

## 潤滑油に就て

海軍燃料廠 景平一雄

總ての機械的作業の目的はエネルギーを損することなく最も有効に利用し所期の成果を得るにあり、然るに實際に於ては主として摩擦面の摩擦抵抗により多量のエネルギーを損失しつゝある状態にして、潤滑作用の目的は實に此抵抗を如何に小ならしむるかに存するなり

さて接觸面の摩擦には三つの種類あり、第一は兩表面が全く清淨なるもの(固體摩擦)、第二は軟かき固體或は液體の極めて薄き膜によりて蔽はれたるもの、第三は兩表面間に相當の厚さの液層が存在するもの(液體摩擦)にして、潤滑とは第一の固體摩擦を第二及第三の場合の摩擦に轉換せしむることを謂ひ、第二の場合を不完全潤滑作用(Incomplete or boundary lubrication)、第三の場合を完全潤滑作用(Complete or fluid lubrication)と呼ぶ、潤滑油は此摩擦の種類を轉換せしむる爲に用ゐらるゝものにして從て各々の潤滑作用を全からしむる爲に種々の性質が要求せらる

一般に摩擦面は完全潤滑作用の行はるゝ如く設計せらるゝも摩擦面の速度と荷重の調和を缺く場合、例へば機械の起動時、休止時及荷重著しく大なる場合、或は油の供給不充分なる場合等に於ては相當の厚さを持つ潤滑油層の形成困難にして油は極めて、薄き膜となり所謂不完全潤滑作用の領域に至る、故に斯かる場合に於ても尙よく金屬の直接接觸を防止して潤滑作用を全からしむる爲には、此薄膜が金屬面に鞏固に吸着し摩擦抵抗を減少せしむる性能を具備せざるべからず、此油膜構成力を一般にオイリネス(oiliness)と稱す、(此性能の單位に就ては未だ確定せるものなく薄膜の摩擦係數(潤滑係數) 潤滑係數(註一) 或は油の金屬に對する吸着熱(註二)を測定なし比較するを普通とす)

以上の如き吸着膜による潤滑は、固體摩擦の場合より摩擦抵抗を減少せしむると雖も、未だ相當大にして(第一圖參照)且運轉狀況の突發的變化により吸着膜が破壊せられて金屬面の損傷を起し易き恐れあるが故に、一般の機械に於ては、摩擦面は内部抵抗の少な

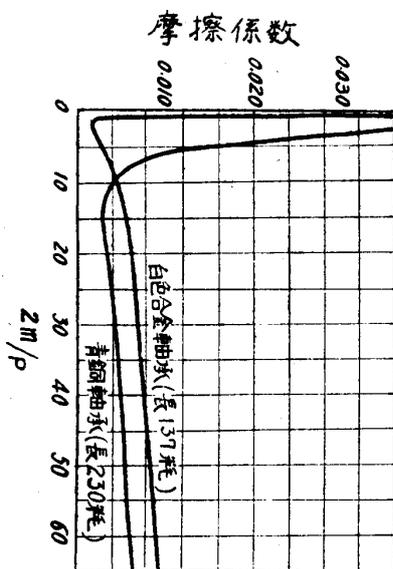
第一表 完全潤滑作用の臨界點<sup>(註4)</sup>

潤滑油の種類	荷重 (kg/cm <sup>2</sup> )	粘度 (kg sec/m <sup>2</sup> )	臨界速度 (n/min)
Gargoyle Arctic	32.5	0.01235	145
Shell B 21	"	0.0216	90
"	16.2	0.0221	45
Shell VD	32.5	0.0236	83
Winterachsenöl	"	0.0314	68
Gargoyl Mobil A	"	0.0344	66
Sommerachsenöl	"	0.0388	63
Gargoyle Mobil BB1	"	0.046	55
Dieselöl	"	0.0527	52
"	16.2	0.056	23
Gargoyle Mobil BB2	32.5	0.0548	46
"	62	0.034	142
Aspa Spezial	32.5	0.076	54.5
Rizinusöl	"	0.1108	27.5
"	16.2	0.0956	16.2
"	62	0.0615	95
Castrol R	32.5	0.1185	22
Aspa A	"	0.142	30.75
Aspa BB	"	0.234	13.3
"	62	0.185	32.4

第二表

油の種類	荷重 (kg/cm <sup>2</sup> )	粘度 (γ) (kg sec/m <sup>2</sup> )	速度 (n/min)	摩擦係数 (μ = k√ωη/p)
蓖麻子油	32.5	0.1108	27.5	k × 0.00098
Aspa A	"	0.142	30.75	k × 0.00186
" BB	"	0.234	13.33	k × 0.00100

第一圖



潤滑油特許號

潤滑油に就て

景平一雄

換言すれば摩擦抵抗に關係する因子には摩擦面の速度、荷重、遊隙、摩擦面の状態、給油量等種々あるもある定まれる摩擦面に就ては其摩擦係數(μ)は粘度(η)速度(n)荷重(p)の函数  $\mu = \frac{k}{D} \sqrt{\frac{\eta n}{p}}$  にて表すことを得、今摩擦面が滑動を始めし後の摩擦係數の變化を  $\frac{\mu}{D}$  との關係曲線よりみるに第一圖に示せる如く、摩擦係數は摩擦面が滑動し始むるや急激に減少し或最小値に達し以後漸増す、此最小値を不完全潤滑と完全潤滑との臨界點と呼び、臨界點の左側が不完全潤滑、右側が完全潤滑の領域に屬す<sup>(註3)</sup>

