

제주도 해안선 주변 1개정점(용두암 근처)에서 해수 특성의 일주 변화

최영찬 · *정용진
해양과학대학 해양학과, *어업학과

Diurnal Change of Sea Water Characteristics at a Station (near the Dragon Head Rock) around Coast Line in Cheju Island.

Young Chan CHOI · Yong Jin CHUNG*

Dept. Oceanography, Cheju National Univ.
*Dept. Fisheries, Cheju National Univ.

In order to know diurnal change of sea water characteristics at a station (near Dragon Head Rock) around the coast line of Cheju Island. Observations have been performed at intervals of two hours for 24 hours in Oct, 1987 and Feb, 1988, Apr., and Aug. .

1. Water temperature varied hour by hour. Variation range between maximum and minimum temperature during the day was high (over 2C) in Aug. and Oct. , and low (ca. 1C) in Feb. and Apr. .
2. Variation range between maximum and minimum salinity during the day was highest (1.7‰) in Oct. and Feb. , with maximum salinity one hour after high tide.
3. Concentration of dissolved oxygen and suspended solid corresponded to standard sea-water quality class [I], showing the favorable environment.
4. The highest concentrations of nitrate-nitrogen and silicate-silicon were in Oct. and Feb. , whereas the highest value of phosphate-phosphorus was in April.
3. Concentration of chlorophyll a was high april and low in Feb. . The value during the daytime was 1.5 times higher ($0.83 \text{mg}/\text{m}^3$) than that at night ($0.54 \text{mg}/\text{m}^3$).

서 론

제주 주변역은 여러 수괴의 영향으로 그 계절적 변동이 심하고 이러한 외양수는 연안역까지 접근함으로 연안 해양환경은 시, 공간적으로 복잡하게 형성되고 있다. 특히 제주도는 강우에 의한 유수가 지하로 침투되어 지하 수자원을 형성하기도 하나 일시에 지표물을 흘러내려 그대로 바다로 유입되고 있다. 또한 해안선 주변에서는 년중 다량의 용천수

가 솟아 나오고 있어(박, 1985) 해안선 주변해수의 특성은 계절적, 시간적 변동이 심할 것으로 예상되 여진다(최 등, 1989). 제주도 북방 용담역은 외해와 직접 접촉되는 지역이며 주변에는 용두암 및 해안도로에 인접한 관광지역으로 연안해수특성과 연안 환경보전 측면에서도 매우 중요시되는 지역이다. 연안 조사로는 서귀포연안(양, 1985), 삼양연안(박, 1984), 신천연안(최 등, 1987) 등 일부 되어 있으나 계절적인 일주변화를 조사한 연구는

없는 실정이다.

이에 본 연구는 해안선 주변해수의 계절적 일주 변화 특성을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

1987년 10월, 1988년 2월, 4월, 8월에 제주도북방 용담해안선 주변역에서 채수하였다(Fig 1). 시수는 2시간 간격으로 24시간동안 표층 부근에서 채수되었다. 수온은 봉상온도계로 현장에서 측정하였고, 염분은 실험실에서 Salinometer (MODEL E-2)로, pH는 pH meter (Fisher model 230A)로, 용존산소(DO)는 현장에서 용존산소를 고정시킨후 실험실에서 잉클러 이지드 변법으로, 화학적산소 요구량(COD)은 Standard methods에 따른 알카리 과망간산 칼륨법으로, 부유물질(SS)는 유리섬

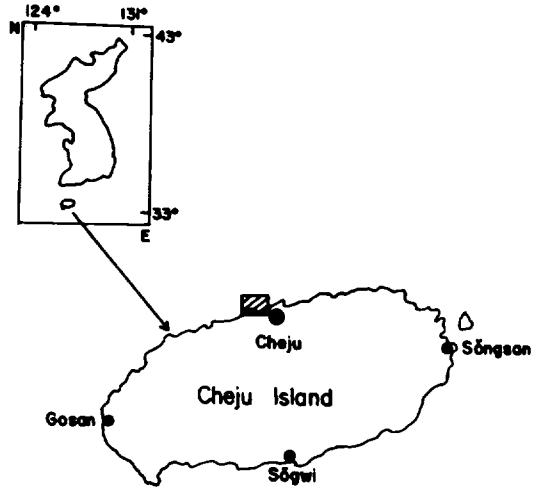


Fig. 1. Location of sampling station around coast line of Cheju Island.

