自動車用ギヤ油の耐スコーリング性評価法

倉知 祥晃^{*1)}, 矢野 法生^{*1)}, 川嶋 耕二^{*1)}, 金井 作信^{*1)},
生山 亮^{*2)}, 町田忠太郎^{*2)}

自動車用ギヤ油の耐スコーリング性評価法を確立することを目的に、乗用車を用いた高速衝撃荷重試験をシャーシー・ダイナモーター上で行い、走行抵抗の設定を変えることにより衝撃荷重のかけ方を工夫した。また、簡易的な実験室試験法としてチムケン極圧試験機を用い、回転数や油温などの試験条件を検討した。その結果、実車試験法として走行抵抗を慣性抵抗のみとして衝撃荷重を大きくすることにより、GL-3 から GL-5 までの品質レベルおよび粘度グレードによる耐スコーリング性の有意差を明らかにすることができた。また、実車試験と良く相関するチムケン極圧試験条件として、回転数 2,000rpm, 油温 95°C の条件を見出した。

1. 緒 言

自動車用ギヤ油の最も重要な性能は耐スコーリング性であり、この性能レベルを表示するために API サービス分類の GL-3, GL-4, GL-5 という呼称が使われている。耐スコーリング性を評価する試験法として、従来よりハイポイドギヤを用いた台上あるいは実車試験法が検討されてきており、現在では米軍規格 MIL-L-2105C に規定されている CRC-L-42、英国石油協会が定める IP234/69 および Ford 社のドラッグスタートテストなどが良く知られている。しかし、これらの試験は認定試験として適用されるもので、あらゆるレベルのギヤ油の耐スコーリング性を評価するには適さない。例えば、CRC-L-42 は GL-5 レベルの可否を判定するためのもので、GL-4 と GL-5 の区別はできても、GL-3 と GL-4 の差を明らかにすることはできない。このことはドラッグスタートテストについても同様と考えられる。

一方、CRC-L-42 をはじめとして試験ギヤにりん酸塩処理などの表面処理を施していないグリーンギヤが使われることが多い^{1),2)}。一般に、グリーンギヤはスコーリングが発生しやすく³⁾、試験条件をあまり過酷にしなくてもよいが、現在ではハイポイドギヤのほとんどが表面処理されていることを考えると、表面処理ギヤを試験ギヤとした試験法が望ましい。

そこで、本研究では、自動車用ギヤ油の耐スコーリング性評価法として、GL-3, GL-4, GL-5 の性能レベルおよび SAE 80W や SAE 90 などの粘度グレードによる有意差を系統的に見出すことのできる試験法の確立を目的に、

(1) 現実に即した試験法とするため、実際に使用されている表面処理 ハイポイドギヤを試験ギヤとし、実車をシャーシー・ダイナモーター上で高速衝撃運転した。試験条件のうち走行パターンについては IP234/69 に準拠した。ただ、シャーシー・ダイナモーター上で実車試験を行う場合には路上での走行抵抗をそのままダイナモーターに与えるのが通常であるが、これでは SAE 80-GL-3 でもスコーリングが発生せず著

者らの目的が達せられなかった。そこで、更に著者らはダイナモーターに与える走行抵抗を変えることにより衝撃荷重が高められることに注目し、路上走行ではありえない範囲にまで走行抵抗を変えて検討した。

(2) 更に、実車による試験は時間と費用を要するため、簡易的な実験室試験法の開発についても検討した。一般に、潤滑油の耐荷重性を評価する実験室試験である四球試験やチムケン極圧試験ではハイポイドギヤ油としての性能を評価できないといわれている^{4),5)}。ただ、R. I. Potter らが実車試験と相関性があると報告している高速チムケン法があるが⁶⁾、これも GL-4 以上の性能レベルの評価には有効であるが、GL-3 から GL-4 の評価には適さないと考えられる。それは、回転数を 3,600 rpm にまで上げると、GL-3 や GL-4 では OK 荷重が非常に低くなり、また、その差も見出しにくくなるためである。そこで、著者らは、R. I. Potter らと同様にチムケン極圧試験機を用いてはいるが、回転数を OK 荷重があまり低くならない 2,000 rpm までにとどめ、油温を 95°C に上げることにより実車試験と相関し、GL-3 から GL-5 を一連に評価できる条件を検討した。油温を上げるということは、単なる試験条件としてだけではなく、極圧添加剤の中には低温域では効果が有るが高温になると効果が無くなるものがあることや、現実にスコーリングのトラブルがあるのは高油温になったときに多いこと等を考えると意義がある。

