

## 機関室設計の最適化（その1）

～機関室機器のモジュール化～

喜多宏司\*・松岡 和彦\*\*・渡邊 栄一\*\*\*・矢島 浩\*\*\*

A Study on Optimization of Engine Room (1st Report)  
- Development of Equipment Module -

KITA Hiroshi, MATSUOKA Kazuhiko, WATANABE Eiichi, YAJIMA Hiroshi

### Summary

The optimization of Engine Room design is important in terms of both user's benefit and construction cost, but usually Engine Room is designed only based on designer's experience and know-how. In this paper, optimization of arrangement of equipment is described as the beginning of optimization of Engine Room design. We proposed a new optimization method using the equipment module. By this method, the equipment module size became the minimum, and minimization of equipment module size brought about minimization of Engine Room.

### 1. 結 言

近年、造船業の環境は一層厳しさを増し、設計者には、船価と性能の両面から設計の最適化が求められている。中でも、狭い限られた船体の中に数多くの機器が配置され、それらの機器間で配管されている機関室の最適化を考えることは、船舶の性能ならびに建造コストの面からも有益である。

これまで船舶の機関室は、設計者の経験や実績に基づいて設計されてきたが、今後は熟練設計者の不足が懸念される。この対策として機関室配管の設計手法についての幾つかの研究がなされているもの<sup>1),2)</sup>、非常に複雑な船舶機関室の機器配置と配管に対して、十分に満足できる実用的な設計手法が広く提案されているとは言えない実状である。

そこで、著者らは機関室の最適化を考える実用的な手法として、機関室の機器および配管をモジュール化する手法に関して提案する。

本研究では、機関室の機器をモジュール化するにあたり、まず船舶機関室の設計に適用可能なモジュールの概念を定義した。次に船舶の燃料供給モジュールを例にとり、モジュール化の手法を説明する。また、設計したモジュールが最適なものとなっているのか検証を行った結果について報告する。

### 2. モジュールの概念

#### 2.1 モジュールの一般概念

モジュール (Module) とは本来、基準寸法や基本単位を表す言葉であるが、「基準によって交換可能な構成要素」を表すようになった。モジュールとは本来、以下の概念を取り入れたものとして定義される。

- ・全体の一部である。
- ・規格化されている。
- ・各単位を交換可能である。
- ・モジュール間の独立性が高い。

モジュールの利点は、モジュール同士が独立しており、複数のモジュールを同時並行的に設計あるいは生産することができ、コストダウンが可能な点である。

また、モジュール内の構成要素は多岐にわたるが、様々な構成要素を一体としてまとめることで、入出力のソースを整理することができ、構成の簡素化が可能で、工期の短縮、品質の向上、操作性の向上を図ることができる。さらに、モジュール内の構成要素を容易に交換でき、短期間で異なった製品へ対応可能な点も重要である。

\* 大学院 工学研究科 総合システム工学専攻

\*\* 株式会社 新来島どつく 技術設計本部 造船設計部

\*\*\* 大学院 工学研究科 教授

2007年9月28日受付

## 2.2 従来の機関室機器ユニット

一方、従来の手法でも、各設計条件に対して統合的な設計を行うことにより、無駄のない最適化を行うことが理論的には可能である。しかし、通常は機器同士が互いに依存しているため機器同士を調整しながらの設計・生産となる。そのため設計・生産には大きな労力と期間が必要となる。このため改善策として、船舶の機関室機器に関して、いわゆる「ユニット」なるものが実用化されてきた。

ここでいう「ユニット」とは、従来の手法で単に各装置と配管を組み合わせた状態のものと定義され、これは主として設計する船舶にのみ採用されるものである。ユニットの実例を Fig.1 に示す。

