



# 일본과 미국의 해양이용기술 개발 동향

정태영, 정정훈(한국기계연구원 구조시스템연구부)

## 1. 서언

전세계적인 인구증가와 산업화로 인하여 육지면적의 부족과 육상자원의 고갈문제가 심각히 대두되고 있는 요즘의 상황에서 앞으로 우리 인류에게 이 문제를 해결할 수 있는 유일한 대안은 해양개발뿐이다. 이미 세계의 많은 인구가 해안지역에 거주하고 있으며 앞으로 그 수는 점점 더 증가할 것이다. 이로 인해 한정된 해안지역의 용지 및 필요한 물에 대한 압박이 심화되고, 증가되는 폐기물처리의 개선에 대한 요구도 점점 더 심해질 것이다. 만약 산업단지가 바다위에 위치하게 된다면 이러한 문제를 한꺼번에 해결할 수 있다. 산업단지가 바다위에 위치하게 되면 현재 도시에 근접해 있는 오염원을 제거할 수 있을 뿐만 아니라 폐기물 재생과정에서 바다라는 매체를 활용할 수 있으므로 배가된 개선책을 얻을 수 있다.

최근 바다를 끼고 있는 모든 나라들은 이러한 해양개발의 중요성을 인지하고 다가오는 해양시대를 대비하여 준비를 서두르고 있다. 특히, 이웃 일본은 단단한 기술력과 해양으로 둘러싸인 도서국가라는 특성을 충분히 활용하여 연근해 해양공간이용기술 개발분야의 선두를 달리고 있다. 최근에는 마린 플로트 추진기구, 초대형부유체(메가 플로트) 기술 연구조합 등의 산업계 중심의 연구협의체를 구성하여 해상복합도시, 해상비행장등 미래의 해양공간 활용 기술수요에 대비한 연구를 활발히 수행하고 있다. 미국의 경우, 로널드 레이건대통령이 1983년 자국의 배타적 경제해역을 선포하므로써 세계에서 가장

넓은 해양공간을 확보하였으나 그 후 10여년 동안 해양이용 활동에 대한 기술투자가 별로 많지 않았다. 그러나, 1992년 미국 과학재단과 통산성 산하 해양·대기청 후원하에 미국의 해양자원의 이용과 관리에 대한 전략을 개발하기 위하여 "US Ocean Resource 2000" 워크샵을 개최하였다. 또한, 미국은 해양자원의 상용화와 해양과학연구를 위하여 "Project Blue Revolution"이라 명명된 국제적인 협동 프로젝트를 제안하고 자국뿐만 아니라 전세계적인 협력을 통하여 5억달러규모의 해수온도차 발전시설을 탑재한 1ha크기의 부유구조물 건설을 제안하는 등 해양이용 기술개발에 박차를 가하기 시작하였다.

본 고에서는 그동안 일본의 마린 플로트 추진기구와 메가플로트 기술연구조합의 활동내용과, 미국의 "US Ocean Resource 2000" 회의와 "Project Blue Revolution"의 내용, 그리고 최근 미국 내에서의 관련기술 개발동향에 대하여 소개하고자 한다.

## 2. 마린 플로트 추진기구 (The Floating Structure Association of Japan)

바다를 제2의 경제공간으로 활용하고 국토의 균형적인 발전을 도모하기 위한 방안으로써 해양공간 활용의 필요성을 인식하고 국가 또는, 지방자치단체의 수요에 부응하여 해양공간이용 프로젝트를 실현하기 위한 목적으로 1990년 7월에 발족되었으며, 조선, 철강 관련 업계의 새로운 수요를 창출하는 한편 부유구조물에 대한 연구활동을 확대하는 것을 배

경으로 하고 있다. 이에 따라

- 부유구조물의 실용화 개념 창출, 타당성 검토
- 부유구조물의 사업화 추진
- 부유구조물 관련 법규 및 기술 검토
- 심포지엄 개최, 관련 출판물 간행 등의 홍보활동
- 기타 본 추진기구의 목적달성에 필요한 사업

등의 사업들을 수행하고 있으며, 회원 기업으로는 건설(20사), 해양토목(14사), 도료(6사), 철강(4사), 전기통신(3사), 조선(14사), 상사(6사), 증권(6사), 은행(6사), 손해보험(15사), 부동산(3사), 운수창고(6사), 컨설턴트(2사), 리조트주택(1사) 등 일본의 110개 선도기업들이 참여하고 있다.