Table 1. Physical and chemical values observed coast line of Cheju Island, during from Oct. 1987 to Aug. 1988.

		Water temp. (°C)	Salinity (‰)	pH	DO	COD (mg/l)	SS
10-11	Range	20.2-22.5	32.24-33.95	7.55-8.04	5.19-7.36	0.92-1.74	1.87-3.17
Oct. '87	Mean	21.5	33.18	7.83	6.32	1.20	2.44
23-24	Range	13.7-14.4	32.37-34.12	7.88-7.95	8.14-9.05	0.75-1.97	3.33-8.37
Feb. '88	Mean	14.1	33.43	7.92	8.59	1.34	5.15
22-23	Range	15.0-16.2	33.26-34.28	8.08-8.29	6.88-10.54	0.55-1.20	6.00-7.73
Apr. '88	Mean	15.5	34.04	8.17	8.78	0.73	7.00
3-4	Range	23.5-25.8	31.19-32.18	8.13-8.32	5.33-8.00	0.70-1.20	6.30-7.87
Aug. '88	Mean	24.2	32.04	8.22	6.60	0.96	7.10
Range		13.7-25.8	31.19-34.28	7.55-8.32	5.19-10.54	0.55-1.97	1.87-8.37
Mean		18.8	33.17	8.04	7.57	1.06	5.51

Table 1. Continued

		NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N (µg-at/l)	PO ₄ ⁻ -P	SiO ₂ -Si	Chl. a (mg/m ³)
10-11	Range	ND-1.53	0.07-0.52	5.93-12.99	0.23-0.60	8.23-32.08	0.40-1.05
Oct. '87	Mean	0.37	0.28	9.35	0.38	19.03	0.67
23-24	Range	ND-1.03	0.21-0.58	4.96-11.29	0.06-0.19	7.53-27.00	0.41-0.79
Feb. '88	Mean	0.20	0.36	7.83	0.14	15.12	0.56
22-23	Range	ND	0.03-0.11	1.96-3.76	0.30-1.01	5.60-11.67	0.54-1.28
Apr. '88	Mean		0.08	2.64	0.62	7.63	0.80
3-4	Range	ND	0.05-0.25	2.98-10.47	0.04-0.24	8.10-14.90	0.48-1.07
Aug. '88	Mean		0.17	5.77	0.11	11.7	0.69
Range		ND-1.53	0.03-0.58	1.96-12.99	0.04-1.01	5.60-32.08	0.40-1.28
Mean		0.14	0.23	6.36	0.32	13.20	0.69

유 여지(GF/C)로 여과한 후 105°C에서 항량, 영양 염류 중 암모니아-질소($\text{NH}_4^+\text{-N}$)는 Indophenol blue법(FAO, 1975)을, 아질산-질소($\text{NO}_2^-\text{-N}$)는 GR시약에 의한 발색법(日本分析化学會 北海島支部, 1971), 질산-질소($\text{NO}_3^-\text{-N}$)는 아연분말로 환원 시킨후 GR시약에 의한 발색법, 인산-인($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)은 아스코르브산법(Strickland & Parsons, 1972), 규산-규소($\text{SiO}_2\text{-Si}$)는 몰리브덴 착색형성을 이용하는 방법(水の分析, 1985), Chlorophyll a는 Standard methods에 따른 색소 추출방법 등을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

수질 결과는 Table 1에, 일주변화도는 Fig. 2, 3, 4에 나타내었다.

