BSPE 00353-550-2

海洋工學 入門書

Introduction to Ocean Engineering

1993. 3.

韓 國 海 洋 研 究 所

提 出 文

韓國海洋研究所 所長 貴下

本 報告書를 "海洋工學 入門書" 발간의 最終報告書로 提出합니다.

1993年 3月 31日

研究責任者 : 安 熙 道

要 約 文

I. 題 目

"海洋工學 入門書" 發刊

II. 研究開發의 目的 및 重要性

○ 세계적인 인구증가의 추세와 육역에서의 자원, 공간, 에너지의 유한성으로 인해 지금까지 해상수송, 수산, 간척 매립과 같은 해양개발 활동이 해저·해중자원, 해양목장, 해양공간·에너지의 이용분야로 더욱 그 개발활동이 확대되어 가고 있음.

○ 해양개발에 이용되는 기술은 해양토목공학을 비롯한 기계공학, 조선공학, 전자공학, 수중음향공학, 자원개발공학, 수산공학 등 매우 광범위한 분야에 걸쳐 있으며, 이같은 전반적인 해양공학의 기술이나 기기·시스템을 소개한 입문서는 거의 전무한 실정임.

○ 본 연구에서는 현재까지 국내외에서 수행되고 있는 해양개발의 현황을 전반적으로 소개하고 해양개발에 이용되고 있는 기술이나 시스템에 관한 기초지식을 알기쉽게 설명하여 해양공학 전반의 입문서로서 활용토록하는 것이 본 연구의 목적임.

Ⅲ. 研究開發의 內容 및 範圍

○ 해양공학 분야별로 개발기술 분석

– 해양조사, 해양계측, 해양작업 및 잠수조사, 해수담수화장치, 해양석유개발 및 해양광물자원 개발, 해양공간이용에 대한 제반기술과 기기·시스템의 소개.

Ⅳ. 研究開發 結果 및 活用에 대한 建議

○ 본 연구의 결과는 우리나라의 미래 해양개발을 위한 참고자료로서 뿐만 아니라 향후 해양개발 기술진흥을 위한 지침서로서 활용되어질 것으로 기대됨.

○ 또한 해양자원에 대한 일반국민의 관심도를 제고시켜 해양개발에 관계하는 연구자, 기술자 및 산업계 분야의 전문인에게까지 참고서로서 폭넓게 활용되어질 것임.

SUMMARY

I. Title

Publication of "Introduction to Ocean Engineering"

II. Significance and objectives of the study

○ Due to the increase of world population and the limited natural resources, space, and energy on the land, the traditional human activity on the sea such as marine transportation, fishery, and land reclamation moves towards the development and utilization of marine natural products, marine mineral resources, marine ranching system, ocean space and energy, and so on.

○ The technology for ocean development is the integration of civil engineering, mechanical engineering, naval architecture, electronics, underwater acoustics, resources development engineering, and fishery engineering, but it is difficult to find an introductory book covering overall ocean engineering technology and system.

○ The objective of the present study is to publish an introductory book about ocean engineering which includes the general introduction to ocean development projects in foreign countries as well as in Korea and basic knowledge of ocean development technology and system.

III. Contents and scope of the study

In the present study, introduction is made for the development of various technology, device, and system in the areas of ocean survey, ocean measurement, ocean work and diving technology, desalination, development of ocean petroleum and mineral resources, and utilization of ocean space.

IV. Results of the study and recommendation

- The results of the present study are expected to be used as a reference for future ocean development in Korea and as an introductory book for ocean technology development.
- The book is also expected to increase the people's interest in ocean resources and to be used as a reference for researchers, engineers, and other industrial experts engaged in ocean development.

目　　次

(CONTENTS)

제 1 장　서　　언(Introduction) ····· 9

제 2 장　해양조사선(Ocean Research Vessel) ····· 12

제 1 절　해저지질조사선(research vessel for marine geology) ····· 13

제 2 절　기상관측선(meteorological observing ship) ····· 13

제 3 절　수산조사선(fisheries survey ship) ····· 13

제 4 절　잠수조사선(research submarine) ····· 14

제 3 장　해양계측기기(Ocean Measuring Instrument) ····· 17

제 1 절　화학계측기기(chemical oceanography equipment) ····· 17

제 2 절　물리계측기기(physical oceanography equipment) ····· 21

제 3 절　해저계측기기(submarine oceanography equipment) ····· 31

제 4 절　지구물리탐사기기(marine geophysics equipment) ····· 33

제 5 절　수중광학기기(underwater optical equipment) ····· 37

제 6 절　부　이(buoy) ····· 38

제 7 절　관측탑(observation tower) ····· 41

제 4 장　해중통신기기(Underwater Communication Instrument) ····· 43

제 1 절　해중케이블(underwater cable) ····· 43

제 2 절　수중통신기기(underwater communication devices) ····· 44

제 5 장 해양작업기기(Marine Working Base) ····· 47

제 1 절 해저작업기지(submarine working base) ····· 47

제 2 절 수중공구(underwater tools) ····· 51

제 3 절 수중작업차(underwater vehicle) ····· 53

제 6 장 직접잠수기구(Direct Diving Implement) ····· 56

제 1 절 잠수작업시스템(diving system) ····· 56

제 2 절 잠수용구(diving goods) ····· 58

제 3 절 기타 잠수용구(the others) ····· 61

제 7 장 해수담수화장치(Sea Water Desalination Equipment) ····· 65

제 1 절 증발법 담수화(desalination by distillation) ····· 66

제 2 절 결정화법 담수화(desalination by crystallization) ····· 68

제 3 절 막법 담수화(desalination by membrane) ····· 69

제 4 절 기타 담수화(the others) ····· 70

제 8 장 해양공간이용시설(Untilization of Ocean Space) ····· 72

제 1 절 연안보전시설(coastal structure) ····· 72

제 2 절 해양구조물(ocean structure) ····· 74

제 3 절 해상 · 해중 · 해저이용시설(on-offshore facilities) ····· 77

제 4 절 해양레저시설(ocean leisure facilities) ····· 81

참고문헌(References) ····· 83

第1章 序 言

바다는 강렬한 생명의 비밀을 간직하고 있다. 지금 세계각국은 식량, 자원, 에너지의 부족에 대비하고 생활공간의 확대를 위하여 이 바다의 寶庫를 캐내려 하고 있다. 바다의 면적은 육지의 2.42배나 되는 3억 6100만km^2이며 大陸棚(continental shelf)만 해도 약 2700만km^2나 되어 거의 아프리카대륙과 비슷한 면적을 가지고 있다. 이토록 광대한 바다는 각종 자원을 무진장 보유하고 있어 인류의 발전에 없어서는 안될 무한한 유용성을 제공해 준다.

바다를 과학적 대상으로 관찰하게 된 것은 1876~76년 英國의 해양관측선 챌린저號(Challenger)가 역사적인 世界周航 海洋大探檢을 한 후부터이다. 해양개발이 세계적으로 각광을 받기 시작한 것은 1960년대 후반부터이며 해저석유·해저광물자원·수산자원의 조달, 해양공간의 이용 및 해수담수화 등이 주요 개발대상이었다.

1975년 오끼나와 해양박람회에 전시된 海洋都市(aquapolis)는 用地難과 公害問題 등으로 해양구조물에 대한 관심이 고조되는 것과 때를 같이 하여 플랜트를 해상기지에 건설하려는 계획의 첫걸음을 내딛은 것으로서 높이 평가되고 있다. 이러한 기술응용분야의 한 예로 해상쓰레기 처리공장의 연구가 지금 세계각처에서 활발히 추진되고 있으며 이 공장에서는 쓰레기처리와 동시에 발생한 에너지를 이용하여 發電과 海水淡水化를 병행하는 多目的計劃案으로 검토되고 있다.

해양에너지의 활용방안으로서는 波力發電, 潮力發電, 溫度差發電을 들 수 있다. 우리나라 서해안은 干滿의 차가 커서 세계적으로도 유망한 조력발전후보지로서 손꼽힌다.

이밖에 해상공항, 석유비축기지의 건설계획 등이 구체화되고 있으며 어류, 해조류의 양식 등 재배어업을 대규모화하는 방법도 검토되고 있다. 21세기초에는 현재의 세

계인구가 두배로 될 것으로 예상되는 만큼 이에 따른 식량문제는 중대하며 인간의 건강과 영양에 불가결한 동물성단백질을 해양생물자원에서 충족해야만 한다. 다음으로 해저에 매장되어 있는 광물자원 특히 석유와 천연가스 등 해저유전의 채굴방식을 개발하는 것이다. 또한 해수중에 존재하는 원소는 60여 종에 이르는데 현재 인류가 이용하고 있는 것은 몇몇 종의 원소에 불과해 남은 50여종의 未利用원소는 앞으로의 개발을 기다리고 있다.

마지막으로 고려되는 것은 해양공간의 이용이다. 연안해역의 매립에 의한 토지조성 및 항만시설의 건설도 공간이용의 일면이며 레크리에이션 장소로서의 해중공원의 건설과 해중창고, 해저수송라인, 해상스테이션 등의 건설 그리고 해상공항·해상도시의 건설 등 연안해역의 공간적 이용은 앞으로 다방면에 걸쳐서 점차 확대되어 갈 것이다.

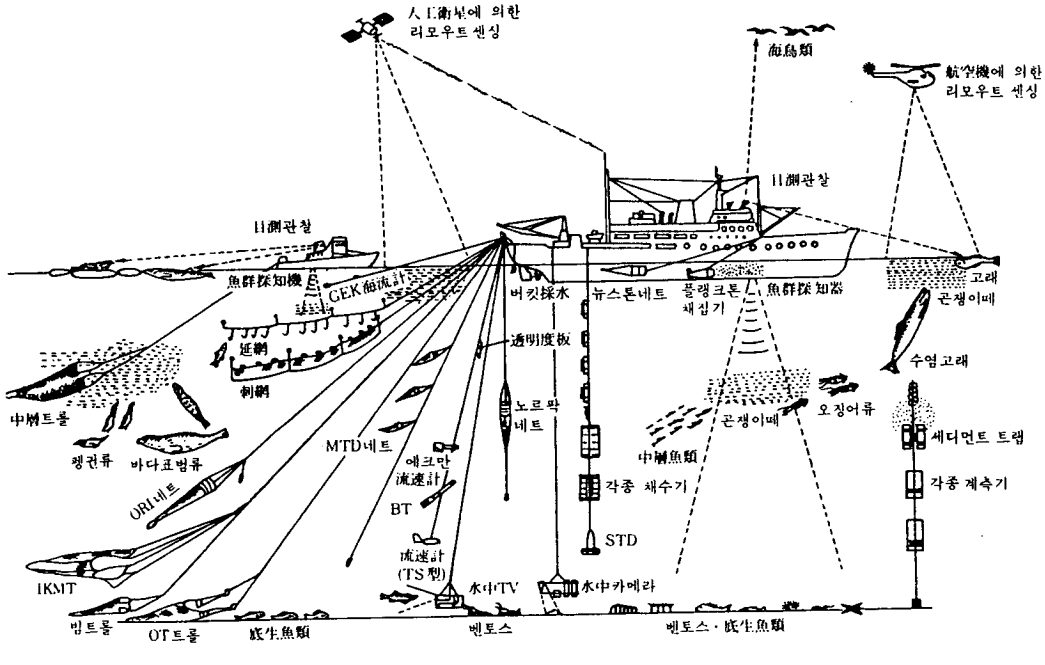


그림 1. 연구선, 수산조사선에 의한 관측·조사방법

해양개발이 해양생태계를 파괴하거나 해양을 황폐하게 하여서는 안된다. 해양환경의 오염은 인류의 생존기반을 위협할 정도로 중대한 영향력을 미치기 때문이다. 해양환경의 보전을 위한 기술개발이 특히 중요하며 오염발생원의 처리기술, 오염물질의 제거를 위한 기술 등이 연구개발되어야 한다.

해양개발기기는 현대기술의 精髓를 모아 창출된 거대종합과학기술의 산물이다. 아직 초보단계에 있는 우리나라의 해양개발을 적극적으로 추진해 나가기 위해서는 정부를 주축으로 하여 학계의 연구활동을 지원하고 해양개발관련기업을 육성하는 정부－학계－산업계의 협력체제를 강화해야 할 것이다.

第 2 章　海洋調査船

과거의 해양조사는 항행을 위한 海圖의 작성, 水深, 潮流, 氣象관측 등이 주 대상이었으나 현재는 기상을 포함한 해양물리, 생물자원, 해저광물자원 등 그 조사범위가 확대되어 전문화된 조사기능이 필요하게 되었다. 이를 위해 기상관측선, 지질조사선, 수산조사선, 잠수조사선 등을 건조, 각종 계측장비를 장착하여 전문적인 과학자와 기술자에 의해 관련해양조사가 동시에 수행되고 있다.

이 모든 것이 해양종합연구에 공헌하고 있으며 우리나라에서는 한국해양연구소의 온누리호(1400톤급)와 이어도호(350톤급)를 포함하여 다수의 해양조사선을 보유하고 있다. 또 이들의 조사선은 그 사용장소에 따라 세분되며 수산조사선은 원양조사선과 연안조사선으로, 잠수조사선은 淺海・中深海・超深海用으로 구분되지만 그 선박으로서의 본질에는 큰차이가 없다.

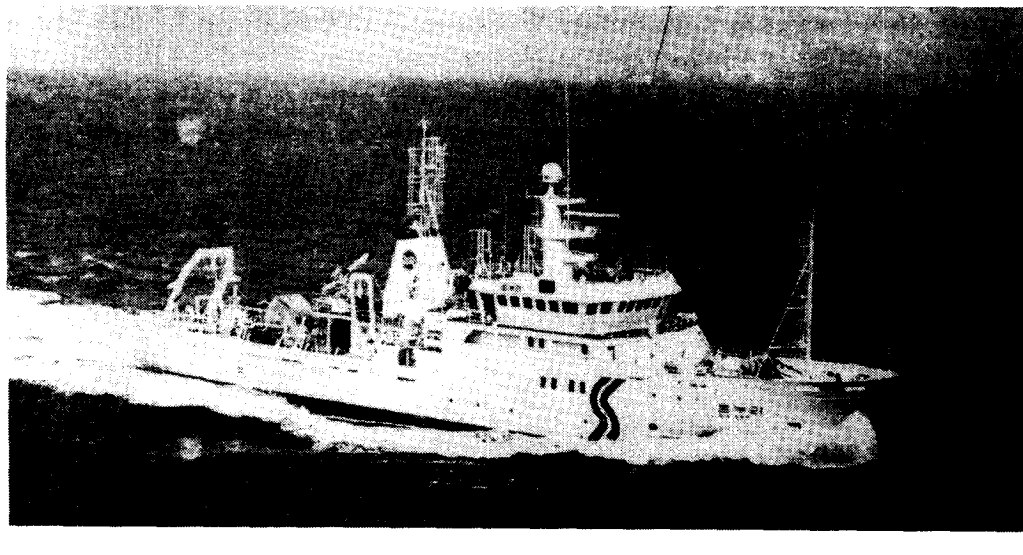


그림 2.　해양조사선 온누리號

第 1 節　海底地質調査船(research vessel for marine geology)

해저지질조사에 필요한 관측선에는 다음과 같은 여러 설비가 장착된다. 즉 심해용의 음향측심기, 해수온도측정기(BT), 해저 드레지(dredge)나 코어드릴(coredrill)에 사용되는 와이어나 大型電動윈치, 전자해류계, 기상실험설비, 레이다, 로란(loran), 화학실험실 등이다. 또 지구물리학적 측정을 할 경우에는 지진탐사장치, 스파커(sparker), 공기폭발기(air gun), 陽性子磁力計(froton magnetometer), 熱流量 측정장치, 중력계등도 추가된다.

수로측량에 사용되는 선박도 이의 일종이며 우리나라에서는 건설부, 해운항만청, 교통부 수로국 등에서 수척의 소·중형 조사선을 보유하고 있다.

第 2 節　氣象觀測船(meteorological observing ship)

기상관측을 목적으로 기상관측설비를 장착해 운항되는 선박이다. 해양관측, 해상기상관측을 장기간에 걸쳐 수행하는 임무를 갖고 있으며 이같은 선박의 특징으로서는 폭풍권내에 들어서더라도 관측업무를 실시할 수 있는 大型船이어야 하며 復原力 특히 관측을 용이하게 할 수 있도록 停船중에도 動搖性能에 탁월해야한다. 일본의 경우에는 기상청내에 6척의 관측선을 보유하고 있다.

第 3 節　水産調査船(fisheries survey ship)

세계각처의 해양을 대상으로 아직 미이용되고 있는 수산자원을 개발하기 위한 조사선박이다. 수산청, 수산대학, 지방자치단체 등에 소속된 선박이 다수 있으며 수산청에는 대형조사선이 있다. 수산조사선의 특징은 심해와 高緯度해역에서 漁場

調査를 할 수 있도록 설계되어 遠洋 및 流氷海域의 항해가 가능한 점, 심해트롤을 위해 大推進力을 필요로 한 점, 微速航行이 가능하고 操縱性이 양호한 점, 動搖防止의 설비를 갖춘 점이다.

第 4 節 潛水調査船(research submarine)

海洋調査船은 해중, 해저의 관측을 計器를 통해 간접적으로 조사하는데 반해 잠수조사선은 과학자가 직접 관측지점에 도달하여 자신의 5감으로 관찰할 수 있는 장점을 갖고 있다. 1기압의 공기를 보유하는 耐壓船體속에서 超深海의 모습을 관측할 수 있는 잠수조사선이 개발되자 深海海洋學이 급속히 발달했다. 최근에는 해저에서의 산업활동이 해저석유개발, 수산업, 토목업 등의 분야에서 활발하게 되고 이를 위한 작업용, 조사용의 淺海用 잠수조사선(또는 잠수작업선)이 개발 운항되고 있다. 이처럼 학술용, 군사용 및 산업용으로 많은 잠수선이 개발되고 있으며 이들은 다시 독립적으로 잠항할 수 있는 獨立潛航型과 母船에서 有線으로 보급을 받아야 잠항이 가능한 母船隨伴型으로 구분된다. 또한 耐壓殼을 갖는 드라이타이프는 淺海나 레저용에, 내압각이 없는 웨트타이프는 中超深海用에 이용되고 있다.

4.1 淺海用 潛水調査船

大陸棚海域 또는 그보다 약간 깊은 大陸斜面上部의 약 1000m 水深까지 운항할 수 있는 잠수선으로 학술조사용 및 산업조사용으로 사용되며 외국에서는 민간 기업에서 운항되고 있는 것도 많다. 이 잠수선은 잠항수심이 얕기 때문에 耐壓船體가 圓筒形도 있으며 재료도 보통 高張力鋼이 사용되고 重量도 비교적 가벼워서 이 중량을 水中行動力이나 해양작업용의 機器 및 관측기계 쪽으로 충당하고 있다. 이 중량을 페이 로드(pay load)라고 한다. 이런 잠수선은 제작, 조종, 보수, 검사가 용이해야하며 母船에 의한 海上輸送의 안전성, 용이성등이 종합성능의 主要點으로 된다.

大陸棚海底는 地形이 복잡하기 때문에 여기에서는 수중에서의 항해관측장치가 중요하게 된다. 海上선박에서는 레이다 등의 전파장치가 사용되고 있으나 水中에서는 超音波에 의한 계기를 사용한다.

