

設計技術の高度化及び艤装品品質管理に  
関する技術開発  
研究成果概要報告書

2010年3月



財団法人 日本船舶技術研究協会

## はしがき

本技術開発研究は、日本財団の助成事業として、日本船舶技術研究協会「設計技術の高度化及び艤装品品質管理に関する技術開発」事業を中手造船所が主体となって、2006～2009年度の4ヵ年計画で実施された研究の成果概要報告書として取りまとめたものである。

### 共同研究参加者（敬称略、順不同）

#### (1) 性能分野

「CFDを用いた船首船型パラメトリックスタディ」

研究推進責任会社		今治造船株式会社
研究参加者	珠久 正憲	今治造船株式会社
	田井 祥史	今治造船株式会社
	溝尻 貴明	今治造船株式会社
	森 茂博	株式会社大島造船所
	青木伊知郎	株式会社大島造船所
	何 青	株式会社大島造船所
	和泉 貴之	株式会社大島造船所
	中谷 浩一	尾道造船株式会社
	大出 明	尾道造船株式会社
	中村 康嗣	尾道造船株式会社
	大桑 義昭	佐世保重工業株式会社
	玉田 丈朗	佐世保重工業株式会社
	前野 嘉孝	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	古池 健太	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	末吉 明	株式会社新来島どつく
	片岡 史朗	株式会社新来島どつく
	近藤 公雄	内海造船株式会社
	池田 征治	内海造船株式会社
	山崎 知幸	株式会社名村造船所
	山元 康博	株式会社名村造船所
	馬場 禎男	株式会社名村造船所
	芦田 琢磨	ツネイシホールディングス株式会社
	施 建剛	ツネイシホールディングス株式会社
	成田 征	函館どつく株式会社
	金川 剛	函館どつく株式会社
	日野 孝則	独立行政法人海上技術安全研究所
	平田 信行	独立行政法人海上技術安全研究所
	武隈 克義	財団法人日本造船技術センター
	金井 健	財団法人日本造船技術センター
	新郷 将司	財団法人日本造船技術センター

(2) 構造分野

(2)-1 「係船機器下部構造の設計指針の評価」

研究推進責任会社		株式会社大島造船所
研究参加者	鮫島 勝義	株式会社大島造船所
	紙田 健二	今治造船株式会社
	和田 聡	尾道造船株式会社
	滝口 信次	佐世保重工業株式会社
	日高 茂	ツネイシホールディングス株式会社
	中森 隆一	株式会社名村造船所
アドバイザー	有馬 俊朗	財団法人日本海事協会
	深堀 和雄	ABS PACIFIC

(2)-2 「CSR適用船における船首尾部設計マニュアルの作成」

研究推進責任会社		株式会社新来島どっく
推進責任者	田中 義雄	株式会社新来島どっく

①タンカーチーム

幹事	曾波 洋司	尾道造船株式会社
	奥村 一生	尾道造船株式会社
	紙田 健二	今治造船株式会社
	大下 昌弘	今治造船株式会社
	中野 厚史	内海造船株式会社
	平松 吉忠	内海造船株式会社
	岡本 章吾	内海造船株式会社
	西田 博	内海造船株式会社
	池田 亮	株式会社名村造船所
	田中 幸子	株式会社名村造船所
	藤井 一申	株式会社新来島どっく
	内村 秀之	株式会社新来島どっく
	新納 栄二	株式会社新来島どっく
	宇野 洋平	株式会社新来島どっく
アドバイザー	林 竜也	財団法人日本海事協会
	高野 裕文	財団法人日本海事協会
	菅 勇人	財団法人日本海事協会
	平野 晃貴	財団法人日本海事協会
	永山 竜	ABS PACIFIC
	深堀 和雄	ABS PACIFIC

②バルカーチーム

幹事	藤井 康成	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	前野 嘉孝	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	松嶋 健五	株式会社大島造船所
	鮫島 勝義	株式会社大島造船所
	田代 学	佐世保重工業株式会社
	松村 孝之	佐世保重工業株式会社
	大槻 康明	ツネイシホールディングス株式会社

	末永 泰樹	ツネイシホールディングス株式会社
	池田 亮	株式会社名村造船所
	中森 隆一	株式会社名村造船所
	瀧川 寛樹	函館どつく株式会社
	兼子 敏明	函館どつく株式会社
アドバイザー	岩下 智也	財団法人日本海事協会
	宇宿 行史	財団法人日本海事協会
	小岩 敏郎	財団法人日本海事協会
	越智 宏	財団法人日本海事協会
	瀧澤 大	財団法人日本海事協会
	岡 祥子	財団法人日本海事協会
	阿部 孝三	ABS PACIFIC

### (3) 艤装分野

#### (3)-1 「主要艤装外注品の品質管理基準整備」

研究推進責任会社		株式会社新来島どつく
研究参加者	平井 保人	今治造船株式会社
	錦織 雄吉	今治造船株式会社
	乗松 芳正	今治造船株式会社
	鈴木 博樹	今治造船株式会社
	工藤 篤	今治造船株式会社
	本山 正明	株式会社大島造船所
	盧田 英久	株式会社大島造船所
	村川 浩一	株式会社大島造船所
	安元 修一	株式会社大島造船所
	高比良 栄治	株式会社大島造船所
	平井 和久	株式会社大島造船所
	中村 健治	株式会社大島造船所
	小畑 訓男	尾道造船株式会社
	竹内 章雄	尾道造船株式会社
	郭野 恭弘	尾道造船株式会社
	壇上 栄治	尾道造船株式会社
	西田 秀人	佐世保重工業株式会社
	渡邊 岳暁	佐世保重工業株式会社
	吉田 昭美	佐世保重工業株式会社
	沖村 明	佐世保重工業株式会社
	松本 景介	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	横山 和憲	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	金光 輝二	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	宮武 宏二	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	坂井 満	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	松本 幸一	株式会社新来島豊橋造船
	金子 光男	株式会社新来島豊橋造船
	比屋定 誠	株式会社新来島豊橋造船
	嶋崎 摂	株式会社新来島豊橋造船
	加藤 雄一	株式会社新来島豊橋造船

	竹田 勇	内海造船株式会社
	有馬 裕貴	内海造船株式会社
	市川 稔	内海造船株式会社
	河上 昌史	内海造船株式会社
	江藤 慎一	株式会社名村造船所
	井川 誠司	株式会社名村造船所
	井手 康正	株式会社名村造船所
	徳留 祐二	株式会社名村造船所
	吉田 耕一	株式会社新来島どつく
	田窪 均	株式会社新来島どつく
	田井 良昌	株式会社新来島どつく
	河上 誉昭	株式会社新来島どつく
アドバイザー	川路 正	東洋船舶株式会社
	渡辺 直広	東洋船舶株式会社
	星 啓	東洋船舶株式会社

(3)-2 「船舶の環境対策に対する設計指針の構築」

研究推進責任会社		ツネイシホールディングス株式会社
研究参加者	鈴木 博樹	今治造船株式会社
	丸田 康貴	株式会社大島造船所
	沖村 明	佐世保重工業株式会社
	柴田 文彦	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌
	渡辺 和利	株式会社新来島どつく
	金子 光男	株式会社新来島豊橋造船
	金山 寿夫	内海造船株式会社
	中園 廣明	株式会社名村造船所
	半田 晃士	ツネイシホールディングス株式会社
	細島 静悟	ツネイシホールディングス株式会社
アドバイザー	佐藤 千昭	日本大学

# 目 次

1. 研究の目的	1
2. 研究の目標	2
3. 研究の内容	3
3.1 CFDを用いた船首船型パラメトリックスタディ	3
3.1.1 はじめに	3
3.1.2 標準ガイドライン検討	3
3.1.3 船型計画	4
3.1.4 船型作成	5
3.1.5 シリーズ計算結果	6
3.1.6 船型設計資料	7
3.2 係船装置下部構造設計指針	8
3.2.1 はじめに	8
3.2.2 適用	8
3.2.3 設計荷重	9
3.2.4 応力照査および許容応力	10
3.2.5 腐食予備厚	10
3.2.6 有効幅	11
3.2.7 モデル化	11
3.2.8 溶接脚長	11
3.2.9 計算対象の係船装置	11
3.2.10 損傷事例の紹介	11
3.2.11 計算例	11
3.3 CSR適用船における船首尾部設計マニュアルの作成	12
3.3.1 はじめに	12
3.3.2 活動の概要	12
3.3.3 活動の成果	14
3.4 艀装外注品の品質管理基準の整備	16
3.4.1 はじめに	16
3.4.2 経過	16
3.4.3 活動の概要	17
3.4.4 共同研究活動の実運用	17
3.4.5 主要機器のチェックシートの見直し	19
3.4.6 定着の為の方針	20
3.4.7 本研究の纏めに際して	20
3.4.8 活動の成果	20

3.5 船舶の環境対策に対する設計資料の構築.....	22
3.5.1 はじめに.....	22
3.5.2 処理装置調査.....	22
3.5.3 試設計.....	23
3.5.4 各装置の問題点調査.....	23
3.5.5 得られた成果.....	24
4. 得られた成果.....	25
5. 成果の活用.....	27

## 1. 研究の目的

本報は、中手造船所を主体として平成 18 年度から平成 21 年度にかけて実施された研究を総括し、報告するものである。

昨今の世界的な環境重視の風潮の中での温室効果ガス（GHG）排出削減要求や船舶の更なる安全性確保など、造船業を取り巻く環境は著しく変化を遂げつつある。これらの要求は、IMO におけるエネルギー効率設計指標（EEDI）の策定に関する審議やバラスト水管理条約の採択、船級協会統一規則（CSR）の制定などとして、既に現実のものとなろうとしている。さらに、これらは直接的に一般商船の設計に影響を及ぼすものであり、影響の度合いも大きなものになることが予想される。

このような背景の下、実船の設計に大きな影響を与えると思われる 5 つの異なる項目を取り上げて、設計時に参考となる資料や指針を作成することを目的として実施した。以下に研究項目を示す。

- ・ CFD を用いた船首船型パラメトリックスタディ
- ・ 係船装置下部構造設計指針
- ・ CSR 適用船における船首尾部設計マニュアルの作成
- ・ 艀装外注品の品質管理基準の整備
- ・ 船舶の環境対策に対する設計資料の構築

これらの研究項目間に相互の関係は少ないが、いずれも実設計における緊急の課題であり、また、複数の会社が協力・分担して実施することにより、タイムリーに結果を得られることが期待できるものである。



