

## 인천항 선거내 해양환경의 이화학적 특성

유종수 · 이진환\* · 이인규

서울대학교 생물학과, 상명대학교 생물학과\*

### Characteristics of Physicochemical Factors of Incheon Dock Ecosystem, Korea

Yoo, Jong-Su, Jin-Hwan Lee\* and In-Kyu Lee

Department of Biology, Seoul National University

Department of Biology, Sangmyung University\*

#### ABSTRACT

Due to its lack of wave action and tide ecosystem in Incheon dock lacks in marine characteristics. Structural condition in the dock is artificially similar to that of lake.

The purposes of this study was to clarify the water quality, to provide the basic physicochemical data and to resolve the causation of algal blooming. Samples were obtained monthly from four stations in Incheon dock during January to December, 1991.

Water temperature ranged from 2.7°C to 27.6°C under the strong influence of air temperature. Salinity varied between 24.7‰~30.4‰ thus being influenced by freshwater discharged from a spring. Dissolved oxygen was concentrated from 0.1~13.92 mg/l and suspended solids were 6.9~231.0 mg/l. The physicochemical factors were similar to those investigated 10 years ago. However, increased concentration of nitrogenous nutrients initiated algal blooming and its process was accelerated to reach eutrophication. Algal blooming was proceeded in March and August.

*Key words*: Incheon dock ecosystem, Physicochemical factors, Annal variations, Algal blooming, Nitrogenous nutrients.

#### 서 론

인천항은 수도 서울과 32 km의 가까운 거리에 위치하고 있으며, 서울을 중심으로 형성된 경인공업지역의 관문으로서 서해안 최고의 국제항이다. 인천항은 우리나라에서 부산과 원산에 이어 세번째로 1883년 2월 일반 상황으로 개항된 후 산업이 발달함에 따라 그 입지 여건이 매우 중요해졌다. 그러나, 조석 간만의 차이가 최고 10 m나 되기 때문에 선박의 입·출항과 접안 및 하역이 어려워 갑문식 선거가 설치되었다. 제 1선거는

1911년 6월에 건설이 시작되어 1918년 10월 완공되었으며 준공 당시 30,000 m<sup>2</sup>의 수면적이 확보됨으로 4,500톤급 선박 7척이 동시에 접안하여 연간 130만톤의 화물을 하역할 수 있는 전천후 항만시설이 되었다. 제 2선거는 1966년 4월에 착공되어 1974년 5월에 완공되었는데 월미도와 소월미도 사이에 갑문을 설치하여 456,800 m<sup>2</sup>의 광활한 내수면적을 확보하게 되었으며, 5만톤급 이하의 대형선박 25척이 동시에 접안 가능하게 되었다. 따라서 현재는 간만의 차이에 관계없이 항상 5만톤급 이하의 선박이 자유로이 입·출항할 수 있는 동양 최대규모이자 국내 유일의 갑문식 선거로 자리잡고 있다.

인천항 선거내 생물학적 연구는 Kurashige (1944)가 부유성 동물말류를 조사한 이후, 부착 해조류의 생육에 관한 조사(Lee *et al.* 1982, Yoo 1990, Yoo *et al.* 1991)와 식물플랑크톤의 종조성 및 개체군 동태에 관한 보고 등이 있었다(Chung and Lee 1977, Lee and Byun 1991). 한편 물리·화학적 환경요인에 대한 조사는 Yoo(1990)가 1978년 9월부터 1979년 8월 사이에 선거내 해양생태계에 대한 종합적인 연구를 시도하면서 처음 해양환경 자료를 제시하였고, Lee 등(1991)이 1989년 12월부터 1990년 12월 사이의 환경요인의 년변화를 조사하였다.

본 연구는 인천항 선거내 물리·화학적 환경요인의 특성과 주기적 변동에 대하여 전보(Lee *et al.* 1991)를 포함한 2년간의 자료를 종합 검토함으로써 선거생태계의 기능 파악과 최근 정기적으로 발생하는 적조현상의 원인 규명에 필요한 기초자료를 제공하고자 시도되었다.

## 재료 및 방법

본 연구는 1991년 1월부터 12월까지 매월 인천항 선거내 4개 정점의 표층과 저층에서 물리·화학적 환경요인을 조사하였고 이들 결과를 전보(Lee *et al.* 1991)의 자료와 함께 종합 분석하였다(Fig. 1).

강수량은 기상청 자료를 이용하였고(Anonymous 1990a, 1991), 수온과 염분농도는 현장에서 S-C-T meter (YSI 33)로 측정하였다. pH는 현장에서 휴대용 pH meter (Jenway 3050)로 측정하였고, 용존산소량은 DO meter (YSI 58)로 현장에서 측정한 후, 300 ml용 BOD병에 시료를 담아 실험실로 운반하여 Winkler법으로 적정하여 보정하였다(Clesceri *et al.* 1989). 부유물질(suspended solids)은 millipore membrane filter paper (HA Type,  $\phi$  47 mm, pore size 0.45  $\mu$ m)로 여과한 다음

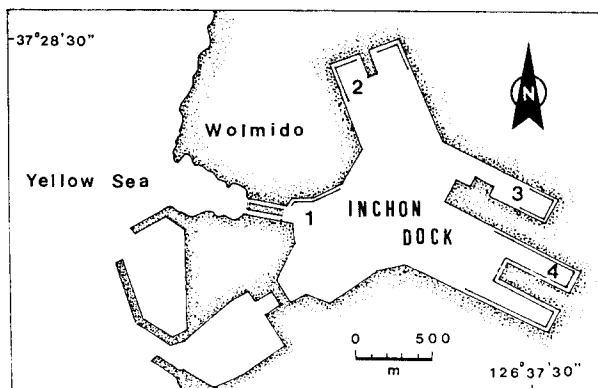


Fig. 1. A map showing the sampling stations in Incheon Dock.

