

Full Model Change 「あみかぜ」 ～ 弱点を克服した港湾業務艇の建造 ～

辻 孝志¹・堀 研一¹・草野 昂希²・笠場 和宏³・松本 崇司⁴

¹九州地方整備局 関門航路事務所 船舶課 (〒802-0001 福岡県北九州市小倉北区浅野3-7-38)

²九州地方整備局 関門航路事務所 航路保全課 (〒802-0001 福岡県北九州市小倉北区浅野3-7-38)

³九州地方整備局 関門航路事務所 (〒802-0001 福岡県北九州市小倉北区浅野3-7-38)

⁴九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 施工技術課 (〒750-0025 山口県下関市竹崎町4-6-1)

港湾工事の工事監督・検査等に関する業務，開発保全航路・緊急確保航路管理業務の他，災害発生時には海面調査，支援物資運搬，航路啓開業務に従事する港湾業務艇「あみかぜ」の建造における過程と弱点克服のための装備など特徴的な機能について報告する。

キーワード 開発保全航路，緊急確保航路，港湾業務艇，ウォータージェット推進，災害復旧支援，支援物資運搬

1. はじめに

関門航路は，関門海峡を縦貫する全長約50km，航路幅500～2,200mの狭くて細長い水路で1日平均約1,000隻の船舶が行き交う国際航路であり，日本海と瀬戸内海・太平洋を結ぶ航路として重要な役割を果たしている。また，港湾法上の「開発保全航路」に指定され，国が航路の増深・拡幅・維持管理等を行っている。

2015年7月には瀬戸内海の航路が「緊急確保航路」に指定されており，地震・津波・高潮等の災害時には航路の早期機能回復のため，海上浮遊物や沈下物等障害物の調査，水深の確認を迅速に行う必要がある。

本報告は，港湾工事の工事監督・検査等に関する業務，開発保全航路・緊急確保航路管理業務の他，災害発生時には海面調査，支援物資運搬，航路啓開業務に従事する港湾業務艇「あみかぜ」(写真-1)の建造における過程と弱点克服のための装備など特徴的な機能について報告するものである。



写真-1 港湾業務艇「あみかぜ」

2. これまでの港湾業務艇

九州地方整備局におけるこれまでの港湾業務艇の歴史を振り返ると古くは1952年に建造された船の写真がある。(写真-2) 当時は交通船と呼ばれ，木造で長さ9.25m，船速7.5ノットであり，主に人員や物資を輸送する船として使用されていたものと思われる。

今回の建造船の紹介をする前にこれまでの港湾業務艇の船体と推進装置について紹介する。

(1) 船体

1960年くらいまでは，船体の材料に木材が使用されており，大きさも長さ10m未満，幅2.5m以下と小型であった。木材は，当時の一般的な材料であったが，防水・腐食・海虫類による食害等管理が難しい材料であった。



写真-2 1952年の建造船（船名：日明）

1960 年頃になるとアルミニウム合金が使用されるようになった。アルミニウム合金は、比重が軽く、耐食性も高い材料であったが、当時は溶接等加工技術が未熟であったため、複雑な船首形状を作成することが困難であった。大きさも 1965 年頃には長さ 15m、幅 4m 程度と大きくなってきている。

1975 年頃になると FRP が使用されるようになった。FRP とは、ガラス等の繊維で強化されたプラスチックのことである。船の形状をした型（かた）にプラスチック樹脂とガラス繊維を積層していき、プラスチックの硬化反応で船体を製作するもので、加工に熱を伴う溶接等が不要で複雑な船首形状も容易に作る事が可能である。大きさも長さ 16.7m 幅 4.4m のものが建造されている。また、FRP は腐食することがなく、メンテナンスも容易であったが、経過年数と共にプラスチックの劣化により割れやすくなる等の不具合があった。また、廃棄処分時に燃やすとダイオキシン類が発生する等の問題があり、1992 年頃になるとリサイクルしやすいアルミニウム合金が再び使用されるようになった。この頃は、加工技術も成熟し、形状も優美なものとなった。

