

수영만의 수질환경과 대장균

2. 동계의 수질환경과 대장균에 관하여

이원재 · 박영태 · 강원배 · 임월애 · 이정화

부산수산대학교 미생물학과

The Environmental Factors and Coliform Group in Suyeong Bay

2. The environmental factors and coliform group during winter in Suyeong bay*

Won-Jae LEE, Young-Tae PARK, Won-Bae KANG, Wol-Ae LIM, Jeong-Hwa LEE

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

This paper deals with the distribution of coliform group bacteria and the environmental factors in Suyeong Bay from November 1990 to February 1991. The ranges of environmental factors were as follows : Salinity 16.84~34.93% , Dissolved Oxygen 0.58~6.79ml/l, COD 0.48~5.06 ppm, Nitrite 0.42~18.82µg-at/l, Nitrate 0.50~53.23µg-at/l, Ammonia 3.73~56.16µg-at/l, Silicate 5.18~147.29µg-at/l.

The coliform group and fecal coliform group ranged $1.1 \times 10^2 \sim 2.4 \times 10^5/100ml$, $1.7 \times 10 \sim 3.5 \times 10^4/100ml$ each other. The ratio of TC/FC was 1.73~58.49 during study periods. Among the composition of coliform group, *E. coli* was dominant(64.4%), which was appeared all studying stations. *E. coli* I type was accounted for 97.4% in the *E. coli*.

서 론

도시에 인접한 대부분의 연안하구 지역은 공장폐수나 도시하수의 유입으로 오염이 심화되어 부영양화가 되며, 이와같은 현상은 인구증가와 더불어 매년 증가하고 있다. 마산만의 경우는 공장폐수나 가정하수의 유입이 많으며 해수유동이 적어서 적조현상이 발생하

나, 수영만은 외해의 강한 조류의 영향으로 인하여 수영강으로 유입된 많은 오염물이 희석 확산되어 인근 해수욕장까지 영향을 미치고 있다.

연안 하구역에서의 수질환경과 대장균의 분포에 관한 연구는 김 등(1984)이 낙동강하구지역에서 수질의 환경인자와 대장균의 계절적 변화를 조사 보고 하였으며, 또한 김 등(1985)은 조석에 따른 낙동강 하류

*생명과학연구소 업적2호

24 Environment Factors and Coliform Group during winter

수질의 변화에 관해 조사하였다. 수영만을 대상으로 한 연구는 수질의 화학적 성분으로 수질의 오염정도(원 등, 1979)와 인근 해수욕장에 미치는 경관(원 등, 1979), 이(1982)의 수영만으로 유입되는 도시하수의 특성과 분포에 관한 연구가 있으나 대장균의 분포로서 오염 정도를 조사한 연구보고는 거의 없는 실정이다. 따라서 1차 연구로서 1989년 하계동안 수영만의 수질의 화학적 성분과 대장균의 관계에 관해 조사 보고 하였으며, 본 연구보고는 동계동안 조사한 수영만의 화학적 성분과 대장균의 분포에 관해 조사한 결과이다.

재료 및 방법

1. 시료채취

동계(1990년 11월, 12월, 1991년 1월, 2월) 동안에 하계(1990년 7, 8, 9월)에 조사한 17개의 정점(Fig. 1)을 동일 설정하여, 표·저층에서 각각 채수하였다. 환경인자 분석용 시료는 Nansen 채수기와 Van Dorn 채수기를 사용하였으며, 세균용 시료는 Niskin 개량형 채수기를 사용하였다. 채수된 시료는 Ice-box에 보관하여 실험실로 옮겨 분석하였다.

