

タービン潤滑油の検討(第6報終篇)

— 選択と使用上の諸問題 —

Studies on Turbine Oils (Part 6, Concluded)

— Problems in Selection and Use —

高橋 治 男*

内 容 梗 概

報告を終るに当り、試験法各種に対する著者の意見を述べ、かつ、これらの方法を用いてタービン油をいかに選ぶべきかを述べた。

使用法に関しては、特にフラッシングの方法と意味および油水分の除去について述べた。

〔I〕 緒 言

既数報⁽¹⁾にタービン潤滑油についてしばしば問題とされる諸性質につき、広く内外市販油について実験した結果を報告し、それぞれ多少の筆者の意見を加えてきた。こゝに全篇を終るに当つて再びこれらを総括的に考えて見たい。すでに各篇にも述べたように試験法自体にも疑問が多くある。いかなる点に問題ありやを概観し、現状においてやむなくこれらの試験法に依る場合、いかにしてタービン油を選ぶべきかについて考え、最後にタービン油の使用上の注意点を述べることにしたい。

〔II〕 各種試験法について

タービン油の各種試験法は実用成績に適合した完全なもののみとは思えない。むしろ、主要な試験の多くが、なお研究改良を必要とするものと思われる。すでに第1報の頭初にも述べたように、机上試験は実用状態と程遠い状態での試験であり、その実施条件はなるべく実用に近い条件を選んではあるが、どうしても単純であり、条件因子の強調し方が不釣合であつたりして理想的なものはいえらるべくもない。むしろ、これらの試験は油の性能の一面を知るに過ぎぬことを充分認識し、油の良否、適否等の判断には、これらの試験を各種行つた結果の総合的判断が必要であり、したがつて試験者の綜合力、判断力にまたねばならぬことを知らねばならない。かくして、試験法の良否も、その試験が実用にいかに近いかよりも、いかなる性能をつかむことができるか、その成果が、油の適否判断上いかに有用でありうるかにある。試験法の結果が権威あるのではなく、結果に基づく判断をする人に権威を求むべきである。

タービン油試験法のうち、最も重要と思われる酸化安定度試験法 (A. S. T. M. D 943-47 T) にまず問題がある。臨時日本標準規格 K 類第 59 号第二十五条の試験では、無触媒 170°C 24時間 の加熱を行いスラッチの析出せ

ざることを条件としたが、添加剤はかゝる高温には到底堪ええず、実用上優秀な成績を示す添加剤入り油もこの試験には一たまりもなく不合格となるものが多い。したがつて添加剤入り油には 95°C で行う A. S. T. M. 法が適当とされる。95°C でも実際のタービン油の使用平均温度よりは、なお大分高い温度であると考えられる。しかし、実際のタービンでは果して高温に触れる機会なく、耐熱的要素は油の安定性を考える上に必要ないかということ、必ずしもそうは考えられない。蒸気タービンの油の使命は、周知のごとく、潤滑と冷却との二つの役目を兼ね行つている。タービンロータは 300~550°C の高温蒸気により駆動されており、その部の軸の温度はこの高温にまで到ると考えられるが、この部よりベアリングまでは僅かに 1~2 m であり、この間に特に熱的障壁はない。されば、ベアリング部分ではベアリング温度は 65°C としても、軸の温度は 150~250°C であり、この間に高速の油流があつて熱的遮断をしておると考えられている。⁽⁶⁾ 油は、瞬時的にかゝる高温部に触れる部分がある。添加剤が、これらの高温に永くは保ち得ぬにせよ、瞬間的に接触し、ふたゝび低温油と混ざることとなるので著しい分解は起さず済むようであるが、歪をうけることは間違いなく、耐熱性の悪い添加剤を用いた油ではこれに起因すると考えられるスラッチの生成を認めた例がある。この故に、耐熱性の試験は必要と思うが、これには高温で油を永く加熱するのは適当でなく、油を高速流動させ、その油流中の一局部に高温点を作り、平均油温は低いが、局部的瞬間的には油は高温と接触するという形の試験器を必要としよう。実際にこの種の試験機として Underwood の試験機が考案使用され好評であるという。

