

강진만 생태계의 환경요인 분석

강성윤 · 김두홍 · 이우범¹ · 주현수 · 이제철 · 박종천

(서남대학교 의과대학 미생물학교실, ¹여수대학교 환경공학과)

적 요 - 강진만의 생태계의 변화를 조사하기 위해 1998년 2월부터 11월까지 계절별로 주요인 분석을 수행하였다. 이러한 목적을 위해 영양염류, 수온, 염분도, COD, DO, 종속영양세균, 균류 그리고 분변성 대장균 등의 항목들이 6개의 정점에서 조사되었다. 이들 항목을 상관분석과 주요인분석 등의 통계처리를 한 결과 강진만의 생태계는 계절에 따라 2~4개의 요인에 의하여 영향을 받고 있는 것으로 조사되었다. 그 중에서 특히 담수유입에 따른 영양염류, 부유물질, 염분도 및 수온의 변화 등이 강진만 생태계에 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 그리고 다른 만에 비해 강진만에 미치는 환경요인의 영향은 비교적 적었던 것으로 판단되었다.

서 론

연안 생태계에 있어서 미생물은 대개 분해자로 작용하여 생태계 내의 각종 물질을 분해, 순환시킴으로서 환경요소와 생물체를 연결하는 역할을 하며, 이외에도 미생물은 광·화학합성 작용에 의한 1차 생산자 및 각종 질병의 매체가 되기도 한다(Brock 1979; Bonde 1977). 또한 미생물들은 수질의 오락 정도를 파악하고 예측하는 생물학적 지표로 쓰이는데 통상, 유기물의 오염 정도를 예측하기 위해 종속영양세균과 일반균류가 이용되고 있으며, 병원성 세균의 존재여부는 분변성 대장균의 밀도를 조사함으로써 추정된다. 따라서 분변성 물질에 의한 오염의 상대적인 정도를 분변성 대장균과 최근 괴저병을 일으키는 비브리오균 등의 분포양상을 통해 파악할 수 있으며 또한 유기물질에 의한 오염정도를 종속영양세균이나 일반균류 등의 상대적인 양적 비교 등을 통해 수환경의 생태계를 파악하는 연구가 많았다(Bissonetti *et al.* 1976; Dahle & Laake 1982; 하 등 1984; 홍 등 1984; Hong 등 1986; Rajala & Heinonen-Tanski 1998). 그리고 각종 중금속류 및 유독성물질(VOCs, 유류 및 기타 유해화합물)의 해양오염 정도를 측정하기 위해 미생물의 대사작용에 관여하는 효소의 활성을 조사하거나 생리활성물질을 이용하고 있다. 또한 생태계 내에서 미생물군집 분포와 환경적 요인을 단순회기분석, 중회기분석, 군집분석, 주성분분석, 그리고 주요인분석 등의 통계

학적인 방법을 이용하여 생태계를 분석하려는 시도가 국내외적으로 많이 진행되고 있다(Kellog 1979; Nuffal 1982a, 1982; 위 등 1993; 하 등 1984; 박 등 1998; 김과 이 1998).

조사 수역인 강진만은 남해안의 청정 해역으로 각종 연안 양식장(바지락, 고막 그리고 굴 등)과 어장이 산재해 어민의 소득증대에 일익을 담당하고 있다. 그러나 최근 이 해역의 담수유입량 대부분을 차지하고 있는 탐진강 상류부위에 댐이 건설 중에 있으며, 댐이 완공될 경우 담수유입량의 변화가 예상됨으로 강진만 해역의 생태적 변화가 일어날 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 강진만수역의 생물학적요인과 용존산소량(DO), 화학적 산소요구량(COD) 및 질소성물질 등을 물리화학적인 환경요인으로 한 주요인 분석을 함으로써 댐 완공 전·후의 강진만 생태계 변화를 비교, 예측하는 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

재료 및 방법

1. 조사기간 및 조사정점

조사시기는 1998년 2, 5, 8 그리고 11월에 실시하였으며, 조사 수역은 전라남도 강진군에 위치한 강진만으로 담수유입 수역인 목리교부터 비래도 남단에 이르는 수역으로 조사정점은 다량의 담수유입이 예상되는 정점 1번(목리교)부터 비교적 외해의 영향이 있을 것으로 예상되는 비래도 남단의 정점 6번까지 총 6곳을 선정하였

다(Fig. 1).

