해양공간 이용기술 적용한 어항종합개발

종래에 개발이 고려되지 않았던 개방성 내해 또는 외해역은 거친 파도에 의해 개발이 미루어져 왔다. 특히, 동해와 같은 개방성 해역은 해안선이 길고, 전망 및 배후 경관이 뛰어나며, 해빈이 사질이고 수질도 양호한 편이나 거친 파도와 항로 및 항구 매몰 등의 문제로 개발이 활발히 이루어지지 못했다.
그러나, 이러한 해역은 폐쇄성 및 반폐쇄성 해역에 비해 양호한 자연환경을 가지고 있어 최근 고조되고 있는 해양관광 및 해양레크레이션 개발에 적합하다고 할 수 있다.

김 현 주 / 한국기계연구원 선박해양공학연구센터 해양기술연구부

1. 서언

수산업은 주요 국민식량인 수산물의 안정적 생산 및 공급을 담당해 왔고, 국민경제에 기여해 왔다. 그러나, 산업구조의 변화 및 산업 성장기를 거치며 1차산업 중심의 수산업은 중대한 위기를 맞고 있고, 다각적인 해결방안이 검토되고 있다.

수산업의 문제점은 1)저소득, 2)열악한 노동환경, 3)교육문화의 낙후성으로 대표되며, 이는 수산업 종사자의 감소화, 노령화에 의한 기반의 약화로 나타나고 있다.

수산업의 진흥을 위해서는 전술한 문제점들을 해결하는 방향의 정립과 실현 노력이 필요하다. 이를 위한 다양한 정책 및 방안이 제시되고 있으나, 이러한 문제들을 종합적으로 해결하기는 쉽지 않은 것 같다.

수산시설공학적 측면에서 보면 이러한 문제들은 장기적·종합적 시설계획하에 어장·어항·어촌의 종합개발을 위한 기반을 조성하고, 창발적인 기능고도화로서 접근할 수 있을 것으로 생각된다.

어항기능 고도화는 1차산업 중심의 수산업을 2, 3, 4차산업화하는 산업구조의 통합기능형으로 발전시키기 위한 방안이며, 연안·해양자원의 지속가능한 이용을 위한 기반으로서 어항의 정비 및 개발을 의미한다.

이러한 어항·정비 및 개발은 지역 사회·경제 및 해양환경·자원 특성에 따라 달라지므로 유형별, 권역별, 어항별 특성을 고려한 개발로서 고려되어야 한다.

여기서는 크게 어항기능을 유형화하여 개발모델로서 약술하고, 실현방안으로서 해양공간 이용기술 체계를 정리하고자 한다. 또한, 해양공간 이용기술을 이용한 대표적인 해양개발 사례를 고찰하고, 설계기술 및 응용사례를 살펴보고, 해양공간 이용기술을 적용한 어항개발 사례 또는 구상을 정리해 봄으로써 수산중심의 연안역 종합개발을 위한 다기능 어항정비 및 개발 방향을 조망해 보고자 한다.

2. 연안역 종합개발을 고려한 어항정비 및 개발

2.1. 수산기반으로서 연안역 정비의 필요성 및 방향

연안역은 생활기반, 산업활동 공간, 어업생산기반, 레크레이션공간, 교통운수기반 및 폐기물처리장소 등으로서 이용되어 왔다.

연안역의 효율적인 이용을 위해서는 이러한 기능들이 상호보완적으로 작용하며, 연안역 개발의 균형을 이루게 하는 것이 필요하다.

그러나, 연안재해 위험, 환경의 악화 및 이용자간의 갈등 등과 같은 다양한 문제가 발생하고 있다. 따라서, 연안역 통합관리, 다목적 연안역 개발 등이 제기되고 있다. 그러나, 전통적으로 연안역을 수산중심으로 이용하고 있고, 대부분의 연안역이 수산업에 의해 선점되어 있는 경우에는 어촌을 중심으로 한 연안역 정비 및 통합관리 계획을 정립할 필요가 있다.

어촌은 수산현장와 고된 노동 및 저소득에 따른 2, 3차산업으로의 인구집중 및 이촌현상의 가속화로 수산업 종사인구의 감소 및 노령화가 가속되고 있고, 산업 성장에 따른 국민의 해양레크레이션 욕구가 증가하면서 연안역 이용에 대한 마찰이 점증하는 국내사회환경의 변화기에 놓여있다.

또한, 200해리 배타적 경제수역의 설정과 공해상의 어로규제에 의해 원양어업은 심각한 문제에 봉착하고 있으며, UR에 따른 값싼 수입수산물이 증가하고 있는 국제사회환경의 변화기에 놓여있다.

이러한 수산업 및 어촌의 문제를 해결하기 위한 대응방안은 표 1과 같이 생각할 수 있다.