温度の問題の外に、触媒として多量に存在する銅線、鉄線の量、水の量、それらの機作の問題もある。元來、机上試験は実用成績を短時日に予知するのを目的として考えられるので、触媒等の多用を免れないが、実際使用状況下においても存在するこれらの触媒的要素の組み合わせとは異つた誇張され方の組み合わせとなることはやむを

* 日立製作所日立研究所 理博

えない。その場合、ある因子（例えば銅触媒の影響）がある油では特に強く効くということがあるようである。したがって、この試験での酸価上昇曲線が実際使用上の成績と全く合致しない場合もありうる。

ともかく、この A. S. T. M. 酸化安定度試験では、酸化防止剤の効き方を検すものと考えるべく、余り多くを期待すべきではない。また、この試験では、油の酸価の増加のみを追求することになつておるが、さらに大切なスラッジ析出の有無も常に観察し、たとえ酸価は少くとも、スラッジ析出ある場合は、不良とせねばならない。

試験さるべき油の側にも注意が必要である。添加剤入り油の大抵のものは防錆剤をも共含有しておる。この防錆剤は、タービンの機械、パイプ等の壁に吸着され、油母体の含量は減少する。したがって実際に循環使用されている油はかゝる母体の油であるが、その寿命は、安定度試験機にかゝる新油とは異なることになる。かゝる点は、なお検討すべき問題点である。

さて、筆者は、一応この A. S. T. M. 試験法により、1,000 時間の酸価 0.4 を良質油の目安とした。⁽²⁾ このことは、内外タービン油の好評なものを試験した結論として、この試験法ならばこの位の目安内の試験値を出しうる程度に酸化防止剤が効いておるといふに過ぎず、試験法自体から、実用上の何年に対し何時間が該当するといふことはできにくい。机上試験法とはそうしたものであると思う。この試験法が長時間にすぎるといつてさらに短い方法を工夫検討する人もあるが、その場合はまた、新しい試験法の意義は充分検討し直されることが必要で、たゞ幾何学的に比例するような考え方をとるのは誤つておる。

つぎに、抗乳化性、泡立ち性などの界面化学的性状も問題が多い。これらの性状は、不純物の影響をうけやすく、酸素、湿気の吸収のみでも変化をうけるのではないかと思われることは既報した。⁽¹⁾ 試験法自体も単純なようで案外複雑な現象を含んでおり、結局、いかなる油の性状を測つておると解すべきかなお吟味が必要のようである。A. S. T. M. では既述⁽¹⁾ の米国政府法をさらに改めてつぎのごとくにした。⁽⁷⁾

水 40 cc と油 40 cc を 27~30 φ のメスシリンダーに入れ、130°F で 5 分、1,500±15 rpm にて攪拌する。（攪拌翼寸法：長さ $4\frac{3}{4}\pm\frac{1}{16}$ 吋、巾 $\frac{3}{4}\pm\frac{1}{64}$ 吋、厚 $\frac{1}{16}$ 吋）攪拌 5 分後、攪拌翼を取出し、メスシリンダーは恒温槽中に保ち、5 分毎に取出し観測し、水層、油層、エマルジョン層の容積を読む。エマルジョン 3 cc 以下となるまで測定をつゞける。1 時間経ても 3 cc 以下にならぬときは 1 時間で測定を打切る。

