県産材を用いたウッドカヌーの開発

惠原　要*，藤田純一**

Development of Wood Canoe that Used Wood of Kagoshima Prefecture

Kaname EBARA and Jun'ichi FUJITA

奄美地域には，沖縄の漁船サバニの流れをくむ性能に優れた伝統木造船アイノコが伝承されている。本研究では，このアイノコの形状を活かし，県産材を使用した環境への負荷が少ない手軽なレジャー用ウッドカヌーの開発を目的に，精密に形状測定し，図面化を行った。さらに，木造船の普及を図るため，アイノコをスケールダウンしたウッドカヌーを設計し，試作した。また，このウッドカヌーを，非熟練者でも製造できるよう，簡易工法の開発を試み，部材の簡易接合法や，型枠を用いた簡易組立法などを開発した。

Keyword：奄美，伝統木造船，アイノコ，形状測定，簡易工法

１．　緒　　言

近年，シーカヤックやウィンドサーフィンなど，エコロジー指向の海洋レジャーが全国的に定着してきている。しかし，現在，プレジャーボートや漁船など小型船舶のほとんどは，耐久性に優れるFRP（Fiber Reinforced Plastics:繊維強化プラスチック）製である。FRP船は，平成17年より廃棄の際にはリサイクル費用の負担が義務づけられたが，廃棄の際の処理費用が高いことから不法投棄や放置などの環境問題を生じている。

一方，錦江湾やいくつもの諸島を有する本県は，長い海岸線と美しい海に囲まれ，海洋レジャーの恵まれた環境下にある。このことから，地域の自然や文化に学ぶエコツーリズムなど，観光の場や各種イベントに，自然と調和した小型のウッドカヌーの活用が期待され，その製造を目指す団体などが現れてきた。

沖縄の漁船サバニは，波を乗り切る能力である凌波性（りょうはせい）が良く，抵抗の小さい船として知られ，低速域での抵抗係数は非常に小さな値を示すことが報告されている[1)]。一方，奄美地域には，図１に示すイタツケと称される伝統木造船の矧（は）ぎ船が継承されてきた。大正期に，サバニの形状とイタツケの矧ぎ船工法を組み合わせた漁に使用する船が誕生し，アイノコと称された。サバニの性能を引き継ぎ，経済性に優れるアイノコは，以後，急速に普及し，FRP船が普及し始める昭和40年代頃まで，沖縄，奄美の広い地域で使用されてきた。奄美地域には，現在も伝統木造船アイノコとその製造技術が伝承されており，これを用いた舟漕ぎ競争が盛んに行われるなど，独特な海洋文化が根付いている。

そこで，奄美に伝わる伝統木造船アイノコの形状を活かし，県産材を使用した環境への負荷が少ない手軽なレジャー用のウッドカヌーを開発し，関連企業・団体や新たな起業を支援する。

なお，ここで言うカヌーとは，進行方向を向いて座し，かい（paddle）や帆を用いて推進する小型の舟を指すもので，サバニやアイノコ，シーカヤックも含まれる。

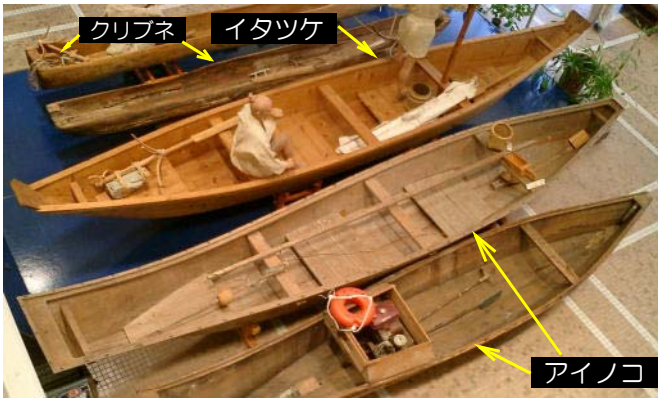

図１　奄美の伝統木造船（奄美博物館展示物）

２．　ウッドカヌーの開発

２．１　伝統木造船アイノコの形状測定と図面化

アイノコは，長年の間，船大工の経験と勘によって作られてきたため，図面はほとんどない。木造船を経験の少ない者でも作成できるようにするためには図面化が必要と考え，まず，正確な形状の測定を行った。図２に示すとおり，アイノコを研究室に設置し，船底が上になるよう固定し測定した。測定方法は，レーザを用いた非接触式の立体形状測定法と，断面の頂点を定規等で計測し読み取る，実測による測定法の二通りで行った。

