

資源エネルギー庁委託事業

平成30年度石油精製に係る諸外国における技術動向・
規制動向等の調査・分析事業
(潤滑油品質安定化調査・分析事業)
調査報告書(公表用)

平成 31 年 3 月

一般社団法人 潤 滑 油 協 会

目 次

第1部 事業の概要	1
第1節 事業の目的	1
第2節 事業の方法	1
1. 事業の体制	1
2. 潤滑油品質委員会	2
3. 事業の実施期間	3
第3節 事業の内容	3
1. 低粘度潤滑油実態調査	3
2. 低粘度潤滑油評価方法の検証・確立	5
3. 低粘度潤滑油(エンジン油)に係る品質評価方法のガイドライン策定	6
第2部 事業の結果	7
第1章 低粘度潤滑油実態調査	7
第1節 はじめに	7
第2節 低粘度潤滑油の規格動向調査	7
1. エンジン油の規格の現状	7
2. エンジン油粘度グレードの動向(SAE J 300)	9
3. ILSAC 規格の動向	9
4. ACEA 規格の動向	12
第3節 低粘度潤滑油の採用動向および評価方法等の調査	12
1. 低粘度潤滑油の採用動向	12
2. 低粘度潤滑油の評価方法の検討状況	15
第4節 まとめ	16
文 献	18
第2章 低粘度潤滑油評価方法の検証・確立	20
第1節 はじめに	20
第2節 供試低粘度潤滑油の試作	20
第3節 省燃費性に関する調査	23
1. ファイアリング燃費試験方法	24

2. モータリング燃費試験方法	29
第4節 摩耗防止性に関する調査	37
1. 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB、IVA)	37
2. チェーン摩耗試験方法(Sequence X)	44
第5節 高温酸化防止性に関する調査	47
1. 供試エンジン油	48
2. 供試エンジン	48
3. 供試燃料	49
4. 高温酸化防止性試験方法(Sequence IIIH)	49
5. 結果および考察	50
第6節 リン蒸発性に関する調査	51
第7節 低温スラッジ防止に関する調査	52
1. 供試エンジン油	53
2. 供試エンジン	53
3. 供試燃料	54
4. 低温スラッジ防止試験方法(Sequence VH)	54
5. 結果および考察	55
第8節 蒸発性、劣化油低温粘度およびシール適合性に関する調査	58
1. 蒸発損失性	58
2. 劣化油低温粘度	59
3. シール適合性	62
4. まとめ	67
第9節 まとめ	67
文 献	67
第3章 低粘度潤滑油(エンジン油)に係る品質評価方法のガイドライン策定	69
第1節 はじめに	69
第2節 低粘度潤滑油(エンジン油)に係る品質評価方法のガイドライン案	69
第3節 まとめ	71
文 献	72

第1部 事業の概要

第1節 事業の目的

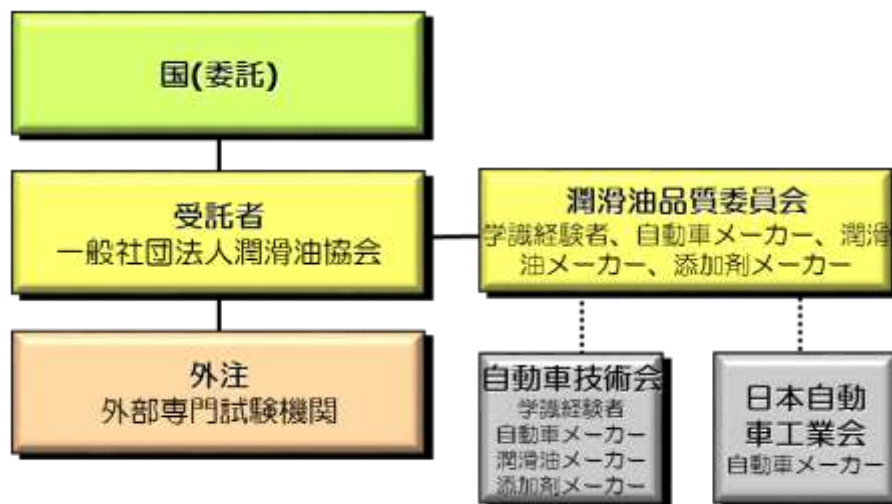
近年、自動車の省燃費化が進展する中、自動車用エンジン油についても、燃費向上につながる「低粘度潤滑油」の利用が進んでいる。他方、低粘度潤滑油については、品質に係る統一的な規格が存在しないことから、自動車修理工や一般ユーザー等が製品の適正を判断できず、結果として、粗悪品を使用することで故障や事故が引き起こされる可能性がある。

本事業では、こうした事態を未然に防ぐため、将来的に潤滑油メーカーが共通して使用できる低粘度潤滑油に係る品質評価方法の確立やガイドラインを策定することを目標とし、国内における低粘度潤滑油に係る実態調査や品質評価方法の検証を行うことを目的とした。

第2節 事業の方法

1. 事業の体制

本事業は一般社団法人潤滑油協会が国から受託し、実施した。実施体制は、次のとおりである。一部の特殊な試験については、外部専門試験機関に外注して実施した。



2. 潤滑油品質委員会

潤滑油協会では、本事業を円滑に実施するため、協会内に学識経験者、潤滑油業界関係者および自動車業界関係者等の外部有識者等から構成する「潤滑油品質委員会」を設置し、事業を実施した。潤滑油品質委員会の構成を次に示す。

平成 30 年度 潤滑油品質委員会
(委嘱期間：平成 30 年 4 月～平成 31 年 3 月)

区 分	氏 名	所 属 及 び 役 職 名
委員長 (学識経験者)	益子 正文	東京工業大学 名誉教授
副委員長 (学識経験者)	村木 正芳	湘南工科大学 非常勤講師 元機械工学科教授 (ISO 石油製品国内委員会委員長)
委員 (学識経験者)	三原 雄司	東京都市大学 工学部機械工学科 教授
幹事 (学識経験者)	内藤 康司	日本トライボロジー学会 添加剤技術研究会 幹事
委員	星野 秀隆	アフトンケミカル・ジャパン株式会社
委員	鈴木 寛之	EMG ルブリカンツ合同会社
委員	工藤 貢	出光興産株式会社
委員	三好 泰介	インフィニアムジャパン株式会社
委員	青木 隆二	コスモ石油ルブリカンツ株式会社
委員	吉田 悟	JXTG エネルギー株式会社
委員	竹内 佳尚	シェブロンジャパン株式会社 (平成 30 年 4 月から平成 30 年 6 月)
	小鷹 佳照	シェブロンジャパン株式会社 (平成 30 年 7 月から)
委員	藤原 彬充	シェルルブリカンツジャパン株式会社
委員	山守 一雄	トヨタ自動車株式会社 (公益社団法人自動車技術会 材料部会 エンジンオイル分科会 分科会長)
委員	佐川 琢円	日産自動車株式会社 (一般社団法人自動車工業会 安全・環境技術委員会 燃料・潤滑油部会 オイル分 科会 分科会長)
委員	松田 賢宏	日本ルーブリゾール株式会社

(敬称略)

3. 事業の実施期間

事業の実施期間は、次のとおりである。

平成 30 年 4 月 24 日～平成 31 年 3 月 29 日

潤滑油品質委員会の開催は、次のとおりである。

第 1 回 平成 30 年 6 月 21 日

第 2 回 平成 30 年 8 月 30 日

第 3 回 平成 31 年 3 月 1 日

第3節 事業の内容

1. 低粘度潤滑油実態調査

低粘度潤滑油の規格動向を調査するとともに、国内自動車メーカーに対して、低粘度潤滑油の使用実態、求める品質、実施している評価方法や課題等について、ヒアリングや電子メール等の手段により情報を収集し、分析・取りまとめを行った。主な成果は次のとおり。

1.1 低粘度潤滑油の規格動向調査

1) エンジン油粘度グレードの動向

エンジン油で広く用いられている粘度グレードは、SAE の定める J300 Engine Oil Viscosity Classification であり、高温および低温時の粘度により分類されている。従来の高温粘度グレードにおける最低粘度は SAE 20 であったが、省燃費性能向上を目指す自動車メーカーの要望により、2013 年 4 月に SAE 16 が、2015 年 1 月に SAE 12、SAE 8 が新たに設定された。2015 年の改定では見送られたが、SAE J300 の粘度設定を議論する EOVC (Engine Oil Viscosity Classification) タスクフォースでは、さらに低粘度グレードである SAE 4 について 2 年毎に継続して必要性を確認することとしている。EOVC では、2020 年に SAE 4 を必要とする自動車メーカーがあるとのことであるが、現時点での高温粘度グレードで最も低い粘度は SAE 8 となっている。

2) ILSAC(International Lubricant Specification Advisory Committee、国際潤滑油規格諮問委員会)規格の動向

AOAP (Auto Oil Advisory Panel)において次期規格である ILSAC(International Lubricant Specification Advisory Committee、国際潤滑油規格諮問委員会) GF-6 の検討が継続されている。市場導入については、当初 2015 年 1 月を目指していたが、執筆時点では 2020 年第 2 四半期前後の導入が議論されている。主な理由は GF-6 のための新試験法の開発、基油変更/粘度グレードリードアクロス(BOI/VGRA、Base Oil Interchange and Viscosity Grade Read Across)ルール設定の遅れであるが、API(American Petroleum Institute、米国石油協会)SN Plus 規格導入(2018 年 5 月に市場導入)の影響も考えられる。LSPI 防止性能からの GF-6 を急ぐ理由はなくなったが、燃費向上の観点から GF-6 を急ぐ理由も強く、市場導入タイミングの協議が継続されている。合格基準に関しては、Sequence VIE (省燃費性評価、GF-6A)、Sequence VIF (省燃費性評価、GF-6B)、Sequence IIIH (高温酸化安定性)、Sequence IVB (低温動弁摩耗性)、Sequence X (チェーン摩耗)などが主な議論の対象となっている。

3) ACEA(European Automobile Manufacturers Association、欧州自動車工業会)規格の動向

最新の ACEA 規格は、ACEA EUROPEAN OIL SEQUENCES 2016 Rev.2(1 DECEMBER 2018)である。前年の 2017 年 11 月に発行された Rev.1 からの変更は、スラッジ試験 Daimler M271 の標準油 RL140 の供給終了にともない、新しい標準油 RL261 を導入し、合格基準の過酷度はこれまでのレベルを維持したこと、低温スラッジ試験の代替にともない Sequence VH でも認証可能な点を明記したことである。

1.2 低粘度潤滑油の採用動向および評価方法等の調査

- API(American Petroleum Institute、米国石油協会)サービス分類 SN で規定されている最も低い粘度グレード、SAE 0W-16 油を国内自動車メーカー3 社が純正油として採用している。
- 将来の JASO オンファイル化、ILSAC GF-7 導入に向け、評価試験法の ASTM 化も視野に、低粘度ガソリンエンジン油(特に、SAE J300 で規定される SAE 0W-8 および SAE 0W-12 の粘度グレード)並びにエンジン油の省燃費性評価試験法の JASO 規格化の検討を、自動車技術会、石油連盟・日本自動車工業会

JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF において実施しており、2019 年 4 月に JASO 規格を発行予定である。

- ILSAC GF-6 規格制定に向けた試験法検討段階において、将来の低粘度潤滑油の評価方法として限界が指摘されている「燃費試験法」については、各社とも日本主導による規格化が必要と考えており、日本市場の現状をベースに、ファイアリングおよびモータリング燃費試験方法の二つの評価方法が提案されており、上記 TF においても評価試験法の開発を実施している。
- 将来の低粘度ガソリンエンジン油の「摩耗防止性」、「高温酸化防止性」および「低温スラッジ防止性」等のその他の信頼性試験については、ILSAC GF-6 で検討されている試験方法を基本に考えている。
- Sequence IVA(ASTM D 6891)試験はエンジン供給性の問題から、将来的には試験実施ができなくなる見込みである。そのため ILSAC GF-6 規格で低温動弁系摩耗防止性試験として提案されている Sequence IVB 試験の適用も検討している。

2. 低粘度潤滑油評価方法の検証・確立

現在市場投入されているエンジン油で最も低粘度のグレードは SAE 0W-16 である。一方、国内の自動車メーカーおよび潤滑油メーカーでは SAE 0W-16 油よりさらに粘度の低い SAE 0W-8 油の市場投入を目指しており、各社は当該油の開発を進めているところである。しかし現在、この SAE 0W-8 油の仕様を決める規格は存在しない。そこで、本事業では当該油の将来的な普及を見越し、仕様・品質評価方法の策定を行っている。本年度は、ILSAC GF-6B 案をベースに、より低粘度な潤滑油評価のための試験方法および基準値について検討・確立を行った。主な成果は次のとおり。

- SAE J300 に規定されている 0W-8 の低粘度潤滑油について、省燃費性を評価できる 2 種類のエンジン試験法を確立し、標準油やデモンストレーション油を用いた評価結果から、省燃費性のガイドライン案の基準値を設定した。
- 省燃費性以外の摩耗防止性などの性能(信頼性)評価法について、標準油やデモンストレーション油により検討し、検討されている ILSAC GF-6B 案や既存の ILSAC GF-5/API SN 規格で用いられる試験法や規格値の適用が可能であることを確認した。

3. 低粘度潤滑油(エンジン油)に係る品質評価方法のガイドライン策定

これまでの事業成果を踏まえつつ、低粘度潤滑油(エンジン油)に係る品質評価方法のガイドライン案を策定した。主な成果は次のとおり。

- これまでの成果について検討し、低粘度潤滑油(エンジン油)に係る要求項目、試験方法および基準値からなるガイドライン案を取りまとめた。
- 3種類のSAE 0W-8デモンストレーション候補油について省燃費性、摩耗防止性などの信頼性を評価した結果、ガイドライン案に適合するデモンストレーション油が存在し、低粘度潤滑油のガイドライン案が技術的に実現可能であることを証明した。
- さらに、将来の国際規格化提案(ILSAC GF-7など)を目指して、本事業で開発した省燃費試験を元に省燃費性の持続性を評価するための基礎的な検討が必要である。

第2部 事業の結果

第1章 低粘度潤滑油実態調査

第1節 はじめに

我が国全体の CO₂ 排出量の内、運輸部門からの排出量は約 2 割を占めており¹⁾、地球温暖化対策を推進するためには、運輸部門からの CO₂ 排出量を削減することが重要な課題となっている。その対策の一つとして「エネルギーの使用の合理化に関する法律(通称、省エネ法)」では、乗用自動車および貨物自動車に対し燃費基準が設定されている。燃費の向上を図るためにエンジンや駆動系の効率向上、車両の軽量化および各種抵抗の低減など、数多くの取り組みが行われているが、エンジン油においては、さらなる燃費の向上を目指し、低粘度潤滑油の利用が検討されている。

本章では、低粘度潤滑油の規格動向を調査するとともに、国内自動車メーカーに対して、低粘度潤滑油の使用実態、求める品質、実施されている評価方法や課題等について、ヒアリングや電子メール等の手段により情報を収集し、分析・取りまとめを行ったので報告する。

第2節 低粘度潤滑油の規格動向調査

1. エンジン油の規格の現状

エンジン油規格の最大の目的は、利用者に対してその選択基準を明確にすることにある。エンジン油の規格には粘度グレードと品質規格がある。粘度グレードについては SAE (Society of Automotive Engineers、米国自動車技術会)が定める SAE J300 が広く用いられている。

エンジン油の品質規格の普及状況を図 1-1 に示す。日本、アジアおよび米国では、ILSAC(International Lubricant Specification Advisory Committee、国際潤滑油規格諮問委員会)規格や API(American Petroleum Institute、米国石油協会) サービス分類、欧州では ACEA(European Automobile Manufacturers Association、欧州自動車工業会)規格が普及している。



図 1-1. 世界のエンジン油品質規格の普及状況

日本、アジアおよび米国で普及しているガソリンエンジン油規格、ILSAC/API 規格の運用システムを図 1-2 に示す。

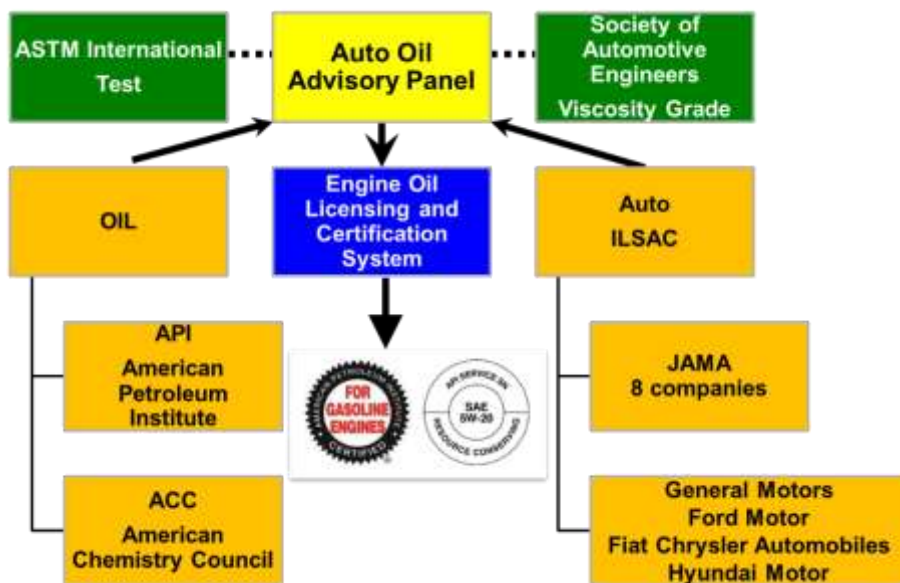


図 1-2. ILSAC/API 規格の運用システム

ILSAC/API 規格は石油メーカー、添加剤メーカーおよび自動車メーカーの合意の上で決定される。石油側の石油メーカーとして API、添加剤メーカーとしては ACC(American Chemistry Council、米国化学工業協会)、および自動車側としては JAMA(Japan

Automobile Manufacturers Association、日本自動車工業会)と米国の自動車メーカーが共同で設立した ILSAC、の各メンバーにより AOAP(Auto Oil Advisory Panel)が組織され、エンジン油規格運用システム全体を統括している。エンジン油の認証、ライセンスの発行は、EOLCS(Engine Oil Licensing and Certification System、エンジン油ライセンス認証システム)により行う。さらに、SAE は粘度グレードを定め、API は品質規格である API サービス分類を定めている。また、試験に必要な試験方法は ASTM International(米国材料試験協会)が開発、管理している。

2. エンジン油粘度グレードの動向(SAE J 300)

自動車の燃費規制が各国で継続的に強化されている。我が国では、「エネルギーの使用の合理化に関する法律(通称、省エネ法)」により、ガソリン乗用自動車については、目標年度(2020 年度)において、2009 年度実績値と比べて 24.1%、現行燃費基準(2015 年度目標)の水準と比べて 19.6%の燃費を改善することが求められている²⁾。各自動車メーカーは効率向上を追求しており、その手段の一つとして燃機関におけるエンジン油の低粘度化が進められている。

エンジン油で広く用いられている粘度グレードは、SAE の定める J300 Engine Oil Viscosity Classification であり、高温および低温時の粘度により分類されている。従来の高温粘度グレードにおける最低粘度は SAE 20 であったが、省燃費性能向上を目指す自動車メーカーの要望により、2013 年 4 月に SAE 16 が、2015 年 1 月に SAE 12、SAE 8 が新たに設定された³⁾⁶⁾。2015 年の改定では見送られたが、SAE J300 の粘度設定を議論する EOVC (Engine Oil Viscosity Classification)タスクフォースでは、さらに低粘度グレードである SAE 4 について 2 年毎に継続して必要性を確認することとしている。EOVC では、2020 年に SAE 4 を必要とする自動車メーカーがあるとのことであるが、現時点での高温粘度グレードで最も低い粘度は SAE 8 となっている。SAE J300 は 2015 年 1 月に改訂された版が、現時点で最新版となっている。

3. ILSAC 規格の動向

3.1 ILSAC GF-6 規格開発の背景と要求性能

日本、欧州では 2015 年で世界的に最も厳しい燃費規制、約 20km/L、に設定されている。さらに中国で 2020 年、米国で 2025 年に同等以上の燃費目標値設定が検討されている⁷⁾。日米韓の自動車メーカーで構成された ILSAC と石油・潤滑油メーカー、添

