

0W-20低粘度エンジンオイルの省燃費効果

Effect of 0W-20 Low Viscosity Engine Oil on Fuel Economy

田中 秀樹*

Hideki TANAKA

佐藤 孝之*

Takayuki SATO

長島 隆*

Takashi NAGASHIMA

川内 昌司*

Syouji KAWAUCHI

要 旨

HVI(High Viscosity Index)ベース油を用い、省燃費化を目的とした常用温度域粘度の低減とエンジン耐久性の保証を目的とした高温粘度の確保を両立させたSAE 0W-20グレードのエンジンオイルを開発した。摩擦調整剤についても検討し、従来の5W-30オイルに比較して1.5%の燃費改善効果があった。低粘度化によって懸案となる、耐摩耗性とオイル消費については実機で問題ないことを確認した。

ABSTRACT

SAE 0W-20 grade engine oil that will meet the requirement of fuel saving was developed with HVI (High Viscosity Index) mineral base oil. It showed an improvement of fuel economy by 1.5%. For concerns in abrasion resistance and oil consumption owing to changed low viscosity, it was proved to effect no problems.

1. まえがき

近年の地球環境問題に対して、CO₂の削減や自動車の燃費改善が求められている。そして、燃費規制も、今後さらに強化されていくという状況である。

これに対して、エンジンオイルの低粘度化が有効なことは、従来からよく知られている^{1)~6)}。ホンダでもFig.1に示すように、低粘度のHVI油(100ニュートラルベース油で粘度指数が120以上の鉱油系ベース油)を改良し、1991年以降生産してきた。しかし、ある程度以上の低粘度になると、高温時の耐摩耗性低下、油圧低下、オイル消費量の増加などが問題になってくる。さらに市販オイルの品質規格であるILSAC(International Lubricant Standardization and Approval Committee)規格に抵触する可能性も出てくる。とくにILSAC規格のなかのHTHS(High Temperature High Shear)粘度、蒸発特性を満足できなくなる。すなわち、常温での粘度を低くするだけでは高温での粘度低下と蒸発特性の二つが問題になる。

そこで、これらの問題点を考慮して開発のねらいを次のように定めた。

- (1) 常用温度域の粘度低減による省燃費化を追求する
- (2) 耐久性を保証する
- (3) ILSAC規格に適合する

これに対してHVI(High Viscosity Index)ベース油は高温でも粘度が下がりにくく、蒸発特性も低い^{7)~13)}。そこで本研究では従来から採用してきたHVIベース油を用いて低粘度化による省燃費性能の向上を計った。その結果、ILSAC規格に適合する0W-20グレードの低粘度オイルを得た。

著者らがすでに報告しているように¹⁴⁾、粘度を下げすぎると逆にフリクションが増加する場合がある。これはオイルの極端な低粘度化によってフリクション低減と増加の2つの現象が重なって起こるためと推定される。すなわち、オイルのせん断強さの低下によるフリクション減少と、境界潤滑領域に近づくことによるフリクション増加が重なっていると推定される。一方、最近のエンジンでは、動弁系などが「すべり」から「ころがり」へと改良されてきている。その結果、長島らの報告¹⁴⁾を上回る超低粘度オイルが適用できる可能性も出てきている。そこで、0W-20グレードの低粘度オイルの開発と平行して、ローラタイプの動弁系をそなえたエンジンで、0W-20グレードよりさらに低粘度化したオイルの効果も確認した。その結果、すぐれた効果のある0W-20エンジンオイル(以下、0W-20開発オイルと略記)が得られるとともに、超低粘度オイルの効果も確認できたので、以下に報告する。

Calendar year	'85	'90	'95	'00	'05
API/ILSAC Fuel economy standard for engine oil	$\Delta FE\ 1.5\% <$		$\Delta FE\ 2.7\% <$	$\Delta FE\ 1.1\% < (5W-30)$	
	Seq.VI		Seq.VI-A	Seq.VI-B	
SAE viscosity grade	10W-30	5W-30		5W-20	
Research work trend	Friction modifier study		Improvement of base oil & Low viscosity engine oil		

Fig.1 History of engine oil research in HONDA

Table 1 Properties of engine oils

Items			Developed oil		Current oil	GF-2 limit
SAE viscosity grade			0W-20	Low vis.	5W-30	—
Kinematic viscosity	@100°C	mm ² /s	8.2	7.1	10.2	xxW-20:5.6min xxW-30:9.3min
Viscosity index			186	185	189	—
HTHS* viscosity	@150°C	mPa·s	2.6	2.4	2.9	xxW-20:2.6min xxW-30:2.9min
CCS** viscosity	@-25°C	mPa·s	—	—	2680	5W:3500max
	@-30°C	mPa·s	3050	2160	—	0W:3250max
Evaporation loss***		%	16	22	17	17max

