

북신만의 대장균군 및 해양세균의 분포

최 종 덕

경상대학교 수산가공학과

Distribution of Marine Bacteria and Coliform Groups in Puksin Bay, Korea

Jong-Duck CHOI

Department of Marine Food Science & Technology

Gyeong Sang National University, Tongyeong 650-160, Korea

Puksin Bay located in the northwestern part of Tongyeong, Korea has been contaminated by municipal wastewaters. In Puksin Bay, red tides have occurred almost every year since the early 1980's.

This experiment was carried out two times in a month in the winter in 1990, the summer in 1991, and the winter in 1994 so as to clarify the distribution marine bacteria and coliform groups in Puksin Bay.

The water quality of Puksin Bay was not only more polluted than that of any other costal area around Tongyeong, but also its water quality was investigated to keep going bad.

Viable cell counts in Puksin Bay were 4.9×10^3 /ml in 1990's winter, 3.6×10^6 /ml in 1991's summer, and 2.1×10^4 /ml in 1994's winter.

The variation of seasonal total and fecal coliform MPN/100ml in Puksin Bay were 6.7×10^2 and 2.6×10^2 in 1990's winter, 1.5×10^4 and 5.4×10^3 in 1991's summer, and 1.5×10^3 and 5.6×10^2 in 1994's winter, respectively.

The changes of station total coliform MPN/100ml from station 1 to station 8 in Puksin Bay were 95,000, 1600, 1,000, 182, 151, 94, 43 and 13 in winter, and 110,000, 29,000, 2,400, 4,100, 1,700, 1,700, 810 and 150 in 1991's summer, and 3,381, 1928, 1582, 256, 161, 59 and 23 in 1994's winter.

During the study period, the number of viable cell was ranged from 10^4 to 10^7 /ml and 307 bacteria strains were isolated from Puksin Bay. The dominant species were *Acinetobacter* spp. 86 (28.3%), *Pseudomonas* spp. 51 (16.6%), *Flavobacterium* spp. 41 (13.4%), *Escherichia coli* 36 (11.7%), and *Vibrio* spp. 27 (8.8%).

The results obtained in this study indicate that this bay is getting to contaminate far more with municipal wastewaters and cultivation of the shellfish and finfish in this bay is not proper.

When municiple wastewaters keep flowing into this bay, any other coastal area around Tongyeong may be contaminated.

Key words : marine bacteria, coliform groups, municiple waste water

서 론

북신만은 경상남도 통영시 북서쪽에 위치하고 있으며 길이가 약 4km, 폭 500~750m, 평균수심이 8m 내외인 긴 형태의 반폐쇄성 내만이다. 이 만은 입구가 북만과 통하고 북만은 사랑도(蛇梁島) 인근 해역과 고성(固城)·자란만(紫蘭灣) 등과 연결되어있다. 북신만 내의 해역은 약간의 양식어장이 있고 인근해역

에는 굴, 홍합 등, 패류 양식장과 정치망 등이 조밀하게 분포하고 있는 곳이다.

북신만은 해수유동이 느리고 해수의 교환이 원활하지 못한 반 폐쇄성 내만으로, 만의 안쪽에서는 도시의 생활 오·폐수와 유기물이 다량으로 유입되어 이 해역에 서식하는 미소생물이 적절한 환경에 도달하면 대량으로 번식하여 적색, 녹색 또는 갈색 등의 현상을 나타내며, 해역 내의 생물폐사로 인하여 세균의 분해

작용이 일어나고 악취가 발생하는 것으로 추정되고 있으며, 이러한 적조의 발생, 저산소수괴의 출현 등으로 해양환경이 악화되어 주변의 양식생물에 피해가 우려되고 있다.

일반적으로 북신만과 같은 반 폐쇄성 만은 겨울철에는 상층과 하층간의 원활한 해수의 혼합으로 수직간 동질수괴를 형성하나, 여름철에는 일사량의 증가에 따른 표층 수온의 상승으로 성층이 형성되어 빈산소수괴가 형성되며(Hong, 1987), 이로 인하여 상층과 하층간에 다른 환경이 되어 미소생물의 군집에 영향을 준다고 알려져 있다(Zehr et. al., 1987). Wimpenny et al. (1983)과 Novitsky(1983)는 미생물의 종류와 군집의 크기는 물리·화학적 환경에 지배되며 미생물의 분포를 알기 위해서는 환경요인을 검토하여야 한다고 하였다. Reinheimer(1985)는 해양생태계에서 미생물은 유기물의 분해 및 재합성 기능을 수행하여 물질순환에 기여하며 용존된 영양물질을 생체 내에 흡수하여 영양단계가 더 높은 생물들에게 에너지를 공급하는 역할을 담당한다고 하였다. 이와같이 해양세균은 무기화하는 과정과 용존산소 소비과정에서 중요한 부분을 담당하는 것으로 알려져 있다.

