

潤滑油の脱炭素化に向けた動向



鈴木 淳一
Jun-ichi Suzumura
材料技術研究部
潤滑材料研究室
主任研究員

はじめに

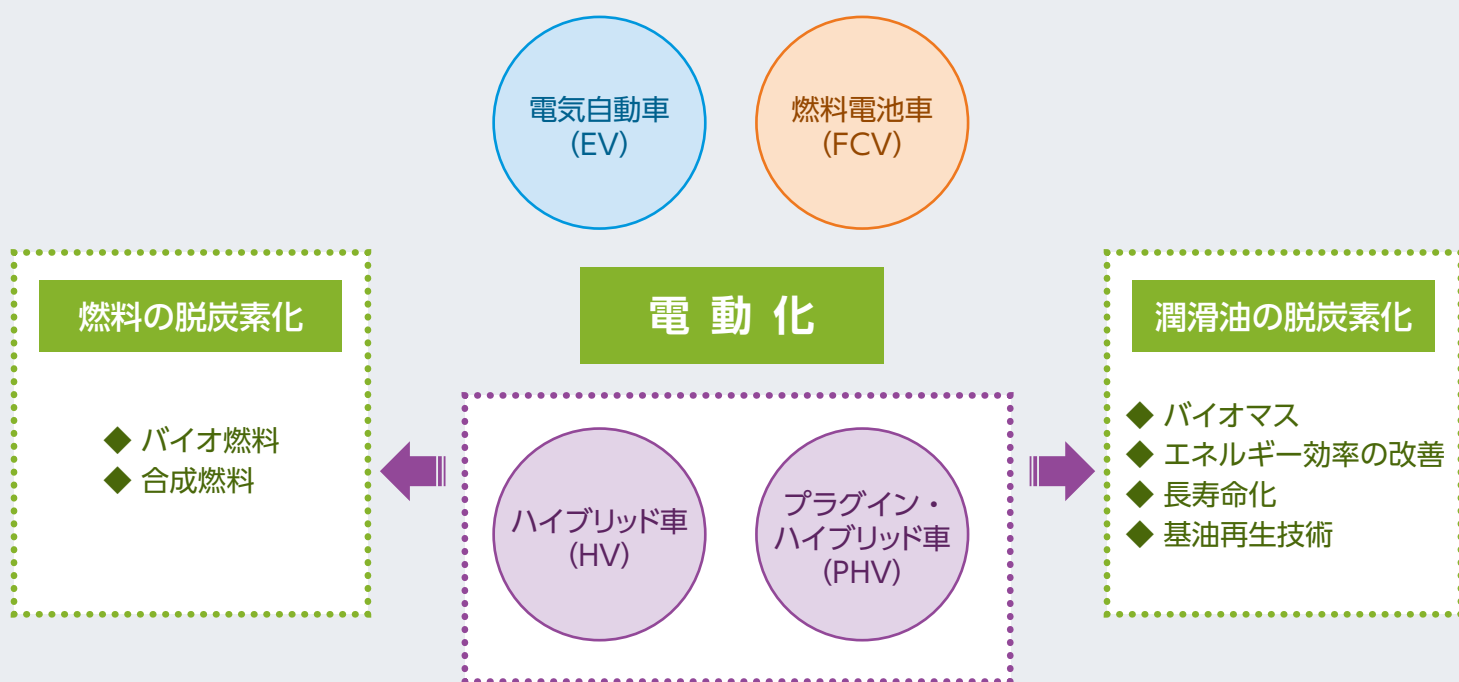
持続可能な社会の実現に向け、産業界ではCO₂排出量削減に関するさまざまな取り組みが進められています。ここでは、潤滑油メーカーや他分野での潤滑油の脱炭素化に向けた取り組みの事例を紹介します。それをふまえ、鉄道車両で使用される潤滑油について、脱炭素化に貢献できる技術の方向性について展望したいと思います。

潤滑油とは？

エンジンなどの機械を構成する、軸受や歯車などのしゅう動部の摩擦・摩耗を低減することで、機器の性能が十分発揮できるようにすることを目的として、潤滑油が使用されています。

潤滑油は、一般的に基油（ベースオイル）に対して、使用箇所で要求される性能を補うための添加剤を10～20%程度混合して製造されます。基油として、原油を精製して得られる鉱油

