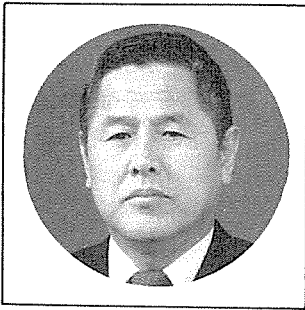


세계의 해양개발현황

국제협력, 共同연구로 대처



韓 健 模

東亞大공대교수 · 해양학

1. 戰後 各국의 활동

戰後 해양개발은 美國을 중심으로 추진하여 美海軍에 해양연구소를 설치 대학의 해양학자와 협조, 기술면, 재정면에서 합동하여 연구하게 하였다. 1957년 10월 4일 蘇聯의 '스프트 니크' 인공위성발사 성공으로 美國은 해양특별위원회를 설립 지원하였으며 1961년 케네디대통령의 10년계획으로 추진계획을 시행하였다. 國際聯合 유네스코에 IOC(Intergovernmental Oceanographic Commission)를 설치하여 해양에 관한 각국정부간의 협력, 협의가 이루어졌다.

海底油田의 개발이 민간에 의하여 이루어지기 시작하여 초기에는 육상기술을 해상에 응용하는 방식으로 시도하였다. 1963년에는 半潛水式 플랫폼을 출현시키고 장기간 잠수기술개발에 있어서 1962년에서 1965년 사이에 Conshelf 海底居住실험, 그리고 美해군에서 Sealab계획을 1963년에 개시하였다. 1965년에 美國의 NRC(National Re-

search Council)에 學, 民에 의한 Marine Board를 개설하고 관, 학, 민 협력체제를 구축하였다. 이어서 深海用 무인기 CURV의 1형을 완성하고 1966년에 해양자원개발기술법이 시행되었다.

1970년대에는 불란서에서 새로운 심해유인잠수선 개발에 박차를 가하여 Cyana(水深 3000m)가 완성되었다. 1971년 美, 佛 공동연구로서 해양저탐사계획 FAMOUS가 발족하여 1980년 대양중양해령부근에서 열수광상발견을 가졌다. 國連 IOC의 공식자문기관으로 국제 ECOR(Engineering Committee on Oceanic Resources)가 발족되었다.

深海저광물자원이 세계의 주목을 갖고 특히 망강 團塊의 개발에 목표를 두게되어 1983년에 200해리경제수역을 주장하였으나 이것은 장래의 광물자원과 별개로 하였다. 1973년의 제1차석유 위기로 有價가 고승하였고, 1979년 제2차 오일쇼크로 海底석유용의 掘削리그 및 플랫폼의 수요가 증가되었다. 美國의 잠수선 Alvin을 개선하여 수심 4000m에서 활약하였으며 1978년에는 美國의

해양관측위성 Scasat A의 발사로 광대한 정보를 얻게 되었다.

해양에너지 이용의 가능성을 실증실험하기 위하여 해양과학기술센터에 IEA(Internation Energy Agency) 국제공동연구를 갖게 되었다.

1981년에 美, 獨에 의하여 太平洋중부의 海山에 코발트, 리즈, 구라스트 자원을 재인식하게 되었다. 日本에서는 해양공간 이용면에서 수심 10m 이상의 대규모 人工島 '포트 아이랜드'를 완성하였다. 파력발전, 溫度差 발전을 실험하고 海中로봇을 개발하여 極寒기술개발에 치중하고 있다.

1983년 해양固定式의 波力발전실험을 개시하고 노르웨이에서는 독자의 지형을 이용하여 발전실험을 계속하고 있다.

1984년에는 심해저탐사를 위한 미해군 잠수선 Sea Cliff를 6000m에서 잠수가능토록 하였다. 1985년 日本(東大海洋研) KAIYO계획에 참가하여 日本 주변의 해잠심사에 공헌하였다. 1987년 日本에서는 대형의 심해무기인 Dolphin-3K, Marcas-2500을 완성하였으며 불란서는 장기간 잠수가능한 SAGA를 진수하였다. 蘇聯은 6000m급 잠수조사선 MIR호를 운항하는 한편 日本은 1988년 수심 300m의 飽和潛水실험을 성공했다.

