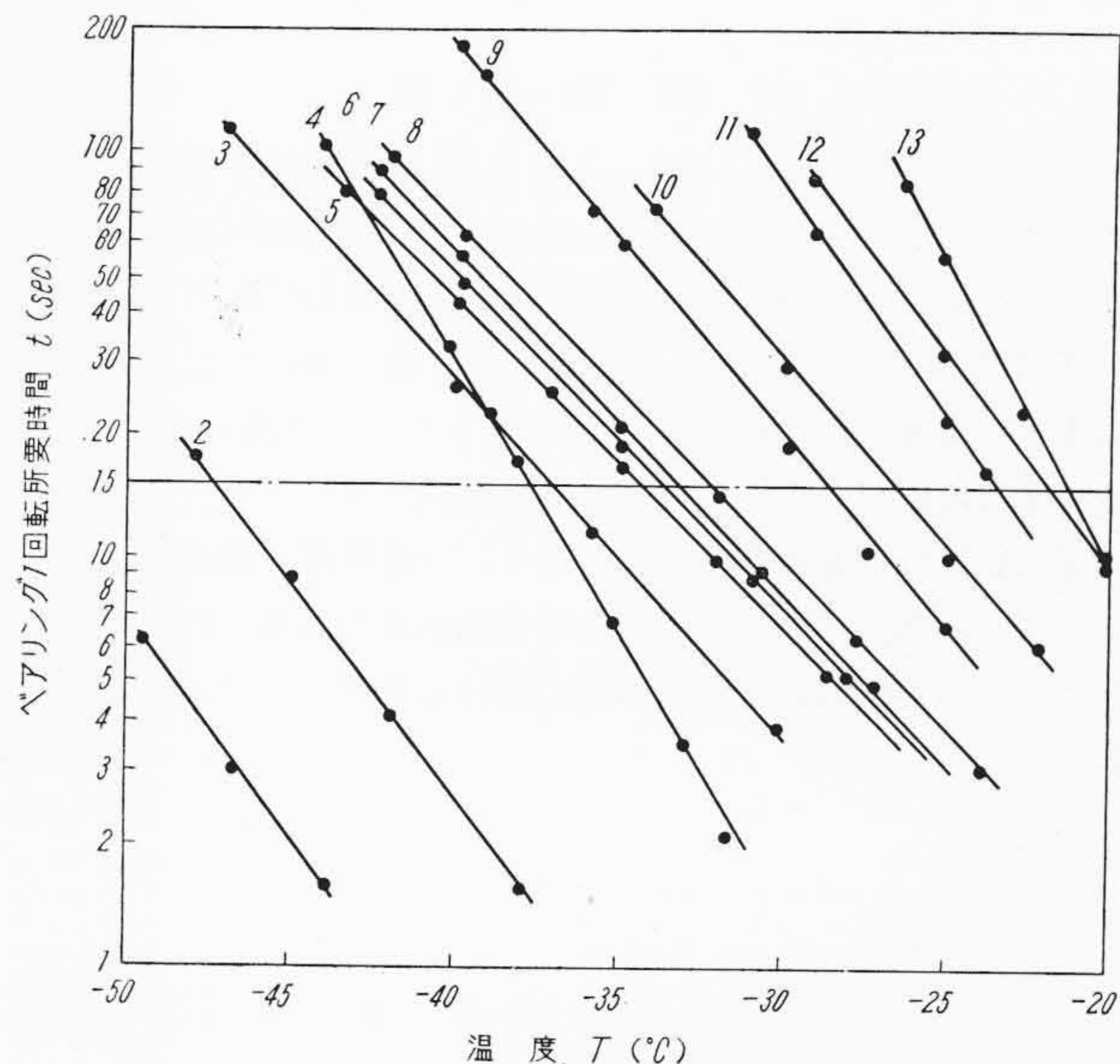
2.2 実験方法

試験B. B. (NSK, 6204B. Bを使用した)をベンゼンおよび石油エーテルで十分洗浄し70°Cで乾燥する。次にグリースを3 g (±0.05 g) 充てんし、B. B. を200rpmで正逆各回転方向に100回転させたのち試験スピンドルに装着し低温槽の所定位置にそう入する。測定温度に2時間保ったあと15分間隔で正逆各回転方向に1回転させる。

次に重錘によりトルク2 kg-cmで試験 B. B. を1回転させ所要秒数を測定する。正逆各方向につき測定した値を平均して試料に対する測定値とする。試験に用いるスピンドルの工作精度を検定し、測定結果の再現性を調べる必要があることはいうまでもないが、適正なスピンドルを使用すれば満足すべき再現性が得られる。

3. 試料

試料銘柄および二、三の性状試験値を第1表に示す。試料記号は第1、2報とまったく同じ使い方をしてある(第1表下段欄外参照)。第1表にあげた各種性状の試験法については第1報⁽¹⁾にゆず



- 1: 内(Na)-B1-0
2: 内(Li)-C1-1
3: 内(Na)-D1-1
4: 内(Li)-A-1
5: 内(Na)-A-0
6: 外(Li)-A-1
7: 内(Li)-C2-1
8: 外(Li)-D-1
9: 外(Na-Ca)-D-1
10: 内(Li)-B0-1
11: 外(Na)-C-1
12: 外(None)-G-x
13: 外(Li)-E-1 (MoS₂入り)
(内(Li)-B1-1, 外(Li)-C0-1, 外(Li)-C1-1, 外(Li)-F-1 などは -20~-50°Cで t<1 s)

第3図 各種グリースの低温起動性測定例

る。なお酸化安定度試験結果は圧力単位としてグリース関係では現在広く psi (1 psi=0.07031 kg/cm²)が採用されているので、本報でも比較の便宜上これによっておくことにした。またグリースの基油粘度は SUS (セイボルト粘度) および cSt (動粘度, センチストークス単位) によるものを併記したが、以下の記述に際しては便宜上 SUS を用いる。

