

## タービン潤滑油の検討 (第2報)

—安定性に就いて—

高橋治男\* 茂庭喜弘\*\*

## Studies on the Turbine Oils (Part 2)

—The Oxidation Stability—

By Haruo Takahashi, D.S. and Yoshihiro Moniwa  
Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

## Abstract

One of the most significant improvement of the latest turbine oils may be found in their oxidation stability or the stability against deterioration due to oxidation. By this success, the service life of good-grade inhibited oils is now prolonged appreciably, and it, side by side with their lessened deteriorating effect on the machine in which the oils are used, amply justifies their relatively high costs.

The writers report in the article the results of the A.S.T.M. oxidation stability test the writers conducted recently with almost all sorts of turbine oils produced at home and abroad.

## 〔I〕 緒 言

前報<sup>(1)</sup>に於ては、最近のタービン油の防錆能力と抗乳化性に就いて検討した。最近の添加剤入りタービン油の特長は、防錆能力の良好と安定性の大なることにあるので、本報では、安定性に就いて検討することにする。こゝに安定性とは、油の酸化による劣化に対する抵抗をいう。

酸化の条件によつて油の劣化速度は著しく変化する。温度、共存する金属の種類と量、空気との接触の度合、水分の有無、油老化物の有無等、種々の条件が重つて効いて来る。従つて安定度試験法はこれらの条件が実際の使用条件に成るべく近く、しかも適度に促進された試験でなければならない。促進するためには条件因子を強調しなければならぬが、各種の因子の作用が異なるため適当な比例性を保つてすべての因子を強化せねばならない。然るに各因子の作用や強度が十分に解明されておらぬ現在このことは経験的に決定する外ないのであるが、或試験法結果と実際結果との関連を知ることは、実用寿命の短い場合には楽であるが、長いもの程難しくタービンの場合にも実用条件が一定しないため（機械構造も殆ど製

品毎に進歩し変化するし、保守法も使用者により可成り異なる）なかなか難しいことである。

旧規格（臨時日本標準規格K類第59号第二十五条）に於ては、無触媒 170°C 24h の加熱を行い、スラッジの析出を認めざるをもつて合格としたが、これが実用結果と十分の関連を持たぬのみでなく、添加剤入りタービン油の場合には、余りに高温過ぎたため添加剤を変質し、実際と著しく異なる結果を出すために完全に不相当と認められるに到つた。

現在広く使用され実用成績とも可成り関連ある結果を出すと考えられておるのは、A.S.T.M. D943-47 T<sup>(2)</sup>の方法である。筆者等はこの試験法により本邦に市販されている内外タービン油各種の安定度試験を行つた。本報はその結果を紹介し、市販品の現状を把握する参考とする。

## 〔II〕 A.S.T.M. 安定度試験法

A.S.T.M. 安定度試験法の概要を述べる。この試験は水及び金属の存在で油中に酸素を吹込み、加温して酸化を行わせるものである。

金属は鉄及び銅で、鉄はアームコ鉄又は同等品、銅は電気銅で共に線状とし、2本一緒にして二重コイルに巻いて油中に入れる。鉄及び銅は油の劣化促進触媒として

\* 日立製作所日立研究所 理博

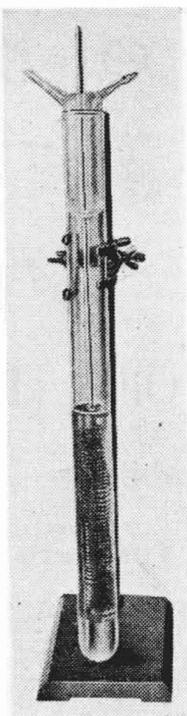
\*\* 日立製作所日立研究所

第 1 図

A.S.T.M. タービン油安定度試験容器

Fig. 1.

A.S.T.M. Test Vessel for Testing the Oxidation Stability of Turbine Oils



強力であり、特に後者の方が強いが共存せしむれば更に強いといわれる。実際のタービンでは鉄の面の方が多いが、銅合金の部分もあり両者を触媒として共存せしめることには十分の意義があると思われる。