き液體によりて完全に金屬を引離し、所謂完全潤滑作用を行はしむる必要あり、而して金屬面間に相當の厚さを持つ油層を形成せしむる性能は液體の内部抵抗なる粘稠性に基くものなり、故に潤滑油の粘稠性を大にすれば油層の形成を容易ならしむるも反面内部抵抗を増加せしむる結果となる、此外完全潤滑作用に於ける油層形成に依る因子、

此臨界點に對しては油の粘度が關係する（第一表參照）のみならず油膜構成力も影響することは第一表の測定値を用ゐて  $\mu = k \sqrt{\frac{a}{v}} \sqrt{P}$  の式より摩擦係數を算出する時（第二表參照）  $\frac{a}{v} \sqrt{P}$  に相當する値が粘度と直接關係せざる所より推定せらるべし、而して摩擦抵抗によるエネルギー損失の最小なるものは臨界點に於ける潤滑作用なるも、機械運轉の突發的變化を考慮する時實際に於ては臨界點に對し或安全係數を乗じたる摩擦抵抗に於て完全潤滑作用を行はしむる必要を生ずべし、從て臨界點に及ぼす油の粘度、油膜構成力、摩擦面の速度、荷重、表面の狀況、遊隙、給油量等の組合せられたる影響及實際の場合に必要な安全係數が決定せらるゝ時初めて潤滑油の合理的な用法、換言すれば速かに完全潤滑作用に移行し、而も摩擦抵抗の少なき所に於て安全に潤滑作用を行はしむる方法が確定せらるべし

尙粘度及油膜構成力の二者は實際の場合種々異なる温度にある摩擦面が同一油にて潤滑せらるゝ場合多きのみならず、給油上より考慮するも温度による變化の小なること必要なり

一方潤滑油は使用中に空氣中の酸素により酸化作用を受く、之は更に熱、壓力により又水分、金屬の存在により一層促進せらるゝ、その結果として酸性物質、鹼化性物質及油に不溶性の重合物質を生成し遂に機械の圓滑なる運轉を困難ならしむるに至る、第三表、第四表は夫々タービンに用ゐたる油が其種類により使用し得る時間に大なる相違あること及自動車に用ゐたる油が其種類により變質に著しき相違あることを示せるものにして、潤滑油として特に同一油を長時間使用する油に於ては使用中變質少なき化學的性質（安定度）が極めて重要なことを知るべし

第三表 タービン油實用試験成績(註6)

試驗番號	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	W <sub>1a</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>3a</sub>	W <sub>3b</sub>	Ora <sub>1</sub>	Orhb <sub>1</sub>	Orvc <sub>1</sub>	Orve <sub>1</sub>	Orvf <sub>1</sub>	Orx <sub>2</sub>	Orxh <sub>1</sub>	Orx <sub>3</sub>	
發生力量(KW)	14,000	14,000	4,600	2,300	5,700	3,000	3,000	3,000	10,000	13,000	20,000	5,000	12,800	5,000	2,500	16,000
回轉數(n/min)	1,500	1,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	1,500	1,500	1,500	3,000	3,000	1,500	1,000	
壓力(atm)	13.5	13	12	12	12	12.5	12.5	18.5	13	14	11	14.5	13	14.5	13	
蒸氣溫度(°C)	324	336	300	275	300	325	325	330	290	320	270	310	300	316	320	
運轉狀況	不連續	不連續	不連續	連續	連續	—	—	連續	不連續	連續	連續	不連續	不連續	連續	連續	
供試油量(Lit.)	2,850	2,850	1,200	550	3,500	900	875	2,660	2,585	3,260	1,490	1,300	1,590	2,560	2,860	

潤滑油性状	製法		新式	舊式	獨及 亞硫酸 酸性白土	南米 左	露左	露左 *米(ベネツ ルグアニア)	露左 *米(ベネツ ルグアニア)	露左 *米(ベネツ ルグアニア)	米及 硫酸 酸性白土	Pure Oil Co. N.Y. 硫酸	米	露 硫酸	北米 炭骨	米及 硫酸 酸性白土	*米(ベネツ ルグアニア)	獨及 硫酸 酸性白土
	比重(20°C)	粘度(50°C)																
凝固點	—	—	—6	-15以下	—	-7	-14	-9	-9	-9	-8	-10	-4	—	-6	-15	—	-15
灰分	0.006	0.002	0.006	0.002	0.04	0.11	0.03	0.06	0.06	0.14	0.008	0.008	0.010	0.008	0.014	0.008	0.004	0.008
酸化價	0.46	0.11	0.46	0.11	0.04	0.11	0.03	0.06	0.06	0.14	0.14	0.13	0.06	0.05	0.08	0.10	0.10	0.04
酸價	0.86	0.38	0.86	0.38	1.99	0.84	0.33	—	—	0.52	0.00	0.52	0.56	0.53	0.22	0.14	0.14	0.17
カーネル價	0.09	0.03	0.09	0.03	0.15	0.19	0.06	0.06	0.06	0.13	0.13	0.14	0.36	0.07	0.06	0.13	0.11	0.14
酸のカーネル價(Vt)	0.38	0.13	0.38	0.13	—	—	—	—	—	0.44	0.31	0.31	0.60	0.35	0.29	0.25	0.30	0.30
Vt-Tz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.31	0.31	0.17	0.24	0.13	0.29	0.12	0.19	0.16
硫酸吸収量(%)	—	—	—	—	18	25	5.6	13.0	13.0	5.3	10.8	12.8	5.0	7.0	10.0	10.3	7.8	7.8
使用時數	13,402 →	8,494	2,000	3,700	12,400 →	16,450 →	14,000 →	10,000 →	23,000 →	13,000	5,000	13,900 →	10,000 →	8,000 →	11,000 →			
比重(20°C)	0.907	0.934	0.921	0.905	0.900	0.901	0.902	0.919	0.887	0.911	0.893	0.882	0.887	0.914	0.864			
粘度(50°C)	5.56	6.4	4.2	4.3	3.6	3.7	3.8	3.9	2.9	4.0	3.3	3.3	3.3	3.1	2.9			
價	1.5	0.6	1.2	0.6	0.4	0.3	0.4	0.9	1.2	2.5	0.2	0.8	0.2	0.8	0.6			
酸化價	4.8	4.2	5.7	5.8	1.2	1.2	1.8	2.8	3.2	5.8	0.5	2.8	0.5	2.8	2.9			
カーネル價	0.6	0.7	1.6	1.9	0.5	0.7	0.9	0.96	1.45	2.3	0.1	0.9	0.1	0.9	0.6			
灰分	0.02	0.07	0.00	0.10	0.00	0.01	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—			

