

# 会 誌

---

第 47 号

平成 23 年度

全国工業高等学校造船教育研究会

# — 目 次 —

①	目 次	
②	巻 頭 言 .....	会 長 佐々木菊雄 … 1
③	今後の日本の造船・船用工業とモジュール化 .....	小瀬 邦治 … 2
④	インフュージョン法によるFRP船体建造の取り組み .....	櫻井 昭男 … 11
⑤	水素吸蔵合金使用の燃料電池式自動車の製作 .....	長崎県立長崎工業高等学校 … 27
⑥	平成23年度 高校生ものづくりコンテスト「溶接作業部門」中国大会 山口県工業関係高等学校溶接競技大会（第7回） .....	山口県立下関中央工業高等学校 … 33
⑦	FRP製クリアカヌーの製作 ～最先端工法への挑戦～ .....	高知県立須崎工業高等学校 … 35
⑧	ソーラーボートの製作～造船部悲願達成 学生優勝までの軌跡～ 高知県立須崎工業高等学校 .....	高知県立須崎工業高等学校 … 38
⑨	卒業生からの便り .....	42
⑩	学校一覧 .....	50
⑪	学校生徒数 .....	51
⑫	全国工業高等学校造船教育研究会の歩み .....	52
⑬	規約 .....	53
⑭	表彰規定 .....	54
⑮	平成23年度役員 .....	54
⑯	企業紹介 .....	55
⑰	編集後記	



## 巻 頭 言

全国工業高等学校造船教育研究会

会 長 佐々木 菊雄

(高知県立須崎工業高等学校長)

新しい年2012年を迎え、会員の皆様におかれましては、ますますご健勝のこととお慶び申し上げます。また日頃より造船教育の発展に並々ならぬご尽力をいただき感謝申し上げます。

昨年3月に発生しました東日本大震災におきましては、多くのかけがえのない人命が奪われ、家屋が流され、いまなお不便な避難所生活が続いています。加えて起こりました福島第一原発事故がさらに被害の増大に追い打ちをかけてしまいました。亡くなられました皆様に慎んで哀悼の意を表しますとともに、被災地の皆様に心からお見舞い申し上げ、一刻も早い復興を願っております。

さて、本研究会は昭和34年11月、全国17の造船科を持つ加盟校で発足し、翌昭和35年3月に第1回全国工業高等学校造船教育研究会が、神戸市立神戸工業高校で開催され、本年度で52年目を数える歴史と伝統ある研究会であります。この間、一時期は18の加盟校を超えるにいたっておりましたが、1973年と1978年の2度にわたるオイルショックにより造船不況が著しく、それともなって造船科を持つ加盟校が減少し、現在では下関中央工業高校と長崎工業高校の2校が機械系のコースとして造船分野を残し、造船科として存在するのは須崎工業高校のみとなっております。また、造船不況のみならず高学歴化と少子化が進む中、大学進学率が向上し普通科高校への進学志向がより一層高まり、就職を主とした工業高校は苦戦をしいられております。

しかしながら、近年日本経済の低迷もあり大学卒業生や普通科高校の卒業生の雇用の不安定さは増す一方であります。こういった時期であるからこそ確かな専門性を持った工業高校の卒業生が重視されるべきであるといえます。実際に少子高齢化、高学歴化が確実に進む流れの中、今後熟練技術者の不足が危惧されています。そういった中で実習などの実技を中心に、工業の基礎・基本を大切にした学習と、職業教育として、資格取得の推奨、職業観・勤労観育成のための職場見学やインターンシップ、デュアルシステム、職業講話、民間講師招へい事業、地域産業担い手育成事業などといったあらゆる機会を捉えたしっかりしたキャリア教育の実践によって育成した、技術・技能労働者を輩出する工業高校の果たす役割が、今後益々期待されてくることは確実であります。

この度の高等学校新学習指導要領の改訂においては、21世紀を「知識基盤社会」の時代と位置付け、「知・徳・体」のバランスのとれた「生きる力」を備えた生徒を育成することに力点が置かれています。今後さらに実践的工業教育を推進し、地域や社会に貢献する人材の育成に取り組むことが、我々に課せられた責務であると痛感いたします。

造船業界においては韓国や中国の台頭はあるものの、かつては世界を席卷した日本の造船業の技術力はいまだ衰えておりません。今後さらに燃費効率性の高い日本製船舶に再び注目が集まるなど、明るい兆しも見えてきております。再び日本の造船業界が息を吹き返し日本の基幹産業として世界をリードできるよう、本研究会におきましても尽力していく所存でありますので、どうか会員校の皆様方にはより一層のご協力を賜りたく存じます。

最後になりましたが、本研究会の活動にご理解ご協力をいただきます造船業界の方々をはじめ関係各位に心より感謝とお礼を申し上げまして、結びといたします。

## 今後の日本の造船・船用工業とモジュール化



広島大学名誉教授、常石造船(株)顧問  
小瀬 邦治

まえがき

筆者が大阪大学の学生時代から技術史や技術のマクロ的分析のご指導をいただいた大阪大学名誉教授石谷清幹先生が今年、93歳で永眠された。最初に謹んで、偉大な先生に追悼の意を示させていただきたい。

造船学科の学生であった私は、機械工学科の先生の単位は1単位もいただけていないにもかかわらず、私を技術史や技術論の弟子として色々な機会に薫陶して下さった。私が技術を全体的歴史的に考えて、その時々条件に応じて、研究開発や産業分析などの課題に取り組むことができたのは学生時代からの石谷先生のご薫陶のおかげである。石谷研究室のメンバーではないのに、研究室で編集された追悼論文集「水と炎の日々 第3集 -石谷清幹先生メモリアルシンポジウム論文集-」に、「システム技術の高度化とモジュール化」という論稿を載せていただいた。

本稿は半世紀にわたって世界をリードしてきた日本造船業が極めて厳しい状態に置かれていることを明確にして、存続させる途は、以前の巨大船建造技術ではなくて、船型や推進システム等のエネルギー効率や環境、安全で操船者にやさしい船舶の高度化であり、プラント部分の占める役割が大きく、ライフサイクルにおける船舶のコストを低減する技術であると申し上げたい。これを実現するには相応しい技術的方法があり、船舶の要素システムのモジュール化と階層化が課題と理解している。

このシステムとモジュール化という問題については追悼論文集「水と炎の日々 第3集 -石谷清幹先生メモリアルシンポジウム論文集-」に、「システム技術の高度化とモジュール化」の拙稿を参考にさせていただきたい。

### 1. 日本造船業の現状と課題

好況から一転して、現在、日本の造船業は大変に厳しい競争に晒されているが、新造船市場自体がひどく不況ということではない。新造船市場は、ヨーロッパの信用不安という新しい経済的な困難には遭遇しているが、先進国中心であった経済成長が次第に世界各地に広がり、BRICs諸国等が大きな役割を果たす時代になっており、世界中の適地で生産し、需要のある消費地までをグローバルに輸送が結ぶ経済であるから、国際海上輸送は活性を維持している。

第2次世界大戦後はエネルギー革命や先進諸国の経済成長により国際海上輸送需要は増加し、その後のオイルショック等による経済不振で相当に長期に低迷し、新造船市場も不況で、日本を主とした造船業は長い不況の時期を経験した。しかし、特に21世紀に至ると上述のような国際経済と輸送環境の大きな構造変化があったから、中国、アジア諸国や幅広い国や地域の経済成長が進展し、予想を超えた海上輸送需要が発生した。

この情勢の下で、日本の造船業は、幾つかの造船所は海外展開を推進し、また幾つかは意欲的な国内建造の拡大を推進したが、造船工業会全体としては過去に経験した過剰建造力による不況の再現を恐れ、あるいは新規投資の余裕がなかったのか、21世紀の新造船需要が実需であるにも

かかわらず、積極的な対応をしようとしなかった。日本造船工業会の新造船需要の予測値は講演会等での数字で見ると、船舶の20年使用としての更新需要は5%に相当に近い数字であったが、21世紀の海上輸送活動量の増加だけでも5%程度の成長があったことを考えると、10%に近い市場の成長があったはずで、それを十分に考慮しない対応であった。これに対して、韓国造船業は海外に自社のブロック工場を造り、フローティングドック上で海上クレーンを用いてメガブロックを接続する等の臨時的な方法で、拡大する新造船需要に対応しようと試みていた。また、それでも埋まらない新造船需要を満たすために、中国を主として各国で造船業の国策的な拡大が推進され、新造船市場における日本の地位は相当に小さくなっている。しかも、重なる円高の下で競争力の低下があり、最近では日本の造船業が受注できているのは僅かで、有力な欧米系の船主の殆どが韓国等に発注しているのが現実である。

このような条件下で、今後の造船業のあり方を考えることは確かに難しく、本稿の範囲で成し得る所ではない。しかし、この経験からも先ず、学ぶ必要があることは、現代の生産は過剰供給力が常にあり、市場で厳しい競争が展開され、競争力を持つものだけが製造を継続できるという過剰供給力経済の時代にあるという認識をきちんと持つことである。日本の造船業が建造力を制限していれば他国も倣うという時代ではなく、新造船を必要とする船主は日本の造船業が積極的に対応しないから、建造の可能性を示した造船所に競って発注し、特に積極的であった中国では、各地の大手造船所を中心に蓄積してきた技術的基盤があったとは言え、殆ど10年間で日本を凌駕する建造力を獲得した。

工業における物を造る能力は人間と道具、機械、工場施設という技術の組み合わせで構成され、技術のレベルの低い時代にあっては技術技能を持った人間の労働に多くを依存したから、造船能力の形成には大量の熟練工の養成に長い時間を要した。しかし、現在では溶接システム等の技術の性能が向上し、比較的短時間で船体の建造が可能になり、投資して工場設備を拡大し、比較的短期の技術者、技能者の養成をすれば建造力の拡大は容易なのである。このことは各国の造船能力の急速な拡大の示すところである。しかも、日本の造船施設はオイルショック以前の成長期に多くの基礎部分が形成されており、その後の機能向上の懸命な努力がなされたとは言え、最近に建造された海外の造船所は新鋭の優秀な施設設備を装備しているのである。

1970年代のエネルギー危機に至る時代、日本の造船業が世界一の地位を占め、新造船の半ばを占めた時代の特徴は効率の良い大型船型の開発と共に、巨大な船体や機関の製造技術であろう。

巨大化を実現した建造技術の本質は、一般の予想とは違い、おそらくは基本的には精度管理技術であろう。精度良く大型ブロックを造り、正確に接合することを通じて、巨大化した船体の受ける大きな荷重を上手く分散して受け止められるからである。この意味で現在の国際輸送を支える巨大化のための造船技術は競合関係にある日韓中で、程度に差はあれ、共に獲得されていると理解できる。

韓国の造船業は現代、三星、大宇などの圧倒的な規模を持つ企業が、高付加価値船やむしろ海上プラントとでも呼ぶべきLNG製造貯蔵プラントや海洋開発機器などで先駆しており、私などが昔、先進国の造船業の姿として描いた業容を実現しつつあり、韓国企業の最近の繁栄は、もちろん通貨問題が常に日本の造船業の開発余裕を奪ったという最も深刻な問題はあるが、アジア経済危機後、韓国では財閥系の大企業を含めて生き残りを深刻に考えて、市場をきちんと分析して対応し、極めて戦略的に経営しており、日本の企業は全般に今迄は競争力があつたから今後も生き残れると考えてしまい、転換が遅れたようである。日本の造船業は歴史的な経過もあり、個々の企業規模

は大きくなく、転換、集約化の必要が問われて久しい。この転換で最も必要であったのは、スケールメリットのある開発、設計、調達部門の集約化であり、建造部門の集約化で得られる効率化はそれ程には大きくない。しかし、造船経営の場合、建造部門中心の考え方が今も根強く残り、つまり、巨大化時代の建造部門主導の考えが日本の造船業の経営方向を決めているように感じられる。

データも指標も明確でないから厳密な評価ではないが、最近のニュース記事によると、日本建造船の燃費効率率は韓国建造船と較べて相当に高いといわれ、中国建造船の場合には品質も含めて相当に問題が多く、中古船の評価がかなり低いとも言われている。小型船の場合、中国の建造技術には相当に問題があり、ブロック建造法すら採用していないから、船はトラブルが多く、中古船が売れないという情報もある。また、今日の造船に求められる環境性についても、日本船の評価は高い。しかし、現実の円高で日本の新造船価は中韓と較べて相当に高いように聞き、以後に指摘するように今後の建造を難しくするのはと心配される。

そのような背景の下で、日本の造船所の受注は日本系の船主に限られ、しかも中韓に大きく溝を開けられているようである。円高の下で新規受注が難しいから、数年前に受注した手持工事が次第に減じつつあり、近い将来、日本造船業の将来が問われる事態が予想され、競争力を再強化する政策が基本から問われることになる。

## 2. 今後の造船技術の開発体制の方向

日本の造船業の強さの根拠として、日本には海運、造船、船用工業という海事分野のクラスターがあると説明される。リーマンショックの後でも、日本の造船業には殆どキャンセルが無かったのはこの海事クラスターの故であると言われる。確かに、この海事クラスターは日本の競争力形成の有力な根拠ではあるが、価格面でもある程度の競争力を回復しない限り、日本系の船主も厳しい国際競争に晒されているから、新造船を国際調達せざるを得なくなるだろう。

こうした問題が語られる時に、最近ではライフサイクルコストと環境対応で競争するという方針が聞かれる。日本の船型開発技術、効率の良いプロペラ、色々な抵抗軽減や推進効率向上のための補助装置等で実現した日本船の燃費効率は競争力の源と考えられる。元から言えば廃棄物で、陸上では燃やせないから海上で燃料として用いた粗悪な船用燃料ですら高騰も久しく、今後も続くと言われている。また、今迄の石油を主体としていたエネルギー源が、新しい採掘方法の開発により主力がLNGに移行する可能性も指摘されている。船舶に普及するには、港湾における燃料補給や船内貯蔵の問題もあるからLNG輸送船や小型近距離船などから次第にガス化が進展するであろう。また、小型船の世界では、一旦、エネルギーを電気量に変換して元に戻すロスを伴うが故に、操船性は良いが燃費効率が悪いとされていた電気推進船が、中谷造船株が先駆的に建造した内航タンカー「千祥」以後、国交省の事業による奨励もあり、低抵抗船型の開発や効率的な馬力管理などにより相当な省エネを達成できることも確認されつつある。日本の造船業の継続にはこうした技術開発が引き続き要求される。

日本全体で如何に効率的に開発を推進するかも重要で、海事分野の研究開発の集約化が本格的に問われることになる。残念ながら、日本の海事関係の開発体制は弱体化しているが、永年の蓄積の成果があり、韓国等と較べても、研究者は今ならまだ能力を残していると言える。この強化には大学、造船所、官の機関等の開発資源の結集と相互連携が重要になる。しかし、現実には最近の大学等は海事の予算からは糧道を絶たれたに近い状態に置かれ、力を持ちながら海事関係

の開発予算の増加も必要だが、開発効率をあげるには、夫々に特徴のある産官学の研究機関がある程度の力量を保持しあえるように夫々に適切に配分される必要があるが、産学への配慮は極めて少ない。

この事態を予測して、筆者も大学時代に企業との包括研究協力協定を結び、大学がシーズだけではなく、産業の直面する問題の解決にも直接に役立つような研究体制の改革に努めた経験がある。その例として、広島大学と常石造船の連携は効果を上げているようである。科学技術の役割が飛躍的に拡大したといわれる「科学技術革命」の時代は科学技術研究自体が直接の生産力として産業競争に寄与できる時代なのであり、大学は理論というシーズを提供し、企業はそれを応用するという従来の関係のみではなくて、大学が応用までを手掛けることもでき、企業が基礎研究を推進することも奨励される時代である。しかし本格的に基本的な海事技術の開発体制を再構築するためには産官学の意思がきちんと集約される形で開発政策を創る場も必要になるし、海事研究の国家予算を海事担当の官庁が恣意的に使うべきものでもない。流行の言葉でいえば、本当の専門家も含めた事業仕分が必要になる。また、実用技術の開発では直接に船舶の開発に当る造船業の経営陣が開発部門の集約化も含めて本気の開発力強化を図ることがもちろん最優先であろう。

開発に際しては、船舶技術の評価のポイントの変化にも留意する必要がある。環境性とか、省エネ性とか、エネルギーの効率的な管理などが強く問われ、また、船員の技量が低下する等の事情は、船の後部の機関室に格納されている諸機能の改善が強く求められるが、標準船化等を長期に推進した日本の造船業のこの分野の開発力、設計力の低下は著しい。以前、日本の船用工業は強力な造船設計陣の指導の下で世界をリードするレベルに達したが、今後は日本の造船業のローカル化も考えて、世界の船用市場から直接に開発ニーズを取り込み、製品の企画や開発を自ら進めることが求められ、日本の造船業の求めるところに従えば良い時代ではなくなりつつある。このような事情は造船関係だけではなくて、日本の産業全般に言えることであり、一足先に発展した国では、自分が発展した時点と現在では産業と技術の条件が相当に変化しているからで、日本の産業全体が戒めとする必要がある。

しかし、日本の造船業と船用工業はまだ大きな開発力を有しているから、両者の本格的な協力関係の構築は日本の海事クラスターの力量を活かすに有効である。大切なことは、造船業の一方的なリードによってではなく、本当の意味で対等な互恵の開発体制を形成することが重要になる。常石造船では機関室の要素システムのモジュール化を含めて、この部分の徹底的な改革を進めつつあるが、相当数の船用工業各社の参加をいただいて、成果を共有する形で開発を推進しつつあり、まだ、雛形的段階ではあるが、今日の日本の現実に適した方法と言えよう。欧州では造船業自体は衰退したが、船用工業は多くの分野で健闘しており、中国等の新しい市場への積極的な参加を進めており、船用工業自体がグローバルなマーケットに直接に挑戦することが今後は大切になる。日本の造船業も船用工業も互いにウィンウィンの関係になるような、現在の条件に合わせた競争力政策が必要と理解される。

### 3. 船用システムのモジュール構造化の推進

造船業ではこれ程までに集積度の高い産業でありながら、部品を沢山、集積するというコンセプトに留まり、部品の組み合わせが船を構成する要素機能システムとなり、その組み合わせで完成された船になるという理解が少なかった。永くモジュールとか、ユニットという言葉が基本的には機関部の先行艤装に関連したコンセプトとして考えられ、ブロック建造の方法の一部として

考えられてきたところに理由の一端があるように思われる。

筆者の知るところではモジュール化という概念がシステム産業に明確に登場したのはIBM System 360と言う稀代のコンピュータの名機の基本コンセプトであった。ソフトとハードの分離と言う前史はあったが、それまでの計算機はユーザーの要求に応じて特注品として組み立てられていたが、このIBM System 360は共通インターフェイスにモジュール化した演算装置、主記憶、補助記憶、入出力装置等を組み込むことにより、ユーザーの必要に応じた計算機を構成するというコンセプトを採用し、その後の計算機の発展はこのモジュールコンセプトを基本として、設計から製造まで行われ、むしろ計算機産業自体がこのモジュールコンセプトにより構成されたと言えることができる。この名機の生れたのは1945年頃であり、若い学生時代にあった筆者はこのモジュールマシンにシステム製造の基本として強い感銘を受け、以後、システム技術者としての基本視点の一つと理解してきた。

船は大変に沢山の機器、部品から成り立つが、機能単位にモジュール化すると、限られた数のモジュールの結合体となる。そのモジュールにいくつかの種類と容量のものを準備しておく、船主の必要とする仕様をこのモジュールの選択で実現できるから、設計者の数の少ない日本の造船業がきめ細かく船主要求を採り入れるというサービスを可能にする。

このモジュールは建造中の機関室内ではなくて、モジュール工場で、必要に応じては自動加工機械を駆使して製造し、事前の試運転の後に搭載すれば、据付と接続だけで機関室の建造が可能になり、建造工程の短縮のみならず、信頼性の向上が実現できる。限られた産業規模で、しかも造船技術者の数の極めて少ない日本で、世界に通用する性能と価格の造船と船用工業を維持するには、船舶用のモジュール産業の創設が現実的に有力な方法に見える。ヨーロッパでは造船業の衰退が進んでいるが、船用工業は今も健闘しており、この背景にはモジュール化の推進がある。ヨーロッパでは造船所からシステム系統図が提供され、プラントメーカーがサブシステム毎にモジュール化するという産業分担が以前から進んでいたが、最近では身近な造船業が衰退したために、よりグローバルなマーケットに進出するために自らがモジュールを設計するようになりつつある。さらに色々なモジュールを組み合わせてもっと広い範囲の機能を担うシステムの開発にも進んでいる。例えば機関から軸系、推進器までを包括し、それを取り付ければ船舶の推進システムは適正化できるような一種のソリューションシステムを提供し始めている。韓国でも最近、モジュールメーカーが出来て、機関室の建造方法が変わりつつあると聞いており、中国でもヨーロッパのモジュールメーカーの活躍が目立ち始めている。

著者等は、20年ぐらい前に中国地区の造船業・船用工業の共同事業として内航船のモジュール型の機関室の試設計を行い、最終的には1996年に499GTの内航近代化貨物船「翔陽丸」建造をシップアンドオーシャン財団の事業として中谷造船(株)で行った経験がある。本邦で最初のモジュール化船で、モジュールという形で機関室の機能を分けて考えると、各部の問題点も良く判り、冷却海水系統の電力の無駄を省くなど、モジュールの改善にも着手した。この船は1997年度のシップオブザイヤーの準賞をいただいたが、その後、内航船の不振が次第に進み、機関室の設計や建造にモジュールコンセプトを意識的系統的に採り入れる試みは小型船の分野でも殆んど進展していない。

しかし、モジュールコンセプトで効果を挙げている例はある。タンカーの原油荷役システムを製造しているシンコー(株)はポンプだけではなくて、タービン等の駆動機や制御装置等を組み合わせた一連の原油荷役システムと考え、工場内で組上げ、試運転した後に提供し、信頼度の高さで

高い市場占有率を獲得しているが、この考え方がモジュール化で、製品の信頼性に結びつけ、市場競争を有利に展開するというビジネスモデルの成功事例である。

日本で最も造船業の国際化を進めた常石造船(株)で、船用工業の協力も得ながらモジュール化の考え方を推進していただいていることを紹介したが、国際化は今後の日本の造船業が競争力を維持するために必要な方針の一つで、国際化に際して、大きな船体は何処でも建造できるようになったから、比較優位性は、高度に効率化、高信頼化した機関室を提供することで保つ必要があり、常石造船の建造船がモジュール化を通じて高効率と高品質、そして競争力のある船価の故に製品の評価いただけるようになればベストと期待している。

モジュール化は設計、建造、操作と保全、さらには開発も相当に大きな利点がある。少し、それについて検討しよう。

#### ① 設計方法の改善

船は最近では造船所毎に標準、あるいは推奨船型を持ち、連続建造する形でコストの低減や建造の効率化を実現しようとしているが、船程度の規模になると、航路とか荷役や積荷の条件で仕様を変更したいという要請は当然のことであるが、設計陣が弱体化した日本ではなかなか受け入れられないのが現実である。こうした仕様変更に対応する際、機関室システムがモジュール化されていると、仕様変更の際に検討が必要な機能部分の数は限られるから、関係するモジュールの種類とレベルを選択することでかなり対応可能で、船主要求への対応は大分容易になる。

つまり、モジュールの容量に幾つかのレベルが想定されていれば、船舶の大抵の仕様変更はモジュールの容量レベルの選択の問題になり、特殊仕様は多少の装置やモジュールの追加として処理可能と期待される。モジュールのコンセプトを効果的に使うと、予めモジュール内に主要な機器等は配置済みで、電源と情報の系統を適切に計画して標準化しておけば、殆どはモジュールの据付とそれ間の配管の変更のみで対応できる。

モジュールは量産され、そのままの形で多数の船舶に適用されるから、操作やメンテナンスも考えて、設計時に徹底して合理的な配置設計が可能になる。モジュール化に際して部品毎の信頼性や故障時の影響などをきちんと考慮しておけば、信頼性も高いものになるし、立体配置の形で省スペース化し、保守検査時の組み込みや取り外しの都合も予め、徹底して配置などを検討しておけば完成度の高いものになる。また、容量レベルが違う場合も、制御部とか操作部は殆ど同じままで、ポンプや駆動機の容量の違いが殆どであろうから、製作側にも操作側にも取り扱いの容易なものになろう。

機関室には色々な機器が密に実装されているが、詳しく見ると、床上は実度が高いが、天井下の高い空間の利用率は低い。機器配置を立体化し、実装密度が上がれば、機関室のサイズダウンが実現でき、貨物槽の拡張に使える。それには部品は立体的に組み込みやすいものに改善される可能性があり、日本の殆どの舶用品、例えばポンプなどは床上据え付けを想定しているから、立体的に組み込みが容易なように、部品の見直しをする必要があり、現実には、モジュール化を推進している欧州では、日本とは違い、床上設置型ではなくて、縦方向に積層し易い機器等が多数製作されている。

また、モジュール化されると、それ毎に情報が整理され、内で活用される情報と外部と接続する情報が仕分けされ、モジュール毎に情報の仕分けが出来る。モジュール化は情報システムのLAN化を推進するベースになると期待される。LAN化が幅広く導入されると制御と管理に必要な情報の伝達が容易になり、中央制御室の機能の分散、モジュール単位に分散した制御や管理が実

現できる。電源の供給ラインも発電部から消費部へ出来るだけ直結し、適切な場所に制御機能を配置する形にできるから、動力線の敷設が簡略化できる。このようにしてモジュールは機関室の設計思想を大きく変えることになると期待される。

## ② 建造方法の改革

モジュール化により、船舶建造の方法も大きく変化する。モジュールは工場内で予め製造され、試験や検査を行った後に機関室内に搭載、据付、そして接続されるから、ブロック工場内での艤装工程は相当に簡略化されるし、現場でのモジュールの試験や検査も相当に省略可能になろう。機関室の建造にかかる期間の短縮、建造工程全体の短縮も可能になろう。このためには何層かの床上に設置されている機関室の機器をラックマウントされた姿のモジュールを積層するような機関室の構造の変更が必要になる。

