

해양심층수 이용형 이동식 해상양식시스템 개발(I)

김현주 · 정동호 · 최학선
한국해양연구원 해양개발시스템연구본부 (해양심층수연구센터)

A Study on Development of Movable Mariculture System by Use of Deep Sea Water (I)

Hyeon-Ju Kim, Dong-Ho Jung AND Hark-Sun Choi
Deep Ocean Water Application Research Center, Ocean Development System Laboratory, KORDI, Daejeon, Korea

KEY WORDS: Deep Ocean Water 해양심층수, Movable System 이동식 시스템, Mariculture 해상양식, Feasibility Study 타당성 연구

ABSTRACT:

Aquaculture have been important role to supply food resources for mankind. However, competitive power of domestic mariculture industry was declined due to increase of labor and feed expenditures, and quantity import of low-priced livefishes from the developing underdeveloped nations in North and South East Asia. Mass production and quality enhancement can be pointed out to overcome such an industrial environment in this decade. To meet these requirement, movable mariculture base remodeling feasible vessel of chemical tanker or crude oil carrier has been proposed for more advanced mariculture management system by using deep seawater from about 200m which is sustainably clean, nutrient-rich and cold seawater. Deep seawater can be applied for control of seawater temperature for mariculture base and cultivation phytoplankton and seaweed as feed. Besides mariculture, strategic marketing can be implemented by raw water and ice of deep seawater. Feasibility of applying deep seawater was considered after evaluating general movable mariculture base and management systems.

1. 서 론

해양심층수의 자원적 특성으로 알려진 저온성, 청정성, 부영양성, 미네랄성 등을 효과적으로 이용하기 위한 다양한 연구가 국내외적으로 진행되고 있다. 특히, 수산자원의 조성 및 관리를 위한 이용 연구는 해양심층수의 공익적 이용을 위한 중요한 활용분야로서 국민식량의 확보와 해양환경의 보전 측면에서 매우 중요하다. 특히, 외국으로부터 저가 수산물이 들어오고, 활어 수산물까지 들어오면서 타격을 받고 있는 수산양식업계에 있어서 수산양식은 저비용 대량생산 체제와 고품격 고급화 소량생산체제로의 개편이 불가피 한 시점이므로 이에 대한 하나의 대안으로써 해양심층수 또는 저층의 저온수를 활용한 수산양식시스템은 가능성이 높다고 할 수 있다.

이로부터, 본 연구에서는 우리나라 주변해역의 표층 및 심층수의 수온에 대한 계절적 변동특성을 연계한 이동식 해상양식시스템을 구축하기 위한 일련의 연구에 대한 1단계로서 중고선박을 개조한 타당성을 평가해 보고자 하였다.

2. 본 론

2.1 해상양식시스템의 개발 방향

해양수산부(1999)는 2004년경 수산물 수요가 연간 300만톤에 이를 것으로 추정된 바 있고, 연근해 및 원양으로부터 연간 380만톤을 생산 하여야 할 것으로 예측한 바 있다. 그리고, 수산양식을 통한 공급량이 150만톤에 달하여야 할 것으로 예측하였다. 그러나, 지금까지의 천해양식은 밀식에 따른 생산을 저하, 병해 및 적조에 의한 대량 폐사와 태풍 등에 의한 재해로 인하여 날로 축소되고 있는 실정이다. 설상가상으로 증가하고 있는 수입 수산물의 저가공세는 양식어가의 경영상태를 더욱 악화시키고 있다. 이를 해소하기 위한 다양한 노력이 요구되고 있으나 획기적인 대안을 찾지는 못하고 있는 실정이며, 주로 천해양식장의 정비, 외해양식장 및 내파양식시설 개발, 연직형 및 수평형 이동식 양식시설 개발, 경쟁력 있는 양식어종 개발 등으로 실현되어야 할 것으로 생각한다. 이 실현 과정은 저비용 대량생산 체제와 고품격 고급화 소량생산체제로의 활성화가 추진방향의 하나가 되어야 할 것으로 판단된다.

