

富營養化 海域의 海洋細菌의 分離 및 分離菌의 生理的 性質에 관하여

1. 富營養化 海域의 環境 및 細菌相

李原在 · 鄭煥東* · 姜昌根* · 朴喜烈*

釜山水產大學 海洋學科 · *國立水產振興院

(1986년 8월 30일 수리)

Isolation and Physiological Properties of Marine Bacteria in the Eutropic Coastal Waters

1. Environmental Factors and Marine Bacterial Flora in the Eutropic Coastal Waters

Won Jae LEE

Department of Oceanography, National Fisheries University of Pusan, Nam-gu, Pusan, 608 Korea

Hee Dong CHUNG, Chang Geun KANG and Hee Yeol PARK

National Fisheries Research and Development Agency, Pusan, Korea

(Received August 30, 1986)

The marine bacterial flora of seawater at Masan Bay located in southern part of Korea was investigated to provide basic information about the origin of red tides in this area. The samples were collected at 5 sampling stations (see fig.1) established once a month from July 1985 to June 1986.

The results are summerized as follows:

1. Two hundred and ninety one strains of marine bacteria among 293 strains isolated were identified from 156 samples(150 seawater samples and 6 mud samples) collected in the study area.

2. During the study period, the dissolved oxygen ranged from 2.1 to 6.3 ml/l; temperature of surface seawater ranged from 4.6 to 30.1°C; phosphate, silicate and nitrite ranged from 1.6 to 5.6 µg-at/l, 327.27 to 3798.38 µg-at/l, and 1.09 to 5.5 µg-at/l, respectively.

3. *Pseudomonas* spp. were the most dominant bacterial species before red tides, *Acinetobacter* spp. and *Flavobacterium* spp. during red tides, and *Flavobacterium* spp., *Vibrio* spp. and *Acinetobacter* spp. after red tides.

4. Viable counts marine bacterial flora ranged 10⁴~10⁸cell/ml, and the most abundant viable counts of marine bacteria occurred during red tides (10⁷~10⁸cell/ml).

서 론

沿岸海域의 富營養化는 河川을 통하여 流入되는 공장폐수나 도시하수의 有機物이 주 원인으로 되어 있다. 이러한 海域에 서식하는 微小生物은 적절한

환경조건에 도달하면 대량번식하여 赤色이나, 綠色, 갈색등의 현상을 나타내고 마침내 海域内の 생물체 사로 인하여 細菌의 분해작용이 일어나고 악취가 발생하기도 한다. 따라서 이러한 해역에 분포하고 있는 微生物相과 우점종을 분리하고, 生理的 性質등을

富營養化 海域의 海洋細菌의 分離 및 分離菌의 生理的 性質에 關하여

검토하는 것은 海洋生態系의 기초적인 조사의 하나로 대단히 중요한 것으로 생각된다.

富營養化된 해역에 분포하고 있는 微生物의 연구는 Shimidu, *et al.* (1977), Taga, N. (1967) 등의 보고가 있다. 이들은 東京灣의 富營養化 海域에 분포하고 있는 微生物相과 外洋에 分布하고 있는 微生物相에 관한 연구를 하였다. Lee 등(1985)은 富營養化된 Tide pool 에 분포하고 있는 海洋細菌의 分布相을 조사함과 동시에 物理化學的인 因子와 動物플랑크톤 분포 등 Tide pool 환경속의 生態系를 조사보고 하였다.

우리 나라의 富營養化 海域으로 微小生物이 대량 증식하고 赤潮가 每年 發生하고 있는 海域은 馬山灣, 鎭海灣 일대를 대표적으로 들 수 있다. 이 海域은 Lee 등(1983)이 赤潮 및 오염 모니터링 시스템 개발을 위한 연구로서, 해양물리, 해양화학, 해양생물 등 각 분야에 걸쳐 연구한 결과를 보고 하였고, 차등(1983)은 韓國 沿岸漁場 保全을 위한 환경오염 조사 연구로 부유생물, 일반수질, 중금속 등에 관한 보고를 하였다. 그러나 적조에 관한 연구 보고서의 내용을 보면 赤潮가 發生한 후의 생물종 또는 우점종에 관한 보고가 대부분인 것 같았으며, 赤潮發生 前後의 微生物相과 赤潮生物과의 相互관계나 生産물질에 관한 연구 보고는 찾아보기 힘들다.