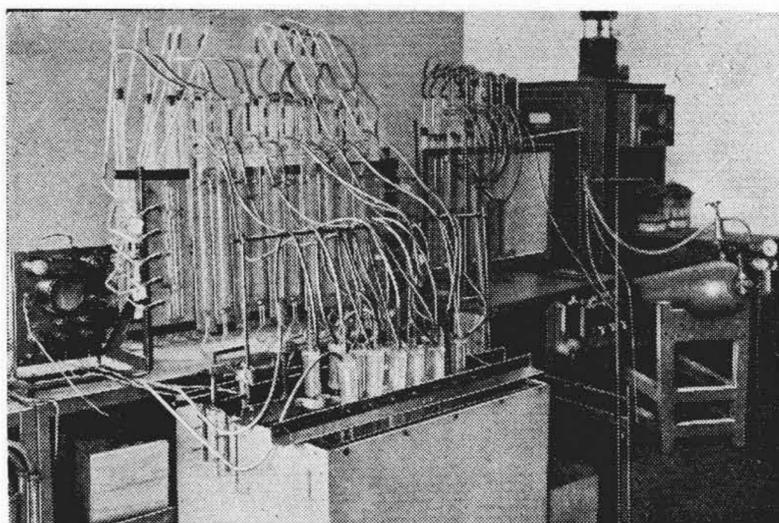
水は油底に相当多量置かれる(水 60 cc, 油 300 cc)。酸素 (3±0.5 l/h) は水面下に放出され、水蒸気を伴つて油中に入つて行く。

加温は 95±0.2°C であり、実用温度よりは可成り高いが反応促進のため必要な加温である。適当な時期毎に油を 10 cc とり、酸価を測定する。この時期は油の寿命に対比して適当に決定する。概ね色、臭などの変化の有無により劣化の進行度の予想がつくから、添加剤の誘導期間にあつてまだ劣化が進行しておらぬと考えられるときはなるべく採油を控え試油量の減少を防ぐ。

規定に従つて作られた試験容器に油、水、金属触媒を入れた実物の外観を第 1 図に示した。

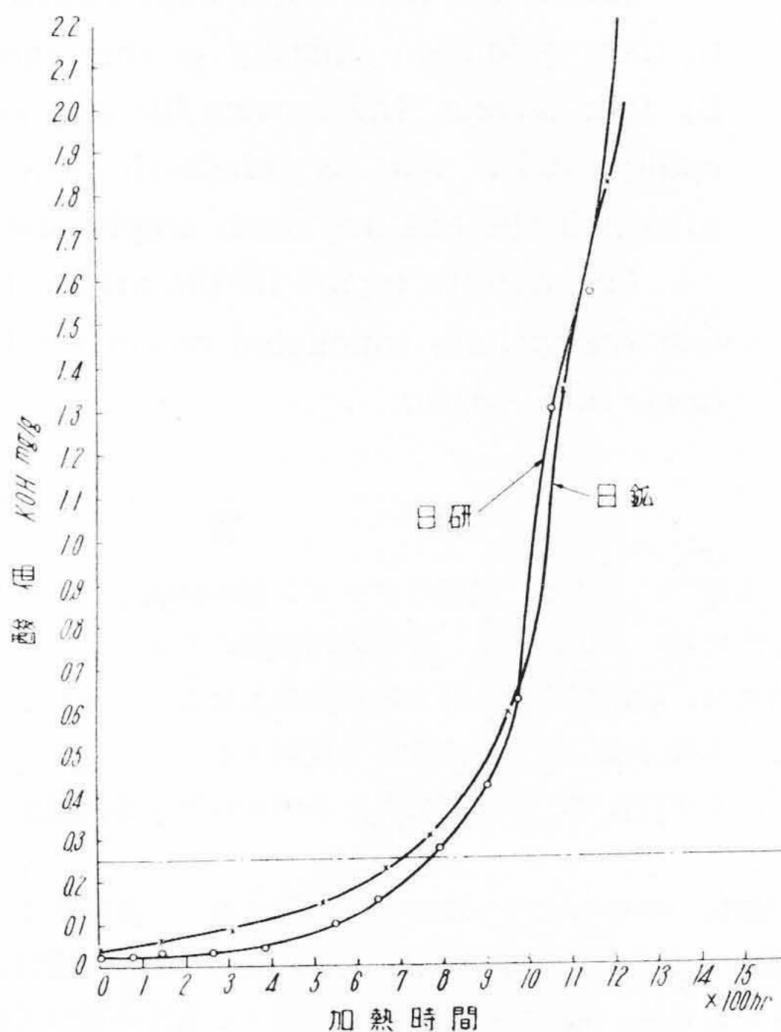
第 2 図は日立製作所日立研究所に於ける本試験装置の全貌である。机上にある硝子装置が酸素圧力調整器及び流速計で 1 の試験容器に対し 1 組宛ある。中央机下にあるのが恒温槽で一度に 15 本の試験容器を併列に試験している。恒温槽液は水であるが、表面に添加剤入りタービン油層を作り槽液の蒸発を防いでいる。酸素はポンペより供給する。