2.2 이동식 해상양식시스템의 방향 및 구성

이동식 해상양식시스템은 신조 해양구조물과 중고선박(해양구조물) 등으로 이용가능 하며, 여기서는 Fig. 1과 같이 중고선박을 활용하는 방안을 중심으로 논의하고자 한다. 이동식 해상양식시스템은 (1) 이동식 선박형 양식시설과 (2) 이동식 선박형

양식(관리)시스템으로 구성된다. (1) 이동식 선박형 양식시설은 1)선박, 2)전원, 사료, 급배수 등의 부대시설 및 3)선박계류 시스템 등을 포함한다. (2) 이동식 선박형 양식시스템은 1)생물관리기술, 2)환경모니터링시스템, 3)기계제어시스템 등을 포함한다.

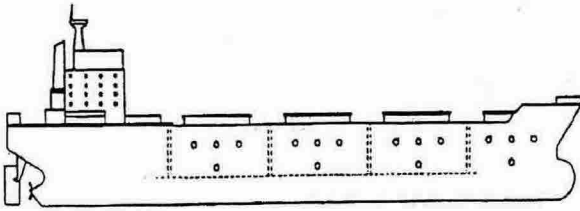


Fig. 1. Design concept of movable mariculture system(MMS)

2.3 이동식 해상양식시스템의 엔지니어링 절차

이동식 해상양식시스템의 추진은 Fig. 2와 같은 절차로 진행해 나가며, 기본계획수립으로부터 해상 및 기상 조건의 조사를 바탕으로 이동식 양식용 선박을 설계하고, 해양(해수)환경을 조사하여 양식관리기술을 설계한 후, 타당성을 평가하는 절차가 선행되어야 한다. 이를 토대로 양식용 선박의 제작, 운반 및 설치와 종묘(중간어) 결정, 판매 및 유통 경로, 사료 등의 확보 과정을 거쳐 양식(축양)관리를 하고, 상품을 판매 및 유통하는 절차로 정립되어야 한다. 여기서는 타당성에 대한 1차 평가까지를 고찰하고자 한 것이다.

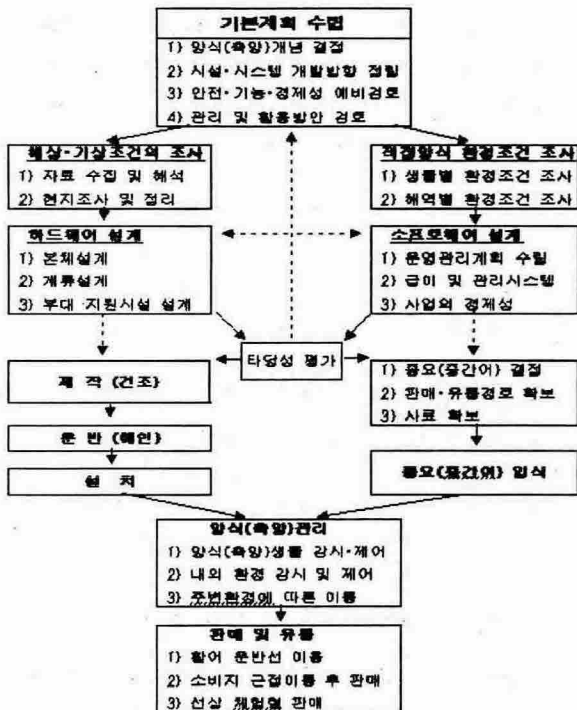


Fig. 2. Engineering flow of MMS

2.5 가용선박의 검토 및 결정

각종 선박을 분류하고, 양식선박으로 개조하기 위한 관점에서 양식공간, 상부공간, 작업지원, 동력지원 등에 대한 종합적 비교를 실시하여 1차적인 선별작업을 실시하였다. 그 결과를 Table 1에 나타내었으며, 표로부터, 일반화물선, 롤온/오프 컨테이너선, 유조선 및 화학제품선이 비교적 양호한 구조를 하고 있음을 알 수 있다.

Table 1. Adaptability of various ships for mariculture

선종	양식공간			상부활용		작업지원	동력지원	비고	
	데크	접근	구획규모	격벽	내부 개방				
여객선	M	X	SM	X	O	O	X	O	C
자동차운반선	M	O	LG	X	O	O	X	O	B
일반화물선	M	O	LG	O2	O	△	O	O	A
컨테이너운반선	S		LG	X	O	X	X	O	C
롤온/오프 컨테이너	M	O	LG	X	O	△	O	O	A
철강선	S	X	LG	O3	O	X	X	O	C
벌크선	S	O	LG	X	O	X	△	O	B
유조선	S	O	LG	O3	O	△	X	O	A
화학제품탱크선	S	O	LG	O4	O	△	△	O	A

[M: Multi-Deck, S: Single-Deck, SM: Small, LG: Large]

1차 선정된 선형의 중고선박을 대상으로 양식가능 공간, 개조의 용이성, 구입비, 내파(안전)성 등을 비교하였다. 그 결과, 유조선이 양호하며, 벌크선, 일반화물선 및 컨테이너선의 순서로 권장할 만 함을 알 수 있었다.

