

安全・環境・防災対応型 潤滑剤製品 Lubricants for Safety, Environment and Disaster Prevention

1. 緒 言

これまで企業が進めてきたコンプライアンス活動は品質に関わる事項に焦点が当てられていたが、近年は“環境”、“労働安全衛生”など品質以外においても企業が順守すべき事項が増えている。製鉄所における事案として排水中に廃油が混入し海洋に漏洩、圧延工程においてグリース（潤滑油と増ちょう剤からなる半固体状の潤滑剤。三次元の網目構造からなる増ちょう剤が液体である潤滑油を保持することで半固体状態を維持。）溜まりへ高温のスケール飛来による小火発生等があり、安全・環境・防災への一層の取組みが要求されている。環境汚染や火災は人命に深く関わるだけでなく、近隣住民への被害や社会的責任も問われるため、徹底した対応が求められる。

このような背景から製鉄所の設備に使用する潤滑剤においても安全・環境・防災に対応した製品のニーズが高まっており、日鉄ケミカル&マテリアル(株)はこれらのニーズに対応した潤滑剤の開発を行った。本稿では日鉄ケミカル&マテリアルの安全・環境・防災対応製品として非延焼型ウレアグリース、環境対応型脂肪酸エステル系難燃性油圧作動油、水-グリコール系難燃性油圧作動液の3製品を紹介する。

2. 非延焼型ウレアグリース

製鉄所における火災の原因は様々であるが、その一つに高温のスケールがグリース溜りに飛来引火して延焼するケースがある。通常、軸受や廃油脂受けなどから漏れたグリースは清掃を行い除去するが、タイミングによってはグリースが溜まることがあり、仮に引火した場合でも延焼を防ぎ被害を最小限に抑える安全性の高い製品として非延焼型グリースがある。非延焼型グリースとしては数社のメーカーがリチウム系増ちょう剤を使用したリチウム系の非延焼型グリースを販売している^{1,2)}。

リチウム系グリースはリチウム塩を原料として製造されるが、リチウム塩はEV用充電電池等に使用されるリチウムイオン電池(LIB)の原料にも使用されており、近年のEVやモバイルバッテリー需要の高まりから需給バランスが崩れ価格が高騰している。このためリチウム系グリースの価格も高騰している状況にあり、現在はリチウム系グリースと比べて高性能であるが高価であったウレア系グリースの価格を上回っているものもある。直近では需給バランスの緩和によりリチウム塩の価格はピーク時と比べ下がっているものの、依然としてリチウム塩が高価である状況に変わりはない。

このような背景を踏まえ、日鉄ケミカル&マテリアルは日本国内でいち早くウレア系の非延焼型グリースを開発した。非延焼型ウレアグリースは高粘度基油に非金属系添加剤を配合し非延焼性の性能をもたせている。また、転がり軸受に要求されるちょう度（グリースの硬さを表す数値）安定性・耐水洗性・耐ブラッキング性（グリースの詰まりにくさ）を備えており（表1）、高温や散水環境、自動給脂システムなどあらゆる環境下でも潤滑性能を発揮できるように設計している。

上述の特性から非延焼型ウレアグリースは熱間圧延工程に採用され、適用後のちょう度変化を経時的に追ったデータでは、水分が30%程度含有した場合においてもちょう度グレードに変化はなく、水分混入時にちょう度変化が生じにくいことがデータで示されている。また、フェログラフィ分析による摩耗診断において潤滑面の摩耗状態に異常は無く、防災と安定操業の両面で貢献している。

3. 難燃性油圧作動油

製鉄所の高熱源の近傍で使用される油圧装置において鉱油系油圧作動油が漏洩した場合、火災に至るリスクがある。防火対策の観点から、そのような設備では難燃性油圧作動油を選定する必要がある。難燃性油圧作動油としては脂肪酸エステル系、リン酸エステル系（合成系）と水-グリコール系、エマルジョン系（含水系）がある。リン酸エステル系は高価格かつ燃焼時に有毒ガスが発生する懸念や、エマルジョン系は細菌（バクテリア）発生防止の保守管理が煩雑という課題があり、近年では脂肪酸エステル系や水-グリコール系が広く使用されている。本章では日鉄ケミカル&マテリアルが難燃性に加えて、油圧装置の安定稼働と油長寿命化を見据えて開発した高機能な環境対応型脂肪酸エステル系難燃性油圧作動油および水-グリコール系難燃性油圧作動液を紹介する。

表1 非延焼型グリースの性能比較
Performance comparison of grease to prevent fire spread

Products	Development	Conventional
Thickener	Urea	Lithium
Heat resistance	◎	△
Roll stability (10% water)	○	○
Water wash resistance	◎	○
Pumpability	◎	◎
Lubricity*1	◎	○

Classification: ◎ very good ○ good △ average

*1 Comprehensive evaluation of heat resistance, water wash resistance, and roll stability

3.1 環境対応型脂肪酸エステル系難燃性油圧作動油

脂肪酸エステル系は水・グリコール系やエマルジョン系と比べると難燃性は劣るが、生分解性に優れており漏洩時の環境負荷リスクが低く、さらに耐摩耗性に優れる事により油圧装置の摩耗を抑制する特徴がある(表2)。脂肪酸エステル系の性能は基油の分子構造および品質と、添加剤の配合技術で性能が大きく左右される³⁾。

