

소규모 바다목장의 해양 환경 분석 및 평가 - 군산주변해역

김 종 화[†]

(부경대학교)

Analysis and Assessment of Environmental Factors in the Small Scale Marine Ranch around the Gunsan Coastal Areas

Jong-Hwa KIM[†]

Pukyong National University

(Received September 21, 2008 / Accepted October 11, 2008)

Abstract

This study was analyzed and assessed the environmental factors on small marine ranching sites around Gunsan Coast, West Sea of Korea. Standards of assessment are followed in the reports on the choice of marine ranching sites and regulation factors of proper site on marine artificial reefs of MOMAF.

Max. current speed around Gunsan were ranged between 25.52 ~ 57.49cm/sec. These values were satisfied by comparing assessment factor such as current speed..

Factors of temperature, salinity, transparency and pH were evaluated as the proper extent. DO was not distributed as the proper extent due to different criterion. between the same assessment factor. COD, SS and nutrients were partly suited to the criteria. Especially, SS was almost higher than that of criterion.

So, we are proposed to be reflected in environment characteristics of West Coast such as SS. Moreover, the extent of pollution load factors have to be specified clearly in the regulations of assessment criteria.

Key words : Marine ranching site, Assessment criteria, Environment factors

I. 서론

우리나라는 국토면적의 3.5배에 달하는 연근해 해역과 5대양을 활동영역으로 하는 세계 10대 수산물 생산국이다. 또한 수산물은 우리 국민들에게 양질의 동물성 단백질을 제공하는 국가적인 식량산업 공급원이다.

이에 반해 세계해양의 질서의 구축 재편으로 200해리 배타적 경제수역(EEZ)을 연안 국가들이 선포하면서 조업어장이 대폭 축소되고, 수산물 수출입이 자유화하는 등 새로운 여건 변화가 우리를 위협하고 있다.

더욱이 각종 산업화로 인한 해양오염의 가속화와 연안해역의 매립, 간척과 수산자원의 남획 등

[†] Corresponding author : 051-629-5993, kimjh@pknu.ac.kr

이 겹쳐져 연안 어장의 생산성이 현저히 감소되었다. 그 결과 연근해 어업의 경쟁력이 저하되고 어촌의 자립기반이 점차 위축되는 어려움에 직면하고 있다.

이러한 여건에서 어업생산 및 어업경영의 안정화를 통한 어촌 정주권의 고도 경제실현을 위해서는 종래의 연근해 어장 이용방식의 장점을 살리고, 첨단 과학기술을 도입한 미래형 어업모델 개발이 필요하다. 이를 위해서는 지역특성에 맞는 경제성 품종의 어류방류 등 자원조성에 관한 일련의 기술개발과 함께 바다목장의 조성사업이 수산업의 기반 강화에 필수적으로 부각되고 있다

국가는 1998년부터 경남 통영을 시작으로 전남 여수, 경북 울진, 충남 태안 및 제주도 북군의 5 곳을 시발로 하여 바다목장 시범사업 해역을 정하여 각 해역특성에 맞는 인공어초, 인공해조장 등을 시설하여 수산생물의 서식공간을 제공하고 건강한 수산종묘방류 및 체계적인 어장관리를 통한 연안의 수산자원 회복 및 어업인 소득증대를 도모하고자 바다목장화 사업을 추진하고 있다(과기처,1995; 해양연,1997; 해수부,2003 & 2004a). 이들의 연구보고는 해양목장화의 모델 유형 검토 후보지 및 해역(동해, 서해 및 제주)의 환경적합성 등을 제시하였고, 특히 몇 가지 해양환경 요소의 동해, 서해 및 제주해역 평가기준을 설정한 것은 대규모 해역의 일반적 환경기준 개념으로 볼 수 있다.

따라서 소규모 해역의 바다목장화를 계획할 경우, 국지적 해양환경과 선택생물의 방류에 필요한 지역적, 생태적 해역특성을 만족시키기는 어렵고, 또한 어초어장시설의 적지조건으로 제시된 적지조사 항목 및 판정요건 기준(해수부, 2004b)도 매우 포괄적이므로 소규모 해역에 그대로 적용하기에는 미흡한 실정이다. 이에 따라, 대상해역마다 적합한 해양환경요소와 기준을 개발하여 바다목장화 환경모델을 제시하는 연구가 필요하다.

그러므로 본 논문에서는 일차적으로 소규모의

바다 목장화 해역을 연구대상으로 하여 수산생물 자원의 서식환경 요소를 조사, 분석함으로써 해양환경요소의 변동특성을 규명하고 적지어장 요건의 적합성을 평가하고자 노력하였다.

II. 자료 및 방법

1. 대상해역

우리나라 서해에 위치한 군산과 고군산군도 주변해역은 조석간만의 차가 크고 수심이 비교적 얕아 해저경사도가 완만하며, 세계 4대 갯벌어장의 하나로 많은 자연초와 해양생물이 공존하는 해양생태계의 보고이다(그림 1). 그러나 인근 새만금의 거대한 간척으로 인해 막대한 갯벌의 손실과 함께 해양자원의 서식환경이 현저히 줄어들어 이로 인한 대체어장의 확보가 시급한 실정이다.

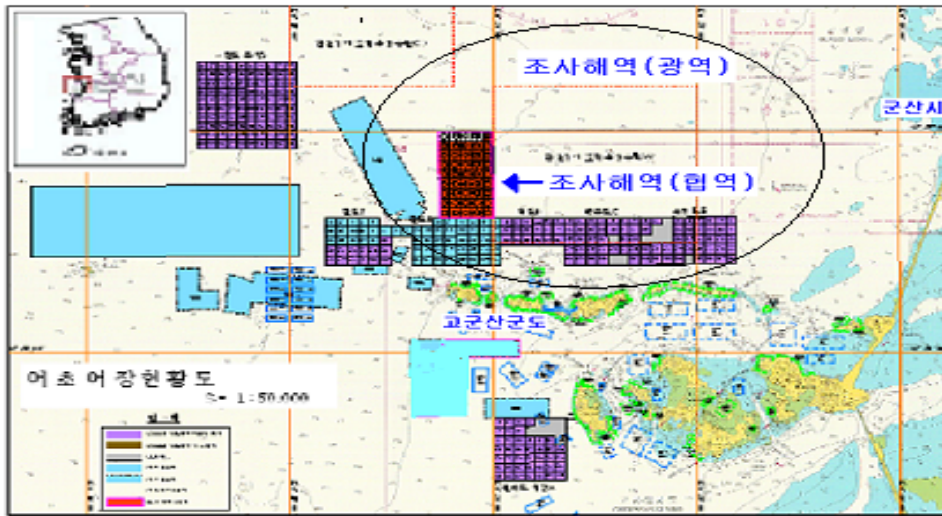
[그림 1]에서 보는 바와 같이 고군산군도를 중심으로 북쪽과 서쪽 및 남쪽해역에 기존의 어초단지가 조성되어 있다. 어초단지만으로 바다목장화를 이룰 순 없지만 소규모 바다목장을 계획하는 입장에서는 이들 인공어초단지와 함께 어초벨트화를 추진한다면 자원조성 효과의 극대화를 이룰 수 있는 좋은 해역조건이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 군산과 고군산군도에 이르는 광역해역과 광역 중 소규모의 바다목장 조성해역을 협역해역(그림 1의 타원형과 검정색의 직사각형)으로 나누어 조사대상해역으로 하였다.