モジュールの外形をシーコンテナのサイズに合わせておけば、陸海の運搬も容易になるから、複数の造船所に対してモジュール専門工場で製造して供給するという考えも成り立つ。多数のモジュールを建造する専門工場だと相当程度は自動・機械加工することも可能となる。各造船所で機関室を建造する場合にも、主要な機器、部品等はモジュールとして組み込まれているから、造船工場内に沢山の部品を保管して管理する手間もなくなる。このモジュールが多くの船舶に搭載され、夫々毎にトラブルがフィードバックされると、使用する部品や加工方法の改善に資する。今までは信頼度が足りない所にバックアップシステムやシステムの多重化で補うから、船用システムはバルブやフランジ接続の塊になり、その部分が漏れの原因になる悪循環を軽減出来る可能性がある。基本形を標準モジュールにして、耐久試験や実績のフィードバックを行なうこともできる。

技術のレベルが低い海外の造船所では小型船の建造自体は可能になりつつあるが、機関室の建造が難しいとか、信頼性に問題がある場合が少なくないが、モジュールを購入して据付けるのであれば様子は相当に変わるだろう。日本の船用工業は近くにある造船業の指示で製品を提供してきたが、国際的に拡大する造船業への対応は、現場の技術が不十分な場合でも対応できるような方法が必要で、モジュールは日本の造船、船用工業の今後の重要な商品になる可能性が在り、全コストの内機関室の割合を考えると、大きなマーケットになりうるだろう。

## ③ 海運から見たモジュール化

機関室が標準モジュールの形となれば、一番に利益を得るのは海運であろう。従来の機関室は個々の船毎の試作品のようなところがあり、信頼性に問題が残ることもあり、造船所も補償航海中はケアし、その後は海運側が船上に運転維持要員を確保するという条件で成り立っているが、問題の多い考え方で、乗り物の中でメンテナンス要員の搭乗を前提に運航されるのは今や船のみで、その維持を担当する船員の質も問題とされ、このような機関員が運転と維持を行う場合、モジュール化されると、機器の構成配置は船毎に大同小異となるから、乗員が理解しやすくなる。今日、船員の配乗機関が短くなる傾向があり、モジュール化は船員対策としても、また部品等が共通化されると、維持管理が容易になる。

しかし、モジュール化の目標はもっと先にあるとも言える。モジュールはある程度は完結系になるから、陸上で試験することも可能で、故障することを前提にするのではなくて、一定の手当てをすればある期間は故障しないようなシステムが開発目標になる。また、昨今ではリモートの故障診断も可能で、主機については幅広く採用されつつあるが、造船所の担当している主機周辺のサブシステムがモジュール化されると、モジュールを含めた機関室全体の故障診断に発展させられる可能性がある。

#### 4. モジュール産業の展開を

モジュール化は船舶を造る産業にとっても、利用する海運業にとっても重要であることを指摘したが、海事に関係する産業の再組織化の方向も与えるとも理解できる。厳しい競争時代に備えて、日本の海事に関係する産業の再構築の方向の一つがモジュール産業の振興と考える。複雑で高度の集積度を持つ計算機産業が基本的にモジュールを造る産業の連合であることは良く知られており、より船に近い自動車産業でもモジュール産業の幅広い発展があり、完成車メーカーは機能的に完結度の高いモジュールを多用する方向が優位になりつつある。最初は部品の調達に難のあったヨーロッパの自動車産業がサプライパークで部品の集積をしたのが端緒であった自動車のモジュール化は次第に機能的に完成度、完結度の高い方向へ発展しつつある。

産業の競争力において技術の果たす役割が大きくなり、技術開発力が重視されるようになる。そこで、その分野に近い産業分野の集積、いわゆる産業クラスターが新しい技術の開発を加速するのに有効とされる。この意味では日本には造船業や船用工業の幅広い集積があり、成長期においては造船業の指導の下に多くの成果をあげてきたし、産官学の協力による基礎的技術の開発も幅広く推進され、現在も造船業と船用工業の海事クラスターは競争力の源泉である。

しかし、造船分野に取り込むべき技術が幅広く色々な産業分野で成長しており、この多くを先頭で開発しているのが日本の沢山の産業である。例えば、自動車と電気産業の開発しているリチウムイオン電池技術であり、今までエネルギーは貯められないという前提で設計されてきた船のエネルギーシステムに革命的な変化を与える可能性があり、今、求められている省エネ、環境性に多大の貢献が見込まれる。例えば、船の電力供給システムも平均的な電力使用量に対して最も発電効率の良いところで発電機を使い、実消費の増減はリチウムイオン電池で調整するようにすれば効率も一新できる可能性がある。計算機や通信技術も船舶の海陸一体管理や船内の情報管理の革新にもっと大幅に活用できよう。また、デジタル画像技術も幅広く操船、監視に利用でき、開発を手掛けながら建造に至らなかった高信頼度知能化船の建造の実用化に大変に有効である。もちろん、しかし、モジュール化の目標はもっと先にあるとも言える。モジュールはある程度は完結系になるから、陸上で試験することも可能で、故障することを前提にするのではなくて、一定の手当てをすればある期間は故障しないようなシステムが開発目標になる。また、昨今ではリモートの故障診断も可能で、主機については幅広く採用されつつあるが、造船所の担当している主機周辺のサブシステムがモジュール化されると、モジュールを含めた機関室全体の故障診断に発展させられる可能性がある。

造船に必要な技術を最も良く知っているのは海事クラスターであろうが、海事に取り込むべき基礎、要素技術を持つ、他の産業の積極的な参画を促すような産業クラスターの形成、発展が互恵の関係をベースにして必要になる。

日本が欧米を越して造船の主役になる際に、船舶に必要な舶用品の開発を主導したのは造船設計で、その当時の日本の産業の中で大きな力を有しており、このリーダーシップの下に船用工業の発展が在ったが、今後、海事以外の沢山の産業の持つ基礎技術を活用して、このような開発を効果的に進める工夫が必要になる。

このように、海事分野だけではなくて、他産業の参加もいただいた産業クラスターの開発目標としての海事のモジュールがあり、このための共同が必要になる。今日の日本の造船業は国際的には規模も小さく、単独では先進的で高機能なモジュールの開発は容易でないから、個々の造船

所の枠組みを越えたモジュール開発の体制の再構築が必要になる。個々の造船所の規模では、せいぜい年間に数隻、数十隻程度で、他産業が海事モジュールの開発に積極的に関与してくれることを期待するのも容易でないとも理解されよう。今の造船業は建造部門が主役の地位を占めているが、効率化の効果が限られているから集約化に熱意が少ないが、設計、調達にかかわるモジュール部門における集約化が日本の造船、船用産業の競争力再強化の起爆薬になることも期待され、多くの造船所が建造した船の中に共同開発したモジュールが共に組み込むことができれば、造船業の延命に役立つと言える。

現在、省エネ、環境性等、色々な船舶技術の課題が提案されており、このような時代の課題に応えるためには他産業の協力も得て、グローバルな造船市場に提案できるような新しいモジュールの開発が課題となろう。自動車産業の場合でも、今ではエアコンやカーナビの装備されていないものを想像することが困難であるが、必ずしも自動車メーカー自体が開発、製造しているわけではなく、提供するモジュールメーカーの成長があるのである。精度管理技術をベースに船舶の巨大化を中心に世界を制した造船の世界でも、船価の大部分を占める機関部を重視し、高度にシステム化することが最重要になりつつあり、この革新はモジュール化とその階層化というコンセプトを通じて効果的に発展するというのが本稿の主題である。海事分野におけるモジュール産業の創設を課題として、時代と共に変化する日本造船業の役割を考える必要がある。

終わりに

日本造船業の退潮が予想される中で、本稿は筆者にとっては学生時代以後の永い間の宿題を思い起こし、船舶という巨大なシステムの階層的モジュール化という今後の発展の方向を提案したものである。既述のように、システム技術のモジュール構造化というコンセプトは阪大の学生時代にIBM System 360に受けた、40年以上経っても忘れられない感銘であったが、システムが高度化する限り普遍的なコンセプトで、夫々の産業分野の性質と条件でタイミングや生じ方が違うものと理解している。このモジュール化で計算機産業は先駆し、自動車産業の分野でも今は大きな課題となっており、このコンセプトの徹底の程度が企業の評価に参考とされる時代になっている。筆者がモジュール化を企画した内航近代化船「翔陽丸」を企画、建造したのは1997年であったが、当時の造船の世界ではなかなか意義が理解されなかったが、日本の造船業、船用工業が岐路に立たされた現在こそ、本格的な普及が期待される時と理解し、日本の海事産業の再強化のための産業構造転換の契機となればと期待して稿を綴じさせていただく。

# インフュージョン法によるFRP船体建造の取り組み

独立行政法人 海上技術安全研究所 大阪支所

櫻井 昭男

## 1. はじめに

航空宇宙分野を始めとするFRP業界において、強化繊維等の基材とその成形法に関する新しい技術の開発が進んでいる。特に欧米諸国のFRPの技術開発はめざましく、環境対策等の影響を受けて様々な分野に応用され普及している。近年、我が国もようやくこの新しい技術に注目し始め、風力発電のブレード、航空機部材、土木・建築用構造部材、自動車及び鉄道部材等のFRP成形品に普及し始めている。

FRP船についても、新しい原材料の採用により、船舶の軽量化や高速化等に対する安全性、信頼性の向上が期待されているが、国内のFRP造船業界においては長らく需要の低迷が続いており、製造現場においても技術者不足等が深刻な問題となっている。これらの問題解決のためにも、コスト低減や作業効率の改善、さらには環境問題及び省エネルギー化等につながる新しい技術の開発が望まれている<sup>1,2)</sup>。また、ISOにおいてFRP製小型船の構造に関する国際標準が作成され、我が国においてもより合理的な構造基準や検査基準が求められるようになった<sup>3)</sup>。

そこで、(独)海上技術安全研究所においては、平成13年より、当時上市されつつあった編物強化材(Knitted FabricあるいはNon-Crimp Fabric、以下NCFと称す)を用いた新たなFRP船体材料と、それに適した建造方法であるインフュージョン成形法の確立を図るべく研究を進めてきた<sup>4)</sup>。本報告はこれまで取り組んできたインフュージョン法による船体建造の取り組みについて紹介する。また、FRP船体の廃棄処理の困難さを鑑み、基材であるガラス繊維を植物由来の竹繊維に置き換えた場合、並びに樹脂をリサイクル性の高い熱可塑性樹脂に置き換えた場合の船体成形についても述べる。

## 2. 編物強化材と成形法

### 2.1 編物強化材(NCF)

従来のFRP船の船体構造材は、主にガラスチョップドストランドマット(マット:M)とガラスロービングクロス(クロス:R)の繊維強化材が用いられている。船の建造は、ハンドレイアップ(以下、HLUと称す)法による成形法で、このマットとクロスを交互に対称になるよう積層して造られるのが一般的である。しかし、この構成では、さらなる船体の高強度、軽量化等を図ることは技術的にも難しくなってきたことから、強化形態等を見直し、新しく開発されたNCFを用いることにした。NCFは、ロービングを直線的に配置し、シート状にしたものを数層重ね、ポリエステル製の細い糸で厚さ方向に編み止めたものである。このことから、従来のロービングを平織りにしたクロスと比べ繊維含有率が高くなり、強度特性の向上、樹脂の低減及び軽量化を図ることが可能になる<sup>5)</sup>。NCFについては、専用の編み機で一度に6~7層程度編み込むことが可能であるが、厚くなることで柔軟性が失われ、船型のチェーン部や角度のある箇所沿ったNCFの配置が難しくなってくる。また、重量の増加によって作業性が悪くなるなどの問題等が発生するため、成形品に見合ったNCFの積層構成を考え選択する

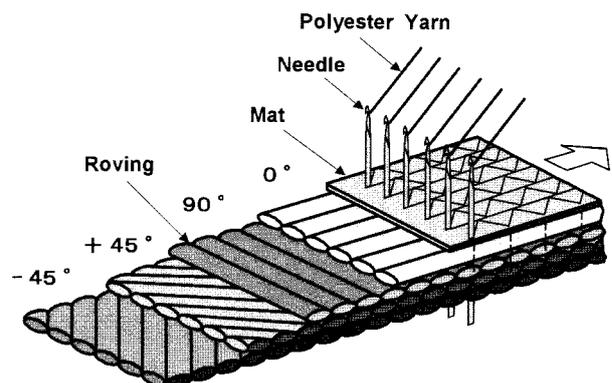


図-1 NCFの積層構成例

必要がある。NCFの積層構成例を図-1に示す。NCFについては、厚さ方向に編み止めることから、クロス層間にはマットを挟み込まない積層構成としており、FRP艇製作実験には、90° / 0° / マットを基本的な積層構成にしたNCFを使用した。

## 2.2 成形法

従来のFRP船の主な成形法であるHLU法については、作業に熟練を要し、作業効率及びスチレン等の揮散による人体への影響等が心配されており、早急な作業環境等の改善が求められている。これらは人員不足等の問題にもつながっていると考えられる。また、技術的にもHLU法で材料の繊維含有率を高め、強度特性等の向上を図ることは非常に難しい。このことから、編物強化材の効果を十分に引き出すために、真空法を利用したインフュージョン(Resin Infusion Molding Process、以下RIMPと称す)法とライトRTM(Light Resin Transfer Molding、以下LRTMと称す)法と呼ばれる方法について検討した。

### 2.2.1 RIMP法

現在、RIMP法に類似した多くの成形方法があり、分類が難しいが<sup>6)</sup>、RIMP法は、簡易な凹型もしくは凸型の一方の型を用い、クローズドモールドで、しかも樹脂を常圧で注入し、風力発電のブレードのように大型で高品質なFRP成形品を製作できること

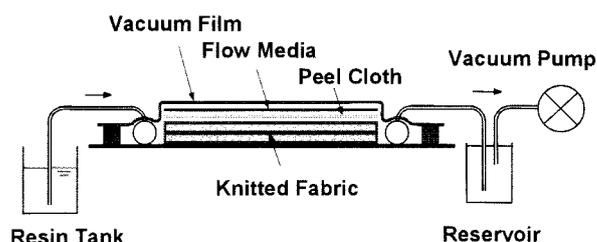


図-2 RIMP 法概略図

が特徴である<sup>7)</sup>。RIMP法の成形手順は、最初に成形型に強化材を配置し、30 μ m程度の薄く伸長性のあるナイロンフィルム等を用いて強化材全体を覆い、フィルムの端部をブチルゴム系のシールテープで型に貼り付ける。次に真空ポンプ等を用いて内部を真空状態にし、樹脂を注入し成形する方法である。RIMP法の概略を図-2に示す。しかし、真空状態で加圧されたガラス強化材は、繊維間の隙間が狭くなるため、樹脂の流動抵抗が高くなり流れは悪くなる。このためフローメディアと呼ばれるメッシュ状のシート等を用いて空隙を作り、樹脂の流動を促進する方法がとられている。但し、メディアのみを使用するとそのまま硬化時に樹脂に貼り付いてしまうので、強化材とメディアの間にピールクロスと呼ばれる剥離布を使用する。また、ピールクロスは成形品の仕上がり表面をよくする方法としても利用することができる。

### 2.2.2 LRTM法

LRTM法は、従来からあるRTM法と同様に凸型と凹型を使用するが、成形型は金型のような高価で高剛性なものでなくFRP製等の安価で簡易なものが利用できる。また、成形はクローズドモールドで、しかも従来のRTM法と違い樹脂は比較的低い圧力で成形機を用いて注入し、RIMP法より美観の優れた品質の良い成形品を製作できることが特徴である。LRTM法の概略を図-3に示す。成形手順は、凹型に強化材を設計通りに配置し、次に凸型を凹型に嵌め込み、真空ポンプ等を用いて型締めとともに型の内部を真空状態にした後、樹脂を型の周囲から低圧で注入し成形する方法である。RIMP法と異なる点は、樹脂を先に型の周囲に回し、中心部付近に設けた吸引箇所

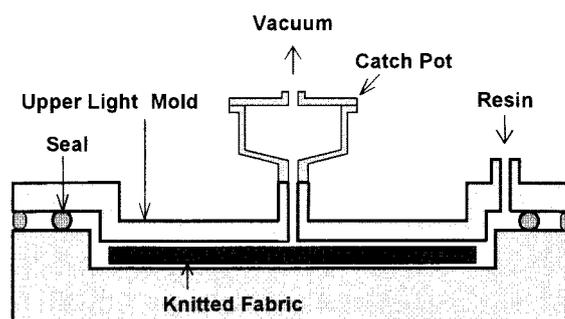


図-3 LRTM 法概略図

1箇所で行っている。このときの吸引時の真空圧は、RIMP法の $-100\text{kPa}$ に対し、 $-60\sim-70\text{kPa}$ 程度に下げている。これはメディアのような樹脂の含浸を促進するような媒体を用いないため、真空圧を少し下げ、繊維間の空隙を作って樹脂の流れを少しでも良くするためである。よって、繊維体積含有率 $V_f$ の値もRIMP法よりは低くなる。

### 3. FRP艇の試作

#### 3.1. 樹脂流動特性の把握

RIMPやLRTM法でFRP製品を製作する場合は、予め使用する強化材等に対する樹脂の流動特性等を把握しておく必要がある。種々の強化材を用いたRIMP法による樹脂の含浸特性を調べた結果を示す<sup>8,9)</sup>。実験に使用した基材及び積層構成は表-1、表-2のとおりである。RIMP法で使用する樹脂については、HLU法で用いる樹脂と違いRTM (Resin Transfer Molding) 法などで用いられる低粘度の不飽和ポリエステル(ポリライトPC-184C:ディーエイチマテリアル、4007A:日本ユピカ)及びビニルエステル(ネオポール8250:日本ユピカ)を使用した。一般にHLU用の樹脂は、粘度が $0.3\text{Pa}\cdot\text{s}$ 程度で、RIMP用及びLRTM用の樹脂の粘度は $0.1\text{Pa}\cdot\text{s}$ 程度である。図-4に示した樹脂の含浸時間と含浸距離の関係から次のことが明らかである。

- ① 水平状態での樹脂の含浸特性は、編物強化材にメディア、バルサコアあるいは塩ビコアを併用すると非常に速く含浸する。但し、コア材には予め樹脂の流れる溝等の加工が必要である。
- ② 通常の編物強化材等は、メディア等が無いと真空圧でフィルム及び繊維間の隙間が小さくなるため含浸速度が非常に遅くなる。特に従来から使用されているマットは2次バインダーで賦形されているため非常に含浸特性が悪くなる。
- ③ メディアを使用した場合、樹脂はメディア側の上層部から含浸し、下層部が遅れて追従し浸透していくが、距離が長くなると次第にその差が縮まってくる。
- ④ 成形板を垂直に立てた状態での含浸実験で

表-1 使用基材等

TYPE	ITEM	Roving 0/90 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	Mat ( $\text{g}/\text{m}^2$ )
NF1	WFC16045	800/800	450
NF2	WFC8045	400/400	450
NF3	WFC6030	400/200	300
NF4	WF80	400/400	—
RC	Rovicore	NM450+D3+NM450, (NM: Knit mat, D3: PPmat)	
B	Balsa	$t=10\text{mm}$ , Channel= $25\text{mm}$	
KC	Klegecell	Vinyl chloride Foam, $t=20\text{mm}$ , Channel= $35\text{mm}$	
M	Chopped mat	380 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	
R	Roving cloth	450 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	
FM1	Flow medium	Greenflow 75 : 0.89mm : Rhombic	
FM2	Flow medium	Resinflow 60 : 1.0mm : LDPE/HDPE blend	
P	Peel cloth	Polyester Release Fabric	

表-2 積層構成

TYPE-1	NF1×2+P+FM1	TYPE-9	RC×1
TYPE-2	NF1×2+P+FM2	TYPE-10	NF3×2+P
TYPE-3	(NF2+NF4)×2+P+FM1	TYPE-11	NF3×2+FM1
TYPE-4	(NF2+NF4)×2+P+FM2	TYPE-12	NF3+RC+NF3
TYPE-5	M×2	TYPE-13	NF3+B+NF3
TYPE-6	R×2	TYPE-14	NF3+KC+NF3
TYPE-7	(M+R)×2+M	TYPE-15	NF1×2+P+FM1
TYPE-8	NF3×2	(vertical test)	

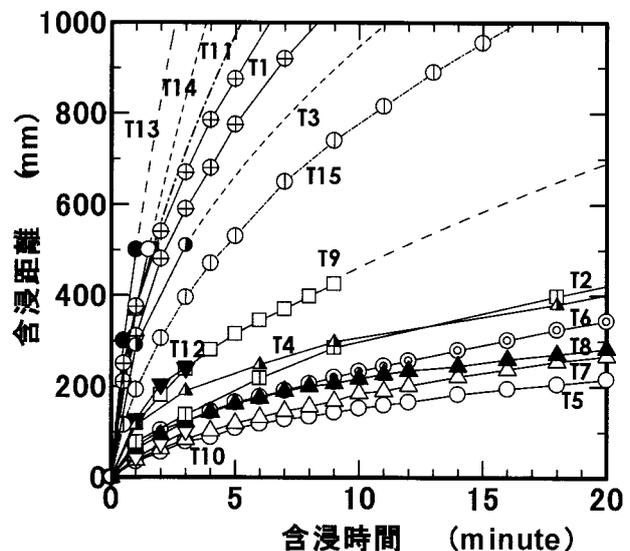


図-4 樹脂の含浸時間と含浸距離の関係

は、水平状態よりも少し含浸特性が悪くなった。重力の影響と考えられる。

⑤メディアでも網目が大きくなると含浸特性は悪くなる。ピールクロスも含浸特性はあまり良くないが、仕上がり面の美観が他のものより優れている。

### 3.2 継ぎ手方法

実際にFRP船を製作する場合は、基材を接ぎ合わせる箇所が生じてくる。大型になればその箇所は増える。接ぎ合わせるには様々な方法があるが、一般的には基材を重ね合わせるラップ継ぎ手にして成形する方法が用

いられている。この方法は、最もシンプルな方法であることから実際のFRP製造現場での作業に最も適している。NCFは数層を同時に編み止めたものであるため、従来のMR積層の場合のように各層ごとにラップさせる必要がなくなり作業行程を減らすことができるが、その分継ぎ手の面積が小さくなる。

図-5に示す次の3種類のラップ継ぎ手の方法について引張試験を行った。試験片の仕様を図-6に示す。FRP艇の試作に用いたNCF(WFC6030Z:新道繊維工業)1層の厚さは約1mmで、試験片の長さはチャック部から試験片中心までを幅bの6倍にして行った。ラップの長さは30~90mm(20mm間隔)とした。結果を図-7に示す。Type Aでの結果は、ラップ長さ50mm以上で破壊荷重の変化が小さくなる。Type Bになるとラップ長さが70mmで破壊荷重の変化が小さくなる。Type Cの方法では破壊荷重に大きな差はみられなかった。この結果より、ラップ箇所はできる限りType Cの方法で長さ50mm以上とした。

### 3.3 RIMP法によるFRP艇の製作

予備試験等の結果を参考にして、実際に編物強化材を使用した小型FRP艇の製作を行った。RIMP法及びLRTM法の成形実験に用いた型の寸法は、全長3.22m、最大幅1.53m、深さ0.47mである。RIMP法によるFRP艇は、船体の剛性アップと成形後に廃棄される副資材を減らす目的で、サンドイッチ構造を採用することにした。使用したコア材は、船体の曲率部分に比較的馴染み易く加工の容易な10mmの塩ビ発泡材とバルサ材を併用して使用した。両端はWFC6030のNCFを使用した。実験に使用した樹脂は、粘度を約0.1Pa・sに調整したビニルエステル(ネオポール8250:日本ユピカ)を用いた。

成形実験では、市販品のボートと同様に予めボートの型にゲルコート塗布した。樹脂の注入はボートの中央付近から行い、約13分で全体に充填できた。

図-8に小型FRP艇成形時の作業行程の様子を示す。実際のボートでの樹脂の含浸状態は、平板予備試験の場合より流動特性が少し悪くなった。型の形状と大きさ、樹脂の注入量及び吸引力等の影響と

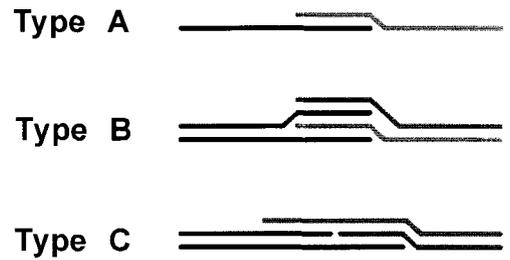


図-5 ラップ継ぎ手の方法

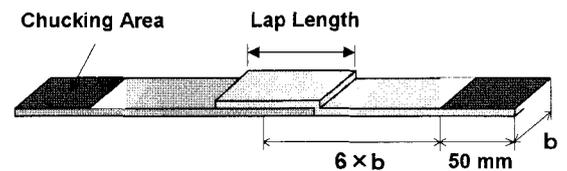


図-6 継ぎ手試験片

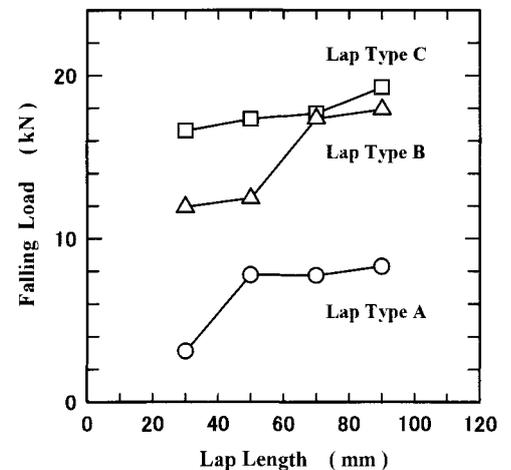


図-7 継ぎ手試験結果

考えられる。また樹脂の硬化時間も、予め想定した時間より少し長くなった。しかし、スチレン臭はほとんど感じることなく作業環境はかなり改善できることがわかった。ボートの仕上がり状態については、表面も均一でボイド等もほとんどなく品質の良い成形品であった。成形ボートの重量は、大人2名で十分持ち運べる約50kgの重さのものである。水槽に浮かべ、大人3名が載っても船体の撓みもほとんどなかった。