現在、九州地方整備局の港湾業務艇の全てがアルミニウム合金で作られており、大きさも長さ 16.9m 幅 4.1m から長さ 22.05m 幅 4.8m まで様々なものが建造されている。

(2) 推進装置

港湾業務艇は、港湾工事の工事監督・検査等において、職員を岸壁や防波堤などの工事現場や作業船へ安全に送り届けることが求められることから操船がしやすく、現在でも一般的に普及しているスクリュウプロペラ推進方式が多く採用されている。「あみかぜ」の前船「ペガサス」は、より推進効率の良いサーフェイスプロペラ推進方式が採用されていた。本船は、ウォータージェット推進を採用している。図-1に推進方式の比較図を示す。

スクリュウプロペラやサーフェイスプロペラ等プロペラの製作材料には、アルミ青銅が多く使用されている。アルミ青銅は、加工しやすい上に腐食しにくく粘りがあるが比較的柔らかい合金で、浮遊物が当たった場合にも欠損はしにくいものの曲りやすい性質を持っている。

「ペガサス」が採用していたサーフェイスプロペラは、空気を巻き込み回転時の抵抗を減らした推進効率の良いものであるが、海面付近でプロペラが回るため、浮遊物に接触する可能性は高かったと考えられる。

実例として、プロペラ推進方式の港湾業務艇が災害発生時の支援業務中に浮遊物による損傷を受け、その後の業務を継続することが出来なかったことが確認されている。（写真-3）

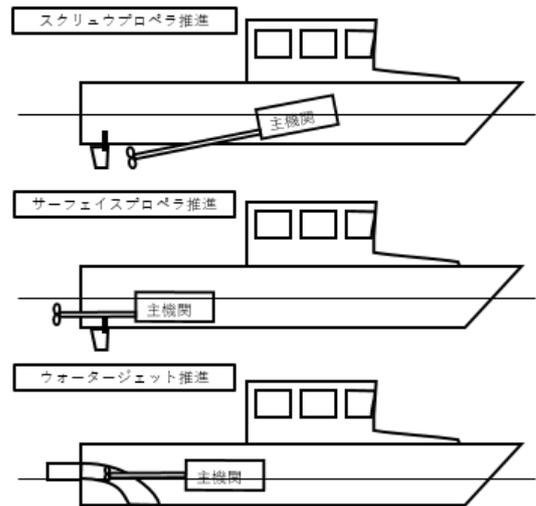


図-1 港湾業務艇の推進方式



写真-3 プロペラ損傷（H30d西日本豪雨）

3. 建造計画

建造にあたっては、まず船舶の用途に応じた船型（単胴船、双胴船等）や大きさを検討し、航行範囲などから必要とする船速を検討する。

開発保全航路の関門航路は S 字に湾曲して見通しが悪く、航路幅が最も狭いところで約 500m と狭隘で、潮流が複雑で流速も最大約 10 ノットと速く、加えて航行船舶が多い所である。また、緊急確保航路（図-2）は長く、小倉-別府間で 83 マイル（約 154km）あり、機動性及び操船性の良い船舶が求められる。

監督・検査や施設点検等の業務内容から航行時の抵抗が少ない単胴船形を採用した。緊急確保航路管理業務を実施するために航行区域を沿海区域に設定し、沿海区域での耐波性能を考慮して総トン数を 30 トン程度、航行距離から船速を 30 ノット（55.6 km/h）以上とした。

これまでの港湾業務艇の弱点であった災害発生時の支援・啓開業務における故障を未然に防ぎ、安全に実施できるように推進装置を従来のプロペラ方式からウォータージェット推進方式とした。また、災害時の航路啓開業務に使用する高性能音響測深機を装備することとした。

表-1に「あみかぜ」の基本諸元を示す。

瀬戸内海に係る緊急確保航路指定範囲



図-2 関門航路・緊急確保航路及び開発保全航路

表-1 「あみかぜ」の基本諸元

船 体			
船 質	アルミニウム合金	航行区域	沿 海
船 形	単胴平甲板型	計画満載喫水	1.05m
全 長	22.05m	航海速度	36.05ノット
幅	4.80m	主 機 関	814kw×2台
深さ(型)	2.50m	発 電 機	32.5kVA×1台
総トン数	33トン	推進装置	ウォータージェット×2基
災害対応支援装置		高性能音響測深機×1台	

