

제주지역 항·포구 해수의 세균학적 및 화학적 수질 분석

강 봉 조* · 오 덕 철

*제주도해양수산자원연구소 자원개발연구실
제주대학교 자연과학대학 생물학과

Analysis of Bacterial and Chemical Quality of Seawater in Estuaries and Harbor around Cheju Island

Bong-Jo Kang* and Duck-Chul Oh

*Cheju Province Fisheries Resources Research Institute, Namcheju-kun Cheju-do 699-810, Korea
Dept of Biology, Cheju National University, Cheju-si Cheju-do 690-756, Korea

The bacterial and chemical qualities of seawater were examined monthly at 6 stations in estuaries and harbor around Cheju island from April in 1998 to March in 1999. The salinity was from 3.64‰ to 33.67‰. Total nitrogen and phosphate were from 0.17 to 10.80 mg/L and from 0.000 to 0.210 mg/L respectively. Total aerobic bacteria, *Vibrio* spp. and coliforms were $0.9 \times 10^2 \sim 135.33 \times 10^2$ cfu/mL, $0.33 \times 10^3 \sim 170 \times 10^3$ MPN/100mL and $0.11 \times 10^3 \sim 170 \times 10^3$ MPN/100mL respectively.

Key words : aerobic bacteria, total Coliforms, *Vibrio* spp, salinity, total nitrogen, phosphate

서 론

연안해수의 세균학적, 물리화학적 수질조사는 수질 오염정도를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 양식어업 등에 필요한 정보를 제공하기 위해서도 필요한 작업이라 할 수 있다. 또한 연안해수는 육지로부터 유입되는 오염물질의 양과 질이 일정하지 않기 때문에 일정한 해역을 주기적으로 감시하는 일도 필요하다.

제주도 주변해역의 해수질에 대한 조사는 물리화학적 특성에 대한 조사(김 등, 1991; 김 과 노, 1994; 盧 와 鄭, 1980; 조 등, 1999; 최 와 정, 1989)와 미생물학적 수질현황에 대한 조사(金 등, 1981; 金, 1983; 吳 와 金, 1980; 吳, 1978) 등 비교적 많이 이루어져 있다. 미생물의 종류와 그 수는 환경요인에 의해 좌우 될 수 있는데 (Wimpenny et al, 1983; Novitsky,

1983). 제주 주변해역에서의 조사는 대부분 물리화학적 및 미생물학적 조사가 별개로 이루어져 있거나 같이 조사된 경우도 단기간의 조사만 보고되어 있다(金 등, 1981). 특히 미생물학적 조사에 대해서는 최근의 보고가 많지 않고 과거의 보고도 주로 일반세균 및 대장균군수에 대한 조사로서 주요 해양세균인 *Vibrio* spp.의 분포에 대해서는 *Vibrio parahaemolyticus*의 분포에 관한 보고등 단일 종에 대한 보고나 병원성 비브리오에 대한 조사(金과 吳, 1982; 한 등, 1997)가 있을 뿐 *Vibrio* spp.의 월별 분포는 조사되지 않은 실정이다.

본 조사는 생활 하수나 선박, 어판장 등에서 폐수 유입, 또는 담수 등이 유입되어 상대적으로 다른 해수 보다 오염정도가 심할 것으로 판단되는 항·포구 주변 해수의 화학적 및 세균학적 인자의 월별 분포를

조사해 보는 것이 의미가 있을 것으로 판단되어 질소, 인등의 영양염류와 *Vibrio* spp. 등 세균의 분포를 조사하여 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

시료채취

애월(St. 1), 대정(St. 2), 법환(St. 3), 남원(St. 4), 성산(St. 5), 조천(St. 6)의 항·포구 6개 정점을 대상으로 1998년 4월부터 1999년 3월까지 매월 1회씩 맑은 날을 택해 시료를 채취하였다(Fig. 1). 시료 채취 지점은 예비조사를 실시하여 담수 및 하수등이 많이 유입되는 것으로 판단되는 지점 2군데(St. 1, St. 6), 조금 유입되는 것으로 판단되는 지점 2군데(St. 2, St. 3), 거의 유입되지 않는 것으로 판단되는 지점 2군데(St. 4, St. 5)를 선정하였다. 화학적 특성 조사를 위한 시료는 4L 폴리에틸렌 용기에 표층수를 채취하여 분석에 사용하였고, 세균학적 특성 조사를 위한 시료는 1L 용량의 무균병에 채취하여 4°C로 유지한 후 실험실로 운반하여 조사하였다.

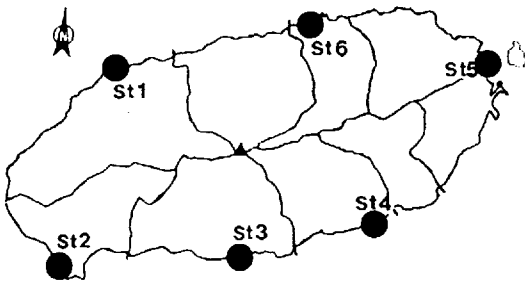


Fig. 1. Map showing the sampling stations around Cheju island.

화학적 특성 분석

시료의 화학적 특성은 수온(Temp.), pH, 염분(Sal.), 총질소(T-N), PO_4^{3-} -P, COD(chemical oxygen demand), SS(suspended solid), DO(dissolved oxygen) 등 8개 항목에 대하여 조사하였다. 수온과 pH는 현장에서 봉상 온도계와 pH meter로 측정하였으며, 용

존산소(DO)는 현장에서 산소고정 후 실험실에서 Winkler azide변법으로 측정하였고, 나머지 항목에 대하여는 standard methods(1989)에 따라 분석하였다.

세균의 분포조사

세균의 분포조사는 총호기성 세균수, *Vibrio* spp. 대장균군수에 대해 실시하였다. 총호기성 세균수 측정은 시료를 단계 희석한 후 각각을 3개의 평판에 1mL씩 주입한 후 Plate count agar에 해수의 염분농도와 비슷하게 하기 위해 NaCl을 3%되게 첨가한 배지를 이용하여 Pour plate method로 CFU(colony forming unit)로서 판독하였다. 대장균군수(Total Coliforms)는 Lactose broth(DIFCO, USA)배지를 이용하여 MPN법으로 측정하였다(APHA et al., 1989). *Vibrio* spp.의 계수는 정등(1996)이 TCBS한천배지에서의 집락을 직접 계수한 방법을 좀더 응용하여 단계 희석된 시료를 1% peptone water - 3% NaCl을 이용하여 대장균군의 MPN법과 동일한 방법으로 증균 시킨후 TCBS Agar(DIFCO, USA)배지에 NaCl이 3%되게 첨가하여 평판을 만들어 도말하였고, *Vibrio* spp.의 동정은 각각의 평판에서 황색집락 과 녹색집락을 무작위 추출하여 계대배양한 후 그람음성, motility 양성, oxidase와 catalase양성, KIA사면배지에서 A/A, 또는 K/A이며, gas가 발생하지 않고, H_2S 음성, glucose에서 산을 발생하면서 gas를 발생하지 않는 균주를 *Vibrio* spp.로 판정하였다(Bergey's manual, 1984). *Vibrio metschnikovii*는 oxidase 음성이고, *V. furnissii*는 glucose에서 gas를 생성하지만 MPN법임을 감안하여 이는 무시하였다. 모든 배양은 $35 \pm 1^\circ C$ 에서 실시하였으며 총호기성 세균수와 대장균군수 시험은 48 ± 4 시간, 그리고 *Vibrio* spp.에 대한 시험은 peptone water에서 증균단계는 18 ± 2 시간, TCBS 평판에서는 24 ± 2 시간 배양하였다.