## 2. 研究の目標

第1章に述べた5つの研究項目それぞれについて、以下に示す目標を定めて実施した。

1. 「CFDを用いた船首船型パラメトリックスタディ」は、最近注目されている実海域性能に大きな影響を及ぼす船首部船型に焦点を当て、CFDを用いたパラメトリックスタディを実施し、これを基に実船設計時に参考となる船型計画資料を整備する。
2. 「係船装置下部構造設計指針」は、IACS UR A2で規定される構造を対象として実施する。船級構造規則を背景として実施した研究であるため、研究グループには船級協会の参加も得ることにした。新しい規則であるため、統一した規則解釈、損傷事例の収集や対象構造の強度計算を通して、合理的な強度検証方法を確立することを目的とし、その結果を設計実務者が有効に活用できる設計指針の形でとりまとめる。
3. 「CSR適用船における船首尾部設計マニュアルの作成」は、新たに制定された船級協会統一規則（CSR）を対象として、規則の不明点や疑問点の多く残る船首尾の構造を取り上げて実施する。研究の手法は前述の「係船装置下部構造設計指針」の研究と同様の方法を採用し、成果の取りまとめも設計指針の形で整理する。
4. 船舶の艀装品は外部メーカーからの購入品であることが多く、その品質はメーカーに依存している状況となっている。「艀装外注品の品質管理基準の整備」は、これら購入品の品質に関して、過去のトラブル事例や品質管理体制の検証を通して、合理的な基準を確立することを目標として実施する。さらに、実務に適用可能なように品質管理チェックシートの形で取りまとめる。
5. 「船舶の環境対策に対する設計資料の構築」は、バラスト水の処理装置を具体的研究対象として取り上げ、処理装置を搭載する場合の試設計を通じて情報の整理を行い、解決すべき課題を示すことでメーカーのみならず造船所に対し環境やユーザーにとって適切な機器の選択・配置計画を行うための資料を作成する。

### 3. 研究の内容

#### 3. 1 CFD を用いた船首船型パラメトリックスタディ

##### 3. 1. 1 はじめに

CFD の船型計画への応用に関して計算の高精度化・自動化を図るために、「中手 CFD 研究会」が解散した現在でも、共同作業を通じて CFD 活用技術の研鑽、レベルアップを図りたいというニーズは高い。本共同研究は、斯かるニーズを背景に、CFD の実機船型計画への活用を促進するために企画された。具体的には、最近注目の実海域性能に密着に関係する船首部船型を採り上げ、CFD を用いたパラメトリックスタディを各社分担して船型計画資料を整備する事を目的としている。

##### 3. 1. 2 標準ガイドライン検討

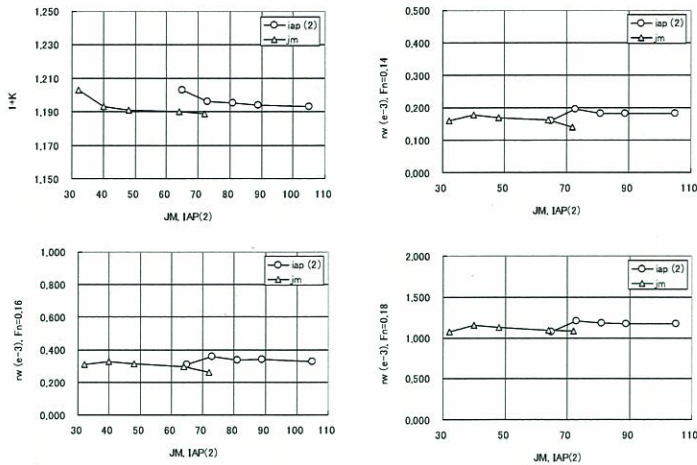
本研究では Neptune コード(海上技術安全研究所)を使用した。H18 年度に形状影響係数と造波抵抗係数の格子依存性検証(船体表面長手方向分割数、ガス方向分割数)について供試模型 12 隻を用いて実施し、収束値が概ね得られる分割数を把握して標準ガイドラインを制定した。また、本ガイドラインを用いた CFD 計算と水槽試験との相関関係を検討して有効性の確認を行った。

H20 年度には、Neptune コードに新たに組み込まれた姿勢(トリム・シンケージ)変化を考慮した計算方法に切り替え、また、ガス方向分割数の見直しを行い、H20 ガイドラインを作成した。H20 ガイドラインについては CFD 計算結果と水槽試験結果の相関より、修正係数を Fn 数毎に求め、CFD 計算結果を水槽試験相当に補正する手法を取り入れた。

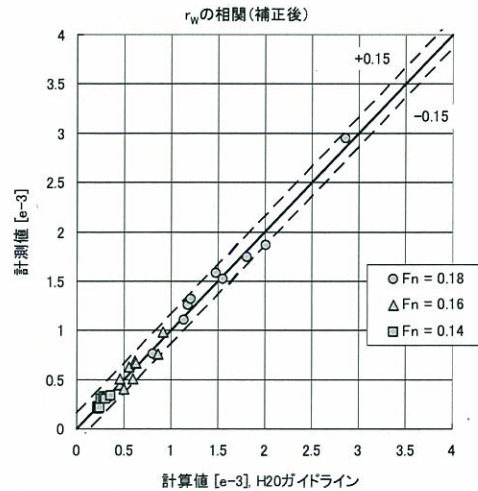
H18 年ガイドラインにて計算したものについては、H18 ガイドラインと H20 ガイドラインの相関を用いて H20 ガイドライン相当の値に修正した上で水槽試験相当に補正を行っている。本研究で作成した 2 船型の CFD 計算結果と水槽試験結果の関係は、H20 年度ガイドラインの相関関係のばらつき範囲内であり、本研究の対象船型にも有効であることが確認出来ている。

H18,20 年度 標準ガイドライン

SURFG		平成18年度	平成20年度
船体長手方向分割数	iap(2)	73	73
船体ガス方向分割数	jm(4)	49	73
船体喫水線下分割数	jm(4)_under	33	49
FP集中化パラメータ	rclfp	0.2	0.2
AP集中化パラメータ	rclap	0.2	0.2
BOUNDG			
船体前方分割数	ifp(1)	17	17
船体後方分割数	im_r2	49	49
船体法線方向分割数(暫定)	km0	57	57
船体前方領域長さ	x_up	-1.5	-1.5
船体後方領域長さ	x_down	1.5	1.5
外周境界半径	r_outer	1.5	1.5
i=1,k=1境界の深さ	w_up	0.2	0.2
i=imax,k=1境界の深さ	w_dn	0.2	0.2
SHIPG			
リクスタングする範囲	kmrcl	11	11
リクスタングする格子数	kmnewrcl	35	35
船体法線方向分割数	km	81	81
NEPTUNE			
長手方向減衰領域	xdamp	1	1
幅方向減衰領域	ydamp	0.5	0.5
再配置間隔(喫水線)	dhtop	0.5	0.5
再配置間隔(センターライン)	dhbot	0.5	2.0
ガス方向再配置セル数	jmgr	40	56



パラメータスタディ計算結果 (M4449)



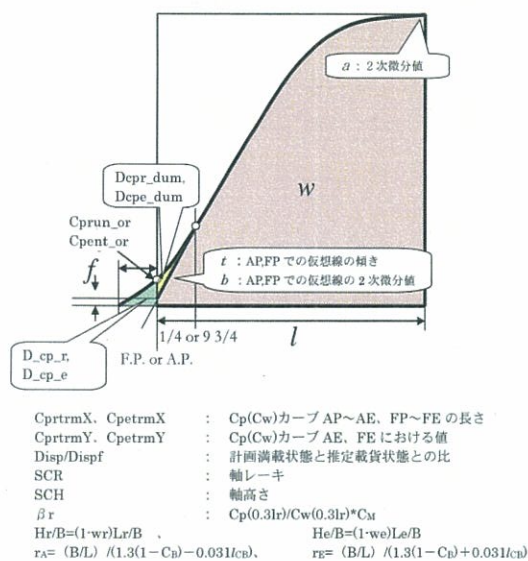
H2O 標準ガイドラインによる計算結果  
(水槽試験補正後)と実験値の相関図

### 3. 1. 3 船型計画

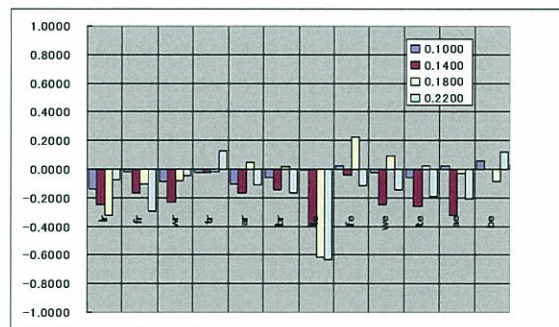
SRC で過去に試験が行われた船型の水槽試験結果を収集し、船型パラメータと抵抗性能の相関解析を行い、船型計画に用いる船型パラメータの検討を行った。

造波抵抗係数は  $C_b, C_p, C_v$  など排水量に関わるパラメータとの相関が高く、また  $He/B(C_p), \gamma E, He/B(C_w), le(C_p), le(C_w), te(C_w)$  など船首に関わるパラメータとの相関が深い事が分かった。形状影響係数は  $L/B, Hr/B(C_p), \gamma A$  の相関が高い。  $C_p$  カーブのパラメータでは船首のパラメータより船尾のパラメータの相関が高く、  $C_w$  カーブのパラメータは  $C_p$  カーブのそれほど相関は高くない事が分かった。船首プロファイルでは  $z$  方向のパラメータ、船尾プロファイルでは  $x$  方向のパラメータとの相関が深いのが特徴である。

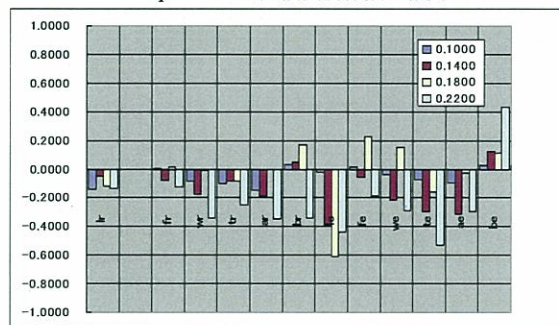
上記の検討結果より、肥大船型の造波抵抗係数、形状影響係数に関わる船型パラメータとして以下のものを選定した。



$C_p, C_w$  カーブパラメータ



$C_p$  カーブと造波抵抗係数の相関



$C_w$  カーブと造波抵抗係数の相関

造波抵抗係数  $He/B(Cp), He/B(Cw)$

形状影響係数  $L/B, Hr/B(Cp), Hr/B(Cw)$

本検討結果を踏まえ、以下のようなシリーズの検討を計画した。

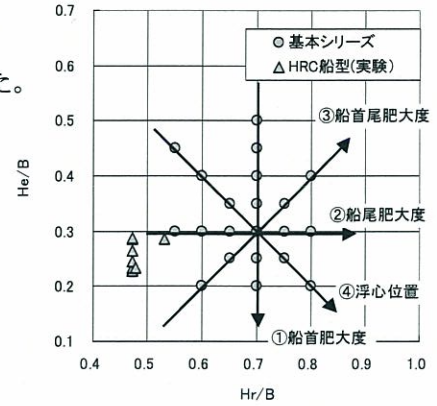
基本主要目 ;  $L/B=5.5, B/d=3.0$

(90-100DWT 程度の肥大船を想定)

