

平成 2 2 年度  
舶用機器の機能別統合化に関する調査研究  
成果報告書

平成 2 3 年 3 月  
社団法人 日本舶用工業会



## はしがき

本報告書は、競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて、平成 21 年度、22 年度に社団法人日本船用工業会が実施した「船用機器の機能別統合化に関する調査研究」の成果をとりまとめたものであります。

本事業は、モジュール化について国内外の現状と課題等を調査し、事業化に当たっての、市場性、実施主体、実施手法、採算性等の検討を行うとともに、モジュール化のニーズの高い内航船をモデルケースとして、一部モジュールの試作、実船試験等を行い、機関室全体のモジュール設計を行うことにより、モジュール化が技術的、経済的に有効であることを検証し、モジュール化推進のための提言をまとめ、船用工業の高度化を図ることを目的としています。

調査研究の進め方としては、事業化に関する部分は郵船商事(株)に、技術的な部分は(株)KITA ENGINEERING に委託するとともに、船主、造船所、機器メーカー等の参加を得て「機関室モジュール化研究会(座長：渡邊栄一 長崎総合科学大学 教授)」を設置し、関係者の意見を反映させながら実施しました。

調査の実施にあたりましては、ヒアリングやアンケートについて、造船所のご協力をいただきました。また、モジュールの試作、実船搭載では、兵神機械工業(株)、山中造船(株)、栗林商船(株)から、多大なご協力をいただきました。

ここに、貴重な開発資金を助成いただいた日本財団、並びに本研究会等、関係者の皆様に厚く御礼申し上げる次第であります。

平成 23 年 3 月  
(社)日本船用工業会

「船用機器の機能別統合化に関する調査研究」

機関室モジュール化研究会 名簿

(敬称略・順不同・平成23年2月現在)

	氏名	会社名	所属 / 役職
座長	渡邊 栄一	長崎総合科学大学	機械工学科 教授
調査研究主体者	喜多 宏司	(株)KITA ENGINEERING	代表取締役
調査研究主体者	平原 隆美	郵船商事(株)	執行役員
メンバー	江頭 博之	国土交通省 海事局	船舶産業課 専門官
"	柴田 幸久	(財)日本海事協会	機関部 主管
"	村上 睦尚	(独)海上技術安全研究所	生産システム系 主任研究員
"	松月 正	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構	共有建造支援部 担当部長
"	仁平 一幸	(財)日本船舶技術研究協会	企画・研究開発プロジェクトグループ
"	及川 武司	日本内航海運組合総連合会	審議役
"	鹿谷 芳輝	泉汽船(株)	取締役 工務部長
"	松坂 武彦	(株)ケイセブン	専務取締役
"	落海 陽介	浅川造船(株)	設計部 機装課 機装係
"	西嶋 孝典	ツネイシホールディングス(株)	常石造船カンパニー 設計本部 商品企画部 機電計画グループ長
"	佐伯 誠郎	山中造船(株)	設計部 顧問
"	本瓦 誠志	本瓦造船(株)	代表取締役
"	足立 勝治	(株)三浦造船所	設計部 機関電気設計課 係長
"	松尾 晃	(株)エス・イー・エー創研	代表取締役
"	溝田 和彦	(株)赤阪鐵工所	ディーゼル技術グループ ディーゼル設計チーム
"	石井 常夫	(株)石井工作所	取締役社長
"	佐々木 正敏	渦潮電機(株)	執行役員 経営本部 副本部長
"	西田 堯人	神奈川機器工業(株)	技術開発部 部長
"	野中 一剛	神奈川機器工業(株)	技術開発部 係長
"	武田 宗也	かもめプロペラ(株)	技術部 次長
"	山本 和孝	(株)ケーイーアイシステム	システム部
"	山本 正行	(株)コンヒラ	代表取締役会長
"	竹内 誠	(株)サクシオン瓦斯機関製作所	代表取締役社長
"	塩見 裕	(株)サクラ	機器事業部 部長代行
"	上園 康弘	(株)シンコー	技術本部 基本設計部 課長
"	岡林 幹生	大晃機械工業(株)	研究開発部 研究開発グループ サブリーダー
"	松本 隆弘	(株)大晃産業	代表取締役
"	寺内 陽一	ダイハツディーゼル(株)	技術第2部 機装第2グループ グループ長
"	岩田 克典	大洋電機(株)	岐阜工場 取締役 開発部 部長
"	江川 和明	(株)浪速ポンプ製作所	技術グループ チーフ
"	山本 浩司	ナプテスコ(株)	船用カンパニー 計画部 担当部長
"	石田 直人	新潟原動機(株)	技術センター 船用設計グループ 基本設計第3チームマネージャー
"	広川 龍司	西芝電機(株)	船舶システムエンジニアリング 担当課長
"	大堀 光義	日本船用エレクトロニクス(株)	技術センター センター長
"	成田 良勝	阪神内燃機工業(株)	技術部 次長
"	青山 智一	ヒエン電工(株)	生産技術グループ 主席
"	元田 隆光	日立造船(株)	原動機統括部 設計部 計画設計グループ長
"	原本 宏司	富士フィルター工業(株)	第一営業部セバレータ - & マリンチーム課長
"	廣瀬 覚	古河電工産業電線(株)	技術開発本部 技術部 技術課 課長
"	橋本 善基	兵神機械工業(株)	取締役 機器事業部長
"	上園 浩	三井造船(株)	ディーゼル設計部 課長補佐
"	田中 保寿	三菱化工機(株)	ディーゼル設計部 技師長
"	藤田 勝也	三菱重工業(株)	原動機事業本部 産業エネルギー部 部長代理
"	長谷川 信造	明陽電機(株)	第二事業部 部長
"	清河 勝美	ヤンマー(株)	特機エンジン事業本部 システム開発部 システム技術グループ グループリーダー



## 目 次

1	事業の概要	1
1.1	事業の目的	1
1.2	事業計画	1
2	モジュール化に関する現状調査及び分析	3
2.1	日本におけるモジュール化の現状	3
2.1.1	調査対象会社	3
2.1.2	調査結果	3
2.2	欧州におけるモジュール化の現状	6
2.2.1	調査対象会社	6
2.2.2	調査結果	7
2.3	韓国におけるモジュール化の現状	12
2.3.1	調査対象会社	12
2.3.2	調査結果	12
2.4	中国におけるモジュール化の現状	13
2.4.1	調査対象会社	13
2.4.2	調査結果	13
2.5	各国調査内容のまとめ	17
2.5.1	モジュールの活用度	17
2.5.2	モジュールの利点及び問題点	18
2.5.3	モジュール化の理論、文献	19
3	モジュール事業化の検討	21
3.1	モジュール化設計手法の確認	21
3.1.1	AFRAMAX 型での検討	22
3.1.2	小型 3,000DWT 型での検討	26
3.2	モジュール化実現に向けての提案	29
3.2.1	造船所へのアンケート調査	29
3.2.2	船用メーカーへのアンケート調査	31

3.3	モジュール事業化に向けた提案	32
3.3.1	欧州モジュール専門会社の状況	32
3.3.2	モジュール事業化についての関係者の考え(まとめ)	33
3.4	モジュール事業化に向けた提案	33
3.4.1	モジュール事業会社の主体	33
3.4.2	モジュール事業化の提案	34
4	内航船の機関室モジュール化についての具体的検討	36
4.1	内航船機関室の基本計画	36
4.1.1	内航造船業界の現状	36
4.1.2	機関室艙装の現状	37
4.1.3	機関室艙装の問題点	37
4.1.4	モジュールの概念	38
4.1.5	モジュール化の狙い	38
4.1.6	機関室のシステム	39
4.1.7	内航船が目指すべき方向	39
4.1.8	内航船機関室機器モジュール化するターゲット船の選定	40
4.1.9	総トン数499型貨物船の機関室の現状	41
4.1.10	船主からの内航船に対する意見	44
4.1.11	従来の内航船の燃料油配管系統およびビルジ配管系統	45
4.1.12	燃料油配管系統におけるモジュール機器の切出し	47
4.1.13	ビルジ配管系統の改善	50
4.1.14	機関室内モジュールの配置検討	50
4.1.15	実船搭載する総トン数499型貨物船 神邦丸の要目	52
4.2	重要モジュールの設計と試作	53
4.2.1	内航船機関室機器モジュール化を設計する方向性	53
4.2.2	主機燃料油供給モジュールの設計	53
4.2.3	主機燃料油供給モジュールの機器配置	56
4.2.4	主機燃料油供給モジュールの機器配置初期検討	58
4.2.5	主機燃料油供給モジュールの評価	65
4.2.5.1	操作性の評価	65

4.2.5.2	コンパクト性の評価	67
4.2.5.3	メンテナンス性の検証	67
4.2.5.4	評価検討結果	68
4.2.6	主機燃料油供給モジュールの汎用性	68
4.2.7	モジュールの機能化の追求	74
4.2.8	ビルジ前処理装置の設計	79
4.2.9	燃料移送ポンプモジュールの設計	83
4.2.10	機関室全体のおおまかな配置等	87
4.3	実船搭載、データ取得	90
4.3.1	データ収集装置	90
4.3.2	データ分析	91
4.3.3	航海データの情報活用	98
4.4	実船での検証	100
4.5	実船搭載結果を基にした最適な機関室配管系統	102
4.6	3次元CADによるモジュール設計	112
4.7	機関室全体のモジュール化設計	114
4.7.1	船用機器のモジュール化を採用した機関室全体配置	114
4.7.2	モジュールを採用した機関室配管装置図の設計	120
4.7.3	3次元CADによる検証	124
4.7.4	モジュール化による管装置の物量評価	124
4.8	内航船モジュール化にあたっての評価、課題等	127
4.8.1	モジュール化の採算性についての基礎データ	127
4.8.2	モジュール化の課題等	129



## 1 事業の概要

### 1.1 事業の目的

近年、製造業のなかでも自動車やコンピュータなど、総合的な組立産業において、組立の効率向上、機器の信頼性、小型化などのため、一定の機能を有する複数の部品を集積したモジュールが一般的に採用されている。

しかしながら、我が国の造船、船用工業の分野においては、従来、造船所が船用機器を単体で購入し船に据え付けるといった方式がとられており、また、これまでは船用メーカーとしても、機器単体での事業展開が主で、モジュール化に対する関心が薄く、ごく一部を除き採用されていないのが現状である。

一方、欧州では、InterSHIP プロジェクトにおいて機関室モジュール化の研究がすすめられており、また、韓国や中国においても船用工業の発展が著しいのみならず、一部モジュール化も進んでいるといわれている。このため、我が国船用工業の国際競争力を確保するとともに、船舶の信頼性向上、建造の合理化の観点からも、複雑な機器システムからなる機関室のモジュール化が必要であり、近年、業界においてもモジュール化に対する関心が高まってきている。

このような状況を踏まえ、本調査研究では、モジュール化について国内外の現状と課題等を調査し、事業化に当たっての、市場性、実施主体、実施手法、採算性等の検討を行うとともに、モジュール化のニーズの高い内航船をモデルケースとして、一部モジュールの試作、実船試験等を行い、機関室全体のモジュール設計を行うことにより、モジュール化が技術的、経済的に有効であることを検証し、モジュール化推進のための提言をまとめ、船用工業の高度化を図ることを目的とする。

### 1.2 事業計画

本事業は、以下のような計画で、平成 21 年度及び 22 年度の 2 年計画で実施した。

また、実施にあたり幅広く意見を伺うため、機関室機器モジュール化について関心の高い、船主、造船所、機器メーカー等、の参加を得て、機関室モジュール化研究会（座長：渡邊栄一 長崎総合科学大学 教授）を設けることとした。

<平成 21 年度計画>

#### (1) モジュール化に関する調査

モジュール化に関する現状調査

- ・ 内外におけるモジュール化の現状と問題点等を、国内外での文献等の調査をする。

モジュールビジネスの検討 (1)

- ・ ビジネスとしての市場、ビジネスの主体、モジュール化の主体、モジュールの設計ソフトなどビジネスの姿について行う。

( 2 ) 内航船機関室モジュール化についての具体的検討

内航船機関室の基本計画の作成

- ・ 内航船の問題点、課題等を整理し、機関室全体の大まかな配置等の基本計画を作成する。

重要モジュールの設計・試作

- ・ 基本計画をもとに、燃料油関連機器、スラッジ処理装置等の重要な機器のモジュール設計、試作する。

実船搭載、データ取得

- ・ 試作したモジュールを、実船に搭載し試験を行い、必要なデータを取得する。

<平成22年度計画>

( 1 ) 船用機器のモジュール化に関する調査

モジュールの事業化の検討

- ・ 事業化する場合の、市場性、事業の主体者、モジュール化のコスト、造船所における作業工数の低減、採算性、実現可能性等の検討を行う。

( 2 ) 内航船機関室モジュール化についての具体的検討

機関室の配管系統の設計

- ・ 前年度のモジュールの試作、実船搭載の結果を基に、機関室の最適な配管系統の設計を行う。

機関室全体のモジュール化設計

- ・ 前項の配管系統の設計を踏まえ、内航船機関室全体をモジュール化した試設計を行う。また、現存船の機関室を3次元CAD化して、試設計の結果と比較検討し、モジュール化の効果を検証する。

( 3 ) まとめ

モジュール化推進のための提言の作成

- ・ 上記の検討結果を基に、機関室モジュール化実現に向けた具体的提案やモジュール化に向けた課題の整理等を行い、モジュール化を推進するための提言を取りまとめる。

本調査研究事業の2年間の総まとめ

- ・ 平成21、22年度の研究成果をまとめた報告書を取りまとめる。

## 2 モジュール化に関する現状調査及び分析

### 2.1 日本におけるモジュール化の現状

#### 2.1.1 調査対象会社

モジュール化については、国内の造船所（大手、中手、小手）の場合、経営規模、建造隻数、設備、スペース、設計力、費用等の面も各社で事情は異なることもあり、モジュール化に対する取組みも様々である。これは船用機器メーカーでも同様である。今回の調査では、参考として大手 A 造船所及び中手 B 造船所で調査を行った。

#### 2.1.2 調査結果

モジュール化への取組みは濃淡ある。積極派もあれば消極派もある。

モジュール化を行う場合、主導権は造船所側にある。（メーカー主導は少ない）

国内の造船所の場合、モジュール化を行うにもスペースの面で制約がある

コストメリットの追求が主眼

日本において、造船関係の理論的な文献は見あたらなかった。

#### < A 造船所 >

モジュールについて、船用機器モジュール化と機関室モジュール化と 2 つの種類に分類している。

船用機器モジュール（機器メーカーモジュール& 艀装品メーカーモジュール）

機器メーカーモジュール：

清浄機ユニットや Excess STM Cond. & Feed Water Tank Unit があるが、前者はコスト高く未採用、後者はコストメリットあるので採用

艀装品メーカーモジュール：

非常用発電機モジュールユニットは、コストは高いが造船所内での艀装工事にメリットあるので総合的に判断して採用しているが、サイズの大きくなると交通性に問題を生じて採用しない工場もある。

現場の作業負荷を少なくするため採用する方向であるが、問題はコスト。トータルコストを充分比較して決定する。

#### 機関室モジュール

機器への関連配管及び敷板、補機台等を、立方体形状を基本にコンパクトにまとめたユニット図としている。前述の船用機器モジュールが自立型とする必要はあるが、これは設計流用を目的としているためタンクユニット以外は自立型ではない。設計工数の短縮化、過去の不具合フォロー、改善に役立っている。現場サイドも作業効率向上には寄与している。特にシリーズ船では有効。

#### < B 造船所 >

機関室の標準化を目的として積極的に採用している。現在のモジュールユニットは 16 ユニットを採用している。これ以外にも仕様の違いにより、例えばセントラルクーリングユニットや部分的なユニットをいろいろトライしている。

モジュールユニット(一般)

	ユニット名称	ユニット内機器
1:	主機関燃料油供給ユニット	FO供給ポンプ、FO循環ポンプ、FOヒータ、粘度制御装置、流量計等
2:	燃料油清浄機ユニット	FO清浄機、清浄機FOヒータ、FOスラッジタンク等
3:	燃料油濾器ユニット	M/E FO 2次コシキ、G/E FO 2次コシキ、流量計等
4:	発電機A重油ポンプユニット	G/E DO供給ポンプ等
5:	主機関冷却清水ユニット	M/E 冷却清水ポンプ、FWクーラー、FWプレヒーター、FW温調弁等
6:	温水循環ポンプユニット	カロリファイヤー、温水循環ポンプ等
7:	潤滑油清浄機ユニット	LO清浄機、清浄機LOヒータ、LOスラッジタンク等
8:	ビルジポンプユニット	ビルジポンプ、スラッジポンプ等
9:	清水圧カタンクユニット	清水圧カタンク、飲料水圧カタンク、FWポンプ、DWポンプ等
10:	燃料油移送ポンプユニット	FO移送ポンプ、DO移送ポンプ等
11:	潤滑油濾器ユニット	M/E LO2次コシキ、スラッジコレクタ、M/E 排気弁作動油ポンプ等
12:	3RD燃料油濾器ユニット	M/E FO 3次コシキ等
13:	発電機燃料油供給ユニット	FO供給ポンプ、FO循環ポンプ、FOヒータ、粘度制御装置、流量計等
14:	バラストポンプユニット	FIRE BBポンプ、FIRE GS ポンプ、バラストポンプ等
15:	冷却海水ポンプユニット	冷却海水ポンプ等
16:	カスケードタンクユニット	カスケードタンク、給水ポンプ、ドレンクーラー等

セントラルクーリングユニット (PCC用)

17:	セントラルクーラーユニット	セントラルクーラー、セントラル温調弁等
18:	低温冷却清水ポンプユニット	低温冷却清水ポンプ等
19:	LOクーラーユニット	M/E LOクーラー、LO2次コシキ、スラッジコレクタ等
20:	ジャケット冷却清水ポンプユニット	M/E 冷却清水ポンプ、FWプレヒーター、FW温調弁等

部分ユニット (46プロダクト用)

- 21: 冷却海水ポンプユニット
- 22: バラストポンプユニット
- 23: 潤滑油清浄機供給ポンプユニット
- 24: ビルジセパレーターユニット
- 25: 冷却清水ポンプユニット
- 26: 清水冷却器ユニット
- 27: 廃油タンクユニット
- 28: ボイラー加熱器ユニット

部分ユニット

- 29: MGPSユニット
- 30: エアータンクユニット
- 31: ビルジプライマリータンク
- 32: ボイラ水循環ポンプユニット
- 33: G/E F.W.クーラユニット
- 34: N2GEN.C.F.W.ポンプユニット
- 35: F.O.シフターユニット
- 36: 主機シリンダ油ユニット
- 37: FO清浄機供給ポンプユニット
- 38: セレクトフィルターユニット
- 39: 鉄イオン発生装置ユニット
- 40: 船尾管LOポンプユニット
- 41: 海水ポンプユニット
- 42: ジェットフィルターユニット
- 43: ボイラー燃料油ポンプユニット
- 44: ボイラー廻りユニット

※部分ユニットとは各船毎にユニット化可能な範囲にて適宜選定し、その船に合わせた設計をその都度行なうものである。

図 2.1 B造船所 (機関部モジュールユニット一覧)

造船所専用のユニット工場を造船所敷地外に設けて製作している。設計も造船所の設計陣で行っている。仕様のには損な面もあるが、メーカー品は仕様の高い方に合わせることでしている。船主サイドも仕様が高い方への拒否反応は少ないので。

社内で、モジュール化のメリット及びデメリットは議論済みであるが、どうしてもスペースの関係から造船所内でのスペース確保は出来なかった。

メリット

現場的な面では、地上製作なので作業効率がアップするし、設計的な面では、設計ミスが少なくなり、品質がアップし、採取的には船主が満足することになる。また、製作時にはベテランのOBを採用しており、再雇用の役にもたっている。図面は最初だけで後はなくなる。



## デメリット

自立型としていき、架台もつけるため、どうしても重量は重くなる。30%近く重くなったケースもある。このデメリットを現場（ユニット工場及び造船所）での工数削減でしのぐ形となる。

ヒアリングでは、現在年間 300 台程度を、3 名の設計と 10-15 名の現場陣容で行っている。参考に清浄機ユニットの設計図面（3次元 CAD）及び写真を添付する。

### F.O.PURIFIER UNIT

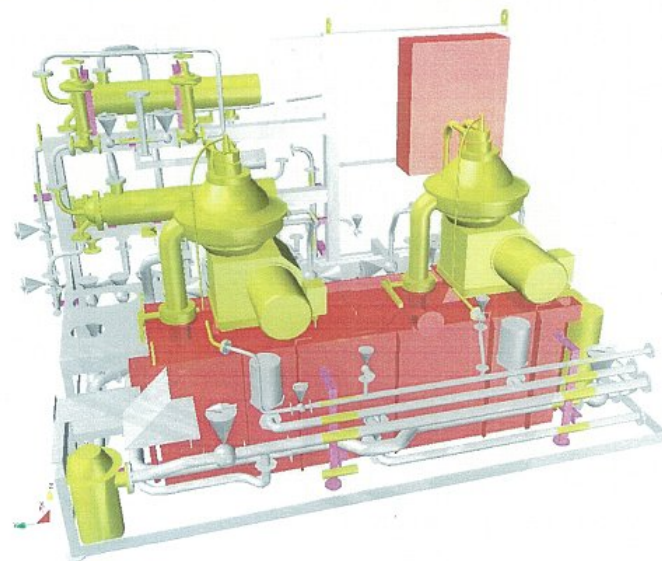


図 2.2 B造船所（清浄機ユニット設計図）



写真 2.1 B造船所（清浄機ユニット写真）

## 2.2 欧州におけるモジュール化の現状

### 2.2.1 調査対象会社

欧州のコンサルタント会社である Elomatic 社にコンタクトし調査を行った。同社は、客船新造船においてエンジニアリング会社として実際に業務を行っており、欧州で産官学共同作業プロジェクト「Intership」のメンバーでもあり、欧州の技術動向に知見を持っている会社である。同社には 3 次元 CAD ソフトウェアの部門 (Cadmatic 社) もあり、今回の調査には最適という判断で調査した。

#### (参考) Intership プロジェクトについて

EU 造船所のテクノロジー競争力を高めるために、EU 域の産官学共同作業による研究プロジェクトである。参加は、政府、造船所、エンジニアリング会社、メーカーである。添付資料の 6 つの分野で取り組んでいた。EU ユニオンが 50% の財源を負担している。対象の船種は一般船でなく、客船と RO-PAX である。一応 2007 年には完了している。

このプロジェクトの中でも Modularity が検討されており、この担当はアーカー造船所であり、エンジニアリング会社として Elomatic 社もバックアップしている。このプロジェクトのスタートは 2003 年で、モジュールの検討は 2007 年 10 月に既に完了している。



## Initiatives: European Level



INTEGRATED COLLABORATIVE DESIGN AND PRODUCTION OF CRUISE VESSELS, PASSENGER SHIPS AND RO-PAX

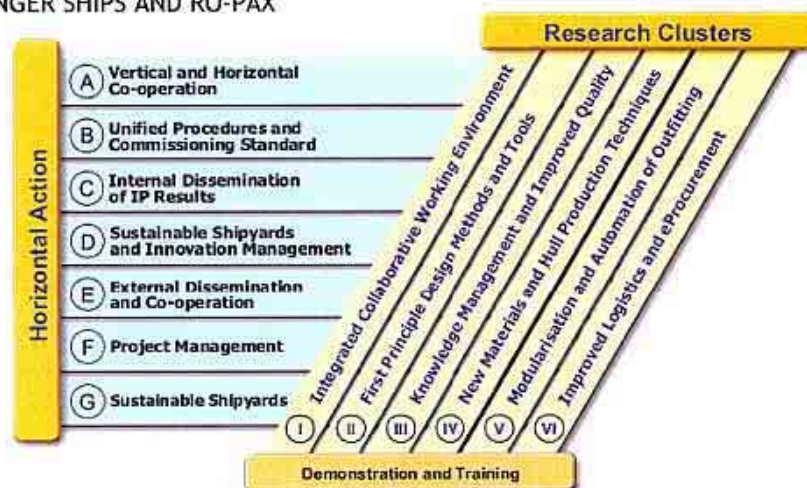


図 2.3 Intership 資料 (目指す 6 つの分野)



**InterSHIP PROJECTS**

PROJEKTI	YARD	PÄÄTTY
<b>A - Vertical and Horizontal Co-operation</b>	AFY	10/2007
B - Unified Procedures and Commissioning Standards	IZAR	02/2005
C - Internal Dissemination of IP Results	JLM	10/2007
D - Innovation Management	CAT	10/2007
E - External Dissemination and Co-operation	FC	10/2007
<b>F - Project Management</b>	AFY	12/2007
<b>G - Sustainable Shipyards</b>	CAT	10/2007
I-1 Collaborative Working Environment - IT Concept	FC	07/2005
I-2 Collaborative Working Environment - Tools and implem	FC	10/2007*
I-3 Early Design - Integrated Concept	IZAR	04/2005
I-4 Early Design - Methods and Tools	IZAR	10/2007*
II-1 Design for production and Cost	CAT	03/2006
II-2 Direct Functional Design Tools	IZAR	01/2005
III-1 Workflow and Information Management	JLM	10/2005
III-2 Knowledge Acquisition and Common Knowledge Data Base	JLM	10/2005
III-3 Total Quality Management	JLM	10/2007*
III-4 Exploitation of Latest Knowledge in Design Processes	JLM	10/2007*
<b>IV-1 Accuracy Control in Steel Works</b>	AFY	01/2006
<b>IV-2 Welding Processes and Tools for a Flexible Production</b>	AFY	01/2006
<b>IV-3 Advanced Robotics for Block and Deck Assembly</b>	FC	02/2007
<b>V-1 Modular Ship Concepts</b>	AFY	10/2005
<b>V-2 Modular Solutions for Machinery Space</b>	AFY	10/2007
<b>V-3 Modular Solutions for Accommodation and Public Spaces</b>	AFY	10/2007
VI-1 Logistics and Material Trading in Shipyards	CAT	10/2005
VI-2 eTrading and eProcurement	FC	11/2005
VI-3 Modularisation and Multiplexing of Low Voltage & Mobile Data and Information Collection	CAT	10/2006

図 2.4 Intership 資料 (目指す分野と担当及び Modularity)

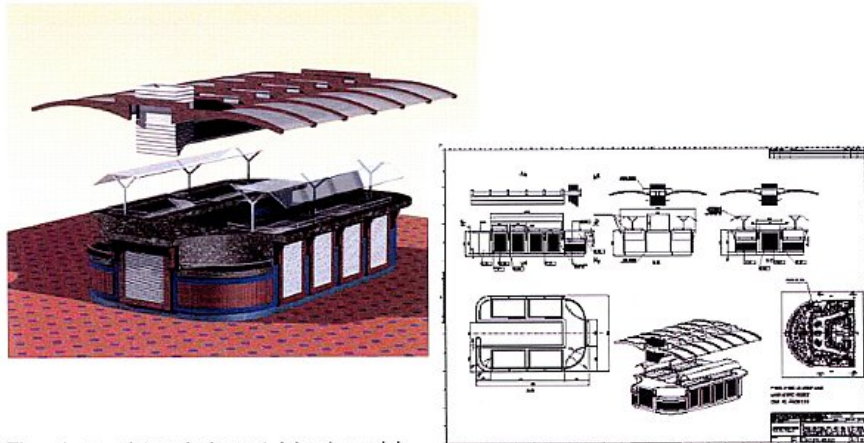
## 2.2.2 調査結果

モジュールは客船の機関室や居住区画で採用されている。

欧州には機関室のモジュールを設計し、製作している専門の会社もある。

Wolfsard&Wessel 社 (オランダ)

Intership プロジェクトの中では、Modularity も検討しており、マトリックスを活用した方式を採用している。



The above pictured dessert island module was designed and made in two sections, the ceiling element and the counter element. The whole complex was built and assembled in the factory, then divided into smaller pieces for transportation and re-assembly onboard the newbuilding at the yard. The ceiling shelter included also HVAC engineering.