この方法は簡単で抗乳化性を比較的实际に近い状況下

に観測々定するものであるが、実施して見ると、なお再現性等に色々問題がある。

起泡性については、既報⁽⁴⁾ のごとく、まだ今後検討すべき点が多い。

これらの界面化学的性質が実際使用上どれだけの意義をもつておるかはよく考えねばならない。たとえば、蒸気抗乳化度が低下したとて、大して劣化してもいない油を廃油としてしまうことがしばしば本邦では行われて来たが、実際問題として、蒸気抗乳化度が零近い油でも結構使える記録がしばしばある。特別の劣化、異物の混入により著しく抗乳化性に異変が生じた場合はともかく、かゝる異状なくとも、使用中に低下した場合、果して油が不良と切り切れるか否か問題である。既報⁽¹⁾ したように蒸気抗乳化度とハーシェル式測定機による結果とは一致しない。蒸気抗乳化度とは実際タービンにおいて起るいかなる現象の目安であるかがあいまいである。

米国政府法、A. S. T. M. 法などの攪拌法は機械的に混合された油の分離速度を知ろうとする。分離しにくい油はオイルタンク等にて水を分離しにくく、混水油となつて循環の恐れがある。この値がどの位であればよいかは、オイルタンクの容量、遠心清浄等の除水設備の能力に関係してくる。

油が水と分離しやすいことを望んでもその上限は余り高いとも思われぬ。水分の分離は、機械装置の性能にできるだけ期待すべきであろう。現在、米国では除水設備を充分にして、油の抗乳化性等のあいまいな性質には多くを期待しておらぬごとくである。

抗乳化性試験（攪拌法）は、文字通り乳化しにくさの試験と解し、その試験値低下せるときは水分分離に努め、異常に低下した際は異物混入等なんらかの原因をつきとめて油の手入を行うなど、もつぱら油の使用上の性能変化のチェックに用いられるのが正しいと思う。新油についていたずらにその値の大小を競うのは無意味であろう。

油性については既報⁽³⁾ のごとく、現在のタービン油で著しい差はなく、減速歯車、ウォームギヤ等における以外は比較的必要性がうすい。新油に対してよりも、むしろ使用油について測定の方が意義ある場合がある。

防錆能力については、添加剤入り新油は A. S. T. M. D665-50T の試験に合格するように作られておることは既報⁽¹⁾ した。この性能は従来直溜油に比しはるかに強力である。たゞし、この程度に防錆剤が油中にあるのは新油の間だけで、タービンに入れた油は防錆剤が機壁、パイプ内側に吸着されて油内の濃度が低下し、油としては防錆試験に合格しなくなることがある。すでに機内に防錆膜を張る役目を果たした油であるから、この場合の不適合は問題ないものと思はれる。

〔III〕タービン油の選択

試験法について、前章に述べたごとく種々疑問点が考えられるとすると、やむなくこれらの試験法を用いてタービン油を選定する現在では、いかにしてタービン油を選択すべきかが問題になる。理論的に試験法の意義が充分明確でないとするれば、経験に頼る外はなく、添加剤入りタービン油について本邦では充分の実績がないからには外国の実用例にたよる外はない。すなわち、外国で定評あるタービン油が示す試験値を一応良油の基準に選ぶ外はない。すでに発表した我々の検討結果により、これらの基準値はおおむね推察出来ると思われるので、こゝには特に示さない。最も重視すべきは適切な粘度の選定で、液体潤滑を充分に行わせるにたる粘度は機械構造より定つて来る。次は酸化安定度であり、特に劣化によりスラッジを発生せぬこと、ついで酸価の上昇せぬことである。A. S. T. M. 酸化安定度試験を注意深く行うことにより、これらの傾向をある程度つかむことができる。防錆能力も大切であるが、いちじるしい甲乙はなく、油性等他の性質もいちじるしい差はない。粘度指数は航空機用潤滑油では重要であるが、タービン油では比較的問題少く、70以上あれば充分と考えられておる。

油の性状が合格した上で考うべきことは、附随するサービスである。すなわち、油の取扱いをめぐる技術的相談、処置などで、これが有料か無料かはこゝに問わぬとしても、かならず必要であることは、長期にわたつて使用される油に関して当然考えねばならない。これらの処置や相談に便利な所、親切な所から購入することも大切な条件の一つとなるであろう。