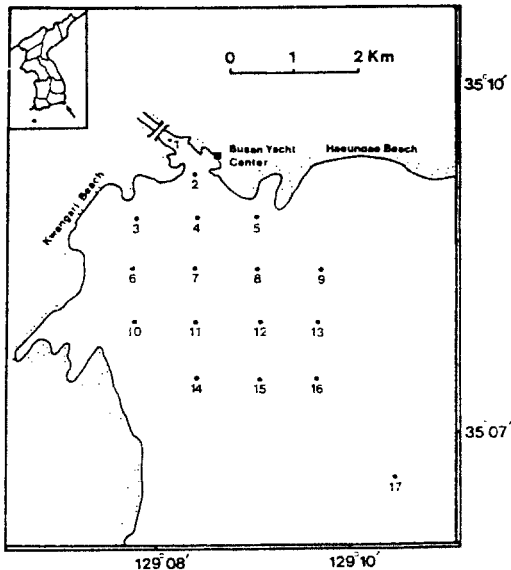


Fig. 1. Location of sampling station (Suyeoung bay).

2. 환경요인 및 대장균군 특성

시수의 수온은 봉상온도계로서 현장에서 측정하였으며, 염분은 염분계(Tsuri Seki Co., LTD)를 사용하였다. 용존산소량은 Winkler법(水の分析, 1983), 화학적 산소요구량은 과망간산 칼륨 알칼리법(水の分析, 1983)으로 측정하였다. 영양염류중 아질산염은 Sulfanilamide와 N-1-naphthylethylenediamine법, 질산염은 카드뮴 환원법, 암모니아는 인돌 페놀법, 규산염은 몰리브덴 청법으로 비색 정량 하였다(Strickland and Parsons, 1972). 대장균군 측정은 A.P.H.A.(1962)에 준하였다.

결과 및 고찰

1. 환경인자

조사기간 이화학적 환경인자의 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 연안 하구 부근에서 하천수의 유입 정도를 알 수 있는 염분은 16.84~34.66‰로 큰 변화폭을 보여주었다. 일반적으로 해수의 염분은 34.00‰(일반 해양학, 1971)이나, 수영강하구 부근의 표층은 담수의 영향으로 16.84~26.02‰로 연안하구 지역인 낙동강에서 김 등(1985)이 조사한 20.87~34.26‰에 비하면 작은 분포치를 보여주며 외양으로 향할수록 점차 증가하여 33.65~34.66‰로 일정한 분포 양상을 나타낸다(Fig. 2). 용존산소의 분포량은 표층이 0.58~6.79ml/l, 저층은 3.20~6.42ml/l로 용존산소의 포화량이 높은 동계임에도 불구하고 수영강하구 부근은 1.00ml/l이하의 무산소 현상을 보여주고 있다(Table 1). 수영천으로 유입되는 유기물로 인해 세기 되어 낮아진 용존산소량은 외양으로 향할 수록 증가하여 4.99~6.79ml/l의 분포를 보여준다(Fig. 3). 유기물오염의 지표인 COD(화학적 산소요구량)는 표층이 0.77~7.25ppm, 저층이 0.80~5.06ppm으로 표층이 다소 낮은 분포양상을 띄며 이는 계절에 따라 차이가 있겠지만 수영천을 통하여 유입된 유기물이 해수의 유동으로 확산되나 수온관계로 충분히 분해되지 않고 침전되는 것으로 사료되며, 김 등(1984)이 낙동강하구에서 동계동안 조사한 1.45~14.94ppm보다 변화폭이 적었다. Fig. 4는 수영강에 유입된 유기물이 외양으로 향할수록 분해