図 2.5 モジュール採用例 (客船居住区画設計)

## Lifting of a Cabin Module



写真 2.2 モジュール採用例（客船居住区モジュール）



写真 2.3 モジュール製作専門会社（Wolfard&Wessel 社）

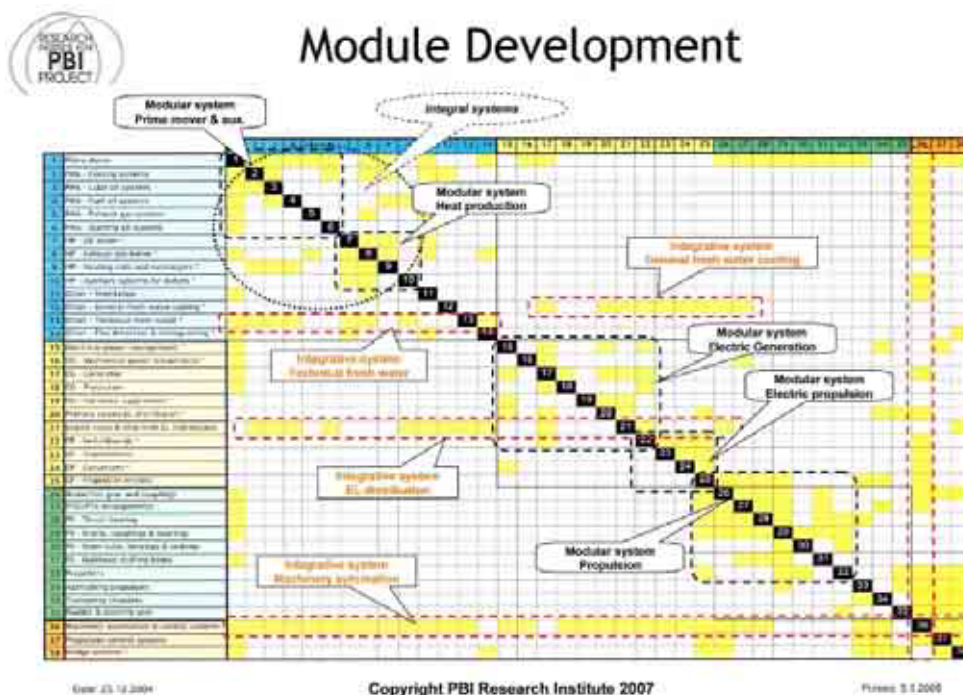


図 2.6 モジュール検討資料（マトリックス手法）

欧州における Modularity Concept について参考となる 2 つの文献を入手した。

- ・ Business Concept Based on Modularity
- ・ Design Modular Product Architecture in the New Product Development

欧州では 1990 年代後半からいろいろな産業分野でモジュール化について研究が進められてきている。この文献の中では Ship についてもケーススタディとして検討されている。

設計手法としては、前述した Design Structure Matrix (DSM) 手法を使用している。

段階的には次の様な段階で、マトリックスで比較検討を進めている。参考として、機関室 DSM 及び居住区画 DSM を添付する。検討すべき領域の各要素をマトリックス化して、その要素間の関連性等を数値化して、どれがモジュール化するに値するか数値化分析を行っている。Intership での検討もこの手法で行い、例えば機関室では 38 要素を 18 のモジュールに区分けを行い、この中でのモジュールを行ってゆく優先度を設定している。

概要の資料は見せてもらったが、守秘義務もあるためか詳細資料は入手できなかった。

第 1 段階：Industry characteristics (現状把握)

第 2 段階：Product and Process characteristics (プロセスチェック)

第 3 段階：Product-Process diagnosis (診断)

第 4 段階：Product structure analysis (プロダクトチェック)

第 5 段階：Process structure analysis (プロセスチェック)

第 6 段階：The management process (マネジメントプロセス)

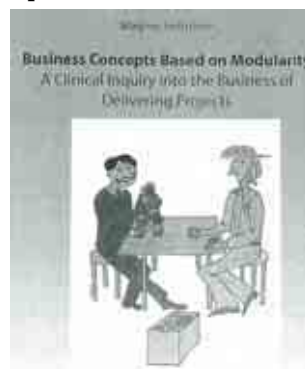


図 2.7 文献資料表紙 (Business Concept)



図 2.8 文献資料表紙 (Designing Modular)



本文献の中には、Modularity のメリット、デメリットが記載されているが、わかりやすい表であるので参考に添付する。また、前述した機関室 DSM や居住区画 DSM も記載あったので併せて添付する。機関室は 38 要素、居住区画は 52 要素となっている。

Table 2-a Advantages of modularity (from Pahl and Beitz, 1996: 447)

Advantages for the manufacturer:
Ready documentation is available for tenders, project planning and design; designing is done once and for all, though it may be more costly for that very reason.
Additional design effort is needed for unforeseeable orders only.
Combinations with non-modules are possible.
Overall scheduling is simplified and delivery dates may be improved.
The execution of orders by the design and production departments can be cut short through the production of modules in parallel; in addition parts can be supplied quickly. Computer-aided execution of orders is greatly facilitated.
Calculations are simplified.
Modules can be manufactured for stock with consequent savings.
More appropriate sub-division of assemblies ensures favourable assembly conditions.
Modular product technology can be applied at successive stages of product development, for example, in product planning, in the preparation of drawings and parts lists, in the purchase of raw materials and semi-finished materials, in the production of parts, in assembly work, and also in marketing.
Advantages for the user:
Short delivery times.
Better exchange possibilities and easier maintenance.
Better spare parts service.
Possible changes of functions and extensions of the range; and almost total elimination of failures thanks to well-developed products.

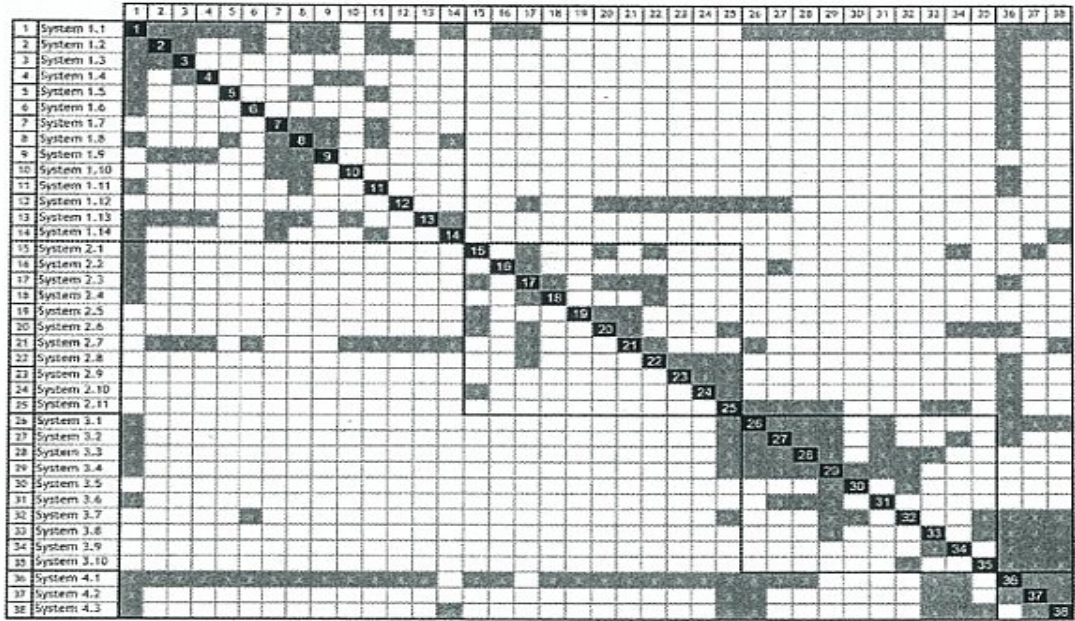
図 2.9 文献資料 (モジュール化のメリット)

Table 2-b Disadvantages of modularity (from Pahl and Beitz, 1996: 447-448)

Disadvantages/limitations for the manufacturer:
Adaptations to special customer's wishes are not as easily made as they are with individual designs (loss of flexibility and market orientation).
Once the system has been adopted, working drawings are made on receipt of orders only, with the result that the stock of drawings may be inadequate.
Product changes can only be considered at long intervals because once-and-for-all development costs are high.
The technical features and overall shape are more strongly influenced by the design of modules and the modularity than they would be by individual designs.
Production costs are increased, for example, because of the need for accurate locating surfaces; production quality must be higher because re-machining is impossible.
Increased assembly effort and care are required. Since the user's as well as the producer's interests have to be taken into consideration, the determination of an optimal modular system may prove very difficult.
Rare combinations needed to implement unusual requirements may prove much costlier than tailor-made designs.
Disadvantages for the user:
Special wishes cannot be met easily.
Certain quality characteristics may be less satisfactory than they would be with special-purpose designs.
Weights and structural volumes of modular products are usually greater than those of specially designed products, and so space requirements and foundation costs may increase.

図 2.10 文献資料 (モジュール化のデメリット)

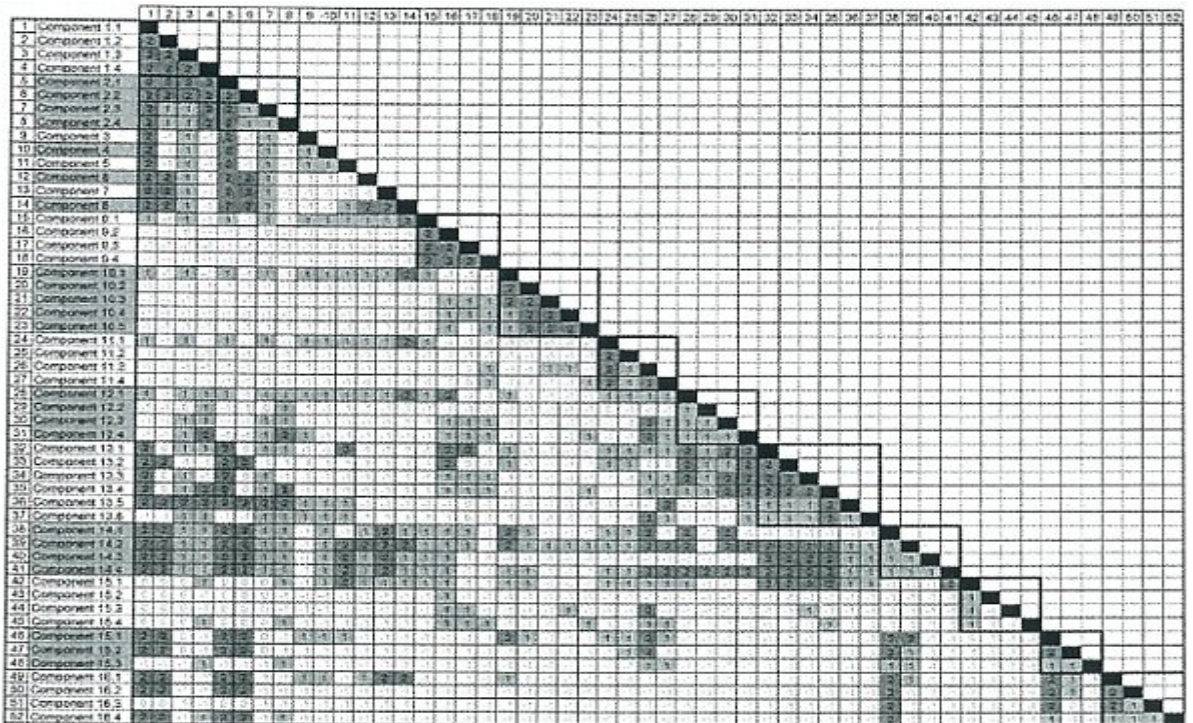




Copyright PIR Research Institute 2005

Figure 4-6 Product-DSM of ship engine room (for more information, see Wikström et al., 2005)

図 2.11 文献資料 (機関室 DSM)



Copyright PIR Research Institute 2005

Figure 4-9 Product-DSM (structural interfaces) of the cabin area

図 2.12 文献資料 (居住区画 DSM)

## 2.3 韓国におけるモジュール化の現状

### 2.3.1 調査対象会社

韓国の造船所の場合、新興造船所は別として、日本に比べて造船所規模は大きく、また大量シリーズ建造方式を取っている造船所が多い。また日本に比べて設備は比較的新しく、また設計ツールも積極的に海外ソフトウェアも採用している。今回の調査では比較的新しい造船所でシリーズ船を大量にてがけている C 造船所を調査対象とした。

### 2.3.2 調査結果

シリーズ船建造を行っており、コストも大事だが工期短縮を主眼においてモジュール化を推し進めている。建造ドック期間の短縮がターゲット。

設計はすべて造船所が主導して行っており、設計時に 3 次元 CAD ソフトウェアを積極的に採用している。

モジュール製作工場は外注工場で行っている。

機関室ではモジュールユニット及びグループユニットの 2 種類がある。

モジュールユニット：配管、サポート、機器、機器台で構成

グループユニット：配管サポート、配管、電線ケーブル、ダクト、吊り金具アイ  
モジュール化は積極的に推し進める計画であり、ある機関室フロアレベルを 26 のモジュールユニットに分け、最終目標はこのすべてをモジュール化するところまで。現在は 12 ユニットまで完了している。

● Purifier unit	● Hot water Calorifier unit
● F.O.supply unit	● F.W.generator unit
● Aux.Boiler Feed water pump unit	● Main C.O.cooler unit
● Cascade tank unit	● M/E.jacket F.W.cooler unit
● Aux.cooling S.W.pump unit	● Low Temp.F.W.cooler unit
● F.W.Hydro unit	● M/E.jacket Preheater unit

図 2.13 C 造船所（現在ユニット化しているものリスト）





写真 2.4 C 造船所 (モジュールユニット例 : Purifier unit)



写真 2.5 C 造船所 (モジュールユニット例 : F.O. supply unit)

## 2.4 中国におけるモジュール化の現状

### 2.4.1 調査対象会社

中国の造船所の場合、大手造船所は社内に設計部門を持っているが、中手や小手の造船所の場合は設計部門を持っているところはほとんどない。基本設計、詳細設計及び生産設計まで設計会社に依存しているケースが多い。

この点を考慮して、調査は設計会社を中心に行った。中国の代表的な設計会社である、SDARI 及び MARIC を対象とした。また、大手である D 造船所及び日本から進出している E 造船所も対象としている。

### 2.4.2 調査結果

中国ではモジュール化の検討はまだスタートしたばかりである。

中国の船用機器メーカー主導でモジュール機器を納入しているケースある。

南通にある南通航海機械集团有限公司であり、F.O. ユニットや清浄機ユニットを納入しているが、母体は欧州メーカーであり (Westfalia、Alfa-laval) かなりの数を納入している。



Profile

Nantong Navigation Machinery Group Co., Ltd. is from Nantong Navigation Machinery Plant, changing system in 1998. The original plant was established in 1973, specially producing D.O. filter, and belonged to original State the Sixth Machine Department. From establishment, the plant began to produce products for Army according to department plans. And till now it has been more than thirty years. Now the company has developed into a self designing and producing company for marine use. The products mainly are various filters, valve remote control system, marine modules, hydraulic products etc. These products have been widely used in many kinds of industry, such as shipbuilding, making engine, generating electricity, lubricating system, chemistry, metallurgy, petroleum, etc.

The company is located at Renmin Road, Nantong city, Jiangsu province, and possesses of ground area 41800m<sup>2</sup>, among it, production houses 14000m<sup>2</sup>. The company also possesses more than 180 machines, such as lathing, milling, drilling, grinding, planing, boring, etc. The company recently has bought some advanced equipments, such as vertical/ horizontal machining center, NC machine, NC pipe bender, NC flame cutting machine, etc. And the company possesses the largest domestic flow rate resistance property test platform (320m<sup>3</sup>/h).

There are more than 60 technical employees with all kinds of middle and high professional technology title in the company (About 23 percent of the all employees). It produces from design to service. Single or double chamber oil filter has won "high grade products" title from original China State Shipbuilding Corporation. "Marine modules" won national new product title. Fully automatic back-flushing filter which imported manufacture technology from Boll Corporation of Germany won "Gold Cow Prize" and was determined as high and new technology products. Centrifugal filter standard won the Fourth Class Prize from the sixth Machine department. M/E hydraulic support type YDZZ won national important new product title.

In 2003 our company passed GB/T 19001-2000 idt ISO9001: 2000 standard quality management system acceptance. In 2006 it passed spot inspection of standard GB9001A-2001, army products secret acceptance and army products production license spot inspection. Company administrators give full assurance of quality management systems in mind, document systems and resources and make the system keep running properly, fully and continuously.

The company applies the idea of modern comprise management to comprise management, tries her best to develop into Learning Company. Company has computer auxiliary design (CAD), computer auxiliary craftwork management (CAPP) and production data management (PDM). By computer network and database, we integrate the information and course relevant to company production. So we make company modernization, science, standardization and develop our management. The products of our company pass the test of classification society home and broad such as China CCS, England LE, America ABS, Germany GL, Norway DNV, Italy RINA, France BV, etc. And the products get the favorable comment of the consumers.

图 2.14 中国船用機器メーカー（南通航海机械集团有限公司）



◆ Product info:

The main body of this marine combined unit is made up of several separators: diesel oil separator, lubricating oil separator and fuel oil separator etc. In addition, oil supply pumps, heaters, filters, various sensors, electric control box and alarm box are connected into a compact main body. It makes convenient for design, installation, operation and maintenance.



◆ Product info:

The combined unit is an oil supply system for increasing pressure. It can supply the fuel oil of suitable pressure, viscosity and flow for the diesel engine, and make the light oil and heavy oil charge each other therefore it ensures the requirement of diesel engine.