대륙붕 해역에서는 조사사항이 많기 때문에 搭載한 海洋計測器의 종류도 많게 되어 이를 위한 공간과 電源을 갖춰야 된다. 잠수선의 가동능률을 높히는 것이 중요하기는 하나 이를 위해서는 母船의 설비 특히 潛航能力의 회복을 빠르게 할 필요가 있다. 充電器具, 充氣裝置의 완비, 기타 승무원의 휴양설비, 보급품의 정비, 잠수선 및 基地와의 常時통신설비 등을 갖춰야 한다.

4.2 中深海 潛水調査船

大陸斜面 약 1000~4000m까지의 水深을 잠항하는 능력을 가진다. 美國의 Deep Quest, Deep Star 4000, Alvin, DSRV, Turtle, Sea-cliff, 캐나다의 Pisces III이 이 그룹에 속한다. 이 잠수조사선은 학술용과 함께 군사용 조사선으로도 많이 사용된다. 용도면에서 超深海用 잠수조사선에 비해 水平行動力도 크고 또한 조사를 필요로 하는 해역이 기지와 비교적 가까운 곳에 있기 때문에 행동회수도 많고 母船과 함께 행동능력이 크다는 것이 특징이다. 잠수선의 耐壓船體는 HY-100級의 高張力鋼이 사용되고 있으나 浮力材를 사용하여 船體重量도 그리 크지 않게 하고 또한 선체 치수도 소형으로 하여 모선에서의 취급이 용이하게 되어 있다. 이 잠수조사선이 앞으로 해양조사용 잠수선의 주류로 될 것으로 사료된다.

4.3 超深海 潛水調査船

1960년 1월 세계에서 가장 깊은 챌린저海溝(1만 924m)의 超深海底까지 잠항한 美國海軍의 잠수조사선 Trieste II를 비롯하여 大陸斜面의 하부보다 깊은 해저까지 잠항할 수 있는 잠수조사선이다. 프랑스海軍의 Archimedes, 美國의 Deep Star 20000,

DSSV, 日本의 신까이(深海) 6500 등의 잠수조사선이 이 그룹에 속한다. 이들은 순학술조사용이며 모두 국가기관에서 운항하고 있다. 이 잠수선의 특징은 강대한 수압에 견딜 수 있는 耐壓船體로 되어 있으며 특수합금강을 사용한 강판은 두껍고 선체중량은 매우 무거워서 이 배의 中空球는 물에 뜨지 않는다. 이 중량과 水中浮力을 균형이 되도록 내압선체의 외부에 가솔린 또는 人工浮力材를 탑재하여 海水와의 比重差를 이용하고 있다. 深海에 잠입하면 해수비중도 크게 되고 강고한 선체도 수압에 따라 뒤틀림을 일으켜 水中浮量이 변화한다. 때문에 중량을 조정할 필요가 있으며 鐵製散彈밸러스트를 磁力制御에 의해 방출하는 장치를 갖고 있다. 이런 형의 잠수선은 수중에서의 수평방향운동력이 작으며 또한 海洋測器도 많이 탑재할 수 없다.

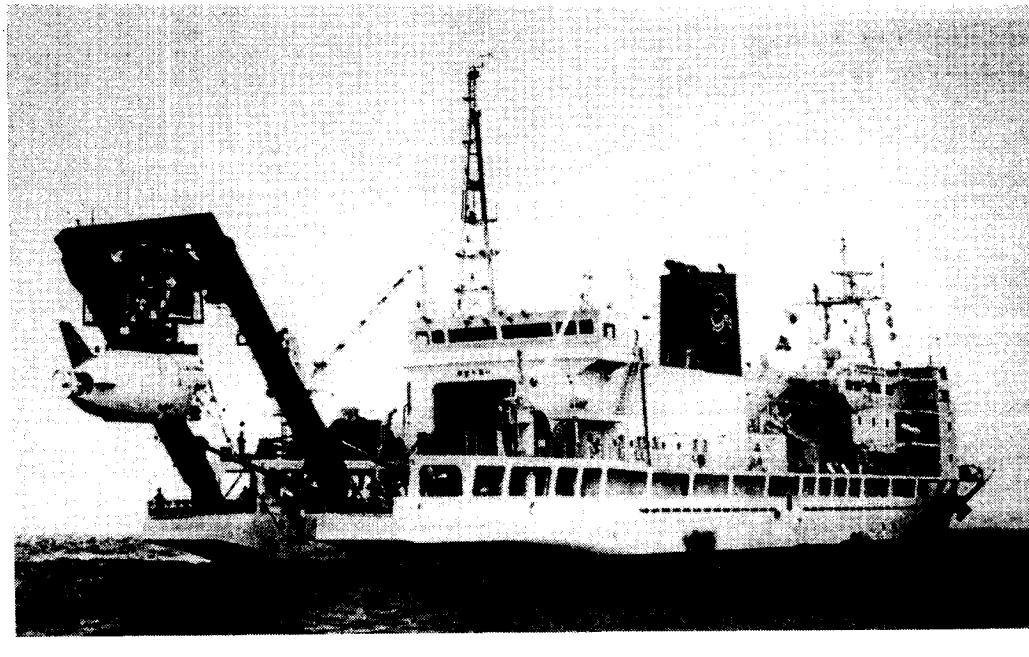


그림 3. 日本의 水深 6,500m 잠수조사선 신까이(Shinkai)호의 진수광경

第 3 章　海洋計測機器

해양을 개발하려면 우선 해양환경을 충분히 파악할 필요가 있다. 여기에 사용되는 해양계측기기는 크게 海水의 화학적 특성을 측정하는 화학계측기기, 해수의 운동 및 물리적 특성을 규명하기 위한 물리계측기기, 해저의 지형과 지질과 해저상황 등을 관측하는 해저계측기기 및 지구물리탐사기기, 해중작업상황을 관찰하기 위한 수중 광학기기, 그밖에 항로표지나 海象관측에 이용되는 각종 부이로 구분된다. 이들 계측기기는 해양의 특수성에 입각하여 防水形, 防壓型, 耐波型, 耐濕型, 耐腐蝕型이어야 한다.

第 1 節　化學計測機器

1.1 比重計(hydro meter)

주로 浮秤이나 固體浸漬法이 사용되고 있으며 前者에는 赤沼比重計, 後者에는 난센(Fridtjof Nansen)의 全潛比重計가 있다. 赤沼比重計는 수면에 노출되는 부분이 있어 表面張力으로 인해 정밀도는 약간 떨어지나 高精度의 측정이 요구되지 않는 경우에는 누구나 용이하게 사용할 수 있다.

1.2 pH計(pH meter)

용액중의 수소이온농도를 표시하는 경우 수소이온 농도의 逆數의 常用對數를 이용하며 이것을 pH라 한다($pH = -\log(H^+)$). 해수는 弱알칼리성으로서 수심, 해역에 따라 변화하지만 대체로 表面水에서는 8.3전후이며 탄산가스, 重炭酸이온 등의 농도로 pH값이 결정된다. 측정방법에는 比色法과 유리 電極(glass electrode)을 이용한 전기적

측정법이 있다. 比色法은 pH에 따라 色調가 변화하도록 한 色素群을 pH지시약으로 선정해 색조의 비교로서 측정하는 방식이지만 정밀측정에는 일반적으로 전기적 측정법이 사용되고 있다.

1.3 採水器(water bottle)

채수기는 물리계측의 수온측정과 더불어 해양조사연구에서 기초자료를 얻기 위한 가장 중요한 관측기기이다. 海面의 채수에는 통상 亞麻布제품의 채수버킷이나 2중 채수버킷이 이용되지만 심층의 해수를 채수할 때에는 絶緣採水器나 轉倒採水器를 사용 이를 와이어에 부착해 해중의 일정한 深度까지 내려보낸 후 메신저(messenger)라 부르는 원통형의 금속추를 낙하시켜 이들 채수기의 뚜껑을 닫아 일정량의 해수를 밀폐해 끌어 올린다. 전도채수기는 일정한 심도에서 메신저에 의해 전도되어 채수가 행해지며 난센채수기가 대표적인 것이다. 이밖에 메신저를 이용하지 않고 船上의 신호에 의해 자동적으로 밸브를 닫아 채수를 하는 電磁多筒採水器도 있다.

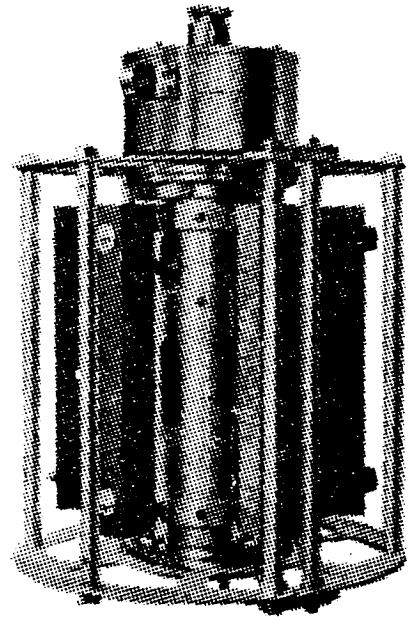


그림 4. 電磁多筒採水器

1.4 鹽分計(salinometer)

해수의 염분을 그 물리량이나 화학량으로 측정하기 위해 定量하는 장치이다. 해수의 密度, 氷點, 沸點, 屈折率, 導電率, 電位差, 高周波導電率 등을 이용하여 염분을 측정하며 이들 중 도전율측정이 많이 이용되고 있다. 이를 이용한 염분계에서 시료해수의 電氣抵抗을 검출하는 부분을 셀(cell)이라 하며 셀의 구조에 따라 電極式鹽分計(electrode type salinometer)와 誘導式鹽分計(inductive salinometer)로 구분하나 이들 장치는 銀滴定에 비해 定量이 신속하지만 측정값은 온도의 영향을 받기 때문에 溫度補正이 필요하다.

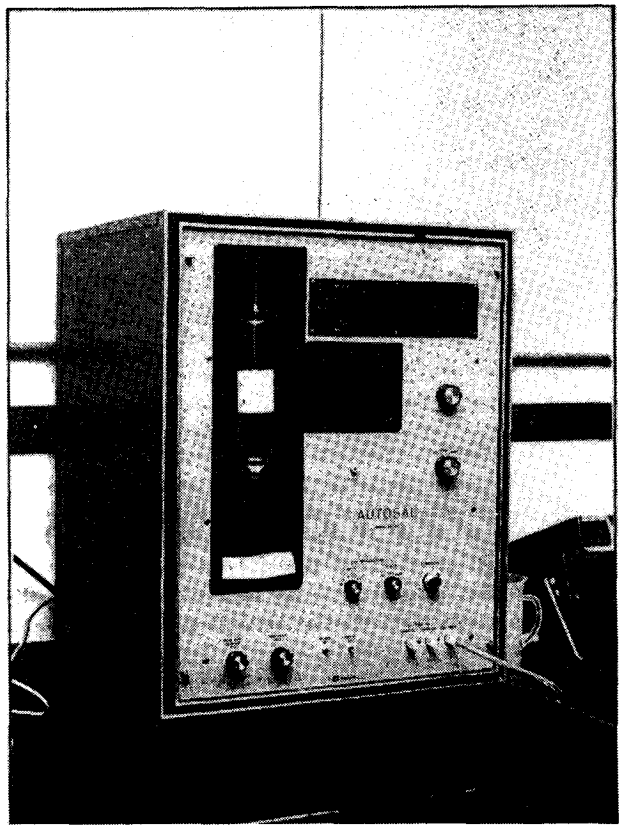


그림 5. 鹽分計

1.5 STD(salinity temperature depth recorder)

誘導式鹽分計의 발달로 인해 채수기에서 채수한 시료의 염분측정은 충분한 정밀도를 갖게 되었다. 그러나 항행중에 해수표면의 염분을 연속적으로 측정하든가 停船하여 측정기를 수중에 내려트려 연속적으로 염분의 수직분포를 측정할 수 있는 기기가 필요하게 되었다. STD란 염분과 수온의 수직분포를 측정하는 기기로서 水中部(underwater unit)에 장착된 각 센서(sensor)에 의해 측정된 자료를 케이블을 이용하여 船上으로 전송시켜 선상에 설치된 프로세서(processor)에 의해 자료를 기록처리하는 船上記錄式과 水中部에서 측정자료를 직접 기록하는 記錄內藏式으로 구분된다. 선상기록식의 전송방식은 아날로그와 FM전송방식이 있으며 기록내장식의 경우에는 電源과 기록기능을 수중부에 내장하여 측정자료를 X-Y기록계나 카세트 테이프에 기록한다. 최근 STD는 해양조사선에 설치된 컴퓨터를 이용하여 신속하게 자료를 처리할 수 있는 장점이 있어 해양관측시에 매우 중요한 기기로 활용되고 있다.

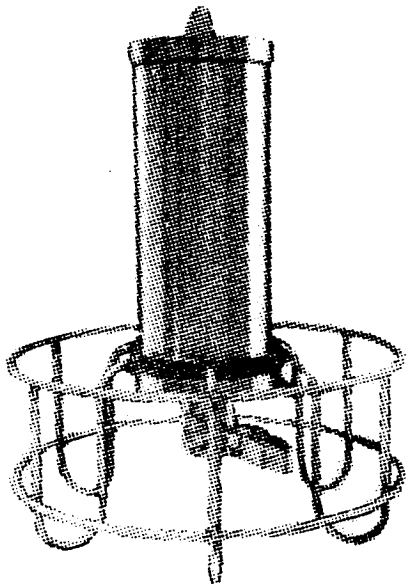


그림 6. STD

第 2 節　物理計測機器

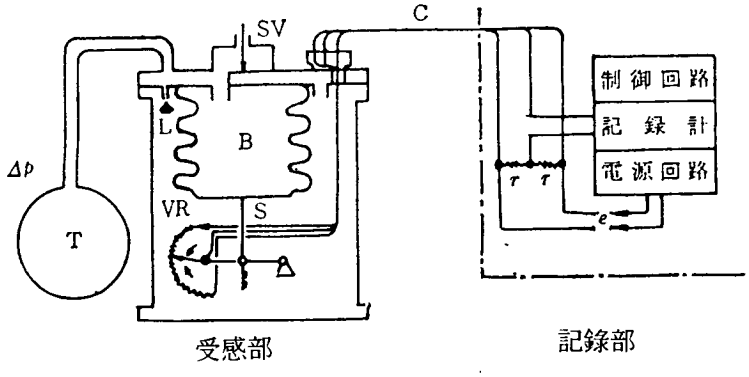
2.1 波浪計(wave recorder)

海岸工學을 비롯한 防災 또는 海洋構造物의 건조, 보수시에는 流速, 流向등의 관측뿐만 아니라 波浪의 관측이 중요하다. 지금까지 세계각국에서 고안된 파랑계는 50여종을 넘지만 이를 크게 나누면 직접 해면의 昇降을 측정하는 직접관측법과 물리적인 변화량측정에서 간접적으로 해면의 승강량을 구하는 간접관측법으로 분류할 수 있다.

海面昇降記錄式(surface gauge type) 波浪計 해중에 鉛直으로 세워진 管을 따라 수 cm간격으로 부착시킨 電極으로 海面을 직접 기록하는 것이다. 해면의 승강에 따라 해수와 접하는 전극의 수가 변화하면 回路의 저항도 아울러 增減하며 이 저항변화를 아날로그(analog)기록 혹은 다이오드매트릭스(diode matrix)회로를 이용하여 디지탈(digital)로 기록하는 방식을 階段抵抗式(step resistance gauge)이라 한다. 이 방식은 直線性이 나쁘기 때문에 전극대신에 한개의 니크롬저항선을 이용한 抵抗線式(sistance wire gauge)이 개발되었으며 금속전극이나 저항선이 해수에 직접 닿는 결점을 피하기 위해 絶緣된 導線을 해중에 세워 靜電容量變化를 이용해 측정하는 容量式(capacitance wire gauge)도 개발되었다. 이것들은 직접 해면의 승강을 측정할 수 있는 장점이 있으나 기존구조물이 이용될 수 없을 경우는 支持物을 설치해야 하며 淺海域이나 파랑이 잔잔한 곳에 한정된다는 결점이 있다.

水壓式(pressure gauge type)波浪計 파랑의 수압변동은 수심에 비례하여 指數函數的으로 감소하며 또 周期가 짧을수록 감소도는 크다. 따라서 수압변화를 表面波高로 환산할 필요가 있으며 이 때 생기는 어느정도의 誤差는 피할 수 없으나 설치가 비교적 간단하며 센서(sensor)가 수중으로 완전히 잠입하기 때문에 耐久性도 확보되어 沿岸에서의 파랑관측에 이용되고 있다. 空氣壓을 이용한 摺動抵抗式(slide rheo-

stat wave gauge)은 고무튜브에 가해지는 압력변화를 공기로 本體안의 벨로우즈(bellows)에 도입, 레버(lever) 및 齒車機構로 확대시켜 摺動抵抗의 저항변화를 측정 기록하는 것이다. 油壓을 이용하는 差動트랜스式에서는 공기대신에 기름을, 摺動抵抗대신에 差動트랜스를 사용하고 있다.



T : 고무튜브, B : 금속벨로우즈, VR : 摺動저항

그림 7. 摺動저항식 파랑계의 원리

超音波式(sonar)波浪計 해저에 上向으로 놓인 포물선반사경에서 예민하게 收束되는 초음파 빔을 해면에 발사하여 그 반사파의 도달시간으로부터 波高를 측정한다. 해중의 음속은 수온, 염분에 의해 변화하기 때문에 音速補正을 필요로 하지만 설치가 용이하여 비교적 深海域에서도 사용이 가능하다. 水質條件이 복잡한 지점이나 선박의 항행이 번거로운 장소는 부적당하다.

웨이브라이더 부이(waverider buoy) 이 파랑계는 해상에 繫留되어 해면의 승강운동에 따라 加速度計(accelerometer)가 부이의 上下運動 가속도를 검출해 이것을 2回積分回路에 의해 變位를 구한다. 이 측정된 鉛直變位를 전기신호로 변조시켜 육상에 위치한 受信器(warep recorder)에 송신하면 수신기는 수신전파를 複調하여 기록지에 波形을 기록할 수 있으며 또 磁氣테이프에 數値를 기록함으로써 직접

자료의 전산처리도 가능하다. 자동기록이 가능하므로 최소한의 인원으로 운영할 수 있고 또한 설치도 간편하며 장비자체가 견고하고 고장요소가 적어 장기간사용에 매우 편리하다.

이밖에 특수한 것으로는 高度 70m 정도로 비행중인 항공기로부터 마이크로파를 해면에 발사하여 反射波를 수신함으로써 파고를 측정하는 항공기용파랑계(airborne wave recorder)도 실용화단계에 있으며 인공위성에 탑재한 마이크로파의 센서를 이용하여 해면에 관한 정보를 얻는 방법도 개발되고 있다.

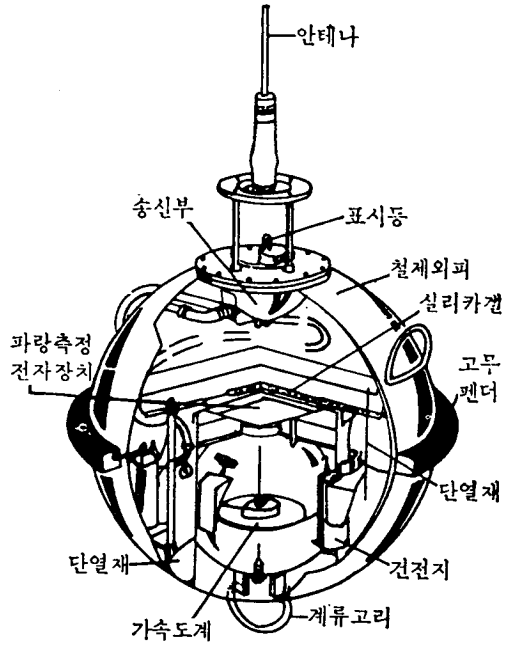


그림 8. 웨이브라이더 부이

2.2 波壓計(wave manometer)

파랑이 물체에 미치는 압력 즉 波壓을 측정하는 장치를 파압계 또는 파력계(wave dynamometer)라 한다. 파압을 받는 圓板의 背面을 大氣에 개방해 놓아 그 기계적

변위를 스트레인 게이지(strain gauge)로 측정하는 방식과 피에조(piezo)효과를 이용하는 방식 등이 있다.