*High Temperature High Shear

**Cold Cranking Simulator

***@250°C×1hr

2. オイル配合の考え方

2. 1. オイル性状

試作エンジンオイルの物理化学性状をTable 1に示す。試作したオイルは0W-20開発オイルと超低粘度オイルの2種類である。前者は市場規格(ILSAC GF-2規格)に適合する範囲内で省燃費化をねらったもの、後者はGF-2規格の制約を無視して省燃費の限界を追求したものである。

Table 1に示したように、0W-20開発オイルの動的粘度は、従来の5W-30オイルで10.2mm²/sなのに対して8.2mm²/sまで下げている。また、Table 1から分かるように、0W-20開発オイルの各性状はすべてGF-2規格を満足している。これに対して超低粘度オイルは動的粘度が7.1mm²/sと最小になっているものの、蒸発性が22%(GF2規格17max)、HTHS粘度が2.4mPa·s(GF2規格では2.6min)であり、GF-2規格に適合していない。一般に、オイルは温度増加に対して粘度が下がり、蒸発量が増える。そして、高温での粘度の下がり過ぎは耐久性の点で、また蒸発量の増え過ぎはGF-2規格の点で問題になる。したがって、常用温度域の粘度を下げようとする場合、温度変化に対する性状変化の少ないオイルほど有利になる。この点でHVIベース油は従来の鉱油と比較してすぐれた温度変化特性を持っている。その結果、規

格値を満足しながら0W-20まで粘度を下げ、かつ常用温度域の粘度を低減することが可能となっている。

2. 2. モリブデン(Mo)系摩擦調整剤

HVIベース油の省燃費性能は、低粘度化と効果的な摩擦調整剤を用いることによって、さらに向上させることが可能である。摩擦調整剤の中でも、とくに有機Mo系摩擦調整剤の効果がすぐれている。ホンダにおいても、従来から本添加剤を採用している。しかし、最近のローラタイプの動弁系をそなえたエンジンの場合は、摩擦調整剤による改善効果がなくなっている可能性がある。そこで、摩擦調整剤の効果を、従来のすべりタイプのエンジンとローラタイプのエンジンの両方で確認した。

3. 実験方法

3. 1. 省燃費性能の評価

省燃費性能は台上と車両の両方で評価した。台上試験では、動弁系単体およびエンジンのモータリングトルクを測定した。Fig.2にモータリング測定装置を示す。

また、車両試験では、LA-4モード走行における燃費を測定した。なお、試験にはローラタイプの動弁系を持ったエンジン搭載車両を使用した。

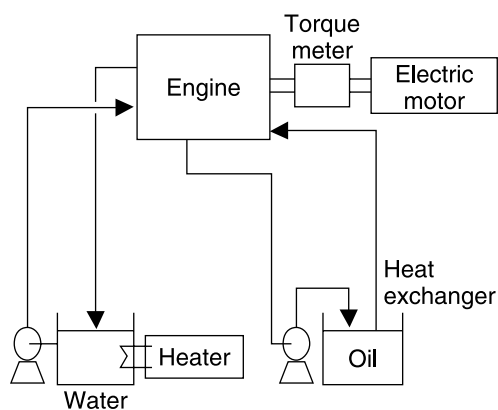


Fig.2 Schematic diagram of engine motoring tester

3.2. 耐久性評価

(1) 動弁系の摩擦

動弁系の摩擦は台上でのファイヤリング耐久試験で評価した。試験条件をTable 2に示す。これは動弁系が摩擦しやすい条件であり、エンジン回転数は常用回転域である。なお、オイルの低粘度化による摺動部の油膜厚さ減少の影響をより評価しやすくするために、ローラタイプではなくすべりタイプの動弁系を有するエンジンを用いた。

Table 2 Test conditions of valve train wear test

Engine	2.0L OHC
Engine speed	2 000rpm/0rpm
Oil temperature	90~95°C/20~30°C
Water temperature	80~90°C/15~25°C
Duration	300cycle

(2) オイル消費

オイル消費は、台上ファイヤリングの高速運転モードで評価した。試験条件をTable 3に示す。

Table 3 Test conditions of high speed durability test

Engine	2.2L OHC
Engine speed	6 300rpm
Oil temperature	130~135°C
Water temperature	80~90°C
Duration	100hr