图 2.15 中国船用機器メーカー製品例

大手造船所は造船所内の設計部門でモジュール化の検討を進めているが、中手、小手は設計能力がなく、どうするのか難しい局面。(D造船所の意見)

<E造船所>

造船所のスペースは日本に比較して十分あるのでモジュール化には有利な環境。

十分なスペースを考慮すると、先行艙装スペースもあることになり、完全なモジュール化までは必要なく、ブロックを早めに行い、そのブロックに取り付けも可能となる。架台まで含めたモジュールまでは必要ないので、そこまでは考えていない。

E造船所では、現在6ユニットをユニット製作スペースで製作している。

機関室タンクトップ3ユニット、清浄機ユニット、非常用発電機ユニット、機関室コントロール室ユニット



写真 2.6 E造船所 (機関室ユニット1)



写真 2.7 E造船所 (機関室ユニット2)





写真 2.8 E造船所（機関制御室ユニット）



写真 2.9 E造船所（非常用発電機室）



写真 2.10 E造船所（モジュール製作スペース）

## 2.5 各国調査内容のまとめ

### 2.5.1 モジュールの活用度

前章の調査内容をまとめると次の通りであり、各国で進行度は様々であるが、モジュール設計の面では、検討事項多く、トライ&エラー的な面もあり、3次元CADを活用するケースが多い。

#### 日本

日本の造船所では、一部の造船所を除き、大量シリーズ船建造方式を取れないこともあり、なかなかモジュール化が進展していない。どうしてもコストダウンが主眼となっているし、スペース的にタイトな造船所が多く、モジュールの製作スペースの確保が難しいことも一因である。

かなり積極的にモジュール化に取り組んでいる造船所では、モジュール化については、コストは現場工事量の削減との相殺及び品質がアップすることでの顧客満足度を上げる目的で採用しているが、自分の造船工場でのスペースの制限から、別のアウトソーシング工場で作っている。

船用機器メーカーにおいても、一部でモジュールを製作しているところもあるが、顧客である造船所の要望がいろいろなタイプにわたることや、競合メーカーも多いことから、自分から主導権をもってモジュール化に取り組もうというメーカーは少ない。コストの面でのメリットもあまり感じられないし、設計等での調整役もないことも大きな理由である。

#### 欧州

モジュール化については、欧州域の Intership プロジェクト（2003年～2007年）の一環として、政府、造船所、エンジニアリング会社、メーカーが参加して研究されているように、古くから取り組まれている。

欧州の造船所で現在も建造している船種としては、客船や特殊船及び欧州内域を航行する小型船などに限られているが、これらの船舶の機関室や居住区画でモジュールが採用されている。

モジュールの設計、製作は主としてはエンジニアリング会社が行っており、欧州域内だけでなくアジアにもモジュールを輸出している。モジュール化する対象は、機関室関係機器、客室関係機器を重み分けして選択している。また、モジュールの設計にあたっては、現場共通の手法として3次元CADが積極的に導入されている。

モジュール設計はエンジニアリング会社、製作は造船所内ではなく、外注の専門モジュール工場（一部メーカーで行っているケースもある：フラモ）で行っている。

#### 韓国

韓国の造船所の場合、新興造船所は別として、日本の造船所と比較すると大規模な造船所が主力であり、大量シリーズ船建造方式を取っていることもあり、ドック活用度のアップを重要視しており、モジュール化には積極的である。モジュール化を行う

ことによって、工期を短縮することが主眼であるが、設計の効率化や品質アップも目指している。設計、現場を含めて主導権は造船所自身が持っている3次元CAD設計も積極的に採用している。

ある造船所では、機関室フロアレベルを26のモジュールユニットに分け、最終的にはこのすべてをモジュール化するという目標をたて、現在は12ユニットまで完了している。

## 中国

中国の造船所の場合、大手造船所は社内に設計部門を持っているが、中手や小手の造船所の場合は設計部門を持っているところはほとんどない。基本設計、詳細設計及び生産設計まで設計会社に依存しているケースが多い。

造船所でのモジュール化に関してはスタートしたばかりで、これからの段階である。3次元CADソフトウェア活用も始まったばかりである。今後、一部の大手造船所は優秀な人材も多く、自分でできるであろうが、中小手造船所は力不足の面もあり、設計会社中心で検討が進んでいくものと思われる。

一方、設計能力の乏しい造船所においては、船用機器メーカーが製作したモジュールを採用している。

モジュールを製作しているところとして南通にある南通航海機械集团有限公司があり、F.O.モジュールや清浄機モジュールを提供しているが、母体は欧州メーカー（Westfalia、Alfa-laval）であり、かなりの数を納入している。

### 2.5.2 モジュールの利点及び問題点

前述した欧州の文献に記載されているリスト参照されたい。前述の調査内容の中で述べたものもこれに記載された項目でカバーされている。製作者及びユーザー両面のメリット及びデメリットが記載されている。若干矛盾した表記もあるがわかりやすい。

#### 製作者側メリット

- ・ テンダーやプロジェクトの初期計画や設計時資料作成が容易であり、一度やっておくとコスト的にもメリットある。
- ・ 全体の予定を組むのが容易となると共に、引渡し時期も改善される。
- ・ 設計側と製作現場側とのやり取りが短縮化され、追加部品手配も容易、加えてコンピュータ活用も容易となる。
- ・ モジュールは事前に製作しておくことができるため、ストックの面でも優位。
- ・ 組立の時、細かいユニット等を最適な状態で出来る。
- ・ モジュール製作ノウハウはいろいろな局面で応用できる（初期計画、図面段階、材料発注、場合によってはマーケティングでも）。

### ユーザー側メリット

- ・ 受取期間の短縮。
- ・ 製品の交換の可能性のアップ、メンテナンスの容易さがアップする。
- ・ スペアパーツサービスが良くなる。
- ・ 機能変更や機能拡張が可能であり欠陥を除去し最終的に良いものが生産可能。

### 製作者側デメリット

- ・ 顧客要求に対する柔軟性は失われる（顧客の特別要求には容易に応えられない）。
- ・ 一旦システム化されると、生産図面はなくなり、注文シートだけの動きとなる。生産図面に対する感覚がなくなる。
- ・ 新規開発費用は高くなるので新規開発のインターバルが長くなる。
- ・ 一般に生産コストは増加する（その製品のための品質を確保する機械等必要）。
- ・ 生産者やユーザー共、関心は生産効率ばかりに行き勝ちであり、より良いモジュールに向かう姿勢は弱まる。
- ・ たまにしかない特別な顧客要請時、対応がどうしても高くなりがち。

### ユーザー側デメリット

- ・ 顧客特別要求には簡単には応じてくれない。
- ・ 一般的に特別注文をした時に比べて、品質の面では若干落ちる可能性あり。
- ・ 特別注文生産品に比べて、モジュールのケースは重量やスペースの面で大きくなるので、スペース要求や架台等の重量が増える。

#### 2.5.3 モジュール化の理論、文献

前述した通り、欧州サイドではモジュール研究は1990年代後半から、いろいろな産業分野で研究されてきているが、やはり欧州でも造船という面ではそれほど多くはない。今回はヒアリング時に入手した、前述の2件の文献があった。

日本や韓国で、造船関係でモジュール化を扱った文献は残念ながらほとんど見あたらなかったが、日本船用機関学会（現在の日本マリンエンジニアリング学会）の学会誌に以下の文献があった。

「機関室におけるモジュール艤装」船用機関学会誌 2000年 Vol35 No2

日本船用機関学会の第3研究委員会で数年間検討を行ったものである。詳細については添付資料をご参照ください。ここでは抜粋を記載します。

既にユーザー側で検討していたものがなぜ進んでこなかったのか？ 課題が残っている。

< 抜粋 >

目的：21世紀に向けた新艤装工法としての艤装の能率向上・信頼性・保全性の向上  
背景：現場作業者の高齢化、人口減少、3K現場

定義：モジュールとユニット

モジュール ある機材をもって交換可能な構成部品の単位  
どの船にも流用可能なので各船対象

ユニット ある特定船を対象

モジュール化の目的

- ・現場作業、設計作業の効率化
- ・操作性、取扱の容易性の向上
- ・スペースの有効活用
- ・信頼性、保全性の向上
- ・錯誤防止

注意点

- ・保守作業
- ・物量
- ・管理
- ・振動対策

現状についてのアンケート

- ・系統重視型
- ・配置重視型

モジュールの効果

- ・現場工数&設計工数比較
- ・物量比較
- ・イニシャルコスト比較

課題

- ・振動
- ・ダミー鋼材増
- ・メンテナンススペース（船主意見との乖離）



### 3 モジュール事業化の検討

本調査研究ではモジュールの事業化の検討を行い、最終的には「モジュール化推進のための提言」を行うことになっている。手法としては、前年度行った各国のモジュール化現状分析を参考にして、第一ステップは、モジュール化設計手法の確認（数値的な評価の試み）として3次元CADを活用した機関室モジュール化の検討を行った。第二ステップとして、この結果を踏まえながら、モジュール事業に向けた提案を取りまとめるべく関係業界のヒアリングを行った。ユーザーである造船所関係者においては本音が聞けるようにと考え面談方式で行った。

これらの結果を踏まえ、モジュールの事業化の検討を行ったが、ユーザー側である造船所（含む船主、船級）提供側である船用メーカー側の両方とも意見は様々であり、まとめ方が難しかった。従って、全体の意見を参考にしながら、今後の一つの方向を示すという形で記載した。

#### 3.1 モジュール化設計手法の確認

前述した通り、既に一部の造船会社では10数年前にモジュール化への取組は行っており、設計から現場まで一通り実際に作業を行っている。しかし、残念ながら進展してこなかった。これにはいくつかの原因が挙げられている。

- ・ 製作する側（造船所、船用メーカー）のメリットばかりが先行し、最終ユーザーである船主サイドのメリットを出すのが難しかった。メンテナンススペース検討が進まなかった。
- ・ 以前の検討時期はまだ使いやすいCADも少なく、設計の面での手間もかかったこともあり設計面でのメリットも見出せなかった。

今回の検討では、昨今パソコン能力のアップで飛躍的に使いやすくなった3次元CADソフトウェアを活用して、前述の大きな原因の一つである設計手法に関して検討を行ってみた。特に設計工数の削減が可能かどうかを検証してみた。目的は次の通り。

- ・ 設計工数の削減の可否及び迅速に正確な物量リスト、一品図が提供できるか。
- ・ モジュール化構成機器の変更（メーカー変更）が柔軟に、迅速に行えるか。
- ・ モジュール製作現場と造船所現場との連携を考慮した場合のネックポイントとなる運搬をどう考えるか。日本では道路規制は厳しいので。

モジュール化設計手法の確認は次の二つ船型（実際の船）で行った。

- ・ A造船所 AFRAMAX タンカー 機関室内清浄機ユニットモジュール
- ・ B造船所 小型3,000DWT タンカー 機関室内清浄機ユニット&ヒーターモジュール

### 3.1.1 AFRAMAX 型での検討

前述したポイントの一つである運送手段として大型トラックを考え、大型トラックに積載可能なサイズの検討を行った。大型トラック搬送能力は、最大長さ×幅 約 8m×約 2m 最大積載能力は約 13 トンである。

	2t	4t	10t	大型
トラックの寸法 	縦 3.0m 横 1.7m 積載高 2.0m 積載重量 1.78t	縦 6.2m 横 2.1m 積載高 2.6m 積載重量 3.85t	縦 8.0m 横 2.35m 積載高 2.5m 積載重量 9.6t	縦 9.6m 横 2.35m 積載高 2.5m 積載重量 13.8t

検討手法としては、清浄機部のユニットモジュール化を行い、これを 3 次元 CAD ソフトウェア内のライブラリーに入れ込み、この設計図をもとに、専門工場（現場会社）で製作し運搬する。

手法イメージ図は次の通りである。

#### Purifier 部のユニットモジュール化 ライブラリー化 専門工場（会社）製作の流れ

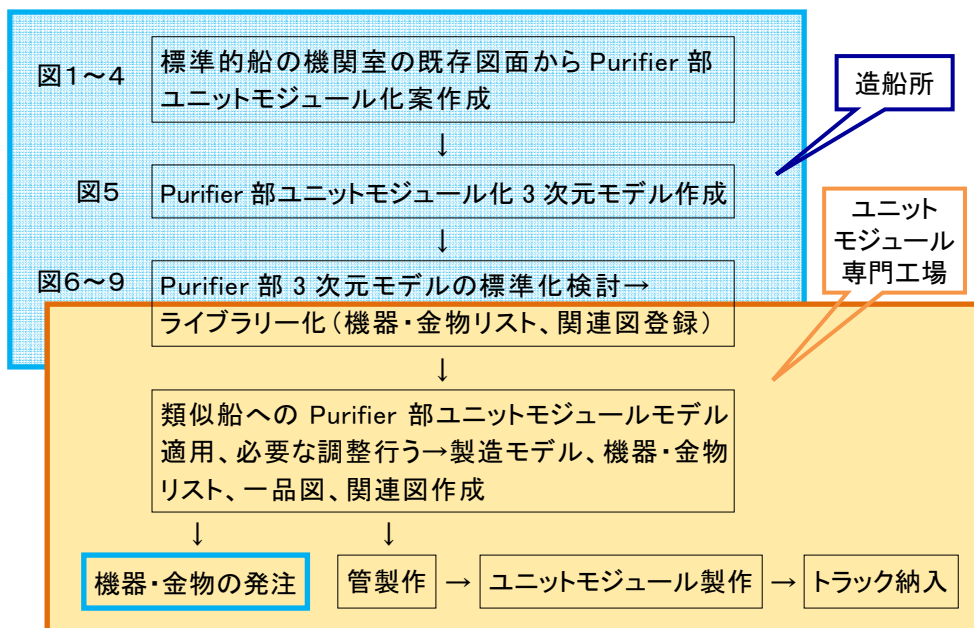


図 3.1 検討手法イメージ図

この流れ関係は次の通りである。(図 3.2 ~ 図 3.11)

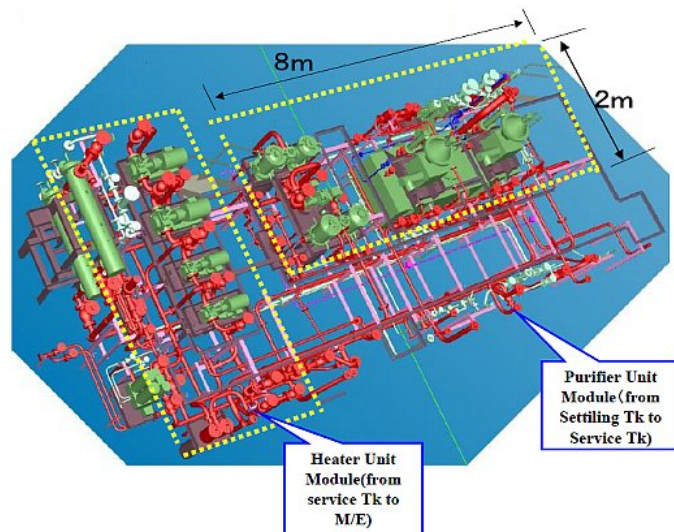


図 3.2 Purifier Unit のモジュール化案 ( 1 )

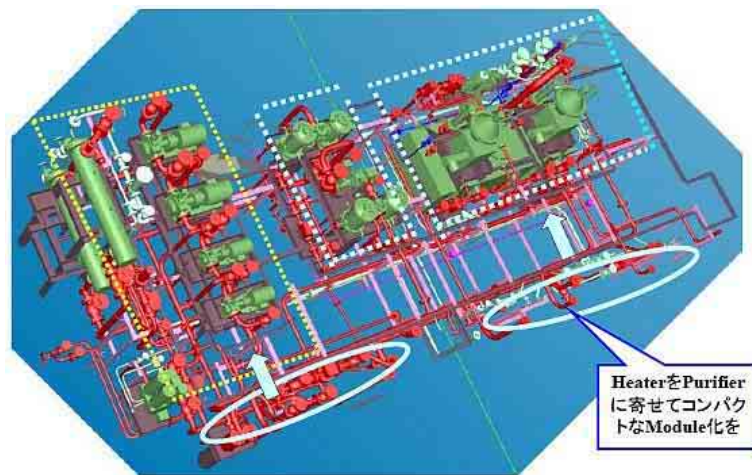


図 3.3 Purifier Unit のモジュール化案 ( 2 )

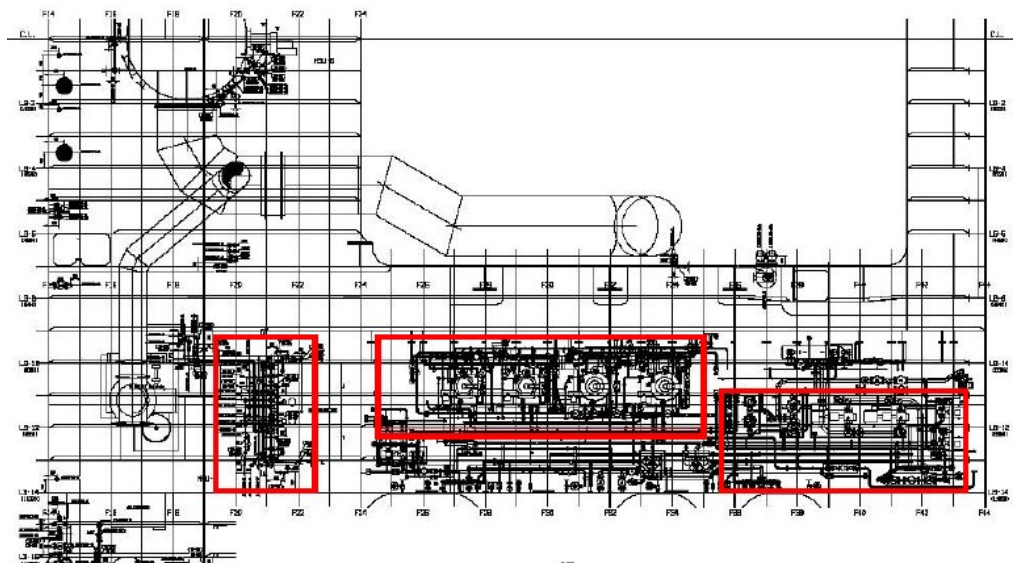


図 3.4 Purifier 部 取り付け図面(AFRA Max.) ユニット分割

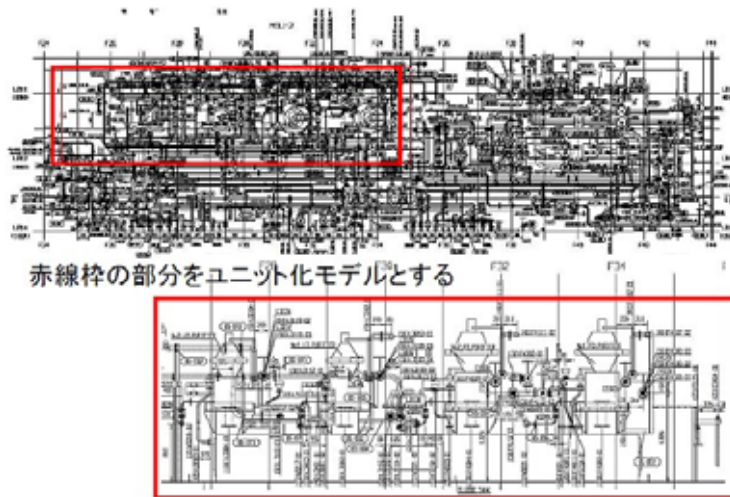


図 3.5 Purifier 部 ユニット化範囲

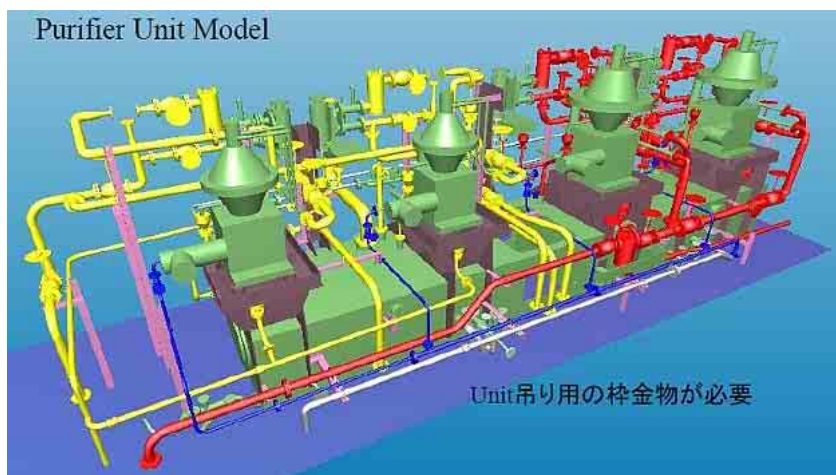


図 3.6 ユニット-モジュールモデル ライブラリー化

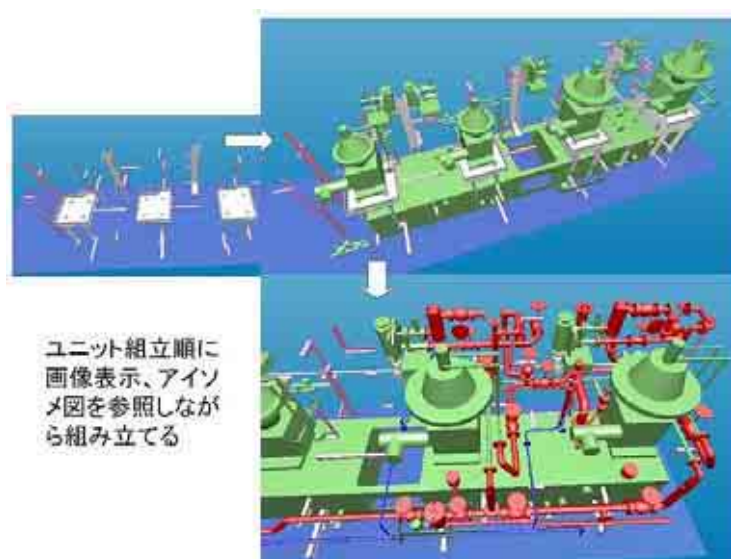


図 3.7 ユニット-モジュール組立要領





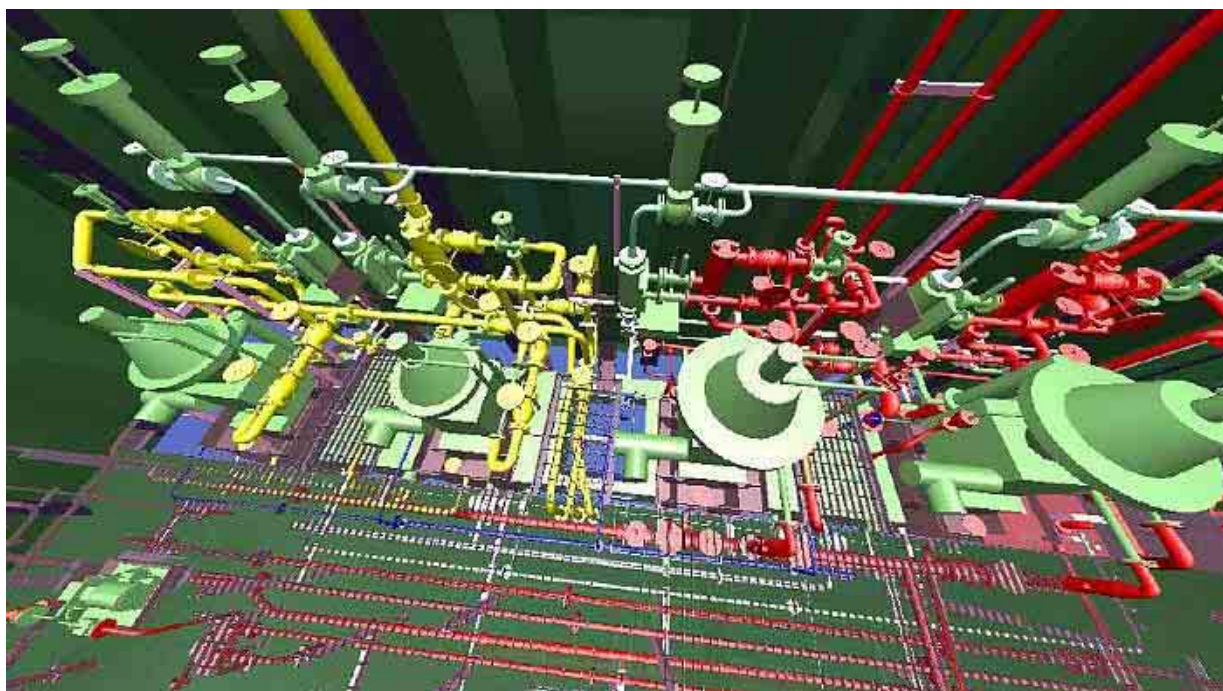


図 3.11 ユニット-モジュール設置仕上がり状態

このケースの検討では、清浄機ユニットは2分割または3分割で行っている。どうしてもトラック運搬能力に制限されるためである。結果として、トータル重量は約11トンであり、なんとか最大トラックサイズにおさまっている。図面関係も一品図まで作成しており、発注等での問題はないと判断している。

### 3.1.2 小型3,000DWT型での検討

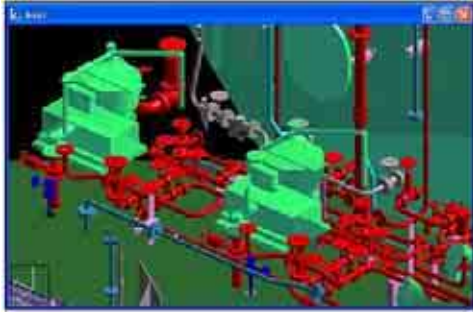
前述のAFRA型に比べ小型内航船では機関室も狭いこともありモジュール化は困難ではないかとの意見もある。従って、小型船でもモジュールのライブラリー化が可能なのか次の点を注意しながら検討を行った。

- ・ いろいろな船種に適用可能な汎用性を考慮する
- ・ メンテナンスを考慮した省スペース化を図る
- ・ サポートはタンクや機器台などからとる

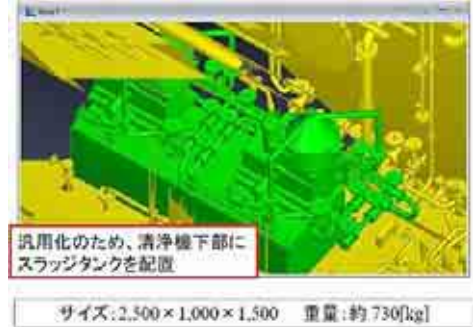
既存の機関室設計モデルを雛形から、最もモジュール化要望が高い清浄機周辺・ヒーター周辺の2種類のモジュールライブラリーを検証した。

