

제주 차귀도 연안해역 미생물 분포 및 이화학적 특성

문영건 · 김만철 · 이준백 · 송춘복 · 여인규 · 김종만¹ · 박근태² · 손홍주³ · 최우봉⁴ · 허문수
제주대학교 해양과학부, ¹한국해양연구원 해양생물자원연구본부, ²부산대학교 산학협력단,
³밀양대학교 생물공학과, ⁴동의대학교 생물공학과/바이오물질제어학과
(2005년 7월 15일 접수; 2006년 2월 24일 채택)

Distribution of Microorganisms and Physico-Chemical Characteristics in the Chagwi-Do Coastal Waters, Jeju Island

Young-Gun Moon, Man-Chul Kim, Joon-Baek Lee, Choon-Bok Song, In-Kyu Yeo, Jong-Man Kim¹, Guen-Tae Park², Hong-Joo Son³, Woo-Bong Choi⁴ and Moon-Soo Heo

Faculty of Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

¹Marine Living Resources Research Division, KORDI, Ansan 425-170, Korea

²The Research-Industry University Liaison, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

³Department of Biotechnology, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea

⁴Department of Biotechnology & Bioengineering, Donggeui University, Busan 614-714, Korea

(Manuscript received 15 July, 2005; accepted 24 February, 2006)

To investigate the variations of physico-chemical factors and microbial population, in ten stations at water region of coastal area of Chagwi-Do, Nutritive salts, water temperature, transparency, suspended solid, salinity, COD, DO, pH, heterotrophic bacteria, coliform group and *Vibrio* spp. were analysed three times in September, November in 2004 and February in 2005.

Heterotrophic bacteria in surface water was $3.5 \times 10^1 \sim 1.16 \times 10^3$ cfu/ml, $1.0 \times 10^2 \sim 5.2 \times 10^1$ cfu/ml, $2.0 \times 10^1 \sim 7.6 \times 10^1$ and bottom water counted $7.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ cfu/ml, $1.4 \times 10^1 \sim 2.5 \times 10^2$ cfu/ml, $2.0 \times 10^2 \sim 4.2 \times 10^1$ cfu/ml in September, November in 2004 and February in 2005, respectively. The cell number of total coliform bacteria in the surface water amounted to $0 \sim 4.3 \times 10^2$ cfu/ml, $0 \sim 6.0 \times 10^1$ cfu/ml, $0 \sim 1.0 \times 10^1$ cfu/ml and bottom water amounted $0 \sim 2.2 \times 10^2$ cfu/ml, $0 \sim 5.4 \times 10^2$ cfu/ml, $0 \sim 2.0 \times 10^1$ cfu/ml in September, November in 2004 and February in 2005, respectively. As for *Vibrio* spp., the cell number in the surface water was $1.0 \times 10^1 \sim 2.5 \times 10^2$ cfu/ml, $1.0 \times 10^1 \sim 2.0 \times 10^1$ cfu/ml, 0 cfu/ml and bottom water counted $1.0 \times 10^1 \sim 5.2 \times 10^2$ cfu/ml, 0 cfu/ml, 2.0×10^1 cfu/ml in September, November in 2004 and February in 2005, respectively.

Key Words : Heterotrophic Bacteria, COD, Suspended Solid, Coliform Group, Chagwi-Do

1. 서 론

해양 미생물 군집은 해양 생태계에 있어서 생산자와 분해자의 기능을 동시에 가지고 있다. 즉, 미생물은 먹이연쇄를 통하여 동물플랑크톤에 의한 2차 또는 고차 생산물 생산에 기여함과 동시에 그 대사

활동을 통해서 탄수화물, 단백질 등의 고분자 유기물들의 단계적 분해를 통해 무기영양물질을 물질순환계로 순환시킴으로써 무기질화 된 최종생산물은 해양 생물의 동화, 이화 작용에 이용할 수 있게 한다^{1,2)}. 이외에도 미생물은 광·화학합성 작용에 의한 1차 생산자 및 각종 질병에 매체가 되기도 한다. 이와 같은 특성 때문에 미생물들은 수 환경에 유입되는 각종 오염물질에 민감하게 반응한다³⁾.

해양 생태계에 있어서 미생물 군집 중 세균의 동

Corresponding Author : Moon-Soo Heo, Faculty of Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea
Phone: +82-64-754-3473
E-mail: msheo@cheju.ac.kr