加剤メーカーで組織された AOAP において、これらの厳しい燃費目標に対応する次期規格 GF-6 が検討されている。

AOAP において 2014 年に合意され、公表された GF-6 の Needs Statement では、既存の GF-5 規格と比較して、以下の性能の向上を求めている。①オイル交換までの期間を通じての省燃費性、②北米、日本、欧州などの各地域における燃料、使用環境に適切に対応可能なロバスト性、③LSPI(Low-Speed Pre-Ignition、低速プレイグニッション)発生頻度の最小化、④動弁系を含むエンジンの摩耗防止性、⑤GF-6A、GF-6B と二種類の規格を規定すること。GF-6A:従来の SAE 粘度グレード(XW-20、XW-30)、GF-6B: XW-16 とそれ以下の低粘度油。誤給油によるエンジントラブルを防止のためにシンボルマークを分けることも含めて検討すること。

3.2 ILSAC GF-6 規格値案について

GF-6 規格値案は、2018 年 11 月に最新ドラフトが公表された⁸⁾⁹⁾。GF-6 規格は、粘度グレードにより GF-6A と GF-6B に区分される。GF-5 では 0W-XX、5W-XX および 10W-XX のように SAE 0W、5W および 10W のマルチグレード油が対象となっていたが、GF-6A では 0W-20、0W-30、5W-20、5W-30 および 10W-30 の 5 粘度グレードに限定されている。新たに追加された GF-6B は 0W-16 が対象となっている。HTHS 粘度@150°Cが SAE 16 より低い粘度グレードを追記する場合は、AOAP のレビューと承認が必要とされている⁹⁾。ベンチ試験の TEOST MHT は GF-6 には要求されない。エンジン試験については、前述の要求性能を受けて、新規試験として LSPI 防止性 (Sequence IX)、タイミングチェーンの摩耗防止性(Sequence X)¹⁰⁾の 2 種類が追加される予定である。また、代替される試験として、高温酸化安定性、低温スラッジ防止性、低温動弁摩耗性および燃費試験の 4 種類が挙げられている。

高温酸化安定性については、GF-6A、B とともに GF-5 を上回る性能を要求されており、試験法も高温酸化安定性評価は Sequence IIIG から Sequence IIIH (Chrysler エンジン)へ代替が提案されている。Sequence IIIH では粘度増加率および加重ピストンデポジット(WPD)がより厳しい基準で提案されている。一方、Sequence IIIG で評価されていた平均カム・リフタ摩耗は Sequence IIIH では評価されないため、要求性能から削除された。

低温スラッジ防止性評価は GF-5 と同等の性能が求められ、試験法は Sequence VG から Sequence VH (Ford エンジン)へ代替が提案されている。

低温動弁摩耗性については GF-6A、B とともに GF-5 から要求性能レベルは変わらないが、試験法は Sequence IVA から Sequence IVB (Toyota エンジン)へ代替が提案さ

れている¹¹⁾。合格基準案として Intake Bucket Lifter の Average Volume Loss 2.5mm³ 以下、試験終了時 油中铁分 400mg/kg 以下 が提案されている。ベアリング腐食防止性(Sequence VIII)は、GF-6A のみに要求され、GF-6B には要求されない。ただし、せん断安定性(10h)の試験としては GF-6B の要求項目に残っている。今後、KO (Kurt Orbahn)、KRL taper roller bearing test などで代替を検討するとされている⁹⁾。

省燃費性評価の規格値は粘度グレード毎に設定されている。GF-5 では Sequence VID が使用されていた。現在、GF-6A および GF-6B にそれぞれ使用される Sequence VIE(GM エンジン)、Sequence VIF (GM エンジン)で、GF-5 性能に相当する合格基準も確立されており、API にて既に承認されている¹²⁾。それらを元に比較すると、GF-6A では GF-5 の規格値に対して、同一粘度グレードにおける FEI 合計(16 時間運転後の燃費向上率と 125 時間運転後の燃費向上率の合計)で 1.2%~1.3%ポイント向上、FEI 2 (125 時間運転後の燃費向上率)で 0.5~0.6%ポイント向上と非常に厳しい要求が示されている。低粘度グレードである GF-6B では、基準油に対して FEI 合計で 4.7%以上、FEI 2 で 2.3%以上という省燃費性の要求値が示された。これらも GF-5 対比でそれぞれ 1.0%、0.5%ポイントの改善となる。

LSPI 防止性およびチェーン摩耗試験法については、LSPI 防止性が Sequence IX (Ford エンジン)、チェーン摩耗が Sequence X (Ford エンジン)として新しく開発され、要求性能としてそれぞれ LSPI 発生頻度 5 以下、チェーン伸び率 0.085%以下が提案されている。

本報告書執筆時(2019 年 3 月)、規格値案に対する議論が継続されている。

3.3 ILSAC GF-6 規格のスケジュール

GF-6 規格適合油の市場導入は、執筆時点で 2020 年第 2 四半期前後の導入が議論されている¹³⁾。主な理由は GF-6 のための新試験法の開発、基油変更/粘度グレードリードアクロス(BOI/VGRA、Base Oil Interchange and Viscosity Grade Read Across)ルール設定の遅れであるが、API SN PLUS 規格導入の影響も考えられる。これは、GF-6 の市場導入の遅れから、2017 年に JAMA と米国の自動車メーカーが共同で、GF-6 が市場導入されるまでの間の GF-5 の追加規格として、GF-6 で検討されている LSPI 防止性能を、GF-5 性能に追加した規格の設定を提案したことによるものであり、規格の寿命についても議論がなされている。API SN PLUS は 2018 年 5 月に市場導入された。LSPI 防止性能からの GF-6 を急ぐ理由はなくなったが、燃費向上の観点から GF-6 を急ぐ理由も強く、市場導入タイミングの協議が継続されている。通常 12 か月が規定されている市場導入前の製品の認証期間を、9 か月に短縮することも考慮の対

象とされている。合格基準に関しては、Sequence VIE (省燃費性評価、GF-6A)、Sequence VIF (省燃費性評価、GF-6B)、Sequence IIIH (高温酸化安定性)、Sequence IVB (低温動弁摩耗性)、Sequence X (チェーン摩耗)などが主な議論の対象となっている¹³⁾。

4. ACEA 規格の動向

ACEA 規格は現在 3 種に分類されている。①ガソリンおよびライト・デューティ・ディーゼルエンジン用の A/B 規格、②後処理装置を有するガソリンおよびライト・デューティ・ディーゼルエンジン用の C 規格、そして③ヘビー・デューティ・ディーゼルエンジン用の E 規格である。A/B 規格と C 規格に関連する動向を報告する。

最新の ACEA 規格は、ACEA EUROPEAN OIL SEQUENCES 2016 Rev. 2 (1 DECEMBER 2018)である。前年の 2017 年 11 月に発行された Rev.1 からの変更は、以下の 2 点である。1 点目はスラッジ試験 Daimler M271 の標準油 RL140 の供給終了にともない、新しい標準油 RL261 を導入したこと¹⁴⁾。合格基準の過酷度はこれまでのレベルを維持した。2 点目は、低温スラッジ試験の代替にともない Sequence VH でも認証可能な点を明記したことである。

当初は 2018 年末までに新規格の発行を検討していたが、遅らせる決定をした¹⁵⁾。

ACEA 規格に導入が検討されている試験のうち、ILSAC の開発した試験は、Sequence IVB、Sequence IX、Sequence X、Sequence VH、および Sequence VIE である¹⁶⁾。それ以外の試験としては、CEC L-114 ターボ・チャージャー・デポジット試験なども挙げられている^{16)・17)}。規格としては、C1 の廃止、C5 のアップグレードにあたる C6 の導入やガソリンエンジンのみに対応する G6 などが検討されている¹⁸⁾。それらの規格設定のタイミングは明確にはなっていないが、試験法開発の予定などから最も早い場合でも 2019 年末までの発行が推測されている¹⁷⁾。

第3節 低粘度潤滑油の採用動向および評価方法等の調査

1. 低粘度潤滑油の採用動向

国内自動車メーカー各社の低粘度潤滑油の純正油への採用動向を調査した。国内自動車メーカー各社は、前述した燃費規制の強化に伴い省燃費性の高いエンジン油の適用を進めている。世界的なエンジンオイル認証システムである EOLCS(Engine Oil Licensing

and Certification System)に登録されているエンジン油のうち、API サービス分類、SN で規定されていて SAE J300 グレードで最も低粘度であるのは SAE 0W-16 であり、2019 年 2 月現在で 79 銘柄が登録されている。それらを表 1-1 に示す。

表 1-1. EOLCS に登録されている SAE 0W-16 エンジン油の銘柄
(2019 年 2 月現在) (出典 文献 19)

Company Name	Product Name	Performance Designation
ADVANCED LUBRICATION SPECIALTIES, INC	ADVANTAGE FULL SYNTHETIC	
ALPHA'S CO., LTD.	ALPHA	
AUTOBACS SEVEN CO., LTD	AVANTE	
CAM2 INTERNATIONAL, LLC	CAM2 SYNAVEX	SN Plus
ADVANCE STORES COMPANY, INC.	CARQUEST Full Synthetic	RC
BP JAPAN K.K. CASTROL DIVISION OF BP PLC	Castrol EDGE	
BP JAPAN K.K. CASTROL DIVISION OF BP PLC	Castrol Magnatec Hybrid	
BP JAPAN K.K. CASTROL DIVISION OF BP PLC	Castrol Magnatec Professional	
BP JAPAN K.K. CASTROL DIVISION OF BP PLC	Castrol Magnatec Professional T-Line Neo	
SANKO OIL INDUSTRY CO., LTD.	CHAMPION HYBRID&LEV	
CHAMPION BRANDS LLC	Champion SynGold	
RELADYNE, LLC	DURAMAX FULL SYNTHETIC	RC, SN Plus
NU-TIER BRANDS, INC.	ECOSE Synthetic	RC, SN Plus
JX NIPPON OIL & ENERGY CORPORATION	ENEOS FINE	
JX Nippon Oil & Energy USA Inc.	ENEOS Fully Synthetic	
U.S. GLOBAL PETROLEUM, INC.	EVEREST FULL SYN	RC, SN Plus
Lubricating Specialties Company	Extreme Ultra	
TAY RUENN ENTERPRISE CO., LTD.	FULL BORE	
TAY RUENN ENTERPRISE CO., LTD.	FULL BORE	SN Plus
SPK CORPORATION	GSP	
PHILLIPS 66 COMPANY (KENDALL MOTOR OIL)	GT-1 Max	RC, SN Plus
GULF OIL INTERNATIONAL	Gulf PRO Techno PREMIUM eco	
GULF OIL INTERNATIONAL	Gulf Ultrasynth X	
GULF OIL LIMITED PARTNERSHIP	GulfTEC Synthetic	
GULF OIL LIMITED PARTNERSHIP	GulfTEC Synthetic	RC, SN Plus
ADD OIL (M) SDN BHD	HIPRO VELTORQ R1	
IDEMITSU KOSAN COMPANY, LTD	IDEMITSU ZEPRO ECO MEDALIST	RC
IDEMITSU LUBRICANTS AMERICA CORPORATION	Idemitsu Zepro Ecomedalist	
Inter-State Oil Co.	InterState Synthetic	
NIKKO SANGYO COMPANY, LTD	KEYSTONE SYNTHETIC	
GS CALTEX CORPORATION	Kixx NEO FE	RC
SANKO OIL INDUSTRY CO., LTD.	LEPIAUS EXCEED ECO	
YACCO SAS	LUBE FE	
LUBRICATION TECHNOLOGIES, INC.	Lube-Tech Endurance Full Syn	RC, SN Plus
WARREN OIL COMPANY INC	LubriGold Full Synthetic	
RELIANCE FLUID TECHNOLOGIES	MACH2 Full Performance	RC, SN Plus
RELIANCE FLUID TECHNOLOGIES	MACH2 Full Synthetic	RC, SN Plus
RELIANCE FLUID TECHNOLOGIES	Maximum Performance Full Performance	RC, SN Plus
RELIANCE FLUID TECHNOLOGIES	Maximum Performance Full Synthetic	
RELIANCE FLUID TECHNOLOGIES	Maximum Performance Full Synthetic	RC, SN Plus
M & J SUNSHINE CORP.	Mecha Tool Full Synthetic	SN Plus
PETROCHOICE	MEDALLION PLUS FULL SYNTHETIC	RC, SN Plus
MITASU OIL CORPORATION	MITASU GOLD HYBRID 100% SYNTHETIC	
EXXONMOBIL OIL CORPORATION	Mobil 1	SN Plus
EMG Lubricants GodoKaisha	MOBIL 1	SN Plus
EMG Lubricants GodoKaisha	MOBIL SUPER 3000	
Shandong Motion Energy Technology Co., Ltd	MOTION	
MOTUL SA	MOTUL HYBRID	
MOTUL SA	MOTUL J-01 HYBRID	
PINNACLE OIL Holdings, LLC	NATIONAL PREMIUM FULL SYNTHETIC	RC, SN Plus
AMSOIL INC	OE	RC, SN Plus
PETRO-CANADA LUBRICANTS	Petro-Canada Supreme Synthetic	RC, SN Plus
PENNZOIL PRODUCTS COMPANY	PLATINUM FULL SYNTHETIC	RC

Company Name	Product Name	Performance Designation
PENNZOIL PRODUCTS COMPANY	PLATINUM FULL SYNTHETIC	RC, SN Plus
SANKYO YUKA KOGYO KK	PROFIX	
NORTH AMERICAN LUBRICANTS COMPANY	PureSYN	
SHOWA SHELL SEKIYU KK	QS Enhanced Durability	
RALOY LUBRICANTES, SA DE CV	RALOY SYN-TEC PLATINUM	
RAVENSBERGER SCHMIERSTOFFVERTRIEB GMBH	RAVENOL EFE Extra Fuel Economy	
RELIANCE FLUID TECHNOLOGIES	RFT Full Performance	RC, SN Plus
RELIANCE FLUID TECHNOLOGIES	RFT Full Synthetic	RC, SN Plus
SUPERIOR LUBRICANTS	Road King Full Synthetic	RC, SN Plus
AIOD	Service Pro	RC, SN Plus
SHOWA SHELL SEKIYU KK	Shell Helix HX8 AJ-E	
PHILLIPS 66 COMPANY (PHILLIPS 66)	Shield Armor	RC, SN Plus
MOTUL SA	SPECIFIC HYBRID	
COMERCIAL IMPORTADORA, S. DE R.L. DE C.V	SRT PRO	
NISSAN MOTOR CO.,LTD	STRONG SAVE X	RC
SMITTY'S SUPPLY,INC.	Super Syn	SN Plus
CITGO PETROLEUM CORPORATION	Supergard Synthetic	
SUZUKI MOTOR CORPORATION	SUZUKI ECSTAR F	
NORTHLAND PRODUCTS COMPANY	Synergy Synthetic OE	RC, SN Plus
U.S. VENTURE, INC.	THRIVE FULL SYNTHETIC	SN Plus
TOM'S COMPANY LIMITED	TOM'S LUB PROFESSIONAL	
TOP 1 OIL PRODUCTS COMPANY	TOP 1 Evolution XK-FE	
M & J SUNSHINE CORP.	Topper Full Synthetic	SN Plus
TOYOTA MOTOR CORPORATION	TOYOTA GENUINE CASTLE	RC
SUPERIOR LUBRICANTS	Tuxton Select Full Synthetic	RC, SN Plus
COMERCIAL IMPORTADORA, S. DE R.L. DE C.V	XTR PRO	

RC: Resource Conserving

表 1-1 から明らかなように、我が国の自動車メーカーでは、日産自動車、スズキおよびトヨタ自動車の 3 社が SAE 0W-16 のエンジン油を認証登録している。これらの認証油を純正油として採用している車種を各社ホームページ²⁰⁾より抜粋し表 1-2 にまとめた。

表 1-2. SAE 0W-16 と表示されている低粘度油の国内自動車メーカー純正油への採用状況
(2019年2月現在) (出典 文献 20)

会社	車種	エンジン
日産自動車	ノート	HR12DDR
	デイズルークス	3B20
	デイズ	3B20
	セレナ	MR20DD
スズキ	ワゴンR	R06A
	スペーシア	R06A
	ハスラー	R06A
	アルト	R06A
	スイフト	K12C
	ソリオ	K12C
	バレーノ	K12C
	イグニス	K12C
	ランディ	MR20
トヨタ自動車	アクア	1NZ-FXE
	スペイド	2NR-FKE
	ボルテ	2NR-FKE
	シエンタ	1NZ-FXE
	カムリ	A25A-FXS
	カローラ アクシオ	1NZ-FXE
	カローラ アクシオ	2NR-FKE
	プリウス	2ZR-FXE
	プリウス PHV	2ZR-FXE
	カローラ フィルダー	1NZ-FXE
	C-HR	2ZR-FXE

2. 低粘度潤滑油の評価方法の検討状況

AOAP では、ILSAC GF-6 規格の制定に向けた評価方法の確立を推進しており、低粘度潤滑油、SAE 0W-16 グレードに対応する ILSAC GF-6B 規格についても検討されている。今後、さらなる省燃費化にともなう低粘度化が想定されるが、燃費試験方法はじめ従来の評価方法では検証が難しい評価項目もあり、これらに対応した評価方法の確立が必要と考えられる。国内の自動車メーカー各社に対し、自動車メーカーの SAE 0W-8 などさらなる低粘度グレードエンジン油への要望とその低粘度エンジン油に求める品質、評価方法等の課題等に係る実態を調査した。

将来の低粘度エンジン油の JASO オンファイル化、ILSAC GF-7 導入に向け、評価試験法の ASTM 化も視野に、低粘度ガソリンエンジン油(特に、SAE J300 で規定される SAE 0W-8 および SAE 0W-12 の粘度グレード)の JASO 規格化の検討を、自動車技術会、石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油タスクフォース(TF)

において実施している。本 TF では将来の低粘度潤滑油(エンジン油)について次のように考えている。

- JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF では、2019 年 4 月を目標に低粘度油の規格化を目指している。
- ILSAC GF-6 規格制定に向けた試験法検討段階において、将来の低粘度潤滑油の評価方法として限界が指摘されている「燃費試験法」については、各社とも日本主導による規格化が必要と考えており、日本市場の現状をベースに、ファイアリングおよびモータリング燃費試験方法の二つの評価方法が提案されており、上記 TF においても評価試験法の開発を実施している。
- 「摩耗防止性」、「高温酸化防止性」および「低温スラッジ防止性」等のその他の信頼性試験については、ILSAC GF-6 で検討されている試験方法を基本に考えている。
- Sequence IVA(ASTM D 6891)試験はエンジン供給性の問題から、将来的には試験実施ができなくなる見込みである。そのため ILSAC GF-6 規格で低温動弁系摩耗防止性試験として提案されている Sequence IVB 試験の適用も検討している。

第4節 まとめ

本章では、低粘度潤滑油の規格動向を調査するとともに、国内自動車メーカーに対して、低粘度潤滑油の使用実態、求める品質、実施されている評価方法や課題等について、ヒアリングや電子メール等の手段により情報を収集し、分析・取りまとめを行った。主な結果は次のとおり。

- エンジン油で広く用いられている粘度グレードは、SAE の定める J300 Engine Oil Viscosity Classification であり、高温および低温時の粘度により分類されている。従来の高温粘度グレードにおける最低粘度は SAE 20 であったが、省燃費性能向上を目指す自動車メーカーの要望により、2013 年 4 月に SAE 16 が、2015 年 1 月に SAE 12、SAE 8 が新たに設定された。2015 年の改定では見送られたが、SAE J300 の粘度設定を議論する EOVC (Engine Oil Viscosity Classification)タスクフォースでは、さらに低粘度グレードである SAE 4 について 2 年毎に継続して必要性を確認することとしている。EOVC では、2020 年に SAE 4 を必要とする自動車メーカーがあるとのことであるが、現時点での高温粘度グレードで最も低い粘度は SAE 8 となっている。