〔IV〕使用上の注意

油の使用に先立つて機械の油洗いをを行う。この作業をフラッシング(Flushing)という。現代の高性能なタービン油は長期運転を目標にする。機械も勿論長期寿命と長期運転を目標に作られる。したがつて、油を痛めるもの、機械を傷けるものをできるだけ排除してから油を入れ運転にかゝる。この清掃がフラッシングである。機械は腐蝕防止剤の入つた酸による酸洗いなどにより充分清浄に作り上げられるが、組立、配管などに伴う熔接屑、切り粉、木屑、ぼろなどから、工作上に使用したグリース、機械油、ペイントなどの附着を免れない。したがつて、組立後、フラッシングを行い、これらを除去する。フラッシングは機械製造工場でも試運転前に行い、使用工場でも組立後に行うのがよい。日立製作所日立工場では、本邦機械工場として最初のタービンフラッシングを米国キャラス社納船用タービンについて実施、以後多く

の実施例を重ねておる。

フラッシングでは最初に本当の潤滑油よりも低粘度の油を使用、かつ、この油を暖めて使用する。この油の循環により機内に附着する工作油、グリース、防錆剤を溶解し、固形物を押し流す。スケールなどのあつた場合には、給油による機壁および配管の膨脹は、その剥離除去を助ける。これら異物は、フラッシング油の循環系統中にストレーナ、遠心清浄機、フィルタプレス等を入れて絶えず除去に努める。フラッシング油には、本来の潤滑に使用せんとするタービン油に含まれる防錆剤と同一種の防錆剤を添加し、清掃と同時に機内の防錆も行われるようにするのが望ましい。また、天井部分など、油のとゞかぬ恐れある部分には人力で特に清掃を行うことが必要である。この操作は防錆作業をも兼ねるので、油タンク壁面などについても充分に行うことが必要である。

フラッシングは流出油の性状を監視して行い、その汚損の進行の止るまで行い、小型機では4時間以上、大型機では96時間以上に達することがある。この間に意外に多量の不純物異物の除去を見ることがある。

次に潤滑油と同じ粘度の油を2時間位循環させ、フラッシング油の残りをとると共に、なお残存する異物を除く。この置換油も、流出油を監視して置換操作の終点を判断する。

かくて機体および配管類がすべて清潔になつたことを確かめ、始めて潤滑油と入れかえて運転に入る。

もしこのフラッシングを怠ると、折角の新しい高性能潤滑油も不純物の溶解によりいちじるしく性能を低下する恐れがあり、塵埃、熔接屑、切り粉などの混在により、機械内部を痛め、あるいは主要部を詰り、機械の動きを邪魔し、ベアリング等を焼く原因ともなる。

フラッシングの方法の詳細については、A. S. T. M., A. S. M. E. 共同委員会の詳細な推奨方法⁽⁸⁾の発表がある。

いよいよ運転に入つたタービンの油の管理上特に配慮すべきは、水分、塵埃等の異物の除去である。水分は循環油系統に吸い込まれる空気のもたらすもの、グランドや各所の接合部より漏洩するものなどが考えられる。油は暖かい時に水分を吸収し、冷所において排出する性質があるから、軸受台、減速歯車ケース、油溜、タンクなどに湿気の多くなることあり、換気口を設けて排出する外、油循環系統内に遠心清浄機、特殊フィルタなどを使用し除去することを努めねばならない。最近のタービンにはこれらの設備が附属し常時運転されておる。

タンクには蒸気抽出器を附し、減圧にて水分を除いているが、船舶用タービンでは歯車ケースに対しても上部よりパイプにて誘導し、冷凍機による脱水を行う例も出

ている。

水分の害は油劣化の促進，機体内の発錆等を直接惹起し，その結果，潤滑系統に異物を混入し大事にいたる恐れがあるので，極力その排除に努めねばならぬ訳である。

〔V〕 結 言

数報にわたつてタービン油の試験結果を検討報告して来たが，こゝに一応本稿を終ることとする。試験方法にも疑問があり，結果の解釈にも断定的のものが少く物足りない感は筆者自身にもある。しかし，決定的なことを述べることは現状では誰人にも不可能であり，述べることは誤りでさえあると考えられる。

