

タービン潤滑油の検討 (第4報)

—泡立ちについて—

高橋 治 男*

Studies on Turbine Oils (Part 4)

—On the Foaminess of Turbine Oils—

By Haruo Takahashi, D. Sc.
Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

The foaming of oil inside turbine is caused in the oil supply and outlet systems due to leaked-in air or, in the case of hydrogen cooled generator, the deaeration process or the operation of hydrogen recovery equipment. The tendency of foaming can surely be attenuated to some measure either by improving machine design or by careful considerations for the operation of the apparatus concerned. However, the fundamental counter-measure should be found in the improvement of the oil itself. The writer presents here the results of his research in the foaming characteristics of almost all turbine oils available on market both of foreign and domestic brand, and shows the fact that there exists sizable difference in those oils so far as their foaminess is concerned and that those oils containing defoamer attain significant improvement in this respect.

〔I〕 緒 言

本報ではタービン油の泡立ちについて述べるが、これはタービン油が特に泡立ちやすいからではなく、泡立ちやすい条件下に使われる場合、泡切れの良いタービン油が望まれるが、果してタービン油によりどのくらいの差があるかを知る目的で検討したものである。泡立ちやすい条件というのは、後に述べるような種々の要因によるもので、機械の設計上、運転上に適切な注意を払って対策を講じうる類のものが多い。しかし、これらのうちのある物は、機械の性能にしたがい、止むなく厳しい状態に置かれ、そうした場合にはタービン油の泡立ち性について多少とも神経質にならねばならなくなる。これはタービン油の安定性とか防錆能のように本質的に重要なものとは未だ考えられていないが、新しいタービン油の改良点として問題にされるだけの価値はある。

タービン油の泡立ちの起る場合は、油と気体の機械的攪拌混合による場合と、油中溶解ガスの分離析出による場合とがある。前者が一般の場合で、後者は水素冷却発電機などの潤滑に使用される油の脱ガス過程で問題になる。

機械的攪拌混合の原因として、Caltex⁽¹⁾のタービン油説明書にはつぎのごときものが挙げられている。

- (1) 油ポンプ吸込系統における空気漏れ。
- (2) 油タンクレベル低過ぎによる油ポンプ吸込口の空中露出。
- (3) 潤滑系統における通気不十分。
- (4) 戻油系統より油タンクに入る場合の過度の飛沫化。
- (5) 戻油系統の寸法容量の不適當。
- (6) 圧力調整弁よりの放出速度過大、したがって油面の過度の飛沫化。
- (7) 過度容量にてのポンプの運転。
- (8) 機内油と著しく温度の異なる新油の添加。

これらのほかに、機械の高速回転による減圧状態の発生により、軸受部に空気が吸込まれる場合、遠心清浄処理に際しての空気の混入なども考えられている⁽²⁾。

水素冷却発電機では、密封用の圧油が用いられており、これは水素(約2気圧)と接触するので、油中の溶解空気を除去して使つたり、溶解した水素(6.5 vol%)を発散させたりする。この場合、過度の泡立ちが起らぬことが必要で、脱気装置の容量、構造とともに油の泡立ち性にも注意が払われる。

* 日立製作所日立研究所 理博

発泡による害は、まず、油容積の増大による溢出であり、油粘度低下および油供給不十分による潤滑機能の減退、冷却作用の低下などで、機械の焼付などの原因となる。また油と空気との密接な接触により、油の劣化は促進されるなど好ましくぬ諸種の結果を産むから、できるだけ避ける必要がある。

〔II〕 泡の一般的性質

泡の一般的性質について少しく考察して置くことが、試験結果の理解を助ける上に有用であろう⁽³⁾⁽⁴⁾。

液体中に泡の発生する原因には、

(1) 溶解気体の析出

(例、減圧、加熱などによる沸騰)

(2) 攪拌、振盪、吹込みなどによる気体の強制混入

(3) 液体内の化学変化

(例、醗酵、電解などによるガス発生)

などが考えられ、(1)(2)がタービン油で起ることは前章で述べたが、(3)はほとんど起らない。(2)の場合が最も多く研究されており、その成果はタービン油の場合に適用しうるものが多い。

液体への気体の強制混入には、攪拌、振盪、吹込みなどの方法があるが、前二者は混合過程があまりすつきりしない。理論的にやや明確なのは、吹込み法である。

細孔より気体を液中に吹込んだ場合、生成する泡の大きさは、

$$R^3 = \frac{3r\tau}{2g\rho} \dots\dots\dots(1)$$

ここに R : 泡半径 ρ : 液の密度
 r : 細孔半径 g : 重力加速度
 τ : 液の表面張力

(1)式により、理論上は決定されるが、送気圧または送気速度によつて変化してくる。また多孔板より多数の泡がでる状態のごとく、孔が密接して存在するときは、ある程度以下の孔では、気泡の大きさと孔径とは無関係になるといわれている。また、孔径が小さいと送気圧はこれに逆比例して大きくする必要があり、しかも圧力増大のため、かならずしも予期の細泡をえられず、孔径には一定の最適限度が存在すると考えられている。

つぎに発生した泡は、浮力の関係から液面に浮上して行くが、微細泡では Stokes の法則にしたがうので、その定常速度 u は、

$$u = kR^2\rho/\eta \dots\dots\dots(2)$$

ここに k : 比例常数
 η : 液体粘度

なる式にしたがい、半径の自乗に比例し、液粘度に逆比例して増大する。しかし、泡がある程度大きくなると上

昇途中で変形したり、振動したり、通路が波形を描いて不規則になりこの法則にしたがわす、かえつて速度はかすかに減少することが観察されている⁽⁵⁾。また、泡が液中を昇るにしたがい、液体圧力の減少により膨脹して浮力が増加することも考慮されねばならない。

かくのごとく、正確な理論的取扱は困難であるが、とにかく泡の上昇をたすけて泡切れをよくするためには、液粘度を減少せしめること、極微細泡は凝集せしめうれば、上昇速度を増大する(0.004 cc が Luchsinger⁽⁵⁾の実験では最大速度を示した)ことがわかる。実際問題としてはこのほかに液体中の渦が泡の上昇を妨げることも考慮されねばならない。かかる場合には、液の流れに関する考慮も必要である。

泡が液面に達して、泡の集合体となつた場合を泡沫(Foam)と呼び、普通に問題になるのはこの状態である。この泡沫を泡の安定性の大小により安定泡沫と不安定泡沫とに区別する。泡の理論的解明は1900年代末に、Plateau, Marangoni, Gibbs, Rayleigh などにより行われたが、理論的にも大別して二種の泡沫が考えられ、表面粘性の大なる液の場合と表面活性物を含む液の場合とになる。双方とも、液中に溶解した物質の影響による。前者はその影響で特に液表面の粘度が液内部より大なるもので、安定性はきわめて大である。後者は液中溶解物が表面に集り、表面張力を低下するような場合で、この場合表面に面層が破壊されると内面の、より表面張力大なる面が外にでるとすれば自由エネルギーの増大を来すので自然に恢復力を発揮する。しかしこの型の泡は安定性は小さい。この二つの型は、液と気体の二相のみの場合について考えた場合であるが、第三相として固体が入ると著しく安定な泡を生ずる場合が多い。この場合は本報では考えないことにするが、タービン油でも、塵埃、石炭末などの混入する場合もあることは念頭に置かねばならない。

泡立ち(Foaminess)を表わすには、「泡立ちやすさ」と「泡の消えにくさ」とに分けて考える必要がある。前者は泡沫容積に、後者は泡沫寿命に相当する場合が多い。語を改むれば起泡性と安定性とである。このほかに泡の大きさすなわち分散度を測ることも泡沫の研究上必要とされている。

タービン油の場合は、塵埃などの異物の多量混合によらねば安定泡沫のできることは少く、大体において不安定泡沫である。不安定泡沫の場合は泡立ちの定量性を確保するために、気体吹込法が起泡手段として採用される場合が多い。