第1表 試料

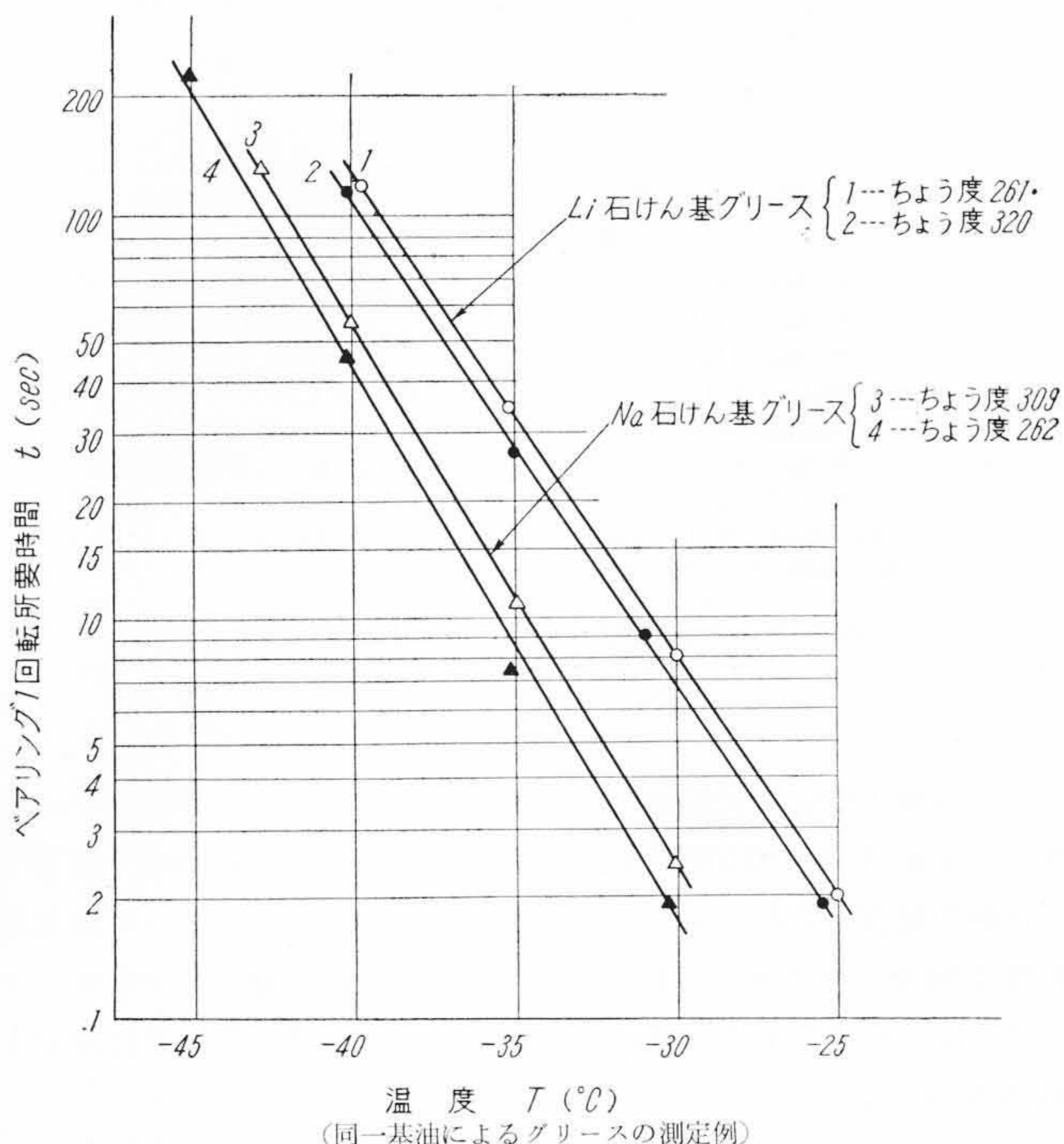
項 目		滴 点 (℃)	ASTM ちょう度 (混和60回)	基 油			離 油 度 (静的円錐法 100℃.50h)	蒸 発 量 (98.9℃, 22h)	酸化安定度 (98.9℃,500h 圧 力 低 下)
グ リ ー ス	基 油			粘 度 at 37.8℃		粘 度 指 数 (V I)			
記 号*					cSt		S U S	%	%
内 (Na)-B1-0	鉱 油	148	225	11.6	65	51	4.47	11.82	84 (30h)
内 (Na)-D1-1	鉱 油	183	260	36.6	171	31	2.70	1.72	40
内 (Na)-A-0	鉱 油	151	275	58.8	273	37	2.95	2.45	52 (100h)
内 (Na)-B5-1	鉱 油	191	282	51.8	240	—	3.82	0.86	10
外 (Na)-D-1	鉱 油	168	251	32.5	152	70	2.54	2.88	2.1
外 (Na)-C-1	鉱 油	202	290	300	1,350	97	3.83	0.22	19
外(Na-Ca)-D-1	鉱 油	192	308	107.9	500	—	5.61	0.71	16.5
内 (Li)-C1-1	鉱 油	199	277	32.5	152	97	9.79	1.04	2.6
内 (Li)-C2-1	鉱 油	206	237	103	478	100	5.48	0.61	8.0
内 (Li)-B0-1	鉱 油	199	282	83.3	387	43	3.49	0.69	16.5
内 (Li)-A-1	鉱 油	193	247	24.8	118	—	6.83	4.37	49
内 (Li)-B1-1	ジ・エステル	173	323	—	—	—	4.41	0.22	8
外 (Li)-A-1	鉱 油	195	267	100.1	464	69	4.11	0.63	10.5
外 (Li)-D-1	鉱 油	168	260	107.9	500	—	5.08	0.31	10
外 (Li)-C1-1	合 成 油	186	294	14.1	74.0	139	2.70	0.74	2
外 (Li)-C0-1	合 成 油	186	315	13.0	69.8	145	5.79	14.03	7
外 (Li)-E-1	鉱油+MoS ₂	183	244	—	—	—	5.63	0.19	5
外 (Li)-F-1	シリコン油	224	273	—	—	—	1.41	0.23	0.6
外 (None)-G-x	鉱 油	>282	313	—	—	—	—	0.33	26 (100h)
外 (None)-H-x	鉱 油	>254	300	—	—	80	—	0.77	22 (100h)
内 (Na)-C1-1	鉱 油	180	369	100.3	465	99	1.4	0.80	4.5 (100h)
内 (Na)-C2-1	鉱 油	183	262	100.3	465	99	2.0	0.80	5 (100h)
内 (Li)-C3-1	鉱 油	187	320	100.3	465	99	2.5	0.54	3 (100h)
内 (Li)-C4-1	鉱 油	185	261	100.3	465	99	2.0	0.60	3 (100h)

* 記号説明 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: 同前あり, x: 同前不明

** 1 psi=0.07031 kg/cm²

4. 実験結果

第 3, 4 図に例示する。グリースの組成 (銘柄) によって低温起動性は相違するが、現市販汎用電動機グリースは -30°C 前後で起動容易なものが多い。各種試料中内 (Li)-B₁-1, 外 (Li)-C₀-1~C₁-1, 外 (Li)-F-1 などは -50°C でも容易に起動し特にすぐれた低温起動性を有する。これらはジ・エステルまたはシリコン油のような粘度-温度特性 (後出) のすぐれた合成油を基油としたグリースである。内 (Li)-A-1 は低温兼用グリースでかなり低粘度の鉱油を基油としたものであるが、その低温起動性は到底前者らに及ばない。非石けん基グリースの低温起動性は一般に石けん基グリースよりも劣る傾向にある。



