HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | バルジによる漁船の船型改良について |
| Author(s) | 川島, 敏彦; Kawashima, Toshihiko; 芳村, 康男 他 |
| Citation | 日本造船学会論文集, 193, 1-9 |
| Issue Date | 2003 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/826 |
| Type | journal article |
| File Information | BulgeIm.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# バルジによる漁船の船型改良について

正員　川島　敏彦*　正員　芳村　康男**
鈴木　四郎*　大本　耕司***

Improvement of Hull Form of Fishing Vessel by Suitable Bulge

By　Toshihiko Kawashima, *Member*　Yasuo Yoshimura, *Member*
Shiro Suzuki　Kouj Oomoto

**Summary**

Fishing boats have several restrictions on their machinery arrangements and space utility on deck. For the improvement of the stability and the deck utility, the fitting of a bulge on sidewall of the vessel is one of the solutions. However, the bulge generally makes a significant increase of hull resistance and loss of speed.

At the principal design stage of the elongation of the fisheries research ship “Ushio-maru”, the University of Hokkaido, the authors examined the suitable form of the bulge to improve the stability without increase of the hull resistance. For this purpose, systematic calculations of wave making resistance by Rankine's source method and model experiments using a circulating water channel have been conducted. In this process, it has been found that the optimized bulge form can decrease the hull resistance.

In this paper, the authors discuss about the mechanism of the hull resistance decrease by a bulge based on the view point of flow field around hull and propose the suitable method to design the bulge form. This technique has been applied to the actual elongation design of “Ushio-maru”, and then it has been confirmed by the experimental model tests as well as the full scale trials.

## 1. 緒　言

鋼製漁船を大型にする改造において船体を継ぎ足す工法がよく採用される。この時、船体の大型化による船体抵抗の増加や、挿入する船体中央部の重心が高い場合には復原力の低下の危険性がある。この対策の一つとしてバルジの取付けがある。しかしバルジは抵抗増加を誘発する可能性が高く、このためバルジの設計では復原性だけでなく推進性能の検討も必要になる。著者らの知るところでは、バルジの船体抵抗に及ぼす作用について報告された例はほとんどみられない。

また漁船は一般商船に比べ小型であるため船体計画では重量と空間容積の制約を伴い、特に後者は甲板上の漁労機械に対する配置の自由度や作業面積を制限する。しかしバルジの上面を一種の張り出し甲板として活用すればこの制約に対処できる。このようにバルジによって復原性の向上、作業甲板の拡充のみならず推進性能の改良を図ることができれば漁船などの小型船に有用である。

北海道大学水産学部[1)]では2000年4月より小型漁業調査練習船「うしお丸」の大型化計画に着手し、2001年9月より工事を始め、2002年3月に試運転を経て完了した。この改造では船体延長、バルジ、船首バルブの取付け、舵の換装が行われた。著者らは本改造の一環として船型計画に関する検討を行い、この過程でバルジによって造波抵抗が減少でき、必ずしも船体抵抗の増加につながらない場合のあることを見いだし、数値計算、模型試験、実船試験により確認したので報告する。

この研究の背景には漁船の航走フルード数が全般に高く、船体抵抗に占める造波抵抗の割合が著しいため、造波抵抗の低減が推進性能の改善に直結する事情が存在する。そこで造波抵抗を最小とするバルジ形状の設計

* 水産総合研究センター 水産工学研究所
** 北海道大学大学院 水産科学研究科
*** 北海道大学 水産学部 (研究当時)

を行い、船体延長に伴う速力低下の防止策の一つとしてバルジの積極的な活用を試みた。

本論では、本改造の概要を述べ、簡易馬力推定法とランキンソース法により改造の船体抵抗に及ぼす作用を考察し、系統的な計算によりバルジの最適形状を示す。また回流水槽による模型試験、実船試験によって本船型改造の妥当性を示す。

## 2．船型計画の概要

北海道大学[1)]において船体中央部を延長して原型の垂線間長を 22%延し、排水量を 30%以上増す大型化が計画された。同時に延長部は長船首楼、甲板室をもつ居住区であり、機関室を有する船尾に比べ重心が高いため復原性の低下が予想され、バルジの取付けが計画された。バルジは、横メタセンターTKM を原型より 0.5m 以上大きくして、操業時の GZ 曲線がルールを満足することを目標とし、船幅の増加量を 20%とするが、排水量の増加をできるだけ押さえること、バルジは喫水の 1/2 から上方に舷側を膨らませ、上面は張り出し甲板として利用できるように工夫し、長さ方向に SS11/4～SS8 の位置に取付けられた。

また造波抵抗の低減のため船首バルブの取付けも計画された。ただし既設のアンカーホースパイプの利用と湾内操船を容易にするために、バルブの突出量、幅ともに最小限のサイズとされた。主機関、推進器などは原型のまま用い、航海速力の目標値は原型と同じ 11kt(80%MCR)とするが、船体の大型化による速力低下が懸念されたので、最低確保すべき速力は 10kt とされた。

以上の設計要求に従い Table1 に示す 5 船型(M1～M5)が初期計画された。以下、その性能比較結果について述べる。

## 3．船体延長による抵抗の変化

船体延長のみの場合について復原性の検討とは別に抵抗性能の比較を行う。原型(M1)と延長船(M2)の船型主要目と船体抵抗との関係では、肥積係数 $C_B$、$C_P$ の比較では延長船が不利、船長幅比 L/B、排水量長比$\nabla/L^3$ の比較では延長船が優位、フルード数 Fn の比較では延長船が優位となる。さらに延長船は浸水面積が 28%増しており摩擦抵抗が増加する。このように船型主要目の変化から延長船の船体抵抗が原型に比べ増減のどちらになるのかの予測は必ずしも容易ではない。