105°C drying oven에서 24시간 건조시키고 desiccater에서 식힌 후 TLB (SHIMADZU, LIBROR AEG-200)로 무게를 측정하여 여과하기 전에 여과지 무게를 뺀 값으로 하였다. 투명도는 Secchi disc로 측정하였고, LI-1000 Data Logger로 보정하였다.

영양염류(nitrite, nitrate, ammonia, phosphate, silicate)의 분석은 각 조사 정점에서 van Dorn 채수기로 표층과 저층에서 시수 500 ml를 polyethylene병에 채수하여 dry-ice로 냉동한 다음 실험실로 운반한 후 정량분석을 하였다(Strickland and Parsons 1972).

## 결 과

### 인천항 선거생태계 고유의 해수 유출입

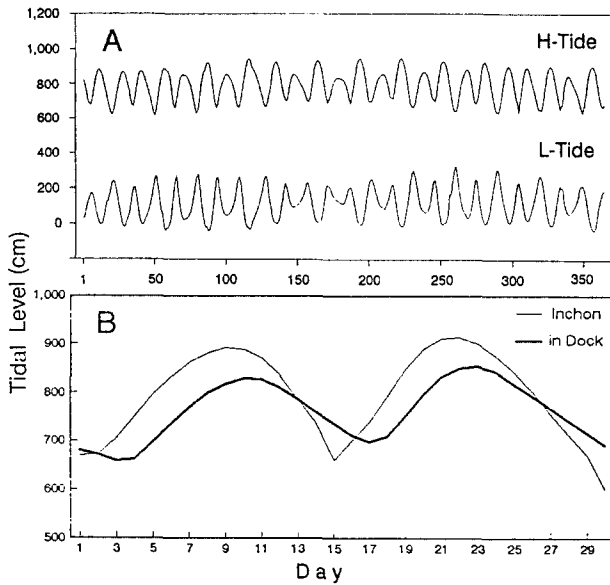
인천 선거 주변 연안은 조차가 매우 심하며 최고 10 m에 이르며, 그 주기는 연주기로 볼 때 2종의 sine curve를 보인다(Anonymous 1990b). 선거내 해수의 양적 변동은 조석 주기와 밀접한 관계를 갖고 있다. 즉 주변 연안 조위가 선거내보다 높을 때 선거로 충수(充水)시킬 수 있으나, 주변 해수의 조위가 선거내보다 낮을 때에는 해수를 유입시키지 못한다.

인천항 선거는 기본 수준면(datum level)보다 평균 4 m가 낮게 건설되었으므로 실제 수위는 선거내 조위보다 4 m를 더해 주어야 한다. 선거내 수위는 선박의 입·출항 횟수의 불규칙성으로 정확한 값을 측정하기 어렵지만, 대체로 하루에 25~30 cm의 수위 감소를 가져온다. 본 조사가 수행되었던 1990~1991년 사이에는 선박의 입·출항 횟수가 예년에 비하여 적었던 관계로 하루 약 25 cm의 수위 감소가 있었다. 한편 선거내·외의 조위가 같아지는 때는 각 만조시에서 약 5일이 지난 때이며, 만조시 선거내·외의 조위 차는 약 1 m 정도가 된다(Fig. 2).

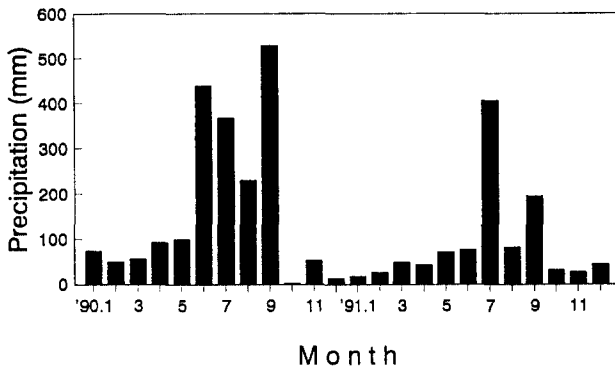
선거의 해수면적은 456,800 m<sup>2</sup>이고, 수위는 조석 주기에 따라 변화하는데 최고 12.5 ~10.5 m로 연 평균으로 볼 때 약 12 m (조위 8 m) 정도이다. 그래서 수량은 연 평균 5,481,600 m<sup>3</sup> 가량이 유지되고, 매월 3,563,040 m<sup>3</sup>의 해수가 선거 밖으로 빠져 나가고 들어온다.

### 환경요인의 변동

평균 강수량(precipitation)은 1990년에 1,200.8 mm였고, 1991년에는 1,072.6 mm로 1990년에 강수량이 약간 많았다. 월 평균 100mm가 넘을 때는 1990년에는 6~9월이었고, 1991년에는 7월과 9월이었다(Fig. 3). 투명도(transparency)는 4.0~



**Fig. 2.** Fluctuation of tidal level in the vicinities of Incheon at daily intervals from January to December 1990 (A), and a comparison of daily tidal fluctuation observed from the inner and the outer region of Incheon Dock in August 1990 (B).