수온, 염분, pH의 계절적 일주변화

조사 기간중 수온의 범위는 13.7~25.8(평균 18.8)°C, 염분은 31.19~34.18(평균 33.17)‰, pH는 7.55~8.32(평균 8.04)의 값을 나타내고 있었다. 수온의 일 변화중 10월과 8월에 2°C 이상으로

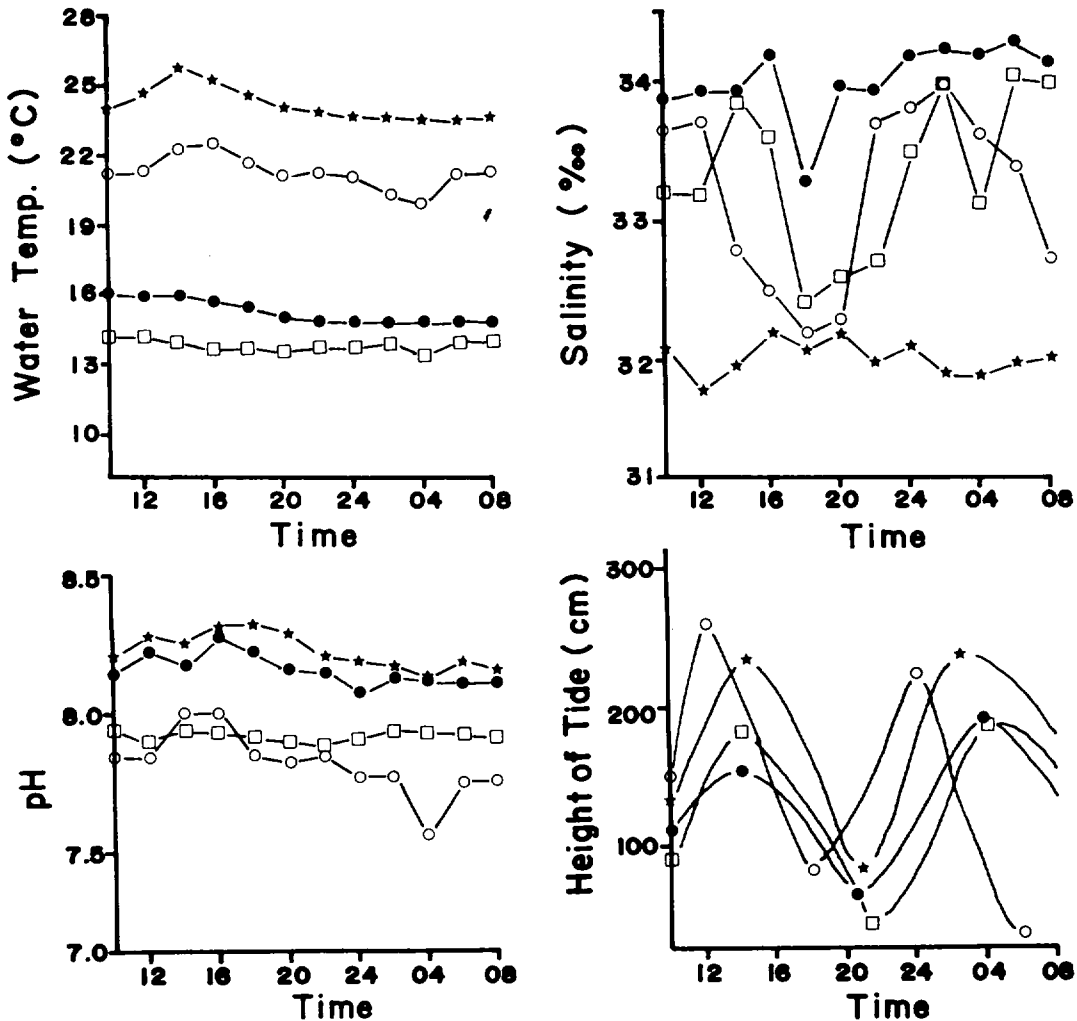


Fig. 2. Diurnal change of water temperature, salinity, pH and height of tide.