そこで土屋の統計解析手法[2)]および回流水槽試験により船体抵抗を比較した。原型と延長船の剰余抵抗係数 Cr

Table1　Items of original and modified ships

| Items | M1 Original | M2 Enlarged | M3 Enlarged +Bulge | M4 Enlarged +Bulb | M5 Enlarged +Bulge +Bulb |
|---|---|---|---|---|---|
| $L_{pp}$(m) | 27.5 | 33.7 | 33.7 | 33.7 | 33.7 |
| $L_{wl}$(m) | 29.9 | 36.1 | 36.1 | 36.1 | 36.1 |
| B(m) | 6.5 | 6.5 | 7.7 | 6.5 | 7.7 |
| $d_{mid}$(m) | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| ▽ (t) | 303 | 404 | 415 | 406 | 418 |
| S($m^2$) | 249 | 319 | 325 | 326 | 332 |
| $C_b$ | 0.662 | 0.720 | 0.625 | 0.723 | 0.630 |
| $C_p$ | 0.684 | 0.744 | 0.728 | 0.747 | 0.733 |
| $C_M$ | 0.968 | 0.968 | 0.859 | 0.968 | 0.859 |
| $C_w$ | 0.924 | 0.937 | 0.865 | 0.937 | 0.865 |
| lcb | 0.0208 | 0.0138 | 0.0145 | 0.0138 | 0.0145 |
| $trim_1$(m) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $trim_2$(m) | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| $Vs_1$(kt) | 11.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| $Vs_2$(kt) | - | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| $\Delta/L_{pp}^3 \times 10^3$ | 14.2 | 10.3 | 10.6 | 10.4 | 10.7 |
| $L_{pp}/B$ | 4.23 | 5.18 | 4.38 | 5.18 | 4.38 |
| $Fn_1$ | 0.345 | 0.283 | 0.283 | 0.283 | 0.283 |
| $Fn_2$ | - | 0.311 | 0.311 | 0.311 | 0.311 |

cf.　Above　hull main dimensions are defined by $L_{pp}$
$Vs_1$, $Fn_1$ :　defined from reserved view point
$Vs_2$, $Fn_2$ :　defined from positive view point
$trim_1$　:　defined by base line of body plan
$trim_2$　:　defined by height of hull bottom

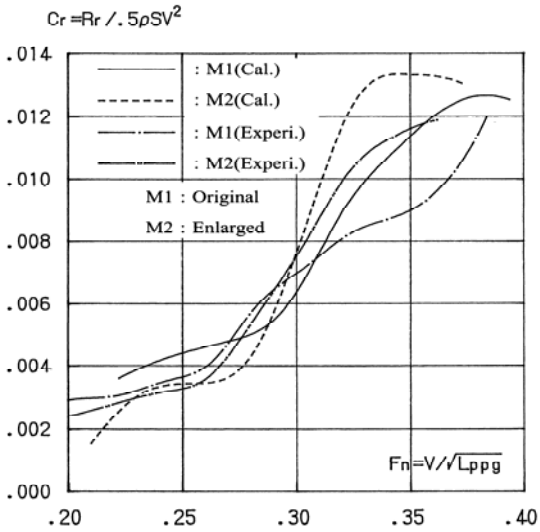


Fig.1 Comparison of coefficient of residual resistance

を Fig.1 に示す。計算、実験ともに Fn=0.29 近傍で原型と延長船の大小関係が逆転し、延長船の Cr は原型よりも大きくなっている。それは延長船が L/B、$\nabla/L^3$ で優位にあるにもかかわらず Fn が 0.4 以下の速度域では $C_B$、$C_P$ の作用が、また Fn が 0.4 に近い高速域で L/B が支配的になることによると推察される。この推論は例えば設計便覧[3)]の知見にも対応している。他方、有効馬力を Fig.2 に示す。10～10.5kt で逆転している。ただし有次元と無次元係数の大小関係には差が生じるので注意が必要である。

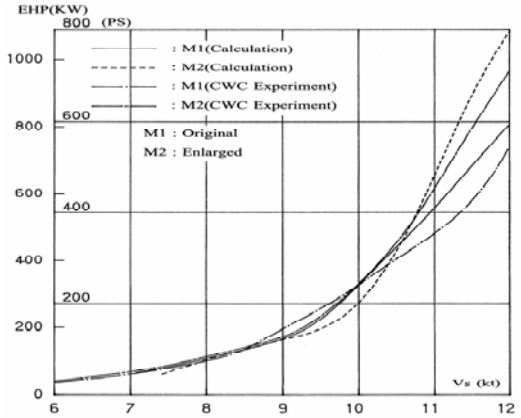


Fig.2　Comparison of effective horse power

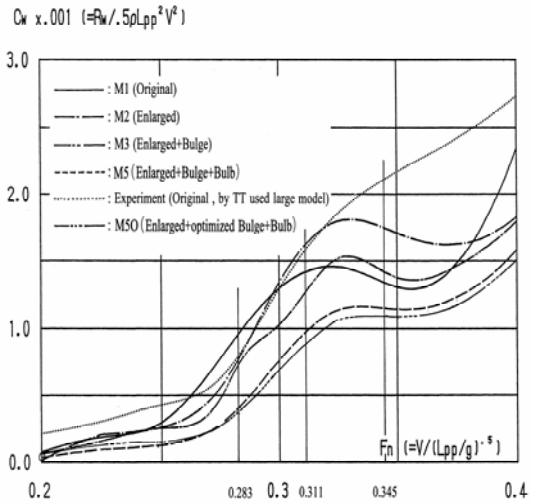


Fig.3　Calculated wave making resistance

## 4．バルジの造波抵抗に及ぼす作用

既述のように本船の船体延長において、復原性確保の面からバルジが不可欠である。しかしバルジは抵抗増加を引き起こす可能性が高いため、ランキンソース法によりバルジの船体まわりの流場と造波抵抗に及ぼす影響を検討した。計算の対象とした船型はTable1の原型(M1)、延長船(M2)、バルジ付延長船(M3)、バルジ・バルブ付延長船(M5)の4例である。