現在、造船所で用いられているユニットの多くは、機能毎に関連する機器と配管を組み合わせ、生産性のみ考慮したものに留まっていることが多い。

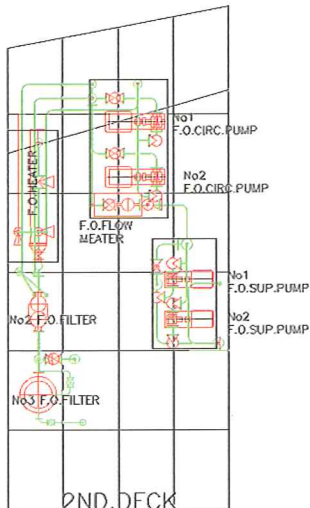


Fig.1 Example of unit

## 2.3 船舶機関室設計へのモジュール概念の適用

船舶の機関室は、限られた空間の中に様々な機器を配置して、それらの機器を結合し、一つのコンパクトな設備とする必要がある。著者らは、モジュールの概念を船舶機関室の設計に適用することで、機関室の構造と機器配置、配管の最適化が可能であると考えた。

モジュールの概念を船舶機関室の設計に適用するには、以下の条件を考慮しなければならない。

- ・各船舶で使用可能な汎用性が必要である。
- ・モジュールの容積、特に据付床面積を最小にする。
- ・操作が容易で機器構成が簡単に理解できる。
- ・配管系統を規格化する。
- ・モジュールの独立性を高め完結したものとする。
- ・仕様変更時にもモジュールの基本構成を変化しないに対応可能にする。
- ・モジュールを構成する各装置は信頼性の高いものを選択する。
- ・モジュールの据付面が外板や隔壁に跨らない。
- ・運搬が容易である。
- ・制御装置および動作に必要な電力、圧縮空気、蒸気等を含めて構成される必要がある。

ここで、船舶の機関室機器に関して、従来の手法で単に各装置と配管を組み合わせた状態のものを「ユニット」と定義する。これは主として設計する船舶にのみ採用されるものである。

現在、造船所で用いられているユニットの多くは、上述の配慮が欠けており、建造船の種類や仕様の変更にあわせて、その都度再設計しなければならず、いたずらに種類が増えている。

一方で、先に挙げた条件を考慮して設計したものを、本研究では「モジュール」として区別して定義を行った。これはどの船舶に対しても採用される汎用性を持ったものである。

## 3. 機関室機器のモジュール化

### 3.1 モジュール化を適用した機関室

モジュールの概念の機関室への適用について具体的に述べる。まず、Fig.2 に従来の機関室配管系統図を示すが、ポンプ等の機器が独立して配置され、複雑な配管で繋がっている。

ここから、Fig.3 に示すように、燃料タンク、ボイラースターポンプ、燃料供給ポンプ周り等を集約することで、赤枠で囲んだ部分がモジュール化、ユニット化できる。

これをモジュール、ユニットを使って表したものが Fig.4 であり、モジュール、ユニット内に複雑な配管部分が集約され、モジュール間の配管はシンプルなものとなる。

ここでは、燃料供給モジュールを例にとり、機関室の機器および配管のモジュール化の具体例を以下に説明する。

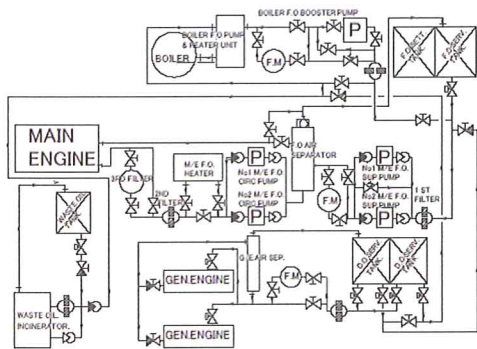


Fig.2 The diagram of F.O. service line (Conventional)

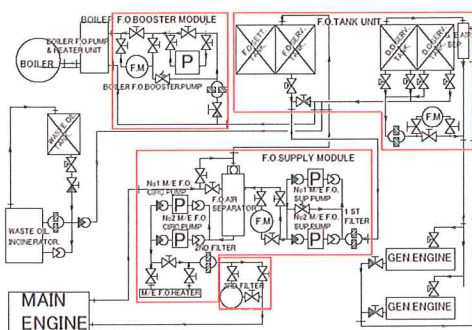


Fig.3 The diagram of F.O. service line (Re-arrange)