2. 시료채수

시료는 Van dorn 채수기를 이용하여 해당 정점의 수면 아래 0.5 m 깊이에서 표층시료를 채수하였고, 저층수는 수심이 4 m 이상인 정점을 대상으로 실시하였으며, 채수 부위는 저질에서 1 m 상층부위에서 저층시료를 채수하였다. 채수 시료는 멸균된 1,000 ml 유리병에 담아 4°C로 냉장처리하여 실험실로 운반한 다음 분석하였다(APHA 1992).

3. 이화학적 조사

투명도(TRAN)는 Secchi disk를 이용하여 현장에서 측정하였으며, 염분도(SAL)는 Salinity meter (YSI #33)를 이용하여 측정하였다. 수온(TEM) (DO meter, YSI #58)과 pH(Orion EA 940)는 현장에서 직접 측정하였고, 용존산소(DO)의 측정은 DO meter와 Winkler-Azide 방법(APHA 1992)을 병행 실시하였다. 영양염류인 암모니아성 질소(AMM), 질산성 질소(NIT), 총질소(TN), 인산염 인(PHO) 및 부유물질(SS)은 Strickland(1972)와 환경오염 공정시험방법(1995)에 따라 분석하였으며, 화학적 산소요구량(COD)은 Carberg(1972) 방법에 따라 분석하였다.

4. 미생물조사

미생물군집 분석은 Standard Method(APHA 1992)에 따랐다. 채수된 시료를 멸균된 해수로 일정량 희석(10^{-1} ~ 10^{-3})한 후, 종속영양세균(HB)은 Bacto Marine agar 2216e (Difco)와 tryptone glucose yeast 한천 배지(0.5% tryptone, 0.25% yeast extract, 0.1% glucose, 1.5% agar)에서 35°C로 24시간 동안 배양하였다. 균류(FG)는 2.3% nutrient agar, 0.1% yeast extract, 0.45% peptone, 1% glucose, 0.05% chloramphenicol, 100 ml filtered sea water로 만든 배지에서 25°C로 5일간 배양하였고, 분변성대장균(FC)은 membrane filter (47 mm, pore size 0.45 μ m, Sartorius)로 여과한 다음, M-FC 한천 배지(1.0% tryptone, 0.5% polypeptone, 0.3% yeast extract, 0.5% sodium chloride, 0.15% bile salts No. 3, 0.01% aniline blue)에서 44.5°C로 24~36시간 동안 비닐 봉지에 밀봉 후 항온수조에 담겨서 배양한 다음 나타난 집락수(colony forming unit; CFU)를 계수 하였다.

5. 통계분석

조사된 물리화학적 환경요인의 자료와 미생물군집을 생물학적 요인으로 한 자료의 통계처리는 퍼스널 컴퓨터

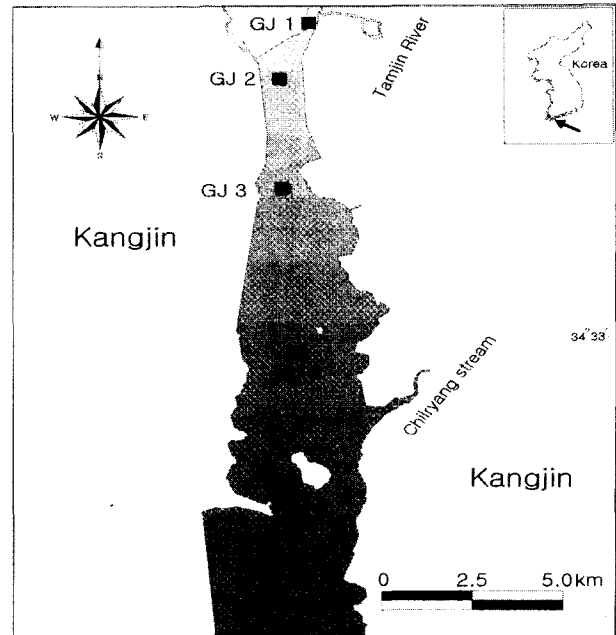


Fig. 1. A Map showing sampling stations.

를 사용하였다. 월별, 정점별 평균 및 표준편차 등은 단순통계처리하였으며 SAS (statistical analysis system) package를 이용하여 상관분석 및 주요인 분석을 실시하였다(한 1989).