計算より得た造波抵抗係数 Cw を Fig.3 に示す。延長船は原型に比べ、統計解析法による結果(Fig.1)と概ね対応している。また目標の速力11ktでは原型がFn=0.345、改造船が Fn=0.311 であり、その速度以下での抵抗係数の減少傾向を考慮すると、本船の寸法の漁船では Fn を小さくすることが造波抵抗低減の観点から合理的であることを示している。他方、船首バルブについてはバルジ付延長船とバルジ・バルブ付延長船との比較より、Fn数の全域において低減できることを示している。

バルジの効果について、Fig.3 の延長船とバルジ付延長船とを比べると Fn>0.28 でバルジ付延長船の造波抵抗が小さくなっている。本原型のように船体平行部の長い船に対してはバルジの取付けにより復原性の増大のみならず造波抵抗低減の可能性があり、バルジ形状の設計が重要であることを示している。そこでバルジの造波抵抗に及ぼす作用を以下に考察する。

計算より得た船側波形の結果を Fig.4 に示す。延長船とバルジ付延長船とを比較すると、船首の SS9 近傍では差は認められないが、SS6～SS71/2 で谷が小さく、SS3～SS6 で山は小さく、AP～SS21/2 で谷が小さくなっている。バルジの取付け位置は SS11/4～SS8 であり、バルジは船側波形に対してその存在位置より後方への作用を及ぼす性質が確認できる。

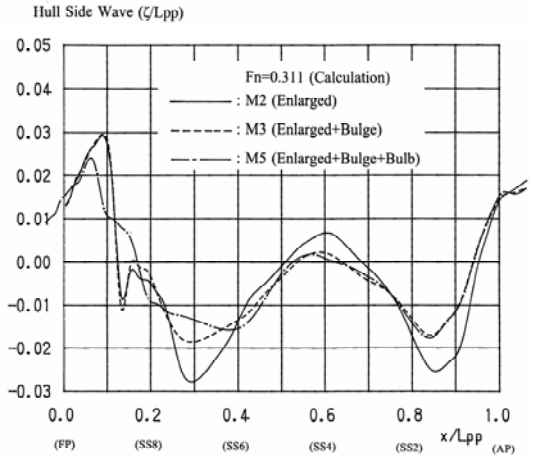


Fig.4　Calculated hull side wave height

延長船、バルジ付延長船、バルジ・バルブ付延長船に対し計算で得た波形をFig.5に示す。延長船とバルジ付延長船との比較より、バルジの作用により造波が小さくなっている様子が伺えられる。また圧力分布の造波抵抗に及ぼす作用量、$Cp \cdot n_x$の分布をFig.6に示す。ここで$n_x$は船体表面の単位法線ベクトルの船長方向成分である。バルジによってSS7水面近傍にスラスト成分が現れ、SS11/2をピークとする抵抗成分が減少している。また船首バルブの作用として、バルジ付延長船、バルジ・バルブ付延長船との比較よりSS81/2より前方域の高圧力場が船首バルブ前方及び自由表面近傍に移動し、SS8近傍の

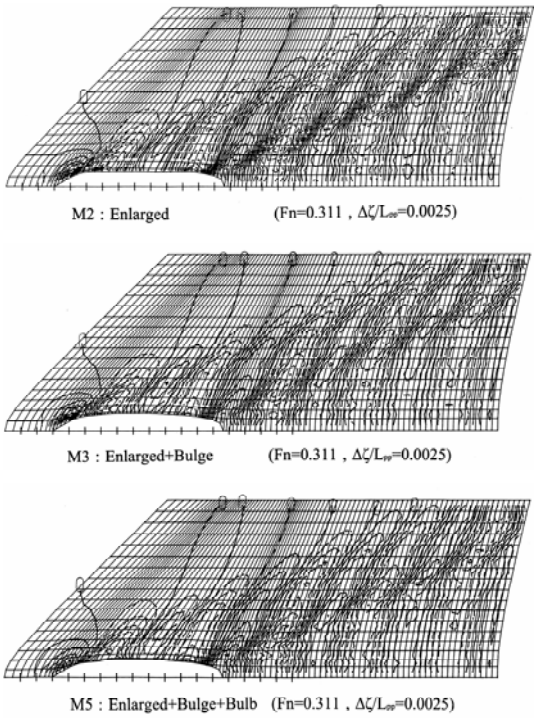


Fig.5　Calculated wave contour

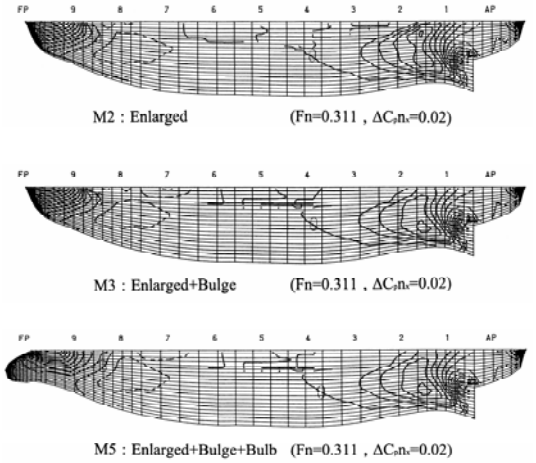


Fig.6　Calculated Cp･$n_x$ contour

スラスト域がバルジの作用に合わせて増大している。

これらの様子を定量的に把握するため、Cp･$n_x$ をガース方向に面積分した物理量の船長方向の分布をFig.7に示す。本船型の船首バルブはSS91/2近傍とSS8近傍の船体前半域に限定してCp･$n_x$の積分量である造波抵抗Cwを小さくする作用を及ぼす。これに対しバルジは船体前半のSS6～SS81/2でスラスト域を増し、船体後半のSS1～SS

