

船舶への原子力利用

大阪商船KK* 工務部 渡 辺 茂

1. 緒 言

第2次大戦の科学技術の粋として完成され、発展して来た原子力は、戦後その平和利用の方向に変換して、すばらしい発達をたどっている。

この原子力の平和利用の一つの大きな課題として、原子力船の問題は技術的な面からも、また将来性の面からもわれわれの興味深いものである。

特に原子力によつて推進される潜水艦「ノーチラス」号が昨年初頭に就航した事実は、船舶関係技術者にとつて遠い将来の夢ではなく、現実の問題として強い印象を与えたばかりでなく、その後約1年以上も各種の試験航海を行つた結果、更に原子力で推進される潜水艦、航空母艦、巡洋艦等11隻以上の建造計画が発表されるに至り米国では軍用艦船として、その操縦性、安全性等の諸難問題が一応の見透しを得て、船舶推進用原子炉の実用と量産の方向に躍進するのではないかと想像される。

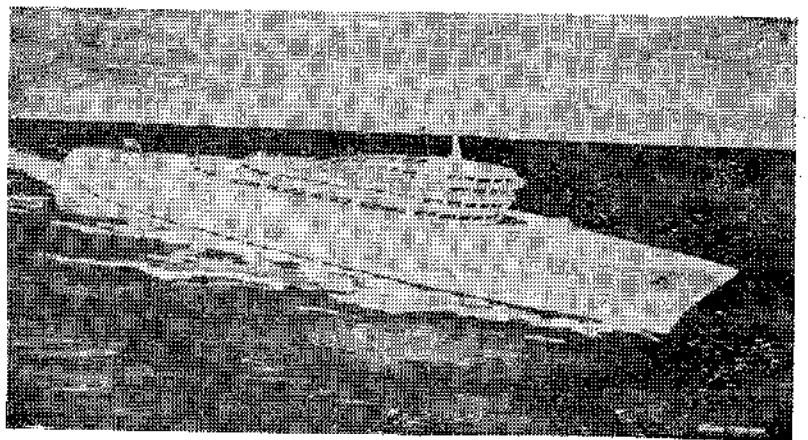
しかしながらこの海軍艦艇用の原子推進設備は、すぐそのまま商船に適用して、海運企業の経済基盤の上で、従来の商船と競争し得るものとは思われない。このことは最近1年間に発表された数種の論文からも明かである。すなわちそれによれば、現在の原子力技術の段階では、従来の機関を装備する商船に対し直接的な経済比較では競争出来ないことを述べているが、また原子力利用による間接的な利点としての重量、容積、速力、航続距離等を総合して有効に利用することが出来れば、充分な競争力が期待出来ること、更に原子力技術の急速な進歩から見るとその将来性は極めて有望であることが述べられている。

最近米国は建造費3,700万ドルの原子力商船の建造を決定したが、これは商業採算を無視した米国の原子力工業のデモンストレーションと思われるが、この米国を初めとした、ノールウェイ、オランダ、英国、西独等の海運国における原子力商船を目指す研究活動は、われわ

れの関心を引つけずにはおられない。

衆知の通り、現在われわれの手に入る文献資料は、原子力技術の核心に触れたものは、未だ殆どが各国の機密に属されており、特に船舶用のものに対しては、他の分野よりもこの傾向が多いので、陸上大型発電用のものとして発表された資料を利用するのがせいぜいのところで、この陸上発電用のものと船舶用のものとの差は、従来のスチーム・プラントにおけるボイラーの差よりも遙かに大きなものがある。

従つてこの題目で一文を草することは至難の業であるが、多くの想像を混えて、将来予想される原子力商船の技術上の問題点について、入手した文献から拾つて質を果したい。



第 1 図

2. 原子力商船の構想

未来の原子力船の構想については、第1図のような米国のバスレーム造船所の53,000TONの大型高速客船や、第2～3図に示すニューポートニュース造船所のC₄S₁A型のマリーナー型貨物船等の構想が報道され、また高速化に伴う潜水商船の構想も発表されているが、その実現化に対する具体的なものは、単に技術的な面からのみでなく、海運政策上の面からも検討しなければならない。

燃焼に酸素を必要としない原子力の利点が、すぐに潜水艦として利用されるのは当然で、長期間に亘り高速度で潜水航行出来ることは軍事上の最大の驚威であつて、その要求と結びつき、実現の先端を行つたのは理の当然

