

수영만의 수질환경과 대장균

1. 하계의 수질환경과 대장균에 관하여

이원재 · 박영태 · 김무찬 · 성희경

부산수산대학교 미생물학과

The Environmental Factors and Coliform Group in Suyeong Bay

1. The environmental factors and coliform group during summer in Suyeong bay*

Won-Jae LEE, Young-Tae PARK, Mu-Chan KIM and Hee-Kyung SEONG

Department of Microbiology

National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

The environmental factors and the distribution of coliform group were investigated in Suyeong bay on the summer, 1989. The ranges of environmental factors were as follows : Dissolved oxygen 0.54~6.82ml/l, COD(Chemical Oxygen Demand) 0.28~9.84ppm, Salinity 14.7~33.5% , Nitrite 0.13~20.49µg-at/l, Nitrate 0.89~62.77µg-at/l, Ammonia 3.81~246.98µg-at/l, Silicate 6.12~177.5µg-at/l.

The coliform group ranged $10^4 \sim 10^5/100ml$ in the mouth and it was decreased in the open sea. Among the composition of coliform group, *E. coli* I type was dominant at distance area. The correlation between coliform group and ammonia was $r=0.629$. There were negative correlation between salinity, dissolved oxygen and coliform group during study period.

서 론

수영만으로 유입되는 수영천에는 부산 인구의 약 23.5%인 110만명 이상이 거주하며, 70 여개소의 공장이 산재하여 가정하수나, 공장폐수가 유입되어 수영만을 오염시킨다. 또한 수영만은 뱃물이나 썰물의 영향으로

오염물질이 회석되어 해류의 이동으로 오염물질이 확산되고 있다(부산시, 1988).

수영만의 수질에 관한 연구로서 원과 이(1979)는 수영만으로 유입되는 도시하수로 인해 광안리 해수에 미치는 영향과 수영만 인근 해수의 오타분포에 대한 연구결과 수영만의 오염된 해수의 일부가 썰물때 광

*생명과학연구소 업적1호

16 Environment Factors and Coliform Group during summer

안리 외양까지 확산되었다가 밀물때 광안리 해수욕장까지 영향을 미친다고 보고했으며, 홍 등(1982)은 수영만으로 유입되는 오염부하량, 수질의 오염정도 및 분포, 저질의 물리화학적 특징과 저서동물 분포의 유기적인 연구가 보고되었다. 이(1988)는 수영강하구의 수질특성과 수질모델에 관한 연구 보고로 수영강으로 유입되는 오염원은 주로 도시하수로 인한 것으로 수영강과 지류인 온천천의 수량 및 수질변화가 생긴다고 하였다.

오염지표종인 대장균에 관한 연구보고로서 수영만에서 보기 힘들지만, 충무 북만일원 수하식 굴 양식장 해역에서 굴 및 해수에서의 대장균군의 분포와 Type에 관한 연구보고(김 등, 1969), McCarty(1961)는 굴양식장에서 염분에 대한 대장균수의 분포에 관한 연구가 있다.

본 연구는 오염도가 높은 하계를 중심으로 수영만의 수질환경과 대장균군과의 관계를 조사한 결과이다.

재료 및 방법

1. 시료채취

시료는 1989년 하계(7, 8, 9월)에 Fig. 1과 같이 17

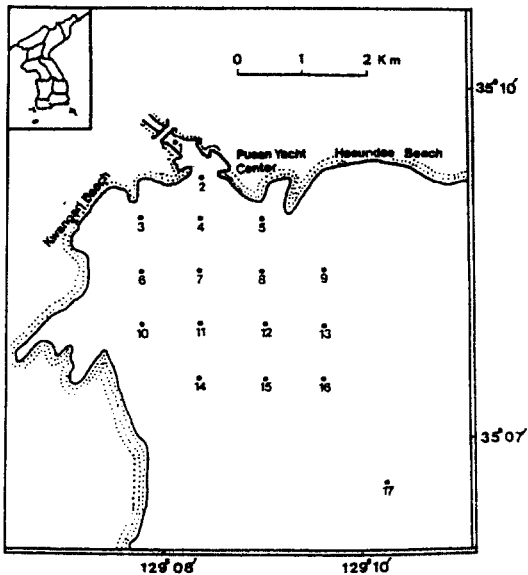


Fig. 1. Location of sampling stations (Suyeong Bay).

