

特別講演

海洋開発に関する技術的問題点*

平野 美木**

Technical Subject of Ocean Development

Yoshiki HIRANO

川崎重工業株式会社海洋機器開発室を担当いたしております平野であります。

今日のご盛会な本協会の大会にお招きいただきまして誠に光栄に存じますが、ご指示いただきました海洋開発の技術的問題点につきましては、私もともと造船屋であり、またこの中でも潜水艦を専門といたしました片よつた技術屋でありますので、範囲の広い海洋開発の全般の問題についての知識もなく、また勉強もいたしておりません。ここに海洋開発の中で大きい部分を占めている水産関係については全く素人でありますので皆様のご参考にはかないますお話しができるかどうか危惧いたしております。

そこで、はなはだ申しわけありませんが、私どもが商売として取り扱っておりますものの中で海洋開発に関係のある製品の代表的なものをご説明申し上げまして、これに関して私どもが勉強いたしておりますことどもとともにこれらの製品の将来の見こみなどを申し述べさせていただきます。ご容赦をお願いいたしますと存じます。

いささか川崎重工の商業に近いことに相成るかもわかりませんが、この間で、皆様のご専門の鉄鋼に関係のあることをできるだけ申しのべますので、ご参考にしていただければ幸いです。

さて、海洋開発はきわめて範囲が広く、またそのいずれもがまだまだ経済的に焦点が結びにくいものも多く、今はいろいろの企業がまた企業集団が5年さき、または10年さきを想定しまして研究をいたしているところがあります。

これらの将来産業はその姿が明らかになつてから出発したのではおくれをとりますので、私ども企業ももとの造船、鉄構の技術を活用しまして海洋開発用の道具の製造販売を小規模にいたしております。この中で潜水艦の技術を応用した海洋調査用の潜水船と、陸上鉄構物の技術を利用した海洋構造物が当社の海洋関係の中心製品でありますので、これについてのべさせていただきます。

さて、第一に潜水船であります。

海洋調査用の潜水船はここ10年くらい前より米国、

仏国やわが国などで研究され、建造されております。これらの任務は海洋の学術調査用がおもですが、最近では海洋石油開発用にまた海洋土木工事用にも使用されております。

この種の船にとつて最も技術的に重大な問題は耐圧船体の構造であります。この耐圧船体の申しますものは、海水の中で大気圧と同じ条件のスペースを作ることに関して発生する問題であります。

ご承知のように、水圧は10mごとに1気圧ずつ増加します。さらにくわしく申しますれば、海水の中では海水の比重がこれにかかります。すなわち、比重1.025の海水の1万mの底での圧力は1025気圧ということになります。この圧力は、これ以上にも以下にもならない単純な外力で、陸上の外力たとえば暴風のように100年目に1回おこるといふような性質のものではありません。しかしこのものは海中にあるあらゆる物体の四方八方より襲いかかり、いかに小さい隠れた部分にでも容赦なく浸入して、目こぼしは絶対にいたしません。

また、このものは無限大のエネルギー量をもっております。海中にあるすべてのものは、このものよりのがれるすべのないものでありますため、私どもはまじめにこれに取り組み闘わなくてはなりません。

これに対する研究の方法として、外圧による模型実験をいたします。この実験装置を外圧試験タンクとも申しまして、被試験物に外圧をかける装置であります。加圧方法は水圧を利用します。

ガスタンクとか空気ボンベなどの内圧のかかる物の試験は比較的簡単ですが、外圧の場合は試験外圧を内圧として耐える容器が必要であります。写真1は川崎重工業内に装備しております300気圧の外圧試験装置の内部であります。このものは数年前科学技術庁の費用で製作いたしました。