以上の検討において実車試験および実験室試験の二通りの自動車用ギヤ油の耐スコーリング性評価法が確立でき、二、三の知見を得たので報告する。

2. 実 験

2.1 試験装置および方法

2.1.1 実車試験

本試験は排気量 1,770 cc の乗用車をシャーシー・ダイナモーター上で手動運転することにより行った。シャーシー・ダイナモーター装置の仕様および試験車の諸元を **Tables 1, 2** に示す。この試験車は全輪独立懸架型で、試験ごとに市販のリア・アクスル・アッセンブリーをそのまま試験供試物とし試験車に取り付けた。このリア・アクスルの概要は **Table 2** のとおりで、ハイポイドギヤは表面処理が施されている。

昭和 56 年 12 月 16 日受理

^{*1)} 丸善石油株式会社研究所 (340-01 埼玉県北葛飾郡幸手町権現堂 1134-2)

^{*2)} 丸善石油株式会社潤滑油部 (107 東京都港区赤坂 6-1-20)

Fig. 1 Driving Pattern of Vehicle Test

Table 1 Chassis Dynamometer Specification

Vehicle Weight	600~5, 000 kg	
Dynamometer	D. C. Dynamometer 110 kW	
Fly Wheel	fixed inertia	600 kg
	maximum inertia	5, 000 kg
Drum	diameter	1, 551.5 mm
	width	600 mm
	maximum speed	150 km/hr (500 rpm)
	maximum weight	2, 500 kg
Engine Cooling Blower	0~100 km/hr (depend on driving speed)	

Table 2 Test Car Specification

Engine	Displacement ; 1, 770 cc Max. Power ; 105 Ps/6, 000 rpm Max. Torque ; 15 kg·m/3, 600 rpm
Transmission	Manual ; 4 Speed Gear Ratio ; TOP 1.000 ; 3rd 1.312
Rear Axle	Independent Suspension Hypoid Gear ; Gear Ratio 4.111 Surface Treated
Tyre Size	165 SR14
Vehicle Weight	1, 070 kg Load on Test 375 kg
Maximum Speed	165 km/hr

試験条件は IP234/69 (IP-MIRA HIGH SPEED SHOCK TEST) に準拠し、発展させた。本研究での試験条件および走行パターンは Fig. 1 のとおりである。Fig. 1 に示すように、トランスミッションの変速位置 4 速での走行パターンをモード I、3 速での走行パターンをモード II とし、それぞれ衝撃回数を 30 回および 20 回とした。

この種の実車試験でのスコアリングの発生は、主に、Fig. 1 に示した走行パターンからわかるとおり、高速で惰行中にクラッチを急ミートすることによりエンジンブレーキがかかり、ハイポイドギヤのコスト側に過大な衝撃荷重がかかることにより起こる。本試験はシャーシー・ダイナモメーター上での走行のため、この衝撃荷重のかけ方が、走行パターンは同じであっても、走行抵抗の設定によってある程度自由に変えられる。そこで、走行抵抗の設定条件として 2 種類の方法を採用し、それぞれ A 法、B 法とした。

つまり、走行抵抗は次の式で表される。

$$T=A+BN+CN^2+D\frac{dN}{dt}\pm W\sin\theta$$

- T：走行抵抗
- A：ころがり抵抗
- BN：速度比例抵抗
- CN²：風損抵抗
- DdN/dt：慣性抵抗
- Wsinθ：登降坂抵抗

ここで、A 法は、試験車を実際に平坦路を走行させ、ころがり抵抗、速度比例抵抗および風損抵抗を加味した走行抵抗を測定し、この時の走行抵抗を電氣的に動力計を通して軸ドラムに与えたものであり、従来より IP234/69 などの試験がシャーシー・ダイナモメーター上で行われる場合の手法に相当する。一方、B 法は、著者らが衝撃荷重を更に高めるため工夫したもので、ころがり抵抗、速度比例抵抗、風損抵抗および登降坂抵抗をゼロとし、走行抵抗を慣性抵抗のみとしたものである。上記

Table 3 Running Resistance

	Method A	Method B
Running Resistance (kg)	57.0+22.1・10 ⁻³ V ²	37.0+6.5・10 ⁻³ V ²

(V ; Driving speed)

