

## 船 と アル ミ ニ ウ ム

—ライフポートを中心に—

山 縣 昌 夫 (船泊)  
安 藤 良 夫

船の進歩は一つの面からみると、デッド・ウェイト(載荷重量)に対する自重の軽減といふことができる。勿論これには価格の問題がからんでくるけれども、木船から鐵船になり、さらに鋼船が生れたのは主としてこのためである。

現在船の構造材料は軟鋼をはじめとする鐵系統の材料及び木材が殆ど全部であるが、最近諸外國の新造船ではさかんにアルミニウム合金が用いられている。一例をあげれば、時々横浜、神戸に姿をみせる“President Cleveland”(カッタ参照)ではポート・デッキ以上の上部構造、煙突、救命艇などに合計100トンのアルミニウム合金が使用されている。

戦前わが國の造船は世界の第一線にあつた。特にニューヨーク航路の高速貨物船隊は世界一の性能をもっており、その後アメリカもこれを真似しているくらいであるところが戦後外國の文献を讀み、入港する外國船を見、輸出船を造つて痛切に感ぜられることは、わが國で建造される船は同型の外國船に比し輕荷排水量が10~20%大きく、したがつて滿載排水量が等しい場合は、その分だけデッド・ウェイトが不利になるわけである。

もつともこれは現在板厚1mmおきに生産されている鋼板を0.5mmおきにするとか、溶接を更に廣く用いることによつて相當改善されるであろうが、もう一步進め

て輕合金を使用すれば一段と良いことは言うまでもない。特に船は國際的なものであるから、出来るだけ輕い、性能の良い船を造らなければ、海上で外國船と競争することは困難である。

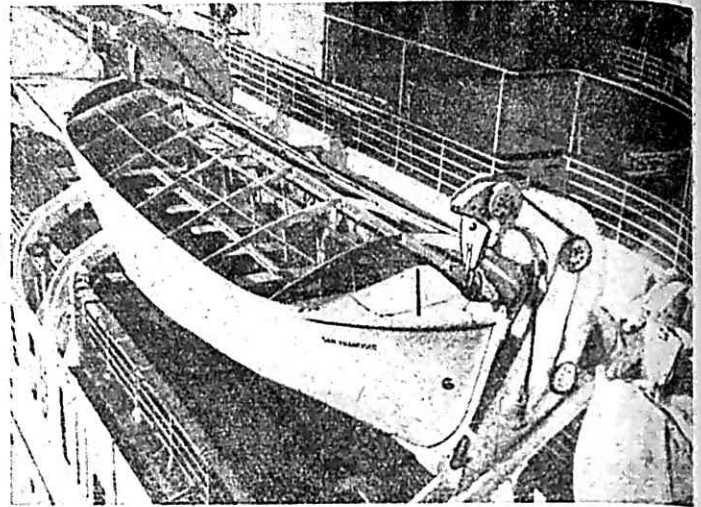
わが國において船にアルミニウムを使おうとする試みはもう20年も前からあり、海軍で實際に用いられたが強度を第一としてジュラルミン系のものを採用したため

カッタは American President Lines の “President Cleveland” で、戰爭中軍用輸送船として設計されたが、戦後船台上にあるうちに貨客船に設計變更され1947年末竣工した。姉妹船 “President Wilson” と共に太平洋航路の定期船である。ブリツジの上にレーダー・マストが見える。要目は

全 長	212.0 m
幅	23.0 m
深 さ	18.5 m
總 噸 數	15,359 トン
載荷重量	10,430 トン
1 等船客	198 人
2 等船客	132 人
3 等船客	220 人
乗 組 員	352 人

腐蝕が甚しく失敗した。その後は航空機方面の需要が増大して、船にアルミニウムは使いたくても使えないのが實情であつた。

戦後わが國においてアルミニウムおよびその合金を船に使用する機運は、アルミニウムと造船の兩分野における關係官民の異例とも見られる緊密な協力體制による絶大な努力の結果として、わずか數ヶ月の短期間に目ざましい進展を示し、最近正式の建造許可を豫想される第5次造船計畫、すなわちニード・ファンドによる造船計畫において一部の實現が期待されるに至つたことは、その火つけ役をつとめた私どもとして誠に喜びに耐えない次第である。



第1圖

### 耐蝕輕合金救命艇

救命艇は船が海難に遭つたとき、乗客および乗組員が脱出するのに用いられるものであるが、例えばその海難が火災であるような場合、本船は勿論、附近の海面も重油等に引火すれば文字通り火の海となるので、不燃性であることが望ましい。また救命艇は最上層の曝露部に配置されるから、木製艇では温度、湿度の變化で水密性が破られる恐れがあるし、虫害の可能性もある。

