

海洋細菌이 赤潮形成 生物에 미치는 役割

1. 鎮海灣의 海洋細菌과 渦鞭毛藻類의 分布*

李原在 · 金鶴均* · 朴泳泰 · 成熙慶

釜山水產大學校 微生物學科 · 水產振興院 環境科*

The Role of Marine Bacteria in the Dinoflagellate Bloom

1. Distribution of Marine Bacteria and Dinoflagellate in Chinhae Bay*

Won-Jae LEE, Hak-Gyoon KIM*, Young-Tae PARK and Hee-Kyung SEONG

Department of Microbiology, National Fisheries University of Pusan

Nam-gu, Pusan 603-737, Korea

**National Fisheries Research and Development Agency*

Yongsan 626-900, Korea

To provide essential information of the role of marine bacteria on the dinoflagellate blooms, distribution of marine bacterial flora and dinoflagellate species was investigated in Chinhae Bay located in southern part of Korea from August 1989 to April 1990.

Two hundred and fifty one strains of marine bacteria were isolated from seawater samples collected from the study area. Among them, *Flavobacterium* spp. and *Acinetobacter* spp. were the most dominant in bacterial flora. Another 32 strains which comprised 13 percent of total strains were *Erythrobacter* spp.. Based on the physiological character, *Erythrobacter* spp. were identified as *Erythrobacter longus*, *Erythrobacter* sp.(J-2) and *Erythrobacter* sp. (J-8).

From the phytoplanktonic community, fourteen genera and twenty nine taxa of dinoflagellate species were identified. Based on the spatio-temporal frequency and abundance *Gymnodinium sanguineum*, *Prorocentrum micans* and *Prorocentrum minimum* were the aestival dominant species. However, *Heterocapsa triquetra* was appeared as predominant species in April. Cell density of about 2,000 cells/ml was prevailed in the bloom of August, but it developed into more intensive bloom of above 500 cells/ml in September. The water quality showed eutrophic or hypereutrophic condition, which was proved by high concentration of dissolved inorganic nitrogen, ortho-phosphate and chemical oxygen demand. Oxygen deficient water mass was found in the bottom overlying waters in August and September.

High relationship between abundant bacterial flora and persistent dinoflagellate blooms in eutrophic condition would be approvable.

*본 연구는 1989년도 문교부 한국학술진흥재단연구 조성비로 수행된 일부임.

序 論

沿岸海域의 汚染源은 하천을 통하여 유입되는 공장폐수나 도시하수의 유기물질이 주원인으로 되어있다. 이러한 해역에棲息하는 미소생물은 적절한 환경조건이 되면 대량번식하여 해수의 색을 적색이나 녹색등으로 변색시키고 마침내 생물의 폐사가 생기는 경우가 많다. 따라서 이러한 환경에 분포하고 있는 해양미생물상을 분리 同定하고 상습적으로 잘 발생하는 渦鞭毛藻類의 증식과의 관계를 규명하는 것은 대단히 중요한 과제이다.

부영양화 해역의 해양세균의 분포는 Shimidu et al.(1977), Taga(1967) 등이 부영양화된 동경만의 세균상과 외양의 세균상을 비교하였다. 李 등(1986)은 부영양해역에 분포하고 있는 해양세균의 특성에 관하여 보고하였다. 李 · 多賀(1988)는 동물플랑크톤 배양에 유용한 먹이가 해양세균에서 탐색되어 해양생태계에서 해양세균의 중요성을 보고하였고, 石尾(1981)는 해양세균 *Vibrio*군을 이용 赤潮 발생방제 역할에 관한 연구 결과를 보고하였다.

한편 渦鞭毛藻類에 관해서는 鎭海灣을 중심으로 한 赤潮發生(趙 1978, 1979, 1981; 朴 등, 1988)과 群增殖(金 1986, 1989) 및 저질층의 Cyst의 출현(朴 등, 1989)에 관한 연구가 보고되었다.

그러나 적조생물과 관련된 해양세균의 역할로서는 鞭毛藻類에 대한 탄산가스와 Vitamin B₁₂ 공급자로서의 일반적인 기능은 보고(Droop, 1962; Nishijima, 1985)되었으나 群增殖에 미치는 제반 역할에 대해서는 많은 부분이 미지로 남아있다.