본 연구는 富營養化 海域의 環境因子와 海洋細菌相, 赤潮發生 前後 이들 細菌相의 變化를 조사한 결과이다.

재료 및 방법

1. 조사해역 및 시료채취

1) 조사해역

부영양화 현상이 심각한 마산해역을 대상으로 예비실험을 통하여 그림 1 (128°30'E, 35°10'N)과 같이 정점을 설정 하였다.

2) 시료채취

시료채취는 1985년 7월부터 1986년 6월까지 매월 1회씩 1년간 표층과 저층으로 구분하고 다음과 같이 각각 채수 하였다.

세균용 시료는 Niskin 채수기 대응으로 실험실에서 제작한 채수기를 사용하여 표층과 저층의 해수를 멸균된 채수병으로 직접 채수한 후, ice Box 에 보관 운반 하였고, 環境要因 분석용 시료는 Nansen

채수기로 채수하여, 영양염 분석용은 Ice Box 에, 또한 용존산소 측정 시료는 산소병에 채취한 후 고정시켜 실험실로 운반 하였다.

2. 生菌數와 세균의 同定

생균수는 平板塗抹法(Buck, *et al.*, 1960)으로, PPES-II 배지(Taga, 1968, Table 1.)상에 出現된 集落(Colony)를 計數 하였고, Colony의 특징별로 분리한 균주(Strain)는 Shewan, *et al.*(1960), Shimidu, (1978) 및 Bergy's manual (1974)에 의하여 同定 하였고, 다시 同定된 결과에 關하여 細菌相을 해석 하였다.

3. 環境요인의 측정

환경요인에 관한 측정으로 해수온도는 봉상온도계를 사용 현장에서 측정 하였고, pH는 유리전극 측정기로, 용존산소는 Winkler 법으로, 인산염은 Murphy *et al.* (1962)법, 아질산염은 naphthyl ethylene diamine 법을, 규산염은 모리부덴 靑法(薑目 등, 1983)으로 분석 하였다.

Table. 1 Composition of PPES-II Medium (Taga, 1968)

Polypeptone (Difco)	2.0 g
Proteose-peptone No. 3 (Difco)	1.0 g
Bacto-soytone (Difco)	1.0 g
Bacto-yeast extract	1.0 g
Ferric citrate	1.0 g
Agar (Difco)	15.0 g
Sea water	1.0 l
pH	7.6~7.8

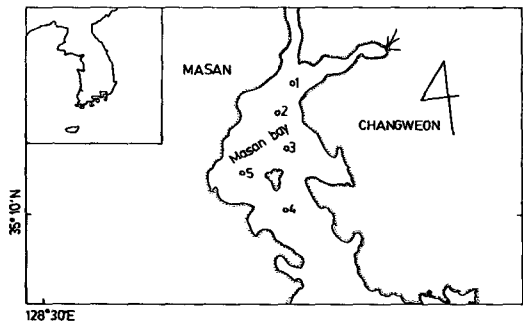


Fig. 1. Locaton of the sampling stations (MasanBay).

결 과

1. 환경요인의 변화

본 연구조사 대상으로 설정된 해역의 환경적인 조사 결과는 그림 2-1과 2-2와 같다. 조사기간을 통하여 변화를 나타내는 것으로, 표층수온의 변화는 4.6~30.1°C였고, 용존산소는 표층이 2.01~6.13 ml/l 저층이 1.25~3.8 ml/l였다. 규산염은 표층이 328.15~3798.33 $\mu\text{g-at/l}$, 저층이 233.8~2209.09 $\mu\text{g-at/l}$, 인산염의 경우 표층이 1.09~5.47 $\mu\text{g-at/l}$, 저층이 1.85~5.98 $\mu\text{g-at/l}$ 이고, 아질산염의 경우 표층이

1.09~5.5 $\mu\text{g-at/l}$, 저층이 1.6~2.69 $\mu\text{g-at/l}$ 의 변화를 보였다.

pH의 경우는 표층이 7.6~8.3의 범위, 저층의 경우 7.5~8.3의 범위의 변화를 보였다. 이상의 결과를 보면 년중에 5~10배 이상의 변화를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

2. 해양세균의 분포와 세균상

조사해역의 세균수를 나타낸 것이 Fig. 3이다. Fig. 3을 보면 일반적으로 10^4 ~ 10^6 cells/ml 분포하고 있음을 알 수 있다. 표층과 저층의 세균수를 보면 1월, 2월, 5월, 6월, 7월은 저층이 세균수가 다소

