

電気推進内航船の基本計画

CFD 研究開発センター *前田治伸、日野孝則、小林 寛、竹子春弥

1. はじめに

海技研では先進的な CFD (計算流体力学) 手法の研究開発を実施しており、開発した計算コードは国内造船各社に提供され、造船業の産業競争力の維持向上に貢献している。また水槽施設を持ちその実験解析技術は種々の受託試験などを通じて高く評価されている。

これらの技術は与えられた船型に対する性能の評価を主としており、アナリシスを指向する研究といえる。一方、船型開発は仕様を満たす船型を求める設計問題であり、シンセシスをベースとしたアプローチが必要となる。従来、船型研究においては、設計そのものは造船会社を実施し、海技研はそれを支援するためのアナリシス技術を提供するという役割分担があった。

しかし、近年の造船業の業界再編の動きや、内航海運活性化のための内航船の技術革新のニーズの高まりは、海技研が船型の性能評価を行うのみでなく、自ら船型開発能力を具備し業界に貢献することが求められている。

ここでは内航船を想定した実際的な設計問題を対象に、基本計画要素を考慮した船型開発プロセスを実行する。開発した船型の性能を CFD/水槽試験によって確認し、船会社/造船会社に提案することとした。

2. 船種の選定

現在国内船マーケットは船腹過剰がまだ解消されておらず、依然として建造意欲は低く、対象船を想定するのが難しい中、499 総トン型ケミカルタンカーが 90 年代に大量建造され、その代替期にはいつてきていること、及び現在 IMO で審議中の規則改正の影響により、新規需要が出る可能性が高いとの情報を得た。

内航船舶明細書 (平成 15 年度版) によると、499 型ケミカルタンカーといわれるものは現在

128 隻運航されているが、そのうち 74 隻が平成 3-6 年 (1991-1994) にかけて建造されており、これらの船は船齢 11-14 年となっていて、代替建造の時期が来ているといえる。

ケミカル船では少量多品種の貨物が対象になることから、1 タンク 1 ポンプの電気駆動独立ポンプが望まれており、荷役時の電力需要が高い。この電力を航海時の推進にも利用する事を考えると、近年注目されている電気推進を採用することが考えられる。電気推進船にすることにより、操船が容易になり、また振動の少ない船内環境が実現するなど、労働環境の改善も見込まれる。

一方で、電気推進船は伝達効率の面で不利が見込まれるので、二重反転式アジマスプロペラを装備することにより、推進性能の向上を図ることとした。また、既存のディーゼル主機駆動に比し電気駆動船は若干高価になることが想像されるが、少々船価が高くても燃費改善により 3-7 年でインシヤルコスト高を償却することを目指すことにした。

以上により、499 型ケミカルタンカーを対象船を絞り、二重反転式アジマスプロペラを備えた、推進効率のよい新船型の開発に的を絞り、船型開発に必要な基本計画を実施することにした。

3. アンケートの実施

499 型ケミカルを所有している船社、運航者 122 社にアンケートを行い 33 社より回答を得た (図-1)。

アンケート内容は多岐に亘ったが主なものを列記すると

- 1)79%の船社/運航者が電気推進船に興味を示しており、関心の深さが伺えた。
- 2)しかし、船価上昇には厳しい立場を示し、たとえ燃費がよくても、3年以内で初期投資 (船価)の上昇分をカバーしたいとの意見が 45%で多

- 数意見であった。償却期間は最長でも5年までであり、それ以上は皆無であった。また、船価上昇は認められないとする意見も27%あった。
- 3)使用燃料は多くの船主/運航者がA重油を望んでおり(52%)、C重油からの価格上昇分の転嫁が可能な場合は79%にもなる。アンケートの回答者が工務、海務担当であった可能性が高いので、営業担当の意見では数字が変動する可能性はあるが、運航現場はメンテナンスの容易なA重油を望んでいる。
- 4)荷揚げ用ポンプは電気船の有利さを生かして、条件付きを含めると78%が独立ポンプを使用したいとしている。
- 5)バウスラススタも70%が装備したいとしている。

4. 基本計画

数社の船社から、在来船の資料を提供していただき、仕様や性能を確認するとともに、新船型開発の基本資料とした。

船型開発の際に基本計画

4.1 主要目

499型ケミカルは港湾規制、総トン数の制限からL、B、Dの変更はほとんど意味がないことから、従来船のほとんどがそうであるように60m×10m×4.5mを踏襲することにした。またDWTについても、船速から推定される最適Cbはより小さいものであるが、DWTの減少には抵抗があったので、DWT確保を重視することにした。

