

空気潤滑法による外航船舶の省エネ技術の研究開発
(小型外航船舶への適用)

平成22年3月

今治造船株式会社

目次

事業概要

事業全体計画(1)～(3)

事業実施体制

H21年度実施内容(1)～(3)

各項目の詳細

H21年度成果

H22年度事業予定

H22年度研究実施体制

特記事項

事業概要

CO2削減目標 : 5%

目的

外航船への空気潤滑法の適用が、有効な省エネ技術策であることを実証し、必要な技術課題を解決し、空気潤滑法を適用した船舶の設計法を確立することで、外航船への普及を図り、将来的に大きなCO2削減効果を得ることを目的とする。

内容

以下の4項目について研究を進める。

空気潤滑システムの検討及び設計

気泡流中での本船の性能把握

搭載機器の詳細検討・設計、施工法の検討

運航時の性能確認等

成果目標

外航船における空気潤滑システム設計法の確立

外航船における空気潤滑システムによる省エネ効果の実証

事業全体計画(1)

総事業費 : 96,134千円

平成21年度:

・空気潤滑システムの検討及び設計

吹き出し位置、吹き出し量及び吹き出し部詳細形状について、模型試験やシミュレーションを用いた検討を行い、設計に利用できる基礎データを蓄積する。この基礎データを活用して、本船の構造設計や配置設計を行い、外航船舶としての実用的な空気潤滑システムの構築を図る。

・気泡流中の性能把握

実船運航時の性能把握や性能検証に必要な基礎データ収集の目的から、抵抗・自航試験、気泡流中のプロペラ単独試験や船尾変動圧計測試験などを行いう。また、実船に搭載するシステムとして問題の無いことを確認する。

・搭載機器の詳細検討・設計、施工方法の検討

システムに採用するブロワーの調査・選定、配管設計、シーチェストからの気泡流入対策など、詳細設計における検討を行う。また、実船建造段階における施工方法についても確認を行う。

(72,300千円)

事業全体計画(2)

平成22年度:

・空気潤滑システムの検討及び設計

海上試運転及び就航後における空気潤滑システムの運転状況を調査し、機能向上の可能性について検討する。

・気泡流中での性能把握

海上試運転における実船計測を行い、性能推定値との比較検証を行う。また、運航時の性能確認に必要な基礎データを蓄積する。

・搭載機器の詳細検討・設計、施工方法の検討

海上試運転において、装備された機器、配管、制御システムなど、空気潤滑システム全般の運転・作動状態の確認を行い、空気供給方法の最適化に向けた検討を行う。

・運航時の性能確認

就航後の各種データ収集を行い、実海域における空気潤滑システムによる抵抗低減効果を解析・評価する。

(21,234千円)

事業全体計画(3)

平成23年度:

・運航時の性能確認

平成22年度に引き続き、就航後の各種データ収集を行い、実海域における空気潤滑システムによる抵抗低減効果を解析・評価する。また、抵抗低減効果に対する長期的効果の推定を行う。

(2,600千円)

事業実施体制

海上技術安全研究所との共同研究として推進

H21年度実施内容(1)

H21年度事業費実績 : 67,502千円

・空気潤滑システムの検討及び設計

空気潤滑システムの効率向上には、吹出された空気が船底平坦部を出来る限り広く覆うことが重要であり、効率評価には空気吹出しに必要な動力が加味されることから、摩擦低減量と吹出し量の最適化を行う必要がある。一方で、実船装備においては、船体構造強度を確保するとともに、システムに必要な機器及び配管などの配置設計に十分な注意を払う必要がある。ハンディサイズ・バルクキャリアーを対象船として次の検討及び設計を行った。

ハンディサイズ・バルクキャリアーの主要目

$L(\text{全長}) \times B(\text{型幅}) \times D(\text{型深}) \times d(\text{喫水}) = \text{約}169\text{m} \times 27.2\text{m} \times 13.6\text{m} \times 9.7\text{m}$