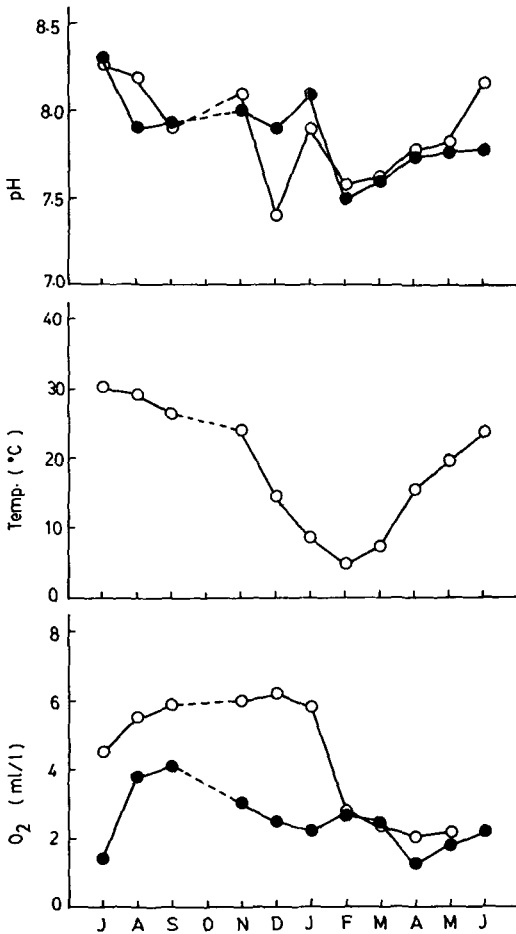


Fig. 2-1. Monthly variation of sea-water temperature, pH and dissolved oxygen in the study area.
○: surface sea-water
●: bottom sea-water

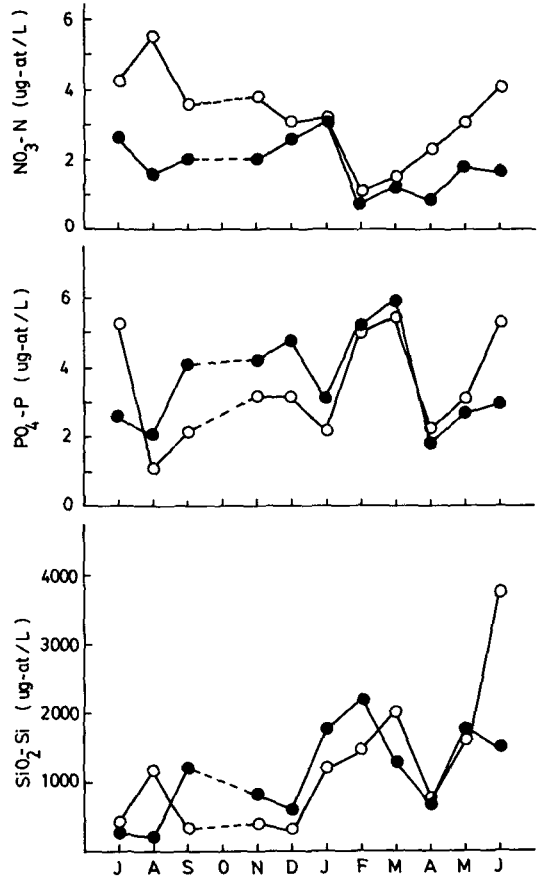


Fig. 2-2. Monthly variation of nitrite, phosphate and silicate in the study area.
○: surface sea-water
●: bottom sea-water

높게 나타났으며 최저 생균수는 1월이 표층수에서 3.96×10^4 cell/ml, 저층이 9.78×10^4 cell/ml 이었고, 최고의 생균수는 6월로 표층이 1.29×10^8 cell/ml, 저층이 8.64×10^4 cell/ml 로 저층이 각각 높은 분포를 보였다. 특히 적조가 발생한 4월~6월에는 10^7 - 10^8 cells/ml 로 높은 분포를 보였다.

조사해역의 세균상을 Station 별로 구분한 것이 Table 2와 같다. Table 2에서 보여주는 바와같이 *Acinetobacter* spp. 가 가장 많고, *Flavobacterium* spp., *Pseudomonas* spp. 가, 291균주중에서 각각 24.74%, 19.24%, 17.18%로 나타나고 있다.

