

File 2
化学物質
不使用

マグロの皮膚を模倣した 低燃費型船底防汚塗料



日本ペイントマリン株式会社（以下、同社）は、日本ペイントグループ傘下の企業であり、船舶用塗料の製造・販売及び船舶用塗料に関する技術・サービスの提供を行っている。同社は、海洋環境の保全を目指し、1990年に「エコフレックス」という環境配慮型の船底防汚塗料を開発した。「エコフレックス」は、世界で初めて開発された高い毒性を有する有機すずを使用しない船底防汚塗料である。2007年にはマグロの体表の粘膜機構を模倣した低燃費型船底防汚塗料「LF-Sea（エルエフシー）」を開発し、2013年にはその改良型である「A-LF-Sea（エーエルエフシー）」を開発した。

ポイント

- 他社に先駆けて摩擦抵抗低減・燃費削減・CO₂削減に寄与する船底塗料の開発に着手
- マグロの体表を模倣することで摩擦抵抗低減効果のある船底塗料の開発に成功
- 大学や企業との共同研究や補助事業の活用により不足するリソースの補完を達成

日本ペイントマリン株式会社		
所在地	大阪府大阪市北区大淀北 2-1-2	
従業員数	167 人 (2016 年 12 月 単体)	
設立年	1967 年 9 月	
資本金 (百万円)	480	
売上高 (百万円) ※連結ベース	2014 年 3 月	-
	2015 年 3 月	-
	2016 年 3 月	-

① 製品の特徴

マグロの体を覆う粘膜を船底塗料に再現

マグロは海の中を時速 80km で泳ぐことが可能で、魚類の中でも泳ぐ速度が速い魚として知られている。マグロの遊泳速度の速さは、体の表面を覆う粘膜が水との摩擦抵抗を減少させていることによるものである。「LF-Sea」及び「A-LF-Sea」は、このマグロの体表が持つ摩擦抵抗減少機能を模倣して開発された超低摩擦船底防汚塗料である。

同社はマグロの体の表面にある粘膜をハイドロジェルという素材を用いて再現した。ハイドロジェルを含んだ船底防汚塗料は、水との摩擦抵抗を低減する機能を持ち、船舶の燃費向上や CO₂ 排出量の削減に役立つ。同社は、この水との摩擦抵抗を低減する技術を「ウォータートラッピング技術」と呼び、特許を取得している。