2.3 檢潮器(tide gauge)

潮汐에 의한 해면변동을 기록하기 위한 기기로 플로트(float type)式과 水壓式이 있다. 플로트식은 해면에 띄운 플로트가 해면의 변화에 따라 승강하면 기계적 전달장치를 통해 기계에 의해 일정속도로 회전하는 드럼에 감겨진 기록지상에 기록펜을 움직여 潮汐曲線을 기록한다. 이 플로트식은 비교적 感度, 精度 모두 우수하여 오늘날까지 사용되며 푸스형(Fuess type), 켈빈형(Kelvin type), 리처드형(Richard type)이 있다. 플로트式은 파랑의 영향을 피하기 위해 특별한 구조물이 필요하여 설치비가 많이 드는 결점이 있다. 水壓式의 대표적인 것은 혼다(本田)式으로 해면의 승강에

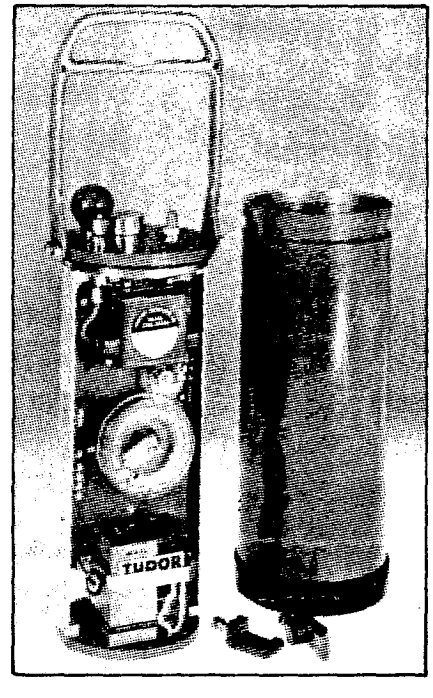


그림 9. 磁氣테이프記錄式 檢潮器

따른 水壓變化가 해저에 설치된 U字管에 전달한다. U字管內의 水銀面은 수압변화에 따라 승강하므로 小型浮子에 부착된 기록펜을 U字管內에 浮遊케 하여 圓筒形시계로 기록지를 회전시키면서 潮汐曲線을 기록한다. 혼다식은 플로트식과는 달리 특수시설의 설치가 불필요하여 간편하나 導管을 사용해야 하므로 설치장소가 제한을 받는 경우가 많다. 최근에는 수압변화를 전기신호로 변환시키는 압력센서를 이용하여 磁氣테이프에 기록하는 磁氣테이프記錄式 檢潮器가 출현하였다. 이 磁氣테이프記錄式 검조기는 검조기에 내장된 磁氣테이프에 수압변화를 디지탈신호로 기록하는 방식으로 한번 설치하여 장기간의 정밀한 조석자료를 얻을 수 있다. 이 때 회수한 테이프에 기록된 자료를 처리하기 위해 특수한 테이프판독기(tape reader)로 데이터를 電算機에 入力하는 潮汐資料處理시스템이 이용되고 있다.

2.4 海流板(drift plate drogue)

해면하 1~2m의 해류를 측정하는 기구이며 나무, 금속 또는 布製의 십자형에 엮어 만든 저항체를 浮漂에다 접속해 이 부표를 선박으로 추적하여 그 움직인 궤적으로부터 流速, 流向을 구할 수 있다. 50~2000m 정도의 中層流를 측정하는 경우에는 패러슈트 드로그(parachute drogue)法이 쓰인다.

2.5 電磁海流計(geomagnetic electro kinetograph, GEK)

1950년 미국의 폰 악스(Von Arx)에 의해 고안되었으며 패러데이(M. Faraday)의 電磁誘導法則을 응용한 것이다. 해류상의 2점을 연결하는 직선에 直角인 流速成分이 地磁氣의 수직성분을 가로지름에 따라 생기는 2점간의 起電力에서 유속을 구하는 것이다.

2.6 流速計(current meter)

현재 해양관측에 이용되는 유속계는 매우 다양하나 프로펠러나 로터(rotor)의 회전을 이용하여 유속을 측정하는 回轉方式流速計와 초음파의 도플러(doppler)효과, 해수의 흐름에 의한 電磁誘導, 기타 레이저 등을 이용하여 회전부분이 없이 유속을 측정하는 非回轉方式流速計로 크게 분류할 수 있다.

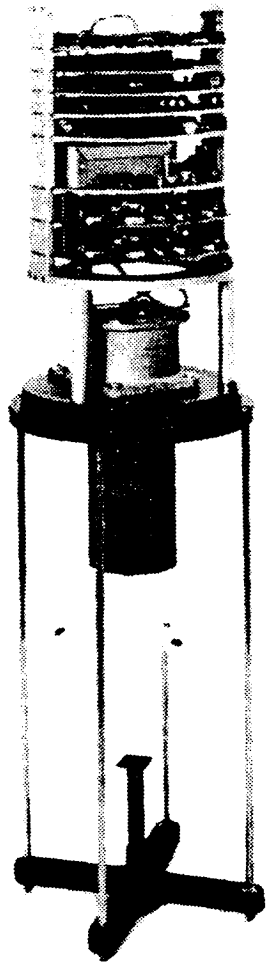


그림 10. 超音波流速計

回轉方式流速計 1905년 애크만(V.W.Ekman)에 의해 고안된 애크만유속계는 메르츠(A. Merz)가 개량하여 상당기간 표준유속계로 생각되어 왔으나 측정때마다 인양해야 하는 불편 때문에 프로펠러나 로터의 回轉數를 전기신호로 변환하여 케이블을 통해 선상의 기록기에서 직접 유속을 관측할 수 있는 直讀式流速計로 대체되었다. 그러나 장기간의 관측필요성에 따라 한번 해중에 설치하여 미리 설정한 일정 간격으로 유속을 측정하여 그 平均値를 內藏된 磁氣테이프에 디지탈 신호로 기록하는 방식인 磁氣테이프記錄式 流速計가 등장하였다. 이 流速計는 回收후에 측정자료의 전산처리가 편리하며 또 流速이외에도 流向, 水溫, 鹽分度, 水壓등을 동시에 관측할 수 있는 장점이 있어 최근에 많이 사용되고 있다.

非回轉方式流速計 로터나 임펠러(impeller)와 같은 回轉體없이 일정간격으로 떨어진 超音波送受波器(transducer)에서 반사판으로 초음파를 발사하여 서로 반대방향인 초음파경로간의 音波傳達時間 차이로 유속을 측정할 수 있는 것이 초음파유속계이고 초음파의 도플러효과를 이용한 것이 도플러유속계이다. 한편 해수중에 동일평면상의 직각방향으로 장치한 두쌍의 電極에 磁界를 가하여 해수의 흐름에 비례하는 誘起電壓으로 유속을 측정할 수 있는 電磁式유속계도 있다. 이들 유속계에도 直讀式과 磁氣테이프記錄方式이 있으며 아주 작은 유속도 측정할 수 있는 장점이 있다.

2.7 水溫計(thermometer)

해수의 물리적인 變數중에서 가장 기본적인 요소는 염분과 수온을 들 수 있다. 해수는 약 −2℃에서 빙결하기 때문에 그보다 낮은 수온은 관측될 수 없다. 수온은 염분보다 비교적 간단히 측정할 수 있어 그 관측역사도 오래되며 특히 표층수온은 항행중의 선박, 연안관측방법 등에 의해 세계의 전해양을 대상으로 한 데이터 축적도 많다. 최근에는 放射溫度計를 항공기에 탑재하여 短時間에 방대한 지역의 해면온도를 측정할 수 있게 되었다.

轉倒溫度計(reversing thermometer) 水銀棒狀溫度計의 일부를 특수한 형상으로 개조하여 일정한 깊이까지 내려 전도시켰을 때 水銀溜와 示溫部의 수은이 분리되어 현장수온의 指示를 유지할 수 있게 되어있다. 被壓型과 防壓型이 있으며 일반적으로 난센採水器와 결합하여 사용되고 있다. 한개로 한점밖에 測溫할 수 없기 때문에 수온의 수직분포를 연속적으로 측정하는데는 부적당하다.

BT(bathy thermograph) 1938년 스필하우스(A.F.Spilhaus)에 의해 고안되었으며 BT를 측정심도까지 내렸다가 끌어올려 수온의 수직분포를 알 수 있다. 끌어 올려야 결과를 알 수 있으므로 온도를 電氣量으로 변환시켜 케이블을 통해 船上의 계기에 지시하든가 또는 기록계에 기록시키는 電氣式 BT가 개발되었다.

電氣式 BT(electric bathy thermograph) 이것의 溫度檢出部에는 더미스터(thermistor)나 白金抵抗體가 사용된다. 전자는 抵抗値 및 온도에 따른 저항변화율이 커서 海洋測器에 적합한 반면 直線性, 互換性, 安定性은 나쁘다. 후자는 저항치, 저항변화율이 작고 時定數(time constant)의 문제도 있어 그다지 사용되지 않았지만 현재는 이의 개선책이 마련되어 점차 많이 이용되고 있다. 電氣式 BT는 그 성질상 케이블의 重量 및 水中抵抗을 견디어야 하므로 曳航하며 측정할 경우에는 船速 4kt 정도가 한계이다. 반면 機械式 BT는 15kt까지의 高速測定이 가능하며 특히 軍艦에서 없어서는 안될 機器이다. 이들 兩 BT의 장단점을 고려하여 고안된 것이 XBT이다.

XBT(expendable bathy thermograph) XBT의 檢出部는 判讀하고 버리는 BT이고 船上에서 발사대(launcher)를 사용해 해중의 검출부를 투입하면 특수한 가는 導線(lead wire)이 풀려나가 일정속도로 낙하하면서 선상의 기록계에 수온의 수직분포가 기록된다. 표준형 XBT는 船速 30kt까지 사용할 수 있으며 수심 450m까지를 약 90초에 측정할 수 있다. 이와 동일한 방식으로 수심 1500m까지 측정가능한 것, 비행중의 항공기나 잠수선으로부터 측정할 수 있는 것 등이 제조되고 있다.

2.8 水中照度計(underwater photometer)

해중의 照度를 측정하는데는 光起電流를 電流計로 측정하는 셀렌光電池(selenium cell)가 널리 사용되고 있다. 셀렌광전지의 測定可能深度는 50m정도이며 그보다 깊은 곳은 光電管 또는 光電子倍管을 사용한다.

2.9 濁度計(turbidity meter)

해수의 濁度는 아직 확실히 定義되어 있지 않으나 일반적으로 光透過率計(beam transmittance meter)로 측정된 消散係數의 값을 탁도라 한다. 이는 코리미터(corimeter), 핀홀(pinhole)방식 등으로 平行光束을 만들어 광전지 등의 受光面에 照射시키는 구조로 되어 있다.

2.10 氣壓計(barometer)

선박용기압계는 육상용과 근본적으로 다른 점은 없으나 항해중에 선체의 동요나 엔진 등의 진동으로 인한 加速度誤差에 주의가 필요하다. 현재 해양형 수은기압계(marine barometer)와 선박용 아네로이드(aneroid) 기압계의 2종류가 있으나 여러 면으로 아네로이드기압계가 편리해서 많이 사용되고 있다.

2.11 音響測深器(echo sounder)

음향측심기는 강력한 펄스음파를 船底로부터 해저에 발사하여 그 反響을 포착해 왕복에 소요된 시간으로 水深을 측정하는 장치이다. 초기에는 기계적충격으로 可聽音波를 발생시켰지만 그후 초음파 기술이 발달해 현재 10~50kHz정도 주파수의 초음파가 이용된다. 음향 측심기는 발진부, 送受波器, 증폭부, 지시부 및 電源部 등으로 구성되어 있다. 음향측심기로 측정된 水深精度는 음파의 전파속도와 시간의 測定

精度에 의하므로 판독한 수심에 대해서 誤差의 補正이 필요하다.

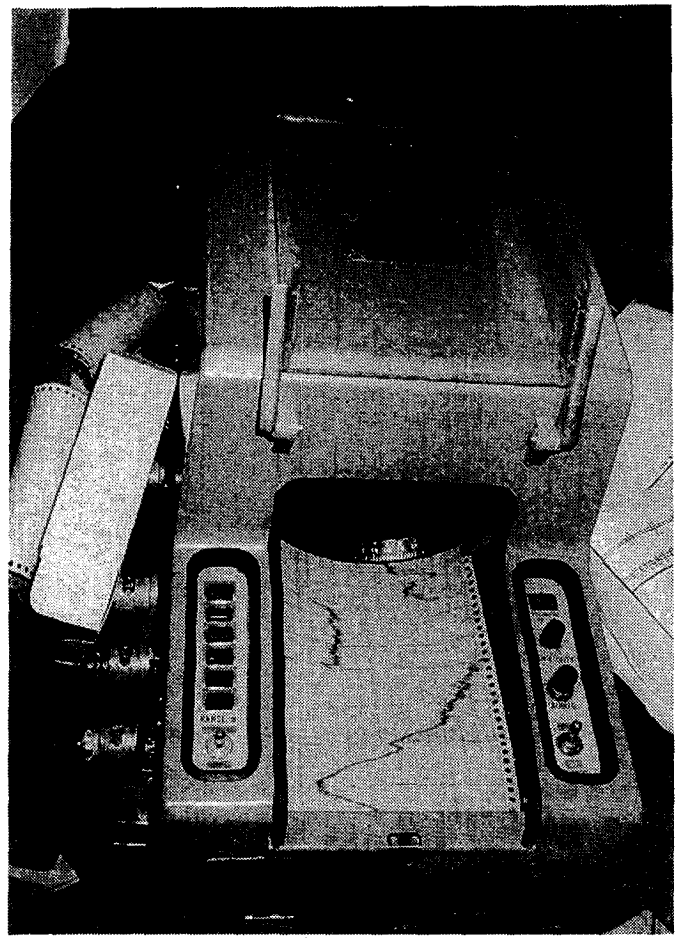


그림 11. 음향측심기

2.12 水中超音波發信器(pinger)

핑거는 선박에서 音響測深器나 소나(sonar)로 초음파를 발사하는 방식과는 달리 해중이나 해저에 설치된 發信器로 초음파를 발사하여 그 위치를 정확히 알 수 있는 기기이다. 耐水壓케이스에는 건전지와 발진기회로가 내장되어 있어 外部電源을 공급하지 않아도 일정한 周期로 초음파신호를 발사할 수 있다. 핑거는 천해는 물론 심해에서의 採水, 採泥작업의 합리화를 위해 필수적인 장치다.

2.13 音速計(sound velocity meter)

海水中의 音速은 염분, 수온, 압력과 함수관계에 있으며 표면에서는 1450~1500 m/sec, 심층에서는 160m/sec보다 빠를 경우도 있다. 음속계의 측정원리로는 音速連續測定方式(sing-around)이 널리 이용되고 있다. 이것은 送波器(受波器도 겸함)로부터 초음파펄스를 발사, 반사판에서 반사된 펄스를 受波함과 동시에 다음 펄스가 발사된다. 이 반복주파수는 음속에 비례하기 때문에 送受波器와 반사판의 거리를 적당히 설정하면 반복 주파수가 그대로 音速値로 표시된다.

第 3 節 海底計測機器

3.1 海底地震計(sea seismograph)

해양의 지진에는 해저에서 관측되는 海底地震과 해상에서 관측되는 海震의 2종류가 있다. 해저지진은 육상의 경우와 동일하게 縱·橫波의 전파속도 차이에 따라 초기微動과 주요진동의 형태로 관측되는 반면 海震은 해상의 선박등에 의해 短周期의

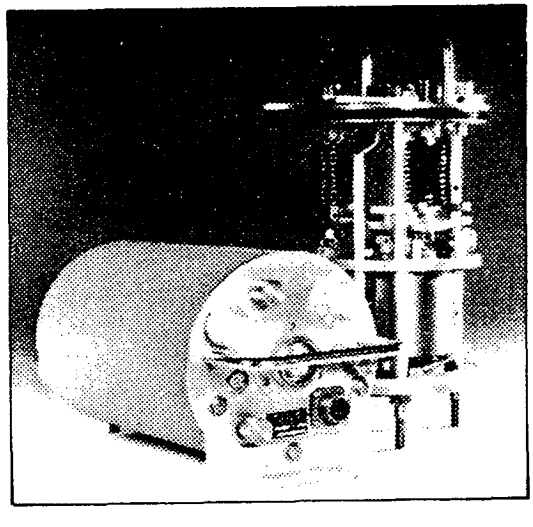


그림 12. 해저지진계

上下運動으로 관측된다. 해저지진계는 특수한 耐壓케이스를 갖는 것 이외에는 육상용과 원리와 구조에 있어 거의 동등하지만 低電力으로 작동되며 小型이어야 한다. 최근에는 加速度計를 이용해 지진에너지를 측정하는 방식이 개발되었다.

3.2 海底熱流計(heat flow meter)

地殼熱流量은 해저퇴적물의 溫度勾配와 採泥器로 채취한 퇴적물의 熱傳導度를 積算하여 측정한다. 熱流計는 온도구배와 열전도도를 측정하는 장치의 총칭이며 수개의 感熱素子, 記錄器, 電池 등이 하나의 耐壓 케이스속에 장치되어 기계적인 충격에 강하고 취급이 용이하다.

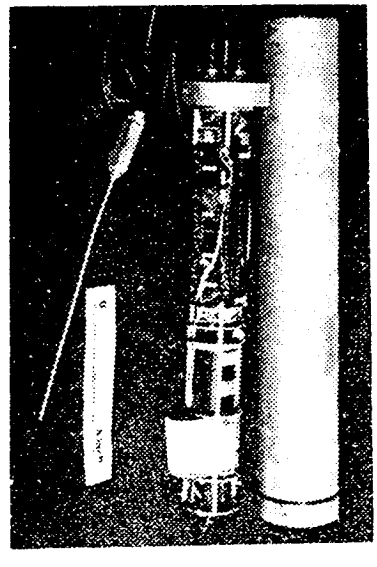


그림 13. 해저열류계

3.3 採泥器(bottom sampler)

海底質을 채취하는 기구이다. 曳航式採泥器(dredge)는 채니기를 해저면에 내린 후 예항하는 방식으로서 상자형드레즈와 원통형드레즈가 있다. 개폐식배킷(grave backet) 채니기는 배킷의 폐쇄방식에 따라 스프링식, 重力式, 오렌지필(orange-peel)식

등이 있다. 가장 널리 사용되는 柱狀式採泥器(corer)는 管狀器를 해저퇴적층에 박아 넣어 그 層序를 변형시키지 않고 퇴적물을 채취할 수 있으며 火藥式, 重錘式, 眞空式, 피스톤式 등이 있다. 이중 피스톤식이 현재 사용되고 있는 大型 柱狀採泥器의 대부분을 차지하며 퇴적물은 피스톤의 引揚과 함께 채취된다. 이밖에 로키트식, 제트식 등도 있다.