개의 정점을 설정하여, 각 정점의 해수를 표층과 저층으로 구분하여 채수하였다. 환경인자 분석용 시료는 Nansen 채수기와 Van Dorn 채수기를 사용하였으며, 세균용 시료는 Niskin 개량형 채수기를 사용하였다. 채수된 시료는 Ice-box에 보관하여 실험실로 옮겨 분석하였다.

2. 환경요인 및 대장균군 측정

표층수온은 봉상온도계로, pH는 유리전극(Model WAP[100])으로 염분은 Salinometer(Tsuri seki Co., LTD)를 사용하였다. 용존산소는 Winkler법(水の分析, 1983)에 의해 분석하였으며, 화학적 산소요구량은 과망간산 칼륨 알카리법(水の分析, 1983)으로 분석하였다. 영양염류중 아질산염은 Sulfanilamid와 N-1-Naphthylene diamine법(Strickland and Parsons, 1972)에 의한 비색 정량법으로 분석하였고, 질산염은 카드뮴 환원법(Strickland and Parsons, 1972)에 의한 비색 정량법으로 분석하였으며 암모니아는 인돌페놀법(Strickland and Parsons, 1972)으로 규산염은 몰리브덴 청법(Strickland and Parsons, 1972)으로 분석하였다. 또한 대장균군 실험은 A. P. H. A.(1962)의 법에 준하였다.

결과 및 고찰

1. 환경인자

환경인자에 관한 시료 분석결과는 Table 1과 같다. 조사기간중의 염분의 농도는 14.7~33.5% 범위로 하천수 유입의 영향을 받고 있음을 잘 보여 주고 있다. 특히 장마로 인한 하천수유입이 많은 8월의 경우 표층수에는 14.7~32.0%, 저층은 32.0~32.4%로 수영천에서 유입되는 담수가 외양으로 갈수록 희석되고 있음을 보여주고 있다. 일반적으로 육수의 영향을 받는 수영만, 낙동강하구의 경우 담수가 연안 해역에 유입되어 염분의 농도를 희석 시키는데 김 등(1984)의 조사보고서는 하계 염분의 분포에 10% 정도의 낮은 분포의 영향을 준다고 하였다.

용존산소의 경우는 수영강 입구에서 외양쪽으로 향하여 수영강 하구에서는 0.54~1.0ml/l의 무산소 또는 빈산소 상태에서 외양으로 갈수록 조금씩 높아지고

Table 1. Range of environmental factors in Suyeong bay on the summer, 1989

Month parameter	July		August		September	
	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom
Salinity (%)	26.00-33.2	29.05-33.3	14.7-32.0	32.0-32.4	23.20-33.50	30.08-33.15
D.O. (ml/l)	0.54-5.57	2.46-6.43	1.40-4.96	3.22-5.48	1.31-6.82	4.10-6.82
COD (ppm)	0.28-9.84	0.64-5.90	1.49-6.63	1.57-3.54	1.89-3.61	1.57-3.21
S.S. (ppm)	2.4-11.8	3.8-8.4	1.4-18.8	1.2-20.0	2.3-5.1	2.5-8.8
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.13-20.49	0.09-5.81	0.29-14.11	0.34-0.55	0.13-4.01	0.16-2.01
NO ₃ -N (μg-at/l)	0.98-50.32	1.84-29.53	3.08-62.77	7.45-27.10	4.37-20.32	2.10-20.32
NH ₄ -N (μg-at/l)	10.72-150.8	11.11-74.36	6.72-152.19	4.51-20.01	3.81-246.98	5.51-125.39
SiO ₂ -Si (μg-at/l)	7.60-120.55	7.39-44.60	7.49-97.64	11.08-177.5	6.67-63.48	6.12-63.48

