

潤滑油系統の改善による漁船の機関損傷事故低減に関する一考察

津田 稔^{1†}, 前田和幸¹, 山西 大², 島崎 渉²

Reduction of Engine Trouble in the Fishing Boat by the Improvement on the Lubricating Oil System

Minoru Tsuda^{1†}, Kazuyuki Maeda¹, Dai Yamanishi² and Wataru Shimazaki²

About 72% of engine troubles of ships that Marine Accident Inquiry Agency had decided from 1996 to 2005 are related to fishing boats. Moreover, almost half of the engine troubles of fishing boats are caused by the lubricating oil system. The experiments were made to reduce the engine troubles of the fishing boats by developing the device based on the lubricating oil system of the fishing boats in this research; the functions of the filters when impure substance got mixed in the lubricating oil and the flow rate change of the lubricating oil as the filters were blocked were demonstrated. The results of the experiments are given as follows: (1) The amount of the removable impure substance got mixed in the lubricating oil depends on the kinds in the used filters through the experiments. (2) The engine trouble can be reduced when the impure substance which got mixed in the lubricating oil is properly removed by agitator which is installed in the lubrication sump tank to stir the impure substance which got mixed in the lubricating oil constantly.

Key words : fishing boat, reduction of engine trouble, lubricating oil system

まえがき

海難審判庁は、海難事故の低減を目的として、定期的な海難の実態に関する報告を行っており、漁船についてもその実態と防止策への提言を行っている^{1,2)}。地方海難審判庁が裁決した平成8年度から平成17年度の10年間における船舶の機関損傷事故の総数は953件あり、その中で漁船の占める割合は約72%と高い数値を示している³⁾。著者らは、漁船における機関損傷事故の原因を明確にするために、事故の原因を、機関の運転に必要な要素として燃料油、潤滑油、冷却水、空気、排ガスの5項目と、それぞれの項目に対するトラブルの要因として漏洩、量、温度、性状、フィルタの状態の5項目、計25項目に分類し、解析を行った。その結果、潤滑油系統に起因する事故が全体の半数近くを占めていることを明らかにした。また、これらの潤滑油系統による事故のうち、フィルタの詰まり等による事故は、約18%を占めている⁴⁾。潤滑油はエンジンの摺動部における摩耗低減、冷却など機関運転上重要な役目を担ってお

り、これに異常をきたすと「ピストンとシリンダライナの焼損」、「クランクピンと軸受けの焼き付き」など重大に発展しやすい。漁船機関の潤滑油系統における機関損傷防止装置としては、潤滑油圧力低下に対する警報と機関停止及びフィルタ目詰まりに対する警報とバイパス弁の作動という、独立した2系統の保護装置が設置されている場合が多い。しかし、20トン未満の小型漁船においては潤滑油圧力低下の警報とバイパス弁の作動のみで、フィルタ目詰まりに対する警報と機関停止の保護装置が装備されていないものもある。

本研究では、漁船の機関損傷事故の低減を検討するために、漁船機関の潤滑油系統のモデル実験装置を作製し、潤滑油に異物が混入した際にフィルタが果たす役割と、フィルタが目詰まりした時の潤滑油の流量変化を明らかにする実験を行った。その結果、機関の潤滑油溜めタンクに攪拌装置を設置し、潤滑油系統へ混入した異物を効果的に除去するとともに、フィルタ入口に圧力計を設置し、フィルタの状態を定期的に確認する等の保守点検を実施することに

2007年12月14日受付。Received December 14, 2007.

1 水産大学校海洋機械工学科 (Department of Ocean Mechanical Engineering, National Fisheries University)

2 水産大学校練習船天鷹丸 (Training Ship Tenyo Maru, National Fisheries University)

† 別刷り請求先 (corresponding author) : tuda@fish-u.ac.jp

よりトラブルを低減できる可能性があることを明らかにした。

実験装置と方法

潤滑油系統へ異物が混入した際、どれくらいの量をフィルタにより除去できるか、除去できる量は異物の種類により異なるかと、フィルタが目詰まりした時の潤滑油の流量変化等を明らかにするための実験を行った。

