

## 낙동강 하구생태계의 환경변화에 따른 종속영양세균의 생리학적 특성

권오섭

인제대학교 자연과학대학 환경학과

낙동강 하구인 건설에 따른 하구생태계의 변화를 파악하기 위하여 축조 전후의 환경인자와 종속영양세균의 생리적 특성을 요인분석에 의해 비교하였다. 하구인 축조 후 해수유입의 영향이 급격히 감소하였으며, 축조 전 50.7%를 차지하던 영양물질의 과다와 관련된 환경변수가 축조 후 77.1%로 증가하였다. 하구인 축조 전 환경변수와 종속영양세균의 생리적 특성 사이에 밀접한 관련성을 나타냈으며, 축조 후에도 종속영양세균의 생리적 특성이 영양물질의 과다와 관련된 형질로 대부분 해석되어 환경변화와 분포 미생물의 생리적 특성 사이의 관련성을 나타내었다. 그러나 하구인 축조에 따른 해수유입의 차단에도 불구하고 분리균주의 생리적 특성에 의한 요인분석의 3번째 주요인이 호염성 형질로 해석되어 낙동강 하구의 환경변화에 따른 종속영양세균의 형질이 아직 완전 안정화되지 않은 것으로 사료된다.

**KEY WORDS** □ Factor analysis, river barrage, heterotrophic bacteria, Naktong Estuary

하구생태계는 생산성이 매우 큰 생태계로 고대로부터 인간활동과 밀접한 관계를 지녀왔다 (26). 그러나 최근 인간에 의한 하구의 개발은 하구생태계의 변화를 초래하여 서식생물의 종조성 및 특성의 변화를 초래하였다 (16, 20). 이러한 생태계에서 특히 분해자로서 중요한 위치를 차지하는 종속영양세균의 분포는 여러 환경요인의 영향을 받으며, 특히 자연수계에서 유기물 농도는 매우 낮아 이들의 농도변화가 종속영양세균의 분포에 영향을 미치는 중요한 제한요인으로 작용하여 각종 오염물의 영향을 나타내는 지표생물로 사용되기도 한다 (13, 24). 환경요인이 시시각각으로 변하는 하구생태계는 서식생물의 분포에 미치는 제한요인이 수시로 바뀌는 복잡한 생태계이다. 더우기 낙동강 하구는 자연현상에 의한 변화뿐만 아니라, 생활하수와 공장폐수, 농업용수 등 인간활동에 의한 환경요인의 변화도 상당하며, 특히 해수의 유입을 막기 위해 최근 축조한 하구인은 이러한 인위적 변화를 더욱 유발시켜 종속영양세균의 생리적 특성에 미치는 영향이 상당할 것으로 사료된다.

종속영양세균의 분포에 미치는 환경요인의 분석은 쉽지 않으나, Väätänen (25)과 안 등 (5)은 다중회기분석 (multiple regression analysis)에 의해 연안과 하구에서 환경요인과 세균과의 관계에 대하여 연구하였으며, Niemela and Sundman (21), Bell 등 (11), Ecolani (15), 홍 등 (9), 이 (6) 등은 다중회기분석에 의해 파악되지 않는 작은 군락이나 현상까지 포함하는 요인분석 (factor analysis)에 의해 파악하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 요인분석에 의해 하구인 축조 전후의 환경요인을 각각 조사하여 하구인 건설이 미생물생태계에 미치는 영향을 생태학적 관점에서 비교분석하고, 하구생태계의 환경변화가 종속영양세균의 분포특성에 미치는 영향을 파악하기 위해 환경인자에 의한 요인분석의 결

과와 분포세균의 생리학적 특성에 의한 요인분석의 결과를 비교하여 환경변화와 종속영양세균의 생리적 특성 사이의 관계를 알아보고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 조사일정 및 조사정점

낙동강 하구인 축조 전인 1985년 7월부터 1986년 12월과 축조 후인 1989년 4월부터 1990년 7월까지 매월 낙동강 하구의 구포, 하구인, 다대포의 상하층수 등 4개 정점에서 시료를 채수하였다. 각 정점별 특성은 권 등(2)과 권 (1)에 표기한 바와 같다.