*デザイン･工芸部
**デザイン･工芸部（現　企画情報部）

図２　測定した伝統木造船アイノコ(上が船底，右が船首)

２．１．１　レーザを用いた立体形状測定法

大型立体物を非接触で正確に測定する方法を検討し，図３に示すレールスライド機構を用いた測定装置を作製し，測定を行った。

図３　レールスライド機構を用いた立体形状測定装置

非接触測定器本体はレーザ光を用いた三角測量光切断方式のミノルタ(株)製VIVID700を使用した。測定距離は平均で2.2m，１回での測定面積は約0.8㎡，その時の測定点群数は200×200で，分解能は４㎜程度である。レーザ光の射出角度とレールの角度を，平面上で正確に直交させるために三脚雲台の３次元的角度を精密に調整した後，測定を行った。ところが，この条件で実際にアイノコを測定すると，レーザ光が船体表面からほとんど反射せず，船体の立体データが得られなかった。

レーザ光が正常に反射しないのは船体表面だけであり，治具類からの反射は正常であった。このことから要因として，船体表面の木材が海水により劣化していることが考えられた。そこで，船体表面の木材に白色の塗料で隠蔽塗装を施し測定を行ったところ，レーザ光が正常に反射し立体測定できることを確認した（図２中央付近の白色部分)。しかし，この船は測定終了後，できるだけ現状を留めておきたいとの要望があり，塗料類，天花粉類，布・紙類をはじめ,現状復帰できる様々な表面処理法を検討した(図４)。その結果，石灰水を船体表面に塗布することにより，正常に測定できる方法を見いだした。

石灰水は，木材表面を完全には隠蔽してはいないが，その状態でもレーザ光を正常に反射しており，測定後は水

図４　測定のための表面処理検討風景

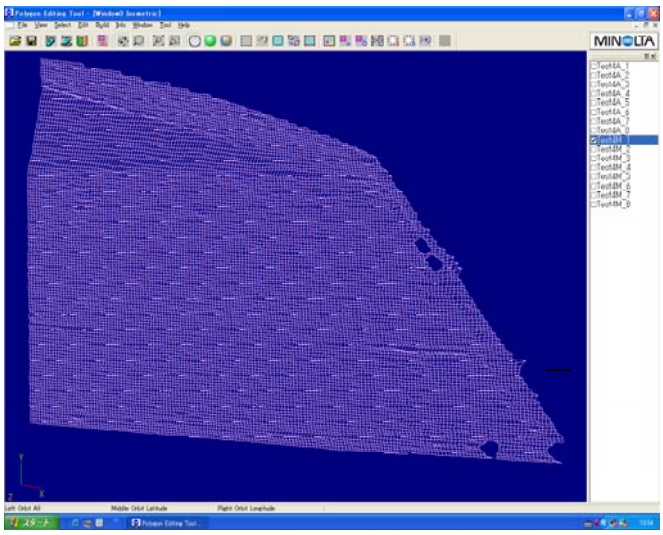

図５　船首部分の立体データ（点群表示）

で洗浄することで容易に剥がすことが可能である。石灰水を塗布し，立体測定した例を図５に示す。

この手法を用いて船全体の測定を行った。今回のアイノコは全長が約6.5mあり，機器を700㎜ピッチで船の横方向に正確に移動し測定を繰り返し行うことで，船の半身が測定できた。そして船の外側部分と内側部分を各々測定することで，コンピュータ上にアイノコが再現できた（図６)。

このようにして測定した立体点群データをもとに，まず輪郭線部分以外のデータを間引きし，データを軽くした。次にコンピュータが処理しやすいようにポリゴン化（三角形平面の集まり）を行った後，欠落した部分や整合性が取れない部分の修正を行った。そして船の内側と外側を正確に合体し，その隙間などを埋めた後，NURBUS曲面へ変換した。その結果，通常のCADが扱える曲面データとなり，図７に示す断面図，３次元図が出力できた。