- AOAP (Auto Oil Advisory Panel)において次期規格である ILSAC(International Lubricant Specification Advisory Committee、国際潤滑油規格諮問委員会) GF-6 の検討が継続されている。市場導入については、当初 2015 年 1 月を目指していたが、執筆時点では 2020 年第 2 四半期前後の導入が議論されている。主な理由は GF-6 のための新試験法の開発、基油変更/粘度グレードリードアクロス(BOI/VGRA、Base Oil Interchange and Viscosity Grade Read Across)ルール設定の遅れであるが、API(American Petroleum Institute、米国石油協会)SN Plus 規格導入(2018 年 5 月に市場導入)の影響も考えられる。LSPI 防止性能からの GF-6 を急ぐ理由はなくなったが、燃費向上の観点から GF-6 を急ぐ理由も強く、市場導入タイミングの協議が継続されている。合格基準に関しては、Sequence VIE (省燃費性評価、GF-6A)、Sequence VIF (省燃費性評価、GF-6B)、Sequence IIIH (高温酸化安定性)、Sequence IVB (低温動弁摩耗性)、Sequence X (チェーン摩耗)などが主な議論の対象となっている。
- 最新の ACEA 規格は、ACEA EUROPEAN OIL SEQUENCES 2016 Rev.2(1 DECEMBER 2018)である。前年の 2017 年 11 月に発行された Rev.1 からの変更は、スラッジ試験 Daimler M271 の標準油 RL140 の供給終了にともない、新しい標準油 RL261 を導入し、合格基準の過酷度はこれまでのレベルを維持したこと、低温スラッジ試験の代替にともない Sequence VH でも認証可能な点を明記したことである
- API(American Petroleum Institute、米国石油協会)サービス分類 SN で規定されている最も低い粘度グレード、SAE 0W-16 油を国内自動車メーカー3 社が純正油として採用している。
- 将来の JASO オンファイル化、ILSAC GF-7 導入に向け、評価試験法の ASTM 化も視野に、低粘度ガソリンエンジン油(特に、SAE J300 で規定される SAE 0W-8 および SAE 0W-12 の粘度グレード)並びにエンジン油の省燃費性評価試験法の JASO 規格化の検討を、自動車技術会、石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF において実施しており、2019 年 4 月に JASO 規格を発行予定である。
- ILSAC GF-6 規格制定に向けた試験法検討段階において、将来の低粘度潤滑油の評価方法として限界が指摘されている「燃費試験法」については、各社とも日本主導による規格化が必要と考えており、日本市場の現状をベースに、ファイアリングおよびモータリング燃費試験方法の二つの評価方法が提案されており、上記 TF においても評価試験法の開発を実施している。

- 将来の低粘度ガソリンエンジン油の「摩耗防止性」、「高温酸化防止性」および「低温スラッジ防止性」等のその他の信頼性試験については、ILSAC GF-6 で検討されている試験方法を基本に考えている。
- Sequence IVA(ASTM D 6891)試験はエンジン供給性の問題から、将来的には試験実施ができなくなる見込みである。そのため ILSAC GF-6 規格で低温動弁系摩耗防止性試験として提案されている Sequence IVB 試験の適用も検討している。

文 献

- 1) 環境省ホームページ：“2016 年度(平成 28 年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について”，<https://www.env.go.jp/press/files/jp/109035.pdf>.
- 2) 国土交通省ホームページ：総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会自動車判断基準小委員会・交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会自動車燃費基準小委員会合同会議最終取りまとめ，<http://www.mlit.go.jp/common/000170128.pdf>.
- 3) Sagawa, T., Ueno, T., Nakamura, K., Ishikawa, T. : "Development of 0W-20 ILSAC GF-3 Gasoline Engine Oil", SAE Technical Paper 2002-01-1636(2002).
- 4) Koyamaishi, N., Suzuki, T., Kamioka, R., Murakami, M. et al. : "Study of Future Engine Oil (First Report): Future Engine Oil Scenario", SAE Technical Paper 2007-01-1977(1977).
- 5) Okuyama, Y., Shimokoji, D., Sakurai, T., and Maruyama, M., et al. : " Study of Low-Viscosity Engine Oil on Fuel Economy and Engine Reliability", SAE Technical Paper 2011-01-1247(2011).
- 6) 内藤康司：“車両用潤滑油・船舶用エンジン油の環境対応”，ペトロテック，32(12)(2009)881.
- 7) International Council on Clean Transportation：“Global Comparison of Light-Duty Vehicle Fuel Economy/GHG Emissions Standards”，Update: November 2014.http://www.theicct.org/sites/default/files/info-tools/ICCT_PV_standard_Feb2014.pdf.
- 8) ILSAC: ILSAC GF-6A RECOMENDATIONS FOR PASSENGER CAR ENGINE OILS, DRAFT November 14, 2018.
- 9) ILSAC: ILSAC GF-6B RECOMENDATIONS FOR PASSENGER CAR ENGINE OILS, DRAFT November 14, 2018.
- 10) Sagawa, T., Nakano, S., Bito, Y., Koike, Y. et al. : “Development of Low Viscosity API

- SN 0W-16 Fuel-Saving Engine Oil Considering Chain Wear Performance”, SAE Int. J. Fuels Lubr. 10(2):469-477(2017).
- 11) Kowalski, T., Hirano, S., Buscher, W., Liu, E. et al. : “Development of a New Valvetrain Wear Test -The Sequence IVB Test”, SAE Technical Paper 2016-01-0891, (2016).
 - 12) API: <http://ballots.api.org/marketing/ballots/docs/Ballot-Seq-VH-VG-Equivalency-SM-Complete.pdf>.
 - 13) Lube Report Americas: ACC Offers GF-6 Timeline, Relaxed Limits dated January 16, 2019 (2019), https://pubs.lubesngreases.com/lubereport-americas/2_3/specs/ACC-Offers-GF-6-Timeline-Relaxed-Limits-14415-1.html.
 - 14) ACEA: ACEA Oil Sequences 2016 – August 2018 Update (2019). <https://www.acea.be/news/article/acea-oil-sequences-2016-august-2018-update>.
 - 15) LUBE REPORT: Concerns Ease Over ACEA Use of ILSAC Tests, December 26, 2018 (2018) https://pubs.lubesngreases.com/lubereport-americas/1_53/specs/Concerns-Ease-Over-ACEA-Use-of-ILSAC-Tests-14351-1.html.
 - 16) PATRIOUN: ACEA Works Toward 2018 Upgrade, 29 May 2018 (2018) <http://patrioun.com/news/90/ACEA-Works-Toward-2018-Upgrade>.
 - 17) Infineum: Insight, Latest on the ACEA 2016 Engine Oil Sequences & beyond, 22 JANUARY 2019 (2019) <https://www.infineuminsight.com/articles/specification-updates/latest-on-the-acea-2016-engine-oil-sequences-beyond/>.
 - 18) Lubrizol: Proposed Changes to the ACEA Light-Duty Oil Sequences, Aug 30, 2018, (2018) <https://www.lubrizoladditives360.com/introducing-acea-2018-light-duty-oil-sequences/>.
 - 19) API ホームページ : <https://engineoil.api.org/Directory/EolcsProductResults?accountId=1&viscosities=0W-16>.
 - 20) トヨタ自動車 : <https://toyota.jp/carlineup/>,
<https://toyota.jp/ownersmanual/>
 日産自動車 : <https://www.nissan.co.jp/CARLINEUP/>,
<http://www.nissan.co.jp/OPTIONAL-PARTS/NAVIOM/>
 スズキ自動車 : <http://www.suzuki.co.jp/car/lineup/>.
http://www.suzuki.co.jp/car/owners_manual/index_2.html.

第2章 低粘度潤滑油評価方法の検証・確立

第1節 はじめに

現在市場投入されているエンジン油で最も低粘度のグレードはSAE 0W-16である。SAE 0W-16油の仕様を規定する規格としては、API SNが存在するが、現在 ILSAC GF-6^{1,2)}が検討されており、ILSAC GF-6は2020年の第2四半期前後に最初のライセンスが発行されると見られている³⁾。一方、国内の自動車メーカーおよび潤滑油メーカーではSAE 0W-16油よりさらに粘度の低いSAE 0W-8油の市場投入を目指しており、各社は当該油の開発を進めているところである。しかし現在、このSAE 0W-8油の仕様を決める規格は存在しない。そこで、本事業では当該油の将来的な普及を見越し、仕様・品質評価方法の策定を行っている。

前報⁴⁾では、従来の試験方法では評価が難しいと考えられる低粘度潤滑油の「省燃費性」、「摩耗防止性」、「高温酸化防止性」、「低温スラッジ防止性」、並びに「蒸発性」、「劣化油低温粘度」および「シール適合性」について、その評価方法の有効性とその問題点について検証した。本年度は、ILSAC GF-6B案をベースに、より低粘度な潤滑油評価のための試験方法および基準値について検討・確立を行ったので報告する。

第2節 供試低粘度潤滑油の試作

ILSAC GF-6B案をベースに、より低粘度な潤滑油評価のための試験方法および基準値について検討するために、表2-1に示す9種類のエンジン油を試作し、試験方法および基準値について検証を行った。

表 2-1. 供試エンジン油(各試作油名称のハイフン後の数字はロット番号)

No	記号	種類	SAE 粘度グレード	平成 30 年度 (2018 年度)	平成 29 年度 (2017 年度)
①	GE108A	標準油(MoDTC 系) Mo 系添加剤を高濃度添加した低粘度省燃費油	0W-8	省燃費性ファイアリング: GE108A-2	省燃費性ファイアリング: GE108A-1
				省燃費性モータリング: GE108A-3	省燃費性モータリング: GE108A-1
②	GE116	標準油(MoDTC 系) Mo 系添加剤を高濃度添加した低粘度省燃費油	0W-16	省燃費性モータリング: GE116-3	GE116-2
③	GE208	標準油(有機 FM 系) 汎用タイプの非 Mo 系省燃費油	0W-8	GE208-3	GE208-2
④	GE216	標準油(有機 FM 系) 汎用タイプの非 Mo 系省燃費油	0W-16	GE216-3	GE216-2
⑤	GE308	デモンストレーション候補油 1	0W-8	GE308-1	
⑥	GE408	デモンストレーション候補油 2	0W-8	GE408-1	
⑦	GE508	デモンストレーション候補油 3	0W-8	GE508-1	
⑧	JASO BC	ベースキャリブレーション油(BC オイル)	0W-20 (HTHS:2.6)	JASO BC-2	JASO BC-1
⑨	JASO FL	フラッシング油	15W-20	JASO FL-2	JASO FL-1

供試エンジン油の性状を表 2-2、表 2-3、表 2-4 および表 2-5 に示す。なお、ハイフン後の数字は試作油のロット番号を示している。デモンストレーション候補油は低粘度潤滑油評価の試験方法および基準値を検証するために用いた。

表 2-2. 平成 30 年度(2018 年度)供試エンジン油の性状(1)

(各試作油名称のハイフン後の数字はロット番号)

項 目		GE108A-2	GE108A-3	GE116-3	GE208-3	試験方法
SAE 粘度グレード		0W-8	0W-8	0W-16	0W-8	—
密度	@15°C g/cm ³	0.8413	0.8413	0.8430	0.8474	JIS K 2249-1
動粘度	@40°C mm ² /s	23.94	23.97	27.61	25.68	JIS K 2283
	@100°C mm ² /s	5.077	5.074	6.479	5.235	
粘度指数		146	145	201	140	
高温高せん断粘度 HTHS	@100°C mPa·s	4.02	4.02	4.64	4.12	JPI-5S-36
	@150°C mPa·s	1.89	1.88	2.34	1.93	
低温見掛け粘度 CCS	@-35°C mPa·s	3,229	3,165	3,730	4,481	ASTM D 5293
低温ポンプ吐出性能 MRV	@-40°C mPa·s	15,300	15,300	8,800	36,300	ASTM D 4684

表 2-3. 平成 30 年度(2018 年度)供試エンジン油の性状(2)

(各試作油名称のハイフン後の数字はロット番号)

項 目		GE216-3	GE308-1	GE408-1	GE508-1	試験方法
SAE 粘度グレード		0W-16	0W-8	0W-8	0W-8	—
密度	@15°C g/cm ³	0.8486	0.8395	0.8327	0.8474	JIS K 2249-1
動粘度	@40°C mm ² /s	36.10	22.60	24.52	25.60	JIS K 2283
	@100°C mm ² /s	7.042	4.900	5.214	5.399	
粘度指数		161	146	150	153	
高温高せん断粘度 HTHS	@100°C mPa·s	4.91	3.84	3.95	4.15	JPI-5S-36
	@150°C mPa·s	2.35	1.82	1.87	1.98	
低温見掛け粘度 CCS	@-35°C mPa·s	4,983	2,870	2,895	4,354	ASTM D 5293
低温ポンプ吐出性能 MRV	@-40°C mPa·s	33,500	6,200	5,500	12,300	ASTM D 4684

参考までに、平成 29 年度に試作した供試エンジン油の性状を表 2-4 に示す。

表 2-4. 平成 29 年度(2017 年度)供試エンジン油の性状
(各試作油名称のハイフン後の数字はロット番号)

項 目		GE108A-1	GE116-2	GE208-2	GE216-2	試験方法
SAE 粘度グレード		0W-8	0W-16	0W-8	0W-16	—
密度	@15°C g/cm ³	0.8426	0.8432	0.8462	0.8475	JIS K 2249-1
動粘度	@40°C mm ² /s	24.43	27.07	25.52	35.95	JIS K 2283
	@100°C mm ² /s	5.137	6.516	5.232	6.991	
粘度指数		145		141	210	
高温高せん断粘 度 HTHS	@100°C mPa·s	4.12	4.66	4.21	4.90	JPI-5S-36
	@150°C mPa·s	1.89	2.31	1.89	2.29	
低温見掛け粘度 CCS	@-35°C mPa·s	3,357	3,653	4,363	4,836	ASTM D 5293
低温ポンプ吐出 性能 MRV	@-40°C mPa·s	16,700	9,400	28,400	30,000	ASTM D 4684

さらに、燃費試験には表 2-5 に示すベースキャリブレーション油(燃費向上率を計算するための基準油)およびフラッシング油を試作して用いた。

表 2-5. 供試ベースキャリブレーション油およびフラッシング油

項 目		JASO BC- 1	JASO BC- 2	JASO FL-1	試験方法
SAE 粘度グレード		0W-20	0W-20	15W-20	—
密度	@15°C g/cm ³	0.8378	0.8379	0.8978	JIS K 2249-1
動粘度	@40°C mm ² /s	42.53	42.81	48.96	JIS K 2283
	@100°C mm ² /s	7.748	7.793	7.787	
粘度指数		153	154	127	
高温高せん断粘 度 HTHS	@100°C mPa·s	6.14	6.02	6.44	JPI-5S-36
	@150°C mPa·s	2.56	2.64	2.68	
低温見掛け粘度 CCS	@-35°C mPa·s	5,666	3,661	3,320	ASTM D 5293
低温ポンプ吐出 性能 MRV	@-40°C mPa·s	10,600	10,600	9,300	ASTM D 4684

第3節 省燃費性に関する調査

前報⁴⁾で報告したように、前年度の低粘度潤滑油の実態調査の結果、燃費試験方法については、国内自動車メーカーから、ファイアリングおよびモータリングの二つの燃費試験

方法が提案された。これらの提案された二つの燃費試験方法を用い、デモンストレーション油として試作した潤滑油の性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。

1. ファイアリング燃費試験方法

国内自動車メーカーから提案されたファイアリング燃費試験を試作した潤滑油に対して実施し、低粘度潤滑油の燃費試験方法により、デモンストレーション候補油として試作した潤滑油の性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。試験に用いたファイアリング燃費試験装置の外観を図 2-1 に示す。



図 2-1. ファイアリング燃費試験装置の外観

1.1 供試エンジン油・ベースキャリブレーション油およびフラッシング油

表 2-1 に示す標準油 GE108A、GE208 および GE216、並びにデモンストレーション油 GE308、GE408 および GE508 の 6 種類のエンジン油を、ファイアリング燃費試験に供した。さらに、表 2-1 に示すベースキャリブレーション油(JASO BC)およびフラッシング油(JASO FL)をファイアリング燃費試験に用いた。

1.2 供試エンジン

ファイアリング燃費試験に用いたエンジンの主要諸元を表 2-6 に示す。すり合わせ運転を含め、燃費性試験法のすべての運転は、外付けのオイルクーラを取り付けた状態で実施した。エンジンオイルの充填量は、外付け回路分の油量増(約 1L)と、試験の安定性を考慮し、レベルゲージの F-L マークの中央とした。

表 2-6. 供試エンジンの主要諸元

型式	トヨタ自動車(株)製 2ZR-FXE
種類	水冷 4 サイクルガソリン機関
シリンダ数	直列 4 気筒
動弁系	DOHC
排気量	1,797 cc
使用燃料	無鉛レギュラーガソリン
最高出力	72 kw / 5,200rpm
最大トルク(ネット)	142 N・m / 3,600rpm

1.3 供試燃料

燃料は JIS K 2202 要求品質の 2 号の市販レギュラーガソリンを使用した。

1.4 方法

1) すり合わせ運転

新品、あるいは部品交換を行ったエンジンを燃費試験に使用する際は最初にすり合わせ運転を実施してから燃費試験を実施した。すり合わせ運転は表 2-7 に示すパターン運転による。1 サイクルは 600 秒で、300 サイクルの運転を実施した。すり合わせ運転の条件を表 2-7 に示す。

表 2-7. すり合わせ運転

時間, sec	回転数, rpm	トルク, N・m	定常 /スロープ	調整法
0	1,000	0		スロットルは開度制御 (0%)
55	1,000	0	定常	アイドル運転
60	1,000	~30~		30N・m 程度に設備スロットル開度設定
70	1,350	85	スロープ	スロットルをトルク制御に切替え後、目標トルクに 10sec のスロープで調整
225	1,350	85	定常	トルク制御
235	1,500	90	スロープ	トルク制御
350	1,500	90	定常	トルク制御
360	1,800	90	スロープ	トルク制御
485	1,800	90	定常	トルク制御
495	2,150	90	スロープ	トルク制御
530	2,150	90	定常	トルク制御
535	2,150	~15~		トルクを 15N・m まで下げて、スロットルを開度制御 に切替え
545	1,000	0	スロープ	スロットル制御、設備スロットル開度を 0%
600	1,000	0	定常	スロットル制御

水温(出口) = 88°C に設定、メインギャラリ油温 = 110°C 上限に設定し、成り行き運転

2) ファイアリング燃費試験のながれ

JASO BC を挟み込みながら供試エンジン油の燃料流量を測定し、燃費を測定した。試験の手順を図 2-2 に示す。



図 2-2. ファイアリング燃費試験方法

- ① JASO FL で試験エンジンをフラッシング後、JASO BC に交換
 - ② 100km/h R/L*で 10 時間運転
*100km/h R/L : 1,350rpm、84.0N・m、水温(出口) = 92.0℃、
油温(メインギャラリ) = 88.0℃
 - ③ JASO BC の燃費を測定
 - ④ 試験油に交換
 - ⑤ 100km/h R/L で 10 時間運転
 - ⑥ 試験油の燃費を測定
 - ⑦ JASO FL でフラッシング後 JASO BC に交換
 - ⑧ 100km/h R/L で 10 時間運転
 - ⑨ JASO BC の燃費を測定
 - ⑩ 試験油に交換
 - ⑪ 試験油の燃費測定
- 以降、繰り返し

3) 燃費試験の条件

ファイアリング燃費試験における燃費測定条件を表 2-8 に示す。

表 2-8. ファイアリング燃費試験の条件

Step	回転数 rpm	トルク N・m	メインギ ャラリ 油温, °C	水温(出 口), °C	エンジン 冷却用フ ァン	wt Factor %	Nominal Power kW
1	1,000	10	64	73	OFF	20.0420	1.047198
2	1,300	87	67	67	ON	20.4407	11.843804
3	1,570	94	64	64	ON	14.2497	15.454541
4	1,970	95	47	67	ON	13.4313	19.598302
5	1,600	91	37	37	ON	18.5310	15.247196
6	1,300	22	35	35	ON	13.3054	2.994985

「市街地(WLTC-L)」、「郊外(WLTC-M)」および「高速道路(WLTC-H)」走行モードで構成された国際的な燃費試験法サイクル WLTC(Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle)の国内向けの実車走行データ(L、M、H)を、クラスター分析(k-means 法)により解析した。アイドル付近はトルクが低すぎるため、運転が安定して、ある程度の出力がある点として、10N・m に設定し、その他の代表点は、クラスター分析の解析結果によった。油温の安定を優先し、水温はそれに合わせて設定した。