**Fig. 3.** Monthly variation of precipitation in Incheon Dock during 1990 and 1991.

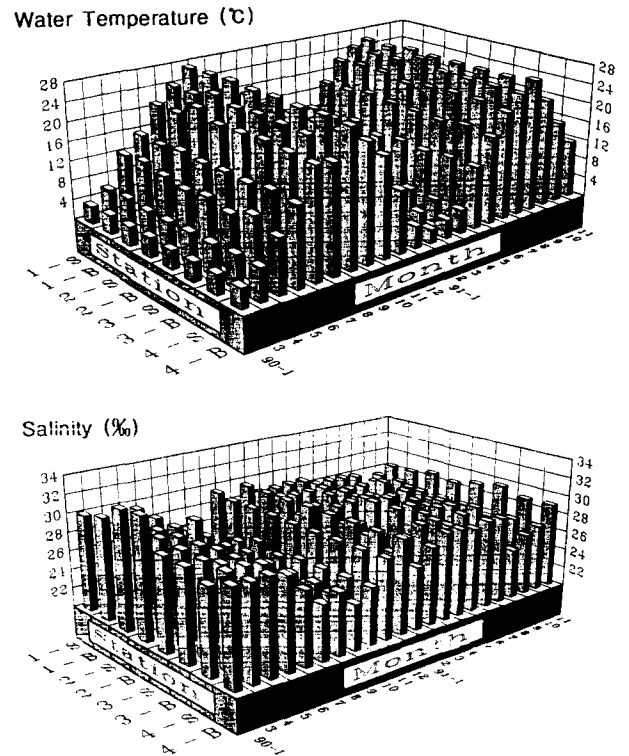
5.5m의 범위를 보여 투명도가 낮은 황해 연안역의 특성을 보이며 전반적인 변화는 여름과 가을이 봄과 겨울보다 상대적으로 높았다.

조사기간 중 수온의 변화폭은 2.70~27.6℃이었고, 표층에서 최저 3.0℃ (1991년 1월)에서 최고 27.6℃ (1990년 8월)까지 변화하였고, 연 평균은 1990년에 15.9℃였고, 1991년에는 14.7℃로 1990년이 다소 높았다. 월 변동은 표층의 경우 1990년 1월 3.8℃, 5월 16.0℃로 점차 증가하여 8월에는 27.6℃까지

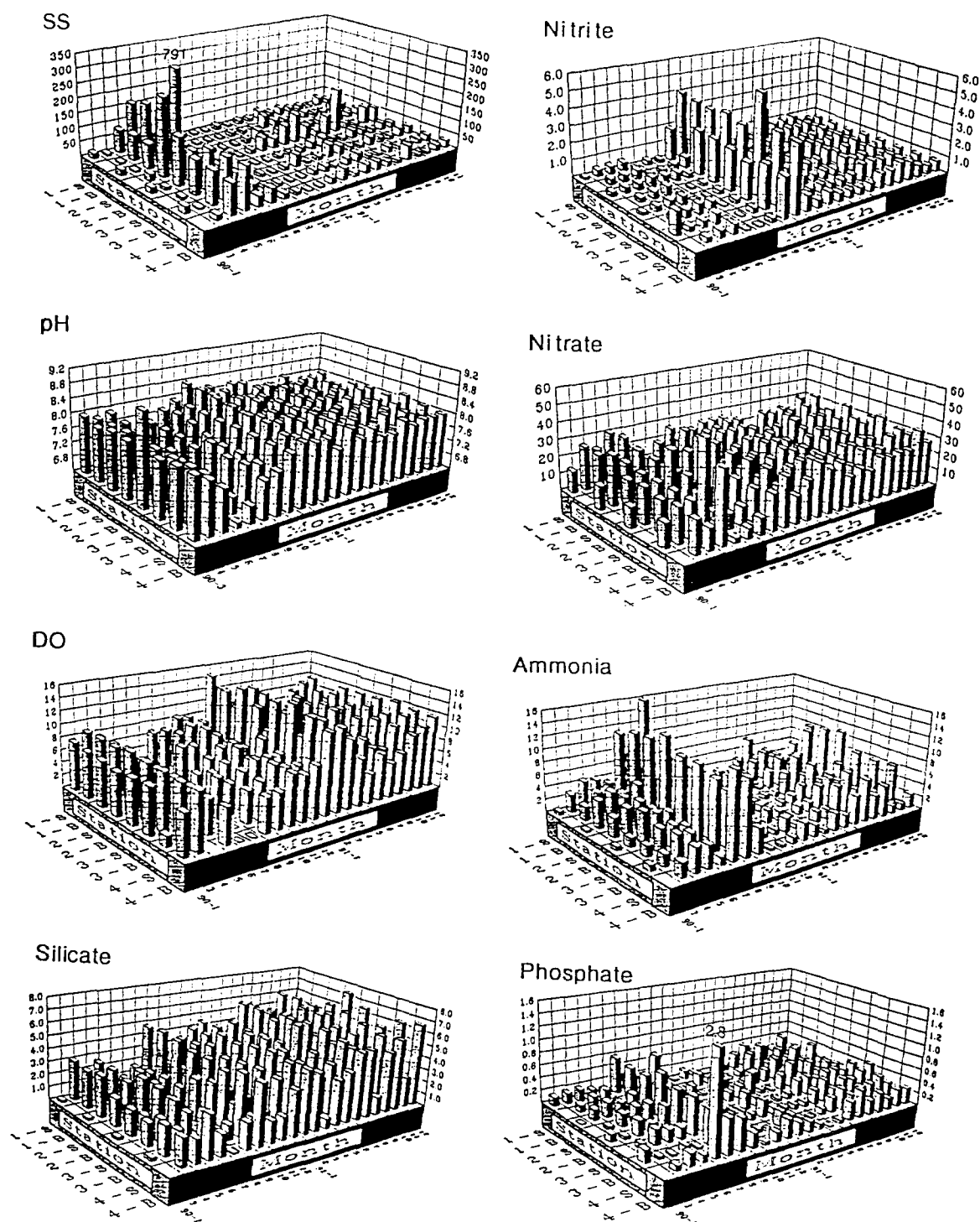
증가하다가 다시 감소하여 12월에는 4.7℃로 낮아졌다. 1991년에는 1월에 3.0℃였고 점차 증가하여 8월에는 26.3℃였으며 이후 감소하여 12월에 8.1℃로 낮아지는 경향을 보였다. 한편 정점별 수온 변화폭은 대체로 0.5℃ 내외였으며 저층 수온은 표층의 변화와 유사하였다(Fig. 4).