Table 1. Range of environmental factors in suyeng bay during studing periods

Month	1990				1991			
	November		December		January		February	
	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom
Temperature(°C)	19.1-20.0		12.2-19.9		8.0-9.2		8.0-9.0	
pH	7.1-8.1	7.8-8.0	7.0-7.9	7.8-7.9	7.6-7.8	7.8-8.0	7.0-8.0	7.8-8.0
salinity(%)	16.84-33.65	32.87-33.93	19.82-33.78	33.54-33.98	19.82-33.78	33.54-33.98	26.02-34.49	34.38-34.66
D.O(ml/l)	0.58-4.99	4.02-4.92	0.96-6.52	3.84-5.37	4.30-5.63	3.20-5.86	1.76-6.79	5.69-6.42
COD(ppm)	1.33-4.29	1.25-2.97	0.87-3.23	0.74-1.96	0.77-4.67	0.80-5.06	1.89-7.25	0.80-3.84
NO ₂ -N(µg-at/l)	0.63-18.82	0.47-1.13	0.61-11.65	0.42-3.44	0.48-2.70	0.48-0.90	0.64-6.60	0.56-1.34
NO ₃ -N(µg-at/l)	3.05-47.00	4.88-11.16	13.01-53.23	11.15-21.19	14.04-25.94	15.16-22.21	11.79-27.44	8.82-17.20
NH ₄ -N(µg-at/l)	3.73-50.83	2.60-7.87	5.30-56.16	1.16-9.50	4.04-32.74	3.61-9.82	2.66-39.52	1.09-5.31
SiO ₂ -Si(µg-at/l)	6.66-147.29	5.73-17.87	7.09-50.15	7.39-15.78	5.18-22.67	6.73-14.64	--	--

26 Environment Factors and Coliform Group during winter

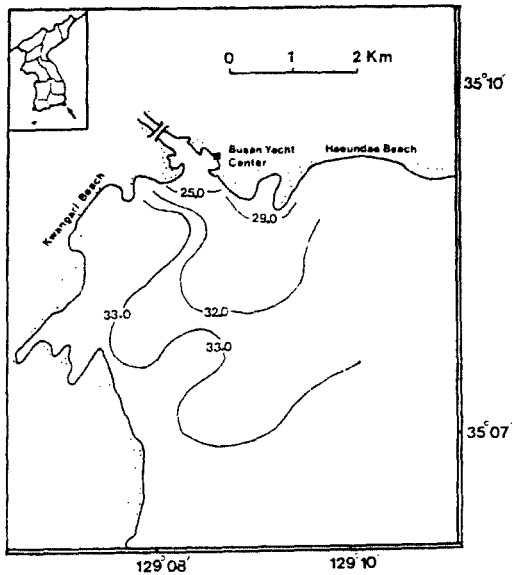


Fig. 2. Distribution of salinity on the surface seawater in November 1990.

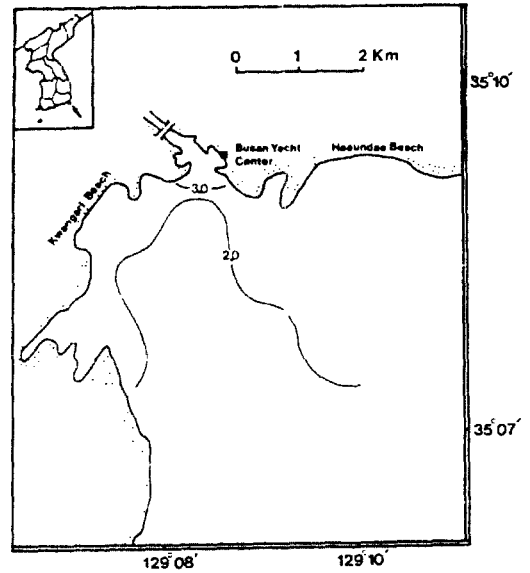


Fig. 4. Distribution of COD on the surface seawater in November 1990.

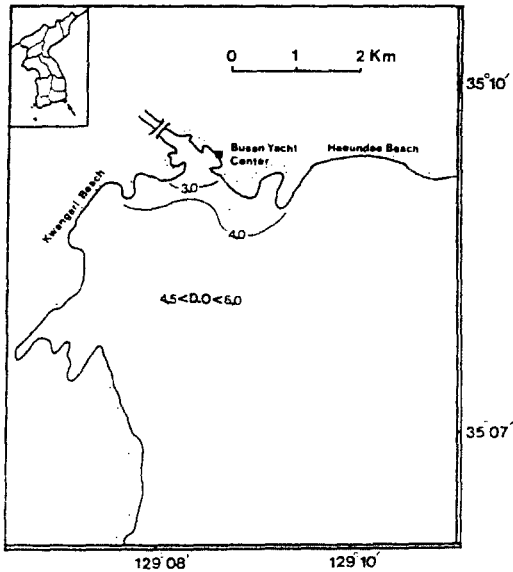


Fig. 3. Distribution of dissolved oxygen on the surface seawater in December 1990.