4) 燃費向上率の計算

各測定について、以下の式で燃料消費量を算出した。

まず、ステップ毎の燃料消費率(kg/kW-hr)に、それぞれの Nominal Power(kW)と wt-factor を掛けて合計し、燃料消費量を算出した。

燃料消費量(kg/hr)

$$= \sum([\text{燃料流量(kg/hr)}]/[\text{試験時の出力(kW)}] \\ \times [\text{Nominal Power (kW)}] \times [\text{wt - factor (\%)}])$$

試験油の前と後の JASO BC の燃料消費量の平均値に対し、試験油の燃料消費量の低減量を百分率で表した値を燃費向上率(%) (Fuel Economy Improvement = FEI)とした。

1.5 結果および考察

標準油 GE108A、GE116、GE208 および GE216、並びにデモンストレーション候補油 GE308、GE408 および GE508 について、石油連盟・日本自動車工業会の JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF において実施した試験データ⁵⁾も加えて、ファイアリング燃費試験による燃費向上率を図 2-3 に示す。

Firing-Fuel Economy Improvement -Average

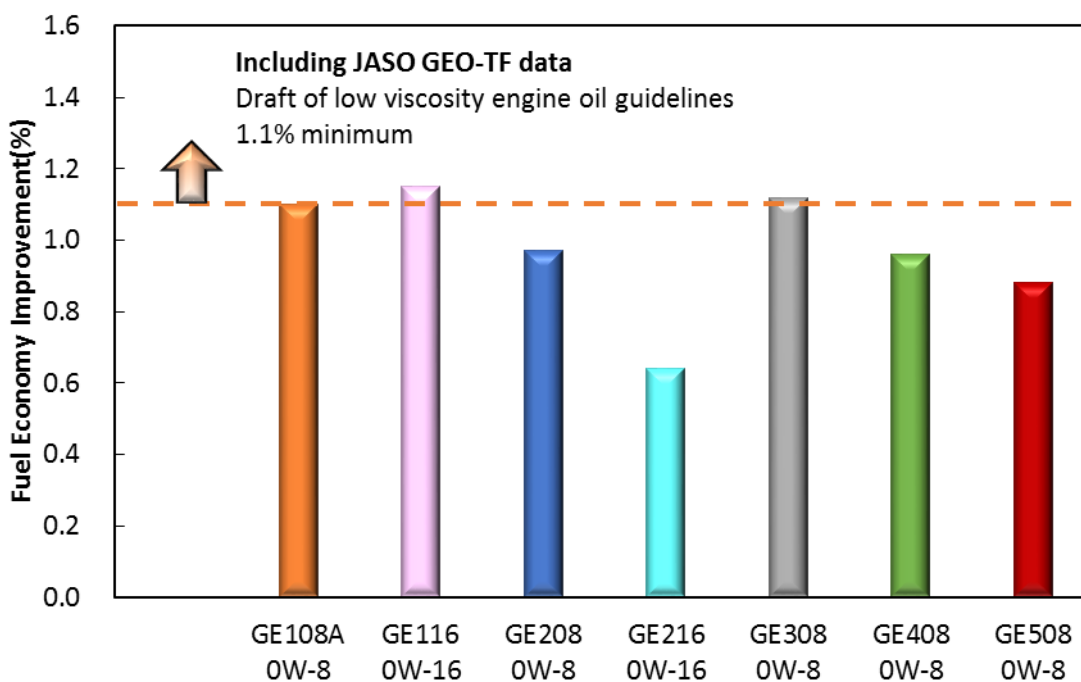


図 2-3. ファイアリング燃費試験における燃費向上率(%)

(石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データを含む)

図 2-3 から、本年度新たに試験した 3 種類のデモンストレーション候補油については

GE308 > GE408 > GE508

の順に燃費向上率が高い。

得られたデータから、ファイアリング燃費試験の基準値について検討した結果、低粘度エンジン油のファイアリング燃費試験の燃費向上率は、汎用タイプの非 Mo 系省燃費油 SAE 0W-16 の GE216 と差別化ができ、デモンストレーション候補油の GE308、GE408 および標準油の GE208 以上の燃費向上が見込める JASO BC 比 1.1%以上とすることとした。

さらに今後は、将来の国際規格化提案を目指して、本事業で開発した省燃費試験法を元に省燃費性の持続性を評価するための基礎的な検討が必要である。

2. モータリング燃費試験方法

国内自動車メーカーから提案されたモータリング燃費試験方法を試作した潤滑油に対して実施し、デモンストレーション候補油としての試作した潤滑油の性能を評価し、試

験方法および基準値について検証を行った。試験に用いたモータリング燃費試験装置の外観を図 2-4 に示す。



図 2-4. モータリング燃費試験装置の外観

2.1 供試エンジン油

表 2-1 に示す標準油 GE108A、GE116、GE208 および GE216、並びにデモンストレーション候補油 GE308、GE408 および GE508 の 7 種類のエンジン油をモータリング燃費試験に供した。さらに、表 2-1 に示すベースキャリブレーション油およびフラッシング油をモータリング燃費試験に用いた。

2.2 供試エンジン

供試エンジンの主要諸元を表 2-9 に示す。MR20DD の冷却水系統には、2 か所にサーモスタットが設けられている。サーモスタットは常時開となるように加工した。また、MR20DD の高圧燃料ポンプはカムシャフトで駆動されている。その負荷を取り除くため、カムシャフトと燃料ポンプの間に入っている燃料ポンプリフトを取り除いて試験に使用した。また、シリンダ内部の圧縮空気によるトルク上昇を抑えるために、点火プラグの他、インジェクタも取り除いた。燃料配管も必要なくなるため外した。

表 2-9. 供試エンジンの主要諸元

型式	日産自動車(株)製 MR20DD
種類	水冷 4 サイクルガソリン機関
シリンダ数	直列 4 気筒
動弁系	DOHC
排気量	1,997 cc
使用燃料	無鉛レギュラーガソリン
最高出力	110 kw / 6,000rpm
最大トルク(ネット)	200N・m / 4,400rpm

2.3 方法

1) すり合わせ運転

新品、あるいは部品交換を行ったエンジンを省燃費試験に使用する際は、最初にすり合わせ運転を実施してから省燃費試験を実施した。すり合わせ運転の条件を表 2-10 に示す。

表 2-10. すり合わせ運転の条件

エンジン回転数	1,600rpm
冷却水出口温度	80±1℃
メインギャラリ油温	80±1℃
時間	計約 100 時間
使用油	JASO BC

すり合わせ運転の手順を図 2-5 に示す。

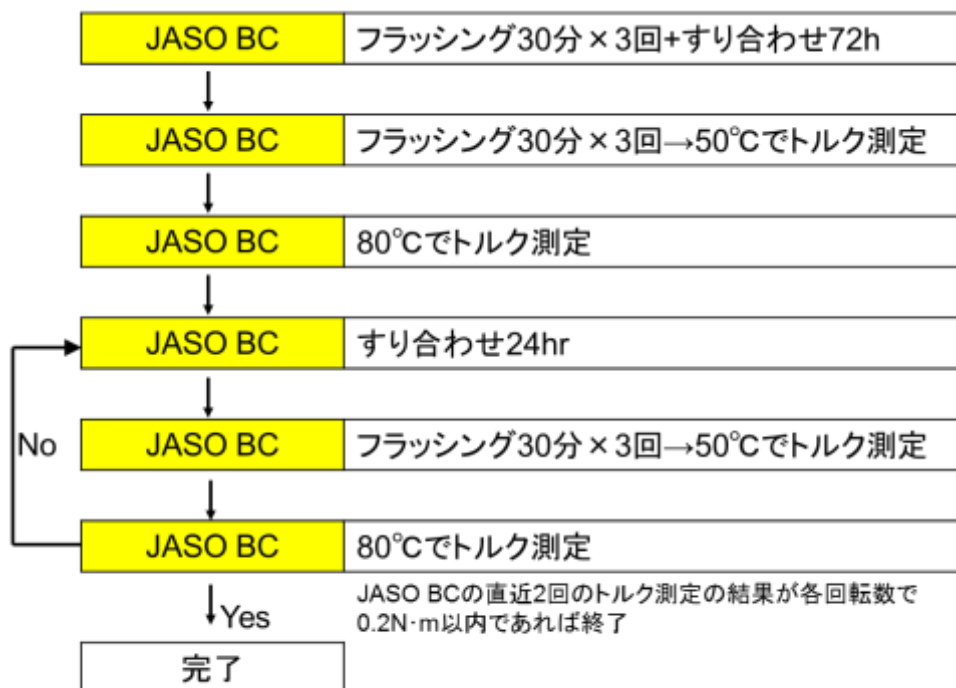


図 2-5. すり合わせ運転のながれ

2) モータリング燃費試験のながれ

JASO BC を挟み込みながら供試エンジン油のトルクを測定した。試験の手順を
図 2-6 に示す。



図 2-6. モータリング燃費試験のながれ

3) トルク測定の実験条件

- エンジン回転数
650、800、1,000、1,200、1,400、1,600、1,800、2,000、2,400、2,800rpm
- 冷却水出口温度 80±1℃、50±1℃
- メインギャラリ出口温度 80±1℃、50±1℃

4) トルク測定の間がれ

- 1) 1,600rpm を始点として、1,400rpm、1,200rpm・・・と徐々に下げて 650rpm まで測定した。
- 2) 650rpm から 1,800rpm に回転を上げた。
- 3) 1,800rpm から 2,800rpm を順番に測定して終了した。
- 4) 1)～3)を 50℃と 80℃で実施した。
- 5) 50℃から 80℃へ移行する際は、フラッシングおよびオイル交換は実施しなかった。

5) 測定項目

- エンジン回転数、エンジントルク
- 冷却水出口温度、メインギャラリ油温、メインギャラリ油圧
- 室温、相対湿度、大気圧

6) トルク低減率の計算

トルク低減率(%)は次の式により算出した。

$$\text{トルク低減率} = \frac{(\text{直前の JASO BC のトルク} - \text{試験油のトルク})}{\text{直前の JASO BC のトルク}} \times 100$$

なお、実測トルクは空気密度で補正した。

7) 実車燃費の推定

これらの値から、国際調和排出ガス・燃費試験方法(WLTP : Worldwide harmonized Light duty driving Test Procedure)走行時の使用エンジン領域比率に応じたフリクション仕事率を求め、実車での WLTC 国内向けモード(L、M、H)の燃費向上率を算出した。

$$\text{燃費向上率} = \frac{\text{直前の JASO BC の推定燃費(kg/h)} - \text{試験油の推定燃費(kg/h)}}{\text{直前の JASO BC の推定燃費(kg/h)}} \times 100$$

推定燃費の計算方法は以下のとおりである。

$$\text{対象油の推定燃費 (kg/h)} = A \times \text{FC_friction}_{\text{total}} + B$$

$$\text{FC_friction}_{\text{total}} = \sum (\text{P_friction}_{\text{k_mot}} \times \text{T}_{\text{k_veh}}) \div \text{T}_{\text{mode_veh}} \div \text{H}_{\text{fuel}}$$

$$\text{P_friction}_{\text{k_mot}} = \text{T_friction}_{\text{k_mot}} \times \text{N}_{\text{k_mot}} \times 2\pi \div 60 \div 1000$$

$\text{FC_friction}_{\text{total}}$: 対象油の全領域合計の推定フリクション仕事(燃料相当換算)(kg/h)

A: 1.984 国内モード推定フリクション仕事から実車燃費への換算係数

B: 1.503 国内モード推定フリクション仕事から実車燃費への換算係数

$\text{P_friction}_{\text{k_mot}}$: モータリング試験時の領域 k におけるフリクション仕事率 (kW)

$\text{T}_{\text{k_veh}}$: 実車試験時の回転数領域 k における対象データの合計時間 (s)

$\text{T}_{\text{mode_veh}}$: 実車試験時のモード走行時間 (h)

H_{fuel} : 実車試験時の燃料発熱量 43,400 (kJ/kg)

$\text{T_friction}_{\text{k_mot}}$: モータリング試験時の回転数領域 k におけるフリクショントルク (Nm)

$\text{N}_{\text{k_mot}}$: モータリング試験時の回転数領域 k におけるエンジン回転数 (r/min)

表 2-11. エンジン回転数領域と対象データの合計時間

	回転数領域 r/min	800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,400
国内 モード LMH	$\text{T}_{\text{k_veh}}(\text{s})$ 50°C	37.2	228.1	141.3	63.2	41.7	30.7	29.6	11.3
	$\text{T}_{\text{k_veh}}(\text{s})$ 80°C	14.3	162.8	150.7	108.9	106.8	95.6	29.7	13.2

2.4 結果および考察

図 2-7 に、標準油 GE108A、GE116、GE208 および GE216、並びにデモンストレーション候補油 GE308、GE408 および GE508 の 7 種類のエンジン油について、石油連盟・日本自動車工業会の JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF において実施した試験データ⁵⁾も加えて得られたトルク低減効果および、図 2-8 にモータリングトルクからの推定燃費を用いて算出した燃費向上率を示す。

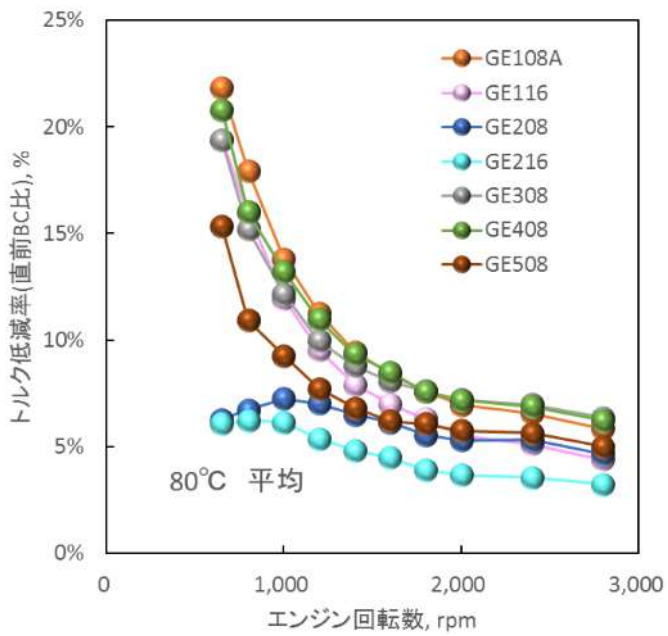
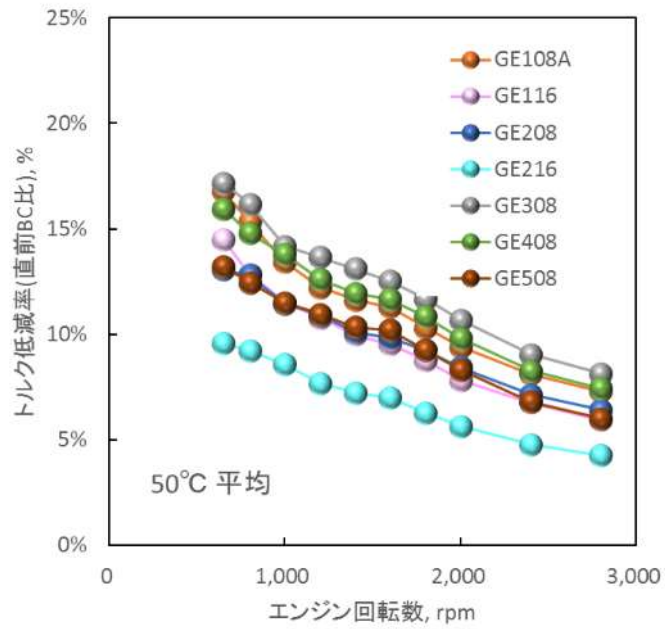


図 2-7. モータリング燃費試験におけるトルク低減効果(%)

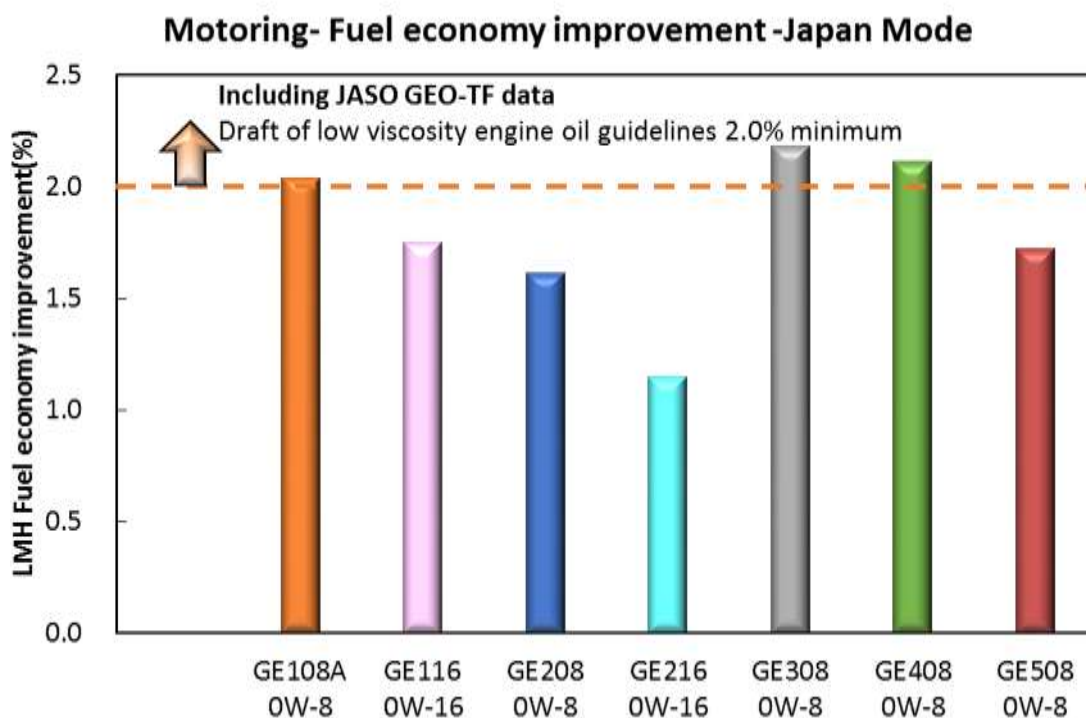


図 2-8. モータリング燃費試験における燃費向上率(%)

(石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データを含む)

図 2-8 から、モータリング燃費試験の結果、標準油では SAE 0W-8 と SAE 0W-16 では、より低粘度である SAE 0W-8 の燃費向上率が大きくなり、また同じ粘度グレードで比較したとき、Mo 系添加剤を高濃度添加した GE108A および GE116 が、それぞれ GE208 および GE216 に比較して燃費向上効果も認められる。本年度新たに試験したデモンストレーション候補油のモータリング燃費試験における燃費向上率は、

$$GE308 \approx GE408 > GE508$$

である。

得られたデータから、モータリング燃費試験の基準値について検討した結果、低粘度エンジン油のモータリング燃費試験の基準値を、SAE 0W-8 で JASO BC 比 2.0%以上とすることとした。

今後は、異なる試験機関で実施した場合の試験精度の確保および、省燃費性の持続性を評価するための基礎的な検討が必要である。

第4節 摩耗防止性に関する調査

本事業では SAE 0W-8、SAE 0W-12 といった従来にない低粘度油を対象としており、摩耗防止性は潤滑油の低粘度化に際する主な懸念事項の一つである。そこで、低温動弁系摩耗試験およびチェーン摩耗試験を実施し、デモンストレーション候補油としての試作した潤滑油の性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。

1. 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB、IVA)

ILSAC GF-6B 規格では Sequence IVB 試験が低温動弁系摩耗防止性試験として提案されている。これは、現行の ILSAC GF-5/API SN 規格の Sequence IVA(ASTM D 6891) 試験に使用するエンジン供給性に問題があり、将来的には試験実施ができなくなる見込みがあるためである。ILSAC GF-5/API SN 規格で規定される Sequence IVA(ASTM D 6891)と ILSAC GF-6B 規格案で検討されている Sequence IVB のシビアリティは同一であると考えられている。そこで、本事業では、動弁系摩耗防止性の評価試験として、Sequence IVB 試験および Sequence IVA(ASTM D 6891)試験を実施し、低粘度潤滑油の低温動弁系摩耗防止性試験に対するデモンストレーション油としての性能を検証した。

1.1 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)

試作した潤滑油に対して実施し、ILSAC GF-6B に規定されている低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)を実施し、試作油のデモンストレーション油としての性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。

低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)はファイアリング試験で、エンジン油の動弁系摩耗防止性能を評価する試験である。試験は低温のサイクル試験で、試験時間は 200 時間である。試験に用いた低温動弁系摩耗試験(Sequence IVB)装置を図 2-9 に示す。