< 清浄機周り >

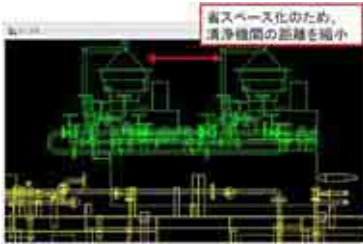
モジュール元のモデルの 3 次元図



モジュール化したモデルの 3 次元図



モジュール化したモデルの側面図



モデルの断面図

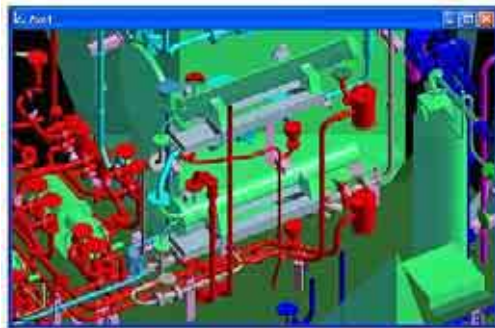


モデルの平面図

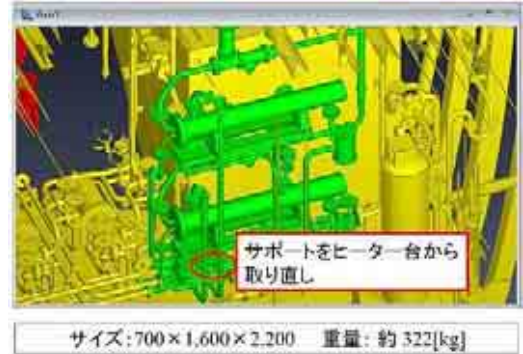


< ヒーター周り >

モジュール元のモデルの 3 次元図



モジュール化したモデルの 3 次元図



モジュール化したモデルの側面図



モデルの断面図



モデルの平面図

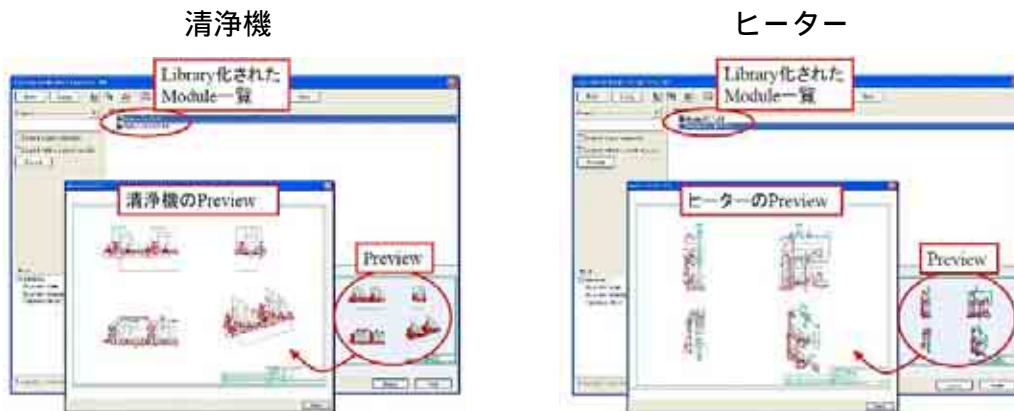




<モジュールのライブラリー化>

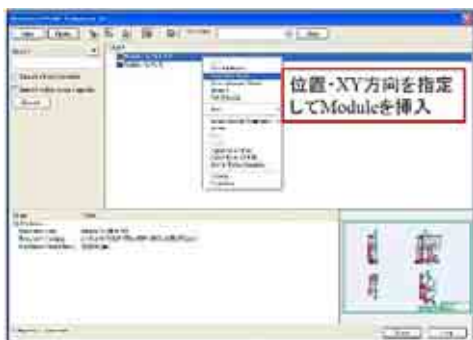
モジュール化検証のため、3次元配管CADシステムとして、Nupas-Cadmatic Ver6を使用して検証を行っている。このCAD機能にあるFunction Model Templatesを活用している。

ライブラリー化されたモジュール一覧



確認項目として、新規のプロジェクトに、このモジュールを挿入する場合の通常手順でCADシステムを取り込み実行可能であることを確認した。

モジュール挿入



モジュール挿入結果



モジュール取り出しと構成品リスト

モジュールの取り出しと共に構成品リストが作成される





<効果について>

モジュールを3次元モデルライブラリーとして登録しておき、適宜活用する手法の確認と効果推定を行った。

- ・ モジュール化部分の設計工数は80%減となることを確認できた。
- ・ 迅速に正確な物量リストと一品図面の提供が実現できることが確認できた。
- ・ モジュール構成機器の変更(メーカー変更)が3次元CAD機能で柔軟に行えることが確認できた。
- ・ 今回対象のモジュールの製造サイズは小型トラックの搬送が可能なので、近隣の加工業者との連携可能性の確認ができた。

(参考)

- ・ モジュールサイズ  
清浄機 : 2,500mm × 1,000mm × 1,500mm  
ヒーター : 700mm × 1,600mm × 2,200mm
- ・ 小型トラック  
荷台サイズ(MAX) : 4,700mm × 1,700mm × 2,500mm  
積載量 : 2-3トン

### 3.2 モジュール化実現に向けての提案

日本造船界では10数年前からモジュール化の取り組みは行われてきたのに、残念ながら進んでこなかった経緯がある。この辺の事情をさぐるべく、またモジュールの事業化の検討を行う参考とすべく、モジュールユーザーである国内造船所(含む最終ユーザーである船主)及びモジュール提供側である船用メーカーのアンケート調査を行った。

船用メーカーに対しては、「機関室モジュール化研究会」に出席していただいている各社を中心として、アンケート方式で、造船所に対しては、生の声が直接聞けるように面談によるアンケート方式で行った。

#### 3.2.1 造船所へのアンケート調査

国内造船所(大手、中手、小手造船所)に対して、外航、内航に関して面談アンケート調査を行った。対象造船所は、面談14社+ヒアリング2社。

面談アンケート内容については、次の項目としている。

- ・ モジュール化、ユニット化の現状について  
採用の有無(過去の実績及び現状)  
採用されている場合、その場所  
モジュール製作者について  
採用理由について  
費用対効果の検討について
- ・ モジュール化、ユニット化の将来  
国内においてモジュール化・ユニット化が進んでこなかった理由  
モジュール化・ユニット化に向けての意向

モジュール化・ユニット化取入れのメリット

モジュール化・ユニット化の市場性

- ・ モジュール事業について
  - 船用機器のモジュール化の実現の可否
  - 事業化した場合の市場性
  - 事業化の場合の主体はどこか
  - 事業会社の設立条件
  - 事業会社への参加の有無
- ・ モジュール事業会社の形態について
  - ポイントはどこか
  - 設計事業会社と現場製作会社
  - 海外モジュール品の採用の可否及び条件

対象会社では、規模も異なり、建造船の種類、大きさも違うこともあり、予想していた通り様々な意見が出てきている。要点を取りまとめると次のとおり。

- ・ モジュール化までは別として、ユニット化を採用している造船所は多い。(12社)  
但し、メーカーからのモジュール購入品は非常に費用が高いという評価があった。
- ・ モジュールメーカー品の場合、仕様変更等融通がききにくくフレキシビリティに欠ける。また最終ユーザーである船主の要望(メンテ性や操作性)への対応がききにくく採用しにくかった。
- ・ 以前は設計の面でもCADソフトウェアも進化しておらず、結構設計変更の面がネックになっていた。設計の面も重要なポイントである。
- ・ 費用対効果の面まで検討を行った造船所もあるが、現場工数の評価が難しく(関連会社に投げるケースでは工数分離が難しく、また意味をなさないこともある)この点での評価が出来なかった。
- ・ どうしてもコストの評価がポイントとなる。材料コストのミニマム化が重要である。コストの面では輸送コストも重要なポイントである。製作するところは造船所が集中している地域がターゲットではないか。
- ・ パイピング関係のベテラン陣は非常にタイトとなっており、ベテランの活用を図り新人を生かすエンジニアリング会社構想は考えられる。そのためにもわかりやすい3次元CAD等を活用すべきである。
- ・ 大きな問題としては、モジュールの保証は誰がするのか、その範囲はどうなるかということがある。この辺の明確化は重要である。造船所からみたら、モジュールはメーカー購入品と同じという認識がある。
- ・ モジュール化が進むのは同型船シリーズが続く大手、中手造船所ではないかとの意見多く、小手造船所、その中で内航を扱う造船所では数が少なく難しいのではとの意見あった。これはコストの問題があり、どれくらいの数が出るかもポイントとなるためである。

### 3.2.2 船用メーカーへのアンケート調査

造船所に対しての面談アンケートと若干内容は異なるが、「機関室モジュール化研究会」に参加している会社に対してアンケート調査を行った。項目は次の通り。

- ・モジュール機器製造の現状
- ・モジュール化に有効な 3 次元 CAD の使用の可否
- ・船用機器のモジュール化の将来性
- ・日本でモジュール化が広まらない理由
- ・船用機器のモジュール化に対する期待
- ・船用機器モジュール化の障壁
- ・船用機器モジュール化事業の実現の可能性
- ・モジュール化事業の市場性
- ・モジュール化事業の主体
- ・モジュール化事業の採算性
- ・モジュール化事業の課題
- ・その他

アンケート結果の要点を取りまとめると次のとおりであるが様々な意見が出ている。

- ・機能を付加したモジュールを製造しているメーカーは意外に少なかった。モジュールを客先から要求されることも少なかったし、必要性も感じなかった。造船所、各種船用機器メーカーの棲み分けが出来上がっており、現状のやり方が既定路線であった。
- ・モジュール化への期待としては、品質確保とコスト競争力であり、付加価値の増加を目指すメーカーもある。
- ・モジュール化の障壁としては、どうしても各社間の競争もあることから、企業間の連携の取りにくさをあげている企業が多い。もちろん採算性も障壁である。モジュール化はコストが高くなるという印象が強く、これを購買側に認めさせにくいという意見もある。
- ・モジュール化事業の実現の可能性については、期待する企業が多いし、その市場は国内、海外を問わずあると予測している。取り組んで行きたいが、いざやるとなると、そのやり方はどうかとか、とまどいがある。モジュール事業化の主体は船用機器メーカー中心ではと考える企業が多い。
- ・モジュール事業の採算性については悲観的な考えを持つ企業が多い。この原因として、個別仕様の多いことによる量産性の問題をあげている。船主、造船所、機器メーカーでの WIN-WIN の関係が築けるかがポイント。
- ・造船所、機器メーカーの枠を超えたモジュール検討が必要。どこか主導権をもち WIN-WIN の関係が築ける形を目指して欲しい。そのためには関係者の意識改革も必要ではとの意見あり。

### 3.3 モジュール事業化に向けた検討

昨年行った、モジュール化に関する各国の状況調査結果、モジュール化のメリット及びデメリットの確認、モジュールに関する文献等の調査結果を踏まえ、重要なキーとなるモジュール設計手法の確認及びモジュール事業化の対象となる主体として、ユーザー側である国内造船所（最終ユーザーである船主を含む）及び提供側となる船用機器メーカーにモジュール化事業動向についてアンケート・ヒアリング調査を行った。

前述している通り、造船所にしても船用機器メーカーにしても、規模の差（売上、工場の大さ）場所、生産物の内容の差等違いがあることもあり、モジュール化に対する考え方も様ではない。従って、こうやればモジュール化事業はうまく行くということを手簡単には言えない状況である。

しかし、過去 10 数年前にモジュール化を検討した時にうまく行かなかった経緯や何故欧州にはモジュールを扱う専門会社が成り立っているのかなどの点を踏まえて、今後のモジュール事業化をどうやって行けばよいのか、方向性を示すということで取りまとめた。

#### 3.3.1 欧州モジュール専門会社の状況

今回調査した欧州のモジュール専門会社（Wolfard & Wessels Werktuigbouw BV）について内容を追加調査したので概要を記載する。この会社の形がひとつの目指す方向性を示してくれると思われる。

- ・ 2010 年度の売上は約 20million ユーロ規模。（日本円 110 円換算で約 22 億円）
- ・ 株主構成は投資家が 50%弱であり、残りは役員及び従業員である。造船所や機器資材メーカーは入っていない。2001 年にこの会社は Buy-out されており、この結果こういう構成になったとのこと。
- ・ この会社の顧客は造船所、船主であり 30 社ぐらいある。これらの顧客は最大 100m 長さの Super yachts、Dredgers、Coasters や Supply vessels などの特殊船を建造している。従って、年間どれくらい、どの様なものを生産しているのかは簡単には言えないとのこと。機関室のいろいろな機器一般を扱っていると。将来のステップとしては、機器のオーバーホール、改造や修理の分野をターゲットにしている。
- ・ 人員規模については、進行中のプロジェクト数にもよるが、現在は 120-160 名となっている。エンジニアリング部門ではミニマム 15 名は常時おり、現在は 22 名である。
- ・ モジュール関係の運送手段については、主にトラックで輸送している。時々大きなユニットがある時は特別に運送会社に依頼することもあるが、最終的にはクレーンとトラックの能力までとしている。運河がすぐ横にあり船という選択もあるがあまり使っていない模様。
- ・ 機関室や機関室の機器のモジュールの設計はこの会社の設計陣で行っている。顧客の好みやガイドラインがあれば、会社で一緒にやっている機器メーカーと相談しながら取り入れるように設計している。またこれらの機器の購入についてもすべてこの会社で行っている。

### 3.3.2 モジュール事業化についての関係者の考え（まとめ）

船主：

- ・メンテ性、アクセス性、操作性、品質確保が大きなターゲット
- ・振動等の不具合がないのが前提、トラブル発生時の面倒はまずは、発注先である造船所に依頼する
- ・アフターサービス体制の充実は最低条件
- ・メーカーを1社に固定するのは好まない。メーカー変更の Flexibility は必要

船級：

- ・船級規則に定められた承認図、承認試験をきちんとクリアするのが条件
- ・従って、機器製作工場の認定は必要だし定期的な確認は必要

造船所：

- ・採算性は重要
- ・Flexibility（メーカー、型式変更等）も必要
- ・自社内での工数削減が可能であり、かつ工期はきちんと守るのは条件
- ・保証関係の明確化、アフターサービスの区分けも重要
- ・支給品はどこがやるのか明確化必要（コストにもリンクする）
- ・ベテランのパイプ職人の不足をカバーして欲しいし、ベテラン職人の活用も視野に入れて欲しい

船用機器メーカー：

- ・コスト競争力が第一義
- ・何を標準化して、何をモジュール化するかも大きなポイント
- ・企業間の連携はできるか（競争関係にあるメーカー間で）
- ・関係業界（造船所、船用機器メーカー）で Win Win の関係が築けるか。
- ・品質確保、コスト競争力、メンテ性の確保が出来、付加価値がつけられるか

### 3.4 モジュール事業化に向けた提案

前述の通り、造船所にしても船用機器メーカーにしても、規模の差（売上、工場の大きさ）場所、生産物の内容の差等違いがあることもあり、モジュール化に対する考え方も一様ではない。

しかし、10 数年前にモジュール化を検討した時にうまく行かなかった経緯や何故欧州にはモジュールを扱う専門会社が成り立っているのかがわかったわけであり、これらの点を踏まえて、今後のモジュール事業化について一つの方向を示すという形で取りまとめた。

#### 3.4.1 モジュール事業会社の主体

モジュールビジネスの事業化の主体者として、その技術的な能力などを考慮すると、造船所、船用機器メーカー、設計会社などのエンジニアリング会社の3者が考えられる。それぞれが主体となった場合のメリット、デメリットは以下のとおりである。

造船所主体

メリット：

- ・自分の造船所にあった設計が可能
- ・大手の場合は資材購入費のコストダウンが可能
- ・船全体をよく知っており、広い意味での設計が可能

- ・工程に合わせた設計、現場が可能
- ・社内でやれば、運送の問題も出てこない

デメリット：

- ・本当の意味での公平な設計、現場管理が出来るか
- ・スペースが取れない造船所はどうするか
- ・現場パートナー選択が狭まる
- ・海外展開はやりにくい

船用機器メーカー主体

メリット：

- ・各機器についてよく知っているので、設計変更等やりやすい
- ・従って、機器のコストミニマイズ化は可能

デメリット：

- ・独立性、競争は十分に可能か
- ・型式にとらわれることはないか
- ・Flexibilityは確保できるか
- ・機器を特化してゆく方向に向きやすく、取りまとめが難しい
- ・海外展開は難しくなりそう

エンジニアリング会社主体

メリット：

- ・独立性を持った事業が可能
- ・組織の構成がFlexible
- ・現場でのパートナー選択がFlexible
- ・海外展開の絵が描きやすい

デメリット：

- ・組織構成にもよるが、船全体を把握できるか
- ・振動解析など外部への委託が必要な作業が出てくる
- ・十分な設計要員、現場要員が集められるか
- ・造船所との十分な交渉（工程管理等）はできるか
- ・責任の範囲の明確化と交渉はできるか

### 3.4.2 モジュール事業化の提案

モジュール事業化の主体

**モジュール事業会社の主体はエンジニアリング専門会社で行う。**

上記記載した通り、モジュール事業化する場合、造船所や船用機器メーカー主体では独立性や Flexibility の面で難しいところがある。また将来の展開で海外展開の面でも難しいところがあると判断した。

**モジュール事業会社は設計会社及び現場製作会社の2本建てで行く。**

現場製作会社は、顧客に近い場所とか、将来の海外展開を考慮した場合、2本立て方式が良いと判断した。設計会社の場合、3次元CADソフトウェアを活用して、設計工数を削減することを考える。

**事業化のステップ**

**一度に本格的な事業化は難しいと判断し、ステップ毎にやってゆく。**

国内の顧客である造船所を考えてみた場合、大手、中手、小手造船所ではポリシーも違い、販売スタイルもいろいろ考える必要がある。また、何を売るかラインナップを考慮する必要があるし、輸送問題も考慮する必要がある。

**第一段階：**

**モジュール設計エンジニアリング会社の立ち上げ**

エンジニアリング会社の組織、構成の検討

- ・既存のエンジニアリング会社の活用
- ・船社出身OB+造船所出身OB+船用機器メーカーOB+ソフトウェア人員

採算性の検討

モジュールラインナップの検討

- ・どのような船舶を対象とするか
- ・モジュールの種類（燃料油関係、水バラスト処理装置関係など）

設計手法は3次元CADシステムの活用

- ・Flexibility、設計スピードアップ、工数低減の実現
- ・モジュールのライブラリー化の促進
- ・メーカー変更を考慮して広げてゆく
- ・モジュールの配管の取り入れ、取り出し口のFlexibleなモジュール化

**モジュール製作会社の立ち上げ**

顧客である造船所が集中している地域に立ち上げる（瀬戸内地区など）

- ・既存の造船所との提携を図るか、それとも新規で立ち上げるか
- ・作業者の確保
- ・輸送手段（トラック輸送など）の確保

採算の検討

**第二段階：**

**モジュール製作会社の拡充**

大手、中手造船所内への展開、生産量の拡大

**第三段階：**

**設計エンジニアリング会社の拡充**

海外展開、海外設計会社との提携

海外OEMメーカーと日本船用メーカーとの提携

**モジュール製作会社の海外展開**

海外製作会社の選定、海外造船所への販売

## 4 内航船の機関室モジュール化についての具体的検討

### 4.1 内航船機関室の基本計画

#### 4.1.1 内航造船業界の現状

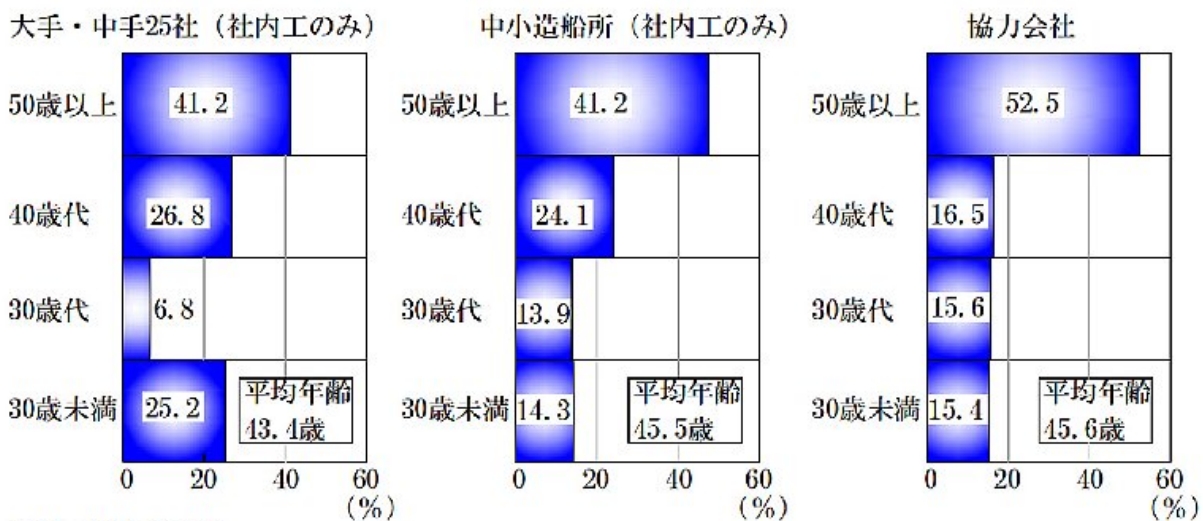
日本造船業の建造状況を見れば、内航船は、1993年（平成5年）には造船93社で325隻建造していたのに対し、2004年（平成16年）には造船24社で46隻建造したに過ぎず、長期にわたる不況で内航船の建造は減少している。

このような状況下で、内航船の建造造船所では、設計技術者および現場工作技能者が壊滅的に減少している。図4.1に示すように、日本造船業界の造船技術者の年齢構成はウィングラス型であり、人材高齢化が進んでいるなかでも中小造船所、協力会社ではさらに高齢化になっている。調査した時期からすでに7年を経過していることから考えれば、さらに高齢化が進んでいるものと推察できる。

また造船技術・技能を支えて来た、団魂の世代といわれる経験豊富な人材が、退職時期になり、人材はますます不足する傾向になっており、現場工作技能と同様に設計技術の伝承も大きな課題となっている。

長年の経験の結晶である、マニュアル化されていないノウハウが多く存在するが、設計技術者が減少し、1人あたりに求められる仕事量が増した結果、OJTを行う余裕から無くなっている。以上のような現状から、人材の育成面あるいは新技術開発面において、将来が不安になる。

造船以外の製造業では、小品種大量生産から多品種少量生産を考慮した生産体制に移行する傾向にある。そのために、種々の方法が採られているが、なかでもモジュール化は企業戦略として位置づけられており、コストダウンや軽量化のみならず、品質向上、機能向上、納期短縮等につながる効果的な手段であると考えられている。自動車産業をはじめとする様々な製造業に取り入れられ、注目されている。



資料：国土交通省

図 4.1 日本造船業の造船技術者の年齢構成（2003年）



#### 4.1.2 機関室艤装の現状

船舶における機関室艤装は、現状では先行艤装の延長であると報告されている。

先行艤装は、1962年～1963年ころから使われるようになったものである。過去における装置艤装から、地上艤装、区画別艤装と言われた時期があり、その後、先行艤装、早期艤装と言われるようになった。

従来、船殻が完成してから行う艤装方式に対して、ユニット艤装、地上艤装、青空艤装を総称して、先行艤装と呼んだものと考えられる。

先行艤装法の考え方は、艤装に早くかかり、長時間ゆっくりやるという考え方ではない。艤装工事を可能な限り内業工場に引込み、地上ステージに引き下ろして、作業をやり易い安全な場所で行うことを目的としている。

機関室艤装の代表的な先行艤装法は、ユニット艤装法とブロック艤装法であるとされている。

ユニット艤装法とは、船殻ブロックの工程と艤装工程が混在化しないように、機関部各ユニットを搭載単位にまとめたものを別途製作しておき、船殻ブロック搭載後にこれらを順次搭載して行くものである。

ブロック艤装法は、殻艤一体方式と呼ばれるもので、船殻ブロックの中に、地上で可能な限りの艤装品を取り付ける方法で、どちらの方式も先行艤装のペースはユニット化である。

内航船では主としてブロック艤装法が採用されているのが現状である。ユニットとは、本来は、単位や集団の意味であり、音楽ユニットなど複数のメンバーによって作品を作る集団、組織の編成、構成単位などを意味する。したがって“構成単位”などを表すことから、“ばらばらであった部品を一纏めに集約すること”である。

船舶の機関室は、限られた空間のなかで様々な機器を配置し、機器間を管で結合して、一つのコンパクトなシステムとする必要がある。したがって、ユニットは、外板や壁面を効率よく利用することに思考の重点がおかれている。

#### 4.1.3 機関室艤装の問題点

船舶は多品種小量生産で、船の大きさ、機器の配置によって設計がことなり、機関室艤装は、1隻毎に設計するために、建造船の種類や仕様の変更に合わせて、その都度再設計しなければならなかった。したがって、機器の配置や配管の種類は非常に多くのパターンになっていた。