있다. 이와같은 현상은 하천에 유입되는 유기물이 분해될 때 많은 용존산소가 소모 된다는 것을 알 수 있고 부영양화 상태인것을 보여주고 있으며, 외양으로 향할수록 용존산소의 농도가 높은 현상은 유입되는 유기물이 해류에 따라 확산되고 있음을 보여주고 있다. 박(1975)은 부영양화 해역인 진해만 표층에서 2.98~6.81ml/l, 저층에서 1.71~6.22ml/l로 보고 하였고 원과 이(1979)가 조사한 0.17~7.60ml/l의 결과와 비교된다. Oppenheimer(1970)는 해수 중의 산소소모 경로는 해수중에 용존된 유기물의 화학적산화, Plankton과 세균의 호흡, H₂S와 CH₄의 생물학적 산화, 저질에서 용출되는 CH₄의 산화 등으로 용존산소가 소모되며, 유기물의 함량이 높은곳에서는 더 많은 산소가 소모된다고 하였다. 따라서 본 조사의 정점 1의 경우 수영강을 통하여 유입되는 도시하수, 공장폐수 등의 풍부한 유기물의 분해 산화로 인한 빈산소 현상으로 생각된다. 화학적 산소요구량은(Chemical Oxygen Demand)은 조사기간중 최저 0.28ppm에서 최고 9.84ppm으로, 큰 차이를 보여주고 있다. 7월은 0.28~0.84ppm, 8월은 1.49~6.63ppm, 9월은 1.57~3.01ppm으로 3급수 이상의

수질을 보여주고 있다. 원과 이(1979)가 수영만을 1977년에 조사한 8월 평균치 3.05ppm에 비교하면 약 3배의 오염도를 보여주고 있다.

부유물질(Suspended substrate)은 1.2~20.0ppm의 범위로 하계동안 높은 분포를 보여주고 있다.

조사분석된 영양염류중 아질산염의 분포는 표층이 0.13~20.49μg-at/l, 저층이 0.09~5.81μg-at/l의 분포를 보이며, 아질산염의 수평분포를 보면 표층은 Fig. 2(a), 저층은 Fig. 2(B)로 수영강 하구에서 외양으로 향할수록 희석되고 있음을 보여 준다. 질산염의 경우는 0.98~50.32μg-at/l의 범위로 높은 분포를 보여주며, 수영강에서 외양으로 갈수록 낮은 농도치를 보여 준다(Fig. 3). 김 등(1984)이 낙동강 하구에서 측정된 아질산염의 값은 0.27~0.89μg-at/l, 이 등(1986)이 조사한 마산만의 경우 3.57~5.19μg-at/l이었다.

암모니아는 3.81~246.98μg-at/l으로 높은 분포치를 보이며 이는 수영강을 통하여 주위 아파트단지 등에서 버려지는 분뇨 등의 영향으로 생각된다. Fig. 4는 암모니아의 수평분포로 수영강하구 정점 1은 179.39μg-at/l로 수영만으로 유입되는 1일 총 306.264ton의 오

18 Environment Factors and Coliform Group during summer

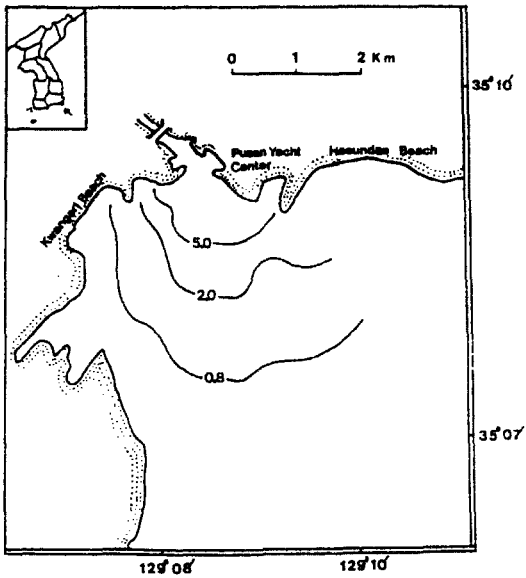


Fig. 2(a). Distribution of nitrite on the surface seawater in July, 1989.

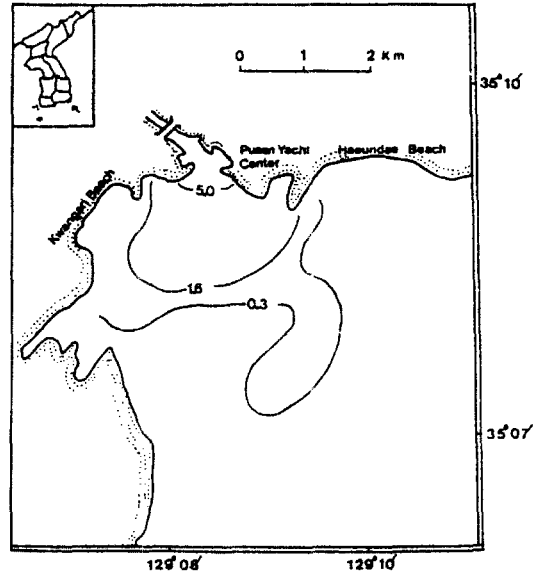


Fig. 2(b). Distribution of nitrite on the bottom seawater in July, 1989.