図 2-9. 低温動弁系摩耗試験(Sequence IVB)装置

1) 供試エンジン油

試験には表 2-1 に示すデモンストレーション候補油の中でデータが不足していた GE508 を低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)に供した。さらに、比較のために、既報⁴⁾の標準油 GE108A および GE208 のデータを引用した。

2) 供試エンジン

低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)では表 2-12 に示すトヨタ自動車(株)製 2NR-FE 水冷 4 サイクル、1.5L エンジンを用いた。エンジンにはデュアルオーバーヘッドカム、シリンダ当たり 4バルブ(2 吸気口、2 排気)、および直動メカニカルバケットリフターバルブトレインが組み込まれている。

表 2-12. 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB) 供試エンジンの主要諸元

型式	トヨタ自動車(株)製 2NR-FE
種類	水冷 4 サイクルガソリン機関
シリンダ数	直列 4 気筒
動弁系	DOHC
排気量	1,496 cc
使用燃料	無鉛レギュラーガソリン
最高出力	66kw / 5,600rpm
最大トルク(ネット)	132N・m / 3,000rpm

3) 供試燃料

燃料には HF-0008 KA24E Green Fuel を使用した。

4) 方法

低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)では、エンジン油の動弁系部品の摩耗を防止する性能を評価した。低温動弁系摩耗試験の条件を表 2-13 に示す。表 2-13 に示した 1 回 30 秒のサイクルの試験を 24,000 回繰り返した。1 回 30 秒のサイクルは、2 つの 7 秒間の定常状態ステージと 2 つの 8 秒間の遷移ランプステージの計 4 ステージで構成される。試験時間は 200 時間である。

表 2-13. 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)の条件

Parameter	Units	Ramp to Stage 1	Stage 1	Ramp to Stage 2	Stage 2
Duration	sec	8	7	8	7
Engine Speed	rpm	4,300 to 800	800	800 to 4,300	4,300
Engine Torque	N・m	25	25	25	25
Oil Gallery Temperature	°C	55 to 53	53	53 to 55	55
Coolant In Temperature	°C	49	49	49	49
Intake Air Temperature	°C	32	32	32	32
Intake Air Pressure	kPa	0.07	0.07	0.07	0.07
Intake Air Humidity	g/kg	11.5	11.5	11.5	11.5
Exhaust Back Pressure	kPa-abs	104.5 to 103.5	103.5	103.5 to 104.5	104.5
Differential Coolant Temperature	°C	5 to 2	2	2 to 5	5
Rocker Cover Coolant Outlet Temperature	°C	20	20	20	20

主な結果は試験後のバケトリフター(Bucket Lifter)の摩耗である。試験終了時の油について、鉄分を分析した。

5) 結果および考察

平均インテークリフター摩耗および試験後のエンジン油中の鉄の量を ILSAC GF-6Bの現在の提案値と比較し図 2-10 に示す。

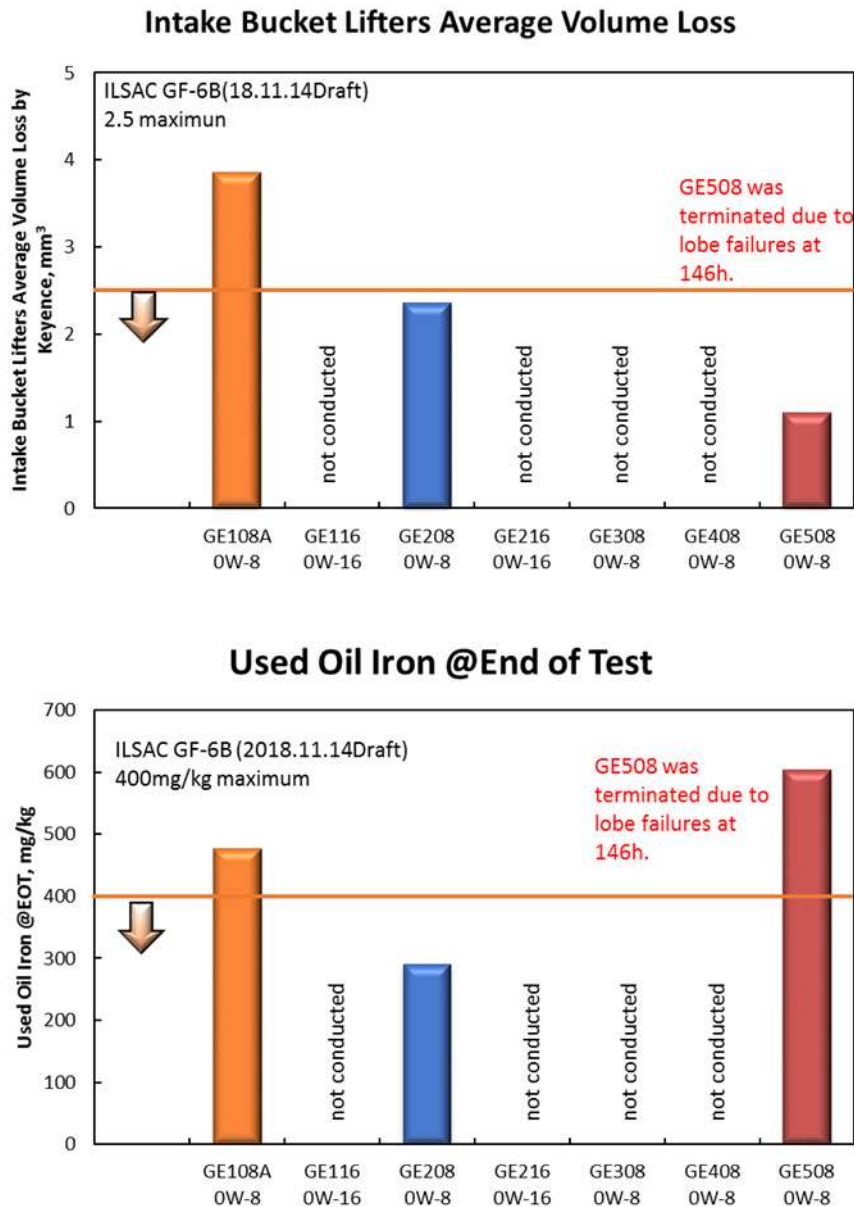


図 2-10 平均インテークリフター摩耗および試験後油の鉄の量の比較

低温動弁系摩耗試験(Sequence IVB)を実施した結果、図 2-10 に示すように GE508 についてはカムシャフトローブの破損があったため 146 時間で試験が終了した。破損の原因は不明である。

なお、ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)の低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)では平均インテークリフター摩耗については、最大 2.5mm³が、試験後油の鉄分に

については、400mg/kg 以下が、それぞれ暫定的に提案されているが、規格値の確定には至っていない。

1.2 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA、ASTM D 6891)

Sequence IVB の開発が遅れていることから、低粘度エンジン油のガイドライン策定のため、既に他の信頼性試験で合格の結果が得られている試作したデモンストレーション候補油、GE308 に対して、ILSAC GF-5/API SN に規定されている低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA)を実施し、GE308 のデモンストレーション油としての性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。

低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA)はファイアリング試験で、エンジン油の動弁系摩耗防止性能を評価する試験である。試験は低温のサイクル試験で、試験時間は200 時間である。試験に用いた低温動弁系摩耗試験(Sequence IVA)装置を図 2-11 に示す。



図 2-11. 低温動弁系摩耗試験(Sequence IVA、ASTM D 6891)装置

1) 供試エンジン油

表 2-1 に示す GE308 を、低温動弁系摩耗試験(Sequence IVA)に供した。

2) 供試エンジン

低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA、ASTM D 6891)では表 2-14 に示す日産自動車(株)製 KA24E 水冷 4 サイクル、2.4L エンジンを用いた。エンジンは、sliding follower rocker arm を備えたオーバヘッドカム、シリンダ当たり 3 バルブ(2 吸気口、1 排気)が組み込まれている。

表 2-14. 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA、ASTM D 6891)供試エンジンの主要諸元

型式	1994 日産自動車(株)製 KA24E
種類	水冷 4 サイクルガソリン機関
シリンダ数	直列 4 気筒
動弁系	SOHC
排気量	2,388 cc
使用燃料	無鉛レギュラーガソリン
最高出力	103kw / 5,600rpm
最大トルク(ネット)	198N・m / 4,400 rpm

3) 供試燃料

燃料には Haltermann KA24E Green test fuel を使用した。

4) 方法

低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA)ではエンジン油の動弁系の摩耗を防止する性能を評価した。低温動弁系摩耗試験の条件を表 2-15 に示す。表 2-13 に示した 1 回 60 分のサイクルの試験を 100 回繰り返した。1 回 60 分のサイクルは、50 分と 10 分の 2 つの定常状態ステージで構成される。試験時間は 100 時間である。

表 2-15. 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA、ASTM D 6891)の条件

Parameter	Units	Stage1	Stage2
Duration	min	50	10
Engine Speed	r/min	800	1,500
Engine Torque	N-m	25	25
Coolant Flow	L/min	30	30
Coolant Out Temperature	°C	50	55
Cylinder Head Oil Gallery Temperature	°C	49	59
Air to RAC	L/min(SLPM)	10.0	10.0
Intake Air Temperature	°C	32	32
Intake Air Pressure	kPa	0.050	0.050
Intake Air Humidity	g/kg	11.5	11.5
Exhaust Pressure	kPa-abs	103.5	103.5
Ignition Timing	° BTC	10	NA

主な結果は試験後の平均カム摩耗である。ILSAC GF-5/API SN 規格では、平均カム摩耗が $90 \mu\text{m}$ 以下である。

5) 結果および考察

低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA)の結果を表 2-16 に示す。

表 2-16. 低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA、ASTM D 6891)の結果

Oil Code	GE-308
Average Camshaft Wear, μm	24.55
Additional Information	
Total Oil Consumption@ EOT, g	-155
Fe by ICP @ EOT, ppm	21

GE308 の平均カム摩耗は、 $24.6 \mu\text{m}$ である。ILSAC GF-5/API SN 規格の規格値は平均カム摩耗量、 $90 \mu\text{m}$ 以下であり、SAE 0W-8 においても、ILSAC GF-5/API SN 規格を満足する、十分な摩耗防止性能を有することが認められた。そこで、低粘度エンジン油の低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVA)試験の基準値は、ILSAC GF-5/API SN 規格と同じく平均カム摩耗量で $90 \mu\text{m}$ 以下とすることとした。

但し、現在 ILSAC GF-5/API SN 規格として運用されている Sequence IVA 試験は、ILSAC GF-6B 規格の低温動弁系摩耗試験方法(Sequence IVB)の規格値が決定された後は Sequence IVB 試験に置き換えられるため、GF-6B 規格の規格値が決定した際に、その値が低粘度エンジン油の基準値として適切か検討する必要がある。

2. チェーン摩耗試験方法(Sequence X)

試作した潤滑油に対して ILSAC GF-6B に規定されているチェーン摩耗試験(Sequence X)を実施し、デモンストレーション油としての試作した潤滑油の性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。試験に用いたチェーン摩耗試験装置を図 2-12 に示す。

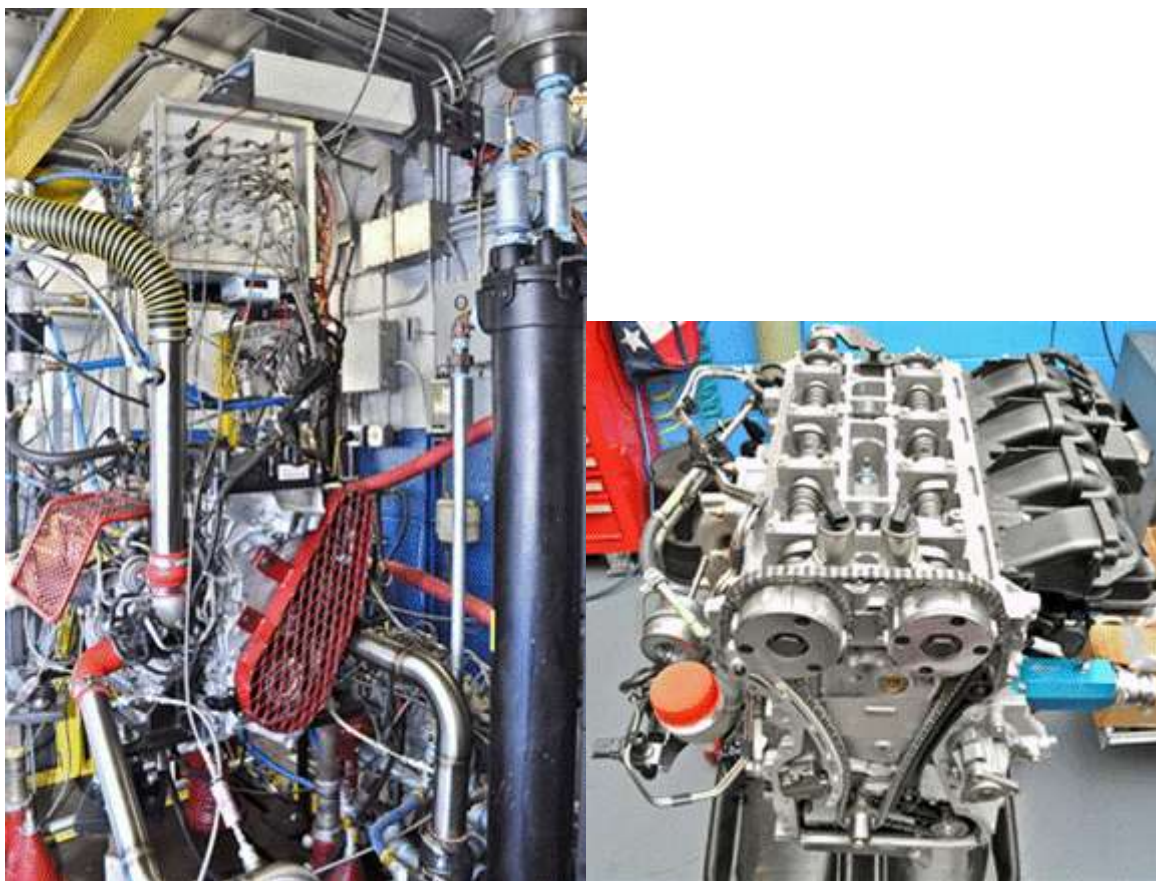


図 2-12. チェーン摩耗試験装置(Sequence X)

2.1 供試エンジン油

表 2-1 に示すデモンストレーション候補油、GE308 および GE508 をチェーン摩耗試験(Sequence X)に供した。また、デモンストレーション候補油、GE408 のチェーン摩耗試験(Sequence X)のデータについては、石油連盟・日本自動車工業会の JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF から提供を受けた。さらに、比較のために、既報¹⁾の標準油 GE108A および GE208 のデータを引用した。

2.2 供試エンジン

チェーン摩耗試験には表 2-17 に示すフォード 2.0 L、スパークイグニッション、4 ストローク、4 気筒、GTDI エンジンを用いた。エンジンにはタイミングチェーンによって駆動されるオーバーヘッドカムシャフト、1 気筒あたり 4 バルブ、電子燃料噴射などが組み込まれている。タイミングチェーンは試験毎に交換した。試験条件に入る前に 8 時間のブレークインスケジュールが実施された。チェーンは組立て時、ブレークイン後、および試験後に測定した。

表 2-17. チェーン摩耗試験の供試エンジンの主要諸元

型式	フォード社製 エコブースト
種類	水冷 4 サイクルガソリン機関
シリンダ数	直列 4 気筒
動弁系	DOHC
排気量	1,999 cc
使用燃料	無鉛ガソリン
最高出力	178kw / 5,500rpm
最大トルク(ネット)	366N・m / 3,000rpm

2.3 供試燃料

燃料は INDOLINE (EEE)を使用した。

2.4 方法

チェーン摩耗試験は、ファイアリング試験であり、タイミングチェーン摩耗を低減する潤滑油の能力を評価した。試験は、サイクル試験で、試験時間は 216 時間である。チェーン摩耗試験の条件を表 2-18 に示す。

表 2-18. チェーン摩耗試験(Sequence X)の試験条件

Parameter	Units	Stage 1	Stage 2
Duration	min	120	60
Engine Speed	rpm	1,550	2,500
Engine Torque	N·m	50	128
Oil Gallery Temperature	°C	50	100
Coolant Out Temperature	°C	45	85
Coolant Flow	L/min	40	70
Intake Air Temperature	°C	32	32
Intake Air Pressure	kPa	0.05	0.05
Intake Air Humidity	g/kg	11.4	11.4
Coolant Pressure	kPa	70	70
Air Charge Temperature	°C	30	30
Air-Fuel Ratio	λ	0.78	1
Exhaust Backpressure	kPa	104	107
Blowby Outlet Temperature	°C	20	85

ILSAC GF-6B 規格案(18.11.14Draft)では、規格値としてチェーン伸び増加率最大0.085%が提案されている。

2.5 結果および考察

GE308、GE408 および GE508 のチェーン摩耗試験(Sequence X)の結果(チェーンの伸び)を、ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)案と比較し図 2-13 に示す。

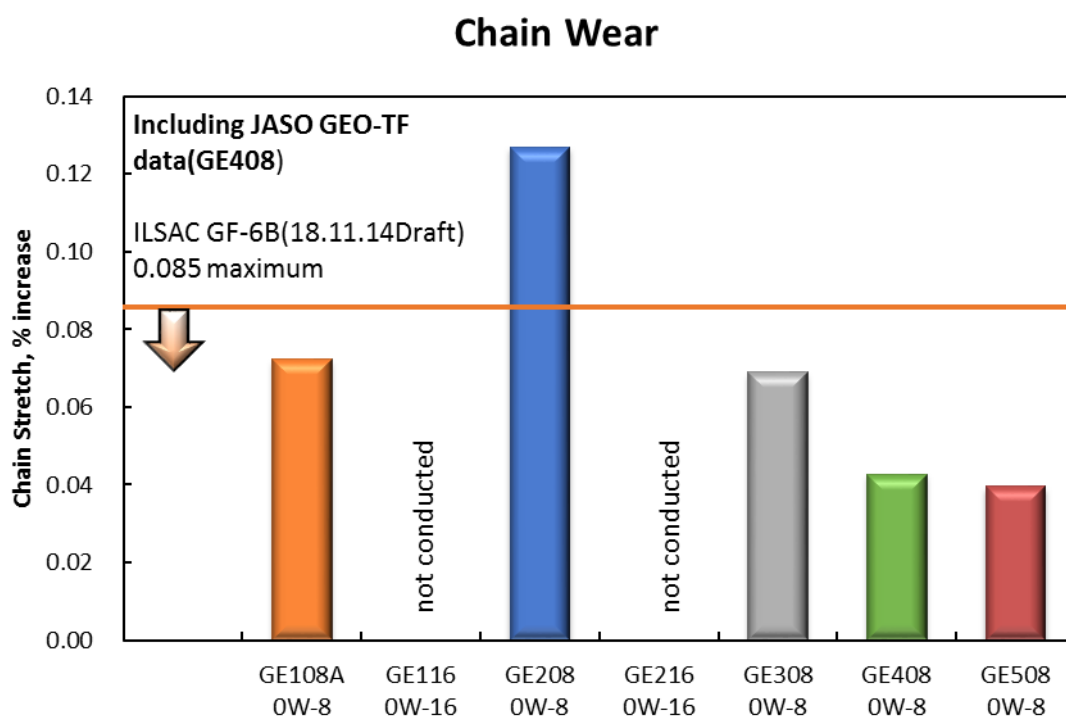


図 2-13. チェーンの摩耗の比較

(GE408 のデータは石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

チェーン伸び率については、ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)では 0.085%以下が提案されている。図 2-13 に示すように、デモンストレーション候補油、GE308、GE408 および GE508 はいずれもこの提案値を満たす。そこで、低粘度エンジン油の基準値としては、ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)と同じ 0.085%以下で問題がないので、暫定的に 0.085%以下とすることとした。今後 ILSAC GF-6B 最終規格において規格値に変更があった場合は、その数字と整合性をとる必要がある。

第5節 高温酸化防止性に関する調査

ILSAC GF-6B 規格案に規定されている高温酸化防止性試験方法(Sequence IIIH、ASTM D 8111)を実施し、低粘度潤滑油の高温酸化防止性試験に対するデモンストレーション油としての性能を検証した。

