

## 機関室設計の最適化（その2）

～配管設計支援ツールの開発～

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

A Study on Optimization of Engine Room (2nd Report)  
- Development of Design Support Tool for Piping -

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, development of piping design support tool is described as the beginning of optimization of Engine Room design. We proposed new design support tool for piping. By this method, piping length in Engine Room became the minimum.

### 1. 緒言

これまで機関室の設計に関しては、設計者の経験や実験に基づいて設計がなされてきた。しかし、熟練設計者の不足が懸念され、近年、設計手法の最適化やシステム化に関する研究<sup>1),2)</sup>が散見される。しかし、非常に複雑な機関室の機器配置と配管を、十分に満足する実用的な研究成果は見当たらない。

著者らは機関室設計の最適化を考える上で、機関室を構成する要素を、機関室機器モジュールと、モジュール間を繋ぐ配管とに分けて、機関室の最適化について検討した。機関室機器のモジュール化については、機関室設計の最適化(その1)<sup>3)</sup>として提案している。

その1で提案した機関室機器のモジュール化により、複雑な機器、部品と配管を集約することができる。そのためにモジュール間を繋ぐ配管については単純化することが可能である。また、機関室機器をモジュール化することで、機器は立体化され、これまで機関室内の壁面を利用して機器を取り付けていたものが少なくなり、配管が容易になる。

本報では、配管を最短化する設計手法として、機関室の初期配置検討の段階で、あらかじめ管路の最短経路について目処を付ける設計ツールとその開発概念を提案する。

### 2. 基本的な定義

ここでは本研究で用いた定義を示す。

#### 2.1 座標系の定義

Fig.1に示すように、Base Line上のA.P.位置を原点として、X軸は船長方向、Y軸は船幅方向、Z軸は船深方向とする。またそれぞれ船首方向、左舷方向、上向き方向を+側とする。座標値は、(X, Y, Z)で示す。

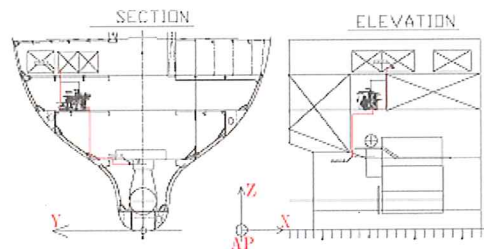


Fig.1 Coordinate system

#### 2.2 配管最短長の定義

単純に考えると配管最短長とは、Fig.2に示すように、配管の基点となるA点とB点を直線で結んだものである。しかし実際には工作上の制約から壁面や甲板面に沿った配管が行われている。つまり実際の配管はX,

\* 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

Y, Z軸に沿って直角に配置(赤線)されていることが多い。

実際の配管方法を用いた場合の配管最長長さ ( $L_{min}$ ) は、次式で与えられる。

$$L_{min} = X + Y + Z \quad (1)$$

ただし

$$X = |X(A) - X(B)|$$

$$Y = |Y(A) - Y(B)|$$

$$Z = |Z(A) - Z(B)|$$

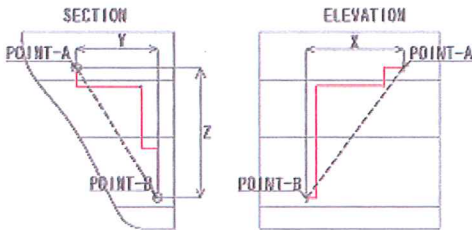


Fig.2 Piping of section & elevation plan

### 3. 配管探索法で用いる概念

#### 3.1 甲板に関する定義

甲板に関して, Dk. No., Deck Height, Name of Deck, Type of Camber を以下のように定義する。この定義を Fig.3 に示す機関室に適用した結果を, Table 1 に示す。

- ① Dk. No.は甲板番号であり, 最下層を0として, 階層を上層に向かって順次番号を固定的に付加したものである。+する事で, 処理する甲板を移すことが出来る。
- ② Deck Height は, Base Line から船体中心線における甲板面までの高さを示す。
- ③ Name of Deck は, 甲板に区画名称を付加したものである。
- ④ Girder Height は, 各甲板において一般に Engine Opening Girder の深さを指し, 甲板下とは, Girder 下面を意味する。
- ⑤ Type of Camber とは, Fig.4 に示すA, B, Cの甲板キャンバー形状で, 各寸法値を Table 2 に入力し, Table 1 の Type of Camber 欄に形状を記入することで断面形状を定義する。記入が無い場所については Camber 無しとする。