船速 : 約15ノット

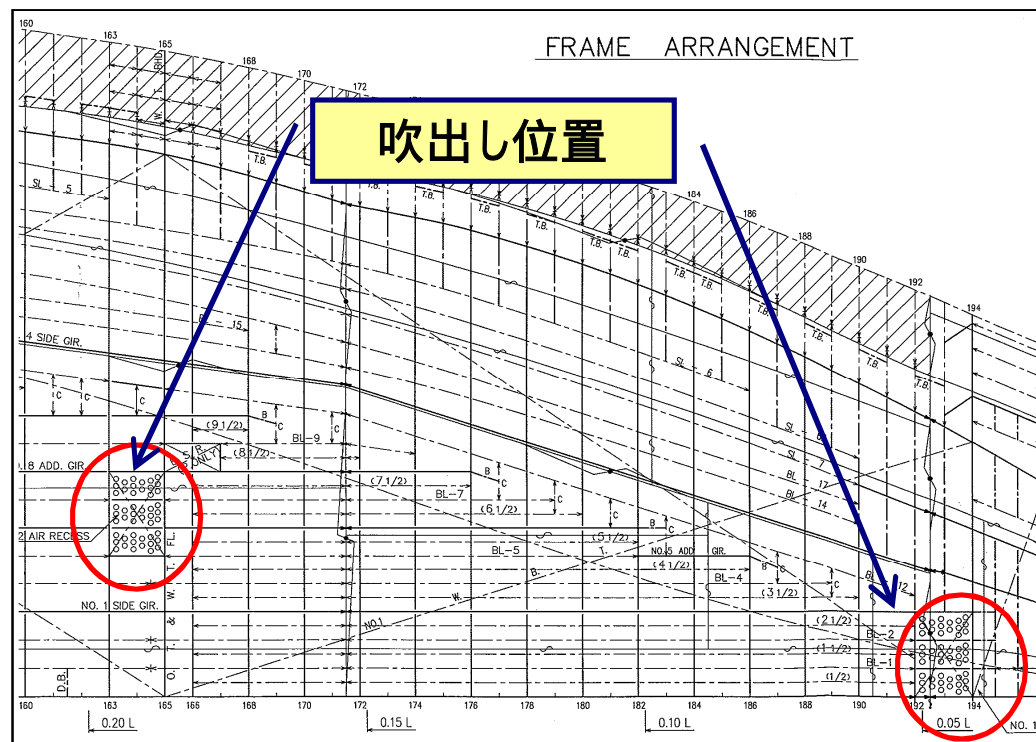
主な検討項目

- (1) 吹き出し位置の検討・設計
- (2) 吹出し量/吹出し部形状の検討・設計
- (3) 省エネ効果の推定

各項目の詳細

吹き出し位置の検討・設計

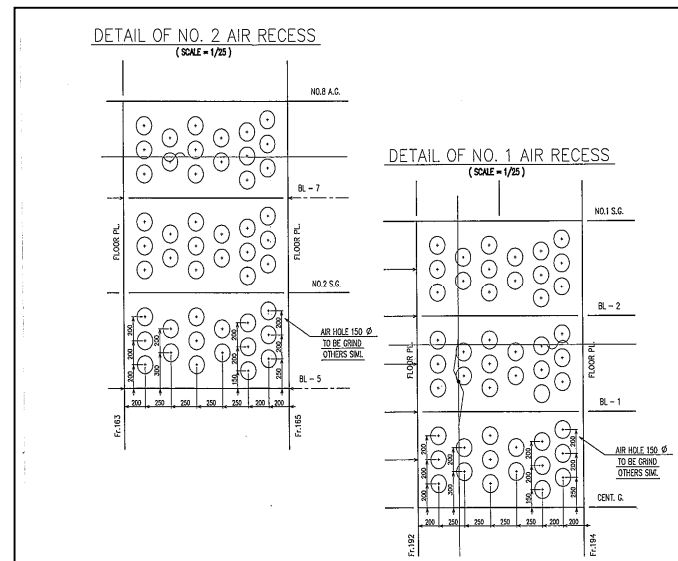
船底平坦部の形状を基準とし、船体構造強度との関連に注意し、空気吹き出し位置の詳細構造を含めて効率の良い(摩擦低減効果の大きい)配置設計を行い、NO.1 及びNO.2 HOLD前端部の両舷とすることに決定した。さらに、シミュレーション計算により気泡流が覆う面積、摩擦低減効果の推定を行った。摩擦低減効果は満載状態で約7.9%、バラスト状態で約8.4%と推定された。



各項目の詳細

吹出し量/吹出し形状の検討・設計

模型試験により、空気吹出し量/吹出し形状の違いによる抵抗低減効果の関係を調査した。空気吹出し形状は船体構造強度を考慮した円形状とし、配置と吹出し速度(吹出し量)を変えて抵抗低減量の比較を行った。空気吹出し量により摩擦低減量は大きく左右され、吹出し部の配置形状による大きな相違は見受けられなかったが、吹出し速度が船速より大きくなると、抵抗低減効果が小さくなることが確認された。実船では相当空気膜厚を空気吹出し部形状に左右されない6mm相当とすることとした。