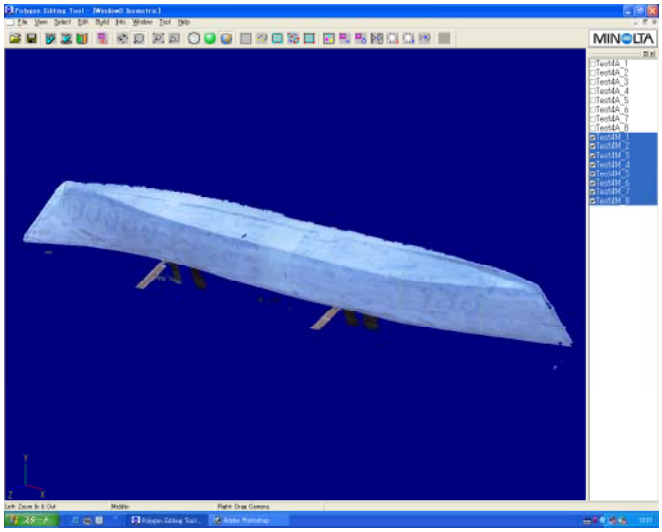

図６　船全体の立体データ（面表示）

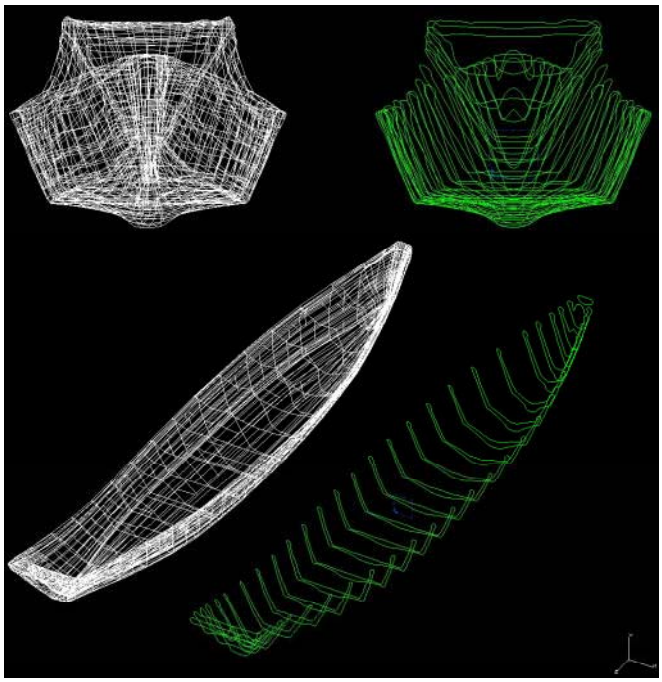

図７　ＣＡＤ断面図，３次元図

このようにして，大型立体物の非接触測定が可能となったが，問題点として，レンズの測定収差が発生しており，測定平面上および奥行きに対し誤差が発生していることが分かった。基準となる物体を測定して，コンピュータ上で補正することは多少可能であるが，現状では数㎜の測定誤差がある。今後は，この精度を更に向上する方法を検討していく。

２．１．２　スケールを用いた実測による測定法

今回行った立体形状測定法では，測定誤差が大きく，修正に時間がかかることが予想されたため，図面化に当たりスケールを用いた測定法を併せて行うこととした。

アイノコの船体は，平面と，平面を湾曲させた部材から構成される立体物である。このことから，図面化には，船体の縦軸に直交する断面を測定することが有効と考えた。設置された船体を図８に示すロの字型の木枠で囲み，船体の縦軸に沿って50㎝間隔で枠を平行移動して各頂点を測定した。測定した頂点の数は，各断面につき８個で，15個の断面について測定した。