분리된 *Acinetobacter* spp. 72 균주중, Station 5에서 18균주, Station 4에서 16균주가 분리되었다. 또

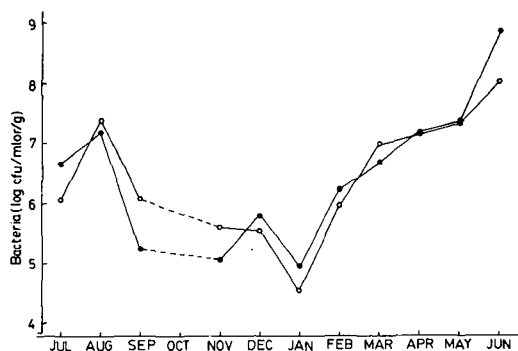


Fig. 3. Monthly change of viable counts of bacteria in seawater in the studied area.

○: surface seawater
●: bottom seawater

Table 2 Numbers and Kinds of Bacterial flora by the Sampling stations

Stations bac- terial flora	1	2	3	4	5	Total
<i>Acinetobacter</i> spp.	6	15	16	18	17	72
<i>Flavobacterium</i> spp.	10	13	10	12	14	59
<i>Pseudomonas</i> spp.	10	14	8	10	8	50
<i>Vibrio</i> spp.	3	9	9	10	5	36
<i>Moraxella</i> spp.	3	3	9	10	7	32
<i>Escherichia coli</i>	5	6	2	2	4	19
<i>Sarcina</i> spp.	7	1	1		1	10
Yeast	2	2			1	5
Fungi	2	2			1	5
<i>Staphylococcus</i> spp.	2	1				3
Unidentification	2	2			4	8
	52	68	55	61	63	299

한 분리된 총 291 균주중 Station 2에서 66균주가 분리되었고, 하천수나, 공장 폐수의 유입이 현저한 Station 1, 2, 5에서는 *Sarcina* spp., *Staphylococcus* spp., Yeast, Fungi 등이 분포하고 있었다.

3. 赤潮발생전후의 細菌相의 變化

Fig. 4에서는 赤潮發生前, 적조가 발생하고 있을때, 赤潮가 끝난 후 분해작용으로 정화단계를 생각하여 細菌相의 變化와 우점종을 조사한 결과이다.

적조발생전 세균상에는, *Pseudomonas* spp. 가 35% *Acinetobacter* spp. 가 25%로 우점종이었고, 적조가 진행되고 있을때의 세균상을 보면 *Flavobacterium* spp. 가 40%, *Acinetobacter* spp. 가 35%였다. 적조가 끝난후의 세균상을 보면 *Flavobacterium* spp. 가 35%, *Vibrio* spp. 가 25%, *Acinetobacter* spp. 가 20% 순으로 나타났다.

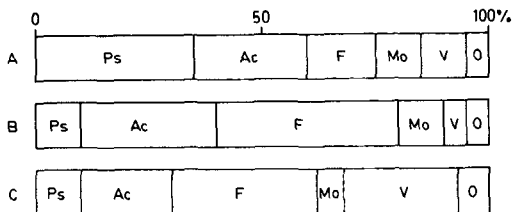


Fig. 4. Composition of marine bacteria before red tide, during and after red tides in the study area.

A : before red tide B : during red tide
C : after red tide Ac: *Acinetobacter* spp.
F : *flavobacterium* spp. Ps: *Pseudomonas* pp.
Mo: *Moraxella* pp. V : *Vibrio* spp.
O : others

고 찰

1. 환경적인 요인의 변화

부영양화 환경의 변화에는 연안으로 유입되는 하천수나 도시하수에서 혼입된 유기물을 미생물이 분해하고 이를 이용하므로 환경의 변화를 가져온다. 일반적으로 온도, 염분, pH, 증감속, 영양염등의 변화로 인하여 해양생태계에 영향을 주게된다. 최근, 부영양화로 인한 적조는 담수역, 해수역에 구별없이, 또 여름철 뿐만이 아니라 계절에 관계없이 발생하고 있고, 빈도수도 늘어가고 있다.

