

タービン潤滑油の検討 (第1報)

—序論及び防錆能力と抗乳化性の検討—

高橋 治 男* 茂庭 喜 弘**

Studies on the Turbine Oils (Part 1)

—Introduction and the Study on Rust Preventive
Characteristics and the Demulsibility—By Haruo Takahashi, D.S. and Yoshihiro Moniwa
Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

The latest turbine lubricating oils are highly refined and contain several kinds of inhibitors and improvers, their composition being increasingly complicated to make them incorporate higher grade of quality. But, such a wide variety of turbine oils has become available on the market here that the consumers seem somewhat at a loss how to select a most proper one for their own requirements. Moreover, the users of the new inhibited turbine oil are required to have thorough knowledge of its properties and characteristics in order that they can enjoy the superior quality of the oil to its full value.

In this article, the writers introduce the results of their investigation in almost all kinds of turbine oils, produced both at home and abroad, referring to the qualities of the recent inhibited turbine oils, and expressed their views on the proper usage of the oils, centering around the discussion on the rust preventive characteristics and the demulsibility of oils.

〔I〕 緒 言

発電所用、船舶用等種々の原動機に蒸気タービンは益々広く用いられると共に益々大容量高速回転となつて行くが、それだけに又、事故や補修による停止のもたらす損失は大であり、運転保守に慎重を期して安全な長期運転が要望される。

このために十分に注意すべきものゝ一つにタービン潤滑油があり、選定に際してはその品質、使用中はその品質の変化に多大の関心が払われている。古くから、多くの事故が、油の劣化に関連するものとして考えられて来た。従つて、石油会社はその性能改善に努め、特に近年、添加剤の発達に伴い、逸早くこれを採り入れ、現在のタービン潤滑油は、石油系潤滑油の中では、技術的に

も極めて高い位置にある。

かくの如くタービン油が進歩したことは、誠に喜びに堪えぬ所ではあるが、添加剤を含んだタービン油は、最早旧来のタービン油規格の限定する領域を飛出しており、内外各石油会社がそれぞれ独自の製品を作つて、各々その特長を宣伝誇示し、各使用者としては選定に迷う状況である。

更に新しいタービン油は、添加剤の使用により著しく性能を向上したとはいえ、従来の単純な精製鉱油単味のものに比して相当複雑な性質を示し、使用上にも特に留意すべきものゝあることは確実である。

従つて市販の新しいタービン油各種を試験し、その性能を知り選定の規準を如何にとるべきか、これの使用には如何なる点に留意すべきかを知ることが必要となる。日立製作所では多数のタービンを製作、各所に納入しておる関係上、納入先諸需要家の御参考にも、これらの点

* 日立製作所日立研究所 理博

** 日立製作所日立研究所

を詳細検討する必要を認め、日立研究所に於てこの2年余に渉り、市販内外タービン油を広く蒐集し、そのすべてに就いて各種の試験を実施して来た。その結果をこゝに報告する次第である。

〔II〕 机上試験の意義に就いて

我々の行ったものは、専ら机上試験であり、タービン油の性能を知ることが目的とする。机上試験も出来るだけ実際使用条件を勘案した条件のもとであつて、実用上の成果の予知に役立つものが望ましい。然し乍ら実上の条件を適当な比例性を保つて机上試験に織込むことは難しく、すべてかゝる試験法と実上の適合性が問題となるのであるが、タービン油の場合には机上試験の無力を説く者が特にタービン油販売技術者に多い。然しそれは行き過ぎであつて、他の同様の試験と同じく机上試験結果と実用成績との完全な平行性は望み得ないにせよ、実用成績を予測するのに可成り役立つものと考えべきであり、その関係の不適確なものに就いては更に究明して試験法自体をも改良して行くべきである。

タービンの事故には設計製作上の問題、材質の問題、運転条件、油等の保守管理上の問題など種々の条件が原因しておる場合があり、単に油のみに事故の原因を帰せらるべきでないと共に、油が良いだけで安心出来るものでもない。機械の性質と共に油の性質をも良く知り、適切な保守管理を行うべきであり、この油の性質を知るために成るべく実用に近い条件をとり入れた机上試験を行うのが油試験の目的であるといえよう。

〔III〕 新しいタービン油

タービン油が単に適当な潤滑を行わせる粘度さえあればよいと考えられたのは、初期のタービンの時代であつて、タービンが次第に高速高温になるにつれて、スラッジの発生等劣化による障害が多くなつて来た。これには油の精製度をあげて劣化しにくいものを作る努力がなされたが、精製が進んで油は金属への附着力が水に劣り、水が混入するとたやすく機械は発錆し、そのため運転上の障害が起り、防錆剤の添加が必要となつて来た。又精製だけでは十分な安定性を保障し難く、酸化防止剤の発達に伴いこれを添加して酸化に対する安定性を増大することゝなつた。更に進んだ最近のタービン油は消泡剤、洗滌剤など種々の添加剤をも加え合せておる。これらの添加剤の相互作用もあり、添加剤の鉱油ベースへの適合性もあつてその適当な選択配合には少からぬ研究を必要としている。本邦に市販されるタービン油を分類して次の4種に筆者は分けておる。

(1) 直溜油 (Straight Mineral Oil) S.O.

全く添加剤の入らぬ油で、単に鉱油を精製したものの、従来の本邦市販油は大抵これに属する。

(2) 単純抑制油 (Single Inhibited Oil) S.I.O.

精製鉱油に酸化防止剤のみを添加したものの。本邦の新型油試作初期には、まずこれが作られ使用された。本邦市販外油にもこの型と見られるものが現存する。

(3) 二重抑制油 (Double Inhibited Oil) D.I.O.

精製鉱油に酸化防止剤と防錆剤とを添加したものの。この型のものは現在相当使われておる。

(4) 多重抑制油 (Multi-inhibited Oil) M.I.O.

精製鉱油に、酸化防止剤、防錆剤、消泡剤、洗滌剤など種々の添加剤を混入したものの。

(3)と(4)は、外国では併せて Double Inhibited Oil と呼ばれており、両種の区別を簡単に試験してつけることは難しい。従つて本報告でもこれの区別は行わぬことゝした。然し(4)の方が(3)よりも深い研究により、性能を改善して作られたもので、例えば安定性なども遙かに良くなつておる場合が多く、タービン油の選択の立場からはこの分類を置きたい。時によつてこの名称を用うることが有利である。

〔IV〕 防 錆 能 力

錆の発生が好ましくないことはすべての機械に共通であるが、油さえくれば置けば錆が出ないという漠然たる観念が殆ど常識化しておる。実際油の存在によつて、錆の発生が可成り喰止められる場合が多いが、然らざる場合も多く、油が存在しても重大な発錆事故の起ることがある。米国ゼネラルエレクトリック会社の技師 Linn⁽¹⁾氏は、防錆剤の入らぬ油を使用した場合、特にガバナ系統の錆付が起り、その操作を不安定にし誤らしめた例が多かつたこと、又配管内の錆が数日にて発生した等の事故を報告しておる。