第 4 図 ちょう度および石けん基の種類と低温起動性

第 2 表 低温起動試験例

グリース	ベアリング 1 回転時間 t に対応する温度 (°C)			公称使用* 温度下限 (°C)
	t = 5 s	t = 10 s	t = 15 s	
内 (Na)-B ₁ -0	-49	-52	-54	-5
内 (Na)-D ₁ -1	-32	-35	-37	-15
内 (Na)-A-0	-28	-33	-34	—
内 (Na)-B ₅ -1	-24	-27	-29	-5
外 (Na)-D-1	-35	-38	-41	+5
外 (Na)-C-1	-19	-22	-23	-23
外 (Na-Ca)-D-1	-23	-27	-29	-18
内 (Li)-C ₁ -1	-43	-45	-47	—
内 (Li)-C ₂ -1	-27	-31	-33	-30
内 (Li)-B ₀ -1	-22	-25	-27	-20
内 (Li)-A-1	-34	-36	-38	—
内 (Li)-B ₁ -1	—	—	<-50	-40
外 (Li)-A-1	-28	-33	-34	-30
外 (Li)-D-1	-27	-30	-32	-30
外 (Li)-C ₁ -1	—	—	<-50	-54
外 (Li)-C ₀ -1	—	—	<-50	-73
外 (Li)-E-1	-17	-20	-21	-30
外 (Li)-F-1	—	—	<-50	-40
外 (None)-G-x	-17	-20	-22	-15 (-40)**
外 (None)-H-x	-23	-25	-26	—
内 (Na)-C ₁ -1	-32	—	-36	—
内 (Na)-C ₂ -1	-33	—	-37	—
内 (Li)-C ₃ -1	-28	—	-32	—
内 (Li)-C ₄ -1	-28	—	-33	—

* 製造者提示の値

** -40°C まで潤滑性良好, ポンプ給油方式には -15°C まで使用可とされる

向にある。

以上の実験結果を各グリースについて製造者提示の使用温度下限と比較すると、第 2 表に示すようにかなりの違いがある。この違いが何に起因するかが問題であるが、目下のところ上記使用温度下限の根拠は明らかにされていない。

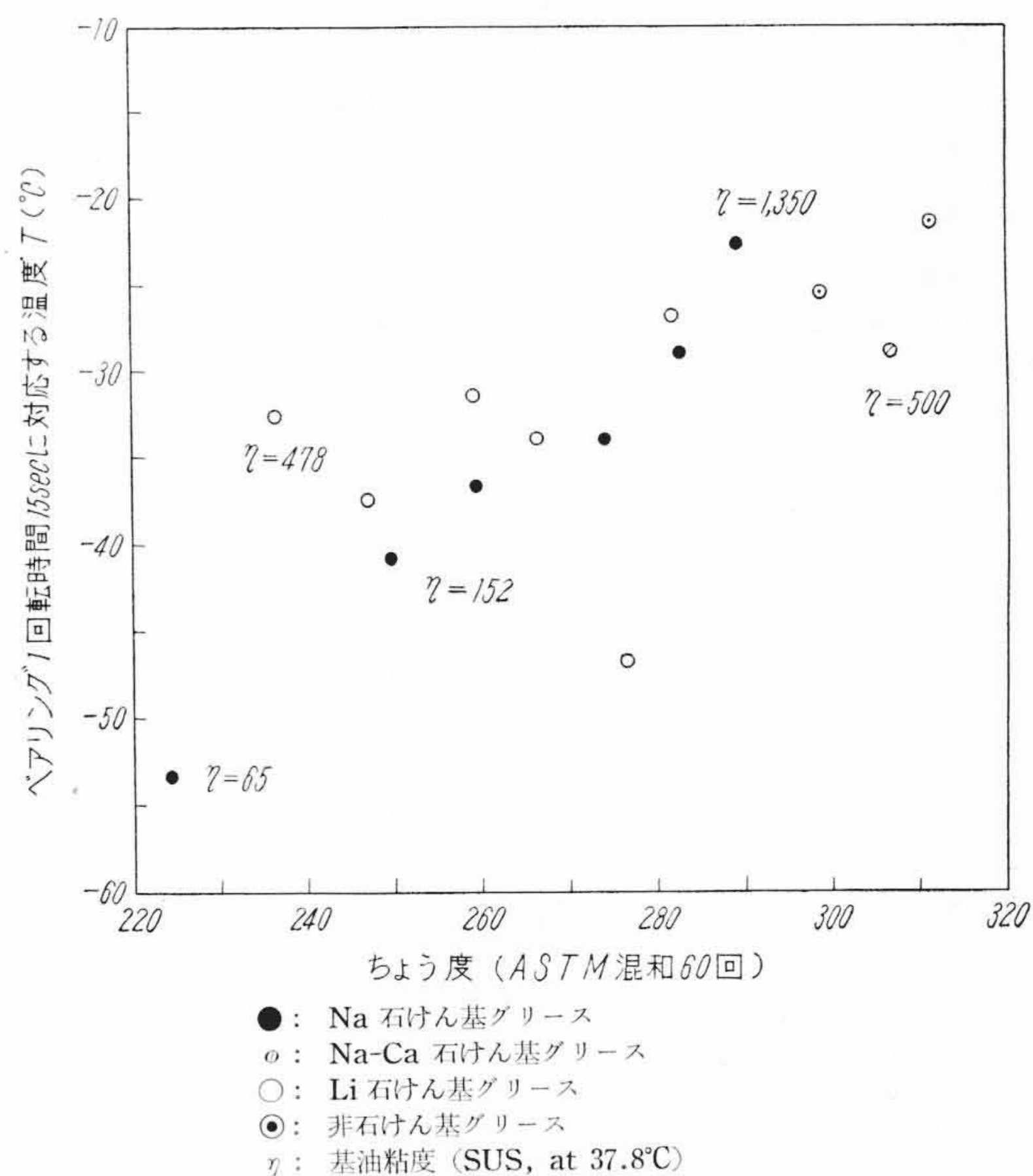
5. 二、三の関連因子について

グリースの組成上から考えられるおもな関連因子は、基油の性質、増ちょう剤の種類、およびこれらが配合されたグリースとしての物性などである。グリースの物性としてはこの場合ちょう度あるいは見掛け粘度などが問題にされるようである。

