断熱材表面に滴下浸透したタービン油の自発火温度*

伊藤 浩二** 中田 辰也** 吉田 肇** 島田 伸和**

Self-Ignition Temperature of Turbine Oil Dropped on Surface of Heat Insulator

By Ito Koji^{*1}, Nakada Tatsuya^{*1}, Yoshida Hajime^{*1}, Shimada Nobukazu^{*1}

^{*1};Japan Coast Guard Academy Chair of Maritime Safety Technology Wakaba-cho 5-1 Kure-shi Hiroshima-ken Japan

A flammable material such as fuel oil or lubricating oil can often be the cause of a ship's fire disaster. There have been many studies of pure materials, such as benzene or alcohol, but very little of practical use is known about self-ignition phenomena of fuel oil and lubricating oil, as far as the authors are aware. We examined the ignition characteristics of gas oil, marine diesel oil, heavy fuel oil, and lubricating oil, and reported the characteristics of these flammable materials. In this study, especially in the part using turbine oil, we tested by the same method used previously. Because new information was found, we report the new portions.

1. まえがき

機関室火災の原因の一つと考えられる燃料油や潤滑油等の可燃性液体の自発火現象に関する研究は、純粋物質を対象としたものばかりであり、実用の燃料油や潤滑油といった組成の異なる種々の物質の混合物について系統的になされたものはほとんどない。また、このような油種ごとの自発火温度について公表されている例¹⁾は多々あるものの、いずれも限定的条件下で得られた実験値であって、その値にはばらつきもあり、開放された大気圧下での自発火温度として直接適用することはできない。そこで、これまでに、軽油、C重油などを試料油として、これら油種が高温断熱材表面に飛散した状況を模擬した自発火実験を行い、それら油種の自発火特性について調査^{2), 3)}してきたところであるが、本研究では、タービン油を用いてこれまでと同様の実験を行い、その自発火特性について得られた結果を報告する。

2. 実験装置及び方法

2.1 実験装置

*原稿受付 平成 17 年 2 月 14 日

**正会員 海上保安大学校 (呉市若葉町 5-1)

Fig. 1 Schematic of experimental apparatus.

Fig. 2 Detail of measuring area.

実験装置の概略は Fig. 1 に示すとおり、排気管を模擬した鉄製中空直円管 (外径 27mm, 内径 21mm, 長さ 540mm)、機関からの排気に相当する単一ノズル型

ガスバーナー（ノズル出口径 20mm）及び観察測定部並びにペンレコーダー等の計測系から構成されている。鉄製中空直円管外周には断熱材が厚さ約 4mm に均一に巻かれている。観察測定部は、Fig. 2 に示すとおり、厚さ 1.8mm の透明ガラス板で囲まれた高さ 80mm、幅 95mm、長さ 175mm の方形状の空間であり、その内部を鉄製中空直円管が貫通した構造となっている。上面はタービン油の滴下口として約 10mm の隙間を設けるため二分割されており、観察測定部は、周辺大気の影響等を受けない大気に開放された空間となっている。本研究ではこのような空間を閉閉空間と称する。タービン油滴下位置は観察測定部バーナー側から約 70mm 離れた鉄製中空直円管断熱材表面頂部とし、この位置の断熱材の表面付近及び内部の所要の位置に

温度測定用の熱電対が合計 23 点設置されている。タービン油滴下位置の鉄製中空直円管表面には外径約 2mm のひも状断熱材が三層巻き付けられており、一層巻く毎に熱電対が一点取付けられている。本研究では滴下位置の最外周測定点温度（以下、表面温度という。）を用いてタービン油の自発火温度を評価することとした。

2.2 実験方法

加熱面表面温度の調整は、バーナーの燃料量と空気量を制御することにより行い、鉄製中空直円管に巻き付けた断熱材表面温度を 400～500℃ の範囲内で 1～3℃ 刻みに設定した。表面温度静定後、試料油を滴下位置上方 10～20mm の高さから注射器を用いて滴下した。滴下後閉閉空間内各所の温度を計測するとともに、目

Fig.3 Surface temperature fluctuations and phenomena
[Case of Ignition].

Fig.4 Surface temperature fluctuations and phenomena
[Case of Non-Ignition].