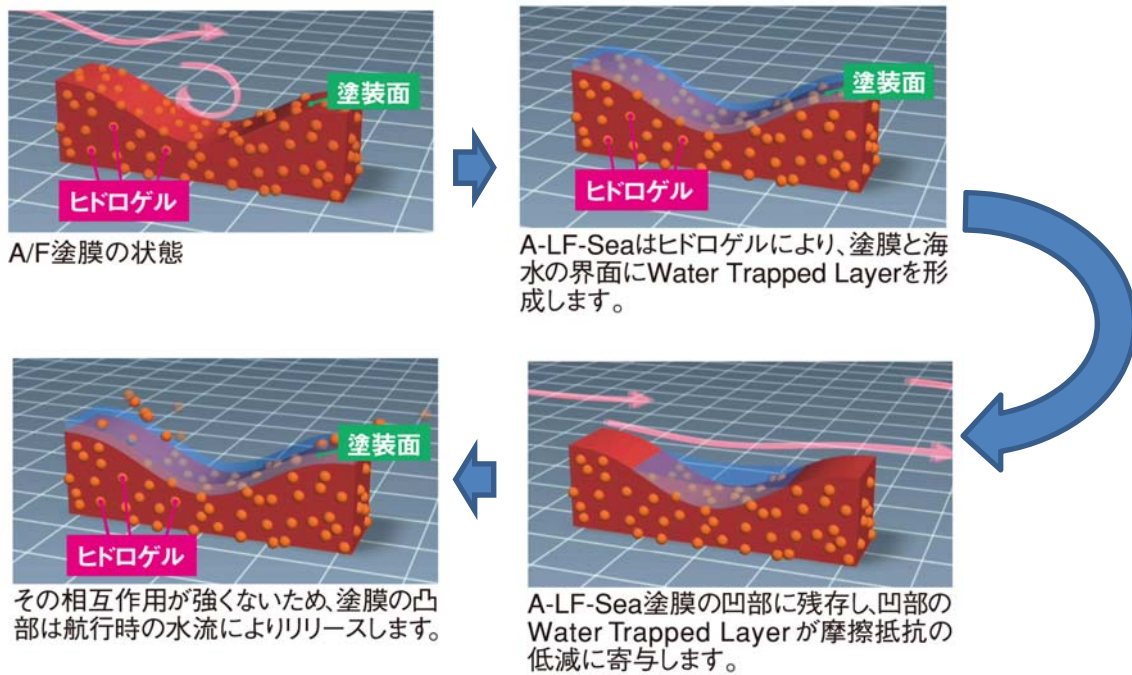


図 19 A-LFSea のメカニズム
出所) 日本ペイントマリン株式会社

摩擦抵抗の低減による大幅な燃費削減と CO2 排出量の削減

従来の船底防汚塗料と「LF-Sea」及び「A-LF-Sea」の違いは、摩擦抵抗の低減により、船舶の燃費改善や CO2 排出量の削減に寄与することである。「LF-Sea」の場合は従来製品比約 4%、「A-LF-Sea」の場合は約 10%の燃費改善が可能である。運航に大量の燃料が使われる海運業にとって、燃費削減は数パーセントの削減であっても経済的効果は大きい。そのため、同製品は販売開始以降、市場から高い評価を受け、2016年12月までに1,318件の導入実績がある。

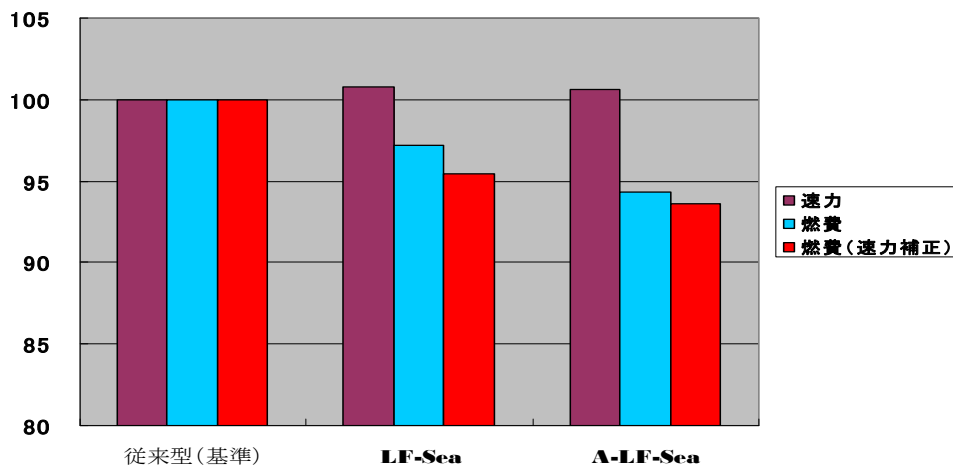


図 20 同社従来製品/LF-Sea/A-LF-Sea の燃費性能比較
出所) 日本ペイントマリン株式会社

② 事業参入の経緯

有機すず系船底塗料の製造規制を受け、環境にやさしい船底塗料の開発を開始

船底塗料に求められる機能は、フジツボなどの海洋生物の付着を防ぐ防汚機能である。1970年代までは、防汚性を確保するために有機すずを船底塗料に使用していた。しかし、1980年代に船底塗料に含まれる有機すずが海洋環境に悪影響を与えていることが分かり、有機すずを含む船底塗料が世界的に環境規制の対象となった。そこで、同社は1990年代に世界で初めて有機すずを含まない船底防汚塗料を開発した。

船舶の燃費改善に寄与する船底塗料の開発

2000年代に同社は他社との差別化につながる製品として、塗料製造業界では初となる、摩擦抵抗の削減や船舶の燃費効率の改善に寄与する船底塗料の開発を開始した。当時の業界の常識では、船底塗装を行う目的は防汚機能や防錆機能を付与することであった。そのため、船底塗料に燃費効率の改善という機能（付加価値）を付けるという発想は当時の常識から考えると画期的であったという。

開発当初は、塗装表面を平滑化する（表面をつるつるにする）ことで摩擦抵抗の低減を目指していた。しかし、同社が扱う船舶は東京タワーくらいの大きさがあり、塗装作業員の技量とコストを考えると、船底全体を均一に塗装することは現実的に不可能であった。そこで、同社はざらざらの表面を残しながら摩擦抵抗を低減させる方法を検討する。

高速遊泳を行うマグロに摩擦抵抗低減のヒントを得る

塗装表面の平滑化以外で摩擦抵抗を低減させる方法として、同社は生物の摩擦抵抗低減効果にその答えを求めた。当初は、ペンギンの羽毛に蓄えた空気による摩擦低減効果やハスの葉の撥水性による摩擦低減効果、サメのリブレット表面による摩擦低減効果などを検討したという。様々な生物の機能を検討する中で、最終的には生物模倣技術の専門家等の意見を参考にして、遊泳速度の速いマグロの泳ぐ仕組み及びそれを可能にする体の構造を製品開発に取り入れることを決める。

マグロの遊泳速度の速さは、体の表面を覆う粘膜が水の抵抗を低減させることで生み出されている。製品開発に当たっての一つの課題は、この粘膜の機能を船底塗料に再現することであった。この課題に対して、同社はハイドロジェルという素材を用いてマグロの粘膜と同じ機能の再現に成功し、水の流動抵抗を低減させる「ウォータートラッピング技術」を開発した。