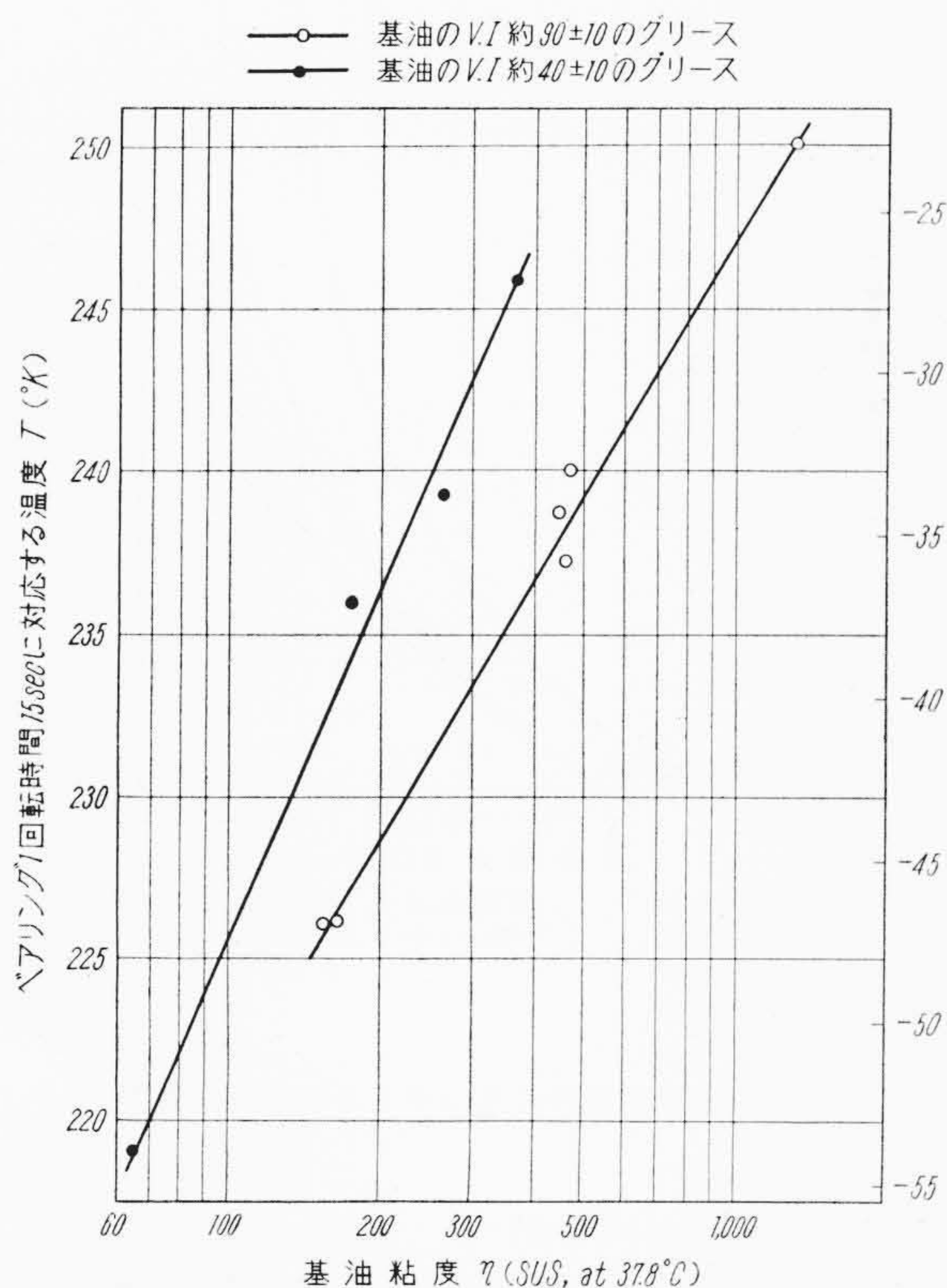
5.1 ちょう度の影響有無

たとえば集中給油システムにおいては配管抵抗が問題になり、見掛け粘度に注目を要するであろうが、本報の実験条件では低温に冷却されたボールベアリングに充てんされ、予備回転を与えられたグリースを対象としているので、ちょう度の大小がむしろ問題となりそうである。ころがり軸受グリースの JIS 委員会においても、ちょう度をもって低温性能を判断する際の一資料とすることができようとの議論があった。

本報の実験結果を整理すると第 4, 5 図をうる。第 4 図は粘度および粘度指数の等しい鉱油を基油とし、Na または Li 石けん基グリースにつきちょう度の異なるものを試作吟味した一例である。この場合のちょう度は汎用電動機グリースとして一般的な 260~320 のものとしたが、ちょう度の大小による差異は僅少であり、むしろ石けん基の違いによる差のほうがやや大きい。また Na 石けん基グリースと Li 石けん基グリースとでは、ちょう度の効果が逆転している。他方第 5 図は各種の増ちょう剤によるグリースを基油のいかにかかわらずプロットした例である。同図中に基油粘度の明らかなものにつきこれを付記しておいたが、ちょう度大なるものが低温起動性に劣るかにみえる。しかし第 4 図の結果と基油粘度の値とから、ちょう度の効果とは速断できず、基油粘度の効果があらわれたものと考えたほうがよいようである。すなわち不特定多数の銘柄を対象とするとき、ちょう度の影響は不定と考えるべきであろう。



第 5 図 ちょう度と低温起動性



第6図 低温起動性に及ぼす基油粘度の効果

5.2 基油と低温起動性

前節より低温起動性を支配すべき主要因子の一つとして、基油の粘度が問題になりそうである。よって本報に扱った試料中基油粘度および粘度指数が既知のものを検討すると第6図のようになる。第6図においては試験 B. B. を1回転せしめるに要する時間 $t = 15$ s に対応する温度 $T^{\circ}\text{K}$ をもって低温起動性を代表させたが、基油粘度の対数 $\log \eta$ と $T^{\circ}\text{K}$ とは直線的関係にある。しかしてこの直線の傾斜は粘度指数⁽¹³⁾によって変る。他方第2表(前出)に示した実験結果より基油に鉱油を用いるか、ジ・エステルまたはシリコン油を用いるかによって低温起動性は著しく異なり、後者らによるグリースの低温起動性は格段にすぐれている。すでに周知のとおりジ・エステル、シリコン油などの粘度-温度特性は鉱油よりもはるかにすぐれているものである。これらよりグリースの低温起動性は基油の粘度および粘度指数によって大きく左右されることが明らかである。