試験は長時間にわたり、良好な安定度の油では 3,000h 位になる。この間連続して恒温にて試験することは、本邦の如く停電、休電の多い現状では不可能である。従つて停電、休電の場合はその時間だけを試験時間から差引くのみで連続して試験した。即ち電力供給が止つても試験容器は恒温槽より出さず、酸素供給をとめて冷えるに任せ電力が再供給されれば温度上昇してから、再び酸素が止し試験を続けた。従つて冷却及び加温の途中に反応を止るわけではなく、これが誤差となつて入ると考えら



第 2 図 日立研究所に於ける A.S.T.M. タービン油安定度試験装置

Fig. 2. A.S.T.M. Turbine Oil Stability Test Sets Equipped in Hitachi Research Laboratory



第 3 図 日鉦烏山試験所と日立研究所に於ける安定度試験結果の比較

Fig. 3. Stability Test Results on the Same Oil by Karasuyama Experimental Station and by Hitachi Research Laboratory

れる。然し試験時間が長いせいか、案外にこの誤差は利いて来ぬようである。

第 3 図に同一の油を日本鉦業烏山試験所で試験したときの酸価—時間曲線と日立研究所でのそれとを比較した。特別に一致に注意したものでないに拘わらず、両者は非常によく一致している。

他の研究所の試験値との差も酸価 1.0 迄 1,500h 程度の寿命の油の場合 200~300h 程度であつた。長時間試験の場合には比較的條件変化に鈍感なのであろう。但し 200~300h 程度の寿命の油では、誤差は大きく出よう。然し時間が短くなれば休停電を避けることも楽になる。

A.S.T.M. 規格によると、異なる試験者、異なる装置による場合の再現性は 37% となつているから、上記の一致は悪条件下にも拘わらず予想外に良いと思われる。

筆者等は、十数種の油を同一時に併行試験することとし、少くとも相対的比較の出来るように意を用いた。然し上記の如く可成り再現性は良いので、特に心配はないのではないかと考えている。

この試験では試験時間に対し、酸価を測定し、或酸価になる迄の時間の長短で油の安定度の大小を判断することになる。この最終酸価の値は 1.0<sup>(3)</sup>, 2.0<sup>(2)</sup> などに選ぶ場合があるが、添加剤入り油ではこの辺での劣化は急速であるものが多い。即ち添加剤が劣化消耗すると油自体の劣化が起るので、かかる場合酸価は急上昇し、この点を Break point と呼んでいる。後述の実験例に見る如く、この Break point がはつきりせず、ずるずるに劣化の進んで行く場合もあるが、概ね添加剤入り油では Break point のあることが一般であり、この Break point 近辺で使用を止めて、取替えるのが適切と考えられる。従つて実用上の最終酸価としては、1.0, 2.0 という可成り劣化の進んだ点よりももつと低い酸価をとらねばならない。

G.E.<sup>(4)</sup>では最終酸価 0.25 迄の時間を比較することとしているのは上記の理由によると思われる。実際この辺になると触媒に対する油の腐蝕作用も可成り目立つて来る。変圧器油の場合、筆者は<sup>(5)</sup>油の手入又は取替え限界として、酸価 0.3 の点を推奨したが、添加剤入り油の場合でもこの辺でスラッジ析出、腐蝕性顕著等の悪い傾向となるものと考えられる。