북신만과 북만에 관한 화학적, 미생물학적 연구는 Lee (1977)가 미생물의 분포에 관하여, Choi et al. (1991)이 부영양화된 북만의 용존산소 수지에 의한 자정능력에 대하여, National Fisheries Research and Development Agency (1989)에서는 화학적 환경요인에 대하여, Cho (1993)는 북신만의 적조에 대하여 조사 보고한 바 있으나, 북신만과 인근해역에서의 분변오염지표세균과 해양세균의 분포에 대한 보고가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 도시의 생활오·하수 중의 대장균군과 해양세균이 폐쇄성 내만과 인근해역에 미치는 영향을 검토하고, 해양오염의 기초자료를 제공하기 위하여 해양의 화학적 환경과 대장균군 및 해양세균의 분포를 각각 조사하였다.

재료 및 방법

조사해역 및 채수

본 조사는 북신만 내에 Fig. 1과 같이 8개의 조사점을 선정하여 1차 1990년 11월부터 1991년 2월까지의

겨울철과 2차 1991년 6월 부터 9월까지 여름철, 3차 1994년 1월부터 4월까지 겨울철에 각각 2회씩 조사하였다.

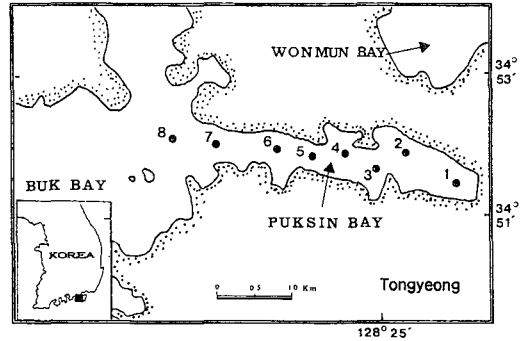


Fig. 1. The location of sampling station in Puksin Bay, Korea.

조사방법은 현장에서 측정 가능한 항목은 현장에서 직접 측정하였고, 분석을 위한 시료는 각 조사점에서 van Dorn 채수기로 상층과 하층(5m이하)으로 구분하여 2l 용량의 포리에틸렌병에, 해양세균 및 대장균군의 시료는 멸균 광구시료병에 직접 채수하여 실험실로 운반하여 실험을 실시하였다.

물리, 화학적 성분분석

수온은 현장에서 봉상온도계로, 투명도는 투명도판으로, pH는 pH meter(TOA. pH-7B)로, 용존산소는 용존산소계(HANNA사제, HI 8534)로, 부유물질 및 화학적 산소요구량(COD)은 국립수산진흥원 해양오염 및 적조조사지침(1985)에 따라서, Chlorophyll-a, 인산인, 질산질소, 아질산 질소, 암모니아 질소 등은 Strickland and Parsons(1972)법에 따라 비색 정량하였다.

생균수 및 대장균군

생균수(Viable cell count, VC)는 평판배양법(Buck and Cleverdon, 1960)으로 접종후 호기적 조건으로 25℃에서 7일간 배양한 후 한천배지에 나타난 colony를 CFU(colony forming unit)로 계산하였다. 대장균군은 A.P.H.A.(1989)의 방법에 따라 단계별로 희석하여 3개의 시험관법에 의하였으며, 대장균군의 추정시험용 배지로는 Lactose broth를, 확정시험용 배지는 BGLB를, 분변계 대장균 배지로는 EC 배지를 사용하여 최

확수(most probable number, MPN)를 구하였다.

해양세균의 분리 및 동정

해양세균의 분리와 동정은 PPES-II 배지에서 7일간 배양한 후, 특징있는 colony를 순수 분리하여, 그람 염색성, 형태적 관찰, 운동성 검사, 편모염색, 생화학 실험 등을 실시하였다. 이 결과를 Shimidu (1974), Hasegawa (1984) 및 Krieg and Holt (1984) 등과 비교하여 동정하였다.