基本肥大度 ;  $He/B(Cp)+Hr/B(Cp)=0.80\sim 1.20$  (0.05 刻み)

組み合わせと諸パラメータ

;  $He/B, Hr/B, He/B(Cw), Hr/B(Cw)$



$He/B=0.20\sim 0.50$  (0.05 刻み)の7 船首形状と  $Hr/B=0.55\sim 0.80$ (0.05 刻み)の6 船尾形状を作成し、その組み合わせにより①船首肥大度、②船尾肥大度、③船首尾肥大度、④浮心位置シリーズについての検討を実施した。

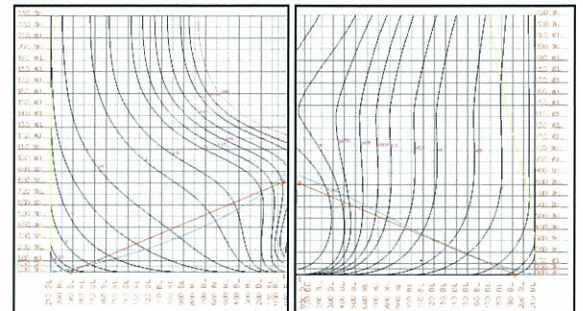
### 3. 1. 4 船型作成

線図創生には線図創生システム Geo2D(日本造船技術センター)を用いて、船首尾肥大度毎に各社が分担して作成した。 $Cp, Cw$  カーブの数式パラメータは、船首尾肥大度と各パラメータの実績値の関係を1次関数( $y=Ax+B$ )で最小二乗法により近似し決定したものである。

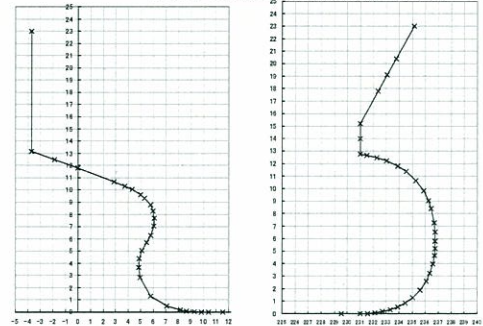
また、船首尾プロファイルは HRC 船型を参考に数式化して設定した。

$Cp, Cw$  カーブのパラメータ設定値

	AA	A	B	C	D	E	F
船首担当	SRC	SRC	今治	SRC	大島	尾道	佐世保
船尾担当	SRC	SRC	サノヤス	新菜島	SRC	名村	常石
$L/B(1-CP)$	0.75	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
$Hr/B$	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.80
$He/B$	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
$Lr/B$		1.8320	1.9706	2.1092	2.2479	2.3865	2.5251
$Le/B$	1.1619	1.2846	1.4073	1.5300	1.6527	1.7754	1.8982
$lr$		0.3331	0.3583	0.3835	0.4087	0.4339	0.4591
$wr$		0.6998	0.6955	0.6918	0.6886	0.6857	0.6832
$tr$		1.8343	1.8316	1.8290	1.8263	1.8237	1.8210
$fr$		-0.0429	-0.0450	-0.0471	-0.0492	-0.0513	-0.0534
$le$	0.2112	0.2336	0.2559	0.2782	0.3005	0.3228	0.3451
$we$	0.8279	0.8054	0.7868	0.7712	0.7580	0.7465	0.7366
$te$	2.1839	2.0993	2.0147	1.9302	1.8456	1.7611	1.6765
$fe$	0.2976	0.1795	0.1614	0.1433	0.1252	0.1071	0.0890
$Hr/B(Cw)$		0.2061	0.2435	0.2809	0.3183	0.3557	0.3931
$He/B(Cw)$	0.1879	0.2281	0.2683	0.3085	0.3487	0.3889	0.4291
$Lr/B(Cw)$		1.1277	1.2209	1.3140	1.4071	1.5002	1.5934
$Le/B(Cw)$	1.0144	1.0977	1.1811	1.2644	1.3477	1.4310	1.5143
$lr(Cw)$		0.2050	0.2220	0.2389	0.2558	0.2728	0.2897
$wr(Cw)$		0.8172	0.8005	0.7862	0.7738	0.7629	0.7533
$tr(Cw)$		1.0783	1.1531	1.2280	1.3028	1.3777	1.4525
$fr(Cw)$		0.3920	0.3566	0.3212	0.2859	0.2505	0.2151
$le(Cw)$	0.1844	0.1996	0.2147	0.2299	0.2450	0.2602	0.2753
$we(Cw)$	0.8147	0.7922	0.7728	0.7560	0.7413	0.7283	0.7167
$te(Cw)$	2.0974	2.1036	2.1098	2.1160	2.1223	2.1285	2.1347
$fe(Cw)$	0.2126	0.1805	0.1484	0.1164	0.0843	0.0522	0.0201



正面図( $He/B=0.30, Hr/B=0.70$ )

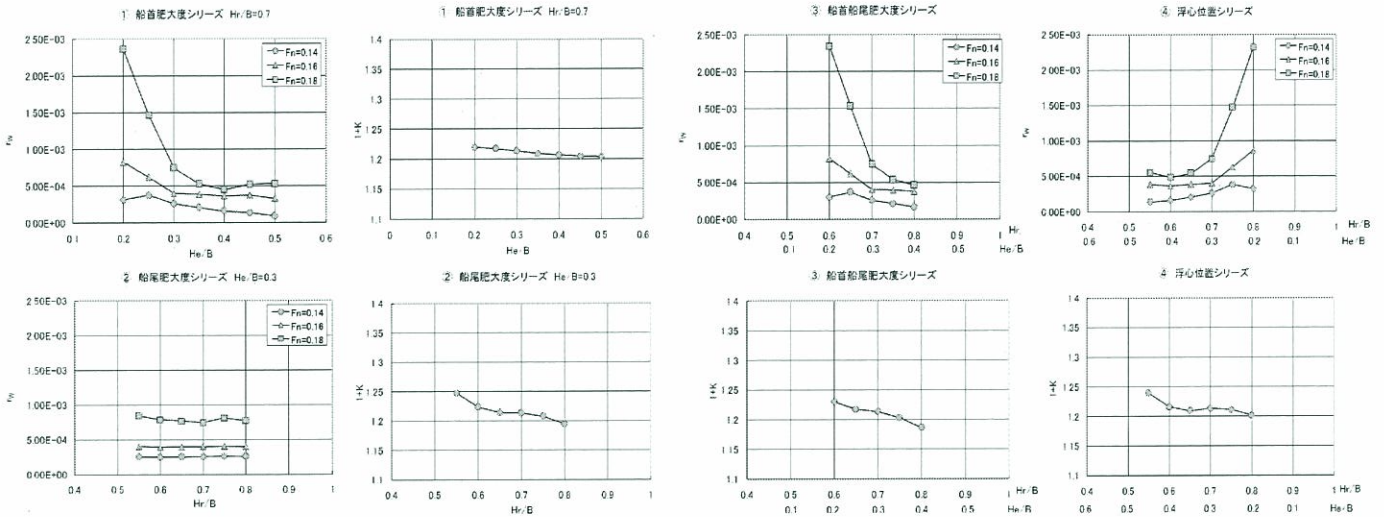


船首尾プロファイル

### 3. 1. 5 シリーズ計算結果

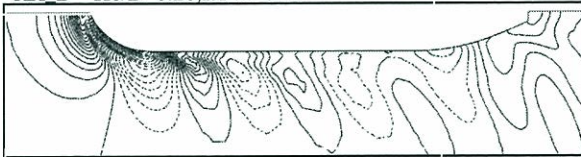
シリーズ計算結果より以下の知見が得られた。

- ・ 造波抵抗係数は、船首肥大度の影響が支配的であり、船尾肥大度の影響はほとんど見られない。
- ・ 形状影響係数は、船尾肥大度の影響は、船首肥大度の影響より大きいだが、船首肥大度の影響もある程度見られる。
- ・ 船首尾肥大度シリーズ、浮心位置シリーズにおいて、造波抵抗係数は概ね船首肥大度のみで評価しても問題ないが、形状影響係数は船首肥大度と船尾肥大度の両方の影響を考慮する必要がある。

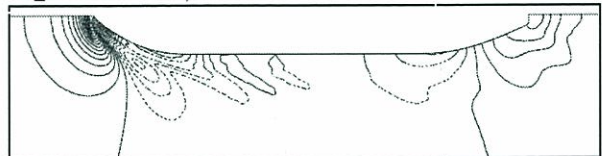


各シリーズの  $rW$  と  $1+K$  計算結果

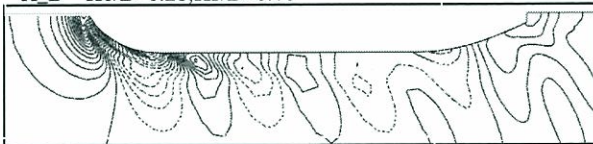
AA\_D He/B=0.20, Hr/B=0.70



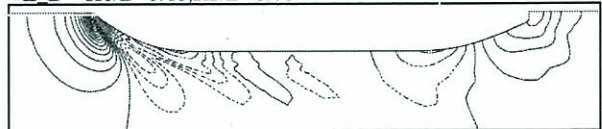
D\_D He/B=0.40, Hr/B=0.70



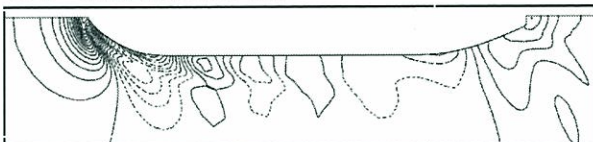
A\_D He/B=0.25, Hr/B=0.70



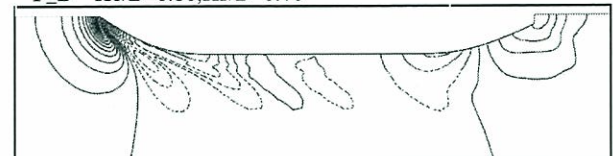
E\_D He/B=0.45, Hr/B=0.70



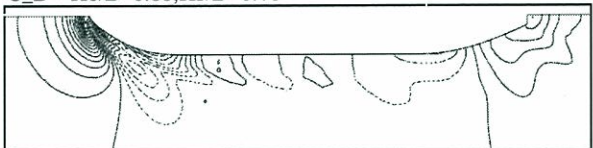
B\_D He/B=0.30, Hr/B=0.70



F\_D He/B=0.50, Hr/B=0.70



C\_D He/B=0.35, Hr/B=0.70



船首肥大度シリーズ波紋図(CFD) ( $F_n=0.18$ )