Fig. 1 に、漁船機関の代表的な潤滑油系統を示す³⁾。図において、潤滑油ポンプによって潤滑油溜めタンクから吸入された潤滑油は、フィルタ、潤滑油冷却器を経て、エンジン各部の潤滑を行う。何らかの原因で、潤滑油系統の圧力が設定値以下になると、まず油圧低下の警報が作動し、改善がみられない場合は機関が停止する。また、フィルタ前後の差圧が設定値を越えるとフィルタ目詰まりの警報が作動し、改善がみられない場合はバイパス弁が開いて、潤滑油系統の油量を確保する。潤滑油圧力低下の警報と機関停止及びフィルタ目詰まりの警報とバイパス弁の作動という2つの保護装置は独立しており、小型漁船においては潤滑油圧力低下の警報とフィルタのバイパス弁の作動のみで、潤滑油圧力低下による機関停止とフィルタ目詰まりの警報の保護装置が装備されていないものもある。

Fig. 2 にモデル実験装置の概要を示す。図において、ポンプによってタンクから吸入された潤滑油はフィルタ（トリプルアール株式会社、型式：D100-H114、濾材：100%セルロース、エレメント精度： $\beta_3=458$ ）を通してタンクに戻り、フィルタ前後の圧力差が設定値を越えるとバイパス弁が作動する。タンクにはヒータと攪拌装置が装備されており、フィルタ前後に設置された圧力計及びフィルタ出口（エンジン入口に相当）に設置された流量計（株式会社オーバル、型式：LS4576-30、測定精度： $\pm 0.5\%$ ）によりフィルタの差圧及びフィルタ通過後の流量が測定できる。

Fig. 3 に潤滑油系統に混入した異物として使用した「ISO-MTD」と「すす」の写真を示す。「ISO-MTD」は、ISO12103-1に規定されている粉体で、フィルタテストの標準試料である。「すす」は水産大学の練習船耕洋丸の排気管から採取したもので、異物の種類による除去量の違いを明らかにするために用いた試料である。

Fig. 2 において、まずタンクに小型漁船に使用される潤滑油（三菱重工業、ジュコールニューマリーナCF）を20l（タンクの3/4レベル）入れ、ヒータにより温度を95℃に保った状態でポンプにより循環させた。次にフィルタ前後

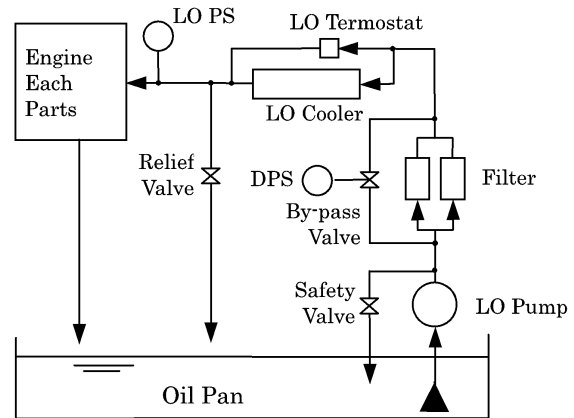


Fig. 1. Lubricating oil system.

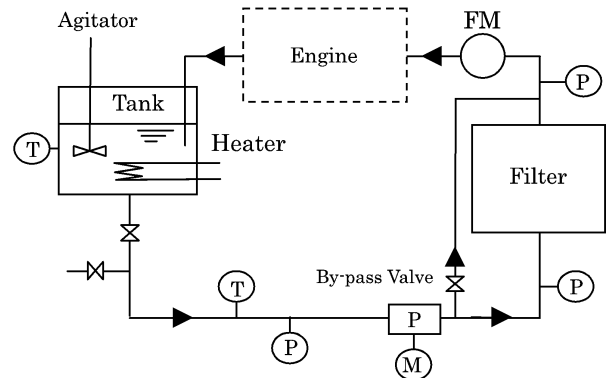
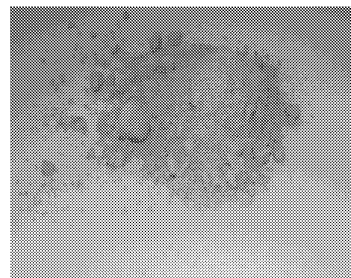
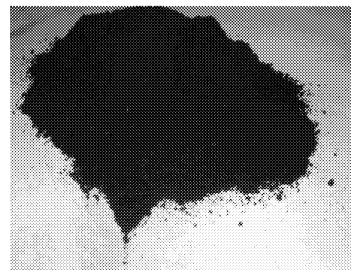


Fig. 2. System diagram of model experiment.