불란서의 呼吸가스에 수소를 가한 Hydra계획 Ⅷ으로 수심 530m 잠수실험에 성공하므로써 해양공간 이용면에서 새로운 시대의 전개가 기대된다.

2. 각 분야의 기술추진과 장래

2.1 잠수 조사선

美國의 근대화로 4000m급 Alvin, 6000m급 Sea Cliff를 진수하였다. 불란서는 3000m급 Cyana, 6000m급 Nautille, 日本은 2000m급에서 6500m급을 완성하였다. 美, 佛, 日本의 6000m급은 Ti합금을 耐壓器에 사용하고 전체중량은 18.7ton(공중)으로서 高張力鍔鋼裂이다. 전원은 니켈철 축전지로서 100kwh, 최대속도는 5knot이다. 세계의 해양은 6000m급 잠수선으로 97%를 이용할 수 있으므로 자원탐사 목적을 달성할 수 있으나 日

本 海溝, 비울빈 海溝대서양의 후에도리코 海溝 등에서 유인잠수선은 운용상의 제약이 있다.

자원의 탐사, 해저지화학조사에도 유효한 해구조사용 잠수선의 개발이 필요하다. 10,000m급은 내압상의 제문제와 해저에서 해면간의 주복시간을 단축시키는 것이 큰 문제로 되어 있다.

심해잠수선의 제약점은 잠항에서 정상까지 시간제약이다. 여기에 장비한 전력원의 용량과 耐壓殼내의 인간공학적 및 생리상 곤란하다. 현재의 기술, 재료면에서 현상정도가 한계이다. 해저 석유개발정도의 심도에 대한 잠수선은 장시간 잠항의 특징을 고려해야 한다.

불란서 IFREMER의 SAGA-I으로서 심도는 최대 600m까지 ROV로 조종한다. 해저석유개발의 경우 수심 450m에서 6명이 해중을 약 150해리 항주하여 목적지에 도달하여 약1주간 체재하여 공사를 종료후 해중을 항주하여 모선에 복귀할 그간의 동력, 식량에 있어서 자급할 수 있는 계획을 세우고 있다.

심해에서 장기간운전가능한 動力源이 극히 곤란하다. 신형연료전지의 가능성과 耐壓殼의 대형화로 주거성을 높이고 재료 및 구조상의 연구가 필요하다.

2.2 無人機

有索式의 ROV(Remotely Operated Vehicle)를 다수 제작하여 총 3000대가 넘는다. 관측용이나 작업용의 고급용도를 위한 것부터 군-목적용의 저가격까지 있으며 그의 기종은 110 종류이나 반수이상 1대에서 3대 이하이다. 50대 이상이 10기종에 약 2000대를 점유하고 있다. 수심도 깊은 곳에서 고도의 기능을 보유하고 있으나 해류의 속도에 대한 조작의 곤란, 행동반경에 제한을 갖게 되는 것이다. 해상의 천후가 급변시. 지원선의 작업에 지장을 가져오게 된다. 따라서 자유활동으로 자유영식의 무인기가 당연히 개발되어야 한다. 1963년부터 현재까지 28종류를 연구중인바 국별로는 美國 16(11개는 군용), 불란서, 日本 각각 2종, 英, 獨, 스위스, 이태리, 노르웨이, 스웨덴, 캐나다, 蘇聯 1종류이다. 수심1000m를 초과하는

계획은 6종류이다. 프랑스에서는 Epaulard를 개발, 6000m 수심에서 해저의 사진촬영 및 지형정보를 수집하는데 성공하였다.

熱水광상부근의 복잡한 지형에서 조종할 수 있는 점과 석유 플랫폼 점검을 위하여 구조물에 접근할 경우 有索式은 위험하므로 無索式을 고려하게 되었다.

1986년부터 ELIT라고 부르는 해중로봇개발에 착수하여 현재 완성단계에 있다. 이것은 직경 약 1.28m 높이 1.7m 공중중량 1ton 이하, 최대수심 1500m, 속력 1.5~2.0knot, 유수속도 1knot의 수중에서 수시간가동할 수 있다.

지원선에서 리모트콘트롤하되 DPS는 필요가 없다. 이 로봇은 목표에 근접하면 흡인상태에 들어가 해중에서 자신이 자동적으로 위치를 유지하게 된다. 이런 경우 상하, 좌우, 전후의 이동과 자세제어를 자동적으로 하고 있다. 유수중에 있어서 위치편차는 약 30cm 정도이내에서 머무르고 있다. 이것은 음향센서에 의한 자동제어에 의한 것이다. 화상정보는 지원선에 음향을 전달하여 점검 수리에 필요한 텔레마그네이션을 컴퓨터로 제어하는 방식이다.