本ボートの製造工程に要する時間は、試行錯誤を繰り返しながら準備作業、ゲルコート塗布、強化材の配置から脱型まで2人で4～5日間を要したが、慣れると3日でできると考えている。しかし、この程度の小型のボートの製造工程に要する時間は、従来の方と大差がないことから、RIMP法の長所等は、大型のFRP船の方が明確に現れる。また、温度管理ができない実験作業場所では、気温の変化に対する樹脂等の特性を十分に把握して作業を行うことが必要である。

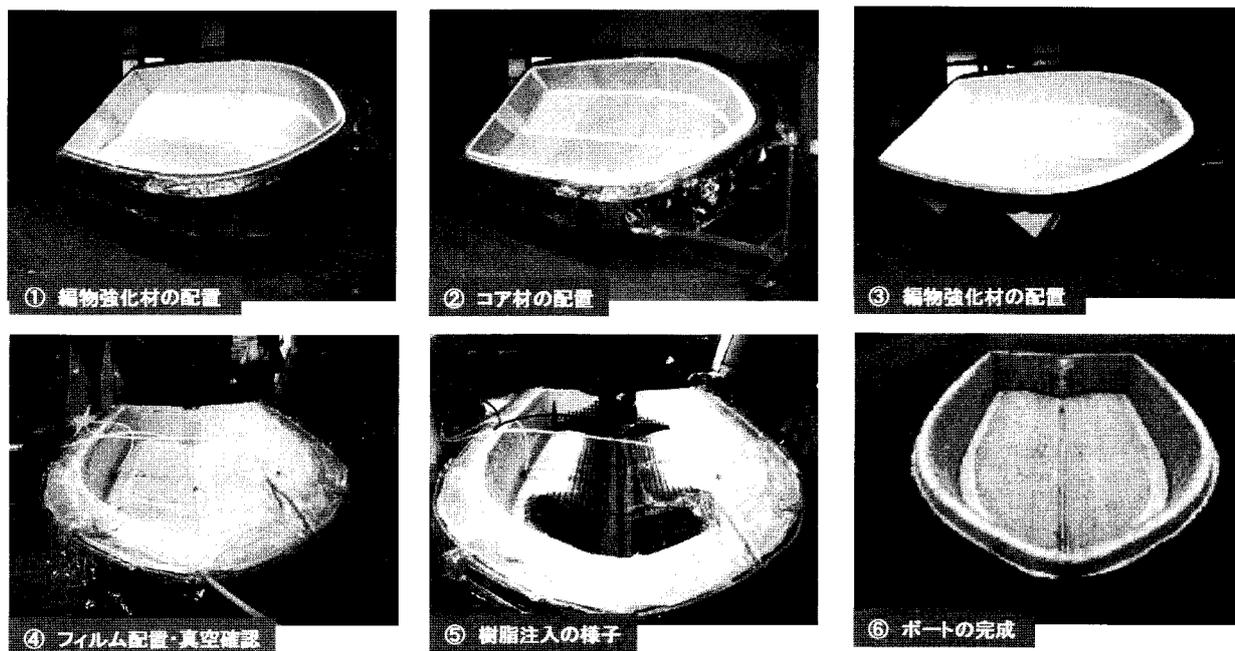


図-8 RIMP 法による成形手順

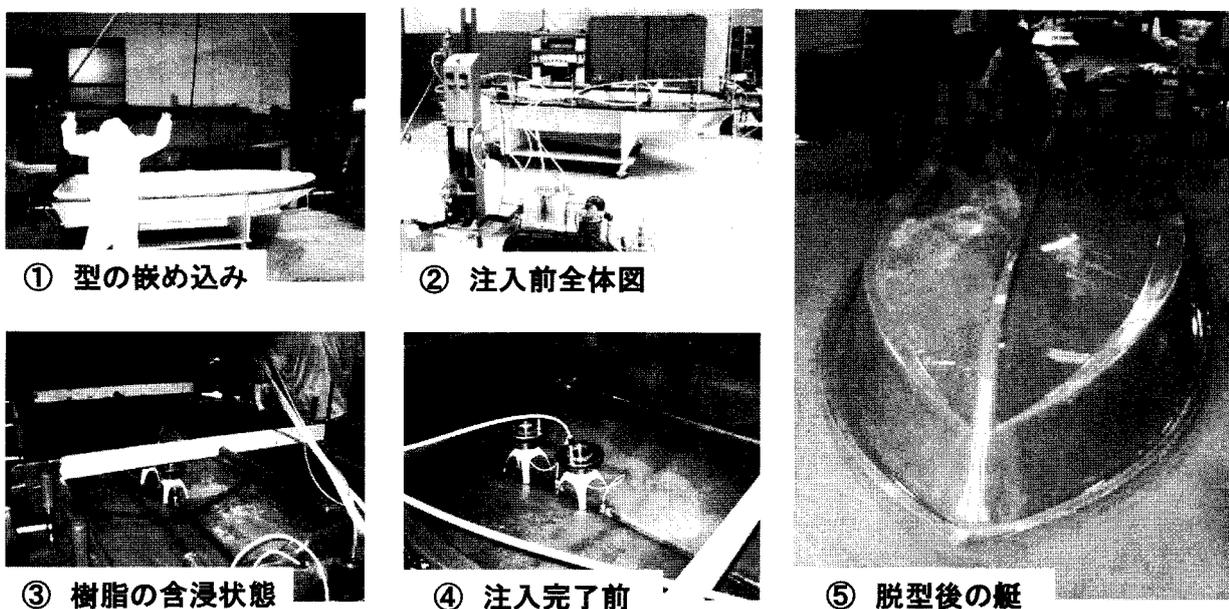


図-9 LRTM 法による成形手順

### 3.4 LRTM法によるFRP艇の製作

NCFを使用したLRTM法による小型のFRP艇の製作を行った。図-9にLRTM法による成形手順を示す。設計では、編物強化材はNCFを2層とし、トランサム、側板及びキールの一部にロビコア(樹脂の流れを良くしたマット状の強化材)を使用するようにした。樹脂は注入装置を使用して行った。注入圧は約2気圧に設定した。

樹脂のポート型内の含浸状態は、ロビコア等を使用した箇所に早く流れていき、船底部の吸引箇所付近の一部に未含浸部分が残ってしまった。その箇所以外は非常にスムーズに樹脂も含浸し、仕上がり後の成形品の表面状態や美観もよく、良好な結果を得ることができた。また、スチレン等の揮散も少なく、副資材等の廃棄物がほとんど出ないため環境にやさしく、作業効率も非常に良いことがわかった。

未含浸部分の改善対策として、吸引箇所の変更及び樹脂の流動を促進するためにメディア等を挿入する方法がある。また、未含浸部分についてはRIMP法による補修が可能である。LRTM成形の能力を考えた場合、メディアのような樹脂の流れを促進する媒体を利用しても樹脂の供給が途中で行えないので、製作できる製品の大きさには限度があることが分かる。

## 4. 実船型によるRIMP成形実験

### 4.1 製作艇のコンセプト

前節での小型艇製作の実績を踏まえ、ここでは、RIMP法による25フィート実船型を使用した成形実験を行った結果を示す。

一般に大型プレジャーボートの船主は、軽量化を犠牲にしても強度に余力のあるもの、実績のあるものを好む傾向にある。また、外板の平滑性の要求も厳しい。さらには、これらはインフュージョン成形法を採用する際にも満足しなければ、製品として出荷できない。このため、本研究の実施に当たり、積層構成や使用基材は従来のを基本とし、成形法の変化により従来基準を満たすことが困難となった事象に対しては、対応を取ることにした。

### 4.2 MR構成の予備実験

RIMP法のキーポイントは、樹脂の注入に際し未含浸部分を生じることなく、ゲル化が始まるまでに必要十分に樹脂が行き渡ることである。実艇では、定尺基材の重ね合わせ、ストリンガー等の設置により、樹脂の含浸速度の予測が困難なため、実艇の積層構成を模擬した予備実験を行った。

#### 4.2.1 船底模擬実験

船底の成形を模擬した予備実験は、平板型を用い、ガラスロービングクロス(570g/m<sup>2</sup>)、チョップドストランドマット(600g/m<sup>2</sup>)を、実艇に合わせてラップ部、ストリンガーを設けた構成(幅520mm、長さ1800mm)とした。最も厚い部分では19plyとなっている。樹脂には、粘度調整した不飽和ポリエステル樹脂を用いた(図-10)。

実験の結果、平板部分は最厚部でも十分に含浸したが、ストリンガー部ではコア材上下面での樹

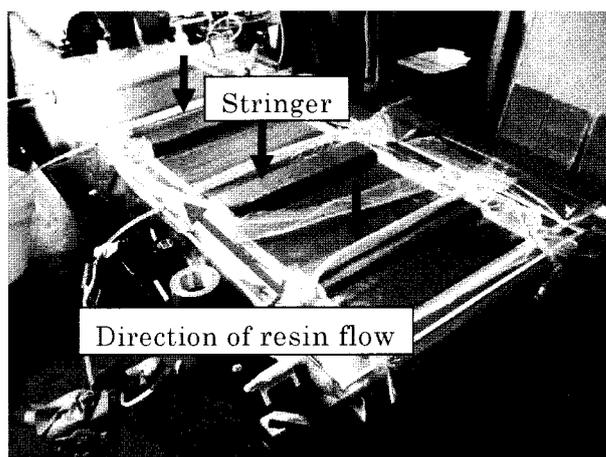


図-10 模擬船底の含浸試験

脂流動速度の違いにより、侵入エアもしくは揮発性ガスの溜まりが生じ、未含浸部分が残ることがあった。これについては、メディアの配置を調整して樹脂含浸速度をコントロールすることにより解決できた。

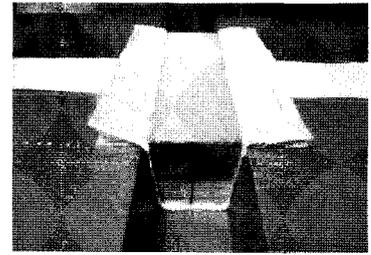


図-11 模擬キール

#### 4.2.2 キール部模擬実験

キールは船体の縦強度を保持する重要部材であり、確実な含浸が要求される(図-11)。しかしながら幅が狭い上に積層数が多いため、樹脂の流れを制御できず、実験においても、底部に未含浸部分が生じた。このため、当面はRIMP成形前に、あらかじめキール部をHLU成形することとした。

#### 4.2.3 船側部模擬実験

船側の立ち上がりを想定して、平板型を75°に保持し、下端から樹脂注入を行って、樹脂の含浸を確認した。(図-12)。

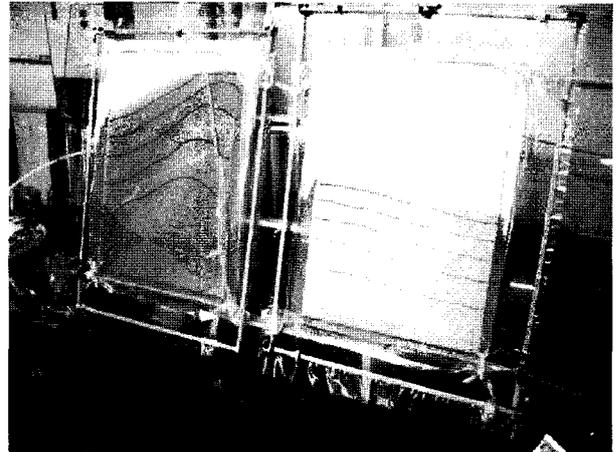


図-12 模擬船側の含浸試験

#### 4.2.4 樹脂の流動特性

予備試験の結果を整理し、基材構成と含浸速度との関係を示したものが図-13である。実際の成形に当たってはこの図を元に、ゲル化時間とのかねあひから、樹脂注入ラインの配置間隔を決定した。

船側部では、流動層の違いによる挙動の違いがあり、コアマットのみでも十分に含浸はするが、含浸速度はメディアを使用した場合の半分程度であることがわかる。また、船底部ではガラス基材の固定に使う接着剤の使用の有無による影響が若干認められる。

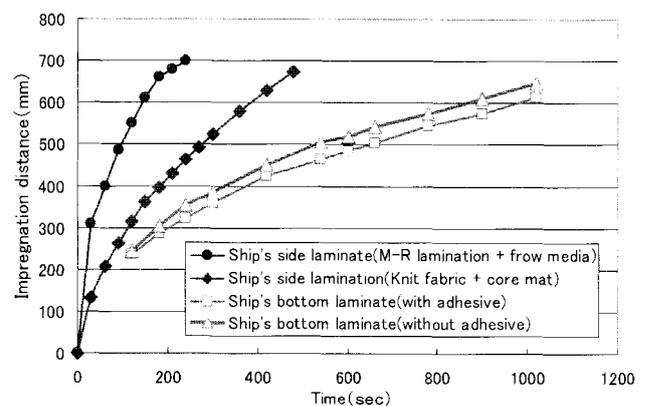


図-13 含浸速度

#### 4.3 モノハル型を用いた成形実験

実船型を用いた成形の第一弾として、全長9.5m、全幅4.2mのモノハルのメス型(図-14)を用いて成形実験を行った。

基材構成については、右舷側は原則としてMR構成とし、左舷側はNCFによる構成とした(図-15)。樹脂は作業環境温度に合わせて調製し、粘度1mPa・s以下とした。樹脂の注入は約40分で完了し、使用した樹脂量は240kg、硬化発熱温度は95℃に達した。脱型直後の状態を図-16に示す。外観には特段の問題はなく、製品として出荷できるレベルであった。また、

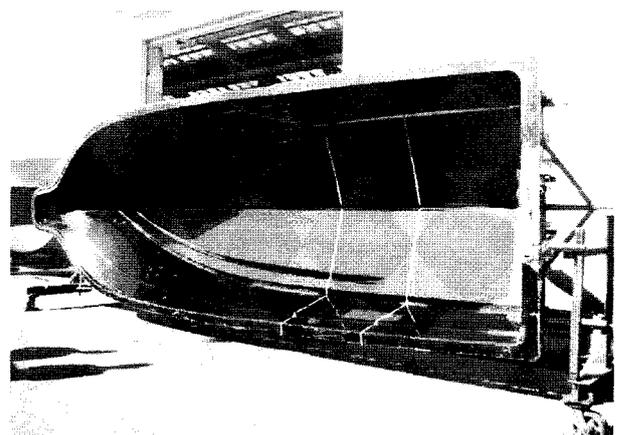


図-14 成形型

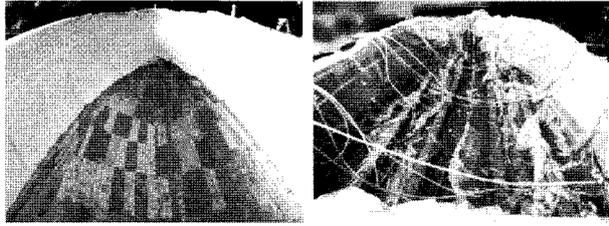


図-15 積層過程

ストリンガー等の凸形状のサンドイッチ積層箇所も未含浸部分は生じず、良好な仕上がりであった。キール等の凹形状箇所については樹脂の流れ制御が不明であったため、今回は事前のハンドレイアップ成形で回避した。

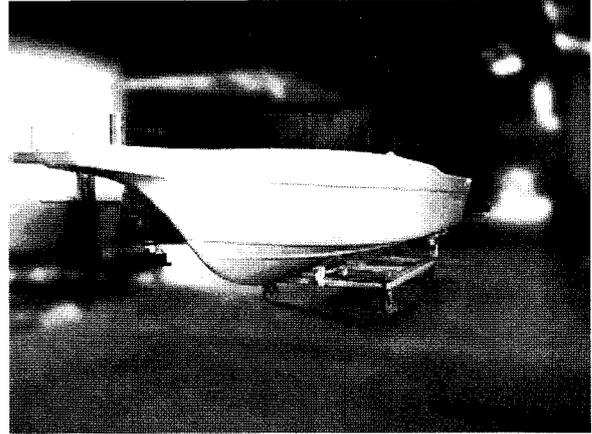


図-16 成形ハル

#### 4.4 カタマランハルの試作

RIMP成形によるFRP船の実用化に向けた最終的な評価を行うために、これまでのモノハル型と異なり複雑な船体形状を持つカタマラン型ボートハル(26 ftプレジャーボート:船長7.85m、船幅2.78m)の試作を行った。図-17にカタマラン型ボートの外観図を示す。

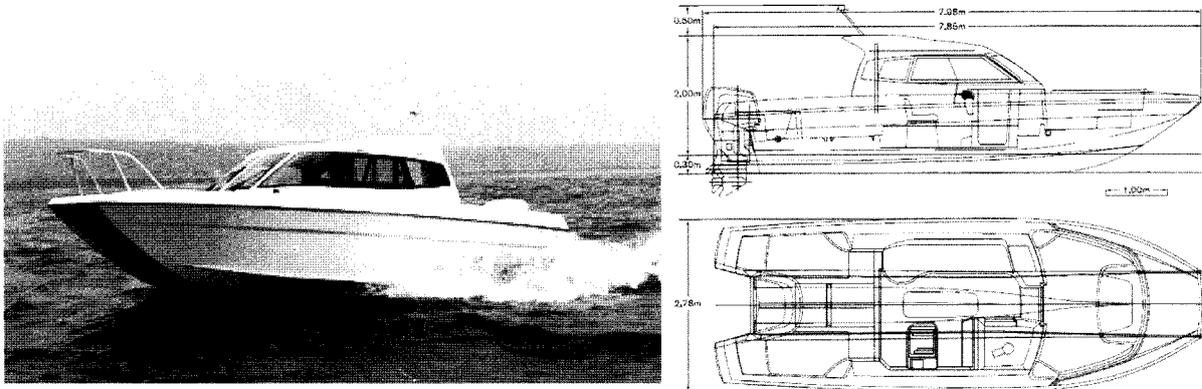


図-17 26ft カタマランボート

##### 4.4.1 積層構成

モノハルの試作結果から、RIMP成形船体の剛性を確保するための方法として、サンドイッチ構造の採用が船体重量やコストの面で最適であると考え、カタマランハルの船底部分に適用することにした。FRP船体をサンドイッチ構造にする場合は、FRP船特殊基準においてコア材に硬質プラスチック発泡材とバルサ材を推奨している<sup>10,11)</sup>。比較検討するために、これらを用いた各種のサンドイッチ材をRIMPで製作し曲げせん断試験を行ったところ、バルサ材の強度が最も高い値を示した。図-18に曲げせん断試験の結果を示す。

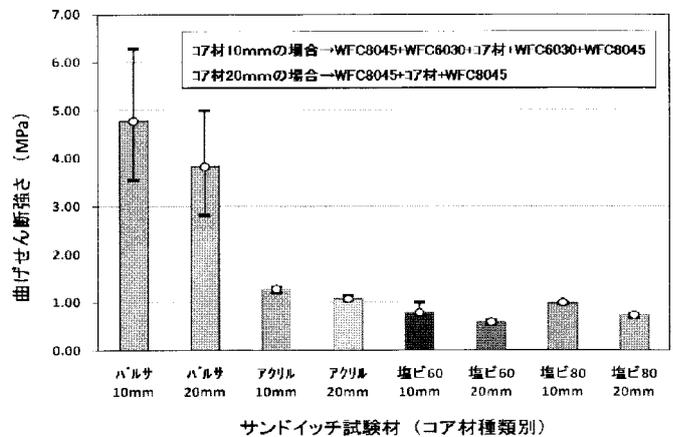


図-18 サンドイッチ芯材のせん断強度

サンドイッチ構造材の積層構成は、曲げ剛性から設計した。単位幅当りの曲げ剛性 $I_p$ は(1)式によって

求めた。

$$I_p = E_f \cdot T_f \cdot h^2 / 2 \quad (1)$$

但し、表板の板厚を  $T_f$ 、弾性率を  $E_f$ 、サンドイッチ材の表板中心線間距離を  $h$  とする。

サンドイッチ材の積層構成は、編物強化材を表層にし、コア材には、エンドグレインバルサ材 (10×100×600mm) を用いた。剛性の値は、1079 GPa・mm<sup>3</sup> となり、ハンドレイアップ成形の単板と同等以上にした。また、せん断強度を強くするために、予めバルサ材に樹脂を含浸させておいた。さらに、サンドイッチ構造にした場合のコア材下部への樹脂の流動を促進するため、φ5mmの貫通孔を50mm間隔で設けた。

その他の積層構成についてはモノハルの場合と同様に、MR構成とNCF構成を使い分けた。

#### 4.4.2 成形実験

RIMPによるカタマランハルの試作は、これまでどおり型に基材をセットし、順に離型布、メディア、樹脂を供給するためのチューブ類等を設置した後、フィルムを型に取り付け、内部を真空状態にしてから樹脂の注入を行った。成形の様子を図-19に示す。

樹脂は、粘度を1mPa・s、ゲル化時間を約1時間に調整した不飽和ポリエステルを用いた。樹脂の注入は、これまで行った含浸特性試験の結果より、センターに1本と、その両サイドに2本配置したチューブより行った。

樹脂は、想定時間内にハル全体に流すことができた。また、サンドイッチ構造の船底側についても特に問題なく樹脂を流すことができた。

脱型後の完成品を図-20に示す。完成したハルには、図-21に示すように樹脂リッチ、しわが見られる。樹脂リッチでは、割れ、樹脂の発熱による色の変化が見られた。樹脂については、スチレンの低減、樹脂リッチでの発熱温度の低下、収縮による割れ等がないように調整する必要がある。

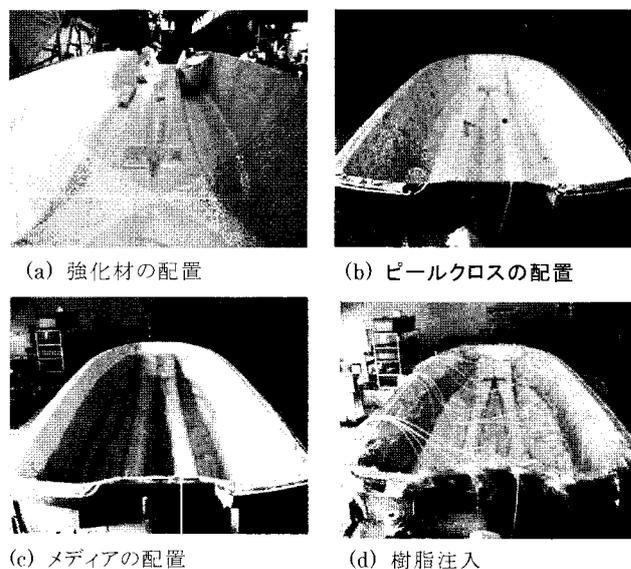


図-19 カタマランハルの成形作業

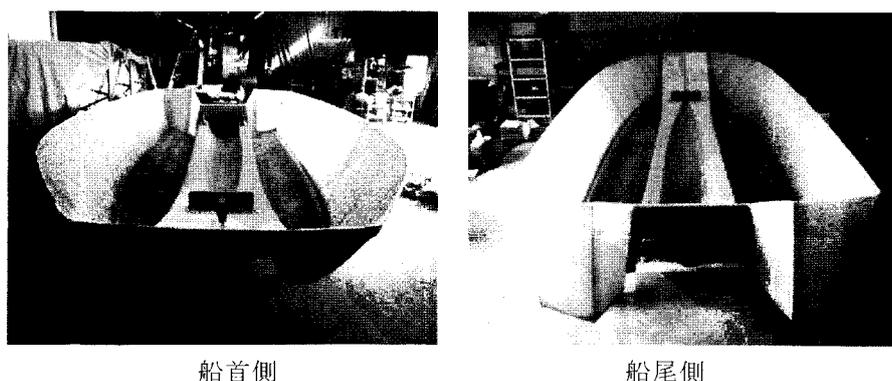


図-20 成形した 26ft カタマランボートハル

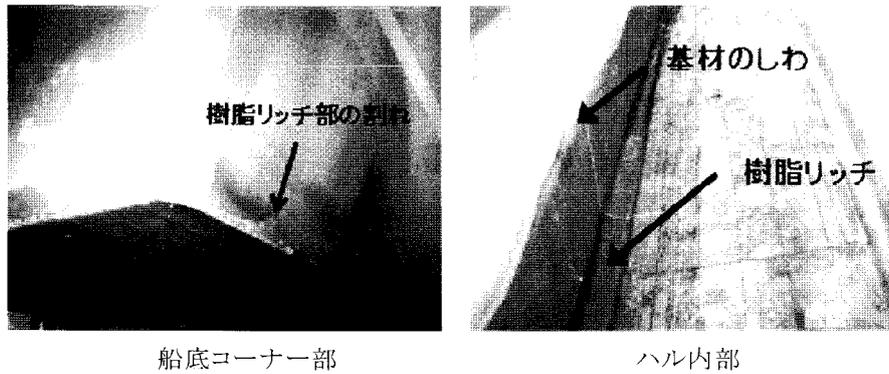


図-21 成形ボートハルの欠陥部位

#### 4.5 実船型によるRIMP成形実験のまとめ

RIMPによるFRP船ハルの建造実験結果より次のようなことが分かった。

- ①RIMPにより、従来のハンドレイアップと同等の仕上がりを有するボートハルを製作することができる。
- ②RIMPによる成形作業では、特に熟練された技能を必要としないが、樹脂リッチ、基材のズレ等の発生を避けるための経験、ノウハウは必要である。また、成形作業時のスチレン等の臭気はほとんどなく、作業環境面でも優れた工法であることが確認できた。
- ③樹脂の使用量については、ハンドレイアップと比較して、2割程度削減することができた。
- ④RIMP成形法では、ハンドレイアップに比べて成形品の板厚が薄くなるため、材料の剛性、積層構成等については十分な検討が要される。さらに大型の船にRIMPを適用するには、サンドイッチ構造等を採用して剛性を確保することが最適であると考えられる。
- ⑤RIMP成形法では副資材等の廃棄物が大量に発生する(図-22)。特に硬化後のメディア等は樹脂を含んでかさばるために、取り扱いが厄介である。今後は廃棄物となる副資材の使用をできる限り控える方法についても考えていかねばならない。