Table 2. Comparison of selected ships at first phase

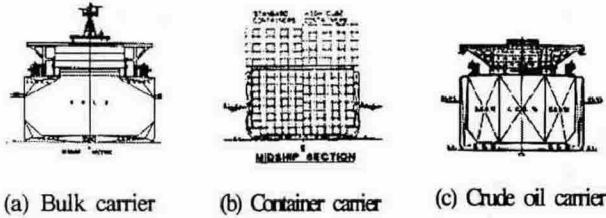
구분	유조선	벌크선	일반화물선	컨테이너선
양식가능 공간	상	상	중	하
개조의 용이성	상	상	하	하
구입비	중	중	상	하
내파(안전)성	상	중	중	중
비교결과	A	B	C	D

중고선박의 확보 가능성을 살펴보기 위해, 적정규모의 선박에 대한 현황을 조사하였다. 2001년 당시 조사에 의하며, 15년 이상된 유조선과 벌크선은 924척과 1,115척이 있으며, 25년 이상된 유조선과 벌크선은 50척 및 48척이었다.

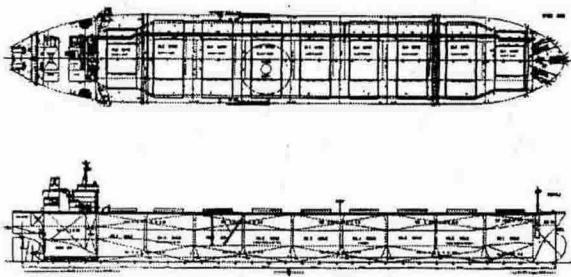
퇴역단계의 중고선박 가격과 용이성 면에서는 유조선과 벌크선이 큰 차이는 없으나 환경규제 강화로 인해 중고 유조선의 구입이 다소 용이할 것으로 판단된다. 또한, '99년 이후에는

수입 자유화에 따라 수입도 가능하게 되었다. 따라서, 중고선박을 도입한 후, 용도변경 및 개조하는 게 바람직 할 것이다.

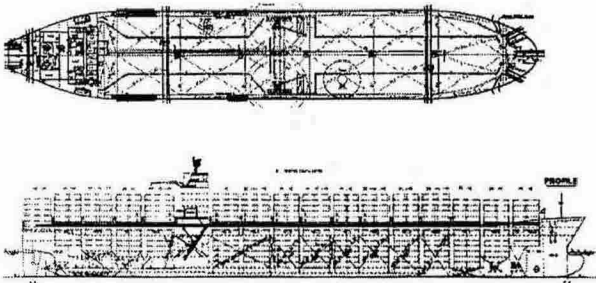
이러한 비교를 통해 검토된 선박은 Fig. 3에 나타낸 것과 같은 선종들이며, 종단면 및 평면도 등을 통해 구조 개선 가능성을 예측할 수 있다.



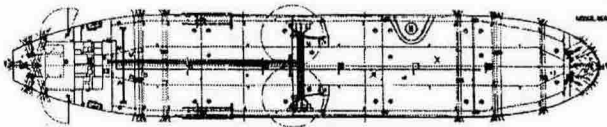
(a) Bulk carrier (b) Container carrier (c) Crude oil carrier



(a) Bulk carrier



(b) Container carrier



(c) Crude oil carrier

Fig. 3. Objective ships for evaluation

2.6 이동식 양식시설의 안전성 평가

초기 검토를 거쳐 선정된 대상 선박은 Table 3과 같이 Bulk carrier, Oil/Chemical tanker 및 Chemical tanker이다. 이들 선박은 폭과 흘수가 해상양식에 비교적 적합한 규모를 가진 것으로서 선폭 방향으로 2~3개의 수조실을 조성할 수 있고, 선장 방향으로 10~15개의 수조실을 조성할 수 있는 규모로서 20 ~ 45개의 양식공간을 조성할 수 있을 것으로 판단된다.