적관계를 검토하기 위해 Ishida와 Kadoda는⁴⁾ 유기물로 오염된 Osaka만의 해수세균에 관한 생태학적 연구에 대해, Simidu *et al.*는⁵⁾ 부영양화 된 동경만의 세균상에 대해, Shin *et al.*는⁶⁾ 가막만의 세균 군집, coliform, *Vibrio spp.*, *Salmonella*의 계절적 변동에 대해, Choi는⁷⁾ 북신만의 대장균군 및 해양세균의 분포에 대한 조사 등 많은 연구가 행해져 왔다. 그리고, 해양 미생물의 성장과 증식은 여러 물리, 화학적인 환경요인에 의해 영향을 받는다. Wimpenny *et al.*⁸⁾과 Novitsky는⁹⁾ 미생물의 종류와 군집의 크기는 물리·화학적 환경에 지배되며 미생물의 분포를 알기 위해서는 환경요인을 검토하여야 한다고 하였다. 성장에 적절한 수치보다 높거나 낮은 온도, pH 및 염류의 농도 등은 대사과정과 세포의 형태, 증식에 지대한 영향을 미쳐서 간균이 구균 또는 사상형으로 변형되거나, 비정상적인 세포분열이 이루어지며, 돌연변이를 유도하기도 하고 효소 생산의 변화 등으로 물질 분해 능력이 증가되거나 저해되기도 한다. 특히, pH, 온도¹⁰⁾, 유기물의 종류와 농도¹¹⁾, 무기영양물질¹²⁾ 등의 중요한 역할을 하며 특정 환경에서 생명체의 존재가능성까지 제한하기도 한다. 해양생태계의 물리·화학적 환경요인의 변화는 총 세균수, 세균 체적, 세균 생물량 등과 같은 미생물학적 요인과 높은 상관관계를 보인다²⁾. 그러므로 해양생태계를 보다 잘 이해하기 위해서는 미생물 군집의 분포를 조사할 필요가 있다.

본 연구에서는 제주 차귀도 연안 해역의 10개 정점에 표층수와 저층수에서 2004년 9월, 11월, 2005년 2월의 중속영양세균, 대장균군수, 비브리오세균의 개체수를 측정하여 해양생태계에서 계절의 따른 분해자의 변동 추이를 비교, 분석하고, 용존산소량(Dissolved Oxygen), 화학적 산소요구량(Chemical Oxygen Demand) 및 부유물질(Suspended Solids) 그리고 총 무기질소등의 이화학적 특성을 계절별로 조사함으로써 이 해역의 생물학적 수질변동과 향후 차귀도 연안 해역의 생태계 변화를 예측하는 기초 자료로 활용하는데 목적을 두고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사 시기 및 조사 정점

본 연구에서 현장조사 및 시료채취는 2004년도에는 9월, 11월 2005년도에는 2월에 실시하였으며, 조사 해역은 제주도 북제주군 한경면 고산리에 위치한 차귀도 연안해역으로 정하였으며 조사 정점은 Fig. 1에 나타내었듯이 총 10개의 정점을 선택하여 각 정점의 표층과 저층에서 해수시료

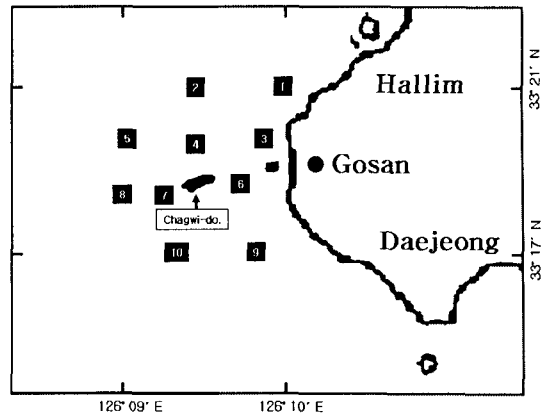


Fig. 1. Location of the sampling stations. Chagwi-Do, Jeju-Island.

2.2. 시료채취

해수 시료의 채취에는 Niskin water sampler를 이용하였으며, 표층수 시료는 표층 수심 1 m 사이에서, 저층수 시료는 저층 1 m 상층에서 채수하였다. 각각 채수된 시료는 멸균된 1 L 채수병에 담아 4°C를 유지하면서 실험실로 운반하여 즉시 미생물 분석실험을 실시하였다.

2.3. 이화학적 특성 조사

수온 및 염분, pH는 YSI 600QS를 이용하여 현장에서 측정하였으며, 용존산소(DO)는 현장에서 DO meter를 사용하여 측정하는 방법과 산소병에 고정하여 실험실로 옮긴 후 Winkler-Azide 방법을 병행하여 측정하였다¹³⁾. 화학적 산소요구량(COD)은 Carberg¹⁴⁾방법에 따라 분석하였다. 그리고 총질소(T-N)는 암모니아성 질소(NH₃-N), 질산성 질소(NO₃-N), 아질산성 질소(NO₂-N)의 합으로 나타냈고, 측정방법은 Strickland와 Parson¹⁵⁾ 및 환경오염 공정시험방법¹⁶⁾에 따라 분석하였다. 또한 인산염 인(PO₄-P)과 부유물질(SS) 측정도 위 방법에 의해 분석하였다. 투명도는 Secchi disk를 이용하여 현장에서 측정하였다.

2.4. 중속영양세균, 대장균군수, 비브리오균의 분리 및 균체수 측정

각 정점의 표층수 및 저층수에 분포하는 중속영양세균, 대장균군수, 비브리오균의 생균수를 측정하기 위해 준비된 비브리오 선택배지를 제외한 배지와 희석용액은 고압멸균기에서 121°C, 15분간 멸균하여 사용하였다. 채수된 해수시료는 김과 이의 방법²⁾에 따라 제조한 희석용액(해수무기염용액)으로 단계별 희석한 후 중속영양세균은 Marine Agar(MA ; Difco) 배지에, 대장균군수는 Chromocult agar(Merck)배지

에, 비브리오팀은 Thiosulfate citrate bile salt sucrose agar(TCBS ; Difco)배지에 각각 0.1 ml씩 접종하고 종속영양세균은 20±2°C에서 3-5일간 배양하고, 대장균군은 37°C에서 1-3일간, 비브리오팀은 25±2°C에서 1-3일간 배양한 후 배지상에 출현한 집락수(colony forming unit; cfu)를 평판계수법¹⁷⁾에 따라 계수하였다.

