

## 서해산 김 엽체상의 미소생물과 김의 병해와의 관계에 대한 연구

### II. 목포 인근 김 양식장 주변해수에서의 종속영양세균의 계절적 변화

김정희 · 이건형 · 신윤근\* · 김중래\*\*

군산대학교 생물학과 · \*상지대학교 환경학과

\*\*군산대학교 해양개발학과

## A Study on the Relationships Between the Epiphytic Microbes and the Blight of *Porphyra* Species from the Coastal Waters of the Yellow Sea, Korea

### II. Seasonal Variation of Heterotrophic Bacteria in the Surrounding Seawater of *Porphyra* Farming Area Near Mokp'o

Jeong-Hee KIM · Geon-Hyoung LEE · Yoon-Keun SHIN\*  
and Joong-Rae KIM\*\*

*Department of Biology, Kunsan National University, 573-360, Korea*

*\*Department of Environment Science, Sanggi University, 220-130, Korea*

*\*\*Department of Marine Development, Kunsan National University, 573-360, Korea*

To study the seasonal variation of heterotrophic bacteria near the surrounding seawater of *Porphyra* forming area, samples were collected in the intertidal waters of Mokp'o of the Yellow Sea from February to December, 1990. Annual distribution of heterotrophic bacteria ranged from  $7.5 \times 10^2$  to  $1.1 \times 10^5$  cfu/ml, annual distribution of physiological characteristic bacteria ranged from  $5.0 \times 10$  to  $4.34 \times 10^4$  cfu/ml for proteolytic bacteria, from 0 to  $1.35 \times 10^4$  cfu/ml for lipolytic bacteria and from 0 to  $1.2 \times 10^4$  cfu/ml for amylolytic bacteria. Sixty-five percent of isolates from seawater were rods, and 76.7% of isolates were Gram-negative. Most isolates were mesophiles and showed utilization of various carbon sources such as glucose, maltose, lactose, sucrose and arabinose. Most isolates also showed tolerance to a broad range of salt concentration. Dominant genus in seawater were *Flavobacterium* spp., in February, *Moraxella* spp., *Acinetobacter* spp. in March, *Bacillus* spp., *Chromobacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Vibrio* spp. in July and *Chromobacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp. in November.

### 서 론

이러한 환경조건으로 기온, 수온, 강우, 비중, 수질 등과 같은 비생물학적 요인과 주변해수에 존재하는 종속영양세균과 부착세균, 부착규조류 및 미소생물 등과 같은 생물학적 요인이 중요한 요소로

김 생산은 양식장 주변해수의 환경조건에 따라 차황의 차이가 좌우되는데(Cho and Chang, 1986),

는 종속영양세균과 부착세균, 부착규조류 및 미소생물 등과 같은 생물학적 요인이 중요한 요소로

이 논문은 1989년도 문교부 지원 학술진흥재단의 기초과학연구소 학술연구 조성비에 의해 연구되었음.

작용하고 있다(김, 1986, 1987; 홍 등, 1987). 수계 생태계에서 종속영양세균은 유기물의 분해와 물질 순환에 기여하며 영양단계가 다른 생물에 필수적인 성장인자를 제공하거나(Morita *et al.*, 1973; Vieeo-Rego *et al.*, 1986) 다른 생물의 먹이원으로도 중요한 역할을 담당한다(Wright, 1978; Peele *et al.*, 1981; Rheinheimer, 1985; Rimes *et al.*, 1986). 특히 연안 및 해양환경에 분포하는 종속영양세균은 그 수역의 영양상태와 특성을 밝히는데 중요한 지표가 될 수 있다(Jannasch, 1955; Kusnezow, 1959; kriss, 1963). 따라서 김 엽체가 자라는 주변해수에서 종속영양세균의 분포와 우점속의 변화를 밝히는 것은 김 엽체의 건강상태와 생산성을 예측하는데 중요한 역할을 할 수 있으리라 생각된다. 본 연구는 서해산 김 엽체상의 미소생물과 김의 병해와의 관계에 대한 연구의 일환으로 자라는 주변해수를 대상으로 종속영양세균의 연간분포와 계절적인 속조성의 변화를 미생물 생태학적인 측면에서 조사하여 김 양식 증진의 기초자료로 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사시기 및 정점

본 연구는 1990년 2월부터 12월까지 목포 인근 수역인 송공리 앞바다의 김 양식이 많이 이루어지고 있는 2개 정점을 대상으로 총 7회(2~4월, 7~8월, 11~12월)에 걸쳐 채수하여 실시하였다(Fig. 1).

