

研究と愛は永遠に

藤田 稔

1 電気絶縁油の研究開発競争

昭和 29 年 2 月、雪のちらつく日。

ここは東京駅前、丸ビル 5 階の H 製作所(株) (以下 H(株)と略称する) 本社の会議室である。H(株)の T 部長は、トレードマークの坊主頭をつるりとなで、

「ワールド石油さんのトランス油は、残念ながら、当社規格の酸化安定性試験に不合格でした」と言った。

私は一瞬目の前が暗くなるようなショックを受けた。それもそのはずである。ワールド石油のトランス油は、国産原油からきめこまかい精製を経て製造されている、いわば看板商品ともいべきものであったからである。

約 1 カ月前のことであった。

H(株)は昭和 29 年初頭、電力需要の急増に応ずるため大手電力会社から膨大な数の変圧器を受注した。

H(株)は独自の技術によって各種の変圧器の製造にとりかかるとともに、日本海沿岸で国産原油を処理している大手石油メーカー 3 社、すなわちワールド石油(株)、大日本石油(株)、日本海航業(株)に対して現在市販中のトランス油の提出を求めてきたのであった。

ここで少し変圧器のことについて触れねばならない。

変圧器は鉄芯にコイルを巻いて電磁誘導作用を利用し、交流電圧あるいは電気を一定の比に変成し、結果として電力の変成を行うものである。

変圧器発達の歴史は、現在における大電力の経済的安全輸送の背景を示すとともに、過去 1 世紀における電気工学の進歩を物語っている。

現在の電力系統では、交流発電機により発生された電力は、発電所に設置された電力変圧器により昇圧され、高圧送電線を経て、都市の近郊の 1 次変電所に送られ、ここで降圧されて市中に送られ、2 次変電所に設置され

た配電変圧器により需要電圧まで下げられる。

このような電力の変成が構造の簡単な変圧器により容易に行われることが、現在交流送電の広く用いられるに至ったおもな理由である。

Fig. 1 は普通の変圧器の構成を原理的に示したもので、ケイ素鋼板を積層して作った鉄芯磁路に絶縁した 2 組の巻線をほどこし、絶縁と冷却の目的でこれを油に満たしたタンク中におさめている。

電源側の巻線を 1 次巻線、負荷側の巻線を 2 次巻線と呼ぶ。

変圧器の定格は指定された条件 (電圧、電流、周波数、効率) のもとでメーカーの保証する使用限度を示し、変圧器の温度上昇を許容内に抑えるためのものである。

油は変圧器内に密閉され、空気にはほとんど触れず、そのまま半永久的に使用される。

変圧器 (トランスフォーマー) に使われる油を変圧器油 (トランス油) といい、電気絶縁油の一種である。

本文では簡便のため、トランス油と表現することにする。

トランス油は北海道のような寒冷地にも使用されるため、流動点の低いナフテン系の国産原油からしか製造できないという制約があった。また、高度の電気絶縁性と

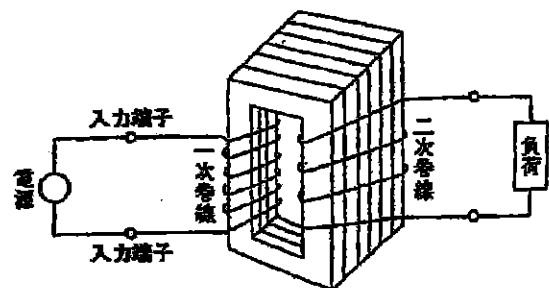


Fig. 1 変圧器

酸化安定性が要求されることはいうまでもなかった。

私が所属しているワールド石油(株)中央研究所は、井の頭線の久我山駅から徒歩5～6分の閑静な、まだ武蔵野の面影の残るところに建っている。

中央研究所は、石川敏郎所長の下に、総務課、燃料油課、潤滑油課、試験・分析課、実用実験課の5課から成っており、総勢50名弱のこじんまりした所帯であった。

私は昭和28年に大阪大学工学部応用化学科を卒業して入社、潤滑油課に所属し、主としてトランス油、冷凍機油、スピンドル油、ケーブル油、流動パラフィン等を担当している。

H(株)からの要請に応じて、私は、若葉秀章課長と相談し、当時ワールド石油(株)の平沢製油所で製造していたトランス油を1カ月前に提出したのであった。

きめこまかい精製を行っているワールド石油(株)製トランス油は、粘度、比重、流動点、水分、引火点、絶縁破壊電圧等の評価試験には合格したものの、肝腎の酸化安定性試験には不合格となった。

同時に提出された大日本石油(株)および日本海鉱業(株)のトランス油もH(株)の厳しい規格試験項目のいずれかに不合格の様子であった。

これが世に恐れられたH規格であった。

電気絶縁油の日本工業規格(JIS)はすでに昭和25年(1950)に制定されており、その内容は比較的ゆるやかで、各石油会社のトランス油はすべて規格に合格して製品を世に出していたわけである。

しかしながら、H規格には合格しないという事態が発生したのである。

H(株)が製造する変圧器の種類と数は膨大なものと予測され、これに使用されるトランス油は数千～数万キロリットルにも達し、受注に成功すれば、会社に大きな利益と信用をもたらすことであろうことは誰の目から見ても明らかであった。

いわば大手石油会社3社の激しい技術開発競争の幕が今や切っておとされたのであった。

2 研究開発会議

ワールド石油の研究所の桜のつぼみがふくらみはじめている。

「藤田主任、お早うございます。たいへんだったそうですね」神谷京子が実験室に入ってきて気づかしそうな眼を向けた。

「お早う。これから君の知恵を借りなければならぬと思っている。難関にぶつかったよ」と私は答えた。

トランス油等のグループでは、私が主任で、立教大学

理学部化学科を卒業して入社してきた神谷京子研究員、そして、東京工業大学付属工業高校化学科を卒業して入社した山田信一研究員の3名であった。

神谷京子は井の頭線の駒場に両親と同居している。父上は東大教養学部の化学科の教授である。

私も山田信一も独身寮に住んでいる。

間もなく開発会議が開かれた。

出席者は石川敏郎所長、若葉秀章課長、私、神谷京子、山田信一である。

私は簡単な経過報告を行った後、「H(株)に納入するトランス油のポイントは、H規格の酸化安定性試験に合格することです。私達はH規格の詳細を知らされていません。したがって、まずH規格を知ることが先決です。次に、平沢製油所のトランス油原料油を中研に送ってもらって、中研で各種の精製実験を行い、H規格の酸化安定性試験を実施すべきかと思います」と発言した。

石川所長は柔和な笑顔を見せて、「私からH(株)にお願いして、H規格を教示してもらおうようにしましょう」といった。

神谷京子は、「油の酸化安定性は油の成分と密接な関係があると思います。ですから、トランス油の組成についてn-d-M環分析、シリカゲル・クロマトグラフィー、アルミナゲル・クロマトグラフィー、赤外線吸収スペクトル分析法、紫外線吸収スペクトル分析法を確立して応用してゆく必要があります」といった。

山田信一は、「酸化安定性試験はいろいろな条件によって影響を受けやすいのではないのでしょうか。とくに繰返し性、再現性に注意をはらいたいと思います」とひかえめに発言した。

若葉秀章課長は、京都大学理学部化学科を卒業して海軍燃料廠に入り、終戦時まで、徳山と大船の研究所で合成潤滑油の開発などを行ってきた潤滑油のオーソリティーである。

若葉課長は、「トランス油の製造は平沢製油所の青藤課長と谷川係長が中心となってやっており、また本社は技術課の山本主任がおもに担当しています。中研を含めた三者がお互いによく情報交換をして、協力し無駄の無いように進めたいと思います」と発言した。

石川所長は深くうなずいて、「皆さん、それぞれ大変良い意見を出してくださってありがとう。今回のH規格に合格するトランス油の開発には、社運がかかっているといっても過言ではありません。ぜひ皆さん相互に協力して成功させようではありませんか。H規格に合格する製品をまず作る。これが一番大切ですよ。理屈は後からでもつけられます。よろしくお願いします」といってしめくくった。

石川敏郎所長は、東大工学部応用化学科を卒業してワールド石油(株)に入り、川崎精油所で、わが国初の潤滑油溶剤精製装置を建設し、硫黄分の多い中東のクエート原油から優れた品質のタービン油、自動車用潤滑油、船舶用潤滑油、ギヤ油等の製造に成功した。

昭和26年にワールド石油(株)の中央研究所の第3代の所長として赴任し、温和な親父といった風貌と性格で多くの所員から慕われていた。

私は、石川所長のような良い上司に恵まれた幸せを一身に感じながら、トランス油の研究開発にふつつつと闘志が燃え上がるのを覚えたのである。

3 H規格の内容

初夏のさわやかな風が実験室を吹き抜けてゆく。中央研究所にはクレイのテニスコートが2面あって、所員達は昼休み、そして夏季には終業後も明るいのでプレーを楽しむことができた。芝生もあり、緑の樹木も多く自然環境に恵まれていた。