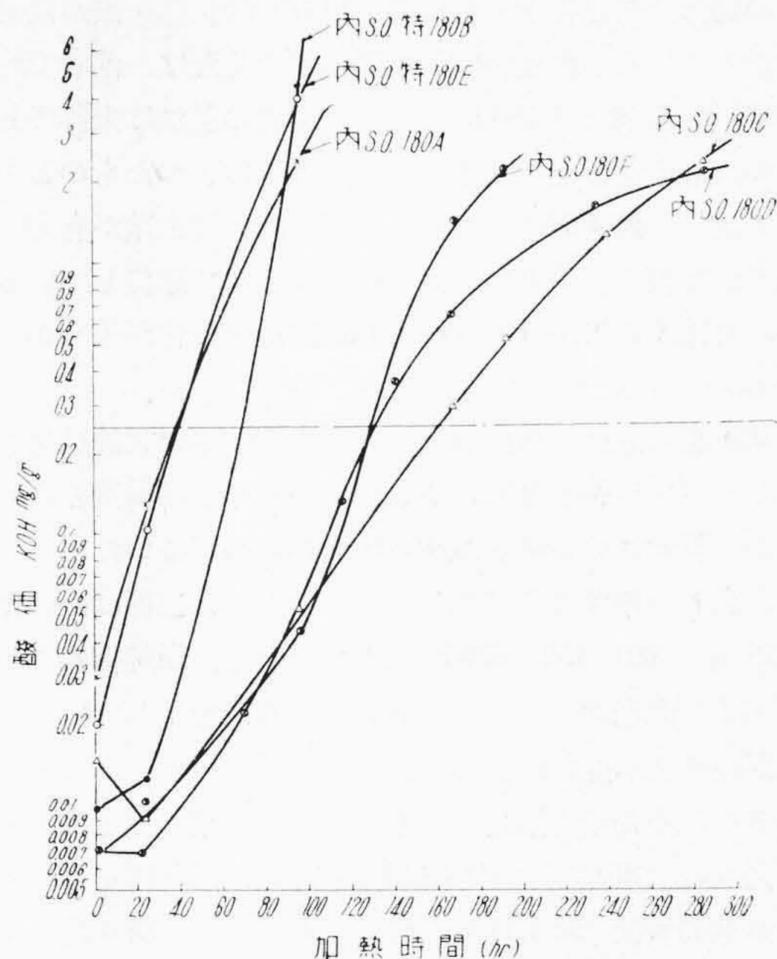
日立製作所は、タービン製作に於て G.E. 社よりの技術の導入を行つているが、この点でも歩調を一に出来るかを知るため一応以下に酸価 0.25 を最終判定値とすることにした。

〔III〕 A.S.T.M. 安定度試験結果

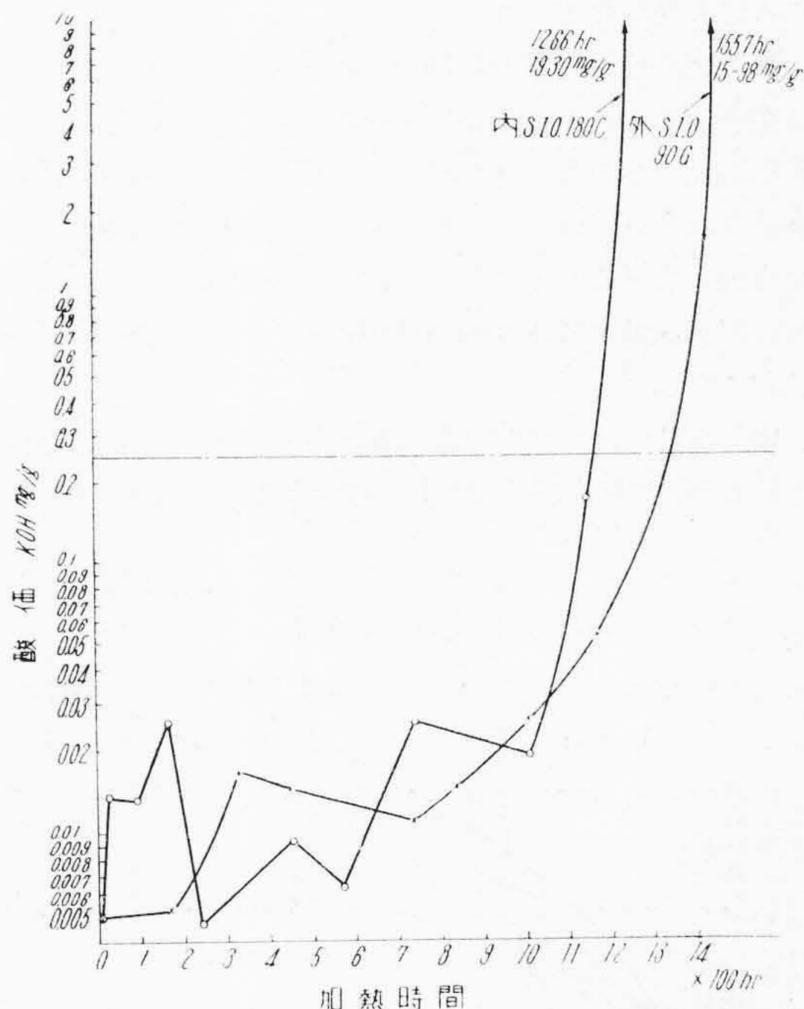
第4図に直溜油の安定度試験結果を示した。

試油は何れも国産品であるが、内地原油より作られたものと輸入原油より作られたものがある。この場合前者の方が良好な成績を示している(内 S.O. 180C 及びD)。後者は溶剤精製法により作られたものも含まれているが余り良い成績を示しておらぬ(内 S.O. 特180B 及びE)。