測定された頂点間を図９に示すように直線で結んで断面形状を作図した。さらに，断面間をなめらかに結ぶことで図10に示す平面図や側面図などを作成した。

図８　スケールを用いたアイノコの実測

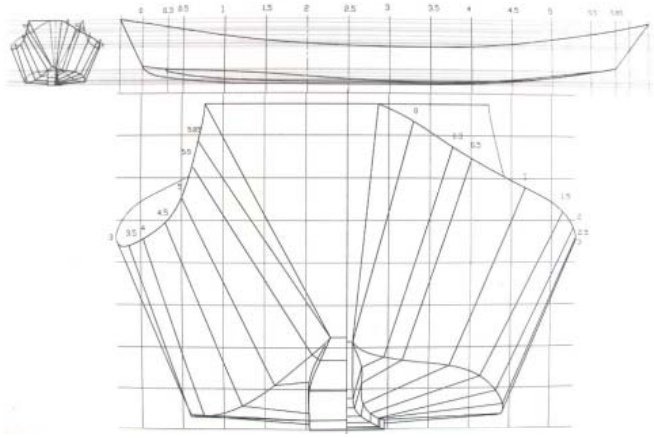

図９　アイノコの測定部位（上）と断面図（下）

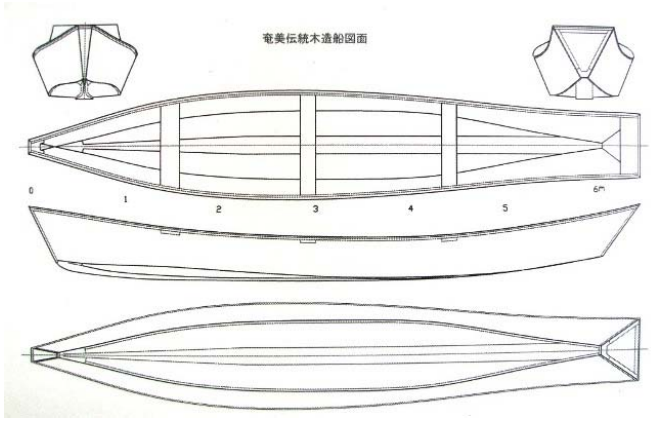

図10　アイノコの図面

２．２　ウッドカヌーの設計・製作

サバニの流れを汲むアイノコは，凌波性が高く，抵抗の小さい速い船であり，その性能は，和船よりシーカヤックに近い傾向を有している。現在では，漁に使用するより，スポーツ，あるいは祭りとしての舟漕ぎ競争へ使用される頻度が高く，地元では広く親しまれている。しかし，アイノコは，表１に示すように，サイズが大きく重いため，運搬や浜辺での移動に，トラックの使用や多くの人手を要することから,いつでも気軽に楽しめるというものではない。そこで，木造船の普及を図るためには小型化することが必要と考え，開発にあたって，その用途やコンセプトを以下のように設定した。

(1) 二人で運ぶことができ，乗用車等の屋根に積んで運搬できる大きさ，重さとする。
(2) 優れた安定性を持ち，初心者でも安全に乗ることができるものとする。
(3) 優れた凌波性などを持つアイノコの形状を踏襲する。
(4) シーカヤックのようにダブルブレードのパドルも使用できるものとする。

また，設計した図面を図11に示す。

表１　アイノコとウッドカヌーのサイズ比較

	アイノコ	ウッドカヌー
全　長（mm）	6,530	4,020
最大幅（mm）	1,130	850
最大高さ（mm）	775	470
重　量（kg）	134	38