私は阪大時代は軟式庭球部の主将をしていたが、社会人になって硬式庭球に転向した。

硬式庭球の華麗なそして優雅なフォームに魅了されたことと、それに何といても軟式にくらべて試合数(1セットのゲーム数)が格段に多く楽しめるからであった。

しかし、今はゆっくりテニス三昧に耽ることは許されなかった。

石川所長の努力によって入手されたトランス油のH規格は想像以上に厳しいものであった。Table 1に示す。私はさっそく検討会議を開いた。

私は、「H規格は予想以上に厳しい。しかし、これらの項目のうち、現在、当社の平沢製油所の製品は幸い、密度、動粘度、流動点、引火点、絶縁破壊電圧、水分等についてはほぼクリアすると思う。問題は酸化安定性だ。H(株)技術部のT部長の提唱している最重要ポイントがここにある」といった。

山田信一は、「主任、中研と平沢製油所の試験室に

Table 1 H規格(トランス油)

(1) 密度 (15℃) 0.9 以下
(2) 動粘度 (40℃) 13 センチストークス以下
(3) 流動点 (℃) -30 以下
(4) 引火点 (℃) 130 以上
(5) 絶縁破壊電圧 (25 mm) 40 kV 以上
(6) 酸化安定性: 試料量 25 ml, 温度 120℃, 時間 100 h, 燃焼直径 1 mm で長さ 800 mm の銅線, 酸素吹き込み, 試験後のスラッジ 0.2 wt% 以下, 酸価 (mg KOH) 0.25 以下
(7) 水分: 30 ppm 以下
(8) トランス油は天然鉱油より精製したものであること。酸化防止剤, 流動点降下剤等の添加剤は使用してはならない。

さっそく、H規格の酸化安定性試験装置を組み立てて確認実験をするようにしましょう」といった。

私は、「大至急とりかかってくれるか。平沢の谷川係長には私から連絡しよう。それから、平沢製油所からトランス油原料油をとり寄せて精製実験にとりかかろう。精製は、硫酸洗浄、アルカリ中和、水洗、白土処理を行うとして、キーポイントは硫酸量だ。硫酸量を1 kLの原料油当たり、100、200および400 kgの3点で行おう。これでいいかな」と指示した。

神谷京子は、「トランス油の原料油および各精製油の比重、粘度、分子量、硫黄分、比分散、アニリン点の一般性状値およびn-d-M環分析、クロマトグラフィーを行って組成を把握することが大切ですね」と発言した。

「そのとおりだ。じゃ、一応研究の役割分担として、山田君はトランス油の精製と酸化安定性試験、神谷さんはトランス油の性状分析、組成分析、スペクトル分析をお願いします。私は本社、平沢との連絡、絶縁油部会と日本工業規格委員会(JIS)での情報収集、市場調査、H(株)技術部との折衝、文献調査を行うことにしよう。異議はないかな。じゃ、よろしくお願いします」と私は会議を結んだ。

私は石川所長と若葉課長に会議の結論を説明して了承を得た。そして、本社および平沢製油所と打ち合わせをして詳細な実験計画表(タイムスケジュール)を作成して、スタートしたのである。

4 実験研究

私たちの研究グループは夏休みも返上で実験に没頭した。幸い私も山田も独身であり、残業でいくら遅くならうが、徹夜実験が続こうが、家族の誰に迷惑をかけるわけでもなく、実験の能率は上がった。しかし、神谷京子は女性であるために労働基準法からいってもある限度以上の残業はできない。

しかし、中研のある久我山と神谷京子の自宅のある場所は井の頭線で20分くらいであり、もともと研究の好きな彼女はいつも残って頑張っている。デートをする気配もない。もっとも彼女ほど知性が高く、美しい、プライドのある女性は、その辺の男性に対してはなんの関心も無いのかも知れなかった。

そろそろ実験データが出始めた。

「主任、酸化試験結果が出ましたよ」と山田。

「そうか、早かったね。どれどれ」三人は試験データを覗き込んだ。

平沢製油所製造のトランス油を中研で酸化安定性試験をすると、3回の実験の平均値でスラッジ0.40 wt%、酸価0.50 mgKOH/gの値を示していた。

「やはりH(株)のT部長がいわれていたように不合格だね」と私はつぶやいた。

「平沢での結果は？」と私が聞くと、

「これです」と山田が指さした。

そこにはスラッジ0.35 wt%、酸価0.45 mgKOH/gと記されていた。

「これも不合格だ。しかし、中研と平沢で随分値が違うじゃないか。これでは話にならない。まず、この原因をつきとめて、少なくとも中研と平沢で同じ油を試験して合致した値が出るようにしましょう」と私は声を荒げ

た。

酸化安定性試験はとくにセンシティブな試験である。油の酸化に影響する因子は非常に多い。

「主任、H規格の酸化試験装置の詳細をもう一度聞いていただけませんか。容器の形状と寸法、パイプの直径と長さ、加熱方法、銅触媒の入手先、研磨方法、酸液ポンプの品質とメーカー、反応時間などできる限り詳細にお願いいたします。H規格と寸分違わぬ同じ装置を組み立てて実験することからスタートします」と山田が言った。

私はすぐ若葉課長を通してH(株)のT部長に面談して、詳細な情報を入手し、平沢製油所に連絡して、再度、酸化安定性試験装置を組み立てて酸化試験を行った。

しかし、中研と平沢の試験結果は、ある程度接近はしたものの、まだ、一致するには至らなかった。

神谷京子はひかえめに、「主任、中研と秋田県の平沢では気候がかなり異なりますわ。雰囲気温度と湿度が異なるので、その影響があるのではないのでしょうか」と発言した。

「そうですね。それについてすぐチェックすることにしませう」

私は、すぐ平沢製油所試験課にとび、温度と湿度を測定して中研のそれと比較し、これらの因子の影響を小さくするために、小型の空調機と調湿器をセットして、中研と平沢をほぼ同じレベルに保った。さらに、酸化試験における酸素の吹き込み方法と排気の方法もH規格試験方法を参考にして、一定の方式に改めた。

平沢製油所から次々にデータが送られてくる。

中研のデータも次々と出てくる。

しかし、両者のデータの値はまだ合致しなかった。

研究グループには重苦しい空気がただよっている。実験は簡単な照合試験で足踏みしている。まだスタートし

たばかりなのに、もう行き詰っている。これを打破しないと、H規格に合格するトランス油の開発など及びもつかない。

神谷京子は、「酸化した劣化油の酸価とスラッジの定量方法に問題があるのではないのでしょうか。基本にもどりましょうよ」といった。

トランス油の酸化・劣化油のスラッジの定量は、グーチャーるつばに規定の濾紙を敷き、その上アスベスト綿をさらに重ねて、スラッジを劣化油から濾別して、アスベスト上のスラッジを溶剤で洗浄し、油分を除去した後、グーチャーるつばを乾燥後、重量を測ってスラッジを定量していた。

劣化油の酸価は濾過油について日本工業規格 (JIS) によって測定する。

酸価の測定値についてはあまり誤差となりうる因子は少ないが、スラッジについては、誤差が入りうる因子が多いのではないかというのが神谷京子の鋭い指摘であった。すなわち、

- ① 良質のアスベスト綿を用いないとスラッジが洩れる恐れがある。
- ② スラッジの洩れはアスベストの敷き方にも依存する。
- ③ 秤量中にアスベストが吸湿する恐れがある。
- ④ スラッジが多いときには溶剤も多く用いないと、スラッジやアスベスト中の油分が洗い落とせない場合がある。
- ⑤ 溶剤の量、溶剤の種類によって一部分のスラッジを溶解することもあり得る。
- ⑥ 微量であるため、秤量時の誤差も入り得る。
- ⑦ 調整および定量の操作が煩雑で時間を要する。

などの諸問題があげられた。

これらの各項目について、入念な調査と試験がくり返され、H(株)技術部のT部長と連絡しつつ、日本国内で入手し得る最高の品質の各種のろ過材料を用い、恒温・恒湿度の専用実験室で丁寧な実験をくり返し、ようやく標準法ともいべきスラッジの定量法を確立することができた。

神谷京子の粘り勝ちである。

このような努力の結果、同一トランス油の平沢製油所と中研での酸化試験後の劣化油の酸価とスラッジの値は、日本工業規格 (JIS) の規定する繰り返し性、再現性の許容範囲内で合格することがわかった。

ここで、なぜトランス油の酸化試験後の酸価とスラッジの値が重要なのかについて触れておきたい。

トランス油は、変圧器内に密閉されて、ほぼ永久的に使用される。その最大の役目は、絶縁と冷却である。変

圧器中には始終電流が流れて電圧の変成が行われている。密閉されているとはいえ、少量の空気が存在し、金属による触媒作用と熱によって油が酸化される。

油は炭素と水素から成る炭化水素であるが、酸化によって、パーオキシドあるいはヒドロパーオキシドを生成し、連鎖反応によってアルデヒド、ケトン等を経由して、カルボン酸になる。このカルボン酸は腐食作用をし、装置材料の腐食を引き起こす。酸価はこのカルボン酸の含有量を示している。この値が大きいほど危険信号は大である。