결과 및 고찰

화학적 수질 분석

St. 1에서의 화학적 수질 분석결과를 Table 1에 나타내었는데, 온도는 $12.0^\circ C \sim 24.3^\circ C$ 로 8월이 가장 높

제주지역 항·포구 해수의 세균학적 및 화학적 수질 분석

Table 1. Chemical seawater quality of station 1

Date	Time	Temp. (°C)	pH	Sal. (%)	COD (mg/L)	T-N ¹⁾ (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)
1998. 4. 13	10:20	17.5	8.23	30.60	1.2	0.83	0.011	2.8	7.35
5. 18	11:10	19.0	8.15	16.89	1.6	2.86	0.015	4.0	7.51
6. 15	14:00	21.5	8.18	13.86	2.8	5.97	0.088	12.0	7.69
7. 13	16:20	22.5	8.14	9.33	1.2	4.27	0.102	2.6	7.04
8. 17	11:20	24.3	8.02	12.47	1.3	4.63	0.101	2.1	6.94
9. 14	11:10	22.2	7.89	5.77	2.4	5.03	0.210	1.1	7.40
10. 19	16:25	18.2	7.96	9.06	0.8	5.84	0.144	3.8	7.72
11. 23	10:25	14.5	8.23	22.51	0.3	2.18	0.114	2.1	7.52
12. 22	14:30	13.8	8.17	25.20	0.2	2.12	0.019	1.7	7.45
1999. 1. 18	10:55	12.0	8.32	30.96	0.8	0.89	0.016	2.2	7.55
2. 08	13:40	15.8	8.34	21.47	0.6	3.07	0.098	3.3	7.84
3. 25	15:30	15.2	8.27	26.91	0.6	1.58	0.046	3.2	7.88

¹⁾ T-N = NH₃-N + NO₃-N + NO₂-N

Table 2. Chemical seawater quality of station 2

Date	Time	Temp. (°C)	pH	Sal. (%)	COD (mg/L)	T-N ¹⁾ (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)
1998. 4. 13	11:30	17.1	8.12	25.60	1.0	1.13	0.030	6.8	7.15
5. 18	13:30	18.5	8.18	26.79	0.8	0.85	0.015	1.5	7.24
6. 15	12:05	18.4	8.23	23.34	1.2	3.02	0.004	5.2	6.90
7. 13	13:25	21.0	8.26	23.09	2.6	2.48	0.021	1.5	6.32
8. 17	13:30	20.5	8.25	19.36	0.7	3.35	0.104	3.6	7.17
9. 14	13:50	24.2	8.13	16.37	2.0	3.55	0.112	1.3	6.82
10. 19	14:50	18.2	8.11	18.60	0.4	2.58	0.120	1.6	7.45
11. 23	11:40	13.0	8.26	27.60	0.5	1.43	0.093	3.2	7.15
12. 22	13:20	16.5	8.13	29.85	0.4	1.36	0.003	2.6	7.05
1999. 1. 18	13:10	16.2	8.28	30.47	0.4	1.07	0.009	0.9	7.59
2. 08	12:20	15.8	8.34	24.94	0.2	2.25	0.040	3.9	7.66
3. 25	14:10	15.5	8.33	24.31	0.8	1.87	0.028	4.0	7.76

¹⁾ T-N = NH₃-N + NO₃-N + NO₂-N

고 1월이 가장 낮았으며, pH는 9월에 7.89에서 2월에 8.34까지였으며, 염분농도는 5.77% ~ 30.96%까지로 월별로 큰 차이가 있는 것으로 나타나 월별로 유입되는 담수의 양이 다른 것으로 판단된다. COD는 12월에 0.2mg/L로 가장 낮은 반면, 6월에 2.8mg/L로 조사기간 중 가장 높았고, 총질소는 0.83~5.97mg/L로 조사되었으며 PO₄-P가 가장 높은 달은 pH와 염분농도가 낮아 담수 및 하수가 다량 유입되는 것으로 생각되는 9월로서 0.210mg/L이었다. 부유물질은 1.1~12.0mg/L이었으며, DO는 6.94~7.88로 주로 여름철에

낮았고 겨울철에 높게 나타났다.

St. 2에서는 수온은 13.0~24.2°C, pH는 8.11~8.34이었고, 염분농도는 9월에 16.37%로 가장 낮았고, 1월이 30.47%로 가장 높았다. COD는 2월에 0.2mg/L에서 7월에 2.6mg/L까지로 조사되었으며, 총질소가 가장 높은 농도로 검출된 달은 염분농도가 가장 낮고 수온이 가장 높은 9월로 3.55mg/L이었고, 가장 낮은 달은 5월로 0.85mg/L이었다. PO₄-P는 염분농도가 비교적 낮은 8, 9, 10월에 다른 달보다 높았고, 그 범위는 0.003~0.120mg/L이었다. SS는 0.9~6.8mg/L이었

Table 3. Chemical seawater quality of station 3

Date	Time	Temp. (°C)	pH	Sal. (%)	COD (mg/L)	T-N ¹⁾ (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)
1998. 4. 13	13:30	15.9	8.22	26.80	1.6	1.89	0.031	7.6	7.15
5. 18	14:20	18.3	8.30	24.45	0.8	0.87	0.057	0.6	7.27
6. 15	11:00	19.4	8.29	24.94	1.6	1.97	0.000	8.8	6.95
7. 13	11:10	24.5	8.25	24.94	3.2	0.96	0.000	10.6	6.56
8. 17	14:30	20.2	8.34	16.10	0.6	3.28	0.010	4.0	7.28
9. 14	14:40	25.3	8.12	16.49	2.8	2.07	0.026	2.4	6.92
10. 19	12:40	19.5	8.27	18.85	1.2	3.02	0.033	2.7	7.34
11. 23	13:20	19.0	8.34	26.89	0.4	0.79	0.032	1.1	7.46
12. 22	11:40	17.9	8.03	31.70	1.2	0.50	0.005	1.7	7.26
1999. 1. 18	15:10	16.0	8.28	14.35	0.4	2.32	0.035	2.4	7.89
2. 08	11:20	17.6	8.36	29.37	0.2	0.79	0.034	4.0	7.76
3. 25	12:50	17.8	8.32	28.88	0.6	0.71	0.058	2.3	7.36

