

21세기 미래의 해양/조선 구조물



조 철 희*

1. 서 언

지구 표면의 약 71%를 차지하고 있는 바다는 옛날부터 교통, 화물의 수송과 수산자원확보를 위한 터전으로 이용해 왔다. 특히 방대한 천연자원과 에너지자원 및 공간사용을 위해 해양에 대한 관심은 더욱 고조되고 있고 21세기에도 해양을 이용하려는 많은 노력들이 전개될 것으로 예상된다. 그러나 본격적인 해양 개발은 약 40여년 전부터 이루어져왔다. 육상에 비해 해양은 여러 가지 어려운 환경조건을 갖고 있는 특성으로 해양개발은 기술적으로나 경제적으로 많은 도전을 요구한다. 아직도 미지의 분야가 많은 해양은 21세기에는 꽃필 수 있는 미래산업의 원천이라고 말할 수 있다. 해양개발의 목적은 다르게 정의하고 있으나 저자는 다음과 같이 크게 3가지로 분류하여 그에 따른 구조물들을 소개하였다. 첫째, 해양공간의 이용이다. 공간이용에는 다시 여러 형태로 나누어 질 수 있다. 열거하자면 해양도시, 레저시설, 해상플랜트, 해상공항, 해양 물류기지, 해양공장 및 발전소등이다. 둘째는 해양개발이다. 해양개발은 해저석유개발, 해수 및 해저 광물 자원 개발, 해양에너지자원개발, 해양생물 자원개발

등을 포함한다. 또한 해양 개발을 위해 사용되는 첨단 기능과 특수 장비를 갖고 있는 구조물이다. 셋째로 특수 선박분야이고 21세기에 실용화될 첨단 선박을 소개하였다. 본 원고에서는 이 분야 전문가들의 고견과 자료를 수집하여 주제별로 요약/정리하여 21세기에 예상되는 해양/조선 구조물들을 소개하였다.

1. 해양공간 이용

1.1 해양도시

1994년 11월 16일에 유엔 해양법이 발효되면서 세계의 해양선진국들은 미래에 대비하여 기득권을 확보하고자 앞 다투어 해양개발에 박차를 가하고 있다. 인류가 지구표면의 71%를 차지하는 바다를 이용하기 시작한 역사는 먼 태고시대로 까지 올라가지만, 최근에 들어서 급격한 인구의 증가로 인한 식량과 생활공간의 부족, 대량생산으로 인한 육상자원의 고갈 그리고 다음 세대를 위한 해양환경보전의 필요성 등으로 해양활동에 대한 필요성이 크게 제고되었으며, 그 범위도 매우 넓게 확대되었다. 해양활동을 보통 해양운송, 해양

* 본학회 편집위원 · 인하대학교 선박해양공학과, 조교수
(chjo@dragon.inha.ac.kr)

공간, 해양보전, 해양자원 등 4가지 분야로 구분하는 데,¹⁾ 본 고에서는 해양공간을 위한 구조물 중에서 해양도시에 관하여 간략히 기술하고자 한다. 세계 대도시의 70%는 연안에 위치해 있다고 한다. 이는 인류생활에 필수적인 물과 수송등 수자원의 획득이 용이하기 때문인데, 잘 알려진 대부분의 세계 도시들을 꼽아 보면 쉽게 수긍이 간다.

즉, 미국의 뉴욕, 휴스턴, 로스 안젤레스가 그렇고, 일본의 도쿄, 오사카, 중국의 상하이와 홍콩, 인도의 칼커티와 뭄바이 그리고 유럽의 런던과 암스텔담이 그러하다. 그러나 이제 산업구조가 바탕부터 바뀌고 삶에 대한 패러다임이 급격하게 변하는 21세기를 맞아 도시개발에 대한 개념에도 커다란 변화가 일어나고 있다. 즉, 기존의 도시를 새로운 시대에 대응할 수 있는 탄력성을 부여하려면 새로운 인프라 구축이 용이하지 않을 뿐 아니라 비용이 너무 높아 엄두를 내기 어렵게 되었다. 이러한 관점에서 앞으로 기존 도시의 발전은 기존의 기능을 재고하거나 새로운 기능을 부분적으로 추가하는 등 국부적인 리스트럭처링하는 방향으로 나갈 것으로 전망된다.

한편 새로운 형태의 미래도시는 인터넷등 통신네트워크가 완벽하게 구비된 정보화 기능과 국경이 무너져 세계 동조화가 이루어진 상황에서 업무를 효율적으로 볼 수 있는 국제화 기능을 지녀야 한다. 예를 들어 곧도 다케오는 그의 저서 「21세기 해양개발」에서 미래도시가 갖추어야 할 국제교류 기능을 다음과 같이 정의하고 있다.²⁾

1) 국제적 물류기능

공항, 항만, 육상수송시스템의 삼위일체적 국제적 물류 중계기능과 고속 수송기능과 국제적 금융기관이 정비되어 있어야 한다.

2) 국제적 정보기능

국제적 수요에 적응하는 실시간 정보의 발신과 수신이 정비되어 있어야 한다. 동시에 정보를 가공하여 부가가치를 생산하는 상품전시장 교류기능, 금융서비스기능을 갖추고 있어야 한다.

3) 국제적 생산기능

시대를 선도하는 하이테크 신제품이나 신규 노

하우 등의 정보를 생산하여 초기, 성장, 성숙의 3개 레벨의 정보를 지원하는 연구, 개발, 조사, 판매기능이 정비되어 있어야 한다.

이러한 기능을 지닌 미래도시는 기존의 대도시 인근의 연안에 위치할 것이며, 효율성을 유지하기 위하여 그 크기는 소규모로 제한적일 것이다. 우선은 상기한 입지조건에 맞는 연안을 간척하거나 매립하여 건설될 것으로 예견된다. 송도 앞바다를 매립하여 인천항과 새로 건설되는 인천공항과 연계하여 새로운 정보도시를 건설하려는 인천시의 「송도 미디어 벨리」 계획이 하나의 좋은 예이다.

유리한 입지조건인 연안공간 확보가 어려우면 인공섬 또는 수중파일로 지지되는 해상도시가 출현할 것이다. 인구밀도가 조밀한 이웃나라 일본은 이미 고베시 앞바다에 인공섬인 포트 아일랜드와 룩코 아일랜드를 건설하였으며, 그림 1에 도시한 바와 같이 동경만에 수중파일을 이용하여 소위 말하는 마린 커뮤니티 폴리스를 건설하려는 계획을 오래 전부터 구상하고 있다.^{3,4)} 한 걸음 더 나아가서는 그림 2⁵⁾에 예시한 바와 같이 부유식 계류 구조물을 이용하여 기능별로 미니타운을 건설하고 상호 보완적인 기능을 지닌 이러한 규모의 미니 타운을 다수 건설