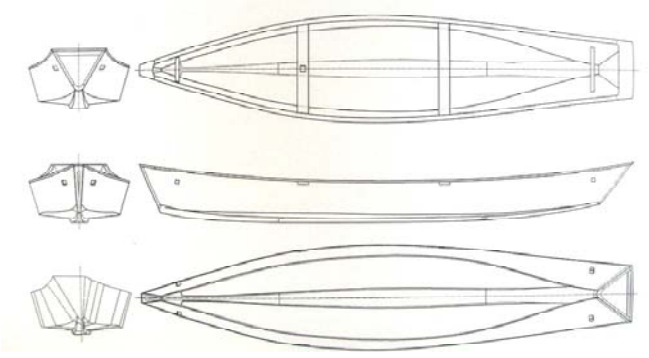

図11　ウッドカヌーの図面

ウッドカヌーの製作は，奄美の船大工が行った。船体の形状や工法など,意見交換を重ねながら推進した。製作の過程の一例を図12に示す。製作期間は２週間で，伝統的工法を基本としたが，小型化に伴い使用材料を薄くしたことから変更せざるを得ない点も出てきた。竜骨と底板，底板と舷側板の接合には，船釘に代りステンレス製のネジを用いた。また，接合部分は，マキハダ（ヒノキの皮）を打ち込む強度に耐えられないため,エポキシ接着剤を充填した。

図12　製作の過程（底板と舷側板の接合）

２．３　ウッドカヌーの評価

２．３．１　回流水槽試験

木造船の評価を鹿児島大学水産学部において図13に示すインペラ方式垂直循環型回流水槽を使用して行った。

駆動モーターは２基で，発生流速は０～2.2m/sec。

積載荷重は，20kgポリタンクを８個用意し，０～160kgの条件とした。

図13　回流水槽試験

試験の結果を要約すると，以下のとおりである。

(1) タフト法による流れの観察では，和船に見られるような船尾に渦を巻くこともなく，全体にスムーズな流れを呈し，船尾での抵抗の小さい船形であると推察された。
(2) 引張力試験では，流速と船体に係る引張力の関係から船の速さを推測し，抵抗の小さい良好な結果を得た。
(3) 直進安定性試験では，荷重の積載箇所と船の左右の振れの関係を観察し，荷重が前方に移動するに従い，安定性が顕著に低下することが分かった。これは，船形から予測されることで，荷重を中央部から後ろ寄りに置くことで，直進安定性が得られることが分かった。

２．３．２　傾斜計による復原性試験

右舷，左舷に交互に荷重をかけ，そのときの荷重と傾斜角から復原性能を表すGM値を算出した。GM値の適正値は，0.8m～1.2mであり，ウッドカヌーのGM値は，1.096mと高い安定性を示した（図14）。

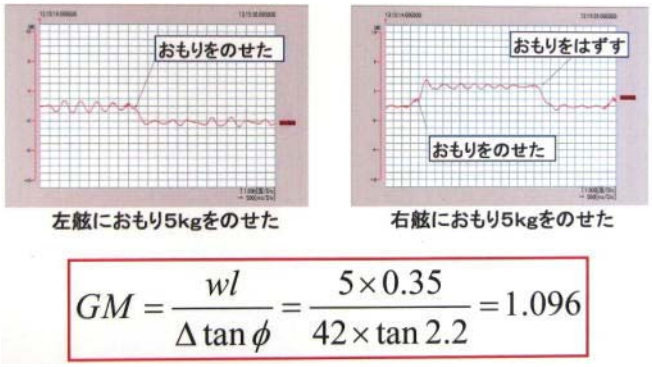

図14　横方向の傾斜角の変化とGM値

２．３．３　傾斜計による横揺れ減衰試験（乗り心地評価）

荷重の変化による揺れの違いはわずかであった。船形による揺れの違いは顕著で，船底形状が丸に近いカヤックと比べウッドカヌー（クッカル）は揺れが短時間で収まり，また乗り心地を表すN係数も0.056と良好な結果を示した（図15）。

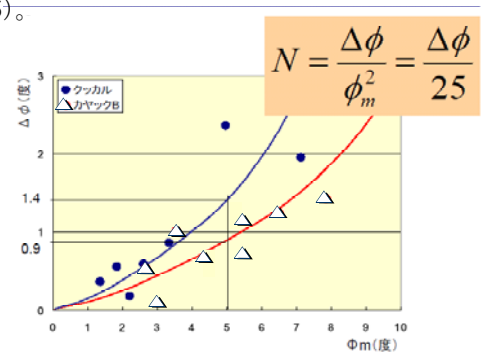

図15　横揺れ減衰試験による減滅曲線

船の性能は，その形と密接な関係があり，特に水と接する部分の形状から船の性能を推察することができる。

今回開発したウッドカヌーは，初心者でも乗りこなせる安定性を持ちながら，比較的抵抗の小さい船足の軽い舟で，乗り心地が良いという評価を得た。

３．　ウッドカヌー簡易工法の開発

伝統木造船の工法は，熟練した匠の高度な技が必要とされる。そこで，開発したウッドカヌーを非熟練者でも製作することができる簡易な製作方法の研究を行った。特に問題の大きい部材接合の簡易化と，船体組立の簡易化について検討し，この工法を用いて縮尺１：２の模型を製作し，簡易工法の有効性について検証した。

