

## 낙동강 하구 생태계의 환경요인과 *Aeromonas* spp. 분포와의 관계

전도용·권오섭\*·하영철

서울대학교 미생물학과

\*인제대학교 환경학과

### Effects of Environmental Factors on *Aeromonas* spp. Population in Naktong Estuary

Jeon, Do Yong, \*O Seob Kwon and Yung Chil Hah

Department of Microbiology, College of Natural Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

\*Department of Environmental Science, Inje College

**ABSTRACT:** Population of *Aeromonas* and environmental parameters were investigated at three sites from August 1986, to December, 1986 in Naktong Estuary. The variation range of *Aeromonas* was  $4.3 \times 10^2 - 4.6 \times 10^4$  MPN/100 ml. The result of ANOVA indicates significant differences among the populations of *Aeromonas* in each site. The highest population of *Aeromonas* occurred at site 2, and the lowest at site 3-B. To scrutinize the effects of environmental parameters on the distribution of *Aeromonas* spp, principal component analysis and multiple stepwise regression were used. The results showed that distribution of *Aeromonas* spp. was mainly influenced by outflow of freshwater and inflow of inorganic nutrients and correlated with heterotrophic bacteria, available nitrogen, fecal coliform bacteria, and temperature.

**KEY WORDS** □ *Aeromonas*, environmental factor, factor analysis, Naktong Estuary.

*Aeromonas* 는 수계의 토착성 세균으로서 토양, 인간의 배설물(Cavari *et al.*, 1981), 유제품(dairy products), 폐수, 표층수, 지하수, 하구 및 수돗물 등 자연계 도처에서 발견되며(Hazen *et al.*, 1978; Kooij *et al.*, 1980; Burke *et al.*, 1984; Hazen, 1983; Rippy and Cabelli, 1980) 물고기를 비롯한 여러 수생생물의 normal flora 의 일부로 존재한다(Kaper *et al.*, 1981). 또한 이들은 온혈 및 변온 척추동물에 감염할 수 있으며 심지어 인간에게도 설사 등의 질병을 야기시키는 것이 알려져 점차 주요한 병원성 미생물로서 인지되기 시작하였다(Hird *et al.*, 1983; Seidler *et al.*, 1980).

병원성 세균으로서의 관심이 증가되면서 *Aer-*

*omonas* 의 생태계 내에서의 분포 및 이에 영향을 미치는 환경요인들에 대한 연구도 점차 증가하여 Hazen(1983)은 Albemarle Sound에서 DO, 수온, 오르소인산염(ortho- $PO_4$ ), chlorophyll a trichromatic,  $NH_4$ , total Kjeldahl nitrogen 을 독립변수로한 회귀식을 도출하여 Norman과 Badin 호수에서의 *Aeromonas hydrophila* 의 분포를 예측하였으며 Rippy 등(1980)은 *Aeromonas hydrophila* 의 개체수 측정이 육수의 영양상태 평가에 유용함을 지적하였고 Burke 등(1984)은 상수원의 수질평가 기준으로써 *Aeromonas* spp. 의 유무측정을 포함시킬 것을 제안하였다.

우리나라의 수계에서도 *Aeromonas* 의 분리가

보고되어 강과 이(1982)는 한강에서 *Aeromonas hydrophila* 가 일년에 걸쳐 주종으로 나타남을 보고하였으며, 최(1986)는 수동천에서 *Aeromonas* 가 여름과 가을철에 우점종으로 나타남을 보고하였다. 그러나 이상과 같은 보고는 일반 미생물학적 요인의 하나로 *Aeromonas* 의 분리 보고를 하였을 뿐 아직까지 *Aeromonas* 에 대한 체계적인 연구는 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 낙동강 하구에서 물리화학적 환경요인과 미생물학적 요인의 월별, 정점별 변화양상을 조사하여 *Aeromonas* 의 분포 및 이에 영향을 미치는 환경요인에 대한 연구를 시도하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 채취

