

## 한산·거제만의 환경특성이 양식 굴의 비만에 미치는 영향

최우정·전영열·박정흠·박영철\*  
 남해수산연구소 통영분소, \*서해수산연구소

## The Influence of Environmental Characteristics on the Fatness of Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*, in Hansan-Koje Bay

Woo-Jeung CHOI, Yong-Yull CHUN, Jeung-Hum PARK and Yeong-Chull PARK\*

Tongyong Branch of the South Sea Fisheries Research Institute, Tongyong 651-940, Korea

\*West Sea Fisheries Research Institute, Incheon 400-201, Korea

Long line suspended culture of oysters has been started commercially in Hansan-Koje Bay since 1969. However, its Annual production has been decreased and culturing periods extended in recent years. So, we investigated environmental parameters and food organisms to identify the causes of poor fatness of oysters in Hansan-Koje Bay from February to November, 1994. As the result, the Water quality of Hansan-Koje Bay was found to be good for culture. For example, the mean concentration of COD was 1.35 mg/l, phosphate phosphorus was 0.30 µg-at/l and dissolved inorganic nitrogen was 4.68 µg-at/l. However, the Hwado island and the inner part of the Hansan-Koje Bay were found to be eutrophicated due to various contaminants transported by land-based activities. But in the central part of the Hansan-Koje Bay where the oyster farms have been developed densely, the level of nutrient concentration was very low. During the study period, the dominant species of phytoplankton was *Chaetoceros* spp. with the percentage of 72.6%~87.8% and the mean values of Chlorophyll-a concentration and phytoplankton standing crops were 2.05 mg/m<sup>3</sup> and 188 ind./m<sup>3</sup>, respectively. The distribution of these parameters also showed similar trends those of nutrients. Especially, chlorophyll-a contents was very low with the concentration of below 0.5 mg/m<sup>3</sup> at central part of the Bay, Juklimpo. The fatness of oysters and the eutrophic index in this area were 18.1% and 0.54, respectively. These values were lower than those of other culturing farms in the southern coastal areas in Korea. Therefore, we estimated that the insufficient food supply due to the low level of nutritional status was the major factors affecting the poor fatness of the Pacific oysters in Hansan-Koje Bay.

Key words : Hansan-Koje Bay, oyster fatness, oyster farms, environment pacific oyster

### 서 론

우리나라 수하식 굴 양식업은 '50년대부터 시도되었으나, 본격적인 양식은 '60년대 말 경남 일원 해역을 중심으로 시작되었다고 할 수 있다(굴 수협, 1985). 그 동안 양식어장은 천해의 소만을 중심으로 개발되어 '95년 현재 472건에 3,587.1 ha에 이르며, 알굴 생산량이 약 25,000 M/T 으로 우리나라 총 생산량의 70%를 점유하고 있다. 개발의 초기에는 시설량의 확대와 더불어 생산량도 증가 하였으나 '87년을 정점으로 하여 점차 감소하는 경향을 보이고 있다(경남도, 1996). 특히 경남지방의 주요 양식 어장인 한산·거제만은 수하식 굴 양식이 기업적 규모로 시작된 곳으로 매우 집약적인 양식을 하고 있는 곳이나 오래 전부터 성장 둔화가 보고되고 있으며(Yoo et al., 1980; Yoo and Park, 1981), 최근에는 양식기간 내에 시판 크기로 성장하지 못해 양식기간이 연장되는 등 생산성 저하 현상이 가장 뚜렷이 나타나는 곳이다.

그 동안 이 해역에 대한 연구는 양식의 초기에는 굴

성장과 밀접한 관련이 있는 기초생산이나 플랑크톤(Bang, 1967) 등에 관한 연구가 주류를 이루었고, 이 후에는 해역별, 어장환경별 성장과 성장요인에 관한 연구(Bae and Bae, 1972; Bae et al., 1976; Bae et al., 1978)가 진행되었다. 양식시설이 급격히 확대되면서 환경이 크게 변화함에 따라 수질과 저질의 부영양화(Cho and Kim, 1977; Cho and Kim, 1978), 저질오염도에 기초한 양식어장 적정밀도 산정(Cho, 1980) 등에 관한 연구가 있었으며, Yoo et al.(1980)이 물리, 화학, 생물학적 측면에서 종합적인 조사를 실시한 바 있다. 이와 같이 굴 양식의 초창기인 '80년대까지는 활발한 연구가 진행되었으나, 이후 지속적인 연구가 미진하다가 최근에 C<sup>14</sup>법에 의해 기초생산력이 측정되었다(Lee et al., 1991).

그러나 이와 같은 연구들은 굴의 성장이나 부영양화 등에 중점을 두고 연구되었고 양식 굴의 비만저조 현상에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 지금까지 알려진 굴의 비만부진과 이에 따른 양식기간의 연장은 장기 연작에 의한 어장 노후화나 밀식과 관련이 깊은 것으로 보고되

고 있으나 (Ito and Imai, 1955; Kusuki, 1981), 수온, 염분, 영양염류 및 먹이생물과 같은 환경요인도 굴의 생산성에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다 (Spark and Chew, 1959; Agius et al., 1978). 따라서 본 연구는 한산·거제만의 어장환경 변동특성과 계절별 먹이발생 실태를 정확히 조사하고 남해안의 다른 굴 양식어장과 비교 분석하여 어장환경적 측면에서 한산·거제만 양식 굴의 비만 저조에 따른 생산성 저하현상의 원인을 밝히고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사해역

한산·거제만은 통영시 한산도와 거제시의 4개 면으로 둘러싸여 있으며, 남동쪽과 북서쪽에 만구가 있는 반 폐쇄적인 형태로, 수면적은 50 km<sup>2</sup>에 달하는 작은 만이다. 해수유동은 창조시에 만의 남단에서 유입하여 주류는 곧장 북서 방향으로 유출하고 일부는 만의 내측으로 유입하며, 낙조시는 반대 방향이다. 수심은 중앙수로 부근이 20~40 m로 깊으나 만의 내측은 10 m 이내로, 수로와 만 내측의 수심 기울기가 급하다. 양식어장의 배치는 Fig. 1과 같이 만의 내측은 굴 양식이 주류를 이루고 화도를 중심으로 한 수로 부분에는 우렁쟁이와 어류 및 굴 양식이 행해지고 있다. 유역 내에는 뚜렷한 오염원은 없으나 내측의 소 하천으로부터 담수와 생활하수가 유입되고 있다. 한산·거제만의 어장환경 특성을 파악하기 위해 Fig. 2와 같이 통영시에 가장 인접한 지점 1에서부터 외양해역의 영향을 가장 많이 받는 봉암도의 지점 21에 이르기 까지 총 21개 지점을 선정하여, '94. 2월, 5월, 8월 및 11월에 총 4회에 걸쳐 수질, 저질 및 먹이생물을 조사하였다.

