FRP 9メートルカッターの試作について

野 本 謙 作*・坂 平 吾**

多 田 納 久 義*

A New Pulling/Sailing Cutter of Glass-fibre Reinforced Plastics

Kensaku NOMOTO, Heigo SAKA
and Hisayoshi TATANO

Abstract

The design, construction and performance of a 9-metre pulling/sailing cutter for training purposes are introduced. The hull is of glass-fibre reinforced plastics with deck furnished with wood. A comparative study on performance with a conventional wooden boat is done. The fibre-glass cutter proved superior to her wooden sister in easy-maintenance, high reserved buoyancy and low drag through the water.

Better sailing performance is also attempted; equipped with a retractable centre-board; introducing a ketch-type rig with high-pointed yards. Windward performance and manoeuvrability in going about are then much improved. Model experiment in a water-circulating channel proved useful in predicting sailing performance.

1. ま え が き

ここ数年間にわが国の舟艇類はスポーツ用にしても漁業用にしても急速に FRP 化されて来た。海事諸学校における端艇操練用のカッターやピンネスなどもいずれ例外ではあり得ないように思われる。これらの端艇を趣味的に鑑賞するならば、何と云っても天然の良材をもってする木造舟艇に如くものはあるまい。しかし諸般の条件を考えるに、この郷愁もどうやら曲がり角に来ているように思われる。一方、FRP 端艇には多くの実用上の長所がある。イージーメンテナンス、長寿命、大きい予備浮力などが数えられる。こう考えて来るとわれわれは、この際むしろ積極的に FRP を導入し同時にこの機会に訓練用端艇の船型、艤装などを見直すことによって、高性能にして潮気に富む新しい端艇を生み出すことを考えてよいのではないか。本稿はこんな夢を託して生まれた鳥羽商船高専の9メートル FRP カッターの紹介である。

このカッターの計画に当たってよりどころとしたものは旧海軍の9メートル木造カッター、おそらく現在国内に最も流布している種類であるが、その他に1911年版 Brix 著 Bootsbau 所載の旧ドイツ帝国海軍制式艇一隻、ならびに1951年版、英海軍シーマンシップ教本にある英制式艇二隻を参考にした。いずれもプリングを主体とするオープンボートでずい時帆走も出来るようになっており、泊地内における人員や少量物資の運搬、ブイやケッジャンカーの綱取りなどの用務のほか、海難時の退船や兵員のレクリエーションにも使うことになっている。

海事諸学校における端艇操練の目的は救命艇の操作と云う直接的な実用目的に止まらず、一般に全くの素人である学生生徒に操船と云う行為の基礎訓練を行なう点にあると考える。一目で全体を把握できる舟艇を自らの力で操ることによってシーマンシップの基礎を体得することは技術革新下の現在のシーマンにとっても極めて大切なものであろう。上記の海軍用端艇類は帆船時代末期にその体をなしたものであって、いろいろな点でシーマンシップの基礎訓練に適した舟艇と云うことができよう。

* 正会員，大阪大学（大阪府吹田市山田上）

** 正会員，鳥羽商船高等専門学校（三重県鳥羽市池上町 1-1）

2. 船型と主要目

主要目を表1に示す。代表的な木造9メートル艇のそれも比較してある。船体線図を図1に示す。

船型的には船首を少しファインにして波切りをよくし、又船尾キールを少し上に持ち上げて操縦性の向上をはかった。このあたりは英海軍艇に学ぶところが多い。

図2は鳥羽商船高専のランチで海上を曳航して前進抵抗を測定した結果である。木造艇と比較すると、同じ排水量で抵抗は約20%減少している。この減少には木造艇とちがってクリンカー張りの段付き外板でないことも関係している。船底は同程度に清浄、仮設標柱間往復の平均を取り、風の影響は計算で修正、又、排水量の僅かの差は抵抗 R が排水量 Δ の $2/3$ 乗に比例すると仮定して修正した。