연구지역 및 시료 채취방법은 앞에 발표된 논문과 동일하다(전과 하, 1989). 정점 1(구포)은 최대 만조시 염분도가 4‰ 까지 이르나 비교적 해수의 영향이 적은 곳으로 생활하수의 유입이 많은 지역이다. 정점 2(명지)는 담수와 해수의 교차가 늘 일어나는 지역으로 생활하수 및 공장폐수의 영향이 심한 곳이다. 정점 3은 대대포 앞바다로 통상 염분도가 25-30‰ 로 유지되며 해양의 특성을 보인다. 정점 3은 수심이 깊어 상(St. 3-S), 하층(St. 3-B)으로 구분하여 조사하였다. 채취한 시료에 대하여 12개의 물리화학적 요인(수온, pH, 염분도, 용존산소량, 생화학적 산소요구량, MBOD, MBOD-N, MBOD-P,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ )과 6개의 생물학적 요인(총세균, 종속영양세균, 분변성 대장균, 포자형성세균, *Aeromonas*, 염록소 a)을 측정하였다. 종속영양세균은 N-0배지(beef extract 3g, peptone 5g, agar 15g, water from St. 1 1l), N-10배지(beef extract 3g, peptone 5g, agar 15g, water from St. 2 1l) 및 Z-25배지(yeast extract 3g, peptone 5g, ferric phosphate 0.1 g, agar 15g, water from St. 3 1l)의 3종류의 배지를 사용하여 측정하였으며 *Aeromonas* 의 개체수는 Kaper 등(1981)의 방법에 의하여 MPN 방법으로 측정하였다.

### 통계 분석

모든 통계처리는 VAX-11 computer(서울대학교, 전자계산소)를 이용하였다. 기초 통계량, Pearson 상관관계수, 중회귀 분석 및 주요인 분석

(principal component analysis)는 SPSS-X와 SAS package를 이용하여 실행하였다. 일부자료는 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)에 바탕을 둔 정규성 조사에 의하여 heteroscedasticity를 줄이기 위한 상용로그 변형을 하여 통계분석을 하였다. 분변성 대장균과 cluster 1, 2는  $\log(X+1)$ 로, 다른 미생물학적 요인과 MBOD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2$  및  $\text{NO}_3$  는  $\log(X)$ 로 변형하였다.

## 결과 및 고찰

각 조사정점에서의 물리화학적 및 생물학적 요인의 평균치는 Table 1에 나타냈다. 조사기간 중 무기성 질소화합물의 평균농도가 mg 단위로 기록되어 일반적인 연안이나 하구지역의 경우에 비해(Ryther and Dunstan, 1971) 낙동강 하구의 질소오염이 심함을 알 수 있다.

낙동강 하구 생태계의 특성을 알아보기 위하여 *Aeromonas* 개체수를 제외한 나머지 환경요인을 변수로 하여 주요인 분석(Principal component analysis)을 한 결과 5가지의 주요인들이 추출되었다(Table 2). 첫번째 주요인은 pH와 염분도에 음의 값이 걸려 담수의 영향정도를 나타내는 것으로 해석하였다. 주요인 1에는 무기성 질소화합물과 세균도 양의 값이 나타나 무기성 질소화합물이 담수에 의해 유입되어 조사지역의 세균증가를 야기시킴을 알 수 있다. 주요인 1에 의하여 조사지역의 환경변화는 35.6%가 설명된다. 주요인 2는 BOD와 암모니아염 질소 및 아질산염 질소에 양의 값이 걸려 생활하수의 유입으로 볼 수 있으며 생활하수의 유입이 총 세균수에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 포자형성 균주에는 높은 음의 값이 걸려 주요인 2에는 인근 토양으로부터의 영향이 반영되지 않고 있다. 주요인 3은 수온 증가에 의한 식물성 플랑크톤의 증가를 나타내어 적조현상으로 생각된다. 주요인 4는 무기영양염류 유입의 감소로 인한 DO의 증가로 볼 수 있어 무기영양염류의 유입정도로 해석하였다. 무기영양염류의 감소는 종속영양세균 특히 해양토착성 세균의 증가를 야기시키고 있다. 주요인 5는 염분도에 양의 값이, 염록소 a와 DO에 음의 값이 나타나 해수에 의한 영향정도를 나타내는 요인으로 보인다. 이러한 해석은 염분도와 염록소 a가 음의 상관관계를 나타내며( $r = -0.46$ ,  $p < 0.05$ ), 무기영양염류의 영향을 통제한 편상관계수 조사시 염록소 a와 DO 간에 강한 상관관계를( $r = 0.68$ ,  $p <$