상채의 無索式 무인기에 기대하는 기능은 여러 가지가 있다. 심해의 해황조사, 해저의 탐사, 심해에서 작업 플랫폼, 해중에서의 각종 조사 및 작업을 넓게 할 수 있다. 그러나 현단계에서 기본적인 기술과 많은 과제를 갖고 있다. 항행과 위치의 제어, 3차원영상센서, 자율마니미그레이션 작업의 자동화, 지능적 정보시스템, 각종의 센서와 프로세서 통신수단, 동력시스템, 시뮬레이션기술, 신뢰성 같은 많은 문제를 취급할 필요가 있다.

2.3 해양에너지

장래 중요연구개발중 제일 문제이다. 석유가격의 변동이 경제성을 좌우하는 상황이다. 1973년 이래의 석유위기에 있어서 현재까지 이 문제를 고려하고 있다. 온도차 발전의 최초의 실험은 Claude가 1930년에 행한 오픈사이클이었다. 출력은 22kW 이었다. 해수를 펌프로 올리는데 그 이상의 출력은 손해가 되었다. 11일간 실험결과를 1979년 하

와이 OTEC에서 발표하였다. 발전과 동시에 淡水化를 겸하고 冷海水의 양식과 조류의 재배 기타에 응용하였다. 냉해수이용의 흥미있는 결과는 鱈의 실험, 貝類는 시야고브실험에 성공하였다. 또한 海筍도 適溫시에 유효하다는 것을 알 수 있다. 藻類는 Cyanotech社가 기업화에 성공하고 1985년에는 Spirulina로부터 건강식품을 생산하여 Dunaliella 의 재배로 비타민 A, B를 생산하게 되었다. 농업에도 이용하여 감미로운 이즈고의 재배에 성공하였다. 사용한 후의 冷海水는 열대에서는 냉방용으로서 부가가치를 갖고 있다.

파력발전엔 있어서는 1964년에 실험이래 금일에는 약 2000대의 항로 표식부이에 이용하고 있다. 1978년과 1985년 2회에 걸쳐 IEA 국제공동연구가 해양과학기술센터에서 실시하여 많은 기술적 성과를 거두었다.

노르웨이의 Toftestallen에서 실시한 2개의 방법이 있다. 첫째는 沿岸에 고정된 波力발전이고 둘째는 海面에서 3m 높이에 큰 해수저수지를 만들어 바다와 경사를 두고 콘크리트 製水路와 연결하여 波力에 의한 수위가 높은 고승로 지입시킨다. 이 저수지로부터 低落差水車로 발전하는 방식이다. 발전량은 약 850KW로서 연간 3~4GWH의 발전을 얻을 수 있다.

潮汐發電은 불란서에서 1966년부터 운전을 개시한 La Rance 하구의 240mW 발전소가 있다. 상업화한 것은 세계에서 이것 뿐이다. 蘇聯은 Kislogubskaya 에 1967년부터 400mW(落差 3.3m)이며 캐나다의 Fundy 만의 Annapolis는 20mW로서 1984년에 완성하였다. 中國은 鎮江에 1986년 10kW의 소규모 발전을 시작하고 캐나다의 Fundy 만이나 英國의 Seven 하구에 수천 mW급의 대형 발전소를 고려하고 있으나 주변의 환경변화의 영향이 큰것을 우려하여 실현치 못하고 있다. 조류 발전은 과거 5년간에 日本, 美國, 캐나다에서 소형터빈을 실험하였다.

이상과 같이 溫度差 발전, 波力발전, 潮流발전, 潮流발전의 실험결과 대규모인 것으로 1~10mW 급의 발전소를 목표로 건설할 단계는 기술개발과 경제정세에 있어서 21세기에나 실현될 것으로 본

다.

