海 洋 研 究 船 및 潛 水 艇

任 尙 鐵*

1. 概 要

地球表面의 71%를 占하는 海洋이 保有하는 莫大한 資源에 대해서는 일찍이 알려져 있었으나 海洋이라는 特殊條件 때문에 陸上資源에 比해 그 開發이 늦어졌던 것이 事實이다. 그러나 最近의 技術의 發達은 그 難點들을 차례로 克服하면서 海洋開發의 길을 열어주고 있으며, 世界各國이 各自의 大陸棚은 勿論 公海의 開發에 競爭的으로 進出하고 있다.

海洋資源開發에 있어서는 그 對象이 陸地로부터 멀리 떨어진 海中 또는 海底에 있기 때문에 海洋研究船과 潛水艇이 必須的으로 要求되는 것이다. 海洋研究船은 海洋資源을 調査, 分析, 研究하는 海上船舶이며, 그 크기도 數十噸級으로부터 萬餘噸級까지에 이르고 있다. 從來에는 水產資源調査, 海洋氣象 觀測, 水路調査等의 任務別로 別個의 船舶을 使用하였으나, 不必要한 重複을 避하고 裝備와 人員을 効率的으로 活用하기 위하여 最近에는 多目的 綜合海洋研究船들이 出現하고 있다. 最新型 海洋研究船 中에는 電子計算機를 위시한 各種 科學裝置를 完備하고 研究員들의 能率的인 活動을 위한 研究室과 安樂한 海上生活을 위한 船室을 갖춘 海上研究所라고도 할만한 豪華船들도 있다.

한편, 海洋研究用潛水艇은 人間이 直接 海底에 到達하여 觀察, 計測, 撮影을 하고, 簡單한 作業도 할 수 있는 小型潛水艇이며, 대개 母船을 基地로 하여 數十哩範圍內에서 行動하는 2~3人乘으로 되어 있다.

2. 海洋研究船

海洋研究船의 船型, 크기, 艤裝, 性能等은 多樣하지만, 그 主要任務는 대략 다음과 같다.

1) 海洋의 地理學的 調査

海底地形調査; 水深測定; 海圖作成 等

2) 海水의 物理 및 化學的 性質 調査

水温, 水色, 透明度, 流速 및 波浪 測定; 海水의 化學的 成分 分析 等

3) 海洋의 生物學的 調査

Plankton 採取 및 分布調査; 水產資源調査 等

4) 海底의 地質學的 調査

海底地質 및 鑛物資源調査 等

---

* 正會員, 서울大學校工科大學

5) 海洋의 氣象學的 調査

氣象觀測 및 通報 等

海洋研究船은 上記의 任務들을 遂行하기 위하여 合理的으로 配置된 各種裝備와 多數의 研究人員을 收容하고, 氣象條件의 制約을 거의 받지 않고 長期間 또는 長距離 航海를 할 수 있어야 하며, 微速에서도 優秀한 操縱性能이 要求되고, Rolling 이나 船體振動이 各種 精密器具의 許容限界 以内에 있어야 한다는 等 여러 가지 點에서 普通船舶과 다른 特殊性을 지니고 있다. 따라서 海洋研究船의 設計에 있어서는 그 目的에 符合되는 要件들을 最大限으로 充足시키도록 細心한 努力을 기울여야 한다. 要求되는 性能들은 計劃된 海洋研究船의 種類에 따라 差異가 있지만 一般的인 것을 추려보면 대략 다음과 같다.

1) 長期 및 長距離 航海를 위한 充分한 燃料艙, 淸水艙, 食糧貯藏庫, 補給品倉庫等을 確保해야 한다.

2) 惡天候에도 견딜수 있는 充分한 安定性과 强度를 保有해야 한다.

3) 操縱性이 極히 좋아야 한다 (Bow Thruster 等을 具備한다).

4) Rolling 이 적어야 한다 (Anti-rolling Tank 等을 具備한다).

5) 機械的振動이 적어야 한다 (電氣推進方式을 採擇한 배도 있다).

6) 多數人員의 安樂한 居住施設이 必要하다.

7) 多數의 研究室과 研究施設이 必要하다.

8) 强力한 Winch, Davit 等이 必要하다.

Fig. 1~4 는 代表的인 海洋研究船의 例들인데, Fig. 4 는 獨特한 形式의 研究船이며, 航海時에는 船體를 水平한 姿勢로 바꾸어 普通船舶과 비슷한 꼴이 되고, 調査水域에 到着하면 Tank 에 注水하여 船體를 鉛直한 姿勢로 바꿈으로써 水線面積을 줄이고 排水容積의 大部分을 水中에 깊이 沒入시켜 海面波로 인한 船體動搖를 最少限으로 줄이도록 設計되어 있다. Fig. 5 는 海洋研究船의 一般配置圖를 例示한 것이다.