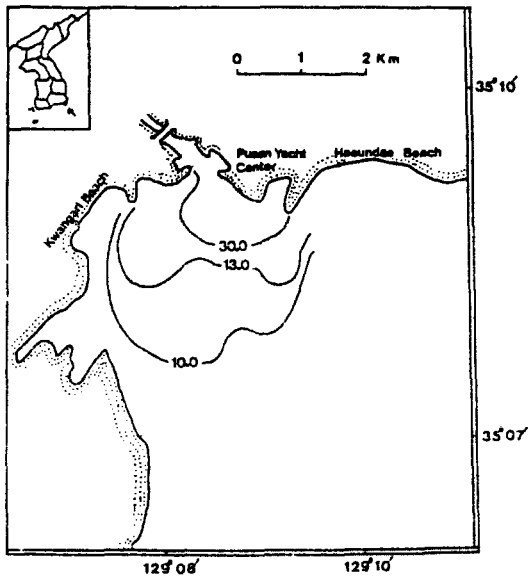


Fig. 3. Distribution of nitrite on bottom seawater in July, 1989.

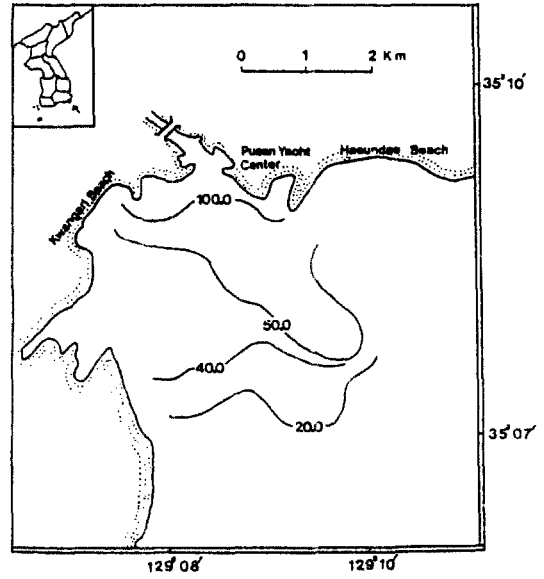


Fig. 4. Distribution of ammonium on the surface seawater in July, 1989.

수중 92.8%인 460ton이 분변을 포함한 생활하수(부산시, 1988)가 오수처리장에서 완전히 처리되지 않고 유입된 것으로 추정된다. 원과 이(1979)가 조사한

7.61~28.8 $\mu\text{g-at/l}$ 에 비해 약 10배 이상 높은 값을 보여 주었고, 규산염의 경우는 6.12~120.55 $\mu\text{g-at/l}$ 로 수영장에서 외양으로 확산되는 분포도가 Fig. 5와 같다.

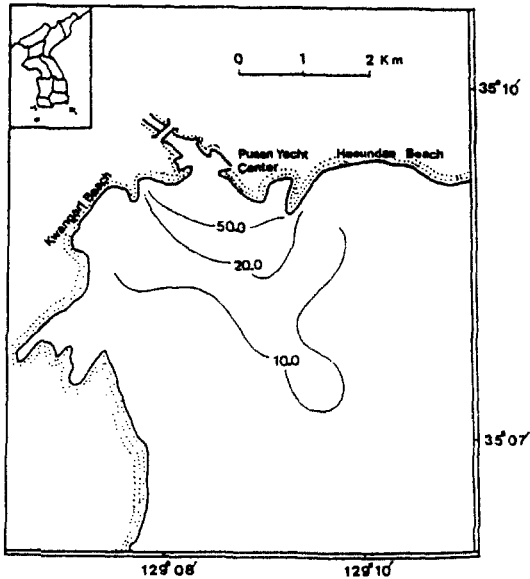


Fig. 5. Distribution of silicate on the surface seawater in July, 1989.