機器は、壁面や外板に取付けられた据え付け台の上に配置されるケースが多い。外板と甲板、壁面と甲板に跨る据え付け台を取り付ける場合には、船殻ブロック継ぎ手の溶接完了後でなければならない。この結果、機器の据え付け終了後でなければ配管工事ができない。

また、管は機器の間に配管され、甲板間にわたって上下に配管することになり、壁面や外板に沿わせて配管することになる。壁面や外板に機器が取付けられているので、上下に配管する場合は制限され、機器を避けるように配管しなければならない。当然、配管設計の難易度も高くなり、曲管の数も多く、配管長が長くなり、現場取付管も多くなる。また、そのような配管の結果、操作が必要なバルブ等は、機関室の広い範囲に配置されてしまうことになる。

機関室艙装の問題点をまとめると、以下のようになる。

その都度設計をするユニットの場合には、設計ミスも付きまとうため、信頼性を損なうことも多々生じる。また新規設計では常に注文主との協議があり、工程の遅延も生じる。

壁面、外板、甲板面と平面的配置になりがちとなり、配管が広範囲になり、機器やバルブの操作性やメンテナンス性が悪くなる。

配管の現場工事が多く、作業環境も悪くなり、船台に搭載後の作業期間の短縮が出来ない。

壁面や外板に機器が配置されると、配管や機器取付の難易度が高く、曲管の数が増加し、配管長も長くなる。

作業が計装管や配線終了後にならざるを得ない。

部品の集約、手配および作業手順がその都度異なる。

#### 4.1.4 モジュールの概念

語源は、ラテン語の“modus”に小さいものを表す“lus”がついた“モデュルス(modulus)”で、尺度、規範という意味である。フランスの建築家が人体の比率と数学理論を組み合わせた基準尺度で、多くの家具や住宅を設計した。“モデュロール”といい、モジュールと幾何学の概念である黄金分割（セクシオンドール）をつないだ造語である。

何かを作り上げる基本となる、取り換え可能な構成単位で様々な次元のひとまとまり。つまり、モジュールは1つの日本語には言い替え不可能な言葉とされている。

モジュールという言葉は、近年多くの記事で紹介されているが、ユニットとの差が理解しにくい。

自動車生産の分野では、空調用のモジュールやドアモジュールなどそれ自身が多くの部品を含んでいる、ひとかたまりの標準化部品群のことを“モジュール”と呼んでいる。

モジュールとは、標準化する過程でシステムを機能単位、一定の規格に基づいて交換可能な状態でひとかたまりの部品群で切り分け、インターフェイスが規格化、標準化されており、追加・交換が容易で、内部設計が異なるモジュールを交換した場合、システム全体を変更することなくとも、問題なく機能できる。

#### 4.1.5 モジュール化の狙い

##### システムの単純化

製品システム化は、システムを適当な単位に切り分けてモジュールを形成し、構成要素間の相互依存に起因するシステム複雑性の増大をモジュール内に閉じ込める働きをする。

##### 機能強化が容易

製品のモジュール化は、顧客ニーズの多様性や変化に対し、システム全体でなくモジュールの変更により対応することが可能になる。顧客のニーズのバラツキの核となる部分に対応する部分をモジュール化し、そのモジュールを顧客に応じて作り変えたり、あるいはアップグレードしたりすることにより、多様な顧客ニーズへの対応コストを抑制することが出来る。

仕様の変化に対応が容易

製品のモジュール化は、顧客から見れば、それぞれ完結した機能をもつモジュールを組み合わせるにより、多様な機能の組み合わせを実現できることになる。

#### 4.1.6 機関室のシステム

モジュール化は、システムを機能単位で、一定の規格に基づいて交換可能な状態でひとかたまりの部品群でつくられる。機関室のシステムとは、何をもってシステムとするか定義する必要がある。

機関室艙装は、配管が中心であると言っても過言でない。各機器を管により連結され装置として成立している。このように各機器に管を配する事が配管であって、それは人間の血管のようなものである。

配管設計者は、装置を構成する全てのものを良く知っていることが重要で、配管に関する知識と経験をもとに、設計者によって計画された配管系統は、機関室配管系統図としてまとめられる。

機関室配管系統図は、機関室に配置される諸機器の有機的な関連を示し、機関室全体の構成を明らかにするものであり、設計者は、あらかじめ各機器の性能を十分に把握しておく必要がある。さらに、それぞれの系統として種々の知識が要求される。各機器の性能は配管の良し悪しで、その系統としての性能が決定されるとしても過言ではない。

機器に合った配管、その系統に合った配管をしなければ、配管の漏れや詰まり、配管から機器への悪影響など、思わぬ事故を起こす可能性もある。配管は、各機器を結ぶ装置として、機器と同等の重要性をもつものと認識が必要で、機関室配管系統を、機関室システムとみなすことができる。

#### 4.1.7 内航船が目指すべき方向

“内航船とその造船業の現状と問題点”特集 海を越えて運ぶ「内航船」において、これからの内航海運業は、若い船員が喜んで入ってくる職場環境・処遇を整備すること、協業化や船舶管理会社の利用などにより合理化投資が可能となる経営規模を確保すること、排ガス規制・CO<sub>2</sub>削減などの環境規制に対応することが課題である。

これらの課題に応えるために内航船が目指すべき方向は、

省力化・省人化

単純化・標準化

環境性能向上

の3つであろう。運航コスト削減と船上労働者負担を軽減するために今後とも省力化・省人化を図っていくべきで、航海時だけでなく、係船・荷役時への取り組みが重要である。また、経営規模が拡大して乗組員の流動化が進むとシンプルで標準化された船舶が望ましい。若年層乗組員の促成のためにも単純化・標準化は重要である。

さらに環境性能については、特に、トレードオフの関係にあるNO<sub>x</sub>低減と燃費向上について、今後益々両方とも高い水準で達成することが求められる。

#### 4.1.8 内航船機関室機器モジュール化するターゲット船の選定

モジュール化は標準化を推進する過程であって、多くの船舶に採用されるものからターゲット船を絞る必要がある。

そこで内航船モジュール化の可能性がある大きさは、総トン数 200 トン以上と想定される。内航船の船型別総トン数と隻数の分布を図 4.2 に示す。

図 4.2 では、総トン数 400 トン以上から 500 トン未満の船舶は内航船合計 2815 隻中、貨物船は 1964 隻、油槽船は 851 隻で全隻数の 2/3 が貨物船で占めている。

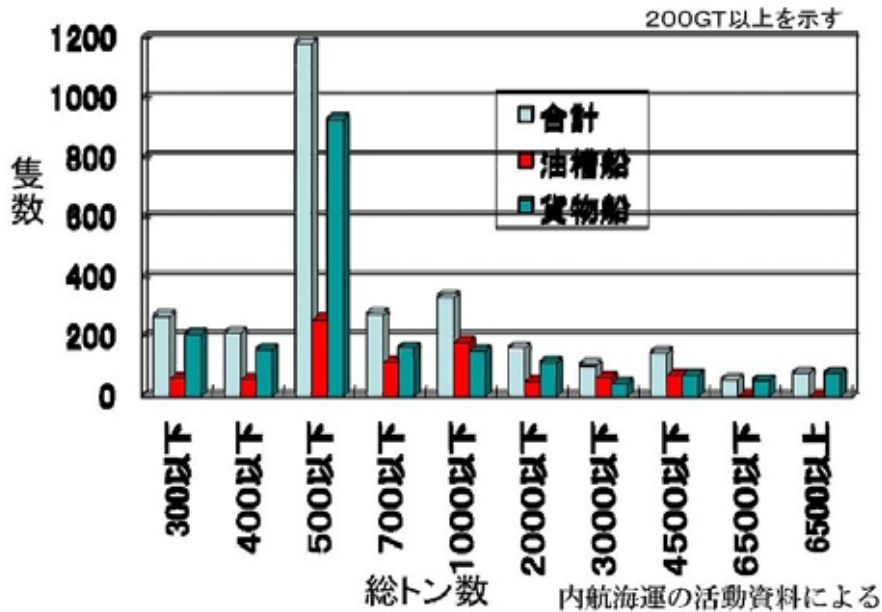


図 4.2 内航船の船型別総トン数と隻数の分布

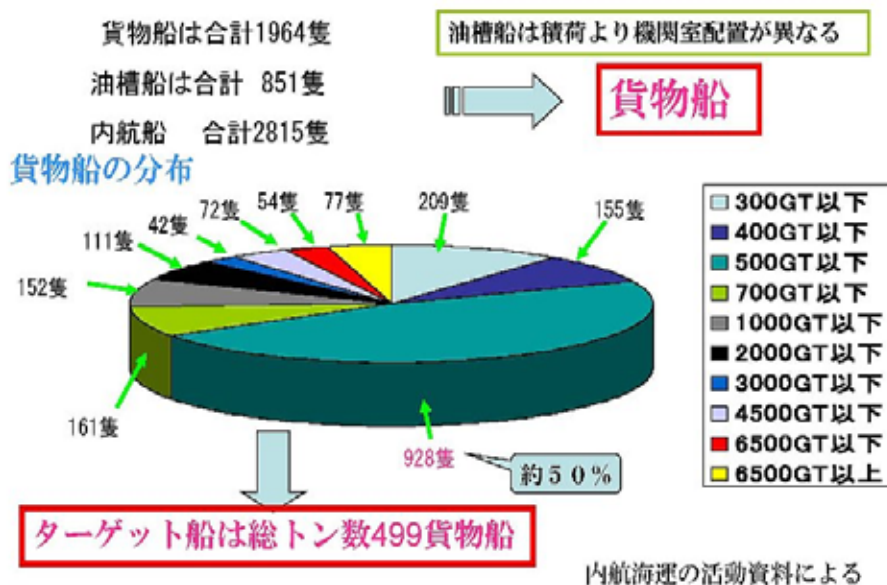


図 4.3 内航船の貨物船総トン数と隻数の分布

内航船の貨物船総トン数と隻数の分布を図 4.3 に示す。図 4.3 では総トン数 400 トン以上から 500 トン未満の貨物船は内航船全体の 33% を占め、貨物船の総隻数 1964 隻の約 50% となる。

このことから、今回の調査研究での内航船モジュール化のターゲット船として、総トン数 499 型貨物船を選定した。

#### 4.1.9 総トン数 499 型貨物船の機関室の現状

総トン数 499 型の貨物船であっても、載貨重量トン数が大きく異なっている。載貨重量トン数 1600 トン型と 1800 トン型の主要寸法の比較は次の通り。

		載貨重量トン数	
		1600 トン型	1800 トン型
長さ	(垂線間) m	70.00	68.00
幅	(型) m	12.00	12.00
上甲板深さ	(型) m	7.01	7.37
乾舷甲板深さ	(型) m	4.11	4.39
満載喫水	m	4.082	4.362

主要寸法では船幅は変わらず、甲板高さが大きく異なっている点が特徴的である。

図 4.4 は、機関室ほぼ中央であるフレーム番号 16 番の横断面を、載貨重量トン数 1800 トン型と、載貨重量トン数 1600 トン型で比較したものである。

同じ総トン数 499 トンであっても載貨重量トン数によって、断面形状が大きく異なる。特に、2ND DECK とサイドストリンガー間の高さが大きく異なるのが特徴的である。

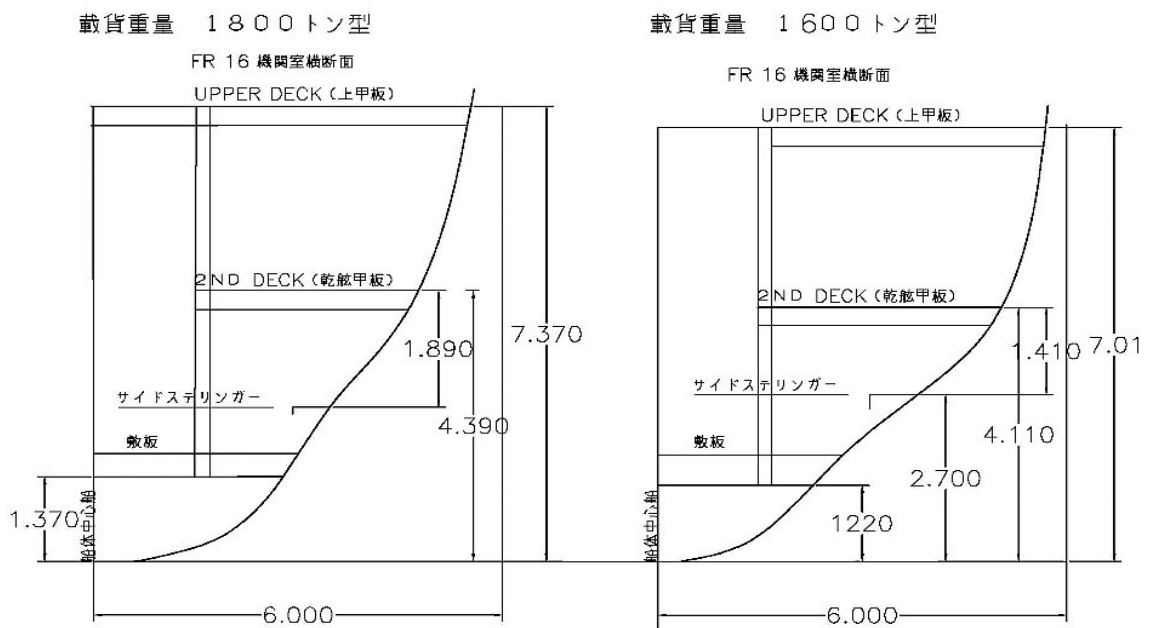


図 4.4 総トン数 499 型貨物船 機関室横断面比較



図 4.5 は従来の標準的な総トン数 499 型貨物船二重底上貨機関室配置図である。図 4.5 で示すように、特徴的な配置は、2ND DECK (第 2 甲板) ~ DOUBLE BOTTOM (二重底) の高さの中間船側外板部にサイドストリンガーが設けられ、上部棚状の上面に多くの機器を配置されているのが特徴である。

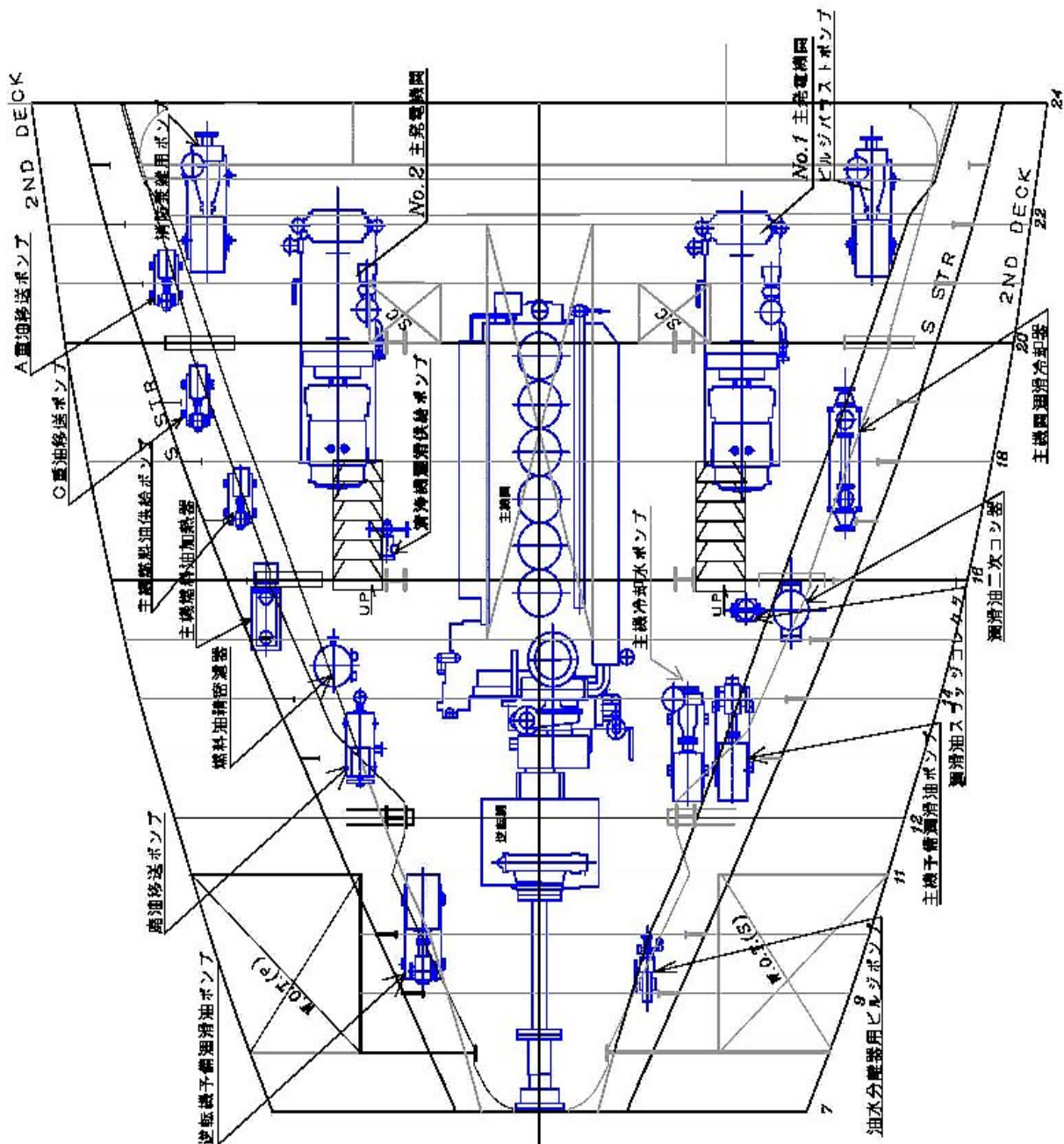


図 4.5 従来の総トン数 499 型貨物船二重底上機関室配置図

写真 4.1 は艙装中の総トン数 499 型の機関室の写真を示す。写真 4.1 で見るように非常に狭いスペースに機器とそれを結ぶ配管が配置されているのが特徴である。



写真 4.1 艙装中の総トン数 499 型貨物船の機関室

#### 4.1.10 船主からの内航船に対する意見

本調査研究を実施するに当たり、(社)日本船用工業会より内航船の運航管理される立場からの意見として集約していただいた項目は次の通り。

電源電圧の一元化(動力と照明を 220V に統一)

100m<sup>3</sup>/h 以上の容量をもつ清海水ポンプには縦型を採用する(ポンプの据え付け面積の削減対策)

C 重油セットリング、A 重油サービス両タンクフロートスイッチの削減

バラスト配管の簡素化(タンク間の水移動が必要ない)

主機関 L0 補助ポンプを遠心サブマージタイプとする。

遠心分離清浄機からの排出される含水スラッジの水処理装置の開発(含水スラッジの処理を水分とスラッジに分離し、別々に処理する。)

甲板ウインチのクラッチ勘脱の自動化。

また、内航船の問題として燃料油処理、燃料油の成分不安定などに関する多くの報告書や、環境問題に関する報告書もいただいた。

- ・内航海運における使用燃料油、潤滑油に関する実態調査報告書(月刊・共有船)
- ・内航 4 サイクル主機関の燃料油および潤滑油に関するガイドライン  
(社団法人日本船用工業会)
- ・内航船における燃料油の性状分析について(月刊・共有船)
- ・内航船の環境問題(日本船舶海洋工学誌)
- ・内航海運・活性化・グリーン化に関する懇談会
- ・平成 13 年度 内航船用エンジン排ガス浄化システムの調査報告書(日本財団 図書館)

このため、本調査研究では、燃料油とビルジ処理を重点的に、燃料油供給装置、燃料油移送装置およびビルジ処理装置のモジュール化を行い、実船でのデータ収集を研究課題とした。



4.1.11 従来の内航船の燃料油配管系統およびビルジ配管系統

従来の総トン数 499 型貨物船燃料油配管系統図を図 4.6 に示す。

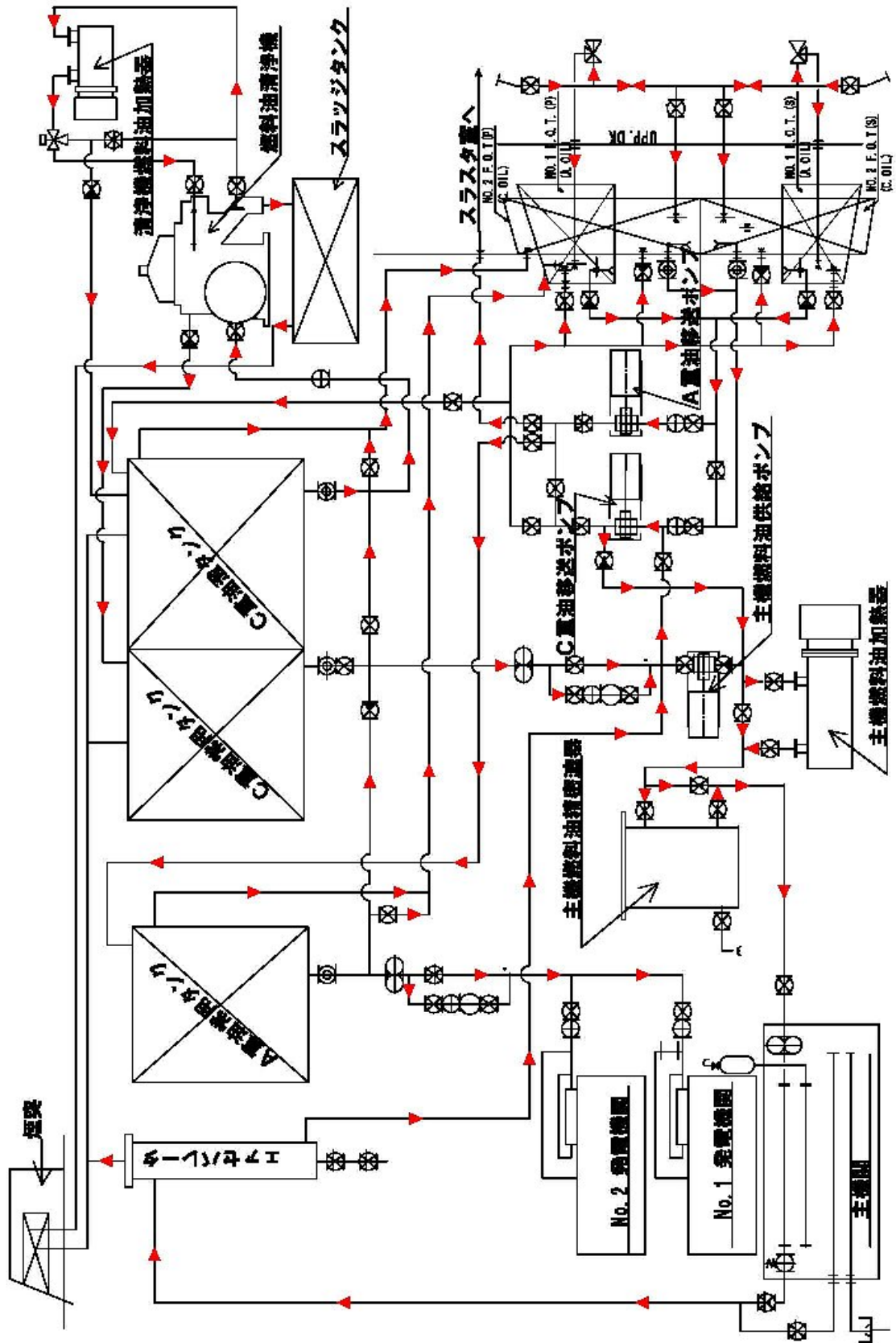


図 4.6 従来の総トン数 499 型貨物船燃料油配管系統図

図 4.6 に示すように、主機燃料油供給ポンプ、C 重油移送ポンプ、A 重油移送ポンプの 3 台で構成されており、主機燃料油給油ポンプと C 重油移送ポンプとの間でバックアップを行い、A 重油移送ポンプと C 重油移送ポンプとの間でバックアップをとる構成となっている。また、特徴的なのは、燃料油加熱に電気式加熱器を使用している点である。