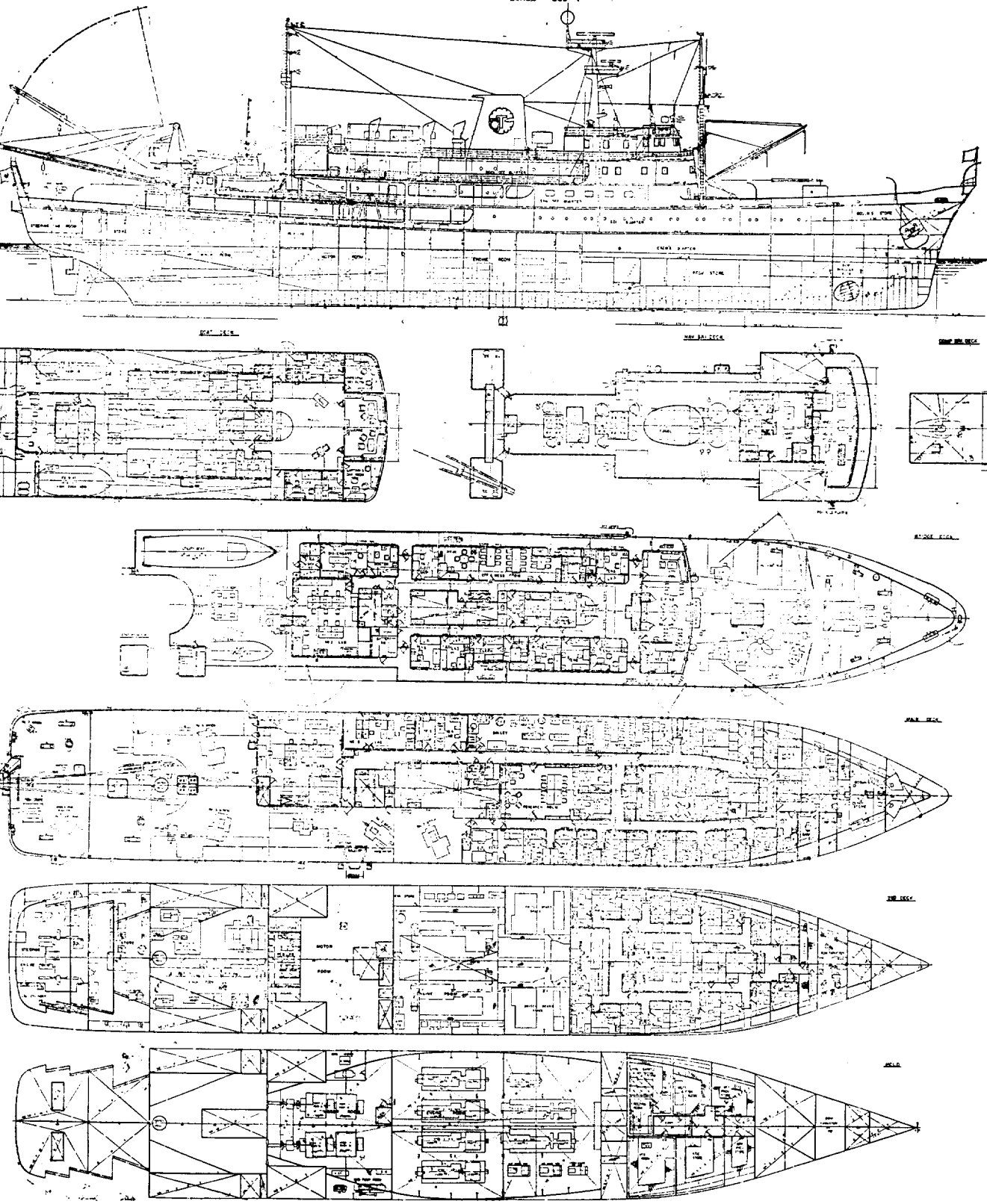
Table 1 은 世界各國이 保有하는 海洋研究調査船의 噸數別 隻數를 集計한 것이며, 海洋開發에 대한 各國의 關心의 程度를 나타낸다고 볼 수 있다. 이 統計에는 水産關係 試驗調査船도 包含되어 있으며, 이 表에 나타난 우리 나라의 3 隻은 北漢山號(75 ton), 進洋號 및 대림號인 바, 이 밖에도 水産振興院에 太白山號(310 ton)를 위시하여 150 ton 級 3 隻, 80 ton 級 3 隻이 있다. 그러나 우리 나라에는 海底資源 調査를 위한 海洋研究船은 1 隻도 없다.

Fig. 6~11 은 海洋研究船에서 흔히 쓰이는 各種 器具들이다. Fig. 6 은 爆發物을 水中에 投入 爆發시켜 그 音波가 海底地層에서 反射하여 되돌아 오는 것을 Hydrophon 으로 受信함으로써 海底地質을 調査하는 方法을 說明하고 있다. Fig. 7 은 研究船이 微速으로 前進하면서 Sonar 와 같은 原理로 音波를 發射하고 反射波를 受信記錄함으로써 海底地質을 調査하는 方法이며, 實際의 地質構造와 이 裝置에 의해서 얻어진 記錄을 對比하여 보여 주고 있다. Fig. 8 은 海底表面에 깔린 굵은 堆積物이나 砂礫을 採取하는 裝置이고, Fig. 9 는 海底에 圓筒形採取器를 自由落下 시켜 그 衝擊으로 어떤 두께까지 地層을 뚫고 들어가면서 海底地層의 標本을 採取하는 裝置이다. Fig. 10 은 船上에서의 遠距離操作으로 水中寫眞을 撮影할 수 있는 裝置이고, Fig. 11 은 Plankton 을 採取하는 裝置이다.

이 밖에, 海洋研究船에서는 一般船舶의 경우보다 優秀한 航海用 計測器具가 要求되며, 特히 自船의 現位置를 正確하게 決定할 수 있는 裝備가 必要하다. 그것은 收集 調査된 資料를 整理하는데 不可缺이며, 同一地點을 아무 困難없이 다시 찾아 갈 수 있을만큼 正確한 것이라야 한다.

GENERAL ARRANGEMENT

SCALE = 200 : 1



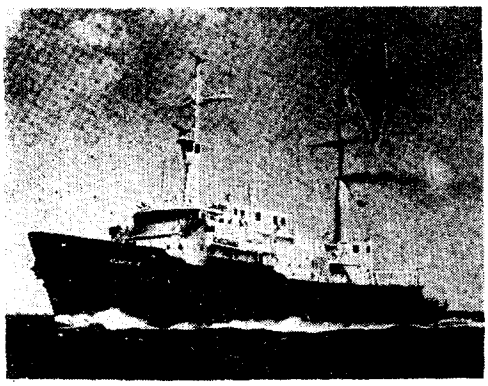


Fig. 1. Atlantis II
Woods Hole Oceanographic Institution, U.S.A., LOA 210 ft, Displacement 1450 ton, Cruising speed 12 knots, Crew 28, Researcher 25.

