

## 제주도 남방 연안역의 4월달 해수특성

최영찬 · 문영석  
해양과학대학 해양학과

### A Study on Seawater in Southern Coastal Area of Cheju Island in April

Young-Chan CHOI · Young-Suk MOON  
Dept. Oceanography, Cheju National Univ.

#### Summary

Through 11 observational stations in the southern seas off Cheju Island, which are divided in details into the southeastern and the southern and the southwestern sections, physical and chemical analysis have been performed in April, 1990.

Each section is well distinguished in the ratio of nitrogen to phosphate (N/P) as 15.4 in the southeastern section, 13.8 in the southern section, and 9.4 in the southwestern section. The southwestern section shows the highest concentration of silicate and also small variations between the surface and the bottom layers. It suggests upwellings which cause well-mixings between the surface and the bottom layers. The concentrations of chlorophyll-a are over  $1\text{mg}/\text{m}^3$  (rich) in the southwestern section, and below  $0.5\text{mg}/\text{m}^3$  (poor) in the southeastern section. These distributions show that Kuroshio open-sea waters of poor nutrients affect more the southeastern section.

#### 結 論

제주도 주변해역중 동지나해의 해수분포는 쿠로시오 해류와 그 지류의 북상으로 인해 동지나해의 대륙붕 선단을 따라 고온고염의 해수가 분포하고 대륙붕 선상으로 올라올수록 수온과 염분이 낮아진다고 보고하고 있다(Kondo, 1985). 특히, 여름철 제주도 주변해역을 포함한 남해에는 중국대륙 연안수의 확장으로 인해 표층이 저염화되고 해역별로 다소의 차이는 있으나 대개 수심이 10~30m 사이에 강한 염분약층이 존재하며, 북서쪽 해역중 34°N 이북해역은 강한 수직혼합에 의하여 영양염류 및 클로로필-

a의 농도가 가장 높고 중국대륙연안수의 주된 확장수역인 서쪽 외해역도 비교적 높은 영양염류가 나타난다(양등, 1991). 또한, 제주도 연안역 표층수중 이들 기초생산 관련 성분의 농도가 높은 것은 연안용승 혹은 조석혼합(Kim and, 1982)에 의한 영향으로 보고하고 있다. 즉, 제주도 주변의 남해에서 표층수중 클로로필-a와 영양염류의 수평농도 분포는 생물, 화학적 과정 보다는 주로 물리적 혼합과정에 의해 좌우된다고 하였다.

이와같이 제주도 남방지역은 물리, 화학, 생물학적인 시, 공간적 해황변화가 심하기 때문에 이들 해역에 대한 수괴의 해역별 분포상태나

그 변질 과정에 대한 특성 규명은 중요하리라 보아진다. 이에 관련된 연구로는 물리적인 측면(방 등, 1989;1990;1991)과 해안선 주변에서의 물리화학적, 생물학적인 측면(최등, 1989; 1991. 이등, 1989), 한국남해의 여름철 중,저층에 관한 연구(양등,1991)등 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나, 연안역을 중심으로하여 동서해역을 비교할 수 있는 연구는 없는 실정이다. 본 연구는 연직혼합(최등, 1991)이 일어나는 4월달에 제주도 남방해역을 동남방, 남방, 서남방역으로 구분하여 영양염류, 부유물질, 클로로필-a등의 분포로부터 해역별 특성을 규명하고자 한다.

## 材料 및 方法

본 조사는 1990년 4월 15일부터 17일까지 제주도 남방해역 11개 정점에서 실시되었다(Fig.1). 채수수심은 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100m를 기준으로 Niskin채수기를 이용하였으며, 동남방역을 A line(st.4,6), 남방역을 B line(st.9,8), 서남방역을 C line(st.10,11)으로 구분하여 고찰하고자 한다.

해수 분석방법으로는 수온은 봉상온도계와 CTD로 현장에서, 염분은 Salinometer (TSURUMI

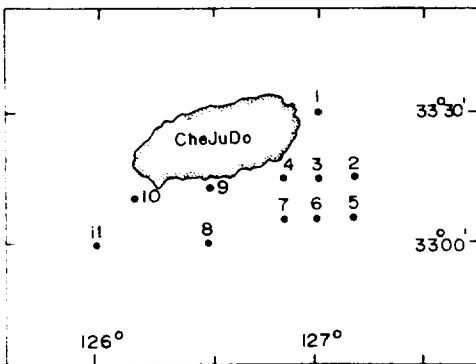


Fig. 1. Sampling site in the southern coastal area of Cheju Island.