#### 물리화학적 환경인자분석

수온(TEM), pH(PH), 염분(SAL), DO 등은 현장에서 측정하였으며, BOD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(AMM), NO<sub>2</sub>(NIT), NO<sub>3</sub>(NAT), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>(PHO) 등은 APHA (10)에 따라 분석하였다. 강우량(PRE)과 일사량(RAD)은 기상월보(7)의 자료를 이용하였다.

#### 생물학적 환경인자분석

염록소 a(CHL)의 양은 Strickland and Parsons (23)에 의거하여 측정하였다. 종속영양세균의 개체수 (N0, N10, Z25)는 염분의 농도가 다른 3종류의 영양배지를 각각 이용하여 측정하였다 (2). 지질분해세균(lipolytic bacteria, LIP)과 단백질분해세균(casinolytic bacteria, CAS)의 개체수는 Cowan (14)에 따라 측정하였다. 포자형성세균(spore-forming bacteria, SPO)의 개체수는 80°C에서 20분간 처리한 시료를 영양배지에 접종하여 나타난 군락을 계수하였다 (12). 총대장균(total coliforms, TC)과 분변성 대장균(fecal coliforms, FC)의 개체수는 lactose broth tubes에 의한 MPN법으로 측정하였다 (10).

**종속영양세균의 분리 및 형질실험**

염분의 농도가 다른 3 종류의 영양배지 (N-0, N-10, Z-25)에 의한 종속영양세균의 정점별 개체수 측정 후, 각 정점에서 가장 많은 개체수를 나타내는 배지에서 매월 20~30 균주를 무작위로 선택하여 순수분리하였다. 순수분리균주를 대상으로 35 가지의 형태학적, 생리학적 형질(2)에 대하여 실험하였으며, 실험 방법은 Cowan (13)과 Gerhardt 등 (17)에 따라 행하였다.

**통계분석**

환경인자 중 미생물의 개체수는 heteroscedasticity를 줄이기 위하여  $\log_{10}X$  혹은  $\log_{10}(X+1)$ 로 변형시켜 분석하였다. 형질실험 결과에 의한 요인분석은 양성을 1, 음성을 2로 표기한 월별 정점별 평균치를 변수로 하여 전 실험균주의 10% 이하가 음성의 결과를 나타내거나, 90% 이상의 균주가 양성의 결과를 보이는 항목은 제외시켰으며, Pearson correlation coefficients에 의해 매우 밀접한 상관성을 나타내는 형질 및 환경인자 중에서 한 가지의 분석항목만 포함시켰다 (22). 요인분석은 SPSS package를 이용하여 수행하였으며, eigenvalue가 1.0 이상인 주요인만을 구하였다.

**Table 1.** Varimax rotated factor matrix with normalized environmental variables before the construction of river barrage in Naktong River Estuary

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	COMM
TEM		.56		.75	.92
PH	-.82				.73
SAL	-.91	-.23			.91
DO		-.71			.54
AMM	.45	-.36			.38
NIT	.57	.54			.66
NAT	.65		-.29		.53
PHO			.34		.15
CHL	.66				.47
LIP	.61	.24	.53		.74
CAS	.57	.26	.46		.75
NO	.86		.34		.91
N10	.80		.42		.90
Z25	.27		.82		.83
TC	.78	.26	.35		.84
FC	.74	.28	.37		.78
SPO	.54	.47	.22	-.23	.80
PRE		.76	.24		.82
RAD				.86	.82
EIGEN	7.89	2.66	1.58	1.48	
PC.VA	38.0	12.7	7.6	7.0	