本 연구는 최근 沿岸汚染으로 자주 발생하는 赤潮, 특히 有害성 赤潮 渦鞭毛藻類 赤潮發生에 대한 海洋細菌의 역할을 규명하고자 하는 연구의 일환으로서 우선 鎭海灣의 細菌相과 渦鞭毛藻類의 분포상을 조사한 것이다.

材料 및 方法

細菌 試料은 鎭海灣(Fig. 1)을 중심으로 1989년 8, 9, 10월과 1990년 2, 4월 등 계절별로 5회에 그리고 赤潮生物과 수질분석시료는 1990년 2월을 제외한 4회에 걸쳐 채수하였다. 채수기는 Niskin(개량형)을 사용하여 멸균된 광구병에 채수하였고, 赤潮生物은 Van Dorn 채수기로 채수하여 시료로 사용하였다.

생균수는 平板培養法(Buck and Cleverdon, 1960)으로 PPES-II 배지(Taga, 1968)상에 출현된 세

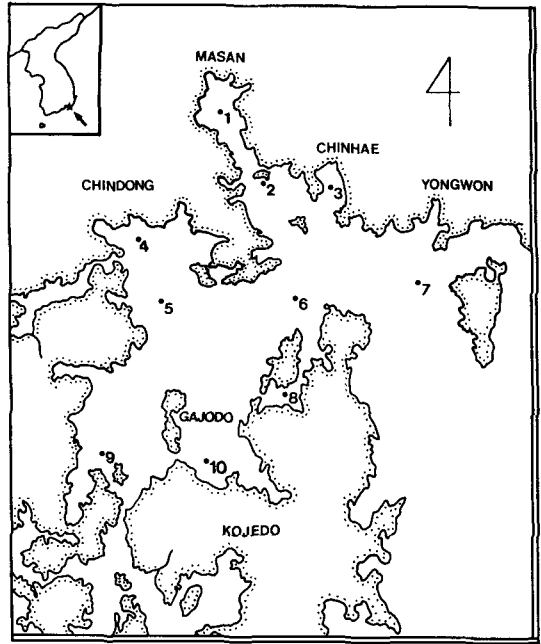


Fig. 1. Map showing phytoplankton and marine bacteria sampling stations in Chinhae Bay.

균집락(colony)을 計數하였고, 출현 colony의 특징별로 분리된 細菌株는 Shimidu et al.(1977), Shiba and Shimidu(1982), MacFaddin(1984) 및 James et al.(1989)에 의하여 동정하였다. 총균수와 菌叢(Aggregate)의 형태는 직접계수법(Hobbie et al., 1977; Karen and Yvette, 1980)으로 형광현미경으로 측정하였다.

식물성 부유생물의 種同定은 Zeiss현미경 400~1,000배 시야에서 행하였으며, 種의 표시는 Parke and Dixon(1976)과 적조생물 연구지침서(日本資保協會, 1987)에 준하였다. 출현량은 1를 50ml로 만든 다음 0.1ml를 Subsampling하여 Sedgwick Rafter Chamber에서 와편모조류를 계수정량하였다. 그리고 赤潮現象이라고 할 수 있는 赤潮密度는 종의 크기에 따라서 다르나 渦鞭毛藻類의 경우 1,000 cells/ml 이상이면 赤潮라고(岩崎, 1976; 村上, 1977; 朴 등, 1988)하고 있기에 본 조사에서도 1,000 cells/ml 이상일때는 赤潮現象이라고 하였다.

水質環境 調査는 수온, 염분농도, pH, 용존酸素(DO: dissolved oxygen), 化學的 酸素要求量(COD: chemical oxygen demand), 용존성 無機態窒素(DIN: dissolved inorganic nitrogen)를 赤潮調査 指針書(朴 등, 1985)에 의하여 분석하였다.