なお、上記の泡の理論からもわかるように、泡の安定性には液中に別の成分が溶解しておることによるもので、純粋液体では泡沫は全く不安定である。タービン油

では基油の精製度, 添加剤, 酸化劣化生成物などが泡の安定性に関連してくる。

泡の安定性を低下せしめるに消泡剤 (Defoamer) を添加する。これは多くは溶解度の小さい表面活性物質で, その小滴が泡膜に入ると, 表面張力が小さいため, 泡膜液を押しつけてこれを取替ろうとするが, それ自体の薄膜は不安定で破損しやすい。タービン油の場合, シリコン油の有効性が報告されているが⁽⁶⁾, 0.001~0.01%の添加で効果があるという。上述の機作から, 消泡剤が少量で完全に溶解してしまった場合は, かえって泡立ちを助長することもありうる。飽和濃度以上に用うる必要があることに注意せねばならない。

〔III〕 試験方法

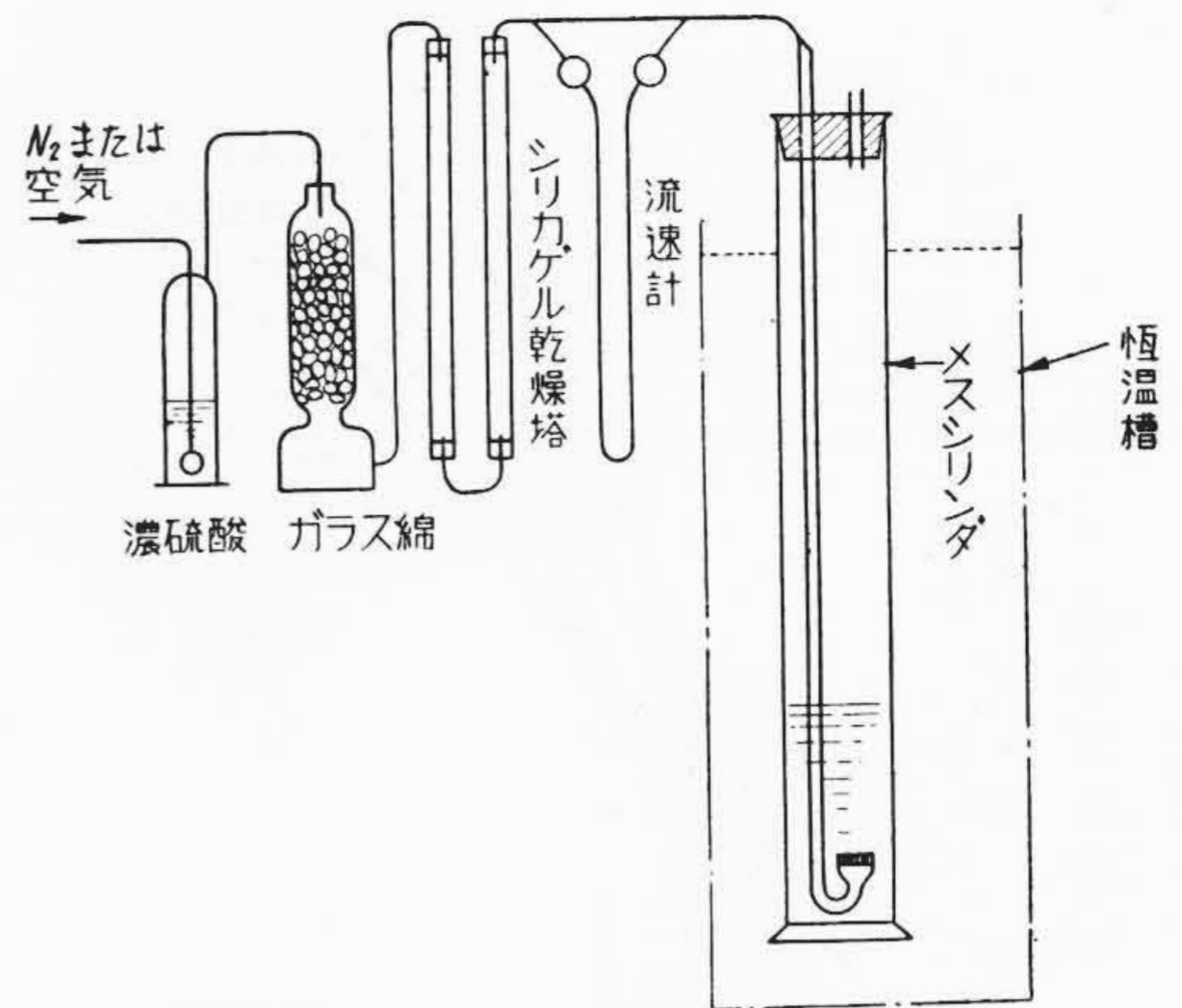
泡立ち性の試験方法としては, 振盪, 攪拌, 気体吹込みなどの方法がある。いかなる方法をとるべきかといえ, タービンにおける泡立ちの実際に最も関連の深いものをとるべきこと勿論である。しかし, タービンにおける泡立ちの原因には既述のごとく種々あるので, その重要なものを主とする方が良い。水素冷却発電機に流用する場合の脱気過程は重要である。また, 油吸込系統における泡立ちの方が戻油系統における泡立ちよりも起りやすく危険も大きい。これらはいずれも, 油と空気の振盪ないし攪拌よりも, 油中に気体が吹込まれるに近く, したがって, 気体吹込みを採用するのが妥当と考えられる。

油における泡立ち試験方法には A.S.T.M. D 892-46T にクランクケース油の試験法があり, 気体吹込み法である。これをタービン油の泡立ち性比較に適するように改めて使用した。この方法では多孔質板 (Diffuser Stone) を通じ, 一定流速で空気または窒素を油中に吹込み, 生成する泡の量を一定時間に測り (Foaming Tendency), 空気流通を止めて, 一定時間置いた後の泡の減量を測る (Foam Stability)。装置の略図を第1図に示した。

A.S.T.M. では Diffuser Stone の説明は明確でなく, 現物入手も困難であったので, 類質と思わるものを自製して用いた。したがって, 気体流速などの測定条件もすべてこれに合わせて検討の末に決定した。まず, 多孔質板の製作について述べると, 約 100 メッシュの硬質硝子粉砕粒子を 750°C で 4~5 分間焼結したものを, 25 mm 径, 2~3 mm 厚として硝子管先端に溶着して用いた。製造の再現性はかならずしも十分でないが, かなり類似した性能のものを作ることができる。