スラッジは油が酸化・劣化によって重合したもので、茶褐色の粘稠物質であり、装置の各部分に沈着する。スラッジが生成すると電気絶縁性が悪くなるので、この値が大きくなると危険信号である。

水分が存在するとやはり電気絶縁性が悪くなるので、水分は 30 ppm 以下にしなければならない。

H規格の酸化試験は酸素と触媒の存在下、温度 120℃、時間は 100 h と決められている加速劣化試験である。

これに合格したトランス油は、屋外の変圧器内で、10～20年は優に安定して使用できるものとされている。

H規格の酸価 0.25 mgKOH/g、スラッジ 0.20 wt% の値が本当に妥当かどうかは神のみぞ知るところであろう。私たちトランス油メーカーとしては、この規格に合格する油を何が何でも作らなければならないのである。

5 開発研究

平沢製油所からトランス油原料油が到着し、山田信一研究員は、硫酸精製実験にとりかかった。

研究所の庭には初秋の気配がただよいはじめている。

硫酸精製とは何かというと、トランス油原料中の樹脂分や硫黄化合物、窒素化合物、芳香族化合物等の不純物を硫酸と反応させてとり除く作用をいう。

分液漏斗に原料油を入れ、ある比率で濃硫酸を入れて機械的に振とうすると、みるみるうちに硫酸は油中の芳香族化合物等と反応して、黒褐色タール状となって沈降し、一方、油は明るい薄黄色になってゆく。

この方法は昔から簡便な精製法として広く行われてきた。

分液漏斗の上部の精製油をとり出して、次にカセイソーダ水溶液を入れて、振とうして中和し、次に水洗し、最後に活性白土を油に対して 3 wt% 添加して、60℃位に加温してよく攪拌し、ろ過する。

これは白土によって、油中の残存微量不純物を吸着除去するためである。

山田信一は硫酸量を 1 kL の油に対して 100、200 およ

び400 kgの割合で変えて硫酸精製を行って、試作油を作った。

次は酸化安定性試験である。

H規格の酸化試験に、1試料につき3本ずつかけ、100 h後、スラッジと酸価を測定して平均値を出した。

そうすると非常に興味のある結果が得られたのである。

私、神谷京子、山田信一の3人の顔ぶれが揃ったところで、

「主任、この曲線を見てください」と山田が机の上に図表をひろげた。

横軸に硫酸量（これは油の精製度に相当する）をとり、縦軸にスラッジ wt %と酸価 (mgKOH/g) の値をプロットしてある。

硫酸量がゼロ、すなわち原料油では、スラッジ 0.8 wt %、酸価 1.0 mgKOH/g を示している。硫酸量を増やしてゆくと、200 kg/kL 油の点で両値は最小値を示し、スラッジ 0.30、酸価 0.40 を示した。

さらに硫酸量を増やしてゆくと、再びスラッジ、酸価とも増加傾向を示し、400 kg/kL 油ではスラッジ 0.40、酸価 0.60 を示した。

「これは一体どういうことだ」と私は声をあげた。

「油の硫酸精製を行ってゆく場合、ある硫酸量で最も酸化安定性が良くなり、それを過ぎると逆に油の酸化安定性が悪くなることを示していますわ」と神谷京子が説明し、さらに、

「主任、この現象は過多の硫酸量による洗浄処理によって油中の天然酸化防止剤が除去されたためではないでしょうか？ たしか、このようなことはアメリカのフェンスケ氏が1941年の論文で報告していたように思いますが」と言った。

「そうですね。確かそのような文献があったことを私も覚えています。油中のナチュラルインヒビターが大きい役割を演じていることがわかりますね」と私は反すうするように言った。

たしかに、文献ではナチュラルインヒビターのことが記述されていて、おぼろげながら記憶に残ってはいたが、現実の油でこの問題に遭遇したのは今回が初めてであった。

それだけに新鮮な衝撃があった。

「主任、この結果からみると、最も酸化安定性の良い油を作るためには、硫酸処理量 200 kg/kL 油が最適ということはおわかりなのですが、よく見てください。H規格はスラッジ 0.20 wt %、酸化 0.25 mgKOH/g に対して、最適精製油でもスラッジ 0.30 wt %、酸価 0.40 mgKOH/g で、合格するにはほど遠く、絶望的ではない

でしょうか？」山田所員が悲鳴に近い声を出した。

「1回だけの実験で結論を出すのは早すぎる。あきらめるな」私は自分自身をも励ますような口調で言った。

H規格の厚い壁が目の前に厳然とそびえ、一瞬暗澹とした気持ちになったが、私はリーダーが弱気を見せたら志気にかかわると思い、気を取り直して言った。

「よし、再実験しよう。山田君、今度は硫酸処理量を 200 kg/kL 油を中心に前後に小刻みに振って精製してみてください。そして酸化試験を行って、スラッジ量と酸価値をきめ細かくプロットしてみてください。それから、200 kg/kL 油の精製油を念のため平沢製油所へ送って酸化安定性試験を頼んでください。もう一つ、200 kg/kL 油の精製油の一般性状と絶縁破壊電圧、水分を測定して、酸化安定性以外の H規格に合格しているかどうかチェックしてください」

「わかりました。さっそくとりかかります」

「主任」と神谷京子が聡明な美貌を向けてきた。

「今回のトランス油原料油と3種類の精製油の組成分析を行って比較してみたいかがでしょうか。酸化安定性は油の構造とくに芳香族成分の質と量に関係があると思います。方法としては藤田主任が昨年、石油学会で発表されたクロマトグラフィー法が最も良いと思います。ご指導いただけますでしょうか」

私は、大阪大学工学部応用化学科の3年の時、船久保英一理学博士の研究室で“コールタール成分のクロマトグラフ分離”という卒業論文研究を行った。

ワールド石油(株)中央研究所に入社した時、石川敏郎研究所長より、“潤滑油および添加剤のクロマトグラフ分離”という研究テーマを与えられ、研究を続けていたのであった。

私は、黒板の前に立った。

「まず、シリカゲル・クロマトグラフィーによってトランス油原料油を飽和成分、芳香族成分、樹脂成分の3成分に分離します。次に、この芳香族成分を住友活性アルミナ(200メッシュ)によるカラムクロマトグラフィーを行い、ベンゼン溶媒で十分展開したのち、カラムを10等分に分割して、アルミナゲルからメチルエチルケトン/アセトン溶媒で油分を抽出し、次に紫外線吸収スペクトルを測定して、単環、2環、多環芳香族成分を定量します。

硫酸洗浄法では、まず、油中の多環芳香族成分から順次、2環芳香族、単環芳香族成分と反応して除去してゆくわけです。

徹底的に芳香族成分を除去して、飽和成分のみの油にしたものがいわゆる流動パラフィンです。

最も酸化安定性の良い 200 kg/kL 油の硫酸処理油がど

のような組成を持っているのかを確実に把握し、次のステップを考えましょう」と私は述べた。

研究所の庭には初秋の名月が影を落としている。

6 陸軍幼年学校（陸幼）と陸軍士官学校（陸士）

私が東京駅前の丸ビル5階にあるH(株)の本社に、T技術部長を訪問し、現在までのトランス油の研究開発の経過報告をすませたのは、9月のある日の夕方の5時のことであった。

T技術部長はいつになく上機嫌で、人なつこい微笑を浮かべて、

「藤田さん、一寸下へ行きませんか」と声をかけてきた。

下というのは丸ビル地下1階のレストラン「葵」のことで、丸ビルに入っている各企業が共同出資して経営している関係上、気安い雰囲気、価格も実費に近い安さであった。

席に落ち着くとT部長は、

「藤田さん、トランス油の開発に関して大変ご無理をいってすみませんね。しかし、私は是非ともH規格で合格する立派な油を作っていただいて、世界第一級の変圧器を日本の津々浦々にまで設置したいのですよ。トランス油は無交換で20年いや30年はもってもらいたいわけですよ。それがわが国の電力の安定供給につながり、とりもなおさず、わが国の産業と工業の発展に大いに貢献するわけですからね」

「わかりました。現在、全力を挙げて取り組んでおりますので、今しばらくお時間をください。最終の目標はいつまでと考えればよろしいでしょうか？」

「そうですね。現在、中型および小型の変圧器の設計はほぼ終了し、生産にとりかかろうとしている段階です。ですから、できれば油の完成は今年末、遅くとも明年昭和30年1月一杯にお願いしたいと思っております」

「もうあまり時間はございませんね。一寸お聞きしに

私たちは、巨大な未知の世界へ、今、足を踏み込もうとしているのであった。

「くいことですが、ほかではできたのでしょうか？」

「それがまだなんですよ。H規格の酸化安定性試験に合格した油はまだありません。各社さんにハッパをかけているんですがね」

私はそっと胸をなでおろした。と同時に、必ずやワールド石油が一番乗りしてやろうと、ふつふつとした闘志が湧き上がるのを覚えた。

「藤田さん、今日のご苦勞さまでした。まず一献いしましょう」

「ありがとうございます」

私は盃を両手で持ち、深々と頭を下げた。眼をつむって熱燗を飲み下すと、天啓のようなものがふとひらめき、T部長がごく近く親しい人のように思えた。

「T部長、以前から一度お聞きしたいと思っていたのですが、部長はどうして丸刈りにされているのですか？」

「ああこれですか」

T部長はイガグリ頭をつるりとなでてみせて、ニコッと笑うと、

「こんなにいいものはありません。いつもさっぱりとされていて涼しいし、清潔ですし、洗うのも簡単です。実は私は軍隊に行っていましたね。陸士の44期で昭和7年7月に卒業しました」