結果 및 考察

1. 細菌相의 變化

Table 1은 조사해역의 細菌相을 나타낸 것이다. 분리된 生菌株를 100%로 계산한 균주들의 構成比를 보면 *Acinetobacter* spp.가 24.21%, *Erythrobacter* sp.가 17.86%, *Flavobacterium* spp.가 13.42%, *E. coli* 3.93%의 순으로 봄에 출현되었고, 여름에는 *Flavobacterium* spp.가 37.74%, *Acinetobacter* spp.가 34.15%, *Erythrobacter* sp.가 13.08%, *Moraxella* spp.가 2.74%의 순으로 분리되었다. 가을은 *Flavobacterium* spp.가 37.74%, *Acinetobacter* spp.가 34.15%, *Erythrobacter longus*가 13.08%, *Vibrio* spp.가 7.39%의 순으로 분포되었고, 겨울에는 *Acinetobacter* spp.가 31.96%, *Pseudomonas* spp.가 16.89%, *Flavobacterium* spp.가 16.44%, *Erythrobacter* sp.가 9.89%의 순으로 분포하고 있다. 그밖에 光合成 細菌인 *Erythrobacter* sp. 특히 赤紫色을 나타내는 *Erythrobacter* sp.(J-8)과 *Erythrobacter* sp.(J-2)가 여름에 1.69%와 0.14%가 분리 동정되었고, 가을에 *Erythrobacter* sp.(J-8) 0.68%, 겨울에 *Erythrobacter* sp.(J-2)가 7.00%였다.

총 분리된 菌株數는 251균주로, 봄에 75균주중 *Acinetobacter* spp.가 18균주, *Erythrobacter* sp.가 13균주, 여름은 67균주중 *Flavobacterium* spp.가 26균주, *Erythrobacter* sp.가 7균주, 가을에는 *Flavobacterium* spp.가 20균주, *Erythrobacter* sp. 7균주가 59균주 중에서 분리되었다. 그리고 겨울은 50균주중 *Acinetobacter* spp.가 15균주, *Erythrobacter* sp.가 5균주의 光合成細菌이 분리되었다.

Table 1. Percentage of bacterial flora in accordance with season in Chinhae Bay, 1989~1990 (Seasons %)

Flora	Spring	Summer	Autumn	Winter
<i>Acinetobacter</i> spp.	24.21	9.93	34.15	31.96
<i>Erythrobacter</i> sp.	17.96	10.56	13.08	9.89
<i>Flavobacterium</i> spp.	13.42	41.16	37.74	16.44
<i>E. coli</i>	3.93	27.20	0.82	5.02
<i>Pseudomonas</i> spp.	3.80	3.88	0.11	16.89
<i>Vibrio</i> spp.	3.76	0.73	7.39	5.02
Yeast spp.	3.64	2.78	0.77	1.99
Fungi (mold)	2.82		0.17	0.46
<i>Erythrobacter</i> sp.(J-2)	0.41	0.14	0.68	7.00
<i>Erythrobacter</i> sp.(J-8)		1.69		
<i>Micrococcus</i> spp.	2.45			
<i>Moraxella</i> spp.	1.43	0.50	2.74	2.13
<i>Proteus</i> spp.		0.15	0.98	
unidentified	22.17	1.28	1.37	3.20

한편 好氣性 光合成細菌인 *Erythrobacter* sp.의 생리적 특성을 요약한 것은 Table 2와 같다. *Erythrobacter*를 A, B, C Type으로 나누어 비교 검토한 결과 A, B, C 모두 간균이고 운동성을 가지며 Gram 음성 Colony형성에서 Orange, Pink, Red로 각각 특징을 나타내었다. Phosphate와 Tween 80은 B Type은 음성이나 A, C Type은 양성으로 특징을 보여주었다.

2. 渦鞭毛藻類의 出現과 赤潮發生

와편모조균집은 14屬 29taxa로 구성되었으며 월별로는 8월에 18종, 9월 19종, 10월에 16종, 그리고 4월에 7종이었다.