¹⁾ T-N = NH₃-N + NO₃-N + NO₂-N

Table 4. Chemical seawater quality of station 4

Date	Time	Temp. (°C)	pH	Sal. (%)	COD (mg/L)	T-N ¹⁾ (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)
1998. 4. 14	12:10	17.2	8.21	33.41	1.6	0.54	0.003	8.8	6.65
5. 20	11:00	19.3	8.23	28.88	1.4	1.09	0.070	5.6	6.60
6. 16	14:50	22.0	8.33	30.60	1.0	0.70	0.000	2.2	6.15
7. 20	10:50	24.8	8.35	28.88	1.2	0.78	0.000	7.2	6.02
8. 19	11:10	25.2	8.14	28.14	0.3	1.27	0.002	3.8	6.08
9. 14	15:50	25.7	8.03	29.13	3.6	2.37	0.029	3.8	6.10
10. 21	13:55	22.2	8.19	31.46	1.6	0.34	0.025	7.3	6.65
11. 24	12:30	19.9	8.28	33.67	0.5	0.17	0.031	0.7	6.55
12. 23	11:40	17.2	8.20	33.05	1.2	0.31	0.000	0.3	7.31
1999. 1. 19	13:00	15.7	8.13	32.80	1.2	0.23	0.031	9.1	7.15
2. 09	11:15	17.1	8.37	29.61	0.4	0.77	0.011	1.7	7.56
3. 29	11:40	14.8	8.34	33.53	1.4	0.34	0.019	3.4	7.46

¹⁾ T-N = NH₃-N + NO₃-N + NO₂-N

고, DO는 COD가 가장 높은 7월에 가장 낮은 6.32mg/L로 조사되었고, 가장 높은 달은 3월로 7.76mg/L이었다(Table 2).

Table 3에 나타난 St. 3에서의 화학적 수질분석결과를 보면 수온은 15.9~25.3°C로 최저 수온이 다른 정점에 비해 좀 더 높았고, pH는 8.03~8.36이었으며, 조사기간 중 최저 및 최고 염분농도는 각각 1월에 14.35‰, 12월에 31.70‰였다. COD는 겨울철인 2월에 0.2mg/L에서 여름인 7월에 3.2mg/L이었고, T-N은 0.50~3.28mg/L까지로 월별로 큰 차이를 보였다.

PO₄-P는 6월과 7월에는 검출되지 않았고 3월에 가장 높은 0.058mg/L로 조사되었다. SS는 0.6~10.6mg/L이었고, DO는 COD가 가장 높은 7월에 6.56mg/L로 가장 낮았고, 염분농도가 가장 낮아 담수가 유입되는 것으로 판단되는 1월에 7.89mg/L로 가장 높았다.

Table 4에 나타난 St. 4에서의 월별 조사결과에서는 수온의 경우에는 14.8~25.7°C, pH는 8.03~8.37이었으며, 염분농도는 28.14~33.67‰로 8월에 가장 낮았고 11월에 가장 높았다. COD는 0.3~3.6mg/L로 조사되어 월별 차이가 많았으며, 또한 COD가 가장 높게

제주지역 항·포구 해수의 세균학적 및 화학적 수질 분석

Table 5. Chemical seawater quality of station 5

Date	Time	Temp. (°C)	pH	Sal. (‰)	COD (mg/L)	T-N ¹⁾ (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)
1998. 4. 14	13:30	16.8	8.25	33.41	1.4	0.47	0.005	9.8	6.95
5. 20	11:30	19.1	8.28	31.08	1.2	0.81	0.000	6.7	6.80
6. 16	12:55	20.3	8.24	32.30	1.6	0.54	0.000	2.0	6.40
7. 20	11:40	25.4	8.31	29.25	1.9	0.78	0.000	4.8	6.24
8. 19	12:00	27.5	8.28	29.73	1.0	0.73	0.002	3.8	6.17
9. 15	13:40	25.3	8.12	29.13	3.0	0.58	0.024	4.4	6.08
10. 21	14:55	19.7	8.20	30.23	1.8	0.73	0.027	1.9	6.70
11. 24	13:40	17.2	8.26	32.77	0.6	0.27	0.027	3.7	6.85
12. 23	12:30	15.0	8.13	33.17	0.2	0.38	0.000	1.6	7.54
1999. 1. 19	11:20	15.3	8.25	33.29	0.4	0.26	0.021	1.8	7.35
2. 09	12:10	12.2	8.36	32.80	1.1	0.62	0.000	3.3	7.76
3. 29	12:40	12.8	8.31	32.42	1.6	0.66	0.015	6.3	7.86

¹⁾ T-N = NH₃-N + NO₃-N + NO₂-N

Table 6. Chemical seawater quality of station 6

Date	Time	Temp. (°C)	pH	Sal. (‰)	COD (mg/L)	T-N ¹⁾ (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)
1998. 4. 14	14:30	15.8	8.07	24.47	0.8	1.39	0.007	0.6	7.65
5. 20	13:20	18.2	8.27	11.46	0.4	3.02	0.075	1.9	7.50
6. 16	10:50	20.6	8.24	29.49	4.8	1.48	0.016	10.4	7.20
7. 20	13:30	25.0	8.32	13.98	1.4	4.43	0.040	2.8	6.98
8. 19	13:30	23.4	7.91	5.40	0.3	10.69	0.011	1.2	7.15
9. 15	15:00	23.0	7.77	3.64	1.6	10.80	0.032	1.0	7.60
10. 21	16:10	18.7	8.15	25.19	1.5	3.22	0.027	4.8	6.98
11. 24	14:50	16.2	8.25	27.46	0.4	2.01	0.025	2.0	7.25
12. 23	10:10	13.4	8.02	23.58	1.0	4.00	0.000	1.7	7.96
1999. 1. 19	10:10	13.8	8.17	30.35	0.4	1.59	0.062	1.8	7.35
2. 09	14:00	15.7	8.33	22.58	0.2	4.39	0.040	0.7	7.87
3. 29	14:40	14.0	8.35	28.50	0.4	2.12	0.025	3.85	7.91

¹⁾ T-N = NH₃-N + NO₃-N + NO₂-N

조사된 9월의 다른 항목들을 살펴보면 수온이 조사기간 중 가장 높았고, pH는 가장 낮았으며, T-N이 가장 높은 2.37mg/L이었다. T-N이 가장 낮은 달은 11월로 0.17mg/L이었으며, PO₄-P는 0.000~0.070mg/L로 5월에 가장 높은 농도로 조사되었다. SS는 0.3~9.1mg/L이었고, DO는 7월이 가장 낮은 6.02mg/L, 그리고 2월이 가장 높은 7.56mg/L이었다.