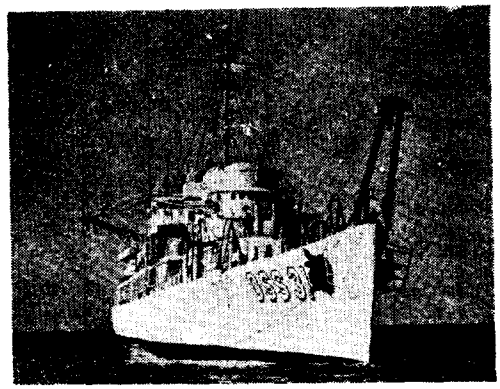


Fig. 2. Pioneer
U.S. Coast & Geodetic Survey, U.S.A., LOA 311.5 ft, Displacemt 2600 ton, Max. Cruising speed 18.5 knots, Crew+Researcher 118.

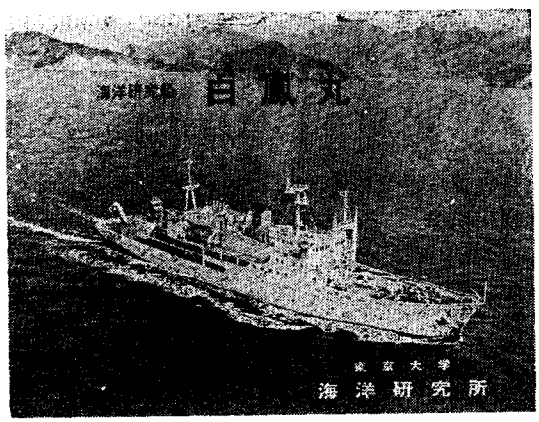


Fig. 3. 白鳳丸
東京大學 海洋研究所, 日本
LOA 94.6 m, G.T. 3225.5, Max. Speed 15.84 knots, Cruising Speed 12.67, Crew 55, Researcher 32.

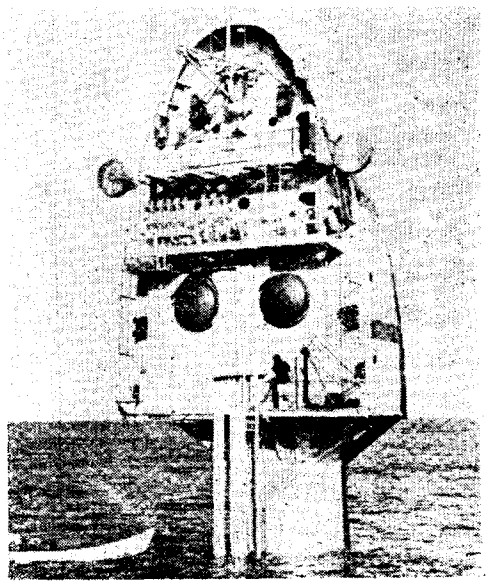


Fig. 4. Floating Instrument Platform (FLIP), Scripps Institution of Oceanography, U.S.A.

Table 1. 世界各國의 研究調査船保有現況 (1967年 現在)

國名	排水量 (Ton)											合計
	500 以下	501 ~1000	1001 ~2000	2001 ~3000	3001 ~4000	4001 ~5000	5001 ~6000	6001 ~7000	7001~ 10,000	10,000 以上	未詳	
Argentina	1	4	2	1		1						9
Australia	1		1	1							5	8
Bahamas											2	2
Belgium	2											2
Bermuda											1	1
China(Nationalist)	1	2									1	4
China(Communist)	2											2
Congo											1	1
Cuba	1										1	2
Denmark	1	1		1	1						3	7
Brazil	3	1	3		1						2	10
Bulgaria											1	1
Canada	4	1	6	1		1	1				2	16
Chile	1		1									2
Fedral Republic of Germany	7	5									3	15
Finland			1									1
France	4	4	1								6	15
German Democratic Republic	2		1								3	6
Greece	3											3
Greenland											1	1
Honkong											1	1
Iceland											1	1
India	2		1								4	7
Indonesia		1	1									2
Irland											1	1
Israel											1	1
Italy	1	1	1								4	7
Japan	7	5	2	2							12	28
Korea	3											3
Madagascar											1	1
Mexico											1	1
Monaco											1	1

國名	排水量 (Ton)											合計
	500 以下	501～1000	1001～2000	2001～3000	3001～4000	4001～5000	5001～6000	6001～7000	7001～10,000	10,000 以上	未詳	
Morocco	1											1
Netherland	7		4								1	12
New Caledonia											1	1
New Zealand		1	1								2	4
Norway	7	1	1									9
Pakistan			2								2	4
Peru											1	1
Philipines			1									1
Poland	6	1									1	8
Portugal	5	2	1								1	9
Senegal											1	1
Spain	2	4										6
Sweden	12	1	1									14
Turkey	1		1								3	5
Union of South Africa	4		3									7
U.S.A.	28	24	16	15	5			2	1	2	29	122
U.S.S.R.	12	13	7	3	1	2	2			1	40	81
Uni ed Arab Republic											1	1
Uni ed Kingdom	12	4	6	1							8	31
Urguay		1										1
Venezuela	2										3	5
Vietnam		1										1
Yugoslavia	3											3
Zanzibar	1											1