高温酸化防止性試験方法(Sequence IIIH、ASTM D 8111)はファイアリング試験で、エンジン油の粘度増加、ワニスの付着を含むエンジン油の高温性能特性を評価する試験である。試験に用いた高温酸化防止性試験装置を図 2-14 に示す。



図 2-14. 高温酸化防止性試験装置(Sequence IIIH、ASTM D 8111)

1. 供試エンジン油

表 2-1 に示すデモンストレーション候補油、GE308 を高温酸化防止性試験(Sequence IIIH、ASTM D 8111)に供した。また、標準油 GE108A 並びにデモンストレーション候補油、GE408 および GE508 の高温酸化防止性試験(Sequence IIIH)のデータについては、石油連盟・日本自動車工業会の JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF から提供を受けた。さらに、比較のために、既報¹⁾の GE208 のデータを引用した。

2. 供試エンジン

高温酸化防止性試験方法(Sequence IIIH)では表 2-19 に示すクライスラー社製 2014 クライスラーペンタスター3.6L 水冷 4 サイクル V 型 6 気筒エンジンを装置に用いた。エンジンはオーバヘッドカム、シリンダ当たり 2 つの吸気バルブと 2 つの排気バルブが組み込まれている。

表 2-19. 低温スラッジ防止試験供試エンジンの主要諸元

型式	2014 クライスラーペンタスター
種類	水冷 4 サイクルガソリン機関
シリンダ数	V 型 6 気筒
動弁系	DOHC
排気量	3,600 cc
使用燃料	無鉛ガソリン

3. 供試燃料

燃料は Sequence III HF-003 EEE unleaded fuel を使用した。

4. 高温酸化防止性試験方法(Sequence IIIH)

高温酸化防止性試験ではエンジン油の高温酸化防止性能を評価した。高温酸化防止性試験(Sequence IIIH、ASTM D 8111)の条件を表 2-20 に示す

表 2-20. 高温酸化防止性試験(Sequence IIIH、ASTM D 8111)の試験条件

Parameter	Set Point
Engine Speed	3,900 r/min
Engine Load	250 N·m
Oil Temperature, Block	151°C
Coolant Outlet Temperature	115°C
Fuel Temperature	30 °C
Intake Air Temperature	35 °C
Intake Air Pressure	0.05 kPa
Intake Air Dew Point	16.1 °C
Exhaust Back Pressure	4.5 kPa
Engine Coolant Flow	170 L/min
Coolant Pressure	200 kPa

Sequence IIIH 試験では、8 分間の Run-In の後、中程度の高速、負荷、および温度条件で合計 90 時間のエンジン運転を実施する。90 時間のセグメントは、4 つの 20 時間の試験セグメントと 1 つの 10 時間のセグメントに分かれている。各 20 時間セグメント、10 時間セグメントを実施後、オイルサンプルをエンジンから取り出した。20 時間セグメントサンプルおよび 10 時間セグメントサンプルの 40°C 動粘度を初期サンプルの粘度と比較して、試験油の粘度増加率を得た。また、試験後のエンジンを分解し、ピストンに堆積したデポジット量を評点し、加重ピストンデポジット(WPD)を得た。

5. 結果および考察

GE308、GE408 および GE508 の高温酸化防止性試験(Sequence IIIH)後の粘度増加率を ILSAC GF-6B の規格値が未確定のため、ILSAC GF-5/API SN 規格と比較し図 2-15 に示す。

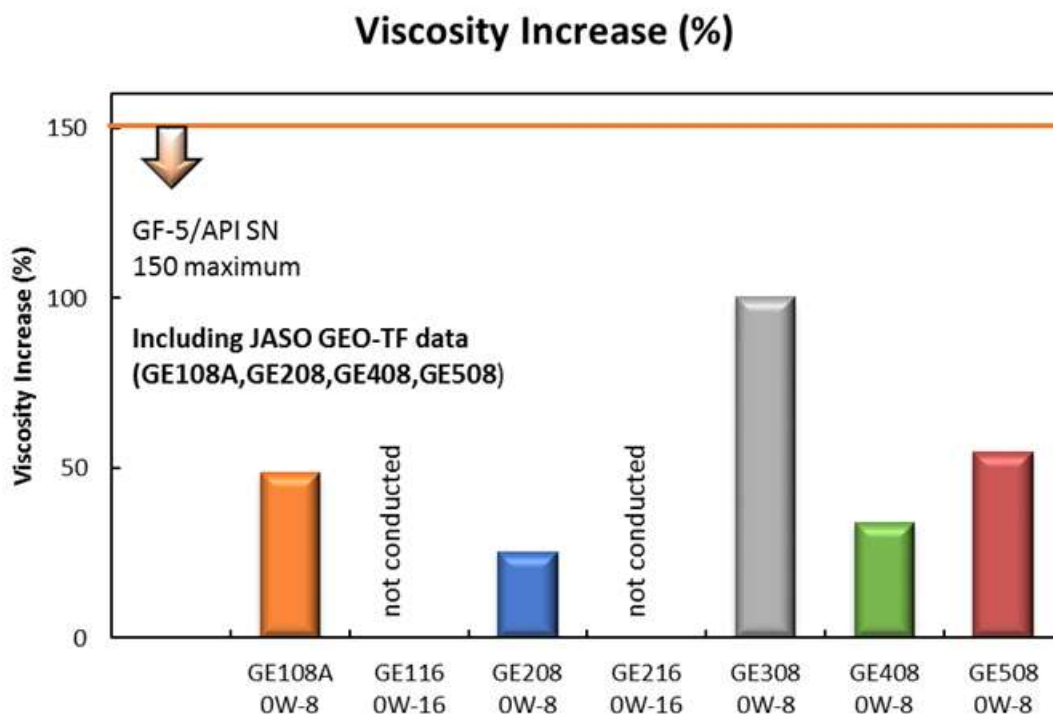


図 2-15. 粘度増加率の比較

(108A、GE208、GE408 および GE508 のデータは
石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

粘度増加率は、GF-5/API SN では 150%以下が規定されている。図 2-15 から、デモンストレーション候補油、GE308、GE408 および GE508 は、いずれも規格値を満たした。このことから、低粘度エンジン油の基準値について、粘度増加率は 150%以下とすることとした。

GE308、GE408 および GE508 の加重ピストンデポジット(WPD)を ILSAC GF-5/API SN 規格と比較し図 2-16 に示す。

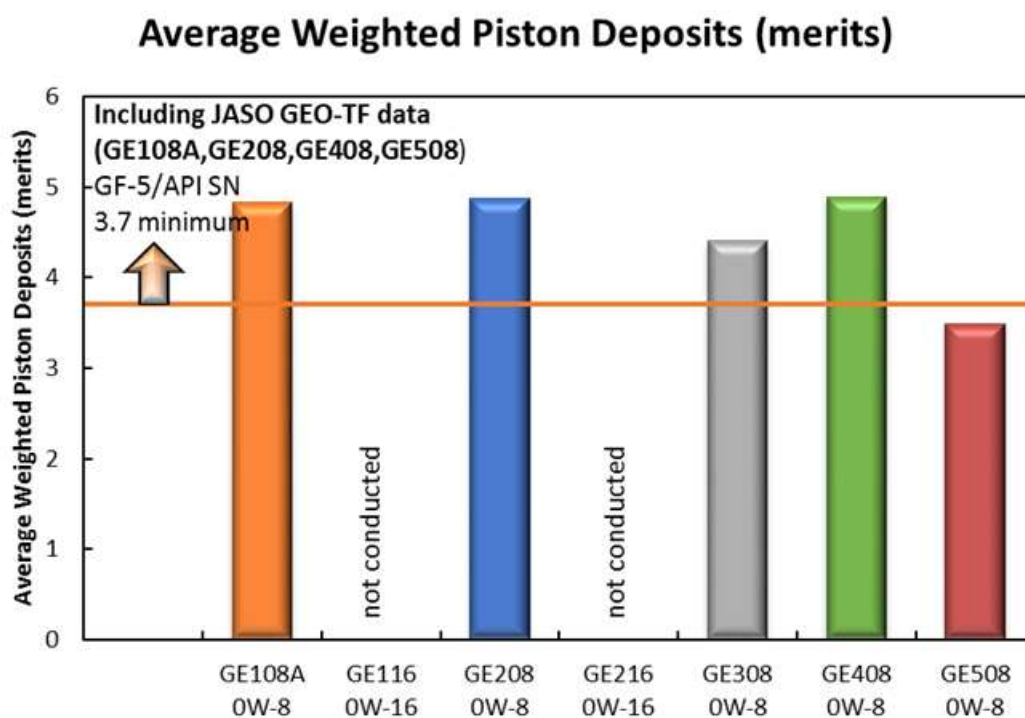


図 2-16. 加重ピストンデポジット(WPD)の比較

(108A、GE208、GE408 および GE508 のデータは

石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

WPD 評点は、ILSAC GF-5/API SN では WPD 評点 3.7 以上が規定されている。GE308 および GE408 は、いずれも ILSAC GF-5/API SN の規格値を満足する結果が得られた。このことから、低粘度エンジン油の基準値について、WPD 評点は 3.7 以上とすることとした。

第6節 リン蒸発性に関する調査

ILSAC GF-6B 規格案に規定されている高温酸化防止性試験方法(Sequence IIIH、ASTM D 8111)を実施し、低粘度潤滑油の高温酸化防止性試験(Sequence IIIH)後のリン蒸発性(Sequence IIIHB)を ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)の規格値と比較し図 2-17 に示す。

Seq.IIIHB -Aged Oil Phosphorus Retention, %

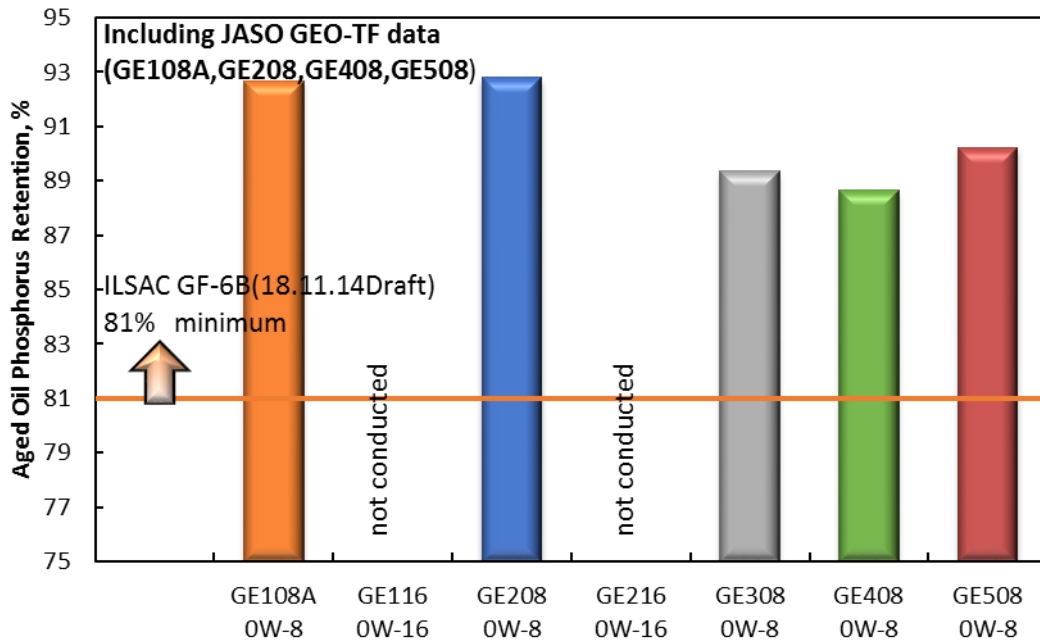


図 2-17. Sequence IIIHB -リン蒸発性の比較

(108A、GE208、GE408 および GE508 のデータは

石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

Sequence IIIHB 試験後のリン蒸発性(%)は ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)では 81%以上が規定されている。図 2-17 からデモンストレーション候補油、GE308、GE408 および GE508 はいずれもこれらの値を満たした。このことから、Sequence IIIHB 試験後のリン蒸発性(%)について、低粘度エンジン油の基準値は 81%以上とすることとした。

そこで、Sequence IIIHB 試験後のリン蒸発性(%)について、低粘度エンジン油の基準値は 81%以上とすることとした。

第7節 低温スラッジ防止に関する調査

低温スラッジ防止試験方法として、Sequence VH を実施し、低粘度潤滑油の低温スラッジ防止性能試験に対するデモンストレーション油としての性能を検証した。

低温スラッジ防止試験方法(Sequence VH)はファイアリング試験で、低温でエンジン油中のスラッジ形成を抑制するエンジン油の能力を評価する試験である。試験は中温(68°C)、高温(100°C)および低温(45°C)の条件を繰り返すサイクル試験で、試験時間は 216 時間である。試験に用いた低温スラッジ防止試験装置を図 2-18 に示す。



図 2-18. 低温スラッジ防止試験装置(Sequence VH)

1. 供試エンジン油

標準油 GE208 並びにデモンストレーション候補油、GE308 および GE408 の低温スラッジ防止試験(Sequence VH)のデータについては、石油連盟・日本自動車工業会の JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF から提供を受けた。さらに、比較のために、既報¹⁾の GE108A のデータを引用した。

2. 供試エンジン

低温スラッジ防止試験方法、Sequence VH では表 2-21 に示すフォード社製 V 型 8 気筒、4.6L エンジン装置を用いた。エンジンにはオーバヘッドカム、シリンダ当たり 2 バルブが組み込まれている。

表 2-21. 低温スラッジ防止試験供試エンジンの主要諸元

型式	フォード社製
種類	水冷 4 サイクルガソリン機関
シリンダ数	V 型 8 気筒
動弁系	DOHC
排気量	4,600 cc
使用燃料	無鉛ガソリン

3. 供試燃料

低温スラッジ試験用ガソリン燃料である SVGM2 を使用した。

4. 低温スラッジ防止試験方法(Sequence VH)

低温スラッジ防止試験では、ロッカーアームカバー、ロッカーアームカバーバッフル、タイミングチェーンカバー、オイルパンバッフル、オイルパン、バルブデッキのスラッジ堆積物を評価した。さらに、ピストンスカート(スラスト)とロッカーアームカバーバッフルのワニス堆積物、ピストンリングの、"高温"と"低温"のスティッキング、オイルポンプスクリーンとピストンオイルリングの詰まりを評価した。低温スラッジ防止試験の条件を表 2-22 に示す。表 2-22 に示した 4 時間のサイクルを 54 回繰り返した。それぞれのサイクルは、3つの異なるステージで構成される。試験時間は 216 時間である。

表 2-22. 低温スラッジ防止試験(Sequence VH)の試験条件

Condition	Unit	Stage I	Stage II	Stage III
Duration	minutes	120	75	45
Engine Speed	rpm	1,200	2,900	700
Engine Power	kW	Record	Record	1.10-1.50
Manifold Abs Press	kPa (abs)	69	66	Record
Engine Oil In	°C	68	100	45
Engine Coolant Out	°C	57	85	45
Engine Coolant Flow	L/min	48	118	28
Engine Coolant Pressure	kPa(gauge)	70	70	70
RAC Coolant In	°C	29	85	29
Rocker Cover Flow	L/min	15	15	15
Intake Air	°C	30	30	30
Intake Air, Press	kPa (gauge)	0.05	0.05	0.05
Exhaust Gas Analysis	Lambda	1.0	1.0	0.75
Blowby Flow Rate Avg	L/min	Record	60-70	-----
Air/Fuel Ratio		Stoichmetric	Stoichmetric	11.5:1
Intake Air Humidity	g/kg	11.4	11.4	11.4
Exhaust Back Pressure	kPa abs	104	107	Record
Fuel Flow	kg/h	Record	Record	Record

5. 結果および考察

低温スラッジ防止試験(Sequence VH)後の試験部品を評価した結果を、図 2-19、図 2-20、図 2-21 および図 2-22 に示す。

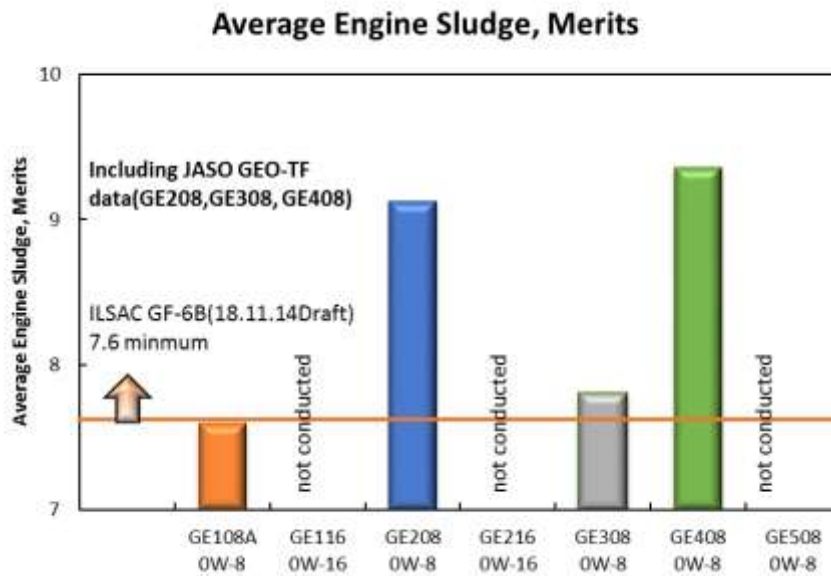


図 2-19. 平均エンジンスラッジの比較

(GE208、GE308 および GE408 のデータは

石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

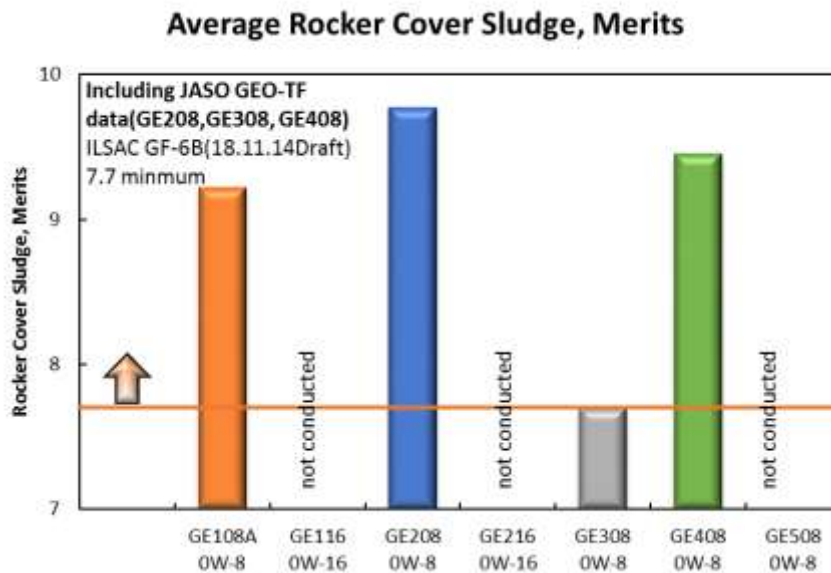


図 2-20. 平均ロッカーカバースラッジの比較

(GE208、GE308 および GE408 のデータは

石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

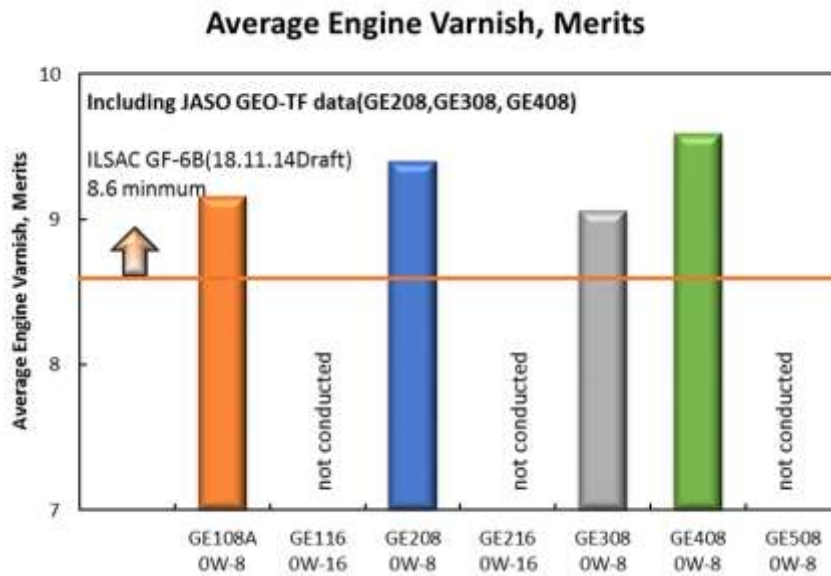


図 2-21. 平均エンジンバーニッシュの比較

(GE208、GE308 および GE408 のデータは

石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

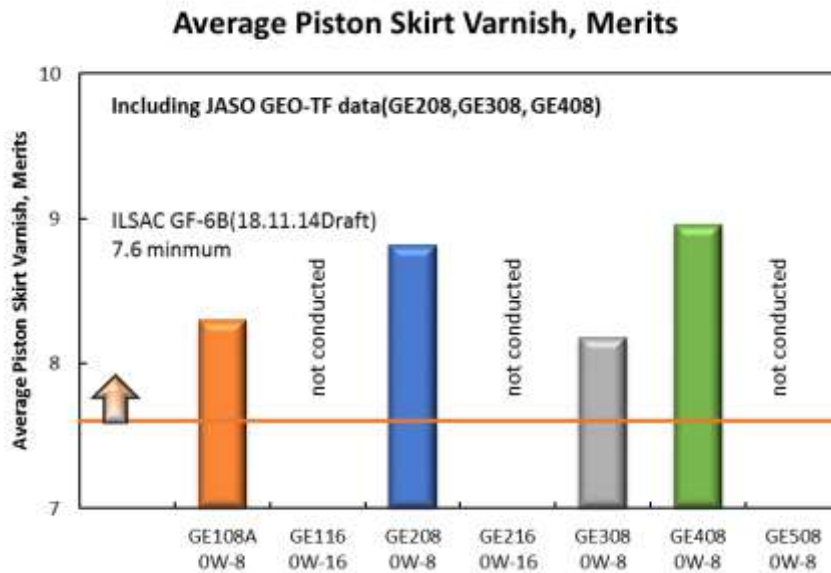


図 2-22. 平均ピストンスカートバーニッシュの比較

(GE208、GE308 および GE408 のデータは

石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)では平均エンジンラッジ評点 7.6 以上、平均ロッカーカバースラッジ評点 7.7 以上、平均エンジンバーニッシュ評点 8.6 以上、平均ピストンスカートバーニッシュ評点 7.6 以上、ホットスタックコンプレッションリングなし、が