「えっ」

「廣島陸軍幼年学校が29期で昭和3年3月に卒業、市ヶ谷谷の陸軍予科士官学校に1年半行き、引きついで陸軍士官学校本科を卒業しました。その後、東大理学部物理科の大学院へ留学したんですよ。終戦時には南方戦線のフィリピンで電力開発に従事していましたが、九死に一生を得て復員してきたんですよ」

「先輩」と思わず私は大きな声を出した。

「私も廣島陸軍幼年学校に行きました。昭和20年4月に入校した49期生です。昭和20年6月に廣島県比婆郡

庄原町へ疎開しまして原爆からまぬがれることができました。終戦になって故郷の新居浜へ帰り、旧制の松山高等学校理科に入り、昭和28年に旧制の大阪大学工学部応用化学科を卒業し、ワールド石油(株)中央研究所に入社いたしました」

「そうだったのですか。奇遇ですね」

T部長は感無量の面持ちで、はるか20年も後輩の私をしげしげと見つめた。

「どうして陸幼を志願したのですか？」とT部長は私に親しく問いかけてきた。

「はい。私が少年のころ、山中峯太郎が少年倶楽部に“星の生徒”という陸軍幼年学校の生活を描いた小説を連載していました。夢中になって読みました。星の生徒になりたい、そして将来は陸軍大将になりたい、これが私の陸幼受験の動機です」

「山中峯太郎ね。なつかしいですね。あの小説はたしかに素晴らしいもので、当時の全国の少年をとりこにしました。“星の生徒”を読んで陸幼に憧れた少年がずい分たくさんいたと聞いてますよ。河目悌二の挿絵も良かったですね。山中峯太郎の“敵中横断三百里”や“大東の鉄人”も広く読まれましたね。山中峯太郎自身も東京陸軍幼年学校、陸軍士官学校(19期)の卒業生で陸軍大学まで行かれたが中退された方なんですよ」

「よくご存知ですね」とわたしは驚嘆した。

「その後広島へ行ってみましたか？」

「はい。広島市基町の陸幼は原爆で全壊してあとかたもなくなっております。当時公用で廣幼へ出張中の吉田教頭はお亡くなりになりました」

「廣幼からは第4期生の阿南惟幾大将、同じく山下奉文大将など偉い先輩が出ていますよ。今回の太平洋戦争についていろいろ批判は多いが、われわれ若人はお国のために精一杯頑張った点では悔いはない。“国破れて山河あり”という言葉がありますが、国破れても人材は減りすぎといたいですね。

今に見ていてごらん。日本は不死鳥のようによみがえり、技術で世界を制覇する日がきこえますよ。日本人は優秀な民族なんです。そのためには、現在の当面する課題を一步一步着実に解決してゆかないといけませんね」

「おっしゃるとおりです。誰が何といおうと、私は廣幼へ行ったことを誇りに思っています。お国のために一身を捧げる覚悟でした。一条乱れぬ規則正しい生活、慈父のような生徒監の愛情、憧れの的だった模範生徒、朝な夕なに仰ぎ見る鯉城はいつも輝いて見えました。今の若い人達に祖国を愛する気持ち、祖国のため命を捧げる決意など望んでも無理かも知れませんね。しかし、若い

人達の一部には愛社精神はあるようです。愛社精神が企業を発展させ、日本を世界へ雄飛させるようになるのではないのでしょうか」

私はいつになく昂揚している自分を感じていた。

「また、ちよくちよく寄ってください。一日も早く開発できる日を楽しみに待っていますよ」

T部長の慈愛に満ちた眼差しが、私にはこの上ない励ましになるのを感じたのであった。

7 英国規格のトランス油

9月の終わりに近づいているが、まだ、H規格に合格する油は得られていなかった。

中央研究所で試作した、現在もっとも良いと思われるトランス油製品について、中研と平沢製油所で酸化安定性試験を行った結果、スラッジ重量%と酸価の値はよく一致したが、H規格には合格していない。

トランス油のその他の性状、性能に関してはH規格にすべて合格していた。

ここで発想を新たにする必要があるのでなかろうか。

ワールド石油(株)は、英国のワールドオイルインターナショナルと資本および技術提携をしている。その持ち株比率は50%である。

当然、ワールドオイルインターナショナルは全世界に共通の各種石油製品を製造、販売しており、トランス油もその例外ではない。

このトランス油を入手して分析するとともに、H規格の酸化安定性試験を行ってみてはどうであろうかというのが若葉課長の発案であった。

早速、ワールド石油(株)本社の技術部を通してトランス油の入手を依頼。間もなく中研に商品が届いた。

商品名はワールドエレクトロンA油で、英国規格(BS-148)に合格している。

酸化安定性試験方法は銅触媒を用い、空気を吹き込みながら、温度150℃、45時間酸化を行うものであった。

規格値は、スラッジ1.1 wt%以下、酸価25 mgKOH/g以下であった。

H規格に比べると温度が高く、時間が短い。スラッジ、酸価ともかなり高い数値に設定している。

早速、山田所員によって英国規格による酸化安定性試験を行った結果、スラッジ0.8 wt%、酸価1.5 mgKOH/gで英国規格に合格していることがわかった。

次に、神谷所員によって組成分析が行われた。その結果、シリカゲル・クロマトグラフィーによる飽和成分88 wt%、芳香族成分(単環芳香族が主)12 wt%で非常に精製度が進んでいることがわかった。さらに赤外線吸

収スペクトルによる分析の結果、酸化防止剤として、アルキルフェノール系のものが0.5 wt%添加されていることが判明した。

H規格によると添加剤の使用は一切認めていないので、この英国の油は使用できない。また、H規格の酸化安定性試験を行うと不合格であった。

8 天然酸化防止剤

10月に入ると、平沢製油所の谷川係長から、H規格に合格するトランス油が試作できたとの報が入り、中央研究所の一同が色めきたった。

硫酸の使用量は1 kL油の原料油当たり200 kgで、原料油は今までと同じ院内原油蒸留留分である。

早速、中研でもその油についてH規格の酸化安定性試験を行ったところ、スラッジ0.2 wt%、酸価0.25 mgKOH/gで、まさに規格値ぎりぎり合格している。

これでいよいよH社へ一番乗りでトランス油製品納入かと胸をふくらませていたところ、再び平沢製油所から連絡が入り、次のロットでは不合格であったとの報告がなされた。

このような状態ではH社へ安定納入ができない。原料油のロットが変わるごとに、合格したり、合格しなかったりするのでは商品とはなり得ない。

中央研究所では早速この問題について研究会議が開かれた。

神谷京子所員は、トランス油原料油と各種精製油の組成分析データを携えて出席し、第一番に発言した。

「トランス油の酸化安定性に及ぼす諸因子の中で、もっとも重要なのは油の組成、とくに芳香族性と天然酸化防止剤であると思います。ここでいう天然酸化防止剤とは硫黄成分を含む縮合多環芳香族成分を指します。トランス油の炭化水素成分は、飽和成分（ n -パラフィン、イソパラフィン、ナフテン）と芳香族成分（単環芳香族、二環芳香族、多環芳香族）および樹脂分から成っております。硫酸精製をして行きますと、まず、選択的に樹脂分と多環芳香族成分が反応して除去され、次に、二環芳香族成分、単環芳香族成分の順番で反応して除去さ

英国と日本では国情も異なり、規格も異なり、油の精製方法も異なることが明らかになった。

私たちは外国製品に頼ることなく、独自に優秀な性能のトランス油を開発しなければならないということを再認識したのであった。

れて行きます。このことは以前にも申し上げたとおりです。この硫酸精製法において、硫酸処理量を増加してゆきますと、ある時点で、天然酸化防止剤を含む最適芳香族性の組成となり、この時もっとも酸化安定性が良くなります。さらに硫酸処理量を増やして行きますと、天然酸化防止剤が除去され、また、最適芳香族性が失われるために酸化安定性が悪くなって行くのです。今回の平沢製油所のトランス油がある時には合格し、ある時には不合格となっている問題の核心はここにあると思います。私は、H規格に合格したトランス油試作品と、同じように精製して合格しなかったトランス油試作品の化学的組成を分析して比較してみました」

いきなり単刀直入に問題の核心部分に入ったので、若葉課長、私、山田所員一同は固唾を飲む思いをして次の言葉を待った。

「この図表に示していますように、合格油と不合格油では化学的組成が明らかに異なっております。合格油の方が不合格油よりも天然酸化防止剤と考えられる多環芳香族成分の含有量が多いことがわかりました」