염분(salinity) 농도는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 표층의 평균은 최저 24.7‰ (1990년 9월)에서 최고 30.4‰ (1990년 1월)였으며, 연 평균은 1990년에 27.9‰, 1991년에 28.2‰였다. 월 변동은 1990년 1월에 30.4‰였고 이후 점차 감소하여 9월에 24.7‰까지 낮아지다가 12월에 29.7‰로 높아졌다. 1991년에는 7월에 최저 27.1‰에서 최고 28.3‰로 변화폭이 그리 크지 않았다. 이로 미루어 볼 때 본 조사지 염분농도는 강수량이 많은 여름에 낮고 갈수기인 봄에 높아지는 경향을 보였다. 정점별 연 평균은 1990년의 경우 정점 2에서 28.1‰, 나머지 정점에서는 27.8~27.9‰로 거의 유사하였으며, 1991년에는 정점별 염분 범위가 28.0~28.4‰였다. 한편, 표층과 저층의 염분 농도 차이는 1990년 5월과 7월의 0.6‰를 제외하고는 0.4‰ 이하로 수심별 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

한편, 부유물질, 수소이온농도, 용존산소, 질산염, 아질산염,



**Fig. 4.** Monthly variation of water temperature (°C) and salinity (‰) in Incheon Dock during 1990 and 1991 (S, surface; B, bottom).



**Fig. 5.** Monthly variation of suspended solid, pH, dissolved oxygen, nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen, ammonia-nitrogen, phosphate-phosphorus and silicate-silicon in Inchon Dock during 1990 and 1991 (S, surface; B, bottom).

암모니아, 인산염 및 규산염의 월평균 변화폭은 Fig. 5와 같았다.

부유물질(suspended solids)의 월 평균 변화폭은 6.9~231.0 mg/l의 범위로 비교적 높게 나타났다. 표층에서 월 변화는 1990년에는 7.0~145.0 mg/l였으며 4월과 5월에 각각 113.0 mg/l와 145.0 mg/l의 높은 값을 보였다. 1991년에는 12월에 76.0 mg/l를 제외하고는 9.8~29.8 mg/l의 상대적으로 낮은 변화폭을 보였다. 한편, 저층에서는 최저 6.7 mg/l(1990년 10월)에서, 최고 317.0 mg/l(1990년 5월)까지 그 변화폭이 47배나 되어 표층에 비하여 월 변화가 매우 심하였으며, 부유물질의 평균량 또한 저층이 상대적으로 높은 값을 나타내었다.

수소이온농도(pH)의 평균값은 최저 6.72 (1990년 6월)에서 최고 8.28 (1990년 11월)을 보였다. 표층에서 월 평균값은 6.73~8.28의 변화를 나타내었으며, 월 변동은 1990년 3월 8.01에서 점차 감소하여 6월에 6.73을 나타내었고, 이후 증가하여 11월에 8.28, 그리고 12월에 8.09이었다. 1991년도에는 상대적으로 변화가 심하였다. 저층의 변화폭은 6.71~8.28로 월 변화 양상이 표층과 유사하였다. 연 평균 수소이온 농도는 1990년에 7.69였고, 1991년에 7.97을 나타내어 2차년도에 다소 높았으며 정점별 차이는 0.3을 넘지 않았다.

용존산소(dissolved oxygen)의 월 평균값은 0.10~13.92 mg/l의 변화폭을 보였다. 표층에서 평균값은 최저 0.10 mg/l (1990년 6월)에서 최고 14.42 mg/l (1991년 1월)의 변화폭을 보였다. 정점별 변화양상은 최저치를 기록했던 1990년 6, 7월에서 보는 바와 같이 정점 1, 2와 정점 3, 4에서 각각 유사한 경향을 보였으며, 1990년 1월에 정점 4에서 타 정점보다 그 값이 낮았다. 저층에서는 1991년 1월에 13.41 mg/l로 최고치를 보였다. 월 변화 양상은 표층과 유사하였으며, 특히 선거생태계가 교란되었던 1990년 6월에 측정 가능한 수준이어서(not detected) 특이하였다. 한편, 계절별로는 표·저층 모두 여름에 낮아지고 겨울로 갈수록 높아지는 경향을 보이며, 정점간 변화폭이 대체로 여름에 큰 것으로 나타났다.