결과 및 고찰

강진만의 물리화학적 환경요인과 미생물군집의 결과는 Table 1에 나타내었다. Table 1과 Fig. 2에서 보여준 바와 같이 종속영양세균의 개체수 변화는 0.2×10^3 CFU/ml (2월 정점 4, 5) ~ 45.6×10^3 CFU/ml (8월 정점 6)의 변화 폭을 나타냈으며, 평균 9.4×10^3 CFU/ml로 나타났는데 박 등(1998)이 조사한 광양만의 10.3×10^3 CFU/ml과 거의 유사하게 나타났으나, 낙동강하구(김과이 1998)의 1.0×10^4 CFU/ml ~ 5.0×10^4 CFU/ml, 마산만(최와 안 1981)의 78.0×10^3 CFU/ml, 진해만(안 1984)의 66.0×10^3 CFU/ml, 그리고 경기만(홍 등 1968)의 270.0×10^3 CFU/ml 보다는 상당히 낮은 수치를 보여 주었다. 균류의 개체수 변화는 6.5 CFU/ml (2월 정점 4) ~ 346.0 CFU/ml (8월 정점 5)의 변화 폭을 나타내었고, 평균 80.7 CFU/ml을 나타내었다. 이러한 결과는 박 등(1998)이 조사한 광양만의 120.0 CFU/ml, 낙동강하구의 1.4×10^3 CFU/ml ~ 4.5×10^3 CFU/ml, 최와 안(1981)이 조사한 마산만의 1.7×10^3 ~ 2.3×10^3 CFU/ml, 홍 등(1968)이 조사한 경기만의 2.3×10^3 ~ 2.3×10^4 CFU/ml, 그리고 안

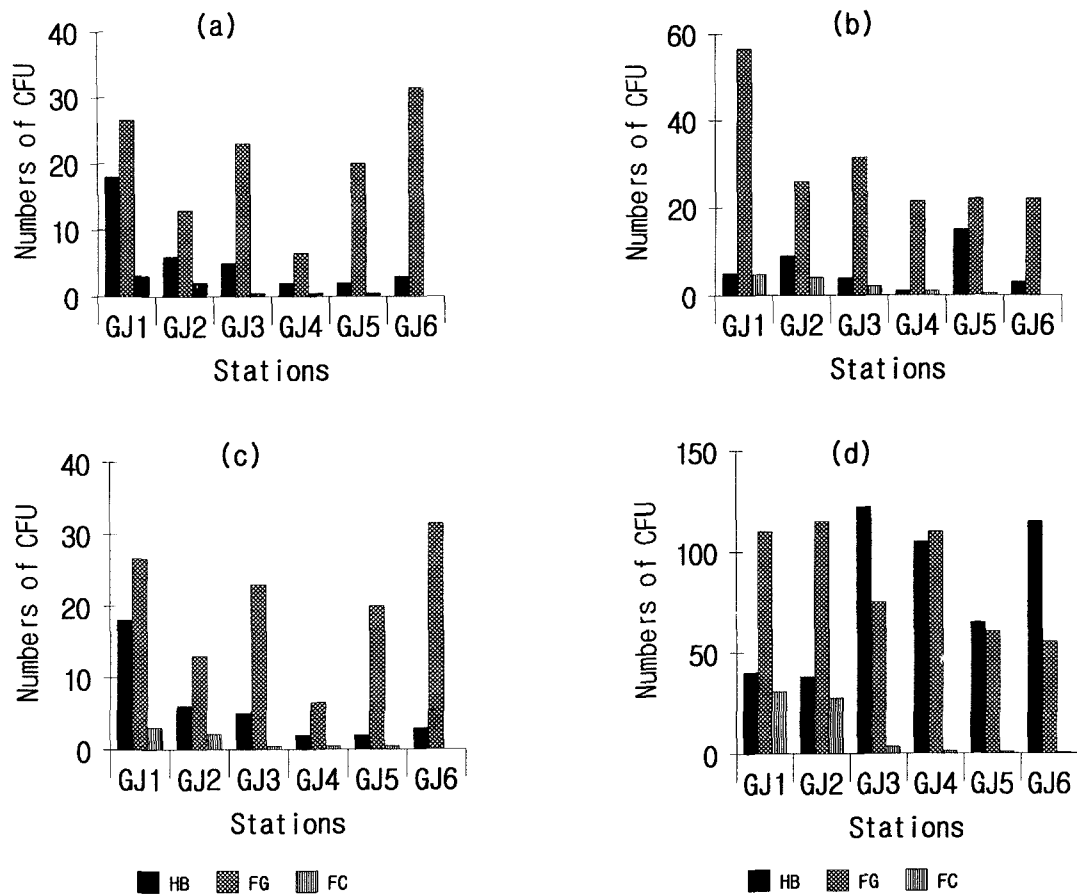


Fig. 2. Seasonal mean values of microbial populations in the Gangjin Bay.