### 3. 초대형부유체(메가플로트) 기술연구조합

과학기술의 발전에 따라 장차 해양공간의 이용이 점차 활발해질 것이며 따라서 공간확보가 용이한 내해 및 천해역은 점점 고밀도화되는 한편, 궁극적으로는 근해의 대수심 지역의 이용방안이 중요한 과제로 부상될 것으로 예측하여 결성된 연구조합이다.

현재 수백 m 규모의 부유식 구조물들은 이미 제작되고 있으나 앞으로 수 km 규모의 초대형 구조물을 실현하기 위해서는 특유의 문제점들이 해결되어야 할 것이다. 따라서 이 조합의 설립배경은 대규모의 부유체 모델을 이용한 실증적인 연구개발을 수행하여 이러한 과제의 해결을 도모하는 것이다. 이러한 기술과제들이 해결되면 해양공간이용에 있어서 입지, 공법의 선택 폭이 넓어지고 운수, 물류 관련 시설 등의 사회자본을 원활히 정비할 수 있을 것이다.

사업내용으로는 정부, 산업체 공동투자에 의하여 9개의 부유체 unit을 해상에서 접합하여 300m x 60m x 2m의 대형 부유체모델을 완성하고 실증시험을 통하여 부유체 설계기술, 해상 시공기술, 초장기(100년 이상) 수명유지 기술, 탑재시설 기능보증 기술, 환경영향 평가기술 등을 연구 개발한다. 지금까지의 진행상황을 보면, 동경근처의 Oppama에 있는 스미토모 조선소 앞바다에 실험역 시험장을 마련하고 작년에 4개의 unit을 현장에서 접합하였으며

7월에 나머지 5개의 unit을 현장 접합하였다.

조합 참여기업으로는 IHI, 가와사키중공업, 스미토모중공업, NKK, 히타찌중공업, 미쓰이중공업, 미쓰비시중공업, 스즈키, 大島, 新來島, 사노야스 히시노 明昌, 쓰네이시, 名村 등 13개 조선사와 함께 신일 본체철, 가와사키제철, 스미토모금속, 코오베제강 등 4개의 철강회사가 참여하고 있다. 1995-1997(3개년)의 연구개발기간 동안 자체연구비, 운영경비를 제외하고 총 75억엔의 순수 연구비(1995년도 연구비: 24억5천만엔, 일본선박진흥회: 9억8천만엔, 민간: 9억8천만엔, 국가: 4억9천만엔)가 투입될 예정이다.

내년까지 진행될 이 프로젝트에 이어서 기술연구조합에서는 해상비행장의 실제 모델이 될 수 있는 1km길이의 대형부유구조물을 제작하여 헬리콥터의 이착륙실험을 수행하는 것을 주요내용으로 하는 새로운 프로젝트를 구상하고 있다. 또한, 일본 조선학회는 학회 100주년 기념의 일환으로 내년 요코하마에서 개최되는 OMAE(Offshore Mechanics and Arctic Engineering) Conference에서 초대형 부유구조물을 주요주제로 선택하는 등, 초대형 부유구조물의 개발과 실현에 많은 관심과 정열을 쏟고 있다.