월별 優占種은 8월에는 거의 모든 정점에서 *Gymnodinium sanguineum*이었지만, 馬山灣(st.1)과 行岩灣(st.3)에서는 *Gymnodinium fissum*이었다. 9월에는 *G. sanguineum*의 양이 거의 모든 정점에서 8월보다 증가하였고, *Prorocentrum micans*와 *P. minimum*도 다량 출현하였다. 10월에는 9월과 같이 *G. sanguineum*이 여전히 우점종이었고, 그의 *Ceratium fusus*가 상당량 나타났다. 한편 4월에는 대부분의 정점에서 *Heterocapsa triquetra*가 우점출현하였으며, 그 다음으로는 *Gymnodinium fissum*이었다. 특히 9월과 4월에는 癩痺性 貝毒과 관련된 *Alexandrium* sp.가 출현하였다.

한편 출현량의 변화를 보면 Fig. 2와 같이 8월에는 229~5,921 cells/ml로서 St.1, 2, 3, 5인 馬山灣과 鎮東灣에서는 1,000 cells/ml 이상으로서 赤潮現象을 나타냈다. 9월에는 出現量範圍 528~16,207 cells/ml, 평균 4,699 cells/ml로서 巨濟灣沿岸側인 st.8, 10을 제외하고는 전 조사점에서 赤潮現象을 나타냈으며 특히 行岩灣에서 16,207 cells/ml의 高密度 赤潮現象을 나타냈다. 그러나 10월에는 出現량이

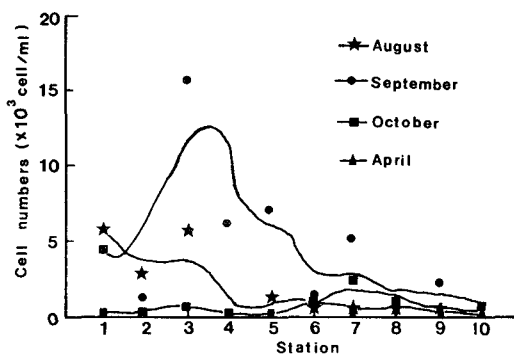


Fig. 2. Spatio-temporal variations of dinoflagellate cell numbers in Chinhae Bay in 1989~1990.

70~2,855 cells/ml 범위, 평균 730 cells/ml로서 st.7, 9인 加德島西側과 元門浦入口에서만 赤潮現象을 나타냈다. 수온이 가장 낮은 4월에는 3~94 cells/ml 범위, 평균 36 cells/ml로서 다른 조사시기에 비하여 出現量이 현저히 감소하였다.

3. 水質富營養指標成分의 變化

海域의 富營養度를 평가하는데 중요한 인자인 表層海水中的 溶存性無機態窒素(DIN), 磷酸鹽(DIP), 化學的 酸素要求量(COD)과 溶存酸素(DO)의 變化는 Fig. 3과 같다.

먼저 암모니아태질소(NH₄-H), 질산염(NO₃-N) 및 아질산염(NO₂-N)을 합한 DIN의 變化範圍는 0.78~154.30 μg-at/l로서 월별평균은 8월 25.56 μg-at/l, 9월 19.13 μg-at/l, 10월 29.55 μg-at/l, 4월 33.19 μg-at/l로서 4, 10월에 높고 9월에 적었다.

DIP의 變化範圍는 0.05~5.18 μg-at/l로서 월별 평균은 8월 0.53 μg-at/l, 9월 0.78 μg-at/l, 10월 1.37 μg-at/l, 4월 0.34 μg-at/l로서 4월을 제외하고는 0.50 μg-at/l 이상이었으며 10월에 특히 높았다.

COD의 變化範圍는 0.75~5.93 mg-at/l로서 월별 평균은 3.38 mg/l, 9월 3.09 mg/l, 10월 2.98 mg/l, 4월 2.69 mg/l로서 모두 2 mg/l 이상이였다.

한편 低層海水中的 DO는 0.61~8.43 mg/l로서 월별 평균은 8월 4.03 mg/l, 9월 3.09 mg/l, 10월 4.49 mg/l, 4월 6.59 mg/l로서 st.1인 馬山灣과 鎮海灣西部海域에서는 8, 9월에 1 mg/l 이하의 貧酸素狀態를 나타냈다.

한편 水溫은 21.39~28.80 °C, 鹽分濃度는 19.20~33.33 ‰, pH는 7.46~8.68의 범위에서 變化하였다.