* 大阪市北区宗是町1

第2図 ニューポートニュース社出品のマリーナー
原子商船のモデル



第3図 同上機関室、右が原子炉、左にタービン、減速装置が見える、左右は発電機その他補機類

である。その外に数万ないし数十万馬力を必要とする航空母艦、巡洋艦等の軍用艦船には、従来の機関と比較して小型になし得るため、今後の艦船の原子力推進化は活潑に進むことは想像に難くない。

原子力商船については、技術的な面から見れば、従来の商船より大型高速化された遠洋航路船が商業採算上からも有利で、実現化の基本になることは間違いない、その操作、運航、保守の点では、油槽船ないしは鉱石運搬船等の特殊貨物船に適應性が含まれているものと考えられる。しかしながら海運政策面から見れば、国際競争市場に登場して優越を示すのは、定期航路に就航する客船貨物船であつて、原子力油槽船が出現しても直ちに大きな驚威になるものではなく、米同海運業界の意図している定期高速貨客船こそ、その重要性が痛感される。

すなわちこれらの問題を簡単に述べると、

- (1) 現在の原子炉技術から見れば、原子力は通常その重量、大きさが出力が大きくなる割合には増大しない。すなわち船では炉の大きさ、重量には自ら制限があり、高出力を得るために、大きなものにならぬ代りに、小出力でも、それ程小さくならない点で、

従つて経済性からは原子力は高出力の方が有利であつて、少くとも2万KW以上でなければ将来性からも従来の機関と競争することが難しいと考えられる。

高出力の原子炉を取付けることになれば、船型も大型になり、高速化せざるを得ないし、また逆に言えば大型高速船にすることによつて原子力推進の経済性が発揮されることになる。

- (2) 原子力推進の有効性が高速化にあることは、年間航海度数を増すことになるための採算上の利益が、建造船舶の高価格を成る程度カバーすることになるばかりでなく、特に船客を始め貨貨上の利益が派生すると考えられる。

従つて高速を得るための船型は、従来の商船の標準から離れて、船の用途によつては潜水または半潜水の構想も当然考慮されて来るが、この点は油槽船等の特殊なものに対しては、実現性が期待できても、客船、貨物船に対しては、技術的にもまたその他の問題からも困難を伴うものではないだろうか。

船体抵抗等の純造船技術上の問題としても、船種、船型に応じ、潜水に対する必要の限界速力が提起され、経済的要素を加味した結論をある程度得ることが出来るであろう。

もし、客船、貨物船に対して従来通り水上船としての行き方を採るにしてもその船型は従来の商船の概念を離れたむしろ軍用艦船に近いものにならざるを得ないのではなからうか。

原子力商船の実現が高速化を目指して進むことは間違いないものとして、現在の海運商業から見ればその航海日数は通常年間200日を越えることは少く残りの100余日の碇泊荷役日数には関係がない。従つてその採算性向上のためには、従来の船舶荷役装置の改良能率化も併行させねばならず、高速化による根本的な船型を検討する際にこの点を加味することに大きな努力が払われるべきではなからうか。

英国の船主協会の構想として伝えられる150節潜水高速客船は、この点に重きを置いた計画で、近時航空機に旅客を奪われた客船が、再び船客を取戻すために原子力推進の利点を最大限に活用するものと見て良いのではないか。

- (3) 現在欧米諸国で開発されている原子炉は、その用途に応じて多種あるが、その多くは発電用炉を目的としている。船舶用炉としては米国における数種とノールウェー、オランダ共同研究のものが知られて

いる。発電用原子炉は、その型式、構造、採算についての資料が比較的多数公開されているが、船舶用原子炉については殆どその資料が入手出来ない。発電用炉と船舶用炉の異なる点は、まずその出力対象が発電の数十万KWに対して船舶用の数万KWの差があることで、自らその構造に差のあることである。

次にその大きさ、重量について船舶には制約があることで、燃料、構築材料が全く変らざるを得ないこと。更に船舶の動力使用には広範囲の変化があること、船舶の移動性、動揺性に順応しなければならないこと。荒天または操船上の耐震性の問題、衝突等の不慮の災害に対する安全性の問題等船舶固有の特性は、船舶用原子炉として、発電用炉と区別して全く別にその研究をスタートしなければならない。