「質問していいですか？」と山田所員が待ちきれぬように手を挙げた。

「同じ国産院内原油の同じ蒸留留分を使って、同一硫酸処理量つまり200 kg/kL油で精製した二つのトランス油の組成がなぜ違うのでしょうか？」

「そこなのです」神谷京子は美しい微笑を返した。

「院内原油の生産量は年々低下しております。また、含水量率が非常に多くなっています。ですから、このような原油を蒸留して得られるトランス油原料油留分の化学的組成は必ずしもいつも完全に一定ではないのです。したがって、芳香族含有量の微妙に異なる原料油を、同一量の硫酸で処理すれば、精製油の組成が異なってくるのはむしろ当然ではないでしょうか」

「その確認実験はしたのでしょうか？」と山田。

「いたしました。次の図表で見られますように、トランス油の原料油の化学的組成はロットごとに変動していることがわかりました」

私は、「原料油の化学的組成がロットごとに異なるとなると、そのたびごとに原料油の組成を分析し、それに最適な硫酸処理量を決定して製造しなければならなくなる。これでは生産計画はたてられないですね」とうめくようにいった。

「仮にその方法で行ったとしても、すべてH規格に合格するという保証はありませんね」と山田所員が低くつぶやいた。

私は両腕を組んだ。

迷路に入ったような気がした。

出口のない迷路だ。

出口を求めて右往左往しているうちに、体力は失われ、食料は底をつき、時間のみが無情に過ぎ去り、最後は倒れる。

もうそのタイムリミットは近づいている。

あと二カ月しか残されていない。

「H規格はどんな意義を持っているのでしょうか？」と山田所員が泣き出しそうな表情でいった。

「大手の石油会社三社が束になって半年以上も研究してもまだどこも合格油ができていません。この厳しい数値は一体何を意味しているのですか？」と山田所員が続けた。

会議室は重苦しい沈黙に支配された。

「もう泣き言をいうのはよそう」と私は手を振った。

「本論に戻ろう」と私は声をはりあげた。

「他社もまだ合格油を出していないということは、H規格がいかに難しいハードルかを物語っています。大きいチャンスではありませんか」私は自分自身をも励ますようにいった。

「こういう方法はどうでしょう」と私はふと思いついて提案した。

「トランス油原料油から有効な天然酸化防止剤のみを抽出分離して、トランス油の精製油に微量添加する。ちょうど合成酸化防止剤が潤滑油に添加されているようにね」

「抽出方法はどうするのですか？」と山田所員。

「溶剤抽出か吸着分離しかないだろうね」

「実験室的には可能かもしれませんがね。しかし、その方法にいくつかの問題点があると思います」と神谷京子が発言した。

「どんな問題点ですか？」

「第一に合成酸化防止剤のように、天然酸化防止剤は明確な化学構造がわかっておりません。わからないもの

をどうやって定量的に取り出すのですか。仮に経験的に天然酸化防止剤らしきものを分離して、添加し、酸化試験に合格できたとしても、製造管理、品質管理ができないと思います。さらに詳しく考察してみますと、溶剤抽出法たとえば潤滑油の溶剤精製法としてフルフエールによる抽出が行われていますが、これは2環～多環芳香族成分をすべてまとめて抽出する方法であり、天然酸化防止剤の選択的抽出はできません。天然酸化防止剤として有効な多環芳香族成分のみを分離するためには、藤田主任が石油学会で発表された方法によるしかありません。すなわち、トランス油原料油をシリカゲル・クロマトグラフィーによって飽和成分、芳香族成分に分離し、次にアルミナゲル・クロマトグラフィーによって、芳香族成分の環数別分離を行い、この中の多環芳香族成分を取り出して、添加剤的に使ってゆくという方法になると思います」

「そうすると、工業的クロマトグラフィーを行う必要がありそうですね」と私。

「そうです」と神谷京子。

私は、それができれば画期的なことだとは思いますが、自分のアイデアを修正するように発言した。

「しかし、これは、今から平沢製油所に装置を建設するにしても、かなりの費用と時間がかかる。タイムリミットにとっても間に合いそうもない。また、天然酸化防止剤の濃縮物を精製トランス油に添加した場合、トランス油としてのほかの性状たとえば色相や絶縁破壊電圧に影響を及ぼさないか。それから一番大切なポイントは、H規格の酸化安定性試験に必ず100%合格するかどうかの問題がある。自分からいい出しているながら、なんだけどこの方法にはかなり難点がありますね。一応撤回いたします」

「色々となかなか良い意見が出ましたね」と若業課長がその場の空気を和らげるようにいった。

「研究の焦点が一点にしばられてきたではありませんか。それに、平沢製油所ではロットごとの差はあれ、H規格に合格するトランス油製品もポツリポツリ出始めています。あと一息と思います。硫酸で精製を進める、と同時に天然酸化防止剤である硫黄を含む多環芳香族成分をなるべく残してゆく、飽和成分と芳香族成分の組成のバランスの問題。ここにかくされたヒントはないでしょうか。皆さん、今日はこれでお開きにしてゆっくり頭を冷やして、また、明日から出直すことにしましょう」としめくくった。

明日からは11月だ。

研究所の庭の芝生も、いつのまにかすっかりベージュ色に変身している。

秋の夜長に、灯火あり。研究所員の誰かがまだ残業しているのであろうか。コオロギの声が急ににぎやかに聞こえてきたのであった。

9 新宿御苑と発見

ワールド石油(株)の社員アパートと独身寮は東京都豊島区千川町に建っている。池袋駅の東武百貨店の前からバスで10分という便利さである。

独身寮には、定年退職した佐藤夫妻が住み込んでいて、朝夕のまかないを切り盛りし、また社員の面倒をなにくれとみてくれていて、おやじ、おふくろがわりとしてみんなから慕われている。

11月3日文化の日。

私は、山田信一を誘って新宿御苑へ出かけた。

秋の空は底抜けにブルーである。ベンチでは若いアベックが仲むつまじく語らっている。ボール投げに興じている若夫婦と幼な子の笑い声が響いてくる。どこかの小学校の生徒の遠足であろうか、赤や黄の帽子をかぶった可愛い団体がぞろぞろと歩いている。

私と山田は二人並んで芝生に寝ころがった。

「野郎二人じゃ、さまにもならないね」と私は物憂げにいった。

「主任、でも気持ちがいいですよ。仕事、仕事で今年ば正月以来まったく息をつく暇もありませんでしたから。あの雲を見てください。悠々と動いています。雲はいくら見ても飽きませんね。千変万化しますしね。あの雲に比べたら、私たち人間のしていることってちっぽけなことですね。空の融合ですね、融合」

「おい山田、今何といった？」

私は少しまどろんでいた。そして天の啓示のようにその言葉が聞こえたのであった。

「主任、どうしたんですか。おやすみだったのですか。融合といったんですよ、融合と」

「それだ」私はガバッと身を起こした。

「おい山田君、よく聞いてくれ。謎が解けたぞ、謎が」

「主任、急にどうしたんですか。何の謎が解けたのですか？」

「決まっているじゃないか。H規格に合格するトランス油の作り方だよ」

「えっ、本当ですか？」山田はすっとなんげな大声をあげた。

「しーっ、大きい声を出すな。これはマル秘中のマル秘だからな。よく聞いてくれ」

私は目をつむって1つ深呼吸をした。

「主任、じらさないでくださいよ」

「山田君、君は融合といったよな。まさにそれが謎を

解く鍵なんだよ。ありがとう。われわれは硫酸処理量を色々変えてトランス油原料油を処理、精製し、H規格の酸化安定性試験を行ってきたが、今一步のところ合格していない。しかし、硫酸量200 kg/kL油がほぼ最適処理量に近いということがわかり、たまには合格品も出ている。そこでだ、200 kg/kL油の精製油にもう少し、つまり、プラスαの天然酸化防止剤があれば合格間違いなしだ。わかるね」

「おっしゃるとおりです。しかし、そこでみんな行きづまっているのじゃありませんか」

「一種類の油だけで合格させようとしたから行きづまったのだよ。発想の転換が必要なんだよ。二種類の油を融合すればいいんじゃないのかな。つまり、精製度をうんと高めた油に、天然酸化防止剤をなるべく残すように、ゆるやかに硫酸処理した中程度の精製油を混合、つまり融合すればいいんじゃないのかね」

「主任、素晴らしい発想ですよ。まさにおっしゃるとおりです。これでわが社は他社を完全におさえることができますね」と山田は興奮していった。

「この方法だと、ある程度余裕をもってH規格に合格できると思うので、製造管理も容易だし、製品のバラツキも少ないと思う。また、とくに新しい製造設備もいらぬ」私はバンドラの箱をあけたように、近未来が見えてくるような気がした。

