

101 潤滑油半永久使用の30,000h実船試験

安芸海運(株) ○光田 寛治, (株)住本科学研究所 住本 守央
神戸大学 橋本 正孝, 元帝京大学 東 忠則

第80回 (平成22年) マリンエンジニアリング学術講演会 講演論文集抜刷

期日 平成22年8月30日(月)~9月1日(水)
会場 朱鷺メッセ (新潟市)
社団法人 日本マリンエンジニアリング学会

101 潤滑油半永久使用の30,000h実船試験

安芸海運(株) ○光田 寛治, (株)住本科学研究所 住本 守央
 神戸大学 橋本 正孝, 元帝京大学 東 忠則

1. はじめに

この実船試験は船主の立場から、環境問題改善、省資源、エンジン保全の手段の一つとして、潤滑油(LO)の廃油ゼロ、(長期間にわたるエンジンの摩耗)≒ゼロが可能か、を検証するために実施した。この検証のため、船主は(株)住本科学研究所製のLO清浄装置(Nephron System)を採用した。そこで本試験は船主、LO清浄装置メーカー、LO半永久使用の研究に携わっている大学の3者共同研究で実施されている。

10,470T×23.0knの内航船で、2003年10月～2009年8月の6年、30,000hの実船試験の結果、潤滑油とエンジンの半永久使用・廃油ゼロが可能である事を確認した。試験期間中、エンジン全体と部品は清浄に維持された。軸と軸受け、ピストンリング、シリンダライナ等の摺動部品の摩耗は実際上ゼロで、熱効率も一定に維持された。廃油ゼロはNK船級協会の鑑定を得た。本報では、NKによる実船データの検証を含め報告する。本船は本年中に40,000h運航に至る予定。

2. 試験装置と試験方法

2.1 供試船とLO清浄装置

供試船は、三菱重工業(株)下関造船所で2003年10月に竣工された、安芸海運(株)所有の内航船「ひまわり5号(10,470T×23.0kn, 図1)」である。廃油ゼロのLO清浄装置を装備しているのは発電機関G/Eで、ヤンマー(株)製、8N21AL-EV(1,768PS)×2台と6N21AL-EV(1,319PS)×2台の合計4台である。

図2はNephron Systemである。Nephron Systemは、簡単な構造の遠心分離式粗ゴミ固化器と、LOに浮遊している微細なゴミやLO酸化物を除去する高性能フィルター(Nephron Filter)から成る。図3にNephron Systemの外観を示す。



図1. ひまわり5号

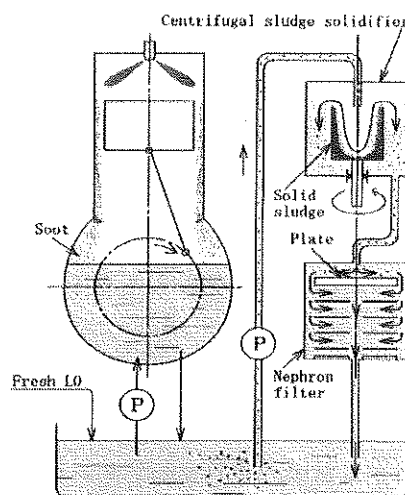


図2. Nephron System

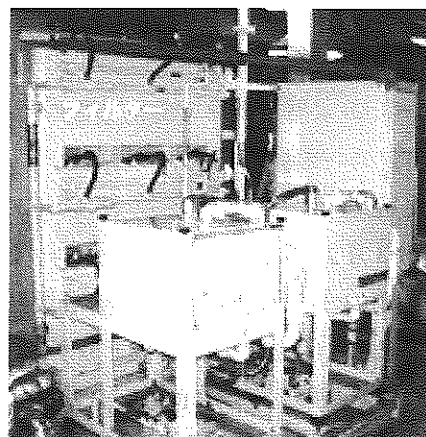


図3. Nephron System

2. 2 試験方法

Nephron System は L0 で発生/混入するゴミを、発生とほぼ同時に除去して L0 を永久に清浄に維持する。これが本試験に採用された理由である。

実績では酸化劣化する L0 は無視出来る程度の微量である。従って、使用中に L0 が失われるのは酸化、蒸発、高温による分解等によるものである。換言すれば、熱に弱い分子、分子量の小さい分子が失われ易いから、時間と共に比較的分子量の大きい分子の比率が大きくなる。これは L0 精製の最終段階に見られるブライトストック化、高級 L0 化に近い。実際、使用油の方が新油よりも耐焼き付き荷重が約 25% 大きい。従って、Nephron System では使用中に動粘度が大きくなるのは当然であり、動粘度が機関性能上好ましくない程に大きくなれば、低粘度の新油を補給して動粘度調整するのが正しいやり方である。