図1 自動車における脱炭素化の状況



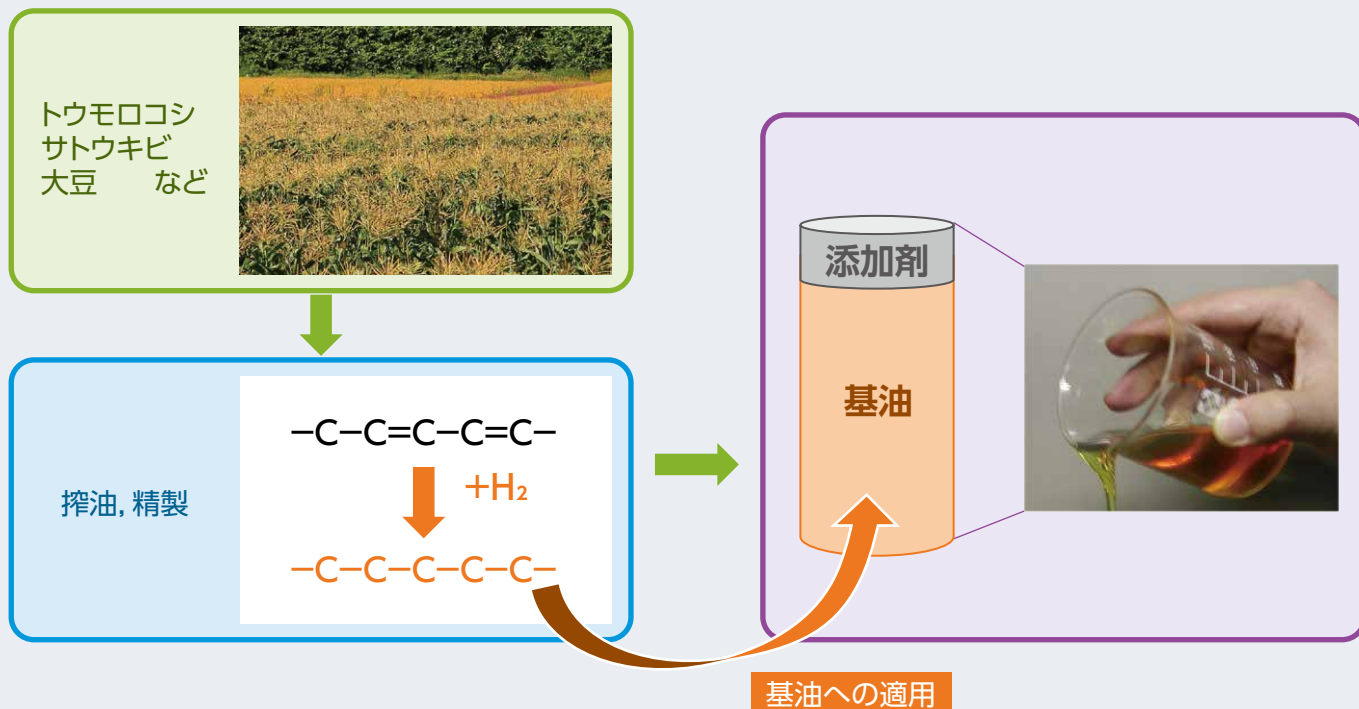


図2 潤滑油基油へのバイオマス原料の適用

や、目的の組成になるように化学的に合成した合成油が用いられています。添加剤には酸化防止剤や極圧剤など多くの種類があり、潤滑油の用途に応じて複数の添加剤が配合されています。

潤滑油に関する脱炭素化の動向

現在の潤滑油の脱炭素化に向けた取り組みとして、自動車用エンジン油に関するものが多くみられます。図1に自動車における脱炭素化の状況を整理します。自動車の脱炭素化における柱は電動化の推進（電気自動車やハイブリッド車など）です。一方、ハイブリッド車などでは既存のエンジンが引き続き使用されるため、エンジンの高効率化やバイオ燃料の適用などの取り組みが行われています。潤滑油に関する取

組みは、これらの既存のエンジンの脱炭素化の一環として位置づけられます。

潤滑油メーカーなどにおける取り組み事例

潤滑油メーカーなどによる、潤滑油の脱炭素化に向けた取り組みの具体的な事例と現在の課題を以下に紹介します。

(1) バイオマス原料¹⁾

基油として、トウモロコシなどの植物由来原料（バイオマス、図2）を適用した潤滑油の実用化に向けた取り組みが進められています。植物由来基油は、原料となる植物が生育過程でCO₂を吸収するため、原料調達に関連するCO₂排出量を削減できます。植物油は一般に酸化劣化を受けやすい**不飽和脂肪酸**¹⁾を多く含むため、