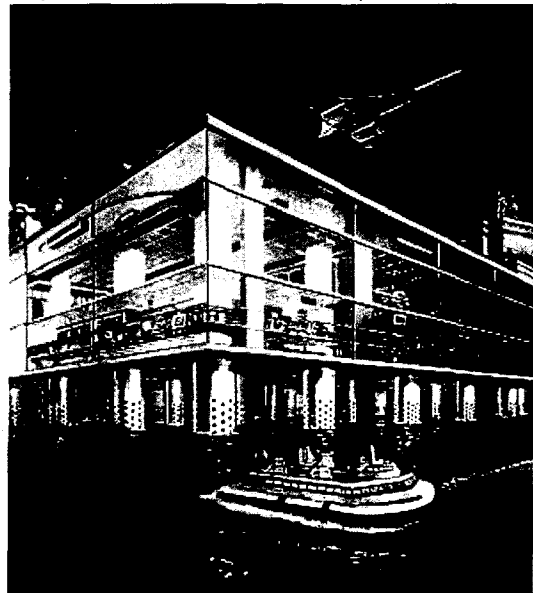


그림 1 파일식 미래해상도시

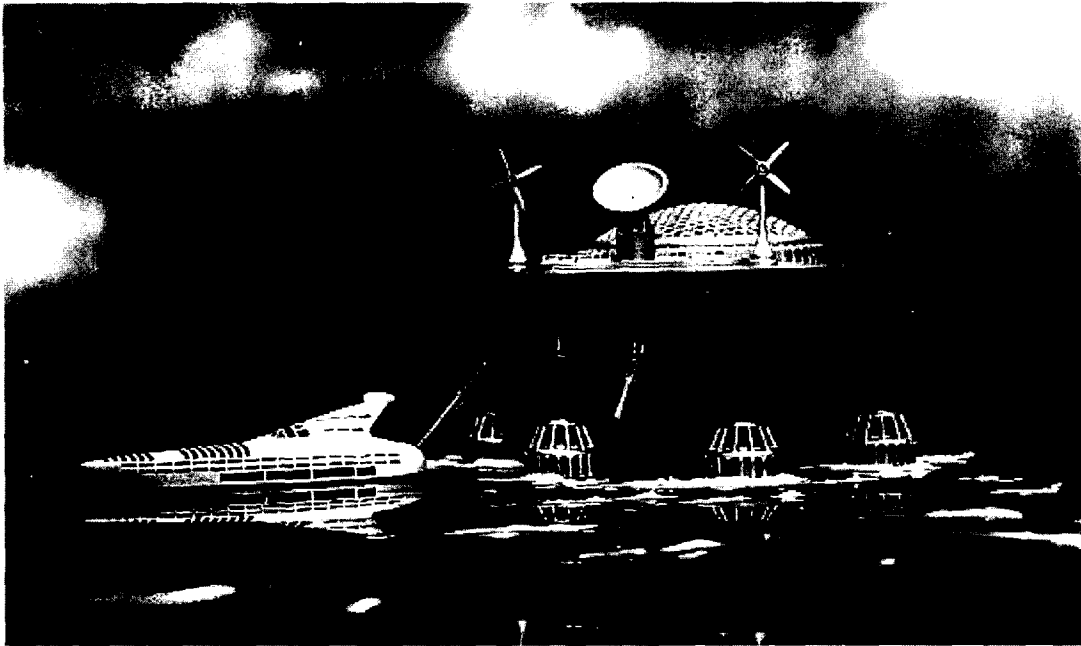


그림 2 부유식 미래해상도시

하여 수중터널로 연결하는 네트워크형 해상도시의 출현도 생각할 수 있다. 이와 같은 형태의 소규모 단위 구조물로는 해상전시관 및 해상 종합레저시설로 사용되는 오키나와의 아쿠아폴리스가 이미 오래 전에 건설되었다. 궁극적으로는 해상이 아닌 해중도시의 출현도 가능하겠지만 해중조사나 군사목적등 특수한 경우를 제외하면 그 실현은 상당히 먼 훗날이 될 것으로 보여 여기서는 취급하지 않는다.

21세기에서 인간은 삶의 질을 보다 중요시하면서 개별화된 체험적 레저를 추구할 것으로 미래 학자들은 예견하고 있다. 특히나 인터넷의 발전으로 재택 근무가 보편화되면서 일과 레저가 쉽사리 연속적으로 이어지는 생활형태를 선호할 것이기 때문에 해상정보도시에 이러한 레저기능이 부여되면 금상첨화가 될 것이다, 예를 들어 수영, 수상스키, 스킨스쿠버, 서핑 등 해상스포츠를 위한 시설은 해상도시에 쉽사리 구비될 수 있다. 한편 해양은 육상과 달리 파도, 조류등 환경인자에 항상 노출되어 있으며, 이러한 해양환경인자들은 인위적으로 제어할 수 없을 뿐 아니라 이에 수반하는 환경하중이 매우 커 이에 대하여 특별한 배려를 하여야 한다. 즉, 육상 구조물의 경우 기능에

의한 하중이 지배적이지만 해양구조물의 경우에는 기능하중 보다는 바람, 파도, 조류 등에 기인하는 환경하중의 영향이 훨씬 크다. 또한 구조물의 형태에 따라 환경하중에 대한 민감도가 달라진다.

앞에서 잠시 언급한 바와 같이 구조물은 크게 보아 매립식과 부유식으로 나눌 수 있다. 이에 대한 기준은 명확하지 않지만 이 분야에 경험이 많은 일본에서는 대략 20미터를 매립의 한계 수심으로 간주하고 있다. 즉, 20미터까지의 해역은 매립으로 해양공간을 확보하는 방안이 유리하나, 수심이 이보다 깊으면 매립공법보다는 부유식 구조물이 경제적인 것으로 알려져 있다.

연안을 매립하거나 인공섬을 만들지만 매립에 수반되는 여러가지 문제가 뒤따른다. 그 중에서도 시간에 따라 지반이 침하하는 문제와 흐름이 바뀌어 매립지 뿐 아니라 인근 해안이 변형되는 문제 그리고 해류의 순환을 저해하여 해양오염이 가중되는 문제들이 가장 심각하다. 반면에 부유식 구조물을 이용하면 이러한 문제들을 상당 부분 해소할 수 있지만, 구조물에 가해지는 환경하중을 경감시키기 위하여 방파제를 설치하는 등의 조치가 필요하며, 특히 일정한 위치에 계류시키는 문

제가 반드시 해결되어야 한다. 즉, 파도 등에 의한 환경하중을 받아 구조물은 구조적인 변형을 하면서 6자유도 운동을 하면서 파도가 진행되는 방향으로 표류하므로, 이에 대한 세밀한 사전 검토가 필요하다. 이를 위하여 해양기상, 해양생물, 해양지질 등 해양학 분야와 환경하중과 구조응답 및 계류거동을 정확하게 추정하고 해상방재를 관리하는 기법을 개발하는 해양공학 분야에 대한 보다 깊은 연구가 요구된다.

1.2 부유식 구조물

지금까지의 해양공간의 이용은 주로 해안의 매립에 의존해 왔으나, 이는 환경측면에서 많은 문제를 야기시키고 있으며, 또한 수심이 깊어지는 경우 경제적으로도 문제가 되기 때문에 대안으로서 부유식 해양구조물로 만들어진 인공지반을 생각할 수 있다. 이러한 부유식 해상구조물은 기본적으로 선박과 마찬가지로 부력에 의해 자중을 버티어 내는 형태로 해저지반에 본체를 직접 설치하지는 않는다. 따라서 구조물이 직접 해저면에 접촉되지 않으므로 수심이나 해저지반의 특성에 크게 영향을 받지 않아 수심이 깊거나 해저지반이 연약한 경우 매우 유리할 수 있다.