この実験には相似則を利用して縮尺模型を使用することができます。

* 昭和45年10月本会講演大会にて発表
昭和45年11月10日受付

** 川崎重工業(株)東京支社

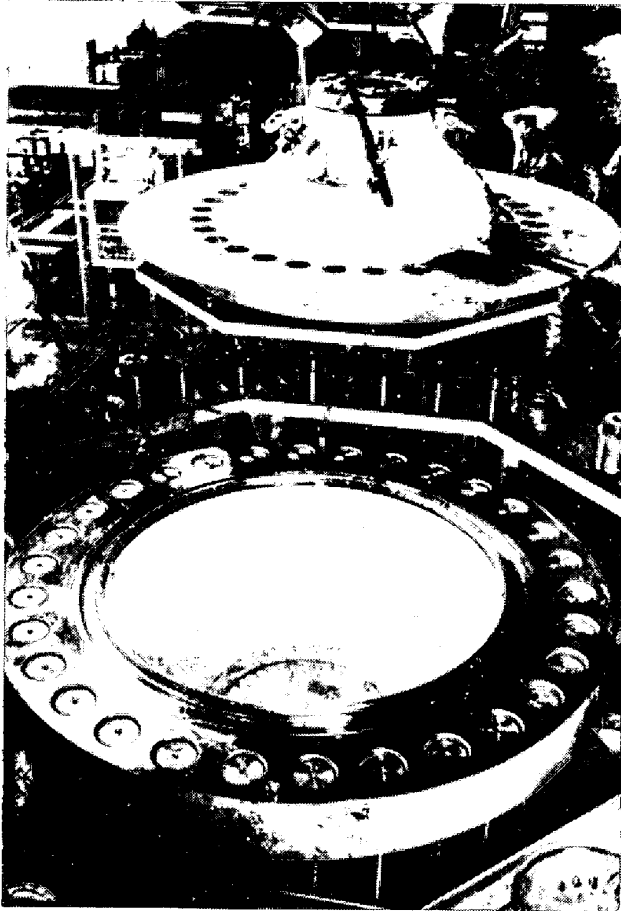


写真1 300気圧外圧試験装置
タンク内径1400cm 球型

相似則と申しますのは、寸法、板厚を等しく縮尺すれば破壊圧力は等しいという法則で、このため莫大な費用をかけて実物大の試験をする必要はありません。

しかし、板厚によつて材料の強度特性が変わるとかまた供試模型の工作精度が実物とシミレートできないことなどで、実験結果もある程度のバラツキが出ます。したがつて相似則で実物に拡大するときにも誤差が出ます。これらは後のべます安全率でカバーするわけですが、この実験で実物と大きく異なる点は、限られた内容積をもつ実験装置を使用するため、供試模型に破壊が始まると、加圧していた水の圧力が急に下がつて、破壊エネルギーは一挙に消滅して破壊はそれ以上に進行しないことでもあります。しかし海洋の中では水の量は無限にありますため供試体が変形しましても圧力は減少しません。すなわち破壊が始まつた瞬間、海の無限大のエネルギーは供試体を完全に破壊してしまうまで破壊を進行させてしまいます。

だれも永久に復命の機会のない潜水艦の最後の状態はおそらくこのありさまと思います。が実験としましては破壊の初期状態をシミレートさすのみで十分であります。

潜水船の耐压船体は球型のものと円筒形のものの2種

があります。大深度へ潜る潜水船は球型船体が多いのですが、浅い深度の船は床面積が広くとれる円筒形の船体を採用します。この船体の重さと容積の関係からすれば球型が最も能率的です。

昨年私のほうにて完成しました海上保安庁所属の潜水調査船“しんかい”（写真2）の耐压船体は写真3に示すように2個の球型船体を円筒船体にて連結した構造をもっております。

この船の耐压船体の材料は60キロHTを使用しました。溶接が容易であるためであります。いろいろのケースを計算して2個の球型船体の採用がこの材料のときには最も有利と考えたからです。