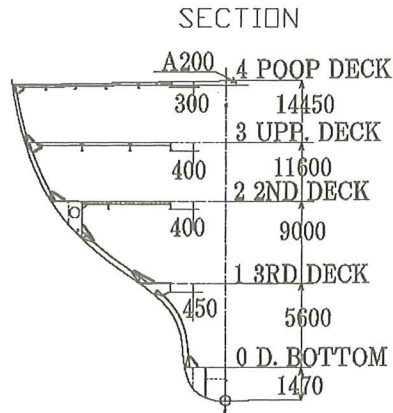


Fig.3 Example of engine room

Table 1 Deck definition

Dk.No.	Deck Height(mm)	Name of Deck	Girder Height(mm)	Type of Camber
0	1,470	D.Bottom		
1	5,600	3RD Deck	450	
2	9,000	2ND Deck	400	
3	11,600	Upp. Deck	400	
4	14,450	Poop Deck	300	A

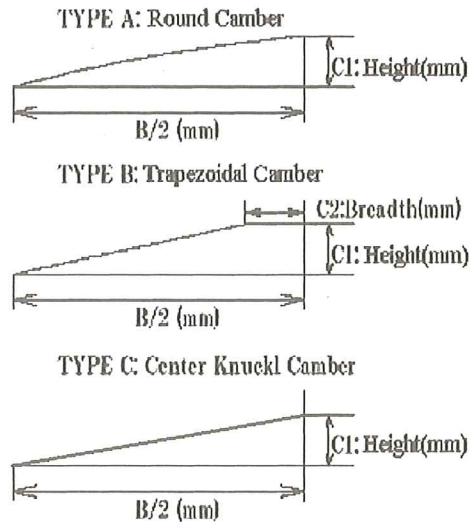


Fig.4 Type of camber

Table 2 Table of camber

Type	B/2 (mm)	C1 (mm)	C2 (mm)
A	10,250	200	
B			
C			

3.2 フランジ面の定義

フランジ面とは、あるポイントにおける管の向きを示すもので、Fig.5 のように (X,Y,Z) のフラグで表す。

- Horizontal, Forward : (1,0,0)
- Horizontal, Aftward : (-1,0,0)
- Horizontal, Port Side : (0,1,0)
- Horizontal, Starboard Side : (0,-1,0)
- Vertical, Upward : (0,0,1)
- Vertical, Downward : (0,0,-1)

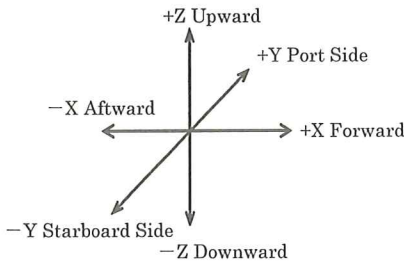


Fig.5 Definition of flange direction

3.3 配管の定義

配管は、Table 3 を入力することで定義される。例として Table 3 は以下のデータを表している。

- Table 3 は系統 26, 口径 50mm
- A点 座標 (14250, 6000, 11700), (0,1,0)
- B点 座標 (17040, 2700, 1570), (0,0,1)

A点のフランジの向きは水平左舷向きであり、B点 は上方向きとしたサンプルデータで、配管探索処理が行われる。

Table 3 Definition of piping

Point	System No.	Bore	Coordinate			Direction of Flange		
			X	Y	Z	X	Y	Z
A	26	50	14250	6000	11700	0	1	0
B			17070	2700	1570	0	0	1

4. 配管探索の基本原則

4.1 機関室の配管可能域の定義

配管を甲板上, 甲板貫通, 甲板下, 甲板間に分けて処理を行う。ここでは、Upper Deck を基準とした例で説明する。

Fig.6 で示すように、Upper Deck Plan では甲板上処理を考えて定義する。斜線で示した Tank, Accommodation 部分は配管不可能域を意味しており、前後隔壁と外板で囲まれ部分から斜線で表示した部分を除いた空白部分を、機関室の配管可能域とする。

Fig.7 に示す 2nd Deck Plan では、Upper Deck の甲板下配管を考える。前後隔壁と外板で囲まれ部分から斜線で示す配管不可能域 (Tank, Engine Opening Space, Control Room) を除いた空白部分を配管可能域とする。

Fig.6 と Fig.7 を重ねたものが Fig.8 である。Upper Deck Plan 上の配管不可能域を斜線で示し、2nd Deck Plan 上の配管不可能域をドット線で示している。