３．１　部材接合の簡易工法

伝統的な木造船は，竜骨と底板，底板と舷側板の接合角度が部位により連続的に変化する。図12に示す部材接合の合わせ面加工においては，合わせ鋸を用いて何度も摺り合わせを行うという熟練した加工技術と手間が要求される。これに代わる工法として，図16に示すように，同一円弧に仕上がる内丸鉋と外丸鉋を用いてそれぞれの部材を加工し接合する方法を検討し，部材のなす角度が，およそ100度から120度の範囲で有効であることを確認した。

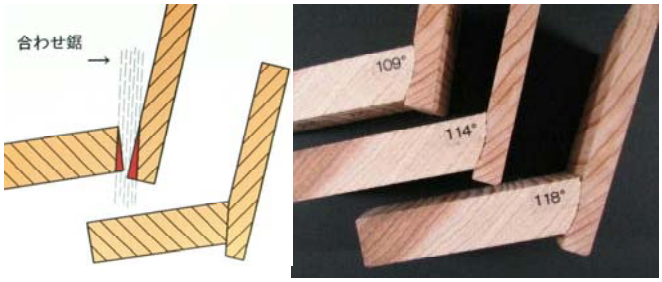

図16　部材接合における伝統的工法と簡易工法の違い

３．２　船体組立の簡易工法

３．２．１　船体型枠

従来の工法では，図12に示す様な施設において木造船が製作される。簡易工法として，このような特別な作業場を必要としない組立方法を検討した。

図17は，船体断面の形状を元に切り抜いた部材と，これに直交する縦通材である。これらを組み立て，図18に示す型枠を作製した。型板は，船体組立の際に，極力歪みを生じないよう補助板に固定し，強度を高めた。

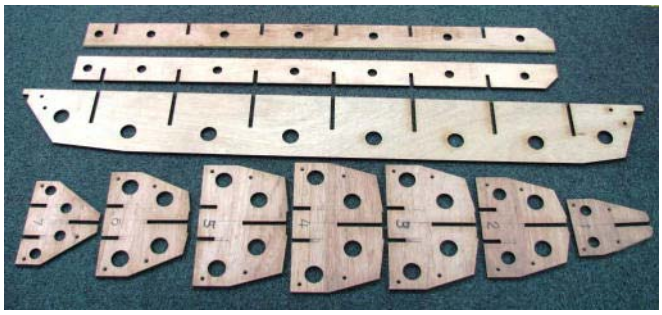

図17　型枠の部材

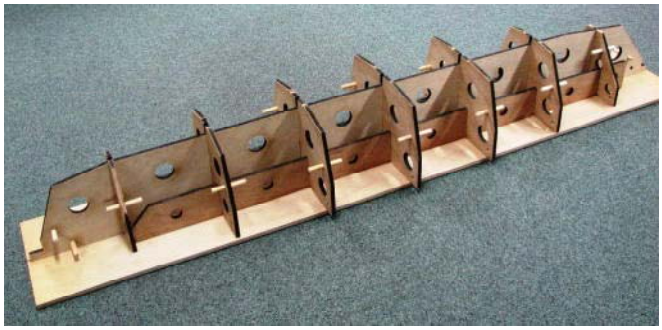

図18　組み立てた型枠

３．２．２　竜骨の成型

伝統木造船では，背骨ともいえる竜骨は３本の部材から成り，湾曲する前後２本は根曲がり材を削り出して，これらを縦に接ぐ工法がとられる。簡易工法では，図19に示すとおり，型枠に合わせて４枚の部材を積層接着することで一体化された竜骨の成型が可能となった。

図19　従来の竜骨部材(左)と成型による竜骨(右)