何れにせよ直溜油は添加剤入り油に比して遙かに短い



第4図 直溜油の安定度試験結果  
Fig. 4. Stability Test Results on Straight Oils



第5図 単純抑制油の安定度試験結果  
Fig. 5. Stability Test Results on Single-Inhibited Oils

寿命であることが後述の結果と比較して判る。

第5図に単純抑制油二種の例を示した。一は外国品で相当使用実績がある。一は国産品であるが、二重抑制油

への過渡的製品と考えられる。何れも酸化防止剤が効果を示している。酸価 0.25 に到る迄の時間は、前者で約 1,300 h, 後で 1,150 h である。後者の基油は未詳であるが、溶剤精製品であるから輸入原油によつたものと考えて良く、第 4 図に比較して如何に酸化防止剤が有力であるかを判る。両者の曲線の傾向は極めて類似しているが、外国品の方が Break point 附近の変化が弛やかである。

第 6 図に国産二重抑制油及び多重抑制油の試験結果を示した。二重抑制油となると酸化防止剤と防錆剤とが入るが、後者は安定度を減ずる傾向のものが多いため、調製に苦心が増すようである。こゝにあげた三種は、酸価 0.25 迄、380, 450, 570 h の寿命を示し、単純抑制油には劣るが直溜油に比すれば著しく長寿命を示している。

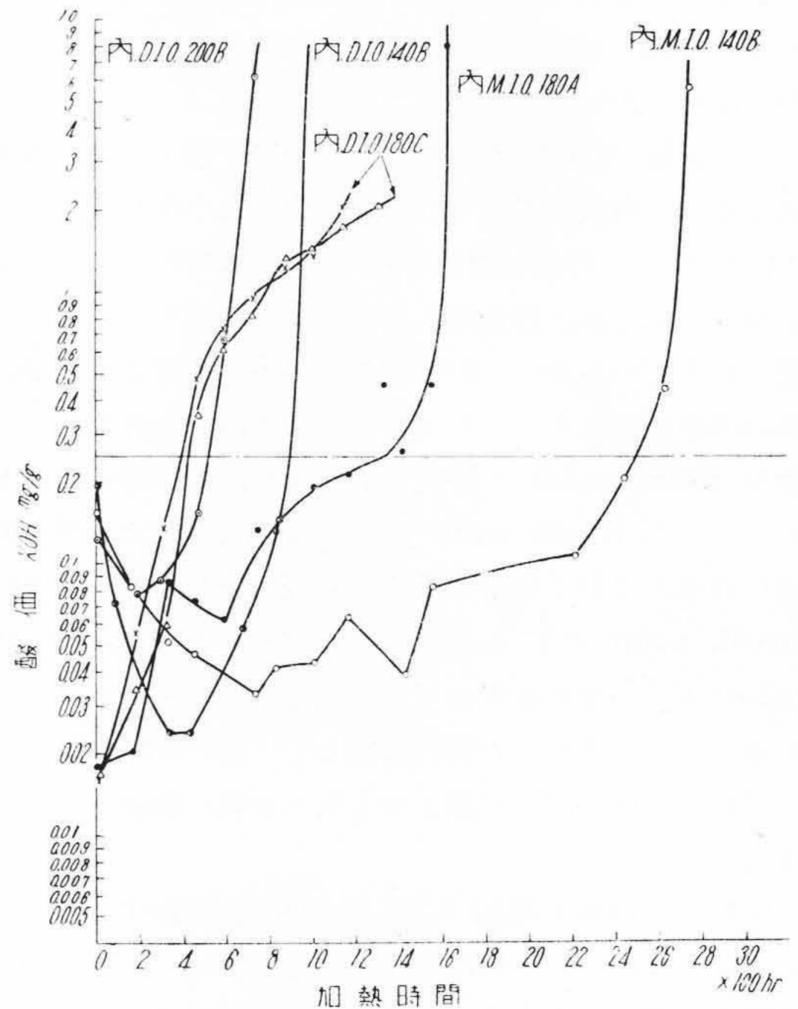
製造研究が進むに従つて更に国産品は改良されて来ているが、添加剤も酸化防止剤一種と防錆剤一種という文字通りの二重抑制油 (D.I.O.) から、更に添加剤をふやした多重抑制油 (M.I.O.) に移つて来ている。第 6 図による二種はそれであつて著しく長寿命となつており、酸価 0.25 迄 1,200 h, 2,500 h という外国品に匹敵乃至優越する成績を示しておる。但しこれらは基油の精製にも特に入念を期したという。