**Table 1.** Mean values of abiotic and biotic parameter at each site of Naktong Estuary. Standard values are represented in parenthesis

Parameter	St. 1	St. 2	St. 3-S	St. 3-B	Unit
Temperature	16.8( 8.7)	6.9( 7.9)	18.9( 5.8)	18.2( 6.2)	°C
pH	7.2( 0.4)	7.5( 0.4)	8.0( 0.2)	8.0( 0.3)	
Salinity	1.5( 1.9)	9.3( 5.9)	22.6( 5.3)	25.8( 2.4)	‰
DO	7.1( 1.2)	6.4( 0.6)	7.3( 0.7)	7.0( 0.7)	mg/l
BOD	6.5( 3.2)	6.1( 2.8)	6.0( 2.9)	5.2( 2.8)	mg/l
MBOD	46.8( 21.4)	38.8( 22.4)	67.6( 51.7)	40.4( 22.0)	mg/l
MBOD-N	529.0(278.2)	503.0( 280.3)	538.0(247.8)	556.0(264.6)	mg/l
MBOD-P	54.0( 22.1)	47.2( 21.6)	57.6( 33.9)	44.4( 28.5)	mg/l
MH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	92.4( 91.5)	124.6( 60.7)	17.2( 28.6)	15.2( 19.9)	μg/l
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	29.8( 29.6)	35.4( 19.9)	7.2(6.5)	6.6( 6.7)	μg/l
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1108.8(945.5)	847.8(1052.3)	233.0(358.8)	109.6(117.7)	μg/l
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	23.0( 31.7)	30.8( 15.3)	32.5( 21.3)	39.1( 19.2)	μg/l
Chl a	7.7( 6.4)	11.2( 7.2)	3.9( 1.2)	2.8( 1.2)	mg/m <sup>3</sup>
Spo	29.2( 32.4)	30.4( 40.8)	12.4( 18.6)	2.2( 1.3)	cell/ml
TB	200.8( 33.5)	263.2( 97.4)	72.3( 51.8)	36.6( 9.9)	10 <sup>4</sup> cells/ml
HB1	3.7( 3.4)	7.8( 6.6)	1.2( 1.0)	0.3( 0.5)	10 <sup>4</sup> cells/ml
HB2	1.9( 1.3)	6.5( 1.6)	2.9( 4.1)	0.3( 0.5)	10 <sup>4</sup> cells/ml
HB3	1.3( 1.9)	7.0( 9.9)	1.6( 1.5)	0.5( 0.5)	10 <sup>4</sup> cells/ml
TC	0.2( 0.2)	2.8( 3.3)	0.3( 0.5)	0.03( 0.04)	10 <sup>4</sup> MPN/100 ml
FC	0.07( 0.05)	1.1( 2.0)	0.04( 0.05)	0.007( 0.01)	10 <sup>4</sup> MPN/100 ml
Aero	0.6( 0.9)	3.3( 1.8)	0.7( 1.0)	0.04(0.04)	10 <sup>4</sup> MPN/100 ml

\*Abbreviations: Chl 1, chlorophyll a; Spo, spore-forming bacteria; TB, total bacteria; HB1, heterotrophic bacteria on N-O medium; HB2, heterotrophic bacteria on N-10; HB, heterotrophic bacteria on Z-25 medium; TC, total coliform bacteria; FC, fecal coliform bacteria; Aero, *Aeromonas* spp.

0.05) 보인 것에 의해 뒷받침된다. 그러나 주요인 5에 의해 설명되는 환경의 변화는 10% 미만으로 나타났다.