(a) Winter (b) Spring (c) Summer (d) Autumn

HB (heterotrophic bacteria) : $\times 10^2$ CFU/ml, FG (Fungi) : CFU/ml, FC (Fecal coli) : CFU/100 ml.

Table 1. Annual mean values of each parameters in Gangjin Bay

Parameters	Winter		Spring		Summer		Autumn	
	Means	SD	Means	SD	Means	SD	Means	SD
Temperature (°C)	8.0	0.6	17.1	1.2	28.9	0.6	19.0	0.4
pH	8.0	0.4	7.9	0.3	8.2	0.5	8.1	0.2
Transparency (m)	0.47	0.2	0.5	0.3	0.3	0.2	0.7	0.5
Salinity (‰)	25.3	5.6	17.0	12.4	10.9	9.1	16.1	8.9
DO (mg/l)	9.6	0.3	8.6	0.96	6.5	0.2	7.5	0.4
COD (mg/l)	3.0	1.3	2.6	0.86	3.8	0.8	3.2	1.0
Suspended solids (mg/l)	64.0	48.3	36.2	23.6	21.9	8.1	25.0	9.7
NH ₃ -N (mg/l)	0.12	0.05	0.34	0.29	0.13	0.08	0.19	0.07
NO ₃ -N (mg/l)	0.18	0.09	0.43	0.39	0.4	0.34	0.44	0.37
Total nitrogen (mg/l)	0.30	0.14	0.78	0.68	0.5	0.44	0.63	0.43
PO ₄ -P (mg/l)	0.03	0.01	0.03	0.14	0.05	0.02	0.06	0.02
Heterotrophic bacteria ($\times 10^3$ CFU/ml)	0.6	0.61	2.23	4.4	26.7	13.9	8.1	3.8
Fungi ($\times 10^2$ CFU/ml)	20.0	9.1	29.9	13.6	183.5	81.0	87.7	27.1
Fecal coli (CFU/100 ml)	1.0	1.3	2.1	1.9	15.3	9.7	10.8	14.2

(1984)이 조사한 진해만의 2.7×10^3 CFU/ml 보다는 낮은 수치를 보여 주었다. 일반적으로 균류는 hemicellulose, pectin, lignin 및 chitin 등의 목재성분과 식물체에 주로 부생 또는 기생하기 때문에 식물성 유기물의 양을 측정하는 지표생물로 이용한다(Brock 1979). 따라서 강진만이 다른 만에 비해 균류의 개체수가 낮은 것은 비교적 식물성 유기물의 유입이 낮기 때문인 것으로 판단된다. 분변성 대장균의 개체수 변화는 0.0 CFU/100 ml(2월 정점 5와 6 및 5월 정점 6)~29.0 CFU/100 ml(8월 정점 2)의 변화 폭을 나타내었고, 평균 5.8 CFU/100 ml 이었다. 이러한 결과는 박 등(1998)이 조사한 광양만의 8.6×10^2 CFU/100 ml에 비해 현저하게 낮은 것으로 나타났다. 이는 이 수역 주변이 다른 수역에 비해 공단과 인구비율이 낮아 생활 오폐수 유입량이 낮을 뿐만 아니라 유입되는 담수가 비교적 분변 오염이 적은 것으로 보인다. 특히 분변성 대장균의 개체수는 담수유입 정점에서 높은 수치를 나타낸 반면 외해 영향을 받은 정점에서는 낮은 수치를 보여 주었다(Fig. 2). 이것은 분변성 대장균이 염분도와 높은 상관성을 나타내기 때문인 것으로 사료된다.

1. 겨울철 (98. 2)의 환경요인

강진만의 겨울철 물리화학적요인 및 미생물군집에 3개의 요인이 영향을 미치고 있는 것으로 조사되었다. 요인 1은 수온이 0.66, 화학적 산소요구량이 0.93, 부유물질이 0.98, 암모니아성질소가 0.71, 질산성질소가 0.94, 총질소가 0.91, 종속영양세균이 0.96 및 분변성 대장균이 0.96으로 대부분 큰 양의 값을 나타내었고 pH, 투명도 및 염분도가 각각 -0.84, -0.88, -0.95로 음의 값을 나타내고 있다. 이는 요인 1이 강진만에 전반적인 영향을 미치는 것으로 판단되며, 특히 담수유입에 따른 영양염류의 증가 및 염분도의 변화가 종속영양세균과 분변성 대장균에 큰 영향을 미친 것으로 해석된다. 요인 2는 수온이 0.68, 인산성인이 0.85, 그리고 일반균류가 0.91로 양의 값을 보여 주고 있는 결과로 보아 수온 및 담수유입에 따른 인산성인의 증가가 일반균류의 개체수 변화에 영향을 준 것으로 판단된다. 요인 3은 용존산소와 암모니아성질소가 각각 0.94와 0.63의 양의 값을 나타낸 것으로 보아 미생물군집에는 큰 영향을 주지 못한 것 같다(Table 2).