近年，すべての方面に寿命を重視し，保守管理手数の軽減が計られるようになって来た。機器が巨大高価となり，人件費が高騰した当然の結果でもあるし，技術が進歩してそこ迄考え得るようになって来た喜ぶべき結果でもある。しかしながら，従来の倍も10倍もの安全を保障し，予知することはなかなかむづかしいことである。そのためには，従来に比し遥かに多くの努力を必要とするのはやむを得ない。たとえば，酸化安定度試験における1,000時間以上にもわたる試験も必要であり，従来と同じ考え方でせいぜい数10時間に限ろうとしても現状では意味がないし，あまりに性急で永い将来のことを考えるというのが無理であり，矛盾しておる。

我々，日本人は性急で短時間に断定的のことを望む傾向が強い。この頭は長期寿命を問題にするようになって来た現在では切り換えねばならぬのではないだろうか。また，一つのものにすべてを負わせることも，単純過ぎる考え方である。油さえ良ければ，または機械さえ良ければ万事良しとなることを望み勝ちである。実際は，油と機械と機械運転の仕方との三要素が良好であつて始めて良好な運転を長期に保証出来る。総合的に考え判断することが必要である。

油に関しては油屋まかせであり，油業者は機械は機械屋まかせで互に独立であつては勝手気まま，各人ばらば

らの説を唱え，混乱に陥ることは，終戦後，正に本邦で体験されたところだつた。機械製作者も，機械使用者も，主要材料である潤滑油に関し，常に調査研究することが必要である。我々の研究の結論は，油について断定的な結論を獲得して安心してしまうことは出来ず，機械に油を必要とする限りは我々機械製作者側でも油の研究を怠り得ないということになる。

油の販売等の立場からは，なんらか決定的なことをとらえて説得の根拠といたく，使用者としては同様になんらかの方法で明確に選別の基準としたいであろう。しかし，我々は油の性能がある標準にまで達しておるか否かを判定するだけしか今のところできそうもない。無暗に断定的な説が出て，それらが互に矛盾し，本邦タービン油界が混乱したことを想い，我々はたゞ赤裸に実証結果を報告することを主とした。なお，多くの方面から多くの検討がなされねばならない。我々の報告がタービン油に関する混沌を排除し，正しい判断を作る上に多少とも参考になれば，望外の喜びである。

擧筆に当り，本研究に御指導頂いた日立研究所長三浦倫義博士，常に相談に預つて頂いた日立工場火力部タービン設計課綿森課長，樋熊技師に深謝する。

又，本研究用試料油を提供され，かつ，多くの討議参考記録を提供頂いた日本石油，スタンダードヴァキウム，昭和石油，シェル石油，三菱石油，日本鉱業油業部等の石油会社に対し，また，現場状況に関し種々御教示頂いた東京電力，中部電力各発電所の方々に対し厚く感謝申上げる。

参 考 文 献

- (1) 高橋，茂庭：日立評論 36, 1954, 905
- (2) 高橋，茂庭：日立評論 36, 1954, 993
- (3) 高橋，茂庭：日立評論 36, 1954, 1171
- (4) 高橋：日立評論 37, 1955, 1332,
- (5) 高橋：日立評論 37, 1955, 日立評論印刷中
- (6) G.H. Clark: Scientific Lubrication, Oct., 1953, 12.
- (7) A.S.T.M: Proposed Method of Test for Emulsion Characteristics of Steam Turbine Oils, published as information only, June, 1954.
- (8) Lubr, Eng. Feb. 1953. P. 14



「日立評論」綴込みカバー

(送料共) 特価1組 ¥100

「日立評論」の綴込み用として美しい綴込みカバーを発売致しております。

御希望の方には実費でお願ひ致しておりますから下記に御申込み下さい。

日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内1の4(新丸ビル7階)

振替口座 東京 71824