표1. 수산업 및 어촌 활성화를 위한 연안역 개발 방향

1. 연안역의 적정 생태환경 복구, 개선, 창조 및 관리
2. 미이용 증·양식장 및 수산자원 개발 및 확대
3. 환경 용량 및 자원 재생산을 고려한 자원이용(관리)
4. 연안자원 고도이용을 위한 해양목장화 실현
5. 소비자의 요구에 부응한 생산, 가공, 유통시스템 형성
6. 수산물의 안정적 공급 및 전략적 유통 전개
7. 취업, 수산활동, 생활 및 문화환경의 개선
8. 연안어장의 다목적 이용을 통한 부가가치 창출

2.2. 어촌 활성화를 위한 어항개발 방향

전술한 대응방안을 구체화시키기 위해서는 어촌의 특성을 고찰하고, 기존 어항을 어떻게 개선시킬 것인가? 새로운 어항은 어떻게 개발할 것인가?를 명확히 할 필요가 있다.

기존 어항들은 대부분 반폐쇄성 내만이나 내해에 위치하여 자연형 정온수역을 활용하고, 부가적인 방파제나 호안 등의 어항기능시설을 건설하여 이용해 왔다.

그러나, 이러한 자연형 정온역은 거의 개발된 상태이며, 어항과 주변 양식장의 오염 가속화로 환경문제가 심각히 대두

되고 있는 상태이다. 따라서, 해역 생산성 및 이용율은 물론 해양관광자원으로서의 유용성도 떨어지고 있는 실정이다.

한편, 종래에 개발이 고려되지 않았던 개방성 내해 또는 외해역은 거친 파도에 의해 개발이 미루어져 왔다. 특히, 동해와 같은 개방성 해역은 해안선이 길고, 전망 및 배후 경관이 뛰어나며, 해빈이 사질이고 수질도 양호한 편이나 거친 파도와 항로 및 항구 매몰 등의 문제로 개발이 활발히 이루어지지 못했다.

그러나, 이러한 해역은 폐쇄성 및 반폐쇄성 해역에 비해 양호한 자연환경을 가지고 있어 최근 고조되고 있는 해양관광 및 해양레크레이션 개발에 적합하다고 할 수 있다.

따라서, 수산물의 안정적 공급 및 자급률 제고, 국민 생활향상 및 안정 도모, 국토의 균형있는 개발을 위한 기존 어항의 정비 및 새로운 어항의 개발을 위한 일반적인 원칙은 다음과 같이 고려하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

1) 수산활동의 생산성: 수산종묘 배양 및 중간육성기능, 항내 및 주변해역 증·양식 기능, 수산 생산성 연구기능을 고려한 개발 및 정비.
2) 수산활동의 안전성: 수산활동 준비기능, 수산물 하역환경의 기계화 및 자동화, 수위변화를 고려한 접안 및 계선기능, 휴식 및 대피의 용이성을 고려한 개발 및 정비.
3) 수산활동의 편익성: 집하, 가공 및 유통 체계화, 어선의 대형화 및 유어선의 증가에 능동적 대응, 활어 축양 및 출하조정 기능을 고려한 개발 및 정비.
4) 어장·어항·어촌의 쾌적성: 적정 생태환경 조성 기술 실현, 해역 정온화 및 정화기능 고도화, 수질관리나 수산자원의 보전을 고려한 생활기반 및 어항환경 조성 등을 고려한 개발 및 정비.
5) 지역 환경 및 산업과의 연계성: 지역사회 및 주변산업과 연계한 산업 다각화, 관광어업 기능 체계화, 수산현장의 관광·교육자원화, 수산업과 해양관광·레크레이션의 마찰 조정, 해양관광·레크레이션 지원을 위한 기간시설 지원을 고려한 개발 및 정비.

이를 위해서는 대상해역의 사회, 경제 및 산업적 특성을 고려한 지역개발의 기반으로서 어항의 기능을 생각할 필요가 있다. 이로부터 어항을 지역사회·경제 특성을 고려하여 대도시 또는 근교의 대도시(근교)형, 일정 권역별 수산거점이 되는 중소도시의 권역별 거점형, 지방 및 도서의 어항에 대한 단위어촌형으로 구분하고, 어항 정비 또는 개발을 위해 요구되는 기능 또는 시설을 표 2와 같이 상정해 보았다.

2.3. 지역 특성을 고려한 어항정비 모델

(1) 대도시(근교)형 어항

대도시 또는 근교의 어항은 인근 수산물의 집하 및 유통의

표 2. 지역사회·경제 특성을 고려한 어항별 소요 기능시설

구 분	어항 기본 시설	생활 기반	폐기물·하수 처리	배양·중간 육성	축양·유통	가공·유통	관광·레크레이션	교육·연구	기 타
대도시(근교)형	●	●	●			●	●	●	원양어업 기지 포함
권역별 거점형	●	●	●	●	●	●	●	●	
단위 어촌형	●	●	●	●	●		●		

근거지가 되고 있으며 근해 및 원양어업기지로서 역할을 해왔다.

이들 어항은 각 지역으로 수산물을 모아 보낼 뿐 아니라 도시민들이 직접 방문하여 사먹고, 견학하며 즐길 수 있는 공간 및 기회를 제공해 왔다.

그러나, 도시 및 공단의 오폐수 및 쓰레기, 해난사고에 의한 오염물질 등의 영향을 직접 받는 해역에 위치해 있어 관리가 소홀할 경우 해양문화 교류 및 친수성 해양산업 거점으로서의 기능을 발휘할 수 없게 된다.

대도시(근교)형 어항은 어항 및 주변해역의 환경관리와 인접지역의 친수성 해양공간 조성 및 이용을 통한 소득증대 및 해양문화 교류기능을 고도화할 수 있는 방안이 필요하다.