図1 船体線図及び排水量、復原性計算

(注) 本船体線図を端艇建造に使用するにはセントラルガラス(株)の同意を要する。

表 1 主要寸法等

TYPE		FRP	WOODEN
LENGTH (o.a.)		9.000	9.000
BREADTH		2.250	2.450
DEPTH		0.785	0.830
SAIL AREA m ²	JIB SAIL	4.0	3.6
	MAIN SAIL	15.1	13.0
	MIZZEN SAIL	10.2	—
	FORE SAIL	—	11.0
	TOTAL	29.3	27.6
MAIN m	MAST HEIGHT	6.90	5.80
	BOOM LENGTH	3.50	4.00
	YARD LENGTH	5.50	2.60
MIZZEN m	MAST HEIGHT	5.40	—
	BOOM LENGTH	3.20	—
	YARD LENGTH	4.00	—
FORE m	MAST HEIGHT	—	5.50
	YARD LENGTH	—	2.55

図 2 カッター曳航テスト結果

3. 予 備 浮 力

水舟になった状態における予備浮力はオープンボートの乗員の安全にとって重要な因子である。特に年少生徒の訓練に使用する端艇において然りであろう。余談ながら「真白き富士の嶺、緑の江の島」で有名な旧鎌倉中学校生徒の全員遭難は保守の悪かった木造カッターが転覆後沈没したことが大きな原因に数えられている。

FRP 端艇は船首尾のピーク、ハット型フレーム内部など、かさばらない場所にウレタンフォームなどの独立発泡浮力材を封入することで半永久的に十分の予備浮力を確保できる。木造艇はともすれば吸水して重量を増し予備浮力が減少し、極端な場合には上記遭難例の如く木造艇が沈没することさえあり得るが、この点は FRP 端艇の信頼性はきわめて高い。

図 3 に今回の FRP 端艇と、十分保守のできている木造カッターをいずれも水舟にして比較実験した結果を示す。キングストンコックを開放し水中ポンプで海水を注入して内外の水面がひとしくなった状態を完全水舟と定義しよう。

FRP 艇では水面はスオート（漕手座）上面下数センチ、従ってガンネルまでの乾舷は約30センチほどで、士気の高い乗員をもってすれば転覆後の自力排水復原も可能である。一方木造艇では今回の保守のよい陸上保管艇でも、同状態でスオート上10センチ程度の水面となり大差がある。自力排水は余程静かな海面でなければ困難であろう。

次に完全水舟の端艇に鉄製重量物を順次積載し、船体が完全に水没するまでこれを続行した。FRP では全没までに積載した重量物の水中重量 931 kg, 木造の 318 kg に対して大差がある。仮に転覆水没した端艇を単なる救命浮器と見なしたとすれば、法定の一名当り水中支持重量 14.5 kg を使って FRP が 64 名分、木造は 21 名分と云うことになる。

しかしわれわれの考える所では端艇は万一水舟になったのちにも単なる救命浮器ではいけない。平均的な海面

図 3 完全水舟状態の比較

状態において全乗員をほぼ水面上に支え、さらにやる気になれば自力排水復原も不可能ではない程度の予備浮力をもちたいと思う。そのためには今回の FRP 艇程度の予備浮力は大略その条件を満たすであろう。

4. 艇体構造および剛性

船体構造の概要を図 4 の中央横截面構造図に示す。外板厚さは約 7 ミリ程度となり、スポーツ用舟艇はもちろん搭載漁艇の類と比べても船の大きさの割に重構造である。相当手荒い作業をする一般沿岸漁船とほぼ匹敵する寸法と云えよう。もう少し軽減することは可能と思われるが、操練用端艇の目的上、レーシングボートの様な軽構造は考えものである。

図 4 中央横截面構造図

一方、スリングをかけて吊り上げ、吊り下ろしをする時のたわみ剛性を対象に静荷重をかけてたわみを測定した。前後のスリング金物位置を枕木で支えて船体を陸置きし、スオート上に 8 人の人員と若干の重量物、合計 800 kg を分布した。枕木中間での船体たわみは 3 ミリであった。比較のため建造後一年、保守状態のよい木造新艇に同様のテストを行なうと同じく 3 ミリのたわみが見られた。この結果から見ると比較的軽構造であるにも拘らず曲げ剛性は木造新艇と同程度であることになる。木造の場合は年を経るに従い剛性は劣化する傾向にあるけれども、それにしても今回のものより余り軽構造にすることはこの点から考えても望ましくなさそうである。