부유식 해양구조물을 이용하여 해양공간을 이용하는 경우, 보통의 경우에는 부유식 구조물 이외에도 주변해역을 정온화시키기 위한 방파제, 부유식 구조물의 운동을 구속하기 위한 계류장치, 육지와 부유식 구조물을 연결하는 연육교 등이 필요하다. 부유식 구조물은 대부분 철강구조물로서의 형태는 상자형(pontoon type)과 반잠수형(semi-submersible type)으로 구별된다.

상자형은 구조가 간단하여 건조하기 쉽고 건조비용과 건조기간이 적게드는 반면, 악천후시 파랑하중에 의한 동요가 클 수 있으므로 일반적으로 해역이 정온화 된 지역에 설치한다. 반 잠수형은 파랑하중을 적게 받기위한 형식으로 파력을 받는 면적이 작기 때문에 상자형 구조물에 비하여 동요가 적은 특징이 있다. 그러므로 파도가 높은 해역에는 적당하다고 할 수 있으나 제작비가 비싸다는 단점이 있다.

지금까지 해양공간이용을 위해 개발된 부유식

해상구조물은 연안의 해상호텔, 해상식당, 항만내 해상터미널, 해상레저센터 등 규모면에서 수백미터이하의 소규모급일 뿐 만 아니라 용도면에서도 매우 제한적이었다. 그러나 최근 일본에서 두곳에 대규모의 석유비축기지를 해상에 설치하는 등 용도면에서 다양하게 또한 규모면에서 점차 대규모의 부유식 해양구조물(그림 3)을 이용하여 해양공간을 활용하려는 움직임이 있다. 특히 최근 일본에서는 해상공항의 실현을 위하여 메가플로트 기술연구조합을 1995년에 결성하고, 1998년부터 올해까지 3년간 길이 1000m, 폭 120m의 세계 최대 규모의 부유식 구조물을 만들어 비행기 이착륙 시험을 수행하는 것을 주요내용으로 하는 대규모 프로젝트를 수행하고 있다.⁶⁾ 메가플로트 기술연구조합은 이의 사전적 연구사업으로 1995년부터 3년간에 걸쳐 소형모델(길이 300m, 폭 60m, 깊이 2m)을 건조, 해상접합시험, 환경영향평가 등 여러 가지 실증실험을 수행해 왔다.⁷⁾

해상공항이외에도 해상의 초대형 부유구조물을 이동군사기지로 이용하는 방안,⁸⁾ 해양열에너지 교환시스템을 이용하여 에너지를 얻어 해상에서 전기, 물, 해수산물, 생약 등을 얻자는 안,⁹⁾ 해상에 존재



그림 3 메가플로트기술연구조합의 실제 해역 실험장 해상접합 광경

하는 다양한 에너지원, 즉 태양열, 파도력, 풍력, 해수온도차 등을 이용하여 해상에 자연에너지 공원을 건설하자는 안,¹⁰⁾ 또한 고리형 반잠수식 구조물(그림 4)을 이용하여 해양공간을 대규모 사무공간으로 사용하자는 안¹¹⁾ 등 많은 안들이 미래의 세계 인구증가로 인한 육지부족현상과 자원고갈, 지구환경오염의 문제를 극복하기 위한 대안으로 대두되고 있다.

국내에서도 초대형 부유구조물을 이용한 해양



(a) 단면도 (b) 조감도

그림 4 고리형 반잠수식 해상빌딩

공간의 활용기술에 대하여 최근 많은 기본적인 연구가 이루어지고 있으며, 최근에는 부산앞바다에 해상공항 및 복합물류기지(그림 5)를 건설하자는 안이 제안된 바 있다.¹²⁾ 이 해상공항 및 복합물류기지는 부산 김해국제공항의 대체안으로서 이를 해상에서 실현하고, 가덕도 신항만시설이 2010년 이후 처리능력이 포화상태에 도달할 것을 예상하여 2020년 경에 건설되는 것으로 되어 있다. 제안된 해상공항 및 복합물류기지는 길이 4.5km, 폭 1.5km의 규모로서 3.5km급의 활주로 1개와 300m급의 컨테이너 운반선 10선석의 부두시설을 갖추는 것으로 되어 있다.

2. 해양개발분야

위에서 열거한 부유식 구조물은 여러 가지 형태로 적용이 가능하다. 단지 해양공간을 이용하는 분야 뿐만 아니라 해양개발에도 응용된 부유식 구조물이 사용된다. 해양개발은 해저면 아래 매장되어 있는 석유, 천연가스를 이용하는 것으로 앞으로는 수심 1Km 이상이나 극지와 같이 환경조건이

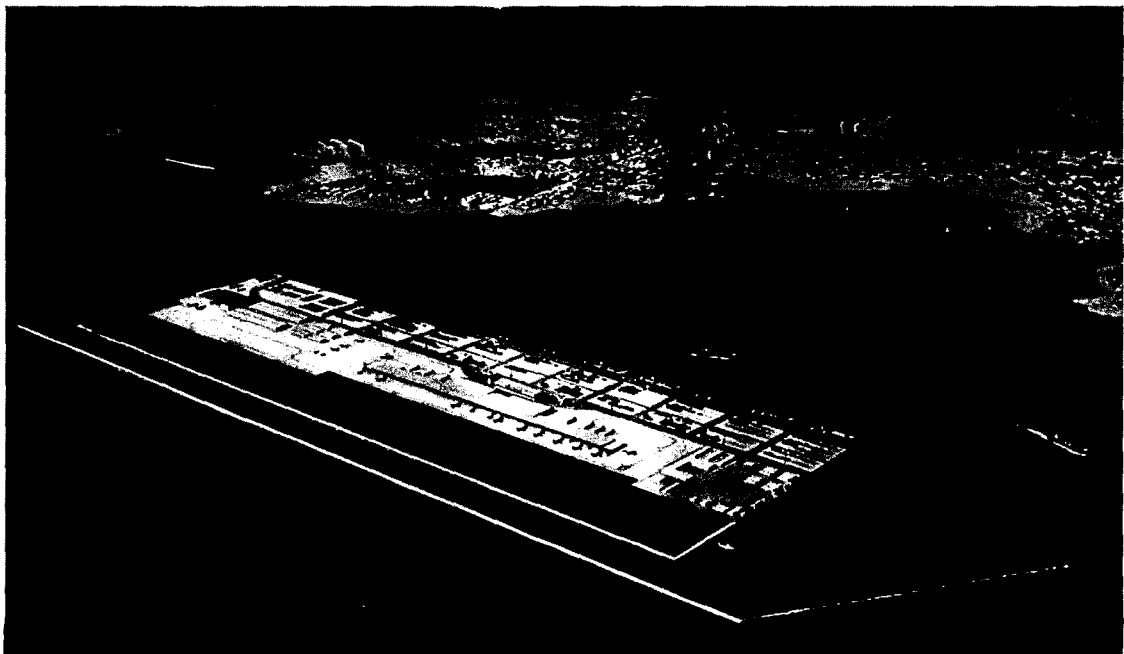


그림 5 수영만 앞 해상공항 및 복합물류기지(안) 개념도



그림 6 FPSO

열악한 곳에서도 개발이 이루어 질 것이고 해수 중의 우라늄이나 심해에 있는 코발트, 망간단괴도 채취가 가능해 질 것이다. 그림 6은 앞으로 많이 응용될 해양개발 구조물인 FPSO이다. FPSO는 부유식 계류 구조물로 해저에서 채취한 기름이나 가스를 정제, 보관하는 떠있는 공장이다. 해양 에너지 또한 앞으로 많이 활용될 것이다. 해양에너지의 종류는 파도의 운동에너지를 이용한 파력발전, 해류를 이용한 해류발전, 조수간만의 차를 이용한 조력발전, 해수의 열에너지를 이용한 해수온도차발전, 해풍을 이용한 풍력발전 등이 있고 그 잠재 에너지가 무궁하고 무공해 청정에너지이므로 이 분야의 연구가 활발히 전개되고 있다. 그림 7은 현재 실용화 단계에 있는 해류발전 시스템이다. 해양 생물자원개발은 육상에서 일반 가축을 사육