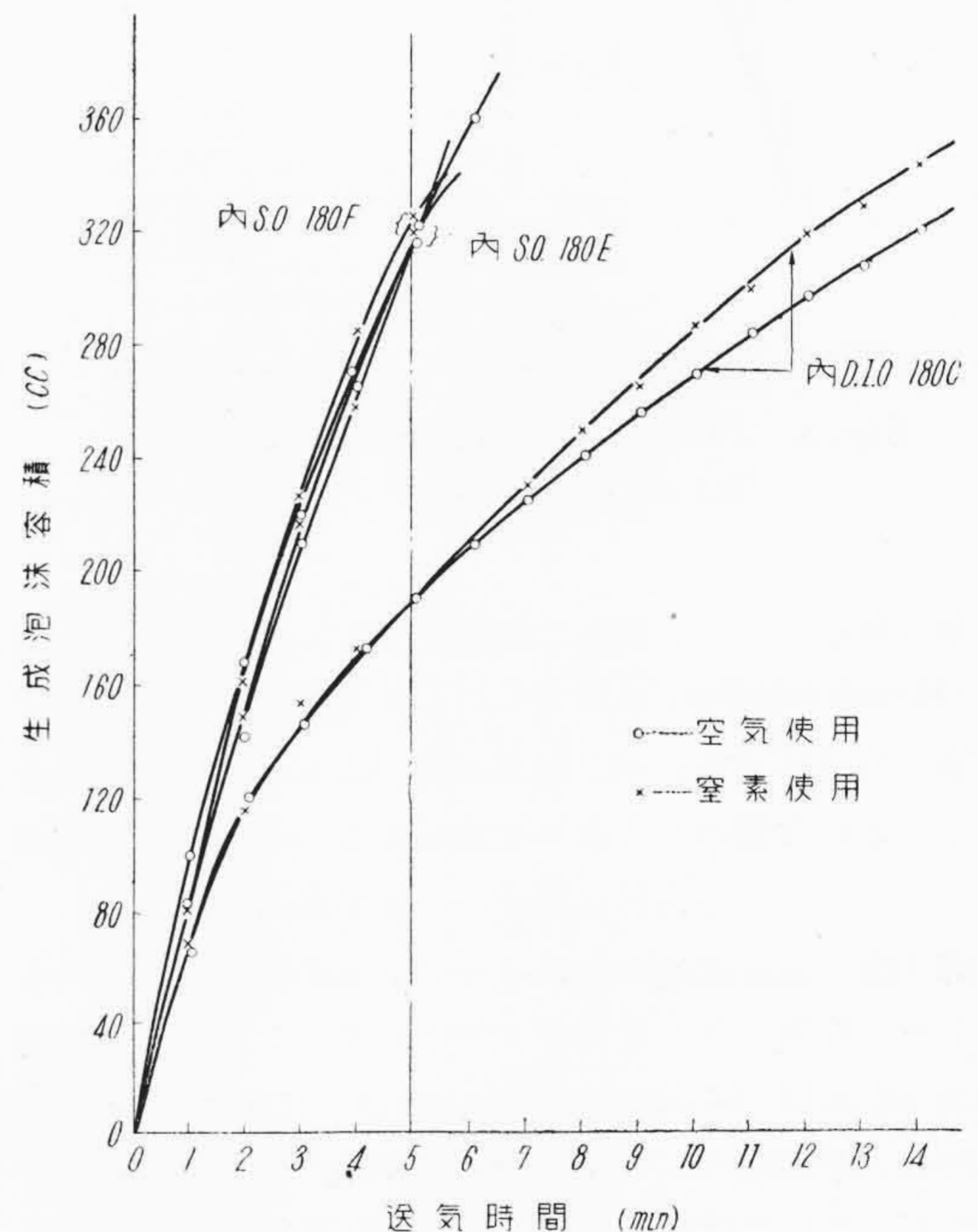
測定条件は, 空気流速 70 cc/min, 油温 25°C, 試油量 90 cc, 容器内径 48 mm, 長さ 310 mm である。気体は空気と窒素とにより差を認めなかった。

この方法によりいかなる量を測定すべきかについては



第1図 実験装置

Fig. 1. Experimental Apparatus



第2図 測定 の 繰返性

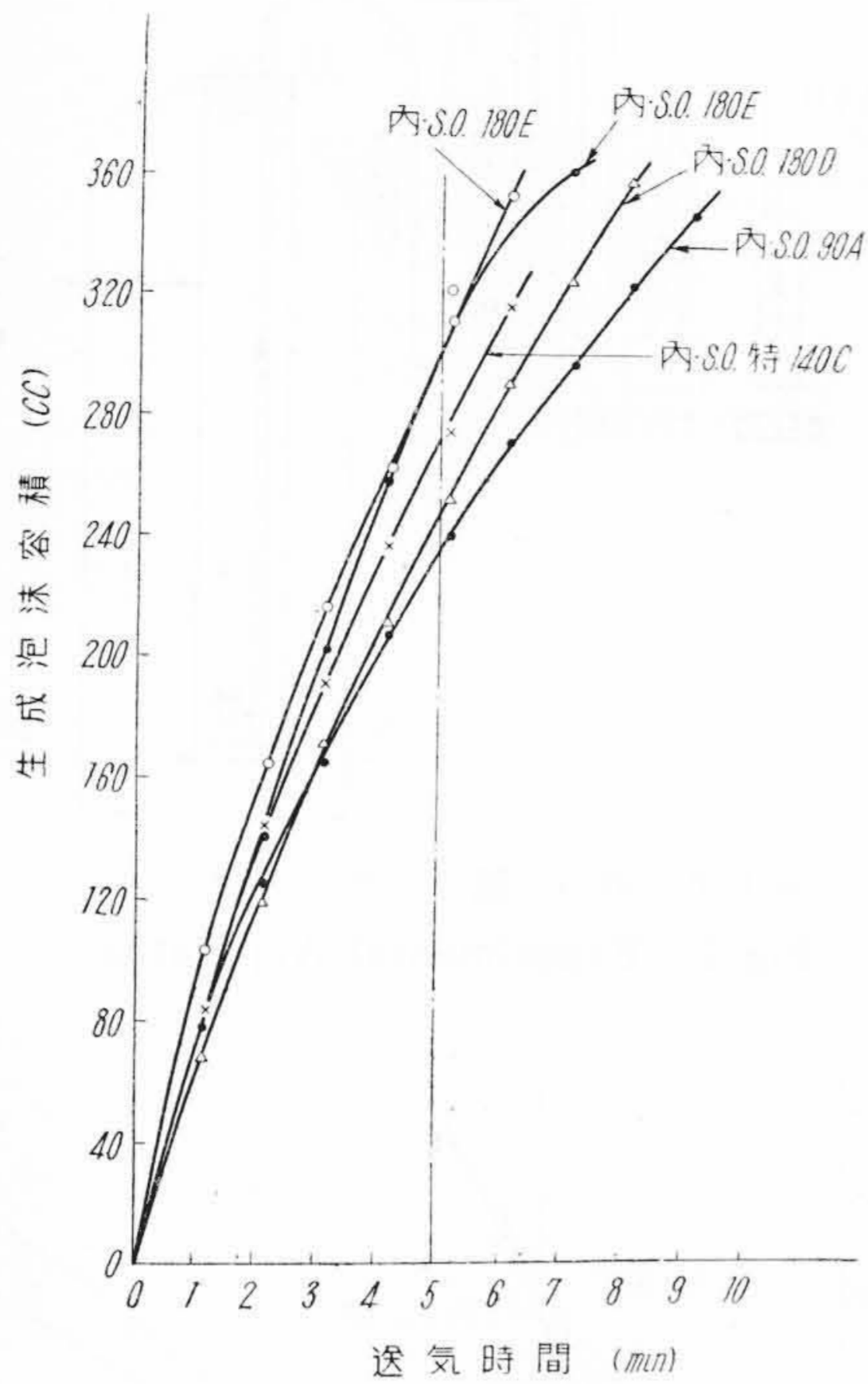
Fig. 2. Repeatability of Measurement

相当議論の余地があるように思われる。A.S.T.M. では送気開始 5 分目における泡容積と, 5 分後に送気を停止して, さらに 10 分目の泡容積を読むことになっている。