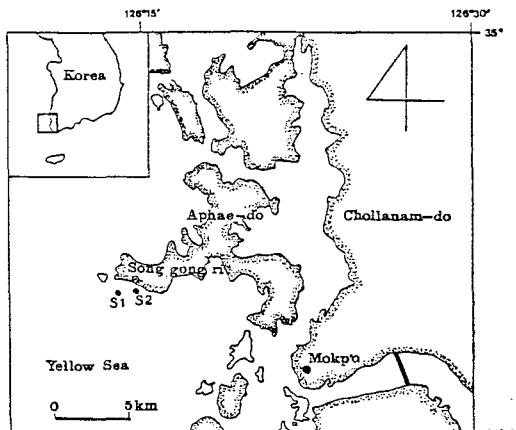


Fig. 1. A map showing the research area and sampling sites near the intertidal zone of Mokpo, Chollanam-do.

### 2. 채수 및 채취 방법

시료용 해수는 Van-Dorn 채수기를 이용하여 각 정점별 표층과 저층(3~4m)에서 채수하여 멀균된 capture에 넣은 후 저온을 유지하는 Ice-box에 보관하여 실험실로 운반하였다.

### 3. 미생물학적 분석

표층수 및 저층수에 존재하는 해양성 종속영양 세균(heterotrophic marine bacteria)수의 측정은 Bacto Marine agar 2216e medium(Difco)에 희석 도말하여  $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 에서 7일간 배양하여 나타난 균체 수를 계수하였다. 이때 사용된 측정단위는 colony-forming units(cfu)/ml이다. 한편 생리적 특성균(단백질 분해세균, 지방 분해세균, 전분 분해세균)의 분포를 측정하기 위하여 gelatin(0.4%), tween 80 (0.1%), soluble starch(0.2%)를 각각의 유일한 탄소원과 에너지원으로 첨가하였으며, 이때 사용된 기본배지(basal medium)의 조성은 Polczar(1957)의 방법에 따랐다.

### 4. 해양성 종속영양 세균의 형태학적 및 생리·생화학적 특성

주변해수에서 나타난 세균의 순수분리 동정은 Bacto Marine agar 2216e 배지에서 생성된 균체와 생리적 특성균(단백질 분해세균, 지방 분해세균, 전분 분해세균)배지에서 생성된 균체중에서 colony의 특징을 기준으로 선택하여 순수 분리동정 후 Table 1에서와 같은 형태학적 및 생리·생화학적 특성을 실현하여 각 계절별 우점속을 조사하였다(이, 1987; 권 등, 1987). 세균의 분리동정은 MacFaddin(1980)의 방법에 의하였고 Cowan(1974)의 분류 key를 참조하여 속(genus)까지 분류 동정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 해양성 종속영양 세균의 계절적 분포

조사 정점에서 해양성 종속영양 세균의 분포를 살펴 보면, 년중 분포는  $1.05 \times 10^2 - 1.46 \times 10^5 \text{ cfu}/\text{ml}$ 의 범주에서 변화하였으며, 최고값은 8월에 정점 2의 표층에서, 최저값은 2월에 역시 정점 2의 표층에서 나타났다(Fig. 2). 이와 같은 측정값은 김 등(1985)이 낙동강 하구에서 조사한 결과와 이(1986)가 금강하구에서 조사한 결과보다 낮은 값이였지만 이(1990)가 군산 인근 해역에서 조사한 값과