Fig. 2 Drum Torque in Vehicle Test Method A

Fig. 3 Drum Torque of Vehicle Test Method B

の式に従って計算したA法、B法での走行抵抗を **Table 3** に示す。

A法およびB法における試験時の軸ドラム・トルクの変化を **Figs. 2, 3** に示す。 **Figs. 2, 3** からわかるように、クラッチを急ミートしたときに負の過大な軸ドラム・トルクが瞬間的に働く。A法モードIで約 250 kg・m、モードIIで約 275 kg・m、B法モードIで約 360 kg・m、モードIIで約 460 kg・m に達する。この負の軸ドラム・トルクがハイポイドギヤのコースト側歯面に衝撃荷重として伝わるわけで、A法に比べB法が過酷な試験条件となる。

以上の他、ギヤ油の充てん量は規定の 800 ml とし、また油温のコントロールは特に行わなかったが、送風機による冷却は行った。

2.1.2 実験室試験

試験装置そのものは JIS K 2519 に規定されるチムケン極圧

Table 4 Timken Test Condition

	Shaft Speed (Sliding Velocity)		Oil Temp.
Condition 1	800 rpm	(2.00 m/sec)	52°C
2	1,500 rpm	(3.75 m/sec)	52°C
3	1,500 rpm	(3.75 m/sec)	95°C
4	2,000 rpm	(5.00 m/sec)	95°C

試験装置を用いた。ただ、試験カップの回転数を通常の 800 rpm から更に高回転数での試験ができるよう、無段変速モーターを用いた。

試験条件として、 **Table 4** に示すとおり、回転数と油温を変えて条件1から4までの条件を設定した。回転数 800 rpm、油温 52°C の条件は Federal Test Method Std. No. 791B に規定されるものである。

試験操作および試験後の焼付の有無の判定は JIS K 2519 に

Table 5 Test Gear Oil

Oil No.	Test Oil	Viscosity		Analysis (wt%)	
		cSt/40°C	cSt/100°C	S%	P%
OIL-1	Commercial Automotive Gear Oil SAE90, GL-5	192.1	17.68	2.1	0.097
OIL-2	〃 SAE80, GL-5	80.79	9.769	2.2	0.097
OIL-3	〃 SAE90, GL-4	199.5	18.21	1.4	0.058
OIL-4	〃 SAE80, GL-4	82.01	9.934	1.7	0.060
OIL-5	〃 SAE80, GL-3	82.79	10.04	1.2	0.030
OIL-6	OIL-5 (20 wt%) + SAE80 Base Oil (80 wt%)	82.65	9.984	0.51	0.019
OIL-7	Experimental Gear Oil-N	83.79	10.08	1.5	0.032
OIL-8	Experimental Gear Oil-P	81.03	9.842	2.1	0.162

Table 6 Results of Vehicle Test-Method A

Test No.			TEST-1	TEST-2	TEST-3	TEST-4*
Test Oil			OIL-3 # 90 GL-4	OIL-4 # 80 GL-4	OIL-5 # 80 GL-3	OIL-6
Oil Temp. (°C)	Break in	End Period	164	169	186	160
	Mode-I	Start Period	152	149	170	—
		End Period	131	136	160	—
	Mode-II	Start Period	114	118	149	—
		End Period	113	113	136	—
	Scored Area (%)	Pinion Gear	Drive Side	0	0	0
Coast Side			0	0	0	0
Ring Gear		Drive Side	0	0	0	100
		Coast Side	0	0	0	0

* Test was stopped because of occurrence of abnormal noise during the period of break-in run.

規定されるとおり行ったが、荷重段階は 51b ごととし、OK 荷重の求め方は同一荷重で 3 回まで試験を行い、2 回以上の焼付を発生しない最高の荷重とした。

試験片であるカップは Timken 社製 Part No. T48651 を、ブロックは Part No. T45349 を用いた。

2.2 試験油

自動車用ギヤ油の耐スコーリング性評価法の確立を目的とするため、試験には市販の自動車用ギヤ油を用いた。ただ、補足的な試験油として実験室で調製した二、三のギヤ油を加えた。試験油の性状を Table 5 に示す。

なお、ここで用いた市販自動車用ギヤ油は、いずれも S-P 系極圧剤から調製されたものである。

3. 結果および考察

3.1 実車試験による耐スコーリング性評価法

実車試験 A 法により、市販自動車用ギヤ油を評価した結果を Table 6 に示す。

実車試験 A 法では、Table 6 に示すとおり、GL-3 以上であれば粘度グレード SAE 80 および SAE 90 のいずれにおいてもスコーリングの発生は認められなかった。ただ、市販自動車用ギヤ油 SAE 80・GL-3 をパラフィン系基油で希釈し、極圧剤の含有量を極端に低くした試験油 OIL-6 では、試験開始直後のならし運転中に異音を生じたので、その時点で試験を中止しリア・アクスルを開放したところ、ハイポイドギヤのリングギヤおよびピニオンギヤのドライブ側歯面の全面にわたって異常摩耗が生じていた。