船速については、航路によって要求値は異なっているが、同一船速で馬力減を望むか、同一馬力で船速増を望むかをきいたところ、大多数が船速増を望んでいることから12.5ノットを目指すことにした。運航者の中には12.5ノットが欲しくても、主機が大きくなるので諦めているという意見もあった。またバラスト航海は13ノット欲しいという声もあり、満載航海12.5ノット、バラスト航海13ノットを設計ポイントとすることにした。カーゴタンク容量は現在1,200m³が普通であるが、1,280m³とれば、メリットが大きいといわれているので、1,280m³を目指すことにした。現状では1,285m³を確保できている。

4.2 主発電機

発電機の構成として2台案、3台案、4台案があったが、機関の冗長性、メンテナンス、機関配置等を考慮して3台案で進めることにした。

4.3 機関室配置

電気推進船としたため、主配電盤、インバーター盤、変圧器が大きくなり、機関室配置はかなり困難であった。

4.4 重量重心及び浮心

二重反転式アジマスプロペラの採用及び機関部重量増加により、船体重心が後ろに移動することがわかった。適正トリムを確保するためには浮心位置も同じく後ろにずらす必要が出てきた。また、これにより機関室配置に余裕を与えることも期待されたが、CFDを使って検討した結果、船尾波が過大となり、性能上問題となることが判明した。今後、浮心位置の移動量を減らした船型を再設計する予定である。満載時のトリムが課題になるがスロップタンクを前から後ろに移すことで適正トリムを確保した。表-1にトリム計算書を示す。

今後、浮心位置(すなわちトリム)と機関室配置および推進性能の3者間の折り合いをつけながらベストポジションを探っていきたい。

4.5 馬力

水槽試験結果によれば、新船型はEHPベースではかなり改善されているが、自航要素を加味し、伝達効率を掛けたBHPでは、従来船型とほぼ同等の所要馬力となっている。今後さらに船型改良を進める予定であるが、一方でCRPのギアロス×モーターロス×インバーターロス×変圧器ロス×発電機ロス=23.5%となっており、ここでの効率改善も急務である。CRPによるプロペラ効率および船型改良で、最終的には既存船より少ない燃費を確保する見込みであるが、船主の大多数が望む3年以下での初期投資回収にはまだ課題を残している。

4.6 概略仕様

以上の検討の結果定めた仕様を以下に示す。

長さ 60m
幅 10m
深さ 4.5m
喫水 4.0m
載貨重量 1,100トン
総トン数 499トン
航海速力 12.5ノット
貨物槽容量 1,285m³
主発電機 370kw 3台
推進モーター 400kw 2台
燃料 A重油
バウスラスタ 2.7t 1基
貨物用ポンプ 電動 100m³x70m 8台
バラストポンプ 電動 200m³x12m 1台

一般配置図を図-2に示す。

5. 作成した図面、図書

- 1) 仕様書
- 2) 一般配置図 (図-2)
- 3) Tank capacity table
- 4) Trim 計算書 (表-1)
- 5) 損傷復原性計算書
- 6) Power curve
- 7) 総トン数計算書
- 8) 乾舷計算書
- 9) 機関室配置図
- 10) 499ケミカル年度別建造隻数
- 11) アンケート結果 (図-1)
- 12) 発電機容量計算書

6. おわりに

今後の課題としては、更なる船型改良、伝達効率の改善による馬力低減が求められるが、その他にも船主/運航者の関心事である、バトックフロー船型の針路安定性、追波による船尾パンティング、二重反転式アジマスプロペラ重量に対する船尾構造の剛性などの問題に対し、納得のいくデータ提示が必要と思われるので、これらにも取り組んで行きたい。また、モータの制御における高調波歪対策として現状では、大型変圧器を搭載しているが、高調波歪の実用的許容値の如何によっては別

の対処法も考えられるので、さらに検討する必要がある。これらの課題に対して、海技研単独で取り組むには限界があるので、オペレーター、造船所、設計会社、機器メーカー（CRPメーカー、発電機メーカー、原動機メーカー）の協力を仰いで電気推進船に関する勉強会を行っている。全容を公表する段階ではないが、電気推進船の実現に寄与することを期待している。