Table 1. The seasonal fluctuation of morphological, physiological and biochemical characteristics of heterotrophic bacterial population isolated from the surrounding seawater of *Porphyra* forming area near Mokpo(% of population)

| Characters                    | Feb. | Mar. | July | Nov. |
|-------------------------------|------|------|------|------|
| <b>MORPHOLOGICAL:</b>         |      |      |      |      |
| Rod shaped                    | 82.0 | 49.4 | 72.6 | 55.4 |
| Coccus shaped                 | 18.0 | 50.6 | 27.4 | 44.6 |
| Gram negative                 | 91.0 | 86.2 | 75.5 | 54.1 |
| Motility                      | 30.6 | 39.1 | 51.9 | 78.4 |
| <b>PHYSIOLOGICAL:</b>         |      |      |      |      |
| Growth at 25°C                | 100  | 100  | 100  | 100  |
| Growth at 37°C                | 25.2 | 39.1 | 64.2 | 55.4 |
| Growth at 42°C                | 14.4 | 18.4 | 21.7 | 9.5  |
| Growth-0% NaCl                | 38.7 | 49.4 | 53.8 | 58.1 |
| Growth-6% NaCl                | 53.2 | 41.4 | 22.6 | 45.9 |
| Growth on NA medium           | 100  | 100  | 100  | 100  |
| Growth on SS medium           | 0    | 25.3 | 0.9  | 13.5 |
| Growth on MacConkey medium    | 2.7  | 3.4  | 18.9 | 35.1 |
| Growth on TCBS medium         | 4.5  | 16.1 | 7.5  | 13.5 |
| <b>BIOCHEMICAL:</b>           |      |      |      |      |
| Catalase activity             | 59.5 | 73.6 | 88.7 | 85.1 |
| Oxidase activity              | 52.3 | 48.0 | 36.8 | 64.9 |
| Starch hydrolysis             | 57.7 | 62.1 | 11.3 | 18.9 |
| Gelatin liquefaction          | 10.8 | 31.0 | 17.0 | 24.3 |
| Methyl-Red test               | 4.5  | 14.9 | 20.8 | 12.2 |
| Voges-Proskauer reaction      | 64.0 | 20.7 | 13.2 | 0    |
| Indole test                   | 0    | 2.3  | 0    | 1.4  |
| Acid from glucose             | 14.4 | 21.8 | 29.2 | 35.1 |
| Acid from maltose             | 5.4  | 21.8 | 36.8 | 23.0 |
| Acid from lactose             | 3.6  | 17.2 | 28.3 | 23.0 |
| Acid from sucrose             | 7.2  | 14.9 | 46.2 | 27.0 |
| Acid from arabinose           | 3.6  | 2.3  | 1.9  | 9.5  |
| Gas production in glucose     | 0    | 0    | 1.9  | 0    |
| Glucose and lactose fermented | 6.3  | 31.0 | 17.0 | 29.7 |
| H <sub>2</sub> S production   | 0    | 0    | 1.9  | 0    |

는 유사한 분포를 보였다. 이와 같은 측정결과는 본 조사 정점이 김 등(1985)이나 이(1986)가 조사한 수역보다 하구에서 떨어진 곳에 위치하고 있어 육지로부터 유입되는 유기물 등이 상당히 희석되어 균체수에 영향을 준 것으로 생각된다. 정점별로 년간 종속영양 세균의 분포를 살펴 보면, 정점 1의 경우  $1.35 \times 10^2 - 1.16 \times 10^5$  cfu/ml, 정점 2에서는  $1.05 \times 10^5 - 1.46 \times 10^5$  cfu/ml를 나타냈다. 8월을 제외한 전 조사기간 중 표충수와 저충수간의 종속영양 세균의 분포는 비교적 큰 차이가 없었다. 8월의 경우 표충과 저충간의 변화폭이 심하게 나타난 것은 우기로 인한 표충과 저충의 층상화 현상(strati-

fication)이 다른 조사기간에 비해 심하여 상, 하층간의 혼합현상이 적었기 때문인 것으로 생각된다. 또한, 김이 존재하는 시기인 11월과 3월 사이에는 주변해수에서의 종속영양 세균수는 대체적으로 계절에 관계없이 비슷한 수치를 나타냈으며 이와 같은 결과는 Shiba와 Taga(1980)가 조사한 값과 유사한 양상을 보였다.