### 3. 1. 6 船型設計資料

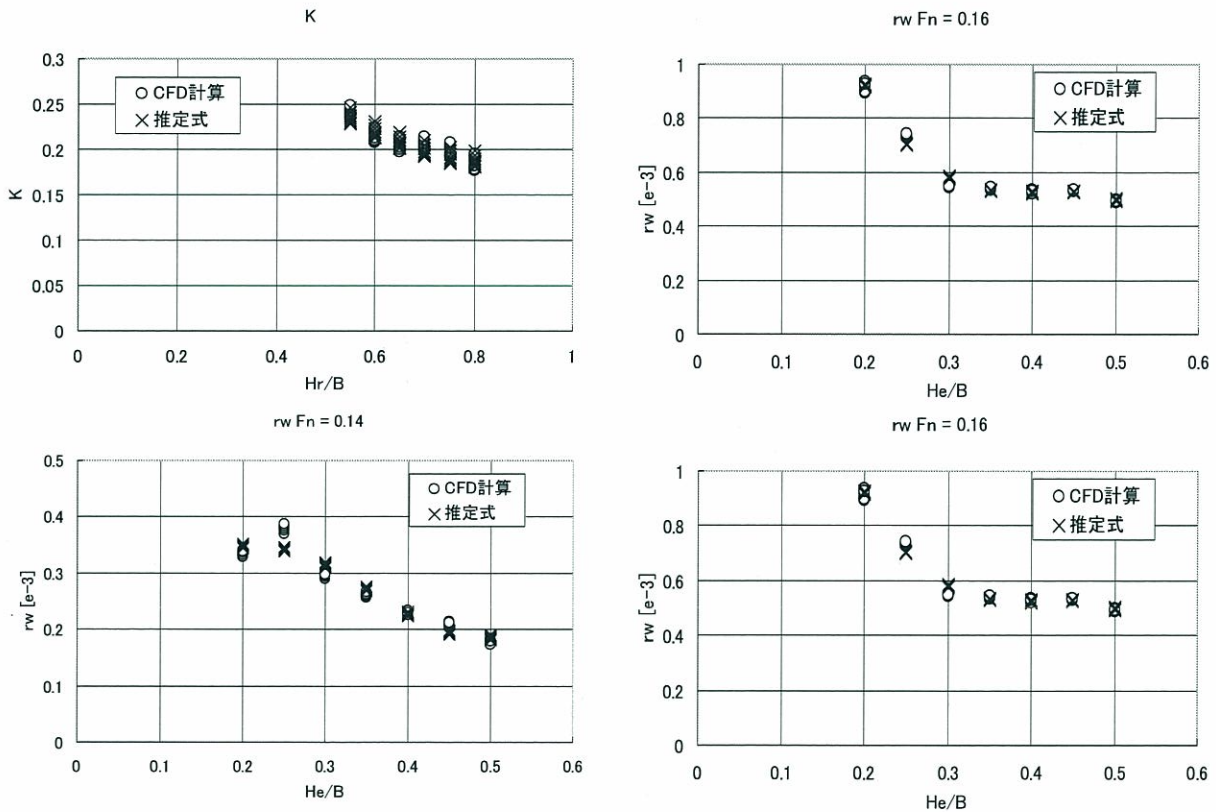
シリーズ船型の水槽試験結果に対応させた CFD の計算結果を用いて、肥大船の造波抵抗特性の推定式を作成した。重回帰分析により  $rw$  と  $K$  の推定式の独立変数の係数を決定した。なお、重回帰分析には市販の統計解析ソフト「Statistica」を使用している。

$$rw = a(He/B)^4 + b(He/B)^2 + c(He/B) + d(Hr/B) + e \quad \dots (1)$$

$$K = a(He/B)^2 + b(He/B) + c(Hr/B)^2 + d(Hr/B) + e \quad \dots (2)$$

推定式の係数

	$rw$ [e-3]			$K$
	$Fn = 0.14$	$Fn = 0.16$	$Fn = 0.18$	
$a$	11.425	-31.473	-97.421	0.1249
$b$	-8.881	31.722	120.386	-0.1474
$c$	3.357	-17.237	-71.493	0.5228
$d$	-0.03525	0.0305	-0.140	-0.8951
$e$	-0.00993	3.131	12.741	0.6046
$R^2$ 値	0.918	0.981	0.994	0.920



CFD 計算結果と推定式による値

### 3. 2 係船装置下部構造設計指針

#### 3. 2. 1 はじめに

本報は、平成 18 年度に実施した中手共同研究「係船機器下部構造設計指針の整備」の成果報告書である。本研究は、中手技術連絡会で設定された共同研究に対する新しい基本方針である「各社の直面する旬の技術課題をテーマに共同研究を実施し、実務に有益な成果を得る」に基づき実施した。実務に役立つよう成果は設計指針の形に取り纏め、また造船所の手前勝手な指針とならぬよう、準拠するルール動向に明るく、造船所の当該業務の実態も把握されている船級協会（日本海事協会、ABS）から指導や助言を得て実施した。

2004 年 2 月に採択された IACS Unified Requirement A2（曳航・係留設備およびその下部構造に関する統一規則）がある。

その後、2005 年 5 月に IMO/MSC80 における SOLAS 条約 II - I 章第 3-8 規則関連の採択、同時にガイドライン MSC/Circular 1175 の回章が行われ、産業界の意見集約を経て、IACS は見直し作業を展開中であり、並行して各船級も 2007 年 1 月 1 日の適用に向け、規則改正を急いでいた。従来、曳航および係留装置の下部補強は、対象が多様な機器と複雑な船首尾の曲がり部構造の組み合わせを有していることから、各社まちまちの社内基準や設計標準に基づいて設計されてきた。今回の規則改正に伴い、今後は強度計算書と図面を提出し船級の承認を取得することが必要となるが、従来どおりの対応では当面无用の混乱が危惧された。

その際各社の智恵を持ち寄り、また新しい規則に対する船級の考え方も織り込んで共通の設計指針を整備することは、各社にとって有益で合理的であり、一定レベルの品質、構造の信頼性を確保する早道と判断した。また設計指針の実効性を高めるため、当該下部構造の損傷事例を収集、可能な限り留意すべき点も明示して設計指針に取り入れ、設計者に注意を喚起するようにした。そこで、上述趣旨に賛同した各社メンバーで WG を編成し、設計指針作成作業を展開した。船級の規則改正作業と並行しての作業となったが、参加アドバイザーから最新ルール動向について情報を入手するなど万全を期した。

設計実務者に使われる指針である必要があり、各社共通して使用頻度が高い係船機器を選定した。また選定機器毎によく採用される下部補強の構造様式を抽出し指針の対象とした。

計算手法については、より精緻な検討手法を紹介している箇所もあるが、基本的にはより簡易な方法を指向した。また規則自体の精査、試算等を通して、指針の有効性を確認した。但し規則改正の最終案に基づく作業でなかったため、将来の手直しは否定できないが、指針の基本骨格は構築されているので、各社での修正は容易であると判断される。

#### 3. 2. 2 適用

本設計指針は IACS UR A2（船舶の通常の曳航及び係船に使用される装備の備え付けに関する規則）の改正案 MSC CIRCULAR 1175 に基づいて設計された係船装置の下部構造について、定められた設計荷重、許容応力を使って、梁計算をベースに強度検討や補強要領を導いたものである。

また、DECK 上の取り付け台構造は設備に該当するため、本設計の対象外とした。

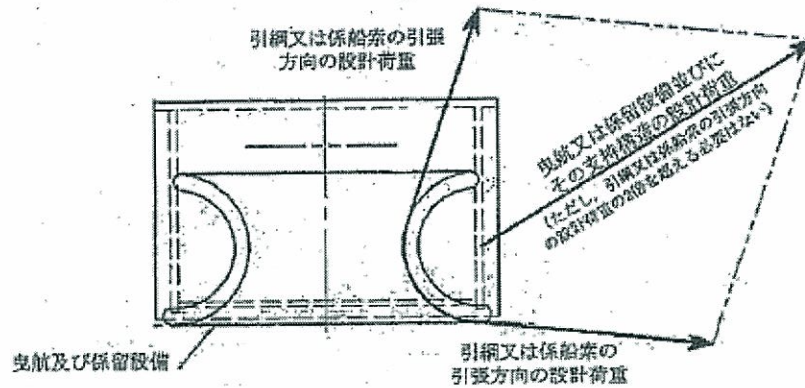
### 3. 2. 3 設計荷重 T

#### (1) 曳航装置 (MSC/CIRCULAR.1175/ANNEX/3.3)

##### (a) 曳航(港湾)

設計荷重は TOWING AND MOORING PLAN に示される最大荷重の 1.25 倍とし、強度計算に用いる際には TOWING AND MOORING PLAN に示される実際の索取りを考慮した合成力とする。

(下図参照)



##### (b) 曳航(エスコート)

ESCORT などによる曳航作業時の設計荷重は、MSC/CIRCULAR 1175/ANNEX/TABLE 1 に示される艀装数ごとに定義された破断荷重の 1.0 倍とし、強度計算に用いる際には TOWING AND MOORING PLAN に示される索取りを考慮した合成力とする。

##### (c) 上記(a), (b)の合成力は上記設計荷重の 2 倍を越える必要はない。

また、上記(b)の設計荷重が建造仕様書または TOWING AND MOORING PLAN など設定されている使用荷重より小さい場合は、その仕様書または TOWING AND MOORING PLAN に示される使用荷重以上とすること。

##### (d) 港湾およびエスコート曳航について

港湾曳航とは、本船は自航せずタグ等に牽引されている状態で、その索には引っ張り荷重が作用している状態。一方、ESCORT 曳航とは本船は自航しており、TUG 等は本船を牽引しておらず、その索には大きな引っ張り荷重が作用していない状態。

#### (2) 係船装置 (MSC/CIRCULAR 1175/ANNEX/4.3)

##### (a) 係船装置の設計荷重は、MSC/CIRCULAR 1175/ANNEX/TABLE 1 に示される艀装数ごとに定義された破断荷重の 1.25 倍とし、強度計算に用いる際には TOWING AND MOORING PLAN に示される索取りを考慮した合成力とする。

##### (b) 上記(a)の合成力は設計荷重の 2 倍を越える必要はない。

また、上記(a)の設計荷重が建造仕様書または TOWING AND MOORING PLAN など設定されている使用荷重より小さい場合は、その仕様書または TOWING AND MOORING PLAN に



示される使用荷重の 1.25 倍以上とすること。

(c) OORING WINCH の支持構造の設計荷重は、製造者の基準に従った定格のブレーキ力または保持力の 1.25 倍以上とすること。

(3) 破断荷重(BREAKING STRENGTH OF THE MOORING LINE)について

(MSC/CIRCULAR 1175/ANNEX/2.3)

設計に使用する破断荷重 (BREAKING STRENGTH OF THE MOORING LINE) とは、索そのものの破断荷重ではなく艀装数から決定される規則最小要求値を意味している。従って、実際に試験を行って出てきた破断荷重に対して下部補強を検討する必要はなく、係船装置に記載される SWL、または艀装数から決定される規則最小要求値の 1.25 倍とする。ただし、曳航 (エスコート) の場合は、1.0 倍とする。

### 3. 2. 4 応力照査および許容応力 $\sigma_{all}$ 、 $\tau_{all}$ (MSC/CIRCULAR 1175/ANNEX/3.5.3 & 4.5.3)

曲げ応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{M}{SM} \leq \sigma_{all}$$