○-○:10-11 Oct. 1987, □-□:23-24 Feb. 1988, ●-●:22-23 Apr., ★-★:3-4 Aug.

일교차가 크며 2월과 4월에는 1°C이하로 낮게 나타나고 있었다. 대기기온이 수온에 미치는 영향은 최저수온이 10월에 20.2°C, 8월에 23.5°C로 이때 최저 대기기온은 18.9°C, 22.5°C로 수온이 1°C정도 높게 나타나고 있으며, 2월과 4월에는 최저 수온이 13.7°C, 15.0°C로 대기기온이 7.0°C, 9.9°C보다 6°C 이상 높게 나타나고 있다. 이와같이 여름(8월)과 가을(10월) 기온이 수온에 미치는 영향은 겨울(2월)과 봄(4월)에 영향보다 크다고 볼 수 있다. 계절적 수온변화는 2월에서 4월까지 수온상승은 2°C정도인데 반해 4월에서 8월까지 8°C이상으로 급격한 상승을 보이고 있었다.

염분의 일 변화폭은 10월과 2월에 1.7‰, 4월과 8월에 1‰의 차이를 나타내고 있었다. 계절별로는 강우기인 8월에도 32‰ 이상을 유지하고 있었다. 또한 일 변화중 최대 염분농도는 만조가 된 후 1시간 후에 나타나고 있어 염분농도 변화는 조석에 아주 밀접한 관계를 보이고 있었다.

pH는 일 변화중 10월에 0.5의 차이로 가장 높고, 2월, 4월, 8월은 0.1정도의 차이로 그 변화폭은 아주 미미하다. 환경기준중 해역의 [I]등급인 7.8~8.3의 범위에는 10월에 7.55(04:00)로 가장 낮은 값을 제외하고는 전 계절에 [I]등급 이내에 해당하는 값이었다.

용존산소(DO), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS)

DO, COD 및 SS의 범위(평균)는 5.19~10.54(7.57) mg/l, 0.55~1.97(1.06) mg/l, 1.87~8.37(5.51) mg/l의 분포였다.

DO의 계절별농도는 4월에 8.78mg/l로 가장 높고 10월에 6.32mg/l로 가장 낮은 값을 보이고 있었다. 일 변화는 주간에 높은 농도를 보인 반면 야간에 낮은 값을 나타내고 있었다(Fig. 3). 이는 주간에 광합성에 의한 산소생산과 야간에는 소비에 의한 영향이 작용하는 것으로 보인다. 또한 일주변화폭은 4월에 3.7mg/l, 2월에 0.9mg/l의 차이를 나타내 4월에 식물플랑크톤 활성이 매우 활발한 때라고 볼 수 있었다. 이와같은 DO농도는 환경기준중 해역의 [I] 등급인 포화율 95%(6mg/l) 이상을 상회하고 있어 아주 양호한 환경이었다.