われわれは, 泡立ちの経過を観測記録することによって起泡性を, また, 発生泡の崩壊過程を観測追求記録することにより泡安定性を調べることにした。

〔IV〕 試験結果とその検討

第2図に流通気体として空気を用いた場合と窒素ガスを用いた場合との比較結果を示した。空気と窒素とによ



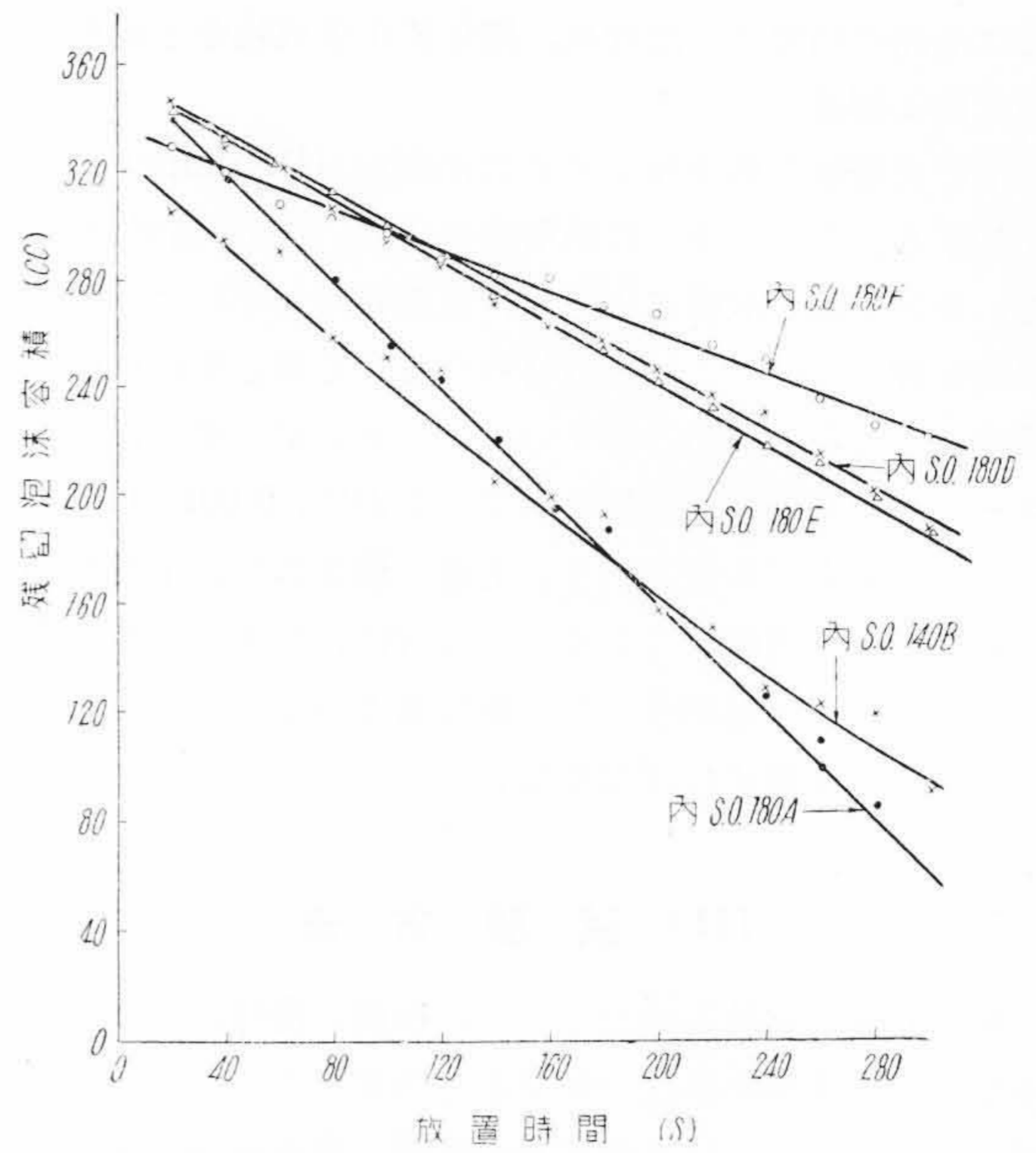
第3図 国産直溜鉱油の泡沫生成傾向
Fig. 3. Foaming Tendency of Japanese Straight Mineral

る差は特になく、現れておる差はもつぱら測定の繰返性 (Repeatability) を示すものと考えてよく、泡量の少ない場合は良好であるが、泡量が多くなると若干の差を生ずる。これは泡のごとき不安定なもの集合量の測定値としては、むしろ良好な程度の一一致であろう。

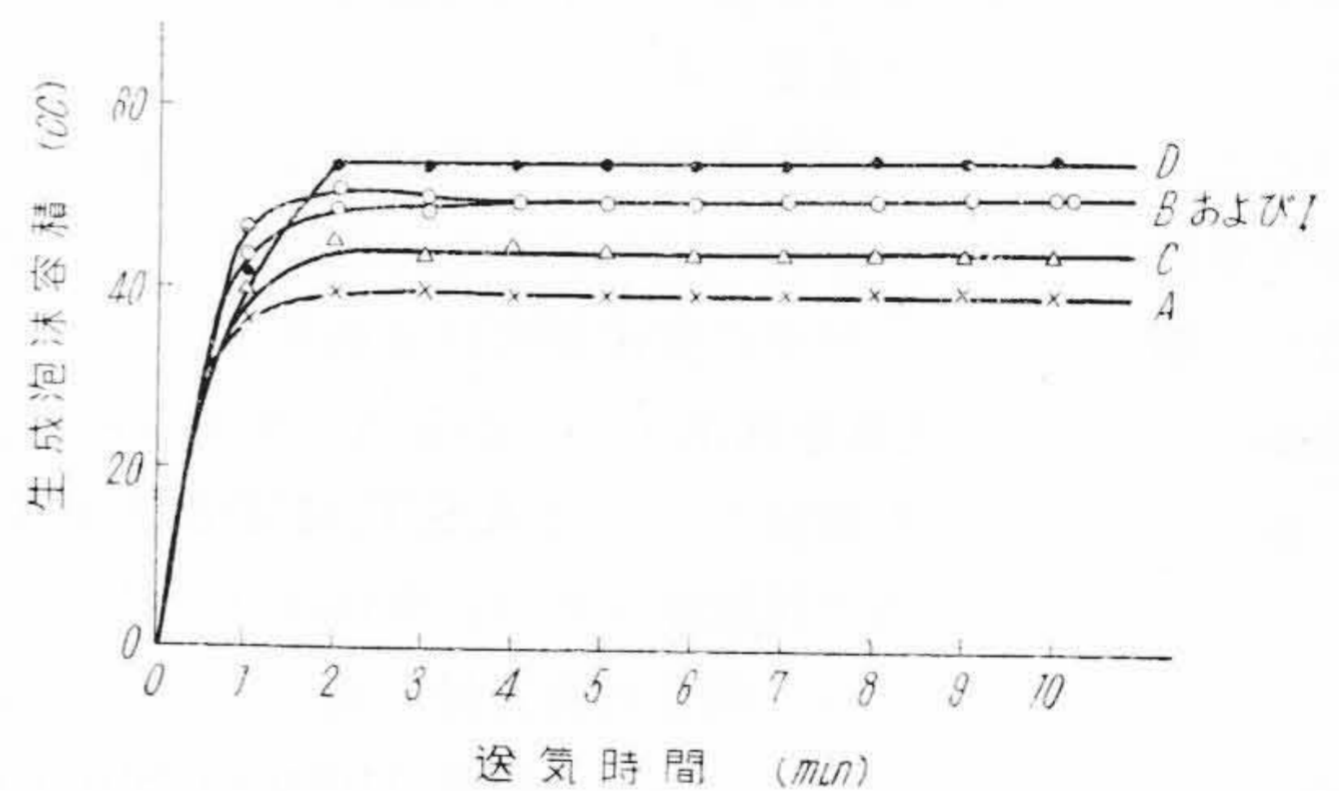
第3図に国産直溜鉱油系タービン油の泡沫生成傾向を示した。粘度による差はあまりはつきりしない。溶剤精製油 内-S.O. 特140C (記号については第1報⁽¹⁾参照) も特別の挙動を示しておらぬ。第4図に泡崩壊経過を示したが、これでは粘度が低い油の方が崩壊が速いことが認められる。理論的には当然粘度が高い方が泡の安定度は良い筈であるが、この範囲ではあまり顕著とはいえない。