本試験では船主の立場として、NK の助言に従い、同じ L0 メーカーの低粘度の L0 で動粘度調整を行なうことに決定した。2003 年 10 月から 2005 年 5 月までは no L0 change で運航された。しかし、2006 年 6 月から 2007 年 3 月まで、乗組員が安全のために Oil Change して、計画通りの試験が出来なかった。2007 年 4 月から現在までの 3 年間は no L0 change, no waste L0 であり、今後も続行の予定である。

3. L0 半永久使用・廃油ゼロ試験

3. 1 L0 管理の経過と NK の鑑定

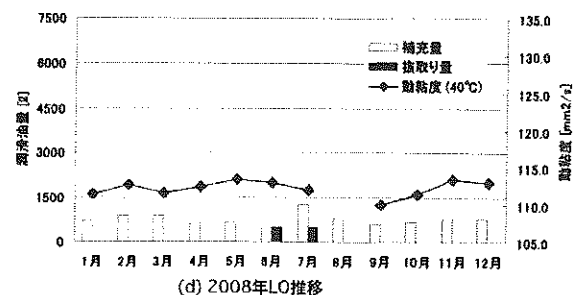
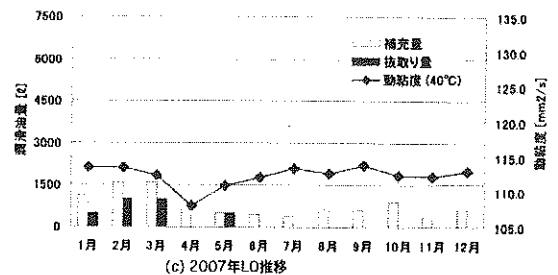
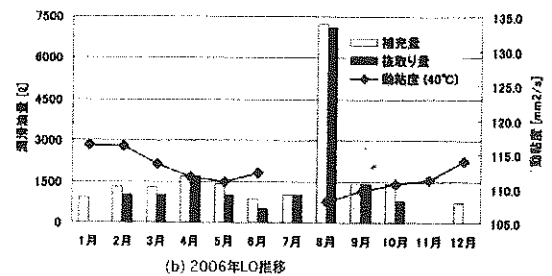
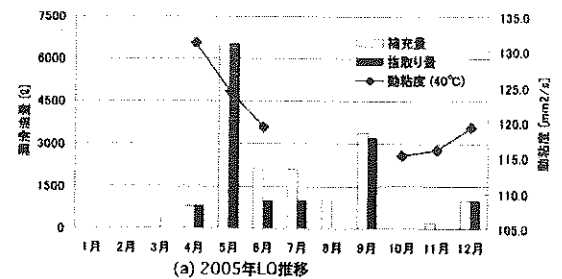
廃油ゼロが本試験の中心課題であるが、廃油ゼロと L0 半永久使用は一体である。L0 使用に関しては、本船就航以来の L0 管理に関して NK の鑑定を受け、2010 年 5 月 28 日に、本船の L0 は他船で 1,000h 程度使用された L0 よりも清浄であるとされた。NK は 4 章で述べるフェログラフィ分析も行なった。

表 1 に使用 L0 の分析値を示し、図 4 に 2005 年 1 月～2010 年 3 月まで 5 年間の L0 抜き取り量、L0 補充量、動粘度 (ν) の変化を示す。例えば図 4(a) の 2005 年 5 月には、L0 約 6500L を抜き取り、同じ量の新油を補充した結果、 $\nu = 132$ から $122 \text{ mm}^2/\text{s}$ に低下している。L0 の大量抜き取り大量補充は 2006 年 8

月で終り、以降現在までは低 ν の L0 で ν 調整を行い、 $\nu = 110 \sim 115 \text{ mm}^2/\text{s}$ の間にある。

表 1. 使用 L0 分析値 (NK)