このような大きい球を数枚の板の溶接で組み立てたのですが、できあがつた球が正しい球か否かが耐圧力に大きく影響します。これは非常にむずかしいことで、大深度へ潜航する外国潜水船の球型船体は溶接ののち機械加工をしています。この仕上げをした後の偏差は0.1%くらいのものもあります。“しんかい”は機械加工をしておりませんが0.25%に仕上げることができました。

この正球性の偏差は、材料特性のバラツキとともに安全率でカバーするわけですが、陸上または、海上の構造物と異なり、海中の外力が非常に単純でありますため、安全率の値は1.5~2.0と小さい数字をとります。

世界最深度に潜る船はそれ以上に落ちこまないのですから、安全率は1.0でもよいことにはなりますが、この数をとるわけにもまいらず、前述くらいの数を採用します。

およそ潜水船が海の中に存在するためには、船の型の大小にかかわらず全体比重は厳密に海水のそれに等しくする必要があります。これを潜水船の第1原則と申します。“しんかい”は浮力の全部をこの球型船体で保ち、全体の重量を支えました。浅い深度用の潜水船はこの方式です。しかし数千mも潜航する潜水船の耐压船体は、その板厚が大きくなつて、耐压船体だけでも非常に重くなつて海水に浮くことができなくなります。まして、その他の装置を支える浮力はありません。

かつてわが国を訪れたフランスのアルキメデス号は千島海溝で9000mの潜航をいたしました。この船は全体の重量を支えるために比重0.65のガソリンを約170立方mも保有して、このものと海水との比重差によつて浮力を保っております。ちょうど海の中の軽気球の姿です。この型の船は火災の危険もあり、また潜航に当たつて莫大な費用が必要とのことで、この浮力を保つ新材料の開発が求められてきておりました。