３．２．３　穿孔用治具

竜骨と底板の接合においては，図20に示すように穿孔用の治具を用いて，正確な角度や位置に予備穴やネジ頭を埋める穴を加工する方法をとった。

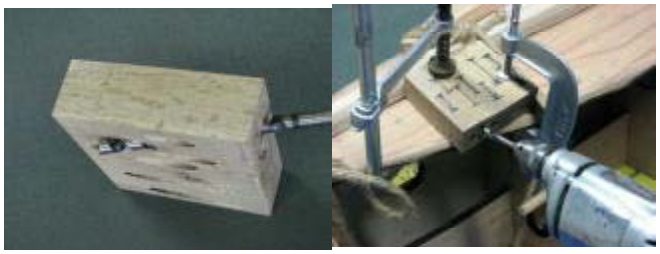

図20　底板を竜骨へ接合する穿孔用治具

３．２．４　船体組立

船体組立の様子を図21に示す。組立は，船体を伏せた状態で行う。その工程は，前もって所定の形に切り抜いた各部材（竜骨，底板，舷側板等）を型枠に合わせ，部材同士を順次接合し，船体組立の後，型枠を抜く方法をとった。

まず，型枠を利用し部材を４枚貼り合わせて竜骨を成型する。これに穿孔用治具を用いて底板を接合する。底板は，縁を内丸鉋で仕上げておき，外丸鉋で溝を彫った舷側板を接合する。船首と船尾の三角板を接合して組立た後，型枠をはずし，さらに，船体上部に貫(ぬき)板や縁(ふち)材等を取りつける。この方法で，非熟練者でも比較的簡易に船体を組み立てることができた。

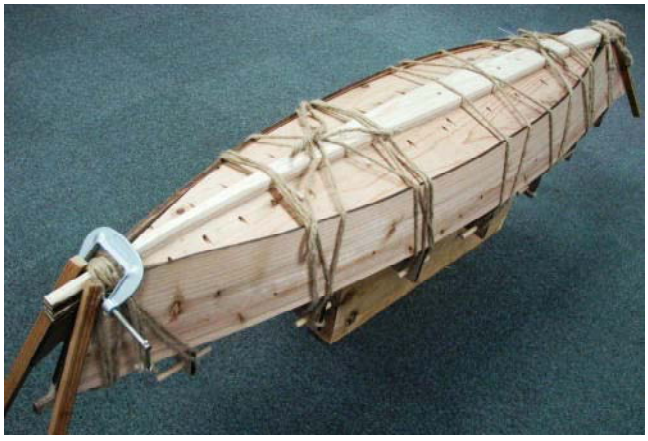

図21　船体組立の様子

４．　結　　言

本研究は，かごしま産学官交流研究会「奄美伝統木造船部会」と連携して行った。研究の過程で，意見の聞き取りなどを目的に奄美市と鹿児島市において図22に示すワークショップや発表会を開催した。開発したウッドカヌーの普及を図るため，親しみやすい呼称が必要と考え，奄美に夏の到来を告げる鳥アカショウビンの奄美方言から「クッカル」と命名した。また，リーフレットを作成し，関連団体等に配布した。

図22　ワークショップでの試乗会

また，簡易工法の開発として，１：２の模型において，熟練した技術を要しない簡易な方法を見いだすことができた。今後は，原寸大のウッドカヌーを試作する中で，更なる改良を行い，より正確で簡易な工法の開発を進めたい。また，風を受けて走る帆のキットや，水上での安定性を増す補助具のキットをオプションにするなどの拡張性を展開し，関連団体等と連携して商品化を図っていきたい。

謝　　辞

研究の推進に当たっては，奄美伝統木造船部会の代表である鹿児島大学農学部の服部芳明氏，メンバーの鹿児島大学教育学部寺床勝也氏，メンバーで船大工の坪山良一氏，また，評価方法の指導をいただいた鹿児島大学水産学部重廣律男氏とご協力いただいた諸先生方，そして，協力と支援をいただいた多くの方々に感謝の意を表します。

参　考　文　献

1)高山久明：長崎大学水産学部研究報告，78-80(2001)