¹⁾ 不飽和脂肪酸

一般的な油脂の化学構造は、炭素、酸素、水素の各原子が鎖状に結合した構造です。炭素原子間に二重結合や三重結合（不飽和結合）を有するものを「不飽和脂肪酸」とよびます。不飽和脂肪酸は、炭素原子の単結合のみで構成される「飽和脂肪酸」と比較して酸化などの化学反応を起こしやすい性質があるため、潤滑油の基油として利用する際は、水素と反応させて二重結合や三重結合を単結合にする「水素添加処理」が行われます。

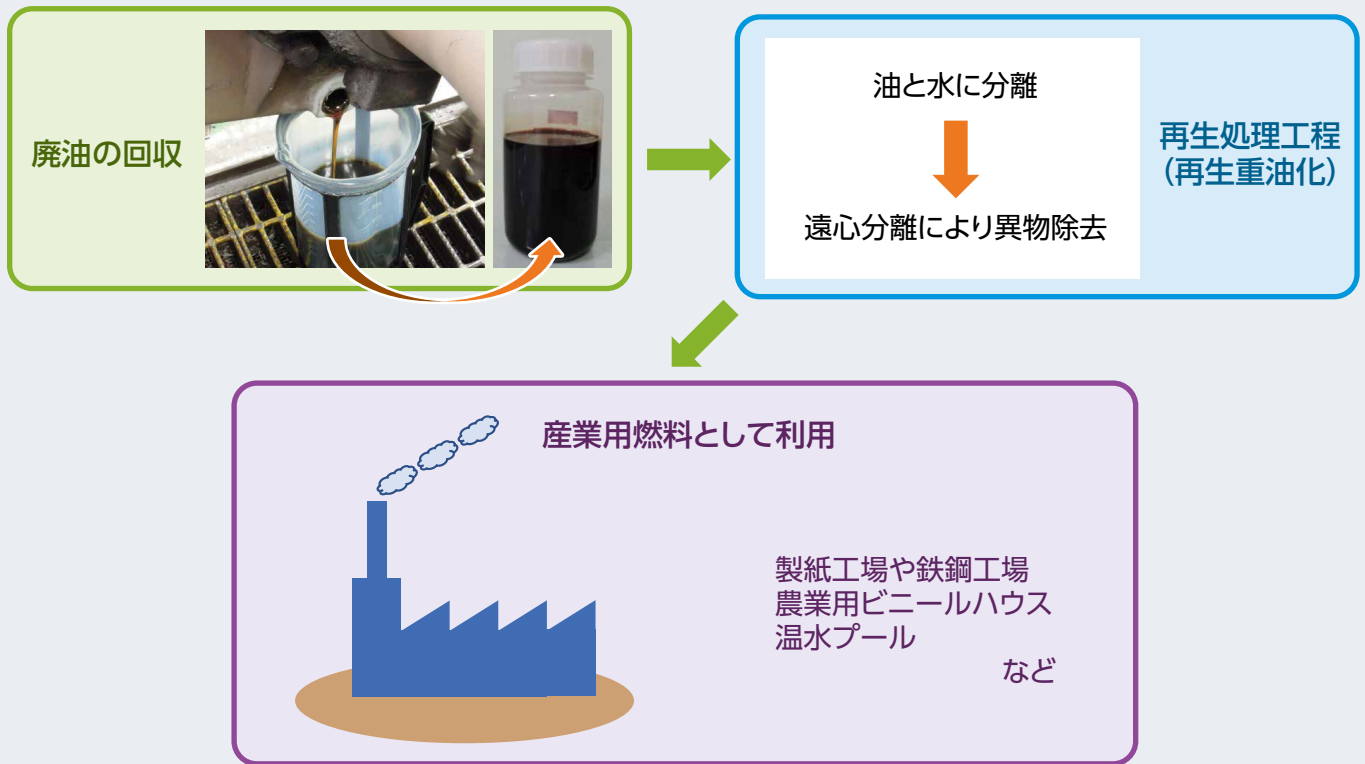


図3 廃油のサーマルリサイクル

基油として使用するためには、水素と反応させる（水素添加）など、化学的な処理が必要となりますが、近年の精製・処理技術の向上により、開発した自動車用エンジン油が従来油と同等以上の酸化安定性を示すことが報告されています¹⁾。一方で、バイオマス原料には、生産安定性や食料品供給との競合などの課題点が指摘されています。