이를 위해서는 1) 어항시설의 집하·유통기능 고도화, 2) 해양수산정보, 유통 및 연구센타 기능, 3) 어항 및 주변정비를 통한 친수성 해양환경 창조, 4) 지방어항과 도시의 해양문화 교류 촉진 및 완충, 5) 연근해 및 원양어업기지 기능 고도화 등이 가능하도록 어항을 정비할 필요가 있다.

(2) 권역별 거점형 어항

권역별 거점형 어항은 중·소도시에 위치하여 지역 수산물의 집하 및 유통 거점역할을 해오고 있다.

수산업 및 환경조건은 지역특성에 따라 다르지만 권역별 소규모 어항 어촌의 정보, 생산, 가공, 유통의 거점화 및 지역 특성을 고려하여 수산업을 포함한 종합적 산업개발 프로그램의 정립 및 전개가 가능하도록 개발 및 정비가 요망된다.

따라서 권역별 거점형 어항은 1) 권역 특성을 고려한 산업활동 기반조성, 2) 권역 특성을 고려한 수산 생산·지원기능, 3) 권역특성을 고려한 수산 가공·유통 기능, 4) 해양수산정보의 수집 및 제공 기능, 5) 수산업을 매개로 한 산업다각화, 즉 해양수산·관광 교육형·산업개발 등을 지원할 수 있도록 정비할 필요가 있다.

(3) 단위 어촌형 어항

단위 어촌형 어항은 지방이나 도서에 위치한 소규모 어항으로서, 지역별 수산전개를 위한 하위 구조이다.

이 어항은 재배어업을 목표로 한 어항시설 기능의 고도화, 연안정주권 형성을 위한 산업적 근간이 될 수 있는 어항으로 개발 및 정비할 필요가 있다.

이를 위해서는 1) 수산활동 및 생활 환경개선, 2) 어장·어항·어촌의 해양환경 보전 및 개선, 3) 자원관리형 재배어업 전개를 기능형 어장 및 어항 조성, 4)어촌-도시간 문화 교류 및 활용 등이 가능한 기간시설로서의 어항 정비가 필요하다.

3. 해양공간 이용구조물의 설계기술 현황

최근, 연안역의 과밀화 및 환경오염에 따라 근해 및 외양역의 개발 및 이용이 고려되고 있으며, 이를 위해서는 해양공간 이용기술이 정립되어야 한다.

이는 해양공간 이용구조물 기술체계로서 고려될 수 있고, 해역의 환경을 평가하는 기술, 해양외력 및 생태계 환경을 제어하는 기술, 해양공간 이용구조물의 설계 및 거동해석 기술, 해양공간 이용 고도화 기술 등으로 정립되어야 한다.

이러한 요소기술 및 시스템 종합기술은 다양한 목적을 위해 연구되고 있으며, 어항개발에도 접합될 수 있을 것으로 사료된다.

3.1. 해양공간이용 기술 체계 및 현황

해양공간이용을 위한 기술체계는 크게 하부구조로서 기

반조성시스템기술과 상부구조로서 기능제고시스템기술로 구성된다고 할 수 있다.

하부구조는 해양의 해저, 해중, 해상공간을 이용하기 위한 기반이 되는 기간시설이며, 상부구조는 그 속이나 위에서 공간이용 목적을 달성하기 위한 생산, 보관, 가공, 유통, 처리, 관광 등의 기능시스템들의 조합이라 할 수 있다.

한 예로서 부유식 해양공간이용 구조물 및 기술개발 계통도를 그림 1에 나타내었으며, 해상플랜트를 수산양식, 교통물류시설, 도시개발, 에너지기술, 레저, 환경제어, 일반플랜트기술 등으로 적용 가능함을 나타내었다.

이를 실현시키기 위해서는 실현 및 전개 기반으로서 부유식 또는 고정식의 해양공간의 조성이 요망된다.

최근, 다양한 목적 및 형식에 대해 해양공간이용 구조물이 구상, 계획, 개발, 시설되고 있으며, 우리나라에서도 부산 인공섬 구상, 영종도 신공항, 새만금간척 등과 같이 매립에 의한 고정식 해양공간이용 구조물이 구상되고 건설되어 왔다.

그러나, 부유식 해양구조물을 이용한 개발은 초대형 부유구조물을 이용한 해상복합플랜트 개발 및 해상공항에 대한 연구가 진행중에 있을 뿐이다.

3.2. 고정식 해양공간이용 구조물의 응용

3.2.1. 고정식 해양공간 이용구조물의 특징 및 현황

고정식 해양공간이용 구조물은 인공섬으로 대표될 수 있으며, 인공섬은 농업, 도시, 공업, 교통시설, 항만시설, 군사기지, 작업기지 등의 용도로 구상 또는 개발되고 있다.

이러한 인공섬은 폐기물 처리대책, 사회자본 및 고령화 사회에 대응하기 위하여 개발되어 왔다. 인공섬의 개발은 주로 내만이나 반폐쇄성 내만에 건설되어 왔으나, 외해화되고 있는 추세이다.