なお、この程度の構造にし、スオート、ベンチなど甲板部に木材を広く使うと船体重量は木造と余り変わらない値になる。しかし吸水による重量増加はないから、一般に木造より少し軽い艇と云う位になるであろう。

5. 船体建造法

FRP 造船法の技術的記述は本稿の目的ではないが以下に今回の試作に採用した方法の概要を述べる。

(1) 木造艇の建造とよく似た手順で木造の雄型を作る。船首材、船尾材、キール、肋骨、縦通材などを普通

写真 1

のとおり組立て、外板を張り、FRP でその上を蔽い最後に磨きをかけて平滑な船体曲面の型に仕上げる。

- (2) この表面に離型剤を塗布したのち FRP を積層して雌型を作る。この FRP 雌型は左右二つ割りとし、又外側から木造のリブ（肋骨）を入れ縦通材を通して補強したのち、木造雄型から取り外す。
- (3) 左右の雌型を一つに合わせた内面に離型剤塗布、次いで外板 FRP の積層を行ない、続いてハット型断面の FRP 肋骨を接着取付けて船体主要部が完成する。
- (4) 船体を離型したのちスオート、ベンチなど木部、艀装金物などを取付けて完成。

この工程 (1)(2)(3) は FRP 造船における雌型工法と呼ばれ、型を雄、雌二段に作るから型の経費が高くなり少量製造には不利であるが、仕上がりは良好である。FRP 雌型は数十隻分の反覆使用に支障がないから多量生産には都合がよい。数種類ある FRP 造船法の中でも最も正統的なものである。

6. 帆装と帆走性能

今回の計画の一つの力点は帆走性能の向上であった。従来から帆走は端艇操練の重要な一部であるにも拘らず、旧海軍の9メートルカッターはこの点では諸外国の制式艇に比べて明らかに見劣りがする。一番大きい差はセンターボードで、外国の例では帆装を有する端艇はセンターボードをもつのがむしろ常識であるように見える。もちろん救命艇は別であるが。

写真 2

今回の試作艇ではこの点にかんがみセンターボードを装備し、同時にヤードを垂直に近く立てて帆の性能向上をはかった。又、マストを二本にして転覆モーメントを大きくすることなく帆面積を増加し、又帆面積を分割することで操帆に過大な労力を要しないように配慮した。船首側にメンスルをもつ帆装（ケッチ、ヨールなどの類）は北海沿岸の漁船に始まり、上記の海軍用端艇にも屢々採用されているもので、横風ないし風上帆走に特にすぐれている。図5に帆装図を示す。

センターボードの採用とキール後端の切上げで上手回しはおどろくほど容易になった。

帆走性能を比較するため木造9メートルカッターに二本マストの帆装を付した艇とレースを試みた。木造艇の要目等は表1を参照されたい。レースのコースの取り方、風の条件などは図6に併記する。風上航での優劣が明らかに表われている。

図7は帆走性能を表わすポーラー線図 (polar diagram of sailing performance) である。極座標の角度は真風向と船の進行方向（リーウェイを考慮する）のなす角度、動径長さは船速と真風速の比率である。図中分布する黒点は鳥羽湾内の帆走テストで測定したもの、実線は1.5メートルの模型船を大阪大学造船学教室の回流水槽に浮かべて船体に作用する流体力を測定し、一方1/4の帆の模型を自然風中において帆にはたらく風圧力を測定して両者の結果から計算を求めたものである。点のバラツキは大きいが平均として模型実験から推定した帆走性能はよく合っていると云ってよいであろう。

写真 3

SAIL : TETORON 8 OZ/(YARD)²
FORE STAY : 6φ, 7x19 STAINLESS WIRE
STANDING RIGGINGS : 6φ, 7x19 STAINLESS WIRE
SHEETS : 10φ SYNTHETIC
MAIN HALYARD : 16φ SYNTHETIC
OTHER HALYARDS : 12φ SYNTHETIC