この様に、相当の衝撃荷重のかかる A 法において、ハイポイドギヤには用いられない GL-3 でスコーリングの発生がみられないのは、市販自動車用ギヤ油は GL-3 といえどもある程度の耐スコーリング性を有することに加わえ、ギヤの設計上の配慮、特にギヤ歯面にりん酸塩皮膜処理が施されていることによるものと考えられる。それでも、やはり極圧剤の含有量が GL-3 以下で極端に少なくなると著しい異常摩耗を起こすことがわかった。

一方、実車試験 A 法により更に過大な衝撃荷重のかかる実車試験 B 法では、その結果を Table 7 に示すとおり、市販自動車用ギヤ油 SAE 80・GL-3, GL-4, および SAE 90・GL-4 においてスコーリングの発生がみられた。このスコーリングの発生はいずれもリングギヤおよびピニオンギヤのコースト側にみられ、その状況を Fig. 4 に示す。Fig. 4 でピニオンギヤの歯先とリングギヤの歯元に白くみえる箇所がスコーリング部分で、ピニオンおよびリングギヤのスコーリング発生面積率は同一であった。

更に、Table 7 から、SAE 80・GL-3, GL-4, GL-5 でのスコーリング面積は 7%, 4%, 0% で、同一粘度グレードにおける GL-3, GL-4, GL-5 の耐スコーリング性の有意差を明らかにでき、また、SAE 90・GL-4 のスコーリング面積は 2% で、SAE 80・GL-4 との比較から、粘度グレードが耐スコーリング性に与える影響も明らかにすることができた。

以上、従来より、シャーシー・ダイナモメーター上で行われてきている実際の平坦路上走行を想定した実車試験 A 法では GL-3 以上であればスコーリングは発生しなかったが、実車

Table 7 Results of Vehicle Test-Method B (1)

Test No.			TEST-5	TEST-6	TEST-7	TEST-8	TEST-9
Test Oil			OIL-5 SAE80 GL-3	OIL-4 SAE80 GL-4	OIL-2 SAE80 GL-5	OIL-3 SAE90 GL-4	OIL-1 SAE90 GL-5
Oil Temp. (°C)	Break in	End Period	131	117	120	112	120
	Mode-I	Start Period End Period	131 122	124 125	126 125	116 124	126 121
	Mode-II	Start Period End Period	111 121	123 123	125 126	111 109	121 116
Scored Area (%)	Pinion Gear	Drive Side Coast Side	0 7.0	0 4.0	0 0	0 2.0	0 0
	Ring Gear	Drive Side Coast Side	0 7.0	0 4.0	0 0	0 2.0	0 0

Pinion Gear

Ring Gear

Fig. 4 Scored Hypoid Gear Tooth (Test 5)

Normal Wear Area |——0.1 mm——|

Scored Area |——0.1 mm——|

Fig. 5 Electoron Micrograph of Normal Wear Area and Scored Area

試験B法では各グレードに応じたスコ어링が発生し、自動車用ギヤ油の耐スコリング性評価法となりえることがわかった。このB法はころがり抵抗、風損抵抗および速度比例抵抗を無視することにより衝撃荷重を高めたもので、シャーシー・ダイナモメーター上の走行であるからできる条件である。

3・2 スコ어링の発生した歯面の観察

実車試験B法で発生したスコ어링部分には無数の微小ピット状のものが観察されたが、更に EPMA および光学顕微鏡を用いて調べた。EPMA の2次電子像によりスコ어링部

分および正常摩耗部分の表面を観察したのが Fig. 5 である。Fig. 5 からわかるようにスコ어링部分は正常摩耗部分に比べ表面の荒れが著しく、融着摩耗が起きていることが認められる。Fig. 5 はリングギヤの歯面であるが、ピニオンギヤの歯面においても同様の現象が観察された。なお、肉眼で微小ピット状に見えたものは EPMA では観察されず、これはいわゆるピッチングによる小穴ではなく、表面の荒れによる微小な凹凸がそのように見えたものと考えられる。