## 2. 생리학적 특성균의 계절적 분포

조사 정점에서 단백질 분해세균의 분포를 살펴 보면, 년중 변화폭은  $5.0 \times 10 - 4.34 \times 10^4$  cfu/ml로써 12월에만 비교적 높은 값을 나타냈고 나머지 조사

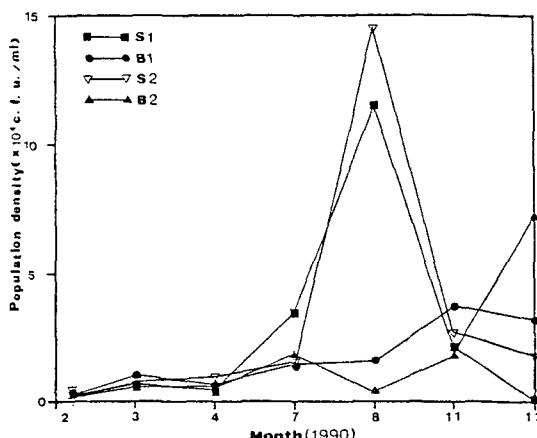


Fig. 2. Population densities of heterotrophic bacteria at each sampling site during surveying periods from Feb. to Dec., 1990(S: surface, B: bottom).

기간 중에는 거의 유사한 수준의 균체수를 보였다 (Fig. 3). 최대값은 12월에 정점 2의 저층에서, 최소값은 11월에 정점 1의 표층에서 나타났다. 이와 같은 분포값은 이(1990)가 군산 인근 해역에서 조사한  $2.5 \times 10^3 - 2.33 \times 10^4$  cfu/ml와 유사한 범주였으며 이는 금강 하구의 퇴적토에서 조사된  $3.06 \times 10^4 - 2.12 \times 10^6$  cfu/ml 보다는 1/100배 정도 낮은 분포인데 이는 수계에서 존재하는 DOM(dissolved organic matter)은 퇴적토에 존재하는 POM(particulated organic matter)에 비해 낮기 때문에 유기물 농도에 비례하여 균체수도 낮게 측정된 것으로 생각된다.

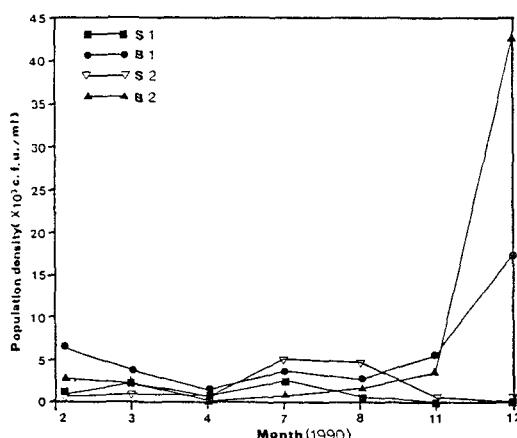


Fig. 3. Population densities of proteolytic bacteria at each sampling site during surveying periods from Feb. to Dec., 1990(S: surface, B: bottom).

조사정점에서 지방 분해세균의 분포를 살펴보면, 년중 변화폭은  $0 - 1.35 \times 10^4$  cfu/ml로써 단백질 분해세균보다 평균적으로 균체수가 낮은 경향을 보였으며, 계절적으로 보면 11월에 모든 정점에서 최저값을 보였고 최고값은 12월에 정점 2의 저층에서 나타났다(Fig. 4). 정점별로는 단백질 분해세균의 분포와 거의 유사한 분포를 보였는데 이는 군산 부근 조간대에서 나타나는 현상과도 비슷한 양상을 나타내었다(Lee et al., 1990).

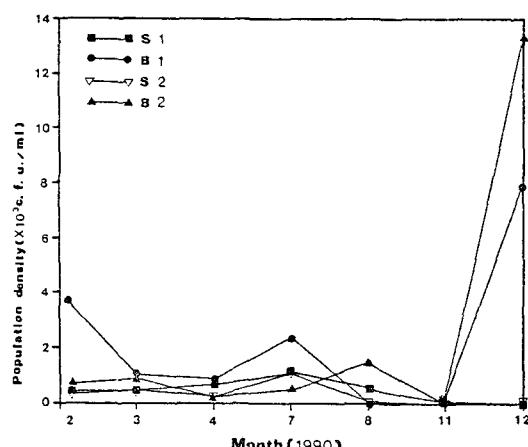


Fig. 4. Population densities of lipolytic bacteria at each sampling site during surveying periods from Feb. to Dec., 1990(S: surface, B: bottom).