4. 考 察

본 조사기간중 分離된 總균주수를 100%로 보면 *Flavobacterium* spp.가 37.74%로 가장 높게 분리되었고, *Acinetobacter* spp.가 34.15%로 영양이 풍부한 해역에서 잘 분리된다는 Shimidu et al.(1977)의 보고와 일치된다. 李 등(1986)의 부영양화된 마산만의 세균상에 관한 보고에 의하면 적조발생전에는 *Pseudomonas* spp.가 35%였고, 적조가 진행중에는 *Flavobacterium* spp.가 40%, *Acinetobacter* spp.가 35%라고 보고하였다. 이러한 환경에서 *Erythrobacter longus*, *Erythrobacter* sp.(J-2), *Erythrobacter* sp.(J-8)가 분리된 것은 적조생물이 대량번식했을 때 가장 관계가 깊은 赤紫色, 赤色 등의 colony를 형성하는 세균이다. *Erythrobacter longus*, *Erythrobacter* sp.(J-2)는 4계절 분포하고 있으나 *Erythrobacter* sp.(J-8)은 여름에만 분리되는 특징과 colony가 진한 적색

을 띄는 특징을 가진 好氣性 光合成細菌이다. 분리된 總균주중 봄의 경우 Yeast spp.나 Fungi(mold)가 각각 3.64%, 2.82%로 총 75균주중 각각 3, 2균주였다. 河川에서 유입되어 정상형에서 이상형인 균으로 變화된 것과 또한 부영양화 환경의 영향에 기인되어 未同定菌이 22.17%에 해당하는 16균주나 되는 것으로 생각된다.

한편 渦鞭毛藻類의 出現量은 타 해역에 비하여 상대적으로 많은 양을 나타냈으나 (朴 等, 1988; 趙, 1986) 이와 같은 것은 우점종으로 출현한 *Cym-*

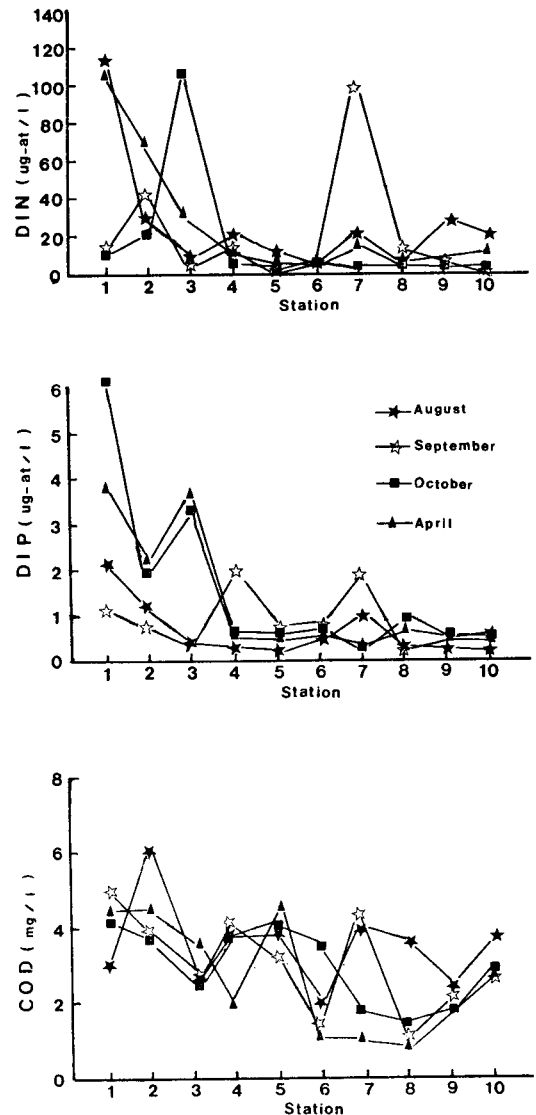


Fig. 3. Spatio-temporal variations of COD, DIP and DIN in the surface water of Chinhae Bay in 1989~1990.