우리 나라의 부영양화 해역은 진해, 마산만을 비롯하여, 충무 주변, 사천만, 광양만 등에서도 적조발생 빈도가 높아지는 경향을 보여주고 있다.李등(1982, 1983)은 鎭海灣의 赤潮 및 오염모니터링 시스템 개발을 위한 연구와 赤潮 및 汚染 모니터링 연구를 하였는데, pH는 7.6~9.2, PO₄-P는 년평균 7.5 μg/l 로 마산내는 2월 20.8 μg/l 에서 6월에는 259.9 μg/l 로 증가 현상을 나타내고 있음을 보고하였다.

본 연구에서 조사된 용존산소, 규산염이나 인산염의 분포량을 보면, 용존산소가, 표층이 2.01~6.13 ml/l, 저층이 1.25~3.80 ml/l 였고, 규산염은 표층이 328.15~33798.38 μg-at/l, 저층이 233.8~2209.09 μg-at/l 였고, 인산염의 경우 표층이 1.09~5.47 μg-at/l, 저층이 1.85~5.98 μg-at/l 로 나타났다. 수온의 경우 표층수온이 4.6~30.1°C의 변동을 보여 주었다. pH의 범위는 표층이 7.4~8.27, 저층이 7.5~8.30이었다.

계절별로 보면 많은 양적인 변동을 보여 주고 있다. 특히 수온이 낮은 2월의 경우 표층과 저층이 거의 비슷한 양상을 보였다. 즉 용존산소가 표층이 2.76 ml/l, 저층이 2.74 ml/l, 규산염은 표층이 1,479.27 μg-at/l, 저층이 2,209.09 μg-at/l 로 다소 차를 보였고, 인산염은 5.02 μg-at/l, 5.24 μg-at/l, pH는 표층이 7.58, 저층이 7.5임을 알수가 있었다. 6월의 경우 용존산소가 표층이 6.13 ml/l, 저층이 2.17 ml/l, 규산염의 경우 3798.38 μg-at/l, 저층이 1505.27 μg-at/l, 인산염인 경우 표층이 5.28 μg-at/l, 저층이 2.99 μg-at/l, pH의 경우 표층이 8.16, 저층이 7.78로 나타났다. 이와같은 현상을 보면 2월의 경우는 수직혼합이 일어나고 있는 시기로 표층과 저층의 양적 변화가 거의 동일하게 나타났다, 6월의

경우 표층과 저층의 수직혼합이 잘 이루어지지 않는다는 것을 보여주고 있다.

李등(1982, 1983)의 연구결과 에서도 이와같은 현상을 볼 수 있다.

Table 3은 각 station 별 환경인자를 년평균으로 표시한 것으로 station 1, 2에서 현저한 양을 보이는 것이 규산염과 인산염이다.

이와같은 현상은 마산만 해역이 공장폐수, 생활하수 등의 영향을 받고있음을 증명하고 있다. 특히 雨水期에는 규조류 식물플랑크톤의 다량번식과 현탁물질이 세균의 분해작용 등에 의하여 크게 기인된다고 생각된다.

2. 해양세균의 분포와 세균상

Fig. 3은 조사해역의 생균수를 나타낸 것으로 표층수와 저층수가 거의 동일하게 10⁴—10⁸cell/ml의 분포를 보였다.

해수의 수직혼합이 잘 일어난(본조사에서) 2월의 경우, 표층수에서는 1.04 × 10⁶cell/ml 저층에서는 1.84 × 10⁶ cell/ml로 거의 비슷한 양상이었으나, 수직혼합이 잘 되지않은 6월의 경우 표층수에서는 1.29 × 10⁸ cell/ml, 저층수에서는 8.64 × 10⁸ cell/ml로 저층이 약간 높은 분포를 보이고 있다.

이러한 경우는 부영양화로 인하여 규조류등의 대량번식과 이들이 배출하는 물질, 세균을 捕食하는 섬모충류 등의 대량번식으로 먹이연쇄가 일어난다고 생각되며 저층의 경우는 침강되는 유기물질의 분해 등 세균이 잘 이용하는 것으로 생각된다. 특히 적조가 심하게 발생했던 5월의 경우, 표층 저층이 비슷한 균수인 2.66 × 10⁷ cell/ml, 2.77 × 10⁷ cell/ml 였다.