図 4.7 は従来の総トン数 499 型貨物船ビルジ配管系統図を示す。

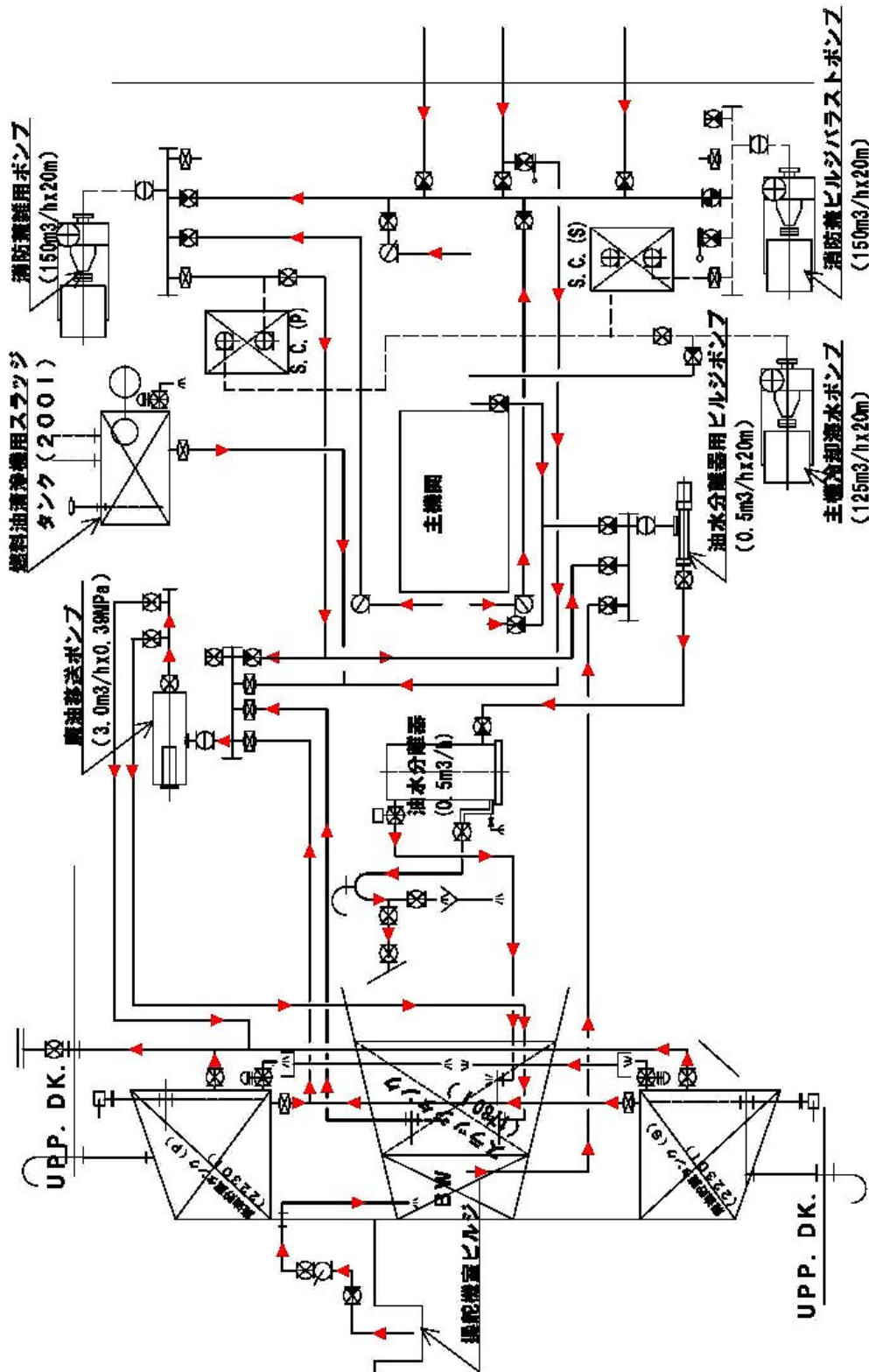


図 4.7 従来の総トン数 499 型貨物船ビルジ配管系統図



図 4.7 に示すように、機関室ビルジは、ビルジウエルから油水分離器用ビルジポンプにより油水分離器を経て、船外に排出する。油分の多いビルジは、スラッジタンクに落とされ、スラッジタンクに溜まったビルジは、廃油移送ポンプにより廃油貯蔵タンクに貯蔵され、陸上に送られ、処理する方法をとっている。

#### 4.1.12 燃料油配管系統におけるモジュール機器の切出し

図 4.8 は、従来の燃料油配管系統において、機器モジュール化できる範囲（Red Line）を示す。図 4.8 に示す燃料油流量計、主機燃料供給ポンプ、主機燃料油加熱器を含む範囲を主機燃料油供給モジュールと、A 重油移送ポンプと C 重油移送ポンプおよび燃料油コシキ器を含む範囲を燃料油移送ポンプモジュールおよび、燃料油清浄機、清浄機燃料油加熱器および、スラッジタンクを含む範囲を燃料油清浄機モジュールとして 3 機種のモジュールとして切り分けた。

燃料油流量、燃料油加熱温度ならびに燃料油粘度は、今回の実船試験でのデータ収集の重要なテーマである。従来の燃料油配管系統では、C 重油移送ポンプを切り替え燃料油供給ポンプとした場合に燃料油が混合する可能性があるので専用の燃料油供給ポンプを設けてある。実船試験搭載モジュールでは、燃料油供給ポンプは 2 台として、C 重油移送ポンプは使用しない配管系統とし、燃料油粘度計および燃料油の温度、粘度、流量のデータを採るために、プログラマブルロジックコントローラを採用した。

また、実船試験搭載モジュールとして、A 重油移送ポンプと C 重油移送ポンプおよび燃料油コシキ器を含む範囲を燃料油移送ポンプモジュールの設計を行った。

次に、燃料油清浄機、清浄機燃料油加熱器および、スラッジタンクを含む範囲を燃料油清浄機モジュールとして図面作成を行った。

図 4.9 は、燃料油配管系統でモジュール採用した場合の燃料油配管系統を示す。

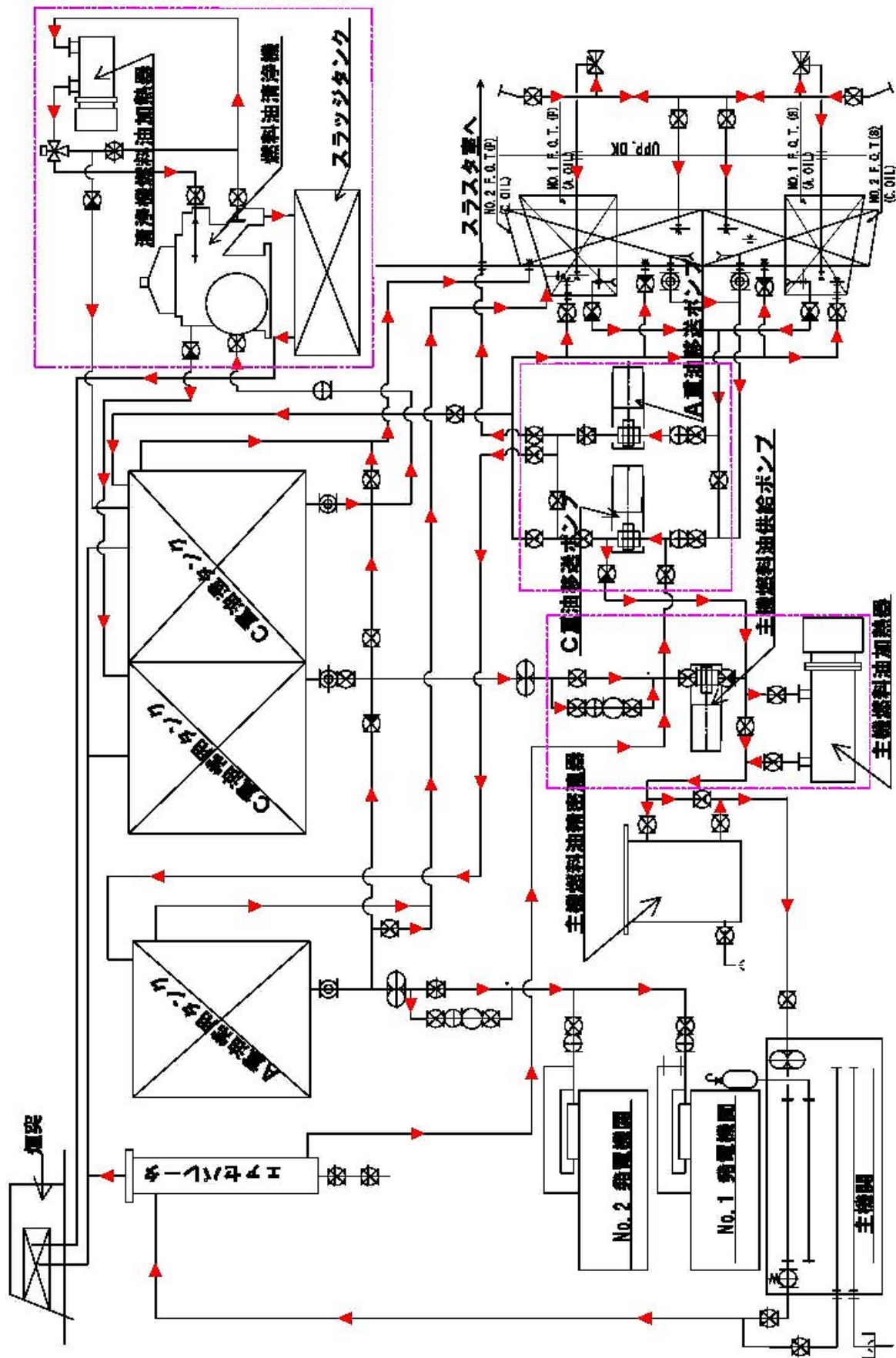


図 4.8 燃料油配管系統図 (モジュール化範囲)

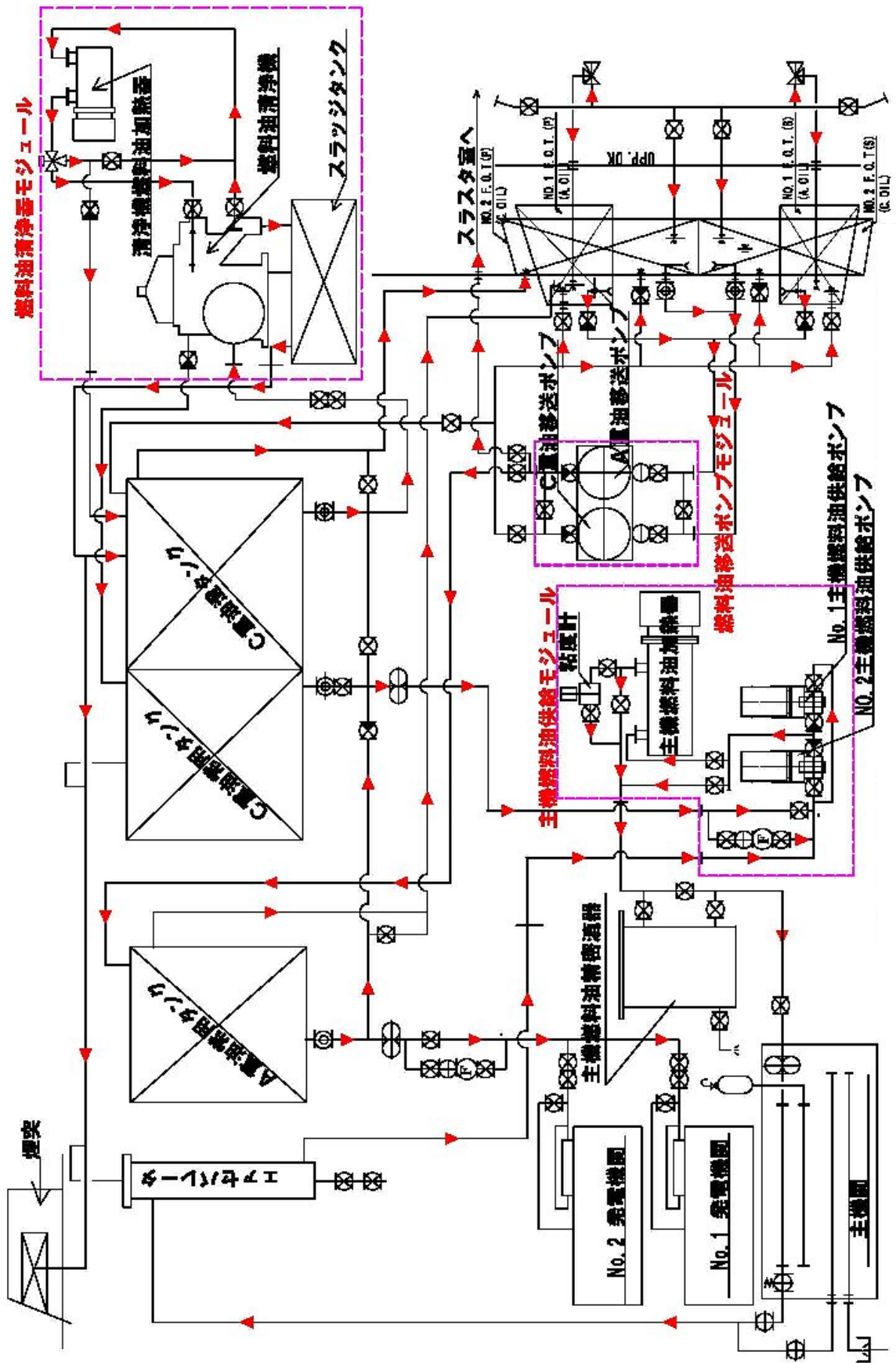


図 4.9 モジュール採用した場合の燃料油配管系統

#### 4.1.13 ビルジ配管システムの改善

運航者側のニーズとして、安全で乗組員の取り扱いやすいビルジシステムの開発が望まれていた。省力化と安全な状態で運航出来るように、内航船に対応したコンパクトなビルジ前処理モジュールの設計を行うことにした。

ビルジ配管システムは、4.1.11 で説明した、図 4.7 に示すように、機関室ビルジは、ビルジウエルから油水分離器用ビルジポンプにより油水分離器を経て、船外に排出する系統であるが、機関室ビルジウエル内のビルジの性状は、千差万別である。水、油のみならずスラッジ、ごみなど様々混ざったビルジとなっている。油水分離器の内部にはコアレッサーエレメントが装備されているが、スラッジなどで目詰まりが発生すると性能が発揮できない状態になり、船外にクリーンビルジの排出が出来ないことになる。大型船では、油水分離器でビルジ処理する前に、ビルジ前処理槽を設けて、ビルジ内のスラッジなどの分離処理を行い、油水分離器へ送る前に処理して対応している。しかしながら、総トン数 499 型では、前処理槽を設けられていないのが実状で、しばしば油水分離の問題が生じている。また、内航船の油水分離器の油水チェックは、コックを設けて目視で検油チェックを行っている。ビルジ処理は、乗組員の労力と安全に注意に多くの負担となっている。

#### 4.1.14 機関室内モジュールの配置検討

機関室内にモジュールを配置する場合に、スペースの制約があるため、制約条件を整理したうえで詳細なモジュール設計をする必要がある。

図 4.10 に示すように、モジュールの平面据付け寸法を、サイドストリンガー部上面船首側の A 重油移送ポンプから船尾側主機燃料油加熱器間に燃料油移送ポンプモジュール、主機燃料油供給モジュールおよびビルジ前処理モジュールを据付けるそれぞれのスペースを設定した。

燃料油移送ポンプモジュール	長さ	700mm	×	幅	850mm
主機燃料油供給モジュール	長さ	2200mm	×	幅	700mm
ビルジ前処理モジュール	長さ	1100mm	×	幅	800mm

図 4.4 総トン数 499 型貨物船 機関室横断面比較で示したように、載貨重量 1600 トン型では、図 4.11 に示すように、サイドストリンガーと第 2 甲板間の高さが 1410mm の時に、第 2 甲板ガーダー深さが 300mm で配管スペース高さ 200mm の時、モジュール高さは 910mm 以内となる。

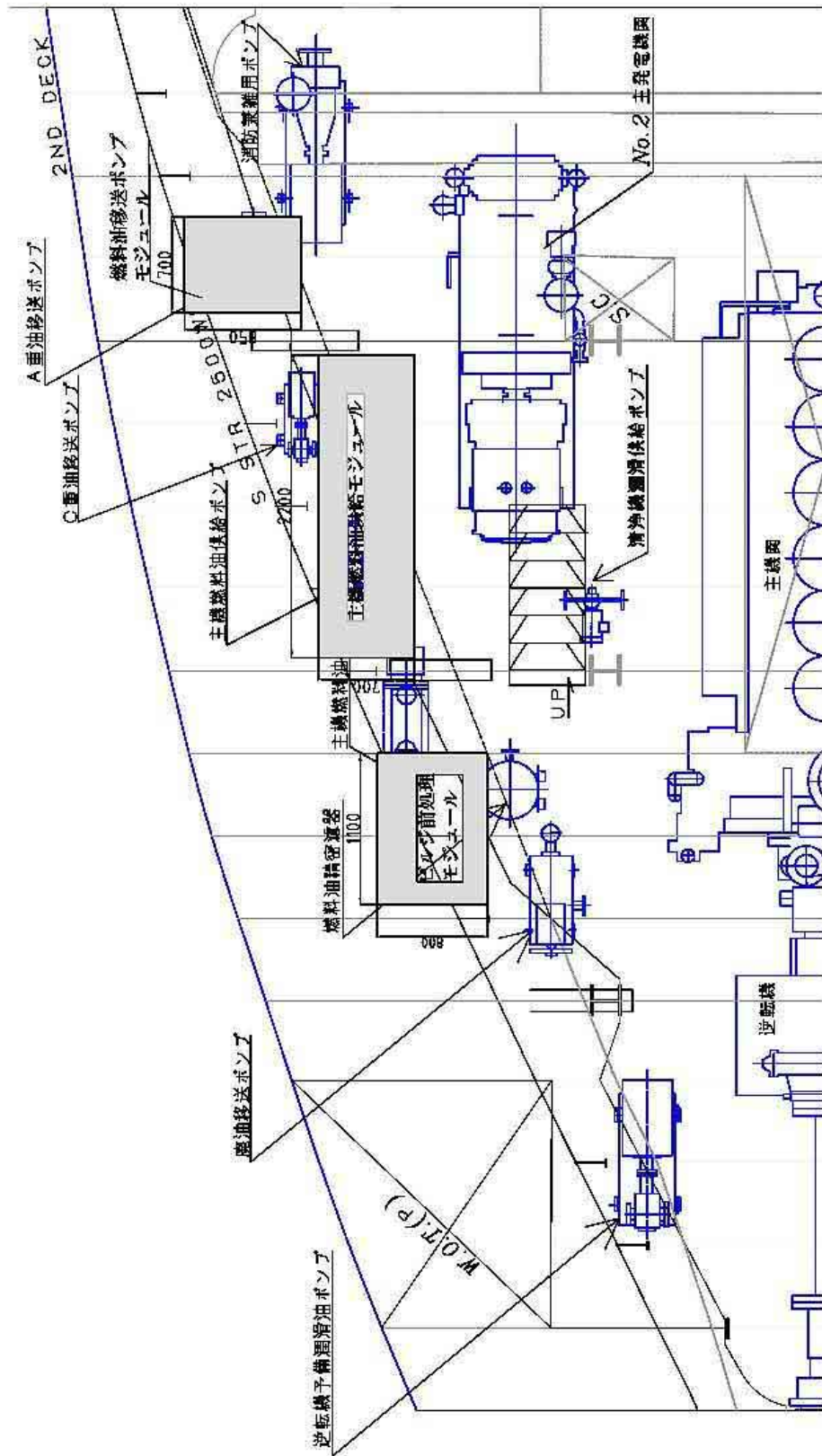


図 4.10 モジュールの平面据付寸法



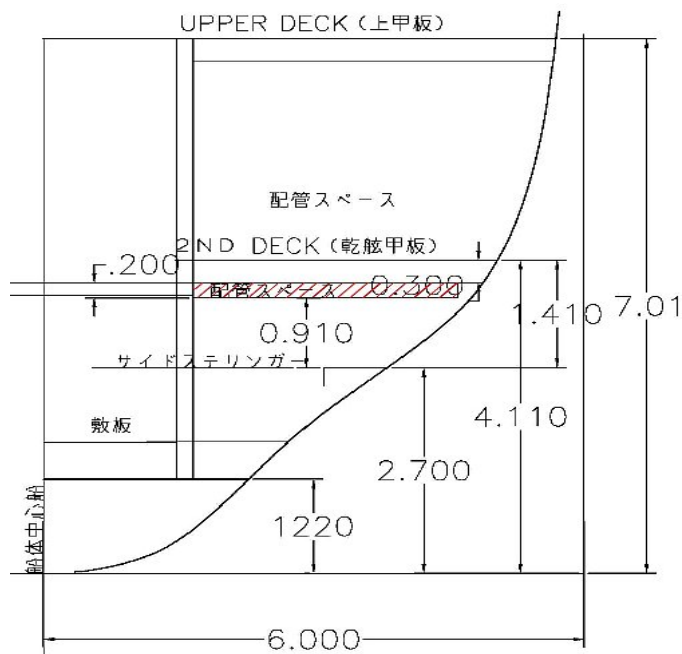


図 4.11 機関室断面形状によるモジュールの制限高さ

#### 4.1.15 実船搭載する総トン数499型貨物船 神邦丸の要目

載貨重量	1660 t
垂線間長	70.00 m
幅(型)	12.00 m
深さ(上甲板)	7.01 m
深さ(乾舷甲板)	4.08 m

#### 主機関 4サイクルランクピストン形(逆転機付)

連続最大出力	1471 kw × 290/290 min <sup>-1</sup>
常用出力	1250 kw × 275/275 min <sup>-1</sup>
燃料消費量	192 g/kw/h + 3 % 逆転出力軸端において
製造所	新潟原動機株式会社

#### 機関室機器要目

*主機燃料油供給ポンプ	縦電動歯車式 0.9m <sup>3</sup> /h × 0.5MPa	1台
*主機燃料油供給ポンプ	縦電動歯車式 0.9m <sup>3</sup> /h × 0.5MPa (マグネットカップリング式)(モジュール化採用物件)	1台
*A, C重油移送ポンプ	縦電動歯車式 2.0m <sup>3</sup> /h × 0.25MPa (2式一体型)	1台
*燃料油流量計	現場指示型 20A パルス信号付	1台
主機燃料油精密濾器	ロットリングフィルター(5μ)	1台
燃料油清浄機	遠心分離式 1600l/h	1台

*燃料油粘度計	現場指示式 (モジュール化採用物件)	1台
*主機燃料油加熱器	電気式 12kw (6kw + 6kw)	1台
清浄機燃料油加熱器	電気式 10kw	1台
C重油澄タンク加熱器	電気式 7kw	1台
C重油常用タンク加熱器	電気式 4kw	1台
ビルジバラストポンプ	縦電動渦巻式 150m <sup>3</sup> /h × 0.2MPa	1台
廃油移送ポンプ	横電動1軸ネジ式 3m <sup>3</sup> /h × 0.4MPa	1台
油水分離器用ビルジポンプ	横電動ピストン式 0.5m <sup>3</sup> /h × 0.2MPa	1台
*油水分離器分離槽式	ビルジアラーム装備	1台
*ビルジ前処理槽	スラッジコレクター装備 (モジュール化採用物件)	1台
*データ収集装置	(モジュール化採用物件)	1式

名称の前に \* 記号の付いている物件は本調査研究に関係した機器である。

注: 機器要目は本船に装備している全物件ではなく、本調査研究に関係ある機器も含む。

## 4.2 重要モジュールの設計と試作

### 4.2.1 内航船機関室機器モジュール化を設計する方向性

4.1.7 内航船が目指す方向性、省力化、省人化 単純化、標準化 環境性能向上  
で示された方向を重要項目として取り入れる設計とする。

また、内航船機器モジュール化設計するに当たって試験船のみでなく、多くの船に採用可能な汎用性にも重点を置いて設計を行う。

### 4.2.2 主機燃料油供給モジュールの設計

図 4.9 にあるモジュール化採用した場合の燃料油配管系統に示すシステムの切り分けに従って主機燃料油供給モジュールの設計を行う。

主機燃料油供給モジュールの機能

#### 1) 主機関燃料油の供給量

主機関燃料消費量は 189g/kw. h+3%と、した場合、120% ~ 50% 負荷時の燃料消費量は、

連続最大出力 1471kw の時 291kg/h = 297l/h

常用出力 1250kw の時 243kg/h = 248l/h

50%出力 625kw の時 122kg/h = 124l/h

主機燃料油供給量は燃料消費 297l/h の 2.0 倍で 594l/h 以上

本船仕様 700l/h × 0.49MPa

#### 2) 主機燃料入口粘度と温度

内航4サイクル主機関の燃料油および潤滑油に関するガイドライン(社団法人日本船用工業会)によると、低質油を使用して良好な燃料噴射、燃焼をえるためには、燃料噴射時の粘度は 16~18cSt 程度に保持する必要があるとされている。図 4.12 燃料油加熱温度と動粘度関係図表を示す。図 4.12 で換算すると粘度 16~18cSt は、