(註) →印は使用継続中の意味なり

第四表 モビール油實用試験成績(註?)

種類	ペンシルヴァニア産		ペンシルヴァニア産 (Bright Stock) 露國産の混合油		市販油 I		市販油 II		米地 國中 産	市 販 油 III
	新	自動車走行 5,000軒 10,000軒	新	自動車走行 5,000軒 2,000軒	新	自動車走行 5,000軒	新	自動車走行 5,000軒		
比重(26°C)	0.887	—	0.913	—	0.933	—	0.924	—	0.938	0.932
引火點 (°C)	245	—	218	—	269	—	203	—	195	210
粘度 50°C (エングラー 一 度)(100°C)	13.8	—	12.8	—	13.1	—	8.2	—	8.2	6.9
酸化價	2.46	—	2.10	—	2.10	—	1.83	—	1.73	1.65
炭化價	0.08	0.144	0.012	0.22	0.032	0.23	0.018	0.20	0.018	0.021
ターナル價	0.04	2.0	0.15	2.3	0.19	3.9	0.15	3.2	0.18	0.15
酸化後のターナル價	0.021	0.32	0.12	0.61	0.21	0.86	0.14	0.62	0.06	0.12
炭化分	0.075	—	0.19	—	0.31	—	0.20	—	0.27	0.25
	0	0	0	0.41	0.12	0.66	0.01	0.31	0.10	0.02

其他潤滑油としては使用目的によりて、例へば内燃機關に使用せらるゝシリンダー油は氣筒内に炭素様物質の析出少なき性質、又冷却機械に用ゐらるゝ油は凝固點低きこと等夫々特殊の性質が要求せらるゝも潤滑油として具備すべき主要なる性質は上記粘度、油膜構成力及安定度の三者に歸す

然らば之等の三性質は化學構造と如何なる關係を有するか、先づ油膜構成力に就て見るに之は金屬表面に鞏固に吸着する性質を意味するものなれば化學的親和力の強き油は此性質に勝るべきものと豫想せらるゝ、直鎖狀化合物に就て見るに炭化水素よりアルコール、酸及エステルが大にして同種の化合物にありては分子量と共に増加す(第五表及第六表参照)、動植物油が潤滑油として使用せらるゝ意義はそれがエステル(主成分)及脂肪酸(少量)よりなりて油膜構成力の大なる點にあり、又之を礦物油との混成用に用ふるは礦物油の油膜構成力を補足せんが爲なり(第七表参照)、環式化合物の低級化合物にありては直鎖狀化合物と反對の現象が認めらるゝが(第



第七表 礦物油の摩擦係數に及ぼす植物油及脂肪酸の影響 (表10)

名 稱	摩擦係數	名 稱	摩擦係數
礦物油 (Bayonne Oil)	0.133	礦物油 (Bayonne Oil) + 4.1%中性菜種油	0.109
中性菜種油	0.084	" + 20.5% "	0.099
酸性菜種油 (2.41%遊離脂肪酸)	0.080	" + 4.1%酸性菜種油 (2.41%遊離脂肪酸)	0.102
ナレイン	0.076	" + 0.5%ナレイン酸	0.097
		" + 1.0% "	0.090
		" + 10.0% "	0.087
		" + 40.0% "	0.085

ルコール、酸何れも單獨の場合には之を認めざるも(第十表I)其混合物に於ては異り、固體脂肪酸の場合には其融解點に至る迄温度と共に漸増し、以後一定となり、之にパラフィンワックスを加ふる時は低温に於ける摩擦係數を減少せしむる作用をなすが如し(第十表II)併し酸化をうけて變質する不飽和化合物或は樹脂狀物質の如きは温度上昇と共に摩擦係數を増加し、(第九表)この場合パラ

第八表 環式化合物の摩擦係數 (表11)

