

平成18年度

シンプルシップの技術開発及び普及 に関する調査研究報告書

平成19年3月

海洋政策研究財団
(財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団)

はじめに

本報告書は、競艇交付金による日本財団の平成 18 年度助成事業として実施した「シンプルシップの技術開発及び普及」事業の成果をとりまとめたものです。

四面を海に囲まれ、貿易量（重量ベース）の 99%以上を船舶による輸送に頼っているわが国においては、船舶に要求される技術、性能水準は常に高いレベルにあり、海上輸送のニーズに対応しながら技術革新も進んできています。高度経済成長時の船舶の大型化、高速化、その後の一転した省エネルギー需要に対応した高効率化や環境問題への対応など、船舶に対しては、ほぼ一貫して高効率化や高付加価値化が求められてきており、このため、工作方法、機械・機器類が複雑化し、運営管理においても一定水準以上の知識、技術及び設備が要求されるようになっていきます。

一方で、世界の多くの開発途上国にあっては、技術面や設備面の不足により、多少性能面、経済面での犠牲を払ったとしても、普遍的で維持管理や廃船処理が容易で安全な船舶が安定的な輸送インフラとして求められていると考えられます。しかしながら、これら途上国に対して船舶を供給する先進国側は、途上国の事情に配慮した船舶を改めて開発することはせずに、先進国仕様の船舶をそのまま提供する傾向が強く、途上国側がせつかく船舶を確保しても、維持修繕する能力がないため、やがて運航はままならなくなり、初期だけの効果となってしまいます。

このため、当財団は、複雑で高機能化された近代的船舶を造る発想を 180 度変えて、シンプルな設計概念に基づき開発途上国でも容易に運航や維持管理ができる船ができないものか、2 年にわたり調査研究を行って来ました。1 年目は、現地調査に基づき概念設計を実施し、2 年目の平成 18 年度の調査では、更にニーズ等を勘案した上で、河川横断用フェリーボートに絞って試設計を実施し、また、普及のために南部アフリカ地区のザンビア共和国及びマラウイ共和国において説明会を開催いたしました。特に、このような途上国仕様の船舶をあえて開発するという取り組みに対しては、ザンビア及びマラウイにおける関係者から高く評価され、実際の船舶調達への期待も高まっております。

当財団としましても、この報告書にまとめることができた調査研究の成果が実際に採用され、シンプルシップが幅広く建造・活用されることに期待をしており、それを促進するために今後も必要な協力を惜しまない所存です。

最後になりましたが、調査委員会の委員長として熱心、かつ、適切なご指導を賜った熊岸健治氏を始めとする委員各位とご協力いただいた皆様方に深く御礼申し上げます。

平成 19 年 3 月

海洋政策研究財団

((財)シップ・アンド・オーシャン財団)

シンプルシップの設計に関する調査委員会名簿

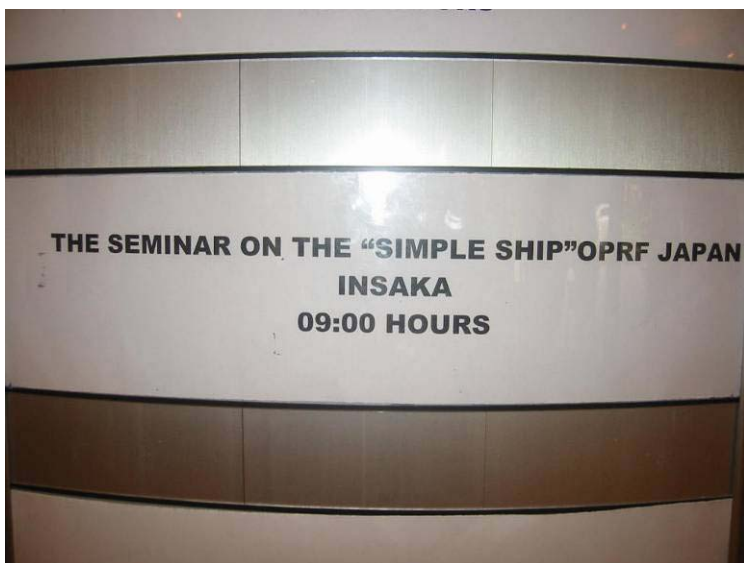
(順不同 敬称略)

委員長	熊岸 健治	(株) 日水コン	取締役	海外本部長
委員	坂本 安三	(財) 日本海事協会	テクニカルサービス部	嘱託
	成瀬 健	独立行政法人 海上技術安全研究所	構造材料部門	生産技術研究グループ 主任研究員
	山口 嘉弘	(社) 日本中小型造船工業会	経済協力船プロジェクトチーム	座長
	渡辺 豊徳	渡辺船舶技術士事務所		所長
関係者	河村 輝義	国土交通省 海事局	造船課 国際業務室	国際第二係長
	松岡 一祥	独立行政法人 海上技術安全研究所	構造材料部門	部門長
	竹崎 全	(財) 日本海事協会	テクニカルサービス部長	
	北村 和芳	(社) 日本中小型造船工業会	業務部長	
	平田 純一	(社) 日本船用工業会	企画室長	
	石本 恵生	オーバーシーズ・アグロフィッシュeries・コンサルタンツ	(株)	代表取締役
	飯田 一實	オーバーシーズ・アグロフィッシュeries・コンサルタンツ	(株)	
	岡村 憲二	オーバーシーズ・アグロフィッシュeries・コンサルタンツ	(株)	
	田中 和憲	オーバーシーズ・アグロフィッシュeries・コンサルタンツ	(株)	
	石井 哲郎	オーバーシーズ・アグロフィッシュeries・コンサルタンツ	(株)	
	仲條 靖男	オーバーシーズ・アグロフィッシュeries・コンサルタンツ	(株)	
事務局	工藤 栄介	海洋政策研究財団	常務理事	
	田上 英正	海洋政策研究財団	海技研究グループ	グループ長
	西田 浩之	海洋政策研究財団	海技研究グループ	グループ長
	(佐伯 誠治	海洋政策研究財団	海技研究グループ	グループ長)
	玉眞 洋	海洋政策研究財団	海技研究グループ	調査役
	三木憲次郎	海洋政策研究財団	海技研究グループ	グループ長代理

※ () 内は前任者

現地調査写真集

1. ザンビアにおけるセミナー



セミナー会場案内

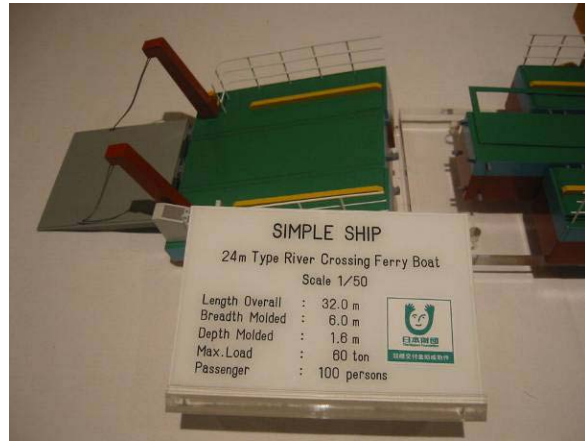
(於 ホテルタジパモジ、ルサカ)



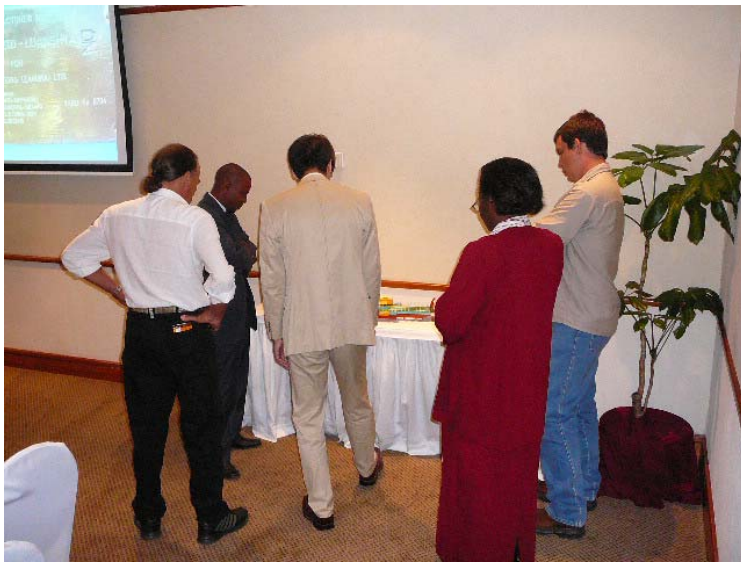
セミナー実施風景



セミナー実施風景



シンプルシップ模型の展示



模型を囲んで、質疑応答



ザンビア運輸省ケーマ海事局長他



セミナー後のレセプション

2. カズングーラフェリーポイント



増水により、通常の発着地点が 50m先



フェリー待ち（通関）のトレーラー



フェリー運航風景



増水により、旅客は水に入り
上下船を強いられている。



上下船風景



大型トレーラの下船



大型トレーラーの乗船



ハイドロマスター150P s



遠隔操縦
左右舷2機を本機にて操縦



ブロック継ぎ手部分

3. マラウイ MLS における普及活動



Malawi Lake Service (MLS) にて
普及活動を実施



MLS 客船 I l a l a 号
船齢 56 歳

4. マラウイでのセミナー



リロングウェでのセミナー案内
(リロングウェホテル、リロングウェ)



セミナー実施風景



セミナー実施風景



模型を机上において説明



コーヒーブレイク



レセプション

5. タイ水上交通



ロングテールによる水上タクシー



バンコック港伝統的木造船



現地水運事情の聴取

目 次

1. 調査の目的	1
2. 調査の基本方針	2
3. 調査の方法	3
4. 概念設計のレビュー	5
4.1 概念設計の概要	5
4.1.1 (タイプ 1 船舶) 河川横断用フェリーボート	5
4.1.2 (タイプ 2 船舶) 河川航行用自航式バージ	7
4.2 検討課題の整理	10
4.2.1 推進システムの検討	11
4.2.2 ブロック接続方法の検討	22
4.2.3 船体強度の検討	26
4.3 シンプルシップ活用対象地域の拡大・見直し	31
4.4 現地説明会計画立案	35
5. シンプルシップ試設計	37
5.1 設計方針及び設計条件	37
5.1.1 設計方針	37
5.1.2 設計条件の特定	42
5.2 試設計の実施	46
5.2.1 要求性能確認	46
5.2.2 適用関連規則・法規	47
5.2.3 構造設計	50
5.2.4 強度・堪航性計算	51
5.2.5 推進装置設計	71
5.2.6 艀装設計	80
5.3 環境配慮計画	80

5.3.1 有害物質のインベントリー	80
5.3.2 解体計画.....	81
5.4 バリエーション展開	83
5.4.1 船体抵抗の相違.....	83
5.5 運営・維持管理、概算事業費	86
5.5.1 総事業費.....	86
5.5.2 維持管理計画	88
6. 模型の制作	90
7. 現地説明会	92
7.1 現地関係者の状況	92
7.2 現地説明会	92
7.2.1 ザンビア.....	92
7.2.2 マラウイ.....	94
7.3 補足調査.....	95
7.3.1 ザンビア	95
7.3.2 マラウイ.....	96
8. 結論・提言.....	98
8.1 技術開発部分に関する提言	98
8.2 普及に関する提言	99

一般配置図

添付資料

1. シンプルシップ英文資料 (A Concept of Simple Ship)
2. ショッテルポンプジェット技術資料、カタログ
3. ショッテルナビゲーター技術資料、カタログ
4. ヤンマーディーゼルエンジン資料、カタログ
5. ユニフロートシステム資料
6. IMOアフリカ内水航行船舶安全規則 (モデル)

1. 調査の目的

科学技術の進歩に伴い、造船業・造船関連工業の分野でも様々な技術革新が追求され、最近の船舶では、その性能がより向上し、搭載機器はさらに高度化・複雑化する傾向にある。

しかし、本来船舶に求められるべき機能は必ずしも複雑化の方向だけで達成できるものとは限らない。機能面での高付加価値化の方向とは逆に、よりシンプルな船を目指すということも重要な方向性として検討されるべきであると考ええる。すなわち、従来のような、船舶性能、あるいは、経済性を中心に船舶としての価値を見出すという考え方は別に、多少性能面、経済面での犠牲を払ったとしても、安全性を確保した上で、壊れにくく直しやすい、維持管理及び廃船処理が容易な船舶を目指すことに価値を見出すという考え方も一つの方向性として十分に考えられる。

具体的な例としては、例えば適切な修繕施設が近隣にないこと、スペアパーツや修繕に必要な部品が入手しにくい環境にあること等の理由から、優良な船舶が十分な維持管理ができないまま酷使せざるを得ない状況にあったり、本来の活動期間よりも短い期間しかフルに使用できないという事例が見られる。また、立地上の問題から、船舶を現地に輸送することが困難であり、現地での組み立てや解体を考慮しなければならないこともある。このような地域は日本には少ないが、アジア、アフリカ、南アメリカ等の開発途上国、極東ロシア、シベリア等の地域においては往々にして見られる事情である。

本事業では、「安全で、壊れにくく、直しやすく、使いやすく、環境にも配慮した船」というイメージのもと、このような建造、維持管理、解体等が容易な船舶（シンプルシップ）の概念設計を平成 17 年度に実施した。平成 18 年度調査では、概念設計を基に標準的な船型を具体的に設計し、船舶が今後向かうべき新たな方向として提案するとともに、国内外への普及を促進することを目的とする。

2. 調査の基本方針

本調査は、建造、維持管理、解体等が容易な船舶（シンプルシップ）について、平成17年度に実施した概念設計の結果に基づき、現地調査対象地域とも意見交換をしつつ、特に普及の可能性の高い船種について、スタンダードタイプ（標準船）の仕様を固め、試設計を実施し、他の地域への対応については、当該地域の事情に配慮して機器や一部仕様を変更する等のバリエーションを作成し、汎用性のあるものにするを基本とする。

さらに、標準的な船型を具体的に設計することを通じて、船舶が今後向かうべき新たな方向として提案するとともに、このような「シンプルシップ」の国内外への普及を促進し、もって、海運・水運の発展に資することを調査の基本方針とする。

平成17年度調査において現地調査対象地域の現状とニーズを検討の上、シンプルシップ設計における共通概念を次のとおり具体化し、さらに、安全性を確保した上で、船体構造、推進システム等をできるだけシンプルな設計とし、対象船舶として「河川横断用フェリーボート」及び「河川航行用自航式貨物バージ」の2種類について概念設計を実施した。

- 自航船とするが、推進装置は極力簡便な構造とする
- 荷役は陸上施設又は人力で行うものとする
- 専門造修施設のない場所での建造(組立て)を可能とし、修理も容易なものとする
- 稼動地域を移動(陸上移動)可能とする
- 解体を容易に行えることとする
- 解体後の船体及び機器等はできる限り再利用可能とする
- 高度な維持管理技術を必要としない
- 低環境負荷である

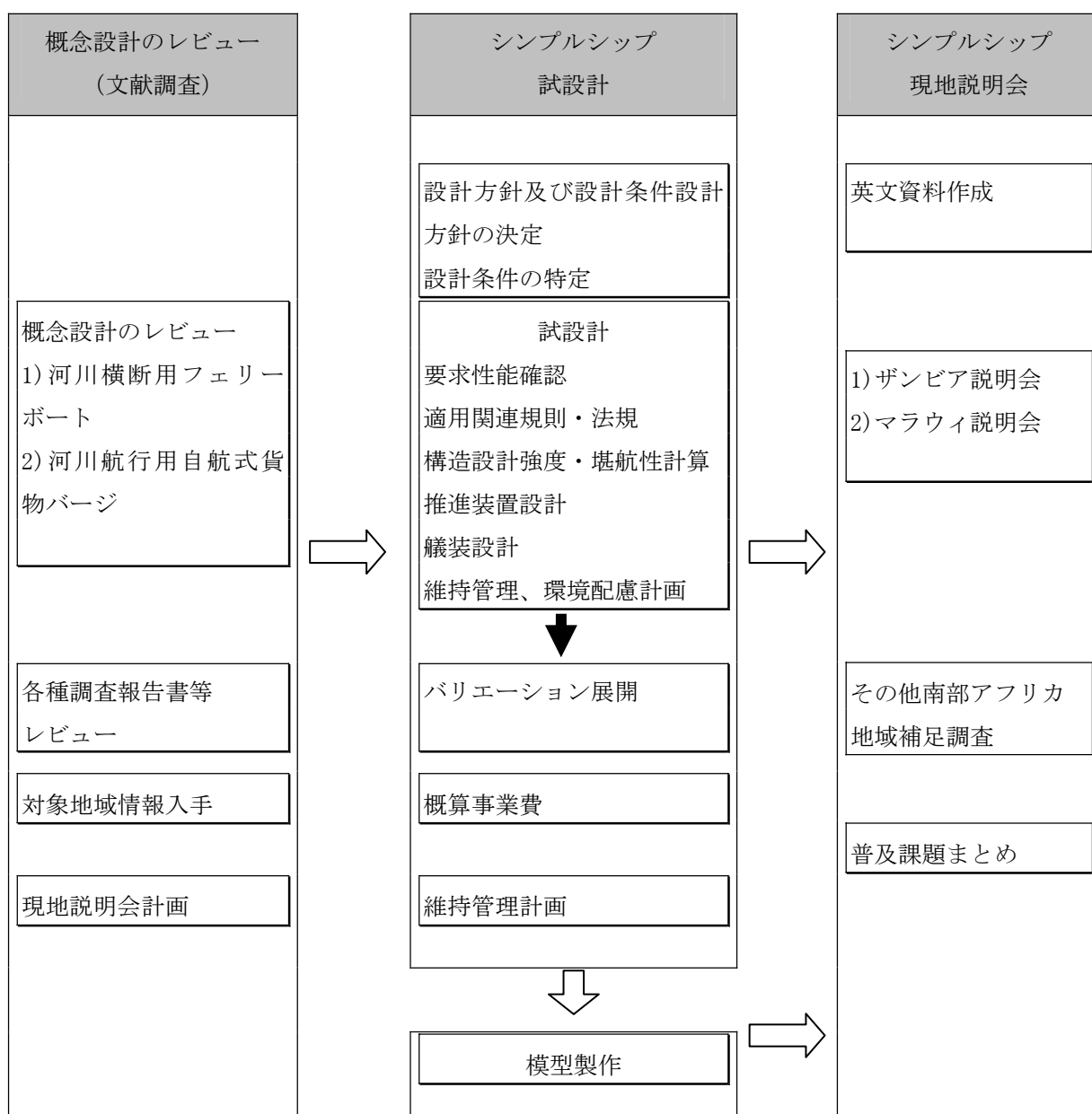
しかし、概念設計において「河川横断用フェリーボート」、「河川航行用自航式貨物バージ」ともに検討課題とされた、簡便で効率的かつ安価な「最適な推進システムの選択」と、ブロック結合システムを含む「船体の強度確保」について、更に検討を加え、推進効率、船体強度、運航費用等の面で、より実現性の高い案について試設計を展開することとする。さらに、他地域への展開の可能性を調査しつつ、バリエーションを作成することを基本方針とする。

また、本調査期間中、シンプルシップの概念及び思想の普及を図るために、普及の核となる地域（南部アフリカ地区を想定）において普及のための説明会を開催する。併せて普及のための課題を調査することを基本方針とする。

3. 調査の方法

本調査のフェーズは、①概念設計のレビュー（文献調査）、②試設計の実施、③現地説明会及び普及課題調査、に分かれる。調査方法のフローを以下に示す。

図 3-1：調査業務実施のフロー



概念設計のレビューは、平成 17 年度に実施した概念設計 2 船型について、さらに試設計を展開するために必要な技術情報を中心に入手し、今後の検討課題とされた、推進システム、ブロック接続方法、船体強度について更に技術レビューを実施した。

本レビューを基に、委員会において設計の実施方針を確認後、設計条件を特定し、優先船型

として24m型河川横断フェリーボートを選択し、試設計を展開し、技術的にシンプルシップが成立しうる事を確認した。

本優先船型の試設計を基に、バリエーションとして、推進システム2種、船体形状2種について検討し、概算事業費、維持管理費を積算した。また同時に50分の1の模型船を制作して、シンプルシップの普及目的に活用することとした。

これらの試設計を元に、シンプルシップのコンセプト、技術資料等を作成し、南部アフリカの、ザンビア、マラウイ国を対象として現地説明会を計画、実施し、同時に補足調査を行って今後のシンプルシップ普及策についてとりまとめを行った。

これらの調査、試設計等の結果を次に示す。

4. 概念設計のレビュー

4.1 概念設計の概要

平成 18 年度の調査では、平成 17 年度に実施したシンプルシップの概念設計を基に、標準的な船型を具体的に設計し、船舶が今後向かうべき新たな方向として提案するとともに、国内外への普及を促進することを目的としている。

平成 17 年度に実施したシンプルシップの概念設計は、次の 2 通りである。

4.1.1 (タイプ 1 船舶) 河川横断用フェリーボート

タイプ 1、「河川横断用フェリーボート」は専ら、ザンビアの河川横断及び類似した環境で用いられることを念頭に設計条件を決定した。

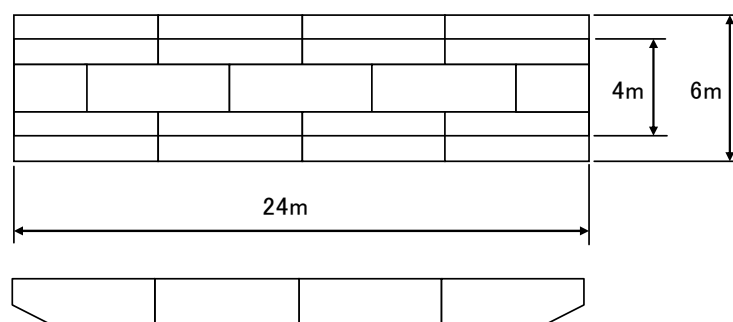
4.1.1.1 船体部計画

(1) 船体計画

河川横断用フェリーボートでは船体寸法を大型トラックの全長 12m 未満とし、最大で 2 台搭載可能な最小限の全長として 24m とした。車両搭載スペースの幅は 4m とし、両舷各 1m (計 2m) の間を乗客用スペースとした。(図 4-1 参照)

載貨能力の検討は、軽荷重量を約 70 トン、載貨重量を 70 トンとして検討した。

図 4-1：河川横断用フェリーボート船体部主要寸法（平面）



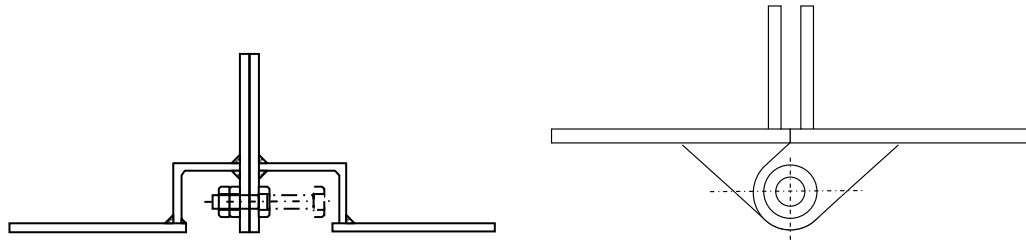
(2) ブロックの連結方法

ブロックは現地での組立て、分解が容易になり、かつ十分な曲げ強度を持たせるため、ボルト締め、ピン等による連結を検討し、縦強度を横方向の連結で保持しやすい、千鳥配置を基本として船体を並べた。

ブロックの連結方法にはボルト及びピン結合による連結を検討したが、船体強度の

検証と合わせて、最適な結合方法の更なる検討を要した。

図 4-2：ブロック接合部のボルト結合例



(3) ランプ部

ランプ形状は長さL×幅Bを4m×4mとし、大型車両のランプからの脱輪を防ぎ、なおかつ乗客の安全な乗降を確保するため幅を十分に取った。ランプの上下操作はチェーンブロック又は巻き取りリール等を利用し人力で行うことを基本とした。

4.1.1.2 機関部計画

求められる推進装置は、できるだけ浅く、推力があり、修理が容易であることが望まれ、諸条件を考慮し、次表のとおり各種推進装置の適応性を推進効率、操作性、保守の容易性、コスト等から検討比較した。

表 4-1：推進装置の種類

案	推進器の種類
第1案	標準的プロペラ方式
第2案	トンネル式プロペラ方式
第3案	シャフト上下式
第4案	スターンドライブ
第5案	船外機
第6案	大型舷外機式推進装置(ジョッテル、ハイドロマスター、アクアマスター、等)
第7案	ウォータージェット
第8案	フォイトシュナイダー
第9案	外輪船

検討の結果、第6案の大型舷外機式推進装置(ハイドロマスター等)の両舷への搭載を前提とした。また、プロペラの没水率と河底への着底をなるべく防ぐため、船体中央部に配置することとした。

4.1.1.3 電気部計画

河川横断用フェリーボートの電気部は基本的にエンジンの始動用バッテリーDC24Vを用いるのみとする。無線、通信装置は河川横断距離が200～300mを前提しているため、装

備しない。

概略仕様書

1) 主要寸法等

全長（含むランプ）		約	32.4	m
全長（船体）	Loa	約	24.0	m
垂線間長	Lpp	約	24.0	m
全幅	Bmax	約	6.0	m
型深さ	Dmld	約	1.6	m
計画満載型喫水	dmlld	約	1.0	m

2) 満載排水量及び総トン数等

載荷重量	DW	約	71	Ton
計画満載排水量	Δ full	約	136	Ton
総トン数(国際)			40	Gross Ton

3) 主機関

主機関	マリンディーゼルエンジン	×	2	基
連続最大出力/回転数	105/2500			SHP/rpm

5) 速力等

最大速力（満載）	約	6	ノット
巡航速力（満載・定格出力）	約	2～3	ノット

6) 最大搭載人員

乗組員	4	名
旅客	100	名
合計	104	名

4.1.2 (タイプ2船舶) 河川航行用自航式貨物バージ

タイプ2、「河川航行用自航式貨物バージ」はマラウイ政府の「シレ・ザンベジ水路輸送計画」に基づき検討をした。運航条件は、無給油でンサンジェ～ベイラ間を航行可能とすることを前提に、船速を8ノットと仮定。貨物は雑貨180トン積載、船体に荷役装置は設けず船首部ランプを利用して荷役することとした。

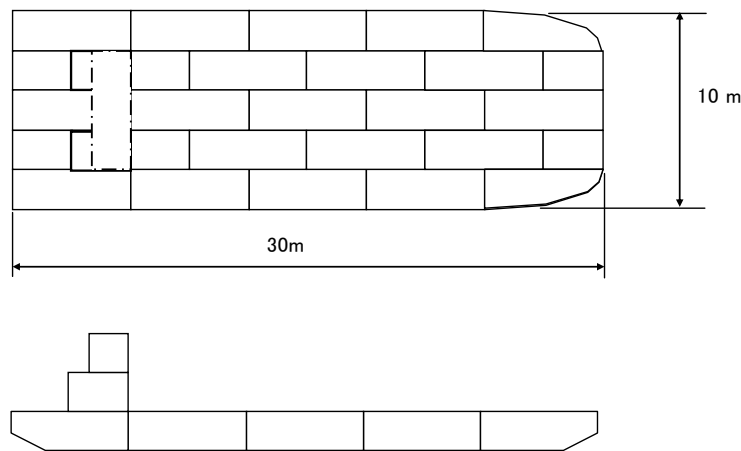
4.1.2.1 船体部計画

(1) 船体計画

河川航行用自航式貨物バージでは、シレ河、ザンベジ河の航行用の浅喫水が求められ、喫水は 1.4m 程度に抑え、船体寸法は R0/R0 による大型トラックの積載を考慮して全長 12m のトラックが 2 台以上搭載可能とし、車輛搭載デッキの長さを 18m とした。船首部の両舷ブロックは絞り、船体抵抗減少を狙った。居住区及び操舵室を設ける。

(図 4-3 参照) 載貨能力は、軽荷重量を約 173 トン、載貨重量は燃料を約 26 トン、貨物を 180 トンとして計算し、平水時の安全を検討した。

図 4-3 : 河川航行用自航式貨物バージ船体部主要寸法 (平面)



(2) ブロックの連結方法

ブロックの接続方法は河川横断用フェリーボートと基本的に同じとするが、河川航行用自航式貨物バージの場合は波浪、うねりによる縦強度を十分に考慮する必要があるほか、荷物の積載バランスによるモーメントの検討が必要である。

(3) ランプ部

ランプ形状は L×B を 4m×4m とし幅を十分に取った。また、中折れ方式を採用し前方視界の確保と波除けに配慮する。ランプの上下操作はチェンブロック等の人力で行うことを基本とする。

(4) 安全設備

上甲板両舷には堅牢なブルワークを装備し、荷物、車両の落下を防止する。

救命装置は固定型筏 1 艇及び救命環 2 個を装備する。消火設備は粉末又は泡消火器を機関周辺に適當数配備する。

4.1.2.2 機関部計画

河川航行用自航式貨物バージは幅広浅喫水船型により抵抗が大きく、船速を7.5ノット時の必要馬力は2700馬力となり、675馬力の機関を4基装備することとした。

推進システムを簡潔にするために主機、舵、推進器が一体となった推進方式で、Z軸推進方式等の大型舷外機式推進装置で、かつ、プロペラが上下可能な方式を検討した。

4.1.2.3 電気部計画

河川航行用自航式貨物バージの電気部はバッテリーDC24Vを用いるのみとする。

本計画ではランプの昇降は人力で考えているが、電動ウィンチの必要性が生じた場合、エンジンにオルタネーターを装備するなどのバッテリー充電対策を講じる。

無線、通信装置は運航距離から判断しVHF無線送受信機を標準として装備する。

概略仕様書

1) 主要寸法等

全長（含むランプ）		約	34.2	m
全長（船体）	Loa	約	30.0	m
垂線間長	Lpp	約	30.0	m
全幅	Bmax	約	10.0	m
型深さ	Dmld	約	2.0	m
計画満載型喫水	d mld	約	1.4	m

2) 満載排水量及び総トン数等

載荷重量	DW	約	206	Ton
計画満載排水量	Δ full	約	380	Ton
総トン数(国際)		約	123	Gross Ton

3) 主機関

主機関	マリンディーゼルエンジン	×	4	基
連続最大出力/回転数	675/1800	SHP/rpm		

5) 速力等

最大速力（満載）	約	7.5	ノット
巡航速力（満載・定格出力）	約	7.5	ノット
最大航続距離（巡航速力・無補給）	約	275	海里

6) 最大搭載人員

乗組員	4	名
-----	---	---

7) 容積等

燃料タンク

310,000 リッター

4.2 検討課題の整理

本調査は、建造、維持管理、解体等が容易な船舶（シンプルシップ）について、平成 17 年度に実施した概念設計の結果に基づき、現地調査対象地域とも意見交換をしつつ、特に普及の可能性の高い船種について、スタンダードタイプ（標準船）の仕様を固め、試設計を実施し、他の地域への対応については、当該地域の事情に配慮して機器や一部仕様を変更する等のバリエーションを作成し、汎用性のあるものにするを基本としている。さらに、具体的に設計展開を通じて、「シンプルシップ」の国内外への普及促進を調査の基本方針としている。

本基本方針は平成 18 年度第 1 回(通算第 4 回)シンプルシップの設計に関する調査委員会にて、確認され、「安全で、壊れにくく、直しやすく、使いやすく、環境にも配慮した船」というシンプルシップの目的が妥当であり、対象として計画している南部アフリカ地域も ODA の観点からも妥当であることが確認された。

本委員会での主な指摘事項は次のとおり。

- 現地ニーズ及び ODA 等の動向から、早期に普及活動を実施することが必要である。このためコンセプトを英文化して宣伝する事が必要。
- 現地で組み立てる為の船体強度、精度確保を更に検討する必要がある。

概念設計において試設計における検討課題とされた、簡便で効率的かつ安価な「最適な推進システムの選択」と、ブロック結合システムを含む「船体の強度確保」について、更に検討を加え、より実現性の高い案について試設計を展開すると共に、上記委員会コメントを反映して、試設計を展開することとした。検討課題の分野は次のとおりである。

(1) 推進システム

概念設計段階では、推進効率、安全性、維持管理の容易性などから最適なシステムを提案するに至っていない。このため汎用機器の中から更に情報を入手し、浅喫水で推進効率の高いもの、構造がシンプルなもの等を整理すると同時に、簡便な推進システムについて更に調査し、シンプルシップへの適用の可能性を判断する。

(2) ブロック接続方法

我が国の造船業界は、各種浮体構造の接続について、小型浚渫船の船体に適用するな

ど、建造実績とノウハウを有しているため、これらの実績の調査を行う。また、海外における仮設浮体構造の調査を行い、その特徴について検討し、シンプルシップに適用可能な接続方法の整理を行う。

(3) 船体強度

船体ブロックの接続方法と並行して、船体の曲げ強度に係る評価方法を検討する。特に、ブロック集合体における強度の評価方法について資料等を調査し、試設計段階においてなるべく簡便にチェックができるよう資料を整理する。

概念設計を実施した「河川横断用フェリーボート」、「河川航行用自航式貨物バージ」の2タイプについて、上記課題を次のとおり検討した。

4.2.1 推進システムの検討

概念設計段階では、各種推進システムの中から、コンベンショナルなプロペラによる推進方式を選定している。エンジンは船用ディーゼル舷外機を用いて、減速ギアを介して推進する手法である。試設計に入るにあたり、現地のニーズを再確認し、推進効率よりも、“維持管理の容易性/壊れにくい構造であること=既存の技術を用いること”に主眼をおき、既存の推進システムの中から、2種類の推進方式を検討することとした。即ち、①プロペラ推進システム(ハイドロマスター方式)及び②ポンプジェット推進システムである。これらのシステムを選定した根拠、利点と不利な点は次表のとおりであり、更に推進システムとして成立すること、推進効率のチェックのために、必要な馬力の簡便な推定を実施した。

表 4-2：推進システムの選定基準

判断基準		プロペラ推進 (ハイドロマスター方式)	ポンプジェット推進
技術	既存技術である	○	○
	機器取り扱いの簡易性	○	○
操船	操船の容易性	○	○
	浅水深での航行性	△	○ (360度推力回転可)
維持管理	部品数	△	○
	特殊部品	○無し	○無し
	故障の予見	△プロペラダメージ	△ポンプ異物吸入
実績	アフリカ等途上国	○	△
	先進国	○	○

(1) 船体の抵抗計算及び必要馬力

推進システムの成立検証のために、河川横断フェリーについて、推進抵抗を推定し、必要な馬力の簡便な推定を行う。

1) 河川横断フェリー抵抗、必要馬力推定

a. 本船要目 (箱船)

- ・ 全長 Loa x 全幅 B x 深さ D = 24m x 6m x 1.6m
- ・ 喫水 d : = 1.00m
- ・ 載貨時の排水量 Full Load Δ = 136t
- ・ 幅喫水比 B/d : = 6.00
- ・ 全長 Lwl : = 24.00m
- ・ 細長比 L/B : = 4.00
- ・ 方形係数 C_b : = 1.00
- ・ 柱形係数 C_p : = 1.00
- ・ 浸水面積 S : = 204m²

b. 抵抗値推定

船体抵抗計算は、日本造船技術センター技報の「箱形浮体の抵抗試験」データを用い、各 L/B の値を読みとり、各 B/d での $L/B=4.00$ の値を推定する。本船この推定値をさらに $B/d=6.00$ で内挿した(次表参照)。しかし、目標の6ノットはチャートの外挿域となり、 $V_s=6kn$ 以上の推定ができないため、抵抗係数： C_D で推定した。($C_D=1.20$ 一定として計算)

表 4-3：有効馬力の計算 (試験データより)

有効馬力 EHP の計算 箱型浮体の抵抗試験データより (B/d=6.00 外挿域)						
船速 V_s (knots)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
全抵抗 R_t	756	1415	2357	—	—	—
有効馬力 EHP(ps)	15.6	38.8	80.8			
有効馬力 EHP(kW)	11.4	28.6	59.5			

しかし、目標の6ノットはチャートの外挿域となり、 $V_s=6kn$ 以上の推定ができないため、抵抗係数： C_D で推定した。($C_D=1.20$ 一定として計算)

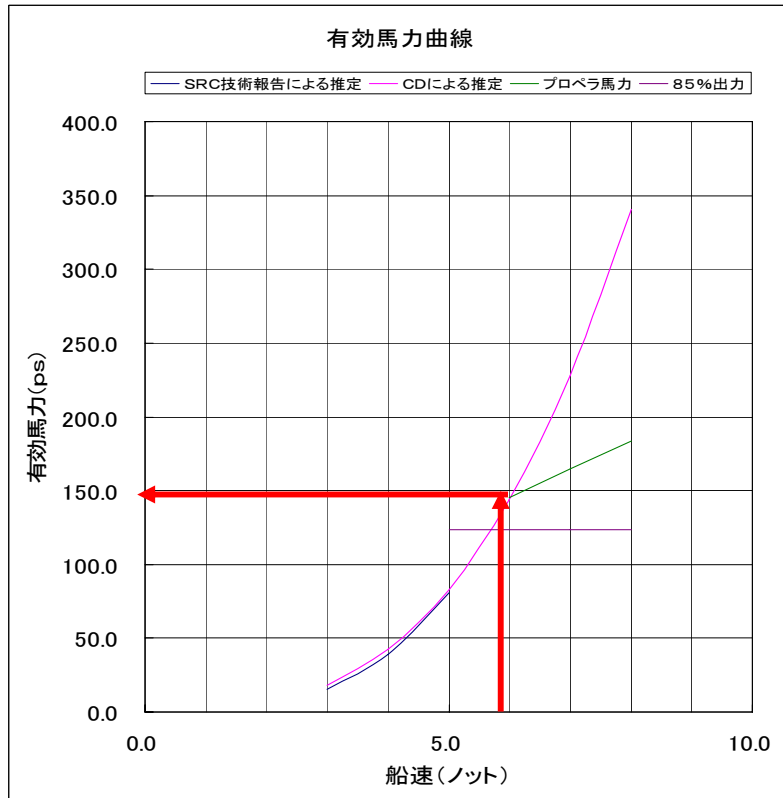
表 4-4：有効馬力の計算 (CD より)

有効馬力 EHP の計算 C_D より推定						
船速 V_s (knots)	3	4	5	6	7	8
抵抗係数 C_D	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
全抵抗 R_t	872.6	1,551.3	2,423.9	3,490.4	4,750.8	6,205.1
有効馬力 EHP(ps)	18.0	42.6	83.1	143.6	228.1	340.5

有効馬力 EHP (kW)	13.2	31.3	61.1	105.6	167.8	250.4
推力 Thrust (kgf) (2軸計)	1,091	1,939	3,030	4,363	5,938	7,756
1軸 Thrust (kgf)	545	970	1,515	2,181	2,969	3,878
1軸 Thrust (kN)	5.3	9.5	14.8	21.4	29.1	38.0

各馬力推定方式による有効馬力曲線を次に示す。

図 4-4：有効馬力曲線



前表より、 $V_s=6$ knots における 推定 EHP=143.6 ps、主機関定格馬力=180ps×2 基、85%出力にて速力 6 ノットが必要となる。

全効率 $\eta_{all} = \text{有効馬力 } 143.6 \text{ ps} / (180 \text{ ps} \times 2 \text{ 基} \times 0.85) = 0.445$ となるが、プロペラ効率が良すぎるので、主機関馬力を見直し 255ps とすれば推進効率 0.331 となり妥当と判断できる。

c. プロペラ設計

連続定格出力 255ps x 2, 550rpm/1000rpm とする

表 4-5：プロペラ設計表（5翼 展開面積比 $A_e/A_d=0.55$ ）

船速 V_s	6	7	8
プロペラ速度 V_p	4.68	5.46	6.24
全効率 e_{all}	0.285	0.324	0.360
有効馬力 EHP'	73	83	92
2xEHP'	145	165	184
δ	180		
D採用	0.800		
P採用	0.379		

上記検討結果から、85%出力にて、 $V_s=5.6$ ノット。4/4 出力にて 6 ノットが推定できるが、満載喫水 1.0m に対し、直径 0.8m の推進器を装備する上、抵抗計算ではチャート外挿域であり、プロペラの推進効率が極端に悪い。このためジェット推進等の検討が必要となった。

d. ポンプジェットの検討

プロペラに代わる推進システムとして、ショットルポンプジェットによる推力を検討する。ポンプジェットの型式を SPJ22、57 として入力を変えた場合の推定速力（ノット：Kn）は下表のとおりである。

表 4-6：ショットルポンプジェットによる推力特性

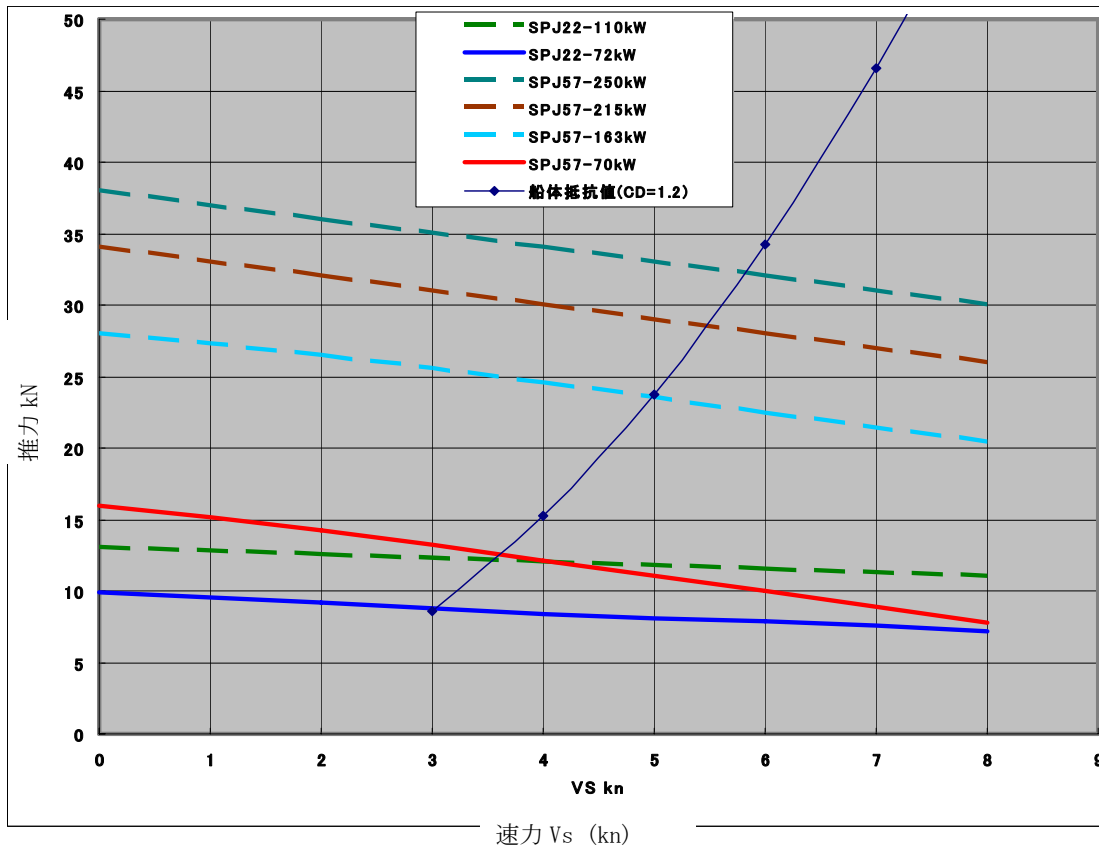
速力 V_s (kn)	SPJ22-110kW	SPJ22-72kW	SPJ57-250kW	SPJ57-215kW	SPJ57-163kW	SPJ57-70kW
0	13	9.9	38	34	28	16
2	12.5	9.2	36	32	26.5	14.2
4	12	8.4	34	30	24.5	12.1
6	11.5	7.9	32	28	22.4	10
8	11	7.2	30	26	20.4	7.8

表 4-7：シンプルシップ抵抗計算 ($C_D=1.2$)

速力 V_s (kn)	3	4	5	6	7	8
船体抵抗 (kgf)	872.6	1,551.30	2,423.90	3,490.40	4,750.80	6,205.10
船体抵抗 (kN)	8.55	15.20	23.75	34.21	46.56	60.81

各、ポンプジェット形式、入力毎の推力特性とシンプルシップ抵抗曲線による、船速カーブは下図のとおり。

図 4-5 : ポンプジェット形式と船速曲線



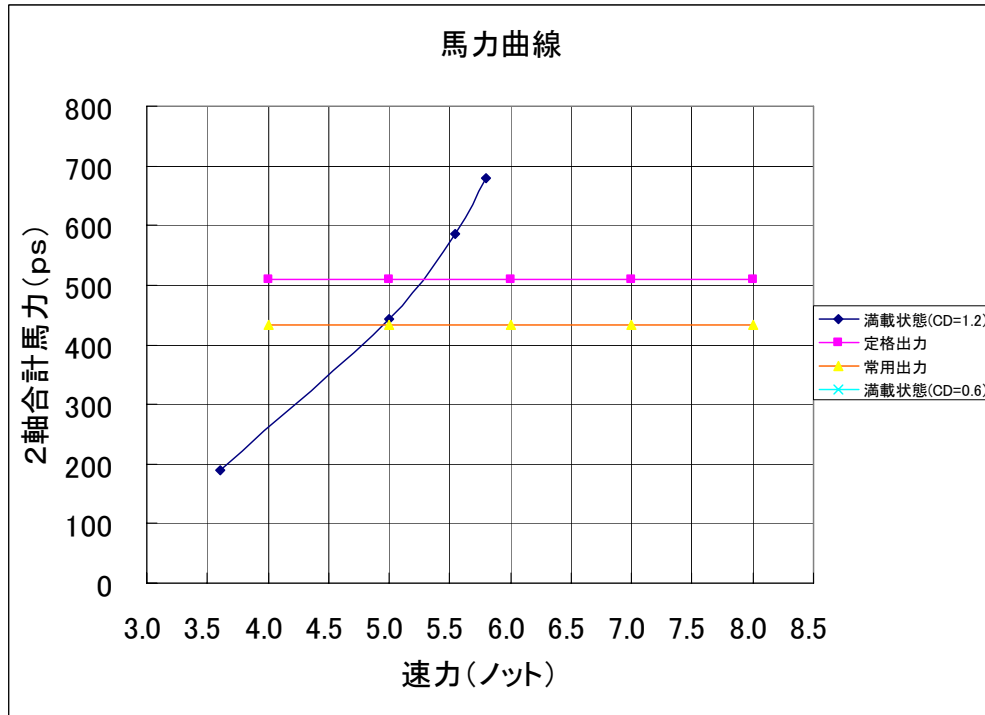
上図より、切り合い点($C_D=1.2$)から、各船速と対応する必要軸馬力は次のとおり。

表 4-8 : 船速・必要馬力

船速 V_s (kn)	3.60	5.00	5.55	5.80
必要軸馬力 SHP (kW)	140	326	430	500
必要軸馬力 SHP (ps)	190.3	443.2	584.6	679.8

従って、主機関定格出力 MCR が 255ps x 2,550 rpm の場合、2 基で 510ps、85% 常用出力 433.5ps で、次のような船速、馬力曲線となる。