이러한 결과는 겨울철에 해수유입이 물리화학적 환경 및 미생물군집에 영향을 주었다고 보고한 하 등(1984)의 광양만(박 등 1998)의 결과와는 차이가 있었으나, 수온 및 강우에 의한 담수유입 등이 종속영양세균과 일반균류에 영향을 미쳤다는 낙동강하구의 결과(김과 이

Table 2. Varimax rotated factor matrix of environmental parameters in Gangjin Bay (winter)

Parameters	Factor 1	Factor 2	Factor 3	COMM
TEM	0.66	0.68	-0.27	0.96
pH	-0.84	-0.38	-0.18	0.89
TRAN	-0.88	0.12	-0.35	0.92
SAL	-0.95	0.23	-0.17	0.98
DO	0.15	-0.27	0.94	0.99
COD	0.93	-0.22	0.26	0.98
SS	0.98	0.13	0.09	0.99
AMM	0.71	-0.17	0.63	0.93
NIT	0.94	0.24	0.16	0.97
TN	0.91	0.24	0.34	0.99
PHO	-0.02	0.85	0.01	0.75
HB	0.96	0.24	0.06	0.99
FG	0.11	0.91	-0.14	0.88
FC	0.96	-0.08	-0.14	0.96
Eigenvalue	8.81	2.59	1.81	
CUMM	66.7	86.2	94.4	

COMM : Final Communality Estimates, CUMM : Cumulative percent of variance

AMM: NH₃-N, NIT: NO₃-N, PHO: PO₄-P, HB: Heterotrophic bacreria, FG: Fungi, FC: Fecal coli

1998)와 비슷하였다.

2. 봄철 (98. 5)의 환경요인

봄의 경우 강진만의 환경은 4개 요인에 의해 영향을 받은 것으로 나타났다. 요인 1은 수온(-0.94)과 염분도(-0.98)가 음의 값을, 용존산소(0.97), 화학적 산소요구량(0.98), 질산성질소(0.98), 총질소(0.92), 인산성인(0.92), 일반균류(0.73) 및 분변성 대장균(0.99)이 큰 양의 값을 나타냈다. 요인 2는 pH가 0.79, 암모니아성 질소가 0.90의 양의 값을, 일반균류가 -0.65로 음의 값을 나타냈다. 요인 3은 투명도가 -0.82로 음의 값을, 부유물질이 0.90으로 양의 값을 나타낸 반면 종속영양세균과 일반균류가 음의 값을 보여 주었다. 요인 4는 종속영양세균이 양의 값을 나타내었을 뿐 다른 항목은 큰 변화가 없었다.

따라서 봄철은 다른 계절과 달리 미생물군집에 다소 여러 요인들이 영향을 미친 것으로 보인다. 일반균류의 경우는 요인 1, 2 그리고 3에 의해 영향을 받고 있으며 분변성 대장균은 요인 1에 의해 영향을 받은 것으로 보이며 종속영양세균은 요인 3과 4에 의해 영향을 받고 있는 것으로 판단된다. 그러나 전반적으로 미생물 군집 변화에 가장 큰 요인으로는 겨울철과 마찬가지로 담수유입에 따른 염분도의 변화와 영양염류 및 부유물질의 증가 그리고 수온 등에 의한 것으로 해석된다. 이러한 결과는 Marcial 등(1996)이 Todos Santos만에서 일반세

Table 3. Varimax rotated factor matrix of environmental parameters in Gangjin Bay (Spring)