-SK1,E-2)와 CTD로 측정하였다. 용존산소는 현장에서 산소를 고정시킨 후 실험실로 운반하여 Winkler Azid변법(일본분석화학회, 1985)으로 측정하였으며, 엽록소-a는 Strickland and Parsons(1972)법으로, 영양염류중 질산질소는 질산을 아질산으로 환원시켜 비색정량하는 방법(Nishimura, M and K.Matsunaga, 1969), 인산인은 Ascorbic Acid법(Strickland and Parsons, 1972)에 의한 비색정량, 규산규소는 몰리브덴청법(Standard Methods, 1985)에 의해 비색정량하였다.

## 結 果

영양염류의 수평분포도는 Fig.2에, 연직분포는 Fig.3에, 클로로필-a의 연직분포는 Fig.4에 나타내었다.

### 水溫 및 鹽分

조사해역의 4월달 수온은 14.40~15.88°C였다. 각 정점에서의 표, 저층간 수온변화폭은 동남방 외해역인 정점 5와 남방해역인 정점 9에서 1.4°C이상을 나타내는 것을 제외하고는 전 정점에서 변화폭이 1°C이하를 나타내어 표,저층간의 연직혼합이 잘 이루어진 상태로 보인다. 표,저층간 변화폭이 가장 적은 해역은 서남방 해역으로 0.5°C이하의 균일한 수온분포를 하였다.

염분은 34.06~34.96‰의 범위로서 표저층간의 변화폭은 남방역인 정점 9에서 0.2‰인 것을 제외하고는 전체적으로 0.06‰ 정도로 낮게 나타났다. 해역별 특성은 서남방해역인 정점 9에서 가장 높았으며, 남방역은 육상유입수(천지연, 정방폭포)가 표층을 따라 이 해역까지 영향을 미쳐 수온이나 염분농도에 변화를 주고 있다고 보인다. 이와같이, 4월달은 수온이나 염분농도가 비교적 상,하 균일하여 연직혼합이 이루어지는 계절이라 할 수 있다.

## 溶存酸素 및 浮遊物質

전 정점에서 용존산소 농도는  $5\text{ml}/\ell$  이상으로서 표저층간의 농도차가 미미하여 연직 혼합이 잘 이루어진 상태였다. 산소포화농도 백분율도 95% 이상으로서 생물생육에 아주 호적한 상태였다.

부유물질은 전 해역이  $10\text{mg}/\ell$  이하로서 해역별로는 서남방해역이 가장 높았으며, 남방, 동남방해역 순으로 낮았다. 부유물질중 부유물질의 비(VSS/SS)는 동남방해역이 43, 남방해역이 32, 서남방해역이 23으로 부유물질 농도와는 역순으로 나타났다. 이는, 서남방해역의 휘발성부유물질 농도가 높았지만 부유물질의 농도역시 가장 높아서 상대적으로 비가 낮아졌기 때문이다. 이와같은 결과로 볼때 서남방해역은 연직혼합시 다량의 유기물을 함유한 퇴적물이 재부유하였기 때문에 일어난 현상으로 볼 수 있어 이 해역이 용승해역임을 시사해 주고 있다.

## 營 養 監 類

### 1. 窒 酸 窒 素

질산질소의 해역별 수평분포 특성은 전 수심에서 내해역(st.4,9,10)이 외해역(st.6,8,11)보다 높게 나타나고 있었다. 특히, 20m 수심에서는 남방역과 서남방역에서, 75 m 수심에서는 동남방역에서 높은 농도를 보이고 있었다(Fig.2A). 연직농도분포는 내해역에서는 수심별로 농도변화가 나타나지만 외해역에서는 75m 수심까지 농도변화 없이 일정한 분포를 나타내다가 저층(100m)에서 급격한 농도 증가를 보였다(Fig.3上).

### 2. 磷 酸 磷

인산인의 해역별 특성은 질산질소의 농도분포와 비슷한 양상으로 내해역(st.4,9,10)이 외해역

(st.6,8,11)보다 높은 농도분포를 나타냈다. 특히, 서남방해역의 농도는 내해역이  $0.77\mu\text{g-at}/\ell$  이상, 외해역이  $0.06\mu\text{g-at}/\ell$ 로서 동남방해역( $0.50\mu\text{g-at}/\ell$ ,  $0.44\mu\text{g-at}/\ell$ )과 남방해역( $0.49\mu\text{g-at}/\ell$ ,  $0.46\mu\text{g-at}/\ell$ )에 비해 높은 농도를 나타냈다(Fig.2B). 또한, 남방해역이 동남방과 서남방해역보다 농도가 낮아서 이 해역을 경계로 하여 동,서해역의 농도가 높은 뚜렷한 양상을 나타내고 있었다(Fig.2B). 연직농도 분포중에서는 내해역(st.4,9,10)에서 50m층, 외해역(st.6,8)에서는 30m층에서 최저농도를 보이다가 저층에서 다시 증가하고 있다(Fig.3中).