굴의 비만도는 남해안의 주요 굴 양식어장인 한산·거제만과 자란만, 그리고 진주만의 중앙부근에서 1개 어장씩을 선정하여 '94. 1~4월에 걸쳐 4회 조사하였다. 비만도 조사해역의 환경특성은 기 관측된 자료를 이용하였다.

### 2. 분석 방법

#### 1) 한산·거제만의 환경특성

수온 및 용존산소 (DO)는 현장에서 Hydrolap Survey로 측정하였고, 투명도는 Secchi disk로 측정하였다. 염분은 Inductive salinometer (Minisal 2100-1)로 측정하였고, 수질 COD는 알칼리성 과망간산 칼륨법으로 정량 하였다. Chlorophyll-a는 SCOR-UNESCO (1966)법, 영양염류는 Strickland & Parsons (1972)법에 따라 정량 하였다. 저질 COD는 알칼리성 과망간산 칼륨법, 황화물과 강열감

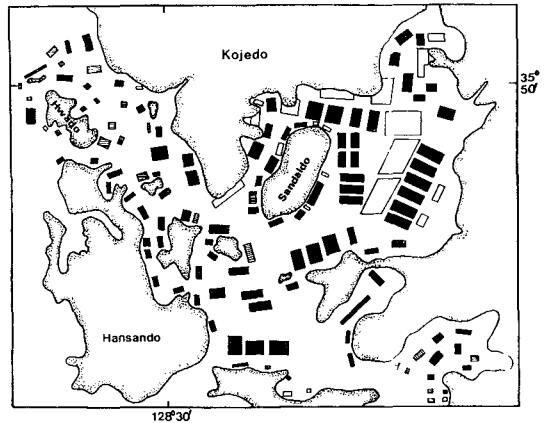


Fig. 1. Distributions of oyster (■), sea squirt (≡) and net cage (▣) farms in Hansan-Koje Bay, 1994.

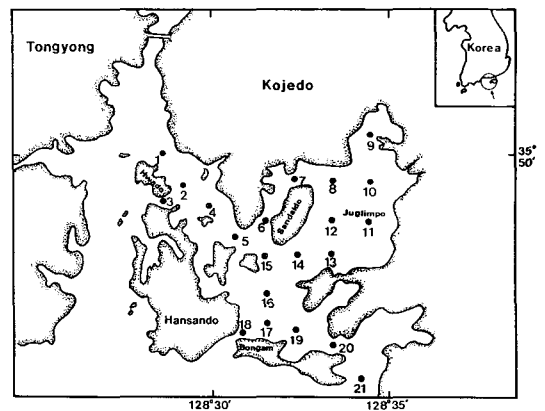


Fig. 2. Sampling stations for environmental survey of oyster farming grounds in Hansan-Koje Bay, 1994.

량 (IL)은 수질오탁 조사지침 (1980)에 따라 정량 하였다. 굴의 먹이생물인 식물플랑크톤은 시수 1ℓ를 채취하여 5% Lugol 액으로 고정된 후 실험실로 옮겨 칩전법에 의해 일정액으로 농축하여 광학현미경으로 동정 및 계수 하였다.

#### 2) 굴 비만도

각 어장별로 3개의 수하연을 걷어 올려 상·중·하로 구분, 1콜렉트릭 채취하고 실험실로 운반하여 폐각에 부착되어 있는 부착생물을 깨끗이 제거한 후 폐각 무게에 대한 알굴의 무게 비를 백분율로 나타내었다.

#### 3) 남해안 주요 굴 양식어장 환경특성

어장환경 특성과 양식굴의 비만과의 관련성을 살펴보기 위해 굴 비만도를 조사한 해역에 대해 국립수산진흥원 남해수산연구소 통영분소에서 '87~94년에 계절별로

Table 1. Range and mean values of water quality in Hansan-Koje Bay

Partition Month	Water temp. (°C)	Sal. (‰)	DO (mg/l)	Trans. (m)	COD (mg/l)	PO <sub>4</sub> -P (µg-at/l)	DIN (µg-at/l)	Chl.a (mg/m <sup>3</sup> )
Feb.	Range S	5.4~10.8	33.16~34.21	9.20~10.63	4.0~9.0	0.39~1.96	0.13~0.73	2.94~11.78
	B	5.5~10.6	33.31~34.21	8.99~10.43		0.30~2.08	0.09~0.52	0.74~11.14
	Mean W	7.9	33.83	9.89	5.8	1.35	0.35	5.36
May	Range S	16.6~18.9	31.82~33.79	8.29~10.18	2.1~5.0	0.48~1.82	0.09~0.47	0.15~4.24
	B	14.5~17.0	32.79~34.11	6.80~8.37		0.69~1.87	0.17~0.43	0.08~2.66
	Mean W	16.47	33.51	8.37	3.7	1.26	0.25	1.05
Aug.	Range S	27.0~28.7	30.51~32.44	6.00~6.98	2.5~8.0	0.85~2.24	ND~0.34	1.59~17.57
	B	24.5~28.2	31.25~32.46	4.83~7.38		0.63~2.09	0.04~0.52	0.82~19.65
	Mean W	26.84	32.05	6.50	5.1	1.39	0.17	4.63
Nov.	Range S	16.2~18.0	33.21~33.54	6.64~8.48	2.8~6.0	0.96~2.11	0.04~0.69	0.33~12.03
	B	16.0~17.9	33.21~33.55	6.80~8.55		0.64~1.92	0.09~0.73	0.50~11.12
	Mean W	17.45	33.34	7.45	3.4	1.40	0.44	7.67

S : Surface, B : Bottom, W : Whole

ND : Not detected

관측한 자료를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수질환경 특성

전 조사기간을 통하여 한산·거제만의 수질은 Table 1과 같다.