도시생활 하수나 공장폐수의 유입으로 부영양화 현상을 일으키는 마산만의 경우는 표층이 328.15~3798.33 µg-at/l, 저층이 233.8~2209.09 µg-at/l로 높은값을 보이는데 이것은 적조생물인 규조류의 대량번식으로 인한 결과로 보고되며(이 등, 1986), 수영만의 경우는 규조류 등의 적조생물은 마산만에 비하여 적게 분포하고 있으나 암모니아 등 수질오염은 높은것을 알 수 있다. pH나 투명도의 경우도 수영강으로 유입되는 유기물질의 영향이 큰 것을 보여주고 있는데 강하구는 pH 6.8이고 외양의 경우 pH 7.8로 나타났다.

2. 대장균의 분포

Fig. 6은 수영강에서 수영만으로 유입되는 유기물이 정점 1을 중심으로 확산되어 가는 것을 알기 위하여 정점 1, 2, 8, 16, 17(Fig. 1 참조)의 대장균수를 나타낸 것이다. 대장균은 분변계 대장균을 표시한 것으로 정점 1에서는 10⁴~10⁵/100ml였으나 외양으로 갈수록 현저히 감소 되었다. 조사기간 중 7월이 비교적 높은 분포를 보여주고 있다. Ogawa(1974)는 하구에서 외양으로 나아 갈수록 대장균수가 감소하는 현상은 하구에 유입된 유기물이 해수와 희석되어 영양분의 부족으로 감소되거나, 현탁입자에 부착하여 급격히 해저의 이토

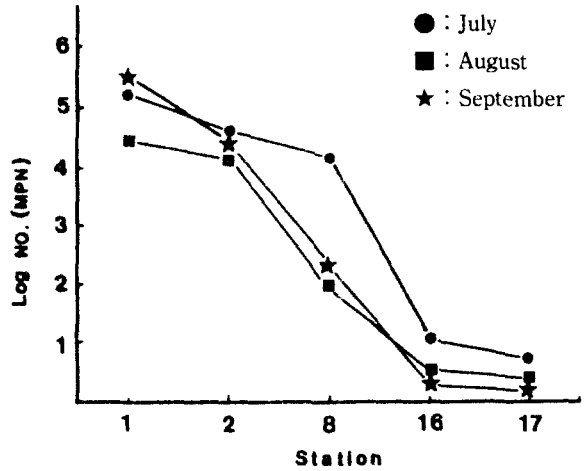


Fig. 6. MPN of coliform groups in suyeong bay on the summer 1989.

(mud)에 침강하는 것으로 보고하였다.

Fig. 7은 IMVIC 실험에 의하여 Fig. 6의 정점에서 분리된 대장균의 Type을 나타낸 것으로 정점 1에서는 E. Coli I Type이 14%였으나, 정점 16, 17에서는 E. Coli I Type이 100%였다. 즉 외양으로 갈수록 총대장균수는 감소되지만 Type상으로 특징을 보여주고 있다. Citrobacter I Type은 정점 1과 2에서만 출현하여 외양의 영향을 받는 것으로 생각된다.

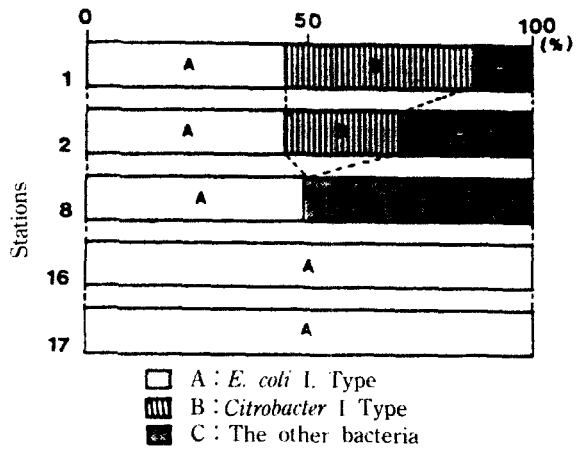


Fig. 7. Coliform classification results by IMVIC reaction.