図 4-6：速力馬力曲線（ポンプジェット）



本船速馬力曲線による、各船速の必要馬力は次のとおり。推進効率は20%を下回る。

表 4-9：船速/馬力/全推進効率

船速 Vs (kn)	3.0	4.0	5.0	6.0
有効馬力 EHP (ps)	18.0	42.6	83.1	143.6
軸馬力 SHP (ps)	105	255	445	780
全効率 η_{all}	0.17	0.17	0.19	0.18

2) 河川航行用自航式貨物バージ抵抗、必要馬力推定

a. 本船要目（箱船）

- ・ 全長 Loa x 全幅 B x 深さ $D = 30m \times 10m \times 2m$
- ・ 喫水 $d := 1.40m$
- ・ 載貨時の排水量 Full Load $\Delta = 380t$
- ・ 幅喫水比 $B/d : = 7.14$
- ・ 水線長 $Lwl : = 30.00 m$
- ・ 最長比 $L/B : = 3.00$
- ・ 方形係数 $Cb : = 1.00$

- ・ 柱形係数 C_p : = 1.00
- 浸水面積 S : = 412m²

b. 抵抗値推定

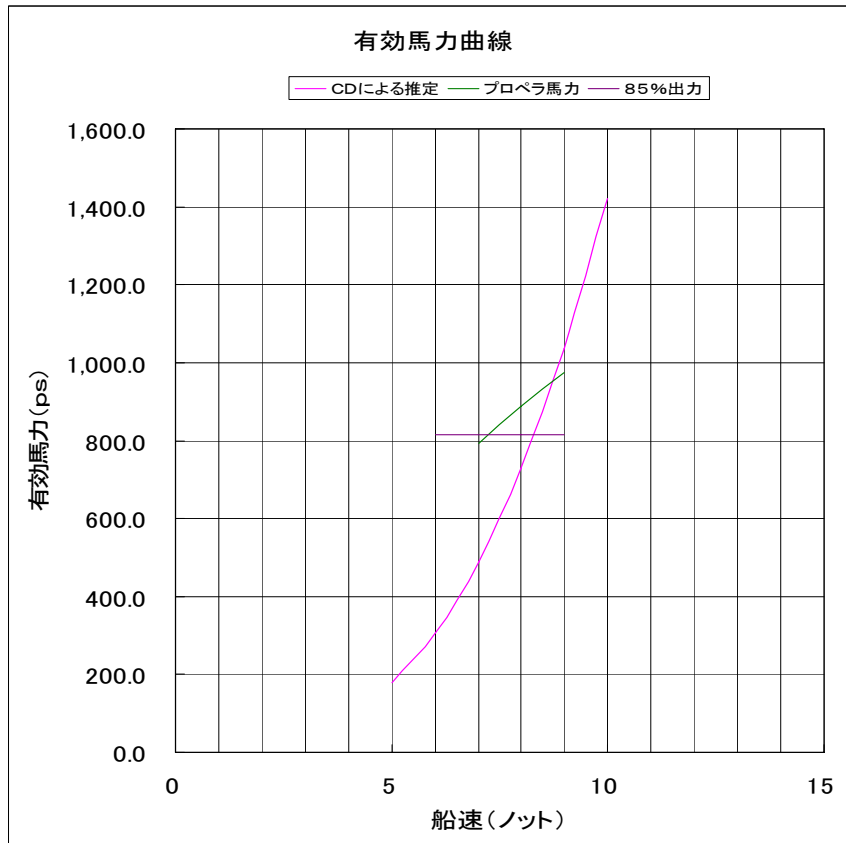
抵抗値は河川横断フェリーと同様に抵抗係数 C_D で推定する。

表 4-10：有効馬力の計算（CD より）

C _D =1.10 一定として計算						
船速 Vs (knots)	5	6	7	8	9	10
抵抗係数 C _D	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
全抵抗 Rt	5,184.4	7,465.5	10,161.3	13,272.0	16,797.3	20,737.4
有効馬力 EHP (ps)	177.8	307.2	487.9	728.2	1,036.9	1,422.3
有効馬力 EHP (kW)	130.8	226.0	358.8	535.6	762.6	1,046.1
Thrust (kgf) (4 軸合計) (t=0.20)	6,480	9,332	12,702	16,590	20,997	25,922
1 軸 Thrust (kgf)	1,620	2,333	3,175	4,147	5,249	6,480
1 軸 Thrust (kN)	15.9	22.9	31.1	40.6	51.4	63.5

C_D による推定馬力、プロペラ馬力を次に示す。

図 4-7：有効馬力曲線



$V_s=6$ knots における推定有効馬力 $EHP=728.2$ ps、主機関馬力 $=675$ ps $\times 4$ 基、85%出力にて速力 7.5 ノットが必要である。この場合の全推進効率は $\eta_{all} = 728.2 / (675 \times 4 \times 0.85) = 0.317$ 以上が必要となる。

c. プロペラ設計

主機関の連続定格出力 683ps $\times 2,035/827$ rpm とする。

表 4-11：プロペラ設計表（6翼、展開面積比 $A_e/A_d=0.5$ ）

船速 V_s (kn)	7	8	9		8.8
プロペラ速度 V_p	5.46	6.24	7.02		6.86
全効率 η_{all}	0.290	0.326	0.356		0.351
有効馬力 EHP'	198	222	243		240
$4 \times EHP'$	792	889	974		958
δ					129.2
プロペラ直径 D 採用					1.000
ピッチ P 採用					0.671

プロペラ直径 1.0m、船速 8.8 ノット、4 基合計出力 2,732ps でシステムは成立する。

(2) 推進システムの検討

シンプルシップに適用する推進方式は、河川横断用フェリーボートの推進装置を対象に検討を実施する。シンプルシップとして河川横断用フェリーボートに求められる推進装置の要件は次のとおりである。

1) 技術要件（可航水深 1.5m）

(ア) プロペラの取り付け深度は、空気吸い込みが起きない範囲で、できるだけ浅くする。

- 推進器を含めたバージの喫水を 1.2m 以内
- 軽荷時の喫水 0.5m でプロペラの十分な没水率
- 満載時の喫水 1 m でも推進装置を水面下 1.2m 以内に納める

(イ) 船体部は排水量型船舶であり、速力より推力が求められる。

- プロペラは低回転、大直径が高効率
- 小径、高ピッチ、高回転の推進器は低効率

(ウ) 水深が浅いため、プロペラ等の推進器の損傷の度合いが高い。従って船体を上架することなく推進装置の修理ができることが望ましい。

（車両搭載、浅喫水及び両頭型（ピストン型往復航）を考えると推進装置の配

置は舷側が好ましい)

2) 適用性

- (ア) 運航・維持管理が容易である。
- (イ) 維持管理コストが低廉である。
- (ウ) 持続性が確保できる。

これらの条件を考慮し、概念設計にて 9案の推進方式を推進効率、操作性、保守の容易性、コスト等から検討したが、総合評価が低い推進方式と推進器取り付け位置が船首尾にあるものは不適合として、以下の2案に絞り、推進方式を検討した。

第1案： 大型船外機式推進装置(ハイドロマスター等)

第2案： ポンプジェット方式

これら推進装置の概要は次のとおり。

表 4-12：推進装置の形態別特徴、問題点等

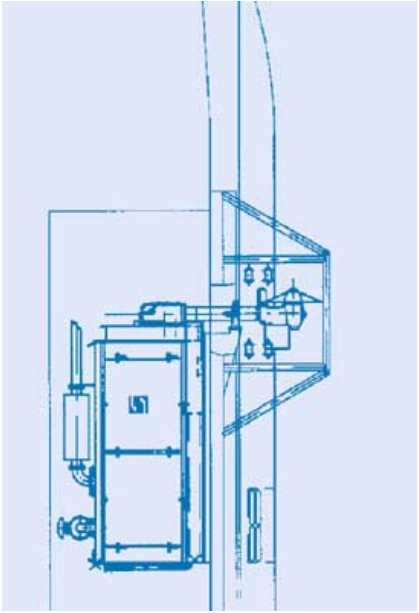
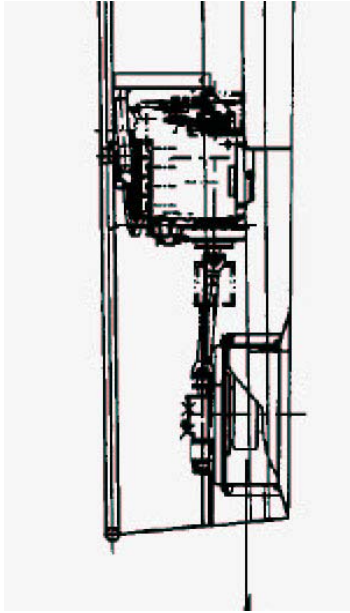
案	推進器の種類	推進器概略	推進器の種類特徴、問題点
第1案	大型舷外機式推進装置 (シヨッテル、ハイドロマスター、アガマスター、等) シヨッテルナビゲーター NAV110		シヨッテルナビゲータータイプNAV110型で入力195～260Kw プロペラ直径800mm 全長4100 x 前幅1800 x 高さ2000 甲板にディーゼルエンジンを据え付け、Z型に折れ曲がった推進軸によりプロペラを駆動する。大口径、低ピッチのプロペラで十分なスラストが発生できる。エンジンユニット、燃料タンク、操縦装置全て込みとなっている。プロペラは油圧により上下可能。またチルト可能。操舵も油圧により行う。コストが高い。
2案	ポンプジェット シヨッテルSPJ57タイプ		シヨッテルポンプジェットSPJ 57型 入力168～257Kw 口径φ1300mm ポンプ単体重量1.57トン 遠心ポンプの吐出水を回転可能なノズルから噴出させることにより推進力と操舵機能を得る装置で、船底からの突出はない。本案件に理想的な推進装置だが低速ではプロペラに比較し効率が悪く、コストが高い。河川ではごみや砂等の吸い込みの問題が指摘される。

表 4-13：推進方式の検討（24m型河川横断フェリーの場合）

案	推進器	配置	推進効率(経済性)	操作性	部品調達容易性	堅牢性リスク	保守点検容易性	据付解体容易性
第1案	大型舷外機式推進装置 (シヨッテル、ハイト、ロマスタ、アガマスター、等)	2基両舷中央	船速6.00Kt/必要軸馬力510Ps (推進効率(有効馬力/軸馬力)=0.331) 但し、プロペラ没水率が約50%程度ゆえ検証必要なるも、プロペラ設計により効率改善見込みあり。 推進システム:NAV110 適用	操舵可能	アフリカでのサービス体制 ヤマー：南ア拠点に3代理店 シヨッテル アフリカ地域に多数代理店有り その他、欧州より対応	フ°ロペ°ラ損傷の可能性有 フ°ロペ°ラ保護策必要	日常点検容易 但し、操縦に油圧装置等有り。 オーハ°-ホールは陸上	デッキ上に据付可能。 解体も比較的容易
第2案	ポンプジェット	2基2軸中央	船速6.00Kt/必要軸馬力7805Ps (推進効率0.18~19) 但し、ポンプジェットの推力カーブを船型に合わせて検証の必要有り。 ポンプジェット：SPJ57 適用	定常旋回が可能	アフリカでのサービス体制：第1案に同じ シヨッテル カンビ°ア°で河川フェリー実績有	突起部無し ポンプ°異物吸込の可能性有り	日常点検容易 但し操縦に油圧又は電動装置あり。 ポンプ°は目視できな きない。 オーハ°-ホールは陸上	船底取付けが必要。 従って、推進ユニットとして独立構成が必要

4.2.2 ブロック接続方法の検討

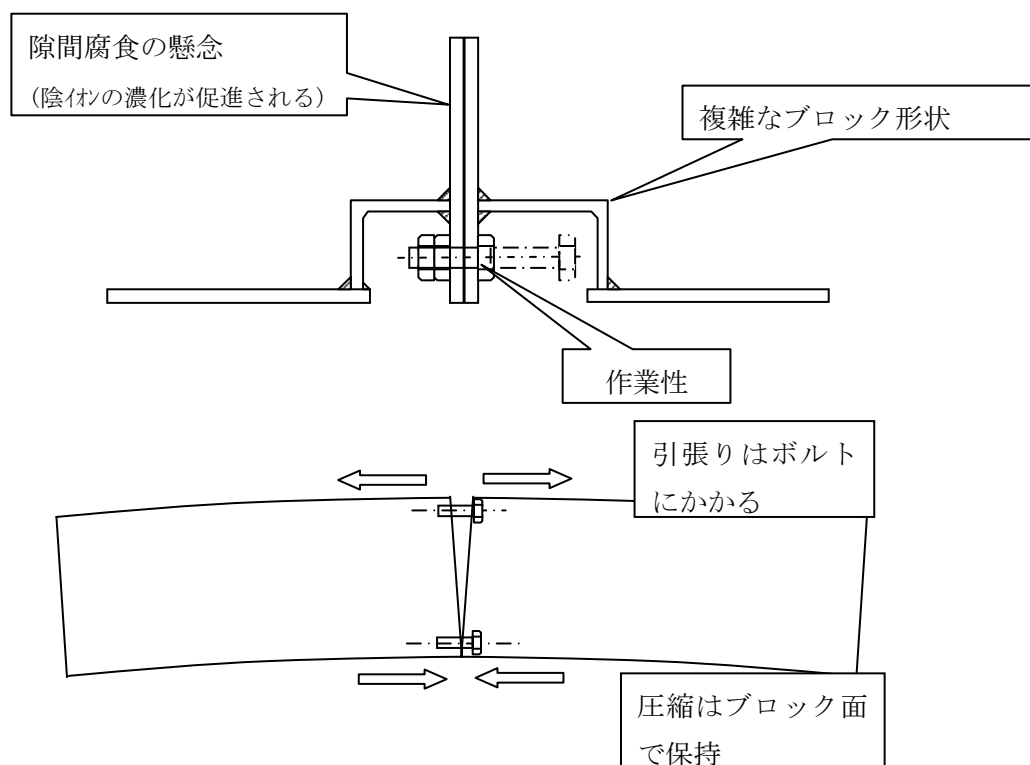
(1) 結合方法の検討

第1案：通常のボルト密着方式

概念設計においては、シンプルシップの精神である、溶接等をなるべく避け、現地にて容易に結合・分解が出来る方法を念頭に、当初、ブロック端面同士を接して結合する案を検討した。

この方式は、完全に面接触が維持できれば、船体は剛体の集まりと考える事ができる。この場合、圧縮方向のモーメントは面で受け、前後方向の引張りにも強いなど、船体の強度面の問題はほぼ無く、基本的に船体に働く曲げモーメントに対するボルトの引張耐力を考慮すれば良い。しかし、その後の検討で、連結部の突出を防ぐ為にブロック構造が複雑になること、多くのボルトを配し、なるべく面接触を均一に保つ必要があること、更に接触面の隙間腐食が懸念されることが挙げられている。このため、連結部は隙間を設け、連結装置をブロック間に設ける構造を基本とする2つの代替案を検討した。

図 4-8：概念設計で提示されたボルト密着方式



第2案：中央ピン配列方式

図 4-9 に示すとおり、端面の複数箇所をピン結合(ボルト締め)する。船体長手方向は最大

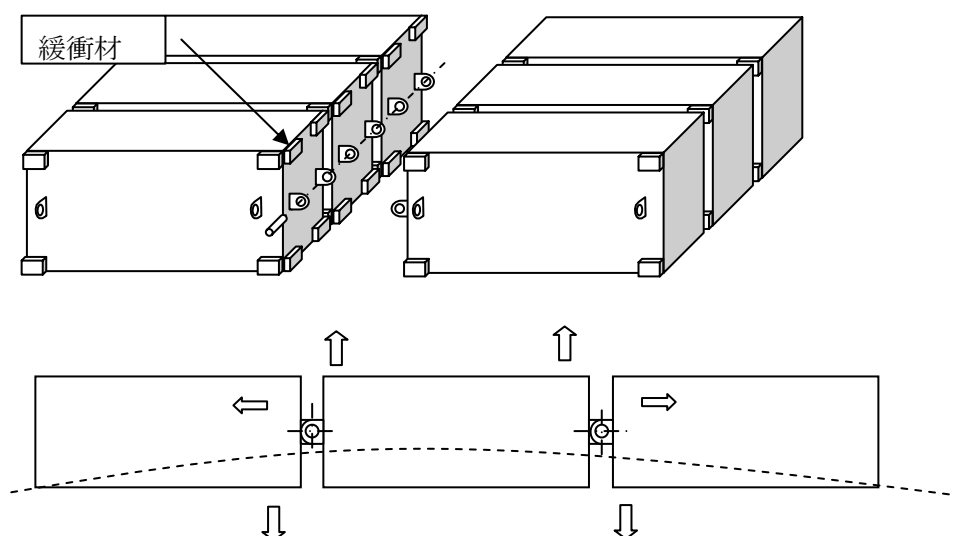
応力が掛かるため、ピンは横方向より太くする。横方向も同様にピン接合する。

本方式の特徴は、ブロック中央にピン配列をすることにより、各ブロックはピンを支点にフリー動き、曲げモーメントによって船体に働く引張り力は、ピンの剪断力として働くため、接合部の強度検討時に基本的にピンの剪断耐力を確保すれば良いことである。

一方で各ブロックのフリーな動きを制限するために、圧縮方向に働く力は、緩衝材(硬質ラバー等)で受け、第1案と同様にブロック自体の剛性で保持する。

検討課題は、ピンを嵌め合い結合するとブロックの工作精度が求められ、フランジ位置の取付け制度は悪いと、ピンが入らないことが予想される。従って位置決めピン以外はボルト穴を楕円ルーズホールとするなどの考慮が必要である。また、シンプルシップ組立て時にボルト位置の微調整のための、ジャッキ装置等を必要とし、ブロックの位置決めが重要となる。また、緩衝材の材質の耐用年数も同様に検討課題である。

図 4-9：中央ピン配列方式



第3案：ユニフロート方式

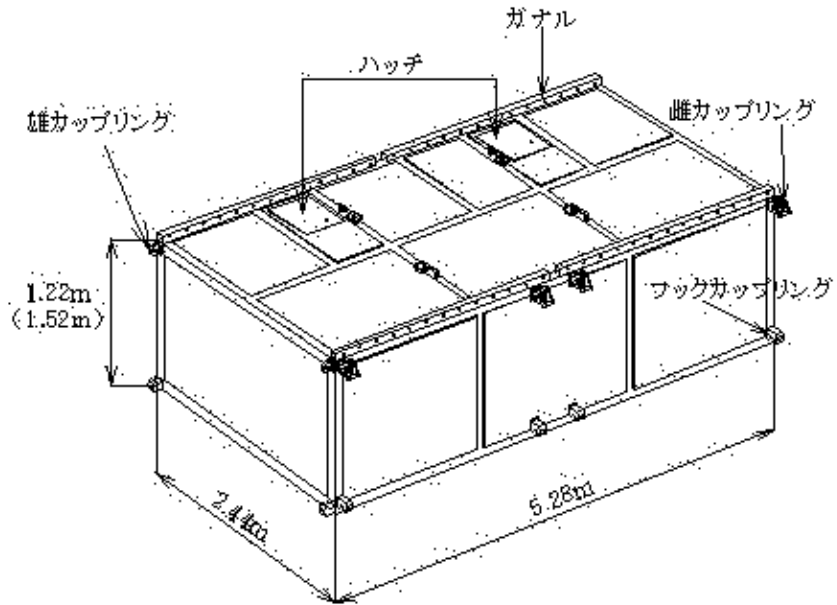
現在我が国の建設業界でも広く用いられているユニフロート方式とピン結合を組み合わせたブロック結合方法を検討した。ユニフロート方式は、陸上での組み立てが不要で、浮かせた状態で組み立てが可能な工法であることも大きな利点である。

ユニフロート方式は土木工事台船、フェリーボート、栈橋等実績があり、連結方法の特徴として以下の点があげられる。

- ・ 連結・解放作業は全て浮遊中の甲板上で行うことが出来る。
- ・ 鍵型連結により縦横何れの方向にも連結が可能。

図 4-10：ユニフロート概略

UF-IA型(ⅡB型)概略図

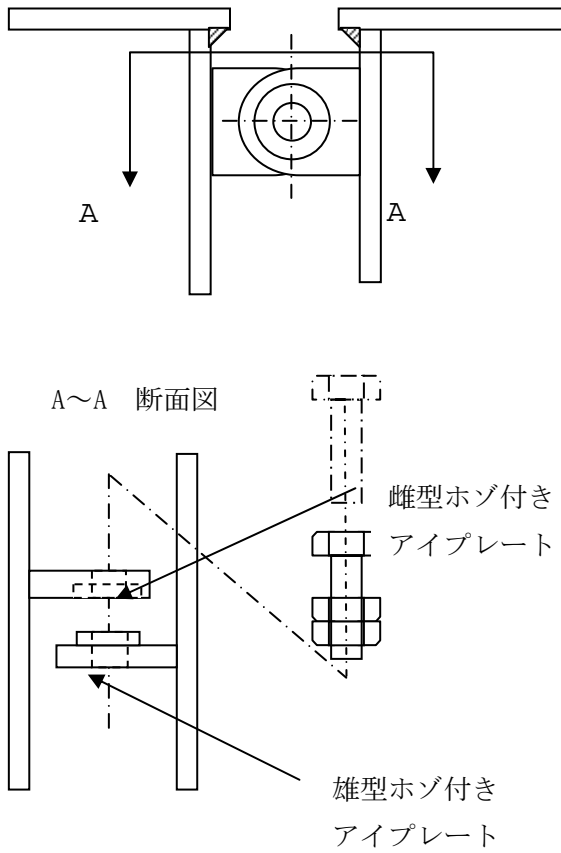


鍵型連結部 (長手、横手両方向の接続に可能)



上部ピン結合はピン(ボルト)接合とし、下部のフックをかみ合わせた後、横移動させ、夫々、雄、雌のホゾ付きアイプレートにより正確にボルト穴の位置決めの後、結合する。

図 4-11：ポンツーン断面図



(2) ピン結合強度の基本的考え

シンプルシップのブロック連結方式は、河川横断フェリー、河川航行用自航バージ夫々について、載貨状態においてブロック結合された船体にかかる最大曲げ応力を求め、ブロックの縦面の連結で（船首尾方向）結合部の剪断力に耐えうるピン接合を基本として計算した。ピン結合強度（ボルトに掛かる最大剪断荷重）の検証を船体強度の計算を含め次に示す。

4.2.3 船体強度の検討

船体強度計算は連結部(ボルトまたはピン)にかかる剪断力を考慮した簡易手法によって検討を行った。

(1) 前提条件

シンプルシップは、箱型の浮体ユニットを相互にピン等で連結することにより、全体の形状を成す。運航時に波浪荷重が作用する場合、積載時にトレーラーが乗り込むときや、船上をトレーラーが移動するときの船体に作用する力を推定する方法を検討した。

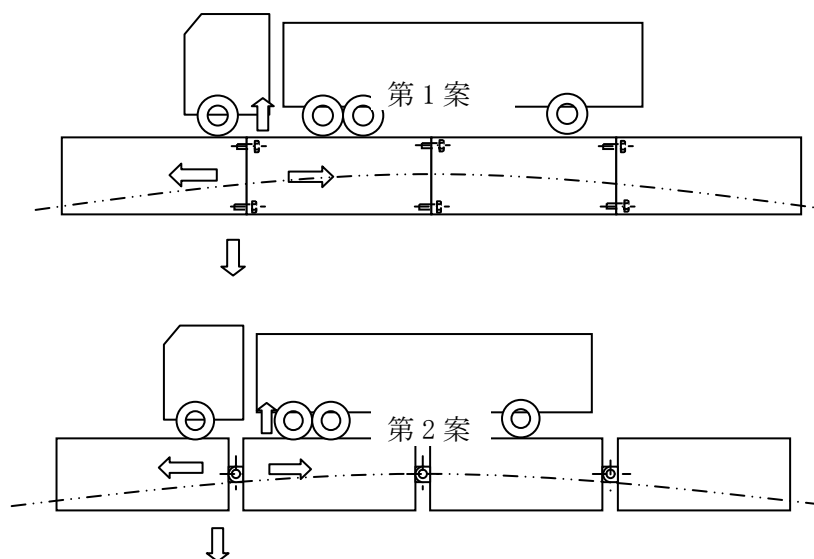
計算上、シンプルシップのブロックは連結後は剛体と考えて、河川横断フェリー、河川航行用自航バージ夫々について、載貨状態においてブロック結合された船体にかかる最大応力を求め、最大応力をブロックの縦面の連結で(船首尾方向)連結部にかかる引張荷重及び剪断力として計算した。

(2) 応力計算および強度計算

ブロックサイズを、6.0m(L)×2.0m(B)×1.6m(D)として、ピン接合(ボルト締め)による連結とし、最大剪断荷重が掛かる場所にボルトがあると考え、計算の結果長手方向で、1/4長さの部分に最大荷重が掛かる。

この部分にかかる最大荷重をボルト(ピン)で受けるため、連結方法の第1案の場合には、ボルトにかかる引張荷重と、剪断力を計算。第2案の場合は、中央のピンを支点としてブロックがフリーとなるため剪断力のみを計算した。

図 4-12: 計算モデル図



第3案のユニフロート方式はブロック上部をピン接合、下部を鍵型継ぎ手で結合するため、剛体とみなし、計算は第1案に準拠する。従って、鍵型継ぎ手の断面積はM30 ボルト断面積

(561mm²)と同じとし、引張力及び剪断力がかかるものとした。河川横断フェリーと河川航行用バージの各連結方式毎の強度計算条件は次のとおりである。

1) 河川横断フェリーの強度計算条件

- 重量曲線：軽荷重量は136トンとして、均一な分布荷重と考える。
- 浮力曲線：喫水は $136/(24 \times 6) = 0.944\text{m}$ 、浮力も均一な分布と考える。
- 波浪荷重曲線：波長24m、波高1.2mとする。
- トレーラ搭載：長さ12mとして、船体中央部に搭載し、一様分布荷重とする場合と、トレーラの上下船時の偏荷重を考える。

考えられる最大の荷重差は、60 トントレーラーが乗下船する場合に、前輪(又は後輪)のみ船体の端に載り、隣接のブロックには荷重が掛かっていない場合の最大剪断荷重である。この場合には剪断荷重をトレーラー重量60トン×50%=30トン+波浪外力による最大応力(剪断力)13.75トン=43.75トンとする。

2) 河川航行用自航式バージの強度

- 重量曲線：軽荷重量は174トンとして、均一な分布荷重と考える。
- 浮力曲線：喫水は $174/(30 \times 10) = 0.58\text{m}$ 、浮力も均一な分布と考える。
- 波浪荷重曲線：波長30m、波高1.5mとする。
- DW搭載：長さ15mとして、船体中央部に搭載し、一様分布荷重とする。DW=206ton。
河川航行バージはトレーラーによる輸送は考慮せず、バルク貨物を均等に搭載するものと考え、最大剪断荷重は表に示す一様分布荷重による最大剪断荷重とする。

船体強度計算の結果を表4-14に、計算表を表4-15、16に示す。

表 4-14:応力計算および強度計算(連結部)結果

		河川横断フェリー	河川航行用自航バージ
軽荷重量		136 トン	174 トン
載貨状態		トレーラー60 トン、12m 長を船体中央部に搭載、一様分布加重とする。	206 トン、搭載長さは 15m とし、船体中央部に搭載、一様分布加重とする。
最大引張荷重		中央から前後 6m 地点の合計 15.97 トン+15.68 トン=31.65 トン	中央から前後 8m、9m 地点の合計 41.09 トン+40.7 トン=81.79 トン
最大剪断荷重		中央から 6m 地点 (1)15.97 トン*1 (2)43.75 トン*2	中央から 8m 地点 41.09 トン
剪断応力		9kgf/mm ²	同左
連結方法			
第 1 案	ボルト	M30 (鋼 SS400、SM400)	M30 (鋼 SS400、SM400)
	ボルト総数	計算上 8 本。但し、3 ブロック並列のため、3 本×3=9 本とする	計算上 21 本。但し、4 ブロック並列のため、6 本×4=24 本とする
	ボルト 1 本にかかる荷重	引張荷重 38.9 kN(3.97 トン) 剪断荷重 32.9 kN(3.36 トン) JIS 降伏荷重=21.66 トン	引張荷重 38.9 kN(3.97 トン) 剪断荷重 32.9 kN(3.36 トン) JIS 降伏荷重=21.66 トン
	安全率	21.66/3.97×9/8=6.14	21.66/3.97×24/21=6.24
第 2 案 (1)*1	ボルト径	M30 (鋼 SS400、SM400)	M30 (鋼 SS400、SM400)
	ボルト総数	計算上 5 本。但し、3 ブロック並列のため、2 本×3=6 本とする	計算上 13 本。但し、4 ブロック並列のため、4 本×4=16 本とする
	ボルト 1 本にかかる荷重	剪断荷重 32.9 kN(3.36 トン) JIS 降伏荷重=21.66 トン	剪断荷重 32.9 kN(3.36 トン) JIS 降伏荷重=21.66 トン
	安全率	21.66/3.36×6/5=7.74	21.66/3.36×16/13=7.93
第 2 案 (2)*2	ボルト径	M30(鋼 SS400、SM400)	
	ボルト総数	計算上 14 本。但し、3 ブロック並列のため、5 本×3=15 本とする	
	ボルト 1 本にかかる荷重	剪断荷重 26.93 kN(2.75 トン) JIS 降伏荷重=19.68 トン	
	安全率	19.68/2.75=7.16	
第 3 案	ボルト	M30 (鋼 SS400、SM400)	M30 (鋼 SS400、SM400)
	鍵継ぎ手	厚さ 40mm 以下、SM400 断面 50mm×60mm	厚さ 40mm 以下、SM400 断面 50mm×60mm
	ボルト、鍵継ぎ手総数	ボルト 3 本×3=9 本とする 鍵継ぎ手 2 ケ×3=6 ケとする	計算上 3 本×4=12 本とする 鍵継ぎ手 2×4=8 ケとする
	ボルト、鍵継ぎ手 1 本にかかる荷重	ボルト：引張荷重 38.9 kN(3.97 トン) 剪断荷重 32.9 kN(3.36 トン) 鍵継ぎ手：引張荷重 58.7 kN(5.99 トン) 剪断荷重 34.0 kN(3.47 トン) ボルト JIS 降伏荷重=21.66 トン	ボルト引張荷重 38.9 kN(3.97 トン) 剪断荷重 32.9 kN(3.36 トン) 鍵継ぎ手：引張荷重 58.7 kN(5.99 トン) 剪断荷重 34.0 kN(3.47 トン) JIS 降伏荷重=21.66 トン
	安全率	21.66/3.97×9/8=6.14	21.66/3.97×24/21=6.24

*1：貨物が均一分布荷重として搭載された場合の最大剪断荷重

*2：トレーラーの上下船時の最大剪断荷重（河川横断フェリーのみ）

表 4-15 : 河川横断フェリー 強度計算

(単位: トン)

船長方向 (X)	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
主船体重量曲線	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44
トレーラ重量曲線							4.62	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62	4.62
主船体浮力曲線	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44
トレーラに対する浮力	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40
波浪外力曲線	0.00	3.56	6.88	9.72	11.91	13.28	13.75	13.28	11.91	9.72	6.88	3.56	0.00	-3.56	-6.88	-9.72	-11.91	-13.28
重ね合わせ	-2.40	1.16	4.48	7.32	9.51	10.88	15.97	15.50	14.12	11.94	9.09	5.77	2.22	-1.34	-4.66	-7.51	-9.69	-11.07

船長方向 (X)	6	7	8	9	10	11	12
主船体重量曲線	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44	5.44
トレーラ重量曲線	4.62						
主船体浮力曲線	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44	-5.44
トレーラに対する浮力	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40
波浪外力曲線	-13.75	-13.28	-11.91	-9.72	-6.88	-3.56	0.00
重ね合わせ	-11.54	-15.68	-14.31	-12.12	-9.28	-5.96	-2.40

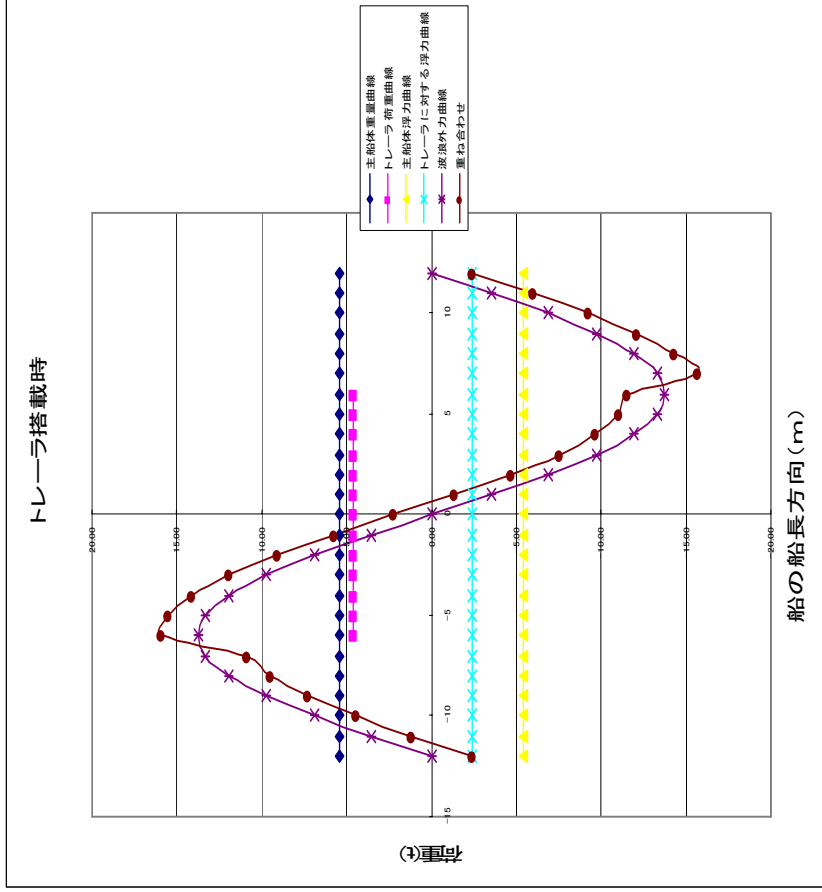
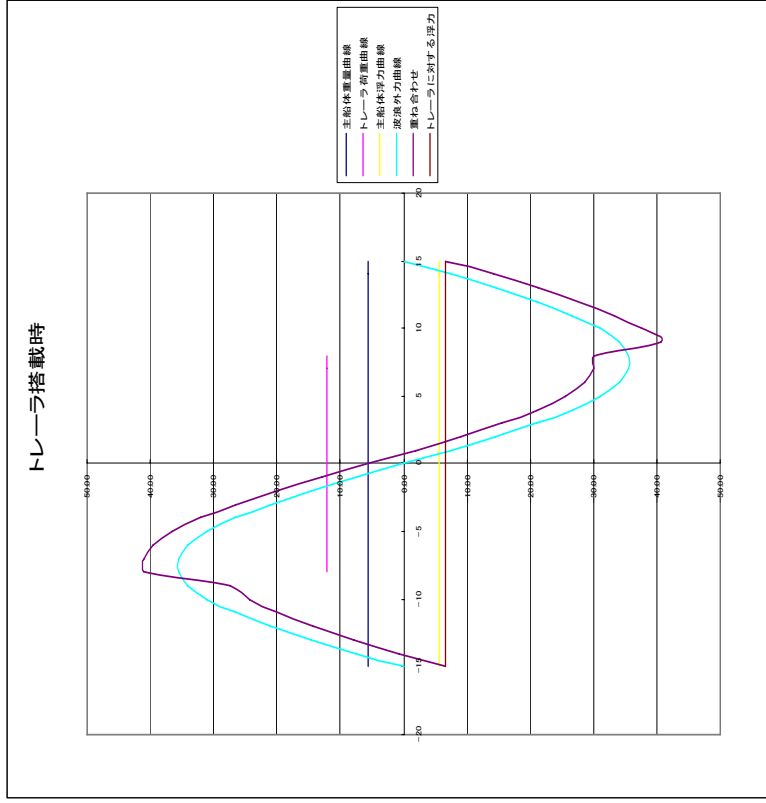


表 4-16: 河川航行用自航式バージの強度計算

(単位: トン)

	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
主船体重量曲線	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61
DW重量曲線								12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12
主船体浮力曲線	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61
DWに対する浮力	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65
波浪外力曲線	0.00	7.45	14.57	21.05	26.61	31.01	34.06	35.61	35.61	34.06	31.01	26.61	21.05	14.56	7.45	0.00	-7.45	-14.56	-21.05	-26.61	-31.01	-31.01
重ね合わせ	-6.65	0.80	7.92	14.40	19.97	24.37	27.41	41.09	41.09	39.53	36.48	32.08	26.52	20.04	12.92	5.47	-1.97	-9.09	-15.58	-21.14	-25.54	-25.54

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
主船体重量曲線	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61
DW重量曲線	12.12	12.12	12.12							
主船体浮力曲線	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61	-5.61
DWに対する浮力	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65	-6.65
波浪外力曲線	-34.06	-35.61	-35.61	-34.06	-31.01	-26.61	-21.05	-14.57	-7.45	0.00
重ね合わせ	-28.58	-30.14	-30.14	-40.70	-37.66	-33.26	-27.69	-21.21	-14.09	-6.65



4.3 シンプルシップ活用対象地域の拡大・見直し

平成 17 年度調査ではシンプルシップのニーズが特に高いと考えられる地域として、アジア、アフリカ、南アメリカ等の開発途上国、極東ロシア、シベリア等を挙げ、現地調査で南部アフリカのザンビア共和国及びマラウイ共和国を調査した。

現地調査の結果、アフリカ内陸部においても河川・湖水において船舶は重要な交通インフラとして活用されており、河川横断フェリー、湖水フェリー、貨客船、貨物船、河川航行貨物船等多種多様に渡るニーズがあることが確認された。特に、ザンビア国における河川フェリーの重要性は大きく、またシンプルシップの概念に共通し、適用の可能性も十分あると判断された。従って、平成 18 年度調査では、ザンビア国の河川横断フェリーを中心とした、シンプルシップの活用の可能性を更に調査し、「シンプルシップ」の普及のために、運航対象地域をザンビア、マラウイが位置する南部アフリカ地域、特に SADC(南部アフリカ開発共同体(South Africa Development Community))を中心とする地域とし、同地域の経済と交通状況を調査し、普及策を検討した。

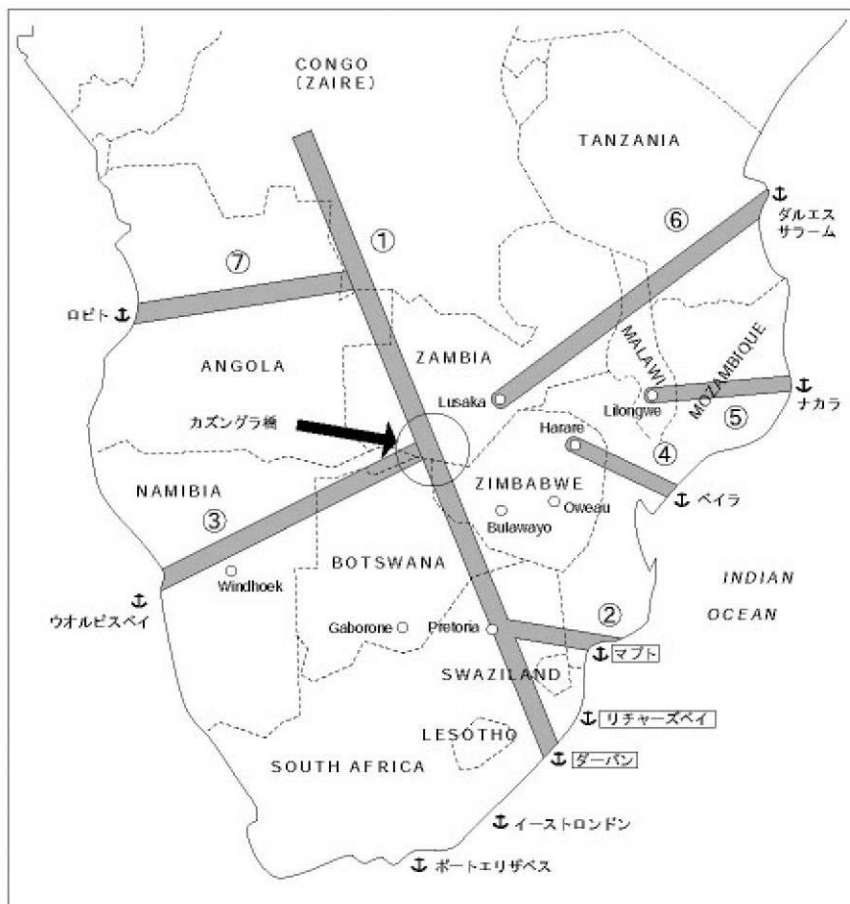
南部アフリカ地域の交通網を表す言葉に「回廊 (Corridor)」があるが、「回廊」とは、この地域では、一般に海への出口を示している。同地域は、貴重な鉱物資源を有する内陸国を 6 カ国も抱えていたため、国境を越えて「回廊」を整備する必要性に迫られていた。1980 年代に東西方向への「回廊」の整備が進み、更に 1990 年代に入り、南アの民主化に伴い、域内の経済関係が緊密になり、物流に変化が生じた。その結果、更に交通網整備を戦略的に進める必要性が生じた。

この主な回廊に沿って、ミッシングリンク、即ち寸断された回廊、交通網が多く存在しており、その多くは河川、湖水によるものである。従って、これらの回廊における、シンプルシップのニーズは高いと考えられる。

表 4-17：南部アフリカ地域における主要回廊

南部アフリカの主な回廊
①南部回廊 (南アーボツワナ/ジンバブエーザンビアーコンゴに抜ける北上物流幹線)
②マプト回廊 (南アーモザンビーク)
③ウオルビスベイ回廊 (ボツワナ～カラハリ/カプリビ～ウオルビスベイ)
④ペイラ回廊 (ジンバブエーモザンビーク)
⑤ナカラ回廊 (マラウイ/タンザニアーモザンビーク)
⑥タザーラ回廊 (タンザニアーザンビア)
⑦ロビト回廊 (ロビトーコンゴ/ザンビア)

図 4-13:南部アフリカにおける主要な回廊図



これらの回廊に沿って、主要幹線道路でのシンプルシップの活用拡大が見込まれるほか、同地域では、マラウイ湖、タンガニーカ湖、ヴィクトリア湖等の広大な内水湖があり、湖水の交通船としての需要も見込まれる。又、河川を活用した河川航行計画についても、マラウイ国の「シレ・ザンベジ河開発計画」に代表されるように、河川を利用した貨物、旅客輸送需要もシンプルシップ活用の潜在的な稼働箇所として期待できる。

シンプルシップ稼働の端緒としてザンビア国内でも数多くのフェリーニーズがある。次図はザンビア国内のフェリーポイントを示したものであり、ザンビア国内でも 16 箇所主要フェリー運航地点があると考えられ、更に新規運航需要も見込まれる。

図 4-14：ザンビアのフェリー運航箇所一覧



表 4-18 : ザンビアにおけるフェリー運航箇所

	フェリー運航箇所	地域
1	Kalungwishi Pontoon	Northern/Laupula
2	Safwa Pontoon	Nothern
3	Mbesuma Pontoon	Northern
4	Mpanta Pontoon	Northern
5	Kasenga Pontoon	Laupula
6	Ndoba Pontoon	Luapula
7	Katansha Pontoon	Luapula
8	Kapalala Pontoon	Luapula
9	Chipembe Pontoon	Eastern/Northern
10	Kakumbi Pontoon	Eastern/Northern
11	Lunga Pontoon	North Western
12	Watopa Pontoon	North Western
13	Kalongola Pontoon	Western
14	Kazungula Pontoon	Southern
15	Lubunga Pontoon	Central/North West
16	Lunsemfwa Pontoon	Central

4.4 現地説明会計画立案

現地説明会(セミナー実施)の対象国として、ザンビア国及びマラウイ国を想定し、計画を立案した。しかし、ザンビア国の河川フェリーでも、コンゴ民主共和国、ジンバブエ国等の国境を接して航行している状況があり、また、マラウイ国の河川航行用貨物バージの計画では、ザンベジ河を航行しモザンビークに抜ける航路を想定しているなど、河川及び船舶の利用者が多国間に渡っていることから、ザンビア国及びマラウイ国の近隣諸国を含めた説明会の可能性について調査したが、コンゴ、ジンバブエについては政情不安もあり、情報入手が不可能であった。ナミビアは対象となる河川、内陸水運が無い。更に、モザンビークは河川が多く、潜在ニーズはあると考察されるが、JICAにて河川用の7橋梁建設事業が開始されており、回廊におけるシンプルシップのニーズにも変化がある可能性があるため、現地説明会は、ザンビア国及びマラウイ国の2カ国を対象として行うこととした。

現地セミナー実施の候補者は各国の運輸、外務、財務関係者及びフェリー運航、船舶運航実施機関、民間のボートビルダー等を対象として、以下の候補者を基本としてセミナー参加の招聘を行うこととした。

(1) ザンビア

ザンビア国運輸通信省次官
ザンビア国運輸通信省内陸水運海事局長
ザンビア国運輸通信省内陸水運海事局船舶検査官
ザンビア国財務経済開発省計画局副局長
ザンビア国財務経済開発省二国間協力日本担当
エンジニアリングサービスコーポレーション (ESCO 公社) 社長
ザンベジ河川局技官 (計画担当)
在ザンビア日本国大使館書記官 (経済協力班)
在ザンビア日本国大使館書記官 (経済協力班)
国際協力機構 (JICA) ザンビア事務所長
船舶運航従事者 (ESCO 公社及びザンベジ河川局を通じて呼びかけ)
民間ボートビルダー

(2) マラウイ

マラウイ国運輸公共事業省次官
マラウイ国運輸公共事業省運輸計画局長
マラウイ国運輸公共事業省海事局長
マラウイ国外務国際協力省副大臣
マラウイ国財務省次官
マラウイレイクサービス (MLS) 社長

マラウィレイクサービス (MLS) 会長
 マラウィ海事教育大学学長
 マラウィ海事教育大学副学長
 国際協力機構 (JICA) マラウィ事務所長
 民間コンサルタント(運輸開発関係)

調査日程は総日程 13 日とし、ルサカ(ザンビア)、リロングウェ(マラウイ)の 2 首都にて
 シンプルシップ説明のためのセミナーを開催したのち、南アフリカ経由でタイ国に戻り、
 中古機材(エンジン)を使用した船舶の実態調査を行うこととした。

表 4-19：平成 18 年度「シンプルシップの設計に関する調査」現地調査(セミナー開催)日程

日数	発	着	行動予定
1	成田	バンコク	移動
2	バンコク	ヨハネスバーグ	移動
	ヨハネスバーグ	ルサカ	
3			日本大使館、運輸通信省内陸水運海事局
4			セミナー開催
5	ルサカ	リビングストーン	カズンゲーラフェリー調査(車移動)
6	リビングストーン	ルサカ	移動
7	ルサカ	リロングウェ	移動
	リロングウェ	マンゴチ	移動(車移動)
8	マンゴチ	リロングウェ	MLS
9			セミナー開催
10	リロングウェ	ヨハネスバーグ	JICA、移動
11	ヨハネスバーグ	バンコク	移動
12			チャオブラヤ川船舶調査
	バンコク	成田	移動(成田着は 13 日目)