그림 7 해류발전 시스템

하는 것과 같이 해양에 목장을 조성하여 각종 어패류를 양식화하는 것이다. 해양 개발에 따른 각종 특수장비도 앞으로 많이 등장할 것이다. 깊은 심해에서 작업하는 수중 로봇을 비롯하여, 자동으로 해저를 다니며 임무를 수행하는 수중무인잠수선, 대형해상크레인구조물, 해저관을 설치하는 최첨단 부설선, 해저에 케이블을 설치하는 케이블선 등 여러 형태의 특수 해양장비들이 많이 개발될 것이다. 본 원고에서는 21세기 무인잠수정과 케이블선에 대해 간략히 소개한다.

2.1 무인잠수정

해양은 여전히 인간에게 낯설고 두려운 곳이며 많은 부분이 미개척 분야로 남아있다. 바다는 지구 표면적의 71%를 차지하고 있으며 평균 해수심이 3,700미터로 전체 부피도 엄청날 뿐만 아니라 식량 자원, 광물자원, 공간자원 등 미개발 상태의 자원의 보고라고 할 수 있다. 이런 해양속을 탐색하기 하기 위해 1960년대 초부터 상용화 개발이 시작된 무인잠수정(UUV: Unmanned Underwater Vehicle)은 사람이 타지 않고 수중에서 주어진 임무를 수행하는 무인수중운행체의 모든 종류를 총칭하여 말하는데, 운용하는 형태에 따라 크게 세 가지로 구분할 수 있다.

무인잠수정을 운용하는 모선과 연결된 테더 케이블(tether cable)을 이용하여 모선과 운항체 사이에 정보교환 및 조종작업이 이루어지는 ROV (Remotely Operated Vehicles)와, 운항체의 모든 장비작동, 항해, 제어, 그리고 임무수행 등이 기본적으로 운항체 내에서 자율적으로 실행되는 AUV (Autonomous Underwater Vehicles), 그리고 ROV와 AUV의 단점을 보완한 개념의 SAUV (Semi-AUV)이다. SAUV는 테더 케이블 대신 중성부력의 광통신 케이블을 사용함으로써 실시간으로 해저정보를 파악하고 수중에서의 거동의 제약을 줄일 수 있도록 보완한 것으로서, 1991년 걸프전 이후 천해역에서의 기뢰 제거 등 군사적인 필요에 의해 도입된 개념이다.

제2차 세계대전 이후 미국 해군에서 수중세력의 안전성 확보를 위하여 해저 탐색 및 조난구조 보조장비로서 ROV 형태의 무인잠수정 필요성이

최초로 제기되었다. 그리하여 1960년 잠수함 조난에 구조용으로 사용될 2000m까지 잠수가 가능한 CURV를 개발하여 사용하기 시작하였다. 걸프전 이후에는 걸프전에서 얻은 기뢰 제거에 대한 교훈을 중심으로 적 해안에 상륙작전을 보다 은밀하게 수행하기 위하여 적 해안에 설치해 놓은 기뢰, 지뢰, 그리고 장애물들을 제거할 수 있는 다목적 AUV를 개발하고 있다. 미국에서는 해군과 일반대학 연구소간의 긴밀한 협조 아래 신뢰성과 정확성이 높은 기뢰 제거 및 해난 구조 등에 사용될 수 있는 무인잠수정 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 또한, 미국의 해양산업분야에서는 멕시코만에서의 유전지역 또는 해저 광통신 케이블의 매설 및 유지보수작업에 ROV를 많이 사용하고 있으며 Level-V 급 중작업용 ROV들이 투입되고 있다.

프랑스에서도 해양활동의 증가와 해양자원 확보 중요성이 인식되면서 1984년 6월에 프랑스의 해양분야 전반의 연구를 강화하기 위하여 기존 연구소인 CNEXO를 확대 개편하여 국립해양연구소인 IFREMER를 설립하였다. 연구소를 통합하기 이전 1976년에 CNEXO에서는 넓은 해양의 조사를 위해서는 유인잠수정의 한계와 ROV의 제한적 요소 때문에 무인잠수정(AUV)을 경제적이고 실용적으로 판단하여 자율무인잠수정 시스템 개발에 착수하였으며, 1978년에 초음파에 의해 원격조종이 가능한 수심 4,200m급 Epaulard의 설계 제작에 성공하였다. 그림 8은 프랑스 해군이 사용하고 있는 기뢰 제거용 ROV이며 해저 기뢰를 탐색 식별하여 제거하기 위하여 접근하는 모습이다. 프랑스는 이와 같은 노력으로 지금은 무인잠수정 개발에 있어서는 세계적인 해양선진국의 하나가 되었다.

영국은 일찍이 북극지방의 석유탐사용으로 무인잠수정 개발에 높은 관심을 가지고 있었으며, 프랑스와 공동연구로 ROV와 AUV에 대한 많은 기술을 보유하고 있는 국가중의 하나이다. 영국의 무인잠수정 기술은 1982년 ROV 형태의 잠수정 ANGUS 003(A Navigable General Purpose Underwater Surveyor)를 제작 연구함으로써 시작되었으며, 동시에 600kHz의 초음파 링크로 원격조종하는 무삭식



그림 8 프랑스 해군의 기뢰제거용 ROV

(non-tether cable type) 무인잠수정 ROVER01을 제작 실험하여 성공하였다. 최근에는 수심 6,000m급 DOLPHIN과 DOGGIE의 AUV 프로젝트를 수행하여 DOLPHIN은 극 지역의 천해에서 ARGOS와 GPS를 이용하여 장거리 항해를 할 수 있도록 하였으며, DOGGIE는 특정 심해지역에서 지구물리학적 지질조사를 목적으로 개발하는데 성공한 바 있다. 그림 9은 영국의 기뢰 제거기 PAP이다.