20 *Environment Factors and Coliform Group during summer*

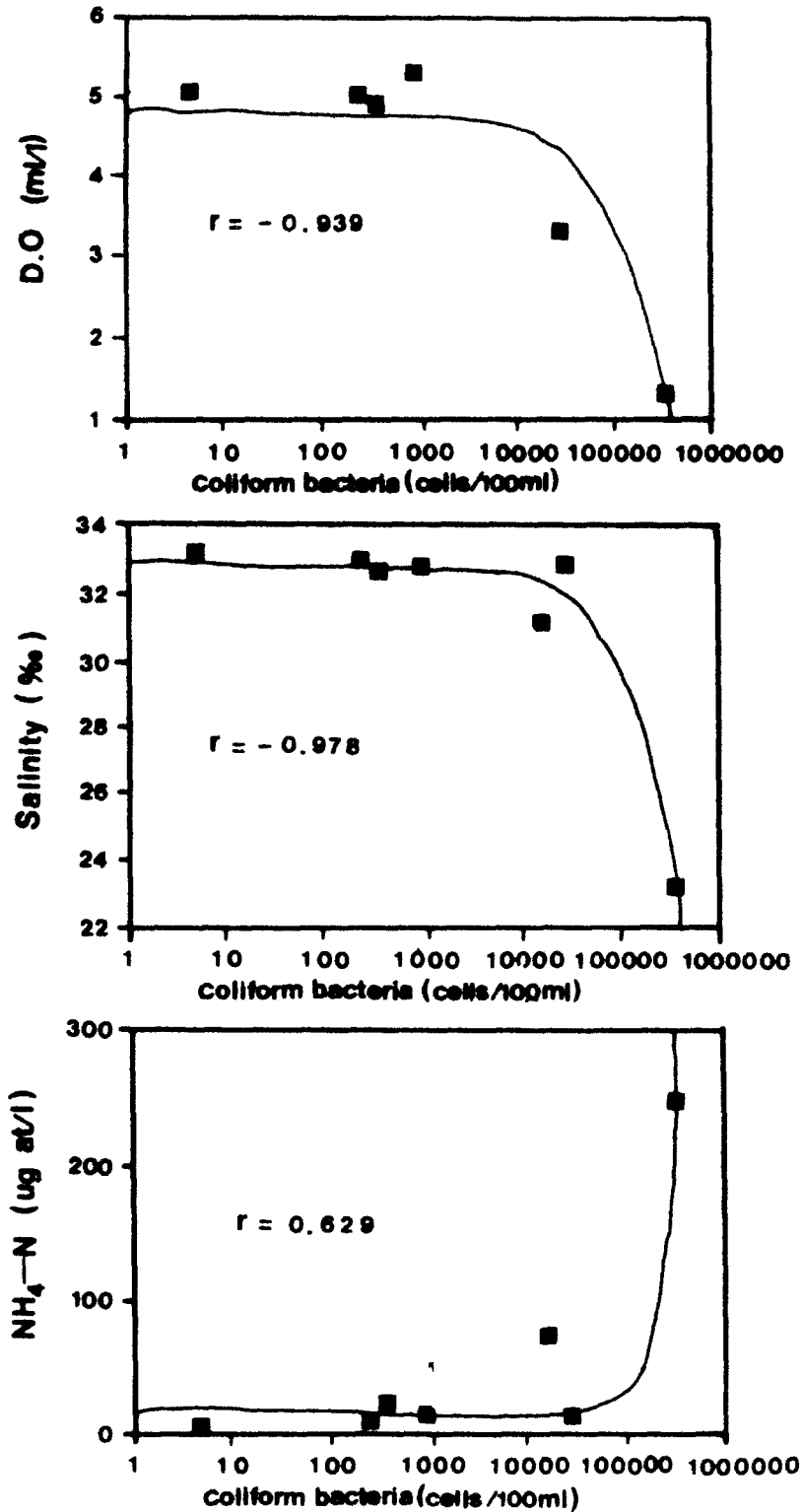


Fig. 8. The correlation between coliform bacteria and dissolved oxygen, salinity and ammonia.

3. 대장균과 환경 인자와의 관계

담수에서 서식하는 미생물이 해수에 유입되었을 때 염분농도의 영향을 많이 받는다. 이런 관점에서 염분과 용존 산소 또한 암모니아와의 상관관계를 본 결과 Fig. 8과 같다. 용존 산소와 대장균과의 관계는 $r = -0.939$ 였고 염분의 경우는 $r = -0.978$, 암모니아의 경우는 $r = 0.629$ 이었다. Hanes와 Fragala(1967)에 의하면, 용존 산소의 평균 농도가 $0.4\text{mg}/\ell$ 의 낮은 농도에서는 대장균의 생존이 높으며 $9.8\text{mg}/\ell$ 의 높은 농도에서는 생존율이 낮다고 보고하였다.

