

潤滑油による船尾管システムの環境対応性向上に関する研究

生産科学研究科 佐田裕之

中大型商船は、油潤滑方式の船尾管システムを用いている。船尾管の軸受は、軸の径方向移動量が一般の軸受よりかなり大きく、しかも、嵐や振動などの外乱が大きいため、完全に油を密封することは容易でなく、船尾管からの油漏れが中大型商船の重大な環境問題のひとつである。

船尾管からの油漏れ問題に対しては、シールの改良による解決が図られ、エア式の高信頼タイプの登場によって、船尾管の環境対応性は大幅に向上した。しかしながら、高信頼タイプのシールは改造が大規模になるため、既存船に適用することは容易でないという問題を有している。このため、既存船の船尾管システムの環境対応性を向上するものとして生分解性油が注目されているが、船尾管用の検討はほとんど行われておらず、既存の生分解性油を船尾管に適用するには問題が多い。例えば、船尾管軸受が損傷する原因として海水浸入がかなりの割合を占めており、水混入時の潤滑性が船尾管油には重要な特性であるが、既存の生分解性油にはこのような特性は考慮されていない。

このような背景と問題点を踏まえ、「潤滑油による船尾管システムの環境対応性向上に関する研究」に着手した。

第1章では、本研究の背景と目的を述べた。

第2章では、これまでに行われた船尾管からの油漏れによる海洋汚染防止に関する研究と生分解性油に関する研究を振り返り、参考になる点と問題点を整理した。生分解性油の基材としてトリグリセリド、合成エステルおよびポリエチレングリコール（PEG）の3種類が適しているが、PEGについては潤滑油としての基本特性に関する知見は数少ないことなどが分かった。

第3章では、PEGの基本特性をボールオンディスク式摩擦試験、高せん断粘度試験、生分解度試験、シール材適合試験で評価した。その結果、1) 油性と生分解性の観点から、分子量が300程度以下のものが生分解性油の基材に適している、2) 船尾管シール材として一般的なフッ化ビニリデン系フッ素ゴム（FKM）との相性は悪い、3) 高含水系での使用は非ニュートン性を示す恐れがあるので好ましくない、などが明らかになった。

第4章では、環境対応型船尾管油の基材について議論し、最適な基材と判断されたPEGを用いて著者らが開発した船尾管油の各種特性について述べた。開発したPEG系油は要求される環境性（生分解性、低毒性、海面上の油膜の非生成）を満足すると共に、船尾管油として十分な粘性、防錆性、酸化安定性、潤滑性を有することを各種試験で確認した。また、

既存の船尾管シール材との相性の問題は、四フッ化エチレン-プロピレン系フッ素ゴム（FEPM）を適用することにより解決出来ることを浸漬試験で確認した。

第5章では、PEG系船尾管油について、水混入時の潤滑性を並進往復動すべり試験とジャーナル軸受焼付き試験で評価した。その結果、1) 耐摩耗性は、水が15%混入しても鉍物系タービン油と同等以上であり、また、水が20%混入しても鉍物系タービン油と大差が無い、2) 流体膜形成能は、水が10%混入しても良好であるが、鉍物系タービン油は水が5%混入すると流体膜形成能に低下が見られ、水が10%混入すると全く流体膜を形成しない、3) 軸受焼付き荷重は、水が10%混入してもVG68の鉍物系タービン油より高い、などが明らかになった。PEG系船尾管油は、海水浸入の可能性のある船尾管軸受の信頼性向上に有用と考えられる。

第6章では、PEG系船尾管油と各種シール材の適合性および開発したフッ素系船尾管シール材と各種油の適合性を浸漬試験で評価した。その結果、1) PEG系船尾管油と各種ゴム材の相性は、低二トリルゴムと水素添加二トリルゴムについては良いが、アクリルゴムについては悪く、中高二トリルゴムについてはやや悪い、2) FEPMは、FKMとあまり相性の良くない鉍物系ギヤ油についても相性は良い、などが明らかになった。開発したフッ素系船尾管シール材は、シール装置の信頼性向上にも寄与すると考えられる。

第7章では、開発したPEG系船尾管油と専用シール材の実用性を実船試験で評価した。全長154m、24千重量トンの貨物船で得られた1年間のデータから、1) 油サンプルの分析結果より、PEG系船尾管油と船尾管軸受の状態は良好である、2) 油漏れ量と海水浸入量の結果より、専用シール材を用いたシール装置の状態は良好である、などが確認された。

第8章では、環境対応型舶用ギヤ油の基礎検討として、リン酸エステルを添加したPEG系船尾管油について、四球極圧試験、FZG歯車試験、並進往復動すべり試験を行い、極圧性能を評価した。その結果、1) リン酸エステルを10%添加したPEG系油は、四球極圧試験とFZG歯車試験において鉍物系ギヤ油と同等の性能を示し、また、往復動すべり試験における耐摩耗性は鉍物系ギヤ油より良好である、2) リン酸エステルを10%添加したPEG系油は、水が10%混入しても四球極圧試験において性能は20%程度しか低下しない、などが明らかになった。リン酸エステルはPEG系潤滑油の極圧剤として有効と考えられる。

第9章では、全体を総括して述べた。

以上のように、本研究論文は、これまでほとんど研究されてこなかった環境対応型船尾管油に着目し、水溶性という特長を有するPEG系油の適格性と実用性を実験的に明らかにしたものである。