이때의 용존산소를 보면 표층이 2.15 ml/l, 저층이 1.80 ml/l, 규산염은 표층이 1618.09 μg-at/l, 저층이

Table 3. Annual means of Temperature, Dissolved oxygen, Phosphate, Nitrite and Silicate at each stations

Environmental factors/Stations		1	2	3	4	5
Temp. (C°)		22.52	21.17	21.22	21.05	21.40
Oxygen(ml/l)	S*	3.60	4.05	4.48	4.07	3.85
	B**	2.00	2.15	2.93	2.86	1.87
Phosphate(μg-at/l)	S*	6.85	5.50	4.31	3.86	4.33
	B**	3.40	3.76	3.52	3.56	4.18
Nitrite(μg-at/l)	S*	6.78	6.45	4.40	5.57	6.09
	B**	5.07	0.14	1.79	1.39	2.11
Silicate(μg-at/l)	S*	2043.21	2303.73	1710.49	1471.97	1949.77
	B**	1550.53	1614.35	1090.54	1202.62	1307.46

*: surface, **: bottom

1797.363 $\mu\text{g-at/l}$, 인산염은 표층이 3.10 $\mu\text{g-at/l}$, 저층이 2.7 $\mu\text{g-at/l}$ 로 수직혼합 침강되는 현상을 보여 주고 있다.

Taga, *et al.* (1978), 清水 등(1980)는 동경만내 해수의 세균수는 $10^5 \sim 10^6 \text{ cell/ml}$ 의 수준으로 외양보다 높다고 보고 하였다. 여기에 비하면 $10^7 \sim 10^8 \text{ cell/ml}$ 의 결과는 상당히 높은 분포의 수준을 보여 주고 있다.

조사해역의 세균상을 보면 *Acinetobacter* spp. 가 가장 많았고, *Flavobacterium* spp. *Pseudomonas* spp. 의 순으로 총 291분류된 균주 가운데 각각 24.74%, 19.24%, 17.18%였다. station 별 세균상을 보면 Table 2와 같다. Table 2에서 보이는 바와같이 station 1, 2에서 가장많은 균종이 분리되었다. station 1, 2의 경우는 마산의 하천수나, 생활용수의 유입과 창원공단의 공장폐수의 영향이 클것으로 생각된다. 특히 이 station 에서는 *Sarcina* spp. *Staphylococcus* spp. Yeast, Fungi 등이 나타나고 있는데 이것은 생활수, 하천수의 영향을 말해주고 있다.

3. 적조발생 전후의 세균상의 변화

부영양화 해역에 적조가 발생하여 적조 생물이 대량증식 한 후, 폐사하고, 이로 인하여 심한 악취를 내며 혼탁된 해수가 일정시간이 지나면 적조발생전의 해수상태로 된다. 따라서 적조가 잘 발생하는 시기를 선택하여, 적조발생전 해수의 세균상과 발생중의 세균상, 그리고 발생후의 세균상을 조사한 결과 Fig. 4와 같다.

적조발생전에는 *Pseudomonas* spp. 가 35%, *Acinetobacter* spp. 가 25%로 나타났고, 적조 발생중의 세균상은 *Flavobacterium* spp. 가 40%, *Acinetobacter* spp. 가 35%였다. 적조가 끝난후의 세균상을 보면 *Flavobacterium* spp. 가 35%, *Vibrio* spp. 가 25%, *Acinetobacter* Spp. 가 20%순으로 나타났다.

부영양화 해역에 관한연구로 Shimidu *et al.* (1977), 清水 등(1980)에 의하면 부영양화가 진행되고 있는 東京灣內 海水와 灣外 外洋水와 비교하여 보면, 동경만내의 해수에는 *Vibrio* 科 세균의 출현율이 극히 저하되지만 *Acinetobacter-Moraxella* spp. 의 세균군이 주체를 이루고 있다고 보고하였다. 본연구 결과란 보면 赤潮발생 前後를 통하여 *Acinetobacter* spp. 가 비교적 높은분포를 보였으나, 적조 발생중에는 *Flavobacterium* spp. 가 가장 높은 분포를 보이는 등 변화를 알 수 있었다. 또한 많은적조생물 등 현탁물

질의 분해에 이들세균이 관여함과 동시에 다량의 섬모충류 등이 관여하여 세균의 포식 등 먹이연쇄 작용으로 시간이 경과됨에 따라 정화되어 감을 알 수 있다.

요 약

연안 해역이 부영양화 해역으로 변하고 赤潮가 발생하여 악취를 내며 혼탁된 해수가 일정시간이 지나면 적조발생전의 해수상태로 되는것 같이 보인다.