図5 帆装図

図6 帆走性能——木造9メートル艇とのレース結果

○ : POINTS ON BOTH TACKS PLOTTED ON ONE SIDE

— : POLAR CURVE ESTIMATED FROM MODEL WITH C.B. DOWN

- - : POLAR CURVE ESTIMATED FROM MODEL WITH C.B. UP

U_R : REAL WIND VELOCITY

U : APPARENT WIND VELOCITY

V : CUTTER SPEED

γ_R : REAL WIND DIRECTION

γ : APPARENT WIND DIRECTION

β : DRIFT ANGLE

図 7 ポーラー線図

図中破線は同じく模型実験から、センターボードを上げた状態の性能を推定したものである。風上航でのセンターボードの効果は歴然たるものがある。

7. プリング（撓走）性能

写真 4

表 2 プリング速力

	TIME ^{sec}	SPEED ^{kt}
F. R. P.	113.8	4.44
	108.8	4.65
	114.7	4.41
	103.5	4.88
	106.3	4.75
	95.0	5.32
WOODEN	90.1	5.61
	95.3	5.30

鳥羽商船高専カッター部の学生が乗組み、従来の木造艇と交替してプリング、両者の速力を比較した。2に述べたように曳航実験では FRP 艇が 20% ほど抵抗が小さかったから当然速力も高く出ると期待したが、結果は表 2 のように FRP が平均 8% ばかり速力が低い。

学生によれば FRP 艇のオールが、特に船首の方で長すぎて力が入り難いと云っており、この点を中心にオール寸法、足かけ板の配置などを改良すればプリング速力も期待どおりになるものと思われる。

8. 問題点と今後の対策

最後に今回の試作と現在までの使用実績から気付いた点を列記すると次のようである。

- (1) 上記オール寸法などプリングのための人間工学的寸法修正。
- (2) マスト、ヤード、ブームとも寸法がやや過大で取扱いが不便、強度は余っている嫌いがある。寸法、重量を軽減すべきである。
- (3) ヤードには一切金具を使わず、両端の索止めはヤードに丸孔をあけるのがよい。重量軽減、危害予防のため。
- (4) メンズルはブームなしのルーズフットがよい。
- (5) センターボード・ケースからの水の吹き上げを防止するつめものその他の対策が望ましい。
- (6) これは従来のカッターにも云えることだが、船首にムアリング・ビットを一本立てるべきではないか。外国制式艇には皆装備しているようである。

9. 結 言

この一隻の試作艇が、わが国の操練用端艇の進歩に寄与することを切望する。この計画に全社をあげて積極的な取り組みを示されたセントラルガラス(株)、建造を担当し努力を惜しまれなかった桑野造船(株)の関係者ご一同に深く感謝する。又、海上テストに当って絶大な協力を受けた鳥羽商船高専舟艇担当職員、カッター部、ヨット部の学生諸君、又造船学的研究に多くの寄与をした大阪大学造船学科帆走力学研究グループの諸君にも謝意を表したい。

質 疑 応 答

阿 部 武 夫 FRP 製舟艇の衝撃荷重に対する強度について木製との比較はしていますか。

野 本 謙 作 今回の艇については特に衝撃荷重のテストは行なっておりませんが、一般論として適当に設計された FRP 舟艇は木造艇よりもむしろ対衝撃耐性は高いと云うのが現在の造船界の常識であります。付言しますと舟艇用材料として鋼、木材、FRP のなかで最も衝撃耐性が高いのが鋼、次いで FRP、木材が一番低いのが普通です。一例として 6 メートルほどの FRP 伝馬船を吊り損じて、3 メートルほどの高さから岸壁ぎわの捨石の上に落とした事故を目撃しましたが、外舷二箇所にはガラス繊維切れによる白化圧潰が見られただけで広範囲の亀裂や変形はなく水洩れも全然ありませんでした。なおこの伝馬船は木造と大差ない位の重さの、重構造の FRP 船でした。

佐 野 桂 センターボードを引き上げた場合のレバーを邪魔にならないような方法があると思うが、改良されたか。

また、センターボードケースからの海水の流入を防止することも比較的簡単に出来るのではないだろうか。

坂 平 吾 第一の問題点は当然考えられることで今後改良してゆくつもりです。第二の点は現在ブラシ状のものをケース上面の溝の中に貼りつけて飛沫の吹出しを抑えています、更にケースの構造なども改良するつもりです。