M:曲げモーメント

SM:断面係数

せん断応力 ( $\tau$ )

$$\tau = \frac{F}{A_w} \leq \tau_{all}$$

F:せん断力

$A_w$ :せん断有効断面積

曲げ強度  $\sigma_{all}$ : 降伏応力、MS=235 N/mm<sup>2</sup>、HT32=315 N/mm<sup>2</sup>、HT36=355 N/mm<sup>2</sup>

せん断強度  $\tau_{all}$ : 降伏応力の 60%、MS=141N/mm<sup>2</sup>、HT32=189N/mm<sup>2</sup>、HT36=213N/mm<sup>2</sup>

UR A2 での許容応力は直応力となっているが通常、曲げ応力の事をいう。ただし、荷重の作用する方向によって、軸応力が生じる場合は、上記曲げ応力 ( $\sigma_b$ )にこれを考慮すること。また、縦曲げや貨物積載等により発生する応力を付加する必要はない。

### 3. 2. 5 腐食予備厚 $t_c$

強度評価は腐食予備厚を差し引いた NET 板厚で行うこと。既存の船級規則に規定される腐食予備厚を考慮する。ただし腐食予備厚は両面の合計で 2mm を下回ってはならない。

一方、CSR(COMMON STRUCTURAL RULE)の JTP, JBP 適用の場合はその規定に従うこと。

### 3. 2. 6 有効幅

有効幅は各船級の規定値に従うこと。

### 3. 2. 7 モデル化

本指針では計算の容易さと安全側の設計とするために、敢えて両端支持の単純梁として取り扱うことを標準とした。ただし、周辺の下部 STIFFENER 配置や固着条件が単純支持梁に置換しがたい場合や、更に精度を上げる検討を行う場合は、3 連続梁計算や梁要素および板要素による直接計算を実施することが認められる。

### 3. 2. 8 溶接脚長

一般的には各船級の規定に従うが、CARLING 端部など比較的高いせん断応力が発生する箇所の溶接脚長は、せん断強度上要求される WEB 板厚の 1/2 以上ののど厚とする。

### 3. 2. 9 計算対象の係船装置

対象の係船装置は、SHIP FITTING、MOORING FITTING および TOWING FITTING の 3 区分とし、その内訳は以下のとおり。

#### (a) SHIP FITTING

- ・ BOLLARD    ・ CROSS BITT    ・ ROLLER FAIRLEADER    ・ STAND ROLLER
- ・ CLOSED CHOCK    ・ MOORING CHOCK

#### (b) MOORING FITTING

- ・ WHINCH AND WINDLASS    ・ CHAIN STOPPER    ・ HORIZONTAL ROLLER

#### (c) TOWING FITTING

- ・ CHAIN STOPPER    ・ ESCOAT BITT    ・ CHOCK

### 3. 2. 10 損傷事例の紹介

上記係船装置に関係する損傷事例とその原因や有効な対策を紹介し、再発防止対策に役立たせた。

### 3. 2. 11 計算例

代表的な機器である CHAIN STOPPER 下部補強の計算例の一部を紹介する。

### 3. 3 CSR 適用船における船首尾部設計マニュアルの作成

#### 3. 3. 1 はじめに

現在、CSR の議論が盛んに行なわれているが、主に、カーゴホールド部に関わるものである。一方、実際に設計する時期が来ているにも関わらず、カーゴホールド部以外の「船尾部」「機関室」「船首部」「上部構造」に関する設計手法が明確になっていない箇所が多々有ることは共通の認識である。そこで、これらの不明点・疑問点を明らかにしていく作業を行いながら、実際の設計に役立つ船首尾部の設計マニュアルを作成することを目標に本共同研究を行うこととした。

本共同研究のメンバーは中手造船所の中から参加希望を募り計 10 社にて作業を開始した。また、CSR はタンカー及びバルカーの 2 種類の船種について規定されており、参加会社を「タンカーチーム」及び「バルカーチーム」の 2 チームに分け、それぞれの船種について、設計マニュアルを作成することにした。更に、本共同研究は新規則に関わる問題であり、船級協会のアドバイザーとして日本海事協会及び ABS にも参加頂き、全面的に協力を頂いた。

本共同研究は 2 ヶ年計画で実施し、2007 年度は「船尾部」「機関室」「船首部」の設計マニュアルを作成した。また、2008 年度は「上部構造」を作成し、更に、「船尾部」「機関室」「船首部」の見直しを行った。その後、日本海事協会及び ABS にレビューして頂き、最終的に、CSR 適用船における船首尾部設計マニュアルとして作成した。

#### 3. 3. 2 活動の概要

本共同研究の研究体制としては、メンバーとして中手造船所 10 社、アドバイザーとして、船級協会 2 協会にて構成した。その中で、活動の推進を統括する全体幹事を新来島どつくが担当した。また、参加会社を「タンカーチーム」及び「バルカーチーム」の 2 チームに分け、タンカーチーム幹事を尾道造船、バルカーチーム幹事をサノヤス・ヒシノ明昌が担当した。アドバイザーとして、日本海事協会及び ABS にお願ひした。また、最終の研究成果のレビューについても、両船級協会にお願ひすることにした。

本共同研究活動は、2007 年 7 月 25 日に第 1 回研究会を開催し、アドバイザーの日本海事協会も参加して、本共同研究の主旨・研究の体制・研究の内容・作業日程・成果目標等、計画書に基づき確認し合った。また、CSR 適用船種のタンカーとバルカーで分担を 2 チームに分け、それぞれにチーム幹事を設けた。その後、チーム毎に研究テーマの進め方について審議を行なった。最後に全体会議にて審議を行い、各社が設計マニュアルのイメージ案を検討し、メール上でのやり取りで協議し、同年 8 月末までにチーム幹事が取りまとめを行い、全体幹事に連絡した。また、船尾・機関室に関する CSR に対する質問事項についてもメール上でのやり取りで協議し、同年 8 月末より、各チーム幹事より、船級協会に問合せを行うこととした。

会議終了後、船級協会のアドバイザーとして ABS にもお願ひするために、研究内容の説明を行い、アドバイザーとして協力を要請し、了解を得られた。

2007 年 11 月 14 日開催の第 2 回研究会では、各チームよりメール上でのやり取りで協議された内容を基に作成した設計マニュアル案の構成について全体幹事が説明後、チーム毎に具体的な設計

マニュアルの内容及び役割分担について審議した。その結果、第3回研究会までに各社が担当範囲の設計マニュアルの具体的案を作成することとなった。

担当範囲	タンカーチーム	バルカーチーム
第1章 : 一般 (共通事項)	今治造船 新来島どつく	函館どつく
第2章 : 船尾構造	尾道造船 (チーム幹事) 内海造船	佐世保重工業
第3章 : 機関室構造		ツネイシホールディング ス
第4章 : 船首構造	名村造船所	名村造船所
第5章 : 上部構造		大島造船所

\*サノヤス・ヒシノ明昌 (バルカーチーム幹事) はバルカー全体の取りまとめ

また、船尾・機関室に関するCSRの質問事項及び回答についても審議を行った。今後は、CSRの質問事項は全ての区画を対象として船級協会に提出することとした。質問内容の内、IACSからの回答が十分でない場合は、本会議より直接IACSへ質問を行うこととした。

尚、第2回研究会より、アドバイザーとしてタンカーチームは日本海事協会に加えABSも参加して頂き、アドバイスを頂きながら審議を行った。

2008年1月18日開催の第3回研究会では担当各社が作成した担当範囲の設計マニュアル案を審議した。審議は、より具体的に章毎の内容や設計マニュアル文章の書式、スタイル等について審議した。設計マニュアル文章の書式、スタイルについては統一を図るために、全体幹事が検討し、各社にメールで配信することとした。

また、船級協会に対する質問と回答についても審議を行った。バルカーチームでは、日本海事協会より、「船首尾構造で注意すべき規則など」の設計マニュアルに追加すべき項目として、PMAや内規等について、構成概要の説明をして頂いた。

2008年2月15日開催の第4回研究会では担当各社が作成した「一般」「船尾構造」「機関室構造」「船首構造」の設計マニュアル最終案を審議した。一部の手直し箇所について、各社にて修正後、チーム毎に完成し、2007年度の報告書として完成させることとした。

また、「CSR適用船における船首尾部設計マニュアルの作成」2007年度報告書について審議し、一部手直し箇所について、全体幹事にて修正後、完成させることとした。

また、船級協会に対する質問と回答についても審議を行った。

会議終了後、各社がメール上でのやりとりで審議し、「CSR適用船における船首尾部設計マニュアル」2007年度最終版として作成した。

2008年5月23日開催の第5回研究会では、「上部構造」(案)について審議を行った。また、その他の区画についても修正案の審議を行った。更に、船級協会に対する質問と回答についての

審議を行った。船級協会に対する質問と回答については設計マニュアルに記載することとした。次回第6回会合までに、設計マニュアルの各社担当分を仕上げ、チーム幹事が全体の取まとめを行うこととした。

2008年7月25日開催の第6回研究会では、各チーム幹事が取りまとめた設計マニュアル案について審議を行った。また、タンカーチームのアドバイザーとして参加して頂いているABSより、バルカーの設計マニュアル案についてもコメントを頂き、バルカーチーム内にて審議を行った。各チーム幹事は、今回の審議内容を基に、船級協会にてレビューして頂く設計マニュアル案を取りまとめ、メンバーに配布後、全体幹事より、船級協会へのレビューを依頼することになった。

会議終了後、設計マニュアル案について、各社がメール上でのやりとりで審議し、各チーム幹事が内容を取りまとめた後、全体幹事より船級協会へのレビューを正式に依頼した。

2008年11月28日開催の第7回研究会では、船級協会にてレビューして頂いた設計マニュアル案について最終審議を行った。尚、今回より、バルカーチームのアドバイザーとしてABSにも参加して頂き、設計マニュアル案に対するコメントについて審議を行った。

審議終了後、メール上でのやりとりにて設計マニュアルの取りまとめを行い、最終版として「CSR適用船における船首尾部設計マニュアル」2008年度版を作成した。

設計マニュアルの最終版は船級協会に提出し、レビュー済みを示す最終確認印を受領した。

### 3. 3. 3 活動の成果

「CSR適用船における船首尾部設計マニュアル」2008年度版として、タンカー及びバルカーの2種類の船種について作成した。

- ・ CSR適用船における船首尾部設計マニュアル【二重船殻油タンカー】2008年度版
- ・ CSR適用船における船首尾部設計マニュアル【ばら積み貨物船】2008年度版

マニュアルは、区画毎に図表を用いて判り易く説明した。実船の構造に即した部材計算例も含めた。また、IACS作成のQ&Aから船首尾区画に関する項目を抜粋し添付した。さらに、本活動を通して生じた疑問点に対する船級回答もQ&Aとして添付した。