錆の発生は酸化及び電気化学的腐蝕によると考えられ、酸化の方は温度が高くない場合は大したことはないが、電気化学的腐蝕は問題である。後者は水の存在によつて起る。金属表面に水が附着した場合、水を導体として金属表面の電気化学的陽性の部分から陰性の部分へ局部電流が流れることによつて腐蝕が進行する。従つて純鉄の如く、全く均質なものでは腐蝕が起らないし、水が不純であつて電導度が良い程腐蝕の進行は烈しい。油は水と金属との接触を妨げることにより腐蝕を防止するが油があつても水が金属と腐蝕反応に十分な時間接触することが出来れば腐蝕は起る。腐蝕が起るか起らぬかは、水と油と何れが金属面を蔽つておるかの問題となる。常

に油が金属面を蔽つておるようにするためには、油の金属に対する附着力が水の金属に対する附着力に打克たねばならない。

油の精製度が高くなるに従い、油と金属との附着力は減少して来る。このためタービン油の精製度が進むに従い、水の混入による錆の発生の事故が増大し、1930年代に相当の事故があつた模様で、1938年頃より、防錆剤の使用が始つた。

防錆剤としては分子内に極性のある化合物が使用される。エステル類、窒素化合物、燐化合物、金属石鹼、硫黄化合物、カルボン酸等に属する化合物が適当に選択使用される。かゝるものはその極性により金属に附着し易く、それにつれて油も附着することとなる。精製度の余り高くない間は油にかゝる類の極性物質が天然に多少とも含有されておるが、精製を進めるとこれが取去られてしまい、極性のない炭化水素のみとなり金属との附着力は僅少となる。水は極性を有し金属に附着するから、これと競合して油も金属に附着し易くするには防錆剤の添加が必要である。

たゞ防錆剤を入れる必然的結果として、油と水との界面張力も減少し、抗乳化性の低下が起る。この点に就いては後段に検討する。

[V] 防錆能力試験法の意味

防錆能力の試験法として下記の三種の方法を検討して見ることにした。

- (1) A.S.T.M. D 665-50 T⁽²⁾
- (2) Film Tenacity Test (油膜強靱性試験)⁽³⁾
- (3) Static Water Drop Test (静止水滴試験)⁽⁴⁾

A.S.T.M. 法は現在タービン油の防錆能力の試験法としては最も広く用いられており、油と水又は海水との混合液中に鉄棒を浸して、液を一定時間攪拌し発錆の有無を検する。

Film Tenacity Test は、Caltex のタービン油説明書にあるもので、A.S.T.M. と同じ装置であるが、油に浸して引上げることにより表面に油膜をもつた鉄棒を水中に懸垂して水を攪拌し、一定時間後発錆の有無を検する。

Static Water Drop Test は油中に沈めた鉄板上に水滴を落して、一定時間静止放置後の発錆状況を観測する。

A.S.T.M. 法では水と油の混合液が鉄棒表面に接触するので、水と油の鉄棒に対する附着力に大差が無い場合はこれらが交互に鉄棒表面を洗い発錆せぬものと考えられる。水の方が附着力が強い場合には、水が附着し発錆反応の起る十分な時間附着しておれば発錆が起る。油の

附着力が水に優れば水は鉄棒に附着停滞出来ず発錆反応は起らない。

Film Tenacity Test に於ては、最初に鉄棒に油膜を附着せしめて置き、これを攪拌されつゝある水中に保つのであるから発錆が起るのは油の附着力が水の附着力に劣つて、油が水に取つて代られた場合である。防錆剤の入つた油で最初は水よりも鉄棒への附着力が強くて、防錆剤が次第に水に溶解して少くなり、遂に効力が弱く附着力が小さくなつて水に取つて代られることもあり得る。かゝる現象を Leaching (晒し効果とでも訳すべきか) と呼んでおるが、この試験に於ける重要な因子である。

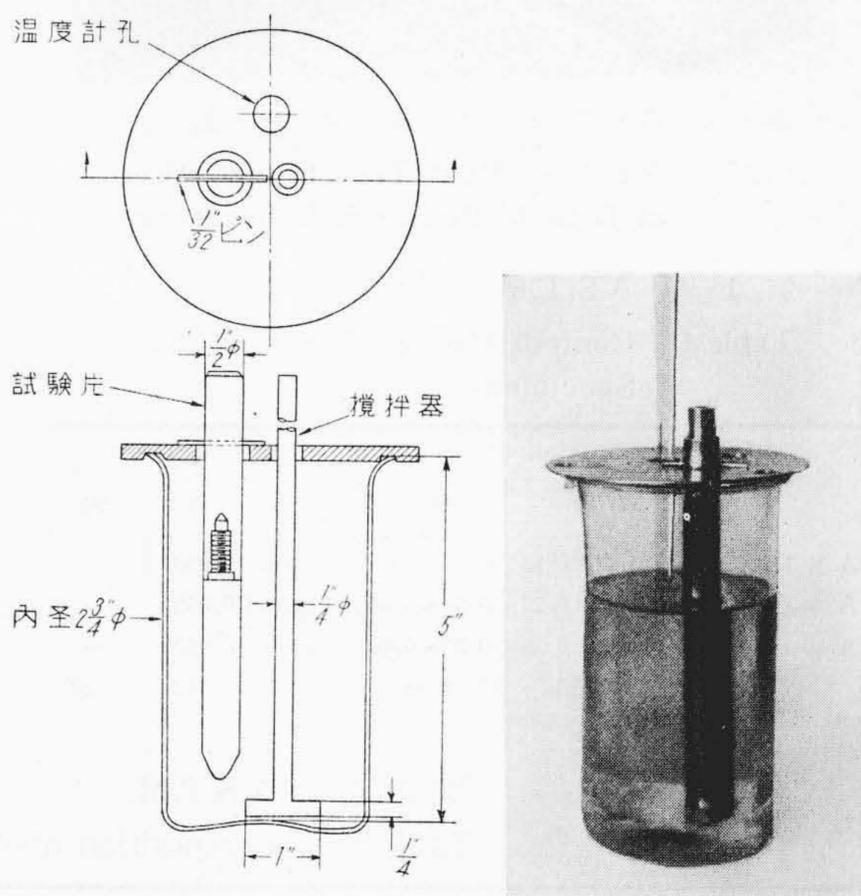
Static Water Drop Test では、水滴が油を押しつけて、鉄板に接触すれば発錆が起る。この場合には水の附着力と水滴重量との和が油の附着力に打克つと水滴は鉄板に接触して発錆が起るわけである。

三種の試験法の意味はそれぞれ上述の如くであるが、これらを市販各種タービン油に実施し効果を検討することとした。

[VI] 防錆能力試験の方法

前述の三種の試験法の詳細を記す。

A.S.T.M. D665-50T は第1図の如く、硬質ガラス製ビーカー中に試油 300 cc を入れ、温度 $60 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の恒温槽に浸し、図の如き関係位置に鉄棒及び攪拌器を配