参考文献

- 1) 竹子春弥、前田治伸、日野孝則、小林寛、右近良孝、長谷川純、深澤良平：CAD/CFDによる電気推進内航船の船型設計,第5回海技研発表会講演集(2005.6)

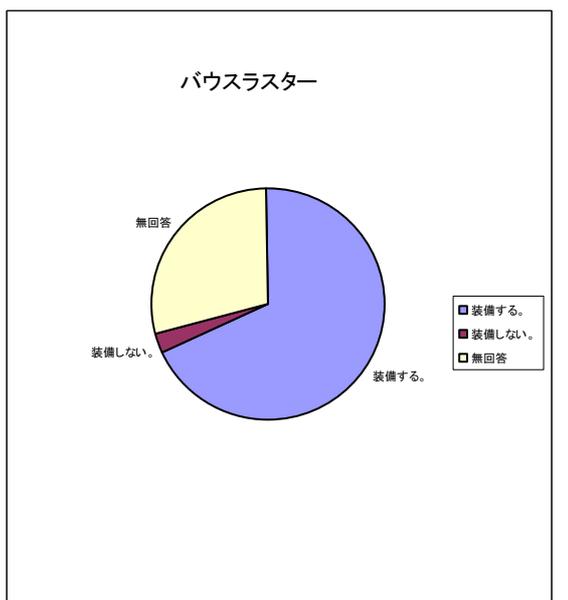
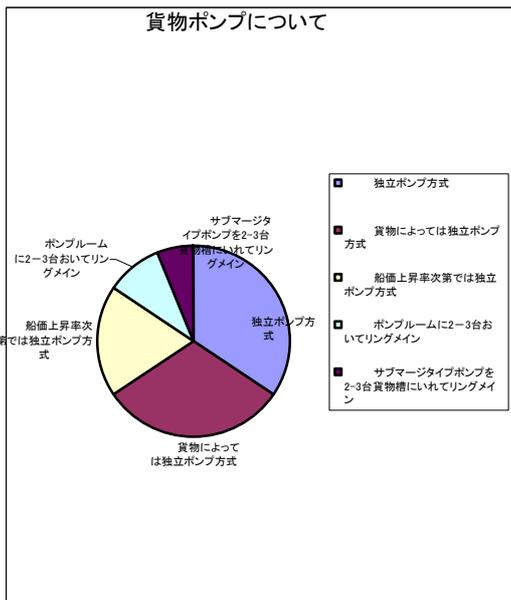