#### 1) 수온 및 염분

수온은 표층에서 5.4~28.7°C, 저층에서 5.5~28.2°C 범위로 수온의 변화폭이 심하였다. 2월의 경우 표·저층간의 뚜렷한 수온차는 없었고 지점별로는 Fig. 3과 같이 외양수의 영향을 많이 받는 봉암도 주변해역에서 10.7°C의 가장 높은 수온을 나타낸 반면, 만의 내측으로 갈수록 수온이 점차 낮아져 중앙부인 죽림포 일원 해역에서 5.4°C의 가장 낮은 수온을 보였고, 두 지역간의 최대 수온차 5.3°C에 달했다. 5월은 조사지점 별 수온 차는 적었으나 수온성층이 형성되는 것을 볼 수 있었으며, 8월은 표층 수온이 27.0~28.7°C 범위의 고수온 상태였다. 11월에는 만의 가장 내측 해역에서부터 수온하강이 시작되는 것을 볼 수 있었고, 층간의 수온 차는 0.2°C로 매우 적었다.

염분은 표층에서 30.51~34.21‰, 저층에서 31.25~34.21‰ 범위였다. 2월의 경우 각 지점별 염분 차는 적었으나 (Fig. 4), 5월에는 강우의 영향으로 만의 내측 지점들에서 염분저하가 뚜렷하였다. 8월에는 강우량이 예년의 55% 수준에 거쳐 (Kor. Meteo. Adm., 1994) 만 내측의 하천 입구부를 제외한 대부분의 해역에서 거의 균일한 농도 분포를 보였다. 11월은 지점별로 차이를 나타내지 않았다.

#### 2) 투명도 및 용존산소

투명도 수심은 2.1~9.0m로 2월의 투명도 수심이 가장 깊고, 11월에 투명도 수심이 가장 낮았으며, 2월과 8월에 만의 중앙부인 죽림포 일원 해역에서 8m 이상의 높은 투명도 수심을 보이는 것이 특이하였다. 용존산소는 전 조사기간을 통하여 표층에서 6.00~10.63 mg/l, 저층에서 4.83~10.43 mg/l 범위로 양호한 상태였고 여름철에 진행만 서부해역이나 북만 등지에서 나타나는 빈산소 현상 (Choi et al., 1991; Choi et al., 1994)은 없었다.

#### 3) 화학적 산소요구량

표층에서 0.39~2.24 mg/l, 저층에서 0.30~2.09 mg/l 범위였다. 연 평균농도는 1.35 mg/l로 해역 II등급인 2.0 mg/l 이하의 양호한 상태였으나 생활하수나 담수가 유입되는 만의 내측 부분과 화도 부근 해역에서는 8월과 11월에 2.0 mg/l를 초과하는 지점이 많았고, 만의 중앙부인 죽림포와 봉암도에 이르는 해역은 낮은 농도 분포 경향을 보였다.

#### 4) 영양염류

인산 인의 농도 분포는 표층에서 ND~0.73 µg-at/l, 저층에서 0.04~0.73 µg-at/l 범위였다. 연 평균 농도는 0.30 µg-at/l로 낮은 영양 상태였다. 2월의 분포 특성 (Fig. 5)은 화도 부근해역과 봉암도 주변해역에서 0.50 µg-at/l 이상의 농도를 보인 지점들이 많았고, 만의 중앙부인 죽림포 일원해역에서 타 지점들에 비해 낮은 농도였다. 5월은 2월에 비해 농도가 더욱 감소하였고 표층이 저층에 비해 감소 폭이 컸다. 이것은 봄철로 접어들면서 식물플랑크톤이 활발히 증식을 하기 때문으로 생각된다. 5월의 각 지역별 분포 특성은 겨울철에 높은 농도 분포를 보였던 화도 부근 해역과 봉암도 주변 해역에서 낮은 값을 나타

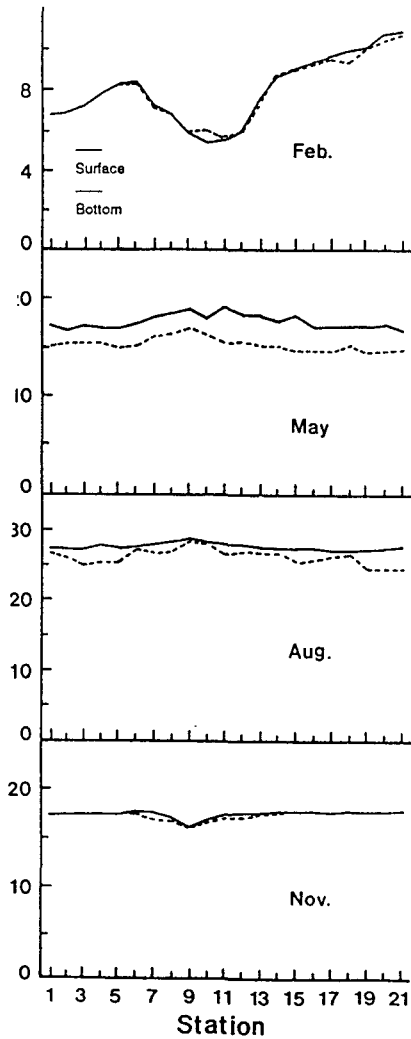


Fig. 3. Seasonal variations of water temperature at each station.

내었고, 담수의 영향을 가장 많이 받는 내측의 조사지점에서 0.47  $\mu\text{g-at}/\ell$ 의 가장 높은 농도를 보였으며, 만 외측으로 갈수록 점차 감소하는 경향을 보여 죽림포 일원의 인산 인 공급은 강우가 큰 기여를 하는 것으로 생각되었다. 8월은 죽림포 일원이 평균 0.04  $\mu\text{g-at}/\ell$ 의 빈영양상태였고, 봉암도 주변해역에서 0.22~0.34  $\mu\text{g-at}/\ell$  범위로 타 지점에 비해 높은 분포였다. 여름철에 죽림포 부근 해역의 영양염 농도가 낮은 것은 '94년의 경우 매우 적은 강우로 인해 육지로부터의 공급량이 적었고, 여름철에 빈산소화 하지 않음으로 해서 저질로부터의 공급량도 적었기 때문으로 생각되었다. 11월은 표 저층의 평균농도가 0.41  $\mu\text{g-at}/\ell$  및 0.46  $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 전 조사기간을 통하여 가장 높은 농도를 보였으며 지역별로는 봉암도 주변해역에서