St.5에서의 월별 수온 변화는 2월에 12.2°C에서 8월에 27.5°C까지였으며 pH는 8.12~8.36까지로 최저 pH가 다른 정점에 비해 높았다. 염분농도 또한

29.13~33.41‰로 다른정점에 비해 월별차가 적었고, COD는 12월에 0.2mg/L에서 9월에 3.0mg/L까지였으며, T-N은 0.26~0.81mg/L로 그 농도가 다른 정점에 비해 낮았고, PO₄-P는 0.000~0.027mg/L로서 T-N과 더불어 다른 정점에 비해 영양염류의 양이 적음을 알 수 있었다. 염분농도가 거의 일정하고 영양염의 농도가 낮은 것으로 보아 다른 지역에 비해 담수 및 하수 등의 유입이 비교적 적은 것으로 판단된다. SS는 1.6~9.8mg/L이었으며, DO이 경우는 가장 농도가 낮은 9월에 6.08mg/L로서, 이때는 pH와 염분농도가

조사기간 중 가장 낮았고, COD는 가장 높은 달이었다(Table 5).

St.6에서 조사된 결과를 보면 수온은 13.4~25.0°C, pH는 7.77~8.35였으며, 염분농도는 9월에 3.64‰로 조사 정점 중 가장 낮아 많은 양의 담수가 유입된 것으로 생각되며, 1월에 30.35‰로 조사되어 월별 차이가 큼을 알 수 있었다. COD는 2월에 0.2mg/L이었고, 6월이 4.8mg/L로 가장 높았다. T-N은 8월과 9월이 각각 10.69mg/L와 10.80mg/L로서 조사정점 중 St.6의 9월이 가장 높았고 이때의 염분농도와 pH가 또한 조사기간 중 가장 낮았는데, 이는 담수 및 하수가 다량 유입된 이유로 생각된다. PO₄-P는 12월에는 검출되지 않은 반면 5월에는 0.075mg/L로 가장 높았다. SS는 0.6~10.4mg/L로 조사되었고, DO는 7월과 10월에 가장 낮은 6.98mg/L이었고, 가장 높은 달은 12월로 7.96이었다(Table 6).

각 정점별 물리화학적 인자비교

6개 정점에서 조사기간 중 가장 낮은 수온은 St.1의 1월로 12.0°C였으며, 가장 높은 수온은 St.5의 8월로 27.5°C이었는데, 이것은 시료가 표층수이므로 일일 수온변화에 따른 영향도 있는 것으로 판단된다. pH의 경우는 St.6에서 9월에 pH7.77로 가장 낮았고, 가장 높은 때는 St.4의 2월로 pH8.37이었다. 염분농도는 3.64~33.67‰로 지역별 및 월별 차이가 많았다. St.1, 2, 3, 6의 염분농도가 월별로 낮은 분포를 보이는 것은 주변에 해안 용출수가 많이 분포하는 지역으로 그에 따른 영향도 있는 것으로 판단된다. COD는 대부분의 정점에서 최저농도는 0.2mg/L로 조사되었고, 최고농도는 St.6의 6월에 4.8mg/L로 모든 정점에서 주로 하절기인 6~9월이 높았는데, 이는 여름철이 하수의 유입이 많기 때문으로 생각된다. T-N은 0.17~10.80mg/L이었으며 최저농도는 St.4의 11월이었으며, 최고 농도는 St.6의 9월로서 대부분의 정점에서 여름철에 가장 높았다. PO₄-P는 0.000mg/L에서 St.1의 9월에 0.210mg/L까지로서 큰 차이를 보였다. SS는 0.3~12.0mg/L까지로 조사되었으며, 6.02mg/L에서 7.96mg/L까지 농도분포를 보인 DO는 St.4의 7월에 6.02mg/L로 가장 낮았고 St.6의 12월에 7.96mg/L로 가장 높아

주로 여름이 낮음을 알 수 있는데, 이는 여름철이 COD와 T-N이 높은 것과 관련하여 유기물의 분해에 따른 산소소비와 수온이 높아 포화량이 적은 이유로 생각된다. 김등(1994)은 제주도 해안 용출수의 수질조사에서 NO₃-N이 1.8~139.9mg/L까지로 조사하였고 염소이온은 최저 9mg/L~3.976mg/L까지로 지역별 및 월별차이가 크다고 하여 연안의 수질 변화가 해안 용출수의 수질특성과도 연관이 깊은 것으로 생각된다.

현등(1997)의 제주도내 10군데 해수욕장의 여름철 수질조사결과를 보면 COD가 0.3~1.6mg/L, SS가 2.5~18.4mg/L, 수온은 18.8~27.9°C, DO는 5.6~7.9mg/L, 염분농도는 26.01~35.41‰이라고 하였는데, 오염의 척도라고 할 수 있는 COD농도에서 본 조사의 여름철과 비교 해볼 때 해수욕장 보다는 항·포구 주변이 물리화학적 오염이 심한 것으로 판단된다. 또한 金등(1981)은 10월과 5월사이 제주항, 서귀항, 성산항에 대한 조사에서 수온은 각각 12.9~21.8°C, 12.9~25.9°C, 9.2~21.6°C였고, Chlorinity는 1.45~19.32‰, 10.65~19.31‰, 4.10~19.16‰, Nitrite는 0~5.58 μg-at/L, 0.01~1.13 μg-at/L, 0.01~0.79 μg-at/L로 조사하였고, Nitrate는 0~17.14 μg-at/L, 0~15.40 μg-at/L, 0~2.79 μg-at/L로, 그리고 Phosphate는 0.01~5.58 μg-at/L, 0~1.58 μg-at/L, 0~1.61 μg-at/L로 조사하였는데, 염분의 경우는 지역별 및 월별로 차이가 많아 본 조사결과와 비슷하였고, 영양염류인 질소 및 인의 농도는 본 조사결과 보다 낮은 수치였다. 이는 본 조사에서는 항포구에서 직접 채수한 시료이고 金등(1981)의 경우는 본 조사지점보다 외항의 시료인 차이로 생각된다.