第5図および第6図に比較のため絶縁油の場合を示した。これではタービン油よりはるかに粘度が低いので、泡沫容積はずつと少くなる。

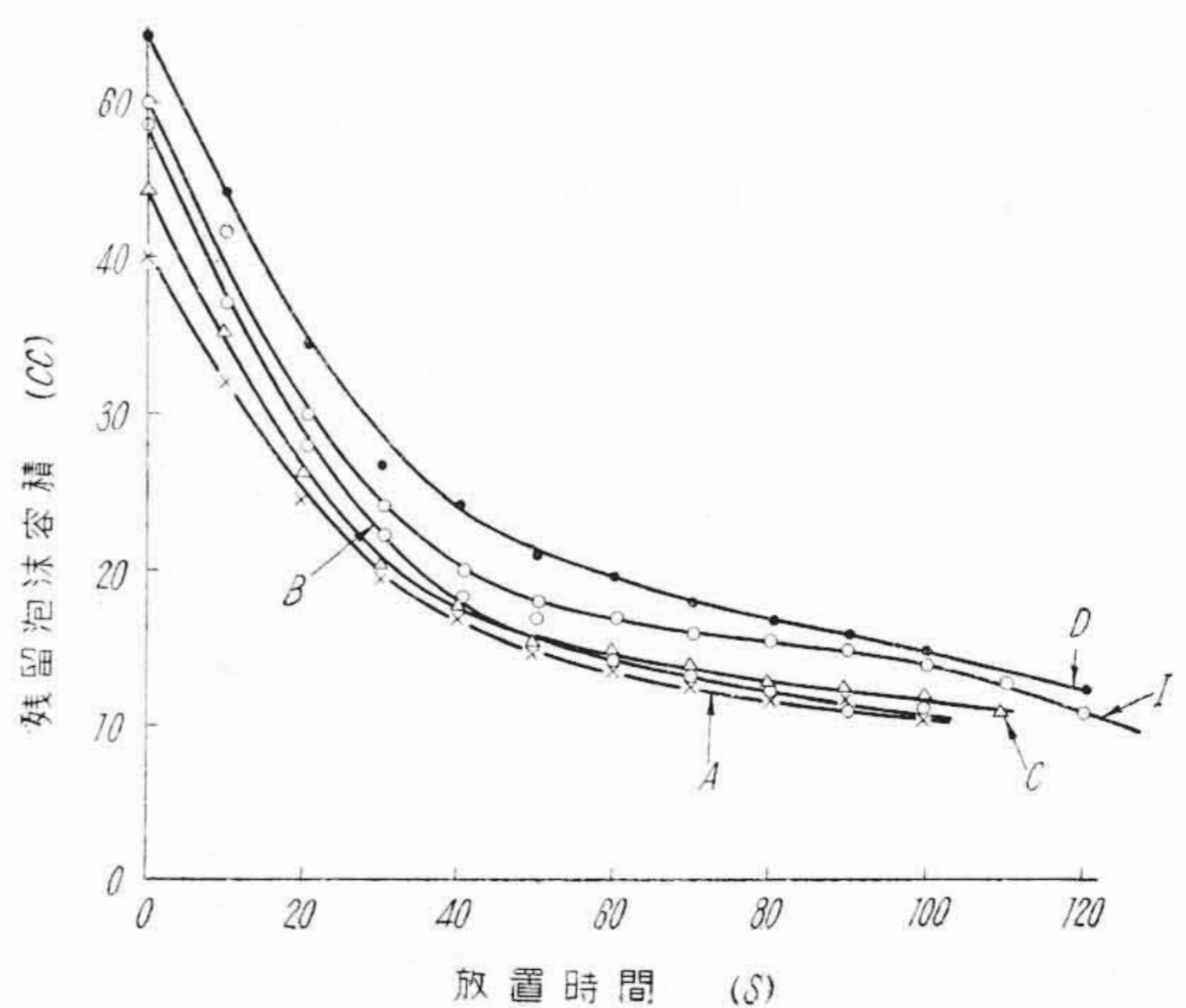
第7図および第8図には、国産添加剤入りタービン油の測定結果を示した。添加剤の入った油は泡の生成はむしろ少くなる傾向を示す。この結果は、豊口氏⁽⁶⁾の説と逆である。消泡剤を入れたものは、起泡性も泡安定性も著しく減少し、図には泡生成傾向を表わせぬもの、泡安定性を測定えぬものもある。



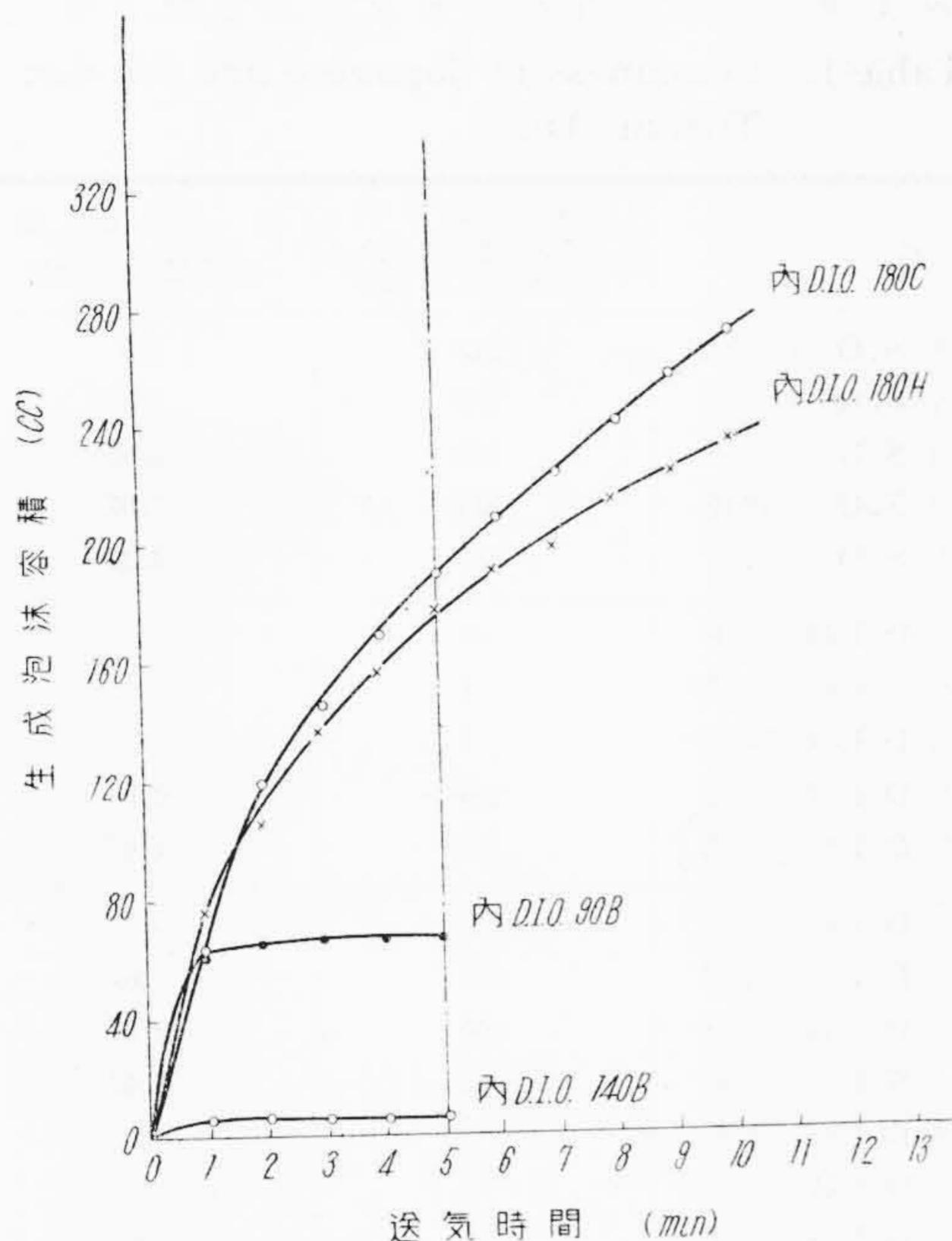
第4図 国産直溜タービン油の泡沫安定性
Fig. 4. Foam Stability of Japanese Straight Mineral Turbine Oils