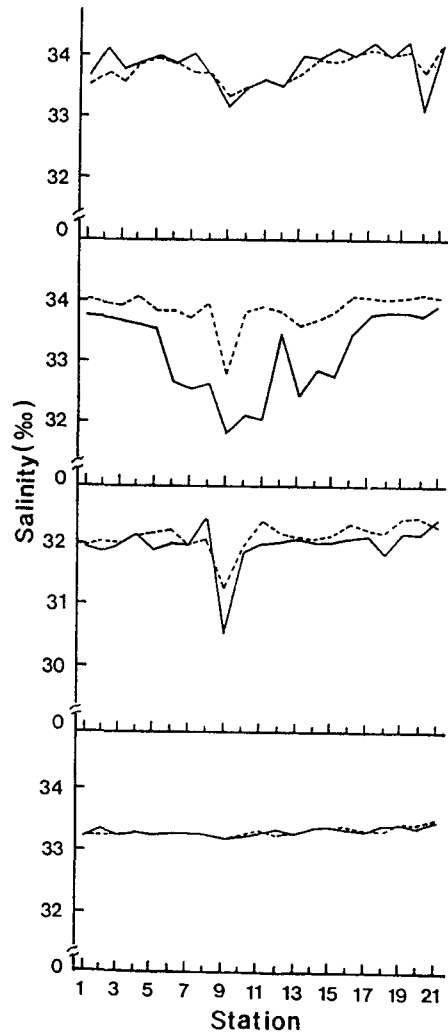


Fig. 4. Seasonal variations of salinity concentration at each station.

높은 농도 분포 경향이었고 만의 내측에서 낮은 농도 분포 경향이였다.

암모니아 질소, 아질산 질소, 질산 질소의 합량으로 나타낸 용존무기질소는 전 조사기간을 통하여 표층에서 0.15~17.57  $\mu\text{g-at}/\ell$ , 저층에서 0.08~19.65  $\mu\text{g-at}/\ell$  범위였다. 연 평균 농도는 4.68  $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 Park (1975)이 동 해역에서 조사한 0.30~1.97 (평균: 0.83)  $\mu\text{g-at}/\ell$  보다 높은 농도를 보였으나 Kim (1994)이 진해만에서 조사한 0.64~107.05 (평균: 13.03)  $\mu\text{g-at}/\ell$  보다 낮았다. 월별로 (Fig. 6)는 2월에 화도와 봉암도 부근 해역에서 8.0  $\mu\text{g-at}/\ell$ 를 초과하는 높은 농도 분포를 보인 지점이 많았고, 죽림포 주변 해역에서는 타 지역에 비해 낮은 농도 분포 경향이였다. 5월에는 평균농도가 1.05  $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 빈영양상태였으며,

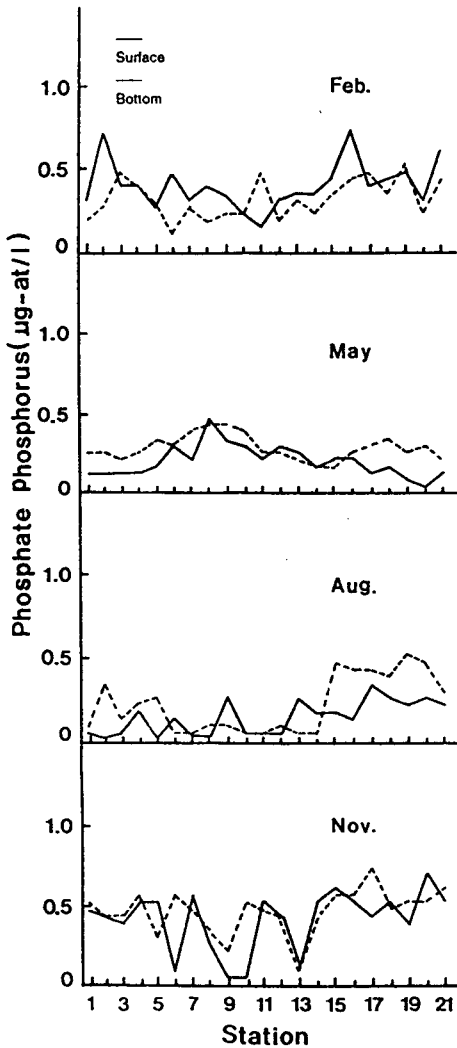


Fig. 5. Seasonal variations of phosphate phosphorus concentration at each station.

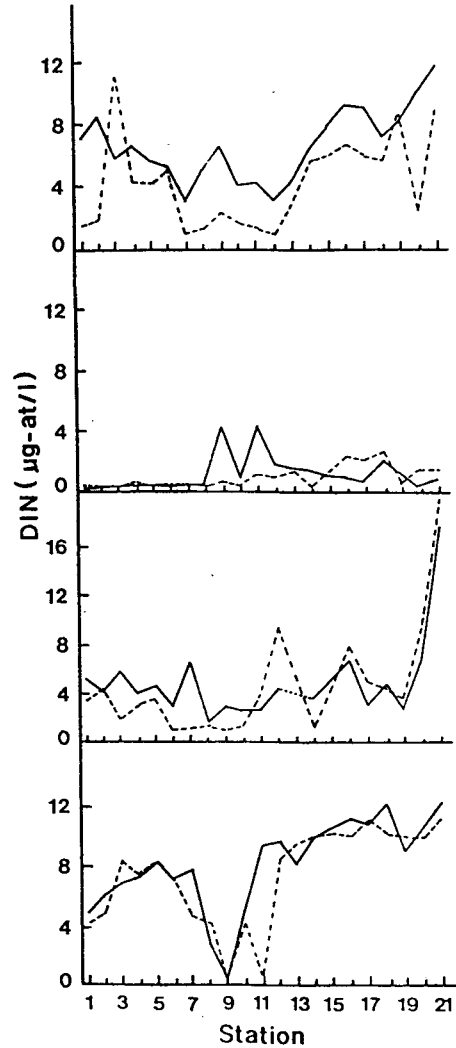


Fig. 6. Seasonal variations of DIN concentration at each station.

11월은 7.67  $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 해역 II등급인 7.14  $\mu\text{g-at}/\ell$ 를 초과하였고, 지점별 농도 분포는 2월의 조사결과와 비슷하였다.