5개의 주요인들의 정점별 평균치는 Table 3에 나타나 있다. 정점 1에서는 주요인 1만 양의 평균 값을 보여 주로 담수의 영향권내에 있으며 무기질 소화합물과 생활하수의 유입에 의해 크게 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 반면 정점 2는 5개의 주요인이 모두 양의 값을 보여 담수의 영향과 해수의 영향이 동시에 나타나는 정점으로 매우 복잡한 환경변화를 보임을 알 수 있다. 특히 정점 2에서는 세균군집의 크기가 급격히 증가하여 주위에 뚜렷한 오염원이 존재할 것으로 추정된다(Coleman *et al.*, 1974). 이는 주요인 2가 높은 평균값을 나타내고 있는 것에서 간접적으로 알 수 있으며 정점 2의 입지조건과도 부합된다. 정점 3의 상층은 주요인 4와 5가 양의 평균치를 보여 무기염류의 감소로 인한 DO 증가와 해수의 영향에 의한 DO

감소가 상보적으로 영향을 마치고 있는 것으로 나타났다. 정점 3의 하층은 담수의 영향이 가장 적 으며 (mean of PRIN1=-2.35) 해수의 영향이 주로 나타나 해양의 특성이 강하게 나타나는 정점으로 생각된다.

*Aeromonas*는 일반적으로 담수성 미생물로 알려져 있으나 하구지역의 해양에서도 발견되며 오히려 담수보다는 염분도가 나타나는 수계에서 더 높은 개체수를 보인다(Hazen *et al.*, 1978). 본 조사에서도 염분도의 변화가 심한 정점 2에서 *Aeromonas* 개체수가 평균  $3.3 \times 10^4$  MPN/100 ml 로 가장 높게 나타났으며 정점 3의 하층에서도 평균  $4.0 \times 10^2$  MPN/100 ml 로 관찰되었다. 이러한 정점별 개체수의 차이는 분산분석의 결과 유의한 것으로 나타났다( $F=11.35$ ;  $d, f=3$ ;  $p<0.003$ ).

*Aeromonas* spp.의 분포에 영향을 미치는 환경 요인들을 알아보기 위하여 주요인 분석에서 얻은

**Table 2.** The first five principal components obtained for all the data from Nakdong Estuary \*

Parameter	Prin 1	Prin 2	Prin 3	Prin 4	Prin 5
Temperature		-0.37	0.33		0.42
pH	-0.34				
Salinity	-0.35				0.39
Dissolved oxygen	-0.22			0.23	-0.66
BOD		0.25	-0.48		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.29	0.24		-0.40	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.26	0.33		-0.38	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.26	-0.44			
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		-0.31		-0.32	
Chlorophyll a			0.53		-0.23
Total bacteria	0.34	0.25			
HB1	0.32			0.28	
HB2	0.31			0.2	0.29
HB3			-0.21	0.56	
Fecal coliform bacteria			0.45		
Spore-forming bacteria	0.27	-0.41			
Eigenvalue	5.53	2.66	2.07	1.60	1.16
Percentage of variation	34.6	16.6	12.9	10.0	7.3
Cumulative percentage	34.6	51.2	64.1	74.1	81.4

\*Abbreviations: HB1, heterotrophic bacteria in N-O medium; HB2, heterotrophic bacteria on N-10 medium; HB3, heterotrophic bacteria on Z-25 medium.

**Table 3.** Mean values of the first five principal components for each site of Nakdong Estuary. Standard deviation values are represented in parenthesis

Component	St. 1	St. 2	St. 3-S	St. 3-B
Prin 1	1.35 (1.35)	2.61 (1.28)	-1.61 (1.32)	-2.35 (0.35)
Prin 2	-0.19 (2.23)	0.53 (2.57)	-0.13 (0.74)	-0.21 (0.29)
Prin 3	-0.12 (1.61)	0.52 (2.40)	-0.22 (0.75)	-0.18 (0.67)
Prin 4	-0.60 (1.61)	0.42 (1.97)	0.37 (0.43)	-0.18 (0.30)
Prin 5	-0.98 (1.08)	0.36 (0.67)	0.30 (1.04)	0.31 (1.10)

5개의 주요인을 독립변수로 하여 중회귀분석을 한 결과 *Aeromonas* 개체수의 변화는 주요인 1에 의해 48.6%, 주요인 4에 의해 20.6%, 주요인 5에

**Table 4.** Partial r<sup>2</sup>(%) of significant principal components in the regression models for *Aeromonas* spp. in Nakdong Estuary