残りの空白部分が Upper Deck 上から 2nd Deck 区画への配管貫通可能範囲となる。

Fig.6 は Upper Deck 上の配管, Fig.7 は Upper Deck 下の配管, さらに、Fig.8 は Upper Deck から下方区画にパイプを貫通する探索処理に用いることができる。

以上のように、基準甲板を設定し、甲板上, 甲板貫通, 甲板下配管処理を繰り返して行うことで機関室の配管可能域を探索することが可能となる。

4.2 上下配管の原則

Fig.9 は Upper Deck 下から 2nd Deck 上面の間の壁, 外板およびピラーを示したものである。上下にわたる甲板間の配管はこれらの壁, ピラー沿いに行う。

4.3 艙装品上配管の原則

Fig.10 に示すように 2nd Deck 上に据付けられた大型艙装品に対しては、艙装品とその上方の甲板(Upper Deck)との間に、配管可能な作業空間として、高さ 700mm 以上あれば配管可能域とする。したがって、2nd Deck 上では配管不可能域であっても、Upper Deck 下では配管可能域とみなすことができる。ただし、配管可能な空間が取れない場合は、Upper Deck 下でも配管不可能域とみなさざるを得ない。

Fig.11 に示すように、2nd Deck 上に艙装品を配置すると 2nd Deck Plan 上では配管不可能域となる。

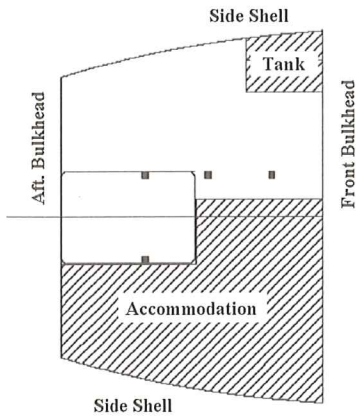


Fig.6 Upper deck plan

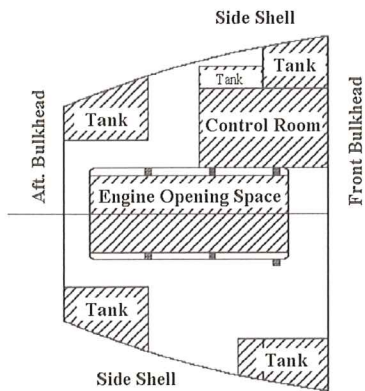


Fig.7 2nd deck plan

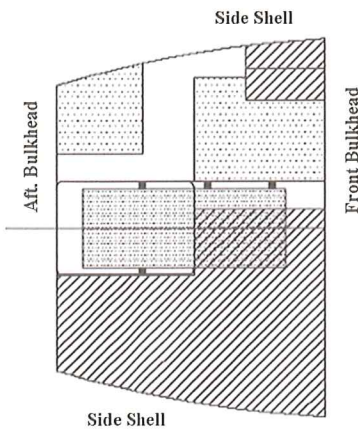


Fig.8 Upper & 2nd deck plan

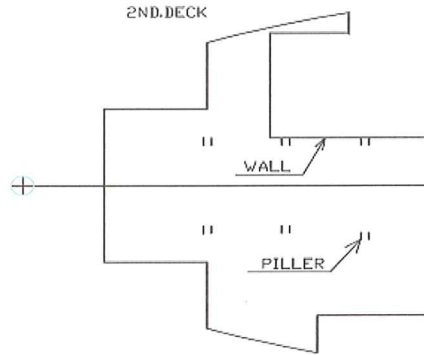


Fig.9 Wall & Pillar on 2nd deck plan

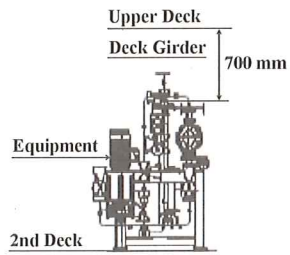


Fig.10 Piping space above equipment

しかし、この艤装品と上部の甲板 (Upper Deck) との間に作業可能空間があれば、甲板下 (Under Upper Deck) の配管検討では、Fig.12 に示すように配管可能域となる。また艤装品と上部の甲板との間に作業可能空間がなければ、甲板下 (Under Upper Deck) の配管検討でも 2nd Deck 上と同様に配管不可能域として、Fig.11 に示す範囲で検討すれば良い。