확산되는 현상을 보여준다.

해수중 영양염류는 해양생물의 필수성분으로서 해

수중에 일정한 비를 가지고 용존되어 있어 생물생체에 흡수되고 있다. Brocker(1974)에 의하면 해수중에는 평균 15 : 1 : 50의 비로 질소, 인산, 규소가 용존되어 있으며, 이 중 한 성분이라도 과잉 및 결핍되면 생물생체에 영향을 준다고 보고하였다.

조사기간 영양염류의 분포는 Table 1에 나타내었다. 아질산염의 분포는 표층이 $0.43 \sim 18.82 \mu\text{g-at}/\ell$ 으로 저층의 $0.42 \sim 3.44 \mu\text{g-at}/\ell$ 보다 변화폭이 크며 높은값을 보였다. 이는 밀도가 낮은 수영장의 오염수가 강하구의 표층수에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 질산염의 경우는 1990년 11월 $3.05 \sim 47.00 \mu\text{g-at}/\ell$, 12월 $11.15 \sim 53.23 \mu\text{g-at}/\ell$ 으로 1991년 1월의 $14.04 \sim 25.94 \mu\text{g-at}/\ell$, 2월의 $8.82 \sim 27.44 \mu\text{g-at}/\ell$ 보다 높은 분포치를 보여주었다. 수영강하구에서 외양으로 확산되는 분포를 Fig. 5에 나타내었다. 암모니아는 수영강하구의 표층이 $32.74 \sim 56.16 \mu\text{g-at}/\ell$ 으로 분포의 일부가 처리되지 않고 그대로 유입되는 것으로 사료되어 지며, 안(1987)이 동계 낙동강에서 조사한 $7.97 \sim 25.91 \mu\text{g-at}/\ell$ 보다 높은 분포치를 보여주어 낙동강에 비해 가정하수의 영향이 큰 것으로 생각되어진다. Fig. 6은 동계동안 수영강하구로부터 암모니아의 수평적 분포를 나타낸 것이다. 규산

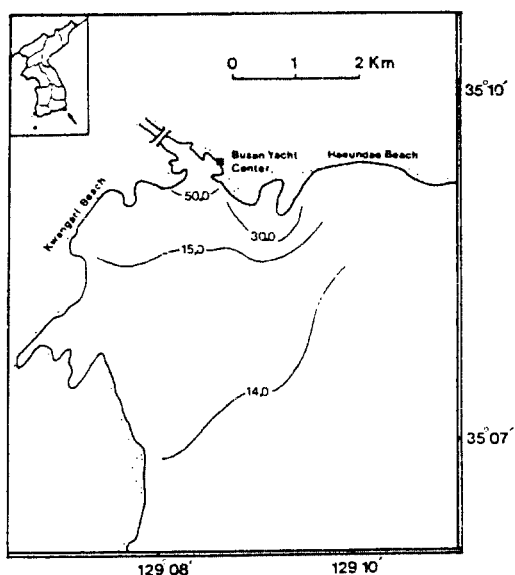


Fig. 5. Distribution of nitrate on the surface seawater in December 1990.

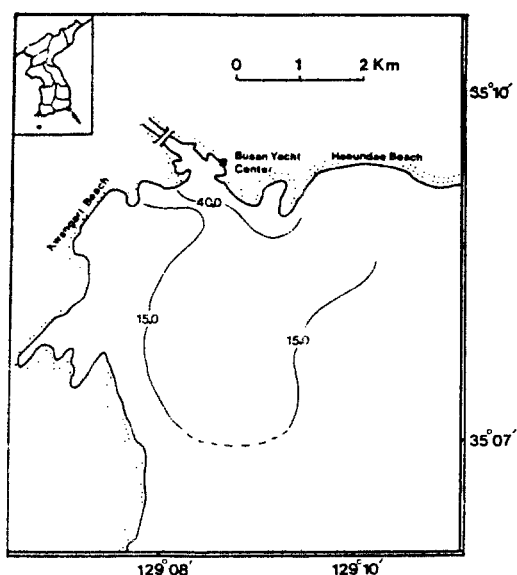


Fig. 6. Distribution of ammonia on the surface seawater in February 1991.