この新材料がアメリカで開発された人工浮力材、シタテック・フローテング・マテリアル、と申しまして、微少なガラス中空球をエポキシ樹脂で固め成型したものであります。

この中空ガラス球はマイクロバルーンと称しまして直径約100ミクロンくらいのものであります。

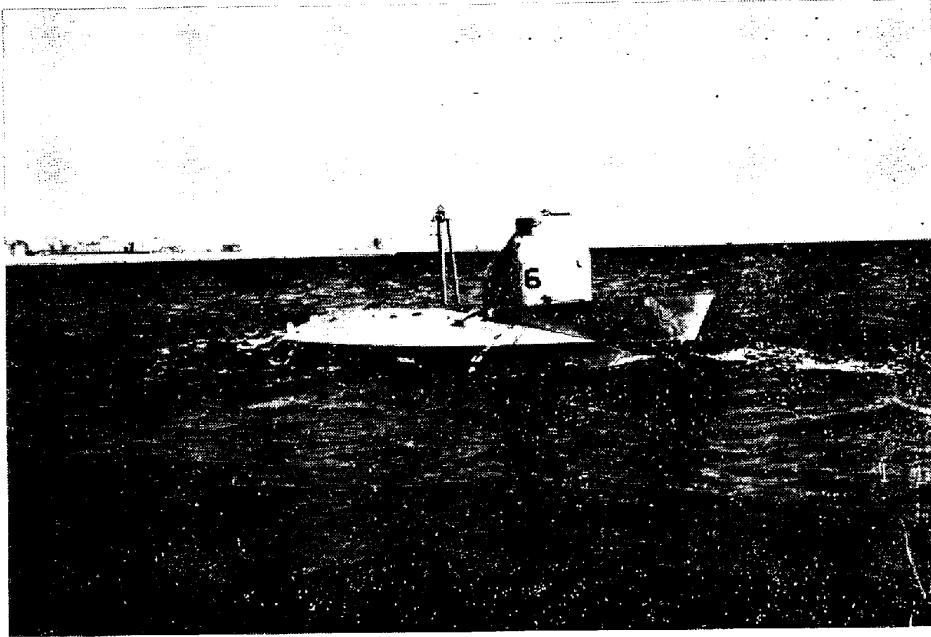


写真2 潜水調査船 “しんかい”
 排水量 約 90 トン 潜航深度 600 m
 乗組員 4 名 海上保安庁所属 1969 年 3 月完成

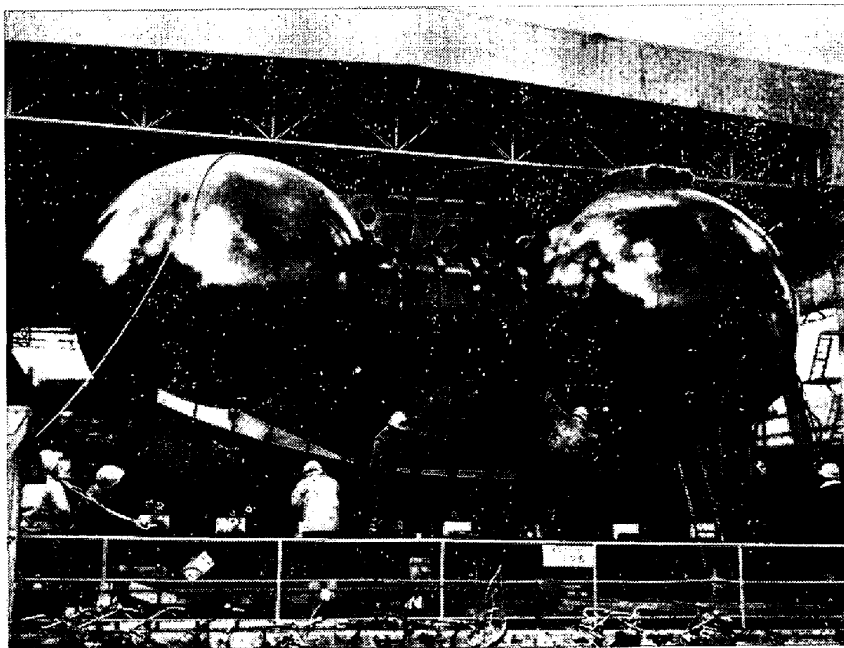


写真3 潜水調査船 “しんかい” 耐圧船体
 前、後部球 直径 4 m, 板厚 36 mm, 円筒部 直径 1.45m

球の耐圧力はその直径に逆比例する原則を上手に利用したもので、数千mの耐圧強度をもつて、しかも比重は0.56 から 0.68 くらいのもので開発されました。

この材料は浮力のたりない深海潜水船に使用されるのはもとよりですが、これより条件の楽な浅海用潜水船にも使用することによって、余分な耐圧船体容積をもつ必要もなくなり、またこのものを装着する位置を加減することによって、復原力をも調整することもできます。

このものの開発によつて各種の潜水船はきわめて能率のよいものが、また安全性の高いものが建造されるようになりました。

この材料はマイクロバルーンを輸入することによつて国産も可能で、将来潜水船以外の海洋機器にも広く使用されると思います。

深海用潜水船の全体重量配分に2つの考え方ができます。すなわち、1は高級な鋼材を耐圧船体を使用して、

重量を小にして、人工浮力材の使用量を少なくする方法、2はこの逆ですが、この2つの方向は人工浮力材や高級鋼材の価額が安くならないことによる初期経費と船の大きさおよびメンテナンス費用などに関係があつて十分に得失を計算する必要があります。

将来この種の潜水船はますます高性能のものとなることと思ひます。したがつて材料もさらに高級なものが採用されることになりまふ。

外国ではアルミニウムのもも存在します。またチタンやFRP材の使用をすすめる論文もありますが、やはり本命は鋼材で今後とも使用されるものと思ひます。米国のHy 140またはマルエージング鋼などですが、比例限と靱性の関係、また、溶接、機械加工、焼もどしなどの処理順序、低サイクル疲労、70~80cm級厚板材の強度特性、さらに厚くなる開口部補強材など研究していただきたい問題は沢山あります。