Parameters	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	COMM
TEM	-0.94	0.05	-0.12	0.02	0.91
pH	-0.42	0.79	-0.18	-0.38	0.98
TRAN	-0.43	-0.12	-0.82	-0.35	0.99
SAL	-0.98	-0.03	-0.13	0.10	0.98
DO	0.97	0.03	0.09	-0.22	0.99
COD	0.98	0.12	-0.05	0.05	0.99
SS	-0.15	0.11	0.90	-0.38	0.99
AMM	0.40	0.90	0.08	0.09	0.99
NIT	0.98	-0.15	0.01	-0.04	0.99
TN	0.92	0.38	0.05	0.02	0.99
PO	0.92	-0.29	0.22	-0.12	0.99
HB	-0.30	-0.05	-0.07	0.95	0.99
FG	0.73	-0.65	-0.02	-0.09	0.98
FC	0.99	0.05	0.12	-0.05	0.99
Eigenvalue	8.59	2.18	1.65	1.41	
CUMM	62.1	79.7	90.0	98.8	

COMM : Final Communality Estimates, CUMM : Cumulative percent of variance
 AMM: NH₃-N, NIT: NO₃-N, PHO: PO₄-P, HB: Heterotrophic bacteria, FG: Fungi FC: Fecal coli.

균 및 분변성 대장균의 분포에 대한 보고에서 해류순환이 담수에 의한 것보다 미생물군집변화에 더 큰 영향을 미치고 있다는 보고와는 달랐으나 진해만에서 안(1985)은 수온이 미생물군집변화에 58.3% 정도 영향을 미친다는 보고와는 일부 일치하고 있는 것으로 보인다. 한편 박 등(1998)이 보고한 광양만의 경우 해안매립에 의한 공단 증설로 해류순환의 변화를 야기 수온상승 및 질소성 영양염류의 증가가 미생물군집 변화를 야기 시킨다는 것과는 다른 것으로 판단되었다.

3. 여름철 (98. 7)의 환경요인

여름철의 경우 요인 1은 수온이 -0.78, 염분도가 -0.79, 종속영양세균이 -0.86 등으로 음의 값을 나타냈고, 용존산소(0.85), 화학적산소요구량(0.85), 부유물질(0.77)을 비롯한 아질산성질소(0.60) 및 인산성인(0.66) 등이 모두 양의 값을 보여 주었다. 요인 2는 pH, 투명도 그리고 염분도가 각각 -0.94, -0.72, -0.49로 음의 값을 나타낸 반면 부유물질(0.60), 질산성질소(0.74) 및 분변성 대장균(0.86)이 양의 값을 보여 주었다. 요인 3은 일반균류가 0.90으로 큰 양의 값을 나타냈다(Table 4). 요인 1의 결과로 볼 때 수온상승 및 잦은 강우 등으로 인한 영양염류 등이 종속영양세균의 군집변화에 영향을 미친 것으로 판단되며 요인 2의 경우도 요인 1과 유사하나 pH의 변화 및 부유물질 등이 환경변화에 큰 변수로 작용한 것 같다. 요인 3은 비교적 환경변화에 적은

Table 4. Varimax rotated factor matrix of environmental parameters in Gangjin Bay (Summer)

Parameters	Factor 1	Factor 2	Factor 3	COMM
TEM	-0.78	0.29	-0.10	0.74
pH	-0.19	-0.94	0.21	0.96
TRAN	-0.38	-0.72	0.42	0.86
SAL	-0.79	-0.49	0.34	0.96
DO	0.85	0.27	-0.36	0.93
COD	0.85	0.41	0.20	0.94
SS	0.77	0.60	-0.19	0.99
AMM	0.66	0.73	0.05	0.97
NIT	0.60	0.74	0.25	0.97
TN	0.64	0.72	0.09	0.94
PO	0.66	0.73	-0.14	0.99
HB	-0.86	-0.22	0.43	0.98
FG	-0.11	-0.13	0.90	0.85
FC	0.31	0.86	-0.37	0.98
Eigenvalue	5.98	5.29	1.78	
CUMM	74.8	85.1	93.3	

COMM : Final Communality Estimates, CUMM : Cumulative percent of variance
 AMM: NH₃-N, NIT: NO₃-N, PHO: PO₄-P, HB: Heterotrophic bacrerria, FG: Fungi FC: Fecal coli

요인으로 작용하고 있으나 일반균류군집에 영향을 미친 것으로 판단된다.

따라서 여름철에는 잦은 강우로 담수유입에 다른 영양염류의 증가가 가장 큰 요인으로 작용한 것으로 보이며 부유물질의 증가 및 수온변화에 의해 전반적인 환경변화를 야기 시킨 것으로 판단된다. 이러한 결과는 박 등(1998)의 광양만과 낙동강하구(김과 이 1998)의 결과와 일치하고 있다.