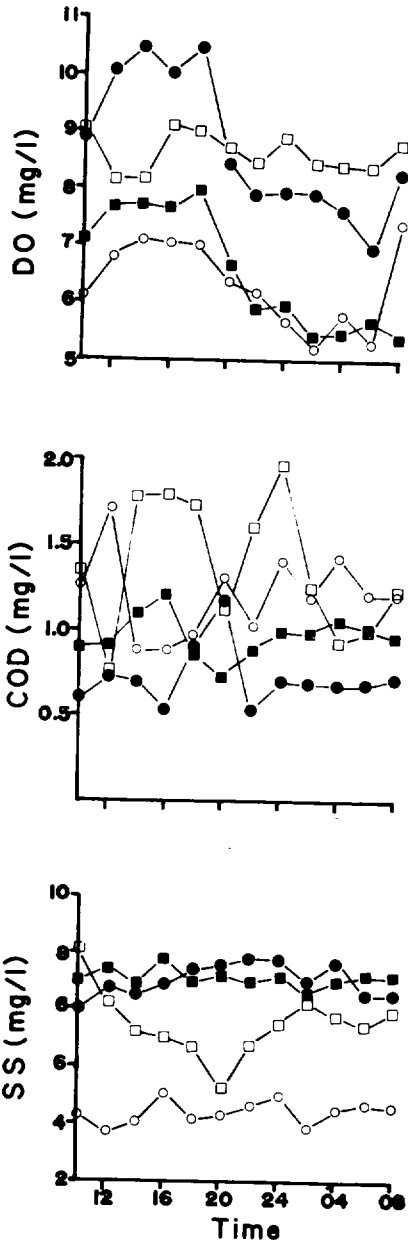


Fig.3. Diurnal change dissolved oxygen, chemical oxygen demand and suspended solid.

○-○:10-11 Oct, 1987, □-□:23-24 Feb,1988.
●-●:22-23 Apr., ■-■:3-4 Aug.

해수중의 유기물량을 나타내는 지표인 COD는 2월(평균 1.34mg/l)과 10월(1.20mg/l)이 4월(0.73mg/l)과 8월(0.96mg/l)보다 높은 농도였다. 일 변화폭도 2월에 1.2mg/l의 차이로 8월의 0.5mg/l 차이보다 높게 나타나고 있었다. COD의 주야간 변화는 일정한 경향을 나타내고 있지 않았다. 부유 물질의 농도범위는 1.87~8.37(평균 5.51)mg/l였으며 계절별로는 10월부터 2월, 4월까지 계속 증가하여 4월에 최대값(평균 7.73mg/l)을 나타내고 있었다. 용담해안선 주변의 평균농도(5.51mg/l)는 제주도 해안선 주변의 년평균값 5.94mg/l(최 등, 1989)와 비슷한 값이었으며 환경기준중 해역의 [I]등급인 10mg/l 이하에 해당하는 양호한 환경을 알 수 있다.

영양염류의 계절별 일주변화

영양염류의 일주변화도는 Fig. 4와 같다.

1) 암모니아, 아질산 및 질산 질소

암모니아 질소의 농도는 ND~1.53(평균 0.23) μ g-at/l의 범위를 보이고 있었다. 계절별로는 10월과 2월에 평균 0.37 μ g-at/l, 0.20 μ g-at/l의 농도를 보인 반면 4월과 8월에는 검출되고 있지 않았다.

아질산 질소의 농도는 0.03~0.58(평균 0.23) μ g-at/l의 범위였으며 2월에 평균 0.36 μ g-at/l의 농도로 가장 높았고, 4월에 0.08 μ g-at/l로 가장 낮은 값을 보였다.

질산 질소는 1.96~12.99(평균 6.36) μ g-at/l 농도분포였으며 10월부터 2월, 4월까지 계속 감소하다 다시 8월에 증가하는 경향을 보이고 있었다(Fig. 4). 최대농도는 10월(12.99 μ g-at/l)에 최저는 4월(1.96 μ g-at/l)에 나타났으며 농도차는 아주 크다. 일 변화폭은 4월(1.96~3.76 μ g-at/l)에 적은 폭을 보인 반면 10월(5.93~12.99 μ g-at/l), 2월(4.35~11.29 μ g-at/l), 8월(2.98~10.47 μ g-at/l)에는 높은 폭을 나타내고 있었다. 본 조사역의 농도 분포는 최 등(1989)의 제주도 해안선 주변 년평균 11.51 μ g-at/l의 농도와는 1/2정도의 낮은 값으로 이는 육수의 유입함량에 의한 영향으로 생각된다. 그렇지만 제주도 연안 2마일 이내 해역 10m 수심에서의 1~4 μ g-at/l(박, 1982)보다는 높은 농도였다.