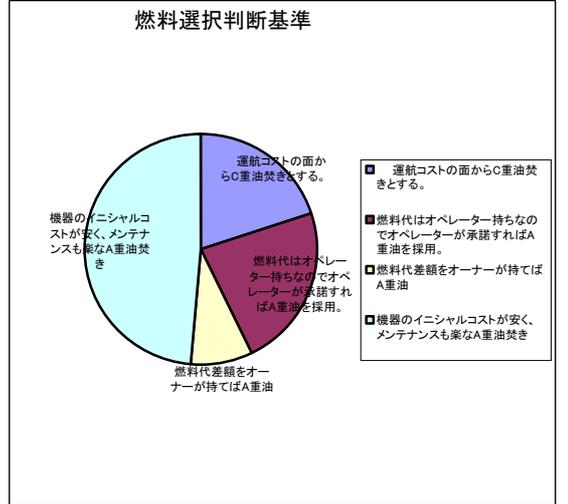
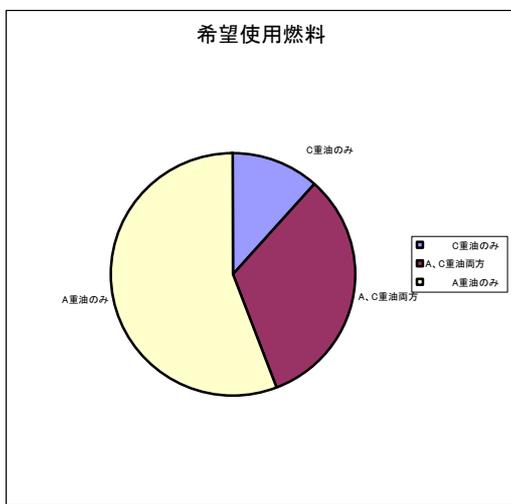
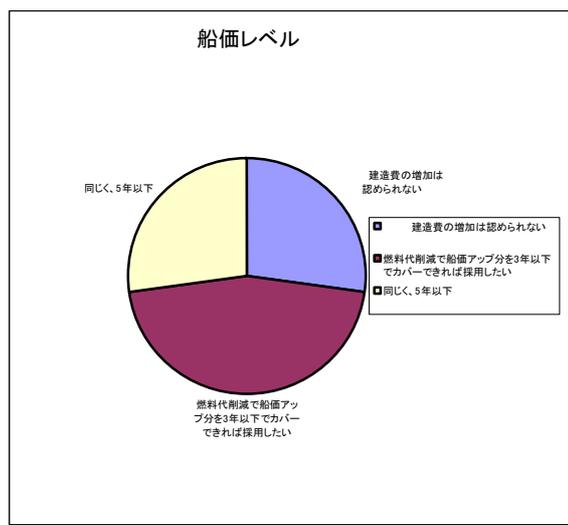
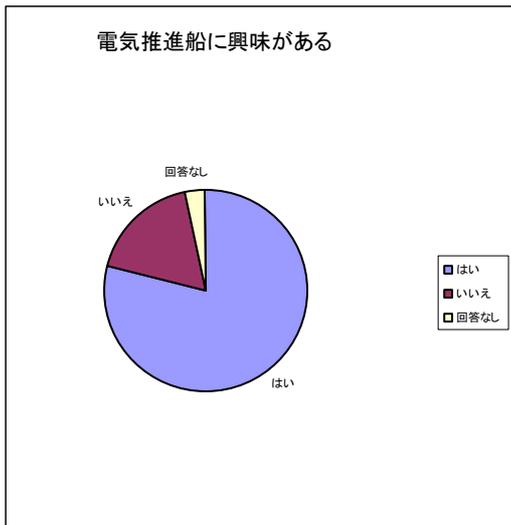
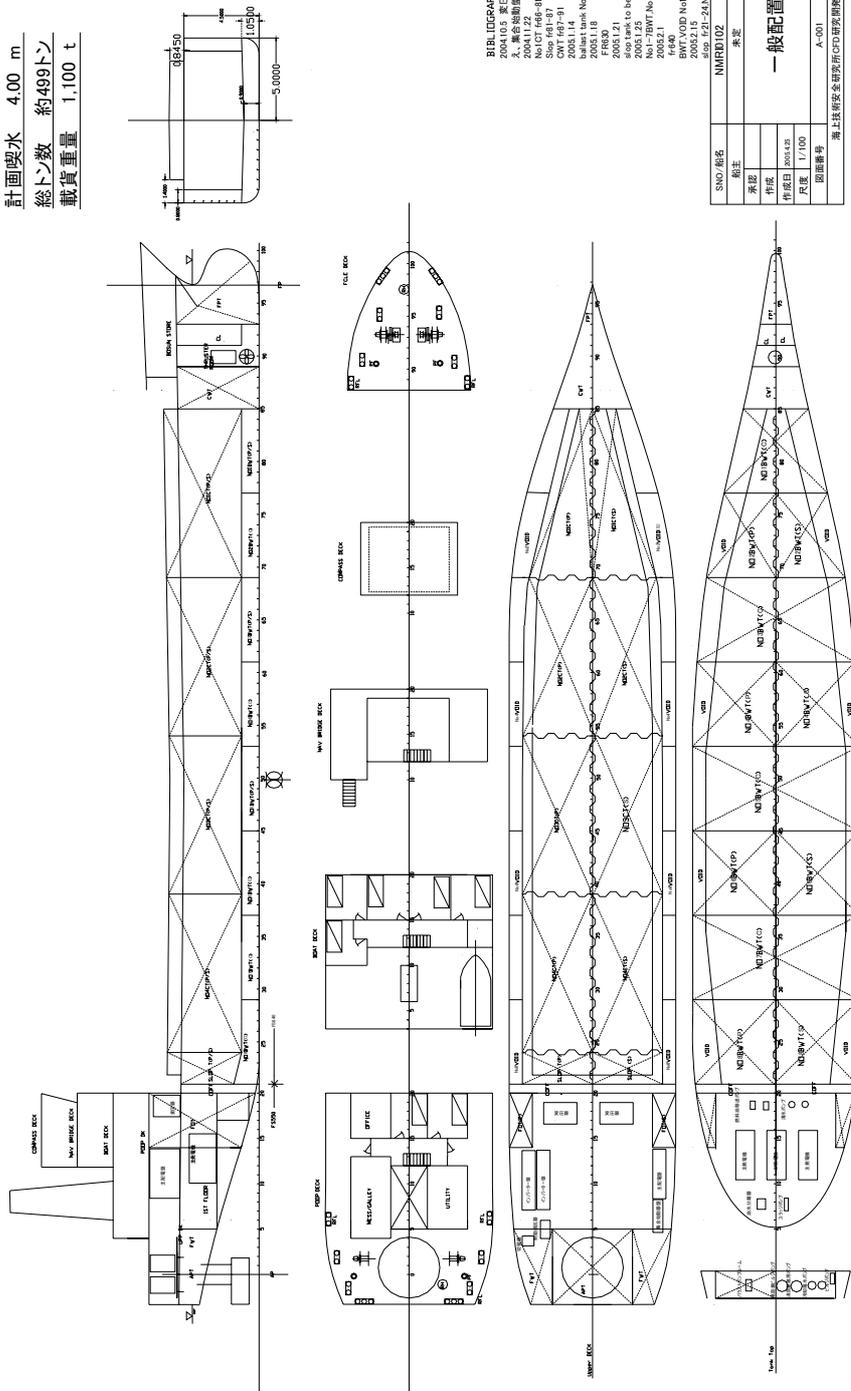