4. Mo系摩擦調整剤の効果

まず、省燃費性能に及ぼすMo系摩擦調整剤の効果を台上で測定した。測定結果をFig.3に示す。従来のすべりタイプの動弁系に対し、ローラタイプの動弁系は大幅にフリク

ションが下がっているため、摩擦調整剤添加による効果も小さくなっている。しかし、ローラタイプの動弁系を有するエンジンにおいても従来のすべりタイプのエンジンと同様に、Mo系摩擦調整剤は有効なことが分かった。

そこで、以降の評価はMo添加仕様を基本として検討した。

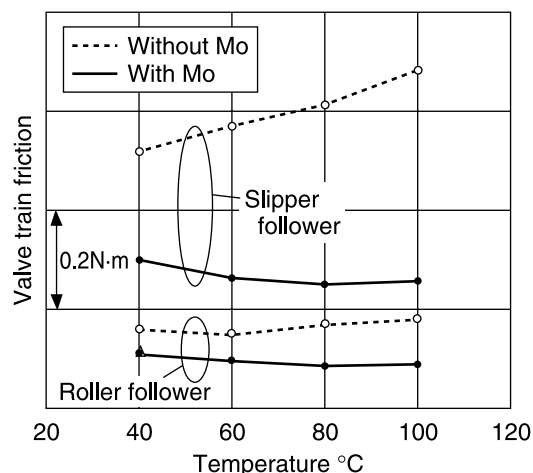


Fig.3 Effect of friction modifier on friction reduction

5. 省燃費性能

0W-20開発オイルの省燃費性能の確認結果を以下に述べる。

Fig.4にモータリングフリクション試験による評価結果を示す。5W-30オイルに対して、0W-20開発オイルは4.8%のフリクション低減効果がある。

Fig.5に実車による燃費測定結果を示す。同図によると、0W-20開発オイルは、5W-30オイルに対して1.5%の燃費改善効果がある。これらの値は、オイル単独の効果としてはたいへん大きいものである。