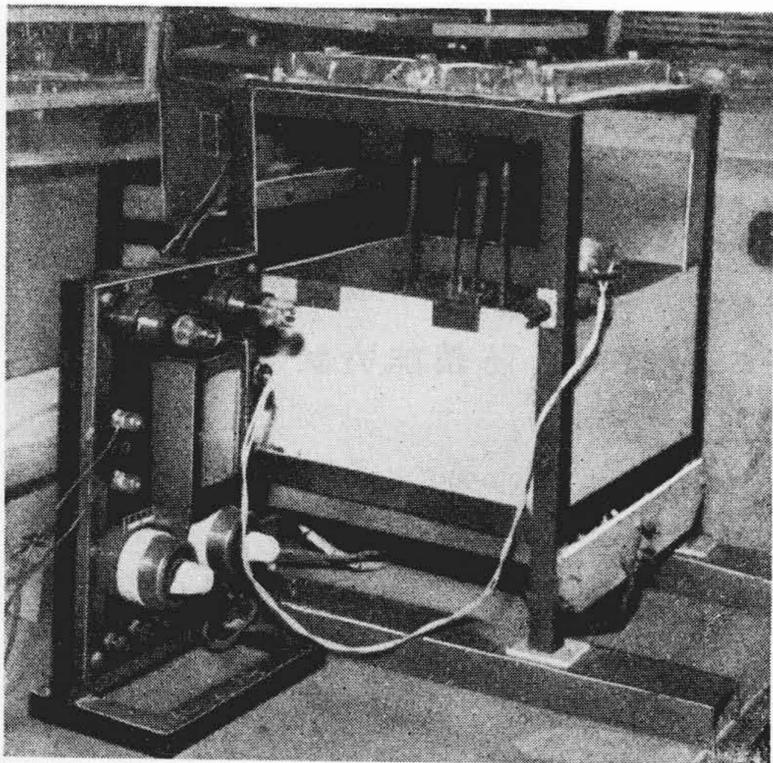


第1図 A.S.T.M. 防錆試験器

Fig. 1. A.S.T.M. Apparatus for Testing the Rust Preventive Characteristics

する。油の温度が 60°C に達してから 30 min を経た後、蒸溜水 300 cc を加えて 1,000±50 r.p.m. に攪拌する。攪拌開始後、24 hr 連続運転後、鉄棒を取出して発錆の有無を検討する。この試験は 60°C 恒温槽の中心に十分強力な攪拌器を置き、これを中心に数箇の試験器を同時に配置して試験し(第 2 図)、同一試油に就き 2 箇以上の鉄棒の発錆の有無を試験し、いずれも発錆せぬ場合この油はこの試験に合格したものとし、1 箇でも発錆しておれば試験を繰返して、もしも同結果ならば不合格、発錆がなければ合格とする。

鉄棒は 12.7φ×140 の円柱に仕上げ、表面を十分研磨した後ベンゼン等にて洗滌する。鉄棒成分の A.S.T.M. 規格及び筆者等の使用したものゝ成分は、第 1 表に記した。



第 2 図 A.S.T.M. 防 錆 試 験 装 置
Fig. 2. A.S.T.M. Rust Test Device Used at Hitachi Research Laboratory

第 1 表 A.S.T.M. 鉄 棒 成 分
Table 1. Composition of A.S.T.M. Test Specimens

鉄棒品質級	化 学 成 分 (%)				
	C	Mn	P	S	Si
A. S. T. M. 1015	0.13~0.18	0.30~0.60	0.040>	0.050>	—
A. S. T. M. 1020	0.18~0.23	0.30~0.60	0.040>	0.050>	—
A. S. T. M. 1025	0.22~0.28	0.30~0.60	0.040>	0.050>	—
本研究用試料 SF 44	0.23	0.38	0.082	0.042	0.28

第 2 表 A.S.T.M. 合 成 海 水 組 成
Table 2. Composition of A.S.T.M. System Sea Water

塩 類	NaCl	MgCl ₂ ·6H ₂ O	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	KCl	NaHCO ₃	KBr	H ₃ BO ₃	SrCl ₂ ·6H ₂ O	NaF
g/l	24.54	11.10	4.09	1.16	0.69	0.20	0.10	0.03	0.04	0.003

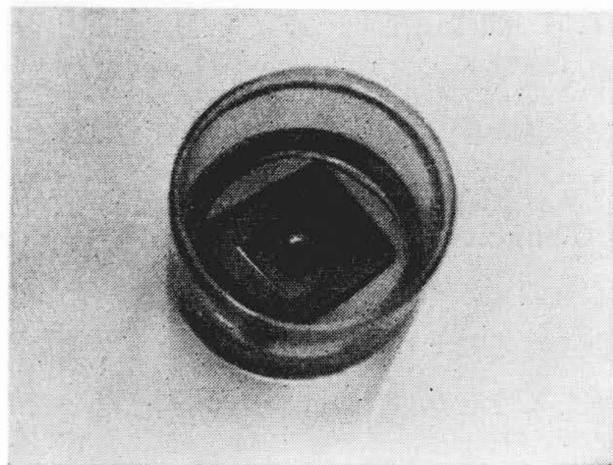
蒸溜水の代りに海水又は合成海水を用いてもよい。合成海水の成分として A.S.T.M. に指定されるのは、第 2 表の配合である。筆者等は海に近いので天然海水を用いて実験した。勿論蒸溜水よりも海水の方が試験としては苛烈となるであろう。陸上タービンに於ては蒸溜水を用いる方が実情に近く、船用タービンに於ては海水を用いる方が実情に近い試験を行うことゝなる。

Film Tenacity Test に於ては実験装置は A.S.T.M. と全く同じである。鉄棒を油中に浸して引上げ、余分の油を自重にて落下せしめ、油膜の附着した鉄棒を蒸溜水 300 cc 入りのビーカーに浸漬する。温度 60°C に達してより攪拌を始め、24 hr 後発錆の有無を検討する。

静止水滴試験は始め筆者等が独自に実施したものであるが、後に既に同種の試験法が存在することを知った。筆者等は、A.S.T.M. 試験の鉄棒と同品種鋼材で、厚さ 0.8~1.0 mm の板を作り、これをガラスシャーレ中に置き、油を鋼板面より 10 mm の高さ迄注ぐ。数時間常温に放置後、板の中央に水滴 0.2 cc を滴下する。これには注射器を用いる。常温に 40 日間放置し、その間毎日発錆状況を観察する。水滴附着面積の全体に汎つて発錆したときを発錆度 10 とし、以下発錆面積に比例して発錆度の数値を与える。

文献⁽⁴⁾では高さ 41~42 mm の正三角形鉄板(脚付)の中央に 38φ 凹みを作つたものを用いている。この方が水滴が安定して良いが、同一板を繰返し使用するとき、表面研磨に多少面倒である。筆者等の如く平面状鉄板を用いるときは、水平を保つよう注意しないと水滴の移動が起つてまずい。然し板の研磨は容易い。