「主任、今日は祝杯をあげましょう」

「いや、まだ実験をして確認するまでは何ともいえないよ」と私は慎重な発言をした。

「では、ほんの一寸前祝いだけでも」

「うむ、行くとするか」

二人は夕暮れの新宿御苑をあとにして、池袋にもどり、西口の行きつけの焼き鳥屋でささやかな前祝いの乾杯をしたのであった。

11月3日文化の日。それは私にとっても山田信一にとっても生涯忘れぬ日となったのである。

翌日、早速、若葉課長を交えてのトランス油開発会議が開かれた。

私の説明が終わると、若葉課長は満面に笑みを浮かべて、

「藤田主任、ありがとう。君の努力と発想にはまったく頭がさがるよ」といって手を差しおのべてきた。

私が、「トランス油の新しい製造方式として、二種精製油の混合方法を提案します。ファクターは四因子あります。すなわち、硫酸処理量 x kg/kL 油の油 A 重量%と硫酸処理量 y kg/kL 油の油 B 重量%との混合です。ここで $A + B = 100$ であることはいうまでもありません。この連立方程式を解くのは神谷京子さんのもつとも

得意とするところなので私は安心しております」と説明すると、どっと笑いが起こった。

この開発会議で笑い声を聞くのは何カ月ぶりだろうと私は目頭が熱くなった。

神谷京子が立ち上がって説明した。

「H規格の酸化試験にたまたま合格したトランス油試作製品の化学的組成はつかめております。すなわち、飽和成分67%、芳香族成分33 wt%で、芳香族成分の内訳は単環芳香族成分14 wt%、二環芳香族成分11.5 wt%、多環芳香族成分7.5 wt%です。したがって、H規格にギリギリに合格するのではなく、ある程度余裕をもって合格させるために、天然酸化防止剤である多環芳香族成分の含有比率を、この油より少し高めにおくとよいと思います。そのような設計思想でx, y, A, Bを求めてみます。なお、製造上の観点からxとyは一応100以上400以下としておきます」

「よろしく願います」私は深々と頭をさげた。

数日を経ずして、神谷京子によってこの連立方程式は解かれた。計算上ではいくつかの解があるが、工業的、経済的に有利な代表的な解は次のようなものである。

硫酸処理量250 kg/kL油の精製油A 60 wt%と硫酸処理量150 kg/kL油の精製油B 40 wt%を混合すれば、H規格に余裕をもって合格する。なんとすれば、

Aの化学的組成は、飽和成分(S) 71.5 wt%、単環芳香族成分(A₁) 12 wt%、二環芳香族成分(A₂) 10 wt%、多環芳香族成分(A_p) 6.5 wt%である。

Bの化学的組成は、飽和成分(S) 60 wt%、単環芳香族成分(A₁) 15 wt%、二環芳香族成分(A₂) 14 wt%、多環芳香族成分(A_p) 11 wt%である。

化学的組成には加減性があるので、この方法で作ったトランス油製品の化学的組成は次のように計算される。

$$\begin{aligned} \text{飽和成分(S)} &= (71.5 \times 0.6) + (60 \times 0.4) = 66.9 \text{ wt}\%, \\ \text{単環芳香族成分(A}_1\text{)} &= (12 \times 0.6) + (15 \times 0.4) = 13.2 \text{ wt}\%, \\ \text{二環芳香族成分(A}_2\text{)} &= (10 \times 0.6) + (14 \times 0.4) = 11.6 \text{ wt}\%, \\ \text{多環芳香族成分(A}_p\text{)} &= (6.5 \times 0.6) + (11 \times 0.4) = 8.3 \text{ wt}\% \\ &\text{合計 } 100 \text{ wt}\% \end{aligned}$$

なんと、これを見れば明らかなように、先の硫酸処理量200 kg/kL油の精製油(合格境界線上)の化学的組成と比較すると、飽和成分や単環芳香族成分および二環芳香族成分の含有量はあまり変わらないのに天然酸化防止剤の相対的含有量が17 wt%も増加しているではないか。魔術師にかかったような気がするのであった。

早速、山田所員によって、新しい二種混合方式によるトランス油が試作され、H規格の酸化安定性試験を行ったところ、見事に合格。それも、スラッジ0.15 wt%、酸価0.20 mgKOH/gの値を示し、ゆうゆう合格したのである。

この朗報はただちに本社と平沢製油所へ連絡され、平沢の谷川係長のところでも同じ実験の追試が行われ、合格することを確認したのである。

さらに、平沢製油所では、11月上旬の原料ロット、11月中旬の原料ロット、11月下旬の原料ロットいずれについても新しい方式で工業的に生産したトランス油はすべてH規格に合格したのである。

H社の中央研究所においても、早速このトランス油について酸化安定性試験を行い合格することが確認された。

また、H規格のその他の各種規格試験にもすべて合格することがわかり、ワールド石油(株)の新製造方式によるトランス油、商品名スーパーエレクトロンはH社の新しい規格合格品第一号として正式に採用が決定したのである。

他社のトランス油はまだ合格していない。

「藤田主任、ありがとうございます、本当によく頑張ってくれましたね。私も中研所長として本社に対して面目を保つことができました。わが社の利益は計り知れないものがあります。いや、利益だけではありません、わが国の電力産業に貢献できましたので、全産業、全工業の発展に寄与することになります」

石川敏郎所長の温かな顔が笑顔でくしゃくしゃにくずれ、握手の手が私に差しのべられた。

「ありがとうございます。これもひとえに共同研究者である神谷京子さんと山田信一所員の協力のおかげです。また、平沢製油所の皆さんも一丸となって頑張りを、私たちの無理なお願いも聞いていただきました。本社技術部の山本主任にも助けていただきました。今回のプロジェクトは全社一丸となって当たることができたので成功したと思っております。どうか、石川所長からも各プロジェクトメンバーにねぎらいの言葉を賜ってください」と私は謝辞を述べ、胸にこみあげてくるものがあった。

(ああ、これで廣島陸幼の大先輩のT技術部長にも顔が立った。近いうちに報告とお礼に行かなくては…)と私は思うのであった。

10 特許の問題

12月も残り少なくなった。

石川敏郎研究所長室には若業課長以下、今回のトランス油研究開発グループが集まっていた。今回の新しいトランス油の製造方法に関する特許の件であった。

山田信一所員は顔を紅潮させて、「H規格のような厳しい規格に合格するためには、従来の通常の製造方法では合格せず、今回の新しい製造方法によってのみはじめてクリアすることができたのです。このようなまったく新しい発想の、天然酸化防止剤を高濃度に油中に残存させ、厳しい酸化安定性試験に合格したことは、ほかの油へも応用がきくものです。早急に特許を申請しておくべきではないでしょうか。わが社のオリジナル技術の防衛にもなりますし、特許料の収入も見込めます」と発言した。

「はたしてそうだろうか」と私は口をきいた。

「特許を申請すると製造方法を公開することになる。もし、他社がわが社の方法によって油を製造して販売したとする。わが社はその証拠をつかんでクレームをつけることができるだろうか」

「神谷さん、そのような他社のトランス油を分析して、二種精製法の混合油ということがわかりますか」と若業課長が聞くと、

「それは不可能と思います。私も藤田主任の意見に賛成です。現段階で特許を申請しても何ら益するところはありません。特許を出さずにノウハウとして持っている方がはるかにわが社にとってプラスになると思います。特許を申請すると、たちまち他社に利用されて、H規格に合格され、わが社の優位性が失われます。もっとも、二種精製油の混合方式は早晚他社も開発してくるに違い

ありませんが」と神谷京子が答えた。

「よくわかりました」と石川所長はいった。

「特許申請は行わず、ノウハウとして維持し、マル秘として他に洩れないように、全社をあげて厳守し、製造して行くようにしましょう。私から本社と平沢製油所によく話して了承をとっておきます」と結んだ。

ワールド石油(株)のこの判断は正しかった。H社へのトランス油の独占的納入が続き、業界首位の位置を堅持することができた。平沢製油所のトランス油製造の稼働率は100%近い高水準を保ち、会社に多大の利益をもたらしたのであった。

H規格に見られるように、トランス油は正に油の芸術作品“アート”というべきものであった。

昭和29年頃の技術レベルからみて、それは驚嘆すべきものであったといえる。厳しいH規格のすべての項目に合格するためには、細心の精製技術を必要としたのである。

もっとも難関であった酸化安定性試験はオリジナルな発想—二種精製油混合法—で乗り越えたが、こればかりではなかった。

油中の水分を30 ppm以下に抑えることも至難の業であった。油は生き物であって絶えず呼吸し、空気を吸い込んでいる。空気中の水分が、こうして油の中に蓄積されてゆくのである。

ワールド石油(株)では、平沢製油所に、水澤化学(株)製の球状活性アルミナを充填した吸着塔を建設し、トランス油製品の最終仕上げ、すなわち、微量の不純物と水分を吸着除去するためにこの塔を通し、直ちに、完全に洗浄、乾燥した新しいドラム缶内に充填し、すぐ窒素ガスシールをして密栓し、H社の変圧器製造工場へ直送していたのである。これも貴重なノウハウであり、マル秘が厳守されていたことはいうまでもない。H社の独自の設計からなる変圧器は、昭和30年初頭より本格生

