

電動車用エンジンオイルへの水混入による低温固化に対する乳化剤の効果

Effect of Emulsifiers on the Freezing of Water-Contaminated Engine Oil for Electrified Vehicles

ADEKA（非）*舩川 諒 （正）山本 賢二 （非）松倉 範佳

Ryo Masukawa, Kenji Yamamoto, Noriyoshi Matsukura

ADEKA CORPORATION

1. はじめに

温室効果ガス排出による気候変動への対応を背景に、CO₂排出量の少ない HEV や PHEV, EV への移行が推進されている。HEV や PHEV は内燃機関のみで走行する車両と比較してエンジンの運転頻度が低いためエンジン油温は低くなり (Fig. 1) ¹⁾, エンジンオイルに混入した水は蒸発せず残留しやすい。また、代替エネルギーとしてバイオエタノール燃料の適用が拡大するケースも想定されるが、燃焼水が相対的に多い、エタノールが w/o エマルションを不安定化させる ²⁾ など、ガソリンとは異なる点も多い。以上のように、エンジン使用頻度が低い HEV や PHEV にバイオエタノール燃料を用いるような極端なケースが寒冷地で生じた場合、エンジン内での水の分離や固化が生じる恐れがある。

現在、乳化安定性は ASTM D7563 に基づいて評価されているが ³⁾, 本検討では、エンジンオイルへのエタノール燃料や水の混入量が増加した場合でも水の分離や低温固化を抑制すべく、Table 1 に示したより厳しい条件により、乳化剤による保存安定性及び低温固化への影響を評価した。

Table 1 Test condition

	Agitator	Agitation speed and time	Amount of water	Amount of simulated fuel	Emulsion stability
ASTM D7563	High-speed blender	10,000rpm×60s	10vol% of the engine oil	10vol% of the engine oil (Ed85)	25°C×24h
Modified test	Homomixer	1,000rpm×60s	20vol% of the engine oil	10vol% of the engine oil (Ethanol / Isooctane = 85/15vol%)	25°C×48h

2. 実験・結果

2.1 乳化安定性

Table 2 に示す組成物を乳化し、直後及び 48 時間後の外観を観察した (Fig. 2)。No.1 及び No.2 ではエンジンオイル/水/模擬燃料に添加した乳化剤（親水性及び親油性ノニオン界面活性剤の混合物）の効果を、No.3 及び No.4 で分離促進のために摩擦調整剤グリセリンモノオレート（GMO）を添加した場合の乳化剤の効果を調査した。

GMO 未添加の No.1 及び No.2 は乳化 48 時間後に水相(透明相)分離は確認されず安定であった。GMO を添加した No.3 は乳化直後から分離が始まり、48 時間後には水相が発生してエマルションは不安定であった。一方、乳化剤を添加した No.4 は GMO の影響を受けず、48 時間後も水相は発生しなかった。

2.2 低温固化

Table 2 に示す組成物を乳化し、-35°C で 48 時間静置した後、傾けて流動性を確認した (Fig. 3)。No.1 は-35°C で一部固化したが、乳化剤を添加した No.2 は、25°C では下の乳化層や模擬燃料分離による上澄みが少ないことから、-35°C でも分散状態の改善により固化が抑制される結果となっている。

GMO を添加した No.3 では No.1 よりも固化相が増えた。これは 25°C の乳化安定性と一致しており、GMO 添加による水の分散性低下が低温固化に繋がったと考えられる。一方、