(a) ISO-MTD



(b) Soot

Fig. 3. Mixed sample used for the experiment.

の圧力及びフィルタ出口の流量が一定になったところで、200mlの潤滑油と混ぜた試料（ISO-MTD：4g）を投入した。投入は10分間かけて行い、各部の圧力と流量が一定になると再び同様の方法で試料を投入し、本実験に用いたフィルタエレメントの取替基準であるフィルタの入口圧力が0.4MPaを超えるまでこの操作を繰り返した。この実験方法を標準とし、これを実験Aと呼ぶ。実験終了後、タンク内を点検したところ、試料が沈殿していたため、タンク内に攪拌機を設置して同様な実験を行い、これを実験Bと呼ぶ。なお、通常のフィルタテストにおいては、攪拌は行われていない。さらに、時化等により船体が動揺し機関の潤滑油溜めタンク内が掻き混ぜられた状態を再現させるために、攪拌機により常にタンク内の攪拌を行うとともに攪拌棒によりタンク内の隅々まで攪拌する実験を行い、これを実験C、実験Dと呼ぶ。このような「攪拌を行わない：実験A」、「攪拌機による攪拌：実験B」、「攪拌機と攪拌棒による攪拌：実験C、D」という3種類の実験をFig. 3に示す2種類の試料を用いて行い、その結果を比較した。

実験結果

Fig. 4に「ISO-MTD」の投入量とフィルタ入口圧力の変化を示す。Aは攪拌を行わずメーカーが示す取替基準を超えた所で投入を止めたものである。Bは攪拌機だけの攪拌を行いバイパス弁が作動するまで投入を続けたもので、図中の×印はバイパス弁が作動したことを示す。C、Dは攪拌機により常にタンク内の攪拌を行うとともに手動で攪拌棒によりタンク内の隅まで攪拌を行ったものである。この内Cは取替基準を超えバイパス弁が作動するまで投入を続けたもので、Dは取替基準を超えた所で投入を止めたものである。

Fig. 4に示すように、Aは28g投入したところで取替基準を超えた。Bは24g投入したところで取替基準を超え、28g投入したところでバイパス弁が作動した。C、Dは共に20g投入したところで取替基準を超え、Cは24g投入したところでバイパス弁が作動した。

Fig. 5にA、Dの実験後におけるタンク内の写真をそれぞれ示す。これらの写真より、Aは試料がタンクの隅やヒータの下などに残っており、Dは投入した試料がタンク内に全く残っていないことが分かる。

これらの実験結果より、「ISO-MTD」の場合、フィルタにより除去できる量は20gであるが、十分な攪拌を行わないと投入した試料がタンク内に残るため、フィルタの許容

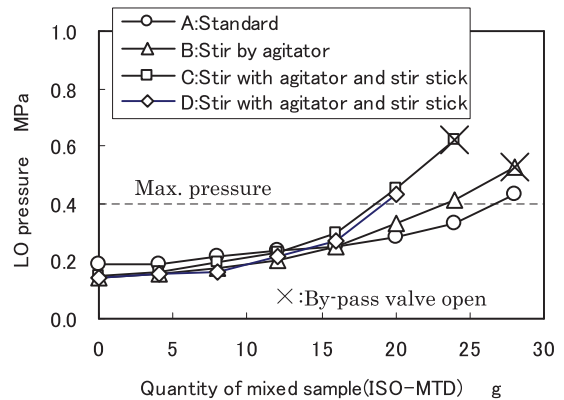
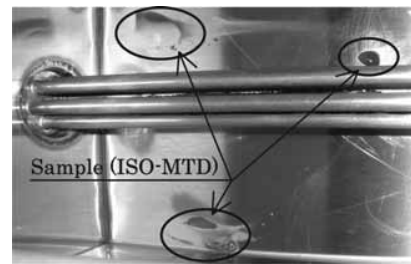
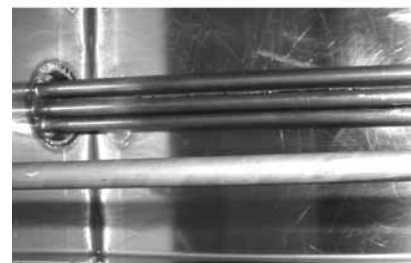


Fig. 4. Relationship between quantity of mixed sample (ISO-MTD) and lubricating oil pressure.