Plus signs and factor loadings below 0.20 are omitted. EIGEN, eigenvalue; PC.VA, percent of variance; COMM, communality

**결 과**

하구언 축조 전에 측정된 환경인자에 의한 요인분석의 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같이 4개의 주요인을 나타냈다. 요인 1은 염분(-0.91), pH(-0.82)에 의해 매우 큰 음의 가중치를 나타내고, 미생물의 개체수(0.27~0.86) 및 질소삼태(0.45~0.65)와 양의 관계를 보여 "부영양화된 담수 및 분변성 오염물의 유입"으로 해석하였다. 요인 2는 강우량(0.76), 포자형성세균(0.47)과 양의 가중치를, 염분(-0.23) 및 DO(-0.71)에 의해 음의 가중치를 나타내어 "강우에 의한 토양의 유입"으로 해석하였다. 요인 3은 비록 염분의 가중치가 0.10으로 낮아 해석하기에 다소의 어려움이 있으나 Z25의 가중치가 0.82를 기록하여 "해수의 유입"으로 이해하였다. 요인 4는 수온 및 일사량과 매우 큰 양의 관계(0.75, 0.86)를 보여 "하계의 고온"으로 해석하였다. 이상의 4가지 주요인은 낙동강 하구생태계를 지배하는 환경변수의 65.3%를 설명하였다.

Table 2는 낙동강 하구언 축조 후 조사한 환경인자에 의한 요인분석의 결과를 나타내고 있다. 요인 1은 염분에 의해 -0.87의 가중치 관계를, 영양물질과 양의 관계(0.29~0.75)를 나타내어 "부영양화 담수의 유입"으로 해석하였으며, 요인 2는 수온, 포자형성세균, 강우량 등과 양의 관계(0.79~0.85)를, 염분과 -0.38의 가중치를 나타내어 "하계 강우에 의한 토양의 유입"으로 해석하였다. 요인 3은 강우량과 음의 관계(-0.41)를 보이고, BOD, 엽록소 a, 일사량 등과 양의 관계(0.57~0.91)를 나타내어 "갈수기의 유기물 증가"로 해석하였다. 요인 4는 각종 영양물질(0.23~0.42) 및 미생물의 개체수(0.28~0.93)와 양의 가중치 관계를

**Table 2.** Varimax rotated factor matrix with normalized environmental variables before the construction of river barrage in Naktong River Estuary

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	COMM
TEM		.85	.33		.85
SAL	-.87	-.38			.91
BOD	.29		.69	.41	.75
AMM	.75			.23	.63
PHO	.41	.55		.42	.66
CHL	.64		.57		.78
NO	.71			.41	.73
Z25				.93	.88
FC	.30	.30	.28	.55	.57
SPO	.35	.79		.28	.83
PRE		.80	-.41		.81
RAD			.91		.87
EIGEN	3.98	2.35	1.67	1.25	
PC.VA	33.2	19.6	13.9	10.4	

나타내어 “영양물질 및 분변성 오염물의 과다에 의한 미생물의 증가”로 해석하였다. 이상의 4가지 주요인은 하구언 축조 후 낙동강 하구생태계에 미치는 환경변수의 77.2%를 설명할 수 있었다.

Table 3은 하구언 축조 전 각 정점에서 매일 분리한 종속영양세균의 형질을 요인분석한 결과이다. 요인 1의 경우 1.5, 3.0, 5.0% NaCl에서의 성장과 매우 큰 양의 관계(0.79~0.94)를 보여, 해양미생물의 특성인 “호염성 혹은 내염성 형질”로 해석할 수 있다. 요인 2는 0% NaCl, KCN, pH 4.5 등과 양의 관계(0.65~0.85)를 기록하여, 담수 및 토양미생물의 특성인 “비호염성 및 호산성 형질”로 해석하였다. Starch, tween 80, gelatine, casein의 분해 및 이용능이 0.59~0.88의 상당히 큰 가중치를 주는 요인 3은 “유기물 분해능”으로 해석하였다. 요인 4는 탄소원으로 citrate의 이용성 및 KCN 내성과 각각 0.70, 0.77의 가중치 관계를 보였다. 요인 5는 oxidase 생성 변수와는 음의 관계(-0.56)를, 37°C와 44°C에서의 성장과는 각각 0.86, 0.83의 양의 관계를 나타내어 장내세균의 특성인 “oxidase-negative 및 고온성 형질”로 해석하였다.