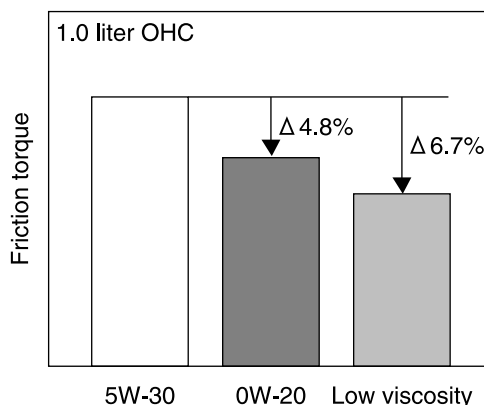


Fig.4 Friction torque with 0W-20 and low viscosity engine oil

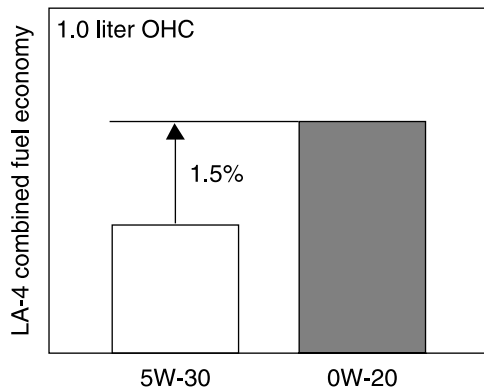


Fig.5 LA-4 combined fuel economy

6. エンジン耐久性への影響

つぎに、0W-20開発オイルのエンジン耐久性に及ぼす影響について述べる。

6.1. 耐摩耗性

テストは0W-20開発オイルおよび比較として5W-30オイルについて実施した。両エンジンオイルとも添加剤の配合は同一である。

Fig.6にカムノーズ摩耗量、及びロッカアームのスカッフ評点の測定結果を示す。0W-20開発オイルのカムノーズ摩

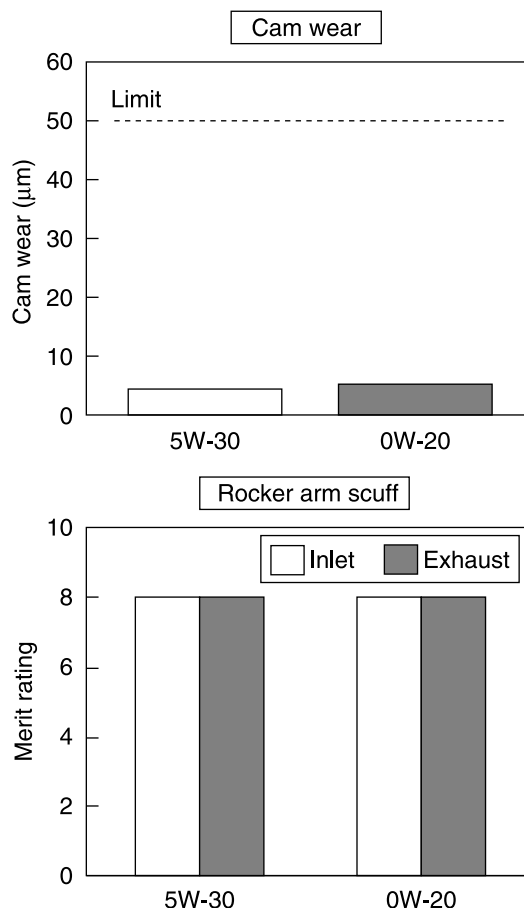


Fig.6 Anti wear performance of 0W-20 engine oil

量は比較対象とした5W-30に対してわずかに増加しているが、要求値に対して十分余裕をもっている。また、ロッカアームのスカッフについては5W-30と同等である。以上のように、0W-20開発オイルはすべりタイプの動弁系を有するエンジンにおいても十分な耐摩耗性がある事を確認した。

6.2. オイル消費

次に、低粘度オイルを使った場合のオイル消費を実機で確認した。結果をFig.7に示す。0W-20開発オイルは5W-30オイルに対して低粘度化しているにもかかわらず5W-30オイルと同等の消費量となっている。これは、2章でも述べたように、HVIベース油のすぐれた蒸発特性によるものである。

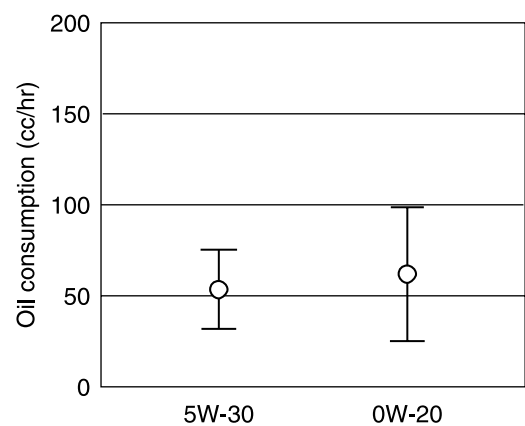


Fig.7 Oil consumption with 0W-20 and 5W-30 engine oil

7. 超低粘度オイルのフリクション低減効果

超低粘度オイルのフリクション低減効果はモータリング試験で測定した。測定結果をFig.8に示す。すべりタイプの動弁系を有するエンジンにおいてフリクションの極小値を示す時のHTHS粘度は約2.5mPa・sであった。ローラタイプの動弁系を有するエンジンと組み合わせると、極小値は2mPa・s以下とすべりタイプの動弁系を有するエンジンの場合より低い値だった。ここで得られた結果を0W-20開発オイルの結果と比較するために、Fig.4に同一油温条件下でのフリクション低減効果として示してある。同図から分かるように、超低粘度オイルは最大で6.7%のフリクション低減効果があり、今回開発した0W-20オイルを上回る省燃費性能を持っている。

超低粘度オイルを適用するためには、エンジン側でオイル消費や耐久性を考慮した仕様とする必要がある。しかし、ローラタイプの動弁系を有するエンジンでは、より低粘度のオイルとの組み合わせによって従来にない低フリクション化を達成できることが確認された。