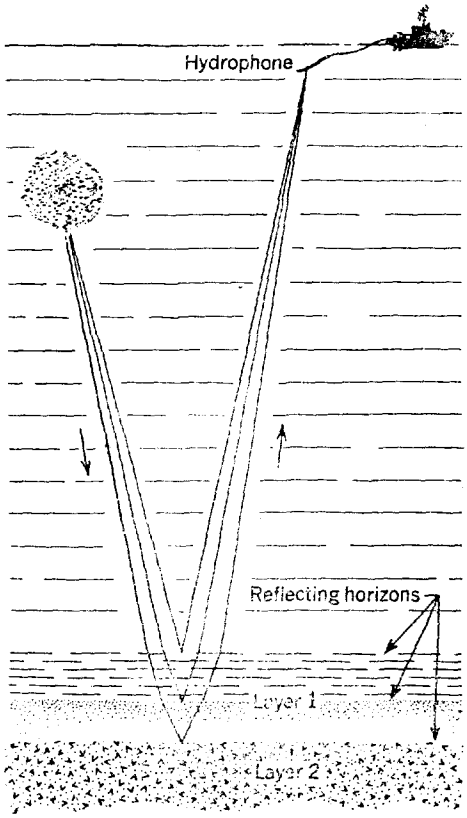


Fig. 6. Seismic reflection Shooting

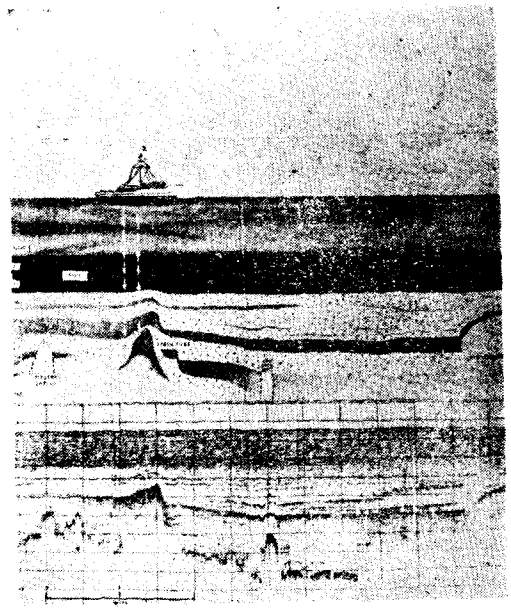


Fig. 7. Marine sonoprobe

Fig. 8. Geological dredge sampler

Fig. 9. Ewing piston corer

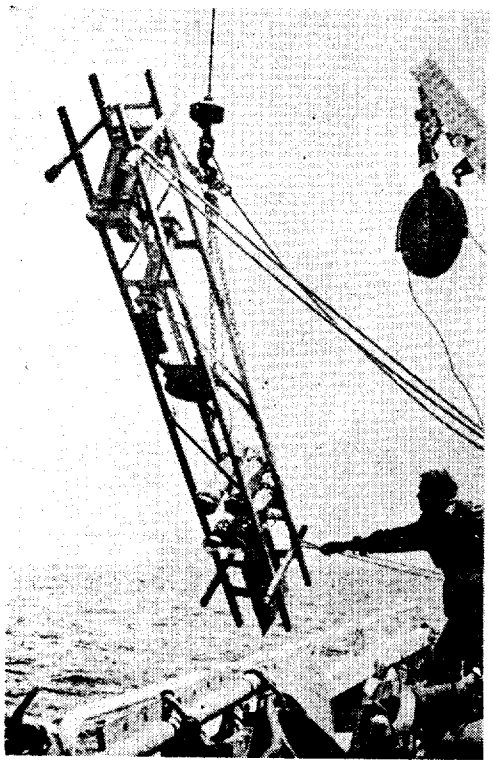


Fig. 10. Underwater camera unit

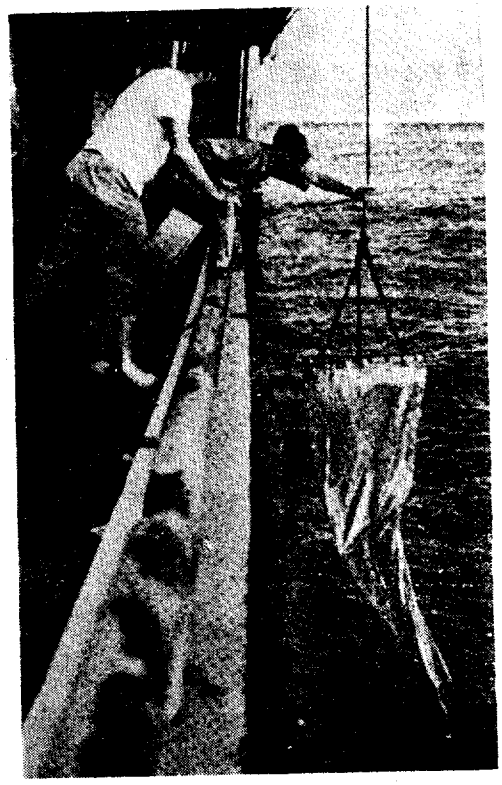


Fig. 11. Plankton net

3. 研究用潛水艇

潛水艇을 潛航水深에 의해서 分類하면 大陸棚用(約 500 m 以內), 中深海用(約 5000 m 以內) 및 深海用(最深部 10,916 m 까지)의 3가지가 된다.

研究用潛水艇의 主要任務는 대략 다음과 같다.

1) 海中 및 海底 觀察 및 撮影

2) 海底地質調査

3) 海底에서의 簡單한 作業

이런 潛水艇의 設計에 있어서는 대략 다음과 같은 點을 考慮하여야 한다.

1) 橫 및 縱方向의 安定性 (完全潛航時에는 重心이 浮心과 同一鉛直線上에 있을 뿐만 아니라 그 下方에 있어야 한다).

2) 操縱性 (水平 및 垂直推進器를 裝備하는 경우가 많다).

3) 非常浮上裝置 (Ballast 나 重量裝備品을 떼어버릴 수 있게 考案한다).

4) 充分한 構造强度 (材料, 設計, 工作等에 細心한 檢討와 研究가 必要하다).

5) 有効한 觀測裝置 (水中 T.V., 窓, 照明 等……).

6) 作業腕, Manipulater (艇內에서의 操作에 따라 艇外에서의 試料採取, 運搬, Valve 操作, 等의 簡單한 作業을 할 수 있게 한다).