고정식 해양공간이용 구조물의 구조형식으로는 매립식, 말뚝식, 착저식 등이 사용되고 있으며, 1) 구조물의 안전성이 뛰어나며, 2) 해양외력환경에 따른 동요가 없으며, 3) 내구성이 길고, 4) 육상으로부터 접근이 용이한 장점이 있다.

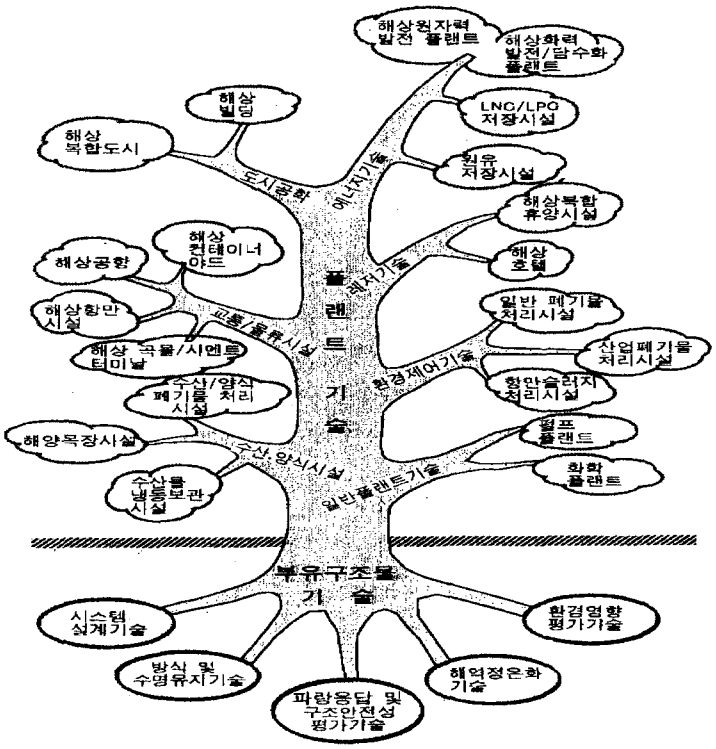

그림 1. 해양공간 이용기술 계통도

(1) 인공섬 (그림 2)

부산 인공섬은 용지난에 따른 도시성장 한계의 극복, 경공업 중심의 산업구조에 따른 지역경제력 약화, 교통, 주택, 재정 등 도시문제의 심각성을 해소하기 위하여 부산 남항에 4,600m의 외곽방파제를 시설하고 삼각형상으로 188만평을 매립하여 해상신도시를 건설하려던 계획이다.

(2) 해상공항 (그림 3)

최초의 본격적인 해상공항으로서 1987년부터 8년 여에 걸쳐 일본 오오사카만 남동부 5km지점에 4,370m×1,250m가 매립식으로 건설되어 60m 폭의 활주로 3,500m를 비롯한 공항시설이 구비된 해상공항이다. 완경사 사석호안, 강관말뚝식 호안 등이 적용되어 시설되어 있다.

(3) 어항(항만) (그림 4)

道川漁港은 사빈해안에 건설되어 표사에 의한 항구, 항내 매몰을 예방하고, 인근 해빈에의 영향 극소화, 항내 정온도 유지를 목표로 건설된 인공섬식 어항이다. 항내정온도, 항구 및 항내 매몰, 해안선 변화, 공사비, 시공성을 중심으로 비교하여 Wine glass형상이 채용되었다.

(4) 발전시설 (그림 5)

御坊火力發電所는 석유자원 의존도의 완화를 위하여 關西電力이 和歌山縣 御坊市에 건설한 화력발전소이다. 이를 위해 350,000m^{2}의 공유수면이 매립되었고, 586m의 케이슨식 호안과 1,388m의 사석식 호안이 설치되었다. 방파제는 200m의 케이슨 혼성제가 시설되었다.

(5) 해양관광공원 (그림 6)

横浜시 근교10km에 위치한 横浜八景島는 横浜시의 도시재개발구상에 기초한 친수성과 녹지가 어우러져 어메니티를 높힌 waterfront이다. 자연속에서 배우고, 놀고, 뛰며 즐기는 만족할 만한 도시형레크레이션시설의 실현을 목표로 하였다. 이는 3,000m의 호안에 둘러싸인 24ha의 매립지에 개발 및 시설된 것이다.

3.2.2. 고정식 해양공간이용 기술의 과제

고정식 해양공간 이용구조물 개발의 기본적인 설계 및 배치기술은 비교적 잘 정립되어 있는 편이다.

그러나, 해양공간이용 구조물의 설치해역이 종래의 연안역 개발과는 달리 개방성 내해나 외해로 확장되어 감에 따라 새로운 기술적 과제가 대두되고 있다. 또한, 친수성 개발 및 환경친화성을 만족시키기 위한 요소기술의 접목이 요구되고 있다.

(1) 조사기술

해양공간이용 구조물 설치와 관련된 해저지형, 지질, 환경의 조사가 필요하며, 측정지점의 정확한 위치측량을 위한 고정밀 GPS시스템의 개발이 요망된다.

해저지형의 고정밀 측심결과가 위치측량 결과와 동기하는 정밀시스템이 필요하다. 또한, 해역개발의 외해화에 따른 대수심역(-200m)의 지반조사가 필요하며, 해저면하 100m까지 boring할 수 있는 해저지질조사기술도 필요하다.