종속영양세균의 개체수에 의한 수서환경의 영양화 정도를 비교함에 있어서 7월~8월의 개체수가 103 CFU/ml 이하이면 빈영양역, 10³~10⁴ CFU/ml이면 부영양역, 10⁴ CFU/ml~10⁵ CFU/ml이면 과영양역 그리고 10⁵ CFU/ml 이상이면 폐수역으로 구분한 한 하 등(1978)의 기준과 비교했을 때 강진만은 평균 10³~10⁴ CFU/ml 정도로 부영양역 수역에 속한다고 할 수 있다. 이는 진해만(최 1981; 안 1985), 광양만(박 등 1998) 그리고 낙동강하구(김과 이 1998)에 비해 아직 강진만은 영양화 정도가 비교적 낮은 것으로 판단된다.

4. 가을철 (98. 11)의 환경요인

가을의 경우 요인 1은 pH(-0.86), 염분도(-0.84), 종속영양세균(-0.67)이 음의 값을 나타낸 반면 수온을 제외한 모든 항목에서 0.56~0.93까지 비교적 높은 양의 값을 보여주고 있으며 요인 2는 수온과 투명도가 각각 -0.83과 -0.82로 음의 값을, 용존산소, 부유물질, 암모

Table 5. Varimax rotated factor matrix of environmental parameters in Gangjin Bay (Autumn)

Parameters	Factor 1	Factor 2	COMM
TEM	0.01	-0.83	0.69
pH	-0.86	0.08	0.75
TRAN	-0.46	-0.82	0.89
SAL	-0.84	-0.51	0.98
DO	0.69	0.72	0.99
COD	0.88	0.45	0.98
SS	0.62	0.77	0.97
AMM	0.72	0.65	0.94
NIT	0.93	0.35	0.99
TN	0.91	0.40	0.99
PO	0.84	0.50	0.96
HB	-0.67	-0.38	0.61
FG	0.56	0.56	0.63
FC	0.82	0.49	0.92
Eigenvalue	7.72	4.60	
CUMM	79.2	87.9	

COMM : Final Commuality Estimates, CUMM : Cumulative percent of variance

AMM: NH₃-N, NIT: NO₃-N, PHO: PO₄-P, HB: Heterotrophic bacteria, FG: Fungi, FC: Fecal coli

니아성질소 그리고 일반균류가 각각 0.72, 0.77, 0.65, 그리고 0.56 등으로 양의 값을 나타내었다.

따라서 가을은 다른 계절에 비해 강진만의 환경변화에 적은 요인이 작용한 것으로 보인다. 특히 요인 1에 의해 전반적인 물리화학적 변화가 야기됨으로써 미생물 군집에도 영향을 미친 것으로 판단되며, 이러한 가장 큰 요인은 담수유입에 따른 영양염류의 증가로 해석된다. 또한 요인 2의 결과로 보았을 때 수온의 변화 및 부유물질의 증가가 일반균류의 개체수 변화에 영향을 미친 것으로 사료된다. 이러한 결과는 가을철의 경우 광양만은 5개 요인에 의해 환경변화를 야기한 반면 강진만은 2개의 요인으로 비교적 단순한 것으로 판단된다.

위와 같이 1998년 2월부터 11월까지 강진만 수역에서 조사된 14개 물리화학적 및 생물학적인 환경변화의 결과로 보았을 때 강진만의 생태계는 탐진강수계에 의한 담수유입과 칠량천 등의 지천으로부터 유입되는 담수 등으로 영양염류의 증가 및 염분도의 변화를 가져옴으로써 미생물군집에도 많은 영향을 준 것으로 판단된다. 또한 강진만은 광양만, 진해만, 마산만, 낙동강하구 및 득량만 등과 달리 수심이 낮고 목리교로부터 마랑에 이르는 긴 수로형태일 뿐만 아니라 만 주변지역이 비교적 인구집중화가 낮고 공장지대가 없는 특성으로 인하여 복잡한 환경요인에 의해 영향을 받기보다는 계절적인 요인인 수온 및 강우 등으로 인한 탐진강 수계의 담수유입 량에 따른 영양염류의 증가 및 염분도에 크게

의존하는 것으로 보여진다. 해류 및 외해의 영향은 비교적 적은 것으로 판단된다. 이러한 결과는 현재 강진만의 상류지역에서 진행 중인 탐진강 다목적 댐이 완공된 이후의 조사결과와 비교함으로써 댐 건설로 인한 강진만 생태계의 환경변화에 미치는 영향정도를 예측할 수 있는 좋은 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 1998년도 수자원공사 지원에 의하여 수행된 연구의 일부임.