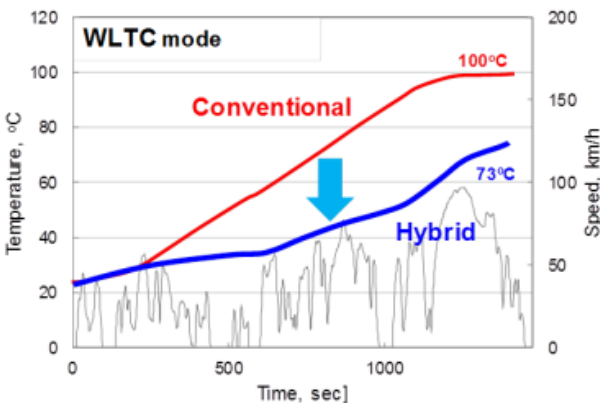


Fig. 1 Comparison of engine oil temperature in WLTC mode¹⁾

Table 2 Composition of the emulsion

No.	1	2	3	4
0W-30 C2 SN Plus, mL	100.0	100.0	100.0	100.0
Water, mL	20.0	20.0	20.0	20.0
E85 model fuel, mL	10.0	10.0	10.0	10.0
GMO, mL	—	—	0.1	0.1
Emulsifier, mL	—	0.1	—	0.1

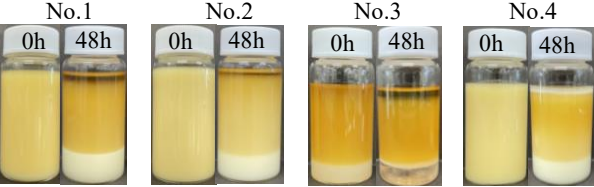


Fig. 2 Immediately after emulsification and after 48 hours at 25°C

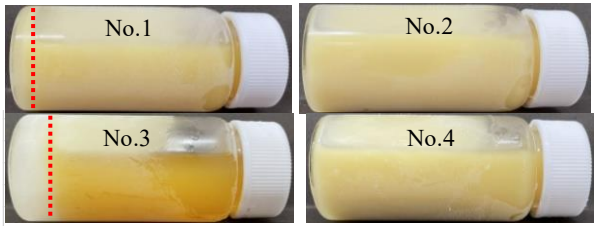


Fig. 3 Flowability at -35°C

乳化剤を添加した No.4 では固化相は無く、流動性が確認された。

以上の通り、分離促進のために添加した GMO によって乳化系は不安定化するが、少量の乳化剤を添加することで乳化安定性が向上し、低温固化も抑制できることが確認された。

2.3 界面張力測定

乳化剤や GMO による乳化挙動への影響について調査すべく、白金プレートを用いたウィルヘルミープレート法にて界面張力 (γ) を測定した (Fig. 4)。

$$\gamma = \frac{F}{2(w+t)\cos\theta}$$

初めに測定容器に水を注ぎ、続いて添加剤 (乳化剤, GMO) を可溶化させたエンジンオイルを混ざらないように静かに注ぐことで液/液界面を作製する。作製 24 時間後の空気 (気) / エンジンオイル (液) 界面張力及びエンジンオイル (液) / 水 (液) 界面張力を測定し、添加剤のエンジンオイル界面への配向性について調査した。サンプルは Table 2 から模擬燃料を省いた水 (20mL) / エンジンオイル (100mL) / 添加剤 (0.1mL) とした。

Figure 5 は空気/エンジンオイルの界面張力である。添加剤未添加の No.1 に対して、乳化剤を添加した No.2 は低下していることから、乳化剤は気/液界面に配向していると考えられる。一方、GMO と乳化剤を添加した No.3, 4 は No.1 から僅かに上昇しており、GMO が乳化剤の気/液界面への配向に影響を与えている事が示された。

Figure 6 はエンジンオイル/水の界面作製 24 時間後の界面張力である。添加剤未添加の No.1 に対して、乳化剤を添加した No.2 及び No.4 では、界面張力の低下が確認されたことから、乳化剤は液/液界面へ配向していると考えられる。特に No.4 では大幅に低下が見られており、GMO が乳化剤の液/液界面への配向に影響を与えている事が示されている。また、GMO のみ添加した No.3 でも僅かな界面張力の低下が確認されたことから、GMO も液/液界面へ配向していると推測される。