일본은 1982년부터 수중탐사 기술을 미래기술로 정의하고 극한에도 견딜 수 있는 로봇에 대한 연구개발을 추진하기 시작하였다. 1983년부터 1990

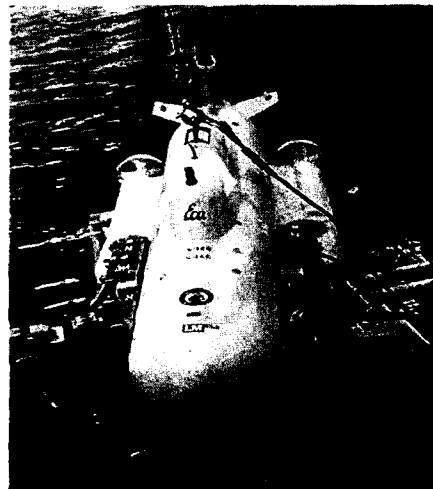


그림 9 영국 기뢰 제거기 PAP

년까지 8개년간 250억엔의 예산으로 원자력 발전 시설용 로봇, 해저 석유생산시설 작업 로봇, 해양 오염 방제로봇의 연구개발을 수행하였다. 초기에 일본의 수중로봇 기술은 군사목적 보다는 산업용으로 개발하였으며, 근래에 와서는 군사목적으로 이용도를 높이고 있다. 1989년에는 PTEROA150을 설계 제작하고 실제 해상에서 시험을 수행하여 기술적 성과를 거두었으며, 1992년에는 KDD가 Aqua Explorer 1000을 개발하기도 하였다. 일본은 다른 나라에 비하여 AUV 개발의 시작은 매우 늦은 편이나 JAMSTEC 등 연구소와 대학들의 협력을 통해 현재에는 가장 기술개발이 활발한 나라이다. 이는 전기, 전자 특히 컴퓨터의 급속한 발전에 힘입어 비교적 개발이 용이하기 때문인 것으로 판단이 되며, 앞으로 ROV나 AUV의 개발 잠재력이 높은 나라이기도 하다.

한국은 선진 외국에 비하여 수중탐사를 위한 무인잠수정 개발을 매우 늦게 시작하였으나 해양 자원 개발을 위한 해저탐사 및 해양환경 조사용으로 대우중공업과 한국해양연구소의 선박해양공학분소를 중심으로 심도 있는 연구개발이 진행 중에 있다. 대우중공업에서는 구 소련으로부터 도입한 자율무인잠수정(AUV)의 기술을 기초로 하여 시제품 옥포6000을 완성하여 5000m의 심해에서 실험하는데 성공하였다. 그림 10의 OKPO-6000은 4개의 추진용 프로펠러를 가지고 있어 별도의 방

향타 없이 자세 제어를 할 수 있으며, 3 knot의 속력과 한번 잠수시 약 10-15시간의 사용 가능하다. OKPO-6000은 TV 카메라와 녹화장치 그리고 side scan sonar를 가지고 있어 해저면 탐사와 해저물체의 수색을 위하여 적절한 AUV이다. 선박해양공학분소에서는 ROV와 AUV를 독자적 기술 개발로 많은 발전을 해왔는데 1993년 300m급 CROV300의 ROV를 개발하는데 성공하였으며, 그후 200m급 AUV인 VORAM를 제작하여 무인잠수정에 대한 기술은 상당한 수준에 도달해 있다. 1998년부터는 해군에서 사용하고 있는 Pluto Plus MDV의 항해오차, 조류에 대한 취약성 등의 문제점을 보완한국산 MDV를 민군겸용 과제로 수행하고 있다.

무인잠수정은 산업분야 및 군수분야 그리고 기술분야에 많이 응용될 수 있다. 대표적인 산업분야는 심해저 광물 채광에 적용될 수 있다. 우리나라는 주요 전략금속의 장기 안정적 공급원을 확보하기 위해 1994년 UN 산하의 국제해저기구(ISA)로부터 선행투자가 자격으로 개발을 인준 받은 태평양 공해상의 남한 면적 1.5배의 망간단괴 밀집지역(C-C Zone)에 대한 개발을 본격 추진하고 있다. 이 해역의 평균 수심이 5,200m이므로, 심해저에서 안정적으로 작동하는 탐사, 집광, 채광용 무인잠수정들이 정부의 지원 하에 독자적으로 개발되어야 할 것이다. 그림 11은 감자모양으로 심해저 평탄부에 많이 깔려있는 망간단괴이고

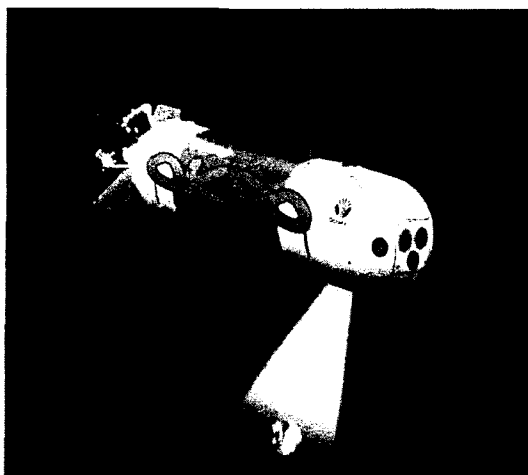


그림 10 OKPO-6000 자율무인잠수정

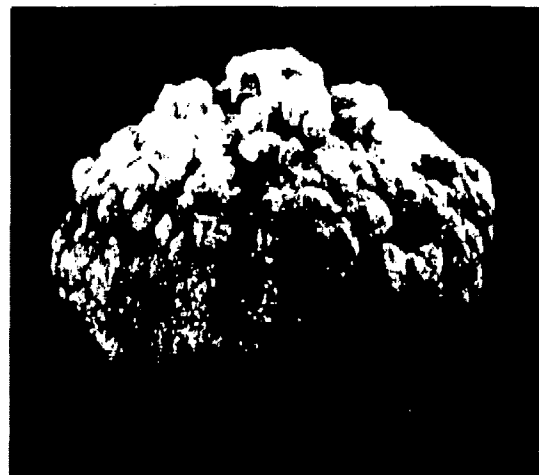


그림 11 태평양 심해저의 망간단괴

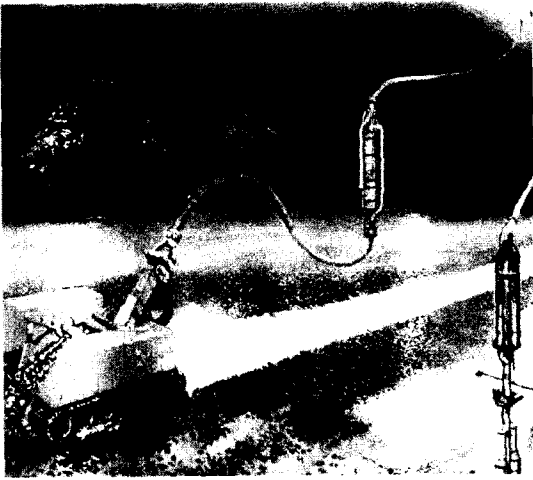


그림 12 심해저 광물 채광 상상도

그림 12는 심해저 채광기가 망간단괴를 집광, 양광하는 상상도이다. 군수분야에서도 무인잠수정은 세계 각국의 해군에서 잠수함 작전에 대한 방대한 수중자료 수집, 해양탐사, 조난된 함정 및 잠수함의 구조활동 그리고 기뢰 제거 및 부설에 필수적인 장비로 인식되고 있다. 그러나 무인잠수정이 수중에서 주어진 임무를 정확히 수행하고 그 역할을 다하기 위해서는 수중항법 및 제어, 통신, 추진시스템, 선형설계 등의 하드웨어 분야뿐만 아니라 무인잠수정의 사용 목적에 따라 인간지능 역할을 할 수 있는 소프트웨어 개발이 선행되어야 할 것이다.