하구언 축조 후의 분리균주의 특성에 의한 요인분석은 Table 4에 나타났다. 요인 1은 37°C, 44°C 및 pH 5에서의 증식과 각각 0.78, 0.92, 0.52의 큰 양의 가중치 관계를 보여 “고온성 및 호산성 형질”로 해석하였다. 요인 2는 starch를 제외한 tween 80, gelatine, casein, citrate 등과 양의 관계(0.26~0.59)를 보였으며, 또한 KCN과 pH 10에서의 성장과 각각

0.71, 0.96의 관계를 나타내어 “극한 상황에서의 다양한 물질분해”로 해석하였다. 요인 3은 OF, 3%와 5% NaCl에서의 성장과 큰 양의 가중치 관계(0.76~0.93)를 나타내어 “발효성, 호염성 형질”로 해석할 수 있으며, 요인 4는 starch, tween 80, gelatine 등의 분해능과 양의 관계(0.36~0.80)를 나타내어 “유기물질 분해능”으로 해석하였다. 요인 5는 토양에 많이 존재하는 탄수화물인 starch에 대한 가중치가 0.66으로 나타났으며, 또한 토양의 일반적 특성인 낮은 pH와 저염성을 나타내는 pH 5와 NaCl 0%에 대한 항목도 각각 0.39, 0.42의 가중치를 기록하여 “토양에서 유래한 세균의 특성”으로 해석하였다.

고 찰

하구생태계에서 하구언 축조와 같은 인공방조재의 건설은 간석지 감소, 물의 교환율 감소, 염분 감소 등의 현상을 초래하며, 그에 따라 분포생물상의 변화를 초래한다 (20). 하구언 건설 이후 나타난 환경 변화 중 가장 뚜렷한 것은 염분의 감소, 즉 해수유입의 감소와 각종 오염물의 증가로 나타났다 (1). 이와같은 단편적 환경인자에 의한 낙동강 하구생태계의 환경 특성은 하구언 축조 전후의 여러 환경인자에 의한 요인분석에 의해서도 잘 나타나, 하구언 건설 이전의 요인분석에서는 오염물질의 유입과 관련된 현상으로 해석된 주요인이 낙동강 하구를 지배하는 환경변수의 50.7%를 차지하였으나(Table 1), 하구언 건설 이후에

Table 3. Varimax rotated factor matrix with all test characters for the isolates before the construction of river barrage in Naktong River Estuary

Variable	Factor					Communality
	1	2	3	4	5	
Pigment(white)	.25		.23	.52	-.28	.50
OF(oxidative)				.33		.59
Starch hydrolysis		-.30	.59	-.40		.61
Tween 80 degradation			.73		.22	.66
Gelatine liquefaction			.88			.90
Growth at 37°C	.23	.20			.86	.95
44°C					.83	.76
pH 4.5	.24	.65		.48		.77
pH 9.5	.53		.26	.28	.21	.50
0.0% NaCl		.85	-.29			.87
1.5% NaCl	.91					.89
3.0% NaCl	.94					.93
5.0% NaCl	.79					.77
KCl (0.8~1.6%)		.83				.78
Oxidase production				.31	-.56	.59
Casein hydrolysis	.31	.25	.65			.60
Citrate utilization				.70		.59
KCN tolerance				.77		.75
Eigen value	5.80	3.80	2.67	1.43	1.22	
Percent of variance	35.1	23.0	16.2	8.6	7.4	