Fig. 12 및 13은 代表的인 潛水艇의 例이고, Fig. 14는 一般配置圖의 例이다. Fig. 15는 世界의 潛水艇의 現勢를 深度別로 圖示한 것이고, Table 2는 各國의 潛水艇 保有現況을 集計한 것이다. Table 3 및 4는 各各 美國과 日本의 潛水艇의 諸元을 보여준다.

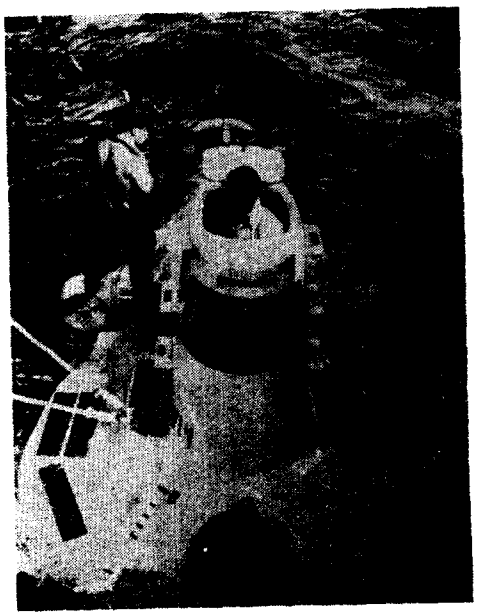


Fig. 12. Alvin

Fig. 13. Aluminaut

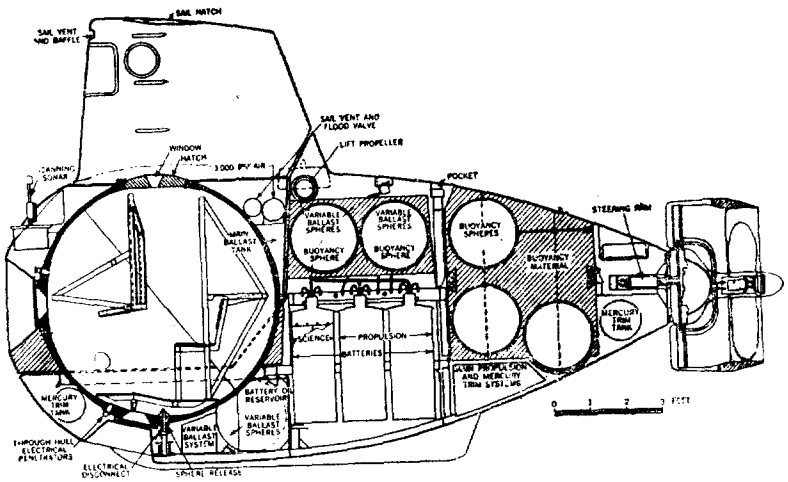


Fig. 14. Alvin, General Arrangement

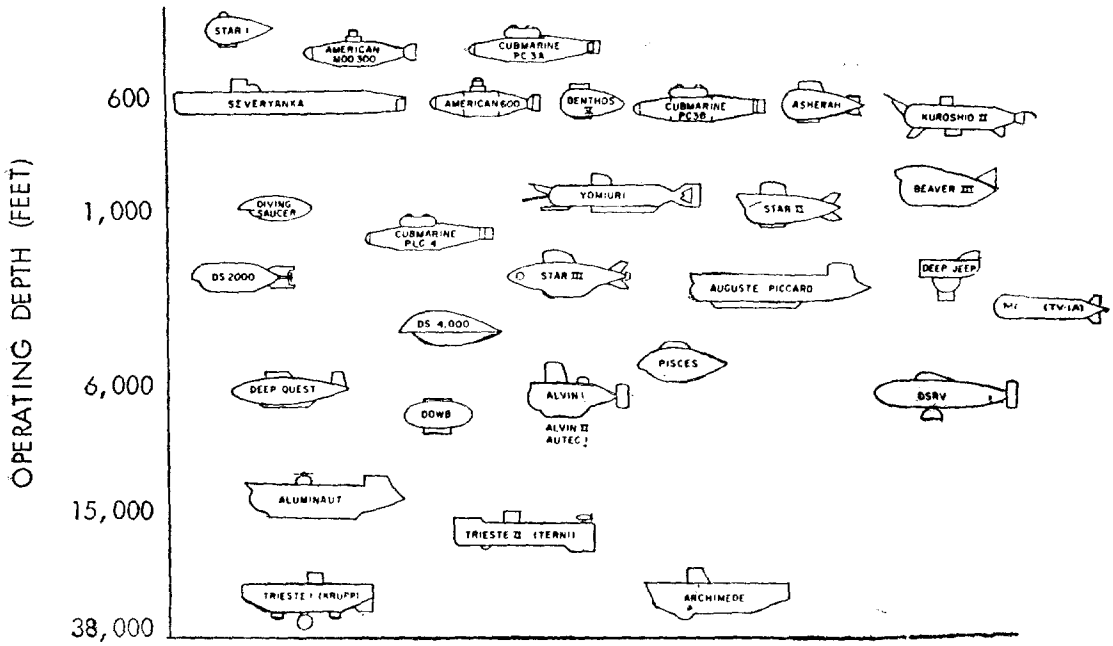


Fig. 15. A Spectrum of Research Submersibles

Table 2. 世界各國의 研究用潛水艇保有數

國名	潛水深度 (ft)												
	300	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	15,000	20,000	無制限	未詳	計
美國	3	6	8		3	1	2	3	1	2	1	4	34
佛國											1		1
스위스				1									1
카나다						1							1
日本		3	1										4
소련		1										1	2