ROV 형태의 무인잠수정은 앞으로도 항만의 기뢰 제거 목적과 큰 동력 및 장시간 작업이 요구되는 조난 구조용으로 계속 발전될 것이며, AUV 형태의 무인잠수정은 은밀성이 요구되는 기뢰 제거용, 적 지역 탐색 그리고 적 세력을 유인하는 수중무기체계 시스템으로 발전될 것이다. 21세기의 수중작업은 기계화, 자동화, 경량화를 전제로 장시간의 작업내용이 기획되고 있는데, 일주일 연속작업 또는 활동거리 수백 km 등이 요구되고 있다. 해상이 나빠지는 경우에도 스스로 작업을 계속할 수 있는 다목적 mission의 수행능력과 충분한 동력의 탑재가 가능해야 한다. 수중음향 통신기술의 발전으로 무인잠수정이 해저에서 취득하는 영상자료가 모션 또는 육상기지에 실시간으로 전송될 것이다. 또한 장기간의 작업이 가능할 수 있

도록 에너지 밀도를 극대화시킨 충전식 전지 또는 연료전지가 상용화될 것이다. 무인잠수정 스스로 고장유무를 진단하고 복구하며 fault-tolerant 알고리즘을 구동하여 끝까지 주어진 임무를 수행하는 robust mission algorithm이 탑재될 것이다. 6,000미터 해저에서 이동중인 운항체의 실시간 위치정보도 모션 또는 육상기지에서 관찰, 기록되므로 광범위한 해역에서의 침몰체 수색작업이 가능해지고, 그 절대위치가 즉시 알려져 ROV 형태의 구난장비를 정확하게 투하할 수 있게 될 것이다.

2.2 케이블선

멀리 떨어진 지역간에 대량의 정보와 에너지를 신속하게 전달하는 것은 인류의 오랜 숙제로 되어왔다. 이를 해결하기 위하여, 인류는 유무선통신기를 개발하였다. 무선통신기는 태양 등 우주로부터 오는 전자기파의 영향으로 잡음이 발생하고, 시간지연으로 인하여 통화 중 대기시간이 요구되며, 특히 통신보안에 대한 안전성이 없다. 이러한 이유로 유선통신이 선호되고 있으며, 선진통신국가에서는 해저케이블에 의한 통신요금에 비싸게 책정하고 있다. 1851년 Brett형제가 철선으로 보강한 케이블을 영불해협에 세계최초의 해저에 부설하였다. 그 후, 통신기술의 발달로 동축케이블로, 광파이버케이블로 발전되면서 전화는 물론이고 광역대 디지털서비스를 제공하는 광해저케이블 네트워크가 건설되고 있다. 케이블선은 케이블의 해저 포설이나 매설기능 외에도 케이블의 보수유지기능이 있어야 한다.

케이블의 보수를 위하여 R.O.V(Remotely Operated Vehicle)를 위한 적재공간을 준비한다. R.O.V의 nozzle을 사용하여 water jet방식으로 해저를 굴삭하고, 고장난 케이블을 해저에서 선박으로 보내고, 수리 후에 다시 매설한다.

R.O.V는 별도의 조종실에서 모니터의 영상을 보면서 master-slave manipulator를 사용하여 조작한다. 케이블선은 일종의 작업선이므로, 선수부에는 천해에서의 케이블부설지원을 위하여 Sheave를 보유하고, 중앙부 갑판에는 케이블을 인양, 보수 및 설치시 조작하는 linear 케이블엔진, 케이블

보수실, 천장 mono rail, 3-4rodml deck crane, 작업 보트 등 복잡한 공장과 같은 형상이며, 선미부에는 넓은 공간에 연근해에서 사용되는 케이블 sheave, heave compensator, tensioner 및 A-frame 등이 설치된다. 선체중앙부의 갑판하부는 모두 케이블을 저장하는 원형탱크이다. 이 탱크의 크기는 선박의 항해일수를 결정하므로 가급적 크게 하여야 한다. 케이블선은 케이블 설치나 보수작업 중에 태풍이 오지 않는 한 해상상태가 나빠도 작업을 계속해야 하므로 매우 우수한 조정성과 내항성능 및 복원성능이 요구된다. 또한 작업의 다양성에 대처하기 위하여 장비들은 가급적 module화되고 portable하여야 제거 및 신설이 가능하도록 하여야 하며, 특히 선원실 및 작업실의 일부는 container로 요구된다. 또한 보다 더 천해에서 작업이 가능하도록 draft의 고려도 요구된다. 광화이버는 물론이고 해양석유설비에 전기를 공급하는 대직경의 전력선의 부설도 가능하게 하기 위하여 cable handling equipment가 flexible 설계가 요구된다. 보다 더 긴 케이블을 적재하기 위하여 갑판상도 케이블을 적재할 수 있는 방안이 개발되고 있다.

3. 특수 선박분야

해상 운송에 일반적으로 인식되어온 선박의 형태는 21세기 들어서 많은 변화를 가져올 것이다. 형상뿐만 아니라 그 기능 및 목적이 여러 형태로 발전될 것이다. 본 원고에서는 현재 활발히 추진되고 있는 특수 선박에 대해 간략히 요약하였다.

3.1 해면 효과익선

1976년 카스피해에서 물위에 떠서 시속 550Km/h로 항주하는 괴물체가 레이더에 발견되었다. 당시의 상식으로는 배가 아무리 빨라도 550Km/h로 항주할 수는 없었기 때문이다. 서방의 군사전문가는 이 물체를 SEA MONSTER로 명명하고, 이 괴물체의 정체를 파악하기 위해 분주하였다. 이 괴물체가 미래형 해상수단으로 각광을 받고 있는 해면효과익선이다. 해면 효과를 이용한 해면효과익선은 러시아에서 최초로 군사 목적으로 개발되어 서방세계에 알려지게 되었다. 러시아에서는 1960

년대부터 군용으로 독자적인 개발을 시작하였으며 2인승의 소형으로부터 배수량 550톤급의 대형 WIG선까지 10개의 WIG선을 시리즈로 제작하여 연구를 수행하였다. 1966년에는 배수량 550톤, 최고속도 550Km/h, 850명의 군병력수송이 가능한 해면효과익선을 개발하는데 성공하였으며 이것이 SEA MONSTER이다. 현재 러시아에서는 자유화의 물결을 타고 이 WIG선을 민수용으로 전환하려는 노력이 활발하게 전개되고 있다. 현재의 해상 수단으로서 항공기는 화물을 신속히 운반할 수 있지만 수송 단가가 고가이고 대형화의 한계가 있어 대량의 화물을 운반할 수 없다는 단점이 있다. 선박은 대량의 화물을 저가에 수송할 수 있다는 장점은 있지만 속도가 느리다는 단점이 있다. 이 두가지 수송 수단의 단점을 보완하고 장점만을 취합한 차세대 수송 수단으로서 해면효과익선이 각광을 받고 있다.