**Table 4.** Varimax rotated factor matrix with all test characters for the isolates after the construction of river barrage in Nakdong River Estuary

Variable	Factor					Communality
	1	2	3	4	5	
Pigment(white)	.34	.52				.43
OF fermentative	.24	.26	.76	.34		.85
Starch hydrolysis				.36	.66	.58
Tween 80 degradation	-.34	.59		.40		.67
Gelatine liquefaction		.27		.80		.75
Growth at 4°C				-.24	.48	.32
37°C	.78					.64
44°C	.92					.88
pH 5	.52	.48			.39	.67
pH 10	.24	.96				.99
0.0% NaCl	.43	.35	-.45	-.30	.42	.77
3.0% NaCl			.93			.91
5.0% NaCl			.85		.22	.68
Oxidase production				.71		.58
Casein hydrolysis	.24	.34			.63	.59
Citrate utilization	.74	.26				.65
KCN tolerance	.26	.71	.22		.23	.68
Eigen value	4.79	2.74	1.77	1.41	1.06	
Percent of variance	28.2	16.1	10.4	8.3	6.3	

는 4 가지 주요인 모두 영양물질의 과다 및 그와 관련된 현상으로 해석되어 환경변수의 77.1%를 설명할 수 있었다 (Table 2). 이러한 경향성은 특히 정점별 환경인자에 의한 요인분석의 결과 더욱 뚜렷이 나타나, 하구언 축조에 의한 해수 침투의 방지로 구포와 하구언에서는 축조 전에 비해 축조 후 해수의 영향이 전혀 발견되지 않거나 급격히 줄어들었으며, 해수역에 위치한 다대포에서는 담수의 영향이 축조 전에 비해 현격히 줄었다 (1). 이와 같이 부영양화된 담수 및 육상 생태계의 영향이 하구 및 연안생태계를 지배하는 주요인으로 작용하는 예는 Finland 연안 (25), Rhine-Meuse 하구 (16), 광양만 (8), 진해만 (6) 등에서 볼 수 있다. 그러나 홍 등(9)은 진해만의 미생물 분포에 관한 요인분석에서 산화된 질소에 의해 그 생태계 변화의 47%를 설명할 수 있다고 하였다. 분변성 오염원의 유입은 하구언 축조 전에는 첫번째 주요인으로 작용하였으나, 축조 후 네번째 요인으로 그 영향이 감소한 것은 하수도 정비, 종말처리장 건설 등에 의한 생활하수의 직접적인 하구로의 유입이 감소한 결과(4)로 사료된다.

하구언 건설 이전에 조사한 환경인자와 세균의 생리적 특성에 의한 요인분석의 결과 사이에는 밀접한 관련성을 보였다 (Table 1 & 3). 생리적 특성에 의한 요인분석의 첫번째 요인인 호염성 혹은 내염성 형질은 해양미생물 및 내염성 미생물의 일반적인 특성으로, 이는 환경요인에 의한 요인분석의 세번째 요인인 해수의 유입과 일치한다. 또한 두번째 요인인 비호염성 형질은 담수 및 토양미생물의 특성으로 환경인자에