及 川 清 本学でかつてピンネースを新造したことがあるが、その時主要寸法は従来型と同じにし船型をファインにした。その使用結果は帆走時に不安定感があって必ずしも好評ならず、その後の新造は従来型に準ずることになったことがある。そこで

1. 本カッターの使用目的とも関係するが、従来の木造艇よりも幅を小さく、船型をファインにしたと云うがその理由をおききたい。

2. 従来の艇ならびに今回の試作艇の実用状態における C_B ならびに GM の値を知りたい。

3. 岸壁達着時に艇首艇体を破損したとのことだが、艇体強度その他に関連する要件としての、製造時の環境条件、装備も含めた製造基準はどのようなものと考え、採用したか。

坂 平 吾 ピンネスの例は直接分らないが従来の木造カッターの B/L は 0.26 くらいである。外国文献では 0.22~0.25 くらいのものが多いので、今回の 0.25 は無理ではないと思う。

また乗員 14 名を標準として C_B は木造で 0.42, FRP 新艇で 0.39 (その吃水における水線幅をとる), また GM は木造 0.61 m, FRP 0.76 m となる。

野 本 謙 作 達着時の損傷はステムバンドのはずれの部分コンクリート岸壁に当て擦った際起った。表面ゲルコート樹脂層が約 1 ミリ厚さ、1 センチ四方くらい剝落した。本体の FRP は無傷であった。ゲルコートは一種の塗装であって衝撃、擦過などで局部的に破損するが補修は簡単である。衝撃耐性も含めて強度部材たる FRP は木造以上の強さをもつと考えてよい。製造時の品質管理は造船技術の一つのポイントであるが、オーソライズされたものとしては小型造船工業会の FRP 船構造建造基準、ロイドの FRP 漁船規則、FRP ヨット規則、同じく FRP 救命艇規則などがよく知られている。本試作艇の場合は小型造船工業会のものを準用した。

佐 藤 孫 七 本論文のものより少し大型の船を頭におきますので主旨と多少相違するかと思いますが、

1. 摩擦箇所、すなわち係船索、錨鎖などで擦られる部分の耐摩耗の点。
2. 乗下船時の踏台などの耐摩耗の点。
3. 衝撃などによる破損を単船、海上で処置する応急策いかん。
4. ローリング性能とスピードの問題点。
5. 長期碇泊中、船底汚染の対策、吸水の程度などはいかん。

野 本 謙 作 1, 2 の摩耗の点はその部分の厚みを増し、特に程度の著しい場合は樹脂と砂を混ぜたものを相当の厚さに盛り上げます。たとえば砂浜へ引上げる漁船の船底のすれ止め材などはこれを使います。又、木製、金属製のフェアリーダーの類を使う場合もあります。

3 については鋼船や木造船と同じくオイルパテの大きいかたまりを破孔に押しつけ板でおさえつけ、つかい棒やロープ、シャコ万力などで固定するくらいでしょう。小型船だと潜水作業で外舷からパテのかたまりと板とロープでかなりうまく浸水を止めることができる場合もあります。浸水で止まれば水中でも硬化するエポキシ樹脂の特殊仕様のものを使えば内舷から一応の補修はできますが、これにしてもあまり当てにはなりません。

ただ強調すべきことは FRP はもろい、と云うのは全くの神話でありまして鋼ほど粘り強くはないですが木造よりはずっと衝撃にも強い材料です。13ポンドの大ハンマーを振りかぶってボートの横腹を力一杯打って見て下さい。FRP 船なら保証します。もっとも、薄っぺらの“レジャーボート”は別ですが。

4 は御質問の意味がよく分りませんがプリング速力が出ない点ならば本文末尾に書いたとおりです。

5 は鋼船用二号船底塗料を使って下さい。木船用よりも FRP には適しています。なお、ペイントの種類によっては FRP 面にうまく接着しない場合がありますから、その場合には下塗り(プライマー)に適当なもの、詳細はその塗料メーカーにきいて、適当なものを使って下さい。一般には磷酸塩などを含む鋼板用ウォッシュプライマーがよく効くようです。碇泊中の吸水はまず問題ありません。吸水したとしたらどこか圧潰などの傷がある場合だけです。