해면효과익선은 물속을 달리는 수중익이 수면에 근접할수록 효율이 떨어지는 반면, 공기중을 항행하고 있는 날개는 수면에 가까워질수록 효율이 향상된다는 원리를 이용한 수송 수단이다. 통상의 공기 중을 항행하고 있는 익면이 수면에 가까워지면 익면 밑의 공기가 갇히는 현상(해면효과)이 일어나 양력이 2배 정도 증가한다. 양력이 증가하면 이에 대응하여 항력(저항)이 증가하는 것이 당연할 것이다. 그러나 날개가 해면에 근접해 있기때문에 날개 양끝에 생성되는 와류의 생성이 억제되어 저항은 크게 증가하지 않기 때문에, 양력-항력비가 증가하는 효과를 얻을 수 있다. 이 원리를 이용하여 항주하는 것이 비행기 또는 수상비행기와 가장 다른 점이다(그림 13). 해면효과익선은 해면효과를 이용할 수 있으면, 초원, 설원, 육지위에서도 주행이 가능하다. 실제로 해면효과익선은 육지에서 출발하여 바다로 이동한후 바다 위에서 이착륙하기 때문에 항공기에 필요한 활주로 시설과 배와 같은 항만시설의 대단위 투자가 필요 없게 되며 기존설비의 사용도 가능하다.

국제공항 또는 항구 하나를 건설하는데 1조원 이상의 예산이 소요되는 점을 감안하면 매우 큰 장점이라 할 수 있다. 또한 항공기와 비교하여 대형 사고시 안전하다는 것도 큰 장점이다. 항공기의

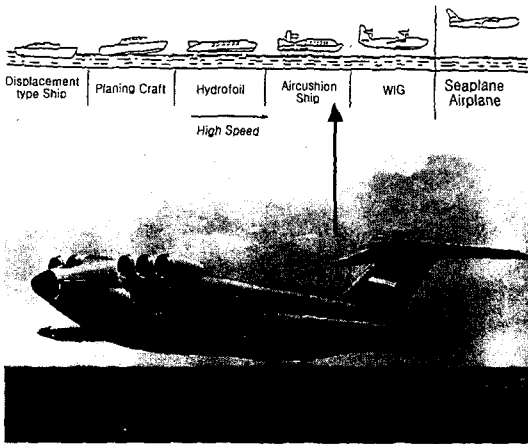


그림 13 WIG선

경우 고평에서 계기의 고장등 재난을 만났을 경우 또는 이착륙시 발생한 사고는 대형의 재난으로 연결되나, WIG선의 경우는 항주중 고장을 일으키더라도 해면에서 5미터 이내로 낮게 떠서 항주하기 때문에 대형의 재난이 일어날 가능성이 적다. 항공기는 엔진의 출력, 활주로의 길이등 대형화에 따른 제약을 갖고 있다. 그러나 WIG선은 해상에서 이착륙하기 때문에 활주로의 길이에 따른 제약이 없고, 비행기보다 양항력비에서 우수하기 때문에 기존의 항공기보다 대형화가 유리하다. 또한, 항공기보다 제작이 용이하고 무게의 제한이 적기때문에 기존의 선박용 알루미늄으로도 제작이 가능하다. 따라서 항공기와 같은 고가의 소재를 사용하지 않아도 건조가 가능하며 선가가 항공기에 비해 저렴하다는 장점이 있다. 그림 14는



그림 14 선박해양공학분소가 개발한 유인시험선(1인승, 길이 8미터; 최고속도 70km/h 실현)

한국해양연구소 선박해양공학분소는 과거, 국제과학협력센터의 '95 한·러 과학기술 컨소시엄 사업'으로 개발한 여객수송용 소형해면효과익선이다.

3.2 초고속선

21세기에는 생산제품의 고부가가치화, 경량화, 다품종화 등으로 화물의 물류비용 절감에 대한 관심도가 높아져 수송비 및 수송시간 감소를 위한 욕구가 증대될 것이고, 따라서 수송효율 향상을 위한 경쟁으로 더욱 빠르고 규모가 큰 수송수단이 필요하게 될 것이다. 선박 분야에 있어서도, 여객선의 고속화, 고급화 및 대량의 화물을 현재보다 고속으로 수송할 필요성이 대두되고 있어, 최근 초고속선에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 고속선은 이미 1960년대부터 개발이 진행되어, 주로 소형여객선에 대한 연구가 주를 이루었으나, 최근에는 중대형 고속선에 대한 개발이 한창 활기를 띠고 있다. 중소형 고속선의 선형에는 다양한 종류가 제안되어 있고, 계속 증가하는 추세이며, 국내외적으로 많은 조선소, 연구소 및 대학에서 고속선의 개발에 노력을 하고 있으며, 그러한 노력의 결과 여객선을 중심으로 실용적인 초고속선형이 출현하기 시작했다. 이러한 초고속선형에는 부력지지형식의 Catamaran, SWATH, 양력지지형식의 Hydrofoil, Planning Hull, Foilcat 과 공기정압지지형식의 ACV, SES 및 초고속관점에서 인기를 얻고있는 공기 동압 지지형식의 WIG등이 있다. 또한, 일본의 SHIP & OCEAN사에서 석유의 고갈에 대비하여 개발중인 초전도 전자 추진선과 다중선체 선형으로 삼동선 및 선체를 5개이상 붙여서 만든 선형들이 연구되고 있다.

이러한 고속선 개발 동향을 바탕으로 하여 국내 조선소에서의 고속선 개발현황을 살펴보면, 현대중공업은 1990년부터 초고속선 개발계획을 수립하여 재화중량 10000톤 이상의 대형 초고속선 개발을 궁극적인 목표로 적극 추진하고 있다. 한편 대우중공업은 초기 개발 계획단계에서는 초고속선 선형을 개발 목표로 하였으나, 50노트가상

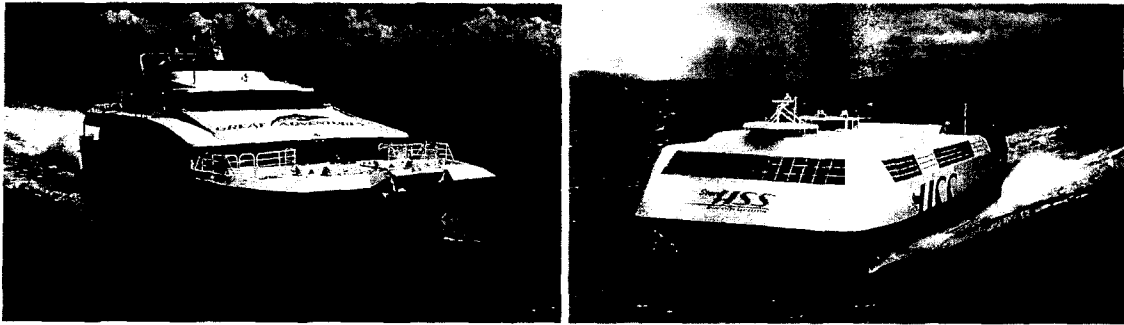


그림 15 초고속선

선박의 대형화에 따른 문제점과 실용성, 그리고 여객 및 화물 수송에 있어서 선박의 경제성 등을 고려하여 40노트급에 대한 개발로 전환하여 7종의 고속선형에 대한 개념설계를 완료하였고, 이중 5종의 선형에 대하여는 기본설계 및 모형시험을 완료하였다. 그리고, 삼성중공업은 1991년부터 초고속선 개발에 착수하여 350인승 고속여객선을 건조하였으며, 80m급 쌍동형 카페리, 100m급 단동형 카페리, 110m급 초고속 화물선 개발 등을 추진 중에 있다. 또한, 한진중공업은 1970년대 알루미늄 고속 경비정건조를 포함하여 6척의 SES 및 공기부양선(hovercraft)과 4척의 쌍동선 개발실적을 가지고 있다. 그리고 국외의 초고속선 개발 현황 중에서 대표적인 것으로 미 해군의 선체길이 230M에 55KTS 급 SES와 호주의 INCAT사의 길이 120M에 57KTS급 Catamaran을 들 수 있다. 그러나 대형 초고속화선의 개발에는 앞으로 추진기관 및 추진기등과 관련된 문제의 해결이 우선되어야 한다.