2. 4 해양 구조물

과거 25년간에는 해양구조물의 기술은 해저석유개발을 위하여 발달되었다. 1950년대 美國 멕시코만에 초기건설한 많은 구조물은 허리케인에 의하여 손실되었다. 1960년대 이후에는 멕시코만에는 100년에 1회의 큰 허리케인과 北海의 荒波에도 견디고 남캘리포니아의 심해에서 지진에 이길수 있는 플랫폼을 설계하고 있다. 수심도 증가하여 300m급의 Cerveza, Cognac, Lena석유의 생산실적도 있으며 현재는 400m급(Bullwinkle, Harmony油田)의 구조물도 제작하고 있다. 일관하여 생산설비나 거주구가 준비되어 상부구조의 데크나 재킷을 건조, 건설에 필요한 설비 및 기재도 전부 일신되어 발달되었다. 콘크리트 구조물의 건조방식도 독자적으로 노르웨이에서 개발하였다. 거대한 구조물의 기초를 지지하는데 해저토질공학상의 기술도 혁신적인 개혁이 중요한 요소가 되었다.

구조물의 靜的, 動的해석을 위하여 복잡한 3차원, 수천의 自由度를 지지하는 구조물모델을 사용하고 있다.

水力學的 順應型的 구조물로서 텐션레그방식을 개발하여 600m급까지의 구조물도 가능하게 되었다.

한편, 반잠수형 플랫폼의 최초의 개발은 1963년에 Mohole 계획용이었다. 이러한 형은 大水深구역에 기술적이나 경제적으로 유리한 것이다.

현재는 약20개의 거대한 콘크리트제, 중력형, 着底방식의 구조물이 北海에서 가동중이다. 최대수심 220m에 파고 30m의 荒天에도 견딜수 있다. 거대한 60萬ton의 건설기술, 운반기술, 기초의 토질공학의 진보를 철강, 콘크리트의 복합구조물도 제작되고 있다. 한편 거대한 水塊을 이길수 있는 구조물이 아라스카沖海에서 탐사 掘削에 활약하고 있다.

係留기술은 1960년대 St. Croix의 3000m의 깊이에 실시하였다. 1973년에서 1984년간에 약 42%의 係留가 파손되었다. 평균적 수명은 1960년에

는 2~3년, 현재는 5~6년으로 연장되었다. 이의 고장의 원인은 부식, 마모, 동적하중에 의한 疲勞에 의한 것이었다. 따라서 合成纖維索에 Kevlar를 사용하여 耐食性的 鋼을 사용하여 수명을 연장하였다. 컴퓨터에 의한 非線型 유한요소모델을 사용하여 앵커의 설계개선을 把駐力은 10배로 증가하여 500ton까지 되었다. 구조물을 해저에 고정하는 파일도 해저토질공학의 발달로 크게 진보되었다. 1965년에 석유용 구조물에 70m파일을 사용하였으나 Bullwinkle유전에는 412m의 파일을 사용하고 있다. 국부적인 해저퇴적물의 불안정의 문제와 海泥의 파일보호 목적으로 해저정보를 소나 영상을 이용하여 보완하고 있다.

구조물의 중요한 요소가 되는 재료의 문제가 있다. 고강도, 가공의 용역성, 부식 혹은 파괴에 대한 저항력있는 값싼 재료가 요구된다. 용접구조에서 고력저합금강, 해수냉각콘텐서재료 잠수선용의 Ti합금, 전기방식용의 알루미늄합금제의 표면피복재의 공법이 요구되고 있다.

2. 5 潜水기술

잠수기술은 인간의 해중에서 활동가능한 기본적인 기술이다. 제2차 세계대전후 프랑스, 美國, 日本 등이 세계적인 수준에 달하고 해저석유생산국들이 진보하게 되었다. 1966년 IDEFIX 150m, 1970년 JANUS II 253m, 1977년 JANUS IV 460m(Excursion 510m)에 성공하였다. 1980년대에 브라질沖에 380m 전후에 해저석유개발공사를 실시하였다.

포화 잠수기술은 Trimix 混合氣의 채용과 정밀한 감압기술에 의하여 고압신경증후군에 대처하였다. 동시에 冷水溫에 의한 체온저하가 위험하다. 오늘날에는 경제적으로나 기술적으로 많은 개선을 보게 되었다.

잠수기술의 진보는 장래에 심도가 제한된 비교적 淺海에서 과학적, 공업적 활동의 응용분야가 확대될 것이다.