(2) 예보기술

수심이 깊은 외해역의 지반조사가 해저면하 100m까지의 boring이 필요할 경우도 생각되므로 작업가능일의 예측 및 작업선의 긴급대피를 위한 해상기상예측시스템의 정립이 필요하다. 이를 위해 인공위성 탐사기술을 적용한 신속하고 정확한 예측기술이 요구된다.

(3) 설계기술

해양공간 이용을 위한 인공섬이나 외곽구조물은 대수심화

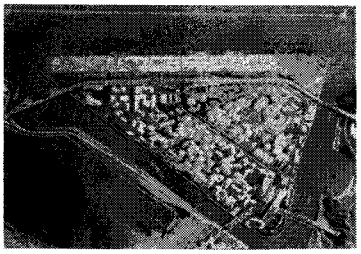

그림 2. 부산 인공섬 구상

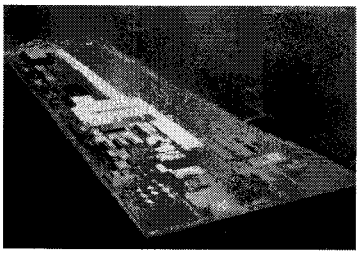

그림 3. 關西國際空港 전경

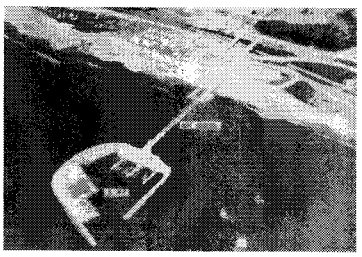

그림 4. 道川漁港 전경

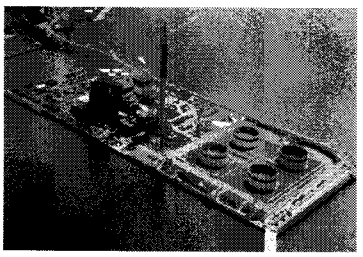

그림 5. 御坊火力發電所 전경

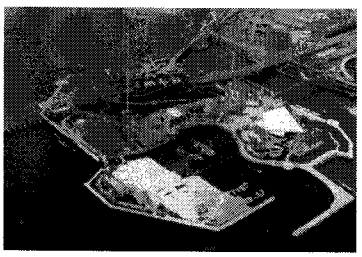

그림 6. 橫浜·八景島 전경

에 따른 안정성과 경제성의 확보가 필요하다. 방파제의 경우 10~15m 이상이면 부유식에 비해 경제성이 떨어지는 것으로 평가되므로 대수심 방파제나 호안 기능과 환경친화기능이 보장될 수 있는 신구조, 신소재의 파랑제어기술이 요망된다.

또한, 우리나라는 지진에 대해 아직 크게 문제되지는 않고 있으나, 최근 변화하는 상황을 고려하면 일본 고베지진의 경우와 같이 지진에 대한 구조물 및 지반의 안정성을 평가하고 내진설계하는 기술 정립이 필요하다.

(4) 시공기술

대상 해역의 외해화에 따른 작업선의 가동률 저하가 심각한 시공 문제로 평가된다. 따라서, 비교적 거친 해상에서도 작업이 가능한 대형작업선의 개발, 현장작업을 줄이기 위한 부분제작 및 현장 조립기술의 개발 등이 필요하며, 대수심 해저에서의 작업을 위한 해중 무인작업시스템의 개발 등이 요망된다.

3.3. 부유식 해양공간 이용 구조물의 응용

3.3.1. 부유식 해양공간 이용구조물의 특징 및 현황

대규모의 부유식 해양공간 이용구조물이 계획되고 설치된 것은 최근의 연구결과를 기초로 한 것이나 소형 부유식 구조물은 오래 전부터 항만 기능 시설로서 이용되어 왔다.

항만에 있어서 선박의 접안 및 계류시설로서 부유식 잔교가 사용되어 왔으며, 항로표지용 부표 등이 사용되어 왔다.

그러나 이들 시설은 파랑이 거칠지 않은 해역에 설치되어 왔으며, 최근에는 계류시스템 및 해상작업기계의 발달과 함께 해양공간의 유효 이용을 위해 수심이 깊은 해역이나 연약지반 해역에도 적용이 검토되고 있다.

부유식 해양공간이용구조물이 검토되는 것은 다음과 같은 특징에 연유한 것으로 판단된다. 즉, 부유식 해양공간구조물은 1) 현장 시공기간이 짧고, 2) 이동 설치가 용이하며, 3) 흘수가 일정하기 때문에 계류시설 또는 친수성 시설로서 조위 차이가 큰 해역에서도 적용가능하고, 4) 지진에 의한 피해가 크게 문제되지 않으며, 5) 해수교환을 크게 저해하지는 않으면서 6) 주변해역의 정온화를 기대할 수 있을 뿐 아니라 7) 건설과정중 및 후의 공해가 적다는 장점이 있다.

(1) 해상 plant (그림 7)

해상플랜트는 대상해역에서 제작 및 건설이 불리한 경우 조선소 등의 가용공간에서 플랜트를 제작한 후 예인하여 설치하며, 펄프플랜트, 담수화 플랜트, 폐기물 처리플랜트, 발전플랜트 등이 있다.