의한 첫번째와 두번째 요인의 영향을 반영하고 있다. 유기물 분해능으로 해석한 생리적 특성에 의한 세번째 요인은 생리적 활성이 뛰어난 종속영양세균의 특성으로, 낙동강 하구생태계의 경우 부영양화된 담수 및 육상에서의 유입물 영향을 반영한 환경인자에 의한 주요인 중 첫번째와 두번째 요인과 관계된다. 생리적 특성에 의한 요인분석의 다섯번째 요인 oxidase-negative 및 고온성 형질은 장내세균의 일반적 특성으로, 환경인자에 의한 첫번째 요인인 분변성 오염물의 유입과 일치하였다. 그러나 하구언 건설 이후 환경인자와 분리균주의 특성을 변수로 한 요인분석의 결과 사이에는 건설 이전과는 다소 다른 양상을 나타냈다 (Table 2 & 4). 분리세균의 생리적 특성에 의한 요인분석의 1, 2, 4, 5번째 요인은 부영양화된 담수, 육상생태계의 유입물, 분변성 오염물 등의 영향과 관련된 환경인자에 의한 주요인 4가지와 일치하였다. 그러나 하구언 건설 이후 해수침투의 부분적 차단에 의해 해수유입이 주요인으로 작용하지 않지만 분리균주의 특성에 의한 요인분석 시 세번째 주요인이 호염성과 관련이 있는 형질로 해석되어 하구언 건설에 따른 환경변화에 종속영양세균집의 형질이 아직 완전 정착되지 않은 것으로 사료된다. 이러한 형질의 변화는 세균의 군집구조에도 영향을 미쳐 하구언 건설 이전의 새균집(18, 19)과는 다른 분포상을 이룰 것으로 사료된다. 낙동강 하구언 건설에 따른 식물성 플랑크톤군집의 변화에 관한 연구는 문과 최 (3), 조경제 (미발표) 등이 있으며, Rhine-Meuse 하구언 건설의 경우 조식의 감소로 용존산소가 결핍되어 형

기성 저질층에 서식하는 저서동물의 사망율이 급격히 증가하였다는 보고도 있다 (16). 그러나 분해자로서 생태계에 미치는 영향이 큰 종속영양세균의 경우 다른 생물상과 달리 오염에 의해 개체수가 늘어나는 경향을 나타내며, 특히 낙동강 하구연 부근은 건설 이전의 주위 환경과 달리 해안매립에 의해 새로운 공단과 택지조성, 하구연 상부에 퇴적된 저질층의 준설 등 인위적인 영향이 아직도 많이 일어나고 있으므로 이들 영향이 미치는 하구생태계 및 종속영양세균의 형질 변화에 관한 연구는 지속적이고 장기적인 조사에 의해 가능할 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구의 일부는 한국과학재단 기초연구비 지원 (과제번호 893-0404-010-2)에 의해 수행되었음.

