

銅腐食防止効果に優れた新規硫黄系添加剤の開発

Development of a new sulfur-based additive with excellent copper corrosion prevention effect

DIC（正）\*松枝 宏尚      DIC（非）大谷 直輝

Hironobu Matsueda\*, Naoki Otani\*

\*DIC Corporation

1. はじめに

潤滑油による金属部品の腐食抑制は、電気自動車の普及に伴い従来以上に必要性が高まっている。モーターには多くの銅製部品が使用されており、銅との反応性が高い硫黄系添加剤は腐食によるモーター性能の低下が懸念される。そのため、潤滑油の耐摩擦・摩耗剤としては、メタクリレートポリマーやリン系極圧剤の低腐食タイプで評価が進んでいる。しかし、モーター回転数は今後 1 万 5 千 rpm 付近から 2 万 5 千、5 万 rpm<sup>1)</sup>と増加する検討が進められており、長期間においてギヤ歯の接触回数の増大に対応できるかは不明である。その理由としては、硫黄系添加剤と比較するとポリマーやリン系極圧剤は負荷が厳しい環境では潤滑膜の維持が難しいことが知られているためである。よって、従来から高負荷条件で実績のある硫黄系極圧剤を使用できると、潤滑油設計の選択肢が大きく広がると考える。

本発表では硫黄系添加剤の問題となっている金属部品への腐食防止効果について、種々の条件で有効性を検討した結果を報告する。

2. 実験方法

本研究では市販されているエンジン油、駆動油に各種添加剤を追加し、金属腐食の判定には ISOT 試験機の銅板および鋼板を用いて行った。添加剤の比較対象としては、一般的に広く金属腐食防止剤として使用されているベンゾトリアゾール、チアジアゾールと、開発した新規添加剤の 3 種である。尚、エンジン油による試験では腐食防止剤のみを 0.1wt%添加したが、市販されている電気自動車用の駆動油（e-トランスアクスルフード：eTAF）には硫黄分がほとんど含まれていないため、ギヤ油用パッケージ A を硫黄分で 25,000ppm 添加し（耐荷重性が重要なトランスファーギヤオイル相当）、その溶液に対して腐食防止剤を 0.1wt%添加した（試験に使用した市販油の物性を Table 1 に示す）。

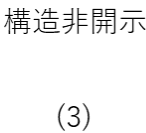
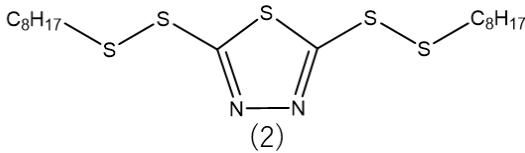
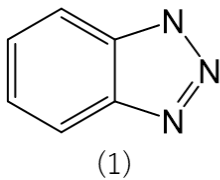


Fig.1 (1) Benzotriazole, (2) Thiadiazol, (3) Prototype sample

Table 1 Test oil physical properties table

	Engine Oil	Transfer Gear Oil	e-transaxle fluid
*Welding Load, kgf	180	290	170
**LNSL, kgf	100	100	63
**Scar diameter, mm	0.36	0.56	0.49
40deg C Vis, mm <sup>2</sup> /s	30.63	29.5	11.7
100deg C Vis, mm <sup>2</sup> /s	7.0	5.7	3.3
Sulfur, ppm	2,300	27,000	690
Phosphorus, ppm	800	2,400	430

\*Four ball: 1770rpm, 10s      \*\*Four ball: 40kgf, 1200rpm, 80deg C, 30min

### 3. 実験結果

上記物性の市販油を用いて、エンジンオイル、eTAF で金属の腐食試験を実施した。まず、エンジンオイルは GF6B の 0W-16 を用いて、165℃×72 時間での ISOT 試験を行った。各添加剤の添加量は Table 2 に示した（ベンゾトリアゾールは一部しか溶解せず）。結果は、既存のベンゾトリアゾール、C8 チアジアゾールでは銅触媒の活性を抑制することができなかった（3 の結果は発表当日に報告予定）。

Table 2 Engine oil study results

	Blank	1	2	3
Benzotriazole	-	<0.1wt%	-	-
C8 Thiadiazol	-	-	0.1wt%	-
Prototype Sample	-	-	-	0.1wt%
Copper	4b	4b	4b	*

Condition: 165 deg C, 72h \*Report at presentation

次に eTAF での試験では、耐摩擦性能を向上させる目的でギヤ油用パッケージ A を硫黄分で 25,000ppm 添加し、その溶液に対して各腐食防止剤を Table 3 の通り添加した。尚、パッケージ添加により、eTAF の融着荷重は 170kgf から 310kgf まで上昇している。

Table 3 e-Transaxle fluid study results

	4	5	6	7
C8 Thiadiazol	-	0.1wt%	-	0.1wt%
Prototype Sample	-	-	0.1wt%	0.1wt%
Package A	25,000ppm (Sulfur Content)			
Copper	4c	4c	*	*
Iron	Dark Col.	Iron Col.	*	*

Condition: 135 deg C, 96h \*Report at presentation

Sample No.4: \*\*Welding Load=310kgf, \*\*\*LNSL=80kgf, Scar diameter=0.39mm

\*\*Four ball: 1770rpm, 10s \*\*\*Four ball: 40kgf, 1200rpm, 80deg C, 30min



No.4 Copper

No.4 Iron

No.5 Copper

No.5 Iron

Fig. 1 Catalyst appearance after ISOT test

ISOT の試験条件は 135℃×96 時間とした。本条件は、当社の知見において硫黄系添加剤の構造による有意差が判別しやすい条件であることから設定した。硫黄系パッケージを添加していない eTAF では銅板、銅板共に外観変化は低く抑制されていたが、ギヤ油用パッケージ A を添加すると、どちらも酷く腐食する結果となった（Table 3 の No.4）。次に、この系に C8 チアジアゾールを添加したところ、銅板に大きな変化はなかったものの銅板は腐食がほとんどない状態に抑制できた。新規開発品である No.6,7 の結果は、当日の発表にて報告する。

ISOT 試験で発生したスラッジ量についても考察を行った。ギヤ油用パッケージの添加によって、ビーカー表面や底部、金属触媒付近に多量のスラッジが発生した。しかし、C8 チアジアゾールを添加した Table 3 の No.5 ではビーカー内のスラッジ発生量は低く抑制されており、銅板の腐食抑制とスラッジ抑制に対しては効果が高いことを確認した。

### 4. まとめ

硫黄系極圧剤の腐食抑制を検討した結果、既存のギヤ油用パッケージ A を eTAF に添加すると、懸念されている通り金属への腐食性が強くなる結果となったが、金属腐食防止剤によって違いがあることが分かった。当日は新規開発品のデータを含めて検討結果を考察する。

### 文献

- 1) 藤戸 宏：TRAMI のカーボンニュートラルシナリオ，トライボロジー会議（春）2023