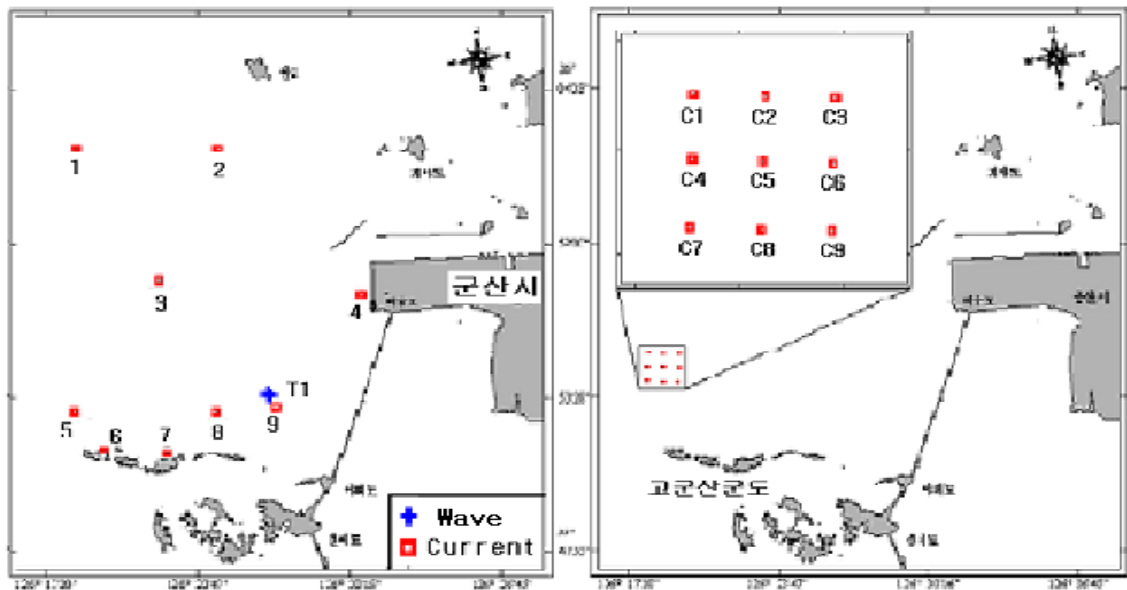
2. 조사방법

가) 해수유동조사

대상해역에서 해수유동의 연직구조를 파악하기 위하여 대조기(2006. 12. 21)와 소조기(2007. 01. 09)에 각각 9개 정점(그림 2의 좌, St. 1 ~ 9)과 5개 정점(그림 2의 좌, St. 2, 3, 4, 7, 9) 및 중조기(2007. 02. 05)의 9개 정점(그림 2의 우, St. C 1 ~ C 9)에서 도플러 유속계(RCM-9, AANDERAA)



[그림 1] 조사해역도



[그림 2] 해수유동 조사위치도(좌: 광역, 우: 협역)

를 사용하여 수심별 4 ~ 5개 층(표층, 표중층, 중층, 중저층 및 저층)의 유속과 유향을 관측하였다. 이와 동시에 조석의 특성을 파악하기 위하여 군산외항, 장항 및 위도에서 30일의 검조소 자료(2006. 12. 09 ~ 2007. 01. 07)를 획득하여 조화분석을 행하였다.

나) 파랑조사

파랑특성을 규명하기 위한 파랑관측은 군산과 고군산군도의 중간지점으로 파랑의 대표성을 가질 수 있는 St. T1(그림 2의 좌)에서 21일간(2006. 12. 21 ~ 2007. 01. 09)에 걸쳐 보조프레임을 이용한 저층계류 방식으로 파고계(MODEL 730)를

설치하여 파랑관측을 실시하였다. 데이터 화일의 기계적 오류로 인한 자료는 버리고 약 8일간(2006. 12. 21 ~ 2006. 12. 29)의 데이터를 획득하였다.

관측된 파랑자료는 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 행하여 각 주파수별 성분파로 분리하였으며, 획득된 파고 값이 Rayleigh 분포를 따른다고 가정하고 Spectrum 법에 따라 아래 식과 같은 과정을 통하여 각종 파에 대한 값을 산출하였다.

1) 파고

$$\text{최대파고} : H_{\max} = 1.87H_s \quad (1)$$

- 유의파고 : $H_s = 4.004\sqrt{m_0}$ (2)

여기서, $m_0 = \overline{\eta^2} = \int_0^\infty E(f)df$ 이다.

2) 파랑주기

- 유의파주기: $T_s = 1.02T_{\text{peak}}$ (3)

여기서, T_{peak} 는 Spectrum의 Peak 주기이다.

- 평균주기(Zero-up Crossing) :

$$T_{\text{mean}} = \sqrt{m_0/m_2} \quad (4)$$

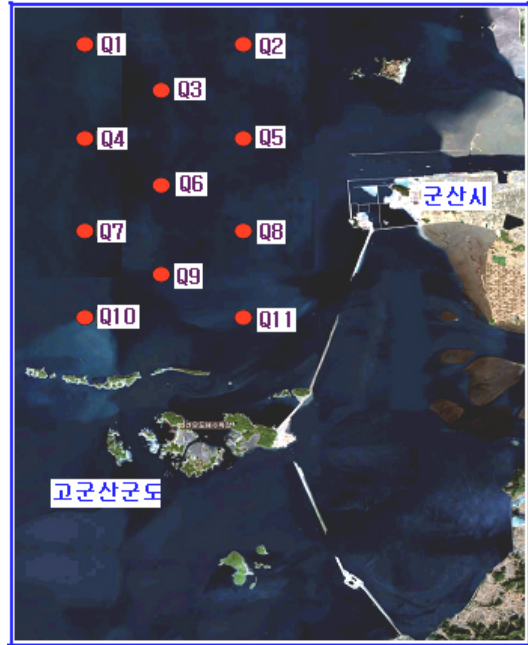
여기서, $m_2 = \int_0^\infty f^2 E(f)df$ 이다.