作成したマニュアルは、日本海事協会及びABSにレビューして頂いている。

本マニュアルを参照することで、CSR船の船首尾区画の設計作業がスムーズに行えるようになった。

# 作成したマニュアル

図 1.6.7 板部材の荷重評価点 (縦式構造)

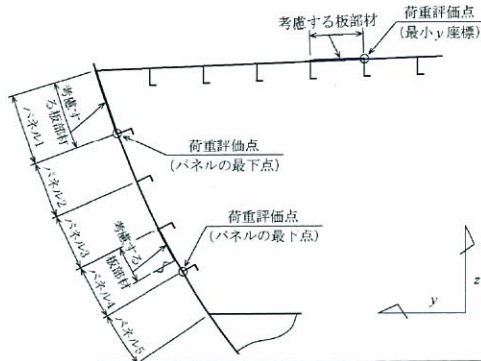
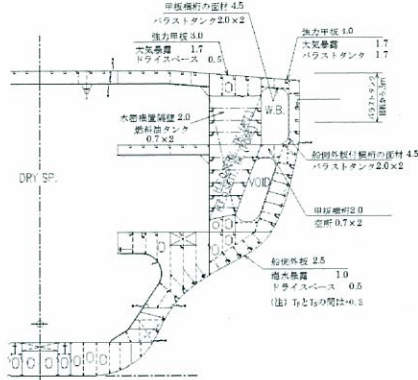


図 3.4.3 腐食予備厚(2) (mm)



水平防機材に作用する荷重を算  
らない。【CSR-6/2.1.4.1】

### 3.4.6 計算例

機関室構造部材の計算例を示す。ここで、船の長さ、非損傷状態及び浸水状態で部材に働く面外圧力、非損傷状態及び浸水状態での縦強度に寄与するとみなされる部材に働く直応力は、以下とする。

$$L = L_2 = 200, p_s + p_w = 34.3, p_F = 25.0, \sigma_X = 180(270)$$

#### 3.4.6.1 強力甲板

要求ネット板厚  $t$  (mm) は、①から③の算式による値のうち、最大となる値とする。

① 最小ネット板厚 (第1章 1.7.1.1 参照)

$$t = 4.5 + 0.02L = 4.5 + 0.02 \times 200 = 8.5$$

② 非損傷状態 (第1章 1.7.1.3 参照)

$$t = 15.8c_a c_s \sqrt{\frac{p_s + p_w}{\lambda_p R_y}} = 15.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times \sqrt{\frac{34.3}{0.681 \times 301}} = 5.17 \rightarrow 5.0$$

ここで、

$$k = 0.78, R_y = \frac{235}{k} = \frac{235}{0.78} = 301, s = 0.8, l = 3.2, c_s = 1.0$$

$$c_a = 1.21 \sqrt{1 + 0.33 \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0.69 \frac{s}{l} = 1.21 \times \sqrt{1 + 0.33 \times \left(\frac{0.8}{3.2}\right)^2} - 0.69 \times \frac{0.8}{3.2} = 1.050 \rightarrow 1.0$$

$$\lambda_p = 0.95 - 0.45 \frac{\sigma_X}{R_y} = 0.95 - 0.45 \times \frac{180}{301} = 0.681$$

③ 浸水状態 (第1章 1.7.1.4 参照)

### 3. 4 艀装外注品の品質管理基準の整備

#### 3. 4. 1 はじめに

船造りにおいては、非常に多種類の艀装品（艀装機器）を取り扱っており、主要機器をはじめとし小物装置まで、その殆どが外部メーカーからの購入品である。また、近年では海外からの購入も増大しており、それらの購入品の品質管理に対する造船所の労力も増大している。当然のことながら、購入品にトラブルが発生した場合は、顧客（船主）より造船所が主体となった対応を求められることになる。トラブルの発生が、建造中においては引渡しに影響を及ぼしたり、就航船においてはオフハイアーにでもなれば、大きく信用を失墜するばかりではなく、オペレーター・船主・造船所・メーカー、全てが大きな損失を蒙ることとなる。このような環境の中で、トラブルを防止する為には、現在のような各造船所まちまちな対応を機器メーカーと行なうより、品質基準のもと、共同で対応する方が合理的と考えられ、本研究「艀装外注品品質管理基準の整備」に取り組むことになった。

作業に当っては、それぞれの造船所と各機器メーカーのトラブル情報等各社のノウハウに関わる事項を資料として提出する必要が生じたが、これらの情報やノウハウの流出防止には、参加者全員が万全の注意を払うことを前提に各社の了解を得ることとした。本研究内容は、造船所独自で何かを計算・検討し、成果を出すという類のものではなく、機器メーカーの内部体制に踏み込み、どうすれば品質を確保出来るのか、その手段・仕組みを考えるという初めての取り組み内容で、色々な困難も予想されたが、重要度と成果が得られた時の効果が大きいという理解で、メンバー全員で協議しながら取り組んだ。

本研究のメンバーは、中手造船所の中から参加希望を募り、計9社で共同作業を継続した。初年度は、必要に応じて機器メーカーに参加を求め、過去のトラブル事例に関する経緯、要因、品質管理体制、等に関してヒアリングし、現状を把握するとともに、トラブル防止の為の意見交換をしたが、次年度も、実運用でのメーカーへの協力要請等で意見交換を行なった。また、ユーザーの立場として、船主側アドバイザー 東洋船舶（株）殿よりアドバイスを拝聴し、本研究の取り纏めの参考とさせて頂いた。

#### 3. 4. 2 経過

研究に先立って参加造船所9社にて、これまでに考案したトラブル再発防止の為のチェックシートを実運用することについて、事前に日本造船工業会経由で日本船用工業会に協力要請をした。

さらに、協議して抽出した33品目の機器メーカーで採用件数の多い計107社に対し、当委員会の各装置担当造船所からも直接協力要請をした。

2007年4月より、当該33品目の機器注文書にチェックシートを添付、又は、事前にメーカーへ送付しておき、機器納品時に返却してもらうよう実運用を開始した。そして以降毎月末には、チェックシート添付注文書発行件数を各造船所より報告し、発行件数取り纏め表及びメーカー品トラブル・品質管理チェックシート実運用の問題点取り纏め表で各造船所の実運用状況をフォローし進捗状況を確認し合った。

また、各造船所の実運用で生じた各メーカーとの意見の食い違いや誤解については、各造船所がメーカーに前向きに協力してもらうよう再度御願いました。

### 3. 4. 3 活動の概要

実運用開始直後は、数社のメーカーからの質問事項に対する対応等があったが、各担当造船所の早い対応と説明で特に問題に発展するには至らず、順調に推移すると思われた。

その後、甲板機械メーカー、チップ荷役装置メーカー、弁・リモコンメーカー等からチェックシートの運用については、メーカーの増産体制の現状では、負担が大きいとして協力辞退の意見が出され、造船9社で対応に苦慮した。特に、甲板機械メーカー5社から連名で協力拒否の見解が出されたが、全面的に拒否されると他機器メーカーも同調し、実運用が出来なくなると同時に、研究活動自体が水泡に帰す最悪の状況となることが懸念された。よって、とにかく慎重な対応が重要であることを認識し合った上で、諸対策案の事前検証を重ねて行なった結果、甲板機械については、造船所側が一步譲り、メーカーが負担と感じるなら、それを少しでも軽減し協力させる方向で纏めることとし、チェックシートのチェック項目を35項目から必要最低限の7項目に絞り込み、メーカーに提案して協力の再要請をした。

また、チップ荷役装置メーカーからも同様の理由で協力出来ないとの意見が出されていたが、メーカー責任者に当委員会へ出席してもらい、意見交換を行なった。この場で造船所側の意図を正確に伝え、メーカーの誤解を解き、トラブル防止は、両者共通のメリットがあることを粘り強く説得した。

弁・リモコンメーカーについては、造船各社の意見を担当造船所から伝え、協力の再要請をした。さらに、メーカーからチェックシートの返却が一部で開始されているが、不備な点が判明して来ている。その状況や各社のトラブル報告書の内容からチェックシートのチェック項目を協議して見直し最終版とした。

本研究活動は、継続し定着する事が最も重要であり、取り決めたように今後も実運用状況を定期的にフォローして、毎年2回は確認し合う会合を持つこととした。

### 3. 4. 4 共同研究活動の実運用

#### 3. 4. 4-1 チェックシートの実運用

造船各社で協議し作成した33品目の機器のチェックシートを、注文する船の注文書に添付したり、チェックシート(又はデータ)を事前にメーカーへ配布し、機器納品時にチェック消し込みをしたものを同時に納入してもらうこととし、造船所側もそれを受取りと同時にチェックし、所定の品質が確保されていることを確認するようにした。

実運用に際しては、基本的な取り決め事項を守った上で、各造船所の社内事情に合ったシステム及び適用範囲を採用することとした。よって、実運用をする工場を限定したり、多数の同型船を連続建造する場合等は、各船毎にチェックシートをやり取りするのではなく、定期的なメーカーとのヒアリングで状況を確認するというのも良しとした。要は、メーカーばかりではなく、



造船所も実運用が負担になり、活動が中断してしまうと意味が無いので、それぞれの実状に合わせた運用で実行し、継続・定着することが重要であると判断した。

### 3. 4. 4-2 チェックシート運用のフォロー

本活動の意義・効果は、造船9社共同で同時にメーカーに対して働きかけることが最も重要で、足並みが乱れては、メーカーもそれなりの対応になってしまう。よって、月末毎に、各造船所の機器注文時のチェックシート添付状況をフォローし、活動状況を確認し合った。

同様に、月末毎に、各造船所でのチェックシート問題点のフォローを行ない、メーカーから協力拒否の申し出、質問事項、不具合事項等の有無やその内容の確認を行なった。また、メーカー品のトラブル発生内容についても支障無い範囲内で出し合い、問題点や要因の分析を行ない、チェックシートの見直しが必要か等議論した。

実運用を開始し、実際に注文書にチェックシートを添付した機器が本格的に納品され始めるのは2008年3月頃からである。よって、実際の本格的な運用は、それからとなり、スタートが重要であるが、本格的運用に入った場合の想定される諸問題について提議し、対策を協議した。

#### 3. 4. 4-2 (1) 造船所のフォロー体制

造船所においても、メーカーから返却されたチェックシートを社内のどの部署がチェックして、どういう管理をしていくのか課題がある。この点については、各社様々な事情があるので、各社に一任とせざるを得ない。一般的には、注文書を発行した部署がフォロー管理責任部署となるのであろうが。

また、就航後、機器にトラブルが生じた時に、納品時にさかのぼって、品質がどうであったのか検証するケースも生じて来るので、チェックシートは、電子データ化して、設計部以外にも品質保証部や工作部等でも閲覧出来るように配慮しておくべきとの意見があった。

当委員会としては、せつかく入手したデータであり、各造船所が上記の利用方法以外にも、これ等のデータを色々と有効利用して欲しいものとする。

#### 3. 4. 4-2 (2) チェックシートのチェック管理

チェックシートが納品時メーカーから返却されたか、また、コメントが有り対応が必要か否か、等チェックする必要があるが、この手順を明確にしておく必要がある。又、返却される度に個々の内容をしっかり管理(電子データが好ましい)し、関連部署で、何時でも閲覧出来るシステムとしておくことが好ましい。