このような理由で鋼製救命艇が造られたが、これは重量が重いという缺點がある。救命艇は船が海難に遭わなければ全く無用の長物で、高い所に重量物を乗せていることは好ましくない。しかし、1912年絶對不沈といわれた當時最大の巨船“Titanic”（總噸數 46,328 トン）が處女航海の途上、北大西洋で氷山に衝突沈没し、全員が乗るには救命艇が足らず、乗船者のうち 1500 餘名が船と運命を共にするという悲惨な事件がおこり、その後第一次大戦でのびのびになつたが、英國會議で船舶の安全に関する條約が結ばれて、船には必ず十分な救命艇を備えなければならないことになつてゐる。

輕合金製の救命艇は重量、不燃、水密、耐蝕の諸點を綜合すれば最も適當なものであり、諸外國では今や救命艇は輕合金が常識になつてゐる。第1圖は“President Cleveland”の輕合金製救命艇である。

わが國では各般の事情から、これが計畫さえ皆無の現狀にあるので、まず第一着手として耐蝕輕合金製 8m 救命艇を設計した。しかし第5次造船計畫では 8.5m 救命艇を搭載する船が多いため、8.5m のものを設計、試作することとなり、詳細設計は船舶試験所大阪支所を中心に、各界の意見を容れて行つた。

艇の型式は第一級甲型、すなわち“内部浮體のみを有し、固定舷側を有する無甲板救命艇”とした。強度は人および機装品を満載して安全に水面におろしうに十分なることを要するが、アメリカのコースト・ガードおよ

びドイツの鋼製救命艇に関する規程を参照して、これらと同等程度のものとした。

艇體構造としては、肋骨を有する Frame Type と肋骨を有しない No Frame Type を考えたが、No Frame Type は Frame Type にくらべて艇體重量は僅かに減少するけれども、同型の艇を多量に建造するためブスを使用する場合以外は、建造中に生じた外板の歪を除去する必要があるなど、工作が面倒であるので、まず Frame Type を設計試作することに決めた。

艇の主要寸法、容積、定員等は第1表に示す通りである。

第1表

	8 m 艇	8.5 m 艇
長	8.00 m	8.50 m
幅	2.60 m	2.80 m
深	1.10 m	1.15 m
平均シャ-	0.35 m	0.35 m
艇體容積	15.082m <sup>3</sup>	17.520m <sup>3</sup>
定員	53 人	61 人

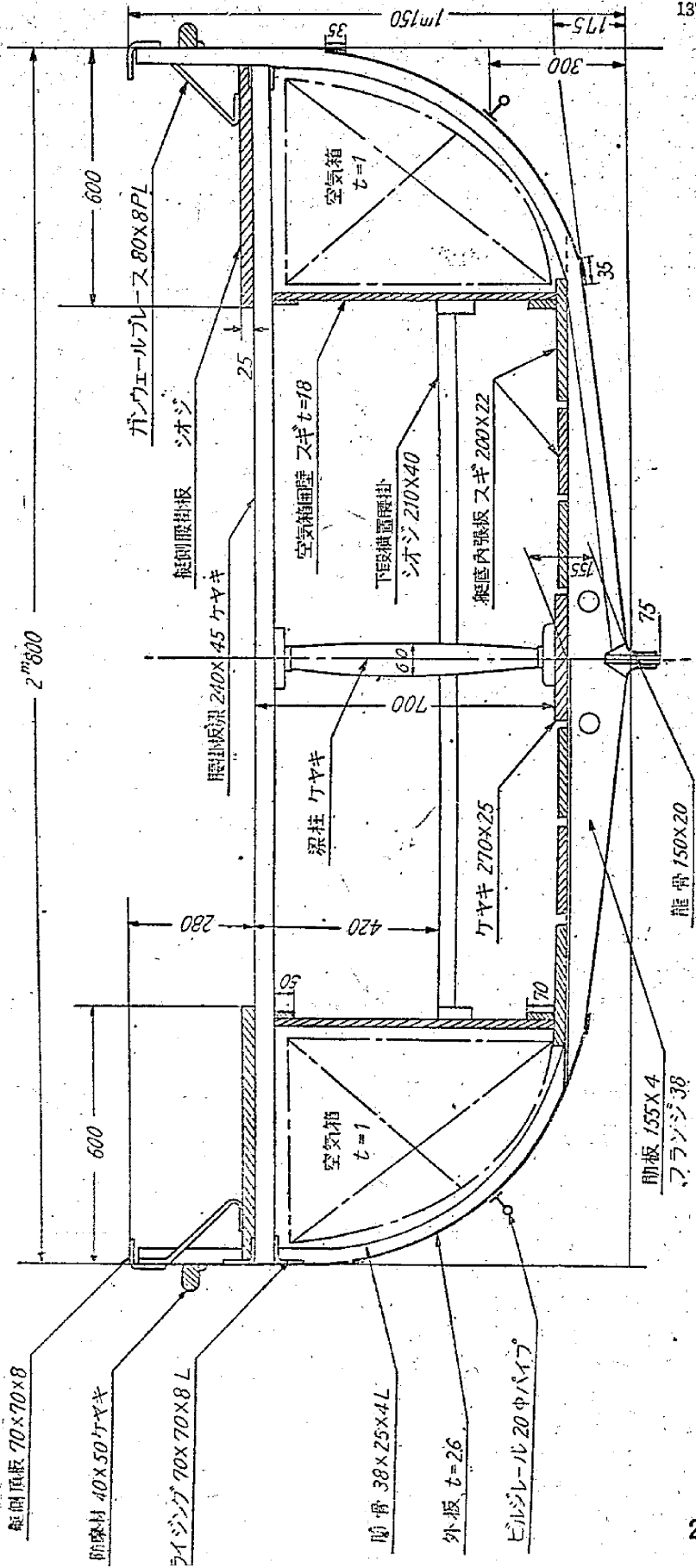
第一級甲型では定員1人當りの艇體容積は 10 ft<sup>3</sup> = 0.283 m<sup>3</sup> と定められているので上記のような定員となるのである。