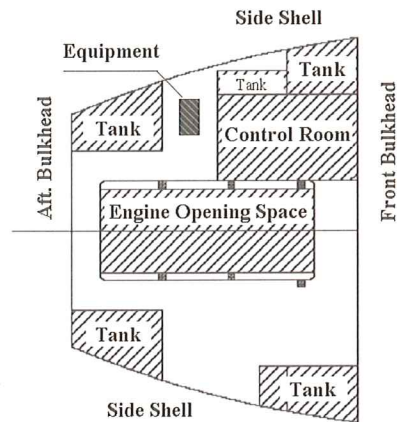


Fig.11 Possible piping area on 2nd deck

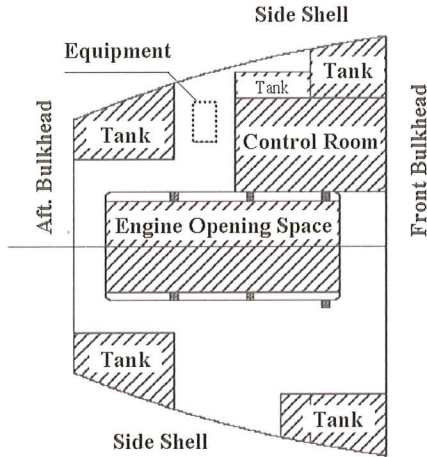


Fig.12 Possible piping area under upper deck

5. 配管探索

配管を最短化するための探索手法とは、Fig.2に示したように、配管長を可能な限り最短 ( $L_{min}$ ) に近づけた配管を行うことである。障害物を避けながら甲板下あるいは甲板上を通り、A点からB点に到る最短の配管経路を探索する手法である。

管は上方をA点、下方をB点と定義する。A点からB点に到る一本の配管の最短探索は、まず機関室を甲板別の区画として定義する。次に、上方のA点から下方のB点へと探索を開始し、甲板上、甲板貫通、甲板下、甲板間と平面的に優先度にしたがって配管経路を順次探索する。

本研究での配管探索は、詳細設計を始める以前の機関室の初期配置検討の段階で、あらかじめ管路の最短経路の目処を付ける設計ツールとして考えたものである。配管の自動設計を意図したものではなく、最小限の入力情報で効率の良いものを目指した。

5.1 配管優先度

配管は、配管優先度にしたがって探索を進める。以下に優先度の定義を示す。

- ① A点とB点を頂点に含む立方体の枠中に配管することを優先する。
- ② A点とB点が同じ甲板でなければ、A点の最短の位置で甲板貫通を行う。
- ③ A点からB点の配管途中では、B点側に向けて配管する時に、船幅方向を優先し、船長方向の配管では、船体中心線側を優先する。

- ④ 船幅方向に配管する場合は、上方および船首側を優先する。
- ⑤ 甲板間配管では、壁、ピラー位置を優先し、外板はなるべく避ける。

5.2 配管探索の処理フロー

配管探索の処理フローを Fig.13 に示す。まず機関室に対して甲板別に区画を分ける初期処理を行う。次に甲板上処理、甲板貫通処理、甲板下処理、甲板間処理の順序で平面的に配管経路を探索する。

この一連の処理を甲板別に分けた区画毎に繰り返して行く。区画毎の処理は、Dk. No.を-1 することで、上方の甲板から下方の甲板へと順番に行く。このようにA点からB点に到るまで作業を繰り返す。Dk. No.がB点の Dk. No.と等しくなれば、甲板上処理を終了する。

5.3 初期処理

初期処理は Fig.13 に示したように、A点とB点における Dk. No.を計算し、どの甲板の処理になるか決めるもので、A点での Dk. No.=A Dk. No.、B点での Dk. No.= B Dk. No.とする。

また、配管のスタートとなるA点でのパイプのフランジの向きから、上向き、下向き、水平 と方向により異なった処理をする。上向きの場合は、一旦上方の甲板下まで配管を立上げた後、その位置から近くにある壁、ピラーあるいは外板を探索して据付甲板までに到る間の処理を行う。下向きの場合は、据付甲板に到る間の処理を行う。水平の場合は、最小の管曲げで下方に配管を向けて据付甲板に到る配管処理を行う。

5.4 甲板上処理および貫通処理

甲板上の処理は、Fig.13 に示したように甲板貫通点までの配管を行うが、処理しようとしている甲板がB点と同じ甲板であるならば、それまで処理された最終位置からB点に到る甲板上の配管処理を指す。

貫通処理は、Fig.13 に示したように、処理中の甲板から下方甲板へと配管を行う場合、甲板貫通はA点とB点を含む立方体内で貫通するのが最良となる。しかし、それまで処理が行われた位置からそのまま下方に貫通出来るケースと、そのまま貫通出来ないケースに分かれる。