産に入り、各電力会社へ納入された。

ワールド石油(株)のトランス油は業界第一位の品質を堅持しつづけ、H社へ長期にわたって独占納入されたのであった。

11 トランス油の研究発表

石川敏郎所長は、“企業の第一の目標は、もちろん利益の追求にあるが、それのみに走ってはいけない。研究や技術の成果は許す限り、学協会に発表して社会に貢献すべきである”との強い信念の持ち主であった。

また、こうも述べている。

“学協会に発表することは他流試合であり、その技術や研究に対して、世の中から忌憚りの無い評価がくだされる。このことによって、井の中の蛙となることなく、技術や研究が向上して行くのである”。正に至言である。

石川敏郎所長は、そのために本社の上層部と意見が合わず、衝突することもあったが、所長の信念はいささかもゆるぐことはなかった。

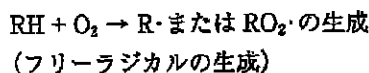
私は、石川所長から研究論文の発表をすすめられた。

「藤田主任」と山田信一所員が質問してきた。

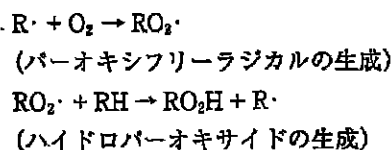
「主任、多環芳香族成分が天然酸化防止剤として有効なことは実験的に証明されましたが、その酸化防止機構を教えてください」

「炭化水素の酸化反応は次のように進むと考えられている」と私は、白板に基本的な酸化反応式を書いた。

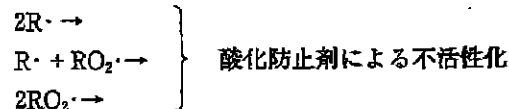
(1) 連鎖開始反応



(2) 連鎖成長反応



(3) 連鎖停止反応



「合成酸化防止剤は作用機構から2つに分けられており、フェノール系酸化防止剤やアミン系酸化防止剤は連鎖反応停止剤であり、ジアルキルジチオリン酸亜鉛は過酸化分解剤であり、その酸化反応防止機構は明らかにされています。天然酸化防止剤は硫黄を含む多環芳香族化合物であり、複雑な化学構造と考えられます。ゆえにその酸化防止機構は完全には明らかにされていません

が、連鎖反応停止剤の作用をするものと考えられます。

酸素分子はもともと遊離基であり、R \cdot とは非常に反応しやすい。したがって連鎖成長反応の律速段階は、RO $_2\cdot$ + RHの反応である。RO $_2\cdot$ はR \cdot よりも平均寿命が長く酸化防止剤分子と反応する機会も多いから、この段階で不活性化されます。

フェノール系酸化防止剤の酸化還元電位が酸化防止効果と定量的な関係があり、電位の低いものほど効果が大きいことから、酸化防止剤の効果はそれ自体の酸化されやすさ、すなわち脱水素されやすさによると考えられ、酸化防止剤分子からRO $_2\cdot$ への水素原子移行により、不活性化が起こるわけです。このように考えてくると、多環芳香族化合物は、炭素と水素の二重結合が多く、それ自体不安定で酸化されやすく、脱水素されやすいので、酸化防止剤として働くものと考えられますね」と私は長い説明を終えた。

「よくわかりました」と山田所員は答えた。

私は神谷京子、山田信一との共同名で、トランス油に関する一連の研究結果をまとめて、次々と、石油学会や電気絶縁油学会へ論文を発表した。そのリストを示すと次のとおりである。

- (1) トランス油の吸着クロマトグラフィーによる分離分析に関する研究
- (2) トランス油の絶縁破壊電圧に及ぼす炭化水素組成および微量成分の影響
- (3) トランス油の酸化安定性に及ぼす炭化水素組成の影響
- (4) トランス油中の微量水分の定量方法と経時変化に関する研究
- (5) 諸外国のトランス油の特性と組成に関する研究
- (6) トランス油の実用性能に関する研究

ワールド石油(株)のオリジナルな二種精製油混合方式によるトランス油の製造方法については長い間マル秘の守秘義務が堅持され、一切外部に洩れることはなかった。研究発表においても、基礎的な研究のみに限定し、製造方法に関しては一切触れておらず、外部の人が察知することはなかった。

これらの研究業績に対しては、私たちの研究グループは、学協会より技術進歩賞を受賞した。

また、ワールド石油(株)より、私たちのグループに対して社長賞(表彰状、賞金)が授与されたのである。

(つづく)

12 上野公園

昭和 32 年の春。

上野公園の桜は見事に開花した。

不忍池の蓮葉の露は陽光にキラキラと反射し、若人達のボートがゆっくりと移動してゆく。

私は久方ぶりに神谷京子と上野美術館へ出かけたのである。恒例の各種美術展が開催されている。

「神谷さん。こうして君とゆっくりお話するのも久しぶりのような気がします。この数年間、仕事、仕事で随分忙しい思いをさせてすまなかったね」私はしみじみいった。

「いいえ。ちっとも。とても楽しかったわ。入社してすぐビッグ・プロジェクトに参加させていただき、トランス油の製造、納入に成功し、さらに研究論文もたくさん出させていただいたのですもの。研究者冥利につきると感謝していますのよ」神谷京子は私に寄り添うようにして、美しい瞳を輝かせながらいった。

「神谷さんのおかげですよ」と私はいった。

それには答えず京子は、「藤田主任。絵画はお好きですか」といった。

「絵画も書も観るのが好きですよ。油絵がいいですね。山岳、田園風景、人物像、あ、それからパリの街角など。そうそう、ワールドオイルインターナショナルの会議がオランダのハーグであったとき出張させていただきましたね。フランスのパリにも寄ったのですが、ルーブル美術館は素晴らしかったですよ」

「えっ」京子は驚きの声をあげた。

「藤田主任。私も大学最後の春休みに友人とヨーロッパへ参りましたのよ。英国、フランス、イタリア、スペインと北から南へと周って来ました。もちろん、ルーブ

ルにも行って来ました」

「そうだったのですか。ルーブルではモナ・リザの微笑の絵画も、ミロのヴィーナス像も無造作に陳列してあるのには驚きました。写真撮影も禁止されていなかったもので、撮影してきましたよ。また、驚いたのは美術館の中で名画を油絵で写生（模写）している人がいたことです。自由の国フランスの面目躍如ですね。フランスは芸術至上主義というか、芸術家を大切にします国ですね。ルーブルでは、ナポレオンの戦争の絵画など大作が溢らんばかりで、いくら眺めていても飽きませんでした」

「そうですね。私も藤田さんとまったく同じことを感じましたわ」

「さすが芸術の都パリだなと感じたのは、画家の多いことでした。モンマルトルの丘では、画家の卵たちがキャンバスを並べて風景を描いていました。そして即売しているのです。日本では見られない珍しい光景でした。私もパリの街角の風景画を一枚買って来ました。パリの街角の古いレンガ造りの建物と、街のたたずまい、その雰囲気が好きです」

「オペラ座やノートルダム寺院に行かれまして？」

「外から建物だけ見て来ました。映画“ノートルダムのせむし男”や“オペラ座の怪人”の舞台となったところですから、とくに印象が強かったですね」

「シャン・ゼリゼーは」

「凱旋門からコンコルド広場までゆっくりと歩きました。凱旋門の上に抜がる青い空と白い雲がとても印象的でした。平和って素晴らしいと思ったのですよ。第二次大戦でパリが陥落した時、ドイツの戦車がシャン・ゼリゼーを通り、その後ろをナチスの軍隊が闊歩しましたね。その光景がなぜか頭の中をよぎりました」

「平和ってすばらしいわね」京子も共感していった。

「私たちがなすべき最も大切なこと。その一つが平和を守りとおすことだと思いますね。産業の発展、工業の

発展、文明の進歩、いずれももちろん重要ですけど、世界人類がすべて、戦わない、傷つけない、飢えない平和な生活を送っていくこと、そういう世界を造っていくことが一番大切なことだと思いますね」と私。

「バリの夜も素敵だったでしょう。どこかへ観光にいらしたのですか？」

「そうそう。友人とナイト・ショウ・コースに行きました。これもびっくりしたのですが、夜の9時に観光バスがホテルに私たちを迎えに来て、リドなど三カ所でナイトショウを観て午前3時にホテルに帰ってくるのです。バリは夜遅くなるほど活気づいてくるみたいですね。あ、それから、同じバスに中東の国の若い王女さんが乗り合わせていましたね。なんと裸足なんですよ。こんな句が浮かびました。“中東の王女裸足で夜のバリ”。黒い髪に黒い顔、そして眼がキラキラ光っていましたね。おかげで翌日の研究会議では居眠りしてしまいました」

京子はくすくすっと笑った。

「殿方っていいわね」と揶揄するようにいった。

「京子さんはヨーロッパ旅行でどこが印象に残りましたか？」

「そうですね。英国はロンドン塔、フランスはルーブル、イタリアは古代ローマの遺跡、スペインはカルメンの歌劇と舞踏などかしら。それより、私、思ったのですけれど、ヨーロッパの国々のどこを歩いても、歴史の重みというか、伝統の力をひしひしと感じましたわ。小さな個人の家一つをみても、石造りの美しい建物に花と芝生、街全体が調和がとれていて落ち着きがあるわね。そして、大自然の風物と見事に融和しているわ。口では表現できない民族の底力というものを感じたわ。日本はこの点ではまだまだ足元にも及ばないのじゃないのかしら」