救命艇が萬一轉覆した場合、定員全部がそれにかまつても沈まないだけの浮力を必要とするため、木製救命艇においては艇の容積の 1/10 以上の水密空氣箱をそなえなければならない。金屬製の場合は浮力が木製艇と同等にしなければならず、木製艇と異り艇體そのものに浮力をもたないので、空氣箱は當然増さねばならぬ。

この 8.5 m 救命艇では艇體容積の 1/10 の 1.752 m<sup>3</sup> に全ての金屬重量を海水の體積に換算した 0.900 m<sup>3</sup> を加えた 2.652 m<sup>3</sup> が空氣箱の最小容積として要求される。空氣箱の長さは 1.2 m を超えることができないから、この艇においては厚さ 1 mm の 99.3% アルミニウム板で

第 2 圖 耐蝕輕合金製救命艇中央橫截面圖

$L \times B \times D = 8^m 500 \times 2^m 800 \times 1^m 150$   
 艇体容積  $17.520 m^3$   
 定員 61



造つた12個の空気箱をそなえ、その合計容積は2.722m<sup>3</sup>である。

木製艇の空気箱は厚さ0.1mm以上の良質の銅板又は黄銅板で造られるのが普通であるから、軽合金製艇では容積は約50%増加するのに重量はかえつて約45%減少する。この點はアルミニウムを使用する一つの利點といえよう。

空気箱はいずれの場合も、0.07kg/cm<sup>2</sup>の空気圧試験を行い、異常を生じないことが必要とされ、接合部は10mm以上の二重折曲結合として溶接する。

使用された軽合金板は造船用に最も適するヒドロナリウム系のアルミニウム合金52Sでその成合範圍は第2表に示す。

第2表

Mg	2.0~3.0%
Cr	0.15~0.35%
Si	0.4%以下
Fe	0.4%以下
Mn	0.1%以下
Cu	0.1%以下
Al	残部

この材料を厚さ2mm

以上の板に延した場合は軟質のもので抗張力は22kg/mm<sup>2</sup>以下、伸びは標點距離2"で20%以上、而して半徑0、角度180°の曲げ試験に合格するものである。山形材、

角材、パイプ等はマグネシウム5%を含む56Sの軟質のものを用いた。

8.5m艇の中央横断面は第2圖に示した通りであるが500mmの肋骨心距に、2.6mmの外板をはつている。

艇體構成材料は大部分アルミニウム合金と木材で、アルミニウム合金を使用している部分は、龍骨、艇首材、艇尾材、肋骨、肋板、舷側頂板、ガンウェルブレース、艇首尾の肘板、ビルジレール、ライジング、クリート等で、空気箱は前述のようにアルミニウム製である。木材を使用している部分は、舵、腰掛板梁、艇側腰掛板、梁柱、下舷横置腰掛、艇底内張板、空気箱圍壁、防摩材等である。例外として、艇を吊る吊鉤には鍛鋼を用い、自動巻には黄銅製物を用いている。