### 4. US Ocean Resource 2000 회의

1983년 미국의 배타적 경제해역(EEZ : Exclusive Economic Zone)선포는 미국의 관할영역을 거의 두배로 확장시켰으며, EEZ내의 식용 해산물, 전략광물, 대체에너지, 확장개발이 가능한 근해역 해양공간 등은 약 1조 달러의 자원가치를 갖고 있는 것으로 추정된다. 이러한 해양자원의 이용과 관리에 대한 전략개발을 위하여 대서양, 걸프만, 태평양 해양지역사회를 대표하는 산업체, 정부 및 학계로부터 35명의 관계자들이 초청되어 3일간의 회의를 가졌다. 미국과학재단과 해양·대기청의 후원으로 개최된 이 회의에서는 미국의 해양산업을 강화시키고 해양자원의 활용을 극대화할 수 있는 방안이 주로 논의되었는데, 도출된 주요 토론결과는 다음과 같다.

- 해양자원의 개발에는 개인단체가 생각하고 있는



것보다도 훨씬 큰 위험성이 따를 수 있으므로, 실질적인 기업의 관심과 협력이 있더라도 연방정부의 선행적 참여가 절실하다.

- 해양개발의 조화와 일관성을 강화하기 위하여 정부내에 이 역할을 보다 확실하게 담당할 기관을 두어야 하며, 현 정부조직에서는 통상성이 이를 담당할 이상적인 기관으로 판단된다. 이기구는 해양개발을 위한 모든 기술개발, 평가, 경영 및 환경모니터링을 위한 거점이 된다.

- 현재 해양자원의 개발과 관련된 정책의 전면적 재검토가 필요하다.

- 해양개발에 대한 미국 국민대중과 국회의 신뢰도를 높이기 위하여는 가시적인 대형 프로젝트가 필요하다. 예를 들면, 에너지 생산을 위한 대규모 산업용 부유구조물, 심해의 해양환경을 측정하고 평가하는 해저관측소, 대규모 해양 목장 등의 개발을 통하여 새로운 해양자원 이용의 실제 가능성을 입증하는 것이 중요하다.

해양개발에 대한 국가적 노력이 성공할 경우에 해양산업강화를 통하여 얻을 수 있는 과실로서는, 경제를 활성화 할수 있는 신종 직업의 창출, 공공기관과 산업체의 협력체제구축을 통한 해양에서의 미국 주도권 재장악, 해양자원 생산물과 관련기술의 수출 확대, 효율적이며 지속적인 해양자원이용기술의 발전을 통한 해양의 잠재적 부의 창출 등이 있다고 이 회의에서는 결론지었다.

이 회의의 결과로서 해양자원 개발에대한 비영리단체인 National Ocean Resource Technology Corporation(NORTC)이 1993년 초반 워싱턴시에 있는 National Academy of Engineering에서 개최된 기관장회의에서 창설되었다.

## 5. Project Blue Revolution

Ocean Resource 2000 회의와 같은 시간대에 미국, 유럽, 동양 및 기타지역의 정부, 산업계, 학계를 대표하는 50여명의 인사들이 미국에서 제안한 Project Blue Revolution에 대해 토론하기 위하여 Pacific Conference for Marine Science and Tech-

nology(PACON) 기간동안 열린 워크샵에 참가하였다. 약 5억 달러의 비용을 투자하여 1ha(약 1만 평) 규모의 종합적인 해양자원의 개발 및 관리용 해상 부유식 플랫폼을 오는 1999년에 운용할 수 있도록 개발하자는 것이 Project Blue Revolution의 골자이다. 해양개발을 통한 인류의 경제적, 환경적 이익을 고려한다면 이러한 incubator plantship의 비용은 지금 계획되고 있는 주요 우주 및 군사 프로젝트와 비교하여 더욱 더 정당화 될 수 있다고 참가자들은 주장하였다. 회의를 통한 주요 토의결과는 다음과 같다.

- 프로젝트를 통하여 유용한 생산품이나 서비스가 반드시 산출되어야 하며 특히, 민간산업이 핵심부분이 되어야 한다. 제시된 여러 가지 활용방안 중에는 통합 incubator plantship외에도 폐기물 처리시설, 발전용 플랜트, 해저광물 제련소, 해양목장, 환경모니터링용 관측소 등이 있다.

- 냉전종식으로 인한 국방비지출의 감소는 대규모 과학/우주 프로젝트에 많은 투자를 할 수 있는 길을 열었다. 해양은 세계를 위하여 보호받아야 할 뿐만 아니라 경제발전을 위한 발판임이 확실하므로 투자할 가치가 충분히 있다.