(a) Experiment A



(b) Experiment D

Fig. 5. Photograph in the tank after the experiment.

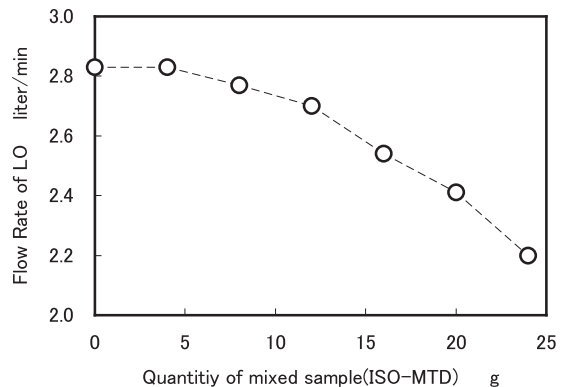


Fig. 6. Relationship between quantity of mixed sample (ISO-MTD) and flow rate of lubricating oil.

量以上の異物が混入してもフィルタ目詰まりの警報が働かないことが分かる。

Fig. 6 に「ISO-MTD」を用いた実験Dにおける、試料の投入量と潤滑油流量の変化を示す。試料投入前の潤滑油流量は2.83l/minであったが、試料の投入量に比例して潤滑油流量は減少し、12g投入すると流量が約5%減少した。20g投入すると約15%減少し、24g投入したところでバイパス弁が作動した。なお、バイパス弁が作動する直前の潤滑油流量は試料投入前と比較し約22%減少した。この実験結果より、潤滑油系統に異物が混入し、これがフィルタに詰まると、潤滑油流量が最大約22%減少することが分かる。

Fig. 7 に「すす」の投入量とフィルタ入口圧力の関係を示す。この実験では、攪拌機により常にタンク内の攪拌を行うとともに手で攪拌棒によりタンク内の隅まで攪拌を行っている。投入量が14gでメーカーが示す取替基準を超えた。なお、実験後におけるタンク内には「すす」は残っていない。この実験結果より、十分な攪拌を行うことにより投入した「すす」は全てフィルタにより除去できることが分かる。

Fig. 8 に「ISO-MTD」と「すす」の投入量と圧力の関係を示す。「ISO-MTD」はFig. 4のC, Dの実験を、「すす」はFig. 7の2回の実験の平均をとったものである。図に示すように、同じ投入量でも混入する物質により圧力の上昇に違いが現れた。この実験結果より、フィルタで除去できる量は潤滑油系統に混入する物質の種類により異なり、実際のエンジンにおいて混入する可能性がある燃焼生成物「すす」はフィルタテストに用いられる試料よりも目詰まりを起こしやすく、この目詰まりの状態はフィルタ入口の圧力の上昇により確認できることが分かる。

機関損傷事故の低減方法に関する一考察

Fig. 6 に示すように、フィルタが詰まると潤滑油の循環量が減少し、さらにフィルタの差圧が設定値を超えると、バイパス弁が作動して潤滑油系統に混入した異物が濾過されないままエンジン内に入り、焼き付き等の事故につながる。特に、Fig. 4のAの状態（海上が穏やかな状態）においては、潤滑油溜めタンクは攪拌されない状態であるため、潤滑油系統に異物が混入してもその一部がタンク内に堆積する可能性がある。しかし、Fig. 4のBの状態（時化等により船体が動揺しタンク内がかき混ぜられた状態）になると、タンク内に堆積していた異物が一度にフィルタに達し潤滑油の循環量が減少する。バイパス弁が開くと潤滑

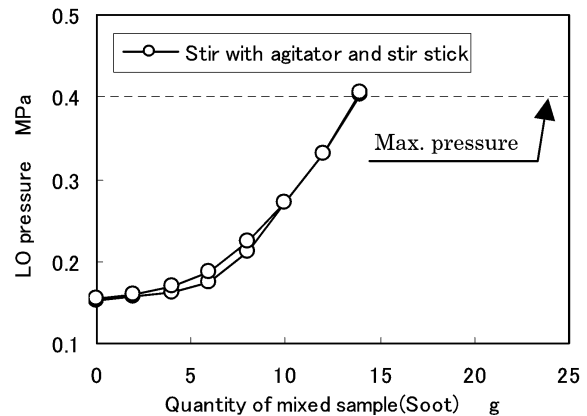


Fig. 7. Relationship between quantity of mixed Sample (Soot) and lubricating oil pressure.