本船に採用した形状

各項目の詳細

省エネ効果の推定

以上より本船に空気潤滑システムを適用した場合の省エネ効果の推定結果を下記表に示す。

要目等	満載状態	バラスト状態
長さ (m)	160.4	160.4
幅 (m)	27.2	27.2
深さ (m)	14.6	14.6
喫水 (m)	9.7	4.2
主機関出力 (kW)	4,970	4,970
航海速力 (kt)	14.0	15.0
名目省エネ率 (%)	7.9	8.4
正味省エネ率 (%)	3.0	6.0

H21年度実施内容(2)

・気泡流中の性能把握

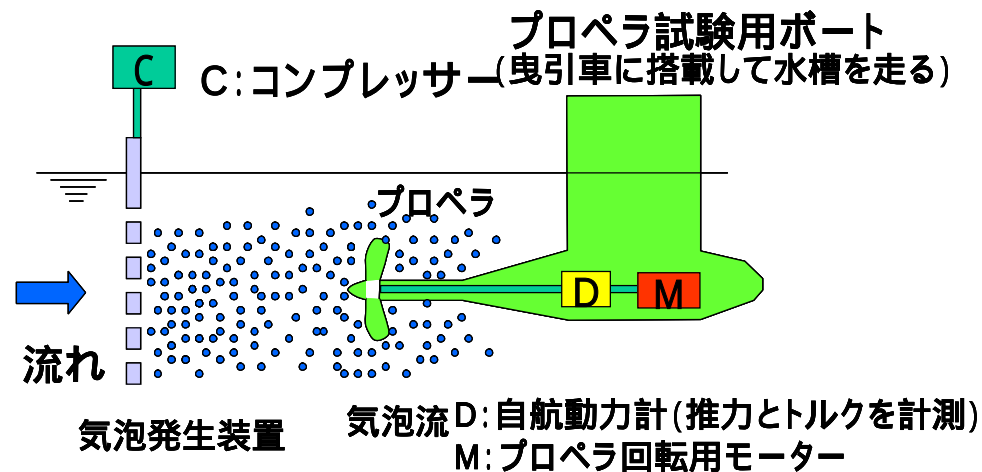
運航時の性能把握に必要な基礎データの収集、及び、実船における空気潤滑システム使用時の諸項目検証の目的から、抵抗・自航試験、気泡流中のプロペラ単独試験、船尾変動圧計測試験などを行なった。

各項目の詳細

気泡流中のプロペラ単独試験

曳航速度を変えると気泡の上昇速度が変化するため、曳航速度を一定とて、プロペラ回転数を変化させた。ボイド率はボイド率計を用いてプロペラ面断面位置で分布を計測した。

前進定数 J が小さくなると、プロペラにはいる気泡流量が大きくなるほどスラスト係数およびトルク係数が小さくなる。効率のピーク値近傍ではボイド率の増加とともにプロペラ効率は下がっている。



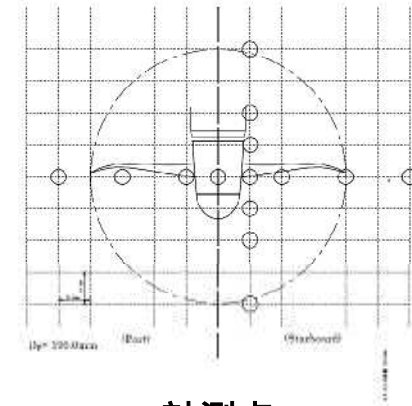
模型プロペラ

各項目の詳細

船尾変動圧計測試験

空気吹出しの有無による船尾変動圧への影響を調査する為
キャビテーション水槽内で変動圧力計測を行った。

空気を吹き出すと、一次成分が大きくなり、二次成分以上の
変動圧力は減衰する結果となった。また、空気を吹き出した時
の船尾変動圧力の翼数一次成分は空気を吹き出さない時の船
尾変動圧力の2～3倍になったが、実船の船尾振動計測結果と
比較し、設計基準値を超える振動レベルには達しないと推定さ
れた。



計測点

H21年度実施内容(3)

・搭載機器の詳細検討・設計、施工方法の検討

システムに採用するブロワーの調査・選定、配管設計、シーチェストからの気泡流入対策など、詳細設計における検討を行い、施工方法についても確認を行った。

各項目の詳細

ブロー選定

ブローには「定量吐出型」や「可変容量吐出型」など様々な型式のものがあるが、各種ブローについて調査を行い、効率(低電力消費)の観点から、「可変容量吐出型(下記1段ターボ(2))」を選定した。