第 3 図に実施状況を示した。



第 3 図 静 止 水 滴 試 験 実 施 状 況
Fig. 3. One Case of Static Water Drop Test

[VII] 試油に就いて

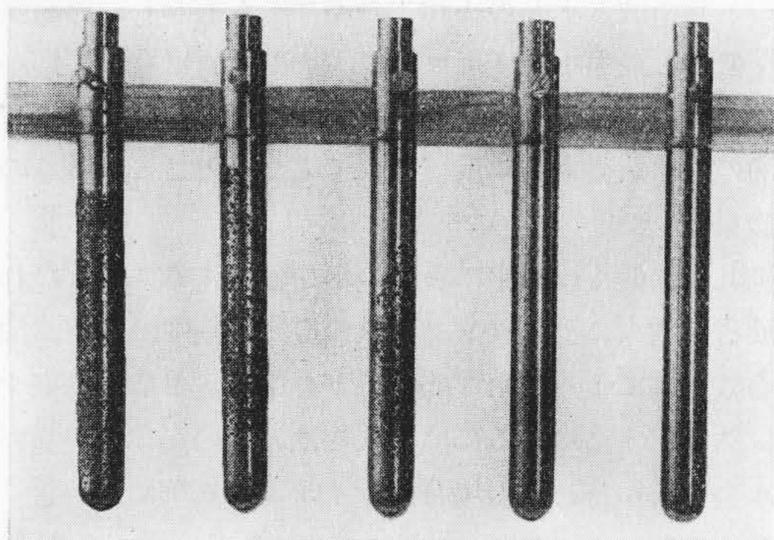
防錆試験の結果を述べる前に少しく試料油に就いて説明する。試料油は日本石油, 昭和石油, 日本鉱業, 東亜燃料, 大協石油, 三菱石油, 丸善石油, シェル石油, スタンダードヴァキュムオイル, パルボリン等の諸社の好意によるもので, こゝに厚く感謝の意を表す。諸社より頂戴した諸種の油の総数は 50 種以上に達し, その各々に就いて本報の防錆試験のみでなく, 次報以下に述べる各種の試験を行つたが, 代表的結果のもの若干に就いてのみ結果を発表する。本邦の会社の提供された試油の中には優れた性質を持つものもあつたが, 若干の物は今なお試作段階の油もあつた。箇々の銘柄を明かにすることは避けるが, 本邦製品と輸入品の区別, 既述の3種の区別, 粘度の差等を明かにすることとした。即ち本邦製品は「内」, 輸入品は「外」とし, 3種の区別を (S.O.), (S.I.O.), (D.I.O.) とし, 粘度は 50°C での Redwood 秒にて 90, 140, 180, 200 等に大別した。

会社別は末尾のアルファベットによつた。例えば外-D.I.O. 180G は輸入油で G 社製品の二重抑制油で 50°C 粘度が Redwood で約 180 sec のものである。

[VIII] 防錆試験結果

防錆試験結果を第3表にまとめ, 特に静止水滴試験結果の詳細を第4表に示した。

A.S.T.M. 試験の結果の例を第4図に示した。この試験には防錆剤の入らぬ直溜油 (S.O.) 及び単純抑制油 (S.I.O.) はすべて合格しない。防錆剤の入つた二重抑制油 (D.I.O.) はすべて合格する。この結果は防錆剤の入らぬ新油に比しては, 水の方が鉄棒への附着力が強いこと



第4図 A.S.T.M. 防錆試験結果
(左より 内S.I.O., 内S.O., 外S.I.O.,
内D.I.O., 外D.I.O.)

Fig. 4. Results of A.S.T.M. Rust Test
(From Left to Right;
S.I.O., S.O., S.I.O., D.I.O., D.I.O.)

第3表 防錆試験結果

Table 3. Results of Tests for Rust Preventive Power

試油	A.S.T.M. 蒸溜水	A.S.T.M. 海水	油膜強靱性試験	静止水滴試験 (40日後)
内-S.O. 90A	(++++)			
内-S.O. 140A	(++++)			
内-S.O. 180A	(++++)			
内-S.O. 特180B	(+++)			
内-S.O. 180C	(+++++)			
内-S.O. 180D	(+++++)			
内-S.O. 180E	(+++++)			
内-S.O. 180F	(+++)			
内-S.I.O. 180C	(+++++)			
外-S.I.O. 90G	(++)			
外-S.I.O. 140G	(++)			
内-D.I.O. 200B	(-)	(-)	(-)	(-)
内-D.I.O. 180C	(-)	(-)	(+++++)	(+++++)
内-D.I.O. 180C	(-)	(-)	(+)	(+++++)
内-D.I.O. 180A	(-)	(-)	(+++)	(+++++)
内-D.I.O. 180A	(-)	(-)	(++++)	(-)
外-D.I.O. 180H	(-)	(-)	(-)	(+++++)
外-D.I.O. 90G	(-)	(-)	(+++++)	(+++++)
外-D.I.O. 90I	(-)	(-)	(-)	(-)
外-D.I.O. 120I	(-)	(-)	(-)	(-)
外-D.I.O. 160I	(-)	(-)	(-)	(-)
外-D.I.O. 210I	(-)	(-)	(-)	(-)
外-D.I.O. K	(-)	(-)	(+++++)	(-)

(備考) 1. S.O. 中特と記したのは溶剤精製油。
2. 試験結果符号で
(-) は発錆せぬもの。
(+++++) は全面発錆せるもの。
(+) 数減少する程発錆の少いことを示す。

第4表 静止水滴試験結果詳細

Table 4. Details of Results of Static Water Drop Test

試験日数	1	2	5	7	9	11	12	14	16	18	19	28	33	37	38	39	40
温度 (°C)	24	26	25	25	27	28	28	28	28	25	27	27	27	28	29	30	29
試油																	
外-D.I.O. K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外-D.I.O. 90I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外-D.I.O. 120I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外-D.I.O. 160I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外-D.I.O. 210I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外-S.I.O. 90G	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
外-S.I.O. 140G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	3	5	5	5	5	5
外-D.I.O. 140G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	8	10	10	10	10	10
外-D.I.O. 180H	2	3	7	7	7	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
内-D.I.O. 140B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
内-D.I.O. 180C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	2	3	5	7	7	8

(備考) 水滴と鉄板の見掛の接触面積を 10 とし, これに対する発錆面積を数字で表わした。

を示し、又防錆剤入り油ではすべて少くともこの試験には合格するように作られていることを示すものである。

油膜強靱性試験と静止水滴試験は A.S.T.M. 試験に比して条件が苛烈となり、後者の試験を通つても必ずしも前二者の試験には通らない。これは防錆剤の質及び量の問題となるであろうが、外油でも或社の物はすべて3試験共に通るだけ防錆力が強く作られており、或社のものはそれ迄強くない。油膜強靱性試験に不合格で静止水滴試験に合格のものとその反対のものとがあり、両試験の苛烈さの大小は判らない。