また、このような潜水船は海洋開発が進むにつれて数も多く要求されることと思ひます。しかし巨大船舶と異なつて1隻当たりの所要鋼材量が小さいため、鋼材の需要から申しましてもきわめて少量で、技術的には興味があつても、皆様の商売としては妙味は少ないかもしれません。むずかしい材料も少量では上述のような研究も歓迎されそうにありません。

しかし、将来私どもはこの潜水船の技術は潜水船のみに限ることなく、いつかは発生するであろう海洋工場、

海底発電所計画などの海底スペース利用の大プロジェクトの耐圧容器の製作に発展させるつもりをいたしおります。

この例として昨年来新発電方式調査会の方にて研究いたしておりました海底原子力発電所計画があります。

この計画は陸上の発電所が公害の問題、地価の問題などで大需要地近くに建設することがますますむずかしくなるので、海上へまたは海底へ逃げだそうという考え方から発生したものです。近い将来必ず実現するものと思ひます。このスタデイは相模湾の陸地より約5kmの沖合の海底約85mの所に100万kWの原子力発電所を沈設するもので、原子炉収納用の球と発電機用の球と変圧器用の球と、合計3個の直径約40~50mの2重船こく耐圧球よりなつております。この1セットのプラントで鋼材重量は約2万tにもなります。

60キロHTを使用しましても、板厚は100mmをこえます。この厚板の製作または溶接なども研究する必要がありますし、またこの巨大なものの現場沈設にも、また無人原子力発電所の遠隔管制にも研究を必要とする所があります。陸地面積の少ないわが国が世界のどの国よりもさきがけて取り組む必要のある巨大な海洋開発のプランと思ひ私ども研究いたしておるのであります。