化 合 體	摩擦係數	化 合 體	摩擦係數	化 合 體	摩擦係數
ベンゼン ( $C_6H_6$ )	0.34	フェノール ( $C_6H_5OH$ )	0.26	ベンゾイン酸 ( $C_6H_5COOH$ )	0.38
エチルベンゼン ( $C_8H_{10}$ )	0.32	クレゾール(m) ( $C_8H_7OH$ )	0.26	ベンゾイル酸 ( $C_6H_5COOH$ )	0.45
トルエン ( $C_6H_5CH_3$ )	0.28	ベンザルアルコール ( $C_6H_5CH_2OH$ )	0.31		
キシレン ( $C_6H_4(CH_3)_2$ )	0.30	クロロキシロール ( $C_6H_4ClOH$ )	0.20		
チクロンキサン ( $C_6H_4$ )	0.31	1,3-ジメチルクロロキシロール ( $C_6H_3(CH_3)_2OH$ )	0.25		
メチルチクロンキサン ( $C_6H_3(CH_3)CH_3$ )	0.30				
1,3-ジメチルチクロンキサン ( $C_6H_3(CH_3)_2$ )	0.21				

八表参照)高級化合物にありては不飽和化合物及酸素化合物(樹脂狀物質、アスファルト様物質)が油膜構成力にまされるが如し(第九表)

油膜構成力の温度による變化は油膜構成力の良否に拘らず、即ち炭化水素、ア

第九表 礦物油をアセトンにて抽出せる時の抽出油及殘渣油の摩擦係數 (註12)

試 驗 規 模	礦 物 油 (A)		礦 物 油 (B)					
	摩 擦 係 數	數	30°	40°	50°	100°		
第 一 回 抽 出 油 アセトン抽出殘渣油	0.130/19° 0.196/18°	0.205 0.117	0.212 0.2:0	0.146/21° 0.205/20°	— 0.234/36°	0.202 —	0.237 —	0.257/106° 0.284/106°
第 二 回 抽 出 油 殘渣油	0.138/16° 0.207/14°	0.212 0.225	0.213 0.225	0.141/17° 0.205/17°	0.182 0.205	0.217 0.205	0.223 0.205	0.223 0.205
第 三 回 抽 出 油 殘渣油	0.168/18° 0.207/18°	0.216 0.227	0.216 0.227	0.205/18° 0.205/18°	0.205 0.205	0.205 0.205	0.205 0.205	0.205 0.205

第十表 直鎖狀化合物の摩擦係數の溫度による變化 I (註13)  
II (註12)

化 合 物	摩 擦 係 數					
	18°	20°	30°	40°	50°	100°
ノノデカン (C <sub>19</sub> H <sub>40</sub> )			0.179/15.6~110°			
F'コサソ (C <sub>2</sub> H <sub>16</sub> )			0.110/17.3~110°			
テトラコサソ (C <sub>24</sub> H <sub>50</sub> )			0.068/17.0~110°			
セチールアルコール (C <sub>18</sub> H <sub>38</sub> OH)			0.114/16.5~110°			
デコイン酸 (C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> COOH)			0.075/15.0~75°			
ウンデコイン酸 (C <sub>11</sub> H <sub>23</sub> COOH)			極 小			
パルミチン酸 (C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH)						
ステアリン酸 (C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH)						

潤滑油の種類 潤滑油の級 景平一様

フィンワックスを  
加ふれば高温に於  
ける摩擦係數の増  
加を防止するが如  
く考へらる (第十  
一表参照)

次に粘度に對し  
ては環式結合、側  
鎖、不飽和結合及  
水酸基の影響が數  
へらる、第一の炭

素の結合が環狀をなすこと  
による粘度の増加は著しく  
大にして、特に炭素環の數  
の増加する場合に於て然り  
(第十二表参照)併し炭素環  
結合様式の影響に就ては未  
だ明かならず

次に側鎖の影響を見るに  
之には側鎖の種類及結合方  
法による相違が考へらる、

薬用パラフィン	0.228/18~106°						
	20°	21°	23°	40°	50°	60°	80°
薬用パラフィン+0.33%パルミチン酸	---	0.168	0.140	0.119	0.119	0.118	0.117
〃 + 1.5%	0.172	---	0.139	0.119	0.113	0.103	0.102
〃 + 6.08%	---	0.166	0.139	0.118	0.102	0.103	0.102
I 薬用パラフィン	93.03%	---	0.130	0.120/38°	0.118	〃	〃
パルミチン酸	0.34%	---	---	---	---	---	---
パラフィンワックス	0.57%	---	---	---	---	---	---
薬用パラフィン	96.97%	---	---	---	---	---	---
パルミチン酸	0.34%	---	---	---	---	---	---
パラフィンワックス	2.69%	0.126	〃/19°	0.123	0.119	---	---

が之等の明かに區別されたる影響を求むることは困難にして、環式化合物に於て炭素環一個のものに對し其影響の不規則なることを見るべし(第十三表参照)

第十一表 礦物油をアセトンにて抽出せる時の抽出油及殘渣油の摩擦係数の温度による變化(註12)

種 類	摩 擦 係 數								
	20°	21°	23°	40°	50°	60°	80°	100°	
礦 物 油 (B)	0.153	---	---	0.164	0.170	0.164	0.212	0.218	
〃 + 0.13%ワックス(N.O.P)	0.153	---	---	0.188	0.183	0.189	0.197	0.212	
〃 + 0.5%	0.153	---	---	0.188	0.189	0.183	0.189	0.201	
〃 + {0.74% $C_{22}H_{44}$ 10.09%第一回アセトン抽出油(B)}	---	0.189	---	---	0.190	0.190	---	0.199	
〃 + {0.50%ワックス(P) 10.35%第一回アセトン抽出油(B)}	---	0.195	0.200	0.200	---	0.198	0.198	0.213	
〃 + {2.3%ワックス(N.O.P) 24.9%第一回アセトン抽出油(B)}	(15°, 0.159)	0.208	---	0.210	0.210	0.210	---	0.210	
〃 + 0.05%パルミチン酸	---	---	---	0.177	0.175	0.177	0.179	0.202	
〃 + {0.56%ワックス(N.O.P) 0.05%パルミチン酸}	0.176	---	---	0.176	0.153	0.154	---	0.181	