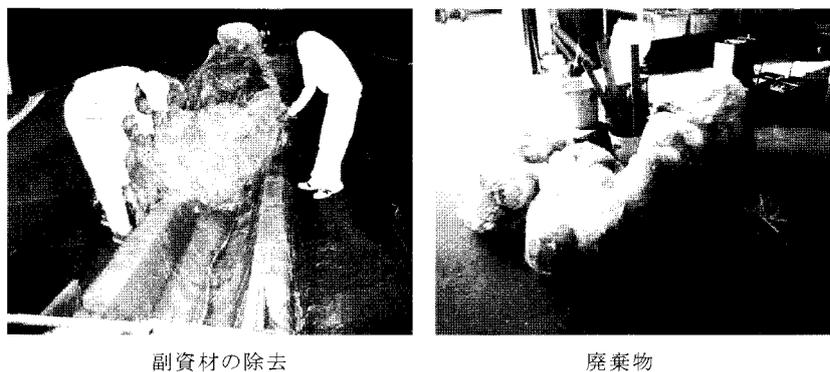


図-22 廃棄物

## 5 放置竹林の竹を用いたFRPボートの開発

### 5.1 竹繊維利用の意義

耐食性、比強度、経済性から、ガラス繊維を強化材とするFRPは小型ボートに広く用いられている。しかし、京都議定書(COP3)が定められて以来、環境問題への関心がいっそう高まり、GFRP製ボートの廃棄が問題となってきた。すなわち、樹脂が熱硬化性であるため、材料リサイクルは難しい。また、不燃のガラス繊維を含むため、焼却処分にも困難が伴う。このため、LCAおよびCO<sub>2</sub>排出の観点からも脱ガラス繊維が望まれる。

その中で、「天然のガラス繊維」と呼ばれる竹繊維は、ガラス繊維の代替繊維として期待されるようになってきた。竹は大気中からCO<sub>2</sub>を吸収して生長するため、焼却処分に当たってCO<sub>2</sub>の増加はない。一方、わが国では竹林が放置され、その拡大が問題となっている。貴重な資源も、その使い道が無いため、厄介者扱いされている。この竹から高品位、かつ安価に竹繊維を取り出して、FRP製ボートの強化材として最適な形にし、簡便で信頼性の高い成形ができれば、環境にやさしいボートが製造できるばかりでなく、放置竹林の継続的な管理も可能となる。これによりわが国の環境維持にも寄与できる。

本節では、竹繊維を利用したFRPボート(以下BFRPボートと称す。)の開発を行った結果を述べる。開発にあたっては、観光地や遊園地等ニーズに対するライフサイクルが比較的早いと思われる小型ボートを対象とした。

## 5.2 供試材

### 5.2.1 供試竹繊維強化材

図-23はアルカリ処理+手作業により得た竹の繊維(束)を示す。工夫すれば、竹の節から節まで40cmを超える長さの真っ直ぐなものまで採ることは可能である。しかしながら手作業では、①繊維生産性が極めて低い、②品質が一定しない。すなわち、最初に取り出される繊維束の太さが一定しない、などの問題がある。このため、アルカリ蒸解後、竹から柔細胞を除き、一定の太さの繊維束を高品位に取るため、マット状の強化材を製作した(図-24)。今回BFRPボートの製作のために準備した竹繊維強化材は、竹繊維100%のもの(以下BFと称す)、PP繊維を20%混入したもの(以下BF-PPと称す)の2種類である。竹繊維のみかけ比重は約1.1、繊維径は0.1mm以下で、引張強度は約300MPaである。

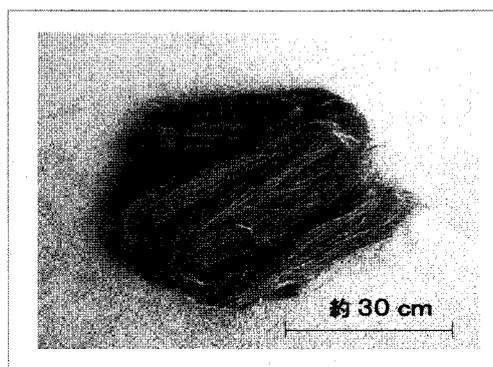


図-23 竹から取り出した繊維束

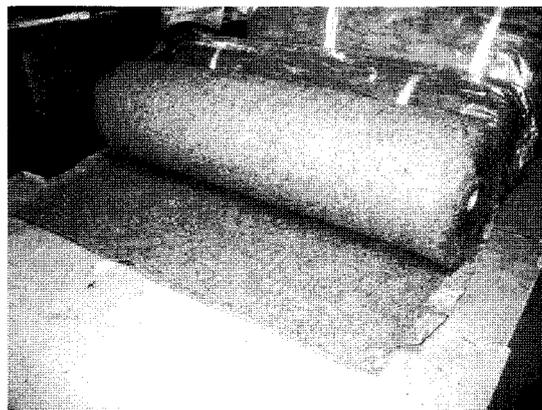


図-24 竹繊維強化材

### 5.2.2 樹脂

BFRPの樹脂には、ビニルエステル(ネオポール8250L:日本ユピカ)を採用した。竹繊維は通常表面処理剤の効果がないことから、強化材との接着力が不飽和ポリエステルに比べて優れているビニルエステルを使用した。また、ビニルエステルは強度特性についても優れているため、BFRPボートの製作に適していると判断した。

## 5.3 ボート用BFRPの検討

BFRPの製作については、GFRPボートと同等の性能を有する竹繊維強化プラスチック製ボートを目標とした。

表-3にBFRP平板の引張特性を示す。従来のGFRPボートと同じ厚さでは強度が劣ることがわかる。また、基材構成の検討のため、曲げ特性を調べた。評

表-3 BFRP平板の引張特性

	引張強さ (MPa)	破断ひずみ (%)	弾性率 (GPa)
BF	41.5	1.25	4.36
GF	117	—	8.48

※GFはMR×1、Wf30%、UP樹脂<sup>6)</sup>

価にあたってはBFRPの剛性を増すために塩ビ発泡材(クレゲッセル)を用いてサンドイッチ構成としたもの(以下、SWの記号で示す)、並びに脆性を改善するために竹繊維マットにPP繊維を20%混入したもの、計4種類の平板試験材を製作した。表-4に試験結果を示す。以上の試験結果をふまえて、BFRPボートはBFの単板構造と、BF・PPサンドイッチ構造の2種類を製作した。

表-4 BFRP平板の曲げ特性

	強さ (MPa)	剛性 (GPa)	比強度 (MPa)	比剛性 (GPa)	最大ひずみ (%)
BF	67.7	4.35	61.8	3.97	2.10
BF・PP	62.5	3.54	57.5	3.25	2.43
BF/SW	24.4	2.64	41.6	4.45	1.20
BF・PP/SW	24	2.19	43.1	3.95	1.46
GFRP	433.7	21.11	243.4	11.85	3.43

#### 5.4 小型ボートの製作

製作した小型ボートの大きさは、3.3項と同じ全長3.22m、最大幅1.53m、深さ0.47mである。

前述したように、BFRPボートは、従来のGFRPボートと同じ厚さでは強度が劣るため、積層構成を供試竹繊維マット(BF)3層とした。また、BF・PPサンドイッチ構成のBFRPボートは、BF・PPの2層で、コア材に10mm厚の塩ビ発泡材を用いる構成とした。

完成したBFRPボートを図-25に示す。表-5は製作したBFRPボートの重量内訳である。BF・PPサンドイッチボートはコア材等への樹脂の含浸が大きく、重量軽減の効果が現れなかった。

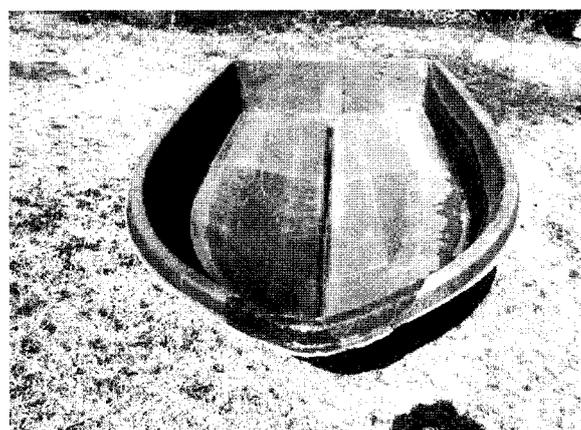


図-25 BFRP ボート

表-5 竹FRPボートの重量内訳

	竹繊維 (kg)	樹脂 (kg)	ゲルコート (kg)
BFボート	11	38	3
BF・PP SWボート	13	54	3

#### 5.5 評価試験

製作した小型ボートの強度評価等は、浮上試験及び走行速度に対する落下試験(小型船舶検査機構の落下試験に準ずる試験)を行い評価することにした。落下試験の評価は、試験後の船体の損傷の有無によって行った。

##### 5.5.1 浮上試験

このクラスのボートは、一般に定員が3名程度である。浮上試験として製作したBFRPボートに乗り込み、船底等を強く踏みつけたが問題なかった(図-26)。体感による乗船結果では、船殻だけでも十分な強度を得たと考えている。乗り心地については、船底の撓みが気になった。実際に小型ボートとして商品化する場合には補強を兼ねた船底補強材等を設けるため、撓み等は抑えられる。



図-26 浮上試験

### 5.5.2 落下試験

製作したBFRPボートの強度評価を行うために落下試験を行った。落下試験は、小型船舶検査機構の落下試験に準じた方法によるものである。ボートに土嚢を180kg(大人3名乗船を想定)積み込み、15knot走行時(想定)の試験高さ、約1.7mから落下させた(図-27)。損傷がなかった場合には、さらに2.5m(30knot相当)からの追加落下試験を行い、船体強度の限界を調べた。比較のため、従来のGFRP製ボートも同様な落下試験を行っている。

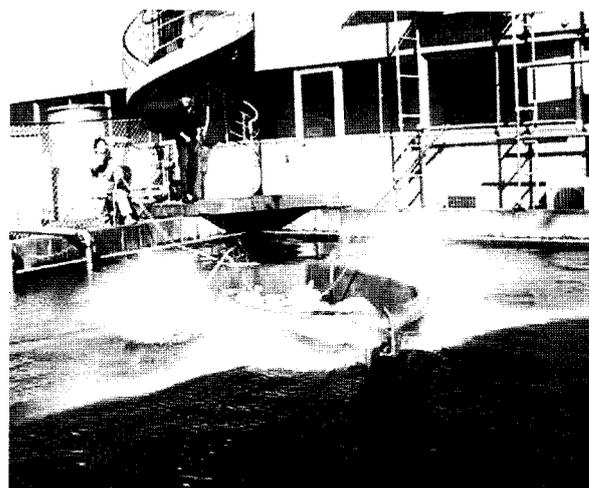


図-27 落下試験の様子

その結果、1.7mからの落下試験では、全く損傷は見られなかった。しかし、2.5mからの追加落下試験で

は、船側片側が割れて亀裂がチェーン部まで広がった。比較のためのGFRP製小型ボートには損傷が見られなかったことから、やはり材料の強度不足の問題と考えられる。また、今回は落下試験では、船体に補強材がなかったことで小型ボートの変形が大きく現れた結果と考えている。

船体の剛性の向上を考えたBFRPサンドイッチ構成の場合、1.7mの高さで、船底内側の片側中央付近が割れて亀裂が広がった。BFRP層とコア材の界面の剥離が観察され、表面層1層では強度に不安が残る結果となった。

### 5.5.3 試験結果についての評価

全般的に評価すると、手こぎボートの速度程度では全く問題ないと考えられる。今後の安全性を考えた場合、今回製作したBFRPボートの落下試験を行った結果より、マット繊維のさらなる高強度化が必要と考えられる。強化材の強度特性等を考えると現状の縮れたようになっている短繊維を出来る限り直線的に配置したものが必要であると考えられる。またさらに長繊維化、高密度化した強化材の製作も必要かと考えられる。

今回の落下試験は、過酷な条件のテストと言える。しかし、GFRPボートでは、問題がなかったことから、同等品のものを考える場合には今後さらなる改良点が必要である。

## 6 シリコンバッグによる熱可塑性複合材の簡便成形技術

### 6.1 FRTP簡便成形システムの必要性

小型船舶の構造材として広く使用されているFRPは一般に廃棄処理が困難なものとして位置づけられ、資源・エネルギーの有効活用、環境対策の観点からは、マテリアルリサイクルが比較的容易な熱可塑性樹脂をマトリックスとし、ガラス繊維で強化したFRTP(熱可塑性樹脂複合材料)を船体用構造材として使用したいという要請が高まっている。しかしながら、熱可塑性樹脂は熔融状態においても比較的粘度が高いため、含浸成形には強固な金型と巨大な加熱プレス機が必要となり、大型部材の実現性は乏しい。

そこで、ガラス繊維へ樹脂を含浸させたFRTP基材をあらかじめ工場生産し、これを用いて賦形作業を実施することが大型品の成形には現実的であると考え、それに適用可能な成形システムを開発することとした。

## 6. 2 FRTP簡便成形システム

### 6. 2. 1 システムの概要

提案するFRTP簡便成形システムは、熱硬化性樹脂を用いたFRPの真空バッグ成形システムとして代表的なRIMP法を応用し、発展、完成させたものである。図-28に概念図を示す。型上にFRTP基材を配置し、シリコンゴムシートで覆って排気することにより、FRTP基材に圧力を加える。この状態で加熱・冷却し成形品を得るものである。

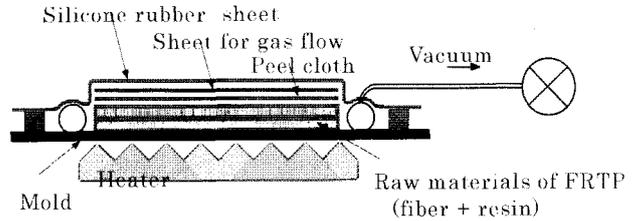


図-28 FRTP 簡便成形システム概念図

### 6. 2. 2 真空バッグ

本成形システムの圧縮力は大気圧のみであるため、これを効率よく利用するには、真空バッグとなるシリコンゴムシートは製品形状を転写した形であることが望ましい。そこで、シリコンゴムシートは製品を型として、液状シリコンゴムを塗り重ねて製作した(図-29)。具体的には、型に接する面はシリコンゴムスプレー(Airtech MULTI-BAG Cartridge)により均一厚さの膜を形成し、その上に、補強のためのポリエステルネットを挟んで、液状耐熱シリコンゴム(KE3418:信越化学)を数回刷毛塗りして、厚さ3mmのシリコンゴムシートを成形した。



図-29 シリコンゴムシート

製作したシリコンゴムシートはビルドアップ法<sup>12,13)</sup>により真空保持性能を調べたが、その圧力上昇速度は、RIMP成形用フィルムの約1/2で、気密性に優れていることがわかった。また、シートの引張強さは、図-30に示すように、フッ素ゴムと比べて遜色なく、また熱老化に対する耐久性も保持していた。

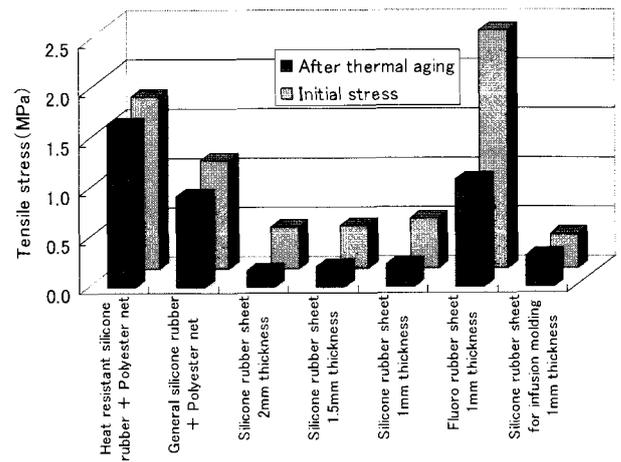


図-30 バッグ材の強度特性

シリコンゴムシートはFRP製ジグにより、後述する金型に固定される(図-31)とともに、ジグに設置された排気ポートを通じて吸引が行われる。

### 6. 2. 3 金型

金型は弊所既存のFRP製プレジャーボート模型オス型(船長1.15m、船幅0.35m)から転写して作成した(図-32)。強度は必要ないので、材質はアルミ鋳物とし、板厚は6mmした。また、自重や熱応力による変形は鉄アングルの架台に固定することにより防いだ。型の周囲には、真空シール

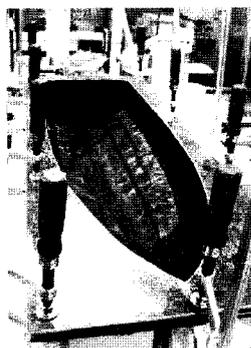


図-31 固定ジグ

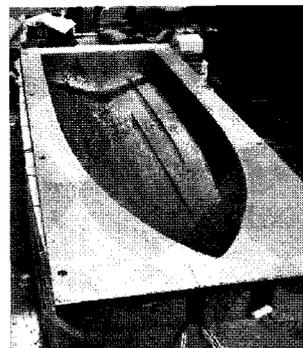


図-32 金型

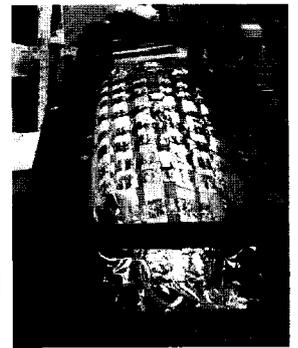


図-33 ヒーター

材等を配置するためのフランジを設けてある。

#### 6.2.4 加熱システム

金型の加熱は、型下面に配置したリボンヒータ(400W×4本)により行った(図-33)。これにグラスウール、フェノールフォーム等により断熱処理を施した。金型の加熱特性を図-34に示す。印加後約60分で設定温度に達し、その後安定して設定温度を維持している。測定部位による温度差もほとんど見られなかった。

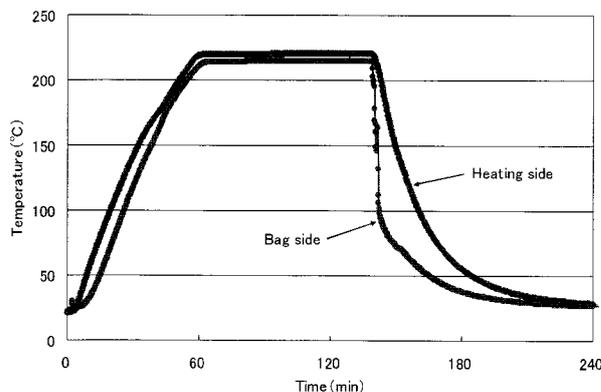


図-34 加熱特性

#### 6.3 成形実験

##### 6.3.1 繊維強化熱可塑テープの成形

上述したFRTP簡便成形システムを使用して成形実験を行った。FRTP基材には、ガラス長繊維にPPを含浸させたテープ状FRTP(東洋紡績(株)クイックフォーム、Vf:50%)を50mm長にカットしたものを

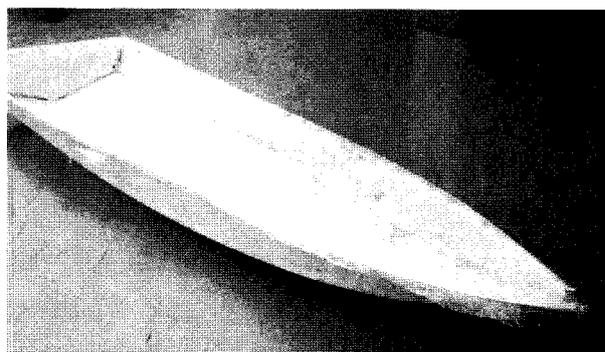


図-35 成形品

を用いた。カット品を用いることにより基材の配置が容易になるとともに、曲面にも柔軟に対応できる。ただし、側板、トランサム等の立ち上がり面ではカット品は滑り落ちてしまうため、カット品を0.5mm厚のPPシートでサンドイッチした部材をあらかじめ作成し、これを所定位置に配置することで対応した。加熱は225°Cで60分とした。成形品の例を図-35に示す。チェーン等の隅角部やリフティング・ストレーキ(船底の線状突起)も忠実に再現されていた。

##### 6.3.2 ガラス織布の成形

本成形システムによる熱可塑性樹脂の含浸性を確認するため、ガラス織布とPPシートを基材とした成形を行った。ガラス織布としてガラスクロス(旭ファイバーグラスMK350)並びにノンクリンプファブリック(FRPサービスWF80)を用いたが、いずれも225°C、60分の加熱で十分含浸した成形品(Vfはそれぞれ30%、50%)が得られた。

##### 6.3.3 シリコンバッグの耐久性

本システムにより10回以上の成形実験を行ったが、シリコンゴムシートに破損等はなく、真空保持性能に劣化はみられなかった。

### 7 おわりに

2010年に防衛省の大型FRP製掃海艇(船長60m)の建造にRIMPが採用され、話題になった<sup>14)</sup>。FRP船体建造におけるRIMP法の採用は、一部の準備作業を除く大半の工程がスチレン臭から解放され、著しい環境改善が可能となる。致命傷である含浸不良やその一因となるエアリー漏れも、予備試験を繰り返して技術ノウハウを蓄積することにより、製品として出せる段階まで到達できたことを示唆している。また、RIMP法の特徴を生かして、BFRP、FRTPの成型にも活用できることがわかった。しかし、実船への適用

にあたっては基材等のセッティング方法、繊維含有率上昇・板厚減少に伴う剛性の低下、長期耐久性等に改善点や解明すべき課題も残っている。今後の発展を期待する。

本研究の実施にあたり、材料プロセス研究所、FRPサービス㈱、(株)日本ユピカ、ディーエイチ・マテリアル㈱、日産マリーン㈱、東洋紡績㈱、同志社大学竹の高度利用研究センター各位(順不同)にご協力いただきました。また、竹繊維強化材は海洋政策研究財団平成18年度技術開発基金による研究開発資金の補助を受けて(有)竹内製作所が製造したものです。さらに、本研究の一部は科研費(18360424)の助成を受けて実施しました。

## 参考文献

- 1) 小野正夫、櫻井昭男、“編物複合材を用いたFRP艇の試作”、第6回海上技術安全研究所研究発表会講演集、(2006)、pp.73-76.
- 2) 鶴沢潔、“実用化期の複合材料技術と課題 1. FRP成形の現状と将来”、材料、Vol.55, No.1(2006)、pp.131-137.
- 3) 平方勝、櫻井昭男、“FRP船関連規則の動向”、KANRIN、No.26(2009)、pp.16-20
- 4) A.Sakurai and M.Ono、“Trial Manufacture of FRP Craft by Resin Infusion”、*Proc. of Seventh China-Japan Joint Conference on Composites*、(2006)、pp.337-343
- 5) 小野正夫、櫻井昭男、前田利雄、“編物複合材の強度特性(第一報)”、第3回海技研研究発表会講演集、(2003.6)
- 6) 織田政信、強化プラスチック、“LCM (Liquid Composite Molding)の最新技術動向”、Vol.51、No.11(2005)、pp510-516
- 7) 後藤卒土見、平成16年度日本中小型造船工業会助成事業FRP新素材技術講習会資料、(2005.12.9)
- 8) 小野正夫、櫻井昭男、“編物複合材の成形法について”、第4回海技研研究発表会講演集、(2004.7)、pp.285-286
- 9) 小野正夫、櫻井昭男、“編物複合材の成形法について(第2報)”、第5回海技研研究発表会講演集、(2005.6)、pp.289-290
- 10) (財)日本小型船舶工業会、“FRP船技術指導書・工作編”、(1993.3)
- 11) 運輸省船舶局監修、“強化プラスチック船(FRP船)特殊基準”、(1983)
- 12) 櫻井昭男、小野正夫、山根正睦、“熱可塑性複合材の簡便成形技術の検討”、JCOM-37講演論文集、(2008.3)、pp.289-292
- 13) 櫻井昭男、小野正夫、山根正睦、“熱可塑性複合材の簡便成形技術”、第8回海技研研究発表会講演集、(2008.6)、pp.331-332
- 14) 山田直樹、“FRP掃海艇の実現に向けて 開発経緯とその技術”、KANRIN、No.26(2009)、pp.21-26.