Table 3. 美國의 代表的인 研究用潜水艇

CHARACTERISTICS OF SOME SUBMERSIBLES THAT HAVE BEEN USED FOR RESEARCH.
ABBREVIATION: KT, KNOT

Name and date of completion	Operating depth (ft)	Propulsion endurance	Length (ft)	Weight in air (lb)	Crew/ passen-gers	Payload (lb)
		Reynolds International Inc.				
***Aluminaut* 1965**	15,000*	32 hr at 2.5 kt	51	146,400	3/4	6,000
		ONR, Woods Hole Oceanographic Institution				
***Alvin* 1965**	6,000	8 hr at 1.6 kt	22	29,200	1/2	900
		American Submarine Co.				
***Sportsman 300* 1961**	300	3 hr at 3 kt	13	2,000	2	450
***Sportsman 600* 1963**	600	6 hr at 3 kt	13	3,500	2	750
		University of Pennsylvania				
***Ashera* 1964**	603	10 hr at 1 kt	17	8,600	1/1	175
		Lear Siegler Inc.				
***Benthos V* 1963**	600	2 hr at 2 kt	11.3	4,200	1/1	400
		Naval Ordnance Test Station				
***Deep Jeep* 1964**	2,000	4 hr at 2 kt	10	8,000	1/1	200
		Lockheed Aircraft Corporation				
***Deep Quest* 1967**	8,000	24 hr at 2 kt	40	116,480	2/2	3,400
		Westinghouse Electric Corp.				
***Deep Star 4000* 1966**	4,000	5-10 hr at 1 kt	18	18,534	1/2	820
		Marine Technology Inc.				
***Paulo I* 1967**	600	10 hr at 3 kt	13.5	6,025	1/1	480
		Perry Submarine Builders, Inc. and Ocean Systems Inc.				
***PC3-A* 1962**	300	8 hr at 2 kt	19	5,325	1/1	750
***PC3-B* 1964**	600	10 hr at 1.25 kt	22	6,050	1/1	500
***Deep Diver PLA* 1967**	1,350	15 hr at 1 kt	22	16,500	1/3	1,200
		General Dynamics Corp./Electric Boat Co.				
***Star II* 1966**	600	8 hr at 1 kt	17.8	9,400	1/1	250
***Star III* 1965**	2,000	4 hr at 3 kt	24.5	20,000	1/1	1,000
		Hydro Tech. Co.				
***Submaray* 1961**	300	5-6 hr at i.s.†	13.6	3,200	1/1	150
		U. S. Naval Ordnance Test Station COMSUBPAC				
***Trieste II* 1965**	20,000	5 hr at 2 kt	67	440,000‡	1/1	20,000
		Submanaut Enterprises				
***Submanaut*§ 1959**	300	20 hr at 3 kt	43	100,000	2/4	4,500

* Design depth. † Intermittent speed. ‡ Displacement. § No research work.
(Henry A. Arnold, "Manned Submersibles for Research," *Science*, October 6, 1967, Vol. 158, No. 3797, pages 84-95.)

Table 4. 日本의 研究用 潜水艇

船名	完成年	所屬	潜水深度 (m)	潜水時間 (hr)	船長 (m)	重量 (ton)	船員	研究員	備考
구로시오	1951	北海道大學水產學部	200						無動力
구로시오Ⅱ		〃	200			12			母船式
요미우리	1964	讀賣新聞社	300	6	14.5	35	3	3	
싱까이	1968	海上保安廳	600		15.3	85	2	2	

潜水艇의 耐壓船殼은 潜水深度에 比例하는 水壓을 받게 되므로 그 水壓에 効果的으로 抵抗할 수 있는 充分한 强度를 갖도록 設計製作되어야 한다. Fig. 16은 潜水艇이 外的水壓 下에서 입을수 있는 9가지 破壞樣式을 說明한 것이다.

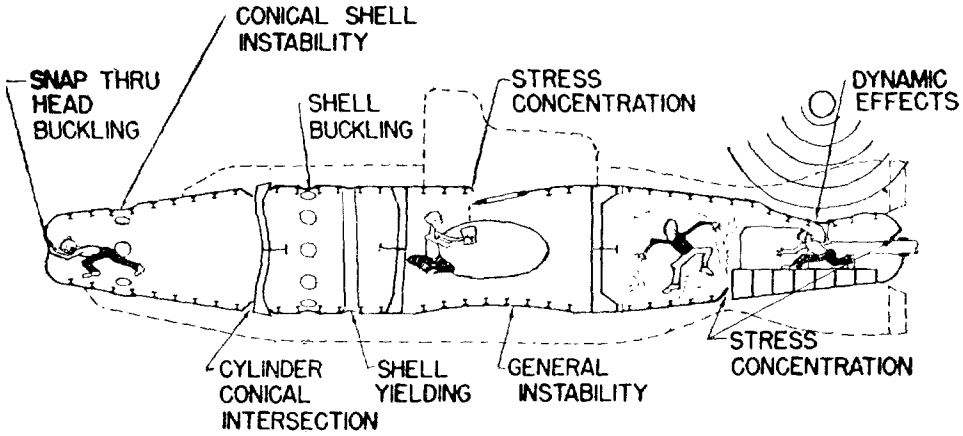


Fig. 16. 潛水艇의 9가지 破壞樣式

潛水深度가 깊어지면 强度의 要求도 커지므로 構造部材의 치수가 커져야 하고, 따라서 自重이 增加하고 相對的으로 Payload가 減少한다. Fig. 17은 降伏點이 서로 다른 各種 鋼材 및 알루미늄材의 船殼重量과 崩壞深度의 關係를 나타낸 것이다. 이 그림에 의하면 어떤 材料의 船殼도 어떤 深度以上에서는 Payload가 陰의 값으로 되며, 같은 種類의 材料에서는 降伏點이 높은 材料일 수록 Payload가 零이 되는 潛水深度가 깊다. 그러나 鋼材船殼은 比强度가 큰 알루미늄 船殼보다 不利하며, 深海用潛水艇의 構造材料로서 比强度가 더욱 큰 材料의 開發이 促求되는 所以이다. Fig. 18은 HY 80 steel, 7079-T6 Alluminum Alloy 및 F.R.P. 船殼과 崩壞深度의 關係를 보여주고 있다.