また、スコ어링部分および正常摩耗部分の断面をエッチ

Fig. 6 Metallographical Cross-Section View of Normal Wear Area and Scored Area

Table 8 Comparison between Timken Test and Vehicle Test Results

Test Oil	OIL-1 SAE90 GL-5	OIL-2 SAE80 GL-5	OIL-3 SAE90 GL-4	OIL-4 SAE80 GL-4	OIL-5 SAE80 GL-3	OIL-7	OIL-8
Timken Test Results OK-Load, lb							
800 rpm. 52°C	45	40	40	35	35	60	55
1,500 rpm. 52°C	40	35	35	25	20	30	45
1,500 rpm. 95°C	40	35	25	20	5	15	40
2,000 rpm. 95°C	20	15	15	10	5	5	5
Vehicle Test Results (Method B) Score. Area (%)	0	0	2.0	4.0	7.0	>50	35

ングして光学顕微鏡で観察したのが **Fig. 6** である。なお、断面はすべり方向と直角に切断したときのものである。正常摩耗部分に比べスコアリング部分は金属組織が異なることがわかる。これは、スコアリングが生じるときには、歯面は一時的にかなりの高温になり、その後冷却されると考えられるので、歯面において変則的な焼戻しが行われて金属組織が変化するものと推定される。一般に、このような現象によってギヤの表面の金属組織はマルテンサイトからオーステナイトに変態するとされている^{7),8)}。E. W. Friess⁹⁾ も著者らと同様の観察結果を報告しており、スコアリング部断面の表面近くの白くみえる層を white layer, その下の黒くみえる層を tempered zone と名付けている。

以上の観察結果から、著者らがスコアリングと判定した部分は明らかに融着摩耗であることが示唆される。

3.3 チムケン極圧試験による耐スコアリング性評価法

市販自動車用ギヤ油および実験室調製ギヤ油のチムケン極圧試験結果を **Table 8** に示す。**Table 8** では、実車試験でのスコアリング面積とチムケン OK 荷重との相関をみるため、実車試験B法での結果を併記した。なお、実験室調製ギヤ油 OIL-7, OIL-8 については、この目的のため新たに実車試験を行ったもので、その結果は **Table 9** に示すとおりであった。

Table 8 から明らかなように、通常のチムケン極圧試験条件である 800rpm・52°C の条件では、チムケン OK 荷重と実車試験スコアリング面積との間には、従来から指摘されているとおり⁴⁾、相関は認められなかった。同様に、チムケン極圧試験条件 1,500rpm・52°C および 1,500rpm・95°C でも相関は認

Table 9 Results of Vehicle Test-Method B (2)

Test No.			TEST-10*	TEST-11
Test Oil			OIL-7	OIL-8
Oil Temp. (°C)	Break in	End Period	119	119
	Mode-I	Start Period End Period	124 116	124 120
	Mode-II	Start Period End Period	—	111 113
Scored Area (%)	Pinion Gear	Drive Side Coast Side	0 50	0 35
	Ring Gear	Drive Side Coast Side	0 50	0 35

* Test was stopped because of occurrence of abnormal noise during the period of Mode-I.

められない。しかし、試験条件を更に厳しくした 2,000rpm・95°C のチムケン OK 荷重は、**Fig. 7** に図示したとおり、実車試験結果と良く相関していることが認められる。特に、実車試験で大きなスコアリング面積を示すにもかかわらず 800rpm・52°C などの条件では高いチムケン OK 荷重を示していた OIL-7 や OIL-8 は、2,000rpm・95°C の条件では実車試験結果に応じて非常に低い OK 荷重を示すようになる。チムケン極圧試験における 2,000rpm はすべり速度にすると 5m/sec であるが、すべり速度や油温を実車の潤滑条件に近づけることにより良い相関が得られるものと考えられる。

R. I. Potter⁶⁾ らも、チムケン極圧試験条件で回転数のみを

Fig. 7 Correlation between Timken Test under Condition "2,000 rpm · 95°C" and Vehicle Test Method B

Fig. 8 Relation between Timken OK Load under Condition "2,000 rpm · 95°C" and API Grade

3,600 rpm に上げて実車試験との相関を調べており、良い相関が得られたとしている。ただ、3,600 rpm まで回転数を上げると、OK 荷重が非常に小さくなること (SAE 80 · GL-4 で 51 b 以下)、および GL-3 と GL-4 との OK 荷重にほとんど差がなくなると考えられることから、著者らが目的とする GL-3

から GL-5 までの自動車用ギヤ油の評価法としては適さない。

著者らが選んだチムケン極圧試験条件 2,000 rpm · 95°C では、実車試験と相関し、更に Fig. 8 に示すように、GL-3 から GL-5 の品質レベルおよび SAE 80 と SAE 90 の粘度グレードの差を明らかにすることができた。