본 조사결과는 육지부와 바로 접한 항·포구의 표층수에 대한 조사결과로서 담수 및 하수의 영향이 많은 것으로 판단되며, 앞으로 해역별 그리고 수심별 조사가 미생물학적 조사와 병행해서 진행되어야 될 것으로 사료된다.

세균학적 분석

St.1에서의 세균의 분포를 보면(Fig. 2) coliform과 *Vibrio* spp., 총호기성 세균수에서 모두 수온이 가장 높은 8월에 각각 170×10³MPN/100mL, 13×10³MPN/100mL, 135.33×10²cfu/mL로 가장 높은 수치를 나타

제주지역 항·포구 해수의 세균학적 및 화학적 수질 분석

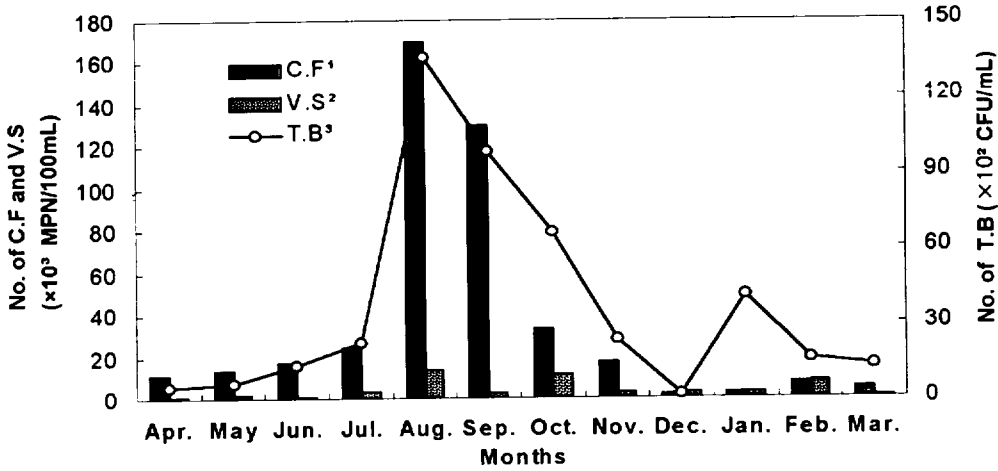


Fig. 2. Distributions of total aerobic bacteria, *Vibrio* spp., and coliforms at station 1.
¹⁾ C. F ; coliforms, ²⁾ V. S ; *Vibrio* spp., ³⁾ T. B ; total aerobic bacteria

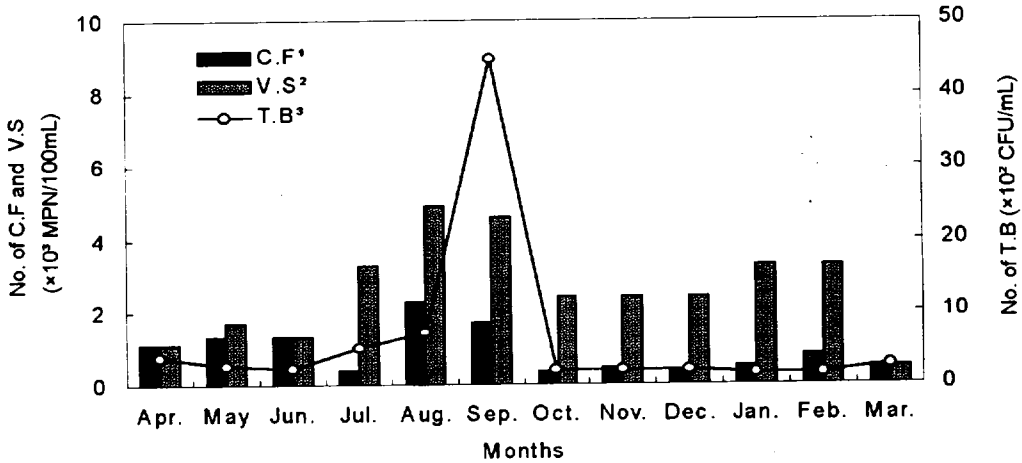


Fig. 3. Distributions of total aerobic bacteria, *Vibrio* spp., and coliforms at station 2.
¹⁾ C. F ; coliforms, ²⁾ V. S ; *Vibrio* spp., ³⁾ T. B ; total aerobic bacteria

냈으며, 조사기간 중 가장 낮은 수치는 coliform이 12월에 1.7×10^3 MPN/100mL, *Vibrio* spp.가 6월에 0.7×10^3 MPN/100mL, 총호기성 세균수의 경우는 12월에 1.59×10^2 cfu/mL로 조사되었다. 그리고 12, 1, 2월을 제외하고는 모든 달에 coliform이 *Vibrio* spp.보다 높은 수치를 나타내는 것으로 조사되었다. 그리고 수온이 가장 낮은 1월이 2월이나 3월보다 총호기성 세균수가 많은 것으로 조사되었다.

St.2에서는(Fig. 3) coliform의 경우는 수온이 가장 높은 9월보다 8월에 100mL당 2.3×10^3 MPN의 분포를 나타내었고 수온이 21°C인 7월이 0.4×10^3 MPN으로 여름철인데도 비교적 낮은 분포를 보였다. *Vibrio* spp.는 8월에 4.9×10^3 MPN/100mL로 가장 높은 분포를 보였으며, 총호기성 세균수에서는 9월이 44.67×10^2 cfu/mL로 가장 높게 조사되었다. 가장 낮은 수치를 보인 경우는 coliform이 10월과 12월에 0.33×10^3 MPN/100mL.

Vibrio spp.가 3월에 0.49×10^3 MPN/100mL, 총호기성 세균수는 1월에 1.47×10^2 cfu/mL로 조사되었다. St.2에서는 St.1과 반대로 4월과 6월, 그리고 3월에 같은 수치를 보인 경우를 제외하고 전조사기간에 걸쳐 *Vibrio* spp.가 coliform보다 높은 수치를 보이는 것으로 나타났다.