이러한 현상이 일어나는 원인구명의 기초조사의 하나로 1985년 7월부터 1986년 6월까지 마산만 해역을 대상으로 조사한 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 채취된 156시료(해수 150, 이토 6 시료)중에서 291 균주의 해양세균을 분리하였다.

2. 채취된 156시료중 세균수는 $10^4 \sim 10^8 \text{ cell/ml}$ 이고, 수직혼합이 잘되는 2월의 경우(본 연구 기간중)는 표층이 $1.04 \times 10^6 \text{ cell/ml}$, 저층이 $1.84 \times 10^8 \text{ cell/ml}$ 이고, 수직혼합이 잘 되지않고 적조가 발생한 5, 6월에는 표층이 각각 $2.66 \times 10^7 \text{ cell/ml}$, $1.29 \times 10^8 \text{ cell/ml}$, 저층인 경우 $1.84 \times 10^8 \text{ cell/ml}$, $8.64 \times 10^8 \text{ cell/ml}$ 로 높은 분포량을 보였다.

3. 분리된 해양세균상을 보면, *Pseudomonas* spp. 가 35%, *Acinetobacter* spp. 가 25%로 우점종으로 나타났고, 적조가 발생했을 때의 세균상으로는 *Flavobacterium* spp. 가 40%, *Acinetobacter* 가 35% 였다. 적조가 끝난뒤에는 *Flavobacterium* spp. 가 35%, *Vibrio* spp. 가 25%, *Acinetobacter* spp. 가 20% 순으로 나타났다.

4. 조사기간중 용존산소는 2.1~6.13 ml/l , 수온은 4.6~30.1°C, 인산염은 1.06~5.6 $\mu\text{g-at/l}$, 규산염은 327.27~3798.38 $\mu\text{g-at/l}$, 아질산염은 1.09~5.5 $\mu\text{g-at/l}$ 였다.

謝 辭

본 연구는 1985년도 한국과학재단 연구비지원으로 수행되었으며 이에대하여 심심한 사의를 표합니다. 그리고 본 연구 수행에 시료채취, 분석을 도운, 부산수산대학 해양학과 박주연양, 김중록군에게도 감사의 뜻을 전한다.

문 헌

Buck, J.D. and R.C. Cleverdon. 1960. The spread

- plate as a method for enumeration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, 5, 75—80.
- Buchanan, R.E. and N.E. Gibbons. 1974. *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Williams and Wilkins Co., pp. 326, 327, 340, 354, 433—6.
- 蠡目青一郎, 川村静夫, 中谷省三, 那須義和, 多賀光彦. 1983. 水の分析. 化學同人 (第3版) 173—258.
- 박주석 · 권낙연 · 김학균 · 이삼석. 1983. 한국연안 어장 보전을 위한 환경오염 조사연구. 국립수질원. 58, 619.
- 이광우 · 남기수 · 박희상. 1982. 진해만의 적조 및 오염모니터링 시스템 개발을 위한 연구, 한국과학기술원 해양연구소 49—117.
- 이광우 · 남기수 · 박희상. 1983. 적조 및 오염모니터링 연구. 한국과학기술원 해양연구소, 87—138.
- 이원재 · 타가노부오. 1985. 동물성플랑크톤 Harpacticoid, *Tigriopus Japonicus* MORI 가 서식하는 Tide pool 생태계조사. 한수지. 18(1) 57—62.
- Shewan, J.M., G. Hobbs and W. Hodfkiss. 1960. The *Pseudomonas* and *Achromobacter* groups of bacteria in the spoilage of marine white fish. *J. Appl. Bact.* 23, 463—468.
- Shimidu, U., E. Kaneko and N. Taga. 1977. Microbiological studies of Tokyo Bay. *Microbial Ecol.* 3, 173—191.
- 清水潮 · 多賀信夫. 1980. 東京灣とその隣接海域の海洋環境の微生物的調査. 沿岸海洋研究ノート 17(2), 108—113.
- Taga, N. 1967. Microbial coloring of seawater in tide pool, with special reference to massive development of photosynthetic bacteria. *Inform. Bull. Plank. Japan Comm.* (No. Dr. Y. Matsue) 219—229.
- Taga, N. 1968. Some ecological aspects of marine bacteria in the Kuroshio current. *Bull. Misaki. Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ.* 12, 65—76.