또한, 플랜트선을 건조하여 현장에 계류, 정박시켜 활용하는 경우도 있다.

(2) 해양저장시설 (그림 8)

해양저장시설은 해상, 해중 및 해저에 안정적 공급을 위해 필요한 자원을 저장하는 것이다.

그 대표적인 예가 1984년부터 나가사키현(土五島地區) 및 후쿠오카현(白島地區)에 설치된 해상석유비축시설이다.

이 시설은 390m×97m×27.6m 정도 규모의 강제탱크를 돌핀계류시킨 것으로, 돌핀에 설치된 고성능 정반력형(定反力型) 고무 방현재의 특성을 이용해서 표류 및 동요를 제어하는 것이다.

(3) 해상레스토랑 및 전시시설 (그림 9)

해상레스토랑, 해양전시실 등을 위하여 용도폐기되는 해양조사선이나 상선 등을 계류시켜 사용하거나 부유식 구조물을 건조해서 사용하고 있다.

선박을 활용하는 예로서는 東京港의 觀測船 "宗谷", 나고야항의 "富士" 등이 있고, 부유식 구조물을 건조한 예로는 오키나와항의 "아쿠아폴리스", 오스트레일리아의 그레이트 바리아 리프에 설치된 해상호텔 등이 있다.

(4) 해상에너지 관련설비 (그림 10)

해상에너지 관련설비는 안전성 및 공해 대책의 관점에서 해상설치가 검토되고 있으며, 일본에서는 화력 발전소에 대하여, 미국에서는 부유식 원자력발전소(뉴저지 근해에 계획, oil shock의 영향으로 연기)에 대하여 검토한 바 있다.

해양에너지 이용을 위한 기지로서의 부유식 구조물이 검토되었으며, 영국을 중심으로 연구가 시작되었고, 일본에서도 "海明", "Mighty whale" 등에 대한 연구가 수행된 바 있다.

한편, 우리나라에서도 원주형 부유식 파력발전장치 연구가 수행되고 있다.

3.3.2. 부유식 해양공간이용 기술의 과제

전술한 부유식 해양공간이용 구조물을 이용한 어항종합개발을 위해서는 부유구조물 설계기술, 해상시공기술, 위치유지기술, 내구성 향상기술, 환경관리기술, 시스템 종합 및 배치기술 등의 확립이 필요하다.

(1) 부유식 해양구조물 설계기술

대형 해양구조물에 대한 바람, 파랑, 조류 등의 해양외력의 작용은 장소 및 시간적으로 균일하지 않기 때문에 그 하중분포를 정확히 파악하는 기술이 필요하다.

지진이나 쓰나미 등의 이상외력에 대한 응답해석도 필요하다. 특히, 초대형 부유식 해양구조물은 크기에 비해 구조물의 두께가 상대적으로 매우 얇기 때문에 부유체의 응답 및 구조해석, 계류력, 신뢰성 평가 등에 있어서 유탄성해석기술의 정립이 요구된다.

(2) 해상시공기술

건조 도크를 이용할 수 없는 초대형 부유식 해양구조물의 건조는 해상에 부유시켜 접합공사를 할 필요가 있다. 그러나, 바람, 파랑 등에 의한 부유체의 동요로 접합이 쉽지 않으므로 이에 대한 시공기술이 요구된다.

여기서 실해역에서의 시공(건조)을 위해서는 해상 인양기술, 해상 고정기술, 해상접합기술, 수중용접기술 등의 확

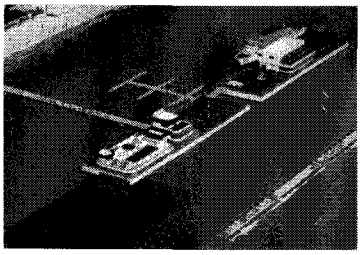

그림 7. 해상소각플랜트 구상 예

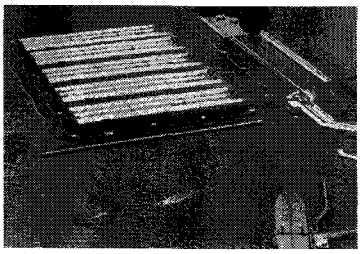

그림 8. 土五島 해상석유비축기지

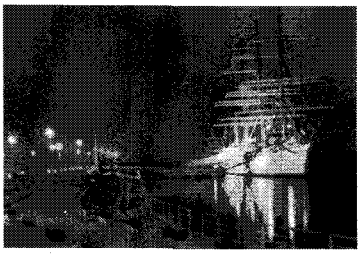

그림 9. 海王丸 해양공원

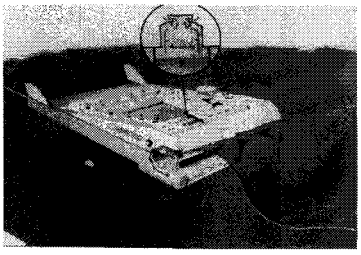

그림 10. 파력발전장치 'Mighty whale'

립이 필요하다.

(3) 위치제어기술

해상시공의 효율적인 성공 및 설치후 대상 위치에 부유식 해양구조물을 유지시켜 사용하기 위해서는 효과적인 위치제어기술이 요구된다.