2) 인산 인

인산 인의 농도범위는 0.04~1.01(평균 0.32) μ g-at/l이며 최대치는 4월(평균 0.62 μ g-at/l)에 최소치는 8월(평균 0.11 μ g-at/l)에 보이고 있었다. 계절별로는 10월에 높고 2월에 낮았다가 4월에 가장 높은 값을 보인 후 8월에 가장 낮은 값을 보이고 있었다. 이와 같은 경향은 질산 질소의 계절별 변화와 상반되는 경향을 보이고 있다(Fig. 4). 일 변화폭은 4월에 0.7 μ g-at/l의 차이로 가장 큰 변화를, 2월에 0.2 μ g-at/l의 차이로 가장 낮은 변화폭을 나타내고 있었다. 무기태 질소와 인산염과의 비인 N/P비는 4월에 7로 가장 낮고 10월, 2월, 8월은 25이상으로 질소성분에 비하면 인산염이 낮다. 이와 같은 농도분포로 보아 해안선 주변에서는 인산염이 식물플랑크톤의 성장 제한인자로 생각할 수 있다.

3) 규산 규소

규산 규소의 농도 범위는 5.60~32.08(평균 13.20) μ g-at/l이었다. 계절별로는 10월에 가장 낮은 농도를 보인 후 2월, 4월까지 감소하다 8월에 다시 증가하는 경향을 보이고 있었다. (Fig. 4). 최대 농도는 10월(32.08 μ g-at/l)에, 최소 농도는 4월(5.60 μ g-at/l)에 나타났었다. 일 변화폭은 10월에 24 μ g-at/l의 차이로 가장 높은 값을 보인 반면 4월에 6 μ g-at/l의 차이를 나타내고 있어 일 변화폭이 다른 영양 염류에 비하여 아주 높은 특징을 보이고 있었다. 또한 간조시 농도가 높고 만조시 낮은 값을 나타내는 경향으로 보아 육상수 유입이 해수에 의한 혼합 정도에 따른 영향으로 생각된다.

Chlorophyll a의 분포

Chlorophyll a의 일변화도는 Fig. 4에 나타내었다.

엽록소 a의 농도 범위는 0.40~1.28(평균 0.69)mg/m³이며 4월(평균 0.80mg/m³)에 가장 높은 농도를, 2월(평균 0.59mg/m³)에 가장 낮은 농도를 보이고 있었다. Chlorophyll a의 일 변화는 해돋이 후 증가하기 시작하여 오후 2시경에 가장 높은 농도를 보인 후 감소하여 야간에는 일정한 농도를 유지하고 있었다. 주간 농도는 0.83mg/m³로 야간에 0.5

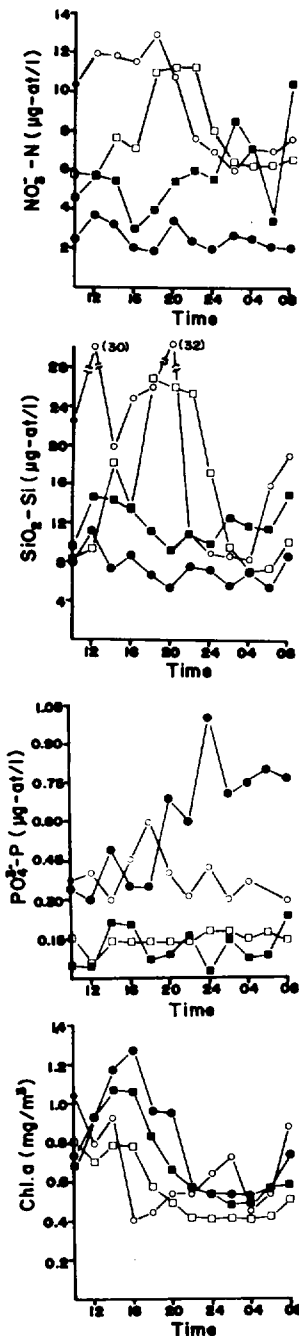


Fig. 4. Diurnal change nitrate-nitrogen, phosphate-phosphorus, silicate-silicon and chlorophyll a.