提案されている。図 2-19、図 2-20、図 2-21 および図 2-22 から、デモンストレーション候補油、GE308 および GE408 はいずれもこの提案値を満たす。

そこで、低粘度エンジン油の基準値は、ILSAC GF-5/API SN と同様に、平均エンジンスラッジ評点 7.6 以上、平均ロッカーカバースラッジ評点 7.7 以上、平均エンジンバーニッシュ評点 8.6 以上、平均ピストンスカートバーニッシュ評点 7.6 以上、ホットスタックコンプレッションリングなしとすることとした。

第8節 蒸発性、劣化油低温粘度およびシール適合性に関する調査

「蒸発性」、「劣化油低温粘度」および「シール適合性」等のその他の信頼性試験についても、国内自動車メーカーは、ILSAC GF-6B 規格案(GF-5/API SN 規格と同等)を基本に考えている。そこで ILSAC GF-6B 規格案のうち、低粘度化の影響が大きいと考えられる「蒸発性」、「劣化油低温粘度」および「シール適合性」試験方法により試作エンジン油の評価を行い、これらの試験方法に対するデモンストレーション油としての性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。

1. 蒸発損失性

1.1 蒸発損失性試験方法(NOACK)

試作した潤滑油に対して NOACK 蒸発損失性試験(ASTM D5800 Standard Test Method for Evaporation Loss of Lubricating Oils by the Noack Method)の B 法による評価を行った。

一定量の供試エンジン油を試験容器に入れ、一定流速の空気下で 250℃に加熱して、1 時間後の重量減少を測定した。

1.2 供試エンジン油

表 2-1 に示す GE308、GE408 および GE508 の 3 種類のデモンストレーション候補油を NOACK 蒸発損失性試験に供した。さらに、比較のために、既報¹⁾の GE108A、GE116、GE208 および GE216 のデータを引用した。

1.3 結果および考察

NOACK 蒸発損失性試験の結果を図 2-23 に示す。

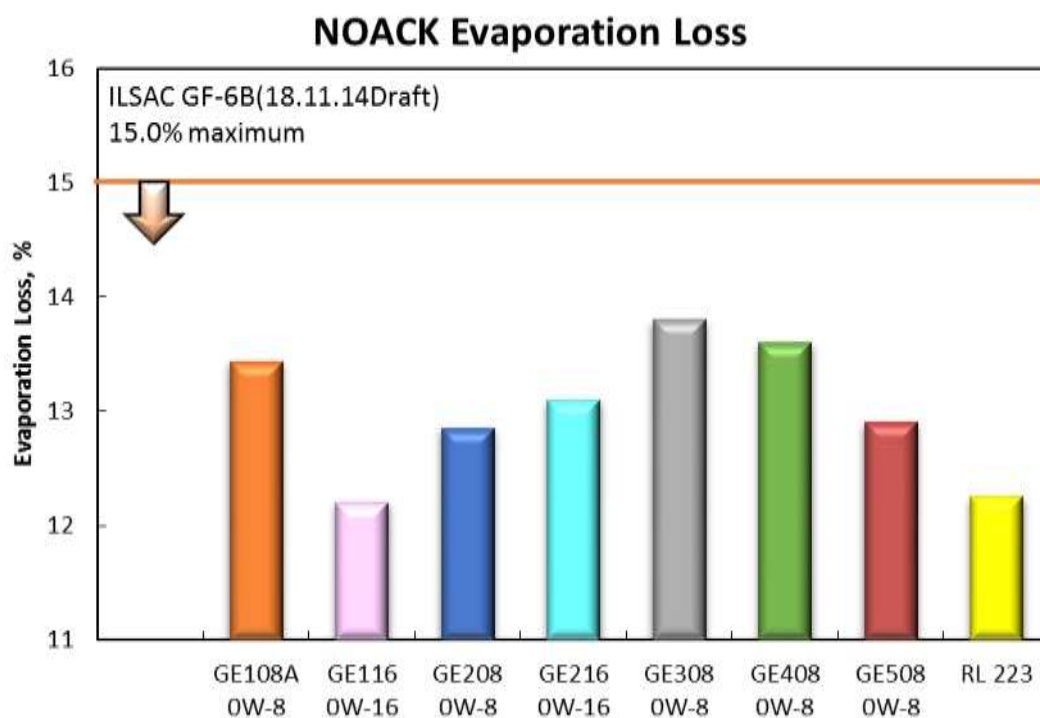


図 2-23. NOACK 蒸発損失性試験の結果

図 2-23 に示した RL223 は NOACK 蒸発損失性試験の標準油である。ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)では 15.0%以下が提案されている。いずれの試作潤滑油も、これらの規格値を満たすため、蒸発量の基準値は 15.0%以下とすることとした。

2. 劣化油低温粘度

2.1 劣化油低温粘度試験方法

劣化油低温粘度試験方法として Romaszewski Oil Bench Oxidation (ROBO) Test、ASTM D7528 Standard Test Method for Bench Oxidation of Engine Oils by ROBO Apparatus および Sequence IIIHA による評価を試作した潤滑油に対して実施し、これらの試験方法に対するデモンストレーション油としての性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。

1) ROBO Test

試験油を、触媒の少量の鉄フェロセンと混合した。次いで、この混合物を 1L の反応容器に入れ、空気を流しながら 170℃で 40 時間加熱した。この時間中に、ブローバイガスを模擬する酸化剤として二酸化窒素を、12 時間導入した。冷却後、試験油の粘度を測定した。試験に用いた Romaszewski Oil Bench Oxidation (ROBO) 試験装置の外観を図 2-24 に示す。

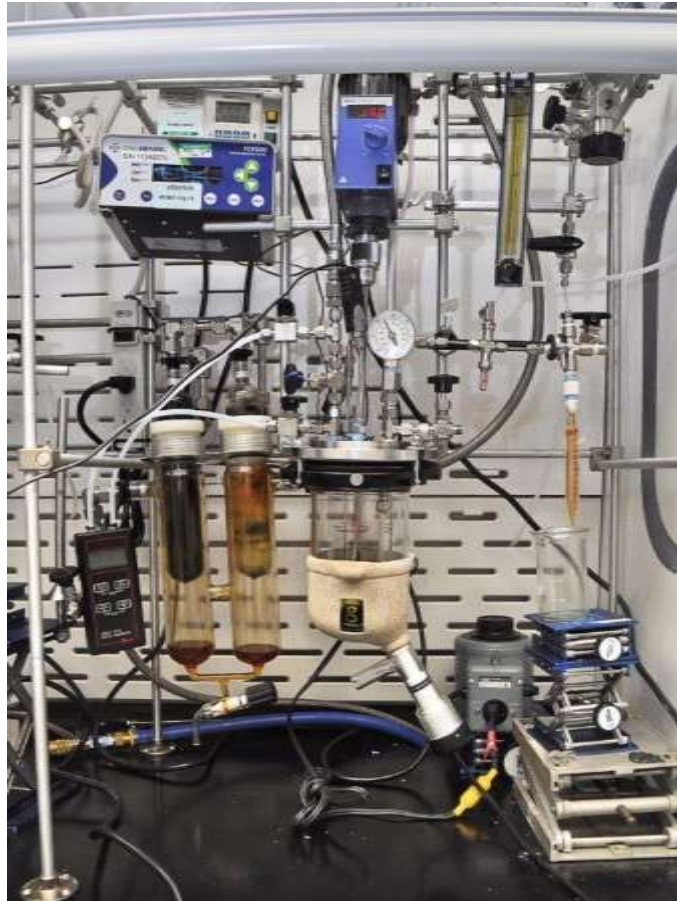


図 2-24. Romaszewski Oil Bench Oxidation (ROBO) 試験装置

2) Sequence IIIHA

Sequence IIIH 試験後の 168 時間以内に試験後油の Cold Crank Simulator (CCS) 粘度(ASTM D 5293)および Mini Rotary Viscometer (MRV)粘度(ASTM D 4684)を測定した。

2.2 供試エンジン油

本年度新たに試作した表 2-1 に示す GE308、GE408 および GE508 の 3 種類のデモンストレーション候補油を、ROBO Test および Sequence IIIHA 試験に供した。さらに、比較のために、既報¹⁾の GE108A、GE208 のデータを引用した。

2.3 結果および考察

試験後油 MRV 粘度の ROBO Test の結果を図 2-25 に、Sequence IIIHA の結果を図 2-26 にそれぞれ示す。

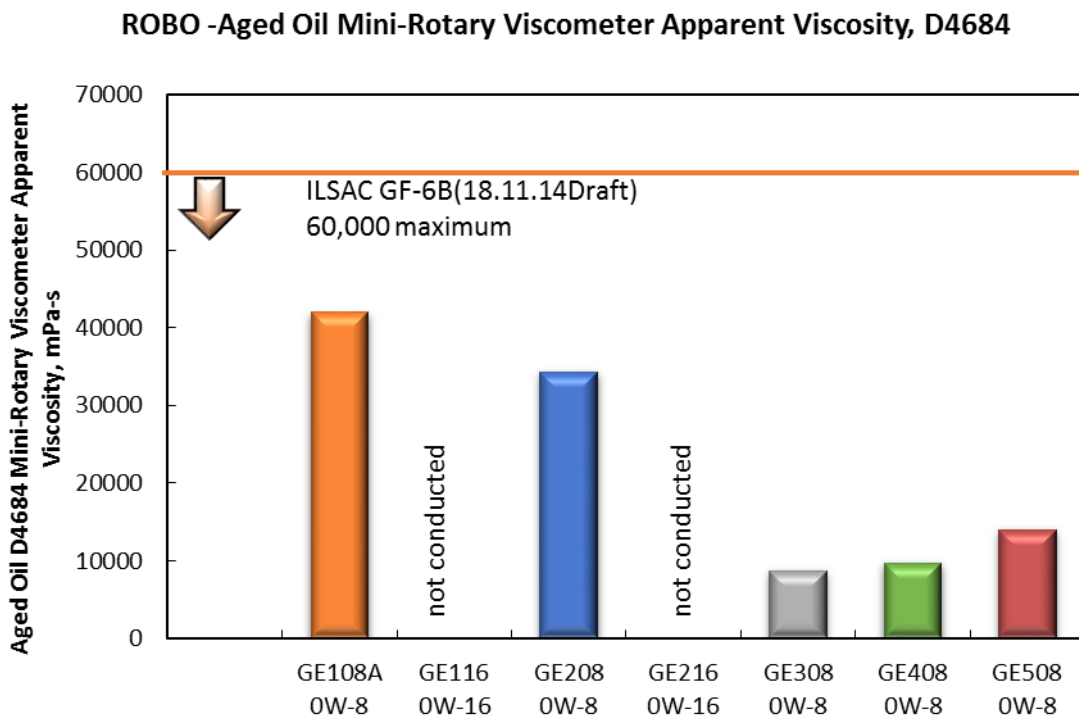


図 2-25. 試験後油 MRV 粘度—ROBO Test の結果

Seq.IIIHA -Aged Oil Mini-Rotary Viscometer Apparent Viscosity, D4684

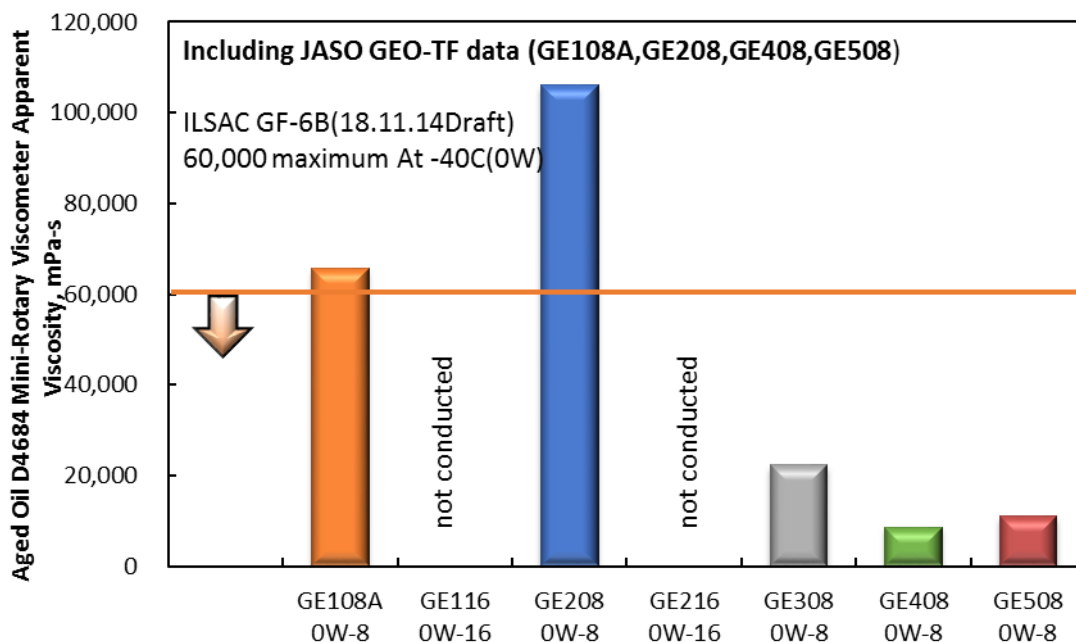


図 2-26. 試験後油 MRV 粘度—Sequence IIIHA の結果
(GE108A、GE208、GE408 および GE508 のデータは

石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油 TF: 未発表データ)

ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)では、ROBO Test あるいは Seq.IIIHA において、試験後油 MRV 粘度、60,000 mPa·s 以下が提案されている。図 2-23 および図 2-24 から、ROBO Test あるいは Seq.IIIHA において、いずれの候補油もこれらの提案値を満たす。そこで、低粘度エンジン油の基準値案では、試験後油 MRV 粘度の基準値を 60,000 mPa·s 以下とすることとした。

3. シール適合性

3.1 シール適合性試験方法

ILSAC GF-6B 規格案に規定されているシール適合性試験 (Elastomer Compatibility, ASTM D7216 Standard Test Method for Determining Automotive Engine Oil Compatibility with Typical Seal Elastomers, Annex A2) を試作した潤滑油に対して実施し、低粘度潤滑油のシール適合性試験に対するデモンストレーション油としての性能を評価し、試験方法および基準値について検証を行った。

一定量のエンジン油を試験容器に入れ、試験法に準じた寸法に切断した試験片を浸漬する。浸漬前後の試験片の状態変化を表 2-23 に示す条件で評価を実施し、ILSAC GF-6B (18.11.14Draft)に従って評価を行った。

表 2-23. シール適合性試験の浸漬温度と浸漬時間

Elastomer Material (SAE J2643)	Immersion Test temperature, °C	Immersion Test Time, h
Polyacrylate Rubber (ACM-1)	150	336
Hydrogenated Nitrile Rubber (HNBR-1)	100	336
Silicone Rubber (VMQ-1)	150	336
Fluorocarbon Rubber (FKM-1)	150	336
Ethylene Acrylic Rubber (AEM-1)	150	336

3.2 供試エンジン油

本年度新たに試作した表 2-1 に示す GE308、GE408 および GE508 の 3 種類のデモンストレーション候補油を、シール適合性試験(Elastomer Compatibility, ASTM D7216 Standard Test Method for Determining Automotive Engine Oil Compatibility with Typical Seal Elastomers, Annex A2)に供した。

3.3 結果および考察

シール適合性試験の結果を図 2-27、図 2-28 および図 2-29 に示す。

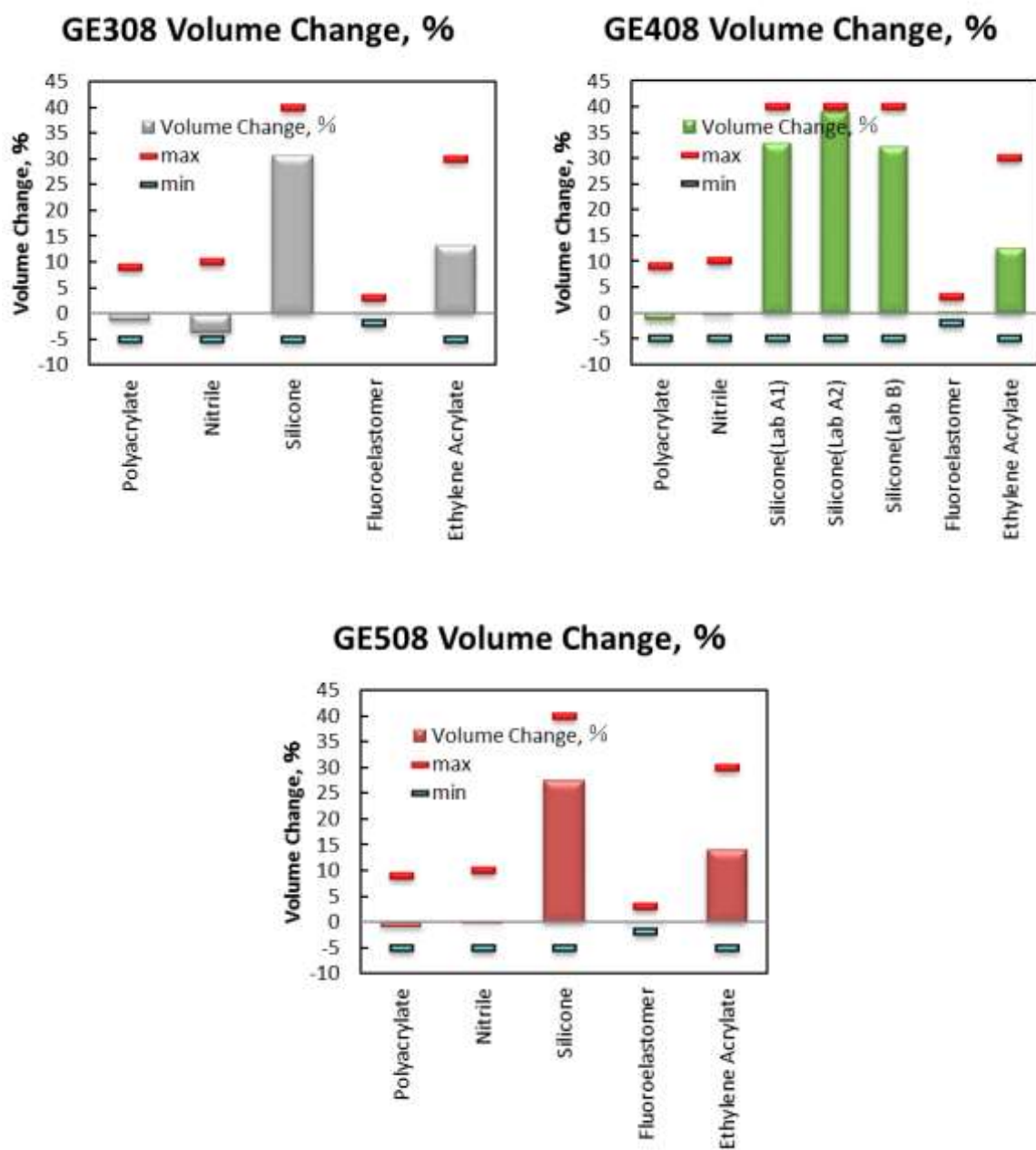


図 2-27 シール適合性試験の結果(体積変化)