船舶用炉としてまず明かな特種性は、その使用燃料は、大きさ、重量の点から少くとも数多以上の濃縮燃料を用うるものになるであろうこと。また同じ理由に基く遮蔽の問題は最も重要なもので、特に中速または高速中性子炉としての重点が移行すればますますその重要度が増加する。発電炉遮蔽材とは別に船舶用の特種な遮蔽材及び遮蔽方法を研究されねばならぬであろう。それは船舶用原子炉の大きさ、重量の大半以上が遮蔽に占められるだろうからである。

3. 原子力商船の技術的問題

現在の原子炉技術の段階で、これを船舶推進に応用する技術的問題として考えられる事項はいろいろあると思ふがその主なものを上げれば、船舶用原子炉型式の選定、熱効率向上の問題、原子炉操作に関する問題、遮蔽の問題、安全対策であろう。

これ等を詳細に述べる資料もなければ、智識も充分でなく、ただ考えられる幾らかの問題を具体的に提起するに止めよう。

- (1) 船舶用原子炉の型式については、その構想の概要において既に述べたが、現在もまた将来性からも技術的に最も問題になることは、現在の原子炉から取出される蒸汽、ガス等の作動媒体の圧力、温度条件が低くてこれを直接推進機関に利用しても、熱効率が悪い点である。現在の船舶用及び新鋭火力発電用のスチーム・プラントの蒸汽条件は極めて高く、現在の原子炉技術から同じような蒸汽条件を得ることは、その構築材料等の点からはなはだ困難な問題になっている。

特に船舶用原子炉ではその附属設備を含めて小型軽量が要求されるので、この案件を向上させるため

には、作動媒体及び冷却材の種類、条件の選択は極めて重要で、場合によつては、別個の加熱装置の必要もその方策として考えられる。

- (2) 原子炉の起動、停止は勿論、その出力変動に応ずる操作は、はなはだ厄介な問題であるばかりでなく、危険を伴う場合も生ずるものである。この点発電に対しては、船舶と比べて、その動力使用範囲の変動も比較的狭く、またその操作頻度も少いが、船舶ではその要求は極めて多いのである。従つて、これらの操作上の要求を満たすような構造を船舶用原子炉に対して要求することは不可能ではないとしても、はなはだ困難であり、また慎重な取扱いと可成りの長時間を要することは従来のボイラーの比ではないだろう。

むしろ相当な熱的な損失は覚悟の上で、出来るだけ荷役碇泊等の時間を短縮して、その間の原子炉から発生する多量の熱を出来るだけ荷役装置等の高度の機械化、動力化に振り向けて、時間短縮を計り、残余は海水に逃がして原子炉操作範囲を狭めることの工夫が知つて良いのではないだろうか。

これは炉の型式にもよるであろうが、もし容易な操作が出来たとしても、遅発性中性子による発生熱はその用途に対して何等かの方法が必要であり、一部は何れにしろ海中にその熱を逃すことになるものと考えなくてはならぬであろう。

- (3) 原子炉の遮蔽の問題はすでに述べたように、場所的な制限が少い発電と比べて、船舶に対しては、積載する貨物量等に影響して、原子力商船の経済性を左右する要素になるだけではなく、遮蔽を考慮しての原子炉据付位置によつては、船の型状、構造に大きな変化を与える極めて重要な技術的問題である。

遮蔽の必要は言うまでもなく炉体から発生する中性子線と γ 線がその主なもので、遮蔽対象は原子炉型式によつて炉体のみならず熱交換器、附属装置から場合によつては、主、補機械全般に及ぶことになる。遮蔽材については中性子線に対する軽い元素から成る材料と γ 線遮蔽に必要な重い元素から成る材料をその炉の型式に応じて如何に有効に組合せて、小容積と軽量で完全にその役目を果たすに懸つており、特に船舶用遮蔽材としての研約が必要であろう。

遮蔽は材料的な問題と併行してその遮蔽の方法によつて、船舶、航空機等は自ら巧みな考案も出来るのではないであろうか。例えば、航空機に対してはその遮蔽対象を原子炉等の線源に置かず、補遮蔽体を乗員に置く方法によつて、実質的に遮蔽材の量を

減ずる考え方や、船舶でも油槽船の場合に線源から油艙方向ないし船底方向の遮蔽に対して、特に中性子線遮蔽に有効な海水及び積荷油自体を遮蔽材に利用する考え方等である。

恐らく原子力商船の遮蔽材は原子力推進設備の重量の内最も重い部分になると思われ、従来の蒸汽機関を装備する船のボイラー部分の全重量を上廻るものと、予想されるが従来の船の積載燃料を加えた重量以下にしなければ、勿論経済性は期待出来ないし、それ以下にあつても、原子炉附近に集中した相当な重量は、従来の船の燃料油重量の如く船底全般に比較的均一に配分されたものでないため、特別な船体構造上の考慮が払われなくてはならないであろう。