# 水素吸蔵合金使用の燃料電池式自動車の製作

長崎県立長崎工業高等学校  
機械システム科 教諭 榎 並 孝

## 1 研究の背景

私たち機械システム科では、電子機械や造船について学んでおり、卒業後もこれまで学んできた知識を活かせるところに就職していく。そのような私たちが携わる工業製品の多くは、豊かな生活を支えている。しかし、一部で石油、石炭などを大量に消費した結果、莫大な量の排出ガスが大気中に放出され、地球温暖化など地球環境悪化という深刻な問題を発生させる一因ともなっている。

化石燃料が有限であることを考えても、新エネルギーの開発はこれからの社会を考えるうえで必要不可欠である。様々な分野で地球に優しい燃料電池などの新エネルギーの開発が進められている。

そのようなことを踏まえて、私たちも身近なものとなりつつある燃料電池について学びたいと平成22年度から長崎大学の協力を得て燃料電池に関する研究を行ってきた。

## 2 研究の目的

これからの社会に必ず求められるエネルギー環境問題。その解決の一端を担うとされる燃料電池を用いた自動車の製作を通してその仕組みを学ぶと共に、エネルギーの大切さや環境問題などについても学ぶことを目的とした。

## 3 研究内容

### (1) 燃料電池について学ぶ

まず、この研究の基本となる燃料電池についての知識を深めた。燃料電池とは、水の電気分解とは逆に水素と酸素の化学反応によって水を生成する過程で電気を取り出す発電機である。

水素エネルギーによる燃料電池は水素を供給し続ける限り、連続的に発電することが可能である。二酸化炭素のように地球温暖化に影響を与えないため、新エネルギーとして水素エネルギーが注目されていることを学んだ。

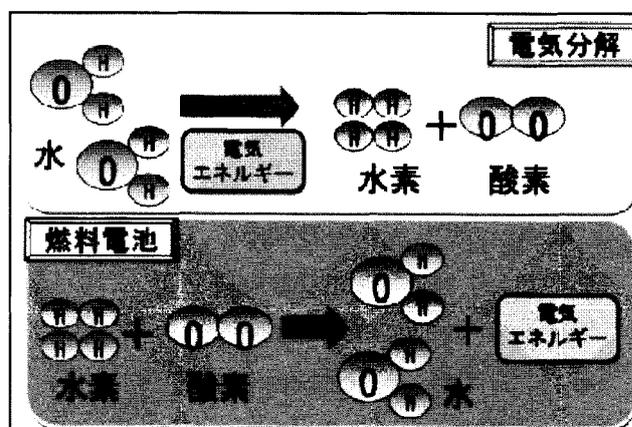


図1 電気分解と燃料電池の原理

## (ii) 水素吸蔵合金について学ぶ

水素エネルギーが重要であることを学んだうえで、次に燃料電池式自動車にも使用する水素吸蔵合金について学んだ。

水素吸蔵合金とは、圧力や温度を利用して比較的簡単に水素を吸収したり、放出したりすることができる合金である。

従来の保存方法であったガスボンベや液化水素と違って取り扱いの危険性もないのが最大の特徴であり、1 リットルの容器中にはある水素ガスを  $1\text{ cm}^3$  のサイコロ程度の合金中にコンパクトに貯蔵することができる。(体積を  $1/1000$  に圧縮可能)

この水素吸蔵合金が燃料電池式自動車の重要な部分を担うことになる。

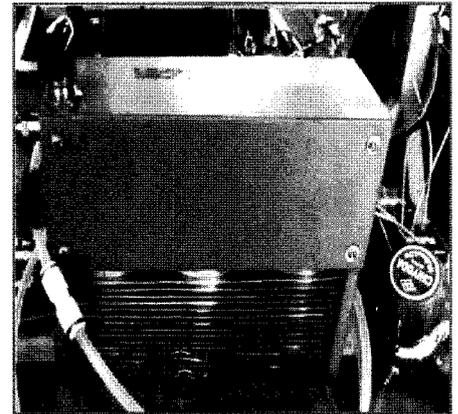


図2 水素吸蔵合金

## (iii) 燃料電池発電システムの改良

(i) (ii) の学習を経て、実際に燃料電池システムに関わった。燃料電池を一から作って自動車製作を行うには経済的な面などの問題があるので、今回は長崎大学にある燃料電池をお借りして動作原理に関する研究を行い、改良へと進めていった。

### ①：固体高分子型燃料電池 (PEMFC)

PEMCとは、Polymer Electrolyte Fuel Cell の略

出力容量：200 [W]

出力電圧：24 [V]

最大圧力：0.05 [MPa]

サイズ：129×382×85 [mm]

重量：2.6 [kg]

### ②：水素吸蔵合金

最大圧力：1.2 [MPa]

サイズ：188×241×77 [mm]

重量：5.6 [kg]

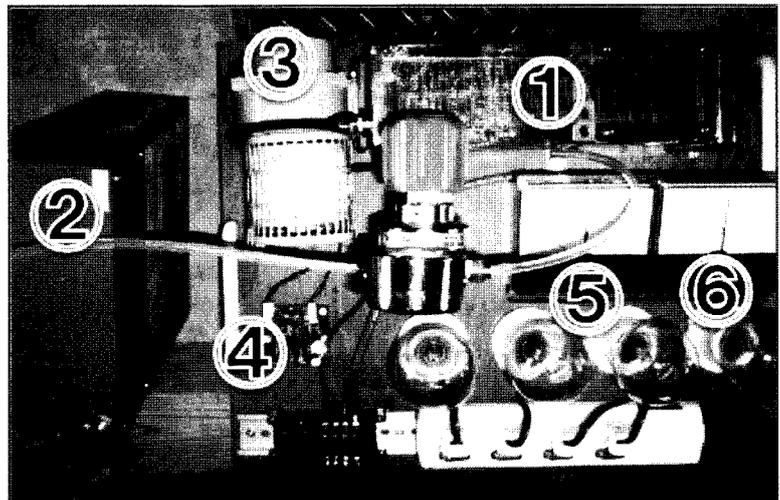


図3 水素吸蔵合金と燃料電池

③：ファン ④：ファジー制御装置 ⑤：電圧計 ⑥：電流計

燃料電池の動作原理は、水素吸蔵合金に吸収されている水素が燃料電池内の透過膜を通過する際に、空気中の酸素との間で電解効果が生じて電流が流れる。

燃料電池の場合、水素と酸素が結合して水が出る。その際、電池内にある透過膜の湿気を付属装置であるファンとファジー制御装置が制御している。

大学では出前授業等で使用されているため、その部分は残し、さらに自動車への搭載を可能にして動力源としても使用できるように改良を行った。

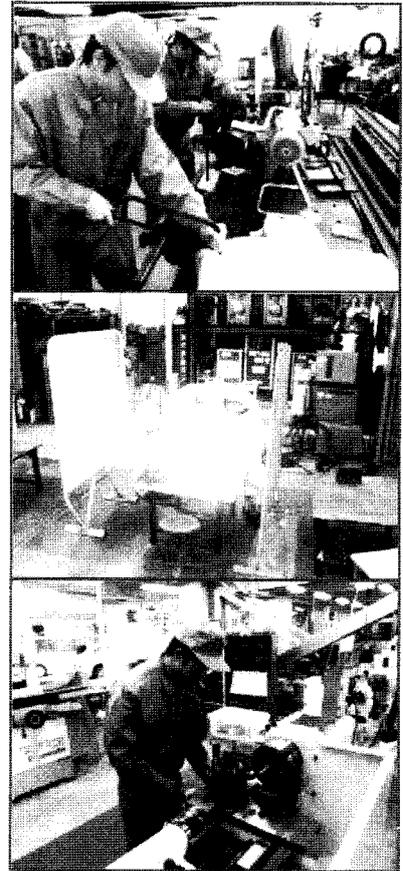
## 4 燃料電池式自動車の製作

自動車の製作にあたって、まず目指したのは

- ① 設計・加工・組立をすべて自分たちで行う。
- ② 解体・組立てが簡単に行える。
- ③ 機構・構造をできる限り分かりやすくシンプルにする。

という点で工夫した。手順は以下の通りで進めた。

- (1) 後輪部の製作
- (2) 速度制御装置等の製作
- (3) 車体の製作
- (4) 舵取り装置の製作
- (5) 制動装置の製作
- (6) 自動車の完成・走行試験



### (i) 後輪部の製作

車輪は、廃棄されていた一輪車の車輪を再利用した。

車輪を接合するために、旋盤を使用して様々な形状のフランジ等の部品製作を行った。

また、モーターから取り出した動力をスプロケットへ効率良く伝えるためにチェーンを使用し、キー溝を加工してキーを取り付けた。

製作した部品を接合して1本の車軸にして後輪部分を完成させた。



図4 再利用前の車輪

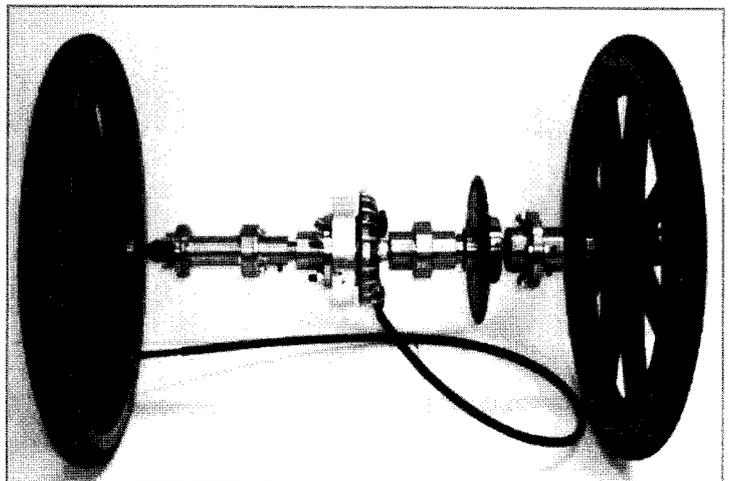


図5 後輪部分

## (ii) 速度制御装置等の製作

動力源は、燃料電池の出力電圧を考慮して 24 [V] の直流モーターを使用した。

PWM 制御コントローラーを使用して、可変抵抗の調整だけでモーターの回転数および車体の速度制御ができるようにした。

前進・後進はナイススイッチを利用してモーターの正転・逆転を行い、操作方法を簡略化した。

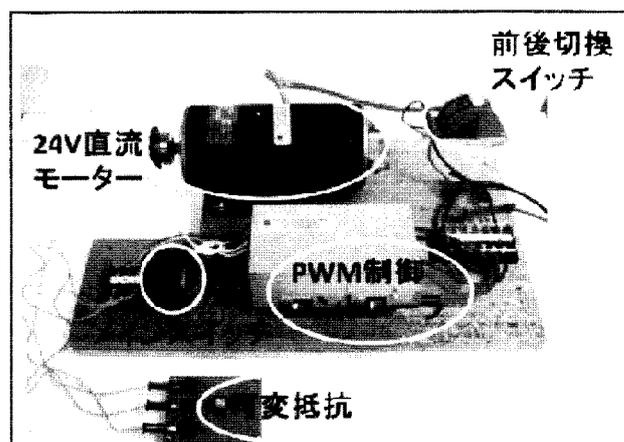


図6 速度制御装置

## (iii) 車体の製作

車体は1人乗り用と決め、角パイプの鋼材を使用したトラス構造を採用して軽量化を図った。前輪部分は一輪車の車輪を改良して取り付けた。

また、組立と解体が容易に行えるように、ボルト・ナットを使用したピン結合にした。

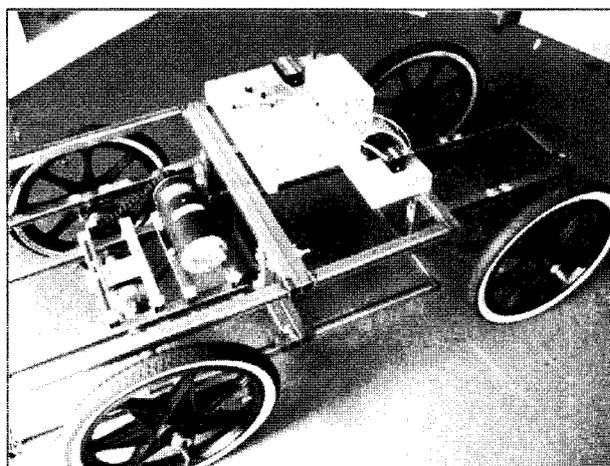


図7 車体と前輪部分

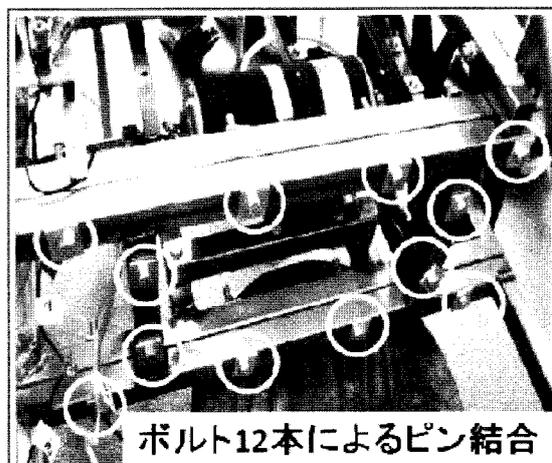


図8 ボルト・ナットによる結合

## (iv) 舵取り装置の製作

舵取り装置は全員でアイデアを出し合った結果、子供用の乗り物で使用される舵取り装置からヒントを得て、エルボールとボルトを使用してリンク機構にした。

結果的に、楽に舵を取れるようになった。

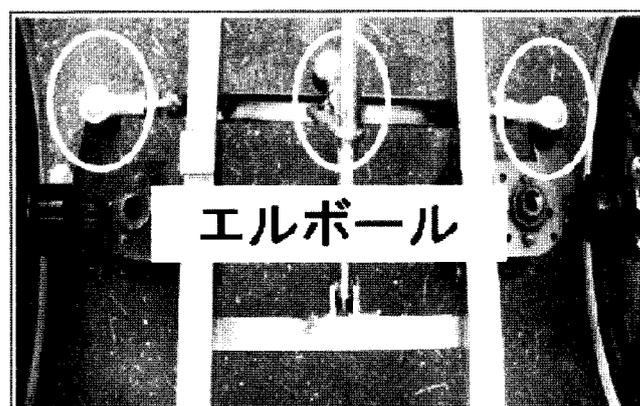


図9 舵取り装置

## (v) 制動装置の製作

制動装置は、フットブレーキ（電気式）とハンドブレーキ（機械式）を取り付けた。

フットブレーキにはモーターの端子間を強制的に短絡させて停止させる方法である「短絡ブレーキ」を使用して、停止時間を短くする事に成功した。これによって強力な制動作用を得る事ができた。

今後は、短絡ブレーキを使用した際、制動作用によって発生する電力を何らかの形で再利用できるようにした「回生ブレーキシステム」装置に改良していきたい。この仕組みによって、自動車の走行に必要な電気エネルギーをかなり節約することができ、さらに効率が高めることが可能になる。

ハンドブレーキは、自転車用のブレーキを取り付けた。

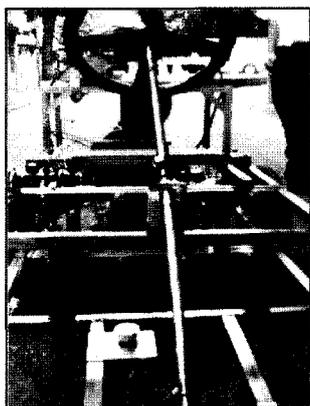


図 10 フットブレーキ

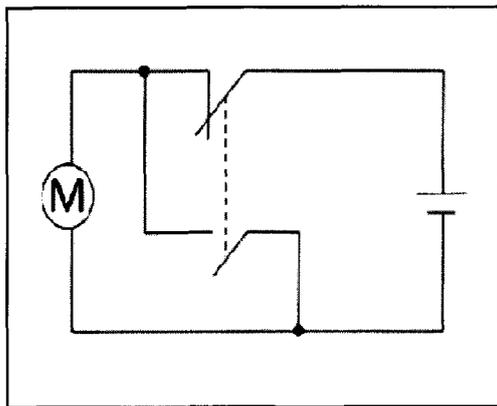


図 11 短絡ブレーキ回路図

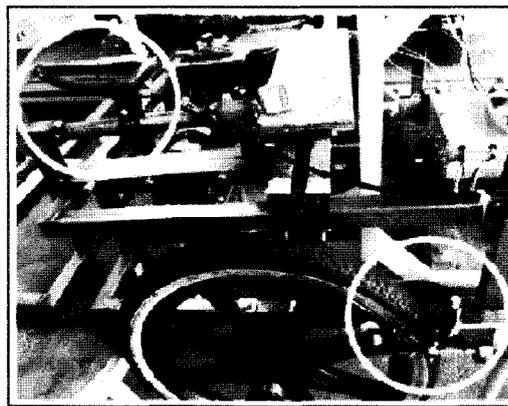


図 12 ハンドブレーキ

## (vi) 自動車の完成・走行試験

燃料電池と水素吸蔵合金を搭載して水素吸蔵合金使用の燃料電池式自動車が完成した。

完成後、長崎大学構内で走行試験を行った。

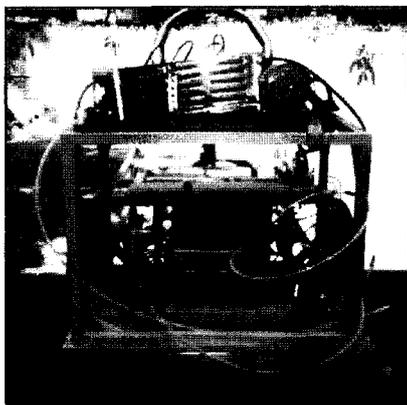
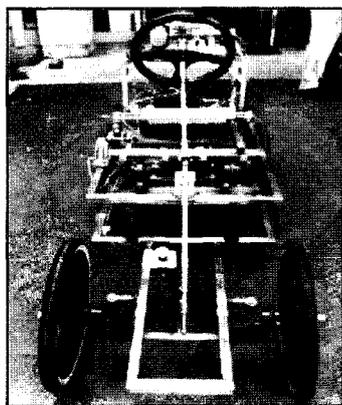


図 13・14 完成した燃料電池式自動車（正面・後）

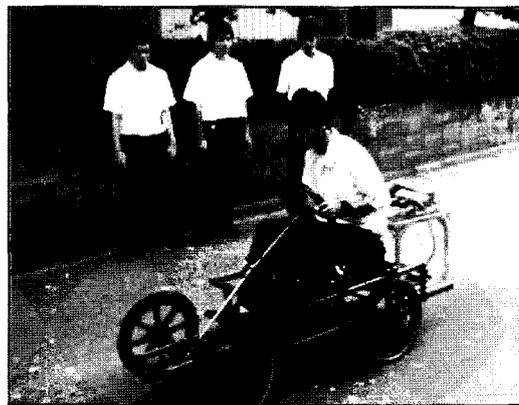


図 15 走行試験（長崎大学）

## 5 燃料電池式自動車による活動報告

完成した自動車は、イベントの展示やコンテストに応募した。  
詳細は以下のとおり。

### ☆ 第14回「エネルギー利用」技術作品コンテスト

「文部科学大臣賞」と「社団法人電気学会会長賞」のダブル受賞

※ 平成23年12月17日（土）旭川市科学館サイパルにて表彰式

### ☆ 青少年のための科学の祭典2011 第15回長崎大会

「ヤングサイエンティスト賞」の受賞

※ 燃料電池自動車を通して親子連れの方々との交流を深めた。

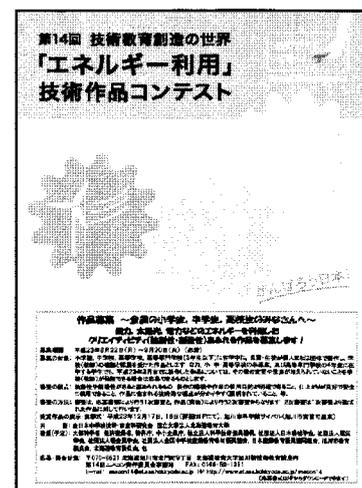


図16 コンテストのポスター



図17 科学の祭典の様子

## 6 まとめ

自動車の製作を行ってみると機械技術だけではなく、電気、制御、化学など幅広い工業技術の知識と技術を必要とすること、そして、その重要性についても知ることができた。

昨年から行ってきた2年間の研究の集大成が、文部科学大臣賞・社団法人電気学会会長賞のダブル受賞という最高の形で表れ、当初の目的を果たすことができた。完成に至るまでには、多方面の先生方の指導と助言をいただいた。

今後については、イベント出展やコンテスト等に積極的に参加を続けて、多くの人達との交流を深めて地域貢献をしていきたいと考えている。

また、環境に優しく、効率の良い自動車を目指して回生ブレーキ装置の製作と燃料電池に加えて、太陽エネルギーや温度差エネルギー（ペルチェ素子）といった環境に優しい新エネルギー技術を利用したハイブリッド形式に改良した自動車製作に取り組む予定である。

# 平成23年度 高校生ものづくりコンテスト「溶接作業部門」中国大会 山口県工業関係高等学校溶接競技大会(第7回)

山口県立下関中央工業高等学校

教諭 高槻 雄一

はじめに

第7回山口県工業関係高等学校溶接競技大会の取り組み、概要を報告します。

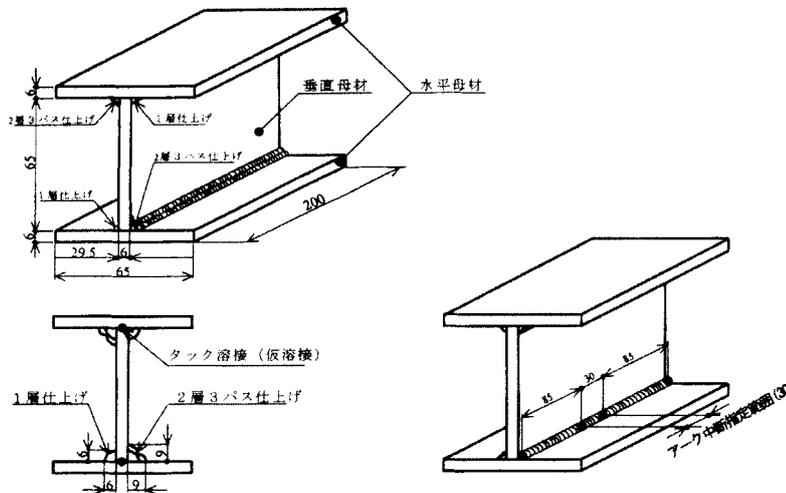
目的

工業機械系学科に学ぶ高校生がものづくりの本質となる溶接、基本の技能を競う競技大会に出場することに於いて、将来、産業現場を支える創造性豊かな技術者としての資質向上を目指す。

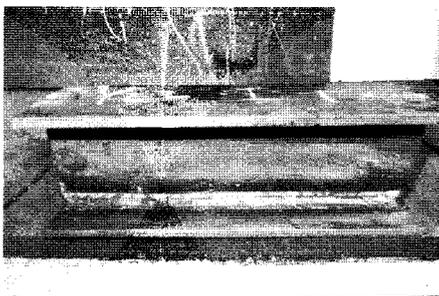
大会の概要

- 1 開催日平成23年7月23日(土)
- 2 会場山口県立東部高等産業技術学校
- 3 参加生徒 山口県 15校 32名 広島県 2名 岡山県 2名 島根県 2名
- 4 競技課題・競技内容

## ◎アーク溶接による水平隅肉溶接



- ・隅肉溶接両面とし、1層、2層仕上げとする。脚長は1層の場合は6mm、2層3パスの場合は9mmとし直線ビードで仕上げる。1層仕上げ(2カ所)のみアーク中断指定範囲内(30mm)で継ぎ溶接をする。
- ・競技時間は40分とする。
- ・使用溶接棒 JIS Z3211 D神戸製鋼(銘柄)ゼロード44 3.2mm 12本
- ・使用材料 JIS G3101『一般構造圧延鋼材』SS400 6.0mm×65mm×200mm 3枚
- ・競技用溶接機 JIS C9301「交流アーク溶接機」



◎審査項目と配点

審査項目	得点	審査方法
外観試験	イ 40～0点	持ち点40点からの各項目による減点方式
	ロ 10～3点	総合評価による最高10点の加点方式
不安全状態、不安全行為及び違反行為	0～-30点	「立ち会いチェックシート」による減点方式(減点の最大30点)
総合得点	50～-27点	最高点50点

◎採点基準

- ・ ビード波形
- ・ 脚長
- ・ スラグの巻き込み状態
- ・ アンダーカット
- ・ オーバーラップ
- ・ ビード継ぎ部の状態
- ・ 始端部の状態 (始端から10mm)
- ・ 終端部の状態 (終端から10mm)
- ・ アークストライク
- ・ 清掃



5 取り組みの状況

練習時間の確保ということで、3月から放課後週3日1時間基礎練習(下向きビード置き)を徹底的に行いビード波形の均一性の精度を求めた。6月から1層仕上げ脚長6mmになるよう電流値の調整、アークの安定溶接スピード等を配慮しながら練習を重ねた。7月から2層3パス仕上げに取りかかる。



2、3パス目の溶接棒の入角度に苦勞をした。大会2週間前から競技手順に合わせて繰り返し練習を行った。

6 結果

会場の雰囲気や飲まれ平素の練習成果が発揮できず上位入賞はできなかった。技術面だけではなくメンタル面も指導しなければならない。



# FPR製クリアカヌーの製作 ～ 最先端工法への挑戦 ～

高知県立須崎工業高等学校  
造船科 松本 勝

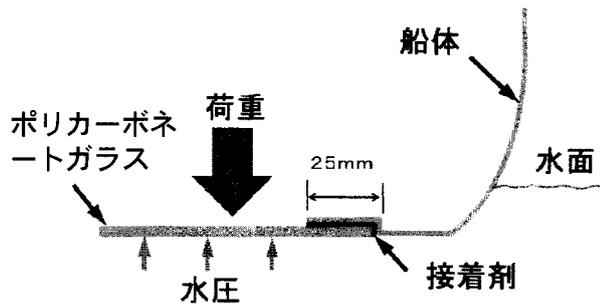
## 1 はじめに

本校、造船科の舟艇実習においてFRP（繊維強化プラスチック）の成形は昭和44年頃から取り入れられてきた。その理由のひとつに大きな設備投資が必要ないことと、作業が比較的簡単であり成形型の製作においても、従来学習してきた造船工学の現図の技術が役立つなどからである。FRPは昨今、舟艇業界だけではなく、軽量化に適した素材であることと、工法の進歩により自動車、航空機、産業機器などで多く採用されている。特に航空機の部品や大型クルーザー、風力発電機の羽根の成形に使われる真空環境を使った、バキュームインフュージョン工法を用いてカヌーを成形し従来工法との違いについて学習する。