防錆能力がどの位迄あれば良いか。この性能のみから考えれば、強ければ強い程良いが防錆剤が余りに他の性能を低下せしめては片輪となる。他の性能がたとえ低下しても使用上気をつけることによりさしたる障害の起らぬことを限度とせねばならない。

この点は後述の抗乳化性の問題とからんで、大切な問題となつて来る。直溜油には、天然の防錆性物質が不純物として含まれておる可能性がある。然しその量は微量であり、精製度が向上する程その量は少くなる。人工防錆剤をわずか添加することにより、防錆性能は著しく向上するものであつて、上述の試験のうち A.S.T.M. 試験だけでも、直溜油は合格せず防錆剤入り油は完全に合格する。直溜油も劣化によつて極性の酸化物を生ずると防錆能力は向上する。例えば当所にて試験した某発電所のタービン油（輸入油 50°C 粘度 Redwood 秒 200）及び某船のタービン油（内地油、特 180B）はそれぞれ A.S.T.M. 試験に不合格ではあつたが、（+）程度の軽い腐蝕を示すに過ぎなかつた。これらは何れも直溜油で、使用劣化の進んだもので酸価はそれぞれ 0.13, 0.51 であつた。

従つて直溜油を所謂 Sweetening の形で古い劣化油の補充乃至一部置換に添加使用して行けば、極性劣化物の残存により防錆性能は失われずにより得ると考えられる。然し劣化成分の残存は、油の自働酸化（劣化物が触媒となり、更に劣化を促進する）を促進して油の寿命を低下し、著しく不経済となることが知られておる。次第に苛烈となる使用条件に対し、タービン油の寿命を伸すために精製度をあげて来たことゝも矛盾してしまふ。かくて結局精製度をあげ、防錆剤を添加した方が好ましいことになる。

防錆剤を添加してあつても防錆能力に限りがあることは前記の実験結果からも明かである。A.S.T.M. 試験に合格することは水が油に混じても流動しておる間は発錆の無いことを示唆する。静止水滴試験に不合格な油の場合には水を混じた油の動きが止り、水が沈降した場合に機械の金属面上の油が水に押しつけられて、発錆の起る可能性がある。実際に我々は防錆剤入りタービン油を使

用しながら機械が発錆した場合を経験し、その原因を検討したところ油中に多量の水が混入しており、運転中及び運転直後は何等異常なかつたが、停止後一昼夜の間に水滴沈降により点々と腐蝕を生じたものであることが判明した。かゝる理由により水の混入の恐れが多い場合には防錆能力の強いタービン油を選ぶこと、又は油中よりの水分の分離操作を特に機械停止前後に入念に行ふ必要がある。

防錆剤は機械の内表面に吸着されて行く傾向をもつ。その分子極性あるが故である。従つて使用前には A.S.T.M. 試験に合格していた油が、使用中に一部を抜いて試験してみると、この試験に不合格となる場合が少くない。機械の内表面に吸着されておれば油中残量が少なくなつても発錆は防止されるから、防錆剤は有効に働くと考えられる。新しい機械の場合には、油と機械とが十分になじむことが必要とされるのは、一つにはかゝる吸着現象の十分に行われるのを待つためである。

但し防錆剤がかゝる吸着膜を作つて機械内表面を保護する効果を過信しては、上述の例の如く静止水滴により発錆事故も起る。この場合は十分なる吸着膜を作るには防錆剤量が不足したか、防錆剤の極性が弱く水の重力と附着力との合力に敗れたものである。更に又油を永く使用し水と屢々接触する場合には、水により防錆剤は多少宛持ち去られて減少して行く。これらの理由により防錆剤入り油の使用に於ても水分の混入を出来るだけ避け、混入した水分は可及的急速に除去することが望ましい。

〔IX〕 抗 乳 化 性 に 就 いて

防錆剤の添加により油の抗乳化性は低下する。防錆剤が極性物質である限り、油と金属との親和力の増大に役立つと共に油と水との親和力の増加にも寄与し、界面張力を低下し油中水滴型エマルジョンの生成に有利に傾かしめることは止むを得ない。しかるに抗乳化性はタービン油の場合、従来特に重視されて来たのでこゝに多くの議論を生じた。

抗乳化性低く、油中に多量の水を包含することゝなれば油容積増大によるタンクよりの溢出、粘度の低下、油性の低下等による潤滑性能の低下を生じ、事故を招来する。然しそう迄になるには、余程油と水の親和力が強い水の水の分離が行われぬ場合でオイルタンク等に油が暫く停滞する間に水の分離が行われる程度、或は遠心清浄機、オイルフィルタ等により水の分離が行われる程度、即ち相当安定長寿命のエマルジョンの生成が行われぬかぎりには使用上水の分離に心懸けることにより抗乳化性低くとも差支えないであろうと考えられるようになつてゐる。即ち現在の世界の趨勢は防錆能力を活し、機械を長寿命

とし、油の劣化を防ぐ（錆は油中に溶解し、油の劣化を促進する）ために、抗乳化性を犠牲としその代り水の混入を防ぎ、水の分離を促進する方法を講じて乳化学事故を避けておる。

實際上抗乳化性の低下した油でも、タービンが安全に運転されている例もある。抗乳化性をどの程度迄落して良いか。抗乳化性を問題とする必要なしとはいへ切れない。最大限譲歩しても、永久エマルジョンの生成する程抗乳化性が低下しては困る。従来の JES 試験法で期待していたような値が必要かどうか。他の試験法で代えることが出来るか。これらの点を以下に検討する。

〔X〕 抗乳化度測定法及び測定結果

JES 第 173 号 K 27 にはタービン油の抗乳化度 30 以上との規定がある。この規格の試験法は次記の如くである。

JES 第 174 号 K 28 第 20 条 抗乳化度試験

試料 20cc を採り乳化試験に於けると同じ試験器を用い、同様に操作し、約 5 分間蒸気を噴射して総量を約 40 cc ならしめたる後、95°C の湯浴中に保持し、30 秒毎に油と水との分離の状態を検し、分離せる油の量が 20 cc に達する時間を測定し、次式により抗乳化度を算出す。