선박을 개조한 이동식 양식선박의 안전성에 대한 평가는 복원성 해석에 의해 수행되었다. 해석시 개조된 대상 선박은 설계 흘수 만큼 충수하고, 벨라스트를 조절 한 후에 SIKOB(1983)을 이용하여 해석하였다.

그 결과를 Table 4에 비교하여 놓았으며, 표로부터 설계 흘수를 대상으로 개조 및 조절된 경우에는 Chemical tanker가 가장 적합한 것으로 나타났다.

Table 3. General dimensions of objective ships

선종	Bulk carrier	Oil/Chemical tanker	Chemical tanker
길이, O.A(m)	225.0	183.0	182.2
폭, MLD(m)	32.2	27.4	32.2
깊이, MLD(m)	19.1	18.0	18.9
흘수, MLD(m)	12.2	9.8	11.0

Table 4. Evaluation results of stability analysis

선종	Bulk carrier	Oil/Chemical tanker	Chemical tanker
배수용적(m ³)	72,664	38,992	50,285
LCB(m)	7.05	4.13	4.33
VCB(m)	6.31	5.11	5.80
VCG(m)	7.81	8.29	9.12
LCG(m)	9.24	0.94	1.45
GM(m)	5.51	3.32	4.47
GCo(m)	6.57	0.88	1.25
GoM(m)	-1.06	2.44	3.22
판정	NO	YES	YES

2.7 이동식 양식시설의 기능성 평가

이동식 해상양식시스템은 해양의력환경에 대한 능동적 대피 기능 뿐 아니라 양식환경(적정수질, 적정수온 등)에 대한 능동적 탐색기능도 동시에 고려되어야 한다.

전자를 위해서는 여름철의 태풍, 겨울철의 폭풍성 저기압 등을 고려하지 않으면 안된다. 즉, 여름에는 자연지형이나 인공시설의 북측에서 보호받고, 겨울에는 남측에서 보호받는 위치에서 시설의 안전성이 유지되도록 하여야 한다.

후자를 위해서는 대상 양식생물의 적정수질 및 수온을 고려한 운영개념에 적합하여야 한다. 즉, 돔류, 복어류, 방어, 참치 등의 난수성 어류의 경우에는 15~25°C의 수온이 필요하므로 4

월에서 11월까지의 남해나 동해 남부에 위치하다가 11월에서 4월에는 제주도 남측에 위치하는 운영개념을 통한 적정수질 지원기능이 제공되어야 한다. 한편, 10~20°C의 수온이 필요한 대구류, 넙치류, 가자미류 등은 10월에서 6월까지의 연안역에 위치하다가 6월에서 10월까지의 월하시에는 근해로 나아가 저층수(예, 수심 50m)를 활용하는 방안이 필요하다. 이에 대한 취수수심을 고려한 계절별 적정 취수수심(10m 및 50m 층)에서의 수온분포를 Fig. 4에 나타내었다.