*nodinium sanguineum*이나 *Prorocentrum micans*와 *P. minimum*이 부영양수역에 풍부하게 溶存되어 있는 有機物質 中間分解産物과 비타민 複合體를 직접 흡수할 수 있을뿐만 아니라(Taylor, 1987) 環境水중의 질소와 인농도에 대한 吸收生理를 나타내는 半飽和常數(Ks: Half saturation constant)가 硅藻類에 비하여 높기때문에(Eppley et al., 1969; 金, 1989) 부영양수역에서는 이들이 優占種으로 출현하게 되었다고 생각된다. 즉 細菌에 의한 有機物質의 分解程度가 渦鞭毛藻類의 증식에 필요한 영양물질이나 증식촉진물질의 海水中 濃度를 결정하므로서 海洋細菌은 赤潮發生에 중대한 영향을 미치게 된다.

한편 有機物質의 流入으로 인하여 富營養化가 진행되는 지역에서 有機物質의 酸化的 分解에 동반되는 酸素가 소비되어 嫌氣的 環境에 가까워지면 硫黃細菌의 움직임에 따라 有毒한 硫化水素가 發生集積된다. 光合成 細菌은 光energy를 이용하여 硫化水素를 硫黃 또는 硫酸까지 酸化하여 硫化水素를 無毒化하는데 環境保全上 큰 역할을 하고 있을뿐만 아니라 生態系내에 있어서 硫黃循環의 生物學的 側面에서도 대단히 중요하다고 생각된다. 北村 等(1984)은 CO₂와 H₂S를 함유한 嫌氣層에 光合成 細菌이 生育하고 酸素缺乏으로 인하여 대량 증식하여 赤色, 赤紫色등으로 Band를 형성한다고 하였다. 이러한 현상은 赤潮生物이 대량으로 번식하여 嫌氣的인 환경이 되어갈때 光合成 細菌의 대량증식으로 赤色 또는 赤紫色등을 나타낼 것으로 생각되며 赤潮發生이나 物質循環에 있어 중요한 역할을 할 것으로 생각한다. 즉, 底層 貧酸素水塊가 形成하므로서 渦鞭毛藻類의 增殖促進物質인 磷酸鹽이 鐵과 같은 嫌氣分解産物의 용출이 많아지는데(Matsuda et al., 1975; 角皆, 1983) 光合成 細菌의 貧酸素水塊내에서 分解者로서의 機能은 이들 물질의 생성을 좌우하므로서 赤潮發生에 중요한 역할을 할것으로 본다. 그러나 이러한 현상은 저질 또는 빈산소수역에서 일어나지만, 호기적인 조건에서 호기성 光合成細菌과 와편모조류와의 관계를 구명하는 것 또한 중요하다고 생각된다. Shiba and Shimidu(1982, 1987)는 호기성 광합성 세균을 Algae에서 분리하였고, 해수중에도 존재한다고 보고하였다. Table 2에서와 같이 A Type인 Orange의 colony는 생화학적 성상등이 Shiba and Shimidu(1982, 1987)가 분리한 균주와 비교한 결과 동일한 균주였으나, B Type이나 C Type은 Pink와 Red의 colony색을 또한 phosphatase와 Tween 80이 각각 다른 반응의 결과로 나타났다. 특히 적색을 형성한 C

Table 2. Brief characteristics of the *Erythro bacter* spp.

Items	A ¹⁾	B ²⁾	C ³⁾
Form	Rod	Rod	Rod
Gram	-	-	-
Motility	+	+	+
Color	Orange	Pink	Red
Oxidase	+	+	+
Catalase	+	+	+
Phosphatase	+	-	+
Tween 80	+	-	+
Glucose	+	+	+
Biotine	+	+	+
Gelatin	+	+	+

- 1): *Erythro bacter longus*
- 2): *Erythro bacter* sp.(J-2)
- 3): *Erythro bacter* sp.(J-8)

Type은 형광 현미경하에서는 菌塊(aggregate)를 잘 형성하였다. 이러한 현상은 세균이 Detritus에 부착된 상태나 菌塊(aggregate)로 심모층류나 동물 plankton에 포식되어 먹이연쇄를 형성한다. 李·多賀(1988)는 *Tigriopus japonicus*인 동물 plankton의 먹이를 탐색하기 위하여 각 stage別로, 즉 Nauplius, Copepodite기 및 성체기별로 해양세균을 투여한 결과 菌塊(aggregate)를 잘 형성하는 *Acinetobacter* sp. (AG-3)가 잘 포식된다고 보고하였다. 따라서 海洋細菌은 적조를 일으키는 植物性 플랑크톤의 포식자인 動物性 플랑크톤의 중요한 먹이로 이용되므로서 간접적인 영향을 미칠수도 있다.