### 3. N/P비의 特性

해수중의 N/P비는 일반적으로 플랑크톤내의 N/P비와 비슷하여야 생물생산에 유용하게 이용되어 질 수 있다. 본 조사해역에서는 동남방해역이 15.4, 남방해역이 13.8, 서남해역에서 9.4로 동남방해역에서 가장 이상적인 값을 나타내었다. 가장 낮은 값을 보인 서남방해역에서는 질소성분보다 인산성분이 상대적으로 높게 나타나기 때문이다.

### 4. 矽 酸 矽 素

규산규소의 해역별 특성은 서남방해역이 동남방과 남방해역보다 높은 농도를 나타내고 있었다(Fig.2). 서남방해역의 분포는 인산인과 마찬가지로 내해역에서 가장 높으며 표,저층간의 농도폭도 가장 작았다. 일반적으로 규산규소의 연직분포는 저층으로 갈수록 농도가 높게 나타난다고 하지만 본 조사기간에 서남방해역에서는 오히려 저층(75m)으로 갈수록 농도가 낮아지고 있는 특징을 보였다. 서남방역은 내해역(st.9)의 10m 수심에서 최대농도를 보이다가 30m에서 최저농도, 다시 50m에서 증가하지만 표층수보다도 낮은 농도를 나타냈다. 동남방역(st.4)은 저층으로 갈수록 증가하는 경향을 나타내고 있어 해

역별로 특이한 환경을 보였다(Fig.3F). 이러한 경향은 해역의 물리적 환경변화에 기인되는 것이 아닌가 생각되며 특히, 서남방해역은 용승에 의한 상하혼합의 영향으로 판단된다. 표층에서

50m 수심까지는 남방역을 중심으로 하여 동남방, 서남방해역으로 뚜렷하게 구분되고 있었다(Fig.2C).