## 2 研究の内容

衝撃に強く透明なハイテク素材としてNASAの月面探査やジェット戦闘機の風防ガラス、オートバイやヘルメットにも使用されているポリカーボネート素材とFRP（繊維強化プラスチック）を船体に使い持ち運びも楽で、海や湖などで手軽に水中の様子が楽しめるカヌーの製作をした。製作にあたって軽量化、高剛性を確保するためのポイントを抽出した。

### (1) 水密性と強度を確保した、ポリカーボネートの固定方法



軽量かつ高い剛性を持つ艇体構造とすること

※モノコック構造を選択

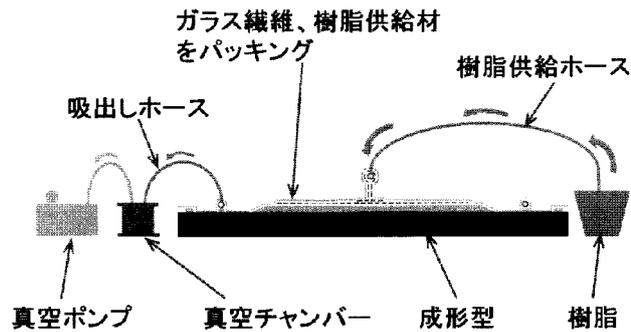
フレーム構造



モノコック構造



## (2) 軽量化が可能なバキュームインフュージョン成形法の選択



の3点に重点を置き木型の製作から始めた。

### 3 木型の製作

カヌーの製作にあたっては木型の製作から始めた。木型作りは造船工学の中の現図の技術を使いフレームの型取り、切り出し、フレーム敷設、組立、仕上げの工程を踏まえ、バキュームインフュージョン成形用の型に必要な気密性の高い型に仕上げた。

現 図



木取り



フレーム固定



ベニヤ貼り



### 4 研究の成果

ポリカーボネートガラスと FRP 製船体の接着部の水密性と接着強度はプールに浮かせて確認した結果、接着部分からの水漏れはなく水密性には問題なしであった。全体の剛性についても二人が乗ってもとても頑丈な感じがし、もう一人は確実に乗れそうな感じがした。船体については、バキュームインフュージョン成形により計画通りの重量に仕上がった。従来成形法であるハンドレイアップ工法で成形をした甲板は、計画重量 17.4kg のところ 20.5kg となり成形法の欠点である重量のバラツキが大きく出た。

水密性と船体剛性の確認



バキュームインフュージョン成形



## 5 まとめ

製作時間短縮のため従来工法を一部に選択することを余議なくされ、製作前の計算よりも大幅に重くなってしまったことが非常に残念であった。この課題研究では、いろいろな先端素材を使ったり、先端技術を経験できたことは生徒にとって非常に貴重な体験だった。製作にあたっては、成形時には樹脂メーカーの日本ユピカ、ポリカーボネートガラスの接着については、接着剤メーカーのアイ・ティー・ダブリュー・インダストリーから、貴重な技術データとアドバイスを頂いたことは、製作成功に大きく寄与した。

# ソーラーボートの製作

## ～ 造船部悲願達成 学生優勝までの軌跡 ～

高知県立須崎工業高等学校

造船科 高橋広樹 野町友輝 山崎雄斗

指導教員 松本 勝 木下裕次郎

### 1. はじめに

本校造船部では過去4度、柳川ソーラーボート大会に出場している。大会毎にソーラーボートを製作し、小型舟艇建造の知識や技術を身に付け、ものづくりの楽しさや辛さを体験することが本活動の第一目的である。その活動の延長として大会へ出場し、他県の高校生達が製作したボートと競い合い、その成果や改善点を見つめながら新たなボートの製作へ取り組んでいる。一昨年度の「2009柳川ソーラーボート大会」では、最高船速10knot(約5.14m/s)を超えるボートでチャレンジし、上位入賞を目指したが、レース中のトラブルにより、予選敗退という悔しい結果となった。今年度はそのリベンジとして同一船型で新ボートを製作した。同一船型だが、主として艇の軽量化に取り組んだ。中でもバキュームインフュージョン(以下VIP)という成形法は、従来のハンドレイアップでFRPを成形するものより、格段に軽量化が図れる優れた成形法である。この技術を用いて、艇体重量を10kg以上軽量化させ、より瞬発性に優れたボートを製作することに成功した。

### 2. ソーラーボート製作

製作工程を区分すると、①～④に分けられる。

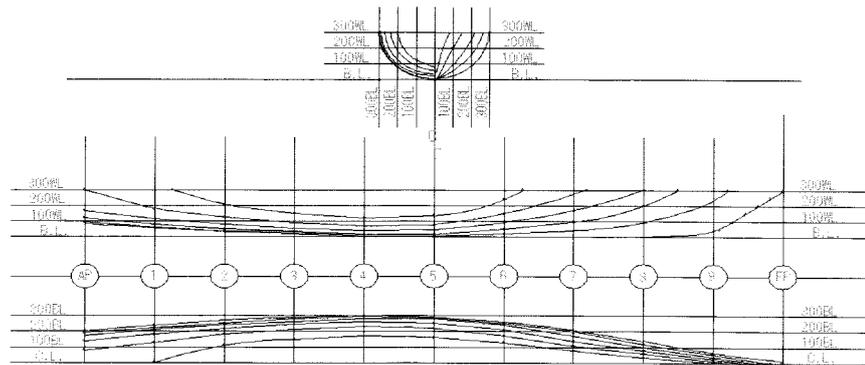
#### ①設計

大会規定で全長4m以下、ソーラーパネル出力100W以下等の制約がある。本活動では、一昨年度に製作したボートの型を使用した。まずは「2009柳川ソーラーボート大会」でのボートの課題点を解決させる必要がある。特徴は船体中央横断面が半円のラウンドボトム船型である。i)、ii)、iii)はそれぞれ船体主要目と線図、一般配置図である。

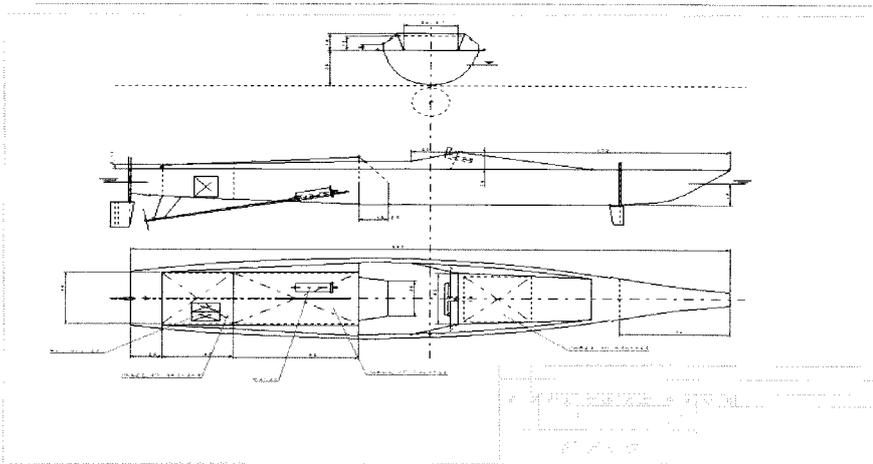
#### i)船体主要目

全長 L <sub>OA</sub> (m)	3.98
幅 B (m)	0.6
深さ D (m)	0.3
重量 W (kg)	29
ソーラーパネル (W)	87.1

ii)線図



iii)一般配置図



②VIPによる艇の成形

本メス型内を真空状態にすることで、カーボン繊維に供給する余分な樹脂をカットでき、軽量化が図れる。また引張や圧縮・曲げ強度が増し、ハンドレイアップよりも船体強度も向上できる。



### ③部品の製作

艇の軽量化を図るため、実習で学習した旋盤やtig溶接などを用い、金属部品の全てをアルミ製とした。



### ④艀装

製作した部品をボートに取り付ける作業である。今回その部品を艇に固定する方法は、ボルト・ナット等を用いず特殊な接着剤を使用した。作業の手間を軽減でき、接着剤による船体強度向上のメリットがある。電気配線は、モーターと電流量を調整できるコントローラーを使用した。



## 3. 2011柳川ソーラーボート大会

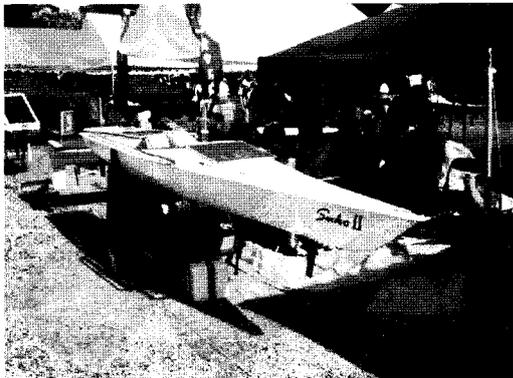
8月6、7日に福岡県柳川市主催の「2011柳川ソーラーボート大会」に出場した。今年は第16回目の開会で、企業チーム14、学生チーム28チームの合計42チームが参加となった。二つの競技があり、一周3.1kmのお堀を回る周回レースと10個のブイをジグザグに通過するスラロームである。

初日の周回レース予選で、本校は学生3位となり、決勝に進出することができた。二日目は午前中にスラローム、午後には周回レース決勝のスケジュール。競技外の間はボートの点検やソーラーパネルでバッテリーの充電を行った。

スラロームの結果は41秒96で学生の部6位（1位は36秒53）で、今後の

上位入賞も期待できるものであった。

周回レース決勝では、一般から7艇、学生から13艇の計20艇が5列で並び、一斉にスタートする状況であった。本校は2列目からのスタートであったが、スタート直後の全力疾走が功を奏し、学生トップ（全体では4位）となり、その後も常に学生トップという展開のまま、2位（「2010柳川ソーラーボート大会」学生の部優勝の艇）と52秒の差をつけ優勝することができた。



スラローム	6位	41秒96
周回レース（予選は1周）	3位	13分15秒
周回レース（決勝は3周）	<b>1位（学生の部優勝）</b>	45分57秒

#### 4. おわりに

ソーラーボートを製作したことで、さらにものづくりが好きになった。時には失敗もあり大変であったが、自分たちで設計し、作り上げた時の感動は忘れることはないだろう。また、柳川ソーラーボート大会での優勝という造船部の悲願を自分たちで成し遂げられたことも非常にうれしく感じる。大会後には想像もしていなかった反響の大きさに驚かされたが努力が報われたことが多々あった。須崎市長や高知県教育長への優勝報告、須崎市長特別表彰を受賞するなど、大変貴重な経験を積むことができた。まだまだボートの改善点はあるが、今後の活動で一つひとつクリアし、理想のソーラーボート製作を目指していきたい。



## 長崎工業高等学校卒業生からの便り

### 「三菱重工業株式会社長崎造船所で学んだこと」



三菱重工業株式会社長崎造船所  
坂上 尚也（平成22年度卒）

私は入社して、4月、5月は講義や資格取得の為の勉強ばかりを行っていました。正直、学生の頃の授業では少し居眠りをしたり、隣の人と話をして、先生から叱られる事はありませんでしたが、それほど強く叱られる事はありませんでした。しかし、入社してから居眠りをしたり、隣の人と喋ったりしていると、指導員の方にとっても強く叱られ、厳し過ぎると思いました。しかし、今までの学生生活と大きく違い給料を頂きながら講義や勉強をさせて頂いており、その事を考えると居眠りなどは出来ないと思えるようになり、自然と講義にも集中する事が出来るようになりました。

次に入社して学んだ事は、会社は社員の安全についてとても考えているということです。社員に怪我をさせない為に様々な取り組みを行い、また社員も災害を起こさないために真剣に指差呼称や危険予想を行っています。しかし、入社当初は指差呼称を行わなくてもどうせ災害なんかは起きないと思っていました。例えば、横断歩道を渡る時の指差呼称として、

「右ヨシ!!」

「左ヨシ!!」

と大きな声で言わなければいけません。正直そんなに大きな声を出して格好悪いと思っていました。その様な中、安全に関しての講義を受けた時、災害を起こしてしまうと自分が痛い思いをするだけでは無く、とても、多くの方に迷惑が掛かってしまうと言われていました。例えば、自分が行わなければいけなかった仕事が他の同僚や先輩後輩に回ってきたり、上司の方が、自分が災害を起こした事で責任を問われてしまったり、また家族の方もとても悲しい思いをしてしまいます。その講義を受けて安全に関して大きく気持ちが変わりました。今では、大きな声で指差呼称を行い、絶対に災害を起こさないという気持ちを常に持ち作業に取り組んでいます。

6月からは主に溶接の実習を行っていました。そこで学んだ事は、会社では過程より結果が全てだということです。学生の頃の実習では、溶接が下手でも実習に真剣に取り組めばレポートをしっかりと書けば、その過程を評価され良い点数を付けて頂けましたが、会社では結果が全てですのでどんなに真剣に実習に取り組んでも溶接が下手では評価して貰う事は出来ません。

この様に、社会人とはとても厳しい世界で生きていかなければいけません。これからは、学生の気分は完全に捨てて全力で様々な事に取り組んでいきたいと思えます。

## 「大島造船所に入社して」



株式会社 大島造船所

山口 大貴（平成22年度卒）

「ご安全に。」

長崎工業高校を卒業後、大島造船所に入社して早いもので約9ヶ月が経ちました。会社にも慣れてきましたが、また新たに気を引き締めていかなければならないと改めて思っています。

まず、入社して学んだことについてですが、日々、多くの事を学んでいます。具体的にどういったことかと言うと、自分に任された仕事の事や、会社での上下関係、寮での生活などのことです。会社やそれ以外の事でも、社会人になってからの毎日が自分の知識や経験になっていると実感しています。

自分に任された仕事というのは、まだ大した仕事は任されたりしませんが、確実にこなしていくようにしています。自分は高校時代電子機械コースで造船に関する知識がなかったので、仕事を行っていく上で、全てが自分の知識になっていきます。そこで、ひとつひとつの作業を確実に覚えていくよう努力し



ています。また、会社での上下関係では、会社は高校までとは違って、幅広い年齢層や上下の繋がりなど、そういった中でこれから何十年も働いていかなければなりません。その中で、上司や先輩に対して、気を遣って対応する事が非常に大切ではないかと思えます。そして、寮での生活というのは、寮はみんなと一緒に暮らしているので、周りの人に迷惑をかけないのはもちろんのこと、周りを思いやって、気遣えることが大切だと思いました。

次に、現在行っている仕事についてです。私は、構造設計課詳細構造グループに所属しています。主に、船殻詳細設計や改正図の作成、模型製作、完成図のチェック・積み込みなどです。その中で船殻詳細設計について、少し説明させて頂きたいと思えます。船殻詳細設計とは、基本図を基に、機能的な面や工作的な面、艤装関連の構造変更、補強といった詳細な図面の設計を行うことです。

図面を作成する上で注意していることは、間違った寸法や誤作のないようにひとつひとつ確実に、また正確に作成するように心掛けています。

最後に、これから造船の会社に就職する方、また造船の会社に就職を考えている方ぜひ頑張って下さい。



## 下関中央工業高等学校卒業生からの便り



### 「常石造船に入社して」

常石造船株式会社常石工場  
生産部塗装グループ塗装P C  
山下 将弘 (平成16年3月卒)

私は、平成16年に卒業して入社8年目になります。

私が所属しているのは生産部塗装グループという所で船のブロックや進水した船などで塗装前の検査や塗装後の検査を行っています。

私が主に作業しているのは地上のブロック塗装のほうで、近年ではブラスト工場もできて一週間の夜勤などがあり、船上での仕事が忙しいときは手伝いにいったりもしています。

塗装といってもただ塗るという訳ではなく、塗る前にブロックを磨いて、内検（社内検査）では溶接の不備がないか、磨き残しはないかなどを確認しチェックし、手直しをして、本検では監督や塗料メーカーと一緒に手直し忘れがないかなどを確認して、検査を通過して塗ることができます。塗ったあとには、どのくらいの塗膜がついているかなどを測り、足りないところは補修をしてそのあとに監督や塗料メーカーと最終的な検査を行って一つのブロックの検査が終わります。

最近では船の命名引渡式の式典での裏方の作業をすることもあります。裏方の作業とはくす玉のセッティングや命名幕の設置、シャンパン台の設置などがあります。当日になると引渡しをする船の関係者の方々が集まり、盛大に行われます。式典の始まりの音楽が流れると緊張感があります。裏方では上司からの指示を待ち命名幕を上げ、くす玉、シャンパンを割ったりします。全てがうまくいったときは達成感があります。

寮生活では、大浴場などがあり、一日の疲れが癒えます。休日は友達と出かけてリフレッシュしてまた来週からも頑張ろうという気分になります。

最後に、これから進学や就職など色々な道に進んでいくと思います。そしていろんな人に出会うと思います。一つ一つの出会いを大切に、何事も前向きに考え、あきらめることなく頑張ってください。

## 「旭洋造船に入社して」



船殻課 内業係  
指導員 城下 龍太  
(平成16年3月卒)

私は平成16年4月に旭洋造船株式会社に入社し、船殻課内業係に配属されました。仕事内容としては、主にNC（数値制御）自動プラズマ切断機を使用して、船体を構成する鋼板の大部分を切断するNCオペレーターとしての業務を行っており、切断後の部材の運搬作業、仕分け作業なども行っています。

ます。

この仕事は、図面を用いて作成されたNCデータを設計より受け取り、NCデータをNC切断機に読み込ませ、プラズマによる自動切断を行った後、データ上に記入されている部材名、更にその部材に取り付けられる補強部材などのマーキング作業を実施し、スクラップの切断、収集作業（部材切断後の余った部分）を行うのですが、船体を構成する、1隻当たり数万点の部材を切断する大変重要な仕事ですので、切断後の精度管理には大変注意をしています。

NC切断材の切断精度は毎回チェックし、不具合が発生すれば機械の修理や精度調整をしないと、後工程へ多大な迷惑をかけてしまいます。修理や調整に時間をかけ過ぎても、切断工程が遅れてしまい、後工程に部材が供給できなくなり、仕事を停めてしまいます。私も最初は自分の間違いで工程を遅らせてしまい、上司に厳しく注意されました。今でも自分の技量には全く満足しておりませんが、周りの助けもあり、後輩を指導しながら工程を進められるようになりました。

配属された当初は、先輩や上司に指示された事をするので精一杯で、何も考えず、ただ時間だけが過ぎていっているだけでした。上司に怒られ、先輩に怒られ、仕事を失敗し、何度辞めようと思ったかわからないくらいです。そんな何の向上心もない私に、やる気と仕事への生きがいを与えてくれたのは、今思えば、いつも怒ってくれた私の上司でした。〔石の上にも3年〕という言葉がありますが、最低でも3年間会社に勤めていれば、怒られることの大切さ、社会の厳しさ、そして自分の弱さを学ぶことができるという意味ではないかと自分で思いました。

これからは、自分を育ててくれた上司、先輩方、そして支えてくれる家族の為に、今以上に努力し、自分の技量、知識を向上させるとともに、後輩の教育に尽力し、旭洋造船を支えていける土台を築いていけたらと思います。

最後に高校卒業生と在学中のみなさん、今のうちにしっかりと勉強しておいたほうが絶対に将来の役に立ちます。私のように社会人になって気付いてはとても苦勞します。頑張ってください。

## 「三菱重工業株式会社下関造船所に入社して」



三菱重工業株式会社 下関造船所  
造船工作部 船殻課外業1班  
小林 智哉 (平成16年3月卒)

私は平成16年に三菱重工業株式会社下関造船所に入社し、丸7年が経過しました。当社では入社後すぐに現場配属されるのではなく、初めの1年間は技能訓練生として造船の知識はもちろんのこと、現場で必要な技術を習得していきます。その技術とは主にガス切断や溶接等を行います。その他にも

各職場にて必要な資格などを取得していきます。

造船という仕事は、季節に非常に左右されます。特に自分の仕事場は屋外になるので夏は作業場の温度が40度以上に達する事があります。初めはその暑さに体がなれるのがとても大変でした。

私の職場は船殻課外業1班に配属されており、屋内の工場では鉄板や骨材で組み上げられた1つのブロックという形の大きな物を受け取り、位置決めをする決方職をやっています。

位置決めするといっても容易な仕事ではありません。何より搭載されるブロックというのは大きい物では長さが20メートル、高さが10メートル、重量が100トンを超える物もあります。そのブロックを合わせるのに器具にて押したり引っ張ったり、ガスで鉄板を切断したりして一つのブロックを決めていきます。その作業を限られた人数でより早くより正確に進めていきます。入社して7年が経過してはいますが日々勉強の毎日です。これからも先輩方の素晴らしい技術を習得すると共にその学んだ技術を活かして後輩の手本になりたいと思っています。こうして日々造り上げた物が一つの船となり海に浮かぶ姿は感無量です。

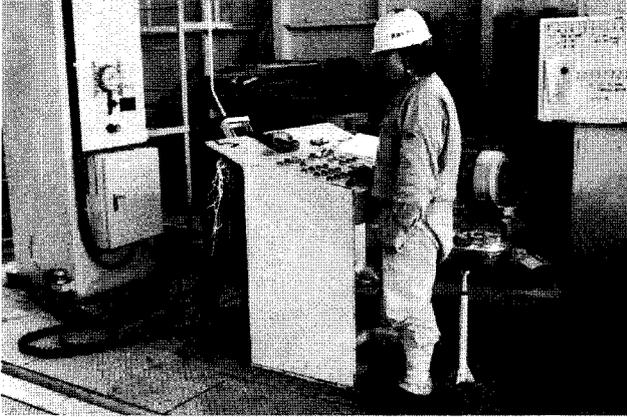
私生活では私は結婚し、子供も居るので仕事から帰って子供の顔を見る時が一番の幸せです。不思議とどんなに苦しい仕事でも子供の顔を思い浮かべると何でも頑張れます。これも日頃から文句一つ言わず支えてくれる妻の存在が大きいと思います。

最後に、これから自分の決めた進路へ就職する方や進学する方、それぞれの道へ進むと思われませんが、新しい環境では特に挨拶が重要になると思います。挨拶一つで第一印象が決まると言っても過言ではないと思います。だから、挨拶だけははっきりと元気よくしてもらいたいと思います。

困ったときは先輩方が絶対に助けてくれるので何事も全力で取り組んでもらえたらいいと思います。

## 須崎工業高等学校卒業生からの便り

### 「新高知重工株式会社に入社して」



新高知重工株式会社

工作部船殻1課内業係内業職内業3組

小笠原 幸司（平成18年度卒）

私が新高知重工に入社して早いもので5年が経とうとしています。

入社当時のことを振り返ってみると、一番には研修期間中のことが思い出されます。

愛媛県今治市にグループ会社の新入社員が集まって研修を行いました。3ヶ月間はじめて

の一人暮らしを体験することになりましたが、一人暮らしを試してみたかったので、とても楽しい寮生活でした。寮食もボリュームがあって美味しく満足でしたし、毎日のように4～5人のグループで夕食後に卓球ができるスペースで卓球をしていました。1回も勝てませんでしたが、他県の出身者と交流を深めることができ大変良い経験となりました。

研修内容も学校では学べなかったことを沢山学べました。特にガス切断や溶接の実技研修がすごく楽しかったです。

充実した研修期間を終えて現在の配属先である内業のプレスに配属されました。

研修をしたとはいえ、すぐに先輩達のようにバリバリ働けるといったことはなく、少しずつ仕事を覚えていきました。

先輩達に本当にいろいろなことを丁寧に教えてもらいました。覚えが悪かったり、上手いかわからない時でも、何度も丁寧に教えてくれたことは今でも感謝しており、私も後輩には同じように接していきたいと思っています。

現在の職場の仕事内容ですが、作業は二人で行い、1000tプレスという油圧を使って鉄板に約700kgの圧力をかけて曲げていく作業をしています。曲がりが少ない場合は圧力をかける間隔を広くして、曲がりが多い場合は逆に間隔を狭くしたりします。船首から船尾に使うものの中には様々な形に鉄板を曲げないといけないので、鉄板によっては途中で曲げ方を変える必要があることもあり大変難しいです。また曲げ型というものがあるのですが、プレスは操作する人の感覚で曲げるので曲げ型に合わない場合があつてなかなか思うように曲がらない時もあります。

私の職場は忙しい場合は2交代の勤務体制になるのですが、早出勤は朝が寒かったりして起きるのが辛い時もあります。しかし作業をしていて自分の思ったように曲がった時には眠気も疲れも吹き飛びます。奥が深い作業ですがやりがいがある作業です。

仕事以外にも会社で参加しているフットサルではグループ会社の大会で準優勝したりと充実した毎日を送っています。

これからもお世話になった方への感謝の気持ちを忘れず、一人前の造船マンになれるように日々精進したいと思います。

## 「三和ドックに入社して」

株式会社三和ドック  
鉄工科 川田 哲也  
(平成21年度卒)

私が株式会社三和ドックに入社して2年目になります。三和ドックは、船舶の修繕を専門にしている造船所で、様々な種類の船舶が修繕のためにドック入りしてくるので、社員には幅広い知識と技術が必要となります。

入社してから3ヶ月は因島造船技術センターで研修をしました。研修内容は、主に溶接やガス切断など基礎的な造船技術の訓練と、天井クレーンなど造船所で必要となってくる資格の取得、船のしくみや使われる鋼材についての講義などです。この中でも、グラインダーの使い方や天井クレーンに関する資格取得、ガス切断が大切だと聞いていたので特に頑張ってお研修を行いました。

研修が終わってからは、鉄工科に配属になりました。鉄工課は主に座礁などで損傷した海難船の修理をするところです。具体的には、損傷した外板を剥いで、骨を付け直し、外板を張り直す作業をするところです。作業をしていて特に慎重に行わなければいけないことは、損傷した外板をガス切断機で精度よく切り出すことです。精度よく切り出さないとこの後の作業で部材が合わなくなってしまうからです。また、切断作業では鉄さびによる劣化が激しい外板を切断するのが難しく、先輩からは下手だとよく言われ、作業を交代させられることがありますが、もっと上手くなってやろうと思いつながら仕事を頑張っています。