(3) 補足調査

ザンビア国については、ESCO による運航フェリーの内、カズンゲーラ (Kazungula) で
 はザンビア国内で最大級のフェリー 2 隻がザンベジ河にて稼働中であり、乗船実績も多い
 ため、カズンゲーラのフェリーについて補足調査を実施することとし、マラウイ国の河川
 交通計画は、実現のために更なる調査、国としての政策支援が必要なため、河川航行用貨
 物バージの補足調査については、計画案の進捗等を中心に現地コンサルタント等との協議
 を通じ、補足データを収集することとした。

5. シンプルシップ試設計

5.1 設計方針及び設計条件

5.1.1 設計方針

シンプルシップの概念である「安全で、壊れにくく、直しやすく、使いやすく、環境にも配慮した船」を基本に、概念設計を実施した2タイプについて、次のとおり技術的実現性及び対象地域での受入体制等を考慮して、試設計を展開するための優先順位を検討する。

「技術的実現性の検討」

- 使用環境(水域)が比較的平易であり、流速、波、気候等のデータが把握でき、設計に反映可能である。
- 輸送する対象(車、旅客、貨物の種類)が明らかであり、設計に反映可能である。
- 推進システムが複雑にならない。又は、多数の推進器を必要としない。
- 船体(甲板部)艤装が煩雑にならない。
- 輸送コストが過大にならない。
- 建造コストが過大にならない。

「対象地域での受入体制等の検討」

- 現地の水運責任機関及び船舶運航組織が既があり、船舶の運航管理の実績を有している。
- 船舶運航組織に操船能力、維持管理能力がある。
- 船舶運航予定サイト周辺に船舶造修施設又は組立て可能な施設、設備があり、一定の技術水準を有している。
- 船舶運航予定地域及び周辺状況等
- 船舶の維持管理のために必要な、機材、部品の入手性に問題がない。

これらの条件を検討し、2タイプの概念設計について優先度を付け、優先度の高い船型について試設計を展開することとした。

試設計は更にバリエーションを考慮することとし、現地ニーズを勘案してバリエーションの基本条件を決定する。

優先順位の検討は次のとおり。

概念設計で提案された「河川横断用フェリーボート」、「河川航行用自航式貨物バージ」について、「最適な推進システムの選択」と、ブロック結合システムを含む「船体の強度確保」の検討を、4.2「検討課題の整理」においてレビューし、技術検討を実施した。

これらの技術検討において、シンプルシップの基本的な技術要件を確認できたため、シンプルシップの「技術的実現性の検討」及び「対象地域での受入体制等の検討」を行い、試設計を行う船型に優先度をつけた。その結果は次ページ以下に示す評価により以下のとおりである。

優先度 1：「河川横断用フェリーボート」

優先度 2：「河川航行用自航式貨物バージ」

優先度 1 となった、河川横断用フェリーボートについては、概念設計の船型及び推進方式(大型舷外機式推進装置)をベースケースとし、ヴァリエーション1としては、推進方式をポンプジェットとした場合、ヴァリエーション2としては、船首尾形状をファインにした場合、のそれぞれについて、運航経費や維持管理費も含め試設計を実施した。

Variation 1：推進方式オプション

Variation 2：船型オプション

表 5-1：シンプルシップの技術的実現性の検討及び運航予定地域での受入体制の検討と試設計展開への優先度

	タイプ1 河川横断用フェリーポート	タイプ2 河川航行用自航式貨物バージ
船体強度について (概念設計のレビュー)	<p>船体強度は満載状態(60トントトレラー乗船時)の長手方向の最大応力を考慮。 最大引張力は約32トン。 最大剪断力は約44トン。(トレラーの乗降時を考慮)</p> <p>この結果、ボルト接合でも、十分な船体強度を確保できると思料。</p> <p>使用環境は平水であり、波による不規則な曲げ応力も考慮は不要である。</p>	<p>船体強度は貨物200トンを満載状態で長手方向の最大応力を考慮。 最大引張力は約82トン。 最大剪断力は約41トン。(中心より8m地点)</p> <p>河川フェリーと同様のボルト接合の場合でも、十分な船体強度を確保出来ると思料。</p> <p>使用環境は河川(大河)で波浪も考慮する必要があるため、ボルト強度等更に検討・強化する必要あり。</p>
技術的実現性の検討	<p>ザンビア国内の現有フェリーポートは特定できており、河川条件は比較的手入れ可能。設計に反映できる。</p>	<p>シレ河(マラウイ南部からモザンビークへ抜ける河川)、ザンベジ河(マラウイ国内のザンベジ河を対象)流域の環境は未調査故、設計条件特定できず。 ルート全域の調査が必要。</p>
<p>a. 使用環境(水域)が比較的平易であり、流速、波、気候等のデータが把握でき、設計に反映可能である。</p> <p>b. 輸送する対象(車、旅客、貨物の種類)が明らかであり、設計に反映可能である。</p>	<p>輸送対象</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種車両 (最大は60トントトレラー) 乗客100~200人程度 	<p>輸送対象</p> <ul style="list-style-type: none"> 貨物(食料、肥料、機械、コンテナ等) 但し、貨物需要OD(出入口)調査等が必要 乗客無し

	タイプ1 河川横断用フェリーポート	タイプ2 河川航行用自航式貨物バージ
c. 推進システムが複雑にならない。 又は、多数の推進器を必要としない。	<p>プロペラ推進×2基</p> <p>システムはシンプルながら、選定機種により複雑化</p> <p>船速 6.00kt/必要軸馬力 510Ps (255Ps×2基)</p> <p>主機:ヤンマー 6CH-ST 相当×2基=1500万円 推進システム:NAV110×2基=1900万円</p> <p>初期投資計 3400万円</p> <p>5.0kt 運転時 年間運航費用約 1350万円</p>	<p>プロペラ推進×4基</p> <p>システムはシンプルながら、選定機種により複雑化。 複数の推進システムを扱う必要あり。</p> <p>船速 8.00kt/必要軸馬力 2700Ps (675Ps×4基)</p> <p>主機:ヤンマー 6KXZP-GT 相当×4基=8100万円 推進システム:NAV330×4基=8000万円</p> <p>初期投資計 1億6100万円</p> <p>6.5kt 運転時 年間運航費用約 1億5000万円</p>
d. 船体(甲板部)艀装が煩雑にならない。	<p>ランプ及びびウインチ装置(両頭)</p> <p>車両ガイド</p> <p>ハンドレール</p>	<p>ランプ及びびウインチ装置(前方のみ)</p> <p>ブルワーク</p> <p>ラッシング装置</p>
e. 輸送コストが過大にならない。	内陸輸送費がかかる。(トラック輸送コンテナ 20~30個)	河川港に荷卸し可能。この場合内陸輸送費がかからない。
f. 建造コストが過大にならない。	24m型 推定 7000~9000万/隻 (日本建造)	30m型 推定 2億円 (日本建造)

	タイプ1 河川横断用フェリーボート	タイプ2 河川航行用自航式貨物バージ
<p>対象地域での受入体制等の検討</p> <p>a. 現地の水運責任機関及び船舶運航組織が既にあり、船舶の運航管理の実績を有している。</p>	<p>ザンビアに展開する場合、ESCO、公共事業道路省が既に運航実績を有する。</p>	<p>シレ、ザンベジ河運航の場合、新規運航責任機関を設立する必要有り。 Mallawi Lake Service は湖水輸送の実績がある。</p>
<p>b. 船舶運航組織に操船能力、維持管理能力がある。</p>	<p>同上</p>	<p>同上</p>
<p>c. 船舶運航予定サイト周辺に船舶造修施設又は組立て可能な施設、設備があり、一定の技術水準を有している。</p>	<p>河川周辺に無し ザンビアでは過去に陸上の鉄工所で組立て実績有り。</p>	<p>シレ、ザンベジ河周辺に無し 但し、MLSはマラウイ湖に能力、技術ともに十分は造修施設を有するが、輸送は陸上となる。</p>
<p>d. 船舶運航予定地域及び周辺状況等</p>	<p>既に、新規に必要なフェリー運航地域が特定されつつある。 道路インフラの一部として経済、日常生活物資輸送、人員輸送に直接裨益する。 BHN(ベージュクヒュモネーズ)を補完するための手段として重要</p>	<p>開発回廊の一部として計画があるが、貨物需要等地域の調査が更に必要。</p>
<p>e. 船舶の維持管理のために必要な、機材、部品の入手性に問題がない。</p>	<p>ヤンマーは南アに代理店等拠点3箇所有り。 シヨツテルは南ア他アフリカ地域に代理店複数有り。 但し、部品の入手性、調達ルート等要調査</p>	<p>同左</p>
<p>総合評価</p>	<p>採用 技術検討：フィージブル 受入体制：実施機関有り、緊急性、ニーズ共に高</p>	<p>不採用 技術検討：フィージブル 受入体制：実施機関未定、緊急度とニーズ要調査</p>

5.1.2 設計条件の特定

対象航路及び使用港湾施設、運航計画、自然条件等は次のとおり設定した。

(1) 運航計画

1) 対象航路

対象航路は河川横断航路とし、河川幅は 300m～500mを想定するが、平水条件であれば、河川幅は限定しない。

2) 使用港湾施設

港湾施設は、ランプドアを降ろして大型車両、乗客の上下船が可能な傾斜スロープが用意されていることを前提とし、スロープはコンクリート、土を問わない。又、特別な係留施設等は必要としない。

3) 運航計画

運航は最大 6 ノットで、河川横断を行い、日中 06 時より 18 時までの 12 時間を運航することとして計画する。

(2) 設計条件

1) 計画条件

1) -1 目的

複数のブロックを 20 フィートコンテナで現地輸送し、現地の水上で一体化を行い、河川横断用フェリーボートとして既定の条件で自走させ、使用できることを目的とする。

2) 利用条件

2) -1 可航水深 : 1.50 m

2) -2 浮体乾舷 : $f = 0.90$ m (無載荷時)

2) -3 上載荷重 :

①車両荷重	60tf トレーラー	1 台	総重量	600 kN
		全長 12m	全幅	2.5m
②車両荷重	30tf トラック	2 台	総重量	300 kN (1 台あたり)
		全長 12m	全幅	2.5m
③旅客荷重	旅客定員	100 名 (10tf)	総重量	100 kN(乗組員をふくむ)

荷重の組合せとして①+②、①+③の場合を考える。

2) - 4 設計波高 : (航行時) 最大波高 H_{max} : 1.20m (最大波高は波長 24(船体長 24m と同値)の 20 分の 1 とした。)

3) 構造条件

3) - 1 浮体形式 : 鋼 製

3) - 2 浮体主要諸元 : (1 体型)

長さ(ランプ、推進装置含まず)	24.0	m
幅	6.0	m
高さ	1.6	m
吃水	0.7	m
乾舷(無載荷時)	0.9	m

3) - 3 ブロック主要諸元 : (1 ブロック最大)

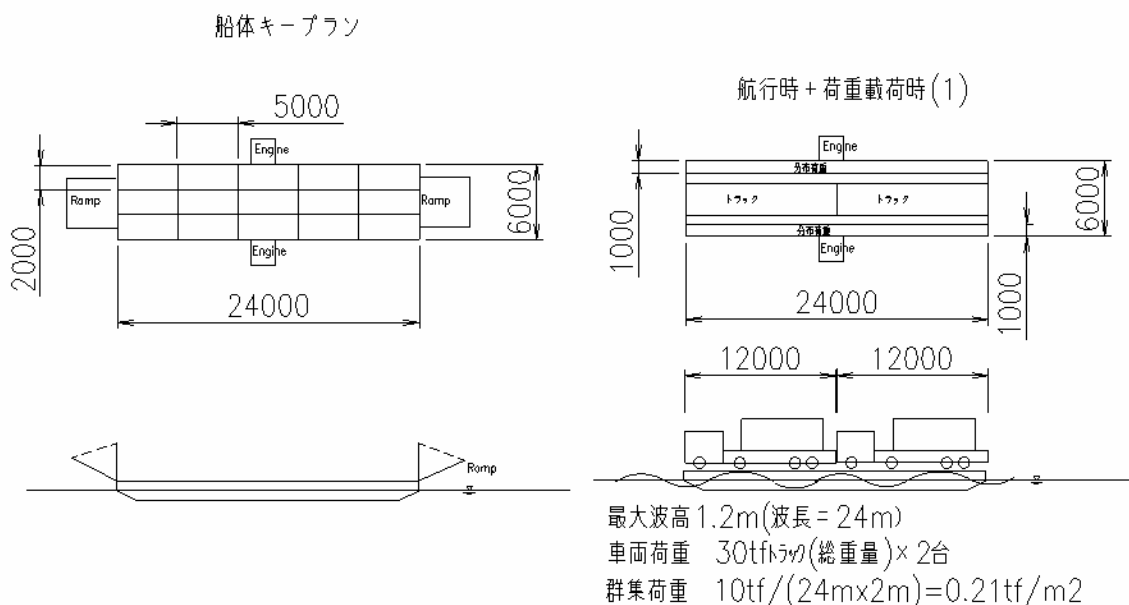
長さ(結合部含まず)	5.0	m
幅	2.0	m
高さ	1.6	m

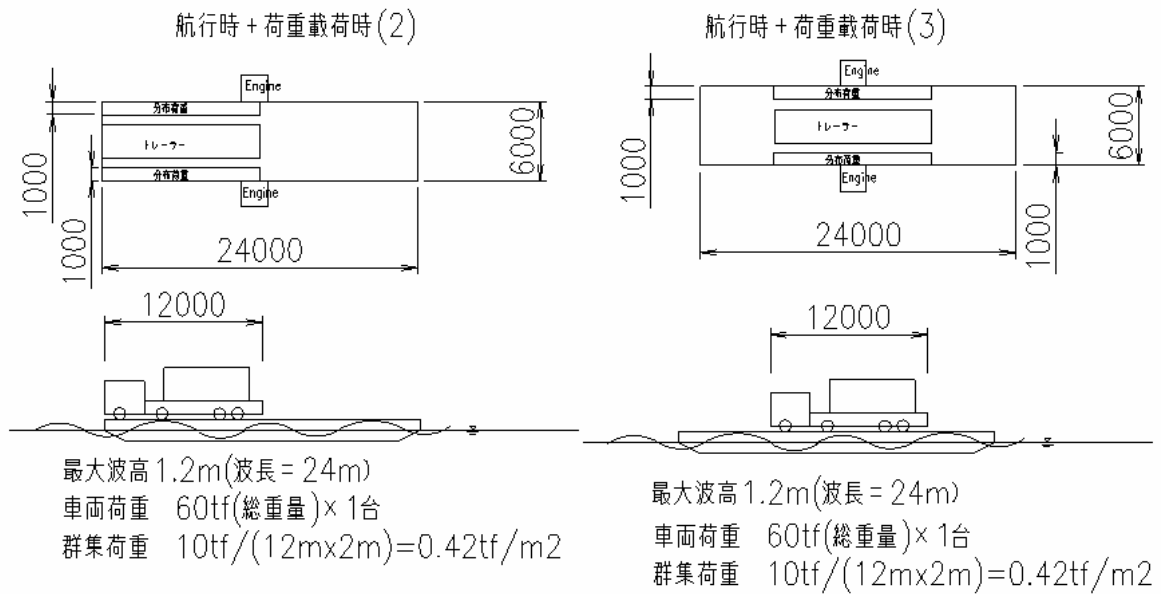
参考 : 20 フィートコンテナ (内法寸法)

長さ	5.898	m
幅	2.350	m
高さ	2.390	m

(開口寸法) 幅×高さ=2.338m×2.28m

図 5-1 : キープラン・荷重状態





ブロック結合方式

- (A) ボルト接合方式
- (B) 鍵型（フック）+ピン接合方式

4) 材料条件

4) -1 単位体積重量

鋼材 : $\gamma_s = 77.0 \text{ kN/m}^3$

河川水 : $\gamma_w = 10.0 \text{ kN/m}^3$

4) -2 許容応力度

SS400 (SM400)材 (板厚 40mm 以下)

- ・ 許容軸方向引張応力度 (純断面につき) : 140 N/mm^2
- ・ 許容軸方向圧縮応力度 (純断面につき) (下表の通り) :

$1/r \leq 18$	140
$18 < 1/r \leq 92$	$140 - 0.82 \cdot (1/r - 18)$
$92 < 1/r$	$1200000 / [6700 + (1/r)^2]$
1 : 有効座屈長 (cm)、r : 部材純断面の断面二次半径 (cm)	

- ・ 許容曲げ応力度
- ・ 桁の引張縁 (純断面につき) : 140 N/mm^2
- ・ 圧縮フランジが直接固定されていない場合 (下表の通り) :

Aw/Ac ≤ 2	1/b ≤ 4.5	140
	4.5 < 1/b ≤ 30	140 - 2.4(1/b - 4.5)
Aw/Ac > 2	1/b ≤ 9/K	140
	9/K < 1/b ≤ 30	140 - 1.2(K · 1/b - 9)

Aw : 腹板の純断面積 (cm²)

Ac : 圧縮フランジの純断面積 (cm²)

l : フランジの固定間距離 (cm)

b : 圧縮フランジの幅 (cm)

$$K = 3 + \sqrt{Aw/2Ac}$$

許容せん断応力度 80 N/mm²

4) - 3 諸定数値

鋼材 : Es = 2.00 × 10⁵ N/mm²

(3) 自然条件

対象地域の気候は熱帯サバンナ気候であり、雨季が10月から4月、乾季が5月から9月、雨季の平均気温は20℃～25℃、乾季の平均気温は22℃～30℃、最高気温は36℃である。水温は20℃～25℃である。

したがって、設計に当たっては通常の船舶設計に用いる熱帯の条件、気温45℃(機関室内)、水温32℃を適用する。

河川の流速については、増水時の流速を最大3ノットとするが、河川横断用フェリーにつき、流速の影響は限定的である。

(4) 適用規則

内水用の船舶に適用される規則として、2002年1月発行のIMOによる「MODEL SAFETY REGULATIONS FOR INLAND WATERWAYS VESSELS AND NON-CONVENTION CRAFT, INCLUDING FISHING VESSELS, OPERATING IN AFRICA」の適用を検討する。

ただし、本規則は参考(モデル)規則であり、IMOの技術協力プロジェクト(PR267TC02 RAF/98/109)として作成され、SOLAS条約、満載喫水線条約、COLREG条約、STCW条約、MARPOL条約を基本としている。本モデル規則は2001年IMO開催のワークショップで、ブルンジ、ガーナ、ケニア、マラウイ、モザンビーク、ナイジェリア、ルワンダ、シエラレオーネ、タンザニア、ウガンダ、ザンビア、及びジンバブエによって合意されている。しかし、その内容の採択は各国の状況に任されており強制ではない。又、除外規定も多い。このため、シンプルシップに適用可能かを判断し、適用が適切と認められる規則については試設計に取り入れることとする。

又、シンプルシップの構造に係る強度計算については、主に浮体構造物の強度計算については、下記の基準、設計マニュアル等に基づき、船舶にかかる応力を求めた上で、強度

等の検証を実施した。

港湾の施設の技術上の基準・同解説	(社) 日本港湾協会
道路橋示方書・同解説(鋼橋編)	(社) 日本道路協会
漁港・漁場の施設の設計の手引	(社) 全国漁港漁場協会
浮体式係船岸の設計・施工マニュアル(案)	漁港新技術開発研究会

5.2 試設計の実施

5.2.1 要求性能確認

設計条件の特定を基に、要求性能を確認し、概念設計にて決定した主要諸元を決定する。諸元は先ずベースケースの設計を行う。下表は河川横断用フェリーボートの主要諸元である。

表 5-2：主要諸元比較（河川横断用フェリー）

主要諸元	概念設計	試設計ベース
主要寸法等		
全長（含むランプ）	約 32.4m	約 32.0m
全長（船体） Loa	約 24m	約 24m
垂線間長 Lpp	約 24m	約 24m
全幅（含む舷側張出）	約 14m	約 12m
全幅 Bmax	約 6m	約 6m
型深さ Dmld	約 1.6m	約 1.6m
計画満載型喫水 dml d	約 1.0m	約 1.1m
載荷重量 DWT	約 71Ton	約 70Ton
計画満載排水量 Δ full	約 136Ton	約 158Ton
総トン数(国際)	約 40 GT	約 40GT
主機関連続最大出力		
/回転数	105HP/2500rpm	255HP/1600rpm
台数	2基	2基
最大速力（満載）	約 6ノット	約 6ノット
巡航速力（満載・定格出力）	約 2~3ノット	約 2~3ノット
最大搭載人員		
乗組員	4名	4名
旅客	100名	100名

5.2.2 適用関連規則・法規

(1) 安全規則の検討

2002年1月発行のIMOによる「MODEL SAFETY REGULATIONS FOR INLAND WATERWAYS VESSELS AND NON-CONVENTION CRAFT, INCLUDING FISHING VESSELS, OPERATING IN AFRICA」の、船体構造に関する規則は Chapter 4- Freeboard and Stability に規定されている。

規則 4.1 Minimum Freeboard では最小乾舷を次の式の両数値のどちらか大きい値以上とすることが求められている。

(a) 250mm : and

(b) $300 + 44 \times (L-4.5)\text{mm}$ (L=船長m)

河川横断用シンプルシップに適用すると、

最小乾舷 = $300 + 44 \times (24 - 4.5) = 1,158\text{mm}$ 必要である。現在の設計は $1.6\text{m} - 1.1\text{m} = 500\text{mm}$ であり、乾舷が不足する。(逆に乾舷 1,158mm を確保するためには 2,258mm の高さのブロックが必要となる。(コンテナ内寸は 2.28m))

従って、本検討では最小乾舷値を 250mm とし、現在の乾舷値に対して復元性を満足するか確認する。

1) 現在の重量及び喫水

全長 = 24m、全幅 = 6m、高さ = 1.6m、喫水 = 1.1m

全体重量は推進器を含み

L/W = 89.7ton KG = 1.07m

載貨重量は

トレーラ : 60ton KG = 2.7m

旅客 : 10ton KG = 2.6m とする。

モーメントの計算より

	重量 (t)	KG (m)	Mt (t-m)
L/W	89.7	1.07	95.98
トレーラ	60.0	2.70	162.00
旅客	10.0	2.60	26.00
排水量	159.7	1.78	283.98

2) 乾舷

乾舷はデッキまでの深さ = 1.6m とし、 $f = 1.6 - 1.1 = 0.5\text{m}$ とする。

3) 復原性の基準

同モデル規則 4.2 では全長 20m を超える船舶の運航者は主管庁に対し、乗員数、最大許容貨物積載量、載貨時の喫水と乾舷、水密隔壁の位置等の情報を提出し、承認の取得を求めている。また、規則 4.7 **Stability and freeboard requirement** では、ヒーリングモーメントを求めて、最大の傾斜時に、乾舷の 50% が確保出来ることを求めている。

計算式は次のとおりであり、どちらか大きいヒーリング状態での検証を求めている。

(a) $M_p = (W) \times (B_p) / 6$; and

(b) $M_w = P \times A \times H$

ここで、	M_p	: 旅客によるヒーリングモーメント
	W	: 乗客総重量 (75 kg/人) (65 kg: 閉囲された水域)
	B_p	: 乗客甲板の横方向長さ
	M_w	: 風によるヒーリングモーメント
	P	: 風圧 (36.6 kg/m ² : 閉囲された水域、73.3 kg/m ²)
	A	: 長手の風圧面積
	H	: 風圧面積の中心高さ

M_p 計算の結果:

$$W = 100 \times 75 \text{ kg} = 7500 \text{ kg}, \quad B_p = 6\text{m} / 6 = 1$$

$$M_p = 7,500 \times 1 = 7,500 \text{ kg-m}$$

M_w 計算の結果:

$$P = 24 \times 0.5 \times 73.3 \times 0.25 = 220 \text{ kg-m}$$

4) 船体の復原性能

箱船として、GM 値を求める。

$$L = 24\text{m}, \quad B = 6\text{m} \text{ であるから}$$

$$I = L \times B^3 / 12 = \mathbf{432\text{m}^4}$$

$$BM = I / \nabla \text{ であるから} \quad \text{ここに } \nabla = \text{排水容積 (m}^3\text{)} = 159.7$$

$$BM = 2.71\text{m}$$

$$KB = d/2 \text{ として}$$

$$KB = 0.55\text{m}$$

よって

$$KM = KB + BM = \mathbf{3.26\text{m}}$$

$$GM = KM - KG = \mathbf{1.48\text{m}}$$

上記旅客によるヒールモーメントにより本船のヒール角は

$$\tan \theta = \text{heel moment} / \Delta \times GM \quad \text{ここに } \Delta : \text{排水量 (t)}$$

$$=0.0423 \quad (\text{約 } 2.4 \text{ 度})$$

$$\tan \theta = 0.0423$$

$$0.05787 \times B / 2 = 127\text{mm} = 25.4\% < 50\% \cdot \cdot \text{OK}$$

上記計算から乗客 100 名が片舷に偏荷重になった場合も乾舷の 50%以下であり、基準値は満足する。

(2) 規則の適用

本規則では 1.1.2 及び 1.3.1 では次のように除外規定が示されている。

1.1.2 Subject to 1.1.1 the following are excluded from the Regulations:

(a) floating equipment and floating installations, to the extent that the Administration considers that application of the Regulations is not appropriate ;

1.3.1 The Administration may exempt from the application of all or part of the Regulations:

(a) vessels or classes of vessels operating on navigable waterways as designated by the Administration, where it considers that the sheltered nature and conditions of such operations are such as to render the application of any specific provisions of the Regulations unreasonable or unnecessary;

これらから、本船は浮体式の限定水域にしようするものと考えし、また特殊船型(浮体)につき、乾舷の最小要求値等は適用しないものとする。

また、同モデル規則の安全設備規則等については、出来るだけ考慮するものとする。

5.2.3 構造設計

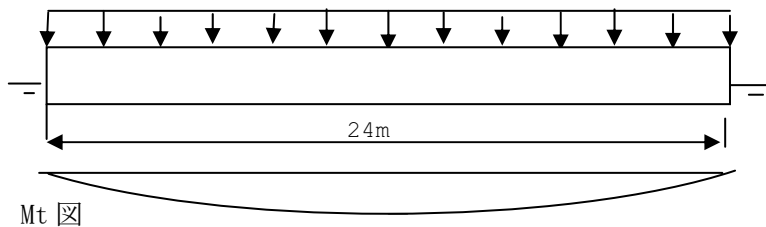
構造設計は 6m×2m×2mのボックス構造を基本として、更に構造様式、荷重の種類、強度基準(船級協会規則)、規則波中波浪荷重を検討する。

箱型浮体の静水中曲げモーメントの考え方

L=24m, B=6m, D=1.6m の鋼製の箱型浮体の曲げモーメントの検討を行う。

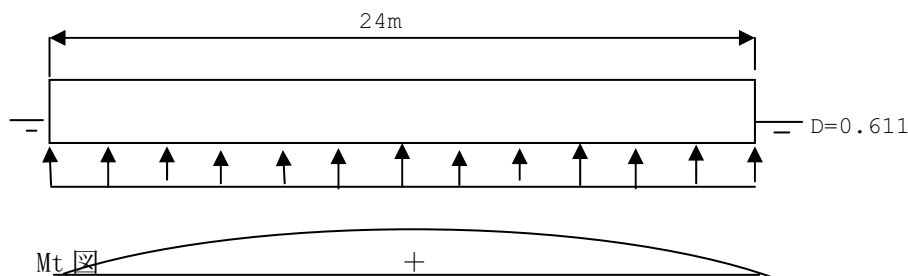
1. 浮体の自重によるモーメント

自重は 88.1tf と推定されているため、これを長さ方向(全長 24m)の一樣分布荷重として取り扱う。喫水 d は $d = 88.1 / (24.0 \times 6.0) = 0.611\text{m}$ となる。



2. 浮体の浮力によるモーメント

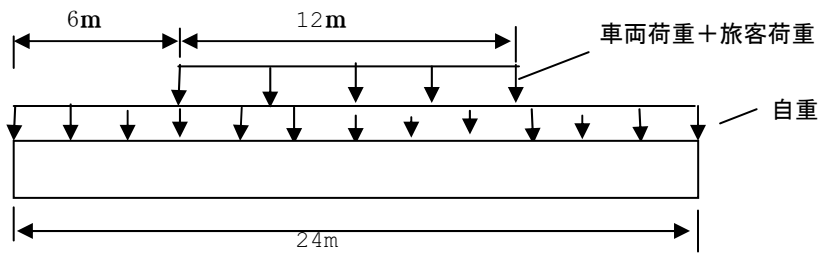
上記喫水に対する浮力は上向きの力として一樣分布となる。即ち 1. の場合と同様の荷重分布が上向きに働くこととなる。



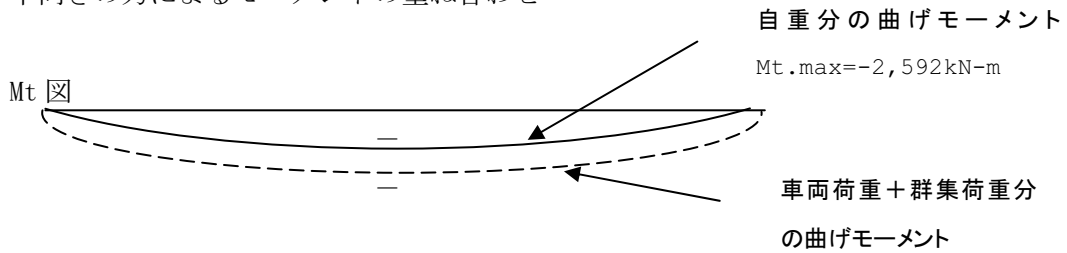
即ち、1. と 2. を加えあわせれば静水中でのモーメントは働かないこととなる。

3. 車両荷重 (60tf) と群集荷重 (10tf) が浮体中央部に作用する場合のモーメント

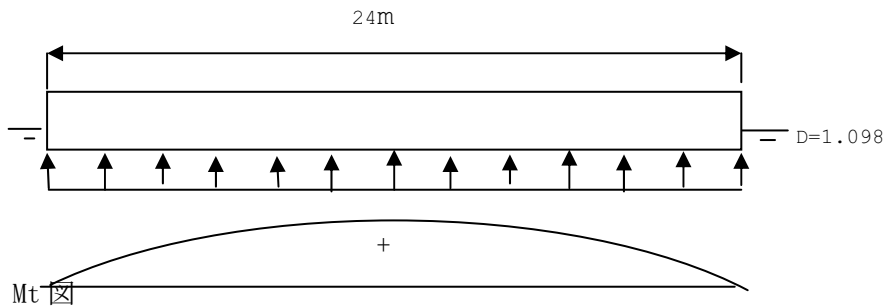
上記浮体自重 88.1tf に加え、70tf が新たに下向きの力として作用する。この 70tf が浮体中央部 12m に分布することとなる。喫水は、70tf を自重 88.1tf に加えたものに対する浮力を算定して $d = (88.1 + 60 + 10) / (24.0 \times 6.0) = 1.098\text{m}$ となる。



下向きの力によるモーメントの重ね合わせ



4. 自重+車両荷重+群集荷重に対する浮体の浮力モーメント
 浮力は分布荷重として上向きに働く。(喫水は 1.098m)



5.2.4 強度・堪航性計算

構造設計を基に、連結されたボックス構造から、船体縦強度、船体縦曲げモーメント、船体縦曲げによるせん断力、船体横断面に生ずる垂直応力、せん断応力、許容応力と安全率、船体横強度等を計算し、運航に十分な強度を有することを確認する。

1. 船体強度の検討

河川横断フェリーの強度計算における設計条件は、5.1.2「設計条件の特定」に記した荷重等の条件とする。

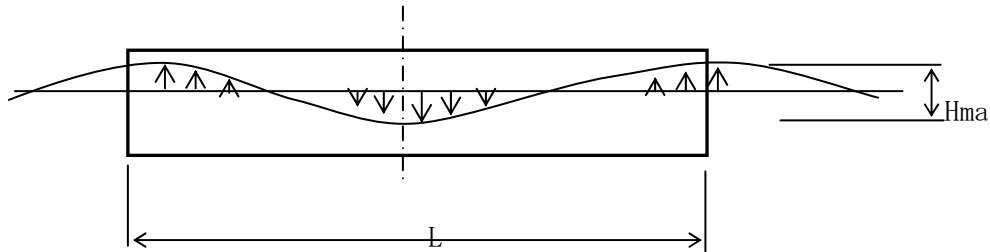
(1) 縦曲げの検討 (長さ方向)

(1)-1 浮体に作用する縦曲げモーメント (長さ方向)

1) 波浪縦曲げモーメント

航行時の波浪曲げモーメントは Muller の式より求める。

「浮体構造物技術マニュアル (財) 沿岸開発技術研究センター」より



※ 波長は浮体長さ (L=24m) と同じとする。

付録B ミューラーの式

ミューラーの式は、図-B.1に示す波浪状態の時、図-B.2に示すせん断力 $S(X)$ と縦曲げモーメント $M(X)$ とねじりモーメント $C(X)$ が式-(1), (2)及び(3)で与えられる。

$$S(X) = \frac{w_0 B \zeta_0 \sin \gamma}{2 \beta^2 \tau} \left\{ L \sin \left(2 \beta \frac{X}{L} \right) - 2 X \sin \beta \right\} \quad (1)$$

$$M(X) = \frac{w_0 B L^2 \zeta_0 \sin \gamma}{4 \beta^2 \tau} \left\{ \frac{4 X^2 - L^2}{2 L^2} \beta \sin \beta + \cos \left(2 \beta \frac{X}{L} \right) - \cos \beta \right\} \quad (2)$$

$$C(X) = \frac{w_0 B^2 L \zeta_0}{4} \cdot \frac{\cos \beta \frac{X}{L} - \cos \beta}{\beta} \cdot \frac{\sin \gamma - \tau \cos \gamma}{\tau^2} \quad (3)$$

ここに、

- B : 浮体の幅
- H : 波高 (原則として有義波高の2倍とする)
- L : 浮体の長さ
- X : x 座標 ($-L/2 \leq X \leq L/2$)
- k : 波数 ($k = 2\pi/\lambda$)
- w_0 : 海水の単位体積重量
- α : 浮体の長軸に対する波の入射角
- β : ($=0.5 kL \cos \alpha$)
- γ : ($=0.5 kB \sin \alpha$)
- ζ_0 : 波の振幅 ($=H/2$)
- λ : 波長

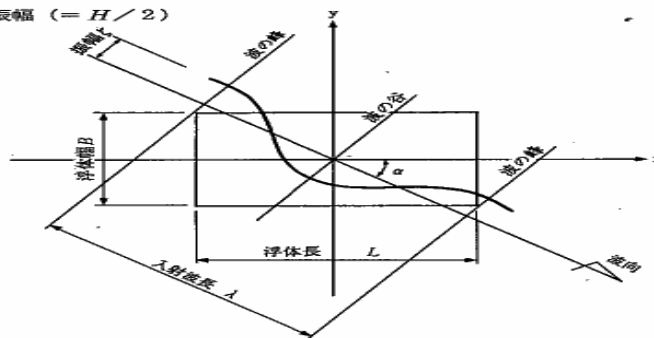


図-B.1 浮体に作用する波浪状態

波浪縦曲げモーメント条件：

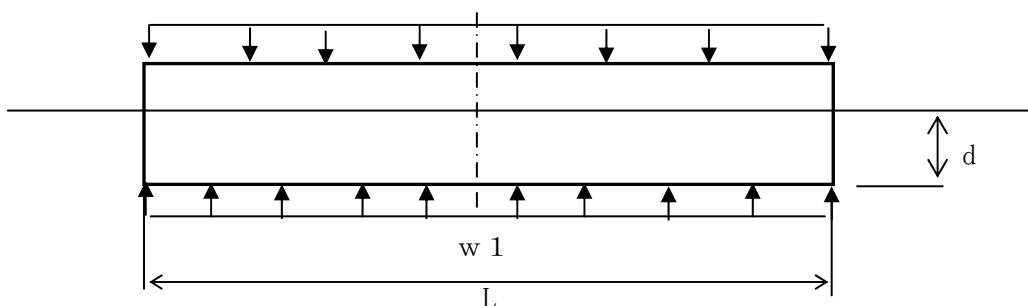
- $L = 24.00$ m
- $B = 6.00$ m
- α (deg) = 0.0 deg
- $H_{max} = 1.20$ m
- λ 波長 = 24.00 m

表 5-3: 波浪縦曲げモーメント計算

X 座標 (m)	モーメント (kN・m)	せん断力 (kN)	ねじりモーメント (kN・m)
-12.00	0.0	0.0	0.0
-10.80	25.7	-42.5	0.0
-9.60	100.3	-80.8	0.0
-8.40	216.5	-111.2	0.0
-7.20	362.9	-130.8	0.0
-6.00	525.2	-137.5	0.0
-4.80	687.6	-130.8	0.0
-3.60	834.0	-111.2	0.0
-2.40	950.2	-80.8	0.0
-1.20	1024.8	-42.5	0.0
0.00	1050.5	0.0	0.0
1.20	1024.8	42.5	0.0
2.40	950.2	80.8	0.0
3.60	834.0	111.2	0.0
4.80	687.6	130.8	0.0
6.00	525.2	137.5	0.0
7.20	362.9	130.8	0.0
8.40	216.5	111.2	0.0
9.60	100.3	80.8	0.0
10.80	25.7	42.5	0.0
12.00	0.0	0.0	0.0
Mmax=1050.5kN・m →Mmax①とする Smax=137.5kN →Smax①とする Cmax=0.0kN・m			

2) 静水中の縦曲げモーメント

浮体両端で支持された単純はりとして、浮力及び甲板上荷重による曲げモーメントを求める。自重 879.54 kN (推定値) のときの吃水 $\{=879.54 / (24.0 \times 6.0 \times 10.0)\}=0.61\text{m}$ となる。



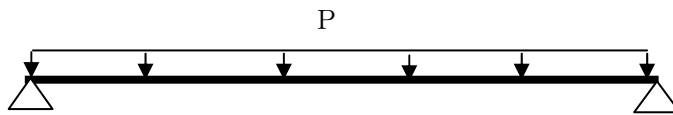
自重 $w_1 = W/B = 879.54/24.0 = 36.6 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{\max} = w_1 \times L^2/8 = 36.6 \times 24.0^2 / 8 = -2635.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\max} = w_1 \times L/2 = 36.6 \times 24.0/2 = -439.2 \text{ kN}$

この自重に対する浮力による曲げモーメント及びせん断力を求める。

浮力 $w_1 = B \times d \times \gamma_w = 6.0 \times 0.61 \times 10.0 = 36.6 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{\max} = w_1 \times L^2/8 = 36.6 \times 24.0^2 / 8 = 2635.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\max} = w_1 \times L/2 = 36.6 \times 24.0/2 = 439.2 \text{ kN}$

即ち、自重によるモーメント、せん断力と浮力によるモーメント、せん断力は相殺する

○荷重載荷時① 車両荷重(30tf)×2台+旅客荷重

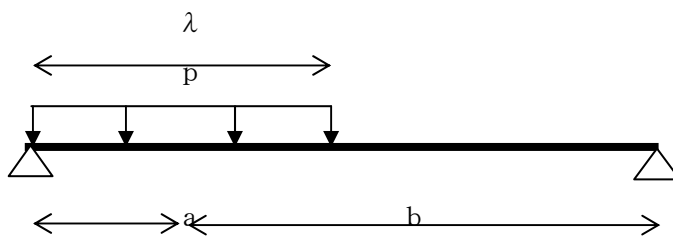


荷重① $P = (30.0 \times 2 + 10.0) / 24.0 \times 9.8 = 28.6 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{\max} = P \times L^2/8 = 28.6 \times 24.0^2 / 8 = -2059.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\max} = P \times L/2 = 28.6 \times 24.0/2 = -343.2 \text{ kN}$

浮力① $P = (30.0 \times 2 + 10.0) / 24.0 \times 9.8 = 28.6 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{\max} = P \times L^2/8 = 28.6 \times 24.0^2 / 8 = 2059.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\max} = P \times L/2 = 28.6 \times 24.0/2 = 343.2 \text{ kN}$

浮力は荷重載荷による増加分とする。

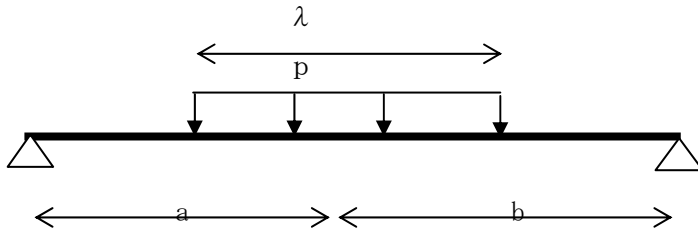
○荷重載荷時② 車両荷重(60tf)×1台+旅客荷重(偏心)



荷重② $P = (60.0 + 10.0) / 12.0 \times 9.8 = 57.2 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{\max} = ab \lambda / L^2 P (L - \lambda / 2) = 6.0 \times 18.0 \times 12.0 / 24.0^2 \times 57.2 \times (24.0 - 12.0/2) = -2316.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\max} = b \lambda / LP = 18.0 \times 12.0 / 24.0 \times 57.2 = -514.8 \text{ kN}$

浮力② $P = (60.0 + 10.0) / 24.0 \times 9.8 = 28.6 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M(x=a) = P \times L^2 / 2 \cdot (x/L - x^2/L^2)$
 $= 28.6 \times 24.0^2 / 2 \times (6.0/24.0 - 6.0^2/24.0^2) = 1544.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\text{max}} = P \times L / 2 = 28.6 \times 24.0 / 2 = 343.2 \text{ kN}$
 浮力は荷重載荷による増加分とする。

○ 荷重載荷時③ 車両荷重(60tf)×1台+旅客荷重(中央)



荷重③ $P = (60.0 + 10.0) / 12.0 \times 9.8 = 57.2 \text{ kN/m}$
 $M_{\text{max}} = ab \lambda / L^2 P (L - \lambda / 2) = 12.0 \times 12.0 \times 12.0 / 24.0^2 \times 57.2 \times (24.0 - 12.0 / 2) =$
 曲げモーメント $-3088.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\text{max}} = b \lambda / LP = 12.0 \times 12.0 / 24.0 \times 57.2 = -343.2 \text{ kN}$

浮力③ $P = (60.0 + 10.0) / 24.0 \times 9.8 = 28.6 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{\text{max}} = P \times L^2 / 8 = 28.6 \times 24.0^2 / 8 = 2059.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\text{max}} = P \times L / 2 = 28.6 \times 24.0 / 2 = 343.2 \text{ kN}$

浮力は荷重載荷による増加分とする。まとめとして、下表のようになる。

表 5-4 : 浮力の合成値

	$M_{\text{max}}②$ (kN・m)	$S_{\text{max}}②$ (kN)	状態
自重+浮力	0.0	0	相殺
浮力+荷重満載時①	0.0	0	相殺
浮力+荷重満載時②	-772.2	-171.6	サギング(船底引張)
浮力+荷重満載時③	-1029.6	0	サギング(船底引張)

3) 縦曲げモーメントの合成

波浪中及び静水中の縦曲げモーメントを加え合わせる。

サギング(甲板引張)の最大曲げモーメント

$$M_{\text{max}} = M_{\text{max}}① + M_{\text{max}}② = 1050.5 + 0.0 = 1050.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

サギング(船底引張)の最大曲げモーメント

$$M_{\text{max}} = M_{\text{max}}① + M_{\text{max}}② = 1050.5 + 1029.6 = 2080.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

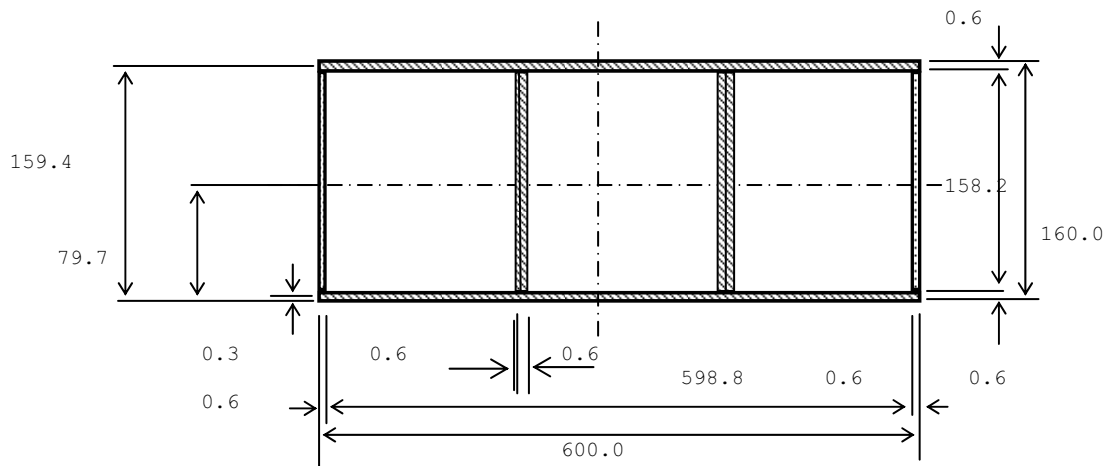
最大せん断応力

$$S_{max} = S_{max①} + S_{max②} = 137.5 + 171.6 = 309.1 \text{ kN}$$

(1)-2 浮体断面係数の計算 (縦曲げ強度検討用)

浮体の板材のみで検討を行う。

図 5-2 : 浮体縦断面図



単位 (cm)

3 ブロックを一体断面として評価

表 5-5 : 浮体断面諸係数

	A (cm ²)	y (cm)	Ay (cm ³)	Ay ² + (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)	= I _x ' (cm ⁴)
甲板	720.00	159.400	1.15E+05	1.83E+07	86.40	1.83E+07
側壁	569.52	79.700	4.54E+04	3.62E+06	1.19E+06	4.81E+06
船底	360.00	0.300	108.00	32.40	10.80	43.20
Σ	1649.52		1.60E+05			2.31E+07

○ 図心及び断面係数の算定式

図心
$$y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

断面 2 次モーメント
$$I_x = \sum I_x' - \sum A \cdot y^2$$

甲板側 断面係数
$$Z_{xD} = \frac{I_x}{(D - y)}$$

船底側
$$Z_{xB} = \frac{I_x}{y}$$

図心 (cm)	ΣAy	ΣA	y		
	1.60E+05	1649.52	97.16		
断面 2 次モーメント (cm ⁴)	$\Sigma I_x'$	ΣA	y	I_x	
	2.00E+07	1649.52	97.16	7.53E+06	
断面係数 (m ³)	I_x	D	y	Z_{xD}	Z_{xB}
	7.53E+06	160.00	97.16	1.20E+05	7.75E+04

(1)-3 縦曲げモーメントによる応力 (長さ方向)

縦曲げモーメントによる応力は、以下の式による。

$$\begin{aligned} \cdot \text{甲板側} \quad \sigma_d &= \frac{M_{\max}}{Z_{xD}} && (\text{N/mm}^2) \\ \cdot \text{船底側} \quad \sigma_b &= \frac{M_{\max}}{Z_{xB}} && (\text{N/mm}^2) \end{aligned}$$

	M_{\max} (kN・m)	Z_{xD}, Z_{xB} (cm ³)	σ_d, σ_b (N/mm ²)
甲板側	1050.5	119796.41	8.8
船底側	2080.1	77480.51	26.8

鋼板の許容曲げ応力 140N/mm² 0. K.