Parameter	r <sup>2</sup>	Partial r <sup>2</sup>	F
Prin 1	48.6	48.6	17.0
Prin 4	69.2	20.6	11.3
Prin 5	76.6	7.4	5.0
Prin 3	81.0	4.4	3.5

F = 15.89, p < 0.0001

의해 7.4%, 주요인 3에 의해 4.4%가 각각 지배 받는 것으로 나타났다 (Table 4). 생활하수의 유입 정도를 나타내는 주요인 2는 *Aeromonas* 개체수의 변화에 아무런 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. *Aeromonas* spp.의 분포와 환경요인과의 관계를 알아보기 위하여 환경요인을 독립변수로 하여 중회귀 분석을 실행한 결과 *Aeromonas* 개체수의 변화는 종속영양세균 (HB2)에 의해 75.1%, 이용가능한 질소원 (MBOD-N)에 의해 4.7

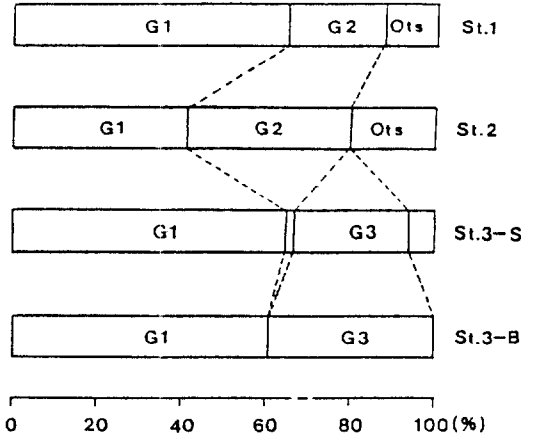
**Table 5.** Partial  $r^2$ (%) of significant independent variables in the regression models of *Aeromonas* spp. in Nakdong Estuary

Parameter	Coefficient	$r^2$	Partial $r^2$
Temperature	0.05	3.6	3.6
MBOD-N	0.001	8.3	4.7
FC	0.39	12.7	4.4
HB2	0.78	87.8	75.1

y intercept = -2.14,  $p < 0.0001$ ,  $F = 26.89$

Symbols are as in footnote of Table 1.

%, 분변성 대장균에 의해 4.4% 그리고 수온에 의해 3.6%의 지배를 받는 것으로 나타났다 (Table 5). *Aeromonas*의 개체수가 종속영양세균에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타난 결과는 Kaper 등(1981)의 결과 및 LeChevallier 등(1982)의 결과와 일치하였으나 Anacostia River에서의 Seidler 등(1980)의 연구결과 및 육수환경을 조사한 Rippey 등(1980)의 결과와는 일치하지 않았다. 그러나 수온의 영향에 대하여서는 Seidler 등(1980)과 Rippey 등(1980), Kaper 등(1981) 및 Hazen(1983)의 결과들이 서로 일치하며 본 연구의 결과와도 일치하였다. 수온의 감소에 의한 *Aeromonas* 개체수의 계절적 변동은 낮은 온도에서 *Aeromonas*의 대사활동이 낮기 때문에 개체수의 감소가 일어날 수 있다(Cavari *et al.*, 1981). 이용가능한 질소원도 *Aeromonas* 개체수에 영향을 주는 것으로 나타나 낙동강 하구의 특성이 *Aeromonas* 개체수 변화에 반영됨을 알 수 있었다. Hazen 등(1983)은 *Aeromonas*의 생존율이  $NH_4^+$  농도와 반비례하는 경향을 보이거나 실제로 *Aeromonas* 개체수와는 아무 연관이 없음을 발견하여 이를 *Aeromonas*가 식물성 플랑크톤에 부착하여  $NH_4^+$ 의 유해한 영향을 피하는 것으로 해석하였으며 중회귀 분석의 결과에서도 *Aeromonas* 개체수에 식물성 플랑크톤이 영향을 미치는 것으로 나타나  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$  등에 의해 간접적으로 영향을 받을 수 있음을 지적하였다. 육수환경에서 Rippey와 Cabelli(1980)는  $PO_4^{3-}$ 와 무기성 질소화합물들을 포함하는 영양화지수(trophic index)와 *Aeromonas* 사이의 상관관계를 보고하였다. 이러한 결과들로 미루어 볼 때, 질소원과 *Aeromonas*의 분포사이에 일반적인 상관관계가 있을 것으로 사료되나, 아직까지 영양원 순환의 관점에서 *Aeromonas*의 역할은 알려진 바