- 국제적인 자금지원이 성공하기 위해서는 신뢰할 수 있는 타당성과 시장성에 대한 계획이 있어야 한다. B-2폭격기가 20억 달러, 우주정거장이 500억 달러 규모의 대형 프로젝트였지만 이러한 엄청난 비용을 따기위해서는 군사-항공우주 산업계의 로비활동이 있었기에 가능했다. 대규모 해양이용 프로젝트를 위하여 현재 국제적으로는 물론, 미국에는 이러한 조직이 없다. 일본의 경우에는 이러한 규모의 프로젝트를 관리할 마린 플롯트와 같은 추진기구가 있다.

- 프로젝트를 수행할 선도조직은 특정 활용방안, 지리적 위치 및 자금원에 따라 결정된다. 다국적 콘소시엄 또는 국제태평양첨단기술연구센터(Pacific International Center for High Technology Research : PICHTR)와 같이 국제적 접촉이 많은 조직이 이러한 목적에 적합할 것이다.

## 6. 해수온도차 발전설비 개발

1992년 하와이 국립에너지연구소(National Energy Laboratory) 산하 국제태평양첨단기술연구센터에 의해 210Kw급 개방사이클 해수온도차(Ocean Thermal Energy Conversion)발전설비가 개발되어 시험운전중에 있다. 이 시험플랜트는 PICHTR이 미국 에너지성과 하와이 주정부의 재정적 지원하에 국립재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory)와 알곤국립연구소(Argonne National Laboratory)의 기술적 지원을 받아 5년간 수행한 연구개발 프로젝트의 산물이다. 총연구개발비는 1천 2백만달러였으며, 이중 300만불은 설계 및 관련 요소기술 개발에 사용 되었으며, 900만불은 건설비와 3년동안의 시험운전비용으로 사용되었다.

OTEC이란 열대지역 해양의 심층과 표층해수의 온도차를 이용하여 발전을 하는 기술로서, 이를 위해서는 심층과 표층해수의 온도차가 20°C 이상이 요구된다. OTEC발전의 방식은 폐쇄사이클(closed-cycle)방식, 개방사이클(open-cycle)방식과, 이 두 방식의 특징을 결합한 혼합사이클(hybrid-cycle)방식으로 크게 분류할 수 있다. 폐쇄사이클 방식은 암모니아와 같이 비등점이 낮은 작동유체를 증발기로 보내어 따듯한 표층해수를 사용하여 증기화 시키고, 이를 이용하여 터빈을 구동한다. 터빈에서 나온 증기를 압축기로 보내어 차가운 심층해수를 사용하여 압축시켜 액체로 만들고 이를 피드펌프를 사용하여 다시 증발기로 보내는 방식이다. 반면에, 개방사이클 방식에서는 표층해수를 공기압력의 3%인 진공챔버에서 기포를 제거하고 수증기로 변환시켜 터빈을 구동시키고, 터빈에서 나온 수증기는 차가운 심층해수를 사용하여 냉각되어 담수가 된다. 따라서 개방사이클방식의 OTEC은 전기뿐만 아니라 신선한 담수를 제공할 수 있다.

PICHTR은 개발된 210Kw급 개방사이클 해수온도차 발전설비에 표면압축기를 설치하여 하루에 7,000갤론의 신선한 담수를 생산하고 있으며 이의 성공적 운전과 함께, 1995년부터는 50Kw급의 폐

쇄사이클 해수온도차 발전소를 새로이 건설하여 현재 운전중이다. 아울러, 현재에는 축적된 기술을 바탕으로 인디아나주 타미나두(Tami Nadu)의 해양에 100Mw급 부유식 해수온도차 발전소를 건설할 계획을 추진중에 있다.