2. 저질환경 특성

저질 COD는 Table 2와 같이 15.37~43.48 mg/g (평균: 24.47 mg/g)으로 평균농도로 볼 때 부영양화기준 (일본수산자원보호협회, 1980)인 20 mg/g을 초과하는 상태였으며, 지점별로는 양식어장이 밀집된 죽림포 일원 해역의 지점들에서 높은 농도를 보인 반면 수로 부근인 화도와 봉암도 주변해역에서는 낮은 농도 분포 경향이였다. 본 조사 결과는 1980년에 Cho (1980)가 동 해역에 대해 조사한 농도범위 9.3~25.2 mg/g (평균:16.8 mg/g) 보다 훨

씬 높은 값을 보여 10여 년 전에 비해 저질오염이 상당히 진행된 것으로 생각되었고, 수로 부근에서는 농도의 증가폭이 크지 않았으나 만 내측의 조사지점들에서는 농도 증가 현상이 뚜렷하였다. 이것은 수로 부근의 경우 수심이 깊고 유속이 빨라 배설물질의 확산이 용이했기 때문으로 생각되며, 내측은 수심이 낮고 유속이 느릴 뿐만 아니라 양식어장도 집중되어 굴 배설물의 퇴적량 많았기 때문으로 판단되었다.

저질 내 총황화물은 0.01~0.47 mg/g (평균: 0.16 mg/g)으로 평균농도로 볼 때 부영양화기준 (일본수산자원보호협회, 1980)인 0.2 mg/g 보다 낮은 값이었으나 만의 내측과 산달도 뒤편 그리고 죽림포 일원해역에서 기준을 초과하는 높은 농도를 보였고, 화도와 봉암도 주변 해역

**Table 2. COD, Sulfide and I.L. contents in sediment (Unit : Dry base)**

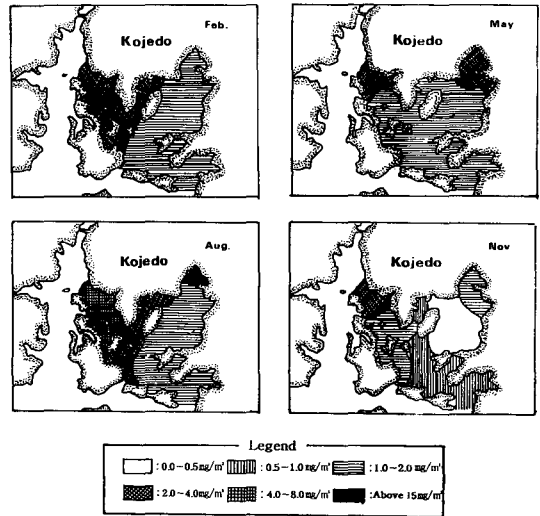
Parameter Station	COD (mg/g)	Sulfide (mg/g)	I.L. (%)	Remark
1	19.66 (20.7)*	0.11	9.4	*Cho (1980)
3	21.8	0.07	9.2	
4	17.97 (17.5)*	0.03	9.1	
6	18.78	0.03	9.8	
7	21.77	0.30	6.7	
8	32.27 (20.3)*	0.46	10.1	
9	43.48	0.47	8.9	
10	26.91	0.23	7.7	
11	29.94	0.03	9.4	
12	31.21 (16.4)*	0.37	9.8	
14	18.31	0.01	10.2	
15	28.22 (15.2)*	0.08	9.2	
16	15.37 (9.3)*	0.06	9.7	
18	22.50	0.05	9.1	
19	25.51	0.16	9.3	
20	17.77	0.05	6.8	
Mean	24.47 (16.8)*	0.16	9.0	

은 타 지점에 비해 낮은 농도 분포 경향이였다. 강열갈량은 6.7~10.2% (평균: 9.0%) 범위였다.

3. 먹이생물 분포 특성

1) 클로로필-a

각 지점의 표층에서 4회 조사한 클로로필-a 농도는 ND~15.60 (평균 2.05 mg/m<sup>3</sup>) 범위로 Lee et al. (1991)이 조사한 0.56~9.08 (평균 : 1.70 mg/m<sup>3</sup>)와 비슷한 값이였다. 월별 평균농도는 2월에 1.98 mg/m<sup>3</sup>, 5월 1.73 mg/m<sup>3</sup>, 8월 3.40 mg/m<sup>3</sup>, 그리고 11월에 1.09 mg/m<sup>3</sup>으로 8월이 가장 높고 11월이 가장 낮은 농도였다. 2월의 분포특성은 (Fig. 7) 화도에서 산달도 뒤편에 이르는 해역에서 2~4 mg/m<sup>3</sup> 범위의 높은 농도를 보였고, 죽림포와 봉암도 주변해역에서는 1~2 mg/m<sup>3</sup>로 낮은 농도 분포를 보였다. 5월에는 화도 주변해역과 담수영향을 많이 받는 만 내측 지점에서 2~4 mg/m<sup>3</sup>로 타 조사 지점들에 비해 높은 농도였으며, 죽림포와 봉암도 주변 해역은 1~2 mg/m<sup>3</sup>범위로 낮은 농도 분포였다. 8월은 만의 내측에서 15.60 mg/m<sup>3</sup>의 매우 높은 농도 분포를 보였고 화도에서 산달도에 이르는 해역에서도 4~8 mg/m<sup>3</sup>의 높은 농도 분포였으나, 2월과 5월 조사시 낮은 값을 나타내었던 죽림포 일원해역과 봉암도 주변해역은 대부분 1~2 mg/m<sup>3</sup> (평균: 1.64 mg/m<sup>3</sup>)의 농도 범위를 보였다. 한편 11월에는 보다 복잡한 농도 분포를 보이고 있는데 화도 부근해역이 2~4 mg/m<sup>3</sup>으로 높고, 죽림포 일원해역은 0.5 mg/m<sup>3</sup> 이하로 매우 낮은 농도 분포였다.



**Fig. 7. Seasonal distributions of chlorophyll-a contents in Hansan-Koje Bay, 1994.**

2) 식물플랑크톤의 구성비

식물플랑크톤은 총 34속이 분류되었으며 이들 식물플랑크톤 주요 속의 월별 구성비는 Table 3과 같다.

조사 월별로 가장 많이 출현한 종은 규조류인 *Chaetoceros*로 2월이 78.0%, 5월이 87.8%, 8월이 82.1% 그리고 11월에는 72.6%에 달했다. 그 다음으로 *Skeletonema*와 *Talassiosira* 및 *Leptocylindrus* 였으며 *Skeletonema*는 주로 11월에 많이 출현하였고 *Talassiosira*와 *Leptocylindrus*는 2월에 많이 출현하였다.