2. 6 해양광물자원

과거에는 여러나라에서 약간의 砂, 砂利를 채

취하고 특정지역에서는 燐鑛石, 錫, 漂砂금속을 대상으로 淺海 연안에서 채취하였다.

1980년대 중에는 해저석유를 개발하는데 전력을 추구하고 있다. 1965년 이후 망간 단괴에 관심을 갖고 美國에서는 熱水광상 중앙태평양의 해산 부근의 코발트 발견을 가져오게 되었다. 이러한 종류의 채광기술은 미경험 분야이다.

日本은 공업기술원내에 「망강 단괴시스템」의 연구를 1982년부터 실시하게 되었다.

美國은 자국연안의 漂砂金屬, 金, 白金, 스타디움, 크롬등을 생산키 위해 노력하며 초전도기술에 필요한 稀土類에 관심을 갖고 있다.

2.7 深海低의 탐사기술

탐사에는 여러가지 기술이 필요하겠으나 지형 정보에 한정하였다. 새로운 국연해양법이 발효됨에 따라 각국은 자국의 경제수역과 대륙붕방식, 200해리방식을 가지고 있다. 정확한 지형도와 지질구조 조사가 필요하다.

1980년대 美海軍에서 음향법에 의하여 해저지형을 작성하게 되었다. 최근 데이터처리기술을 가지고 200해리지역을 조사하는데 10년이 소요된다. 사이드룩킹소나를 사용 底周波로 원거리를 커버할 수 있다. 英國에서 개발한 소나 Gloria II는 주파수 6.2/6.8kHz 최대거리 22.5km 해상도 100m이다.

지상이나 우주에서는 光이나 電磁波를 이용할 수 있으나 해중에서는 음향이의 장거리 정보 취득방법이 없다.

3. 결 론

각국의 해양개발을 고찰해 볼때 상이한 사정으로 특징을 갖고 있으며 공통적인 해양조사의 기본적인 문제는 국제협력으로서 각 분야에서 공동 연구를 실시해야 할 것이다.

美國은 해양개발의 분야를 자국의 200해리 경제수역내의 자원개발의 현실에 제1목표를 두고 있으며 특히 태평양지역에 중점을 두는 것이다. 국방비의 증가로 해양개발이용에 문제가 있다.

민간기업의 內海低석유관련사업에 태도와 정부 자금을 주력해야 할 것이다.

美國에는 해양과학자가 많이 있으나 우리는 해양공학자가 부족하므로 기술자의 지식을 해양에 役立시키고 이용할 필요가 있다. 여기에는 폭넓은 기술자층이 필요하다.

최근 美國에서 검토한 결과 해양자원개발에 중요한 해양공학의 요소는 다음과 같다.

- 1) 해양 데이터용의 센싱구, 데이터 처리와 데이터 통신
- 2) 자율형과 원격조종의 작업시스템
- 3) 해양구조물의 신뢰성향상을 할 수 있는 종합적 설계기술
- 4) 해양하이테크노로지
- 5) 해양에서의 재료

美國은 프랑스와 같이 기술자를 동원하여 해결하고자 하는 쌍방의 흥미있는 협력분야는 자율형의 無人機, 로봇기술, 해양하이테크노로지 및 해양재료의 문제들이다. 뉴욕을 비롯하여 대도시의 해양공간이용의 문제가 있다. 우리나라도 석유자원에 있어서 수요의 100%를 수입하고 있다. 해양의 광구를 더욱 적극적으로 발견할 필요가 있다.

유인잠수선의 분야에서 6000m Nautille를 새로 제작하고 무인기의 Epaulard를 세계에서 시험중에 있다. 또한 무인로봇 및 ELIT의 제작도 괄목할만하다.

해양자원분야에서 석유개발과 熱水性重金屬泥를 탐사하는 등 1988년 11월 Baltimore에서 熱水광상을 탐사한 정황을 발표하였다. 현재 노르웨이를 포함하여 美國기술을 개발하여 잠수기술, 무인기의 활용 등 개발을 활발히 하고 있다.

앞으로 연안도시부근의 해역정비, 해양공간의 이용, 중기적인 자원에너지개발에 대한 기술연구를 계속하고 기후변동, 해류의 변화, 지진에 관한 해저의 거동에 대한 해양관측은 국제협력이 절대 필요하다.

◇ 이 글은 한국해양공학회지 제5권 1호에서 전재한 것임