결과 및 고찰

물리, 화학적 성상

연구 조사된 해역의 물리, 화학적 성상의 결과는 Table 1과 같다. 해역의 수온은 여름철에 평균 21.8°C, 겨울철에는 9.7°C였다. 표에는 나타나지 않았지만 겨울철의 경우는 상층과 하층간의 수직혼합이 잘 이루어져 온도차이가 1°C 이내로 적었고, 여름철에는 상층과 하층의 온도차이가 2~4°C로 심하여 수온 약층이 형성되었다. 투명도는 겨울철에 평균 3.1m로 여름철 2.3m에 비하여 높았고, 부유물질은 겨울철에 11.3mg/l, 여름철에 18.8mg/l로 여름철에 높았다. 용존산소는

겨울철이 평균 7.1ml/l로 여름철 평균 4.8ml/l에 비하여 높게 나타났다. 용존산소는 여름철에 변화폭이 컸고, 겨울철에는 수층간의 원활한 수직혼합으로 인하여 상층, 하층간이 균일한 분포를 보이는 것으로 조사되었다. 화학적산소요구량은 Cho and Kim(1977)이 거제도 부근에서 조사한 0.95~2.34ppm 보다 높았고, Lee et al. (1990)이 부영양해역인 진해만에서 조사한 월별 평균 3.38ppm 보다는 낮게 나타났다. 1994년도의 수질은 1991년도에 비하여 오염이 증가되어 수질이 나빠지는 것으로 조사되었다. Chlorophyll a의 양은 겨울철에 평균 14.5mg/m³, 여름철에 22.1mg/m³으로 수온 및 일조량과 관계가 있는 것으로 판단되었다.

생균수의 변화

조사기간중 월별 생균수의 변화는 Fig. 2와 같다. 복신만 내의 생균수의 분포범위는 10³~10⁷/ml로, Lee et al. (1986) 이 진해만에서 조사한 10⁴~10⁸/ml에 비하여 다소 낮은 값을 나타내었다. 생균수의 변화는 90년도 겨울에 평균 4.9×10³/ml 나타났고, 수온이 상층함에 따라 91년도 여름에는 평균 3.6×10⁶으로 비교적 높은 값을 나타내었으며, 94년도 겨울에는 2.1×10⁴으로 91년도에 비하여 다소 증가되었다.

Seki (1966)는 동경만에서 해양세균과 해양환경과

Table 1. Mean values of environmental factors in Puksin Bay, Korea

Date	Temp. (°C)	Trans. (m)	SS (mg/l)	COD (mg/l)	DO (mg/l)	Sal. (‰)	Nutrients(µg at/l)				Chl. a (mg/m ³)	
							NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ ³⁻ -P		
1990	Nov.	16.0	3.2	9.3	2.0	6.1	31.1	4.2	0.72	5.3	0.25	13.4
	Dec.	10.6	2.2	13.0	2.0	7.2	31.6	4.8	0.81	8.7	0.25	29.0
1991	Jan.	5.8	3.2	12.8	2.4	7.5	31.8	8.0	0.52	8.9	0.31	9.8
	Feb.	6.5	3.7	10.0	2.1	7.4	32.2	10.1	0.61	9.1	0.47	5.8
	Jun.	20.0	1.6	17.8	2.4	5.4	28.8	5.0	0.41	8.2	0.32	24.7
	Jul.	22.2	1.8	20.6	2.6	4.0	29.2	5.8	0.38	9.0	0.45	46.1
	Aug.	24.1	2.6	21.8	2.9	4.1	28.7	8.2	0.49	6.8	0.53	16.7
1991	Sep.	20.9	3.2	14.9	2.1	5.5	31.0	4.0	0.50	4.7	0.38	9.0
1994	Jan.	5.4	2.3	20.5	2.5	7.5	31.8	6.2	0.41	9.8	0.26	4.7
	Feb.	5.7	2.6	21.1	2.7	7.2	31.8	6.8	0.46	9.0	0.31	9.5
	Mar.	7.2	2.3	22.6	2.8	6.8	30.9	6.6	0.48	10.9	0.37	12.1
	Apl.	15.4	2.3	22.7	2.8	5.8	30.8	6.5	0.51	11.3	0.34	12.8