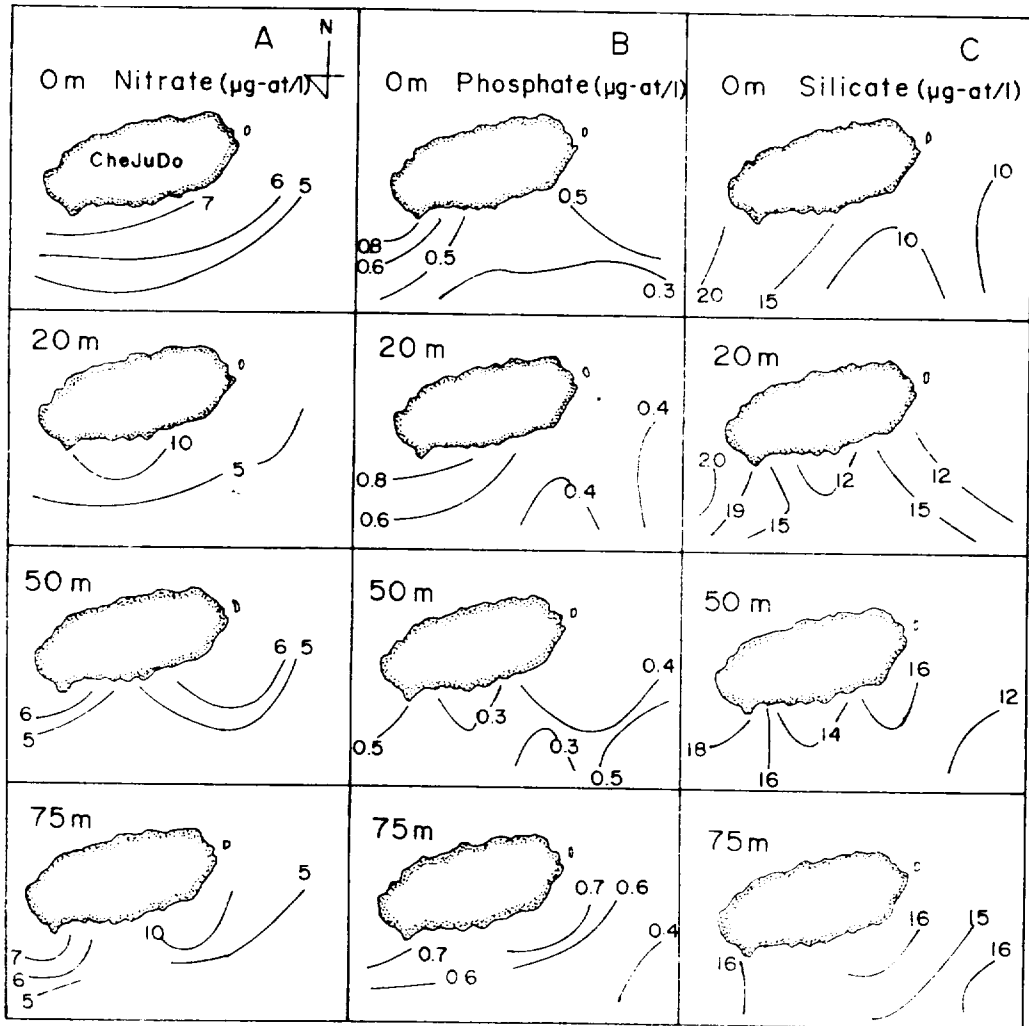


Fig. 2. Distribution of nutrients at each depth.

제주도 남방 연안역의 4월달 해수특성

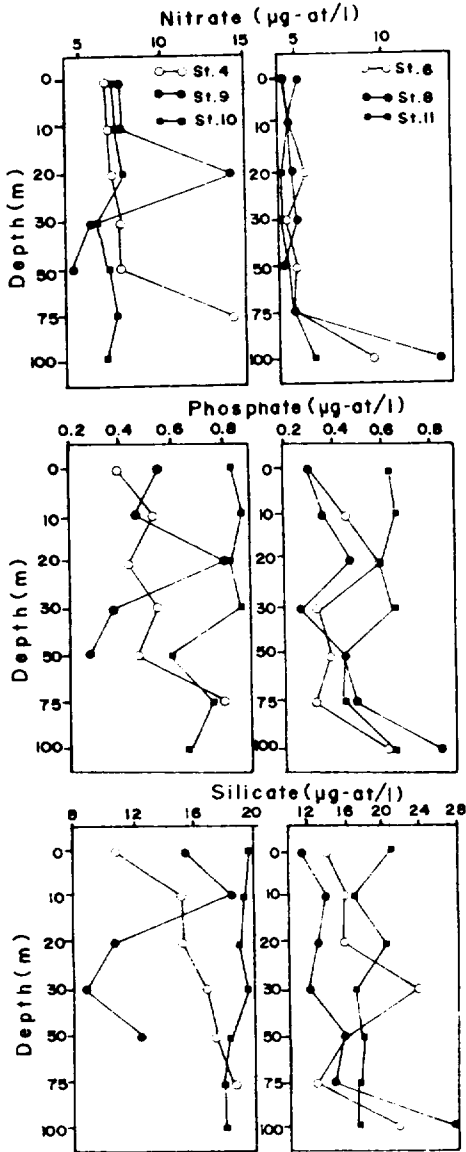


Fig. 3. Vertical distribution of nutrients at each depth.

클로로필-a

클로로필-a 농도의 해역별 특성은 서남방해역에서 1mg/m<sup>3</sup>으로 가장 높은 농도를 나타내고 있었으며, 동남방 외해역에서 0.5mg/m<sup>3</sup>이하로 가장 낮았다. 또한, 서남방해역과 남방해역에서는 내

해역보다 외해역이, 동남방해역에서는 외해역보다 내해역이 높은 농도를 보였다(Fig.4). 수심별로는 10~20m층에서 일반적으로 높은 농도를 보이고 있었으며, 50m수심에서는 급격한 감소를 나타내어 식물플랑크톤의 생육환경은 30m층까지가 가장 적합한 수심이라 할 수 있다. 이와같이, 4월달은 연직혼합에 의한 영양염류의 균일한 분포와 적당한 일사량에 의해서 식물플랑크톤의 성장과 양호한 환경조건을 갖춘 계절이라 할 수 있다.