燃料油加熱温度は 110 ~ 114 である。本船の使用主機関製造メーカーである新潟原動機(株)殿の示す粘度は 11~14cSt 機関入口温度 118 ~128 のリコメンドであり、上記と大きな差がある。

主機関の回転数が高い、または主機関のシリンダーボアの小さいものは、粘度が低い場合があるので注意が必要である。

低質油の温度管理は図 4.13 で示す。図 4.13 では、燃料油は貯蔵タンクからC重油澄タンクへ移送された後、C重油澄タンクから清浄機燃料油加熱器をへてC重油常用タンクへ移送さ、C重油常用タンクから主機関が燃料油消費した分と、燃料油供給ポンプ容量から主機関燃料が消費された分を差し引いた燃料油とが加算されて、主機燃料油加熱器で再加熱されて機関入口へ供給されるサイクルとなる。

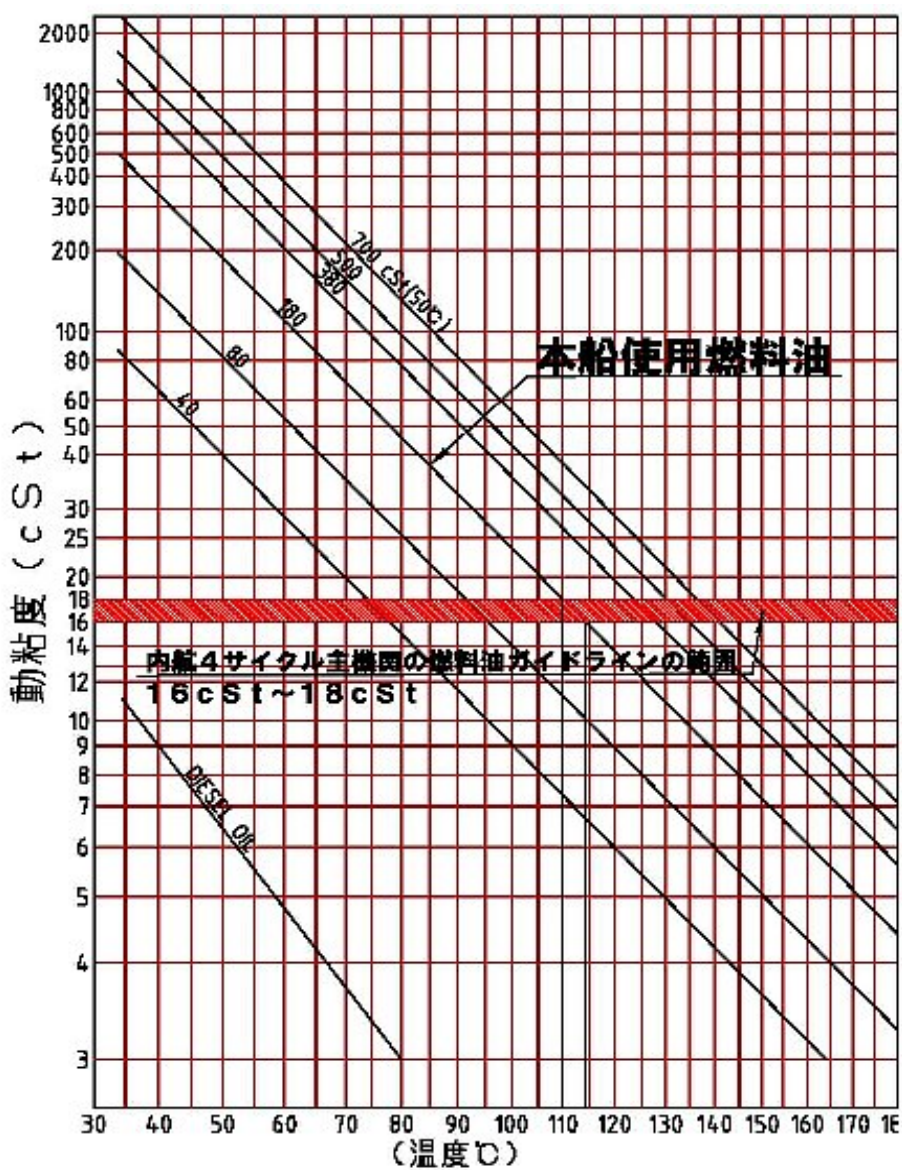


図 4.12 燃料油加熱温度と動粘度関係図表

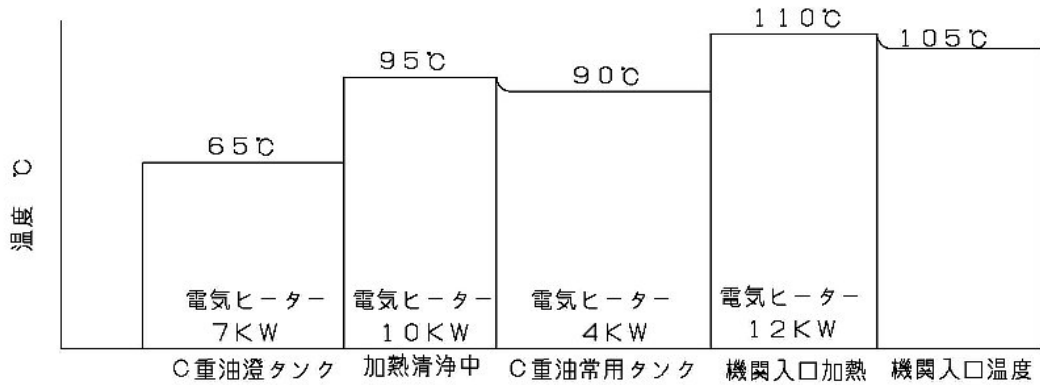


図 4.13 低質油の温度管理 (内航4サイクル主機関の燃料油および潤滑油に関するガイドライン)

### 3) 主機燃料油加熱器の加熱条件

先に述べたように、燃料油は循環しているので温度管理が行われている条件において、主機燃料油加熱器の容量が決まる。

図 4.14 は、燃料油加熱器ヒートバランスを示す。図 4.14 に示す、燃料油容量は燃料油供給ポンプ容量 700l/h を、入口温度 98.6 で出口温度 115 までに加熱する容量で決定される。

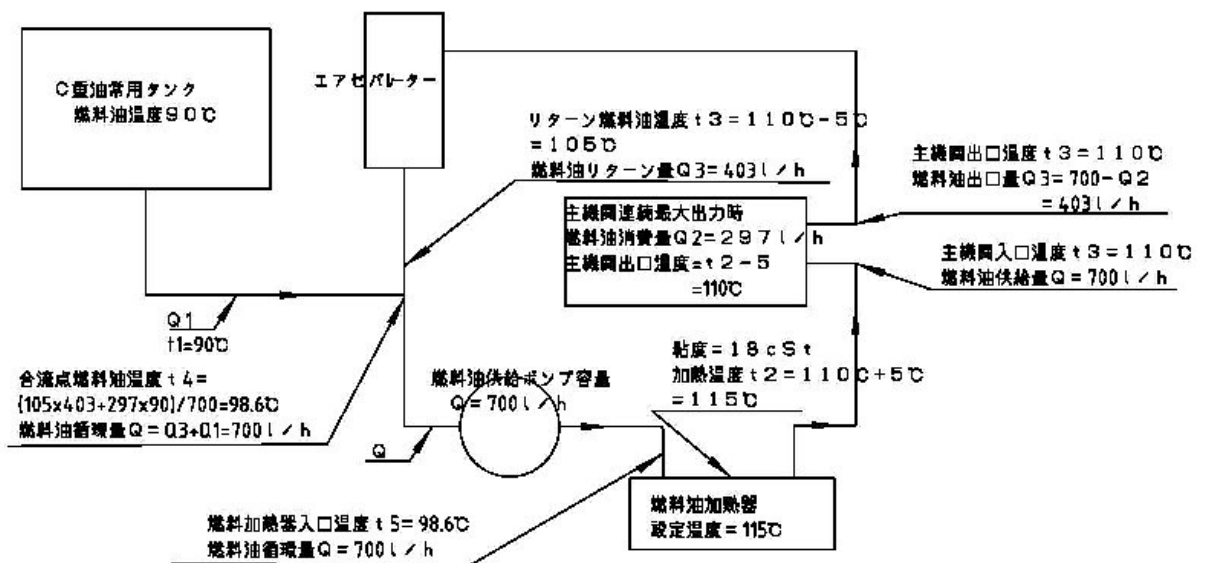


図 4.14 燃料油加熱器ヒートバランス

燃料油加熱器の容量は次のように計画した。

比重  $sg = 980 \text{ kg/m}^3$ 、比熱  $sh = 1.884 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 、

流量  $Q_f = 0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ 、燃料油加熱器入口温度  $t_5 = 98.6$ 、

燃料油加熱器出口温度  $t_2 = 115$ 、

加熱時間  $h = 1$  時間、

効率  $= 0.85$ 、 $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$

交換熱量  $H = Q_f \times sg \times sh \times (t_2 - t_5)$

$$= 0.7 \times 980 \times 1.884 \times (115 - 98.6) = 21196 \text{ kJ/h}$$

$$\begin{aligned} \text{加熱電力 kw} &= H / (3600 \times \text{時間} \times \eta) = 21196 / (3600 \times 0.85 \times 1.0) \\ &= 6.93\text{kw} \end{aligned}$$

となる。

#### 4.2.3 主機燃料油供給モジュールの機器配置

主機燃料油供給モジュールは、燃料供給ポンプ 2 台、電気式燃料油加熱器 1 台、燃料油流量計 1 式の機器構成に加えて燃料油粘度計 1 台とデータ収集装置を加えたものが、長さ 2200mm、幅 700mm、高さ 900mm の容積にコンパクトに収めることが可能か調査をした。従来のモジュール化でコンパクトに収めるには、ポンプを豎型に据え付ける方法が据付面積最小に出来ることを経験していた。ただ豎型にするだけでは、今回は天井高さがないので、保守性に問題が残る。

経験からモジュール化には、ポンプの選択が鍵を握ると考えて、フレキシブルに組合せが可能なポンプの構想を図 4.15 に示す。据付および流れ方向がフレキシブルなポンプの開発を図 4.15 に示す。図 4.15 に示すように据付方向は豎、横据付どちらでも選択できる。また、ポンプの吐出口と吸入口の流れ方向が左右、上下に組換えが可能とする。さらに、同じポンプで回転数を変えることで容量に幅を持たすことを可能とした。

これらの構想したポンプから、2 台の燃料油供給ポンプの配置と組合せ、を図 4.16 に示す。

図 4.16 に示す A 配置は、2 台の燃料油供給ポンプを横型に据付けた状態で 2 台は吐出側を向い合せに組み合わせることで吐出側の配管がシンプルになる。

B 配置は、2 台の燃料油供給ポンプを横型に据付けた状態で 2 台は並列に据付、吸入口を下方から上方吐出側とした同じ流れ方向として、2 台の吸入口と吐出側同士を配管する。

C 配置は、2 台の燃料油供給ポンプを豎型に 2 台のポンプ中央に補機台を設けて背中合わせに配置し、吸入口と吐出側を同じ向きとして、2 台の吸入口と吐出側同士を配管する。

D 配置は、A 配置の、2 台の燃料油供給ポンプを豎型に据付けた状態で 2 台は吐出側を向い合せに組み合わせることで吐出側の配管がシンプルになる。

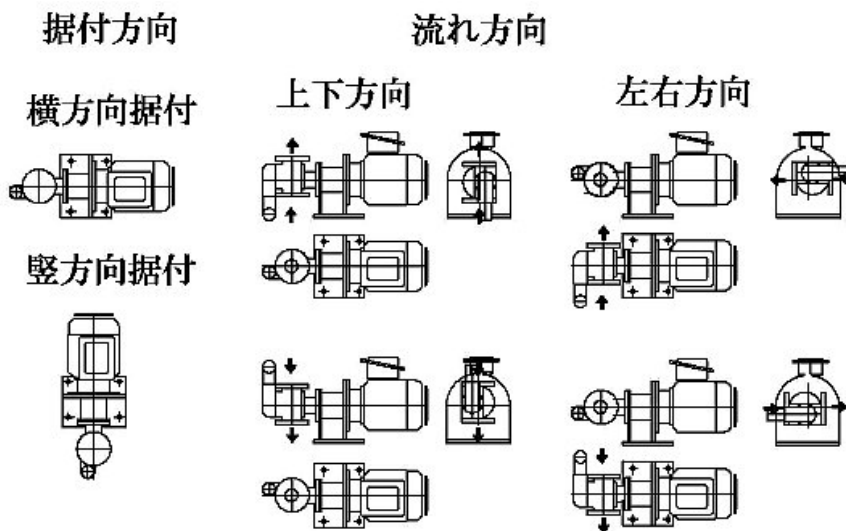


図 4.15 据付および流れ方向がフレキシブルなポンプ



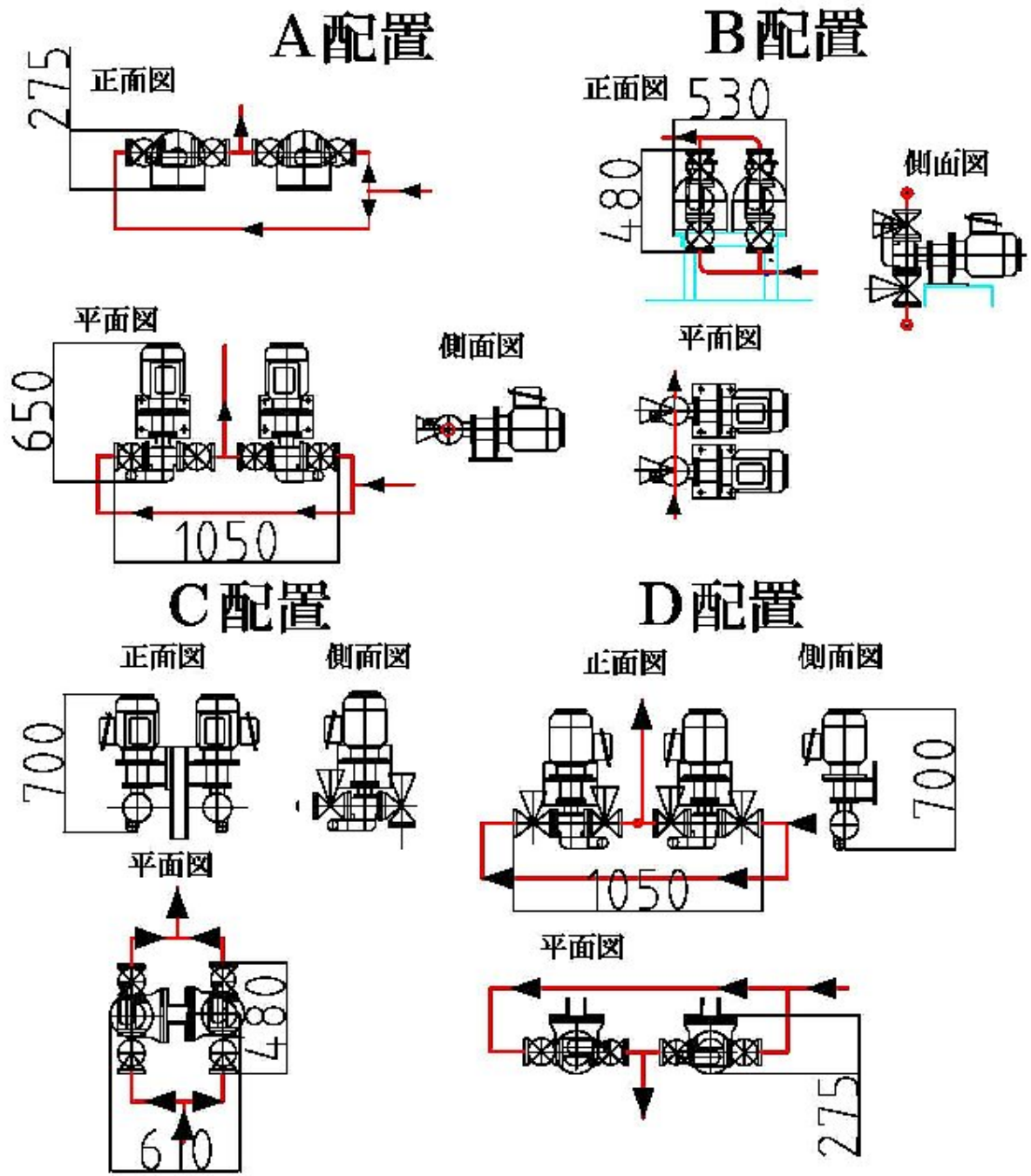


図 4.16 燃料油供給ポンプの配置と組合せ

鍵をにぎるのは燃料油供給ポンプと電気式燃料油加熱器の配置組合せである。特に、サイトストリンガー上の棚に乗せることが重要である。

#### 4.2.4 主機燃料油供給モジュールの機器配置初期検討

図 4.17 モジュールAは、前項の図 4.16 燃料油供給ポンプの配置と組合せのパターンB配置を採用し、電気式燃料油加熱器上に燃料油供給ポンプを重ねた配置を示す。

図 4.18 モジュールBは、前項の図 4.16 燃料油供給ポンプの配置と組合せのパターンB配置を採用し、電気式燃料油加熱器と燃料油供給ポンプを並列に配置した状態を示す。

図 4.19 モジュールCは、前項の図 4.16 燃料油供給ポンプの配置と組合せのパターンC配置を採用し、電気式燃料油加熱器と燃料油供給ポンプを並列に配置した状態を示す。

図 4.20 モジュールDは、前項の図 4.16 燃料油供給ポンプの配置と組合せのパターンD配置を採用し、電気式燃料油加熱器と燃料油供給ポンプを並列に配置した状態を示す。

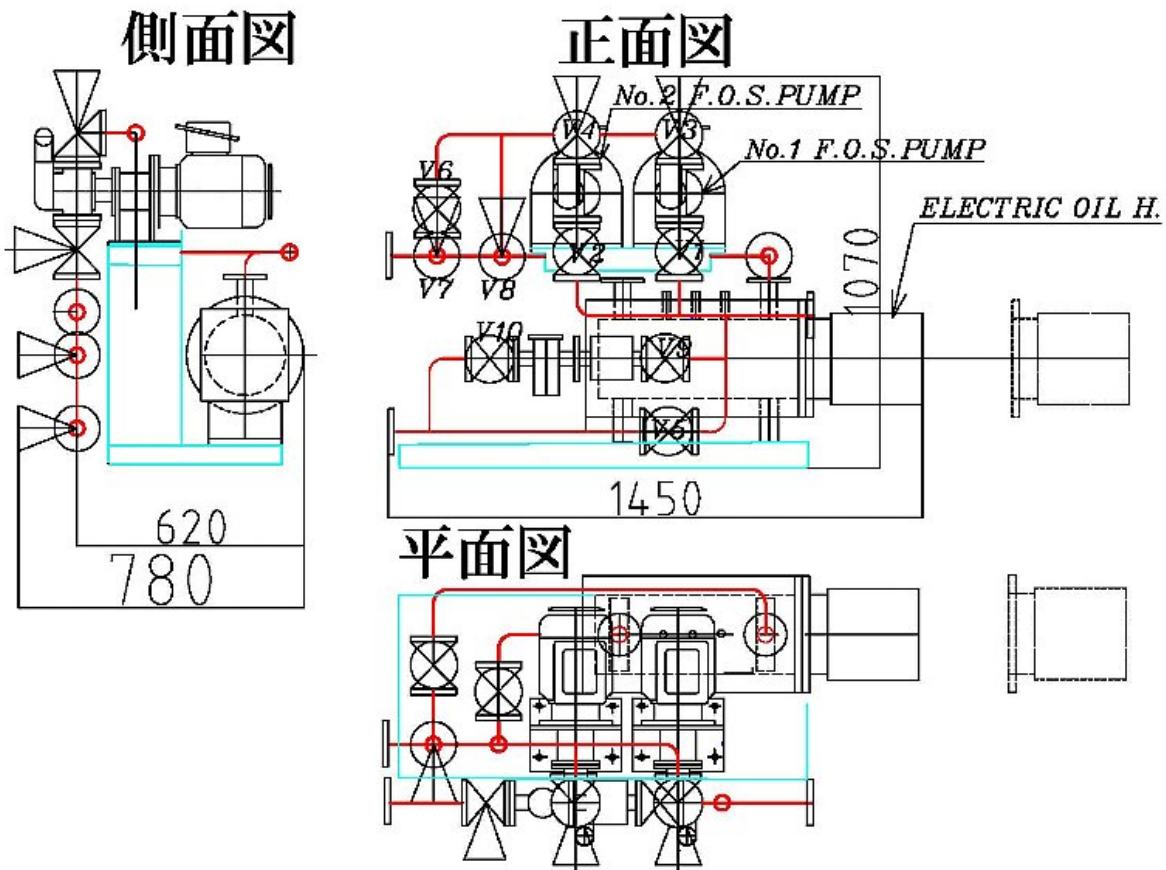
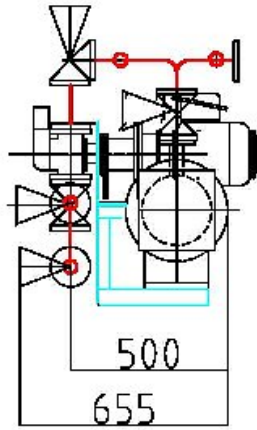
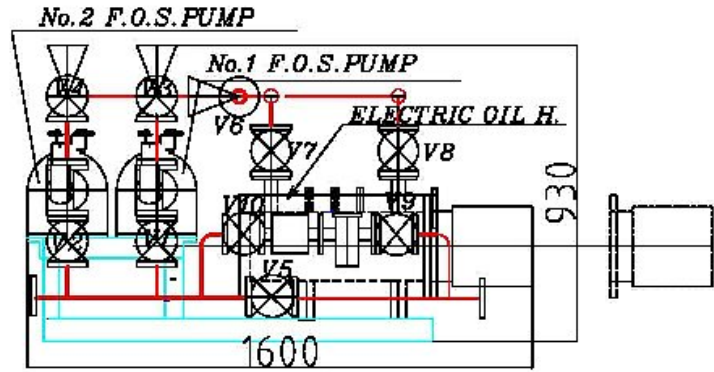


図 4.17 モジュールA

側面図



正面図



平面図

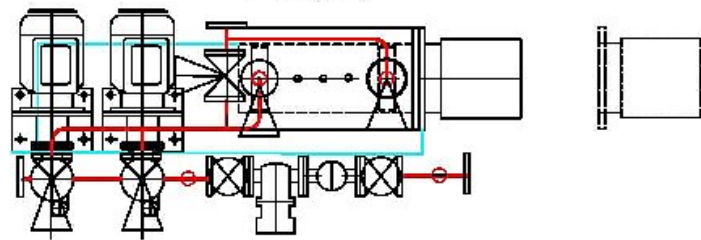
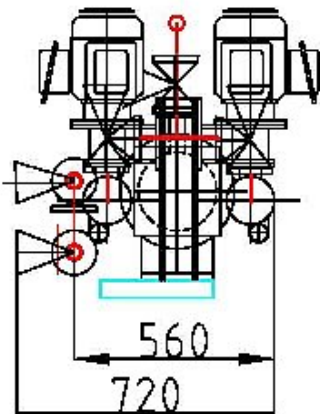
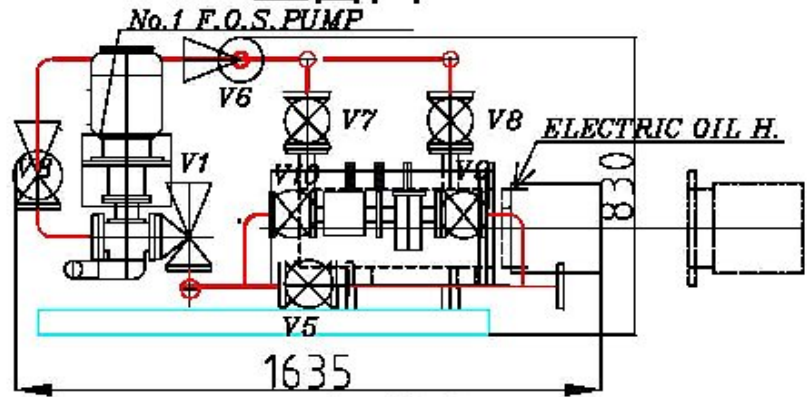