Trans.: Transparency, SS: Suspended solid, COD: Chemical oxygen demand
DO: Dissolved oxygen, Sal: Salinity, Chl. a: Chlorophyll a

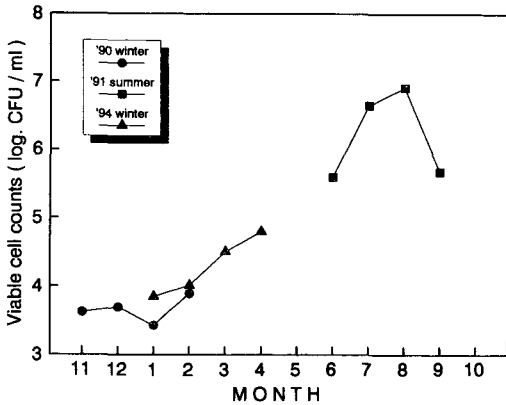


Fig. 2. Monthly variation of viable cell counts (cell forming unit) during the study period in Puk-sin Bay, Korea (1990. 11~91. 9, 94. 1.~94. 4.)

의 관계에서 세균수는 COD와 밀접한 관계가 있다고 하였고, Vaätänen (1980)은 핀란드 연안의 세균수와 환경요인과의 관계에서 세균수는 수온, 유기물, Chlorophyll a의 변화에 영향을 받는다고 하였으며, Lee et al. (1986)은 부영양해역에서는 연안으로 유입되는 하천수나 도시하수에서 유입되는 유기물, 온도, pH, 영양염 등이 해양세균의 분포에 영향을 미친다고 하였다. 본 조사에서도 세균수는 COD, 수온, 염분 및 Chlorophyll a의 변화와 약간의 상관관계가 있는 것으로 조사되었고, 연안역에서 해양세균의 분포는 도시의 생활 오·하수와 밀접한 영향이 있는 것으로 나타났다.

대장균군 및 분변계 대장균군의 변화

월별 대장균군 및 분변계 대장균군의 변화는 Fig. 3과 같다. 저수온의 겨울철에 대장균군 및 분변계 대장균은 90년도 겨울에 6.7×10^2 , 2.6×10^2 MPN/100ml, 91년도 여름철에는 1.5×10^4 , 5.4×10^3 MPN/100ml로 각각 높았으며, 94년도 겨울에는 1.5×10^3 , 5.6×10^2 으로 조사되었다. 분변계 대장균은 전체 대장균군의 약 38.6%를 차지하였다. 여름철에 대장균의 수는 겨울철에 비하여 현저하게 높게 나타났으며, 94년도의 대장균수가 90년도에 비하여 증가되었고, 전반적으로 다른 해역에 비하여 높은 값을 나타내었다. 이와같이 북신만의 대장균군의 수가 높은 것은 만의 안쪽과 바깥쪽과의 해수의 교환이 불량하고, 만의 안쪽에서 도시의 생활 오·하수가 다량으로 유입되고 있는 것이 주요

원인으로 생각되었다. 우리나라 해역별 수질기준(환경청고시 제 84-14 호, 1983. 10. 15)은 수산생물의 서식, 양식 및 산란에 적합한 I 등급 수질의 대장균수를 200 MPN/100ml로 규정하고 있는데, 본 조사해역은 겨울철 10^3 /100ml MPN, 여름철 10^4 MPN/100ml로 나타나 수산생물의 양식 및 어류의 산란에 적합하지 않는 곳으로 판단되었다.

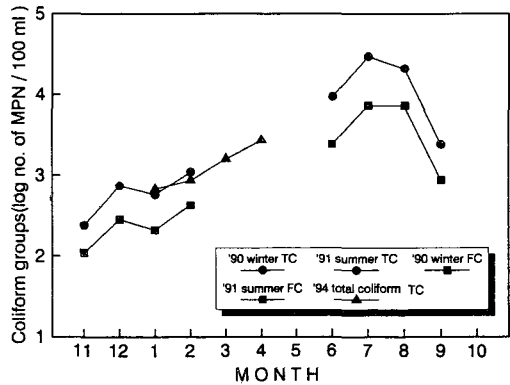


Fig. 3. Monthly variation of geometrical mean value of total coliform(TC) and fecal coliform(FC) during the study period in Puk-sin Bay, Korea (1990. 11~91. 9, 94. 1.~94. 4.)