(2) エネルギー効率の改善²⁾

自動車用エンジン油においては、低粘度化に

よる燃費向上が現在の主流となっています。低粘度油を使用すると、エンジン内における各しゅう動部の摩擦損失を低減することで燃費を改善し、CO₂排出量を削減できます。一方、潤滑油により形成される油膜の厚さは、油の粘度が小さいほど薄くなるため、油膜切れによるしゅう動部の摩耗や焼き付きが懸念されます³⁾コラム。そのため、低粘度油を使用した場合でも潤滑状態を良好な状態に維持するための添加剤の開発が進められています。

コラム「潤滑油の粘度と油膜厚さの関係」

潤滑油は、相対運動するしゅう動面に油膜を形成することで、摩擦・摩耗を低減します。形成される油膜の厚さは、①油の粘度、②相対運動速度、③荷重により決まります。粘度が高いほど、相対運動速度が速いほど、荷重が小さいほど厚い油膜が形成されます。油膜厚さが十分でない場合は、「油膜切れ」の状態となり、摩擦・摩耗が増大します。一方、油の粘度が過度に高い場合は発熱の増加やしゅう動面への介入性の悪化が起きるため、使用条件に応じて適切な粘度の潤滑油を選定することが重要です。

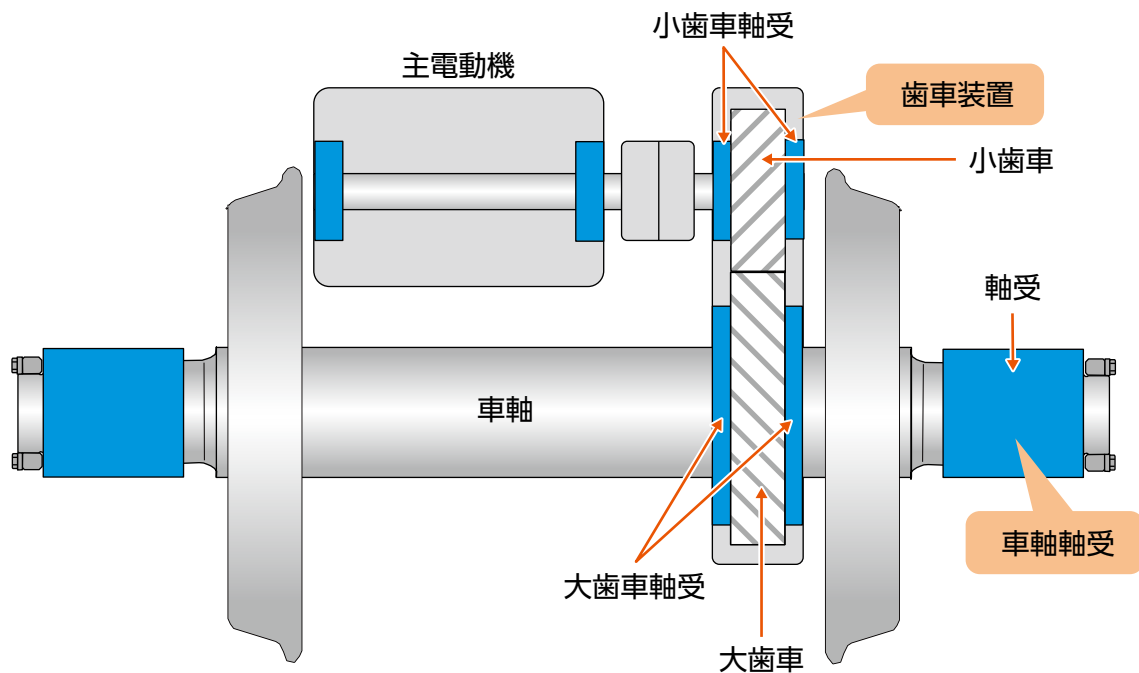


図4 電車走り装置における潤滑油の使用箇所

(3) 長寿命化

合成系基油の適用や添加剤処方改良などによる長寿命油の開発が進められています。長寿命油の適用により油の交換周期を延伸することで、CO₂排出量を削減できます。

(4) 基油再生技術³⁾

現在、国内においては使用済みの潤滑油はほとんどが再生重油として処理され、工場などの燃料として利用されています（サーマルリサイクル、図3）。一方、海外では使用油に対して、異物の除去や水素添加、蒸留、溶媒抽出などの精製処理を施すことで潤滑油の基油として再生する、「基油再生」の技術が実用化されています。CO₂排出量削減効果は、基油再生の方がサーマルリサイクルよりも大きいとされており、