다) 해양수질조사

조사항목은 바다목장 적지어장의 해양환경 필수요소인 수온, 염분, DO 및 pH이다. 이들의 값은 계절의 변동 값도 중요하나 조사경비 등을 고려할 때 수온과 염분은 연중의 평균적 값에 근접하고 pH는 연중 변화가 매우 적으므로 가을과 겨울을 택하여 2006년 10월과 2007년 1월에 11개 정점(St.Q1 ~ Q11)에서 수질측정기 (YSI-6000UPG, Horiba U-10)를 이용하여 관측하였다(그림 3).

대상해역에 대한 기타의 해양수질로서 바다목장 자원조성의 중요한 요소로 화학적산소요구량(COD), 부유입자물질(SS), 투명도를 선택하여 자

료 분석하였다(군산시, 2000 & 2007). 그리고 영양염류 중 총질소(T-N)와 총인(T-P)에 대한 자료는 동·서·제주해역 바다목장화 개발 연구 용역태안바다목장(해양수산부, 2005)보고서를 이용하였다.



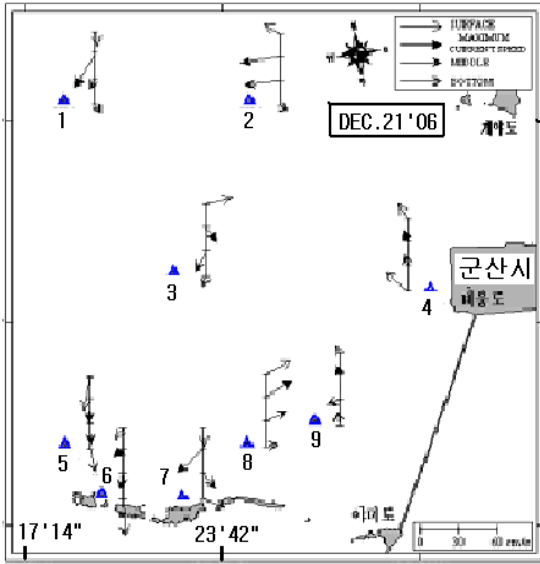
[그림 3] 해양수질 조사위치도(광역)

3. 평가 방법

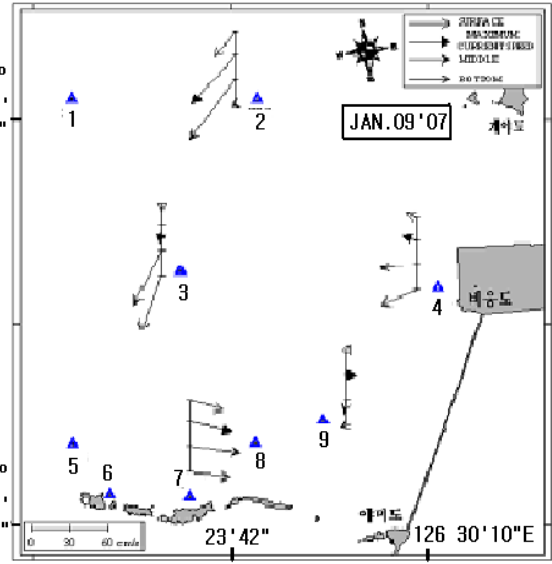
위 2에서 얻어진 대상해역의 해양환경 요소별 조사 자료를 평가항목으로 하였으며, 동·서·제주해역 바다목장 개발 후보지 선정에 위한 기초조사 연구용역(해수부, 2004)에서 제시된 해양환경 분야의 물리적, 화학적 요인 평가기준과 어초규정의 적지어장 관정기준(해수부, 2004b)을 비교하여 평가하였다.

Ⅲ. 해양환경 분석

1. 조류와 조석



[그림 4] 대조기 낙조류시 층별 유속벡터도



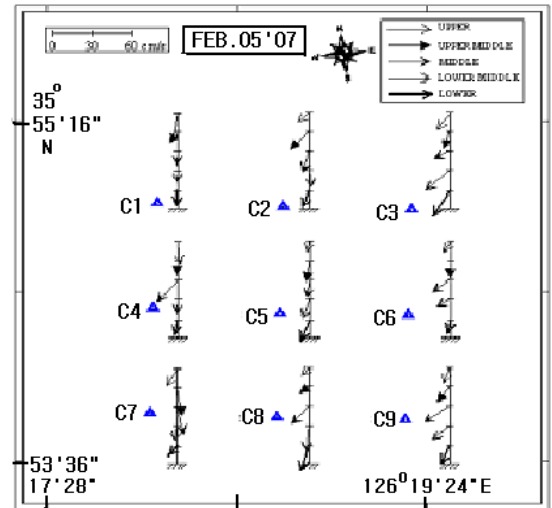
[그림 5] 소조기 낙조류시 층별 유속벡터도

조사결과 얻어진 해수유동으로 수심 층별 유향, 유속을 Stick diagram으로 나타내면 [그림 4~그림 6]과 같다.

[그림 4]의 대조기 낙조류시 표층의 최대유속은 25.52cm/s, 최강유속층(표중층)의 최대유속은 31.38cm/s, 중층 최대유속은 27.57cm/s, 저층 최대유속은 27.86cm/s로 나타났다.

[그림 5]의 소조기 낙조류시 표층 최대유속은 26.69cm/s, 최강유속층 최대유속은 49.86cm/s, 중층 최대유속은 57.49cm/s, 저층 최대유속은 44.29cm/s로 나타났다.

[그림 6]의 중조기 낙조류시 표층 최대유속은 36.91cm/s, 표중층 최대유속은 36.04cm/s, 중층 최대유속은 36.40cm/s, 중저층 최대유속은 37.01cm/s, 저층 최대유속은 36.01cm/s로 나타났으며, 간조시 최대 유속은 37.33cm/s, 최강유속층 최대유속은 39.77cm/s, 중층 최대유속은 38.75cm/s, 중저층 최대유속은 34.42cm/s, 저층 최대유속은 32.33cm/s로 나타났다.