4. 建造工程

(1) 詳細設計

本船の建造工程を図-3 に示す。船舶建造工事では、受注した造船所において発注仕様書を基に詳細設計を行い、発注者の承諾行為を経て工事に着手する。

本来であれば詳細設計の過程で建造船の模型を製作して水槽試験を行い、速力や船体動揺等の性能を確認するが、今回は既存船の船型を採用したことにより、水槽試験を省略した。また、設計と施工を併行して実施することで新型コロナウイルス等により物品の納期が長期化する中、なんとか工期限内に完成することができた。

(2) 船殻工事

本船は、船体を上下逆さまの状態で作成する倒立建造という方法で作られた。倒立建造は、できあがった船体を反転させる手間が掛るものの製作中の作業姿勢の殆どが下向きであるため、溶接品質が一番良いとされる下向き溶接となり、船殻の品質向上が期待される工法である。

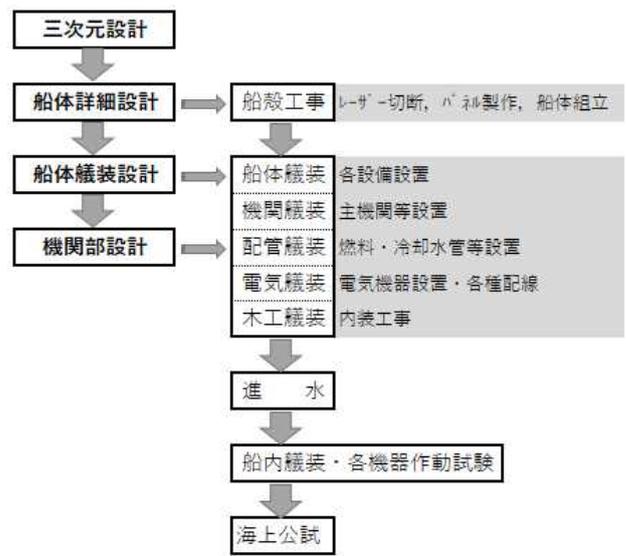


図-3 建造工程フロー

船殻（船体・建屋・マスト等の構造物）の製作手順は、まず、造船所にて製作図を作成する。以前は、原寸大の図面（原図）を作成していたが、近年はデジタル化されており、全体の構造を三次元設計、部材等の詳細を二次元設計しているため、製作図は必要なくデジタルデータを使用する。

次に、部材の二次元設計データを基にアルミニウム合金板をレーザー切断機で部材形状に切断する。

その後、切断された部材と補強用型材を溶接接合してパネルを製作する。（写真-4）

さらに、甲板部分から各パネルや部材等を接合して組立てていき、船底部までできあがったところで船体を反転させる。（写真-5）船体の反転後は、船底の形状に合



写真4 パネル組立て



写真5 船体反転（倒立建造）

わせた船台に設置され、別途製作された操舵室・客室などの建屋、マスト・手すりなどの構造物を溶接接合することにより船殻の全体が完成する。

船殻が組み上がると主機関・中間軸・推進装置を設置し、扉・窓・ハッチなどの艤装品を取付ける。また、発電機・電動機・ポンプ・冷却海水管及び中間弁等の機器・船底に取り付ける高性能音響測深機や船底弁等、進水後では施工できない機器類等を取付け、最後に外板の素地調整をした後に塗装を行う。

船底塗料は、係留場所が塩分濃度の低い河口の汽水域であることから汽水域でも防汚効果が高い水和分解型防汚塗料を採用した。また、喫水から上部は、艶があり柔軟で、振動に強いポリウレタン系塗料を採用した。

(3)進水

塗装が終わるとドックから海上に浮かべる進水作業が行われる。進水作業は海側に傾斜のついた斜路上のレールを船台が滑り降りるため、船台に乗った船舶が勢いよく後ろ向きに海上に進入して浮上する。