이상의 결과로 볼때 년중 富營養狀態를 나타내는 鎮海灣에서 수온 20℃ 이상인 여름철에는 渦鞭毛藻類에 의한 赤潮가 매년 발생한뿐만 아니라 底層 貧酸素水塊도 鎮海灣 西部海域에서 매년 여름철에 발생된다.

따라서 海洋細菌의 역할중의 하나인 營養 및 增殖促進物質의 공급은 富營養水塊나 貧營養水塊内에서는 赤潮發生과 관련 매우 중요한 生物的 기능이다. 그러므로 금후 여름철 渦鞭毛藻赤潮의 상습 발생을 감안할때 海洋細菌이 渦鞭毛藻類의 群增殖에 미치는 役割 즉, 窒素, 磷과 비타민複合體나 Amino Acid등의 공급기능과 아울러 渦鞭毛藻類의 吸收生理 및 種間關係에 관한 연구가 더욱 많이 수행되어야 할 것이다.

要 約

海洋細菌이 赤潮形成 生物에 미치는 역할을 알

기 위하여, 일차적으로 진해만에 분포하고 있는 細菌을 分離同定함과 동시에 渦鞭毛藻類의 群集을 조사한 결과는 다음과 같다.

分離同定한 總菌株數는 251菌株로 *Flavobacterium* spp.가 26菌株, *Acinetobacter* spp.가 18菌株였으며 優占種은 계절별로 다르게 나타났다. 한편 光合成細菌은 약 13%인 32菌株가 分離되었으며, 이들은 *Erythrobacter longus*, *Erythrobacter* sp.(J-2) 및 *Erythrobacter* sp.(J-8)의 3종으로 同定되었다.

渦鞭毛藻類 群集은 14屬 29taxa로 구성되었으며, 出現量은 9월에 4,699cells/ml로 가장 많고 4월에 36 cells/ml로 가장 적었다. 優占種으로 8월에 *Gymnodinium sanguineum*, 9월에는 *Prorocentrum micans*, *P. minimu*, 10월에는 *Ceratium fussus* 그리고 4월에는 *Heterocapsa triquetra*였다. 한편 8, 9월에는 주로 馬山灣과 鎮海灣 西部沿岸에서 赤潮現象이 발생하였다.

水質富營養指標成分인 DIN과 DIP는 赤潮發生條件(水質2級基準에 해당)인 7.14 $\mu\text{g-at/l}$ 와 0.48 $\mu\text{g-at/l}$ 를 대부분 초과하였으며, COD는 富營養 또는 過營養水域에 해당되었고 하계 底層水에서는 貧酸素狀態를 나타냈다.

謝 辭

본 연구수행을 도와준 해양미생물 연구실 강원배, 임월애, 박성욱, 신정희, 성수진, 갈정순 군에게 감사드린다.

Reference

Buck, J. D. and R. C. Cleverdon. 1960. The spread plate as a method for enumeration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, 5, 75~80.

Droop, M. R. 1962. Organic micronutrients. Physiology and biochemistry of algae. Lewin R. A (ed) Academic Press. N. Y., London. 141~159.

Eppley, R. W., J. N. Rogers and J. J. McCarthy. 1969. Half Saturation constants for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 14, 912~920.

Hobbie, T. E., R. J. Daley and S. Jasper. 1977. Use of nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *App. Env. Microbial.* 33. 1225~1228.

James, T. S., B. Marvin, P., P. Norbert and H. John G. 1989. *Bergey's manuals of Systematic Bacteriology*, vol. 3. Williams & Wilkins. 1710~1889.

Karen, G. P. and F. Yvette S. 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol Oceanogr.*, 25(5), 943~948.

MacFaddin, Tean F. 1984. *Biochemical tests for identification of medical bacteria*. Willams & Wilkins, 36~308.

