

＜報告＞

メインテーマ「マテリアルイノベーション」

日 時 : 2025 年 10 月 4 日(土) 14:30~16:30 参加者: 12 名(会場 6 名、Web 6 名)

場 所 : (公社)日本技術士会 近畿本部会議室+web (Teams 配信) CPD: 2.0 時間

講 演 「日本のイノベーションを支える化学技術—潤滑油の役割り」

講 師 : 藤田 稔 氏(化学)工学博士(大阪大学)、石油分析化学研究所研究所長

はじめに

潤滑油は金属と金属の接触部分、摺動部分、回転部分などに介在して摩擦、摩耗を防止し、機械の円滑な運転を助長して生産効率を向上させる役割りを果たす。その用途は広く、電力、鉄鋼、機械、自動車、船舶、航空機など、あらゆる分野に使用され日本のイノベーションを支えている。



講師は、長年にわたって第一線で潤滑油関連の研究・開発に従事し、数多くの新製品や新技術を開発されてきた。90 歳を過ぎた現在もなお、現役として活躍されている。本講演では、まず身近な潤滑油製品である自動車用エンジン油などをご紹介いただいた後、講師が実際に開発された電気絶縁油、油圧作動油、船用シリンダ油、添加剤についてご講演いただいた。

(1) 高性能電気絶縁油の開発

変圧器用電気絶縁油(トランス油)は、長期間交換せずに使用するため、高い酸化安定性が要求される。トランス油の酸化安定性は、製造における硫酸洗浄工程で、油中の樹脂成分や多環芳香族成分を除去する事によって高める事ができる。その際、単位油あたりの硫酸処理量の違いによって酸化安定性が変化する事を見出したが、単一の硫酸処理量では、納入先の厳しい酸化安定性の規格に合格する事ができなかった。

次に、トランス油成分の系統的分離分析を行って評価した結果、硫黄を含む多環芳香族成分が天然酸化防止剤の働きをする事を発見した。これらの知見を基に試行錯誤した結果、まず 2 種類の硫酸処理量で中間製品を作り、後でこれを混合するというユニークな製法を発明した。この方法により、天然酸化防止剤の濃度を高める事に成功し、納入先の規格に合格するトランス油を製品化して、会社に多大な利益をもたらす事ができた。この製品開発の経緯を基にしたノンフィクションを出版した(藤田 稔、「人生は 90%が運 研究と愛は永遠に」、東京図書出版、2017)。

(2) 高粘度指数作動油の開発

作動油は工業用潤滑油製品の約 50%を占め、その性能に対する要求が年々厳しくなっている。特に、高い粘度指数が求められるが、そのポイントは添加剤である粘度指数向上剤(ポリマー)の化学構造と特性であると考え、市販製品を分析・評価するための方法を検討した。

まず、男性用避妊具の素材からヒントを得て、ゴム膜を作動油中のポリマーの分離に利用する事を着想し、独自に「藤田式ゴム膜透析装置」を発明した。更に、すでに開発していたシリカゲルクロマトグラフィーと組み合わせる事により、作動油中の基油、添加剤、ポリマーを精度よく分離・分析する事が可能な系統的分離分析法を開発した。この方法を用いて国内外の多くの市販作動油の分離分析を行い、その結果を基に、粘度指数向上性能が高く、しかも、せん断安定性の優れたポリマーを製造し、市場で最高品質の作動油の商品化に成功した。この研究により、会社に多大な利益をもたらした。

（３）高塩基性船用シリンダ油の開発

大型船舶のディーゼルエンジンの燃料として安価な C 重油が使用されていたが、硫黄分が多いため燃焼により生成する硫酸がシリンダライナやピストンを腐食摩耗するという大きな問題があった。その問題解消のため、米国で、塩基価の大きい有機化合物を添加剤とする潤滑油製品が開発された。これは、硫酸と速やかに反応して中和する画期的な添加剤と言われていた。

その製品を評価する分析法を鋭意検討した結果、シリカゲルクロマトグラフィーの手法を用いて、シリカゲルの細孔径の違いによって基油と有機添加剤を分離する独自の方法を考案し、添加剤の化学構造と添加量を明らかにした。その結果を基に、国産ナフテン基油を用い、過塩基性 Ca-スルホネートと Ca-フェネートを添加剤とする新たな高塩基性船用シリンダ油の開発に成功し、会社に多大な利益をもたらす事ができた。この製品の開発の経緯をノンフィクションとして発刊した（藤田 稔、「愛と青春の追憶」、東京図書出版、2004）。

（４）潤滑油流動点降下剤の新合成法の開発

潤滑油添加剤として流動点降下剤に着目し、米国特許に従って、ナフタレンからアルキルナフタレンを合成するフリーデルクラフツ反応を行ったが、流動点降下の効果は全く認められなかった。当時、反応には水流ポンプを使用していたが、偶然、反応の過程に少量の水が混入したために、生成物が非常に優れた流動点降下能を示す事を発見した。これは、水の存在によって、分子量 5,100 の長鎖アルキルナフタレンポリマーが生成するためと推察した。

その結果から、流動点降下剤の作用機構を考察し、ある程度以上の高分子量化合物でなければ効果を発揮しない事を明らかにした。これらの知見を基に、フリーデルクラフツ反応中に微量の水を添加するという独自のアルキルナフタレンの合成法を開発し、新たな流動点降下剤を製品化する事ができた。

（５）潤滑剤の試験・分析方法

潤滑剤の試験・分析は、品質管理、市場調査や製品開発を行う上で極めて重要である。潤滑剤基油の組成分析として、n-d-M 環（屈折率、密度、分子量、硫黄分から報告族炭素の割合算定）分析法やシリカゲルクロマトグラフィーが用いられる。また添加剤の試験として、全塩基価、金属含有量の他、赤外線吸収スペクトル分析法による官能基の試験などが行われる。その他、潤滑油中の無機成分や有機成分の分析のため、各種機器分析法が用いられる。

（６）質疑

Q1：高塩基性シリンダ油の開発に関連して、ガソリンなど他の製品でも含有硫黄の影響は大きく、研究テーマになり得ると思うが、研究テーマはどのように決定していたのか。

A1：会社では 35 年間研究生活を過ごしてきたが、研究テーマは毎年、本社、研究所、現場の関係者が集まって議論し選定していた。テーマはその時代にマッチしたものが多かったと思う。例えば、マルチグレードエンジン油の開発やグリースの性能向上などが挙げられた。最後の 5 年間は、研究開発部門の責任者として国家プロジェクトにも関わった。

Q2：研究で壁に付き当たった時、新しいアイデアを生み出すためのアドバイスはあるか。

A2：特別なアドバイスではないが、昼も夜も自分自身で考え抜く事だと思う。そうすればヒントが得られる。

Q3：気分転換や考え方を变える良い方法があれば、教えてほしい。

A3：以前は、ゴルフやテニスに熱中していた。現在は、囲碁（五段）や読書の他、小説やエッセイの執筆などを趣味にして気分転換している。現在も技術顧問として活動し、頭を使うようにしている。

（文責：西岡 亮太、監修：藤田 稔）