2.5. 각 정점별 우점종 조사

2004년 9월, 11월, 2005년 2월의 표층수 및 저층수로부터 종속영양세균의 개체수를 측정할 평판배지에서 우점종을 선별하여 순수분리한 후 (주)마크로젠에서 16S rRNA 염기서열분석을 통하여 각 균주를 동정하였다. 우점종을 동정하기 위한 PCR 반응은 bacterial genomic DNA 100 ng, 1 µM에 universal primer pairs(27F forward primer, 1522R reverse primer), 10 mM dNTPs, 10X PCR buffer, 5 Unit Taq polymerase(TAKARA, Japan)) 혼합액에 멸균된 증류수를 첨가하여 최종부피를 50 µl로 맞추고, PTC-150 Minicycler (MJ Research)를 사용하여 증폭하였다. ISR 증폭 과정은 94°C predenaturation 2분, 94°C denaturation 45초, 55°C annealing 45초, 72°C extension 1분의 반응을 29회 동안 수행하였고, 마지막 72°C에서 5분간 extension을 실시하였다. 증폭된 PCR 반응 산물은 (주)마크로젠사에 의뢰하여 direct sequencing 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 채수해역의 위치

각 시료의 채수 해역의 GPS 위치는 Table 1과 같다.

3.2. 차귀도 연안해역의 이화학적 특성

차귀도 연안해역을 10개의 정점으로 나누어 2004년 9월부터 2005년 2월까지 이화학적 특성을 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 수온의 측정값은 2004년 9월인 경우 표층은 최대 25.3°C, 최소 21.4°C, 평균 23.2°C이었으며, 저층은 22.3~16.8°C, 평균 20.1°C

Table 1. Latitude, longitude of sampling stations in Chagwi-Do, Jeju-Island

Station	Longitude	Latitude
1	33°21' 10" N	126°10' 30" E
2	33°21' 10" N	126°08' 50" E
3	33°19' 45" N	126°09' 30" E
4	33°19' 45" N	126°08' 40" E
5	33°19' 45" N	126°07' 40" E
6	33°18' 30" N	126°09' 30" E
7	33°18' 30" N	126°08' 20" E
8	33°18' 30" N	126°07' 40" E
9	33°17' 40" N	126°09' 30" E
10	33°17' 40" N	126°08' 20" E

를 나타냈다. 11월은 표층은 21.6~20.8°C, 평균 21.2°C였고, 저층은 21.1~20.6°C, 평균 20.9°C로 나타났다. 2005년 2월인 경우는 표층은 14.4~13.9°C, 평균 14.2°C고, 저층은 14.3~13.9°C, 평균 14.1°C로 조사되었다. pH는 평균적으로 8.1~8.29로 조사되었고 모든 정점에서 약 염기성 pH를 보이고 있었다. 염분농도는 일반적으로 담수의 유입정도와 강우량, 증발량 등의 영향을 받는다. 평균적인 해수의 염분농도는 32.5~34.3 ‰ 정도인데, 조사결과 2004년 9월인 경우 최소 염분농도가 30.20 ‰이고 최대 32.80 ‰인 반면 2005년 2월인 경우 최소 염분농도가 34.50 ‰이고 최대 염분농도는 34.90 ‰로 조사되었는데 이는 제주도는 겨울철 강우량 및 증발량이 적어 여름철인 9월보다 전체적인 염분 농도가 높게 나타나는 것으로 보인다. 한편, DO의 경우는 2004년 9월 표층 평균값 7.59 mg/L, 저층 평균값은 7.54 mg/L, 11월은 표층 7.61 mg/L, 저층 7.21 mg/L, 2005년 2월은 표층 8.2 mg/L, 저층은 8.24 mg/L로 조사되었다. 해역별 수질기준으로 보았을 때 차귀도 연안 해역 DO는 I 등급 수질환경 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 화학적 산소요구량(COD)은 BOD와 더불어

Table 2. Seasonal mean values of physico-chemical parameters in Chagwi-Do, Jeju-Island

Parameters	2004. 9		2004. 11		2005. 2	
	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom
Tem.(°C) ^a	23.2	20.1	21.2	20.91	14.2	14.1
pH	8.27	8.27	8.29	8.26	8.1	8.1
Salinity(‰)	31.05	32.13	33.27	33.38	34.78	34.77
Trans.(m) ^b		11.5		10.6		7.1
DO(mg/ℓ)	7.59	7.54	7.61	6.84	8.2	8.24
COD(mg/ℓ)	0.71	1.34	0.76	1.35	0.45	0.24
SS(mg/ℓ)	8.85	12.34	8.97	11.17	19.39	19.66
TIN(mg/ℓ)	5.342	9.206	0.065	0.704	0.108	0.081
T-P(mg/ℓ)	0.144	0.483	0.012	0.017	0.008	0.008