第 4 節 地球物理探査機器

4.1 爆藥 · 非爆藥音源(explosive or non-explosive sound source)

地震探査의 音源은 폭약음원과 비폭약음원으로 나누어진다. 다이나마이트, 니트로탄약(nitro ammunition), TNT, 흑색화약 등이 수중에서 널리 이용되고 있는 폭약들이다. 深海域에서 폭약을 폭파하면 가스가 발생하며 이것이 팽창수축을 반복해 그때마다 음이 발생되는데 이것을 氣泡効果라 한다. 특별한 기구로 발생가스가 기포효과를 일으키지 않게 하는 방법을 원구폭발(cage shooting)이라 한다. 폭약음원은 매우 큰 音壓을 순간적으로 발생할 수 있다는 점에서 어떠한 비폭약음원도 못 당한다.

한편 폭약 이외의 음원을 일괄하여 비폭약음원이라 하며 이 방법에는 기계적 방법, 전기적 방법, 압축공기, 可燃가스폭발 등이 있다. 기계적방법에는 바이브로사이즈(vibroseis), 하이드로사인(hydrosein), 부머(boomer), 소노프로브(sonoprobe) 등, 전기적 방법에는 스파커(sparker), arcer, subot, SSP, WASSP(wire are seismic section profiler) 등, 압축공기에는 공기폭발기(airgun), 가연가스폭발에는 디노사이즈(dinoseis), 애쿼펄스(aquapulse), GASSP, SUE, 기체발파음원(gas exploder) 등이 있다.

4.2 彈性波探査記錄裝置(seismic prospecting recording system)

지진탐사를 위한 증폭기, 濾波器, 제어기, 기록기, 磁氣기록기 등을 일괄하여 탄성파탐사기록장치라 하며 受震器, 發震器, 無線 등 연락기기는 포함되지 않는다. 일반적으로 굴절용과 반사용장치의 2종류가 있으며 굴절용은 간단, 소형, 염가이나 磁氣記錄이 안되는 반면 반사형은 복잡, 대형, 고가이지만 數値化된 자기기록이 이루어지며 Ganged AGC (automatic gain control), PGC(programmed gain control), BGR(binary gain ranging) 등이 있다.

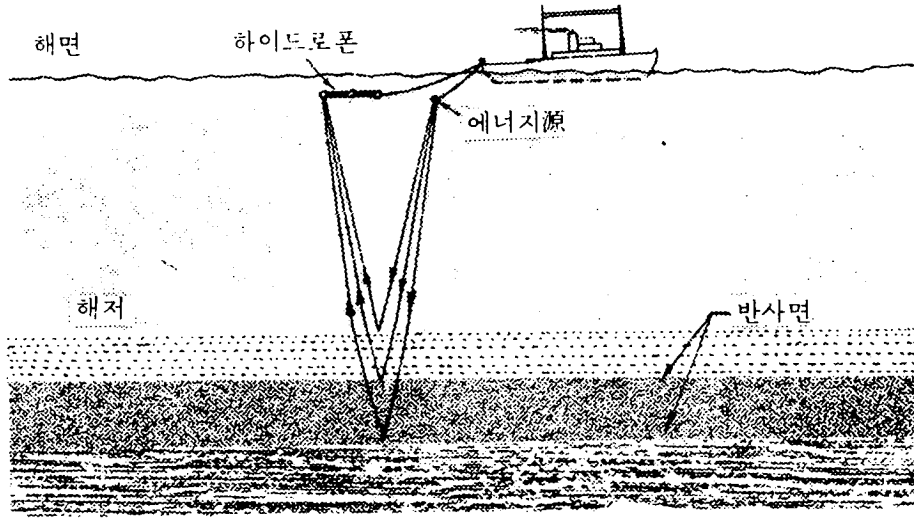


그림 14. 반사법 지진탐사

4.3 音波探査裝置(continuous seismic profiler)

음파탐사는 원리적으로 反射法 地震探査와 동일하며, 이 장치의 특징은 비폭약 음원을 사용한다는 점과 受震채널數가 적다는 점이다. 반사법은 일반적으로 심해에서 사용되지만 음파탐사는 淺海, 深海에 상관없이 사용되고 있으며 음원으로서는 水中放電, 振動板, 공기폭발기 등이 이용된다.

4.4 소노부이(sonobuoy)

소노부이란 부착된 水中聽音器로 청음한 海中音波나 受震信號를 전파를 이용하여 관측선이나 육상기지로 전송하는 부이이다. 이에는 사용후에 회수 또는 放棄하는 방식이 있으며 회수하는 경우는 탐색용에 레이저반사기나 야간에 작동하는 자동 점멸기(flasher)를 장치하고 放棄型은 일정기간 후에 浸水해 沈沒한다.

4.5 海底音探器(bottom sonar)

초음파로 해저지형을 개괄적으로 탐사하는 기기이다. 종래의 측심기와는 달리 送受波器(tow fish)에서 옆의 일정각도로 해저면에 초음파를 발사하여 다시 토우 피시가 그 반사파를 時差的으로 수신증폭해 船上의 기록기에 보내면 左右舷의 해저면이 기록된다. 따라서 수중이나 해저에 설치된 구조물 혹은 해저잔해물의 탐색에 아주 효과적이다. 해저음탐기는 각국의 제조회사에 따라 호칭도 다르며 영국은 asdic, 미국은 lateral echo sounder, side scanner, side scan sonar, side looking sonar, 프랑스는 lateral sona라고 부르고 있다. 여기서 sonar란 sound navigation and ranging의 略字이다.

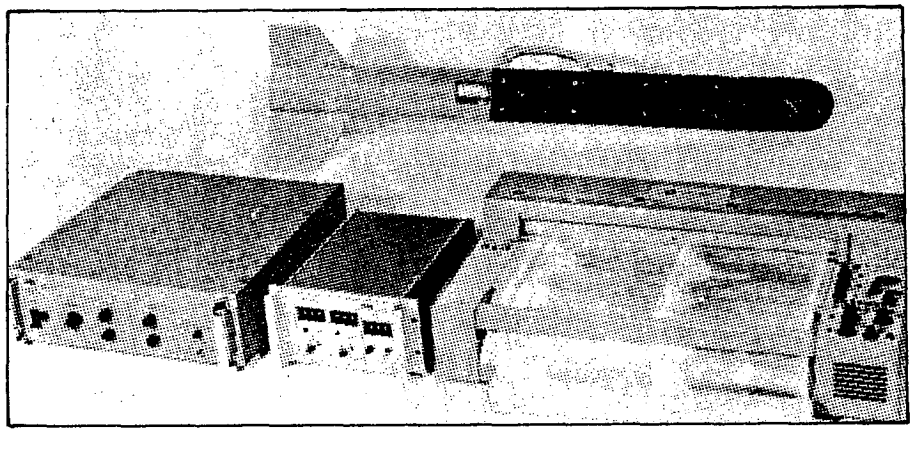


그림 15. 사이드 스캔 소나

4.6 重力計(gravity meter)

重力値의 측정에는 절대치를 측정하는 방법과 상대치를 측정하는 방법이 있다. 해양에서 사용하는 중력계는 상대치만을 측정하며 선상중력계와 해저중력계가 있다. 해저중력계(sea bottom gravity meter)는 육상 중력계와 동일한 것을 耐水容器에 넣어 선상에서 와이어로 해저에 내려뜨려 원격조작으로 중력치를 측정하며 선상 중력계(surface ship gravity meter)는 자이로스코프(gyroscope)로 수평을 유지한 후 측정한다.

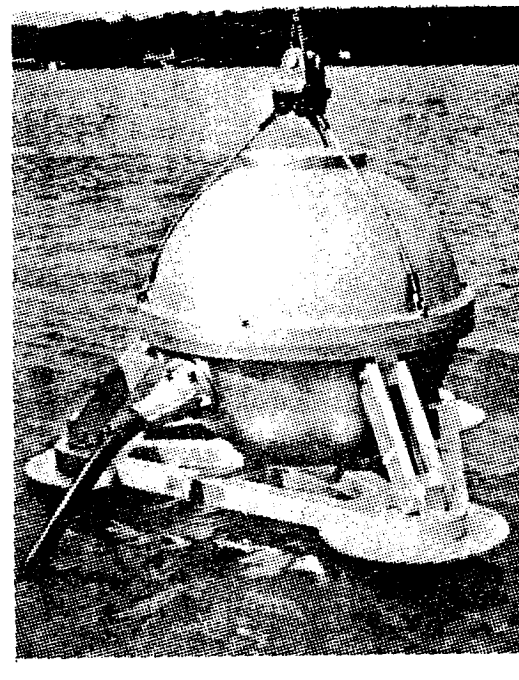


그림 16. 重 力 計

4.7 磁力計(magnetometer)

地磁氣나 磁性體의 磁化强度를 측정할 때 이용된다. 측정법에는 가장 간단한 彈動檢流計法, 코일을 等速回轉모터로 회전시켜 발생하는 기전력을 측정하여 磁場을

알 수 있는 回轉코일법, 반도체의 홀(Hall)효과를 이용하여 연속적으로 측정가능한 홀素子에 의한 방법이 있으며 가장 정밀한 방법으로는 陽子의 核磁氣共鳴을 이용하는 프로톤磁力計(proton magnetometer)가 있다. 또한 電子磁氣共鳴현상을 이용한 電子스핀共振磁力計(electron spin resonance magnetometer)가 있다. 地殼構造를 조사할 목적으로 해양에서 地磁氣를 측정할 경우에는 주로 프로톤자력계가 사용되며 선박이나 항공기에 탑재하여 탐사한다.

第 5 節 水中光學機器

5.1 水中카메라(underwater camera)

해양·해저자원, 해중구조물의 기초조사 등에 사용되는 조사기기로서 인간이 직접 휴대하여 조작하는 다이버 카메라(천해용)와 심해역에서 사용되는 심해 카메라가 있다. 심해카메라는 특수한 耐水容器속에 電子플래시, 필름 롤장치, 신호전송용케이블 등을 내장하고 있다. 한편 보통카메라의 필름대신에 비디콘(vidicon)을 이용하여 영상을 전기신호로 변환하여 TV모니터로 전송하는 비디콘카메라도 널리 사용되고 있다.

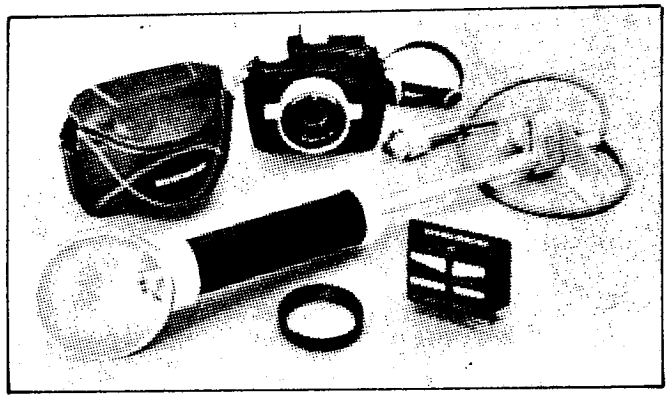


그림 17. 다이버 카메라

5.2 水中텔리비전(underwater television)

수중 TV의 소형화, 경량화에 대한 연구가 美國, 英國, 日本 등지에서 활발히 진행중에 있으며 최근에는 이미지오르티콘(image orthicon) 대신에 비디콘을 사용한 수중비디콘방식의 소형수중 TV가 제작되었다.

5.3 水中照明, 水中光源(underwater lighting, light source)

수중카메라나 수중 TV는 淸明한 날씨라도 수심 20m이상에서는 人工照明이 없으면 촬영이 불가능하다. 수중카메라의 촬영에는 플래시 벌브(flash bulb)와 전자 플래시가 人工光源으로서 이용되고 있으며 조명전구로는 보호와 耐壓을 겸비한 소형원추형의 파이렉스 유리(pyrex glass)製 기구가 사용되고 있고 沃素가 삽입된 石英電球는 소형으로 出力光의 효율도 좋아 현재 널리 이용되고 있다. 최근에는 沃化탈륨(thalium iodide)이 水中光源으로 도입되고 있다. 수중 TV 촬영용의 조명광원으로 많이 사용되는 수은등은 효율이 높고 청록색의 빛을 내기 때문에 수중에서 투과가 좋다.

第6節 부 이

6.1 航路標識用 부이(navigation light buoy)

주야간에 항로를 표시하는 부이로서 燈器는 주로 12V 100W의 백열전등(3초 간격으로 0.5초 점등)이고 電源으로는 鉛蓄電池가 이용되고 있지만 최근에는 波力發電에서 얻어진 자체전력으로 충전을 하거나 출력 25~30W의 태양전지와 알칼리전지를 복합한 것이 이용되고 있다. 근년에는 FRP(유리섬유강화플라스틱)로 만든 浮體가 제작되고 있다.

6.2 繫船浮漂(mooring buoy)

岸壁에서 떨어져 假泊할 경우나 해상하역을 하기 위해 선박을 계류하는 부이이다. 최근 탱커(tanker)의 대형화로 종래의 접안설비로는 막대한 개조비와 준설비가 필요하게 되어 외해상에서의 하역방식이 중점개발되어 一點계류부이, 多點계류부이 등의 방식에 채용되고 있다.

6.3 觀測用 부이시스팀(observation buoy system)

海象을 연속적으로 광범위하게 관측하는 부이방식을 부이시스팀 혹은 데이터 부이시스팀(data buoy system)이라 한다. 해면 부이 시스팀(surface buoy system), 해중 부이시스팀(subsurface buoy system), 해면, 해중 부이 병용시스팀으로 구분되며 특히 해중 부이시스팀은 해중이나 해저부근에 부이를 설치하기 때문에 파랑의 영향을 받지 않고 항행선박에 장해를 주지 않으며 인위적인 손해를 받지 않는다는 장점이 있다.

6.4 漂流부이(drifting buoy)

계류되지 않는 채 潮流에 따라 흘러가면서 지속적으로 관측하는 부이를 말하며 有人, 無人으로 되어 있다. 이 부이의 특수한 형상으로 플립관측탑(FLIP, floating instrument platform)이 있으며 이는 길이 355ft, 폭12~20ft로 매우 안정성이 좋은 표류부이다. 이외에도 이 FLIP과 외형이나 크기가 거의 비슷한 SPAR(seagoing platform for acoustic research)도 개발되어 대서양에서 사용되고 있지만 이것은 무인부이이다.

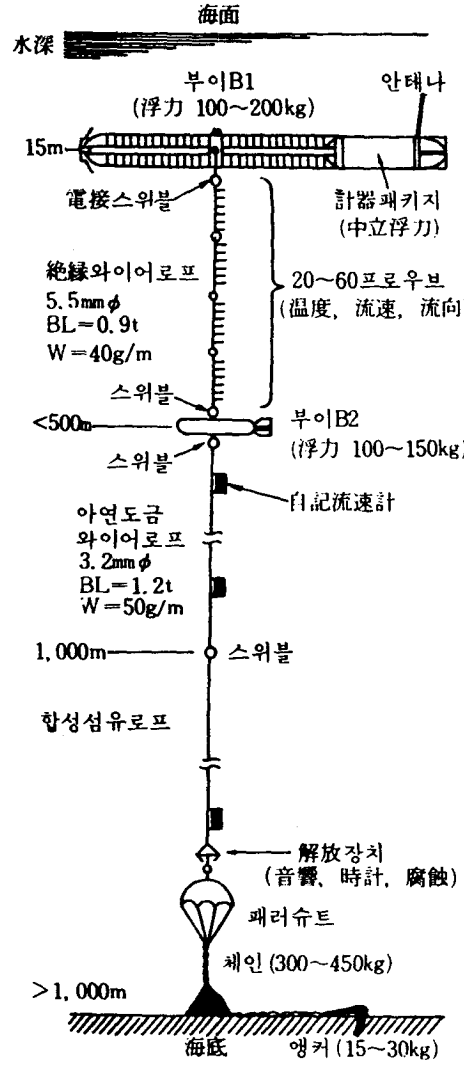


그림 18. 사클란트海中부이시스팀

第 7 節　觀測塔

7.1 塔 및 棧橋(tower & pier)

파랑은 물론 海象에 관한 관측을 연속적으로 실시하기 위해서는 관측탑 및 잔교를 활용하면 유리하다. 해중의 탑과 해안을 연결하는 잔교를 활용하면 단편적이나마 그 범위내에서 일어나는 現象들을 관측할 수가 있다. 미국에서의 이들 시설물의 대표적인 것들을 소개하면 관측탑으로서는 United States Navy Electronics Laboratory, United States Navy Marine Defense Laboratory, The Office of Naval Research 등의 기관에 소속된 것이 있고 잔교로서는 캘리포니아대학 스크립스해양연구소의 Scripps Pier와 일본 운수성 항만기술연구소의 잔교가 대표적이다.

그림 19. 일본 항만기술연구소의 잔교 전경

7.2 해중관측탑(underwater observation tower)

해중상황 특히 생물의 서식상태를 있는 그대로 관측하기 위해 해중에 塔狀의 구조물을 축조해 탑내의 창에서 해중을 관찰할 수 있게 한 관측탑이다. 일반적으로 어류, 해조류의 번식이 좋은 水域에 설치되지만 水深이 깊은 곳에서는 조명이 필요하다. 해중관측탑은 주로 학술연구용이나 레저용으로 이용되며 레저용으로서는 해중터널방식도 고려되고 있다.

第 4 章　海中通信機器

해중의 정보를 충실하게 전송하려면 耐久性과 特性이 좋은 케이블을 사용해야 한다. 다만 波浪・潮流 등으로 케이블을 사용할 수 없는 경우에는 超音波로 전송하는 방법이 널리 이용되고 있다. 수중에서 이용되는 搬送波로는 음파, 광선, 전자파 등이 있으나 실용장치에는 초음파(10～수백 kHz)가 많이 이용되고 있다. 거리와 목적에 따라 적당한 주파수를 선택하며 원거리 전송에는 일반적으로 낮은 주파수가 적합하다.

해중통신기기는 잠수정, 해중구조물, 다이버 등의 통신수단으로 사용되며 군사용으로 쓰이기도 한다.

第 1 節　海中케이블

1.1 電信電話用 海底케이블(submarine cable)

일반적으로 導體, 耐久性이 양호한 絶緣體, 필요에 따라 적응하는 遮蔽體, 外裝鐵線으로 구성된다. 도체에는 일반적으로 軟銅線이 사용되며 케이블에 요구되는 可撓性, 전기저항, 기타의 특성에 따라 單線 또는 착선이 결정된다. 절연체로는 耐水性외에 전기적, 기계적 특성이 우수한 재료가 요구되며 폴리에틸렌이 사용되고 있다. 케이블을 外界의 조건으로부터 보호하고 충분한 抗張力을 유지하도록 鐵線 또는 鋼線으로 외장한다. 일반적으로 가요성 때문에 軟鐵線을 사용하지만 심해케이블의 경우는 鋼線이 사용된다. 또한 化學腐蝕防止를 위해 아연도금을 하고 방부성 도료를 도포한다. 케이블은 사용주파수에 따라 직류 또는 저주파에서 사용되는 平衡型 케이블과 고주파에서 사용되는 同軸構造케이블로 구분된다. 최근에는 전신전화용으로 光케이블이 개발되어 거의 모두 이를 사용하고 있다.