아질산염( $\text{NO}_2^-$ )의 월 평균 농도는 최저 0.19  $\mu\text{M}$  (1990년 6월)에서 최고 4.42  $\mu\text{M}$  (1990년 10월)의 변화폭으로 1990년 9, 10월과 1991년 6, 9월을 제외하고는 월 평균 1.0  $\mu\text{M}$  이하의 값을 보였다. 표층의 월 평균 농도는 최저 0.18  $\mu\text{M}$ 에서 최고 4.01  $\mu\text{M}$ 의 범위를 보였고, 1991년도에는 0.45~1.18  $\mu\text{M}$ 의 범위로 전년도보다 변화폭이 다소 적었다. 한편 저층의 월 평균 농도는 0.20  $\mu\text{M}$  (1990년 6월)에서 4.82  $\mu\text{M}$  (1990년 8월)의 범위로 표층과 유사한 경향을 보였다.

질산염( $\text{NO}_3^-$ )의 월 평균 농도는 6.31~35.88  $\mu\text{M}$ 의 변화폭을 보였으며 1991년에 다소 높게 나타났다. 표층의 월 평균 농도는 최저 7.41  $\mu\text{M}$  (1990년 6월)에서 최고 38.41  $\mu\text{M}$  (1990년

5월)의 범위를 보였다. 월 변화는 1990년에 1월부터 증가하여 5월에 최저값을 보였고, 7월부터 다시 증가하여 10월에 28.60  $\mu\text{M}$ 이었다. 1991년도에는 1~3월에 28.00  $\mu\text{M}$  이상이었고, 4~6월에는 20.00  $\mu\text{M}$  이하였으며, 7월 이후 증가하여 11월에 30.15  $\mu\text{M}$ 로 높아졌다. 저층에서 월 평균 농도는 5.20~35.53  $\mu\text{M}$ 의 범위를 보였다.

암모니아( $\text{NH}_4^+$ )농도의 월 평균 변화폭은 0.38~12.29  $\mu\text{M}$ 이었다. 표층의 월 변화는 1990년 1월에 0.68  $\mu\text{M}$ 에서 점차 증가하다가 7월에 11.66  $\mu\text{M}$ 로 급격히 증가하였으며, 10월 이후에 1.00  $\mu\text{M}$  이하로 감소하였다. 1991년 6, 7, 9, 10, 12월에 3.00  $\mu\text{M}$  이상이었으며, 식물플랑크톤의 대발생 시기였던 3월에는 0.40  $\mu\text{M}$ 의 낮은 값을 보였다. 저층의 월 평균 농도는 0.36~12.92  $\mu\text{M}$ 의 범위로 표층보다 다소 높았다.

인산염( $\text{PO}_4^{3-}$ )농도의 월 평균 변화는 0.08~0.59  $\mu\text{M}$ 의 범위였다. 표층에서 월 변화는 1990년 6월까지 0.20  $\mu\text{M}$  이하의 농도를 보이다가 7월에 0.57  $\mu\text{M}$ 로 증가하였고 이후 점차 감소하여 12월에 0.03  $\mu\text{M}$ 이었다. 1991년 3월과 4월에는 0.04  $\mu\text{M}$ 로 매우 낮았고 7월, 9월, 11월에는 0.30  $\mu\text{M}$  이상의 농도를 보였다. 저층에서 월 평균은 0.05~0.83  $\mu\text{M}$ 의 변화폭을 보였으며 월 변화는 표층과 유사한 경향이었다. 정점별 차이는 1990년에 정점 4에서 2.80  $\mu\text{M}$ , 1991년 3월 정점 2에서 0.40  $\mu\text{M}$ 로 타정점에 비하여 상당히 높은 값을 보여 특이하였다.

규산염( $\text{SiO}_2$ )농도의 월 평균은 0.14~5.98  $\mu\text{M}$ 의 범위였다. 월 변화 양상은 전형적인 진동(oscillation)현상을 나타내었고, 1990년 1월과 7월 그리고 1991년 3월에 1.00  $\mu\text{M}$  이하의 낮은 값을 보였다. 표층의 월 평균은 0.17~5.98  $\mu\text{M}$ 의 변화폭을 보였고, 1990년 1, 7월 그리고 1991년 3월에 1.00  $\mu\text{M}$  이하의 낮은 값을 보였으며, 1991년 2, 6, 7, 9, 10, 12월에 5.00  $\mu\text{M}$  이상의 값을 보였다. 한편, 정점별 변화는 매월 유사하였으나 1990년 5월에 정점 4에서 0.12  $\mu\text{M}$ 로 타정점에 비하여 낮은 값을 보였다. 저층의 월 평균은 0.11~5.88  $\mu\text{M}$ 의 변화폭으로 표층과 유사한 경향을 보였으며, 표·저층간 농도 차이에서는 뚜렷한 경향성을 찾을 수 없었다.

$\text{N:P}$ 비 변화는 최저 38.75 (1990년 7월)에서 최고 488.85 (1991년 4월)까지 그 폭이 컸다. 1990년 2월 평균 278.63에서 7월에 38.75로 낮아졌고 이후 증가하여 12월에 355.06까지 높아졌다. 1991년 1월에 150.83에서 4월에 488.85로 최고치를 보였다가 이후 감소하여 1990년 3월에 278.63에서 7월에 38.75로 낮아졌다가 다시 12월에 355.06으로 높아졌다. 1991년 4월에 488.85까지 높아졌다. 7월에 75.14로 낮아졌으며 다시 증가하는 경향을 보였다(Table 1).