Table 2. The number of coliform and fecal coliform groups at each station (November, 1990~February, 1991)

Stations	Total Coliform(MPN/100ml)		Fecal Coliform(MPN/100ml)		TC/FC
	Range	Mean	Range	Mean	
1 S*	$3.1 \times 10^3 - 2.4 \times 10^5$	89,625	$2.2 \times 10^2 - 3.4 \times 10^3$	1,780	50.35
	B**	$2.7 \times 10^3 - 1.6 \times 10^5$	43,275	$1.7 \times 10^3 - 2.5 \times 10^5$	1,085
2 S	$7.9 \times 10^3 - 1.1 \times 10^5$	42,198	$2.1 \times 10 - 3.5 \times 10^4$	9,805	4.30
	B	$2.3 \times 10^3 - 4.6 \times 10^3$	14,858	$1.1 \times 10 - 1.3 \times 10^5$	553
3 S	$3.5 \times 10^2 - 7.9 \times 10^3$	3,260	$3.3 \times 10 - 1.5 \times 10^3$	493	6.61
	B	$2.3 \times 10^2 - 7.9 \times 10^3$	1,455	$2.1 \times 10 - 2.2 \times 10^2$	91
5 S	$1.3 \times 10^3 - 2.4 \times 10^5$	88,650	$3.3 \times 10 - 2.2 \times 10^4$	6,023	14.72
	B	$1.1 \times 10^2 - 2.4 \times 10^3$	1,348	$1.3 \times 10 - 4.3 \times 10^2$	225
8 S	$1.7 \times 10^2 - 2.4 \times 10^5$	66,318	$2.6 \times 10 - 9.3 \times 10^3$	2,519	26.33
	B	$1.1 \times 10^4 - 2.4 \times 10^4$	6,375	$1.7 \times 10 - 2.4 \times 10^2$	109
16 S	$4.9 \times 10^2 - 2.4 \times 10^4$	9,648	$2.2 \times 10^2 - 4.3 \times 10^3$	1,310	7.36
	B	$3.3 \times 10^2 - 2.3 \times 10^3$	1,115	$1.1 \times 10^2 - 1.3 \times 10^3$	643
17 S	$4.6 \times 10^2 - 2.4 \times 10^4$	9,523	$1.7 \times 10 - 4.3 \times 10^3$	1,987	4.79
	B	$1.2 \times 10 - 2.3 \times 10^2$	488	$1.2 \times 10 - 4.3 \times 10^2$	198

* S ; surface ** B ; Bottom

28 Environment Factors and Coliform Group during winter

염은 기원이 주로 육지이며 수영강하구에서 1990년 11월에 147.29 $\mu\text{g-at}/\ell$, 12월 48.48 $\mu\text{g-at}/\ell$, 1991년 1월에 22.67 $\mu\text{-at}/\ell$ 로서 수영강하구 부근이 가장 높으며 외해로 갈수록 감소 되어진다.

2. 대장균의 분포

동계동안 대장균군의 지점별 평균 최확수의 분포는 표층이 $1.7 \times 10^2 \sim 2.4 \times 10^5/100\text{ml}$, 저층이 $1.2 \times 10 \sim 1.6 \times 10^5/100\text{ml}$ 로 큰 분포차를 보여 주었다(Table 2). 수영강하구 부근은 표층이 $3.1 \times 10^3 \sim 2.4 \times 10^5/100\text{ml}$, 저층이 $2.7 \times 10^3 \sim 1.6 \times 10^5/100\text{ml}$ 으로 김(1975)이 충무일대 해역에서 조사한 $1.8 \sim 1.3 \times 10^4/100\text{ml}$ 에 비해 높은 분포치를 보여주며 외양으로 갈수록 수영천으로 유입된 오염수가 확산 됨을 알 수 있다. 분변계 대장균군의 분포 범위는 표층이 $1.7 \times 10 \sim 3.5 \times 10^4/100\text{ml}$, 저층이 $1.1 \times 10 \sim 2.5 \times 10^3/100\text{ml}$ 로 변화폭이 컸다. 이와같은