## 7. 미국의 발전 바지(Power Barge) 건설 붐

현재 미국에서는 항공기용 가스터어빈을 이용한 발전 바지 건설붐이 일고 있다. 이는 육상에 발전소를 설치할 장소가 없거나 설치가 용이하지 않은 지역에 발전 바지가 적절하다는 이유외에도, 90년대 들어와서 민간기업이 발전사업에 참여할 수 있게 규제가 완화되고, 개발도상국의 전력수요의 급증, 해상운송 및 설치기술의 발전 및 육상용 가스터어빈보다 효율적이고 탑재가 용이한 항공기용 가스터어빈의 채용 등에 기인한다.

최근, 세계 최초로 복합사이클을 이용한 185Mw급 발전 바지가 미국 4개사의 3년간 공동개발에 의해 도미니카공화국 Puerto Plata 근해역에 건설되어 금년 1월부터 완전가동에 들어갔다. 총 2억달러의 비용이 든 이번 발전 바지 건설사업은 오클라호마주의 민간전력회사인 Smith Cogeneration사가 1993년 도미니카공화국으로부터 수주하여 본 사업을 총괄하고, 휴스턴에 있는 Enron사가 공동투자자, 뉴욕주 Schenectady에 있는 General Electric Industrial Power System사가 플랜트 개념설계 및 플랜트 주요 설비를 제공하고 메사추세츠주 Lexington에 있는 Raytheon Engineers & Constructors International사가 turnkey방식의 건설을 담당하였으며, Enron사의 계열사인 Enron Engineering & Construction사가 전체사업의 기술적 검토와 함께 계류시스템, 증기발생을 위한 담수화설비 등의 부대시설을 건설하였고, 바지는 텍사스주 Beaumont에 있는 Trinity조선소에서 건설하였다. 본 Puerto Plata 발전 바지의 성공적 건설과 함께 현재 Smith Cogeneration사는 100Mw급 발전용량과 하루 1백만갤론의 담수를 제공하는 발전/담수화 바지를 Haiti에 건설운영하는 계약과 300Mw

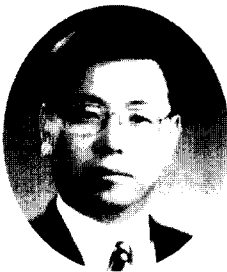


급 복합사이클 가스터어빈 발전 바-지를 인도에 건설하는 계약을 체결하였으며, 그 밖에도 파키스탄, 팔레스타인 및 중국연안도시에 유사한 발전 바-지를 건설하기 위해 협의중이다.

이러한 가스터어빈 발전 바-지에 대한 수요는 전 세계적으로 더욱 증가추세에 있으며 이를 종래의 주문생산방식으로 감당하는 데 무리가 있어 휴스틴의 가스터어빈 제작사인 Stewart & Stevenson International사가 Delta Hudson Engineering사와 함께 50~100Mw급의 발전 바-지를 미리 건조하는 공장시스템을 구축하여 수요에 신속하게 대처하려고 하고 있다.

## 참고 문헌

- [1] 大川 豊, "メガフロの目指すもの", Techno Marine, 第 794號, 1995
- [2] "U.S. Ocean Resources 2000: Planning for Development and Management", Prepared by the Hawaii Natural Energy Institute, 1992.
- [3] Takahashi, P.K. and Vadus, J., "Ocean Space Utilization : The Blue Revolution", Proceedings of the Pacific Congress for Marine Science and Technology, June, 1992.
- [4] Dichristina, M., "Sea Power", Popular Science Ocean Planet, May 1995.
- [5] Valenti, M., "Power Plants to Go", Mechanical Engineering, ASME, May 1996.



### 정 태 영

- 1952년 9월 15일생
- 1987년 6월 미국 MIT 해양공학 박사
- 1980년 8월 ~ 현재 한국기계연구원 구조시스템연구부장
- 관심분야: 선박 및 해양구조물 동력학, 유체유기진동



### 정 정 훈

- 1962년 7월 12일생
- 1991년 2월 서울대학교 조선해양공학 박사
- 1992년 3월 ~ 현재 한국기계연구원 구조시스템 연구부 선임연구원
- 관심분야: 충격해석, 구조진동해석