**Table 1.** The ratio of inorganic nitrogen and phosphate nutrients concentrations (N/P ratio) in Incheon Dock during January 1990 and December 1991

Dates	ST. 1	ST. 2	ST. 3	ST. 4	Average
'90 Jan.	95.00	—	96.00	74.00	88.33
Mar.	177.50	300.50	137.00	319.50	278.63
Apr.	132.50	124.50	107.00	404.00	192.00
May.	185.50	142.50	225.00	422.00	243.75
June.	141.00	38.00	49.00	100.50	82.13
July	45.00	41.00	33.00	36.00	38.75
Aug.	55.26	120.24	85.75	46.50	76.94
Sep.	138.77	78.94	108.86	121.50	112.02
Oct.	257.77	167.43	212.10	495.00	283.08
Nov.	128.27	57.15	92.71	219.00	124.28
Dec.	550.80	55.69	303.25	510.50	355.06
'91 Jan.	139.04	149.50	144.27	170.50	150.83
Feb.	290.53	193.19	241.86	309.00	258.65
Mar.	723.00	179.59	451.30	515.50	467.35
Apr.	546.50	431.20	488.85	—	488.85
May.	85.50	210.14	147.82	91.00	133.62
June	85.92	80.97	83.24	71.50	80.41
July.	90.63	67.44	79.04	63.50	75.14
Aug.	160.35	180.81	170.58	157.00	167.19
Sep.	86.89	85.94	86.42	86.50	86.44
Oct.	124.11	148.81	136.46	164.00	143.35
Nov.	81.59	112.31	96.95	92.50	95.84
Dec.	131.50	65.79	98.65	283.00	144.74

## 고 찰

인천항 선거내 해수량의 변화는 선박의 입·출항 정도에 따라 매년 달라지게 된다. 1990년의 자료에 근거한 해수량의 연 변동은 이론적으로 매월 65%가 교환되는 것으로 계산되지만, 실제적인 해수의 순환은 이에 훨씬 미치지 못하는 것으로 추정된다. 한편, 영양염류의 농도가 다른 경기만의 해수가 정기적으로 유입되는 본 선거는 그 유입해수의 변동이 식물플랑크톤의 동태에 직접적인 영향을 미칠 수 있으므로 수괴의 변동에 대한 정확한 자료를 얻기 위해 해수 유동의 시뮬레이션 조사가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

수온은 우리나라 각 연안에서 조사된 것과 거의 일치하였으며 대기의 변화에 따라 좌우되고 있었다. 경기만에서 1972년부터 1980년 사이에 조사된 수온의 월 평균 변화 경향과 대체로 일치하였고(Choi and Shim 1986), 본 조사수역과 동일한 장소에서 수행된 Yoo(1990)의 1978년 9월에서 1979년 8월 조사에서는 2월이 가장 낮았으나 금번 연구에서는 1월이 가장 낮았던 것을 제외하고는 유사한 경향을 보였다. 한편 표·저층에서 정점간 수온의 변화폭이 극히 적었던 것은 정점간의

거리가 가깝고 수심이 얕았기 때문인 것으로 추정한다. 1990년과 1991년의 강수량은 1990년에는 연평균 1,200.8 mm이고 1991년은 1,072.6 mm로써 예년에 비하여 다소 적었다.

염분 농도의 변화는 표·저층간 큰 차이가 없었는데, 이는 기수호와 같은 정체된 수괴에서 저층이 표층보다 높게 나타난다는 일반적인 개념에서 벗어나는 결과였다(Lee and Kwak 1987). 한편 Yoo(1990)의 연구에서는 27.12~35.53‰로 선거내·외의 염분 농도가 큰 차이가 없었는데, 금번 연구는 월 평균 24.68~30.60‰로 그 값이 서해의 염분 농도에 비하여 상대적으로 낮았다. 이런 결과는 선거내로 담수의 정기적인 유입 가능성을 시사하는 것이며, 실제로 곡물부두인 정점 2 지역에 지하수의 유입이 확인되었다. 그러나 염분 농도가 일정 수준으로 유지되는 것은 증발과 선거내로 해수를 정기적으로 충수시키는 효과 때문으로 생각된다.

용존산소의 월 변화는 1990년 6월과 7월의 대부분의 정점에서 1.50 mg/l 이하의 값을 보인 것을 제외하면 Yoo (1990)의 결과와 비슷하였다. 1990년의 6월과 7월에 용존산소량이 낮은 것은 6월 하순 식물플랑크톤에 의한 적조가 일어난 이후 나타난 현상으로, 이는 적조 원인종들이 소멸된 후 무산소층의 형성으로 고착생물은 물론이고 선거 밖으로 이동할 수 없었던 이동성 동물이 호흡 곤란으로 질식사하였으며, 이들의 부패 과정에서 H<sub>2</sub>S 가스가 발생하여 생물이 생존하기 극히 어려운 상태였기 때문으로 판단된다. 특히 6월의 저층에서는 용존산소량이 측정 한계 이하 수준이었으며, 이와 같은 결과는 해양오염이 심각한 진해만에서 볼 수 있는 현상과 유사하였다(Cho 1981, Park 1982).

부유물질의 월 평균 변화는 6.92~72.4 mg/l의 범위로 조사되어, 서해 가로림만의 0.02~37.32 mg/l의 범위보다 높았으나(KORDI 1980), 경기만의 15.00~332.40 mg/l보다는 낮았다(Choi 1985). 이와 같이 본 조사수역에서 부유물질의 양이 대체로 낮은 이유는 해수가 정체되어 호수와도 같은 성격을 지닌 탓으로 생각된다. 그러나 몇몇 조사시기에는 그 양이 비교적 많았는데, 그 이유는 본 해역에 인접한 부유사가 많은 경기만의 물이 유입되고, 선거에서 하역작업시 유출되는 고형물질들에 기인하거나, 다량의 식물플랑크톤이 생육하고 있어서 시기에 따라 값이 높아지는 것으로 판단되었다.