貫通出来ないケースでは、処理最終位置から最短位置で下方に貫通可能な位置を探索する処理を行う。この例を Fig.14 と Fig.15 に示す。Fig.14 は Upper Deck

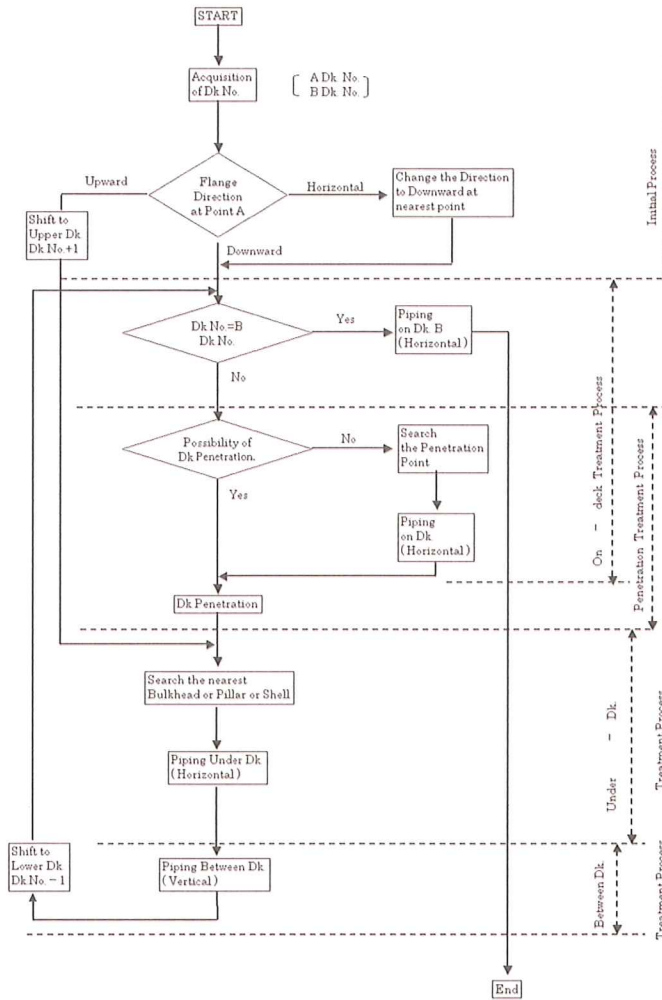


Fig.13 Flow of searching piping route

Plan を示しており、Fig.15 は、Fig.14 の条件での甲板貫通可能範囲を示している。

今回の例では、A 点の直下には、障害物があるため貫通不可能となり、A 点を中心にして下部甲板に配管が貫通できる最短箇所として、U1 点、U2 点、U3 点が探索出来た。A 点から探索した各貫通点を經由して B 点まで到達する経路を経路番号を付加して、個別に探索を行った。

次に A 点から各貫通箇所位置に到達する甲板配管処理に分けて処理する。

貫通処理は、各貫通箇所位置から Deck Girder 下までの配管処理を指す。

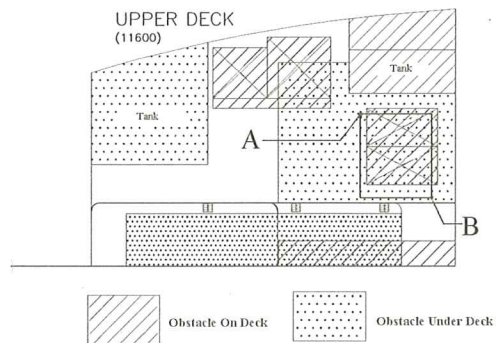


Fig.14 Upper deck plan

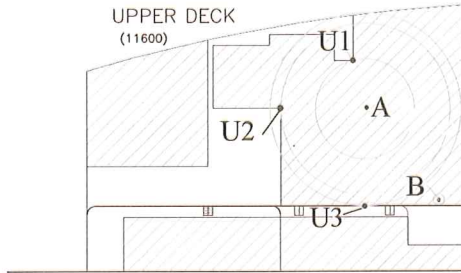


Fig.15 Penetration point on deck

5.5 甲板下処理

甲板下処理は Fig.13 に示したように、甲板貫通した位置から最短位置での壁、ピラー、外板位置を探索し、貫通位置から壁面位置までの甲板下の配管処理を指す。

この処理の例を Fig.16 と Fig.17 に示す。Fig.16 に示したように、A 点から U1, U2, U3 の各貫通点で甲板を貫通したパイプが配管され 2nd Deck に到る。次に Fig.17 に示したように 2nd Deck 下 (Deck Girder 下) において、優先度に従って貫通点近くの壁までパイプを導く配管処理を行う。