2007年に同社はこの「ウォータートラッピング技術」を用いた低燃費型の船底防汚塗料「LF-Sea」を大阪大学と神戸大学との共同で研究開発した。この製品は、「ウォータートラッピング技術」による摩擦抵抗低減効果により、従来製品と比べて4%の燃費削減とCO₂排出量の削減が可

能である。販売当初は、主に国内運航フェリーに導入され、同製品の高い省エネ性能が証明された。同製品は、2016年12月までに1,318件の導入実績があり、エコプロダクツ大賞推進協議会主催の「第7回エコプロダクツ大賞」において「審査委員長特別賞（奨励賞）」も受賞している。

その後、同社は国土交通省の支援を受けて、「LF-Sea」の発展型製品である「A-LF-Sea」を株式会社三井商船と共同で開発した。「A-LF-Sea」は、従来製品と比べて10%の燃費削減が可能であることや、塗装を簡単に行うことができるという特徴がある。2013年4月から販売を開始し、2016年12月までに784件の導入実績がある。

③ 成功・差別化要因

マグロの体表を模倣することで低燃費性能を実現

同社は、マグロの高速遊泳に着目し、体表を模倣した摩擦抵抗低減効果のあるウォータートラッピング技術を開発することで、当初の課題であった低燃費性能を実現する船底用塗料の開発に成功している。

塗料によって燃費改善を図るという新たな発想

従来、船底塗装に求められる主な機能としては、防汚機能や防錆機能だけであった。そのため、当時の業界の常識から考えると、同社が他社に先駆けて燃費削減効果のある塗料の開発に着手したことは非常に野心的な取り組みであったという。

原油価格の高騰と環境意識の高まり

「LF-Sea」は、原油価格の高騰や環境規制の強化、エコシップの普及が進んだ時期に開発及び販売された。数パーセントの燃費削減で大きな経済的メリットを得ることができる海運業界に対して、同製品の燃費削減効果は他社製品との大きな差別化につながり、市場から高い評価を受けることとなった。

生物学に関する公開情報の活用

同社に塗料開発を担当した基礎研究部内では生物学の専攻者はいなかったが、山盛氏は、マグロが高速遊泳を行うことができる仕組みは生物に関する市販本や公開情報などを活用して調べた結果、マグロが高速遊泳する仕組みは学術的な研究が進んでいることを知る。マグロ体表の粘液状物質が機能していることや、その機能を再現したハイドロジェルは既に入手が可能であることを知り、その後はハイドロジェルの製造者と船底防汚塗料に適した製品開発を行うことで、商品化に成功している。

外部との連携による実証設備の獲得

研究開発に当たっての大きな課題は、摩擦抵抗を測定する実験設備を設計するための流体力学に関する知見とその設備費用の捻出であったという。同社は、「LF-Sea」の開発にあたっては大阪大学、神戸大学と連携することで流体力学に関する知見を獲得し、「A-LF-Sea」の開発の際には、国土交通省の支援事業に参画することで必要となる設備費用を獲得している。このように、同社は外部と連携することで、同社単独では獲得が困難であった実証設備の充足に成功している。

④ 事業ビジョン・展望

低燃費に加えた更なる環境性能の向上

これまで同社は、世界で初めて有機すずを使わない船底塗料を開発し、販売している。その後も、同社は世界で初めて燃費を向上させる塗料を開発するなど、船底防汚塗料に対する環境性能の向上を目指した製品開発を行ってきた。同社は、船底塗料メーカーとして国土交通省の「次世代海洋関連技術開発支援事業」に参画しており、低燃費性に加え、防汚剤を含まない塗料を2017年末に製品化している。今後も、汚染物質排出抑制と燃費製向上という両視点での製品開発を継続していくという。

更なる低価格化の実現

現状、「LF-Sea」、「A-LF-Sea」、「アクアテラス」は、従来品と比べて、価格が高いという課題がある。今後の目標は、製造コスト及び販売価格を下げ、市場に普及させることである。ある程度販売件数が増えれば、スケール・メリットを生かして、さらに製造コスト及び販売価格を下げるという好循環を生み出すことができる。

⑤ 政府への要望

実験・実証設備への補助金制度の拡充

同社によると、実験・実証段階での設備費用の調達が大きな課題であったという。船舶塗料の効果検証には、実際に船舶に塗装し、1年間（あらゆる季節の生物にどのような効果があるかを検証）の実証実験を行うため、多くの開発資金が必要となる。そのため、製品開発段階における資金面の支援を望んでいる。



日本ペイントマリン株式会社
常勤顧問

山盛 直樹 さん

同社の研究開発部でマグロ体表の粘膜を模倣した低燃費型船底塗料の研究・開発を担当。現在は生物模倣による塗料技術を広める活動に取り組む一方、更なる低環境負荷型塗料の開発を目指す。