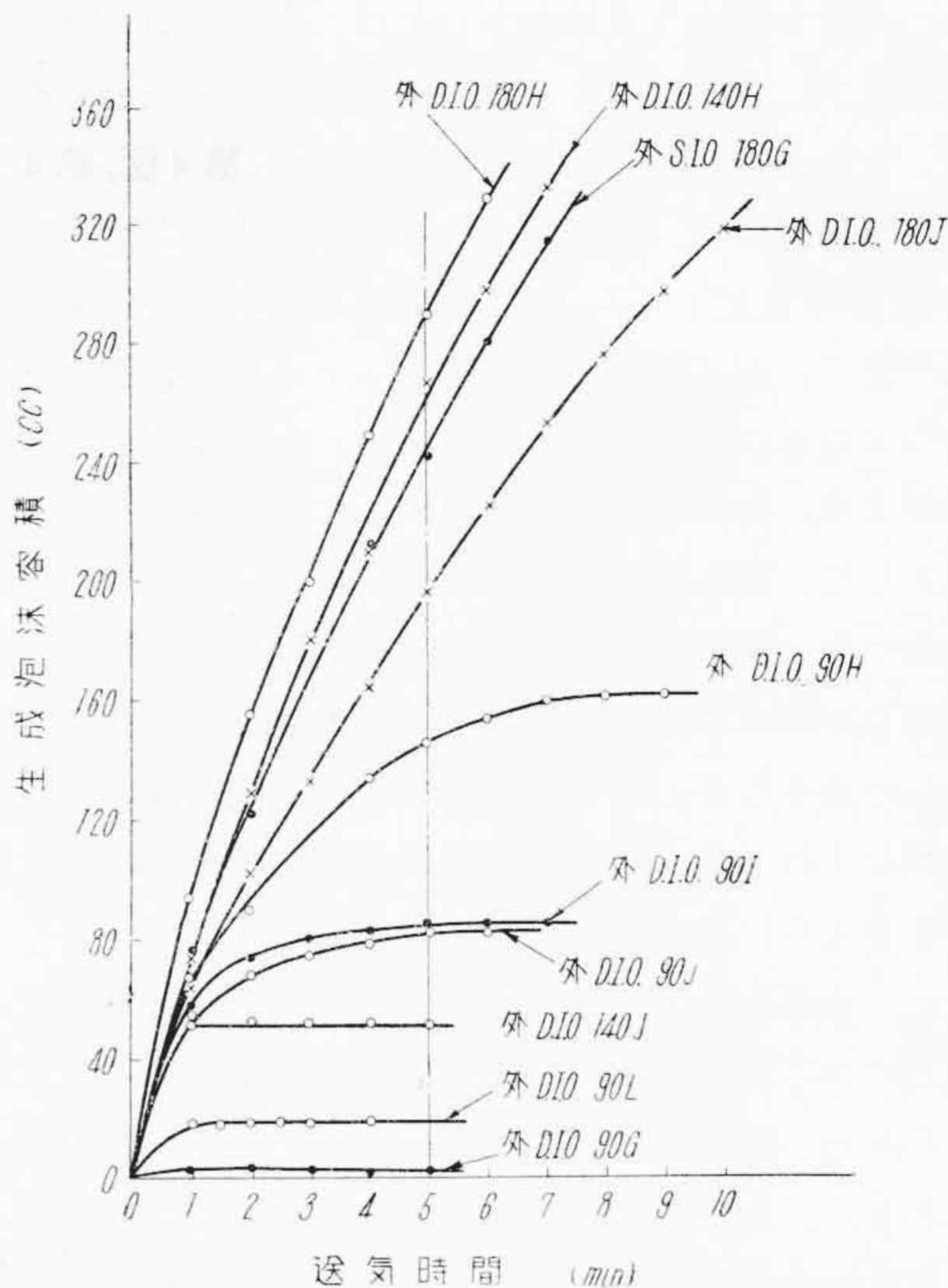
第5図 絶縁油の泡沫生成傾向
Fig. 5. Foaming Tendency of Insulating Oils



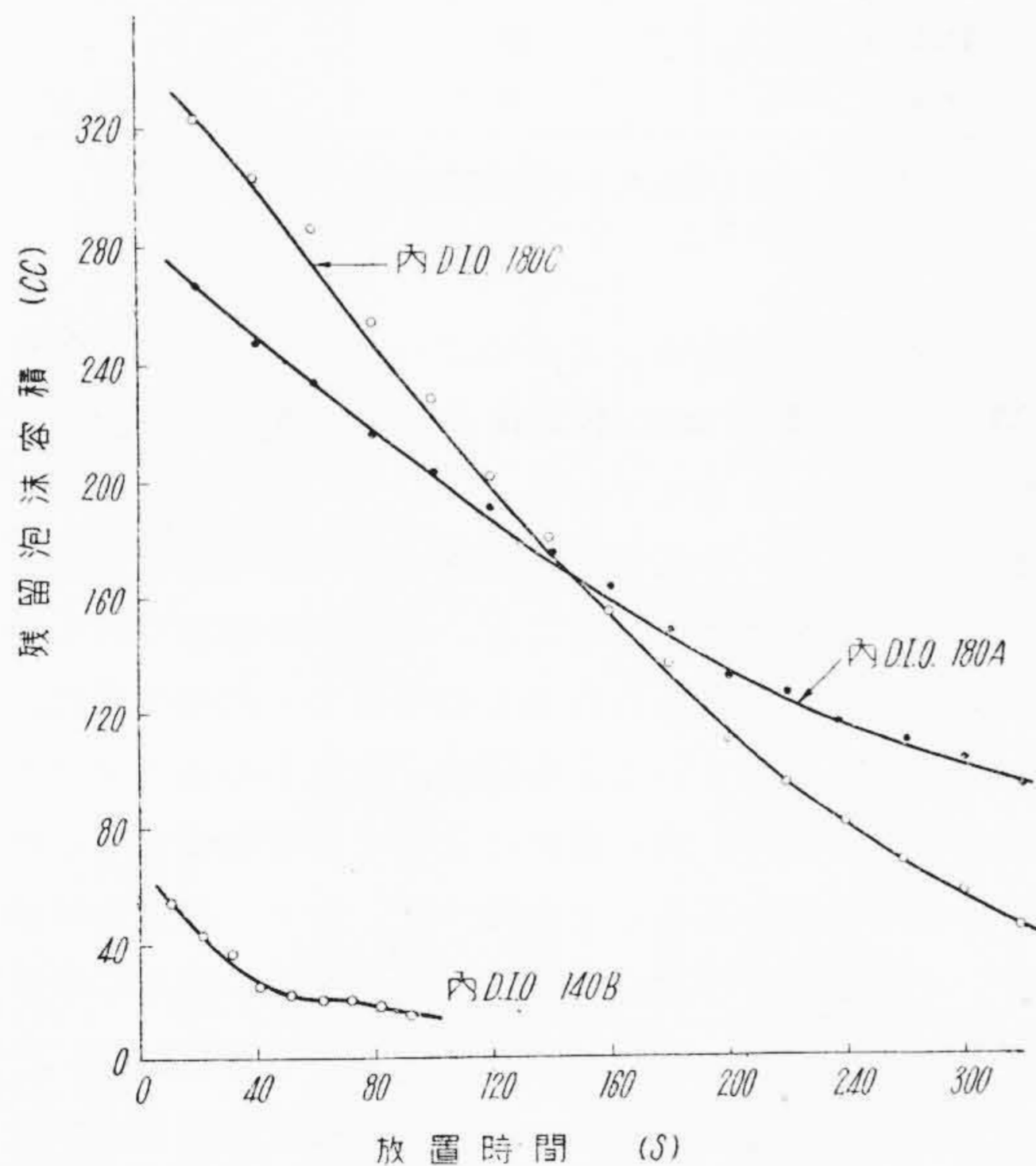
第6図 絶縁油の泡沫安定度
Fig. 6. Foam Stability of Insulating Oils



第7図 国産添加剤入りタービン油の泡沫生成傾向
Fig. 7. Foaming Tendency of Japanese Double Inhibited Oils