요 약

오염도가 높은 하계 수영만의 환경인자와 대장균과의 상관관계를 조사한 결과는 다음과 같다.

용존산소는 수영강하구에서는 $0.54 \sim 1.71\text{ml}/\ell$ 인 빈 산소상태이며, COD는 최저 0.28ppm 에서 최고 9.84ppm , 염분은 14.7% 에서 33.5% 였다. 영양염류는 아질산염이 $0.13 \sim 20.49\mu\text{g-at}/\ell$, 질산염이 $0.98 \sim 50.32\mu\text{g-at}/\ell$, 암모니아가 $3.81 \sim 246.98\mu\text{g-at}/\ell$, 규산염은 $6.12 \sim 177.55\mu\text{g-at}/\ell$ 였다.

대장균군 분포는 강하구에서 $10^4 \sim 10^5/100\text{ml}$ 였고 외양으로 갈수록 감소되었다 대장균군의 Type I 은 외양까지 출현율이 높았다. 대장균과 암모니아와의 상관관계는 0.629이었고, 염분, 용존산소와는 역상관관계를 보여주고 있다. 이러한 결과는 유기물과 대장균과의 관계가 있음을 알 수 있다.

감사의 말씀

본 실험을 도운 해양 미생물 연구실 박성우, 신희재, 성수진, 신정희, 갈정순에게 감사드린다.

참 고 문 헌

김성준 · 장동석 · 김광수 · 임병각 · 이종각 · 김정남 (1969) : 패류 서식장에 대한 세균학적 조사연구(충무북판), 국립수산진흥원 연구보고, 4, 155-210.
 김용관 · 심혜경 · 조화래 · 유선재(1984) : 낙동강 하

구 수질의 계절적 변화. 한수지. 17(6), 511-522.
 박청길(1975) : 진해만 해수의 부영양화와 클로로필의 분포. 한수지, 8(3), 121-126.
 부산시(1988) : <<시정백서>> <환경보전> p. 175-176.
 원종훈 · 이배정(1979) : 수영강 인근해수의 오타분포에 대하여. 한수지, 12(2), 87-94.
 이병현(1988) : 수영강 하구의 수질특성과 수질모델에 관한연구. 부산수산대학교 연구보고, p. 84.
 이용근(1970) : 오타 하천수의 지구화학적인 연구(제2보). 서울시내 하천수 및 공장폐수의 화학적 산소요구량. 대한화학학회지, 14, 5-12.
 이원재 · 정희동 · 강찬근 · 박희열(1986) : 부영양화해역의 해양세균의 분리 및 분리균의 생리적 성질에 관하여. 한수지. 19(6), 586-592.
 日本分析化學北海道支部編(1983) : "水の分析 第3版" p. 189, 化學同人, 京都, 日本.
 A. P. H. A.(1962) : Recommended procedures for the bacteriological examination of seawater and shellfish. 3rd Ed. Am. pub. Health Assoc. Inc., 1790 Broadway New York 19, N. Y. 1-48.
 Hanes, H. B. and R. Fragala(1967) : Effect of seawater concentration on survival of indication bacteria. J. water. poll. control. fed., 38, 97-104.
 Hong, S. Y., V. J. Han and E. I. Park(1982) : Marine macrobenthos distribution and the substrate conditions of Suyeong Bay. publ. Inst. Mar. Sci. Nat. fish. Univ. Busan. 14, 1-21.
 McCarty, J. A.(1961) : Collaborative study of sanitary significance of E. C. positive organisms in shellfish growing waters. proceeding-1961 Shellfish sanitatin Workshop, p. 81-92.
 gawa, G.(1974) : Some factors affecting the survival of Coliform Bacteria in seawater. Journal of Oceanographical Society of Japan 30, 54-60.
 Openheimer, G. H.(1970) : The microbes of lackses and its geochemical activity, 233-258.
 Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons(1972) : A Practical handbook of seawater Analysis 2nd Ed., The Alger press LTD.