3) 식물플랑크톤 현존량

식물플랑크톤의 현존량은 2월에 21~381개체/ml (평

**Table 3. The composition of major species (Unit : %)**

Genera	Month	Feb.	May	Aug.	Nov.
<i>Chaetoceros</i>		78.0	87.8	82.1	72.6
<i>Skeletonema</i>		0.4	1.6	4.4	7.2
<i>Nitzschia</i>		1.4	2.1	1.3	3.1
<i>Rhizosolenia</i>		0.4	2.3	1.6	1.3
<i>Talassiosira</i>		4.3	0.4	0.1	4.2
<i>Leptocylindrus</i>		13.0	1.7	0.3	-
<i>Thalassiothrix</i>		0.1	1.0	0.6	0.8
<i>Asterionella</i>		0.8	0.6	-	3.0
<i>Guinardia</i>		-	0.1	0.5	0.6
<i>Eucampia</i>		1.0	-	-	0.4
<i>Hemiaulus</i>		-	-	-	1.0
<i>Ceratium</i>		-	-	0.3	-
<i>Prorocentrum</i>		-	-	0.5	-

균: 111개체/ml)였으며, 5월은 117~430개체/ml (평균: 296개체/ml), 8월은 43~1,002개체/ml (평균: 253개체/ml), 11월은 5~352개체/ml (평균: 92개체/ml)로 5월에 개체수가 가장 많았고 11월에 개체수가 가장 적었다. 각 지점별로는 화도 주변해역 (Fig. 8)과 담수의 영향을 많이 받는 만의 내측에서 많은 개체수를 나타낸 반면 죽림포와 봉암도에 이르는 해역에서는 적은 개체수를 보였다.

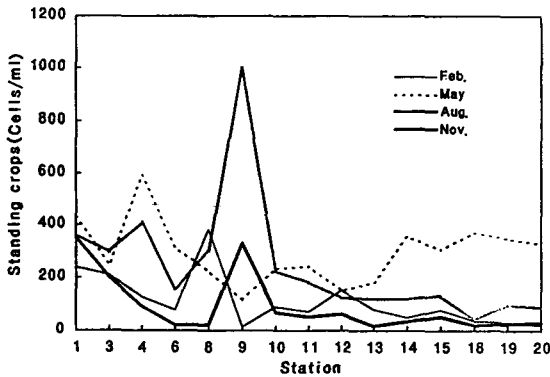


Fig. 8. Seasonal variations of phytoplankton standing crops at each station.

4. 어장환경 특성이 양식 굴의 비만에 미치는 영향  
남해안의 주요 양식어장에서 굴 채취 시기인 1~4월에 조사한 비만도 (수율)의 평균치는 Table 4와 같이 한산·거제만이 18.1%, 자란만이 20.2%, 진주만이 21.4%로 한산·거제만이 다른 만의 굴에 비해 비만도가 떨어지는 것을 볼 수 있었다.

이러한 현상은 Yoo et al. (1975)이 한산·거제만과 진해만에서 양성중인 굴의 비교성장 시험에서도 보고한 바 있으며, Yoo et al. (1981)과 Bae et al. (1978)은 한산·거제만 내의 어장이라도 위치에 따라 성장에 차이가 나타나고, 이것은 영양염 수준의 상이에 따른 먹이생물 부족, 밀식과 장기 연작에 따른 어장 노후화, 그리고 내만성 정도의 차이에 기인하는 것으로 추정하였다.

굴의 각 성장이나 비만에 영향을 미치는 주요 환경

요소는 수온, 먹이 농도, 염분 등인 것으로 보고되고 있으며 (Malouf and Breese, 1977; Incze et al., 1980), 수온과 염분이 적절하여도 식물플랑크톤의 양이 적을 경우 성장이 심각히 저하되고 (Brown et al., 1988), 빠른 성장을 위해서는 먹이가 충분해야 한다고 보고되고 있다 (Spencer and Gough, 1978). 패각의 성장은 해수 중의 칼슘 이온을 섭취해서 성장하므로 먹이가 없더라도 가능하며, 수온의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있고, 비만도는 가을이 되어 수온이 하강하기 시작하여 20°C 이하로 되면 살이 차기 시작하여 겨울철에 충실해지고 영향인자로서 수온의 변동, 먹이량, 섭식활동, 밀식 등이 있으며 공급되는 영양염류의 농도에 따라 번식되는 먹이 양이 가장 큰 요인이라 하였다 (유, 1989). 이와 같은 측면에서 볼 때 굴의 성장이나 비만도에 미치는 환경인자로서 수온, 염분 및 먹이생물 등을 들 수 있고, 환경 외적인 요소로 밀식상태 등을 들 수 있다.

한산·거제만의 비만 저조현상의 원인을 환경적인 측면에서 검토해 보기 위해 주요 굴 양식어장인 진주만, 자란만 및 한산만에서 '87~'94년의 8개년 동안 관측한 자료를 Table 5에 나타냈다. 조사기간을 통하여 각 만의 평균 수온은 한산만이 15.5°C, 자란만이 15.3°C, 진주만이 15.1°C로서 외양수의 영향을 비교적 많이 받는 한산·거제만이 가장 높았고, 수심이 낮고 내만성이 강한 진주만에서 가장 낮았다. 겨울철의 최저 수온은 한산·거제만이 5.4°C로 가장 높고, 진주만이 3.7°C로 가장 낮았는데 굴의 패각 성장은 겨울철의 경우 부진한 편이나 수온이 높은 곳일수록 성장이 양호하므로, 수온의 측면에서 보면 오히려 한산·거제만이 가장 유리하다고 볼 수 있다. 염분은 평균 농도로 볼 때 진양호의 담수 영향을 받는 진주만에서 32.11‰로 가장 낮았고, 한산·거제만이 33.61‰로 가장 높았다. 염분의 변화폭은 한산·거제만의 경우 30.95~34.77‰로 변동폭이 적었으나 진주만에서는 22.30~34.33‰로 조사시기에 따라 변화폭이 매우 컸다.