#### 3. 4. 4-2 (3) チェックシートが返却されない場合の対応

当初、実運用の協力を約束したメーカーでも、今後、増産等の状況で対応が悪くなり、チェックシートを返却しないこと、又はしなくなることも有り得る。この場合、納期管理システム等でチェックし、建造工程に合わせた特定時期に返却を確認し、催促することが重要である。例えば、

起工時・搭載時・進水時等で定期的フォローが望ましいが、これは各造船所の事情に合わせての運用となろう。チェックシートが返却されない場合は、そのチェック時期に担当部署が個々のメーカーに催促したり、打合せ等で来社した際にクレームするといった方法をとる必要がある。購買部門経由で一括して催促することも一案である。

とにかく、返却しないメーカーには、何度も繰り返し返却を要求するしか無いであろう。返却されない状況で、その機器にトラブルが発生した場合には、造船所は、メーカーに対して次回以降は強い態度で運用の実行を迫ることが出来る。再三の返却要求に対して、誠意ある対応を示さない非協力的なメーカーには、造船所9社間で情報交換し、メーカーとヒアリングして協力を強く要請することが必要であろう。

### 3. 4. 4-2 (4) 今後実運用の協力が得られなくなった場合の対応

当初、実運用の協力を約束したメーカーでも、今後、増産等の状況で態度が変わり、チェックシートの運用を拒否すると正式に申出て来ることも予想される。この場合は、甲板機械メーカーで行なったように折衝の場を作り、協議の上造船所も一歩譲り、9社で協議してチェック項目を必要最低限度に軽減することも必要になるかもしれない。

それでも、協力出来ないと言うメーカーに対しては、造船所は、チェックシートを注文書に添付して粛々と出すこととする。メーカーから納品時に返却が無い場合でも、粛々と催促を繰り返すこととする。返却されない状況で、その機器にトラブルが発生した場合、造船所は、メーカーに対して「あれ程造船所が注意を喚起していたのに、このトラブルが発生したことは納得出来ない!」と、以降は強い態度で運用の実行を迫ることが出来る。

本活動の目的は、日本での建造隻数の6割程度のシェアを占める中手造船所9社が、トラブル再発防止の為、共同で真剣に取り組んでいることをメーカーに意識付けし、品質向上を図ってもらうことにある。

### 3. 4. 5 主要機器のチェックシートの見直し

チェックシートを本格的に返却され始めるのは、2008年3月以降であるが、一造船所では2007年10月頃より、返却が始まっている。メーカーのチェックシート返却状況を見ると不備な点があり、チェックシートの記述を一部修正した。又、今後同様な不備が生じることが予想されるので、その対応について基本的な方針を協議して決めた。

さらに、本研究活動中に生じたメーカートラブルを各造船所より持ち寄り要因分析を行ない、現チェックシートの内容で問題無いか協議・検証した。その他、実運用でメーカーから出た修正要望事項等も協議・検証した。

以上の内容を吟味し、最終のチェックシートとして纏めた。今後も、運用フロー図に基づき、造船所間で定期的に実用状況に合わせ、チェックシートの内容を見直し修正していくこととする。

尚、今後メーカーの品質が向上し、トラブルが少ないと評価された品目及びメーカーについては、当委員会で協議の上、チェックシート発行対象から外していくこととする。

### 3. 4. 6 定着の為の方針

本研究活動は2007年度で終了するが、本研究活動の効果を挙げる為には、本年度実施した実運用を継続することが重要である。その為には、次年度以降も活動実施内容のフォロー、問題が生じた時の対策・協議、軌道修正等が必要である。その為の取り決め事項を確認した。

今後も下記事項を基本方針として活動に取り組むこととする。

- 1) 造船9社の活動を今後も継続する。
- 2) メーカーの協力を継続する。
- 3) メーカー製品のコストを上げない。
- 4) メーカーの経営に支障無い程度の活動に留める。

### 3. 4. 7 本研究の纏めに際して

1. 中手9造船所の購入機器数量は非常に多く、メーカーにとって、9社同意の意見には相当重みがあるはずである。対応の悪いメーカーに対して、場合によっては共同でヒアリングするとともに、9社で強力な是正を求めることとする。
2. 研究発表終了後も継続してメーカーに共同で意見を出し続けることで、メーカーの品質確保に関する意識を少しでも高めることが出来る。この為、前述の通り、今後も活動を継続するべきだと考える。
3. 造船所ばかりの要求を押し付けても、メーカーの要請にも聞く耳を持たなければ、継続して協力してもらえない。昨年実施したヒアリングの中で聞こえてきたメーカー要望の例は、下記の通り。
  - (1) 納品後の造船所側機器受け入れチェックは、出来るだけ早い段階で、又、必ず行って欲しい。
  - (2) メーカーの標準化推進の為に出来るだけ協力し、標準品を積極的に採用して欲しい。又、造船所立会いは出来るだけ省略して欲しい。
  - (3) 船体振動による機器寿命検証等、メーカー側の計測が必要な場合等には、造船所積極的に協力して頂きたい。
  - (4) トラブル防止の為、新造船上で最終チェックが必要なものは、引渡し前にメーカーにチェックさせて頂きたい。
4. 品質管理に関して優良な取り組みをしているメーカーには、表彰もする。(名誉)

### 3. 4. 8 活動の成果

艀装品のトラブル要因を検証する為、様々なメーカーとヒアリングを重ねたが、社内品質管理体制、海外生産体制、品質管理面での苦労、工夫、客先対策、等々、普段聞けないような分野まで立入ってメーカーの実態調査をすることが出来、逆に、造船所の立場で置き直して考えると、我が身にも相通じることも多く、随分と参考になった。活動を通して、造船所自体の品質管理体制を足元から見直す良い機会となった。トラブル事例の要因分析やその対策の為のチェックシー

トを作成することによって、造船所の技術レベルもアップし、購入艀品に対する品質管理に関する認識も向上したと思う。

今後、このチェックシートの内容を充分理解して運用することによって、造船所も、メーカーも各機器での問題点を知る良い教材にもなり得ると思う。また、この活動の定着によって得られる機器品質向上の効果は、本研究活動に参加した中手造船9社ばかりではなく、他造船所やひいてはユーザーである船主等にも恩恵が得られるものと期待する。実際、2009年末までの各社の現状をヒアリングしたが、以前よりトラブルは減少しているようである。

### 3. 5 船舶の環境対策に対する設計資料の構築

#### 3. 5. 1 はじめに

世界的に環境への関心が高まり、船舶に関連する国際的な取組としてバラスト水管理 (BWM) 条約が採択された。処理基準を満足する機器の開発、検査基準の確立が困難であることから条約自体はまだ批准されていないが、バラストタンク容量 5,000m<sup>3</sup> 以上の商船にも 2012 年以降建造船に対しバラスト水処理装置搭載が義務付けられる見通しである。

引合・受注を踏まえた造船設計のタイミングから見ればまさに逼迫した状況といえるが、いまだに各国のメーカーは試行錯誤の中でバラスト水処理装置の開発を進めており、商品化されているものが少ない。

このような状況において、現時点で既に商品化されている (或いは近々に商品化が見込まれる) 処理装置を搭載する場合の試設計を通じて情報の整理を行い、解決すべき課題を示すことでメーカーのみならず造船所に対し環境やユーザーにとって適切な機器選択・配置計画を行う為の材料を提供する。

#### 3. 5. 2 処理装置調査

研究対象とする処理装置メーカーを、その開発/承認取得状況から8社に選定し、それぞれに造船所の担当と船種を決め、主として下記について調査を行った。

- (1) メーカーの承認作業 (IMO 基準、USCG 基準) スケジュール進捗状況の確認。
- (2) 標準価格 (製品購入価格、ランニングコスト) 調査。
- (3) 製品の情報 (処理方法、機器サイズ、対応容量、必要電力、等) 調査。
- (4) 造船所付帯工事内容の確認 (配置計画図/系統図作成)
- (5) 採用する場合の問題点リストアップ
- (6) 薬剤の入手方法、使用量、使用後の処理、貯蔵タンクの仕様、等調査。
- (7) アフターサービス体制
- (8) 受注状況

調査結果 (一例)

メーカー名		TECHCROSS
1	搭載船及び主要目	
	搭載船種	82,000 BC
	バラストポンプ容量	1,500m <sup>3</sup> x 2sets
	バラスト量 (HEAVY BALLAST ARR. CON)	34,500m <sup>3</sup>
2	機器情報	
	処理原理	
	一次	電気分解で発生する次亜塩素酸ナトリウムと水酸ラジカルと電位差で殺菌
	二次	排出時残留塩素の中和
	三次	無し
	防凍対応可否	
3	型式承認状況	
	陸上試験	済み
	船上試験	済み
	搭載実績	コンテナ船 x 1 (船上試験用) BC x 1 (船上試験用)
	G8 型式承認	済み (韓国)
	G9 基本承認	済み (世界最速)
	G9 最終承認	済み (MEPC58)
	USCG 対応	対応可能
4	ランニングコスト (算出方法統一)	
	年間ランニングコスト (千円/年)	別紙参照
5	初期コスト (算出方法統一)	
	製品購入コスト (千円)	カタログ金額参照
	造船所付帯工事	
	・材料費 (千円)	別紙参照
	・現場工数 (時間単価統一) (千円)	別紙参照
6	必要設置面積	
	主要機器	5.7

造船所担当会社振り分け

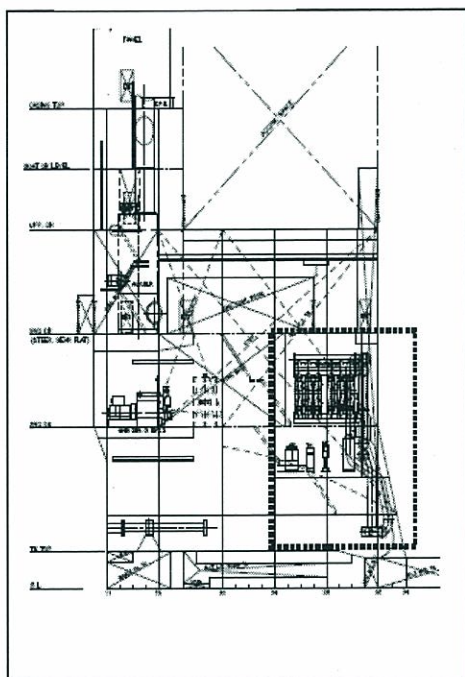
会社名	アルファラバル	RWO	エコロール	NEI トリートメントシステムズ	Ocean Saver	JFE エンジニアリング	Techcross	日立プラントテクノロジー
今治造船	PCTC	スエズ						
大島造船所					ハンディ			
サノヤス・ヒシノ明昌			バナマックス	ハンディ				
佐世保重工業						バナマックス	バナマックス	
新栄島どっく		PCTC						ハンディ
新栄島豊橋造船						PCTC		コンテナ
内海造船	コンテナ		ハンディ					
名村造船所					バナマックス		ケーブ	
パネソールテクノロジ							バナマックス	