市販パラフィンワックス(N.O.P.)  
 (融解点 54°~57°)  
 (P)(融解点 49°~58°)      0.275/18~106°  
 0.280~0.295/18~106°

第十二表 環式結合の粘度に及ぼす影響

化 合 體	粘 度 (ポアーズ) (E=エンゾグラー度)										文 献
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	80°	100°			
ヘキサゴン (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	0.003602	0.003253	0.002963	0.002708	0.002483	0.002288	—	—	—	(註 14)	
オクタゴン (C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> )	0.006159	0.005419	0.004328	0.004328	0.003907	0.003551	—	—	—	(註 15)	
デカゴン (C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> )	—	0.00328/25°	0.00670/35°	—	0.00554 1.8E/58° (0.09)	0.00439/65°	—	—	—	(註 16)	
パラフィン (融解点 56.6°)	—	—	—	—	—	1.64E	—	—	—	(註 17)	
市販液状パラフィン II	—	0.516 0.913	—	—	—	—	—	—	—	(註 18)	
ペンタゴン (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	0.00763	0.00654	0.00567	0.00498	0.00443	0.00398	0.00359	—	—	(註 14)	
テトラゴン (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0.01043/15°	0.0096	0.00797	—	—	—	—	—	—	(註 18)	
テトラハイドロナフタリン (C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> )	—	0.0200/25°	—	—	0.0130	—	—	—	—	(註 19)	
デカハイドロナフタリン (C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> )	—	0.0242/25°	—	—	0.0158	—	0.00907/75°	—	—	(註 19)	
テセナフテン (C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> )	—	1.2E (0.035)	—	—	0.5E	—	—	—	—	(註 20)	
フルオレン (C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> )	—	0.9E	—	—	—	—	—	—	—		
フエチンスレン (C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> )	—	1.5E (0.070)	—	—	0.6E	—	—	—	—		
アンスラセン (C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> )	—	1.5E (0.068)	—	—	0.4E	—	—	—	—		
フルオルテン (C <sub>18</sub> H <sub>10</sub> )	—	7.0E (0.538)	—	—	1.8E (0.102)	—	—	—	—		
バイレン (C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> )	—	15.5E (1.287)	—	—	2.3E (0.15)	—	—	—	—		
ナフトルオレン (C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> )	—	28.5E (2.370)	—	—	3.1E (0.215)	—	—	—	—		
ナフトレン (C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> )	—	∞	—	—	4.5E (0.328)	—	—	—	—		

東京理科大学 東京理科大学 東京理科大学

1041

第十三表 粘度に及ぼす側鎖の影響

10411

化 合 体	粘 度 (ポ ー ス)								文 献	
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	80°	100°		
ペンゼン (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	0.007681	0.006537	0.005674	0.004981	0.004437	0.003980	0.003368	—	(註 14)	
トルエン (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	0.006714	0.005903	0.005249	0.004713	0.004256	0.003834	0.003254	0.002779		
キシレン (O)(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	0.009368	0.008102	0.007051	0.006270	0.005599	0.005044	0.004168	0.003522		
〃 (m)(〃)	0.007019	0.006200	0.005525	0.004970	0.004511	0.004104	0.003455	0.002965		
〃 (p)(〃)	0.007385	0.006475	0.005739	0.005134	0.004628	0.004178	0.003519	0.002999		
エチルペンゼン (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )	0.007618	0.006703	0.005961	0.005337	0.004821	0.004376	0.003665	0.003120		
イソヘキサン (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	0.00324/15°	0.00310	0.00280	—	—	—	—	—		(註 18)
3-メチルペンタン (C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> CH <sub>3</sub> )	0.00339/15°	—	0.00292	—	—	—	—	—		
4-メチルペンタン ((C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub> )	0.00409/15°	0.00385	0.00342	—	—	—	—	—		
トリメチルエチルメタン ((CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )	0.00397/15°	0.00375	0.00330	—	—	—	—	—		
トリメチルイソプロピルメタン ((CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> )	0.00634/15°	0.00593	0.00506	—	—	—	—	—		
チクロペンタン (C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> )	0.00477/15°	0.00456	0.00406	—	—	—	—	—		
メチルチクロペンタン (C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> CH <sub>3</sub> )	0.00545/15°	0.00521	0.00456	—	—	—	—	—		
チクロヘキサン (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> )	0.01043/15°	0.0096	0.00797	—	—	—	—	—		
メチルチクロヘキサン (C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> CH <sub>3</sub> )	0.00780/15°	—	0.00627	—	—	—	—	—		
4-メチルチクロヘキサン (O)(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )(白金) (=ニッケル)	0.01195/15°	—	0.00916	—	—	—	—	—		
〃 (m) (白金) (=ニッケル)	0.00905/15°	—	0.00722	—	—	—	—	—		
〃 (p) (白金) (=ニッケル)	0.00702/15°	—	0.00578	—	—	—	—	—		
〃 (m) (白金) (=ニッケル)	0.00750/15°	—	0.00607	—	—	—	—	—		
〃 (p) (白金) (=ニッケル)	0.00694/15°	—	0.00776	—	—	—	—	—		
〃 (p) (白金) (=ニッケル)	0.00813/15°	—	0.00655	—	—	—	—	—		