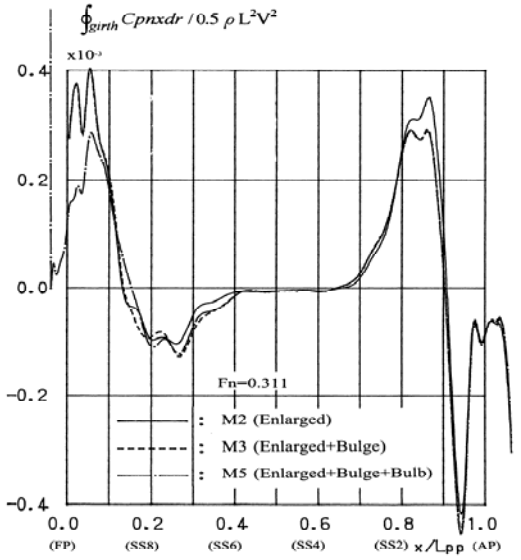


Fig.7　Calculated distribution of Cp･$n_x$

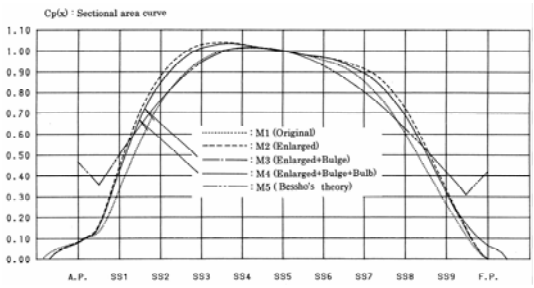


Fig.8　Sectional area curve

2の抵抗域を減少し、全体として造波抵抗の低減への作用を及ぼし、その影響量はほぼ同一であることを示している。

つぎにバルジの船型主要目と船型形状に及ぼす影響を考える。原型、延長船、バルジ付延長船、バルジ・バルブ付延長船の横載面積曲線をFig.8に示す。Table1に示すように、バルジによって船型主要目のうち$\nabla/L^3$は大きく、L/Bは小さくなるが、バルジによって船体中央部の横断面積が増大するため肥積係数$C_B$、$C_P$は下り、横載面積曲線は前後の肩で小さくなる。

バルジによる横載面積曲線の変化のCwに及ぼす作用を調べるため、別所理論[5]による船型最適化コードを用い、これより得たバルジ・バルブ付延長船の最適曲線をFig.8に2点鎖線で示す。計算では横載面積曲線を2次のマシュウ関数で表現し、Fn、lcb、$C_P$を入力変数としている。この結果によれば、原型の横載面積曲線の肩部が最適形状より大きく、これがバルジによって小さくなり、結果

的に最適解の方向に変化する。

従ってバルジは$\nabla/L^3$、L/Bに対して不利な条件を誘発するが、逆に$C_B$、$C_P$を有利にさらに横載面積曲線を最適解の方向に変化させ、これらの作用が相殺して造波抵抗の減少につながると推論できる。漁船は主機関重量、大型の漁労機械などの装備により初期船尾トリムとなり、これより横載面積曲線はSS3～SS5で最大になり、最適な形状の採用が容易でない場合が多い。従ってバルジの取付けによって全体として横載面積曲線を最適な方向に改良できることになり、推進性能向上のための有効な手段となる。

## 5．最適バルジ形状の設計

バルジ形状を船型形状の扱いと同様に、バルジの横載面積曲線とバルジのフレーム形状に分け、それぞれを解析的に変形する方法を検討した。ついで系統的に変形させたバルジを取付けた船体の造波抵抗をランキンソース法で計算し、造波抵抗を最小とするバルジの最適形状を求めた。

### 5-1.バルジの横載面積曲線の表現

バルジを取付けない状態での船体の横載面積曲線を$Cp_0(x)$、バルジの横載面積曲線を$Cp_B(x)$とし、$Cp_B(x)$を前後の3次曲線と中央平行部で表現する。接合部の条件をFig.9に示す。ここでxは原点を船首とするLppで無次元化した船長方向の座標とし、$Cp_B(x)$はバルジの横断面積をバルジなしの船体中央断面積で無次元化する。また$Cp_B(x)$の積分値、すなわちバルジの排水容積$\nabla_B$を原型バルジの値で一定とし、$Cp_{Bmax}$は$\nabla_B$一定の条件から求めた。$x_{5B}$はバルジの平行部の浮心位置で、$x_{5B}$が小さくなるほど船体後半の肩はりの状態が緩やかになる。他方、$l_B$はバルジの直線性、曲線性の指標でもあり、バルジの水線面形状に関係する。バルジ付船体の横載面積曲線Cp(x)は、$Cp_0(x)$に$Cp_B(x)$を重ね合わせた。

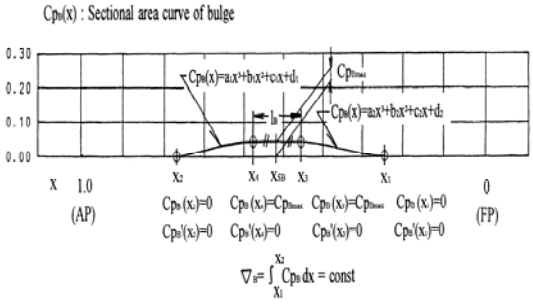


Fig.9　Sectional area curve of bulge

### 5-2.バルジのフレーム形状の変形

バルジのフレームの変形では、原型バルジのフレーム形状を基本形とし、コンテナ船の船尾形状の最適化を行ったLinら[6]の方法を参考に、水面近傍の変形に重みを置いた方法($b_1$法)、バルジの下部の変形に重みをおいた方法($b_2$法)、$b_1$法と$b_2$法を併用してx方向への重み関数を考慮した方法($b_3$法)を検討した。