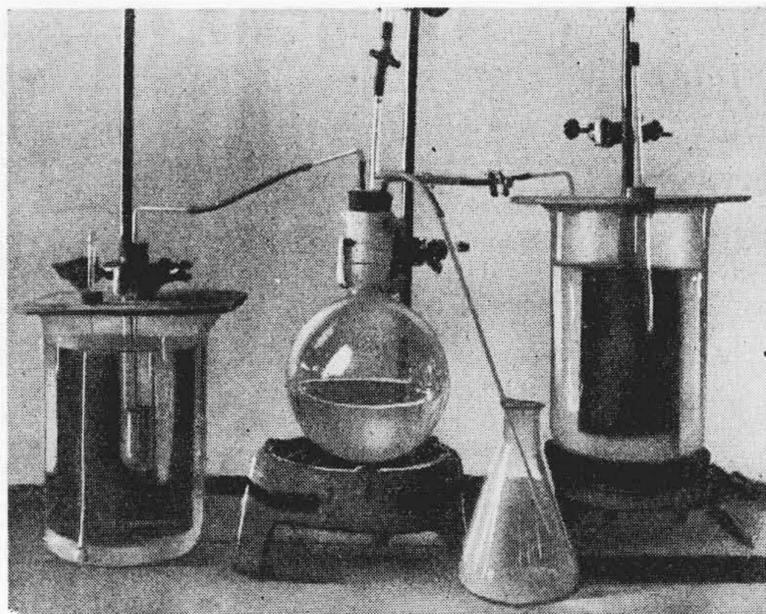
$$\frac{20 \times 5}{\text{分離時間(分)}} = \text{抗乳化度}$$

この試験器を第 5 図の写真にて示した。これに従つて内外タービン油に就いて抗乳化度を測定した結果を第 5 表に記した。

これによると防錆剤の入らぬ油 (S.O. 及び S.I.O.) は何れも抗乳化度が高い。二重抑制油に於ては、いずれも抗乳化度は低い値を示しておる。只 G 社のもの一種が少々高い値を示しているが、この社のものは単純抑制油の抗乳化度も異常に高い値を示している。

この例外を除くと、一般に二重抑制油の抗乳化度は低い。輸入油で最低 17, 最高 36 と見られる。

筆者等はこの実験中、タービン油を硝子製細口瓶に入れて室内に放置して置くと抗乳化度が激減することを発見し、若干のタービン油に就きこれを追求した。これはタービン新油を細口瓶に入れ静置し、時々試料をとり出し抗乳化度を測定したもので、その結果を第 6 表に示した。これによれば高い抗乳化度のものも急速に抗乳化度低下し、防錆剤入りのものと大差ない値となつてしまう。この原因は常温静置しての変化であるから、油の劣化ではなく酸素又は水分の吸収によるものと思われる。その原因は兎も角、常温静置のみで抗乳化度が 10 近辺に迄低下するものであれば機械に使用され、攪拌された



第 5 図 蒸気抗乳化度測定装置
Fig. 5. Testing Apparatus of Steam Emulsion Number

第 5 表 タービン油の蒸気抗乳化度
Table 5. Steam Emulsion Number of Turbine Oils

試油	抗乳化度	試油	抗乳化度
内-S.O. 180A	64	内-D.I.O. 180C	12
内-S.O. 180C	93	内-D.I.O. 180A	15
内-S.O. 180D	80	外-D.I.O. 140G	17
内-S.O. 180E	47	外-D.I.O. 90G	53
内-S.O. 180F	65	外-D.I.O. 180H	29
外-S.I.O. 80G	222	外-D.I.O. 120	18
内-D.I.O. 200B	22	外-D.I.O. 160	26
内-D.I.O. 140B	30	外-D.I.O. 210	19
内-D.I.O. 180C	20	外-D.I.O. 180K	36

第 6 表 放置中のタービン油蒸気抗乳化度の低下

Table 6. Depression of Steam Emulsion Number of Turbine Oils During Still-stand

試油	放置日数				
	0	60	90	180	300
内-S.O. 180A	67	70	64	28	22
内-S.O. 特180B	70	15	14	—	—
内-D.I.O. 180B	37	12	11	—	—
内-D.I.O. 140B	66	17	15	15	—
内-D.I.O. 140C	120	29	—	—	—
外-D.I.O. 90H	38	25	35	35	—
外-D.I.O. 90G	224	56	50	34	—
外-D.I.O. 90G	54	51	49	46	—
外-D.I.O. 180K	140	60	56	47	36
外-D.I.O. 140J	46	26	27	27	—

状態での抗乳化性を問題とするのに、新油の抗乳化性をそのままこの方法で測定しても無意味であると思われる。

因みに、現在支障なく航海中の外国船のタービン油（外-D.I.O. 210）の抗乳化度を測定した結果は 12 なる低い値を示した。陸上タービンでは直溜油で 30 前後の例が多い。

米国に於ては、抗乳化試験法に蒸気抗乳化度試験は止め、ハーシェル試験機を用いる米国政府法が用いられるようになってきているという。この方法はハーシェル試験機で、試料油と水各 40 cc を規定温度にて 5 min 攪拌し、停止後 30 min に於て油水分界層に不明瞭部分が 3 cc 以下であることを以て合格とする。（温度 130 又は 180 °F, 攪拌 1,500 r.p.m.）⁽⁵⁾

抗乳化度の測定法としては、同じくハーシェル試験機を用いる米国政府法がある。これでは、油 27 cc, 水 53 cc をハーシェル試験機で 5 min 攪拌 (1,500 r.p.m.) し、攪拌停止してから、毎分、エマルジョンと油の境界層を観測し、油分離速度 cc/hr を測る。毎分の分離速度としては、攪拌停止から読み迄の時間で、析出油量を除いた平均析出速度を記録する。この値は普通は或時間に極大値をもつておるので、これを抗乳化度とするが、1 hr を経ても極大値を生ぜぬ油では、この時間中に析出した量をもつて抗乳化度とする。

筆者等の使用したハーシェル試験機を第 6 図に示し、これにより上述の 2 つの試験を数種の油に就き実施した結果を第 7 表にまとめた。

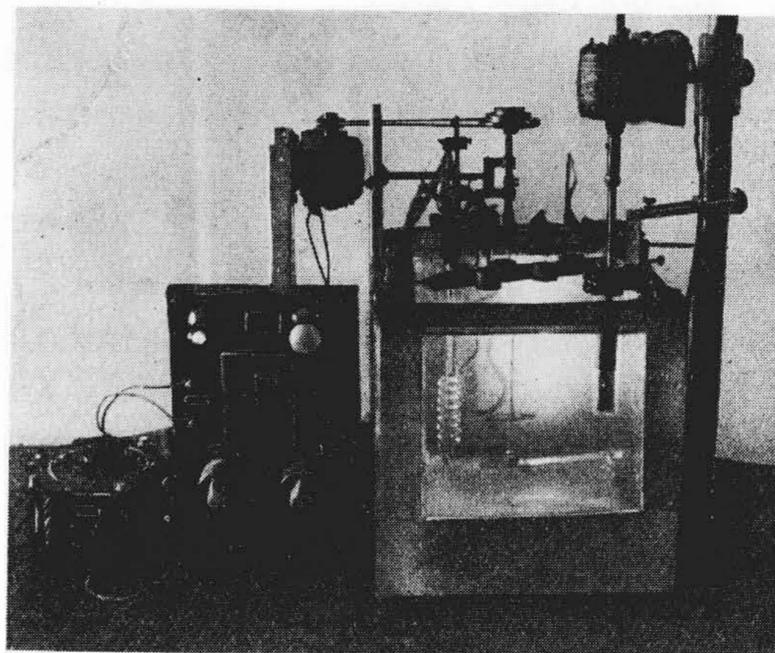
乳化試験では内地製二重抑制油 2 種が不合格となり、輸入二重抑制油 1 種がぎりぎりの値を出した。抗乳化度を測つて見ると、前者等は必ずしも低い値ではなく、後者が最低値である。