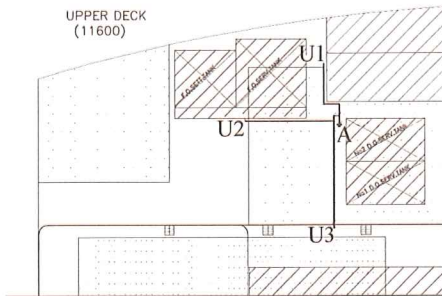


Fig.16 Upper deck plan

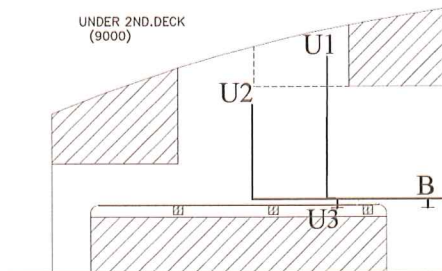


Fig.17 Under 2nd deck plan

5.6 甲板間配管処理

甲板間配管処理は Fig.13 に示したように甲板下処理された最終位置から、下部甲板に到る配管処理を指す。

次に、甲板区画処理を下部甲板に移すために Dk. No. を -1 することで基準となる甲板が下方へ移動し、処理が繰り返される。Dk. No. = B Dk. No. となった時点、すなわち Fig.18 に示すように Double Bottom 上で処理を行い、作業が終了する。

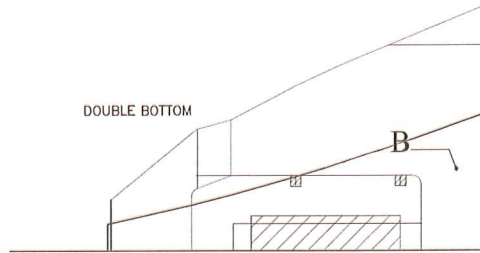


Fig.18 Double bottom plan

6. 配管探索結果

本研究で行った配管の結果を試供船の結果と比較して、本研究の探索法の検証を行う。なお試供船は、14,000 DWT のケミカルタンカーである。

各貫通点を通る配管経路を 26U-1, 26U-2, 26U-3 とする。これらの各経路の管長と試供船の管長を比較した結果を Table 4 に示す。

Table 4 中の経路番号 26U-3 の管長が最短となり、試供船に比べて 16% の減少となった。

また本研究中で述べた配管と、試供船燃料系統の別の 5 本の配管とを比較した結果を Table 5 に示す。

Table 5 においても試供船に比べて 15% 強の配管長の短縮が確認できた。

以上により本研究で検討した探索法が、初期計画時に配管経路探索のツールとして、充分使用できることが確認できた。

Table 4 Comparison of piping route

Route No.	Pipe Length L (mm)	Lmin (mm)	L/Lmin	Note
26U-1	22,863	16,250	1.41	
26U-2	25,290		1.56	
26U-3	19,583		1.21	Minimum
Original	23,357		1.44	

Table 5 Comparison of piping length

System No.	Length (mm)		
	By This Method	Original	Difference
26U-3	19,583	23,857	3,774
147-1	11,161	11,905	744
121-2	11,360	13,791	2,431
122-2	14,832	18,120	3,288
105-1	4,447	5,507	1,060
Total	61,383	72,680	11,297

## 7. 結言

機関室機器モジュールを用いた機関室設計の最適化を実現するにあたり、モジュール同士を結ぶ配管の最適化に対して、以下の知見を得た。

- ・甲板上，甲板貫通，甲板下，甲板間を平面的に思考処理する配管の最短探索手法を提案した。

・機関室の初期配置検討の段階での管路の最短経路に対して、あらかじめ目処を付ける設計ツールとして、本研究結果が充分適用可能であることを検証した。

今後、本報で述べた配管探索手法とモジュールの配置をリンクしたプログラム化を実現することで、さらなる機関室の最適化が望める。

## 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.
- 3) 喜多宏司，松岡和彦，渡邊栄一，矢島浩：機関室設計の最適化（その1）～機関室機器のモジュール化～，長崎総合科学大学 紀要，第48巻，第1号，2007.9，掲載予定.