鋼材もこの位の単位のものになれば皆様のほうでも相手にしていただけるかもしれません。よろしく願ひいたします。

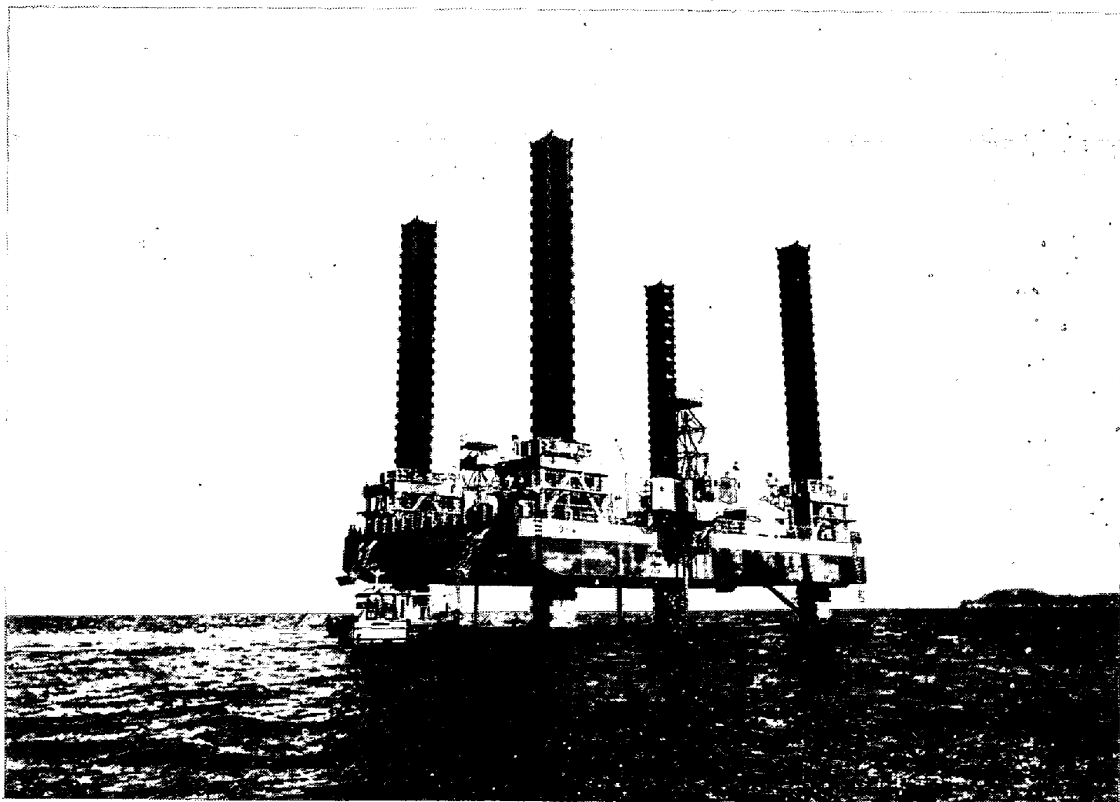


写真4 土木用自己昇降式プラットフォーム“かいよう”
1969年10月 川崎重工業建造

私どもにて製作いたしております第2のものは海洋プラットフォームです。写真4にみられるとおりの形をしております。

このものは海洋にて石油掘削工事用の作業用の台として米国南部海岸地方にて発達したのですが、段々と石油が海の深い所からも産出するようになったため海底に立つ脚の長さも長くなり、これの昇降機構も複雑になってきました。

海洋石油掘削用のプラットフォームはこの上に石油掘削用のやぐらなどを設備しまして作業をします。このものは今世界の海洋石油産出の海域に数百台も働いております。写真4のものは比較的小型で、この台の上に土木用の機械をつみまして、海洋工事の地質調査に従事しております。

土木用のプラットフォームとして、わが国でのナンバー1であります。

上述のような作業のため、海上に安定した台が作れること、また、このものの移動が容易にできること、が要求される基本性能であります。このものの移動は4本の脚を昇降機構で上昇させて海底をはなれ四角のプラットフォームで海上に浮き上り、脚は中天高くさし上げたスタ

イルで曳航されて移動します。作業現地について、位置ぎめののち、脚を海底までおろし、さらに昇降機構を作動させて、台を水面より離し底を波にたたかれにくいくらいの高さまでもち上げます。こうして安全な台が海上にできるわけで、こうして、水深約30mの海で、風速60m毎秒、潮流4ノット、波高5.5mの条件でも安定した

表1 “かいよう” 要目表

諸要目	
気象・海象条件	
	条件 A 条件 B
水深(満潮時)	30M00 33M00
風速	60M/sec 20M/sec
潮流	4 Kt 8 Kt
波高	5M500 1M500
海水温度	0°~32°C

本体主要寸法		スパッド寸法	
長さ	キ 42M00	断面	2M00×2M00
幅	24M00	長さ	53M00
深サ(中央部)	3M75	本体重量	約 1.865 t
深サ(側部)	3M65	作業時最大積載重量	400 t