例えば基油の品質が悪い場合は酸化劣化しやすく、発生した油劣化物が各摺動部に堆積し、制御弁の動作不良やシリンダーの異常摩耗を引き起こす場合がある。また、脂肪酸エステル系はそれ自身が金属表面に吸着しやすい特性があり、耐摩耗剤の種類によっては十分な効果が発揮されず、逆に摩耗を促進する場合がある。

日鉄ケミカル&マテリアルが開発した“シンループEFR(以下EFRと略す)”は高度に精製された基油を用い、耐摩耗性を阻害しないような配合バランスで添加剤を厳選し、他製品と比較して油漏洩時の水質への影響(化学的酸素要求量(COD))が低く、生分解性に優れ、かつ高い耐摩耗性を有しており(表3)、厚板・熱間圧延・冷間圧延工程等で幅広く使用されている。

脂肪酸エステル系の使用時の注意点として、主成分の脂肪酸エステルは多量の水が混入すると加水分解により性能低下が起こる可能性があるため、水混入への対策が重要である。また、他難燃性油圧作動油と比較し、長期間高温に晒されると酸化劣化による性状変化が起こる可能性がある

ことから、油温管理にも注意が必要である。

3.2 水・グリコール系難燃性油圧作動液

難燃性油圧作動油の中でも水・グリコール系は一定量の水を含有している限り燃焼しないため最も難燃性に優れる。主成分は水・水溶性ポリマー・グリコールからなり、それぞれ難燃性・増粘性・不凍性を担っている。他の性能は添加剤で担保しており、脂肪酸エステル系と同様に添加剤の配合技術で性能が大きく左右される。

例えば、ポンプやシリンダー等の摩耗を抑制するためには耐摩耗剤の選定が重要であるが、主成分の水・水溶性ポリマー・グリコールは高極性物質のため、摺動面への耐摩耗剤の吸着を電気化学的に阻害し、十分な耐摩耗性を発揮できない場合がある。また、水溶性ポリマーは酸化劣化、またはポリマーせん断により低分子化し、作動液の動粘度低下を引き起こすため更油が必要となるが、更油頻度を最小限にするためには適切な添加剤の選定による酸化安定性の確保が必要となる。

日本製鉄(株)と日鉄ケミカル&マテリアルにて共同開発した“シンループWGフルードM46(以下WGフルードM46と略す)”は、高圧の油圧設備でもポンプの摩耗を抑えるため金属表面に被膜を形成しやすい添加剤、および作動液の酸化を防ぐため添加剤自身が劣化しにくいものを厳選し、さらに長年にわたり改良を重ねた⁴⁾。その結果、高い耐摩耗性・酸化安定性(表4)、およびアルカリ性の保

表2 難燃性油圧作動油の特徴
Characteristics of flame retardant hydraulic fluids

Type	Synthetic		Hydrous		Mineral oil
	Fatty acid ester	Phosphate ester	Water-glycol	Emulsion (WO)	
Flame resistance	△~○	○	◎	◎	×
Environmental suitability ^{*1}	◎	△	×	○	○
Wear resistance	◎	◎	○	△	○
Maintainability	○	○	△	×	○
Cost	○	△	○	◎	◎

Classification: ◎ very good ○ good △ average × poor

*1 Comprehensive evaluation of wastewater treatability and environmental impact (COD) in the event of an oil leak

Reference: COD of water glycol is 450000 ppm

表3 EFRの環境適合性と耐摩耗性
Environmental suitability and wear resistance of EFR

Product		EFR (VG46)	Other A (VG56)	Other B (VG56)
Impact on water quality	COD ^{*1}	<1000 ppm	240000 ppm	25000 ppm
Wear resistance	Pump wear ^{*2}	18 mg	287 mg	42 mg

*1 COD of 1 g of liquid oil dispersed in 100 ml of pure water

*2 Wear of cam ring and vane after vane pump test (13.7 MPa, 100 h)

表4 WGフルードM46の耐摩耗性と酸化安定性
Wear resistance and oxidation stability of WG Fluid M46

Product		WG Fluid M46	Other A	Other B
Wear resistance	Pump wear ^{*1}	31 mg	48 mg	1105 mg
Oxidation stability	RPVOT life span ^{*2}	>1200 min.	300 min.	150 min.

*1 Wear of cam ring and vane after vane pump test (17.5 MPa, 100 h)

*2 120°C, copper catalyst impregnation

守管理頻度の削減を実現し、高炉・転炉・連続鋳造・熱間圧延等の火災リスクが高い工程で幅広く使用されている。

なお、水-グリコール系の使用時には、難燃性・防錆性維持のため水分量・アルカリ性の保守管理が重要となる。

4. おわりに

製鉄所の安全・環境・防災ニーズに対応した非延焼型ウレアグリース、環境対応型脂肪酸エステル系難燃性油圧作動油 (EFR)、水-グリコール系難燃性油圧作動液 (WG フルード M46) を紹介した。当該製品の適用により設備の安全・安定操業に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 笠原教行：潤滑経済. 46 (2016.11)
- 2) 中田英樹 ほか：月刊トライボロジー. 24 (2018.9)
- 3) 置塩直史：ENEOS Technical Review. 57 (1), 33 (2015)
- 4) 四阿佳昭：トライボロジスト. 42 (7), 50 (1997)

（お問い合わせ先
日鉄ケミカル&マテリアル(株)
化学品事業部 潤滑材料部 営業グループ
TEL 03-3510-0329

）