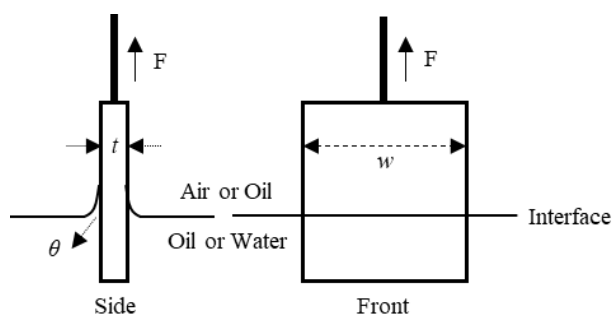


Fig. 4 Conceptual diagram of the Wilhelmy plate

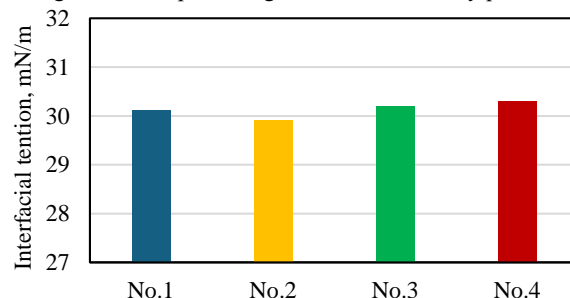


Fig. 5 Air / Oil interfacial tension

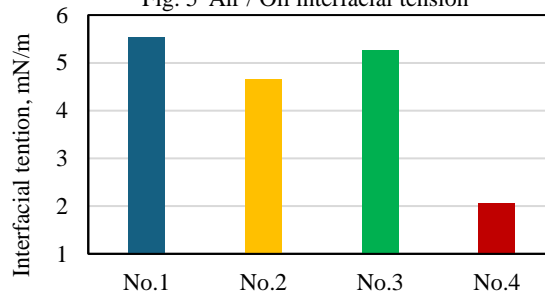


Fig. 6 Oil / Water interfacial tension

3. 考察

乳化安定性及び界面張力の計測結果から推測した各 No.の界面モデル図を Fig. 7 示す。No.1 ではエンジンオイルに含有されている清浄剤が弱い乳化力を発揮しているが、No.3 では、GMO が清浄剤と会合体を形成して油相側へ引っ張る解乳化的な作用をすることで、乳化安定性が低下したと推察される。これに対し乳化剤を添加した No.2 では、親油性寄りの乳化剤が気/液へ、親水寄りの乳化剤が液/液界面に優先的に配向されることで、それぞれの界面張力を下げていると考えられる。一方、No.4 では清浄剤・GMO・親油性の乳化剤からなる会合体に、親水性の乳化剤が加わる事で、親・疎水バランスが変わり、液/液界面へ安定的に配向することで界面張力は大きく低下したと推察される。

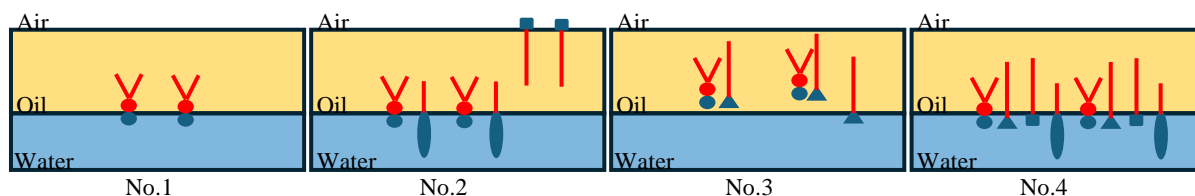


Fig. 7 Model scheme of interfaces with different additives

4. 結論

エンジン運転頻度が低い HEV や PHEV にバイオエタノール燃料を用いるような極端なケースが寒冷地で生じた場合、エンジン内で水の分離や固化が生じる恐れがある。本研究により、エンジンオイルに混入する水が増えた場合においても、乳化剤の添加が水の分離や低温固化の抑制に有効であることが示された。

文献

- 1) Ko Onodera, et al. : Fuel Economy Improvement by Engine Oil with Ultra-High Viscosity Index, JSAE 20199296, SAE Paper 2019-01-2203(2019).
- 2) 北村・多田・竹原・高橋: アルコール水溶液—燃焼油(W/O)エマルジョンの安定性, 化学工学論文集, 15, 2 (1989)425.
- 3) API : Engine Oil Licensing and Certification System, API 1509, 20, 5(2021)7.