[그림 6] 중조기 낙조류시 층별 유속벡터도

해수유동의 수심 층별 변동 범위를 살펴보면 해수유동의 세기는 소조기 낙조류시에 변동 폭이 크고, 최대유속 값의 상한선이 대조기 및 중조기 보다 크게 나타났다. 이 현상으로 보면 대상해역은 조석의 영향이 크게 작용하지 않음을 의미한다. 또한 이 해역이 군산과 고군산군도 사이에

위치함으로써 해수흐름이 상하층 모두 균질한 흐름이 아님을 나타내고 있는 것으로 해석된다.

그리고 해수유동의 관측시기에 군산해역의 조석특성을 분석한 결과, 대상해역은 조석형태수가 0.17 ~ 0.19인 반일주형으로 1일 2회 고조와 저조가 일어났다. 대조차는 군산 외항이 576.08cm, 장항과 위도가 각각 624.25cm, 498.30cm로 나타났으며, 소조차는 군산외항이 246.88cm, 장항과 위도가 각각 258.13cm, 133.30cm로 나타났다.

2. 파랑

[그림 2]의 St. T1에서 얻은 파랑자료의 분석으로 산출된 최대파고(H_{max})와 유의파고(H_s)의 시계열분포도는 [그림 7]에 나타내었다. 최대파고(그림 7의 상)의 평균값은 1.36 m로서 최대값과 최소값은 각각 3.57 m와 0.67 m로 나타났다. 유의파고(그림 7의 하)의 평균값은 0.86 m로서 최대값과 최소값은 각각 3.07 m와 0.17 m이었다.

한편, 유의파주기(T_s)와 Spectrum의 Peak 주기(T_{peak})를 나타내면 [그림 8]과 같다. [그림 8의 상]에서처럼 T_s 의 평균값은 2.27 sec이며, 최대값과 최소값은 각각 6.12 sec와 1.02 sec이었다. [그림 8의 하]에 나타난 T_{peak} 의 평균값은 2.22 sec이며, 최대값과 최소값은 각각 6.0 sec와 1.0 sec이었다.

3. 해양수질

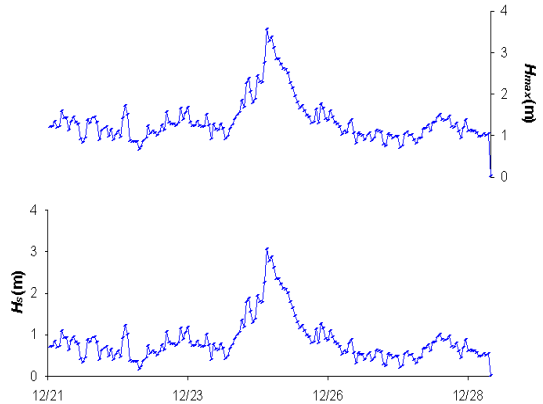
가) 기본 해양수질

기본적인 해양수질은 수온과 염분 그리고 바다목장 어초시설의 적지어장 수질항목(어초규정 제 13조제1항1호별표)에 해당하는 DO와 pH의 분포를 [그림 9] ~ [그림 12]에 나타내었다(해수부, 2004b).

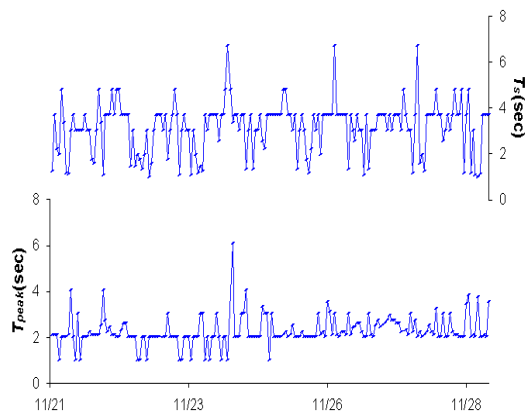
① 수온(Temperature)

해수의 물리적 성질 중에서 가장 중요한 요소

인 수온은 2006년 10월(가을)에 표층이 19.13~19.6°C의 범위로 전 조사 정점에서 매우 유사한 값을 나타내었다. 중앙 외해에 위치한 정점 Q4에서는 매우 높게 나타났으며 연안과 남쪽에 위치한 정점에서는 조금 낮은 값을 나타내는 경향을 보였다.