「君のいうとおりですね」

私の脳裏には、かつて訪れたオランダやドイツの閑静な住宅街のたたずまいが鮮やかに浮かんでくるのであった。

美術展を観終えると、上野の森には宵闇が迫っていた。

「トランス油はこれからどういう方向へ行くと思いますか？」

会話は自然にまた仕事の話にもどった。

「そうだね」京子は考えをまとめるかのように、ゆっくり歩を運び、おもむろに口を開いた。

「まず第一に、国産原油は生産量が年々減ってきていて、いずれは枯渇すると思うわ。それに、中東原油に比べて価格が高いので競争にならないわね。次に、現在、

トランス油は硫酸処理法で製造しているけれども、硫酸スラッジの処分困っているでしょう。燃やすに燃やせず、棄てるに棄てられないのよ。この方法は公害を引き起こす可能性が大きいので、早晚消えていく運命にあるのじゃないかしら。ワールド石油(株)は、現在はH社に独占納入して利益をあげているけれど、いつまでも続かないと思うわ。次の戦略を考えないといけないわね」

私は、京子の鋭い指摘に舌をまく思いをしつつ、正にその通りであろうと思った。

「それで？」と先をうながすと、

「トランス油の重要な性質の一つに流動点があるわね。冬期に流動しなくなると困るので、流動点の低いナフテン原油が使われているのですけれど、日本国中すべて低流動点油である必要はないと思うのよ。たとえば、沖縄、九州、四国のような温暖地域では流動点はH規格の-30℃にもする必要がなく、-15℃もあれば十分なので、パラフィン系油の溶剤脱ロウ法でできるし、パラフィン系油の溶剤精製油は酸化安定性も良いので、十分ナフテン系油のかわりに使用できると思うわ。今行っている硫酸処理法のかわりに公害物質の出でこない溶剤精製法や水素精製法におきかわって行くと思うわ。

ですから、結論として、温暖地域には中東系のパラフィン原油の溶剤精製、溶剤脱ロウ、水素精製でつくり、北海道、東北等の寒冷地には流動点の低いナフテン原油、たとえばベネゼラ原油等の溶剤精製と水素精製で作ればよいのではないかしら。あ、それから、もう一つ安価な合成潤滑油も開発して使ってゆくようにしないといけないわね」

私は、今改めて、まじまじと京子の顔を見た。

研究開発の話をしている時の京子の表情のいかに生き生きしていることか。

飽くなき探究心と研究と調査に裏づけられた京子の発言内容には説得力があった。

「藤田さん、今はトランス油の夜明けなのよ。これからが正念場ですわ。藤田主任にうんと頑張ってもらわないといけないわ。私も及ばずながらお手伝いさせていただきますわね」

それは、どんな言葉にも増して私を勇気づけるものであった。

京子のような良き助手、良き理解者に恵まれて、私はしみじみとワールド石油(株)に入社して、石油の研究を続けている幸せをかみしめるのであった。

13 日本工業規格

H規格は、H社独自のトランス油の購買規格であり、昭和28年に設定されたが、この中の酸化安定性試験の

規格がことのほか厳しく、石油各社を大いに悩ませたのであった。

これとは別に、トランス油に関する日本工業規格を制定するために、通商産業省の関係部局と各石油会社から成る委員会が発足した。

この委員会では、まず、H規格を参考にして検討が行われた。

H規格の酸化安定性試験は、試料油 25 mL 中に触媒として銅線（直径 1 mm、長さ 80 cm）を入れ、酸素を吹き込みつつ、温度 120℃ で 100 時間、酸化を行い、劣化油のスラッジ 0.2 wt% 以下、酸価 0.25 mgKOH/g 以下というものである。

H規格の酸化安定性試験で問題となったのは、一つは試験時間が長すぎる点、一つはスラッジと酸価の規格値が厳しすぎるのではないかとこの点であった。

酸化安定性試験の時間が 100 時間というのは長すぎるという意見が出て、50 時間位にしたいという希望があった。

H規格との相関性を見る必要もあるという意見も出て、結局、反応温度を 10℃ 上昇させると反応速度は二倍になるという法則を適用し、温度を 10℃ 上げて 130℃、酸化時間を 50 時間に短縮して検討することになった。

標準となるトランス油を各石油会社に配布し、10カ所の試験研究機関で統一酸化安定性試験を行ったが、スラッジ、酸価の両方の値とも大幅にゆれて、データの整理の仕様がなかった。

まず、試験方法の詳細な検討から入り、各社の照合試験がほぼ足並みを揃えるまでに、約二年の歳月を要したのである。

さらに、酸化条件については、種々検討の結果、温度 120℃、時間 75 時間が比較的良好な値を与え、主流となりつつあった。

スラッジと酸価の値をいくらにおさえるかが大問題であった。

各社の思惑も入り乱れ、昭和 30 年 2 月に至ってようやく最終決定がみられ、温度 120℃、時間 75 時間、触媒銅線は直径 1 mm、長さ 80 cm に落ち着き、酸化試験後の油のスラッジ 0.4 wt% 以下、酸価 0.6 mgKOH/g 以下という JIS C2320 が成立したのであった。

これは昭和 30 年 7 月に公布され、現在（平成 20 年）に至るも生きている。

JIS が当時の H 規格よりもはるかにゆるやかに決められたのは、各種の配慮がなされたに違いない。

電力の需要が急増して、高度成長期へ世の中は入りつつあった。

トランス油の製品規格をあまり厳しくして、合格品が少ないような事態が発生すると電力供給そのものに影響が出てくるのである。

いわば一つの妥協のようなものがあつたのかも知れない。

また、トランス油のこのような規格値と長年月にわたる実用試験との相関関係が完全に確立されていないという弱点も見逃せないであろう。

しかし、H 社の T 技術部長の強固な信念は脈々と生きつづけているのではないだろうか。

トランス油の品質に対する厳たる姿勢、オリジナルに変圧器を開発したパイオニアとしての H 社の果たした役割は大きい。

私は、トランス油の研究開発を通して、奇しくも広島陸軍幼年学校の先輩である T 部長に巡り会ったことに、運命的なものを感じるのである。

H 社の厳しいトランス油 H 規格によって、ワールド石油（株）の私たち研究グループはどれほど鍛えられたことであろう。

苦しみ、悩み、そこを突き抜けて出たところにはじめて光が射し、新しい発明・発見があつたのである。

神谷京子という類まれなる共同研究者に恵まれ、研究が成功し、工業化されて H 社に納入され、会社に多大の利益をもたらしたのであった。

正にそれはトランス油の夜明けであった。

夜明けの実験室に、やわらかい朝の陽射しが差し込むと、天然酸化防止剤である多環芳香族炭化水素を含むトランス油製品はほのかな蛍光を発するのである。

淡いブルーの蛍光を。

私の脳裡には、白い実験衣を着て、やさしくほほえんでいる神谷京子の姿がいつしか浮かんでくるのであった。私は研究と愛よ永遠なれと祈るのであった。

あとがき

電気絶縁油の日本工業規格（C2320）は、その後、石油学会電気絶縁油部会を中心として、研究開発が行われ、平成 5 年（1993）に大きい改正が実施された。

すなわち、IEC60296（1982）、IEC60465（1988）、IEC60836（1988）、IEC60867（1993）、IEC60963（1988）を元に、本体には従来日本工業規格で規定していた電気絶縁油について規定し、これらに対応する国際規格に規定されている項目については附属書として作成した日本工業規格である。

適用範囲としてこの規格は、油入コンデンサ、油入ケーブル、油入変圧器、油入遮断器などに用いる未使用の電気絶縁油について規定されている。

油としては、鉱油、アルキルベンゼン、ポリブテン、アルキルナフタレン、アルキルジフェニルアルカン、シリコン油の使用が認められている。

添加剤としては、流動帯電抑制剤（ベンゾトリアゾール）、流動点降下剤（エチレン-プロピレン共重合体、ポリメタクリレートなど）および酸化防止剤の添加が認

められている。

酸化安定性試験の規格は、鉱油を用いる油入変圧器および油入遮断器（1種2号、3号、4号および7種2号、3号、4号）にのみ規定されている。鉱油以外の合成油については用途が異なり、酸化安定性試験の規格は制定されていない。（完）

（注）本小説は2009年 日本油化学会誌「オレオサイエンス」に6ヶ月にわたって連載、公表されたものです。また、2017年東京図書出版より出版されました。

大阪銀杏技術士会 会長
日本技術士会 化学部会 顧問

石油分析化学研究所

研究所長
工学博士（大阪大学）
技術士（化学部門）



藤田 稔

〒245-0017 横浜市泉区下飯田町 903-11
TEL 045-801-1211
E-mail fujimin@shore.ocn.ne.jp

（2024年5月1日）