1.2 水中커넥터(underwater connector)

센서(sensor), 증폭기 등을 內藏한 부분과 케이블을 접속하거나 또는 케이블끼리 서로 접속하는 경우에 사용된다. 수압에 견딜 수 있도록 水密하지 않으면 안된다. 水密構造로서는 케이블에 몰드가공을 하거나 고무 패킹류를 사용하는 방법과 ○링을 사용하는 방법이 있지만 대부분 兩者를 병용하고 있다. 최근에는 수중에서의 접속 조작이 매우 간단한 것이 제작되고 있다.

第 2 節　水中通信機器

2.1 水中通話裝置(underwater communication system)

해수를 매체로 정보를 전송하는 장치이다. 수중스피커를 통해 음성을 직접 해수중에 放聲하는 경우에는 信號對雜音化가 나쁘기 때문에 전송거리가 짧아 수십m

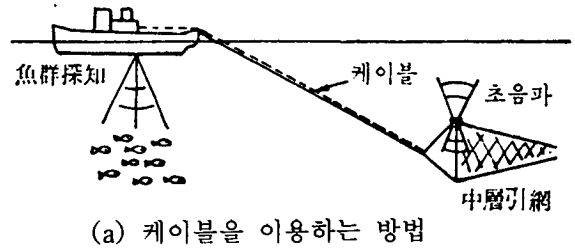
허리에 부착한 것이 송신기와 수신기

그림 20　潛水者用 수중통화장치

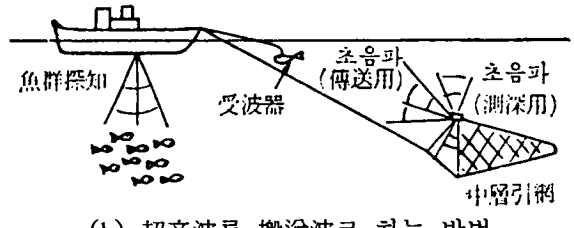
밖에 이르지 못한다. 그러나 음성을 變調하여 전송하는 경우에는 신호대잡음비가 개선되어 전달거리가 길어지며 超音波를 사용하면 수백 m로부터 수천 m까지 전송할 수 있다. 이 수중음파를 수신하기 위해 하이드로폰 또는 수중 마이크로폰의 音響受波器가 이용된다. 초음파외의 搬送波로서는 高周波電流, 光線 등이 이용될 수 있다. 해중의 데이터전송 또는 符號전송에 있어서도 대부분 초음파를 이용하고 있다. 호출신호에 대해 응답신호를 返送하는 장치를 수중트랜스폰더(underwater transponder) 또는 應答探信機라 하며 해중의 목표지점을 방향탐지하거나 음파의 송수신 소요시간을 측정하여 자신의 위치를 구할 수 있다.

2.2 超音波傳送裝置(telemetering devices)

해중의 정보를 超音波나 電波를 이용하여 遠隔地로 전송하는 장치이며 주로 漁業에서 사용한다. 전파를 이용하여 魚群의 記錄像을 보내는 장치를 텔리사운더(tele-sounder) 또는 초음파기록 전송장치라하며 이 장치를 해안에서 떨어져 설치된 定



(a) 케이블을 이용하는 방법



(b) 超音波를 搬送波로 하는 방법

그림 21. 水中텔리미터의 說明

置網에 장비하면 그물안으로 들어오는 魚群의 모습을 육상에서 알 수 있어 操業의 능률을 올릴 수 있다. 또한 수중마이크로폰으로 청음한 騷音이나 해중생물의 鳴音 등을 무선으로 원격지에 보내 악천후시에도 청음할 수 있는 것이 소노부이(sono buoy)이며 어류의 回遊生態를 직접 추적하여 그 움직임을 조사하는 것이 바이오 텔리미트리(bio-telemetry)이다.

2.3 水中레이저裝置(underwater laser apparatus)

수중레이저장치는 근거리라 할지라도 다량의 정보를 전송할 필요가 있고 예민한 指向性이 활용될 경우에 그 특징이 발휘된다. 그 응용으로서는 수중에서의 정확한 위치결정, 정밀한 거리측정, 정보 전송 등이 고려되며 走査型 레이저장치로 해중의 물체를 식별하는 실험이 실시되고 있다. 수중레이저장치는 光源, 送信光學系, 光檢出器, 수신광학계, 제어회로, 데이터 처리 및 디스플레이 회로로 구성된다. 앞으로도 해중에서의 전파 특성에 관한 연구 등 많은 문제들이 해결되어야 한다.

第5章 海洋作業機器

세계각국은 인류의 생존발전을 위한 해양자원개발에 관해 해저작업기지를 중심으로 기초적인 실험을 실시하고 있다. 인간의 海底居住를 가능하게 한 飽和潛水의 개념은 1957년 미국해군 잠수의학연구소의 본드(G. F. Bond) 대령에 의해 개시된 제네시스(genesis)계획으로 확립되었고 점차 시랩(sealab) 계획과 프랑스의 프레콩티낭(Precontinent)계획으로 발전하였다. 잠수 및 해양공학기술의 진보에 따라 해양의 신비는 점차로 해명되어가고 있으며 해양작업기기는 기초실험용과는 달리 실용적인 것이 많아졌다. 목적에 따라 고정식과 이동식으로 나누어지며 점차 自給性과 獨立性을 살린 複數基地의 조합으로 되고 있다.

第1節 海洋作業基地

1.1 海底作業基地(submarine working base)

구조·형상 해저작업기지의 일반적인 형상으로는 圓筒形과 球形이 있다. 시랩계획이 지속적으로 잠수선의 耐殼形狀을 연구하고 있는데 반해 프레콩티낭계획은 보다 機能的인 면을 고려하여 수시로 형상을 바꾸고 있다. 초기단계에는 하나의 룸(room)에 많은 기능을 갖게 하였지만 실험결과 불합리한 점이 많고 또 실험규모가 확대되어 현재의 기지는 지휘, 통신, 정보관계, 연구관계, 거주관계, 기계장비관계, 잠수작업관계 등으로 기능이 분할되며 또 공기조정관계로 드라이 스페이스와 웨트 스페이스로 구분한다.

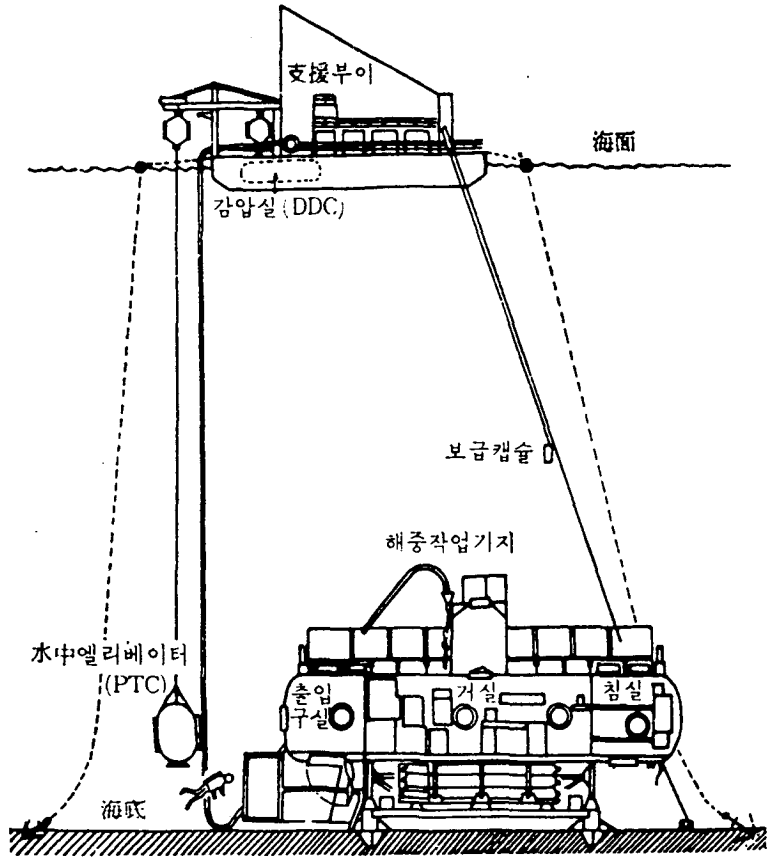


그림 22. 海中作業基地의 전체시스팀

고정장치 해저작업기지는 해저에 설치되지만 해저부근까지 강하하여 고정한다. 불안정한 형상의 본체를 그대로 해저에 설치할 경우에 있어 수압과 니(泥)에 의한 흡착현상을 미연에 방지하기 위해서 固定脚이 이용된다. 이 다리는 본체를 해저에 고정시킴과 아울러 경사지에서도 수평으로 설치될 수 있도록 油壓에 의한 신축가능성이 있어야 하며 회수시에도 용이하게 제거될 수 있어야 한다.

設置·揚收裝置 해저기지의 설치, 양수에는 일반적으로 支援船의 起重機가 사용되며 重錘를 해저에 강하하여 이것과 연결된 케이블을 감아 설치하는 방법도 있다.

수중에서 중량물을 취급할 때에는 그 중량 및 浮量을 조절하여 작업을 용이하고 안전하게 실시할 수 있다.

空氣調整 해저거주상태에서 인간이 추위를 느끼지 않으려면 室溫 약 33℃, 습도 약 60%(헬륨을 사용할 때)를 유지해야 한다. 헬륨은 침투성이 강하고 열전도성도 크기 때문에 보온에는 특별한 방법이 강구되어야 한다.

裝備機器 해저작업기지에 장비되는 기기는 내압성이고 헬륨의 특성에 대응하는 것이라야 한다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 기기는 압력으로 인해 파괴되거나 헬륨이 침투하여 텔리비전 등의 영상에 장해를 일으킬 때가 있다.

調理用品 조리기기에 대한 영향은 前項과 마찬가지이며 통조림과 같은 것은 압력으로 인해 파괴된다. 식료품은 유독가스를 발생하지 않고 조리가 간단하여 데우면 그대로 試食할 수 있는 것이 좋다. 해저생활에 필요한 칼로리는 하루에 3500~4500 Cal이다.

1.2 해저석유굴착기지(submarine oil drilling base)

해저석유굴착방식에는 고정식과 이동식이 있다. 고정식은 주로 인공섬에서 채굴하는데 사용되며 구조물을 파일 등으로 직접 해저에 고정하거나 着底시키는 방식이다. 이동식은 試掘이 중심이지만 채굴에도 사용되며 일반선박과 마찬가지로 해상에 떠있는 채로 조업하나 그 기능과 안전을 유지하기 위해 체인, 앵커 등의 繫留手段으로 조업지점에 체류시킨다. 이 구조물들은 해저석유의 시굴로부터 생산에 이르는 과정에서 작업기지로 가장 흔히 이용되나 근년에는 각종 해양작업대로서도 이용된다. 사용되는 재료는 建造나 설치가 용이한 면에서 대부분 鋼材를 이용해왔으나 耐候性이 뒤떨어지기 때문에 근년에는 구조물 중 沒水部分을 콘크리트나 콘크리트의 복합재료(레진모르타르, FRP 등)를 사용하기도 한다.

固定式 이방식에는 3종류의 구조물이 있다.

i) **永久고정구조물**(fixed type platform) 1脚(monopod), 3脚(tripod), 4脚(quadruped) 또는 그 이상의 多脚으로써 해저에 고정된 구조물이다. 水深 50m까지의 해역에서 가장 많이 사용되고 있다. 이 구조물이 해저 석유생산용 플랫폼으로 이용되는 경우에는 生産井을 만들기 위한 굴착장치(굴착완료하면 제거), 가스－油 분리장치(gas-oil separator), 脫水장치(dehydrator), 送出펌프, 發電시설, 거주시설, 통신설비 등을 사용 自噴하는 해저석유를 저장시설로 보내는 기능이 있다.

ii) **半永久고정구조물** 浮體부분(潛函)과 그 위에 조립된 일정한 길이의 複數의 脚과 작업갑판으로 구성되어 있으며 潛水式플랫폼(submersible platform)이 대표적이다. 이 형식은 脚의 높이가 고정되어 있으므로 수심이 깊은 곳에서는 구조강도상 부적당하여 40m 전후의 해역에서밖에 이용되지 않으나 조업수역으로의 曳航이나 위치이동을 위한 이탈이 용이하다는 장점이 있다.

iii) **一時고정구조물** 일반적으로 SEP(self elevating platform)라고 호칭되어 널리 사용되는 것으로 수심에 따라 길이를 조절할 수 있는 3개 이상의 脚과 그 중간에 水密浮體로 된 작업갑판으로 구성되어 있다. 구조물이 해역을 이동할 경우에는 수밀부체를 이용하여 曳航하고 조업해역에 도착하면 승강장치를 이용하여 脚을 해중에 내리고 先端의 潛函(can)부분을 해저에 박아 세운 다음 승강기구를 이용하여 수밀부체(甲板)를 수면위로 파도의 영향을 받지 않는 일정한 높이로 올려서 고정한다. 이 형식의 경제적인 가동수심은 65m 전후이나 脚의 구조, 재료의 개발, 접속장치의 발명에 의해 조업중이나 예항중의 안전성이 보증되어 100m의 수심까지도 이용되고 있다.

移動式 대표적인 것에는 잭업(jack up)장치에 의해 갑판이 상하로 움직이는 갑판승강형굴착장치가 있으며 또 선체를 浮上한 채 이동시켜 굴착지점에 선체를 着底시킨 후 굴착하는 잠수형방식도 있으나 요즈음은 脚昇降型 리그(rig)나 반잠수

형방식(semi-submersible platform)이 보편적으로 사용되고 있다. 이밖에 해상에 부상한 채로 피어바지(pier barge)나 데릭바지(derrick barge)에 의해 굴착하는 방식이 있다.

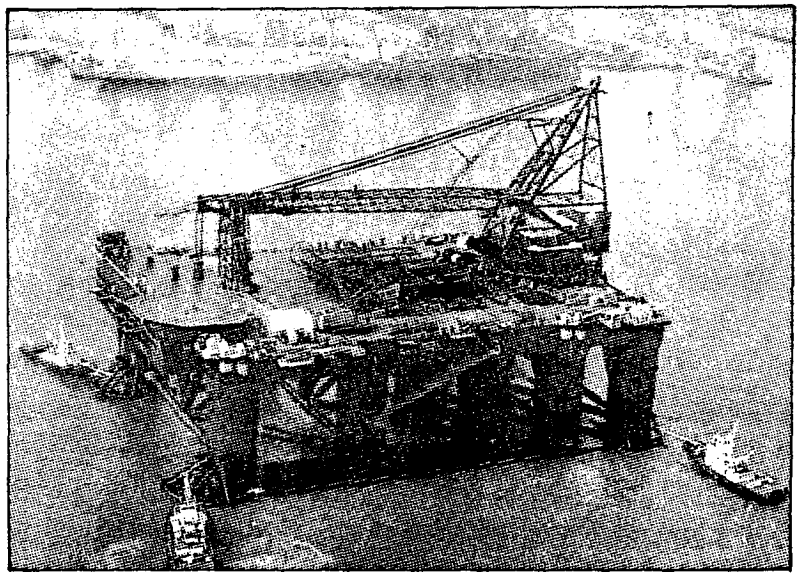


그림 23. 반잠수식 데릭바지

第 2 節 水中工具

2.1 水中工具(underwater tools)

해양개발이 급속히 진전하면서 수중공구는 최근에 들어 개발되기 시작하였고 잠수기기 또는 수중로보트가 제작되는 등 개별적인 공구로서뿐만 아니라 수중공학시스팀의 일환으로 개발되는 추세이다.

수중공구는 직접 수중에서 사용되는 것과 해저의 작업실 등에서 사용되는 것이 있으며 이를 용도별로 분류하면 다음과 같다.

수중공구는 사전에 엄격한 성능검사를 하여 확실하고 안전한 작업이 가능한 것을 선택해야 한다.

표 1 수중공구의 종류

i) 손공구 : 톱, 끌, 렌치, 드릴, 나사깍기, 해머, 태핑, 와이어브러시, 드라이버, 도장공구.
ii) 공기공구 : 톱(회전식, 직선식), 끌, 임팩트렌치, 드릴, 굴착기, 잭해머, 절단해머, 치퍼, 그라인더, 리벳, 펌프, 에어호이스트, 콘크리트진동기.
iii) 유압공구 : 잭, 벤더, 워터제트.
iv) 전기공구 : 수중절단기, 수중용접기, 드릴, 톱, 그라인더, 도장공구
v) 화공품공구 : 리벳해머, 리벳절단기, 케이블절단기, 스타터 드라이버, 펀치, 파이프절단기, 와이어접속기.

2.2 굴착장치(drilling machine)

굴착원리로서는 로터리(rotary)식, 충격식 등 다양한 방식이 있지만 육상, 해상을 불문하고 가장 실용화되고 있는 것은 로터리식이다. 이것은 掘管에 비트를 장착하여 지상에서 회전시켜 낙하하면서 굴착하여 가는 방식이다. 최근에 많이 이용하는 터보드릴이나 電動드릴은 로터리식이며 굴관을 지상에서 회전시키는 것이 아니라 杭底에서 비트만을 회전시키는 것이며 石油鑛業과 같은 대규모적인 굴착에 사용된다. 砂鑛을 굴착하는 경우에는 로터리나 충격식이 사용되지만 펌프식 채굴법도 채용되고 있다. 이것은 터빈 펌프에 의해 壓力水를 섹션헤드 先端部의 제트 노즐(jet nozzle)로부터 해저면에 분사하여 굴착하는 방식이다.

第 3 節　水中作業車

3.1 海底作業車(underwater vehicle)

해저의 土砂제거나 整地를 위해 해상 혹은 육상의 조작기지로부터 지시전달 케이블을 통해 명령을 받아 마치 육상의 트랙터나 불도저와 같이 해저에서 토목작업을 하는 차량이다. 작업내용에 따라 수중트랙터, 수중불도저라고 부른다. 구조와 성능은 작업심도나 용도에 따라 크게 다르나 현재 작업심도 60m까지 개발되었다. 水陸兩用불도저는 동력원을 갖고 운전자에 의해 조작된다. 해저토질과 走行車輪과의 관계에서 생기는 전진 후퇴의 주행성, 동력전달 케이블의 水密장치 구조, 작업차의 位置檢知와 케이블의 길이조정, 작업차의 자세제어 등의 기술검토가 앞으로의 과제이다.