艇體は鉄構造とし、軟質56S製の直徑6, 8, 10mm

の鉄を用いた。二、三の例をあげれば、外板相互の固着は、徑6mm、心距20mmの二列ジクザグに配置した皿頭鉄とし、外板と肋骨の固着は徑8mm、心距80mmの二列皿頭鉄を用い、外板と龍骨の固着は徑10mm、心距45mmの二列ジクザグに配置した鉤頭鉄とした。外板の接合部には水止材を挿入している。木材部との接合は56S製、徑10mmの鍛釘を用いた。溶接は將來はさかん

に用いられることと思われるが、試作艇では一部にわずかばかり使用されているのみである。

軽合金製艇と銅製艇、木製艇との重量比較を第3表に示す。デーダーの関係から三種の8m艇について比較し、8.5m軽合金製艇のデーダーを参考までに併記する。

機装品重量にはオール、ポートブック、マスト、コンパス、アンカー、飲料水などが含まれ、長國際航海に従事する船の救命艇には定員1人について0.5kgのコンデンスドミルクまでそなえている。人間の重量は1人75kgとしている。船の平常状態では、定員を除いた艇重量がポートデッキ上にあるわけで、船の重心を下げる意味からいうと、軽合金製艇が最もすぐれていることがわかる。

さらに重量が軽いために、ポートダビット、ブロック等本船の附屬設備の大きさや重量を減ずることができ

る。8m救命艇の原價の比率は第4表に示すようになる。

すなわち軽合金製艇は木製艇よりはやや高價であるが、耐久力の點や本船側の利益を考

第4表

艇の種類	價 格
軽合金製艇	450,000円
銅製艇	500,000
木製艇	250,000

えれば、優に採算

がとれるようである。なお8.5m試作艇は間もなく起工される豫定になつている。

商船への應用

船にアルミニウム合金を使用する主要なる目的は鋼構造に比して重量が軽くできるということにある。アルミニウム合金の比重は軟鋼の約1/3であるが、ヤング率もまた約1/3であり、抗張力もやや低いから、アルミニウム合金で軟鋼と同等の強度の構造物を設計すれば、材料の寸法を大きくしなればならない。挫屈、隈みの何れを考えた場合でも、52Sではだいたい軟鋼の1/2の重量

第3表

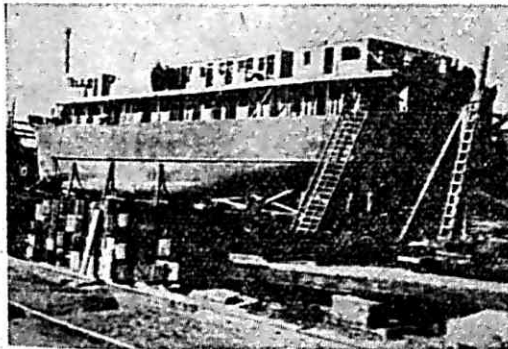
	8 m 艇			8.5 艇	
	軽合金製艇	銅製艇	木製艇	軽合金製艇	
艇體重量	1,240 kg	1,990 kg	1,570 kg	1,280 kg	
金 属 空 氣 木 材 そ の 他	520	1,090	}	630	
	100	180		}	650
	600	700			
	20	20			
機装品重量	318	318	318	366	
艇重量(定員を除く)	1,558	2,308	1,888	1,616	
定員重量	3,975	3,975	3,975	4,575	
満載重量	5,533	6,283	5,863	6,191	

でよいことになる。56Sは抗張力が大きいから更に良いけれども、合金の製造、加工の困難はやや増大する。

客船では客室を上部にとるためもとと上部構造が非常に大きく、それに加えて近頃は船員の労働条件を良くするために、従来上甲板以下や船首樓内にあつた下級船員の居室をオープン・エアーに接するところにとるようになったので、いきおい上部構造は客船、貨物船とも次第に大きくなつてきた。

船の上部構造にアルミニウム合金を使用すればまず第一にその部分の重量が半減する。カナダで建造された5隻の揚子江用客船(第3圖)は上部構造殆んど全部をアルミニウム合金で造り700トンの船に實に114トンのアルミニウム合金を使用して浅水水を實現した。同じく500トンのものも57トンを使用している。