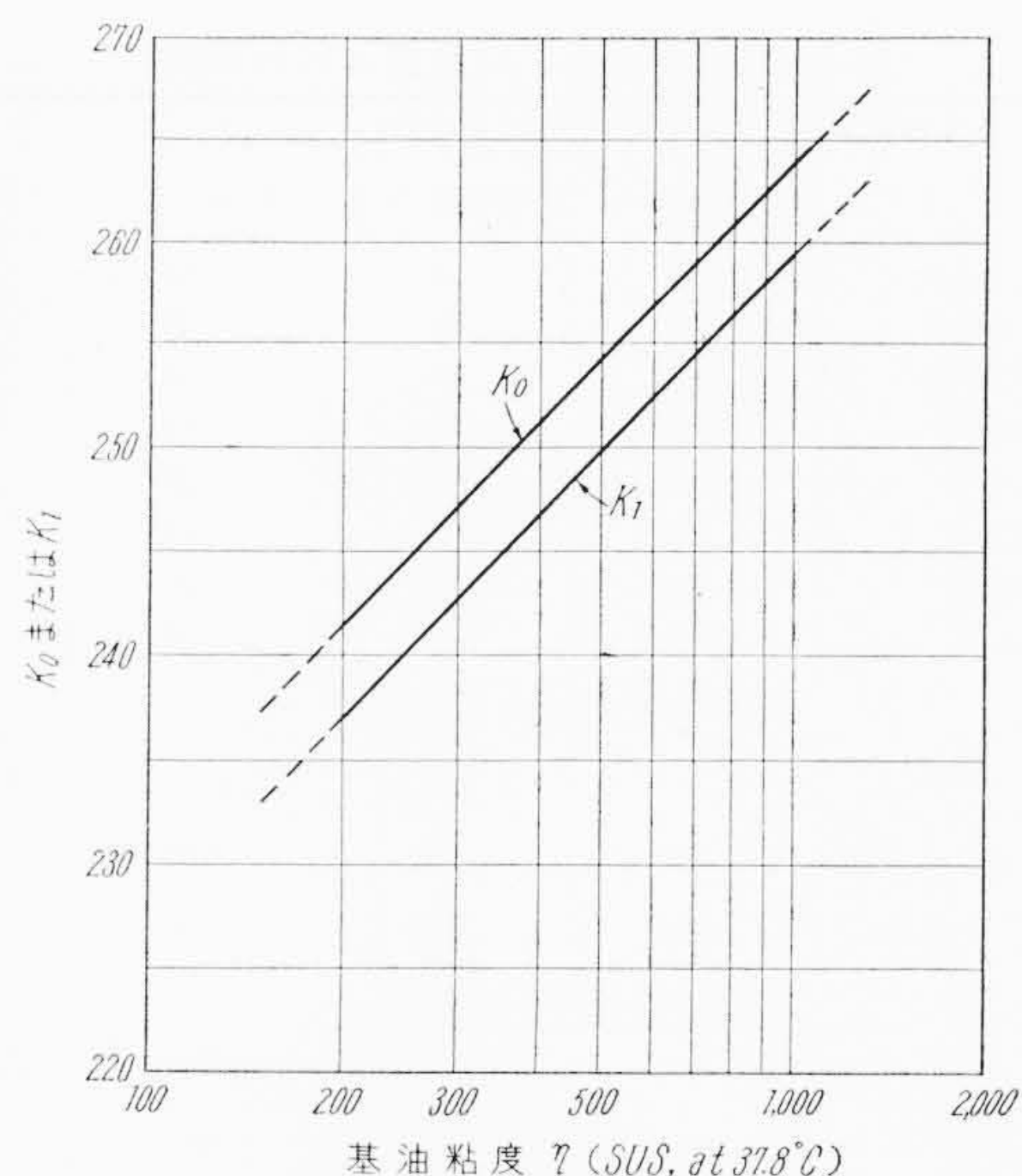
なお詳細は省くが第6図の $T^{\circ}\text{K}$ における基油粘度はいずれのグリースについても約 50×10^4 SUS 前後と推定される。この推定値は ASTM 粘度温度図表によったものでおおよぼな値に過ぎないが、基油粘度が約 50×10^4 SUS 以上になると起動しにくくなることを意味しており、E. G. Jackson & E. R. Booser らが出した見解⁽¹²⁾ とほぼ一致する。また第6図より粘度指数が一定の場合次の実験式を考えることができる。

$$\eta = a e^{bT} \dots \dots \dots (1)$$

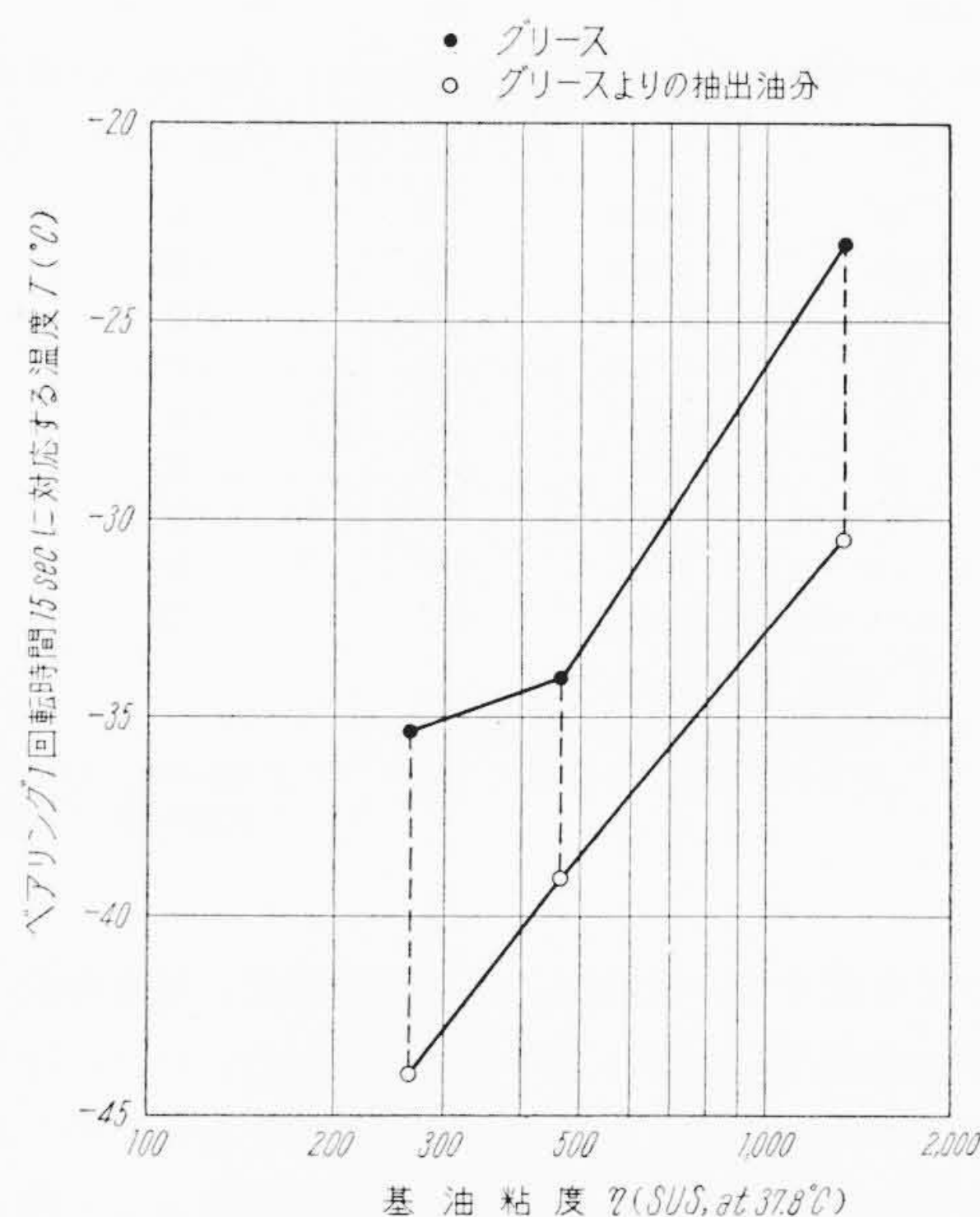
η : 基油粘度, SUS (at 37.8°C)