조사점별 대장균군의 평균값의 변화는 Fig. 4와 같다. 만의 안쪽에서 바깥쪽으로 이동하면서 대장균군의 평균값은 90년도 겨울철에 95,000, 1,600, 1,000, 182, 151, 94, 43, 13 MPN/100ml, 91년도 여름철에는 110, 000, 2,900, 2,400, 4,100, 1,700, 1,700, 810, 150 MPN/100ml, 94년 겨울에는 2지점부터 3,380, 1,930, 1,580, 256, 161, 59, 23 MPN/100ml로 조사되어, 조사점별로는 만의 안쪽에서 바깥쪽으로 갈수록 대장균수가 현저하게 감소하였고, 년도별로는 94년도가 90년도에 비하여 다소 증가하는 경향을 보였다. 이와같이 만의 안쪽에서 대장균군의 수가 월등하게 높은 것은 만의 안쪽 조사점 1에서 도시의 생활 오·하수와 더불어 다량의 유기물이 만으로 직접 유입되어 미생물의 생육에 적절한 환경에 기인하는 것으로 생각되며, 바깥쪽으로 이동할 수록 균수가 감소되는 것은 육상에서 유입된 대장균군이 해수에서의 생존능력과 바깥쪽 해수의 영향 때문으로 판단되었다.

북신만 해역은 PHS(Public Health Service)의 규정

에 의하면, 여름철에는 조사점 1에서 7지점까지, 겨울철에는 3지점까지 양식어업의 금지해역으로 추정되며, 이 해역은 전반적으로 수산생물의 양식에 부적합한 해역으로 판단되었다.

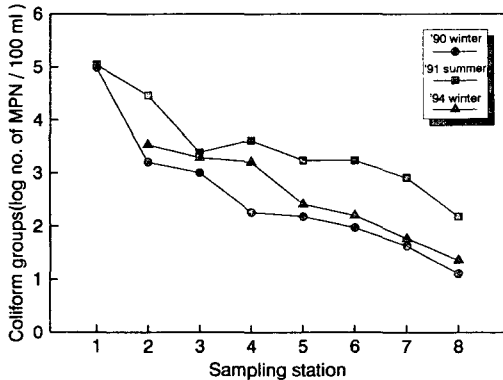


Fig. 4. The stational changes of geometrical mean value of total coliforms during the study period in Puksin Bay, Korea by seasonal (winter; 1990. 11~91. 2, summer; 1991. 6~91. 9 1990. 11~91. 9, winter; 94. 1.~94. 4.)

해양세균의 분포와 세균상의 변화

조사해역에서 분리된 세균상은 Table 2와 같다. 8개의 조사점에서 304균주를 분리·동정하였다. 분리,

동정된 307균주중 *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas* spp.,

Flavobacterium spp., *Escherichia coli*, *Vibrio* spp.가 각각 86(28.0%), 51(16.6%), 41(13.4%), 36(11.7%), 27(8.8%) 로 분리된 균주의 78.5%를 차지하였다. 이 결과는 Lee et al. (1986)이 부영양해역인 진해만에서 조사한 *Acinetobacter* spp. 24.7%, *Pseudomonas* spp. 17.2%, *Vibrio* spp. 12.0%로, Park et al. (1991)이 원문만의 해양세균분포 조사에서 *Acinetobacter* spp. 20.6%, *Pseudomonas* spp. 17.6%, *Vibrio* spp. 20.6% 로 보고한 것과 비슷한 양상을 보였으나, *Escherichia coli*가 비교적 높게 나타나, 이 해역은 생활 오·하수의 영향을 많이 받는 것으로 생각되었다.