Table 5. Range and mean values for environmental parameters recorded in each farms from 1987 to 1994

Parameter Area	Water Temp. (°C)	Sal. (‰)	SS (mg/l)
Hansan-Koje Bay	5.4~29.4 (15.5)	30.95~34.77 (33.61)	0.4~9.6 (4.7)
Jaran Bay	4.5~28.5 (15.3)	29.79~34.65 (33.29)	1.0~15.6 (5.5)
Jinju Bay	3.7~29.1 (15.1)	22.30~34.33 (32.11)	0.6~26.0 (7.2)

Table 4. Comparison of the oyster fatness among the culturing grounds (Unit: %)

Region Month	Hansan-Koje Bay	Jaran Bay	Jinju Bay
Jan.	17.1	18.3	20.9
Feb.	18.1	-	20.2
Mar.	20.0	20.6	21.0
Apr.	17.2	21.8	23.3
Mean	18.1	20.2	21.4

한편 *Crassostrea* 속의 굴은 넓은 염분농도 범위에 걸쳐 서식하고 탁도에도 강한 것으로 알려져 있으나(유, 1989), Bernard(1983)는 굴의 임계 염분 농도를 8~22‰로 보고한 바 있고, Brown et al.(1988)은 염분농도가 20‰ 정도인 해역에서 낮은 성장을 관찰한 바 있으며, 염분의 급변은 2매패의 환경인자에 대한 내성을 저하시킨다고 하였으므로(Bernard, 1983), 진양호의 방류수 영향으로 염분농도가 급변하고 최저 염분이 22.3‰까지 낮아지는 진주만이 안정적인 염분을 보이는 한산·거제만에 비해 염분의 측면에서도 불리하다고 볼 수 있다.

그동안 남해안의 주요 양식어장의 먹이생물에 관한 연구는 미비한 편이나 부유물질의 농도와 먹이생물의 양이상관성이 있다고 가정 할 경우, 8개년간 관측한 부유물질의 평균 농도는 한산·거제만이 4.7 mg/l, 자란만이 5.5 mg/l 그리고 진주만이 7.2 mg/l로 Table 4의 비만도 순위와 일치한다. Brown et al.(1988)도 수온, 염분 및 먹이가 수온과 염분이 적절하고 풍부한 먹이가 있는 곳에서 성장이나 비만이 가장 양호하였다고 보고한 바 있으며, Lee et al.(1991)이 측정된 한산·거제만의 기초생산력은 0.52 gC/m<sup>2</sup>/day로 히로시마 만의 0.7 gC/m<sup>2</sup>/day(木村等, 1968), 가막만의 0.91 gC/m<sup>2</sup>/day(Lee et al., 1991)에 비해 낮게 나타나므로 한산·거제만의 비만저조 현상도 수온이나 염분과 같은 요인보다는 먹이와 관련성이 높은 것으로 보인다.

굴의 주 먹이가 되는 식물플랑크톤의 발생은 해역의 영양도에 크게 좌우된다. 해역의 영양상태를 판정하는 방법에는 여러가지가 있으나, 여기서는 Okaichi(1985)가 제안한 해역 부영양도 판정법을 이용하였다. 남해안의 주요 양식장인 진주만, 자란만 및 한산·거제만의 중앙부근에서 '87~'94년에 남해수산연구소 통영분소에서 계절별로 관측한 자료를 이용하여 만 별 부영양도를 살펴보면 Fig. 9와 같다. 진주만의 부영양도는 0.15~6.81(평균: 3.08), 자란만은 0.01~9.08(평균: 1.53), 한산·거제만은 0.10~1.86(평균: 0.54)이었다. 한산·거제만의 경우 '90년 이후 부영양도가 점차 증가하는 경향을 보이고 있으나, 진주만이나 자란만에 비해 월등히 부영양도가 낮은 것으로 나타났으며, 이것은 각 만에서 조사된 굴의 비만도 경향과 같다.

이상에서와 같이 한산·거제만의 어장환경 특성은 최저 수온의 경우 남해안의 타 양식어장에 비해 높은 분포였고, 염분도 변화폭이 적어 굴의 성장에 유리한 요인으로 작용하는 것으로 보이나, 장기간의 수질관측 결과로 볼 때 타 해역에 비해 낮은 영양상태를 나타내고 있으며,

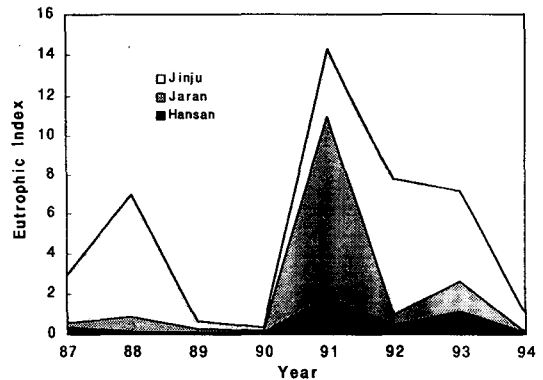


Fig. 9. Eutrophic index of major oyster culturing grounds at the southern coastal seas in Korea.

이러한 빈영양상태로 먹이발생이 원활하지 못한 것으로 생각된다. 한편으로는 한산·거제만 내 굴 양식어장 면적은 11 km<sup>2</sup>로 만 수면적의 23%이고(Cho, 1980), 가막만의 어장 이용률이 9%(Lee et al., 1991)정도 입을 감안할 때 한산·거제만은 집약적인 양식이 행해지고 있으나, 본 연구에서 조사된 클로로필 양은 굴 양식의 밀집도가 높은 죽림포 일원해역에서 전 조사 월을 통하여 2 mg/m<sup>3</sup> 이하의 낮은 농도 분포를 보였고, 특히 굴 비만의 중요한 시기라 생각되는 11월의 경우 0.5 mg/m<sup>3</sup> 이하로 먹이생물량이 매우 적게 나타남으로써 이러한 요인들이 한산·거제만의 굴 생산성을 저하시키는 환경적 요인으로 생각되었다.

### 요 약

한산·거제만의 수질 COD는 평균 1.35 mg/l로 해역 II등급 기준 이하의 양호한 상태였으나 통영시와 인접한 화도와 만의 내측 일원해역은 2.0 mg/l를 초과하는 월이 많았다. 인산 인은 평균 0.30 μg-at/l, 용존무기질소는 4.68 μ-at/l로 전반적으로 영양염 수준이 낮은 상태였으며 죽림포 해역은 그 정도가 심하였다. 클로로필-a 농도와 식물플랑크톤 개체수의 평균값은 각각 2.05 mg/m<sup>3</sup> 및 188개체/ml로 화도와 거제천 주변해역에서 높았고, 빈영양상태를 보였던 죽림포 해역에서는 낮은 값이었다. 부유생물은 *Chaetoceros*가 우점종이었고 굴 비만도는 평균 18.1%로 남해안의 다른 양식어장에 비해 굴 비만이 저조하였다.