**(1)$b_1$法**

Fig.10に示すように、任意の深さ位置における原型バルジと変形バルジの張り出し長さを$y_{B0}(x,z)$、$y_B(x,z)$とする。原型バルジの横載面積曲線を$Cp_{B0}(x)$とし、$y_B(x,z)$を(1)式で定義してフレームを変形する。

$$y_B(x,z) = \frac{Cp_B(x)}{Cp_{B0}(x)} y_{B0}(x,z) \qquad (1)$$

**(2)$b_2$法**

Fig.10に示すように、バルジの外側の基準線からの距離を用いて$y_B(x,z)$を定義する。ここで原型バルジの最大横載面積となるx断面において、バルジと水面位置との交差点から下方への垂線を基準線とし、原船型から横方向に基準線までの距離を$l_0(x)$とする。船体、水面、バルジ最下部の水平線と基準線に囲まれた面積をバルジなしの船体中央断面積で無次元化してS(x)とし、任意のx断面における$y_B(x,z)$を(2)式で定義する。

$$l_0(x)-y_B(x,z) = (l_0(x)-y_{B0}(x,z))\frac{S(x)-Cp_B(x)}{S(x)-Cp_{B0}(x)} \qquad (2)$$

$y_B(x,z)$は(2)式より(3)式となる。

$$y_B(x,z) = \frac{Cp_B(x)-Cp_{B0}(x)}{S(x)-Cp_{B0}(x)} l_0(x) + \frac{S(x)-Cp_B(x)}{S(x)-Cp_{B0}(x)} y_{B0}(x,z) \qquad (3)$$

**(3)$b_3$法**

$b_1$法と$b_2$法を併用し、(4)式で$y_B(x,z)$を表してバルジのフレームを変形する。

$$y_B(x,z) = \beta y_B(x,z)_{by\ b1\ method} + (1-\beta) y_B(x,z)_{by\ b2\ method} \qquad (4)$$

ここでβは重み関数で、Fig.10に示す3種を用いた。$\beta_1$は$b_1$法と$b_2$法の中間型、$\beta_2$はバルジ中央部では水面近傍よりも深い所での変形に重みをおき、バルジ部の前方と後方では水面近傍の変形に重みをおくことを意図している。紙面の制約の都合上、証明を除くが(1)式、(3)、(4)式によって変形されたフレームは$Cp_B(x)$を表現し、$\nabla_B$一定の条件を満足する。

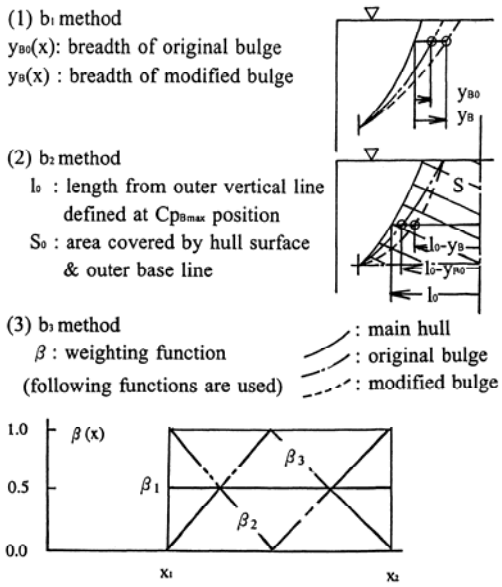


Fig.10　Modification of bulge frame

Table 2　Methods of modification of bulge frame

| Marks | $l_B$ | Mehod of modification of frame |
|---|---|---|
| ① | 0 | $b_1$ |
| ② | 0 | $b_2$ |
| ③ | 0 | $b_3$-$\beta_1$ |
| ④ | 0 | $b_3$-$\beta_2$ |
| ⑤ | 0 | $b_3$-$\beta_3$ |
| ⑥ | 0.1 | $b_1$ |
| ⑦ | 0.1 | $b_2$ |
| ⑧ | 0.2 | $b_1$ |
| ⑨ | 0.2 | $b_2$ |

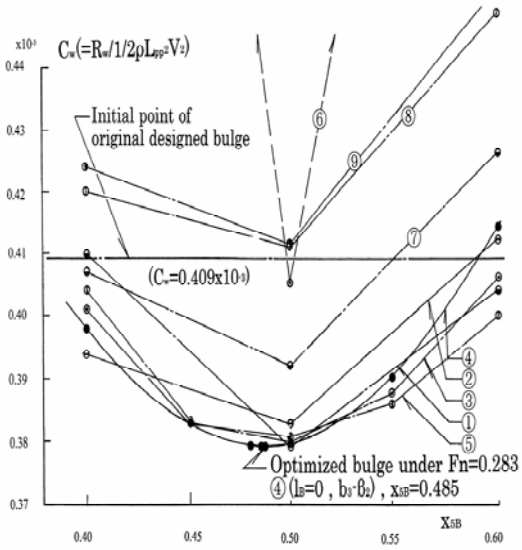


Fig.11　Calculated wave making resistance

## 5-3.バルジの最適形状

初期形状とした原型のバルジは、$x_1$=0.204、$x_2$=0.877、$l_B$=0.20、$x_{5B}$=0.50、$\nabla_B$=0.29x10$^{-3}$(バルジなし船体の排水量の4%)である。$\nabla_B$を一定に、$l_B$、$x_{5B}$を変数にしてCp$_B$(x)を変化させ、バルジのフレーム形状を$b_1$法、$b_2$法、$b_3$法によって変えた船型に対して造波抵抗を計算した。バルジの変形条件をTable2に、計算結果をFig.11に示す。

本計算結果より$x_{5B}$=0.5近傍でCwは最小点となり、最適位置は0.5より少し前方に位置する。それはどの条件においても船体横載面積曲線の後半の肩を小さくする方向にある。またバルジのフレーム形状を$b_1$法、$b_2$法とし、$l_B$を変えた比較では、$x_{5B}$の如何にかかわらず全体として$l_B$=0が小さい。従ってバルジの形状は平行部のない曲線性の強い方が望ましいことでもあり、船体横載面積曲線の前の肩を小さく、後の肩をさらに小さくする変形を意味する。