写真-6は進水直後の「あみかぜ」の状況である。進水後は、艤装岸壁に係船する。



写真-6 進水直後の「あみかぜ」

(4)艤装工事

艤装岸壁では、本船を海上に浮べたまま航海計器や各機器操作盤、救命設備等法定備品の積み込みを行い、燃料油管や清水管の配管、各種電線の敷設、内装工事の実施と完成に向けて急ピッチで多くの工種が同時進行した。発電機の起動後、各機器の制御信号の確認から作動確認までを行い、主機関や推進装置の起動確認や作動確認など自航への準備を進めた。

(5)海上公試

全ての設備が設置され、各機器の動作が確認された後は、運輸局船舶検査官立会いのもと、傾斜試験、重量・重心査定試験を行い、船としての臨時航行検査証の発給を受け、最終検査である海上公試を行う。これにより「あみかぜ」の要目が正式に決定することになるが、速力は、30ノット以上の要求性能に対して、36.05ノットという結果であった。

5. 弱点克服と特徴的な機能

(1) ウォータージェット推進装置

本船の推進装置は一般的な船舶に使用されているプロペラ推進器ではなく、ウォータージェット推進装置を採用した。(写真-7)

ウォータージェット推進装置は、ジェット旅客機に見られるジェットエンジンと同じ原理で、後方に勢いよく噴出されるジェット噴射の反力で前方に推進する。

ジェットエンジンは、燃料を燃焼させた高温高压のガスを機体後方に噴出させるが、ウォータージェット推進装置は、船底から吸上げた海水を斜流ポンプで圧力を高めて船尾ノズルから後方へ噴出させる。

豪雨災害などの被害を受けた地域の海域には、河川から流入した流木等の浮遊物が多数存在する。これまでの港湾業務艇は、その海域での支援活動中、船体から突出しているプロペラ推進器や舵がその浮遊物によって損傷し、その後の支援活動が継続出来ない事態となるなど推進装置が最大の弱点となっていた。



写真7 ウォータージェット推進装置



写真8 マウスポートユニット

今回採用したウォータージェット推進装置であれば、プロペラに相当するインペラは船内にあり、直接浮遊物に接触することはなく、異物の吸込対策として船底にある海水の吸入口に格子状のインテークスクリーンを備えている。また、例え吸込んだとしてもインペラの材質は、高強度のステンレス鋳鋼であるため、損傷することは無いと考えられている。

よって、本船はこれまでの港湾業務艇が抱えていた弱点を克服し、支援活動を途中で離脱せず、完遂できるものと期待している。

また、本推進装置では、最新の操船システムが採用されており、マウスポートユニットで操船することが可能となっている。(写真-8) マウスを前後にスライドさせれば前進後進となり、左右にスライドさせれば、本船も左右に横移動する。斜め移動やその場回転も同様である。マウスの動きと本船の動きが連動しているため、操船者の感覚のままに操船することが可能なシステムとなっている。主に係船作業や低速での作業に有効な操船方法である。

(2) 支援物資運搬設備

本船は、被災地への支援物資をできるだけ多く運搬することを考えられた船舶である。これまでの港湾業務艇が搭載できる物資はおおよそ2トン未満と少量であることが弱点の1つであったが、本船は船尾甲板上に最大3トン、客室及び船員室に最大2.5トン合計5.5トンの荷物を搭載できる。これは、2リットルペットボトル入飲料水で2750本に相当する。運搬中の荷崩れを防ぐために船尾甲板には、固縛用金物のアイボルト(M8)を取付けるためのネジ穴を用意し、客室及び船員室には、固縛金物として可倒式のD金物を設置した。

荷役装置としては、船尾に電動ウインチ付のアルミニウム合金製ダビットを設けている。つり上げ荷重2000N(204kg)、つり上げ高さ約2mである。

(3) 水ジェット除去装置

被災海域には、非常に多くの浮遊物があり、船舶への衝突は避けられない状況となっている。これまでの港湾業務艇であれば、船速を落とし衝撃を緩和する以外に方法がなかったが、本船はその浮遊物との衝突回避のための補助装置として水ジェット除去装置を装備している。水槽試験により最適な配置と角度とした4本のジェット水を船首から前方に噴射することによって、浮遊物を船体から遠ざけることが出来るものとなっている。(写真-9) また、通常業務中は、取外して格納できる構造とした。