視及びビデオ観察により自発火、非発火の判定及び自発火時の燃焼状況等の観察を行った。タービン油の滴下油量は 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2 及び 0.1cm^3 の 7 通りとした。

3. 実験結果及び考察

3.1 表面温度変化

Fig. 3 に自発火した場合と Fig. 4 に自発火しなかった場合の代表的な例として表面温度の時間変動データとその時の現象を対応させてそれぞれ示す。各図から、自発火、非発火にかかわらず、表面温度変化は、いずれの場合も滴下後、急激に温度低下したのち上昇していることがわかる。これは、バーナーからの熱量、タービン油の蒸発に要する熱量、酸化による発熱量及び観察測定部外への放熱量の収支により決定されるものと考えられる。

Fig. 5 は、Fig. 3 の表面温度の極小点後 2.5 から 5.0 秒の間の自発火に至る表面温度変化と Fig. 4 の同じ期間の表面温度変化を拡大したものである。同図から、自発火した場合は、自発火前に大きな正の温度勾配があることがわかる。これは、蒸発気化したタービン油の酸化発熱反応が活発に行われたため、大きな温度勾配を呈し、自発火に至ったものと解することができる。

Fig.5 Comparison of surface temperature gradients

3.2 表面温度と自発火、非発火の関係

Fig. 6 に全実験条件の自発火、非発火の結果を示す。同図中、横軸は表面温度、縦軸は自発火、非発火の結果を示しており、自発火した場合は上端のライン上に、非発火の場合は下端のライン上に●印がそれぞれ表示されている。実験は同一条件下で複数回実施し、自発火、非発火の両方が起こった場合は、両方のライン上に●印が示されている。同図から、タービン油の滴下量に関係なく、表面温度の範囲が、絶対に自発火しない非発火領域(A)、必ず自発火に至る自発火領域(C)、非発火と自発火の混在する領域(B)の3つに区別で

Fig.6 Classification of self-ignition regions

きる事がわかる。これは、これまでにに行った油種の実験結果にも見られたものである。

3.3 自発火温度

Fig. 7 にタービン油の滴下量と自発火温度との関係を、これまでに実施した油種の実験結果とともに示す。同図中、実線は一般的に発火温度⁴⁾と呼ばれる非

Fig.7 Surface temperature vs. drop volume

発火及び自発火の混在する領域の最低表面温度，すなわち，本実験結果で得られた非発火領域の最高温度+1℃を表す．破線は本実験で得られた必ず自発火する最低表面温度である．同図から本実験のような閉囲空間において，タービン油が自発火する可能性のある最低表面温度は 442℃であることがわかる．また，タービン油の自発火温度と試料油の滴下量との関係については，他の油種ほど顕著な影響は認められない．

4. まとめ

高温断熱材表面に滴下浸透したタービン油の自発火実験を行った結果，以下の結論を得た．

- ①タービン油の自発火，非発火現象は，受熱，発熱，放熱量の収支により支配されており，発熱量が大きい場合は自発火に至るものと考えられる．
- ②タービン油の自発火現象には，自発火及び非発火の混在する領域が存在し，自発火温度を一意的に定めることはできない．
- ③タービン油の自発火温度に対する滴下油量の影響は軽油などの他の油種ほど大きくない．
- ④発火現象は，さまざまな因子が複雑に関係した現象であるが，実用上，理解しやすいと考えられる加熱面表面温度により，発火する可能性がある最低温度を定めることができ，本実験の場合，442℃であった．

参考文献

- 1)Nichlas P.Setchkin, J.Reserch of National Bureau of Standards, 53-1 (1954-7), 49-66.
- 2)島田ほか2名，舶機誌，32-7 (1997-9), 467-473.
- 3)力安ほか3名，舶機誌，34-10 (1999-10), 696-701.
- 4)長尾，内燃機関講義，上巻，(1976), 168, 養賢堂.

著者紹介

伊藤 浩二
・1968年生.
・所属. 海上保安大学校
海上安全学講座
・最終学歴. 東京大学大学院
・専門分野. 工業熱力学

中田 辰也
・1967年生.
・所属. 海上保安大学校
海上安全学講座
・最終学歴. 海上保安大学校特修科
・専門分野. 機械工作

吉田 肇
・1956年生.
・所属. 海上保安大学校
海上安全学講座
・最終学歴. 広島大学大学院
・専門分野. 燃焼工学

島田 伸和
・1952年生.
・所属. 海上保安大学校
海上安全学講座
・最終学歴. 東京商船大学大学院
・専門分野. 補助機関学