蒸気抗乳化度とこの抗乳化度との関連も全く判然せず、数値的には逆順序となるものが少ない。

船舶に使用中のタービン油を試験した例を 2 つ第 8 表にあげた。A 船は直溜油で既に著しく劣化して取替を要する。B 船は酸価、色などより見て、未だ大した劣化を示しておらぬ。蒸気抗乳化度はいずれも低く、10 台の値を示しておる。米国政府法乳化試験では、A 船油は未分離油が著しく多く 29 cc に達しており、B 船油も 10 cc であつて少くはない。米国政府法抗乳化度では、A 船油は著しく低い。然し、B 船油は第 7 表の新油と比較して特に低いという程ではない。これらの結果から、A 船油は既に不良常態、B 船油も抗乳化性に関する限り、要注意常態にありと見られる。

しかもなお、この両油共使用され続けている。後者に於ては航行中も遠心清浄機の使用を怠らず、水の分離が行われているので乳化事故は起らぬであろうが、前者はこれを行わず危険と考えられる。

第 9 表には使用中の油の蒸気抗乳化度がどの位かを、



第 6 図 ハーシェル乳化試験用装置
Fig. 6. Harshell Emulsion Test Set

第 7 表 米国政府法による乳化試験結果
Table 7. Results of Emulsion Tests by the U.S.A. Federal Spec. Methods

試 油	乳化試験 (55°C)	抗乳化度 (55°C)
内-S.O. 90A		554
内-S.O. 180A		1,320
内-S.O. 180D		700
内-S.O. 180E		2,520
内-S.O. 特180C	○	2,132
外-S.I.O. 90G	○	2,100
内-D.I.O. 200B	× 4 cc	182
内-D.I.O. 140B	○	279
内-D.I.O. 180C	○	166
外-D.I.O. 90 I	○	139
外-D.I.O. 120 I	○ 3 cc	61.7
外-D.I.O. 160 I	○	143
外-D.I.O. 210 I	○	95
外-D.I.O. 180H	○	75
内-D.I.O. 180A	× 6 cc	135
外-D.I.O. 180K	○	—
外-D.I.O. 90G	○	223

(備考) ○ 印合格, × 印不合格。

第 8 表 抗乳化度低下せる船舶タービン油の例
Table 8. Examples of Marine Turbine Oils which Show Remarkable Demulsibility Depression

試 験 項 目	A 船油 (内-S.O.)	B 船油 (外-D.I.O.)
重 比 D_{4}^{15}	0.911	0.874
色 相 (ユニオン)	+8	+2
粘度 Redwood 秒 (50°C)	185	215
酸価 KOH(mg/g)	0.51	0.13
A.S.T.M. 防錆試験	不 合 格	不 合 格
米国政府法乳化試験 (55°C)	不 合 格 (未分離油 29 cc)	不 合 格 (未分離油 10 cc)
米国政府法抗乳化度	34.8	97.8
JES 抗 乳 化 度	14.0	11.9
含 有 水 分 (%)	1.6	0.3

第9表 使用油の蒸気抗乳化度

Table 9. Demulsibility of Used Oils

油種類	使用時間	抗乳化度	酸価	備考
内-S.O. 180D	5,000	30	—	船舶
内-S.O. 180D	3,270	57	—	船舶
内-S.O. 140D	3,076	46	—	船舶
外-S.O. 90L	12,781	34	0.13	陸上 8,000 hr にて白土処理
外-S.I.O. 90G	5,397	100	0.01	陸上
外-S.I.O. 90G	5,000	70	0.01	陸上
外-S.I.O. 90G	10,786	50	0.056	陸上
外-S.I.O. 90G	3,628	25	0.01	陸上
外-S.I.O. 90G	11,300	35	0.02	陸上
内-D.I.O. 140B	895	14	0.03	陸上

二、三の石油会社の調査報告より求めて比較した。特にG社のものが多いが、この社の油は既述の如く抗乳化度が著しく高いのが特長である。第6表の結果と考え合せて、直溜油、単純抑制油では使用中特に劣化が進まないでも30程度迄下るものと思われる。二重抑制油に就いては未だ余り報告値は見当らない。二重抑制油の場合はどうしても更に低い値となるため、抗乳化度値の発表が抑えられているのであろう。第9表中には一例を示したが、10代の値である。この油の新油の場合の値は70であつて、著しい低下である。又某外国油は新油の抗乳化度は30程度であるが、陸上某所に使用して0に迄低下したという。

第6表の結果と考え合せて、二重抑制油に於ては使用中の抗乳化度は10前後になるのが当然ではなからうか。

[XI] 結 言

本稿には、防錆能力と抗乳化性に就いて検討した。防錆剤を添加した油は添加せぬ油に比して、明確に強力な防錆作用を示す。然しその防錆能力には防錆剤の質及び量による限度があり、手放しに信頼してしまうことはいけない。機械運転中で油が流動している間は、防錆作用が発揮されていても、停止して油中水分が沈降した場合発錆することがありうる。従つて防錆という見地からも機械停止前後に遠心清浄機、フィルター等の使用を特に十分にして、油中水分の除去に努めることが肝要と考えられる。

防錆剤添加により、必然的に油の抗乳化度が低下するが、抗乳化性に就いては測定法にも必要性にも色々検討すべき点があると考えられる。

(1) 測定法に就いては現在の蒸気抗乳化度は、新油に就きそのまま測定しても無意味に近く、一定時間攪拌後測定するとか、一定時間空気吹込後測定するとかしなければ使用に際しての蒸気抗乳化度を測ることにはならぬようである。新油そのままでの蒸

気抗乳化度が高いことを誇つても、使用により急速に低下するのが普通で、結局たとえ油は劣化していても、防錆剤の入らぬ油で蒸気抗乳化度は30前後、防錆剤の入っている油では10前後が落着く先であらう。

蒸気抗乳化度と実際使用状況で必要な抗乳化度との関連がはつきりしないため、米国では米国政府法の抗乳化試験、抗乳化度試験が採用されるようになって来ているが、これらも果して妥当であるか否か、筆者等の実験結果からは疑問に思われる。

かくの如く、抗乳化度の測定法自体からまだ研究すべきものが残つておる。

(2) 測定法の適当なものを案出するためには、抗乳化性がどの程度必要であるか、何故必要であるかが明かにされねばならない。必要性の程度は、使用方法とも関連する。使用上適当な水の分離設備を具えて、混入水分の除去が行われるものと前提して見ると、水が混入しても機械的に分離しうることに、即ち安定エマルジョンが多量に生成せぬことが大切と考えられる。この見地から、米国政府法抗乳化試験が考え出されたものであろう。