分析項目	分析値	金属	mg/kg
密度, kg/cm^3	910.3	Fe	16
動粘度@40°C, mm^2/s	115.71	Sn	<1
全アルカリ価, mgKOH/g	23.3	Pb	2
赤外 (IR) 酸化度, Abs./cm	18	Cu	1
IR 水分, %v	0.24	Ni	21
フェログラフィ DR 法, WPC/ml	16.6	Cr	1
		Na	6



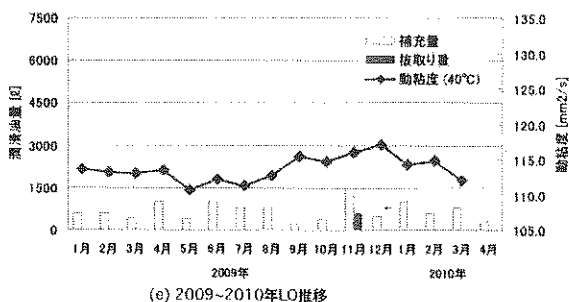


図 4. 2005～2010 年 L0 消費量及び動粘度の推移

3. 2 L0 半永久使用試験結果の考察

この試験で L0 半永久使用，廃油ゼロを確立した。L0 消費量は L0 Change する場合の約 1/8 であり，Nephron System の実績(1/5～1/10)の範囲にある。NK 鑑定による L0 分析で酸化が進行しているとの指摘がある。これは L0 酸化物の中で，潤滑に有効な酸化物によるもので，Nephron System の長所が現れているものと思われる。

L0 酸化物には次の 2 種がある。(1)酸化の初期にあり，分子量が基油とほとんど同じで，金属表面に付着し潤滑性を向上させる。L0 に溶けるので Nephron Filter では除去されない。(2)酸化が重度に進行した分子量の大きい酸化物で，粘着性が強く，潤滑面に貼り付いて磨耗粉等のゴミを取り込み，潤滑に有害である。粘着性があるので Nephron Filter で除去される。しかし，密度が L0 とほとんど同じであるから，従来方式の遠心分離式清浄装置では除去できない。また，従来型フィルターでは粘着性のためフィルター孔を塞いでしまう。

4. F0 消費量，磨耗の計測とエンジン清浄性

清浄な L0 によってエンジンが清浄に保たれ，その結果，(1)2003～2010 年の 6 年間，F0 消費量(熱効率)がほとんど一定，(2)(磨耗)≒ゼロの結果になった。以下にデータを示す。

4. 1 F0 消費量

表 2. 燃料油性状(出荷地：極東石油工業)

油種	CF0	試験年月日		2010 年 5 月 1 日	
密度	0.9701	水分	0.014	残留炭素分	12.7
硫黄分	1.99	引火点	86.6	動粘度 50°C	102.5

反応	Neutral	灰分	0.014	発熱量	43.100
窒素分	0.18	流動点	-25.0		

表 3. 燃料油消費量[l/4h]

日 時	消費量	日 時	消費量	日 時	消費量
2003.11.18	540	2006.5.20	500	2009.5.21	500
2004.5.27	530	2007.5.03	500	2010.5.23	510
2005.5.27	520	2008.5.31	550		

4. 2 磨耗計測

表 4. エンジン各部の磨耗量最大値

	目安値	<ひまわり 5>	備考
ピストンリング	—	0.006	*1
シリンダライナー内径	0.010	0.009	*2
ピストン外形	0.007	0.004	
ピストンピン穴内径	0.005	0.003	
Top リング溝幅	0.010	0.006	
ピストンピン外径	0.002	0.001	
ピストンピンメタル内径	0.008	0.004	
クランクピンメタル厚さ	0.003	0.002	