せん断力による応力は、以下の式による。

$$\tau = \frac{S_{\max}}{Aw}$$

ここに Aw : 側壁の断面積

	S_{\max} (kN)	Aw (cm ²)	τ (N/mm ²)
	309.1	569.52	5.4

鋼板の許容曲げ応力 80N/mm² 0. K

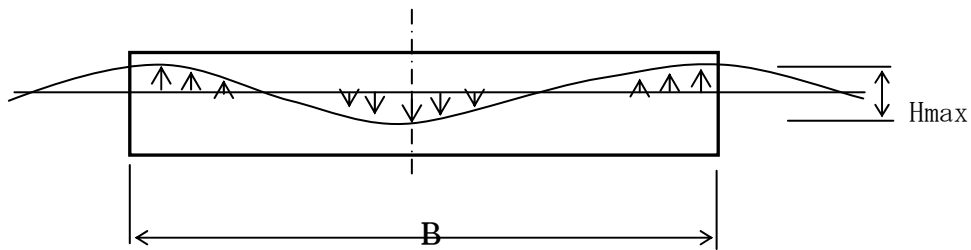
(2) 横曲げの検討 (幅方向)

(2)-1 浮体に作用する横曲げモーメント (幅方向)

1) 波浪横曲げモーメント

航行時の波浪曲げモーメントは Muller の式より求める。

「浮体構造物技術マニュアル (財) 沿岸開発技術研究センター」より



※波長は浮体長さ (L=24m) と同じとする。

次式により、曲げモーメントを求める。

$$M_{\max} = \pm H_{\max} \cdot \gamma_w \cdot L \cdot \left(\frac{B}{2\pi} \right)^2$$

ここに、

- γ_w : 水の単位体積重量
- H_{\max} : 最大波高
- B : 浮体の幅
- L : 浮体の長さ

	$H_{1/3}$ (m)	Hmax (m)	γ_w (kN/m ³)	L (m)	B (m)	Mmax① ± (kN・m)
縦曲げ	-	1.20	10.0	24.0	6.0	262.6

次式により、せん断力を求める。

$$S_{\max} = H_{\max} \cdot \gamma_w \cdot L \cdot \left(\frac{B}{4\pi} \right)$$

	$H_{1/3}$ (m)	Hmax (m)	γ_w (kN/m ³)	L (m)	B (m)	Smax① (kN)
縦曲げ	-	1.20	10.0	24.0	6.0	137.5

波浪横曲げモーメント

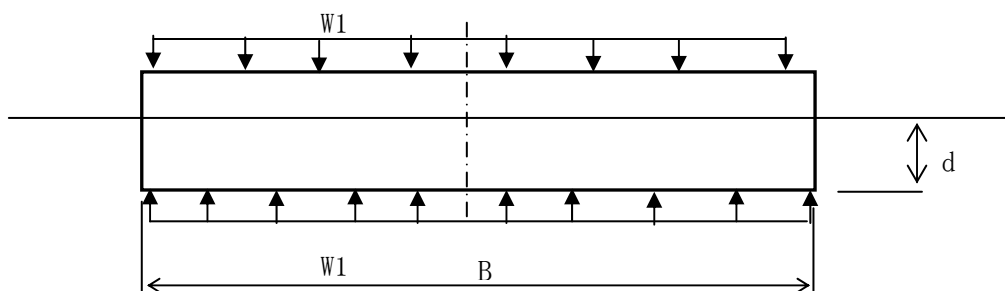
- 条件 $L' = 6.00$ m
- $B' = 24.00$ m
- α (deg) = 0.0 deg
- Hmax = 1.20 m
- $\lambda = 24.00$ m

表 5-6: 波浪横曲げモーメント計算

X 座標 (m)	モーメント (kN・m)	せん断力 (kN)	ねじりモーメント (kN・m)
-3.00	0.0	0.0	0.0
-2.70	1.1	-7.2	0.0
-2.40	4.1	-12.2	0.0
-2.10	8.2	-15.1	0.0
-1.80	13.0	-16.4	0.0
-1.50	17.9	-16.0	0.0
-1.20	22.5	-14.4	0.0
-0.90	26.4	-11.7	0.0
-0.60	29.4	-8.3	0.0
-0.30	31.3	-4.3	0.0
0.00	32.0	0.0	0.0
0.30	31.3	4.3	0.0
0.60	29.4	8.3	0.0
0.90	26.4	11.7	0.0
1.20	22.5	14.4	0.0
1.50	17.9	16.0	0.0
1.80	13.0	16.4	0.0
2.10	8.2	15.1	0.0
2.40	4.1	12.2	0.0
2.70	1.1	7.2	0.0
3.00	0.0	0.0	0.0
Mmax=32.0kN・m →Mmax②とする Smax=16.4kN →Smax②とする Cmax=0.0kN・m			

2) 静水中の曲げモーメント

浮体両端で支持された単純はりとして、浮力及び甲板上搭載荷重による曲げモーメントを求める。自重 879.54 kN (推定値) のときの吃水 $\{=879.54 / (24.0 \times 6.0 \times 10.0)\} = 0.61\text{m}$ となる。



自重	$w_1 = W/B = 879.54/6.0 = 146.4 \text{ kN/m}$
曲げモーメント	$M_{\max} = w_1 \times B^2/8 = 146.4 \times 6.0^2 / 8 = -658.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$
せん断力	$S_{\max} = w_1 \times B/2 = 146.4 \times 6.0/2 = -439.2 \text{ kN}$

この自重に対する浮力による曲げモーメント及びせん断力を求める。

浮力	$w_1 = L \times d \times \gamma_w = 24.0 \times 0.61 \times 10.0 = 146.4 \text{ kN/m}$
曲げモーメント	$M_{\max} = w_1 \times L^2/8 = 146.4 \times 6.0^2 / 8 = 658.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$
せん断力	$S_{\max} = w_1 \times B/2 = 146.4 \times 6.0/2 = 439.2 \text{ kN}$

即ち、自重によるモーメント、せん断力と浮力によるモーメント、せん断力は相殺する。

○ 荷重載荷時① 車両荷重(30tf)×2台+旅客荷重

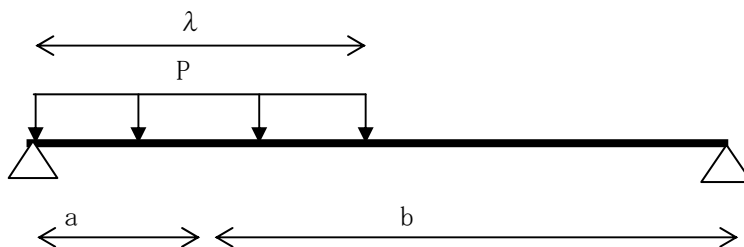


荷重①	$P = (30.0 \times 2 + 10.0) / 6.0 \times 9.8 = 114.3 \text{ kN/m}$
曲げモーメント	$M_{\max} = P \times B^2/8 = 114.3 \times 6.0^2 / 8 = -514.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$
せん断力	$S_{\max} = P \times B/2 = 114.3 \times 6.0/2 = -342.9 \text{ kN}$

浮力①	$P = (30.0 \times 2 + 10.0) / 6.0 \times 9.8 = 114.3 \text{ kN/m}$
曲げモーメント	$M_{\max} = P \times B^2/8 = 114.3 \times 6.0^2 / 8 = 514.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$
せん断力	$S_{\max} = P \times B/2 = 114.3 \times 6.0/2 = 342.9 \text{ kN}$

浮力は荷重載荷による増加分とする。

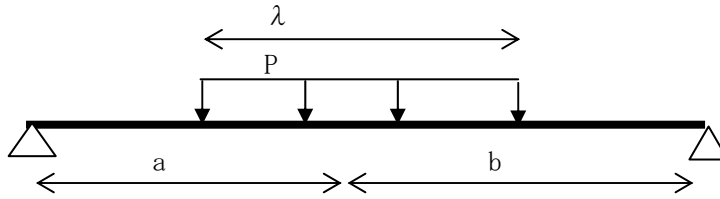
○ 荷重載荷時② 車両荷重(60tf)×1台+旅客荷重(偏心)



荷重②	$P = (60.0 + 10.0) / 3.0 \times 9.8 = 228.7 \text{ kN/m}$
曲げモーメント	$M_{\max} = ab \lambda / B^2 P (B - \lambda / 2) = 1.5 \times 4.5 \times 3.0 / 6.0^2 \times 228.7 \times (6.0 - 3.0/2) = -578.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$
せん断力	$S_{\max} = b \lambda / BP = 4.5 \times 3.0 / 6.0 \times 228.7 = -514.6 \text{ kN}$

浮力② $P = (60.0 + 10.0) / 6.0 \times 9.8 = 114.3 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{(x=a)} = P \times B^2 / 2 \cdot (x/B - x^2/B^2) = 114.3 \times 6.0^2 / 2 \times (1.5/6.0 - 1.5^2/6.0^2) = 385.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\text{max}} = P \times B / 2 = 114.3 \times 6.0 / 2 = 342.9 \text{ kN}$
 浮力は荷重載荷による増加分とする。

○ 荷重載荷時③ 車両荷重(60tf)×1台+旅客荷重(中央)



荷重③ $P = (60.0 + 10.0) / 3.0 \times 9.8 = 228.7 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{\text{max}} = ab \lambda / B^2 P (B - \lambda / 2) = 3.0 \times 3.0 \times 3.0 / 6.0^2 \times 228.7 \times (6.0 - 3.0 / 2) = -771.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\text{max}} = b \lambda / BP = 3.0 \times 3.0 / 6.0 \times 228.7 = -343.1 \text{ kN}$

浮力③ $P = (60.0 + 10.0) / 6.0 \times 9.8 = 114.3 \text{ kN/m}$
 曲げモーメント $M_{\text{max}} = P \times B^2 / 8 = 114.3 \times 6.0^2 / 8 = 514.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 せん断力 $S_{\text{max}} = P \times B / 2 = 114.3 \times 6.0 / 2 = 342.9 \text{ kN}$

浮力は荷重載荷による増加分とする。まとめとして、下表のようになる。

表 5-7 : 浮力の合成値

	$M_{\text{max}}②$ (kN・m)	$S_{\text{max}}②$ (kN)	状態
自重+浮力	0.0	0	相殺
浮力+荷重満載時①	0.0	0	相殺
浮力+荷重満載時②	-193.1	-171.7	サギング(船底引張)
浮力+荷重満載時③	-257.5	-0.2	サギング(船底引張)

3) 横曲げモーメントの合成

サギング(甲板引張)の最大曲げモーメント

$M_{\text{max}} = M_{\text{max}}① + M_{\text{max}}② = 32.0 + 0.0 = 32.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

サギング(船底引張)の最大曲げモーメント

$M_{\text{max}} = M_{\text{max}}① + M_{\text{max}}② = 32.0 + 257.5 = 289.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

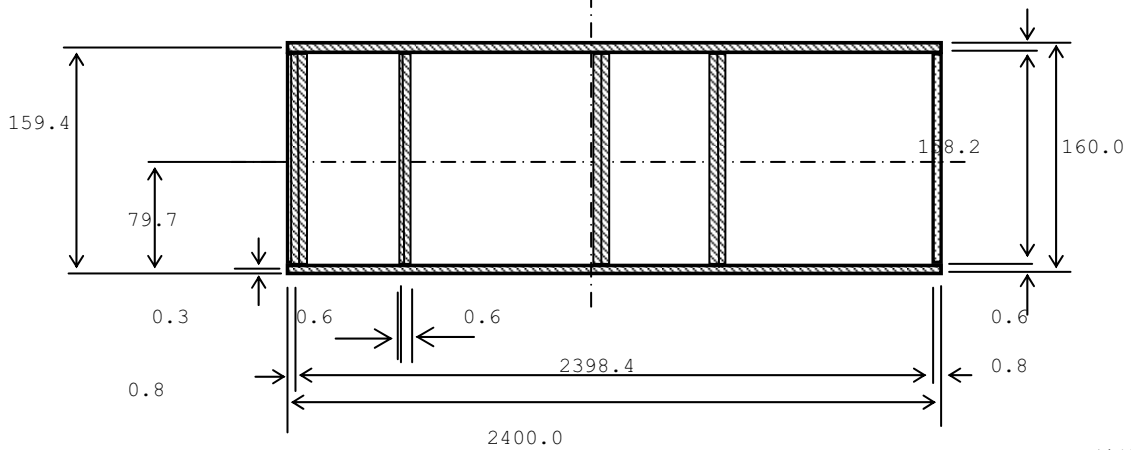
最大せん断応力度

$$S_{max} = S_{max①} + S_{max②} = 16.4 + 171.7 = 188.1 \text{ kN}$$

(2)-2 浮体断面係数の計算（横曲げ強度検討用）

浮体の板材のみで検討を行う。

図 5-3：浮体横断面図



単位 (cm)

3 ブロックを一体断面として評価

表 5-8：浮体断面諸係数

	A (cm^2)	y (cm)	Ay (cm^3)	Ay ² + (cm^4)	I _o (cm^4)	=I _x ' (cm^4)
甲板	2880.00	159.400	4.59E+05	7.32E+07	345.60	7.32E+07
側壁	1012.48	79.700	8.07E+04	6.43E+06	2.E+06	9.E+06
船底	1440.00	0.300	432.00	129.60	43.20	172.80
Σ	5332.48		5.40E+05			8.17E+07

○図心及び断面係数の算定式

$$\text{図心} \quad y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

$$\text{断面 2 次モーメント} \quad I_x = \sum I_x' - \sum A \cdot y^2$$

$$\text{甲板側} \quad Z_{xD} = \frac{I_x}{(D - y)}$$

断面係数

$$\text{船底側} \quad Z_{xB} = \frac{I_x}{y}$$

図心 (cm)	ΣAy	ΣA	y		
	5.40E+05	5332.48	101.3		
断面 2 次モーメント (cm ⁴)	$\Sigma Ix'$	ΣA	y	I_x	
	8.17E+07	5332.48	101.3	2.70E+07	
断面係数 (m ³)	I_x	D	y	Z_{xD}	Z_{xB}
	2.70E+07	160.00	101.3	4.60E+05	2.67E+05

(2)-3 横曲げモーメントによる応力 (幅方向)

横曲げモーメントによる応力は、以下の式による。

・甲板側 $\sigma_d = \frac{M_{\max}}{Z_{xD}}$ (N/mm²)

・船底側 $\sigma_b = \frac{M_{\max}}{Z_{xB}}$ (N/mm²)

	M_{\max} (kN・m)	Z_{xD}, Z_{xB} (cm ³)	σ_d, σ_b (N/mm ²)
甲板側	32.0	459954.59	0.1
船底側	289.5	266528.48	1.1

鋼板の許容曲げ応力 140N/mm² 0. K.

せん断力による応力は、以下の式による。

$$\tau = \frac{S_{\max}}{Aw}$$

ここに Aw : 側壁の断面積

S_{\max} (kN)	Aw (cm ²)	τ (N/mm ²)
188.1	1012.48	1.9

鋼板の許容曲げ応力 80N/mm² 0. K.

2. ブロック接合部の検討

(1) ボルト接合方式

(1)-1 幅方向断面

1) 甲板側及び船底側の全引張力

縦曲げモーメントによって発生した引張力をボルトで受け持つとする。甲板及び船底に発生する全引張力 (T) は、以下の通りである。

$$T = M_{\max} / h'$$

ここで、

T : 縦曲げによって甲板及び船底に発生する全引張力 (N)

M_{\max} : 縦曲げモーメント (kN・m)

h' : 図心 y から接合部までの距離 (m)

	M_{\max} (kN・m)	h' (m)	T (kN)
甲板	1050.50	0.63	1667.5
船底	2080.10	0.97	2144.4

2) ボルトの検討

ボルトの本数 (n) は、下式により求める。

表 5-9 : ボルト寸法と引張応力

	T (N)	使用径 (mm)	内径 (mm)	断面積 (mm ²)	本 数	一本当たりの応力
						σ_1 (N/mm ²)
甲板	1667500	M30	26.21	561	15	198.16
船底	2144400	M30	26.21	561	15	254.83

ボルトの許容引張応力 σ_a 470N/mm² OK (JIS B 1051 SCM435 強度区分 10.9)

$$F = S_{\max}$$

ここで、F : 縦曲げによって甲板及び船底に発生する全せん断力 (N)

表 5-10 : ボルト寸法と剪断力

	F (N)	使用径 (mm)	内径 (mm)	断面積 (mm ²)	本 数	一本当たりの応力度
						τ (N/mm ²)
甲板	309100	M30	26.21	561	15	36.73
船底	309100	M30	26.21	561	15	36.73

ボルトの許容引張応力 σ_a 270N/mm² OK (JIS B 1051 SCM435 強度区分 10.9)

合成応力

$$\sigma_g = \sqrt{(\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2)} \leq 1.1 \cdot \sigma_a$$

ここで、

σ_g : 合成応力 (N/mm²)

σ_1 : 曲げモーメント及び軸方向力による応力 (N/mm²)

τ : 曲げ及びねじりによるせん断応力 (N/mm²)

合成応力に対する許容値は許容引張応力の 1.1 倍とする。

甲板

$$\sigma_g = \sqrt{(198.16^2 + 3 \times 36.73^2)} = 208.12 \text{ N/mm}^2 \leq 1.1 \times 470 = 517 \text{ N/mm}^2 \cdot \dots \cdot 0. \text{K}$$

$$\text{船底 } \sigma_g = \sqrt{(254.83^2 + 3 \times 36.73^2)} = 257.46 \text{ N/mm}^2 \leq 1.1 \times 470 = 517 \text{ N/mm}^2 \cdot 0. \text{K}$$

幅方向断面で 3 ブロック接合するため、各ブロック同士のボルト（強度区分 10.9）の接合本数は各ブロック毎、甲板、船底で各 5 本 (M30) が必要である。

(1)-2 長さ方向断面

1) 甲板側及び船底側の全引張力

縦曲げモーメントによって発生した引張力をボルトで受け持つとする。甲板及び船底に発生する全引張力 (T) は、以下の通りである。

$$T = M_{\max} / h'$$

ここで、

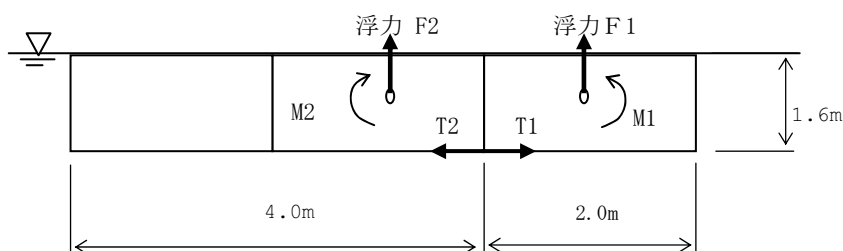
T : 縦曲げによって甲板及び船底に発生する全引張力 (N)

M_{\max} : 縦曲げモーメント (kN・m)

h' : 図心 y から接合部までの距離 (m)

	M_{\max} (kN・m)	h' (m)	T (kN)
甲板	32.00	0.59	54.2
船底	289.50	1.01	286.6

船底にかかる引張力は、浮体上端が水面に没した場合の浮力を受け持つ場合に発生する曲げモーメントを検討する。（縦曲げにより船底に作用する引張力より大きくなるため）



浮力 $F = L \times b \times D \times \gamma_w$ (N)

浮力によるモーメント $M = F \times b/2$ (N・m)

下側ボルトに発生する張力 $T1 = M1 / h'$ (N)

下側ボルトに発生する張力 $T2 = M2 / h'$ (N)

L (m)	b (m)	h' (m)	γ_w (N/m ³)	F1 (N)	M1 (N・m)	T1 (N)
24	2.0	1.01	10000.00	484800.00	4.85E+05	480000
L (m)	b (m)	h' (m)	γ_w (N/m ³)	F2 (N)	M2 (N・m)	T2 (N)
24	4.0	1.01	10000.00	969600.00	1.94E+06	2E+06

$$T = T1 + T2 = 2400000 \text{ N}$$

2) ボルトの検討

ボルトの本数 (n) は、下式により求める。

表 5-11 : ボルト寸法と引張応力

	T (N)	使用径 (mm)	内径 (mm)	断面積 (mm ²)	本数	一本当たりの応力
						(N/mm ²)
甲板	54200	M30	26.21	561	15	6.44
船底	2400000	M30	26.21	561	15	285.20

ボルトの許容引張応力 470N/mm²…0.K. (JIS B 1051 SCM435 強度区分 10.9)

$$F = S_{\max}$$

ここで、F : 縦曲げによって床版及び底版に発生する全せん断力 (N)

表 5-12 : ボルト寸法と剪断力

	F (N)	使用径 (mm)	内径 (mm)	断面積 (mm ²)	本数	一本当たりの応力度
						(N/mm ²)
甲板	188100	M30	26.21	561	15	22.35
船底	188100	M30	26.21	561	15	22.35

ボルトの許容せん断応力 270N/mm²…0.K (JIS B 1051 SCM435 強度区分 10.9)

$$\text{合成応力 } \sigma_g = \sqrt{(\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2)} \leq 1.1 \cdot \sigma_a$$

ここで、

σ_g : 合成応力 (N/mm²)

σ_1 : 曲げモーメント及び軸方向力による応力 (N/mm²)

τ : 曲げ及びねじりによるせん断応力 (N/mm²)
 合成応力に対する許容値は許容引張応力の 1.1 倍とする。

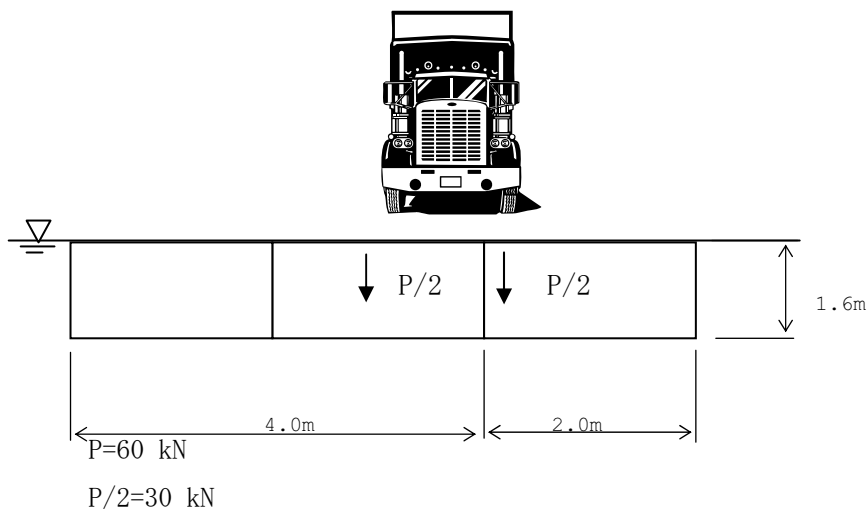
甲板

$$\sigma_g = \sqrt{(6.44^2 + 3 \times 22.35)} = 39.24 \text{ N/mm}^2 \leq 1.1 \times 470 = 517 \text{ N/mm}^2 \dots 0. K$$

船底

$$\sigma_g = \sqrt{(285.20^2 + 3 \times 22.35^2)} = 287.82 \text{ N/mm}^2 \leq 1.1 \times 470 = 517 \text{ N/mm}^2 \dots 0. K$$

次に、車両上載時に左右に偏心して荷重がブロック接合部に作用した場合のせん断力が甲板接合部に集中して作用した場合を考える。



1 ブロックの接合ボルト (長さ方向断面) 1 本にて負担した場合の確認を行う。

	F (N)	使用径 (mm)	内径 (mm)	断面積 (mm ²)	本数	一本当たりの応力度
						(N/mm ²)
甲板	30000	M30	26.21	561	1	53.48

ボルトの許容せん断応力 270N/mm²...0. K (JIS B 1051 SCM435 強度区分 10.9)

長さ方向断面で5ブロック接合するため、各ブロック同士のボルト (強度区分 10.9) の接合本数は甲板、船底で各 3 本 (M30) が必要である。

(2) 鍵型 (フック) + ピン接合方式

(2)-1 幅方向断面

1) 甲板側及び船底側の全引張力

縦曲げモーメントによって発生した引張力を甲板はピンで、船底側は鍵型 (フック) で受けるものとする。甲板及び船底に発生する全引張力 (T) は、以下の通りである。

$$T = M_{\max} / h'$$

ここで、

- T : 縦曲げによって甲板及び船底に発生する全引張力 (N)
 M_{\max} : 縦曲げモーメント (kN・m)
 h' : 図心 y から接合部までの距離 (m)

	M_{\max} (kN・m)	h' (m)	T (kN)
甲板	1050.50	0.63	1667.5
船底	2080.10	0.97	2144.4

甲板はピン結合、船底側は鍵型（フック）による接合とする。

2) 鍵型（フック）の検討

フックの本数、形状は、下式により求める。

表 5-13：フック寸法と剪断力

	T (N)	フック幅 (mm)	フック厚 (mm)	断面積 (mm ²)	本数	一本当たりの応力
						(N/mm ²)
船底	2144400	60	80	4800	9	49.64

フックの許容せん断応力 100N/mm²…0. K (SM490)

3) ピンの検討

$$F = S_{\max}$$

ここで、F： 縦曲げによって床版及び底版に発生する全せん断力 (N)

T≥F より、引張力 T で検討する。

表 5-14：ピン寸法と剪断力

	T (N)	使用径 (mm)	内径 (mm)	断面積 (mm ²)	本数	一本当たりの応力
						(N/mm ²)
甲板	1667500	M42	37.13	1082	15	102.74

ボルトの許容せん断応力 270N/mm²…0. K. (JIS B 1051 SCM435 強度区分 10.9)

幅方向断面で 3 ブロック接合するため、各ブロック同士の接合は甲板でピン 5 箇所 (M42 強度区分 10.9) 船底でフック 3 箇所 (SM490) 必要である。

(2)-2 長さ方向断面

1) 甲板側及び船底側の全引張力

縦曲げモーメントによって発生した引張力をボルトで受け持つとする。甲板及び船底に発生する全引張力 (T) は、以下の通りである。

$$T = M_{\max} / h'$$

ここで、

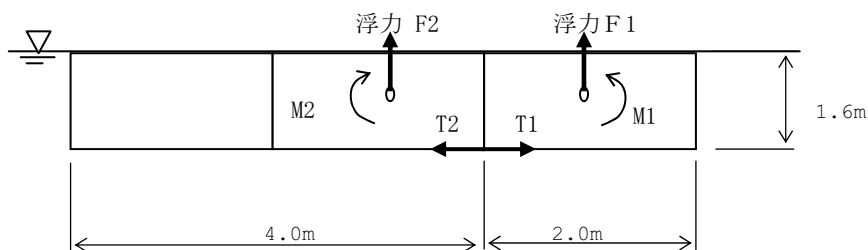
T : 縦曲げによって甲板及び船底に発生する全引張力 (N)

M_{\max} : 縦曲げモーメント (kN・m)

h' : 図心 y から接合部までの距離 (m)

	M_{\max} (kN・m)	h' (m)	T (kN)
甲板	32.00	0.59	54.2
船底	289.50	1.01	286.6

船底にかかる引張力は、浮体上端が水面に没した場合の浮力を受け持つ場合に発生する曲げモーメントを検討する。(波浪及び静水中曲げによる引張力より大きい)



浮力 $F = L \times b \times D \times \gamma_w$ (N)

浮力によるモーメント $M = F \times b/2$ (N・m)

下側ボルトに発生する張力 $T1 = M1 / h'$ (N)

下側ボルトに発生する張力 $T2 = M2 / h'$ (N)

L (m)	b (m)	h' (m)	γ_w (N/m ³)	F1 (N)	M1 (N・m)	T1 (N)
24	2.0	1.01	10000.00	484800.00	4.85E+05	480000
L (m)	b (m)	h' (m)	γ_w (N/m ³)	F2 (N)	M2 (N・m)	T2 (N)
24	4.0	1.01	10000.00	969600.00	1.94E+06	2E+06

$$T = T1 + T2 = 240000 \text{ N}$$

2) 鍵型 (フック) の検討

フックの本数、形状は、下式により求める。

表 5-15：フックの寸法と剪断力

	T	フック幅	フック厚	断面積	本数	一本当たりの応力
	(N)	(mm)	(mm)	(mm ²)		(N/mm ²)
船底	2400000	60	80	4800	20	25.00

3) ピンの検討

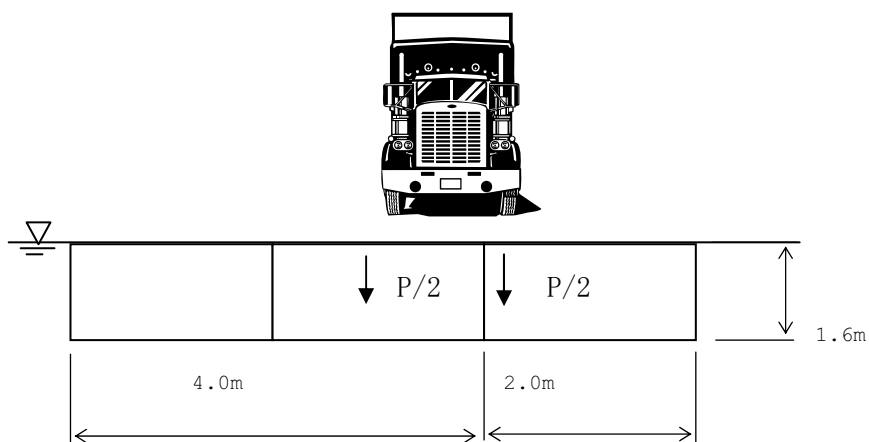
$$F = S_{\max}$$

ここで、F： 縦曲げによって甲板及び船底に発生する全せん断力 (N)

表 5-16：ピンの寸法と剪断力

	F	使用径	内径	断面積	本数	一本当たりの応力
	(N)	(mm)	(mm)	(mm ²)		(N/mm ²)
甲板	188100	M30	26.21	561	15	22.35

次に、車両上載時に左右に偏心して荷重がブロック接合部に作用した場合のせん断力が甲板接合部に集中して作用した場合を考える。



$$P=60 \text{ kN}$$

$$P/2=30 \text{ kN}$$

表 5-17：1ブロックの接合ボルト（長さ方向断面）1本にて負担した場合

	F	使用径	内径	断面積	本数	一本当たりの応力
	(N)	(mm)	(mm)	(mm ²)		(N/mm ²)
甲板	30000	M30	26.21	561	1	53.48

幅方向断面で3ブロック接合するため、各ブロック同士の接合は床版でピン3箇所（M30 強度区分 10.9）底版でフック4箇所（SM490）必要である。

5.2.5 推進装置設計

推進装置は試設計のベースケースに基づき、必要な推力を求めた後、推進方策について諸検討を行う。推進方法は既存の推進システム（ハイドロマスター等）を含み、簡便な軸系が成立するかを検討する。また、バリエーションの設計において、推力が少なくてもよい場合（速度が低速で良い場合）を考慮して設計を行う。

1. 推進システムの検討

河川横断用フェリーボートの船体（浮体）抵抗計算及び必要馬力

本船要目（箱船）

LoaxBxD=24mx6mx1.6m d=1.00m

Full Load の状態を下記とする。

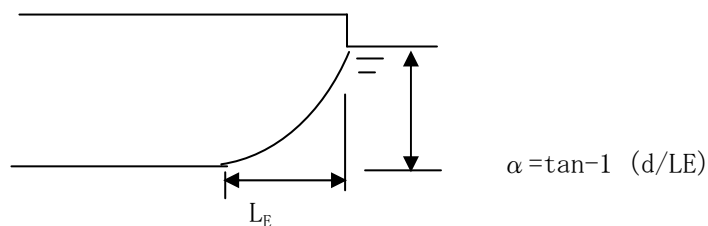
$\Delta =$	136 t		
d =	1.00 m	B/d =	6.00
Lwl =	24.00 m	Lwl/B =	4.00

(1) 船体抵抗の推定

1) 前後の船底カットアップの影響の検討

船体抵抗を求める際に、船底部前後のカットアップ量の抵抗係数に及ぼす影響を定量的に求める。資料：作業船 No. 63 May 1969 “「バージ」類の船体抵抗概略計算法について”

図 5-3：船底の形状



上図において、 d/LE を角度表示 α として、この角度における各フルード^{*}数の C_t 値を求める。文献の表 5 を転記して（但し、 LE/d の角度の欄は今回記入）

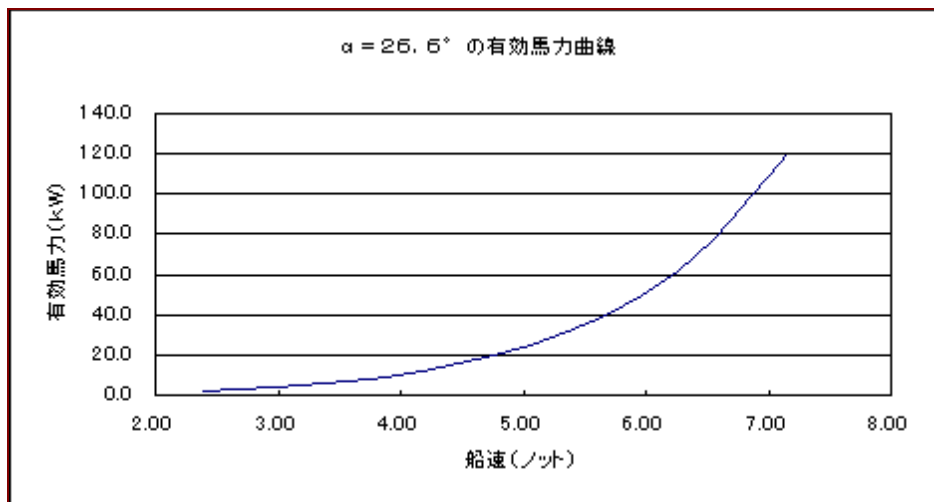
表 5-18: 船底角度と抵抗係数

		$C_t = R_t / \rho B d v^2$							
v/\sqrt{Lg}	L_E/d	0	1	2	3	4	5	6	7
		90°	45°	26.6°	18.4°	14°	11.3°	9.5°	8.1°
0.08		0.710	0.245	0.150	0.117	0.106	0.100	0.098	0.096
0.10		0.755	0.260	0.161	0.128	0.111	0.107	0.103	0.102
0.12		0.805	0.280	0.180	0.138	0.121	0.113	0.108	0.105
0.14		0.850	0.305	0.200	0.152	0.131	0.122	0.115	0.111
0.16		0.905	0.325	0.225	0.165	0.144	0.131	0.122	0.117
0.18		0.960	0.380	0.249	0.181	0.156	0.142	0.130	0.120
0.20		1.025	0.455	0.285	0.201	0.170	0.154	0.140	0.132
0.22		1.120	0.550	0.335	0.222	0.187	0.168	0.153	0.141
0.24		1.230	0.670	0.400	0.258	0.208	0.187	0.170	0.156

ここで、 α の選定を行うが、H17年度の概略検討の一般配置の角度は、約 27° であるため、抵抗値は $\alpha=26.6^\circ$ のデータを用いて求める。

適用	V_s (kn)	2.39	2.98	3.58	4.17	4.77	5.37	5.96	6.56	7.16
	F_n	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
$\alpha = 26.6^\circ$	C_t	0.150	0.161	0.180	0.200	0.225	0.249	0.285	0.335	0.400
	R_t (kgf)	138.3	231.9	373.3	564.6	829.6	1162.0	1641.9	2335.3	3318.5
	EHP (ps)	2.3	4.7	9.2	16.2	27.2	42.8	67.2	105.1	162.9
	EHP (kW)	1.7	3.5	6.7	11.9	20.0	31.5	49.4	77.3	119.8

図 5-4 : 船底角度 26.6° の有効馬力



2) 前後コーナー部カットの影響の検討

日本造船技術センター技報 No. 1～No. 3 までの「箱形浮体の抵抗試験」データの中の No. 2 報告のデータ Fig. 6 全抵抗係数の減少率 C を用いる。

本船の L/B=4.00 であるが、同資料 Fig. 6 の L/B は 1.00 と 2.38 のみであるため、外挿域推定となる。また、B/d=6.00 であり、この場合も 5.62 と 3.00 の外挿域推定となる。

① B/d=3.00 のケースについての L/b の外挿による C 値

r/B	0	0.05	0.1	0.15	0.2
L/B=1.00	1.000	0.680	0.580	0.520	0.482
L/B=2.38	1.000	0.830	0.738	0.673	0.636
L/B=4.00	1.000	1.000	0.923	0.853	0.817

② B/d=5.62 のケースについての L/B の外挿による C 値

r/B	0	0.05	0.1	0.15	0.2
r/B	1.000	0.841	0.762	0.708	0.670
r/B	1.000	0.885	0.813	0.765	0.738
r/B	1.000	0.937	0.873	0.832	0.818

③ ①、②の結果より、B/d=6.00 の外挿域の C 値推定

r/B	0	0.05	0.1	0.15	0.2
B/d=3.00	1.000	1.000	0.923	0.853	0.817
B/d=5.62	1.000	0.937	0.873	0.832	0.818
B/d=6.00	1.000	0.927	0.866	0.829	0.818

上記 (1) の検討結果より、 $\alpha=26.6^\circ$ の数値を再記する。

r/B=0 に対して

r=0m

適用	Vs (kn)	2.39	2.98	3.58	4.17	4.77	5.37	5.96	6.56	7.16
	Fn	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
$\alpha = 26.6^\circ$	Ct	0.150	0.161	0.180	0.200	0.225	0.249	0.285	0.335	0.400
	Rt (kgf)	138.3	231.9	373.3	564.6	829.6	1162.0	1641.9	2335.3	3318.5
	EHP (ps)	2.3	4.7	9.2	16.2	27.2	42.8	67.2	105.1	162.9
	EHP (kW)	1.7	3.5	6.7	11.9	20.0	31.5	49.4	77.3	119.8

r/B=0.05 に対して r=0.300m

適用	Vs (kn)	2.39	2.98	3.58	4.17	4.77	5.37	5.96	6.56	7.16
	Fn	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
$\alpha = 26.6^\circ$	Ct	0.150	0.161	0.180	0.200	0.225	0.249	0.285	0.335	0.400
	Rt (kgf)	138.3	231.9	373.3	564.6	829.6	1162.0	1641.9	2335.3	3318.5
	C 値	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927
	EHP(ps)	2.1	4.4	8.5	15.0	25.2	39.7	62.3	97.5	151.1
	EHP(kW)	1.5	3.2	6.3	11.0	18.5	29.2	45.8	71.7	111.1

r/B=0.1 に対して r=0.600m

適用	Vs (kn)	2.39	2.98	3.58	4.17	4.77	5.37	5.96	6.56	7.16
	Fn	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
$\alpha = 26.6^\circ$	Ct	0.150	0.161	0.180	0.200	0.225	0.249	0.285	0.335	0.400
	Rt (kgf)	138.3	231.9	373.3	564.6	829.6	1162.0	1641.9	2335.3	3318.5
	C 値	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866
	EHP(ps)	2.0	4.1	7.9	14.0	23.5	37.0	58.2	91.0	141.1
	EHP(kW)	1.4	3.0	5.8	10.3	17.3	27.2	42.8	66.9	103.8

r/B=0.15 に対して r=0.900m

適用	Vs (kn)	2.39	2.98	3.58	4.17	4.77	5.37	5.96	6.56	7.16
	Fn	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
$\alpha = 26.6^\circ$	Ct	0.150	0.161	0.180	0.200	0.225	0.249	0.285	0.335	0.400
	Rt (kgf)	138.3	231.9	373.3	564.6	829.6	1162.0	1641.9	2335.3	3318.5
	C 値	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829
	EHP(ps)	1.9	3.9	7.6	13.4	22.5	35.5	55.7	87.1	135.0
	EHP(kW)	1.4	2.9	5.6	9.9	16.6	26.1	41.0	64.1	99.3

r/B=0.2 に対して r=1.200m

適用	Vs (kn)	2.39	2.98	3.58	4.17	4.77	5.37	5.96	6.56	7.16
	Fn	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
$\alpha = 26.6^\circ$	Ct	0.150	0.161	0.180	0.200	0.225	0.249	0.285	0.335	0.400
	Rt (kgf)	138.3	231.9	373.3	564.6	829.6	1162.0	1641.9	2335.3	3318.5
	C 値	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818
	EHP(ps)	1.9	3.9	7.5	13.2	22.2	35.0	54.9	86.0	133.3
	EHP(kW)	1.4	2.9	5.5	9.7	16.3	25.7	40.4	63.2	98.0

表 5-19 : 本船船型の $\alpha=26.6^\circ$ に対して、上記の r/B の影響の結果纏め

r/B の種別	V_s (kn)	2.39	2.98	3.58	4.17	4.77	5.37	5.96	6.56	7.16
	F_n	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
0	EHP (kW)	1.7	3.5	6.7	11.9	20.0	31.5	49.4	77.3	119.8
0.05	EHP (kW)	1.5	3.2	6.3	11.0	18.5	29.2	45.8	71.7	111.1
0.1	EHP (kW)	1.4	3.0	5.8	10.3	17.3	27.2	42.8	66.9	103.8
0.15	EHP (kW)	1.4	2.9	5.6	9.9	16.6	26.1	41.0	64.1	99.3
0.2	EHP (kW)	1.4	2.9	5.5	9.7	16.3	25.7	40.4	63.2	98.0

図 5-5 : r 及び B の定義

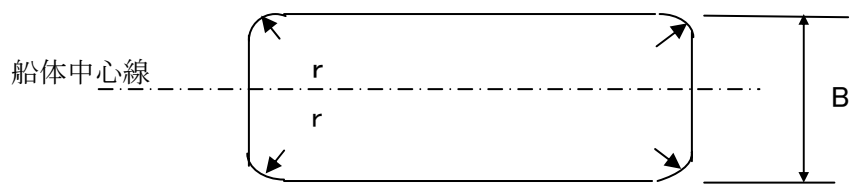
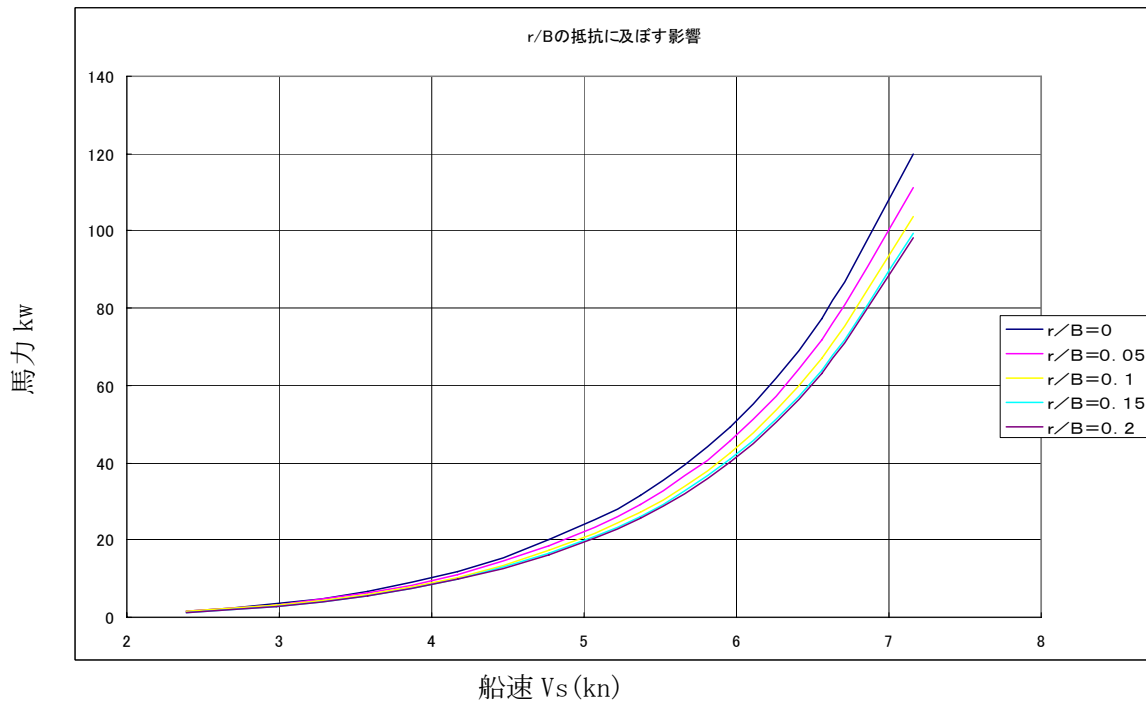


図 5-6 : r/B と抵抗の関係



(2) 推進器別の軸馬力の推定

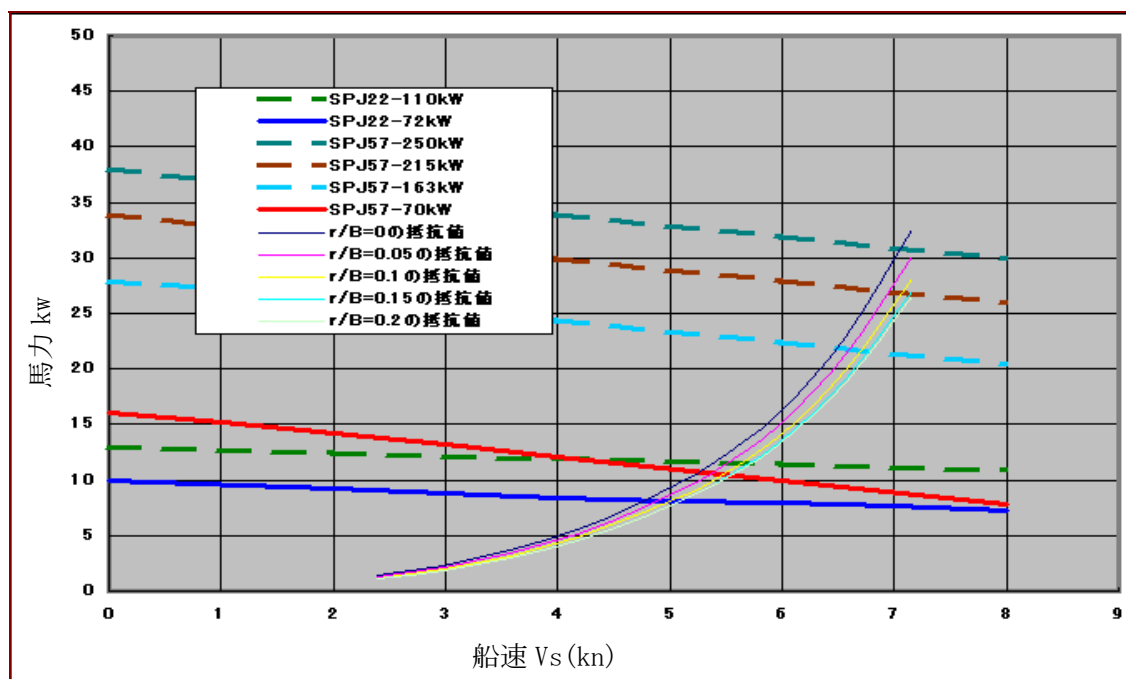
- 1) ショッテル Pump-Jet による検討

表 5-20 : ショットテル Pump-Jet の各機種種の速度(knots)と推力(kN)の関係

VS(knots)	SPJ22-110kW	SPJ22-72kW	SPJ57-250kW	SPJ57-215kW	SPJ57-163kW	SPJ57-70kW
0	13	9.9	38	34	28	16
2	12.5	9.2	36	32	26.5	14.2
4	12	8.4	34	30	24.5	12.1
6	11.5	7.9	32	28	22.4	10
8	11	7.2	30	26	20.4	7.8