a : temperature, b : transparency

주로 유기물질의 농도를 간접적으로 나타내는 지표이다. 일반적으로 $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ 와 같은 산화제를 이용하여 수중의 피산화물을 이용하여 산소량을 나타내는 것으로 해수 같이 무기물질을 함유하고 있을 경우 BOD 측정이 불가능할 경우 COD를 측정한다. 2004년 9월, 11월 그리고 2005년 2월 총 3차례에 걸쳐 차귀도 연안해역의 COD를 조사한 결과 10개의 정점 표층수의 평균값은 0.64 mg/L, 저층은 0.97 mg/L로 조사되어 해역별 수질기준 COD 기준에서 보았을 때 I등급 수질환경 기준을 만족하는 결과이다. 그리고 수중의 용존 물질이나 현탁입자(세균이나 플랑크톤을 포함하는 미립자로 이루어진 유기물질)들을 부유물질(SS)이라 하는데 이들은 어폐류의 호흡을 방해하고, 물의 투명도를 저하시켜 광합성을 방해함으로써 수중의 광합성생물의 기초생산력을 저하시키는 원인으로 작용한다. 3차례에 걸친 조사결과 2004년 9월 표층의 SS 평균값은 8.85 mg/L, 저층 10.03 mg/L, 11월 표층 8.97 mg/L, 저층 10.07 mg/L, 2005년 2월 표층 10.01 mg/L, 저층 11.90 mg/L로 조사되었다. 해역 수질 환경기준 I등급 즉 수산생물 서식, 양식 및 산란에 적합한 수질 기준으로 부유물질은 10 mg/L로 규정되어 있는데, 본 연구에서 조사된 10개 정점 표층과 저층의 평균값이 I등급 기준으로 조사되었다. 총 질소는 인과 함께 하천과 바다에 존재하는 생물체를 성장시키는 필수 영양소로 작용할 뿐만 아니라 과다한 양이 존재할 경우 생물체의 대량생장을 일으켜 수질을 악화시킨다. 해수에서 총 질소는 암모니아성 질소(NH_3-N), 질산성 질소(NO_3-N), 아질산성 질소(NO_2-N)의 합으로 나타내는데, 주로 암모니아성 질소와 질산성 질소가 대부분을 차지한다. 조사결과를 보면 총질소의 평균값은 2004년 9월 표층 0.273 mg/L, 저층 0.285 mg/L, 11월 표층 0.184 mg/L, 저층 0.106 mg/L, 2005년 2월 표층 0.091 mg/L, 저층 0.081 mg/L이다. 총 질소에 따른 해역의 수질 기준에 따르면 I등급 기준을 상회하는 결과이다. 해수의 인산염 인 농도는 해양에 존재하는 생물체의 생산력을 제한하는 인자로 작용하는데 저 농도의 경우 플랑크톤 수의 증가를 억제함으로써 바다의 생산력을 제한하는 것으로 알려져 있다. 차귀도 연안해역의 인산염 인 평균값은 2004년 9월 표층 0.036 mg/L, 저층 0.053 mg/L, 11월 표층 0.012 mg/L, 저층 0.017 mg/L, 2005년 2월 표층 0.008 mg/L, 저층 0.008 mg/L로 조사되어 I등급 수질 기준을 나타냈다.

3.3. 차귀도 연안해역 미생물 군집 분석

3.3.1. 중속영양세균

수환경내의 중속영양세균은 해당 구역내의 유기

물 양과 아주 밀접한 상관관계를 가지고 있다. 과량의 유기물이 유입되면 일시적으로 중속영양세균의 밀도가 급증하게 되어 순간적인 조류의 번식과 더불어 용존산소의 양이 줄어들어 심각한 혐기적 상태를 일으킬 수가 있다.³⁾ 이렇듯 환경적인 면이나 생물학적인 면에서 미치는 영향이 크므로 이들의 밀도를 조사, 분석하면 수질환경을 판정할 때 지표로 쓰일 뿐만 아니라 수환경의 변화를 예측, 판단하는 자료로 활용할 수가 있다¹³⁾. 2004년 9, 11월 그리고 2005년 2월 제주 차귀도 연안해역 10개 정점의 표층수와 저층수에서 각각 분리한 중속영양세균의 개체수는 Fig. 2에 나타내었다.

2004년 9월 차귀도 연안해역 표층수의 중속영양세균의 개체수는 $3.5 \times 10^1 \sim 1.16 \times 10^3$ cfu/ml, 저층수의 개체수는 $7.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ cfu/ml의 분포를 보였다. 2004년 11월 표층수 개체수는 $1.0 \times 10^1 \sim 5.2 \times 10^1$