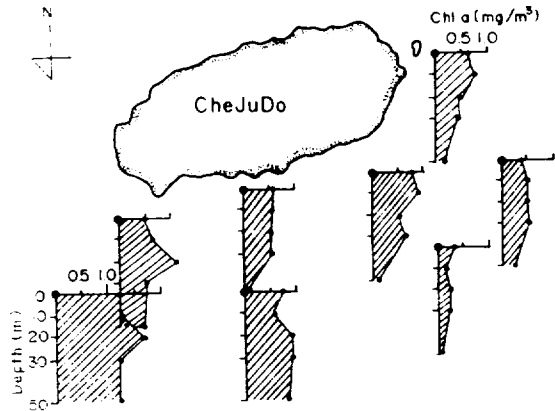


Fig. 4. Spatial distribution of the chlorophyll-a at each depth.

考 察

제주도 남방해역의 4월달 해수특성은 동남방해역, 남방해역, 서남방해역으로 구분지을 수 있는 특이한 환경을 나타내고 있었다.

서남방해역은 수온, 염분이 타해역보다 상대적으로 낮은 분포를 보이고 있었으나, 표,저층간의 변화폭은 가장적어 용승해역임을 시사해 주고 있다.

영양염류중 질산질소의 농도는 전 해역이 평균 6µg-at/l 정도로서 이는, 제주도 북방 함덕해역의 5월달 8µg-at/l(최,1991)이하, 해안선주

변역중 서남방해역인 고산역(최등, 1989)의 평균  $5.68\mu\text{g-at}/\ell$ , 동남방역인 성산역에서의  $8.4\mu\text{g-at}/\ell$ 와 비슷하지만, 제주도 해안선주변 년평균  $11.5\mu\text{g-at}/\ell$ 과 서귀역에서의  $26\mu\text{g-at}/\ell$ 보다는 낮은 분포였다. 이와같이, 해안선주변역은 육상유입수의 영향에 따라 농도차가 크게 나타날 수 있지만 외양역은 해역고유의 특성을 유지한다고 볼 수 있다.

서남방해역에서 인산인은 고농도로 분포하는 반면 질소성분은 낮게 나타나는데 이는 연안에서의 활발한 생산활동 과정에서 인산염에 비해 질산염이 생물체에 보다 효과적으로 흡수 동화되기 때문(Ryther and Dunstan, 1961; Maita, 1982)으로 생각되며, 양(1991)의 결과와도 일치하고 있다. 본 조사 해역의 농도분포는 제주도 해안선 주변역의 평균  $0.31\mu\text{g-at}/\ell$ (최, 1989)보다도 높아서 해안선 주변역보다 생물생산활동이 활발한 환경이라 할 수 있다.

N/P비의 특성은 동남방해역이 15.4, 남방해역이 13.8, 서남방해역이 9.4로서 서남방해역이 인산에 비해 질소성분 농도가 낮게 나타나고 있다. 이와같은 분포는 제주도북방 함덕해역의 연안역에서 평균 42, 외양역이 20의 값보다는 낮은 비율이지만 이 해역에서의 가장 낮은 달인 5월달 N/P비 10이하와 비슷하여 춘계 대증식초기에는 질산염이 쉽게 이용되기 때문이라는 보고(Raymont, 1980)와 일치되고 있다고 생각되며, 실제로 클로로필-a 농도는 서남방해역에서 가장 높았다.

규산규소의 농도는 인산인 농도처럼 서남방해역이  $18\mu\text{g-at}/\ell$ 이상으로 이는 제주도 해안선주변역의 평균농도  $8.2\mu\text{g-at}/\ell$ 보다는 높은 농도였으며 또한, 표,저층간의 농도차가 적은 것으로 보아 상하혼합이 잘 이루어지는 계절이라 할 수 있다. 이는, 제주도북방 함덕해역에서 5월과 2월에 전 수심에서 균일한 농도분포를 하고 있는 결과와 일치하고 있으나 농도분포는 제주도 남방연안역이 매우 높았다.

부유물질의 농도는 규산규소 농도처럼 서남방에서 가장 높았다. 그러나, 이 해역에서 N/P비는 가장 낮아 식물플랑크톤의 영양염 소비는

질산염이 우선 이용된 것으로 생각된다.