- (4) 船舶用原子炉の船体動揺に伴う炉内物質の水準変位による動力のふらつきに対する安定性の問題や原子炉緊急安全装置と操船上の緊急安全に対する問題等原子炉自体に要求される問題もあり、また衝突等の不慮の災害による社会的危害を最小限に止めるための手段に対する問題等船全般として考えなければならぬ事項もあり、原子炉自体も発電用炉以上に困難であり、船自体も従来の船の概念を離れた研究が必要である。それ故にこそ早く手をつけなければ、ならない必要があるものと思われる。

4. む す び

原子力船の経済性について述べるべきであろうが、既に述べたように、原子力発電に対しては、多くの資料もあり、またその採算の取り方も比較的簡単に出来るが、船舶の場合従来の概念と非常に変わったものにもなり、艙貨力の増大等の数字で現わし難い要素があるので、これを述べることは容易なものではない。ただ単に従来の船に、ボイラーの代りに原子炉を置き換えたただの場合について、発電用原子炉の資料を借りて、タンカーとか、C₄ マリーナー型貨物船について経済性を論じた文献は、数種発表されている。従つて何れもその結論としては、そのままでは現在のところ、とても従来の船と競争出来ないが重量、容積、速力、航続距離を考慮して行けば、充分競争力が出てくることを附け加えている。

それ故に、原子力商船の経済性は、原子力推進の利点を可能な限り船全体に取り入れたものについて考えなければ無意味であつて、上記の文献等はほんの僅かな参考になるに過ぎない。

原子力の船舶への利用は、推進動力としての応用は、将来への大きな課題であるが、一方原子力利用の他の一面であるラヂオアイソトープの応用がある。

ラヂオアイソトープの工業的利用は、わが国は欧米諸国に比べると、その使用量も少く、利用対象もはなはだ狭いのであるが、これを有効に利用すれば、従来機械的なまた化学的な方法では実施困難なまた不可能であつた問題について大きな成果を上げられものである。

船舶に対するラヂオアイソトープの利用は、すでに各造船所等において、船の建造ないし修繕の際に、その溶接工の検査方式として採用されているのは、放射線源の携行移動が容易なため、作業現場に直ちに應用出来る利点であつて、鑄造品、鍛造品にも應用されている。その他にも船殻鋼材の衰耗の検査としての厚み計の利用は、透過方式によらない散乱方式の利用によつて、鋼板の一方の側からの測定も可能である。

また船舶に対しての未応用の面で、今後大いに利用されるべきものが沢山あるのではないだろうか。例えば、主補機関各部の磨耗測定とか、ディーゼル機関の気筒注油の拡散状況の調査や、最近広く使用されている粗悪重油の硫黄分の悪影響についての調査等が考えられる。また運航実務面としても、例えば、外観上判別し難い同包体の多数の混載貨物の判別に、微量のアイソトープを加えたペイントでマーキングすることにより荷役事故を減少させることにも利用出来るのではないだろうか。

主として商船の原子力推進について記したが、最近の石油埋蔵量と年間消費量から見れば、殆ど数十年の消費しか期待出来ず、現在の航洋船の大多数が石油燃料に頼っている現状から、近い将来の商船は、石炭燃料に戻るか、原子力に進むかの何れしかないであろう。

技術的な面からは発電用原子炉の開発利用は、船舶用のものより容易でありまた電力はあらゆる産業に直結するものであるため原子力発電への一般の関心は極めて強いが、船舶への原子力応用はすでに就航している潜水艦の実例があつても、船舶用原子炉に要求される技術的難題は多く、また原炉ばかりでなく、船全般に亘つての根本的な問題や、保険、法律上の問題も含めて困難度が多く、その関心が薄いのではないだろうか。

それ故に、燃料資源の面からも海運の国際性の面からも、緊急かつ強力な研究と努力を払わねばならぬものと思われる。



日 東 紡 績 株 式 会 社

取締役社長 広 川 憲

本 部 東京都中央区八重洲六丁目の一
大阪支社 大阪市東区北浜二丁目九〇番地