近年では国内においても将来の事業化に向けた検討が進められています。再生基油の品質や精製工程は原料となる廃油の性状に依存し、現時点では鉄道車両用を含む一般的な潤滑油の基油として多く使用されている高度精製鉱油よりも、精製グレードが劣るため限られた用途の油の基油にしか適用できないという課題があります。

鉄道車両用潤滑油

鉄道車両においてもさまざまな潤滑油が使用されています。例えば、電車走り装置で潤滑油が使用されている機器として、車軸軸受（新幹線電車）や歯車装置の軸受・歯車などがあります（図4）。内燃動車では、エンジンや液体式変速機、減速機の軸受・歯車などがあります。

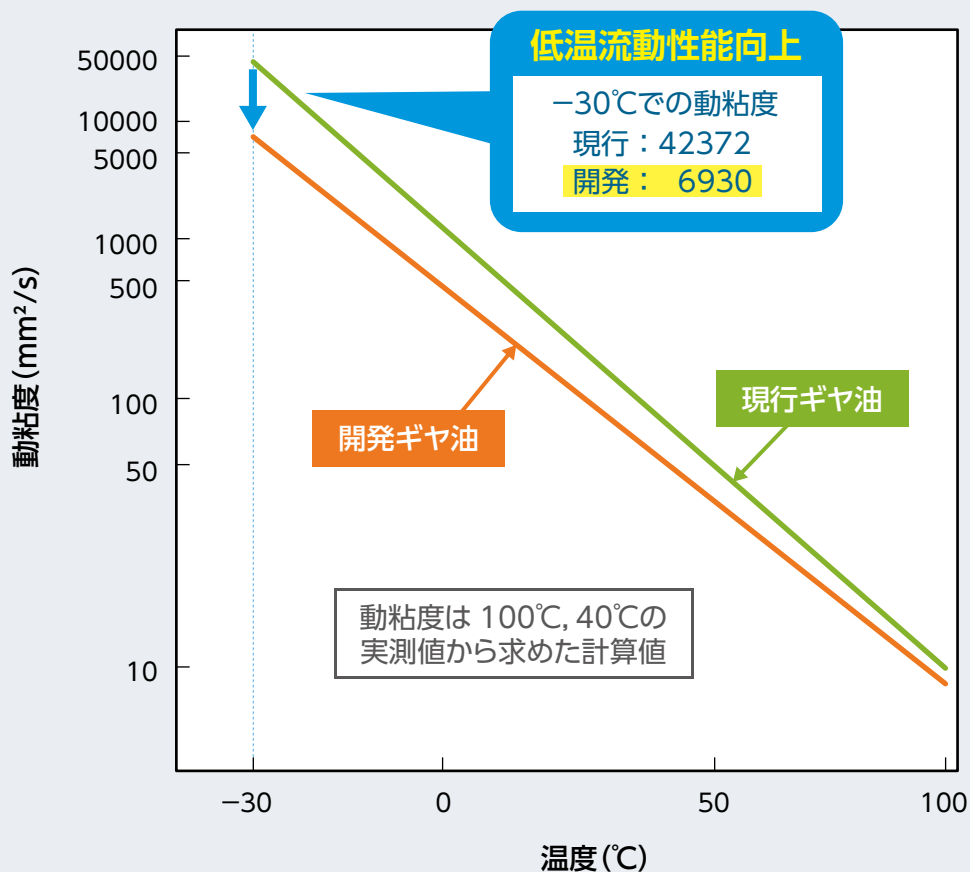


図5 現行ギヤ油と開発ギヤ油の動粘度の比較

鉄道車両用潤滑油の脱炭素化

鉄道車両で使用される潤滑油は、1両あたり10～200リットル程度であり、車両用材料として多い量ではありません。一方、潤滑油は数か月から数年程度の短い周期で廃棄、燃焼処理されているため、廃棄過程で多くのCO₂が発生すると考えられます^{※コラム}。さらに、エネルギー効率の改善や長寿命化などは低コスト化に