21세기에는 육로수송의 한계와 항만 시설의 부족으로 체선, 체화현상의 심화 및 소득의 향상으로 연안 여객을 신속하고 안전하게 수송할 수 있는 교통수단이 필요하게 되며, 지역 및 국제간 교류의 증대로 수송수단의 고속화, 대형화가 요구될 것이다. 그리고 경제블록화로 인한 대중국 수출입 화물 등 경제권내 해상 수송수요가 증대할 것으로 예상되고, 남북한 경제협력 증대에 따라 해상수요가 증가할 것이다. 따라서 21세기에는 선박의 초고속화 및 대형화의 추세가 더욱 진전될 것으로 보인다. 즉, 화물의 운송에 있어서는

황천속에서도 화물을 안전하고 빠르게 운송할 수 있는 대형 고속선형이 요구되고 있으며, 여객 운송에 있어서는 안전도와 승선감이 향상되어 훨씬 더 쾌적한 중소형 100KTS급의 초고속선형이 등장할 것이다. 이러한 미래의 대형 초고속선형은 정적압력과 부력 및 양력을 적절히 복합한 형태의 선형들이 각광을 받을 것으로 예상된다. 그러나 요즘 문제가 되고 있는 환경문제 등을 고려하면 초전도 전자 추진선과 같은 종래와는 다른 새로운 추진방식의 선박이 출현도 예상할 수 있다.

선박의 대형화 및 초고속화는 지난 수십년간 수요 및 필요에 따라서 많은 발전을 이루어 왔다. 21세기에는 육해공 모든 수송수단의 대 변화가 이루어 질 것이고, 그 과정에서 시대에 부응한 초고속선의 수요가 지속적으로 발생할 것이다. 이러한 시대의 요청에 부응하여 초고속선은 앞으로도 많은 연구가 이루어 질 것이고 초고속선의 기술은 첨단 고부가가치 기술로서 21세기에 우리나라 조선산업과 국가의 경쟁력 향상에 크게 도움이 될 수 있을 것으로 예상된다.

4. 결 론

21세기에서 인간은 삶의 질을 보다 중요시하면서 개별화된 체험적 레저를 추구할 것으로 미래 학자들은 예견하고 있다. 특히 인터넷의 발전으로 재택 근무가 보편화되면서 일과 레저가 총족되는 생활형태를 선호할 것이기 때문에 해상정보도시에 이러한 레저기능이 부여되는 신도시의 도래도

얼마 남지 않았다. 21세기에 출현할 해상신도시를 상상해 본다면 아마 다음과 같을 것이다. 해상도시의 모든 발전이 무공해 해양에너지로 만들어지며 식수 및 용수는 바닷물을 이용하여 충족되고 필요한 어패류는 해양목장에서 얼마든지 공급될 것이다. 육지로 가고 싶으면 초고속선이나 위그선을 타고 불과 몇 분안에 육상에 도착할 것이다. 도시 주변에는 각종 해양 레저시설이 있어서 요트, 윈서핑, 스키스쿠버를 할 수 있고, 잠수정을 타고 바다속 별천지를 구경할 수도 있을 것이다. 도시에 각종 필요한 공장이 있고 원석은 무인잠수정으로 태평양 5km 해저면에서 채취하여 공급받으며 최첨단 기술로 폐기물을 완전히 정제하여 재활용하는 시설이 갖추어져 있다. 바다속의 각종 시설들은 로봇이 관리/보수하며 최첨단 시스템으로 항상 안전하게 유지될 것이다. 다가올 21세기는 해양공간 활용 및 개발과 관련된 산업이 번창하게 될 것이며, 해양환경을 보전하면서 해양을 이용하기 위한 많은 연구가 진행될 것이다. 특히 육지 면적이 좁고 인구가 많은 우리나라는 천혜로 주어진 삼면의 바다를 적극적으로 이용해야 할 필요가 있을 것이다. 이런 21세기의 꿈을 현실로 만들어 가기 위해서 많은 노력과 연구가 요구된다.

5. 참 언

본 원고는 여러 전문가들의 원고를 편집하여 작성되었다. 미래의 해양도시는 서울대 최항순 교수, 부유식 구조물은 한국기계연구원 정태영 박사, 케이블선은 선박해양공학연구원 최학선 기술사, 초고속선은 인하대학교 이승희교수, 해면효과익선은 선박해양공학연구원 신명수박사, 그리고 무인잠수정은 대우중공업 (주) 우중식박사께서 작성하였다. 다시 한번 이 분들에게 감사사를 드린다.

참 고 문 헌

1. 최항순, 해양공학개론, 동명사
2. 곤도 다케오, 21세기 해양개발, 이종우외 3인역 (안희도감수), 기문당, 1997
3. 과학기술정책연구평가센터, 해양개발 추진기반 구축에 관한 연구(해양연구소), 1988
4. 寺井精英, 海洋情報都市, TBS フリニカ, 1986
5. The VENUS Project-Cities in The Sea, <http://www.nas.com/venus/sea.shtml>
6. 磯部英一, "メガフロート・フェープ 2の研究について", Techno Marine 日本造船學會誌 第834號, 1998
7. 磯部英一, "メガフロート技術研究組合の研究とその活動状況", シソボゾウム 超大型浮体構造物, 1995
8. McAllister, K.R., "Mobile Offshore Base-An Overview of Recent Research", Proceedings of International Workshop on Very Large Floating Structures VLFS'96, 1996
9. Takahashi, P.K and Masutani, S.M., "Integrated Ocean Thermal Energy Conversion Systems for Very Large Floating Platforms", Marine Technology Society Journal, Vol. 31, No. 4, 1997
10. Maeda, H., Horigome, T. and Hiruma T., "Development of Renewable Energy Park on Oceans", Proceedings of International Workshop on Very Large Floating Structures VLFS'96, 1996
11. Yoshida, K., Arima, T., Goo, J.S. and Oka, N., "A Conceptual Design of a Huge Ring-like Semisubmersible", Proceedings of the First International Workshop on Very Large Floating Structures VLFS'91, 1991
12. 정태영외, "해양공간이용 대형 복합플랫폼 개발 - 성과확산을 위한 보완연구", 한국기계연구원 연구보고서 UCN208E-733.M, 1999 [K]