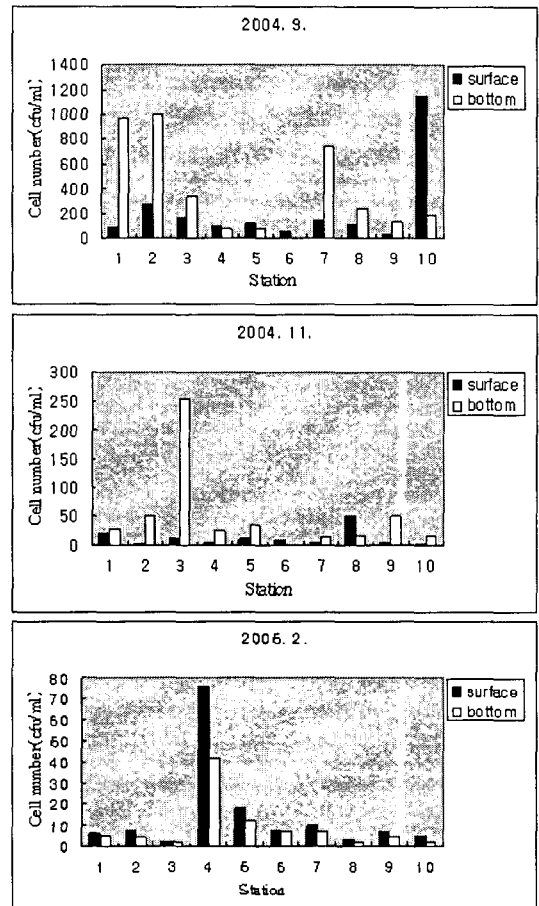


Fig. 2. Cell number of heterotrophic bacteria isolated in the Chagwi-Do of Jeju Island coastal waters in September and November in 2004., February in 2005.

cfu/ml, 저층수의 개체수는 $1.4 \times 10^1 \sim 2.5 \times 10^2$ cfu/ml 였다. 2005년 2월 표층수의 종속영양세균 수는 $2.0 \times 10^1 \sim 7.6 \times 10^1$ cfu/ml, 저층수는 $2.0 \times 10^1 \sim 4.2 \times 10^1$ cfu/ml로 조사되었다. 11월과 2월의 종속영양세균에 개체수는 가을과 겨울철의 기온 강하에 따른 일교차의 영향으로 9월보다 적은 개체수가 검출되었다.

2004년 11월과 2005년 2월의 종속영양세균수가 2004년 9월보다 더 감소된 것은 계절적 변화에 따른 수온의 변화에 따른 것으로 사료되며, 김 등¹⁸⁾ 또한, 강진만 생태계에서 계절적 변화에 따른 종속영양 세균 수 변화에서도 수온과 상관성을 보인다고 보고한 바 있다. 종속영양세균의 개체수에 의한 수서환경의 영양화 정도를 비교함에 있어서 개체수가 10^2 cfu/ml 이하이면 빈영양역, $10^3 \sim 10^4$ cfu/ml이면 부영양역, $10^4 \sim 10^5$ cfu/ml 이면 과영양역 그리고 10^5 cfu/ml 이상이면 폐수역으로 구분한 하 등¹⁹⁾의 기준에 따르면 제주 차귀도 연안 해역은 2004년 9월 표층수와 저층수에서 각각 $3.5 \times 10^1 \sim 1.16 \times 10^3$ cfu/ml, $7.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ cfu/ml의 개체수가 측정되어 빈영양역과 부영양역 중간 수역에 속하며, 2004년 11월의 표층수와 저층수는 각각 $1.0 \times 10^1 \sim 5.2 \times 10^1$ cfu/ml, $1.4 \times 10^1 \sim 2.5 \times 10^2$ cfu/ml로 빈영양역 수역에 속한다. 그리고 2005년 2월 표층수와 저층수는 각각 $2.0 \times 10^1 \sim 7.6 \times 10^1$ cfu/ml, $2.0 \times 10^1 \sim 4.2 \times 10^1$ cfu/ml로 11월과 같은 빈영양화 수역으로 구분할 수가 있다.

3.3.2. 대장균군

전통적으로 대장균군은 *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* 속이 속한 것으로 알려졌으나, 현대적 분류법에 의한 정의에 따르면 더욱 다른 이종의 그룹으로 구성되어 있는 것으로 알려지고 있다. 이들 중에는 분변과 일반 환경에서 모두 발견되는 *Citrobacter freundii*, *Enterobacter cloacae* 등이나, 분변에서는 거의 없고, 양질의 먹는 물에서 증식할 수 있는 *Serratia fronticola*, *Rahnella agnatis*, *Buttiauxella agrestise* 등과 오염되지 않은 물이나 토양에서도 발견되는 *Serratia*와 *Yersinia* 중 몇몇 유당 발효 종들이 있다. 또한 대장균군 범주에 속하나 유당발효를 하지 않는 종류도 있어 이러한 세균에 β -galactosidase를 적용하면 대장균 군으로 나타난다. 따라서 대장균군의 정의에 부합되는 비분변성 세균과, 유당발효를 하지 않는 대장균군들의 존재는 분변오염의 지표로서 대장균군을 적용하는데 제한적 요소가 된다. 그럼에도, 가장 많은 수가 검출되므로 가장 큰 폭의 안전도를 제공하여 먹는 물 및 처리수에서 중요한 지표세균으로 사용되고 있다. 수처리 공정을 거친 공급수에서는 검출되어서는 안되며, 만약 발견되었다면 처리후의 오염, 부적절한 수

처리, 초과영양소 등을 말해준다. 비록 대장균군의 항상 분변오염이나 먹는 물의 병원체와 직접적 관련이 있는 것은 아니나, 국내에서는 먹는 물 수질기준, 수질환경기준 및 분뇨·축산폐수공공처리시설의 방류수 기준에 대장균군을 사용하고 있다. 그리고 모든 수질의 판정에 동일한 오염지표 세균을 적용할 수는 없지만 현재 가장 널리 사용되고 있는 오염지표세균은 total coliforms(TC; 총대장균군)이다. 총대장균군은 *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* 종들이 속하며, *Escherichia*와 *Klebsiella* 종은 분변성 기원인 분변성 대장균에 속한다.