(註) 白金—白金を觸媒とし還元して得たるもの ニッケル—ニッケルを觸媒とし還元して得たるもの

第十四表 粘度に及ぼす飽和結合の影響

化 合 體	温 度(°C)	粘 度 (ポアーズ)	炭 酸
ペンタリン (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	18.91	0.00243	(註 14)
イソブレン (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> )	15.33	0.00233	
エチルベンゼン (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	25	0.00607	(註 21)
メチロレン (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	"	0.0111	
ベンゼン (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	15	0.00696	(註 22)
チクロヘキサン (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> )	"	0.01056	
テトラハイドロナフタリン(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> )	25	0.0200	
デカハイドロナフタリン (C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> )	"	0.0242	(註 19)

して不飽和の環式化合物が重要な役割を持つことを推定せしむるものなり(第十五表参照)

第十五表 礦物油の精製前後に於ける粘度の相違(註23)

種 類	温 度 (°C)	比 重	分 子 量	元 素 分 析		實 験 分 子 式	粘 度 (ポアーズ)
				炭素(%)	水素(%)		
ペ ン タ リ ン (No. 14)	25	0.9170	371	85.7	12.81	C <sub>27</sub> H <sub>60</sub> (C <sub>n</sub> H <sub>2n-4</sub> )	1.108
"	"	0.8738	451	85.93	13.3	C <sub>22</sub> H <sub>68</sub> (C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub> )	0.742
"	"	0.892	310	86.00	12.95	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> (C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub> )	0.2165
"	"	0.8546	357	85.9	14.03	C <sub>22</sub> H <sub>48</sub> (C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub> )	0.1575
潤 滑 油 (No. 7)	"	0.9054	426	86.4	13.5	C <sub>30</sub> H <sub>66</sub> (C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub> )	2.960
精 製 精 油	"	0.894	451	86.6	13.3	C <sub>22</sub> H <sub>68</sub> (C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub> )	1.68

更に高級化合物に對して之を求むること  
は一層困難なるがメチル基は粘度の遞傳  
體なりとの考へを持つものあり(註27)

不飽和結合の影響に就ても前者と同様  
に不明なる點多く不飽和度、不飽和結合  
の位置等による相違を求むることは至難  
なり、次に掲ぐるは其數例なり(第十四  
表)、然れども原油を蒸溜し溜出油を精  
製して潤滑油を製造する時、精製後の粘  
度が著しく減少することは粘度遞傳體と

スエドボル油 (Scotch)	精製後	精製前	精製後	精製前	精製後	精製前	精製後	精製前	精製後			
粘度	0.8654	0.8684	0.9238	0.8710	346	437	311	373	87.5	86.7	88.2	85.9
炭化水素	$C_{25}H_{44}(C_{27}H_{50})$	$C_{21}H_{38}(C_{27}H_{50})$	$C_{28}H_{56}(C_{27}H_{50})$	$C_{27}H_{50}(C_{27}H_{50})$	12.3	13.2	11.75	13.7	0.399	0.337	0.488	0.350

次に水酸基の影響は第十六表によりて見らるゝ如く粘度を著しく増加せしむるものにして注目すべき性質と考へらる

第十六表 粘度に及ぼす水酸基の影響

化合物	化学式	測定温度 (°C)	粘度 (セツター)	文献
エタノール	$C_2H_6$	25	式 斯	(註 23)
エチルアルコール	$C_2H_5OH$	"	0.0109	(註 23)
エチルングライコール	$C_2H_4(OH)_2$	"	0.1733	
オリーブ油	$(C_{17}H_{33}COO)_2C_8H_{17}$	37.8	0.422	(註 24)
蓖麻子油	$(C_{17}H_{33}(OH)COO)_2C_8H_{17}$	"	2.729	(註 24)

粘度の温度による變化も亦化學構造により著しき影響を蒙り、直鎖狀化合物は環式化合物に比し温度による變化少なきことは第十二表及第十七表より明かに知ることを得、此性質を利用し礦物油にパラフィンワックスを含有せしめて温度變化を少からしむることが報告せられたり(註 22)

次に使用中の變質に對しては勿論飽和の炭化水素が安定なるべく、現用潤滑油の大部分が礦物油に占められ動植物油の使用が激減せる主因は以上の性質に基く、只水酸基を有することのみにより蓖麻子油が普通のグリセリンエステルよりなる植物油より安定度大なることは、安定度と化學構造との關係を求める上に於て注目すべき點と考へらるゝ、炭化水素中にては一般にパラフィン系のものがナフテン系のものより稍大なりとせらるゝが、前者は既述の如く粘度小なれば相當の粘度を必要とする場合はナフテン系のものたるを要すべし、然し乍らナフテン系炭化水素の安定度と其化學構造との關係に就ては未だ充分に明かならず、現在使用せらるゝ礦物油に就て見るに一般にパラフィン基の油がナフテン基の油より安定度大なりとせらるゝも(第十八表タール價より凡その推定を得べし)ナフテン基の油必ずしも劣ると云ふには非ず、精製の方法により改良得るものにして、液體亞硫酸にて處理する時は前者と同程度の油を得らるゝと云ふ(第十九表)、而して實際の機械に使用せる後の結果を充分に推定し得る安定度試験方法に就ては未だ疑義あり、即ち現在安定度は新油中或は酸化せしめし後の油中