試設計実績: PCTC x 3社、コンテナ x 2社、ハンディ x 4社、バナマックス x 6社 (重複あり)、スエズ x 1社、ケーブ x 2社

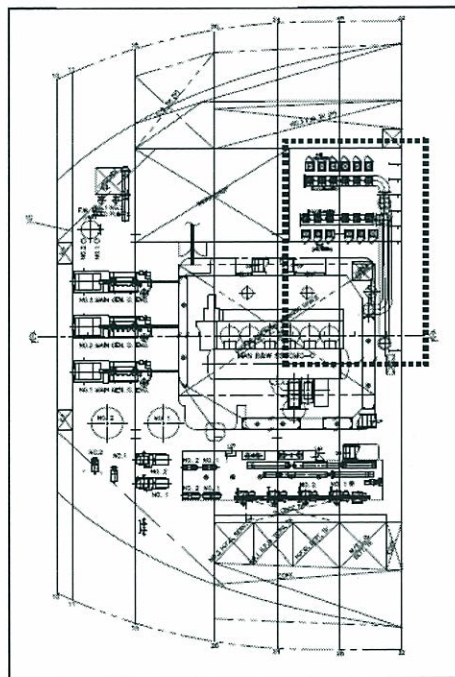
### 3. 5. 3 試設計

処理装置を実際に搭載する場合に発生する問題点や造船所の付帯工事量などを確認するため、担当する処理装置について試設計を行った。その結果、各処理装置と取り決めした船種において、機関室への配置の可否(またはその条件)、造船所手配品(配管、電線)のサイズや物量、概略の工期や搭載の順序などを把握することができた。

配置検討図 1



配置検討図 2



### 3. 5. 4 各装置の問題点調査

平成 20 年度の取り組みとして、研究対象とした各装置に関する情報や問題点を、搭載面、コスト面などから洗い出した。造船所側から見た各装置はそれぞれに特有の問題を抱えており、現段階では新造船に対しそのままメーカー提案を採用することは難しいとの結論に至った。

これを踏まえ、平成 21 年度の取り組みとして、先に抽出した各処理装置の問題点をそれぞれのメーカーと協議し、メーカー側の見解を確認すると共に、(中手)造船所全体の意見として今後の改善や検討を行うことを依頼した。

多くの問題点は多額の費用や多大な時間を要する項目であり、すぐに解決できる物では無いが、今後メーカーが製品化に向けての開発を行う場合の参考としていただいた。

## 問題点リスト (一例)

項目	問題点	対策
機器サイズ/配置	製品サイズが大きい。 ※ボールフィルターの開放代を含めた高さ(約3200mm)が高く、中小型船では配置困難。 ※検討船ではバーチャルデッキ設置、PCCでは主機上段レベルに配置、BHDの移動等で対応した。	参考: 搭載するターゲットをPCC等船種で限定するほうが効果的なのは? という造船所意見もありました。
	自動洗浄フィルター自体の効果、想定される目詰まりの程度、逆洗効果について、なるべく具体的な情報を開示いただきたい。	運転開始時は圧損0.05bar。これが0.38barになると自動逆洗を開始します。1サイクルの逆洗で0.38bar以下にならないと、この逆洗を繰り返していきます。この逆洗がどの程度で実施されるかは海水にどれだけの粒子が含まれているかによります。実験船では2時間に一度、20秒間程度の逆洗です。
	装置故障がそのままバラスト注排水不可の状態となる心配はないか?(バイパスラインの要否)	不具合が発生すると数々のWarningを出しますが、これを無視して運転を続けると強制的にシャットダウンされてしまいます。その場合は復旧させるまでバラストの出し入れができなくなってしまいます。追記:本システムには緊急時に使用するバイパスバルブが含まれております。ただし、IMO-G8に定める'emergency'がシステムトラブルの場合に該当するかどうかは、弊社では判断出来かねます。所轄官庁の判断によると思われます。
	システムによる圧損が大きい。 ⇒バラストポンプや発電機のインシャル・ランニングコスト大幅アップに繋がるので圧損は最小限としたいが、どこまで低減を検討されているか?	フィルターで最大0.5bar、AOTで約0.4barの合計0.9barが圧力損失です。フィルター逆洗に必要な差圧(圧損ではありません)を考慮して、一般的にはバラストポンプの揚程が25~30mであれば運転可能だと考えています。
	タンカー等への適用を考慮する場合、防爆仕様が要求されるが、現時点での対応状況と今後の対応予定(可能であれば見込時期も)をご教示下さい。	目標としてですが、2010年末までにはご紹介できるよう開発を進めています。
購入価格	—	—
ランニングコスト	処理量が多くなつたときに電力の消費量が大きくなる。 ⇒他のメーカーと比較しても単位流量あたりの消費電力量がかなり大きいので、省電力仕様への更なる改善を希望する。	これも上記と合わせて改良中です。
	バラスト排水時にもシステムを運転する必要があり、発電機関の燃料代、部品代が高む。 CIP装置に洗浄液が必要	—
発電機/ポンプ容量	60kW/250m <sup>3</sup> /hの発電機容量UP	—
	圧損(5mAq+配管抵抗、逆洗時差圧20mAq以上)によるバラストポンプの変更が大きい。	—
	逆洗専用ポンプの要否⇒FIRE&GS PUMPの流用可(耐圧確認)	—
付帯工事	—	—

### 3. 5. 5 得られた成果

- ① バラスト水中の多様な残存生物の殺滅に関しては現段階での各メーカーの対応状況を整理した結果、機械的な処理だけでは課題が多く、各種活性剤を用いる、或いは機械処理による水質変化に対する中和剤を要するメーカーが大半であることを確認した。
- ② 試設計を通じ、条約での要求事項を満足する為の処理装置が予想以上に大きく、従来の機関室内機器配置のあり方を見直す必要性が大いにあることが確認された。また、装置によっては装置そのものだけでなく従来搭載している機器の消費電力が大幅に増大すること、それに伴い全体での発電機容量が大きくUPすることから機種見直しや運転要領にも配慮が必要なが確認された。
- ③ 装置の一部として使用する活性物質や中和剤自体の入手の容易さ(補充による船舶の安定運航の為)や、それら自身の環境への負荷の有無を確認した。
- ④ 造船各社が問題とする項目を各メーカーに提示することで、造船各社が実際の搭載計画を進めるにあたり注意すべき項目を抽出すると共に、メーカーへの問題意識喚起を促した。

## 4. 得られた成果

複数の会社が協力・分担して研究を行い、設計時に参考となる資料や指針を得た。上記に述べた5つの研究項目それぞれについて、得られた成果を以下に示す。

### 1. CFDを用いた船首船型パラメトリックスタディ

- 1) Neptune コードを用いた肥大船の CFD 計算について、概ね良好な計算結果が得られる計算標準ガイドラインが制定された。
- 2) 各種船型パラメータと抵抗性能の相関関係と船首尾肥大度と抵抗性能についての知見が得られた。
- 3) 船首尾肥大度パラメータを係数とした造波抵抗係数、形状影響係数の推定式を作成し、船型計画に有益な資料が整備された。

### 2. 係船装置下部構造設計指針

- 1) 新しい規則に対応した係船装置の下部構造の設計指針を作成し、両端支持の単純梁として取り扱うことを標準とすることで、計算が容易で、安全側設計となった。
- 2) 規則の精査、試算等を通して、作成した設計指針の有効性が確認された。
- 3) 係船装置の下部構造の損傷事例を収集し、再発防止のためにその原因や対策を紹介した。

### 3. CSR 適用船における船首尾部設計マニュアルの作成

- 1) 船首尾部の構造を対象に、新しく制定された CSR の不明点や疑問点を調査し、規則解釈が明確にされた。
- 2) 二重船殻油タンカー及びばら積貨物船の CSR 適用船における船首尾部設計マニュアルを作成し、区画毎に図表を用いて分かり易く説明した。
- 3) 本マニュアルを参照することで、CSR 船の船首尾区画の設計作業がスムーズに行えるようになった。

### 4. 艤装外注品の品質管理基準の整備

- 1) 艤装機器 33 品目を対象に、トラブル事例を調査し、要因分析や対策のためのチェックシートを作成した。
- 2) 機器の発注時に造船所がメーカーにこれを送付し、納品時にチェック消し込みしたものを受け取るようなチェックシートの運用規定が作成された。
- 3) 機器の問題点や品質管理体制の調査を通して、造船所とメーカーの技術レベルが向上した。

### 5. 船舶の環境対策に対する設計資料の構築

- 1) バラスト水処理装置に関して、各メーカーの対応状況を調査及び整理した結果、活性剤や



中和剤を要するメーカーが大半であることが確認された。

- 2) 処理装置搭載の試設計を行った結果、装置が大きく、従来の機関室内機器配置のあり方を見直す必要があることが確認された。また、従来搭載している機器の消費電力が大幅に増大し、発電機容量を大きくしなければならないなどの問題があることが確認された。
- 3) 使用する活性剤や中和剤の入手の容易さや、それら自身の環境への負荷の有無を確認した。
- 4) 造船各社が解決すべき課題を示すことで、メーカー及び造船所に対する適切な機器の選択・配置計画を行うための資料が作成された。

## 5. 成果の活用

中手造船所を主体として平成18年度から平成20年度にかけて5つの研究項目が実施された。それぞれの研究成果の活用について以下に述べる。

1. 「CFD を用いた船首船型パラメトリックスタディ」は、肥大船の船型計画の際に CFD 計算の有用なガイダンスとしての活用が期待される。
2. 「係船装置下部構造設計指針」は、本指針を参照することで、係船装置の下部構造の設計作業をスムーズに行うことやそれに関連する損傷の再発防止が期待される。
3. 「CSR 適用船における船首尾部設計マニュアルの作成」は、本マニュアルを参照することで、疑問点が多く規則解釈が曖昧であった CSR 適用船の船首尾区画の設計作業をスムーズに行うことが期待される。
4. 「艤装外注品の品質管理基準の整備」は、機器の発注時に造船所がメーカーにチェックシートを送付し、納品時にチェック消し込みしたものを受け取ることで、艤装機器の品質の確保や向上が期待される。
5. 「船舶の環境対策に対する設計資料の構築」は、バラスト水処理装置に関する情報や搭載やコストに関する問題点を抽出することで、実際に設計する際に造船各社が支障をきたすことなく搭載計画を進めることが期待される。



この報告書は、競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

設計技術の高度化及び艀装品品質管理に関する技術開発

2010年3月発行

発行 財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目10番9号 (ラウンドクロス赤坂4、5階)

電話 03-5575-6425 FAX 03-5114-8940

URL <http://www.jstra.jp/> E-mail [info@jstra.jp](mailto:info@jstra.jp)

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。