조사점별로는 오염이 심한 조사점 1지점에서 다양한 종이 출현하였고, 만의 바깥쪽으로 이동하면서 정상적인 해양미생물의 세균상을 나타내는 것으로 조사되었다. Shimidu et al. (1977), Shiba and Taga (1980)에 의하면 부영양화가 진행되는 해역에서는 *Acinetobacter* spp.가 우점종을 이루며 종이 다양하게 출현한다고 하였고, Austin et al. (1979)은 동경만과 Chesapeake만에서의 해양세균 분포를 조사한 결과 *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas* spp.이 많이 출현하였다고 보고하였는데, 본 해역에서는 이들이 보고한 균주 외에 *Escherichia coli*가 다수 분리 되었었는데, 이것은 만의

Table 2. Number of bacterial flora identified in Puksin Bay, Korea (1990. 11~1992. 9)

Bacterial flora	Station								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Acinetobacter</i> spp.	12	12	13	11	10	8	10	10	86
<i>Pseudomonas</i> spp.	11	10	7	6	5	6	3	3	51
<i>Flavobacterium</i> spp.	7	8	8	5	6	3	2	2	41
<i>Escherichia coli</i>	11	8	6	4	3	2	1	1	36
<i>Vibrio</i> spp.	6	5	4	2	4	3	2	1	27
<i>Moraxella</i> spp.	2	3	4	3	3	2	3	3	23
<i>Bacillus</i> spp.	2	2	3	3	2	1	2	1	16
<i>Serratia</i> spp.	3	1	1	-	-	-	-	-	5
<i>Corynebacterium</i> spp.	2	1	1	-	-	-	-	-	4
<i>Micrococcus</i> spp.	2	2	1	-	-	-	-	-	5
<i>Staphylococcus</i> spp.	3	1	1	-	-	-	-	-	5
Yeast	2	1	-	-	-	-	-	-	3
Fungi	2	1	-	-	-	-	-	-	3
Unidentified	1	1	-	-	-	-	-	-	2
Total	66	56	49	34	33	25	23	21	307

안쪽에서 유입되는 도시의 생활오·하수에 기인한 것으로 판단되었다.

산생물의 양식에 부적합한 해역으로 추측되었으며, 도시의 안쪽에서 오염원이 계속하여 유입된다면 주변 해역에도 많은 영향을 미칠 것으로 생각되었다.

요 약

북신만은 경상남도 통영시 북서쪽에 위치하고 있으며, 만의 안쪽에서 도시의 생활오·하수가 다량으로 유입되어 오염이 심하고 연중 적조가 발생하는 지역이다. 본 조사는 1990년도 겨울철과 91년도 여름철, 1994년도 겨울철에 각각 월 2회씩 해양의 화학적 환경과 대장균군 및 해양세균의 분포를 각각 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 북신만의 수질은 주변해역에 비하여 오염이 심하였으며, 오염이 점점 증가되는 것으로 조사되었고, 평균수는 90년도 겨울철에 평균 4.9×10^3 , 91년도 여름철에 3.6×10^6 으로 비교적 높았으며, 94년도 겨울에는 2.1×10^4 으로 나타났다.

2. 북신만에서 계절별 total 및 fecal coliform은 90년도 겨울철에 6.7×10^2 , 2.6×10^2 91년도 여름철에 1.5×10^4 , 5.4×10^3 , 94년도 겨울철에 1.5×10^3 , 5.6×10^2 /100ml로 나타나서 전반적으로 높은 값을 나타내었다.

계절별 대장균수의 변화는 여름철이 겨울철에 비하여 월등하게 높았고, 년도별로는 94년도가 90년도에 비하여 높게 나타났다.

조사점별 대장균수는 도시의 오·하수가 직접 유입되는 안쪽(조사점1, 2, 3)에서는 현저하게 높았고, 바깥쪽으로 이동할 수록 낮아지는 경향을 나타내었다. 이것은 수온, 도시의 생활오·하수 및 육수의 유입량과 밀접한 관계가 있으며, 수질의 악화가 계속되고 있는 것으로 판단되었다.

3. 조사 기간중에 북신만에서 총 307균주가 분리되었는데 이들 균주 중에서 주요 속은 *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas* spp., *Flavobacterium* spp., *Escherchia coli*, *Vibrio* spp.가 각각 86(28.0%), 51(16.6%), 41(13.4%), 36(11.7%), 27(8.8%)로 전체 균주의 78.5%를 차지하였다.