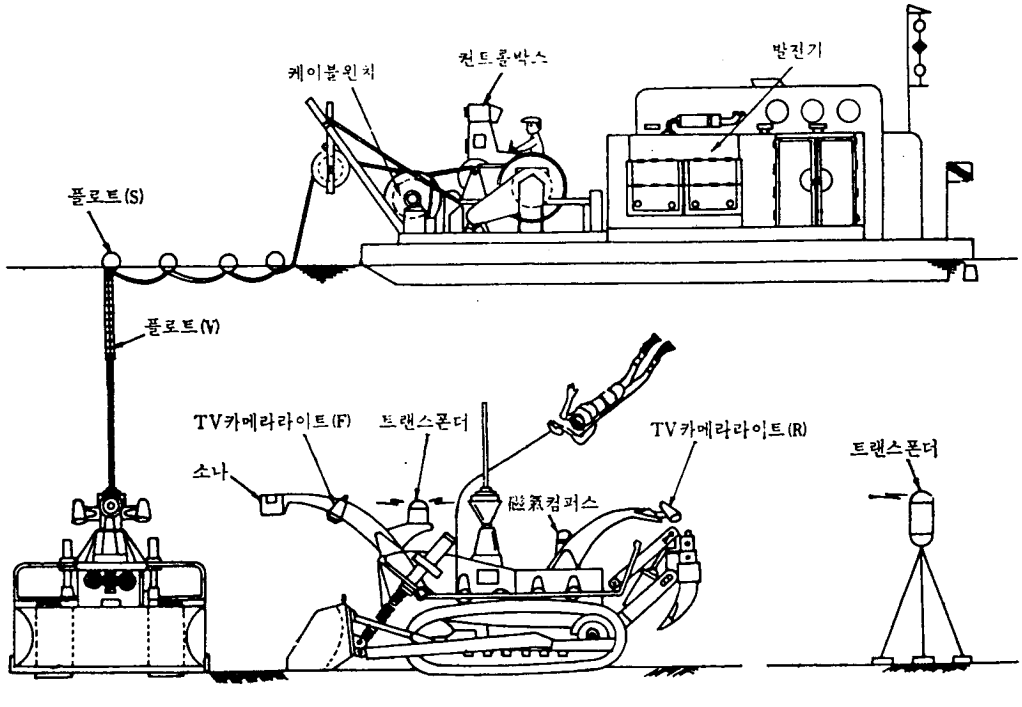


그림 24.　水中불도저의 構成

3.2 水中로보트(underwater robot)

인간 대신에 통상해중에서 작업을 하는 기계를 수중(해양)로보트라 한다. 지금까지 제작된 것중 대표적인 것들을 추려보면 MOBOT(mobile robot의 약칭), RUM(remote underwater manipulator), CURV(cable-controlled underwater research vehicle), UNIMO (universal underwater mobot) 등이 있으며 이들은 모두 해상에서 원격제어되며 TV카메라, 램프, 소나(sonar) 등이 설치되어 있다.

이밖에 사막지대나 極地에 설치되어 기온, 기압, 수증기량, 풍향, 풍속 등을 자동관측하여 이 데이터를 송신하는 로보트관측소도 해양관측용 부이 로보트의 일종이다.

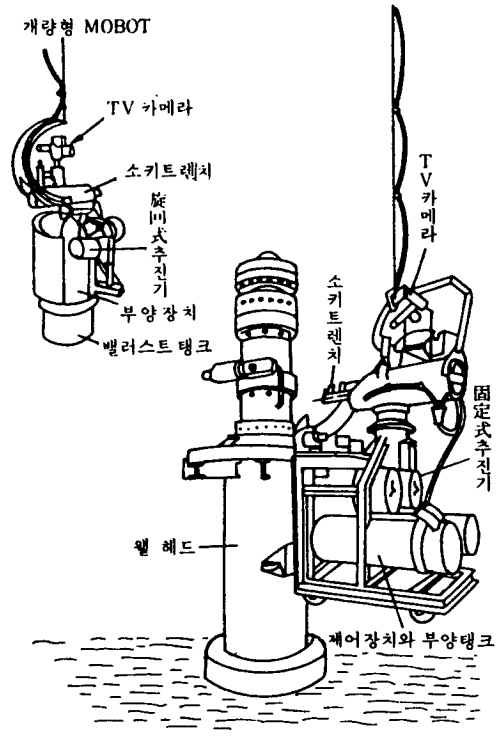


그림 25. 水中로보트 MOBOT

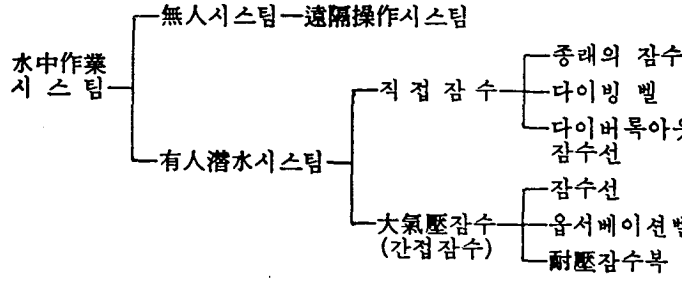
3.3 杭打機, 杭拔機

항타기, 항발기로서는 디젤파일해머, 氣動해머, 振動파일드라이버, 임팩트해머, 고주파진동항타기 등 육상의 건설기계에 사용되고 있는 주요부분을 작업선에 장치하여 천해토목공사의 항타, 항발작업에 사용하고 있다. 이들 기계의 타격발생부분은 대부분 수중으로 잠입되지 않기 때문에 수중작업용으로서의 특별한 고려는 필요하지 않다. 다만 항타기를 설치한 작업선의 위치설정, 선박의 고정법, 풍파에 의한 동요, 작업시의 동요 등에 관한 방지대책이 船側에 요구된다. 지금까지는 주로 수중모터 또는 유압모터를 동력으로 이용한 진동파일드라이버가 연구대상이었고 항타기를 수중에 잠입시켜 행하는 수중항타기에 대해서는 별로 관심을 두지 않았다.

第 6 章　直接潛水器具

인간은 물속에서 도구없이는 장시간호흡이 불가능하므로 수중활동은 수면에서 공기를 가득 들이마시고 수중을 헤엄치는 素潛方法(skin diving)의 재래방식이 고작이었다. 인체의 구조상 수심 1m 이상에서는 대기압의 공기를 마시는 것이 곤란하므로 각종 잠수방식에 의한 잠수심도는 처음부터 한계가 있었다. 20세기에 들어서 英國人 존 홀덴(John Holden)이 段階式空氣減壓表를 완성하여 잠수기술의 기초를 확립하였다. 1943년에 애쿼렁(aqualung, 수중호흡기)이 개발되어 잠수법은 크게 변모하였고 수중에서 자유로이 운동할 수 있게 되어 잠수인구는 폭발적으로 증가하였다.

표 2　　潛水作業시스팀의 분류



第 1 節　潛水作業시스팀

1.1 短時間잠수작업시스팀(shorttime diving system)

종래의 헬멧잠수기와 공기압축기(air compressor)의 결합체인 스쿠버(scuba) 잠

수기는 그 자체가 천해용의 단시간 잠수작업용 시스팀으로서 심해잠수작업에는 불합리하다. 헬륨산소를 이용하는 심해잠수는 공기잠수와 달라 기재의 조합이 복잡하다. 호흡가스가 공기라면 공기압축기로 압축하여 送氣하면 호흡가스는 무진장하게 얻을 수 있지만 헬륨산소의 경우는 필요량을 미리 탱크에 넣어 준비해 두어야 하며 저압상태인 淺海域을 통과할 경우에는 공기호흡이 필요하기 때문에 공기압축기도 없어서는 안된다.

1.2 飽和潛水用시스팀(saturation diving system)

본질적으로 단시간작업시스팀과 다를 바는 없지만 잠수자가 장기간에 걸쳐 생활의 근거지로 체류하기 위해서는 인간공학적인면에서 거주성이 요구된다. 飽和潛水에

표 3 단시간작업시스팀 구성의 일례

구성요소	헬멧 잠수 시스템	SDC시스팀
잠수장치 본 체	헬멧 잠수장치 승강용스테이지 및 吊下장치 잠수복(與熱型) $He\text{-}O_2$ 및 공기보급장치 저압 DDC 및 산소공급장치	후카식 또는 스쿠버 잠수장치 SDC 및 吊下장치 잠수복(與熱型) $He\text{-}O_2$ 및 공기공급장치 고압 DDC 및 산소공급장치
환경장치	헬멧, 잠수용 감압계획표 호흡가스 조절장치 정밀수심계측장치 초시계 가스분석장치 휴행용 수중조명장치 유선통신장치	SDC 잠수용 감압계획표 호흡가스 조절장치 정밀수심 계측장치 초시계 휴행용 수중조명장치 SDC용 및 휴행용 수중조명장치 유선통신장치 및 초음파통신장치
보조장치		휴행식 비상용호흡가스공급장치 비상용 浮上장치

서는 일정한 압력환경을 장시간동안 유지하여야 하며 해중에 기지를 설치하여 수중작업을 하는 방식과 선상의 DDC(減壓室)를 기지로 하여 수중엘리베이터에서 작업을 하는 경우의 2방법이 고려되고 있다. 전자는 해중에서의 장시간관측, 연구, 작업 등의 기초적 연구를 포함한 다목적작업에 적합하며 후자는 해저에서의 공사 등 단일작업을 하는데 적합하다.

第 2 節 潛水用具

2.1 素潛用具(skin diving goods)

호흡에 필요한 공기를 별도로 사용하지 않고 자신의 폐에 있는 공기량만으로 호흡할 수 있는 한도까지 잠수하는 경우를 素潛 또는 스킨다이빙이라 하며 1회의 잠수시간은 20~60초, 수심은 3~15m 정도이다. 잠수심도와 잠수시간은 개인의 체격과 잠수기술, 폐활량의 대소에 따라 달라진다. 용구로서는 마스크(mask), 스노클(snorkel), 발갈퀴(fin)가 이용되며 기타 부속품으로서 잠수복(wet suit), 웨이트 벨트(weight belt)등이 사용되기도 한다. 마스크는 수중물체를 확실하게 관찰하고 눈을 보호하기 위해, 스노클은 얼굴을 수면에 대고 몸을 수평으로 유지한 채 호흡하기 위해서, 발갈퀴는 헤엄을 용이하게 하기 위해서, 잠수복은 몸의 보온과 보호를 위해, 웨이트벨트는 잠수복을 착용할 경우의 浮力調節에 사용한다.

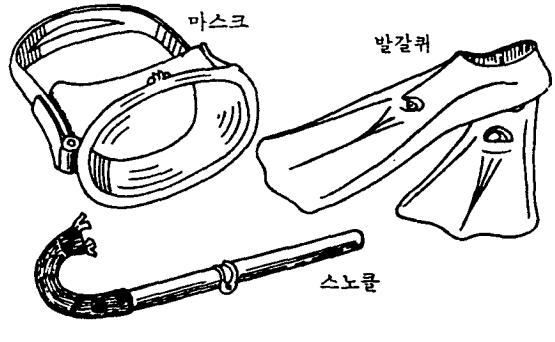


그림 26. 素潛用具

2.2 送氣式 潛水器(hose-fed diving apparatus)

잠수자의 호흡가스(공기 또는 혼합가스)를 수면위 혹은 특정시설(잠수캡슐 또는 해저거주기지)에서 송기용호스로 공급하는 장치이다. 애쿼렁과 같은 自給氣式 잠수기에 대하여 他給氣式 잠수기라고 부르며 低壓송기용 압축기, 송기용 호스, 헬멧 또는 마스크로 이루어져 있다. 사용하는 방식에 따라 헬멧식(helmet type), 마스크식(mask type), 후카식(hookah type)등으로 나눈다. 給氣장치로는 手押펌프와 공기압축기가 있다. 手押펌프는 주로 수심 10~20m의 천해역에서 사용되고 天秤式과 模型復動式이 있으며 공기 압축기는 수심이 깊거나 비교적 장시간 작업할 경우에 사용되고 잠수심도와 사용기구의 공기소비량에 따라 그 크기가 결정된다. 송기식 잠수기는 주로 연안공사, 조사, 養殖, 어업, 救難, 탐색, 스포츠 등에 이용된다.

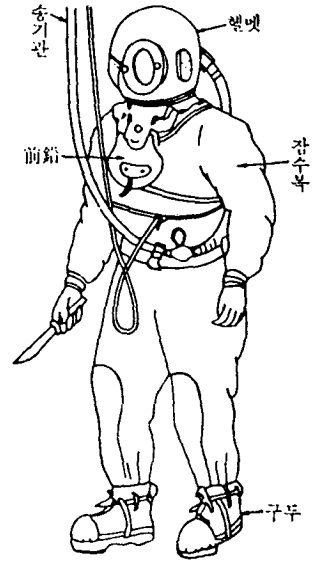


그림 27. 헬멧潛水器

2.3 自給氣式 潛水器(SCUBA, self-contained underwater breathing apparatus)

잠수자가 필요로 하는 호흡가스를 탱크에 넣어 잠수자 자신이 휴대하고 다니는 장치로서 활동을 제약하는 송기관이 없이 수중을 자유롭게 활동할 수 있기 때문에 각종 수중작업이나 스포츠잠수에 이용된다. 그러나 휴대하는 공기량에는 한도가 있어 장시간잠수에는 적합치 않다. 이 잠수기는 呼吸回路方式에 따라 개방식 스쿠버(aqua-lung 형), 폐쇄식 스쿠버(oxy-lung 형), 반폐쇄식 스쿠버로 구분된다.

2.4 準深海・深海用 潛水器

대륙붕의 자원개발과 더불어 인간이 수심 200m 전후까지 직접 잠수할 필요성이 높아져 종래의 공기잠수방식 대신에 人工空氣方式이 개발되고 있다. 즉 잠수심도의 증대에 따라 생기는 질소만취나 질소중독의 위험으로부터 신체를 보호하기 위해 잠수의학의 견지에서 헬륨을 주체로 한 헬륨－산소($He-O_2$), 헬륨－질소－산소($He-N_2-O_2$) 등의 인공공기를 사용하는 잠수방식이 개발되고 있다.

심해용잠수기에 종래의 개방형송기식 또는 자급식잠수기가 사용된다면 呼氣를 그대로 방출해 버리기 때문에 인공공기의 소비량 즉 헬륨의 소비량이 잠수심도의 증가에 따라 많아지므로 호흡가스를 再生하여 사용하는 방식의 잠수기가 필요하게 된다. 수심 40m보다 얕은 천해잠수에서는 잠수의학의 견지에서 별문제는 없으나 40～100m의 준심해잠수에서는 생리학적, 기술적으로 약간의 어려움이 있고 100m 이상의 심해잠수에서는 고기압장애의 위험성이 따라 이를 극복하기 위해 고도의 기술개발이 필요하다. 천해용 잠수기는 공기잠수 방식의 기구로서 거의 충족되며 준심해, 심해용잠수기로는 인공공기를 사용한 반폐쇄회로식 또는 폐쇄회로식 잠수기가 이용된다.

2.5 潛水器用 컴프레서

자급기식 잠수기의 탱크에다 공기를 충전하는 경우에는 고압컴프레서, 송기식 잠수기의 송기용에는 저압 컴프레서가 사용된다. 애쿼링형 잠수기의 탱크에다 통상압력 150kg/cm²까지의 고압압축공기를 충전하기 위해서는 水冷式 또는 空冷式 컴프레서가 사용되고 있다.

第 3 節 기타 潛水用具

3.1 潛水캡슐(diving capsule)

심해에 잠수하여 주로 관측에 사용되는 常壓의 잠수장치이다. 수압에 견디기 위해 캡슐은 耐壓殼으로 되어 있고 관측용窓, 계측장치, 승무원에 대한 생명 유지장치가 장비된다. 수중엘리베이터(PTC)도 일종의 잠수캡슐이며 SDC는 잠수캡슐과 PTC의 기능을 겸비한 수중감압실이다.

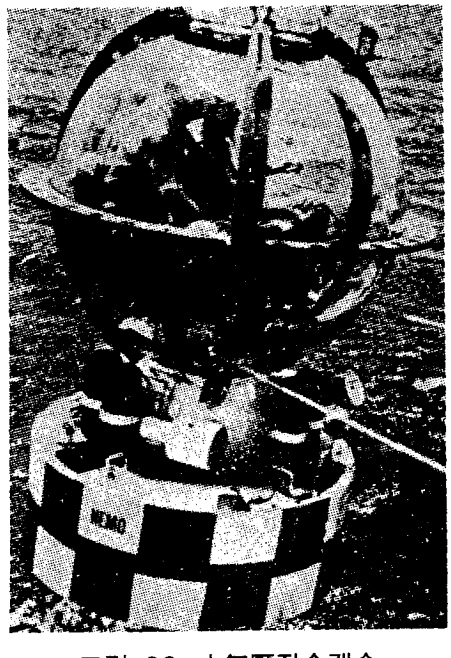


그림 28. 大氣壓잠수캡슐

3.2 PTC(水中엘리베이터, personnel transfer capsule)

잠수캡슐의 일종이지만 內壓은 고압상태이므로 逆狀態로 된다. 해중거주기지나 선상의 DDC에서 생활하고 있는 잠수자는 고압환경하의 포화잠수상태에 있기 때문에 급히 常壓下에 나올 수 없다. 그러나 작업의 종료나 교대를 위해서는 선상과 해저를 부득이 왕복해야 되며 이 때 잠수자를 이동시킬 목적으로 만들어진 것이 PTC이다. 엘리베이터의 명칭 그대로 인간의 이동용 매체이기 때문에 원칙적으로 인간이 장시간 그안에 머물도록 설계되어 있지는 않다.

3.3 SDC(水中減壓室, submersible decompression chamber)

잠수캡슐과 수중엘리베이터의 기능을 겸비한 것이다. SDC의 耐壓球는 내부를 상압으로 유지한 채로 잠수자를 해저까지 이동시켜서 내부로부터 해중을 관찰할 수 있게 하였다. 잠수자가 밖으로 나오기 위해서는 SDC내의 밸브조작으로 호흡가스를 SDC내로 방출하여 內壓을 水壓과 균형시킨 후 해치를 열어 수중으로 헤엄쳐 나올 수 있다. 작업종료 후 잠수자는 SDC내로 되돌아가 해치를 닫고 내압을 유지한 채 상승하며 이 때 SDC는 수중엘리베이터의 역할을 한다. 상승이 시작되어 수압이 내압보다 낮게 되면 SDC는 排氣하면서 감압을 개시한다. SDC는 수중감압실로 잠수자가 장시간동안 이 안에 체재할 수 있어야 하기 때문에 탄산가스제거장치, 산소보급장치도 충분한 용량이어야 한다. 일반적으로 2인의 잠수자가 12~15시간 동안 체재할 수 있게 설계되어 있으나 SDC내에서의 감압은 잠수자가 DDC(船上減壓室)로 이동할 때까지의 시간만으로 한정되며 수중엘리베이터와 마찬가지로 DDC와의 도킹기구가 설비되어 있다.

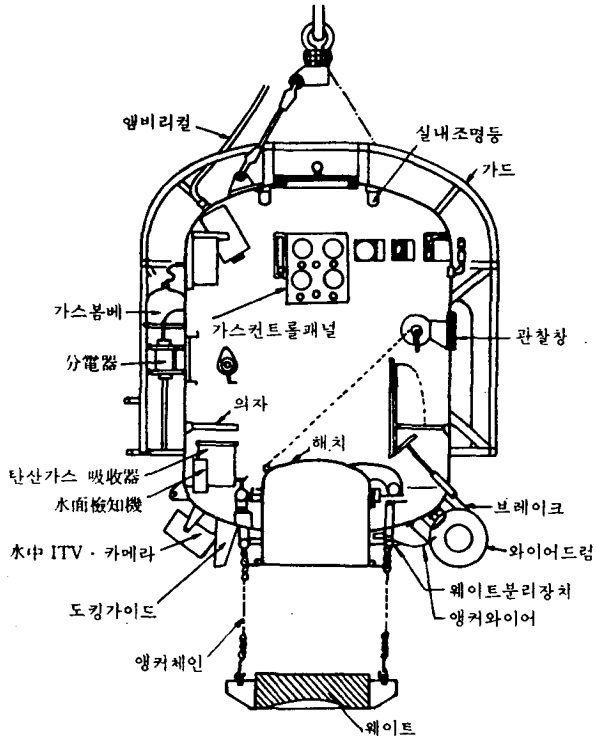


그림 29. 水中감압실(SDC)

3.4 DDC(船上減壓室, deck decompression chamber)

선상에 설치된 감압실이며 主室과 副室의 2실 구조로 되어있다. SDC 또는 수중 엘리베이터와 併用할 경우에는 잠수자가 이동할 수 있도록 도킹장치가 설비되어 있다. 단시간잠수용의 DDC에서도 DDC내에서의 감압은 수십시간에 이르기 때문에 내부는 비교적 여유있게 꾸며져 1인당 용적도 약 $8m^3$정도이며 화장실, 샤워, 베드 등이 준비된 것도 있다. 심해잠수의 감압은 최종단계에서 순산소호흡을 하기 때문에 DDC내부의 酸素分壓이 異常的으로 높아지게 되어 내부에서는 일체 可燃物을 사용할 수 없다. 천해잠수용의 DDC는 보통 사용압력이 $7kg/cm^2$정도이며 스탠더드챔버(standard chamber)의 명칭으로 보급되고 있지만 심해잠수용에서는 사용압력이 $25kg/cm^2$ 정도이다.