T : 試験 B. B. 1回転時間 15 s に対応する温度 $^{\circ}\text{K}$

(1)式を粘度指数によって補正すれば、基油粘度と粘度指数を知ることによりそのグリースの低温起動性を推定できる。グリースに用いられる基油は一般に鉱油であることを前提とし、その粘度指数は 0~100 の間にあるとしたとき、 η , T および粘度指数の関係は(2)式であらわすことができる。



第7図 基油温度と V. I. 補正定数 K_0 , K_1 との関係



第8図 グリースと抽出油分との低温起動性比較例

$$T = \left(\frac{\log \eta}{0.03765} + 176.8 \right) - \{ K_1 - (K_0 - 0.117 \cdot x) \} \dots (2)$$

x : 粘度指数

K_0 , K_1 : 基油粘度により異なる定数

K_0 , K_1 の値を第7図に示す。

(2)式による計算値と実測値⁽¹⁰⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾とは第3表に例示したように比較的よく合う(第3表中 A. E. Baker の実験結果のみ試験トルク 1 kg-cm, 試験 B. B. 1回転時間 $t = 60$ s に対応する温度であって、本報の実験条件とは若干違う。しかし(2)式による計算値に近似していることから、いずれの測定条件によっても結果はほぼ同じになるといえる)。なお(2)式はグリースの基油の粘度指数が 0~100 にあることを仮定しているが、第3表より粘度指数 150 付近の合成油を基油とするものについても一応の推定は可能である。

5.3 増ちょう剤の影響について

第8図はグリースと、このグリースから抽出分離した油分について低温起動性を比較した一例である。油単独の場合のほうが低温起動性がよい。グリースは油分 70~90% と増ちょう剤その他の添加剤とより成っているの、増ちょう剤の特性上油単独の場合よりも若干起動しにくくなるわけである。しかし前節および第8図の例より