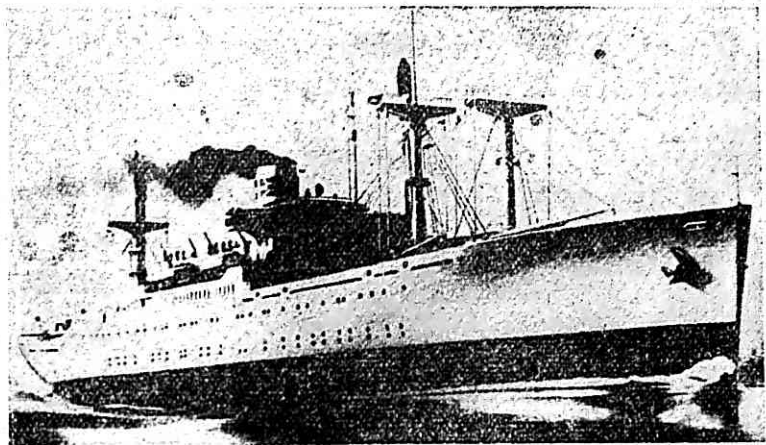
船の上部におけるアルミニウム合金の使用は單にその部分だけの重量軽減に止らず、船全體の重心の位置が下り、同じ初期復原性を持たせようとするれば、メタセンターの位置も同量だけ低くてよく従つて船の幅を狭くしてもよいことになる。一般にメタセントリック・ハイトGM(重心GとメタセンターのM距離)が等しい場合重心位置の低い方が復原性範圍が廣いので、幅を狭くしてもかえつて復原性は改良される。



第3圖

排水量も小さくなり、幅も狭くなれば、船體抵抗が減少するので同じ速力に対しては機関の馬力が小さくてすむ。特別な場合として、馬力が相當減少すれば機関も一まわり小さいものを用いればよいから、機関重量も小さくなる。いずれにしても燃料消費量が少なくなり、行動半径を等しくとれば、燃料搭載量を減してもよいわけである。

さらに、幅と排水量の減少によつて船體重量も軽くなり、結局要求を満足する船は、上部構造において重量を軽減したために、船全體としてはその何倍かの重量だけ軽く造ることができる。これによつてアルミニウム合金



第4圖

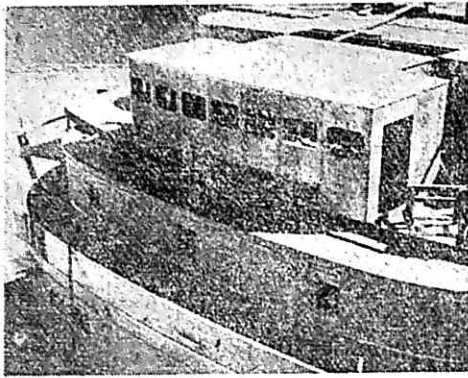
が鋼にくらべて高價であるという缺點も十分カバーできるものと思う。

勿論これらの利益は上部構造の大きな客船において大であるが、米國最大のアルミニウム會社アルコアは三隻のヴィクトリー型戰時標準貨物船を改装、一部客室を設けて、トリニダッド島・ギアナ・アメリカ間の定期航路に就航せしめてボーキサイトの輸送を行つている。第4圖の“Alcoa Cavalier”はその一隻で、約22トンのアルミニウム合金を使用している。話は横道へそれるが、日本でもビンタン島あたりへ自家用船が就航するようになれば、アルミニウムの製造者、使用者にとつて随分有利になるのではあるまいか。

なお一言ここでことわつておきたいのは、モーターボートなどの小さな船は別として、もし普通の大型船の船殼を全部アルミニウム合金で造つたとすれば、かえつて復原性は悪くなり、また船が軽くなりすぎ、輕荷状態でプロペラを水面下に沈めるために、大きなバラスト・タンクのスペースをとらねばならぬという不都合がおこつてくることである。

船にアルミニウム合金を用いることによる利點の一つとして、その非磁性があげられる。ジャイロ・コンパスを持つてると否とにかかわらず、船には必ずマグネティック・コンパスを備える。通常コンパスは操舵室におかれるが、その上の曝露部にもコンパスを置いて、前者を後者によつて修正しているのであるが、アルミニウム合金を以て操舵室を造れば、この不便を解決することができる。