전분 분해세균의 년중 분포는  $0 - 4.5 \times 10^4$  cfu/ml의 범주에서 변화하였고, 단백질 분해세균이나 지방 분해세균보다 계절간의 변화폭이 심한 편이 있다(Fig. 5). 전체적으로 볼 때 전분 분해세균은 단백질 분해세균이나 지방 분해세균에 비해 계절적으로 뚜렷한 변화를 보였는데 이와 같은 현상은 해수내에 존재하는 식물 플랑크톤의 년간 분포의 변화와 밀접한 관계가 있는 것으로 밝혀졌다(이 등, 1989).

### 3. 세균의 형태학적, 생리·생화학적 특성

조사정점에서 해양성 종속영양 세균군집간의 형태학적 특성과 다양성을 알아보기 위해 해양성 종속영양 세균의 형태학적, 생리학적 및 생화학적인 특성을 김 양식장 주변의 주변해수에서 4회에 걸쳐 분석 조사하였다.

조사기간 중 분리된 세균의 형태학적 특성의 년간 동향을 살펴 보면, 간균의 경우 계절에 따라 49.4~82.0%로 폭넓은 범주에서 변화하였다(Table 1).

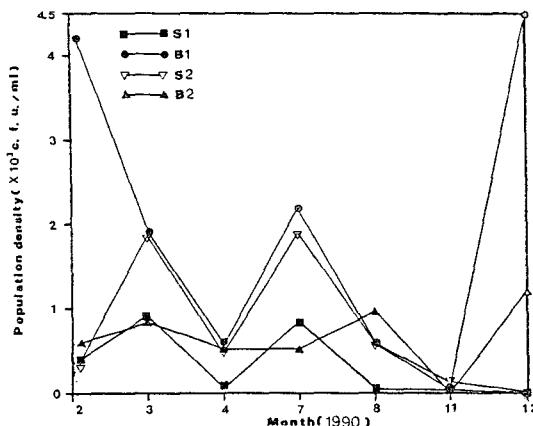


Fig. 5. Population densities of amylolytic bacteria at each sampling site during surveying periods from Feb. to Dec., 1990 (S: surface, B: bottom).

전반적으로 2월과 7월에 높게 출현하고 3월과 11월에 낮았다. 한편 그람음성균은 평균적으로 2월(91%)과 3월(86.2%)에 높은 비율로 나타났다. 운동성은 11월에 78.4%로 높은 비율을 나타냈으나 2월과 3월에는 각각 30.6%, 39.1%로 비슷한 양상을 보였다.

생리학적 특성을 살펴 보면 조사기간 중에 분리된 모든 세균이 25°C에서 성장하여 중온성(mesophile)의 특성을 보였다. 한편 37°C에서는 분리한 세균의 25.2~64.2%가 성장할 수 있었고, 42°C에서는 분리한 세균의 9.5~21.7%가 성장할 수 있어 인근에서 분변성 오염의 유입이 있음을 간접적으로 시사하고 있고, 이러한 사실은 분리 동정된 균들중 일부가 MacConkey 배지와 SS 배지에서 자랄 수 있는 것으로도 알 수 있다(Table 1).

생화학적 특성을 살펴 보면 catalase 활성은 분리된 세균이 59.5~88.7%를 보여 분리동정된 세균의 대부분이 호기성이거나 통성혐기성임을 시사하고 있다. 분리동정된 균주들은 glucose, maltose, lactose, sucrose, arabinose 등의 다양한 탄소원을 이용하였다.

#### 4. 분리된 세균 속조성의 계절적 변화

조사기간 동안 해수에 분포하는 종속영양 세균을 분리 동정한 결과 나타난 출현속을 살펴보면 *Flavobacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp., *Staphylococcus* spp., *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp., *Vibrio* spp., *Acinetobacter* spp., *Alcaligenes* spp., *Moraxella* spp., *Chromobacterium* spp., *Corynebacte-*