위치제어는 커테너리 계류시스템, 긴장계류시스템 및 돌핀 계류시스템이 고려될 수 있다.

여기서, 필요한 것은 황천시 안정성 확보를 위한 계류시스템 설계로서 계류시설의 파손 및 표류에 의한 피해를 예방하고, 평시에 작업 가능한계 내로 부유체의 동요를 제어하는 방안이 필요하다.

(4) 내구성 연장기술

해양구조물의 경제성 확보와 단절없는 이용을 위해서는 수명을 육상구조물처럼 100년 정도로 연장시킬 수 있는 기술이 요구된다.

이를 위해서는 방식기술의 정립, 생물의 불리서식 방지공법 및 해양구조물 유지관리기술이 필요하다.

이를 위해 전기방식, 도장기술 뿐 아니라 내식성 신소재 이용기술의 정립이 요구된다.

(5) 환경관리기술

부유식 해양구조물은 상대적으로 환경영향이 적은 것으로 평가되고 있지만, 이에 대한 검증이나 새로운 환경피해에 대한 검토가 필요하다.

구조물 하부의 음영, 주변의 파랑 및 흐름상황의 변화와 그에 따른 해저지형과 생태계에의 영향을 체계적으로 검토해야 한다.

또한, 부유식 구조물 상부의 시설물, 플랜트 등에 기인한 이물질의 유입 등에 대해서도 관리 및 처리기술의 정립이 필요하다.

(6) 시스템 종합 및 배치기술

해양공간으로서 대형 해양구조물의 이용은 다양한 시설의 상부 탑재를 전제로 한 것이다.

따라서, 이들이 효율적으로 연계되어 공간자원으로서 잘 활용될 수 있도록 조합하고 배치하는 기술이 요구된다.

이는 상부시설의 운용성 및 진동, 경음 등을 고려한 제어기술의 개발과 주변시설과의 연결 및 접근 등을 포함한 합리적인 연계 및 배치를 의미한다.

4. 해양공간이용 구조물을 이용한 어항종합개발

4.1 해양공간이용기술을 이용한 어항개발 방안

(1) 대도시(근교)형 어항 종합개발

대도시형 어항은 수산업을 기초로 한 집하, 유통 및 문화교류 거점으로서 어항과 상항의 병설 및 완충지대를 포함한 연안역의 친수성 해양공간의 조

성과 이용이 고려되어야 한다.

따라서, 1) 해수교환촉진형 부유식 어항 설계 및 시설, 2) 해상 및 어항기원 폐기물의 해상소각 및 처리시설, 3) 선박용수 생산 및 공급을 위한 해상담수화 시설, 4) 어항의 정온도 향상 및 항내수질 환경개선을 위한 복합기능 부유식 소파제의 설계 및 시설, 5) 초대형 부유식 수산기지 설계 및 시설, 6) 해양정보의 수집, 전파, 관리 및 운용기술 등이 정립되어 이용되어야 한다.

(2) 권역별 거점형 어항종합 개발

중소도시형 어항은 권역별 소규모 어항어촌의 정보, 생산, 가공, 유통의 거점화 및 지역특성을 고려하여 수산업을 포함한 종합적 산업개발 프로그램의 정립 및 전개되어야 하므로 1) 해수교환촉진형 파랑제어구조물(Curtain wall, 부유식 소파제) 개발, 2) 어항기능 고도화를 위한 접안계선형 물류처리 해상플랜트 개발, 3) 해상 및 어항기원 폐기물의 해상소각 및 처리시설, 4) 선박용수 생산 및 공급을 위한 해상담수화 시설 등이 적용될 수 있을 것이다.

(3) 단위 어촌형 어항종합 개발

단위 어촌형 어항은 재배어업 및 청정산업을 목표로 한 어항시설 기능의 고도화와 연안 정주권 형성을 위한 산업적 근간이 될 수 있는 어항을 필요로 하므로 1) 해수교환촉진형 파랑제어구조물(부유식 소파제) 개발, 2) 어로환경 개선과 작업 효율화를 위한 부유식 잔교 개발, 3) 어항어촌 기원 폐기물의 해상소각 및 처리시설, 4) 선박용수 생산 및 공급을 위한 해상담수화 시설 등의 정립이 필요하다.

4.2. 해양공간이용기술을 이용한 어항개발사례

해양공간이용 구조물은 어항개발을 위한 전체시설로서 또는 일부 기능시설로서 적용될 수 있다.

해양설계외력 및 지반특성 등을 고려하여 적절한 형식 및 이에 대응한 기술체계의 정립 및 필요 기술의 개발을 통해 실현될 수 있을 것이며, 적용 예를 통해 개발방향을 살펴본다.

4.2.1. 고정식 해양공간이용기술을 이용한 어항개발

고정식 해양공간이용 구조물은 어항정온도 향상을 위한 고정식 소파제, 접안, 계선 및 축양을 위한 다기능 축양시설 및 해양레크레이션을 위한 낚시공원 등으로 이용되어 왔다.

전체시설로서 건설된 대표적인 예는 일본 북해도의 國縫漁港(그림 11)이다. 이 어항은 사빈해안에 건설되어 표사에 의한 항구, 항내 매몰을 예방하고, 인근 해빈에의 영향 극소화, 항내 정온도 유지를 목표로 건설된 인공섬식 어항이다.