第 7 図に輸入二重抑制油の試験結果を示した。これらは製造元に確めることが出来ぬので判らぬが、恐らく多重抑制油であろう。即ち酸化防止剤一種、防錆剤一種の簡単な組合せではないと思われる。特に酸価曲線が複雑な経過をたどるものに就いてはこの感を深くし、添加剤の作用を調整する添加剤の使用迄行われているのではないだろうか。

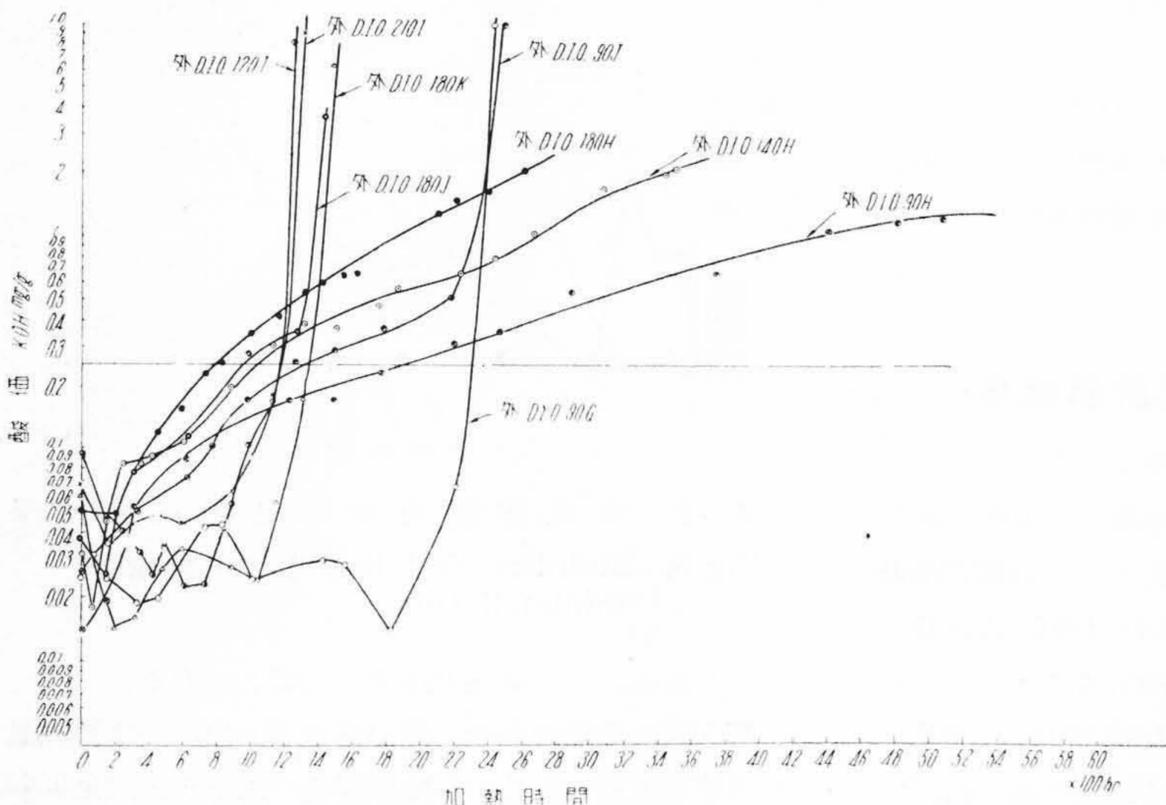
同一会社では大体同じ添加剤が用いられていると想像されるが、酸価漸増型 (H 社), 酸価漸増後急昇型 (J 社),

酸価小浮動後急昇型 (G, I, K 社) の 3 つに分けられる。いずれも粘度の高い油より低い油の方が安定度は多少良好な傾向にあるが、これは基油の精製が粘度の低い油の方がやり易い傾向にあるためと見られる。

酸価 0.25 に達する迄の時間は概ね 1,000 h を越えており、これが G.E. 社をして「酸価 0.25 迄 1,000 h」なる規定を同社の推奨油の規格として採用せしめた理由かも知れぬが、H 社の最高粘度油 (船用) 及び J 社の最高粘度油 (船用) はいずれも 1,000 h に達しない。これらは



第 6 図 国産二重及び多重抑制油の安定度試験結果  
Fig. 6. Stability Test Results on Japanese Double- and Multi-Inhibited Oils



第 7 図  
外国製タービン油の安定度試験結果  
Fig. 7. Stability Test Results on Foreign Turbine Oils