上記の $\alpha = 26.6^\circ$ の r/B 別の抵抗をグラフ上に記載する。

図 5-7 : ポンプジェットの推進効率



上図より切り合い点を求め、両軸合計馬力を求める。Pump-Jet の特性は SPJ-57 を用いる。

表 5-21 : ポンプジェット (SPJ-57) による軸馬力

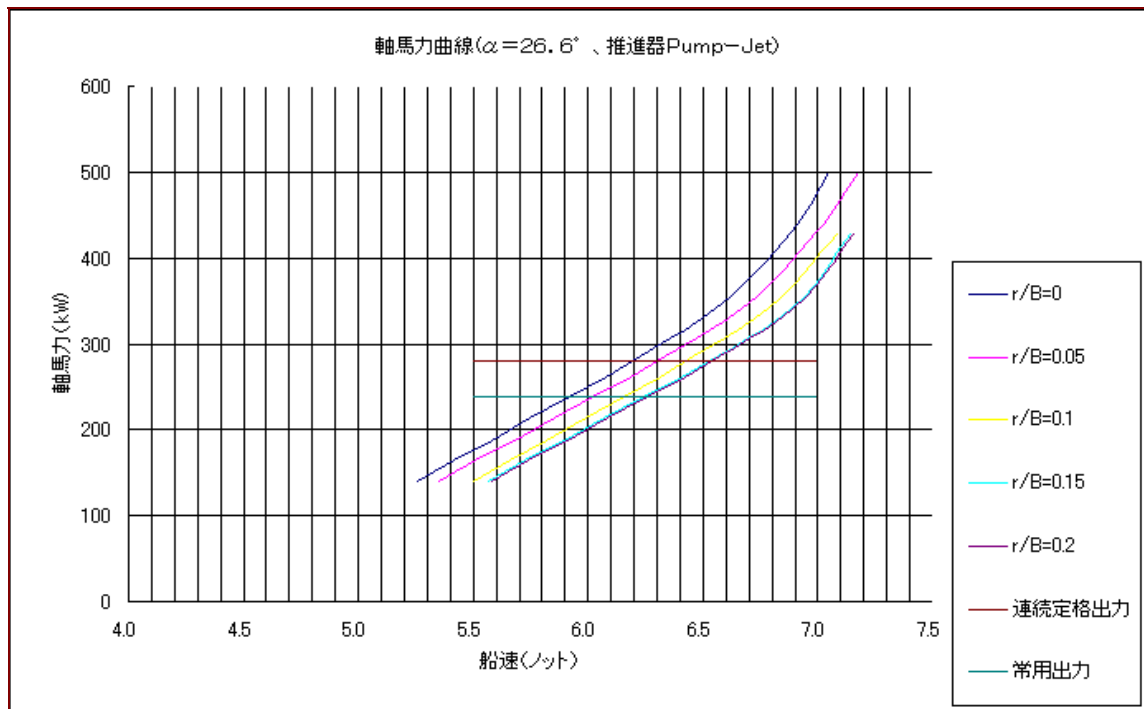
r/B=0	Vs(kn)	5.26	6.47	6.88	7.05
	SHP(kW)	140	326	430	500
r/B=0.05	Vs(kn)	5.35	6.59	6.99	7.18
	SHP(kW)	140	326	430	500
r/B=0.1	Vs(kn)	5.50	6.70	7.09	
	SHP(kW)	140	326	430	
r/B=0.15	Vs(kn)	5.57	6.81	7.15	
	SHP(kW)	140	326	430	

r/B=0.2	Vs (kn)	5.58	6.82	7.16	
	SHP (kW)	140	326	430	

想定主機関を ヤンマー 6CHK-DT と考える。(2機2軸)
 連続定格 140kW × 2500rpm 常用は85%出力とする
 実用最大 180kW × 2600rpm

	Vs (kn)	5.5	6.0	6.5	7.0
連続定格	SHP (kW)	280.0	280.0	280.0	280.0
常用出力	SHP (kW)	238.0	238.0	238.0	238.0

図 5-8 : ポンプジェット定格、常用時の速力-馬力



上記より、 $\alpha=26.6^\circ$ の船型にて、端部に $r/B=0.05$ (半径 0.3m) 以上の R を取ることに
 よりショットル Pump-Jet 推進器を用いて、常用出力にて 6 ノットが達成可能と推定される。

2) ショットル プロペラシステムによる検討

次にプロペラの検討を行う。想定主機関は上記のヤンマー6CHK-DT とする。ショットルには、プロペラのシリーズとして SRP シリーズがあり、この特性を用いる。SRP の B-series の FRP110 を用いて検討する。

要目

Z=3 BAR=0.7257 $D_p \times P \times p = 0.750m \times 0.579m \times 0.7716$

自航要素としては、下記を用いる

t=0.23 ws=0.20

メカニカルロスとしては、5%とする。

船後効率は1.0と見る。

従って、 $\eta_E = \eta_G \times \eta_t \times \eta_r = 0.95$

$\eta_H = 0.77$

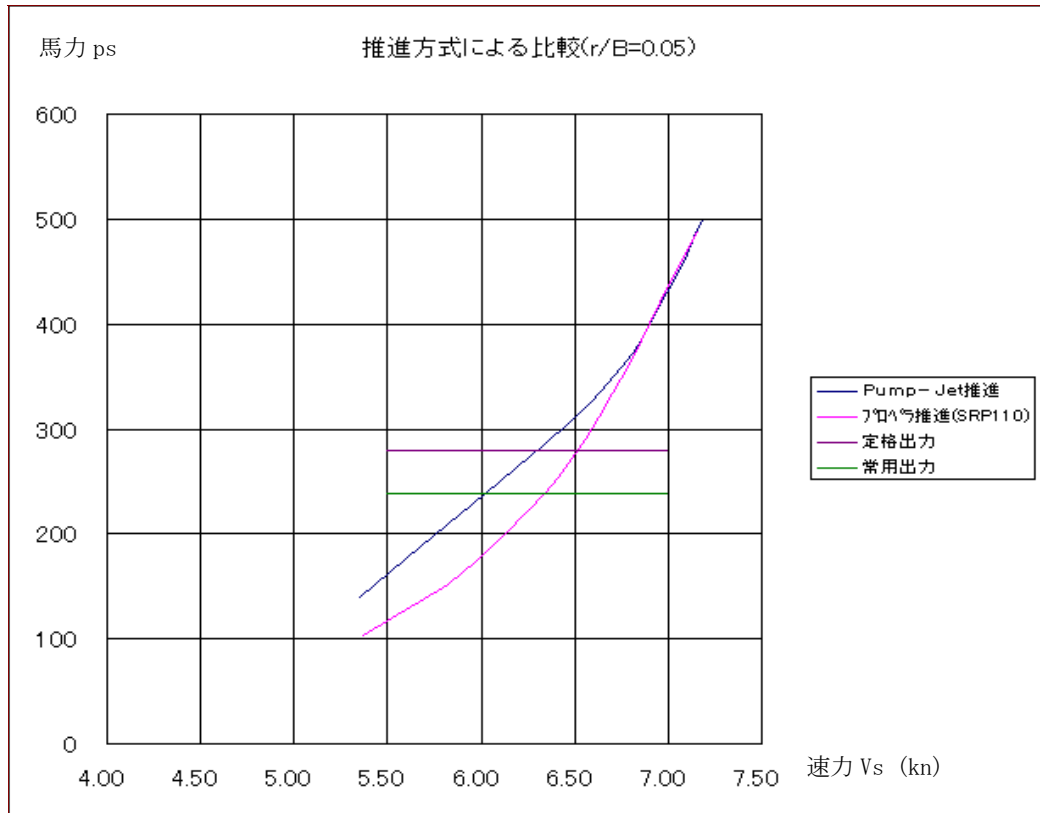
抵抗値は r/B=0.05 のものを用いる。

表 5-22 : プロペラ推進による速度、軸馬力、効率

Vs (kn)	2.39	2.98	3.58	4.17	4.77	5.37	5.96	6.56	7.16
Fn	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
EHP (ps)	2.10	4.40	8.50	15.00	25.18	39.68	62.30	97.47	151.09
Rt (kgf)	128.2	215.1	346.2	523.6	769.4	1077.7	1522.8	2165.9	3077.8
t	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
T (kgf)	166.5	279.3	449.7	680.1	999.3	1399.6	1977.7	2812.9	3997.1
T/2 (kgf)	83.3	139.7	224.8	340.0	499.6	699.8	988.9	1406.4	1998.5
(T/2)/ρ	0.816	1.369	2.204	3.334	4.898	6.861	9.695	13.789	19.594
$\sqrt{(T/2)/\rho}$	0.904	1.170	1.485	1.826	2.213	2.619	3.114	3.713	4.426
v _p	0.98	1.23	1.47	1.72	1.96	2.21	2.45	2.70	2.95
v _p D _p	0.736	0.920	1.105	1.289	1.473	1.657	1.841	2.025	2.209
$\sqrt{K_t/J}$	1.227	1.271	1.344	1.417	1.503	1.581	1.691	1.834	2.004
J	0.368	0.360	0.347	0.328	0.319	0.308	0.290	0.268	0.248
η _o	0.452	0.440	0.427	0.410	0.397	0.384	0.362	0.338	0.311
η _H	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
η _E	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
η _{all}	0.331	0.322	0.312	0.300	0.290	0.281	0.265	0.247	0.227
SHP (ps)	6.3	13.7	27.2	50.0	86.7	141.3	235.3	394.2	664.1
SHP (kW)	4.7	10.1	20.0	36.8	63.8	103.9	173.0	289.9	488.5
N _p (rpm)	213	273	340	419	492	574	677	806	950
N _E (rpm)	621	794	988	1219	1433	1670	1970	2345	2765

上記プロペラ検討の結果を Pump-Jet 検討と比較して示す。

図 5-9：ポンプジェット及びプロペラ推進性能比較



プロペラ検討結果は、ポンプジェットより、やや効率が優れるが、ダメージに対する保護等を別途考慮する必要がある。

5.2.6 艀装設計

想定されるベースケースの試設計において、船体部の艀装は主に車両搭載装置(ランプドア等)及び乗客の安全な搭乗に係る艀装である。従って、安全、堅牢で簡便なランプドア装置、乗客スペース等を考慮して次のとおりの甲板艀装を設ける。

表 5-23：甲板艀装品一覧

名 称	個数	備 考
マンホール	15	フラッシュタイプ
車止め	1 式	アングル材
手摺	1 式	SGP
ラッシング装置	2 式	
フラップ	2 式	
ランプ操作ウィンチ	2 式	手動操作
ボラード	4	

5.3 環境配慮計画

試設計の実施においては、シップリサイクルの考え方を適用し、試設計段階で分かる範囲の Inventory List の作成を行う。船舶の解撤・リサイクルの視点から、シンプルシップへのライフサイクルアセスメント (LCA) が適用可能なように問題点や課題を抽出する。

5.3.1 有害物質のインベントリー

一般商船に比較し、シンプルシップは構造、艀装が極めて単純なことから、インベントリー分析を行うために必要な質と量のデータは、メーカー機器の詳細情報を除き容易に収集可能である。即ち、シンプルシップ建造時に使用する、原材料、部品等及び、有害物質一覧を作成する。

特に建造時の禁止、制限物質は、アスベスト、オゾン層破壊物質 (フロンガス等)、ポリエンカビフェニール (PCB)、トリブチルチン (TBT) 塗料であり、これらの使用は機器部品を含み、制限するため、建造時に上記一覧表の作成を行う必要がある。

対象となる、部品等は次の表のとおり。

表 5-24：船舶における有害物質とその場所

	製品名称	使用部位
アスベスト	プロペラ軸系	フランジパッキン、クラッチ、ブレーキライニング
	ディーゼル機関	フランジパッキン、保温・断熱材
	補機	ケーシングパッキン、グランドパッキン、ブレーキライニング
	諸管、ダクト、弁類	フランジパッキン、グランドパッキン、シートパッキン、保温・断熱材
	電気装置	絶縁材
オゾン破壊物質	CFC	冷凍機冷媒（シンプルシップ使用せず）
	ハロン	消化剤
PCB	トランス	絶縁油
	コンデンサ	絶縁油
	電線	被覆、絶縁テープ
TBT	使用しない	

表 5-25：その他 有害物質を含む機器類

製品名称	使用部位
鉛	バッテリー
亜鉛	犠牲亜鉛
水銀	蛍光灯、温度計、
カドミウム	軸受け、電池
塗料	
潤滑油	
燃料油	

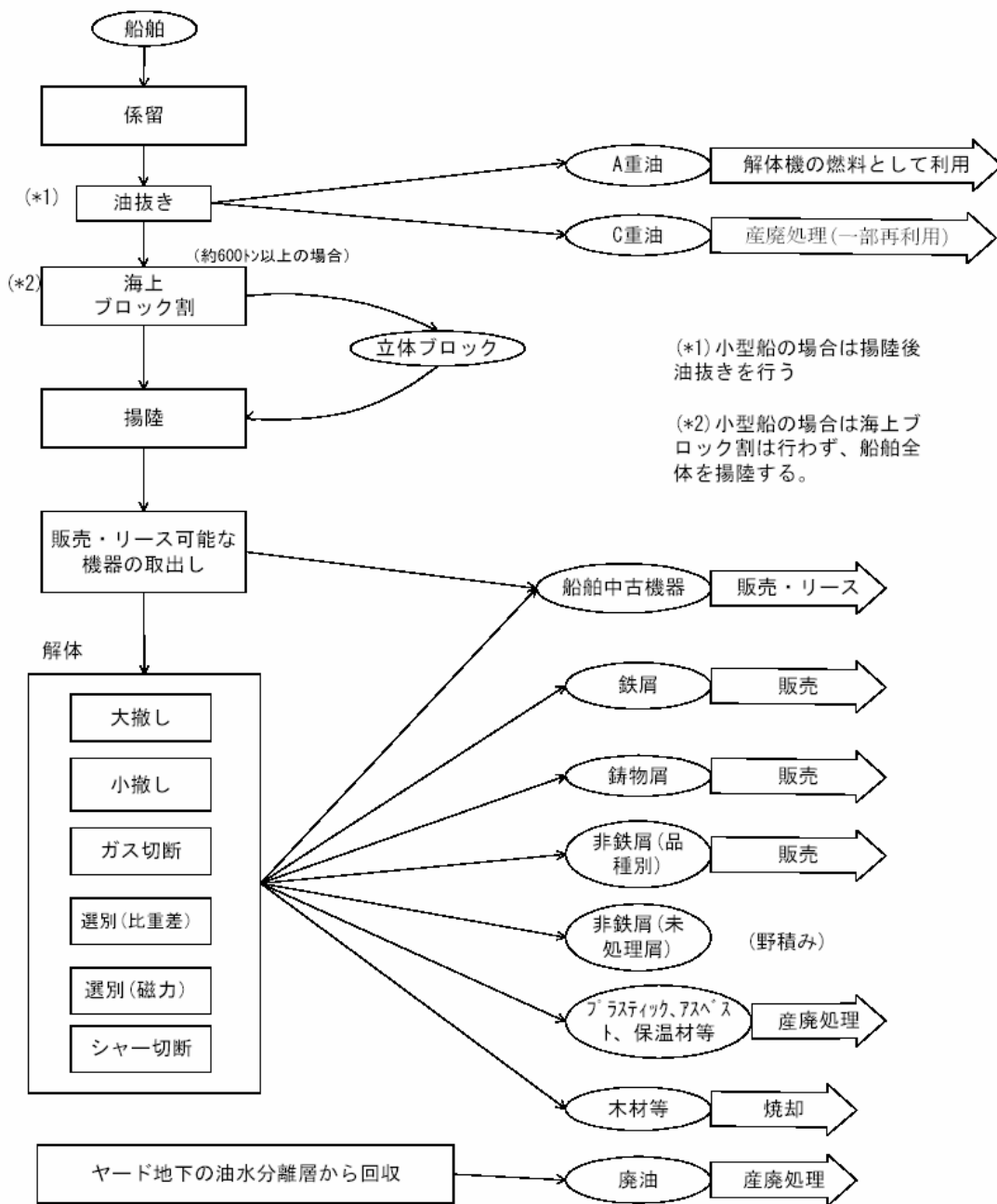
5.3.2 解体計画

シンプルシップを解体する場合、主要材料で分けると、鋼材、形鋼等は優良な伸鉄材や、中古品としてそのまま売ることができる。また、屑鉄として電炉メーカーへ再資源として提供される。その他に非鉄金属類、中古の部品や機器などがある。さらに、船体全体を水上レストラン、栈橋等として、または船体の一部を再利用(二次利用)するなどの多種多様なアウトプットがある。

一方で、解体に伴い、燃料油(軽油、A重油)、廃油が河川や土壤に流出する可能性その他に、アスベスト防熱材や船の他に、底塗料屑、外板付着生物、重金属化合物、その他危険物などがある。これらの有害物質はシンプルシップ建造時からなるべく使用しないこととし、また、解体時に容易に有害物質の場所が判別できるように、上記リストのインベントリーを作成する。

解体のプロセスを次に示す。

図 5-10：船舶解体のプロセス



また、大部件の寸法、重量等を記した簡便な組立て分解図を作成し、現地での組立て、分解作業の基本マニュアルとする。

5.4 バリエーション展開

バリエーションは、河川横断用フェリーボートのベースケースから発展させて、2バリエーションを考える。バリエーションを展開する上で、変更を考える要目は、次のとおりとする。

- 船体形状のバリエーション（船体底部のコーナー部を傾斜した場合、傾斜が無い場合）
- 推進方式のバリエーション（ポンプジェットによる推進、舷外機式プロペラによる推進）

ベースケースは船体前後傾斜を 26.6 度、角の R を 300mm、推進方式をポンプジェットとした場合、バリエーションとしては、船体前後の傾斜を無くした（90 度）の場合、夫々の船体形状と推進方式をポンプジェットと舷外機式プロペラの推進方式のそれぞれについて、運航経費や維持管理費も含め試設計を実施した。これらのバリエーションを次のとおり、呼称する。

表 5-26：シンプルシップのバリエーション

バリエーション	船体形状	推進システム
Base Case (F, PJ)	船体前後形状 26.6 度傾斜 角 R300mm	ポンプジェット
Vr-1 (F, PR)		舷外機プロペラ
Vr-2 (S, PJ)	船体前後形状傾斜無し	ポンプジェット
Vr-3 (S, PR)		舷外機プロペラ

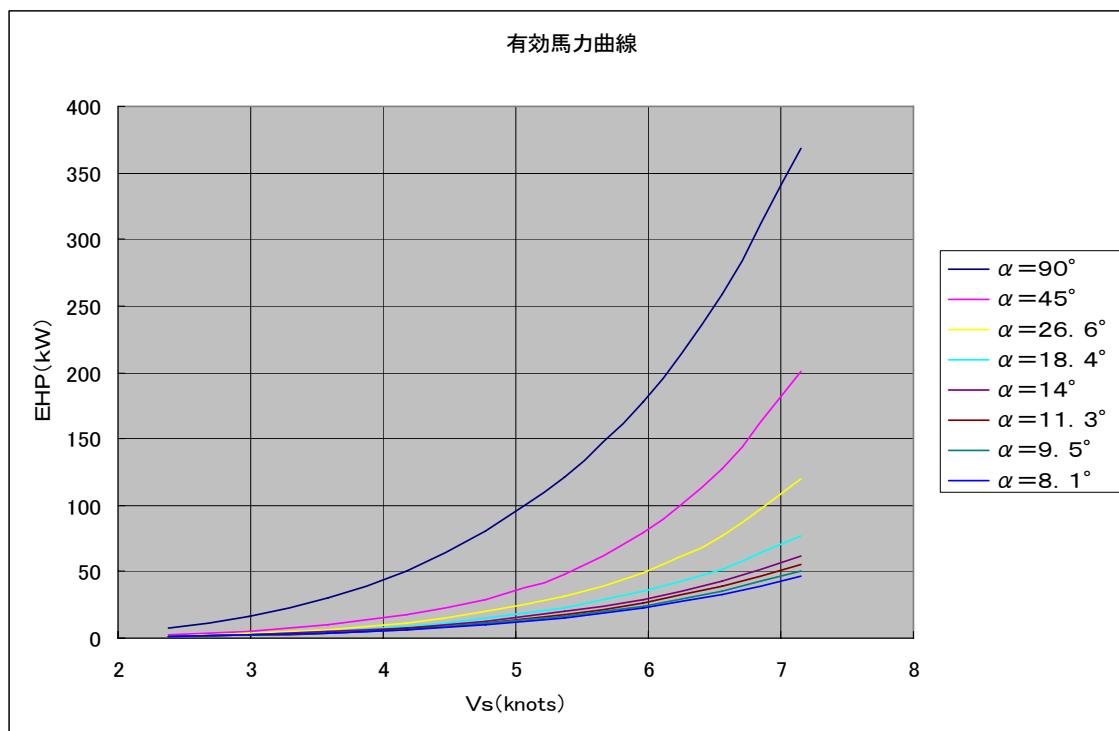
5.4.1 船体抵抗の相違

船体前後端の角度 90 度と 26.6 度の場合(26.6 度はコーナーの R=300 mm)の船体抵抗と、3 ノット、6 ノット時の有効馬力は下表の通り。

表 5-27: 船体形状の相違による抵抗値

	V s (kn)	2.98	5.96
$\alpha = 90^\circ$	C t	0.755	1.025
	R t (kgf)	1087.4	5905.3
	EHP (ps)	22.2	241.6
	EHP (kW)	16.4	177.7
$\alpha = 26.6^\circ$	C t	0.161	0.285
	R t (kgf)	231.9	1641.9
	EHP (ps)	4.4	62.3
	EHP (kW)	3.2	45.8

図 5-11：船底傾斜角度の相違による抵抗曲線



推進システムの検討より、推進システム毎の推進効率は次の表のとおり。

表 5-28：推進システムによる推進効率の相違

船速	3 ノット	6 ノット
ポンプジェット	0.266	0.208
プロペラ	0.322	0.265

上記船底傾斜角度の相違と推進システムの相違による推進効率から、各バリエーションの主機定格出力を含めた仕様は、以下のとおりとなる。

船底の前後形状を直角として、傾斜をとらない場合、ブロックの建造はシンプルで簡便であるが、極端に船体抵抗が増加し、推進に必要な出力は急激に増加する。検討では船底傾斜を45度以下にすることで、推進効率はかなり改善される事が分かった。また、船体ブロックの角のRは、船底傾斜角度に比べて、その差は少ない。

これらの検討の結果、長方形ブロック形状のまま運航することは、効率的ではなく、途上国等の運航機関で共通する運航費用の確保が困難となることが予想される。推進器の選定に関しては、プロペラ推進がポンプジェット推進より効率が若干良いが、実際の運航の環境において、喫水が十分取れる箇所ではプロペラ方式、浅喫水の場所ではポンプジェット方式等、運航の場所、条件によって、どちらを採用するか判断すればよい。

表 5-29 : バリエーションによる推進システムの相違

バリエーション	主機定格	ポンプジェット	プロペラ
Base Case (F, PJ) 船底 26.6 度傾斜 R300mm、ポンプジェット	140KW×2 基	SPJ57	—
Vr-1 (F, PR) 船底 26.6 度傾斜 R300mm、プロペラ	105KW×2 基	—	直径 800mm
Vr-2 (S, PJ) 船底傾斜無、ポンプジェット	430KW×2 基	SPJ82	—
Vr-3 (S, PR) 船底傾斜無、プロペラ	335KW×2 基	—	直径 1000mm

この仕様を元にした、建造費、維持管理費は次章に記す。

5.5 運営・維持管理、概算事業費

5.5.1 総事業費

ベースケースの 24m 河川横断フェリーの概算の総事業費は次のとおり。

(1) 総事業費 Base Case : 88,118,000 円 (建造費及び輸送費)

(船底傾斜 26.6 度、コーナーR300mm、ポンプジェット推進)

表 5-30 : 河川横断フェリー (Base Case) 総事業費

工事価格 (建造費) ・ (消費税含まず)		70,251	I + II (一般管理費)
I. 工事原価		66,420	A+B
A. 製造原価 (製作原価)		63,841	1+2
1 直接製作費		54,427	(1)～(4)
(1) 材料費		8,773	物量は積み上げ
1) 船殻		8,370	
2) 甲板部艀装		182	
3) 機関部艀装		129	
4) 電機部艀装		91	
(2) 設備機器費 (機器単体費)		13,713	
1) 甲板部機器		1,233	
2) 機関部機器		12,201	
3) 電機部機器		279	
(3) 建造工費 (労務費)		26,149	塗装費を含む
1) 船殻工費		22,192	基本的には国土交通省港湾請負工事積算基準
2) 艀装工費		3,957	
(4) 直接経費		5,793	
1) 検査料		500	
2) 上下架料		165	
3) 建造保険料		98	
5) 試運転費用		1,061	
6) 現地引渡費用		3,969	
2 間接製作費		9,414	カテゴリは“総トン数 100GT 未満”(本船の総トン数は約 90 トン)
(1) 間接労務費		3,981	(塗装費を除いた労務費の 15%)
(2) 工場管理費		5,433	(労務費+直経+間接労務費) の 15%
B. 設計技術費		2,579	
(1) 設計技術費		2,579	国土交通省港湾基準 (2-18 頁) によれば、A 製造原価の 2.02%。但し少ないため倍増
II. 一般管理費		3,830	工事原価の 6%

輸送費		17,867	
1. 輸出手続き費用		1,000	
2. 輸送費		14,040	
3. 海上保険		2,827	

(2) 総事業費 バリエーション (建造費及び輸送費)

表 5-31 : 河川横断フェリー(バリエーション)総事業費

	Vr-1 (船底傾斜有り、R300 プロペラ)	Vr-2 (船底傾斜無、ポンプ ジェット)	Vr-3 (船底傾斜無、プロペ ラ)
総事業費 (建造費+輸送費)	85,672	104,258	105,321
工事価格 (建造費)・(消費税含まず)	67,805	86,391	87,454
I. 工事原価	64,113	81,652	82,654
A. 製造原価 (製作原価)	61,534	78,995	79,998
1 直接製作費	52,270	69,764	70,811
(1) 材料費	8,763	8,715	8,701
1) 船殻	8,370	8,203	8,203
2) 甲板部艀装	182	182	182
3) 機関部艀装	129	194	194
4) 電機部艀装	82	137	123
(2) 設備機器費 (機器単体費)	11,684	29,243	30,440
1) 甲板部機器	1,233	1,233	1,233
2) 機関部機器	10,200	27,591	28,830
3) 電機部機器	251	419	377
(3) 建造工費 (労務費)	26,030	25,855	25,718
1) 船殻工費	22,192	21,304	21,304
2) 艀装工費	3,838	4,551	4,414
(4) 直接経費	5,793	5,952	5,952
1) 検査料	500	500	500
2) 上下架料	165	165	165
3) 建造保険料	98	98	98
5) 試運転費用	1,061	1,220	1,220
6) 現地引渡費用	3,969	3,969	3,969
2 間接製作費	9,264	9,231	9,187
(1) 間接労務費	3,905	3,878	3,858
(2) 工場管理費	5,359	5,353	5,329
B. 設計技術費	2,579	2,656	2,656
(1) 設計技術費	2,579	2,656	2,656
II. 一般管理費	3,692	4,740	4,800
輸送費	17,867		
1. 輸出手続き費用	1,000		
2. 輸送費	14,040		
3. 海上保険	2,827		

5.5.2 維持管理計画

試設計のベースケース、バリエーション共に想定される運航パターンを前提として、必要な運航経費及び、維持管理費を積算する。

現在のザンビア国チェンベフェリーにおける運航スケジュールを基に概算した、年間運航費用は次表のとおりである。運航費はザンビアクワチャ (KW) 及び円で表示し、単価は2007年現地調査時の単価を適用した。

バリエーションの検討結果から明らかなように、船底の前後部を傾斜させない場合に急激に、必要エンジン出力が増加する。このため、バリエーション Vr-2、3 の船体形状での運航維持は燃料代が嵩み、現実的ではない。

運航・維持費計算の条件は次のとおりである。

運航回数：	20 回/日	年間 329 日
稼働時間：	10 分/回	
機関出力：	常用 85% 定格とするが、離接岸時を考慮して、平均で 70% の出力	
使用燃料：	現地調達軽油	
乗組員：	4 名	
維持管理費：	燃料費の 10% とする。	

(維持管理費については、機械部品がエンジンと推進器に殆ど限られるため、燃料費の 10% と設定した。)

運航費の他、シンプルシップの運航・維持管理に際しては、主機関及び推進装置の日常メンテナンスが重要である。特にフェリー運航のように年間を通じて稼働日数が多く、エンジン負荷が変化する使用方法が、機材に負担がかかる。このため、就航時間後、または定期的且つ計画的なメンテナンスの確立が重要である。また、万が一故障した場合の予備機を備えておくなどの方法も検討すべきであろう。

シンプルシップでは推進器用のエンジンとしてバス、トラック等大型車両のディーゼル機関の適用も、仕様が合えば可能である。このため、エンジンについて、常に維持管理の意識を高め、故障に備えておくなど、運航機関の意識向上も必要であろう。

技術面では、船体、推進器共にシンプルな構造を目指して開発しており、特別の運航、維持管理技術は必要としないが、運航者、保守担当者共に、機器の取り扱いに熟知しておく必要がある。このため運航機関のスタッフの教育訓練も重要な課題であろう。

表 5-32：河川横断フェリー運航費用概算

	Base Case (前後傾斜 R、ポンプジェット)		Vr-1 (前後傾斜 R、プロペラ)		Vr-2 (前後傾斜無、ポンプジェット)		Vr-3 (前後傾斜無、プロペラ)		
	単位	日	年間	単位	年間	単位	年間	単位	年間
運航回数 (往復)			329		329		329		329
稼働時間/片道 (分)		20							
合計稼働時間	hr	6.67	2,194.43	hr	2,194.43	hr	2,194.43	hr	2,194.43
機関出力 (kw)	140 x 2	70%		105 x 2	430 x 2			335 x 2	
燃料消費率	270g. kw. hr			←	←			←	
燃料消費量	kg	352.98	116,130.42	kg	87,096.17	kg	356,682.06	kg	277,879.98
1. 燃料費	4100KW/1	1,476,753	485,851,757	4100KW/1	364,381,936	4100KW/1	1,492,241,271	4100KW/1	1,162,559,100
	円	43,951	14,459,874	円	10,844,700	円	44,411,943	円	34,599,973
2. その他維持管理費	10% of 1	147,675	48,585,176	10% of 1	36,438,194	10% of 1	149,224,127	10% of 1	116,255,910
	円	4,395	1,445,987	円	1,084,470	円	4,441,194	円	3,459,997
3. 運航・維持管理費計	1 + 2	1,624,428	534,436,933	1 + 2	400,820,130	1 + 2	1,641,465,398	1 + 2	1,278,815,010
	円	48,346	15,905,861	円	11,929,170	円	48,853,137	円	38,059,970
船員費	4名	142,267	51,216,000	4名	64,020,000	4名	64,020,000	4名	64,020,000
KW106, 7000/月	円	4,234	1,524,286	円	1,905,357	円	1,905,357	円	1,905,357
総年間運航・維持管理費用	KW	1,766,695	585,652,933		464,840,130		1,705,485,398		1,342,835,010
	円	52,580	17,430,147		13,834,527		50,758,494		39,965,327

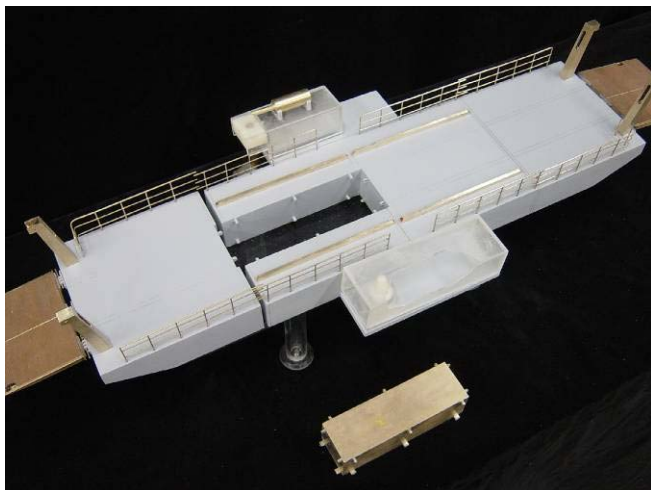
注：KW ザンビアクワチャ

6. 模型の制作

試設計を基に、24m 型河川横断フェリーボートの 50 分の 1 模型を制作した。本模型はシンプルシップのコンセプトである、組み立てやすく、撤しやすく、コンテナサイズでありブロックの結合方法がユニフロート方式であることが明確に分かるため、模型の 1 ブロックが取り外し可能とした。更にブロックの形状及び結合方式の特徴を現すために、別途 25 分の 1 のブロック模型を制作し、継ぎ手の剛性が分かるようにした。ブロックのサイズは試設計で最終的に決定した寸法とは異なるが、コンテナサイズを顕示するために、6m×2m×1.6mを基本に製作した。

推進装置は、試設計で提案したポンプジェット方式及び舷外機によるプロペラ方式の 2 通りを示すために、夫々の推進方式を 1 個ずつ左右舷に備えることとした。また、ポンプジェットの特徴が分かるよう、切欠きを設けた。

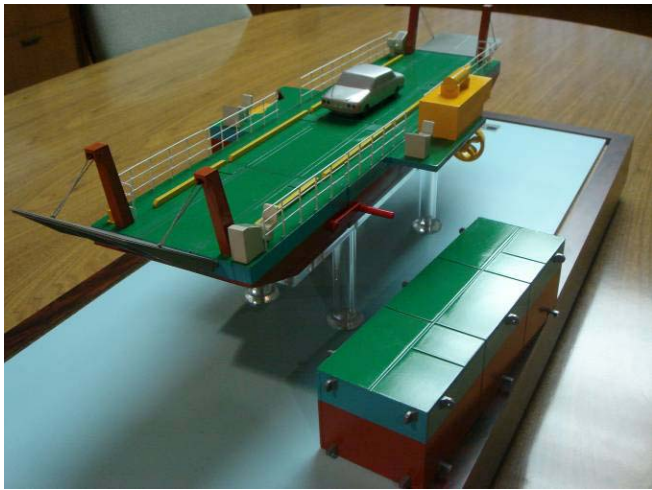
又、本模型の特徴として、アフリカにおけるセミナーへの持参を考慮して、船体ブロックは軽量な材料を用いて製作し、更に船体を 3 分割できるように考慮し、アクリル底板にボルト締めする方法を用いた。



製作過程(塗装前)、中央のブロックが抜き出し可能。船体は3分割



完成状態
推進器が左右舷で相違する。



25分の1ブロック模型
本船ランプウインチは巻上げ可能とした。

7. 現地説明会

7.1 現地関係者の状況

(1) 在ザンビア日本国大使館（ザンビア、マラウイ兼轄）（経協担当書記官）

当方よりシンプルシップの概要や今回の説明会の趣旨等について説明したところ、内容は承知し、必要性も理解したとしつつも、この地域においては、開発が必要な案件がたくさんあり、年間数十億という ODA 予算の国別の枠的なものがある中で優先度を立てて実施することになる、当館で無償候補案件の事前ヒヤリングを先に行った際、ザンビアバングエル湖の客船輸送の要望も出たが、道路や橋などがまだまだ不足しておりそちらに優先度を置いている、ということであった。一方、マラウイのシレ・ザンベジ河水路開発計画（シレ河下流からザンベジ河に亘る航路整備、港湾整備によりモザンビークのベイラ港と結ぶ輸送安定策）は大統領案件であるので注視しており、最大の問題であるモザンビークとの調整が前進すれば、可能性はある由であった。

(2) JICA マラウイ事務所

当方よりシンプルシップの概要や今回の説明会の様子等について説明したところ、内容、必要性共に理解したとし、当地の現状について話してくれた。それによれば、やはり ODA の毎年の予算枠に限られる中で優先度が高いものから行っていくことになるが、現状は、日本政府の方針としてインフラ重視となっている傾向がある。インフラと言っても債務免除により円借款は出ないため、大規模なものは出来ない状況で、必要性はあるのに進まないジレンマがある。

(3) 丸紅ヨハネスブルグ事務所

当方よりシンプルシップの概要や今回の説明会の様子等について説明し、連絡を密にして案件形成に協力方依頼した。先方は ODA はもとより、コンゴ国境近くの銅生産地との輸送路の関係でのニーズにも関心を持っていた。

7.2 現地説明会

7.2.1 ザンビア

(1) 内陸水運海事局との打合せ（ケーマ局長）

ザンビア国運輸通信省内陸水運海事局は、湖水の海上輸送の提供、ザンベジ河、カフエ河等の河川航行における航路の確保、河川航行船舶の安全確保、船舶の登録管理等に責任を負っている。河川横断のフェリーサービスの提供については、政府所有の Engineering Service Co. (ESCO) が運航、維持管理を請け負っている。

ケーマ局長との協議では、既存河川横断フェリーの更新、新規フェリーの導入計画のほか、雨季に地域の道路が冠水し交通が不可能となる幾つかのアンゴラ、コンゴ国境に近い西部の湿地帯（Swamp）について、シンプルシップを用いたフェリーの必要性が判明した。また、タンガニーカ湖での国際貿易に（セメント、砂糖の取扱）必要な貨物船、バングエル湖での離島航路の客船、ムエル湖での貨物輸送、カリバ湖での横断貨客船の需要があることも確認された。

(2) セミナー

セミナーでは当方よりシンプルシップの概要を説明するプレゼンを行い、質疑応答を行ったが、議論では、上記ケーマ局長から指摘があった航路の必要性が再確認されると共に、シンプルシップの用途として、内水漁業における港湾の浚渫船、草刈船、漁業調査機器を搭載した漁業調査船等への適用も考えられることが議論された。特に浚渫船は砂の堆積により浅くなった箇所へ移動し、バックホー等を搭載した上で浚渫することが、シンプルシップ（浅喫水とポンプジェット推進装置の組み合わせ）では可能であるため、注目度が高かった。

更に、上記の交通インフラ以外にも、民間企業からもカバヤワニの観光用旅客船としての活用が寄せられた。

技術面では、船体が鋼製であり、ユニフロート方式を前提とした結合方法も簡便で良いとの意見であった。又、ODA を想定した事業化においては、現地ポートビルダー、鉄工所等の活用、現地機関の人間の維持管理における教育訓練の実施及びフェリー発着のためのランプ等陸上側インフラの整備も事業範囲内に含めて欲しいとの声が強かった。

表 7-1：セミナー参加者（ザンビア）

	参加者名	参加者所属	所在地
1	Mr. David Kema	運輸通信省内陸水運海事局長	ルサカ市
2	Mr. B. R. Kaambwa	運輸通信省内陸水運海事局事務官	ルサカ市
3	Mr. S. B. Mbewe	運輸通信省内陸水運海事局船舶検査官	ルサカ市
4	Mr. Anthony Bwalyen	大蔵省事務官	ルサカ市
5	Mr. Adam Hussen	資源・水開発省局長	ルサカ市
6	Mr. D. Kabakwe	農業省水産局漁船課長	ルサカ市
7	Mr. G. P. Siyambango	水上警察首席検査官	ルサカ市
8	Mr. Robby Ngulube	ESCO（フェリー会社）代表取締役代行	ルサカ市
9	Mr. G. B. Msambo	カズマ・プラスチック所長	ルサカ市
10	Mr. Lionel Brooksten	アグロフェューエル所長	ルサカ市
11	Mr. Gert Jordan	スンプ・クロコダイル社長	シアボンガ市
12	Mr. Theo Pieterse	レーク・ハーベスターズ代表	シアボンガ市
13	Ms. Sophia Musonda	丸紅 連絡調整事務所	ルサカ市
14	Mr. Philip De Bruyn	丸紅 ヨハネスバーグ事務所	ヨハネスバーグ市

7.2.2 マラウイ

(1) マラウイ・レーク・サービスとの打合せ

Malawi Lake Service (MLS) での協議では、マラウイ湖の北部、中部、南部の3地域での農産物輸送、鉱物輸送（石炭、鉄鉱石他）の産物輸送、肥料輸送等の期待が寄せられた。特に地方の農業従事者は産物の販売による、現金収入ルートがなく、船舶による一括輸送により、消費地に運搬することにより、現金収入の向上と、これによる生活の向上に寄与することが期待されている。乗客輸送も、安価な輸送手段を提供することが可能となり、簡便な船舶提供への期待が高い。

マラウイ湖以外ではマラウイ湖南部のマロンベ湖、チルワ湖は浅く、水草等も多く、対岸の住民輸送の足としてシンプルシップが非常に有効であることが確認された。

政府資本の入っていない民間会社であるマラウイ・レーク・サービスが ODA で船を獲得するため、旅客輸送義務を法で負わされていることで政府に要求したいと Okhai 氏は述べたのに対し、日本の無償の場合、政府が船を保有することがおそらく必要で、政府から運航を委託される形態をとるのがありうるパターンだと説明した。

また、シレ、ザンベジ河での河川航行船舶については、現在ザンベジ河が多くの箇所で氾濫している事もあり、河川航路が不確かな場合に浅喫水のシンプルシップの活用が非常に有効であるとの見解であったが、補足調査結果に記すように、同開発計画は、モザンビーク国との調整が必要であり、実施までには時間が必要であろう。又、設計では 200 トンの貨物を予想しているが、当初は更に小型での運航を開始し、輸送需要等を見たいとの事であった。

表 7-2 : 打合せ参加者 (モンキーベイ)

	参加者名	参加者所属
1	Mr. Kassam Okhai	マラウイ・レーク・サービス会長
2	Mr. Anton Botes	マラウイ・レーク・サービス代表取締役
3	Mr. Josh B. Chitsonga	マラウイ・レーク・サービス取締役 (資産担当)
4	Capt. Lanecu Mponsa	マラウイ・レーク・サービス マスター
5	Mr. Joseph M. Linyanja	マラウイ・レーク・サービス ビーチマスター

(2) セミナー

リロングウェでのセミナーでは運輸公共事業省海事局と海事教育大学を中心に、シンプルシップの設計に対する安全設備、安全基準への質問が多く出された。

マラウイ湖は東西に 600km、南北に 150km (最大) に広がる湖であり、時に波高 5m に達する時化が発生するなど、平穏ではない。このため、運輸公共事業省では、他の海運国と同様に IMO の安全基準の適用をしており、IMO による Recommendation for Vessels for Inland Waterways in Africa 等を勘案して運航する客船、貨物船もマラウイ政府が検査等を実施している。

シンプルシップでは、船体強度計算を国内の標準的な波浪条件で実施し、問題の無いこと

を確認しているが、乾舷高さ他、設計基準が比較的平穏な航路を予定しており、マラウイ湖での運用は安全基準の適用、堪航性等を更に検討する必要がある。

ビューフォートスケール4で運航可能か等の質問が出たが、シンプルシップの設計基本を説明し、荒天時の運航については、別途詳細検討と船型の見直しが必要となる事などを説明した。

シレ・ザンベジ河開発計画では、船輸送のスケールメリットを出すために、できれば50～60mの船体が欲しいとの意見があったが、これらのサイズは検討しておらず、これらのサイズであれば通常の船舶構造とした方がよいかもしれない旨回答した。

表 7-3：セミナー参加者(マラウイ)

	参加者名	参加者所属	所在地
1	Mr. O.E. Singini	運輸公共事業省海事局副局長(安全担当)	リロングウェ市
2	Capt. T. Kamanga	運輸公共事業省海事局首席船舶検査官	リロングウェ市
3	Mr. Lloys A.W. Saidi Banda	運輸公共事業省海事局先任船舶検査官	リロングウェ市
4	Mr. L.C. Munthali	運輸公共事業省海事局船舶検査官(船員訓練担当)	リロングウェ市
5	Mr. T. Kalilombe	運輸公共事業省海事局船舶検査官補(安全担当)	リロングウェ市
6	Mr. L.G.W. Makuzula	マラウイ海事教育大学学長	モンキーベイ市
7	Mr. J. Mitango	マラウイ海事教育大学航海部長	モンキーベイ市
8	Mr. F. Sadyalunda	マラウイ海事教育大学機関部長	モンキーベイ市
9	Mr. Neil Garden	マンツコンサルタント社長	リロングウェ市
10	Mr. W. Maokonyola	港湾マリンサービス次長	リロングウェ市
11	Mr. Dean M' GOMA	スカイウェーブマラウイ社長	リロングウェ市

7.3 補足調査

7.3.1 ザンビア

ザンビアでは、補足調査として、ザンビア南部、ジンバブエ、ボツワナ、ナミビアと国境を接し、ザンベジ河を横断する、カズングラフェリーを調査した。

本フェリーはザンビア最大のフェリーであり、全長40m、全幅6m、150psのハイドロマスターを両舷に備え、ブリッジにより遠隔運転を行っている。乗組員は操船者1名、補助2名の3名であり、前後のランプドアは油圧シリンダーにより開閉を実施している。

調査実施時期は雨季及び例年より多量の降雨により、大幅に増水しており、通常の水位より2m近く上がり、ランプウェイは通常位置よりはるか陸側に移動し、通常より30～50m奥

での接岸となっていた。このため、フェリーは陸に近づけず、ランプドアは浸水状態で、乗客、車両を上下船せざるを得ない状況であった。

対岸のボツワナでは、更に事態は深刻で、ランプウェイが短く、アプローチの道路の整備状況が悪いため、車両は水没したアプローチを走行しながら上下船しなければならない状況であった。

通常1日の運航は朝6時か18時までであり、約70往復をしているが、この現状により、稼働率が低下し、車両が沢山の列を成し待機しており、また、通常の接岸位置よりはるか陸に近づくため、推進器のスロープへの着底他の事故が危惧されている。

この地点が交通のボトルネックとなっていることは社会問題化しており、滞在中のサンデータイムズでも1面トップで報じていた。

フェリーの基本構造はシンプルシップと同様のユニフロート方式を採用しており、英国製であり推進器も通常のプロペラ駆動（ハイドロマスター）を採用している。ただし、チェンベフェリーと異なり、ブリッジから遠隔操作をしている点が大きく異なる。