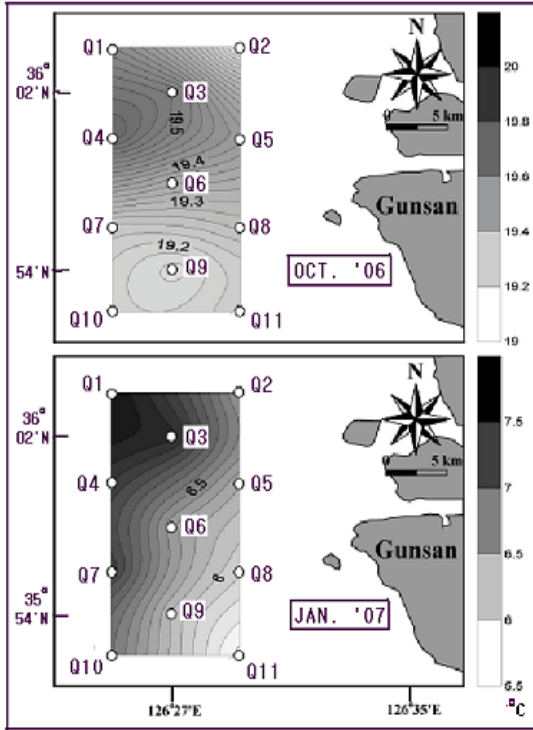


[그림 7] 최대파고(H_{max} , 상)와 유의파고(H_s , 하)의 시계열도

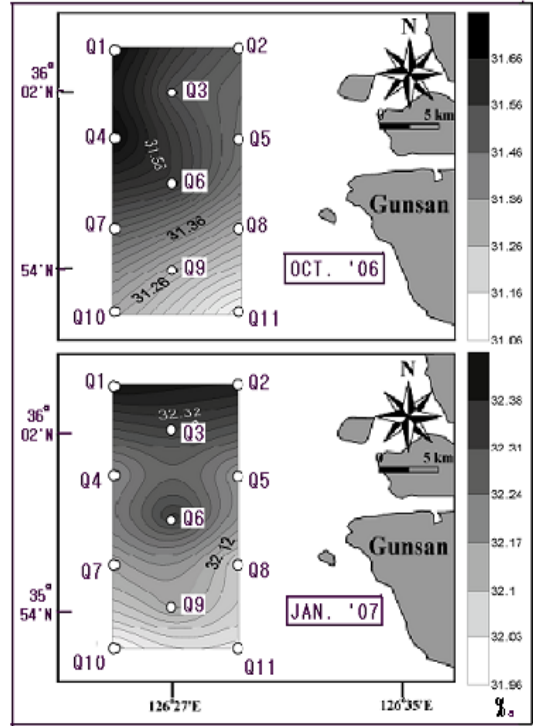


[그림 8] 유의파주기(T_s , 상)와 Spectrum의 Peak주기(T_{peak} , 하)의 시계열도

그리고 2007년 1월(겨울) 조사에서는 5.56~7.3°C의 범위로 지난 가을 조사의 수온보다 매우 낮게 나타났다. 그러나 정점별 수온분포 패턴은 지난 가을 조사와 유사하게 북쪽에 위치한 정점



[그림 9] 조사정점별 수온분포도



[그림 10] 조사정점별 염분분포도

과 연안에서 외해로 멀어질수록 수온이 증가하였다(그림 9).

② 염분(Salinity)

염분 분포는 2006년 10월이 31.08~31.65psu로 조사되었으며, 2007년 1월은 31.97~32.28psu의 범위로 조사되어 그 차이가 미미하였으나 겨울철에 다소 높아지는 경향을 보였다. 전체적으로 고군산군도에서 멀어질수록 염분값이 높아지는 것을 볼 수 있었다. 특히 2006년 10월 조사에서는 연안과 외해의 구분이 확연하게 드러난 반면에 2007년 1월 조사에서는 남쪽에 위치한 정점들과 북쪽에 위치한 정점들 간의 염분분포는 매우 비슷하였다(그림 10).

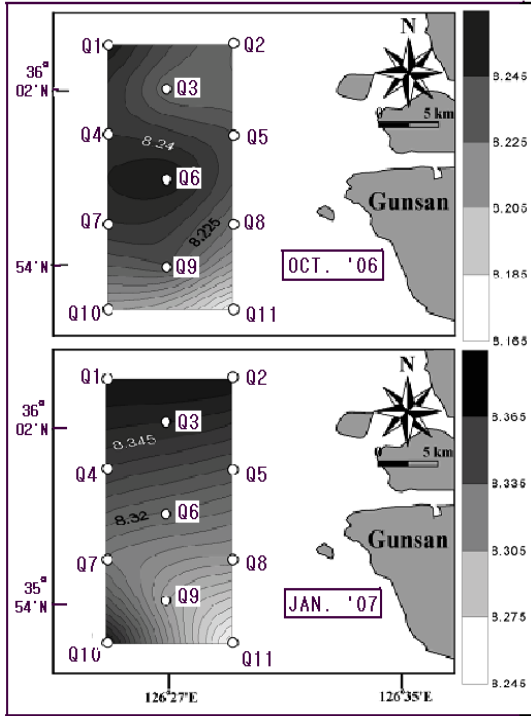
③ DO

해수 중의 용존산소는 수질의 안정도와 수계의 생산력을 결정지어주는 중요한 인자로서 수온 압력, 염분, 물의 오염도 등에 영향을 받는다.

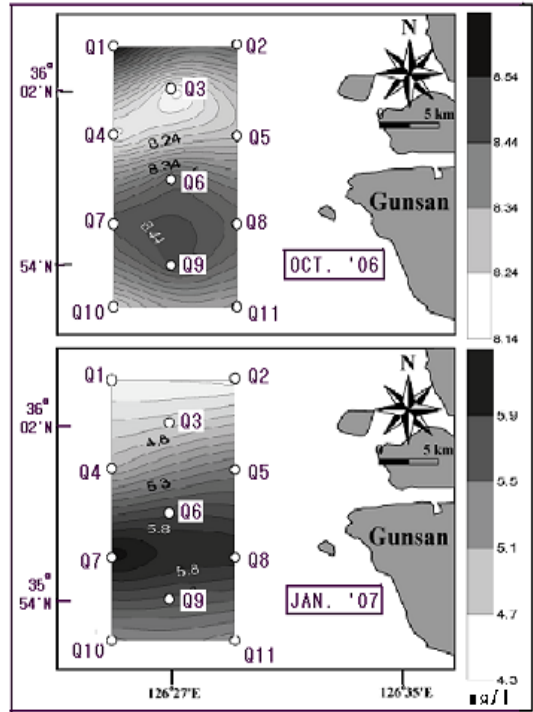
2006년 10월 조사에서 DO는 8.15~8.55 mg/l의 범위로 전 정점에서 유사한 값을 나타내었으며, 북쪽에 위치한 정점 Q1과 중앙 해역에 위치한 정점 Q6~Q9에서 다소 높은 값의 DO를 확인 할 수 있었다. 2007년 1월은 2006년 10월 조사 보다 낮은 4.37~6.07 mg/l의 범위로 조사되어 그 변동 폭도 컸으며, 정점 간 비교에서는 중앙 해역에 위치한 정점에서의 용존산소량이 다소 높게 나타나 지난 2006년 10월 조사와 유사한 경향을 보였다(그림 11).

④ pH

pH분포는 2006년 10월 조사에서 8.17~8.25, 2007년 1월 조사에서는 8.25~8.36의 범위로 전 정점이 유사하게 나타났다. 특히 겨울철의 pH가 가을철 값보다 다소 높은 것을 알 수 있었으며, 북쪽과 외해에 위치한 정점에서 pH 값이 증가하는 것을 알 수 있었다(그림 12).



[그림 12] 조사정점별 pH분포도



[그림 11] 조사정점별 DO분포도

나) 기타 해양수질

바다목장의 적지어장 조건에 제시된 기본 해양수질 외에도 대상해역의 생물서식환경에 중요한 수질요소를 분석하여 <표 1>에 나타내었다.

① 화학적산소요구량(COD)

대상해역의 COD는 봄철에 표층 0.32~1.30mg/l, 저층 0.36~1.57mg/l로 조사되어 저층의 변동폭이 약간 컸으나 평균적으로는 저층의 농도가 높은 것을 알 수 있었다. 여름철에는 표층 0.19~4.41mg/l, 저층 0.08~2.53mg/l로 조사되어 변동폭이나 평균 농도 모두 봄철보다 높게 나타났다.