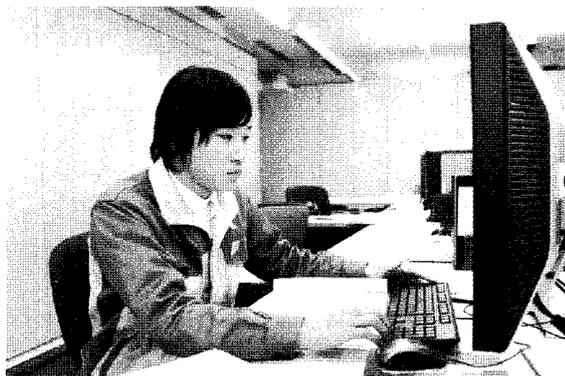
入社して一番大事にしていることは、現場は危険がつきものなので「安全第一」という意識を持つことです。このことは先輩からも何度も言われているので、常に気を付けています。ぼーっとしたりしていたらケガをしてしまうので、集中して作業をするようにしています。

そして、仕事をしていて思うことは、とにかく耐えることが大切だと思いました。私は精神的に弱いので、上司から怒られてよくへこみます。そんな時は、負けずに努力してやっていたらいつか結果が出るからそれを信じて頑張れ、と何人もの先輩方が声をかけてくれているので、耐えて頑張っていこうと思うようにしています。働くことは大変なことです、先輩方の言うことは素直に聞いて実行していくことが、大切なことだと深く感じています。

三和ドックは、船舶の修繕では日本一なので、世界からも認められ、そして世界一の修繕会社になれるように現場でもっと活躍していきたいです。また、社会人としても、気を引き締めて成長していきたいと思っています。



## 「尾道造船に入社して」



尾道造船株式会社

造船設計部 船殻設計課 西山 兼希

(平成22年度卒)

私は、今年の春から尾道造船の船殻設計課という部署の生産設計グループで業務を行っています。配属先に関して、最初は凄く驚きました。生産現場で働くと思っていたので、事務所側で働くイメージが全くなかったからです。また、私の想像す

る事務所は、ずっと机に座っていて、人間関係がすごく難しそうだというものでした。実際に日々働きながら過ごしてみると、職場の方々には親切に声をかけてもらったり、挨拶をしてもらうなど、とても働きやすい環境だなと実感しています。

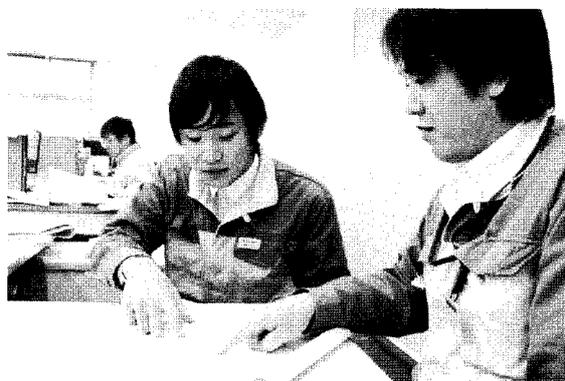
現在私が行っている仕事は、船殻構造図面を作成することや、船を構成する鋼材を切断機等で加工するために必要なデータを作成することです。

今までの設計の仕事を通して心掛けていることが二つほどあります。

一つは、「メモを取ること」です。私は造船科を卒業したので、高校の授業では図面を見ていましたが、会社に入って見たものは、今までの図面と全く違い、多くの記号が書かれていて戸惑いました。これは、溶接方法や開先の種類・取付け方向・板の種類・板の厚みなどの色々な情報が一つの図面にまとめられていて、作業者が見てどのように造るのが分かるようになっているのです。正直今でも完璧には分からないのですが、日々の仕事を通していく中で、先輩や上司の方々に分からない所は積極的に質問をして、教わったことは忘れないようノートやメモ帳に書いています。これは、同じ質問をしないためです。また自分が分からなくなった時にも振り返って見直せるというメリットもあります。

もう一つは「自ら積極的にコミュニケーションを図ること」です。コミュニケーションの大切さについては、高校生の時、先生方からよく聞いていたことであり、社会人となって高校生のままの気持ちではだめだということを実感しています。学生の際は周りの人から声をかけてもらっていましたが、業務では、親切に声をかけていただくこともあります。職場の先輩方も忙しくしているので、自ら話かけなければ仕事が前に進まないことがあります。また、出張などで社外に出た際にも、いろんな情報交換をするには、自ら声をかけていかないとなかなか相手にしてもらえないということを感じました。今後、積極的に周りの方々と会話をして、良い人間関係を築いていきたいと思います。

最後に、これからの課題は「気持ちの切り替えを上手にしていくこと」です。学生気分がまだ抜け切れていませんが、社会人は自分で責任を負う立場になったという自覚を持たなければいけないと思っているからです。今後も、公私の切り替えをきちんと行い、同期をはじめ先輩・上司の方との色々な輪を広げ、成長していきたいと思っています。



# 学 校 一 覧 (H23)

学校名・科名・コース	〒	所在地	TEL・FAX・E-mail	会 員 名	
高知県立 須崎工業高等学校 ・造船科	785-8533	高知県須崎市 多ノ郷和佐田 甲4167-3	TEL (0889)42-1861 FAX (0889)42-1715 E-mail susakikogyou-h @kochinet.ed.jp	校長	佐々木 菊雄
				科長	西山 庸一
				職員	松本 勝
				〃	山崎 桂
				〃	田村 東志行
				〃	徳弘 叙裕
				〃	木下 裕次郎
長崎県立 長崎工業高等学校 ・機械システム科 造船コース	852-8052	長崎県長崎市 岩屋41番22号	TEL (095)856-0115 FAX (095)856-0117 E-mail nozaki.p @nagasaki- th.ed.jp	校長	森岡 直人
				コース長	野崎 慎一郎
				職員	上野 哲夫
				〃	榎並 孝
				〃	米田 久幸
				〃	田中 基樹
山口県立 下関中央工業高等学校 ・機械・造船科 造船コース	751-0826	山口県下関市 後田町4-25-1	TEL (083)223-4117 FAX (083)223-4117 E-mail matsuda.souji @ysn21.jp	校長	下村 英明
				コース長	松田 壮司
				職員	高槻 雄一
				〃	宮崎 明宏
				〃	國弘 誠
				〃	舛富 正視
				〃	宮岡 連太郎

学校生徒数

高知県立須崎工業高等学校

全日制				
学科	造船	機械	電気情報	ユニバーサル
定員	120	120	120	120
1年	28	24(1)	30(1)	24(20)
2年	24	26	26	27(20)
3年	16	35	32(1)	13(6)
計	68	85(1)	88(2)	64(46)
在籍				305(49)

( )は女子の内数

長崎県立長崎工業高等学校

全日制												
学科	コース	機械		機械システム		電気	工業化学	建築	インテリア	電子工学	情報技術	計
		造船	機械	電子機械	造船							
定員		120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	960
1年		40	40	40	40	40	40(2)	40(5)	40(26)	40(1)	40(13)	320(47)
2年		40	18	22	40	40	39(3)	38(4)	40(33)	40(3)	40(8)	317(51)
3年		40	19	21	39	39	38(2)	38(5)	40(35)	37	40(8)	313(50)
計		118	120	120	119	119	117(7)	116(14)	120(94)	117(4)	120(29)	950(148)
在籍												( )は女子の内数

( )は女子の内数

山口県立下関中央工業高等学校

全日制						
学科	機械・造船		土木	化学工業		計
	造船	機械		建築	化学工業	
定員	~120	~70	~70	~70	~70	480
1年		140(16)				140(16)
2年	30(2)	31	30(3)	31(3)	35(3)	157(11)
3年	24(4)	35	35(4)	27(1)	33	154(9)
計	54(6)	68	65(7)	58(4)	68(3)	451(36)
在籍						

## 全国工業高等学校造船教育研究会の歩み（抜粋）

年月日	事	項
昭和		
34. 6	中国五県工業教育研究集会の機械部会に造船分科会を特設し、全国的な集会とすることになる。	
34. 8.21 ～23	中国五県工業教育研究集会 於山口県立宇部工業高校・林兼造船クラブ 参加校13校 あっせん校 下関幡生工業高等学校（校長：岡本喜作、造船科長：高橋正治） ①全国工業高等学校造船教育研究会（仮称）の発足 ②昭和34年度 会 長 松井 弘（市立神戸工業高等学校長） 当番校 市立神戸工業高等学校	
34.11. 3	全国工業高等学校造船教育研究会発足 加盟校17校	
35. 3.31	第1回総会 於神戸市垂水 教育研修場臨海荘	
35. 8. 7	第2回総会 於熱海市来の宮 日本鋼管寮	
36. 8. 7	第3回総会 於広島県大崎高等学校	
37. 8. 6	第4回総会 於伊勢市内宮如雪苑 鳥羽市観光センター	
38. 7.20	会誌1号発行	
38. 7.26 ～29	役員会（別府市 紫雲荘） 第5回総会・協議会・研究会（於別府市 紫雲荘 当番校：佐伯高等学校）	
39. 8.20	第6回総会・協議会・研究会（於徳島市眉山荘）	
40. 8. 2	第7回総会・協議会・研究会（於釜石海人会館） （ 中 略 ）	
平成		
15. 2.18 ～19	役員会 於広島市「東方2001」	
15. 8. 6 ～8	第43回総会並びに研究協議会 実技講習会「今治造船(株)見学」 於愛媛県西条市	
16. 2.19 ～20	役員会 於広島市「東方2001」	
16. 8. 2 ～4	第44回総会並びに研究協議会 実技講習会「三菱重工業(株)長崎造船所、(株)大島造船所見学」 於長崎市	
17. 2. 9	役員会 於広島市「東方2001」	
17. 7.25 ～26	第45回総会並びに研究協議会 於長崎市	
18. 2.24	役員会 於下関中央工業高等学校 事務局 長崎工業高校より下関中央工業高校に移る	
18. 8. 1 ～2	第46回総会並びに研究協議会 於下関市「東京第一ホテル下関」	
19. 8.20 ～21	第47回総会並びに研究協議会 於下関市「東京第一ホテル下関」	
20. 2.20 ～21	役員会 於下関中央工業高等学校	
20. 7.28 ～29	第48回総会並びに研究協議会 於下関市「東京第一ホテル下関」	
21. 8.20 ～21	第49回総会並びに研究協議会 於下関市「東京第一ホテル下関」	
22. 1.26 ～27	役員会 於下関中央工業高等学校	
22. 4. 1	事務局 下関中央工業高校から須崎工業高校に移る	
22. 7.29 ～30	第50回総会並びに研究協議会 於須崎市「須崎市民文化会館」	
23. 7.27 ～28	第51回総会並びに研究協議会 於尾道市「内海造船株式会社」	

## 全国工業高等学校造船教育研究会規約

1. 本会は、全国工業高等学校造船教育研究会（以下本会という）と称する。
2. 本会は、特に造船教育に関して資料の収集、作成並びに研究をなし、造船教育の充実振興を図ることを目的とする。
3. 本会の会員はつぎのとおりとする。
  - (1) 造船科並びにこれに類する学科等を設置する高等学校の校長・教頭及び関係教職員。
  - (2) 本会の趣旨に賛同し総会で認められたもの。
4. 本会は次の役員をおく。
  - (1) 会長1名 (2) 副会長若干名
  - (3) 理事(事務局)若干名 (4) 委員若干名 (5) 監事2名
5. 役員の仕事は次の通りとする。
  - (1) 会長 本会を代表し、会の運営にあたる。
  - (2) 副会長 会長を補佐し、会の運営にあたる。
  - (3) 理事 会長を補佐し、庶務・会計の事務にあたる。
  - (4) 委員 各学校間の連絡にあたり、会の活動運営をたすける。
  - (5) 監事 会計の監査にあたる。
6. 役員は総会において選出する。
7. 役員の仕事は、1年とし再任を妨げない。
8. 本会には若干の顧問をおく。
9. 本会は次の集会を行う。
  - (1) 総会 原則として毎年1回これを開く。
  - (2) 役員会 必要に応じて開く。
10. 本会の収入は、次による。
  - (1) 会費年額1校15,000円
  - (2) 寄付金
  - (3) 雑収入
11. 本会の予算及び決算は、総会の承認を得るものとする。
12. 本会の年度は4月1日に始まり、翌年3月31日に終わる。
13. 本会の規約の変更は、総会の決議による。

(改正) 昭和34年11月3日発会当時の規約を、昭和35年3月30日、昭和40年8月4日、昭和41年7月28日、昭和42年7月27日、昭和47年7月27日、昭和50年7月30日、昭和51年7月28日、昭和55年7月26日、昭和56年7月23日、昭和60年8月2日、平成3年7月30日、平成11年7月29日、平成17年2月10日上記の通り変更せるものである。

附則本規約は平成17年2月10日より施行する。

## 全国工業高等学校造船教育研究会会長賞についての表彰規定

### 1 趣旨

全国工業高等学校造船教育研究会に加盟している学校に在籍する生徒を対象に在学中の物作りに対する設計・製作・研究などの成果を顕彰し、工業教育の目標である物作りを奨励するとともに、造船教育の振興に寄与する。

### 2 規定

- (1) 設計活動・製作活動・研究活動が顕著であり、かつ人物・出席状況などを総合的に考慮して、当該校長が推薦した生徒を対象とする。
- (2) 当該校当該科・コースにおける個人2名以内とする。
- (3) 卒業時に表彰状並びに副賞を授与する。

(附則)

平成6年2月7日決定

平成9年1月18日改正

平成17年2月10日改正

## 全国工業高等学校造船教育研究会教育功労賞の表彰規定

### 1 趣旨

全国工業高等学校造船教育研究会の会員において、永年造船教育の振興に寄与したことに対し本会から感謝の意を込め教育功労賞として表彰するものである。

### 2 規定

- (1) 全国工業高等学校造船教育研究会の会長として在籍したもの
- (2) 全国工業高等学校造船教育研究会の会員として10年以上在籍したもの
- (3) 退職する会長、会員は退職年度の総会にて表彰状並びに副賞を授与する。転勤した会長、会員においては、転勤年度の総会にて表彰状並びに副賞を授与する。

(附則)

平成20年7月29日改正

## 平成23年度役員

会 長	佐々木菊雄	(高知県立須崎工業高等学校校長)
事 務 局	高知県立須崎工業高等学校	
事務局長	徳弘 叙裕	(高知県立須崎工業高等学校)
理 事	高知県立須崎工業高等学校	造船科教員
委 員	長崎県立長崎工業高等学校	
監 事	山口県立下関中央工業高等学校	
監 事	長崎県立長崎工業高等学校	

## 造船関係企業紹介

内海造船株式会社

今治造船株式会社

岩城造船株式会社

株式会社大島造船所

株式会社新来島どっく

常石造船株式会社

ユニバーサル造船株式会社津事業所

長崎総合科学大学

尾道造船株式会社

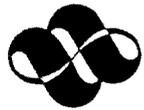
栗之浦ドック

株式会社三和ドック

幸陽船渠株式会社

新高知重工業株式会社

中谷造船株式会社



# 内海造船株式会社

本社：瀬戸田工場／〒722-2493 広島県尾道市瀬戸田町沢226-6 TEL(0845)27-2111 FAX(0845)27-2895

因島工場／〒722-2393 広島県尾道市因島土生町2418-2 TEL(0845)22-9311 FAX(0845)22-6951

田熊工場／〒722-2324 広島県尾道市因島田熊町2517-1 TEL(0845)22-1411 FAX(0845)22-0353

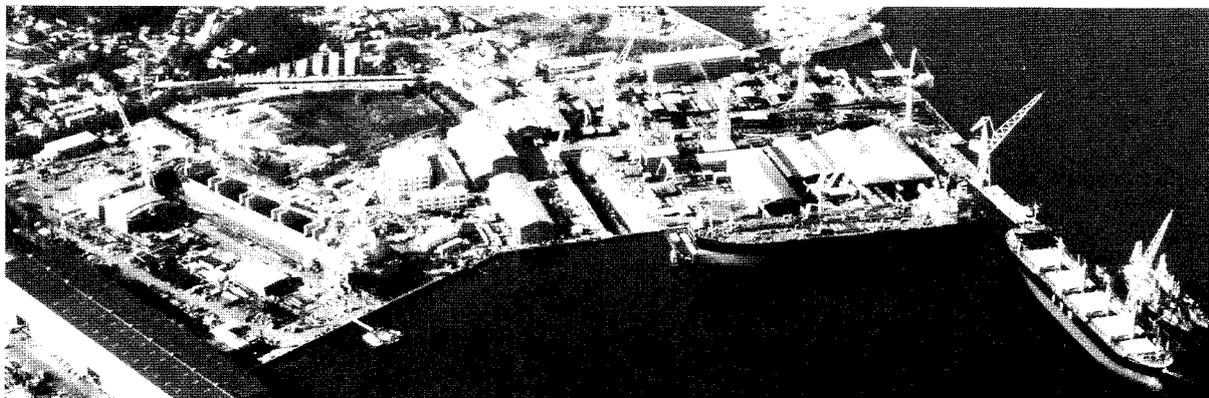
URL <http://www.naikaizosen.co.jp>

当社は、しまなみ海道のほぼ中央に位置し、瀬戸田と因島（共に尾道市）に工場を構え、船舶の建造および修理を行っています。当社の特長は50m程の旅客フェリーから全長200mを越す大型貨物船まで、バラエティーに富んだ多種多様な船を建造していることです。特に中・小型フェリーの建造では高い評価と実績を誇っています。当社は、徹底した品質管理のもと、1隻1隻オーダーメイドでマーケットの変化や日々多様化する顧客のニーズにも柔軟に対応しています。また、大量輸送やスピード化を確保する一方、地球環境や安全運航に配慮した新しいタイプの船舶の建造も行っています。

船の建造には何ヶ月もの期間を要しますが、その中で最も華やかなイベントとなるのが進水式です。自分たちが建造した巨大な船が目の前を滑り降りる姿は圧巻。これは建造に携わった造船マンでなければ味わえない船造りのロマンです。

また、独身寮も充実しており、瀬戸田地区には124室、因島地区には80室の独身寮を完備しています。仲間と一緒に安心して寮生活を送りながら仕事に集中出来るようサポートしています。

今後も私たち内海造船は、最新の生産設備の導入、信頼の技術、ノウハウ、経験を活かして進化し、挑戦し続けます。そして皆さんの若いアイデア、熱い情熱に期待しています。



本社／瀬戸田工場

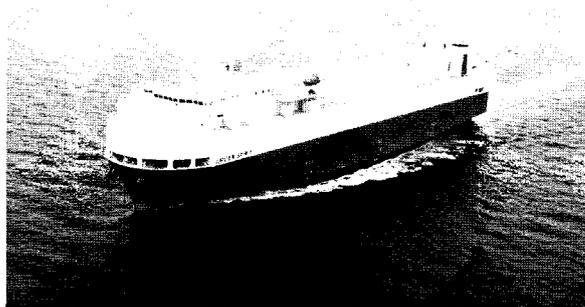
## 【建造船舶の紹介】

本船は合計13層から構成されており、内2層はリフト式甲板としており、トラック、バス、重車両等の大型車両の積載も可能です。日本海事協会の実海域性能指標（海の10モード）の鑑定を取得し、省エネ装置「ステップ」の省エネ効果を同鑑定においても確認した船型を採用しています。

※「ステップ（SPRAY TEARING PLATE）」とは、波浪中の波を抑える船首喫水線上の板状の省エネ装置です。ステップにより船体が波をうけることによって生じる速力低下を抑え、結果として燃費悪化を減少させることができます。

本船は長崎～五島航路に就航するフェリーです。2機2軸、2舵を備えた旅客船兼自動車航送船で、全通した車両甲板への自動車の乗降は、船首尾に装備されたランプドアから行います。船型は球状船首およびスプリット船尾を採用して、推進性能の向上を図っています。また航海中の横揺れを防ぐためのフィンスタビライザを備えているほか、バウスラストおよびシリングラダーを装備し、離接岸の効率化をはかっています。

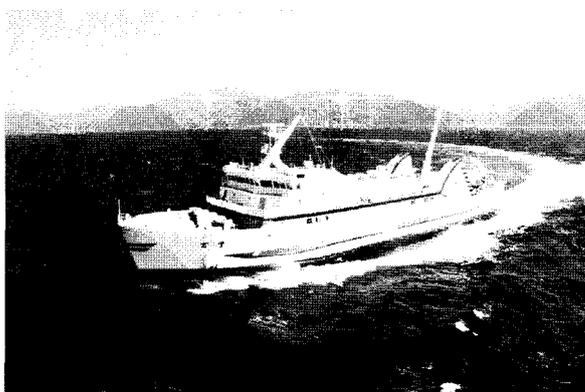
高齢者・身障者のバリアフリー設備として、車両甲板および旅客乗船口から客室エントランスに、直接移動できるエレベータを装備しています。



5,000台積自動車運搬船

L×B×D：183.00m×30.20m×28.80m

総トン数：45,961トン



1,560総トン型旅客船兼自動車航走船

L×B×D：86.50m×14.50m×10.40m

総トン数：1,551トン

## 【独身寮の紹介】



平成22年2月に階建82室の新中野寮（右奥）が完成し、既設の中野寮（左）と合わせると124室の寮となりました。（瀬戸田）プライベートを重視したワンルームマンションで全室にバス・トイレ・エアコン・冷蔵庫・洗濯機等の家電製品を完備しています。また1階には食堂があり食事の準備もしています。

# 年間竣工隻数101隻

当社の2009年度年間竣工隻数は101隻。国内シェアは約22%で日本1位。

世界シェアでは約5.5%で世界3位の実績を誇ります。

1901年の創業以来、約1世紀に渡り経営理念である「船主と共に伸びる」のもと、より良い船造りに邁進し続け、多くのお客様の信頼を獲得した成果だと考えております。

当社では全長330mのタンカーから、20万トンの鉄鋼石を運ぶバルクキャリア、地球環境に優しいクリーンエネルギーとして知られる液化天然ガスを運ぶLNG船、

6000台もの自動車を1回の航海で運ぶ事の出来る自動車運搬船まで、

多種多様なお客様のニーズに応え、瀬戸内海を中心に全8工場で、

日々より良い船造りに励んでいます。

 **今治造船株式会社**

" Growing Together with SHIOWNERS "

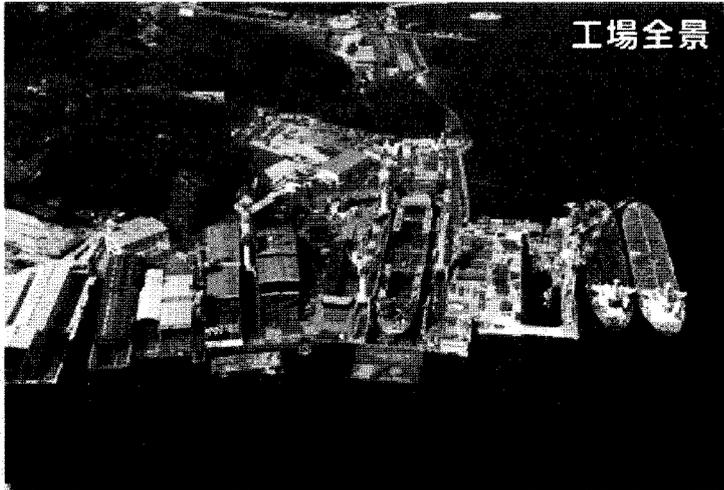
今治造船

検索 



# 岩城造船株式会社

豊富なネットワークと技術の結集による  
確かな信頼と180隻を超える建造実績



工場全景

愛媛県の最北端に位置する当社は、創業以来100年以上の歴史を持つ今治造船グループの中でも石油製品運搬船・冷凍庫・チップ船等の特殊船建造のノウハウを豊富に備えており、今治造船の経営理念である「船主と共に伸びる」に基づき、お客様のニーズと信頼に応えるため、さらなる設備の充実を図ると共に、人材育成に注力し競争力と安定感のある会社づくりを目指しています。



孤隠寮(こもかくしりょう)

当社が所有する独身寮の「孤隠寮(こもかくしりょう)」は、鉄筋コンクリート6階建全83室のリゾートホテルを2007年9月に買取り改装したもので、テニスコートや屋内外プールなど、充実の設備を備えており、福利厚生にも注力しております。

岩城造船

検索



地域社会と世界を結ぶ

# 株式会社大島造船所

本店・工場 〒857-2494 長崎県西海市大島町 1605-1 TEL 0959-34-2711(大代表)  
FAX 0959-34-3006  
<http://www.osy.co.jp>

(事務所) 東京・大阪・福岡・長崎・佐世保・広島

大島造船所は、1973年2月、ダイゾー（旧大阪造船所）・住友商事・住友重機械工業の三者の出資により設立された会社です。創業以来、大型船舶の建造を中心として橋梁・各種鋼構造物の製造・据え付け、施設農業分野へと事業の展開を図って参りました。本業の造船事業では、3万トンから10万トンクラスのバラ積み貨物船を中心に建造しており、『バルクの大島』として、世界中のお客様からご愛顧いただいております。

また、地域振興事業にも力を入れ、『地域と共に』発展する企業をモットーに、『特色有る世界造船所』を目指し、たゆまぬ努力を続けています。

## ●多数隻連続建造体制を確立

大島工場は社員・協力社員合わせて約2,500名。広大な敷地に、加工・小組立・大組立・塗装・艀装工場などがそれぞれ独立、柔軟な生産体制が可能となっています。建造ドックは長さ

535m×幅80m、350トン吊り2基、1,200トン吊り1基 計3基のゴライアスクレーンを備え、年間36隻前後の船舶を建造、今後の更なる飛躍を目指しています。

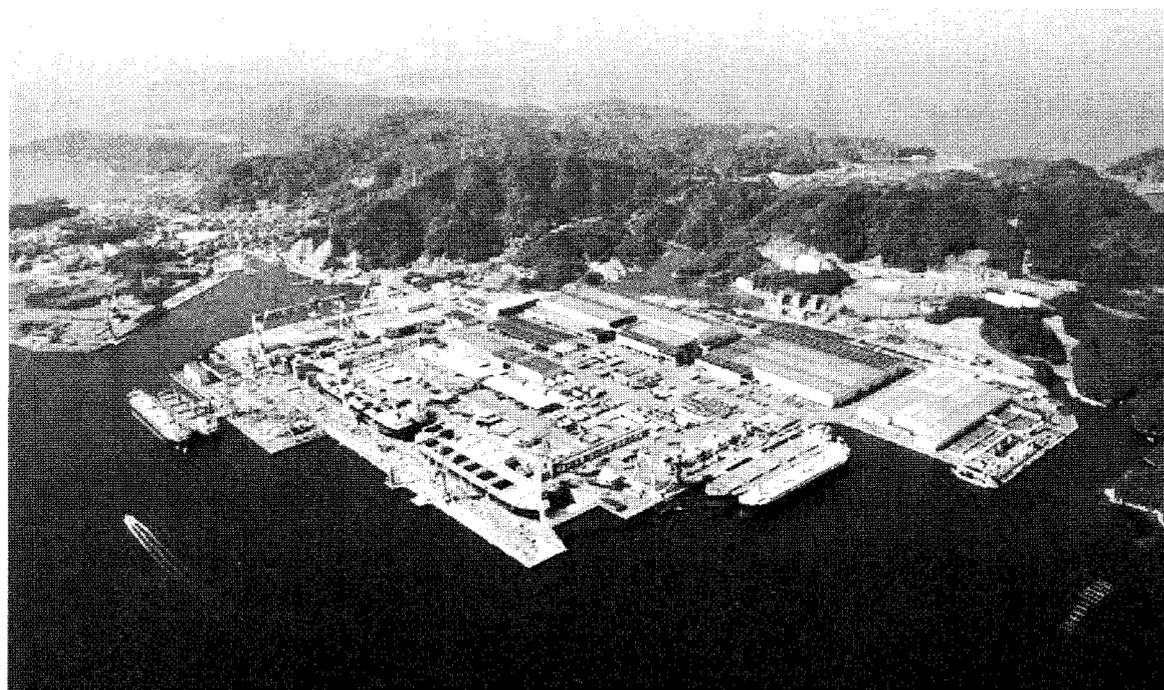
## ●ハウステンボスから30分

大島造船所は、長崎県の西彼杵半島の北部から西に約2kmの海上に浮かぶ大島に在ります。平成11年11月11日に念願の大島大橋が開通。今年4月には無料化。車なら長崎空港から約1時間半、福岡からも約2時間半の距離にあります。

周辺にはハウステンボスや陶磁器で有名な有田の窯元などがあり、観光も楽しむことができます。

また、豊かな自然環境を利用して、全国規模のトライアスロン大会などスポーツイベントも開催され、当社もスポンサーとして協賛しています。

近くへお越しの際には、是非大島へお立ち寄り下さい。





# 株式会社 新来島どつく

SHIN KURUSHIMA DOCKYARD CO.,LTD.