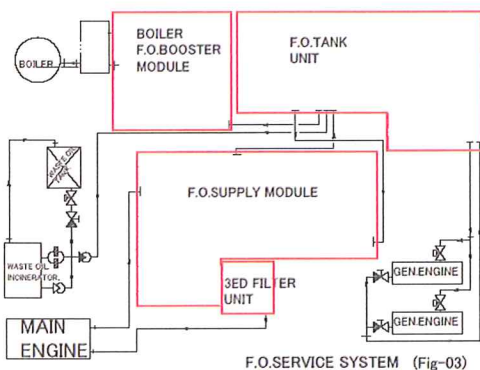


Fig.4 The diagram of F.O. service line (Module)

### 3. 2 燃料供給モジュール

Fig.3 に示すように船舶の燃料供給モジュールの場合、第1燃料油供給ポンプ、第2燃料油供給ポンプ、電動モーター、加熱器、エアセパレータ、バルブ、フランジ、パイプ、サポート、機器台…といった各装

置によってモジュールが構成されている。

モジュールの設計にあたっては、配管の容易性および操作性を考慮した上で、モジュールの据付床面積を極小化することが重要である。そこで、まず燃料供給モジュールの構成要素のうち、据付床面積が最大の装置であるポンプの据付床面積極小化を考えた。

従来の設計では、ポンプを Fig.5 に示すような横置きポンプとしていた。Fig.5 に示す横置きとすると吸入口は吸入口、吐出口は吐出口で接続し並列配管される必要がある。この配置では、ポンプの配置が据付床面積を大きく取り、装置全体の据付床面積が必然的に大きなものとなっていた。また、お互いの配管が交差するので、高低差のある配管が必要となり、配管長も長く作業も困難であった。

そこで、ポンプの配置を検討し、ポンプを Fig.6 に示すように据付床面積が最小となる縦置きに配置することとした。この際にポンプを駆動させる電動モーターを、ポンプの上方に配置している。また第1燃料油供給ポンプおよび第2燃料油供給ポンプを背中合わせに配置する構造として、ポンプの制御盤の位置、保守性を考慮した。しかし、この配置ではポンプの吸入口と吐出口は逆向きとなり、配管が複雑になる欠点が残る。従来のユニットはこの状態となっていた。

この欠点を解消するために装置に改善を加え、背中合わせに配置した燃料油供給ポンプの吸入口と吐出口を同一の方向として規格化した。この規格化された燃料供給モジュールのポンプ部分を Fig.7 に示す。

以上により、従来の高低差のある複雑な配管が単純化され、工作が容易となり、かつ燃料供給モジュールとしての性能と操作性の向上が図られたと言える。

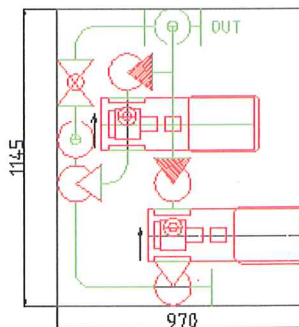


Fig.5 The arrangement of pump (Horizontal type)



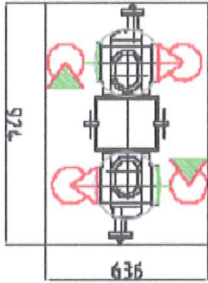


Fig.6 The arrangement of pump (Vertical type-1)

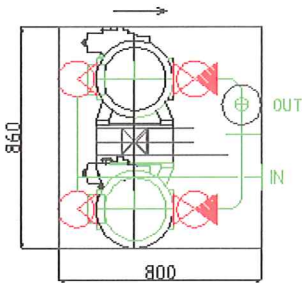


Fig.7 The arrangement of pump (Vertical type-2)