현상은 낙동강하구에서 조사한 총대장균과 분변계 대장균의 분포양상은 염분과 깊은 환경요인에 대한 내성의 차이에 의한다는 안(1987)의 보고와 일치하며, 분변계 대장균군의 분포치는 김 등(1984)이 낙동강 하구역에서 가을과 겨울시기에 조사한 $15 \sim 4.6 \times 10^3/100\text{ml}$ 와 비슷한 분포치를 보였다. 또한 수영강 하구에서는 표층이 $1.8 \times 10^3 \sim 9.8 \times 10^3/100\text{ml}$, 저층이 $5.5 \times 10^2 \sim 1.1 \times 10^3/100\text{ml}$ 으로 높으나 외양으로 갈수록 낮은 분포치를 보여주며, 사람의 왕래가 많은 곳에 분변계 대장균의 오염도가 높다는 Geldreich *et al.*(1968)의 보고와 일치한다. 자연계에 서식하는 비분변성 대장균군(Non-fecal coliform group)과 분변성 대장균군(Fecal coliform group)의 비교치를 지표로 이용하는 TC/FC비는 본 조사에서는 1.73~58.49로서 큰 차이를 보여주었다(Table 2).

분리된 대장균군을 IMVIC Test 및 EC Test에 의한

Table 3. Composition of *E. coli* type by IMVIC test at each station (November 1990~February 1991)

Types	Station	1	2	3	5	8	16	17
		Number of strain(%)						
Surface								
<i>E. coli</i>	I	5(62.5)	6(85.7)	4(50.0)	3(60.0)	7(87.5)	2(40.0)	8(88.9)
	II	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0
	IV	1(12.5)	0	1(12.5)	0	0	1(20.0)	0
<i>Enterobacter aerogenes</i>	I	0	0	1(12.5)	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0
	IV	0	1(14.3)	1(12.5)	2(40.0)	1(12.5)	1(20.0)	1(11.1)
<i>Citrobacter freundii</i>	I	0	0	0	0	0	0	0
	II	2(25.0)	0	1(12.5)	0	0	0	0
Total		8	7	8	5	8	5	9
Bottom								
<i>E. coli</i>	I	4(66.7)	5(41.7)	5(71.4)	8(80.0)	10(90.9)	6(66.7)	4(33.3)
	II	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0
	IV	0	0	0	0	0	0	0
<i>Enterobacter aerogenes</i>	I	1(16.7)	0	0	0	0	0	0
	II	0	2(16.7)	1(14.3)	1(10.0)	0	1(11.1)	2(16.7)
Total		6	12	7	10	11	9	12

Table 4. Composition of *E. coli* type (November 1990~February 1991)

Type	1990		1991		Total (%)	
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.		
<i>E. coli</i>	I	16	29	13	19	77(97.47)
	II	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0
	IV	1	1	0	0	2(2.53)
<i>Enterobacter aerogenes</i>	I	1	0	0	1	2(8.70)
	II	0	1	2	0	3(13.04)
	III	1	0	1	1	3(13.04)
	IV	2	7	4	2	15(65.22)
<i>C. freundii</i>	I	1	3	0	1	4(26.67)
	II	1	1	7	2	11(73.33)