○-○:10-11 Oct. 1987, □-□:23-24 Feb. 1988,
●-●:22-23 Apr., ■-■:3-4 Aug.

4mg/m³보다 1.5배 높은 농도를 나타내고 있었다. 이와 같은 농도분포는 최 등(1989)의 제주도 해안선 주변의 평균 농도 0.91mg/m³보다는 낮은 농도였지만 전과 고(1983)가 보고한 제주도 주변 해역의 Chlorophyll a 함량 0.127~0.578mg/m³ 농도 보다는 높은 농도였다.

요 약

제주도 해안선주변 1개정점(용두암 부근)에서 해수 특성의 일주변화를 밝히고자 1987년 10월, 1988년 2월, 4월, 8월에 2시간 간격으로 24시간 연속관측을 실시하여 그 결과를 고찰했다.

1. 수온의 일주변화는 10월과 8월에 2°C 이상 2월과 4월에는 1°C 이하의 차이를 보이고 있었다. 대기 기온은 10월과 8월에 수온에 밀접한 영향을 보이고 있었다.

2. 염분 농도의 일 변화는 10월과 2월에 가장 큰 차이를 (1.7‰) 보이고 있었으며 일 변화중 최대 염분은 만조가 된 후 1시간 후에 나타나고 있었다.

3. 용존산소와 SS농도는 환경기준중 해역의 (I) 등급 이내의 양호한 환경이었다.

4. 영양염류중 질산염과 규산염은 10월과 2월에, 인산염은 4월에 가장 높은 농도를 보이고 있으며 일주변화폭도 가장 컸다.

5. 클로로필 a의 농도는 4월(0.80mg/m³)에 가장 높은 농도를 2월(0.57mg/m³)에 가장 낮은 농도를 보이고 있었으며 주간에 0.83mg/m³로 야간에 0.54mg/m³보다 1.5배 높은 농도를 나타내고 있었다.

참고 문헌

- 박용향, 1985. 조천연안역의 용천수와 해수유동 및 환경요인의 대상분포에 대한 고찰. 제주대 해자연보, 9, 25~31.
- 최영찬 · 고유봉 · 이준백, 1989. 제주도 해안선 주변의 해수특성(1987년 6월~1988년 4월). 한국지구과학회지, 투고중.
- 양성기, 1985. 동계 서귀포 연안의 해양환경과 해수의 유동특성. 제주대 해자연보, 9, 13~14.
- 박길순, 1984. 제주도 삼양연안 해수의 영양염류

제주도 해안선 주변 1개정점(용두암 근처)에서 해수 특성의 일주 변화

- 분포에 관하여, 제주대 해자연보, 8, 9~18.
- 최영찬·고기원·김상현, 1987. 제주도 동남방 신천연안역 해수의 이화학적 특성과 저질 분포, 제주대 해자연보, 11, 53~71.
- 日本分析化学會 北海島支部, 1985. 水の分析, 日本, p. 198.
- APHA, AWWA, APCF, 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th ed.,
- FAO, 1975. Manual of method in aquatic environment research, U. S. A., p. 145.
- J. D. H. Strickland and T. R. Parsons, 1972. Apratical handbook of seawater analysis, Bul. Fish. Res. Bd. Can., p. 167.
- 보건사회부령 제733호, 1983: 환경보전법 시행규칙.
- 박길순, 1982. 제주도 연안 해수의 영양염류에 관한 연구, 한국수산학회지, 15, 255~262.
- 전득산·고유봉, 1983. 제주도 주변 해역의 클로로필 a 함량 분포, 제주대 해자연보, 7, 12~19.