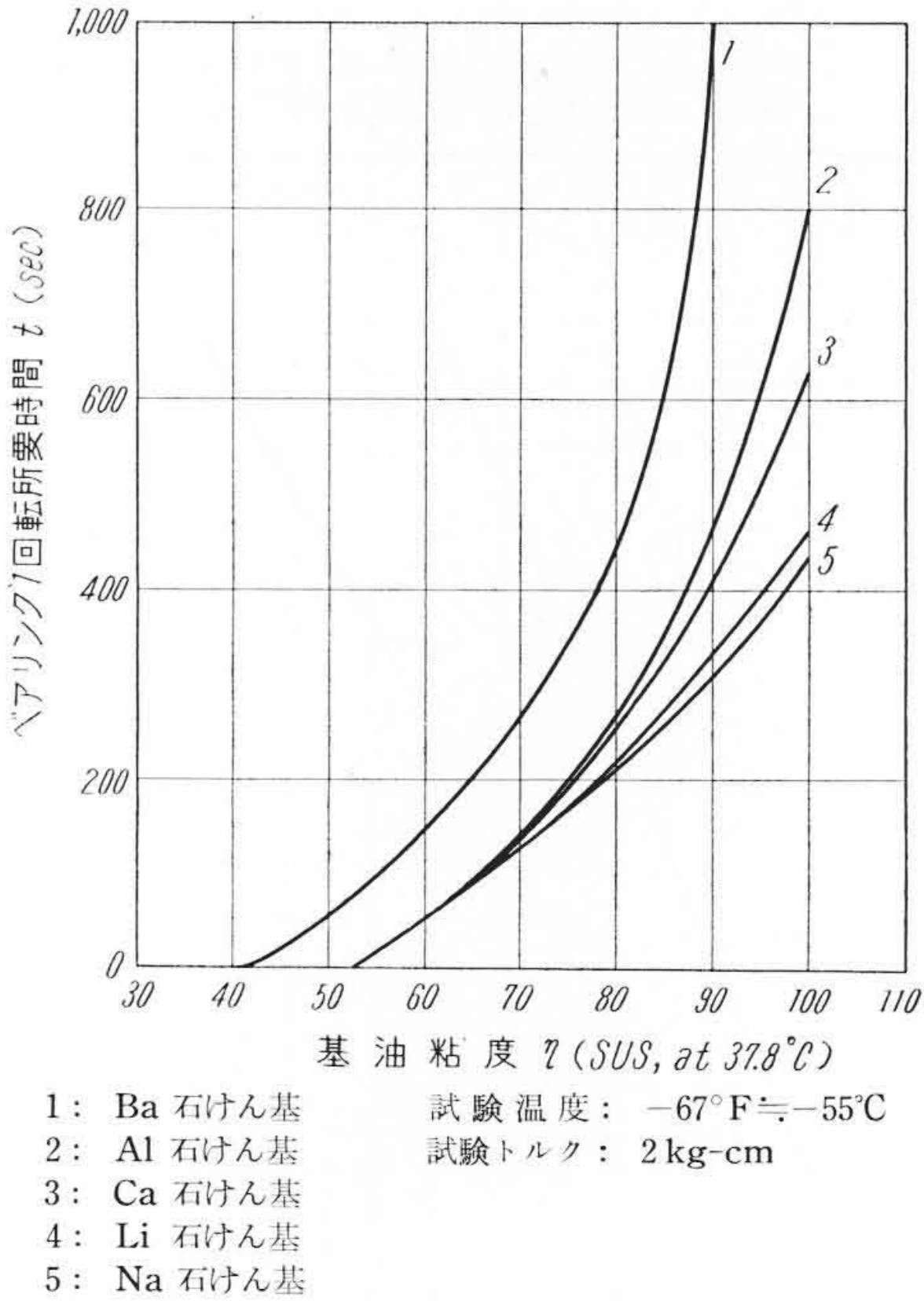
第 3 表 実測値と計算値との比較例

日立製作所日立研究所実測値との比較				
グ リ ー ス	基油粘度 η	粘度指数 (V.I.)	T _{obs} (°C)	T _{cal} (°C)
内 (Na)-B ₁ -0	65	51	-54	-51
内 (Na)-D ₁ -1	171	31	-37	-38
内 (Na)-A-0	273	37	-34	-32
外 (Na)-D-1	152	70	-41	-42
外 (Na)-C-1	1,350	97	-23	-20
内 (Li)-C ₁ -1	152	97	-47	-46
内 (Li)-B ₀ -1	387	43	-27	-28
外 (Li)-A-1	464	69	-34	-29
内 D社実測値との比較				
グ リ ー ス	η	(V.I.)	T _{obs} (°C)	T _{cal} (°C)
(None)-パラフィン油	437	103	-32	-35
(Na)-パラフィン油	180	120	-43	-46
内 C社実測値との比較				
グ リ ー ス	η	(V.I.)	-30°C起動性	T _{cal} (°C)
(Li)-鈹油	804	97.1	可	-25
(Li)-鈹油	478	99.7	容 易	-32
(Li)-鈹油	330	102	きわめて容易	-36
(Li)-鈹油	170	100	きわめて容易	-44
(Li)-鈹油	427	79	容 易	-31
A.E.Baker らの実測値との比較 (ただし * 試験トルク 1 kg-cm, t=60 s 対応温度)				
グ リ ー ス	η	(V.I.)	T _{obs} (°C)*	T _{cal} (°C)
(Na)-鈹 油	509.8	90	-27	-30
(Na)-鈹 油	310.6	63	-28	-35
(Na-Ca)-鈹 油	775.5	67	-26	-24
(Na-Ca)-鈹 油	177.3	65	-37	-40
(Li)-鈹 油	500.5	74	-28	-29
(Sr)-鈹 油	2,206	106	-23	-18
(Li)-ジ・エステル油	69.7	154	-62	-62
(Li)-シリコン油	440	152	-37	-39
(None)-シリコン油	324	157	<-73	-43

η : SUS, at 37.8°C
T_{obs} °C: 実測値, 試験トルク 2kg-cm
T_{cal} °C: 計算値, 試験 B.B.#6204, 試験トルク 2 kg-cm, t=15 s 対応温度
(t: 試験 B.B.1 回転所要時間)

低温起動性を支配する一次的因子は基油の粘度と粘度指数であって増ちょう剤の効果は二次的なものとみなされる。ただし以下の理由により増ちょう剤の効果は単純でなく軽視できないものである。

増ちょう剤には石けん類、有機高分子、無機粉末など種々のものがあり、同じ石けん類であってもその有機基あるいは金属基の種類、製造条件などによって、でき上りの石けんミセルの形態が異なる。また使用した基油の組成によっても石けんのゲル化状況が変るといわれている⁽⁹⁾。したがって増ちょう剤の低温起動性に及ぼす効果は個々の場合によってある程度異なる。さらに最近におけるグリースの相転移現象に関する研究によっても明らかとなっており、ある種の石けん基グリースは比較的低い温度範囲 (45~100°C) に相転移点を有するため、使用履歴による二次的物性変化を起しやすい。すなわちグリースにあっては油単独の場合よりも使用履歴に対しては十分留意しなければならないと考えられる。このように増ちょう剤の低温起動性に及ぼす効果については、単にその種類や製造条件のみならず使用履歴をも考慮する必要がある。しかし従来の研究例は未使用の処女試料に対するものであって、使用履歴を有するグリースに注目したものはない。他方現市販のグリースについて製造者が提示している使用温度下限は、第 2 表に示すとおり増ちょう剤の種類により著しく相違しており、本報の実験結果に近似する場合と近似しない場合とがある。すなわち本報の実験結果では Na 石けん基系と Li 石けん基系とでは大差ないのに対し、いわゆる使用温度下限は Na 石けん基系の場合高く、Li 石けん基系では低い。しかして後者の Li 石けん基系に対する使用温度下限は本報の実験結果に近似した値となっている。他方非石けん基系グリースに対する使用温度



第 9 図 低温起動性に及ぼす石けん基の影響⁽¹¹⁾

下限は必ずしも判然としていない。

一例として石けん基グリースの場合に注目し、従来の研究例を二、三紹介すると次のようである。壇、杉、岩佐氏ら⁽¹⁰⁾の低温トルク試験結果によれば、-30°Cでは Na, Li, Ba 各石けん基グリースの低温起動性は大差ない。しかし-40°Cになると Na および Ba 石けん基グリースが Li 系よりも悪化する。他方たとえば Boner⁽¹¹⁾が 40~100 SUS (at 37.8°C) の比較的低粘度油を基油とし、Ba, Al, Na, Ca, Li の各石けんを配したグリースにつき-55°C (-67°F) で実験した結果は第 9 図のとおりである。この場合 Na, Li 両石けん基グリース間にはほとんど大差なく、かつほかの石けん基グリースよりもすぐれている。また E. G. Jackson⁽¹²⁾ らが提唱した汎用電動機グリースの規格では、-31.7°C (-25°F) で起動容易であるべきことを要求し基油粘度を 500 SUS (at 37.8°C) 以下と規定しているが、石けん基は Na, Na-Ca, Li のいずれであってもよいことになっている。これらの個々の実験における石けんのミセル形態、製造条件、基油の性質などは必ずしも明らかでないため、相互に比較検討するのは困難であるが、全般的に本報の結果と類似しており、処女試料に対しては Na, Li 両石けん基グリース間の低温起動性は大差ないといえよう。しかるに製造者提示の使用温度下限はこれらの机上試験結果と必ずしも合わず、特に Na 石けん基系に対する使用温度下限は +5~-23°C となっており、実験値の -23~-54°C に比しかなり上回っている点が注目される。このような違いはグリースに対する低温起動試験が実用とは異なった条件で行われるのみならず、処女試料についてしか行われなかったためではないかと思われる。試験条件について考えてみると、本報に行ったような低温起動試験は単に低いトルクでボールベアリングが容易に起動するか否かをみるにすぎないのに対し、実用においてはより大きな荷重、きびしい速度条件などが加わる。したがって低いトルクで起動容易であっても実用上安全に運転を継続できるか否かはさらに検討を要する。一般には机上試験値に対し実用上許容さるべき使用温度下限は上回るであろう。この見地からは Na 石けん基系に対する製造者提示の使用温度下限が試験値よりも上回っているものが多いのはある程度理解できる。しかし試験値が -54°C のものに対し -5°C, -41°C のものに対して +5°C のように著しくかけ離れたものがある一方、両者とも -23°C で一致しているものがあり、後者の使用温度下限が実用