他方、フレーム形状の変形によるCwの変化は$x_{5B}$、$l_B$の作用量に比べて小さい。バルジは水面近傍に位置するため、バルジフレーム形状のCwに及ぼす作用を無視できない可能性を予想していたが、船体形状に対する捉え方、すなわち横載面積曲線と水線面形状の作用は1次、フレーム形状は2次とする捉え方と同じ結果になっている。造波抵抗最小の形状は、計算条件④($l_B$=0、$x_{5B}$=0.485、$b_3$-$\beta_2$)の場合で、この条件の形状を最適バルジ形状とした。なお本論文では、この船型を最適バルジ・バルブ付延長船(M50)としている。最適バルジと原型バルジを付けた船型の横載面積曲線、水線面形状、バルジの横載面積曲線をFig.12に、船型をFig.13に示す。Cp(x)の比較では原型バルジの中央断面積を増加させ、前後の肩を小さくする結果となっている。バルジのフレーム形状では、最適バルジは船体中央部のバルジ下方部を膨らます形態になっている。バルジ形状の違いは微小であるが、Fig.3の造波抵抗の計算結果では、原型バルジ形状の最適化により目標速力11ktで9%レベルの減少を得ている。

船側波形をFig.14に示す。最適船型は原型に対して船体後半(0.6<x<0.8)のCp・$n_x$分布がプラスになる領域(Fig.7)、すなわち抵抗域でわずかであるが小さくなっており、船側波形でも改良されている。またバルジフレームの作用の小さいことも確認できる。

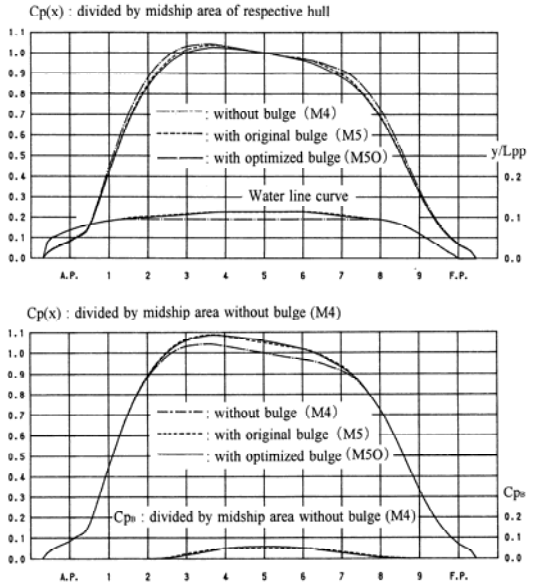


Fig.12　Optimized bulge form

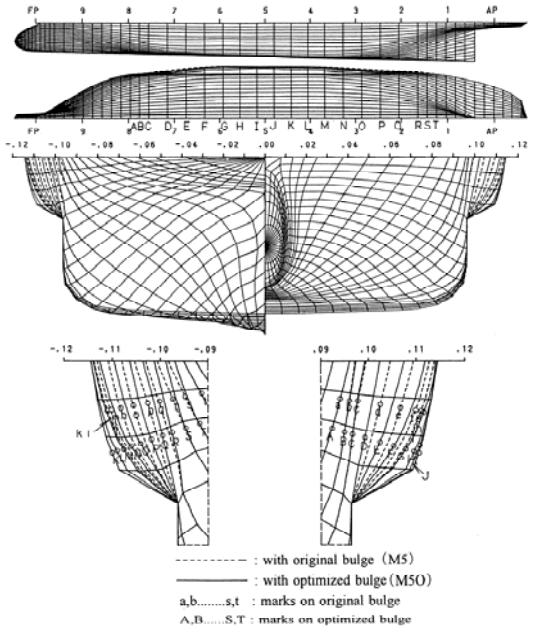


Fig.13　Modified hull with optimized bulge

## 6．模型試験

回流水槽で抵抗試験を行い、バルジの効果を確認した。供試模型に原型(M1)、延長船(M2)、バルジ付延長船(M3)、バルブ付延長船(M4)、バルジ・バルブ付延長船(M5)の 5 ケースを用いた。満載出港状態を想定し、実験状態を

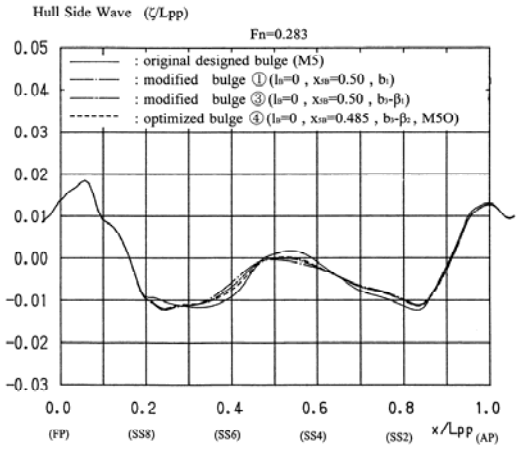


Fig.14　Calculated hull side wave

Table3 に示す。また原型とバルジ・バルブ付延長船に対して曳航水槽で同時に実施した。ここで制限水路影響の修正を田村式[7]で行い、形状影響係数 K は 0.1≦Fn≦0.15 のデータより Prohaska 法で求めた。

回流水槽による抵抗試験結果を Fig.15 に示す。バルジの Cw に及ぼす減少効果は延長船とバルジ付延長船、バルブ付延長船とバルジ・バルブ付延長船との比較より、船首バルブの効果は延長船とバルブ付延長船、バルジ付延長船とバルジ・バルブ付延長船との比較より抽出でき、バルジによる減少量はバルブと同オーダーであり、バルジの効果はバルブよりも Fn>0.3 の高い領域で大きくなる。