**Fig. 1.** Percent distribution of the major three clusters at each site which are classified on the basis of total 42 morphological and biochemical characteristics; G1, cluster 1; G2, cluster 2; G3, cluster 3; Ots, others

가 없다. 그러나 대부분의 하구와 담수에서 *Aeromonas* spp.가 종속영양세균의 10-75%까지 차지하는 것으로 알려져 있으며(Hazen and Gerale, 1983; Peele *et al.*, 1981), 본 연구에서도 약 10% 내외를 차지하는 것으로 나타나 상당한 역할을 담당할 것으로 예상된다.

전과 하(1989)에 의한 낙동강 하구에서 분리한 *Aeromonas*의 분류학적 연구에 의하면 낙동강 하구에서 분리되는 *Aeromonas*는 MR 실험과 glucose로부터의 가스생성 실험에 의하여 3개의 cluster로 나누어 지는 것으로 나타났다. 이들 3개 cluster의 지역적 분포상황을 보면 cluster 1은 모든 정점에서 나타나며, cluster 2는 정점 3의 상층에서도 일부 나타나나 주로 정점 1, 2에서 분리되었고, 정점 2에서 약간 높은 구성비를 보였다 (Fig. 1). 반면 cluster 3은 정점 3의 상, 하층에서 분리된 균주들로 구성되어 있었다. cluster 2와 3은 분포에 있어 지역적 차이를 보여 Kaper 등(1981)의 결과와는 달리 Schubert의 제안과 비슷한 결과가 나타났다. 즉 오염이 비교적 심한 정점 1, 2에서 MR 실험 양성반응과 glucose로부터 가스를 생성하는 cluster 2가 주로 발견되었으며 상대적으로 오염이 덜된 정점 3에서는 MR 실험 음성반응과 glucose에서 가스를 생성하지 않는 cluster 3이 주로 나타나 이들 cluster의 상대적 비율로서 오염도의 측정이 가능할 수 있는 것으로 사료되나 이에 대하여는 더 많은 사례연구가 필요

하다.

이상과 같은 결과로 볼 때, 낙동강 하구의 *Aeromonas* spp.는 토착성 균주 이외에도 인근지역으로부터의 지속적인 유입에 의하여 개체수가 유

지됨을 알 수 있으며 *Aeromonas*의 분포가 이용 가능한 질소원 및 분변성 대장균과 상관관계를 나타내어 오염지표 미생물로서의 가능성도 사료되는 바, 지속적인 *Aeromonas*의 연구가 필요하다.

## 적 요

1986년 8월부터 12월까지 낙동강 하구의 3정점에서 *Aeromonas*의 분포 및 이에 영향을 미치는 환경요인을 조사하였다. 조사기간 중 *Aeromonas* spp. 개체수 변화는  $4.3 \times 10^2 - 4.6 \times 10^4$  MPN/100 ml로 기록되었다. 분산분석의 결과 *Aeromonas* spp.의 분포는 정점간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며 정점 2에서 가장 높은 개체수를, 정점 3-B에서 가장 작은 개체수를 보였다. *Aeromonas* spp.의 분포에 영향을 미치는 환경요인을 알아보기 위하여 중회귀 분석 및 주요인 분석(principal component analysis)을 한 결과 *Aeromonas* spp.의 분포는 담수의 유출과 무기영양염류의 유입에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며 종속영양제균, 이용가능한 질소원, 분변성대장균 및 수온과 밀접한 상관관계를 나타내었다.

## 사 사

본 연구의 수행 동안 많은 격려를 아끼지 않으셨던 고 홍순우 교수님께 감사사를 드립니다. 또한 여러 방면으로 실험을 도와준 안태영 박사, 박중찬 군에게도 고마움을 전합니다.