経験値に基づくものとはいえない節がある。他方 Li 石けん基グリースについては、試験値とほぼ近似した値をもって使用温度下限としているが、Li 系に限り低温性能が荷重や速度条件になら影響されないものかどうかは問題と思われる。

また、机上試験は処女試料についてしか行われないが、グリースの場合その使用履歴すなわちボールベアリングの回転に伴う機械的かくはん、せん断作用、起動停止による加熱冷却効果などによって、いわゆる酸化劣化以前に物性変化が起ることに注意する必要がある。筆者らは別にせん断安定性あるいは熱履歴効果などを検討したが、ある種のグリースはこれらの検討過程で著しい物性変化を起すことを認めた。特に Na 石けん基系では 80~100°C に加熱冷却するとき石けんミセルが巨大化し、硬化するものがある。したがって使用履歴を有するものは、処女試料よりも低温で起動しにくくなることは十分ありうることと思われる。Li 石けん基系は一般に機械的、熱的に安定なものが多いので、Na 石けん基系のように著しい物性変化をきたすものは少ない。これらより処女試料に対する試験値と製造者提示の使用温度下限のくい違いには、使用履歴有無の問題もあるのではないかと考えられる。

なお非石けん基グリースに関しては試料数も少なく、ほかに比較を求めるための実験例も目下ほとんど見当たらないので、ここでは本報の低温試験結果では石けん基グリースに比し低温起動性が劣る傾向にあることを指摘するにとどめる。

以上を要するにグリースの低温起動性に対する増ちょう剤の効果は、使用履歴を有するものについて多分に検討の余地があると考えられる。また机上試験の条件についても問題があり、MIL 低温トルク試験のごときは第一次の選別に便利であるが、この結果をもってただちに実用の使用温度下限を判定するのは早計に失する。さらにグリース製造者提示の使用温度下限は実用経験値によったらしいところもあるが、そうとはいきれない点もあり根拠がはっきりしないので、今後明確にされることを望みたい。

6. 結 言

MIL 低温トルク試験と同様な方法で電動機用グリースの低温起動試験を行った結果および二、三の関連因子について述べ、さらにこの試験の意義に言及したが、要約すると次のようである。

低温起動性に対しちょう度の影響は不定とみなされるが、基油の粘度および粘度指数は支配的であって、これらを知って低温起動性を推定できる実験式を得た。また増ちょう剤の効果については単にその種類、製造条件のみならず使用履歴によってこれが著しく変質する場合があることを考慮する必要がある。

他方製造者提示の使用温度下限は、本報の実験結果および従来の研究例とは必ずしも合わない。これは机上試験の条件が実用とは異なり、かつ処女試料についてしか試験されていないためと考えられ

るが、いわゆる使用温度下限なるものの根拠もはっきりしていないので今後これが明らかされれば幸いである。

なお汎用ころがり軸受グリースの JIS 委員会では、これに要求すべき低温性能、その試験方法については将来の問題として目下とり上げないことになったが、今後できるだけ速く解決する方向に進むことを期待している。本報に紹介した MIL 低温トルク試験は最近わが国に普及しつつあると聞かすが、この方法は本文中に指摘したとおりグリースの実用上になお問題があるにしても、第一次の選別には有用である。各種の MIL 規格グリースの試験に採用されており、G. E. Co など類似の方法によっている。ほかに適切な方法がないとすればまずこの試験の活用をはかるよりないであろう。ただし最終的に採用を決定するためには、さらに適切な低温回転試験を実施する必要がある。またわが国の気候条件より汎用グリースであっても処女試料について少なくとも -30°C で起動容易なことが望ましい。

低温性能に関し JIS に規格化されない現状においては選択に迷うことが多いが、既報までに一部紹介したような各種性状試験とともに使用実績などを検討し、さらに本報のような低温起動試験のほか回転試験を行い、これらを総合して一応の基準を設けるよりない。この際汎用という使用目的上低温性能のみならず、一般的性能にすぐれ、かつ長寿命を保証すべきはいうまでもない。

終りに本研究の遂行にあたり多大のご援助を賜った日立製作所亀戸工場森泉工場長、多賀工場土野工場長、久米部長および島田課長そのほか関係各位に厚くお礼申上げる。また終始ご指導ご激励いただいた日立製作所日立研究所三浦所長、高橋部長に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 茂庭、友部、高橋：日立評論 42, 657 (1960)
- (2) 茂庭、友部：日立評論 42, 876 (1960)
- (3) たとえば、日本機械学会誌 潤滑特集号 62, No. 482 (1959)
- (4) 第7回 JIS 一般グリース類専門委員会議事録 (昭 34-5-15)
- (5) MIL-L-15719 A (1952)
- (6) S. A. Pethric & H. S. Wood: Lubrication and Lubricants. 11 (1952), London
- (7) J. W. Peason: J. of the Inst. Petrol. 41, 290 (1955)
- (8) E. A. Baniak & R. S. Barnett: NLGI Spokesman 20, 9 (Aug. 1956)
- (9) G. H. Göttner: Schmiertechnik, Heft 1, S. 15-20 (1959)
- (10) 壇、杉、岩佐：丸善石油技報 No. 2, 79 (1955)
- (11) C. J. Boner: Manufacture and Application of Lubricating Greases 522 (1954)
- (12) E. G. Jackson & E. R. Booser: NLGI Spokesman 18, 8 (Mar. 1954)
- (13) JIS K 2284-1956
- (14) 長野、木村：日石技報 7, 923 (1955)
- (15) A. E. Baker, E. G. Jackson & E. R. Booser: Lubrication Eng., 7, 249 (Oct. 1953)



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の実用新案

登録番号	名 称	氏 名	登録年月日	登録番号	名 称	氏 名	登録年月日
527286	防 湿 形 回 転 電 機	甲 賀 正 三	36. 1. 14	527314	電 気 集 液 装 置	橋 本 清 隆	36. 1. 17
527298	推 力 軸 受	菊 地 弥 十 郎	"	527320	管 壁 フ ィ ン 装 置	金 越 前 谷	"
527304	多相全波乾式整流器の風冷装置	藤 藤 喜 久 雄	"	527321	管 壁 の フ ィ ン 装 置	内 藤 正 二	"
527307	交流巻上機における負荷対応装置	藤 木 勝 美	"	527336	発電機の自動電圧調整装置	小 野 田 芳 光	"
527309	弁 開 閉 装 置	平 野 重 光	"	527290	電 圧 変 化 検 出 装 置	鈴 木 昇 隆	36. 1. 17
527312	直 流 電 動 機 起 動 装 置	飯 塚 利 治	36. 1. 4				
		岩 城 秀 夫					
		岩 藤 全 二					

(66頁へ続く)