## 참 고 문 헌

- 권오섭, 1991. 낙동강 하구연 건설에 의한 환경요인의 변화. 한국육수학회지 24, 231-238.
- 권오섭, 하영철, 홍순우, 1987. 낙동강하구에서의 미생물 다양성과 환경변화에 따른 내성환경. 한국미생물학회지 25, 229-237.
- 문창호, 최혜지, 1991. 낙동강 하구 환경특성과 식물플랑크톤의 군집구조에 관한 연구. 한국해양학회지 26, 144-154.
- 부산직할시, 1991. 장림하수처리장 건설에 따른 하구역 수질환경영향조사. pp. 120.
- 안태영, 조기성, 하영철, 1991. 낙동강 하구의 세균 분포와 활성에 미치는 환경요인. 한국미생물학회지 29, 329-338.
- 이준백, 1987. 마산만일대의 쌍편모조류 군집의 구조와 동태에 관한 연구. 한양대학교 대학원 박사학위논문.
- 중앙기상대~1985, 1990. 기상월보 (85/7~86/12, 89/4~90/7). 중앙기상대, 서울.
- 하영철, 홍순우, 안태석, 안태영, 조기성, 1984. 광양만에서 미생물 군집에 미치는 환경요인분석. 서울대학교 자연과학논문집 9, 141-150.
- 홍순우, 하영철, 안태석, 1985. 진해만의 수질과 생태계에 관한 요인분석에 관하여. 한국수질보전학회지 1, 9-17.
- APHA, 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. APHA, AWWA, WPCF, Washington, D.C.
- Bell, C.R., M.A. Holder-Franklin, and M. Franklin, 1982. Correlations between predominant heterotrophic bacteria and physicochemical water quality parameters in two Canadian rivers. *Appl. Environ. Microbiol.* 43, 269-283.
- B iter, M., 1977. Distribution of special physiological bacteri groups. pp.138-147. In G. Rheinheimer (ed.), *Microbial ecology of a brackish water environment*. Springer-Verlag, Berlin.
- Colwell, R.R. and J.D. Walker, 1977. Ecological aspects of microbial degradation of petroleum in the marine environment. *Crit. Rev. Microbiol.* 5, 423-445.
- Cowan, S. T., 1974. *Manual for the identification of medical bacteria*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Ecolani, G.L., 1985. Factor analysis of fluctuation in populations of *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* on the phyllophane of the olive. *Microb. Ecol.* 11, 41-49.
- Ferguson, H.A. and W.J. Wolff, 1984. The Haringvliet project: The development of the Rhine-Meuse estuary from tidal inlet to stagnant freshwater lake. *Wat. Sci. Tech.* 16, 11-26.
- Gerhardt, P.R., G. E. Murray, R. N. Costlow, E. W. Nester, W. A. Wood, N.R. Krieg, and G.B. Phillips, 1981. *Manual of methods for general bacteriology*. ASM, Washington, D.C.
- Hah, Y.C. and O-S. Kwon, 1988. Numerical taxonomy of heterotrophic bacteria in Naktong Estuary. *Kor. J. Microbiol.* 26, 247-255.
- Kwon, O-S. and Y.C. Hah, 1988. Characteristics of heterotrophic bacteria and their relationships with environmental parameters in Naktong Estuary. *Kor. J. Microbiol.* 26, 256-261.
- Leentvaar, J. and S.M. Nijboer, 1986. Ecological impacts of the construction of dam in an estuary. *Wat. Sci. Tech.* 18, 181-191.
- Niemela, S. and V. Sundman, 1977. Effects of clear-cutting on the composition of bacterial populations of northern spruce forest soil. *Can. J. Microbiol.* 23, 131-138.
- Rosswall, T. and E. Kvellner, 1978. Principal-components and factor analysis for the description of microbial populations, 2, 1-48. In: M. Alexander (ed.), *Advances in Microbial Ecology*. Plenum Press, London.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1968. *A practical handbook of seawater analysis*. Fish. Bd. Canada.
- Tagger, S., A. Bianchi, M. Julliard, J. Le Petit, and B. Roux, 1983. Effect of microbial seeding of crude oil in seawater in a model system. *Mar. Biol.* 78, 13-20.
- Väätänen, P., 1980. Effects of environmental factors on microbial populations on brackish waters off the southern coast of Finland. *Appl. Environ. Microbiol.* 40, 48-54.
- Wiegert, R.G., L.R. Pomeroy, and W.J. Wiebe, 1981. Ecology of salt marshes: an introduction, p. 3-20. In: L.R. Pomeroy and R.G. Wiegert (ed.), *The ecology of a salt marsh*. Springer-Verlag, Berlin.

(Received April 10, 1992)

(Accepted April 21, 1992)

---

**ABSTRACT: Analysis of Environmental Factors Affecting on the Physiological Characteristics of Heterotrophic Bacteria in Nakdong River Estuary**

**Kwon, O-Seob** (Department of Environmental Science, Inje University, Kimhae 621-749, Korea)

Environmental parameters and physiological characteristics of heterotrophic bacterial isolates were compared by factor analysis to investigate the influences of river barrage construction on the ecosystem of Nakdong River Estuary. After the construction of river barrage, the influence of seawater was no longer significant, and the influences of nutrients loading were increased from 50.7% to 77.1% of the environmental variances before and after the construction, respectively. The interpretations of features of bacterial physiological characteristics were closely related to environmental parameters as the results of factor analysis. But, differing from the environmental variances, it was found that the halophilic feature was the third factor of bacterial characteristics after the construction of river barrage. This suggests that the stability of Nakdong estuarine ecosystem and heterotrophic bacterial characteristics are not established till now.