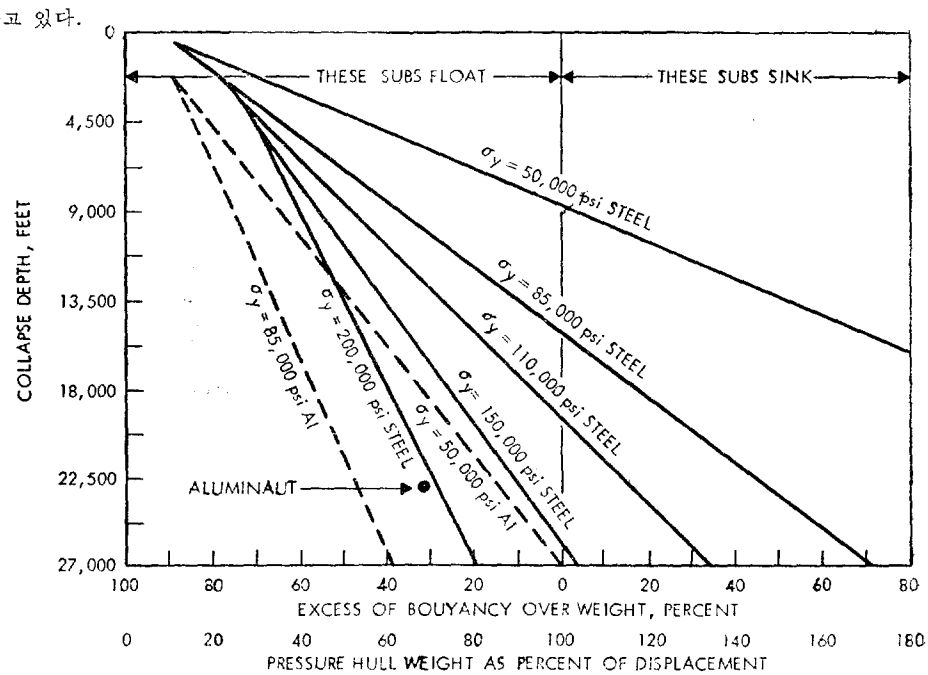


Fig. 17. Structural weight and Bouyancy vs Collapse depth

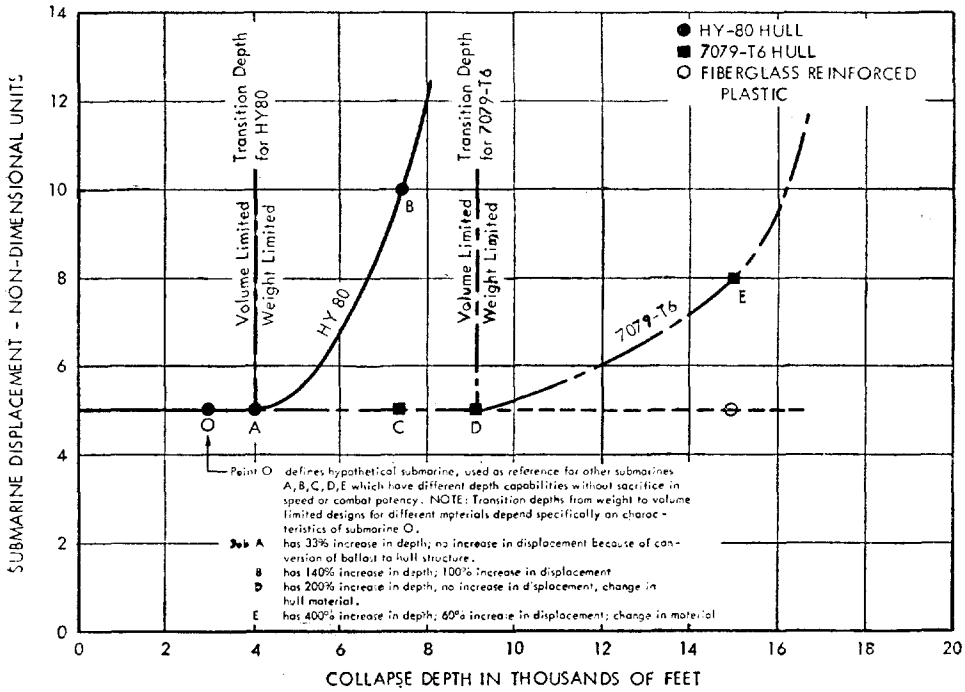


Fig. 18. Graphical representation of the increase in displacement required to permit deeper running in "weight-limited" boats.

一般的으로 深海潛水艇의 材料에 要求되는 性質은 다음과 같다.

1) 强度/密度 比가 커야 한다.

2) 熔接性, 加工性이 좋아야 한다.

3) 靭性이 크고, 脆性破壞를 일으키지 않아야 한다.

4) Low Cycle Fatigue에 대한 壽命이 길어야 한다.

5) 應力腐蝕이나 一般腐蝕에 대한 抵抗이 커야 한다.

6) 經濟的으로 採用可能해야 한다.

Table 5는 現在 使用中인 鋼材의 化學成分과 機械的 性質을 보여 주고, Table 6은 代表的인 潛水艇의 材料를 보여주고 있다.

