



## “第八越山丸”

本瓦造船／山根海運

# 新発想のケミカル船タンク

本瓦造船が建造した499総トン型の内航ケミカル船“第八越山丸”は、新しい発想のタンク構造を初めて採用した船だ。比重の大きい液体貨物を運ぶ小型船では復原性確保が大きな課題だが、本瓦造船は、バルカーで一般的な貨物タンク内上部の「トップサイドタンク」を設けるアイデアを本船で実現した。荒天時の揺れの低減や、乗組員の作業性向上など、さまざまな効果ももたらす画期的な船型となった。(対馬和弘)

## オーダーメイドで 1隻ごと設計

内航船を主体とする広島県福山市の本瓦造船。年間の建造隻数は10～12隻だが、そのほとんどが新設計の1船1品ものだ。一般貨物船や油送船のほかにも、フェリーやセメント船、タグボート、官公庁船など建造船種は多岐にわたる。また顧客の要望に応じて、小型船でも水槽試験を行って推進性能を追求するなど、技術対応力は評価が高い。

特に得意とする船種が、「特タン」の通称で知られる特殊タンク船。有毒性物質や腐食性物質等を輸送するタンク構造と設備を持った専用船だ。特タンも、船主の要望に応じて1隻ごとに設計が異なる。総トン数の制限を満たすのはもちろんのこと、投入される航路と港湾の条件に即して、喫水制限や主要寸法の制限が設けられており、積みトン数や速力、搭載人員の条件を組み合わせる1隻ごとにオーダーメイドで設計する必要がある。小型船でありながら非常に設計の手間がかかることもあって、建造する造船所が少ない。

そんな、独自の設計開発力に定評のある本瓦造船ならではの船といえるのが、今回開発した新機軸のケミカル船だ。

### 「液面の揺れ」に着目

開発の発端は、船主から、水酸化ナトリウム水溶液（苛性ソーダ）を運搬する499総トン型ケミカル船“第七越山丸”の代替建造計画の引き合いを受けたところにあった。初期の検討段階で、船主の希望に応

じてトン数や載貨重量を満たせるような寸法を決めようとしたが、大きな壁にぶつかった。復原性だった。

復原性とは、波や風などで船体が傾いても転覆せず元に戻る力。この復原性ルールが強化され、居住環境の基準なども厳格化されていた。復原性は大型船であれば余裕があるが、小型船になるほど新たな復原性基準をクリアするのが難しい。特に水酸化ナトリウム水溶液のような比重の大きな液体貨物は重心が高くなるため、厳しかった。

従来の標準的なケミカル船の船体寸法を維持して復原性基準を満たそうとすると、既定の総トン数を超えてしまい、予定の積載重量も得られない。一方で、従来と同様の積載量を確保しようとする、復原性基準を満たすには船幅や深さを大きくする必要が生じたが、今回の船は幅を11m以下に抑える必要があり、広げることができなかった。

復原性基準を満足させるため船の寸法など試行錯誤を繰り返している中で着目したのが、復原性に悪影響をもたらす貨物の液面（自由表面）の揺れだった。

タンカーの復原性計算では、液体貨物の自由表面が大きく影響する。液面の面積が小さければ、液体貨物の動揺を抑えられる。実は本瓦造船は以前に、199総トン型の硫酸専用船で「おにぎり型」の独立タンクを搭載したことがあった。当時もやはり復原性基準がどうしてもクリアできず、幅を広げると総トン数の制限に引っ掛かるという問題があった。そこでタンク上部を狭くした三角型のタンク形式を考案し、貨物液面の