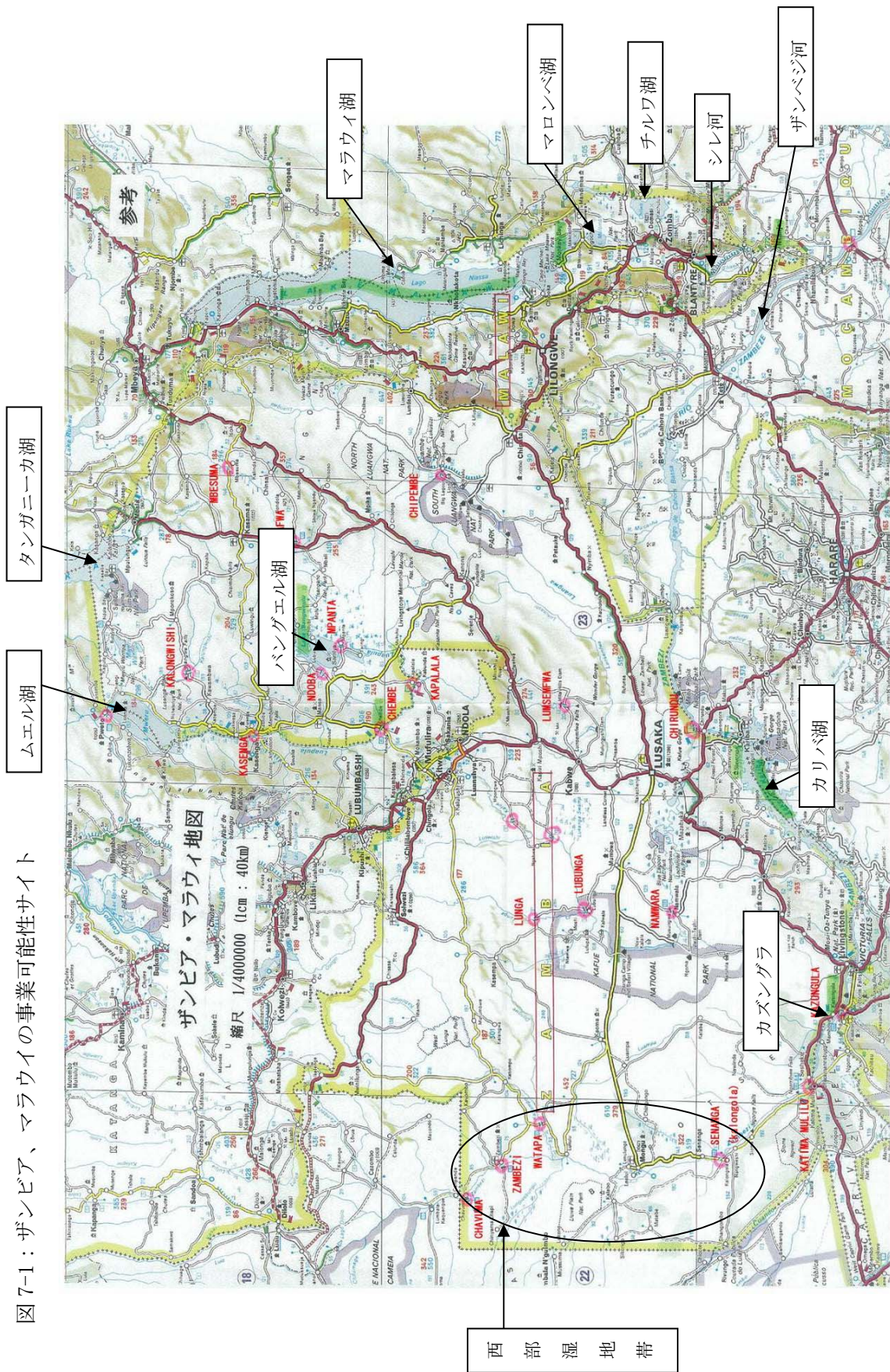
シンプルシップにおいても、これらの操作系を一つとして、より操船性の良い船を、使用条件によっては考慮すべきであろう。

7.3.2 マラウイ

マラウイでは、シレ・ザンベジ河開発計画他、水運の開発計画の進展について、補足調査を実施した。同計画は、港湾の整備、航路整備、道路整備、鉄道整備を含む計画であり、マラウイ政府のトッププライオリティとなっている。しかし、同計画はシレ河から、モザンビーク国のザンベジ河を航行、更に沿岸に出て南下し、ベイラ港までの運航路を開発する計画であり、マラウイ国のみでの実施が不可能である。このためマラウイ国はモザンビーク国と、同航路開発に関する、Memorandum of Understandings (MOU)を締結している。しかし既に締結しているMOUは海運利用に関する一般的な合意のみであり、詳細な使用条件等に対するMOUは現在調整中であり、モザンビーク国のサイン待ち状態となっているとのこと。

また、一方でモザンビーク国はザンベジ河にかかる橋梁建設事業を展開中であり、この建設は船舶の航行を考慮していないため、本事業に対する進展も両国間の解決すべき問題となっている。

図 7-1：ザンビア、マラウイの事業可能性サイト



8. 結論・提言

2年間の調査研究においては、まず、とりあえずの普及対象地域として南部アフリカのザンビア共和国とマラウイ共和国を想定し、現地での調査をふまえて、コンテナで搬送可能な箱形ユニットを繋ぎ合わせて構成されるシンプルシップの基本形を考案し、「河川横断用フェリーボート」と「河川航行用自航式貨物バージ」の2種類の概念設計を行った上で、更にニーズ等を勘案し、河川横断用フェリーボートに絞って、船型及び推進装置各2通りの計4通りの試設計を実施し、強度、性能に加え、建造費及び維持管理費まで算出する手順・手法を示した。さらに、普及対象地域であるザンビア共和国とマラウイ共和国において、説明会を開催し、実船配置に向けた雰囲気醸成を行った。今後、これらの国等においてシンプルシップの導入計画が具体化すれば、技術面、制度面で協力する体制は整ったといえる。

このように当初の調査研究の目的は達したと考えられるが、実際にシンプルシップが建造、運航されることを強く期待することから、実船導入を促進するために留意すべき事項について述べる。

8.1 技術開発部分に関する提言

シンプルシップの技術開発にあたっては、従来のわが国の造船では必ずしもなじみのない技術を適用している部分がある。一点目は、箱形ユニットの結合方法であり、二点目は超浅水域等シンプルシップの性能である。

ユニットの結合については、浮上中での結合・分解が可能なユニフロート方式を推奨しており、曲げと剪断力に関する強度計算はクリアしているが、ユニフロート方式で結合した舳等の十分な運航実績はわが国にはなく、実際の船舶の使用環境によっては、特に結合部について、ねじり、繰り返し荷重による疲労、溶接による強度低下なども考慮されることが必要と考えられることから、実船を建造する際には十分留意されるべき事項である。

また、想定している可航水深1.5mという超浅水域での推進効率がカタログデータどおりという保証はなく、また、ユニフロート方式等ブロック間に隙間のある方式の場合の抵抗も考慮しておらず、実際の設計にあたっては、留意する必要がある。

なお、上記とは逆に、安全基準関係は、わが国における浮体の設計条件をベースとしているが、マラウイ湖のような広大な湖を航行する船舶については、IMOの”MODEL SAFETY REGULATIONS FOR INLAND WATERWAYS VESSELS AND NON-CONVENTION CRAFT, INCLUDING FISHING VESSELS, OPERATING IN AFRICA”の適用が可能か更に検討すべきであろう。

8.2 普及に関する提言

調査研究においては可能な範囲で標準化を考えたが、実際に普及を考える場合には、船種、運航形態、航行環境、航路及び港湾整備状況等さまざまな要因に柔軟に対応することが肝要である。例えば、荷重条件が過酷で周辺に一定の設備がある場合のユニフロート方式からリジッドな結合方式への変更、航路整備が行われている場合のプロペラ推進方式の採用などである。また、普及促進に際して重要な要因である価格低減策については、推進機関への陸用エンジンの適用可能性があり、本調査研究成果として適用を奨励することは出来ないが、使用者の事情に応じて関係法令上も問題がなければ、建造費の一定の削減が可能であり、維持管理も容易になる場合がある。このように、ニーズに応じて多様な組み合わせを行うことが可能なのがシンプルシップの利点とも言えるため、顧客のニーズに応じて対応を考えていくべきであろう。

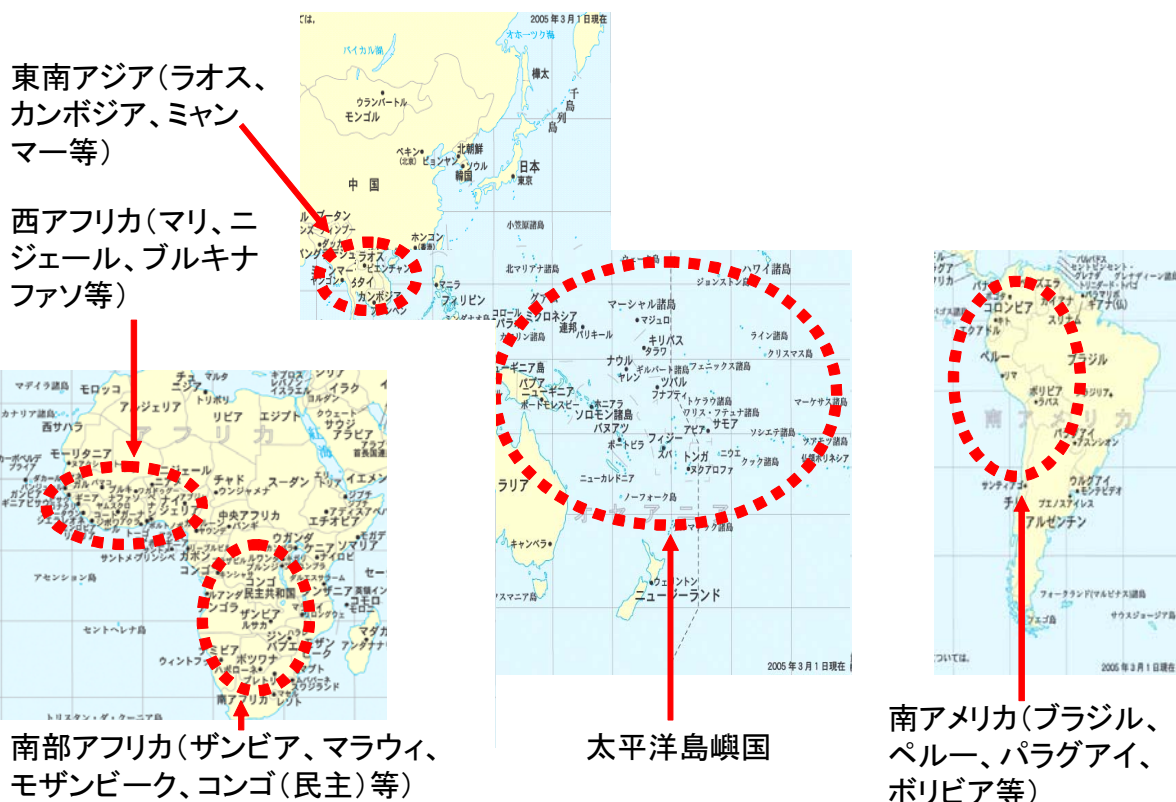
普及に際しての大きな課題が資金調達である。民需と官需とがあり、南部アフリカ地区の場合、当面考えられる方策としては以下のようなものが考えられる。

- ▶ 外国企業等による投資（例えば、ザンビアは銅の主要産地であり、ビクトリアの滝や国立公園など観光資源も豊富であり、交通需要は比較的旺盛）
- ▶ 南部アフリカ開発共同体（SADC）の開発回廊プロジェクトの枠内での交通インフラ整備（公的資金及び民間資金）
- ▶ アフリカ開発銀行その他による開発援助

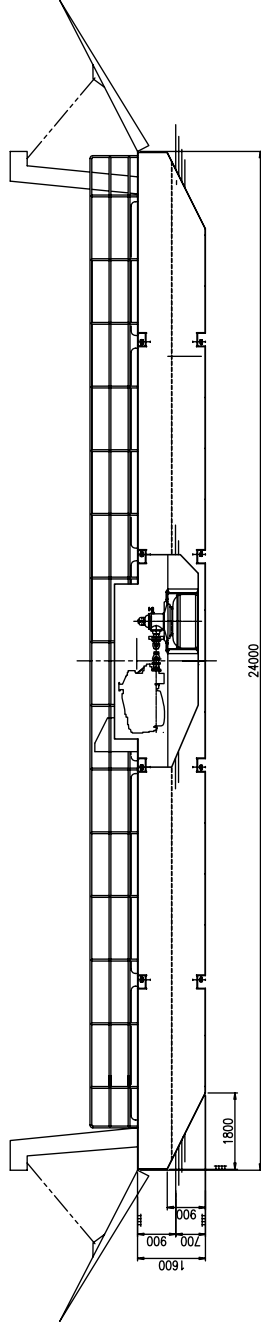
後二段については、ODAによる資金調達が期待されるが、ODAの場合は、経済面だけでなく、開発効果、生活支援、安全向上など社会面の効果が重視されるため、一定の工夫が必要となる。他の輸送モードとの組み合わせや技術協力との組み合わせによる案件形成も考えられる。

最後に、普及の対象となる地域については、本調査研究ではもっぱら南部アフリカ地区を対象としたが、内陸部に大きな河川がある開発途上国では同様に需要はあると考えられ、また、超浅水域でも貨物を積載した航行が可能というシンプルシップの特性より、太平洋島嶼国の環礁内でも島民の輸送等の需要がある可能性が高く、今後は、下図に示した地域においても普及を働き掛けていくことが肝要である。各国関係機関（者）にシンプルシップを紹介する文書や写真を送付し、関心を示した国には招聘を検討するなどが考えられる。

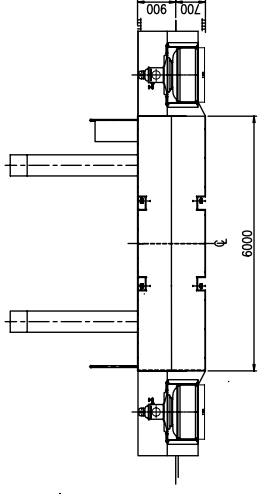
図 8-1: シンプルシップの需要が見込まれる対象地域



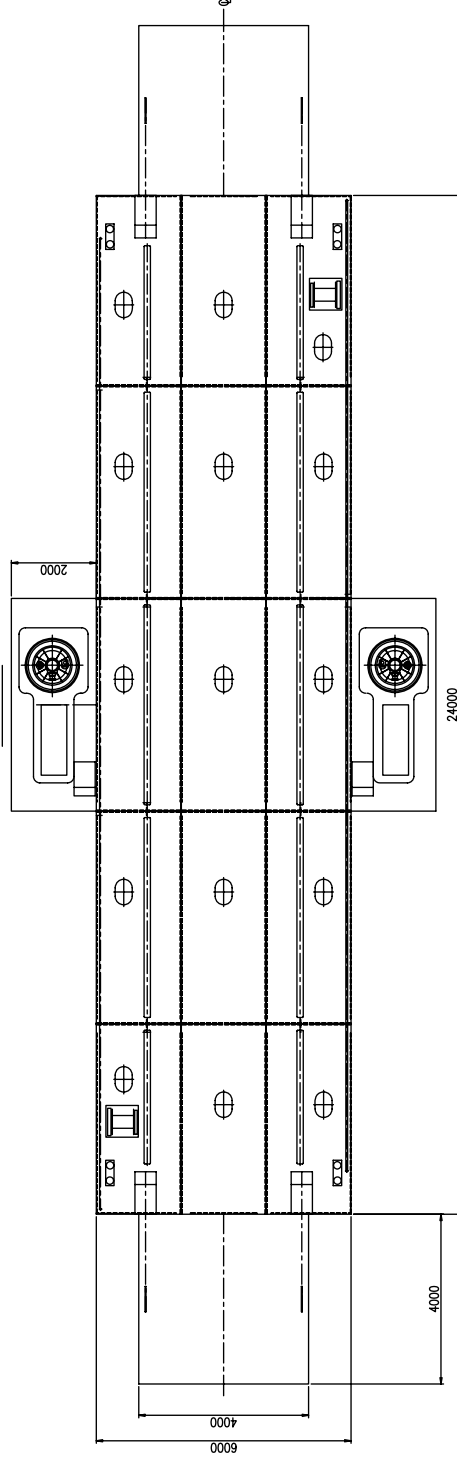
側面図



正面図



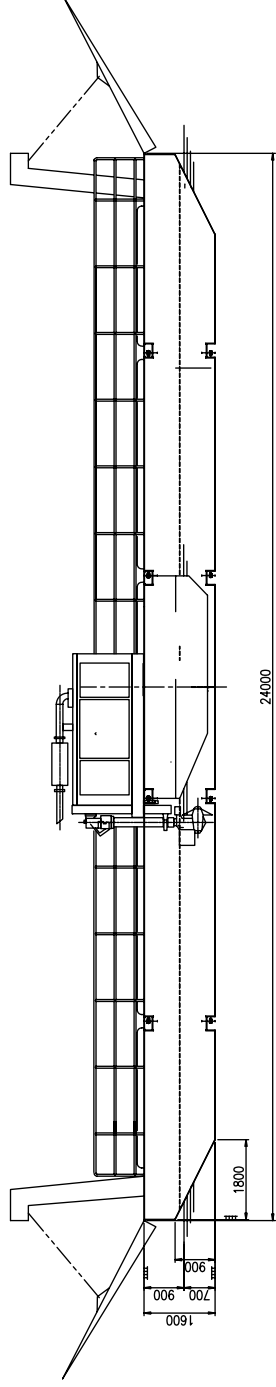
平面図



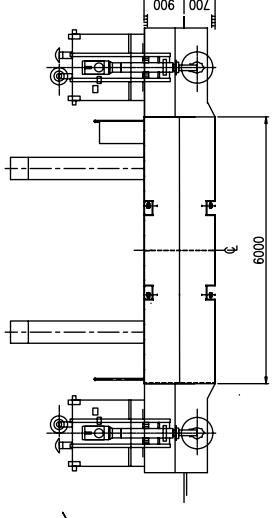
備装品要目表

番号	名称	数量	備註
1	ファンホール	15	埋め戻しタイプ
2	車止め	1式	
3	手摺	1式	
4	機罩設置	2	機罩適合
5	機罩設置架台	2式	
6	ワッシャー設置	2式	
7	ワッシャー	2式	
8	ファンア操作ワイヤ	2式	手動操作
9	ボルト	4	

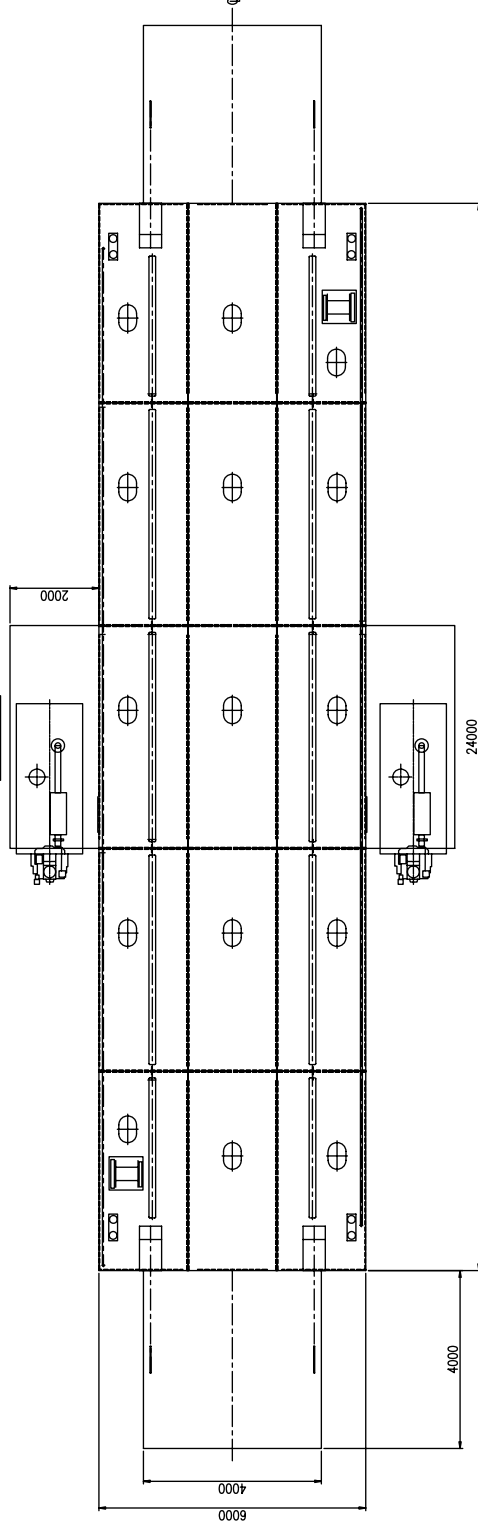
側面図



正面図



平面図



備装品要目表

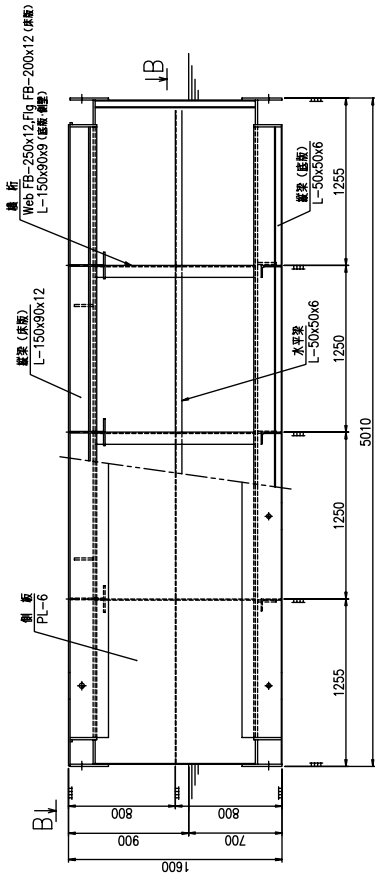
番号	名称	個数	備 考
1	マシホル	15	埋め戻しタイプ
2	車止め	1台	
3	手摺	1台	
4	推進装置	2	操作部含む
5	推進装置取台	2台	
6	フック付装置	2台	
7	フック	2台	
8	フック操作ワイヤ	2台	手動
9	無線ポワード	4	

一般構造図 (A案)

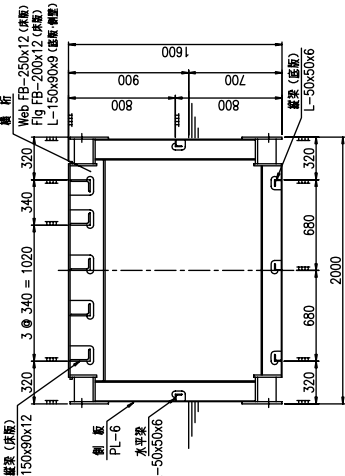
(S=1/20)

(ボルト接合方式)

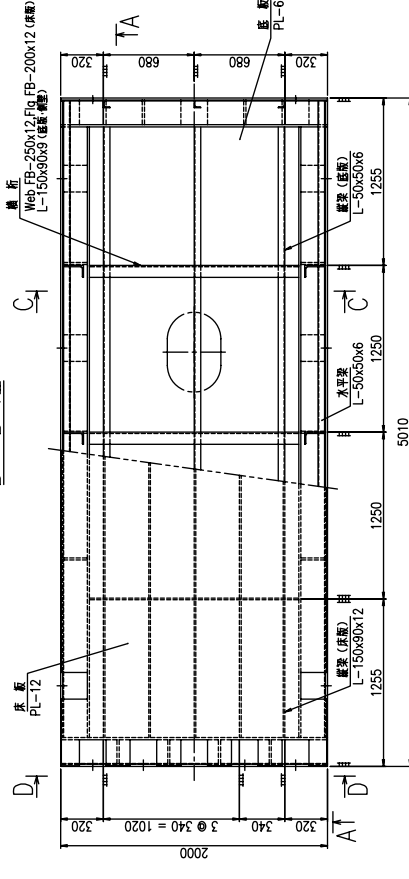
A - A 断面



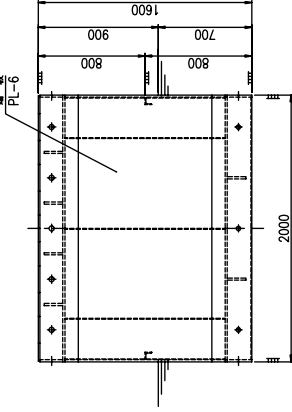
C - C 断面



B - B 断面



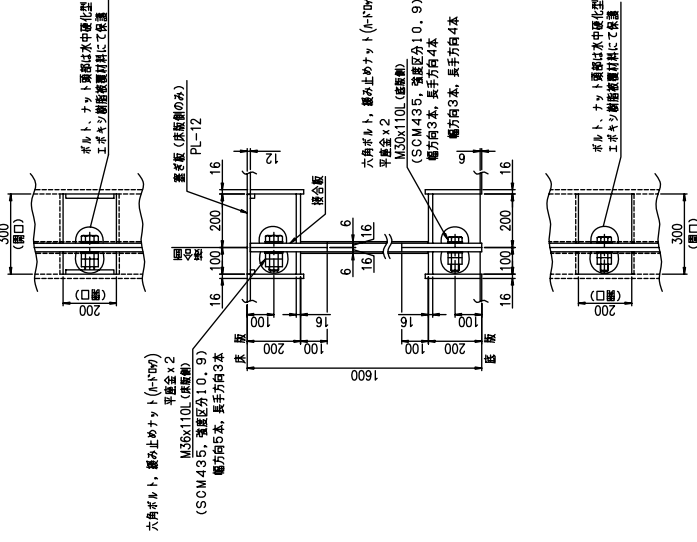
D - D 断面



接合要領図

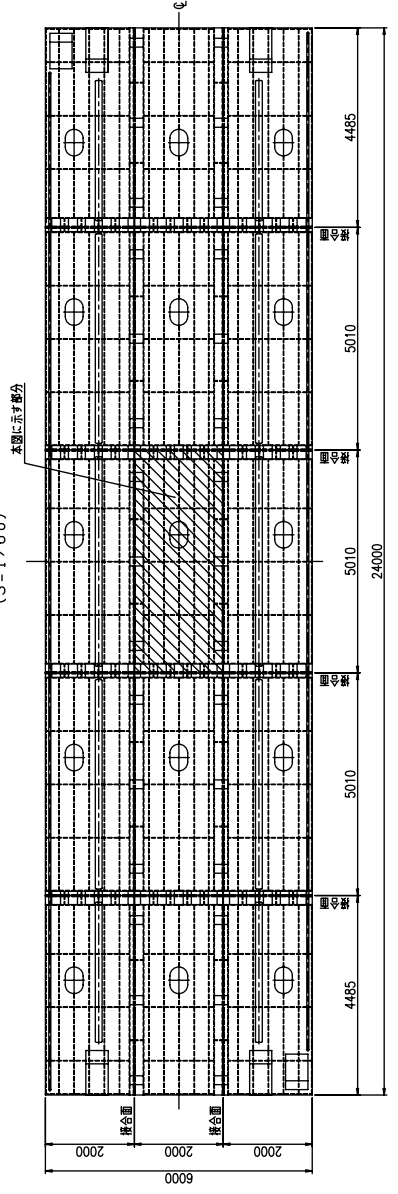
(S=1/10)

幅方向、長手方向共



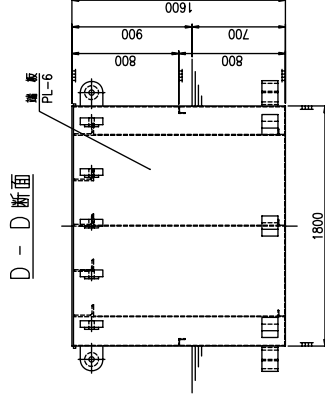
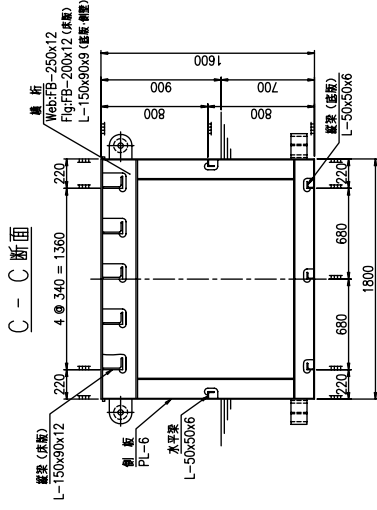
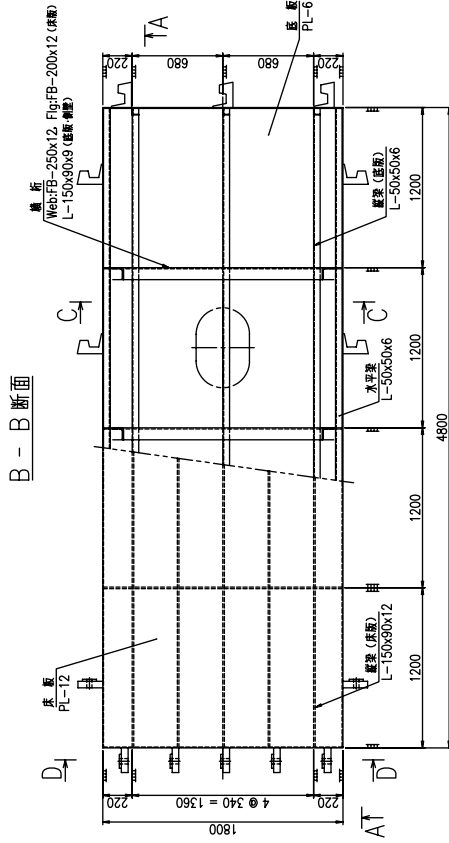
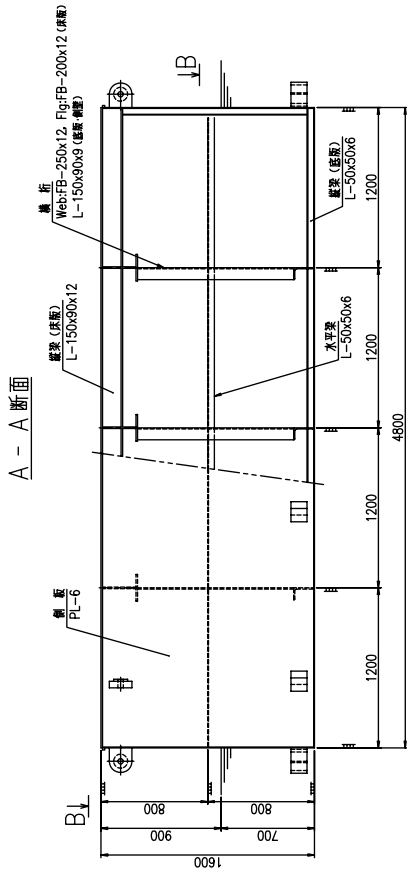
KEY PLAN

(S=1/60)



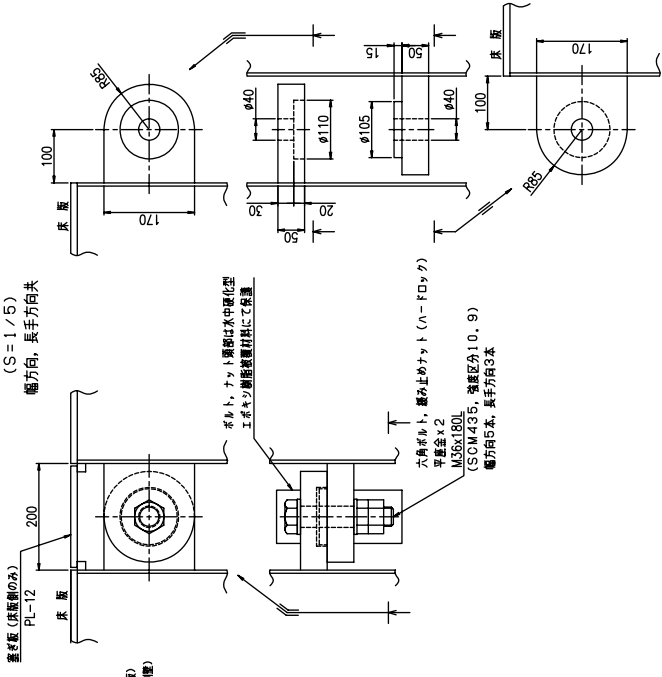
一般構造図 (B案)

(S=1/20)
(フック+ピン接合方式)



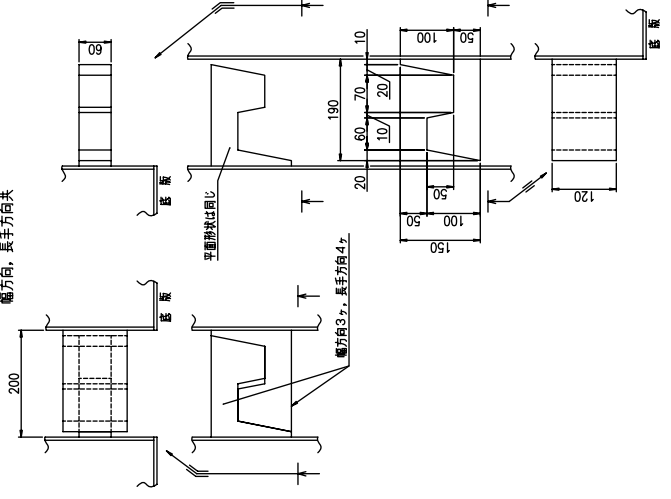
接合要領図 (床版側)

(S=1/5)
幅方向, 長手方向



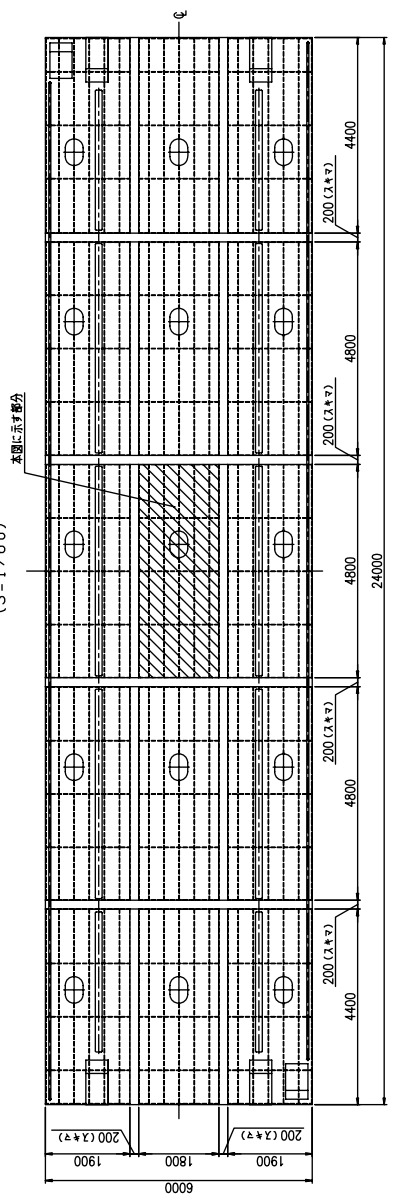
接合要領図 (底版側)

(S=1/5)
幅方向, 長手方向



KEY PLAN

(S=1/60)



添 付

1. シンプルシップ英文資料 (A Concept of Simple Ship)
2. ショッテルポンプジェット技術資料、カタログ
3. ショッテルナビゲーター技術資料、カタログ
4. ヤンマーディーゼルエンジン資料、カタログ
5. ユニフロートシステム資料
6. IMOアフリカ内水航行船舶安全規則 (モデル)

1. シンプルシップ英文資料 (A Concept of Simple Ship)

A CONCEPT OF SIMPLE SHIP

OCEAN POLICY RESEARCH FOUNDATION (OPRF)

JAPAN

PREFACE

As the technologies advances, various technological innovation in the field of shipbuilding industry are pursued and as the result, modern ships are much improved their performance and become more sophisticated and complicated.

However, substantial functions required to the ships can not necessarily be achieved by complicated technologies. Contrary to the “Value-added modern ship”, it is worth that to develop simpler ship which is easy to operate, maintain, and demolish, even the ship makes sacrifice its performance and expediency.

As the matter of fact, some ships are overused without proper maintenance or finished their life much shorter than expected, since they are operated in the areas where have neither appropriate ship repairing facility, nor after parts supply market in the neighborhood. Besides, some ships are required to assembled/constructed since the operational areas are far isolated inland water areas where impossible to transport as it is.

In this study, Ship under the concept of Safer, Durable, Easy-maintenance, Easy-Operation, Eco-friendly, namely “SIMPLE SHIP” is proposed as the new stream that ship aimed to.



I CONCEPTUAL DESIGN

Based on the site surveys in Zambia and Malawi, Southern Africa, Ocean Policy Research Foundation (Ship & Ocean Foundation) has delineated the two (2) different types of conceptual design of Simple Ship as explained below.

Type-I RIVER CROSSING FERRY BOAT

Double Headed Ferry Boat designed for carrying passengers and vehicles for crossing river with it width of approximately 200-300m

Type-II SELF PROPELLED RIVER CRUISING BARGE

Self propelled river cruising barge designed for carrying dry goods for shallow water with long cruising range, exclusively for inland water ways.

II DESIGN POLICY

There will be many factors to be incorporated into the conceptual design of the Simple Ship. It is however, basic design factors are specified taking indigenous premises into consideration based on the facts found throughout the site surveys.

Basic Design Factors of Simple Ship

- 1) Length Overall shall be within 20 to 30m
- 2) To be operated at relatively calm water area
- 3) Hull shape shall be simplified conditioned that required performance will be satisfied
- 4) To satisfy the following conditions, hull, engine, and other parts can be divided and transferred by 20ft long container.
 - a. Enable to build/assemble/repair at or near the operational site
 - b. Enable to disassemble and transfer to the other site (to keep mobility in case of emergency)
 - c. Make easier to dismantle
- 5) Parts after dismantling shall be of re-usable/recyclable
- 6) Easy maintenance without technical complexity and spare parts shall be of easy acquisition
- 7) Major parts of ship shall be of exchangeable with other material/products
- 8) To be able to navigate safely at designated operational areas
- 9) To minimize adverse effect to the environment i.e. by providing List of Hazardous Materials
- 10) By satisfying the above factors, the ship can last for long-term use even in the area where

no adequate maintenance/repair facilities has.

Design Features

Type-I RIVER CROSSING FERRY BOAT

- The boat hull shall be suitable for plying between bank to bank (width of the river is approximately 200-300m). Approaching slope will be made of concrete.
- The boat hull shall be of shallow draft as much as possible, taking the dry season into consideration and also enough loading capacity and stability.
- The boat can be loaded max 100 passengers and 2 large trailers. Loading capacity is about 70 tons (vehicle 60 tons & Passenger 10 tons).
- The boat hull will be made of steel, wood, and FRP. In any case, availability & adaptability of the material at site shall be considered.
- The propeller and engine shall be the one that their parts are locally available and the system is simple as much as possible.
- Countermeasures against damage to the hull and propeller shall be considered.
- The boat shall be assembled and dismantled at anywhere.
- Appropriate life saving apparatus shall be considered.

Type-II SELF PROPELLED RIVER CRUISING BARGE

- The barge shall be able to cruise about 600 Nautical miles for round trip along the river. The barge shall also be able to cruise against 2m/s current speed.
- The barge shall be of shallow draft as much as possible, taking un-fixed navigational route due to flood into consideration.
- The barge shall be of good maneuverability since the river is wind.
- The hull plate shall be protected against corrosion caused by the salty water at estuary.
- The hull will be made of steel, wood, and FRP. In any case, availability & adaptability of the material at site shall be considered.
- Type of cargoes will be container, chamber, foods(maize), etc., and its loading capacity is about 200 tons. Loading/unloading shall be made at port without adequate cargo facilities.
- The propeller and engine shall be the one that their parts are locally available and the system is simple and durable as much as possible.
- Countermeasures against damage to the hull and propeller shall be considered.
- The barge shall be assembled and dismantled at anywhere.

III DESIGN POLICY AND BASIC CONSTRUCTION

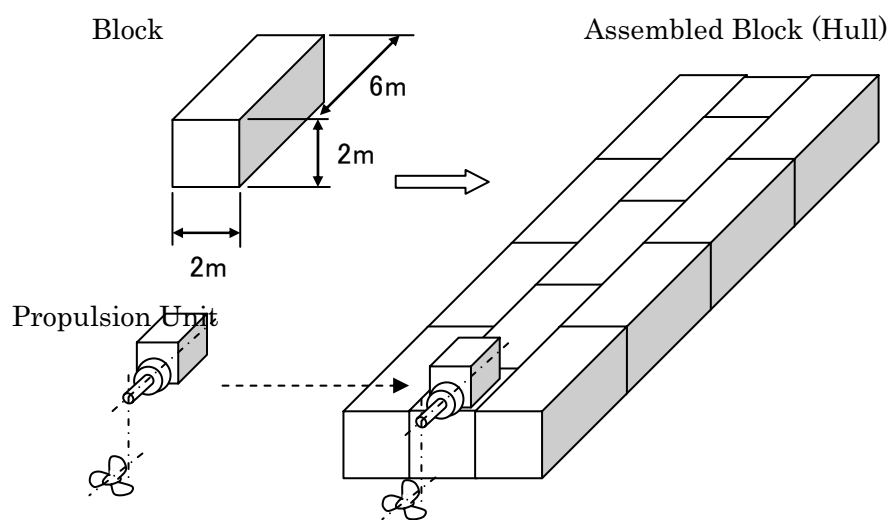
These design features above-mentioned are further developed to the Basic Construction as mentioned in the table below.

Design Features and Basic Construction of Simple Ship

	Design Policy	Basic Construction
1	The Ship must be self propelled and its propulsion system shall be of simple	<ul style="list-style-type: none"> • Outboard engine consolidated with propeller and ruder is choose as the basic propulsion system. Easy installation and changeability is considered.
2	Cargo loading/unloading shall be made by shore facilities or by manual	<ul style="list-style-type: none"> • Cargo handling facilities/equipment are not installed. • Ramp door is solid and simple in order to accept loading/unloading by folk lift
3	The Ship can be built/ assembled and repaired at site without any shipbuilding/ repairing facilities	<ul style="list-style-type: none"> • Ship's hull consists of a block of L×B×D 、 6m×2m×2m 、 to avoid welding as much as possible. • This block can be transferred by 20 ft container. • A block can be lifted by common mobile crane/truck crane. • Mortise or Dovetail will be considered to connect hull blocks to reinforce the strength of hull. • Propulsion system shall be of wide used as much as possible.
4	The Ship can be transferred on land	<ul style="list-style-type: none"> • Ship's hull including propulsion unit consists of L×B×D、 6m×2m×2, that can be transferred by truck or railways. • The unit size shall be of transferable by 20 ft container.
5	The Ship can be demolished easily	<ul style="list-style-type: none"> • Connection of the block shall be bolted up, and avoid welding. • Generally machines except for maintenance purpose i.e. welding machine, shall not be onboard.
6	Hull blocks and Machines after demolish shall be reusable as much as possible	<ul style="list-style-type: none"> • Hull block is considered to be reusable as pontoon or tank. • Propulsion system is considered to be reusable

		for other ships/boats.
7	The Ship does not require high and complex maintenance technique	<ul style="list-style-type: none"> • Welding is avoided, and Bolting is generally applied • Curved part of hull block is avoided except fore section of the cargo barge that required ship speed to a certain extent. • Machines except for maintenance are installed on the deck in order to keep accessibility for the routine maintenance.
8	Low Environmental Affect	<ul style="list-style-type: none"> • Avoidance of hazardous materials. • Selection of engines satisfied exhaust gas regulations. • Preparation of List for hazardous materials used.

Fig. 1 Construction of Simple Ship



SPECIAL CONSIDERATION is given to:

Safety Navigation

- Maximum current speed of the inland water (river) is estimated about 2.0 knots. However, taking the flood season into consideration, the river cruising barge shall be able to navigate at 4.0 knots of current speed.
- Maximum wave height of the inland water is estimated about 1.5 m that is ranged to calm water. However, since capsizing due to strong wind is observed time to time,

stability and strength of the Simple Ship is carefully designed.

- Machines and their cooling system is designed under the utilization of water temperature 25-28 degree C and air temperature more 40 degree C.
- Both River Crossing Ferry Boat and Self Propulsion River Cruising Barge shall be of shallow draft type taking the dry season into consideration.
- Ramp doors and propellers shall be appropriately protected to cope with the shallow water.

Passengers

- For River Crossing Ferry Boat, hand rails to protect passengers and cargoes to fall into river are appropriately provided.
- Life buoys are provided with required number.
- Exposed rotation part i.e. propeller, shall appropriately be protected to avoid injury from that.

Cargoes

- Maximum weight of truck/trailer is estimated about 60 tons. The ship shall be worthy with Un-balanced moment during loading/unloading.

Damage Stability

- The ship's hull consist number of 6m x 2m x 2m watertight blocks. Should one of the blocks is broken; no damage will be extended to other blocks.

Propulsion System

- Propellers are protected to avoid hitting river bottom and/or debris such as driftwood.

Easy Maintenance

Maintenance of Hull Part

- Ship's hull is made of mild steel and designed rectangular shape to a maximum extent, so as the user can easily replace/repair the hull plate.
- Ramp door of the ship is designed as durable as loading/unloading of heavy vehicles.

Maintenance of Machinery Part

- Engines and Propulsion system shall be the one that available after-sale services and parts those of.

Environmental Preservation

Hazardous Materials

The Ship is basically designed in conformity with International Convention of Marine Pollution (MARPOL73/78).

Therefore, any oil/bilge from ship shall not be discharged directly to the water. Ship's paint shall not be used TBT (tributyltin) paint. Engines shall be selected low emission model. Also use of asbestos is always avoided.

On top of that, Hazardous Material List shall be made in accordance with Green Passport of IMO's Ship Recycle Guideline

Recycle Plan

Recycle Plan (method of demolishment) shall be provided, in order to guide the operator can simply be demolished or disintegration when required.

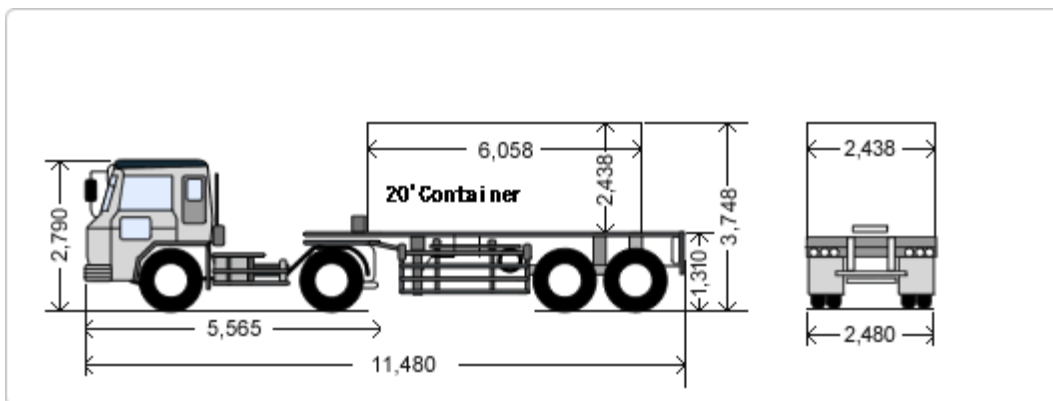
Type-I RIVER CROSSING FERRY BOAT

Type-I RIVER CROSSING FERRY BOAT is designed exclusively used for the river crossing in Zambia or other similar places.