然しこの試験で、未分離油 3cc 以下との規定が果して妥当か否かは検討を要する。未分離油 10cc の油でも大して支障なく動いておる船舶の例は既述した。この程度の乳化が差支えありや否やはオイルタンク等の給油系統内での油の動き方にも関連がある。設計上からの要求もあろう。

乳化と油性との関連も検討されねばならない。油性が乳化により低下することは有りうる。どの位乳化してはいけないかという問題は、油性がどの程度必要かの問題と関連して来る。特に船舶用タービンで減速歯車を備えている場合は油性も必要となるであらうが、その必要程度が究明されねばならない。

かくの如く抗乳化性の必要程度に就いても、簡単に決定されにくく、従つてその測定法にも如何なるものが妥当かを直ちに決定することは出来ない。

現在のところ抗乳化性が可成り低下しても、特に事故なく使用されている例はあるが、元来抗乳化性低下が直ちに事故原因でなく、事故への抵抗性の減少として考えねばならず、抗乳化性低下しても使えていることから、直ちに低くても構わないとの結論を出すことは尙早で、更に多くの実績の検討を要するであらう。

防錆剤の特質からも乳化性に対する危惧からもタービン給油系統への水分混入防止、混入水分の分離に対する機械設計者及び使用者の関心が大切である。特に本邦は多雨多湿であるからこの点は強調しなければならない。

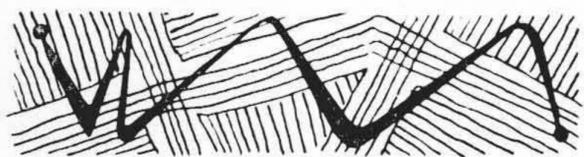
防錆剤に関しては防錆能力が十分で、抗乳化性を低下させぬものもあるやに聴く。製油会社の既に検討されつゝある所であろうが、際実に然らば好ましいものと思う。

要するに抗乳化性に就いては、未だ問題は十分解決されずに残つておる。抗乳化性は問題にする必要なしと断言するには実績不足であり、これをめぐる諸問題の検討が十分でない。機械製作者、使用者、製油業者の緊密な協力による検討が望ましい。そしてかゝることはタービン油の他の性質に就いてもいえるのである。

本報では防錆能力と抗乳化性の検討に止つたが、安定性、油性、消泡性等順次他の性能に就いての検討結果を報告し、それらを総合してタービン油選択及び使用に就いての意見を出したいと考えておる。各方面よりの御批判、御討論を期待する。

参 考 文 献

- (1) F.C. Linn: Lubrication Engg., Dec. 1949, 71~75
- (2) A.S.T.M. Standards on Petroleum Products and Lubricants, 1951, 262~267
- (3) Caltex: Steam Turbine Lubrication, (1950), 41
- (4) H.R. Baker, D.T. Jones and W.A. Zisman: J. Ind. Eng. Chem. 41 (1949) 137~144
- (5) Federal Specification VV-L-791C Method 320-14 Emulsion Test for Lubricating Oils Method 320-32 Demulsibility Test for Lubricating Oils



新 案 の 紹 介



実 用 新 案 第 401946 号

滝 本 秀 彦

単 胴 巻 上 機 の 非 常 制 動 装 置

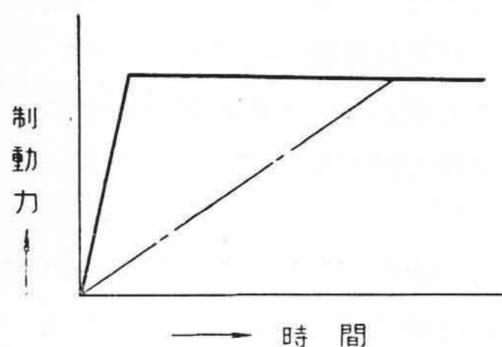
巻上機を巻下し方向に運転中、非常切換弁を切換えると、蓄気室内の圧気が絞り弁に流入する。この場合開閉器は開かれているため電磁石は励磁されないから、揺動杆は支点を中心として反時計方向に揺動する。それにともない弁が下方に摺動し（第2図の状態）調整孔の全部が環状溝に連通し絞り弁は全開となる。そして全部の調整孔を経た圧気が制動シリンダに流入し制動ピストンを押し上げる。従つて曲線図（第1図）に実線で示したような制動力が得られる。

巻上げ運転の場合は、開閉器が閉じ電磁石が励磁されて揺動杆を時計方向に揺動する。それにともない弁は上昇し上位の調整孔は弁箱の内壁によつて遮断される。従つて非常切換弁の切換えによつて流入した圧気は絞られて制動シリンダへ給送され、制動力は曲線図（第1図）に

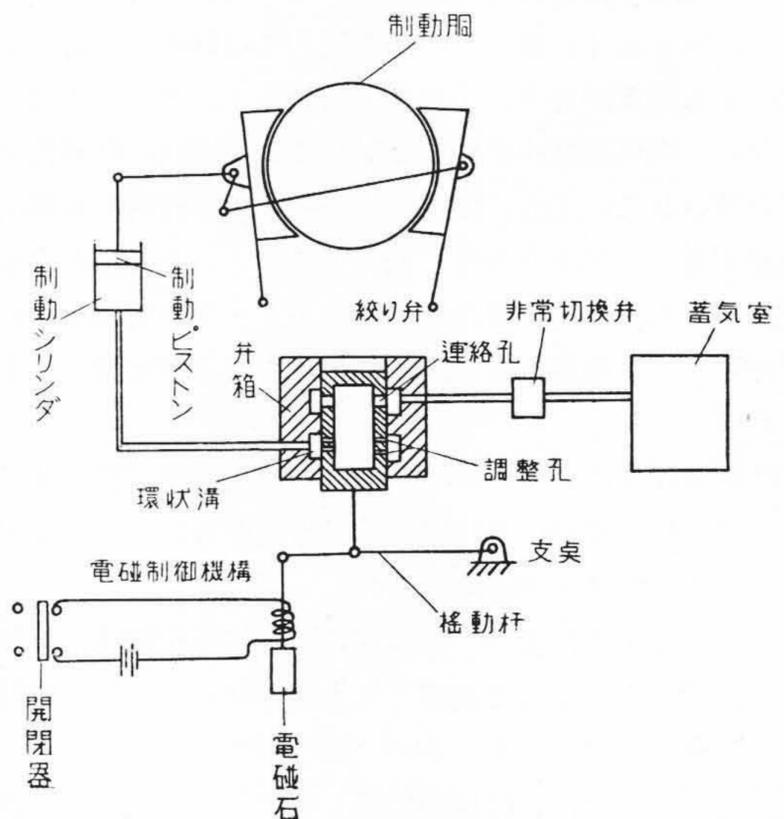
鎖線で示したようになる。

このように巻上げ巻下しに関連してそれぞれ適当な非常制動力を得ることができるので、巻上げ巻下しどちらの場合でも確実に規定距離で停止することができる。

（富 田）



第1図 曲 線 図



第2図 制 動 装 置 の 説 明 図