本社工場 〒799-2293 愛媛県今治市大西町新町甲 945

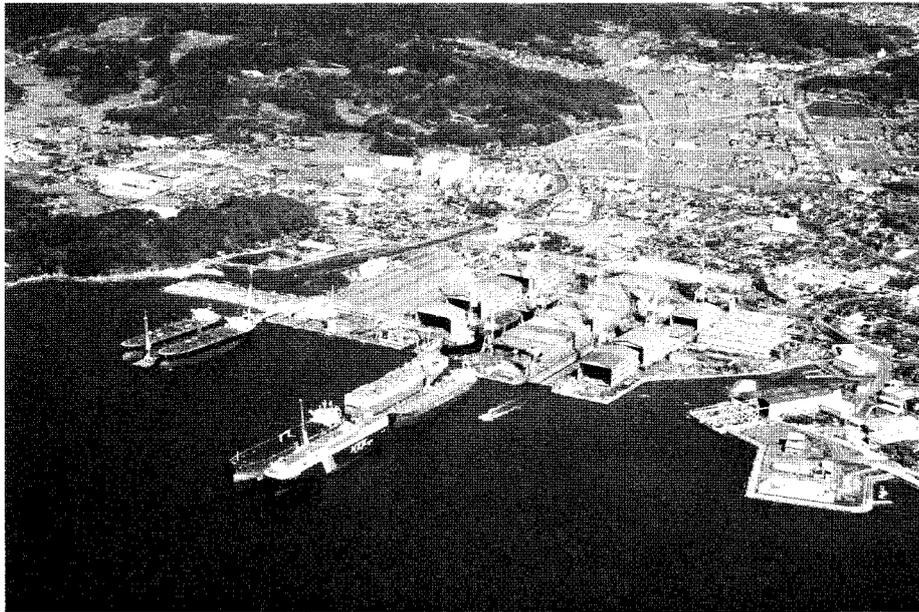
TEL 0898-36-5511

FAX 0898-36-5599

“感動とロマン”それは船を造り上げる者のみが味わえる喜びです。力を注いだ巨大な船が浮き上がり大いなる海へ旅立つ時、図り知れない快感が全身を包むのです。造船、それは夢のある一大プロジェクトです。

約一世紀にわたって各種の船舶を建造し続けている当社は、その歴史の中でさまざまなノウハウを蓄積してきました。伝統に裏付けられた経験と開発へのたゆまぬ努力が、躍進を続けるパワーの源となっています。

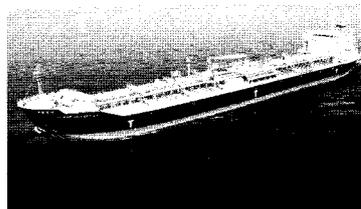
当社の大きな特長は、ケミカルタンカー、自動車専用運搬船、冷凍貨物船を始め特殊な貨物船からフェリー、練習船に至る小型船から大型船まで、多彩な新造船を誕生させていることです。世界をリードしている日本の造船技術の中でも、多種多様な顧客ニーズに対応できる技術を有する新来島どつくでなければという熱い期待が寄せられ、造船にかけるスタッフの自由でいきいきとしたパワーがみなぎっています。



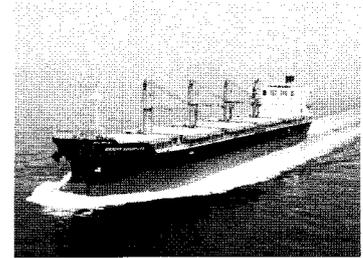
## < 建造船実績 >



S5523  
L×B×D：190.03×28.20×28.74  
積載台数：3,920台  
船種：自動車専用運搬船



S5541  
L×B×D：174.40×27.70×16.00  
D/W：34,100t  
船種：ケミカルタンカー



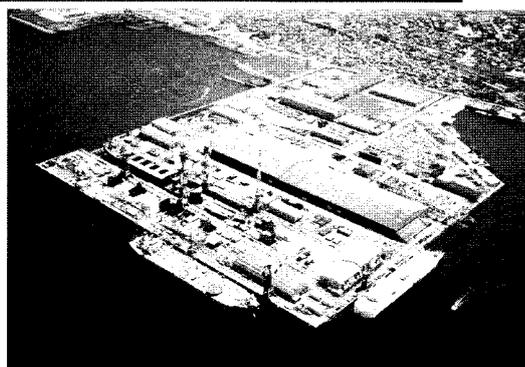
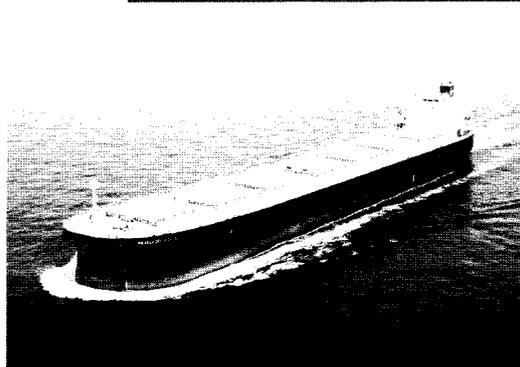
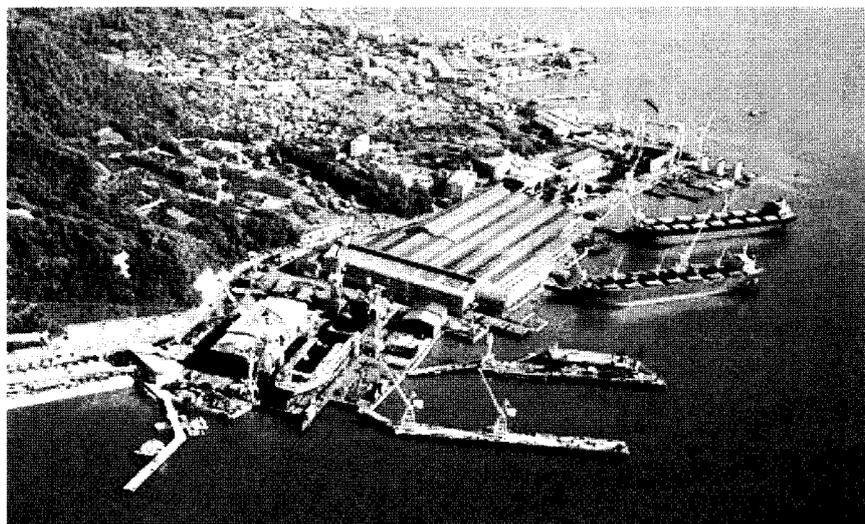
S5725  
L×B×D：179.95×28.20×14.30  
D/W：33,100t  
船種：バルクキャリア

# 常石造船株式会社



■本社/常石工場/〒720-0393 広島県福山市沼隈町常石 1083  
■多度津工場/〒764-8503 香川県仲多度郡多度津町東港町 1-1  
■URL/ <http://www.tsuneishi.co.jp>

TEL:084-987-1111 FAX:084-987-0336  
TEL:0877-33-2111 FAX:0877-33-1439



当社は、1917年の創業以来90余年の間、船づくりに従事し、国内外の海上物流を支える一翼を担うことで、世界経済の発展に寄与してまいりました。小さな木帆船の建造からスタートした当社ですが、今では広島の本社工場のほか香川県、フィリピン、中国にも工場を有し、4工場で年間60隻以上を建造する造船会社に成長しました。

私たちは、安全で高品質な船舶を提供することを使命とし、ばら積み貨物船、タンカー、自動車運搬船など市場のニーズをとらえた多様な船舶を開発・建造し、世界中のお客様に提供しています。

## 入社(在籍者)の実績 (平成23年11月現在)

卒業した高等学校	人数	平成24年4月入社内定者
高知県立須崎工業高等学校	33人	1人
長崎県立長崎工業高等学校	11人	1人
山口県立下関中央高等学校	20人	1人



# ユニバーサル造船株式会社 津事業所

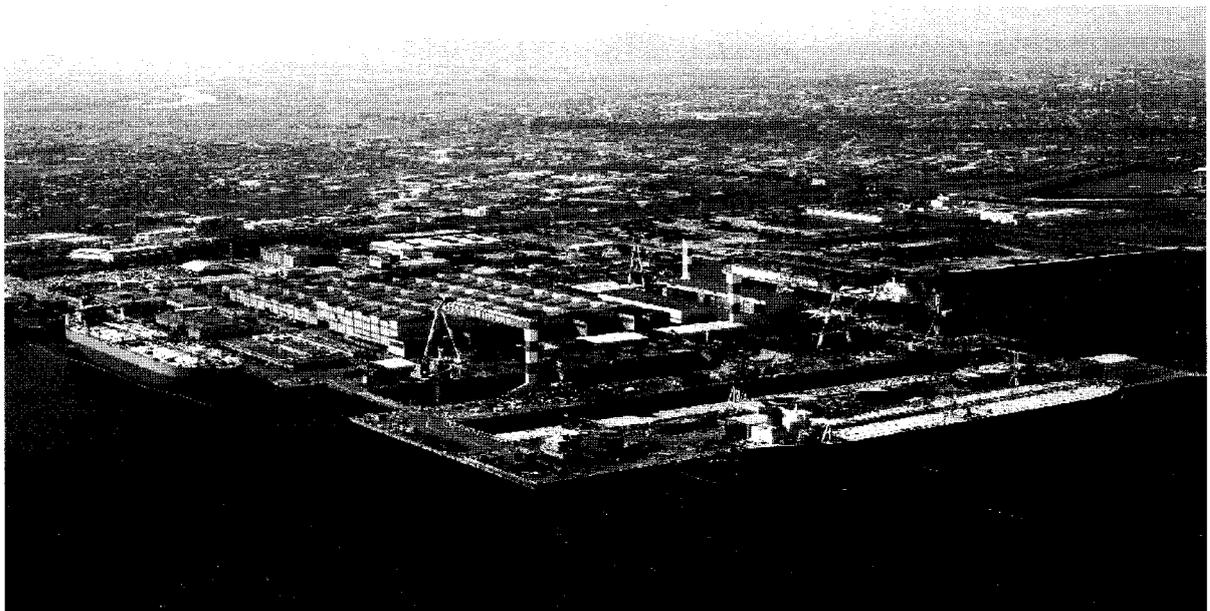
〒514-0398  
三重県津市雲出鋼管町1番地3  
TEL:059-238-6153  
FAX:059-238-6430

ユニバーサル造船は、2002年10月に日本鋼管(現JFE)と日立造船の造船部門が統合した会社で、現在は、JFEグループの造船事業会社として、名実ともに国内トップクラスの売上高と建造量を誇ります。

津事業所は、伊勢湾に面した三重県津市の海岸を埋め立て、1969年に誕生した大型造船所で、両開き式ドック(キャナロック)を擁し、このドックで常時1隻半の大型船舶を建造することができ、鉄鋼の原材料となる鉱石、石炭など運ぶ大型ばら積み運搬船(ケープサイズ・バルカー)の建造においては、世界有数の実績と生産性を誇ります。

また、30万トン級のVLCCやアフラマックス型タンカー、メンブレン方式LNG船の建造も得意としており、最新の技術で高度な品質と生産性を実現しています。

## ここは桁違いのスケールを持つ、 まさにモノづくりのロマンを 体現する「仕事場」です。



### 入社(在籍者)の実績(平成24年1月現在)

卒業した高等学校	平成22年4月入社者	平成23年4月入社者	平成24年4月入社内定者	合計
高知県立須崎工業高等学校	1人	1人	1人	10人
長崎県立長崎工業高等学校	0人	1人	1人	7人
山口県立下関中央高等学校	0人	0人	1人	5人

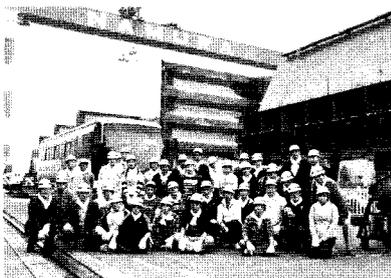
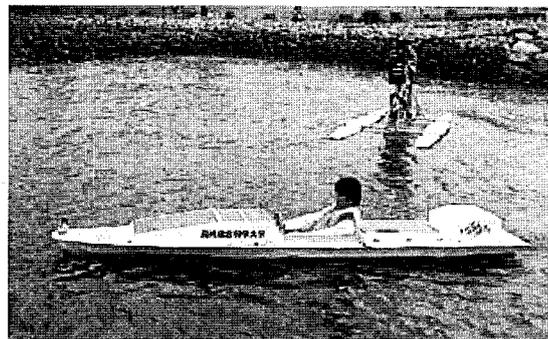
# 長崎総合科学大学

**NiAS**

マリン文化は長崎から

夢から創造性を…  
ものづくりから向学心を…

海に学び 海を知り 海と生き 人類に貢献できる技術を育む



船舶工学科の就職率は100% 造船奨学生制度もあります!!

## 工学部 船舶工学科

工学部/機械工学科、電気電子工学科

情報学部/知能情報学科、経営情報学科

環境・建築学部/人間環境学科、建築学科

大学院工学研究科/総合システム工学専攻（博士課程）

生産技術学専攻、環境計画学専攻、電子情報学専攻（修士課程）

●お問い合わせ 入試広報課 〒851-0193 長崎市網場町 536

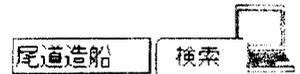
TEL:0120-801-253 FAX:095-839-3113

URL:<http://nias.jp> E-mail:[adm@NiAS.ac.jp](mailto:adm@NiAS.ac.jp)



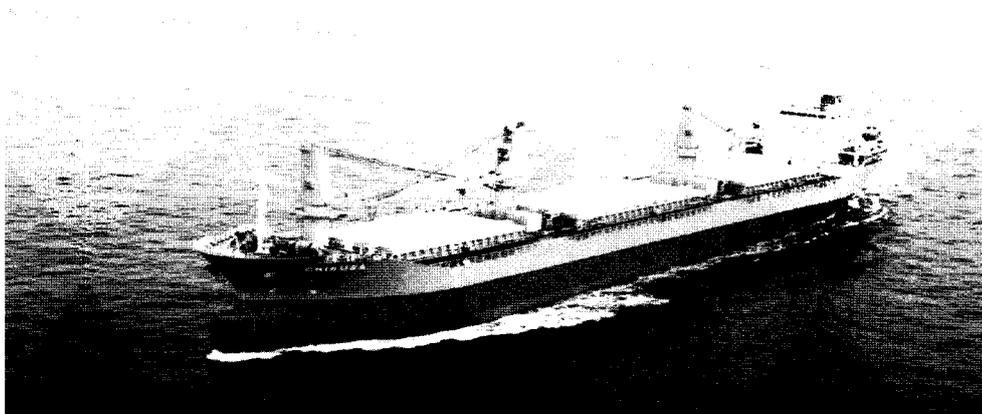
## ⊕ 尾道造船株式会社

〒722-8602 広島県尾道市山波町1005番地  
 TEL: 0848-37-1111 FAX: 0848-20-2969  
<http://www.onozo.co.jp>



人と環境へ「安心・安全」な船舶の建造

## 株式会社 栗之浦ドック

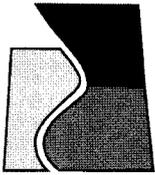


会社設立 昭和25年6月 営業品目 各種船舶の建造及び修理

本社所在地 愛媛県八幡浜市栗野浦365番地  
 淡路工場 兵庫県南あわじ市阿万塩屋町字戎谷2606-1

〈株式会社栗之浦ドックグループ〉

三好造船(株) 愛媛県宇和島市弁天町2-1-18  
 白浜造船(有) 愛媛県八幡浜市保内町川之石1-236-50  
 保内重工業(有) 愛媛県八幡浜市保内町川之石10-236



# 株式会社 三和ドック

●本社工場

広島県尾道市因島重井町600番地

TEL (0845) 26-1111(代)

FAX (0845) 26-1000

http://www.sanwadock.co.jp

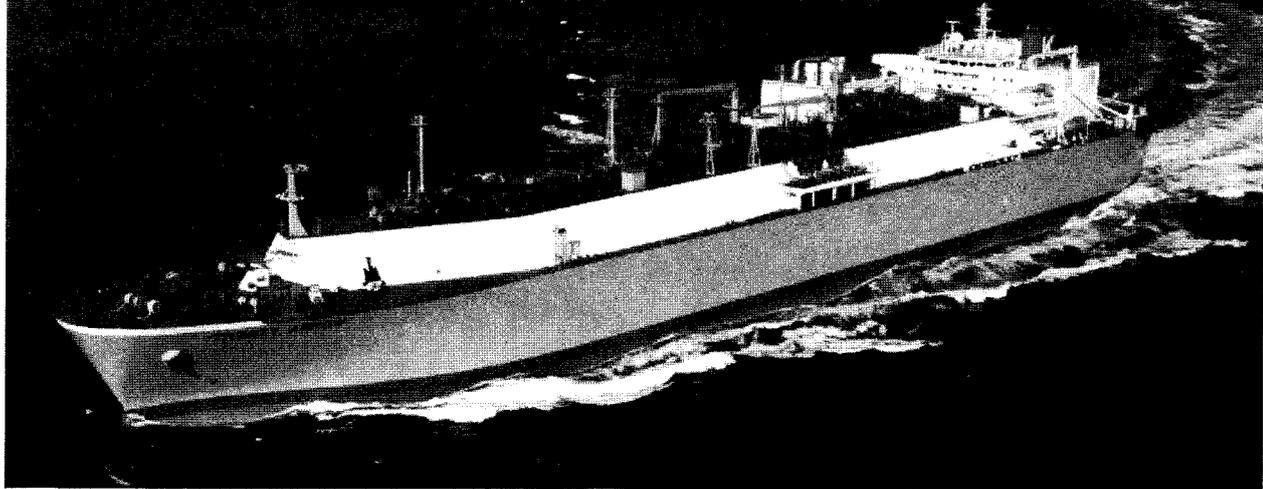


船の安全な航行への願いから、私たちのもとには多くの船が集まっています。三和ドックではあらゆる船舶のより高度化、複雑化するニーズに対応していくため、ドックの拡張や、工場設備の整備、艀装棧橋の竣工などの設備面はもちろん、様々な技術研修によりスタッフ社員のソフト面のレベルアップにも努めています。

1961年の創業以来、わたしたちはクラフトマンシップの精神のもと、シップリペアのプロ集団として世界一の修繕ドックを目指して、常にチャレンジしています。

## 世界屈指の超大型船 建造中!

私達、幸陽船渠は1949年の創業以来、伝統と経験に裏打ちされた技術力の下、競争力の高い、高付加価値船の建造に日々挑戦し続けています。近年の建造実績では、大型LNG(液化天然ガス)船をはじめ、8,100TEUメガコンテナ船、18万載貨重量トンばら積み運搬船など、大型船のスペシャリストとして国内はもとより国際的にも広く知られております。



## 幸陽船渠株式会社

幸陽ドック

検索



# 新高知重工株式会社

Shin Kochi Jyuko Co., Ltd.

本社 / 〒781-0112 高知市仁井田新築 4319 番地

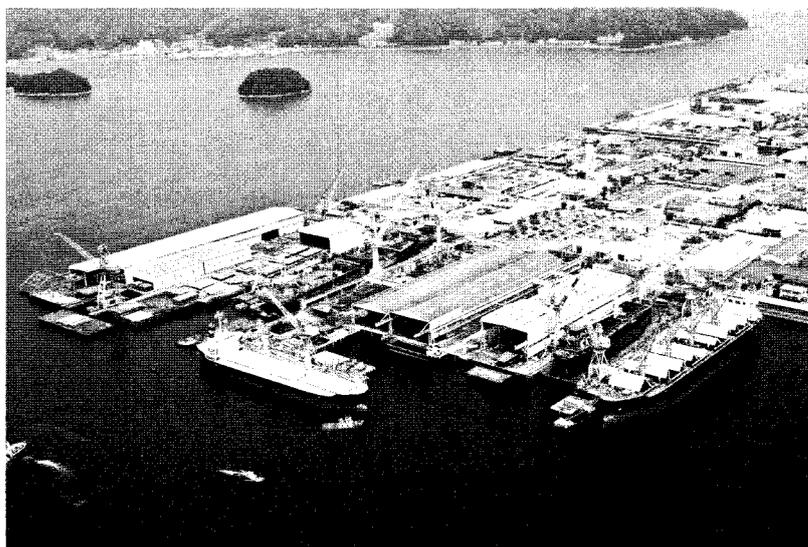
TEL 088-847-1111 (代) FAX 088-847-4565

## 会社概要

前身の高知重工(株)のノウハウと優秀な技術力を受け継いで、平成元年4月に、従業員50名弱でスタートした当社は、徐々に資本の増強と設備の拡充を図りながら、また建造する船舶も大型化を推進し、3万3千トン型バルクキャリアーを中心に、コンテナ船、自動車運搬船等々多種多様の船舶を、年間8隻建造しております。

そして従業員数も徐々に増加し、現在は下請協力工を含め、約550人を雇用する高知県下有数の企業に発展成長してまいり、雇用の面でも地域経済に大きく貢献しています。

《須崎工業高等学校出身者:30名  
(内 造船科21名)在籍》



本社工場



# 中谷造船株式会社

本社 〒737-2303 広島県江田島市能見町高田3328-2

TEL 0823-45-3123 FAX 0823-45-4305

E-mail general@nakatani-sy.co.jp

ホーム・ページ <http://www.nakatani-sy.co.jp>

第二工場 〒737-2311 広島県江田島市沖美町岡大王字横網代2500-26

TEL 0823-40-2455 FAX 0823-40-2456

夢を加えた船づくり



---

---

## 編集後記

---

---

ここに、今回も多くの各企業様からのご協力のもと、会誌を発刊できましたことに深く感謝いたします。

魅力ある造船科にするためにどのような取り組みをしていけばよいか、と考え込む機会が多々あります。少子化の影響で生徒数は減少しており、生徒を巡る他校との獲得合戦を呈しているかのようなようですが、どの学校も魅力ある学校にするための取り組みは怠っていないので、何をすれば差をつけることができるのか、と思案しています。

高等学校新学習指導要領の改訂に伴い、最先端の技術や情報を授業に取り入れてみたりと、様々なアイデアを出しながらカリキュラムを検討している段階に学校はあります。この改訂を機会に造船科のさらなる発展に向けて取り組んでいく所存です。

各企業の皆様方から広くご意見を頂きながら造船教育を発展させていきたいと思っておりますので、今後ともご指導、ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

### 会 誌 第47号

平成24年2月20日印刷発行

発行者 全国工業高等学校造船教育研究会

事務局 高知県立須崎工業高等学校

〒785-8533 高知県須崎市多ノ郷和佐田甲4167の3

TEL (0889) 42-1861 FAX (0889) 42-1715

印刷 (有) 笹岡印刷

〒785-0005 須崎市東古市町2-16

TEL (0889) 42-0244

FAX (0889) 42-0269

(非売品)