② 부유물질 농도(SS)

대상해역의 SS는 봄철의 표층이 26~148mg/l, 저층 26~82mg/l로 조사되었다. 여름철은 표층 20~49mg/l, 저층 18~47mg/l의 범위로 나타나 봄철이 더 넓은 변동폭을 나타내었으며 평균적으로 보면 봄철이 여름보다 높은 분포를 보였다.

③ 투명도

대상해역의 투명도 분포는 봄철에 2.8~7.2m 범위로서 평균 4.5m를 나타내었고, 여름철은 2.0~8.5m의 넓은 범위를 나타내면서 평균 4.3m로 조사되었다. 특히, 흑도와 십이동파도 부근 해역이 5~6.0m로 높은 투명도를 나타냈으며 금강 하구역과 고군산도 해역은 3~4m의 전형적인 연안역 투명도를 나타내었다.

④ 영양염류

a. 암모니아태 질소

암모니아태 질소는 질소화합물 중 가장 환원된 형태의 화합물로 영양물질로 이용되기도 하지만 독성물질로서도 작용한다. 조사해역의 암모니아태 질소 변화는 봄의 표층이 0.00~11.21 μg-at./l, 저층 0.00~4.74 μg-at./l의 변동을 나타냈고 여름은 표층 0.00~21.70 μg-at./l, 저층 0.12~9.84 μg-at./l의 변동 범위를 나타냈다. 봄보다 여름이 높게 나타났으며 그 절대농도는 낮은 편이고,

수평적분포를 보면 내해역보다는 외해역에서 그 농도가 낮았다.

<표 1> 해양수질 조사항목(군산시, 2007)

조사 항목	조사 시기	표층		저층	
		최소	최대	최소	최대
COD (mg/ℓ)	2006년 봄	0.32	1.30	0.36	1.57
	2006년 여름	0.19	4.41	0.08	2.53
SS (mg/ℓ)	2006년 봄	26	148	26	82
	2006년 여름	20	49	18	47
투명도 (m)	2006년 봄	2.8	7.2	-	-
	2006년 여름	2.0	8.5	-	-
암모니아태 질소 ($\mu\text{g-at./}\ell$)	2006년 봄	0.00	11.21	0.00	4.74
	2006년 여름	0.00	21.70	0.12	9.84
아질산태 질소 ($\mu\text{g-at./}\ell$)	2006년 봄	0.04	0.16	0.04	0.13
	2006년 여름	0.02	0.71	0.02	0.20
질산태 질소 ($\mu\text{g-at./}\ell$)	2006년 봄	0.13	2.00	0.11	3.55
	2006년 여름	0.00	0.11	0.00	0.09
인산 ($\mu\text{g-at./}\ell$)	2006년 봄	0.00	0.06	0.00	0.15
	2006년 여름	0.00	0.10	0.00	0.14
규산 ($\mu\text{g-at./}\ell$)	2006년 봄	0.46	2.14	0.46	1.68
	2006년 여름	1.39	62.60	2.26	18.69
총질소 (mg/ℓ)	2004년 9월	0.051	0.082	0.061	0.076
	2005년 8월	0.004	0.134	0.008	0.426
총인 (mg/ℓ)	2004년 9월	0.004	0.028	0.007	0.028
	2005년 8월	0.008	0.036	0.007	0.047

b. 아질산태 질소

아질산은 주로 암모니아의 산화나 질소의 근원으로 생성되는 중간 질소대체산물로 수중에서 불안정하기 때문에 다른 질소화합물에 비해 낮은 편이다. 이 화합물은 생물에 의한 이용도가 낮은 반면, 아질산 독성으로 작용하여 해양오염의 지표로서 생태적 의미를 가지고 있다. 대상해역의

아질산태 질소 농도는 봄철의 표층에서 0.04~0.16 $\mu\text{g-at./}\ell$, 저층 0.04~0.13 $\mu\text{g-at./}\ell$ 의 변동을 나타냈고 여름은 표층 0.02~0.71 $\mu\text{g-at./}\ell$, 저층 0.02~0.20 $\mu\text{g-at./}\ell$ 의 변동하며 계절별, 수층별 큰 차이가 없었다. 또 내해역보다는 외해역에서 그 농도가 낮았다.

c. 질산태 질소

질산태 질소는 해수 중에 존재하는 질소화합물 중 가장 안정된 화합물로서 질산화작용의 최종산물이다. 이는 수중 생물에 질소원으로 이용되며 생태계내 질산화 작용뿐만 아니라 육상으로부터도 다량 유입되므로 오염의 지표로서도 생태학적 의미를 가진다. 대상해역의 질산태 질소의 농도 범위는 봄철 표층에서 0.13~2.00 $\mu\text{g-at./}\ell$, 저층 0.11~3.55 $\mu\text{g-at./}\ell$ 의 변동을 나타냈고 여름은 표층에서 0.00~0.11 $\mu\text{g-at./}\ell$, 저층 0.00~0.09 $\mu\text{g-at./}\ell$ 의 변동 범위로 여름에 현저히 낮았다.

d. 인산

인은 생물의 성장에 필수적인 요소로서 유기물의 합성과 분해과정에 필요 또는 방출되는데 최근 인구증가와 산업화의 영향으로 인에 의한 오염문제가 심각해지고 있는 상황이다. 대상해역의 인의 농도는 봄철 표층이 0.00~0.06 $\mu\text{g-at./}\ell$, 저층 0.00~0.15 $\mu\text{g-at./}\ell$ 의 변동을 나타냈고 여름의 표층은 0.00~0.10 $\mu\text{g-at./}\ell$, 저층 0.00~0.14 $\mu\text{g-at./}\ell$ 로서 전반적으로 아주 낮은 농도를 나타냈다.

e. 규산

규산은 해양에서 1차 생산의 대부분을 차지하는 규조류의 번식에 중요한 인자로서 질소화합물 및 인과 더불어 해양의 생산력을 좌우하는 3대 영양염류 중 하나이다. 대상해역의 규산 분포 범위는 봄철 표층이 0.46~2.14 $\mu\text{g-at./}\ell$, 저층 0.46~1.68 $\mu\text{g-at./}\ell$ 로 전 해역에 걸쳐 농도 분포가 낮은 반면 여름의 표층은 1.39~62.60 $\mu\text{g-at./}\ell$, 저층 2.26~18.69 $\mu\text{g-at./}\ell$ 로 봄철에 비해 10배 정도 높은 분포를 나타내었다.

f. 총질소 (T-N)

대상해역에서 가을의 표층이 0.051~0.082mg/l, 저층 0.061~0.076mg/l로 나타났으며 여름에는 표층 0.004~0.134mg/l, 저층 0.008~0.426mg/l의 범위로 나타났다

g. 총인 (T-P)

대상해역에서 가을의 표층이 0.004~0.028mg/l, 저층 0.007~0.028mg/l로 나타났으며 여름철에는 표층 0.008~0.036mg/l, 저층 0.007~0.047mg/l의 범위로 조사되었다.