Ship Type

- Mono Hull (Steel), Both Head Type with ramp doors.
- Passenger: 100 pax
- Vehicle: Tractor with 20' Container x 2

Fig 2 : Tractor with 20 feet Container



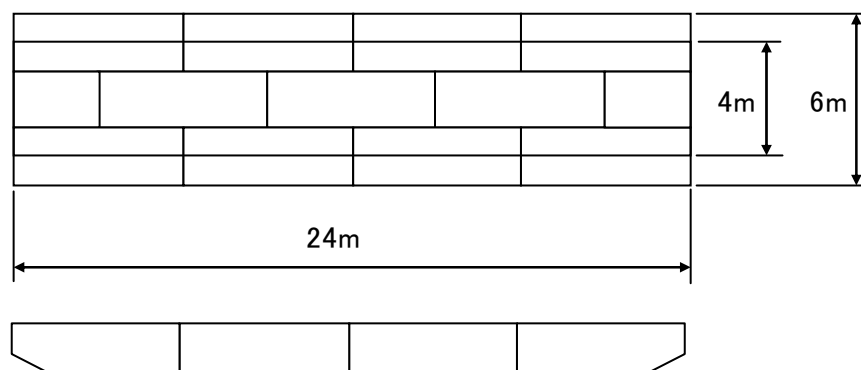
Design Concept of Type-I RIVER CROSSING FERRY BOAT

Hull Part

Hull

Overall length of the hull 24m is designed to accommodate 2 tractors with its length of max. 12 m. Breadth of the hull 6m is designed to accommodate width of tractor 2.5m + Cargo + 1m clearance =4m and passenger space at both sides (1m x 2).

Fig 3. :Plan of the Hull



Draft at loading condition is calculated with 70 tons light weight and 70 tons load. As the result, about 1m is calculated with enough freeboard and even heeled 10 degree, deck will not be wet is confirmed.

Therefore, size of the one block of the hull is decided as L 6m×B 2m×D 1.6m.

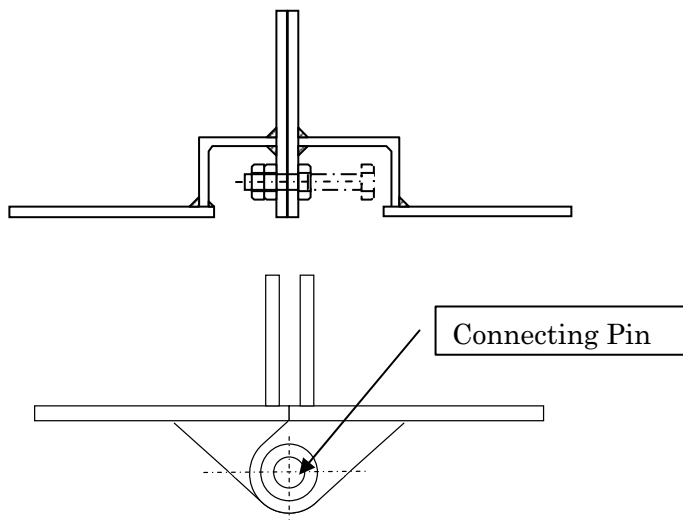
Thickness of the hull plate is, Deck=8mm, Side=6mm. Fore and Aft side of the bottom hull shall be reinforced with doubling plate or increase thickness thereof.

Block Connection

Connection method of the hull block is designed based on the bolting up and/or pin connection so as the ship can easily assemble or disassemble.

The block shall be arranged alternatively as shown on the figure above in order to keep longitudinal strength.

Connection Method is shown on the figure next.



Ramp Door

Size of the ramp door is L 4m×B 4m of which is enough width for large vehicles to protect slip off from the ramp way. Bottom end of the ramp door is also reinforced.

Ramp door winch is operated by manual. However electric motor winch can be installed as an optional selection.

Safety

Rigid hand rail is provided both starboard side and port side. Guide bar for vehicle loading is provided to keep passengers away from vehicle.

Two (2) life buoys are provided.

Portable fire extinguisher is also provided near by the engine.

Machinery Part

Propulsion system of Type-I RIVER CROSSING FERRY BOAT is required following conditions.

- Propeller shall be set as shallow as possible to a extent not make cavitations (max 1.2 m in depth)
- Propulsion system shall have enough thrust.
- Propeller shall be of the one that can easily maintain without dry up the ship.

Taking the these premises into consideration, various propulsion systems are investigated i.e. ordinary propulsion system, duct propeller system, lift up propeller, tilt type propeller, stern drive, outboard engine, water jet, Voith Schneider propeller, paddle type propulsion system, etc., and eventually outboard engine with propeller (Hydro master type) is selected.

The propulsion system is installed at middle of the hull to protect propeller from hitting the river bottom.

Electric Part

DC 24V battery is provided for engine start. Generally night operation is not considered, however to cope emergency operation, lighting apparatus are provided to fore and aft of hull. In case electric winches are required, additional alternator driven by diesel engine shall be fitted for charging the battery.

Communication equipment is not installed. However crew is recommended to have mobile phone.

SPECIFICATIONS

1) HULL SHAPE & MATERIALS

Hull Shape	Flat Deck/Knuckle Displacement Type
Hull Material	Steel
Hull Construction	Frame Construction, Block Connection
Purpose	River Crossing Ferry Boat
Type of Ship	Cargo/Passenger

2) Principal Dimension

Length Over All (Incl. ramp) about 32.4 m

Length (hull)	Loa	about	24	m
Length (Bpp)	Lpp	about	24	m
Breadth (Incl. Deck for Eng)		about	14	m
Breadth Mld	Bmax	about	6	m
Depth Mld	Dmld	about	1.6	m
Draft(max.load)dmlld		about	1.0	m

3) Displacement

Deadwight Ton DWT		about	71	Ton
Displacement Δ full		about	136	Ton
Gross Ton		about	40	Gross Ton

4) Main Engine

Main Engine	Marine Diesel Engine			
Type	4 stroke, Heavy Duty			
Maximum Output/RPM	105/2500	SHP/rpm		
Normal Output/RPM	84/2320	SHP/rpm		
Quantity	2 sets			

5) Ship Speed

Max. Speed (Full load)	about	6	Knots
Service Speed (Full load))	about	2~3	Knots
Max. Running Hour (Normal Output))	about	22	hours
Max. Endurance (Service Speed) about	65	N.miles	

6) Complement

Crew	4	person
Passenger	100	person
<u>Others</u>	<u>0</u>	<u>person</u>
Total	104	person

7) Tanks

F.O. Tank	1000	litters
-----------	------	---------

8) Others

Operation Area Calm water
Classification

Type-II SELF PROPELLED RIVER CRUISING BARGE

Type-II SELF PROPELLED RIVER CRUISING BARGE is designed based on the plan of Shire/Zambezi river network project drafted by government of Malawi.

The barge is designed for round trip to Chinde, Mozambique and Nsanje of Malawi cruising the Shire and Zambezi river for about 520 km with ship speed of about 8 knots. The barge is made of steel and as much as shallow draft taking the operational environment into consideration.

Envisaged cargoes will be Container, Timber, Maize (Bulk), etc., with total loading capacity of 180 tons. Since the port infrastructures and cargo handling equipment are not well developed along the river, the cargoes shall be loaded/unloaded by utilizing belt conveyor or stevedores or by trucks, forklifts through the Ramp Door.

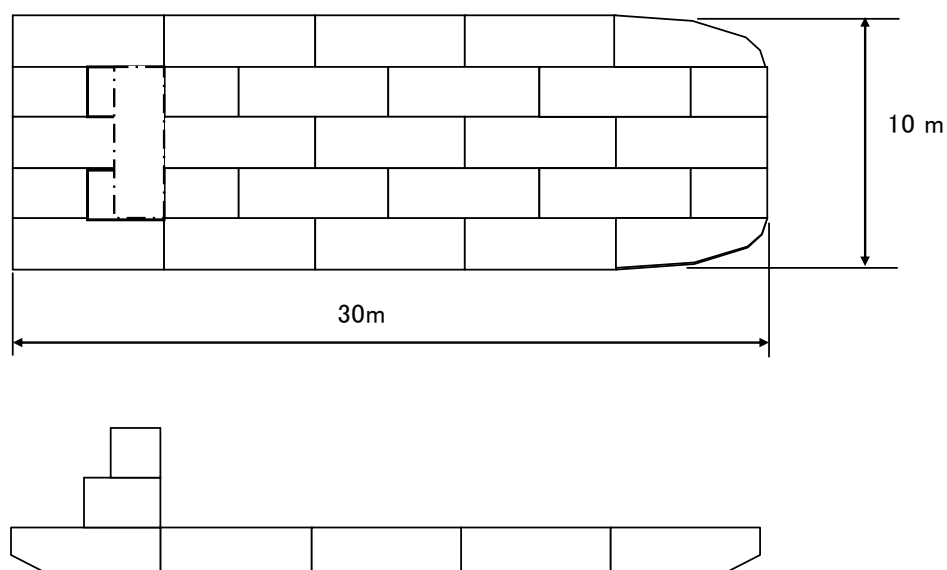
Hull Part

Hull

River Cruising Barge is required not only the shallow draft but also the sea-worthiness. In the draft season, it is expected that the depth of the river will be decreased less than 1.5m. Therefore, the draft of the barge will be of 1.4 m.

Hull dimension is so decided as big tractors with length of 12m can be loaded and to keep the shallow draft, wider breadth is applied. (refer to the Fig.4)

Fig. 4 : River Cruising Self Propelled Barge



Loading capacity is calculated conditioned that light weight is 173 tons, loading 180 tons of cargo and 26 tons of fuel oil. As the result, draft of the barge is calculated as 0.7m at light weight and 1.4m at full load condition.

Design features of the hull is as same as the river crossing ferry, the hull is assembled with 6m x 2m x 2m block, however, the bottom of the fore and aft sides are inclined aimed at to reduce the drag and improve the sea-worthiness.

Accommodation/ Steering room is also comprised with the 6m×2m×2m blocks.

Thickness of the deck and bottom plate shall be of 8 mm and additional protection at fore bottom plate is considered.

Block Connection

Block connection method is generally the same as the method to be applied to the river crossing ferry. However additional external force caused by swell and wave and bending momentum by the loaded cargo shall be considered.

Ramp Door

Ramp Door shall be of foldable type to keep the visibility and with Length 4m×Breadth 4m. Operation of the door shall be carried out manually. However powered system is also available upon request.

Safety

Bulwark for both side to protect cargoes may slipped off shall be also provided. One Life raft and two life buoys shall be provided. Appropriate number of portable fire extinguisher is also provided.

Machinery Part

To keep about 8 knots, it is calculated that about 2700 HP is required. Therefore, 675 HP x 4 sets of outboard engines are provided.

Propulsion system rated around 700 HP can be designed as inboard engine or outboard engine. Most appropriate system shall further be elaborated with due consideration on the following points.

- Propeller shall be installed as shallow as possible
- Thrust is required than the ship speed
- Protection of the propulsion system shall be considered.

In so far, Z Drive type propulsion system or similar is seemed to be the best system. On top of

that, vertical telescopic system is eagerly wanted if applicable.

Electric Part

DC24V battery shall be used as the electric power source. In case, electric motor driven winches for ramp door is required, engine alternator shall be additionally fitted.

VHF communication equipment shall be equipped.

SPECIFICATIONS

1) HULL SHAPE & MATERIALS

Hull Shape	Flat Deck/Knuckle Displacement Type
Hull Material	Steel
Hull Construction	Frame Construction, Block Connection
Purpose	River Cruising Self Propelled Barge
Type of Ship	Cargo

2) Pricipal Dimension

Length Over All (Incl. ramp)	about	34.2	m
Length (hull)	Loa	about	30 m
Length (Bpp)	Lpp	about	30 m
Breadth (Incl. Deck for Eng)	about	10	m
Breadth Mld	Bmax	about	10 m
Depth Mld	Dmld	about	2.0 m
Draft(max.load)dmld	about	1.4	m

3) Displacement

Deadwight Ton DWT	about	206	Ton
Displacement Δ full	about	380	Ton
Gross Ton	about	123	Gross Ton

4) Main Engine

Main Engine	Marine Diesel Engine
Type	4 stroke, Heavy Duty
Maximum Output/RPM	675/1800 SHP/rpm
Normal Output/RPM	675/1800 SHP/rpm
Quantity	4 sets

5) Ship Speed

Max. Speed (Full load)	about	7.5	Knots
Service Speed (Full load))		about	7.5 Knots
Max. Running Hour (Normal Output))	about	58	hours
Max. Endurance (Service Speed) about		275	N.miles

6) Complement

Crew	4	person
Passenger	0	person
<u>Others</u>	<u>0</u>	<u>person</u>
Total	4	person

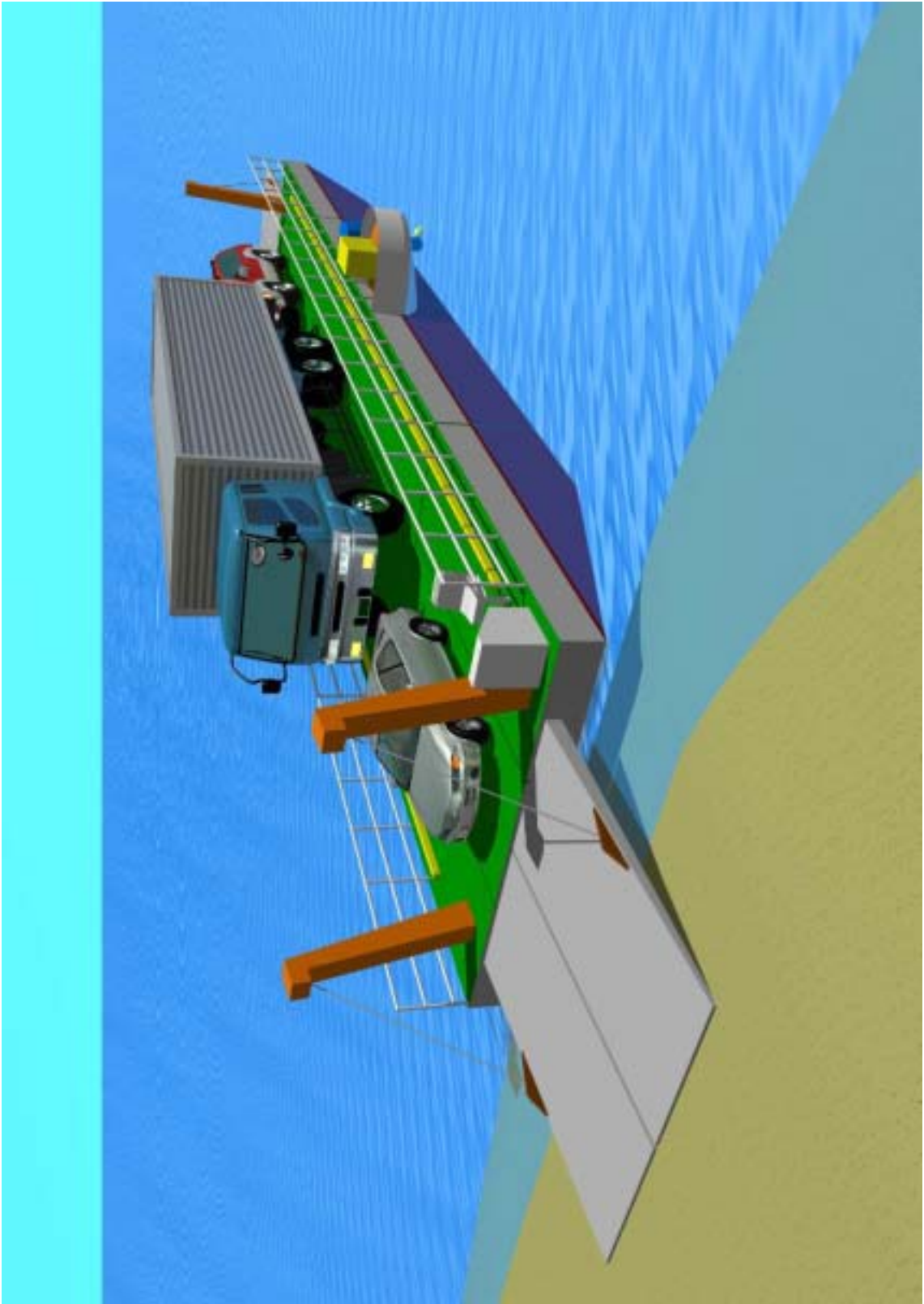
7) Tanks

F.O. Tank 310000 liters

8) Others

Operation Area Coastal Area
Classification

TYPE-I RIVER CROSSING FERRY BOAT



TYPE-II RIVER CRUISING SELF PROPELLED BARGE



2. ショッテルポンプジェット技術資料、カタログ



表 1 ポンプジェット要目表

型式		SPJ15RD	SPJ22	SPJ57RD	SPJ82RD	SPJ132T	SPJ220T	SPJ320T	SPJ520RD
定 格 A	入力馬力 (kW)	49	72	166	273	424	661	1385	2622
	入力回転数 (rpm)	1470	1867	1384	1065	1015	1028	840	890
	ボラードブル (kN)	4.3	5.2	15	24	33.7	53.5	116.7	205.1
定 格 B	入力馬力 (kW)	64	94	220	357	555	867	1880	3000
	入力回転数 (rpm)	1608	2040	1520	1165	1110	1125	930	931
	ボラードブル (kN)	5.1	6.2	18.0	28.7	40.3	64.1	143.1	224.4
定 格 C	入力馬力 (kW)	75	110	257	420	650	1000	2200	3500
	入力回転数 (rpm)	1695	2150	1600	1230	1170	1180	980	980
	ボラードブル (kN)	5.7	6.9	20	32	44.8	70.5	158.9	248.7
最大入力トルク (N·m)		423	489	1534	3261	5306	8093	21439	34107
減速比		1.000	1.261	1.947	1.947	1.762	2.300	2.880	3.670
ウェル径 (mm)		660	900	1300	1680	2160	2700	3400	4300
質量(鋼製) (kg)		360	380	1350	2500	5000	8900	14000	40500
排水量損失 (kg)		220	220	640	1350	2700	5500	7500	18000

※ 定格 A : 常時連続最大出力で運転される主推進器(コンテナ船、押船) …… (Sf = 0.75)

※ 定格 B : 間欠的に最大出力で運転される主推進器(ハーバータグ、クレーン船) …… (Sf = 0.90)

※ 定格 C : 補助推進器(操船補助のサイドスラスト、定点保持用スラスト) …… (Sf = 1.0)

※ SPJ15 のみ Lバージョン(立型モータとインペラ軸が直結)です。

※ 質量は潤滑油を含み、アウターウェル及び弾性取付具は除く概略値です。

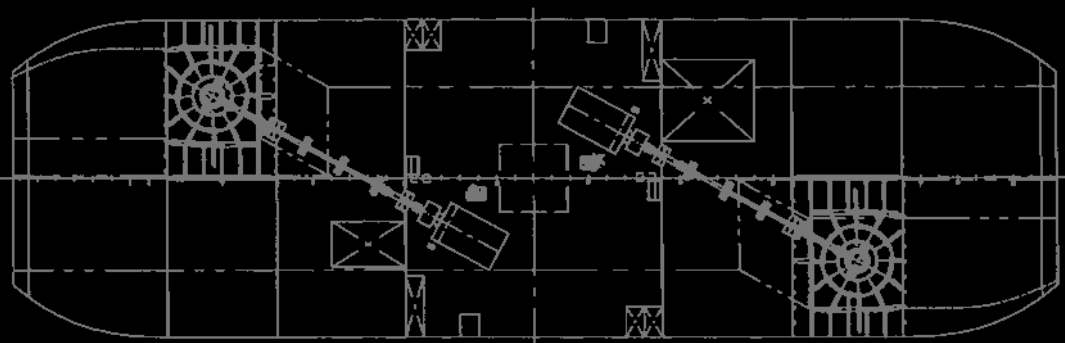
※ 仕様・要目は予告なく変更される場合があります。

SPJ

SCHOTTEL Pump-Jet



**Application-oriented
propulsion systems**



The SCHOTTEL Pump-Jet - the proven propulsion and manoeuvring system even for extreme operating conditions

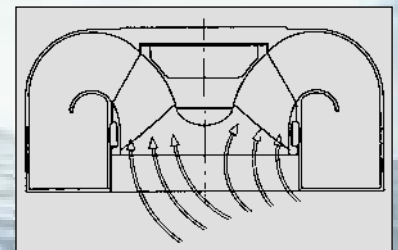
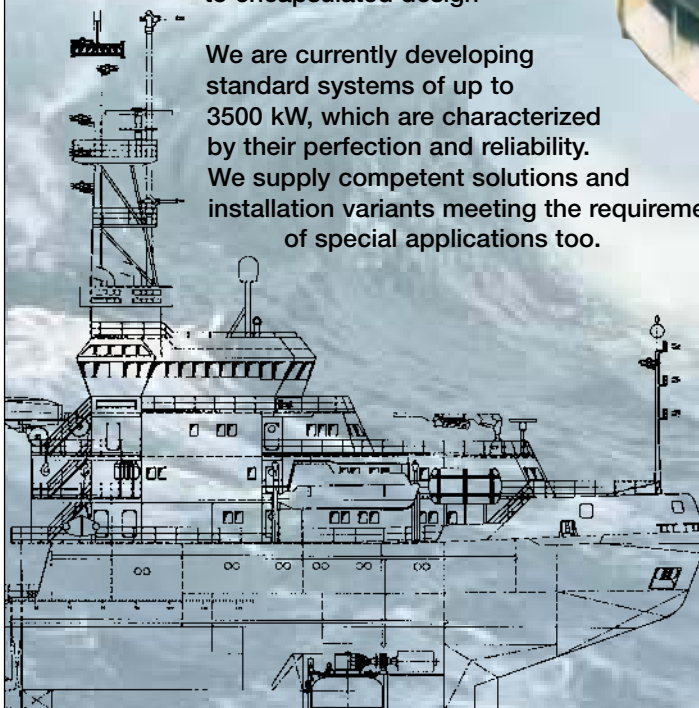
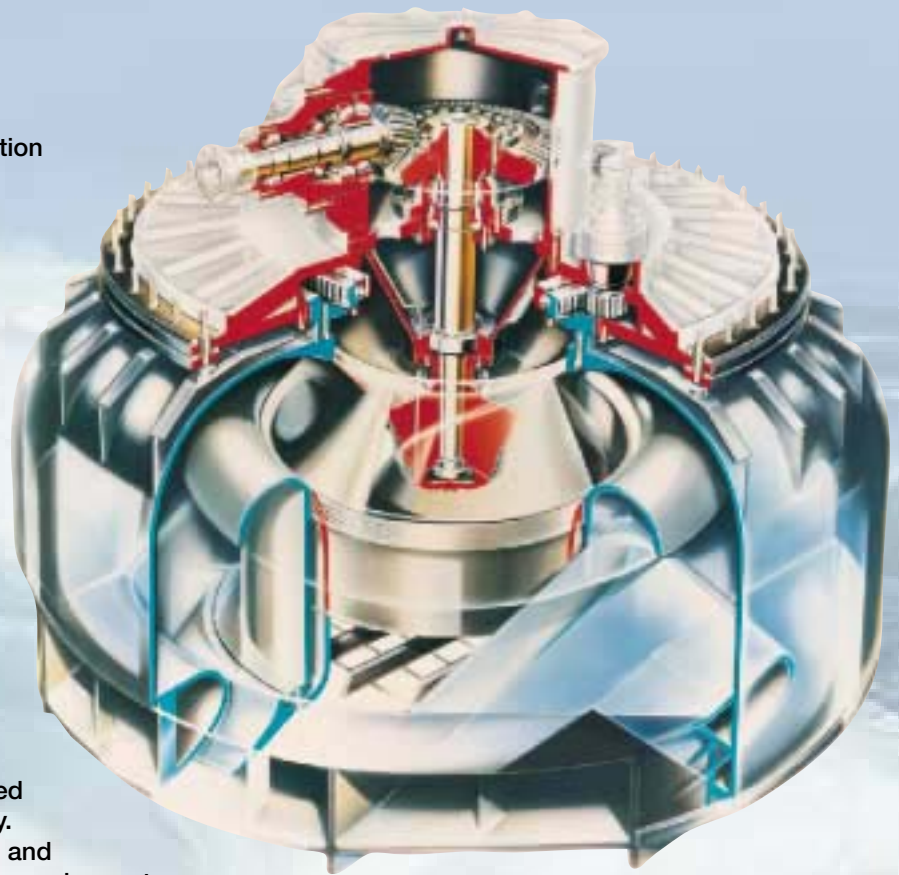
Many extremely shallow waters cannot be navigated with conventional propulsion systems. SCHOTTEL recognized this problem at an early stage and developed the Pump-Jet (SPJ) as a solution. The SPJ not only sets standards as a shallow-water propulsion system but is also increasingly used as a robust, powerful and reliable manoeuvring system on ships and vessels of all kinds operating under exceptional conditions.

The Pump-Jet operates reliably and with full thrust at a minimum immersion of only 150 to 750 mm, depending on the model involved, and can be powered by engines or motors of any type. It can be rotated through 360°, providing full thrust in all directions and ensuring excellent manoeuvring performance with utmost smoothness and comfort.

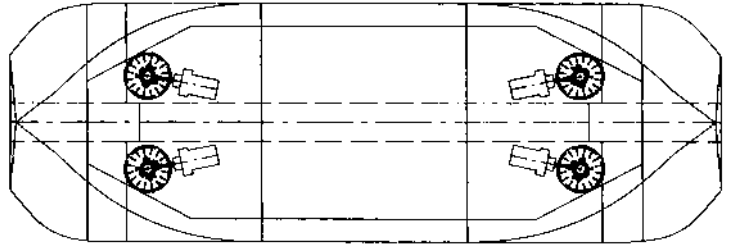
The application-specific characteristics

- Compact construction, space-saving installation and easy maintenance
- Minimum loss of displacement, especially significant for lightweight shallow-draft vessels
- Simple installation flush with the hull
- Operation in water depths < 0.5 m and beaching possible
- Reduced suction effect in shallow water on account of the much lower volume flow as compared with propeller-driven vessels
- As a manoeuvring aid in the bow, the SPJ can be used for main and auxiliary propulsion (take-home device), as required
- Virtually no risk of damage due to grounding or floating debris
- Low-noise and low-vibration operation due to encapsulated design

We are currently developing standard systems of up to 3500 kW, which are characterized by their perfection and reliability. We supply competent solutions and installation variants meeting the requirements of special applications too.



An impeller sucks in water through the intake funnel, a protective grid in the bottom plate preventing foreign bodies from entering the Pump-Jet.



Steering and control systems



1

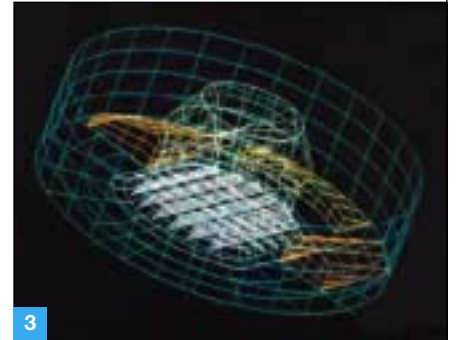
Quality

The application of CAD in development and design, the implementation of advanced manufacturing technologies, the use of high-grade materials, skilful assembly and professional installation on site are the major foundations for the top quality of our products. This is impressively confirmed by the certification of our quality management system according to DIN EN ISO 9001 by American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Det Norske Veritas and Germanischer Lloyd.

Research and Development



2



3

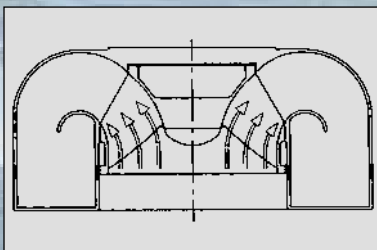
- 1 Our tailored steering and control systems have been service-proven and type-tested for decades.
- 2 Measured-data acquisition onboard using the DIADEM software
- 3 Existing Pump-Jet models are optimized and new types developed using state-of-the-art calculation methods.
- 4 In close cooperation with internationally renowned research institutes we constantly upgrade our Pump-Jets so that they are always acknowledged throughout the industry as trendsetting.
- 5 Testing in the HSVA ice tank in Hamburg



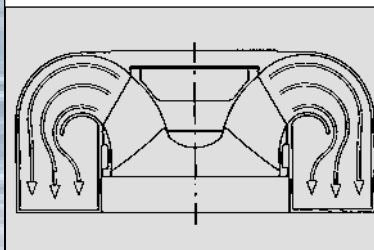
4



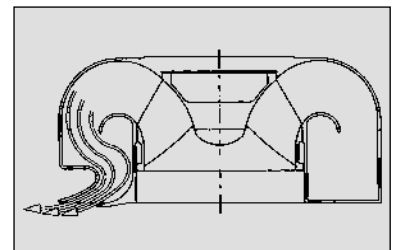
5



The impeller forces the energized water into a diffuser, as a result of which kinetic energy is converted into pressure energy.



This energy transformation process is continued in the diffuser, and the water is collected in the pressure casing.



The water is finally expelled through the outlet nozzles at an angle of 15°, and thrust is generated which can be steered through 360°.

Operating principle

SPJ for main propulsion Passenger ships, ferries

4



River cruise vessel (0.90 m draught), 3 x SPJ 82 (340 kW each) stern installation, 1 x SPJ 57 (190 kW) bow installation
Shipyard: DWE Deggendorfer Werft & Eisenbau GmbH, Germany
Owner: Peter Deilmann Reederei GmbH & Co., Germany



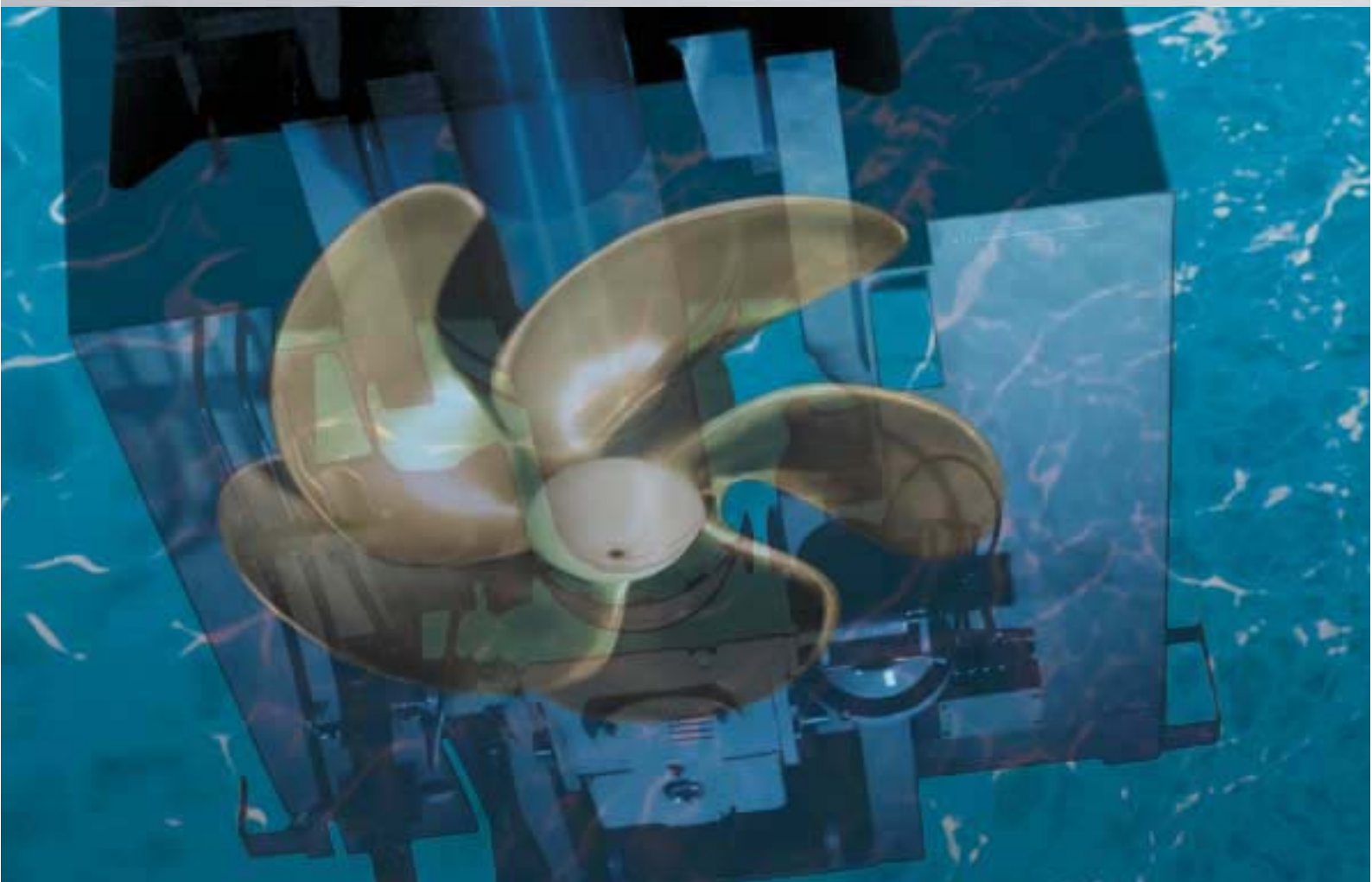
Double-ended ferry (1.40 m draught), 2 x SPJ 132 (505 kW each)
Shipyard: McTay Marine Ltd., United Kingdom
Owner: Caledonian MacBrayne, United Kingdom



Double-ended ferry (0.75 m draught), 2 x SPJ 57 (178 kW each)
Shipyard: Schmitt Stahlbau GmbH, Germany
Owner: Fährbetrieb Michael Schnaas, Germany

3. ショッテルナビゲーター技術資料、カタログ

The All-in-One Thruster



Innovators in propulsion technology



NAV The SCHOTTEL Navigator



SCHOTTEL Navigator – the flexible, easily accessible all-rounder among marine propulsion systems.

For more than 50 years, the SCHOTTEL Navigator (NAV) has been a byword for a reliable and compact propulsion unit suitable for use on an extremely diverse range of vessels. In principle the NAV, an adaptation of the SCHOTTEL Rudderpropeller (SRP), is a large-scale mobile outboard plant, providing the vessel with 360 degrees steerable manoeuvrability.

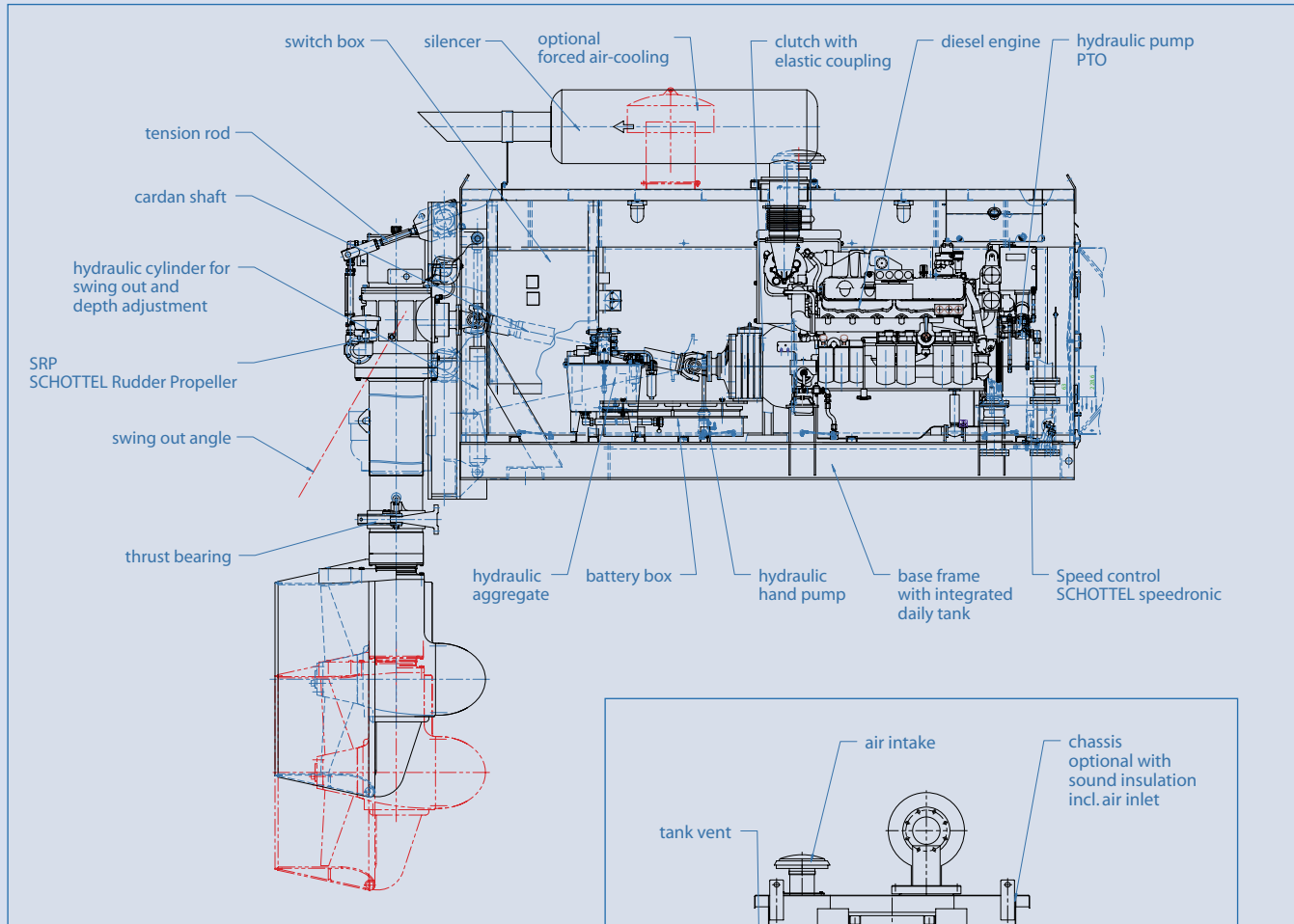
All main components of the SCHOTTEL Navigator are mounted on the base frame, which also accommodates the daily fuel tank. A canopy protects the complete unit. A diesel engine is used as the prime mover. The electrical and electronic monitoring elements are installed in an integrated switch cabinet. The clutch between the prime mover and the Rudderpropeller transmits the power through a flexible coupling and a universal shaft.

The SCHOTTEL Rudderpropeller is mounted at the rear end of the base frame and can be hydraulically raised or lowered in vertical direction by means of a depth adjustment facility. This serves to ensure maximum propeller thrust with all vessel draughts by maintaining the correct propeller immersion. For maintenance purposes, the Rudderpropeller can be pivoted out of the water to the rear using hydraulic or mechanical lifting devices. The propeller is equipped with an anti-cavitation plate to protect it from damage, or alternatively with a nozzle, if higher bollard pull is required.

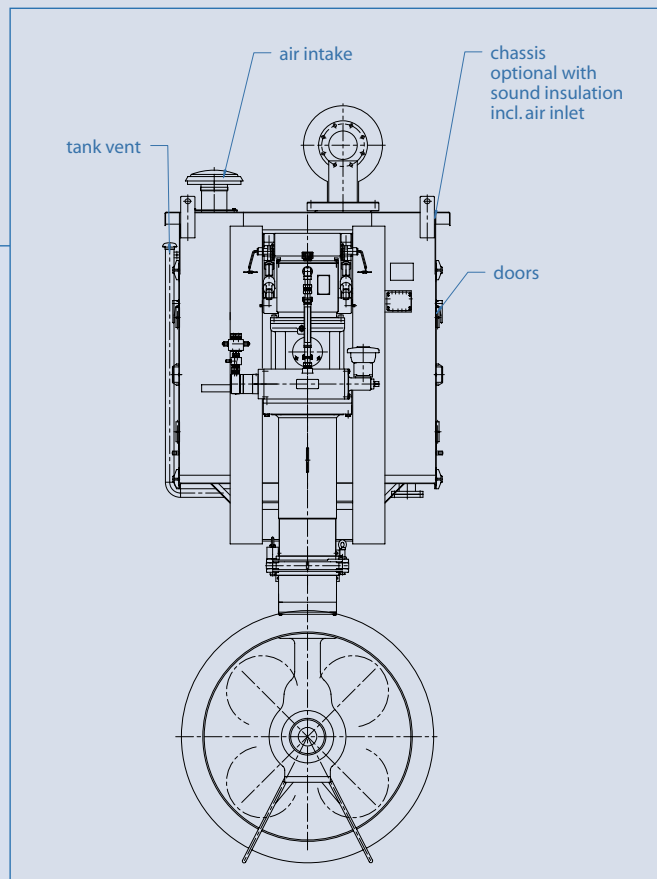
Installation is fast and simple, since the Navigator merely has to be bolted onto a foundation prepared by the shipyard. Thus every kind of floating object can easily become motorized.

The NAV is characterized by its wide variety of applications. As an extra service SCHOTTEL offers customers installation drawings according to the customer's requirements. Our sales and engineering teams will be happy to provide assistance and advice.



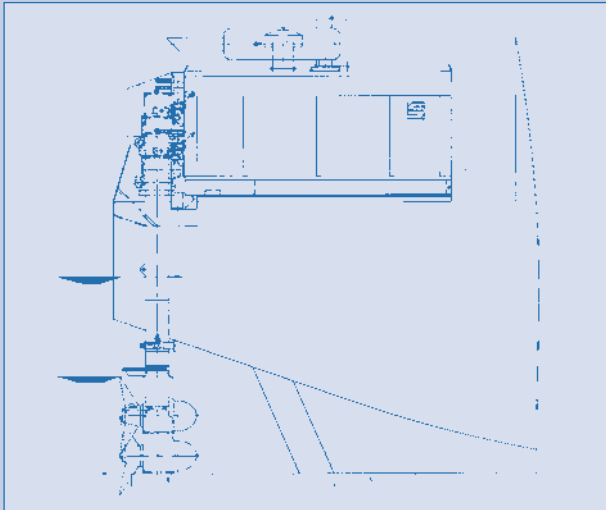


The SCHOTTEL Navigator is distinguished by its simple, compact design.

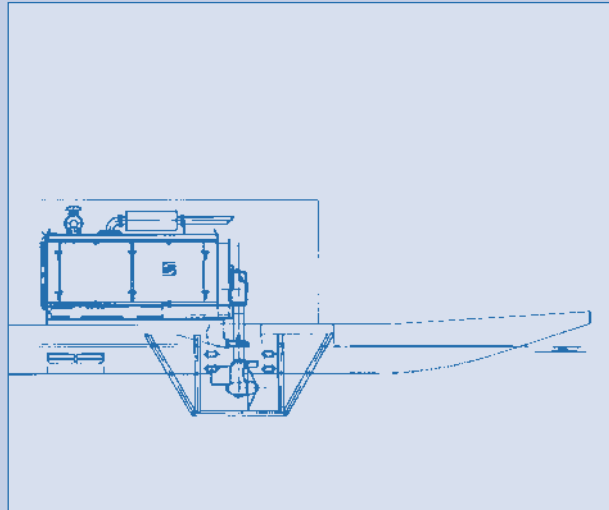


We have made quality our corporate philosophy – from development to commissioning and on to after-sales service.





Barge installation



Ferry installation

NAV Nozzle version

The Rudderpropeller can be supplied with a nozzle from SRP 170 upwards. All Rudderpropellers without a nozzle are equipped with an anti-cavitation plate above the propeller blades to avoid the insuction of air.

NAV Onatra

The simplified version of the SCHOTTEL Navigator, Onatra, comprises the steering and propulsion system without motorization: a Rudderpropeller fixed to a vertical frame welded to a base frame, with the hydraulic unit, battery box and switch cabinet. The clutch, hydraulic pump, cardan shaft and control panels are supplied separately.

NAV Offshore

For demanding offshore conditions the NAV Offshore is characterized by an enclosed version of the canopy. The frame, canopy and doors are galvanized to prevent corrosion. The upper part of the Rudderpropeller can also be protected by an additional cover. The interior is cooled by an extra ventilation system.

NAV Sound-insulated

The sound-insulated version consists of an enclosed, insulated canopy, thereby reducing the level of air-borne



SCHOTTEL NAV Sound-insulated

noise to a mere of about 85 dB(A) at a distance of one metre.

NAV Resilient mounted

For special vessel applications vibration reduction may be necessary. For such cases SCHOTTEL offers resilient mounting of the NAV and the thrust bearing.

NAV Fire extinguishing device

As an option the NAV can be equipped with a CO₂ fire extinguishing system fitted on the outside of the canopy and connected to the fire valve inside the NAV.



SCHOTTEL Navigators have proved their worth in vessels of all shapes and sizes.



NAV The SCHOTTEL Navigator – Technical Specifications

Standard Types

Type	Rating	Input power Max. (kW)	Input speed (r.p.m. / Upm)	Propeller Ø (mm)
NAV 60	A	100	2500	700
	B	120		
	C	130		
NAV 110	A	195	2100	850
	B	230		
	C	260		
NAV 170	A	270	1800/2000	1050
	B	310		
	C	350		
NAV 200	A	310	1800/2100	1100
	B	370		
	C	410		
NAV 330	A	470	1800	1400
	B	550		
	C	620		

Specification is subject to change without notice. Data are intended as a guideline for projects. Deck-mounted Rudderpropellers without hydraulic height adjustment are possible for higher power ratings. Status: March 2006.

Measures / Weight

Type	Approx. dimensions of NAV*	Approx. weight in kg with motor plus SRP**
NAV 60	3250 x 1400 x 1700	2500
NAV 110	4100 x 1800 x 2000	5000
NAV 170	4500 x 1800 x 2300	7000
NAV 200	4300 x 1800 x 2300	8000
NAV 330	5500 x 2000 x 2700	11,500

* Height = bottom line of frame – top/upper edge of motor canopy (length x breadth x height) (cm)

** Weight of SRP with propeller and oil with PAL min.

Maximum Propeller Arm Length

Type	Max. propeller arm length (PAL) in mm
NAV 60	3200
NAV 110	3600
NAV 170	4800
NAV 200	4800
NAV 330	4750

If a PAL is requested which is longer than the maximum, an intermediate bearing becomes necessary. This has to be specified individually.

Our product information provides you with explanations and data for planning plants incorporating units from our current programme. On account of the modifications associated with upgrading, the contents of a specific edition will remain valid for a limited time only. Binding for the application concerned are the data given in our tender specification.

The following steering systems are available for Navigators: the range extends from a simple hydraulic steering system to our technically demanding electro-hydraulic steering systems, depending on the size and rating of the Rudderpropeller.