(Unit:mm/1,000h) *1 : TDC Top リング位置

*2 : スカート部 P-E 方向

4. 3 エンジン各部の写真

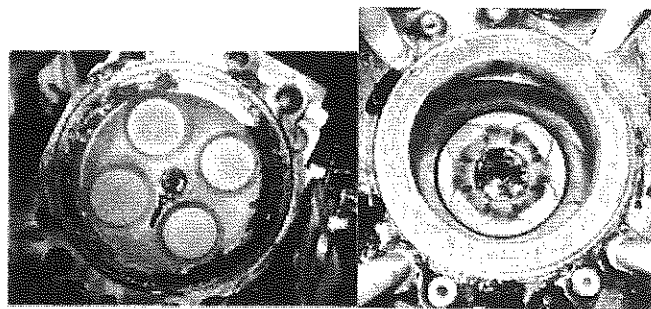


図 5. シリンダヘッドおよびライナー

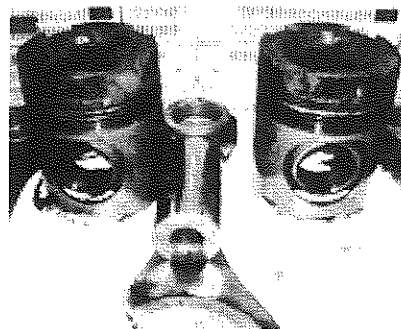


図 6. ピストン，コンロッドおよびピストンピン

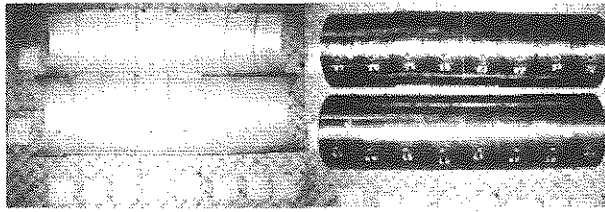


図7. 軸受メタル（表および裏）

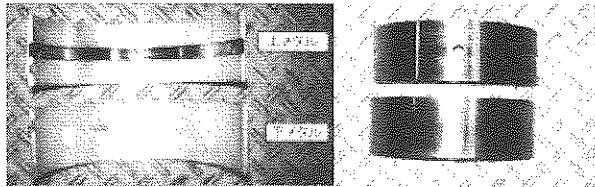


図8. メインメタル（表および裏）



図9. クランクケース（内部）および
遠心分離器中のスラッジ

エンジンは全体的に非常にきれいであるが、特に、注目すべき点を列挙する。(1)6年、30,000h 運転後もクランクケースの赤ペンが見える。(2)L0が汚れていると、軸受けメタルの裏側にスラッジが付き、これが不均一の厚さで分布したり、汚れの塊りが局所にできて、その上から繰り返し荷重が掛かり、表側の摺動面がウロコ状小破片で疲労破壊したり、局所の剥離が生ずることがあるが、Nephron Systemではこの様なことはない。(3)写真に示すL0スラッジの量は、一般の予想外であろう。

4.4 フェログラフィ分析, その他(NK)

NKによるフェログラフィ分析の他の6船A~Fとの比較は、本船のエンジン磨耗粉が非常に小さく、表4の(磨耗)≒ゼロの結果を裏付けている。L0の分析で、Niが高めと指摘されているが、VとNiは通常燃料に含まれている。

5. 総合的考察

エンジンを永久に clean に維持すれば、(1)熱効率がほぼ一定に維持され、(2)長期にわたり(磨耗)

≒0となり、エンジンの半永久使用が可能であることが実証された。Clean Engine にするためには、Clean L0, Clean F0 でなければならない。本船はレッドウッド 1500 秒クラスの C 重油(硫黄分約 2%)を用いているが、Clean F0 にするために、従来より特別なことはしていない。スラッジの多い重質油では F0 清浄に配慮する必要がある。磨耗に関しては、L0 に酸化物とゴミがなければ、ほとんど発生しないことが分かった。本船のピストンリング摩耗は、従来型 L0 清浄装置を装備している他の同型船(A 重油仕様)に比べて約 1/3 である。燃料油の違いを考慮すれば、本船ピストンリング摩耗の割合は 1/3 以下であろう。L0 半永久使用で、L0 の粘度が高くなった時、異なるメーカーの低粘度 L0 や、基油が異なる低粘度 L0 で粘度調整をすれば、どのような問題が発生するかは今後の研究課題である。

6. むすび

装置の利点として L0 の半永久使用、並びに使用発電機原動機の磨耗状態を実証させるべく 7 年間に渡りデータ実験を重ねてきた。

結果的に満足のいく実績が出たので今回発表する機会を得たことを感謝すると同時に、本装置により潤滑油の半永久使用をより実証するために、今後とも実験を継続して、再度発表できる機会を得ることを約束したい。

参考文献

- 1) Morio SUMIMOTO, Masataka HASHIMOTO and Tadanori AZUMA, Semi-permanent Use of Lube Oil and Engines without Oil Change and No Waste Oil by Clean Engine Technology, ISME 2009 BEXCO, Busan, Oct., 2009