St.3에서는 coliform의 경우 다른 정점이 대부분 여름철에 가장 높은 분포를 보인 것과 달리 1월에 54.0×10^3 MPN/100mL로 가장 높게 조사되었고, *Vibrio*

spp.는 7월과 2월에 17×10^3 MPN/100mL로 가장 높게 조사되었으며, 겨울철인 2월에도 높은 분포를 보였다. 총호기성 세균수에서는 8월에 34.43×10^2 cfu/mL로 가장 높게 조사되었고, 1월과 2월에도 각각 17.97×10^2 , 23.9×10^2 cfu/mL로 겨울철에도 비교적 높게 나타났다. 가장 적은 수치는 coliform이 0.45×10^3 MPN/100mL로 11월에, *Vibrio* spp.는 0.7×10^3 MPN/100mL로 3월에, 그리고 총호기성 세균수는 0.9×10^2 cfu/mL인 12월로 조사되었다. *Vibrio* spp.가 coliform보다 높은 수치를

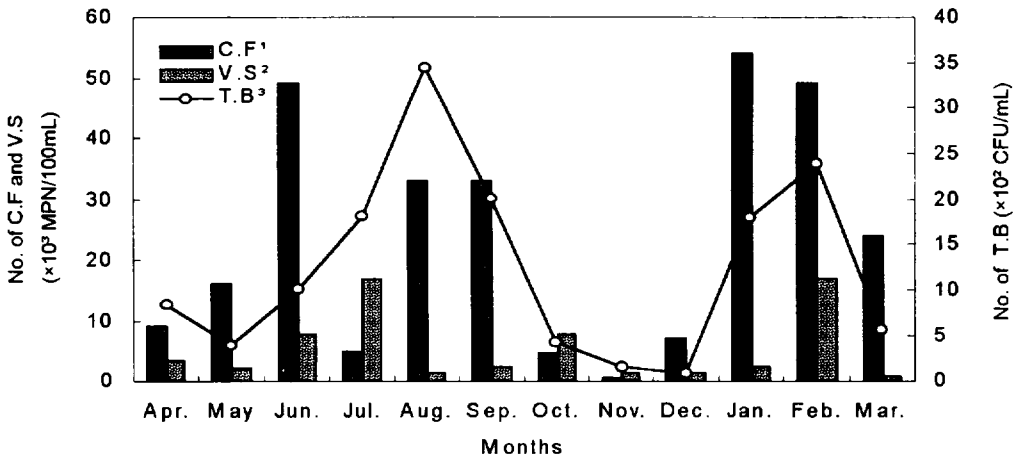


Fig. 4. Distributions of total aerobic bacteria, *Vibrio* spp., and coliforms at station 3.
 1) C. F ; coliforms, 2) V. S ; *Vibrio* spp., 3) T. B ; total aerobic bacteria

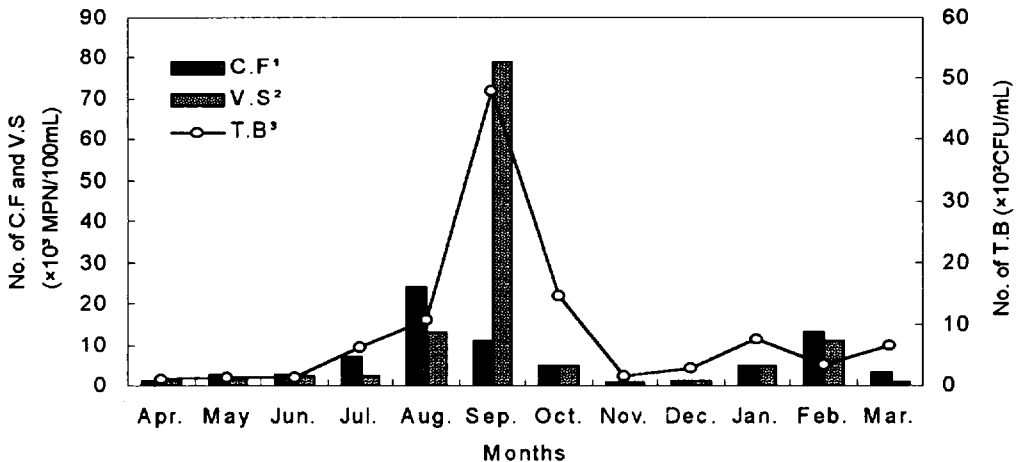


Fig. 5. Distributions of total aerobic bacteria, *Vibrio* spp., and coliforms at station 4.
 1) C. F ; coliforms, 2) V. S ; *Vibrio* spp., 3) T. B ; total aerobic bacteria

제주지역 항·포구 해수의 세균학적 및 화학적 수질 분석

나타낸 달은 *Vibrio* spp.가 가장 높은 수치를 보인 7월과 10. 11월이었다(Fig. 4).

St.4에서는 coliform의 경우에 8월에 24.0×10^3 MPN/100mL를 기점으로 증가 및 감소하는 경향을 보였는데, 11월이 0.79×10^3 MPN/100mL로 가장 낮은 수준이었다. 그리고 2월에도 13×10^3 MPN/100mL로 8월 다음으로 높은 수치를 나타내었다. *Vibrio* spp.는 9월에 79.0×10^3 MPN/100mL로 최고 수치를 나타내었고, 3월에 0.7×10^3 MPN/100m로 가장 낮은 분포를

보였다. 총호기성 세균수에서도 마찬가지로 9월에 48.0×10^2 cfu/mL를 기준으로 증가와 감소가 이루어졌으며, 가장 낮은 달은 4월로 1.0×10^2 cfu/mL로 조사되었다(Fig. 5).

St.5(Fig. 6)에서는 모든 경우에 8월이 가장 높은 분포 수치를 나타냈는데, coliform의 분포는 4.6×10^3 MPN/100mL로 가장 높았고, 1월에 0.11×10^3 MPN/100mL로 가장 낮은 분포를 나타내었다. *Vibrio* spp.는 170×10^3 MPN/100mL으로 가장 높았고, 11월과

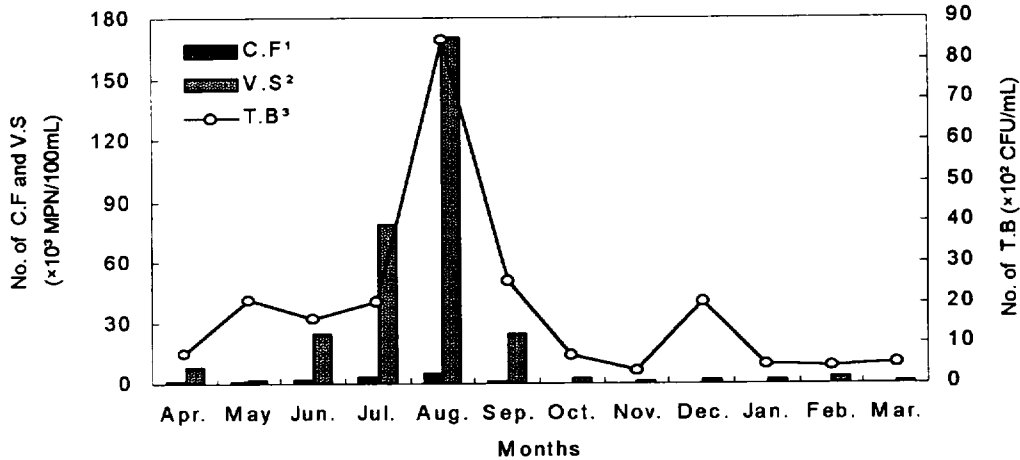


Fig. 6. Distributions of total aerobic bacteria, *Vibrio* spp., and coliforms at station 5.
¹⁾ C. F ; coliforms, ²⁾ V. S ; *Vibrio* spp., ³⁾ T. B ; total aerobic bacteria