다양한 형상이 항내정온도, 항구 및 항내 매몰, 해안선 변화, 공사비, 시공성을 중심으로 비교검토되었으며, Wine glass형상이 채용되었다. 실용성의 검토를 위하여 건설후의 항내 매몰 및 해안선 변화가 계속 조사되고 있으며 지금까지는 비교적 성공적인 것으로 평가되고 있다.

4.2.2. 부유식 해양공간이용기술을 이용한 어항개발

부유식 해양공간이용기술은 기존 어항의 정온도 향상이나 해수교환 촉진을 위해 부분적으로 이용되어 왔으며, 그 대표적인 것이 부유식 소파제, 승하선 및 양육 등을 위한 부

유식 잔교 등이다.

전체시설로서 고려된 경우로는 그림 12에 소개한 (株) Takenaka의 해양수산기지(Ocean Fish-ery Base) 구상이다. 이 해양수산기지는 그림에서 볼 수 있듯이 어항기능시설, 해양레크레이션기능시설 및 수산물 축양기능시설을 통합한 부유식 어항이다.

이 구상에서는 해안선에서 500m정도 떨어진 수심 30m의 연안역에 직경 350m의 대형 원환형의 부유식 구조물을 설치하고 주위를 부유식 소파제를 배치하여 어선 300척을 수용할 수 있는 약 10ha의 어항면적을 확보하고자 하는 구상이다.

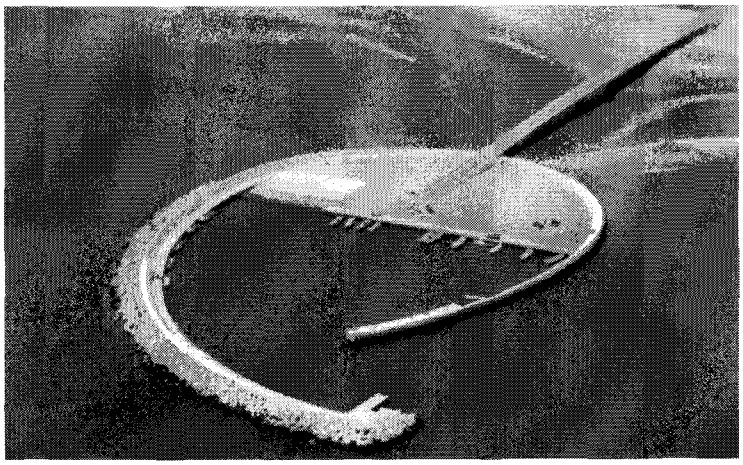

그림 11. 고정식 인공섬식 어항(國縫漁港)

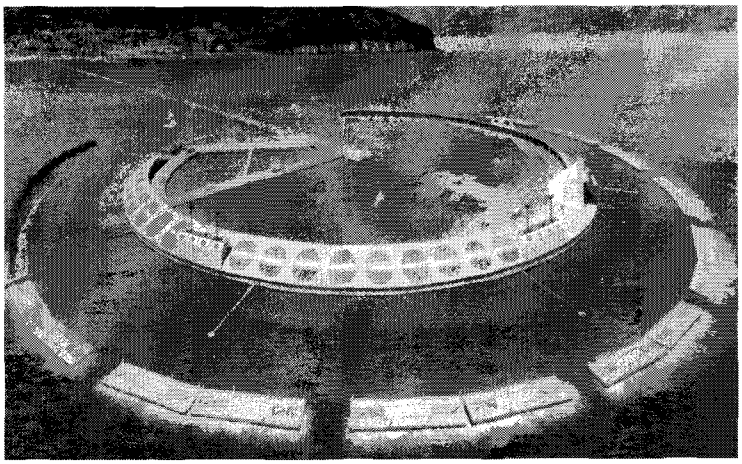

그림 12. 부유식 해양수산기지 구상(Takenaka)

5. 결언

어항의 정비 및 개발은 연안역의 종합적인 개발의 축으로 고려되어야 하며, 이는 대상해역의 지역사회경제적 특성을 고려한 방향으로 장기적인 개발관리 계획하에서 이루어져야 한다.

이를 실현하기 위한 시설공학적 접근의 하나로서 해양공간 이용기술을 이용한 어항 정비 및 개발 방안을 논의하였다.

어촌 및 어항의 문제점을 분석하여 대응방안을 정리하고, 이를 기초로 한 유형별 소요기능 및 시설을 살펴보았다.

그 실현을 위한 해양공간 이용기술을 중심으로 기술체계를 정리하고, 종래의 해양공간 이용구조물 설계기술 개발 및 적용 사례를 중심으로 기술 현황 및 과제를 정리하였다.

또한, 해양공간 이용기술을 적용한 고정식(착저식) 및 부유식 어항개발 개념, 구상 및 실례를 소개함으로써 해양공간 이용 기술 및 구조물의 적용성과 방향을 고찰하였다.

본고가 수산업 및 어촌이 안고 있는 많은 문제점을 해결하기 위한 연안역 종합개발 및 어촌 활성화의 기초기술 개발 방향의 정립에 도움이 되기를 기대한다.