相当定評のある優良油であるから、これらをも含めることが出来るような規格とするには、「酸価 0.25 迄 800h」とするか、或は酸価限界値を上げる必要がある。

本報の結果からは「酸価 0.4 迄 1,000h」を外国一流油の最低限界と認めることが出来る。酸価 0.4 なる値は実用上の最終酸価限度としても適切な値である。

#### [IV] 考 察

安定度試験により判定した寿命と実際使用時の寿命とどの程度に関連するかは判然しない。Fuchs<sup>(3)</sup>によれば、1:5 の場合から、1:200 の場合迄ある。これでは余りに幅があり過ぎる。第4図に示したD社の油は、8,000hの実用寿命を示した。酸価 0.5 で限度として考えれば、概ね 1:50 となるが、この辺の比率が良いところではなかろうか。

安定度試験途中の酸価の動きと、実用上の油の酸価の動きとは更に関連が判然せぬようである。

実用寿命は種々の因子に左右される。機械の性能と使用上の油管理状況で著しく寿命は異つて来るであろう。油と水、空気との混合具合、油の循環速度、タンクの大きさ、旧油残存有無、補給油量及び補給頻度等々多くの因子が影響をもつから、上記の比率が一定せぬのも無理はない。要するに安定度試験では、相対的に油の劣化への抵抗性を測るものである。

直溜油に酸化防止剤のみを加えた単純抑制油は、著しく安定度良好であるが、この型の油は現在、G社の外油が輸入せられているのみで国産では余り聴かない。これは概ね次の如き事情によるものと考えられる。

即ち本邦でのタービン油の改良はまず溶剤精製法の採用から始まり、溶剤精製したものを特タービン油と呼んだ。この油の成績が案外香しくなかつた。このことは第4図の試験結果からも首肯出来よう。即ち安定度は案外良くなかつた。更に悪いことは溶剤精製により精製が進み過ぎ防錆効果ある天然成分も総て除去されてしまったことで、このため発錆事故があつた。従つて添加剤としては酸化防止剤と防錆剤を併用することに間もなくなつてしまつたものである。

然し単純抑制油でも、直溜油より遙かに永い寿命を示す。従つて溶剤精製でなく、天然防錆性物質を多少残す程度に精製(硫酸精製)した油を基油とした単純抑制油は、直溜油よりは遙かに良い性能を示すものと考えられ二重抑制油乃至多重抑制油への過渡的製品としての意義は十分にある。実際問題として、現在二重抑制油の採用を逡巡している向にも、単純抑制油ならば奨め易い点もある。二重抑制油で外国品に匹敵するものは本邦では後述の如く、生産原価が高くなる。単純抑制油ならばそれ

程でもない。従つて結局は二重抑制油乃至多重抑制油を用いることが最良と思われるけれども、過渡的には単純抑制油も本邦では有意義でないかと思う。

本邦の二重抑制油の安定度は原油がアラビア原油であり、硫黄分含量が多過ぎるためなかなか改善しにくいといわれる。生産原価を相当上げて迄特別の精製を行わぬ限り、第5図に示す如く、酸価 0.4 迄 400~500h の製品しか出来ない。特に精製し多重抑制油としたものは、2,600h の寿命となる。日立製作所より東京電力潮田発電所に納入した 55,000 kW タービン発電機にはこの油が採用されておるが、好成績を示しており本邦でも技術的には外国にも劣らぬ点は確実であり、かゝるものが廉価大量に出来るような原油事情の到来を切望する。

上記はアラビア原油の場合であり、内地原油では硫黄の障害も少く、安定度の向上は比較的には容易と思われるが、未だ十分に生産されておらぬようである。

#### [V] 結 言

本報には市販内外タービン油に就いての酸化安定度比較試験結果を記した。

酸化防止剤の効果は著しく、この添加によつて安定度の向上は格段となるが、防錆剤の併用を行うとこれら添加剤同志の拮抗作用があり、安定度向上に製造上の苦心が必要となるものと解される。勿論安定度に影響するのみでなく、泡出ち等にも関連があり、他の性質も落さずに安定度を向上せしめようという点に難かしい所が生ずるものである。

安定度良好、防錆能力優秀な油を使用し、長年月に渉り油の交換の必要もなく、好調の運転を続けようというのが現在の世界の大勢であるから、筆者等は二重抑制油乃至多重抑制油の使用を推奨したい。現在日立製作所より製造されるタービンにはすべてこれを推奨している。