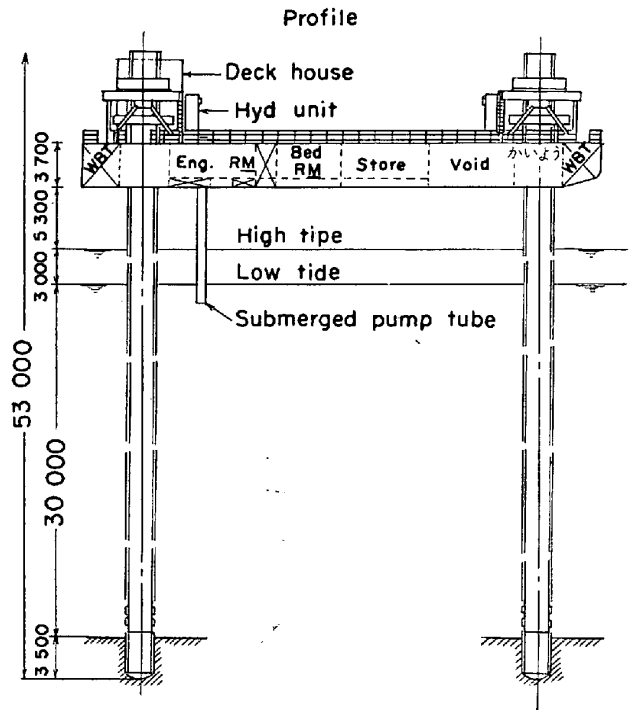
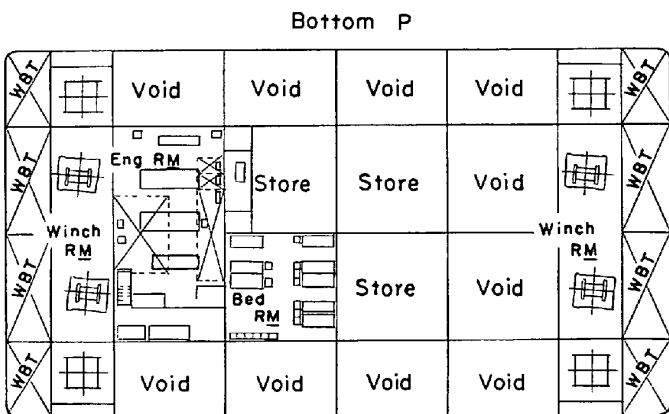
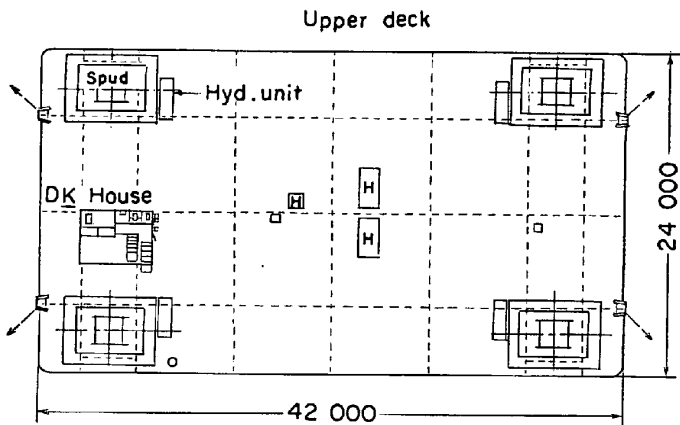


図1 “かいよう” 概略図

作業台を作ることができます。

このものの概略図と諸要目などを表 1 および図 1 に示しておきます。

このものの材料もやつぱり皆様に作っていただいた鋼材でプラットフォーム本体はMSですが、脚は60キロHTを使用してあります。全体として1500tくらいであります。

脚を昇降するメカニズムをジャッキ・アップ機構といい油圧式を使用しております。この部分については世界でいろいろの方式があり、いづれも特許になつております。私どものほうの方式もオランダのIHC社と技術提携によつて作つております。このものは今後海洋石油開発や瀬戸内架橋のような大規模な海洋工事がさかになると、需要は多くなるものと期待しております。

わが国の造船各社も海洋石油開発用のプラットフォームを今日までに数台作つております。これらは大部分が外国の大手掘削業者の注文によるものであり、技術的にもこれらの業者の支配下にあります。

川崎重工業の技術提携は甲種技提でありますので、このものの基本設計に川重のアイデアを入れることの出来る利点があります。この利点を活用して私どもはこのプラットフォームの技術進歩に努力しております。従来ジャッキアップ型のプラットフォームは使用水深は約60mまでとされておりましたが、今、さらに深い所でも使用できる型のものを考えております。