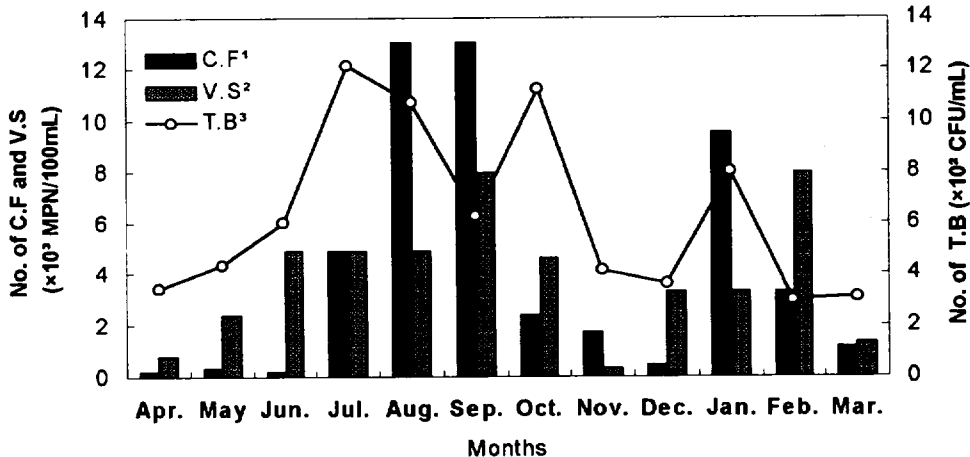


Fig. 7. Distributions of total aerobic bacteria, *Vibrio* spp., and coliforms at station 6.
¹⁾ C. F ; coliforms, ²⁾ V. S ; *Vibrio* spp., ³⁾ T. B ; total aerobic bacteria

3월이 0.49×10^3 MPN/100mL로 가장 낮은 분포를 나타내었다. 총호기성 세균수에서는 8월에 84.68×10^2 cfu/mL가 가장 높은 수치였으며, 11월이 3.17×10^2 cfu/mL로 가장 낮게 조사되었다.

St. 6에서의 coliform의 분포는 8, 9월에 13.0×10^3 MPN/100mL로 가장 높았으며, 4, 6월에 0.22×10^3 MPN/100mL로 가장 낮은 수치를 보이는 달로 조사되었다. *Vibrio* spp.는 9월과 2월에 7.9×10^3 MPN/100mL로 가장 높은 수치를 나타내었고, 11월이 0.33×10^3 MPN/100mL로 가장 낮은 분포를 보였다. 총호기성 세균수는 7월에 12.13×10^2 cfu/mL로 가장 높은 수치를 보였고, 10월에 11.2×10^2 cfu/mL로 7월과 비슷한 분포를 보였다. 그리고 2월에 2.97×10^2 cfu/mL로 가장 낮은 분포를 보였다(Fig. 7).

각 세균별 분포 비교

분변오염 지표세균인 coliform은 조사기간 중 $0.11 \times 10^3 \sim 170 \times 10^3$ MPN/100mL로 8월이 4군데 정점, 1월이 1군데 정점에서 가장 높은 분포수준을 보였으며 8, 9월이 동시에 높은 분포를 보인 곳이 1군데로 대부분 8~9월에 높은 분포를 나타내어 화학적 오염인자와 마찬가지로 여름철이 오염정도가 심한 것으로 판단된다. 또한 가장 낮은 수치를 보인 달은 11월이 2군데, 12월이 1군데였으며 10, 12월에 동시에 가장 낮은 수준을 보인 곳이 1군데이고, 1월이 1군데 정점으로 조사되었다.

Vibrio spp.의 분포는 $0.33 \times 10^3 \sim 170 \times 10^3$ MPN/100mL로 가장 높은 수준을 보인 시기를 보면 8월에 3군데, 9월이 1군데, 그리고 9월과 2월, 그리고 7월과 2월이 동시에 높은 수준으로 조사된 곳이 각각 1군데로 대부분 7~9월 사이가 가장 높은 *Vibrio* spp.의 분포를 보여 주로 여름철에 높은 수치를 나타내었다.

총호기성 세균수는 $0.9 \times 10^2 \sim 135.33 \times 10^2$ cfu/mL로서 7~9월 사이에 대부분이 높은 수준을 유지했는데, 8월이 3군데, 9월이 2군데, 그리고 7월이 1군데 정점으로 조사되었다. 가장 낮은 분포를 나타낸 달은 4월이 1군데, 1월과 2월이 각 1군데 11월이 1군데이고, 12월이 2군데 정점으로 조사되어 12~4월 사이인 겨울철에 주로 낮은 분포를 보이는 것으로 조사되었다.

현등(1997)은 여름철 제주도내 해수욕장의 수질 조사에서 coliform이 $1.9 \times 10 \sim 8.0 \times 10^3$ MPN/100mL인 것으로 조사하였고, 김(1983)의 7월과 8월 사이의 제주도내 주요해수욕장의 수질조사에서 대장균군수는 100mL당 1.8이하에서 2400이었고 분변성대장균은 해수 100mL당 1.8이하에서 230, 총세균수는 30~1,800/mL로 비교적 낮은 수치를 나타내어 본 조사지역인 항·포구가 해수욕장 보다 세균학적 오염도가 높은 것으로 판단된다. 그리고 김등(1981)은 10월부터 이듬해 5월사이의 제주항, 서귀항, 성산항의 3개 항·포구에 대한 수질조사에서 대장균군수는 각각 154 ~ 332.143MPN/100mL, < 1.8 ~ 5,228MPN/100mL, 성산항의 경우는 조사기간 내내 < 1.8MPN/100mL이었고 분변성 대장균군수는 각각 57~86.857MPN/100mL, < 1.8 ~ 1,651MPN/100mL, 그리고 성산항은 대장균군수와 마찬가지로 조사기간동안 계속 < 1.8MPN/100mL로 보고하였고, 총세균수는 3개 항구에서 각각 511~368,571/mL, 284~38,014/mL, 283~751/mL라고 하여 여름철에 대한 조사가 없어 직접적인 비교는 어려우나 제주항의 결과를 제외하고는 본 조사결과 보다 낮은 분포를 보였다. 특히 성산항의 경우에는 본 조사지점과 비슷한 지역임에도 많은 차이를 보였다. 뒀 와 김(1980)도 동계 제주항의 미생물학적 수질조사에서 Total coliform과 Fecal coliform, 일반세균수가 가장 높은수치를 보인곳이 각각 86,166MPN/100mL, 9,208MPN/100mL, 52,496cfu/mL라고하여 김등(1981)과 마찬가지로 본 조사보다 높은 수치를 나타내었다.