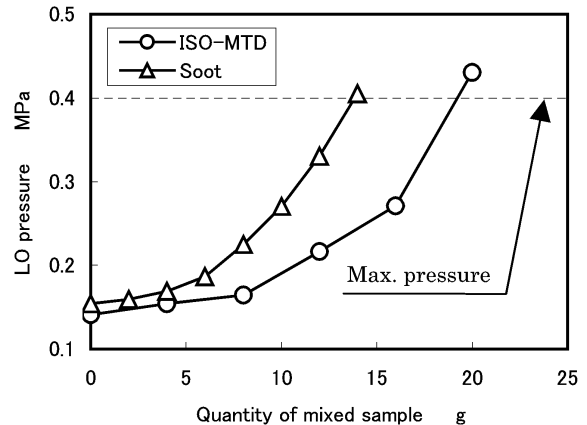


Fig. 8. Relationship between quantity of mixed sample and lubricating oil pressure.

油流量は回復するが、スラッジや金属粉等を含む潤滑油が機関各部に送られ、軸受けや摺動部分に入り込んだり、油路において目詰まりを起こして潤滑油流量が減少することにより、潤滑障害を招き機関損傷事故につながると思われる。Fig. 4のC, Dの状態（更に揺れが激しくなった状態）になると、この傾向が強まることになる。また、Fig. 8に示すように、潤滑油に混入した異物の種類によっては、フィルタが目詰まりを起こしやすくなり、潤滑障害による機関損傷事故を起こす傾向が早まることになると思われる。これらの機関損傷事故は、常に潤滑油の圧力を点検するとともに、必要に応じてフィルタエレメントを交換する等の措置を行うことにより、未然に防止できる。しかし、小型漁船にはフィルタ入口圧力計は設置されておらず、作業時には乗組員が機関室を離れる場合があるため、フィルタ目詰まり警報が鳴っても気付かない可能性がある

る。また、操業時や荒天時においては、警報に気付いてもエンジンを停止してフィルタエレメントの交換を行うことが出来ない場合もある。

以上のことから、機関の潤滑油溜めタンク内に攪拌装置を装備して常に攪拌を行い、潤滑油溜めタンク内に沈殿した異物が、荒天等による船体の動揺によりかき混ぜられて、フィルタが急激に目詰まりを起こさないようにするとともに、フィルタの入口に圧力計を設置して定期的にフィルタの状態を確認する等の適切なメンテナンスを実施することにより、潤滑油系統に起因する機関損傷事故を未然に防止することが出来るものと考えられる。

まとめ

本研究では、漁船の機関損傷事故の低減を検討するために、漁船機関の潤滑油系統のモデル実験装置を作製し、潤滑油に異物が混入した際のフィルタによる除去効果と潤滑油の流量変化等を明らかにする実験を行い、潤滑油系統の改善策について検討した。その結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 本実験で用いたフィルタでは、混入した異物の種類により除去できる量が異なり、実際のエンジンにおいて混入する可能性がある燃焼生成物「すす」はフィルタテストに用いられる試料よりも目詰まりを起こしやすく、この目詰まりの状態はフィルタ入口の圧力の上昇により確認できる。
- (2) 機関の潤滑油溜めタンク内に攪拌装置を取り付けて常に攪拌を行い、潤滑油系統に混入した異物を効果的に除去するとともに、フィルタ入口に圧力計を設置して定期的にフィルタの状態を確認する等の適切なメンテナンスを実施することにより、潤滑油系統に起因する機関損傷事故を低減できる。

最後に、本研究に用いた実験装置の作製にご協力を頂いたトリプルアール株式会社と、実験にご協力を頂いた当時学生の前田雄三君（現、内海造船株式会社）に謝意を表します。

文 献

- 1) 海難審判庁：漁船海難の実態，(1981)
- 2) 海難審判庁：漁船海難の実態，(2001)
- 3) (財)海難審判協会海難審判庁裁決録(1996～2005)，日本財団図書館，<http://nippon.zaidan.info/index.html>.
- 4) 津田 稔，前田和幸，下川伸也，一瀬純弥：漁船における機関損傷事故の実態と低減に関する一考察，水大校研報，53，93-98 (2005)
- 5) 藤田 護：船用エンジンの保守と整備，三訂版，成山堂書店，東京 (1990)