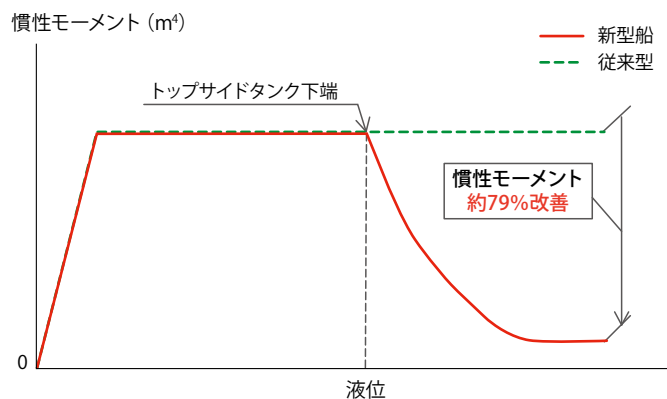


建造中の貨物タンク。三角がトップサイドタンク

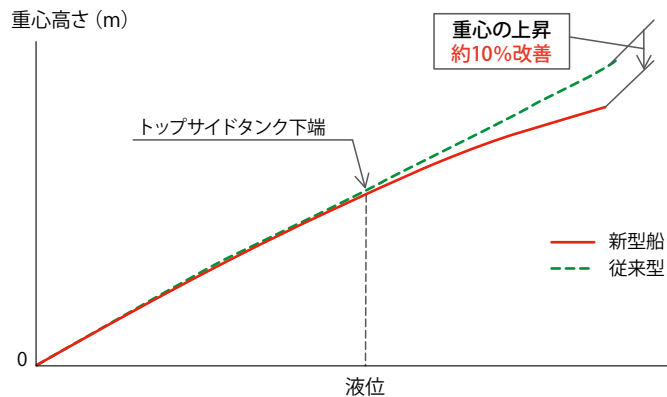
自由表面を小さくすることで復原性基準を満たした。

この当時の経験を踏まえ、タンク形状の上部を狭くするという発想に至った。硫酸専用船では船体からタンクが独立していたが、今回のケミカル船は船体と一体型のタンクだ。そこで、バルカーのタンク構造が思い浮かんだ。バルカーはばら積み貨物の偏りを防止するため、タンク内上部に三角形のトップサイドタンクが設けられている。これをケミカル船に応用できれば、貨物タンク上部が狭くなる構造を実現できると考えた。

## A 貨物液自由表面の慣性モーメントの大きさ



## B 貨物液の重心の高さ



## 重心の上昇を抑える構造

従来型の貨物タンク形状は断面積が四角なので、液体貨物の積載量に関わらず、自由表面の面積は変わらず、積載量が増えるにつれ重心が上昇する。だがトップサイドタンク付貨物タンクであれば、液面が上

昇するほど液面の面積が小さくなり、貨物95%積載時には自由表面の面積が最小になると共に、重心の上昇が抑えられる。

復原性の計算結果も良好だった。Aのグラフは、従来型タンクと新タンクで自由表面の慣性モーメントの大きさを比較したものだ。慣性モー

メントが大きいと、液面が動き出したときに止まりにくいことを意味する。緑色の線は従来型で、液位が上昇しても表面積が変わらないため慣性モーメントも高いまま。液面の揺れが治まりにくいことを意味する。一方で、赤色の線の新開発船型では、液位がトップサイドタンクの下端に

NAKASHIMA  
We Go Beyond

限界小翼面積と NHV 技術の融合  
**NonHubVortex**  
**NHV**

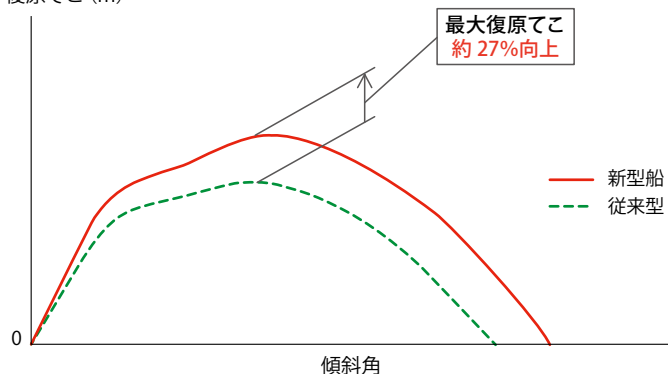
|           |           |
|-----------|-----------|
|           |           |
| 固定ピッチプロペラ | 可変ピッチプロペラ |
|           |           |
| 電気推進装置    | サイドスラスト   |
|           |           |
| 省エネ付加物    |           |

[www.nakashima.co.jp](http://www.nakashima.co.jp)

**ナカシマプロペラ 株式会社**  
〒709-0625 岡山市東区上道北方 688-1  
TEL 086-279-5111 FAX 086-279-3107

## C 復原力曲線

復原てこ (m)



達すると自由面積が徐々に小さくなるため、慣性モーメントが急激に下がっている。貨物最大積載時に、慣性モーメントは約79%改善している。

これにより復原性が大きく改善する。Bのグラフは、貨物液の重心の高さを比較したもので、貨物の液位が高くなるほど重心高さに差が出ており、最大で約10%改善している。Cのグラフは復原力を比較したもので、新開発船の方が「復原てこ」が大きく、最大時で従来船よりも約27%向上する。