이상의 결과에서, 북신만 내에서는 미국의 PHS (Public Health Service)의 규정에 의하면 양식어업의 금지해역으로 판단되었고, 이 해역은 전반적으로 수

참 고 문 헌

- APHA · AWWA · WPCF. 1989. Standard methods for the examination of sea water and wastewater. 17th ed., Am. Pub. Health Assoc.
- Austin, B., S. Garges, B. Conrad, E. E. Harding, R. R. cowell, U. simidu and N. Taga. 1979. Comparative study of the aerobic, heterotrophic bacterial flora of Chesapeake Bay and Tokyo Bay. *Appl. Environ. Microbiol.*, 37, 704~714.
- Buck, J. D. and R. C. Cleverdon. 1960. The spread plate as a method for enumeration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, 5, 75~80.
- Cho, C. H. 1993. Red tides in mariculture farms in Puksin bay, Korea. *Journal of Aquaculture*. 6(2), 63~69 (in Korean).
- 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 (in Korean).
- Hasegawa T. 1984. Division and identification of microbiology. Gakkai Shuppan Center, Tokyo (in Japanese).
- Hong, J. S. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae bay system, Korea. *J. of Kor. Ocean.*, 22(4), 246~256 (in Korean).
- Krieg, N. R. and J. G. Holt. 1984. *Bergey's manual of Systemic Bacteriology*. Williams and Wilkins, baltimore, Maryland, pp. 20~300.
- Lee W. J. 1977. Study on marine bacteria in Korean coastal waters. 1. on the distribution of marine bacteria in the coast of Chung-Mu. *Bull. Korean Fish. Soc.* 10(1), 31~36 (in Korean).
- Lee, W. J., H. D. Chung, C. G. Kang and H. Y. Park. 1986. Isolation and physiological properties of

- marine bacteria in the eutropic coastal waters. 1. Environmental factors and marine bacterial flora in the eutropic coastal waters. Bull. Korean Fish. Soc. 19(6), 586~592 (in Korean).
- Lee, W. J., H. G. Kim, Y. T. Park and H. K. Seong. 1990. The role of marine bacteria in the dinoflagellate bloom. 1. Distribution of marine bacteria and dinoflagellate in Chinhae bay. Bull. Korean Fish. Soc. 23(4), 303~309 (in Korean).
- MacFaddin, J. F. 1980. Biochemical tests for identification of medical bacteria. Williams and Wilkins. Baltimore/London. pp. 15~340.
- National Fisheries Research and Development Agency. 1989. A comprehensive study on marine pollution for the conservation of the Korean coastal ecosystem with respect to culture areas and fishing grounds. Report No. 84, 347 pp (in Korean).
- National Fisheries Research and Development Agency. 1985. Research methods of marine pollution and red tides.
- Novitsky J. A. 1983. Starvation-survival of heterotrophs in the marine environments. Advances in Microbial Ecology. 6, 171~198.
- Park, Y. T., W. J. Lee, J. S. Park, P. Y. Lee and H. G. Kim. 1991. Study on the distribution of marine bacteria and the consumption of oxygen in Wonmun bay. Bull. Korean Fish. Soc. 24(5), 303~314 (in Korean).
- Reinheimer, G. 1985. Aquatic Microbiology. 3rd ed. Wiley and sons, pp. 158~159.
- Simidu, U. 1974. Division of marine bacteria. marine microbiology(N, Taga), Todai Shuppankai, Tokyo, pp.45~65 (in Japanese).
- Shiba, T. and N. Taga. 1980. Heterotrophic bacteria attached to seaweeds. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 47, 251~258.
- Simidu, U., E. Kaneko and N. Taga. 1977. Microbial studies of Tokyo Bay. Microbial. Ecol., 3, 173~191 (in Japanese).
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater. Fish. Res. Board of Canada. Office of the editor 116 Lisgar street, Ottawa 4, Ontario, Canada, pp. 311.
- Taga, N. 1968. Some ecological aspects of marine bacteria in the Kuroshio current. Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ., 12, 65~76.
- Väättänen, P. 1980. Factor analysis of the impact of the environment on microbial communities in the Tväminne area, southern coast Finland. Appl. Environ. Microbiol., 40(1), 55~61.
- Wimpenny, J. W., W. L. T. Robert and C. Philip. 1983. Laboratory model systems for the investigation of spatially and temporally organised microbial ecosystems. In microbes in their natural environments. Cambridge Univ. Press. pp. 67~117.
- Zehr, J. P., R. W. Harvey, R. S. Oremland, J. E. Cloern, L. H. George and J. L. Lane. 1987. Big Soda Lake(Nebada). 1. Pelagic bacterial heterotrophy and biomass. Limnol. Oceanogr., 32(4), 781~793.

1994년 10월 13일 접수

1995년 3월 11일 수리