Matsuda, O., T. Endo and H. Koyama. 1975. On the balance and seasonal variation of dissolved and particulate phosphorus in eutrophicated coastal environment. *J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ.*, 14, 217~240.

Nishijima, T. 1985. Ecological studies on the outbreak of red tides with reference to B group vitamins in coastal waters. *Memoirs, Kochi university.* 43. p. 141.

Parke, M. and P. S. Dixon. 1976. Check-list of british marine algae. Third revision. *J. Mar. Biol. Assoc. U. Kingd.*, 56, 527~594.

Shiba, T. and U. Shimidu. 1982. *Erythrobacter longus* gen. nov., sp. nov., an aerobic bacterium which contains bacteriochlorophyll a. *International J. systematic bac.* 32(2), 21~217.

Shiba, T. and U. Shimidu. 1987. O₂ regulation of bacteriochlorophyll synthesis in the aerobic bacterium *Erythrobacter* plant cell physio. 28(7), 1313~1320.

Shimidu, U., E. Kaneko and N. Taga. 1977. Microbiological studies of Tokyo Bay. *Microbial Ecol.*, 3, 173~191.

Taga, N. 1967. Microbial coloring of seawater tide pool, with special reference to massive development of photosynthetic bacteria. *Inform. Bull. Plankt. Japan Comm.* (NO. Dr. Y. Matsue), 219~229.

Taga, N. 1968. Same ecological aspects of marine bacteria in the Kuroshio current. *Bull. Misaki. Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ.* 12, 65~76.

Taylor, F. J. R. 1987. *The biology of dinoflagellates*. Blackwell Scientific Publications. Botanical monographs. Vol. 21, 224~268.

角皆靜男. 1983. 沿岸域 海域における化學物質の舉動. 沿岸域保全のための海の環境科學.(平野敏行編). 恒星社. 厚生閣. 201~232.

- 金鶴均. 1986. 赤潮渦鞭毛藻의 生態的 研究. 水振年譜. 39; 1~6.
- 金鶴均. 1989. 馬山灣의 渦鞭毛藻類의 發生과 環境 特性. 釜山水大. 博士學位論文. p. 85.
- 卞周錫 等. 1989. 赤潮生物의 CYST에 關한 研究. 科技處特定研究事業報告. p. 63.
- 卞周錫·金鶴均·李三根. 1988. 鎮海灣의 赤潮現象 과 原因生物의 遷移. 水振研究報告. 41, 1~26.
- 卞周錫·金鶴均·李弼容. 1985. 海洋汚染 및 赤潮 調查指針. 國立水産振興院. 297p.
- 比村博·森田茂康·山下仁平. 1984. 光合成 細菌. 學會出版ヤンタ. 307.
- 石尾眞. 1981. 赤潮對策技術開發試驗報告. 日本水産廳.
- 岩崎英雄. 1976. 赤潮一元의 發生に關する諸問題. 海洋出版株式會社. 19~22.
- 李原在·多賀信夫. 1988. 動物 plankton Harpacticoid, *Tigriopus japonicus* Mori培養에 有效한 海洋細菌의 探索. 韓水誌, 21(1), 50~56.
- 이원재·정희동·강창근·박희열. 1986. 부영양화 해역의 해양세균의 분리 및 분류군의 생리적 성상에 관하여. 한수지, 19(6), 586~596.
- 日本資保協會. 1987. 赤潮生物研究指針. 304~398.
- 趙昌煥. 1978. 鎮海灣의 *Gonyaulax* 赤潮에 關하여. 韓水誌, 14(4), 227~232.
- 趙昌煥. 1979. 1978 鎮海灣 赤潮와 養殖굴의 大量 斃死. 韓水誌, 12(1), 27~33.
- 趙昌煥. 1981. 鎮海灣의 *Gymnodinium* 赤潮에 關하여(英). 韓水誌, 14(4), 227~232.
- 趙昌煥. 1986. 韓國沿近海城 植物플랑크톤의 出現 및 分布樣相. 韓藻誌, 1(1), 135~143.
- 村上彰男. 1977. 赤潮と富營養化. 公害對策技術同 友會. 誠之印刷株式會社. 1~21.

1990년 8월 14일 접수

1990년 9월 24일 수리