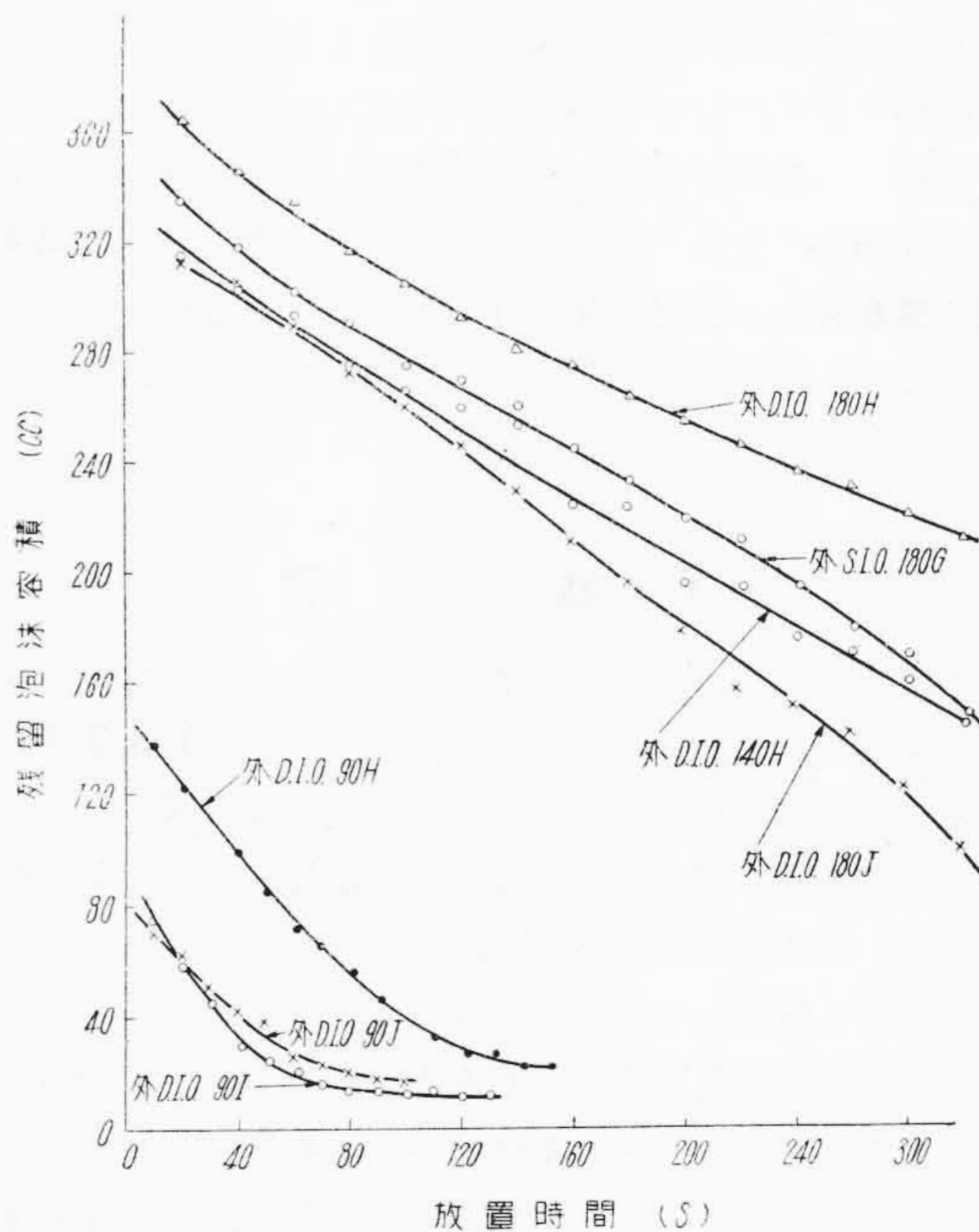


第9図 輸入タービン油の泡沫生成傾向
Fig. 9. Foaming Tendency of Foreign Turbine Oils



第8図 国産添加剤入りタービン油の泡沫安定性
Fig. 8. Foam Stability of Japanese Double Inhibited Oils

第9図および第10図に、輸入タービン油の測定結果を示した。これより、外国タービン油では消泡剤を採用しておるものとおらぬものとあることがわかる。採用と否とは、製油会社の見解の相違によるものであろうが、採用しておる会社の方が多いようである。



第10図 輸入タービン油の泡沫安定性
Fig. 10. Foam Stability of Foreign Turbine Oils

以上の結果を表にまとめてみると第1表のごとくなる。この表で泡沫生成傾向としては、泡吹込5分後の泡容積を採り、泡安定度としては泡沫分解速度の逆数を採った。すなわち、泡安定性の測定結果たる第4図、第8図および第10図より、各瞬間の泡容積減少率 $[4(\text{泡容積})/4(\text{時間})]$ を算出してみると、この値は泡量の多い場合は大体一定で、少くなると減少する。すなわち、泡は崩壊しにくくなる。泡量が比較的大きく、一定値を示す範囲の値をとり、泡沫分解速度と考え、これの逆数を泡沫安定度とした。泡生成能の少ないものについては、これを求めなかつた。同会社製品(たとえばH社)では、粘度の高い油の方が泡生成傾向も泡安定度も大きいことが認められるものがあるが、逆の場合が多い。粘度が高い方には消泡剤を入れてあるか、あるいはその効果を大にしてあるとも考えられる。

さて、本報の結果と豊口氏の結果⁽⁶⁾とを比較すると、既述のごとく、添加剤の効果に関する結論は逆になる。われわれは、泡沫生成傾向については添加剤入りの油の方が小さく、泡安定度は大差ないとの結果になつたが、豊口氏は泡沫生成傾向については記しておらぬが、泡安定度に比すべき「気泡保持力」について、酸化防止剤、さび止剤などがこれを助長すると述べておられる。氏の実験の条件は、本報と同じく、A.S.T.M. に準じて行われておるが、多孔質板は硝子製であり、その細孔は本報の場合に比しかなり大きいらしく、5 l/min の通気に対し泡発生量はせいぜい数 cc に止るようである。これは泡径が大きく、しかも通気量が大きく、泡の崩壊されやすい激しい条件であつたようである。泡安定度の方は、泡容量が少くなると、かなり変化してくることが、第4図、第8図および第10図よりも推測され、豊口氏の気泡保持力はこの泡の少ないところでの観測であつてわれわれの観測とは質的に異なるものがあることと考えられる。

〔V〕 結 言

本報の結果は、タービン油の泡立ち性をたまたまある実験条件にてとらえたものである。実験は A.S.T.M. に準じてはいるが、その諸元を全く変更し、市販タービン油に丁度観測に都合の良い程度の泡が起るような条件を選んだ。泡沫生成、泡安定度などの傾向が、起泡条件によつて著しく変わるものならば、タービンにおける泡立ちの条件に最も類似した方法いかんというむずかしい問題に直面する。おそらくその条件は一つに集約できないであろう。したがつて、泡の大きな場合、小さな場合、通気量などに分けて泡立ちをさらに広く捉える必要がでよう。

泡沫生成量、泡安定度などが、起泡条件によつて、数量こそ違え傾向としては同じにできるならば、本報の測

第1表 市販内外タービン油の泡立ち性
Table 1. Foaminess of Japanese and Foreign Turbine Oils

試油	泡沫生成傾向 (通気5分後) (生成泡量cc)	泡安定度 (泡分解速度逆数)
内-S.O. 90A	243	1.0
内-S.O. 特140C	279	1.33
内-S.O. 180D	260	1.67
内-S.O. 180E	317	1.67
内-S.O. 180F	323	2.22
内-D.I.O. 90B	67	—
内-D.I.O. 140B*	0	—
内-D.I.O. 140B*	7	—
内-D.I.O. 180C	190	0.9
内-D.I.O. 180A	178	1.67
外-D.I.O. 90H	145	—
外-D.I.O. 140H	267	1.67
外-D.I.O. 190H	290	2.0
外-S.I.O. 180G	242	1.43
外-D.I.O. 90G	2	—
外-D.I.O. 90I	85	—
外-D.I.O. 140I	0	—
外-D.I.O. 90J	83	—
外-D.I.O. 140J	51	—
外-D.I.O. 180J	196	1.25
外-D.I.O. 90L†	0	—
外-D.I.O. 90L†	18	—
外-D.I.O. 140L	0	—

(備考) S.O. 中特と記したものは溶剤精製油。

* 添加剤異なる。 † 基油異なる。

定も十分の意味がある。この点についてはさらに、A.S.T.M. 標準の Diffuser Stone の入手手配中で、改めて実験に問いたいと考えている。

本報としては、一応市販内外タービン油の泡立ち性には相当の差違が認められること、消泡剤を添加したものおよび添加したと考えられるものは著しく泡沫生成傾向と泡安定度が小さいことを認め、泡立ちの害の発生の危険ある場合には、油の選択によつてある程度までこれを防ぐ可能性のあることを知つた。たゞ、泡立ちは油のせいで起るのではなく、機械の構造、運転の仕方により泡立ちやすい環境の生じたときに起るのであるから、これらと油は唇歯噛車の関係にある。機械製作者および使用者の側からいえば、なるべく泡立ちの少ない油で、厳しい条件にも堪えてもらいたく、油製造者からいえば、泡立ちの根源を除去し、油に過重の責任を負担させないで欲しいところである。しかも、油に対する他の要求性能を低下せしめることなく、泡立ち性を低下できるものならば、これを要求することは無理ではなく、おそらく、今後、この要求がタービン油規格に入ってくるようになるのではなからうか。