も貢献できる技術です。したがって、鉄道車両用潤滑油の脱炭素化の可能性を検討することは意義があると考えられます。

前に紹介した、自動車用潤滑油に関連する脱炭素化に向けた取り組みについて、鉄道車両用潤滑油への適用可能性および課題について整理した結果を以下に紹介します。

※コラム「潤滑油の燃焼処理時に発生するCO₂」

潤滑油と組成が近いA重油を燃料として使用したときに排出されるCO₂の量は、1リットルあたり2.71kgと見積もられます⁴⁾。この値を用いて、合計100リットルのエンジン油を使用し、3か月ごとに油の交換を行うディーゼル車両について、油の廃棄に関するCO₂の量を試算すると、年間約1084kgとなります。

(1) バイオマス原料

歯車装置潤滑油（ギヤ油）などの油は鉄道車両専用に製造された油です。これらの油にバイオマス原料の適用を検討する場合、鉄道車両の使用条件において十分な性能と耐久性を有しているか検証する必要があります。

(2) エネルギー効率の改善

鉄道総研では、新幹線電車の寒冷地走行を想定し、低温流動性を向上したギヤ油を開発しました⁵⁾。この油は低温から常温にかけての粘度が、現在使用されているギヤ油より小さいため（図5）、走行に必要なエネルギー抑えられる可能性があります。現在、ギヤ油の粘度などの性状が走行時のエネルギー損失におよぼす影響を定量的に評価する取り組みを進めています⁶⁾。

また、エンジン油の低粘度化については、鉄道車両用エンジンへの適合性が確認できれば、燃費向上が期待できると考えられます。

(3) 長寿命化

一部の鉄道事業者では、車両検修の省力化、低コスト化を目的として、安全を担保しつつ、車両の検査周期を延伸する取り組みを進めています⁷⁾。車両の検査周期延伸に合わせて潤滑油の交換周期も延伸することにより、潤滑油の使用量を削減できると考えられます。今後も鉄道事業者からさらなる検査周期延伸の要請が見込まれることをふまえると、高性能油の開発や適正な劣化評価手法の確立などが重要になると考えられます。

(4) 基油再生技術

鉄道車両用潤滑油への再生基油の適用については、現時点では精製グレードが課題となります。一方、鉄道車両で使用された車軸軸受油やギヤ油、変速機油などは、潤滑油の寿命や汚損

に対して十分な余裕を考慮した更油周期が設定されています。そのため、基油再生工程の阻害要因となる、水や摩耗粉、スラッジなどの多量の異物の混入や顕著な酸化劣化が起こりにくいいため、効率的な廃油回収システムを構築することで、基油再生のための原料を提供できる可能性があります。

おわりに

産業界全体の潤滑油の脱炭素化の動向もふまえて、今後、脱炭素化にも貢献できる、鉄道車両用潤滑油の技術開発に取り組んでいきたいと考えています。RRR

文 献

- 1) 伊藤源基, 大場亨太, 赤松篤: バイオマスマーク認定を取得したディーゼルエンジンオイルの開発, トライボロジー会議2023春 東京 予稿集, pp.341-342, 2023
- 2) 山守一雄: カーボンニュートラルに貢献するエンジンオイルの技術, トライボロジー会議2023春 東京 予稿集, pp.329-330, 2023
- 3) 内藤康司: 使用済み潤滑油からの基油再生の動向(第二報)ー再生基油の品質評価とエンジン油への適用ー, トライボロジー会議2023春 東京 予稿集, pp.345-346, 2023
- 4) 環境省: 燃料別の二酸化炭素排出量の例, <https://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y164-04/mat04.pdf> (入手日: 2023/8/30)
- 5) 木川定之, 鈴村淳一, 杓掛久志: 低温流動性を向上した新幹線車両用ギヤ油の開発, 鉄道総研報告, Vol.32, No.10, pp.23-28, 2018
- 6) 木川定之, 高橋研: ギヤ油の油量が電車用歯車装置のエネルギー損失に及ぼす影響ー性状の異なるギヤ油での比較ー, トライボロジー会議2023春 東京 予稿集, pp.259-260, 2023
- 7) 影山真佐富: 鉄道技術推進センターにおける車両の検査周期延伸に関する取り組み, RRR, Vol.60, No.10, pp.28-31, 2003