클로로필-a 농도는 표층에서 30m 수심까지 서남방해역이  $1\text{mg}/\text{m}^3$ 이상, 동남방 내해역 및 남방해역이  $0.7\text{mg}/\text{m}^3$ 이상으로 분포하고 있는 반면, 동남방 외해역은  $0.4\text{mg}/\text{m}^3$ 이하로 낮은 농도분포를 하고 있었다. 서남방해역에서의 4월달 농도는 제주도북방 함덕 외해역과 해안선주변의 년평균  $0.91\text{mg}/\text{m}^3$ 보다 높았으며, 해안선 주변역과 연안해역에서도 동남방, 남방보다 서남방에서 가장 높았다. 부영양 상태가 유지되는 해역의 클로로필-a 농도는  $1\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ 정도(吉田, 1973)로서 한국남해안의 농도는 대개 이 정도라 보고되고 있는데, 본 조사해역의 4월달 농도로 볼 때는 서남방해역은 부영양상태였으나 동남방 외해역은 빈생산상태인 것으로 생각된다.

## 要 約

1990년 4월달 제주도 남방해역을 동남방, 남방, 서남방해역으로 구분하여 11개 정점에서 물리화학적 분석을 실시하였다.

해역별 영양염류중 인산인에 대한 무기질소성분의 비(N/P)는 동남방해역이 15.4, 남방해역이 13.8, 서남방해역이 9.4로서 해역 구분이 뚜렷하게 나타나고 있었다. 규산규소는 서남방해역이 가장 높은 농도를 보였으며, 표,저층간의 농도변화폭이 가장 적어 연직혼합이 가장 잘 이루어지는 용승역임을 시사해 주고 있다. 클로로필-a 농도로 볼때 서남방해역이  $1\text{mg}/\text{m}^3$ 이상으로서 부영양상태역으로, 동남방 외해역( $0.5\text{mg}/\text{m}^3$  이하)은 빈영양상태역으로 구분되어질 수 있다. 이와같은 농도분포로 보아 Kuroshio 등 빈영양상태의 외양성해류가 제주도 남방역중 동남방역에 더 영향을 미치고 있다고 생각된다.

## 參 考 文 獻

- APHA, AWWA, APCF, 1985. Standard methods for examination of water and

제주도 남방 연안역의 4월달 해수특성

- wastewater, 16th ed.
- 최영찬, 고유봉, 이준백, 1989. 제주도 해안 선주변의 해수특성(1987년 6월~1989년 4월), 한국지구과학회지, 10(1), 54~61.
- 최영찬, 문영석, 고유봉, 이준백, 1991. 제주도 북부 연안역의 생물 생태학적 기초 연구. - 제주도 북방 함덕해역의 화학적 특성-한국지구과학회지, 12(1), 38~45.
- 日本分析化学會 北海道支部, 1985. 木の分析. 日本, 198~201.
- Kim, K and S.H. Lee, 1982. Vertical homogeneous water along the west coast of Cheju Island. J. Oceanol. Soc. Korea, 17(2), 59~68.
- Kondo, M., 1985. Oceanographic investigations of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea-1. Characteristics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50m and near the bottom, Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 19~66
- 吉田陽一, 1973. 低次生産段階における生物生産の變化, 水産学シリボス 1, 恒星社厚生閣.
- Nishimura, M. and K. Matsunaga, 1969. Determination of nitrate by reduction to nitrite. Japan Analyst, 18(20), 154~159.
- 방익찬, 김태희, 1989. 동지나해 해수 분포의 계절변화와 해수 순환, 제주대학교 논문집, 28, 61~73.
- 방익찬, 김태희, 1990. 황해와 동지나해 해수 순환에 대한 바람의 영향, 제주대학교 논문집, 31, 49~61.
- 방익찬, 김태희, 노홍길, 1991. 황해와 동중국해의 해수순환. (I): 황해난류수의 북상과 황해저층냉수의 남하, 한국해양학회지 투고중.
- Raymont, J.E.G., 1990. Plankton and productivity in the oceans, 2th edition, I, Pergamon press, 1~489.
- Ryther, J.H. and W.M. Dunstan, 1971. Nitrogen phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. Science, 171, 1008~1013.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R., 1972. A Practical handbook of seawater analysis, Bul. Fish. Res., Bd. Can., 167.
- Yang, H.S. and S.S. Kim, 1991. A study on the sea water and ocean current in the sea adjacent to Korea Peninsula, II. Geographical distribution and chemical characteristics of different mid-bottom waters in the neighbouring sea of Cheju Island in summer. Bull. Korean Fish. Soc., 24(3), 177-184.
- Yang, H.S. and S.S. Kim, 1990. A Study on the sea adjacent to Korea Peninsula, I. Physical processes influencing in the surface distributions of chlorophyll and nutrients in the southern sea of Korea in summer. Bull. Korean Fish. Soc. 23(6), 417~424.