참 고 문 헌

- 김원진, 이해주(1998) 낙동강 하구의 환경요인 및 미생물분포. 한국육수학회지 **31** : 25-31.
- 박종천, 이우범, 주현수(1998) 광양만 생태계의 미생물군집에 관한 환경요인 분석. 한국환경생물학회지 **16** : 143-150.
- 안태석(1984) 진해만 생태계에 있어서 미생물 분포에 영향을 미치는 환경요인의 분석. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 위인선, 전순배, 이종빈, 나명석(1993) 광양만 미생물군집에 관한 환경요인 분석. 한국환경생물학회지. **11** : 11-16.
- 최영길(1988) 진해만의 미생물 분포. 한국미생물학회지 **19** : 45-51.
- 하영철(1984) 광양만 생태계에서 미생물군집에 미치는 환경요인의 분석. 서울대학교 자연과학대학 논문집.
- 홍순우 등(1984) 광양만 미생물 군집의 변화에 관하여. 한국환경미생물학회지 **2** : 42-57.
- 한원식(1989) 농업과 생물학 연구를 위한 통계학적 방법. 자유아카데미.
- APHA(1993) Standard methods for the examination of water and waste water (18th ed.). APHA, AWWA, WPCF. Washington, D.C. 1134pp.
- Bissonate GK *et al.* (1975) Influence of environmental stress on enumeration of indicator bacteria from natural waters. *Appl. Environ. Microbiol.* **29** : 186-194.
- Bonde GJ(1977) Bacterial indication of water pollution. In *Advances in Aquatic Microbiology*. 273pp.
- Brock TD(1979) Microbial activities in nature. pp. 406-456. In *Biology of Microorganisms* (3th ed.). Prentice-Hall, Inc., Engle Wood Cliffs, New Jersey.
- Dahle AB & M Laak(1982) Diversity dynamics of marine bacteria studies by immunofluorescent staining on membrane filters. *Appl. Environ. Microbiol.* **43** : 169-176.
- Carberg SR(1972) International council for the exploration of the sea Charlottenland, Denmark. pp. 305-315.

- Hong, SW, Hah & TS Ahn (1986) Factor analysis of water quality and ecosystem in Jinhae Bay. *J. Kor. Wa. Pollut. Res. Cont.* **1** : 9-17.
- Kellog ST (1979) A computer-assisted microbial identification system. *Appl. Environ. Microbial.* **38** : 559-563.
- Marcial LL & VC Guadaupe (1996) Influence of water circulation on marine and faecal bacteria in a mussel-growing area. *Marine Pollution Bullutin.* **32** : 196-201.
- Nutall D (1982a) The pollution, characterization and activity of suspended bacteria in the Welsh River Dee. *J. Appl. Bacteriol.* **53** : 49-59.
- Nutall D (1982b) The effect of environmental factors on the suspended bacteria in the Welsh River Dee. *J. Appl. Bacteriol.* **53** : 61-71.
- Rajala RL & H Heinonen-Tanski (1998) Survival and transfer of faecal indicator organisms of waste water effluents in receiving lake waters. *Wat. Sci. Tech.* **38** : 191-194.
- Strichland JDH & TR Parsons (1972) A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Con. No. 167. Fisheries Research Borad of Canada, Ottawa. pp. 1-311.

Analysis of Environmental Factor in Ecosystem of Gangjin Bay

Seung-Youn Kang, Du-Hong Kim, Woo-Bum Lee¹, Hyun-Soo Joo,
Je-Chul Lee and Jong-Chun Park

(Department of Microbiology, College of Medicine, Seonam University,
720 Kwangchi-dong Namown, Chonbook 590-711, Korea,

¹Department of Environmental Engineering, Yosu National Unniversity,
Yosu, 550-747, Korea)

Abstract - To investigate the variations of environmental and microbial populations in six stations at water region of Gangjin Bay, nutritive salts, water temperature, COD, DO, pH, heterotrophic bacteria, fungi and faecal coliform bacteria were analysed four imes from February to November, 1998. These data were subjected to simple statistics, correlation analysis and principal factor analysis. Ecosystem of Gangjin Bay was regulated by 2~4 factors during four seasons. We estimated that it was mainly influenced by inflow of fresh water, nutrient salts, suspended solids, salinity and variation of water temperature. These results suggested that influences of environmental factor of Gangjin Bay was relatively less than those of other bays. [Environmental factor, Ecosystem, Gangjin Bay].