3.3 モジュールの最適化

本研究で対象とした船舶の燃料供給モジュールの最適化の検討例を Table 1 に示す。Table 1 により、ポンプの配置の違いと機器の配置の違いによって、メンテナンススペースを含めたモジュール全体の据付床面積がどのように変化するか分かる。

Table 1 Optimization of F.O. supply module

Pump Type	Pump Area(m <sup>2</sup> )	Equipment Area(m <sup>2</sup> )	Module Area(m <sup>2</sup> )	Piping Length(m)	
H-01	Hor.	1.781	2.816	9.180	11.4
H-02	Hor.	1.781	2.816	3.880	11.7
H-03	Hor.	1.789	2.685	3.500	15.5
V-01	Ver.	0.990	1.957	3.130	12.1

Table 1 中の H-01 を Fig.8 に示す。これはすべての機器を系統の順番に並べた配置である。H-01 はすべての機器を最短で結んだ配管長が最短の設計となっている。本研究では、この H-01 を検討の基礎とした。

据付床面積が最大の装置であるポンプを横置きのまま、H-01 の配置を変化させたものが H-02 と H-03

であり、Fig.9 と Fig.10 に示す。

H-02 は、H-01 の配置を折り曲げて全体を矩形としたものである。当然、H-01 よりもモジュール全体の据付床面積は小さくなっている。

H-03 は、H-02 のポンプの向きを変更し、モジュールの中央にメンテナンススペースを確保した。このことにより操作性を維持しながら、H-02 よりも据付床面積を小さくすることが出来た。またポンプ配置と加熱器の配置を変更して、ポンプを横置きする配置の中では据付床面積を最小にしたものである。

次にポンプを縦置きに配置したものが Fig.11 に示す V-01 である。V-01 は、ポンプを縦置きに配置し、かつポンプの吸入口と吐出口を規格化して同方向としたものである。これにより配管が単純化されて、モジュールとしての汎用性が確保できるとともに、また規格化によりポンプの据付床面積と機器の据付床面積が最も小さくなっている。

Table 1 から、ポンプを縦置きに配置したケースのほうが、ポンプを横置きに配置したケースよりも据付床面積が小さくなっていることが確認できる。また配管が単純化、規格化された効果で配管長も短くなっていることが確認できた。

これらの検討結果から、本研究で得られた V-01 の燃料供給モジュールが、モジュール全体の据付床面積が最小で配管長も短く、モジュールとしての汎用性をもった最適なものとなっていることが確認できた。