第十七表 粘度の温度による變化

種 類	粘 度 (ポアーズ)(E=エンツラー度)						文 献
	30°	50°	60°	70°	80°	100°	
鯨 油	0.185/37.8°	—	0.085/65.6	—	—	0.046	(註 24)
オ リ ー ザ 油	0.377/37.8°	—	0.154/65.6	—	—	0.070	
茶 種 油	0.422/37.8°	—	0.177/65.6	—	—	0.080	
鹿 麻 子 油	2.729/37.8°	—	0.605/65.6	—	—	0.169	
マ シ ョ ン 油 (露)	0.762/37.8°	—	0.196/65.6	—	—	0.066	
マ シ ョ ン 油 (カ)	0.307/37.8°	—	0.099/65.6	—	—	0.043	
マ シ ョ ン 油 (米)	0.162/37.8°	—	0.066/65.6	—	—	0.033	
マ シ ョ ン 油 (〃)	0.342/37.8°	—	0.115/65.6	—	—	0.049	
濾過ソリッター油 (valvoline)	2.406/37.8°	—	0.605/65.6	—	—	0.187	
パラフィンワックス (融解點 52.10)	—	1.60E/53°	1.52E	—	1.32E	1.22E	
タ ー ペ ン 油 (融解點 57.2)	—	1.80E/58°	1.64E	—	1.42E	1.32E	(註 25)
タ ー ペ ン 油 (A)	10.6E/20°	26E	—	1.7E	—	—	
タ ー ペ ン 油 (C)	17.9E/30°	3.4E	—	2.0E	—	—	
タ ー ペ ン 油 (64)	29.6E/20°	4.6E	—	2.3E	—	—	

のタール物質(前者を Teerzahl (タール價) 後者を Verteerungszahl と云ふ) 或は酸化後の揮發油不溶解性物の定量又は新油中の硫酸に吸収せらるゝ量(註 21)を測定することにより檢定せらるゝも、實際に使用せる後の結果は必ずしも前者の成績と一致せざる現状なり (第三表、第四表、第十九表参照)

かく觀じ來れば潤滑油として具備すべき油膜構成力、粘度及安定度の三つの性質と其化學構造との關係に就ての知識は直鎖狀化合物に關するもの多く環式化合物に於ける關係に就ては明かならざること多きを見るべし、而して環式化合物が粘稠性に富み安定度も亦相當大なる性状を考ふる時、潤滑性能に及ぼす此化合物の構造の影響を明かにすることは前記三性質を兼ね備ふる合理的潤滑油の

昭和七年九月

燃料油の種類 燃料油の性質 表第十一 燃料油の製造に對し其性質を改善するものとの影響をみる

第十八表 スピンドル油並にマシンの性状に及ぼす原油の種類の影響(註1)

種 類	比重(15°C)	粘度(15°C) (センチ度)	引火點(°C)	灰 分(%)	ターナル價(%)	遊離有機酸% (オレイン) (酸として)	凝 固 點
米 國 東 部 原 油 (パラフィン基)	0.848	1.5	180	0.002	0.06	0.025	+10
	0.853	1.6	183	0.002	0.04	"	+1
	0.860	1.9	"	"	0.03	0.020	+4
	0.891	2.0	"	0.003	0.04	0.015	-3
	0.893	2.8	200	0.006	0.05	0.020	-2
米 國 中 部 原 油 (アスファルト基)	0.907	4.5	215	0.008	0.07	0.030	0
	0.910	6.7	230	0.009	0.08	0.035	0
	0.918	2.0	155	0.04	0.18	0.07	-22
	0.931	4.2	175	0.05	0.34	0.28	-16
	0.937	6.5	188	0.11	0.38	0.28	-14
チ キ サ ス 原 油 (アスファルト基)	0.941	9.0	198	0.28	0.48	0.49	-10
	0.944	14.5	210	0.30	0.65	0.59	-1
	0.909	2.0	160	0.003	0.10	0.035	-23
	0.930	4.5	178	0.006	0.12	0.055	-15
	0.933	6.9	192	0.007	0.13	0.055	-12
カ リ フ オ ル ニ ア 原 油 (パラフィン基)	0.937	9.3	202	0.008	0.15	0.060	-8
	0.890	1.8	163	0.05	0.13	0.031	-6
	0.896	2.0	167	0.06	0.16	0.045	-5
	0.906	3.1	188	0.08	0.19	0.045	-2
	0.910	4.0	199	0.08	0.22	0.055	0

カリフォルニア原油 (アスファルト基)	0.925	2.3	154	0.17	0.38	0.22	-15
	0.931	3.3	164	0.18	0.40	0.17	-15
	0.932	3.0	176	0.20	0.40	0.14	-15
	0.936	4.9	177	0.23	0.57	0.31	-15
	0.940	7.0	187	0.23	0.60	0.32	-10
ロシア原油 (ナフテン基)	0.953	9.9	193	0.21	0.71	0.28	-8
	0.904	3.04	192	0.002	0.12	0.031	-22
	0.908	6.4	206	0.004	0.17	0.021	-15
	0.913	10.8	225	0.005	0.19	0.035	-10
ルーマニア原油 (アスファルト基)	0.920	3.0	192	0.006	0.19	0.024	-15
	0.926	6.6	202	0.012	0.23	0.042	-9
	0.930	5.4	186	0.015	0.25	0.070	-10
ポーランド原油 (混合基)	0.884	1.7	175	0.004	0.17	0.014	
	0.893	2.0	187	0.004	0.19	0.020	
	0.906	3.35	196	0.005	0.25	0.035	
	0.913	4.4	202	0.007	0.27	0.045	
	0.923	6.4	215	0.010	0.30	0.050	