2004년 9월 제주 차귀도 연안해역의 10개 정점(정점 1~10)의 표층수와 저층수에서 총대장균군의 개체수를 Fig. 3에 나타내었다. 표층수의 경우 정점

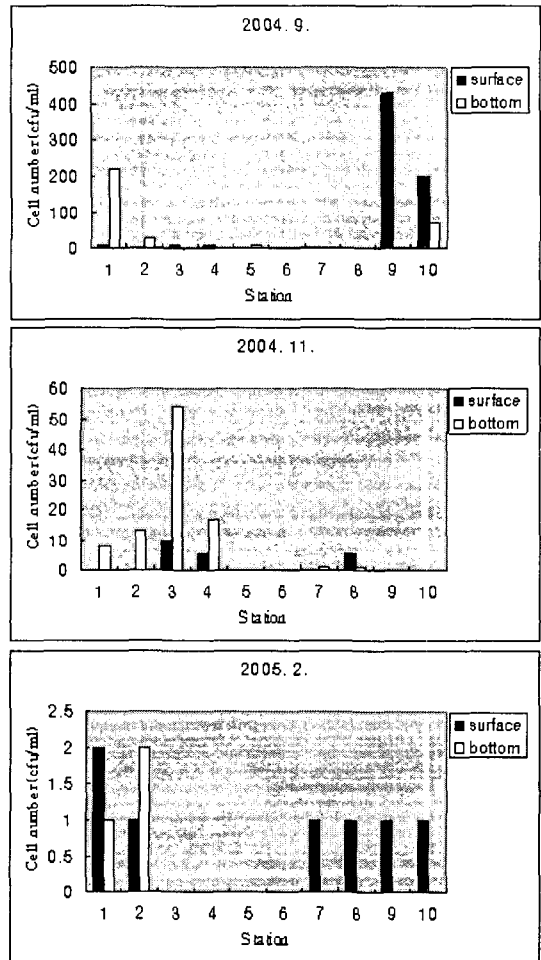


Fig. 3. Cell number of total coliforms isolated in the Chagwi-Do of Jeju Island coastal waters in September and November in 2004., February in 2005.

2, 5, 6, 7, 8을 제외한 1, 3, 4, 9, 10 정점에서만 총대장균 군이 검출되었으나 전반적으로 그 수는 적었다. 정점 1, 3, 4에서는 1.0×10^2 cfu/ml가 검출이 되었고, 정점 9와 10에서는 각각 4.3×10^2 cfu/ml, 2.0×10^2 cfu/ml이 검출되었다. 저층수의 경우 총대장균군은 $0 \sim 2.2 \times 10^2$ cfu/ml로 표층수에 비해 적거나 또는 거의 검출되지 않았다. 2004년 11월인 경우는 10개 정점(정점 1~10)의 표층수와 저층수에서 측정된 총대장균군의 개체수는 표층수의 경우 정점 3, 4, 8을 제외한 나머지 정점에서는 총대장균군이 검출되지 않았다. 2004년 9월에 수치보다 그 수가 현저히 감소하였다. 정점 3에서는 1.0×10^2 cfu/ml가 검출이 되었고, 정점 4, 8에서는 6.0×10^1 cfu/ml가 검출이 되었다. 저층수는 $0 \sim 5.4 \times 10^2$ cfu/ml로 표층수와 마찬가지로 9월에 수치보다 현저히 감소하였다. 2005년 2월 표층수와 저층수에서는 2004년 9월과 11월에 비해 그 개체수가 현저하게 감소하였다. 표층수는 $0 \sim 1.0 \times 10^1$ cfu/ml, 저층수 $0 \sim 2.0 \times 10^1$ cfu/ml로 나타났다.

3.3.3. 비브리오균의 개체수

Vibrio 속의 세균은 호염성균으로서 해수, 해니, 연안 어패류 특히 수온이 높은 계절의 해역에 널리 분포하고 있으며, 이 균 속에 속하는 종은 44종 이상이 명명되어 있는데 사람에게서 분리되는 것만도 12종으로 알려져 있다. 이들 중 *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*는 인체 병원성 세균으로서 특히 관심이 집중되고 있다. 우리나라 연안 해수에서는 병원성 비브리오균이 여름철에 빈번히 검출되고 있다. 이들 호염성 세균은 어패류 또는 해수에 상존하면서 여름철에 해산물의 생식 등으로 Vibriosis가 발생되며, 매년 수십명의 인명 피해를 겪고 있을 뿐만 아니라, 여름철에는 어민에게 있어 경제적 손실을 초래한다. 또한 어병균으로서 양식업에 큰 손실을 가져온다. *Vibrio* 속의 세균들은 수온상승, pH 변화 그리고 유기물질 증가 등으로 인해 하절기에 증식이 잘 되므로 더 많은 주의가 필요하다. 본 연구의 조사 해역에서의 비브리오균의 개체수를 측정하여 Fig. 4에 제시하였다. 2004년 9월에는 표층수의 경우는 정점 2를 제외한 나머지 9개의 정점에서 $1.0 \times 10^1 \sim 2.5 \times 10^2$ cfu/ml의 비브리오균이 검출되었다. 저층수의 경우는 정점 1, 2, 3, 6, 8을 제외한 나머지 5개의 정점에서 $1.0 \times 10^1 \sim 5.2 \times 10^2$ cfu/ml가 검출이 되었다.