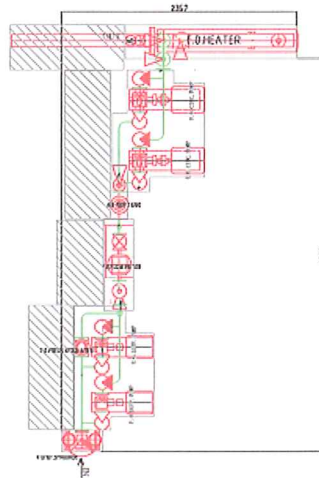


Fig.8 Case H-01

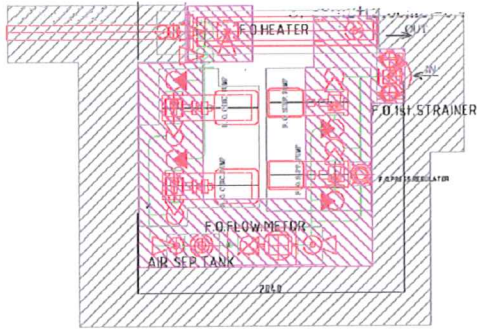


Fig.9 Case H-02

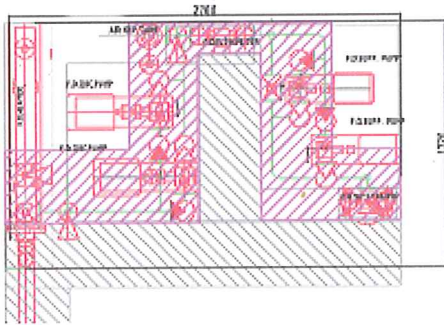


Fig.10 Case H-03

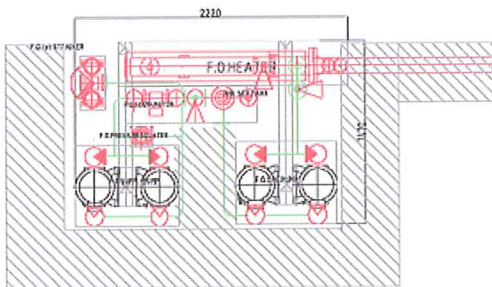


Fig.11 Case V-01

### 3.4 モジュールの汎用性

今回の燃料供給モジュールでは、まずポンプの配置を検討し、モジュール全体の据付床面積を最小にした。このことにより、どの船舶に対しても適用できる可能性が高まったと考えている。

次に、配管の規格化により仕様変更されても、モジュール全体の基本構成を変えずに装置だけを付加、あるいは交換して使用することが可能となった。Fig.12に燃料供給モジュールの汎用性を表す例を示す。

Fig.12は基本仕様モジュールに対して加熱器が仕様追加となった場合を示すが、基本構成を変えずに部分的な追加だけで対応できている。

従来のユニットでは、仕様変更されポンプ容量が変わると、配管を見直して全体を再設計する必要があった。また、加熱器の仕様変更に対しても、配管を見直し全体を再設計する必要があった。

本研究では、モジュール化の概念を明確にして燃料供給装置に適用することで、燃料供給装置のモジュール化が達成できたといえる。

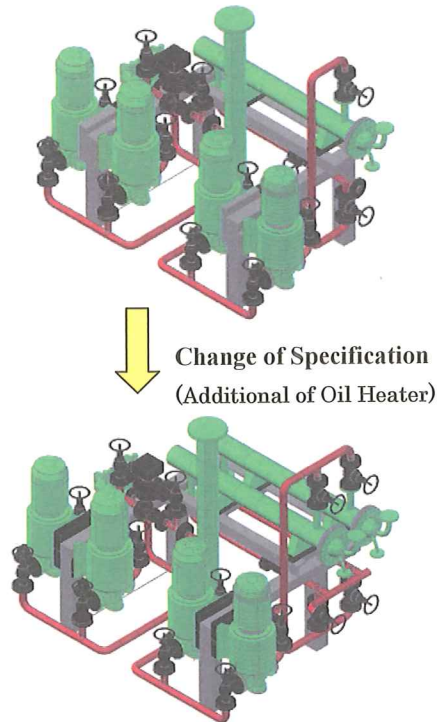


Fig.12 Modification of F.O. supply module

#### 4. 結 言

本研究では、狭い区画に数多くの機器が配置され、それらの機器間が複雑に配管されている機関室を最適化するために、機関室の機器および配管をモジュール化する手法に関して検討した。その結果、

- ・ 著者らの提案する機関室機器モジュールの概念の定義を示すとともに、モジュールとしての必要要素を明確にした。
- ・ 燃料供給ラインを例にとり、モジュール化の検討例を示した。
- ・ ポンプを縦置きに配置し、ポンプの吸入口と吐出口を同一の方向にするなどの規格化を行った上で、工作性および操作性を満足する据付床面積極小の

モジュールを設計することができ、本モジュール化手法の妥当性、有効性が確認できた。

本モジュールの概念を船舶の機関室に適用することで、機関室の構造と機器配置ならびに配管の最適化が可能である。

#### 参 考 文 献

- 1) 池平怜史, 木村元, 池崎英介, 梶原宏之: 多目的遺伝的アルゴリズムを用いた配管自動設計, 日本船舶海洋工学会論文集, Vol.2, 2005.12, pp.155-160.
- 2) 中井裕司, 田畑光敏: オブジェクト指向に基づく配管モデル表現に関する研究, 日本造船学会論文集, Vol.168, 1990.12, pp.623-628.