아질산염의 변화는 여름에서 가을로 갈수록 높고 겨울에 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 인천항 선거에서 Yoo (1990)의 결과, 그리고 경기만에서 Chung과 Park(1988)의 보고와는 유사하였으나 그 값은 상대적으로 높았다. Shim (1980)은 가막양만과 여자만에서 낮은 아질산염의 농도를 식물플랑크톤 생장에 기인한 것으로 보고하였으며, Choi와 Shim (1986)도 경기만에서 1982년 5월의 낮은 아질산염의 값을 식물플랑크톤의 흡수

때문으로 판단하였다. 본 연구에서도 이 결과는 식물플랑크톤의 동태와 상관 관계가 있었다(Lee and Byun 1991). 질산염 농도는 경기만의 조사(Choi and Shim 1986)와 동해 남부연안(Chung *et al.* 1989)의 결과보다 훨씬 높았고, Yoo (1990)의 선거내에서 12년전 조사한 월 평균 값  $0.53\sim 3.14 \mu\text{M}$ 보다 7~40배가 높았으며, 공장 및 생활하수에 의한 유기물질의 오염이 심각한 마산만의 내만과 유사하였다(Han *et al.* 1991). 이와 같이 선거내에서 질산염 농도가 점차 높아지는 것은 하역작업시 유출되는 곡물, 당밀 등의 유입, 겨울과 봄에 번무하던 부착해조 군집이 녹아 분해된 유기물, 그리고 주변 생태계에서 유입되는 각종 오염 부하의 가중과 이들이 퇴적된 침전물로부터 분해되는 유기물이 크게 기여하는 것으로 판단된다(Rowe *et al.* 1975, Yamaoka *et al.* 1983, Lee *et al.* 1991). 암모니아는 1, 2차년도 모두 가을과 겨울에 대체로 낮았고, 그 변화는 4월부터 점차 증가하여 7월에 최고값을 보이며, 이후 점차 감소하는 양상이어서, 질소순환은 수온 상승과 함께 활발해지는 것으로 생각된다. 이와 같은 경우는 진해만과 마산만 일대에서 관찰된 바 있다(Park 1982, Ahn *et al.* 1986). 인산염은 1978~1979년 연구에서 월 평균  $0.18\sim 0.91 \mu\text{M}$ 로 보고되었고(Yoo 1990), 이번 조사에서는 월 평균  $0.05\sim 0.52 \mu\text{M}$ 로 다소 낮아졌다. 이와 같은 농도는 진해만(Park 1980, Han *et al.* 1991)과 경기만(Chung and Park 1988)보다 낮았으나, 가막양만의 경우와는 유사하였다(Shim 1980). 규산염은  $0.14\sim 5.98 \mu\text{M}$ 의 범위로 Yoo (1990)의 결과와 비교하면 9월과 10월을 제외하고는 유사하였으며, 경기만에서는  $2.5\sim 42.5 \mu\text{M}$ 을 나타내어 값을 보고하여 이번 조사 결과보다 높았고, 특히 한강의 영향을 직접받는 경기만의 상부에서 높은 농도를 보인다고 보고하였다(Choi and Shim 1986). 규산염의 농도는 해역이나 호소에서는 하천과 같은 담수의 유입에 의하여 크게 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(Shim 1980, Paasche 1980). 한편 1990년 7월, 1991년 3월과 8월에 규산염의 농도가 상대적으로 낮았던 것은 식물플랑크톤인 규조류의 대량증식에 따른 것으로 판단된다(Lee and Byun 1991).

해양환경에서 해수 및 유기물의 평균 조성은 C:N:P의 비가 106:16:1로 N/P비가 16이하일 경우, 질소태 영양염이 제한요인으로 작용한다고 보고하였다(Redfield *et al.* 1963). 그러나 Harris (1986)는 Redfield의 성분비가 모든 플랑크톤 군집을 대표하기에는 적합하지 않음을 지적하였고 C:N:P의 일반적 비율을 166:20:1로 제시하였다. 본 연구에서 N/P비는 월 평균 38.75~488.85의 변동폭을 보였으며, 식물플랑크톤의 성장 활동이 활발한 여름에 낮았고 겨울에 높았다. 이와 같은 결과로 미루어 보면, 본 연구수역은 Redfield는 물론이고 Harris의 성분비보다 매우 높은 상태여서 일반 해양환경에서 제한요인으로 작용하는 질소태 영양염이 본 선거생태계에서는 상당히 풍부함을 알 수 있었다. 한편 Shim 등 (1989)은 동해 외양에서 N/P비를 3으로 보고하였고, 고

리 연안에서는 연 평균 8.18(0.13~28.10)과 8.49(0.59~15.92)로 보고하였다(Yeo and Shim 1992). 그리고 본 조사지와 인접한 경기만에서는 월 평균 7.86~74.53으로 일반 해양환경의 유기물 조성과 상이함을 제시하였다(Chung and Park 1988). 이와 같이 타수역에 비하여 높은 N/P비를 보인 것은 최고 40배까지 증가된 질소염의 농도와 낮은 인산염 값에 기인한 것으로 생각된다.