이들 해양수질요소는 사실 해양생물의 식이활동과 성장 등에 중요한 항목들이다 특히 생물의 3대 영양요소인 질소 인산 및 규산은 해양생물의 성장에 없어서는 안 될 중요한 인자들이다 따라서 바다목장화의 방류생물 육종과 생물선정에 이들 기타 수질요소의 분포범위와 특성이 반드시 고려되어야 바다목장화의 자원조성에 큰 효과를 기대할 수 있을 것이다

IV. 해양환경요소의 변동과 평가

바다목장화를 위한 많은 요소 중에서 자원조성 환경의 변동량 평가는 매우 중요하다 효과적인 자원조성을 위해서는 생물이 서식 가능한 해양환

경의 요소들을 분석하고 그 변동범위를 통해 이루어져야 한다. 따라서 현행 바다목장화를 위한 어초시설 적지조사 항목 및 적지 판정 요건은 9가지 항목으로 규정되어 있다(해수부, 2004b). 앞의 'Ⅲ. 해양환경 분석에서 얻어진 해양환경요소의 특성을 적지 판정 요건과 비교함으로써 바다목장 적지어장의 적합성 여부를 평가할 수 있을 것이다.

어초규정상의 적지 조사 항목에서 제시된 해수 유동, DO, pH 및 환경오염의 4가지 요소를 본 연구에서 조사된 항목의 변동범위와 비교하여 <표 2>에 나타내었다

<표 2>에서 보면 DO의 판정요건은 5mg/L이상으로 가을인 '06년 10월의 값은 충분하지만 겨울인 '07년 1월의 값은 하한값이 4.37mg/l로 나타나 일부 해역은 만족되지 않았다 겨울철에는 DO의 결핍으로 적합지 못한 해황이 발생함을 알 수 있다. pH는 판정요건이 6.5 ~ 8.5의 범위로, 대상해역은 가을과 겨울 모두 그 범위 안에 있으므로 적합하였다. 유속은 최 간조시 200cm/sec이하의 요건이므로 대조기 간조시와 소조기 간조시 모두 만족하므로 적합하다고 판정할 수 있다

<표 2>에서 '환경오염'의 항목은 '환경오염의

<표 2> 적지 조사항목의 판정요건과 대상해역과의 적합도

조사항목	조사방법	적지 판정요건	대상해역		적합도
			조사시기	범위	
DO (mg/l)	표, 저층을 구분 측정	5mg/l 이상	'06.10	8.15 ~ 8.55	부분 적합
			'07.01	4.37 ~ 6.07	
pH	"	6.5 ~ 8.5	'06.10	8.17 ~ 8.25	적합
			'07.01	8.25 ~ 8.36	
유속 (cm/sec)	유향유속계로 측정	최 간조시 200cm/sec이하	대조기 간조시	25.52 ~ 31.38	적합
			소조기 간조시	26.69 ~ 57.49	
환경오염		환경오염의 우려가 없는 곳	-		-

우려가 없는 곳'으로 규정되어 있어 다소 명확치 않는 요건이라고 생각된다. 본 연구에서는 환경 오염의 항목을 보다 구체화하여 'Ⅲ.3.나) 기타 해양수질'에 제시하여 COD, SS, 투명도 및 영양염류를 분석하였다.

서해 바다목장 개발(해수부, 2004a)에서 제시된 해양수질의 평가항목 및 평가기준과 대상해역의 것을 비교하여 적합성 여부를 나타내면 <표 3>과 같다.

<표 3>은 평가기준이 바다목장의 서해지역 후보지 선정으로 제시된 것이므로 소규모 바다목장화 적지어장 조건과는 다를 수 있으나 참고적인 기준이 될 것이다. 여기서 수온, 염분 및 투명도는 기준범위의 값을 만족하면서 지속기간 또는 빈도에 의해 순위를 정하여 선정하는 것을 평가기준으로 하였다.

수온, 염분 및 투명도는 대상해역이 서해해역이므로 평가기준대로 적용해 보면 모두 해당범위

DO와 pH는 <표 2>의 기준과는 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 <표 2>의 적지어장은 DO가 5 이상을 요구하여 해역수질 3등급까지로 제한하지만 <표 3>에서는 4.5 ~ 8.5로 범위가 넓어서 3등급 이하도 포함되어 있다. 그래서 <표 2>의 기준에서는 부분적합으로 평가되었으나 <표 3>에서는 적합에 속한다. 반면에 pH는 <표 2>에서는 3등급까지를 범위로 하였으나, <표 3>은 1등급내로 제한하였다. 이들의 상반된 평가기준은 수정 보완되어야 할 것으로 본다.

COD, SS 및 영양염류(T-N, T-P)는 <표 3>에서 해역수질등급을 적용하여 평가하였다 COD의 경우 대상해역은 봄에는 1, 2등급에 속하지만 여름은 그 범위가 크게 변동하여 4이하인 3등급 이상의 값으로 나타났다. SS 값도 대상해역은 변동폭이 크고 25이하인 2등급을 유지한 곳도 있으나 대체로 값이 크게 나타났으므로 해역수질등급을 벗어나 있다. 이 현상은 서해의 얕은 수심과 갯