第十九表 安定度に及ぼす精製法の影響<sup>(註28)</sup>

試験規模	種類	条件	粘度 (セーバルド秒数)			酸價	炭化分
			37.8°C	54.4°C	98.9°C		
	パラフィン基油	使用前後	449 474	196 204	58 59	0.06 0.36	0.24 0.40

実験室試験		使用	前後	440	131	53	0.06	0.03
ナフテン基油	使用	前後	475	189	54	0.20	0.12	
" (良質)	使用	前後	686	214	88	0.03	0.05	
"	使用	前後	713	260	60	0.09	0.15	
" (劣質)	使用	前後	675	241	58	0.11	0.47	
"	使用	前後	815	283	61	0.18	0.93	
パラフィン基油 (ペンスルゲナム)	使用	前後	596	260	70	0.03	0.87	
"	使用	前後	798	341	80	0.33	1.19	
アマラルト基油 (高度精製)	使用	前後	671	244	59	0.00	0.04	
"	使用	前後	855	304	60	0.20	0.38	
" (低後精製)	使用	前後	675	241	58	痕跡	0.47	
"	使用	前後	1,500	457	76	0.55	1.56	

文献

- (註 1) O. Archbutt & R. M. Deeley, Lubrication and Lubricants, London, 1927.
- (註 2) W. Büthe, Petroleum Z., 27, 1931, 587.
- (註 3) R. E. Wilson & D. P. Barnard, J. Soc. Aut. Eng., 11, 1922, 49.
- (註 4) P. Hein, Petroleum Z., 28, 1932, Nr. 19, 1.
- (註 5) O. Walger, V. D. I., 76, 1932, 205.
- (註 6) Darenversuche über die Alterung von Dampfkurbenölenim Betrieb, Berlino-Düsseldorf, 1927.
- (註 7) C. Ehlers, Petroleum Z., 26, 1930, Nr. 15, 3.
- (註 8) W. B. Hardy & I. Doubleday, Proc. Roy. Soc., 100A, 1922, 563.
- (註 9) L. Archbutt & R. M. Deeley, Lubrication and Lubricants, London, 1927, 55.
- (註 10) J. H. Hyde, Engineering, 111, 1921, 708.

- (註 11) W. B. Hardy, *Phil. Mag.*, **40**, 1920, 201.
- (註 12) W. B. Hardy & M. Nottage, Dept. Sci. Ind. Research, Lubrication Research Tech. paper, No. 1, London, 1930.
- (註 13) W. B. Hardy & I. Doubleday, *Proc. Roy. Soc.*, 101A, 1922, 491.
- (註 14) T. E. Thorpe & J. W. Rodger, *Landolt, Phys.-Chem. Tabellen*, I, 1923, 148.
- (註 15) E. C. Bingham, *Landalt, Phys.-Chem. Tabellen*, Erst. Erg. Bd. 1927, 78.
- (註 16) I. Gurwitsch-H. Moore, *Scientific Principle of Petroleum Technology*, London, 1926, 159.
- (註 17) D. Vorländer & R. Walter, *Landolt, Phys.-Chem. Tabellen*, Zweit. Erg. Bd. I, 1931, 103.
- (註 18) G. Chavanne & H. Risseghem, *Landolt, Phys.-Chem. Tabellen*, Erst. Erg. Bd. 1927, 184.
- (註 19) W. Herz & P. Schufan, *Landolt, Phys.-Chem. Tabellen*, Zweit. Erg. Bd. I, 1931, 101, 105.
- (註 20) A. Spiker, *Z. Angew. Chem.*, **39**, 1926, 997.
- (註 21) A. E. Dunstan & F. B. Thole, *J. Inst. Petr. Tech.*, **4**, 1918, 198.
- (註 22) J. Timmerman & F. Martin, *Landolt, Phys.-Chem. Tabellen*, Zweit. Erg. Bd. I, 1931, 99, 100.
- (註 23) A. E. Dunstan & F. B. Thole, *Viscosity of Liquids*, London, 1914, 72.
- (註 24) L. Avehbutt & R. M. Deeley, *Lubrication and Lubricants*, London, 1927, 230.
- (註 25) R. Koetschau, *Erdöl und Verwandte Stoffe*, Dresden u. Leipzig, 1930, 772.
- (註 26) G. H. B. Davis & A. J. Blachwood, *Nat. Petr. News*, **23**, 1931, No. 46, 41.
- (註 27) C. Ehlers, *Schmiermittel und ihre richtige Verwendung*, Leipzig, 1928, 14.
- (註 28) J. M. Evans, *Nat. Petroleum News*, **23**, 1931, No. 23, 47.
- (註 29) Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln, Düsseldorf, 1928, 80.  
J. Swoboda, *Technologie der Technischen öle und Fette*, 1931, 415.
- (註 30) *Standard Methods of Testing Petroleum and its Products*, London, 1929, 81.
- (註 31) *Die ölwirtschaftung*, Berlin, 1930, 36.