3.5 水中스쿠터(underwater scooter)

잠수자의 수중운동은 본래 자기자신의 체력에 의존한다. 헬멧잠수에서는 해저를 보행으로 이동하지만 육상보행과 달리 부력을 이용할 수는 있어도 물의 저항이 커서 매우 제한된 행동을 하게 된다. 스쿠버잠수에서는 헤엄쳐 이동하고 있으나 발갈퀴(flipper)를 이용한다해도 연속적으로 얻을 수 있는 속도는 1~1.5kt/hr에 불과하다. 스쿠버를 착용해 보다 빠른 이동속력을 얻기 위하여 페달조작식의 추진장치가 고안되었고 이같은 장치에 動力을 이용하여 보다 용이하게 속력과 행동범위를 크게 할 수 있는 수중스쿠터도 출현하였다. 이같은 기계력을 이용함으로써 스쿠터를 착용한 잠수자는 자신의 에너지를 소비하지 않고 수중속력과 행동범위를 대폭적으로 확장할 수 있게 되었다. 스쿠터용 동력원으로서는 鉛電池, 알칼리전지, 銀電池 등이 사용되고 있다.

第 7 章　海水淡水化裝置

해수중에 溶存하는 3.5% 전후의 鹽類를 제거하여 0.1~0.05% 이하의 淡水를 얻는 장치이다. 해수담수화는 해수로부터 물을 분리하는 방법과 염류를 분리하는 방법의 2가지가 있다. 해수중의 물과 염류를 분리하기 위해서는 물 $1m^3$당 0.74KWh 이상의 에너지가 필요하며 분리에 이용되는 에너지는 사용방법에 따라 다음의 4종류가 있다.

i) 熱에너지에 의한 방법 : 蒸發(溜)法, 冷凍法,

ii) 機械에너지에 의한 방법 : 逆浸透法, 壓透析法.

iii) 電氣에너지에 의한 방법 : 電氣透析法

iv) 化學에너지에 의한 방법 : 水和物法, 溶媒抽出法, 이온交換法.

아직까지는 증발법담수화가 가장 널리 이용되고 있으며 담수화비용을 저렴하게 하기 위하여 그 熱源으로서 화력발전이나 원자력발전의 廢熱을 이용하는 發電과 造水의 2중목적 담수화법 그리고 이 담수화에 의해 생긴 濃厚海水로부터 副産物(식염, 마그네슘, 칼슘, 염소, 수소 등)을 회수하는 3중목적 담수화법이 있다.

세계인구의 급증에 대비하기 위한 식량증산을 목적으로 農工業콤비나트(agroindustrial complex)가 구상되고 있다. 이 계획은 原子爐를 중심으로 發電과 海水淡水化를 병행하여 水電解로 얻어지는 水素와 空中窒素로 암모니아를 제조하고 또한 燐鑛石으로 電爐法에 의해 燐酸을 제조하여 비료로 하고 淡水를 灌漑用水로 하여 농장을 만드는 것으로서 原子力發電—海水淡水化—工業—農業을 결합시키는 것이다. 이 구상은 또한 日照量이 많은 사막지대에 농업을 일으켜 세계의 농업형태를 개선하기 위한 대계획으로, 실현성이 있는 장소는 사우디아라비아, 시나이반도, 南캘리포니아, 페루, 西部오스트레일리아 등을 들 수 있다.

날로 심각해지고 있는 水資源과 식량자원의 부족을 해결하기 위해 海水淡水化 장치의 수요가 계속 늘고 있다. 現在로서는 대체로 大容量이면서 海水와 같이 염분농도가 높을 경우에는 증발법이 사용되며 小容量으로서 原水의 염분농도가 비교적 낮을 때에는 膜法이 사용된다.

석유위기 이래 담수화장치의 특징은 에너지절약이 중요시되고 있으며 연안지역에 인구가 밀집하고 공업지대가 있는 경우에는 取水의 수질문제, 담수화장치에 의한 溫排水, 고농도염분배수, 약제함유배수 등으로 환경오염문제가 검토사항으로 되고 있다.

第 1 節 蒸發法淡水化

海水淡水化法중에서 가장 일반적으로 이용되고 있는 방식이며 해수를 가열, 증류하여 50ppm 이하의 양질의 담수를 얻을 수 있는 방법이다.

현재 실용되고 있는 대형증발법담수화장치에서 造水費用의 대부분은 가열용 수증기로서, 造水比(gain ratio, 가열용수증기의 단위중량당 얻어지는 담수의 중량비)를 10으로 하고 수증기를 3000원/t으로 하면 담수 1t당의 수증기비용은 300원/t이 소요된다. 그러나 발전소의 排수증기를 이용하여 해수담수화를 하는 방식 즉 發電과 淡水化의 2중목적 담수화방식은 造水費用을 많이 절감할 수 있게 된다.

1.1 多重效用式 蒸發法淡水化(desalination by multieffect distillation process)

증발관을 다중으로 연결시켜 첫번째의 증발관에서 해수를 가열, 이 때 발생한 수증기와 농축해수를 두번째의 증발관으로 보내, 수증기를 응축하여 담수를 얻고 다시 그 발생수증기와 농축해수를 세번째의 증발관으로 보낸 다음 순서적으로 수증기의 응축과 수증기의 발생을 반복하면서 담수를 얻는 방식이다. 각 관내의 해

수온도는 점차 저하하기 때문에 관내압력도 점차적으로 저하되어 증발이 순조롭게 진행되도록 한다. 造水比는 통상 15~20으로 효율이 좋지만 다단플래시식에 비해 건설비가 비싸다.

1.2 多段플래시式 蒸發法淡水化(desalination by multistage flash distillation)

가열해수를 減壓된 증발실내에 넣어 沸騰蒸發시키고 (이것을 플래시증발이라 함) 이 때의 발생수증기를 공급해수로 냉각응축하여 담수를 얻고 수증기와의 열교환에 의해 가열된 공급해수는 가열증기로 더욱 가열시켜 증발실내로 들여보낸다. 이와같이 플래시증발과 열교환작업을 하는 증발기를 다단으로 연결하여 공급해수와 가열해수에 의한 플래시증발을 마구 흐르게 하여서 담수를 얻는 방식이다. 이 방식에는 가열된 농축해수를 一過的으로 배출하는 貫流式과 그 일부를 공급해 수류와 혼합하여 순환하는 브라인(brine)순환식이 있는데 製造水에 대한 공급해수량은 관류식이 10~20배인데 비해 브라인 순환식은 2-3배면 되므로 모든 대형장치에서는 브라인순환식이 이용되고 있다 造水比는 10전후로서 다중효용식보다 낮지만 증발실내의 스케일(scale)부착이 적고 건설비가 저렴하므로 해수담수화법으로서 가장 널리 이용되고 있다.

1.3 蒸氣壓縮式 發蒸法淡水化 (desalination by vapour compression distillation)

배출농축해수와 제조수로 열교환된 공급해수를 증발관의 발생수증기와 열교환시킨 후 가열해 그때 발생한 수증기를 압축기로 압축하여 온도를 높여 그 가열 증기를 증발관에 넣어 다시 수증기를 발생시키는 방식이다. 이 방식에서 열은 압축기로 공급되고 있으며 한번 증발이 발생하면 외부로부터 열을 공급할 필요가 없기 때문에 열원이 부족한 잠수함이나 해상기지 등에서 사용되고 있지만 스케일의 부착과 압축기부분의 부식에 주의해야 된다.

1.4 太陽熱 蒸發法 淡水化 (desalination by solar distillation)

해수를 넣어두는 水槽를 유리나 플라스틱膜으로 피복한 후 태양열로 가열 증발시켜 外氣에 접하는 부분에서 응축시켜 담수를 만드는 방식이다. 태양열증발법의 최대 특징은 에너지절약과 無公害라는 점이다. 그러나 자연현상의 하나인 태양열을 이용하려면 입지조건에 제약을 받게 되는데 태양에너지밀도 약0.03cal/cm^2 · sec에서 2ℓ/m^2 · hr의 淡水밖에 얻을 수 없어 방대한 集熱器의 면적이 필요하고 청명한 날씨가 계속되어야 하는 결점이 있다.

第 2 節 結晶化法 淡水化

海水를 氷點이하로 냉각하면 氷結晶(hydrate)으로 析出된다. 이들의 결정중에는 원리적으로 염분은 포함되어 있지않기 때문에 이 결정을 분리하여 융해 또는 분해시켜 淡水를 얻는 방식이다. 이와같이 해수로부터 물을 결정으로 하여 분리하여 淡水를 제조하는 방법을 일괄하여 結晶化法이라 한다. 결정화법은 스케일 부착의 염려가 없고 低溫에서 조작되기 때문에 장치의 부식이 적다는점 등의 장점이 있는 반면 固相分離의 조작이 필요하다는 결점도 있다.

2.1 冷凍法淡水化(desalination by freezing)

해수를 냉각하여 氷點(−1.9℃)보다 약간의 저온 過冷却狀態로 한 후 氷結晶을 晶出시켜 이것을 분리하여 결정의 표면과 틈에 있는 농축해수를 세척하여 제거하고 빙결정을 융해함으로써 담수를 얻는 방식이다. 증발법에 비하여 물 100℃에서의 氣化熱은 540Kcal/ℓ인데 비해 0℃에서의 응고열은 80Kcal/ℓ로 작으며 해수와 조작 온도의 차이도 증발법보다 작기 때문에 열손실이 적고 전체 소요에너지도 담수 1m^{3}당

5.5~11KWh(4700~9500Kcal)로서 증발법보다 적다. 해수의 냉동방식으로는 3mmHg 정도의 眞空중에서 해수를 증발시켜 냉동하는 眞空冷凍法 淡水化(desalination by vacuum freezing)와 프로판, 부탄 등의 冷媒를 직접 해수와 혼합하여 그 냉매의 증발에 의해 냉동하는 2次 冷媒冷凍法 淡水化(desalination by secondary refrigerant freezing) 일명 冷媒直接冷凍法 淡水化(desalination by direct refrigerant freezing)방식이 있다. 또 진공냉동법에는 증발한 수증기를 압축하여 응결 시키는 蒸氣壓縮式 眞空冷凍法과 저증기압의 수용액 (예, 50%의 臭化리튬水溶液)에 수증기를 흡수시키는 蒸氣吸收式 眞空冷凍法이 있으나 빙결정으로부터 농축해수를 제거하는데는 連續向流洗淨方式이 이용된다.

2.2 水和物法淡水化(desalination by hydrate process)

프로판 또는 弗化炭化水素가 해수의 빙점 이상에서 해수중의 물과 작용하여 水和物을 만들어 結晶 분리하는 성질을 이용한 담수화법이다. 이들 냉매를 결정관속에서 해수와 혼합해 냉매의 증발로 해수를 냉각시킴과 동시에 수화물을 형성케 하여 그 냉매증기를 압축한것을 분리한 수화물과 접촉시켜 융해함으로써 담수를 만든다. 이 때 발생한 냉매증기는 압축하여 해수로 냉각시킨 후에 다시 결정관으로 보내 순환작용한다. 이 담수화방식은 수화물의 결정이 매우 작고 분리·세정작업이 곤란하며 담수의 염분농도를 1000ppm 이하로 하기가 어렵고 경제적으로도 難點이 있다.

第3節 膜法淡水化

해수를 脫鹽하는 과정에서 膜을 이용하는 방법을 총칭하여 막법이라 한다.

3.1 電氣透析法淡水化(desalination by electrodialysis)

陽이온 交換膜과 陰이온交換膜을 이용하여 직류전기 에너지로 鹽水중의 염류구성이온을 제거하여 담수를 얻는 방식으로 일명 이온交換膜法淡水化(desalination by ion exchange membrane)라 한다. 이는 염수중에 약간 포함되어 있는 염류를 제거하여 相變化없이 常溫으로 조작하기 때문에 에너지손실이 비교적 적은 담수법이지만 전기투석에 필요한 전력은 염류농도에 거의 비례하면서 증대하며 또 직류전력을 필요로 하기 때문에 대규모의 해수담수화에는 적합치 않다. 그러나 5000 ppm이하의 염수로부터 500~1000ppm의 담수를 얻을수 있는 매우 경제적인 방법이므로 실용장치가 다수 가동되고 있다.

3.2 逆侵透(desalination by reverse osmosis)

아세틸 셀룰로스막 또는 합성막을 이용하여 해수의 침투압 23~25Kg/cm^2 정도의 압력을 가하여 물을 막으로 투과시켜서 담수를 얻는 방법이다. 해수담수화의 전소요에너지는 담수 1m^{3}당 5KWh(430 kcal)이며 전력을 사용할 경우에는 전소요에너지는 1만 2000Kcal로서 증발법의 약 20%, 냉동법의 약 60%로 앞으로 유망한 담수화법이다.

第4節 기타 淡水化法

지금까지 언급된 증발법, 결정화법, 막법의 어느 것에도 속하지 않는 방법을 일괄하여 기술한다.

4.1 溶媒抽出法淡水化(desalination by solvent extraction)

염수중의 물을 有機溶劑로 추출, 가열하여 물을 분리함으로써 담수를 얻는 방법

이다. 상온에서 조작이 가능하고 온도차도 20℃이하로 선택되며 液－－液相의 변화에서도 열의 이동이 매우 작기 때문에 분리에 필요한 에너지도 적게 든다. 그러나 生成水와 농축염수에 용매가 용해하기 때문에 이것을 회수해야 되며 생성수에 잔류하는 미량의 용매를 제거하는 문제도 있다. 용매로서는 트리메틸아민, 메틸디아틸아민 등의 아민類 및 아마이드나 아민 등이 함유된 共重合物이 사용되고 있다.

4.2 이온交換法淡水化(desalination by ion exchange)

이온교환현상을 이용하여 해수나 염수로부터 염류를 제거하여 담수를 얻는 방법이며 이온 交換樹脂를 이용하는 방법과 제올라이트(zeolite)를 이용하는 방법이 있다. 이온교환수지를 이용하는 방법은 0.3~0.5%의 염수를 담수화하는 것에 적합하며 디살(Desal)법과 사이로섬(Sirotherm)법이 있다. 제올라이트를 이용하는 방법은 제올라이트와 銀화합물을 이용하기 때문에 제올라이트 銀法이라고도 하며 휴대용품의 救命用海水脫靈器로서 이용된다.

이온교환법은 해수 또는 염수의 담수화에 직접 적용할 경우 原水濃度가 과대하여 다른방법에 비교하면 건설 및 운전비면에서 불리하다. 이 담수화방법은 단독으로 사용될 경우 원수농도의 사용 범위확대와 건설비의 경감등을 위해 기술개발이 추진되고 있으며 한편 生成水의 수질개선과 관련하여 다른 담수화방법과 연결 사용하는 방법이 늘고 있다.

第8章 海洋空間 利用施設

바다는 인류의 식량 및 에너지자원의 공급 뿐만 아니라 교통, 저장, 주거, 생산, 레크리에이션 등의 공간으로서 그 이용가치가 증대되고 있다. 교통의 장소로서는 옛날부터 해운이라는 형태로 이용되어 왔지만 근래에 와서는 大水探外海側港灣, 海上架橋, 해저터널 등의 건설기술이 급진보하여 교통시설의 건설장소로서도 해양공간이 이용되고 있다. 저장장소로서 이용되고 있는 예로는 中近東에서 가동하고 있는 해저저장탱크, 대규모 부유저장바지등이 있다. 주거장소로서는 건설장소에 따라 해상도시, 해중도시, 해저도시로 구분되지만 어느것이나 아직 구상단계에 있다. 생산장소로서는 淺海部를 매립하여 공장용지로 조성하는 방식외에도 외해측에 원자력발전소, 화력발전소, 정유소등의 플랜트를 건설하는 방식이 고려되고 있다. 해중공원, 마리너 해수욕장 등은 해양공간을 레크리에이션의 장소로 이용한 형태이다.

第1節 沿岸保全施設

1.1 海岸堤防(coastal dikes), 海岸護岸(seawalls)

해안제방은 현지반에 土砂 또는 콘크리트로 제방을 축조하여 파랑, 高潮, 해일 등에 의한 해수의 침입을 방지함에 반해 해안호안은 현지반을 被覆하여 파랑에 의한 침식을 방지하기 위해 구축된 것이다. 해안제방과 해안호안과의 기능상 차이는 명확하지 않으며 구조적인 면에서도 양자간에는 큰 다름이 없어 설계시에는 설치목적과 현장조건 등을 고려하여 수리모형을 실시한 후 최적구조물이 될 수 있도록 설치위치와 단면조건 등이 결정돼야한다. 해안제방(호안)의 형식은 傾斜型, 直立型, 混

合型으로 분류되며 이들은 각각의 특색을 갖고 있기 때문에 현장조건에 가장 타당한 형식이 채용되어야 한다.

1.2 突堤群(groin system)

突堤란 해안으로부터 돌출한 좁고 긴 구조물을 말하며 일반적으로 複數의 돌제를 적당한 간격으로 배치해 돌제군으로서의 기능을 기대하고 있다. 그 평면형상은 직선형, T형, L형, Z형으로 분류되어 그들 나름의 특색을 갖고 있지만 직선형이 보편적으로 이용되고 있다. 구조형식으로는 天端高가 낮은 것과 높은 것, 透過式과 불투과식으로 대별된다. 돌제의 작용은 매우 복잡하여 그 계획 및 설계시에는 풍부한 경험이 요구되며 돌제군의 배치 즉 돌제의 길이와 간격을 어떻게 결정할 것인가에 대해 그동안 연구와 실적은 있으나 아직 定說로 되기까지에는 미흡한 상태이다.

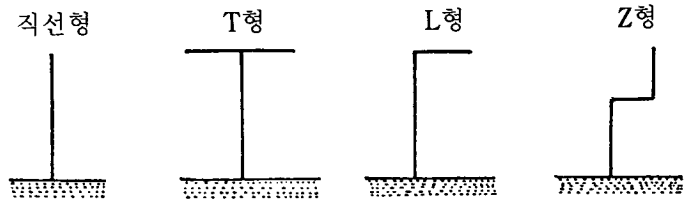


그림 30. 突堤群의 평면형상

1.3 離岸堤(detached breakwater)

해안선에서 약간 떨어진 위치에 해안선과 거의 평행하게 설치된 구조물로 簡易防波堤라고 할 수 있다. 설치수심은 비교적 얕고 반드시 波浪을 완전히 저지할 의도로서 축조되는 것은 아니며 조건에 따라서는 潛堤로 할 경우도 있다. 離岸堤가 해안침식방지에 이용되고 있는 것은 이안제배후의 파랑을 감쇄시켜 그곳에 토사를 퇴적시키는 기능을 갖고 있기 때문이다. 이안제를 설계할 때에는 먼저 설계수심을

정해야 하며 또한 이안제의 연장 및 간격을 어느 정도로 할 것인가가 큰 문제이지만 현재까지는 거의 경험에 의존하고 있는 실정이다. 이안제공법에서 가장 어려운 문제는 지반의 침하문제이나 암반위에 설치할 경우에는 별 문제가 안된다.