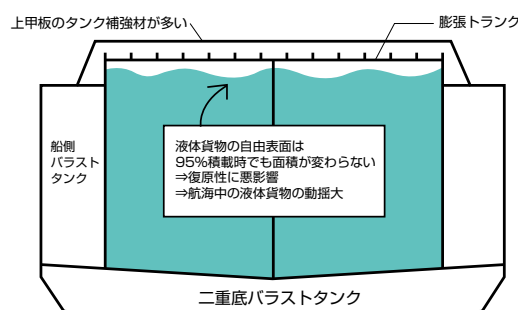
「計算し直すとうまくいき、船の寸法や総トン数、積載量などを全て

キープしながらJGの復原性基準内に入った。新船型として提案できると考えた」。タンクを考案した本瓦 誠社長は、そう振り返る。

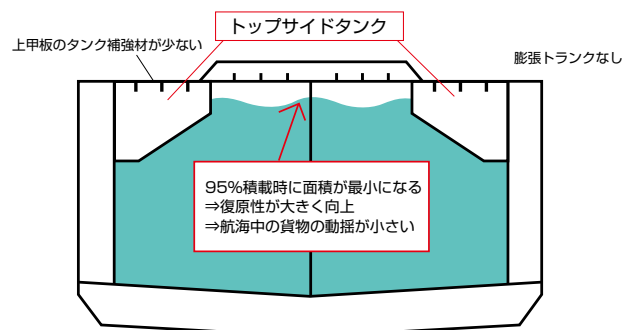
## 揺れにくい船に

トップサイドタンクには、別の効果もあった。従来船型は航海中の液体貨物の動揺（スロッシング）が大きく、液面がタンク内壁を叩くことでタンクにクラック（割れ）が発生するケースもあった。だが、新開発船

## 従来型のケミカル船の横断面



## 新型ケミカル船の横断面



貨物タンクの模型

## 伝統と革新を胸に

## 船舶用電気機器トータルサプライヤー

安全航行を支える信頼性の高い製品を  
開発・提供いたします。



大洋電機株式会社

〒101-0053 東京都千代田区神田美土代町1-1 住友商事美土代ビル9F <http://www.taiyo-electric.co.jp>  
TEL:03-3293-3061(代) FAX:03-3292-7002(代)

は液面の表面積が小さくなるので液体貨物の動揺も小さく、タンク内壁へのダメージも軽減されることが期待できる。

かつてはタンク上部に制水板を付けて、タンクを縦半分に区切りスロッシングを抑えようと試みた船もあった。だが、余計な部材の追加でタンク洗浄が困難になるという課題もあった。それほどに、液面の揺れは大きな課題だった。

新開発のタンクの搭載1番船“第八越山丸”は、日本海側での航行が計画されている。冬場の日本海で揺れの抑制効果に大きな期待がかかる。

さらに揺れが少ないため、船員の乗り心地も向上するという効果もある。

## フラットな上甲板に

トップサイドタンクの設置は、船内配置の点で大きなメリットを生んだ。「乗組員にとっては、デッキ上の作業性が良くなる効果が一番大きい」と本瓦社長は語る。

従来の貨物タンク形状は、上甲板上にタンクの補強材が船幅いっぱいに多数敷かれている。小型内航ケミカル船では一般的に設置される膨張トランクも貨物タンク幅の分だけ設置されており、上甲板上に段差が生じていた。このため、上甲板の

## ■主要目

|      |                                |
|------|--------------------------------|
| 全長   | 64.97m                         |
| 垂線間長 | 61.00m                         |
| 型幅   | 10.95m                         |
| 型深さ  | 4.60m                          |
| 計画喫水 | 4.18m                          |
| 総トン数 | 497トン                          |
| 載貨容積 | 811m <sup>3</sup>              |
| 載貨重量 | 1295.40トン                      |
| 航海速力 | 10.6ノット                        |
| 主機関  | ヤンマー 6EY22AW<br>735kW×800min-1 |
| 航行区域 | 沿海（非国際）                        |
| 船級   | J G                            |

上は乗組員の通行性や作業性が悪かった。

だが新開発船は、トップサイドタンクの内部に補強材が納められるので、上甲板上のタンク補強材が従来型の半分以下の設置量で済む。膨張トランクも排除できる。しかもバルカーと同様に、トップサイドタンクの内部はバラストタンクとしてバラスト水を増量できるほか、配管スペースとしても使用できるので、配管をデッキ上から移設できる。

この結果、上甲板上の大部分がフラットな形状になり、乗組員の通行安全性と作業効率が格段に向上した。

## 省エネ効果も

タンク構造の変更で、船幅を広げ

## ■主要機器リスト

|             |                  |
|-------------|------------------|
| 主機関         | ヤンマー             |
| 主発電機ディーゼル機関 | ヤンマー             |
| 主発電機        | 大洋電機             |
| 軸系装置        | ナカシマプロペラ         |
| 主配電盤        | 協成電機             |
| バウスラスター     | かもめプロペラ          |
| 荷役ポンプ       | サンコー<br>エンジニアリング |
| 温水ボイラ       | 三浦工業             |
| 甲板機         | 政田鉄工             |
| 操舵機         | 東京計器             |
| シリング舵       | ジャパン<br>ハムワージ    |
| 航海計器        | 古野電気             |
| 無線通信装置      | 古野電気             |
| 液面計測装置      | 東京計装             |
| 冷暖房装置       | ダイキン工業           |
| 内装工事        | 広島船舶装備           |
| 消火装置類       | プロテック            |