*rium* spp., *Enterobacteria* spp. 등이었고 분리된 균주중 일부는 동정이 잘 안되었다. 해수에서 나타난 출현속의 각 계절별 우점속을 살펴보면 2월에 *Flavobacterium* spp., 3월에 *Acinetobacter* spp., *Moraxella* spp., 7월에 *Chromobacterium* spp., *Vibrio* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp., 11월에는 *Chromobacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp. 등이 우점속으로 출현하여 이(1987)에 의해서 조사된 금강하구 퇴적토와 비교할 때 출현속은 금강하구와 본 조사정점에서 유사하였으나 계절적 우점속의 양상은 조사시기와 조사정점에 따라 매우 상이하였다(Fig. 6). 이러한 양상은 清水(1974)가 駿河灣, 相模灣, 小湊沖을 대상으로 조사한 연구에서도 나타났는데 清水(1974)의 결과에 의하면 해수에서는 *Flavobacterium* spp., *Pseudomonas* spp., *Vibrio* spp., *Acinetobacter* spp., *Caulobacter* spp. 등이 우점속으로 나타나 본 연구에서 조사된 우점속과는 다소 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다.

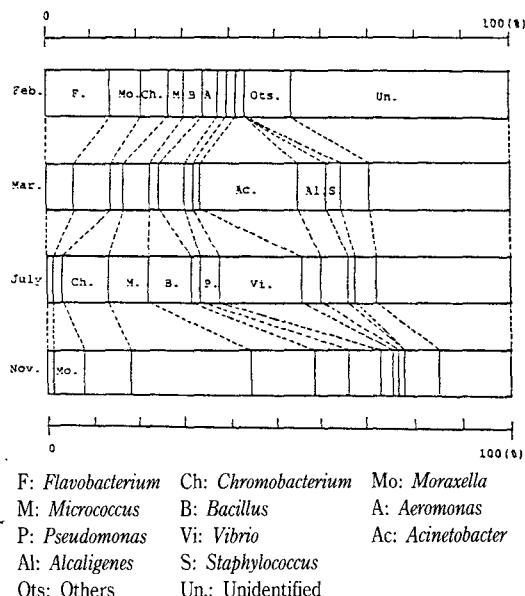


Fig. 6. Percent distribution of heterotrophic bacteria from seawater of coastal area near Mokpo during surveying periods.

#### 적 요

1990년 2월부터 12월에 걸쳐 목포 인근수역에서 김 양식장 주변해수에 분포하는 종속영양 세균의 계절적 속조성의 변화를 미생물 생태학적 측면에

서 조사하였다. 조사기간 중 해수에 나타난 종속 영양 세균의 년중 분포는  $1.05 \times 10^2 - 1.46 \times 10^5 \text{ cfu}/\text{ml}$ 에서 변화하였으며, 생리적 특성세균의 년중 분포는 단백질 분해세균의 경우,  $5.0 \times 10 - 4.34 \times 10^4 \text{ cfu}/\text{ml}$ , 지방 분해세균은  $0 - 1.35 \times 10^4 \text{ cfu}/\text{ml}$ , 전분 분해세균은  $0 - 1.2 \times 10^4 \text{ cfu}/\text{ml}$ 의 범주에서 분포하였다. 주변해수에서 분포하는 종속영양 세균의 특성을 조사한 결과, 간균이 65%를 차지하였고, 76.7%가 그람 음성으로 나타났다. 분리된 균주의 대부분은 중온성이었으며, 다양한 탄소원을 이용할 수 있었고, 염분내성범위가 넓었다. 또한 우점속은 2월에는 *Flavobacterium* spp., 3월에는 *Acinetobacter* spp., *Moraxella* spp., 7월에는 *Vibrio* spp., *Chromobacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp., 11월에는 *Chromobacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp. 등이 출현하여 조사시기와 조사정점에 따라 우점속의 차이를 보였다.