2004년 11월에는 표층수의 경우 정점 1, 3, 6을 제외한 나머지 구역에서는 비브리오균이 검출이 안 되었다. 검출된 수도 $1.0 \times 10^1 \sim 2.0 \times 10^1$ cfu/ml로 매우 적은 수가 검출이 되었고, 저층수인 경우는 10개

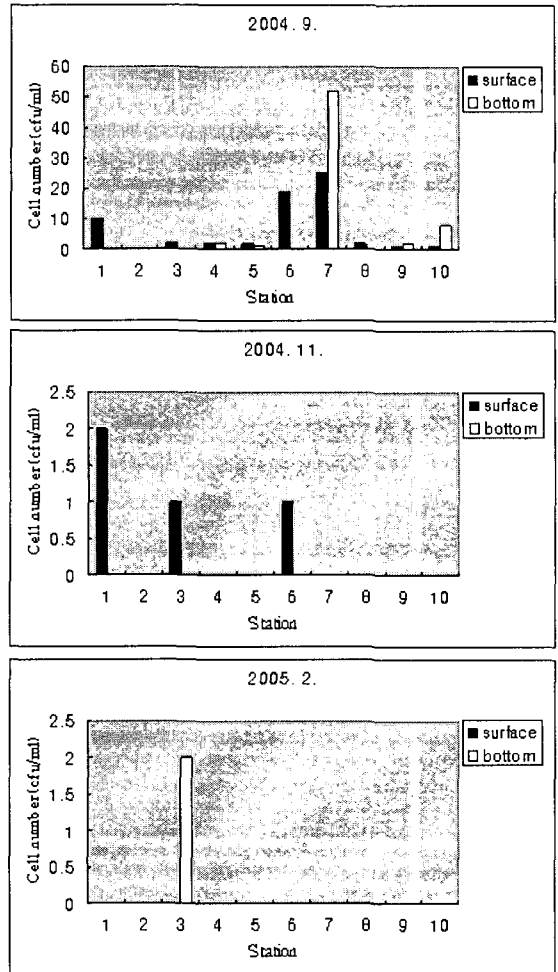


Fig. 4. Cell number of *Vibrio* spp. isolated in the Chagwi-Do of Jeju Island coastal waters in September and November in 2004., February in 2005.

정점 모두에서 비브리오균이 검출이 안 되었다. 그리고 2005년 2월의 조사 결과에서는 표층수에서는 검출이 안 되었다. 또한 저층수에서도 3번 정점에서 2.0×10^1 cfu/ml을 제외하고는 검출이 안 되었다.

3.4. 종속영양세균 및 *Vibrio*속 우점종

2004년 9월, 11월, 2005년 2월 각 정점별로 표층수와 저층수에서 우점적으로 자란 colony를 순수 분리하여 16S rRNA 염기서열 분석을 통하여 종속영양세균의 우점종을 비롯한 종속영양세균 군집을 분석하였다. 그 결과 모든 정점의 표층수와 저층수에서 *Pseudoalteromonas* spp.가 나타나 조사 시기에 상관없이 우점종으로 확인되었다.

그 외에 *Pseudomonas stutzeri*, *Bacillus vietnamensis*, 미 동정된 *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp.,

Alteromonas spp., *Psychrobacter* spp.로 확인되었다.

또한, 각 정점별로 비브리오 선택배지인 TCBS에서 우점적으로 자란 colony를 16S rRNA 염기서열 분석하여 비브리오균 균집을 분석한 결과 표층수와 저층수에서 *Vibrio alginolyticus*와 *Vibrio parahaemolyticus*, 우점적으로 나타났으며, 그 외에 *Vibrio splendidus*와 *Vibrio fortis* 및 그 외 *Vibrio* spp.가 조사되었다.