## 인 용 문 헌

- Ahn, T.S., T.Y. Ahn, O.S. Kwon and K.S. Joh. 1986. On the variation of phosphate and nitrogen in Masan Bay. J. Lor. Wat. Pollut. Res. Contr. Jun. 2: 64-70.
- Anonymous. 1990a. Annual Climatological Report (1990). Korea Meteorological Service, Republic of Korea.
- Anonymous. 1990b. Tidal Tables. Vol. 1 (1990). Office of Hydrographic Affairs Republic of Korea. Seoul. 238 pp.
- Anonymous. 1991. Annual Climatological Report (1991). Korea Meteorological Service, Republic of Korea.
- Cho, C.H. 1981. On the *Gymnodinium* red tide in Jinhae Bay. Bull. Korean Fish. Soc. 14: 227-232.
- Choi, J.K. 1985. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Korea. Ph. D. Thesis. Inha Univ., Incheon. 320 pp.
- Choi, J.K. and J.H. Shim. 1986. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. I. Environmental characteristics. J. Oceanol. Soc. Kor. 21: 56-71.
- Chung, C.S., J.H. Shim, Y.C. Park and S.G. Park. 1989. Primary productivity and nitrogenous nutrient dynamics in the East Sea of Korea. J. Oceanol. Soc. Kor. 24: 52-61.
- Chung, K.H. and Y.C. Park. 1988. Primary production and nitrogen regeneration by macrozooplankton in the Kyunggi Bay, Yellow Sea. J. Oceanol. Soc. Kor. 23: 194-206.
- Chung, Y.H. and K. Lee. 1977. Seasonal fluctuation of phytoplankton in Incheon Dock-autumn, 1976. Korean J. Bot. 20: 135-140.
- Clesceri, L.S., A.E. Greenberg and R.R. Trussell. 1989.

- Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th ed. APHA, Washington D.C. 10-54-10-66 pp.
- Han, M.S., S.W. Kim and Y.O. Kim. 1991. Influence of discontinuous layer on plankton community structure and distribution in Masan Bay, Korea. *Bull. Korea Fish. Soc.* 24: 459-471.
- Harris, G.P. 1986. *Pytoplankton ecology*. Chapman and Hall Ltd. London, New York. 384 pp.
- Kordi. 1980. Coastal marine environments (*Marine Geology of the Gyeonggi Bay*), BSPE 00029-52-5: 226 pp.
- Kurashige, H. 1944. Quantitative and qualitative characteristics of the planktonic diatom in the coastal waters of Yellow Sea of Korea. *J. Oceanol. Soc. Jap.* 18: 506-515.
- Lee, I.K., J.H. Lee and S.A. Yoo. 1991. Annual fluctuations of physicochemical factors in Incheon Dock, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 9: 88-103.
- Lee, J.A., S.A. Yoo and I.K. Lee. 1982. Vegetation of benthic marine algae of Incheon Dock. *Proc. Coll. Natur. Sci., SNU.* 7: 67-85.
- Lee, J.H. and J.S. Byun. 1991. Annual dynamics of phytoplankton diatoms in Incheon Dock. *Korean J. Phycol.* 6: 69-82.
- Lee, J.H. and H.S. Kwak. 1987. Environmental studies on the Youngrang Lake. *Kor. J. Lim.* 20: 39-48.
- Paasche, E. 1980. Silicon. *In*, Morris, I. (ed.). *The physiological ecology of phytoplankton*. Blackwell Scientific Publications. pp. 259-284.
- Park, J.S. 1980. Studies on seasonal changes in population and species composition of phytoplankton and their effects on oysters and local fishery resources as food organisms and as a cause of red tide in the south coast of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency* 23: 7-91.
- Park, J.S. 1982. Studies on the characteristics of red tide and environmental condition in Jin Hae Bay. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency* 28: 68-72.
- Redfield, A.C., B.H. Ketchum and F.A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water. *In*, M. N. Hill (ed.). *The Sea*, Vol. 2., Inter Science, pp. 26-77.
- Rowe, G.T., D.H. Clifford and K.L. Smith. 1975. Benthic nutrient regeneration and its coupling to primary productivity in coastal water. *Nature* 255: 215-217.
- Shim, J.H. 1980. Biological oceanography of the Gamagyang Bay - the Yeoja Bay water system (I). *J. Oceanol. Soc. Kor.* 15: 89-99.
- Shim, J.H., S.R. Yang and W.H. Lee. 1989. Phytohydrography and the vertical pattern of the Korean East Sea in early Spring. *J. Oceanol. Soc. Kor.* 24: 15-28.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. *A practical handbook of sea water analysis*. Bull. No. 167. Fish. Res. Bd. Canada. Ottawa. 310 pp.
- Yamaoka, Y., T. Tanimoto and T. Shiozawa. 1983. Vertical distributions of nitrogen, phosphorus and iron in Beppu Bay. *J. Oceanol. Soc. Jap.* 39: 301-304.
- Yeo, H.G. and J.H. Shim. 1992. Ecological effect of thermal effluent in the Korean coastal waters III. Abiotic environment and the community structure of primary producers in the vicinity of Kori Nuclear Power Plant. *Korean J. Environ. Biol.* 10: 122-142.
- Yoo, J.S., Y.H. Kim and I.K. Lee. 1991. Recolonization of the disturbed benthic algal community in Incheon Dock. *Korean J. Bot.* 34: 165-173.
- Yoo, S.A. 1990. An ecological study of marine algae of Incheon Dock. *Journal of Natural Sciences, Pai-Chai Univ.* 3: 109-138.

(1997년 2월 27일 접수)