タービン油の泡立ち性についての研究報告は、内外ともきわめて稀で、泡立ちによる事故の真相も判然しないし、泡立ちの試験法も決定されておらぬ。この問題については、目下開催中の工技院潤滑油専門委員会タービン油分科会などにて、協力研究の行われることを希望している。また、ほかにも種々異なる観点から、タービン油に関する泡立ちの現象の解明が行われることを願い、本報がそれらに多少とも参考になれば幸いである。

なお、測定温度に関しては、検討は行つたが本報には記さなかつた。泡沫生成傾向は温度に対し、極大点を示すことが知られておるが⁽⁸⁾、われわれの検討結果ではタービン油の場合、この点はさらに低温(5°C くらいか)にあるようである。これらについても、さらに試験法その他について斯界の意見がかたまつて来てから、再検討し発表する方が妥当であると考え、市販タービン油の泡立ちの検討結果の報告は以上に止める。

なお、本報の実験は、茂庭喜弘君など日立研究化学第1研究室の諸君による。記して感謝の意を表す。

参考文献

- (1) Caltex: Steam Turbine Lubrication, 1950, 14
- (2) G.H. Clark: Scient Lubrication, Dec., 1953, 10
- (3) 佐々木: 泡沫現象, 化学実験学 第1部第4巻, 133~211
- (4) J. J. Bikerman: Foams, 1953, Reinhold Publ. Corp.
- (5) W. Luchsinger: Kolloid-Z., 81 180 (1937)
- (6) 豊口: 日本機械学会誌 56 16 (昭 28)
- (7) 高橋, 茂庭: 日立評論 36 905 (昭 29)
- (8) R.G. Moyer: Inst. Spokesman, 16, No. 11, 8~12 (1953)

Vol. 17 日 立 No. 9

- ◎ ハウザー食について
- ◎ 洗剤と洗濯
- ◎ 掃除の科学
- ◎ 業務用掃除機
- ◎ 上手な商店の照明
- ◎ 家庭電気品と電気料金
- ◎ 開田用小型ポンプ
- ◎ モートルの選び方
- ◎ ジュースカーに乗つて
- ◎ パッケージ型エアコンデションの使いみち
- ◎ 明日への道標——50t 水平引込クレーン——
- ◎ 日立ニュース

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)

日立評論社 誌代 1冊 ¥60 千6

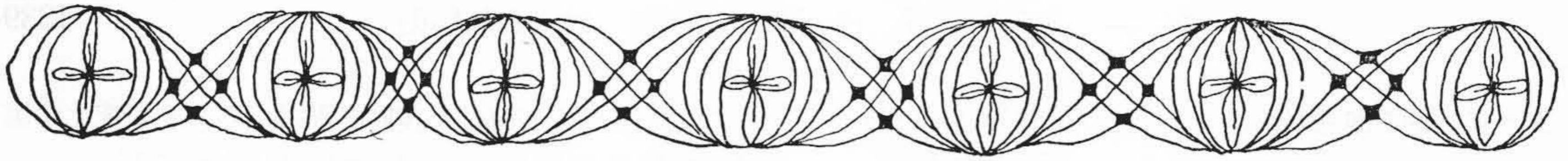
Vol. 15. 日 立 造 船 技 報 No. 3

- ◎ ボイラ界の現況.....山中 秀 男
- ◎ ボイラ胴板の有穴部に設ける補強板の効果.....{ 山中 秀 男
小 野 公 夫
- ◎ 宮島丸鯨肉処理装置および冷凍艙の工事实績について.....{ 石 井 章 董
中 村 朝 晴
- ◎ 横動揺の減衰に関する研究.....{ 伏 見 栄 喜
菱 田 一 郎
加 納 正 義
- ◎ 超音波探傷器の実用試験.....{ 後 藤 寿 穂
佐々木 久 治

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

発行所

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町 60



『日立評論』 金属特集号 別冊 No. 11

最近あらゆる工業が進歩するにしたがつて、すべての機械類は高精度高性能を要求されるようになりましたが、これに伴い諸機械の主要構成材料たる金属の品質向上に対する要求も、いよいよ熾烈となつて来ております。日立製作所は創業以来優秀な素材から完成品までの一貫生産を方針とし、また世界に誇る我国最高級の特種鋼、ロール、可鍛鋳鉄製品などの製造販売をもしており、金属材料の生産研究には数十年の長きにわたり、格段の努力精進を重ね、幾多の輝かしい成果をあげて斯界に貢献して参りました。

ここに日立製作所金属関係者の最近の研究の一端を取纏め、下記内容で「金属特集号」を上梓し、来る9月上旬発行することに致しました。何卒御期待を願います。

◇ 内 容 ◇

- ◎ ガスタービン用 Ni-Cr 系 (20-15%) 耐熱鋼の諸性質におよぼす Nb, V, Ti および N₂ の影響 日立製作所・安来工場 {小九 柴定雄 重常男}
- ◎ 耐熱鋼 Timhen's 16-25-6 熔接部の機械的性質におよぼす熔着鋼組織の影響 日立製作所・日立研究所 {小川浩三 佐々木良一}
- ◎ 冷間ダイス用高炭素—クロム—モリブデン—バナジウム鋼 (SLD) の確性試験 日立製作所・安来工場 {小九 柴定雄 重常男}
- ◎ 低合金鋼の焼入性について 日立製作所・日立研究所 根本正
- ◎ 砂鉄系原料鉄の配合率を異にする三種の双物鋼の比較について 日立製作所・安来工場 {小柴定雄 菊田光男}
- ◎ 軸受鋼の焼入性におよぼす球状化セメントイト粒度の影響 日立製作所日立水戸分工場 {渡辺準平 宇和野晃三}
- ◎ 鋳鉄の導磁性について 日立製作所・戸畑工場 {牧野迪夫 北村通文}
- ◎ 白鉄材質管理についての一考察 (キューポラスラッグ中の FeO の影響について) 日立製作所・桑名工場 {小山代三郎 久保圭史}
- ◎ 黒心可鍛鋳鉄の高温特性および耐蝕特性について 日立製作所・深川工場 藤井恒彌
- ◎ 高力マレブルの研究 日立製作所・戸畑工場 {塩谷勝喜 牧野迪夫 松尾正喜夫}
- ◎ ダクタイル鋳鉄の二三の性質について 日立製作所・亀有工場 {西山野太喜夫 牧野亘作}
- ◎ 鋳鉄の繰返衝撃荷重に対する強さについて 日立製作所・若松工場 {河原英公 吉田公麿}
- ◎ 真空熔解による無酸素銅の研究 日立製作所・中央研究所 土井俊雄
日立研究所 飯塚富雄
- ◎ 導電材料としての銅クロム合金の諸特性 日立製作所 日立電線工場 {栗本暢賢 山路吉平}
- ◎ シェルモールド法による鋳物の特性 日立製作所・多賀工場 {丹江浩清 江刺孝夫}
- ◎ Fixed Type Cavitation による金属の損傷 日立製作所・日立研究所 藤間孝

東京都千代田区丸の内1の4
(新丸の内ビルディング7階)

日立評論社

誌代特集号1冊 ¥100 円16
(振替口座東京71824番)

正 誤 表

本誌 Vol. 37 No. 8 掲載論文「フェノール樹脂積層板の沿層絶縁抵抗について」(松井千里・山方建雄) の中で下記のようなミスプリントがありましたので御訂正下さい。

頁	箇 所	誤	正
44	(1) 式	$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_s} = \frac{1}{R_v}$	$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_v}$
45	(7) 式の前	したがつて	ここに
45	(8) 式	$R = \frac{P_a}{K_t}$	$R = \frac{0_a}{K_t}$
46	(10)' 式から 3 行目	検討するため第 2 表 T 社の....	検討するため第 2 表に T 社の....
51	右側の列上から 8 行目	各関係に感謝の意を表する次第である。	各関係者に感謝の意を表する次第である。