延長船とバルジ付延長船との比較よりバルジによって K は 2%増加し、バルブ付延長船とバルジ・バルブ付延長船との比較では K は逆に 8%減少している。K の算出精度の問題もあり、必ずしも定量的には明確でないが、本研究で対象とした薄型で両縁をフェアリングした形状のバルジでは粘性抵抗の増加はほとんどないと考えてよい。

原型とバルジ・バルブ付延長船との比較より船体の延長効果もあって、K は 24%減少している。バルジとバルブの効果によって目標速力 11kt(Fn=0.311)では、バルジ・バルブ付延長船は原型に対して Cw は 16%減少し、Cr は 17%減少している。

他方、回流水槽で延長船、バルジ付延長船、バルジ・バルブ付延長船の船側波形を計測した結果をFig.16に示す。バルジの作用はSS8より後の領域に作用を及ぼし船首に影響しない。前肩部で谷が小さく、SS4を中心とする船体中央部の山は小さくなるなど、計算結果(Fig.4)と実験結果が定性的に一致している。

Table 3　Conditions of model experiments

| Items | M1 Original | M2 Enlarged | M3 Enlarged +Bulge | M4 Enlarged +Bulb | M5 Enlarged +Bulge +Bulb |
|---|---|---|---|---|---|
| $L_{ppm}$ (m) | 1.882 | 1.906 | 1.906 | 1.906 | 1.906 |
| $L_{wlm}$ (m) | 2.044 | 2.038 | 2.038 | 2.038 | 2.038 |
| $\Delta_m$ (k) | 100.5 | 7.55 | 78.5 | 75.9 | 78.7 |
| $S_m$ ($m^2$) | 1.294 | 1.130 | 1.146 | 1.155 | 1.171 |
| $A_m$ ($m^2$) | 0.0767 | 0.0523 | 0.0551 | 0.0551 | 0.0551 |
| BRTT | $4.3\times10^{-3}$ | $2.9\times10^{-3}$ | $3.1\times10^{-3}$ | $3.1\times10^{-3}$ | $3.1\times10^{-3}$ |
| BRCWC | $19.6\times10^{-3}$ | $13.3\times10^{-3}$ | $14.1\times10^{-3}$ | $14.1\times10^{-3}$ | $14.1\times10^{-3}$ |

cf.
BRTT　:　blockage ratio in towing tank（Bxd=6x3m）
BRCWC　:　blockage ratio in circulating water channel（Bxd=2.8x1.4m）

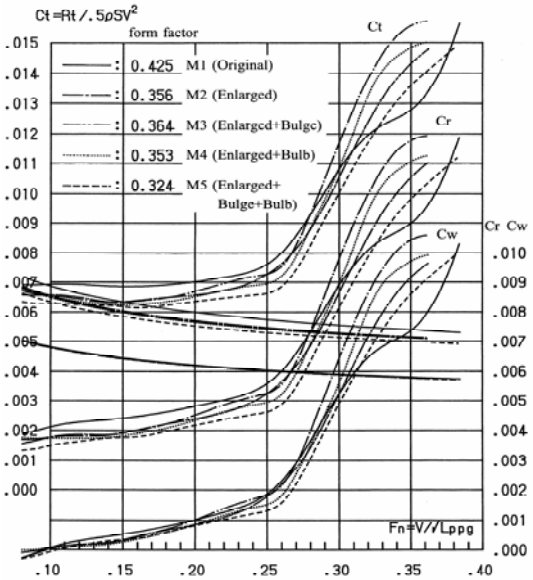


Fig.15　Measured resistance of series models

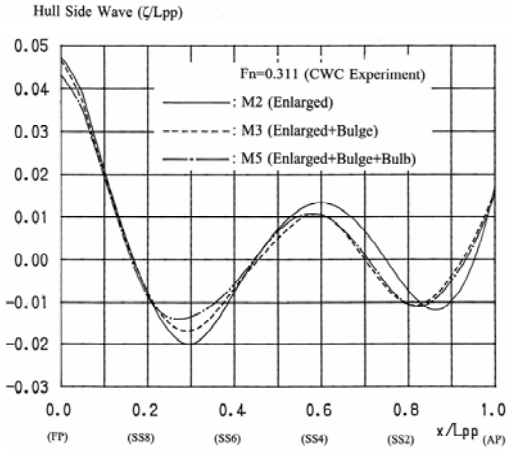


Fig.16　Measured hull side wave height

なお回流水槽試験の精度の確認のため、原型とバルジ・バルブ付延長船の曳航水槽との比較結果を Fig.17、Fig.18 に示す。回流水槽によれば K は曳航水槽よりも原型で 5%、バルジ・バルブ付延長船で 10%程高めになり、Cw は Fn>0.35, すなわち流速 1.5m/s より高い速度域で合わないなどの点が指摘できるが、Ct、Cr、Cw の全体の傾向は合っている。