図-1 アンケート結果

499型 ケミカルタンカー

GENERAL ARRANGEMENT

全長 約65.50 m
 垂線間長 60.0 m
 幅(型) 10.00 m
 深さ(型) 4.50 m
 計画喫水 4.00 m
 総トン数 約499トン
 載貨重量 1,100 t



BIBLIOGRAPHY
 2004 I 22 2004 I 22
 No. CT 668-81
 CWT 667-91
 2005 I 14
 2005 I 14 No. No.1-NO.9 increased
 2005 I 18
 FR300
 2005 I 25 to be shifted aft
 2005 I 25
 No.1-7BWT No.1-7VOID
 1680
 1680
 BWT VOID No.1-8 remaining
 2005 I 27 24 No. CT 624-41

SNO/船名	MMRD102
船主	未定
承認	
作成	2004.05
修訂日	
尺度	1/100
図面番号	A-001
海上技術安全研究所(CS)研究開発セクター	

図-2 一般配置図

表-1 トリム計算書

Trim calculation summary table

Condition		Full (Dep)	Full (Arr)	Ballast (Dep)	Ballast (Arr)
item	%				
light weight		580	580	580	580
constant		5	5	5	5
provision		3	3	3	3
sub total		588	588	588	588

Cargo SG 0.8909

No1CT(p/s)	95	183	183		
No2CT(p/s)	95	266	266		
No3CT(p/s)	95	293	293		
No4CT(p/s)	95	296	296		
Slop(p/s)					
sub total		1038	1038		

Ballast

FPT					
No1BWT(c)					
No2BWT(p/s)					
No3BWT (c)	100			79	79
No4BWT(p/s)	100			45	45
No5BWT (c)	100			77	77
No6BWT(p/s)				54	54
No7BWT (c)					
No8BWT(p/s)					
APT					
sub total				255	255

FOT

FOT(p/s)		39	4	39	4
----------	--	----	---	----	---

FRESH

1.00

CWT	100	34	34	34	34
FWT		18	2	18	2
Displacement		1,717	1,666	934	883

draft corr		4.00	3.9	2.40	2.28
draft fore		4.00	4.20	1.37	1.65
draft aft		4.00	3.69	3.32	2.86
draft mean		4.00	3.94	2.34	2.25
Trim(m)		0.00	-0.51	1.95	1.21
LCG		1.75	1.08	3.43	2.27
LCB		1.75	1.66	0.37	0.31
MTC		19.58	19.08	14.68	14.37
LCF		4.89	5.14	1.61	1.41
TKM		4.35	4.31	4.65	4.73
VCG		3.45	3.41	3.20	3.10
GM		0.90	0.90	1.45	1.63
GG0		0.21	0.22	0.00	0.01
G0M		0.69	0.68	1.45	1.62
Pro imm(%)		140	126	105	84