<표 3> 서해 바다목장 해양수질 평가기준과 대상해역과의 적합도

조사항목	서해(후보지) 평가기준	대상해역		적합도	
		조사시기	범위		
수온	표층수온이 연중 5 ~ 25℃범위의 지속기간이 길수록 유리	'06 10	19.13 ~ 19.6	적합	
		'07 01	5.56 ~ 7.39		
염분	표층염분이 30.0 ~ 33.0psu의 횡수가 많을수록 유리	'06 10	31.08 ~ 31.65	적합	
		'07 01	31.97 ~ 32.28		
투명도	천해역 투명도가 2.0m 이상의 횡수가 많을수록 유리	'06 봄	2.8 ~ 7.2	적합	
		'06 여름	2.0 ~ 8.5		
DO	값이 높을수록 유리 양식장 적지기준(4.4 ~ 8.5mg/L)적용	<표 2> 참조		적합	
pH	7.8 ~ 8.3	<표 2> 참조		적합	
COD	해역수질등급기준(1/2/3등급)적용	'06 봄	0.32 ~ 1.57	부분 적합	
		'06 여름	0.08 ~ 4.41		
SS	해역수질등급기준(1/2등급)적용	'06 봄	26 ~ 148	부적합 (등급 외)	
		'06 여름	18 ~ 49		
영양 염류	T-N	각 등급(1/2/3등급)적용	'04 여름	0.004 ~ 0.426	부분 적합
	T-P		'04 여름	0.007 ~ 0.047	
오염부하 정도	배출 부하량이 적으면 유리	-		-	

에 속하여 적합한 것으로 나타났다.

별 및 유속의 영향 등으로 부유물질의 농도는 상

당히 크게 변동하고 있음을 의미한다. 따라서 SS의 경우 서해해역의 환경특성을 고려하여 평가기준의 범위를 완화하여 수정되어야 할 것으로 본다. 영양염류는 T-N, T-P 모두 변동폭이 컸으며 대부분 등급내의 값이지만 등급보다 큰 값을 나타내기도 하였다.

마지막으로 오염부하정도는 배출 부하량을 규정하지 않았다. 일본의 경우, 부영양화가 진행되는 해역은 COD를 비보존성물질로 해서 육지에서 유입되는 1차 COD와 해양자체의 내부생산에 의한 2차 COD로 나누어 취급하였다(内田 等, 1994). 또한 수질모델에 의한 일본 세토내해의 수질관리에 관한 연구(李 等, 1996)에서도 밝혔듯이, 총인(T-N)의 경우 부하량이 증가하면 1차생산량(플랑크톤)이 증가되지만 2차생산자(어류 등)의 증가를 기대할 수 없다.

따라서 우리나라에서도 해양수질의 오염부하정도는 수산자원조성에 적합한 최적조건의 기준이 많은 조사와 생물검정 등을 통해 정량적인 값으로 규정되어야 할 것이다.

V. 요약 및 결론

본 연구는 서해 군산해역에서 소규모 바다목장화 해역을 대상모델로 하여 해양환경 요소를 분석·평가하였다. 그 중요한 내용을 나타내면 다음과 같다.

1) 해수유동의 최대세기는 25.52~57.49cm/sec로 변동하였다. 유속의 세기가 가장 큰 시기는 소조기로 나타나 모델해역의 수평적 유속세기는 조석의 영향을 크게 받지 않는 것으로 추정된다.

2) 수온은 가을(10월)이 19℃ 정도, 겨울(1월) 5.5~7.4℃로 분포하여 계절의 변동이 크고, 여름은 가을 31.08~31.65psu, 겨울이 31.97~32.28psu로 변동하여 계절간의 분포는 비슷한 것으로 나타났다.3) DO는 그 변동폭이 가을 8.15~8.55mg/l, 겨울이 4.37~6.07mg/l로, 계절간의 변동이

크음을 알 수 있었다. pH는 변동폭이 8.17~8.36이었고 상하층의 가을과 겨울이 비슷하게 나타났다.

4) COD는 봄 0.32~1.57mg/l로, 여름 0.19~4.41mg/l로 변동하였고 표, 저층간의 차는 거의 없었으나, 봄보다 여름의 변동폭이 컸다.

5) SS는 봄의 표층에서 26~148mg/l, 저층 26~82mg/l의 범위로 변동하였고 여름은 표층에서 22~49mg/l, 저층 18~47mg/l로 변동하였다. 봄의 표층에서 변동폭이 크고 다소 높은 값을 보였다.

6) 영양염류 중에서 총인(T-P)을 보면, 가을이 0.004~0.028mg/l, 여름 0.007~0.047mg/l로 분포하여 여름이 약간 높았다.

대체로 바다목장화의 모델해역은 제시된 해양환경 요소의 평가기준에 대부분 적합한 것으로 평가되었다. 그러나 일부는 부분적합 또는 부적합하게 평가되었다. 또한 동일한 요소라도 평가목적에 따라 그 값을 달리할 수 있는지를 검토하고, 요소별·해역별 특성에 적합한 평가기준이 정량적으로 제시되도록 수정·보완되어야 할 것이다.

금후, 환경오염의 수질이 구체화되고 오염부하량의 평가방법 등을 개발하여 적정기준값이 정량적으로 제시된다면 바다목장의 수산자원 조성효과에 크게 기여하리라 본다. 이 연구를 위해서는 장기적이고도 계절적 조사와 함께 생물검정 등의 다양한 연구조사가 선행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 군산시의 지원과 전남대학교 김종규 교수, (주)해양생태기술연구소의 현장조사에 의해 수행되었으므로 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

과기처(1995). 해양목장화를 위한 기반연구 한국해양연구소 372.

- 군산시(2000). 고군산군도 해역의 해양환경 기초조사, 군산대학교, 121.
- 군산시(2007). 소규모 바다목장 기본계획수립 및 실시시설계용역, 부경대학교 산학협력단. 215.
- 해수부(2003). 전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서, 한국해양연구원 603.
- 해수부(2004a). 동·서·제주해역 바다목장 개발 후보지 선정을 위한 기초조사 연구용역(2차년도 보고서), 한국해양연구원 1063.
- 해수부(2004b). 인공어초시설사업집행 및 관리규정, 해양수산부훈령 제28호.
- 해수부(2005). 동·서·제주해역 바다목장화 개발 연구용역-태안바다목장(1단계 최종보고서), 한국해양연구원 490.
- 해양연구소(1997). 해양목장화를 위한 기반연구(해양생태계 관리모델과 자원첨가 기술 개발), 361.
- 内田唯史・浮田正夫・關根雅彦・中西 弘(1994). 富栄養化海域の水質の非線型性とそのモデリングに関する研究, 土木學會論文集 503/II-29, 187~195.
- 李寅哲・浮田正夫・關根雅彦・中西 弘(1996). 水・底質モデルによる瀬戸内海の水質管理に関する研究, 土木學會論文集 545/II-36, 101~112.