4. 結 言

自動車用ギヤ油の耐スコーリング性の評価法を検討し、GL-3, GL-4, GL-5 の性能差および粘度グレードによる有意差を明らかにすることのできる実車試験法とチムケン極圧試験による方法を得た。

(1) 実車試験法は、シャーシー・ダイナモーター上で走行させ、走行抵抗を慣性抵抗のみとし衝撃荷重を高めることにより適切な試験法として確立できた。なお、この試験法は表面処理を施したハイポイドギヤを用いており、グリーンギヤを用いた場合と違って実際に即した方法といえる。

(2) チムケン極圧試験の通常の条件 (回転数 · 油温) である 800 rpm · 52°C での OK 荷重は実車試験と相関しないが、条件を 2,000 rpm · 95°C にすることにより良い相関性が認められた。著者らは、これを“高速高温チムケン法”と名付けた。

(3) 自動車用ギヤ油の検討にあたって、高速高温チムケン法を選別試験とし、実車試験で確認するという二つの試験法の組み合わせにより、更に耐スコーリング性を有効に評価できる。

References

- 1) Federal Test Method Std. No. 791, Method 6507. 1.
- 2) Schenk, A. E., Powell, D. L., Barton, H. R., SAE Paper, 720152.
- 3) Long, F., *Sci. Lub.*, **17**, (9), 13 (1965).
- 4) Prutton, C. F., Willey, A. O., *J. Soc. Aut. Engins*, **43**, 325 (1938).
- 5) Hughes, J. R., Rushton, S. G., *Sci. Lubrication*, **13**, (2), 15 (1961).
- 6) Potter, R. I., Gagliardi, T. C., Skutnick, W. J., Walthall, O. K., SAE Paper, 690154.
- 7) Fukuchi, H., Taniguchi, T., *Jidosha Gijutsukai Gakujutsu Koenkai Maesurishu*, 802, 397 (1980).
- 8) Friess, E. W., SAE Paper, 760325.

Summary

Development of Scoring Test Methods for Automotive Gear Lubricants

Tsuneaki KURACHI^{*1)}, Norio YANO^{*1)}, Kōji KAWASHIMA^{*1)},
Sakunobu KANAI^{*1)}, Akira IKUYAMA^{*2)} and Chutarō MACHIDA^{*2)}

The test methods to evaluate scoring resistances of automotive gear oils, were studied by means of the vehicle test using a 1,770 cc passenger car and the laboratory test using a Timken extreme pressure test machine.

(1) The vehicle tests were carried out on a chassis dynamometer under a driving mode of the modified IP-MIRA high speed shock test. Under the first test condition (Method A) which corresponded to the actual even-road driving, scoring did not occur even with the SAE 80 GL-3 gear oil (**Table 6**). Therefore, the next test condition (Method B) was set in order to increase the strengths of shock loads. The running resistance of method B was based only on inertia resistance; and other resistances, for example, rolling resistance, air resistance, speed resistance and grade resistance were neglected. Under this condition, scoring was found on the coast side surface of the ring gears and on the

pinion gears in the case of GL-3 and GL-4 gear oils. The scored area seem to be proportional to the scoring resistance of each oil (**Table 7**). These results indicate that the vehicle test by method B is suitable as a scoring test method for evaluation of scoring-resistances of various grade gear oils.

(2) In order to establish a laboratory screening test method that correlates with the vehicle test, scoring resistances of automotive gear oils were examined using the Timken test machine under various test conditions.

The test conditions used are shown in **Table 4**.

The results are shown in **Table 8**. It was found that the results obtained under the standard test condition "800 rpm·52°C", which is defined by the Federal Test Method, did not correlate with the results of the vehicle test. On the other hand, the results under test condition "2,000 rpm·95°C" correlated with the vehicle test results (**Fig. 7**). These results would suggest that the test condition "2,000 rpm·95°C" is much closer to the lubricating condition of the vehicle test. We call this Timken test condition "high speed-high temperature test method".

^{*1)} Research Center, Maruzen Oil Co., Ltd. (1134-2, Gongendo, Sate-cho, Kitakatsushika-gun, Saitama 340-01)

^{*2)} Lube Oil Sales & Engineering Department, Maruzen Oil Co., Ltd. (6-1-20, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107)

Keywords

Automobile, Chassis dynamometer, Gear oil, Hypoid gear, Scoring test, Timken test machine