ずに復原性を確保できたことは、港湾の入港条件でのメリットだけではなく、推進性能の面でも船幅を広げずに済むので有利になる。省エネにも寄与する。

1番船“第八越山丸”は、これ以外にも省エネや安全性向上などの工夫を盛り込んだ。まず、ナカシマプロペラのNIPS（ナカシマ省エネ推進システム）を採用することで、推進効率を向上。省エネに向けては、船内全ての照明をLED化して電力消費量の低減を図った。

プロペラには、大口徑プロペラを



（左写真）デッキ上は通常のケミカル船よりもフラット  
（右写真）機関室内もメンテナンス性確保

採用。荒天時に風や潮流などの影響でエンジンが瞬間的に過負荷状態になることがあるが、効率の良い大口径プロペラの採用で、日本海のしけでも主機関への過負荷を抑えることができる」と期待する。

主機関にはヤンマーの軽量・コンパクトな中速エンジンを採用した。機関室内のスペースが広く取れ、十分なメンテナンス性が確保できた。

また、可変ピッチバウスラスタと広舵角舵で平行離着岸が可能となり、係船時の操作性と安全性も向上した。

このほか、船内LANとWi-Fi設備を設けて乗組員にインターネット環境を提供し、居住環境も改善した。

## 硫酸船などに有効

新型船型で気になるのはコストアップだ。トップサイドタンクの表面もステンレスとなる。だが、「船舶全体でのステンレス使用量は従来船型と同様。建造工数が増えるものの、コストが極端に増えることはない」と本瓦社長は語る。

新タンクは今回の水酸化ナトリウムのような比重の大きい貨物に最適だ。水酸化マグネシウム ( $1.53\text{t}/\text{m}^3$ ) や、燐酸 ( $1.5\sim 1.7\text{t}/\text{m}^3$ )、硫酸 ( $1.84\text{t}/\text{m}^3$ ) などの輸送船で特に効果が期待できる。特に499総トン以下の小型船は復原性基準のクリアが難しいことから、採用メリットが大きい。本瓦造船も、同社の199～499総トン型のケミカル船のうち、これら貨物輸送船に採用していく考えだ。

1番船「第八越山丸」は2019年5月に竣工した。本瓦造船はこれに先立ち4月に、内航船主約20社を招いて本船の試乗会を開催。説明会と、タンク内や航行中の船内の見学会を半日かけて開催した。「いろいろな意見を伺い、社内にフィードバックした。営業・設計・現場が総出で対応したが、社員にとっても今回のタンクで当社の技術が目立って、認知度が上がったことで、大きな励みになった」と本瓦社長は話す。



「細かなニーズに技術で応えていきたい」と本瓦社長

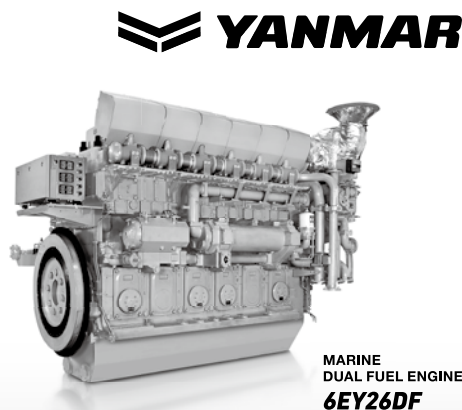
採用2番船の497総トン型ケミカル船「徳鳳丸」も、19年6月に竣工した。1番船と同様の水酸化ナトリウム水溶液を主要貨物としているが、積載量とタンク配置、寸法が異なる新設計船だ。さらに3番船も建造中で、20年5月の引き渡しを予定している。

本瓦造船は新タンクについて、18年2月に特許を出願し、7月に登録を受けた。小型船ならではの課題やニーズに、造船所の技術と発想が解決策をもたらした好例といえそうだ。



## 目指した先に、 青空は広がる。

ヤンマーが目指すのは、  
人と自然とが支え合う未来。  
もっと地球にやさしいエンジンを、  
そして、お客様が安心できる航海を  
追求していきます。



MARINE  
DUAL FUEL ENGINE  
**6EY26DF**