しかし、この考えに当たつて、重大な技術的問題点は脚に対する波の力と海底地質との関係であります。

海上を走る船舶には海底地質のありさまは無関係ですが、このプラットフォームには重大な関係があります。すなわち、海底が堅い岩か、また軟かい泥かで脚の下部の形が変わつてきます。また脚の接地のときの衝撃力や脚を引き抜くときの吸着力なども新しい技術的問題点として発生します。

石油掘削用のプラットフォームはだんだん深い海で使用されるようになりますと、ついに足が地にとどかなくなり、浮上型のものになります。半潜水型というのがこの形です。写真5がこの代表的なものです。また、最近工業技術院の大型プロジェクトとして計画されているものは完全に水の中に坐りこんだ型のものになりました。

このものに使用される鋼材は単位当たり数千tくらいのもことになりますが、超高級材は使用されてはおりません。ただ通常の船舶と異なりドックにはいつて錆おとの機会がありませんので、耐海水の性質は一般船舶より強く要求されます。

前に新発電方式調査会で海底原子力発電所計画のことを申しましたが、この調査会では海上発電所の計画もいたしました。

この計画は九十九里浜沖合20キロの海上に、海底に脚を立てた1辺数百mもある巨大なプラットフォームを作

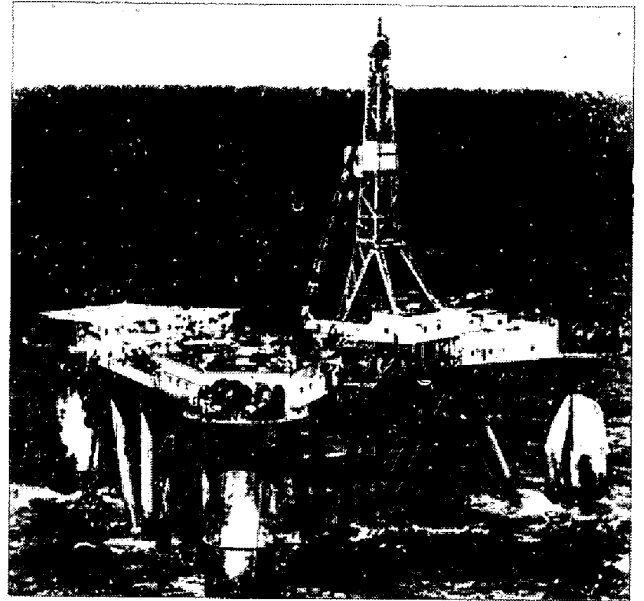


写真5 半潜水型プラットフォーム
SEDCO型

りこの上に数百万kWの新鋭火力発電所を建設して、海底ケーブルにて陸地へ送電するという巨大な計画であります。この計画の発想も前述と同様ですが、このプラットフォームも鋼製で、その重量は1セットで数十万tのものになることと思います。

このようなものも、やがて日本で実現するかもしれません。私どもが今やつている小型のもの技術は、このときにも利用できると思います。

人口の割に国土のせまいわが国が海へのびるのは必然です。わが国での海洋開発の最大のプロジェクトは海洋のスペースの利用です。

私どもが今開発しているいろいろな道具はこの本格的海洋開発のための調査道具であり、また補助道具であります。しかし上述のように、これらの道具の技術の中には本格的海洋開発に当たつて使用されるすべての技術をふくんでおります。

いづれにしても、これらに使用される材料は将来とも鋼材が大部分です。またこれら鋼材に要求される性質も皆様すでにご承知のことと存じます。耐海水、耐候、高張力用、低温用、などでこれらの対策は皆様の技術で十分のことと存じます。今日ではこれらの所要量はわずかですが、前述しましたとおり将来は非常に大きなものとなると考えております。

海洋開発がマスコミにとりあげられてから2~3年になります。マスコミのニュースにならなくなつたところが私ども企業にのる時代と思います。

近く開始される瀬戸内海の架橋などを契機としまして日本の海洋産業も急激に発展すると思ひます。

このときに備えて折角勉強しておりますゆえ私どもになにとぞご援助のほどをお願いいたします。