1.4 養濱工(artificial nourishment works)

해안제방, 호안, 돌제군 또는 이안제에 의해 해안을 보전하려는 시도는 종전부터 이루어지고 있으나 이들의 기능에는 한계가 있음이 인식되어 해안에 인공적으로 토사를 공급하여 海濱을 조성, 개량 및 유지하려는 시도가 미국, 프랑스, 영국, 일본 등지에서 실시되고 있다. 養濱工을 실시함에 있어 문제로 되는 것은 양빈공법의 선정, 공급토사량과 입도의 선정, 토사채취장소의 선정이다. 양빈공법으로서는 海中投砂法, 貯留砂法, 連續給砂法, 直接置砂法 등이 있는데 해중투사법은 성공사례가 드물다.

1.5 浮遊消波堤(floating breakwater)

수산자원개발, 해양토목공사, 해양레저 등과 같이 해양을 확대이용하기 위하여 개발된 消波장치이다. 종래의 고정식방파제에 비해 해수의 순환패턴을 변화시키지 않으며 해양도 오염시키지 않는다. 또한 설치가 용이하며 제작비가 적게 들고 이동이 간단하다.

第 2 節　海洋構造物

2.1 海洋鋼構造物(offshore steel structures)

해양강구조물에서 일반적으로 사용되고 있는 방식은 강관항구조(鋼管杭構造)로서 강관항을 수직 또는 경사지게 타설하여 頭部를 결합시키는 방법이다. 이것은 大口

徑의 강관항 제작이 가능하고 항타기의 대형화, 현장자동용접기의 개발 등에 의해 대수심의 해양에서도 적용할 수 있게 되었고 현재 널리 채용되고 있는 구조로서는 재킷(jacket)구조가 있다. 이 구조도 강관이 주요部材이며 당초의 거싯플레이트(gusset plate)방식의 繼手構造가 강관끼리를 직접 용접하는 格點構造로 발전하였다. 이 재킷구조는 강관항에 의해 해중에 고정되지만 강관항의 제작·시공기술의 진보와 대형작업선의 개발로 점차 대형화되고 있는 추세이며 급속시공이라는 강구조물의 특징을 충분히 발휘하고 있다. 해양강구조물은 주로 석유 및 천연가스의 생산용 작업대 또는 해중관측탑, 해중전망대의 플랫폼(platform)으로서 이용되고 있다.

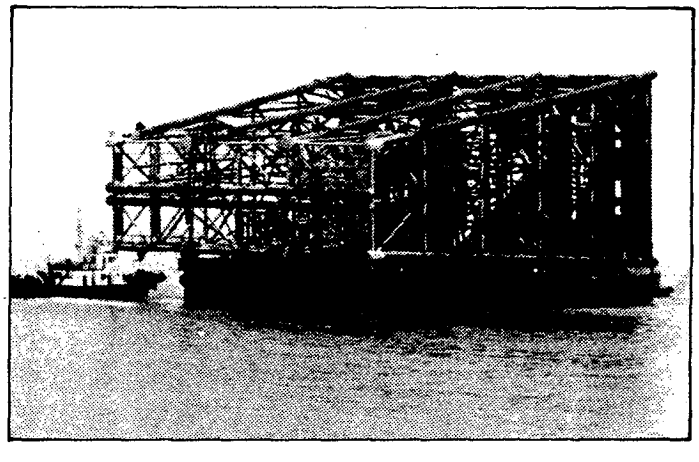


그림 31. 5000t급 재킷(鋼構造物)

2.2 海洋콘그리트 構造物(offshore gravity concrete structure)

구조물의 중력을 이용해 波力과 地震力에 저항하는 구조형식으로는 우선 연안보전시설과 방파제 등에서 이용되는 각종 케이슨(caisson)을 들수 있다. 방파제의 건설위치는 점점 깊어지고 있다. 해저석유 분야에서는 1973년 北海노르웨이 영해에

콘크리트제 貯油탱크 에코피스크(Ekofisk)가 수심 70m지점에 설치된 이래 현재까지 20基의 콘크리트제 중력식플랫폼이 완성되었다. 이 가운데 최대는 수심 136m지점에 설치된 니니안센트럴플랫폼(Ninian central platform)으로서 콘크리트량 약 14만 m^3, 구조물중량 약 60만t, 덱(deck) 총 면적 9300m^2, 탑의 높이는 해저면으로부터 236 m이다.

에코피스크 중력식해양구조물의 출현으로 해양구조물은 강구조물이라는 종래의 인식을 점차 변경시키는 획기적인 역할을 하였다. 앞으로 석유·천연가스의 활발한 채굴과 더불어 해양콘크리트구조물은 더욱 확대될 추세이며 실로 다양한 철근콘크리트 해양구조물이 고안될 것으로 보인다. 케이슨 또는 탑형식의 중력식콘크리트 해양구조물의 1기당 비용은 약 1억달러 정도라 하며 근년에 들어 급속히 등장한

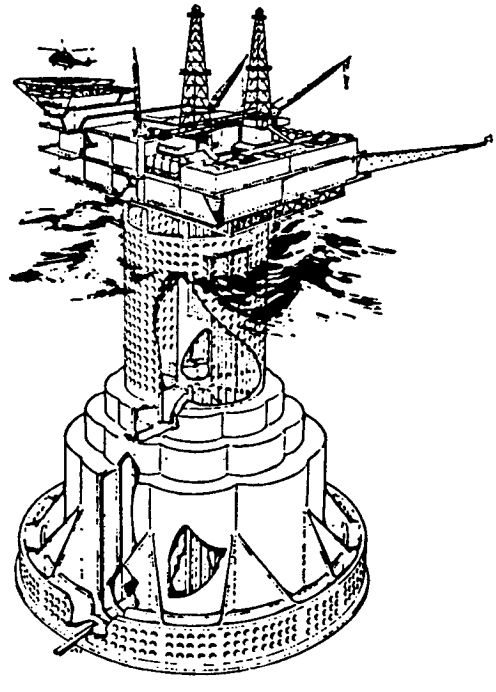


그림 32. 니니안 센트럴 플랫폼

해양구조물이므로 구조물전체로서의 안전성 검토는 앞으로의 과제일 것이다. 최근에 해양강구조물과 콘크리트구조물 각각의 특징을 살려서 비교적 가격이 싸고 신속한 시공이 가능한 복합식 해양구조물(hybrid structures)이 歐美각국에서 등장하기 시작했다.

第 3 節 海上 · 海中 · 海底利用施設

3.1 海上都市(floating town, marine city)

해상에 거대한 평면을 갖는 구조물을 축조하여 그위에 입체적인 도시기능시설을 건설하고자 하는 구상이다. 이 구상들은 육상도시의 과밀화를 해상에서 해소해 보려는 시도이지만 파랑, 풍랑, 조류, 해류, 해수비중 등이 이 거대한 구조물의 基礎體에 심각한 영향을 주기 때문에 이들의 운동과 안전성, 위치보존장치 등과 같은 기술적문제 등을 해결해야 한다.

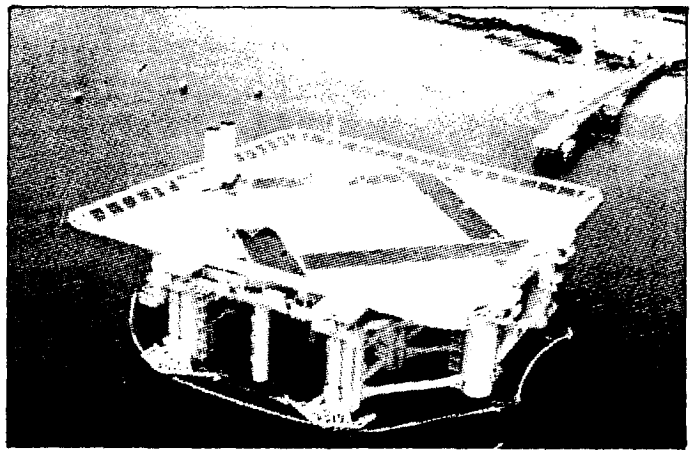


그림 33. 오끼나와의 海上都市 애쿼폴리스

3.2 海上空港(flating airport, seadrome)

해상에 광대한 평면면적을 갖는 구조물을 축조하여 항공기의 발착장으로 이용하려는 구상이며 바다의 깊이에 따라 여러가지 형식으로 착상된다. 浮揚式은 거대한 강제부양체를 해상에 계류하여 그 갑판면에서 항공기를 발착시키는 방식이나 潮汐에 따라 위치가 변화한다는 결점이 있다. 파일식은 해저에 파일을 杭打하여 上面에 발착용평면을 건설하는 방식이며 매립식은 육상의 토사를 해저에 투입하여 섬을 만들어 비행장을 건설하는 방식이다. 간척식은 해중에 土堤를 축조하여 이 구조물 내의 해수를 퍼내어 海床을 노출시켜 여기에 발착면을 설치하는 방식이며 천해역에서 이용하고 있다.

3.3 海上콤비나트(offshore combinat)

인간의 거주지를 해상에 건설하려는 해상도시의 구상과는 달리 인간은 지상에서 살고 공장, 발전소, 정유소 등의 산업시설을 해상에 건설하려는 구상이다. 공장의 과밀화와 공해방지 등을 해결하기 위해 臨海지역에서 해상으로 이전시켜 水路, 터널, 파이프, 전선 등의 액세스(access)로 유기적으로 결합하여 거대한 콤비나트로 조성하려는 구상이나 아직 실현단계에는 이르지 못했다. 연안근처는 매립하여 부지를 조성할 수 있으나 외해측에서는 浮揚式으로 될 것이다.

3.4 海上公園(marine park)

천해의 해상조건이 구비된 해역에서는 풍부한 어류, 기타 해양생물이 서식하고 있으며 관광자원으로서도 자연경관이 수려한 곳이므로 철저한 보호가 요청된다. 이미 수년전에 정부는 閑麗해상국립공원을 지정, 공고한 이래 1981년 12월 다시 多島海일원 총 2039.1km^{2}를 해상국립공원으로 지정, 공고하였다.

3.5 海中牧場(aquafarm)

천연의 생산력을 충분히 이용하면서 어업대상자원의 增殖을 적극적으로 추진하고 자원감소를 방지하며 어업생산의 증대를 도모하는 것으로 재배어업이 있다. 예를 들면 치어에 대한 餌料生物을 대량배양하고 飼育水의 관리기술 등을 확립하며 種苗를 방류하는 시기, 장소, 크기 등을 환경생태학적으로 연구하여 생육과정을 인위적으로 관리하는 효과적 방법을 강구하는 것이다. 이들의 성과를 종합적으로 활용하여 재배어업을 육상에서의 목장과 같이 한정된 水域內에서 높은 생산을 목표로 완전관리한다. 이러한 해중목장에서는 돌고래를 이용하여 어류의 이탈을 방지하는 방법도 착안하고 있다.

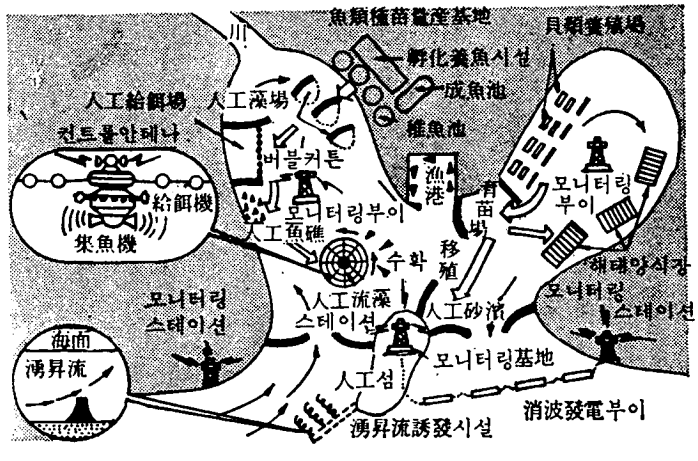


그림 34. 海洋牧場 模式圖

3.6 海中貯藏탱크(underwater storage tank)

해중에다 물자를 저장하려는 계획은 지금까지 여러방식이 고안되었다. 일본에서는 古米를 湖底에 저장하여 일정온도(15℃)와 일정습도(70~80%)의 상태에서 품질을 유지하려는 계획이 구체화되고 있으며 경제성을 평가한 결과 육상창고에 의한 보

존보다 비용이 저렴하다고 한다. 또한 석유를 해중에 저장하려는 구상도 점차 구체화되고 있으며 미국의 컨티넨탈(Continental)석유회사는 아라비아의 두바이(Duvai) 外海 100km의 지점에 저장능력 50만 bbl의 원유해중저장탱크를 설치하였다.

3.7 海底파이프라인(submarine pipe line)

대형탱커는 외해측의 시버스(sea berth)에 接舷하여 오일의 하역작업을 하지만 그곳에서 육상의 저장탱크까지의 수송에는 해저파이프라인이 이용된다. 이 파이프라인을 부설하기 위해 특수한 파이프부설선이 이용된다. 일본의 대형해저파이프부설선은 길이 120m, 폭 28m, 깊이 8~9m로 최대수심 100m까지의 해저에 최대구경 1423mm까지의 파이프를 잇달아 접속하면서 부설할 수 있다.

3.8 沈埋터널(underwater tunnel)

해저에 터널을 뚫어 철도, 도로의 兩岸을 연결하는 방법은 이미 몇몇 나라에서 실현되었지만 최근에는 해저에 도랑을 파서 그 도랑에 鋼製 또는 콘크리트製의 거대한 튜브를 수몰하여 그 튜브를 순차적으로 연속시켜 해저도로를 만들어 상부를 土砂로 피복하는 이른바 침매도로 건설방법이 계획되고 있다. 최근의 철근콘크리트기술, 강제구조물기술의 진보에 따라 대단면을 하나의 유니트로서 제작하는 것이 가능하지만 박스(box)體가 놓일 底盤의 수평을 유지해야 하는 점과 박스체 접속부분의 수밀성을 확보해야 하는 점과 같은 문제도 있다. 일반적으로 미국식 (鋼製튜브)과 유럽식(철근콘크리트製 박스)으로 분류되지만 앞으로는 유럽식이 발전할 것으로 예상된다.

第 4 節　海洋레저施設

4.1 人工섬(artificial island)

산업, 거주, 교통 등의 장소로서 이용하기 위해 해상에 인공적으로 축조하는 섬이다. 그 구조방식은 埋立式, 干拓式, 有脚式, 着底式, 浮遊式 및 이들을 併用한 것이 있다. 日本 神戸港의 포트 아일랜드 (port island)는 매립식 해상도시이며 카스피海에는 유각식 석유인공섬이 있다. 부유식 인공섬은 지금까지도 개념만의 단계에 있다.

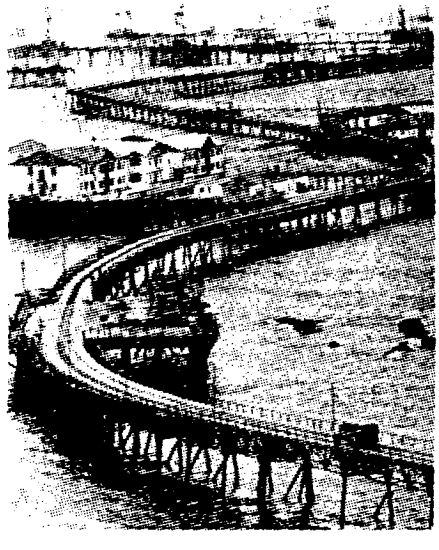


그림 35. 카스피海의 都市

4.2 人工海濱(artificial nourished beach)

砂濱이 없는 곳에 인공적으로 만들어진 海濱을 말한다. 離岸堤를 축조하여 漂砂의 流路를 바꿔서 사빈을 조성하는 방법과 적극적으로 모래를 투입하여 養濱하는 방법이 있다. 지금까지는 국토의 보전적인 면에서 해안침식방지대책의 일환으로 강구되어 왔지만 최근에는 해양레저를 위한 비치(beach)로서도 고려되고 있다.

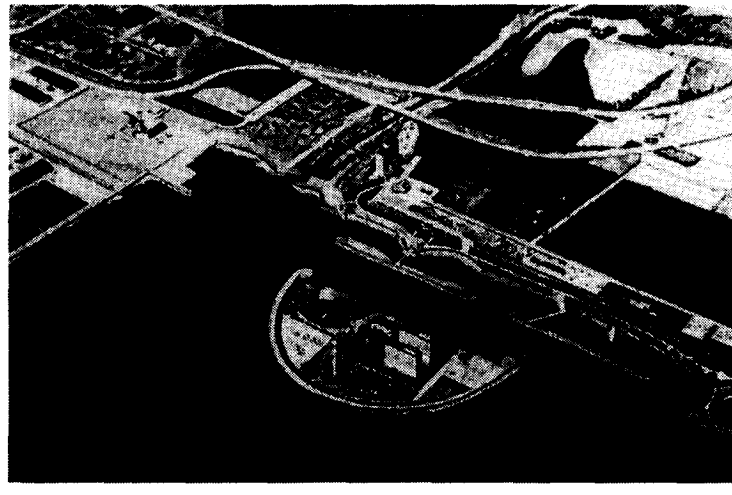


그림 36. 인공해빙조성

4.3 해양레저用 機器(instruments for ocean leisure)

해상 또는 해중에서의 스포츠, 관광, 레크리에이션을 하기 위해 만들어진 기기에는 잠수선, 보트, 수중추진기 타이프 등이 있으며 인간이 바다속에 들어가 레저를 즐기기 위한 보조역할을 한다. 수중 스쿠터는 潛水具를 장비한 인간이 그것을 조작함으로써 2~3kt/hr의 속도로 해중을 자유로이 주행할 수 있으며 소형잠수선은 1~2인승으로 해중을 3~4kt/hr로 走回하면서 해중의 景觀을 즐길 수 있도록 만들어져 있다. 또 보트의 바닥을 투명유리로 하여 해중을 관찰할 수 있게 한 유리보트나 바퀴를 플로트(float)로 하여 페달을 밟아 물위를 회유하는 수상사이클 등 최근에는 여러종류가 등장하고 있다.

參考文獻

McGraw－Hill, *Handbook of Ocean and Underwater Engineering,* 1969.

Instrument Society of America, *Marine Sciences Instrumentation,* 1963.

J.J.Bhatt, *Oceanography,* 1978.

Richard A. Davis, *Principles of Oceanography,* 1972.

Gunter Dietrich, *General Oceanography.* 1975.

Fch. Hayes, *Guidance for Hydrographic and Hydrometric Surveys,* 1978.

David A. Ross, Introduction to Oceanography, 1977.

東洋經濟新報社,「海洋開發事典」, 1971.

日刊工業新聞社,「海洋工學用語辭典」, 1974.

東京堂出版,「海洋の事典」, 1980.

オーシヤンエージ社, *Ocean Age,* 月刊.

掘川清司,「海洋工學」, 1975.

藤井清光,「海洋開發」, 1978.

黑本敏郎,「海洋測定法」1977.

東海大學出版會,「海洋開發發達史」, 1978.

日本氣象協會,「海洋觀測指針」, 1978.

日本科學技術翻譯協會,「海洋開發技術」, 1978.

恒星社厚生閣,「海洋環境調査法」, 1979.

日本海洋開發産業協會,「日本海洋開發産業協會のプロジエクト」, 1978.