図 4.18 モジュールB

側面図



正面図



平面図

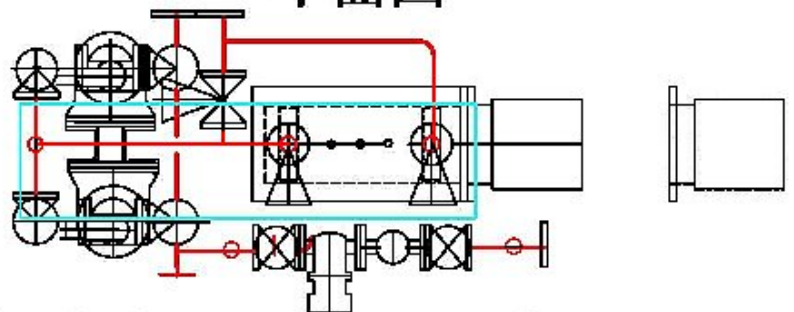
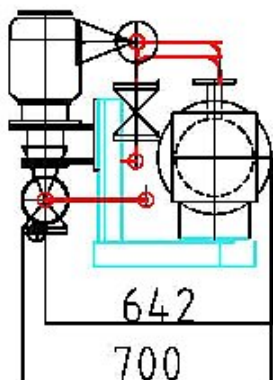
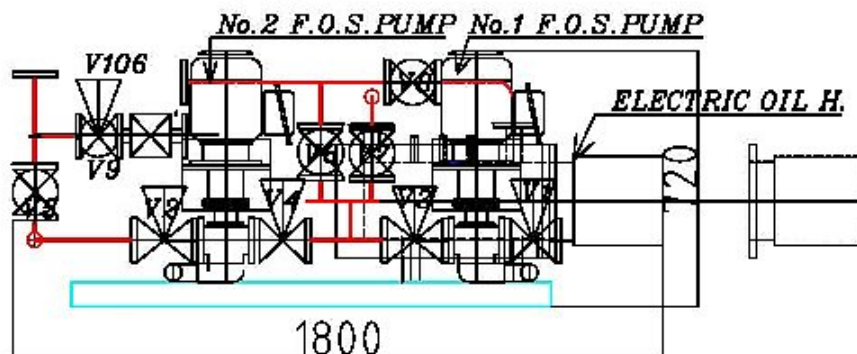


図 4.19 モジュールC

### 側面図



### 正面図



### 平面図

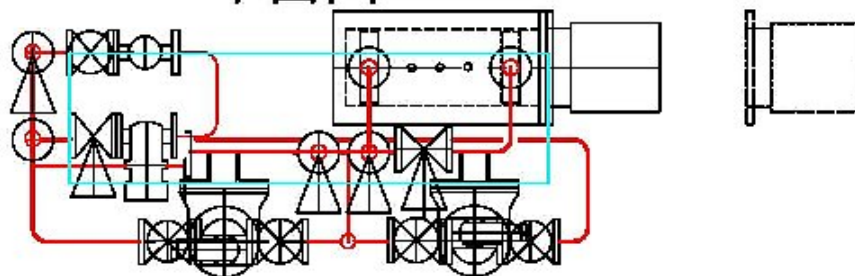


図 4.20 モジュールD

これらのモジュールA～Dを機関室に配置検討する。

図 4.21 はモジュールAを機関室のサイドストリンガー上に配置したものである。

図 4.22 はモジュールB、図 4.23 はモジュールCおよび、図 4.24 はモジュールDを同じように機関室のサイドストリンガー上に配置した状態を示す。

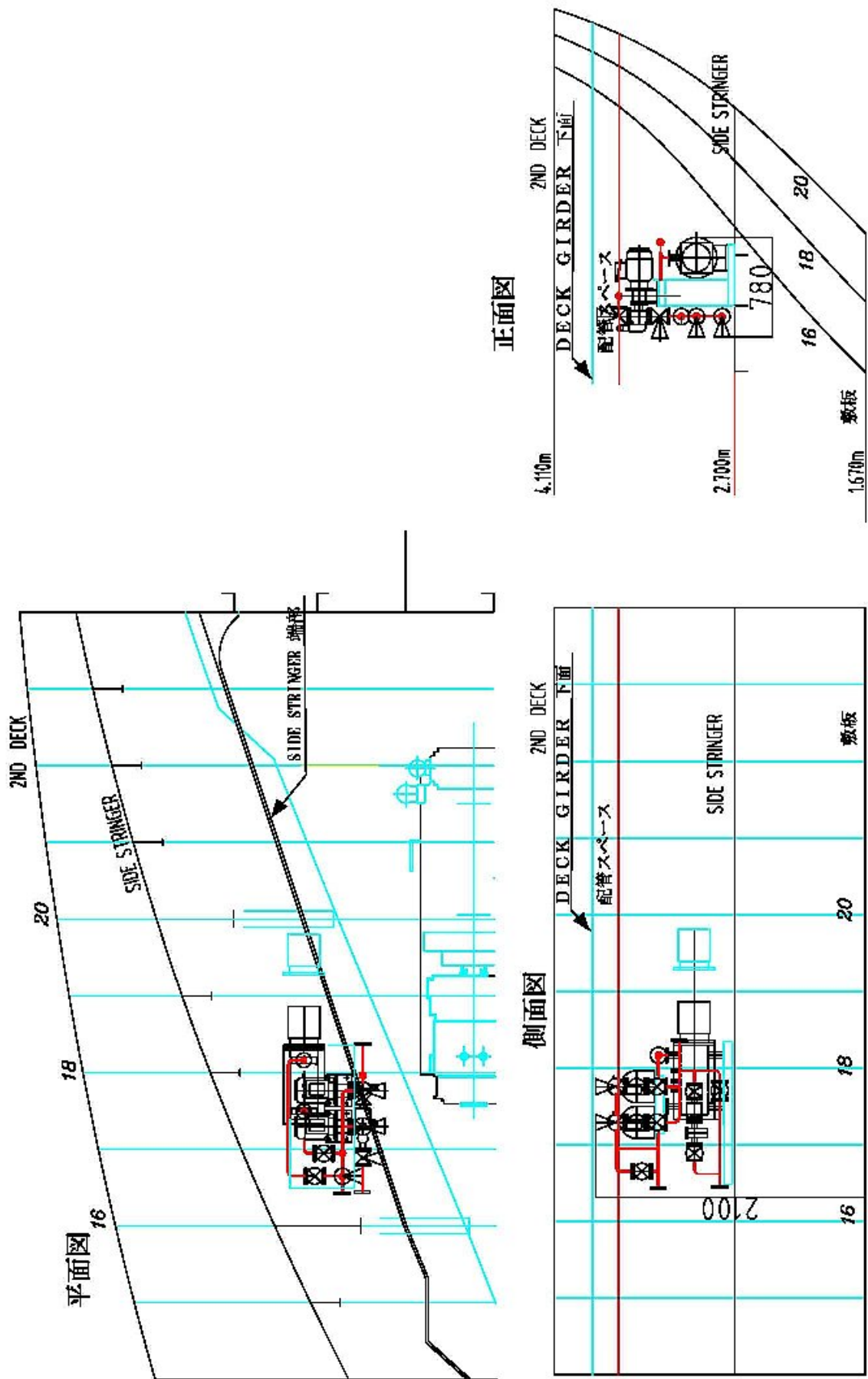


図 4.21 燃料油モジュールAを配置



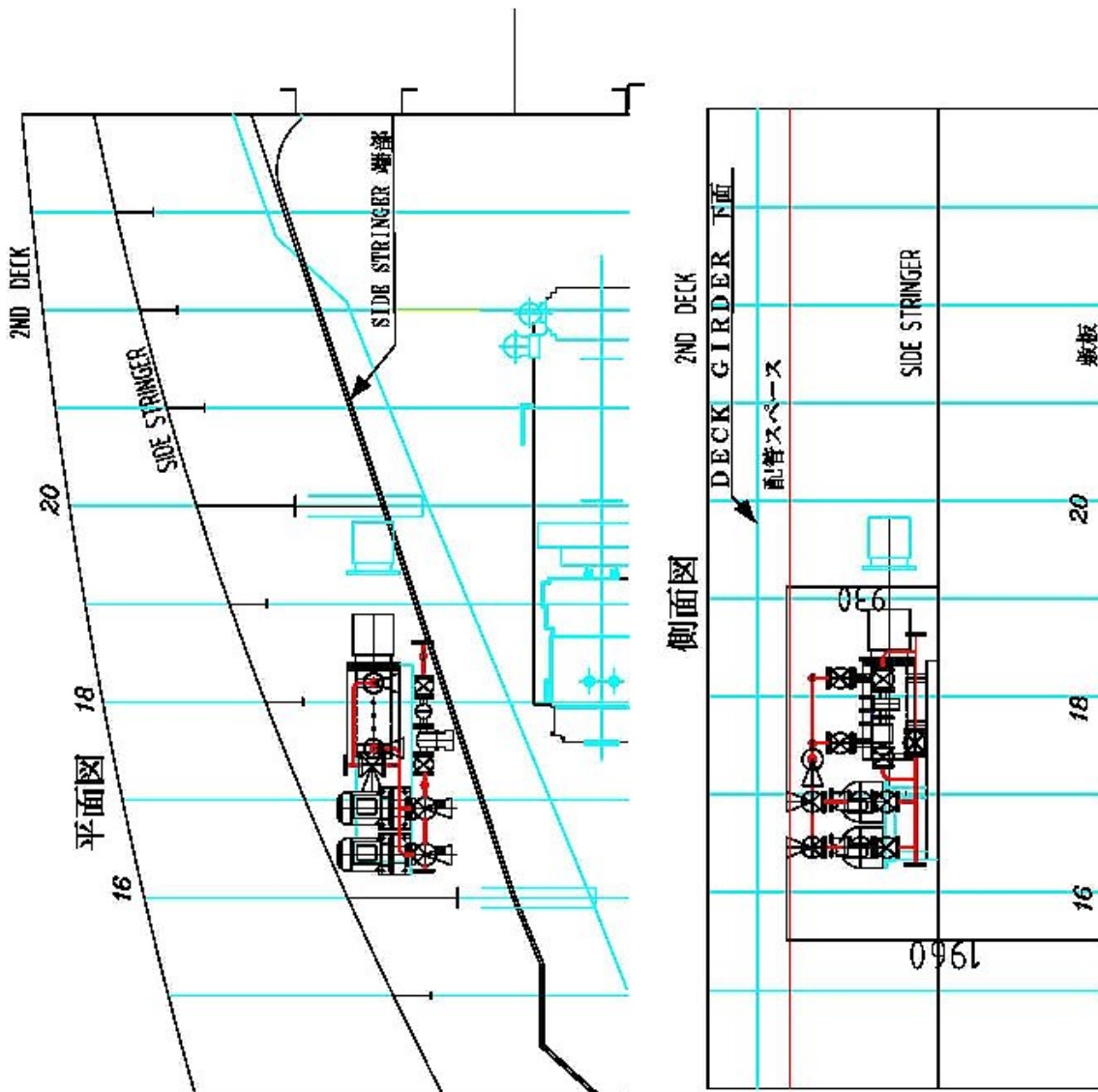


図 4.22 燃料油モジュールBを配置

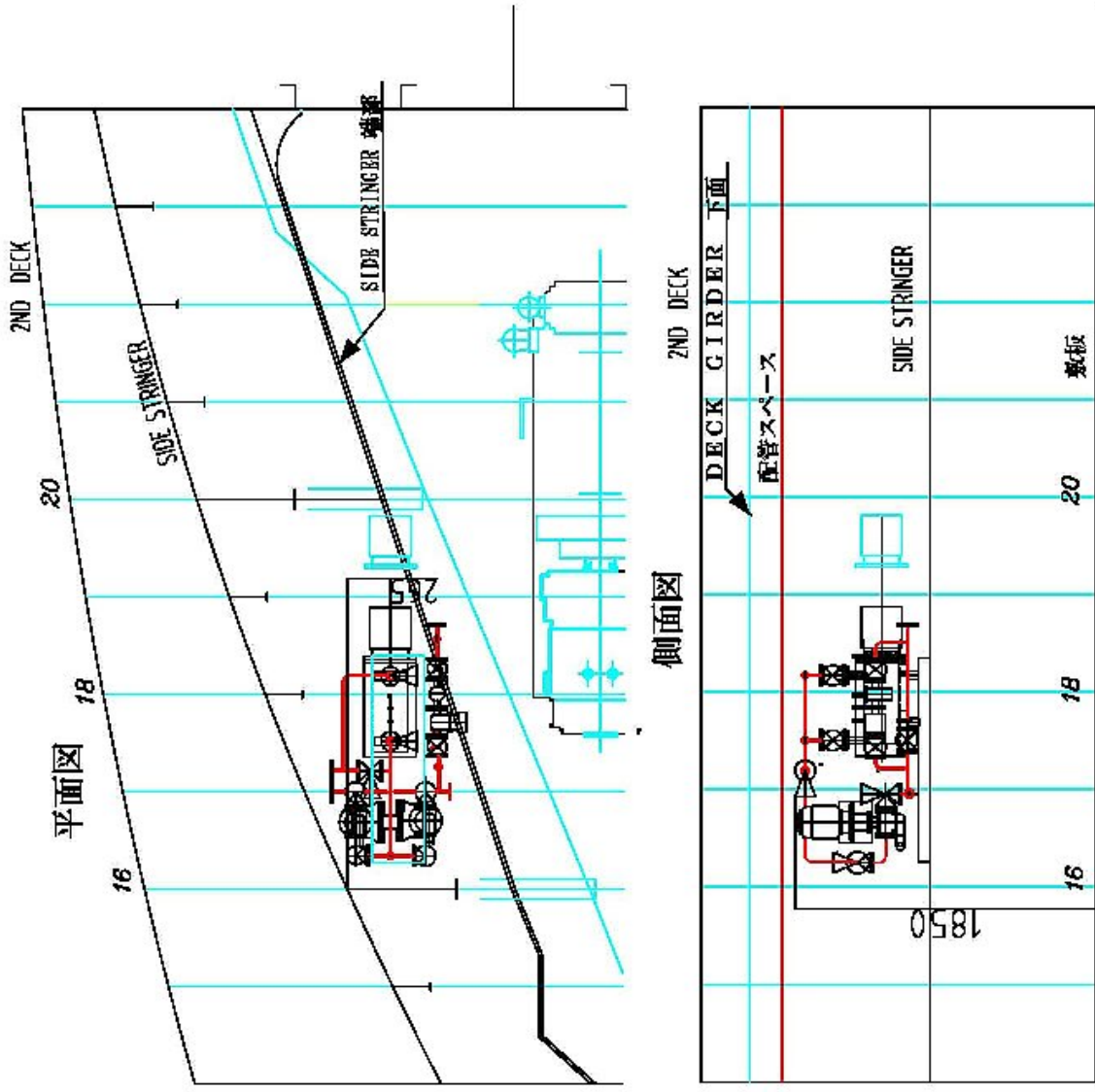


図 4.23 燃料油モジュールCを配置

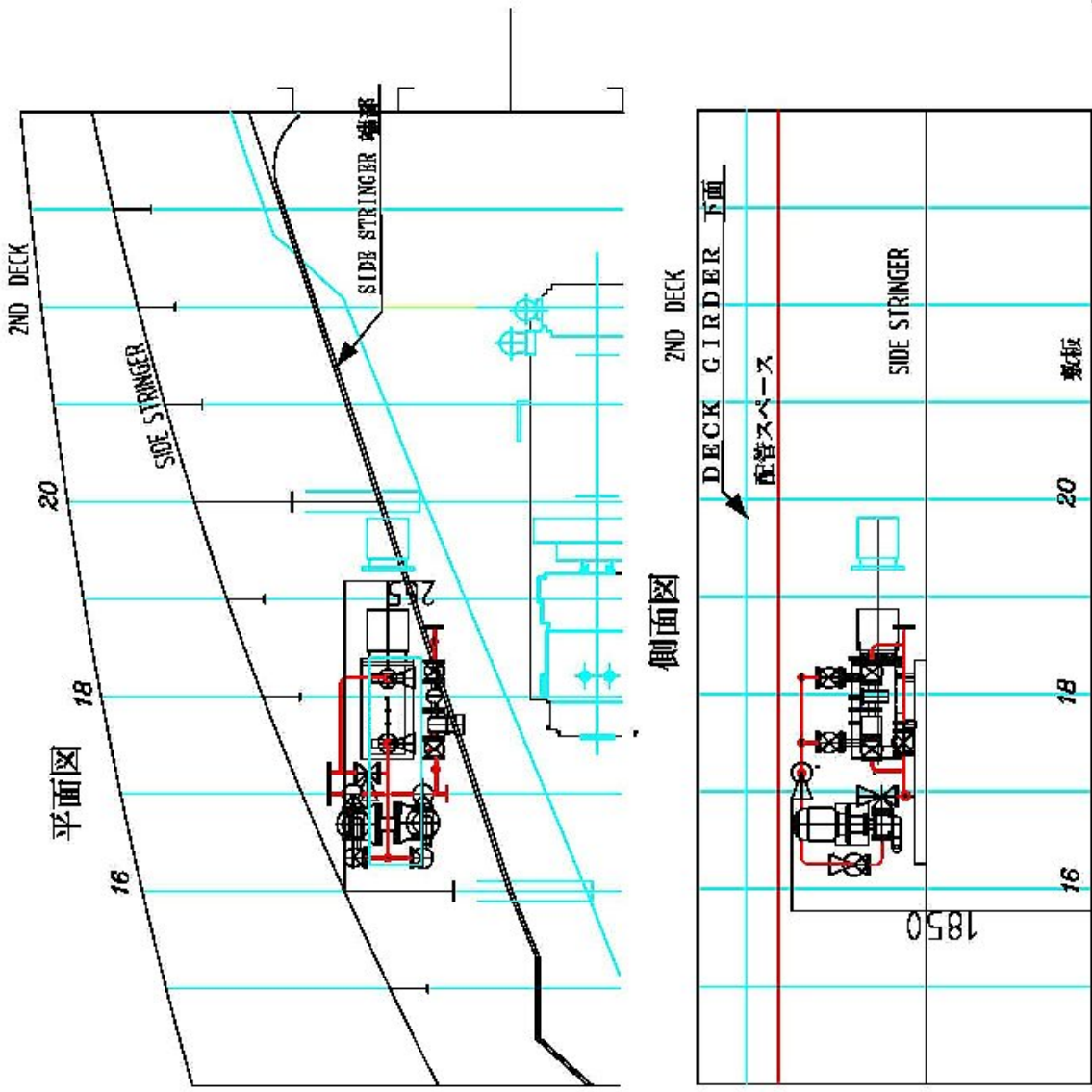


図 4.24 燃料油モジュールDを配置

#### 4.2.5 主機燃料油供給モジュールの評価

##### 4.2.5.1 操作性の評価

主機燃料油供給モジュール、パターン A ~ D の配置を評価する場合に敷板上に人が立って操作する場合に操作点の基準点を設けて、基準点からバルブ位置で高さが敷き板上、および、幅方向はポンプ芯よりの距離で得点を設けて合計点で評価を行った。

高さ方向は敷板からの高さとし、1.00 ~ 1.40m間は5点、それより高い所は0.1mごとに - 1点減じた得点とする。

幅(奥行き)はポンプ芯では5点でそれより離れた場所は0.1mごとに - 1点減じた得点とする。

図 4.25 はこれらの操作性の考え方を図 4.25 で示したものである。

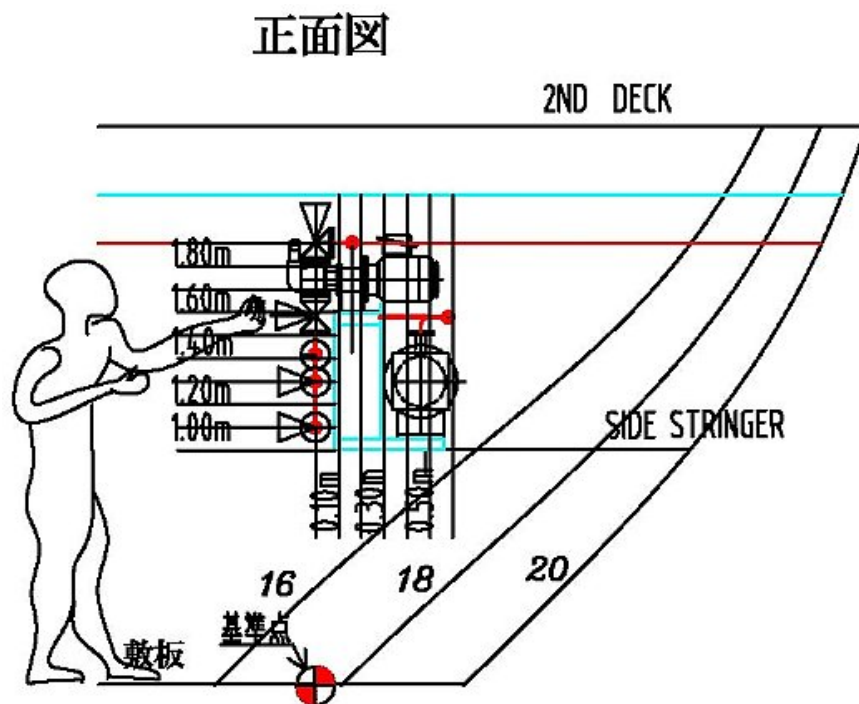


図 4.25 操作性の考え方

各バルブは、高さとの合計点で、総合評価は、各バルブ得点の総合計の得点の多いものを操作性が良いとした。

操作性の評価は、それぞれモジュールによって何に重点を置くかで異なる、大きいモジュールでは操作する機器、バルブ等を操作する場合に操作位置を変えなければならぬのであれば、歩行距離の合計等評価基準をその都度きめれば良いと考えられる。

今回の場合は操作がモジュールの前面のみが操作場所となるのでバルブの操作が容易に出来ることを重点とした。

表 4.1 は主機燃料油供給モジュールのパターン A から D において計算した表で示す。

表 4.1 主機燃料油供給モジュールの操作性評価得点

バルブ番号	モジュールA					モジュールB				
	高さ	得点	幅	得点	合計得点	高さ	得点	幅	得点	合計得点
V1	1.63	2	0.00	5	7	1.33	5	0.00	5	10
V2	1.63	2	0.00	5	7	1.33	5	0.00	5	10
V3	2.04	0	0.00	5	5	2.00	0	0.00	5	5
V4	2.04	0	0.00	5	5	2.00	0	0.00	5	5
V5	1.11	5	0.00	5	10	1.15	5	0.00	5	10
V6	1.76	1	0.40	1	2	1.83	1	0.33	2	3
V7	1.79	1	0.16	3	4	1.64	2	0.33	2	4
V8	1.79	1	0.33	2	3	1.64	2	0.33	2	4
V9	1.32	5	0.00	5	10	1.37	5	0.00	5	10
V10	1.32	5	0.00	5	10	1.37	5	0.00	5	10
		22		41	63		30		41	71

バルブ番号	モジュールC					モジュールD				
	高さ	得点	幅	得点	合計得点	高さ	得点	幅	得点	合計得点
V1	1.47	4	0.00	5	9	1.37	5	0.00	5	10
V2	1.66	2	0.00	5	7	1.37	5	0.00	5	10
V3	1.47	4	0.47	1	5	1.37	5	0.00	5	10
V4	1.66	2	0.47	1	3	1.37	5	0.00	5	10
V5	1.15	5	0.00	5	10	1.35	5	0.40	2	7
V6	1.84	1	0.37	5	6	1.47	4	0.08	4	8
V7	1.67	2	0.04	5	7	1.47	4	0.08	4	8
V8	1.67	2	0.04	5	7	1.62	2	0.09	4	6
V9	1.37	5	0.00	5	10	1.52	3	0.14	3	6
V10	1.37	5	0.00	5	10	1.70	1	0.58	0	1
		32		42	74		39		37	76

得点評価

モジュールA 得点 63

モジュールB 得点 71

モジュールC 得点 74

モジュールD 得点 76

操作性の得点のおおきいのは、 $D > C > B > A$ となった。