つぎに耐蝕性であるが、日本海軍における“敵艦見ゆ”の信號で有名な信濃丸が半世紀後の今日まで用いられているほど船の壽命は長いものであるから、當然大いに問題になる。アルミニウム合金が實船で何十年も用いられた例はまだないが、今日の造船用構造材料たるヒドロナリウム系の合金はきわめて耐蝕性が大で、塗装の方面も研究されており、腐蝕のマーヅンは全く不要であるとさえいわれている。アルミニウムのイオン化傾向が大



第5圖 フランス船“El Mansour”  
のアルミニウム合金製操舵室

きいために、鉄や鋼系合金との接触による腐蝕は絶縁物をはさむことによつて容易に解決される。52S, 56S, 99.3%アルミニウムについての腐蝕試験は現在國內の各造船所、大學、研究所等で始められている。

アルミニウム合金の工作も大體現在造船所で用いられている機械で十分行ふことができる。特に重量物の運搬が大きな仕事である造船所にとり、輕合金は有利である。第6圖の二人が持つてゐるのは目下石川島造船所において建造中の海上保安廳700トン級巡視船“大王”のハッチビームであるが、足下の軟鋼製のものは到底持上ら



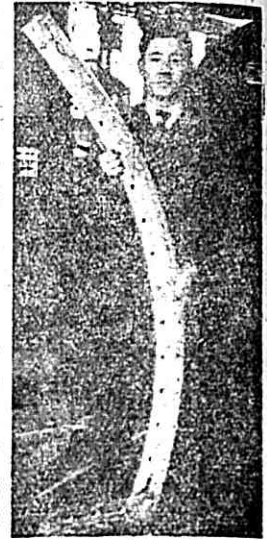
第6圖

なかつた。軟鋼にくらべて輕合金の著しい特徴は型材等を曲げるのにある程度冷間加工を行ふことで、これによつて現場における仕事が可なり楽になる。第7圖

のアンクルは下方を一部熱間で曲げたのみで、大部分冷間で加工したものである。

なおわが國ではアンクルチャンネル等の押出型材は規格がまだ決まつていないが、これは土木、建築その他の部門と協力して同一のものを早急に決めたいと考えている。

艦装品についてもアルミニウムの利用が考えられ、わが國ではまず手始めとして舷窓が試作されつつある。水線附近のものは數も少く、水密性を要するので上部で用いられる四級舷窓をアルミニウム合金で試作することになつた。この程



第7圖

度の大きさのものでは容易にアルマイトをかけられるから腐蝕の點も心配が少い。材質はマグネシウム $\leq 11\%$ 程度のアルミニウム合金が考えられているが、舷窓は現在鋼系合金を使用しているから、強度、價格等においても十分對抗できると思われる。ただアルミニウム合金は磨耗しやすいので、窓枠とガラス枠との間の蝶番などには特別な対策を必要とする、そのほかの艦装品、機關關係にもアルミニウム合金が追々用いられて行く傾向にあることは間違いない。

以上船に對するアルミニウム合金の使用状況、利害等についての概要をのべてきたのであるが、設計、構造と強度、鋸と溶接、腐蝕と塗裝、工作法、振動等々、今後に残された研究課題は多々あり、當研究所においても幸いアウトボード・エンジンを持つてゐるので、すぐれた性質をもつてゐるが工作が困難と言われる56Sを主要構造材料とした船外機を設計試作し、(救命艇は52S)各方面の御協力を得て、これらの問題をできるだけ解決したいと考えている。(1950-2-23)

船舶用輕金屬材料假規格の化學成分

種 別	Cu%	Si%	Fe%	Mn%	Mg%	Cr%	Al
(1) 耐蝕 Al 合金 (56S)	0.10 以下	0.40 以下	0.40 以下	0.05~0.20	4.7 ~5.7	0.05~0.20	殘
(2) " " (52S)	0.10 以下	0.40 以下	0.40 以下	0.10 以下	2.0 ~3.0	0.15~0.35	殘
(3) " " (3S) (JES 7102)	0.20 以下	0.60 以下	0.70 以下	1.0 ~1.5	—	—	殘
(4) アルミニウム (JES 7101.2種)	0.10 以下	0.40 以下	0.40 以下	—	—	—	殘

船舶用輕金屬鑄物材料の化學成分

合金名	Mg%	Cu%	Mn%	Si%	Fe%	Ti%	其の他不純物%	Al
JES 合金鑄物乙種	4.0~7.0	—	0.1~0.5	0.6 以下	0.6 以下	—	—	殘
Alcan 350	9.5~11.0	0.20 以下	—	0.20 以下	0.30 以下	0.20 以下	各0.05 以下 計0.20 以下	殘