남해안의 주요 굴 양식어장인 한산·거제만, 자란만 및 진주만에 대해 장기간 조사된 어장환경 특성은 한산·거제만의 경우 최저 수온이 5.4℃로 다른 어장에 비해 높았



고, 염분의 변화폭은 30.95~34.77‰로 진주만의 22.30~34.77‰에 비해 안정적이었으며, 부유물질의 농도도 평균 4.7 mg/l로 비교해역 중 가장 낮았다. 부영양도는 평균 0.54로 자란만의 1.53, 진주만의 3.08에 비해 월등히 낮았다.

이상에서와 같이 한산·거제만 양식굴의 비만저조는 어장 이용률이 23%를 초과하는 집약적 양식과 같은 환경 외적인 측면도 있겠으나, 환경 특성상 빈영양상태가 지속됨으로 해서 식물플랑크톤과 같은 먹이생물의 발생이 원활하지 못하기 때문으로 생각되었으며, 특히 굴의 비만에 중요한 시기라 생각되는 수온 하강기에 굴 양식장이 밀집되어 있는 죽림포 일원해역에 빈영양상태가 지속되고 먹이발생이 부진하여 이러한 현상을 가중시키는 것으로 추정되었다.

## 참 고 문 헌

- Agius, C., V. Jaccarini and D. A. Ritz. 1978. Growth trials of *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* in inshore waters of Malta. *Aquaculture*, 15, 195~218.
- Bang, K. S. 1967. Studies on the quantity and composition of the microplankton in a Bay of Han San. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 1, 119~130.
- Bae, G. M. and P. A. Bae. 1972. Studies on suspended culture of oyster, *Crassostrea gigas*, in the Korean coastal, (I) on the growth rate of oyster in growing area. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 9, 71~84.
- Bae P. A., J. R. Kim, P. A. Kang and Y. Kim. 1976. Studies on suspended culture of oyster, *Crassostrea gigas* in the Korean coastal waters, (III) on the growth rate of oyster depending on the environmental factors in each growing area. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 15, 73~81.
- Bae P. A., C. K. Pyen, C. S. Ko, Y. Kim and P. A. Kang. 1978. Studies on suspended culture of oyster *Crassostrea gigas* in the Korean coastal waters, (IV) on the environmental factors of oyster culturing farms and the growth rate of oysters. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 20, 109~111.
- Bernard, R. F. 1983. Physiology and the mariculture of some Northeastern Pacific bivalve molluscs. *Can. Spec. Publ. Bull.*, 70, 1121~1126.
- Brown, J. R. and E. B. Hartwick. 1988. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I. Absolute and allometric growth. *Aquaculture*, 70, 231~251.
- Cho, C. H. and Y. S. Kim. 1977. Micro environment in oyster farm area, 1. on the eutrophication and raft density in Geoje Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 10 (4), 259~265.
- Cho, C. H. and Y. S. Kim. 1978. Environment in the oyster farm area Chungmu. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 11 (4), 243~247.
- Cho, C. H. 1980. Farming density of oyster in Hansan-Geoje Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 13 (2), 45~56.
- Choi, W. J., G. H. Na, Y. Y. Chun and C. K. Park. 1991. Self-purification capacity of eutrophic Buk Bay by DO mass balance. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 24 (1), 21~30.
- Choi, W. J., C. K. Park and S. M. Lee. 1994. Numerical simulation of the formation of oxygen deficient water-masses in Jinhae Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27 (4), 413~433.
- Incze, L. S., R. A. Lutz and L. Watling. 1980. Relationships between effects of environmental temperature and seston on growth and mortality of *Mitilus edulis* in a temperate northern estuary. *Mar. Biol.*, 57, 147~156.
- Ito, S. and T. Imai. 1955. Ecology of oyster bed, I. on the decline of productivity due to repeated cultures. *Tohoku J. Agr. Res.*, V (4), 9~26.
- Kim, J. G. 1994. The eutrophication modeling for Jinhae Bay in summer. ph. D. thesis, Pukyong univ. pp. 54.
- Korea meteorological administration. 1994. Annual climatological report, pp. 1~242.
- Kusuki, Y. 1981. Fundamental studies on the deterioration of oyster growing grounds. *Bull. Hiroshima Fish. Experimental station*, 11, 1~93.
- Lee, B. D., H. K. Kang and Y. J. Kang. 1991. Primary production in the oyster farming Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 24 (1), 39~51.
- Malouf, R. E. and W. P. Breese. 1977. Seasonal changes in the effects of temperature and water flowrate on the growth of juvenile Pacific oysters, *Crassostrea gigas*. *Thunberg. Aquaculture*, 12, 1~13.
- Park, C. K. 1975. Study on the characteristic distribution of phosphates in Jinhae Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 8 (2), 68~72.
- Strickland, J. D. H. and T. R. parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed.
- SCOR-UNESCO. 1966. Determination of photosynthetic pigments in seawater. Monographs on oceanographic methodology 1, 11~18, UNESCO, Paris.
- Spark, A. K. and K. K. Chew. 1959. Preliminary report on growth and survival of Pacific oyster in Washington waters. *Proc. Natl. Shellfish. Assoc.*, 50, 125~132.
- Spencer, B. E. and C. J. Gough. 1978. The growth and survival of experimental batches of hatchery-reared spat of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg using different methods of tray cultivation. *Aquaculture*, 13, 293~312.
- Yoo, S. K., T. Y. Lee, P. Chin, S. Y. Hong and M. S. Yoo. 1975. Ecological studies for the conservation of oyster farming areas. *Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan*, 8, 15~30.
- Yoo, S. K., J. S. Park, P. Chin, D. S. Chang, K. B. Lim, C. K.

- Park, S. Y. Hong, C. H. Cho, J. S. Hue, S. S. Lee, P. A. Kang, K. Y. Park, M. S. Lee and Y. Kim. 1980. Comprehensive studies on oyster culture in Hansan, Geoje Bay. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 24, 7~46.
- Yoo, S. K. and K. Y. Park. 1981. Biological studies on oyster culture (III), oyster growth comparison between 4 farms in Hansan-Geoje Bay and density-dependent relative shell growth. Bull. Korean Fish. Soc., 13 (4), 207~212.
- 경상남도. 1996. 경상남도 수산현황.
- 굴 수하식 양식 수산업 협동조합. 1985. 굴 양식수협 20 연사, pp. 1~293.
- 유성규. 1989. 천해양식, 새로출판사.
- 木村知博 橋本俊將. 1968. 廣島灣のカキ養殖場水域における基礎生産について. 日本水産増殖, 16, 1~14.
- 日本水産資源保護協會. 1980. 水質汚濁指針 pp. 533~536.

---

1997년 3월 26일 접수

1997년 9월 4일 수리