## 참 고 문 헌

- 권오섭 · 하영칠 · 홍순우. 1987. 낙동강하구에서의 미생물 다양성과 환경변화에 따른 내성한계. *한국미생물학회지*, 25(3), 229~237.
- 김남길. 1986. 천수만의 김 양식 생산에 미치는 유입 하천수의 영향에 관하여. *부산수산대학 석사학위논문*, 53pp.
- 김남길. 1987. 김 양식장 환경요인과 김 품질간의 관계에 대하여. *통영수대 논문집*, 22, 23~29.
- 김상종 · 홍순우 · 이 윤. 1985. 낙동강 하구 간석지에 존재하는 세균의 분포 및 생리적 활성도. *한국미생물학회지*, 23(3), 215~220.
- 이건형. 1986. 금강하구 퇴적토에서의 종속영양 세균의 분포와 부착에 관한 연구. *박사학위논문*. 서울대학교, 120pp.
- 이건형. 1987. 금강하구 퇴적토에서의 종속영양 세균의 분포에 미치는 환경 요인과 계절적 우점 속에 관하여. *한국미생물학회지*, 25(2), 137~243.
- 이다미. 1990. 군산 인근 해역에서의 종속영양 세균의 분포와 계절적 특성에 관한 연구. *석사학위논문*. 군산대학, 61pp.
- 이원호 · 이건형 · 최문술 · 이다미. 1989. 군산부근 조간대 및 조하대역에서의 식물 플랑크톤과 bacterioplankton. *한국해양학회지*, 24, 157~164.
- 清水 湖. 1974. 海洋細菌の分類. 海洋微生物(多賀信夫編). 東大出版會. 東京, pp. 45~65.
- 홍재상 · 송춘복 · 김남길 · 김종만 · 허형택. 1987. 광양만의 김 생산과 양식장 환경과의 관계에 대하여. *한국수산학회지*, 20, 237~247.
- Cho, Y. C. and J. W. Chang. 1986. On the disease occurrence laver(*Porphyra tenera* Kjellman form. *tamatsuensis* Miura), and production at the Nokdong liver farming area. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 39, 111~121.
- Cowan, S. T. 1974. Manual for the identification of medical bacteria. Cambridge University Press. pp. 103~117.
- Jannasch, H. W. 1955. Zur Okologie der zymogenen planktischen bakterienflora natürlicher Gewässer. *Arch. Microbiol.* 23, 146~180.
- Kriss, A. E. 1963. Marine Microbiology(Deep Sea). (Translated by J. M. Shewan and Z. Kabata), Oliver and Boyd: Edinburgh.
- Kusnezow, S. I. 1959. Die Rolle der Mikroorganismen im Stoff Kreislauf der Seen. Berlin. Deutscher verlag D. Wissenschaften. 301pp.
- Lee, G. H., S. J. Kim, W. H. Lee and D. M. Lee. 1990. Seasonal distribution and characteristics of heterotrophic marine bacteria in the intertidal zone near Kunsan of Yellow Sea, Korea. *Kor. Jour. Microbiol.*, 28, 331~336.
- MacFaddin, J. F. 1980. Biochemical tests for identification of medical bacteria. Williams and Wilkins. Baltimore/London.
- Morita, R. Y., L. P. Jones, R. P. Griffiths and T. S. Staley. 1973. Salinity and temperature interactions and their relationship to the microbiology of the estuarine environment. In *Estuarine Microbial Ecology*. L. H. Stevenson and R. R. Colwell ed. pp. 221~232. Univ. South Carol. Press.
- Peele, E. R. et al., 1981. Effects of pharmaceutical wastes on microbial populations in surface waters at the Puerto Rico dump site in the Atlantic ocean. *Appl. Environ. Microbiol.* 41(4), 873~879.
- Polczar, M. J., Mr. 1957. Manual of microbiological methods. McGraw-Hill Co. New York.
- Rheinheimer, G. 1985. Aquatic Microbiology. 3rd ed. John Wiley and Sons.
- Rimes, C. A. and R. Goulder. 1986. Suspended bacteria in calcareous and acid headstreams: abu-

- ndance, heterotrophic activity and downstream change. *Freshwater biology*. 16, 633~651.
- Shiba, T. and N. Taga. 1980. Heterotrophic bacteria attached to seaweeds. *J. Exp. Mar. Biol.* 47, 251~258.
- Viveo-Rego, J. et al. 1986. Effect of heavy metals and surfactants on glucose metabolism, thymidine incorporation and exoproteolytic activity in seawater. *Wat. Res.* 20, 1411~1415.
- Wright, R. T. 1978. Measurement and significance of specific activity in the heterotrophic bacteria of natural waters. *App. Environ. Microbiol.* 36 (2), 297~305.

---

1992년 5월 8일 접수  
1992년 7월 4일 수리