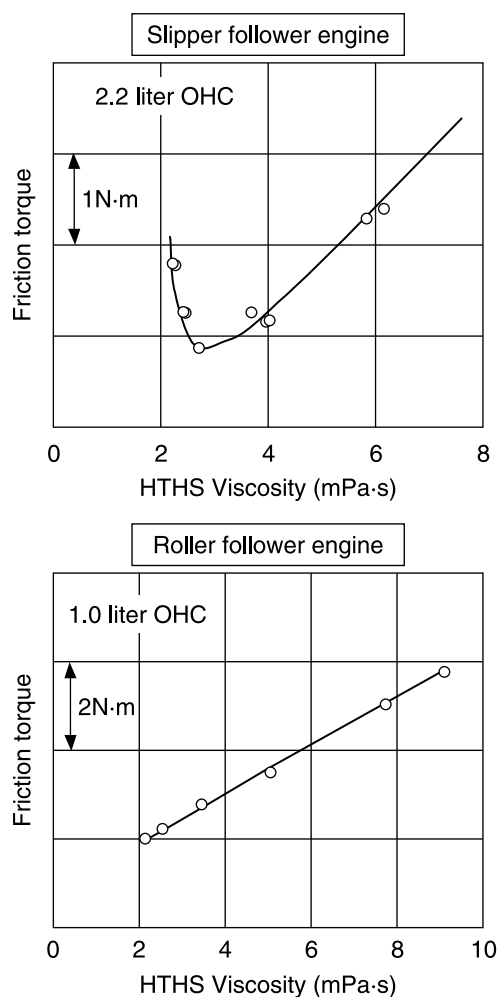


Fig.8 Limit in friction reduction

8. まとめ

エンジンオイルの低粘度化検討、およびその省燃費性能と耐久性を検証した結果、以下の知見が得られた。

- (1) HVIベース油を用いることにより、ILSAC規格に適合するSAE 0W-20グレードのエンジンオイルを処方することが可能である。
- (2) ローラタイプの動弁系を有するエンジンにおいてもスベリタイプの場合と同様に、Mo系摩擦調整剤は有効なフリクション低減方法である。
- (3) ILSAC GF-2規格に適合した0W-20開発オイルで、5W-30オイルに対して1.5%の燃費改善効果が得られた。
- (4) 0W-20開発オイルの動弁系における耐摩耗性とオイル消費については実機で問題ないことが確認できた。
- (5) 超低粘度オイルでは、5W-30オイルに対して最大6.7%のフリクション低減効果が得られた。

以上の結果から、0W-20開発オイルは、今後益々厳しくなる環境対応において、燃料消費率の低減による貢献ができるエンジンオイルであると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたりエンジンオイル試作等でご協力下さった日石三菱(株)および出光興産(株)の方々に深く感謝の意を表します。

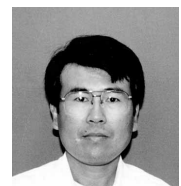
参考文献

- 1) Klaus, E. E.: Energy Conservation in Road Transportation Through Lubricant Technology, Lubrication Engineering, Vol.34, p.611-617 (1978)
- 2) Goodwin, M. C. et al.: Fuel Economy Improvements in EPA and Road Tests with Engine Oil and Rear Axle Lubricant Viscosity Reduction, SAE Paper 780596
- 3) Waddey, W. E. et al.: Improved Fuel Economy via Engine Oils, SAE Paper 780599
- 4) Damrath, J. G. et al.: Fuel Economy Factors in Lubricants, SAE Paper 821226
- 5) Irwin, R. F. et al.: Energy Conserving Engine Oils - Techniques and Technology, SAE Paper 830164
- 6) Clevenger, J. E. et al.: The Effects of Engine Oil Viscosity and Composition on Fuel Efficiency, SAE Paper 841389
- 7) Billon, A. et al.: Manufacturing New Base Oils by the IFP Hydrorefining Process, 34th Mid-Year API Meeting, Preprints, p.38-69 (1969)
- 8) Denis, J. et al.: Better Multigrade Oils from High Viscosity Index Hydrotreated Stocks, 34th Mid-Year API Meeting, Div. Refining, Preprints, p.50-69 (1969)
- 9) Cashmore, K. et al.: Hydrotreated Lube Oil Base Stocks, SAE Paper 821235
- 10) Ushio, M. et al.: Product of High VI Base Oil by VGO Deep Hydrocracking: Symposium on Processing, Characterization and Application of Lubricant Base Oils (1992)
- 11) Breimer, F. et al.: Hydroisomerization of Paraffin Wax, J. Inst. Petrol., Vol.43, p.297-306 (1957)
- 12) Bijward, H. M. J. et al.: The Shell Hybrid Process, an primized Route for HVI Lube Oil Manufacture, Petroleum Refining Conference of Japan Petroleum Institute, October (1986)
- 13) Igarashi, J. et al.: High Viscosity Index Petroleum Base Stocks - The High potential Base Stocks for Fuel Economy Automotive Lubricants, SAE Paper 920659
- 14) 長島ほか: 高粘度指数ベース油の低フリクション性能と5W-20エンジンオイルへの展開, HONDA R&D Technical Review, Vol.7, p.131-139 (1995)

■著 者■



田中秀樹



長島 隆



佐藤孝之



川内昌司