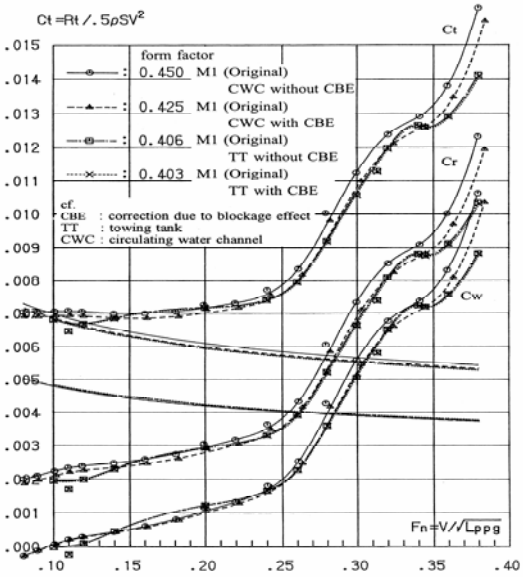


Fig.17　Measured resistance of original model

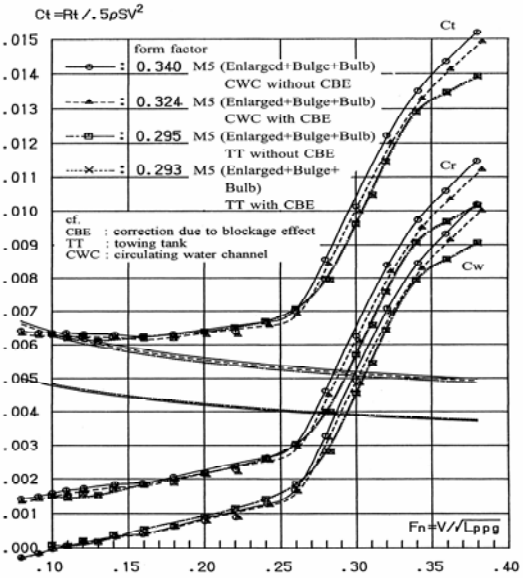


Fig.18　Measured resistance of modified model

## 7. 速力試験

以上の検討結果と工作上の制約などを考慮して最終船型としてバルジ・バルブ付延長船(M5)の船型が採用され、船体設計、実船の改造[1)]が行われた。改造後の速力試験の結果を Fig.19 に示す。軸馬力の計算には、曳航水槽試験の結果(Fig.18)を用い2次元外挿法で推定した。摩擦修正係数ΔCf をΔCf=0.35x10$^{-3}$とした。また船尾形状と推進器は同じなので自航要素は、船体延長によっても大きく変わらないと仮定して原型の大型模型試験の結果を用いた。計算、速力試験結果ともに、軸馬力 BHP は 10.6kt を境に逆転している。改造によって排水量が満載状態時に 31%増加し、同一主機関による条件にもかかわらず、BHP は 10.6kt までは原型よりも低く、速力 10kt では 400PS、速力 11kt では原型より大きいものの 800PS(80%MCR)で航走でき目標を達成している。

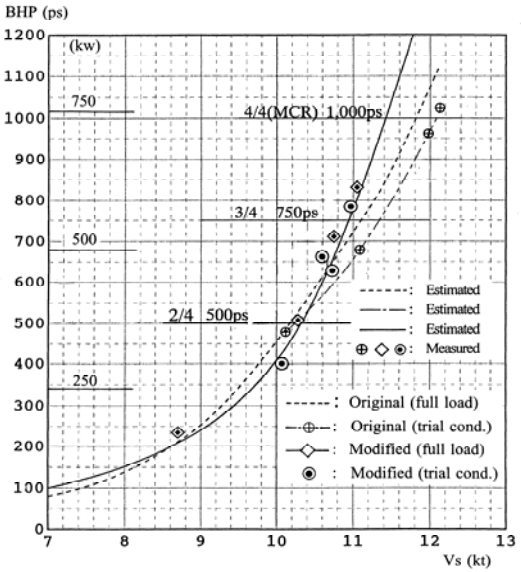


Fig.19 Results of ship trial test

## 8. 結 言

小型漁業調査船の改造計画の一環として主にバルジに関する検討を行い、数値計算、模型試験、実船試験により以下の結論を得た。

(1)本論で提案した薄型で両縁をフェアーにしたバルジは船体抵抗の増加を誘発せず、造波抵抗が減少でき、粘性圧力抵抗の増加も少ないことが確認できた。

(2)バルジによる造波抵抗減少の物理理由は、バルジの取付けによって肥積係数が減少し、横載面積曲線の肩部の曲率が小さくなり最適形状の方向に変形することによる。

(3)本論で検討したバルジでは、バルジの流場に及ぼす作用域は、バルジの取付位置とその後方域であり、バルジ前方には影響を及ぼさないことが示された。

(4)バルジの造波抵抗減少に及ぼす作用は、船体前半肩部のスラスト域の増加、船体後半の抵抗域の減少効果による。

(5)バルジ形状をバルジの横載面積曲線とバルジのフレーム形状に分け、ランキンソース法によってバルジ形状を系統的に変えた計算を行った結果、バルジの横載面積曲線、バルジの水線面形状の造波抵抗に及ぼす作用が大きく、バルジのフレーム形状の作用は二次的であることが示された。

(6)造波抵抗を最小とする最適バルジ形状を求めた。本設計条件ではバルジの平行部の浮心位置は船体中央より前、バルジの横載面積曲線は曲線性の強い形状になることが示された。

終わりに本研究の実船試験の実施に際し、協力を頂いた北海道大学水産学部の木村修船長（研究当時）をはじめ「うしお丸」の乗組員の方々に感謝申し上げます。なお本研究には文部科学省研究補助金(13650965)を受けたことを付記し関係各位に謝意を表します。

## 参考文献

1)芳村康男,梶原善之:北海道大学水産学部練習船「うしお丸」延長改造の概要,海洋水産エンジニアリング,Vol.2,No13 (2002)

2)土屋孟:漁船船型の有効馬力に関する統計解析,日本造船学会論文集,第 132 号 (1972)

3)日本造船学会:改訂船舶工学便覧（第一分冊）,第 13 編,13.1.5.2 剰余抵抗 (1973)

4)Dawson,C.W., : A Practical Computer Method for Solving Ship Wave Problem, Proceedings of Second International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics , Berkley (1977)

5)Bessho,M : On the Problem of the Minimum Wave Making Resistance of Ships , Memoirs of the Defense Academy Vol.3 , No.1 (1963)

6)Y.J.Lin,H.Kajitani,H.Miyata : On the Optimization of the Aft-Part of Hull Forms (Second Report),Kansai Society of Naval Architect,No.179 (1980)

7)Tamura : Study on the Blockage Correction, Journal of the Society of Naval Architects,No.131 (1973)