しかし乍ら寿命に関心を持つ以上、良い油を使うと共に良い使用法を採り、折角の油の性能を殺さぬようにすることも大切である。第一にフラッシング(油洗い)によるタービン機内の洗滌により、劣化した旧油、塵埃、油脂等の油の安定度を低下せしめる原因となるものを除くことが大切であり、日立製作所では本邦最初に機械メーカー工場内でのフラッシングを実施した。又据付後に於てもフラッシングを行つてからタービン油を注入することを推奨している。

運転中も出来るだけ遠心清浄機により混入する塵埃、水分等を除去することを推奨し、長期に渉り良好なる運転の行われんことを期待している。

油の安定度から現在の市販油を見れば、前報に分類した如く、直溜油、単純抑制油、二重抑制油、多重抑制油の

4種になる。直溜油は既に旧時代のものといつて差支えなく、少くともこれに代えて単純抑制油を用いて寿命の永きを期待すべきであろう。水分は蒸気漏洩がなくても混入するから(例えば油温昇降に伴う湿気の吸収と析出)機内に沈下して発錆を起しがちであり、従つて単純抑制油より更に進歩した二重乃至多重抑制油の使用が望ましい。

本邦製二重抑制油は原油の関係から、安定度が外国品に劣るものがあるが、なお直溜油に比すれば安定度は倍乃至数倍であり、防錆作用は遙かに強いから好成績が期待される。

世界に定評ある油の安定度は、最低限で酸価 0.4 迄 1,000 h であり、本邦製品でも特製品は遙かに限界以上であることは心強い次第であり、原油事情の好転によりかゝるものの普通品と化することを期待する。

現在本邦では種々のタービン油が使われており、その銘柄は十数種に達している。使用者は直溜油でも十分に合っているといつて他を顧みぬ所もあるが、結局の経済からも機械のためにも、安定度良好な油を使用しても

らう方がよい。この点本邦では未だ啓蒙時代と考えられる。

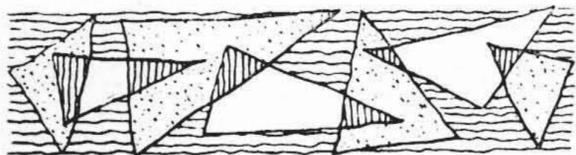
タービン油の銘柄の余りに多いことから、使用者は選定に迷うのが現状である。しかも現在のところ混合使用の可否は判然としておらぬので更に不便である。

石油会社が互に技能を競うのも良いけれども、使用者の便も考えて、少くとも混合使用は可能であるものを心懸けてもらいたいものである。

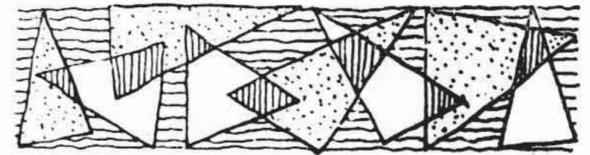
混合タービン油の性状に就いては又機会をまつて発表することゝしたい。

#### 参 考 文 献

- (1) 高橋, 茂庭: 日立評論 36 905 (昭 29)
- (2) A.S.T.M. Standards on Petroleum Products and Lubricants, 415~419 (1951)
- (3) G.H. von Fuchs, N.B. Wilson, K.R. Edluno: Ind. Eng. Chem. 13 306 (1941)
- (4) Oil Recommendations, G.E.I.-1563Q
- (5) 高橋: 日立評論 36 673 (昭 29)



### 新 案 の 紹 介



実 用 新 案 第 403442 号

吉 見 環 ・ 高 木 収 ・ 黒 沢 光 明

### 培 養 タ ン ク の 攪 拌 装 置

本案は酵母類の培養タンクの攪拌装置に関するものである。タンク内の液に噴出管 A, B より空気を補給して混合攪拌する場合従来は主翼 C, D のような大きい翼で罐内一杯に攪拌していたのであるが、これだけでは噴出空気を液全体に亘り良好に接触せしめることは困難であつた。亦空気は気粒が大なるまゝ翼の間隙を縫つて上昇してしまい、しかも気泡は回転軸の附近に集合し勝ちで、液体内にまんべんなく分布することができず攪拌効果を低下せしめていた。本案は上記の欠点を改良しようとして攪拌主翼の外に小さい補助翼 E, F を設けたことを特長とする。この補助翼により空気が中央部に集中しようとするのを防ぎ、且つ主翼間の間隙を通過して上昇しようとする空気粒を微細に分散して外部の液体中に混和させるから、液体と空気は完全に混合され且つ液体と空気の接触を良好ならしめて液体中に散在する菌の代謝作用を助成し攪拌効果を十分に挙げうるものである。

(高橋)