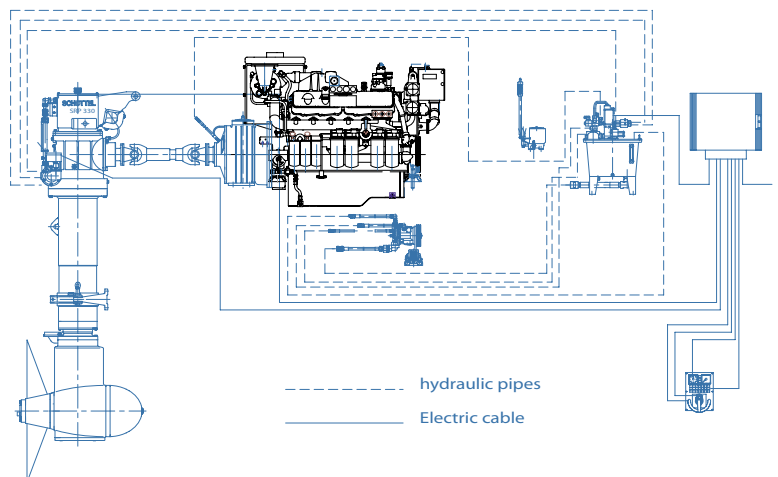
SST 700 This way-dependent hydraulic steering system is a simple hydraulic steering solution consisting of the steering wheel, hydraulic pump, hydraulic tank, hydraulic motor, slide valve, rudder position indicator and electronic circuit system.

SST 200 This way-dependent servo steering system is easy to steer and is based on a steering unit with steering indicators and a self-locking brake, hydraulic pump, hydraulic tank and torque converter.

SST 500 This time-dependent electro-hydraulic steering system is based on a non-follow-up steering system. It consists of a joystick switch, hydraulic pump, hydraulic unit, hydraulic motor, rudder position indicator and electronic circuit system.

SST 600 with Copilot 2003 This is a full follow-up way-dependent electro-hydraulic redundant steering system, including a time-dependent emergency steering system. This steering system operates proportionally. This means that small steering angles are electronically transformed into smooth steering movements and large steering angles are transformed into fast steering movements including an acceleration and deceleration ramp.

Motorization If required, the SCHOTTEL Navigator can be supplied with a diesel engine. The engine speed can be regulated by SCHOTTEL speedronic, an electro-mechanical system. Otherwise regulation is possible using a 4-20 mA signal.

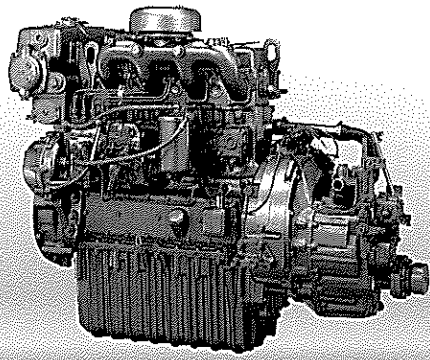




The characteristic features of the SCHOTTEL Navigator are its excellent manoeuvrability and optimum performance.

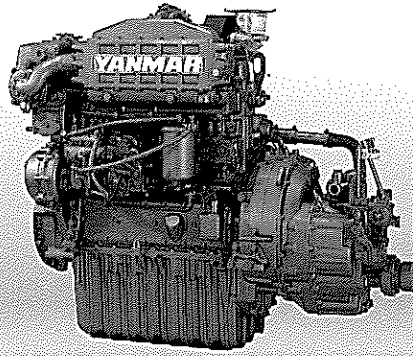


4. ヤンマーディーゼルエンジン資料、カタログ



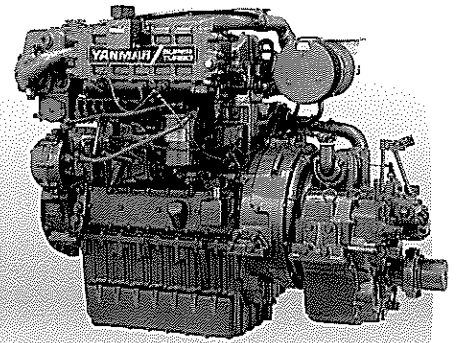
4CHK

62.5 kW



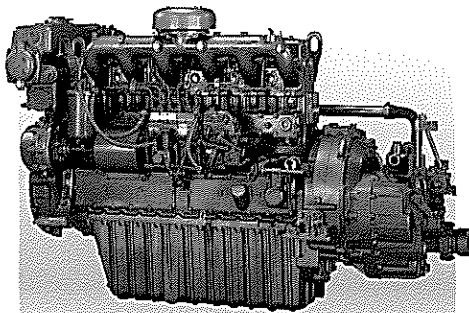
4CHK-HT(S)

103 kW



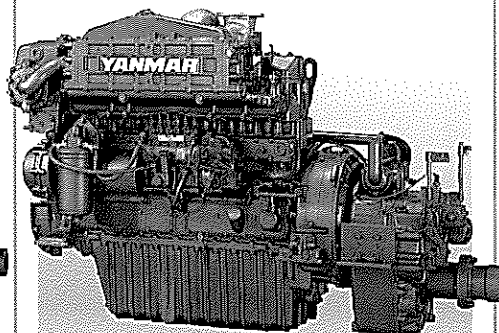
4CH-ST(S)

147 kW



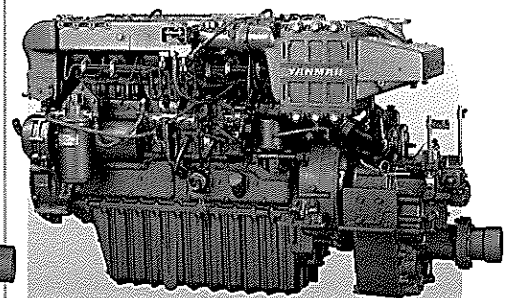
6CHK

95.6 kW



6CHK-DT(S)

180 kW

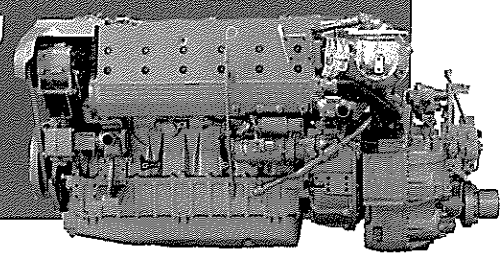
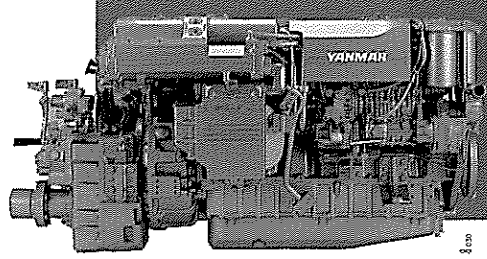


6CH-ST(S)

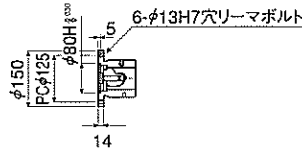
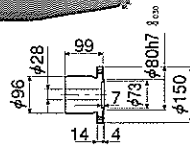
243 kW

4LH-ST	4CHK	4CHK-HT	4CH-ST	6CHK	6CHK-DT	6CH-ST
4	4	4	4	6	6	6
100×110mm	105×125mm	105×125mm	105×125mm	105×125mm	105×125mm	105×125mm
3.455 ℓ	4.330 ℓ	4.330 ℓ	4.330 ℓ	6.494 ℓ	6.494 ℓ	6.494 ℓ
118kW(160PS)/3000min ¹ 147kW(200PS)/3200min ¹	51.5kW(70PS)/2500min ¹	77.2kW(105PS)/2500min ¹ 103kW(140PS)/2600min ¹	118kW(160PS)/2500min ¹ 147kW(200PS)/2600min ¹	77.2kW(105PS)/2500min ¹	140kW(190PS)/2500min ¹ 180kW(245PS)/2600min ¹	180kW(245PS)/2500min ¹ 243kW(330PS)/2700min ¹
—	62.5kW(85PS)/2600min	95.6kW(130PS)/2600min	140kW(190PS)/2600min	95.6kW(130PS)/2600min	169kW(230PS)/2600min ¹	221kW(300PS)/2600min ¹
134	56	93 (S仕様) 87 (P仕様)	134 (S仕様) 128 (P仕様)	87	164 (S仕様) 154 (P仕様)	221 (S仕様) 201 (P仕様)
YX30-4	YX20	YX30	YX50S-3/YX71 YX50S-3/2.03・2.48・2.88 YX71-4・3.53	YX30	YX71	YX71-1
1.51・2.03・2.55・2.96	2.03・2.55・2.96・3.48	2.03・2.55・2.96・3.48	—	2.03・2.55・2.96・3.48	2.07・2.58・2.91・3.53	2.07・2.58・2.91・3.53
右(艀側から見て) 直接噴射式	右(艀側から見て) 直接噴射式	右(艀側から見て) 直接噴射式	右(艀側から見て) 直接噴射式	右(艀側から見て) 直接噴射式	右(艀側から見て) 直接噴射式	右(艀側から見て) 直接噴射式
A重油または軽油 強制潤滑	A重油または軽油 全密閉強制潤滑	A重油または軽油 全密閉強制潤滑	A重油または軽油 強制潤滑	A重油または軽油 強制潤滑	A重油または軽油 強制潤滑	A重油または軽油 強制潤滑
—	CD級	—	CD級	CC級以上	CD級	CD級
清水(海水間接)冷却	清水(海水間接)冷却	清水(海水間接)冷却	清水(海水間接)冷却	清水(海水間接)冷却	清水(海水間接)冷却	清水(海水間接)冷却
電気始動	電気始動	電気始動	電気始動	電気始動	電気始動	電気始動
490kg	560kg	593kg	670kg	683kg	902kg	850kg

ヤンマーディーゼルエンジン 6LY-UT 280PS

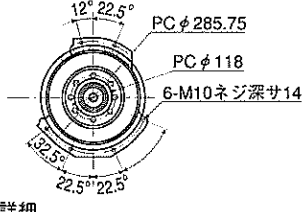
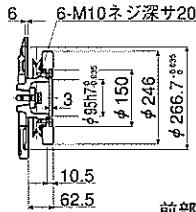


外形寸法<単位mm>

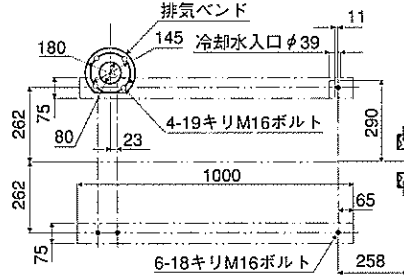


軸継手 (船尾側) 詳細
軸継手 (船尾側) 詳細

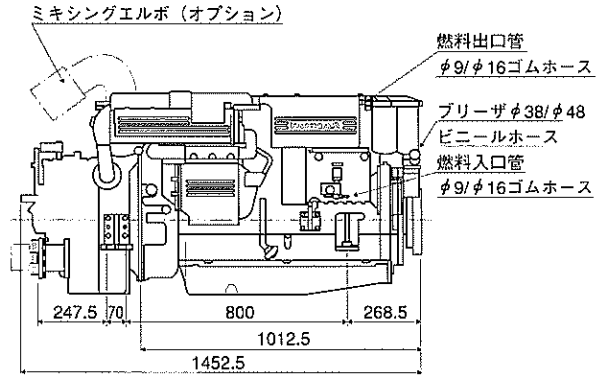
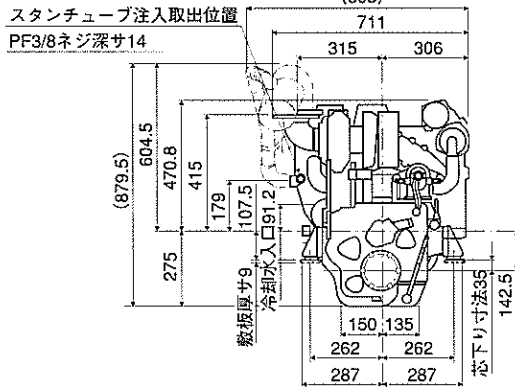
カップリング詳細
カップリング詳細



前部継手詳細



前部継手詳細



据付の際は別途機関外形図を取寄せご使用ください。

機関名称	6LY-UT	漁船法馬力数	60	使用潤滑油	CD級15W40
形式名	立形水冷4サイクルディーゼル機関	減速逆転機形式	湿式・多板・油圧式 YX-50S	冷却方式	清水(海水間接)冷却
シリンダ数	6	減速比(前進)	1.51ss 2.03s 2.48g 2.88gg	始動方式	電気始動
シリンダ径×行程	100×110mm	クランク軸回転方向	左(トモ側から見て)	機関乾燥重量	575kg
総行程容積	5.184ℓ	プロペラ回転方向	右(トモ側から見て)	スターティングモータ	24V—4KW
連続定格出力(JCI馬力)	245PS/3000rpm	燃焼方式	直接噴射式	オルタネータ	24V—600W
実用最大出力(限定軽作業:S)	280PS/3200rpm	使用燃料油	A重油・ヤンマー重油・軽油	標準バッテリー容量	24V—120AH×2
(クラッチ軸端出力)	260PS/3100rpm	潤滑方式	全密封強制潤滑		

限定軽作業用途は用途、使用時間(最大出力時)等の使用条件により制限がありますので、販売店へご相談下さい。機関乾燥重量は仕様・付属品等により異なります。このカタログに記載している内容の使用条件、使用目的性能や用語については当社規格に基づいて記載しています。

標準付属品

機関据付用敷板	サブタンク及び付属品
機関据付用調整板仕組	燃料油管(継手共)
機関据付ボルト仕組	油水分離器
ブレイクパイプ(船体側継手ホースバンド共)	ロータリー式手動排油ポンプ
キングストーンコック仕組	リモコンハンドル台(2ハンドル)
冷却水管仕組(継手共)	推進軸々継手及び付属

標準工具一式
計器盤
エクステンションコード(6M)
トラローリング装置(EB方式)
機関停止装置
(ストップソレノイド)

特別注文品

排気管、伸縮継手	トラローリング用リモコンハンドル
湿式・縦出し排気部品	前部駆動用Vプーリー(A方式)
前部駆動装置	リモコンワイヤ
海水コシ器	エアヒーター
ビルジポンプ(電動式)	防振ゴム仕様

※ 前部駆動装置は、前部動力取出装置(エアクラッチ・電磁クラッチ)の負荷変動や、ねじり振動を吸収する高弾性ゴム継手を組込んだタイプをご使用ください。

■商品についてのご意見、ご質問は下記へ……………

安全に関するご注意

- ご使用の際は、取扱説明書をよくお読みの上正しくお使いください。
- 故障、事故を未然に防止するため定期点検は必ずおこなってください。
- 封印を切ったの無理な運転はやめてください。エンジンの寿命を縮め、故障・事故の原因となることがあります。
- 燃料、潤滑油、清水等は取扱説明書で指定されているものをお使いください。それ以外の物の使用は故障、事故の原因となることがあります。

- 本カタログの仕様は改良などにより予告なく変更することがあります。
- 商品の色は印刷物ですので実際の色と若干異なることがあります。
- 商品写真にはオプションを含む場合があります。販売店にご確認ください。



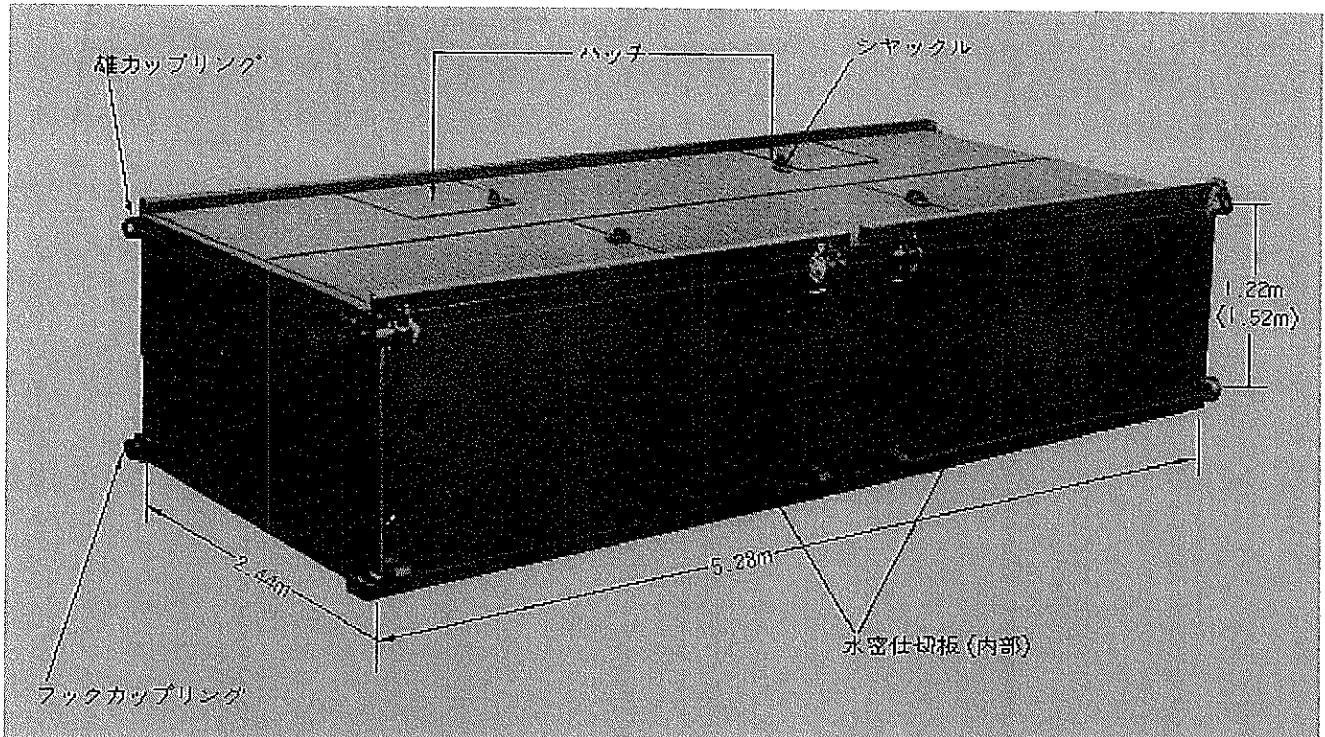
ヤンマーディーゼル株式会社

本社 / 大阪市北区茶屋町1番32号 〒530

97年7月作成 © 0000600A028 9509 © ☆

5. ユニフロートシステム資料

ユニフロートシステム



●用途

土木工専用台船
水中ボーリング用基礎
フェリーボート・棧橋・浮橋 等

●ユニフロートの特徴

ユニフロートはあらゆる種類の浮動基礎を経済的に、強固に、簡単に、しかも現場で容易に組立てることが出来ます。

1. 連結・解放作業は全て浮遊中の甲板上で行うことが出来ます。
2. ユニット(ユニフロート本体)はトラック、車輛等で何処へでも陸送が出来ます。
3. UF-1A型ユニット(H-1.22m)は最小乾舷0.23mで10tの支持浮力(許容積載荷重)があります。
4. 特殊連結器が備えてありますから、縦横何れの方向にも連結が可能で用途に応じた任意のスペース(船形)が得られます。
5. 綿密な設計、精密な治具に依りユニークな製造方法で作られたユニフロートは夫々互換性を持って居ります。
6. ユニットの内部には三個の水密隔壁があり、左右2個の隔室に水を注入、吐出させ、バラストの代わりとして使用することが出来ます。一つの隔室に満水するとその重量は、UF-1A型で約4.5tとなります。

●ユニフロートの連結方法

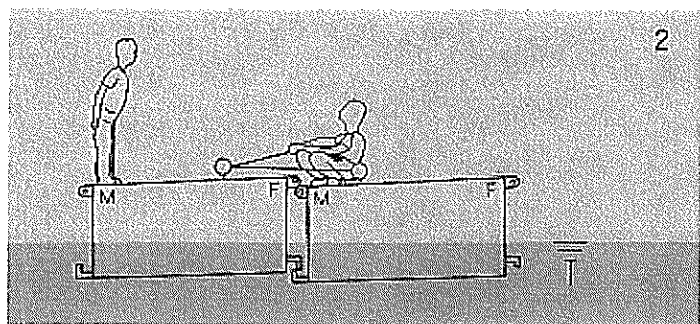
ユニフロートを連結するには、4人の作業員と2本のロープがあれば充分です。
この方法により色々な編成の台船が迅速に組み立てられます。

1. 右側のユニフロートに2人がロープを持って乗り、そのロープの一端を自分のユニフロートのシャックルに結び、他端を相手のシャックルに通して手操りよ



せ

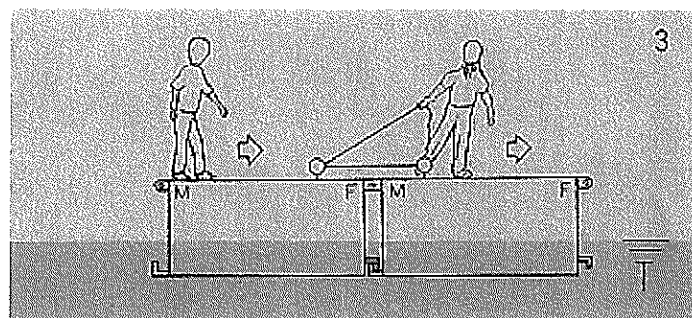
相手のユニフロートを引き付ける。



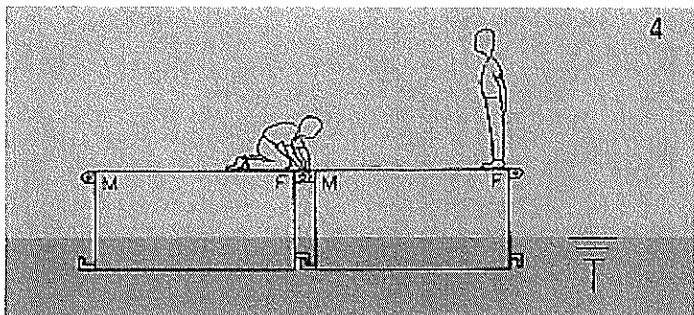
2. 次に残りの2人は左側のユニフロート、オスカップリング側に乗り、更にロープを引き寄せると2隻のユニフロートはフックカップリングが互いに十分噛み合う様に傾いている故、上向きフックと下向きフックは互いに重なり合う。

ま
オ

3. そこで4人は夫々矢印の方向へロープを張ったまま移動するとユニフロートは水平位置に復元し、上部ス、メスカップリングも同時に嵌合する。



4. 最後に左側ユニフロートの2人が各カップリングに止ピンを挿入し、安全ピンで固定する。



注. 尚、4隻のユニフロートを連結する場合には、最初の2隻のユニフロートを夫々端面同士連結し、次にこの2組の側面をセンターラインになるようにして組み立てます。
多数のユニフロートを組み合わせて大きな台船にする場合は、2、4、・・・と組立て、最終連結は出来るだけ半分に近いユニフロート同士を中央部で連結することが必要です。

●仕様

1. ユニフロート本体寸法

長さ	本体外形寸法 : 5.51m	缶体寸法 : 5.28m
巾	本体外形寸法 : 2.67m	缶体寸法 : 2.44m
高さ	本体外形寸法 : 1.34m	缶体寸法 : 1.22m

2. 安定計算に必要なデータ

最小有効乾舷	: 23.0cm
許容積載荷重	: 10.0トン
水線面積	: 12.8平方メートル
慣性モーメント長軸	: 30.0
慣性モーメント短軸	: 6.4
自重	: 3.0トン
バラスト1室の容積	: 4.5立方メートル

ユニフロートの仕様

松原建設株式会社

・缶体寸法

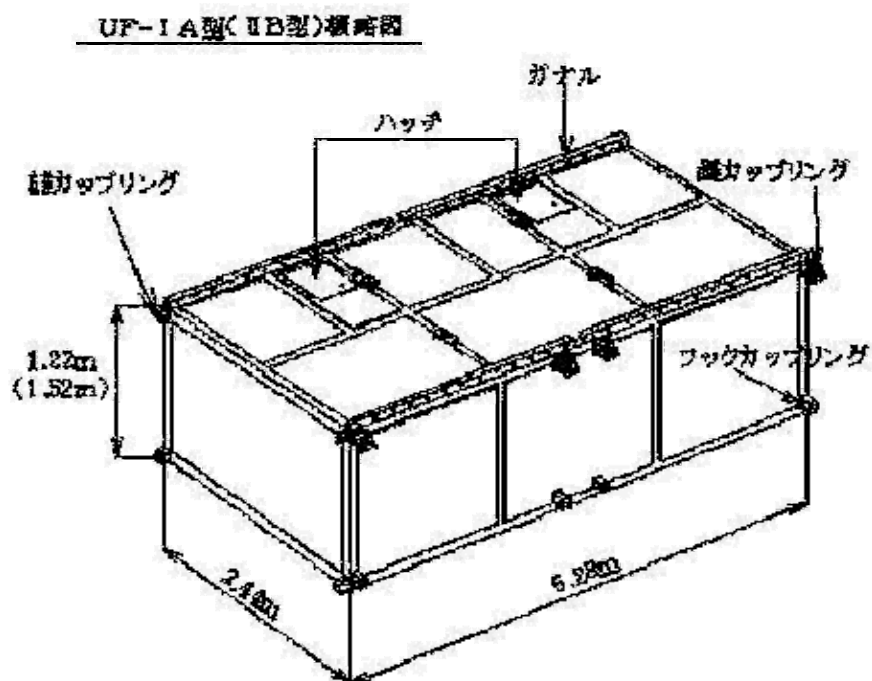
	「建設機械等損料算定表」 フロート(組立式)[本体]10t用		「建設機械等損料算定表」 フロート(組立式)[本体]13t用	
	UF- I A型		UF- II B型	
	外形寸法	缶体本体	外形寸法	缶体本体
長さ	5.51m	5.28m	5.51m	5.28m
幅	2.67m	2.44m	2.67m	2.44m
高さ	1.34m	1.22m	1.64m	1.52m

・安定計算に必要なデータ

	UF- I A型	UF- II B型
最小有効乾舷	23cm	23cm
許容積載荷重	10t	13t
水線面積	12.8 m ²	12.8 m ²
慣性モーメント		
長軸	30.4m ⁴	30.4m ⁴
短軸	6.4m ⁴	6.4m ⁴
自重	3.0t	3.7t
バラスト1室の容積	4.5m ³	5.5m ³

ユニフロートの仕様2

松原建設株式会社



ユニフロート連結フック



スパット用ユニフロート

ユニポート施工例

松原建設株式会社



10t 吊ラフタークレーン台船



地盤改良台船



杭打台船(パイプロ使用)



3点式杭打台船



バックホウ台船+運搬台船



ベルトコンベア台船

6. IMOアフリカ内水航行船舶安全規則（モデル）



**MODEL SAFETY REGULATIONS
FOR INLAND WATERWAYS
VESSELS AND
NON-CONVENTION CRAFT,
INCLUDING
FISHING VESSELS, OPERATING
IN AFRICA**

JANUARY 2002

TABLE OF CONTENTS

PREAMBLE	VII
EXPLANATORY NOTES	IX
CHAPTER 1 - GENERAL PROVISIONS	1
1.1 .....Application	1
1.2 General Definitions	1
1.3 Exemptions	3
1.4 Equivalentents	3
1.5 Standards	4
1.6 Carriage of passengers	4
1.7 Classification of inland waterways and coastal waters	4
1.8 Plans, signs, instruction manuals, name plates and languages	4
1.9 Casualties and incidents	5
1.10 Vessel Design, Construction and Maintenance	5
1.11 Management of safety and environmental protection	6
1.12 Vessel identification	6
1.13 Official log book	6
1.14 Port State control	6
CHAPTER 2 – CERTIFICATION AND SURVEYS	8
2.1 Certification	8
2.2 Conditions and procedures for issuing Certificates of Seaworthiness	8
2.3 Surveys and inspections	9
2.4 Refusal to issue or withdrawal of a Certificate of Seaworthiness	9
CHAPTER 3 – CONSTRUCTION AND EQUIPMENT	11
3.1 General	11
3.2 Construction	11
3.3 Anchors, chains and anchor cables	12
3.4 Cranes, derricks and winches	13
3.5 Towing vessels and barges	14
3.6 Miscellaneous equipment	15
3.7 Heating, cooking and refrigeration appliances	15
3.8 Openings and penetrations in watertight or weathertight structures, coamings on exterior openings and freeing ports	16
CHAPTER 4 – FREEBOARD AND STABILITY	17
4.1 Minimum Freeboard	17
4.2 Loading Marks	17
4.3 Loading of vessels	17
4.4 Stability Information for Operating Personnel	17
4.5 General requirements relating to intact stability	18

4.6	Conduct of stability proof test	18
4.7	Stability and freeboard requirement	19
4.8	Maximum number of passengers	21
4.9	Subdivision of passenger vessels and certain cargo-passenger vessels	21
4.10	Installation of Ballast	24
4.11	Stability of open boats	24
4.12	Foam flotation material	24
4.13	Intact stability requirements for a sailing vessel	25
CHAPTER 5 - MACHINERY AND BILGE PUMPING ARRANGEMENTS		26
5.1	General	26
5.2	Engine exhaust system	26
5.3	Engine and boiler rooms	27
5.4	Propulsion machinery	27
5.5	Fuel tanks, pipes and accessories	27
5.6	Steering gear	28
5.7	Steering gear control system	29
5.8	Steering system hydraulic drive	29
5.9	Power source for steering system	30
5.10	Manual actuation of steering system	30
5.11	Rudder systems	30
5.12	Bilge pumping systems	30
5.13	Bilge piping	31
5.14	Storage of oily-water and drained oil	32
CHAPTER 6 - ELECTRICAL INSTALLATIONS		33
6. 1	General	33
6.2	Maximum permissible voltages	33
6.3	Shore connections	34
6.4	Generators and motors	35
6.5	Batteries	35
6.6	Electrical switchboards	36
6.7	Switches, protective devices and circuits	37
6.8	Measuring and monitoring devices	37
6.9	Lighting	38
6.10	Signal lights	38
6.11	Earthing	38
6.12	Emergency source of power	39
CHAPTER 7 – FIRE PROTECTION		41
7.1	General	41
7.2	Portable fire extinguishers	41
7.3	Fire extinguishing systems	42

7.4	Fire pumps	44
7.5	Hydrants and hoses	45
7.6	Inspections	46
7.7	Engine room access	46
CHAPTER 8 - LIFE-SAVING ARRANGEMENTS AND APPLIANCES		47
8.1	Interpretation	47
8.2	General requirements	47
8.3	Approval of life-saving appliances and arrangements	48
8.4	Emergency communications equipment	48
8.5	Personal life-saving appliances	49
8.7	Survival craft	50
8.8	Stowage, launching, recovery and embarkation	51
	Stowage, launching and recovery arrangements for survival craft.....	51
	Embarkation and launching arrangements for survival craft.....	51
	Rescue boats	52
8.9	Marking of survival craft	52
8.10	Operational readiness, maintenance and inspection	52
8.11	General emergency alarm and public address systems	53
CHAPTER 9 –COMMUNICATIONS EQUIPMENT.....		54
9.1	Radiocommunications equipment	54
9.2	Emergency position indicating radio beacon	54
9.3	Radar reflector and transponder	54
CHAPTER 10 - SAFETY OF NAVIGATION		55
10.1	Safety obligations and avoidance of collisions	55
10.2	Compasses and Navigation	55
10.3	Navigation and other lights and sound signals	56
10.4	Action on receipt of distress signal	56
10.5	Distress signals and equipment	57
10.6	Nautical Publications	57
10.7	Proximity to booms	57
10.8	Instructions and notices to mariners	57
CHAPTER 11 - HEALTH AND SAFETY IN THE CREW'S ACCOMMODATION AND WORKING STATIONS.....		58
11.1	General	58
11.2	Vessel design requirements for health and safety	58
11.3	Sanitary installations	59
11.4	Galleys	60
11.5	Potable water	60
11.6	Heating, cooling and ventilation	60
11.7	Other accommodation requirements	61
11.8	Means of access in the accommodation	61

11.9	Accommodation floors, walls and deckheads	62
11.10	....Daylight and lighting in the accommodation and working areas	62
11.11	....Safety devices	62
11.12	....Safety of working stations	62
11.13	....Dimensions of working stations	63
11.14	....Protection against falling	63
11.15	....Access, doors and companion ways of working stations	63
11.16	....Deck surfaces, walls, deckheads and openings	64
11.17	....Ventilation and heating of working stations	64
11.18	....Natural light and lighting of working stations	65
11.19	....Protection against noise and vibration	65
	CHAPTER 12 – CARRIAGE OF CARGOES AND DANGEROUS GOODS	66
12.1	Carriage of cargoes - General	66
12.2	Carriage of dangerous cargoes in packaged form or in bulk	66
12.3	Signals to be displayed when handling explosives	67
12.4	Carriage of livestock	67
	CHAPTER 13 – CERTIFICATES OF COMPETENCY AND MANNING.....	68
13.1	Interpretation	68
13.2	Certificates of competency – mandatory minimum requirements for certification.....	68
13.3	Training and experience	68
13.4	Service as master or chief engineer	69
13.5	Standards of competence - for certification as master	70
13.6	Standards of competence - for certification as engineer	71
13.7	Certification of ratings forming part of a navigational watch, a watch in a manned engine-room or designated to perform duties in a periodically unmanned engine-room.....	71
13.8	Mandatory minimum requirements for the training and qualifications of masters, officers and ratings serving on tankers	72
13.9	Safety training	72
13.10	....Safe manning	72
13.11	....Safe manning	74
	CHAPTER 14 – POLLUTION PREVENTION.....	76
14.1	Interpretation	76
14.2	Prohibition	76
14.3	Exemptions	76
14.5	Reception facilities and discharge of wastes	77
14.6	Precautions relating to the load or discharge of oil or oily mixtures	77
14.7	Oily water separating equipment	78
14.8	Training and equipment	78
14.9	Contingency plans	78
14.10	....Information regarding marine pollution incidents.....	79

CHAPTER 15 - FISHING VESSELS	80
15.1 Fire protection	80
15.2 Life-saving arrangements and appliances	80
15.3 Safety of Navigation	81
15.4 Crews of fishing vessels and manning	81
ANNEX 1 - FORM OF AFRICAN INLAND WATERWAYS VESSEL CERTIFICATES ..	1
FORM OF CERTIFICATE OF SAFE MANNING.....	5
Conditions (if any)/ comments	5
ANNEX 2 – CONDUCT OF STABILITY PROOF TEST.....	1
ANNEX 3 - SUBDIVISION CALCULATION	1
ANNEX 4 - STABILITY INFORMATION TO BE CARRIED ABOARD CERTAIN VESSELS	1
ANNEX 5 - CARRIAGE OF LIVESTOCK	1
A5.1 General	1
A5.2 Protective arrangements	1
A5.3 Drainage	2
A5.4 Fire precautions	2
A5.5 Fodder and water	3
A5.6 Livestock carried in portable equipment	3
A5.7 Stocking density	4
Cattle	4
Sheep.....	4
Pigs.....	4
Goats	5
Deer.....	5
ANNEX 6 – CASUALTY AND INCIDENT REPORTING	1
ANNEX 7 – AVOIDANCE OF COLLISIONS	1
A7.1 Definitions	1
A7.2 Conduct of vessels - general	1
Look out.....	1
Safe speed.....	1
Risk of collision.....	2
Action to avoid collision.....	2
Narrow channels.....	2
A7.3 Conduct of vessels in sight of one another	2
Sailing vessels.....	2
Overtaking	2
Head-on situation.....	2
Crossing situation.....	3
Action by give-way vessel.....	3
Action by stand-on vessel.....	3
Responsibilities between vessels	3
Conduct of vessels in restricted visibility.....	3
A7.4 Lights and shapes	4
Visibility of lights.....	4
Power-driven vessels underway.....	4
Towing and pushing.....	5
Vessel or objects being towed	5

Sailing vessels underway and vessels under oars	5
A7.5 Fishing vessels	6
A7.6 Vessels not under command or restricted in their ability to manoeuvre	6
Vessels constrained by their draught.....	6
A7.7 Anchored vessels and vessels aground	6
A7.8 Equipment for sound signals	7
A7.9 Manoeuvring and warning signals	7
Sound signals in restricted visibility	7
A7.10.....Signals to attract attention	8
A7.11.....Distress signals	8
ANNEX 8 – SPECIFICATION OF STANDARDS OF COMPETENCE.....	1
A8.1 Purpose of Annex	1
A8.2 Definitions and clarifications	1
Table A8-1: Specification of minimum standards of competence for masters Class 3	2
Function: Communications at the operational level	5
Table A8-2: Specification of minimum standard of competence for masters Class 4	8
Table A8-3: Specification of minimum standard of competence for engineers Class 3 - officers in charge of an engineering watch in a manned engine-room or designated duty engineers in a periodically unmanned engine-room	10
Table A8-4: Specification of minimum standard of competence for engineers Class 4	15
Table A8-5 - Specification of minimum additional standard of competence for persons serving as masters	16
Table A8-6 - Specification of minimum additional standard of competence for persons serving as chief engineers	17
Table A8-7 - Specification of minimum standard of competence for ratings forming part of a navigational watch.....	18
Table A8-8 - Specification of minimum standard of competence for ratings forming part of an engineering watch.....	20
ANNEX 9 - WATCHKEEPING ARRANGEMENTS AND PRINCIPLES TO BE OBSERVED.....	1
Part 1 - Certification	1
Part 2 - Voyage planning	1
General requirements	1
Planning prior to each voyage	1
Verification and display of planned route	1
Deviation from planned route.....	1
Part 3 - Watchkeeping at sea	1
Principles applying to watchkeeping generally	1
Protection of marine environment.....	2
Part 3-1 - Principles to be observed in keeping a navigational watch	2
Look-out.....	2
Watch arrangements	3
Taking over the watch	3
Performing the navigational watch	4
Watchkeeping under different conditions and in different areas	5
Part 3-2 - Principles to be observed in keeping an engineering watch	7
Watch arrangements	7
Taking over the watch	7
Performing the engineering watch	8
Engineering watchkeeping under different conditions and in different areas.....	10

PREAMBLE

1. In many African countries both coastal and landlocked, there has not been established a body of standards, rules and regulations procedures and practices to cater for the shipping industry taking place in the inland water masses comprising the lakes and navigable rivers. The foregoing scenario has contributed to the continuing tragic loss of life, damage to property and the marine environment in many of Africa's inland waterways. The need for harmonized standards, regulatory laws, rules, procedures and practices for vessels operating on inland waterways in Africa cannot be over emphasized.

2. The importance of having a body of regulations for inland waterways vessels would be, amongst others, to:

promote safety of navigation and hence enhance safety of lives, vessels, and cargo;
provide guidance and harmonized standards in important areas such as construction and maintenance of craft, surveys, training and the certification of crews;
promote the development of a safe fishing industry;
prevent pollution and preserve the marine environment;
promote waterborne regional/international trade for countries sharing common water masses;
promote the development of a safe waterborne tourism industry.

3. In recognition of the lack of effective safety regulations for vessels operating on inland waterways the International Maritime Organization (IMO), under a technical co-operation project PR267 TC02RAF/98/109, has developed model safety regulations for inland waterways vessels and non-convention craft, including fishing vessels, operating in Africa. The model regulations were agreed by representatives of: Burundi, Ghana, Kenya, Malawi, Mozambique, Nigeria, Rwanda, Sierra Leone, Tanzania, Uganda, Zambia and Zimbabwe during a Workshop held in Mwanza, Tanzania between 15 and 19 October 2001.

4. The model regulations provide a regional safety and pollution prevention standard for new vessels and barges and, as appropriate, existing vessels and convention-sized vessels that trade regularly and consistently on inland waterways and at sea on non-international voyages, and for personnel serving aboard them. The basic standards are derived from the existing regulations of the Participating Countries and the *Amended proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 82/714/EEC of 4 October 1982 laying down technical requirements for inland waterway vessels (2000/C 365 E/08) COM(2000) 419 final 97/0335(COD)*. They also have regard to the standards set out in the *Tripartite Agreement on Inland Waterway Transport between Kenya, Uganda and Tanzania*, made on 30 April 1998.

5. The provisions of the model regulations are intended to facilitate the operations of vessels to which the relevant international conventions are not applicable but for which the application of the basic safety principles embodied in the above instruments and international conventions, if applied, would ensure a higher level of safety for the vessels and personnel on board and protection of the marine environment. Therefore, the principles that are contained in the above instruments and the Conventions identified below have been incorporated, as far as practicable, in the present model regulations. The model regulations also contain provisions to enable African inland waterways administrations, as far as practicable and reasonable, to apply the same standards to existing vessels if they need to do so.

6. The provisions specified in the model regulations take into account, as appropriate, the spirit of the provisions of the following IMO Conventions:

- (a) The International Convention for Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, as amended;
- (b) The International Convention on Load Lines (LL), 1966, as amended;
- (c) The International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREG), 1972, as amended;
- (d) The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978, as amended; and
- (e) The International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships (MARPOL 73/78).

7 The footnotes refer, for guidance, to a number of specifications adapted from the standards of the International Maritime Organization. Provision is also made for the acceptance by individual countries of other appropriate technical standards, which may be national or industry standards.

8 The representatives of the Countries participating in the Workshop agree that the model regulations provide great potential for harmonization, if adopted as regulations for inland waterways, between multiple groups of countries co-operating either as formal regional organizations or with a view to developing a common inland waterways legislation. It is, therefore, essential that countries that share common inland waterways co-operate in harmonizing the inland waterways regulations amongst themselves.

EXPLANATORY NOTES

1. The Model Regulations use length extensively as a measure of vessel size. Administrations may need to use other measures of vessel size in national legislation based on the Model Regulations, for example to provide consistent units within national legislation. As a guide to the application of these Model Regulations, the following table provides an approximate relationship between length, gross tonnage and deadweight.

Length	15m	24m	35m	45m	80	100	150
Equivalent gross tonnage	20	150	300	500	1800	3000	7000
Equivalent deadweight	35	100	225	400	1250	2000	5000

Individual Administrations may wish to apply alternative conversion factors, based upon the characteristics of their national fleets.

2. Regulation 1.7 of the Model Regulations makes provision for the classification of inland waterways for the purpose of applying safety standards consistent with the additional risk that may apply to operations on certain waterways as a consequence of the severity of the wave/weather conditions that may be encountered in particular locations or at particular times of the year. The classifications adopted are "open" waters and "sheltered" waters. In implementing the Model Regulations Administrations should identify waters on which their vessels operate in terms of these classifications.

3. Regulation 1.9 of the Model Regulations requires reports of casualties and incidents to be made to the Administration. Annex 6 provides guidance on the content of the report required. In the interests of effective accident reporting, which is essential to provide the Administration with information on which to base improvements in the regulations, Administrations may wish to consider making mandatory the provision of information detailed in Annex 6.

4. Regulation 1.11 of the Model Regulations makes the Company and the master responsible for safe management and environmental protection on board a vessel, but the regulation does not specify the way in which safety management should be achieved. The reference to the Administration's requirements, coupled with the reference to the International Safety Management Code, provides an avenue for Administrations to introduce more formal procedures for the management of safety and environmental protection at an appropriate time.

5. The Model Regulations do not provide specific requirements covering the construction, equipment and operation of high speed craft. However, where a vessel is of a type, and is engaged in operations similar to those, to which the International Code of Safety for High Speed Craft (HSC Code) applies an Administration may wish to apply the requirements of the Code to a vessel engaged on voyages within its waters or on inland waterways as though the Code applied to it. The standards of the HSC Code are contained in IMO Resolutions MSC.36(63) and/or MSC.119(74), depending on the date of build of the high speed craft concerned.

6. The Model Regulations are concerned with physical aspects of the safety standards applying to inland waterways vessels. A number of the provisions are of such a nature that sanctions should apply to non-compliance in order to encourage the achievement of an appropriate standard of safety in the construction, equipment and operation of vessels and the persons who serve on them. The Model Regulations

themselves make no provision for such sanctions. When adapting the Model Regulations into national legislation, Administrations may wish to include sanctions in the regulations themselves or to refer to sanctions provided in appropriate superior legislation.

7. The provisions of the Model Regulations relating to qualifications of seafarers are based on the requirements of the existing legislation of a number of African countries and are constructed on the basis of a framework drawn from the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers. These provisions, including those relating to periods of service and age, provide an appropriate standard for seafarers serving on inland waterways vessels and non-Convention craft. However, an Administration implementing the Model Regulations may need to interpret such provisions in the context of existing marine legislation or other legislation that relates to qualifications and employment in its country.

8. The Model Regulations are comprehensive as regards the specification of matters relating to seafarer competency for the various grades of certificate and how it should be demonstrated. They do not, however, provide for the administration of matters concerning issue or withdrawal of the certificates of competency. Individual Administrations may wish to incorporate such provisions in a way that is consistent with other relevant national legislation, particularly in relation to action on withdrawal of a certificate following a legally-constituted inquiry or other process.

9. The provisions of the Model Regulations relating to manning of vessels are intended to provide guidance to an Administration on numbers and qualifications of persons that should be carried to achieve safety in operation.

10. The provisions of the Model Regulations give guidance on the manning of vessels carrying cargo and/or passengers. The wide variation in the nature of fishing vessels and their operations made it impracticable to develop similar guidance for the manning of fishing vessels that was acceptable on a multilateral basis. Individual Administrations may wish to develop such standards in the context of their national fishing vessel fleet and operations in legislation based on the Model Regulations.

11. Provisions of the Model Regulations relating to environmental protection do not necessarily reflect other environmental protection legislation that has been enacted by African countries. An Administration implementing the Model Regulations may wish to ensure that the relevant provisions are consistent with any such other environmental protection requirements enacted in its country. Chapter 14 includes a definition of "designated waterway", which provides a mechanism for associating the Model Regulations with other national environmental protection legislation having effect on particular waterways.

12. The provisions of the Model Regulations relating to fishing vessels provide a basic level of safety equipment for vessels less than 12.5m in length. The Model Regulations also require fishing vessels 12.5m and above in length to be equipped with certain items of life-saving and fire-fighting equipment as though they are cargo vessels of equivalent length. Limited standards of occupational safety and health are also provided for all fishing vessels. The Model Regulations make no provision for the certification or knowledge or experience levels of persons serving on fishing vessels. Administrations may wish to consider whether national regulations relating to particular sizes and/or types of fishing vessels should specify requirements additional

to all or any of the basic level standards considered appropriate for the Model Regulations.

13. Chapter 12 acknowledges that national legislation relating to the carriage of dangerous goods may govern the safety measures to be taken on board vessels but is not specific concerning the type of certificate that may be necessary under that legislation. Administrations implementing the Model Regulations may wish to ensure that the relevant provisions are consistent with any other requirements concerning the transport of dangerous goods.

14. Port State control provisions of Chapter 1 parallel the equivalent provisions of the SOLAS Convention¹. The incorporation of such provisions into national law should pay appropriate regard to treaties or other agreements between countries jointly responsible for inland waterways or treaties or other agreements in relation to non-Convention coastal vessels in the ports of a party to such a treaty or agreement.

15. Footnotes to a number of the provisions of the Model Regulations make reference to international standards. Such references are intended to provide the Administration with guidance on available standards and are drafted to make it clear that they are not intended to be mandatory. Administrations may wish to supplement the footnotes by incorporating reference to relevant national or multilateral standards.

¹ The International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended



この報告書は、競艇交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

平成 18 年度「シンプルシップの技術開発及び普及に関する調査研究」報告書

平成 19 年 3 月発行

発 行 海洋政策研究財団（財団法人シップ・アンド・オーシャン財団）

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-15-16 海洋船舶ビル
TEL 03-3502-1828 FAX 03-3502-2033
<http://www.sof.or.jp/>

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

ISBN978-4-88404-192-2