제주지역 이외의 조사결과를 보면 정 과 신(1996)은 8월에 여수연안의 대장균군수, *Vibrio* spp. 총세균수에 대한 조사에서 각각 $0.3 \times 10 \sim 3.0 \times 10^3$ /mL, $0.2 \times 10 \sim 9.0 \times 10^3$ /mL, $1.0 \times 10^2 \sim 3.0 \times 10^4$ /mL으로 보고하였는데 검사방법이 MPN법인 본 조사결과와 비교해 볼 때 조금 높은 것으로 생각된다. 또한 정 과 신(1996)은 동중국해인 외양에서는 8월에 coliform이 $0.9 \times 10 \sim 1.3 \times 10$ /mL, *Vibrio* spp.가 $0.8 \times 10 \sim 3 \times 10$ /ml, 그리고 일반세균이 $0.4 \times 10 \sim 2.4 \times 10^3$ /mL로 연안과 비교했을 때 큰 차이를 보인다고 했는데 제주해역에서도 이와 같은 외양과 연안의 세균분포에 대한 비교조사가 있어야 할 것으로 판단된다.

그리고 항·포구에서 주요 해양세균인 *Vibrio*속에 대한 조사에서는 한등(1997)이 1997년 3~10월 사이의 제주도내 항·포구의 *Vibrio* 분포조사에서 *V. parahaemolyticus*는 10월에 가장 높게 분포되었고 6월이 가장 낮게 검출되었다고 하였고, 김 과 뢰(1982)는 6월과 10월 사이의 제주항의 *V. parahaemolyticus*의 분포조사에서 대부분이 100~3000MPN/100mL로 조사하였으며 8월과 9월이 높게 나타났다고 하여 *V. parahaemolyticus* 단일종에 대한 결과이지만 본 조사 결과에서 7월과 9월 사이에 *Vibrio* spp.가 높은 수준을 보인 것과 비슷한 결과로 볼 수 있다.

요 약

1998년 4월부터 1999년 3월까지 제주지역 항·포구 6군데 해수의 세균학적 및 화학적 수질을 조사 분석하였다. 염분농도는 3.64‰에서 33.67‰까지로 조사되어 월별 및 지역별로 큰 차이를 보였으며, 영양염류인 총질소와 인산염 인은 각각 0.17~10.80mg/L와 0.000~0.210mg/L로 조사되었다. 이는 지역 및 월별로 담수 및 하수가 양이 다르게 유입되는 것으로 판단된다.

세균학적 검사는 총호기성 세균수, *Vibrio* spp., 대장균군수에 대하여 실시하였는데, 대부분 정점에서 수온이 높은 7~9월에 높은 수준을 보였으며, 각각 $0.9 \times 10^2 \sim 135.33 \times 10^2$ cfu/mL, $0.33 \times 10^3 \sim 170 \times 10^3$ MPN/100mL, $0.11 \times 10^3 \sim 170 \times 10^3$ MPN/100mL이었다.

참 고 문 헌

Clesceri, L. S., A. E. Greenberg and R.R. Trussell. 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA-AWWA-WPCF., 17th edition.

Noel R. Krieg and John G. Holt. 1984. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Volume 1. Williams & Wilkins.

Novitsky, J. A.. 1983. Starvation survival of heterotrophs in the marine environments. *Advances in Microbial Ecology*, 6. 171~198.

Wimpenny, J. W., W. L. T. Robert and C. Philip. 1983. Laboratory model systems for the investigation of spatially and temporally microbial ecosystems. In *microbes in their natural environments*. Cambridge Univ., Press. 67~117

김구 · 노홍길 · 이상호. 1991. 하계 제주도 주변해역의 수계 및 해수 순환. *한국수산학회지*, 26(3), 262~277

김성홍 · 송영철 · 오순미 · 김길성 · 김태현 · 김세라 · 고광림 · 임희웅 · 고용구. 1994. 제주도 해안 용출수의 수질특성. *濟州道保健環境研究院報*, 5, 175~197.

김인옥 · 노홍길. 1994. 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙 연안수에 관한 연구. *한국수산학회지*, 27(5), 515~528.

金在河 · 朴吉淳 · 姜永周. 1981. 濟州道 沿岸 海水의 化學的 및 微生物學的 水質 現況에 關한 研究., 濟州大學 海洋資源研究所 研究報告, 5, 17~32.

金在河 · 吳德鐵. 1982. 濟州港의 *Vibrio parahaemolyticus* 分布에 關한 研究. 濟州大學 海洋資源研究所 研究報告, 6, 27~32.

金在河. 1983. 濟州道內 主要海水浴場의 微生物學的 水質現況. 濟州大學校 海洋資源研究所 研究報告, 7, 53~58.

盧洪吉 · 鄭公旿. 1980. 濟州島 沿岸의 環境特性에 關한 基礎的 研究-I. 濟州大學 海洋資源研究所 研究報告, 4, 1~5.

吳德鐵 · 金在河. 1980. 冬季 濟州港의 微生物學的 水質汚染에 關한 研究. 濟州大學 海洋資源研究所 研究報告, 4, 15~21.

吳德鐵. 1978. 濟州市 一圓 四個所 海水의 糞便性 汚染細菌의 分布. *한국육수학회지*, 11(3-4), 81~86.

정규진 · 신석우. 1996. 여수연안 및 동중국해의 세균상-1. 일반세균, *Vibrio* spp., 대장균군수에 따른 수평분포. 1996. *한국수산학회지*, 29(1), 9~16.

조인숙 · 김병모 · 송상택 · 현익현 · 오상실 · 김미

- 금 · 문성배, 1999. 하계 제주도 동·서해역 해수 특성의 일주변화. 濟州道保健環境研究院報, 9, 81~110.
- 최영찬 · 정용진, 1989. 제주도 해안선 주변 1개정점 (용두암근처)에서 해수의 일주변화. 濟州大學校 海洋研究所 研究報告, 13, 27~33.
- 한창수 · 문봉춘 · 김언주 · 현근탁 · 강봉조 · 김수정 · 고용구, 1997. 병원성 *Vibrio* species 분포조사. 濟州道保健環境研究院報, 8, 25~46.
- 현익현 · 김병모 · 조인숙 · 송상택 · 오상실 · 김미금 · 문성배, 1997. 해수욕장수질조사. 濟州道保健環境研究院報, 8, 211~212.