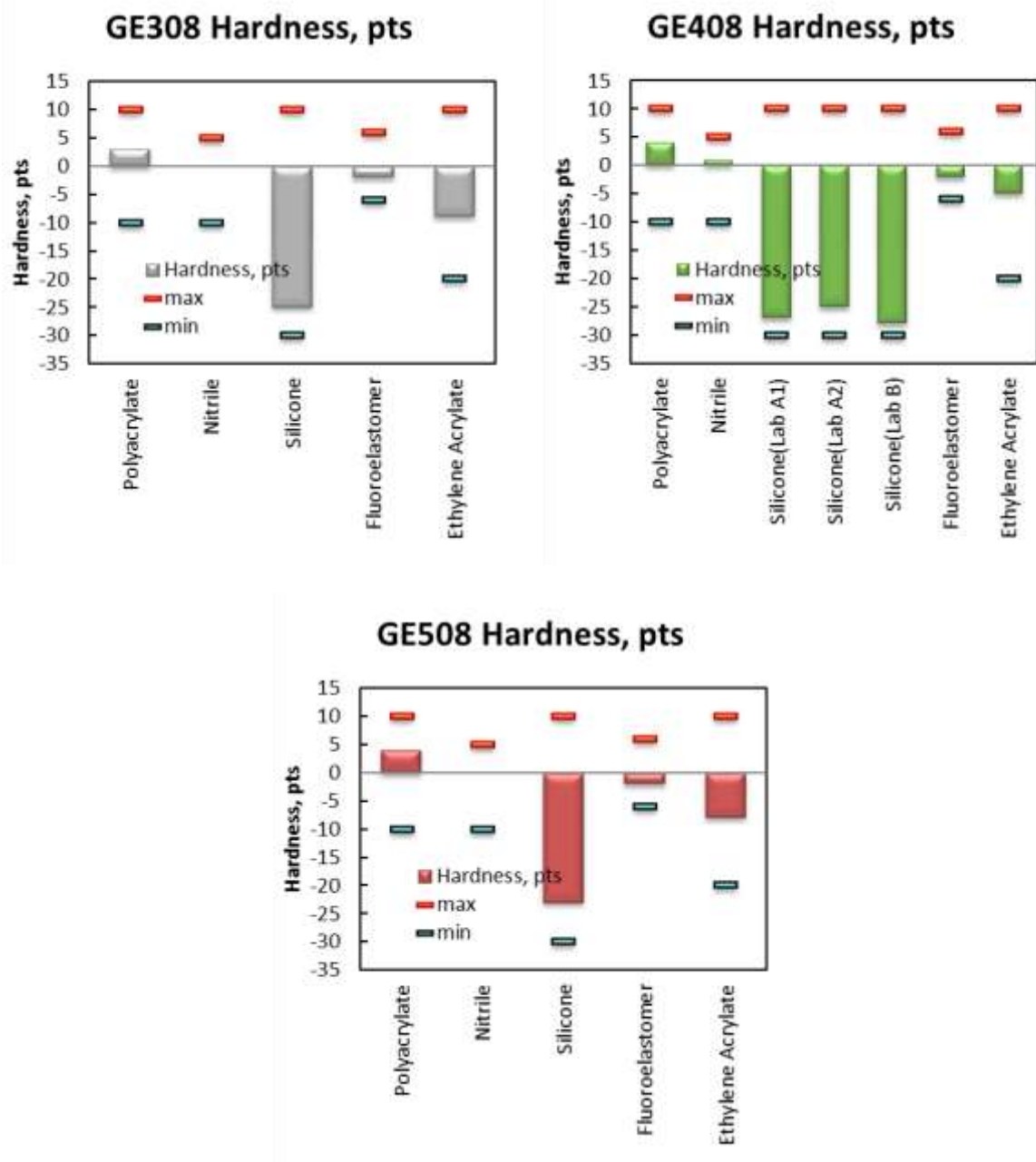


図 2-28. シール適合性試験の結果(硬さ変化)

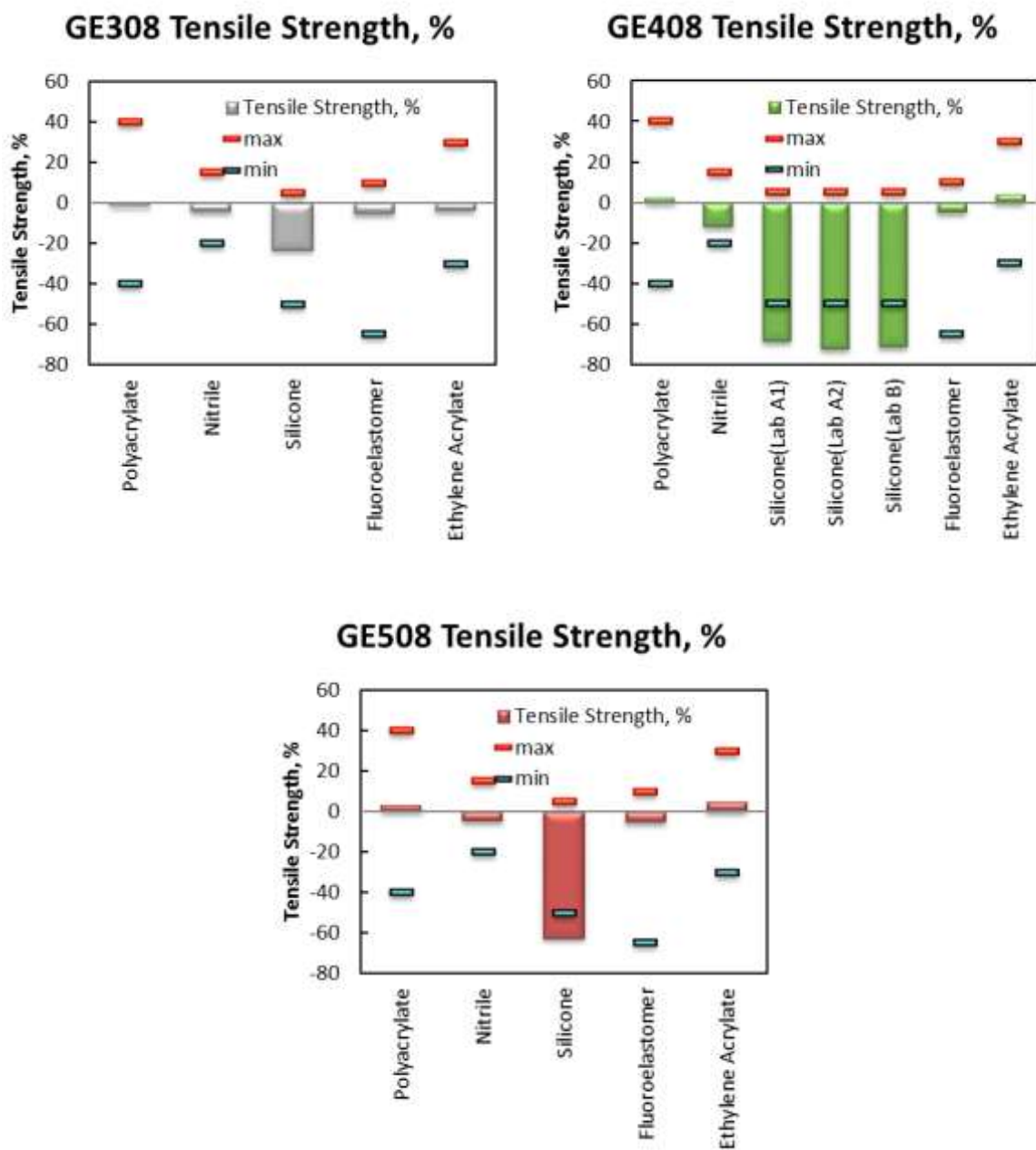


図 2-29. シール適合性試験の結果(引張強度変化率)

図 2-27、図 2-28 および図 2-29 から、GE408 および GE508 は Silicone Rubber (VMQ-1) の引張強度変化率が ILSAC GF-6B(18.11.14Draft) を満足していないが、GE308 は ILSAC GF-6B(18.11.14Draft) の規定を満足している。そこで低粘度エンジン油の「シール適合性」の基準値としては、ILSAC GF-6B(18.11.14Draft) 規格案と同じ基準値とすることとした。

4. まとめ

低粘度化に対して影響が大きいと考えられる「蒸発性」、「劣化油低温粘度」および「シール適合性」について、各評価試験方法により試作エンジン油の性能評価を行った。試験を実施した油種について、「蒸発性」および「劣化油低温粘度」は ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)規格案に合致する見込みである。低粘度エンジン油の「蒸発性」および「劣化油低温粘度」の基準値としては ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)規格案と同じ基準値とする。

GE408 および GE508 は Silicone Rubber(VMQ-1)の引張強度変化率が ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)を満足していないが、その他の試作油は ILSAC GF-6B 規格案(18.11.14Draft)を満足している。

低粘度エンジン油の「シール適合性」の基準値としては、ILSAC GF-6B(18.11.14Draft)規格案と同じ基準値とする。

第9節 まとめ

現在市場投入されているエンジン油で最も低粘度のグレードは SAE 0W-16 である。一方、国内の自動車メーカーおよび潤滑油メーカーでは SAE 0W-16 油よりさらに粘度の低い SAE 0W-8 油の市場投入を目指しており、各社は当該油の開発を進めているところである。しかし現在、この SAE 0W-8 油の仕様を決める規格は存在しない。そこで、本事業では当該油の将来的な普及を見越し、仕様・品質評価方法の策定を行っている。本年度は、ILSAC GF-6B 案をベースに、より低粘度な潤滑油評価のための試験方法および基準値について検討・確立を行った。主な成果は次のとおり。

- SAE J300 に規定されている 0W-8 の低粘度潤滑油について、省燃費性を評価できる 2 種類のエンジン試験法を確立し、標準油やデモンストレーション油を用いた評価結果から、省燃費性のガイドライン案の基準値を設定した。
- 省燃費性以外の摩耗防止性などの性能(信頼性)評価法について、標準油やデモンストレーション油により検討し、検討されている ILSAC GF-6B 案や既存の ILSAC GF-5 規格で用いられる試験法や規格値の適用が可能であることを確認した。

文 献

- 1) ILSAC: ILSAC GF-6A RECOMENDATIONS FOR PASSENGER CAR ENGINE

- OILS, DRAFT November 14, 2018.
- 2) ILSAC: ILSAC GF-6B RECOMENDATIONS FOR PASSENGER CAR ENGINE
OILS, DRAFT November 14, 2018.
 - 3) Lube Report Americas: ACC Offers GF-6 Timeline, Relaxed Limits dated January 16, 2019 (2019), https://pubs.lubesngreases.com/lubereport-americas/2_3/specs/ACC-Offers-GF-6-Timeline-Relaxed-Limits-14415-1.htm
 - 4) 経済産業省 資源エネルギー庁委託事業 平成 29 年度石油精製に係る諸外国における技術動向・規制動向等の調査・分析事業(調潤滑油品質安定化調査・分析事業)調査報告書 (2018)
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H29FY/000050.pdf
 - 5) 石油連盟・日本自動車工業会 JASO 次世代ガソリンエンジン油タスクフォース: 未発表データ

第3章 低粘度潤滑油(エンジン油)に係る品質評価方法のガイドライン策定

第1節 はじめに

本章では、「第1章 低粘度潤滑油実態調査」および「第2章 低粘度潤滑油評価方法の検証・確立」を踏まえつつ、低粘度潤滑油に係る品質評価方法のガイドライン案の策定を行ったので報告する。

第2節 低粘度潤滑油(エンジン油)に係る品質評価方法のガイドライン案

潤滑油品質委員会でこれまでの成果について検討し、低粘度潤滑油(エンジン油 SAE 0W-8)に係る要求項目、試験方法および基準値からなるガイドライン案をとりまとめた。策定したガイドライン案は表 3-1 に示すとおり。

表 3-1. 低粘度潤滑油(エンジン油)のガイドライン案(19.03.01Draft)

項目		低粘度エンジン油ガイドライン案	試験方法
動粘度(mm ² /s)	40 °C	報告	ASTM D445
	100 °C	SAE J300 を満足	
CCS 粘度(mPa・s)	-35°C	SAE J300 を満足	ASTM D5293
MRV 限界ポンピング粘度(mPa・s)	-40°C	SAE J300 を満足	ASTM D4684
HTHS 粘度 150°C,10 ⁶ s ⁻¹ (mPa・s)		SAE J300 を満足	ASTM D4683
せん断安定性	Bosch 法 30 サイクル試験後油動粘度(100°C)	新油粘度分類 (SAE J 300)内とする	ASTM D6278
蒸発性 NOACK 法(質量%)	250 °C	15.0 以下	ASTM D5800B/D
油中元素(質量%)	リン	0.06~0.08	ASTM D4951
	硫黄	0.5 以下	ASTM D4951 or D2622
フィルタビリティ(%)	純水 0.6 %	50 以下	ASTM D6794
	純水 1.0 %	50 以下	
	純水 2.0 %	50 以下	
	純水 3.0 %	50 以下	
	純水 0.6 %+ドライアイス	50 以下	ASTM D6795
泡立ち防止性(mL/mL)	シーケンス I	10 以下/0 以下	ASTM D892
	シーケンス II	50 以下/0 以下	
	シーケンス III	10 以下/0 以下	
高温泡立ち防止性(mL/mL)	シーケンス IV	100 以下/0 以下	ASTM D6082
混合性		合格	ASTM D6922
防錆性 平均グレーバリュー		100 以上	ASTM D6557
ゲル指数		12 以下	ASTM D5133
エマルジョン安定性	0°C,24hr	水分の分離なし	ASTM D7563
	25°C,24hr		

項目		低粘度エンジン油ガイドライン案		試験方法
シール適合性	ACM-1 (アクリル系)	体積変化率(%)	-5~9	ASTM D7216
		硬さ変化(pts.)	-10~10	
		引張強度変化率(%)	-40~40	
	HNBR-1 (水添ニトリル系)	体積変化率(%)	-5~10	
		硬さ変化(pts.)	-10~5	
		引張強度変化率(%)	-20~15	
	VQM-1 (シリコン系)	体積変化率(%)	-5~40	
		硬さ変化(pts.)	-30~10	
		引張強度変化率(%)	-50~5	
	FKM-1 (フッ素系)	体積変化率(%)	-2~3	
		硬さ変化(pts.)	-6~6	
		引張強度変化率(%)	-65~10	
AEM-1 (エチレンアクリル系)	体積変化率(%)	-5~30		
	硬さ変化(pts.)	-20~10		
	引張強度変化率(%)	-30~30		
省燃費性	ファイアリング燃費試験	燃費向上率(%)	1.1 以上	JASO M366
	モータリング燃費試験	燃費向上率(%)	2.0 以上	JASO M365
高温酸化防止性 Seq.IIIH	粘度増加 40 °C(%)		150 以下	ASTM D8111
	WPD 評点		3.7 以上	
	ホットスタックリング		なし	
劣化油低温粘度 Seq.IIIHA ¹⁾	試験後油 MRV 粘度(mPa・s)	CCS 粘度により-40°C か-35°C	60,000 以下	ASTM D8111
劣化油低温粘度 ROBO ¹⁾	試験後油 MRV 粘度(mPa・s)	CCS 粘度により-40°C か-35°C	60,000 以下	ASTM D7528
リン蒸発性 Seq.IIIHB	リン蒸発性(%)		81 以上	ASTM D8111
低温動弁系 摩耗防止性 Seq.IVA ³⁾	平均カム摩耗(μm)		90 以下	ASTM D 6891
低温スラッジ防止性 Seq.VH	平均エンジンスラッジ評点		7.6 以上	Sequence VH
	ロッカーカバースラッジ評点		7.7 以上	
	平均エンジンパーニッシュ評点		8.6 以上	
	平均ピストンスカートパーニッシュ評点		7.6 以上	
	オイルスクリーン詰まり(%)		報告	
	オイルスクリーン付着物(%)		報告	
	ホットスタックコンプレッションリング		なし	
コールドスタックリング		報告		
オイルリング詰まり(%)				
チェーン摩 耗防止性 Seq.X	Chain wear 伸び率(%)		0.085 以下 ²⁾	Sequence X

注 1) 劣化油低温粘度は、Sequence IIIHA、ROBO のいずれかの試験に合格すること。

注 2) ILSAC GF-6 が正式決定した時点で、ILSAC GF-6 規格値を適用する。

低粘度潤滑油評価の試験方法および基準値を検証するためには、それらすべての基準値に適合する低粘度油が存在することを示すデモンストレーション油とよばれる油が必要である。本年度試作したデモンストレーション候補油、GE308、GE408 および GE508 の低粘度潤滑油としての主要な性能評価の結果をまとめると表 3-2 となる。

表 3-2. デモンストレーション候補油の性能評価のまとめ

デモンストレーション油 評価項目	GE308	GE408	GE508	性能合格基準設定の根拠
省燃費性(ファイアリング試験)	○	○	×	標準油、デモンストレーション候補油の評価結果から設定
省燃費性(モータリング試験)	○	○	×	
低温動弁系摩耗防止性	○	未評価	×	ILSAC GF-5/API SN と同じ
チェーン摩耗防止性	○	○	○	ILSAC GF-6B 規格値案と同じ
高温酸化防止性	○	○	×	ILSAC GF-5/API SN と同じ
リン蒸発性	○	○	○	ILSAC GF-6B 規格値案と同じ
低温スラッジ防止性	○	○	未評価	ILSAC GF-6B 規格値案と同じ
蒸発性	○	○	○	ILSAC GF-6B 規格値案と同じ
劣化油低温粘度	○	○	○	ILSAC GF-6B 規格値案と同じ
シール適合性	○	×	×	ILSAC GF-6B 規格値案と同じ
総合評価	○	×	×	

○：合格 ×：不合格

したがって、試作油(GE308)は、デモンストレーション油となる。すなわち、低粘度潤滑油の省燃費性、摩耗防止性および蒸発性などの主要な評価試験法と基準値を満足するデモンストレーション油を試作することができた。さらに、今後は将来の国際規格化提案(ILSAC GF-7)を目指して、本事業で開発した省燃費試験法を元に省燃費性の持続性を評価するための基礎的な検討が必要である。

第3節 まとめ

「第1章 低粘度潤滑油実態調査」および「第2章 低粘度潤滑油評価方法の検証・確立」を踏まえつつ、低粘度潤滑油(エンジン油)に係る品質評価方法のガイドライン案を策定した。主な成果は次のとおり。

- これまでの成果について検討し、低粘度潤滑油(エンジン油)に係る要求項目、試験方法および基準値からなるガイドライン案をとりまとめた。
- 3種類のSAE 0W-8 デモンストレーション油候補油について省燃費性、摩耗防止性試験の結果を評価した結果、ガイドライン案に適合するデモンストレーション油が存在し、低粘度潤滑油のガイドライン案が技術的に実現可能であることを証明した。
- さらに、将来の国際規格化提案(ILSAC GF-7 など)を目指して、本事業で開発した省燃費試験法を元に省燃費性の持続性を評価するための基礎的な検討が必要である。

文 献

- 1) 経済産業省ホームページ：資源エネルギー庁委託事業 平成 29 年度石油精製に係る諸外国における技術動向・規制動向等の調査・分析事業（潤滑油品質安定化調査・分析事業）調査報告書(公表用),

http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H29FY/000050.pdf