4. 결 론

2004년 9월, 11월 그리고 2005년 2월 총 3회에 걸쳐 제주 차귀도 연안해역 10개 정점 표층수와 저층수에서 종속영양세균, 대장균군세균, 비브리오균의 분포를 조사하였고, 또한 해당 해역 수질의 이화학적 특성을 조사하였다. 2004년 9월, 11월 그리고 2005년 2월에 종속영양세균의 수는 각각 표층수에서는 $3.5 \times 10^1 \sim 1.16 \times 10^3$ cfu/ml, $1.0 \times 10^2 \sim 5.2 \times 10^1$ cfu/ml, $2.0 \times 10^1 \sim 7.6 \times 10^1$ 그리고 저층수에서는 $7.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ cfu/ml, $1.4 \times 10^1 \sim 2.5 \times 10^2$ cfu/ml, $2.0 \times 10^2 \sim 4.2 \times 10^1$ cfu/ml가 검출되었다. 또한 대장균군은 각각 표층수 $0 \sim 4.3 \times 10^2$ cfu/ml, $0 \sim 6.0 \times 10^1$ cfu/ml, $0 \sim 1.0 \times 10^1$ cfu/ml, 저층수 $0 \sim 2.2 \times 10^2$ cfu/ml, $0 \sim 5.4 \times 10^2$ cfu/ml, $0 \sim 2.0 \times 10^1$ cfu/ml로 조사되었는데 해역수질환경기준으로 보았을 때 1등급에 해당하는 수치이다. 그리고 비브리오균의 수는 표층수 $1.0 \times 10^1 \sim 2.5 \times 10^2$ cfu/ml, $1.0 \times 10^1 \sim 2.0 \times 10^1$ cfu/ml, 0 cfu/ml, 저층수 $1.0 \times 10^1 \sim 5.2 \times 10^2$ cfu/ml, 0 cfu/ml, 2.0×10^1 cfu/ml가 나타났다. 수온이 낮아지는 시기에는 검출이 안 되는 정점도 있었다. 또한 조사해역의 수온, pH, 염분 및 COD, DO, 총 인, 총 질소, 투명도 그리고 부유물질을 분석하여 보았는데 수온이 높은 2004년 9월에 그 수치가 조금 높았을 뿐 해역수질환경기준에 있어 1등급에 만족하는 결과가 나타났다. 또한 차귀도 연안해역의 종속영양세균 및 비브리오균의 우점종은 *Pseudoalteromonas* spp., *Pseudomonas stutzeri*, *Vibrio alginolyticus*와 *Vibrio parahaemolyticus*로 조사되었다.

감사의 글

본 논문은 2005년도 북제주 해역의 바다목장화 사업에 의해 지원되었음.

참 고 문 헌

1) Bolter, M., 1982, Submodels of a brackish water environment : II. Remineralization rates of carbohydrates and oxygen consumption by pelagic microheterotrophs, *Mar. Ecol.*, 3, 233-241.

2) 김상진, 이건형, 1998, 해양미생물학, 동화기술, 서울.

3) Brock, T. D., 1997, Microbial activities in nature. In *Biology of Microorganisms* (8th ed.). Prentic-Hall, Inc., Engle Wood Cliffs, New Jersey, pp.406-456.

4) Ishida, Y. and H. Kadoda, 1974, Ecological studies on bacteria in the sea and lake waters polluted with organic substance, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 40(10), 999-1005.

5) Simidu, S. U., E. Kaneko and N. Taga, 1977, Microbiological studies of Tokyo Bay, *Microbiol. Ecol.*, 3, 173-191.

6) Shin, S. U., K. O. Cho, H. I. Kang and S. K. Kang, 1992, Studies on seasonal variation of the bacterial flora in sea-water of Kamak Bay. 1, On the pathogenic *Vibrio* and *Salmonella*, *Bul. Mar. Sci. Inst. Yosu Natl. Fish. Univ.*, 1, 29-37.

7) Choi, J. D., 1995, Distribution of marine bacteria and coliform group in Puksin Bay, Korea, *J. Korean fish. Soc.*, 28(2), 202-208.

8) Wimpenny, J. W., W. L. T. Robert and C. Philip, 1983, Laboratory model systems for the investigation of spatially and temporally organised microbial ecosystems, Cambridge Univ. Press., pp.67-117.

9) Novitsky, J. A., 1983, Starvation-survival of heterotrophs in the marine environment, *Advances in Microbial Ecology.*, 6, 171-198.

10) Kirchman, D. L. and J. H. Rich, 1997, Regulation of bacterial growth by dissolved organic carbon and temperature in the Equatorial Pacific Ocean, *Microbiol. Ecol.*, 33, 11-20.

11) Carlson, C. A. and H. W. Ducklow, 1996, Growth of bacterio-plankton and consumption of dissolved organic carbon in the Sargasso Sea, *Aquat. Microbiol. Ecol.*, 10, 69-85.

12) Thingstad, T. F., A. Hagastrom and F. Rassoulzadegan, 1997, Accumulation of degradable DOC in surface waters: is it caused by a malfunctioning microbial loop? *Limnol. Oceanogr.*, 42, 398-404.

13) APHA, AWWA, WPCF, 1993, Standard methods for the examination of water and waste water(18th ed.), APHA Washington, D.C., 1134pp.

- 14) Carberg, S. R., 1972, International council for the exploration of the sea Charlortenland Denmark, pp. 305-315.
- 15) Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1972, A practical handbook of sea water analysis Bull. Fish, Res. Bd. Con. No. 167, Fisheries Reserch Borad of Canada, Qtawa., 311pp.
- 16) 환경부, 1995, 환경오염공정시험법(해수편).
- 17) Cappuccino, J. G. and N. Sherman, 1987, Microbiology a laboratory manual, 2nd ed. The Benjamin/Cummings publishing company.
- 18) 김기성, 이우범, 주현수, 이재철, 조재위, 전순배, 이성우, 박종천, 2000, 강진만 생태계에 서의 이화학적 특성과 미생물군집의 계절적 분포, Korean J. Microbio, 36(4), 285-291.
- 19) 하영철, 1978, 진해만 해양기초보고서, 서울대학교 미생물학과.
- 20) 김영만, 1993, 어패류의 비브리오패혈증 균 오염과 그 대책, 한국식품위생안전성학회, 8(2), S13-S21.
- 21) 최종덕, 정우건, 2001, 통영 항 해수의 세균학적 및 이화학적 수질, J. Korean Fish. Soc., 34(6), 611-616.