Table 5. 高强度鋼材의 化學成分과 機械的 性質

Steel	Composition, % (maximum unless otherwise stated)													Strength, Psi			Elongation, %	Reduction in Area, %	Charpy Impact, Ft-Lb	Modulus of Elasticity, Psi × 10^6		Density
	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Ti	V	Cu	Co	Al	Tensile Ultimate	Tensile Yield	Compressive Yield				Tension	Compression	
HY80	0.18	0.10 to 0.40	0.025	0.025	0.15 to 0.35	2.00 to 3.25	1.00 to 1.80	0.20 to 0.60	0.02	0.02	0.25	—	—	—	80,000	84,800	20	55	50 at −120 F	30	31	0.283
HY100	0.20	0.10 to 0.40	0.025	0.025	0.15 to 0.35	2.25 to 3.50	1.00 to 1.80	0.20 to 0.60	0.02	0.02	0.25	—	—	—	100,000	105,700	18	50	50 at −120	30	31	0.283
HY130(T)	0.12	0.60 to 0.90	0.010	0.010	0.20 to 0.35	4.75 to 5.25	0.40 to 0.70	0.30 to 0.65	0.02	0.05 to 0.10	0.15	—	—	—	130,000	141,000	15	50	50 at 0	29	30	0.285
HP9-4-20	0.17 to 0.23	0.20 to 0.30	0.010	0.010	0.010	8.50 to 9.50	0.65 to 0.85	0.90 to 1.10	—	0.05 to 0.10	—	4.25 to 4.75	—	190,000	180,000	190,000	14	55	50 at 70	28.56	29.5	0.283
HP9-4-25	0.24 to 0.30	0.10 to 0.35	0.010	0.010	0.35	7.00 to 9.00	0.35 to 0.55	0.35 to 0.55	—	0.05 to 0.12	—	3.50 to 4.50	—	185,000	175,000	185,000	13	50	30 at 70	28.4	30.1	0.283
Maraging (190)	0.03	0.10	0.010	0.010	0.10	17.00 to 19.00	4.0 to 4.5	—	0.15 to 0.25	—	—	7.00 to 8.50	0.08 to 0.15	195,000	190,000	210,000	6	35	20 at 70	25.7	26.8	0.283

Properties are minimums for 1 in. thick plates.

Table 6. 代表的 潛水艇의 材料

	Builder or Operator	Operating Depth (ft)	Pressure Hull				
			Diameter (in.)	Thickness (ft)	Material	Yield Strength (ksi)	Membrane Stress at Operational Depth (ksi)
Star 3	Electric Boat	2000	5.5	0.5	Hy-100 steel	100	29
Deepstar 4000	Westinghouse Electric	4000	6.5	1.2	Hy-80 steel	80	28.5
Alvin 1	Litton Industries & Woods Oceanographic Institution	6000	7	1.33	Hy-100 steel	100	41
Deep Quest	Lockheed Missiles & Space	6000	7	0.895	maraging steel	175	62
Dowb	GM Defense Research Laboratories	6500	7.67	0.915	Hy-100 steel	100	64
Aluminaut	General Dynamics & Reynolds Metals	15,000	8	5.5	7079-T6 aluminum	60	53*
Trieste 2	U. S. Navy	20,000	7	3.5	Ni-Cr-Mo steel	120	29
Archimede	French Navy	36,000	7.87	5.9	Ni-Cr-Mo steel (forged)	120	41

*In spherical head.

4. 結 言

以上에서 본바와 같이 先進外國들이 앞을 다투어 海洋開發에 나서고 있으나 아직은 初期段階라 할 수 있으며, 우리들도 뒤늦기 前에 이 分野에 全力을 傾注해야 할 것이다.

造船技術面으로 볼 때, 海洋硏究船의 設計나 建造는 우리 能力으로 可能하다고 보며, 必要한 計測用裝備만 導入하면 優秀한 船舶을 完成할 수 있을 것이다. 硏究用 潛水艇에 대해서는 우선 大陸棚用은 多少의 硏究로서 設計, 建造가 可能할 것이며, 中深海用이나 深海用은 材料나 工作에 相當한 硏究와 實驗이 있은 後에야 可能할 것이다. 이와 같은 實情은 程度의 差異가 있을 뿐 外國에서도 마찬가지이다. 潛水艇의 材料와 工作에 대해서는 相當한 進展이 있었으나 아직은 確立된 設計規程이 없고, 每隻에 대하여 細心한 理論的 및 實驗的 解析을 通하여 建造되고 있다.

우리의 實情은 先進外國에 比해 多少 뒤떨어져 있지만, 技術을 適切히 組織化하고 이를 政策的으로 뒷받침하면, 멀지않아 世界隊列에 進出할 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

〔1〕 Edward Wenk Jr., "Submarines to Advance Study and Effective use of the Sea," Journal of SESA, Aug. 1968, pp. 337-348.

〔2〕 Warren E. Yasso, "Oceanography (A Study of Inner Space)," Holt, Reinhart and Winston, Inc., New York, 1965.

〔3〕 James W. Mavor, Jr., "Alvin, 6000-ft Submergence Research Vehicle," Trans. of SNAME Vol. 74, 1966.

〔4〕 佐佐木忠義, "海洋開發への 挑戰", 日刊工業新聞社, 1968.

〔5〕 三菱重工業株式會社 神戶造船所 造船設計部, "深海潛水作業船 よみうり號", 船舶, Vol. 38, No. 2, 1965, pp. 48-55.

〔7〕 東京大學 海洋硏究所, "M.S. Hakuho Maru".

〔8〕 〃 "海洋硏究船 淡淸丸".

〔9〕 高木 淳, "東大海洋硏究船 白鳳丸", 船舶, Vol. 40, No. 10, 1967, pp. 47-67.

〔10〕 Ocean Science & Engineering, Inc., "Summary of Capabilities in Ship Design, Ship Construction, and Ship Operations, Feb. 1967.

〔11〕 Report of the Panel on Oceanography, President's Science Advisory Committee, "EFFECTIVE USE OF THE SEA," U.S. Government Printing Office, June 1966.

〔12〕 The First Report of the President to the Congress on Marine Resources and Engineering Development, "MARINE SCIENCE AFFAIRS——A Year of Transition," U.S. Government Printing Office, Feb. 1967.

〔13〕 The Second Report of the President to the Congress on Marine Resources and Engineering Development, "MARINE SIENCE AFFAIRS——A Year of Plans and Progress," U.S. Government Printing Office, Mar. 1968.

〔14〕 國立地質調査所, "海底資源調査 및 開發方案研究", 科學技術處, Dec. 1968.

〔15〕 今井保穂, "深海調査船および將來の潛水艦用高强度材料について", 日本造船學會誌, 第 477 號, Mar. 1969, pp. 120-124.