결과 조사 정점별 대장균군의 조성은 Table 3과 같으며, 수영강하구에는 *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* 모두 출현한 반면 외양으로 갈수록 *E. coli*가 우점함을 알 수 있다. 대장균군으로 분리 동정된 117균주중 *E. coli*가 68.4%로서 가장 많이 출현하였으며, 김 등(1984)이 낙동강 하구에서 조사한 대장균의 조성중 *E. coli* group이 28%로 가장 우점종으로 출현한 결과와 일치하며, 그외 *Enterobacter aerogenes* 19.8%, *Citrobacter freundii* 8.5% 출현하였다. 또한 *E. coli* group 중 *E. coli* I Type이 97.47%, *E. coli* IV type이 2.53% 출현하였으며(Table 4), Geldreich *et al.*(1968)은 43명의 분변시료에서 4512개 균주의 coliform group을 IMVIC test와 type을 조사한 결과 *E. coli* I type이 87.2%로 가장 많았으며, 가축을 대상으로 조사한 결과 *E. coli* I type이 95.6% 차지 한다고 보고하였으며, 본 조사결과와 비교하면 수영만은 인간의 활동에 의한 생활폐수 및 분변성 오염원이 심각한 것으로 사료되어 진다.

요 약

부산인구의 약 23.5%인 110만명 이상이 거주하는 수영천으로 인하여 도시하수, 가정폐수 등의 오염의 영향을 직접받는 수영만에서 동계동안(1990년 11월, 12월, 1991년 1월, 2월) 대장균군의 분포를 조사하고

여기에 관련된 환경요인을 분석한 결과를 아래와 같이 요약하였다.

염분은 16.84~34.93%의 범위였으며, 용존산소는 동계임에도 불구하고 수영만 하구부근에서는 1ml/l 이하의 분포를 보였으며, COD는 0.48~5.06ppm, 영양염류중 아질산염은 0.42~18.82µg-at/l, 질산염 0.5~53.23µg-at/l, 암모니아는 3.73~56.16µg-at/l, 규산염은 5.18~147.29범위였다.

조사기간 대장균군의 변화는 $1.1 \times 10^2 \sim 2.4 \times 10^5$ /100ml, 분변성 대장균군은 $1.7 \times 10 \sim 3.5 \times 10^4$ /100ml였으며, TC/FC비는 1.73~58.49로 크게 나타났다. 분리된 117개 균주중 *E. coli*가 68.4%로 가장 우점하였으며, 그중 *E. coli* I type이 97.47%로 가장 많은 부분을 차지하였다.

감사의 말씀

본 실험을 도운 미생물 실험실 성수진, 박현애, 신정희, 이희선양에게 감사드립니다.

참고 문헌

김성준(1975) : 한국 남해안 굴 서식 해역 및 굴의 위생학적 연구. 국립수산물진흥원 연구보고 14.
 김환수 · 박용안 · 정종건(1971) : 일반해양학. 대한교

30 *Environment Factors and Coliform Group during winter*

- 과서주, pp. 465.
- 김용관·문홍영·장동석(1984) : 낙동강하류 수질의 계절적 변화. 한국수산학회지, 17(6), 511-522.
- 김용관·문홍영·장동석(1985) : 조석에 따른 낙동강 하류 수질의 변화. 한국수산학회지, 18(2), 109-118.
- 안태영(1987) : 낙동강하구에서 미생물의 Heterotrophic activity의 계절적 변화와 염분의 영향에 관한 연구. 서울대학교 대학원 학위논문.
- 원종훈, 이배정(1979) : 수영만 연근해수의 오타분포에 대하여. 한국수산학회지, 12(4), 267-276.
- 이연희(1982) : 수영강으로 유입되는 도시 하수의 특성과 분포에 관한 연구. 부산수산대학교 환경공학과 석사논문.
- A. P. H. A.(1983) : 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.
- Brocker, W. S.(1974) : Chemical oceanography. Harcourt Brace jovanovich. Inc. pp. 214.
- Geldreich, E. E., L. L. Best, B. A. Kenner and D. J. Van Donsel(1968) : The Bacteriological Aspect of Stream Water Pollution. J. W. P. C. E., 40(11), 1861-1872.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons(1972) : A practical handbook of seawater analysis 2nd Ed., The alger press LTD.
- 日本分析化學北海道支部編(1983) : “水の分析 第3版” pp. 189, 化學同人, 京都, 日本.