## REFERENCES

1. 강철희, 이주식, 1985. 한강 분류에서의 장내세균의 분포 및 분포형태의 분석에 관하여. 이주식 교수 정년기념 논문집. pp. 232-235.
2. 최성찬, 1986. 수동천 수계에서의 세균의 분포와 생리적 활성도. 서울대학교 자연과학대학원 석사학위논문.
3. 전도용, 하영철, 1989. 낙동강 하구에서 분리한 *Aeromonas* spp.의 수리학적 분류 및 특성. *Kor. Jour. Microbiol.* 27, 359-364.
4. Burke, V., J. Robinson, M. Copper, J. Beaman, K. Partridge, D. Peterson and M. Gracey, 1984. Biotyping and virulence factors in clinical and environmental isolates of *Aeromonas* species. *Appl. Environ. Microbiol.* 47, 1146-1149.
5. Cavari, B.Z., D.A. Allen and R.R. Colwell, 1981. Effect of temperature growth and activity of *Aeromonas* spp. and mixed bacterial populations in the Anacostia River. *Appl. Environ. Microbiol.* 41, 1052-1054.
6. Coleman, R.N., J.N. Campbell, F.D. Cook and D.W.S. Westlake, 1974. Urbanization and the microbial content of the North Saskatchewan River. *Appl. Microbiol.* 27, 93-101.
7. Hazen, T.C. C.B. Fliermans, R.P. Hirsh and G.W. Esch, 1978. Prevalence and distribution of *Aeromonas hydrophila* in the United States. *Appl. Environ. Microbiol.* 36, 731-738.
8. Hazen, T.C. and G.W. Esch, 1983. Effect of effluent from a nitrogen fertilizer factory and a pulp mill on the distribution and abundance of *Aeromonas hydrophila* in Albemarle Sound, North Carolina. *Appl. Environ. Microbiol.* 45, 31-42.
9. Hazen, T.C., 1983. A model for the density of *Aeromonas hydrophila* in Albemarle Sound, North Carolina. *Microb. Ecol.* 9, 137-153.
10. Hird, D.W., S.L. Diesch, R.G. Mckinnell, E. Gorham, F.B. Marthin, C.A. Meadows, and M. Gasiorowshi, 1983. *Enterobacteriaceae* and *Aeromonas hydrophila* in Minnesota frogs and tadpoles (Ranapipeins). *Appl. Environ. Microbiol.* 46, 1423-1425.
11. Kaper, J.B., H. Lockman, R.R. Colwell and S.W. Joseph, 1981. *Aeromonas hydrophila*: Ecology and toxigenicity of isolates from an estuary. *J. Appl. Bacteriol.* 50, 359-377.
12. Kooij, D.V.D., A. Visser and W.A.M. Hijnen, 1980. Growth of *Aeromonas hydrophila* at low concentrations of substrate added to top water. *Appl. Environ. Microbiol.* 39, 1198-1204.
13. LeChevallier, M.W., T.M. Evans, R.J. Seidler, O.D. Daily, B.R. Merrell, D.M. Rollins and S.W. Joseph, 1982. *Aeromonas sobria* in chlorinated drinking water supplies. *Microb. Ecol.* 8, 325-333.
14. Peele, E.R., F.C. Singleton, J.W. Deming, B. Cavari and R.R. Cowell, 1981. Effects of pharmaceutical wastes on microbial populations in surface waters at the Puerto Rico dump site in the Atlantic ocean. *Appl. Environ. Microbiol.* 41, 873-879.
15. Rippy, S.R. and V.J. Cabelli, 1980. Occurrence of *Aeromonas hydrophila* in limnetic environments: relationship of the organism to trophic state. *Microb. Ecol.* 6, 45-54.

16. **Ryther, J.H. and W.M. Dunstan**, 1971. Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*. **171**, 1008-1013.
17. **Schubert, R.H.W.**, 1974. *Aeromonas*, pp.345-348. In R.E. Buchanan and N.E. Gibbones (ed) *Bergey's manual of determinative Bacteriology* 8th ed. Williams and Wilkins. Baltimore.
18. **Seidler, R.J., D.A. Allen, H. Lockman, R.R. Colwell, S.W. Joseph and O.P. Dailly**, 1980. Isolation, enumeration, and chracterization of *Aeromonas* from polluted waters encountered in diving operation. *Appl. Environ. Microbiol.* **39**, 1010-1018.

**(Received October 25, 1989)**