また、この種のブローにはサージ領域と呼ばれる運転困難な領域があることから、その制御手法が本船装備として適切な物であるかどうかの検討も行い、本船運転時の喫水変化に対応できることを検証した。

タイプ		ルーツブロー		1段スクリュウ		1段ターボ (1)		1段ターボ (2)	
吐出空気量	m3/min	満載	バラスト	満載	バラスト	満載	バラスト	満載	バラスト
必要空気量	113.5 86.4	28.4	21.6	116.8		56.75	43.2	56.75	43.2
圧力	kPa								
必要圧力	110 55	110	55	120	80	120	65	120	65
回転数	rpm	950	750			3993	32138		
モーター	kw	90						160	
軸動力	kw	70	35	300		110	55	105	52
消費電力	kw	78	39	300		118	59	112	56
制御		Polechange	Inverter	吸入弁の開閉		Inverter		Inverter	
効率(1m3/min・MPa当たりのkw)		22.4	29.8	21.4		16.2	19.7	15.4	18.6

タイプ		ターボファン		1段ターボ (3)	
吐出空気量	m3/min	満載	バラスト	満載	バラスト
必要空気量	113.5 86.4	113.5	86.4	113.5	86.4
圧力	kPa				
必要圧力	110 55	125	55	120	65
回転数	rpm	45000		35200	
モーター	kw	280		265	
軸動力	kw	248	159	230	148
消費電力	kw	248	159	230	148
制御		Inverter		IGV control	
効率(1m3/min・MPa当たりのkw)		17.5		16.9	26.4

ブローの効率比較

各項目の詳細

配管設計

配管設計は本船の実海域における船体動揺に着目し、吹出し効果に大きな影響を与えるローリングを考慮して、左右舷に各1系統を設置することとし、同様にブローも左右舷に各1台設置とした。また、前後方向では配管抵抗が同じとなるような均等配管を採用することとした。

ブロー出口の空気温度が100℃を超えることから、貨物損傷を防止する為、空気配管は全てバラストタンク内に導設することとした。

各項目の詳細

シーチェストからの気泡流入対策

水槽内に設置したシーチェスト模型に気泡を流入させて気泡の動きを観察し、冷却海水吸入口への気泡流流入対策を検討した。船底外板の開口からポンプサクション口までの距離を長くすることにより、気泡がシーチェスト内の天井部に集合し、この天井部に空気抜き配管を設置することで機関機器への気泡流入対策とすることが確認できた。



シーチェスト模型と空気吹出しの様子

H21年度成果

・空気潤滑システムの検討及び設計

シュミレーションや模型試験を通して、空気潤滑法がハンディーサイズ・バルクキャリアーに対し、抵抗低減効果があることを確認し、空気吹出し量や吹出し位置など、設計に必要な基礎データが収集できた。

・気泡流中の性能把握

模型試験などを通して、空気潤滑法を実船適用した場合における性能評価に必要な基礎データの蓄積を行うことができた。また、プロペラ性能や船尾変動圧などの懸案事項について検証を行い、問題ないことを確認した。

・搭載機器の詳細検討・設計、施工方法の検討

ハンディーサイズ・バルクキャリアーに対して、空気潤滑法を適用したシステム検討や配置計画を行い、詳細設計を完了した。また、詳細設計を行う過程において施工面での諸問題を整理し、今後の設計指針となる技術の蓄積ができた。

H22年度事業予定

H22年度事業費 : 21,234千円

海上試運転の実施及び就航後の運行状況調査やデータ収集を行うことにより、本船に装備された空気潤滑システムについて以下の研究を実施する。

- ・気泡流中での実船性能確認
- ・空気潤滑システムの機能向上に向けた調査・検討
- ・空気供給方法の最適化の調査・検討

また、就航後の各種データ収集を行うことにより、実海域における空気潤滑システムによる抵抗低減効果を解析・評価する。

平成23年度は平成22年度に引き続き、本船就航後のデータを収集することにより、空気循環システムの長期的効果について解析・評価する予定としている。

H22年度研究実施体制

海上技術安全研究所及び日本造船技術センターとの共同研究として推進

特記事項

空気吹出し速度を船速より著しく速くすると、摩擦低減効果が減少するため、設計においては、適切な吹出し面積を決定することが重要である。

プロペラ単独の気泡流中の特性として、 J が小さいところで、気泡投入量を増大させると、スラスト、トルク両方の低下が著しくなるため、このような領域に入らないように設計することが必要である。

気泡を投入しても自航要素の内 $1 - t$ はほとんど変化しない。