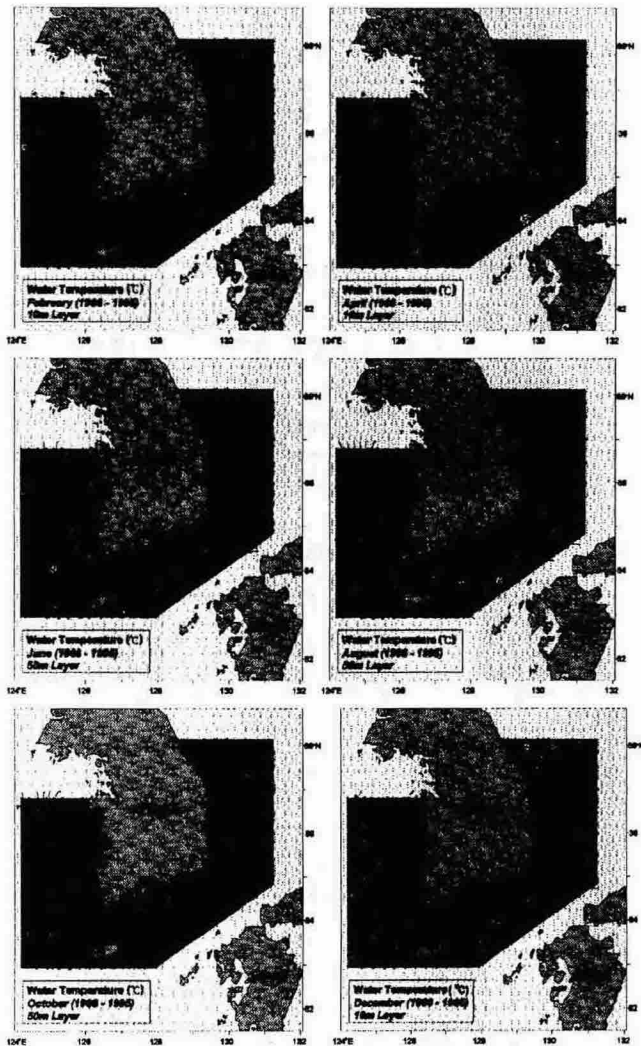


Fig. 4. Bimonthly distribution of water temperature of controlled intaking depth (NFRDI, Web site).

2.8 이동식 양식시설의 경제성 평가

이동식 해상양식시스템을 50,000톤급 Chemical tanker를 개조하여 활용할 경우에 대해 경제성을 평가해 보고자 하였다. 수용체적은 24,000m³으로 가정하고, 7g의 치어 80만미를 양식하여 60%가 생존하는 것을 가정하여 헥사분석법을 기준으로 정리하였다. 비용은 고정비용과 변동비용(금융비용은 8%)으로 산정하고, 편익은 최소 시가기준으로 적용하되 부수효과는 불편

익을 상쇄할 수 있는 것으로 가정하였다. 그 결과, 연간 240톤이 생산 가능하며, 판매단가를 10,000원/kg로 가정하면 매출액이 24억원에 달하므로 총비용이 15.7억원이므로 순익은 8.3억원에 달한다. 한편, 주변환경으로 매출단가가 저하되더라도 6,500원/kg 이상이면 손해보지는 않을 것으로 분석되었다.

2.9 이동식 양식시설의 해양심층수 이용개념

양식 해수의 수온조절을 위해 저층수를 활용하는 것은 유용한 방법이며, 보다 저온의 청정 해수가 필요할 경우에는 수심 200m 이하의 해양심층수를 활용할 수 있다. 이는 이동식 해상양식시스템을 통한 대량양식에 의한 비용 절감수단으로서 뿐만 아니라 항생제 등을 이용하지 않는 안전성을 보장하여 편익을 극대화하는 특성화 방안으로서 효과가 기대된다. 특히, 먹이배양에 심층수의 부영양성을 효과적으로 활용할 수 있다.

또한, 활어의 축양이나 운반수로서 또는 해양심층수 얼음이 선어의 선도를 유지하고 연장하는 기능 등을 이용하면 효과적인 양식, 축양 및 유통 기반이 해양심층수를 통해 조성될 수 있을 것이다.

3. 결 론

수산양식업의 경쟁력 제고를 위한 방안의 하나로서 수산양식 기반을 저비용 대량생산 체제와 고급화 소량생산 체제로 정비하는 방안이 검토될 수 있을 것으로 판단된다. 이를 위해, 해양심층수를 효과적으로 활용하는 이동식 해상양식시스템을 제안하였다. 이는 중고선박을 개조하여 해양 외력환경 및 적정 사육환경에 능동적으로 대응하는 양식개념으로써 적용가능 선박에 대한 비교 검토와 안정성, 기능성 및 경제성 등에 대한 분석을 통해 타당성을 살펴보았다. 이를 통해, 해양심층수(또는 저층수)를 이용한 수산양식 경영개선이 가능할 수 있음을 고찰하였다.

후 기

본 연구는 해양수산부 “해양심층수 다목적 이용 개발(3)”의 일환으로 수행되었으며, 한국해양연구원의 “이동식 선박형 양식 시설 및 시스템 개발을 위한 연구기획”결과가 활용된 것이다.

참 고 문 헌

- 김현주 외 (2001). 해양심층수의 다목적 개발 (1), 한국해양연구원 보고서, UCM00210-2352.
- 김현주 외 (2003). 해양심층수의 다목적 개발 (2), 한국해양연구원 보고서, UCM00340-2431.
- 김현주 외 (2000). 이동식 선박형 양식시설 및 시스템 개발을 위한 연구기획, 한국해양연구원, 2000.