(4) 高性能音響測深機

「緊急確保航路」の指定を受けた航路においては、災害時には早期に緊急支援物資輸送船等の大型船舶が航行できるように障害物の撤去等、航路啓開作業を海上保安部等関連部署と連携して行うこととなる。航路機能の早期回復のためには、大型船舶が航行可能な水深か、沈下物や浅所箇所が存在をいち早く確認する必要がある。これまでの港湾業務艇には装備していなかった高性能音響測深機を1台装備した。



写真9 水ジェット除去装置

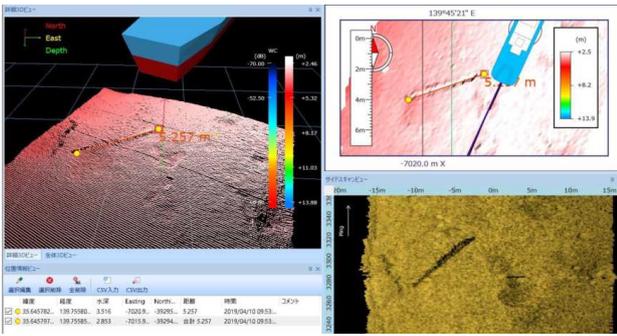


写真-10 海底形状の3D画像とサイドスキャン画像

本機は、周波数200～400kHzのミルズクロス（クロスファンビーム）方式で1°×1°のビーム400本を140°のスワス角で1秒間に50回送受信可能であり、最大で1秒間に400点×50回の測深データを取得できる性能を持っている。

また、測深データを取得するときに本船の航跡に沿って海底形状を3D画像とサイドスキャン画像で表示することができる。（写真-10）3D画像で形状と水深を確認し、サイドスキャン画像で海底面を映像のように見ることができ、リアルタイムに沈下物や浅所箇所を確認が可能である。また、図化ソフトを搭載しており、測深データ・動揺補正データ・GPSデータから深浅図等の図化処理を船上で行える設備となっている。

(5) 画像伝送装置

開発保全航路・緊急確保航路管理業務の航路パトロールで異常を認めたとときや災害発生時の海面調査の時に現状をリアルタイムに事務所へ伝えるため、画像伝送装置を備えている。

カメラは、船舶の船首及び船尾用の監視カメラを利用し、通信回線は、docomoのXi（クロッシィ）データ回線を利用してあり、出力解像度は720×480pxとなっている。

本船側で表示するカメラを選択し、画角等を操作することで調査対象を映すことができる。

本装置の操作は非常に簡単で一つのスイッチをON-OFFするだけである。スイッチをONにしておけば、当事務所の表示モニターに画像を表示することが出来るシステムとなっている。

6. おわりに

今回の建造工事は、コロナ禍で部品の供給計画に大幅な遅れが生じるなど、非常に厳しい社会情勢の中での施工であった。特に空調装置については、工期まで残り3ヶ月という時点で納入の目処が立たない状況となり、急遽、冷却方式の違う機器に変更することで対応した。

そのような状況下で建造されたにもかかわらず、本船は、船首形状がなめらかな曲線で構成されており、波切り良く、4.8mの船幅との相乗効果により動揺が少なく、航行時の姿勢が安定している。

また、ウォータジェット推進装置を採用したことにより、振動が少なく、客室内が静かで航行中の打合せや施設概要の説明などがしやすい船内環境に仕上がっている。

災害支援時には港湾業務艇の最大の弱点であったプロペラを無くしたことにより、安心して支援活動に従事させることが可能となった。また、支援物資搭載量の大幅な増加や浮遊物衝突回避用の水ジェット除去装置の装備などこれまでの港湾業務艇で弱点とされていた部分を克服したものとなっている。

本船は、総トン数増、航行区域拡大、推進装置刷新、多機能化とこれまでの港湾業務艇からFull model changeした港湾業務艇である。

今後、全国をジェットで飛回る「あみかぜ」の姿に期待する。